

# 汽车电气与电子系统

(第二版)

[英] 汤姆·德恩顿 著

鲁植雄 薛金林 张大成 译  
鞠卫平 张凤娇

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气与电子系统/(英)德恩顿著;鲁植雄等译.

2 版.—南京:江苏科学技术出版社,2005.4

ISBN 7-5345-4510-2

I. 汽... II. ① 德... ② 鲁... III. ① 汽车-电气设备-车辆修理-教材 ② 汽车-电子系统-车辆修理-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018589 号

This edition of Automobile Electronics and Electronic Systems 2<sup>nd</sup> Edition(ISBN 0 340 73195 8) by Tom Denton is published by arrangement with Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, OX5 1GB, England

合同登记号 图字:10-2004-204 号

总 策 划 胡明琇 黎 雪

版 权 策 划 孙连民 邓海云

汽车电气与电子系统(第二版)

---

原 著 [英] 汤姆·德恩顿  
翻 译 鲁植雄 薛金林 张大成 鞠卫平 张凤娇  
责任编辑 孙广能  
编辑助理 仲 敏

---

出版发行 江苏科学技术出版社  
(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)  
经 销 江苏省新华发行集团有限公司  
照 排 南京展望文化发展有限公司  
印 刷 通州市印刷总厂

---

开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 29.75  
字 数 720 000  
版 次 2005 年 4 月第 1 版  
印 次 2005 年 4 月第 1 次印刷  
印 数 1—5 000 册

---

标准书号 ISBN 7-5345-4510-2/U·84  
定 价 40.00 元

---

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

## 内 容 简 介

本书针对汽车维修人员的特点,系统地介绍了汽车电气与电子的基础知识、基本工具、基本概念和基本原理,详细地介绍了汽车电气、电子设备的故障诊断过程和方法,还介绍了汽车电气与电子设备的新技术及必需的理论知识。

本书系统性强、图文并茂、内容新、实用性强,是汽车维修人员学习汽车电气、电子设备维修的良师益友,也可作为大、中专学生及汽车设计、研究人员的参考书。

# 鸣 谢

我非常感谢下列公司为本书提供相关的信息,并允许我使用他们的照片和图表,这些资料的图号如下:

- 1) 英国汽车协会图片图书馆,提供图片 1.8。
- 2) AC 德科(Delco)有限公司,提供图片 7.26。
- 3) 阿波罗(Alpine)视听系统有限公司,提供图片 13.27。
- 4) 汽车数据(Autodata)有限公司,提供图表 10.1。
- 5) 汽车逻辑信息(Autologic Data)系统有限公司,以及宝马(BMW)汽车有限公司英国分公司,提供图片 10.6。
- 6) C&K 元件有限公司,提供图片 4.17。
- 7) 雪铁龙汽车有限公司英国分公司,提供图片 4.29、4.31。
- 8) 歌乐(Clarion)汽车音响有限公司,提供图片 16.21、16.24。
- 9) 德尔菲(Delphi)汽车系统有限公司,提供图片 8.5。
- 10) 埃贝斯(Eberspaecher)有限公司,提供图片 10.13。
- 11) 福禄克(Fluke)仪表有限公司英国分公司,提供图片 3.5。
- 12) 福特(Ford)汽车有限公司,提供图片 1.2, 7.28, 11.4a, 12.18, 16.37。
- 13) 通用(GM)汽车有限公司,提供图片 11.24, 11.25, 15.20, 17.7。
- 14) GenRad 有限公司,提供图片 3.11, 3.18, 3.19。
- 15) 海拉(Hella)汽车有限公司英国分公司,提供图片 11.19, 11.22。
- 16) 本田(Honda)汽车有限公司英国分公司,提供图片 10.5, 15.19。
- 17) 现代(Hyundai)汽车有限公司英国分公司,提供图片 11.4d。
- 18) 美洲虎(Jaguar)汽车有限公司,提供图片 1.11, 11.4b, 13.24, 16.47。
- 19) Kavlico 公司,提供图片 2.79。
- 20) 卢卡斯(Lucas)汽车有限公司,提供图片 3.14, 5.5, 5.6, 5.7, 6.5, 6.6, 6.23, 6.34, 7.7, 7.10, 7.18、7.21, 7.22, 8.7, 8.12, 8.37, 9.17, 9.24, 9.25, 9.26, 9.32, 9.33, 9.34, 9.46, 9.47, 9.48, 9.49, 9.51, 10.43。
- 21) 卢卡斯·伟利达(Lucas Varity)有限公司,提供图片 2.67, 2.81, 2.82, 2.83, 9.38、9.60、9.61。
- 22) 马自达(Mazda)汽车有限公司英国分公司,提供图片 9.57, 9.58, 9.59。
- 23) 梅塞德斯(Mercedes)汽车有限公司英国分公司,图片是 5.12, 5.13, 11.4c, 16.14。
- 24) 三菱(Mitsubishi)汽车有限公司英国分公司,提供图片从 10.21 到 10.38。
- 25) NGK 火花塞有限公司英国分公司,提供图片 8.28、8.30、8.31、8.32、8.38、9.41。
- 26) 日产(Nissan)汽车有限公司英国分公司,提供图片 17.8。



- 27) 标致(Peugeot)汽车有限公司英国分公司,提供图片 16.28。
- 28) 飞利浦(Philips)有限公司英国分公司,提供图片 11.3。
- 29) 先锋(Pioneer)音响有限公司,提供图片 16.17, 16.18, 16.19。
- 30) 保时捷(Porsche)汽车有限公司英国分公司,提供图片 15.12,15.23。
- 31) 罗伯特·博世(Robert Bosch)有限公司,提供图片 2.72, 4.30, 5.2, 6.24, 7.19, 7.24, 7.25, 8.1, 8.9, 9.28, 10.10, 10.42, 10.53, 10.55a, 11.21。
- 32) 罗伯特·博世(Robert Bosch)图片出版社,提供图片 1.1、2.57、2.58、2.63、2.69、3.16、4.21、4.25、4.26、6.35、8.26、9.18、9.19、9.27、9.29、9.30、9.31、9.35、9.42、9.43、9.44、9.45、9.52、9.53、9.54、10.7、10.8、10.9、10.14、10.15、10.18、10.19、10.20、10.59、10.61、11.7、12.15、12.19、15.3、15.8、16.16、16.33、16.36、16.52。
- 33) 罗伯特·博世(Robert Bosch)有限公司英国分公司,提供图片 3.7、6.28、7.30、8.34、8.39。
- 34) 罗弗(Rover)汽车有限公司,提供图片 4.10、4.11、4.28、8.19、8.20、10.3、11.20、12.17、13.11、14.9、14.12、14.13、14.14、14.15、14.16、14.17、15.21、16.2、16.46。
- 35) 绅宝(Saab)汽车有限公司英国分公司,提供图片 13.15、18.18。
- 36) Scandmec 有限公司,提供图片 14.10。
- 37) 实耐(Snap-on)工具有限公司,提供图片 3.1、3.8。
- 38) Sofanou 有限公司(法),提供图片 4.8。
- 39) 太阳(Sun)电器有限公司英国分公司,提供图片 3.9。
- 40) 超音速汽车(Thrust SSC)研究小组,提供图片 1.9。
- 41) 丰田(Toyota)汽车有限公司英国分公司,提供图片 7.29、8.35、8.36、9.55。
- 42) 追踪者(Tracker)有限公司英国分公司,提供图片 16.51。
- 43) 龙尼帕特(Unipart)集团,提供图片 11.1。
- 44) 法雷奥(Valeo)有限公司英国分公司,提供图片 6.1、7.23、11.23、12.2、12.5、12.13、12.20、14.4、14.8、14.19、15.35、15.36。
- 45) 威迪欧(VDO)仪表设备公司,提供图片 13.16。
- 46) 沃尔沃(Volvo)汽车有限公司,提供图片 4.22、10.4、16.42、16.43、16.44、16.45。
- 47) ZF 齿轮有限公司,提供图片 15.22。

许多公司都有非常优秀的主页,你可在我的网站上找到他们的链接。再次感谢上述公司。如果本书中采用的信息或涉及的公司名称在此未曾提及,请接受我真诚的道歉和感谢!

最后但不是最次要的,在这里我要感谢我的家人:范达(Vanda)、马尔科姆(Malcolm)和贝丝(Beth)。

# 译者前言

汽车电气与电子技术的发展为汽车电子化带来了根本性的变革。当前,汽车成本的30%以上是汽车电气与电子设备的成本,而汽车电气与电子的故障诊断一直困扰着汽车维修人员。英国人汤姆·德恩顿撰写的《汽车电气与电子系统》以系统为观念,详细系统地介绍了汽车电气与电子设备的基本构造、原理、故障诊断等内容,该书具有如下特点:

1. 系统全面。涉及到汽车电气和电子设备的方方面面。
2. 内容新颖。与汽车电气和电子技术发展紧密相关,每章均介绍了新技术、新发展。
3. 文字简练,图文并茂。欧、美、日等世界著名汽车制造厂为该书提供了大量插图。
4. 适用面广。全书每章均设有一节介绍此章需要掌握的理论知识,以供读者选读。
5. 作业量大。每章设有思考题和课程论文,以便于读者自学自测。
6. 本书的诸多内容是经过大量实践总结而来,因而具有较高的权威性和广泛的实用性。

《汽车电气与电子系统》是一本在欧美畅销的专业书籍,译者将此书的第二版翻译、传授给广大读者,为我国汽车工业的发展做出一点贡献。本书可供广大汽车技术人员、维修人员、驾驶员及汽车专业的大、中专学生使用。

本书由鲁植雄、薛金林、张大成、鞠卫平、张凤娇主译。其中第一章至第四章由张凤娇和鲁植雄译,第五章至第八章由张大成和鲁植雄译,第九章和第十五章由鞠卫平译,第十一章和第十七章由薛金林译,其余各章由鲁植雄译。参加本书翻译、校对和文字整理工作的还有陆孟雄、刘奕贯、黄学勤、高正强、刘兆海、倪平达、李和、高强、韩英、李雨晖、侯占峰、万志远、陈坤珍、宋军伟、陈明江、苗庆凯、邢思付、孙秋琰、王立明、张波、周玉峰、石磊、刘吉忠、王慧勇、丁树建、欧志强、陈浩等同志。全书由鲁植雄博士负责校稿。

由于译者水平有限,加之经验不足,书中难免有谬误和疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

鲁植雄

2005年1月

# 目 录

|                                |     |                              |     |
|--------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| <b>1 汽车电气系统的发展</b> .....       | 1   | <b>4.5 典型实例</b> .....        | 109 |
| 1.1 简史.....                    | 1   | <b>4.6 电磁兼容性</b> .....       | 110 |
| 1.2 汽车电气系统的应用展望 .....          | 10  | <b>4.7 电气系统与电路的新技术</b> ..... | 111 |
| 1.3 练习 .....                   | 11  | <b>4.8 练习</b> .....          | 112 |
| <b>2 电气电子原理</b> .....          | 13  | <b>5 蓄电池</b> .....           | 113 |
| 2.1 安全工作意识 .....               | 13  | 5.1 车用蓄电池.....               | 113 |
| 2.2 基本电气原理 .....               | 14  | 5.2 铅酸蓄电池.....               | 114 |
| 2.3 电子元件和电路 .....              | 20  | 5.3 蓄电池的维护和充电.....           | 116 |
| 2.4 数字电路 .....                 | 28  | 5.4 铅酸蓄电池故障诊断.....           | 117 |
| 2.5 微处理器系统 .....               | 33  | 5.5 蓄电池的理论知识.....            | 120 |
| 2.6 测量 .....                   | 38  | 5.6 蓄电池的新技术.....             | 124 |
| 2.7 传感器和执行器 .....              | 40  | 5.7 练习.....                  | 130 |
| 2.8 电气与电子技术的新发展 .....          | 56  | <b>6 充电系统</b> .....          | 132 |
| 2.9 电子器件传感器和传感器的<br>故障诊断 ..... | 58  | 6.1 对充电系统的要求.....            | 132 |
| 2.10 练习.....                   | 59  | 6.2 充电系统工作原理.....            | 134 |
| <b>3 工具和测试设备</b> .....         | 61  | 6.3 交流发电机及充电电路.....          | 135 |
| 3.1 基本设备 .....                 | 61  | 6.4 典型实例.....                | 143 |
| 3.2 万用表 .....                  | 63  | 6.5 充电系统的故障诊断.....           | 145 |
| 3.3 专用设备 .....                 | 65  | 6.6 充电系统的理论知识.....           | 147 |
| 3.4 专用设备 .....                 | 71  | 6.7 充电系统的新技术.....            | 152 |
| 3.5 车载故障诊断 .....               | 73  | 6.8 练习.....                  | 152 |
| 3.6 测试系统的新技术 .....             | 75  | <b>7 启动系统</b> .....          | 154 |
| 3.7 诊断过程 .....                 | 79  | 7.1 启动系统的要求.....             | 154 |
| 3.8 练习 .....                   | 85  | 7.2 启动机及其电路.....             | 157 |
| <b>4 电气系统及其电路</b> .....        | 86  | 7.3 启动机的类型.....              | 162 |
| 4.1 系统 .....                   | 86  | 7.4 典型实例.....                | 168 |
| 4.2 电线、端子和开关.....              | 88  | 7.5 启动系统的故障诊断.....           | 170 |
| 4.3 多路传输系统 .....               | 99  | 7.6 启动系统的理论知识.....           | 172 |
| 4.4 电路图及符号.....                | 104 | 7.7 启动系统的新技术.....            | 174 |
|                                |     | 7.8 练习.....                  | 176 |

|                              |     |                    |     |
|------------------------------|-----|--------------------|-----|
| 8 点火系统                       | 177 | 10.10 练习           | 297 |
| 8.1 点火系统基本原理                 | 177 | 11 照明系统            | 298 |
| 8.2 电子点火                     | 181 | 11.1 照明的基本知识       | 298 |
| 8.3 程序点火系统                   | 189 | 11.2 照明电路          | 307 |
| 8.4 无分电器点火系统                 | 193 | 11.3 气体放电灯与 LED 照明 | 308 |
| 8.5 直接点火系统                   | 194 | 11.4 典型举例          | 311 |
| 8.6 火花塞                      | 195 | 11.5 照明系统故障诊断      | 315 |
| 8.7 典型实例                     | 200 | 11.6 照明系统的理论知识     | 316 |
| 8.8 点火系统故障诊断                 | 201 | 11.7 照明系统的新技术      | 318 |
| 8.9 点火系统理论知识                 | 204 | 11.8 练习            | 323 |
| 8.10 点火系统的新技术                | 205 | 12 辅助电器            | 324 |
| 8.11 练习                      | 206 | 12.1 刮水器及洗涤器       | 324 |
| 9 电子燃油喷射系统                   | 207 | 12.2 信号电路          | 329 |
| 9.1 燃烧过程                     | 207 | 12.3 其他辅助电器设备      | 330 |
| 9.2 发动机供油及其废气排放              | 213 | 12.4 典型实例          | 332 |
| 9.3 电控化油器                    | 218 | 12.5 辅助电器的故障诊断     | 335 |
| 9.4 燃油喷射                     | 220 | 12.6 辅助电器理论知识      | 337 |
| 9.5 柴油喷射技术                   | 229 | 12.7 辅助电器的新技术      | 338 |
| 9.6 典型实例                     | 232 | 12.8 练习            | 340 |
| 9.7 燃油喷射系统故障诊断               | 241 | 13 仪表系统            | 341 |
| 9.8 燃油喷射系统的理论知识              | 243 | 13.1 仪表和传感器        | 341 |
| 9.9 燃油喷射系统的新技术               | 244 | 13.2 驾驶信息          | 346 |
| 9.10 练习                      | 248 | 13.3 视频显示器         | 348 |
| 10 发动机管理系统                   | 250 | 13.4 典型实例          | 353 |
| 10.1 发动机点火与燃油喷射管理            | 250 | 13.5 仪表系统故障诊断      | 355 |
| 10.2 尾气排放控制                  | 255 | 13.6 仪表系统理论知识      | 356 |
| 10.3 柴油机废气排放控制               | 260 | 13.7 仪表系统的新技术      | 357 |
| 10.4 整车集成控制系统                | 260 | 13.8 练习            | 358 |
| 10.5 典型实例——三菱 GDI            | 263 | 14 空调系统            | 360 |
| 10.6 博世 Motronic M3 电控燃油喷射系统 | 272 | 14.1 供热和通风         | 360 |
| 10.7 发动机集中控制系统的故障诊断          | 280 | 14.2 空调            | 362 |
| 10.8 集成控制系统的理论知识             | 286 | 14.3 其他供热系统        | 365 |
| 10.9 集成控制系统的新技术              | 294 | 14.4 典型实例          | 366 |
|                              |     | 14.5 空调系统故障诊断      | 370 |
|                              |     | 14.6 空调系统理论知识      | 371 |

|       |                        |     |       |                       |     |
|-------|------------------------|-----|-------|-----------------------|-----|
| 14.7  | 温度控制系统新技术 .....        | 372 | 16.6  | 安全气囊及安全带 .....        | 421 |
| 14.8  | 练习 .....               | 373 | 16.7  | 其他安全及舒适系统 .....       | 426 |
| 15    | 底盘电子系统 .....           | 374 | 16.8  | 典型实例 .....            | 429 |
| 15.1  | 制动防抱死 .....            | 374 | 16.9  | 舒适及安全系统的故障诊断<br>..... | 435 |
| 15.2  | 主动悬架 .....             | 379 | 16.10 | 舒适及安全系统的理论知识<br>..... | 437 |
| 15.3  | 牵引控制 .....             | 381 | 16.11 | 舒适及安全系统的新技术<br>.....  | 438 |
| 15.4  | 自动变速器 .....            | 383 | 16.12 | 练习 .....              | 441 |
| 15.5  | 其他底盘电控系统 .....         | 385 | 17    | 电动汽车 .....            | 442 |
| 15.6  | 典型实例 .....             | 387 | 17.1  | 电力牵引 .....            | 442 |
| 15.7  | 底盘电控系统故障诊断 .....       | 394 | 17.2  | 混合动力汽车 .....          | 445 |
| 15.8  | 底盘电子控制系统理论知识<br>.....  | 395 | 17.3  | 典型实例 .....            | 446 |
| 15.9  | 底盘电子控制系统的新<br>技术 ..... | 398 | 17.4  | 电动汽车的新技术 .....        | 450 |
| 15.10 | 练习 .....               | 402 | 17.5  | 电动汽车的新发展 .....        | 453 |
| 16    | 舒适系统 .....             | 403 | 17.6  | 练习 .....              | 454 |
| 16.1  | 座椅、后视镜及天窗 .....        | 403 | 18    | 万维网 .....             | 456 |
| 16.2  | 中控门锁和电动车窗 .....        | 405 | 18.1  | 联系方式 .....            | 456 |
| 16.3  | 巡航控制 .....             | 408 | 18.2  | 程序和信息的下载 .....        | 459 |
| 16.4  | 车内多媒体 .....            | 411 | 18.3  | 练习 .....              | 461 |
| 16.5  | 汽车防盗 .....             | 419 |       |                       |     |

# 前 言

110 年之前,关于汽车电气系统方面的书非常少,关于汽车电子学方面的书就更少了。

当我们迈进新的世纪的时候,这个学科已有了深远的发展,汽车电气和电子系统方面也有很多值得一读的好书。

汽车电气与电子系统(第二版)是对第一版的更新和扩充,特别对基本原理的章节进行了更新或扩充,且每一章节都有练习。这门学科范围广、难度大,但每一章节可独立阅读,所以,读者可根据需要选择性地阅读。

当我写这本书的时候,这门学科仍有新的发明正在诞生。不过,我主要讲述的是汽车电气与电子方面的基本原理。

为了更全面地介绍汽车电气方面的知识,在本书的第 1 章中,除介绍了汽车方面许多重要的有历史意义的事件外,还展望了该领域的未来发展趋势。

汽车电子系统的未来发展会是什么样?我认为“汽车电脑”和“远程信息技术”将是关键。让我们拭目以待发现更多的……

另外,欢迎对本书进行评论,提出质疑和指教。留言请发至我的网站。

我的网址是: <http://www.automotive-technology.co.uk>。在那里你会发现更多更有用的信息,如新书、汽车软件新闻和有用网址等。

Tom Denton (汤姆·德恩顿)

# 第二版说明

本书对第一版进行了扩充,一方面因为汽车电气和电子系统在不断发展中;另一方面我还扩充了许多基础电子技术。如果你对这门学科缺乏了解,这本书可以帮助你。另外,该书也适用于汽车方面的专家。

本书包括许多重要的典型实例,有一些是最新实例,有些已经得到实验验证,但每个实例都有其特色。

我认为这本书最重要的一点是它有电子版本。在最后章节中,我给出了许多网址。所以,我很希望通过网络,我们可以更多地联系。

如果你发现书中有错误的地方请告诉我,也可以告诉我一些新的和有趣的技术和网址,我可以放在我的网站让更多人共享。这本书需要大家的支持,希望大家提出更多的问题和建议。

Tom Denton(汤姆·德恩顿)

# 1 汽车电气系统的发展

## 1.1 简史

### 1.1.1 汽车电气系统发展与回顾

关于电可以追溯到公元前 600 年,那时古希腊哲学家泰利斯(Thales)发现用一块毛皮摩擦过的琥珀可以吸引像羽毛一样轻的物体,这归因于静电现象。同一时间,在土耳其,一个牧师发现了天然磁石具有磁性。当时,他发现一块磁石吸到了他的手杖的铁片上。

在 16 世纪,威廉·古尔伯特(William Gilbert)证实了许多物质也有电性,并且自然界存在两种电荷。当琥珀与毛皮摩擦后,琥珀带负电;玻璃与丝绸摩擦后,玻璃带正电。而且同性电荷相斥,异性电荷相吸。科学家认为实际上是摩擦创造了电(他们指的是电荷),他们没有意识到等量相反的电荷留在了毛皮与丝绸上。

一个名为奥拓·范·格里克(Otto Von Guericke)的德国贵族,在 1672 年发明了第一台电子装置。他让一个硫磺球围绕一根轴旋转,就可以使球带静电了。实际上他的实验在 18 世纪 40 年代的英国物理学家威廉·沃森(William Watson)的发展理论之前。美国人本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)认为:电性存在于所有的物质中,而且可以通过摩擦来传递。富兰克林为了证明闪电也是电的一种形式,在暴风雨中,当钥匙接近绳子一端时产生了电火花。尽管这种实验很危险,但由此,富兰克林发明了闪电的导体。

亚力山大·伏特(Alessandro Volta),一个意大利贵族,发明了第一节电池。他发现,将按顺序连接的锌电极和铜电极放入充满盐水的广口瓶中,就可以在导线相碰的时候产生电击现象,这就是第一块湿电池,它是由法国科学家加斯顿·普朗奇(Gaston Planche)在 1859 年发明的蓄电池的前身。那是一种铅酸蓄电池,它通过化学反应产生了电流。没有电池或电池组可以提供很长时间的电力,所以发明家认识到他们需要一个能持续供电的电源。迈克尔·法拉第(Michael Faraday),一个萨里郡铁匠的儿子,发明了第一台发电机,即在 1831 年,法拉第制造了一台机器,在这台机器中,一个铜盘在巨大的磁柱里面旋转,铜环连接盘子的轮圈并围绕轴旋转,当铜环接通后,就产生了电流。

英国沃灵顿的威廉姆·斯特根(William Sturgeon)在 19 世纪 20 年代制造了第一台电动机,并且制造了第一个电磁铁,而且他还在发电机中用电池供电的电磁铁代替了永磁铁。1866 年前后,两位英国电学家——克伦威尔·华莱(Cromwell Varley)和亨利·王尔德(Henry Wilde)制造了永磁铁,匈牙利科学家安亚斯杰德雷克(Anyos Jedlik)和美国电学界先锋摩西·法莫(Moses Farmer)也在这个领域工作过。第一台真正成功的发电机是由德国人艾斯特·沃纳·范·西门子(Ernst Werner Von Siemens)发明的。1867 年,他发明了直流发电机。现在术语中发电机仅仅指直流发电机,产生交流电的发电机叫做交流发电机。

由交流电供能的发动机是美国工程师爱利·汤姆森(Elihu Thomson)的杰作,汤姆森



还发明了变压器,它可以改变供电电源电压。1879年,他展示了他的发明,在5年之后,3个匈牙利人奥托·布莱塞(Otto Blathy)、马克斯·德瑞(Max Deri)和卡尔(Karl Zipernowksy)制造了第一台商用变压器。在19世纪中后期,所有领域都进行了深远且快速的变革。

19世纪60年代,爱蒂恩思·勒诺(Etienne Lenoir)发明了第一台实用汽油发动机。这台汽油发动机应用电子点火装置,使用的线圈是由伦·可夫(Ruhm Korff)在1851年发明的。1866年,卡尔·奔驰(Karl Benz)发明了一种带传动的永磁发电机,因为发动机是变速的,所以不太好用,但他通过使用2个原电池来提供点火电流,从而解决了这个问题。

乔治·波顿(Georges Bouton)于1889年发明了用于线圈点火系统的触点断路器,第一次调整了点火装置。据称是现在点火系统的祖先,不过这个说法还有争议。埃米尔·摩尔斯(Emile Mors)将电子点火装置用在由蓄电池供电的低电压电路上,蓄电池是由带驱动的发电机进行再充电。这是第一个成功的充电系统,这种技术大约保持到1895年。

现在强大的博世王国是由罗伯特·博世(Robert Bosch)从很小的规模发展起来的,他早期开发的大部分部件是与他的老板弗雷德里克·西门(Fredirich Simms)共同制作的,他们在19世纪后期生产了低电压永磁发电机。1902年,博世发明的高电压永磁发电机得到普遍的认可。最早期的永磁发电机的“H”状的电枢现在被作为博世公司的商标用在公司的所有产品上。

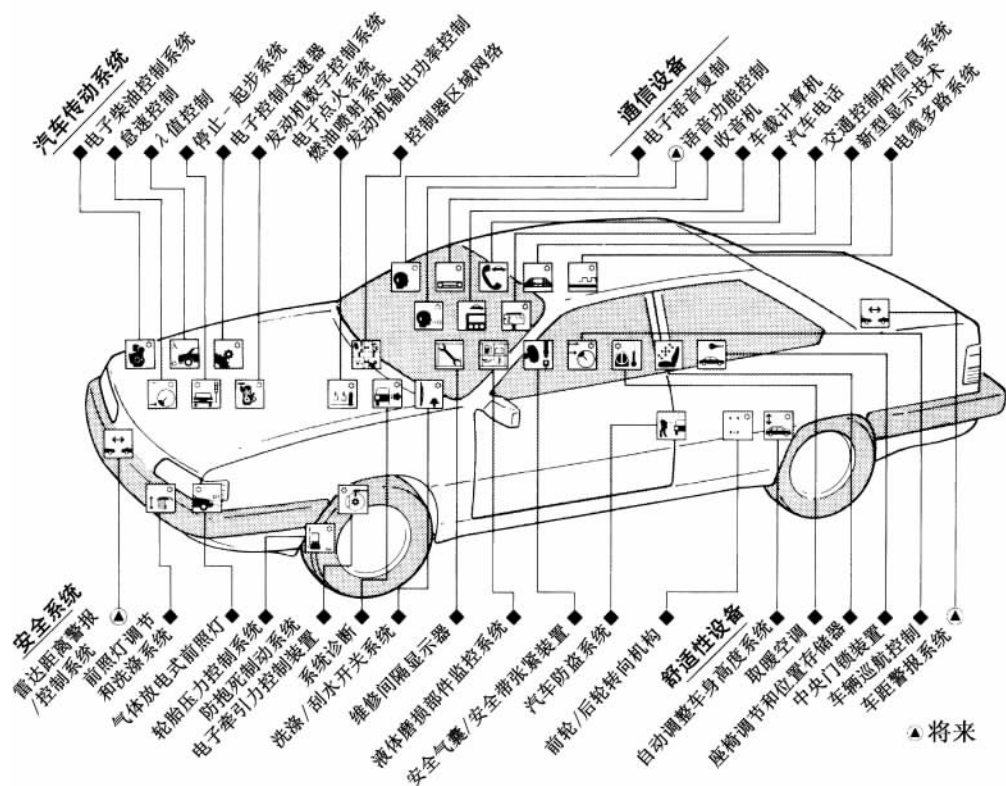


图 1.1 电子控制技术在汽车上的应用

欧洲此后在永磁发电机的开发上达到了一个很高的水平。然而,在美国是以开发线圈和电池点火系统为主导。为 Daytona 电器公司(美国德科电子公司)工作的查尔斯·凯特灵(Charles F. Kettering)在这个领域发挥了极大的作用,那时他为 1912 凯迪拉克牌汽车设计了点火、启动和照明系统。凯特林同时也发明了水银电压调节器。

三刷直流发电机是由汉斯·雷特(Hans Leitner)博士和 R. H. 卢卡斯(R. H. Lucas)首先生产制造的,它于 1905 年前后首次出现。它能让驾驶员对充电系统做一些控制,当时被称为直流充电系统。以今天标准看,这是一个很大的发电机,不过,它仅能产生 8 A 的电流。

在以后的大约十几年间,许多人尝试用新的控制方法来解决直流变速发电机对输出的控制问题,其中一些较为成功。例如,某一驱动系统中,当发动机超过一定转速时,磁场就会减弱,所以使用它仅能取得有限的成功。还有一种方法是系统在主要的输出线路中装一根热线,当它变炽热时,就会导致电流沿着该电线实现分流,从而减少发电机磁场强度。所有这些直流系统对电池充电的控制很被动,常常依赖于驾驶员对开关的调整。实际上,早期的仪表系统是一个液体密度计,它用来检测蓄电池的充电状态。

二刷发电机和补偿电压控制单元的第一次使用是在 20 世纪 30 年代。它在控制充电系统上体现了极大的优越性,并且为许多其他电气系统的发展铺平了道路。

1936 年,已讨论过多次的正极搭铁终于实现,卢卡斯在这个转变中起了主要作用。这样做既可以降低火花塞点火电压,也延长了电极的寿命;同时有望减少电池引脚和汽车周围接触点之间的腐蚀。

20 世纪 50 年代是照明系统朝着复杂布局发展的时代。闪光指示器代替了信号灯,并且配对的金属丝灯泡更适用于制造车灯。不过,石英卤素灯泡直到 20 世纪 70 年代早期才被发明。



图 1.2 亨利·福特发明的第一辆四轮汽车

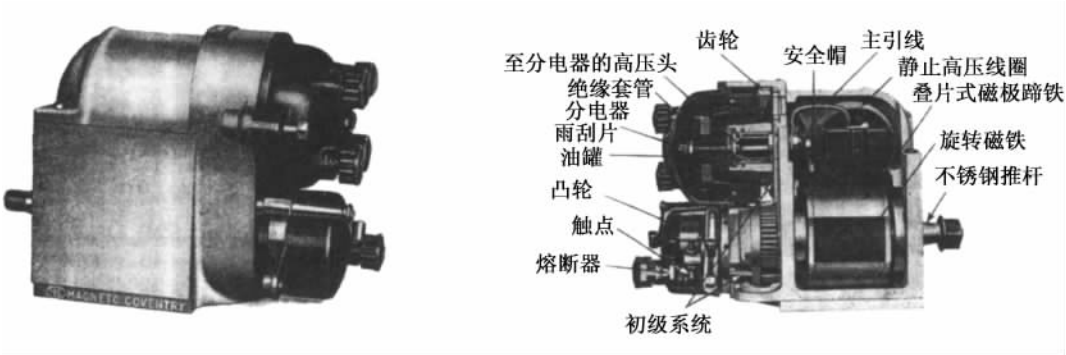


图 1.3 旋转磁铁永磁发电机

汽车的基本细节方面也有了一些发展,如车头、收音机甚至吸烟点火器。同时,至 20 世纪 60~70 年代,出现了许多新型选装配件,如挡风玻璃刷、两速刮水器。凯迪拉克还引入了全程空调系统,甚至为前照灯发明了定时开关。

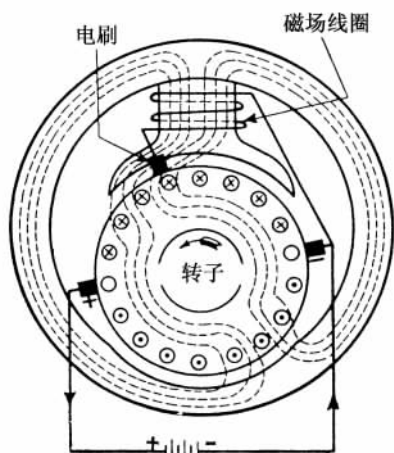


图 1.4 三刷发动机

1965 年,负极搭铁系统再次被采用且完全被接受。然而,随着无线电系统和其他配件的 DIY 技术的发展,它的出现带来了一些兼容性问题。当然,对于汽车电气设备的发展还是有益的。

19 世纪 70 年代迎来了燃油喷射和电子点火的时期。仪表板变得越来越复杂,仪表板的布局成了当时设计的重点。19 世纪 60 年代交流发电机首次在美国应用,大约到了 1974 年,在英国也普遍出现。

19 世纪 80 年代,多种能源被有效利用,交流发电机也能够提供稳定电压,这一切正如电子工业所期盼的那样发生着。汽车电气系统也发生着翻天覆地的变化。随着微型计算机及其关联的技术的发展,ECU 能控制汽车上所有电子系统。这本书以下内容讲的就是关于这方面的知识。

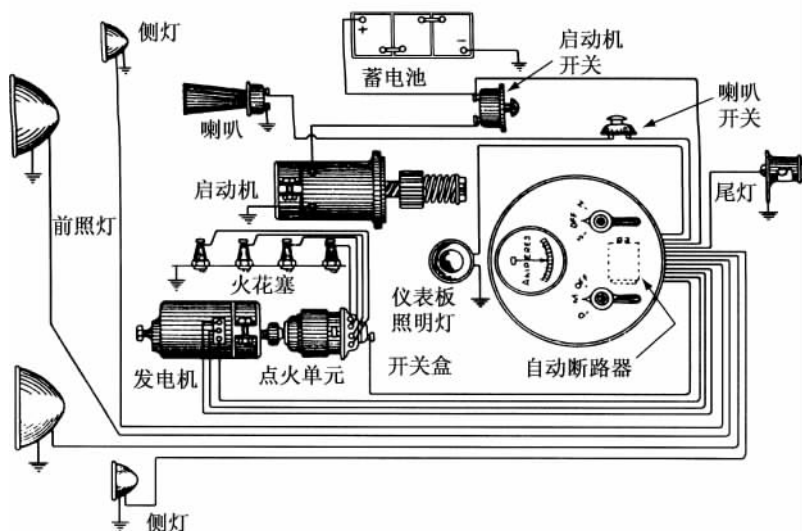


图 1.5 完整的电路图

### 1.1.2 汽车电子系统发展年鉴

汽车的电气和电子系统常常是最让人头痛的,但同时也是汽车上最迷人的方面。现在复杂电路系统正在以一种非常有趣的方式发展着。回顾汽车发展的历史,无法确切说出到底是谁发明了一个特别的零部件或者确定到底这些发展是同时发生还是按顺序发生。推测谁是汽车电气系统的创立者是非常有趣的,当然,首先要赞颂迈克尔·法拉第(Michael Faraday)、爱蒂恩斯·勒诺(Etienne Lenoir)、罗伯特·博世(Robert Bosch)、尼克拉斯·奥托(Nikolaus Otto)等人也很令人称赞。我们还可追溯到古希腊哲学家泰利斯(Thales),他

用琥珀和毛皮摩擦而发现了静电,希腊语称琥珀为“镁铝合金”。

1672 年 奥拓·范·格里克(Otto Von Guericke)发明了第一台电子装置:硫化旋转球。

1742 年 安德鲁斯·戈登(Andreas Gordon)发明了第一台静态发电机。

1747 年 本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)在雷电中放风筝。

1769 年 卡格诺特(Cugnot)制造了一台大多数部分由木头组成的蒸汽式拖拉机。

1780 年 路奇·加尔瓦尼(Luigi Galvani)进行了一系列的实验后,发明了电池组。

1800 年 亚力山大·伏特(Alessandro Volta)发明了第一节电池。

1801 年 特威森克(Trevithick)制造了一台蒸汽汽车。

1825 年 威廉姆·斯特根(William Sturgeon)发现了电磁学。

1830 年 汉弗莱·大卫(Humphery Davy)发现断开电路后会产生电火花。

1831 年 迈克尔·法拉第(Michael Faraday)发现了电磁感应现象。

1851 年 伦可夫(Runm korff)制造出了第一个电磁感应线圈。

1859 年 法国物理学家加斯頓·普朗奇(Gaston Planche)制造了蓄电池。

1860 年 爱蒂恩斯·勒诺(Etienne Lenoir)发明了一台汽缸内燃机。

1861 年 爱蒂恩斯·勒诺(Etienne Lenoir)发明了一种振动器线圈点火。

1861 年 罗伯特·博世(Robert Bosch)出生在德国乌尔姆(Ulm)附近的奥拜克(Albeck)小镇。

1870 年 奥拓(Otto)取得了四冲程内燃机的专利权。

1875 年 断电火花系统应用在塞格弗里德·马座斯(Seigfried Marcus)发动机上。

1876 年 奥拓改进了汽油机。

1879 年 雷·芬克(Leo Funk)发明了热管点火。

1885 年 奔驰(Benz)把化油器式发动机装备到一辆三轮马车上。

1885 年 高特里普·戴姆勒(Gottlieb Daimler)和卡尔·奔驰(Karl Benz)发展了汽车发动机。

1886 年 高特里普·戴姆勒(Gottlieb Daimler)把发动机与一辆四轮马车装配起来,制造出了一台四轮轿车。

1887 年 博世(Bosch)型低电压永磁发电机被用在固定式汽油机上。

1887 年 赫兹(Hertz)发现了无线电波。

1888 年 爱顿(Ayrton)教授制造了第一辆试验用电动轿车。

1889 年 E. 马丁(E. Martin)利用一个机械系统在他汽车尾部的板上表示制动过程。

1889 年 乔治·波顿(Georges Bouton)发明了点火系断路器。

1891 年 潘赫德(Panhard)和莱弗瑟(Levassor)开始了现代汽车的设计,这种设计是把发动机放在汽车的前部。

1894 年 第一辆电动轿车成功面世。

1895 年 埃米尔·摩尔斯(Emile Mors)利用皮带驱动的直流发电机为蓄电池充电。

1896 年 兰彻斯特(Lanchester)发明了行星齿轮传动系,现在这种传动系被用在自动变速器上。

1897 年 第一次无线电信息是由马可尼(Marconi)发送的。

1897 年 博世(Bosch)和西门(Simms)发明了由“H”形电枢制成的低压永磁发电机,该发电机用于汽车点火系统。

1899 年 詹纳特(Jenatzy)在电动汽车上打破了时速 100 km/h 的限制。

1899 年 第一个车速表问世(机械式)。

1899 年 电动汽车车速世界纪录为 66 mph(105 km/h)。

1901 年 第一台梅塞德斯(Mercedes)汽车下线问世。

1901 年 兰彻斯特(Lanchester)制造了一台飞轮式永磁发电机。

1902 年 博世(Bosch)制造了高电压永磁发电机,这种发电机几乎被普遍接受。

1904 年 瑞高里(Rigolly)打破了 100 mph(160 km/h)的纪录。

1905 年 米勒·里斯(Miller Reese)发明了电喇叭。

1905 年 汉斯·雷特(Hans Leitner)博士和卢卡斯(R. H. Lucas)发明了三刷直流发电机。

1906 年 劳斯莱斯(Rolls-Royce)发明了银色球。

1908 年 福特(Ford)利用流水线生产法制造伏特 T 型车。

1908 年 C. A. 万德弗(C. A. Vandervell)发明了电子点火。

1910 年 [美]德科(Delco)公司电力启动机样机面世。

1911 年 凯迪拉克(Cadillac)引进了电力启动机和直流发电机点火。

1912 年 本迪克斯(Bendix)发明了用飞轮驱动启动机的方法。

1912 年 凯迪拉克(Cadillac)采用电力启动机和电动照明技术。该“Delo”电气系统由查尔斯·F. 凯特灵(Charles F. Kettering)发明。

1913 年 福特(Ford)把活动运输带应用到了装配线上。

1914 年 博世(Bosch)完成了套筒感应永磁发电机的设计。

1914 年 启动机上加装了缓冲弹簧。

1920 年 当森伯格(Duesenberg)开始装配四轮液压制动器。

1920 年 日本人在磁铁技术上取得了重要的进展。

1921 年 威尔士(Wales)南方无线电协会首先在汽车上安装了无线电装置。

1922 年 兰西亚(Lancia)应用了承载式(整体式)车身的底盘结构和前轮独立悬架系统。

1922 年 [英]奥斯汀(Austin Seven)汽车公司成立。

1925 年 D. E. 沃森(D. E. Watson)博士发明了汽车用高效磁铁。

1927 年 西格里弗(Segrave)用桑开姆车(Sunbeam)打破了 200 mph(360 km/h)的纪录。

1927 年 最新式的福特(Ford)T 型汽车面世。

1928 年 凯迪拉克(Cadillac)发明了同步器式变速器。

1928 年 在英国哈德弗得市(Huddersfield)、约克郡(Yorkshire)产生了成立汽车电气贸易方面的汽车工程师协会的想法。

1929 年 卢卡斯(Lucas)电喇叭问世。

1930 年 因蓄电池线圈点火的问世而淘汰了磁电机点火。

1930 年 磁铁技术得到更进一步发展。

1931 年 史密斯(Smiths)发明了电子燃油仪表。

1931 年 弗泰克斯(Vertex)磁电机问世。

1932 年 汽车电气工程师协会在伦敦市海曼史密斯区(Hammersmith)的宪法俱乐部召开了第一次会议。

1934 年 雪铁龙(Citroen)在他们的 TCV 模型汽车上开创了前轮驱动。

1934 年 将二刷直流发电机和补偿电压控制单元首次装入汽车。

1936 年 使用正极搭铁,以延长火花塞寿命,并且减少了蓄电池的腐蚀。

1936 年 出现了包含直流发电机和电压表的电子车速表。

1937 年 彩色电线被首次应用在汽车上。

1938 年 德国制造了大众甲壳虫汽车。

1939 年 点火分配器上安装了点火自动提前装置。

1939 年 出于安全考虑,英国禁止在汽车上使用无线电。

1939 年 车上开始安装熔丝盒。

1939 年 德国首次使用速度记录器。

1940 年 作为同步转子和行程表,直流车速表被用在汽车上。

1946 年 无线电汽车公司成立。

1947 年 晶体管问世。

1948 年 杰戈娃(美洲虎)(Jaguar)发明了 XK120 跑车,米奇林(Michelin)生产了子午线轮胎。

1950 年 邓洛普(Dunlop)发明了盘式制动器。

1951 年 别克(Buick)和克莱斯勒(Chrysler)发明了助力转向技术。

1951 年 博世(Bosch)推动了汽油喷射技术的发展。

1951 年 英国制造商开始使用 12 V 的电气系统。

1952 年 罗弗(Rover)的燃气轮汽车创造了 243 km/h 的速度纪录。

1954 年 博世(Bosch)公司在轿车中引进了燃油喷射技术。

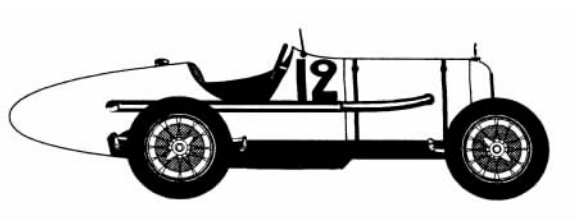


图 1.6 早期赛车需要大量的技术去完善永磁发电机点火系统

1954 年 闪光器普遍使用。

1955 年 钥匙启动成为标准模式。

1957 年 汪克尔(Wankel)制造了第一台旋转式汽油发动机。

1957 年 不对称前照灯问世。

1958 年 第一个集成电路问世。

1959 年 BMC(现在的罗弗汽车)开发了微型汽车。

1960 年 交流发电机开始代替直流发电机。

1963 年 发明了电子闪光器。

1965 年 发明了电控式防抱死制动系统(ABS)。

1965 年 负极搭铁系统重新被采用。

1966 年 加利福尼亚(California)制定了关于汽车废气排放的法规。

1966 年 由于悬殊质量及路面条件较差,车内录放机的首次使用不太成功。

1967 年 博世(Bosch)发明的 Jetronic 燃油喷射系统投入生产。

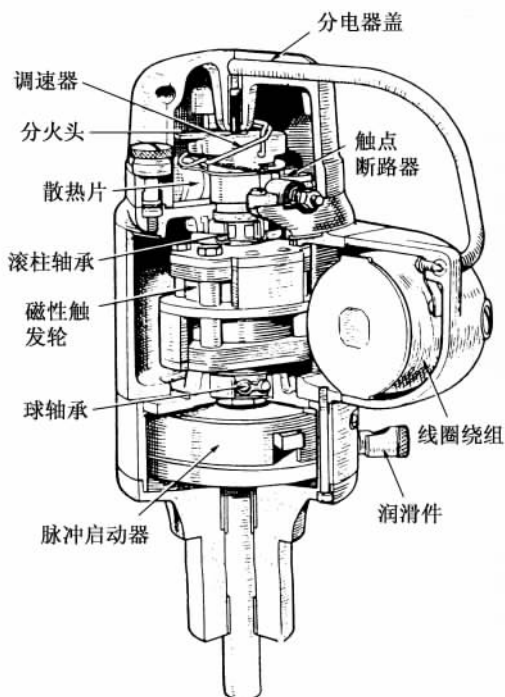


图 1.7 卢卡斯 6VRA 永磁发电机的局部示意图

克(Motronic)型燃油喷射系统进行大量生产。

1980 年 能够四轮驱动的高级轿车奥迪·库特(Audi Quattro)问世。

1981 年 宝马(BMW)采用了车载计算机技术。

1981 年 ABS 防抱死制动系统开始在商用汽车中投入生产。

1983 年 奥斯丁·罗弗(Austin Rover)生产出美斯特(Maestro),这是第一辆有对话功能仪表盘的汽车。

1983 年 里查德·诺贝尔(Richard Noble)使喷气式发动机“Thrust 2”的速度稳定在 1 019.4 km/h。

1987 年 太阳能车“Sunraycar”行程达到 3 000 km。

1988 年 加利福尼亚的排放污染控制目标:在 1998 年前使用零污染排放车。

1989 年 三菱公司首次大批量生产具有四轮转向机构的格朗特(Gallant)汽车。

1989 年 交流发电机在尺寸上比早期发电机小很多,而且能产生超过 100 A 的电流。

1967 年 电子速率计被推广。

1970 年 盖伯里奇(Gabelich)驾驶了采用喷气式发动机的汽车——蓝焰(“Blue Flame”),创造车速为 1 001.473 km/h 的新纪录。

1970 年 交流发电机开始出现在英国的汽车上,同时直流发电机开始被冷落。

1972 年 邓洛普(Dunlop)发明了安全性轮胎,这种轮胎在被刺穿后能自己密封。

1972 年 卢卡斯发明了前窗玻璃仪表盘显示器。

1974 年 免修护无触点式电子点火第一次被采用。

1976 年 氧( $\lambda$ )传感器问世。

1979 年 巴雷特(Barrett)驾驶喷气式动力火箭——“Budweiser Rocket”,其速度达 1 190.377 km/h,超过了声速。

1979 年 博世公司开始对莫特朗尼



图 1.8 有触点式分电器

- 1990 年 意大利的菲亚特公司和法国的标致公司开始生产电动汽车。
- 1990 年 光纤系统用在梅塞德斯(Mercedes)汽车上。
- 1991 年 欧洲议会投票表决对汽车排放物采取严格法规。
- 1991 年 气体放电式前照明灯投入生产。
- 1992 年 日本公司发明了通过照相机观看路面的成像系统。
- 1993 年 日本电动汽车车速达到 176 km/h。
- 1993 年 汽车排放物控制法规迫使发动机管理系统向更深层次发展。
- 1994 年 前窗玻璃视觉增强系统作为欧洲普罗米修斯(Prometheus)工程的一部分被开发出来。
- 1995 年 绿色和平组织发明环保汽车,这种汽车每加仑汽油可行驶 67~78 里(即 3~3.5 L 汽油行驶 100 km)。
- 1995 年 《汽车电气与电子系统》第一版发行。
- 1996 年 关于排放物控制更深层次的法规出台。
- 1997 年 通用 GM 公司为自动化公路系统发展了大量的勒塞波(LeSabres)。
- 1998 年 涡流层状充气发动机打破了声速的界线(Thrust SSC)(图 1.9)。

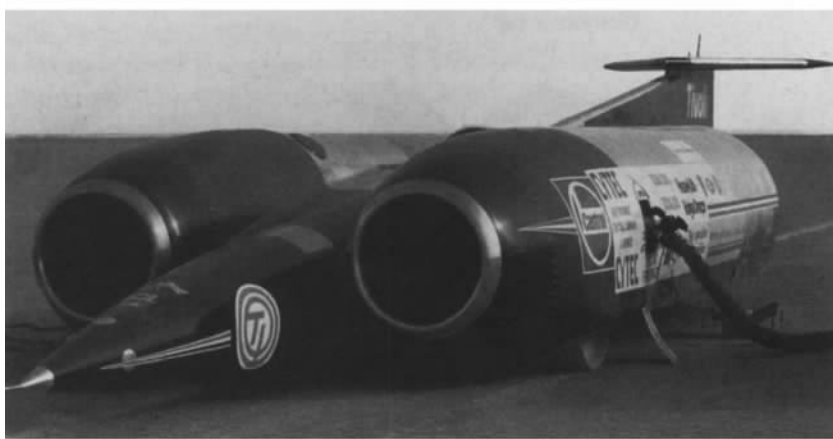


图 1.9 涡流层状充气发动机 (Thrust SSC)

- 1998 年 蓝色视频灯开始使用。
- 1998 年 梅塞德斯(Mercedes)的“S”款车中有 40 个电子控制单元(电脑)和 100 多个电机。
- 1999 年 汽车多媒体系统成为选配件。
- 2000 年 《汽车电气与电子系统》第二版开始发行。

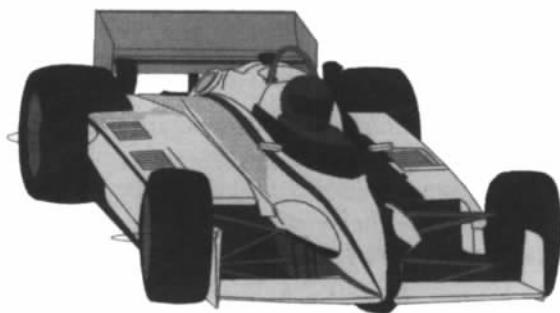


图 1.10 现代赛车的发展为普通汽车的设计带来了许多灵感





图 1.11 S 型美洲虎汽车

## 1.2 汽车电气系统的应用展望

### 1.2.1 目前状态

关于汽车技术的研究一直在进行着,所涉及的技术在不断地扩展。电子技术越来越多地被用到汽车上,有些领域预计能得到更加广泛的应用,这些领域如下:

- (1) 气门升程和正时调节的电液控制。
- (2) 整车动态控制。
- (3) 外部照明电路中采用发光二极管和气体放电式灯泡。
- (4) 电动汽车和蓄电池。
- (5) GPS 全球定位系统。
- (6) 个人电脑系统在汽车内的集成化。

### 1.2.2 下个世纪的汽车系统——现代化的驾驶员

仅仅是想像……

电控汽车系统最大的优点是你可以随心所欲地操纵它。开车出去旅游是很开心的一件事。假如今天是一个假日,电脑会用非常拟人化的声音问道:“请输入你的具体旅游计划。”这个声音可以调整,但不要调成像救援一样的声音,那是非常糟糕的。

我回答到:“我准备稍有变化地开车”,但是它会持续问:“你想以最好的路线去吗?”“不。”我回答:“今天不了。”“所有的诊断程序已经完成,未发现任何故障。”它继续汇报。这时,我非常简洁地告诉它:“除非有意外发生,不需再说什么。”在进入日常会话数据库之后,它好像明白了,然后停止说话。

今天,我想试一试自己驾驶。从车库出来,我开始朝着自己喜欢的试车道行驶。我想在

该车道调整前悬架的节奏。和表面激光扫描一样,新的系统用了磁激光弹簧。这种系统在理论上不仅改变了悬架在每个轴上的刚度,而且可以起到缓冲的作用。这一点我们将会看到。

我想试着感觉一下什么时候电动机断电,什么时候气轮机接通,但还是与往常一样,我感觉不到,是高性能的电子-机械转矩存储系统阻止了车身的晃动。

超车时,我第一次用了球形操纵杆而不是转向盘。这有点不可思议,非常像三维电脑模拟操作,现在我已能熟练应用,以前那种方法我可能不会再用了。

当走到目的地的一半时,车子意外地停住了,我问:“出了什么事?”它回答到:“不知哪个系统出了毛病,请稍等一下,就会知道详细结果。”我回答:“最好快点!”语音系统又回答到:“需要耐心等待,我们正以最快的速度进行诊断。”

3 分钟后,系统已正常。我问到:“出什么事啦?”很快地,它回答:“由于主传感器发出了错误的数字信号,因此在第二个串行处理器线路上出现了错误的运行时间。区域网络总线应对系统进行更严格的监控。”我问道:“是不是掉线了?”经过一会沉思,它回答道:“我想我们应该发明一个系统,它可以发现并自动修正错误,这样就不必停车而耽误宝贵的 3 分钟了。”

当我到达汽车试验路段时,把汽车改变到全速运动形式下,它告诉我:“所有汽车系统均调整到最佳状态,完全满足试验路段的要求。”试验路段下可以保证汽车的全速前进,这儿有一个“S”形转弯,且有石头,有水坑。路上只有几个驾车人,所以,今天是一个很好的适合驾驶的日子!

我开上路段,踩下油门踏板,汽车在最大加速度下疯狂地行驶着,我可以感觉到车子在第一个转弯处时特费力,于是通过调整四轮转向机构来转弯,当以全速进入有水坑的地方时,水几乎淹没到操纵机构,不过恰到好处的是没有淹到。刮水器在水溅到前窗玻璃时正好工作。当我走出“S”形路段时,我立即发现在我的右前方有另一辆车,我尽最大努力踩下制动板,ABS 系统及时地起到作用,随后又进入铺有石子的路段。虽然我没有感觉到与光滑路面有多大的区别,但我还是用电脑检查了一下电磁-激光悬架系统,因为我认为这个系统应该工作着。当我通过第一个凹坑时,前窗显示器显示:“自动超车?”我大声回答到:“超过它!”然后我的车以极快的速度超过了前面那辆车。

在回家的途中,与往常一样,汽车已预测我会到附近酒吧逗留,并设计好了行车路线。汽车自动停在充电机旁,我去小店里好好地享受了一会,我已经有点急不可待地想告诉我的朋友们,今天是多么开心!

这仅是预测或科学幻想吗?

## 1.3 练习

### 1.3.1 思考题

1. 谁发明了火花塞?
2. 在 1800 年发生了什么重大事件?
3. 绘制一张简单的永磁发电机的线路图的草图。

4. 弗雷德里克·西门(Frederick Simms)为谁工作？
5. 解释汽车上为何要采用正极搭铁？
6. 解释汽车为何又重新采用负极搭铁？
7. 哪种汽车首先安装了启动机？
8. 查尔斯·F. 凯特灵(Charles F. Kettering)在汽车早期的发展中起了重要作用。他的主要贡献是什么？他为哪家公司工作？
9. 简单描述法规对汽车的发展有何重要的影响？
10. 选择四个比较有意义的事件,并解释它们的重要性何在。

### 1.3.2 课程论文

写一篇关于在未来 2020 年驾驶汽车的短文。

# 2 电气电子原理

## 2.1 安全工作会议

### 2.1.1 概述

电气电子系统方面的安全工作实践是非常必要的,为了你和他人的安全,你必须遵守下面两条原则:

- (1) 使用常识——不要犯低级错误。
- (2) 如果有疑问——寻求他人帮助。

以下部分给出了电气电子系统工作中所遇到的一些危险情况,还给出了如何减少这些危险的建议,这就是所谓的危险评估。

### 2.1.2 可能发生的危险及应采取的措施

表 2.1 列出了汽车故障排查时可能发生的危险,尤其给出了电气电子系统中一些已经出现过的危险。此表并不十分详尽,却可以起到很好的告之作用。

表 2.1 汽车故障排查时可能发生的危险及应采取的措施

| 可能发生的危险 | 应采取的措施                                                                                                                                     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 击     | 点火高压最可能发生电击,点火时产生 25 000 V 的电压是很正常的。如果发动机必须在高压电路中才能运行,那么要用到绝缘工具。特别注意,在有线圈的电路中也会产生高压。因为当断开这种电路时产生的反馈电动势通常是 100 V。主要供能装备及其导线应处于良好状态,最好采用搭铁装置 |
| 电池中酸性物质 | 硫酸具有腐蚀性能,所以需佩戴良好的个人保护装备。这种情况下,工作服和橡胶手套是必不可少的。如果你的工作是频繁接触蓄电池,那么橡胶围裙和护目镜必不可少                                                                 |
| 抬升汽车    | 当用千斤顶抬升汽车时,要踩住制动器或制动蹄。千斤顶只能用于有坚固的汽车底盘和悬架结构的车中                                                                                              |
| 运转过程中   | 发动机运行时,不要穿宽松衣服,最好穿工作服。发动机工作时,自己拿好钥匙,防止他人误启动,如果站在正在运转中的传送带旁边,一定要格外的小心                                                                       |
| 废 气     | 如果发动机在室内工作,必须采取合适的排气措施。记住:不仅仅 CO 气体可以让你中毒甚至致死,其他的废气也可能造成气喘病甚至致癌                                                                            |
| 移动重物    | 移动你力所不能及的东西时要寻求帮助或用起重设备。总之,如果觉得太重,不要独自移动它                                                                                                  |

续 表

| 可能发生的危险 | 应 采 取 的 措 施                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 短 路     | 测试时,用一段具有内线熔断丝的跨接导线,以防止由于短路产生的破坏。有短路危险时,要切断电源。如果一个非常高的电流穿过汽车,这样不仅烧伤你,也会烧毁汽车 |
| 火 灾     | 汽车工作时不要吸烟,汽油泄露时要立即处理。记住着火的三个条件——热、燃油和氧气,不要让这三者同时出现                          |
| 皮肤保护    | 使用优质护手霜和橡胶手套,定期冲洗皮肤和换衣服                                                     |

2.2 基本电气原理

2.2.1 概述

为了准确无误地理解电学,我们必须从它究竟是什么开始。这意味着我们必须思考得

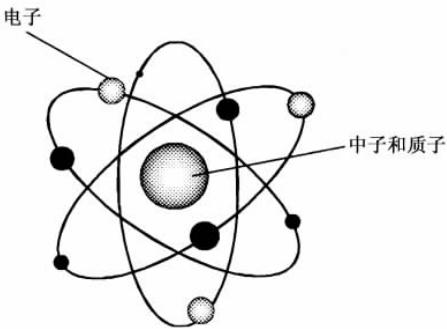


图 2.1 原子结构示意图

很细微,图 2.1 为原子结构示意图。最初,分子被认为是物质的最小组成部分。不过,将分子再分割出现了原子,它就成为物质的最小组成部分,元素就是仅仅包含一种原子的物质。

原子包含一个由质子和中子组成的原子核,在这个原子核周围环绕着电子,就像行星围绕太阳一样。中子是原子核中一个十分微小的部分,它带有等量的正电量和负电量,因此中子整体不带电。质子是原子核的另外一小部分,它带正电。中子是中性的,而质子带正电,这意味着原子的原子核是带正电的。

电子是原子的更小的组成部分,并且是带负电的。它围绕着原子核,并受到质子的正电的吸引,不管何种类型的原子,电子都是类似的。

原子处于平衡态,因为围绕原子核旋转的电子数与质子数是相等的。带有电子的原子很容易偏离原来的负原子移向另一个原子(就像同性相斥)。这是一个随机性的运动,我们将这些电子叫做自由电子。

如果某物质中的电子非常容易移动,那么这种物质被称为导体。在有些物质中,电子移动十分困难,这些物质被称为绝缘体。

2.2.2 电流和常规电流

如果一个电压施加到一个导体上,电子将发生定向性的流动(例如把电池和导线连接起来时)。这是因为电子受到阴极的排斥而被吸引到阳极。

产生电流需要一定的条件:① 一个电源,比如电池或发动机产生的动力。② 一条绝对导通的路径,电子能在其中运动(比如电线)。

图 2.2 是一个简单电路,电池正极通过一个开关和灯泡,连到电池负极。开关打开时,电池的化学能量将电子从电池的阳极移向阴极。这导致电池的阳极电子很少而阴极有大量的电子。因此在电池的两端就有了电压。

开关闭合时,处于阴极大量的电子将流过灯泡到达缺乏电子的阳极,电灯将发光并且电池的化学能量使电子在电路中从阴极移向阳极,这种运动称作电流运动。当电池有电压时,也就是说,它有电量时,该运动会一直进行下去。

电流是从阴极流向阳极的。不过,电流曾经被认为是从阳极流向阴极的,并且这种说法因为许多特殊原因仍然被延用着。尽管这种流向说法是不正确的,但我们都习惯了这种说法,即常规电流是从正极流向负极的。

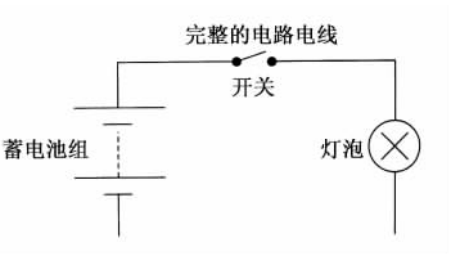


图 2.2 简单电器电路图

2.2.3 电流的效应

当电路中有电流时,它可以产生热效应、磁效应和化学效应三种效应。

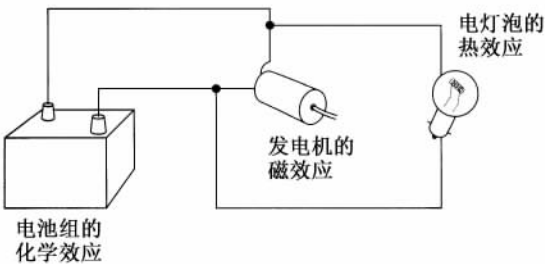


图 2.3 电灯泡、发电机以及蓄电池的热效应、磁效应、化学效应

热效应是电器元件的作用,比如电灯和热得快;磁效应是继电器、电动机和发动机的作用;化学效应是电镀和充电电池的作用。图 2.3 展示了电池的化学能首先转化为电能,然后变为灯丝的热能。

这三种效应是互逆的。热能作用到一个热电偶上将产生电动势,然后形成电流。实际上这种原理主要应用在仪器上。磁场绕阻中会产生电动势,也能形成电流,这就是发电机的原理,蓄电池中的化学能也能产生电动势,生成电流。

2.2.4 基本定律

在图 2.4 中,每秒流过电灯的电子的数目被定义为流速。电压是生成电流的原因。凭借电流流速的反方向,电灯产生了一个电阻。功率是做功的速率,或者说是将能量从一种形式转换为另一种形式的速率。这些术语连同其他术语在表 2.2 中有详细的解释。

表 2.2 术语、符号和单位

| 术 语 | 定 义                      | 符 号 | 公 式     | 单位名称 | 缩 写 |
|-----|--------------------------|-----|---------|------|-----|
| 电 荷 | 在 1 s 内传送 1 A 电流的电荷为 1 C | $Q$ | $Q=It$  | 库 仑  | C   |
| 电 流 | 1 s 内通过某点的电子数目           | $I$ | $I=V/R$ | 安 培  | A   |

续 表

| 术 语   | 定 义                                                                                                                              | 符 号 | 公 式                                                | 单位名称                              | 缩 写                              |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 电 压   | 如果电路中电阻是 1 Ω,那么在电路中产生 1 A 电流的电压为 1 V                                                                                             | V   | $V=IR$                                             | 伏 特                               | V                                |
| 电 阻   | 电压施加在电路中时,阻碍电流流动的物质                                                                                                              | R   | $R=V/I$                                            | 欧 姆                               | Ω                                |
| 电 导   | 物质运送电流的能力,1 S=1 A/V                                                                                                              | G   | $G=I/R$                                            | 西门子                               | S                                |
| 电流密度  | 单位面积上通过的电流,用于计算所需导体横截面面积                                                                                                         | J   | $J=I/A$ (A 是面积)                                    | 安·米 <sup>-2</sup>                 | A·m <sup>-2</sup>                |
| 电 阻 率 | 长度为 1 m、横截面面积为 1 m <sup>2</sup> 的导电材料的电阻,单位是 Ω·m。一种优质导体具有较低的电阻率(1.7×10 <sup>-8</sup> Ω·m,铜),绝缘体有较高的电阻率(10 <sup>15</sup> Ω·m,聚乙烯) | ρ   | $R=\rho L/A$<br>(L 是长度,A 是面积)                      | 欧姆·米                              | Ω·m                              |
| 电 导 率 | 电阻率的倒数                                                                                                                           | σ   | $\sigma=I/\rho$                                    | 欧姆 <sup>-1</sup> ·米 <sup>-1</sup> | Ω <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> |
| 电 功 率 | 1 V 电压生成 1 A 电流时,产生 1 W 的功率                                                                                                      | P   | $P=IV=I^2R=V^2/R$                                  | 瓦 特                               | W                                |
| 电 容   | 电容器的属性决定了自身能充多少电荷,因为加在它两端的电势固定不变                                                                                                 | C   | $C=Q/V=\epsilon A/d$<br>A 是极板面积,d 是极板间距,ε 是电解质的电容率 | 法 拉                               | F                                |
| 感应系数  | 电路中变化的电流产生了磁场,这个磁场会在自身的电路相反的电流方向产生一个电动势(自感),或者在另一种电路中产生一个电动势(互感)                                                                 | L   | $I=V/R\cdot(1-e^{-Rt/L})$                          | 亨 利                               | H                                |

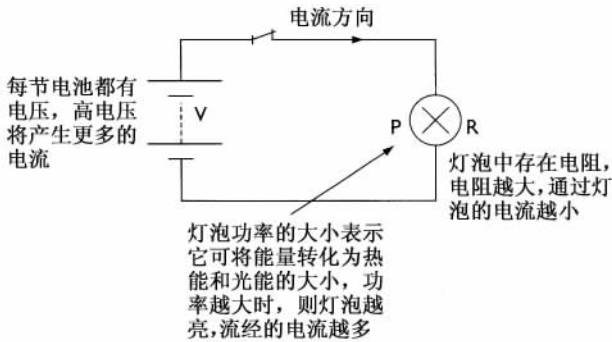


图 2.4 具有电压、电流、电阻和电源的电路图

如果增大电路中的电压,而电灯的电阻大小没变,电流将增大。如果电压保持为额定值,而灯泡的电阻变大,电流将减小。欧姆定律描绘了这种关系。

欧姆定律表明:在闭合电路中,电流与电压成正比,与电阻成反比。当 1 V 电压产生 1 A 电流时,功率为 1 W。

用公式表示如下:

电压 = 电流  $\times$  电阻 ( $V = IR, R = V/I$  或  $I = V/R$ )

功率 = 电压  $\times$  电流 ( $P = VI, I = P/V$  或  $V = P/I$ )

### 2.2.5 电路的分类

有三类电路：

(1) 开路。这是指电路是断开的，没有电流通过。

(2) 短路。这是一种错误操作。当电线碰到另一个导体时，则电流直接经过该导体，通过捷径完成该电路。

(3) 高阻抗。这是指电路的一部分产生了高阻抗（例如一个脏的接头），从而减少了电流的通过量。

### 2.2.6 导体、绝缘体和半导体

所有的金属都是导体，银、铜、铝是最好的导体，也是常用的导体。能导电的液体称为电解质。绝缘体一般是非金属，包括橡胶、陶瓷、玻璃、塑料、棉花、丝网、蜡纸和一些液体。有些材料依据不同的外界条件而成为导体或绝缘体，这些材料被称为半导体，常用来制作晶体管和二极管。

### 2.2.7 影响导体电阻的因素

在绝缘体中，即使施加很大的电压，也只能使少量电子移动。而在导体中，即使施加很小的电压，也会产生很大的电流。电阻的大小是由许多因素决定的，主要因素如下：

(1) 长度——导体越长，电阻越大。

(2) 截面积——截面积越大，电阻越小。

(3) 导体材料——电阻将随着导体材料的变化而变化，这就是所谓的电阻率。

(4) 温度——大部分金属随着温度的升高，电阻增大。

影响导体的因素见图 2.5。

### 2.2.8 电阻和电路图

优质的导体由于自身电阻低，当它用来传送电流时，消耗较少电能。电阻用来调节电路中的电流或设置电压的大小，它们由高阻抗的材料做成。用来传送低电流的电阻由石墨棒做成，用来传送高电流的电阻采用绕阻。

电阻常作为最基本的电路组成来解

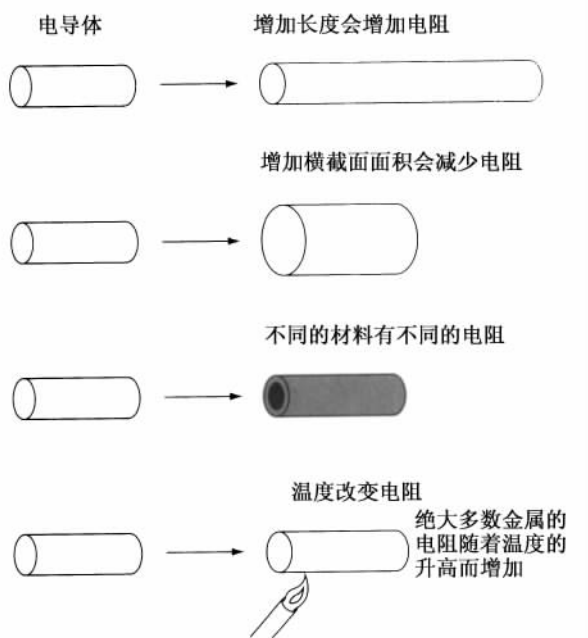


图 2.5 影响电阻的因素



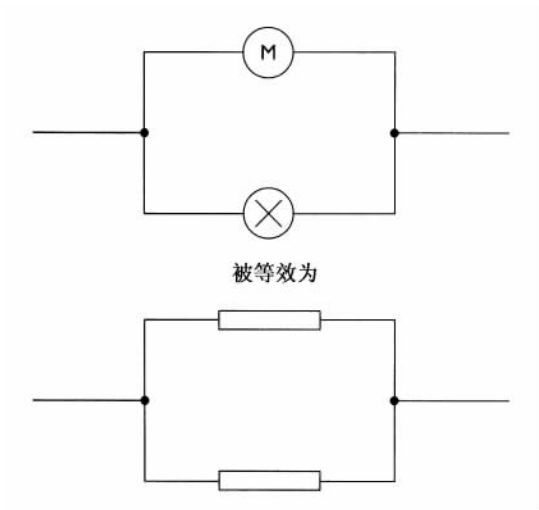


图 2.6 等效电路图

释相应原理。图 2.6 的电路是等效的。换句话说,只用电阻表示电路就可以代表其他电路。当连接电阻并且只有一条通路时(图 2.7),相同的电流流过串联的灯泡,下面的法则适用于该电路:

- (1) 总电压等于电路中各部分的电压。
- (2) 总电阻等于各个电阻的和 ( $R_1 + R_2 + \cdots$ )。

当电阻或电灯如图 2.8 所示连接时,通路有多条,电流通过这些路径时,通过各部件的电压相同,该电路为并联电路,遵守如下原则:

- (1) 通过电路器件的电压相同。
- (2) 总电流等于各分支电流的总和。

- (3) 电流的分配取决于各个元器件的电阻。
- (4) 总电阻的计算式为  $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2$  或  $R_T = (R_1 \times R_2)/(R_1 + R_2)$ 。

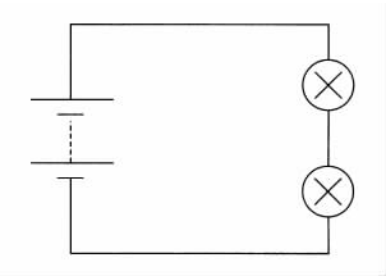


图 2.7 串联电路

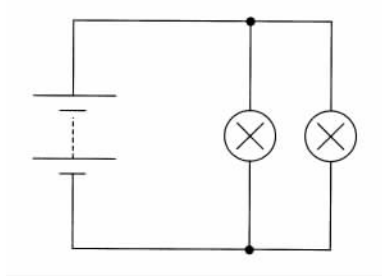


图 2.8 并联电路

2.2.9 磁性 与 电磁铁

磁性可以由永久磁铁或电磁铁产生(这是电学三大现象之一),磁铁周围产生磁效应的空间称为磁场。磁场的形状通常可由磁通量线或磁力线来描述。

磁学有如下规律:

- (1) 异性磁极相吸,同性磁极相斥。
- (2) 同方向磁力线相斥,反方向磁力线相吸。
- (3) 电流流经导体时,会在导体周围产生磁场,并且磁场的磁性的大小取决于通过导体的电流。
- (4) 如果导体做成螺线管,产生的磁性就和永久磁铁的磁性一样。

电磁铁用于电动机、继电器和燃油喷油器。在磁场中,通电的导体将产生力,这是两个磁场相互作用的结果,这就是电动机工作的基本原理。图 2.9 显示了各种磁效应。

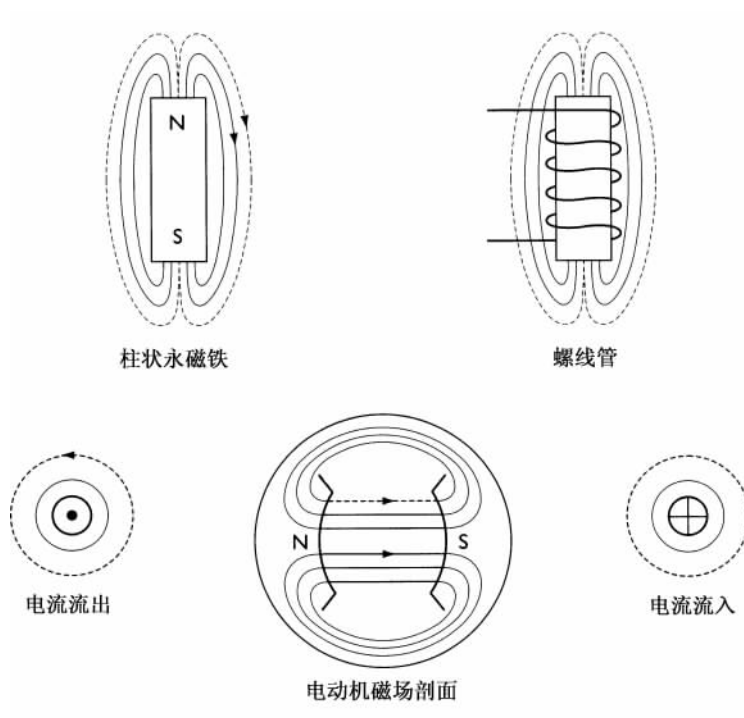


图 2.9 磁场

### 2.2.10 电磁感应现象

基本规律如下：

(1) 当导体切割磁力线或磁力线切割导体时，导体内产生电压。

(2) 感应电压的方向取决于磁场方向和导体与磁场的相对运动方向。

(3) 电压大小与导体切割磁场或被磁场切割的速率成正比。

这种感应的结果是可以在线圈中产生电压，这也是发电机的基本工作原理，例如小汽车中的交流发电机。发电机是一种将机械能转化为电能的装置，图 2.10 描绘了导线在磁场中的运动。

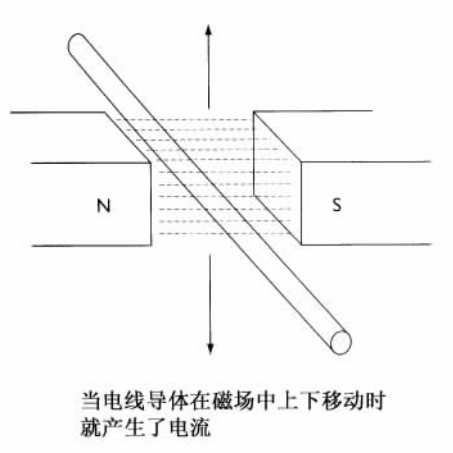


图 2.10 电感

### 2.2.11 互感

如果一个铁芯绕有两个线圈（分别为初级线圈和次级线圈），其中任意一个线圈中的磁场的改变都会对另一个产生感应电压，当初级线圈中的电流因电路通断而变化时，如次级线圈匝数少于初级线圈匝数，则在次级线圈上新产生一个低电压，这是一种变压现象，这也是

点火线圈的原理,图 2.11 描述了互感现象。

这种互感电压值的大小取决于:

- (1) 初级线圈中电流的大小。
- (2) 初级线圈与次级线圈的匝数比。
- (3) 磁场变化速率。

## 2.3 电子元件和电路

### 2.3.1 概述

这一节描述的是各种电路的规律和应用情

况,并没有详细描述它的工作原理。其中简要介绍了电路是如何工作的,重点介绍了这些电路在汽车中的应用。

所介绍的关于电路的许多应用的实例,它们在很多电工书中有更详细的表述。总而言之,对电学基本原理的了解,有助于我们理解电子控制单元是如何工作的,该范围包括从一个简单的车内灯泡延时单元到一个非常复杂的发动机控制系统。

### 2.3.2 电子元件

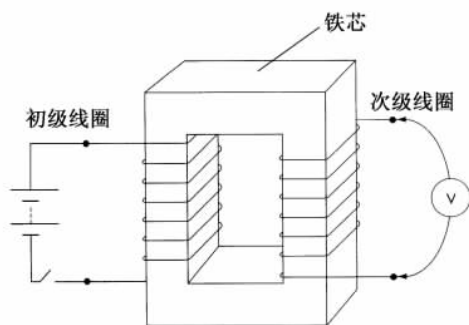
这里所描述的主要电子元件通常是一些独立电子元件。图 2.12 为本章节所用电路结构的一些元件符号,下面简单介绍常用的电子元件。

电阻也许是整个电路中使用最广的元件,当选用电阻时,要考虑其阻值和功率。电阻用来限制电流大小和提供合适的电压降。绝大多数电路中的电阻都是碳棒做的,而碳棒的直径决定电阻的大小,碳棒电阻具有负温系数(NTC),这种特性十分有用。薄膜电阻具有稳定的温度特性,它是通过将碳沉积在像玻璃之类的绝缘基体上组成的,其电阻值可以通过将螺旋槽切成碳膜来精确控制。在高压电路中,常使用绕线电阻,它可以在电路中产生自感,电阻的变化通常是呈线性规律或对数规律变化的。在整个电路中,电阻大小与电流成反比。

电容是用来储存电荷的。它结构简单,由两块被绝缘体分开的平板组成,其中一块相对于另一块来说有着过量的电子。在汽车中它主要用于减少通过触点的点火花和电器控制单元之中的无线电干扰电路。电容器由被绝缘体隔开的两块平板组成,板面积为  $A$ ,板间距为  $d$ ,介电常数为  $\epsilon$ (绝缘体),这些量决定了电容值的大小,用公式来表示就是:

$$C = \epsilon A / d$$

电容器通常用一种绝缘体将金属薄片隔开来制造电容,薄片被卷在一起放在一个小罐子里,为获得更大的电容值,通过减少平板间的距离是很好的方法,因为这样更易于控制整个元件的总尺寸。通过将极板浸泡在电解液中在其表面形成厚度为  $10^{-4} \text{ mm}$  的氧化层,可以获得更高的电容值。但这种方法存在的问题是:电容极板的固定仅能承受较小电压,可变电容是通过改变公式中的可变量来实现。电容的单位是法拉第(F),当电压为  $1 \text{ V}$  所存储的电荷为  $1 \text{ Q}$  时,就称电容值为  $1 \text{ F}$ 。图 2.13 为电容器从电池上获得电量的过程。



当初级线圈的开关关闭或打开时,电流在铁芯的周围产生了一个变化的磁场,变化的磁场为次级线圈产生感应电动势

图 2.11 互感现象

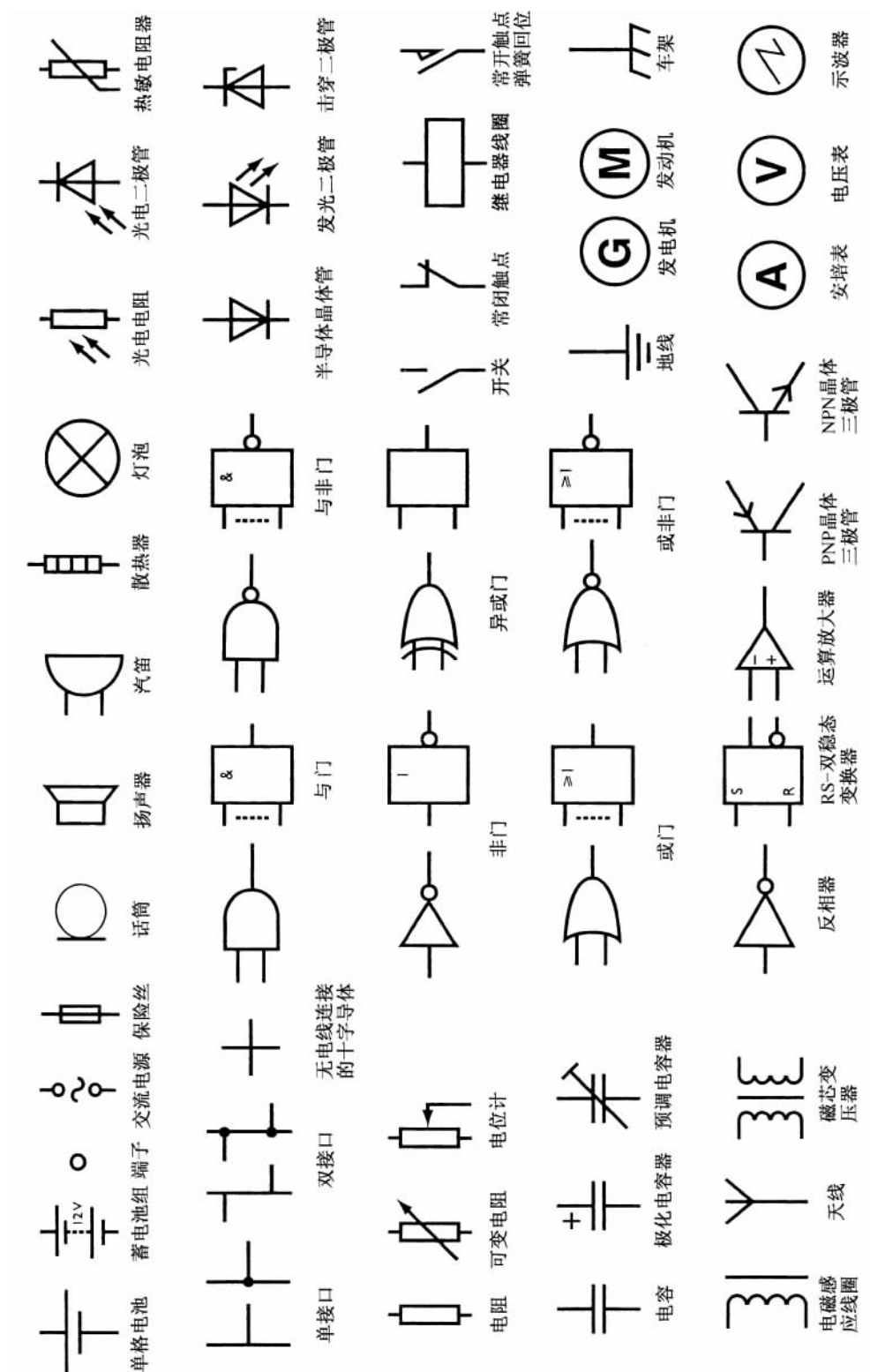


图 2.12 电路元件符号

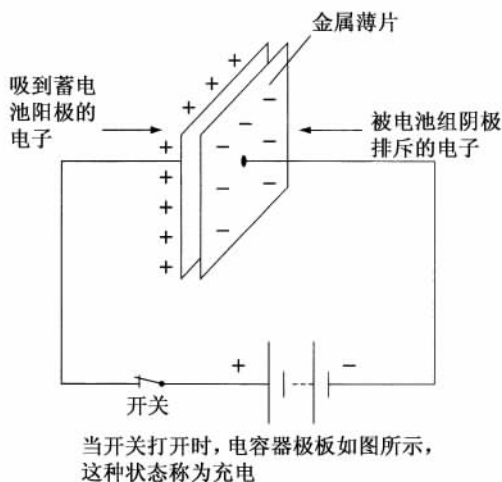


图 2.13 电容器充电过程

三个端子分别是：基极、集电极和发射极。当基极上施加适当的电压时，集电极和发射极间的电路就会导通，基极电流比发射极电流小 200 倍。基极中电流和发射极中电流的比值 ( $I_c/I_b$ ) 用来表示元件的放大倍数，通常用符号  $\beta$  表示。

晶体管还有一种类型是 FET，即场效应管。这种元件比前面描述的双极型晶体管有更高的输入阻抗。FET 基本组成部分是 N 通道和 P 通道。三个端子被称为栅极、源极和漏极。栅极的电压可以控制电路中源极和漏间的导通情况。

感应器常用作示波器电路和放大器电路中的一部分。在这些装置中，感应器的稳定性和尺寸十分重要。感应器的基本构造是绕在模型上的一个绕阻。电流的效应赋予该装置有电感性。电感是较难控制的特性，特别是当它随着其他装置的电磁而增加感应值时更难控制。将绕阻放入罐中会减少电感，但罐中也会产生感应电流，从而影响电感值。由于铁芯改变了感应器的穿透率，铁芯可被用来增加感应值。然而，这也要通过移动铁芯的位置来满足。这仅改变了电阻值的百分之几，但对改变电路是有用处的。感应器，特别是高值感应器，已为大家所熟知，可用于 DC 电路来平顺电压。当电流以 1 A/s 的速度改变时，感应电压为 1 V，该电路的自感为 1 H。

### 2.3.3 集成电路

集成电路常用在硅这样的基质构成中。在集成电路里，上面提及的元件组合在一起就能执行不同的任务，例如开关元件、放大器和逻辑运算器等。事实上，电路需求的各功能可以直接做在芯片上。这样做的优点不仅仅是集成电路的尺寸小了，而且由于元件间的距离变短从而使得工作速度加快，最典型的是开关速度超过了 1 Hz。

集成电路的发展经历了四个阶段。第一阶段是硅片在高温下被气态氧氧化，形成一层性能良好的绝缘体。第二阶段是光电蚀刻，此时，去掉一部分氧化物，用光导材料做涂层，这种物质在阳光下会变得坚硬，这时就可以做氧化硅片了。从所拍摄的透明照片可以看到绝缘体，然后在酸性物质中清洗硅片。第三阶段是渗滤过程，硅在纯净的硼或磷的气体中加热，形成硅片的 P 极和 N 极。最后一个过程是外延过程，即晶体形成过程，这时硅层也可以

二极管是单向导通的，因这种特性使二极管被广泛应用。二极管是一种简单的 PN 结合结构，它允许电子从 N 端（阴极）流向 P 端（阳极），通常由硅材料制成。二极管并非一个完美的导电设备，它工作时需要约 0.6 V 的电压来打通它的正向偏压。齐纳二极管的工作原理很类似，但它被设计成在预设电压下在相反的方向上导通和截止，它被认为是一种减压阀。

晶体管使当今的微型复杂电路系统的发展成为可能，他们取代了发热电子管。晶体管用作固态开关或放大器。晶体管的构成和二极管一样，都是使用 P 型和 N 型的半导体材料，他们可被做成 NPN 型或 PNP 型。它的三

形成 P 极和 N 极。用相似的方式非常容易形成电阻器和  
小容量电容器。图 2.14 为集成电路的电路图。

集成电路的类型和范围越来越广,在各方面都得到了应用。芯片集成水平有了很大的发展,比如超大规模集成电路,也就是说在一块芯片中有 100 000 个元件。现在这方面的发展越来越快,在开关和功率输出端方面,电子学家正考虑选择更好的集成方式和独立元件。

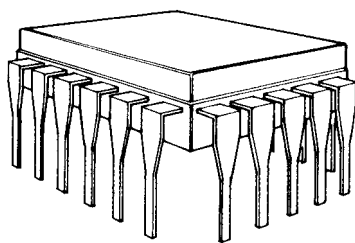


图 2.14 典型集成电路

### 2.3.4 放大器

最简单的放大器仅包括一个电阻和一个晶体管,如图 2.15 所示。输入端电流的微小变化能引起通过晶体管的电流的相同变化,并且在输出端可以获得明显放大的信号。请注意:与输入端相比较,输出是反向的。这个简单的电路当作开关而非放大器时,有很多的应用。例如,流入输入端的很小电流能代替电阻用来控制继电器。

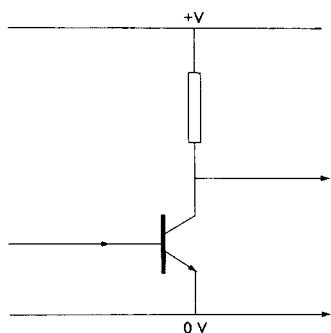


图 2.15 简单放大电路

这种形式的晶体管放大器存在的问题是:晶体管的放大率( $\beta$ )是可变的且是非线性的。为了克服这一不足,采用某些反馈会使得这一电路有更多的适用范围。图 2.16 为一个比较实用的交流放大器。

电阻  $R_{b1}$  和  $R_{b2}$  设定了晶体管的基极电压,由于基极-发射极间电压恒定为 0.6 V,这也设定了发射极的电压。因此,穿过集电极和发射极电阻的恒定电流也被确定。当输入端的信号有微小变化时,将会在输出端放大出来,但是相位是反向的。该电路电压放大率可以近似计算为:  $R_c/R_e$ 。

电容器  $C_1$  用来避免基极端直流偏压出现任何变化,  $C_2$  用来减少发射极电路的电阻。这保证了  $R_e$  不会影响输出。

对于直流信号的放大,通常使用差分放大器,它将两输入端的电压差放大,该电路如图 2.17 所示,通常称为长尾电路,几乎可用于所有的直流放大器中。

所有晶体管的性能都非常相似。对于独立元件来说,它们有相同的散热片,在集成元件中,晶体管的构造要确保元件的稳定性。输入的变化将以相同的方式影响到每个晶体管的基极与发射极间电压,这样,流过  $R_e$  的电流将保持恒定。例如,温度的任何变化将以相同方式影响所有晶体管,因此,差分电压将保持不变。差分放大器的重要特色在于,它可以把两个信号之间的差值放大而不是把信号本身放大。

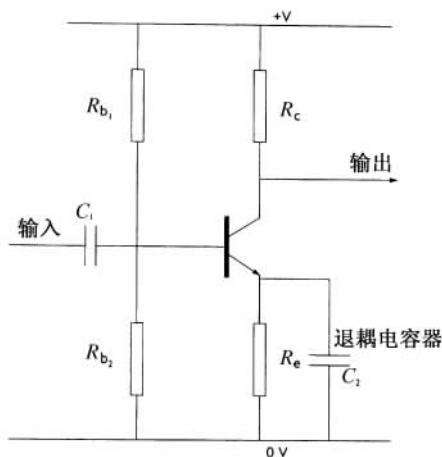


图 2.16 实用交流放大电路

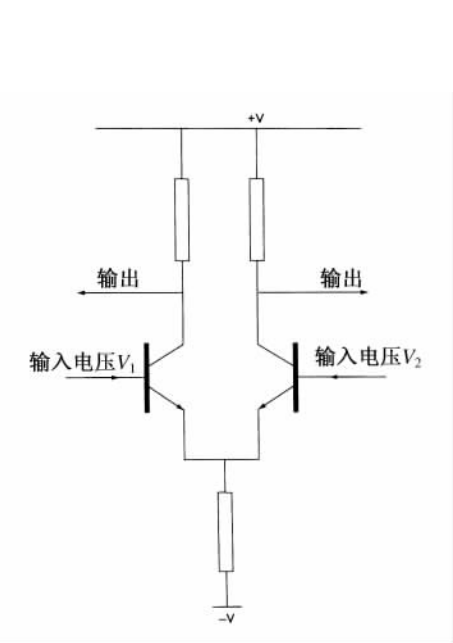


图 2.17 直流放大器(加长尾)

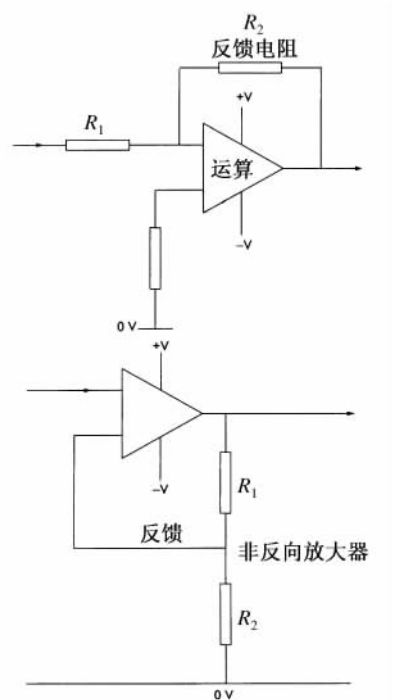


图 2.18 运算放大器反馈电路

集成差分放大器很常见,其中最主要的就是 741 运算放大器。这一形式的放大器的直流放大率可以达到 100 000 左右。运算放大器有很多应用,特别是可以用作信号放大器。该装置的主要功用就是作为传感器和负荷之间的缓冲。这种装置的内部电路很复杂,但是外部连线 和元件可以减少到最小。对于只有一些电阻的简单电路,不需要 100 000 这样的。可以改变运 算放大器的许多特征来满足不同的应用要求。为了获得一个比较精确和恰当的放大率,可以 使用两种类型的负反馈,如图 2.18 所示,它们被称为并联反馈和差分反馈运算放大器电路。

并联反馈的放大率:  $-R_2/R_1$ 。

差分反馈的放大率:  $R_2/(R_1 + R_2)$ 。

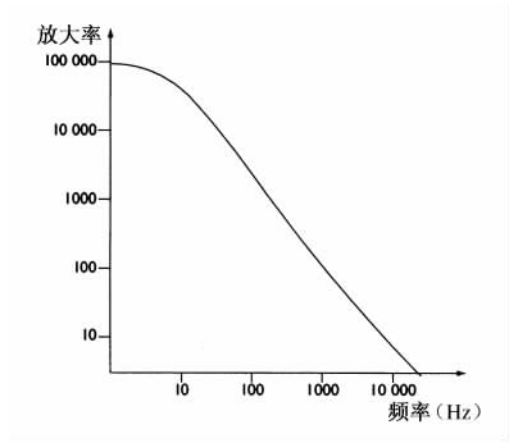


图 2.19 741 放大器的频率响应

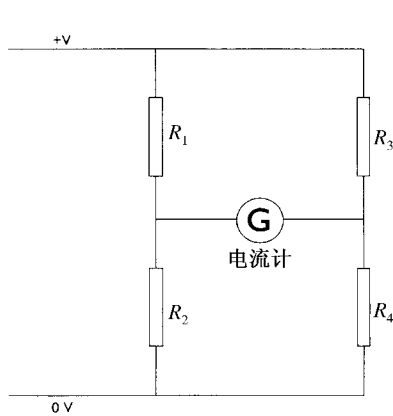


图 2.20 惠斯顿电桥

需要指出的是,这种放大器的放大率取决于频率,当然,仅当放大交流信号时才相关。图 2.19 为 741 放大器的频率响应。运算放大器是许多电路的基本组成部分,这些会在后面的章节里提到。

### 2.3.5 电桥电路

电桥电路有多种类型,但是它们都基于惠斯顿电桥定律,惠斯顿电桥如图 2.20 所示。图中的仪表是灵敏电流计,通过简单计算就可以知道,当  $R_1/R_2 = R_3/R_4$  时,电流计读数为零。

要使用该种电路来精确测定一个未知的电阻,  $R_1$ 、 $R_3$  和  $R_4$  是预先确定的精确的电阻,  $R_2$  是精确的电阻箱,当电阻箱的读数与未知电阻相等时,电流计的读数为零。这一原理可以应用到交流电路中来确定未知的电感和电容。

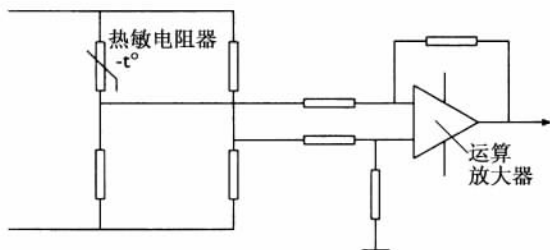


图 2.21 电桥和放大器电路

用于汽车中的电桥电路和放大电路,如图 2.21 所示。在该电路中,用热敏电阻器代替  $R_1$ ,电桥电路的输出由具有并联负反馈的差分运算放大器进行放大。

### 2.3.6 施密特触发器

施密特触发器常用来将可变信号转换成用于数字电路或开关电路的方波信号,例如,输入施密特触发器的正弦信号输出时将会以与输入端信号相同频率的方波信号出现。图 2.22 为采用运算放大器的简易施密特触发器电路。

由于该放大器的放大率较大,电路的输出可能是正极饱和或者是负极饱和。触发点分为上触发点和下触发点。汽车上电感式分电路或传感器输出的信号将会传递给施密特触发器,这确保了下一步的处理更方便。施密特触发器可以作为独立的集成电路购买,也可以作为其他成品的组成部件购买。

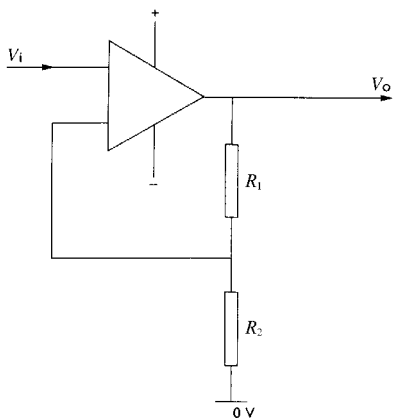


图 2.22 采用运算放大器的施密特触发电路

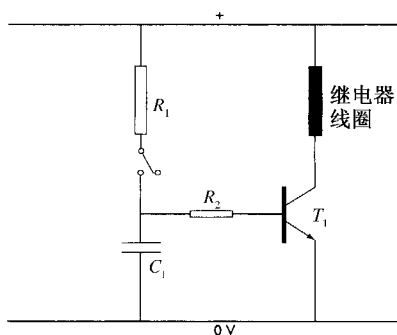


图 2.23 定时器电路实例



### 2.3.7 定时器

最简单的定时器由两个元件组成：电阻和电容器。当电容器通过电阻连到电源时，则电容器将在  $5CR$  s 内完成充电过程，这里  $R$  代表电阻值（单位为  $\Omega$ ）， $C$  代表电容值（单位为 F）。该电路的时间常数是  $CR$ ，通常用  $\tau$  来表示。

电容器的电压可以按照下式进行计算：

$$V_C = V(1 - e^{-t/CR})$$

式中， $V$  为电源电压； $t$  为时间(s)； $R$  为电阻值( $\Omega$ )； $e$  为指数函数。

如果  $R$  和  $C$  的取值恰当，则可用来设定几乎所有的时间延时，能够操作或关闭晶体管电路。图 2.23 为使用该种定时器技巧的电路实例。

### 2.3.8 滤波器

过滤器可以大颗粒的污染物进入像燃料喷油器这样的装置。在电子电路中，其基本概念是一样的，只不过颗粒的尺寸变成了信号的频率。电子滤波器主要有两类：一是低通滤波器，用以截止高频信号；二是高通滤波器，用以截止低频信号。这两种滤波器变型后就可以给出特定频率响应特征的滤波器，例如带通或带阻滤波器。这里我们只考虑滤波器的基本设计。在包含放大器的电路中滤波器是有源的；当电路中含放大器时，滤波器就是无源的了。图 2.24 为两种主要的无源滤波电路。

滤波器电路是基于容抗随着频率的变化而变化。实际上，容抗  $X_C$  随着频率的升高而降低。滤波器的截止频率可以按照下式进行计算：

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

式中， $f$  为电路响应的截止频率； $R$  为电阻值； $C$  为电容值。

应当注意的是，滤波器并不是完美的，截止频率不是截断点而是电路响应开始下降的点。



图 2.24 低通和高通滤波电路

### 2.3.9 达林斯顿管

达林斯顿管是两个晶体管的简易组合，它可以产生很高的电流放大率，一般为几千倍。这两个晶体管通常放置在散热片上。一般来说，这个装置有三个端口，与独立晶体管一样可

以标为基极、集电极、发射极。这种电路的输入电阻是兆欧级的,因此它不会将该电路前置部分连到输入端去。图 2.25 为两个晶体管组合成的达林斯顿管。

达林斯顿管通常用作开关。达林斯顿管最常用作点火电路初级电流绕阻的开关。

### 2.3.10 步进电机驱动器

后面章节会给出步进电机的详细工作情况,在本节里只考虑步进电机的驱动电路。出于解释方便的目的,只介绍四相单极电机的驱动电路。步进电机驱动电路的功能是将微弱的数字过程控制信号转换成能够控制电机线圈的信号。图 2.26 为步进电机控制过程的整机控制系统方框图。

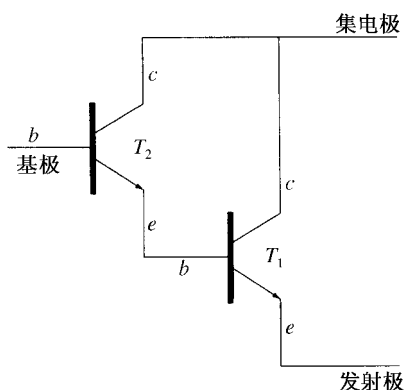


图 2.25 达林斯顿管

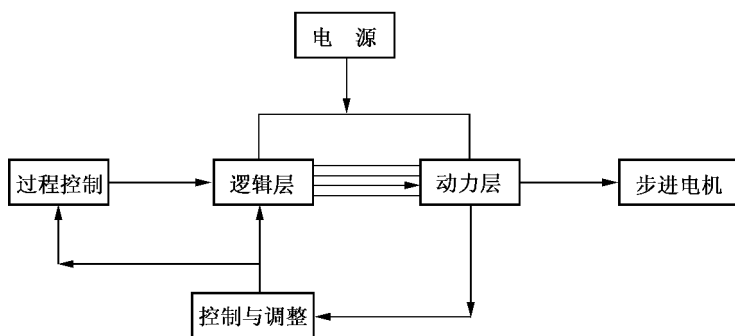


图 2.26 步进电机控制系统

图中所示过程显示了发动机管理 ECU 主要部件输出信号,这个信号将在一个简易的逻辑电路中进行处理,变成适合于控制步进电机的脉冲信号,然后这些脉冲信号经由动力层后驱动电机。图 2.27 是动力层的简易电路,它用来控制四个电机的绕阻。

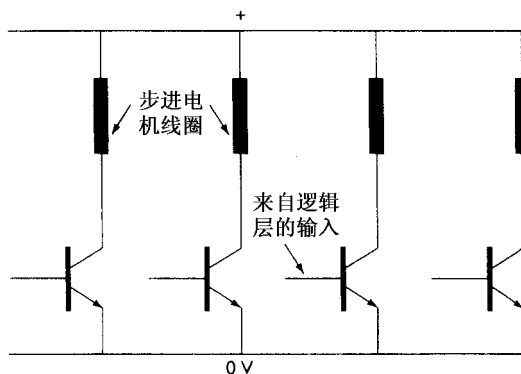


图 2.27 步进电机驱动电路(动力层)

### 2.3.11 数模转换

数字信号转换成模拟信号是一个相对简单的过程。当运算放大器设定成在输入端带有负反馈,反馈电阻就决定了放大比。

$$\text{放大比} = \frac{-R_f}{R_i}$$

如果数模转换电路如图 2.28 连接,那么可以通过选定合适的电阻来平衡各输出线。在图中所示四位数字信号的情况下,最高位的放大比为 1,次位放大比为 1/2,第三位放大比为 1/4,最低位放大比为 1/8。该电路通常被称为加法器,产生的输出信号是与输入信号值成比例的电压量。

这一系统的主要问题是：输出的精度依赖于所有电阻的误差值，其他类型的数模转换电路的工作原理与上面的相似。例如  $R2R$  梯形网络。

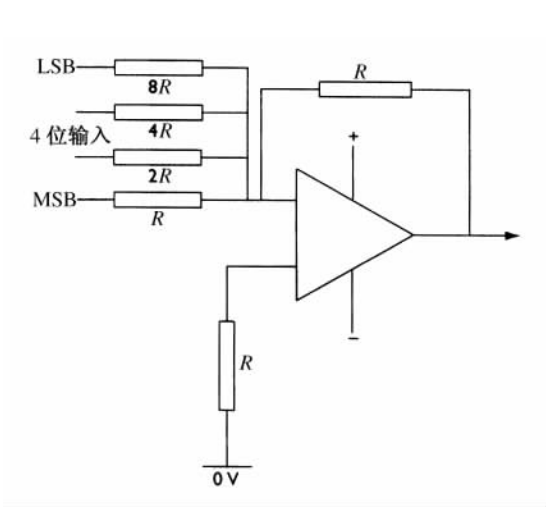


图 2.28 数模转换器

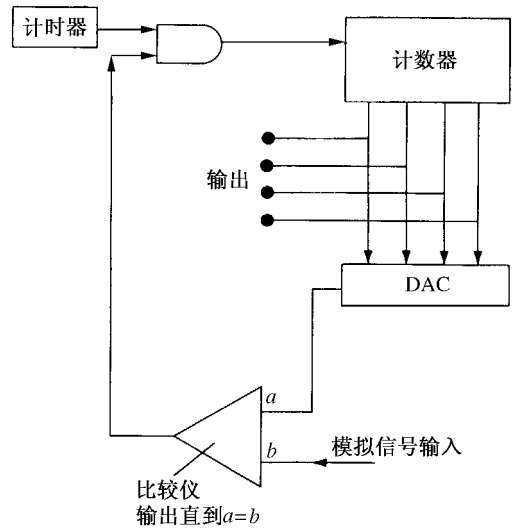


图 2.29 斜坡模数转换器

2.3.12 模数转换

模数转换电路的功能是将模拟信号（例如来自温度热敏器的信号）转换成计算机或逻辑系统使用的数字信号。绝大多数模数转换系统是通过模数转换器输出电压与输入电压工作的。图 2.29 是一个斜坡模数转换器(ADC)，这种类型的转换器的速度很慢，但是工作原理相当简单。二进制计数器的输出端连至数模转化器的输入端，数模转换器输出的是梯形电压。该电压与输入电压相比较，当两者相等时计数器停止计数。计数器的计数值就是输入电压的数值表示。该电路中其他数字器件的运作将会在后面的章节里解释。

模数转换可以做成 IC 电路且可以高速工作。当转换可变信号或者是示波信号时，速度就很关键。通常，采样频率必须是输入信号频率的两倍以上。

2.4 数字电路

2.4.1 数字电路概述

在某些实际问题中，可能需要将输出结果表达成简单的对与错或是与否。让我们看一个简单的例子：如果第一个或者第二个问题的答案为“是”的话，则打开指示灯的开关，如果两个答案都为“否”的话，那么将开关断开。

- (1) 手制动是否合上？
- (2) 制动液液面是否太低？

在这种情况下，当电路的一个或者两个输入是“否”时，我们需要电路的输出也是“否”。输入来自手动或制动液罐中的简易开关。执行这一任务的数字装置是或门，这将在下面的

章节里提到。

一旦某个问题可描述成逻辑状态,采用一个合适的数字或者逻辑电路就可以决定该问题的答案。通过构建简单的电路可以保持他们的上次输入——这也就是简单形式的记忆。通过将大量的这些数字器件组合起来,构建的电路可以在几分之一秒内执行相当复杂的任务。由于集成电路技术的发展,现在能够在单个硅片上制造成千上万个基本电路。这就产生了现代的控制系统,同时还产生了用于计算机方面的其他应用。

在电子电路中真/假表示电压值。在晶体管逻辑(TTL)电路中,真或逻辑“1”代表3.5 V电压,而假或逻辑“0”代表0 V。

### 2.4.2 逻辑门

图2.30给出了逻辑门和真值表。真值表是用来描述什么样的输入组合会产生什么样的输出结果。

**与门:** 当两个输入(或所有输入)都是逻辑1时,会有输出结果1,即当输出端A和B都是1时,输出端才会是1。

**或门:** 当输入A或B是1时(或者是A、B都是1),输出结果是1。当然也可以有多个输入端。

**非门:** 是一个很简单的装置,输出将会是输入的反逻辑状态。在这种情况下,A是B的非门,当然,这只能是单输入单输出的装置。

“与门”和“或门”与非门组合后就构成“与非门”和“或非门”。这两种门广泛使用在复杂逻辑器件中。这两种门的输出是原来“与门”和“或门”的相反值。

最后一个门就是异或门(XOR),它只能是两输入端的装置。当A、B两端输入相同时,输出为“0”,输入不同时输出为“1”。

### 2.4.3 组合逻辑

像前面提到的,由许多逻辑门构成的电路称为组合逻辑电路。它们没有存储器、计数器,可以由N个输入和Z个输出的简单平面图表示。所以设计组合逻辑电路的第一步就是确定输入输出关系。

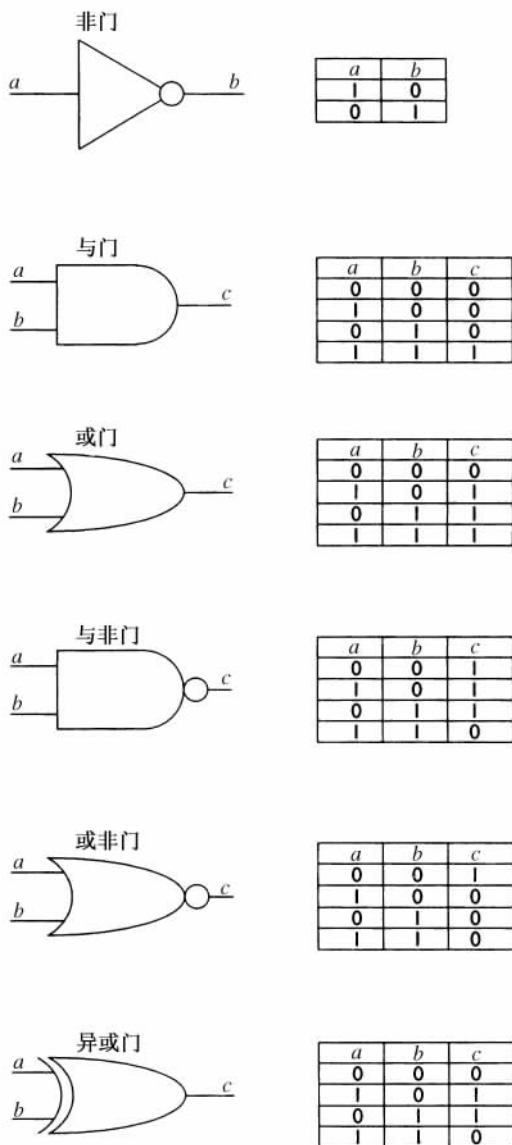


图 2.30 逻辑门和真值表

让我们考虑这样一个情形：我们需要用一个电路来比较两组 3 个输入，当它们不同时，输出的逻辑值为 1。这个电路很简单，但可以用来比较具有双安全电路系统的动作，例如

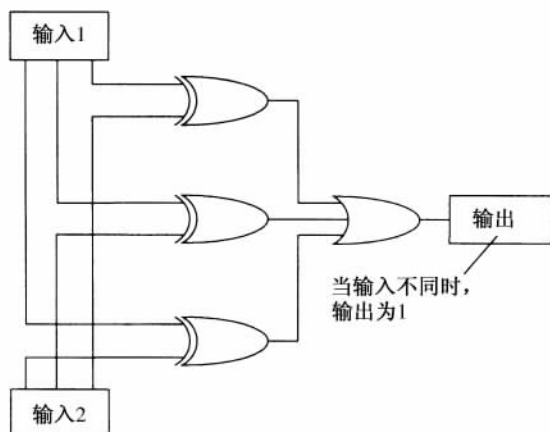


图 2.31 比较输入的组合逻辑门

ABS 电控单元。当两个安全电路不一致时，逻辑电路就用来控制指示灯。图 2.31 给出了该电路的方框图，并提供了构建电路的建议。

参考该基本逻辑电路的真值表，异或门最合适执行这种比较。当输入相同时，它输出为 0，3 个“异或门”的输出为一个三输入“或门”提供输入，当所有的输入都是 0 时，该或门会输出 0；如果任何一个输入变为 1，那么输出将会变为 1，指示灯将会被点亮。

不同门组合后就能完成所有任务。

最常见的组合就是构建加法器电路来执行

两个二进制数的加法。减法是通过将减变成加来实现的 ( $4 - 3 = 1$  就相当于  $4 + (-3) = 1$ )。加法器也可以变为乘除，因为乘除实际上就是反复的加减。

#### 2.4.4 时序逻辑

上面讨论的逻辑电路由各种不同的门组成，每个系统的输出只由当前输入决定。能够记忆前面输入或逻辑状态的电路被称为时序逻辑电路。在这些电路中，过去的输入顺序会决定当前输出。因为时序逻辑电路在输入清除后可以存储信息，所以它们是计算机存储器的基本组成单元。

由于具备两个稳定的状态，基本记忆电路称为双稳态电路。这种电路常被称为触发器。

现在主要有三种触发器：RS 型触发器、D 型触发器和 JK 型触发器。RS 型触发器由两个“与非门”和两个“非门”组成，如图

2.32 所示。如果开始输入是 0，输出 X 是 1，那么当输出 X 进入其他与非门的输入端，它的输出将会变成 0。如果 A 现在变成 1，输出 X 将会变成 0，这也使输出 Y 变成 1，输出就发生了变化。如果 A 现在变成 1，输出会保持不变，直到 B 变成 1，使得输出再次改变。在这种情况下，电路记忆成最后输入 1。如果是 A 端，那么 X 是 0，Y 是 1；如果是 B 端，那么 X 是 1，Y 是 0。这就是最简单的存储器电路，RS 代表置位和复位。第

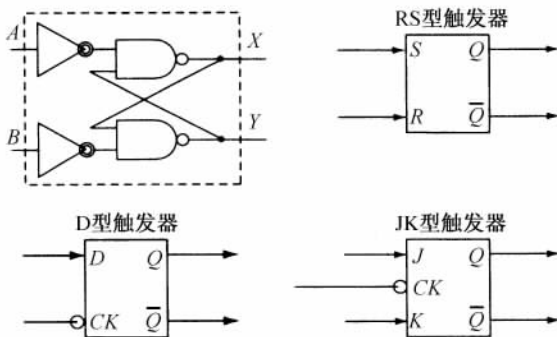


图 2.32 D 型与 JK 型触发器(双稳态式)以及用与非门组成的 RS 型触发器

二种是 D 型触发器，它有两个输入端 CK 和 D，两个输出端叫做 Q 和 Q 非。当时钟脉冲到来时，输出端 Q 代表 D 型触发器的逻辑状态。JK 型触发器是前面两个触发器的组合，它有

两个像 RS 型触发器一样的输入端,但是标示为  $J$  和  $K$ ,它像 D 型触发器一样由时钟脉冲控制,输出同样也是  $Q$  和  $Q$  非。电路记忆了上次的输入并和 RS 型触发器一样改变,差别主要是输出只有在时钟脉冲出现时才会改变。如果  $J$  和  $K$  都是逻辑 1,输出也会改变,这在 RS 型触发器中是不允许的。

### 2.4.5 定时器与计数器

定时器被认为是单稳态的,因为它只有一个稳定的状态。使用这种装置可以制作很精确、容易控制的定时器电路。电容和电阻的组合来实现这一延时。图 2.33 是由电阻和电容组成的单稳态定时器电路。

输入从 0 到 1 变化时,输出  $Q$  将会从 0 经过  $t_s$  后变成 1。另一输出端  $\bar{Q}$  的效果恰恰相反。这种类型的定时器有多种变体,延时  $t$  通常是  $0.7RC$ 。

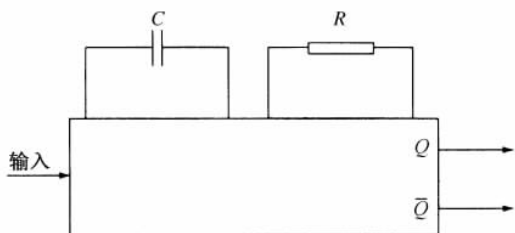


图 2.33 电阻和电容组成的单稳态定时器电路

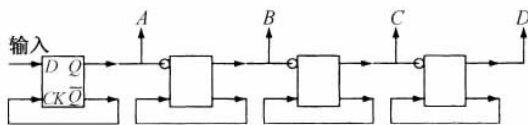


图 2.34 由 D 型触发器组成的 4 位计数器

计数器由一系列双稳态触发器组成。二进制计数器会对输入端的时钟脉冲计数。如图 2.34,先给出了一个由 D 型触发器构成的 4 位计数器,这种计数器被称为异步计数器,因为状态的改变从最低位开始,而输出并不是同时改变。这种触发方式对于作为计数器工作的系统来讲是很重要的。在这种情况下,使用的是下降沿触发,这意味着设备在时钟脉冲从 1 到 0 改变时状态才发生改变。计数器也可以设置成递增计数或者递减计数。

用于低速工作时,异步并不是个问题。但在高速条件下,从一个数到另一个数的延时就很重要了,为了克服这种异步问题而设计了同步计数器。这种同步计数器由 JK 型触发器组成,并带有一些简单的复合逻辑。图 2.35 为一个 4 位同步递增计数器。

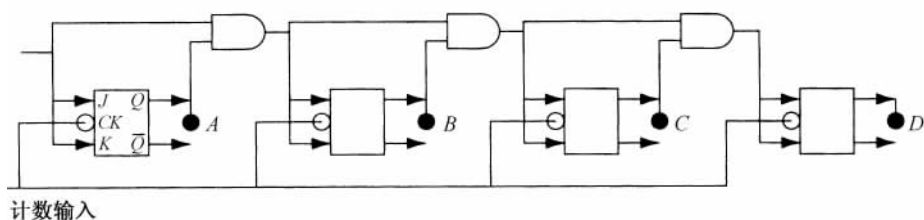


图 2.35 4 位同步计数器

这种工作方式中,因为组合逻辑观察了前一状态并设定了 JK 型触发器的输入为 1,因此所有输出同时改变。计数器可以按需要现场制作,包括做成非二进制的递增递减模式。

2.4.6 存储器电路

由触发器构成的电子电路是存储器的一种。如图 2.36 这样的连接触发器就构成了一个简单的 8 位字长存储器,不过这通常被称为寄存器而非存储器。

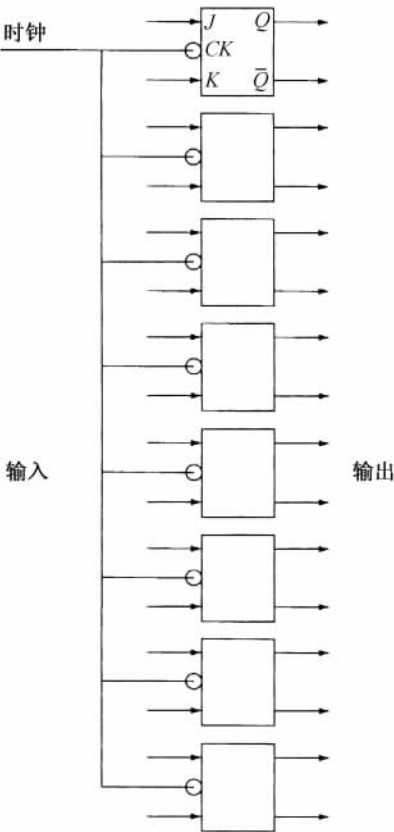


图 2.36 触发器构成的 8 位寄存器

8 位二进制数是一个字节。因此,图中是一个字节的存储器。当需要多个寄存器时,就需要通过地址来对某一特定的寄存器进行读取和写入。图 2.37 为 4 个字节的存储器系统。图中还给出了地址总线,因为存储器的每一个区域都给定了一个惟一的地址,同时还需要下面所解释的控制总线。

为了进行数据的读取和存储,必须先选定包含所需数据的寄存器,该任务可通过给每个寄存器分配地址来实现。在本例中,地址总线需要两根线才能通过解码器选择 4 个存储器中的某一个。地址是二进制的:00、01、10、11。如果地址总线上是 11,通过一个称为 Cs 的引脚或者片选简单组合逻辑将会对一个寄存器进行操作。一旦某个寄存器被选中,控制总线将会告诉寄存器是对数据总线进行读出还是写入,时钟脉冲将会保证所有的操作都是同步的。

这个例子对于存取 4 位的数据来说似乎有点复杂。实际上,这种方法的原理很重要,因为这种方法用于存取包含大量数据的存储器。注意,地址总线有两根线时,只能存取 4 个字节,如果地址线增加到

8 根,可以存取 256 个字节,如果是 10 根地址线,可以存取 1 024 个字节,依此类推。

如上所述的存储器以及这种存取技巧在大多数计算机系统中都很常见。数据可以从这种存储器中写入和读出,但是这种存储器当掉电后所有的信息都将丢失。

另一种存储器是只能读取不能写入,称为只读存储器 (ROM),该存储器能够永久存储数据,断电后数据并不会丢失。有许多类型的 ROM,值得一提的那就是 EPROM,它是可擦写、可编程只读存储器,它的数据只能通过专门的设

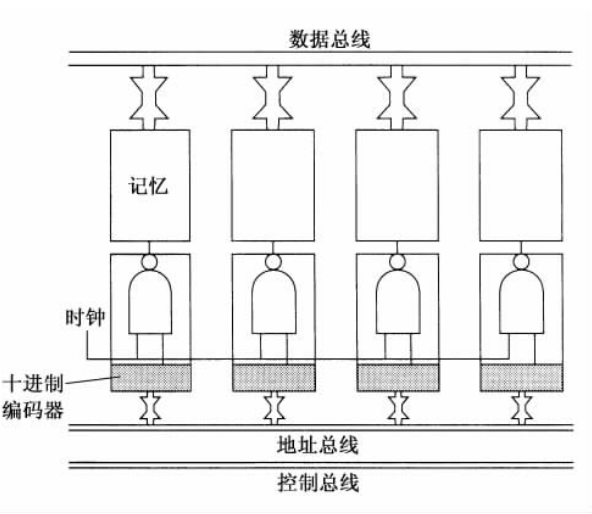


图 2.37 具有地址总线和译码器的 4 位存储器

备写入。但是对于其他用途,该存储器中信息是只读的。在发动机电控单元中,操作数据和控制程序存放在 ROM 中,而瞬时数据(发动机转速、负荷、温度等)则存放在 RAM 中。

### 2.4.7 时钟或单稳态电路

由逻辑门和触发器构成的控制电路通常需要一个晶振电路来充当时钟,图 2.38 为一个很流行的 555 定时器芯片。

由于存在电容充电时间,外部的电阻和电容将决定输出频率。随着电容交替充电放电到电压的  $1/3$  和  $2/3$  芯片内部的比较仪器,对触发器进行置位和复位。芯片的输出会以方波的形式出现。该芯片同时还有一个复位引脚来控制输出。

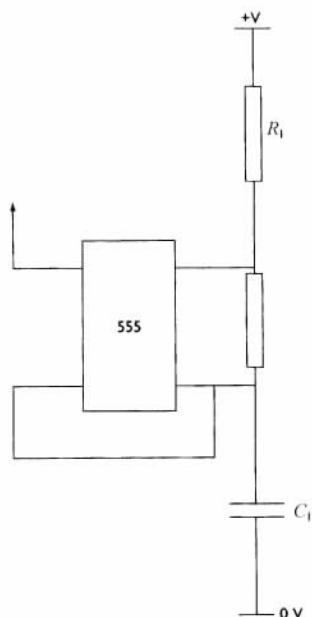


图 2.38 555 集成稳态电路

## 2.5 微处理器系统

### 2.5.1 概述

微处理器的出现不仅在汽车方面,对于电子控制的所有领域来说都是一个巨大的

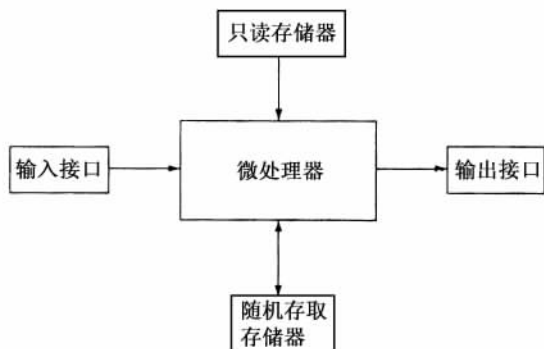


图 2.39 基本的微型计算机原理方框图

进步。设计者发现,汽车系统的控制如果要满足顾客和法规的要求,必然要用计算机去控制。图 2.39 是微型计算机所包含的四个主要部分的方框图,它们分别是输入和输出接口、存储器和 CPU (或称为中央处理单元),可能一些系统会包含更多的存储芯片和其他专用元件。三条总线分别用来传输数据、地址和控制信号。如果上述所有部件都集成在一个芯片上的话,那么该芯片就是一个微控制器。

### 2.5.2 接口

微型计算机系统的输入接口从外部元件接收信号。以个人电脑系统为例,键盘把信息供给输入接口。在汽车应用中可以从温度传感器得到信号,该信号已经过模数转换。这些信号必须以数字的形式传输,通常为  $0 \sim 5\text{ V}$ 。计算机系统,无论是 PC 机或者是车用计算机,都有好几个输入接口。

输出接口是把二进制信号送到外部元件。例如,个人电脑可以输出数据至监视器和打印机,而汽车电脑可以把输出量送给点火器控制点火线圈初级电路的通断。

### 2.5.3 中央处理单元

中央处理单元或微处理器是计算机的心脏,它能执行计算、决策和控制系统的其他部



分。微处理器在时钟控制的频率下工作,该系统时钟通常是晶振片产生的方波信号。现代微处理器控制系统能以超过 300 MHz 的速度工作。微处理器通过地址、数据、控制总线来实现对计算机的控制。许多汽车系统都使用微处理器,后面章节会有详细介绍。

### 2.5.4 存储器

前面的章节已经简单地提到了存储器的工作情况,现在我们来看看在微处理器控制系统中它是如何进行工作的。存储器是计算机系统的一部分,它既存储微处理器执行的指令,还存储执行指令所需的数据。

将存储器看成一系列单元洞是很方便的,它们每一个都能存储数据。每个单元洞都有一个地址,该地址是为了将它与其他单元区别开来,以便微处理器知道某一特定的信息存储在该单元中。不管是数据还是指令都是按顺序存放在存储器里。请注意:微处理器是从顺序存储器地址读取程序指令后才执行操作。在现代 PC 系统中,存储器存储空间可达到 128 M 或者更多。在汽车控制系统中不需要如此大的存储器,但是对于将来出现的移动多媒体系统则不然。

### 2.5.5 总线

计算机系统需要三条总线来进行通讯或控制系统的操作。这三条总线分别是数据总线、地址总线、控制总线。在系统中每条总线都有其特定的功能。

数据总线用来将信息从计算机的一个部分送到另一个部分。该总线通常是双向的,可以向任何方向传输。数据总线通常是 4、8、16、32 位带宽。在任一时刻,数据总线上只可以有一条信息。一般地,数据总线用于存储器或者是输入接口将数据传输到微处理器,或者是从微处理器传向输出接口。地址总线通常必须首先对所读取的数据进行寻址。

地址总线起始于微处理器,是单向总线。计算机系统的每一部分,不管是存储器还是端口,都有惟一的二进制地址。每一个地址经微处理器寻址后读取数据并放到数据总线上。地址总线实际上是告诉计算机哪一部分在某一时刻将要被使用到。

最后是控制总线,顾名思义,是用于微处理器控制系统的其他部分。控制总线总计有 20 根线,主要有四种控制信号。它们分别是读、写、输入/输出、存储器请求。地址总线用于指示计算机系统的哪一部分在某一时刻将要被操作,控制总线则是指明该部分如何操作。例如,当微处理器需要其存储单元的信息时,该单元地址信息就放到地址总线上。然后控制总线将会包含两个信号:一是存储器请求,二是读信号。这将会使得某一特定地址的内容放到数据总线上,这些数据会在微处理器执行指令时用到。

### 2.5.6 读取指令——执行指令顺序

在系统时钟控制下,微处理器以很高的速度运行。一般来说,微处理器执行的是一些很简单的工作,即从存储器中读取指令、对指令进行解码、执行指令。这一周期被称为读取-执行指令周期。在前面的章节里曾提到,大多数指令存放在连续的存储单元中的,当进行读取-执行指令周期时,顺序读取指令。

整个读取-执行周期可以详细描述为:

(1) 微处理器将下一个存储单元的地址放到地址总线上。

(2) 同时存储器读取指令放到控制总线上。

(3) 从地址存储器单元读取的数据放到数据总线上。

(4) 来自数据总线的数据暂时存放在微处理器内。

(5) 指令在微处理器内部逻辑电路中进行解码。

(6) 指令执行阶段。这可以是在微处理器内部的两个数进行相加,或者是将数据输出到端口。如果是后者,端口的地址将会放到地址总线上,并且在控制总线上产生写信号。

对于所有的指令读取指令和解码阶段,消耗时间相同,但是执行阶段耗时取决于指令自身。实际花费的时间取决于指令的复杂性和微处理器时钟频率。

### 2.5.7 典型微处理器

图 2.40 是一种简单微处理器的结构,它包括 5 个寄存器、1 个控制单元和 1 个算术逻辑单元(ALU)。

代码寄存器(OCR)用来保存将要执行的指令代码,控制根据利用代码寄存器的内容来确定所需执行的动作。

临时地址寄存器(TAR)用来保存指令的操作数,也作为地址。它向地址总线提供输出。

临时数据存储器(TDR)是用来存储数据的,那些数据由算术逻辑单元进行处理,因此临时数据存储器的输出是算术逻辑单元的输入。

算术逻辑单元(ALU)对临时数据存储器 and 累加器的数据执行加法运算和逻辑运算。

累加器(AC)是一个寄存器,它能被程序存储器所访问,并用来保存运行中的数据。

指针(IP)向地址总线输出,这样它的内容能用来定位主存储器中的指令。它是一个递增寄存器,即它的内容可由来自控制单元的信号直接增加。

微处理器的执行是以步进为基础的,它是由控制单元发出的经过控制总线传递的信号控制的。收到时钟脉冲后控制单元发出信号。

指令的执行过程如下:

- (1) 控制单元接收时钟脉冲。
- (2) 控制单元发送控制信号。
- (3) 由合适的部件进行初始化操作。
- (4) 控制单元接收时钟脉冲。
- (5) 控制单元发送控制信号。

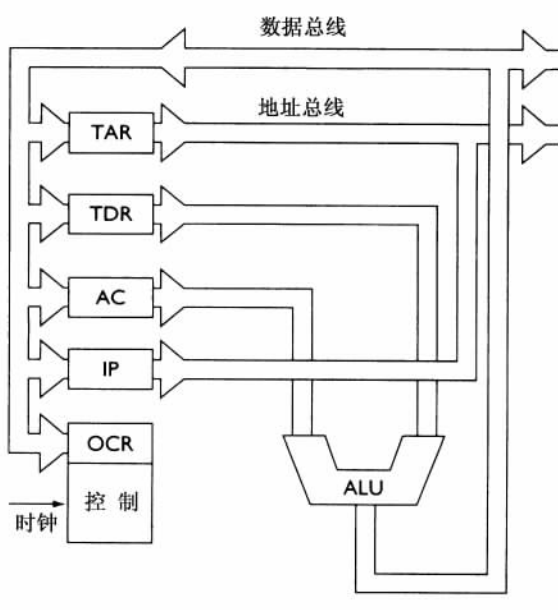


图 2.40 由 5 个寄存器、1 个控制单元和 1 个算术逻辑部件组成的简单微处理器

(6) 由合适的部件进行初始化动作。

将某个数与累加器中的数做加法运算的指令顺序如下：

- (1) IP 内容放到地址总线上去。
- (2) 读主存储器, 将内容放到数据总线。
- (3) 数据总线上的数据放到代码寄存器。
- (4) IP 内容递增。
- (5) IP 内容放到地址总线上去。
- (6) 读主存储器, 将内容放到数据总线。
- (7) 数据总线上的数据备份放到临时数据存储器中。
- (8) ALU 将 TDR 和 AC 的内容相加, 并将结果放到数据总线。
- (9) 数据总线上的数据复制到 AC。
- (10) IP 加 1。

累加器现在保存的是运行结果。步骤 1~4 是取指令, 步骤 5~10 是执行指令。如果上面的周期完整执行, 执行 9 次后累加器中的结果将等于对累加器中的数乘 10! 这表明这种操作在计算机系统中十分常用。

现在深入一点, 让我们看看 ECU 中的微处理器是如何进行工作的。ECU 用于比较 RAM 中的值和 ROM 中的值, 比较结果能给另一个可编程的数据设定点火时间。

### 2.5.8 微控制器

随着集成技术的发展, 现在能够在单一硅片上制造一台完整的计算机, 这就是我们所知的微控制器。微控制器必须包含一个微处理器、存储器和输入输出接口, 在有些时候还包含时钟。

典型的微控制器是英特尔 8051 系列微控制器。它们最早出现在 1980 年, 不过目前还是很流行。该系列中一个更新的成员是 87C258 微控制器, 它内含 32 K EPROM、512 个字节的 RAM、3 个(16 位)时钟、4 个 I/O 口和一个串行接口。

微控制器有时还包括可编程 ROM, 这通常是用来存放命令的, 仅面向原始客户。图 2.41 为简化了的 8051 微控制器。

### 2.5.9 微控制器系统调试

如果一个微控制系统的程序放在 ROM 中, 那么需要进行大量的调试, 这是因为一旦微控制器进入生产, 将会制作成千上万个。数万个微控制器里有一些硬件产生错误, 那将是个很昂贵的错误。

有两种方法可以调试微控制器中的程序。第一, 在程序开发的早期阶段通过仿真器调试。仿真器是一个能在通用计算机上执行的程序, 它能够模拟微控制器的指令集合。这一方法并不能调试输入输出端口。另一种很有用的方法就是在线仿真调试。该仿真器安装在电路中来代替微控制器, 并能和通用计算机相连。微控制器程序可以与硬件联机测试。PC 机用于控制该系统且允许不同的程序被调试。在程序的开发阶段可以很容易地对程序进行修改。

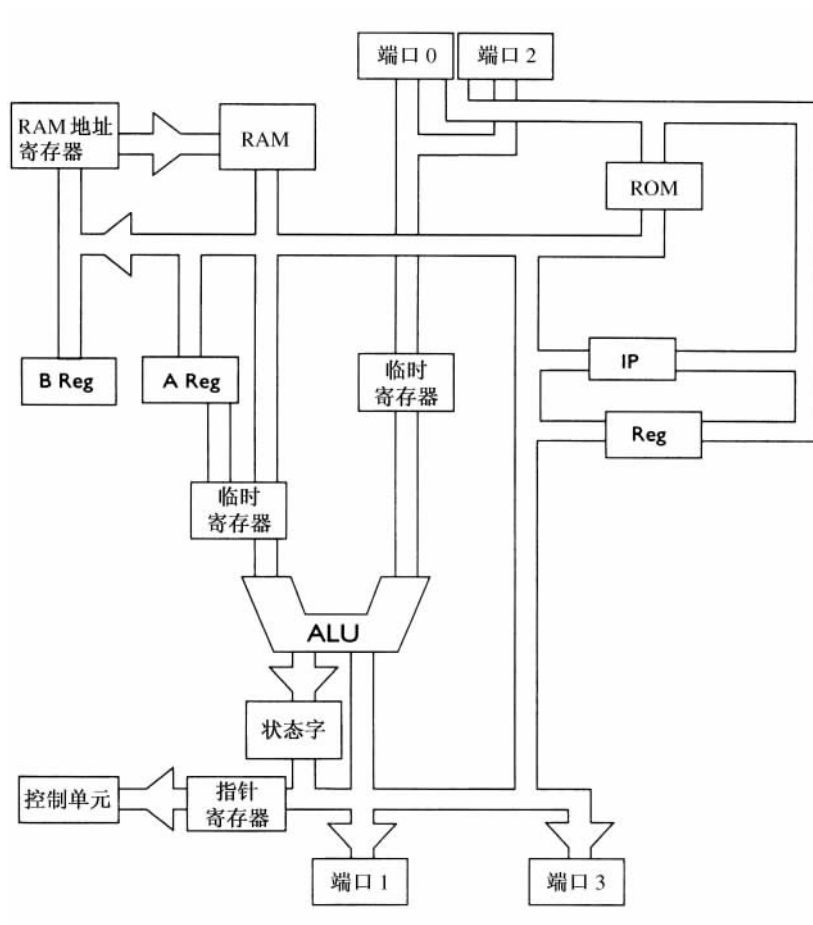


图 2.41 8051 微控制器的简单方框图

### 2.5.10 编程

为 PC 机或微控制器系统开发一个程序,通常都有六个阶段。

#### 1. 需求分析

确定基于计算机的途径是否是最好的选择,实际上就是可行性研究。

#### 2. 任务定义

对所要做的东西进行简洁明确的描述,即对程序功能进行定义。

#### 3. 程序设计

这个阶段的最佳途径是将整个任务分解成一系列小任务,根据需要,它们中的有些任务还可以被细分。每个小任务最终变成最后程序的一个模块。计算机程序流程图如图 2.42 所示。

#### 4. 编码

编码是用计算机语言来代表每一个程序模块,这个程序通常是以高级语言来编写的,例如 Turbo C、Pascal 或者是 Basic。Turbo C 和 C++ 在模块化方式工作的系统中很流行,能够产生比其他语言运行更快的程序。当用高级语言编写好程序后,各个分立的模块连接并

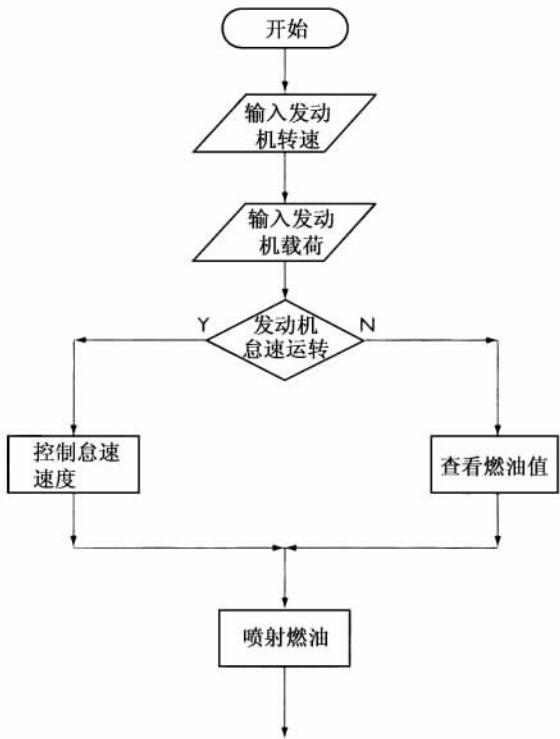


图 2.42 计算机程序流程图

被编译成机器语言,换句话说,就是编译成微处理器所能理解的由 0 和 1 顺序组成的语言。

5. 调试

一旦代码完成后就必须进行调试,这里就涉及到前面章节里提到的东西,请注意程序必须在极端的情况下进行调试。总的来讲,调试必须能够证明程序可以产生所需的结果,实际上必须证明它能完成人们期望它能做的。单步调试在调试中很有用。

6. 操作与维护

最后,程序进入运行阶段,但是在某些情况下,问题在几年之后才会出现,由于新问题的出现,要对程序进行维护,例如千年虫问题。

上面六步不应是孤立的,因为通常程序的开发是个反复的过程,某些步骤需要多次重复。

某些程序实例和源代码可以从网上

下载(网址在本书的前言已给出)。

2.6 测量

2.6.1 测量的定义

测量就是通过测物理量,将所获得的数据传输到记录显示装置或控制设备中。

任何测量系统的首要任务就是将物理量变成是可测量的量,然后用来操作显示或控制设备。在汽车系统中,大部分被测物理量都可以转换成电信号,执行这种转换的感应器通常叫做传感器。

2.6.2 测量系统

完整测量系统的组成部分取决于许多因素,在汽车系统中,它一般由如下几个部分组成:

- (1) 物理量。
- (2) 传感器。
- (3) 电信号。
- (4) 信号处理。
- (5) 模数转换。

(6) 信号处理。

(7) 显示或用于控制设备。

某些系统中可能不需要(5)和(6)。数字显示的温度测量系统中,上面七个部分分别对应为:

(1) 发动机温度。

(2) 热敏电阻传感器。

(3) 温度升高电阻值增大。

(4) 线性化处理。

(5) 模数转换。

(6) 数据的显示。

(7) 数据的读取。

图 2.43 为一个完整的测量系统框图。

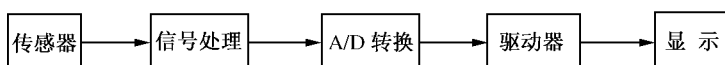


图 2.43 测量系统框图

### 2.6.3 测量误差

设计测量系统时,需要考虑这样的问题:测量系统对于被测量的量有什么影响?例如冷却液温度测量的例子。如果传感器浸入高温液体中,那么传感器会传走某些热量,降低了液体的温度。这一影响在这个实例中可以忽略,但在其他应用中影响很大。在本例中,由于传感器的安装,传感器周围的冷却液温度将会比其他地方低,这就是所谓的引入误差。一个更好的实例是将设备安放在输油管道里来测量流速,那么设备本身会在某些程度上限制了流量。回到前面提到的传感器测温实例,传感器内流过一个很小的电流也会产生热效应。

测量系统的误差能影响整个精度。误差并不一定是由系统自身造成的,许多是与传感器和测量系统的性能有关,其中某些因素将会在下面考虑。

#### 1. 精度

描述测量值与实际值接近程度的量。精度通常是用最大误差来表达。例如,如果用普通的尺子来测量 30 cm 的长度,那么误差将会在 1 mm 左右,可以表示为  $\pm 1 \text{ mm}$ ,在这里可以用 0.33% 来表达。最大误差或者是精度可以用下面的许多因素来解释。

#### 2. 分辨率

分辨率是指测量设备的制造灵敏度,它必须与精度区分开来。如果一个钢尺做得很精确,但若有划痕,也不会有很高的分辨率。

#### 3. 迟滞效应

对于给定的测量值,系统的输出依赖于测量对象是否能够通过增加或减少此前的测量值来获取其真实值,你可以在下次测量体重的时候来证明它。如果你轻轻的站上去,你将要比跳上去轻得多。因为跳上去时指针将会飞速上升,然后稳定。

#### 4. 可重复性

对某一选定的值进行测量,读数相符或接近,这就是可重复性。如果是 5 kg 的测量域,

以 1 kg 为步长从 0 增加到 5 kg,那么读数的分布具有可重复性,通常被表示成一个百分比。

### 5. 零误差及零漂移

当没有进行测量时,指针应在 0 处,例如模拟电子测试表常常需要调零。

### 6. 线性度

传感器的响应通常是非线性的,在可能情况下,传感器应在线性范围内。非线性通常被认为是设计范围的百分比。

### 7. 敏感度或比例因子

对于输入量某一给定的改变,输出的测量值会增加,敏感度是线性图上的斜率。例如对于  $0.1\text{ V}/^{\circ}\text{C}$ ,表示该系统输入每增加  $1^{\circ}\text{C}$ ,那么输出将会增加  $0.1\text{ V}$ 。

### 8. 响应时间

它是系统的输出对于输入改变产生的反应时间。发动机油压的测量系统要比油箱总量测量系统的响应要快得多。如果响应快,那么误差就很明显。再看看某一测量系统的七个步骤便会明白潜在的误差源。

- (1) 引入误差。
- (2) 传感器的非线性误差。
- (3) 发射路径的噪声。
- (4) 放大器和其他元器件的误差。
- (5) 数字转换时的量化误差。
- (6) 显示器的分辨率。
- (7) 最后显示的读数误差。

许多教科书上都对测量系统和使用仪器作了详细的说明,本节仅为读者进行简单介绍。

## 2.7 传感器和执行器

### 2.7.1 热敏电阻器

热敏电阻器是汽车中温度测量系统中最常见的装置。测温原理就是温度的改变会导致热敏电阻器的电阻的变化,因此可以获得与测量值相对应的电信号。

常见热敏电阻器的温度系数都是负值。热敏电阻器的实际响应会有很大的变动,一般汽车热敏电阻器的变动范围可以从  $0^{\circ}\text{C}$  的几千欧至  $100^{\circ}\text{C}$  的几百欧。由于温度变化对电阻变化影响很大,因此车用热敏电阻器大多数都是很精确的。不过也可以用非常简单的设备来测试。

热敏电阻器由半导体材料做成,阻值随温度改变主要是因为高温下电子更容易挣脱束缚,如图 2.44 所示。温度测量系统很敏感主要是因为对于温度相对较小的变化,电阻值有较大的变化。图 2.44(2)为一个简单电路,这个电路能够提供与温度成比例的电信号。注意电源应该是恒定的,而且电流不能使热敏电阻器温度过高,这些都可能带来误差。热敏电阻器每做功  $1.3\text{ mW}$ ,温度将会上升  $1^{\circ}\text{C}$ 。图 2.44(3)给出了热敏电阻器阻值随温度变化的曲线。其中热敏电阻器的非线性响应是主要问题。选用恰当的电桥电路,它产生的非线性可以补偿热敏电阻器的非线性,如图 2.44(4)所示,图中还显示了这两种响应的复合,当温

度和电压范围的中点位于曲线上时就可以获得最优的线性。图 2.44(5) 为用于这一目的的电桥电路。算出  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  合适的电阻值可以给出更好的线性输出。如果有必要,可以将电压信号进行数模转化。

根据  $R_t = Ae^{(B/T)}$ , 热敏电阻器的电阻值  $R_t$  随温度升高而降低且呈非线性。

这里  $R_t$  为热敏电阻器的电阻值,  $T$  为绝对温度,  $B$  为热敏电阻器的特征温度(典型值是 3 000 K),  $A$  为热敏电阻器常数。

对于电桥电路:

$$V_o = V_s \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right)$$

通过选择合适的电阻值可以得到图示的输出, 可将三个温度下的电阻值  $R_T$  代入后求解。例如  $0^\circ\text{C}$  时,  $V_o = 0$ ;  $50^\circ\text{C}$  时,  $V_o = 0.5\text{ V}$ ;  $100^\circ\text{C}$  时,  $V_o = 1\text{ V}$ 。

## 2.7.2 热电耦

如果将两种不同金属线的两头连接起来, 那么便会产生热电效应。如果一个连接点与另一连接点相比, 它处于更高的温度, 这将会在测量仪上得到体现, 这就是热耦合传感器的基本原理。图 2.45 为热耦合的

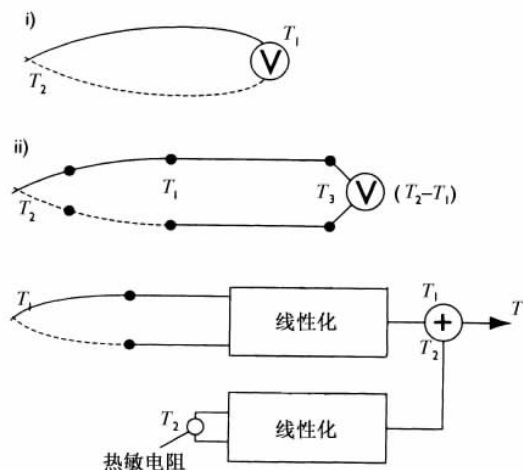


图 2.45 热偶原理和电路图

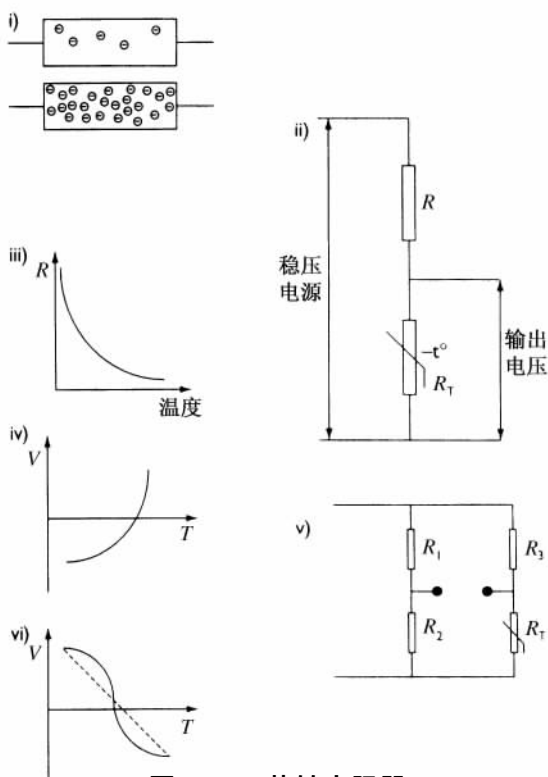


图 2.44 热敏电阻

- i) 热敏电阻器怎样改变电阻
- ii) 该电路提供与温度成比例的变化电压信号
- iii) 与温度成反比的热敏电阻器
- iv) 补偿热敏电阻器的非线性电路
- v) 获得最优线性的电桥电路
- vi) 最终输出信号

原理和电路。注意热耦合测量的是  $T_1 - T_2$  的温度差, 要使得系统更实用, 那么  $T_1$  必须是一个已知的温度。从电路图中可以看出, 如果测量表的两端处于相同的温度, 则在这些连接点产生的两个电压将会抵消掉。较冷接点处的补偿电路可以用来补偿温度  $T_1$  的变化。

电耦在高温测量中较为常见。一个含 70% 铂和 30% 铑的合金与 94% 铂与 6% 铑构成的热耦是 B 型热耦, 温度范围为  $0 \sim 1\,500^\circ\text{C}$ 。在汽车中应用时, 常用于废气和涡轮充电器的温度测量。



2.7.3 感应传感器

感应传感器常用于测量旋转器件的速度和位置,它们是基于最基本的电磁感应原理而工作的。图2.46 为电磁感应式传感器。

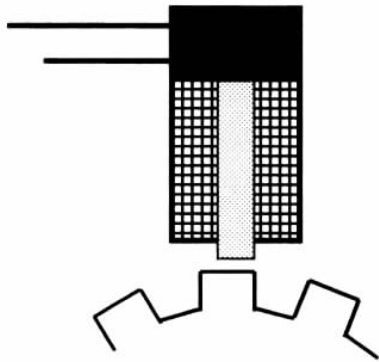


图 2.46 电磁感应式传感器

绝大多数电磁感应型传感器的输出电压波形近似于一条正弦曲线,信号的振幅取决于流量的改变。这主要由原始设计决定:转子的数量、磁力以及旋转器件和传感器之间的距离。使用中,输出电压随着转速的增加而增加。绝大多数的应用中仅使用信号的频率,常将感应传感器的输出转换成一个有用的信号,然后将其输入到施密特触发器电路。这会产生恒定的振幅,但是一个频率可变的方波信号。

在某些情况下传感器的输出用来打开或关闭振荡器(图 2.47)。振荡器能产生一个高达 4 MHz 的频率,经传感器信号打开或关闭后,进行过滤并产生方波。该系统具有很强的抗干扰性。

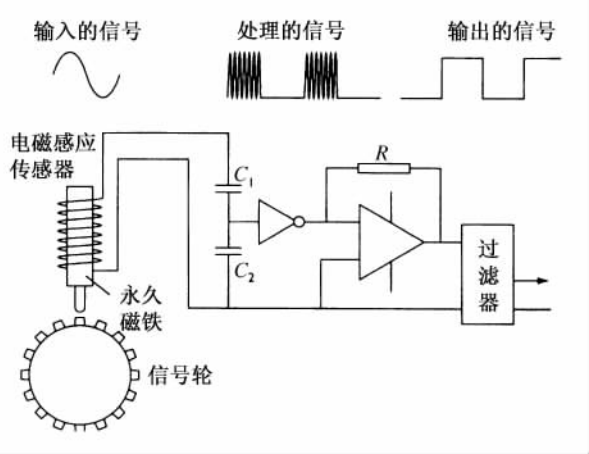


图 2.47 电磁感应式传感器和振荡器电路

2.7.4 霍尔效应

霍尔效应首先由霍尔博士发现,其原理很简单,如图 2.48 所示,如果某一带电晶体带在一个横向磁场中运动,那么将会产生一个垂直电流的电压。电压的大小正比于电源电流和磁场强度。图 2.49 是一个博世分电盘,它就是利用断电器原理来打开或关闭磁场。该传感器输出的是振幅几乎恒定的方波。

霍尔效应也可以用来测试线路中的电流。线路周围产生的磁场与电流成正比。

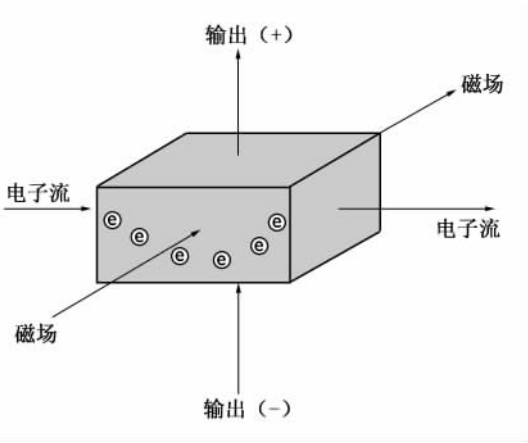


图 2.48 霍尔效应原理

霍尔效应传感器越来越流行,这因为它的可靠性强,而且它们在速度测量中,直接产生振幅恒定的方波并且对于位置和电流感应会产生可变直流电压。

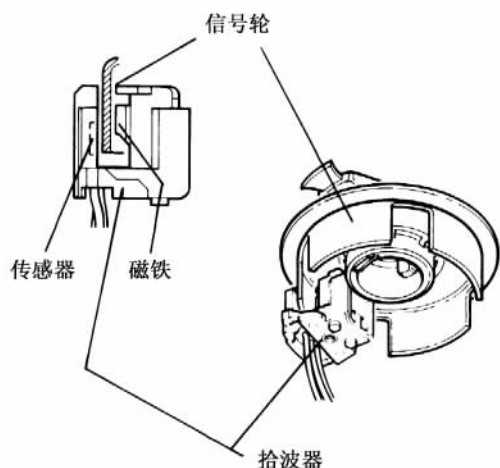


图 2.49 分电器中的霍尔效应传感器

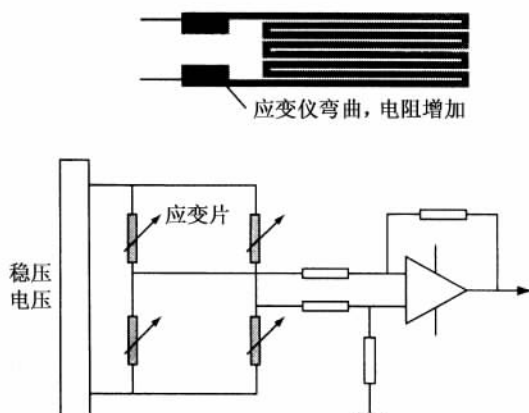


图 2.50 应变电阻片和电桥电路

### 2.7.5 应变仪

图 2.50 是一个简易的带有电桥的应变仪以及将电阻的改变转换成电压信号的放大器电路。第二应变是安装在测试器件上,但在非应变位置补偿温度的改变。原理很简单,当应变仪伸展时,自身电阻增加;当它收缩时,电阻值降低。绝大多数应变仪是由一层薄膜构成的,薄膜固定在通常是纸这样的可伸缩带上,而该应变仪被黏在需要测量应变的部位。

应变量规的敏感性是由它的量规系数决定的,计算公式为:

$$K = \frac{\Delta R/R}{E}$$

式中,  $K$  为量规系数;  $R$  为初始电阻;  $\Delta R$  为电阻的改变;  $E$  为弹性模量。

绝大多数应变仪的电阻为  $100\ \Omega$ , 系数为 2。

应变仪常用来间接测量发动机的歧管压力。图 2.51 是在一个振动膜上,采用四个应变仪来测定压力。当作用在膜上的压力发生改变时,应变仪就会变化。电路的输

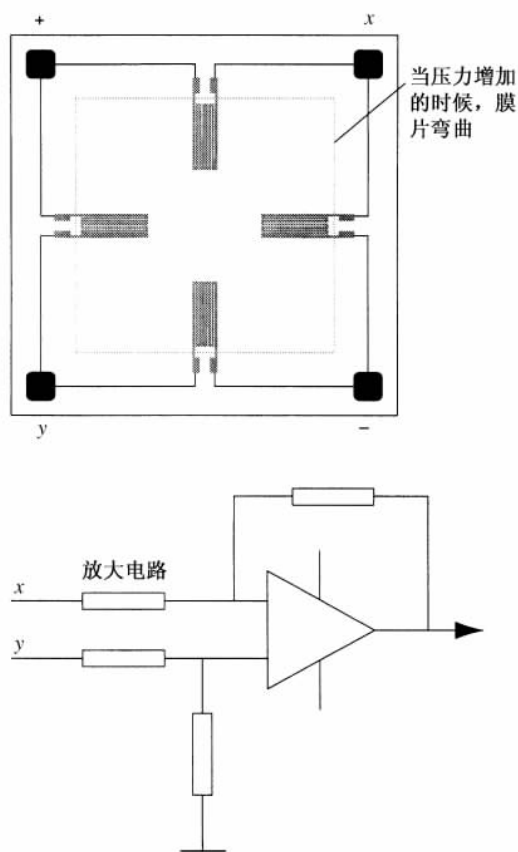


图 2.51 应变片压力传感器、电桥电路和放大器

出通过差分放大器给出,这必须有很高的输入阻抗才不会影响电桥的平衡。传感器的实际尺寸可以是直径只有几个微米。温度的改变可以得到补偿,因为四个应变仪将会以相同的方式影响电路,因此电桥仍然保持平衡。

2.7.6 可变电容器

电容器容量由其平板的表面积、平板间距离和介电常量共同决定,可以利用这些属性制造所需规格的电容器。图 2.52 为采用可变电容技术的三种传感器。

- (1) 液体传感器。液体水平高度的变化可以改变介电常量。
- (2) 压力传感器。与应变片压力传感器相似,只是电容器平板间的距离不同。
- (3) 位置传感器。检测电容器极板表面积的变化量。

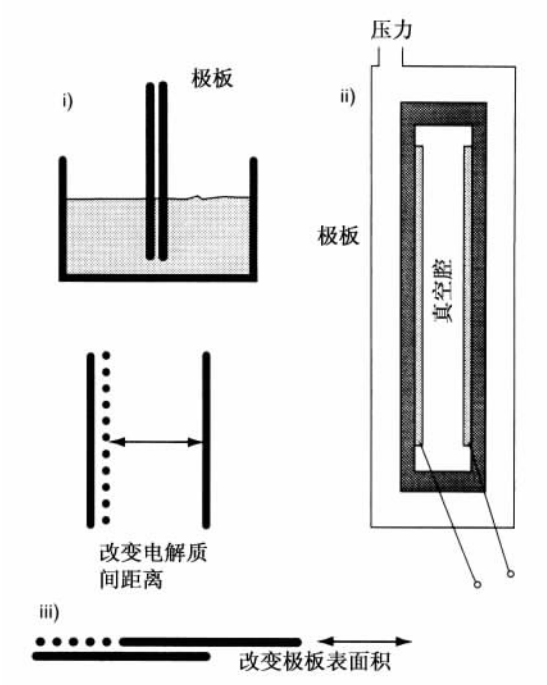


图 2.52 不同的电容传感器

i) 液体传感器 ii) 压力传感器 iii) 位置传感器



图 2.53 节气门电位计

2.7.7 可变电阻传感器

可变电阻传感器应用的两个最佳实例是节气门位置传感器和叶片式空气流量传感器。电容传感器用于测量微小的变化,可变电阻传感器用于测量更大的位置变化。这是自身构造而产生的不敏感所致。

如图 2.53 所示,节流传感器是一种电位计,当供给一个稳定的电压(通常是 5 V)后,线圈处的电压会与节流阀位置成比例。在很多应用中,节气门电位计用于指示节气门位置的变化速度。当进行加速度或超速度燃油切断时,就要用到这些资料。

旋转变阻器的输出电压可用下式计算:

$$V_o = V_s \left( \frac{\alpha_i}{\alpha_e} \right)$$

式中,  $V_o$  为输出电压;  $V_s$  为输入电压;  $\alpha_i$  为转动角;  $\alpha_e$  为总角度。

空气流量传感器如图 2.54 所示,其工作原理是测量空气流动时叶片的受力大小。弹簧校准圈会在两翼产生一个反力,因此两翼的运动和流经传感器的空气量是成比例的。为了减少单个叶片引起的波动,传感器上有一个补偿翼。因此波动同时影响两个翼部,然后相互抵消。基于这种设计,回火产生的所有损失都会降至最小。

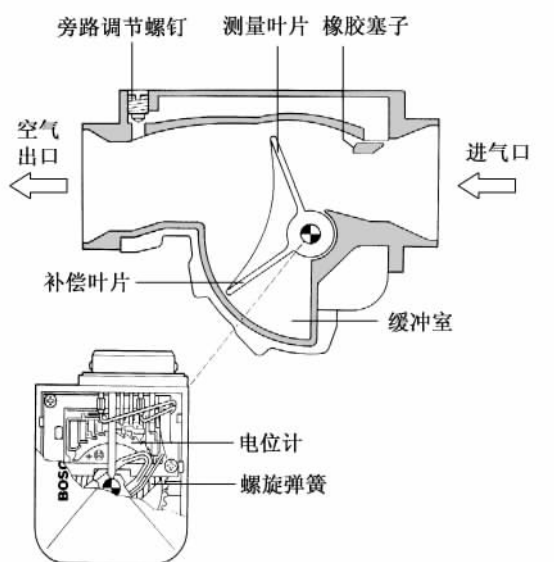


图 2.54 空气流量计(叶片型)

### 2.7.8 加速计(爆震传感器)

压电加速计是一种振动加速计,它利用压电晶体把因加速产生的力转换成电信号输出。

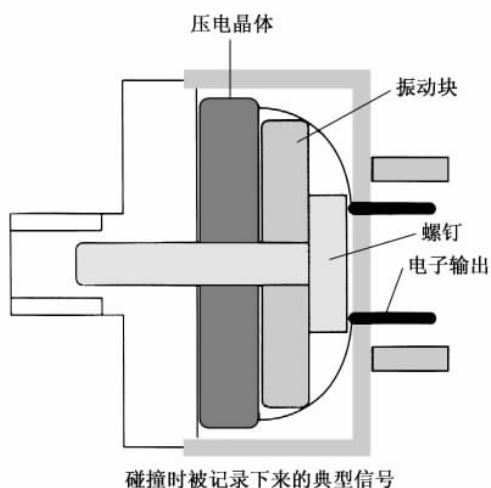


图 2.55 压电加速计或爆震传感器

晶体不仅充当转换器的角色,而且是振动块的悬挂弹簧。图 2.55 是一种典型的加速计。

晶体在压力作用下夹在传感器和振动块之间,有一定压力。加速产生的力作用在振动块上面,引起了晶体压力的变化,因而产生了压电电压。除晶体刚度之外,振动块的振动不会产生阻尼。就是说传感器有很高的振动频率(可达 50 kHz),工作时其稳态响应可以到 15 kHz。

物体的固有共振频率由下式得出:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

式中,  $f$  为共振频率;  $k$  为弹性系数;  $m$  为振动块质量。

当作为发动机爆震传感器使用时,该传感器还能检测其他发动机的振动。在止点附近这些振动很低,不良信号也会过滤

掉。放大器可用来探测这种传感器的信号。这种加速计的敏感度大约是 20 mV/g ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )。

### 2.7.9 线性可变差分转换器(LVDT)

这种传感器用于测量线性位移的变化。测量范围在 0.5 mm~0.5 m 之间,可以在中心

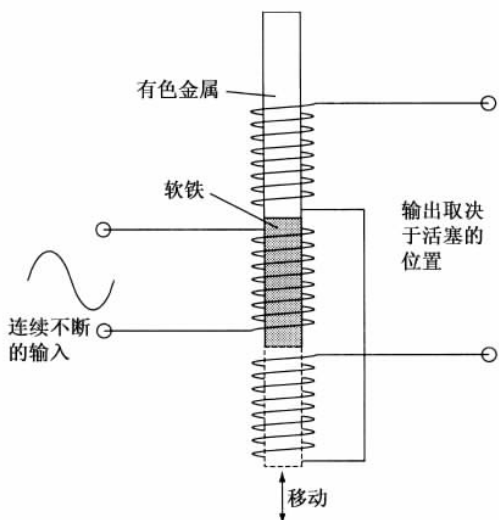


图 2.56 线性可变差分转换器原理

位置周围的任意方向上测量。图 2.56 是线性可变差分转换器的原理图。

该设备有一个初级线圈和两个次级线圈。初级线圈供有 AC 电压,经过变压作用,次级线圈也能感应到 AC 电压,次级电压反向串联在电路中,所以该设备的输出是它们之间的差值。当磁铁电枢中位时输出为零。当该设备向另一个方向移动时,输出会有所变化,在工作范围内会产生一个与位移成比例的电压。可以用相应敏感监测仪把位移量转换成 DC 电压,通常是  $\pm 5\text{ V}$ 。在  $\pm 12\text{ mm}$  之内的位移量就有  $0.42\text{ V/mm}$  的敏感度。

LVDTs 用于某些歧管压力传感器中,其振动膜将压力变化转换成线性运动。

### 2.7.10 热线式空气流量传感器

热线式空气流量传感器的优点在于它能测量空气的流量。基本原理如下:当空气通过热导线时,会给导线降温。如果要保持温度为恒量,则要增大通过导线的电流,则该电流与空气流量成正比。可以利用阻抗来补偿温度变化的损失。热导线由铂制成,长仅千分之一米,直径仅  $70\text{ }\mu\text{m}$ 。由于尺寸极小,因此其时间系数也很短,事实上为千分之一秒。这是一个很好的性能,可以很快感应到空气流动,并向控制单元传送空气流量脉冲数。电路的输出是该传感器中精敏电阻器的电压值。图 2.57 是博世热线式传感器。



图 2.57 插入型热线式空气流量传感器

由于热线和电阻器存在阻抗,热线的电流为  $0.5\sim 1.2\text{ A}$ ,随空气流动速率变化。高阻抗电阻器用于其他形式的电桥,电流很小。补偿温度的电阻在  $500\text{ }\Omega$  左右,该值会保持恒量,不随温度变化而改变。补偿式电阻器在  $3\text{ s}$  内就会使系统对温度变化有响应。

如果热线变脏,该设备的输出会变化。发动机关熄火后,在  $1\text{ s}$  内把导线加热到很高的温度,烧尽热线上的污物。在某些空气流量传感器中,采用可变电阻器来设定怠速混合气供多种组合。

### 2.7.11 热膜式空气流量传感器

热膜式空气流量传感器的工作原理与热线系统相似。使用一层镍膜,这与热线系统的铂导线不同。系统响应时间比热线要短。图 2.58 是热膜式空气传感器的外形。



图 2.58 热膜式空气流量传感器

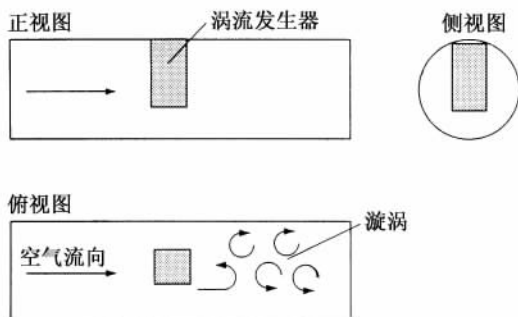


图 2.59 涡流式传感器原理

### 2.7.12 涡流式空气流量传感器

图 2.59 是涡流式空气流量传感器的原理图。它的外壳是直的,可以阻挡一部分涡流。涡流在传感器壳体下游的边缘形成,其频率与流速相关。涡流由超声波产生和接收器探测,并会输出成比例的方波。这种装置的主要优点在于没有任何运动部件,因而避免了磨损带来的问题。

为使涡流式空气流量传感器正确工作,涡流必须足够大,但不能大到测量时会产生气泡。粗略估计,涡流不应超过  $50 \text{ m/s}$ 。

当作为发动机流量传感器使用时,这种系统在怠速时会产生大约  $50 \text{ kHz}$  的输出频率,满载时产生  $1 \text{ kHz}$  左右的输出频率。

### 2.7.13 空速管

空速管空气流量传感器是一种非常简单的装置。它由一个放置于流动空气中的小试管构成,空气与试管接触在试管内外产生了压力差。该系统应用于飞行器中,可以测得飞行时的空气速度。把两个试管连接到差分压力传感器上, $P_1$  和  $P_2$  就分别代表接触压力和静态压力。图 2.60 是压力传感器用于感应气流的情况。

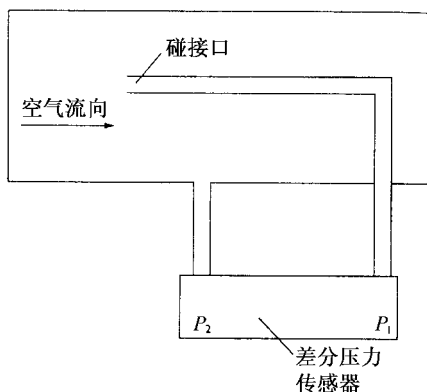


图 2.60 空气管与用于感应空气流量的差分式压力传感器

### 2.7.14 涡轮液流传感器

使用涡轮测量流体是一种扩展的测量技术。把该传感器放置于流体中会改变流体速率。图 2.61 是典型的涡轮传感器。涡轮的输出是转速与流速比,该比值可以转换成电信号。

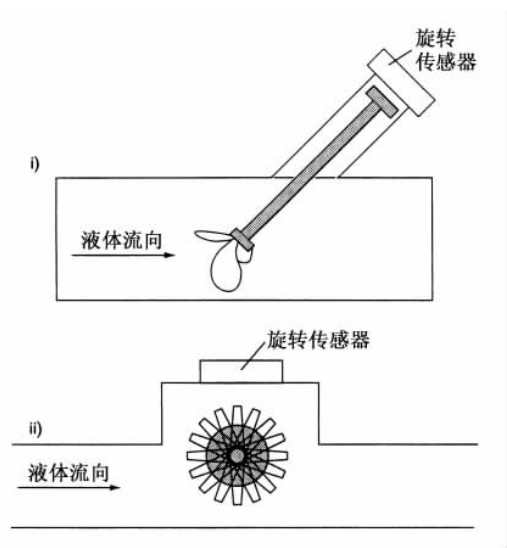


图 2.61 涡轮流量传感器

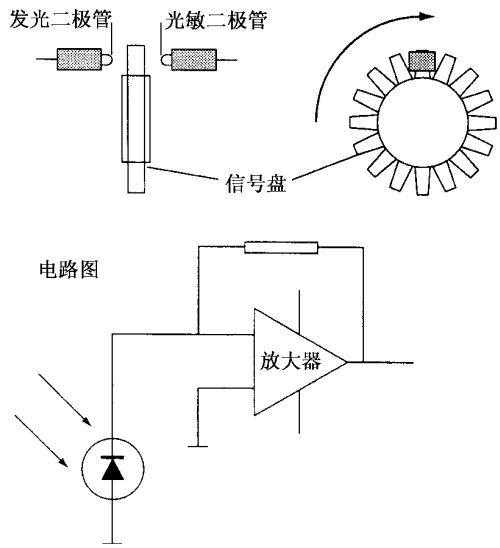


图 2.62 光电传感器

2.7.15 光电传感器

光电传感器的旋转部件相对来说比较简单。光电旋转传感器及其电路如图 2.62 所示，它由一个发光二极管和一个光敏二极管组成。如果光束聚焦在一个窄带上，电路的输出就会是方波，其频率与转速成正比。

2.7.16 氧传感器

汽车氧传感器是为空燃比在发动机管理控制中提供一个闭环反馈系统。在排气装置中检测到的氧含量与混合气浓度相关。理想值 $\lambda$ 为1时，空燃比为14.7：1，EGO(废气氧传感器)被放置在排气歧管附近，用来确保适度供热。该传感器在300℃以上时才工作可靠。在许多情况下，装入一个加热部件用来确保温度迅速到达。这种传感器被称为加热型传感器或HEGO。加热部件(功率大约为10 W)不能用于整个过程，这样可保证传感器温度不超过850℃，超过该温度将会使传感器毁坏。正是这个原因，传感器不直接装在排气歧管中。图 2.63 是一个废气氧传感器。

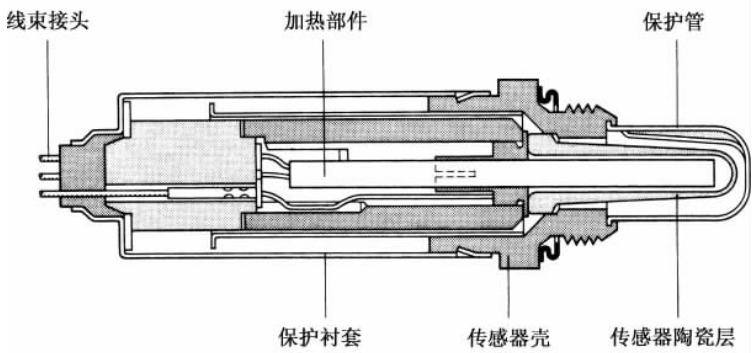


图 2.63 氧传感器

多数氧传感器的活性物质是  $\text{ZrO}_2$ 。这种陶瓷被放于气体浸透的铂电极中。另外,用在传感器一侧的陶瓷包衣暴露在废气中,作为防护层,防止燃烧过程残余物进入。其工作原理是当温度超过  $300^\circ\text{C}$  时,  $\text{ZrO}_2$  会点燃氧气。氧传感器的响应值非常接近理想值 1。当一电极暴露在空气中时,较多氧气将会出现在这一侧。由于电解作用,这些氧离子穿透电极被传到电解质 ( $\text{ZrO}_2$ ),这样就组成了一个像电池一样的充电装置。装置的尺寸取决于废气中的氧含量的百分比。当  $\lambda=1$  时,一般会产生 400 mV 的电压。

使用氧传感器的精密监视闭环反馈系统,可精确地进行发动机燃油控制,也可严格控制废气的排放。

### 2.7.17 光敏传感器

光敏传感器的电路图如图 2.64 所示。

这个电路的打开或关闭对应灯光的强弱,该装置可在黑暗中自动开关,例如用作自调光前照灯、自调光后视镜或停车灯。

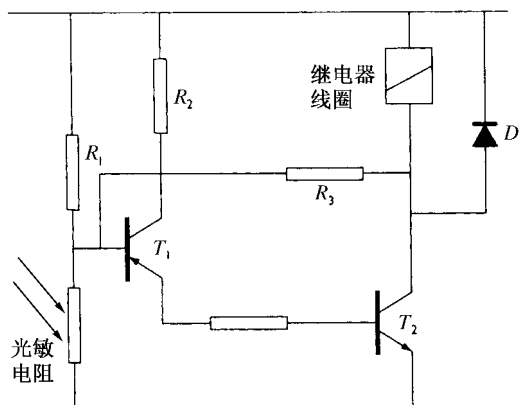


图 2.64 光敏传感器的电路图

### 2.7.18 厚膜空气温度传感器

由于具备较小响应时间常量,用镍做厚膜热敏电阻器来感应进口空气温度十分理想。

换句话说,它的电阻能随空气温度改变而迅速变化。图 2.65 显示了这种装置的结构。厚膜传感器的响应几乎是线性的。同多数金属一样,它的灵敏度为  $2\ \Omega/^\circ\text{C}$ ,其温度系数为正值。

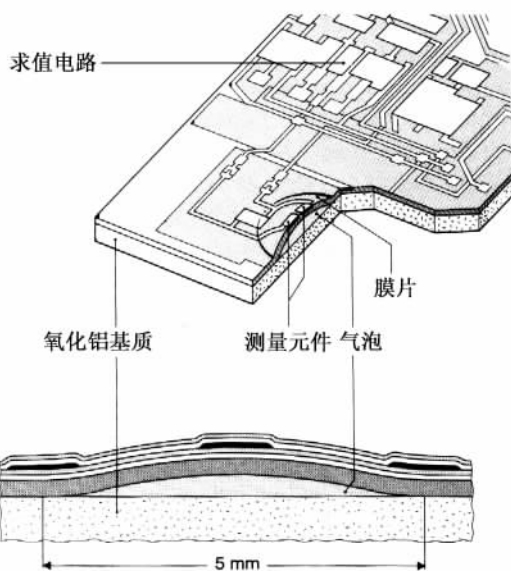


图 2.65 厚膜压力传感器

### 2.7.19 甲醇传感器

为获得清洁的排放废气,最佳办法是采用混合燃料,甲醇能与汽油混合,是燃料未来发展的趋势,问题是汽油相对于甲醇,它有多种不同的理想空气需求量。

尽管发动机管理系统能够设定燃油比,然而,混合比却会变化。因此需要专门的传感器来决定甲醇的比例。一旦装有这样的传感器,就会让汽车在任何汽油甲醇比下工作。

甲醇传感器(图 2.66)是基于绝缘原理,测量单元是一个充满汽油的电容器,根据电容来计算甲醇含量。另外,该传感器还能测量燃油温度及其导电率。这些修正因子可互相修正,因此测量误差很低。该传感器装在燃油管路中,因此提供给 ECU 的数据及时可靠。



ECU 处理后,就能调配出合适的燃油比。尽管替代燃油的技术在不断发展,但该传感器仍将在未来的替代燃料应用中起重要作用。

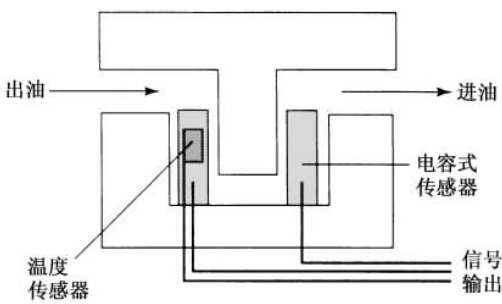


图 2.66 甲醇传感器

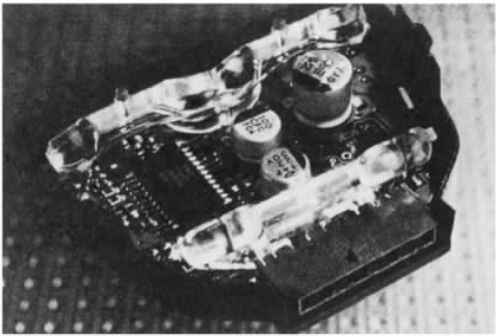


图 2.67 雨量传感器

2.7.20 雨量传感器

雨量传感器用来自动地打开刮水器,它们的工作原理是反光原理。该装置装在前车窗内部,来自 LED 的光被反射到外部玻璃的表面。如果玻璃是湿的,即使只有几滴雨,被反射光的数量也会变化。图 2.67 是一个典型的雨量传感器。

2.7.21 动态汽车位置传感器

这些传感器用于主动悬架系统、稳定控制系统和其他移动的系统。它们大多基于加速度原理,即在线上挂一球体或在传感器上放一个振动块。

2.7.22 传感器小结

以上简单回顾了不同的传感器的结构以及不同的适用范围。如今仪表系统已发展成为一门科学。这本书中主要介绍在汽车上测量时遇到的问题及解决措施。

在使用传感器的过程中,用于汽车系统的传感器正向更大功能的集成化发展。它的发展经历如图 2.68 所示。

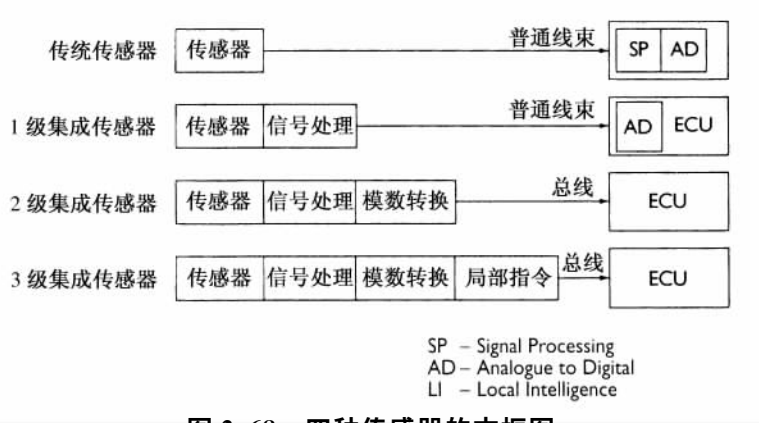


图 2.68 四种传感器的方框图

(1) 传统传感器

经由电线电路、模拟信号传送到 ECU。这种技术易受干扰。

### (2) 1 级集成传感器

传感器能处理模拟信号,这提高了抗干扰性。

### (3) 2 级集成传感器

在第二种集成水平中,传感器能进行模拟转换,该信号还能置于总线电路中,因此具备了抗干扰性。

### (4) 3 级集成传感器

最终要达到的集成水平是传感器包含微处理器,有一定智能作用,输出的数据也具备抗干扰性。这种集成水平也允许具备监视、诊断能力。目前,这种传感器价格还很昂贵。但价格正在不断下降,且正朝着“智能传感器”的方向发展。

## 2.7.23 执行器概述

有许多控制汽车周围变化的方法,当作为描述控制机构介绍时,“执行器”是一个常用名词。电控执行器通过热效应或磁效应来工作。在这部分,执行器是电信号转换成机械移动的。这部分没有介绍所有种类的执行器。本节主要介绍车用系统中的执行器的工作原理和技术。

## 2.7.24 螺线管执行器

螺线管执行器的基本操作非常简单。“螺线管”是将电线绕缠在一中空的管子上制成的,然而,这个术语常被误用。竟然有“启动机螺线管”的说法,其实,常用的应该是启动机继电器。

一螺线管激励的最佳实例是燃料喷油器。图 2.69 是一个常用的喷油器。当线圈被激励,由于磁力,开始吸向电枢,并压下弹簧。在喷油器中,弹簧位移被限制在大约 0.1 mm 内。在各种工况下,喷油器的开启时间都是非常短的,一般为 1.5~10 ms。喷油器的开启和关闭时间对于精确的燃油计量也是很关键的。关于喷射系统会在第 9 章和第 10 章做重点介绍。

像喷油器那样的螺线管工作装置的反应时间取决于螺线管的感应系数。图 2.70 是螺线管操纵执行器的变量图。各变量之间关系如下式所示:

$$i = V/R[1 - e^{(-Rt/L)}]$$

式中,  $i$  为螺线瞬时电流;  $V$  为电源电压;

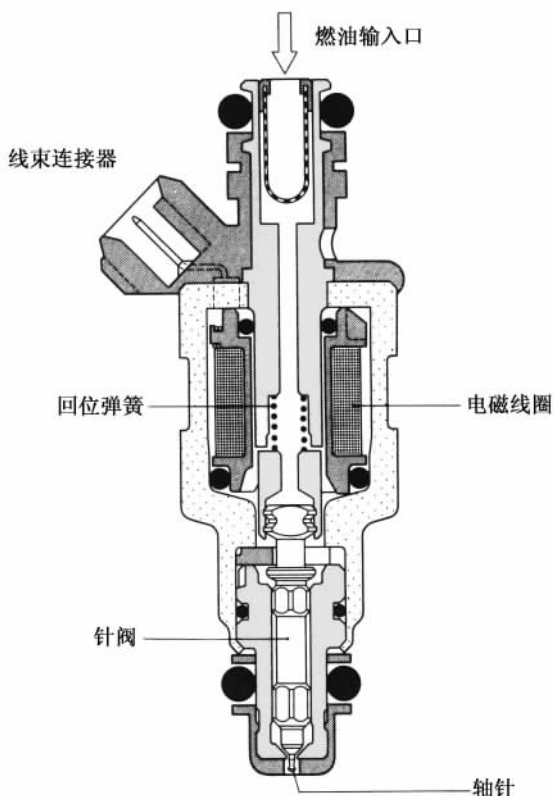


图 2.69 燃油喷油器 (MKI)

$K$  为总电路电阻;  $L$  为喷油器绕阻的自感系数;  $t$  为电流流经时间;  $e$  为自然对数。

一般地, 喷油器电阻为  $16\ \Omega$ , 有些系统将附加电阻串联到喷油器上, 这就产生了较低的自感系数和电阻, 因此加快了反应时间。其他类型的螺线管执行器, 例如门锁执行器, 具有很短的关键反应时间, 它们的工作原理都是一样的。

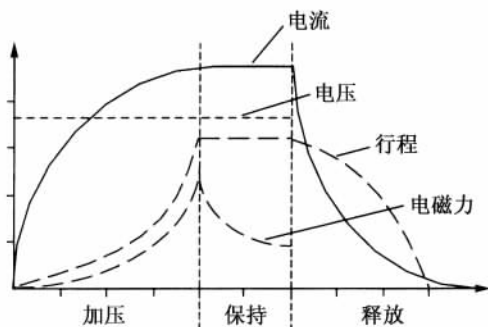


图 2.70 电磁线圈控制的可变执行器

### 2.7.25 电动机

永磁铁电动机的应用很广泛, 显然, 电动机的输出是转矩, 可用于许多方面。如果电动机驱动装有柱塞并刻有螺纹的螺母, 则该转动很容易就转换为线性移动。在汽车应用时, 电动机多数情况下用来降低速度, 增大转矩。目前, 永磁铁电动机已取代原有的、不太实用的由线圈绕成的电动机。下面是一些永磁电动机方面的实例:

- (1) 前窗擦拭器。
- (2) 前窗清洗器。
- (3) 指示前灯。
- (4) 电动玻璃。
- (5) 电动天窗。
- (6) 电动天线操纵。
- (7) 座位调整。
- (8) 镜子调整。
- (9) 前灯清洗。
- (10) 前灯擦拭。
- (11) 燃料泵。
- (12) 通风扇。

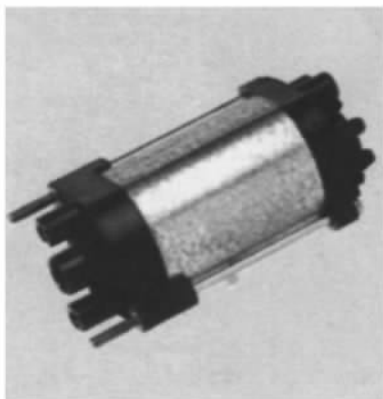


图 2.71 座椅调节电动机

简易电动机执行器的一个缺点是对位置不能进行直接反馈, 这在许多应用中未做要求。然而, 在许多实例中, 如座位调整中, 当需要对位置进行“记忆”时, 需要安装一个可变阻值传感器以提供反馈。如图 2.71 是一个常见的电动机执行器。

图 2.72 是一怠速旋转执行器, 它通过控制空气旁路来控制怠速速度。它有两个基本类型, 分别是具有两个端子的绕阻式和具有三个端子的双绕阻式。在 ECU 控制下, 发动机关闭阀门, 从而控制空气旁路。上述执行器在开关阀门时, 仅仅旋转  $90^\circ$ 。因为它们是永磁铁电动机, 故这里的“单绕阻或是双绕阻”均指电枢。

单绕阻式电动机给一方油后, 就能压下弹簧, 打开通路, 然后又在弹簧压力下闭合通路。方波的占空比用来决定平均气门开启时间和怠速速度。

在双绕阻中, 相同的方波信号供给其中一个绕阻, 另一绕阻供给相反方波, 当绕阻反向缠绕且占空比为 50% 时, 无移动发生, 改变占空比就能使阀门从一个方向移到另一个方向。

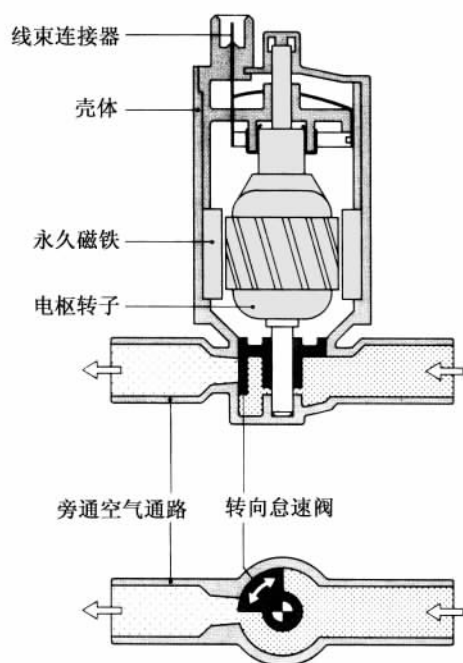


图 2.72 旋转式怠速空气阀

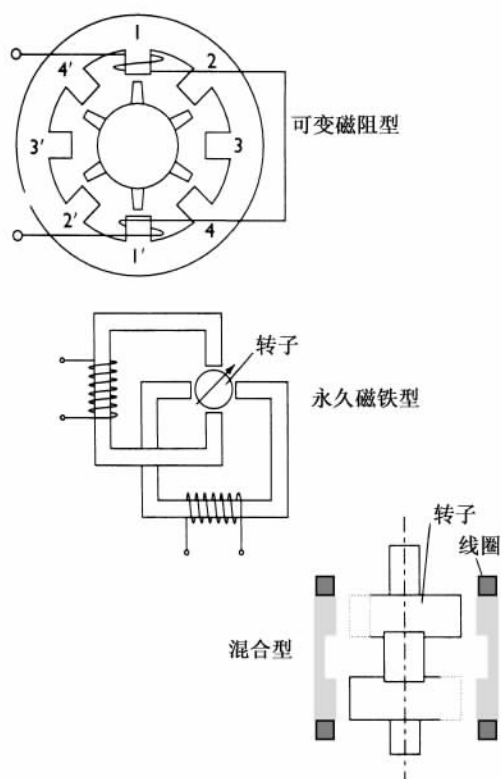


图 2.73 可变磁阻、永磁和混合型步进电机的基本原理

### 2.7.26 步进电机

随着执行器在汽车及其他装置中的应用,步进电机变得越来越流行。这主要是因为步进电机易于被电子系统所控制。

步进电机有三种类型:可变磁阻步进电机、永磁步进电机和混合步进电机。

图 2.73 是可变磁阻、永磁和混合型步进电机的工作原理。图中对每种工作原理都进行了简述,但请注意,它们的原理是相似的。

可变磁阻步进电机是产生最大磁通量原理来工作的,齿形定子周围绕有一圈绕阻,转子上也有一圈有渗透型材料制成的齿牙。注意本例中转子的齿数比定子少两个。当供给一绕阻某相电流时,定子会调整其齿牙,使之产生最大磁通量。它仅是一种按一定次序激励绕阻来移动转子。例如,当激励第四相时,电机沿顺时针方向走一步;而激励第二相时,电机沿反方向走一步。

在没有激励时,可变磁阻步进电机就没有工作转矩。但它能在相对高的频率下工作。步进角通常是  $15^\circ$ 、 $7.5^\circ$ 、 $1.8^\circ$  或  $0.45^\circ$ 。

永磁步进电机有比较高的初始转矩,当未激励时,它有一个保持转矩。转子是一块永久磁铁,在可变磁阻电机工作中,绕阻中电流方向不会改变;然而,正是电流方向的改变才使永磁电机步进工作。步进角为  $45^\circ$ 、 $18^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $7.5^\circ$ 。由于它们良好的转矩保持性,永磁电机变

得越来越流行。基于这个原因,这种型号的电机将详细介绍。

图 2.74 是一个混合步进电机,顾名思义,它综合了前面两种电机的特性。

该电机具备可变磁阻步进电机的高速工作特性和永久磁铁步进电机的良好转矩特性,两侧各有一对齿形轮。南极和北极轮上的齿牙有一定偏移,这样才能在利用可变磁阻原理的同时不流失转矩特性。这种电机的步进角非常小,为  $1.8^{\circ}$ 、 $0.75^{\circ}$  或  $0.36^{\circ}$ 。

以上所提类型已被用于各类汽车上。这些装置涉及到从怠速速度空气旁通、化油器阻风门,以及车速表显示驱动器。

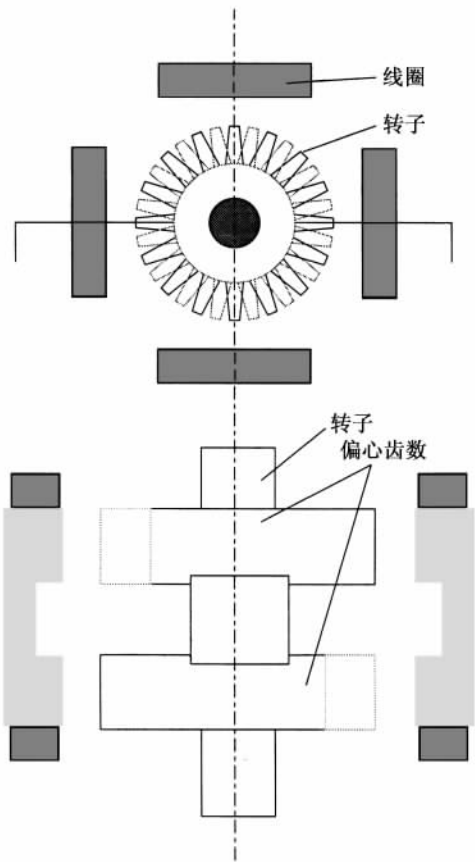


图 2.74 由极距移动的双定子步进电机

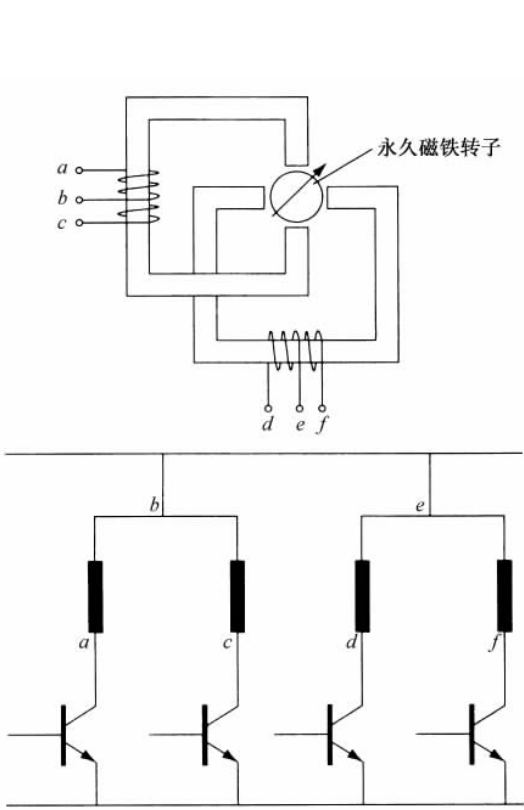


图 2.75 四相步进电机及其电路

现在我们来仔细讨论永磁步进电机的工作和结构。这种类型电机的设计原则都包含两对双定子,这些定子由极距移动。转子为环状,由钕铁合金制成,图 2.75 所示绕阻沿一个方向激励,然后再在另一个方向激励,该电机就会转动  $90^{\circ}$ ,步进角为  $360^{\circ}$ ,被分配给许多定子极桩。在换向后,关闭某一绕阻就能进半步,这就使得转子与其余定子对齐并完成  $45^{\circ}$ ,该电机的转动方向由绕阻打开、关闭或换向的顺序决定。图 2.75 为四相步进电机及其电路图。

图 2.76 是二相步进电机的脉冲顺序图。第一幅是半步步进,第二幅是整步步进。步进电机的优点是无需对位置进行反馈,因为电机可定位到一确定的起始点,然后计算过的一些步进数就可将电机移到任意需要的位置。

步进的计算公式如下：

$$\alpha = 360/z$$

$$Z = 360/\alpha$$

$$f_z = (nz)/60$$

$$n = (f_z \times 60)/z$$

$$\omega = (f_z \times 2\pi)/z$$

式中,  $\alpha$  为步进角;  $n$  为每分钟旋转次数;  $\omega$  为角速度;  $f_z$  为步进频率;  $z$  为每转步进步数。

2.7.27 同步电机

当需要与时间同步的驱动时,要采用同步电机。它们总是以恒速旋转,这由系统的频率和电机中数据决定。车速表计算公式为：

$$n = (f \times 60)/p$$

式中,  $n$  为转速(r/min);  $f$  为频率;  $p$  为极桩数目。

图 2.77 显示了回动同步电机电路及速度转矩特性。图中表明在最大转矩时,速度值恒定。最大转矩由电源电压供给。

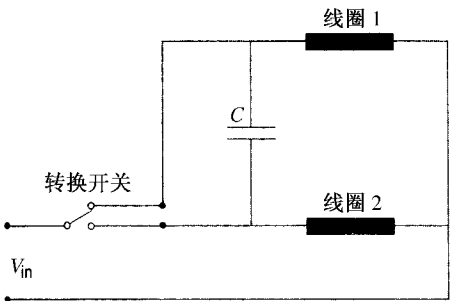


图 2.77 回动同步电机电路及速度转矩特性

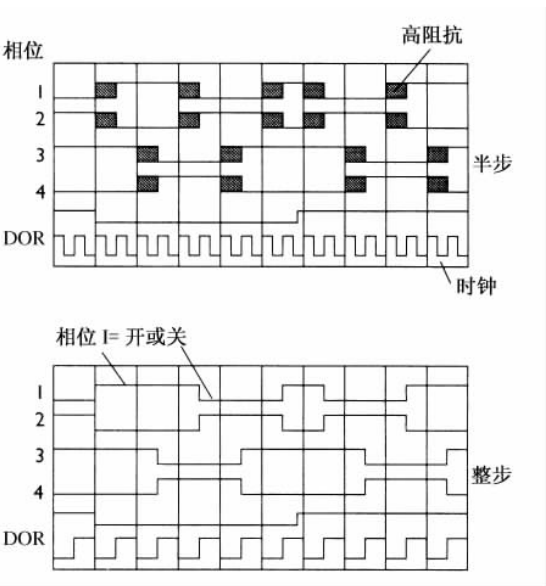
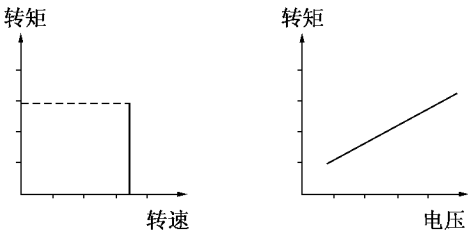


图 2.76 步进电机脉冲顺序图：第一幅是半步步进,第二幅是整步步进



2.7.28 热(温度)执行器

传统式燃油表或温度表(参见第 13 章)中指针的移动就是热执行器的一个实例。用于早期燃油喷射系统的辅助空气设备也是执行器的一个实例,图 2.78 为这种装置的原理。当端子通入电流后,加热元件开始工作,就会导致双金属片弯曲,从而关闭单向阀。

该执行器除了结构简单外,它的优点是：当它处于合适的位置时,它的响应时间会随环境温度而变化,这对于冷启动控制的快怠速是非常理想的,因为一旦发动机变热,执行器不需要执行任何动作。

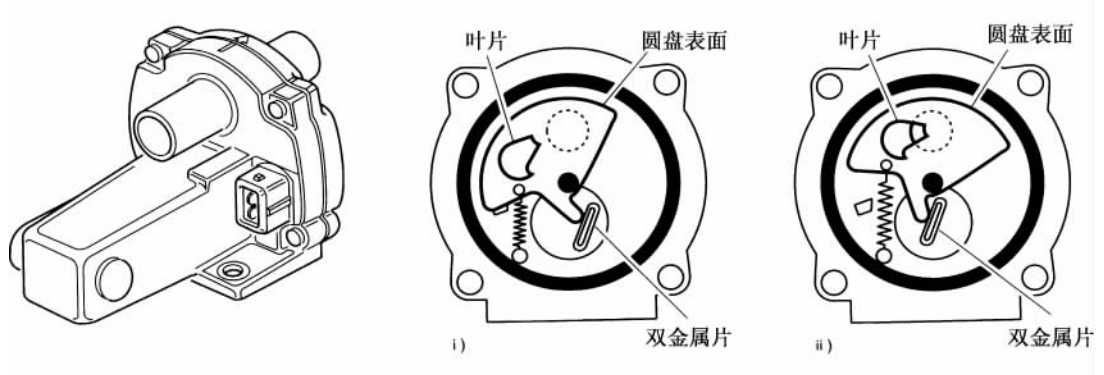


图 2.78 额外空气电子控制阀的操作

i) 通过封闭的管道 ii) 通过部分张开的管道

## 2.8 电气与电子技术的新发展

在电子领域特别数字电子方面,发展是如此迅速,以至于我们很难跟上其步伐。我在本章主要介绍这方面的基本知识,因为这些不会改变。目前许多系统是基于计算机,是计算机方面的数字部分在不断发展,是向着集成化和系统间的交互性发展的趋势。建立车内故障诊断和系统性能监测可保证满足法规要求(尤其是排放方面法规),建立更优的车上故障诊断(OBD)系统是未来的发展重点。

现在出现了许多新型传感器,在感应发动机转速和轮胎方面,霍尔效应传感器取代了电感式传感器。该传感器有两大优点:一是能测出较低速度;二是传感器的输出电压不依靠速度。图 2.79 是用于感应轮速的霍尔效应传感器。



图 2.79 ABS 轮速测定中的霍尔效应传感器



图 2.80 油品传感器

图 2.80 所示是 Kavlico 公司生产的传感器,它通过监视机油中介电常数来测出机油量。当机油中抗氧化添加剂耗尽时,介电常数会增加,当油品受污染时,介电常数也会增加。介电常数增加时,传感器输出也相应增加。

Lucas Varity 有一种机油状态传感器,它利用高频锯齿波来检测油的黏性。该传感器如图 2.81 所示,它让驾驶员能对机油改变次数进行优化。

自 20 世纪 80 年代中期以来,爆震传感器就一直用在汽油机中,它能满足动力性排放要求和经济性。该传感器有平顺的响应范围:  $2 \sim 20$  kHz。如图 2.82 所示的爆震传感器,其工作频率是  $7 \sim 20$  kHz。通过恰当的电控方法,发动机能在爆燃边缘附近(DBL)工作。这能提高动力性、经济性和低排放的要求。



图 2.81 机油状态传感器



图 2.82 柴油机爆震传感器

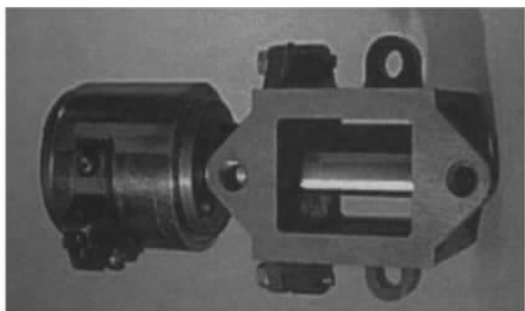


图 2.83 旋转式电动废气再循环阀

在柴油机中,执行器技术有一大进步,即采用了旋转式电动废气再循环阀,该装置如图 2.83 所示。该阀的主要优点为有自洁功能、精确气流控制和响应时间控制。

在 Texes 仪表系统中,采用一个低于  $g$  值加车速表。如图 2.84 所示的传感器的  $g$  值可以从  $0.4 \sim 10g$  来驾驶控制系统、防抱死制动(ABS)系统和辅助约束系统。

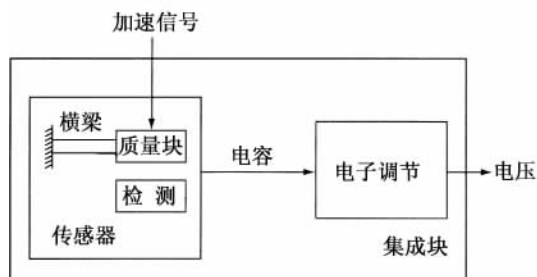


图 2.84 电容式低  $g$  值加速计



## 2.9 电子器件传感器和传感器的故障诊断

### 2.9.1 概述

单个电子元件可以采用许多测试方式,但数字万用表是最常用的。表 2.3 介绍了元件从电路中移除后的测试方法。

表 2.3 电子元件测试

| 元 件            | 检 测 方 法                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 阻            | 用欧姆表测量电阻值,并与电阻上标示的阻值进行比较                                                                                                                                |
| 电 容 器          | 没有专用的设备,电容器是难以测量的。但是可以这样试试:将电容器充电到 12 V,连接在一个数字电压表上。因为大多数数字电压表有一个约 10 MΩ 的内部电阻,计算出期望的放电时间 ( $T = 5CR$ ),看设备是否遵循。用这种方式,一个来自连接断路器点火系统的电容器应该用约 5 s 的时间完成放电 |
| 电 感 器          | 电感器就是一卷电线,所以对电感器来说,检测其阻值就是最好的测试方法                                                                                                                       |
| 二 极 管          | 许多万用表有二极管测量功能。二极管在电路的一个方向应该是开路,在另一个方向有 0.4~0.6 V 的电压。这是它的门限电压。如果电压表不提供这一功能,可将二极管通过一个灯泡连接到电池上,二极管在一个方向点亮,而在另一个方向应该不亮                                     |
| 发光二极管          | 大多数发光二极管可以连接到 1.5 V 蓄电池上来测量。但请注意极性:比较长的管脚或平的一面为负极                                                                                                       |
| 晶 体 管<br>(双根式) | 一些万用表甚至能够测量晶体管,如果不能时,晶体管可以连接到如图 2.85 的简单回路中,像演示的那样进行电压检测,这是测试电子电路最常用的方法。不过要指出,在没有专用数据、专用设备时,非专家、技术人员很难在不熟悉的电路板上用该方法进行测试                                 |
| 数 字 元 件        | 可采用逻辑探针,它是一个有着很高内部电阻的设备,因而不会在检测时影响电路。它使用两种不同颜色的灯。一个点亮时表示逻辑“1”,另一个点亮时表示逻辑“0”。在多数场合需要专用数据,但在无专用数据时可以进行基本测量                                                |

### 2.9.2 测试传感器

诊断故障时,测试传感器实际就是测量它的输出信号。在某些情况下,传感器自身也会产生信号(例如电感式传感器),但在另外情形下,只有供给正确的电压,传感器才能正常工作(例如霍尔效应传感器)。这种情况下,在测试传感器前,要确保汽车电路中供有电压。表 2.4 列举了一些常见的传感器及其测试方法(确保供给正确的电源电压)。

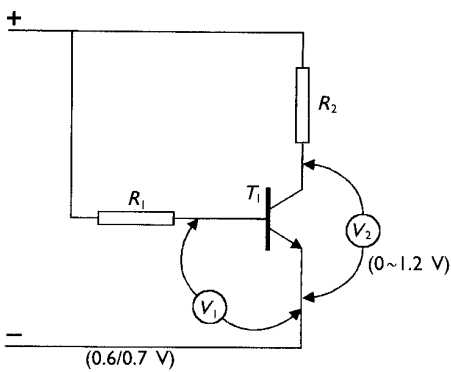


图 2.85 晶体管测试

表 2.4 测量传感器

| 传 感 器      | 测 试 方 法                                                                                                                                                         |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 感 器      | 通常进行简单的电阻测试,阻值为 $800\sim 1\,200\,\Omega$ 。其正弦波输出可用示波器直流电压表测得                                                                                                    |
| 霍尔效应传感器    | 可用示波器测得一方波输出或用直流电压表测出电压值。配电盘上的霍尔元件的电压值取决于芯片是否被磁化,其电压范围为 $0\sim 8\,\text{V}$                                                                                     |
| 热敏电阻器      | 多数热敏电阻器有一个负温度系数(NTC),即电阻随温度上升而减少。用欧姆表检测时,电阻应对应如下值: $0^{\circ}\text{C}=4\,500\,\Omega$ , $20^{\circ}\text{C}=1\,200\,\Omega$ , $100^{\circ}\text{C}=200\,\Omega$ |
| 空气流量传感器    | 该传感器的主要部件是一个可变电阻。通入电流后用直流电压表检测其输出,电压值应该从 0 变到电源电压(通常为 $5\,\text{V}$ )                                                                                           |
| 热线式空气流量传感器 | 该传感器包含很多电路用以控制来自热线的信号。通常电压为 $5\sim 12\,\text{V}$ 。随着气流量的变化,输出电压在 $0\sim 5\,\text{V}$ 之间变化                                                                       |
| 节气门电位计     | 这种传感器是可变电阻传感器。通入电流后,用直流电压表测量输出。电压应该在 $0\sim 5\,\text{V}$ 之间平滑变化。如果未通电流来测量电阻,阻值应该还是平滑地变化                                                                         |
| 氧 传 感 器    | 氧传感器能像蓄电池一样自己产生电压,当传感器连接到系统后,就可以检测到电压。当混合比为 ECU 控制时,输出电压应该在 $0.2\sim 0.8\,\text{V}$ 之间平滑变化                                                                      |
| 压力传感器      | 通常,外部歧管压力传感器的供给电压是 $5\,\text{V}$ ,当压力变化时,输出应该在 $0\sim 5\,\text{V}$ 之间变化。注意:怠速时其电压值约为 $2.5\,\text{V}$                                                            |

2.9.3 测试执行器

因为执行器多数由绕阻控制,所以测试起来十分容易,执行器的阻值可用欧姆表测量,例如喷油器的阻值一般为  $16\,\Omega$ ,这里有一个技巧,即执行器如果有多个绕阻,则各个阻值应相同。即使不知道各绕阻的准确值,如果它们读数均相同的话,说明执行器正常工作,有些执行器,可由汽车蓄电池直接供能,例如敲击喷射系统就能获得电能,而旋转式空气变通设备转动半圈后也能获得能量,但请注意这些方法用于别的执行器时却可能损害执行器。

2.10 练习

2.10.1 思考题

- 1. 简单描述“电子流”与“常规电流”这两个术语之间的区别。
- 2. 画出十个基本电子元件的符号。
- 3. 解释运算放大器的“频率响应”。

4. 画出有电阻和电容的计时器的电路图,并算出其时间常数。
5. 说出测量系统的四种误差来源。
6. 爆震传感器是如何产生信号的?
7. 画图描绘旋转怠速执行器是如何进行工作的?并说明为什么它只能在打开或关闭位置才能改变怠速速度?
8. 画图表示点火分电气系统中霍尔传感器的输出信号。
9. 简述永磁步进电机的工作情况,并说出该执行器的三大优点。
10. 列出电脑编程时所需的六个阶段。

## 2.10.2 课程论文

讨论传感器和执行器的发展情况,通过实例说明其发展的原因。为什么传感器的电子集成化成为发展重点?为防抱死制动系统轮速传感器绘制功能表,详细说明它的用途。

# 3 工具和测试设备

## 3.1 基本设备

### 3.1.1 简介

诊断技术是与所使用的测试设备密切相关的,换句话说,你必须能够正确表示测试结果,在绝大多数情况下,涉及到要将测试结果与数据手册或其他资料上的数据进行比较。表 3.1 列出了一些相关测试用具及设备的基本术语。图 3.1 为一系列基本工具。

表 3.1 工具及测试设备

|          |                                                                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 手动工具     | 扳手、锤子、螺丝刀以及其他手钻等                                                                       |
| 专用工具     | 特殊场合下使用的工具                                                                             |
| 测试设备     | 通常是指测试设备,大多数试验需要测量一些数据并将该测量值与给定值进行比较。这类设备可小到一把尺子,大至发动机的分析                              |
| 专用测试设备   | 某些设备只用于测试特定的系统。大型制造商为其汽车产品提供专用设备,例如:能插入某种类型的燃油喷射 ECU 中的诊断设备                            |
| 精度仪      | 刻度精细准确,避免误差,与标准值保持一致                                                                   |
| 校准仪      | 检测测量工具精度的设备                                                                            |
| 串行口      | ECU 的一种接口,用于与诊断设备或计算机相连,串行表示信息是以数据串的形式通过,就像将黑球和白球以一定的顺序扔到一个管中                          |
| 解码器      | 读取上面提及的类似于黑、白球的信号,即电信号的导通、截止并将它们转换成可以理解的语言                                             |
| 复合诊断信息系统 | 通常基于计算机系统,可以用来检测汽车系统。它也是一本汽车电子设备维修手册,可通过电脑指示试验顺序进行                                     |
| 示波器      | 主要部分是显示器,就像电视或计算机的显示屏。示波器是一种电压计,它将电压信号的变化以图像形式显示代替数字方式显示。屏幕上的图像移动变化得非常快,能让我们观察到电压变化的方式 |

### 3.1.2 常用手动工具

只靠本书是不能学会如何使用工具的,显然需要实际操作和训练,然而,你能按照制造商所提供的建议使用。尽管手工工具不是太多也并不昂贵,但重温一下对手工工具的基本建议是有必要的。这里需强调的是,如图 3.2 所示的各种螺丝刀有多种类型,选用时要注意它们的型号,因为使用错误的螺丝刀会损坏螺钉头部而造成许多麻烦。当然,它们除了具



图 3.1 常用维修工具



图 3.2 各种螺丝刀头部形状

有不同类型的之外,还具有许多规格。

不断重复使用手动用具的基本建议及说明是必要的：

- (1) 工具要专用。
- (2) 规格要合适。
- (3) 尽可能拉扳手而不是推扳手。
- (4) 不要使用无柄锉刀。
- (5) 保持工具清洁并将它们存放在合适的工具箱中。
- (6) 不要把螺丝刀当撬具用。
- (7) 经常查看制造商的建议(因为你不可能记住所有注意事项)。
- (8) 保养好你的工具,需要时确保能用。

3.1.3 测试设备的精度

精度意味着许多些微小不同：

- (1) 仔细测量后的确切值。
- (2) 无误差,较精确。
- (3) 很接近实际值。

假设我们现在用钢尺来测量一段电线的长度,你如何测量才能精确到 0.5 mm ? 这就提出一系列问题：首先,你可能读数时产生错误;其次,为什么我们要将电线长度精确到 0.5 mm ?第三,该钢尺或许已经弯曲,因此不能给出正确的读数。

第一个和第二个问题容易解决,只要知道怎样正确地对测试设备进行读数和知道需要精确的程度就行。我猜你会提出这样的问题:如果千分尺有余隙,如果尺子有余隙,那么,设备自身的精确性就是另外一回事了。

精确性这个术语指测量值与实际值的接近程度。

例如,如果一个大约 30 cm 的物体用普通木尺来测量,其误差在 1 mm 左右,其精确性就表示为 $\pm 1\text{ mm}$ ,这个误差也可用百分数表示为 0.33%。

测量时的分辨率也与精确性相关。如果钢尺做的相当标准,但是最小刻度是厘米,尽管刻度非常准确,但分辨率亦是很低的。换句话说,设备是精确的,但你的读数却不精确。

为确保精度,下面有两种基本方法:

- (1) 爱护设备,千分尺乱扔就不精确了。
- (2) 经常校准设备。

为了保证测量精确,正确使用工具的步骤如表 3.2 所示。

表 3.2 正确操作工具的基本步骤

| 步 骤                             | 实 例                                                         |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 确定所需精度等级                        | 我们需要知道电压值是 12.6 V 还是 12.635 V                               |
| 选择合适的用具                         | 测量薄片应该用千分尺                                                  |
| 爱护工具,经常校准                       | 大多数工具使用一定时间后精度会下降,你应定期进行校准。多数供应商提供这种服务,或者你可用库存中的新工具对比着校准旧工具 |
| 使用时仔细研究说明书,并仔细读取示数。分析读数是否在期望值附近 | 究竟活塞直径是 70.75 mm 还是 170.75 mm                               |
| 重复测量并记录结果                       | 不要想当然,记下来                                                   |

3.2 万用表

数字仪表是汽车电气电子系统测试的必备工具,数字仪表是可采用的仪表中最合适且读数最准确的。表 3.3 中的各项功能是依从必备到需要的顺序依次排列。

表 3.3 万用表的功能

| 功 能  | 测 量 范 围         | 测 量 精 度 |
|------|-----------------|---------|
| 直流电压 | 500 V           | 0.3%    |
| 直流电流 | 10 A            | 1.0%    |
| 电 阻  | 0~10 M $\Omega$ | 0.5%    |
| 交流电阻 | 500 V           | 2.5%    |

续 表

| 功 能   | 测 量 范 围           | 测 量 精 度     |
|-------|-------------------|-------------|
| 交流电流  | 10 A              | 2.5%        |
| 闭 合 角 | 3、4、5、6、8 缸标准     | 2.0%        |
| 转 速   | 10 000 r/min      | 0.2%        |
| 占 空 比 | % 开/关             | 0.2%/kHz    |
| 频 率   | 超过 100 kHz        | 0.01%       |
| 温 度   | >900℃             | 0.3%+3℃     |
| 启动电流  | 1 000 A(DC)       | 根据测试条件而变化   |
| 压 力   | $3\times 10^5$ Pa | 标准刻度的 10.0% |

决定一种仪器的优劣时,应考虑以下几个因素:

- (1) 精度。
- (2) 负荷。
- (3) 保护电路。

负荷是任何测量时都必须考虑的因素,存在这样一个问题:是不是改变了测量环境,结果就不准确了?就万用表而言,就涉及到其内阻。万用表的推荐内阻值不小于 10 MΩ。这不仅确保其测量精度,而且避免损坏灵敏电路。

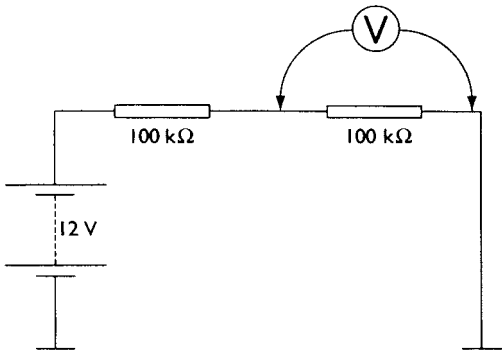


图 3.3 是两个相同阻值电阻接在 12 V 的电源下,经过每个电阻的电压应为 6 V。但是,仪表的内阻会影响电路电流,从而改变电压示数。如果电阻的阻值为 100 kΩ,仪表内阻的影响如下。

如果万用表的内阻为 1 MΩ,则 1 MΩ 和 100 kΩ 并联后阻值为 91 kΩ,电路中的电压降就为:

$$91/(100+91)\times 12=5.71\text{ V}$$

图 3.3 用电压表测量串联在 12 V 电路中的 其测量误差为 5%。  
两个相等电阻中任一电阻的电压

如果万用表的内阻为 10 MΩ,则 10 MΩ和 100 kΩ 并联后阻值为 99 kΩ,电路中的电压降就为:

$$99/(100+99)\times 12=5.97\text{ V}$$

其测量误差为 0.5%。

注意,这里的测量误差不包含仪表自身的误差。

许多车用电压读数常会超过最高瞬时电压,此时就要用到保护电路,它可以防止电压设备的损坏(图 3.3)。熔断丝也是一种常用方法,图 3.4 是一幅数字式电压表的结构原理图。

它清楚地表明了数字设备是如何显示数值的。图 3.5 是万用表的使用方法,我们仅需掌握两个技能:一是表针放于何处;二是示数的含义。

### 3.3 专用设备

#### 3.3.1 示波器

常用示波器一般有两种:模拟式和数字式。如图 3.6 是模拟式示波器的原理图。阴极管里的金属丝被加热产生电子,然后施加合适的电压使其加速射向荧光屏,就使荧光屏发光,图 3.6 中的 X、Y 金属板的光束移动就“画出”电压信号图,X 板接收的是锯齿信号,因此可以使电子束左右移动,Y 板常常用来表示信号电压的变化率,锯齿波的频率能够根据具体要求进行调整或用万用表来手动调整,因此在检测的时候,被测信号的电压能够被按比例增大或缩小。当有电流通过时,荧光屏就产生轨迹。在发动机分析仪中,激励经常是外来的,如一次点火或多次点火的次数等等。

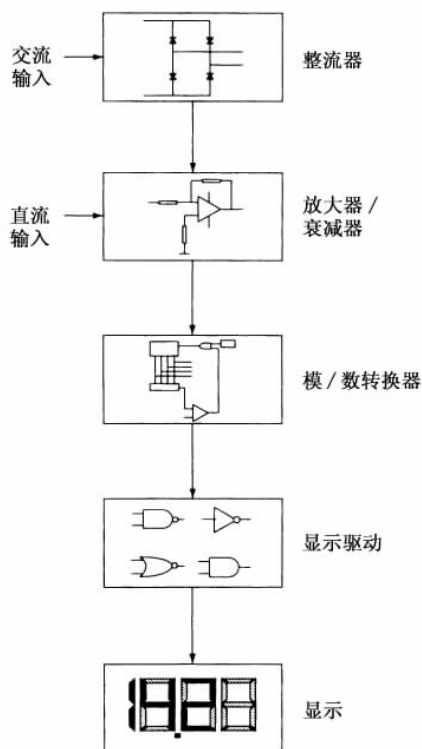
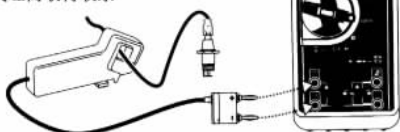
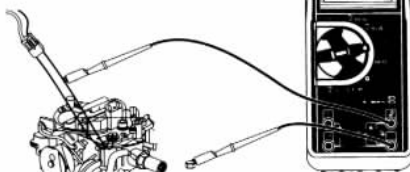


图 3.4 数字式电压表

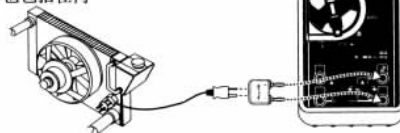
RPM80 电感拾波器把火花塞中电流产生的磁场转变成启动 RPM 测量时的脉冲波。注意:一些点火系统能够产生信号,但是这些信号在 RPM80 上的读数有时不可靠,请与你的 Fluke 代理商取得联系



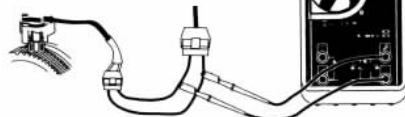
依据反馈式化油器测量占空比



测量风扇开关的开/闭温度并得到以℃和°F为单位的的结果。Fluke 78 的温度功能可被正确插入风扇内部,它可以快速容易地检查发动机或变速器机油、冷却剂和空调的温度。胎圈热电偶传感器和插座塞子也包括在内



Fluke 78 可以测试交流电或直流电的频率。它依据曲轴位置传感器测量频率,还可应用交流耦合频率功能——它对于测量汽车速度传感器和 ABS 传感器也非常理想。脉冲直流频率测试时要依据背压/歧管空气压力、质量型空气流量和霍尔传感器



依据氧传感器测得最小/最大电压。Fluke 78 能测到每次测量的最高值和最低值——包括电压、温度、启动电流(任选夹钳式电流探针)和压力(任选 PV500 数字式压力真空模块)

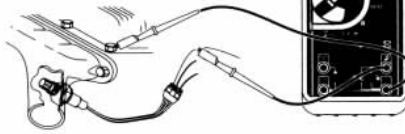


图 3.5 数字万用表的使用



数字式示波器和模拟式示波器的工作原理是一样的,区别仅在于数字式示波器显示在荧光屏上的是由一个个的点组成的曲线,而不像模拟式示波器那样由连续点构成曲线,检测信号经过模数转换且时间基数由两个简易的定时器或计数器电路测得。由于信号是一些点的集合,因此,画面能够被保存,定格送至打印。A/D 转换速度、采样率和屏幕显示方式都会影响结果的精度。现在,这项技术变得越来越成熟,还包含刻度、注释以及显示多条曲线进行比较。

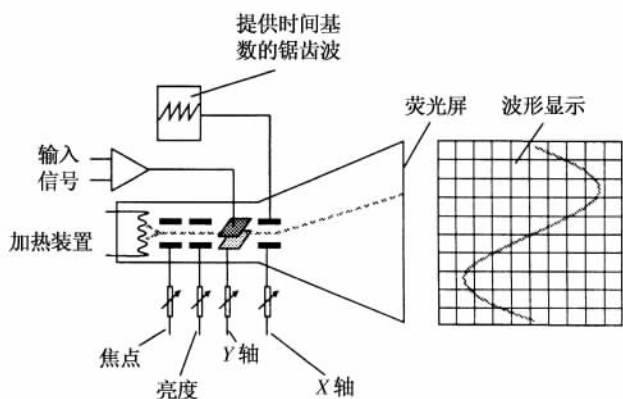


图 3.6 模拟示波器工作原理



图 3.7 博世牌示波器

另外还有一种应用非常广泛的示波器(图 3.7)。这种示波器体积小、操作方便,能够储存数据,并且还能把数据传给电脑以进行分析,这种示波器被用于许多发动机的检测中,受到很高的评价。

### 3.3.2 压力测试

发动机发生故障时,检查油压是非常必要的。现在有许多种压力表可检测油压,而且,通过一些适配器连接压力表还可以和其他检测工具进行组合。压力表的工作原理是:压力表内有一根螺旋细管,油在压力下推动管子伸展,该螺旋管又推动指针摆动,图 3.8 为压力测试设备。

### 3.3.3 发动机分析仪

现今汽车故障诊断中,发动机分析仪变得越来越重要,最常用的一种就是基于电脑的分析仪。它可以安装不同的应用软件来增强功能。

发动机分析仪专用于检测汽车,它由三个基本部分组成:万用表、气体分析仪和示波器。

分析仪功能强大,但并不是万能的,有些检测用就无法做到,例如它不能进行汽缸平衡检测。这种分析仪还能够储存数据以方便查询,在分析仪中最重要的部件是示波器,它能够使技师看到检测结果。



图 3.8 压力测试设备

下面介绍一种常用的发动机分析仪,它在设计上有一些创新,也是基于个人电脑,专门用于车间,并且适应能力强。

软件给分析仪带来了独特的特性,安装不同的软件,可以使分析仪有不同的功能,如系统检测、车轮定位等。接上一个红外线操纵柄或键盘,就可控制分析仪;再安装一个 VGA 显示器,就可以看到高清晰度的图像。此外,还可以把结果按照顾客的要求输出到打印机。

另外,还可利用一些外部检测模块和软件应用程序。通过高速 RS422 或 RS232 串行通讯接口,模块与主机相连,就可实现多种功能。应用软件和 DOS 操作系统被安装在硬盘上,汽车的一些重要数据也可以储存到硬盘上,这样可以更容易地存取信息,而且还可以得到指导性测试程序。

发动机分析仪的现代发展趋势是它不仅能向非专业技术人员提供向导性测试程序,还能以任何合理方式测试电子装置。对于高级专业技术人员来说,这些发展趋势更为合理。下面是现代发动机分析仪的主要功能:

#### 1. 显示

当每一个元件经过检测和分析后,结果能被完整及时地显示出来。测试的结果与硬盘上的数据自动地进行比较,就可获得通过/失败这样的诊断结果。这时再打印输出就能表示出整个的工作过程。

#### 2. 症状分析

关系到驱动能力问题时,发动机分析仪能够直接进行专项的测试。

#### 3. 波形显示

该分析仪能把广义上的数字化波形用彩色方式显示出来,这种显示能被取消或恢复,从而查找到间歇故障。例如,其中的标准实验室示波模式可有效地对 EFI 或 ABS 图样进行检查,而且能从任何显示器中打印出来。一个有趣的特点是“瞬时俘获”,它甚至能捕捉到最快的峰值和间歇信号,并在细节检查中显示出来。

4. 调整

从发动机分析仪的菜单中选择专门元件后,就能够实现简单快速调整,并能立即读出读数。

5. MOT 排放测试(用于年检)

整个 MOT 过程要完整地显示在屏幕上,并根据运输要求,把气体分析结果和柴油机烟度的通过/失败诊断显示出来。测试结果包括发动机转速、油温和气体读数。根据修车厂或顾客要求,这些结果可以打印出来。

多数设备制造厂生产的车用标准件连接是很相像的,表 3.4 列举了这些连接件。

表 3.4 连接件

| 连 接 件 接 头          | 目的或实例用途         |
|--------------------|-----------------|
| 电池的阳极              | 检测电池与充电电压       |
| 电池的阴极              | 普通地线的连线         |
| 线圈正极(用于直接点火系统的适配器) | 用于检查线圈的电源电压     |
| 线圈负极(用于直接点火系统的适配器) | 用于检查闭合角、转速和初级波形 |
| 高压导线端子             | 检查次级波形          |
| 第一个汽缸火花塞导线端子       | 检查正时灯和波形时序      |
| 电池电缆放大器端子          | 测量充电和启动电流       |
| 油温探针(浸入油标中)        | 测量油温            |
| 真空连接               | 测量发动机载荷         |



图 3.9 是一个“Sun”牌数字示波发动机分析仪,这种设备的许多组成部分前面已介绍过,下面是该分析仪的一些特别的属性:

- (1) 具备高技术测试显示器。用于显示真空波形,汽缸工作时间柱状图平衡,力平衡波形以及双轨迹实验示波波形。
- (2) 具备扫描仪接口。它可使技术员同时观察所有相关的信息。
- (3) 可内存扩张。这样就能够立刻储存屏幕上显示的数据,当以后需要评估和参考时可重新调出。

该测试过程由用户控制,其中某些部分具备预编程功能,可自动操作。表 3.5 给出了屏幕上常见的信息。

表 3.5 数字式示波显示器

| 初 级    | 次 级    | 诊 断    | 缸 体 测 试 |
|--------|--------|--------|---------|
| 初级波形   | 次级波形   | 电压波形   | 真空波形    |
| 初级队列波形 | 次级队列波形 | 实验示波波形 | 功率平衡波形  |

续 表

| 初 级        | 次 级     | 诊 断     | 缸 体 测 试      |
|------------|---------|---------|--------------|
| 闭合角柱状图     | kV 直方图  | 燃油喷射波形  | 汽缸时间平衡柱状图    |
| 占空比/闭合角柱状图 | kV 柱状图  | 交流发电机波形 | 汽缸短路偶数/奇数柱状图 |
| 占空比/电压柱状图  | 燃烧时间柱状图 |         | 转动放大柱状图      |

3.3.4 尾气测量

目前对四种主要尾气的测试已经有了测量标准,四种尾气是:一氧化碳、二氧化碳、碳氢化合物和氧气。

废气排放检测仪常含有独立的显示器,但也与主分析仪显示器连在一起。通常,它除了显示四种气体外,还给出过量空气系数 $\lambda$ 值和空燃比(14.7 : 1),即燃料完全燃烧所需的空气量。 $\lambda$ 常用来表示理想的空燃比,表 3.6 为催化前后的尾气含量、 $\lambda$ 值和空燃比读数。这些数据是在发动机工况良好时测得的(仅作示例,实际工作中应测出当前值)。

表 3.6 尾气含量、 $\lambda$ 值和空燃比读数

| 读 数 | CO(%) | HC(ppm) | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | $\lambda$ 值 | 空燃比  |
|-----|-------|---------|---------------------|--------------------|-------------|------|
| 催化前 | 0.6   | 120     | 14.7                | 0.7                | 1.0         | 14.7 |
| 催化后 | 0.2   | 12      | 15.3                | 0.1                | 1.0         | 14.7 |

尾气的组成现在可严格地测量和有较高的精确度。红外线检测技术已经非常适合 CO、CO<sub>2</sub> 和 HC。每种气体吸收的红外线比率都不一样,O<sub>2</sub> 可以通过一个如同汽车上氧传感器的电子化学法去检测。

图 3.10 是 CO 的检测方法,将发射体加热到大约 700℃,再用一个合适的反射镜就能产生一道红外线光束。红外线通过一个断路器,然后穿过一个检测室到达接收室。这个封闭室内含有一种混有一定容积 CO 的气体。这种气体吸收掉了 CO 的辐射能,则温度上升,从而促使气体膨胀,因此气体从室 1 进入到室 2。这种流动被流量传感器探知,产生一个 AC 输出信号,通过转换和校准获得一个零度时 CO 含量读数。使用断路器后才能产生 AC 信号,如果不用断路器,那只有当机器开动或停止时,气体才能产生从室 1 到室 2 的流动。

如果被测试的气体直接压入检测室,在它到达接收室前一些红外辐射将被吸收,这就改变了 CO 气体的热效应,因此,测得室 1 与室 2 间的流量有所变化。流量计产生的支流信号

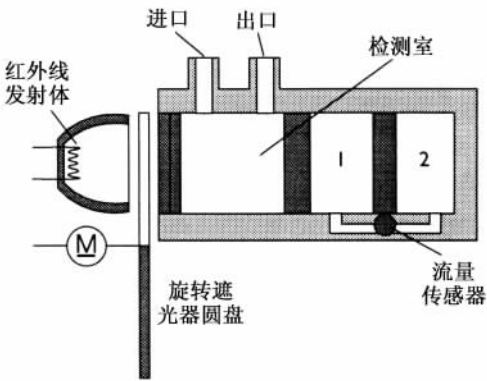


图 3.10 CO 测量方法

也会改变,该信号转换后,输出到显示器。测试  $\text{CO}_2$  和 HC 的技术也是类似的。目前,如果没有复杂的实验设备就不能检测  $\text{NO}_x$  气体的含量。不过,该方面的研究正在不断进行中。

优质的四种废气分析仪常有以下几个特色:

- (1) 它是一个独立单元,不依靠其他设备就可进行测试。
- (2) 显示屏可同时以图形的方式显示四种气体的含量,且由用户选择 HC、CO、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  和转速这样的显示器。
- (3) 用户可为打印出的图表设置自定义标题。
- (4) 应用非散射红外线检测设备(每一种气体对红外线的吸收率不同)。
- (5) 屏幕上显示的内容能够被固定或保存在存储器中,以便将来进行检索。
- (6) 重新校准触摸按钮(如果用到标准气体和调节器的话)。
- (7) 实时显示尾气含量百分比或在某区域画出实时废气含量数据图。
- (8) 计算并显示  $\lambda$  值(理想的空燃比大约为 14.7 : 1)。
- (9) 用数字或图表的形式显示发动机每分钟的转速,并显示机油温度、通电时间和测试日期。
- (10) 从扫描仪上获取发动机诊断数据。
- (11) 可在 220 V 电压或 12 V 蓄电池电压下工作。

精确的尾气测量不仅仅能满足运输部门(MOT)测试的要求,而且对于确保发动机的正确调整也是非常重要的,表 3.6 列出了几种典型尾气的常见值,注意:有毒尾气虽然含量很少但危害的确很大。

### 3.3.5 串行口通讯——扫描仪

串行口通讯是一个正在发展的领域,该技术需要一专门接口来读取数据。该接口可用单根线或两根线将汽车电气系统连至诊断接头,而扫描仪具备了上述要求。

扫描仪的用途如下:



图 3.11 OBD II 车载诊断装置扫描仪

(1) 能够识别 ECU 和诊断系统,检测中可将测试数据即时传到检测系统。

(2) 能从传感器读取实时数据,所以能及时找到出错信息。而且发动机转速、温度和空气流量等数据能显示出来,以检测所测数据。

(3) 移除执行器后,通过系统能模拟,能观察到所需响应。

(4) 系统可进行编程,当基本怠速 CO 或基本正时变化时,可编入系统程序中。

目前,存在许多标准,这意味着需要有各种各样的串行口阅读器,或最好准备不同的适配器和程序模块。美国汽车工程协会(SAE)制定了一种新的标准,称为 OBD II。在美国,所有的新车必须通过这个标准,这意味着仅需一个扫描工具就可检测出所有新车。在欧洲,类似的标准 EOBD 也已被采用。

GenRad 公司生产的扫描仪完全满足这些标准,如图 3.11 所示。这种扫描仪允许技师进行各种必要的操作,如

经由一根线就能读出故障代码。便携式扫描仪的显示屏很大,能清晰显示命令和数据图像。它的上下文帮助功能使用户无需参考手册去查找故障代码定义,它有一个贮存器,因此数据能够重复使用,即使切断电源或撤去连线器时,数据还能使用。这种扫描仪也可以与控制器区域网络(CAN)系统相连。

## 3.4 专用设备

### 3.4.1 概述

现代汽车的电气系统越来越复杂,因此检测设备也越来越先进,“专用”指只用于某一系统的设备,图 3.12 是这种检测设备的典型代表。一个专用插头和插座,用来连接 ECU,在许多实例中,它们不会影响发动机的正常工作。

因为可在多点测得示数并能将其与设定值比较,这样就能进行故障诊断。Ford 已使用断路盒这样的专用设备多年。断路盒连至 ECU 后,万用表就在盒子上的一些预设点进行测量。

这个系统的发展趋势是数字控制式测试仪,它能够快速完成一系列测试并显示出结果。

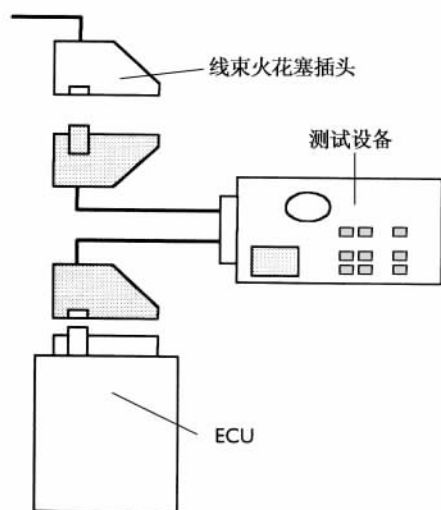


图 3.12 其专用插头和插座将插入 ECU 中的一种专用测试设备

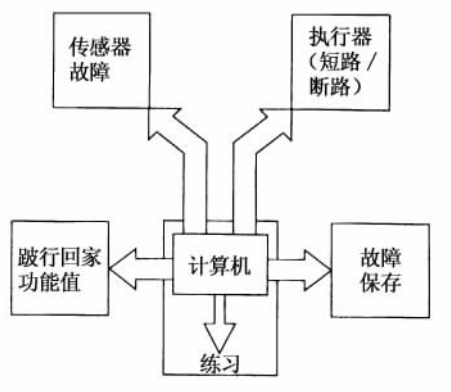


图 3.13 电子系统的 ECU 中的自诊断电路

许多电子系统的 ECU 中有自诊断电路,如图 3.13 所示,激活闪烁码输出功能就能读取 ECU 存储器中的信息,一般情况下,这个操作通过连接两根线并打开点火开关就能完成。通过串行口,可读出更精确的示数,但这需要合适的测试设备。

### 3.4.2 串行口通讯

ISO9141 规定了一种专门的读数接口,这种接口,通过一根或两根接口线,将汽车电子系统连到中央诊断插头,它从 ECU 取得数据的顺序如下:

- (1) 测试单元发出代码。
- (2) ECU 作出响应, 传送一个波特率识别代码。
- (3) 测试单元进行合适的设置。
- (4) ECU 发出故障代码。

然后测试单元将代码转换成合适的文本, 该接口还能实现下述功能:

- (1) 能够识别 ECU 和诊断系统, 检测中可将测试数据即时传到检测系统。
- (2) 能从传感器读取实时数据, 所以能及时找到出错信息, 而且发动机转速、温度和空气流量等数据能显示出来, 以检测所测数据。
- (3) 移除执行器后, 通过系统功能模拟, 能观察到所需响应。
- (4) 系统可进行编程, 当基本怠速 CO 或基本正时变化时, 可编入系统程序中。

### 3.4.3 激光 2000 电子测试仪

Lucas 激光 2000 测试仪能查找到汽车电子系统中的故障, 这些故障包括燃油故障、防抱死制动牵引控制系统故障等(图 3.14), 由于电子系统的复杂性, 查找其故障既困难又漫长。



某些 ECU 有车载故障诊断面板(OBD), 这意味着 ECU 能监视输入和输出。如果有错误代码时, 还能储存此代码并打开报警灯, 提醒驾驶员。这些故障码在测试过程中也能读出。

更先进的 ECU 有数据连接线(例如上述的串行口通讯中), 因此通过测试仪故障码能够被显示为数字或文本, 其他一些信息, 如运行数据, 也能够传送到测试仪上, 还能通过检测器向 ECU 传送指令。

根据 ECU 的诊断特性, 激光 2000 系统能够提供以上所有功能。此外, 当汽车工作时, 就有新的数据进入, 故障码就被擦除。激光 2000 系统中最多能存放 4 个测试结果。需要时, 也能打印出输出结果。

激光 2000 能够改变成不同的系统, 硬件能够升级, 一个模块就能代替大多数现在的系统。软件系统包括: 检测方法和范围。适配器线束需要接到每个汽车的诊断连接器上。激光 2000 设计界面友好, 通过功能键选择菜单。

最有趣的特色是激光 2000 的快照模式。在该模式下, 测试仪不仅能显示实时数据, 还能进行记录。这对于查找间歇故障十分有用, 因为所记录的数据能进行慢速回放。图 3.15 是激光 2000 系统快照中的一瞬。常用检测方法可预测逐渐变化值的未来, 但对于突变值则不行, 所以该快照功能很适合于那些突然的变化。快照图片还可通过 RS232 界

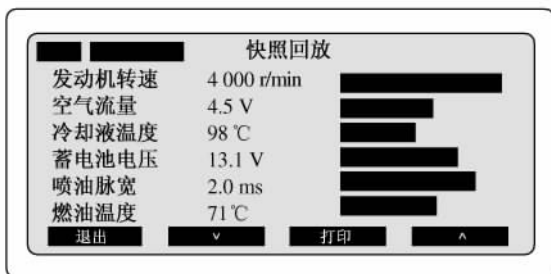


图 3.15 Lucas 激光 2000 屏幕快照

面打印出来。

### 3.5 车载故障诊断

图 3.16 是一个具有 II 型车载故障诊断装置的博世 Motronic M5 系统。对于长期运行的系统,车载诊断系统是非常必要的,例如能清洁排放的汽车。在美国,需要一种能诊断废气排放情况的综合性诊断装置,不过据预测,不久的将来,ECU 中将配备这种装置,且检测出的故障能通过点亮指示灯提醒驾驶员。

数字式电子学能监视传感器和执行器,这通过向传感器和执行器分配各种工作状态下的数据来实现,如果错误数据被检测到则储存起来,并通过故障查找设备输出。对点火系统进行监视是十分重要的,因为不发火不仅会排出更多的 HC,而且未燃尽的燃油会进入催化转化器继续燃烧。这样产生的温度会高于正常值,就可能损坏催化转换器。汽缸中的点火和燃油由一个精确的曲轴转速传感器来监视。不发火会在瞬间改变曲轴的转矩,从而引起不规则的转动,这就能立即察觉到不发火现象。

OBD II (车载诊断装置)需要许多更精确的传感器。催化转换器后面的氧传感器监控着其操作。为了控制活性炭过滤器,减少并监控油箱的挥发性排放,需要一个进气压力传感器和一个阀门。若采用差动压力传感器,还可监控油箱的渗入性。不仅仅要为驾驶员加装故障灯,为了更好地控制 OBD II 系统,应该往控制单元中添加更多的电子元件。

一个完善的监测系统,应能更好地减少汽车废气的排放,使其排放值小于车检中的规定值。诊断插座中各插针分别对应:

- (1) 生产商自定义。
- (2) 总线,正极 SAE J1850 标准。
- (3) 生产商的自定义。
- (4) 底盘地线。
- (5) 信号地线。
- (6) 生产商的自定义。
- (7) K 线,ISO9141 标准。
- (8) 生产商的自定义。
- (9) 生产商的自定义。
- (10) 总线负极 SAE J1850 标准。
- (11) 生产商的自定义。
- (12) 生产商的自定义。
- (13) 生产商的自定义。
- (14) 生产商的自定义。
- (15) L 线,ISO9141 标准。
- (16) 蓄电池正极。

随着未来标准和目标的设定,汽车制造商将会生产通用连接件。这一发展将很受诊断系统制造商的欢迎。因为如果缺乏标准化,从长远意义来讲是不行的。



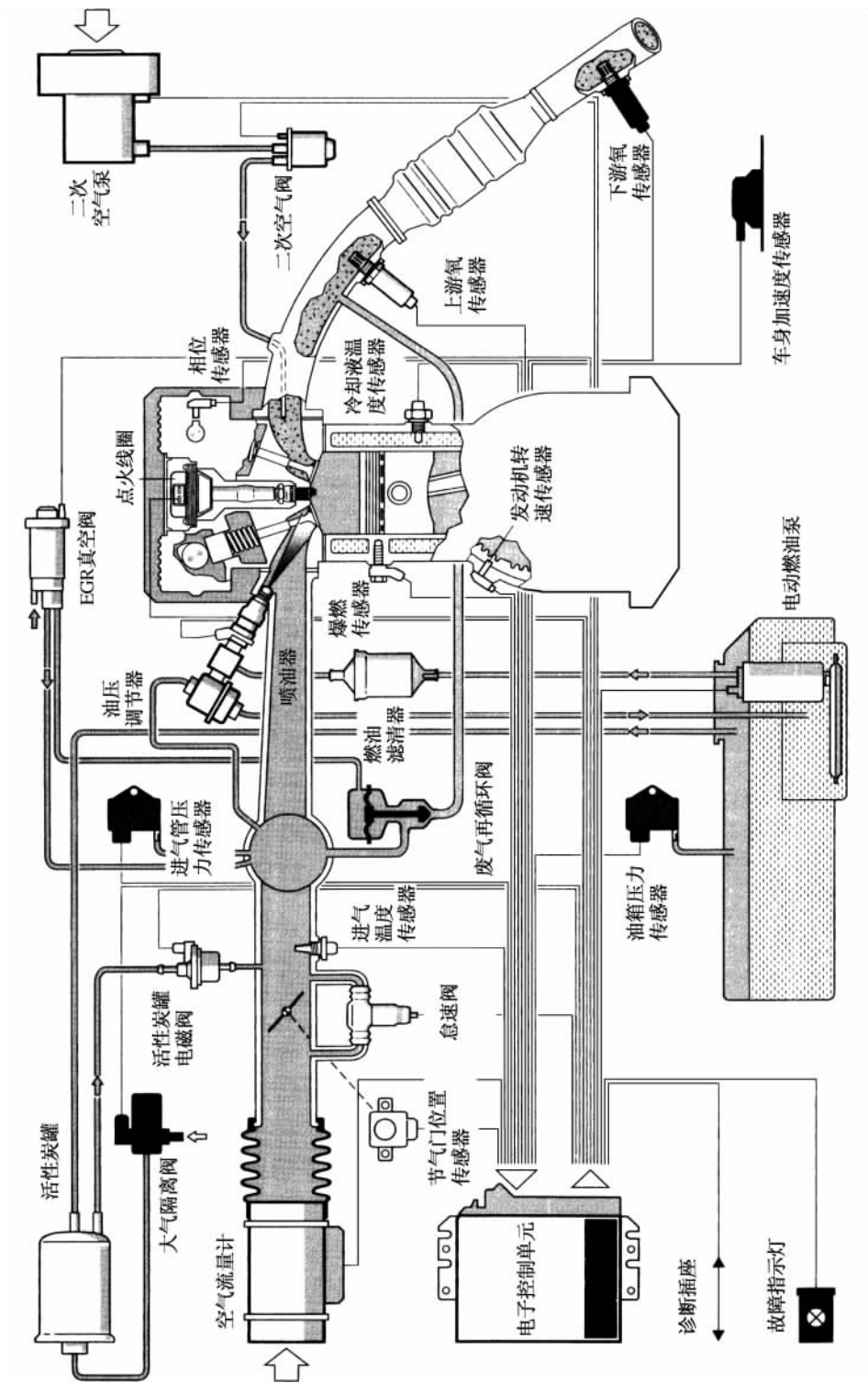


图 3.16 具有 II 型车载诊断装置(OBD II)的 Motronic M5 系统

## 3.6 测试系统的新技术

### 3.6.1 网络

汽车诊断和测试技术的进一步发展是增强汽车网络的应用,通过适配器、调制解调器和电话线就可以将汽车诊断系统连到当地电脑。在计算机业界,这种方式已经很普遍,在一些维修中通过合适的硬件和软件,就能连接远程的一台电脑到另一台来执行检测。该技术可扩展到现代汽车的计算机系统中。通过触屏或点击鼠标就可访问最近的数据和测试程序。图 3.17 展示了这种技术。最新的系统中甚至包含一个手持相机。

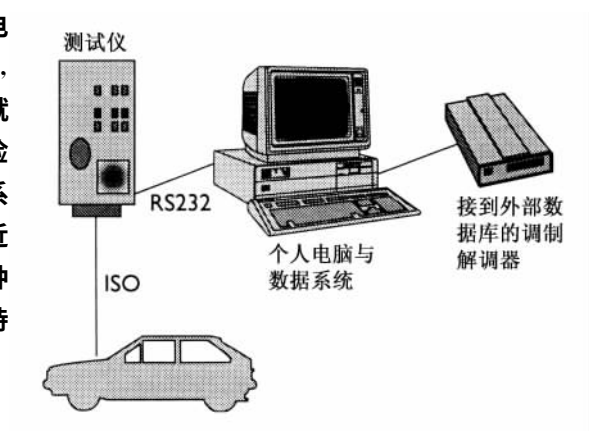


图 3.17 远程诊断

### 3.6.2 磁盘

磁盘能存储大量信息,存储容量大到令人难以置信。像前面介绍的那样,在计算机的交互帮助下,操作者能够处理最复杂的故障。

### 3.6.3 集成诊断和测量系统

下一个部分信息来自 GenRad 公司。其他公司和一些车辆制造商也生产了类似的设备。GenRad 公司是这一领域的领头羊,因此我选择该公司的产品来介绍该诊断系统及相似诊断系统的功能。

### 3.6.4 GenRad 诊断系统(GDS)

如图 3.18 所示的是一个很有特色的系统。对复杂电器电子系统的快速准确诊断,起诊断向导的作用。该系统方便易携,就像一个故障代码阅读器。GDS 诊断系统能够检测到间歇故障和多种相关故障,可节约大量的维修时间。



图 3.18 GenRad 诊断系统

系统用户界面友好,同技师的通讯可通过易读取的液晶显示屏来实现。在多样的环境中,显示器还设计成可见性。GDS 基于人体工程学设计,具有整体式把手,便于携带。它的另外特点是便于定位,连接件有颜色代码,便于探针识别。

GDS 有标准的 1 M 字节的静态存储器,并且有最大可以扩充到 4 M 字节的可选扩充存储器,以便分配给检测程序。GDS 还形成

了综合的发动机监控和分析系统的基础,它包括点火、启动、进气和燃料供给的诊断,这些是通过附加软件和传感器来完成的。

GDS 的一个可选的附件是无线红外线连接,这允许多个单元与其他 PC 系统进行通讯。测量参数和数据间可以进行通讯,这就让技术人员进行异地分析成为可能。可通过 RF 无线连接向 GDS 下载应用程序,不再需要技术人员返回基站下载软件。GenRad 诊断系统的性能参数如表 3.7 所示。

表 3.7 GenRad 诊断系统的性能参数

|        |                                                    |
|--------|----------------------------------------------------|
| 显 示 器  | 液晶显示图形像素为 320×240                                  |
| 触 屏    | 模拟分辨率为 256×256                                     |
| 存 储 器  | 可任选 1、2 或 4 MB 的随机存储器                              |
| 电 源    | 内置 1.8 A·h 镍-镉可充电电池或汽车电池组。可在基站为内置蓄电池进行 3 h 的自动快速充电 |
| 电池寿命   | 一般能显示 60 min                                       |
| 重 量    | 2.5 kg                                             |
| 外形尺寸   | 230 mm×310 mm×70 mm                                |
| 工作温度范围 | 0~50℃                                              |
| 贮存温度范围 | 20~60℃                                             |
| 登录保护   | IP54                                               |

GenRad 诊断系统的主要功能如下:

- (1) 双通道交流和直流电压的测量。
- (2) 双通道示波器。
- (3) 单通道阳极和阴极过电压保护。
- (4) 电阻测量。
- (5) 双通道正时(周期脉冲宽度,占空比)的测量。
- (6) 触发电压测量。
- (7) 用作波形发生器/传感器激发/阻抗仿真。
- (8) 测量电流。
- (9) 测量压力。
- (10) 测量温度。

GenRad 诊断系统采用的通讯协议如下:

- (1) CAN。
- (2) ISO9141。
- (3) J1850 VPW。
- (4) J1850 PWM。
- (5) KWP2000。

GenRad 诊断系统的主要附件如下:

(1) 自动断路。

(2) 有 CD-ROM 驱动器、单元对接口、充电能力、数据下载功能。RS232 或无线调制解调器界面的基站。

3.6.5 多协议适配器(MPA)

GenRad 的多协议适配器(MPA)如图 3.19 所示,它提供了一个在车辆和主机诊断单元之间串行通讯的界面。通过选择的串行协议,此单元提供了在车辆和主机单元之间通讯的路径。主机诊断单元能够下载执行代码或向 MPA 发出请求,以允许主机断开连接或自由地去执行其他的任务。这提高了诊断单元的灵活性和效率。



图 3.19 多协议适配器

多协议适配器上独立的“随机记录仪”有助于检测到特殊的实时事件,例如间隙式故障很难被跟踪到,这提高了的正确性和效率对技师来说是无价的。多协议适配器还提供了汽车闪光程序输出设备,这种设备可通过汽车诊断连接件为通过 ECU 编程模拟汽车工作状态。

改进多协议适配器是为了满足专门要求,例如,它要求汽车制造商要遵守环境保护法。MPA 的一个选配件为控制器区域网络(CAN)有源线束,它能直接向汽车 CAN 总线系统提供免维修连接件。使用该有源 CAN 总线,经 OBD II (J1962)连接件,技师能用较长的线将离线测试诊断设备连到汽车 CAN 总线上。GenRad 多协议适配器的主要参数性能如表 3.8 所示。

表 3.8 GenRad 多协议适配器的主要参数性能

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 主机接口           | RS 485/RS232            |
| 汽车串行通信接口       | ISO9141-2、J1850、CAN     |
| 汽车闪光程序电源       | 12~19 V @ 100 mA        |
| 辅助点火继电器控制      | 2×2 A,开式输出              |
| 随机存储器(24 h 不变) | 128 k~4 M 字节            |
| 行李厢只读存储器       | 512 k 字节(内部线路可编程)       |
| 模拟测量           | 10 通道,8 字节              |
| 软管的电源          | Vbatt @ 2 A(不绝缘,可由主机控制) |
| 汽车连接件          | 坚固的 J1962 线束(2 m)       |
| 主机连接件          | 6 m 电缆,适用于主机的连接件        |

3.6.6 电子服务平台

电子服务平台(ESB)是一个开放式系统,它为维修技师提供不断变化的电子信息和诊

断指导,并为销售商提供各方面服务。随着复杂的汽车不断投入市场,以及全世界汽车种类的多样化,维修技师经常要检索大量细节方面的信息。

作为信息提供者的汽车生产商承受着向网络发布自身更多信息的压力,也可能发布一些外部法规这样的命令。总之,服务台出现了信息爆炸——服务质量就成为关注焦点。为了及时准确地进行维修,维修技师必须接收到特定汽车的最新、最准确的信息。

为了访问这些信息,GenRad 的电子服务台提供了各地的相关信息,包括 PC 机或在 GDS3000 上运行的信息。使用 GDS3000 作为硬件平台,更添加了强大的功能,它使维修技师可将所有的信息来源放在单个袖珍的仪器上。它是一个稳定的仪器,在维修间或路上使用都非常理想。信息会连续清晰地显示,而且用户界面友好,技师并不需要成为计算机专家就能进行计算机操作。

电子服务台能为各地区代理商,尤其为配件销售商提供宝贵的信息。GenRad 的电子服务台也能用于标准的办公电脑上,所以信息对于任何有需要的人都是有效的。存储在 ESB 上的信息可以在各数据浏览窗口上找到。数据浏览窗口有下列种类:

#### 1. 维修手册

通常以书面手册形式传送的信息现在以电子图书的形式出现。电子图书比书面手册有更大的灵活性——可以按任意次序进行阅读(并不是按顺序阅读)。对于参考手册,自由导航功能非常有用。

#### 2. 诊断顺序

如今,相当比例的维修手册都是告诉读者维修次序的。在电子服务平台,这些诊断顺序以循序渐进的指令出现,因此消除了现有手册长篇大论的弊端。诊断顺序能够自动进行测量并从汽车上读取数值,而不需要技师使用各种特别的工具。另外,对于那些即使技师具备专用工具也无法实现的诊断技术,自动诊断能轻而易举地完成。例如,诊断顺序具有示波功能,自然地就解释了结果。

#### 3. 零件目录

通过该目录,技师不仅可采购到部件,在同一屏幕上,技师还能获得安装信息和兼容性信息。

#### 4. 服务公告

尽管有电子版图书,但常常会出现最新的车辆信息和部件故障。如果技师需要有效正确地利用服务公告,那么公告能在准确的时间出现便很重要。出于这个原因,服务公告要与电子服务台的其他部分进行连接,这样新信息就能与其他信息同时出现。

电子服务台给出了上述那么多内容,但实际存在的知识要比那些更多。因此,实际应用中应让那些信息出现在恰当的时候。为满足这点,电子服务台遵守下列规则:

(1) 所有数据浏览窗口以同样的方式工作。这意味着拥有标准的按钮和导航机制。因此,一旦掌握了一个浏览窗口,也会立即熟悉其他浏览窗口。

(2) 无需将同样的信息输入两次。一旦系统中输入了某种汽车的情况,那么所有数据浏览窗口都能使用该信息。

(3) 数据浏览窗口操作简便。它们只需要一个触摸屏,避免使用键盘。

GenRad ESB 在 PC 或手提 PC 中使用,需要 Windows 95 或 Windows NT 系统(最小配置应为 486DX 266 MHz, 16 MB RAM 及 VGA 显示器);在 GDS3000 上使用时,能进行

完整模拟测量和汽车通讯。

## 3.7 诊断过程

### 3.7.1 概述

当复杂的汽车系统出现故障,但发现它是很容易的。不过,你必须具备必要的知识。这些知识分为两部分:

- (1) 了解存在问题的系统。
- (2) 具备进行逻辑诊断过程的能力。

澄清两个概念也是很重要的:

- (1) 症状。系统(汽车和任何东西)中用户观察到的现象。
- (2) 故障。在系统中引起症状的错误。

有关知识要求和诊断技能的应用将在下一节中通过一个很简单的例子来说明。

### 3.7.2 诊断“理论”

诊断的理论可以通过下面的实例来说明。

将软管连接到水龙头上,打开水龙头后,没有流出水来。从对系统的了解,你知道:打开水龙头后,水就应该出来,因为水龙头的压力推动水通过软管。此时,诊断技巧就非常重要,诊断过程如下:

- (1) 查看软管末端,确定确实没有水流出!
- (2) 是不是水从其他水龙头流出了,或者连接软管之前是否有水从该水龙头流出?
- (3) 思考该信息能告诉你什么,比如软管肯定是堵住和扭结在一起了。
- (4) 沿着软管长度方向检查管道扭结处。
- (5) 拉直软管。
- (6) 确定现在水能流出,并且没有出现其他问题。

上述诊断方式不仅可使软管正常工作,它还能用于查找其他任何系统的故障。查找软管故障的方法很简单,我相信任何人都可以发现该故障!将同样逻辑用于较为复杂的情况就能诊断其他故障。该诊断过程可以总结为以下六个步骤:

- (1) 证实错误。
- (2) 收集进一步的信息。
- (3) 分析迹象。
- (4) 进行进一步的测试来定位故障。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查该系统及相连的系统,确保它们正常工作。

在找到故障后,第(3)步和第(4)步形成一个循环。记住:通过逻辑方法诊断不仅可以发现故障,还可以节省时间和精力。

### 3.7.3 波形

在这一节,我首先解释一下使用示波器显示波形的原理,然后用实例解释示波方式。

当你观看屏幕上的波形时,你必须记住:坐标的高度代表电压,宽度代表时间。两个轴都有各自可变化的刻度,它们被称为轴是因为“示波器”描绘出了一段时间内测试点的电压图。时间刻度可以从几微秒变化到数秒。电压刻度则可以从几毫伏变化到几千伏。对于绝大多数测试来说,连接示波器时只需要两根连线,就像连接伏特表一样。时间坐标在用户预先设置的时间间隔内操作,它也可作为触发线使用,例如,当时间坐标将开始移过屏幕时,点火线圈开始点火。这保证了发动机转速的及时显示。当你使用发动机整机分析仪时,前一节列出的所有必要的连线都需要接入。图 3.20 给出了一个波形的例子。

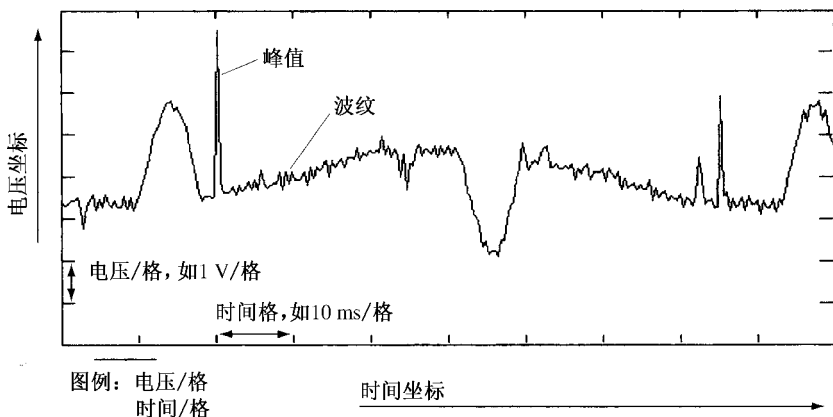


图 3.20 示波器识读

对于下面每一个波形,我都给出了所测项目、时间和设定电压,以及确保操作正确的主要点。所有波形都是来自于工作正常的汽车。若你测试的波形不同于这里给出的波形,则通过实践来学会该技能。

(1) 电磁感应式传感器的波形图(图 3.21)。

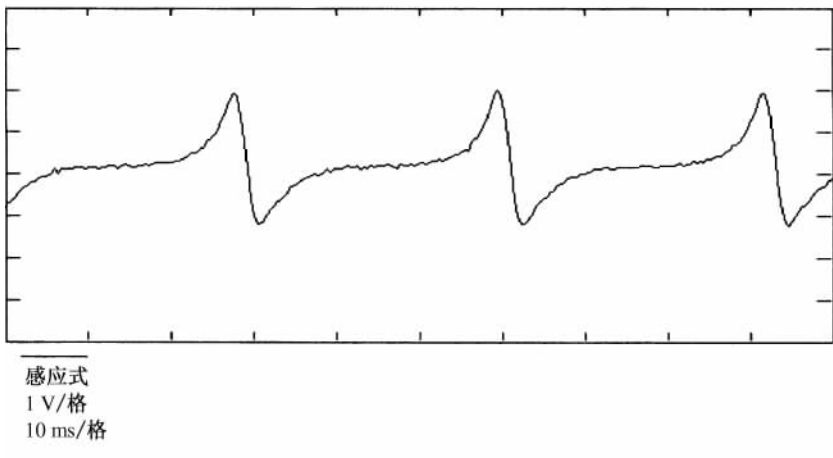


图 3.21 电磁感应式传感器的波形图

(2) 霍尔效应传感器的波形图(图 3.22)。

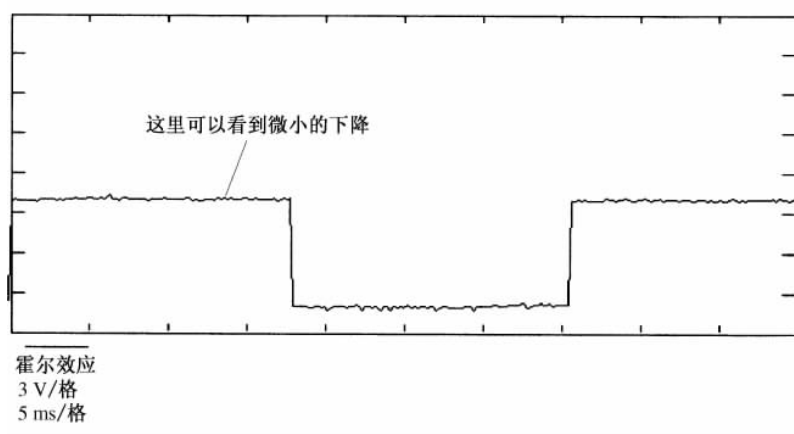


图 3.22 霍尔效应传感器的波形图

(3) 初级电路点火波形图(图 3.23)。

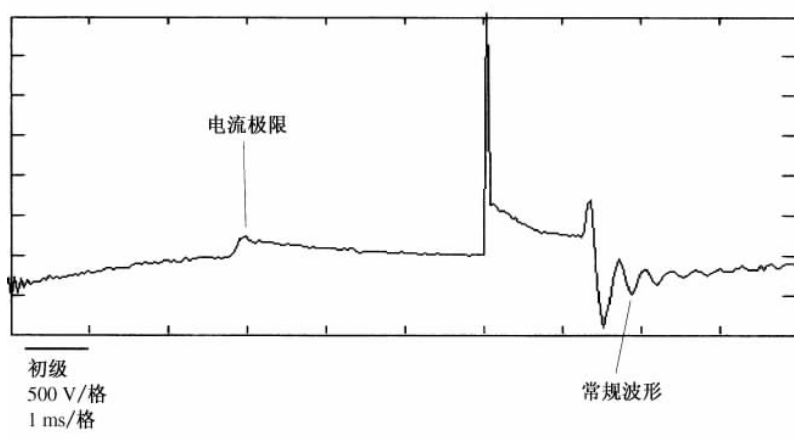


图 3.23 初级电路点火波形图

(4) 次级电路点火波形图——单缸(图 3.24)。

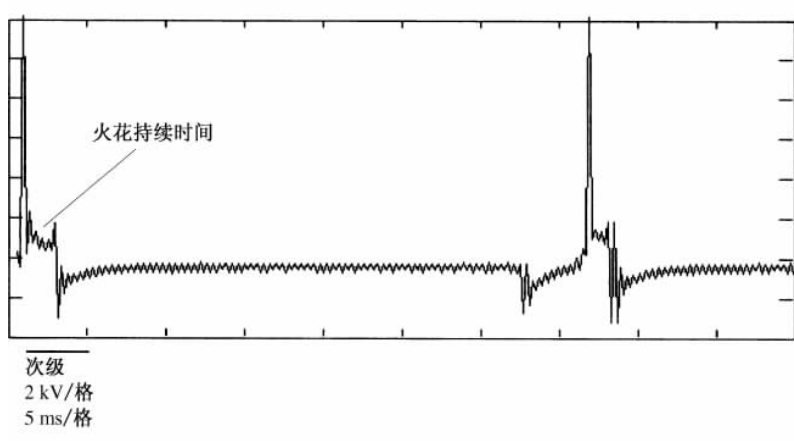


图 3.24 次级电路点火波形图(单缸)



(5) 次级电路点火波形图——四缸(图 3.25)。

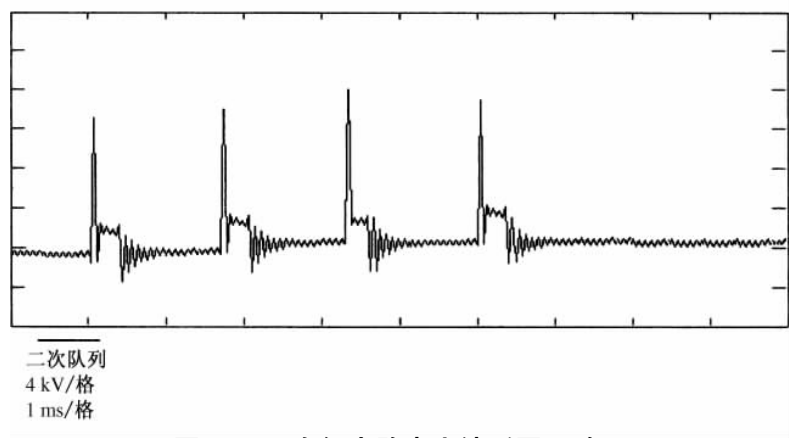


图 3.25 次级电路点火波形图(四缸)

(6) 交流发电机输出电压波形图(图 3.26)。

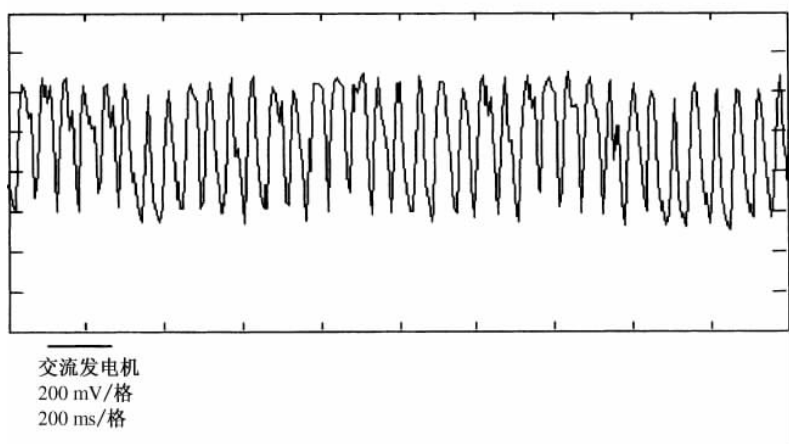


图 3.26 交流发电机输出电压波形图

(7) 喷油器波形图(图 3.27)。

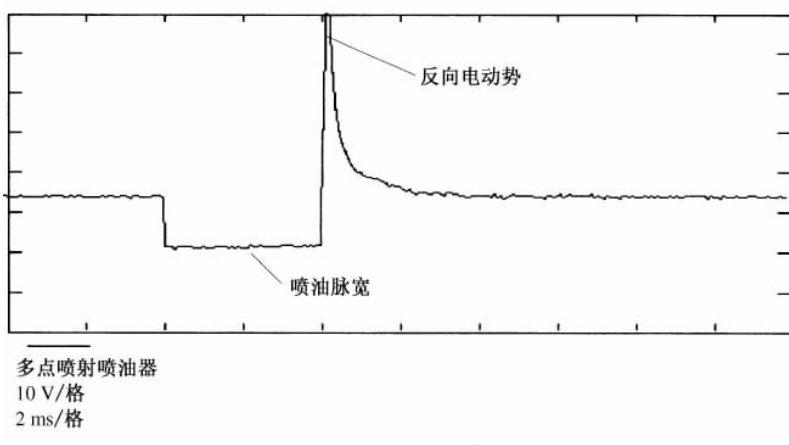


图 3.27 喷油器波形图

(8) 电流控制式喷油器的波形图(图 3.28)。

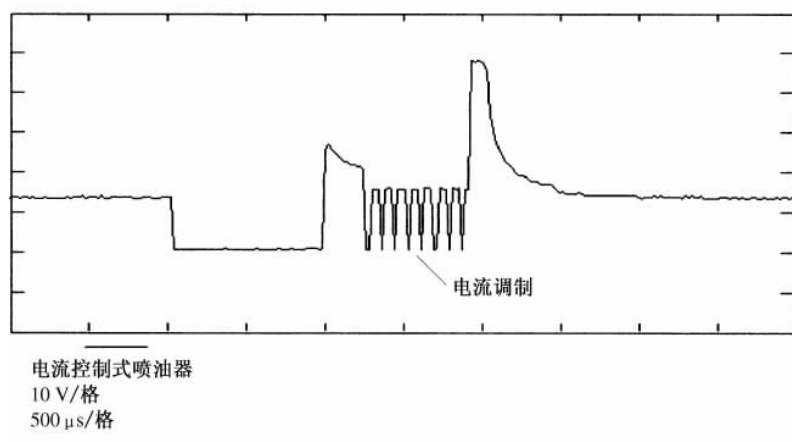


图 3.28 电流控制式喷油器波形图

(9) 空气流量计波形图(图 3.29)。

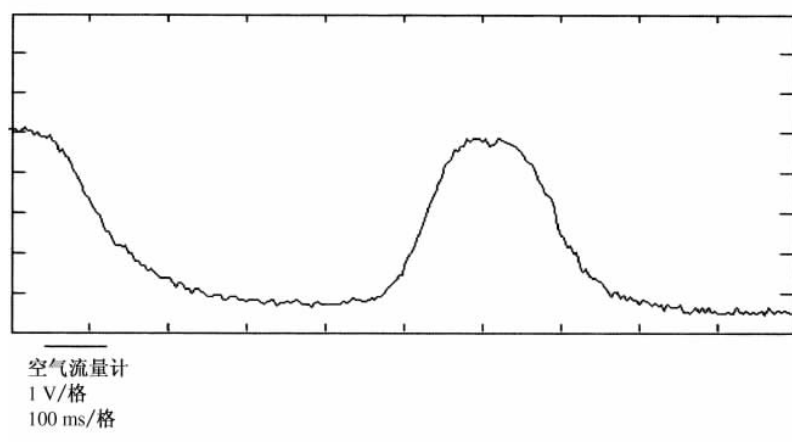


图 3.29 空气流量计波形图

(10) 氧传感器波形图(图 3.30)。

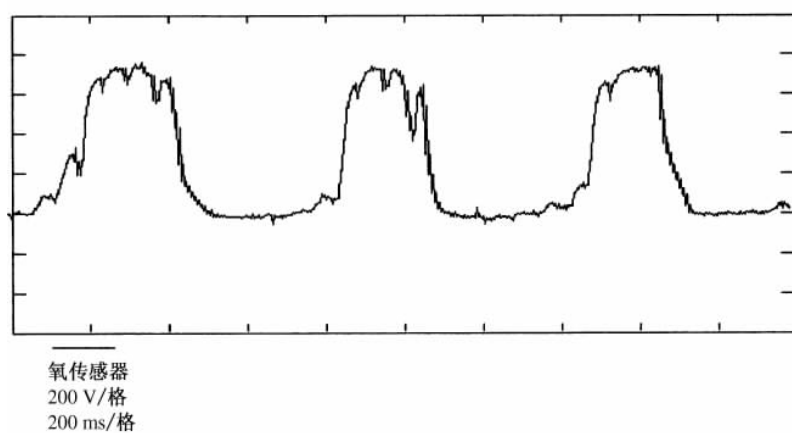


图 3.30 氧传感器波形图

(11) 全负荷开关波形图(图 3.31)。

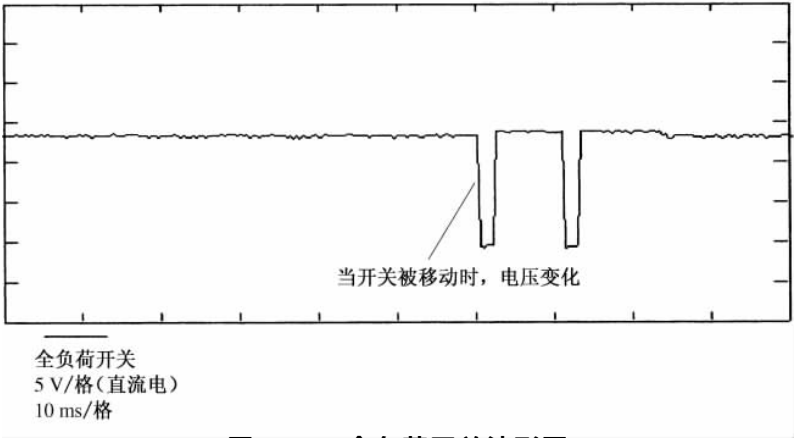


图 3.31 全负荷开关波形图

(12) 防抱死轮速传感器波形图(图 3.32)。

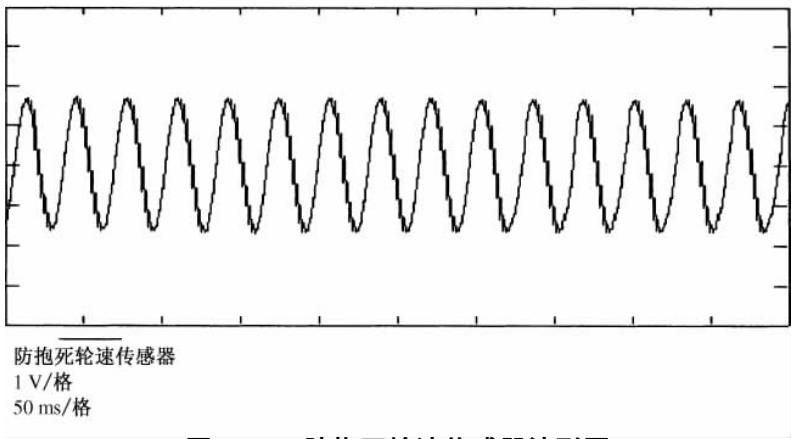


图 3.32 防抱死轮速传感器波形图

(13) 车速传感器波形图(图 3.33)。

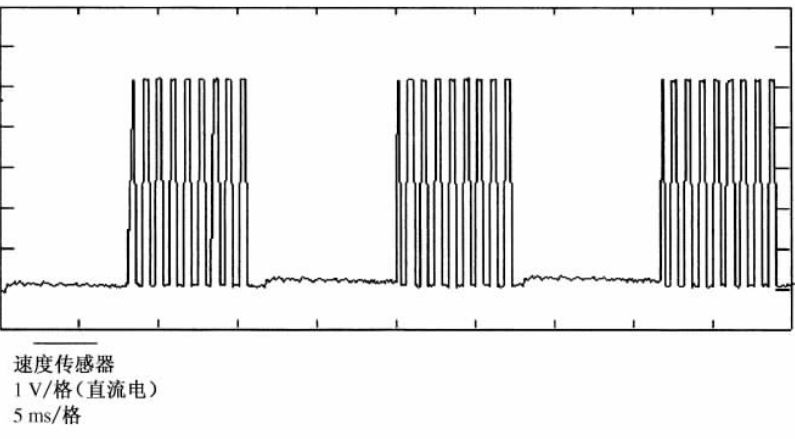


图 3.33 车速传感器波形图

## 3.8 练习

### 3.8.1 思考题

1. 说出万用表的五个特点。
2. 论述电压表的内阻为什么要具有较高阻值。
3. 画出两个波形示意图,分别表示在低速和高速工作时霍尔效应传感器的输出情况。
4. 什么是“串行口”?
5. 向技师简单描述标准诊断插头的四个优点。
6. 示波器为什么是测试设备的重要组成部分?
7. 什么叫“集成诊断测试系统”?
8. 应用本章讨论过的六阶段诊断过程,写出关于充电系统的诊断步骤。
9. 描述测试设备准确的含义。
10. 列出发动机分析仪的主要测试连线,并说出各自的用途。

### 3.8.2 课程论文

思考电子服务台的优缺点,说出它对用户和维修人员的帮助。调查在过去 20 年间维修方面是怎样变化的?并想像未来 20 年后,维修领域又会呈现怎样的情况?

# 4 电气系统及其电路

## 4.1 系统

### 4.1.1 什么是系统

系统是指相互作用而成为一个整体的相关元件的集合。例如,高速公路系统、教育系统 and 计算机系统等。一个大的系统常常由许多小的系统组成,而这些小系统则由一些更小的系统组成,以此类推。图 4.1 说明了这一关系。

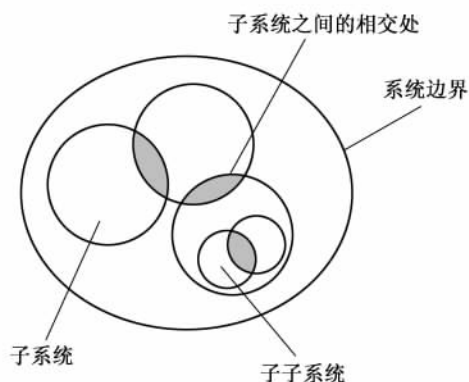


图 4.1 由许多更小系统组成的系统

系统的另外一个定义是：为了达到一个共同的目标而组合成的一组元件。

采用系统的观点可以有助于把非常复杂的技术实体分割成易于操作的较小部分。然而需要注意的是,分割后各部分之间的联系和分界也很重要。系统在很多情况下会重叠。

现代的汽车是一个非常复杂的系统,而它本身又是大的交通系统中的一小部分。把汽车分成几个系统有助于汽车的设计和制造。尤其值得一提的是,系统观点有助于我们理解汽车的工作原理,并使我们清楚在发生故障时该怎样处理。

### 4.1.2 汽车系统

把汽车划分成系统并不是一件容易的事情,因为我们可以用许多方法来划分。本书的观点是把它分成机械系统和电气系统比较好。然而这样划分既能解决一些问题也会引出一些问题。例如,防抱死是属于机械系统还是电气系统?答案:两者都是。然而即使存在这样的问题,我们分块考虑汽车也比考虑一个整体要容易得多。本书中多数章节讨论的都是汽车的子系统,实际上有的小章节是更细的划分。图 4.2 展示了一个简化了的汽车结构图。

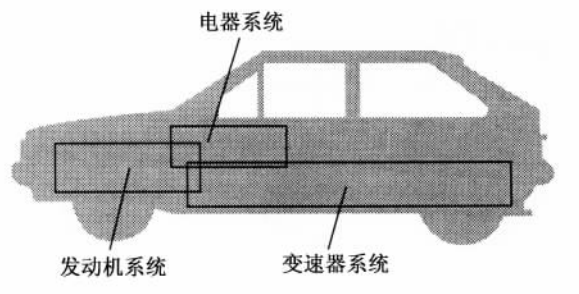


图 4.2 简易的汽车系统方框图

一旦像汽车一样的由许多相关部件组成的复杂物体被系统化,其各部分的功能和性能就可以更详细地分析出来。功能分析能确定系统的各部分应该做什么,从而决定各部分应该怎么做。还需强调的是,各子系统之间的联系和分界也是需要考虑的一个问题。

例如,汽车照明系统对能源的要求将影响到其充电系统的工作。

进一步分析系统,不管该系统以什么方式被细分,我们都必须注意该系统的输入和输出。

汽车上许多复杂的电子系统本身就是建立在这种分析之上,我们建议把系统的电子控制单元看成是控制单元,并分析其输入和输出。

### 4.1.3 开环系统

开环系统的工作原理是指在给定的输入下给出所需的输出量。汽车车灯是一个很好的例子,当给定的输入是合上开关,得到的输出就是车灯变亮。说得更明白些就是:输入是蓄电池提供的动力以及开关信号。开环系统的特征是:系统在操作时不需要反馈。图 4.3 可说明这一点。



图 4.3 开环系统

### 4.1.4 闭环系统

闭环系统指存在反馈的回路。它指输出不符合要求时,系统可采取矫正措施。例如汽车中的自动温控系统,车内温度由车内空调决定,而空调会根据传感器发出的信号而启动或停机。反馈环节指的是系统的输出量,同样也是系统的输入量(温度)。图 4.4 可说明这一点。



图 4.4 闭环系统

闭环系统中的反馈回路存在许多形式。在传统的车内加热系统中,当驾驶员因感觉太热把空调调小或感觉太冷把空调开大时,这就形成了一个反馈环路。交流发电机中的电压调节器的反馈使用的是电线传输的电流信号。

### 4.1.5 小结

本书中许多复杂的汽车系统都是用结构图来说明的。这种方法就是向电子控制单元输入信息,从而控制系统的输出。图 4.5 用结构图说明了车内温控系统。

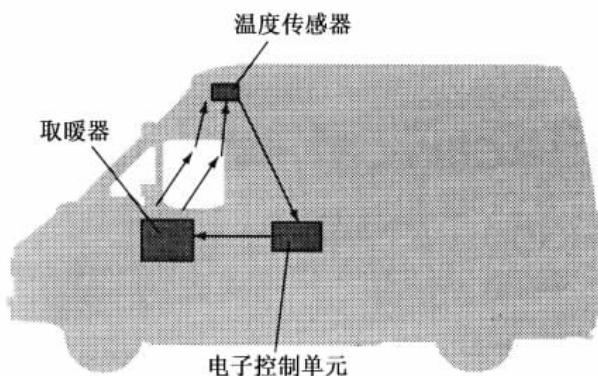


图 4.5 闭环控制加热

## 4.2 电线、端子和开关

### 4.2.1 电缆

车内使用的电缆基本上都是外裹 PVC 的绝缘铜丝。铜除了电阻率很低(只有  $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ),还具有理想的延展性和可锻性,这使它很自然地成为主要的导电材料。PVC 是非常理想的绝缘材料,它不仅电阻率很高( $10^{15} \Omega \cdot \text{m}$ ),而且可防油、水和其他物质的污染。

电缆尺寸的选择取决于流过的电流的大小。使用的电缆越粗,电路中产生的电压降越小,但是电缆也就越重。这意味着在允许的压降值和电缆尺寸的最大值之间必须找一个平衡点。表 4.1 列出了电路中一些典型的最大压降值。

表 4.1 典型最大电压降

| 电路/12V  | 载 荷      | 电缆电压降/V | 最大电压降/V(包括连接件) |
|---------|----------|---------|----------------|
| 照明电路    | 小于 15 W  | 0.1     | 0.6            |
| 照明电路    | 大于 15 W  | 0.3     | 0.6            |
| 充电电路    | 正 常      | 0.5     | 0.5            |
| 启动机电路   | 在 20℃ 最大 | 0.5     | 0.5            |
| 启动机电磁线圈 | 吸引时功率    | 1.5     | 1.9            |
| 其他电路    | 额定值      | 0.5     | 1.5            |

通常来说,通过零部件的电流不应该低于系统电流的 90%。如果汽车使用的是 24 V 的电源,则表 4.1 中的数字应该加倍。

电缆中的压降可以用下面的公式计算出来:

首先算出电路电流: 
$$I = P/V_s$$

则压降为: 
$$V_d = I \rho l / A$$

式中,  $I$  为电流(A);  $P$  为零部件的额定电压(V);  $V_d$  为压降(V);  $\rho$  为铜的电阻( $\Omega$ );  $l$  为电缆长度(m);  $A$  为横截面积( $\text{m}^2$ )。

将公式变换后,就能算出需要的电缆的横截面积:

$$A = I \rho l / V_d$$

式中,  $I$  为最大电流(A);  $V_d$  为允许的最大压降(V)。

我们通常采用标准尺寸的电缆,表 4.2 列举了一些典型的尺寸及其用途。额定电流限制了电缆长度不宜过长且工作温度应控制在正常范围内。电缆中一般有多股线以确保电缆的柔韧性。

表 4.2 电缆及其应用

| 电缆束直径/mm | 横截面积/mm <sup>2</sup> | 直流电流额定值/A | 典型实例   |
|----------|----------------------|-----------|--------|
| 9/0.30   | 0.6                  | 5.75      | 边车灯等   |
| 14/0.25  | 0.7                  | 6.0       | 时钟,收音机 |
| 14/0.30  | 1.0                  | 8.75      | 点火装置   |
| 28/0.30  | 2.0                  | 17.5      | 前照灯    |
| 44/0.30  | 3.1                  | 27.5      |        |
| 65/0.30  | 4.6                  | 35.0      | 主电源    |
| 84/0.30  | 5.9                  | 45.0      |        |
| 97/0.30  | 6.9                  | 50.0      | 充电电线束  |
| 120/0.30 | 8.5                  | 60.0      |        |
| 37/0.90  | 23.5                 | 350.0     | 启动机电源  |
| 61/0.90  | 39.0                 | 700.0     |        |

4.2.2 颜色代码和端子名称

同任何标准化中的情形一样,系统工作中要定义一些颜色代码和引脚名称,在此列举三种体系作为参考。第一种,英国标准体系(BS AU 7a : 1983),该体系使用 12 种颜色来决定电缆的主要用途,并使用示踪颜色来进一步定义其用途。表 4.3 说明了主要颜色的用途和一些其他例子。

表 4.3 英国标准色标电缆

| 颜色    | 代号  | 目的/用途      | 颜色    | 代号  | 目的/用途        |
|-------|-----|------------|-------|-----|--------------|
| 棕色    | N   | 连接总电池组供给   | 浅绿色   | LG  | 连接仪表设备       |
| 蓝色    | U   | 连接前照灯变光开关  | 白色    | W   | 连接点火系统至附加电阻器 |
| 蓝色/白色 | U/W | 连接前照灯主光束   | 白色/黑色 | W/B | 连接阴极线圈       |
| 蓝色/红色 | U/R | 连接前照灯近光灯束  | 黄色    | Y   | 连接超速挡和燃油喷射   |
| 红色    | R   | 连接边车灯主供给   | 黑色    | B   | 连接所有地线       |
| 红色/黑色 | R/B | 连接左侧车灯和牌照灯 | 暗蓝    | S   | 连接电器窗        |
| 红色/橙色 | R/O | 连接右侧边车灯    | 橙色    | O   | 连接刮水器电路      |
| 紫色    | P   | 连接恒定熔断丝电源  | 粉红/白色 | K/W | 连接附加电阻器      |
| 绿色    | G   | 连接点火控制熔断电源 | 绿色/棕色 | G/N | 连接倒挡         |
| 绿色/红色 | G/R | 连接左侧指示灯    | 绿色/紫色 | G/P | 连接制动灯        |
| 绿色/白色 | G/W | 连接右侧指示灯    | 蓝色/黄色 | U/Y | 连接后雾灯        |



许多制造商使用欧洲体系,主要建立在表 4.4 的基础上。需要注意的是:欧洲体系和英国标准颜色体系之间并没有联系,特别要注意每个体系中棕色的用途,熟悉了颜色代码体系后,技术员在检查故障时会容易得多。

表 4.4 欧洲电缆的颜色代码

| 颜 色      | 代 码      | 目的/用途      | 颜 色   | 代 码   | 目的/用途   |
|----------|----------|------------|-------|-------|---------|
| 红 色      | Rt       | 连接总电池组供给   | 黑色/白色 | Sw/Ws | 连接左侧指示灯 |
| 白色/黑色    | Ws/Sw    | 连接前照灯变光开关  | 黑色/绿色 | Sw/Gn | 连接右侧指示灯 |
| 白 色      | Ws       | 连接远光前照灯    | 浅绿色   | LGn   | 连接阴极线圈  |
| 黄 色      | Ge       | 连接近光前照灯    | 棕 色   | Br    | 地 线     |
| 灰 色      | Gr       | 连接边车灯主供给   | 棕色/白色 | Br/Ws | 连接地线    |
| 灰色/黑色    | Gr/Sw    | 连接左侧边车灯    | 粉红/白色 | Kw    | 连接电阻器   |
| 灰色/红色    | Gr/Rt    | 连接右侧边车灯    | 黑 色   | Sw    | 连接倒挡    |
| 黑色/黄色    | Sw/Ge    | 连接燃油喷射     | 黑色/红色 | Sw/Rt | 连接制动灯   |
| 黑色/绿色    | Sw/Gn    | 连接点火控制电源线路 | 绿色/黑色 | Gn/Sw | 连接后雾灯   |
| 黑色/白色/绿色 | Sw/Ws/Gn | 连接指示灯开关    |       |       |         |

几乎全球都在使用的另一体系是与 DIN 72552 相符的终端指示系统。该系统可使汽车上的连线变得简单而准确,特别是在售后维修时很方便查找故障。然而我们必须注意到,这里的引脚名称不是针对单根线而言,而是定义在整个装置的终点,表 4.5 列出了最常用的代码。

表 4.5 常用引脚名称代码

|     |              |     |              |
|-----|--------------|-----|--------------|
| 1   | 阴极点火线圈       | 56b | 前照灯近光        |
| 4   | 高电压点火线圈      | 58L | 左侧边车灯        |
| 15  | 阳极开关(点火开关输出) | 58R | 右侧边车灯        |
| 30  | 蓄电池正极输入量     | 61  | 充电报警信号灯      |
| 31  | 地线连接         | 85  | 继电器线圈输出      |
| 49  | 闪光器输入单元      | 86  | 继电器线圈输入      |
| 49a | 闪光器输出单元      | 87  | 继电器触点输入      |
| 50  | 启动机控制(螺线管端子) | 87a | 继电器触点输出(中断)  |
| 53  | 刮水器电动机输入     | 87b | 继电器触点输出(闭合)  |
| 54  | 制动灯          | L   | 左侧指示器        |
| 55  | 雾 灯          | R   | 右侧指示器        |
| 56  | 前照灯          | C   | 指示器报警信号灯(汽车) |
| 56a | 前照灯远光        |     |              |

福特公司现在使用的是一种电路编号和线路确认系统,在全球范围内这种系统被称为“功能系统连线”(FSC)。该系统最初开发出来是帮助交通工具的发展和生产制造的,但是,它对于技术员检查故障也有帮助,因为其中许多功能编码都是建立在 DIN 系统上。大家应该注意到这里的地线是黑色的。该系统按照下面的方式运行(表 4.6 和表 4.7):

$$31S-AC\ 3A\parallel 1.5\ BK/RD$$

功能: 31 为地线,S 为附加的开关电路。

系统: AC 为前照灯水平,3 为开关连接,A 为分支尺寸,1.5 为  $1.5\ mm^2$ 。

颜色: BK 为黑色(由功能 31 决定),RD 为红色。

本节中需要注意的一点是: 这里只是列举了一些颜色代码和引脚名称,大家应该参照制造商所提供的详细资料。

表 4.6 新福特颜色代码表

| 代 码 | 颜 色 | 代 码 | 颜 色   | 代 码 | 颜 色  |
|-----|-----|-----|-------|-----|------|
| BK  | 黑 色 | LG  | 浅 绿 色 | VT  | 紫罗兰色 |
| BN  | 棕 色 | OG  | 橙 色   | WH  | 白 色  |
| BU  | 蓝 色 | PK  | 粉 红   | YE  | 黄 色  |
| GN  | 绿 色 | RD  | 红 色   |     |      |
| GY  | 灰 色 | SR  | 银 色   |     |      |

表 4.7 系统代码表

| 字 母 | 主 系 统              | 实 例           |
|-----|--------------------|---------------|
| D   | 配电系统               | DE= 地线        |
| A   | 执行系统               | AK= 刮水器/洗涤器   |
| B   | 基本系统               | BA= 充电、BB= 启动 |
| C   | 控制系统               | CE= 动力转向      |
| G   | 仪表系统               | GA= 水平仪/压力/温度 |
| H   | 加热系统               | HC= 加热座椅      |
| L   | 照明系统               | LE= 前照灯       |
| M   | 组合系统               | MA= 空气气囊      |
| P   | 动力控制系统             | PA= 发动机控制     |
| W   | 指示灯系统(仪表指示值不是转向信号) | WC= 灯泡故障      |
| X   | 未来的式样              | XS= 太多        |

### 4.2.3 电气配线设计

汽车的电气配线系统已经发展了数年,从最初只有几根线的布局发展成为如今在高档汽车中含有 1 000 根线的布局。现代汽车在电气配线上有几种方法,最常见的方法仍然是把一束电缆拧起来用非黏性的 PVC 胶带包裹起来,该胶带不是很黏,从而可使这些线保持其柔韧性(图 4.6)。

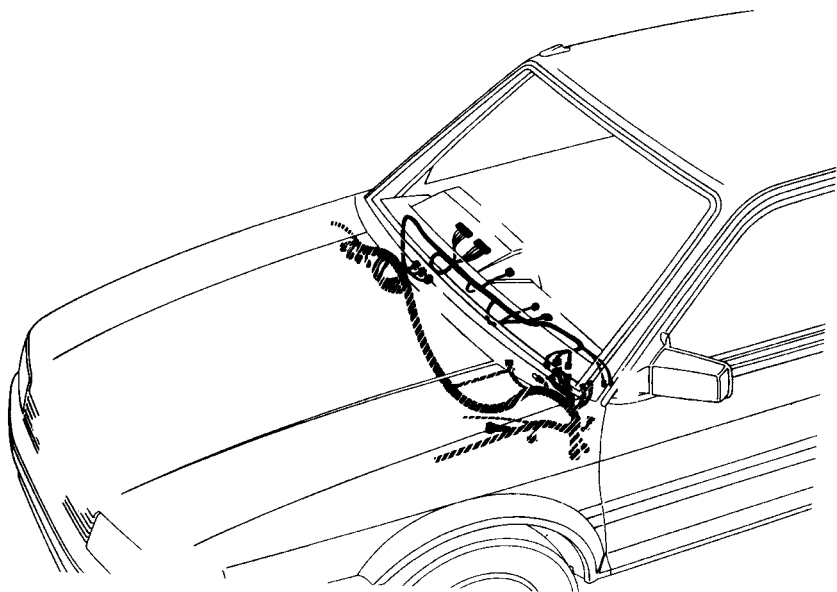


图 4.6 聚氯乙烯螺旋电器配线

另一种方法是把电缆线并排放好,然后用塑料把它们焊成垫板的形状(图 4.7)。该方法使其可以放在比较狭窄的地方,如车梁或地毯下面。

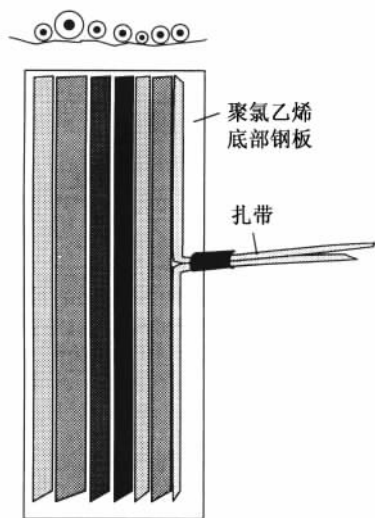


图 4.7 紧紧挨着的电缆线以及焊接到底部嵌条上的塑料制品

第三种组线方法是把电缆放在 PVC 管内(图 4.8)。它的优点是外套的保护壳较硬,如果密封良好的话还可以防水。

在确定汽车内部布线问题时,需要考虑许多问题,以下是其中一些问题:

- (1) 电缆应该尽量短。
- (2) 布局方式必须防物理损坏。
- (3) 连线数量应尽可能少。
- (4) 模具设计应准确。
- (5) 事故损坏区域要考虑。
- (6) 线束生产技术要考虑。

(7) 为便于维修,必须具备连到主要部件和各部分的通道。

通过以上的举例,可以毫无疑问地看出,考虑的主要问题都是互相补充、互相联系的。在配电箱中包含了更多的连线,其中就会发现更多潜在的故障。然而,它具有如此庞大的集合,且连接整个发动机电线到布线其余部分,肯定会有很多优点。在制造过程中,如果有条件的话,发动机及其附件可以作为整体来安装,这样在售后维修市场,发动机的更换和维修将更容易开展。

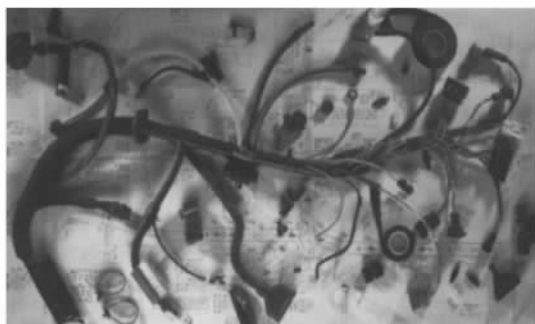


图 4.8 聚氯乙烯电子管和胶带线束

因为现在的配电箱太大,所以常常有必要将它们分成更多易于管理的子集合,这将包含更多的连接点。这样做的主要优点是当某部分损坏时,可以更换配电箱中这些独立的部分。

使用尽可能短的电缆可以减少电压降问题,使用更细的电缆可以减少配线系统重量。

汽车上配电箱的总体方案都会遵循 E 型和 H 型两种方案中的任一种(图 4.9)。H 型是比较常用的方案,它是有一个或两个连接点时的标准布局,有这些连接点的汽车连线经常成为熔断丝箱和继电器盘的一部分。

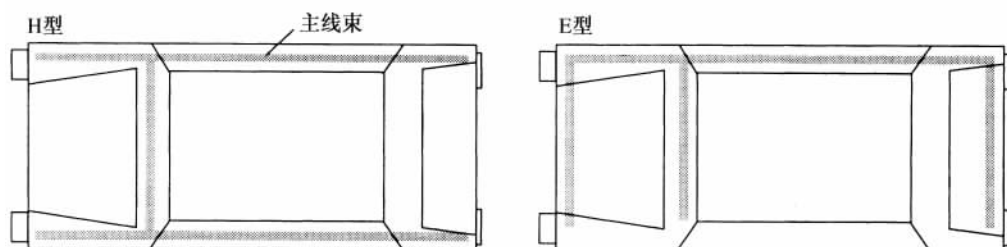


图 4.9 H 型和 E 型配线布局

图 4.10 展示了一个更适用的配线布局。该图同时也表明了其复杂的程度和所含接点的数量。这就是多路系统(以后讨论)的任务,该系统能减少上述问题,并提供额外的“通讯”和使诊断容易。

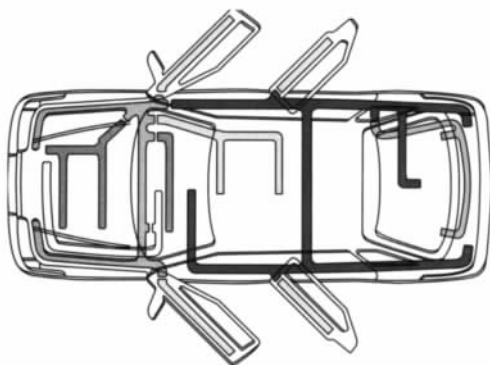


图 4.10 典型的电线束布局

#### 4.2.4 印刷电路

印刷电路主要用在工具包的后面和其他类似的地方。它允许组件作为一个整体的单元来提供,并减少了受限区域线路的数量和复杂性。

印刷电路是将薄铜片黏合在塑料薄片上构成的,在有些情况下,铜片两侧均有塑料片。使用一种类似蜡的材料将所需电路印刷到铜片上,未用到的铜片将被酸冲刷并腐蚀掉。另外的那层塑料片在需要情形下对铜片进行绝缘。

图 4.11 展示了仪表面板的标准印刷电路,而且作出了完成相同的工作需要多少根电线的一些说明。通过一个或更多的多路插头连接到主配线布局中。

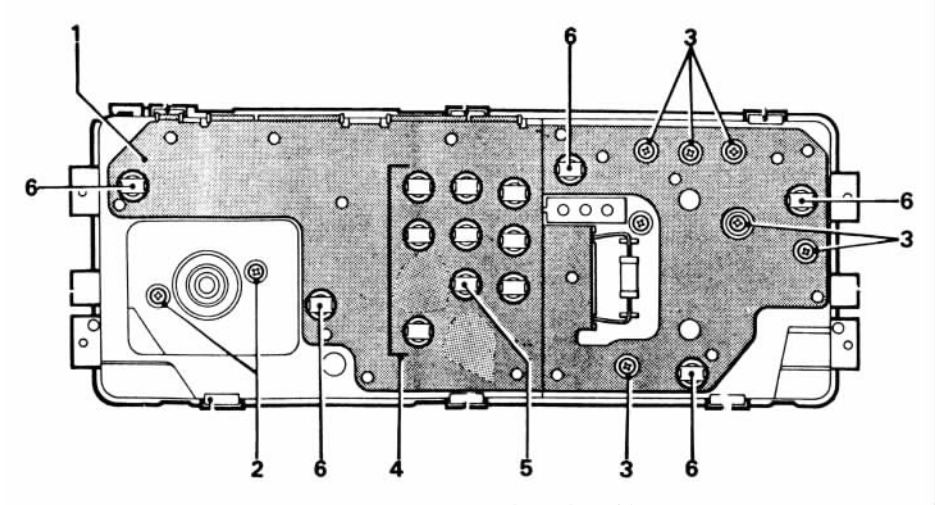


图 4.11 四个量表仪表系统

- 1. 印刷电路;2. 车速表安全螺钉;3. 转速表、燃油和温度仪表安全螺钉;
- 4. 报警信号灯线束;5. 不需充电指示灯泡;6. 仪表板照明灯泡

4.2.5 熔断丝和电路断路器

许多类型的电路保护装置用来保护汽车的电器线路,同时也能保护其电器的电子元件。现在采用一根熔断丝几乎可以保护全部的电器线路。熔断丝的简单定义就是在电路中预先设置的一根很细的电线。如果在某一时刻发生过载,熔断丝会在所有危害发生之前熔断并且切断电路。汽车熔断丝有三种类型:玻璃管型、陶瓷型和插片型。插片型是最常见的一种,这归因于它结构简单以及性能可靠,能在危害产生之前制止危害的发生。图 4.12 展示了不同类型的熔断丝。

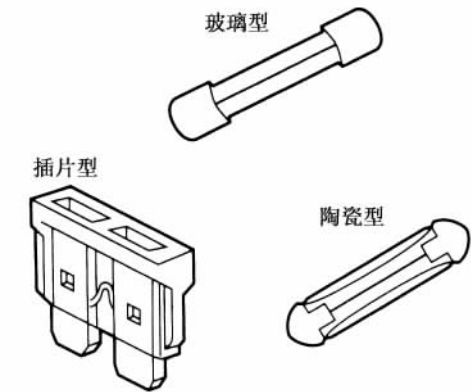


图 4.12 不同类型的熔断丝

熔断丝具有一个工作电流和一个峰值电流。工作电流是熔断丝正常工作所承受的电流,而峰值电流是熔断丝在瞬间能保持正常工作的电流。熔断丝的峰值电流往往是工作电流的 2 倍。举一个照明电路的例子,当灯泡刚被冲击电流点亮时,其电流比较大,因为灯丝冷的时候电阻比较小。随着灯丝温度上升,其阻值也增大,则电流减少,这就说明了熔断丝能承受短时间内大电流的冲击。

为算出熔断丝的规格,首先应该算出其可能最大的工作电流。接下来要选择熔断丝的最大额定电流。如表 4.8 所列,插片型熔断丝有多种工作额定电流可供选择,同时表中还给出了其颜色代码。

表 4.8 插片型熔断丝和陶瓷熔断丝

| 类 型 | 工作电流/A | 颜 色    | 类 型 | 工作电流/A | 颜 色   |
|-----|--------|--------|-----|--------|-------|
| 插片型 | 3      | 紫罗兰    | 插片型 | 25     | 无色/白色 |
|     | 4      | 粉 红    |     | 30     | 绿 色   |
|     | 5      | 无色/灰棕色 | 陶瓷型 | 5      | 黄 色   |
|     | 7.5    | 棕 色    |     | 8      | 白 色   |
|     | 10     | 红 色    |     | 16     | 红 色   |
|     | 15     | 蓝 色    |     | 25     | 蓝 色   |
|     | 20     | 黄 色    |     |        |       |

上述熔断丝规格必须既能保护用户,也能保护系统电路。以熔断丝用在刮水器电动机的电路中为实例,若选用太大的规格,对严重的短路仍能起到保护作用;但是如果刮水器浆叶冻结到屏幕上,大熔断丝也未必能防止电机过载。

在电池主要输出电路中,若电路连线出现错误,使用易熔电线可以产生短路来保护线路,这是最基本的常识。这些电线是较为简单的重载熔断丝,其规格分别为 50 A、100 A 或 150 A。

偶尔会使用线路断路器代替熔断丝,这种方法在重载汽车中更为普遍。断路器的类别和作用与熔断丝一样,但却具有可以重新设定的优点。其缺点是成本过高。断路器使用了双金属片,当该金属片承受过大电流时将产生弯曲,并打开对触点。弹簧销结构可以防止触点再次闭合,除非按下重新设定按钮。

4.2.6 引脚

现在有多种类型的引脚,并且已从早期的子弹型引脚发展为现今的高质量能防水的引脚。多年来最常用的是铲型引脚,它一直是与继电器连接的标准配件,但现在它逐渐被图 4.13 所示的小型桨叶引脚或圆形引脚所取代。在许多情况下,使用环形多销连接器,销的尺寸从 1 mm~5 mm 不等。不管何种多销连接器,必须采取措施以防止不正确的连接。

为防止连接器的腐蚀,这里提供了许多保护方法。早期的方法是使用合适的黄油润滑销,以防止水进入。现在常用橡胶密封圈来保护引脚,不过有些地方仍用润滑触点的方法。

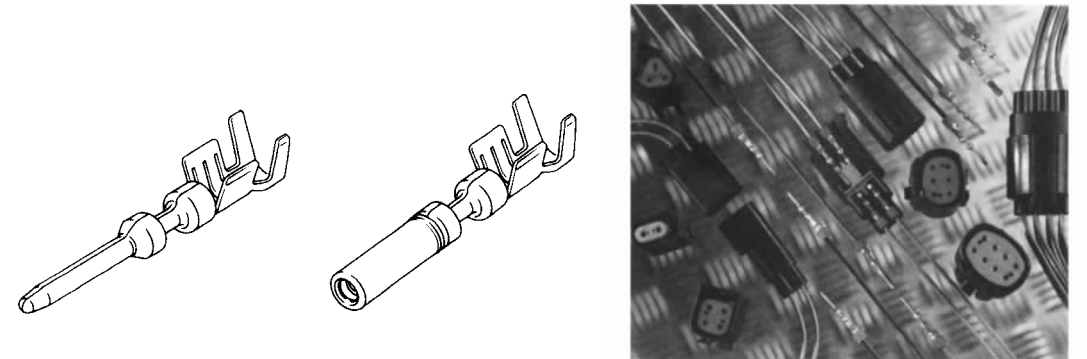


图 4.13 圆头引脚

图 4.14 引脚和连接部件



图 4.15 用于修理的挤压终端工具

许多多向连接器采用某种弹簧锁来防止个别销的松动,不过,完整的插头插座组件也可用于锁定。图 4.14 展示了几种连接器。

为了得到高质量的电器连接线路,引脚触点电阻必须保持最小。可以通过与触点最大面积的紧密连接或使用贵重金属镀皮(通常包括银)来获得最小。值得注意的是:许多汽车线路在使用期限内,仅能移动有限次。这可以减少生产成本,但可能在旧车上造成问题。

许多引脚都可以进行售后维修(图 4.15),某些类型引脚较其他而言质量更好。比如说密封式引脚,很多情况下它是由生产厂家出于维修目的而设计的。它们通常是预绝缘的聚酰胺引脚,为汽车上多种规格的电线提供了坚韧的插头。它们同时绝缘、密封并保护接头,防止接头磨损和机械性误用。当条状电线插入金属管中并以常见方式卷曲后,接着管道被加热,黏合剂在压力作用下填充管道,这就为电缆提供了完好的密封。密封可以防水及其他流体的渗入,也可以防止电解反应。这种引脚也可以抵抗温度的变化。

#### 4.2.7 开关

从人体工程学和个性化的角度出发,简易开关已向很复杂的方面发展。开关的工作方式必须满足不同的标准。设计开关时应考虑到:① 减少驾驶员疲劳;② 吸引注意力;③ 能在碰撞发生的危急情况下易于接触到。现在通常用转向节柱上的杠杆来控制主功能开关,主功能开关能控制下列元件:照明灯、近灯、水闸、喇叭、洗涤器和刮水器。其他控制开关装在驾驶员易于接触之处,即在控制面板上或其附近。除了上述的设计注意事项外,开关的可靠性也很重要。研究表明:前照灯近灯开关在 80 000 km 中会被打开 22 000 次,这就在开关上施加了大量的机械电子应力。

开关的简单定义是:在电路中断开或连接电路的设备。这就是说,开关可分为两部分:起电器连接作用的触点,以及断开触点的机械装置。连接或断开触点的工作结构有多种形式,图 4.16 所示是一种常见的滑动触点。

触点的主要特点如下:

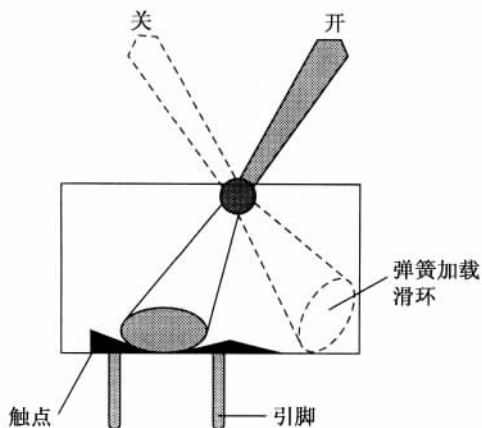


图 4.16 有滑动触点的开关

- (1) 抗机械和电子磨损。
- (2) 触点阻值小。
- (3) 表面无薄膜。
- (4) 成本小。

开关常用的材料包括铜、磷青铜、黄铜、铍铜,有些情况下也使用银或银合金。很特别的情况下也会使用金来制造触点。因为触点电弧腐蚀是很严重的问题,所以开关能承受的电流是主要考虑的方面。银是制造开关触点最好的材料之一。克服成本问题的一种方法是用银制造触点,通过电阻焊接将银焊接到像黄铜这样的材料上。现在通常用开关控制继电器,然后用继电器控制电路的各个部分。由于通过的低电流较低,这就给开关设计带来了很大自由。但它还是要避免碰到由继电器绕阻产生的感应电弧。一定不要忘记:继电器也是一个开关,但继电器在设计上不受任何限制,它动作迅速并允许较高的电流通过。

开关的电器寿命取决于工作频率、工作占空比、负荷性质、电弧和其他电路细节、执行器行程、环境温度和湿度以及振动情况(这里只列举了几个因素)。

车用的开关规格和类型范围很广,它包括启动机电磁阀的触点,也涉及天窗微型开关的触点。图 4.17 是一种车用开关及其参数。

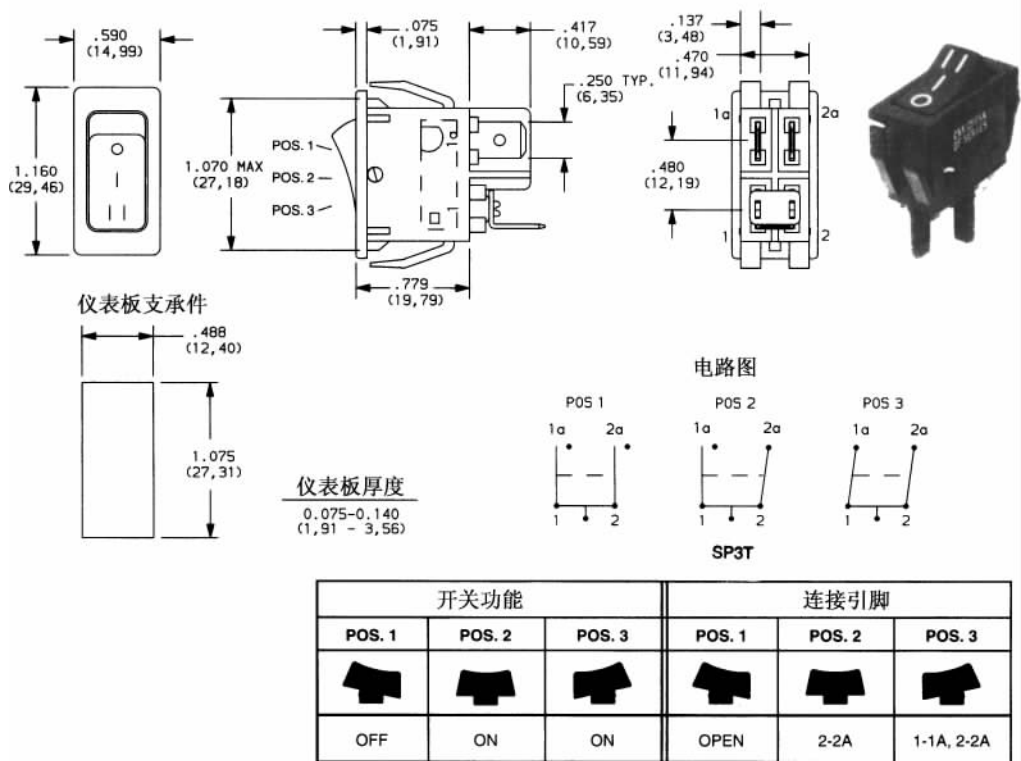


图 4.17 单柱三层翘板开关

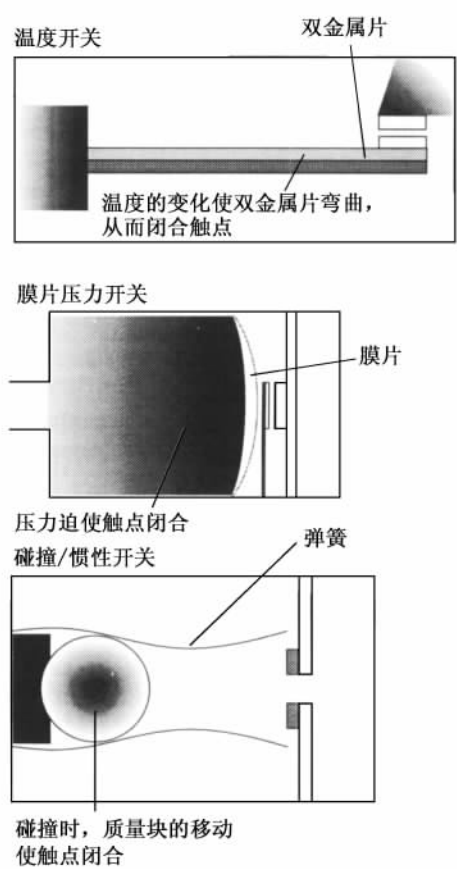
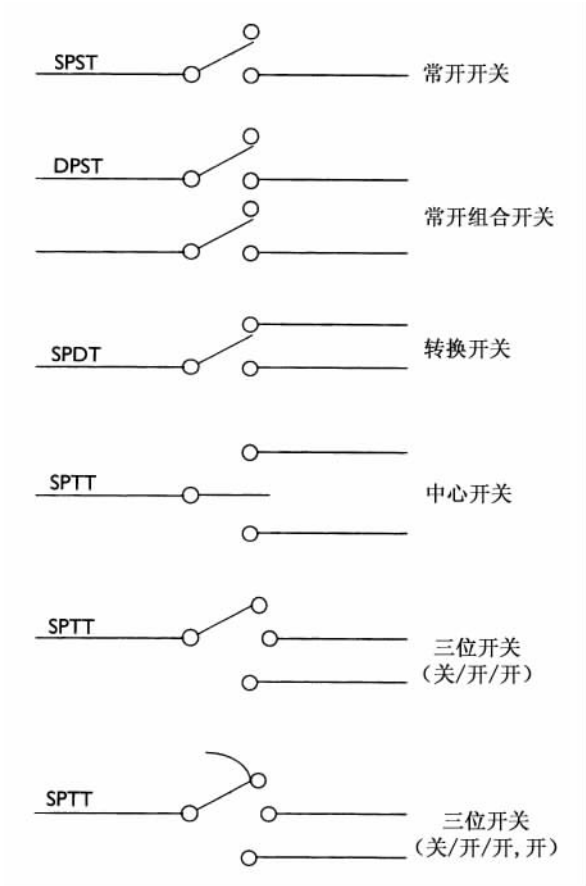
描述开关工作过程的一些术语如下：

- (1) 起始中位。没有施加力时执行器的位置。
- (2) 预行程。空位与操作位置间的执行器位置。



- (3) 操作位置。触点发生改变时执行器的位置。
- (4) 释放位置。机构复位时执行器的位置。
- (5) 过行程。过操作位置时执行器的位移量。
- (6) 总行程。预行程和过行程的总和。
- (7) 启动力。将执行器从空位移至操作位置需要的力。
- (8) 释放力。使机构复位需要的力。

触点的数目、触杆数目和接触形式是本节进一步要考虑的问题。特定的汽车用户需要不同的开关动作。图 4.18 给出了开关和开关动作的电路符号。这些符号也可用于具有类似触点和开关动作的继电器。



到目前为止，提到的所有开关都是手动操作。不过也可以使用根据温度、压力和惯性（只列出这三种）操作的开关，这三个例子如图 4.19 所示。所示的温度开关用来操纵散热器冷却风扇，它通过一个双金属片，该金属会随温度升高而弯曲，从而关闭一组触点。所示压力开关用于控制空调系统的过压现象，它的工作原理是控制膜片上的压力，该膜片在预定压力下会克服弹簧拉力关闭（或打开）一组触点。最后一个是惯性开关，它常用于汽车碰撞情况下切断燃料注入泵的供给。

## 4.3 多路传输系统

### 4.3.1 传统电线系统局限性

电线系统在过去 25 年越来越复杂,在最近几年内更急剧增加。现在遇到了这样的难题:电线束的尺寸和质量带来很大麻烦。汽车所需配线最多可达 1 500 条,光用于控制驾驶室车门的配线就有 50 条,汽车仪表盘部分配线也超过 100 条。配线管多除带来明显的尺寸和重量问题外,还增加了故障发生的可能性。据估计,汽车线路系统的复杂程度每 10 年将增加 1 倍。

电子控制系统的数量持续增加,很多系统已经通用化,一些电控系统正被广泛使用。下面举出了一些例子:

- (1) 发动机管理系统。
- (2) 防抱死制动系统。
- (3) 牵引力控制系统。
- (4) 可变气门正时系统。
- (5) 变速控制系统。
- (6) 主动悬架系统。
- (7) 通讯系统。
- (8) 多媒体技术系统。

上述设备互相独立又相互联系。许多用于某一电控单元输入信息的传感器也可向其他所有或部分电控单元提供输入。对于这一点,解决办法是仅用一台计算机来控制所有系统,但因小批量生产,成本太高。第二种解决方法是采用数据总线允许模块间进行通讯,又可以将各种汽车传感器获得的信息传递给所有的传感器。

按照这种解决问题的思路进一步思考:如果数据能够沿单线传输并且成功传递到汽车的各个部分,这样汽车配线可缩减为 3 条,分别是干线、地线和信号线,仅仅使用一条线用来传输信号的方法并不新鲜,而且在一些领域,诸如电讯,该方法已使用了好多年。各种信号在一根线上双向多路传输有两种方法:即频分多路和时分多路。频率分配类似于收音机信号的传输。简而言之,时分多路是一个复杂机制,通常用来传输数字信号。

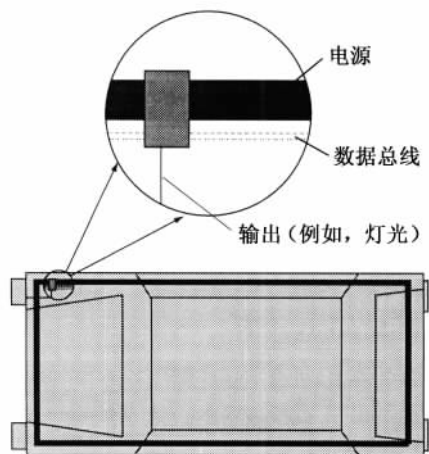


图 4.20 多路传输系统

图 4.20 是一个多路传输系统。图中表明:数据总线和电源线束必须能连到汽车电气系统的各个部分。以汽车边灯的开关为例来解释系统的工作情况:首先,对驾驶员打开边灯开关作出反应,在数据总线中产生一个信号,该信号仅能被置于车灯单元的特定接收器识

别出来,从而连接自环形电源至车灯间的线路。关闭车灯的原理也很类似,只是数据总线上的代码不同。该代码是由接收器上的“关闭”代码来识别的。

### 4.3.2 多路数据总线

为了在一根线上传输不同的数据,必须制定一些公认的标准,这就是众所周知的通信协议。首先定义一些变量:

- (1) 寻址方法。
- (2) 传输次序。
- (3) 控制信号。
- (4) 检测故障。
- (5) 故障处理。
- (6) 传输速度。

还必须定义一些公认的物理层,它包括:

- (1) 传输媒介,例如:铜线、光纤等。
- (2) 传输数据的类型,例如:模拟式还是数字式。
- (3) 信号的类型,例如:电压、电信或者频率等。

满足这些标准的电路即总线接口,它通常以单个集成电路的形式出现,在一些情况下,这种集成电路具备附加的存储器电路,因为在汽车上要大量应用这些芯片,所以该芯片越便宜越好。同其他的协议系统一样,我们希望通过一块芯片就能实现总线协议,然而,常常不能实现。

### 4.3.3 博世公司控制器局域网络(CAN)

博世公司发展了一种称为控制器局域网络(CAN)的总线协议。这种系统可以满足所有实际需要,并且能在一块很小的芯片表面上完成所有功能。这种芯片容易制造,因而更便宜。CAN总线适用于在传动部件、底盘部件和汽车通讯单元传输数据。这是一个袖珍型系统,能在诸多领域得到实际应用。物理层下的两种变量可获得不同的传输速率,其中一个的传输范围为100 K~1 M 波特率,另一个为10~100 K 波特率。前者用于快速控制系统,后者作为低速总线实现开关。

CAN模块由一些半导体公司,诸如英特尔、摩托罗拉等公司制造。有多种模块可实现用于快速总线的Voll-CAN功能和用于低速总线的基本CAN功能。那些模块可单体产生,也可集成到各微处理器中,所有的模块的CAN协议是相同的。这个协议有望被ISO(国际标准化组织)确定为标准协议。

尽管可生产出原型汽车,但许多传感器和执行器仍然不能被总线控制,传统的配线并不能被完全替代。电子接口单元必须放在靠近传感器或执行器的位置,最好将它集成在两者体内。尤其对于发动机中的传感器和执行器而言,由于系统会产生热量和振动,电子单元就需要有进一步发展以满足可靠性和经济性。图4.21是汽车的CAN总线系统。

现在,可将数据总线用于ECU通讯,这是有重大意义的應用。图4.22为瑞典沃尔沃汽车公司的一个实例。

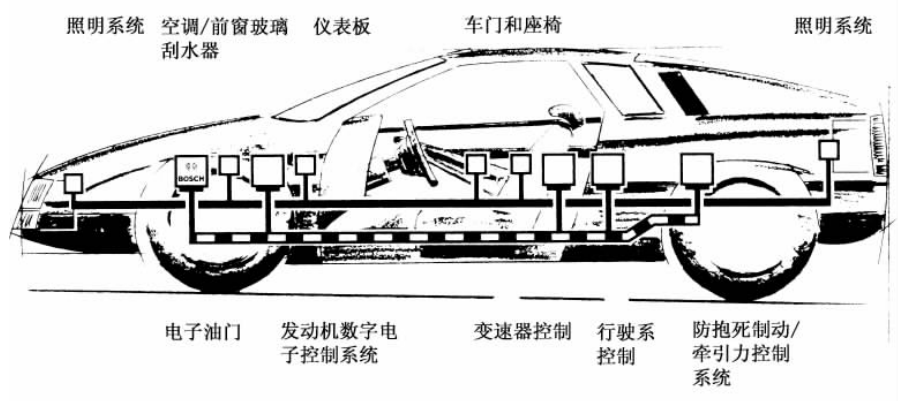


图 4.21 博世控制区域网络数据总线

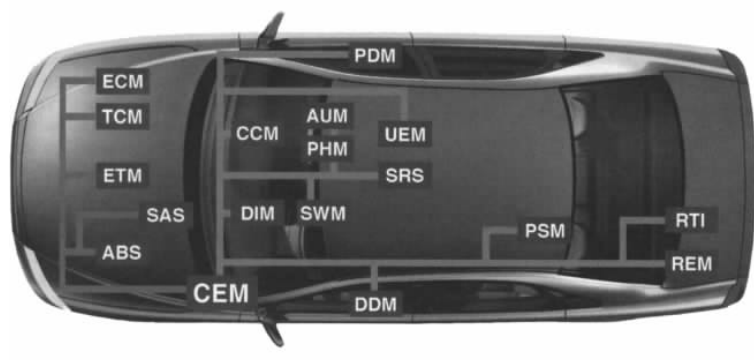


图 4.22 能够通讯的中央控制单元

#### 4.3.4 CAN 信号格式

CAN 信号包含一系列二进制位。电路中存在电压表示为“1”，反之表示为“0”，具体的信息占到 44~108 字位的空间。由信号起始帧、标识帧、控制帧、数据帧、用于错误侦测的循环冗余检验帧、CRC 检验帧、确认帧和结束帧组成(图 4.23)。

信号的名称识别其功能和优先权。传送器将信号送至总线的同时,还从总线读出所需信号的名称。如果该名称与传送器送出的信号名称不一致,则另一个传送器开始工作,且具有更高的优先权,原先的传送器就不能再传送信息。这在汽车数据传输中非常关键。

信息中的错误可以通过 CRC

查出。这是通过集中所有数据置于信息中,是一种复杂算法,接着这个数字也被发出。接收器用同样的算法检查两组数字是否对应。如果侦测出错误,总线上信息将被破坏。传输器意识到该问题后,再次发送信息。这项技术与额外测试组合后,就会使得无错信息传送成为可能。

事实上每个站点能监控自身的输出、干扰模糊的传送和接收正确的传送,这意味着错误

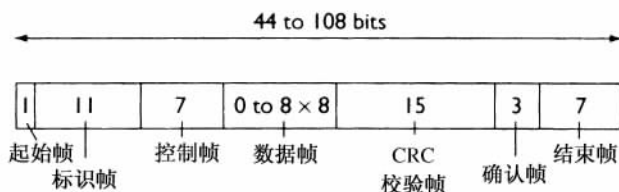


图 4.23 一个 CAN 命令是由起始帧、标识帧、控制帧、数据帧、用于错误侦测的循环冗余检验帧、CRC 检验帧、确认帧以及结束帧组成

站点能被辨出并从总线处分开。这将防止其他传送不受干扰。

所有信息都会发送至所有单元,每个单元传出信息是否被采用的结果意味着可为总线随时添加一些系统,且不会影响其他系统利用总线上的数据。

在某些情况下需要干涉保护。总线由铜线组成,在车中充当传输与接收天线的角色。适当的保护性电路可在低频时使用,因此总线以非屏蔽双线形式来设计。这些措施使用范围有限,推荐使用屏蔽方式。使用光缆可完全解决辐射干涉问题。然而,到目前为止,发送器和接收器的耦合以及接点都不可靠,又太昂贵。这些问题目前正在研究中,在不久的将来,将有望得到解决。图 4.24 是一种总线连线方法。

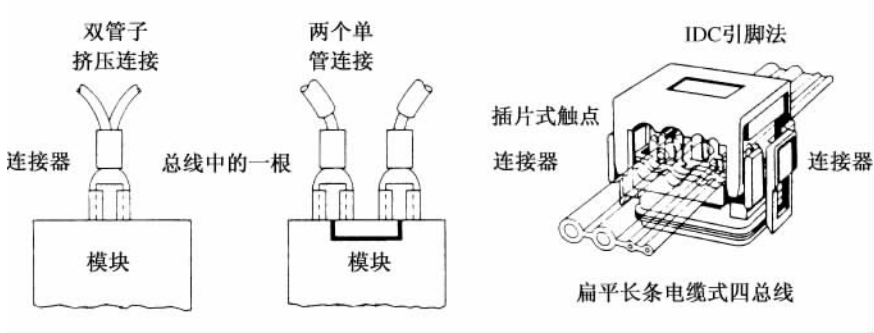
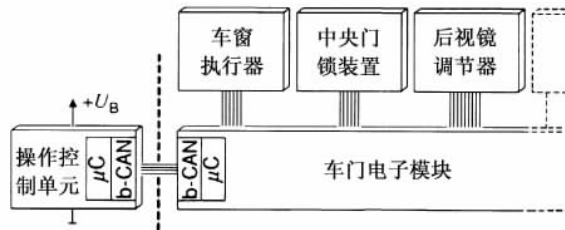


图 4.24 数据总线连接

4.3.5 本地智能

首先要确定将智能系统放在汽车中的何处。第一种方法是用本地模块来驱动某特定子

方案1：局部模块



方案2：智能执行器

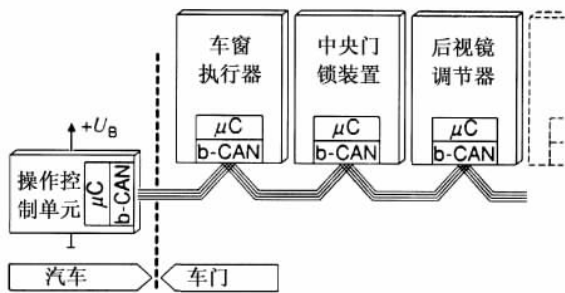


图 4.25 由于出现了局部智能,制造商可以在生产线末端实现全局检测,维修间中可以实现快速故障诊断

系统。它用传统的布线方式进行连接,移除了从车身到车门的连线,但却需要它在车门处接入大量电线和连接件,这样就降低了可靠性。

第二种方法是采用智能执行器。该系统将控制电路或智能电路集成到执行器中,也就是工作部件中具备电控功能,能够对指令进行解码并发送出去。内置电控模块的执行器能完成如下操作:调整后视镜的位置、开启/关闭车窗等。

集成了所有基本元件的智能系统具有详细的自我诊断功能,该系统以具有基本 CAN 界面的微处理器形式出现。由于出现了智能系统,我们可以在汽车生产线末端实现全局控制,以及在维修间实现快速故障诊断。上面两种方法如图 4.25 所示。

智能执行器和传感器正在不断地

发展,图 4.26 是一个完整多路子系统的代表图。

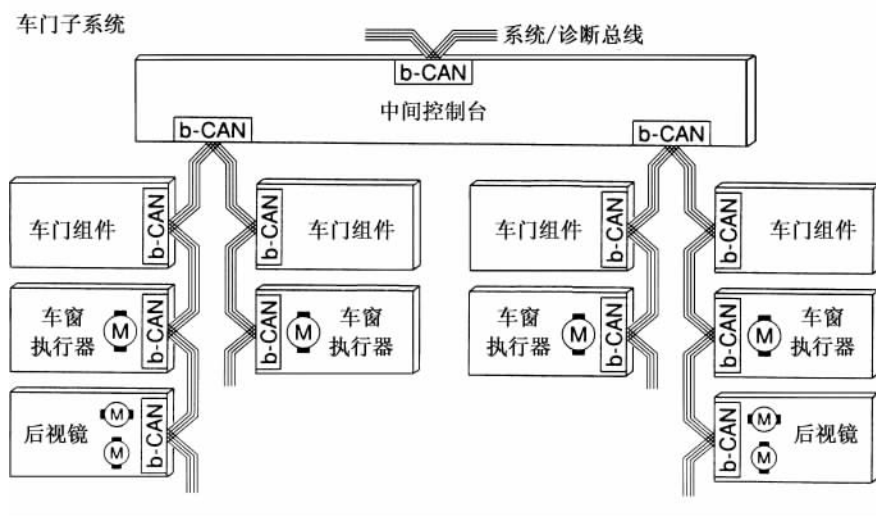


图 4.26 完整多路子系统

#### 4.3.6 CAN 小结

CAN 是共享传输总线,运行速度达到 1 Mbit/s。它用于发送信息,信息有变化的长度,长度在 0~8 bit 之间。每条信息有惟一的标识符。在 CAN 总线与 CPU 之间的界面通常称为 CAN 控制器。

CAN 协议有两个版本: CAN1.0 和 CAN2.0。CAN2.0 是兼容了 CAN1.0 的修订版本。大多数控制器采用 CAN2.0 版,CAN2.0 标准版有两部分:部分 A 和部分 B。在 CAN1.0 和 CAN2.0 中,标识符长度为 11 位。CAN2.0B 版的标识符可达 11 bit(标准标识符)或 29 bit(扩展标识符)。为符合 CAN2.0 协议,控制器中的 CAN2.0B 需是无源或有源的,如果它是无源的,则它要忽略掉扩展帧(CAN1.0 控制器在碰到 29 位标识符时会发出错误信号)。如果它是有源的,它必能接收并传递扩展帧。这两种帧的发送和接收有以下兼容原则。

(1) 控制器的结构不是由 CAN 标准覆盖,因此在使用上它们是有区别的。即两种通用方法:基本 CAN 和全 CAN(注意这里不要与 CAN1.0 和 CAN2.0 混淆);它们在信息缓冲上不同。

(2) 在基本 CAN 控制器中,其结构与 UART 类似,此外,它能用帧代替字节传送信息,工作过程如下:基本 CAN 内有一个传输缓冲器和两个接收缓冲器。CPU 向传输缓冲器上放置一帧,当缓冲器传输该帧时,CPU 进行一次中断;当 CPU 从接收缓冲器中接受帧时,进行一次中断,并清空该接收缓冲器(此后动作发生在帧完全传递后)。CPU 必须控制传输和接收,并进行帧的存储。

(3) 在全 CAN 控制器中,帧全部存储在控制器中。因为网络中会有更多帧,各缓冲器忙于识别符合自身要求的帧,所以缓冲器只能处理有限数目的帧(一般为 16 帧)。CPU 能在缓冲器中更新帧,且为传输做标记。如果接收到符合标识符的帧,就要检查缓冲器。图

4.27 是一个双数据总线系统，其中，高速数据总线用于发动机与底盘系统，低速数据总线用于其他系统。

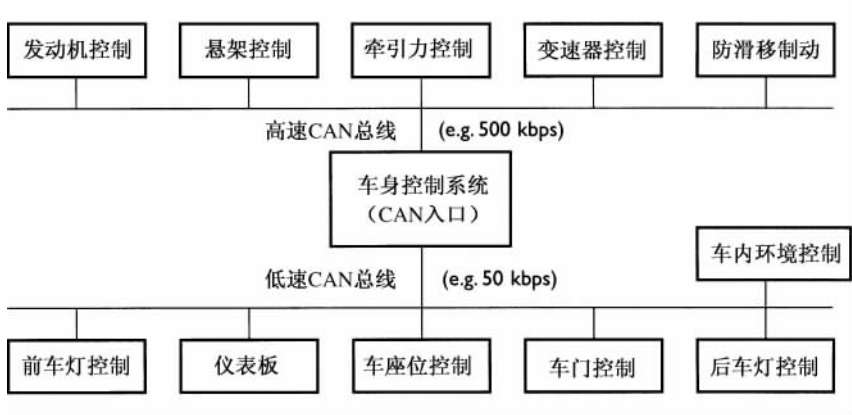


图 4.27 汽车双数据总线系统

## 4.4 电路图及符号

### 4.4.1 符号

作为日常应用的指导，第 3 章已给出了部分符号。一些制造商常用自己的符号，但现在已出现了符号标准。符号就是用简洁易辨识的图案来代表部件，汽车或小型电控单元的符号就是为了人们便于识别，上述元件的符号忽略掉内部电路，以便清楚地表示各设备间的连接。

如何使用这些符号的例子在下面三个小节中将给出，并展示了三种与众不同的电路图。由于现代电路系统的复杂性，目前常是在一张图纸上只展出整个系统的一部分，例如，照明在一页上，辅助电路在另一页上，如此等等。

### 4.4.2 常规电路图

常规电路图绘出了电路的电线连接，但未给出各不相见的方位及连接次序。图 4.28 给出了这种类型图表的例子。

### 4.4.3 布局电路图

布局电路图如实展示了汽车中主要元器件的布局方位。由于电路的复杂性及存在大量的电线，一些制造商现在使用两张图表示：一张给出电线连接方式；另一张给出元器件及电线的确切布局位置。例如雪铁龙汽车，还有其他一些厂家，已经开始使用这种系统。图 4.29 为各电气元件布局图。

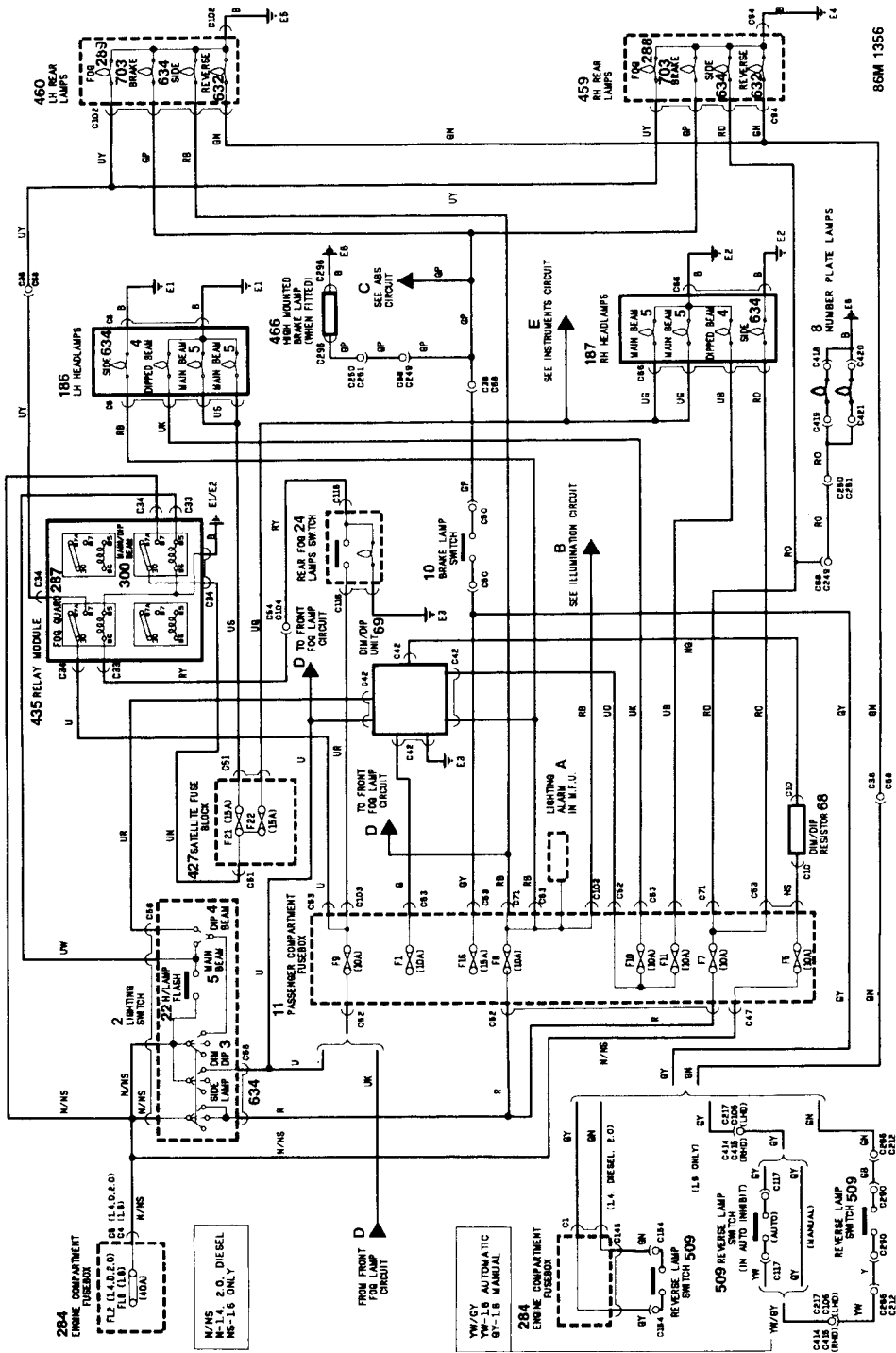


图 4.28 常规电路图



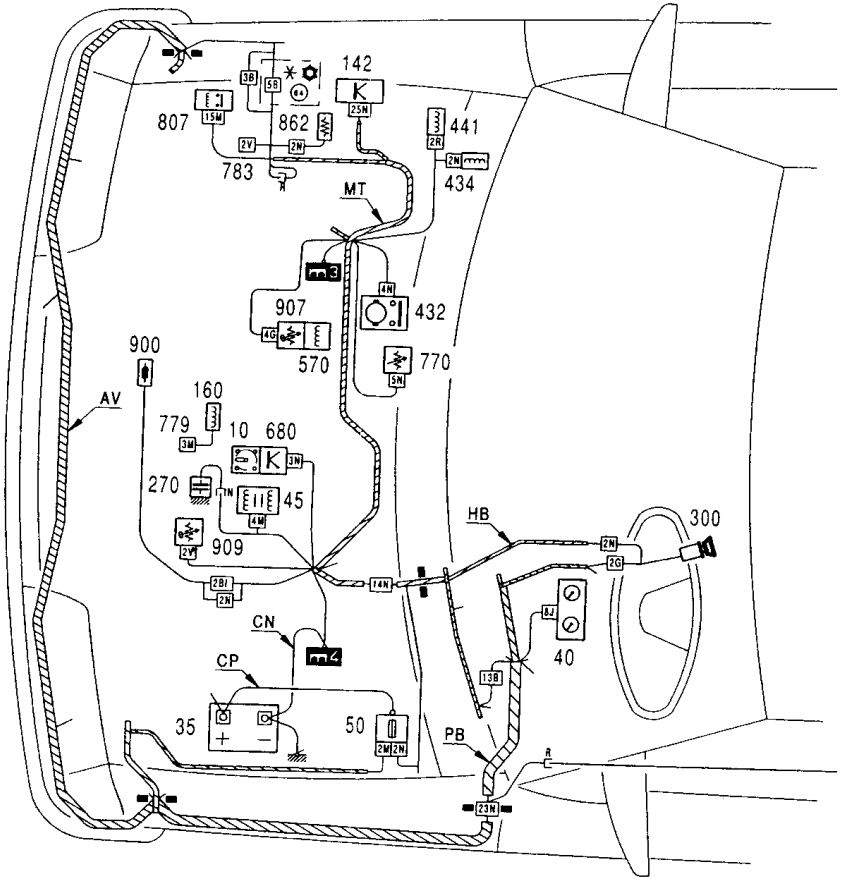


图 4.29 各电气元件布局图

4.4.4 引脚图

引脚图仅仅给出设备间的连接方式,图中没有电线。任意设备的引脚,常用一个编有代码的图案代表。代码表明该设备引脚的名称和用途,有时还告诉了电线颜色代码。图 4.30 为这种技术的例子。

4.4.5 电流图

电流图现在很流行,它用来标明电流自上而下的流动方向。图中常有两根电源线:在每页上方有标有 30(主电源正极)和 15(点火电源)的两根线。在每页下方有标出 31(地线)的电线。图 4.31 是这种技术的例子。

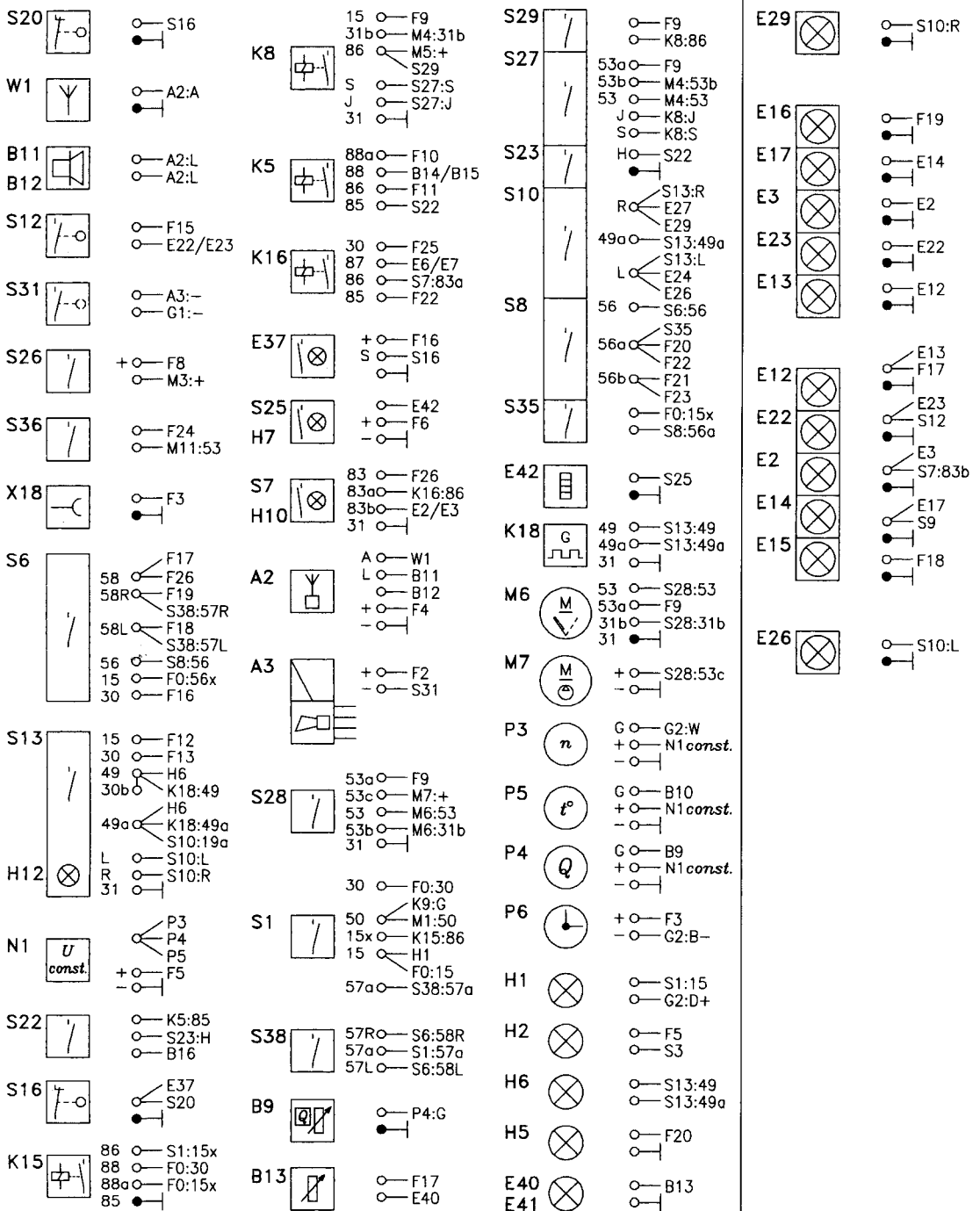


图 4.30 引脚符号

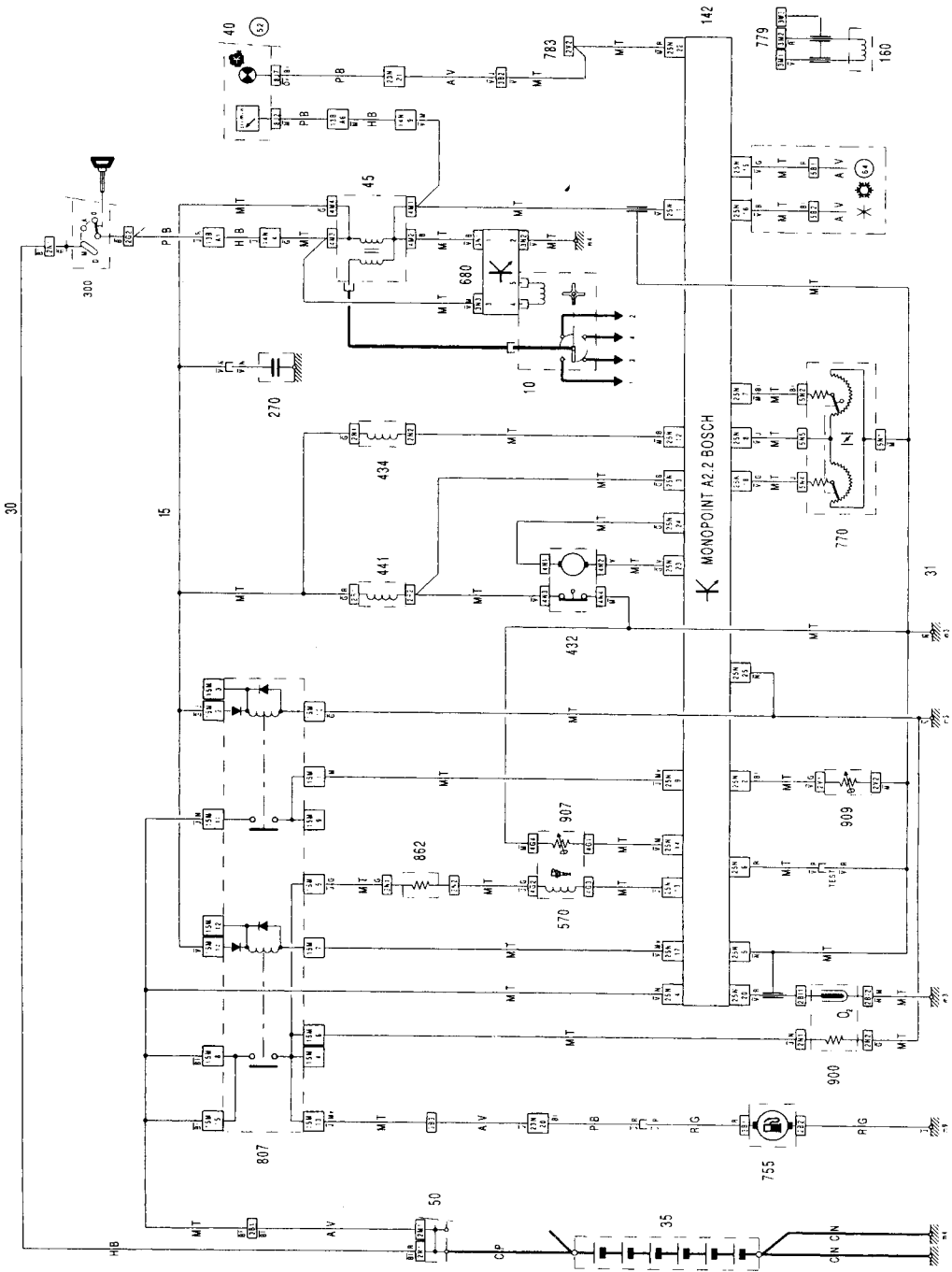


图 4.31 电源线路

## 4.5 典型实例

### 未来的智能电子系统——沃尔沃 S80 汽车

早期的汽车中并无电子系统,是沃尔沃 S80 汽车在它的发动机、传动装置和底盘中首先引进了电子系统。为了我们更清楚地了解汽车电子系统所有的贡献,首先告诉大家:在 1927 年,第一辆沃尔沃汽车中仅有 4 根熔断丝,它用来保护长度为 30 m 的电缆。

20 世纪 70 年代以后,即 1997 年的沃尔沃汽车有 54 根熔断丝,用来保护长度为 1 500 m 电缆。与 1927 年的车相比,还有更强大的功能,例如,汽车计算机的总容量比 6 Mbit 还多。传统汽车中,每项功能要有自己的系统,并且每个系统要配备电源。电子系统的性能取决于其所包含的元件数目,现在已不能再放入更多的元件,因此需要一个变革。

需要一个能够处理任何事情的新系统。所有的元器件能够“理解”别的系统的响应,还能够集成到一个系统中。沃尔沃 S80 有一个新的电气系统——许多汽车中都已高级电气系统。

电气系统被设计为一个有中心控制单元的由 18 台电脑组成的交互网络,并且有超过 24 个能实现大部分电气功能的模块。这些模块的功能像电脑一样,并能在任何时候控制车中电气系统。图 4.22 展示了这些系统之间的连接。

多路技术仅包括两条电缆:一条能够同时传送所有系统的信号;另一条传送电能。这些运行在整个汽车的电缆即所谓的数据总线。信息以数据包的形式传送。所有的小网络模块都能识别自身的信号并能按指令完成动作。

收到信号“打开左前方车窗”时,只有一个模块进行响应(在前门处),它接收该信号并发送命令到电动机,使其降低车窗玻璃。在系统功能控制下,信号能够持续地警备和激活不同的模块,同样因功能不同而以不同的速度工作。发动机和传动装置使用高速数据总线,而其他功能使用低速数据总线。

多路系统的优点很明显:

- (1) 电缆和接头很少。
- (2) 可靠性改善。
- (3) 元件能进行交互。
- (4) 软件适应性强。
- (5) 后继电子功能易于安装,且兼容能力强。

该系统同样也具有自检功能,它包括发动机管理的自检,而且使车载诊断单元比以前更重要,诊断和维修都更加容易。任何出错信息都会通过指示灯和仪表盘上的显示信息传给驾驶员,以引起其注意。且系统中的所有线束都有保护通道,各车中的多路系统是根据其汽车功能进行编程的。

## 4.6 电磁兼容性

### 4.6.1 定义

EMC——电磁兼容性

设备或系统在电磁环境下无错工作的能力。

EMI——电磁干涉

设备或系统的电磁辐射会影响其他设备或系统的正常工作。

### 4.6.2 EMC 问题实例

- (1) 计算机会影响调频收音机的接收。
- (2) 当你在高压线下行驶汽车时,收音机将嗡嗡叫。
- (3) 汽车在高压线下发动不起来。
- (4) 当直升机飞近发射台时会失去控制。
- (5) 在立体声中能实现 CB 无线电转换功能。
- (6) 当日光灯打开时,电视的屏幕会颤动。
- (7) 空调重新打开后,每次必须重设时钟。
- (8) 台式电脑影响飞行器的控制。
- (9) 飞机场的雷达影响台式电脑的显示。
- (10) 手机影响心脏起搏器。

### 4.6.3 EMC 问题的要素

对于任何 EMC 问题,都有三大要素:

- (1) 电磁现象的来源。
- (2) 接收器由于电磁现象无法正常工作。
- (3) 来源影响接收器的通道。

三个要素中的任何一个都必须具备,尽管它们并不必要在各个场合中都检测到,至少查出其中的两个,并消除其中一个,就基本上解决了电磁容性问题。例如:假设已经确认手机辐射会在控制防抱死制动的 ECU 的电路中产生感应电流,如果这影响了该电路的工作,则能检测到一个耦合路径。

屏蔽、过滤或者电缆重布可能是解决方案。必要的话,过滤或重新设计电路是削弱耦合现象的最佳方法。

电磁兼容问题的潜在来源包括无线电发射、高压线、电子电路、闪电、电动机、电焊机、阳关照明,以及任何能产生电磁能的事物。在汽车上,交流发电机和点火系统是最强的干扰源。它们的受害物可能包括无线电接收器、电子电路、金属器具、人,以及任何能感受到电磁能的事物。

将电磁能从其来源向接收器耦合的方法分为以下几类:

- (1) 传导(电流)。

- (2) 电感耦合(磁场)。
- (3) 容电耦合(电场)。
- (4) 放射(电磁场)。

耦合路径通常由这些方法组合而成,即使来源和接收器都很清楚也很难检测到具体耦合路径。可能有大量的耦合方法和步骤会削弱其中一种方法而增强另一种方法。EMC 是让汽车设计者最为头痛的一个问题。

## 4.7 电气系统与电路的新技术

### 4.7.1 用于多路总线系统的光纤

光纤技术是使用细玻璃或塑料纤维,并通过其自身的内部反射来传送光线。使用光纤作为数据总线的优点是它们对电磁辐射具有抗干扰性,同时它们的数据传播速度很快。这就是电信系统普遍使用光纤技术的原因。

然而光纤连接电线也有缺点,并且将信号进行编码和解码送上数据总线的过程比使用普通电线复杂得多。图 4.32 为光纤电缆的当前连线方式。

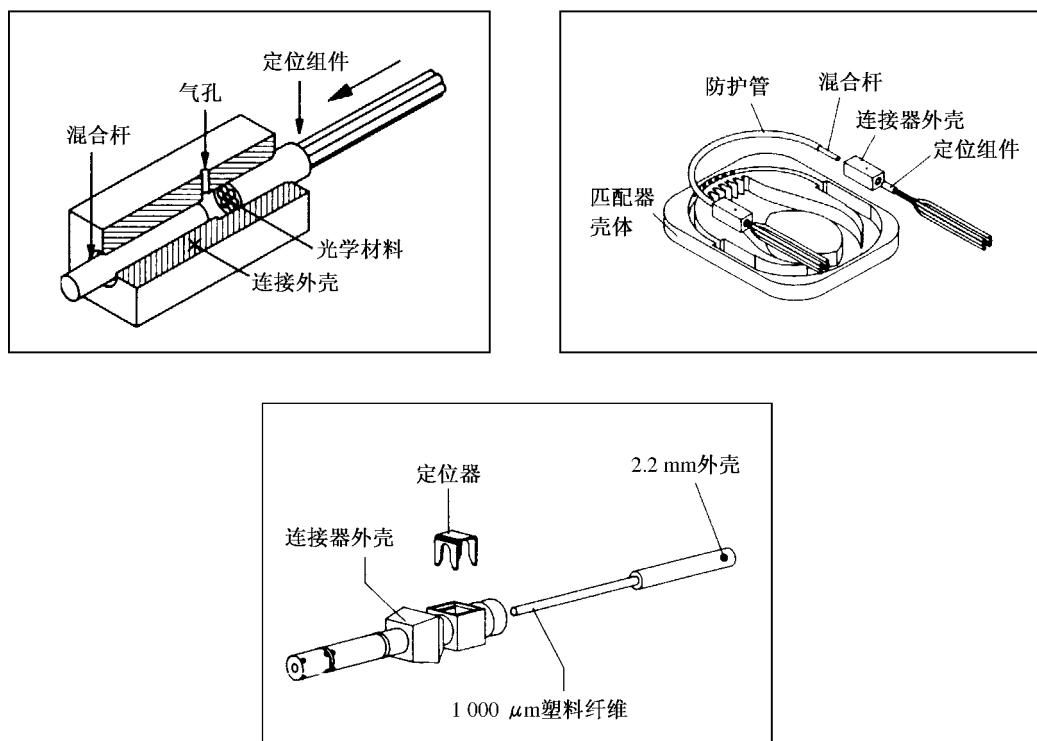


图 4.32 光纤连接器

### 4.7.2 多路复用技术的使用

图 4.33 为多路系统需求性日益增长的一个例子。该图是一种智能照明系统的方框图,

请注意其中需要的传感器的数目。许多数据是从数据总线上直接获得的。

该图说明了多路传输系统发展的主要原因。

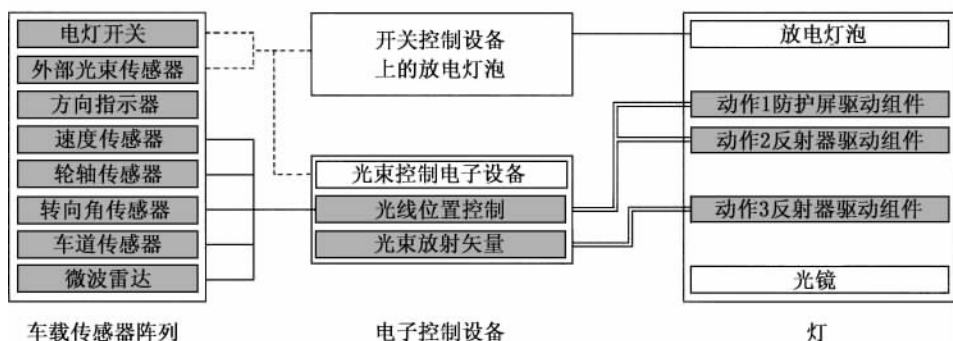


图 4.33 近光灯控制系统方框图

## 4.8 练习

### 4.8.1 思考题

1. 陈述电线引脚需具备的十个特性。
2. 为什么 EMC 在汽车电气系统设计时要重点考虑？
3. 介绍由输入、控制和输出组成的汽车系统的优点。
4. 计算燃料泵电路所需铜缆理想的尺寸。其中：泵从 12V 电源获得 8A 电流，最大许可电压降为 5V。
5. 解释开关的“触点电阻”的意义。
6. 为什么熔断丝具备工作电流和峰值电流？
7. 描述使用 CAN 系统后汽车的工作情况。
8. 解释在多路传输系统中“查错”的定义。
9. 说出四种电路图，并讲出各种图的两个优点和两个缺点。
10. 简述在电线颜色代码系统中，代码如何帮助技师进行故障诊断。

### 4.8.2 课程论文

准备两张纸，第一张列出使用标准电路布局及其相应技术的优点，第二张列出使用多路系统的优点。完成后判断一下，未来哪一种技术将更受欢迎。

给出你支持的选择的原因！

# 5 蓄 电 池

## 5.1 车用蓄电池

### 5.1.1 蓄电池的功能

蓄电池作为汽车上的电源,在发动机上或更确切地说是当交流发电机不运转时,向用电设备供电。蓄电池的主要功能如下:

- (1) 用来储存电能,以便于迅速及时地将存储的电能提供给发动机启动。
- (2) 允许车灯在任意时刻使用。
- (3) 在发动机不工作时,保证汽车电气设备工作。
- (4) 可以吸收系统电压波动。
- (5) 可以保持长时间不使用的汽车动力记忆功能及报警系统有效。

上述所列的各项的前两项是最重要的。当汽车的应用条件给定后,用于确定是否为最适用蓄电池的标准大部分就是依据此两项内容。在许多汽车中,铅酸蓄电池已被证明是最佳的选择,尤其是蓄电池的价格易被公众接受。

对蓄电池的最后一个要求就是:它必须能够在较大的温度范围内实现上述的所有功能。这一温度范围为 $-30\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。这是保证低温下冷启动操作得以实现的基础。

### 5.1.2 选择合适的蓄电池

总体而言,蓄电池的选用取决于两种情形:

(1) 在非常寒冷的环境下,能为发动机提供低速启动的电能。

(2) 当发动机不工作时,蓄电池能否按要求给汽车电气设备供电。

第(1)条是决定性的因素。图 5.1 绘制了在不同温度条件下启动机所需的功率和蓄电池可使用功率的对比图。两条曲线的交点是系统冷启动的最低极限(参见启动系统章节),欧洲大都使用 $-18^{\circ}\text{C}$ 作为冷启动的极限值,蓄电池要满足这一要求才可以被选择使用。

英国有研究表明:低于正常冷启动温度,大部分汽车蓄电池平均仅能充电 80%。许多制造商选择的蓄电池都是能

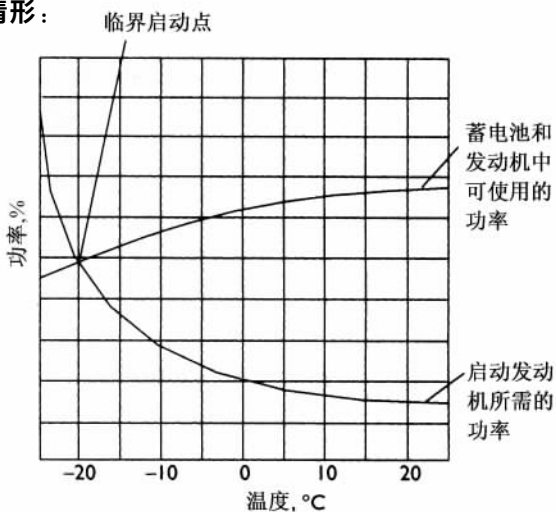


图 5.1 不同温度下发动机所需的功率和蓄电池可使用功率的对比图



够在环境温度 $-7^{\circ}\text{C}$ 时、80%的充电量下提供足够的冷启动电流。

### 5.1.3 蓄电池的安装位置

选择汽车蓄电池的安装位置需要考虑以下几个因素：

- (1) 汽车部件的重量分布。
- (2) 接近启动机以缩短传输电缆长度。
- (3) 拆卸安装方便。
- (4) 抗污染性。
- (5) 周围环境的温度。
- (6) 抗振动性。

通常,上列项目会因汽车的类型、用途及工作环境温度等而各不相同。极端的温度条件可能需要给蓄电池加装加热器或冷却风扇,蓄电池工作过程中产生的可燃气体也是一个需要考虑的因素。

## 5.2 铅酸蓄电池

### 5.2.1 铅酸蓄电池的构造

虽然经历了百余年的发展,能源存储的其他技术也得到相继研发。尤其当考虑到价格和能量密度方面的因素时,铅酸蓄电池仍然是各种车用启动电源的最佳选择。

近年来铅酸蓄电池不断改进使得密封的免维护蓄电池得以普遍应用,而且它非常可靠,使用时间长。这种情况可能对后期使用而言并非如此,事实上蓄电池的品质同顾客所支付的费用有关。许多品质差但便宜的蓄电池有12个月的保质期,但往往只能用13个月。

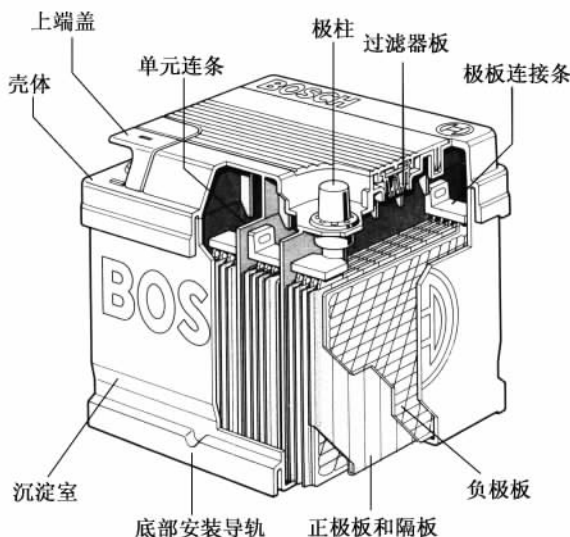


图 5.2 铅酸蓄电池

一个普通的12V铅酸蓄电池由6个相互串联的单格构成。每一单格标称电压为2V,6个单格结构一样,之间由极板组隔开而相互独立。图5.2为蓄电池的剖视图。多孔隔板上附着的活性物质使极板出现正、负极性,由微孔塑料制成的隔板使极板之间相互绝缘隔开。

隔板、联条以及蓄电池的极柱均是由铅合金制成的。使用多年的铅锑合金(PbSb)现已广泛被铅钙合金所取代,新的合金材料能够在蓄电池充满电时产生较少的电解液气体。因为电解液中的水分支失减少,这就是为什么密封蓄电池变为可行的主要原因之一。

现代所谓的密封蓄电池也会因为少量的气体而专设一个通气孔,以释放积聚的气体压

力。密封蓄电池的另一个要求是要对充电电压进行精确控制。

### 5.2.2 蓄电池容量

简而言之,蓄电池的容量是指它所能产生的电流以及它能持续供电的能力。

蓄电池产生电流的速率是由它内部的化学反应速率决定的,依次由以下因素决定:

- (1) 极板的表面面积。
- (2) 温度。
- (3) 电解液浓度。
- (4) 放电电流。

因此蓄电池实际提供的电流决定了它的总体性能。蓄电池的规格中必须明确说明其放电电流以及持续供电的时间。

#### 1. 额定容量

额定容量目前虽很少使用,但它能很好地表示出蓄电池在 10 h 或 20 h 内输出的电量。一般 20 h 的放电率是最为普遍的标准。以 44 A·h 的蓄电池为例,如果充满电,它能够以 2.2 A 的放电电流持续放电 20 h(额定电压将至 1.75 V 为止)。

#### 2. 额定储备容量

现阶段使用的所有蓄电池中,都采用额定储备容量表示电池的容量。它是指蓄电池在温度为 25℃ 时以 25 A 电流放电至单格电压为 1.75 V 时所能维持的时间(用分钟来计量)。它可以表示出当充电系统不工作时,蓄电池持续使用的时间。以典型的 44 A·h 的蓄电池为例,它大约有 60 min 的储备容量。

#### 3. 低温启动容量

低温启动容量是人们为了表示其在低温及大的放电电流下的工作性能而定义的。目前 170 A 是一个典型的值,其意味着蓄电池能够在 -18℃ 的温度下提供 170 A 的电流并持续 1 min,直到单格电压下降至 1.4 V(英国标准)。

蓄电池的输出总容量在长时间输出情形下将会变多。正如上面所提及的,这是因为化学反应只能以一定的速率发生。图 5.3

为蓄电池的三种放电特征值及其比较。

低温启动容量(CCA)的分等级方法在各个国家有所不同。英国标准、DIN 标准和 SAE 标准是三个主要的标准:

- (1) 英国标准,60 s。
- (2) DIN 标准,30 s。
- (3) 美国标准,30 s。

总之,蓄电池的容量就是指外界能从

其中获得电能的大小,通常以额定容量(A·h)、额定储备容量(RC)和冷启动容量(CCA)表示。

- (1) 一个 40 A·h 容量的蓄电池是指它能以 2 A 的放电电流供电 20 h。
- (2) 额定储备容量是指蓄电池在 25℃ 时以 25 A 放电电流供电的时间(以分钟计)。
- (3) 冷启动电流是指在设定时间(因标准而定)下, -18℃ 时的最大放电电流。

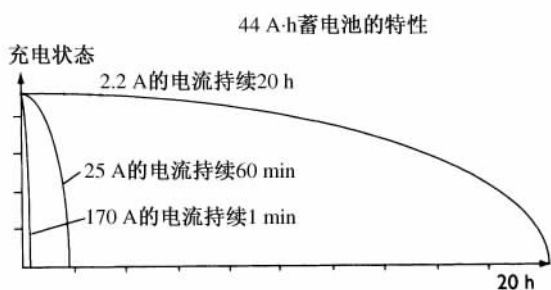


图 5.3 蓄电池放电特征比较

能维持车灯正常工作的蓄电池的规格应为： $44\text{ A}\cdot\text{h}$ 、 $60\text{ RC}$  和  $170\text{ A CCA(BS)}$ 。所谓耐久蓄电池有着和标准蓄电池同样的额定容量，和“标准性能”一样，只不过它的 CCA 值和 RC 值更高。

## 5.3 蓄电池的维护和充电

### 5.3.1 蓄电池的维护

到目前为止，大量在用的蓄电池均是免维护的，这意味着在蓄电池的使用寿命内很少需要关注它。但早期的蓄电池和一些重型蓄电池要求必须检查它的电解液的液面高度，并要定期添加电解液以保证它保持在规定线之上。蓄电池的极柱易于被腐蚀，所以建议做一些必要的日常维护：如用热水冲洗，涂上矿脂或合适的动物油脂，以确保蓄电池的沉淀室及上端盖上的清洁，这将有助于减少自放电的几率。

蓄电池的充电状态非常重要，蓄电池长期处于充电不足 70% 的情况是不可取的，这是因为凝结在极板上的硫酸盐会硫化，会造成放电困难。如果蓄电池被存放了一段时间（超过几星期），那它必须要经常补充充电，这样才能保护蓄电池以防止硫酸盐硫化。蓄电池维护的周期不尽相同，但每隔 6 周进行一次补充充电是较为合理的建议。

### 5.3.2 铅酸蓄电池的充电

不同的蓄电池制造商对蓄电池的充电要求略有不同。但是，按照下列方法对蓄电池进行充电，一般不会对蓄电池产生损害。由于蓄电池的使用效率不可能达到 100%，因此，充电时必须充入比放电量更多一些的电量，以弥补放电损失。蓄电池充电过程中存在的主要问题不是充多少电的问题，而是充电速度的问题。

过去的建议是在 10 h 或更短一点的时间内充到蓄电池额定容量的十分之一。这是因为如果 20 h 标准的额定容量等级，则可以该数值的  $1/10$  作为充电因子。尽管这个数值可以很好地用来表示合适充电速度的大小，但是由于目前额定容量已经不大采用，因此必须给出另外一种决定充电速度的方法。其中一种方法是，在 10 h 内，向蓄电池充入额定储备容量  $1/16$  的电量；另外一种方法是同样在 10 h 内，向蓄电池充入其低温启动容量的  $1/40$  的

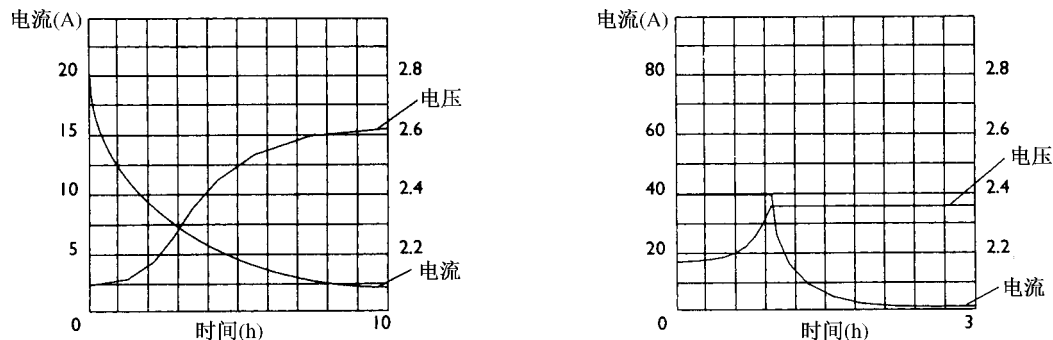


图 5.4 蓄电池的两种充电方式显示充电电压与充电电流

电量,显然,如果蓄电池已经充好一半,则再花另一半时间就可充满电。

使用上述建议的充电速度,是延长蓄电池寿命的最佳方法。不过,上述充电方法都需要一个恒定电源。恒压充电系统一般是蓄电池充电的最佳方式。这意味着充电系统,例如汽车上的交流发电机应保持恒电压状态,而蓄电池的充电状态决定着电流量的大小,这往往是对用完电的蓄电池充电的最快方法。图 5.4 为两种充电方式,图中显示了充电电压和充电电流之间的关系。如果采用的恒定电压小于 14.4 V,就不会引起过量气泡,该方法对于密封式蓄电池尤为合适。

增压充电是较为常用的一种充电方法,虽然它不是一种最佳的充电方法,但对于大多数蓄电池都是适用的。快速充电(即增压充电)的关键是蓄电池的温度在 43℃ 以下。在使用密封式蓄电池时,为了避免内部压力过大,注意不要让蓄电池产生过量的气体。当快速充电速度是常规充电速度的 5 倍时,在 1 h 内就可充满蓄电池总容量的 70%~80%。表 5.1 总结出了铅酸蓄电池的充电技巧。图 5.5 是一种典型的蓄电池充电机。

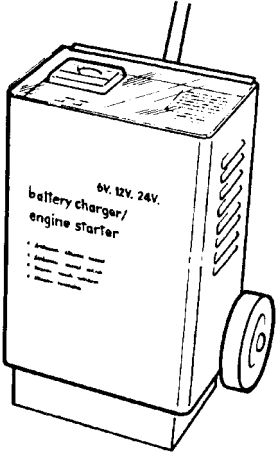


图 5.5 蓄电池充电机

表 5.1 铅酸蓄电池的充电方法

| 充 电 方 法 | 注 意 事 项                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------|
| 定 压 充 电 | 在 7 h 或更短一点的时间内能充满蓄电池,而没有过充电的危险(最大值 14.4 V)                       |
| 定 流 充 电 | 理想的充电速度可定义为: 额定容量的 1/10, 额定储备容量的 1/16 或冷启动电流的 1/40(充电时间为 10~12 h) |
| 增 压 充 电 | 是理想速度的 5 倍, 蓄电池能在 1 h 内充满总容量的 70%                                 |

## 5.4 铅酸蓄电池故障诊断

### 5.4.1 蓄电池的维修保养

在使用时,蓄电池很少需要维护。必要时可以进行如下操作:

- (1) 用热水清除端盖上的腐蚀物。
- (2) 用矿脂、凡士林或非普通动物油脂涂抹极柱部分。
- (3) 如不密封,单格内可加入蒸馏水,以漫过极板 3 mm 为宜。
- (4) 蓄电池应被安全固定在某一位置上。

### 5.4.2 蓄电池故障

任何电气设备都会产生以下两大故障: 开路或短路。蓄电池也不例外,除了开路和短路以外,蓄电池还有诸如放电量少或低的问题,而且常常还会产生由于汽车其他部件故障,例如充电系统的问题而引发的蓄电池故障。表 5.2 列出了铅酸蓄电池常见故障现象,并指

出了故障的主要原因。

表 5.2 铅酸蓄电池常见故障现象及其故障原因

| 故障现象      | 故障原因                                                                | 故障现象      | 故障原因                                                                        |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 电量过低      | (1) 充电系统故障<br>(2) 蓄电池泄漏<br>(3) 电解液过低<br>(4) 蓄电池使用不当                 | 单格蓄电池短路   | (1) 极板损坏,绝缘板破损<br>(2) 沉淀杯中有活性的物质                                            |
|           | (1) 充电过少<br>(2) 端子腐蚀<br>(3) 电解液不纯<br>(4) 硫酸盐结晶<br>(5) 老化——活性物从极板上剥落 | 单格蓄电池开路   | (1) 连接条损坏<br>(2) 极板硫化<br>(3) 电解液比重过低                                        |
| 低容量       | (1) 过度充电<br>(2) 离排气部件太近                                             | 使用寿命低于预期值 | (1) 使用温度过高<br>(2) 蓄电池容量太低<br>(3) 震动过大<br>(4) 电解液污染<br>(5) 长期放置不用<br>(6) 过充电 |
| 气泡太多和温度过高 |                                                                     |           |                                                                             |

由于现代的蓄电池很难进行维修,出现上述问题时通常需要更换新的蓄电池。在极板硫化情况下,通过长时间进行低电流充电,有可能会恢复蓄电池的状态,这种充电方法所采用的充电速度是 50 h 充到额定容量 1/40 或冷启动容量 1/200。

5.4.3 蓄电池的检测

对于非密封式蓄电池的充电状态,可以用如图 5.6 所示的液体密度计进行测定,液体密度计类似一个注射器,它能从单格蓄电池中吸取电解液。密度计中的浮子会根据电解液的密度浮在特定的深度,电解液密度可以从浮子的刻度上直接读出。充满电的单格蓄电池的电解液密度应为 1.280,充一半电时的密度为 1.200,放电时的密度为 1.120。

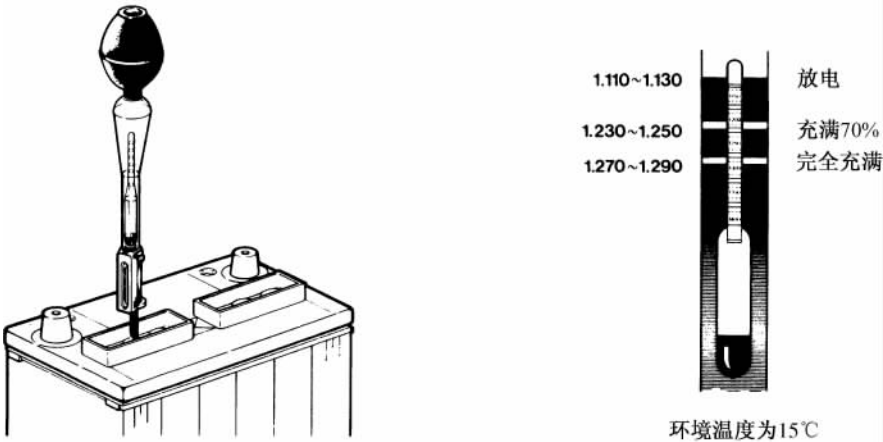


图 5.6 测试电解液密度

目前大多数汽车都安装了免维护蓄电池,不能通过液体密度计测出它的充电状态,只能从表 5.3 中所示的蓄电池电压来决定充电状态,这就需要一个精密的电压表。

表 5.3 蓄电池的电压与充电状态的关系

| 20℃时蓄电池电压 | 充 电 状 态     |
|-----------|-------------|
| 12.0 V    | 放电态(小于 20%) |
| 12.3 V    | 充一半电(50%)   |
| 12.7 V    | 完全充满(100%)  |

图 5.7 为高效放电测试仪,它由一个低值电阻器和一个接到一对高效测试棒的电压表组成,测试棒牢牢地固定在蓄电池端子上。蓄电池的电压可以由 200~300 A 高效放电测试仪上的电压表读出。

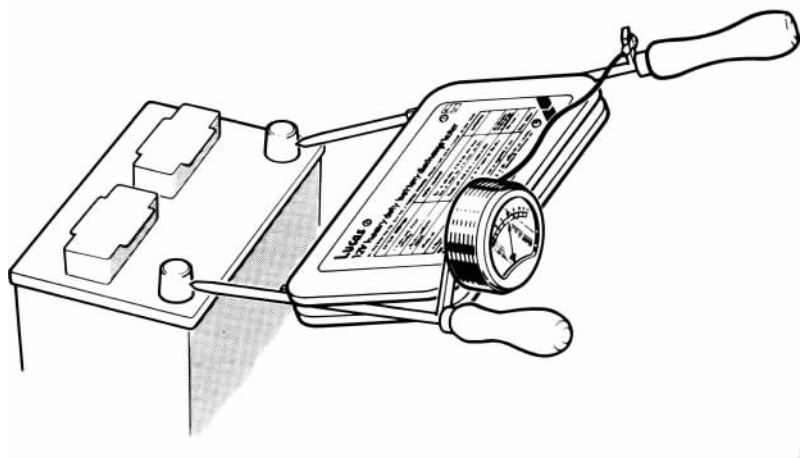


图 5.7 高效放电测试仪

在完全充满状态下,一个正常蓄电池的读数在 10 s 内应为 10 V。蓄电池电压突然降到 3 V 以下说明单格蓄电池失效。任一单格蓄电池若有气泡产生则表明此单格蓄电池短路,若读数为 0 或读数极低,表明有单格蓄电池发生开路。在使用高效放电测试仪时,要遵守以下预防措施:

- (1) 轻吹蓄电池的顶端,以吹走可燃气体的。
- (2) 测试棒的正极必须牢牢地压入蓄电池的接线柱,以减少火花。
- (3) 蓄电池正在充电时,请勿使用。

5.4.4 安全性

进行蓄电池维护工作时应注意以下几点:

- (1) 通风良好。
- (2) 穿防护衣。
- (3) 有水源(流动水更佳)。
- (4) 可用的急救设备,包括洗眼用品。

(5) 禁止吸烟、禁止明火。

## 5.5 蓄电池的理论知识

### 5.5.1 电化学

电化学是一门非常复杂且范围广大的科学。这部分仅仅是通过介绍一些重要术语和概念来对该学科进行大概的说明,这将有助于加深我们对汽车蓄电池操作的理解。

对于蓄电池,电化学研究的是产生化学反应的电流单元及电解液。当一束电子流通过电解液时,它会引起一定的化学反应和物质迁移。一定环境下的化学反应将系统中的化学能转变为电能并输送出来。

电化学反应最让人感兴趣的是它的可逆性,换言之,它能将电能转变为化学能,反之亦然。电化学中的一些术语经常会混淆。下面是一些名词术语及其解释。

(1) 阴离子:在电解液中游离到正极的负离子。

(2) 阳极:单格中的正极。

(3) 催化剂:一种用来提高化学反应速度而自身不参与反应的物质。

(4) 阳离子:在电解液中游离到负极的正离子。

(5) 扩散:液体或气体混合气的自反应。

(6) 电离:溶液中的分子或原子分离成正、负离子的过程。举例如下:硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )电离成氢离子( $\text{H}^{2+}$ ,有两个正离子或阳离子,将游离到阴极)和硫酸根离子( $\text{SO}_4^{2-}$ ,有两个负离子或阴离子,将游离到阳极)。

(7) 电极:蓄电池的极板或悬浮在电解液中的电解质。

(8) 电解:电流在两电极间传导,两电极浸没在含有离子的溶液中,由这一装置在电极处所引发的化学变化。

(9) 电解液:用于浸没两电极的、有离子传导的液体。

(10) 离子:有正、负电的充电原子或分子微粒。

由化学反应产生电流的蓄电池,包含有电极、电解液的单格,其内部在充电时会将电能转变为化学能,而在放电时发生相反的转变。

### 5.5.2 电解液的传导

电流经导体有两种方式:第一种方式是利用电子移动,这种方式普遍存在于金属导体中;另一种流动方式是离子运动,这常存在于带电原子或分子中。若想在电解液中形成电流,离子的定向流动是必不可少的。

在解释电解液传导,即电流从液体中流过现象时,硫酸是电解液最佳的选择。在硫酸溶液中(硫酸同水的混合气),硫酸分解成  $\text{H}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ 。它们分别带正、负电。正离子被吸附到负极,负离子被正极吸附。这种离子运动被认为是离子流或离子漂流。

### 5.5.3 欧姆定律和电解液内阻

任何物质的内阻均由下述变量决定:

- (1) 材料的属性。
- (2) 温度。
- (3) 长度。
- (4) 横截面积。

这对于液态导体的电解液也是一样,长度和横截面积对液体导体的电阻有直接影响(不管是对固体导体还是对液态导体而言)。不像其他阻值与温度成正比的金属电阻,大部分电解液的阻值与温度成反比。

材料的属性或其传导能力的影响在液体和固体间又有区别。不同的物质有不同的电阻参数,而且电解液是否浓缩也不一样。

### 5.5.4 铅酸蓄电池的电化学反应

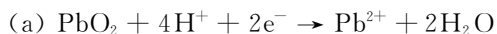
一个充满电的铅酸蓄电池包含有作为正极板的二氧化铅、作为负极板的海绵状铅,还有硫酸的水溶液。电解液的稀释液的相对密度为 1.28。铅是一种活性物质,由于它有两种原子价,故其能呈现出两种形态。这就意味着在纯铅表面和铅的氧化物中,它们所含有的电子是不一样的。事实上,铅的过氧化物有正四价的铅(4 个电子丢失)。

在这章前面已讨论过,当硫酸稀释成水溶液时,它电离成带电的  $\text{H}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ 。从电解液的外部看,电解液中离子的极性相互抵消而使得电解液呈电中性。电解液的电离是充电和放电电流得以通过液体的原因。

单元格中电压的生成是由于溶液中有离子的存在,这些离子由电极进入到溶液中。铅会丢失两个带正电的原子到溶液中,这两个原子又丢掉两个电子。由于失去两个带正电的微粒,电极就有一多余电子,从而它对应于电解液而言就成为负极。若在电解液中再浸入另一电极,那么在两电极处就会产生不同的电势,因而它们之间也就会形成电势差。一般铅酸蓄电池有 2V 的名义电动势。存在于两极板间的电压就使得电解液达到平衡。这是因为一个极板上的负电性对进入溶液的正电离子具有吸引力。这种吸引力与溶液的压力相等,因而整个系统处于平衡状态。

当有一外电路连入单格时,溶液压力和吸引力的平衡就被破坏,这使得额外带电微粒通过两电极。但这种情况仅发生在外界电压高于单元格电压的时候。这种外界电压即认为是充电电压。

当铅酸蓄电池单格充、放电时,相应的化学变化也会进行。这些反应可以归结为两个反应类型:一是在正极板附近的反应;另一是在负极板处的反应。正极板处的反应化学式为(a)和(b)。



二氧化铅与分解出的  $\text{H}^+$  化合生成铅离子和水。



铅离子和电解液中分解形成的硫酸根结合生成硫酸铅。

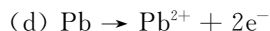
正极板处的总方程式如下:





随着硫酸的消耗,生成了水(a)和硫酸铅(b)沉淀。

负极板处的电极反应为:



中性的铅释放两个负价电子到溶液中,变成带正电的微粒。



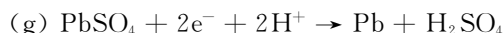
然后此极吸引溶液中带负电的硫酸根并生成硫酸铅。总的反应方程式如下:



当蓄电池放电时,此反应消耗硫酸并生成了水。

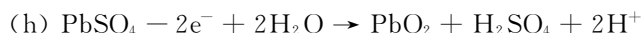
当蓄电池处于充电状态时,上述过程刚好相反。充电过程中所包含的反应如下所述。

在负极处的充电反应为:



外界电子( $2\text{e}^{-}$ )和溶液中的氢离子( $2\text{H}^{+}$ )、硫酸根结合生成硫酸时,极板处生成了铅。

正极处的反应为:



释放到外界的电子( $2\text{e}^{-}$ )将氢离子释放到溶液中。这使得正极板处生成二氧化铅,同时电解液中的硫酸也增多了。

两个化学反应的总方程式如下:

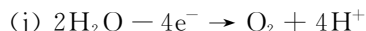


两种方式或称可逆反应(左边充电、右边放电)描述了铅酸蓄电池单格中充电、放电全过程。

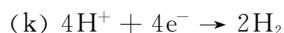
蓄电池中其余的反应发生在它全充电后的气体中。这是因为一旦蓄电池的极板变为纯铅或二氧化铅时,外界电的供应会使电解液中的水分解。铅酸蓄电池的气体形成的电压大概为 2.4 V。这会使水分解成氢气和氧气,这同时也发生了我们所不期望看到的电解液密度升高的现象。

如前所述,此反应可以轮流在每一极上发生。

在正极板处:



在负极板处:



两个方程式的和描述了整个反应的过程:



短时间内产生气体是可以接受的,因为这可以确保所有的硫酸铅均转变成铅或是二氧化铅。蓄电池中隔板的材料会影响气体,对密封蓄电池来说,有气体生成比较麻烦,但我们

可以用铅钙材料来取代传统的铅锑合金材料作隔板,且它可在某一范围内解决生成气体的问题。

单格电压及整个蓄电池的状态在很大程度上由电解液中的硫酸的浓度来决定,温度也有一定影响。这些数据可以从极板的平均电动势和溶液中的离子影响的浓度中计算出来。表 5.4 列出了 27℃ 时的计算结果。从中我们可以发现一个重要的规律,就是单格电压大概等于相对密度值加上 0.84。

表 5.4 影响蓄电池电压值的因素

| 电解液密度 | 单格电压/V | 蓄电池电压/V | 充 电 量 |
|-------|--------|---------|-------|
| 1.28  | 2.12   | 12.7    | 100%  |
| 1.24  | 2.08   | 12.5    | 70%   |
| 1.20  | 2.04   | 12.3    | 50%   |
| 1.15  | 1.99   | 12.0    | 20%   |
| 1.12  | 1.96   | 11.8    | 0     |

通常情况下,铅酸蓄电池单格极限电压不能低于 1.8 V,除去电解液非常接近纯水状态的因素外,还有一个原因就是硫酸铅结晶固化使得蓄电池的再充电变得困难。

5.5.5 蓄电池的特性

下面介绍一下决定蓄电池工作及状态的特性参数。

1. 内阻

任一电路都可以以图 5.8 的形式表示。图中为一个理想电压源与一个电阻串联于电路中,这可用来说明蓄电池输出电压在有负荷接入时会下降的原因。电路开路时,无电流通过内阻,所以也没有电压降。当电路有电流时,内阻会导致电路产生电压降。具体数值可以通过下面的方法计算出来。

在蓄电池上接上一个电压表,记录下开路电压,例如 12.7 V。给蓄电池连接一个外负荷,测量其电流,为 50 A。记录下有负荷时蓄电池的端电压,假设为 12.2 V。

则内阻的计算如下:

$$R_i = \frac{U - V}{I}$$

式中, $U$  为开路电压; $V$  为带负荷电压; $I$  为电流; $R_i$  为内阻。

在上述的例子中,最后计算结果为 0.01 Ω。

一般说来,充电时的温度和状态会影响蓄电池的内阻。内阻也可用来表明蓄电池状态,数值越小,表明蓄电池状态越好。

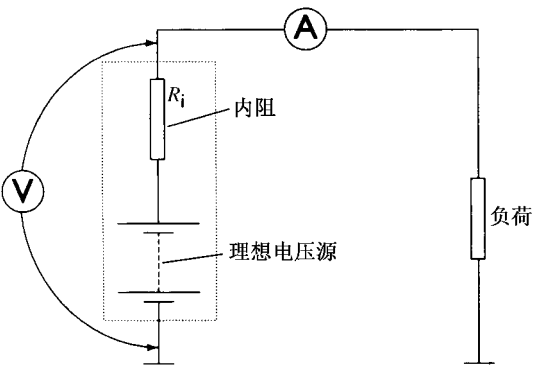


图 5.8 电源端电压随着负荷变化的等价电路

## 2. 效率

蓄电池的效率可以通过两种方法计算得出：一种是额定容量效率，一种是电能效率。

$$\text{额定容量效率} = (\text{放电时的额定容量} / \text{充电时的额定容量}) \times 100\%$$

在以 20 h 放电速率时,此值可以达到 90%。这个效率值常被作为相对值引用,在这个例子中其值为 1.1,被认为是充电因子。

$$\text{电能效率} = \frac{P_d \cdot t_d}{P_c \cdot t_c} \times 100\%$$

式中,  $P_d$  为放电功率;  $t_d$  为放电时间;  $P_c$  为充电功率;  $t_c$  为充电时间。

计算的结果是 75%,这个数据比额定容量效率要小,这是因为要考虑到向蓄电池充电的电压值要高。

## 3. 自放电

所有的蓄电池都会有自放电现象,也就是说即使没有外部电路,蓄电池电量也会有所下降。蓄电池通常每天以额定容量 0.2%~1% 的速度放电。这个数值随蓄电池所处环境温度及其使用年限的增加而增加。这主要是由两个因素引起的:首先,是因为蓄电池内部的化学反应发生变化。由于隔板材料中锑与活性物质发生短路而形成电偶,用钙作为铅隔板的改进材料可以减小这种影响。电解液中的沉淀物,特别是诸如铁屑这样的金属屑也会引发自放电。其次,从蓄电池顶部泄漏的溶液也会引起蓄电池的自放电,特别是在蓄电池顶部有污垢时会更严重。酸形成的雾与灰尘微粒混合形成一个导体。密封的蓄电池则可以很好地解决这个问题。

# 5.6 蓄电池的新技术

## 5.6.1 铅酸蓄电池的发展

铅酸蓄电池从早先的设计(在 1859 年由加斯顿·普朗奇发明)至今,一直没有太多的改变。但随着精确充电系统控制的发展,密封的、免维护蓄电池的使用已成为现实。图 5.9 是一个典型的现代车用蓄电池。

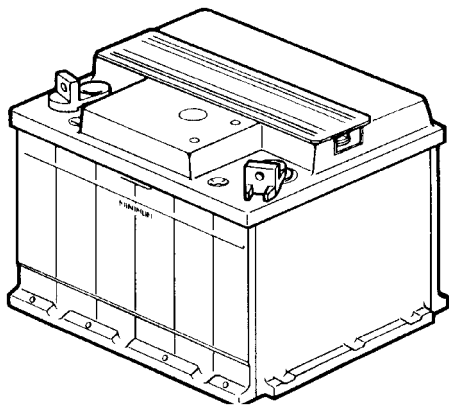


图 5.9 现代车用蓄电池

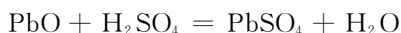
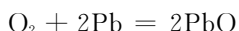
蓄电池其他方面的发展主要在于特殊功能的开发上。特别是在旅行拖车上作为备用蓄电池或是作为割草机的电源及用在拖拉机上。这些特殊设计的蓄电池可以深放电,作为旅行拖车上用的蓄电池也可以安排排风口将气体排出体外。还有一些蓄电池设计了防震功能,可以用于农用汽车上。

即使铅酸蓄电池在设计上有所改变,但其制造工艺也是相似的。但是,用凝胶电解液代替液态电解液的蓄电池值得注意一下。这种蓄电池有

许多优点,它可以防止泄漏,也可以防止一些因使用不合理而引发的不良后果。

使用凝胶状电解液的一个主要问题是它会降低化学反应速度。这对一般性电源的供应是没有问题的,但对于需要短时、大电流启动机的汽车,就显得力不从心了,这种类型蓄电池的低温启动容量常低于相同型号的普通铅酸蓄电池。

在某些类型蓄电池中使用的固态凝胶电解液是触变材料。由于凝胶是一种高浓度的黏胶液,所以当蓄电池被倒立时,它将不会流动。黏胶状固体电解液的另一个优点在于它内部有一种网状透水结构。如果蓄电池被过充电了,那么聚集在正极板附近的氧气将转移至负极板处,并在那儿与铅及硫酸结合生成硫酸铅和水:



这里水的形成表明蓄电池可以实现真正的免维护。再充电过程和传统蓄电池相似。

目前,黏胶型蓄电池在普通发动机汽车上的应用还有待试验成功,但是对于那些需要外部电源启动的特殊功用汽车而言,这是一个比较不错的选择。使用黏胶状电解液的普通汽车蓄电池几年前在市场上投放,伴随而来的是对其可靠性和寿命的争论,正因为此,最后这些蓄电池并没有得到普遍应用。这其中一个重要原因可能是由于输出电流不够高,而电流则是由化学反应的速度决定的。

对普通铅酸蓄电池作了一点改进,就是使用铅锑合金做正极板栅格、铅钙做负极板栅格。改进的结果是:水分流失有明显减少,蓄电池的使用寿命得到延长。极板密封在一个小型微透水的独立室内,在其两边有玻璃纤维状加强垫。小型独立室可以集聚所有油泥,因而有助于使电解液处于良好的工作环境中。

### 5.6.2 碱性蓄电池

虽然目前出现的密封蓄电池及免维护蓄电池不需要保养维护,但铅酸蓄电池通常需要在良好工作条件下工作。假如蓄电池经常要进行高速充、放电,或被长期放置不使用,那么铅酸型蓄电池并不是理想的选择。而对于碱性蓄电池,它们仅需少量的维护且对使用要求不高,还能进行过度充、放电。

碱性蓄电池的缺点在于它的体积过大、效能低、价格比酸性蓄电池贵。当把使用寿命和维护费用考虑进去时,那么最初的支出还是很值得的,公共汽车及大客车和大货车已开始使用碱性蓄电池。

汽车上普遍使用的碱性蓄电池是镍镉型,这是因为另一种主要的品种——镍铁型并不很适用。镍镉型碱性蓄电池的主要组成部分如下:

- (1) 正极板——镍的水合物( $\text{NiOOH}$ );
- (2) 负极板——镉( $\text{Cd}$ );
- (3) 电解液——氢氧化钾( $\text{KOH}$ )和水( $\text{H}_2\text{O}$ )。

充电的过程包括氧气从负极板移向正极板的过程,在放电时过程则相反。当充满电时,负极板就变成纯镉,正极板变为镍的水合物。下面是充、放电的化学反应方程式:



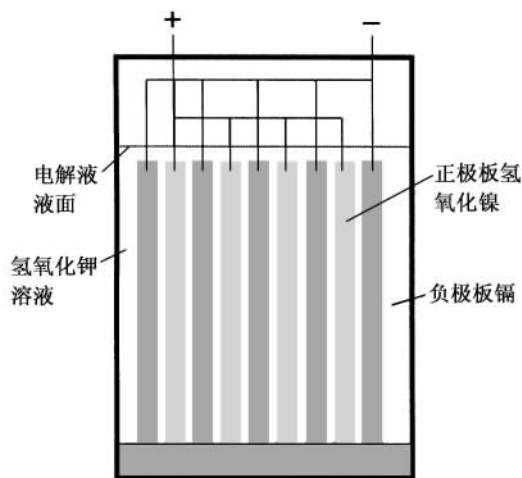


图 5.10 镍镉型碱性蓄电池单格结构

这里的  $2\text{H}_2\text{O}$  分解成氢气和氧气并释放出来,这从充电时产生的气体中可以看出。同时也可以看出,单格中的水是参与反应的。在反应过程中,电解液不发生变化。这就意味着相对密度值不能用来表示充电的状态。碱性蓄电池不会出现过充电问题,这是因为一旦二氧化镉全部转变成镉,反应将不再进行。

单格满充电压是  $1.4\text{ V}$ ,但此数值在刚开始放电时就会快速下降至  $1.3\text{ V}$ 。单格在电压为  $1.1\text{ V}$  时停止放电。图 5.10 为一个简单的镍镉型碱性蓄电池单格结构。

$\text{Ni-MH}$  或称镍金属水合物蓄电池在电动汽车上得到应用。

### 5.6.3 零挥发蓄电池

零挥发蓄电池(ZEBRA)采纳了电动汽车技术中的钠镍氯化物蓄电池。这种蓄电池的功用是基于电化学原理,它的基态材料是镍和钠的氯化物。充电时,在陶瓷的电解液的一端生成了氯化镍,另一端生成了钠。放电时,电极又变回原来的基态材料。每一单格的电压是  $2.58\text{ V}$ 。

蓄电池在其内部温度为  $270\sim 350^\circ\text{C}$  下工作,这就需要有一个热绝缘容器。整个单元形成一个真空包,以确保外部表面温度不超过  $30^\circ\text{C}$ 。零挥发蓄电池的能量密度是  $90\text{ W}\cdot\text{h/kg}$ ,是铅酸类型蓄电池的 2 倍多。

当在电动汽车上使用该种蓄电池时,蓄电池组中含有 448 个独立单格,形成  $289\text{ V}$  电压。电能密度是  $81\text{ W}\cdot\text{h/kg}$ ;它的重量为  $370\text{ kg}$ (超过汽车重量的  $1/4$ ),尺寸是  $993\text{ mm}\times 793\text{ mm}\times 280\text{ mm}$ 。蓄电池组可以对一个外部功率源在  $1\text{ h}$  内实现放电。该蓄电池组刚刚在梅赛德斯 A 级汽车上得以使用和发展。

### 5.6.4 超大容量蓄电池

超大容量蓄电池是指容量很大但尺寸很小的一种蓄电池。在一些特殊过程中通过使用一些不同电极材料来实现。一些专业领域用的该类蓄电池就是基于高的表面区域,如二氧化钌( $\text{RuO}_2$ )和钙电极。钨价格昂贵,且仅在极少数情况下使用。

电化学容器应用在一些大功率的情形下,例如细胞电子学、空调、工业用激光、医疗设备、普通功率电子学、电动混合汽车。在普通车辆中,超大容量蓄电池可用于减少对大型交流发电机的需求,这种交流发电机用来满足对应于动力转向和制动时对间歇性高峰功率的要求。超大容量蓄电池可以将以热能形式散失的制动能恢复,并可以减少动力转向功率的损失。

在混合动力汽车上使用的系统用了 30 个这种蓄电池,并储藏了  $1\,600\text{ kJ}$  的电能,容器重量  $950\text{ kg}$ 。使用这项技术可以回收很多能量,诸如制动时的能量,否则这些能量将会被

白白地损耗掉。超大容量蓄电池可以在短时间内快速充电,并且回收的能量可以快速使用,例如提供快速加速。

### 5.6.5 燃料电池

普通燃料氧化物的能量一般以热能的形式散发,在燃料电池中则可以直接转变为电能。所有的氧化物包括燃料和氧化物间的电流转换器,且这就是燃料电池赖以将能源直接转变为电能的装置。所有蓄电池单格,在其正极处均有一个氧发生器,且在一些化学过程中负极处有氧化物。在一个单格中要实现那些反应的分离,一个阳极、一个阴极以及电解液都是必须的,燃料就是其中的电解液。

现已发现,氢燃料和氧气进行反应被证实是最有效的方法。在实际工作中,燃料电池是十分可靠的,且其噪音小,但其造价很贵。图 5.11 所示为燃料电池的简单模型。

燃料电池典型的工作过程如下:氢气通过附有一层媒触剂的透气性镍极溶解在电解液中。这使得氢原子中的电子失去,这些电子从电路外环流过,与之相对的充电氢氧根离子在另一电极处产生,这个电极同时有氧气通过且溶入电解液。这些氢氧根离子在电解液中移向阳极,所使用的电解液是氢氧化钾(KOH)。水作为反应的副产物,由氢、电子及氧原子组成。如果由燃料电池产生的热量得到利用,效率可超过 80%,且会有较好的电能密度。单独的燃料电池经常被认为是一个“反应堆”。

这些蓄电池的工作温度各不相同,但较普遍的是  $200^{\circ}\text{C}$ ,压力都比较大,约  $3 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。在燃料电池真正取代市场上大量的其他形式的蓄电池之前,氢气的压力积累下来是迫切需要解决的问题。

在郊区公共汽车上使用的燃料电池一般是  $20 \times 10 \text{ kW}$  的电池组,工作电压为  $650 \text{ V}$ 。

### 5.6.6 燃料电池的发展

一些汽车制造商目前正对甲烷进行研究,从中分解出了氢气,他们也正将这项技术真正推向实用化。加拿大 Ballard 公司动力系统的奔驰车被称为是“世界第一”系统,该车被称作 NECAR(新式电动汽车),这是以梅赛德斯——奔驰 A 级车型为基础的(图 5.12)。在此系统中,通过水蒸气将甲烷转变为氢气,然后氢气进入燃料电池内与氧气反应,产生电能。

甲烷的优点在于它能很方便地存放在天然气站,而不需要很高要求的特殊设备和处理。它可以比较方便地在车上存放,而不像氢气那样需要笨重而昂贵的气罐来储存。有记录表明,NECAR(图 5.13)用约 40 L 的甲烷罐可行驶 400 km。

与早期的研究相比,目前使用的甲烷已进行了大大的改进,这使得系统变得越来越小且更有效。这种技术其实就是一个装在 A 级车后部的 470 mm 高的系统,在这里面,改进器将氢气直接喷射入燃料电池中,氢气的生成温度在  $280^{\circ}\text{C}$  左右。甲烷和水蒸气生成氢(H)、二

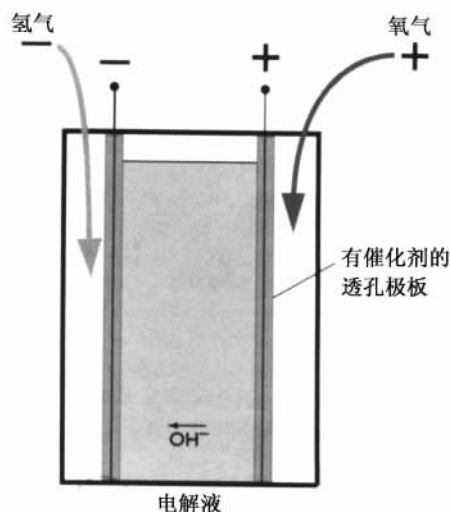


图 5.11 燃料电池的模型



图 5.12 梅赛德斯——奔驰 A 级车型

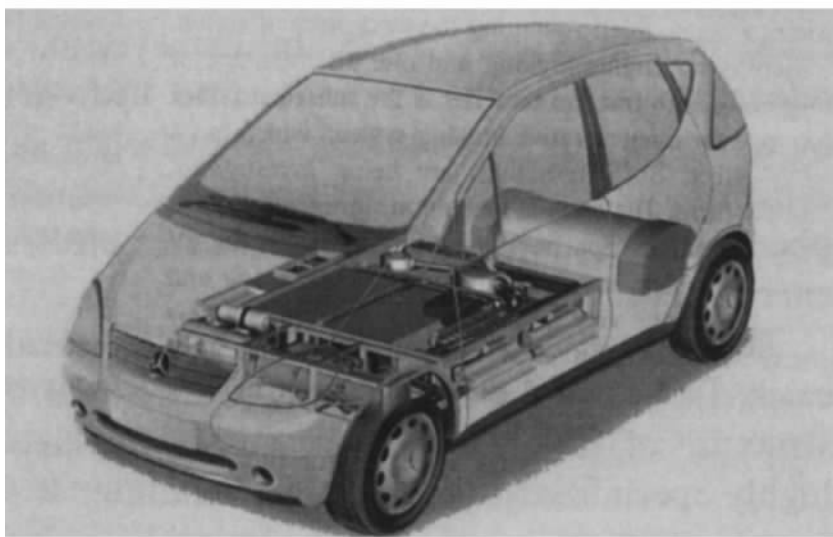


图 5.13 梅赛德斯——奔驰 A 级车上的 NECAR 燃料电池

氧化碳( $\text{CO}_2$ )和一氧化碳( $\text{CO}$ )。氢气进入燃料电池的负极,此负极处有一个夹在两极柱之间镶有铂金催化剂的特殊塑料箔。当氧气到达正极时,氢气也开始转变成带正电的质子和带负电的充电电子。此箔仅可让质子通过,故在蓄电池中就形成了电动势。

#### 5.6.7 硫酸钠蓄电池

为了给电动汽车提供一个更好的电流密度,目前正有人对蓄电池技术进行改进性研究。硫酸钠蓄电池可能是一个重大的选择,目前它已经快进入到实际生产的阶段。表 5.5 比较了几种类型蓄电池的能量密度。 $\text{Wh/kg}$  表示每千克能提供的瓦特小时数,或者是指每千克所提供功率数所持续的时间。

表 5.5 几种类型蓄电池的能量密度

| 蓄 电 池 种 类                           | 单格电压/V | 能量密度/W · h/kg |
|-------------------------------------|--------|---------------|
| 铅酸蓄电池                               | 2      | 30            |
| 镍铁/镍镉型                              | 1.22   | 45            |
| 镍-金属-氢型                             | 1.2    | 50~80         |
| 硫酸钠型                                | 2~2.5  | 90~100        |
| 钠-镍的氧化物型                            | 2.58   | 90~100        |
| 锂蓄电池                                | 3.5    | 100           |
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> 燃料电池 | 30     | 500           |

硫酸钠蓄电池已接近实用化生产阶段,与其他蓄电池一样,有很大的开发潜能。但是所有蓄电池都有各自不同的缺点。例如,燃料电池中氢的存放和运输就是一个问题。硫酸钠或硫酸钠蓄电池包含有一个液态钠阳极,里面有一个电流集成器。这是一个固态  $\beta$ -铝电解液和阳极(硫电极)相接触的金属罐,它周围布满装配组件。这个系统的主要问题在于它需要  $300\sim 500^{\circ}\text{C}$  的运行温度,因而几百瓦功率的加热器就成了充电电路中一个不可缺少的部分。它同时保证了汽车在停车期间蓄电池的温度不变。蓄电池在使用时,往往会用其自身的能量损失( $I^2R$ )来确保蓄电池的温度恒定。

此蓄电池的每一单格都很小,仅使用 15 g 的钠。当单格损坏时,外面的硫磺会使潜在危险的钠转变为硫化物,这种物质相对来说危害很少,在这一点上很安全。小单格蓄电池还有一个优点,它可以分布在小汽车周身。每一格容量大约是  $10\text{ A}\cdot\text{h}$ 。在开路时该蓄电池无法使用,因而当整个蓄电池产生的电压不足以提供给汽车的运行时,这个因素也必须考虑进去。每单格输出电压大概为 2 V。图 5.14 为硫酸钠蓄电池的模型。

在对这种蓄电池进行研究的过程中,尚待解决的是容器材料的问题,因为钠的腐蚀性很强,容器很容易被腐蚀掉。目前使用的是一种镀铬的昂贵材料。

用在电动汽车上的这种蓄电池正在成为内燃机的有力竞争者。虽然整个服务和售价等基础设施都尚待开发,但前景很好。据估计,一辆电动汽车的运行费用少于燃烧汽油的车辆,大约只占 15%,这就给生产商留下了很大的空间来解决其他生产费用的问题。

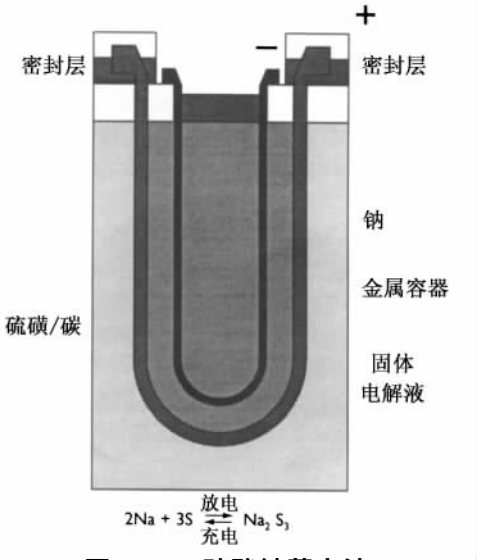


图 5.14 硫酸钠蓄电池

5.6.8 摇摆蓄电池

蓄电池技术的一些潜能开发在研究方向上是对的,但有许多新技术都要求高温环境。蓄电池研究的一个主要目标是开发高性能蓄电池,这种蓄电池要在常温度下工作。这种新



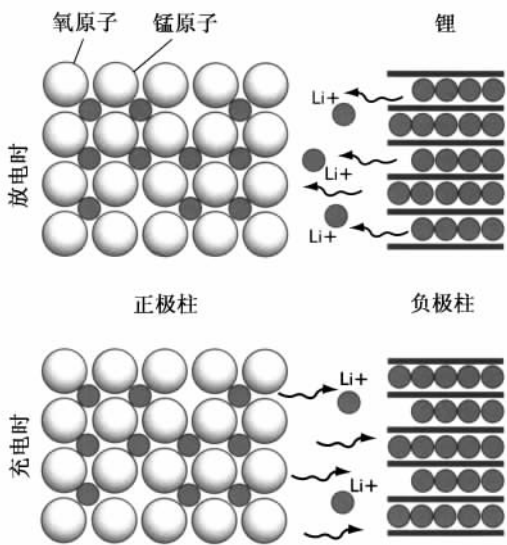


图 5.15 摇摆蓄電池的化学过程  
(室温, 3.5 V/单格)

的想法就称为“摇摆蓄電池”。图 5.15 是这种蓄電池的化学过程。

摇摆概念的蓄電池使用锂离子。这些蓄電池中有一个碳阳极和一个金属氧化物阴极。锂离子在两薄电极间的非水状电解液中恒速运动,使用固态聚合物电解液,用聚乙烯氧化物替代液态物质作为电解液。

摇摆过程在常温下发生,且能够产生 3.5 V 的平均电压,高于镍镉型的 1.2 V 单格电压,以及铅酸蓄電池或硫酸钠蓄電池的 2.1 V 单格电压。在电动汽车模拟环境下的测试证实有 100 W · h/kg 和 200 W · h/l 的特殊能量。

电能储存系统的复杂性随着工作温度的提高、单格数目的增多或电解液的再循环而提高。为确保工作的可靠性和安全性,蓄電池

的管理系统提出了越来越高的要求,这就明显地增加了整个汽车的造价。所以不仅要考虑特殊能源的储藏问题,还要考虑系统的复杂性和安全性问题。图 5.16 是蓄電池在能量密度和安全因素上的对比。

但是,高温条件也证实了它们在汽车上使用的可行性。它们也已通过了一系列严酷的测试,且有一些系统已在预制阶段了。硫酸钠蓄電池在充满电时,即在 20 kW · h 时含有约 10 kg 的液态钠,100 000 辆汽车要用 1 000 t 的液态钠。这些液态钠必须绝对密封在密闭容器中。“摇摆”的概念很新,它能够为将来的使用提供一个潜在的安全系统。

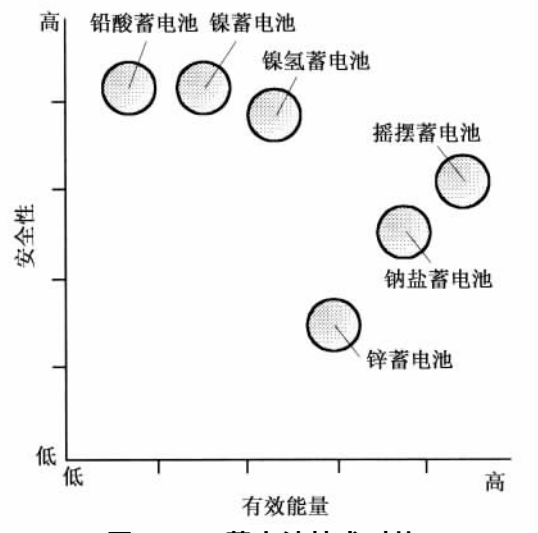


图 5.16 蓄電池技术对比

## 5.7 练习

### 5.7.1 思考题

1. 描述铅酸蓄電池的含义。
2. 简述蓄電池容量的三种表达方法。
3. 绘制一张清晰的草图来描述 12 V 蓄電池的构造。
4. 为什么蓄電池可以由不同方式评价或描述?
5. 列举六个决定放置汽车蓄電池的位置需要考虑的因素。
6. 如何测量蓄電池的内阻?
7. 绘制一张表格,描述铅酸蓄電池充电状态测试的三种方式及测量结果。

8. 描述蓄电池再充电的两种方式。
9. 如何决定铅酸蓄电池的理想充电速率？
10. 为什么蓄电池的“能量密度”很重要？

### 5.7.2 课程论文

深入研究汽车蓄电池的发展历史并对重要事件作一些笔记。对新型蓄电池作更深入了解,给它们提一些建议。什么是蓄电池发展的主要制约因素？为什么蓄电池的服务和维修等基础设施对使用新技术很重要？

# 6 充电系统

## 6.1 对充电系统的要求

### 6.1.1 概述

现代汽车的实时性要求是相当重要的。充电系统必须在所有情况下均满足那些要求，并且能够对蓄电池进行快速充电。

充电系统里的主要部件是交流发电机，在绝大多数的现代汽车上，除去一些相关电线，交流发电机是充电系统中的惟一重要部件。图 6.1 所示为普遍使用的交流发电机。交流发电机产生的是交流电，但由于只有直流电才可用于蓄电池的充电及运行电路中，所以交流发电机必须输出直流电。交流发电机的输出电压必须是不受发动机转速及电流影响的恒定电压。

总之，充电系统必须满足下列要求（发动机运行时）：

- （1）能够给所有负荷提供所需的电流。
- （2）提供蓄电池所要求的充电电流。
- （3）怠速时能正常工作。
- （4）在任何条件下提供恒定电压。
- （5）合理的功率重量比。
- （6）可靠、噪音小且有抗污染能力。
- （7）维护需求少。
- （8）提供正常工作的指示灯。



图 6.1 A14 VI 型交流发电机

### 6.1.2 汽车电气设备负荷

加载在交流发电机上的负荷包括三个方面：持续使用的、延迟使用的和间歇使用的。现代汽车上的充电系统必须应对各种不同情况中的高要求。考虑电器设备被每一独立部件所用的功率值，将这些数值相加就得出了发电机的功率要求。表 6.1、表 6.2 和表 6.3 分别列举了各种汽车电气设备所需功率需求，并对名义电压分别为 14 V 和 28 V（交流发电机的输出电压分别为 12 V 和 24 V）进行了对比。

表 6.1 在持续负荷下常用电器元件所需的功率

| 持续性负荷  | 功率/W | 14 V 电源所需的电流/A | 28 V 电源所需的电流/A |
|--------|------|----------------|----------------|
| 点火系统   | 30   | 2.0            | 1.0            |
| 燃油喷射系统 | 70   | 5.0            | 2.5            |
| 燃 油 泵  | 70   | 5.0            | 2.5            |
| 仪 表    | 10   | 1.0            | 0.5            |
| 合 计    | 180  | 13.0           | 6.5            |

表 6.2 在延迟负荷下常用电器元件所需的功率

| 延迟性负荷      | 功率/W | 14 V 电源所需的电流/A | 28 V 电源所需的电流/A |
|------------|------|----------------|----------------|
| 侧灯和尾灯      | 30   | 2.0            | 1.0            |
| 数字盘灯       | 10   | 1.0            | 0.5            |
| 大灯远光灯      | 200  | 15.0           | 7.0            |
| 大灯近光灯      | 160  | 12.0           | 6.0            |
| 仪表盘灯       | 25   | 2.0            | 1.0            |
| 收音机/卡带机/CD | 15   | 1.0            | 0.5            |
| 合 计        | 260  | 19.5           | 9.5            |

表 6.3 在间歇负荷下常用电器元件所需的功率

| 间歇性负荷    | 功率/W | 14 V 电源所需的电流/A | 28 V 电源所需的电流/A |
|----------|------|----------------|----------------|
| 加 热 器    | 50   | 3.5            | 2.0            |
| 指 示 灯    | 50   | 3.5            | 2.0            |
| 制 动 灯    | 40   | 3.0            | 1.5            |
| 前雨刮器     | 80   | 6.0            | 3.0            |
| 后雨刮器     | 50   | 3.5            | 2.0            |
| 电动车窗     | 150  | 11.0           | 5.5            |
| 散热器风扇    | 150  | 11.0           | 5.5            |
| 加热器鼓风机电机 | 80   | 6.0            | 3.0            |
| 后挡风玻璃加热器 | 120  | 9.0            | 4.5            |
| 内 灯      | 10   | 1.0            | 0.5            |
| 喇 叭      | 40   | 3.0            | 1.5            |
| 后 雾 灯    | 40   | 3.0            | 1.5            |
| 倒 车 灯    | 40   | 3.0            | 1.5            |
| 辅助用灯     | 110  | 8.0            | 4.0            |

续 表

| 间歇性负荷  | 功率/W  | 14 V 电源所需的电流/A | 28 V 电源所需的电流/A |
|--------|-------|----------------|----------------|
| 点 烟 器  | 100   | 7.0            | 3.5            |
| 前大灯雨刮器 | 100   | 7.0            | 3.5            |
| 座椅调整电机 | 150   | 11.0           | 5.5            |
| 座椅加热器  | 200   | 14.0           | 7.0            |
| 电动天窗电机 | 150   | 11.0           | 5.5            |
| 电动后视镜  | 10    | 1.0            | 0.5            |
| 合 计    | 1 700 | 125.5          | 63.5           |

注：间歇性负荷的平均消耗可用系数 0.1 来估计(0.1×1.7 kW=170 W)。

上述表格中有些电器没有列举出来,例如电加热催化转化剂、辅助驾驶及加热挡风玻璃窗的电等。因此,随着汽车电气电子系统不断发生变化,充电系统也不得不紧跟其上。

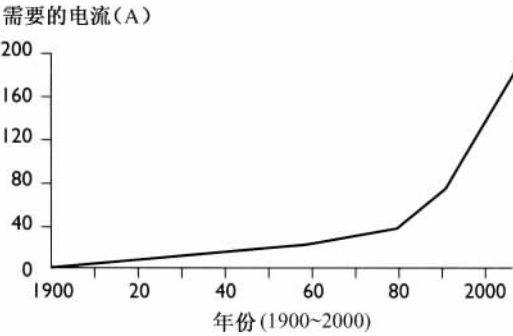


图 6.2 交流发电机的需求趋势

图 6.2 所示为交流发电机输出电流的需求情况及今后的趋势。

间歇性载荷使用的不是很频繁消耗功率的器件,诸如后挡风玻璃加热器、座位加热器均装有一个延时器。间歇性功率的影响系数一般可取为 0.1,此时假设汽车在常规行驶条件下运行。

交流发电机上所需求的消耗量是持续负荷、延时负荷及间歇负荷(乘上系数 0.1 后)的和。在这个例子中,总的所需功率为：

$$180+260+0.1\times1\,700=610\text{ W(在 }14\text{ V 电源电压时电流为 }43\text{ A)}$$

由于在充电系统中的要求是全面的,这个负荷除去了对蓄电池再充电所需要的电流。本章的下面几节将讨论怎样满足上述要求。

## 6.2 充电系统工作原理

### 6.2.1 基本原理

图 6.3 为汽车充电系统的简单描述,它包括三大块：交流发电机、蓄电池及汽车负荷。当交流发电机的电压低于蓄电池的电压时(例如发动机慢速或不运转),电流就从蓄电池流向汽车负荷。交流发电机单向二极管阻碍电流流入交流发电机中。当交流发电机的输出压高于蓄电池时,电流就会从交流发电机流向汽车负荷及蓄电池。

从上述的简单例子中可以很清楚地看出,当发动机运转时,交流发电机的输出电压必须

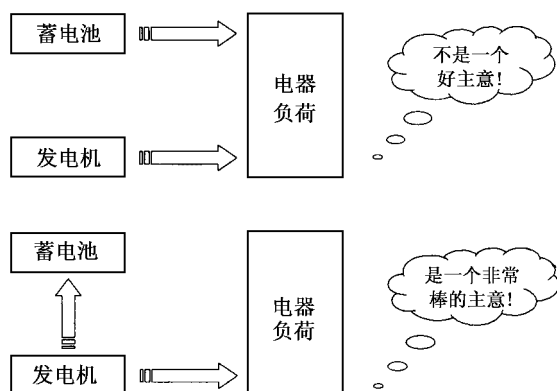


图 6.3 汽车的充电系统

始终高于蓄电池的电压值。充电系统使用的实际电压很重要,它是由一系列参数决定的。

### 6.2.2 充电电压

在蓄电池充满电时,充电电压主要考虑的是蓄电池的端电压。若充电系统电压设置为该数值,那么就不会存在过充电的危险了,这就是恒压充电技术。在蓄电池一章中已经非常详细地讨论过这一问题。对一个 12 V 的系统而言,  $(14.2 \pm 0.2)$  V 是可以接受的充电电压值。商务用车一般使用两个蓄电池,也就形成了 24 V 电压,充电电压值也就相应地变为两倍,这些电压值对所有汽车负荷而言是作为标准输入使用的。下面仅以 12 V 电源系统为例进行分析。

在决定充电电压时,需要考虑的其他因素主要是充电电路上的电压降、系统的工作温度及蓄电池的电压。这个电压降必须保持在一个最小值,但也需指出:交流发电机的端电压必须稍微高于给定的蓄电池电压。

## 6.3 交流发电机及充电电路

### 6.3.1 电流的产生

图 6.4 所示为三相交流发电机的基本原理及其输出电流特性。电磁感应发生在一个静止线圈或线圈组中旋转的磁极中。在实用交流发电机中,旋转的磁极是由两个滑环所构成的电磁极。

图 6.5 是最常见的爪极转子结构图。每一个转子的两端都成为 N 极或 S 极,则每一个爪子在 N 极与 S 极间交换。出于效率的考虑,最常见的爪极转子有 12 极或 16 极。

静止的线圈被称为定子,它包括 3 个互相分隔开的相,每一相都有许多线圈。这些线圈被机械地缠绕在一个铁芯上(为降低涡

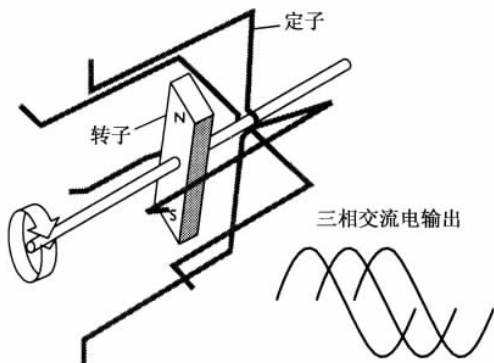


图 6.4 三相交流发电机的工作原理示意图

流),且必须与转子的极数相匹配。图 6.6 是一个典型的定子结构示意图。

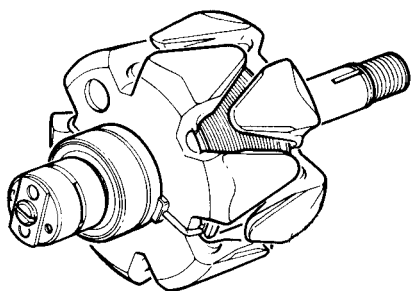


图 6.5 转子结构图

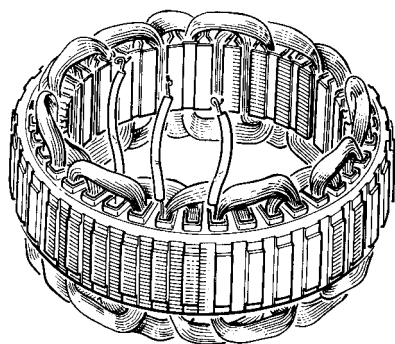


图 6.6 定子结构示意图

定子的三相线圈有两种连接方式：Y 形连接或 $\triangle$ 形连接,如图 6.7 所示,这两种连接方式有不同的电流和电压输出特性。

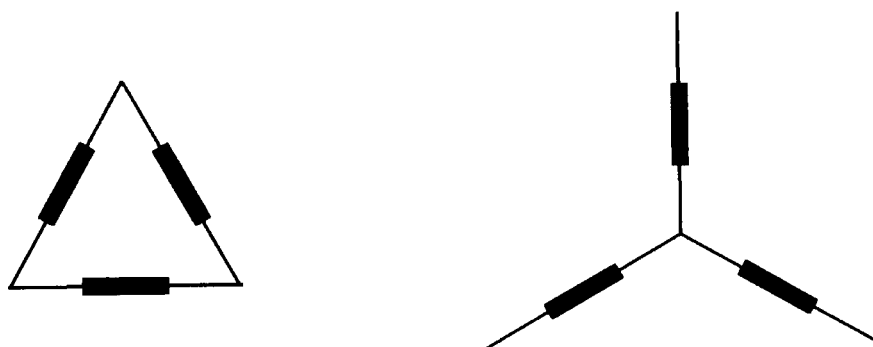


图 6.7  $\triangle$ 形和 Y 形定子线圈绕线法

Y 形连接被认为是一系列相相连的类型,这种连接的结果是:任意两相间的电压输出是相电压矢量的和,两相间输出的电流与相电流相等。故而 Y 形定子能够产生更高的电压,而 $\triangle$ 形定子则能产生更大的电流。

三相定子中的电压和电流可以用下列公式计算。

Y 形定子可认为是一个串联电路的类型:

$$V = \sqrt{3}V_p$$

$$I = I_p$$

$\triangle$ 形连接可以简单地认为是并联电路的类型,这也就意味着它的输出电压等于相电压,输出的电流是相电流的矢量和。

$$V = V_p$$

$$I = \sqrt{3}I_p$$

式中,  $V$  为输出电压;  $V_p$  为相电压;  $I$  为输出电流;  $I_p$  为相电流。

大部分汽车的交流发电机使用 Y 形线圈,而一些重载机车则不得不利用高输出电流的  $\Delta$  形线圈。大部分使用 Y 形线圈的汽车使用 8 个二极管整流器,以便得到最大输出电压。这将在以后的部分进行讨论。

定子产生的交流电可用来驱动汽车的转速表,交流发电机输出的频率是可以计算的,其计算公式如下:

$$f = \frac{pn}{60}$$

式中,  $f$  为频率;  $n$  为交流发电机的转速;  $p$  为转子爪极对数(一个 12 爪极转子有 6 对磁极)。

当发动机怠速运转时,交流发电机的转速达 2 000 r/min,如果是一个 12 爪极转子,则其频率为:  $6 \times 2\,000 / 60 = 200$  Hz。

很多交流发电机的输出端子都刻有“W”来表示交流电输出。这个输出电压被半波过滤后,一般在柴油发动机上用来驱动转速表,也可以在汽油发动机上用来驱动电流扼流线圈。

### 6.3.2 交流电整流为直流电

为了使交流发电机的输出能够对蓄电池充电,以及能向其他汽车部件供电,这就必须将交流电(AC)转变为直流电(DC)。最适合此项任务的部件是二极管。若单相交流电通过二极管,它的输出就会得到半波整流,如图 6.8 所示。在这个例子中,二极管允许正的半圆通过,到达蓄电池的正极。负的半圆被阻断了。

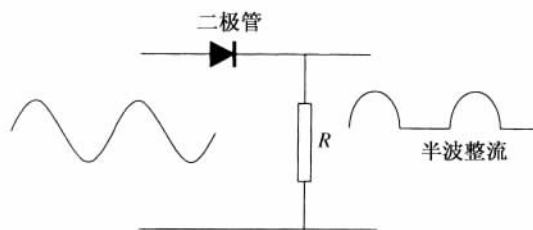


图 6.8 半波整流器

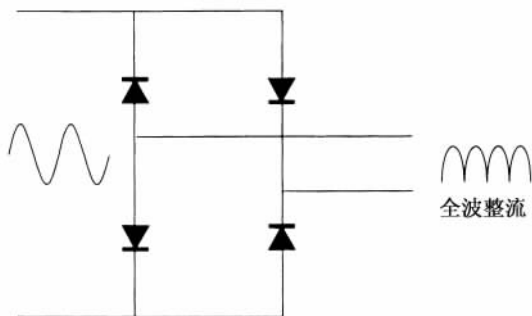


图 6.9 全波桥式整流器(单相)

图 6.9 为 4 个二极管桥式的整流器,可以对单相交流电进行全波整流。一个二极管可以认为是一种电流单向阀,这是一个非常好的比拟。重点要记住的是:一个好的二极管可以阻断高达 400 V 的电压,同时在正向上它仅需要一个约为 0.6 V 的低压即可导通。

为了对三相交流发电机的输出作全波整流,需要使用 6 个二极管。它们相互连成桥式电路,如图 6.10 中所示。电桥中含有 3 个正向二极管和 3 个负向二极管。这种布置形成的输出与三相信号是对应的。

在滤波器里另外还常有 3 个正二极管,它们通常比主二极管小,仅用来反馈一小部分电流给转子中的激磁线圈。这额外的二极管被称作为辅助发光二极管。图 6.11 所示为 9 个二极管整流滤波器的电路图。



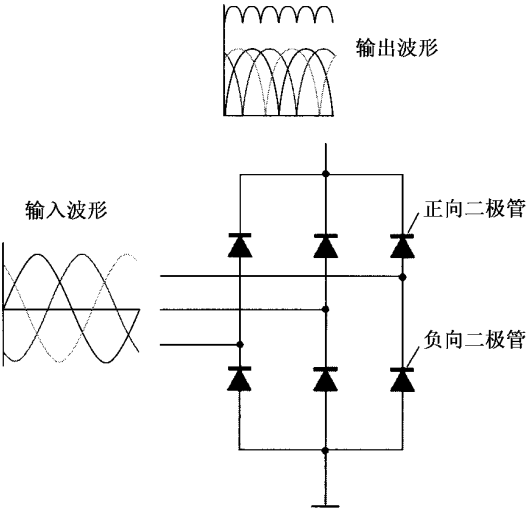


图 6.10 三相桥式整流器

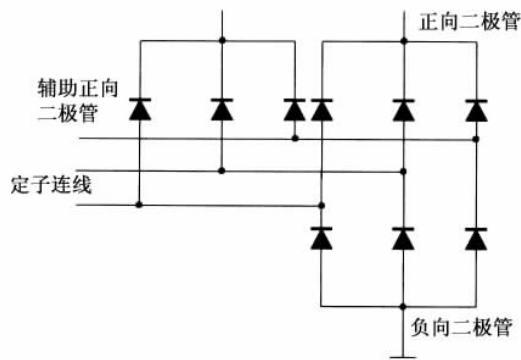


图 6.11 9 管式整流器

由于有相当大的电流流经主二极管，所以需要一些冷却设备来防止出现热损坏。有时，二极管并联以使更高的电流通过且不被损坏。整流器中的二极管还可以用于截止蓄电池流向交流发电机的反向电流。这也使得交流发电机能够在非平衡状态下并联使用，且使等电流不会在它们之间流动。图 6.12 所示为一些常见的整流器外形。

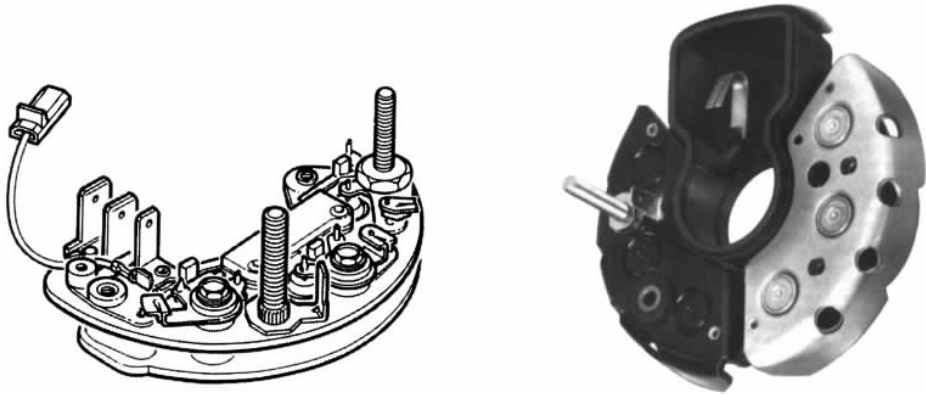


图 6.12 整流器的外形

当使用 Y 形定子时，Y 形中心点的电压值在理论上是 0 V。但在实际使用中，由于定子、转子的构造有细微的误差，该中心点就会出现电势。这个电势（电压）被称作第三调谐波，如图 6.13 所示。它的频率基本上是相绕阻频率的 3 倍。通过使用一个正向的和一个反向的两个附加二极管，连接在 Y 形的中心点上，那么就可以将该点的能量收集起来。这可以使交流发电机的输出功率增加 15%。

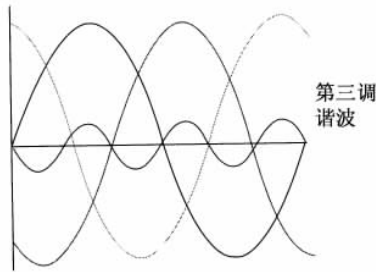


图 6.13 第三调谐波

图 6.14 为一个有 8 个主二极管和 3 个场二极管滤波器的交流发电机的完整电路。作为构成部分的电压

调节器在图中也已画出。交流发电机电路中的警告灯,除了有充电故障报警作用外,还具有对激磁线圈提供自激的作用。交流发电机并不是总能自激,正如场中的永久磁力并不总产生足够于超过二极管正向导通电压  $0.6\text{ V}$  或  $0.7\text{ V}$ 。一个典型的警报灯的功率是  $2\text{ W}$ 。许多厂商也在灯泡上并联一个电阻来辅助激发,同时保证警报灯熄灭时依然正常工作。

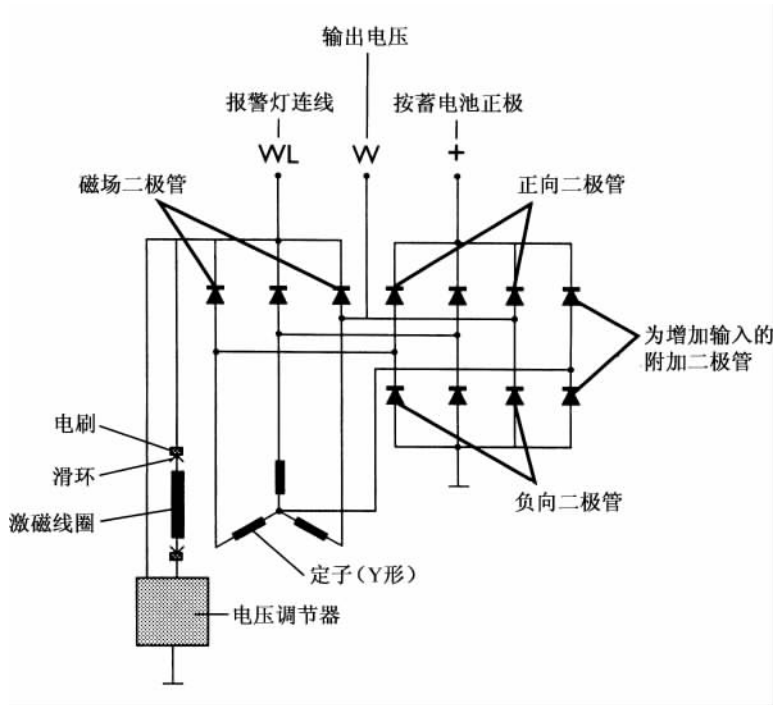


图 6.14 交流发电机的电路图

当交流发电机在场二极管中产生了输出电流,充电警报灯就会熄灭,这是因为灯泡两端的电压相等(灯泡两侧的电势差为  $0\text{ V}$ )。

### 6.3.3 输出电压的调节

为防止汽车蓄电池过充电,稳定的系统电压应该保持在铅酸蓄电池产生气泡的电压之下。对所有的  $12\text{ V}$  充电系统而言,通常使用  $(14.2 \pm 0.2)\text{ V}$  电压。随着电子系统使用的越来越多,电压的精确控制显得尤为重要,这也使得密封蓄电池更为广泛使用成为可能。图 6.15 为两个常见的电压调节器,在汽车交流发电机中稳定电压是一项重要的工作,这是因为发动机转速及交流发电机上的负荷在持续不断地变化着。交流发电机上未经稳压的输出随

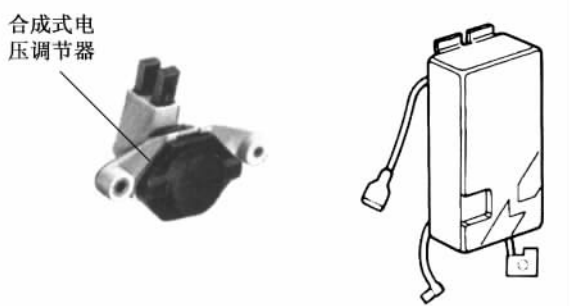


图 6.15 电压调节器

发动机转速变化成比例线性变化,并且它也与磁场力成比例变化,进而也与激磁电流成比例变化。因此电压调节器的任务就是控制住由于交流发电机输出电压而引起的激磁

电流。图 6.16 为电压调节器工作的流程,图中反映了激磁电流是怎样随输出电压的升高

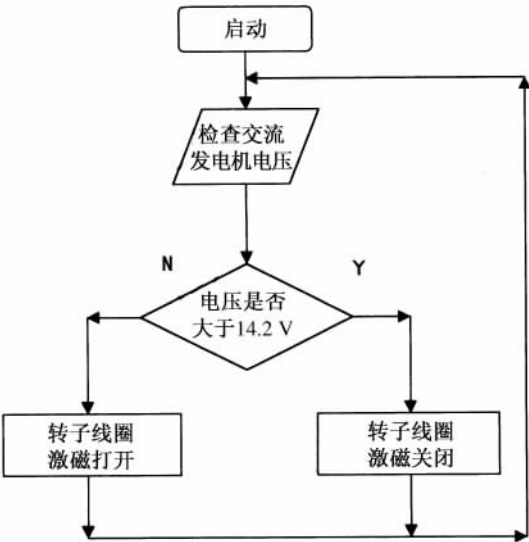


图 6.16 电压调节器的工作流程

交流发电机并不需要任何额外的电流调节装置。这是因为如果输出电压稳定了,提供给激磁线圈的电压也就不可能超出预设的准线。进而由于线圈的电阻也就允许定量电流通过,因此磁场力也就有一个极限值了。这就可以限制交流发电机所能产生的最大电流。

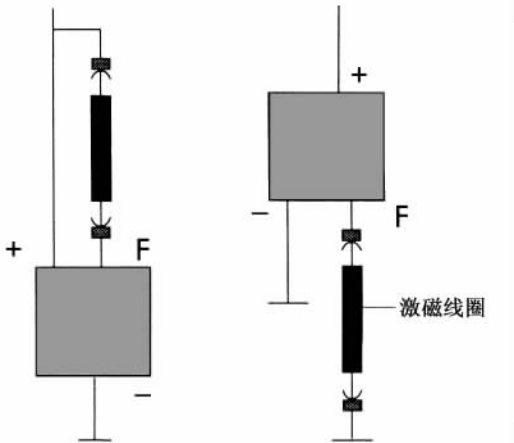


图 6.17 电压调节器的接线方式

而断流,又怎样随输出电压的降低而恢复的过程。激磁电流的扰动开关并不会引起输出电压的扰动变化,这是因为线圈存在着激磁的激磁(转子)感应。另外,整个开关过程只花费几毫秒。许多电压调节器装有温度补偿设备,以便于在更冷的环境中提高充电转速及降低在热环境中的充电转速。

当电压调节器电路在工作时,必须注意记录下“在哪儿”激磁电路被阻断了。举个例子,一些交流发电机电路在二极管激发极处提供给激磁线圈一个恒定输入,电压调节器接在搭铁处一端。而在其他一些系统中,激磁线圈的一端恒搭铁,电压调节器接在补给端。两种方式如图 6.17 所示。

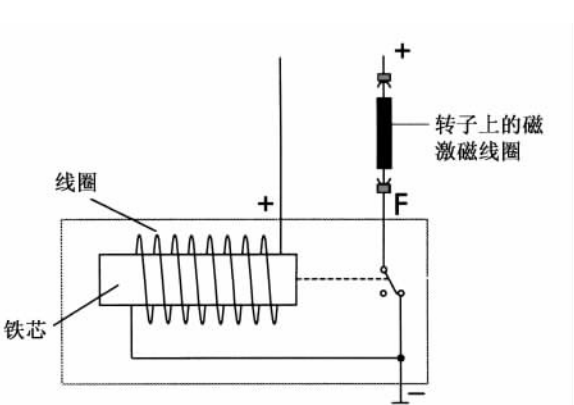


图 6.18 机械型电压调节器的工作原理

电压调节器可以是机械的或者是电子的,后者在现代小轿车上几乎是通用的。机械式电压调节器使用了一个连接交流发电机输出的线圈,在此线圈中所产生的磁力与输出电压成比例。一组常闭的触点连接到电枢,通过一根弹簧固定,就是通过这些垫片供给给激磁线圈的。当输出电压升高并超出预设的准线时,例如为 14 V,电压调节器线圈中的磁力就会大于弹簧压力而使触点断开。这就切断了激磁电流,使得交流发电机的输出电压下降。当其下降到预设准线以下时,弹簧又会使电压调节器的触点闭合,此过程一直持续下去。图 6.18 为一个机械型电压调节器的简单回路,其原理是基于过去的直流发电机输出电压控制

技术。

机械型电压调节器的问题在于触点的磨损及其他运动件的磨损,这在电子型电压调节器中可以得到克服。由于电子型电压调节器有更精确的误差,更快捷的接通和断开方式,因此它显得更为优秀,能够产生更平稳的输出电压。由于电子电压调节器的结构紧凑,具有抗振性能,且在交流发电机中几乎通用,这也就减少了连接导线的数量。

电子电压调节器的关键是稳压二极管。如在第三章所讨论的,该二极管能够精确地控制导通及截止两个相反方向的电压,因此被用作电压调节器上的感应部分。图 6.19 为电子电压调节器的简单结构。

电压调节器的工作过程如下:首先当交流发电机速度加快时,输出值就低于预设准线。在此情况下,晶体管  $T_2$  通过电阻  $R_3$  接通基极。这允许全部激磁电流流过,因而输出电压增大。当达到预设电压值时,稳压二极管就导通。电阻  $R_1$ 、 $R_2$  是一个简单连续电路,它用于设置适合于二极管的电压,假设供给电压是 14.2 V,且该二极管导通,晶体管  $T_1$  接通,晶体管  $T_2$  基极就搭铁了。 $T_2$  被截止,激磁电流也被切断了,输出的电压就会下降。这又将使该二极管停止导通, $T_1$  将截止, $T_2$  又导通,这样循环一直持续下去。传统的二极管  $D_1$  吸收了来自激磁线圈中后部 EMF,可以防止其他部件损坏。

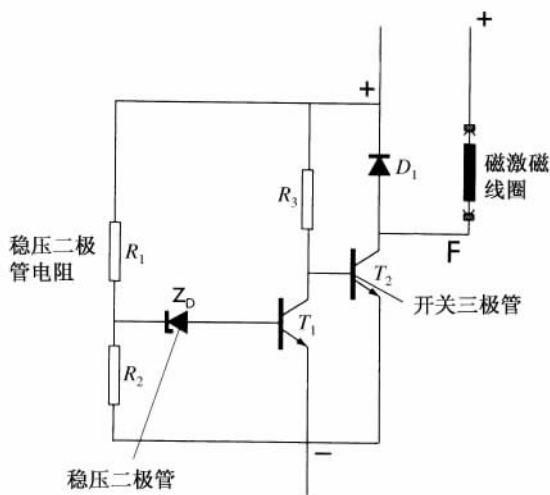


图 6.19 电子电压调节器

电子电压调节器可用于判断蓄电池电压、交流发电机电压。现今使用的绝大部分电压调节系统往往是机械式,这是因为它能够在交流发电机不连接蓄电池工作时保护其免受过电压。

图 6.20 为复合集成电路(IC)电压调节器的电路。复合系统中使用涂膜技术将不相关的部件聚集在一个瓷板上。电压调节器的这个主要部分是一个集成电路,里面含有感应器件和温度补偿部件。IC 控制输出阶段,例如采用达克林管。这项技术使得设备结构紧凑,由于部件和接头少,它的使用也就非常可靠。

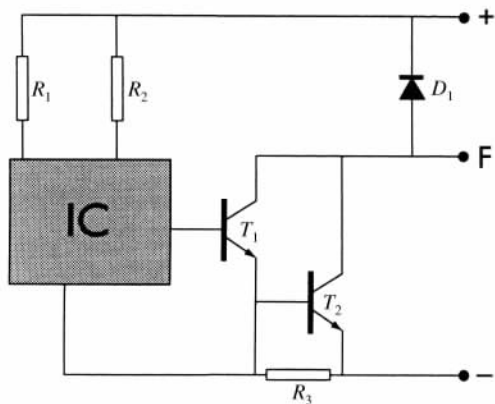


图 6.20 复合式(IC)电压调节器电路

图 6.21 显示了 IC 电压调节器怎样随温度的变化而变化。这种变化对正确确定“夏季”和“冬季”环境中的充电过程是非常重要的。当蓄电池很凉时,电解液电阻大,这就意味着需要更高的电压来形成合适的再充电电流。

为了防止出现电子部件的损坏,在一些应

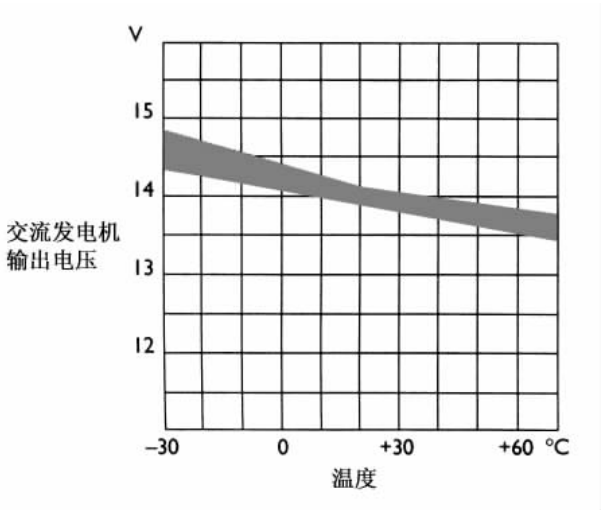


图 6.21 电压调节器的温度与电压之间的关系

用中需要过电压保护。当交流发电机接在汽车蓄电池系统中,即使万一电压调节器失灵,由于有低的电阻及浸没影响,蓄电池电压通常不会超过 20 V。如果交流发电机所用的不是推荐使用的型号,稳压二极管在 WL/场二极管输出的任务就是提供一些保护。举例说就是:若系统电压超过截止电压,此二极管就会导通,且会将系统电压保持在一个合理的极限值上。

6.3.4 充电电路

在众多应用中,充电电路是汽车上最简单的电路。主要的输出是通过一根合适尺寸的电缆连接到蓄电池上(或用两根电缆来增加可靠性和柔性),报警灯一端连接在点火供给线上,另一端连接在交流发电机的终端。如有必要的话,也要用电线连接相的终端。图 6.22 为两个典型的充电电路。必须注意:交流发电机的输出通常接到启动机电源电路上,最简单的原因就是线路简洁。若电线能够尽可能得短,那么这就会降低电路中的电压降。当交流发电机产生额定输出电流时,通过主要供给电线的电压降应该会少于 0.5 V。

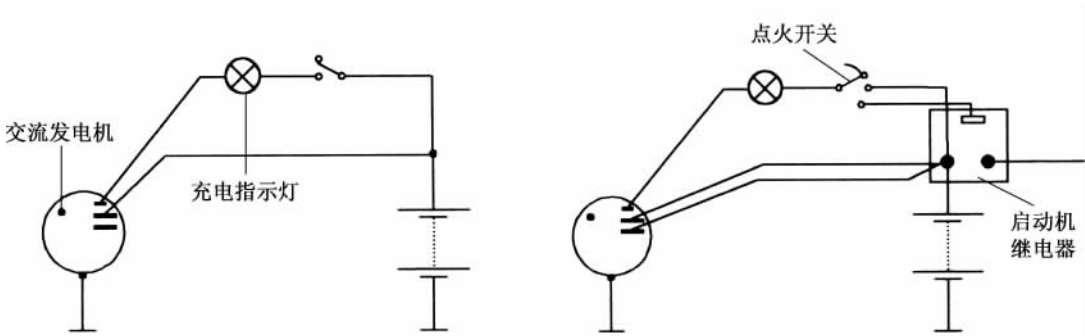


图 6.22 充电系统基本电路图

有一些系统从交流发电机到蓄电池之间有一根附加电线,在此有点火供给,这通常用于保证对激磁线圈的瞬时激发。许多汽车从发动机管理系统 ECU 到交流发电机连接了一根

电线,用于输送信号给发动机 ECU,使其在蓄电池储电量很低时提高怠速转速。

## 6.4 典型实例

### 6.4.1 常用的交流发电机

图 6.23 为 Lucas 公司的 A127 型交流发电机,它在一些汽车制造厂得到大量的使用。与此相关的基本数据列举如下:

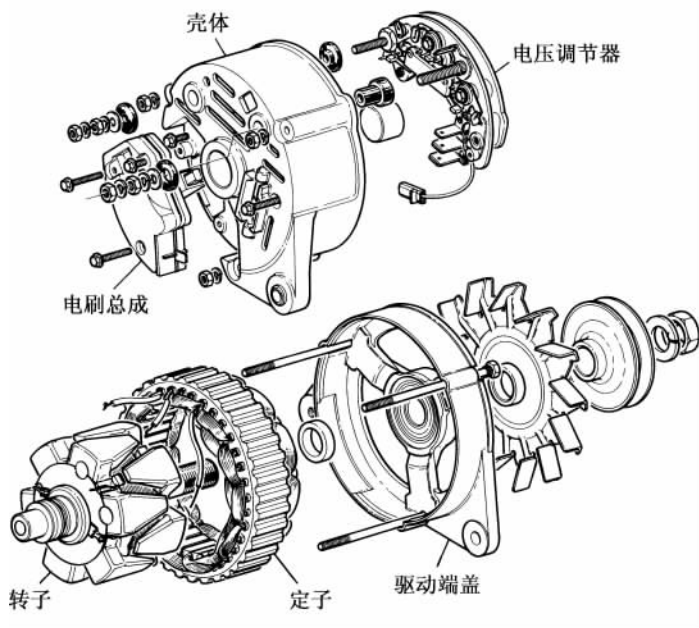


图 6.23 Lucas 公司的 A127 型交流发电机

- (1) 12 V、负极搭铁。
- (2) 输出电压 14.0~14.4 V。
- (3) 机械感应式。
- (4) 热环境下的最大输出,65 A(搭铁)。
- (5) 最大转速 16 500 r/min。
- (6) 工作环境温度范围为 $-40\sim+105^{\circ}\text{C}$ 。
- (7) 欧式插头和接线端子(7 mm)。

这种交流发电机的外壳直径为 127 mm,驱动轴直径为 15 mm,重量约 4 kg,采用 Y 形连接。

### 6.4.2 博世公司紧凑型交流发电机

博世公司紧凑型交流发电机随着欧洲制造商及其他制造公司的发展普及而日益普遍。

图 6.24 为此机型的剖切图。主要特点如下:

- (1) 比传统发电机功率提高 20%~70%。

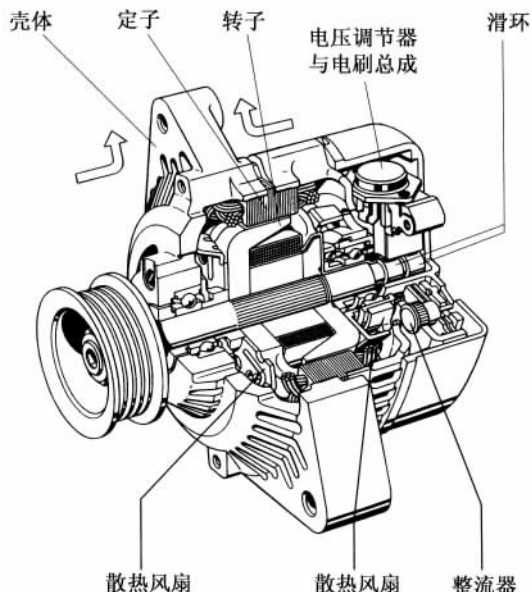


图 6.24 博世公司的交流发电机

- (2) 功率重量比率提高 15%~35%。
- (3) 最大转速达 20 000 r/min。
- (4) 内设双冷却风扇。
- (5) 结构紧凑, 噪音小。
- (6) 型号齐全, 70 A、90 A 及高达

170 A 的均有。

此类型的交流发电机沿袭了众所周知的爪极设计。专门加强了磁路中的定子和转子。它通过现代“场计算”程序的方法得以实现。这种优化减少了磁场在铁芯的损失, 故而提高了效率。

一种新的庞大电路的交流发电机已被用于减少通过主功率晶体管的电压降 1.2~0.6 V。它允许更大激磁电流通过, 这也会提高效率。

交流发电机的最高速度至关重要, 因为它完全决定发动机和交流发电机的传

动比。受转速提高影响的主要部件是球轴承和滑环。轴承用塑料的来代替传统的金属类型的。高熔点的橡胶也被使用到了。滑环现在是固定在两轴承外部的, 故它的直径不受轴的大小限制。小的滑环直径有小的周转速度, 因而就可以承受更大的轴转速。

输出电压的增加带来了温度的提高, 所以需要一个好的冷却系统。交流发电机中使用了两个内部不对称的风扇, 它们从中心狭缝中吹入空气到前、后部, 热空气从驱动器及定子线圈头部的滑环端盖上散发出去。

对于交流发电机及所有发动机安装部件而言, 震动是一大问题, 四缸发动机的轿车产生很大的震动。设计的交流发电机应能够承受 80 g 的震动, 这样安装盖就需要重新设计。

### 6.4.3 日本生产的交流发电机

图 6.25 为大量的日本汽车中使用的典型的交流发电机的内外部电路图。这是一个采用 8 个二极管的集成电路式电压调节器。交流发电机有 4 个电线连接: 主输出电线(B)、内部供给(IG)、蓄电池电线(S)和充电指示灯(L)。

图 6.26 为交流发电机的主要部件。内部冷却用风扇用来将空气从尾部端盖狭缝中驱走。滑环的直径仅为 14 mm, 这将在允许更高转子转速的同时, 保持表面速度处于最低值。

IC 电压调节器通过内部温度补偿来确保输出电压的持续一致性。点火控制的供给被用于确保发动机低速时充电。由于点火电压供给激磁, 超车速度就会变低。

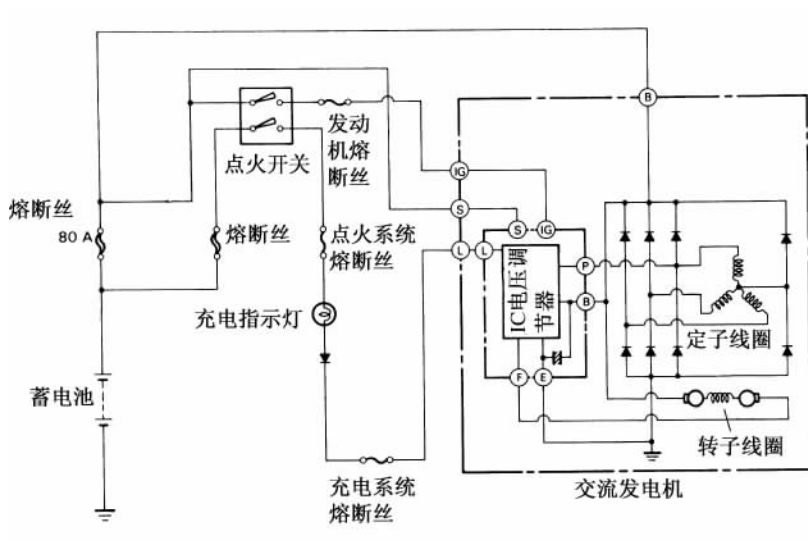


图 6.25 日本生产的交流发电机电路图



图 6.26 交流发电机元件组成

## 6.5 充电系统的故障诊断

### 6.5.1 概述

对所有系统,查找故障的六个步骤列举如下:

- (1) 查明故障。
- (2) 搜集更多的故障信息。
- (3) 评价证据。
- (4) 按逻辑的顺序执行更多测试。
- (5) 解决问题。



(6) 检查整个系统。

步骤(4)相关的过程在下一节中陈述,表 6.4 列举了充电系统常见故障现象及其故障原因。

表 6.4 充电系统常见故障现象与故障原因

| 故 障 现 象       | 故 障 原 因                                                                                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蓄电池不充电        | (1) 蓄电池有缺陷<br>(2) 交流发电机的驱动带打滑<br>(3) 蓄电池接线柱松动或被腐蚀<br>(4) 交流发电机内部故障(二极管开路、电刷磨损或调节器故障等)<br>(5) 交流发电机电路开路,或主电源、点火电路开路<br>(6) 甚至在开关全部关闭时短路部件引发蓄电池淹缸<br>(7) 主充电电路中的电阻过高 |
| 充电指示灯常亮       | (1) 交流发电机的驱动带打滑或破损<br>(2) 交流发电机内部故障(二极管开路、电刷磨损或调节器故障等)<br>(3) 电路/连接松动或断损                                                                                           |
| 充电指示灯在任何时候均不亮 | (1) 交流发电机内部故障(电刷磨损、电路开路或电压调节器故障等)<br>(2) 充电指示灯灯泡坏了<br>(3) 充电指示灯电路开路                                                                                                |

6.5.2 测试步骤

如图 6.27 所示,在蓄电池上连接一个电压表,在交流发电机的输出电路上连上一个电流表,检查充电系统的操作过程如下:

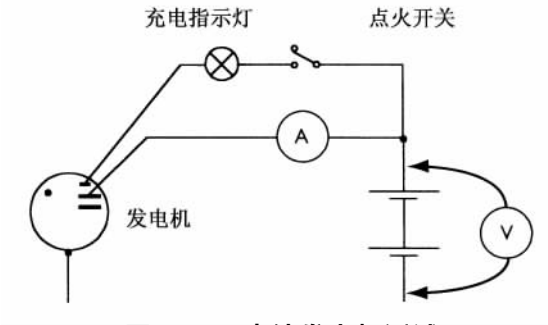


图 6.27 交流发电机测试

(1) 用手和眼睛检查(驱动带和其他一些明显的故障)。驱动带的松紧是否合适,所有的连接是否清洁牢固。

(2) 检查蓄电池(参见第 5 章)。必须充满 70%。

(3) 测量供给交流发电机的电压。蓄电池电压。

(4) 检查最大输出电流(蓄电池微放电,灯持续亮几分钟,灯亮着并启动发动机)。

安培表的读数应为最大输出的 10% 以内。

(5) 检查调节器电压(电流表读数为 10 A 或更少)。为 $(14.2 \pm 0.2)$  V。

(6) 检查电路电压降。最大值 0.5 V。

若交流发电机被发现有故障,应更换一个质量完好的交流发电机。图 6.28 为博世公司交流发电机的拆装和检查方法。只有交流发电机的一般状态是好的时候才有维修价值。

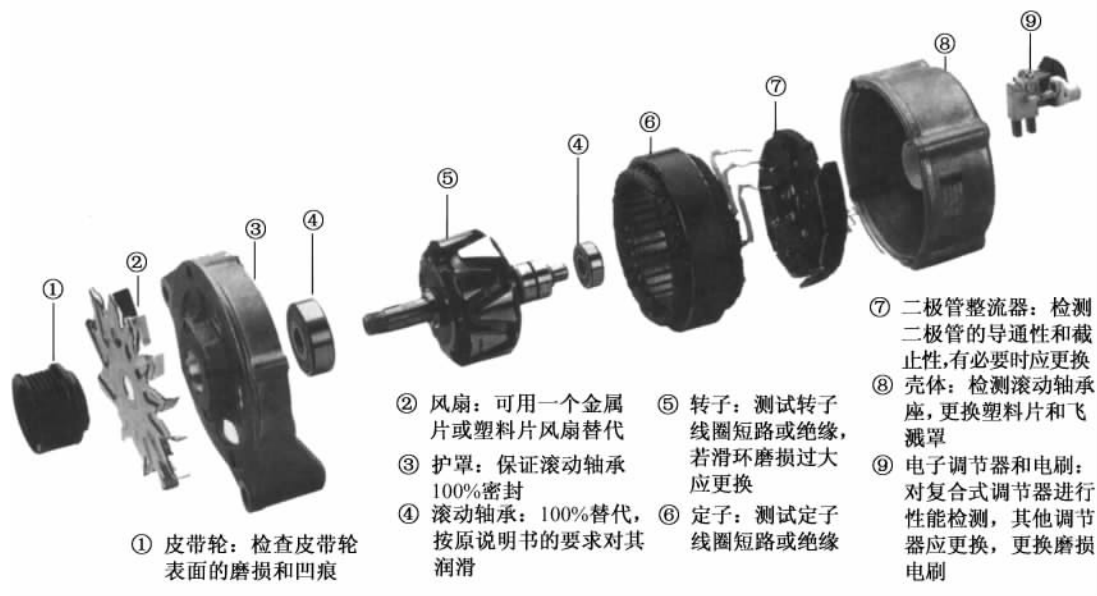


图 6.28 交流发电机的检修过程

## 6.6 充电系统的理论知识

### 6.6.1 充电系统——问题及解决方案

汽车充电系统必须应付许多不同的环境。前面的章节里就发电机所需要的功率输出作了一些说明。下面分析两种极端工作环境来说明充电系统的任务是多么苛刻。

第一个可能出现的情况是交通堵塞，在一个寒冷夜晚或是雨天，此时，发动机可能较长时间怠速运转，且需要使用各种用电设备。第二个可能出现的情况是汽车露天停放在一个霜冻的夜晚，发动机启动、座位加热器、后窗加热器及吹风机等均需全部工作，还需花费几分钟来清洗挡风玻璃和车窗，所有的灯光及雨刮器均需工作，接下来就是到繁忙的路上去行驶半个小时，座位加热器及加热后窗器假设可以在 15 min 后自动关闭。

在第一种情况结束时，蓄电池的充电状态比原来的水平下降 35%；在第二种情况下，充电状态比原来的低约 10%。这些情形是假设例子中最糟糕的，但可能存在。若这些情形重复出现且其中没有其他的行驶过程，那么蓄电池就没有能力启动发动机了。汽车交流发电机上功率持续上升的要求使得这个问题更难以解决，确保蓄电池全充电状态也变得甚为重要，有非永久性存储器和警报系统的 ECU 在汽车停放时会使蓄电池出现少量但很严重的淹缸现象。

许多解决方案试着并确保蓄电池总是处于满充电的可靠状态。更大容量的蓄电池被用在覆盖于汽车复杂多变的使用操作环境中，但出于蓄电池的物理形状的原因，容量也必须有所限制。功率供给系统变化的五个选择在图 6.29 中示出，并列举如下：

- (1) 安装一个更大功率的交流发电机。
- (2) 发动机功率管理系统。

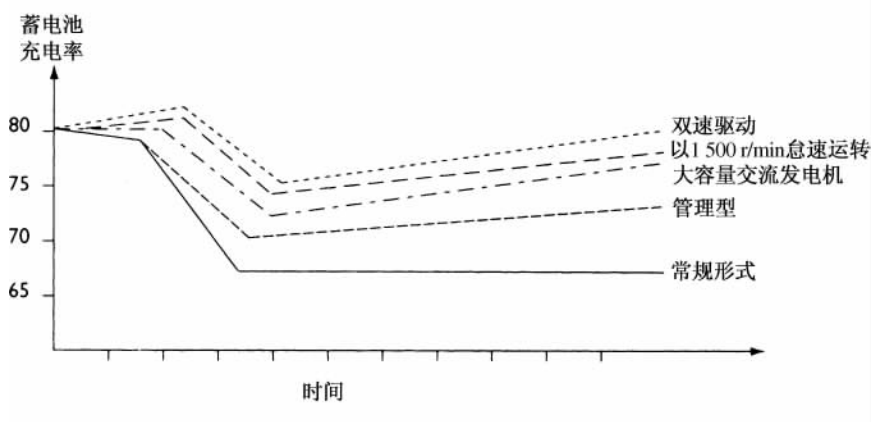


图 6.29 五种不同充电技术

- (3) 二阶段交流发电机机械式驱动或提高交流发电机速度。
- (4) 提高发动机怠速转速。
- (5) 双重电压系统。

上面所列举的五种可能的选择,不管是在技术因素上还是在经济因素上有的有优点,有的没有。我为制造商们预测:更大功率的交流发电机,其运转速度更快,更高电压系统或双重电压系统将是发展的方向。这可能是花费上最有效、技术上最可行的解决方案。

满足大功率要求最简单的方法就是选用一个更大的交流发电机,事实上这是惟一的作为后市场发展的可靠的方法。但是必须记住的是:交流发电机所提供的功率并不是免费的。交流发电机每产生 1 W 的电功率,由于电能转化效率问题,它要从发动机里取用 1.5~2 W 的功率。交流发电机容量的增量与驱动皮带的类型、皮带轮和张紧器有关。

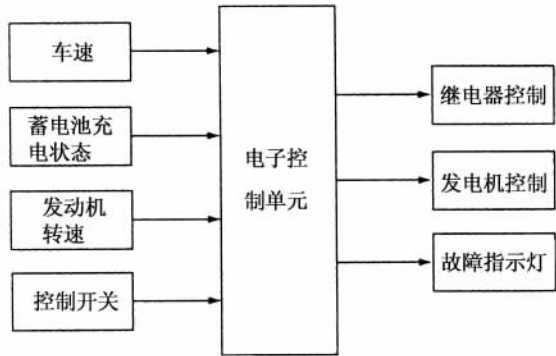


图 6.30 功率管理系统的控制方框图

智能功率管理系统会更加关注经济性,这是因为电子部件变得越来越便宜。当汽车不行驶时,此项技术在前灯和雾灯关闭时工作。这个系统的价格比增加交流发电机尺寸的花费要少。图 6.30 为该系统的工作原理。通过电子电路使用的速度传感器信号被用于给触发器一些延迟,这个延迟可用于切断所选择的照明回路。线路中有一个很重要的控制开关,它是在一些特殊情况下使用的。

在发动机转速低于 1 200 r/min 时,传动比采用 5 : 1,在高速时传动比为 2.5 : 1,这种两速驱动技术可能实现的同时,也给驱动系统附加了更多应用。由于设计上的一些进步,现代生产的交流发电机能够以高达 20 000 r/min 的转速运转。若发动机转速的最大值可认为在 6 000 r/min 时,就可以使用 3.3 : 1 的传动比。即使是在发动机怠速转速低至 700 r/min 时,交流发电机的速度也可快至 2 300 r/min。两速驱动目前仅在原形阶段。

考虑到潜在增加的燃油消耗及排放因素,提高发动机怠速转速也变得不太实际。尽管

它只是一种选择,但它对柴油发动机的汽车很适用。现有的发动机管理系统在功率要求很高的时候接受来自于交流发电机的信息。然后该系统能够提高发动机怠速转速,一方面用来防止停转,另一方面确保交流发电机有一个合适的输出。图 6.31 为该技术的相关电路图。

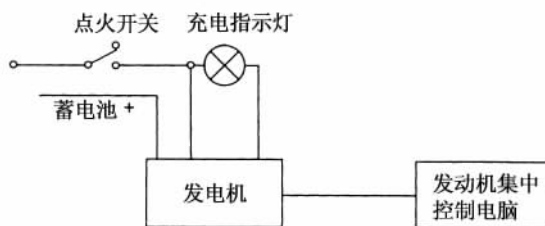


图 6.31 发电机与发动机集中控制电脑之间的连接关系图

双重电压电学系统也正在进行其可行性研究。对于大型汽车,24 V 系统更适用。这主要是由所使用的电线长度决定的。两倍的电压和同样的功率能使得

电流值减半( $W=VA$ )。在更长的电缆上的高电阻与减半的电流值使得电压降变小。由于

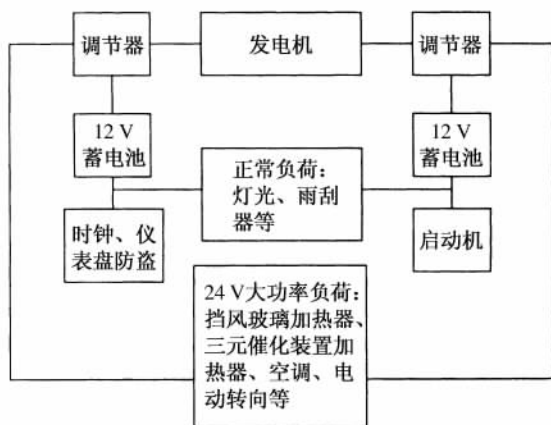


图 6.32 双路功率供给技术

用在载人轿车上的电线装备变得越来越重且难以控制,若供给一个高电压,那么单独电线间的交接部分可能很少。由于重型汽车长时间使用 24 V 电压,大部分的部件(灯泡等)在汽车制造商战略上改变仍然是可靠的。下面要讨论的是使用 3 个汽车通道在 -12 V、0、+12 V 时的技术。大功率负荷时可以连接 -12 V 和 +12 V (24 V),需要用 12 V 的负荷可以选用 -12 V、0 和 0、+12 V,如图 6.32 所示。但是要注意:一些灯泡的使用(例如大功率前灯)是一个问题,这是因为灯泡的灯丝非常细。一些商务汽车(24 V)

就因为这种原因,在实际使用中一般选用 12 V 的汽车前大灯。

## 6.6.2 充电平衡计算

充电系统的充电平衡或能量平衡用于确保交流发电机能够满足所有自身的要求,同时仍然对蓄电池充电。下面的步骤有助于表明需要使用的交流发电机的型号尺寸,及检查安装在汽车上的交流发电机是否合适。

取用已用的例子,用表 6.1~表 6.3 中的数据,计算关于 12 V 电源系统轿车的步骤如下:

- (1) 将所有持续型和延时负荷的功率相加。
- (2) 整个和记为,  $P_1=440\text{ W}$ 。
- (3) 计算 14 V 时的电流,  $I=W/V=31.5\text{ A}$ 。
- (4) 确定间歇性功率值(取系数 0.1),  $P_2=170\text{ W}$ 。
- (5) 总功率,  $P_1+P_2=610\text{ W}$ 。
- (6) 总电流,  $610/14=44\text{ A}$ 。

从总功率要求及蓄电池型号计算得出的技术参数被电子部件生产商采纳并生产出来,

推荐所需要的交流发电机。然而,作为 12 V 轿车,其比率输出应该是整个需求电流的 1.5 倍(在上述例子中,值为  $44 \times 1.5 = 66 \text{ A}$ )。

制造商生产的是标准型号的机型,在上面的例子中就可能意味着需要使用 70 A 型号交流发电机。在拥有大容量蓄电池及启动机的汽车上,例如柴油功率发动机及商务用汽车,就需要更大输出的交流发电机。

最后的检查就是要确保交流发电机在空转时的输出功率足够大,可以提供持续型和延时性负荷所需的功率( $P_1$ ),并且仍能对蓄电池充电。参数 1.5 也应被考虑。在这个例子中,交流发电机在发动机空转时应该能够提供 47 A 的电流。在常规系统中,这关系到 2 000 r/min 的交流发电机速度,这可在交流发电机的特性曲线中得到核实。

### 6.6.3 交流发电机的特性

交流发电机的制造商给他们生产的交流发电机提供了特性曲线。这些特性曲线显示了交流发电机在不同环境下的特性。此曲线绘制了随转速变化的输出电流(在稳定电压下),

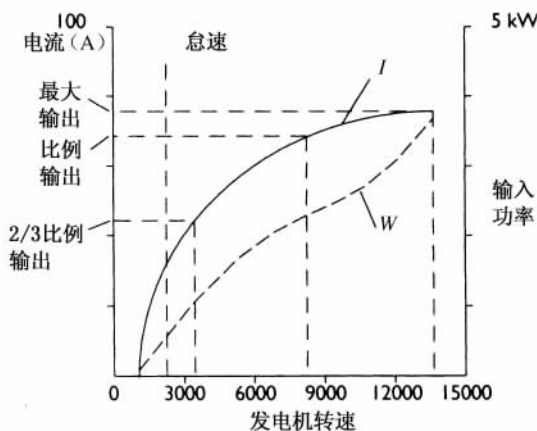


图 6.33 交流发电机的特性曲线

以及随输入转速变化的输入功率的变化规律。图 6.33 为一种典型的交流发电机的特性曲线。

按照习惯,在交流发电机的特性曲线图上标注如下点:

- (1) 超车降挡速度。
- (2) 怠速转速范围。
- (3) 达到 2/3 比率输出时的转速。
- (4) 比率输出转速。
- (5) 最大转速。
- (6) 空转电流输出范围。
- (7) 2/3 比率输出电流。
- (8) 比率输出。

(9) 最大输出。

图表是在特殊情况下绘制的,诸如稳压输出及恒温情况(经常使用  $27^{\circ}\text{C}$ )。在决定特殊应用需要采用的交流发电机的型号时常用这个图表。

功率曲线用来计算传送功率或扭转力给交流发电机所需要的驱动带的尺寸。作为附属物,功率曲线与电流曲线能放在一起使用,用以计算交流发电机的效率。在任意转速下产生最大值的输出,任何交流发电机的效率都可从下列公式中计算得到:

$$\text{效率} = \text{功率输出} / \text{功率输入}$$

上述例子中,在 8 000 r/min 转速下的效率为: 功率输出  $= 14 \text{ V} \times 58 \text{ A} = 812 \text{ W}$ ,  $812 \text{ W} / 4\,000 \text{ W} = 0.203$  或大约为 20%。

最大值输出的 2/3 时的效率: 功率输出  $= 14 \text{ V} \times 38 \text{ A} = 532 \text{ W}$ ,  $532 / 2\,000 = 0.266$  或大约为 27%。

这些数据有助于说明在整个过程中功率损失的多少。这种不经济的主要原因在于

磁铁的损失、铜导线内阻损失、风阻(空气阻力)及机械摩擦损失,这些能量以热的形式损失。

#### 6.6.4 机械及外部考虑

许多轻型汽车的交流发电机都是以相似的方法安装的,它包括一个安装在发动机侧面的枢轴及一个安装在顶部或底部用以调整驱动带张紧力的调整器。现在常用“多 V”形带并由发动机曲轴皮带轮直接驱动。这种类型的驱动带能传送更大的转矩,能在更小直径的皮带轮上工作,比传统“V”形带适应性更强。图 6.34 是关于安装交流发电机的基本参数。

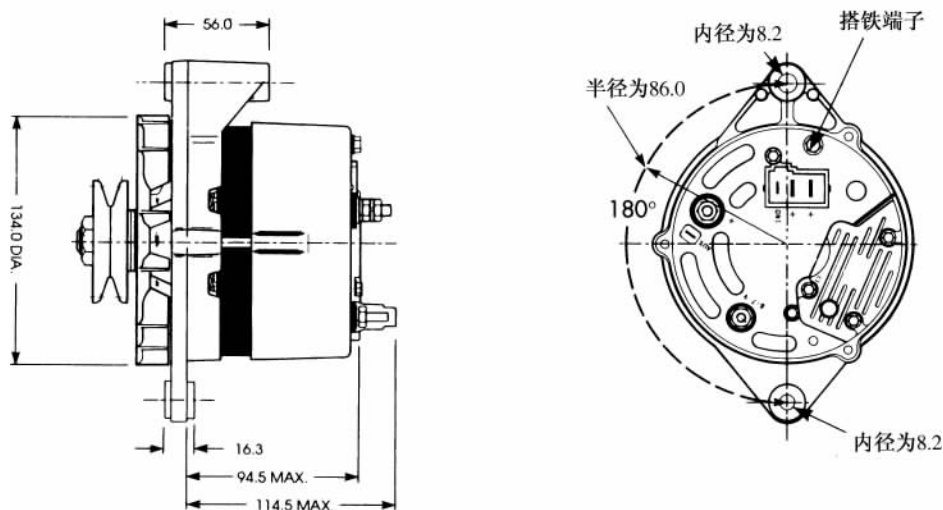


图 6.34 Plus Pac 型交流发电机的外形尺寸(Lucas 汽车公司提供)

曲轴皮带轮与交流发电机皮带轮间的传动比很重要,一个典型的比值是 2.5 : 1。在怠速阶段,交流发电机应该尽可能快地以空载速度运转,但也不要超过交流发电机在发动机最大转速时的最大额定速度。因此理想传动比可通过如下计算得到:

$$\text{最大传动比} = \frac{\text{交流发电机的最大转速}}{\text{发电机最大转速}}$$

例如:  $\frac{15\,000\text{ r/min}}{6\,000\text{ r/min}} = 2.5 : 1$

在设计阶段,交流发电机通常放置到一个由发动机舱内空间中的可利用部分决定的位置上。同时,下列各点也有必要考虑在内:

- (1) 足够的冷却。
- (2) 合适的保护,以防止受污弄脏。
- (3) 调整和维修保养方便。
- (4) 尽可能达到最低限度的震动。
- (5) 皮带张紧力可调。

## 6.7 充电系统的新技术

交流发电机现在已经能够产生出足够的输出功率,用以满足制造商对它们日益增长的要求。需要解决的主要问题是怎样在发动机转速较低时产生高的电压输出。解决此问题的一个方法是改变传动比,但这又是机械上的问题。目前的解决办法趋向于交流发电机可以有更高的最大值转速,这就允许存在一个更大的传动比,以及因此而存在的低发动机转速下的更高转速。

交流发电机的主要设计并不需要根本改变,不断发展的技术可生产出更加高效的交流发电机。

### 6.7.1 水冷式交流发电机

法国法雷奥(Valeo)公司有一项令人感兴趣的技术,即将发动机的冷却液流过发电机以给发电机冷却(图 6.35)。通常用在输出电流为 120~190 A 的交流发电机上。与常规的空气冷却交流发电机相比,水冷式交流发电机具有以下特点:

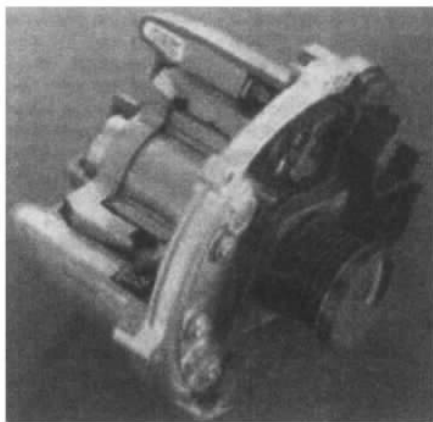


图 6.35 博世公司的水冷式交流发电机

- (1) 效率提高了 10%~25%。
- (2) 发动机怠速转速下输出功率增加。
- (3) 噪声降低 10~12 dB。
- (4) 防止腐蚀(采用全密封)。
- (5) 可在高温环境下工作( $>130^{\circ}\text{C}$ )。

附加的加热部分能被集成在交流发电机上,以形成一个系统。这个系统提供额外的 2~3 kW 能量给冷却液,使发动机在冷启动后能够快速热起来。这有助于降低污染,提高驾驶者的舒适性。

Valeo 公司还推出了一种带“自激”电压调节器的交流发电机。这可以认为是一个独立的功率中心,因为警报灯及其他电缆(非主供给线)能够取消掉。这节约了生产费用,同时确保在发动机怠速转

速下保持输出。

### 6.7.2 集成的交流发电机

一个令人感兴趣的发展是集成型启动机交流发电机减振器(ISAD),详见第 7.7 节。

## 6.8 练习

### 6.8.1 思考题

1. 表述 12 V 蓄电池的理想充电电压。
2. 描述旋转永磁式交流发电机的工作过程。

3. 画出交流发电机的外部电路图。
4. 解释如何及为什么要调节交流发电机的输出电压？
5. Y 形或 $\Delta$ 形定子有何区别？
6. 为什么在 Y 形定子中心附接两个二极管就能够提高交流发电机的输出电压？
7. 绘制交流发电机的特性曲线,将每一部分列在表格中并解释它的用途。
8. 简要介绍电压调节器的工作过程。
9. 解释蓄电池激磁式发电机与机械激磁式发电机的区别。
10. 列举五种充电系统常见故障并指出其故障原因。

### 6.8.2 课程论文

调查研究并测试汽车上充电系统的工作过程。撰写一篇关于改进充电系统措施的报告。



# 7 启动系统

## 7.1 启动系统的要求

### 7.1.1 发动机启动要求

为了使内燃机正常启动并持续运转,下列标准应符合要求:

- (1) 可燃混合气体。
- (2) 压缩行程。
- (3) 点火方式。
- (4) 最小启动转速(大约 100 r/min)。

为了能够实现前三个要求,最小启动速度必须达到要求,这就需要借助于启动机。影响启动机最小启动转速的主要因素如下:

- (1) 启动系统的额定电压。
- (2) 能够启动发动机的最低温度,即极限启动温度。
- (3) 发动机的曲轴阻力,即发动机在极限启动温度下曲轴所需的转矩。
- (4) 蓄电池的特性。

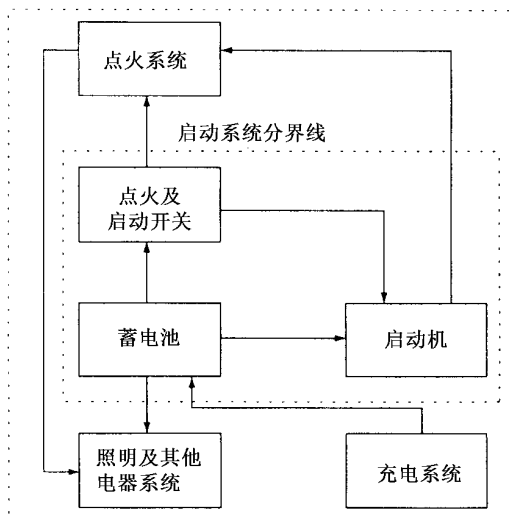


图 7.1 作为整个电气系统一部分的启动系统

- (5) 在蓄电池和启动机之间的电压降。

- (6) 启动机与飞轮齿圈齿轮之间的传动比。

- (7) 启动机的特性。

- (8) 发动机在极限启动温度时的最低曲轴转速。

在汽车电气系统中,我们不可能把启动机看成一个独立的系统(图 7.1),这是因为启动系统还与汽车上其他许多系统有关系。其中,蓄电池最为重要。

另一个对发动机启动要求最为重要的因素是极限启动温度,随着启动温度的上升,启动机的转矩不断下降,发动机在最小转速下所需的转矩是不断升高的(图 7.2)。最低极限温度因汽车不同而各异,轿车为  $-25 \sim -18^{\circ}\text{C}$ ,卡车及公共汽车为  $-20 \sim$

$-15^{\circ}\text{C}$ ,而启动机制造商建议在  $-20 \sim +20^{\circ}\text{C}$  之间。

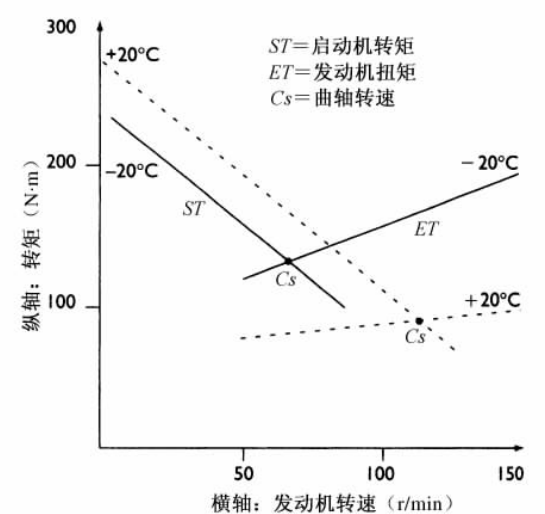


图 7.2 启动机转矩及发动机曲轴转矩特性曲线

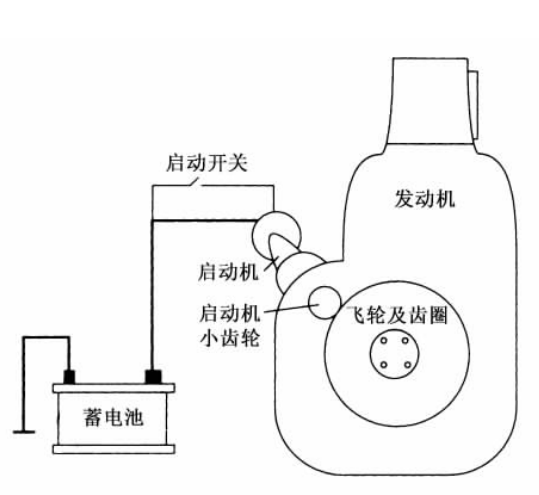


图 7.3 启动系统组成示意图

7.1.2 启动系统设计

汽车的启动系统除满足上述八点要求外,还应满足以下几点要求:

- (1) 寿命长及维修方便。
- (2) 能长时间工作。
- (3) 工作可靠,能经受住启动、振动、腐蚀及温度等因素的影响。
- (4) 结构紧凑、重量轻。

图 7.3 为启动系统基本组成示意图。由于发动机的设计与型号各异,所以不同类型发动机启动时的最小曲轴转速是不同的。部分典型的发动机最小曲轴转速如表 7.1 所示。此表中的数据是在 -20℃ 时测得的。

表 7.1 不同类型发动机启动时所需的最小曲轴转速

| 发 动 机 类 型 | 最小曲轴转速/(r/min) |
|-----------|----------------|
| 往复点燃式发动机  | 60~90          |
| 转子点燃式发动机  | 150~180        |
| 带加热塞的柴油机  | 60~140         |
| 无加热塞的柴油机  | 100~200        |

轿车启动系统的额定电压几乎均为 12 V。卡车和公共汽车一般是 24 V,它们可以只使用一半的电流就能与 12 V 系统产生的功率相同。这样也可以减少线路中的电压降,这是因为商用汽车上的电线长度要比轿车的长得多。

启动机的额定输出可以在测试台上确定。将供给后启动机的最大容量蓄电池用阻值为 1 mΩ 的电线接到启动机上,该蓄电池在 -20℃ 时有 20% 的容量降。这些规定能够确保启动机在最不利的环境下仍然能够启动。启动机的实际输出可以在典型工作环境下测知。后

动机的额定功率是从蓄电池中获得的,应有少量的铜损(由于电路中的电阻)、铁损(由于电机中铁会生成涡流电流)及机械摩擦损失。

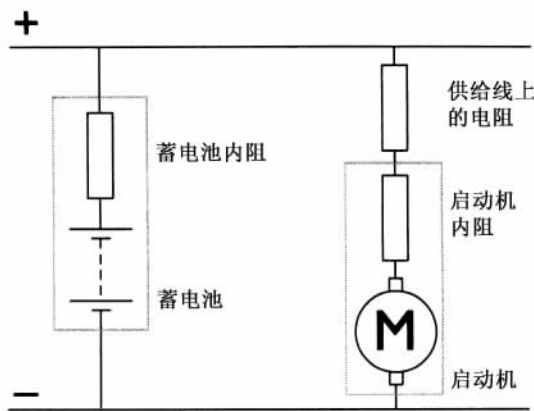


图 7.4 启动系统的等价电路

图 7.4 为启动机及蓄电池的等价电路。从图中我们可以看出启动机的输出是怎样受到线路电阻及蓄电池的内阻所影响的。其总电阻越小,启动机输出功率将会越大。

在设计启动系统时还要考虑另外两点:一是蓄电池位置。启动机的安装位置通常是预先设计好的,这就需要考虑蓄电池的位置。若蓄电池非常靠近启动机,电线就会变得很短,距离越远就意味着需要更大的接头来确保电阻小一点。二是密封问题。启动机需要专门的密封装置来阻止

污染物进入,尤其是越野汽车更应注意。

7.1.3 启动机的选择

启动机必须满足前面所讨论过的各项规定。从图 7.2 中可以得知启动机的转矩(图中的数据为在最小曲轴转速下测得的发动机曲轴转矩)。

启动机的制造商以特性曲线的形式提供数据,这在下一节将会进一步讨论。这些数据显示了启动机在+20℃和-20℃时的转矩、转速、功率及电流等的消耗量。在-20℃时,发动机的功率输出最大。

图 7.5 为启动机所需功率输出与发动机的型号之间的关系。

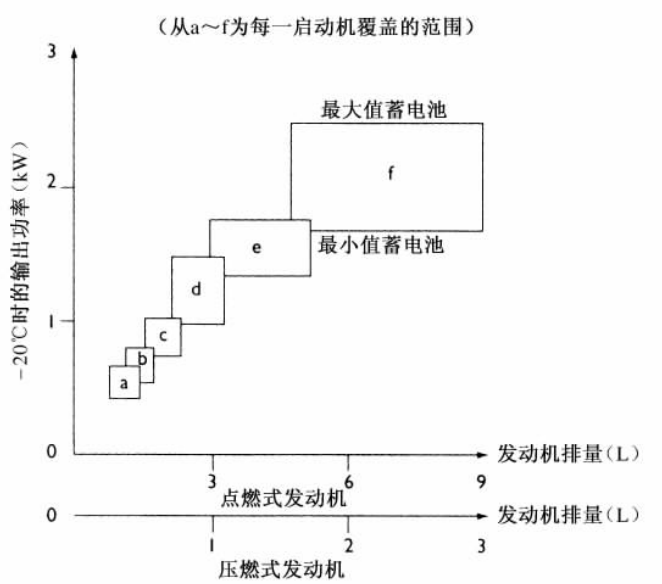


图 7.5 启动机所需的功率与发动机型号之间的关系

在极限启动温度下,发动机每升排量所需的启动转矩如表 7.2 所示。

表 7.2 各发动机所需的启动转矩

| 发动机缸数 | 每升排量所需的转矩/N·m | 发动机缸数 | 每升排量所需的转矩/N·m |
|-------|---------------|-------|---------------|
| 2     | 12.5          | 8     | 6.0           |
| 4     | 8.0           | 12    | 5.5           |
| 6     | 6.5           |       |               |

汽缸数越少的发动机需要越大的启动转矩,这是因为每一汽缸活塞直径较大,所需启动转矩的峰值就越大。另一个与启动转矩有关的主要因素是压缩比。

要说明转矩和功率间的联系,我们可以假设:在最差环境下(−20℃),四缸排量为 2 升发动机需要 480 N·m 的转矩来克服静摩擦阻力,用 160 N·m 的转矩来维持最小曲轴转速(100 r/min)。由于启动机小齿轮与飞轮齿圈齿轮的传动比为 10 : 1,所以发动机必须要能够产生一个 48 N·m 的最大静态转矩和一个 16 N·m 的驱动力矩。通常启动机的静态启动转矩是驱动转矩的 3~4 倍。

将转矩转换为功率,计算公式如下:

$$P = T\omega$$

式中, P 为功率; T 为转矩; ω 为角速度。

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

式中, n 为转速。

在这个例子中,若转速为 1 000 r/min,则在 16 N·m 的转矩下产生的功率是 1 680 W。查阅图 7.5,理想的选择显然是标注为 e 的启动机。

推荐使用额定容量为 55 A·h、冷启动电流为 255 A 的蓄电池。

7.2 启动机及其电路

7.2.1 启动系统电路

与现代汽车上大部分的其他电路相比,启动机电路非常简单,需要解决的问题是主供给线上的电压降。启动机通常由一个弹簧负荷的点火开关控制,用同样的开关也能够实现对点火及附属电器设备的控制。从点火开关传来的电流,经过启动继电器,使启动机的电磁线圈得到控制,电磁线圈再通过触点来实现对大电流的控制。有些时候在启动机电磁线圈上附加一个接线端,这样也能在曲轴旋转时提供一个输出,此输出通常不经过点火系及燃油泵电路中的压降电阻。启动系的基本电路如图 7.6 所示。

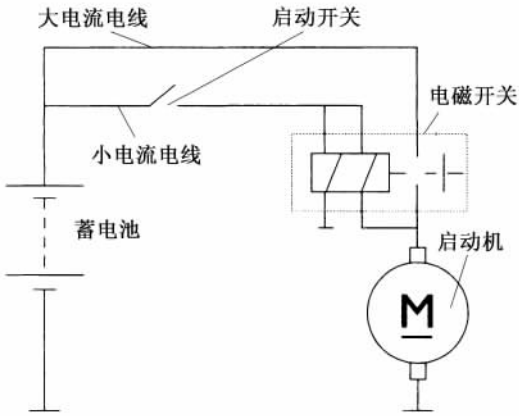


图 7.6 基本的启动电路

由于启动机所需的大电流产生了主供给电路中的电压降问题，尤其是在不利的启动环境下，例如极低的温度条件下。

带动轻型汽车发动机曲轴旋转所需电流通常是 150 A，但在提供失速转矩时，它可能超过 500 A 的峰值。在工作过程中，蓄电池及启动机间的电压降一般最大只允许到 0.5 V。由欧姆法则计算得出：在使用 12 V 电源时，允许电路的最大内阻为 2.5 mΩ，这是最糟糕的事情。在很多时候，往往要求电路的内阻要很小，因

此选择合适的导线非常重要。

7.2.2 工作原理

对任意电动机的简单定义是：一个将电能转化为机械能的装置。启动机当然也不例外。当电流流过磁场中的导体时，就会有电磁力作用在导体上，力的大小与磁场强度、磁场中导体的长度及流经导体的电流三个因素成正比。

在任何直流电动机中，单根导线是没有实际作用的，所以导线通常被塑成一个或多个环来形成电枢线圈。多环整流器通过电刷与触点传递电流。

导线上的力是由于主磁场与导体周围的磁场的相互作用形成的。在轻型汽车启动机上，主磁场是通过大负荷串联线圈缠绕在马蹄铁上而形成的。由于磁技术的发展，更小、更轻构造的永磁铁磁场正逐渐取代由电线绕成的磁场。在电枢线圈中导线周围产生的磁场强度由流过导体的电流决定。直流电动机的原理如图 7.7 所示。

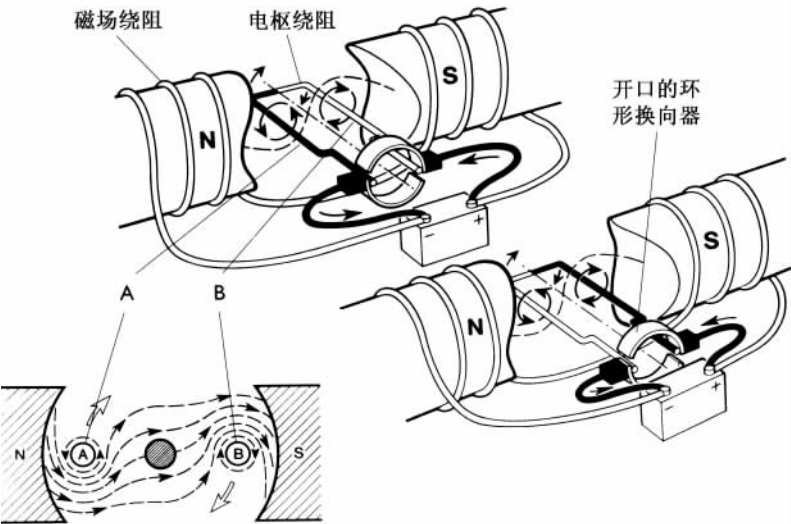


图 7.7 直流电动机的工作原理

大部分的启动机设计成 4 个电极、4 个电刷系统。用 4 个磁极将磁场集中在 4 个区域，如图 7.8 所示。目前产生磁场的方式主要有三种：永磁铁、串联磁场线圈及并联磁场线圈。

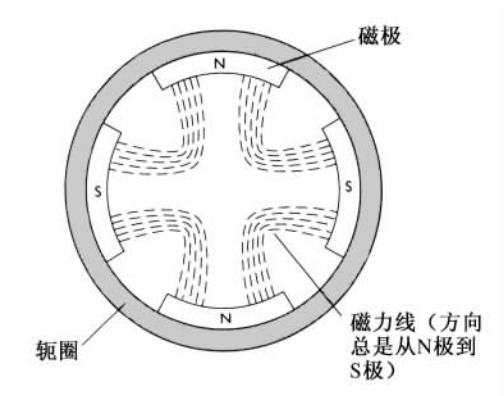


图 7.8 4 极磁场

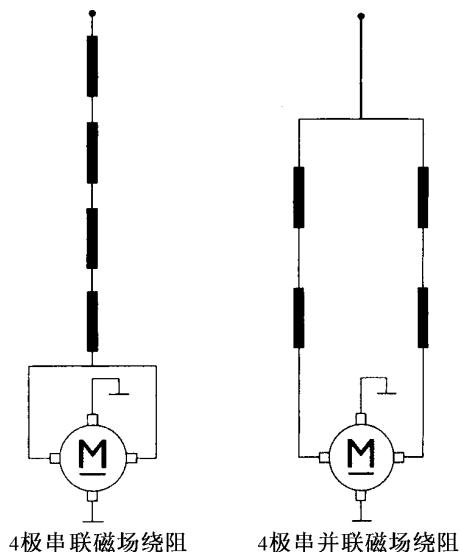


图 7.9 启动机内部电路

图 7.9 为磁场线圈的两种接线方法。串并联磁场的内阻较低，故而可以增加电流及电动机的转矩。4 个电刷用来传送大电流，它是由铜和碳混合制成的，大部分电动机和发电机的电刷均是这样。电刷中含铜量较高，从而有助于减小电能的损失。图 7.10 为带电刷的磁场线圈绕组，左侧的绕组为波型绕法。

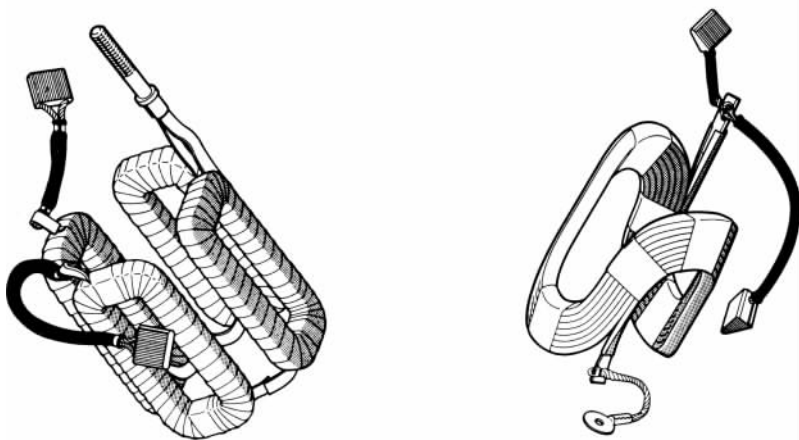


图 7.10 典型的磁场线圈及电刷

电枢转子包括一个铜制整流器及大负荷铜绕组。电动机电枢上的绕线方式大体上可分为两种：圈型绕法和波型绕法。图 7.11 为两种绕线方式的区别。启动机常使用波型绕组技术，这是因为它能给 4 极系统提供最合适的转矩及速度特性。

启动机必须接合及分离汽车飞轮齿圈齿轮。在轻型汽车启动机上，这可以通过惯性啮

合或预啮合来实现,这些都将在后面讨论。

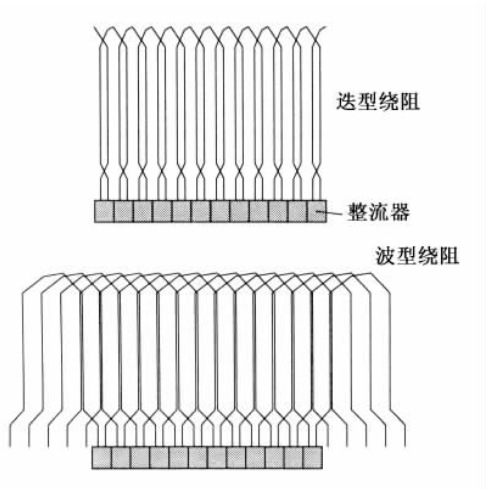


图 7.11 典型的迭型及波型电枢电路

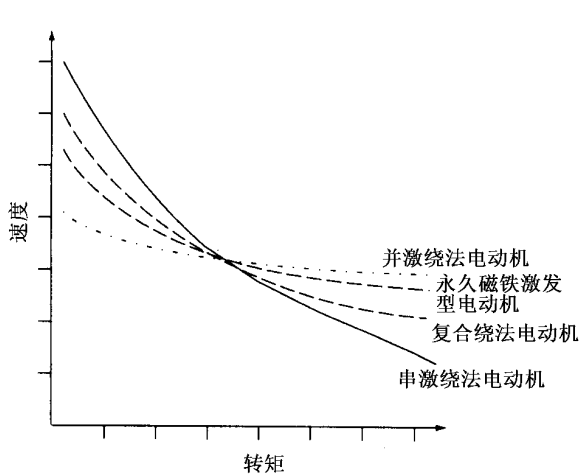


图 7.12 直流电动机的速度及转矩特性

7.2.3 直流电动机的特性

以目前的技术,设计具有专用特性的电动机是可能的。几种直流电动机的速度-转矩特性如图 7.12 所示。这四种主要类型直流电动机分别是:并激绕法、串激绕法、复合绕法及永磁铁激发型。

在并激绕法电动机中,磁场绕组与电枢是并行连接的,如图 7.13 所示。由于磁场恒量激发,电动机的速度也保持不变,事实上它不依赖于转矩。

并激绕法直流电动机

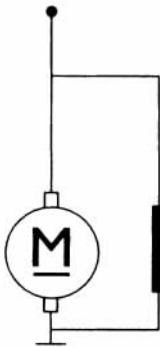


图 7.13 并激绕法电动机(并行绕线)

串激型直流电动机



图 7.14 串激绕法电动机

串激绕法的电动机是将磁场与电枢串联连接。由于这种接法,电枢电流通过磁场,使得较重的电线只需少量几个回路就可以满足磁力线的需要了。当电动机在大的初始电流下启动时,由于电阻小,又没有 EMF 反馈,就产生了非常强的磁场,从而产生很大的初始转矩。这个特性使得串激绕法电动机成为非常理想的启动机。图 7.14 为串激绕法电动机。

复合型电动机如图 7.15 所示,是并联绕法与串联绕法电动机的结合物。因磁场中线圈

的连接方式不同,最后表现的特性也会不同。常变量是并联绕法接线点的位置,或者是通过电枢,或者是通过电枢及串联绕组的。大型启动机常采用复合型绕组,能够在两种环境下使用。一种是包括与电枢相串联的并联线圈,这种非常规连接方式由于并联线圈的阻力而允许使用较小的转矩。当启动机的小齿轮与飞轮齿圈齿轮完全啮合时,主电源通过串接线圈及电枢输入,产生满负荷转矩。这时并联线圈将被并行连接,并用这种方式来限制电动机的最大转速。

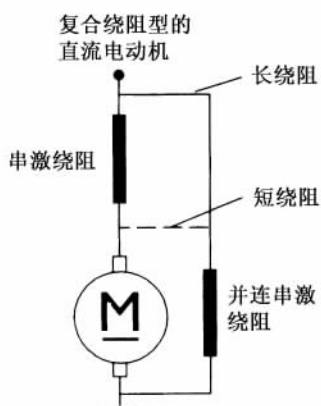


图 7.15 复合绕阻型电动机

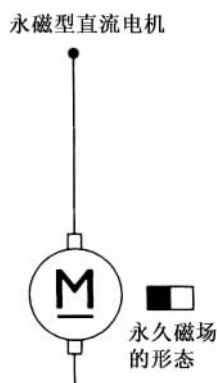


图 7.16 永磁电机

永磁铁型电动机与其他三种相比,外形尺寸小、结构简单。磁场的激发,顾名思义,是通过永久磁铁产生的。在所有的工作环境下,这种激发是恒量激发。图 7.16 所示为此类型电动机的示意图。

这种类型电动机的特征与并激绕组型电动机在广义上是相似的。但是当其中的一种作为启动机使用,那么蓄电池中的电压降就易使电动机的运转相似于串联绕组型电动机。然而,在一些情况下,通过在启动机上使用中间传送齿轮箱,高速度及低转矩的特征会得到进一步体现。

专用启动机的性能以特性曲线的形式给出。图 7.17 所示为典型轻型汽车启动机的特性曲线。

从图中可以看出电动机转速随负荷变化的规律。当负荷为 0 时,会出现极高的转速,使电动机极有可能损坏。无负荷时,作用在电枢上的巨大离心力也会损坏绕组。值得注意的是:此种电动机的最大功率是在中间范围的转速时出现的,而最大的转矩则是转速为 0 时出现的。

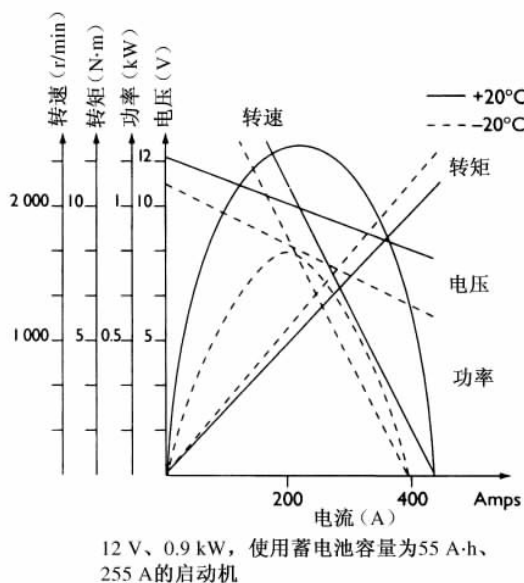


图 7.17 启动机的特性曲线



## 7.3 启动机的类型

### 7.3.1 惯性啮合式启动机

在所有的汽车应用中,必须要在启动阶段将启动机连接到发动机飞轮齿圈齿轮上,以便启动发动机,但若啮合不能及时分离,启动机会由于发动机转速过高而在瞬间损坏启动机。

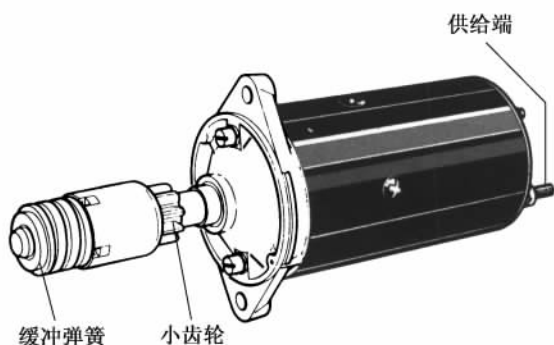


图 7.18 惯性啮合式启动机

虽然惯性啮合式启动机的技术已经使用了近 80 多年,发展已非常成熟,但现在却应用得越来越少。图 7.18 所示的 Lucas M35J 型惯性启动机是一个 4 极、4 电刷启动机,通常在中小型汽油发动机汽车上使用。当电流为 350 A 时能够产生  $9.6 \text{ N} \cdot \text{m}$  转矩。M35J 启动机采用一个面型稳流器及轴线上的电刷齿轮。磁场是波形绕组型的,并以启动机轭圈搭铁的形式连接。

启动机通过小齿轮与飞轮齿圈齿轮一同啮合工作。小齿轮及夹在电枢轴上的套子在启动机运行时被一个远程继电器控制,电枢转子会使得套管在小齿轮内转动。小齿轮由于惯性仍保持转动,且由于它内部的螺旋套在旋转,小齿轮就会移出,与飞轮齿圈齿轮相啮合。

当发动机启动后并在自身的功率下运转时,小齿轮的转速比电枢转子要高得多。这时小齿轮沿螺旋回到套管,与飞轮脱离开来。主弹簧在小齿轮首先接收驱动力矩时作为缓冲器,在小齿轮与发动机脱离啮合时也作为缓冲器使用。

这种类型启动机存在的主要问题之一是齿轮工作时的撞击性。这易使小齿轮和飞轮齿圈齿轮急剧磨损。在一些应用中,小齿轮在曲轴旋转时易从啮合中脱落,但并不会完全脱落。小齿轮也易于被黏住,这主要是因为来自离合器的灰尘污染,灰尘又常与齿轮机构中的机油混合,使得更多的灰尘被吸附,直至正常的工作受阻。

预啮合式启动机在很大程度上解决了这些问题。

### 7.3.2 预啮合式启动机

预啮合式启动机如今在大部分汽车上使用。启动机小齿轮与飞轮齿圈齿轮常啮合,当小齿轮全啮合时才传递动力。它们能够通过线圈的作用将小齿轮固定在啮合状态并防止剧烈地撞击。在这种启动机中,小齿轮与一单向离合器相连,从而可以防止发动机反过来驱动启动机。图 7.19 是 Bosch EF 型启动机,它属于预啮合式启动机。

图 7.20 为与该类型启动机相关联的电路图。启动机的基本工作过程如下所述:当保持开关闭合时,在线圈终端 50 处就会有一个电压,这使得两个线圈绕组(保持线圈和吸拉线圈)被磁化。值得注意的是:由于吸拉线圈的电阻很小,通过它的电流很大。这个线圈是与电动机电路串联的,在电流的作用下,电动机会缓慢旋转,以方便接合。与此同时,在线圈中产生的磁场使电路触点吸合,将小齿轮推入并与飞轮齿圈齿轮啮合。当小齿轮与柱塞全啮

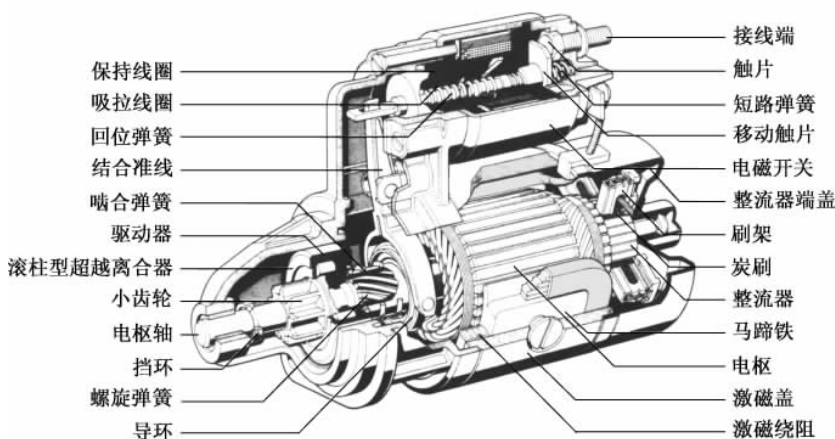


图 7.19 预啮合式启动机

合,即在导程的终端时,大负荷的铜触片闭合。这些触片为启动机的主电路供给蓄电池的满额功率。当主触片闭合时,吸拉线圈由于两端相同的电压供给而被短路。保持线圈持续地将柱塞吸附在指定位置,直到线圈在开关处的电源被切断为止。

当发动机启动后,松开钥匙时,启动机主电路就被切断了,柱塞及小齿轮在弹簧力的作用下回到它们的起始位置。装在柱塞上的回位弹簧确保了主接触片在小齿轮从啮合态撤回之前打开。

在接合时,若小齿轮的齿与飞轮的齿相触(齿座与齿座),由于压缩弹簧受压,主触片就会闭合。此时,电动机在电源的支持下旋转,小齿轮也将滑到啮合态。

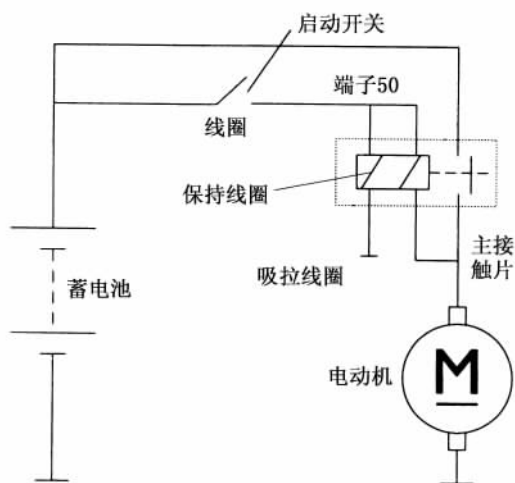


图 7.20 启动电路

图 7.21 为单向离合器的截面图。由启动机产生的扭转力通过离合器传送到飞轮齿圈

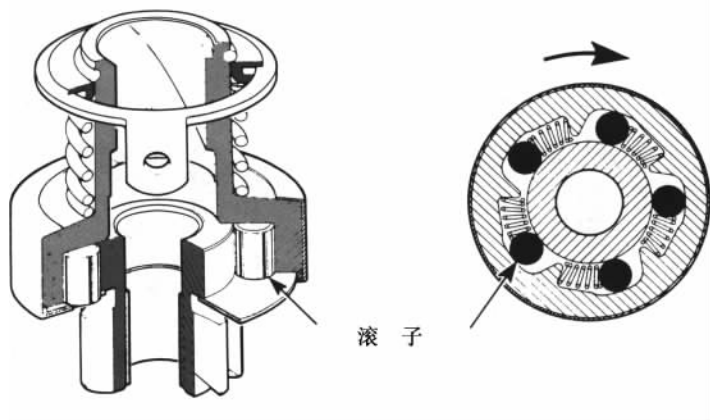


图 7.21 单向离合器构造

齿轮上。使用这个单向离合器的目的是为了防止启动机在发动机启动后,小齿轮处于啮合状态时过大的速度驱动。离合器的驱动与被驱动部分之间有许多滚柱。滚柱是用弹簧作为负荷的,并通过压缩弹簧将两者楔形锁住,或在相反的方向上单向离合。

虽然预啮合式启动机有许多变型,但它们的工作过程与上述基本相似。电动机绕组磁场的类型已在很大程度上由永磁铁型取代。

### 7.3.3 永磁铁型启动机

永磁铁型启动机在 20 世纪 80 年代后期开始在汽车上出现。那些电动机与传统的相比主要有两个优点:一是它比较轻,二是它比较小。这些优点使得永磁铁型启动机受到很多汽车制造商的青睐。它的使用还能更好地迎合现代汽车的车高变低、发动机电子系统占用的空间减小的趋势,不但如此,还能使汽车的重量降低而有助于减少燃油的消耗。

当前可利用的标准永磁铁型启动机适合于使用在点燃式、排量达 2 L 的发动机上,功率为 1 kW 左右。图 7.22 为典型的 Lucas Model M78R/M80R 型启动机。

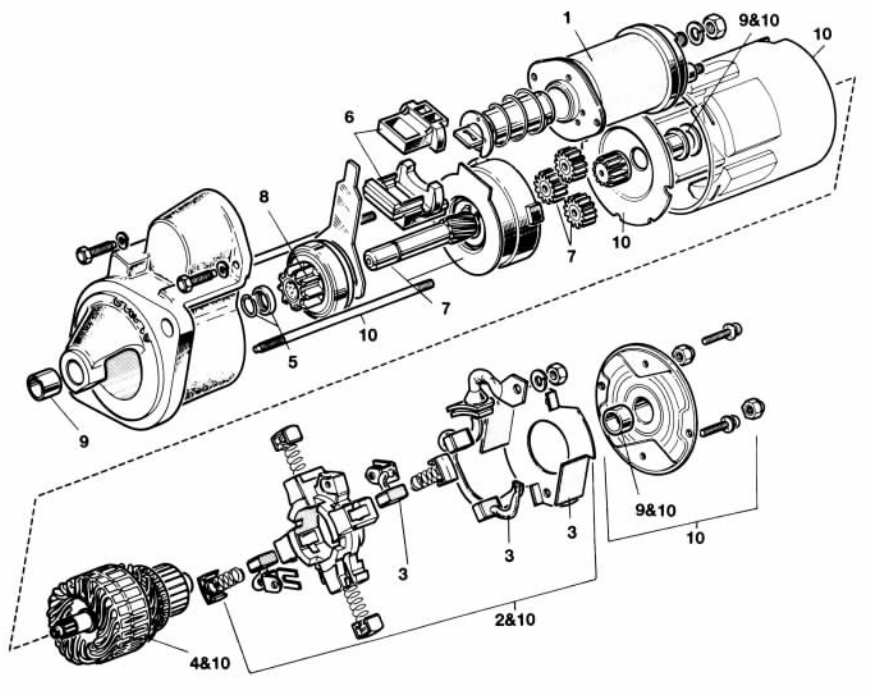


图 7.22 Lucas M78R/M80R 型启动机

1. 线圈; 2. 电刷盒组件; 3. 电刷配套元件; 4. 电枢; 5. 紧固元件; 6. 枢轴及绝缘元件;  
7. 驱动轴及轴承托架组合配套元件; 8. 驱动组件; 9. 轴套; 10. 电动机总成、驱动轴杂件

其工作原理在很大程度上与传统的预啮合式电动机相似。它们的主要区别在于永磁铁型启动机用高质量永磁马蹄形铁替代了激场线圈。这样可使启动机的重量下降 15% 左右, 轭圈的直径也可以根据需要得到降低。

永磁铁采用了恒定的激发方式,它也可以使速度及转矩特性保持恒定。然而,由于负荷的电压降及电枢线圈中的低电阻,其特性可与串联绕组电动机的相类似。有时,在其主磁极间使用磁通片或附加极。另外,由于磁场的影响,永磁铁型电动机的特性曲线与串联型电动

机非常相似。

目前,制造商们在电刷的构造上也有所改进。铜和石墨的混合气得到了应用,电刷通常由两部分构成:一部分为功率区域,铜含量较高;另一部分为整流区域,石墨含量较高。这样做能提高电动机的寿命,同时也可以减小电压降。图 7.23 为三种现代永磁铁型启动机(PM)。

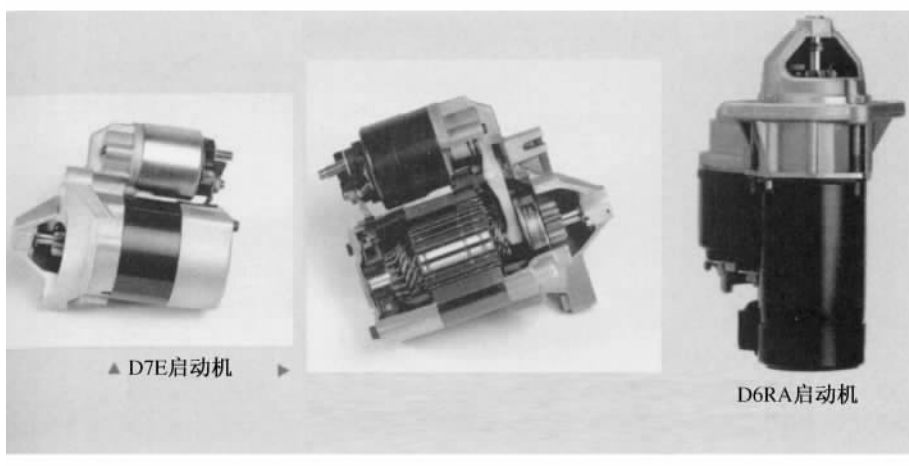


图 7.23 现代永磁铁型启动机

带中间传动减速机构的永磁铁型启动机已经得到了一定的发展,实现了大功率输出。由于齿轮的减少,在仍提供转矩的情况下,电枢会以更高、更有效率的速度旋转。中间传送型永磁铁启动机在功率输出为 1.7 kW 时仍然能正常工作,且适用于排量高达 3 L 的点燃式发动机,同时也适用于高达 1.6 L 排量的压燃式发动机。另外,这种类型的启动机可以减少高达 40% 的重量。它的工作原理与传统的预啮合式启动机相类似。其构造如图 7.24 所示,它是一种行星齿轮式电动机。

太阳轮装在电枢轴上,由行星架驱动小齿轮。环状齿轮或内齿圈保持啮合的同时也起到中间轴承的作用。齿轮的排列使传动比有一定的下降,大约为 5:1。这可由下列公式计算得出:

$$\text{传动比} = \frac{A}{S}$$

式中,  $A$  为内齿圈的齿数;  $S$  为太阳轮的齿数。

有些类型的内齿圈齿轮是用高级聚酰胺复合物制成的,这种材料带有矿物添加剂,它有很高的强度与很好的抗磨损性能。太阳轮与行星轮均由普通钢制成,这种复合物材料可以降低工作时的噪声,但却可使效率提高。图 7.25 为中间传动的 PM 启动机及其电路与操作。

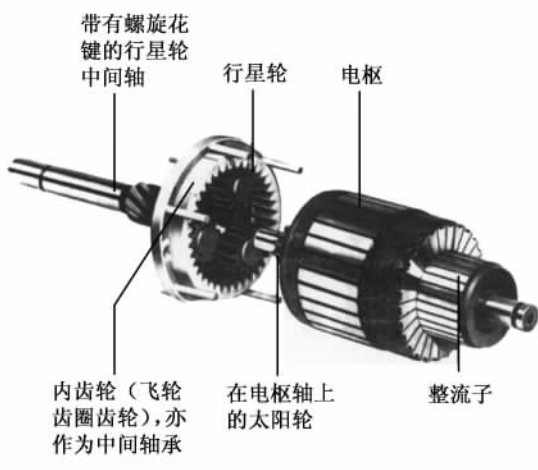


图 7.24 中间传动型启动机

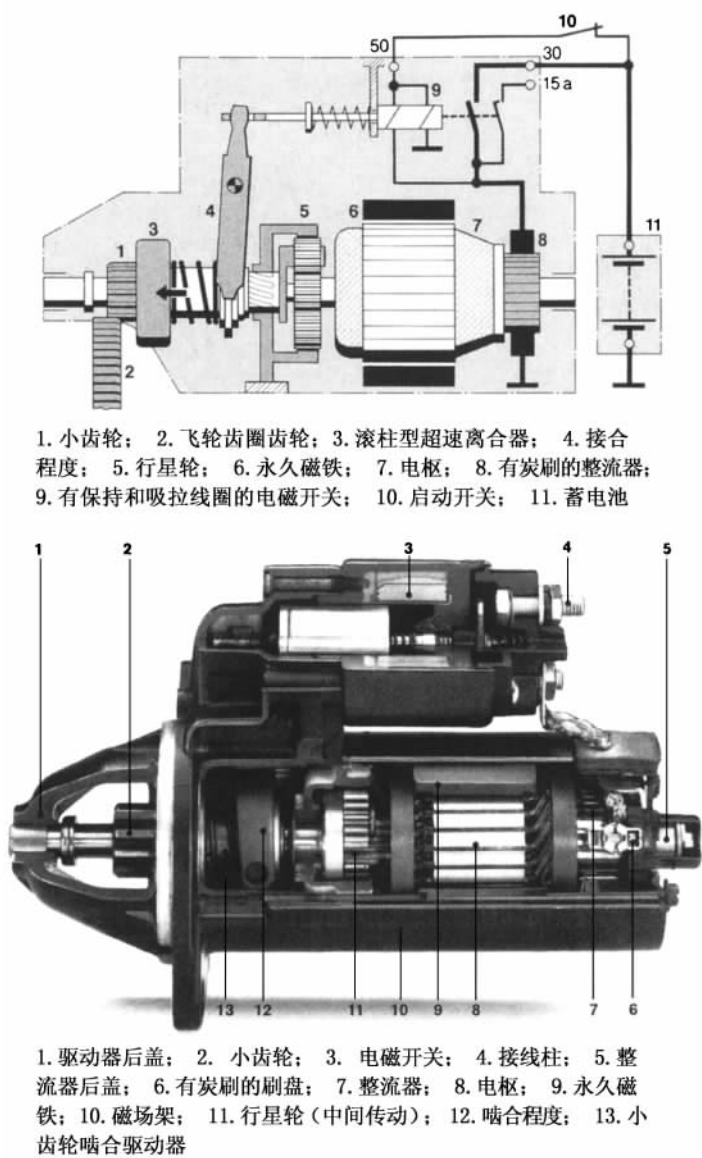


图 7.25 预啮合式启动机(博世)

7.3.4 重型汽车启动机

本书的主题基本上是汽车的电子设备方面的。这一节是随兴趣而编的,在这里一些关于重型汽车启动机的细节有必要阐述一下。

大负荷启动机的类型会因其所应用的场合的不同而有所不同,它们的应用场合很多,因此其类型也有很多种。在特殊情况下甚至会使用到高达 110 V 的电压,有时还把两个启动机并行连接起来,以提供所需的大功率和大转矩。

大负荷汽车的电源电压一般为 24 V,启动机的选择范围较广。有时只是对前面所讨论过的大而重荷的预啮合式启动机进行一下简化。如图 7.26 所示,Delco-Remy 42 - MT 就

是这种启动机,它也需要安装一个热绝缘器,以防止在曲轴旋转中出现过热损伤。其额定功率为 8.5 kW,在转速为 1 000 r/min 时能够产生超过 80 N·m 转矩。

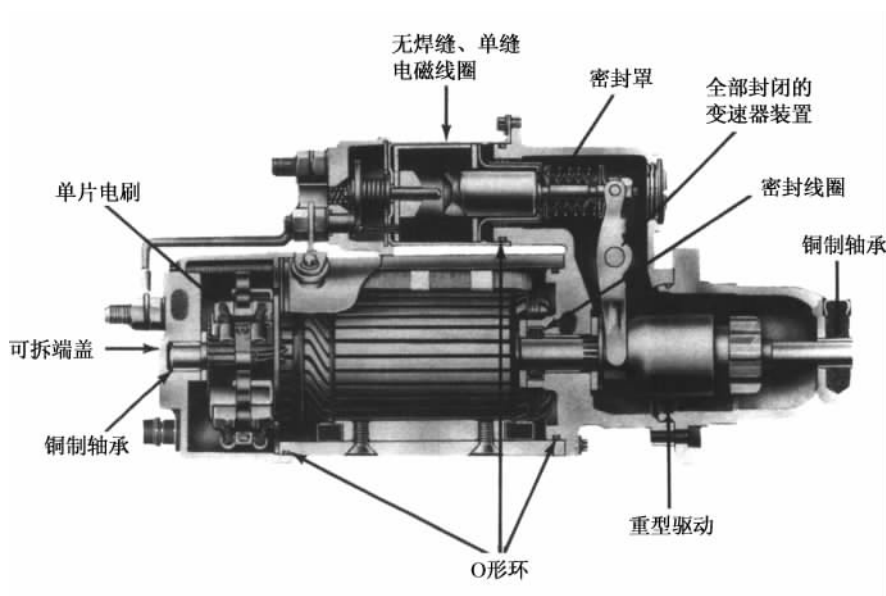


图 7.26 Delco-Remy 42-MT 启动机

小齿轮啮合的其他方法包括:通过一个中空的电枢用一根拉杆推动小齿轮或使整个电枢滑行。具体过程是通过电枢中心,借助于拉杆使用电磁线圈来推动小齿轮,使之进入啮合状态。

滑移电枢类型的启动机将磁场绕组从电枢主体向前放置,使得电枢向前时电源就接通。齿轮进入啮合状态时,行程杠杆装置只允许电动机在满额功率下工作。

### 7.3.5 启动机的安装

通常启动机水平安装在发动机曲轴箱一侧,这个位置使得驱动小齿轮与飞轮或驱动盘飞轮齿圈能够正确啮合。

启动机的安装方式有两种:法兰安装或吊架安装。在中小型汽车上使用得最普遍的是法兰安装,有时,它并入启动机后部的支撑架中,从而可以减小震动。大型汽车启动机一般是吊架安装,但有时也使用法兰安装方式,此时一般至少要安装 3 个大螺栓。在上述两种情况下,启动机必须要有一些引导机构,常常是装在驱动后支架上的一个环,以确保相对于飞轮齿圈齿轮的位置正确,从而也确保了合适的齿轮间隙及啮合间隙。图 7.27 为大部分轻型汽车启动机所使用的法兰安装方式。

很明显,汽车蓄电池上的主要负荷是启动机,

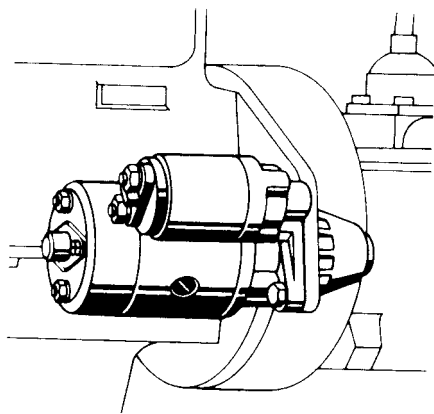


图 7.27 用在大部分轻型汽车启动机上的法兰安装方式

这在所需电线的型号上也可以反映出来。任何有电流通过的电线都会出现功率损耗的现象,称为 $I^2R$ 损失。为了减少这个损失,电流或电阻必须减少。使用这种启动机,大电流是惟一的产生大转矩的方法,因此,我们只能在电阻方面想办法了。我们可以使用大截面积的导体来减小线路的电阻,从而降低电压降和功率损失。电路允许的最大电压降为:12 V 系统上是 0.5 V,24 V 系统上是 1 V。典型汽车启动机的短路(内部的)电流是 500 A,在大负荷车辆中电流可达到 3 000 A。

启动系统通常是由弹簧负荷的点火开关控制的。这个开关可以控制通过启动机电磁线圈的电流(通常情况还经过继电器)。在配有自动变速器的汽车上,用于防止发动机由齿轮启动的抑制开关也能切断此电路。

柴油发动机汽车在启动机电路及电热塞电路间有一个连接,这就是时间继电器。在有些汽车上,电热塞由在启动位前的开关位激活。

### 7.3.6 小结

用电动机启动汽车发动机的原理在过去的 80 多年中改进很少。当然,这些电动机已变得更为可靠,使用寿命也更长。在这里关注一下这条让人感兴趣的消息:假设按里程取平均值,现代启动机在城市交通中一年大概要使用 2 000 次!这说明通过许多年的研究和发展,发动机的可靠性已经非常高了。

## 7.4 典型实例

### 7.4.1 福特(Ford)公司的启动机

图 7.28 为安装手动或自动变速器汽车的启动电路。当自动变速器处于“停车挡”或“空挡”时,抑制电路将只允许启动机工作。与手动变速器相类似,启动机仅在离合器踏板踩下时才会工作。

启动机继电器绕组是由钥匙开关提供刚性连接的。搭铁电路通过合适的抑制开关连接。当发动机在运转时为了防止启动机工作,PCM 控制了继电器的最终搭铁路径。

通过继电器绕组安装的内阻减少了逆行电动势(EMF)。在目前的使用中,启动机是按标准预啮合式的永磁电动机。

### 7.4.2 丰田(Toyota)公司的启动机

图 7.29 所示的启动机已经使用了多年,但由于其不寻常的设计,本书仍然将其收录在内。主动小齿轮已经融进普通的离合器总成,但通常偏置到电枢一边。到小齿轮的动力是通过一个齿轮传递的,传动比为 3:1。惰齿轮保证了小齿轮与电枢的旋转方向一致。

在电枢及小齿轮的端部都有球轴承。惰齿轮包括一个滚子轴承。电磁线圈作用在弹簧及钢球上,用来将小齿轮推入啮合状态。

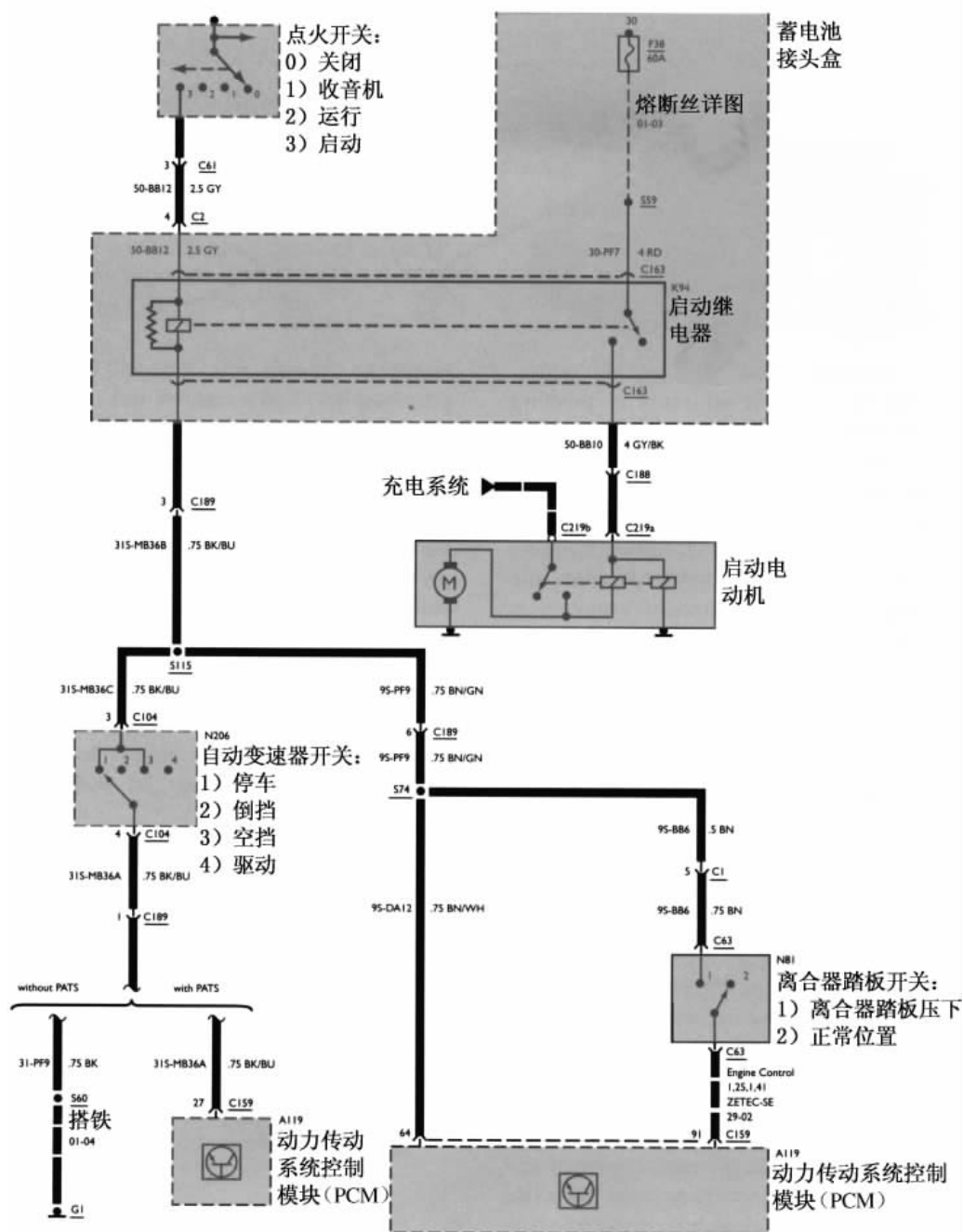


图 7.28 福特车型中使用的启动机电路



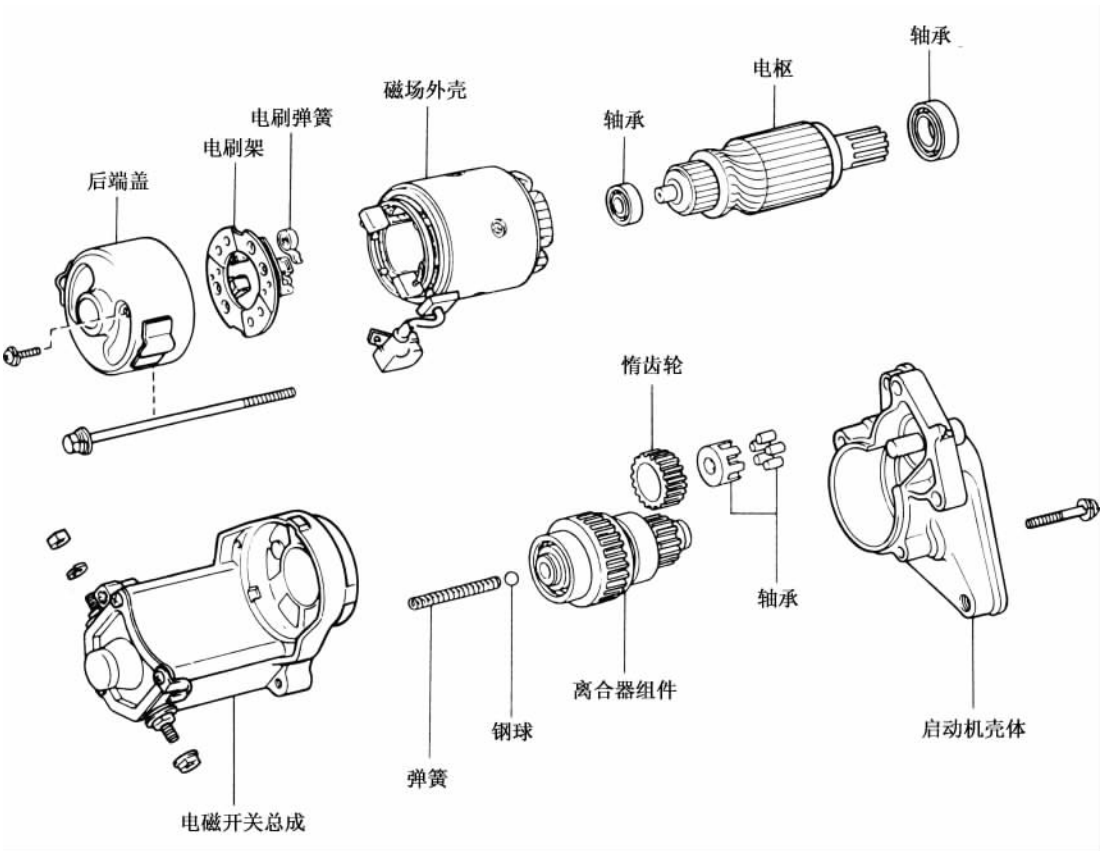


图 7.29 Toyota 启动机部件

## 7.5 启动系统的故障诊断

### 7.5.1 概述

在所有的系统中,寻找故障的六个步骤如下:

- (1) 检查故障。
- (2) 收集更多的信息。
- (3) 估计故障原因。
- (4) 以逻辑顺序执行更多的测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查所有的系统。

下节所述的过程与第四个步骤关系密切。表 7.3 列举了充电系统功能失效的一些症状,以及对可能存在的故障的一些建议。

表 7.3 充电系统功能失效的一般症状及可能存在的故障

| 症 状          | 可 能 存 在 的 故 障                                                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 启动时发动机不运转    | (1) 蓄电池连接松动或被腐蚀<br>(2) 蓄电池放电或故障<br>(3) 启动机或电路中损坏的、松动的或不连接的导线<br>(4) 启动开关或自动变速器抑制开关<br>(5) 启动机小齿轮或飞轮齿圈齿轮松动<br>(6) 搭铁损坏、松动或被腐蚀 |
| 启动机噪声        | (1) 启动机小齿轮或飞轮齿圈齿轮松动<br>(2) 启动机装配螺栓松动<br>(3) 启动机磨损(轴承等)<br>(4) 蓄电池充电不足(启动机跳开)                                                 |
| 启动机旋转电动机的速度慢 | (1) 蓄电池充电不足(慢速旋转)<br>(2) 蓄电池接线柱松动或被腐蚀<br>(3) 搭铁皮圈或启动机端子松动或连接损坏<br>(4) 在供给或搭铁电路中存在大电阻<br>(5) 启动机内部故障                          |

7.5.2 电路测试过程

检查 12 V 启动系统运作的过程如下(测试步骤 3~8 都是在试用曲轴启动机的情况下执行的):

- (1) 检查蓄电池(见第五章),必须达到 70%的充电量。
- (2) 用手摸或目测(线束是否松动,开关是否松动和其他一些明显的故障),以保证连接正确可靠。
- (3) 检查蓄电池电压(最小值 10 V)。
- (4) 检查继电器电压(与蓄电池一样)。
- (5) 检查启动机电压(不低于蓄电池电压)。
- (6) 绝缘导线的电压降(最大值 0.25 V)。
- (7) 电磁线圈触点电压降(大多数 0 V)。
- (8) 搭铁线电压降(最大值 0.25 V)。

这些测试的目的是要看电路是否能够为启动机提供所有足够大的电压。若是,启动机就有故障;若无,则电路存在故障。

若发现启动机有问题,通常建议更换新的。图 7.30 解释了博世所使用的测试流程,目的是确保更换件的质量。这时维修也是可以的,但只在电动机良好状态下才可以。



图 7.30 启动机大修程序

## 7.6 启动系统的理论知识

### 7.6.1 速度、转矩及功率

为了更好地理解作用在启动机上的力,让我们先分析磁场中单根导线的情况。单根导线上的受力可以按下式计算:

$$F = BIl$$

式中,  $F$  为力;  $l$  为磁场中的导体长度;  $B$  为磁场强度;  $I$  为流过导体的电流。

弗莱明(Fleming)的左手定律用于确定磁场中导体的受力方向(导体与磁场成  $90^\circ$ )。

这个公式可再发展为计算有许多电枢线圈的电动机的失速转矩,公式如下:

$$T = BIlrZ$$

式中,  $T$  为转矩;  $r$  为电枢半径;  $Z$  为有效的电枢导体数量。

这将仅产生一个失速转矩或锁紧转矩,原因是:当电动机在运转时,逆电动势在电枢线圈中产生,从而抵消了电路的电压,进而减小了流入电枢线圈的电流值。在使用串联线圈启动机时,磁场强度  $B$  会得到降低。电动机中电枢电流在下式中给出:

$$I = \frac{V - e}{R}$$

式中,  $I$  为电枢电流;  $V$  为供给电压;  $R$  为电枢的电阻;  $e$  为总的反向电动势。

综上所述,必须注意:在电动机接线柱间加载电压的瞬间,由于反向电动势为 0,故而电枢电流达最大值。一旦转速上升,反向电动势也会随之增大,电枢电流也会随之减小。这就

是什么启动机在转速为 0 时能产生“最大扭矩”的原因。

对任意直流电动机,反向电动势如下:

$$e = \frac{2p\phi nZ}{c}$$

式中, $e$  为反向电动势; $p$  为电极的对数; $\phi$  为每一磁极的磁通量; $n$  为速率; $Z$  为电枢导体的数量; $c = 2p$ ,为重叠绕组; $2$  表示波形绕组。

此公式亦可以用于计算电动机的速率:

$$n = \frac{ce}{2p\phi Z}$$

若把恒量从此公式中移除掉,那么磁通量、速率及反向电动势三者之间的关系就能清楚地表示为:

$$n \propto \frac{e}{\phi}$$

要考虑磁通量,就有必要区别永磁铁启动机与通过线圈激发的启动机。永磁铁的磁通量保持相对的恒定。磁铁的构造及设计决定了它的强度,磁通密度可由下式计算得出:

$$B = \frac{\phi}{A}$$

式中, $A$  为与磁通线的截面积。

带有线圈的马蹄形磁极比较复杂,由于磁通密度由磁铁材料及绕组材料、电流决定,线圈中的磁运动的力(MMF)由下述所决定:

$$\text{MMF} = NI$$

式中, $N$  为线圈的匝数; $I$  为线圈中的电流。

磁场强度  $H$  需要计入线圈的有效长度:

$$H = \frac{NI}{l}$$

式中, $l$  为线圈的有效长度; $H$  为磁场强度。

为了将它转换成磁通密度  $B$ ,磁铁的渗透性要考虑入内:

$$B = H\mu_0\mu_r$$

式中, $\mu_0$  为自由空间的渗透性( $4 \times 10^{-7}$  H/m); $\mu_r$  为相对于自由空间的核心渗透性。

为计算假设的功率,使用下式后就非常简单:

$$P = T\omega$$

式中, $P$  为功率; $T$  为转矩; $\omega$  为角速度。

这里有一个使用此公式的简单例子。一个发动机需要最小的曲轴旋转速率为 100 r/m,所需的转矩达到 9.6 N·m。在飞轮齿圈齿轮与小齿轮数比为 10:1 时,它需要 1 000 r/min 的启动机转速,将此转速转变为角速度:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

计算后结果为 105 rad/s。

$$P = T\omega$$

$$9.6 \times 105 = 1\,000 \text{ W, 或 } 1 \text{ kW}。$$

## 7.6.2 效率

$$\text{工作效率} = \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100\%$$

大部分启动机的效率在 60% 左右。

$$1 \text{ kW} / 60\% = 1.67 \text{ kW (要求输入的功率)}。$$

产生这种损失的原因是铁损失、黄铜损失以及机械损失。铁损失是由于磁通量变化的滞后损失,这是电动机铁部分的感应而产生浪涌电流引起的。铜损失是由于线圈电阻引起的。有时也称之为  $I^2R$  损失。机械损失包括摩擦损失及风阻损失。

使用前面 1 kW 启动机的例子,可以看出,在效率为 60% 时,这个电动机需要的供给大约为 1.7 kW。

使用一个电源为 12 V 的系统,允许一定的电压降,需要 170 A 的电流才能够达到所需功率要求。

## 7.7 启动系统的新技术

### 7.7.1 概述

启动机及其电路已经有了很大的发展,永磁铁电机及减速行星齿轮的使用是为了提高转矩。

启动机可以在预计的 50 000 次内能可靠启动,这相当于 1 000 000 km 路程的一半多。

### 7.7.2 高电压系统

第一批带有高电压电子系统的轿车已在 2000 年问世。3 倍于目前 12 V 标准的系统可能会出现在奔驰或宝马车上。到 2005 年,高电压系统将开始出现在低价轿车上。这种变化可能会使汽车中每一电子部件面临完全重新设计的命运。

将启动机及高输出发生器结合为一个单独单元的启动机发生器将变得更加切实可行。它与当前独立的交流发电机及启动机相比,重量将会更轻、效率也会更高。它可以安装在发动机和变速器之间的曲轴上。

许多工程师推荐使用双电压系统,包括 14 V 和 42 V 的电路。传统的低电压设备,例如电子设备,它们不能够在 14 V 的系统中工作,42 V 系统将为新系统提供能量。双重系统比较复杂,但它的优点相当突出。一些制造商希望工厂设置 42 V 系统的标准。

### 7.7.3 集成型启动机

一种称为“发电机-启动机”的设备在 1930~1960 年已在许多汽车上得到应用。这个设备是启动机和发电机的结合物。它直接安装在曲轴上,性能上是启动机和发电机的折中,效率不太高。

这种结合方法称为集成型启动机交流发电机减振器(ISAD)。它包括一个电动机,功能是充当发动机和变速器间的控制元件,也可用来启动发动机,传送电功率给蓄电池和汽车中的其他系统。此电动机取代了飞轮块。

电动机从发动机处传送动力,也可作为减振器/吸振单元。减振作用是通过一个旋转的电容器实现的。由于振动,转子与发动机间相对速度的变化使得电容器的一极充电。此作用是从振动中提取能量。

使用 ISAD 来启动发动机实际上是无噪声的,且曲轴旋转速度可能达到 700 r/min。甚至在一25℃时,曲轴转速也可达 400 r/min 左右。用这种方式启动的一个优点是:停止/启动作为提高经济性和减少污染物排放的功能是可行的。由于曲轴的高速旋转,发动机将在 0.1~0.5 s 内点燃启动。

电动机也可用于对汽车的加速进行增援。使用这个特性时可以用一个小型发动机提高一个标准发动机的性能。

当使用交流发电机模式时,ISAD 可以在空载转速下产生 2 kW 的功率。它可以在直流和交流电压下供给电能。通过电子智能控制,ISAD 能够有 80% 的效率。

雪铁龙(Citroen)汽车公司在 Xsara 汽车原型中使用了 ISAD 系统。此汽车能够持续 30 s 产生 150 N·m 的转矩,它比 1 580 mL、65 kW 燃油喷射型的转矩峰值 135 N·m 要大得多。图 7.31 所示为 Xsara 发动机上的 ISAD 的剖视图。

Citroen 称此系统为“Dynahto”。在轿车内部甚至提供 220 V 的输出电压来驱动电子元件。

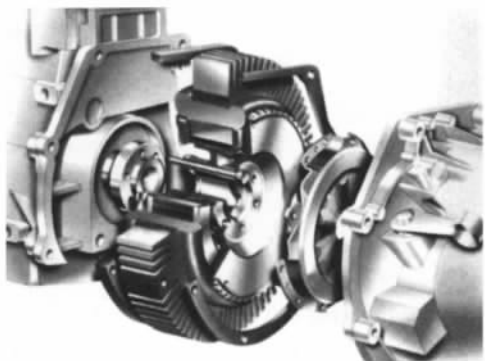


图 7.31 法国雪铁龙 Xsara 汽车上的 ISAD 系统

### 7.7.4 启动机电子控制

法国法雷奥(Valeo)公司已开发了一种电子开关,它能够安装在启动机的任意位置。启动机的控制由 ECU 提供。电子启动机包括一个继电器,这个继电器位于集成在电磁开关上的电路板上。在发动机工作时,它能够抑制曲轴转动。

增加的智能特征可以提高舒适性、安全性及使用寿命,其主要特性如下:

(1) 可以通过实时估测启动机的转矩,以预知发动机精确的瞬间启动。同时能够关闭启动机以减小飞轮部分的磨损及噪音。

(2) 启动机部分的过热保护允许优化部件来延长使用寿命,且给短路提供保护。

(3) 电子保护也能够减少错误使用或系统失败操作时的损坏。

(4) 电磁线圈电流的组件允许重新设计机械部分,使之工作更柔和、重量更轻。在原有系统的位置上向后安装该系统也变成可能的事。

## 7.8 练习

### 7.8.1 思考题

1. 叙述与惯性啮合式启动机相比,预啮合式启动机的四大优点。
2. 叙述在启动电磁线圈中吸拉线圈和保持线圈的工作原理。
3. 绘制关于预啮合式启动机接合机构简图,并在图上标出各部分名称。
4. 解释启动机电路中“电压降”的含义,为什么它必须保持最小值?
5. 叙述惯性啮合式启动机的啮合和分离过程。
6. 叙述永磁铁启动机的两个优点和两个缺点。
7. 计算启动机中所用行星齿轮系的齿轮传动比(内齿圈有 40 个齿,太阳轮有 16 个齿)。
8. 叙述滚柱单向离合器的工作原理。
9. 绘图说明串激、并激和复合电动机的速度转矩特性。
10. 叙述环形绕线电枢和波形绕线电枢的区别。

### 7.8.2 课程论文

启动电机必须在很短时间内转换大量能量。现在,普遍使用的电动机是功率为几千瓦级的,电动机的总功率比较低。比如,在启动速度下:

$$W(\text{电动机的输入功率}) = VI (\text{约 } 2\,000 \text{ W})$$

电动机的输出功率按以下公式计算:

$$P = \frac{2\pi T}{60} \quad (\text{约 } 1\,100 \text{ W})$$

式中,  $V$  为 10 V;  $I$  为 200 A;  $n$  为 1 500 r/min;  $T$  为 7 N·m。

$$\text{因此,效率} = \frac{P_{\text{输出}}}{P_{\text{输入}}} \times 100\% = \frac{1\,100}{2\,000} \times 100\% = 55\%。$$

若该效率提高,则可节省电池电能。讨论如何去提高启动系统效率?考虑提高效率是否值得?

# 8 点 火 系 统

## 8.1 点火系统基本原理

### 8.1.1 功能要求

点火系统的基本功能就是在压缩冲程接近上止点时,在汽缸内产生电火花,以点燃被压缩的空气燃油的混合气体。

为了使电火花跳过 0.6 mm 的空气间隙(正常大气压下  $1\times 10^5$  Pa),通常需要 2~3 kV 的电压。而在压缩比为 8 : 1 的发动机汽缸里,为使电火花能跳过间隙,则需要 8 kV 电压。若汽缸压缩比更高,且混合气越稀薄,则可能需要 20 kV 电压。点火系统必须能将标准的 12 V 蓄电池电压转换成 8~20 kV 的高压,并且还能将这一高压在正确的时刻送至相应的汽缸。此外,有些点火系统能为火花塞提供高达 40 kV 的电压。

传统点火系统是先进的电子点火系统的前身。在此值得一提的是大多数点火系统的基本工作原理都是非常相似的,即让一个线圈通断电,使另一线圈感应而产生高压。点火系统由许多零件和辅助装置组成。它们的具体设计和结构主要取决于采用该点火系的发动机。

在考虑如何设计一个点火系时,必须考虑许多方面的因素。其中最主要的有以下几个:

- (1) 燃烧室结构。
- (2) 空燃比。
- (3) 发动机转速范围。
- (4) 发动机负荷。
- (5) 发动机的燃烧温度。
- (6) 发动机用途。
- (7) 污染排放法规。

### 8.1.2 点火系统类型

根据基本工作原理,点火系统可以分为以下几种类型,如表 8.1 所示。

表 8.1 点火系统的类型

| 类 型   | 传 统   | 电 子   | 程 序   | 无 分 电 器 |
|-------|-------|-------|-------|---------|
| 触 发 器 | 机 械 式 | 电 子 式 | 电 子 式 | 电 子 式   |
| 提前装置  | 机 械 式 | 电 子 式 | 电 子 式 | 电 子 式   |
| 电 压 源 | 感 应 式 | 感 应 式 | 感 应 式 | 感 应 式   |
| 分电方式  | 机 械 式 | 机 械 式 | 机 械 式 | 机 械 式   |



### 8.1.3 高压的产生

如果两个线圈(初级线圈和次级线圈)绕于同一个铁芯上,那么其中任何一个线圈中磁场变化都会导致在另一个线圈上产生感应电动势。故通断初级线圈上的电流就会发生这种感应现象。若次级线圈上的匝数比初级线圈上的多,则能产生比初级线圈两端高的电压。这就是“变压过程”,即点火线圈的基本工作原理。

互感电压值主要取决于以下几方面:

- (1) 初级线圈电流。
- (2) 初级线圈和次级线圈的匝数比。
- (3) 磁场变化速率。

点火线圈的各个部分如图 8.1 所示,两个绕在叠片铁芯上的线圈用来聚集磁场。一些通油的线圈起辅助降温作用。

### 8.1.4 点火提前角(正时)

为了得到最佳效率,点火提前角应能使最大燃烧压力出现在上止前  $10^\circ$  左右。

理想的点火正时取决于两个因素:发动

机转速和发动机负荷。随着发动机转速的增加,点火正时也要提前。汽缸内的空燃混合气要求在一定时间内燃烧,约  $2\text{ ms}$ 。由于发动机转速提高,使得活塞经历相同行程的时间缩短了。故提前点火时间保证了混合气的充分燃烧。

由发动机负荷变化而引起的正时变化可分为两种情况:一是当发动机低负荷运转时,由于稀薄混合气较低的燃烧速率,此时点火时间应进一步提前;二是当发动机高负荷运转时,由于浓混合气较高的燃烧速率,此时点火时间应适当延迟。总之,在任何转速和负荷条件下,理想的点火提前角必须使最大压力出现在上止点前。同时因为存在发动机温度过高和爆震的危险,点火提前角需进一步优化。

点火提前可由几种方法达到,其中最简单的一种是机械系统。它由离心点火提前装置和一个真空控制单元组成,进气歧管真空度与发动机负荷成反比例变化。我之所以更倾向于考虑进气歧管压力而不是大气压,原因就是进气歧管绝对压力是与发动机负荷成比例的。数字点火系统除了考虑发动机转速和负荷外,调整点火正时,可能还需考虑温度因素。所有的点火正时参数值是把机械式和电子式综合在一起考虑而确定的,从而决定理想的点火时间。

点火所需的能量以磁能的形式在点火线圈中储存,为了使点火线圈在点火时间以前充足能量,需要一个停留时间(点火系中断电器和闭合阶段)。点火正时也就在该停留时间的结束时刻。

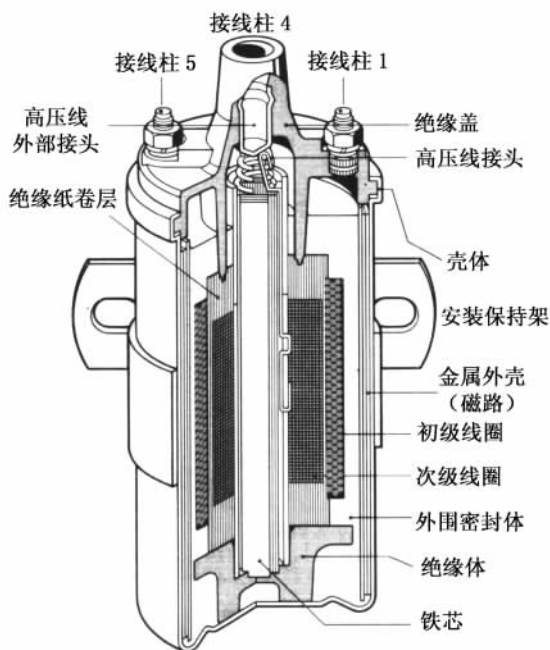


图 8.1 典型点火线圈

### 8.1.5 燃油燃烧和废气污染物

点火正时对燃油燃烧、转矩、驱动性能和污染物都有非常大的影响。最主要的三种污染物是：碳化氢(HC)、一氧化碳(CO)、氮氧化合物( $\text{NO}_x$ )。

随着点火正时的提前,HC 含量增加,同时,燃烧温度也增高。从而氮氧化合物( $\text{NO}_x$ )也会增加,但是 CO 含量变化很小。它主要取决于空燃比。

由于存在很多种变化工况,故利用正时变化去改善废气污染物含量会增加燃油消耗量。目前,普遍使用稀混合气,故需更大的提前角以补偿其较低的燃烧效率。这一方法会减少油耗且能产生大转矩。但是,必须精确地控制混合气浓度,这样才能为污染物问题提供一个最好的折中解决办法。正时变化对污染物和油耗的影响如图 8.2 所示。

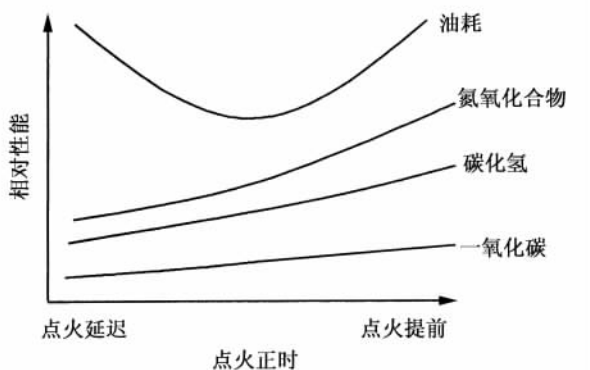


图 8.2 发动机转速一定时,点火正时的改变对性能的影响

### 8.1.6 传统点火系统组成部件

#### (1) 火花塞

为使火花能在汽缸内击穿电极,火花塞必须耐高压、高温、高电压。

#### (2) 点火线圈

它以磁能的形式储存能量,并把能量经高压导线传至分电器,点火线圈由初级线圈和次级线圈组成。

#### (3) 点火开关

其提供点火系统的驱动控制,通常也用于控制启动机启动。

#### (4) 附加电阻

在启动阶段短路附加电阻以获得更大能量的电火花,在发动机高速时,它也起到提高电火花能量的作用。

#### (5) 断电器

控制初级线圈上电流的通断,从而使线圈充放能量。

#### (6) 电容器

当断电器打开时,会抑制大部分电弧。这使得初级线圈上的电流以更快的速度断开,而引起线圈中磁场的骤降,产生高电压输出。

#### (7) 高压分电器

引导电火花按预设顺序传送至每个汽缸。

#### (8) 离心式点火提前装置

根据发动机的转速改变点火正时,随着转速的提高,正时相应提前。

#### (9) 真空式点火提前装置

根据发动机的负荷改变点火正时,传统点火系统中,在车辆定速行驶时,真空式点火提前装置是最重要的部件。

传统式和电子点火系统组成部件如图 8.3 所示,断电器点火系统的电路如图 8.4 所示。

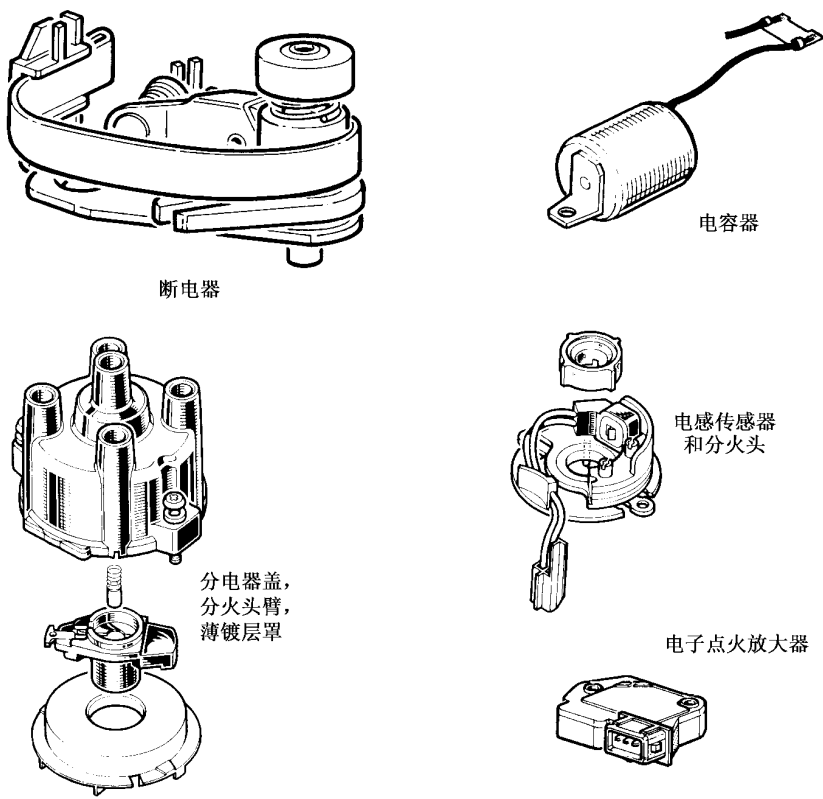


图 8.3 传统点火系统和电子点火系统组成部件

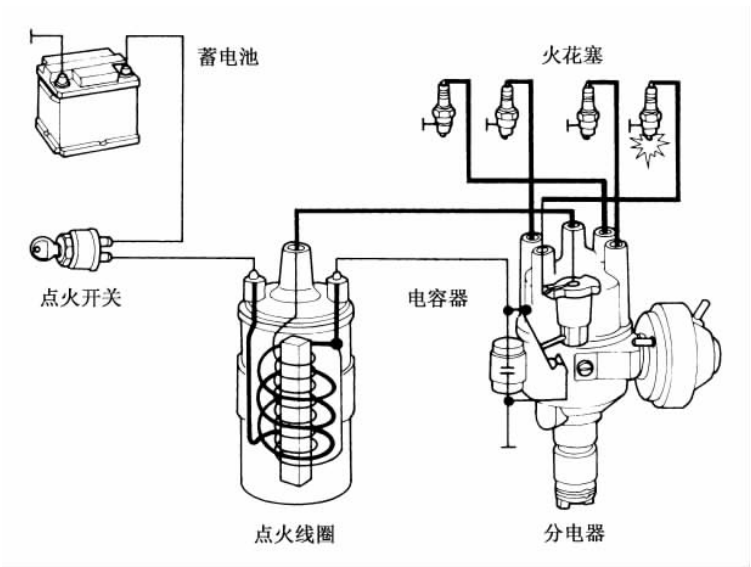


图 8.4 断电器点火系统

8.1.7 火花塞高压导线

高压电路的组成部分和整个系统必须符合或超过严格的点火产品要求。具体要求如下：

- (1) 能抵抗 4 000 V 高压的绝缘性能。
- (2) 能经受  $-40 \sim +260^{\circ}\text{C}$  的温度变化。
- (3) 160 000 km 产品寿命。
- (4) 能抵抗臭氧和液体物质。
- (5) 10 年寿命。

Delphi 公司生产了一系列的高压电缆类型。它们能满足无辐射、干扰稀薄燃烧发动机对能量增加的需要。这些电缆产品有金属和非金属两种内芯,包括合成内芯、抗高温内芯和绕线电感内芯。其导体结构由铜、不锈钢、Delcore、CHT 和绕线构成。其包皮材料包括有机物和无机聚合物两种,如加聚氯乙烯环氧树脂、二烯共聚物、聚硅酮等。这些导线的结构如图 8.5 所示,表 8.2 概括了不同温度范围内所使用的一些导线材料。

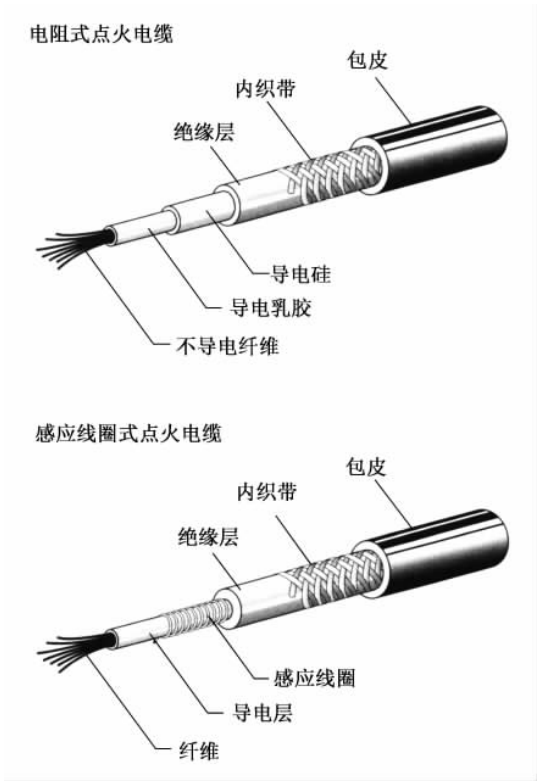


图 8.5 火花塞导线

表 8.2 不同温度下不同点火系统组件所用的材料

| 点火系统组成部件 | 工作温度(持续)      |               |           |
|----------|---------------|---------------|-----------|
|          | 110°          | 175°          | 232°      |
| 接 线 柱    | 镀 锌           | 黄磷青铜或不锈钢      | 不锈钢       |
| 罩 体      | 乙丙烯共聚物或硅      | 硅             | 高温硅       |
| 罩 体      | 加聚氯乙烯环氧树脂     | 硅             | 硅         |
| 绝 缘 体    | 乙丙烯共聚物        | 乙丙烯共聚物        | 硅         |
| 导 线      | Delcore 铜或不锈钢 | Delcore 或 CHT | CHT 或螺旋线芯 |

8.2 电子点火

8.2.1 引言

现在几乎所有的电火花点火的汽车上都已采用电子点火。这是因为传统机械式点火系

统有以下几个主要缺陷：

(1) 断电器机械方面的问题使得其寿命受到很大限制。

(2) 初级线圈上的电流不能超过 4 A, 否则断电器就会损坏, 至少也会导致其使用寿命大大缩减。

(3) 法律法规对污染物的排放有严格的限制, 这就要求点火正时必须长时间保持正确。

(4) 即使在发动机高速运转时, 稀薄混合气也需要从电火花得到更高能量以保证成功点燃。

这些问题可以通过以下方法解决：用一个功率转换器来执行开关函数, 并用一个脉冲信号发生器来提供正时信号, 而初期的电子点火系是用断电器来提供信号的。尽管这是一种进步, 但是并没有解决由机械问题所带来的局限性, 如触点颤动、正时错误等。现在大部分点火系统都是恒值能量系统, 这样可以保证哪怕是在发动机高速时也能高效点火。标准的电子点火系统的电路图如图 8.6 所示。

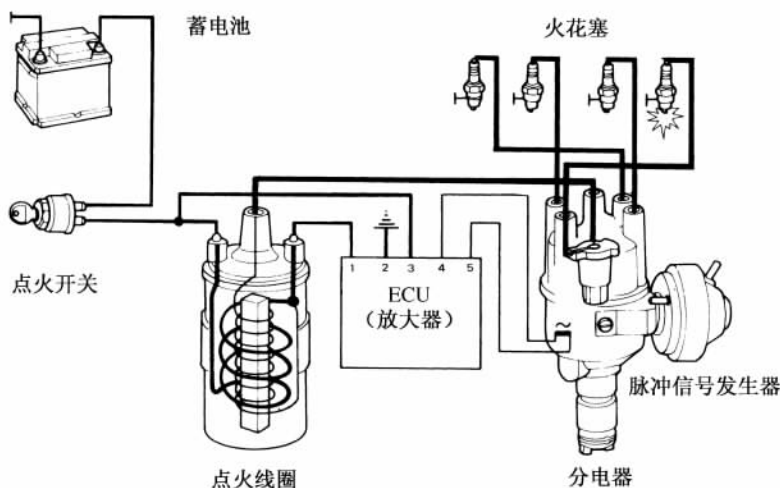


图 8.6 电子点火系统

### 8.2.2 恒值闭合角系统

在点火系统中, 触点闭合角是用来衡量点火线圈充电时间长短的一个指标。换言之, 也就是初级线圈通电时间。传统点火系统中触点闭合仅指断电器触点闭合时间。现在这一参量通常被表述为充放电周期的百分比。当前, 几乎所有恒值闭合角系统都被恒值能量系统所取代, 恒值能量系统将在下一部分讨论。

Lucas OPUS 就是一个比较老但较典型的恒值闭合角点火系统。它带有一个内置放大器的脉冲信号发生器总成。如图 8.7 所示, 鼓式分火头由塑料制成, 在其边缘一周嵌有分配给每个汽缸的铁棒, 它装在分电器轴上。传感器安装在基座

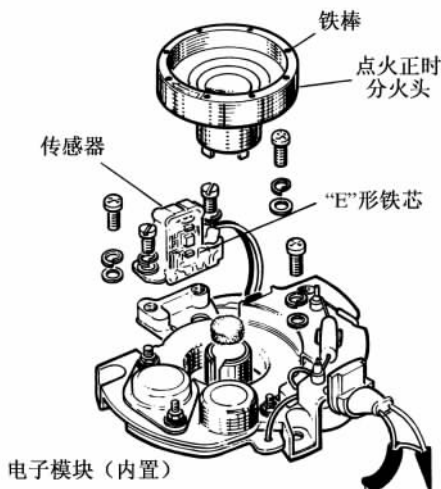


图 8.7 OPUS 点火系统

上,它由一个装在塑料盒内且含有初、次级线圈的“E”形铁芯构成,3条电线分别连接传感器和放大器组件。

放大器组件包括振荡器、平滑电路、能量开关台,其中振荡器用于给传感器上的初级线圈补充能量,该系统的工作原理如下:振荡器给传感器初级线圈提供一个 470 kHz 的交流电信号。当没有一个铁棒接近传感器时,功率转换器就使得初级线圈通电。随着分电器的旋转,铁棒经过传感器。此时,磁场相连使得传感器似的次级线圈产生一个电压输出,然后经由平滑电路和能量开关使点火线圈断电,从而产生电火花。

尽管在当时这是一个很好的系统,但恒值闭合角仍意味着在发动机高速时,线圈的充电时间只能产生低能量的电火花。这是因为,随着发动机转速的提高,虽然闭合角或闭合百分比保持不变,但事实上所用的时间却减少了。

### 8.2.3 恒值能量系统

为了使电子点火系统点火时能量恒定,闭合角必须随发动机转速的增加而增加。但是,只有点火线圈能在一个非常短的时间内(预期最高发动机转速下走过最大闭合角所用时间)充足能量。这种系统没有局限性。为此目的,恒值能量系统点火线圈做成低电阻,低感应系数,典型的电阻值小于 1 W(常常 0.5 W),恒值能量意味着,在有限时间内,所有提供给火花塞的能量必须在任何工况下保持不变。

点火静态理想配比混合气所需能量约为 0.3 mJ。在稀混合气或浓混合气且具有高紊流性的条件下,需要 3~4 mJ 能量。为了能符合预期的污染物排放和性能指标,恒值能量点火系统已成为当今车辆上的必需装置。图 8.8 就是闭环恒值能量系统的方框图。早期的开环系统也与此类似,只不过没有电流的侦测反馈。

由于恒值能量点火线圈具有高能量,故线圈的通电状态不能超过一定时间。在发动机运转时不存在这一问题,因为不断变化的闭合角和电流限制电路会防止线圈过热。但是,在点火开关开启而发动机又没有运转时,必须采取一些保护措施。此措施即“静态发动机初级线圈切断”。

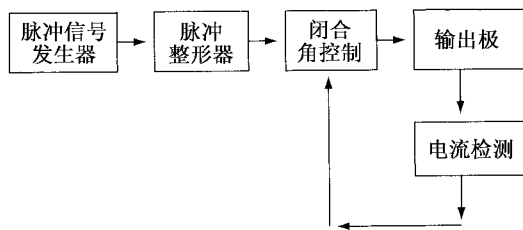


图 8.8 恒值能量点火系统



图 8.9 带霍尔效应传感器的分电器

### 8.2.4 霍尔效应脉冲信号发生器

霍尔效应的工作原理在第二章中已讨论过。霍尔效应分电器受到众多生产商欢迎。典型的带霍尔效应传感器的分电器如图 8.9 所示。

随着分电器中心轴的旋转,安装在分火头臂下的转片交替地覆盖霍尔芯片,转片的数目与汽缸数一致。在恒值闭合角系统中,闭合角的大小取决于转片的宽度,转片使得霍尔芯片交替地输入、输出磁场,这就产生一个近似方形波的输出。

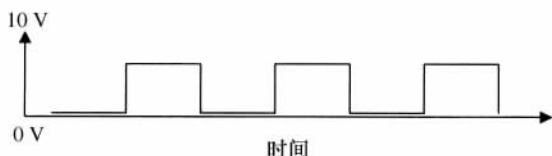


图 8.10 霍尔效应传感器的输出电压为 0~7 V

它可以很方便地用于控制电子电路的开关上。在分电器上的 3 个接线柱上分别标有“+”、“0”、“-”。记号“+”、“-”接线柱接电源电压,“0”接线柱用于信号输出。通常从霍尔效应传感器中输出的电压为 0~7 V,如图 8.10 所示。脉冲信号发生器的接入电压来自 ECU,但在有些系统中,

将稳定在 10 V 左右的电压作为发动机刚启动时的输入电压,以防止此时传感器输出不稳定的影响。

霍尔效应分电器应用非常普遍,因为它能产生精确控制信号并且具有长期可靠性。它们适用于恒值闭合角系统和恒值能量系统,用直流伏特表或逻辑探针很容易检测霍尔效应脉冲发生器的工作状况。必须注意的是,这里不能使用欧姆表进行检测,因为其电压会损坏霍尔芯片。

### 8.2.5 感应式脉冲信号发生器

感应式脉冲信号发生器利用感应的基本原理产生信号,典型信号如图 8.11 所示。虽然信号存在多种形式,但所有信号都是基于线圈和永久性磁铁的。

感应式分电器如图 8.12 所示。它包括一个绕于拾波器上的线圈。随着电子点火触发器的旋转,由于其上存在波峰,则磁场不断变化。波峰的数目与汽缸数一样。电子点火触发器与拾波器之间的间隙也很重要,生产商已经推荐了不同情况下的调整值。

### 8.2.6 其他类型脉冲信号发生器

早期的系统是半导体辅助触点式的,在这些系统里,断电器被用作触发器,另一已被使用的技术是光学脉冲信号发生器。它包括一束从发光二极管来的聚焦光束和一个光敏晶体管,光束被旋转的转片打断,从而形成一个方波形开关输出量,使之作为传统断电器的替代品。这种产品在售后市场中使用最普遍,光学脉冲信号发生器

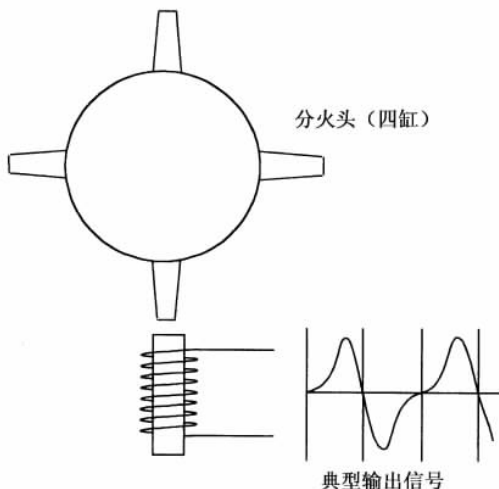


图 8.11 感应式脉冲信号发生器利用感应原理来产生信号

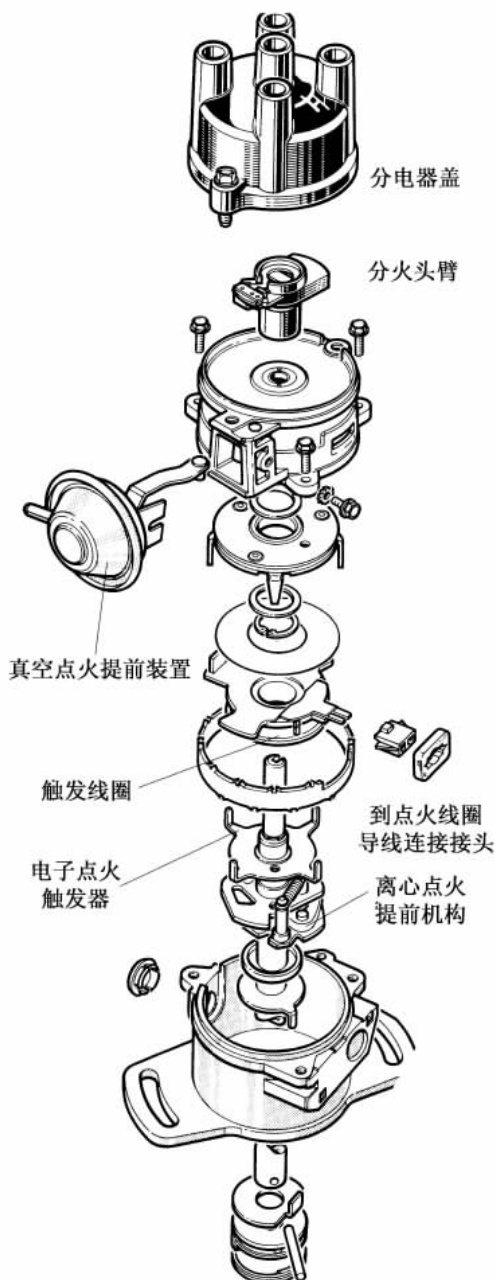


图 8.12 分电器中的感应式脉冲信号发生器

的基本工作原理如图 8.13 所示。值得注意的是：光束是如何聚焦以保证得到精确的开关控制信号的。

### 8.2.7 闭合角控制(开环)

电子点火模块电路图如图 8.14 所示,这里说明一下此系统是如何工作的。脉冲信号发生器采用感应式,首先有必要讲述一下整个电路以便理解是如何控制闭合角的。电路的第



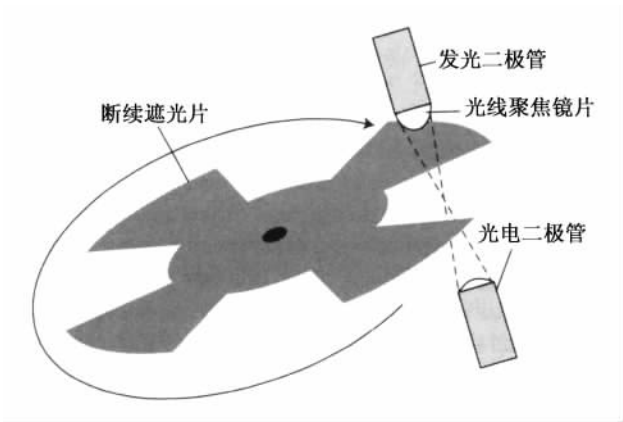


图 8.13 光学脉冲信号发生器

一部分是稳压器,其目的是防止电路元件被损坏,并且确定给电容器充放电的电压。这部分由  $ZD_1$  和  $R_1$  组成。

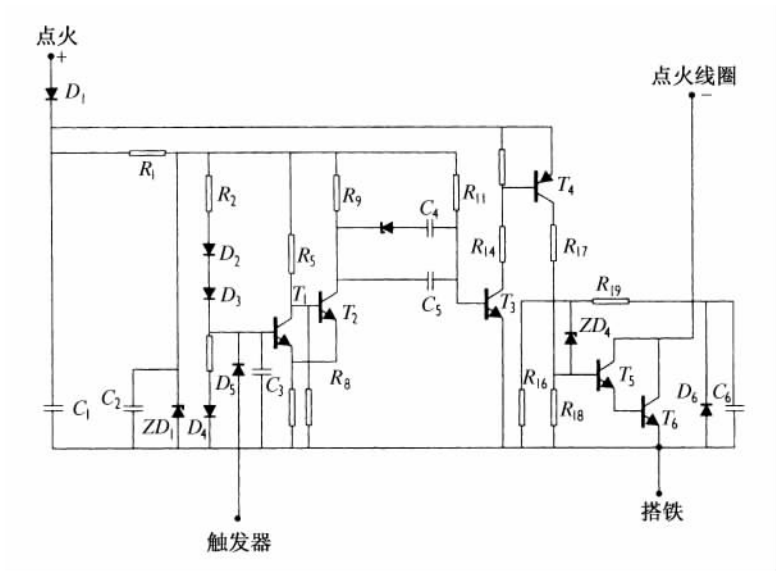


图 8.14 博世电子点火模块电路图

为使触发器盒有一个准确的信号输入,由感应式脉冲信号发生器产生不断交替的电压信号必须重新整形成为方波脉冲信号。这一整形工作由 Schmitt 触发器的电子门开关完成。由于触发器盒的功能,此部分电路在术语上称之为脉冲整形电路。

整形电路从  $D_4$  开始, $D_4$  为硅二极管,有极性,故不能使交替控制电压的负脉冲信号达到晶体管  $T_1$  的基极。由于有能量输出,感应式脉冲信号发生器只有在交替控制电压的负脉冲阶段被加载。而在正脉冲信号阶段,感应式脉冲中信号发生器没有被加载,因此负电压幅值要比正电压小。

在交替控制电压趋近负值过程中,其值超过整形电路的门槛电压时,晶体管就截止,阻止电流通过。这种脉冲整形电路的无电流输出状态会持续一段时间(称闭合时间),直到交替控制电压在趋近正值过程中,其值低于门槛电压为止。此时晶体管  $T_1$  截止, $T_2$  的基极经

由  $R_5$  变为正极,  $T_2$  导通。这种交替, 即  $T_1$  导通 /  $T_2$  截止、 $T_1$  截止 /  $T_2$  导通, 是 Schmitt 触发器的典型动作。电路不断地重复这一交替动作。电路中两个串联二极管  $D_2$  和  $D_3$  用于温度补偿, 二极管  $D_1$  用于反向极性保护。

通过触发器盒内闭合角部分的作用, 储存于点火线圈中的能量可得到最优的利用, 这样就可任何发动机工况下, 为火花塞提供足够高的电压进行点火。闭合角控制特指关闭时间的开始, 关闭时间的开始 (即  $T_3$  导通时) 也是矩形脉冲的开始, 这一矩形脉冲用于触发晶体管  $T_4$ ,  $T_4$  是一个驱动极, 这样也就开启了输出极。

使用  $RC$  元器件的正时电路用于提供可变闭合角, 此电路电阻对电容进行交替的充放电。这是一个开环闭合角控制电路, 因为用电阻和电容的组合作为发动机转速函数, 提供了确定的时间关系。

电容  $C_5$  和电阻  $R_9$ 、 $R_{11}$  组成一个  $RC$  电路, 当晶体管  $T_2$  截止时, 电容  $C_5$  经由  $R_9$  和  $T_3$  的基极发射极充电。在发动机低速时, 电容将有时充电至 12 V 左右。在这段时间内,  $T_3$  导通, 并且经由  $T_4$ 、 $T_5$ 、 $T_6$  的点火线圈也导通, 在点火时刻,  $T_2$  导通, 电容  $C_5$  经由  $R_{11}$ 、 $T_2$  放电。在  $C_5$  放电时间内,  $T_3$  保持截止状态,  $C_5$  放电时间的长短取决于充电量。正是这一放电时间延迟了下一个闭合时间的开始。最终电容  $C_5$  经由  $R_{11}$  和  $T_2$  以反方向充电, 当电压达到 12 V 左右时,  $T_3$  又导通并保持到  $T_2$  再一次截止为止。随着发动机转速的增加, 电容  $C_5$  所能得到的充电时间减少。这就意味着  $C_5$  充电只能达到一个相对较低的电压, 故放电速度会更快, 这导致  $T_3$  会导通, 从而产生一个相对较长的闭合角时间。

从这个驱动晶体管 ( $T_3$ ) 而来的电流驱动功率输出极在戴林顿部分放大电路中, 流入  $T_5$  基极的电流被放大成一个相当高的电流。该电流流入  $T_6$  的基极, 然后大的初级电流通过  $T_6$  流入点火线圈。戴林顿部分放大电路的功能就像一个晶体管, 通常称之为功率极。

在上面的说明中, 没有详细提到的部件是起保护作用的  $ZD_4$ ,  $D_6$  用于抵抗点火线圈的反馈电动势,  $ZD_2$  和  $C_4$  用于防止闭合时间过短, 霍尔效应脉冲信号发生器触发盒的功能与前述类似。混合点火触发器盒比起那些所用的分散元件要小得多, 一个典型的完整单元如图 8.15 所示。



图 8.15 电子点火模块

## 8.2.8 电流限制和闭环闭合角

初级电流限制保证了系统在过电流时不受损坏, 同时它也是恒值能量系统的一部分。初级电流被尽可能快地增加到预设的最大值, 经过计算, 将该电流值预设于放大器模块结构中。当此技术和后闭合角控制技术结合在一起时, 就称之为闭环控制。因为初级电流的实际值被反馈到控制台。

在此电路中, 使用了一个低电阻值、高功率精度的电阻。它和功率晶体管、点火线圈串联在一起。一个电压敏感电路和此电阻联系在一起, 它会在电压达到预设电压值时起作用。该电压值是与电流大小成反比例变化的, 并且它会使得输出极将电流维持在一个稳定值。闭环闭合角控制系统的方框图如图 8.16 所示。

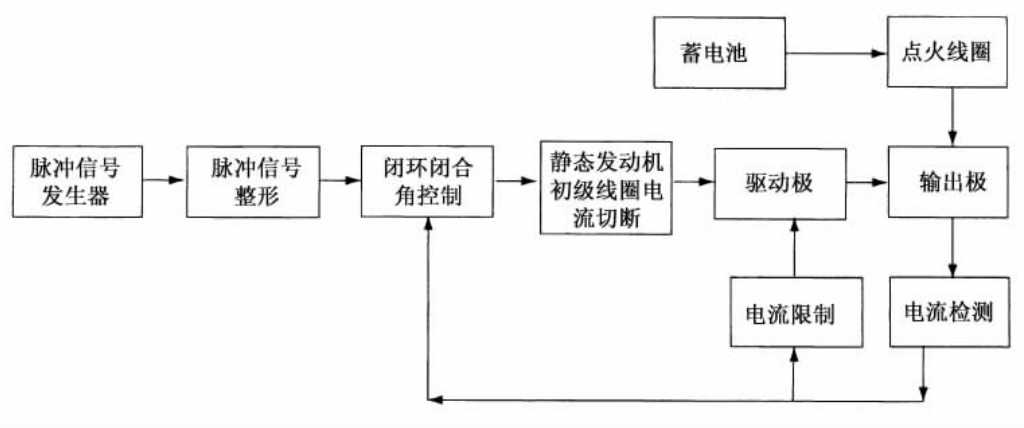


图 8.16 闭环闭合角控制系统

当点火开始但发动机并未运转时,要求恒值电流切断。通过一个简单定时电路就可以达到这一目的,这种定时电路会在 1 s 后切断输出极电流。

8.2.9 电容器放电点火系统

在 Prosche 911 和法拉利的一些车型中,电容器放电点火系统(CDI)已经应用了好几年。CDI 系统的方框图如图 8.17 所示。CDI 系统首先利用振荡器和变压器合并后接一个整流器,将蓄电池电压升高到 400 V 左右(直流电)。这一高压用来给电容充电。在点火时,电容器通过初级线圈放电,这个过程通常利用闸流管,这样通过初级线圈快速放电就会在次级线圈上产生一个非常高的电压输出。与传统的点火系统相比,此电压具有非常快速的上升时间,一般 CDI 系统的电压上升速率是  $3\sim 10\text{ kV}/\mu\text{s}$ 。而纯电感系统只有  $300\sim 500\text{ V}/\mu\text{s}$ 。这种上升时间非常快的高电压甚至在积油或积炭时也保证了火花塞正常点火。但是,缺点就是火花的持久性变短了。这会产生一些问题,尤其在启动时,通常用多发火花设备解决该问题。但与直接点火(每一个火花塞一个线圈)一起使用时,火花的持久性是可以接受的。

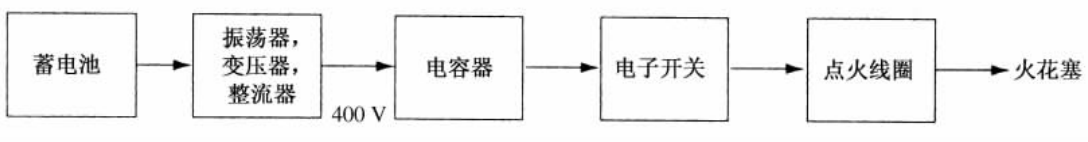


图 8.17 CDI 系统

CDI 系统也用在 Saab 直接点火系统上,如图 8.18 所示。

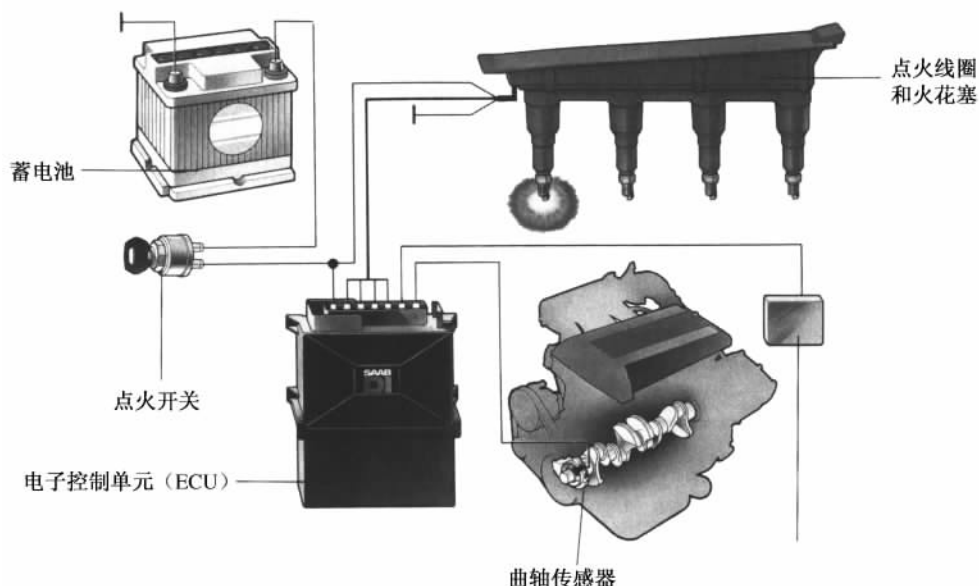


图 8.18 Saab 直接点火系统

## 8.3 程序点火系统

### 8.3.1 概况

“程序点火系统”这一术语正为一些生产商所用,而其他人则喜欢称之为“电子点火提前 (ESA)”。恒值能量电子点火则又向前迈进了重要的一步,并且应用非常广泛。但其也有局限性,就是它依旧需要机械部件测速和加载先期特征,在很多情况下,这并不能满足发动机的要求。

程序点火系统与早期系统相比,一个主要的区别就在于它们是数字式工作的,关于一台特定发动机工作要求的信息以程序方式写入存储器,此存储器位于电子控制单元中。存储于 ROM 中的数据由以下两方面得到:① 对发动机测功器进行精密测试所得数据;② 在各种工况下,对车辆进行进一步研究所得数据。

程序点火系统有以下是一些优点:

- (1) 在工作条件范围内,可以使点火正时与每个工作状况精确匹配。
- (2) 可以使用一些其他的控制输入,如冷却液温度、环境空气温度。
- (3) 启动性能得到提高,油耗减少,污染减少,怠速控制得到优化。
- (4) 可以考虑其他输入量,如发动机爆震。
- (5) 点火系统中磨损零部件数目大为减少。

程序点火系统 ESA 可以自成一个系统,也可作为燃油控制系统的一部分。

### 8.3.2 传感器和输入信息

程序点火系统的结构如图 8.19 所示。为了使 ECU 能计算出合适的点火正时和闭合角值,需要一定的信息输入。

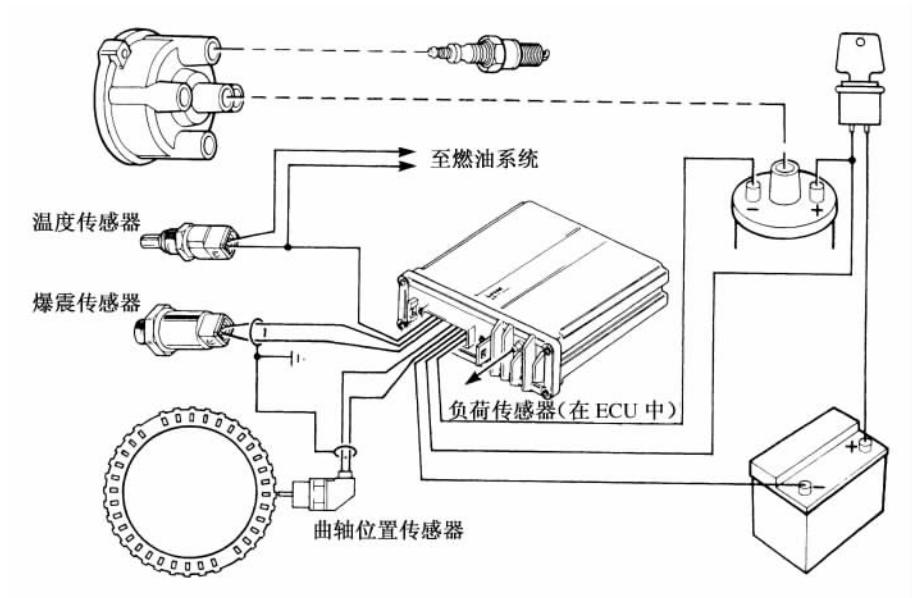


图 8.19 程序点火系统

#### (1) 发动机转速和位置——曲轴位置传感器

这是一种磁阻传感器,其位置如图 8.20 所示。该传感器由永久磁铁、线圈和旋转铁芯组成,它被安装在电子触发器圆盘附近。这个圆盘的外圈每隔  $10^\circ$  有一个齿,共 34 个齿。其中两个缺齿处相隔  $180^\circ$ ,且在上止点前的一个已知位置。由于电子点火触发器圆盘的齿经过传感器的中心,故磁电路的磁阻发生变化,其中也引起了线圈中电压和与发动机转速成比例的波形频率发生变化。由于缺齿形成输出波缺失,所以据此可以确定发动机位置。

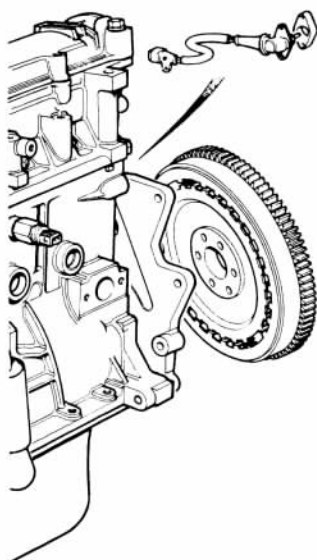


图 8.20 程序点火系统曲轴传感器位置

#### (2) 发动机负荷——进气歧管绝对压力传感器

发动机负荷与进气歧管压力成正比例,因为高负荷条件下产生高电压,而低负荷条件下产生低电压,如恒速行驶时,产生低电压。因此负荷传感器也就是压力传感器。它们或是安装在 ECU 里,或是自成一个单元,且用一根管与进气歧管输出端相连。同时该管通过合并节流以产生波动和气流,从而防止空燃混合气到达传感器。

#### (3) 发动机温度——冷却液温度传感器

冷却液温度测量是用一个简单的热敏电阻来进行的,在很多情况下,该传感器也用作测量发动机温度并提供信息至燃油控制系统。该信号用于修改基本正时设置。这样,当发动机冷却至延迟点火正时时,有助于发动机快速预热。

#### (4) 爆震——爆震传感器

如果爆震持续很长一段时间,就会对发动机产生非常大的损坏,这种爆震现象是由于点火正时过于提前而引起的。当正时提前到尽可能早时,就会引起爆燃。一般情况下,此时发

动机会以最高效率运转,为此,存于正时图中的数据应尽可能地接近爆燃极限,见图 8.21。

爆震传感器允许一定的误差量。通常传感器本身是一种压电解质的转速表,它安装于直列四缸发动机内的 2、3 缸之间。V 形发动机需要两个传感器,每边各一个。ECU 对由爆震传感器传来的信号作出反应。这可以防止因爆震干扰而引起气门振动。在 ECU 中,对传感器采集来的信息进行过滤,以去除不需要的干扰信息。如果检测到有爆震,则在逐级检测后,在第四个点火脉冲上延迟点火正时,直到检测不到爆震为止。不同生产商的逐级之间的差值不一样,一般约为  $2^{\circ}$ 。点火正时以每次  $1^{\circ}$  的值逐步提前,直到点火提前角达到存贮于存储器中的要求值时,这一控制会使得发动机运转于爆震极限附近,但不会造成发动机损坏。

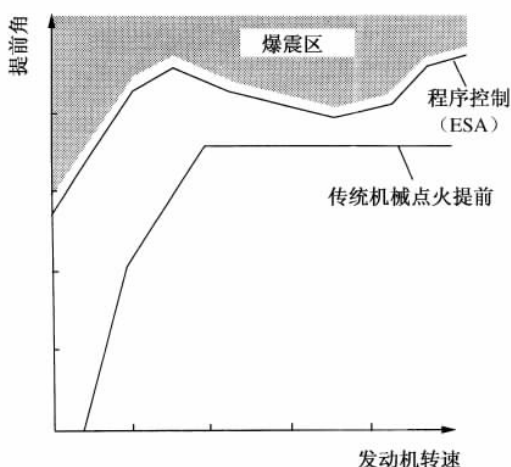


图 8.21 发动机的理想正时提前角

#### (5) 蓄电池电压

如果蓄电池电压下降,对闭合角调整的修改是必要的,因为提供给线圈较低电压时,需要相对较大的闭合角值。这些信息通常以闭合角修改值的形式存储。

### 8.3.3 电子控制单元

随着电子控制系统更加趋于成熟,存储于 ECU 存储芯片中的信息也不断增加,早期的由 Rover 公司生产的程序点火系统点火正时达到的精度是  $\pm 1.8^{\circ}$ ,而传统分电器点火系统的精度只有  $\pm 8^{\circ}$ 。内测功器测试所得的数据和车辆运转测试所得的数据被存于 ROM 中,基本正时图由 16 种发动机转速下和 16 种负荷条件下的正确点火正时提前角组成,点火提前角的脉谱图如图 8.22 所示。

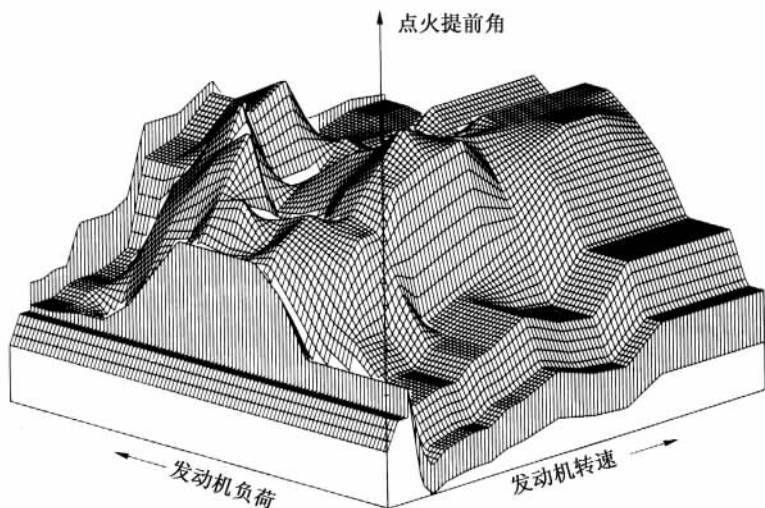


图 8.22 存储于 ECU 中的点火正时脉谱图

还有一张独立的三维曲线图被用于进一步调整基本点火正时,其所依据的参数是发动机冷却液温度。该曲线图有 8 个速度点和 8 个温度点,这样使得发动机性能得以提高,并且可以减少发动机的预热时间。在  $70^{\circ}\text{C}$  以下时,该数据需作附加负荷修改,最优点火正时调整的逻辑选择流程图如图 8.23 所示。注意,不论是作为发动机转速函数来提供恒值能量输出值时,还是作为由于蓄电池电压变化而产生的修改值时,ECU 都会修改其值。较低的蓄电池电压需要相对较长的闭合时间。反之,则需要较短的闭合时间。

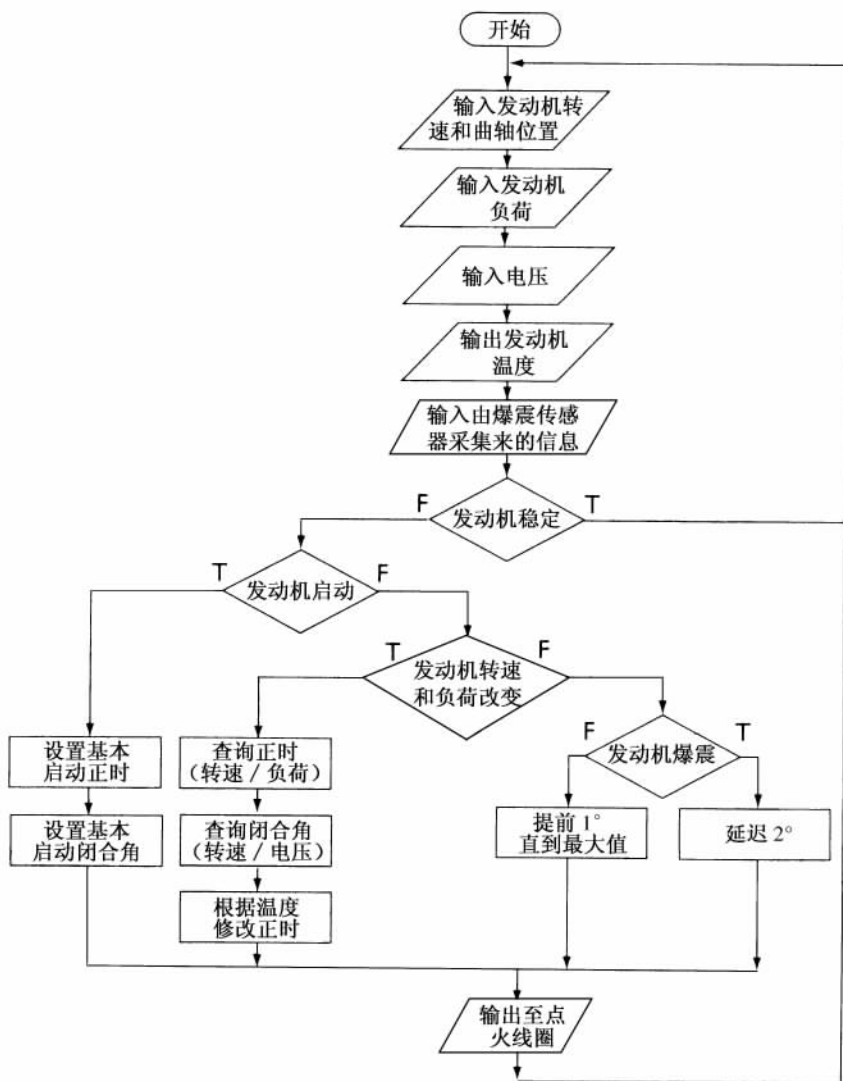


图 8.23 点火计算流程图

绝大多数计算机系统的典型方框图如图 8.24 所示。该图代表程序点火器系统的 ECU,被处理的输入信息和提供的数据存于 RAM 中。程序和预设数据存于 ROM 中。在这个系统里,微控制器按程序要求执行存取和处理数据,通过 A/D 转换电路,从传感器采集来的信息转变成数字信号,与其他生产商一样,Rover 公司使用一种车载压力传感器测量发动机负荷,该传感器由一个水银室和一个应变计组成。

表示 ECU 的 Rover 中的程序流程图如图 8.23 所示,用于点火系统的 Windows 95/98/2000。软件程序可以从我们网站上下载得到(详见前言)。此外,网站上还有用于其他系统的控制程序。

#### (1) 点火系统输出

一个点火系统的输出是非常简单的,如该程序点火系统与绝大多数电子点火系统一样,该点火系统的输出极由一个高负荷的晶体管构成,这个晶体管是戴林顿放大电路的一部分,或是由它驱动。这样,就很容易控制大的初级电流。点火线圈的关断点是控制点火正时的,点火线圈的导通点是用来控制关闭时间的。

#### (2) 高压分配

高压分配与传统点火系统相似,但是分火头臂被安装于凸轮轴末端。该轴的顶端有一个分电器盖,它所用的材料是 Velox,这种材料与环氧树脂型材料类似。但它具有更好的电性能,如此环氧树脂材料不易受潮漏电,分电器盖安装于底座盘上,该盘由 Crasline 材料制成,其作用是防止任何从凸轮轴密封圈里渗出的油弄脏分火头臂和分电器盖。同时也起到安装点的作用。安装盘的另一个重要功能就是防止有害气体积聚,如臭氧、氮氧化物,并把这些气体排放到大气中。这些气体是在电火花跳跃分火头臂和分电器盖之间的空气间隙产生的。分火头臂也是由 Crasline 材料制成的,并在其中插入金属加强,以减轻安装压力。

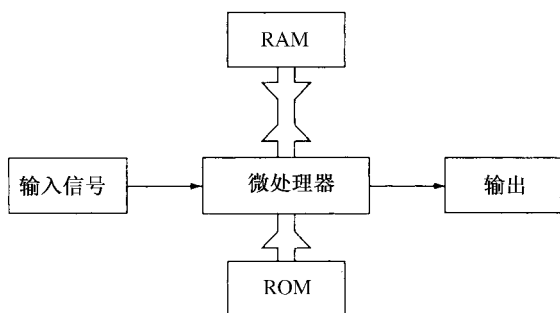


图 8.24 大部分计算机系统的典型组成(程序点火系统 ECU 可由此方框图表示)

## 8.4 无分电器点火系统

### 8.4.1 工作原理

无分电器点火系统具有程序点火系统的所有特点,但是由于它使用了一种特殊类型的点火线圈,传送至火花塞的高压输出没有必要使用高压分电器。

通常,该系统仅用在四缸发动机上,因为随着缸数增加,控制系统会非常复杂。此系统的基本原理就是“失火”在这一系统中,电火花的分配是通过两个双头线圈来进行的,且由 ECU 交替“点燃”。点火正时是由曲轴转速和位置传感器、发动机负荷及其他修改值决定的。当其中一个线圈被“点燃”时,火花就传至发动机的两个缸,1 和 4 或 2 和 3,火花点燃压缩冲程中汽缸内的混合气。在另一汽缸产生的电火花则没有起作用,因为该缸处于排气冲程的结束阶段。

由于低压和存在“失火”汽缸中的废气,用于使电火花跳跃空气间隙的电压为 3 kV 左右。这与传统点火系统中分火头臂和分电器盖之间的电压差不多,因此在压缩汽缸内产生的电火花并不受影响。

这里有趣的一点是,其中一缸上的火花会从搭铁极跳到火花塞中心,这种现象在很多年



以前是不允许的,因为在这种情况下,产生的火花质量不如从中心电极产生的好,但是现代恒值能量系统将会在任何一种情况下提供较好质量的电火花。无分电器点火系(DIS)的结构如图 8.25 所示。

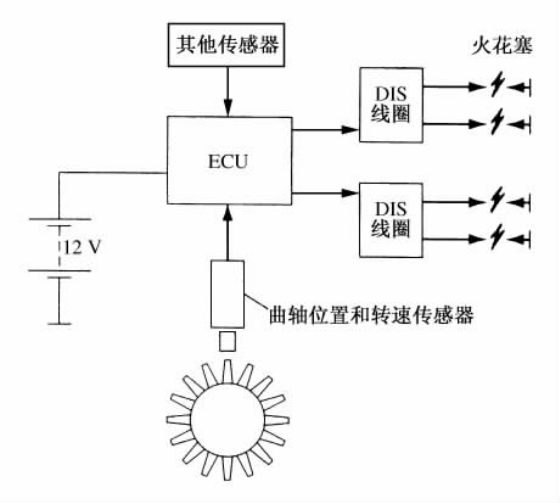


图 8.25 DIS 点火系统

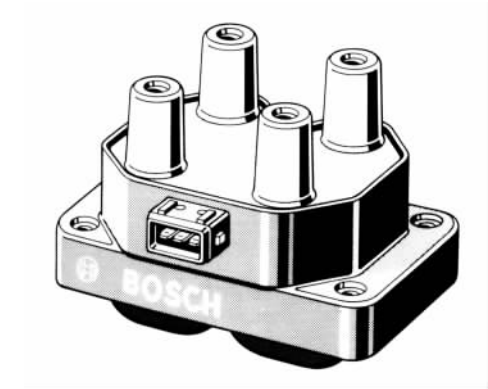


图 8.26 DIS 线圈

8.4.2 系统组成部分

DIS 系统由三个主要部分构成：电子模块、曲轴位置传感器、DIS 线圈。在许多系统里，进气歧管绝对压力传感器集成在电子模块中，该模块的功能与前述的电子点火提前系统的功能完全相同。

曲轴位置传感器的工作原理与前面部分讲过的类似，它是一个磁阻传感器，安装在飞轮前端的对面或安装在曲轴皮带轮后的电子点火触发器轮的对面。分布形式为每隔 10°一个齿，共 35 个齿，在第 36 齿处有一缺口，对 1、4 汽缸来说，缺口处是上止点前 90°。

由蓄电池提供电压的低压线圈接至中心接线柱。然后，在电子模块中，将该线圈的一半搭铁，高压线圈是被隔离的。它接至 1 和 4 缸或 2 和 3 缸，典型 DIS 线圈如图 8.26 所示。

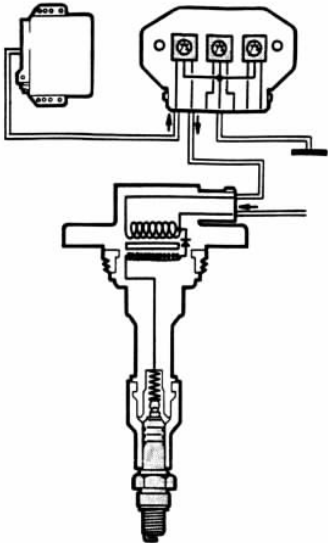


图 8.27 直接点火系统

8.5 直接点火系统

8.5.1 概述

从某种意义上讲，直接点火系统是从无分电器点火系统发展而来的。该系统为每个汽缸配置一个电感线圈。这些线圈直接安装在火花塞上。直接点火线圈的十字部分如图 8.27 所示。每个火花塞使用一个单独线圈，从而保证了低感应系数初级线圈的上升时间非常快，进而保证了高电

压和高能火花的产生。这一高压可以超过 40 kV,在冷机启动且混合气稀薄的工况下,它可使混合气高效燃烧,有些直接点火系统使用电容器放电点火。

为了开关点火线圈,使用了一个点火器。它最多可以控制 3 个线圈点火器,其实就是控制单元的输入极,不过装在一个盒子里。这有助于在 ECU 内形成较少干扰。这种干扰是因为大电流的通断和所流电流值与通路时间成反比的电路而造成的。

### 8.5.2 点火系统的控制

点火正时和触点闭合角的控制方式与前面程序点火系统中的控制方式相似。在一些系统中,除了前两种控制外,重要的一点就是有一个曲轴位置传感器,它用来采集关于哪一个缸处于压缩冲程的信息。有些系统并不需要通过传感器来决定哪个缸处于压缩冲程,而是通过刚开始点燃所有线圈来决定信息。火花塞上的电压元件对每个电火花进行电流测量,并以此来决定哪一个缸处于燃烧冲程中。这一方法之所以有效,是因为燃烧中的混合气体具有低电阻,故具有最高电流值的汽缸处于燃烧冲程中。

一些系统的进一步特征如下:当发动机长时间通过带动曲轴启动时,很可能会产生溢油现象,在点火系统处于原位 5 s 后,多电极的所有电极都发火一段时间。

在启动工况非常差时,一些系统在上止点前曲轴旋转的  $70^\circ$  内使用多火花点火,这有助于启动,但一旦发动机运转起来后,点火正时就会恢复到正常状态。

## 8.6 火花塞

### 8.6.1 功能要求

对火花塞最基本的要求就是在燃烧室内,它必须能产生电火花。为此火花塞必须能承受许多恶劣工况,如一个四缸四冲程且压缩比为 9:1 的发动机,运转速度 5 000 r/min。其余工况都是很典型的。在这么高的转速下,四冲程循环只要 24 ms。

- (1) 进气冲程末尾:气压  $0.9 \times 10^5$  Pa,温度  $65^\circ\text{C}$ 。
- (2) 点火时刻时:气压  $9 \times 10^5$  Pa,温度  $350^\circ\text{C}$ 。
- (3) 动力冲程中的最高值:气压  $45 \times 10^5$  Pa,温度  $3\,000^\circ\text{C}$ 。
- (4) 动力冲程结束时:气压  $4 \times 10^5$  Pa,温度  $1\,100^\circ\text{C}$ 。

除了上面一些情况外,火花塞必须能承受剧烈的振动和充满刺激性化学物质的环境。最后,可能也是最重要的,绝缘材料必须要承受高达 40 kV 的电压。

### 8.6.2 结构

电阻火花塞和标准火花塞如图 8.28 所示。中心电极通过双头螺栓和顶端接线柱连在一起,电极由镍合金制成。在有些情况下,也使用银、铂。若在电极中使用铜芯,则会提高热传导性能。

绝缘材料是陶瓷基的,且具有很高的绝缘等级。铝氧化物( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )是最受欢迎的材料。它们与金属成分掺合在一起,然后涂于外表面,这种材料的性能非常适合需要,主要参数如下:

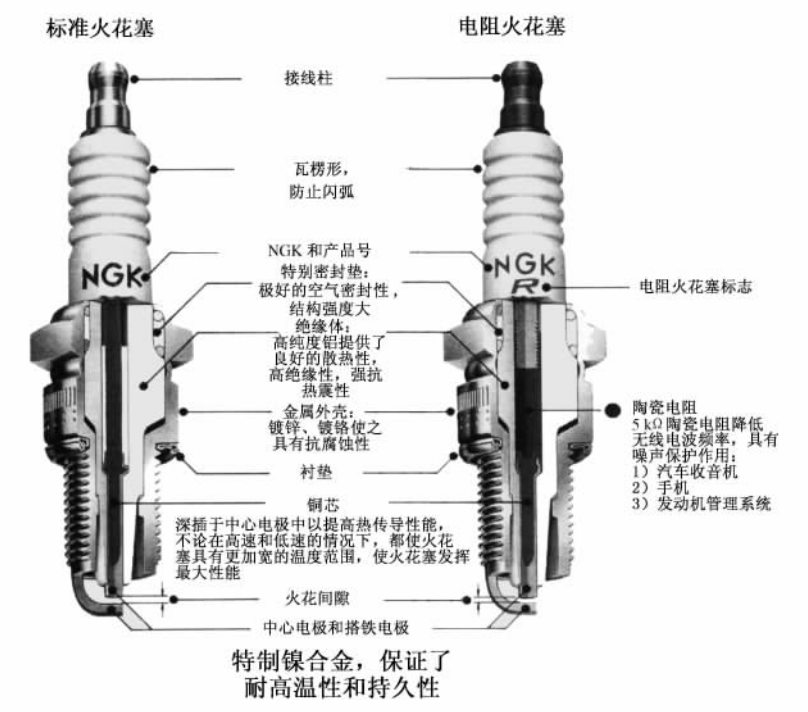


图 8.28 火花塞结构

- (1) 杨氏模量： $340\text{ kN/mm}^2$
- (2) 热膨胀系数： $7.8 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
- (3) 热传导率： $15 \sim 5\text{ V/mK}$ (温度范围  $200 \sim 900^\circ\text{C}$ )
- (4) 电阻： $>10^{13}\text{ }\Omega/\text{m}$

以上所列仅给大家提供一个大概情况,因为在生产时,只要稍微发生一点变化,其实际就会有很大的变动。在电极和螺栓之间的导电玻璃也作电阻用。这一电阻有两个功能:其一防止电极烧毁,其二减少辐射干扰。在点火时刻,由于此电阻减弱了电流,故能达到以上两个目的。

由于凸轮很有效地增加了从螺栓一端至金属质固定螺栓之间的表面距离,故防止了跳火或击穿火花塞绝缘层外表面的发生。当然,该螺栓是搭铁的。

8.6.3 温度范围

由于在一个发动机的结构中有许多种结构特征,故一个火花塞的温度范围也因此变得非常多样。火花塞中心电极的工作温度是最关键的。如果温度过高,就会出现提前点火现象,因为火花塞电极灼热使空燃混合气燃烧,另一方面如果电极温度过低,就会发生积油和积炭现象,因为这些油和炭无法烧尽。火花塞前端的积炭会导致形成一个并联电阻(与火花塞间隙并联)。实验和经验已经证明,火花塞电极的理想工作温度是  $400 \sim 900^\circ\text{C}$ ,电极温度变化与发动机功率输出值的关系如图 8.29 所示。

这样,就可使用温度范围来表征其从中心电极传热的能力。发动机热机时会比冷机时需要较高的热负荷能力。注意,此处冷机热机是相对于燃烧温度而言的,而不是相对于冷却

系统的效率而言的。

以下因素决定火花塞的热容能力：

- (1) 凸出绝缘部分的长度。
- (2) 电极材料。
- (3) 螺纹接触的长度。
- (4) 电极凸出部分。

这些因素是相互关联的。火花塞在发动机中的位置对其热容能力也有一定影响。

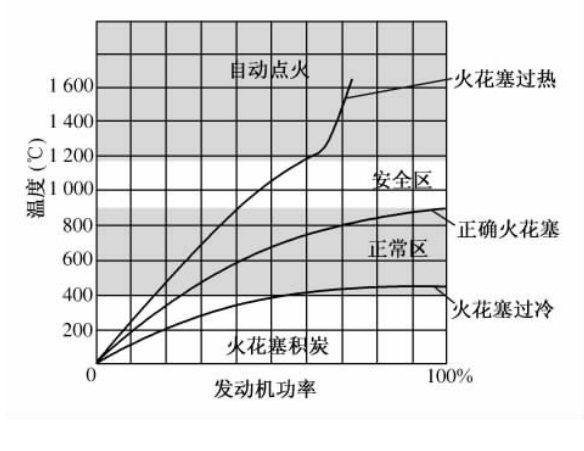


图 8.29 火花塞电极温度随发动机功率输出的改变

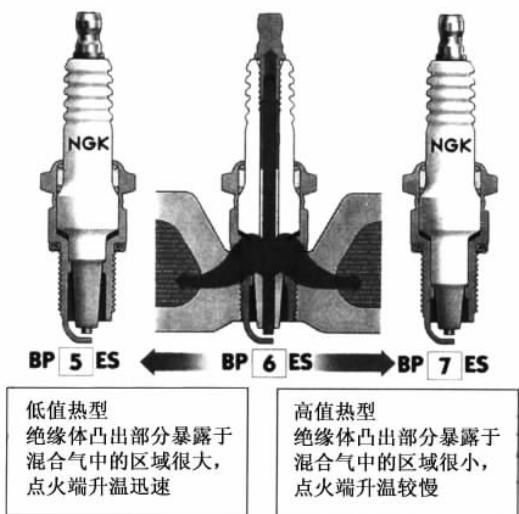


图 8.30 火花塞热传导路径示意图

研究已经表明，若电极凸出部分较长，则有助于减少由以下三方面造成的积炭问题：

- (1) 低功率工作。
- (2) 反复点火。

(3) 高海拔工况时，为了能够使电极突出部分尽可能长，要求电极具有较好的热传导性能，因为这样才能在高功率输出时，保证热量的传递。火花塞的传导曲线图以及在不同温度范围内的相应设计变化如图 8.30 所示。图中还带有 NGK 火花塞的产品号范围。

### 8.6.4 电极材料

火花塞电极所用的材料必须具备以下特征：

- (1) 良好的热传导率。
- (2) 良好的抗腐蚀性。
- (3) 良好的抗熔性。

对于一般的应用，可以使用镍合金电极材料。铬、锰、硅、镁等合金也行，这些合金具有非常优良的耐蚀耐熔性能。为了提高热传导率，可以使用一些复合电极，在相同的温度范围内使用复合电极能够使得电极凸出部分更长，正如上面部分所讨论的那样，这些类型火花塞使用非常普遍的铜芯火花塞。

在有特殊应用时,会使用银电极,因为它有非常好的热性能和电性能。同样,在相同温度范围内,这种电极的凸出部分的长度可以增加,一些电极材料的热传导性能如下所列,以供比较:



图 8.31 半面型火花塞具有良好的抗积炭性能

(1) 铝, 407 W/mK。

(2) 铜, 384 W/mK。

(3) 铂, 70 W/mK。

(4) 镍, 59 W/mK。

复合电极平均的热传导率约 200 W/mK。由于铂具有相当高的耐熔性,故一些火花塞使用这种材料,同时电极直径也可变得更小。这样就会增加混合气的可接近性,铂还起一个催化作用,使燃烧过程加速。

火花塞侧面图如图 8.31 所示。这种结构具有良好的抗积炭的性能。

### 8.6.5 电极间隙

随着点火系统能量的提高,火花塞电极间隙也会增大。火花塞间隙和电极之间的简单关系就是:若间隙增大,电压也必须增加(不考虑发动机工况)。此外,在某一固定发动机转速条件下,形成火花所需的能量是固定不变的。这表明需要使用较高电压的电极间隙会导致火花持续时间变短,而间隙较小时,则会获得较长的火花持续时间。对于发动机冷启动和点燃稀薄混合气而言,火花塞持续时间长短是非常重要的。但同时火花塞的间隙又必须尽可能大,以使得火花更容易传至混合气,防止火焰猝熄。

因此,需通过对某一特定应用的试验和研究,进而综合考虑到底该使用多大间隙。目前,0.6~1.2 mm 的火花塞间隙比较普遍。

### 8.6.6 V 槽火花塞

V 槽火花塞是由 NGK 公司研制的,其目的在于减少电极淬火的可能性,并使得火花更容易传播出去。这些都是通过在电极末端开一个 V 形槽来达到,如图 8.32 所示。

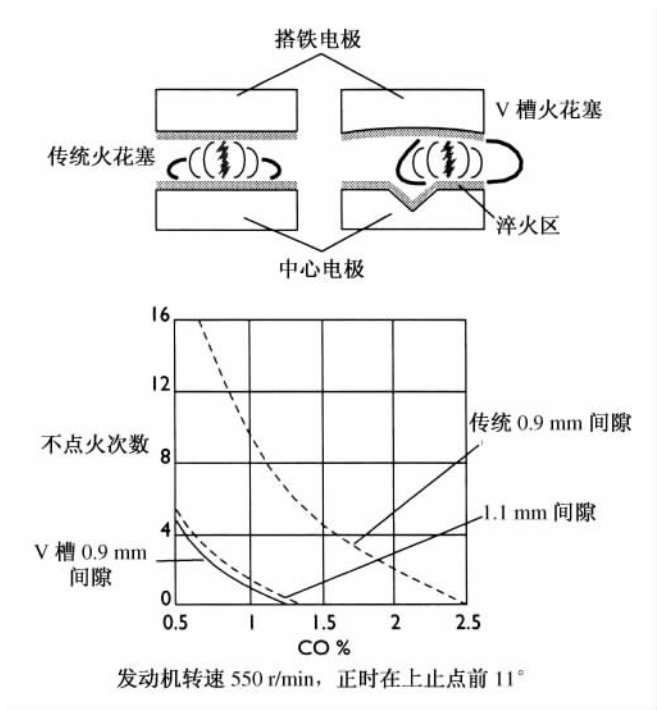
这种结构使火花在电极的末端的一侧形成,使火花具有较好的传播性,并且可以减少由于搭铁极和中心电极相连而产生淬火的可能性,与传统火花塞相比,V 槽火花塞的发火方式及其性能改进如图 8.33 所示。

### 8.6.7 正确火花塞的选择

在特定应用中,可用两种方法来确定使用最合适的火花塞,总的说来,火花塞的温度范围很重要。检测火花塞的温度时,第一种方法是使用热电偶火花塞,如图 8.34 所示,这种方法可以非常精确地测得温度,但它并不适用所有类型的火花塞。



图 8.32 V 槽火花塞



8.33 V 槽火花塞发火方式与传统火花塞相比的性能提高说明图

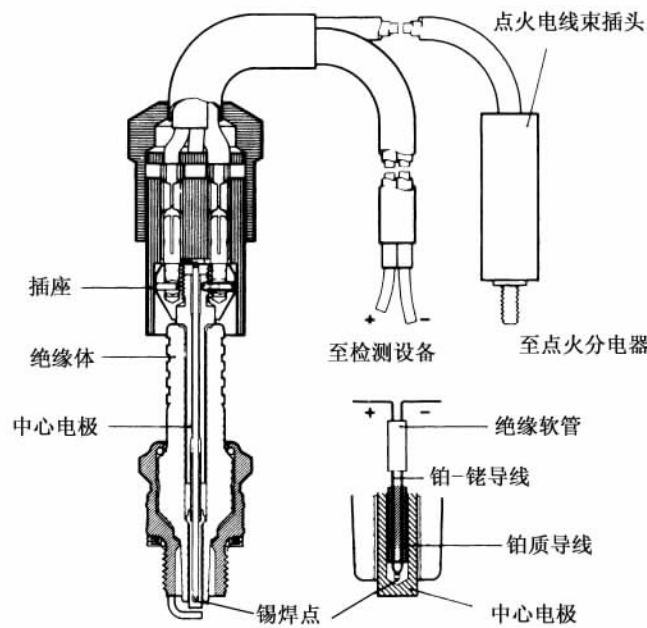


图 8.34 热敏电阻火花塞

第二种方法是使用离子电流测量技术。燃烧开始时,火花塞间隙的传导率和流过的电流形成可以很好地表明火花塞上的热负荷。这种方法也可以为每个发动机火花塞准确确定温度范围并提供关于测试发动机燃烧温度的数据。起初,这一技术作为发动机管理系统的反馈,用于辅助精确控制。

在售后市场,则是通过查询生产商产品目录来选择正确火花塞。

## 8.7 典型实例

### 8.7.1 概述

大多数现代点火系统都和燃油管理系统结合在一起,由于这一原因,这里选择了一些比较传统的系统来进行学习研究。其中还包括断电器,这有助于了解它们是如何工作的。

### 8.7.2 丰田(Toyota)公司的点火系统总成

丰田(Toyota)公司一个完整点火系统总成的重要零部件如图 8.35 所示。脉冲信号发生器、点火线圈,以及点火器(模块)都安装在分电器上。

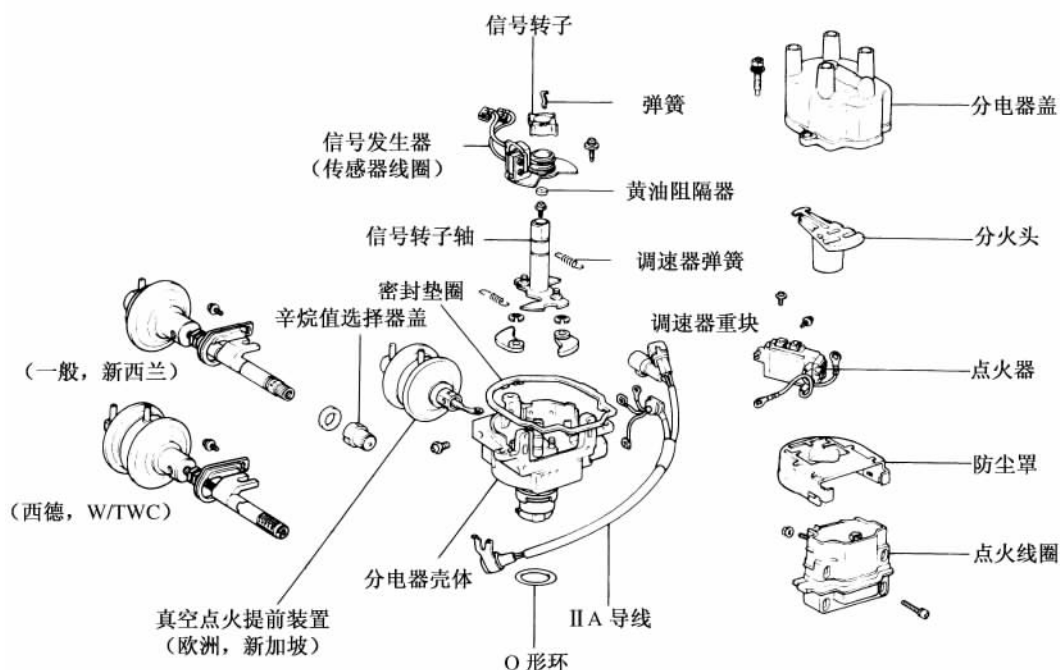


图 8.35 丰田完整点火系统总成

电路图如图 8.36 所示。电路图表明在点火器单元里,分火头是如何触发戴林顿放大电路去操纵点火线圈的。

若将所有零部件都安装在一个单元里,那么就会产生过热问题,如果整个系统拆开以后,则需要换吸热黄油。

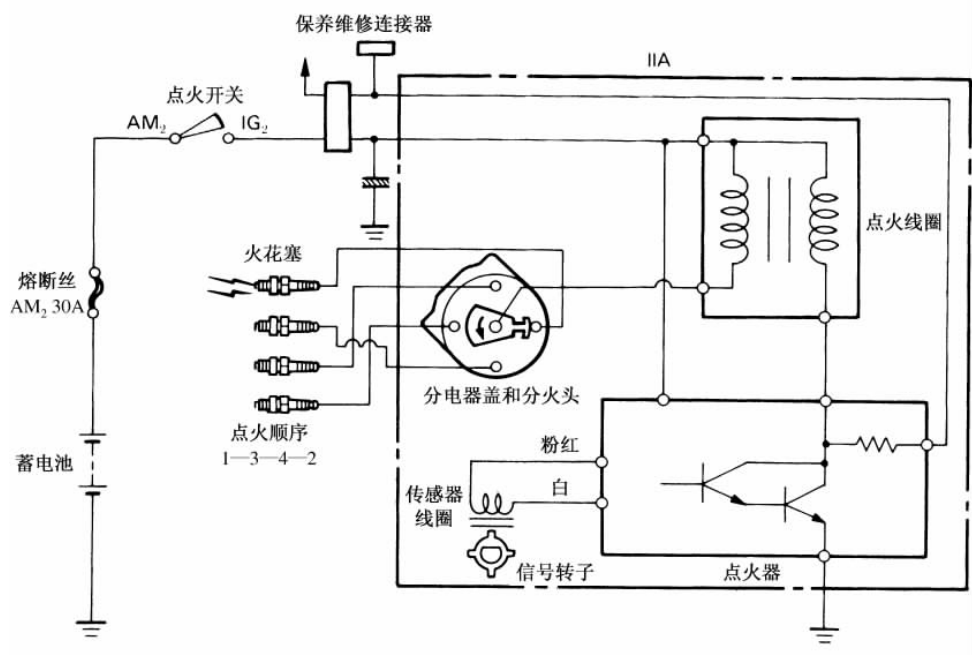


图 8.36 丰田完整点火电路

### 8.7.3 断电器点火系统(许多旧车型使用)

在本篇开始,已经介绍了断电器点火系统的典型电路图,如图 8.4 所示。分电器旋转的速度是发动机转速的一半。凸轮控制断电器的开关。初级线圈上的电流随断电器的开关通断。这样,通过相互感应,在次级线圈上产生高压,这一电压经由分电器盖和分火头臂以火花形式进行分配。

带有离心点火提前重块和真空室的分电器如图 8.37 所示。随着发动机转速的升高,重块在弹簧的控制下往外移去,这使得分电器中心轴顶端的凸轮逆下凸轮轴方向旋转。这样,断电器提前打开,点火正时提前。

随着发动机负荷发生变化,真空点火提前机构也相应移动膜片。该膜片与断电器相连,由于在定速行驶条件下,燃烧稀薄点燃混合气需要点火提前,故在此工况下,该机构最有作用。

这种类型的分电器的点火提前特性如图 8.21 所示。图中曲线即点火提前曲线。



图 8.37 断电器分电器

## 8.8 点火系统故障诊断

### 8.8.1 概述

与所有系统一样,故障诊断按以下六步进行:



- (1) 确定故障。
- (2) 进一步收集信息。
- (3) 估计故障原因。
- (4) 按逻辑顺序进行进一步测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查整个系统。

第(4)步的检测程序将在下面部分列出,表 8.3 列出了点火系统的常见故障及其可能原因。

表 8.3 点火系统常见故障及其可能原因

| 故 障 现 象        | 可 能 原 因                                    |
|----------------|--------------------------------------------|
| 发动机旋转但没启动      | (1) 点火零部件受潮<br>(2) 火花塞过度磨损<br>(3) 点火系统电路断路 |
| 天冷时,难启动        | (1) 火花塞过度磨损<br>(2) 点火系统电路电阻太高              |
| 发动机启动后又马上熄灭    | (1) 点火系统电路接触不良<br>(2) 附加电阻造成电路断路(旧车型)      |
| 怠速不稳定          | (1) 火花塞间隙大小不正确<br>(2) 点火正时有误               |
| 怠速时熄灭          | (1) 点火线圈或分电器盖漏电<br>(2) 火花塞过度磨损             |
| 所有速度下均会熄灭      | (1) 火花塞或火花塞间隙不正确<br>(2) 高压导线损坏             |
| 功率不足           | (1) 点火正时有误<br>(2) 高压组件漏电                   |
| 回火             | (1) 点火正时有误<br>(2) 漏电                       |
| 点火开关关闭时发动机仍然运转 | (1) 点火正时有误<br>(2) 发动机积炭                    |
| 爆震             | (1) 点火正时有误<br>(2) 点火系统电子故障<br>(3) 爆震传感器失效  |

8.8.2 检测程序

首先是一定要小心谨慎！因为高电压非常危险！  
以下所列的检测程序适用于任何点火系统,若对此有怀疑,请参照生产商推荐的方法：  
(1) 检查蓄电池充电状态(至少 70%)。

- (2) 进行初步目视检查(所有的连接必须安全、清洁)。
- (3) 检查点火线圈的供给电压(蓄电池电压在 0.5 V 内)。
- (4) 检查火花(跳至 10 mm 左右,不能再远)。
- (5) 若火花没有问题,则检查高压系统;并打开电路,检查火花塞(每根导线的最大电阻均需 在 30 k $\Omega$ /m 左右)。
- (6) 若没有火花,或有火花但仅跳火至非常短的距离处,则继续上一步检查(与火花的颜色无关)。
- (7) 检查线圈电阻(初级线圈 0.5~3  $\Omega$ ,次级线圈 12 k $\Omega$ )。
- (8) 检查点火模块的供给电压和搭铁电压降(最小供给电压 12 V,最小搭铁电压降 0.5 V)。
- (9) 如果可以,检查脉冲信号发生器供给电压(10~12 V)。
- (10) 检查脉冲信号发生器的输出(电感式在启动时为 1 V AC,霍尔式为 0~1.8 V DC)。
- (11) 低压导线电阻(0~0.1  $\Omega$ )。
- (12) 更换“点火模块”。若上述检测都没问题,则无需更换。

### 8.8.3 无分电器点火系统故障诊断

由于没有任何可动零件,故无分电器点火系统非常可靠,但是当需检测高电压的示波仪屏幕图形时,会遇到一些问题,因为它缺少主导线。用一个特殊的接合器可以解决该问题,但仍需要将传感器接至每根导线。

DIS 线圈电阻是用欧姆表来进行检测的,每个初级线圈的电阻应为 0.5  $\Omega$ ,次级线圈的电阻应为 11~16 k $\Omega$ ,在电路断开时,次级线圈将会产生 37 kV 的高压。

火花塞导线上带有整体式保持夹,其目的是防止水的浸入和减小震动,对高压导线而言,其最大电阻为每根 30 k $\Omega$ 。

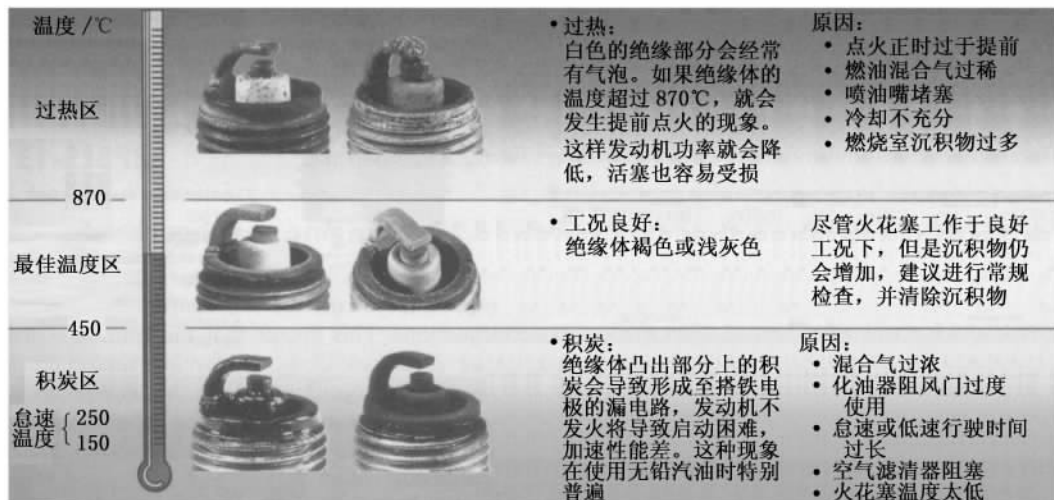


图 8.38 估计点火系工况

对于此系统,除了能进行其他一些系统中都有的辛烷值调整外,不能进行其他检修调整。辛烷值调整即将模块上面两个正常工作的销钉连在一起,或将其中销钉搭铁,以适应不同的燃油。对每种特定类型系统,实际操作程序必须接受生产商检查。

8.8.4 火花塞故障诊断

对火花塞进行故障诊断是了解发动机工况的一种好方法,且可以了解点火系的工况。图 8.38 是由 NGK 公司提供的一种有效诊断办法。

8.9 点火系统理论知识

点火线圈性能

在点火线圈的感应电路中,初级电流的瞬间值是由许多因素决定的。高压的产生主要取决于该电流值,初级电流的增长率是非常重要的,因为在产生磁场降而断开电路时,它决定了此刻的电流值。

如果点火系初级电流恒定值已知,那么就可能计算出初级电流瞬间值,该计算公式如下:

$$i = \frac{V}{R}(1 - e^{-Rt/L})$$

式中, $i$  为初级线圈瞬间电流值; $R$  为初级线圈总电阻; $L$  为初级线圈感应系数; $t$  为电流流过时间; $e$  为自然对数; $V$  为供电电压。

表 8.4 给出了一些典型值,以供比较。

表 8.4 电子点火系统和传统点火系统比较

| 传统点火系统             | 电子点火系统           |
|--------------------|------------------|
| $R=3\sim4\ \Omega$ | $R=1\ \Omega$    |
| $V=14\ \text{V}$   | $V=14\ \text{V}$ |
| $L=10\ \text{mH}$  | $L=4\ \text{mH}$ |

一个转速为 3 000 r/min 的四缸发动机,每分钟需点火 6 000 次(在每转两圈以完成四冲程循环中有 4 次火花)。这相当于每秒点火 100 次,照此,每次火花从产生至消耗完必须在 10 ms 内完成。

就一个典型的具有 60% 闭合时间系统来讲,在四缸发动机 3 000 r/min 时,才为 6 ms。若转速为 6 000 r/min,则为 3 ms。利用上面公式,在这两种情况下,初级线圈瞬时电流值如表 8.5 所示。

表 8.5 传统点火系统与电子点火系统在两种不同情况下的初级线圈瞬时电流值

|        | 3 000 r/min | 6 000 r/min |
|--------|-------------|-------------|
| 传统点火系统 | 3.2 A       | 2.4 A       |
| 电子点火系统 | 10.9 A      | 7.3 A       |

这很清楚地表明,储存于线圈中的能量是如何通过使用低电阻和低感应系数线圈而快速增加的,值得注意的是,电子系统中的电流值对传统断电器来说已经太大了。

储存于点火线圈磁场中的能量可由下面公式计算:

$$E = \frac{1}{2}(Li^2)$$

式中, $E$  为能量; $L$  为初级线圈感应系数; $i$  为初级线圈瞬时值。

在转速为 6 000 r/min 时,电子点火系统的储存能量为 110 mJ。而传统点火系统中只储有能量 30mJ。这表明电子点火系统优于传统点火系统。因为火花能量与储存于线圈中的能量是直接相关的。

## 8.10 点火系统的新技术

### 8.10.1 火花塞

火花塞技术在不断发展,近来趋势是朝以下两方面发展:一是使用铂质火花塞;二是研究那些可以长期使用的火花塞(比如超过 80 000 km)。

多电极火花塞可以提高火花塞使用寿命及可靠性。注意这种火花塞在每次发火时只有一个电极发火,火花会沿着最短路径跳跃。一般情况下,通过这一路径点火效果最好,同时,其余的电极都会产生一定的磨损率。双电极火花塞如图 8.31 所示。铂质火花塞如图 8.39 所示。

### 8.10.2 点火线圈内芯

大部分点火线圈内芯使用叠片铁芯,应该说铁芯是非常理想的一种内芯,因为它易磁化,也易消磁。叠片铁芯可以减少浪涌电流。由于其存在加热作用(铁质损失),故会降低效率。叠片越薄,性能越好。

现在,粉末金属也可以作为线圈内芯,它会使浪涌电流降至最小,但磁场的密度降低了。总之,它会使点火线圈更高效,具有更高的电压输出。此项技术在不断发展,并且解决了磁力线密度问题,从而研发出更高效的组件。

### 8.10.3 发动机管理

现在,点火系统中大多数重大发展与对整个发动机功能的完美控制联系在一起。这表明:单个点火系统不太可能进一步发展,但图 8.39 铂质火花塞是点火正时更大程度上用于发动机怠速转速控制、牵引力控制、变速箱传动控制。



图 8.39 铂质火花塞

## 8.11 练习

### 8.11.1 思考题

1. 简述点火系统的目的。
2. 说出电子点火系统与断电器点火系统的五个优点。
3. 绘出程序点火系统的电路图,并标出每一部分名称。
4. 什么是点火正时?为什么有些条件下需要点火提前,而有些条件下需要点火延迟?
5. 绘制简图说明热火花塞和冷火花塞之间的区别。
6. 解释点火线圈中的互感现象。
7. 解释点火系统中“恒值能量”这一术语。
8. 以带有爆震传感器的程序点火系统为例,解释为什么爆震控制是闭环控制。
9. 绘图说明感应式脉冲传感器是如何工作的。
10. 列出所有基本电子点火系统(不是 ESA)的主要组成部分,并叙述各部分功能。

### 8.11.2 课程论文

给数字点火系统做一张  $8 \times 8$  查询方格表。水平轴代表发动机转速,范围  $0 \sim 5\,000 \text{ r/min}$ ; 竖轴代表发动机负荷,范围  $0 \sim 100\%$ 。在所有的方格内添上实际值,并解释为何要选用这些数值。你必须很清楚地解释某种趋势,而不是解释单个数值。

从我的网站上下载“汽车电子技术”驱动程序,并校核你的数字是否与此一致,若有不同,找出原因。

# 9 电子燃油喷射系统

## 9.1 燃烧过程

### 9.1.1 概述

火花点燃式和压燃式燃烧分别用在汽油机和柴油机中。在经过多年的研究后,我们已对发动机燃烧技术有了全面了解,但到目前为止,并未完全掌握它。要想对燃烧中的各个因素完全了解,就得进行深入探讨。不过,本章对燃烧部分的描述已足够对电控燃油喷射系统的设计和工作进行了解。

### 9.1.2 点燃式发动机燃烧过程

火花点燃式发动机在汽缸中的燃烧过程如下:当高能高温火花通过火花塞的电极后,火花塞就发出微小火花,该火花会立即扩张到周围的燃料混合气中,扩张的速度主要取决于火焰温度,但在一定程度上,也受到周围介质的温度和密度的影响。

通过这种方式,就形成了大量火苗,它们快速向外蔓延,直到所有混合气都燃烧起来。火苗中含有燃烧后的高温产物,而火苗前方,则是一些要靠它压缩并点燃的未燃烧混合气。

如果汽缸容积不变,那么火苗就是完整的,但一般情况下,汽缸内有空气涡流,这样火苗就被分散,在前方有许多小火苗,增加了火苗的表面积并大大提高了前进速度。前进速度会受到涡流程度的影响,除非给系统强加某具体涡流,前进方向一般不受影响。燃烧过程分为火焰自增长和火焰蔓延至燃烧室两个阶段:

第一阶段是化学过程,决定因素是燃油品质和该时刻的温度和压力,以及燃油氧化或燃烧的速度。如图 9.1 所示,它发生在 A 点到 B 点(此时压力有所增长,刚能观察到燃烧)这一阶段。

在定容积情况下,燃油混合气被压至自燃温度,压力-时间关系如图 9.2 所示,图中可清楚地看到点火推迟期。所有燃油的推迟期均相同,但随着压缩温度的升高,该时间会缩短。考虑到混合气浓度对点火推迟期的影响时,会得到相同的结果。

重新回到图 9.1 中,在这种燃烧方式下,汽缸中的压力从 B 点升到 C 点,很快达到四冲程循环中的“定容积”过程。C 点是汽缸压力的峰值处,是火苗运动的终点,但并不是所有的

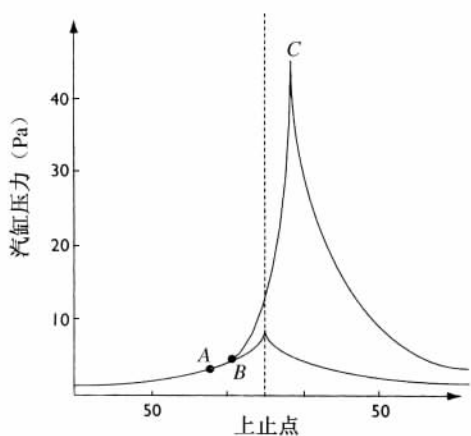


图 9.1 燃油氧化或燃烧时的速度图

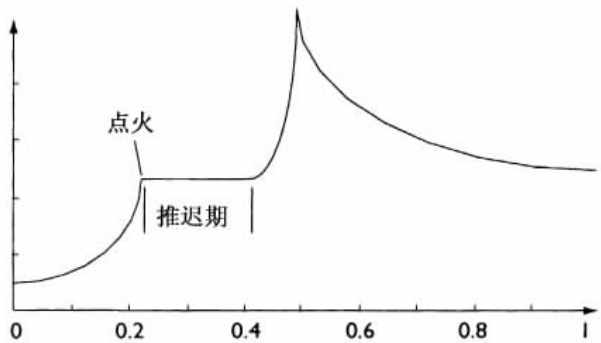


图 9.2 在定容积中燃油压至自燃温度时的压力-时间关系图

热能都被释放出来,因为在膨胀冲程还有一个后燃阶段,它也会放出热量。

9.1.3 燃烧情况的分布和速度

图 9.3 是烃类燃料燃烧的近似火焰温度-时间关系曲线。图 9.4 是火焰温度和混合气浓度的关系曲线。图 9.5 是混合气浓度和燃烧速度的关系曲线。

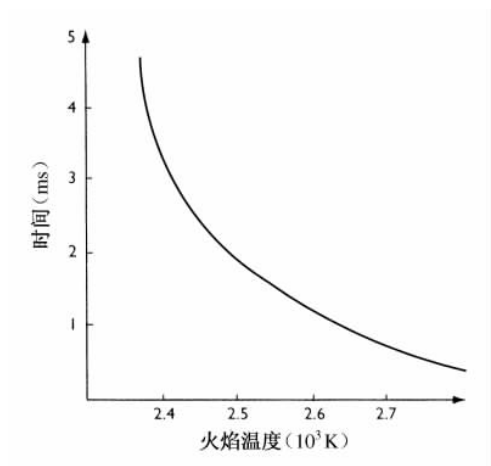


图 9.3 烃类燃料燃烧的近似火焰温度-时间关系曲线

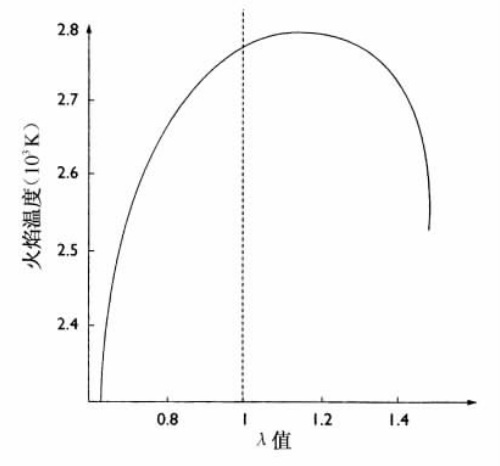


图 9.4 火焰温度和混合气浓度的关系曲线

从图 9.3~图 9.5 中可以看出,当混合气稍微加浓,最小推迟期(从 A 点到 B 点)约为 0.2 ms。

而第二阶段(B 点到 C 点)主要取决于涡流的程度(当然也取决于发动机转速),当发动机转速增加时,初始推迟期的存在使得点火提前。

图 9.6 为点火正时对燃烧过程产生的影响。当点火提前发生时,就会使点火压力(或称最大汽缸压力)升高,同时废气温度会降低。如果增加混合气浓度,整个燃烧过程加速,有爆燃趋势。

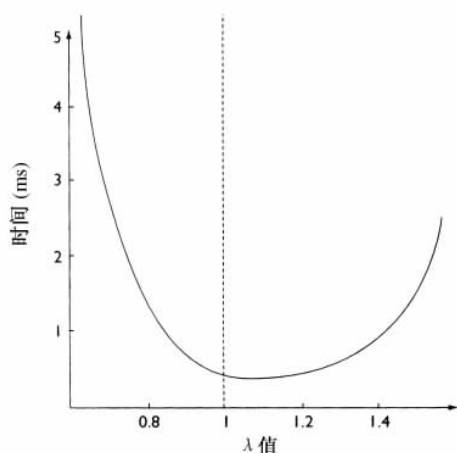


图 9.5 混合气浓度和燃烧速度的关系曲线

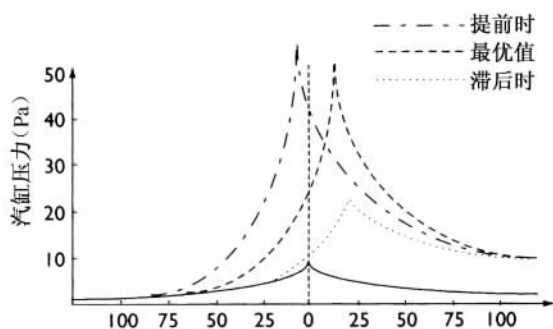


图 9.6 点火正时对燃烧过程产生的影响

#### 9.1.4 爆燃

爆燃现象是点燃式发动机在输出和效率出现极值时产生的现象。爆燃的机理是在发动机汽缸中建立一个压力波，该波传播速度很快，它撞击汽缸壁，产生振动，并发出尖锐的金属敲击声。当火花点燃空气和燃油的混合气后，就产生一小撮火焰，起初燃烧很慢，但很快加速。当火焰前锋提早到达时，压缩前端的未燃烧混合气。未燃烧混合气在火焰前锋的压缩和辐射下，温度升高，然后自发燃烧。燃烧压力波就以很高的速度穿过燃烧混合气，使汽缸壁发出重重的撞击声。

在小型发动机中，爆燃不会产生很大危险，可在初次发生爆燃时，通过减轻负荷来避免危险发生。但在高速多缸发动机中，由于发动机噪声很高，爆燃常不能被检测到，这就变得非常危险了，因为爆燃会发生预燃现象，可能毁坏整个发动机。

发动机在高压和高温时容易发生爆燃，此外，未燃烧混合气吸收火焰前锋发出的辐射热也是产生爆燃的重要因素，混合气的潜热和燃烧室的形状也对爆燃有所影响。燃烧室形状可为未燃混合气提供足够冷却，如让混合气处于进气门附近，获得良好冷却。

通过精准控制点火时刻，使火焰行程越短越好。涡流程度也很关键，因为未燃混合气燃烧要有一定的反应时间，而较大涡流可以缓解爆燃发生。不过，最重要的是燃料本身发生爆燃的趋势。

一些燃油在这方面的性能很好，燃油中加入添加剂（如四乙基铅）可优化其品质，不过，这会加剧污染问题。燃油中防爆性较好的是异辛烷，而对爆燃敏感的是普通庚烷。

燃油辛烷值或防爆比的测定，常在发动机仔细监控下进行实验完成。爆燃情况起初是与不同异辛烷和普通庚烷的混合气的辛烷值进行比较。如果与该燃油的性能一样，例如，含有 90% 异辛烷和 10% 庚烷的混合气，我们就说它的辛烷值是 90。

燃油中添加水，即甲醛和水混合在一起，就可降低爆燃发生概率。一种主要含酒精的燃



油,可以使水处于溶解状态,在充分利用水的潜能方面是很有用的。

### 9.1.5 提前点火

爆燃开始时,提前点火的症状并不明显,但其后果却相当严重。它不会发出“砰砰”声,事实上,如果能听到,也仅是沉闷的声音。提前点火不会对燃烧过程产生影响,但一个重要影响是点火正时失去控制。

提前点火在火花产生时,便以看不见的形式存在。更糟糕的是,自燃可能会潜伏在循环的早期。提前点火的危险不仅会产生高压,而且还会增加对活塞和汽缸壁的热冲击。事实上,最大压力尽管会发生过早,但并不会增加太多。

在单缸发动机中这并不危险,因为产生的减速常会使发动机熄火。在多缸发动机中,其余汽缸(如果仅有一个汽缸发生预燃)会以满负荷全速运转,将带动提前点火的汽缸与它们步调一致。则提前点火的汽缸由于集中热冲击使活塞卡住,造成活塞损坏,最终导致整个发动机毁坏。

提前点火常常由一些高温源引起,可能是炭的红热点或一些冷却不良的燃烧空间。在某些情况下,如果火花塞采用不当,引起电极过热,会造成提前点火。爆燃穿过表面上有残余气体薄膜的汽缸壁,导致热冲击的主要阻力移动,并释放大量的热能。冷却系统不良,任何高温源的快速形成,均会加剧提前点火的发生。

### 9.1.6 燃烧室设计

为避免爆燃和提前点火现象的发生,对气门和火花塞要进行精心布置。车用小型发动机与提升阀紧密联系在一起。

燃烧室设计时应牢记下列要素:

(1) 正常使用时压缩比应为  $9:1$ ,高性能使用时的压缩比为  $11:1$  或  $12:1$ 。

(2) 火花塞安装时应使火焰行程最短,不应被包住,否则散热效果不良,会增加周期性震动。

实验表明,在连续膨胀做功行程中,压力会有大幅度波动。当混合气太稀或太浓时,该波动加剧。小负荷、低压缩比也会加剧压力波动。当最大压力点的尺寸和位置改变时,平均有效压力和发动机的输出一般不受影响。

### 9.1.7 分层燃烧

混合气太稀不易点燃,但能减少排放,提高经济性。在解决稀薄燃烧混合气问题时,分层燃烧是一种有效方法。

如果增加火花塞处混合气浓度,降低主燃烧室混合气浓度,就可降低总的混合气浓度,使热效率相应地提高。为实现这一目标,可采用燃油喷射技术。因为在传统化油器系统中很难实现层状化。该技术是采用喷油嘴进行直接喷射,可使汽油机的空燃比达到  $150:1$ ,这将在下一部分进行讨论。三菱公司的汽油直接喷射(GDi)发动机在这方面做得很好,也会在下一部分中讨论。

### 9.1.8 混合气浓度和工作特性

当节气门位置、发动机转速和点火提前角均固定不变时,混合气浓度特性曲线如图 9.7 所示。

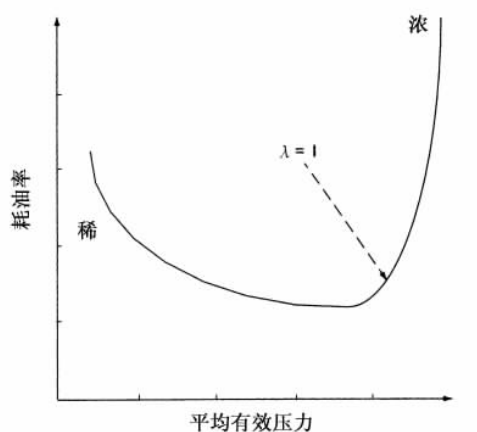


图 9.7 节气门位置不变时混合气浓度特性曲线

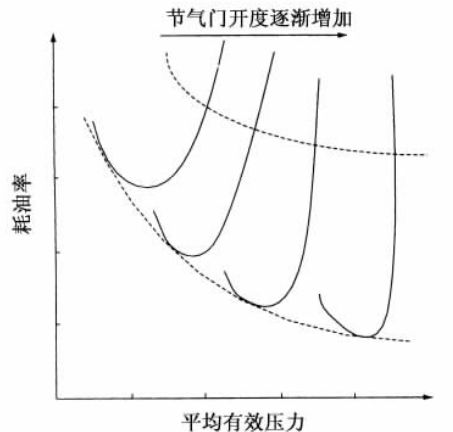


图 9.8 不同节气门开度下,混合气浓度特性曲线

不同节气门开度下,混合气浓度特性曲线如图 9.8 所示。理论混合比 14.7 : 1 介于最大功率混合比 12 : 1 和最小耗油量混合比 16 : 1 之间。理论混合比 14.7 : 1 称为  $\lambda$  值。图 9.9 是当空燃比改变时,发动机输出功率和燃油消耗曲线。不同空燃比下,发动机输出功率和耗油率曲线如图 9.9 所示。

### 9.1.9 压燃式发动机

压燃式发动机的燃烧过程与点燃式发动机不同,当它工作时,燃油以液态喷入发动机汽缸里的高温高压空气中。当燃料颗粒刚进入高温空气中,就快速被蒸气层包住。蒸气在一段时间后,其表面就开始燃烧。从任一微滴的剖面都可看到包有蒸气层的液体中心,外部正在燃烧。只要燃烧在进行,汽化和燃烧过程就持续进行。

燃烧过程(烃燃料的氧化)本质上是一个漫长过程,但可通过创造条件进行人为加速。燃料在正常气温下,在大气中会加速氧化,如果温度升高后,它的氧化速度会更快。在 20℃、200℃ 和 250℃ 时,完全氧化需要时间分别为几年、几天和几分钟。在上述情况下,因氧化而导致温度升高的速度小于热量因传导和辐射失去的速度。不过最终温度会升高,达到一个关键点,这时因氧化生成的热量要比其消耗散掉的多许多。

然后温度继续自动升高,这反过来会加速氧化过程,释放热能。接下来的过程就很快

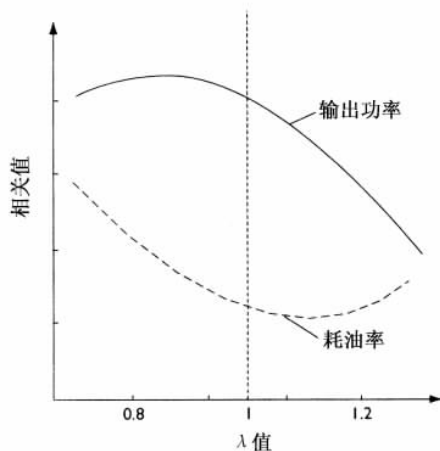


图 9.9 不同空燃比下,发动机输出功率和耗油率曲线

了,有火苗生成,点火开始发生,这个关键变化时刻的温度常称为燃油的自燃温度。自燃温度取决于压力、时间和初始氧化阶段的传热能力等因素。

现在,我们来看看燃油喷入高温燃烧室的情况。当温度高于着火点时,微滴的最外层立刻开始蒸发,用一薄层油膜蒸气包住芯部。这需要从周围热空气中吸热,才能满足微滴蒸发时所需的潜热,该热量是源源不断从热空气中吸取的。

即使微滴芯部仍是液体或相对较冷时,点火现象也会发生,一旦有火苗出现,燃烧以更快的速度进行。这就产生一个推迟期,发生在喷射开始后和点火开始前。该推迟期取决于以下因素:

- (1) 空气温度应高于燃油的自燃温度。
- (2) 空气压力,应从氧气的供给和提高热空气与冷燃油间热量传递这两方面考虑。

一旦推迟期结束,每个燃烧微滴获得足够燃烧时所需氧气的速度控制进一步燃烧的速度。因此,微粒的进入与周围空气进入的相对速度就至关重要了。在压燃式发动机中,燃油可能在  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$  曲轴转角内进行喷射。这意味着供给的氧气被先喷入的燃油消耗掉,后喷入的燃油可能缺少氧气。

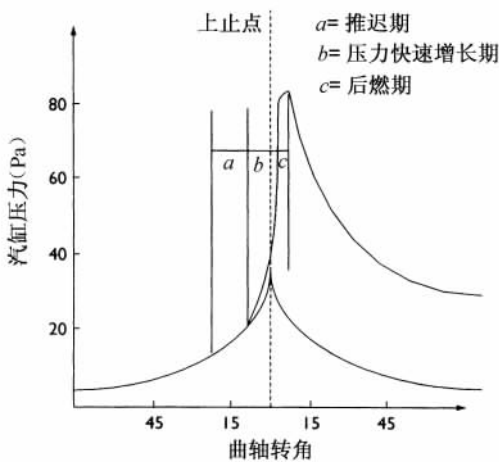


图 9.10 柴油机燃烧阶段

这就需要空气中有一定量的涡流,以便从喷嘴区中清除已烧过的气体,使新鲜空气得以进入,与燃油接触。很明显,同点燃式发动机一样,涡流应当是有序的,且未被打乱,其作用仅是打开火焰前锋。

在压燃式发动机中,燃烧可分为三个明显的阶段,如图 9.10 所示:

- (1) 推迟期。
- (2) 压力快速增长期。
- (3) 后燃期,即燃油离开喷油嘴后还在燃烧。

推迟期越长,压力增长的越高且越快,因为燃烧速度受喷油速度的直接控制前,我们的目标

是最大量地减小推迟期,这是考虑到发动机运转平顺性,避免撞击以及保持对压力变化的控制而做的选择。不过,推迟期也有一个极限值,如果没有推迟期,所有微滴在离开喷油嘴后就开始燃烧,这在集中喷射时,就不能提供足够的燃烧空气。推迟期也能为燃油的合理分配提供时间,推迟期主要取决于下列因素:

- (1) 汽缸的压力和温度。
- (2) 燃油的十六烷等级。
- (3) 燃油的挥发性和潜热。
- (4) 微滴的尺寸。
- (5) 涡流情况。

微滴尺寸的影响十分关键,因为微滴燃烧的速度主要取决于获得氧气的的能力。不过,微滴穿过喷油嘴的能力也很重要,这会使后来的燃烧集中起来。要满足这一点,微滴尺寸要足够大,以获得喷射需要的足够动能。另一方面,微滴越小,暴露出来的相对表面积越大,推迟

期越短。这两者之间的矛盾是无法调和的。

压缩比越高(高于 15 : 1),温度和压力就会升高,推迟期减小,这是一个优势。然而,高压缩比在机械上是一个缺点,也限制了燃烧室的设计,尤其在小型发动机中,缓冲间隙占用了燃烧室容积的绝大部分。

### 9.1.10 柴油机燃烧室设计

燃烧室设计时要考虑以下因素:

- (1) 提供必需的压缩比。
- (2) 提供必需的涡流。
- (3) 气门和喷油嘴的安装正确,满足最优工作方式。

上述因素是相互联系的。获得涡流就需占用容积效率。罩式进气门(机械上难以加工得到)或正切方向入口限制了空气流动,因此在高速发动机上限制使用。

为加快换气,每个汽缸可以采用 4~6 个气门,这种布置的优点是:保持喷油嘴处于中心,满足直接喷射式发动机的要求。不过,气门太大及其较大升程,需要较深的活塞顶部凹槽,容易带来机械问题外,还会扰乱空气的推进作用和有序运动。

半球式燃烧室就为气门提供了这一空间,但需要采用偏置式喷油器,预燃室形状无论是空气室式还是涡流室式,都有一个基本的缺点,即易于金相学破坏或至少在张力下发生金相学破坏。因为它们需要产生高温点以辅助燃烧,这个区域的温度张力就会极其高。目前没有特别的解决办法,燃烧室的设计一直采用折中原则。

### 9.1.11 小结

本节讲述了燃烧的一些基本问题,为本书的其他部分提供了背景知识。该方面的研究是动态的,不时有新的进展,本节中提及到目前研究中的许多核心问题,例如何时点燃空气燃油的混合气,混合气浓度和点火正时对燃烧过程的影响、爆燃和其他相关设计对燃烧过程的影响等问题。

## 9.2 发动机供油及其废气排放

### 9.2.1 工况

理想的空燃比大约为 14.7 : 1。这是燃油完全燃烧时,理论上所需要的空气量。它的  $\lambda$  值是 1。

$$\lambda = \text{实际空气量} / \text{理论所需空气量}$$

为改善发动机的工作特性、动力性、燃油经济性和排放性,发动机在下述工况下的空燃比是变化的:

- (1) 冷启动时。需要较浓混合气,这样才能弥补燃油的冷凝作用,改善发动机动力性。
- (2) 大负荷或加速时。为提高工作特性,需采用较浓混合气。

(3) 巡航或小负荷时。考虑经济性,应选择较稀混合气。

(4) 超速时。考虑排放性和经济性,应选用非常稀的混合气。

在不同工况下,空燃比控制越精确,则发动机的总体工作性能就越好。

9.2.2 废气排放

烃类燃料燃烧时,所产生的理论排放物 and 实际排放物如图 9.11 所示。图 9.11 上部分是理想情况,而下部分是正常工况时的实际结果。注意该结果未采用任何像催化转化器那样的处理设施。

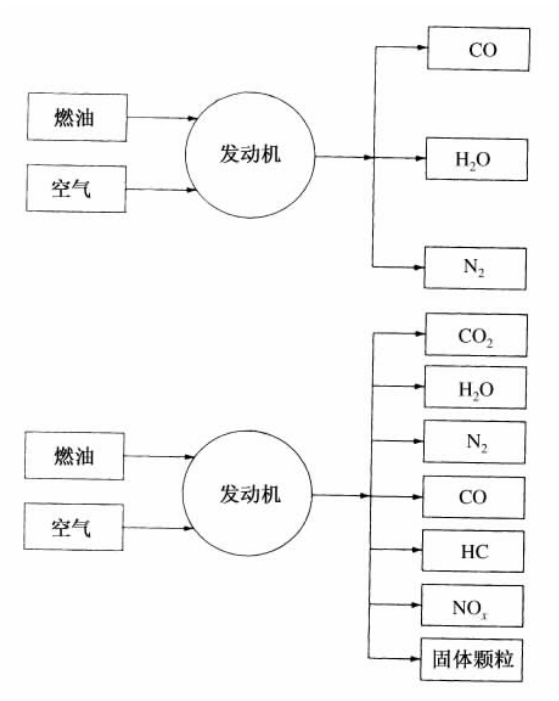


图 9.11 烃燃料燃烧后的理论排放物和实际排放物

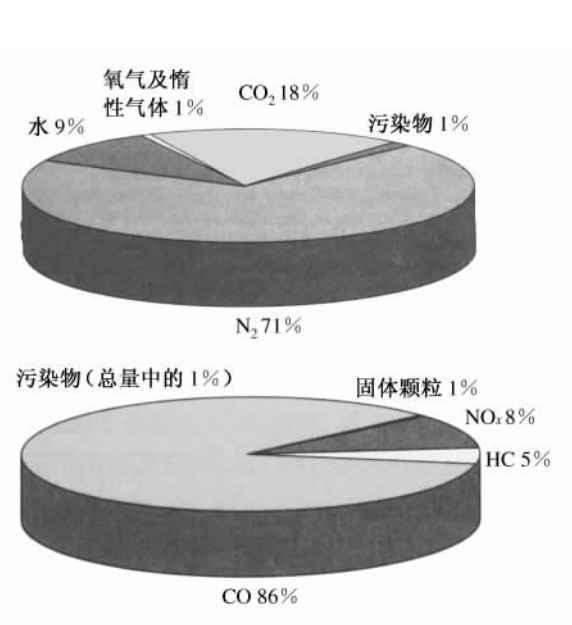


图 9.12 废气成分

图 9.12 是各种废气排放所占的百分比。污染物的容量虽小,但危害很大,因此目前已有强制法规来鼓励低排放。这些排放物的实际值会因下列因素而改变: 发动机结构、运行工况、发动机温度和工作的平顺性等。

表 9.1 列出了对人体有害的四种主要排放物,并对每种排放物作了简要介绍。

表 9.1 危害健康的主要排放物

| 排 放 物    | 介 绍                                                                      |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 一氧化碳(CO) | 该气体即使在低浓度时,也带来很大危险。它无色无味,人吸入后,它与人体中的血红蛋白结合,阻止氧在人体内的运送。假如吸入体内,在短时间内,可使人致命 |

续 表

| 排 放 物                  | 介 绍                                                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氮氧化物(NO <sub>x</sub> ) | 氮的氧化物在刚离开发动机后是无色无味的,当它们与大气接触,与更多氧气起反应后,氮氧化物形成,它们是红棕色、有刺激性气味的气体。吸入后,会损害人的呼吸系统,当它们与水蒸气结合后,就形成了硝酸,这对人的气管和肺极其有害。NO <sub>x</sub> 也是形成酸雨的根源之一 |
| 碳氢化合物(HC)              | 许多不同类型的 HC 会从发动机中排出,它们是燃油未燃烧或部分燃烧的产物,当它们与大气混合后,形成白烟。HC 还被认为是致癌物质                                                                        |
| 固体颗粒(PM)               | 这里面主要包括铅和炭。铅是汽油中的添加物,用以降低燃烧速度,减小爆燃几率。它对健康有害,破坏脑组织,尤其在儿童身上危害更大。因为所有的新型发动机都采用无铅燃油,铅的危害可以不予考虑。但柴油机所排放的煤烟是一大问题,现在已有法规对此作出限制                 |

9.2.3 其他排放物

汽车排放的主要是废气,但还有其他方面的污染源。

和燃油中含硫的争论一样,汽车制造商与石油公司的另一争论也在进行着:即究竟谁来承担在加油站采集燃油蒸气的费用?对环保主义者而言,蒸发燃油排放(EFEs)是一个严重问题,大约 10%的 EFEs 在加油时散逸了出来。

在美国,石油公司打赢了这场战争。从 1998 年开始,所有汽车制造公司必须在汽车上安装 10 L 的活性炭罐,用来吸收燃油蒸气。在欧洲,答案还不肯定。他们还在激烈争论这个问题:石油公司是否担负在燃油泵处收集燃油蒸气的责任?

汽车制造商需要解决的另一较大问题是:从油管自身出发,避免燃油蒸气化。技术革新实际上增长了燃油在供油系统中汽化的机会,这是因为在制造管道时,较多地使用了塑料而不是金属,燃油蒸气能够穿透塑料,逃逸到大气中去。催化转化装置的使用,会产生大量热量,对油箱进行加热,也让燃油变热,因此更容易蒸发。

表 9.2 进一步讨论了这个问题,同时也给出了曲轴箱的排放。

表 9.2 燃油汽化和曲轴箱排放

| 来 源            | 注 释                                                                                                                                                                                            |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 油箱和燃油供给系统中燃油汽化 | 燃油汽化会产生 HC,温度升高,这种影响越大。解决这个问题可安装一个活性炭罐。油箱通常连接进气歧管,在大气压力下工作,通过活性炭罐吸附燃油蒸气。这些都是受管理系统的控制,要记住,即使燃油蒸气的含量为 1%,也会使 λ 值上升 20%。曲轴箱通风阀来完成这项工作,它在某些工况(例如全负荷或怠速时)下是关闭的,但在另一些工况下完全打开。系统是通过采集 λ 传感器的信号来监视其效果的 |
| 曲轴箱冒烟(窜气)      | HC 会集中在曲轴箱中,多数是因为燃烧室废气在汽缸压力下通过活塞环进入曲轴箱。这些气体应当重新导回燃烧,通常由进气系统来完成,即曲轴箱强制通风系统                                                                                                                      |

燃油蒸发排放是以密封式测量蒸发量法进行测量的,该方法通常有下面两种方式:

(1) 汽车中装有最大燃油量的 40%, 在密封条件下进行加热(18~28℃), 就能测到不断增加的 HC 的浓度。

(2) 汽车先在正常试验循环中进行加热, 然后使用该方法, 1 h 后就能测出 HC 浓度的增长量。

### 9.2.4 含铅燃油和无铅燃油

四乙铅最初被加入汽油中是在 20 世纪 20 年代, 这样可以降低燃烧速度, 促进燃烧, 并增加燃油的辛烷值。石油公司在这方面的花费低于提炼时的花费。

无铅燃油的首次推行是在美国加利福尼亚州的洛杉矶。为减少洛杉矶严重的空气污染问题, 为了降低汽车尾气排放量, 广泛采用了催化转换装置。但如果采用了含铅汽油, 催化转换装置将不会起任何作用。铅会损害儿童的脑组织, 这听起来就像是对含铅汽油下了死刑, 这一观念已被全世界所接受。

新的发现又表明: 代替铅使用的添加剂对环境更是致命的打击。两个罪魁祸首是苯和 MTBE, 苯与白血病有密切关系, MTBE 污染水源, 对所有生物都有毒性。这比铅的问题更严重, 比当初建议采用铅更让人们担心。

很重要的一点就是要注意到这仍处于讨论阶段, 进一步研究做出合理性结论仍在继续进行。注意: 许多技术上的问题要比它当初看起来深远得多。

现代的发动机都设计为燃烧无铅汽油, 有一特别的改进就是硬化气门座。在欧洲以及其他地方, 现在已完全不烧含铅汽油了。这给开老式汽车的驾驶员带来了问题, 他们可以采用许多种添加剂, 但效果都不如铅好。下面是我获悉的一些评论性资料:

(1) 所有铸铁发动机, 它们没有专门硬化的排气门座, 在采用无铅汽油时会受到损伤。损伤的程度取决于发动机结构和发动机转速。

(2) 没有一种汽油添加剂可以完全防止气门凹陷。尽管有些相对较好, 但不能完全代替铅的作用。

(3) 燃油中含铅的最低水平大约是 0.07 g/L, 现今某些燃油的水平为 0.15 g/L, 所以将含铅燃油和无铅燃油混合起来使用可能会取得成功。

(4) 我们不能很精确预计出磨损速度, 常常会发现磨损现象仅在某一汽缸较为严重。

(5) 安装硬化气门座或在气门座上进行诱导硬化很有效, 可采用两者中任一方式。

(6) 罗弗所做的试验支持这一理论。尽管无铅汽油会损坏所有的铸铁汽缸盖, 但直到使用无铅汽油行驶了很多里程后, 少数精力充沛的驾驶员才发现这个问题。

(7) 当未做保护的发动机在试验台上燃烧无铅汽油, 然后停下来, 很明显能看到损坏。不过, 驾驶员很少对无铅汽油的使用抱怨些什么, 因为他们并未使发动机超速运行, 也未跑太多里程。

对上述说法, 请读者自己作出决定。

### 9.2.5 废气排放法规

截至本书出版时, 现行的排放法规可总结为以下两类: 一种是针对英国车制定的 MOT 法规(表 9.3), 另一种是为在欧共体生产或出口到欧共体的新车制定的法规(表 9.4)。MOT 测试是在发动机暖机、怠速转速下进行的。不过, 如果怠速转速不能调节, HC 含量也

可在 1 200 r/min 下测出。

表 9.3 英国 MOT 法规(从 1991 年 11 月 1 日开始实施)

| 汽车首次采用时间                        | 法 规                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1975 年 8 月 1 日前                 | 目测——看排放是否过量                                                                                                                                         |
| 1975 年 8 月 1 日以后                | $CO \leq 4.5\%$<br>$HC \leq 1\,200 \times 10^{-6}$                                                                                                  |
| 1986 年 8 月 1 日以后                | $CO \leq 3.5\%$<br>$HC \leq 1\,200 \times 10^{-6}$                                                                                                  |
| 1994 年 8 月 1 日以后<br>(最低油温为 60℃) | 在怠速转速为 450~1 500 r/min 时, $CO \leq 0.5\%$<br>在快怠速转速为 2 500~3 000 r/min 时, $CO \leq 0.3\%$<br>$HC \leq 200 \times 10^{-6}$<br>$\lambda$ 值: 0.97~1.03 |

表 9.4 为新车制定的英国/欧共体法规

| 标准值/(g/km)          |              | CO   | HC/NO <sub>x</sub> | PM(颗粒) |
|---------------------|--------------|------|--------------------|--------|
| 第一阶段<br>(1992~1993) | 汽 油          | 2.72 | 0.97               | —      |
|                     | 柴 油          | 2.72 | 0.97               | 0.14   |
|                     | 到 1994 年柴油直喷 | 2.72 | 1.36               | 0.19   |
| 第二阶段<br>(1995~1997) | 汽 油          | 2.2  | 0.5                | —      |
|                     | 柴 油          | 1.0  | 0.7                | 0.08   |
|                     | 到 1999 年柴油直喷 | 1.0  | 0.9                | 0.10   |
| 第三阶段<br>(1999~2001) | 汽 油          | 2.3  | 0.2/0.15           | —      |
|                     | 柴 油          | 0.64 | 0.56/0.5           | 0.05   |
| 第四阶段<br>(2005)(建议)  | 汽 油          | 1.0  | 0.1/0.08           | —      |
|                     | 柴 油          | 0.5  | 0.3/0.25           | 0.025  |

柴油发动机要在怠速和全负荷时检测其固体小颗粒的排放。目前,已暂时停止全负荷测试,因为测试时要转动发动机到其最大转速,这会使许多发动机受到损伤。欧洲标准正用于新车上,现行的和建议的欧洲标准如表 9.4 所示。

第一、二阶段要求所有汽车均安装三元催化转化装置,这样才能满足法规要求。第三、四阶段需要在发动机各控制领域采取进一步的技术。制造商们正为满足这一法规努力准备着。现行的欧共体试验周期经仔细检查后,被认为不能反映北欧地区正常行驶时的情况。图 9.13 是现行/未来试验周期图。

在测试中,并未考虑发动机有 20~30℃ 的原始温度和长达 40 s 的发动机怠速时间。将来的建议标准就要考虑这一怠速时间和 0~5℃ 的初始温度。这就需要在汽车上采用更进一步措施来降低排放。还存在另一问题,就是如何测定 HC 的量。目前,在测试中有两个



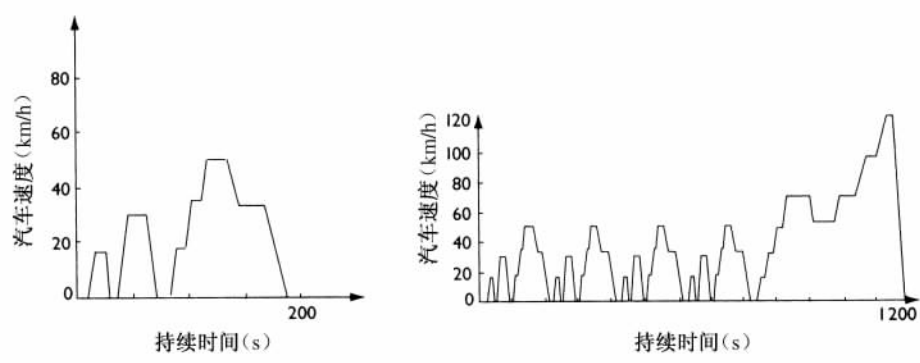


图 9.13 欧共体现行/未来可能试验周期

HC——未含甲烷 HC 和含甲烷 HC。然而,由于将含甲烷 HC 进行催化转换是十分困难的,如果它们仍存留在试验中,未来的建议标准就更难达到了。

### 9.3 电控化油器

#### 9.3.1 基本化油器

图 9.14 为一个简易固定阻风门式化油器,用来说明这种设备的工作原理。浮子和针阀组件确保浮子室中汽油量为定值。喉管引起气流流速增长,因而出口处压力会下降。主喷管通过浮子室中明显升高的压力来控制压入进气系统的燃油量。基本原理就是:当进入发动机中的空气量越多,就有越多的燃油与空气进行混合。

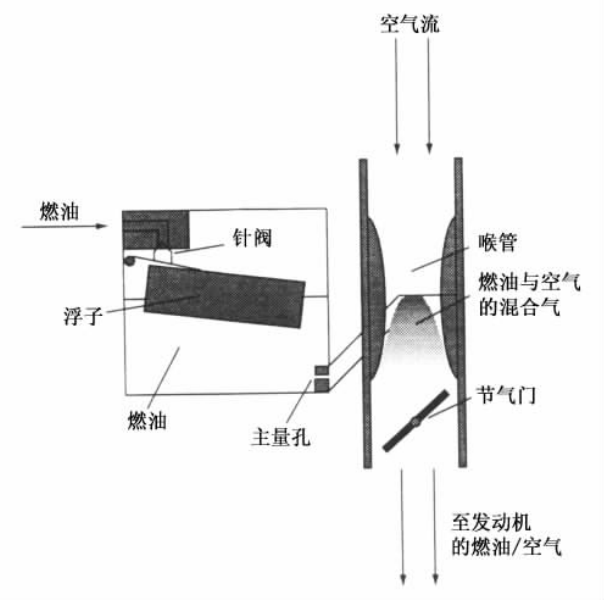
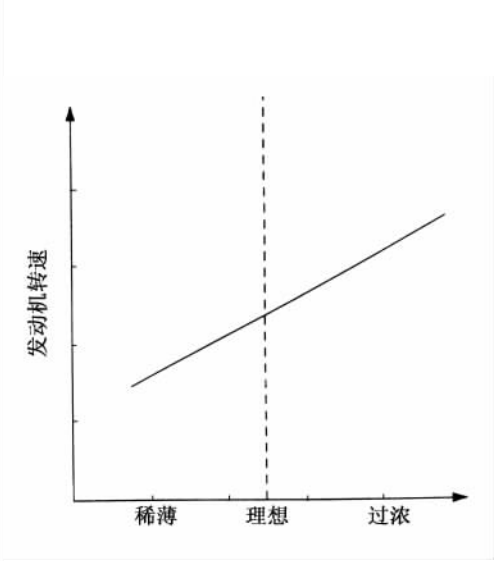


图 9.14 简易固定阻风门式化油器



9.15 在简易阻风门式化油器中,吸入空气流中的燃油量并不与空气量的增长成线性变化

图 9.15 是这种简易化油器存在的问题：吸入气流中的燃油量并不与空气量的增长成线性变化。这意味着要进行燃油补偿和空气补偿，才得以满足各工况要求。

图 9.16 是一个可变喉管式化油器，它能保持喉管处空气压力为常量，并采用了锥形针阀来控制燃油量。

### 9.3.2 控制范围

图 9.17 是一种电控可变喉管式化油器。一般来说，电控化油器可进行以下几个方面的控制：

#### (1) 怠速转速控制

通过步进电机的控制，避免了熄火现象的发生，但允许有一定的较低怠速转速，这样可以提高经济性，并降低排放。为了防止发动机失速或汽车爬坡时失速，怠速转速也可能随自动变速器传来的信号而变化。

#### (2) 快怠速控制

用与上面相同的步进电机控制怠速，以响应预热阶段来自发动机温度传感器的信号。

#### (3) 阻风门(预热加浓)控制

用旋转式阻风门或其他形式的气门和叶片操纵阻风门机构，影响因素有发动机温度和车外温度。

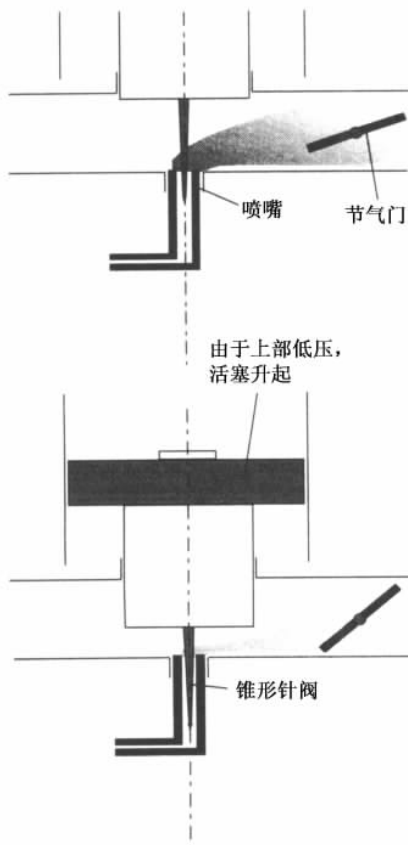


图 9.16 可变喉管式化油器

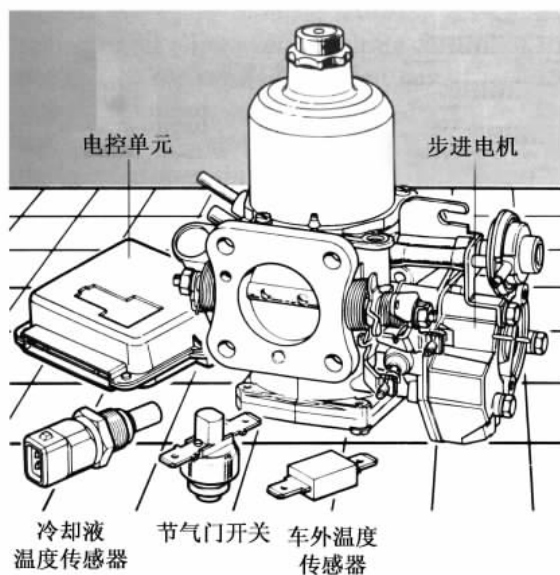


图 9.17 HIF 式可变喉管式化油器的电控元件

#### (4) 超速切断燃油控制

在某些工况下,用小型电磁阀或相似的元件切断油路。这些工况往往是:发动机温度高于某一设定值,发动机转速高于某一设定值和加速踏板处于“松开”位置。

空燃比的控制主要通过机械方式来完成,很难用电控方式来实现。一些系统已采用了电控针阀和喷嘴,但效果并不明显。

## 9.4 燃油喷射

### 9.4.1 燃油喷射的优点

任何形式的喷射系统的最大优点都是能对喷入发动机中的燃油量进行精确控制。喷射系统的基本工作原理是:如果在一常值差压条件下,供给喷油器(电控阀门)燃油,那么喷油量就与喷油器开启时间成比例。

目前燃油喷射系统都是采用电控式,尽管其中也包含一些机械元件。这就使得喷射系统的工作过程非常符合发动机的需要。这个匹配过程以及工况和电动仪器试验,同时也在车上开发出来。发动机各工况的理想工作参数已存储在 ECU 的只读存储器中,当所有工作因素均考虑进去时(参见空燃比部分),喷油量的闭环控制能实现混合气的最优设置。

电控燃油喷射的另一个优点是能很容易实现燃油的超速切断,在发动机处于转速极限时,燃油就被切断,并将燃油信息提供给行程电脑。

喷油系统可分为两大类:

(1) 单点喷射——参见图 9.18。

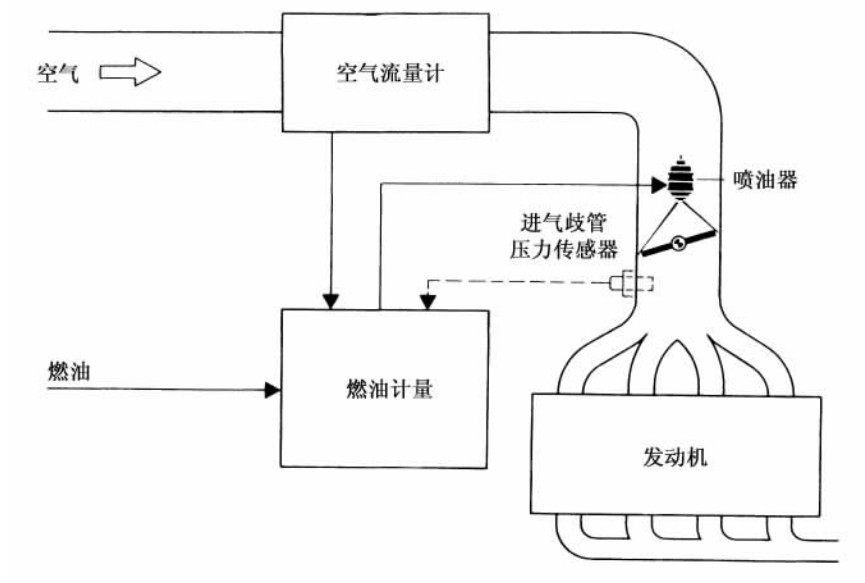


图 9.18 单点燃油喷射

(2) 多点喷射——参见图 9.19。

在本章的后面几节会详细介绍单点喷射和多点喷射系统。

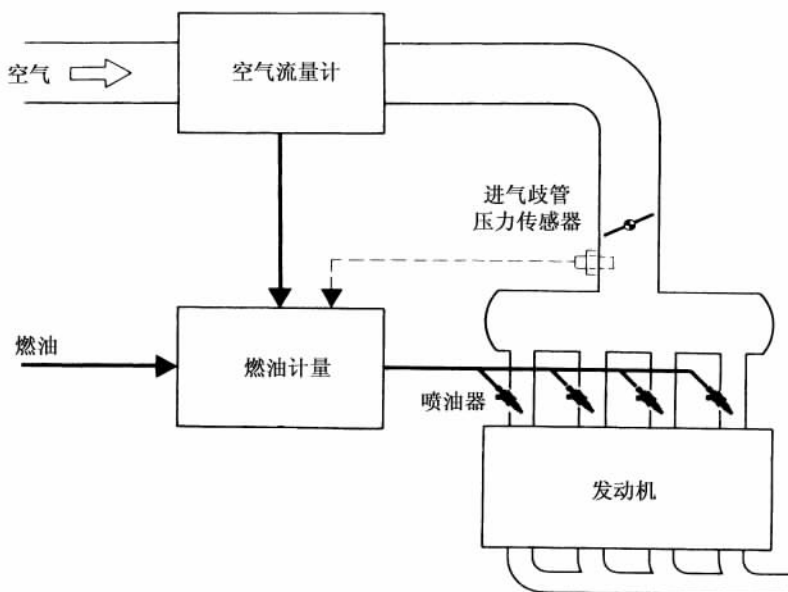


图 9.19 多点燃油喷射

### 9.4.2 燃油喷射系统概述

图 9.20 是一个典型燃油喷射系统的布置图。根据系统的复杂程度、怠速速度和怠速混合气的调节,既可以通过机械方式来实现,也可以通过电控方式来完成。

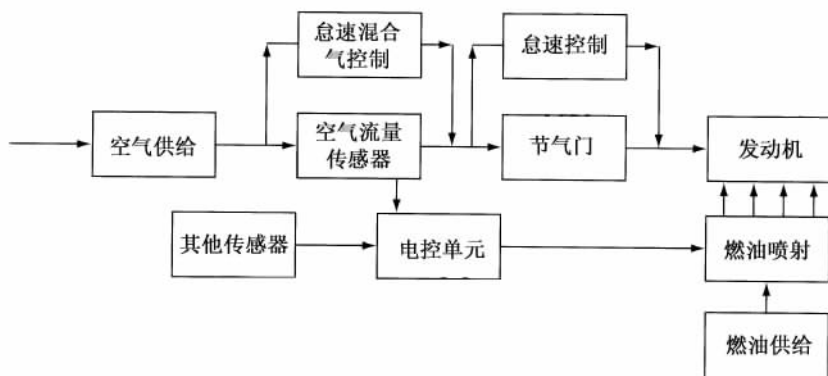


图 9.20 典型燃油喷射系统布置图

图 9.21 是多数燃油喷射系统的输入输出控制方框图。注意系统中最重要的两个传感器是转速传感器和负荷传感器。同以前章节中所述一样,基本供油量的决定方式与点火正时的决定方式类似,均取决于那些输入量。

图 9.22 是一个三维喷油量脉谱图,它表示出发动机的燃油信息是如何存储的。这些信息存贮在 ECU 中的只读存储(ROM)芯片内。当 ECU 决定所需喷油量(喷油器开启时间)时,就给出一个考虑了蓄电池电压、温度、节气门改变和燃油切断的修正量。

怠速转速和快怠速一般地也由 ECU 和执行器来控制。电控燃油喷射也可以实现闭环

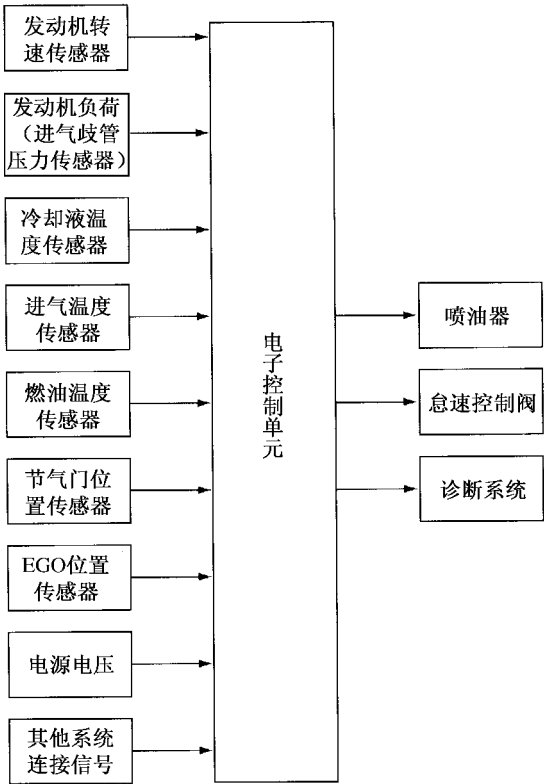


图 9.21 多数燃油喷射系统的输入输出方框图

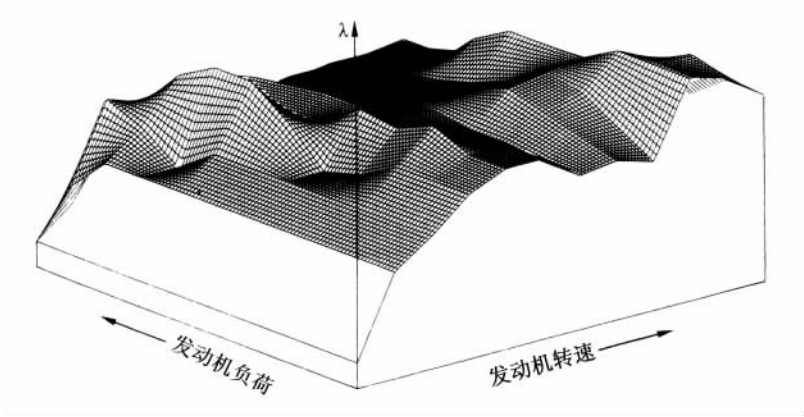


图 9.22 喷油量三维脉谱图

控制。这需要一个 $\lambda$ 传感器来监测废气中氧的含量。这样就能实现对混合气浓度非常精确的控制,因为废气中的氧含量与空燃比是成比例的。来自 $\lambda$ 传感器的信号用来调节喷油器开启时间。

图 9.23 所示流程图给出了传感器的信息如何经过处理,决定最佳喷油开启时间和控制发动机怠速转速。

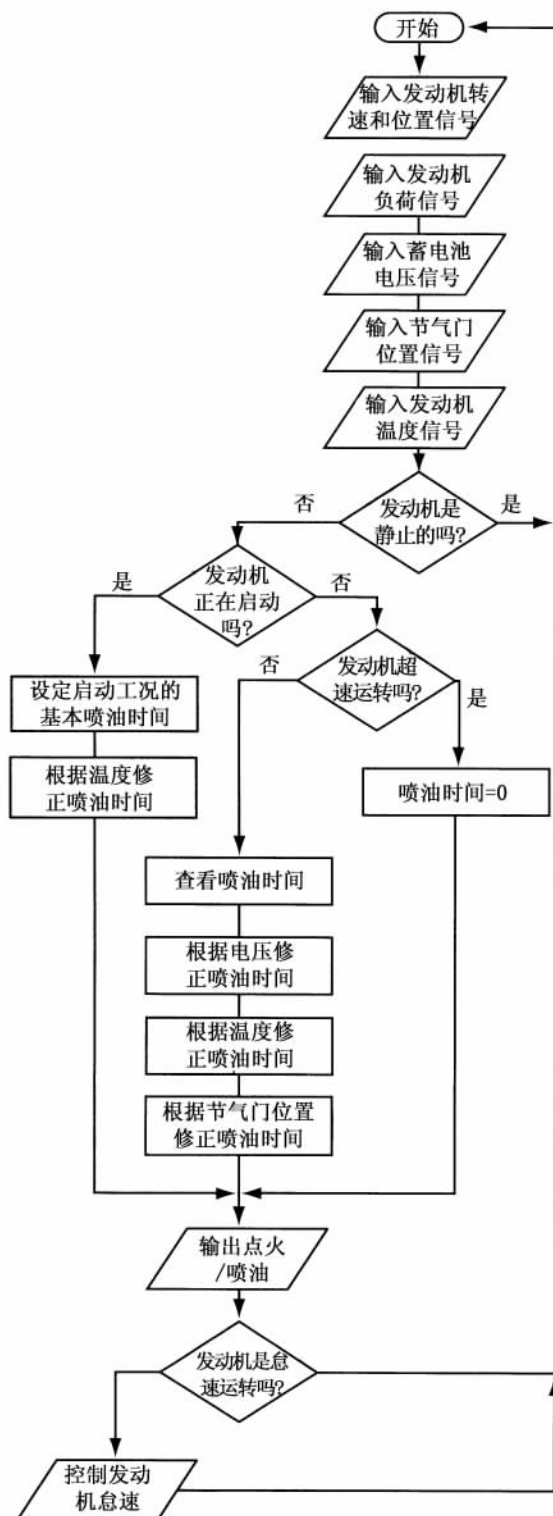


图 9.23 喷油和怠速转速控制流程方框图

9.4.3 喷射系统的组成

以博世 L-Jetronic 型电控燃油喷射系统为例,简要介绍电子控制部件。

(1) 叶片式空气流量计(图 9.24)

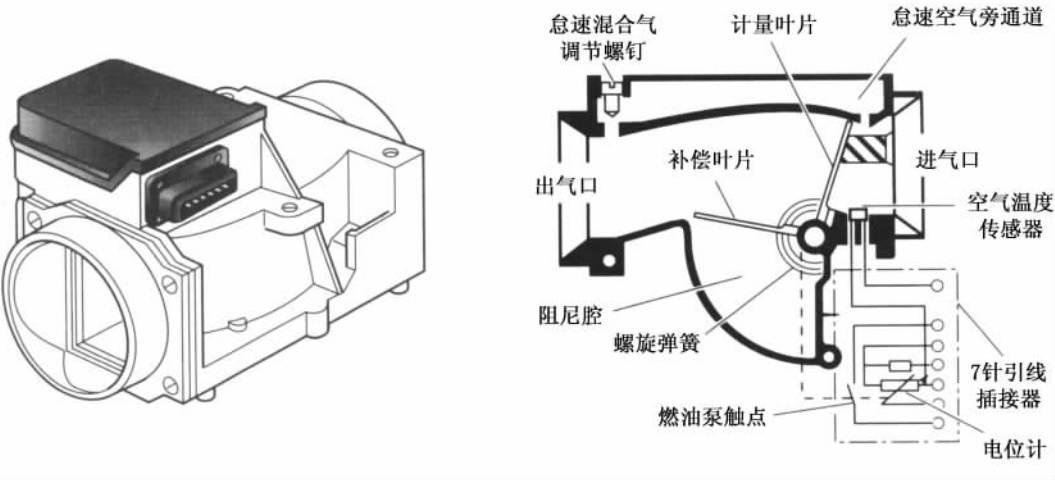


图 9.24 空气流量计

博世叶片式空气流量计如图 9.24 所示,当空气吸入发动机中时,空气流量计的叶片会转动,提供给 ECU 的信息是进气量和发动机负荷。

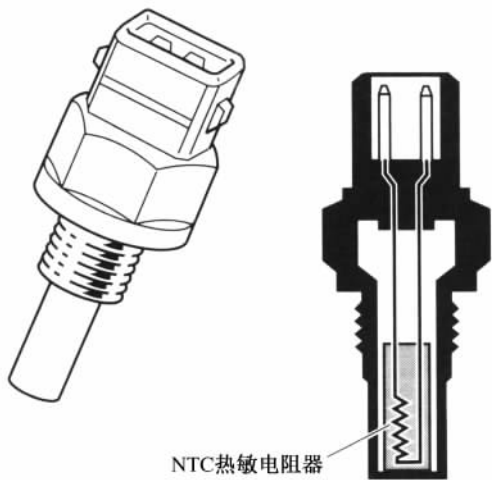


图 9.25 冷却液温度传感器

(2) 发动机转速传感器

多数喷射系统不直接与点火系统连接,而是从点火线圈负极获得发动机转速信号。这在一定程度上可提供转速数据和发动机位置信息。在电路中串联一个电阻,这可以阻止高电压冲击 ECU。

(3) 冷却液温度传感器(图 9.25)

简易式热敏电阻器就能提供发动机冷却液温度信息。

(4) 节气门位置传感器(图 9.26)

节气门位置传感器有两种类型:一种是开关触点,它仅能提供怠速、全负荷以及部分负荷信息;另一种是电位计式,能提供更多的详细信息。

(5)  $\lambda$  传感器(图 9.27)

$\lambda$  传感器为 ECU 提供废气中的氧气含量。有了这个信息后,就可采用修正值来保证发动机处于或接近理想工况。图 9.27 中还有一个燃烧室压力传感器。

(6) 怠速或快怠速控制执行器(图 9.28)

可以采用双金属执行器或步进电机执行器,但图示的是一个线性脉冲执行器。它允许

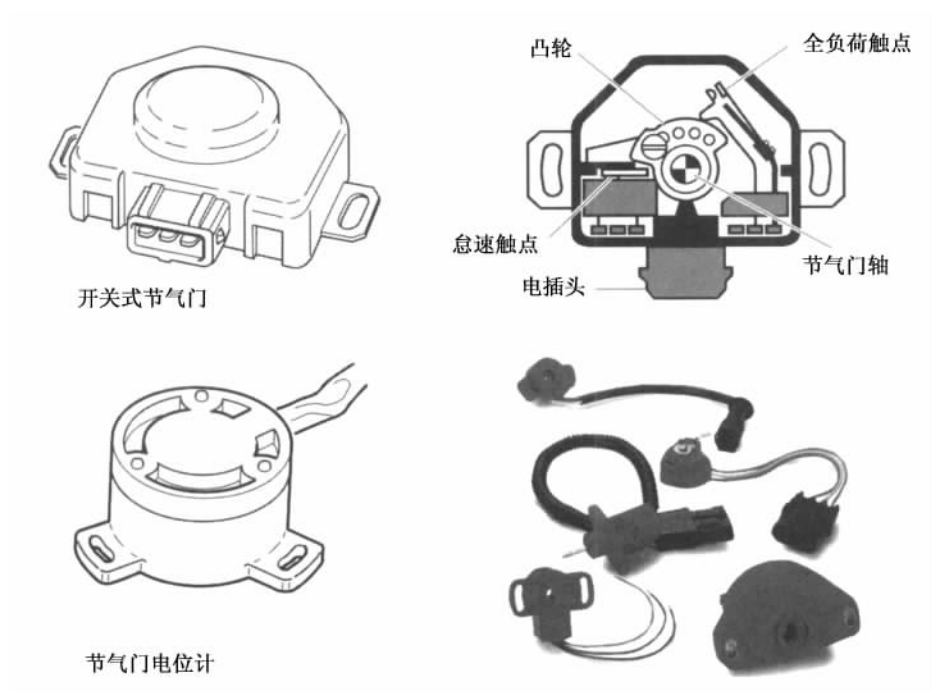


图 9.26 节气门位置传感器

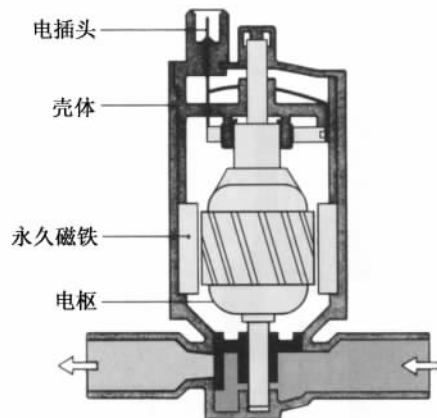
图 9.27  $\lambda$  传感器

图 9.28 旋转式怠速执行器

通过的空气量是由其占空比来设置的。

#### (7) 喷油器(图 9.29)

图示的两种喷油器分别为轴针式喷油器和孔式喷油器。他们都通过电磁阀控制,动作迅速,并能喷出细小油雾。

#### (8) 喷油器电阻

当一些系统中喷油器线圈的电阻很低时,常采用喷油器电阻。电路中感应时间越短,喷油器的动作就更迅速。同限制线圈进行低电阻点火线圈一样,目前多数系统中也限制了 ECU 中喷油器的最大电流。



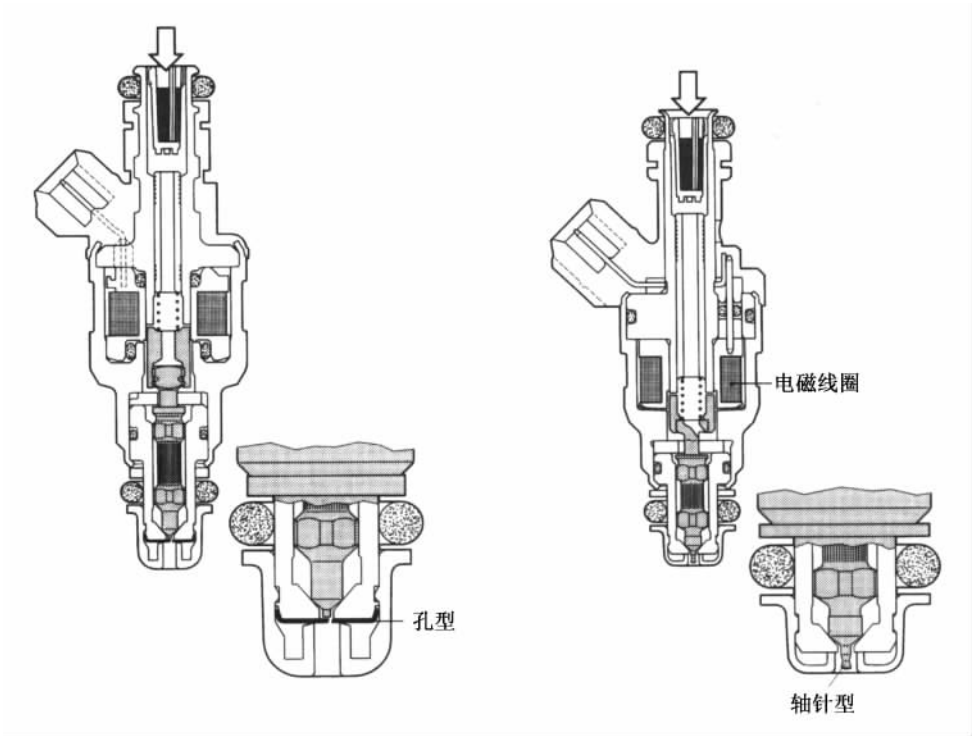


图 9.29 喷油器

(9) 燃油泵(图 9.30)

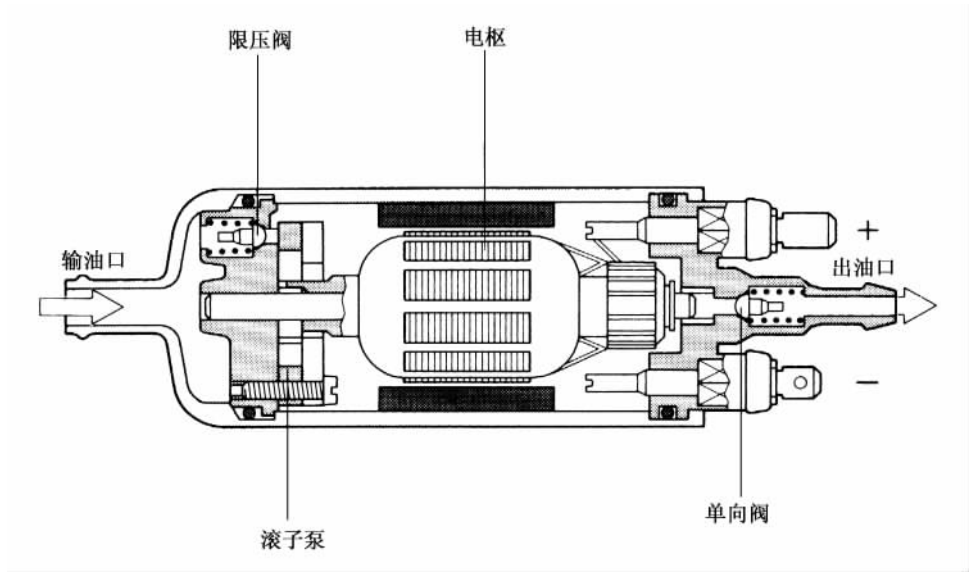


图 9.30 燃油泵(高压)

燃油泵确保为燃油管道供给定量燃油,管道的作用相当于凹地,当喷油器工作时,它阻止压力波产生,泵的压力必须保持在  $3 \times 10^5 \text{ Pa}$  左右。

## (10) 燃油压力调节器(图 9.31)

该设备确保经过喷油器的压力为常差压值。它是一个机械部件,与进气歧管有一通道。

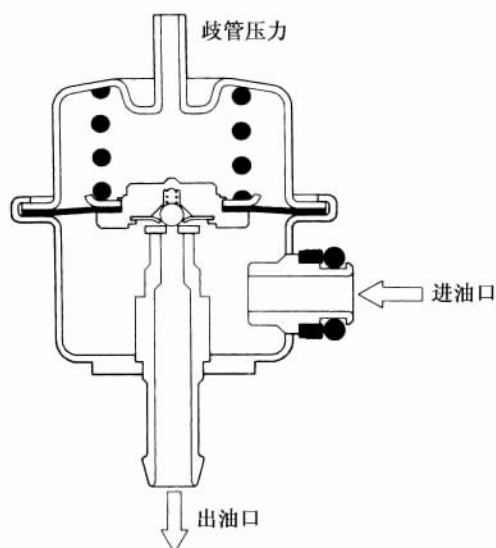


图 9.31 压力调节器

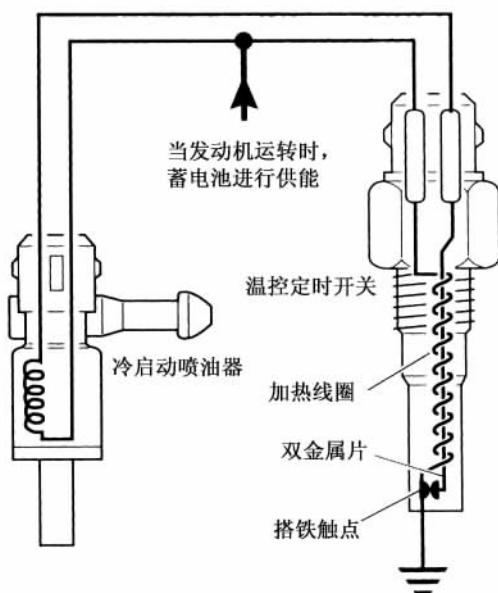


图 9.32 典型的冷启动系统布置图

## (11) 冷启动喷油器和温控定时开关(图 9.32)

早期的系统还采用一个额外喷油器,以阻风门的形式出现,它与温控定时开关一起工作,用于控制冷态加浓量。发动机温度和加热线圈均对它进行加热,这种技术在新型系统中已被取代,加浓混合气是通过增加喷油器的脉冲数目即脉冲宽度来完成的。

## (12) 组合继电器(图 9.33)

这在不同的系统中有许多不同的形式,但基本上都包括两个继电器:一个用来控制燃油泵;另一个为喷油系统的其他部分供电。该继电器常常由 ECU 控制,仅当感应到的点火脉冲安全时,才进行工作。当发动机运转时,才启动燃油泵进行工作。

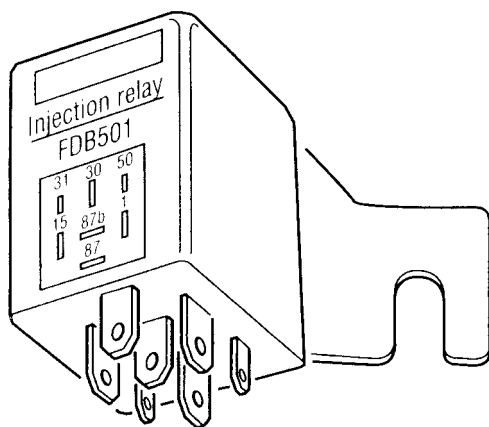


图 9.33 组合继电器

## (13) 电控单元(图 9.34)

早期 ECU 的工作方式均是模拟的,现在使用的所有 ECU 都是数字式的。

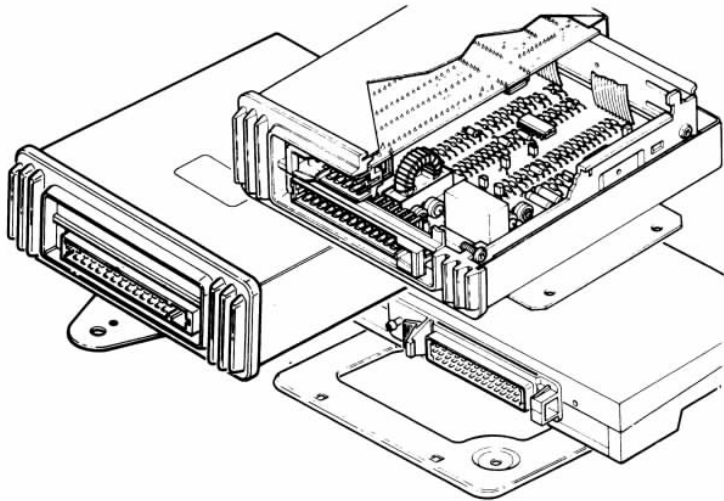


图 9.34 电控单元

9.4.4 多点顺序喷射

前面讨论的所有系统,要么是像单点喷射系统一样,进行连续喷油;要么多点喷射系统的所有喷油器同时喷油,喷出所需燃油量的一半。顺序喷油系统的工作过程是:在各汽缸的进气行程,按发动机的点火顺序进行喷油。该系统要是再复杂一些就可实现汽缸混合气的分层化控制,获得较稀薄的进气效果。顺序喷射常规上与整个发动机管理系统连接在一起进行工作,这在第 10 章有进一步的讨论。图 9.35 是对同时喷射和顺序喷射所做的比较。

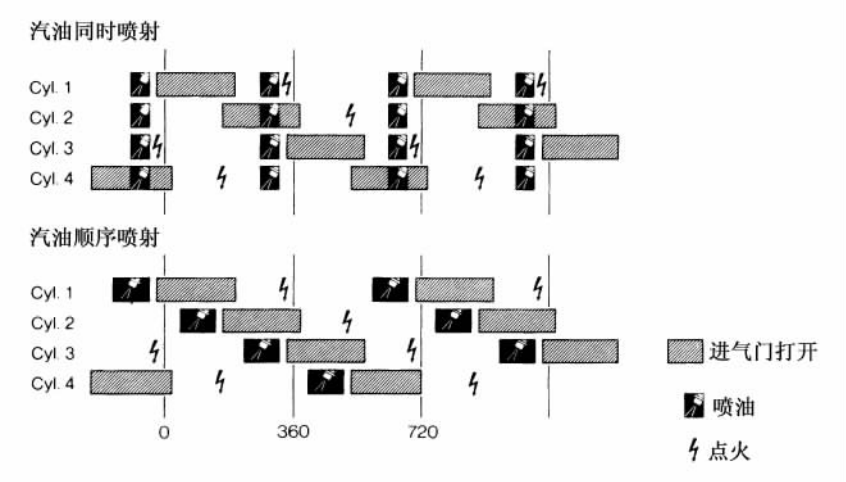


图 9.35 汽油的同时喷射和顺序喷射

9.4.5 小结

喷射技术发展迅速,单点喷射系统越来越简单,化油器已被淘汰。随着排放法规的日益严格,使得制造商被迫采用喷射技术,而且成本不断降低。这样反过来又促使喷射技术的发展,其在价格和性能上更优越于化油器技术。

## 9.5 柴油喷射技术

### 9.5.1 概述

四冲程柴油机的基本原理与汽油机十分相似。最主要的区别是：当燃油在高压下喷出时，混合气在汽缸燃烧室中的形成方式不同。从动力性、经济性和排放性考虑，供油正时和喷油量这两个因素是非常重要的。

燃油是通过泵定量喷入燃烧室中，泵用较粗管道与喷油器连接。当燃油喷出时，它与汽缸中的空气进行混合，并在约  $800^{\circ}\text{C}$  时自燃。其详细工作原理请见柴油燃烧部分。混合气在汽缸中的形成受下列因素影响：

#### (1) 输油起始点和喷油开始点(正时)

柴油机喷油泵的正时对发动机来说，通常用输油起始点作为记号。实际喷油起始点，即燃油离开喷油器的时刻，是稍微落后于输油起始点，因为它受发动机压缩比、燃油压缩性和输油管长度的影响。该正时若太早，则炭烟的生成量增加；太迟，HC 排放量增加。

#### (2) 喷油时间和排气速度(燃油量)

喷油时间是以曲轴每毫秒转动的度数来表示的。它会很明显地影响耗油量，不过排气速度也同样重要，该速度不是常量，因为它受喷油泵的机械特性的影响。

#### (3) 喷油压力

喷油压力不仅影响喷油量，而且也影响雾化质量。压力越高，燃油就雾化成更小的液滴，从而燃烧效率也得到了提高，间接喷射系统将压力增高至  $350 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，而直接喷射系统则可将压力增高至  $1\,000 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。喷油压力越高，炭烟排放量会大大减少。

#### (4) 喷射方向和喷嘴数目

喷射方向必须与涡流和燃烧室的形状十分匹配。偏离理想值  $2^{\circ}$  就会大大增加固体颗粒的排放量。

#### (5) 过量空气系数(空燃比)

柴油机并不采用节气门碟形件，节气门是直接作用在喷油泵上控制燃油量的。在低速时，大的过量空气系数可确保燃烧充分和低排放。高速时，柴油机也可能在大的过量空气系数下工作。

图 9.36 是一个典型的柴油喷射系统，各部件的具体工作就不在本书中详述了。我们这里考虑的是原理和存在的问题，特别是如何采用电控方式解决某些问题。

### 9.5.2 柴油废气排放物

总体来说，柴油燃烧时的废气排放物远远低于汽油燃烧时的排放物。图 9.37 是对汽油排放和柴油排放所做的比较，因为柴油机较高压缩比和大的过量空气系数，CO、HC 和  $\text{NO}_x$  的排放均降低了。较高的压缩比提高了热效率，因而降低了耗油量。过量空气系数确保燃油燃烧得更加充分。

柴油机排放的主要问题是固体小颗粒的排放，这些碳分子颗粒中也会含碳氢化合物，主要是醛类化合物。这些排放物带来了很严重的污染问题，那些炭烟还可能是致癌物，这一点

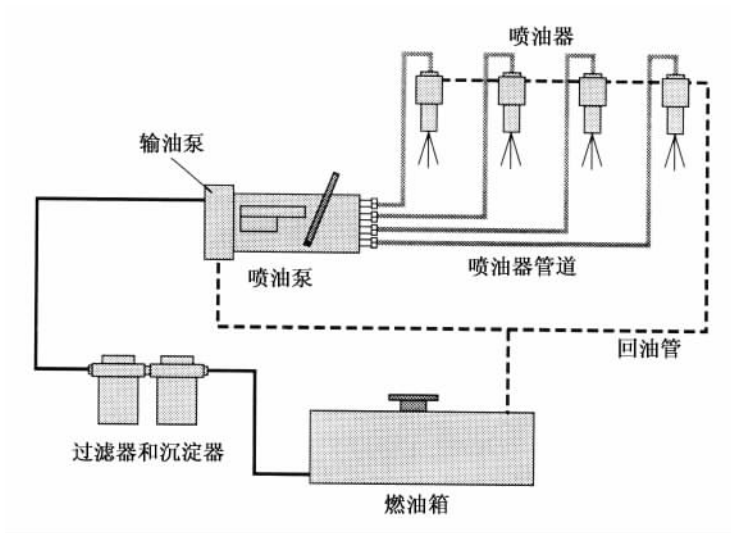


图 9.36 柴油喷射系统

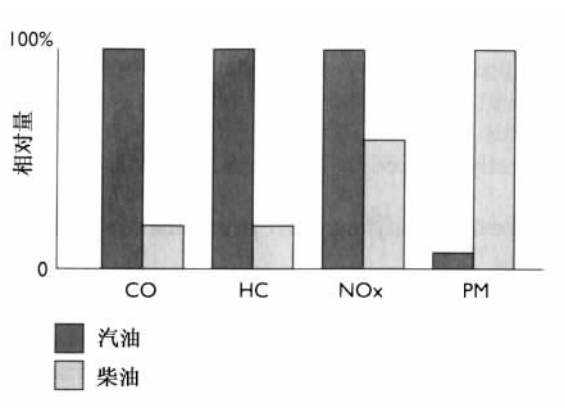


图 9.37 汽油排放物与柴油排放物的比较

要密切注意。这些小颗粒的直径仅有几微米,它们悬浮在空气中会被人体吸入。

### 9.5.3 电控柴油喷射技术

与单纯的机械系统比较,电控喷油泵的出现带来了很大进步。不过,在目前的所有系统中,形成高压和进行喷射仍采用机械方式。电控柴油喷射系统具有以下优点:

- (1) 喷油量的控制更为精确。
- (2) 喷油起始点控制得更佳。
- (3) 怠速转速控制。
- (4) 对废气再循环进行控制。
- (5) 对系统进行线驱动(在节气门踏板有一个电位计)。
- (6) 具有防冲击功能。
- (7) 具有自诊断功能。
- (8) 具有温度补偿功能。
- (9) 具有巡航控制功能。

图 9.38 是电控分配式喷油泵。因燃油必须在高压下喷射,所以仍要使用喷油嘴、压力泵和驱动元件。其中电磁铁芯执行器用来调节控制套筒的位置,从而控制输油行程和喷油量。燃油压力作用到滚子座圈,从而控制喷油起始点。滚子泵的供油量由电磁阀来控制。上述执行器一起作用,就实现了对喷油起始点和喷油量的控制。

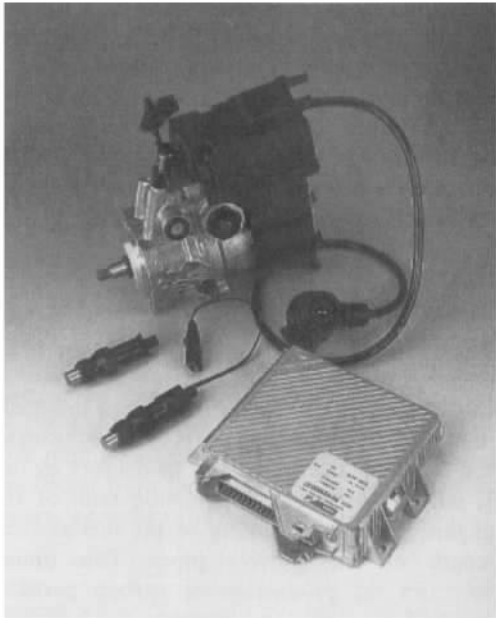


图 9.38 电控分配式喷油泵

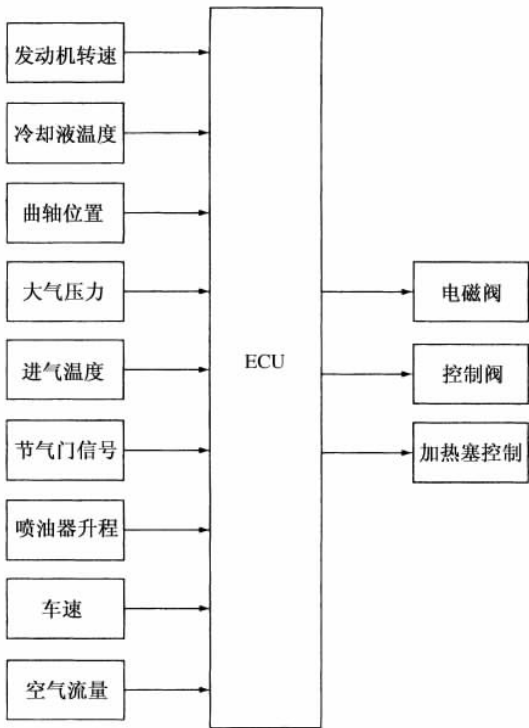


图 9.39 电控柴油喷射系统的方框图

图 9.39 是典型电控柴油喷射系统的方框图。喷油量和正时的理想值存储在电控单元的记忆地图中。喷油量由加速位置和发动机转速计算出来,喷油正时由下列因素决定:

- (1) 燃油规格。
- (2) 发动机转速。
- (3) 发动机温度。
- (4) 空气压力。

ECU 根据喷油器针阀位移传感器的信号,可以对喷油起始点和实际输油时刻进行分析比较。图 9.40 是装有针阀位移传感器的喷油器。

废气再循环控制是由一个简单电磁阀来实现的,是根据发动机转速、发动机温度和喷油量等参数来控制的。经 ECU 也能对电热塞(图 9.41)进行控制。图 9.42 是电控柴油喷射系统布局图。

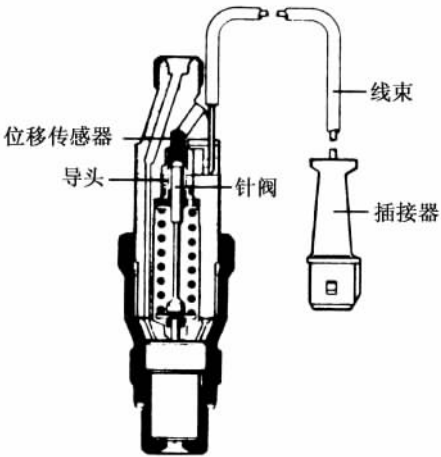


图 9.40 装有针阀位移传感器的柴油机喷油器

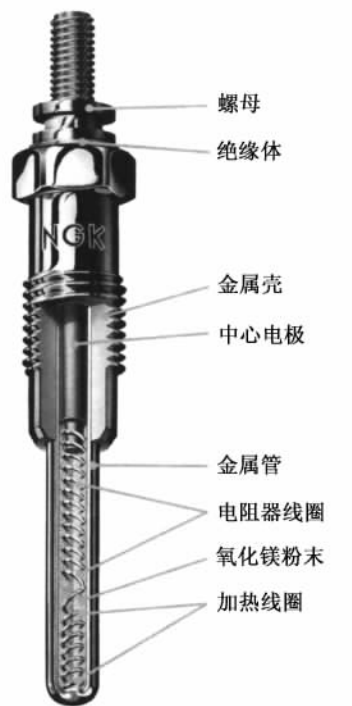


图 9.41 典型的柴机电热塞

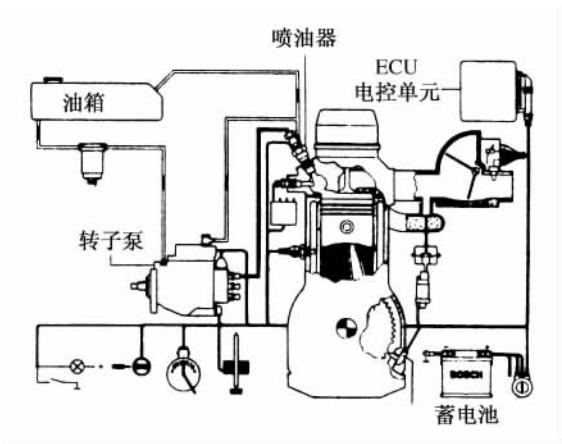


图 9.42 电控柴油喷射系统的完整布置图

9.6 典型实例

9.6.1 博世公司的 L-Jetronic 系统

博世公司的 L 型电子燃油喷射系统经过多年的改进,已经发展了多代产品。本节将重点介绍所发生的主要变化,图 9.43 是一种 L 型系统。

(1) L2 型电子燃油喷射系统

该系统仅仅在 L 型基础上进行了部分改进,只是移走了串联在喷油器处的电阻器,ECU 能够限制喷油器的输出电流,喷油器阻值为 16  $\Omega$ 。

(2) LE1 型电子燃油喷射系统

没有采用限流电阻,节气门开关可以进行调节。取消了空气流量计上燃油泵安全开关。安全电路是与电控继电器合在一起的。这就使得只有存在点火信号时,燃油泵才能工作,即只有发动机运转成摇转曲轴时燃油泵才工作。

(3) LE2 型电子燃油喷射系统

除了取消温控定时开关和冷启动喷油器外,该系统与 LE1 系统非常相似。ECU 决定冷启动加浓,并相应地决定喷油器开启时间。

(4) LU 型电子燃油喷射系统

该系统对 LE 系统进行了细节上的改进,并采用了闭环  $\lambda$  控制。

(5) L3 型电子燃油喷射系统

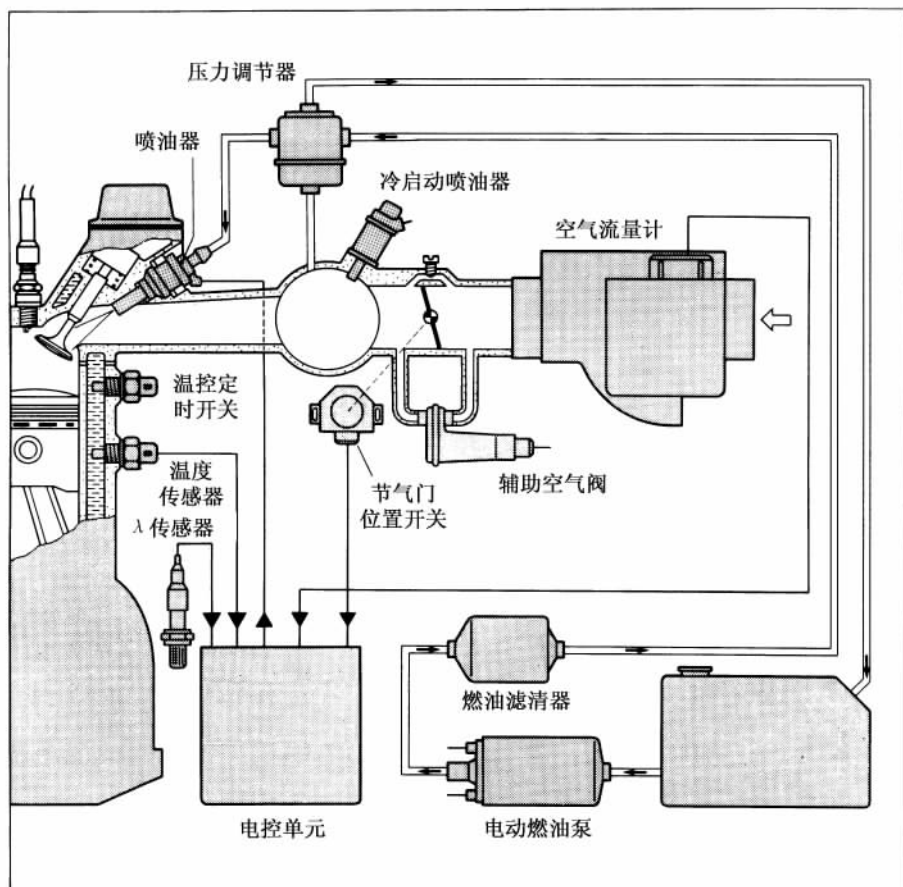


图 9.43 L-Jetronic 型电子燃油喷射系统

如图 9.44 所示, L3 Jetronic 系统的 ECU 形成了空气流量计的一部分。现在的 ECU 具备了跛行回家功能。该系统能在有或无  $\lambda$  闭环控制时均能进行工作, 空燃比可以通过 ECU 一侧的螺钉式电位计来调节。

(6) LH 型电子燃油喷射系统作了综合改进, 主要区别是采用了热线式空气流量计。该系统的布置如图 9.45 所示。新的开发仍在不断进行中, 但总的来说, 多数系统的发展方向是朝着将燃油喷射和点火控制综合到一起, 该问题将在下一章中进行讨论。

### 9.6.2 Lucas 热线式多点燃油喷射系统

Lucas 热线式燃油喷射系统是多点、间接、间歇式喷射系统。与其他系统一样, 基本供油量是由发动机转速和空气流量决定的。发动机负荷、发动机温度和空气温度是三大修正因子。喷射油量的计算是一数字过程, 且查询值存储在 ECU 的芯片中。对该系统和其他系统同样重要的是, 除了经



图 9.44 L3 型电子燃油喷射系统



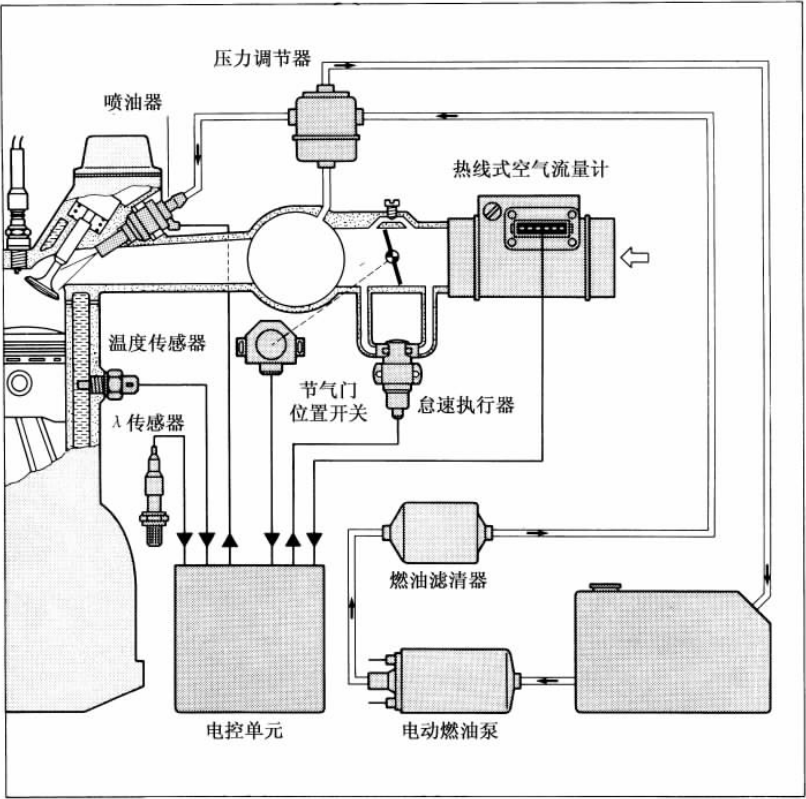


图 9.45 LH 型电子燃油喷射系统

过节气门的怠速混合气调整螺钉外,没有未经计量的气体进入发动机。图 9.46 是热线式多点燃油喷射系统的布局示意图。

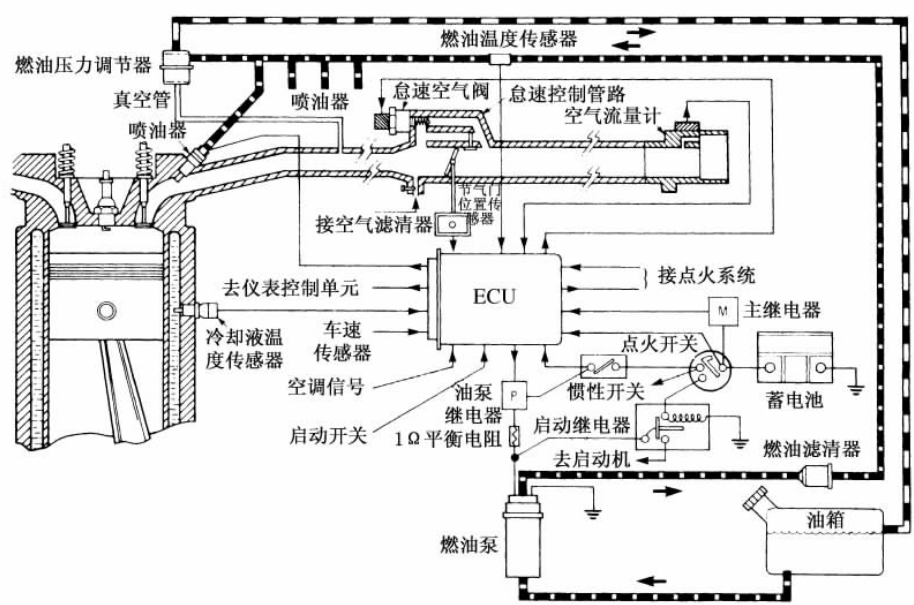


图 9.46 热线式电控燃油喷射系统的布局示意图

图 9.47 为热线式喷油系统的组成。ECU 根据传感器发出的信号,调节供给喷油器的脉冲宽度。ECU 也对喷油器脉冲发生时间进行控制,该时间与线圈负端信号有关。在正常运转条件的四缸发动机,所有喷油器同时点火,喷出所需油量的一半,每转发动机循环喷射两次。

油箱中包含一个涡流罐,作为吸入管的一部分,能保证吸入管被燃油淹没,从而阻止空气被吸入油管中。燃油泵采用的是永磁电动机,它们形成了滚子泵总成。电动机轴上的偏心转子带有金属滚子,用来切割它的边缘。当电动机转动时,这些转子在离心力作用下向外运转。其作用是吸油,并将燃油压出系统的压力侧。电机一直注有燃油,泵能自动进行加注。系统中装有一个止回阀和一个限压阀,它们能使系统保持在某个压力,并避免系统油压过高。当点火开关打开后,泵先运转一会儿,

确保系统处于正确压力状态,然后泵只在发动机暖机或运转时才工作。在通往泵的电路中,常常安装一个附加电阻,它能够降低噪声,但在下列情况中也会被旁通:当发动机为确保泵在正常速度下工作运转时,以及发动机运转使蓄电池电压降低时。

乘座室中有一个惯性开关,在碰撞发生时切断燃油泵的供给,这是为防止燃油溢出采取的安全措施,该开关中以手动复位。

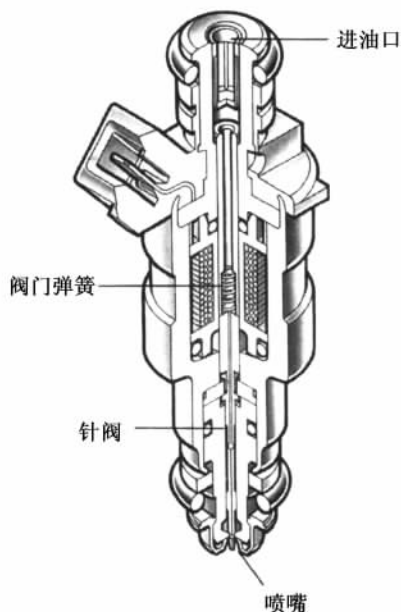


图 9.48 喷油器

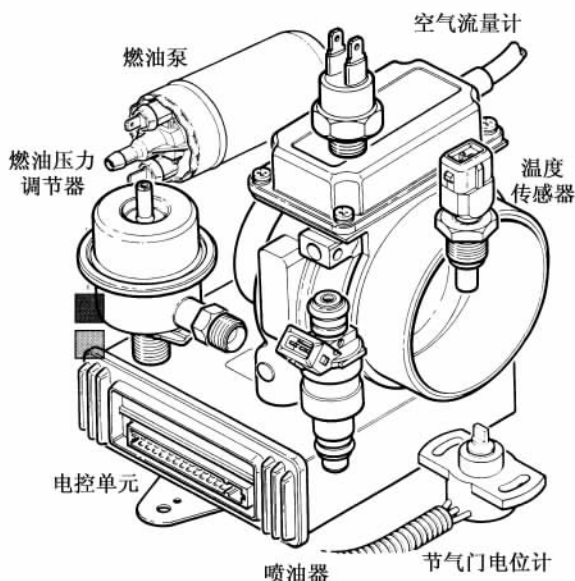


图 9.47 热线式喷油系统的组成

为使得喷油量是喷油脉冲宽度的函数,喷油器中的燃油压力必须是常量,该燃油压力在  $3 \times 10^5 \text{ Pa}$  以内,是燃油绝对压力和进气歧管绝对压力的差值。燃油压力调节器是一个简易限压阀,燃油作用在它的膜片和弹簧上,当压力超过弹簧力的设定值时,阀门打开,过量燃油沿着油管返回油箱。膜片上的腔室经管道与进气歧管连接。当歧管压力下降,需要少量压力就能克服弹簧力。因此,当歧管压力下降时,燃油压力下降相同量值。压力调节器是一个密封元件,不能进行调节。记住最重要的一点是:该调节器保证喷油器中压力是常量差压,这就保证了喷油量仅取决于喷油器开启时间。

图 9.48 是该系统中所采用的喷油器。每缸均有一个喷油器,各喷油器均固定在燃油管道和进气歧管之间。喷油器绕阻为  $4 \Omega$  或  $16 \Omega$ ,这取决于系统结构和汽缸数目。喷油器为轴针式。

系统中最重要的传感器是热线式空气流量计(图 9.49),为 ECU 提供空气流量信息。空气流量计是一个铸造合金体,其上方有电控模块。进入发动机中的空气经过主通道后,有少量进入旁通道,该管内有两根电线:一根是感应线;另一根是补偿线。补偿线仅对空气温度响应,感应线被来自模块的小股电流进行加热,空气经过该线后会起冷却作用,并改变它的阻值,ECU 能感应到此变化。空气流量计仅有 3 根电线,即电源线、搭铁线和输出线,输出信号依据空气流动速度,其值介于  $0\sim 5\text{ V}$ ,该系统对空气流量变化的反应十分灵敏,并能随海拔高度变化进行自动补偿。第二章对该传感器的工作原理有详细描述。各空气流量计与它的模块是匹配的,因此一般不能进行维修。

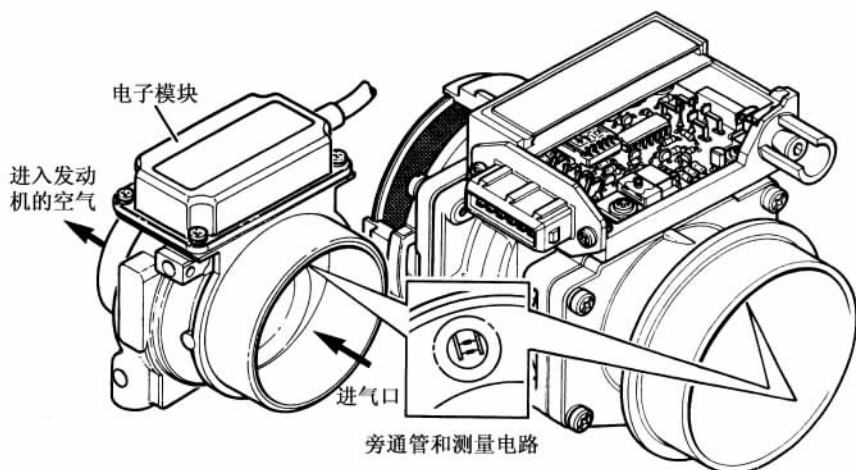


图 9.49 热线式空气流量计

节气门电位计为 ECU 提供气门位置信息和节气门位置变化速度信息,该元件是一个接有电刷的三线式可变电阻器,电刷与主节气门蝶形心轴相连,根据节气门位置,5 V 的稳压电源就可给出可变的输出电压,怠速时,输出值应为 325 mV,全负荷时输出值应为 4.8 V,其变化速度表明了加速或减速的程度,以进行混合气加浓或超速燃油切断控制。

节气门体是一合金铸件,用螺栓固定在进气歧管上,并用一个软管连接到空气流量计。该组件包括节气门蝶形件和电位计,也包括控制空气亮度通道的步进电机。加热管路和通

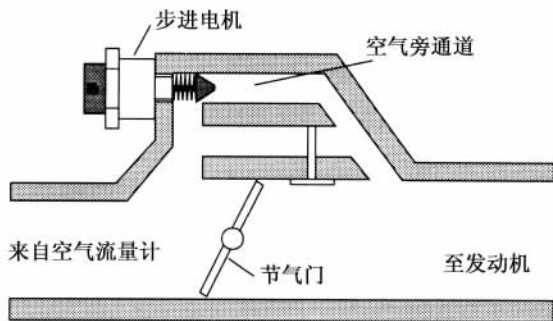


图 9.50 步进电机对热线式系统进行的怠速控制

气管路也与节气门体相连。

步进电机是一个四端、二线圈式、永磁电动机。在暖机阶段,它由 ECU 控制来调节怠速转速和快怠速转速。开关置于空气通道中,它能通节气门。图 9.50 是步进机的安装位置示意图。步进电机旋转时,就作用在螺纹上,这使得阀门头部的圆锥部分线性移动,打开或关闭缝隙。节气门体中也装有一个怠速混合气调节螺钉,它能允许少量空气绕过空气

流量计。

冷却液传感器是一个简易热敏电阻器,它提供发动机温度信息。早期汽车上的燃油传感器是开关式的,后来才采用了热敏电阻器。ECU 根据提供的信息决定何时进行热启动加浓,这样做是为了阻碍燃油的蒸发。

该系统的核心是 ECU,它包含一个在 16 种发动机转速和 8 种发动机负荷下设定的理想耗油图谱。图中存储的数字是基本喷油脉冲宽度。然后根据其他因素进行修正,最重要的因素是发动机温度和节气门位置,在适当的时候,也会根据以下因素进行修正:

(1) 电压修正

如果蓄电池电压下降,则增加脉冲宽度。这样做可以补偿喷油器较慢的反应时间。

(2) 启动加浓

在启动加浓时,采取喷油器在每个点火脉冲都点火来取代每隔一个脉冲进行点火。

(3) 启动后加浓

这是为了确保启动后难进行平顺运转,它在任何发动机温度下都能进行并在一段时间后衰减。不过在较低温度下,它能持续较长时间。可以通过 ECU 增加脉冲长度来实现这种加浓。

(4) 热启动加浓

热启动加浓是一个逐渐衰减掉的短期额外加浓,用于辅助热启动。

(5) 加速加浓

节气门传感器检测到电压上升时,一个平顺响应脉冲宽度也增加。但当节气门打开过快,会引起空气突然涌进,此时就需额外加入燃油。如果不那么做,稀薄的混合气会导致车速无法立即上升。

(6) 减速减油

气门电位计上电压的下降,ECU 可检测到该状态。这时减少脉冲宽度,从而降低油耗和排放。

(7) 负荷加浓

也是为增加脉冲宽度,但增量通过查阅固定百分比和修正值来确定。

(8) 超限运动

这是一种经济性、环保性措施。在该状态下,喷油器根本不进行工作。这种状态仅在发动机暖机时、节气门处于关闭位置和发动机转速超过限定值时发生。如果节气门被踩下或发动机转速低于极限速度时,燃油会逐渐供给,以确保平顺启动。

(9) 超速燃油切断

为避免发动机在过高速度下被损坏,在转速超过某设定速度时,ECU 就关闭喷油器,一旦发动机转速低于某极限值时,喷油器又重新开始工作。

热线式燃油喷射系统是一个适应性很强的系统,在一些情况下,它能以多种形式保持电流。图 9.51 是一个典型的热线式系统的电路图,它对上面所讲内容做了一个总结。



### 9.6.3 博世 Mono Jetronic 单点燃油喷射系统

Mono Jetronic 是一个电控系统,它仅用一个定位在节气门蝶形件上的喷油器进行工作。其节气门组件看起来与化油器很相似。图 9.52 所示的低压 ( $10^5$  Pa) 燃油泵为喷油器供油,喷油器间歇地向进气歧管喷油。与多数系统一样,传感器测量参数,提供工况信息。ECU 计算出理想供油量,并将该值输出给喷油器。喷油器的脉冲宽度决定了喷油量。

该系统的喷油器是一个快速作用阀。图 9.53 是该喷油器剖面图,针阀上采用轴针,能产生锥形喷雾。

这确保燃油雾化效果良好,能在汽缸中充分燃烧。为了保证对微量燃油进行精确计量,针阀和电枢必须做得很轻,这样才能使开启时间和关闭时间小于 1 ms。喷油器的供油量是连续的,这阻止了气阻现象和恒供冷油现象发生。这样也能提供良好的热启动特性,因为该特性在燃油热态时会因存在蒸发现象而被抵制住。

图 9.54 是 Mono Jetronic 系统的主要部件图。这些系统最引人注目的是未采用空气流量计。空气量和负荷由节气门位置传感器、发动机转速和进气温度来计算。这有时被称为速度密度法。当发动机转速和节气门开度已知时,发动机消耗的空气就可得知。如果空气温度知道的话,空气质量也能计算出来。

基本喷油量在 ECU 中是以发动机转速和节气门位置的函数计算出来的。通过三维脉谱图贮存在 ROM 芯片,数据库中存储了 16 种速度和 16 个节气门位置,总共能给出 256 个参数。如果 ECU 通过传感器传来的信号检测到空燃比偏离了理想值,就会给出修正量。如果这些修正量使用了较长时间后,就有新的修正值存储在存储器中。这些数据在系统的整个生命周期中不断进行更新。对查表值做进一步修正时会用到温度、全负荷和怠速状态等信息。在需要时,也会执行超限运动燃油切断和发动机高速燃油切断功能。

博世 Mono Jetronic 系统也会提供适应性怠速控制功能。这可以获得最可能低的稳定怠速转速,有效减少油耗和排放。节气门执行器通过改变气门位置来响应 ECU 计算出来的

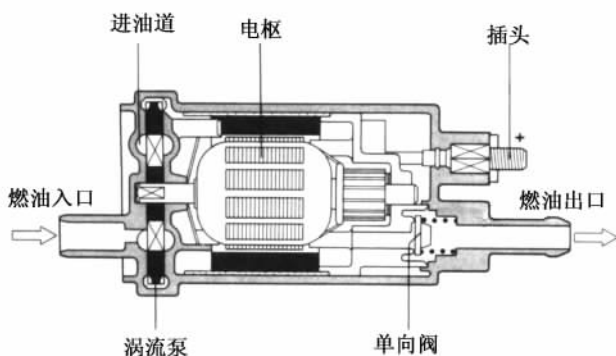


图 9.52 电动燃油泵 (低压时)

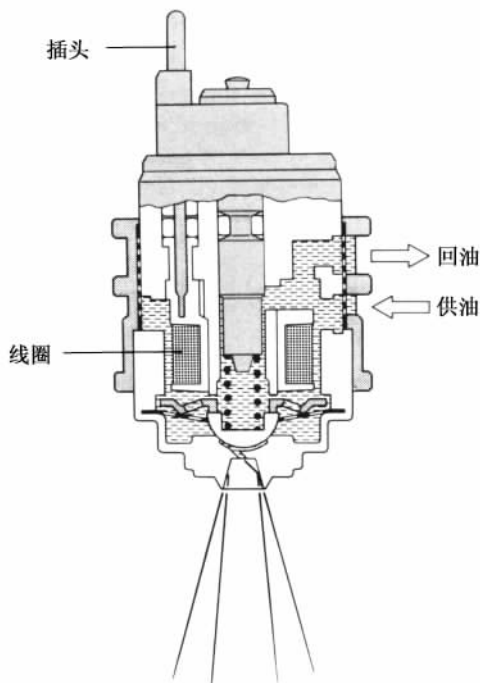


图 9.53 低压喷油器 (微型喷油器)

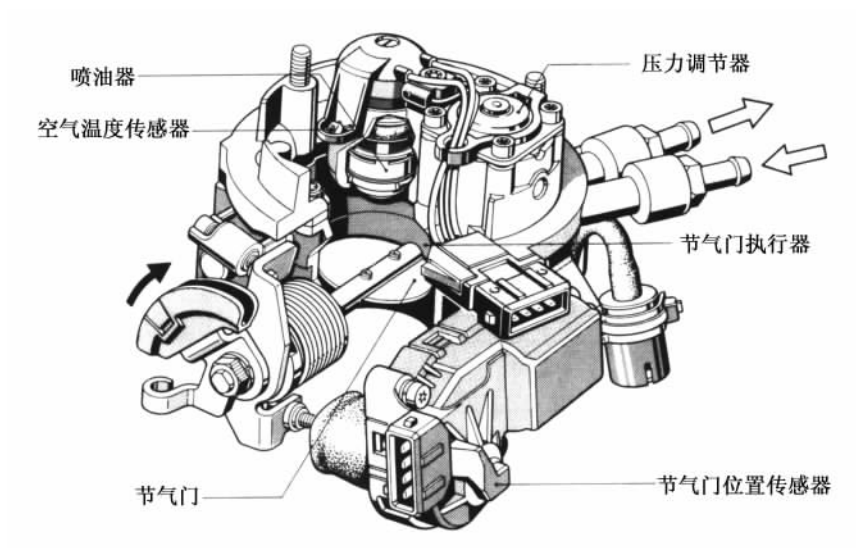


图 9.54 Mono Jetronic 系统的中央喷射单元

设定速度,此时要考虑到发动机温度和交流发电机上的电器负荷,所需节气门角度经计算后放在存储器中。该系统的适应性允许发动机出现偏差,并能随海拔高度变化做出修正值。

在正常工况下,电控单元检测所有信号存在的正确性。如果某信号偏离正常值,就以故障代码的形式被存储起来,该故障代码既可以输出给故障检测仪,也可以从故障灯的闪烁代码读出。

#### 9.6.4 丰田计算机控制系统(TCCS)

图 9.55 是一个电控燃油喷射系统,它同其他多数系统一样,包含三个子系统:

- (1) 供油系统。
- (2) 进气系统。
- (3) 电控系统。

通过一个电动燃油泵,燃油在常压下供给喷油器,在 ECU 的控制下,喷油器向进气歧管喷入定量燃油。

进气系统在经过空气滤清器后,为各工况提供足量空气。喷油的主要操作由微机控制,TCCS 控制喷油器对下列信号响应:

- (1) 进气量。
- (2) 进气温度。
- (3) 冷却液温度。
- (4) 发动机转速。
- (5) 加速度/减速度。
- (6) 废气中的氧气含量。

ECU 对故障进行检测,并将它们存储到存储器中。故障代码可以以发动机指示灯的闪烁方式读出。在发生严重故障时,备用电路开始工作,能提供最小驱动力。

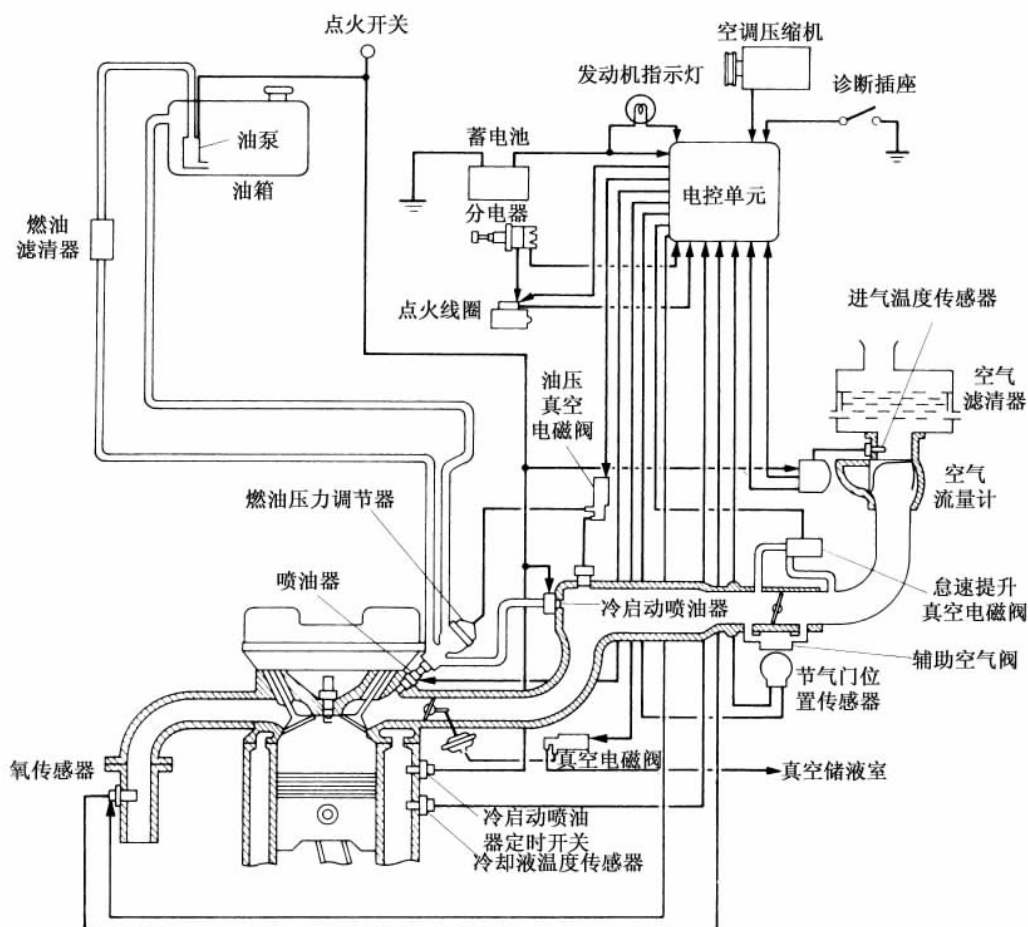


图 9.55 丰田计算机控制系统 (TCCS)

## 9.7 燃油喷射系统故障诊断

### 9.7.1 概述

同所有系统一样,故障查找有以下六个阶段:

- (1) 证实故障存在。
- (2) 收集更多信息。
- (3) 分析各线索。
- (4) 按逻辑程序执行进一步测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 对所有系统进行检查。

下面概括出来的步骤主要是针对该过程的第(4)阶段。表 9.5 列出了燃油系统常出现的故障现象,并给出了该故障现象的可能原因。要注意在诊断发动机燃油系统故障时,相同的故障现象也可能是点火系统出了故障。



表 9.5 燃油系统常见故障现象及故障原因

| 故 障 现 象    | 故 障 原 因                                                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 发动机旋转但并不启动 | (1) 油箱无油<br>(2) 空气滤清器太脏或堵塞<br>(3) 燃油泵不工作<br>(4) 没有燃油喷出                                       |
| 冷态时难以启动    | (1) 空气滤清器太脏或堵塞<br>(2) 燃油系统线路有故障<br>(3) 加浓装置不工作(阻风门或喷油电路原因)                                   |
| 热态时难以启动    | (1) 空气滤清器太脏或堵塞<br>(2) 燃油系统线路有故障                                                              |
| 发动机启动后立即停止 | (1) 燃油系统脏污<br>(2) 燃油泵或其电路有故障(继电器原因)<br>(3) 进气系统的空气泄漏                                         |
| 怠速不稳       | (1) 空气滤清器太脏或堵塞<br>(2) 进气系统的空气泄漏<br>(3) CO 设定值不正确<br>(4) 喷油器雾化不良                              |
| 所有转速下均不发火  | (1) 燃油滤清器堵塞<br>(2) 燃油泵输油能力差<br>(3) 油箱通风系统堵塞                                                  |
| 发动机熄火      | (1) 怠速转速不正确<br>(2) CO 设定值不正确<br>(3) 燃油滤清器堵塞<br>(4) 空气滤清器堵塞<br>(5) 进气系统有空气泄漏<br>(6) 怠速控制系统不工作 |
| 动力不足       | (1) 燃油滤清器堵塞<br>(2) 空气滤清器堵塞<br>(3) 燃油泵输油能力差<br>(4) 喷油器堵塞                                      |
| 回火现象       | 燃油系统有故障(某些轿车上是空气流量计的原因)                                                                      |

9.7.2 测试步骤

注意：油燃烧会严重危害您的健康！

下列基本步骤有一定的通用性,可以用到任何燃油喷射系统中去。若有任何疑问,请参考制造商的建议。假定点火系统工作正常,多数测试是在发动机启动时进行的。

- (1) 检查蓄电池的充电状态(至少充满 70%)。
- (2) 进行目测和手检(确保所有燃油管道和电插头均安全整洁)。
- (3) 检查燃油管道内的燃油压力(多点喷油系统中,其值大约为  $2.5 \times 10^5$  Pa,请参考具

体说明)。

(4) 如果压力不正确,跳到第(10)步。

(5) 检查喷油器工作是否正常。如果不正常继续下一步(主要是雾化形式和喷油持续时间)。

(6) 检查主继电器的电源电路(蓄电池电压最小值)。

(7) 检查喷油器线路的导通性(一般阻值为  $0 \sim 0.2 \Omega$ , 注意许多喷油器是并联到电路中的)。

(8) 测出传感器计数并检查其电路的导通性(传感器线路阻值一般为  $0 \sim 0.2 \Omega$ , 该值会因型号不同而变化)。

(9) 如果到现在为止,仍没有燃油喷出,且所进行的测试都正常,那么故障可能出在 ECU 中。

(10) 进行燃油供给。从第(4)步开始。

(11) 测量泵的供给电压(蓄电池电压  $< 0.5 \text{ V}$ 。如果供给正常,则泵有问题)。

(12) 检查泵继电器及其电路(注意在多数情况下,ECU 会关闭继电器,但这种现象在预热时会被旁通)。

(13) 确保所有接线(电线和油管)正确无误。

## 9.8 燃油喷射系统的理论知识

### 空燃比的计算

空气与燃油混合气完全燃烧时的空燃比是否为  $14.7 : 1$ , 这要通过计算出完全氧化掉的烃类燃料中氢原子和碳原子时所需氧原子的数目, 然后与各个元素的原子量相乘得出。

汽油中包含许多成分, 通常称为馏分, 主要有三类:

(1) 链烷烃。例如辛烷( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ )。

(2) 环烷烃。例如环己烷( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )。

(3) 芳香烃。例如苯( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )。

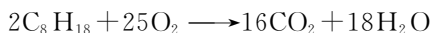
上述物质的理想空燃比均可由化学平衡方程式和各原子的原子量计算出来。相关原子量为:

碳(C) = 12

氢(H) = 1

氧(O) = 16

辛烷完全燃烧的化学平衡方程式如下:



$2\text{C}_8\text{H}_{18}$  的分子量为:  $(2 \times 12 \times 8) + (2 \times 1 \times 18) = 228$

$25\text{O}_2$  的分子量为:  $(25 \times 16 \times 2) = 800$

因此,  $\text{O}_2$  与辛烷比值为  $800 : 228$  或  $3.5 : 1$ , 也就是燃烧  $1 \text{ kg}$  辛烷需要  $3.5 \text{ kg O}_2$ 。 $\text{O}_2$  在空气中所占的质量百分比为  $23\%$  (体积百分比为  $21\%$ ), 这就是说  $1 \text{ kg}$  空气中含有  $0.23 \text{ kg O}_2$ 。进一步说明,  $4.35 \text{ kg}$  空气中才含有  $1 \text{ kg O}_2$ 。

辛烷完全燃烧时的理想空燃比(A/F):  $3.5 \times 4.35 = 15.2 : 1$ 。

辛烷:  $2C_8H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 18H_2O$ , A/F=15.2 : 1。

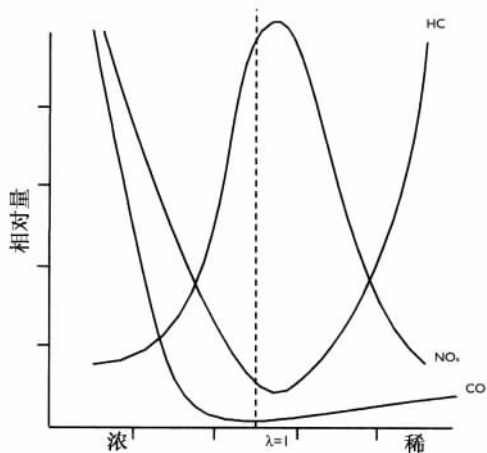


图 9.56 空燃比对点燃式发动机三大主要污染物的影响 (未用催化剂)

同理,我们可以计算出环己烷和苯的空燃比,结果如下。

环己烷:  $C_6H_{12} + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$   
A/F=14.7 : 1

苯:  $C_6H_{12} + 15O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 3H_2O$   
A/F=13.2 : 1

上述例子告诉我们怎样计算空燃比,以及为什么包含多种馏分的汽油的理想空燃比为 14.7 : 1。

然而,该数值仅是理论上的理想值,并未考虑所产生的污染物和空燃比对发动机性能所产生的影响。在现代发动机燃油控制系统中,能够按需要精确设定空燃比。不过,一般

情况下要对理想设定值进行折中处理。在空燃比不断变化时,图 9.9 中的曲线是对发动机动力输出和燃油消耗作出的比较。

图 9.56 表示空燃比对点燃式发动机三大主要污染物的影响。比  $\lambda = 1$  时略微大一点的空燃比(即大约 15.5 : 1)常常是一个合适的折中处理。

## 9.9 燃油喷射系统的新技术

### 9.9.1 马自达公司的稀薄燃烧技术

确保完全燃烧的最佳空燃比是 14.7 : 1。增加该值会出现所谓的稀薄燃烧。当该比值 为 20~22 : 1 时,燃油经济性最佳。采用稀混合气也可以减小  $NO_x$  的排放。不过,这会增加不稳定燃烧的趋势。在稀薄燃烧情况下要减少  $NO_x$  比较困难,因为催化转换装置在一定条件下才能正常工作。马自达开发出一种“Z”稀薄燃烧发动机,它在常规转速时,既能提供较宽的稀薄燃烧范围,又能带来良好的输出。图 9.57 是这种发动机的剖面图。

汽缸中吸入较多的空气必然会导致混合气燃烧中燃油消耗降低,因而燃烧温度也降低。这也意味着从燃烧室中散发到发动机的周围机件上的热能较少。除了降低热量损失外,泵损失也降低。因为这种发动机

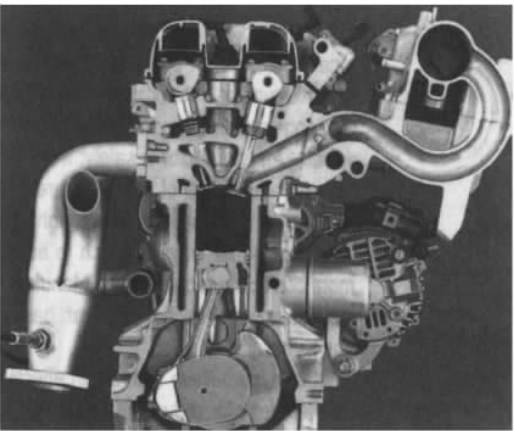
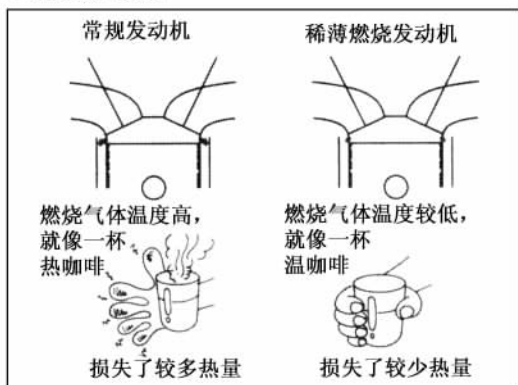


图 9.57 稀薄燃烧发动机的汽缸和进气管道

在调节进入空气量时,可以将节气门开大一些。图 9.58 显示出了上述特征。

#### ■ 减少热量损失



#### ■ 减少泵气损失

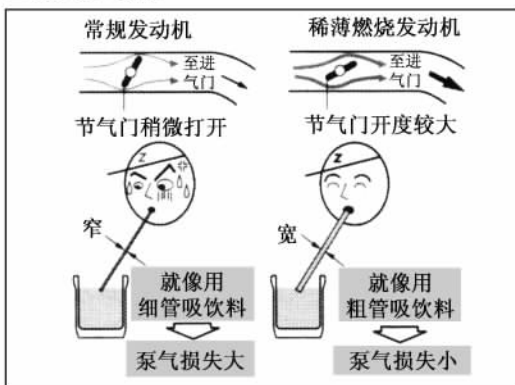


图 9.58 稀薄燃烧系统的特征

图 9.59 是扰动涡流控制(TSC)阀及其影响。“Z”稀薄燃烧发动机用一种称为TSX(涡流增压技术)的端口控制汽缸内部的涡流。将它与空气混合调节式喷油器连接

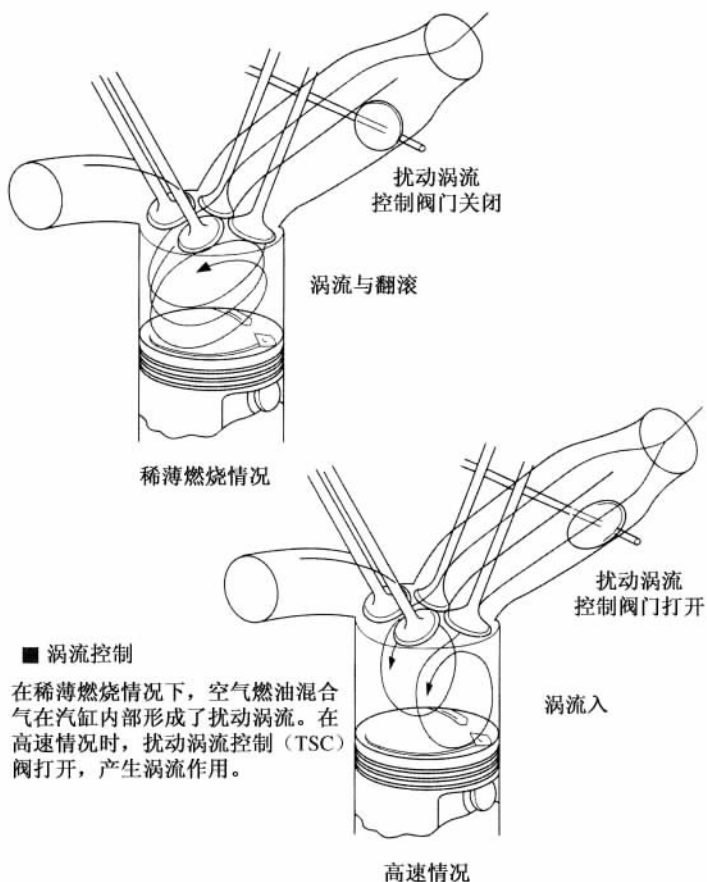


图 9.59 涡流控制

到一起,就能使燃油雾化为很细的颗粒,若再接上高能点火系统,就能在很稀薄的混合气(空燃比可低至 25 : 1)下工作。它采用专用催化转换装置将  $\text{NO}_x$  和 HC 转变为  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  和 N。

### 9.9.2 缸内催化技术

在减少烃类燃料排放物方面已提出了一项新发明,且已被布鲁勒尔(Brunel)大学的研究小组所证实(摘自 SAE 论文 952419):在点燃式发动机中,未燃烧燃料主要聚集在燃烧室内壁附近。

将铂-铑涂在活塞顶上方和侧部,就可在多种工况下检查到它们的影响。结果如下:

(1) HC 排放减少了约 20%。

(2)  $\text{NO}_x$  排放变化不大。

催化剂会加快初始火焰的生成,但对燃烧速度影响不大。

### 9.9.3 柴油的控制喷射方法(EUI)

电控柴油喷射的主要优点如下:

(1) 低排放。通过采用较高的喷油压力(高至  $2\,000 \times 10^5 \text{ Pa}$ ),固体颗粒和  $\text{NO}_x$  均降低,且减少了传统柴油机上的噪声强度。

(2) 喷油量和正时控制。对这些方面进行精确的电控也可以减少排放。

(3) 燃油的瞬时调节。这个特性提供快速瞬时响应,提高了汽车的动力性。

(4) 发动机所有功能的控制。将许多传感器连到电控单元(ECU)后,EUI 系统就能确保发动机所有功能在最优参数下连续工作。

(5) 电控导向喷射。这是为满足更高的  $\text{NO}_x$  排放标准新开发出来的一种技术,这并不减少耗油量,导向喷射以减少燃烧噪声。

(6) 与其他汽车系统交互。接入 ECU 后,EUI 系统就能与其他汽车系统交互。例如,ABS、自动变速器和电控转向。这就可能对系统进行进一步开发。

(7) 汽缸断路控制。用来进行辅助诊断,在怠速和低负荷时的燃油经济性方面具有潜力。

(8) 可靠性和持久性。EUI 系统的可靠性是经过市场证明的,从货车市场反馈的信息来看,其维修周期至少为 800 000 km。

(9) 故障自诊断。它能存储故障代码,也能接入诊断仪器。

(10) 开发潜力。目前,ECU 技术正处于它生命周期的开始,具备重大的开发潜力能使系统满足未来更为严格的排放法规。

在 ECU 系统中,喷油泵、喷油器和电磁阀放在一个单元中,这个喷射单元置于燃烧室上方的汽缸盖上。EUI 由摇臂驱动,而摇臂又由发动机凸轮轴驱动。这是一种最有效的液压机械式布置,使传动副间损伤降到最低。燃油经过汽缸盖上的通道进出。

EUI 使用传感器和电控单元来获得精确的喷油正时和喷油量。安装在发动机上的传感器,将所有有关发动机功能的信息传给 ECU。这些信息与 ECU 中存储的最优值进行比较,决定出获得最优工作特性的准确喷油正时和喷油量。然后,信号被送到喷油器电磁阀,使其按照需要正时输油,满足工作要求。

喷射是靠开关集成电磁阀来实现的。阀的闭合点标志了喷油起始点,闭合时间决定喷油量。其工作原理如下:各柱塞在发动机凸轮轴驱动下,沿固定行程移动。在上行(加注)行程时,燃油流经汽缸盖上的许多通道和打开的回油阀后,进入柱塞下方腔中。然后,ECU 向电磁阀传送一个信号,导致回油阀关闭。柱塞继续它的下行行程,高压油路中建立起油压。当到达某一预设压力时,喷油嘴打开,开始喷油。当电磁阀定子消磁时,回油阀打开,压力下降,造成喷油嘴关闭,喷射过程很快结束。

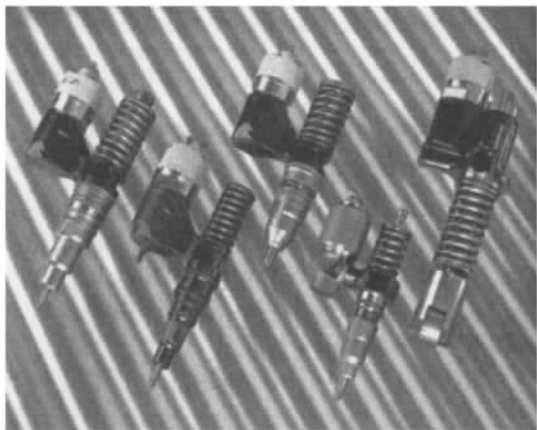


图 9.60 Lucas 柴油喷油器

Lucas 电控喷油器(图 9.60)已开发出许多型号,能满足所有发动机的要求,可以安装在轻型发动机和重型发动机上,适用于各种轿车和大型货车。

#### 9.9.4 Lucas 柴油共轨系统(LDCR)

为满足未来更加严格的排放要求,并进一步提高燃油的经济性,目前,共轨燃油喷射系统正流行起来。

要满足未来的极低排放和低噪声要求,燃油喷射装置应能在很高的压力下工作。Lucas 公司开发的柴油共轨系统有如下优点:

- (1) 结构紧凑。喷油器结构紧凑,在 LDCR 系统中,每个汽缸能用 2~4 个气门。
- (2) 系统模块化。各汽缸配有一个电动喷油器,该技术用于 3、4、5、6 缸发动机中。
- (3) 驱动转矩低。当压力轨道的供油系统不参与喷射时,发动机仅需为共轨系统提供很低的驱动转矩。
- (4) 喷油压力独立。喷油压力不受发动机转速和负荷的影响,所以能按需要在低速时供给高喷油压力。
- (5)  $\text{NO}_x$  排放降低。顺序喷油时,提前和滞后主喷油,这样可以减少排放,尤其是  $\text{NO}_x$  能够满足欧洲 III 号标准(欧 III)和 US-98,以及比它们更为严格的排放法规要求。
- (6) 降低噪声对  $\text{NO}_x$  的排放进行控制。所涉及到的导向喷射技术能大幅度降低发动机噪声。

(7) 全方位电子控制。共轨技术实现了在汽车上进行全方位电子控制的所有优点,包括极其精确的燃油计量和正时,以及与汽车其他功能进行交互的选择。

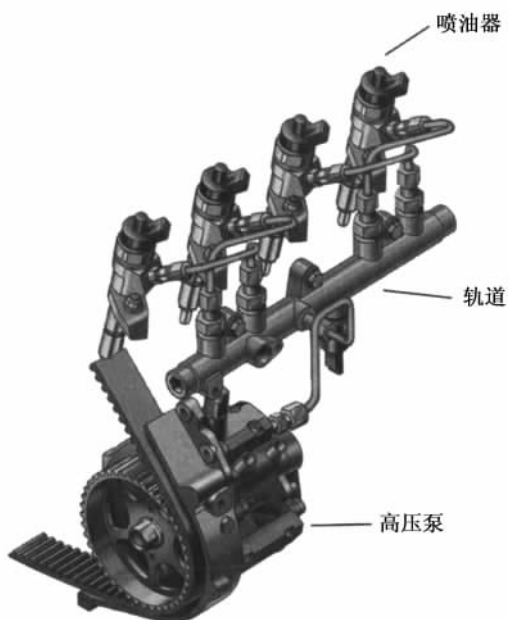
共轨技术可以方便地应用在不同的发动机上,它的主要部件如下:

- (1) 常压蓄能器(即轨道)。
- (2) 高压调节器。
- (3) 高压供油泵。
- (4) 喷油器。
- (5) 电磁阀。

(6) 电控单元。

(7) 燃油滤清器。

图 9.61 是共轨喷油系统的布置图。系统中包括一个称为“轨道”的常压蓄能器,它安装



在汽缸体上,由高压泵供油。轨道压力由供油泵上连接的计量装置调节,燃油回流由高压调节器来完成。压力蓄能器工作时不受发动机转速和负荷的影响,所以能按需要在低速时供给较高的喷油压力。喷油器串联在轨道上,各喷油器由电控单元的电磁阀来控制。

输油泵经滤清器将燃油供给高压泵,然后高压泵将燃油输给高压轨道。当电磁阀工作时,喷油器向燃烧室中喷油。

因为喷油压力不随发动机转速和负荷而变化,所以喷油起始时刻、喷油压力和喷油时间就可在很大的范围内进行选择。可根据发动机需要进行调节的引导喷射,能有效降低发动机噪声,并减少  $\text{NO}_x$  的排放。在该系统中,用执行器来控制喷油压力。

图 9.61 柴油共轨喷射系统

Lucas 柴油共轨系统是为未来汽车发动

机所设计的,它能够满足欧 III 和 US-98 以及比它们更严格的排放法规。

## 9.10 练习

### 9.10.1 思考题

1. 解释  $\lambda=1$  的含义。
2. 讲出喷射技术的五个优点。
3. 联系燃烧过程论述点火正时的影响。
4. 联系燃烧过程论述混合气浓度的影响。
5. 画出喷射系统的方框图,简述各组成部分的功用。
6. 叙述柴油机的燃烧过程。
7. 如何进行电控柴油喷射?讲出 EUI 的优点。
8. 列出电控化油控制系统的主要组成部分并简述各部分的功用。
9. 画出一个清晰的草图,表示出喷油器的工作原理。
10. 说出汽车的六大排放来源,简要描述汽车制造商如何处理排放。

### 9.10.2 课程论文

为数字式燃油控制系统绘制出一张  $8 \times 8$  表格。水平轴代表发动机转速,取值从  $0 \sim$

5 000 r/min, 垂直轴代表发动机负荷, 取值从 0~100%。在所有方格中填上实际值并解释你采用这些值的原因。你不必解释每一个值, 但应说明取值趋向。

从我的网站下载“汽车技术——电控部分”模拟程序, 看看你所列出的数据是否与该程序中的数据一致。当它们不同时, 分析其原因所在。



# 10 发动机管理系统

## 10.1 发动机点火与燃油喷射管理

### 10.1.1 概述

随着对发动机性能的要求越来越高,对排放的要求也越来越严格,对发动机控制技术的要求更加苛刻了。将来二氧化碳也会包含在排放法规中,发动机控制就显得更重要了。正在开发的控制技术以及即将要开发的控制技术已经考虑到了这种情况。在前两章中已经讲述了相关内容,本章着重介绍以下内容:

- (1) 点火时刻控制。
- (2) 点火提前角控制。

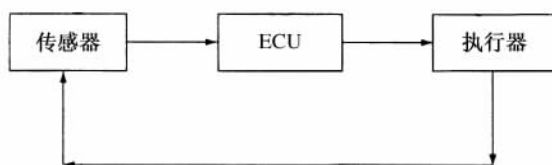


图 10.1 标准的发动机控制方框图

- (3) 燃油喷油量控制。
- (4) 废气再循环控制。
- (5) 活性炭罐控制。
- (6) 怠速控制。

发动机管理系统可以用三步模型图表示,见图 10.1,这是一个带反馈的闭环系统,通常与下列控制相关:

- (1) 闭环控制。
- (2) 爆震控制。
- (3) 怠速控制。

图 10.2 更详细地给出了输入输出单元。输入和输出可以很好地描述一个复杂的系统。图中所示只是输入输出单元中的一部分。

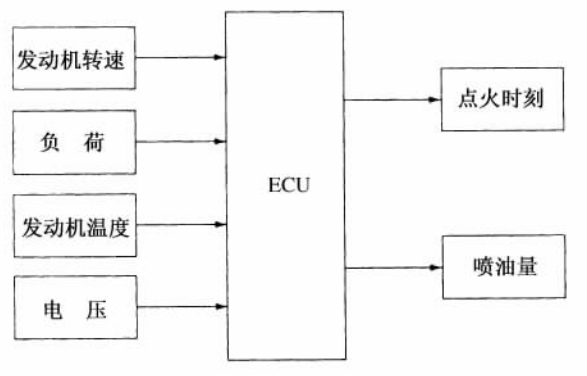


图 10.2 点火与燃油喷射控制系统

### 10.1.2 可变进气管

采用固定的进气歧管长度,就不可能使发动机处在最佳的工作状态。这是因为,进气管的长度决定了进气速度,更影响了由活塞工作引起压力波的传播。当进气门打开的时候,这种压力波可以进入汽缸,提高进气冲击效果。进气管的长度随压力波的频率而改变,以产生谐振。图 10.3 给出了一个改变进气管长度的方法,控制阀门运动就可以改变进气管的有效长度。

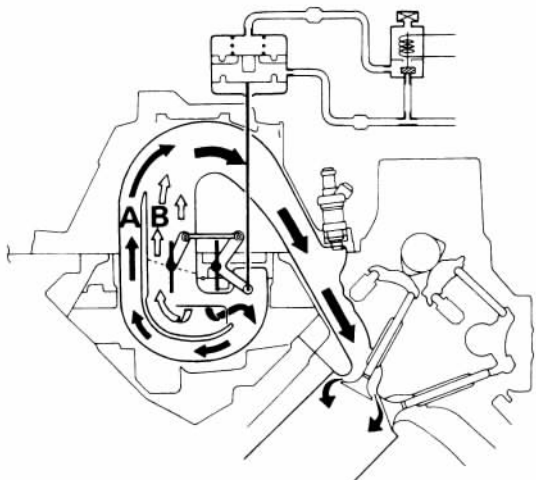


图 10.3 可变进气管 A=长、B=短

图 10.4 为沃尔沃 S80 型发动机进气歧管的外形图,该发动机采用了可变进气歧管长度的技术。



图 10.4 沃尔沃 S80 型发动机进气歧管外形图

### 10.1.3 可变气门定时

现在发动机广泛使用双凸轮轴,一根轴控制进气门,一根轴控制排气门。发动机工作的时候可以交替打开进气门和排气门。本田公司仅通过加快进气门打开速度,就显著地提高了发动机的功率和转矩(图 10.5)。

宝马汽车上,阀门系统用驱动与凸轮相连的齿轮来改变凸轮轴位置从而改变气门正时,如图 10.6 所示。凸轮轴位置被贮存在 ECU 的 ROM 脉谱图中。

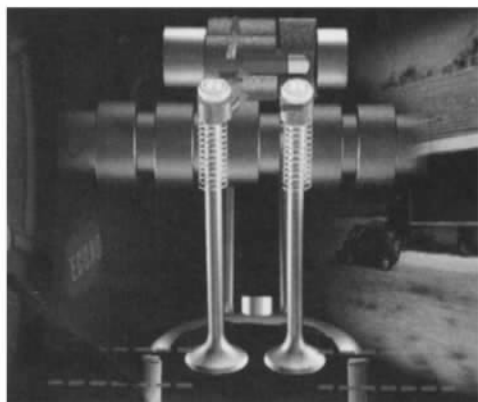
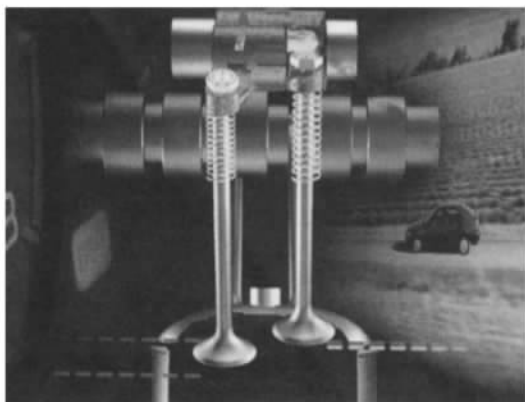


图 10.5 本田气门控制系统

当发动机低速运转时,VTEC-E 发动机控制每缸只打开一个进气门,因此只有 12 个气门控制混合气,以减少废气排放,获得尽可能大的工作效率。当发动机高速运转的时候,液力柱塞驱动其他 4 个进气门工作,从而使 16 个气门均参与工作。

系统可以改变气门正时,气门打开的时候即开始被使用。可变气门正时系统的显著特点是采用了主动气门控制(AVT),AVT 作为固定凸轮轴的工具,目前还处在开发之中。通过液力执行器控制进气门与排气门的关闭,此执行器工作在  $200 \times 10^5 \text{ Pa}$  的压力下,有一高速伺服阀门控制工作液流向。

#### 10.1.4 燃烧与压力传感器

目前正在开发一种高效传感器,可以探测燃烧压力和燃烧质量,应用于燃烧过程的反馈控制,这对于燃烧不良的发动机尤其重要。此传感器目前处于开发阶段,价格比较昂贵。

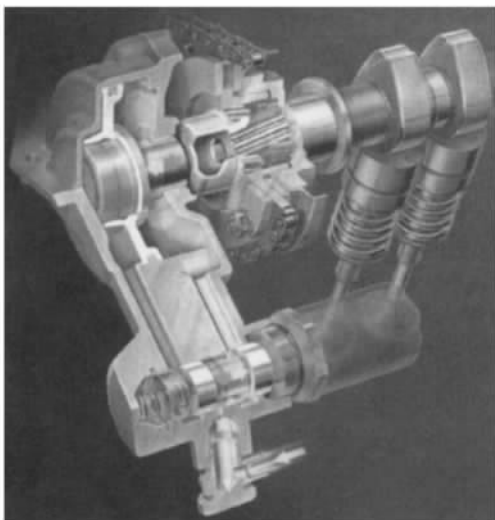


图 10.6 宝马可变气门正时系统

#### 10.1.5 全范围 $\lambda$ 传感器

大多数  $\lambda$  传感器可精确地将空燃比控制在理论空燃比(14.7 : 1)附近。全范围  $\lambda$  传感器已经产品化,可提供线性输出,控制空燃比范围为(12 : 1)~(24 : 1)。相应的,闭环反馈控制范围也较广。

#### 10.1.6 带空气的喷油器

如果将高速空气引入喷油器顶部,将大大提高燃油喷射效果。怠速时喷油颗粒可达  $50 \mu\text{m}$  以下。图 10.7 所示为带空气的喷油器。

图 10.8 中的两幅照片清楚地显示了带空气与不带空气的喷油器喷油效果图。

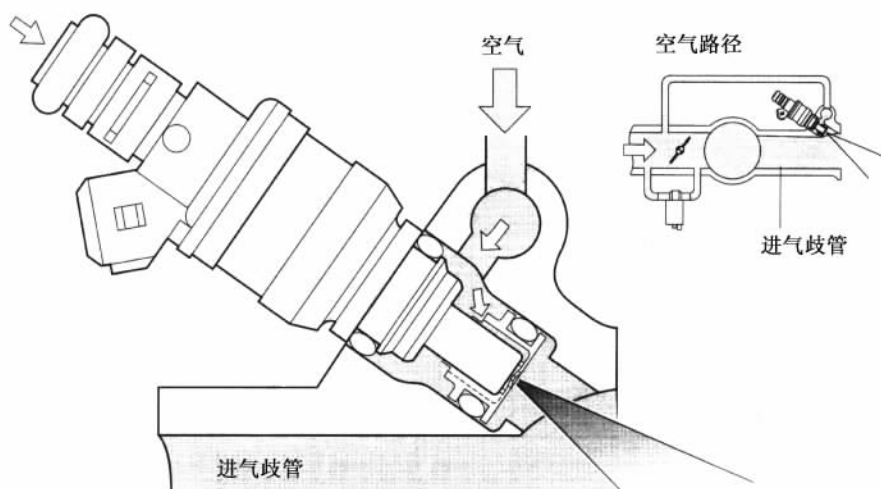


图 10.7 带空气的喷油器

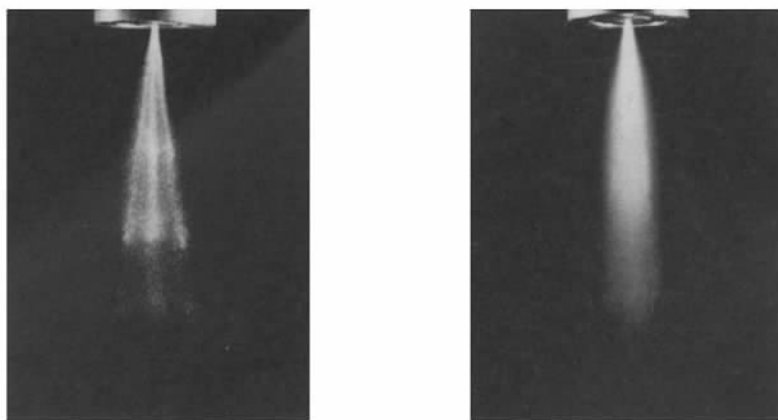


图 10.8 带空气的喷油器具有良好的喷射质量

左图：不带空气的喷油器 右图：带空气的喷油器

### 10.1.7 在线故障诊断(OBD)

图 10.9 为博世公司 Motronic M5 型带故障诊断的电控燃油喷射系统。对于长期工作的系统来说,为了环保,在线检测是很有必要的。现在许多国家对影响尾气排放的部件有很严格的检测,任何检测到的故障将通过警告灯告诉驾驶员。OBD II 系统正在标准化,将来可以通过一个通用接口进行车辆诊断。

数字电子技术可用于传感器和执行器的现场监测。给传感器和执行器设立标准值,如果偏离标准值,监测系统就会将现场情况记入内存,以便于查找错误。

点火监测系统是相当重要的,误点火不仅产生更多的碳氢化合物,而且未燃烧的燃油可能进入催化转换器燃烧,使其急剧升温并破坏催化转换器。

精密的曲轴转速传感器可用来监测汽缸内的点火与燃烧,误点火会在某一时刻改变曲轴转矩并导致无规则转动。反过来,监测到这种情况,即可认为发生了误点火。

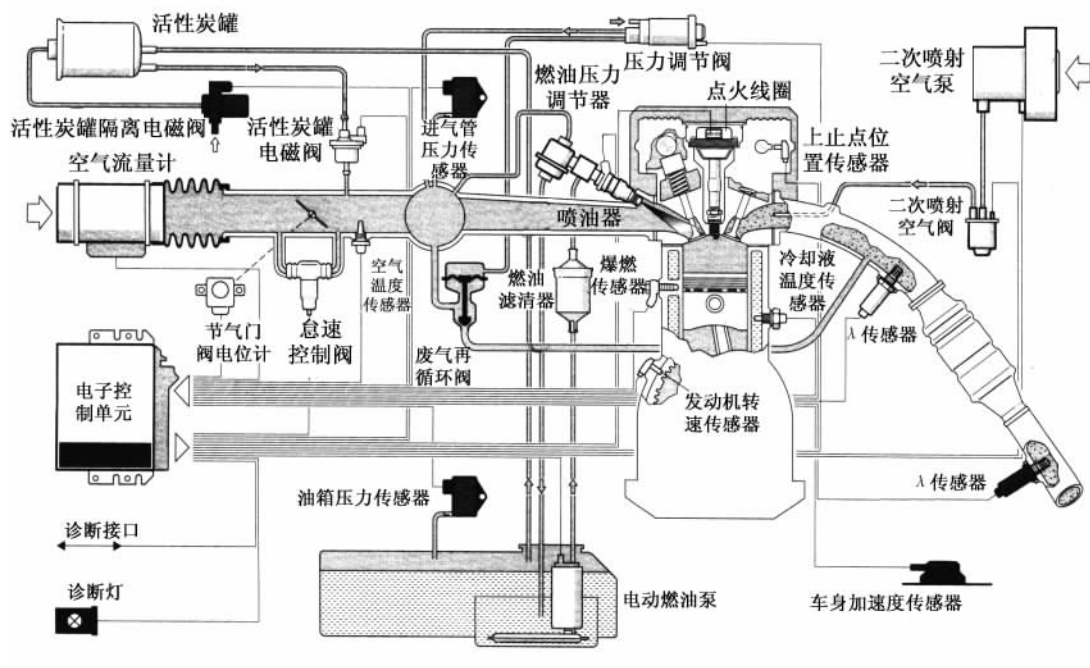


图 10.9 带 OBD II 的 Motronic M5 型燃油喷射系统 (博世公司供图)

更多的高级传感器要求具有 OBD II 系统功能。有一种  $\lambda$  传感器安装在催化转换器后面,用于监测 OBD II 的运行。进气压力传感器和电磁阀对于控制活性炭罐过滤器,监测并减少燃油从油箱汽化蒸发也是很有必要的。压差传感器可以监测油箱的密封性。与此同时,驾驶室故障指示灯也增加不少,以便于更好地控制 OBD II 系统。对于减少汽车有害物质排放来说,更好的集成监测系统比严格的交通运输法规更有效。

OBD II 系统采用的诊断座必须遵守 OBD II, 16 针标准 OBD II 诊断座各个端子的含义如下:

- (1) 制造商自行设计。
- (2) 总线+端 SAE J1850。
- (3) 制造商自行设计。
- (4) 车身搭铁。
- (5) 信号反馈搭铁。
- (6) 制造商自行设计。
- (7) K 线,ISO 9141。
- (8) 制造商自行设计。
- (9) 制造商自行设计。
- (10) 总线一端,SAE J1850。
- (11) 制造商自行设计。
- (12) 制造商自行设计。
- (13) 制造商自行设计。
- (14) 制造商自行设计。

(15) L 线,ISO 9141。

(16) 汽车蓄电池负极。

随着未来标准与目标的制定,汽车制造商趋向于采用 OBD II 系统,至少目前在诊断接头上会加入 OBD II 系统功能。许多的故障诊断系统制造商欢迎这种举动。

如果让目前这种标准混杂的状况继续下去,相关产品的生产就会大受影响。

## 10.2 尾气排放控制

### 10.2.1 发动机设计

发动机中的许多细节设计对减少尾气排放大有好处。发动机最后的设计方案要综合考虑发动机的各个方面,下面将具体讨论相关设计。

### 10.2.2 燃烧室设计

尾气中的碳氢化合物是燃料未完全燃烧的产物,这与燃烧室壁有关。因而燃烧室壁面积应该尽可能的小,燃烧室的形状不要太复杂。理论上球形比较理想,实际行不通。设计好的漩涡状很重要,这样混合气可以较快较好地燃烧。更重要的是要保证在火花塞附近有涡流,这使得混合气更容易燃烧。火花塞最好安装在燃烧室的中央位置,这样可以减少燃烧冲击,火焰传播距离也会缩短。

### 10.2.3 压缩比

通常,压缩比越高,发动机的效率就会越高,相应的发动机的性能也会提高,燃油消耗也会减少。但压缩比大了,排放也会增加,冲击剧烈。排放增加是因为高温导致产生大量的氮氧化合物。高温也使得混合气容易自燃,爆震增加。在美国和日本,排放要求很严,他们正在开发低压发动机。但是,发动机燃烧室的设计越来越高级,四气门技术也在推广,还有更先进的电控系统及许多控制排放的新技术,压缩比将来可以进一步提高。

### 10.2.4 气门正时

气门正时对尾气排放影响重大,其中之一是气门重叠度。气门重叠时间是指进气门已经打开而排气门还没有关闭的时间。这一时间段决定了当排气门关闭的时候汽缸中残留的尾气量,而尾气量多少又对反应温度有重要影响,尾气残留越多,反应温度越低。相应地给氮氧化合物排放带来影响。现在的问题是:高速时需要延长进气时间,以提供高速所需的大马力。但进气时间延长会增大气门重叠时间,在怠速工况下会增加碳氢化合物的排放。这需要电子控制系统来控制气门正时。

### 10.2.5 进气歧管设计

气体在进气管与排气管中的流动是个很复杂的课题。其复杂在于:气流状态的瞬时变化不仅影响发动机转速,而且会产生泵吸效应。泵吸效应导致进气歧管中压力波动。如果进气歧管与进排气系统的设计能够考虑到这种压力的波动,将会大大提高充气效率(也就是

容积效率)。现在许多汽车装备有可变进气行程系统。发动机低速时,空气以较长的行程到达发动机汽缸;发动机高速时,空气以较短的行程进入汽缸。

### 10.2.6 分层充气

如果进气管的混合气能以分层方式进入汽缸,那么火花塞周围的混合气将会混合得很好,汽缸进气管也不需要很坚固。这在耗油量上可以带来很多好处,但  $\text{NO}_x$  的排放是个问题。在后面的混合气直接喷射研究中很好地应用了这种技术。许多超稀薄燃烧发动机采用这种形式的分层燃烧技术,减少了熄火和发动机运转不稳定的问题。

### 10.2.7 暖机时间

大量的废气排放物是在暖机阶段产生的。采用好的材料,改善冷却系统的设计可以减少废气排放物。一些发动机管理系统为了让发动机在暖机阶段温度快速上升,不惜延迟点火时间。

### 10.2.8 废气再循环(EGR)

这项技术主要是降低燃烧的峰值温度,从而减少  $\text{NO}_x$ 。为了让废气再循环,要求内部改变气门重叠角,外部安装专用的管子和阀门(图 10.10)。一部分废气返回到进气管,再参与燃烧。

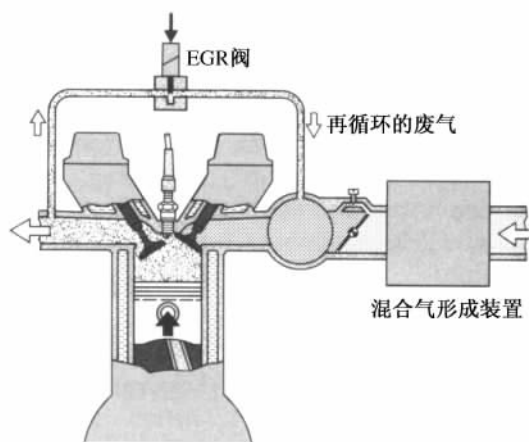


图 10.10 废气再循环系统

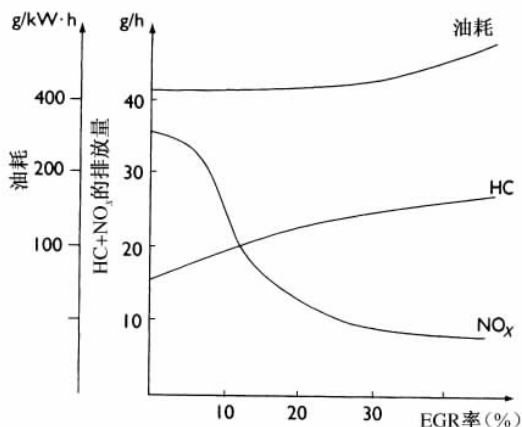


图 10.11 EGR 率对废气排放的影响

EGR 由 ECU 控制,这保证汽车驾驶性能不受影响,参与循环的废气比例也可以得到控制。如果再循环的废气比例过高,尾气中的碳氢化合物增加。图 10.11 为不同比例 EGR 循环率对废气排放的影响。

EGR 系统的一个缺点是:在某一时间内,由于废气残余物的存在,限制 EGR 发挥作用,由此改变了实际的再循环比例。当然,用合适的阀门可以解决这个问题。

### 10.2.9 点火系统

点火系统在两方面影响废气的排放。首先是火花的质量,其次是点火时间。火花的质

量决定火花塞能否点燃混合气。特别在点火稀混合气时,点火时间长短的影响更为显著。火花越强,熄火的可能性越小。而熄火会导致大量碳氢化合物的产生。

很明显,点火正时很重要,但同以往一样,它需要在动力性、经济性和排放性之间作综合考虑。图 10.12 中的曲线给出了点火正时对排放和耗油量的影响。其中,CO 的生成仅与混合气浓度有关,点火正时对它的影响不大。电子控制点火系统对控制发动机尾气排放具有重要意义。

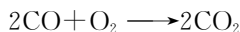
### 10.2.10 后燃热效应

在催化转化器普及使用前,采用后燃热效应来减少 HC 的生成。事实上,HC 在废气歧管中还会继续燃烧。最新研究表明:采用铸铁或不锈钢制造歧管时,可以大大降低 HC 的生成。在温度约为  $600^{\circ}\text{C}$  时,HC 和 CO 就会燃烧氧化成  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$ 。如果在气门刚打开时向废气歧管中加入空气,就能促使后燃烧现象发生。

### 10.2.11 催化转化器(Cat)

世界各地严格的排放法规使催化转化器成为必不可少的装置。多数制造商采用三元催化技术(TWC)获得良好的成效。它是一个很简单的装置,看起来与标准的废气管十分相似。需要注意的是:发动机只有工作在理想态或接近理想态时,它才能正常工作。这样才能确保催化剂的各单元充分地发挥作用。

从图 11.13 中可以看到催化转化器的内部。碳氧化合物有许多种类,下列仅给出主要反应式。注意反应时需要依赖发动机生成 CO 的量来减少  $\text{NO}_x$  的排放。这就是制造商迫使发动机工作在理想态的原因,现行法规阻碍了稀燃技术的发展。事实上,排放法规的各项细则对降低排放技术有显著的影响。“Cat”中的主要反应方程式为:



当催化装置材料整体是陶瓷载体式时,它采用铝镁硅酸盐,因为该物质有成千上万个孔,能提供很大的表面积。该表面上还会涂一层氧化铝,又将共有效表面积增加了 7 000 倍。催化剂采用贵金属,铂能促使 HC 和 CO 进行氧化,铈能帮助减少  $\text{NO}_x$ 。图示的催化转化器是新式的金属载体式,内置有歧管。整个三元催化转化器仅含 3~4 g 贵金属。

催化器的理想工作温度范围是  $400\sim 800^{\circ}\text{C}$ ,这就遇到一个棘手的问题:催化剂达到该温度有一定的延迟时间,这就是所谓的“催化剂响应时间”。在催化剂进行反应前,会生成很多废物,所以已采取多种措施试图减小该响应时间。电加热法是一种办法,它是一种燃烧方式,在催化器中点燃燃油。另一种可行的方法是将催化器作为废气管和下行管道总成的一

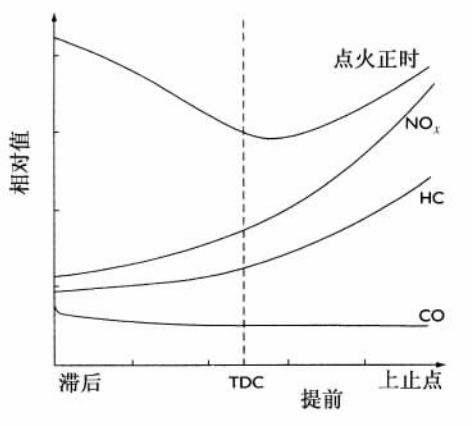


图 10.12 点火正时对排放和耗油量的影响



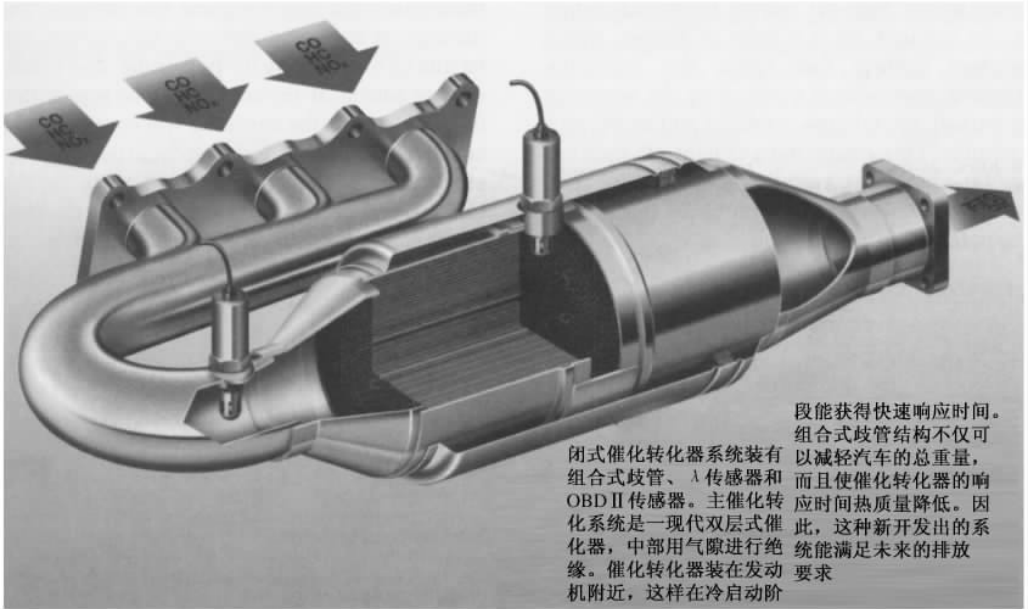


图 10.13 催化转化器

部分,这可以大大减少响应时间,但因此产生的气体流动问题、震动问题和温度变化过快等问题会降低该单元的寿命。

催化转化器在以下两种方式下会遭到破坏。第一种是使用含铅燃料,这样使铅化合物沉积在活性物质表面上,从而减少了有效面积;第二是在发动机不点火时,由于在单元内部燃烧,使得催化转化器过热。例如,BMW 就在某些汽车上采用这样一个系统,它用传感器监视点火高压系统的输出,如果发现不存在火花,就不喷油。

电加热法就是在催化剂的预热时期,采用图 10.14 所示的一种小型电预热转化器。对该系统进行的初步试验已表明:在预热阶段,HC 的排放可以大大减少。目前仍需要解决的问题是:在预热转化器的前 30 s 内,需要 30 kW 的热能,这需要一个 250 A 的电流,可能就得另加一个蓄电池。

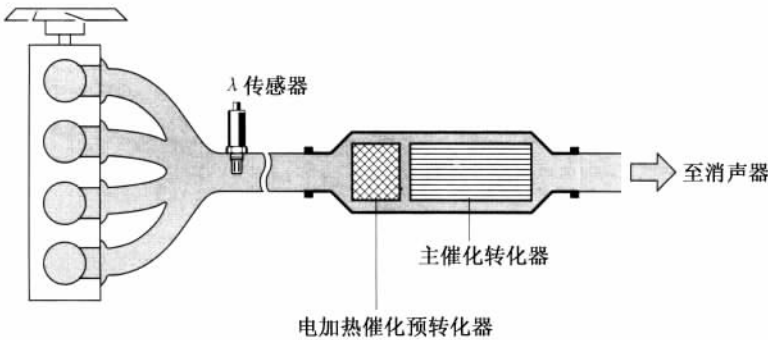


图 10.14 电加热催化预转化器

要使催化转化器工作在最优转化效率,从而氧化 CO 和 HC,降低  $\text{NO}_x$  的生成,需要使发动机工作在  $\lambda$  值为  $1 \pm 0.5\%$  范围内。目前使用的  $\lambda$  传感器一般工作在  $\lambda$  平均值的  $3\%$  范围内。当催化转化器刚开始使用时,这不存在任何问题,因为转化器中储备有一定的量的 CO 和  $\text{O}_2$ 。然而,损坏了的催化转化器就不能存储足够量的这种气体,因而效率下降。损坏的原因就是前面说过的,可能由于过热或因“铅或硅”中毒。如果能控制  $\lambda$  值在  $1 \pm 0.5\%$  范围内,即使催化转化器有一定程度上的损坏,它也能继续有效工作。传感器可满足这个容限,所以在转化器后再装一个氧传感器就能保证工作在理想状态。

### 10.2.12 闭环 $\lambda$ 控制

现行法规使得三元催化转化器的使用几乎成为闭环空燃比控制中必不可少的部分。是否在所有的工况下必须采用  $\lambda=1$  这个问题正在讨论,但并未通过。

$\lambda$  控制是一个闭环反馈系统,废气中  $\lambda$  传感器发出的信号会直接影响喷油量。第二章中对  $\lambda$  传感器有详细的描述。图 10.15 是一个  $\lambda$  控制系统的方块图。

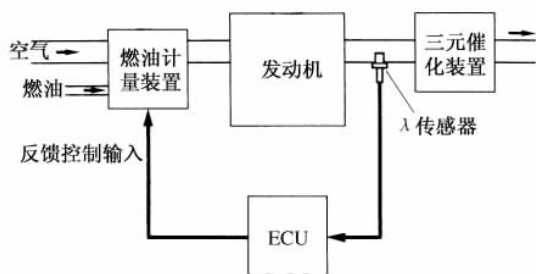


图 10.15 闭环控制中的燃油计量法

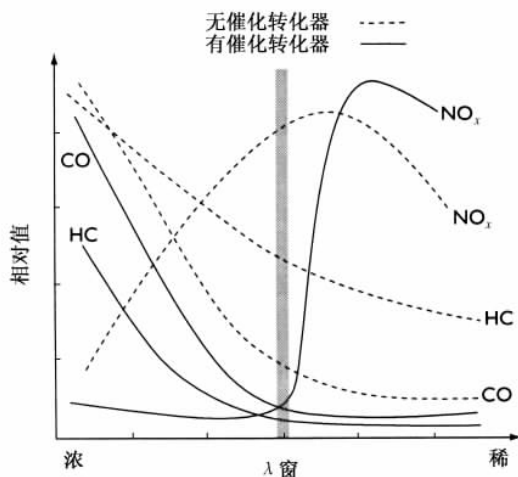


图 10.16  $\lambda$  控制和三元催化剂(TWC)的效果

图 10.16 中给出了  $\lambda$  控制和三元催化剂(TWC)的效果曲线。工作原理如下： $\lambda$  传感器生成一个信号电压,其值与废气中的氧含量成比例,而氧含量反过来又与空燃比成比例。在理想情况下,电压值大约为 450 mV。如果 ECU 中的电压值低于该门值(稀混合气),喷油量就稍微增加。如果信号高压高于该门值(浓混合气),喷油量就减少。空燃比的变化不能太快,因为这样会使发动机颤动。为避免该现象发生,ECU 内有一积分器,它能在一段时间内缓慢改变浓度。

在进气歧管中混合气的形成和废气中含氧量的测量之间也存在一个延迟期。这受发动机工作循环和进气速度的影响,在废气到达传感器和传感器进行响应时有一段响应时间。这有时被称为“固定时间”,在怠速时会达到 1 s;在较高的发动机转速下仅几百毫秒。

由于存在固定时间,混合气不能被控制在一个精确值( $\lambda=1$ )处。如果积分器能用于调节发动机转速,就有可能将混合气保持在  $\lambda$  窗(0.97~1.03)范围内,在该范围下 TWC 处于

它的最佳效率处。

## 10.3 柴油机废气排放控制

### 10.3.1 概述

自从改变燃烧室的设计和喷油技术后,柴油机的废气排放已大大减少。在对排放的控制上已采用了许多先进技术。对喷油起始点和溢流正时的控制更加精确。电子控制技术也可做出更大的贡献。

### 10.3.2 废气再循环(EGR)

同汽油机中的使用方式一样,废气再循环降低了燃烧中的反应温度,从而减少  $\text{NO}_x$  的排放。然而,当 EGR 的量太多时,HC 和炭烟的排放就会增加。

### 10.3.3 进气温度

这适用于涡轮增压式发动机,当空气经过中冷器时,容积效率得到改善,温度降低,减少了  $\text{NO}_x$  的生成。中冷器的安装位置与冷却系统的散热器位置相同。

### 10.3.4 催化转化器

在柴油机中,催化剂可用于减少 HC 的排放,但对  $\text{NO}_x$  的作用不大。这是因为要确保燃料完全充分燃烧,柴油机常在过量空气系数下工作。因而常规催化剂可采用过量的那部分氧,无需剥取  $\text{NO}_x$  中的氧来氧化 HC。这就需要使用专门的  $\text{NO}_x$  转化器。

### 10.3.5 空气滤清器

要减少固体颗粒(炭烟)的排放,需采用滤清器。滤清器品种很多,有采用陶瓷材料制成的细小方格结构,还有离心式滤清器,以及采用水分离技术的滤清器。滤清器存在的问题是它会堵塞,这反而影响整体性能。目前已采用了许多新技术,包括离心技术。

## 10.4 整车集成控制系统

### 10.4.1 概述

自从第一次数字控制的实现,对整车实行控制已成为可能。图 10.17 是一个整车集成控制系统图。它包含一个 ECU,该 ECU 能控制汽车的所有方面。

图 10.18 给出了许多 ECU 接到一起的一种方式。在实际中,就不单单是一个控制单元,常用许多独立的 ECU 经由 CAN 总线接到一起,进行相互间的通讯。

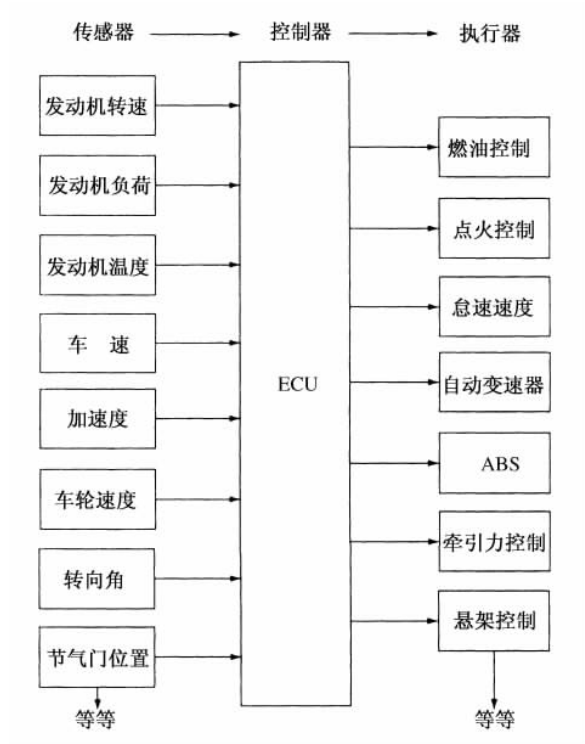


图 10.17 整车集成控制系统图

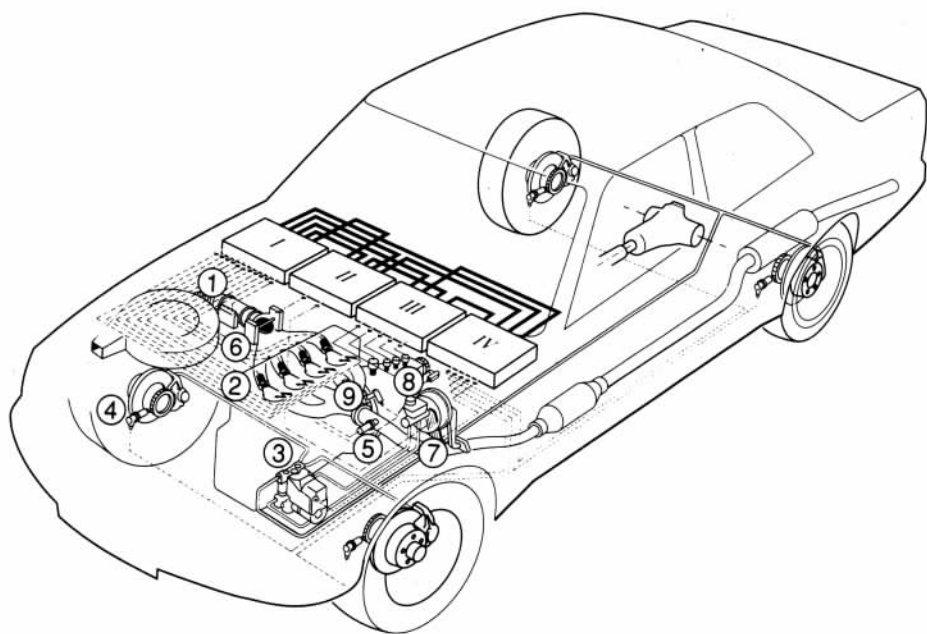


图 10.18 汽车 ECU 之间的连接关系

I Motronic ECU II 电控节气门 ECU III 电控变速器 ECU IV ABS/ASR ECU

1. 空气流量计 2. 喷油和点火 3. ABS 液压模块 4. ABS 轮速传感器 5.  $\lambda$  传感器

6. 节气门执行器 7. 踏板传感器 8. 输出速度传感器, 压力调节器, 电磁阀

9. 发动机转速传感器

10.4.2 集成控制的优点

集成控制的优点体现在两个方面：输入和输出。在输入端,考虑所有的输入需满足以下方面：

- (1) 点火系统。
- (2) 喷油系统。
- (3) 变速系统。

显而易见,在汽车这三个方面进行控制时,有许多相似之处。拥有一个中心控制系统可以潜在地降低布线的复杂程度,同时增加控制能力。事实上,这是“输出”时的优点。考虑汽车常见的一种工况——突然加速,这时各系统可能会作出如下响应：

| 系 统 | 可能响应 |
|-----|------|
| 点 火 | 正时滞后 |
| 喷 油 | 喷油过量 |
| 变 速 | 换 挡  |

假如各系统都正常工作,但在一定程度上,各系统都不会以最佳的方式与其他系统配合。例如,正时和喷油量或许已设置好了,但当变速 ECU 选择换挡时,发动机转速就会增加。这反过来要求改变喷油量和正时。在变速阶段,可能出现效率下降和排放增加现象。

在单个控制单元中,当各单元有效时,理想工况在适当时间总会发生。但是,程序的复杂性需要增强计算能力。这在考虑汽车的其他系统时尤为明显,例如像牵引力控制、ABS、主动悬架和转向等等。这些系统在本书的其他部分分别加以讨论。

10.4.3 博世 Cartronic 系统

如上所述,组合系统的复杂性正不断增加,博世开发了一套汽车电控系统体系。要想改善汽车动力性、排放性、驾驶员舒适性和安全性,就需要增加各电控系统的联系。在前面的部分中,已用一个简单的例子讲明了各独立电控系统进行交互的重要性。博世采用等级化信号结构来解决这个问题。图 10.19 为该系统的两种连接方式：第一种采用常规的电线连接,第二种采用 CAN 总线。

图 10.20 为标准独立系统和等级化系统的数据流动差别。Cartronic 系统的工作原理是：各系统仅能在它的上层系统控制下工作。举一个例子,发动机控制的集成变速控制系统和变速器控制不能直接进行交互,但可经由上层变速控制系统进行。

10.4.4 小结

对整车集成控制系统的研究正在继续进行。随着越来越多的系统被集成化,电控设备的花费必然减少。这种发展需要计算能力的不断提高,不久后,高速的控制器将采用 32 位(甚至 64 位)的标准。采用单个 ECU 控制整车代替采用多个 ECU 控制整车。在目前的价格下,仅仅一个 ECU 系统就会花好多钱,不过总的来说,汽车制造成本会下降。

整车集成控制还有其他优点,例如将车载诊断技术(OBD)扩展到整个汽车上,潜在地

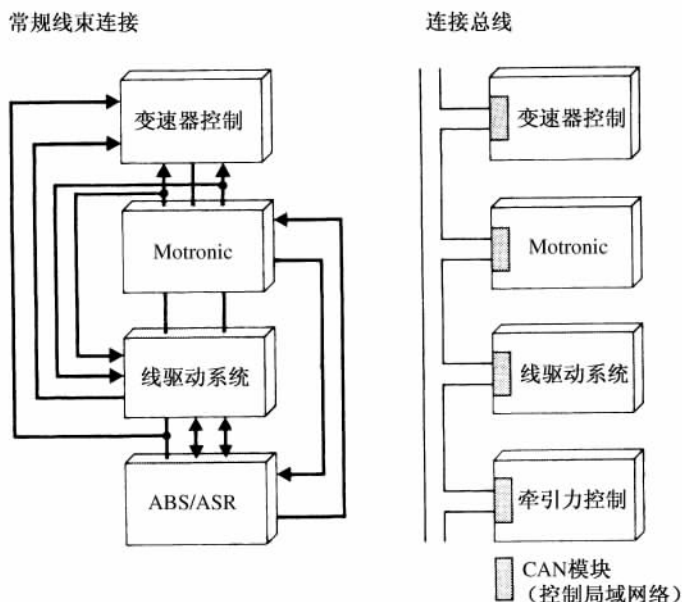
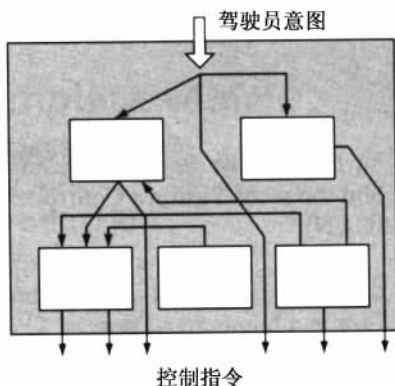


图 10.19 系统连接方式

分配功能和联系功能

标准独立系统的数据流动



等级化系统的数据流动

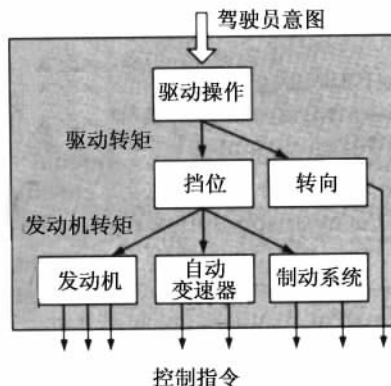


图 10.20 Cartronic 系统

节约了维修时间和运行成本。

## 10.5 典型实例——三菱 GDI

### 10.5.1 引言

我非常感谢三菱公司为我提供这部分信息。

许多年来,三菱公司的重点是发动机革新技术。三菱公司一直努力试图采取措施提高发

动机效率,用来满足不断提高的环保要求,例如能源储备和限制温室效应的降低 CO<sub>2</sub> 排放措施。

三菱公司在努力设计和制造更高效的发动机过程中,为开发出汽油直接喷射发动机做出了重大贡献。多年来,汽车工程师坚信这种发动机最有潜力优化喷油量和燃烧,能获得更好的性能和较低的油耗。然而到现在为止,还没有人成功地生产出车用缸内直接喷射的发动机。三菱发动机的开发结果表明,三菱的高级汽油直接喷射(GDI)发动机圆了工程师多年来的梦。

在供油方面,传统发动机用一个喷油系统代替了化油器系统。多点喷射技术(MPI)是将燃油喷射到每个进气口,是目前多数系统中用得最多的一种。然而,即使在 MPI 发动机中,也存在燃油供给响应和燃烧控制方面的局限性,因为在进入汽缸前,燃油需要和空气进行混合。三菱试图打破该局限,采用同柴油机一样的技术,开发出一种让汽油能直接喷入汽缸中的发动机,而且,该发动机的喷油正时还能控制的与负荷情况十分匹配。因而,GDI 发动机有如下显著特色:

- (1) 在极稀混合气下,能对喷油量进行极精确控制,实现了比柴油机还高的燃烧效率。
- (2) GDI 发动机具备独有的高效进气和相对大的压缩比,使其获得了超越常规 MPI 发动机的高效性能和响应。

图 10.21 为几种供油方式的性能对比。对三菱而言,实现 GDI 发动机技术会成为下一代高效率发动机的奠基石,它将沿着该方向继续发展这种技术。

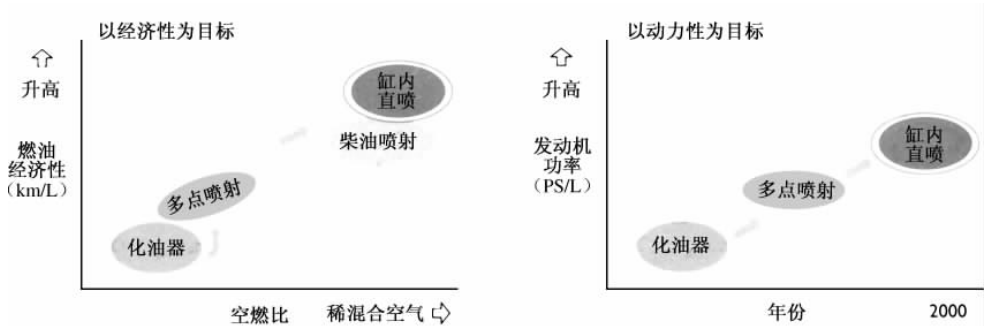


图 10.21 几种供油方式的性能对比

图 10.22 为燃油供给系统的发展过程,图 10.23 为三菱公司的缸内直接喷射(GDI)式

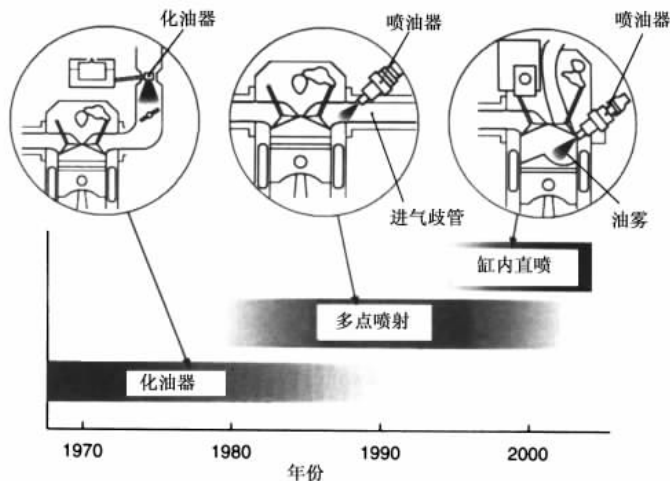


图 10.22 燃油供给系统的发展过程

发动机。

### 10.5.2 GDI 发动机的目标

GDI 发动机的目标：优于柴油机的极低耗油量和动力优于常规的 MPI 发动机。

主要技术特点如下：

- (1) 为优化控制汽缸中气流,采用竖直的进气口。
- (2) 采用易于燃烧的曲面活塞。
- (3) 高压油泵将燃油压入喷油器。
- (4) 采用高压涡流式喷油器优化空燃比。

GDI 发动机的主要特色将在下一部分详细介绍。



图 10.23 三菱公司的汽油缸内直接喷射(GDI)式发动机

### 10.5.3 低油耗和高输出

#### (1) 优化喷油的两种燃烧模式

三菱公司采用独有的方法和技术,使 GDI 发动机获得了低油耗和高功率输出。这看起来很矛盾,很困难的技术是通过采用两种燃烧模式实现的,喷油正时与发动机的负荷相匹配。

在市区行驶时,正如柴油发动机一样,燃油是在压缩冲程的后期喷入,空气燃油层状化混合的理想形态实现了超稀薄燃烧。在高性能行驶状态下,燃油在吸气冲程期间喷入。这就使得均匀的混合燃料像传统 MPI 发动机一样有更高的动力输出。

#### (2) 超稀薄燃烧模式

在车速达到 120 km/h 的正常行驶条件下,三菱 GDI 发动机运转处于超稀薄燃烧模式,实现低燃油消耗。在这种模式下,燃料喷入发生于压缩冲程的后期,点火发生于空燃比值为 30~40(35~55,当 EGR 废气再循环)时。

#### (3) 大功率输出模式

当 GDI 发动机处于高负荷、高转速运转时,燃油是在进气冲程时喷入缸内的,这样可保证混合气在均匀、低温时燃烧,此时发动机发生爆震的可能性最小。

GDI 发动机的两种燃烧模式如图 10.24 所示。

### 10.5.4 GDI 发动机的基本技术

GDI 发动机包含以下四个技术特性:“直立式进气口”给汽缸提供了最佳的气流;“曲面活塞”通过促成混合燃料成形,控制了燃烧;“高压燃料泵”提供了缸内直喷所需的高压;“高压旋转喷油器”控制燃料喷雾的微粒化和分散化。

这些特性结合这独特的燃油控制技术,使三菱公司实现两个发展目标——低于柴油发动机的燃油消耗和高于传统 MPI 发动机的动力输出。下面说明这些方法。

#### (1) 缸内气流

GDI 发动机拥有直立式进气口而不是用于传统发动机的水平吸气口。直立式进气口有效地将气流对准曲面活塞,曲面活塞又使气流变为强烈的反向旋转流,以实现最佳的燃料注入,如图 10.25 所示。



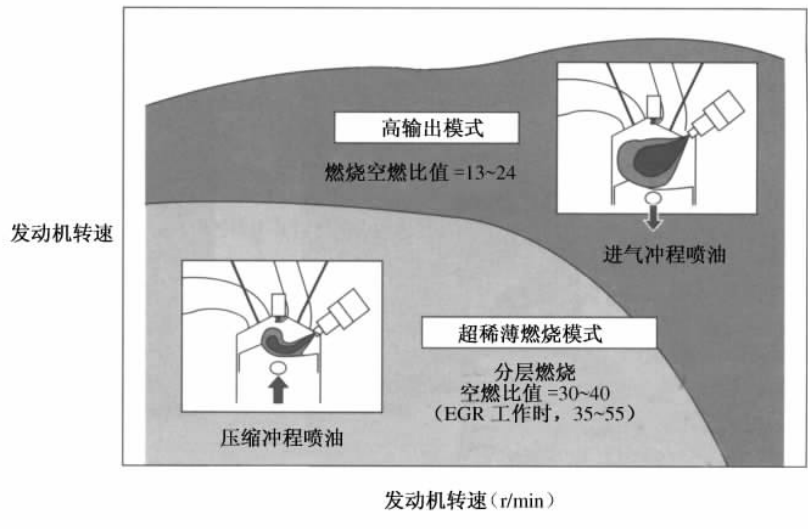


图 10.24 GDI 发动机的两种燃烧模式

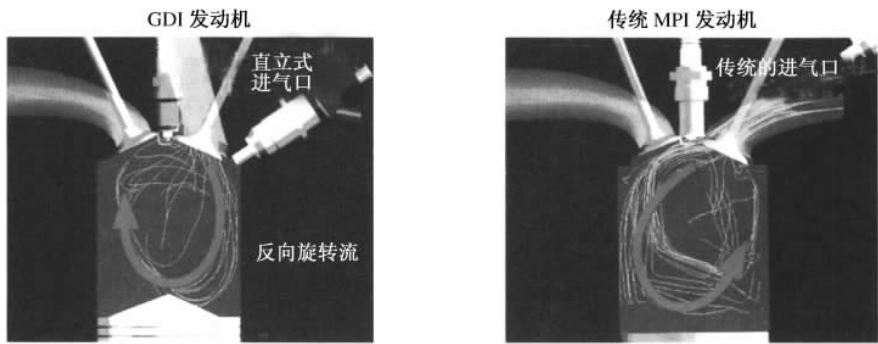


图 10.25 GDI 发动机与传统 MPI 发动机的进气口对比

(2) 燃油雾化

新开发的高压旋转喷油器提供了理想的喷雾模式以匹配各发动机的操作模式，如图 10.26 所示。同时，通过充分旋转运动，实现燃油有效雾化。对于 GDI 发动机而言，即使在

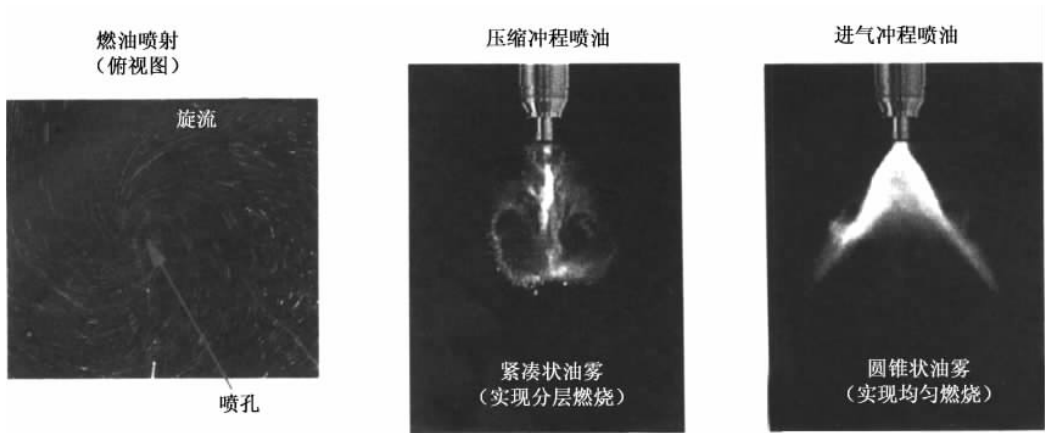


图 10.26 高压旋转式喷油器

50 kg/cm 的较低油压下这也是强制的。

### (3) 燃烧室的最优化配置

曲面活塞既控制燃烧室的气流也控制混合燃料的形状,并且对维持燃料的紧凑起重要作用。在压缩冲程的后期注入的燃料在扩散之前就被送往火花塞。

在确定最佳的活塞形状时,采用了三菱的包括激光方法在内的先进缸内监测技术,如图 10.27 所示。



图 10.27 优化的活塞顶形状

## 10.5.5 低燃料消耗的实现

### 1. 基本概念

对传统的汽油发动机,难以在火花塞周围实现混合气浓度的理想分布。然而,GDI 发动机却可以实现。而且,在压缩冲程后期注入的燃料的理想层次状态使混合气能够维持超稀薄状态,实现了发动机的低油耗。

一台用于分析研究的发动机已经证实:分层进气时,火花塞周围聚集了最佳浓度的混合气。对将点火燃油喷雾的分析和对混合气自身的研究都证明了这一点。

结果,空燃比为 40(55 包括废气循环)的超稀薄混合气的极稳定燃烧就得以实现。如图 10.28 所示。

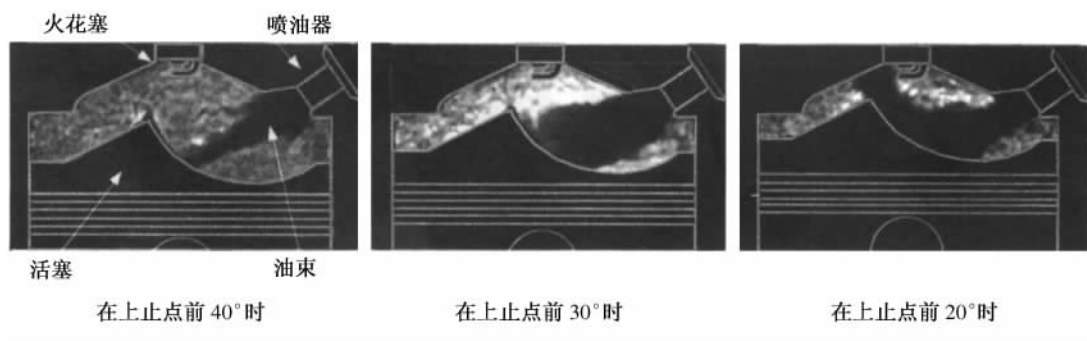


图 10.28 燃油喷雾状态(在压缩冲程喷油)

### 2. 超稀薄混合气的燃烧

对传统的 MPI 发动机,由于燃烧特性的很大变化,混合气的稀薄度是有一定限度的。然而,GDI 的层状混合可允许空燃比大大增大,并不引起燃烧的恶化。例如,在燃烧最缓慢极不稳定的空载时,GDI 发动机即使是在空燃比为 40:1(55:1,包括废气循环)的极稀薄混合时仍可维持稳定和迅速的燃烧。图 10.29 为 GDI 和传统 MPI 系统的对照。

### 3. 车辆燃油消耗

燃油消耗在怠速、定速和市区行驶情形下进行评价。

#### (1) 怠速燃油消耗

即使是在低怠速转速下,GDI 发动机也可以维持稳定的燃烧。而且在设置怠速转速时,它提供了更好的弹性。和传统发动机相比,怠速时的燃油消耗减少 40%,如图 10.30 所示。

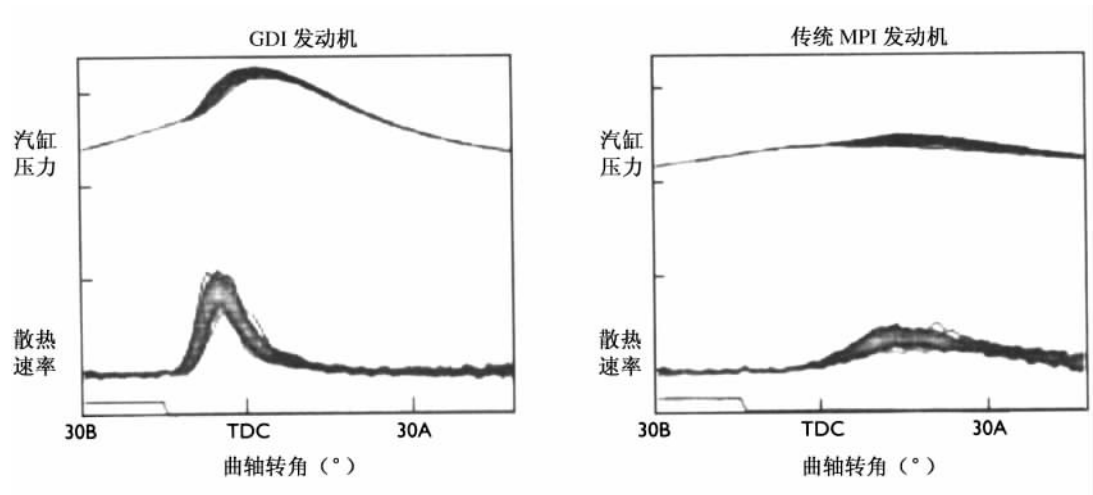


图 10.29 GDI 与 MPI 发动机的特性对比

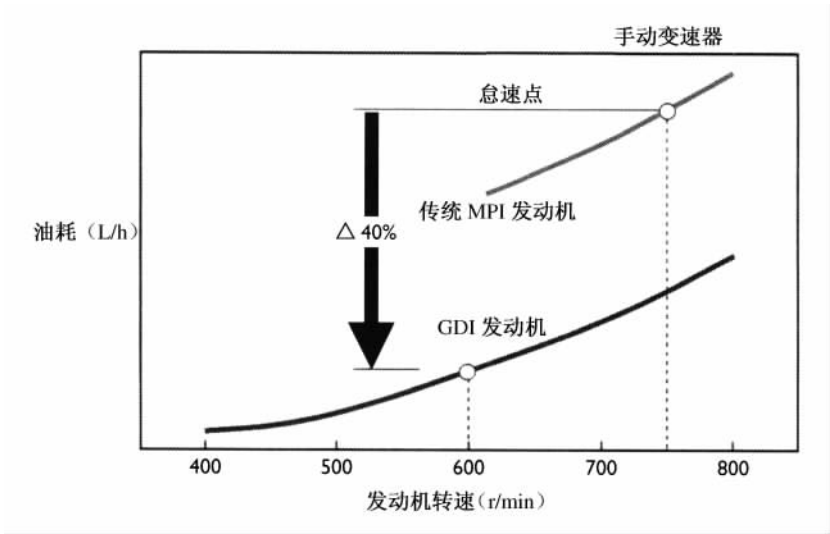


图 10.30 怠速工况时 GDI 与 MPI 发动机的油耗对比

(2) 定速行驶时的燃油消耗

在 40 km/h 定速行驶时,GDI 发动机比同等尺寸传统发动机燃油消耗减少 35%(图 10.31)。

(3) 市区行驶时的燃油消耗

在日本的 10.15 模式测试中(典型的日本市区行驶),GDI 发动机比同等尺寸传统汽油发动机燃油消耗减少 35%。此外,这些结果还显示 GDI 发动机甚至还比柴油发动机消耗更少的燃油(图 10.32)。

4. 排放控制

以往所采用的燃烧稀薄混合气的方法,致使  $\text{NO}_x$  的排放无法控制。通过引用大量的 EGR,例如,EGR 率为 30%时, $\text{NO}_x$  排放量降低了 97%,此时 GDI 发动机仍能保持稳定燃烧状态。不同空燃比下, $\text{NO}_x$  排放如图 10.33 所示,稀少  $\text{NO}_x$  的三元催化器如图 10.34 所示。

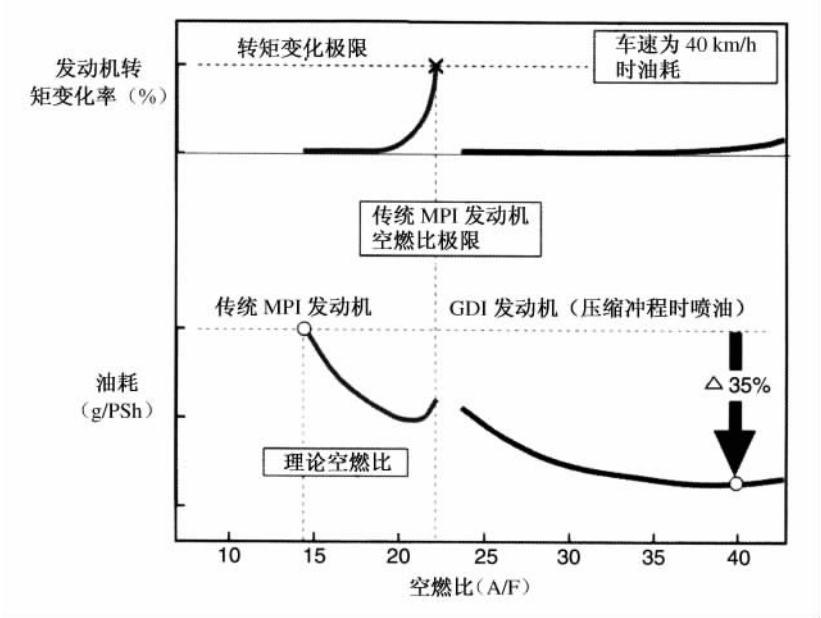


图 10.31 定速工况时 GDI 与 MPI 发动机的油耗和转矩对比

手动变速器

| 发动机              |         | 10~15 工况模式的燃油经济性 (km/L)                  |
|------------------|---------|------------------------------------------|
| 1.8L             | GDI 发动机 | <div><div></div><div></div></div> 提高 35% |
|                  | 传统发动机   |                                          |
| 2.0L I/C T/C 柴油机 |         | <div><div></div></div>                   |

图 10.32 市区行驶时 GDI 与 MPI 发动机的油耗对比

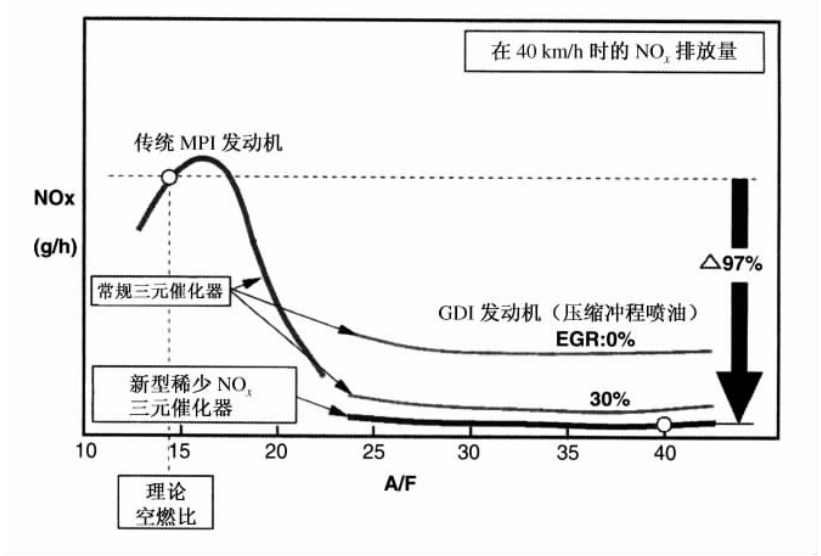


图 10.33 不同空燃比下 NO<sub>x</sub> 的排放量

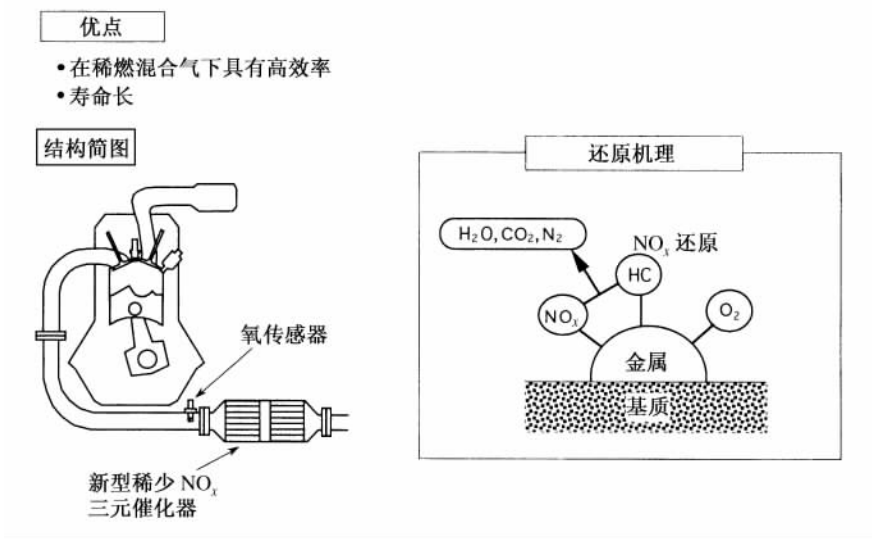


图 10.34 新型稀少  $\text{NO}_x$  三元催化器

10.5.6 最大功率输出的实现

(1) 基本概念

GDI 发动机压缩比高,进气系统效率高,这提高了它的容积效率,从而在功率输出上优于 MPI 发动机。

(2) 提高容积效率

与传统的发动机相比,三菱公司的 GDI 发动机具有更高的容积效率。进气孔的直立设计减小了进气阻力,压缩行程后燃油蒸发致使空气温度降低,从而提高容积效率(图 10.35)。

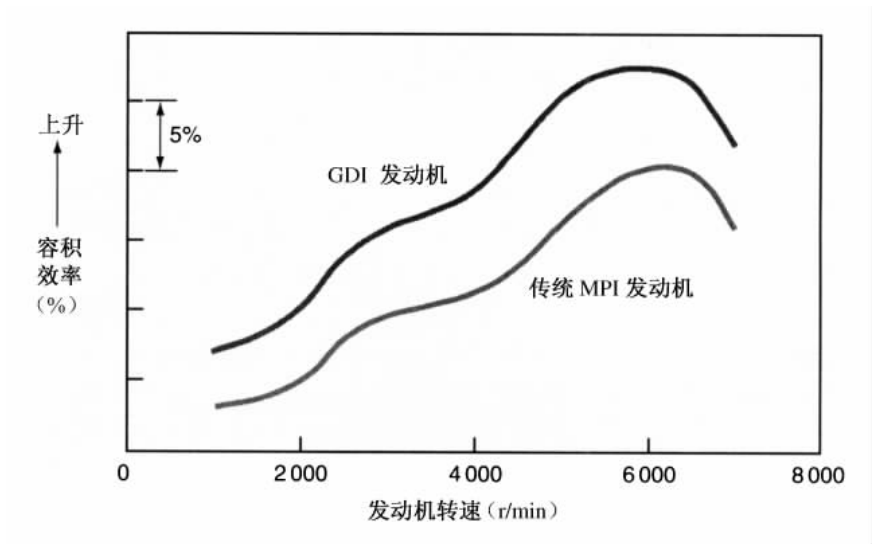


图 10.35 GDI 与 MPI 发动机的容积效率对比

### (3) 增加压缩比

由燃油蒸发产生的低温空气还可以减少发动机的爆震燃烧,因此它允许压缩比达到 12 且提高燃烧效率(图 10.36)。

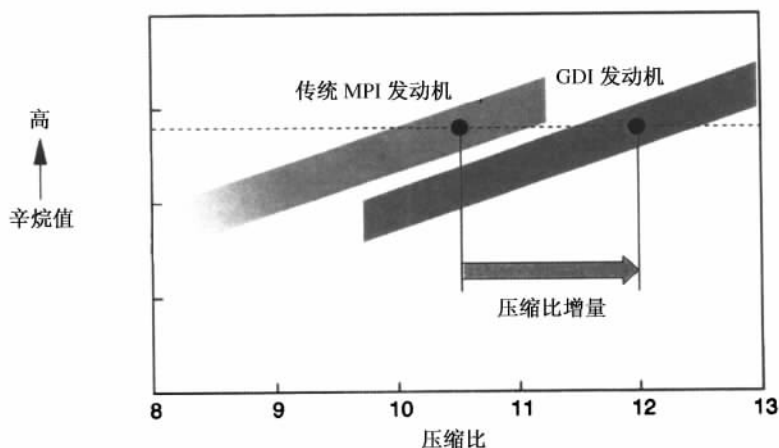


图 10.36 GDI 与 MPI 发动机的压缩比对比

GDI 发动机与同类型的 MPI 发动机相比,在任意行驶速度都可将输出功率与转矩提高大约 10%(图 10.37)。

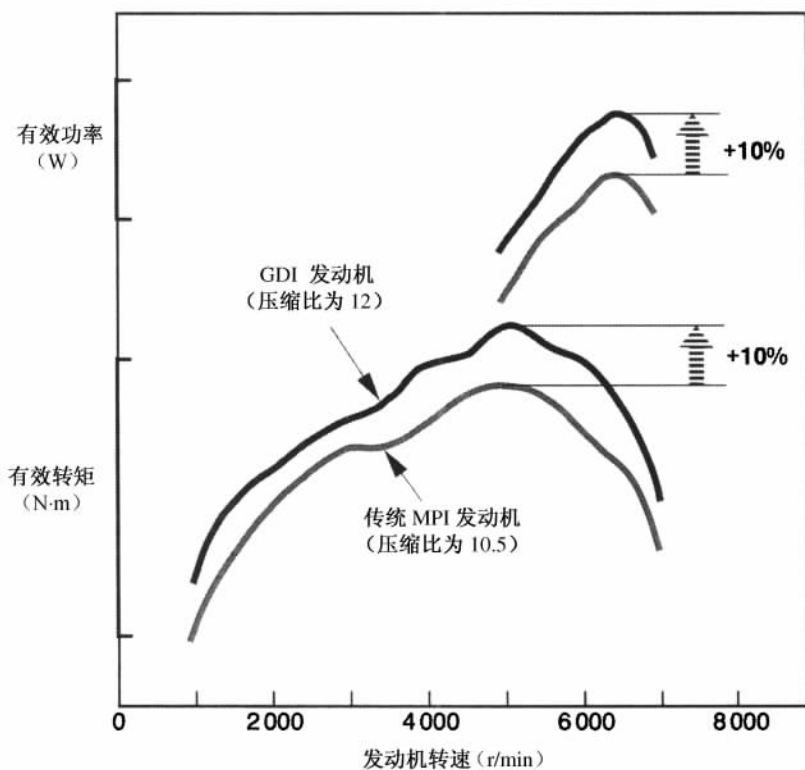


图 10.37 GDI 与 MPI 发动机的有效功率、有效转矩对比

在大功率输出模式下,GDI 发动机具有杰出的加速性能,图 10.38 为 GDI 与传统发动机的性能对比。

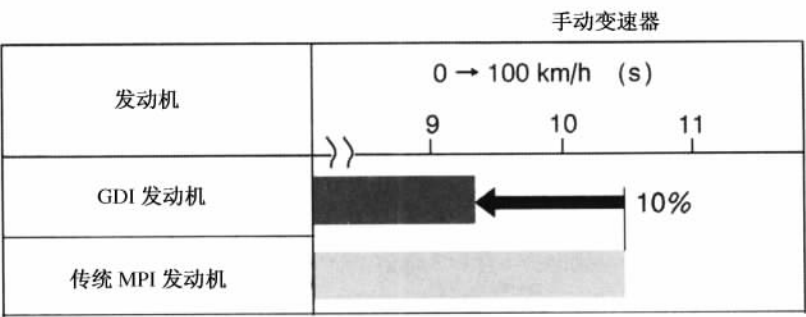


图 10.38 GDI 与 MPI 发动机的加速能力对比

## 10.6 博世 Motronic M3 电控燃油喷射系统

### 10.6.1 概述

汽油喷射与点火控制的结合有许多优点,各种传感器接收的信息是喷射与点火时间的计算基础,由于喷射与点火两者紧密联系,所以为使发动机在不同工况下达到最佳工作状态,必须考虑两者的相互影响。

总体上说,这种类型的系统要比单独的喷射与点火系统结构简单,在许多情况下,ECU 可以用程序预设值取代传统传感器传来的错误信息而在紧急模式下正常工作。这虽然有一定局限性,但可以在特定系统失灵时继续工作。

点火系统是集成的,没有高压分电器,点火过程由 ECU 控制。先从特殊的用于开发的试验发动机上测出理想特性参数,将其以数据形式存入 ROM。影响点火性能的主要参数是速度与负荷。将更多的参数(如温度)考虑进去可提高控制精度。这就可以在输出与排放控制上找到平衡点,以确定实际点火点时两者兼顾。

M3 喷油系统是多点燃油喷射系统,燃油的喷油量根据吸入的空气量决定,这个数据是通过检测空气质量的压力传感间接获得。

电磁式喷油器控制燃油的喷射,喷油器的开启时间由 ECU 控制,无论发动机在何种工况下工作,都将获得精确的空燃比,这些数据如同点火系统一样存储在 ROM 中,图 10.39 为该系统的各组件。

### 10.6.2 点火系统的工作原理

点火系统工作的主要参考依据是曲轴位置传感器,这是一种将 58 个齿安装在飞轮齿圈上的磁感应传感器。每个齿占据飞轮的 6°,并与活塞到达上止点前 114°位置有 12°的间隔。

曲轴位置传感器的线圈电阻是 800 Ω,传感器与飞轮齿圈之间的空气间隙大约 1 mm,由飞轮传感器产生的信号如图 10.40 所示,它基本上是一个周期间断的正弦波形,间断部分



图 10.39 博世 Motronic 燃油喷射系统的各组件

显示了变磁阻转盘上的齿间间隔。通过信号的频率可得出发动机的转速,从两个间断部分之间的脉冲数可得到发动机的曲轴位置,这些信息都将传递到 ECU。

图 10.41 为点火系统的控制框图,一个基本的点火系统必须具备以下功能:

- (1) 确定并产生点火提前角特性曲线。
- (2) 提供连续不断的点火能量。
- (3) 直接将点火信号传递给点火线圈。

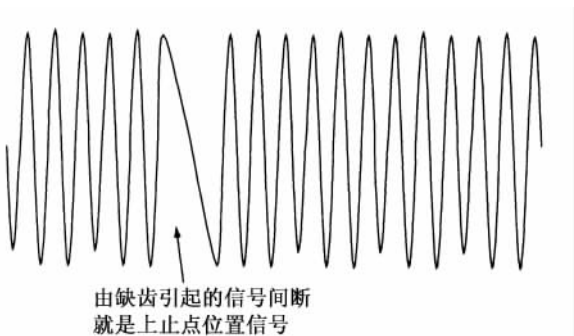


图 10.40 曲轴位置传感器的信号波形

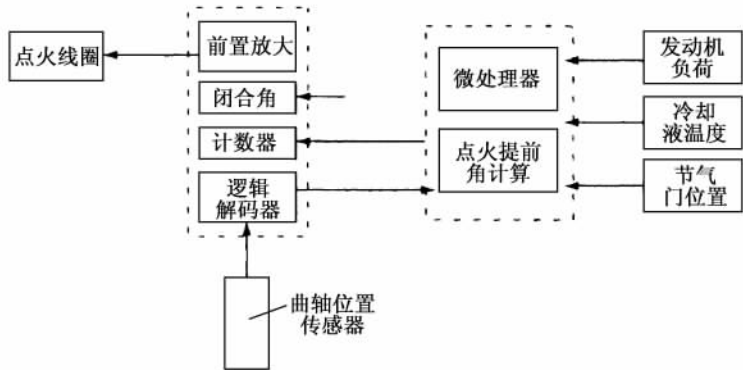


图 10.41 点火系统控制方框图



点火提前角可从预先存储的三维图上获得,这些已经被存在 ECU 上的 ROM 里。它的基本参数有:

- (1) 发动机转速——发动机转速传感器。
- (2) 吸入空气压力——进气歧管绝对压力传感器。

以上两个参数是基本量,为了确保最优的点火正时必须考虑以下参数:

- (1) 冷却液温度。
- (2) 进气温度。
- (3) 节气门蝶阀位置。

点火时间必须提前确定,图 10.42 显示了 Motronic 系统所使用的点火正时与闭合角。这些数据都存储在 ROM 中,对于点火控制来讲,电子控制单元首先必须决定以下三种基本工况的点火正时。

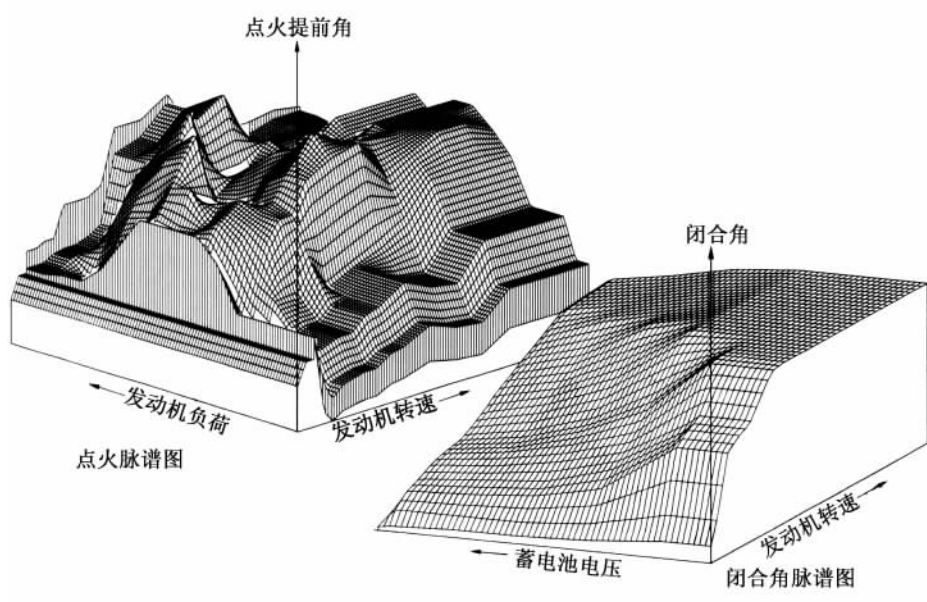


图 10.42 点火正时与闭合角脉谱图

(1) 怠速时。此时为了保证怠速正常,ECU 将快速传递点火正时,当点火正时提前,在一定条件下,发动机转速将增加。

(2) 全负荷时。此时应小心控制点火正时以阻止爆燃,当全负荷信号传到 ECU,将立刻减小点火提前角。

(3) 部分负荷时。部分开启的节气门是主要的控制对象,汽车出厂时,已通过程序将基本点火时间写入 ROM。这个基本点火时间用包含发动机转速与歧管压力的方程计算出来。

相应的补偿措施如下:

- (1) 应急策略。
- (2) 爆震防护。
- (3) 相位校正。

ECU 将在喷油量范围内控制点火时间,并且控制油压的冲击,起初,点火时间已被特定的程序确定,相位的调整是通过 ECU 对 HT 脉冲到达火花塞的时间的调整实现的,为了确

保汽车的良好行驶性能,ECU 将两个点火系统的变化值限制到最大,它随着发动机转速和喷射时间的改变而发生变化。

防冲击功能在喷射时间小于  $2.5\text{ ms}$  或者发动机转速在  $720\sim 3\,200\text{ r/min}$  时开始工作,这种功能是用来校正点火时间以及与之相关的发动机转速,它可以尽可能地稳定发动机的旋转特性。

为了确保连续的高电压能量,间歇时间必须和发动机转速保持一致,为使点火电流在点火时达到最大值,ECU 通过另一幅存储图对间歇时间进行控制,其中对蓄电池电压也进行了考虑。

飞轮传感器的齿通过线圈形成正弦曲线,当传感器达到每个齿的顶点时对应于正弦曲线上的零点,然后经过 ECU 将信号转化为方波,当断齿部分经过线圈时将形成一个持续信号,ECU 识别出这个信号,然后开始第一个 TDC,第二个 TDC 在 29 个齿通过后开始。发动机识别出点火角后开始控制点火线圈工作。通过线圈的通电与断电进行点火控制。

点火模块就像开关一样控制线圈主绕组,它包含有一个达林顿放大器。开关的正常工作取决于 ECU 相对于线圈的定位,转换时的瞬时大电流产生热量也将被 ECU 分散。最后需要考虑的是转换过程的相互作用是否将引起 ECU 产生其他问题。

无分电器式点火线圈由两个主线圈和两个次级线圈组成,主线圈的加载电压一般为  $12\text{ V}$ ,阻抗为  $0.5\ \Omega$ ,而次级线圈的阻抗则高达  $14.5\text{ k}\Omega$ 。这种系统会导致无效点火,如 1、4 缸或 2、3 缸同时点火。这种系统的缺点是点火火花要从火花塞的搭铁电极到达中心,然而由于点火时的持续高压这个缺点将不会影响火花塞的正常工作。这种系统的 HT 电缆是电阻型的火花塞根据不同车型改变,但都是标准型的,彼此间的正常间隙是  $0.8\text{ mm}$ 。

### 10.6.3 燃油供给

燃油是通过燃油泵从油箱中吸出的,燃油泵分为内置式与外置式,内置式燃油泵由于安装在油箱内,所以噪声小,易冷却,不易发生气阻和漏油现象,燃油通过滤清器直接到达进气歧管,图 10.43 为燃料供给系统。

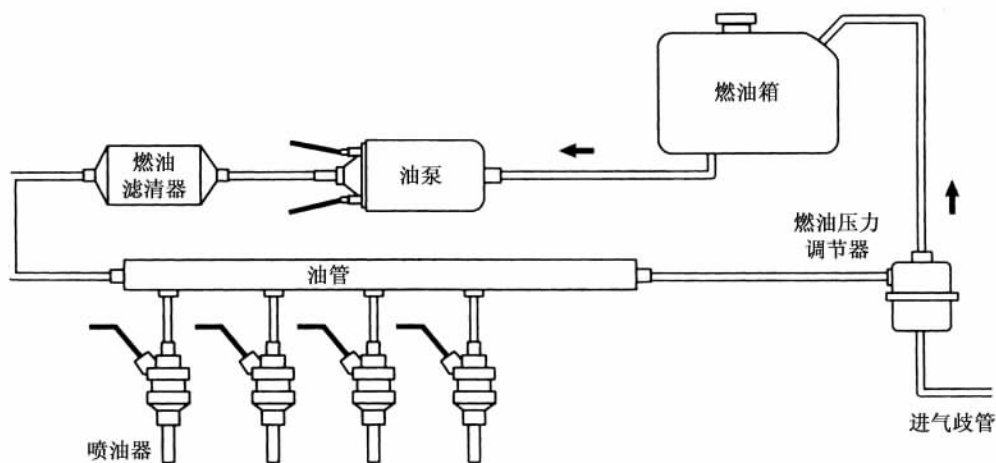


图 10.43 燃油供给系统的组成

利用安装在进气歧管上的压力调节器可将喷油压力保持在 250 kPa 左右,多余的燃油将返回到油箱,油箱内有一个涡流罐用来阻止燃油的汽化,每个进气歧管都装有一个喷油器。

燃油泵通常由两部分构成,通过涡轮将燃油从吸油口吸入泵内的是低压部分,然后利用齿轮的压缩功能将燃油加压输出,这部分是高压部分,燃油泵是通过 ECU 控制的电连接器提供 12 V 电压驱动工作的。

燃油泵的主要参数如下:

- (1) 输油量——12 L/h、300 kPa。
- (2) 阻抗—— $0.8\ \Omega$ (静态)。
- (3) 电压——12 V。
- (4) 电流——10.5 A。

电动机通电时即可带动泵体转动,将燃油从吸油口吸入,流经电动燃油泵内部,通过齿轮旋转对燃油加压,然后通过单向阀输出。当泵停止工作时,单向阀可防止燃油倒流,并可保持管路残余压力。如果由于某种原因,燃油压力上升到 700 kPa 时,泵内的溢流阀将自动打开,释放燃油(图 9.30)。

燃油滤清器安装在燃油泵与燃油总管之间,利用它可过滤燃油,将杂质直径控制在  $8\sim 10\ \mu\text{m}$  范围内,不同厂家生产的滤清器型号不同,但通常推荐的使用寿命应在 80 000 km。

燃油总管不仅为喷油器提供燃油供给,还作为燃油聚集器,根据燃油总管的尺寸大小,有的系统也提供单独的聚集器,燃油总管的主要作用是为喷油器提供恒定压力的燃油。

#### 10.6.4 喷油器及相关装置

通常每个汽缸配有一个喷油器,高性能汽车上却装有两个喷油器。喷油器通过橡胶密封垫与油压调节器相连,喷油器是制造精度极高的电子控制装置,主要由喷油器外壳、喷油嘴、针阀以及衔铁等组成,当电磁线圈通电,吸动衔铁带动针阀上移,燃油以极好的雾化效果进行喷射直到进气行程结束。如喷油压力恒定,燃油喷油量取决于喷射时间,也就是电磁阀的通电时间,典型的喷油器具有以下特征(图 9.29 为典型喷油器结构):

- (1) 电压——12 V。
- (2) 阻抗—— $16\ \Omega$ 。
- (3) 静态输出——150 mL/min(300 kPa)。

燃油压力调节器的作用是根据进气歧管绝对压力变化来调节系统油压,使喷油器的喷油绝对压力保持恒定,它包括两个压缩室、膜片、弹簧和回油阀。

对燃油压力调节器的调整是通过改变弹簧压力实现的。当燃油压力增加到可以将膜片上移时打开阀门,使多余燃油流回油箱,歧管压力的下降也将对膜片起作用,例如,怠速时,应使阀门处于易开状态以保持喷油绝对压力的恒定,从而使喷油量惟一地取决于喷油器的开启时间,压力差通常保持在 250 kPa 左右。

不同厂家生产的空气输送管的结构不大相同,但是连接集气室与汽缸的进气歧管却大体一致,在冷车加热或怠速阶段需要使用辅助进气装置。

#### 10.6.5 喷油量计算

燃油的喷油量主要取决于吸入的空气量,这主要由发动机转速和进气歧管压力两个因

素决定。

这些信息被存储在 ECU 的 ROM 中。进气歧管绝对压力传感器是连接在歧管上的压电型传感器,它的电阻随压力的改变而改变。传感器上加有 5 V 的稳定电压并按照压力的不同输出不同电压值。该传感器装在进气歧管上,通过一根管子检测压力。在管子上装有抑制压力波动的容器,输出信号在 0.25 V(17 kPa)~4.75 V(105 kPa) 之间变化。图 10.44 是压力传感器结构及电压输出示意图。随温度变化,空气密度将导致 MAP 传感器对吸入空气量的错误检测,因此利用温度传感器来测量空气的温度并将信息传递给 ECU,然后 ECU 调整燃油的喷油量。随着温度下降,空气密度上升,因此需要相应增加燃油喷油量。该传感器是负温度系数的热敏电阻传感器,温度越高,电阻越小,反之亦然。它的输出特性是非线性的,对非线性数据的处理以及传感器的详细介绍参见第 2 章。

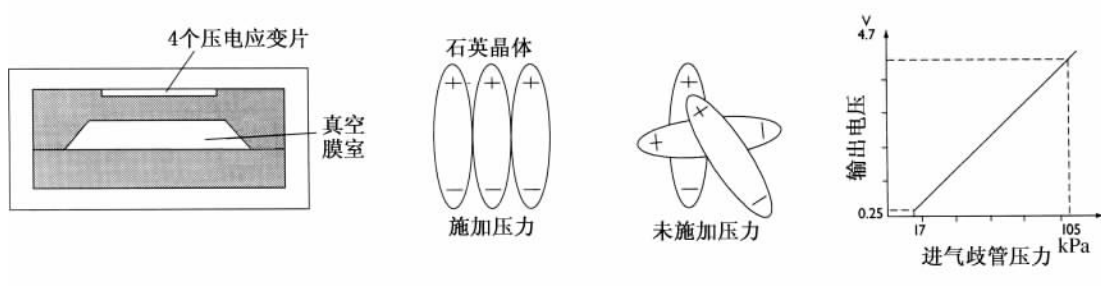


图 10.44 进气歧管压力传感器及其输出特性

为了控制喷油器,ECU 需要知道发动机转速以及空气的压力来确定喷油量,点火系统使用的飞轮传感器就是提供发动机转速信息的。一旦发动机开始运转,4 个喷油器同时开始工作,这将保证发动机的运转平衡,喷射的开始时间随点火正时发生改变。

喷油器的基本打开时间由 ROM 存储的关于歧管压力和发动机转速信息决定。另外,加上空气温度和工作工况进行修正,ECU 还进行以下几组修正:

- (1) 启动后加浓。
- (2) 暖机。
- (3) 加速加浓。
- (4) 减速时的稀释。
- (5) 超速断油。
- (6) 断油后复原喷油。
- (7) 蓄电池电压波动调节。

启动时刻的喷射时间计算是不同的,它主要是依靠一个变化的温度函数决定的,冷却液温度传感器是一个热敏电阻,它用来为 ECU 提供发动机冷却液温度的信号,然后 ECU 就可以进行计算并校正燃油喷射与点火时间了,该传感器的工作原理同上述温度传感器一样。

节气门电位计安装在节气门阀的芯轴上,利用它来给 ECU 提供节气门位置以及位置改变率信息。此传感器提供加速、减速、全负荷及怠速时节气门的位置信息。图 10.45 为电位计结构及工作电流情况,它包括一个可变电阻与一个固定电阻。像其他普通电阻一样,它

需要 5 V 的工作电压并输出电压信号,大约在 0~5 V 之间变化。节气门开度变大,电压上升。

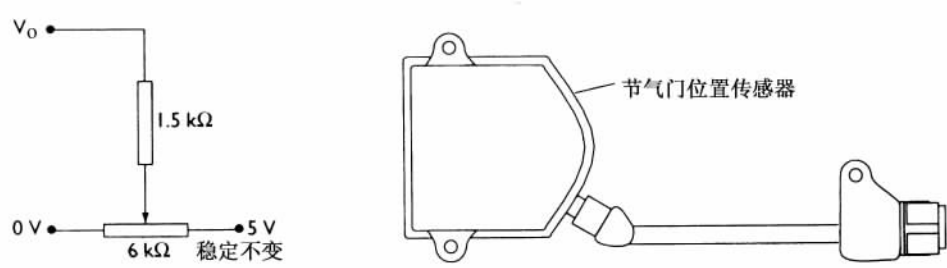


图 10.45 节气门位置传感器及其电路图

10.6.6 工作原理

M3 系统工作过程分为以下几个阶段:

(1) 启动阶段

为了获得一致的空燃比以及避免弄湿火花塞。一旦 ECU 接到飞轮传感器发出的信号就进入了启动阶段,发动机转速与冷却液温度决定了点火提前时间,每个工作循环 ECU 控制喷油器喷射 4 次,图 10.46 为点火及喷射时间与发动机工作原理之间的关系图。当飞轮发出 TDC 信号后,喷射停止 24°。如果发动机是冷车启动,ECU 将根据冷却液温度调整合适的喷射时间;若是热车启动,则根据空气温度来调整,当发动机转速超过某一临界值时将完成启动阶段。

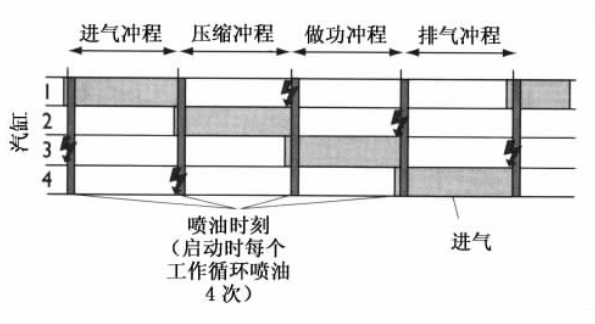


图 10.46 喷油正时、点火正时与发动机工作循环的关系

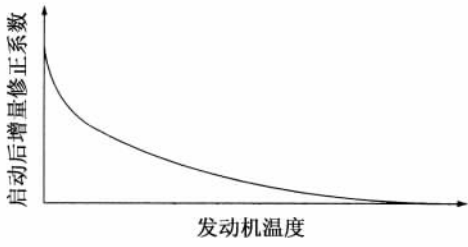


图 10.47 冷启动后燃油增量的初始值

(2) 启动后加浓阶段

启动后避免发动机熄火进行燃油加浓是必要的,加浓量将由 ECU 根据冷却液温度和空气温度进行控制。如果发动机温度较低,则混合量是冷却液温度的函数;如果发动机温度较高,则是空气与冷却液温度的函数。图 14.47 为冷车启动后加浓量曲线图,如果发动机在冷车启动后停车了一段时间,则再启动后的加浓量将稍稍减小。

(3) 发动机冷启动运行阶段

暖车过程中,点火时刻将根据冷却液温度进行修正,同时也应考虑转速与负荷。暖车阶段喷油器打开时间将根据冷却液温度信号相应增加,用以补偿燃油损失以及阻止发动机的

转速下降,加浓量将随温度传感器阻抗的增大而下降,如图 10.48 所示。怠速时,加浓量将根据转速与温度确定,其他时刻将按照预先编好的程序计算。为了克服冷车启动时的微小阻力,增加混合密度是必要的,这时就可以使用使空气绕过节气门阀进入歧管的辅助进气装置。

#### (4) 怠速阶段

怠速时需要的空气通过旁通管路进入,怠速调节螺钉可用来调整怠速时的转速。怠速时的燃油混合量根据电位计信号进行调整,或 ECU 控制,或运用独立装置,怠速时的点火与喷射函数将根据电位计与转速传感器的信息进行设置,发动机转速由飞轮传感器获得。

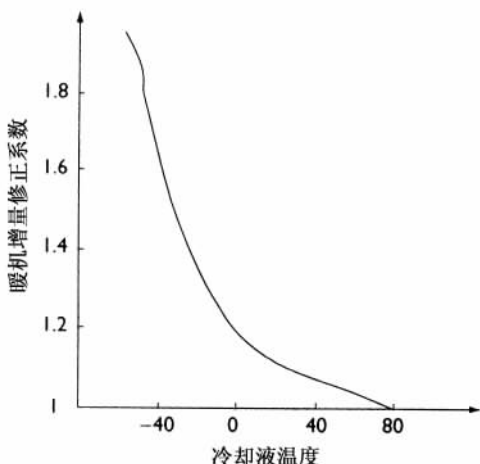


图 10.48 暖机燃油增量修正系数

#### (5) 全负荷阶段

全负荷时点火时刻根据发动机转速和电位计传来的信息决定,为了使喷油函数取最优值,应将混合比增加到 1:1,来自电位计的信息将触发存储在 ECU 中的程序来增加混合比,从而将爆震减小到最低,减少不必要的燃油消耗以及废气的排放量也是相当重要的。

#### (6) 加速阶段

ECU 通过节气门电位计信号的变化率判断加速阶段,然后对燃油加浓。通过冷却液温度与进气歧管的压力决定加浓量,图 10.49 显示了加速加浓阶段,加浓量随着加速阶段的完成而逐渐下降。

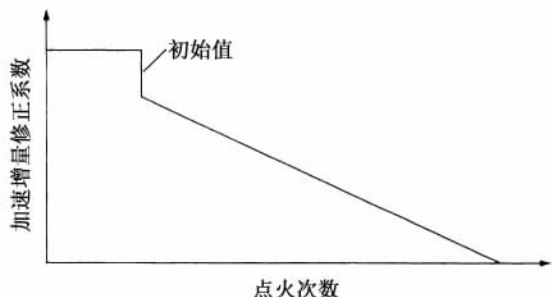


图 10.49 加速时燃油增量修正系数

如果发动机处于怠速或转速超过 5 000 r/min,加速加浓阶段将不会发生,在急加速情况下可能发生异步喷射,它取决于冷却液温度,ROM 中存储有节气门位置、发动机转速、蓄电池电压等参数。

#### (7) 减速阶段

如果歧管压力的变化超过 3 kPa,ECU 将根据检测到的压力变化而稀释燃油混合气。

油混合气。

#### (8) 减速断油

这种设计是为了提高燃油经济性以及减少碳氢化合物的排放量,当节气门关闭时以及发动机转速高于临界值(大约 1 500 r/min)时,这个阶段开始工作,当转速下降到 1 000 r/min 时恢复喷油,喷射时间与此时的发动机转速和负荷有关。图 10.50 为喷射开始与停止的控制步骤。

#### (9) 爆震预防阶段

控制点火时间是为了减少冲击与爆燃,通过减小提前角可以控制爆震,点火提前角的调整涉及到喷射时间、发动机转速、水、空气温度等因素。

#### (10) 发动机转速限制

如果发动机转速上升到 6 900 r/min,喷射停止,低于该值后恢复喷射,这将对发动机高转速下可能发生的损坏提供保护。

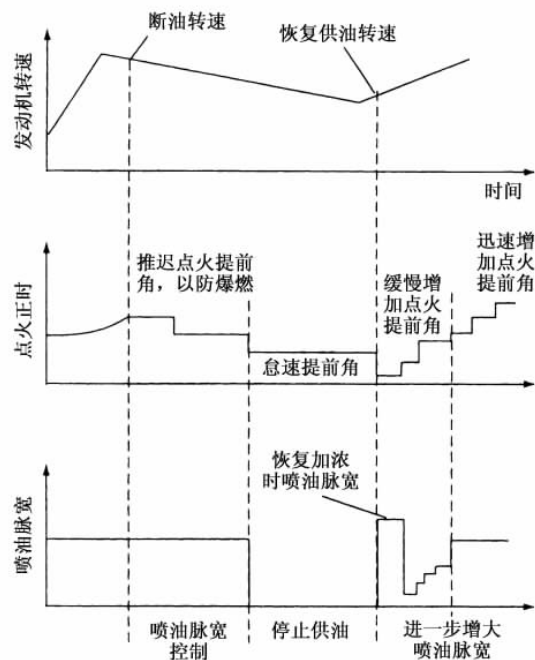


图 10.50 燃油切断与恢复控制

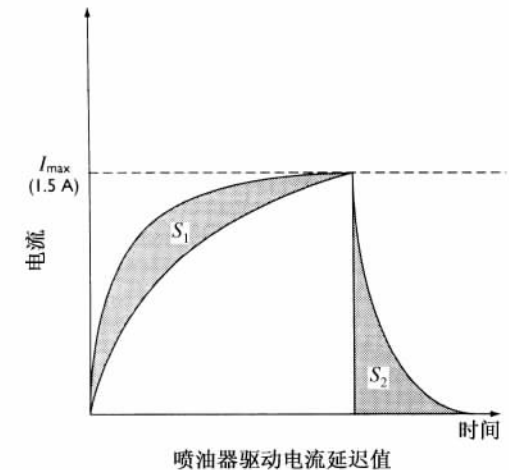


图 10.51 喷油器驱动电流曲线

(11) 蓄电池电压修正

这是一项额外调整,用来补偿系统电压的变化,每个 TDC 阶段电压将进行转化,此时就应对整个喷射阶段的计算进行调整。考虑到电流流经喷油器线圈的时间以及电流消失的时间,可知电压的变化是存在的。图 10.51 显示了这种延迟是如何发生的,如果  $S_1$  远大于  $S_2$  就要求进行调整, $S_1 - S_2 = S$ ,这里的  $S$  代表由电感线圈产生的时间滞后值。

10.7 发动机集中控制系统的故障诊断

10.7.1 简述

发动机集中控制系统的故障诊断应遵守以下六个步骤：

- (1) 确定是否有故障。
- (2) 搜集更多的信息。
- (3) 评估资料。
- (4) 进行深入测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查整个系统。

整个程序中最重要的是第(4)步,表 10.1 是从专业书上收集的数据,它主要是针对博世公司的 LH-Jetronic 燃油系统,但对其他的系统也有指导意义,并指出了每种系统部件的检

测顺序。

表 10.1 发动机的常见故障现象及故障原因

| 故 障 现 象   | 故 障 原 因                                                                                                                                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 发动机不能启动   | (1) 发动机和蓄电池搭铁不良<br>(2) 燃油滤清器与燃油泵<br>(3) 进气系统泄漏<br>(4) 熔断丝、油泵继电器<br>(5) 燃油喷射系统线束连接器<br>(6) 冷却液温度传感器<br>(7) 辅助空气阀<br>(8) 燃油压力调节器<br>(9) ECU 及其连接插头<br>(10) 进入跛行回家功能                  |
| 冷车时启动困难   | (1) 发动机和蓄电池搭铁不良<br>(2) 燃油喷射系统线束连接器<br>(3) 熔断丝、油泵继电器<br>(4) 燃油滤清器与燃油泵<br>(5) 进气系统泄漏<br>(6) 冷却液温度传感器<br>(7) 辅助空气阀<br>(8) 燃油压力调节器<br>(9) ECU 及其连接插头<br>(10) 进入跛行回家功能                  |
| 热车时启动困难   | (1) 发动机和蓄电池搭铁不良<br>(2) 熔断丝、油泵或继电器<br>(3) 燃油滤清器与燃油泵<br>(4) 进气系统泄漏<br>(5) 冷却液温度传感器<br>(6) 燃油喷射系统线束连接器<br>(7) 空气流量计<br>(8) 燃油压力调节器<br>(9) 空气滤清器<br>(10) ECU 及其连接插头<br>(11) 爆震控制(如果安装) |
| 发动机启动然后熄火 | (1) 发动机和蓄电池搭铁不良<br>(2) 燃油滤清器与燃油泵<br>(3) 进气系统泄漏<br>(4) 熔断丝、油泵或继电器<br>(5) 怠速、CO 含量调节<br>(6) 节气门位置传感器<br>(7) 冷却液温度传感器<br>(8) 燃油喷射系统线束及连接插头<br>(9) ECU 及其连接插头<br>(10) 进入跛行回家功能         |



续 表

| 故 障 现 象 | 故 障 原 因                                                                                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 怠速不稳定   | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统是否泄漏<br>(3) 辅助空气阀和怠速控制阀<br>(4) 怠速、CO 含量调节<br>(5) 燃油喷射系统线束或连接器<br>(6) 冷却液温度传感器<br>(7) 爆震传感器<br>(8) 空气流量计<br>(9) 燃油压力调节器<br>(10) ECU 及其连接插头<br>(11) 进入跛行回家功能 |
| 怠速不良    | (1) 进气系统泄漏<br>(2) 真空软管泄漏<br>(3) 辅助空气阀与怠速控制阀<br>(4) 怠速、CO 含量调节<br>(5) 冷却液温度传感器                                                                                                       |
| 怠速时熄火   | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统泄漏<br>(3) 燃油喷射系统线束或连接器<br>(4) 冷却液温度传感器<br>(5) 燃油压力调节器<br>(6) 空气流量计<br>(7) 熔断丝、油泵或继电器                                                                       |
| 转速稳定时熄火 | 空气流量计                                                                                                                                                                               |
| 加速喘抖    | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统泄漏<br>(3) 燃油喷射系统线束或连接器<br>(4) 真空管泄漏<br>(5) 冷却液温度传感器<br>(6) 燃油压力调节器<br>(7) 空气流量计<br>(8) ECU 及其连接插头<br>(9) 进入跛行回家功能                                          |
| 转速稳定喘抖  | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 节气门体泄漏<br>(3) 真空管泄漏<br>(4) 辅助空气阀和怠速控制阀<br>(5) 燃油管堵塞<br>(6) 燃油滤清器与燃油泵<br>(7) 喷油器<br>(8) ECU 及其连接插头<br>(9) 进入跛行回家功能                                              |

续 表

| 故 障 现 象 | 故 障 原 因                                                                                                                                     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 超速时喘抖   | (1) 进气系统泄漏<br>(2) 燃油喷射系统线束及连接器<br>(3) 冷却液温度传感器<br>(4) 节气门位置传感器<br>(5) 熔断丝、燃油泵或继电器<br>(6) 空气流量计<br>(7) 喷油器<br>(8) 空气滤清器                      |
| 加速爆震    | (1) 爆震控制系统<br>(2) 燃油喷射系统线束及连接器<br>(3) 空气流量计<br>(4) ECU 及其连接插头                                                                               |
| 发动机响应不良 | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统泄漏<br>(3) 燃油喷射系统线束及连接器<br>(4) 节气门体泄漏<br>(5) 冷却液温度传感器<br>(6) 燃油压力调节阀<br>(7) 空气流量计<br>(8) ECU 及其连接插头<br>(9) 进入跛行回家功能 |
| 油耗过多    | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 怠速或 CO 调节<br>(3) 节气门位置传感器<br>(4) 节气门阀<br>(5) 燃油压力调节器<br>(6) 冷却液温度传感器<br>(7) 空气流量计<br>(8) 进入跛行回家功能                      |
| CO 含量过高 | (1) 进入跛行回家功能<br>(2) ECU 及其连接插头<br>(3) 排放控制连接或 EGR 阀<br>(4) 燃油喷射系统线束及其连接器<br>(5) 进气系统泄漏<br>(6) 冷却液温度传感器<br>(7) 燃油压力传感器                       |
| CO 含量过低 | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统泄漏<br>(3) 怠速或 CO 含量调节<br>(4) 冷却液温度传感器<br>(5) 燃油喷射系统线束及其连接器                                                         |

续 表

| 故 障 现 象 | 故 障 原 因                                                                                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CO 含量过低 | (6) 喷油器<br>(7) ECU 及其连接插头<br>(8) 进入跛行回家功能<br>(9) 空气流量计<br>(10) 燃油压力调节器                                                                     |
| 发动机性能不佳 | (1) 发动机、蓄电池搭铁<br>(2) 进气系统泄漏<br>(3) 节气门阀<br>(4) 燃油喷射系统线束及其连接器<br>(5) 冷却液温度传感器<br>(6) 燃油压力传感器<br>(7) 空气流量计<br>(8) ECU 及其连接插头<br>(9) 进入跛行回家功能 |

10.7.2 ECU 自诊断功能

大部分 ECU 都具有故障提示及检测功能,检测到的故障通过仪表板上的故障指示灯告知驾驶员,ECU 的 RAM 中存储的编码显示了故障的详细信息,维修人员可通过阅读故障码寻找相应的故障。

每次检测到的故障信息,以数字编码的形式存储且只有通过专业工具擦除。通常如果发动机启动 50 次后故障未被检测到,ECU 将自动擦除编码。严重的故障才能点亮故障灯,而小故障则记录在存储器中。故障按发生的先后顺序进行存储,特定的严重故障将使 ECU 进入紧急模式。在此模式下,ECU 用选择性的值代替故障信号,这种被称为“跛行回家功能”。

故障以两组数字信息读取,它是通过将诊断线搭铁 2.5~10 s 实现的。若故障线搭铁超过 10 s,存储的故障信息将自动擦除,就像断掉 ECU 常供电源一样,此方法只能根据生产厂家的说明进行。相同的编码信号在许多售后服务测试仪中很容易读出,同一系统中没有代码阅读器就不可能读出故障码。

10.7.3 检测步骤

警告: ① 燃烧的燃油将严重损害您的健康;② 高压对您的身体健康有害。

下面的步骤是最普通的,但稍加修改便可以适应任何喷射系统,如有疑问则要参考制造手册上的建议。

- (1) 检查蓄电池电压。
- (2) 用手眼进行检测(确保电线或燃油管清洁并且安全连接)。
- (3) 检查火花塞(若火星很弱则跳到步骤(15))。
- (4) 检查进油管的燃油压力(对于多点喷射系统大约为 250 kPa)。

- (5) 如果压力不正确则跳到步骤(11)。
- (6) 检测喷油器工作是否正常(要有合适的喷油形状)。
- (7) 检测电流供给情况。
- (8) 检查喷油器连接线的情况(应为  $0 \sim 0.2 \Omega$  且注意线束间为并联连接)。
- (9) 检查传感器执行器的连接是否良好。
- (10) 如果没有燃油喷射且所有的先前检查都没有错误,则可能是 ECU 有问题。
- (11) 检查燃油供给(从步骤(5)开始)。
- (12) 检查燃油泵电压(在  $0.5 \text{ V}$  以内,如果供给正确则燃油泵有问题)。
- (13) 检查燃油泵继电器及电流是否正常。
- (14) 确保所有线路连接正常。
- (15) 检测点火系统是否正常。
- (16) 检测点火线圈的供给电压是否在  $0.5 \text{ V}$  内。
- (17) 检测点火线圈的点火情况。
- (18) 如果点火正常,检测 HT 系统,检查火花塞的电阻情况(每个分缸线大约为  $30 \text{ k}\Omega/\text{m}$ )。
- (19) 如果没有火星或只是很短距离,继续重复上述检测。
- (20) 检测线圈绕组的连接情况(初级线圈为  $0.5 \sim 3 \Omega$ ,次级线圈大约为  $12 \text{ k}\Omega$ )。
- (21) 模块供电或搭铁(最小供给  $12 \text{ V}$ ,搭铁最大压降  $0.5 \text{ V}$ )。
- (22) 检查脉冲发生器供电是否正确( $10 \sim 12 \text{ V}$ )。
- (23) 检查脉冲发生器输出是否正常( $1 \text{ V}$  交流,高性能为  $0 \sim 8 \text{ V}$  直流)。
- (24) 检查 LT 线束连接情况( $0 \sim 0.1 \Omega$ )。
- (25) 若以上检测均无异常,则可能是 ECU 出现问题。

#### 10.7.4 燃油喷射持续信号

图 10.52 为用故障诊断仪检测时,示波器上显示的典型的喷射信号,这些将随系统的不同而发生改变,但总的原理是相同的。波形的重要部分都很明显。例如,开启时间、关闭时间、电流限制阶段和 EMF 阶段。在闭合时间内显示的波动表征喷射时燃油的变化量。闭合改变的不同取决于喷油器转换开关的形式,如果只是简单的开/关技术被使用,则故障诊断如图 10.52 的前两幅图所示;如果电流限制被使用,则图形如图 10.52 的后两幅图所示。

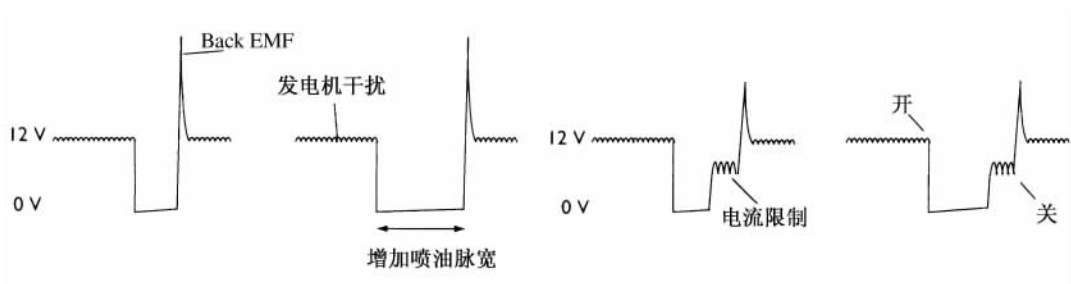


图 10.52 示波器上测得的各种喷油器喷油信号

这些图形对于故障诊断非常有用,我们可以看到发动机运转情况下图形的变化情况,例如:

- (1) 加速阶段波形宽度是否扩大?
- (2) 超速时波形是否切断?
- (3) 发动机温度上升时,波形宽度是否减小?

## 10.8 集成控制系统的理论知识

### 10.8.1 速度密度方法计算燃油量

在速度—密度方法中,发动机控制系统不使用空气流量计计算喷油量,而采用进气歧管压力传感器和进气温度传感器计算。

吸入发动机内的空气流量可按下式计算:

$$A_v = \left[ \left( \frac{RPM}{60} \right) \left( \frac{D}{2} \right) V_e \right] - EGR_v$$

式中,  $A_v$  为空气体积流量;  $EGR_v$  为废气再循环体积流量;  $D$  为发动机工作容积;  $V_e$  为工作效率。

进气歧管中空气密度取决于其温度和压力,如果这些被精确测量,则可以计算出密度,基本的计算公式为:

$$d_a = d_o \left( \frac{p_i}{p_o} \times \frac{T_o}{T_i} \right)$$

式中,  $d_a$  为空气密度;  $p_i$  为进气压力;  $T_i$  为进气温度。  $p_o$ 、 $d_o$ 、 $T_o$  为压力密度和温度已知值。

空气质量的计算公式如下:

$$M_a = d_a \times V$$

式中,  $M_a$  为空气质量;  $d_a$  为空气密度;  $V$  为空气体积。

空气质量流量速率的计算公式如下:

$$A_m = d_a \times A_v$$

式中,  $A_m$  为空气质量流量速率。

代入上式,可得:

$$A_m = d_a \left[ \left( \frac{RPM \cdot D \cdot V_e}{120} \right) - EGR_v \right]$$

进一步计算,可得出基本燃油量:

$$F = \frac{A_m}{AFR}$$

式中,  $F$  为燃油量;  $AFR$  为理论空燃比。

为了达到要求的喷油量,最后还需要计算燃油喷射脉冲宽度:

$$T = \frac{T}{R_f}$$

式中,  $T$  为时间;  $R_f$  为喷油器喷射速率。

注意: 实际的燃油喷射时间还取决于其他因素的影响, 例如温度、节气门位置等。

## 10.8.2 点火时刻计算

对某发动机的实际点火时刻数据的采集是来自测功机试验和运转试验。这些数据都以查询表的形式存储在 ROM 中, 它们还存有发动机转速与负荷信息。查询数据的多少取决于单片机的计算能力, 因为它决定了存储空间的大小。

来自速度与负荷传感器的信号被转换成数字数据, 这些数据是寻找理想点火值的参考。此原始值经温度修正进一步接近理想值, 这两个数字数据加入最后的点火图。还可进一步修正, 如过载修正、气压修正。点火正时点作为线圈断电的点, 也就是实际点火点。ECU 从飞轮齿间隔收到一个时间脉冲, 并开始倒计时。当线圈断电时, 计时器到达点火值。图

10.53 为点火时刻的计算过程。

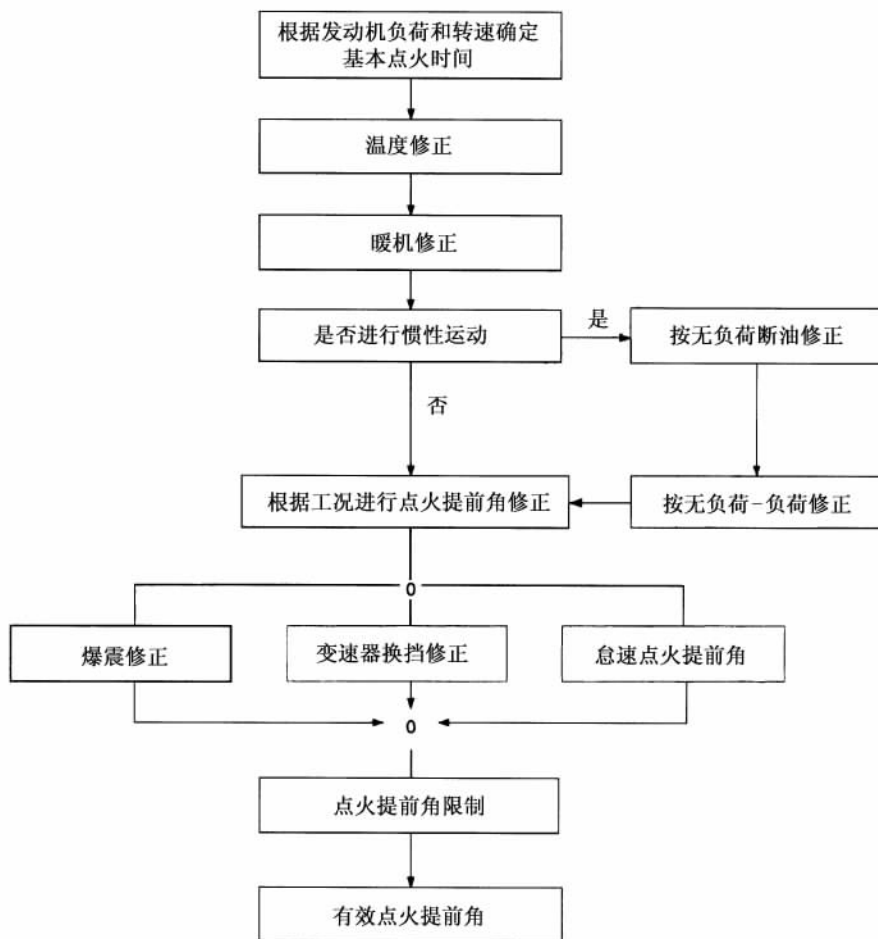


图 10.53 有效点火提前角的计算流程

为了防止爆震及敲缸引起的损坏,常安装一个爆震传感器,该传感器检测爆震的开始,但检测过程只有一段时间,也就是每个缸到达上止点时的几度范围内,这段时间正是爆震发生或气门开启/关闭时间。传感器的工作频率被调整到  $5\sim 10\text{ kHz}$ ,这样有助于消除错误信号,它们共振频率高达  $25\text{ kHz}$ 。

爆震传感器发出的信号经滤波积分后进入 ECU,监测电流决定发动机是否发生爆震,当某缸检测到发生爆震,它的点火时间将滞后一个值,通常为  $2^\circ$ ,从该缸点火开始到结束,然后该时刻慢慢回到查询值,图 10.54 为爆震控制过程。

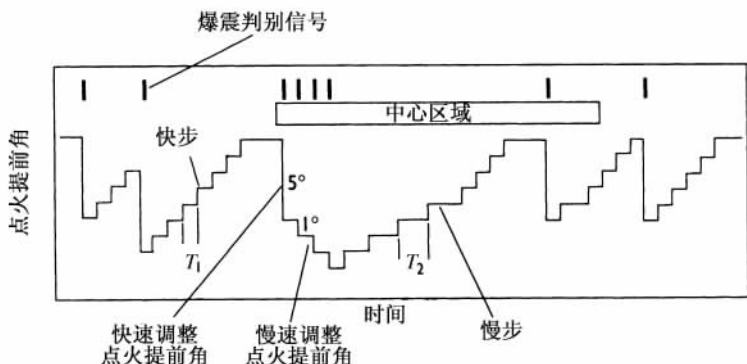


图 10.54 爆震控制原理

### 10.8.3 闭合角计算

为了提供恒定的点火能量,点火闭合角应随发动机转速升高而增大,理想的点火闭合角以坐标形式存贮在 ECU 中,横坐标为发动机转速,纵坐标为蓄电池电压。如果蓄电池电压下降,则闭合角相应增大,与点火正时一样,闭合角也是以时间(s)来表示的。闭合角的大小决定了点火线圈闭合时间。

### 10.8.4 喷油脉宽计算

发动机转速与负荷是决定燃油喷油量的基础,然后再进行调整,图 10.55 为数字电子控制装置计算喷油脉宽的过程,主要分为以下几个步骤:

- (1) 用来自 ROM 的发动机转速与负荷信息决定喷油器开启时间的基本值。
- (2) 进行发动机与空气温度的修正。
- (3) 怠速、全负荷和部分载荷修正。
- (4) 启动后加浓。
- (5) 暖机加浓。
- (6) 加速加浓。
- (7) 减速断油。
- (8) 超速断油。
- (9) 断油后恢复喷射。
- (10) 蓄电池电压波动修正。

在开始阶段,喷射时间的计算是不同的,这是由一系列作为正常工作的温度值决定的。

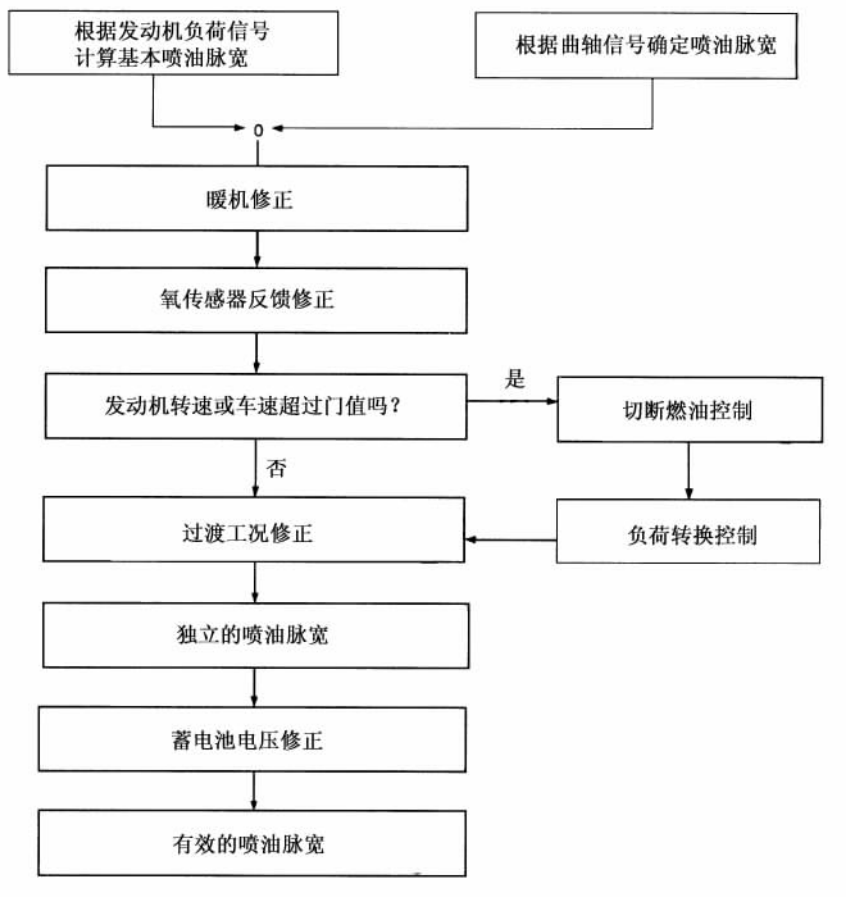


图 10.55a 喷油脉宽计算流程框图

### 10.8.5 开发与测试软件

编出一种计算机程序可以有很多种方法,汽车数字控制系统中的电控单元大都应用专业的程序,最终程序的生成方法通常被称为“自顶向下结构化程序设计法”。程序的最终确定需要经过以下六个步骤:

- (1) 首先是可行性研究,分析用计算机处理是否是最好的解决方案。
- (2) 任务规划。确定软件实现的功能,制定出任务规划书。
- (3) 随着任务复杂性的增加,程序的设计变得非常重要。这是因为,如果需要,程序可以分割成几个小的部分。每一部分应该给出详细说明书。
- (4) 编码过程是将任务用计算机语言描述的过程。
- (5) 程序调试与性能鉴定过程。对程序中出现的错误与故障进行调整,最后确定程序的有效性,也就是输入正确的数据后要能得到期望的输出。保证程序的正确是非常重要的,因为它涉及到成千上万个微处理器,一个严重的错误会导致非常昂贵的修正代价。
- (6) 程序的使用。实际上已进入了运行与维护阶段,这时允许出现微小错误,例如汽车加速时出现的降速现象和一些模糊问题,这些问题都可以在维护阶段进行修正。



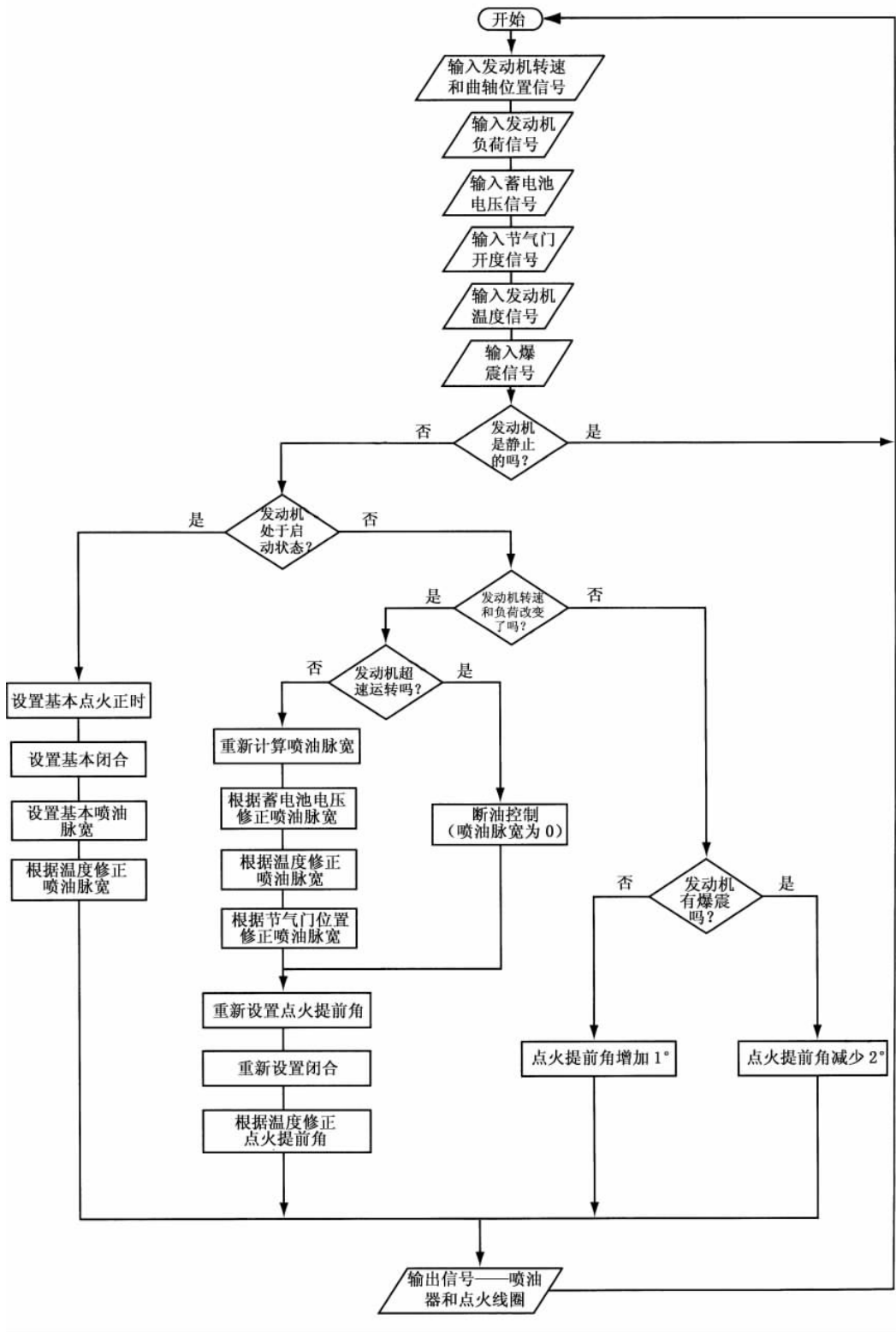


图 10.55b 燃油点火综合控制流程图

### 10.8.6 程序举例

许多附录中都包含有简化的 BASIC 程序用来说明发动机的数字与控制原理,虽然它们实际原理相同,但不是真正的 ECU 程序。现实中,快速编程语言与复杂算法都在编程中使用,在我的站点里所列的程序均可在 BASIC 编译机上运行。你可以放心地去使用,下载它们是免费的:

(1) 点火控制程序。

(2) 全套发动机管理程序。

这部分程序仅作解释,它们没有错误陷阱,也没有经过测试与调整,那些都是你的工作了。

### 10.8.7 Hot chipping

确定新型处理器/存储器以提高汽车性能的过程称为 Hot chipping,值得注意的是改进往往要牺牲汽车的经济性、排放性和发动机寿命,首先应找到专为高性能发动机设计的高效可编程计算机。燃油图、发动机点火时刻图、加速燃油供给和所有燃油控制参数都可用 IBM 兼容机进行编程,许多情况下需要使用新型的 ECU,它确实可以实现其他性能的提高。

当你驾驶汽车时甚至允许软件的改变,这种系统几乎适用于所有燃油喷射发动机。发动机启动和运行时,一个基本的校准是必要的,然后使用者再进一步调整此系统可实现开/闭环控制,有些系统可以实现基于节气门位置和转速信息的氮化喷射自动控制,点火时刻可根据预设值自动延迟。

CalMap 是一个非常好的软件系统,用于高性能发动机的校正。该软件可以对加速数字燃油喷射处理器实现在线或脱机调整(相关内容在 18 章中介绍),还包括连接电缆、使用手册和软盘。该软件界面友好,也很容易在商店买到。当你驾驶汽车的时候在汽车的电脑上可以实现点火曲线的设置与调整。使用该软件可实现程序抽样打印,例如,发动机运行过程中你可以记录一系列的值并进行检测,从而确定发动机是如何运行的。

调整发动机的燃油喷射系统需要经验、时间和耐心。一次键盘的错误操作或是发动机处于爆震或混合气极稀的条件下运转会造成发动机的损坏。

当决定了燃油转速脉谱图的变化大小时,宽度应尽可能的小,这些是发动机控制的最佳调整点。如果图形是 5 000 r/min,脉宽为 12 ms,ECU 将在任何速度下获得高于该值的值。在调整时最好使用多于 256 个点,这可以通过在脉宽内设置转速实现。最大燃油油耗应在最大转矩输出点,随着发动机转速上升超过转矩极值点,脉宽应减小,ECU 的大部分输入、输出值都可显示在屏幕上。大多数系统使用插值软件,这意味着在燃油图上围绕选定像素点的像素值将影响脉冲宽度。如果可能的话,应使燃油计算值尽可能靠近理想配比值。氧传感器是很好的设备,起初的设备制造者都使用它,在使用基本的燃油图时应注意,如果喷射脉冲宽度低于 2 ms,那么你就进入了不稳定区域,怠速像素周围的像素点是作为插值点使用的,矩阵值中大的变化将造成发动机加速时的颤动。

点火分析图是参考燃油表制定的,并放大 1.5 倍。同样的理论适用于点火图和燃油表控制,只要保持转速/时间图中同样的点火命令。爆震在燃烧室中开始所要的时间延迟量远大于永不允许爆震发生所要的时间延迟量。不断地进行试验才能得到正确结果。点火提前角大小将受到发动机基本参数的影响:

(1) 汽缸顶端燃烧室的形状。

- (2) 最大行程。
- (3) 活塞顶形状。
- (4) 进气歧管的长度与材料。
- (5) 压缩比。
- (6) 使用的燃料。
- (7) 汽缸顶端与冷却系统之间的热量传输方式。

### 10.8.8 人工智能控制

人工智能(AI)是机械装置显示智能化行为的能力,该俗语涉及到关于智能组成的详细说明。这是个独立的问题,专家们目前正致力于智能机械的结构化研究。

AI在专家系统或以知识为基础的专家程序领域显示出了强大的优越性,但它不可能成为适应各个领域的真正智能与推理。

由于AI是一个新生科学,所以在该领域还没有形成一个普遍接受的理论。但是有种假设认为,在最高水平线上,AI系统必需可以接收来自自身环境的信号,并判断、反应,最后将结果输出。这种技术要求专家推理、普通感观推理、问题的解决、计划、信号的解释与学习,最终系统形成一个对工作有效的输出。

AI在汽车上使用的可能性是无限的,实际上,真正的问题是汽车想用它来处理多少问题。例如,通过雷达检测可以判定与前面车辆的距离,从而避免追尾的发生,假设发动机在怠速阶段喘震,AI将稍稍提高发动机转速。

从某种意义上说,这些电子系统并不是采集信息,然后执行一个输出。它们可以进行调整与改变,例如,如果发动机在怠速 600 r/min 时发生喘震,ECU 将根据检测到的信号把转速提高到 700 r/min。这种形式的重点在于改变信号,许多系统都使用该原理控制怠速并且通过输入传感器信号调整合理的空燃比。可变正时点火系统能够将点火时刻调整到最佳工作时间,每台发动机的点火时刻值都存储在 ECU 中,然而,由于制造误差,发动机磨损以及道路条件等因素的影响,ECU 中存储值与实际点火时刻并不总是一致的。

可变正时点火系统的 ECU 中存储的三维图,用来实现点火时刻的查询与设定,它也可以对点火时刻进行快速调节,既不延迟也不提前,同时还对发动机转矩的变化进行评估。ECU

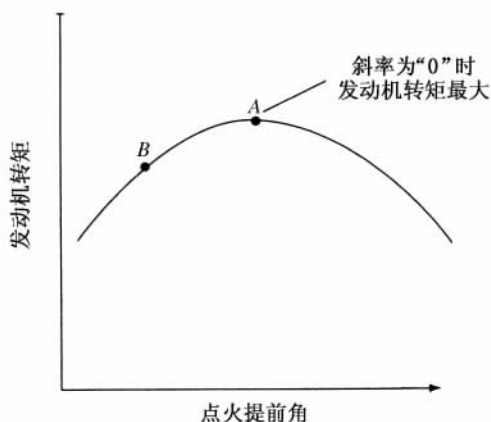


图 10.56 点火正时与发动机转矩关系曲线

通过曲轴传感器监测发动机转速,一旦发现加速便进行调整,在这种情况下,存储图中的合适值将被更新,被检测到的转速增加,每一时刻只发生在某个汽缸上,因此,正常的由于节气门控制而产生的转速改变将不会影响 ECU 中的设定值。

可变正时点火系统的操作原理是在转矩与点火时刻图中找到确定的斜率(图 10.56),通常斜率为“0”(A点)的点是燃油经济点,但为了避免爆震或减少废气排放,则常选择图中的 B 点。

图 10.57 为自适应点火控制方框图。

固定的点火时刻图产生了不同的时间调整设定,从该点进行变化增减,然后将变量传给斜率检测器。检测器将转矩/点火时刻曲线中的斜率测定值与斜率图中的值进行对比,从而决定对发动机转矩进行增加或减小。每次点火时刻发生变化都将更新校正图中相应的值,即使发动机转速变化很快,它也能作出相应调整。斜率图的最终目标是实现最大输出转矩和最小废气排放。

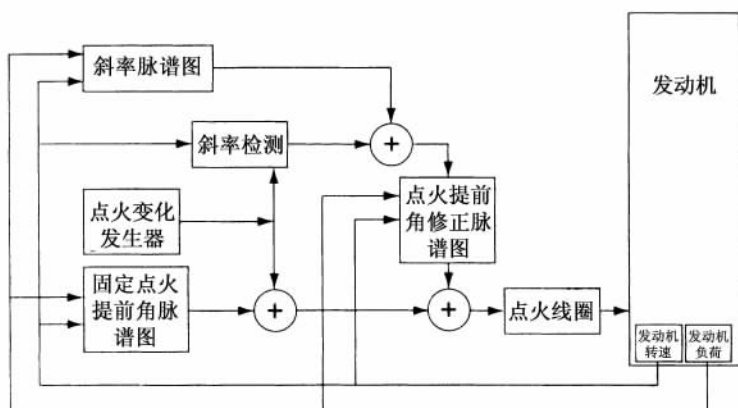


图 10.57 自适应点火控制方框图

### 10.8.9 神经网络计算

神经网络计算是一种相对较新而且发展较快的技术,该技术的优点是可以学习而不是去编程。这种形式的人工智能对问题的解决并不需要专门指导,使用者可以允许计算机在训练阶段根据类似问题的举例进行自动调整,经过训练,计算机可以将问题与解决方法、输入与输出联系起来,从而形成解决问题的方法。

神经网络计算机的主要组成部分是神经网络,图 10.58 是它的原理图。图中圆代表神经元,直线表示彼此之间的连结。每个神经元是一个简单的处理器,它接收单个或多个输入信号并发射输出信号,每个输入信号都有相应的“重量”,决定了它的强度。神经元判断输入信号的“重量”,然后输出相应“重量”的信号。神经网络中神经元的数量从几十个到几千个不等。

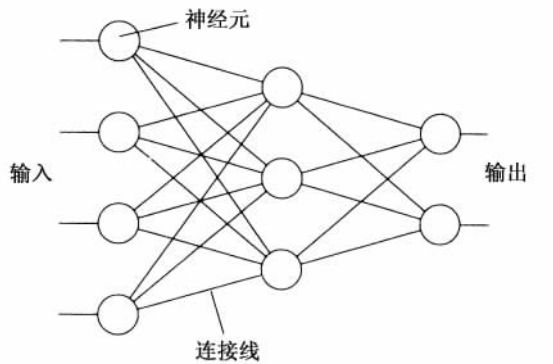


图 10.58 神经网络

该系统的学习功能是通过在实际输出与期望输出进行对比来实现的。对比将产生一个错误值,然后改变相连的输入信号的重量的输入到整个网络,最终将正确信号加强。这种原理类似于人脑的工作过程,神经网络计算系统相对于传统方法有如下优点:

- (1) 平行处理方式使过程加快。
- (2) 减少传输时间。
- (3) 能够找到难以确定问题的解决方法。

(4) 可根据环境调整不同的解决方法。

(5) 功能强大,可处理模糊数据或不确定问题,自适应模糊系统就像专家一样,它可以从经历中学习有关知识,然后用新数据调整自己的知识。

应用神经网络的优点概括起来是充分利用了神经网络在自动控制系统的优势,一些系统甚至可以学习驾驶员的技术从而实现对发动机的自动控制,在实现控制前还可对系统参数实行优化。

## 10.9 集成控制系统的新技术

### 10.9.1 概述

为了适应现行和将要制定的排放规则,对于汽车减少排放的研究一直在进行。相对于美国的排放法规,欧洲市场较为宽松,尤其是加利福尼亚州,它的标准更加严格,因此 EC 法规与 USA 法规一致就显得非常合理了,惟一不同的是  $\text{CO}_2$  是否应包括在法规里。事实上,目前最困难的是如何减小废气中的氮氧化物含量。对  $\text{NO}_x$  的催化剂的研究已取得巨大进步,现正处于生产阶段。

### 10.9.2 稀薄燃烧发动机

任何在  $\lambda$  值大于 1 情况下运行的发动机都可称之为稀薄燃烧发动机。换句话说,燃烧在空气过量情况下进行。相比于传统发动机,稀薄燃烧发动机耗油量大, $\text{CO}_2$  排放低。相同情况下, $\text{NO}_x$  排放也要高,这是空气过量的原因。运行不稳定也是稀薄燃烧发动机的缺点(图 10.59),不稳定性是由于稀混合气点燃时产生的,改变这种分层的形式将有助于提高稳定性,相关问题在前面章节也有研究。

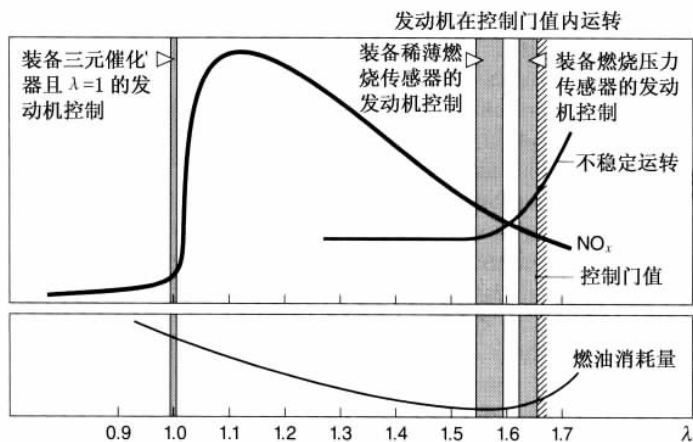


图 10.59 稀薄燃烧发动机

### 10.9.3 燃油混合气直接喷射

直接喷射技术又简称为 DMI,它可以节约 30% 的燃油消耗。这种系统是在压缩冲程即将结束、做功冲程开始阶段向汽缸顶端喷射适量的燃油,这可由普通喷油器完成。汽缸的热

量将确保燃油的彻底雾化。

这是一项非常重要的技术,因为它可以确保燃油在火花塞附近产生分层燃烧,这种分层是靠燃油喷射阀的开后来控制的。图 10.60 为 DMI 系统结构。此系统在怠速时  $\lambda$  值为  $0.8 \sim 10$ ,全负荷时为  $0.9 \sim 1$ 。与同类的稀薄燃烧发动机相比,其典型的  $\lambda$  值为  $1.6 \sim 1.8$ 。

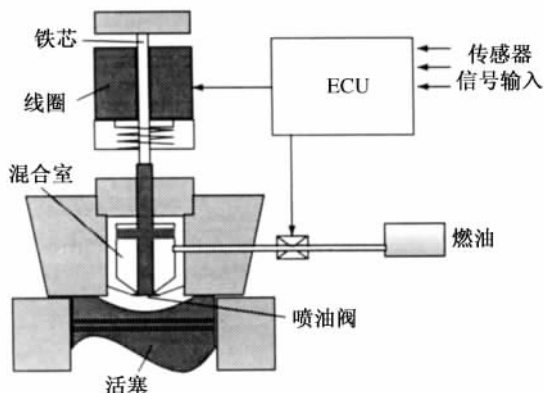


图 10.60 燃油直接喷射系统

#### 10.9.4 二冲程发动机

一些专家认为二冲程发动机也许能解决废气排放问题,也有专家持不同意见。因为现在对四冲程发动机性能的提高已无计可施了,二冲程发动机的优点是质量小、油耗低、动力高,然而这些都依赖于发动机的结构设计。它的主要缺点是运转不平稳、寿命低以及  $\text{NO}_x$  排量高。澳大利亚一家叫 Orbital 的公司在二冲程技术上投入了相当大的精力。在这种系统中使用了一个简便的节气门,在发表的论文中可以看到,同样是 1 L 排量的二冲程与四冲程发动机相比,二冲程发动机重量减少 30%,具有较低的燃油消耗与  $\text{NO}_x$  排放量。这种发动机也可以使用直接喷射技术而实现分层燃烧。

#### 10.9.5 代用燃料

发动机的主要设计结构无需改变就可以使用酒精燃料。燃料提供装置要能够抗腐蚀,而且适应冷启动,除了这些就是要改变发动机脉谱图了。如果燃油箱中使用酒精传感器,控制系统应适应酒精与汽油混合比例的改变。这种燃油排放物的优势很明显。

气体动力发动机已经使用了一段时间,但是大量燃气的存储问题却一直未能解决。它们确实降低了尾气中  $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$  和  $\text{CO}_2$  的含量。氢气发动机提供了一种超越低排放汽车 (ULEV) 的潜能,但仍然在研制阶段。许多制造商致力于该项目的研发。电动发动机意味着实现零排放 (ZEV),我将在第 17 章详细介绍。

当所有可选择的燃料考虑后,很明显,汽油与柴油发动机是不容易被取代的,事实上还有许多能够进一步改进的区域。

#### 10.9.6 Delphi 公司采用组合式设计方法改进的发动机控制系统

这部分内容通过一个例子说明现代设计方法在发动机控制系统中的应用,Delphi 公司在这个领域有很强的实力。下面的内容是取自 1998 年 SAE 年报的一篇新闻稿,主要介绍了 Delphi 动力发动机控制系统。

发动机控制是一项对发动机进行调整的技术,其调整应保持发动机性能及燃油经济性的前提下,尽量使排放清洁。然而,调整的焦点在不同的国家是不同的。各国政府法规、消费者需求、驾驶条件、汽车类型及生产水平等是不同的。

一个典型的发动机控制系统包括以下部分:

(1) 发动机控制模块 (ECM)。

- (2) 控制与诊断软件。
- (3) 进气控制子系统。
- (4) 燃油控制模块。
- (5) 燃油喷射模块。
- (6) 点火子系统。
- (7) 催化净化器。
- (8) 排气控制子系统。
- (9) 各种传感器与电磁线圈。

Delphi 公司的叙述如下：我们将服务于每位顾客的每一辆汽车，这不是凭空想像。我们使用模块化系统构造，根据市场模型快速调整工具及控制技术。我们使用流行的可更换硬件和软件，它们能在大部分系统和处理器上使用。同时还使用像自动译码器等即插即用工具。因此，当我们修改某部分的时候而不用去重新调整整个系统。

先进的发动机控制系统包括以下部分内容：

- (1) 模块化系统构造。
- (2) 采用组合式控制方法的传动控制模块，发动机电子装置及可更换软件等。
- (3) 为了适应不同市场的需求，允许从 OEMs 到定制的系统。
- (4) 软件的扩充与抹除能力。
- (5) 系统使用最少数量的电子控制器，如需要还可进行填加。
- (6) 硬件在各系统间可进行更换。
- (7) 软件能在不同系统上使用。
- (8) 工具的快速调整与发展。
- (9) 实现新系统样机性能的快速评估。
- (10) 结果进行基准检测并通过样机证实程序的正确性。
- (11) 基于模型控制(MBC)。
- (12) 对于反映真实世界的物理或数学模型控制算法的重新设计。
- (13) 某部分的改变只需调整该部分的数据而不改变整个系统。
- (14) MBC 技术包括气压与热能估量计，基于模型的燃油传输控制和每缸燃油控制。

组合式设计方法的优点如下：

- (1) 节省开发费用。
- (2) 为制造商提供制造的灵活性。
- (3) 易于适应不同的市场及消费者。
- (4) 修改后允许使用调整最少的流行部件。
- (5) 节约燃油，减少排放。
- (6) 能够满足不同的排放法规，适应不同的驾驶条件、驾驶习惯、顾客需求及汽车类型。
- (7) 减小制造商的产品上市时间。

### 10.9.7 诊断的视频连接

一些制造商已经生产出手动视频摄像机来辅助故障诊断，它适用于汽车所有部位的检测，当然也包括发动机控制系统。

摄像机通过互联网连接经销商与制造商,因此,技术员可以提供测试的范围以及描述故障特征给工程师或专家。

## 10.10 练习

### 10.10.1 思考题

1. 什么叫“发动机控制”?
2. 简述催化净化器中用到的名词“开”与“关”。
3. 描述 ECU 计算燃油量的过程。
4. 画一幅简图并描述废气再循环系统。
5. 画一个发动机控制系统的方框图,显示所有输入与输出。
6. 叙述车载诊断系统(OBD)的用途。
7. 简述可变进气歧管系统的工作原理。
8. 描述节气门位置传感器的工作原理。
9. 列举四种减小柴油发动机排放的方法。
10. 解释直接喷射系统(GDI)的工作原理。

### 10.10.2 课程论文

1. 研究当前稀薄燃烧技术的发展状况,写一篇发展论文,考虑各种发动机控制的优缺点,以预测哪种技术将成为发展趋势并给出合理解释。
2. 图 10.61 是早期的 Motronic 电子燃油喷射系统,试分析比较此系统与新型的 Motronic M5 系统的不同点,并解释改进原因。

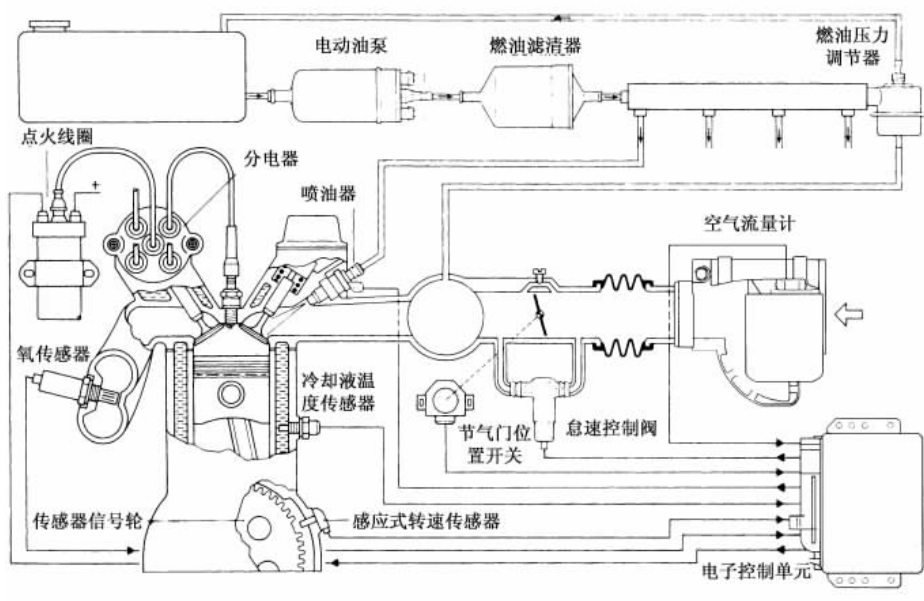


图 10.61 早期的 Motronic 电子燃油喷射系统



# 11 照明系统

## 11.1 照明的基本知识

### 11.1.1 概述

汽车照明系统对行车安全是至关重要的。如果汽车夜间高速行驶时前照灯突然出现故障,那么必出现灾难性的后果。许多技术被用来改进照明灯工作性能,如自动变光电路和热敏电路间断器,这样可以自动调节灯光系统,不需要像换熔断丝一样拔取。现代照明系统的线束系统中每个灯丝都有自己的保险装置,这样即使前照明灯上主电源出现故障,也能保证近光灯正常工作。

我们已经对“路上之王”Lucas 车所用的照明灯作了长期的研究。这些照明灯为乙炔灯,采用这种类型照明灯的关键是:保证驾驶员在黑夜中或能见度不高的情况下看清路况;也能被别的驾驶员或行人看清。

侧灯、尾灯、制动灯及其他灯是相当直观的,但对前照灯而言,则带来了很多问题。在近光束的时候必须提供给驾驶员充足的光线,但不能使其他道路使用者产生“目炫”。多少年来人们一直在努力研究并取得了很大进步,但是照明与炫目之间的这对矛盾一直难以解决。在最新的发展中,紫外线照明设备(稍后论述)展现出新的应用前景。

### 11.1.2 灯泡

自从 1878 年英国人 Joseph Swan 发明第一个灯泡起,灯泡就有了不断的发展。一直以来,车上灯泡的数量、形状和尺寸不断增加和变化。图 11.1 为常见的灯泡,大多数用于汽车



图 11.1 常用的灯泡

照明的灯泡通常采用传统的钨丝灯或者钨卤素灯。

对于传统的钨丝灯泡而言,钨丝在通电发热后产生白炽光,在真空条件下其温度可达  $2\ 300\ ^\circ\text{C}$  左右。钨是一种贵重金属元素,其元素符号为 W,原子序数为 74,原子量为 183.85。其纯金属的颜色从青

灰色到锡白色,熔点是所有金属中最高的,达  $3\ 410\ ^\circ\text{C}$ 。纯钨易锻、易绞、易拉伸、易挤压。不纯的钨易碎,难制作。钨在空气中,特别是在高温条件下易氧化。但是它耐腐蚀,大多数无机酸对钨影响不大。因此,钨与钨合金适合制作成灯丝的理想材料,灯丝通常被绕成“螺旋状”,是为了在很小的空间内保证其有合适的灯丝长度并有一定的强度。图 11.2 为典型螺旋状灯丝。

在真空状态下,如果温度超出上面所提及的发光温度,钨灯丝将会烧断。因此,必须严

格地限制灯泡工作电压,灯泡内的真空能防止热的传导,从而限定了其工作温度。

充气灯泡很常见,就是将如氩气这类惰性气体在一定压力下充入灯泡内,该气体可保证灯丝在更高的温度下工作并产生更白的光。相对于只能产生  $11 \text{ lm/W}$  真空灯泡,这类灯泡可以产生  $17 \text{ lm/W}$  的光通量。

几乎所有汽车的前照灯都采用钨卤素灯泡。因为该种灯能够产生  $24 \text{ lm/W}$  的光通量(最新的设计使光通量更高),它的寿命长,并且不会像其他灯泡那样超过一定时间就变黑。普通充气灯泡在使用一段时间以后,约有 10% 的灯丝金属蒸发掉并沉积在灯泡壁上。卤素灯泡中的气体大多数是碘元素,之所以称之为卤素,是因为在周期表的 VII A 组中有 4 种元素统称为卤素。它们的名称来源于希腊语中的“hal-”和“-gen”,意思为“产生盐的”。4 种卤素分别是溴、氯、氟和碘。它们有很强的作用能力,在自然界中不能以游离态存在,这种元素的气体必须在几个大气压下才能充入灯泡中。

钨卤素灯泡的玻璃壳是由硅和石英制成的。钨丝仍然会蒸发,但是钨原子在回到灯泡壁的途中会与两种或两种以上的卤素原子结合形成钨卤化物。这类卤化物因为温度的原因将不会沉积在灯泡壁上,而会促使卤化物向灯丝返回,接着分解,钨返回灯丝上,卤素释放出来。因此,该类型灯泡不会变黑,在整个寿命中光输出量保持不变。玻璃壳可随灯丝一起做的更小一点,这样更有利于聚焦,图 11.3 为一种钨卤素前照灯泡。

下面,我们深入地讨论一些常用灯泡。

#### (1) 彩灯

彩灯采用管状的玻璃壳,灯丝处于玻璃管终端的两黄铜头之间。这类灯泡常用作牌照灯、车顶灯。

#### (2) 小型中心接头(MCC)灯

该灯泡为卡口灯头,在圆筒形头部的两端各突出一个定位销,圆筒形头部的直径约为  $9 \text{ mm}$ 。它为单中心接头,金属圆筒头部壳体为另一接头,常为搭铁端,其功率范围在  $1 \sim 5 \text{ W}$  之间。

#### (3) 无灯头灯泡

这类灯泡有一个半管形的玻璃壳并带有一个扁平头,它为接线柱提供电力,接线柱弯曲形成两个触点。灯泡功率可达  $5 \text{ W}$ ,常用于仪表灯、侧灯和停车灯,因其制造成本较低而得到普遍使用。

#### (4) 单丝小卡口灯泡

这类灯泡为直径约  $15 \text{ mm}$  的卡口灯头,采用球形玻璃壳,单灯丝、单中心接头型灯泡用金属灯头部作为第二接头;该类灯泡功率一般为  $5 \text{ W}$  或  $21 \text{ W}$ ,  $5 \text{ W}$  灯泡常为侧灯或尾灯,  $21 \text{ W}$  灯泡常用作指示灯、警告灯、倒车灯及后雾灯。

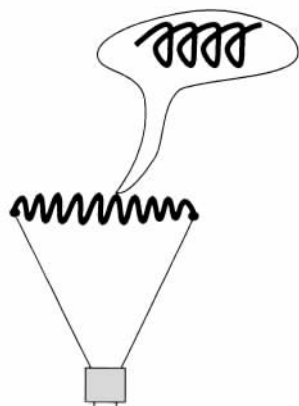


图 11.2 螺旋状灯丝

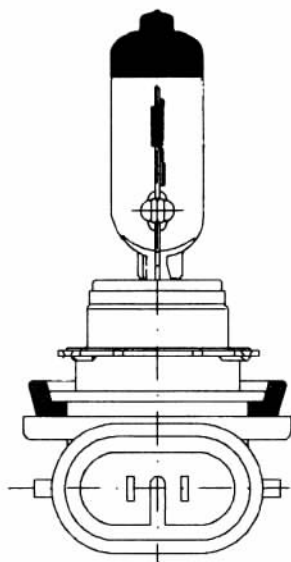


图 11.3 卤素灯泡

### (5) 双丝小卡口灯泡

该类灯泡在形状和尺寸上与上面提到的大功率单丝小卡口灯泡一样。但它有两个灯丝,各有一端接到接头上,剩余的连接到灯头壳体上为第三个接头,作为搭铁端,为了保证这两个不同瓦数的灯丝连接正确,灯头采用不同的卡口定位销,两个灯丝中一个作为停车灯、另一个为尾灯。它们的功率分别为 21 W、5 W。

## 11.1.3 外部照明

关于外部照明有一些法规要求,下面我们对现行的规定作简要的介绍。其中各个灯光的发光照度允许值标在各子标题的括号内。

### (1) 侧灯(达 60 cd)

一辆汽车必须有两个侧灯,每个功率数要小于 7 W。大多数汽车的侧灯是作为前照灯总成中的一部分。

### (2) 尾灯(达 60 cd)

同样,尾灯也需要安装两个,每个功率数都小于 5 W。在欧洲,这类灯上常标有“E”字。它们离车边缘的距离不超过 400 mm,相互间距离要大于 500 mm,离地距离在 350 ~ 1 500 mm 之间。

### (3) 制动灯(40~100 cd)

有两个制动灯,常与尾灯制成一体;每个灯的功率数在 15~36 W 之间。只要制动系统工作,制动灯就亮。制动灯离地距离在 350~1 500 mm 之间,处于对称位置的两者相隔距离不小于 500 mm。如果装有高位附加制动灯的话,必须与原有的制动灯一起工作。

### (4) 倒车灯(300~600 cd)

车上最多装有两个倒车灯,每个灯的最大功率数为 24 W,要求其灯光不炫目,而且由变速箱操纵手柄控制其开关,或者由一个带报警灯的开关来控制。倒车电路中一般装有倒车“蜂鸣器”,大型汽车更是如此。

### (5) 运行灯(800 cd)

沃尔沃(Volvo)轿车设置了运行灯,主要适于瑞典、芬兰两个国家的法规要求。运行灯在点火后就打开和尾灯一起工作。其功能是指示汽车是否在运行或即将运行。当停车时或前照灯打开时该灯不工作。

### (6) 后雾灯(150~300 cd)

汽车上一般装有一个或两个后雾灯。若只装一个后雾灯,常将它装在车的右侧或中央。其离地距离需在 250~1 000 mm 之间,高于制动灯 100 mm。其功率数常为 21 W。当侧灯、前照灯或前雾灯工作时,后雾灯才工作。

### (7) 前探照灯和前雾灯

如果装有前探照灯(辅助行驶灯),前探照灯离地距离必须在 500~1 200 mm 之间,与车的侧面距离大约 400 mm,如果前探照灯为不可变光,则只有当前照灯以远光灯工作时,前探照灯才工作。前雾灯的离地距离小于 500 mm,只有雾天或下雪天时才需工作。探照灯是用来发出长光束的光线以照亮远方的道路。雾灯则用来发出明暗截止线照亮车前方道路并要求光线不反射或不刺眼。

图 11.4 为汽车灯光设计时的一种选择方案,车上采用的是上面所讲过的外部照明灯。



(a) 福特 Focus 车



(b) 美洲虎 S 型车



(c) 奔驰 S 系列车



(d) 现代 XG 型车

图 11.4 汽车照明系统的设计实例

11.1.4 前照灯反射镜

来自于灯丝的光线,通过特定的反射镜和棱镜以不同形状的光束发射出去。用于前照灯的反射镜通常为抛物线式、双焦点式或共焦式。棱镜作为前照灯封盖玻璃,用于将光线向下直射向路两侧,图 11.5 所示为棱镜和反射镜直射光线的示意图。

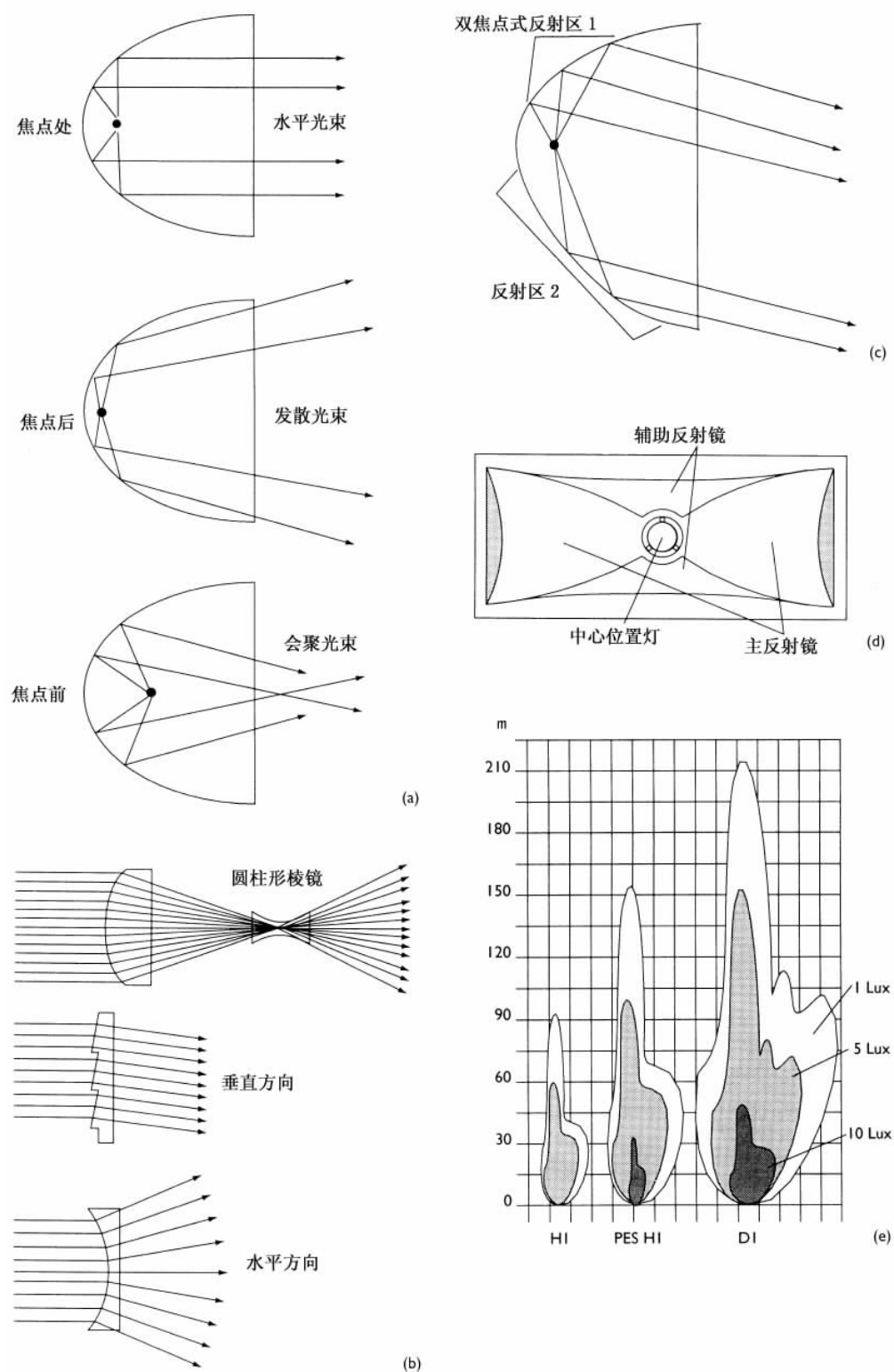


图 11.5 棱镜和反射镜直射光线的示意图

前照灯反射镜作用是根据反射的原理,将灯泡产生的散光转换成聚集光束。要得到合适的光束方向和形状,反射镜中的灯丝位置至关重要,见图 11.5(a)。首先当光源(灯丝)位于焦点处时,反射光束将与主轴平行。如果灯丝处于焦点与反射镜之间,反射光束将产生偏离——沿着主轴向外扩散。另外,如果灯丝位于焦点前方,反射光束将会聚于主轴。

反射镜基本上是将诸如黄铜或玻璃之类经过磨光的表面敷上一层银、铬或铝而做成的。向内凹的反射镜称为凹镜,反射镜的中心称为极点,经过极点垂直于反射镜表面的线就为大家所熟知的主轴。当光源沿着主轴线被移到在某一点时,将出现由辐射光所产生的平行于主轴的发射光束,这一点即为焦点。从极点到焦点的距离即为焦距。

### (1) 抛物线式反射镜

前掷的石块在空中的运动路径即为抛物线。抛物线式反射镜(图 11.5(a))具有这样特性:只要光源位于焦点处,无论光线射到反射镜何处,反射光线一定平行于主轴线。因此出现明亮的水平反射光束且光强恒定。使用抛物线式反射镜,大部分光线被反射,只有小部分光线以散光的形式散失。

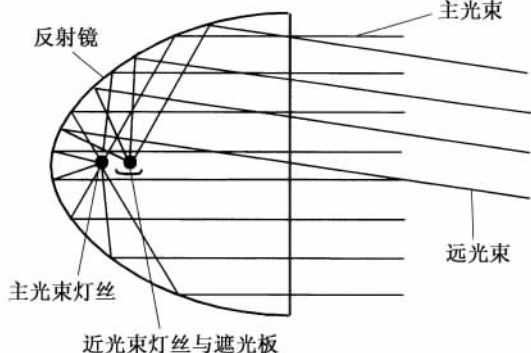


图 11.6 通过双丝灯泡内遮光板产生近光束的示意图

反射光强度在靠近光束轴处是最强的,光束外侧的光强逐渐减弱。图 11.6 为常用类型的反射镜与灯泡位置,其中,近光灯丝没有画出。近光束时产生明显的明暗截止线,为此大多数采用不对称前照灯。

### (2) 双焦点式反射镜

双焦点式反射镜(图 11.5(c)),由其名称可知有两个不同焦点的反射镜。这有助于光线照射到下边的反射区,该反射区被设计成抛物线式,从而将光向下反射以改善汽车前方的附近区域。这种工艺不适合

用于双灯丝式灯泡,只用在四前照灯装置的汽车上。借助于强大功能的 CAD 软件可设计出具有非抛物线部分的可变聚焦反射镜,以保证在每个区域间的平滑过渡。

### (3) 共焦点式反射镜

共焦点式反射镜(图 15.5(d))由许多具有共同焦点的部分组成。这种设计方案允许更短的焦距,整个光区的深度变短,有效光通量增加。这种反射镜可为双丝灯泡提供近光束和远光束。主反射镜区光线用以远距离照明,次反射镜区用以改善近距离和车侧的照明。

### (4) 多椭圆球面式前照明灯

多椭圆球面式前照明灯如图 11.7 所示,由博世公司在 1983 年开发出来。该前照明灯所产生的光线与传统的光线一样,在某些方面还优于传统的光线,而光区面积小于  $30 \text{ cm}^2$ ,这些特性是通过能设计出椭圆形反射镜的 CAD 和投影光学原理而获得的。遮光板用于确保产生合适的光束形状,这有利于产生明显的截止线或者有利于减缓急剧变化的现象。新型多椭圆球面式前照明灯系统用于较大型汽车,它可进一步改善近距离区域的照明。这类灯只适用于单丝灯泡,作为四前照灯装置的一部分。

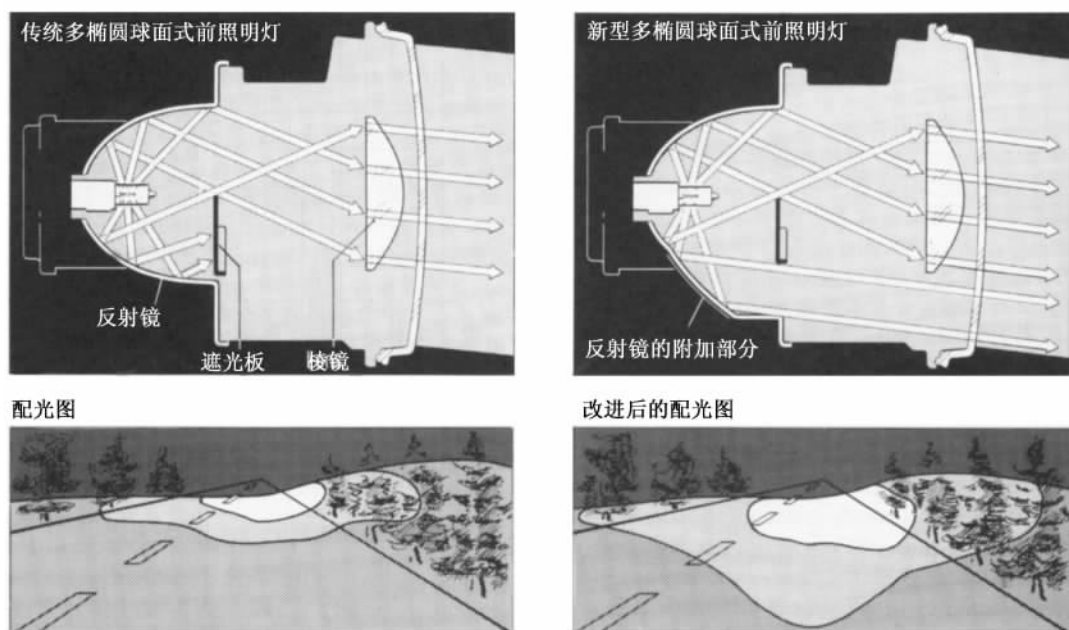


图 11.7 改进后的多椭圆球面式前照明灯近光束

### 11.1.5 前照灯棱镜

对于前照灯,要求它具有射程远、亮度足的中心光束。光束其余部分的光线应水平和垂直散发,尽可能充足地照亮路面。将反射光线通过透明棱镜块时可以很好地改善光束形式。透镜的部分功用在于将反射光束及其他散光线进行重新分配,这样可获得更好的路面照明,同时减弱炫目现象。图 11.5(b)所示为一组棱镜块的工作情况。

棱镜的工作原理是基于光的折射,即光线通过透明介质,如玻璃时,其方向发生改变。将前照灯的前盖和玻璃透镜划分成许多小矩形区,每个区被做成凹槽或槽与棱镜的结合体。当水平光束通过玻璃透镜时,每个小区重新发射光线,从而获得经改善的投影光束形状。

这些凹槽用于控制光线的水平扩散,同时棱镜也使得光线明显的向下弯曲,从而在车前方获得经扩散的区域照明,图 11.5(b)为这类棱镜的工作过程。

目前许多前照灯都带有透镜,因而所有照明都直接由反射镜来完成(图 11.4)。

### 11.1.6 前照灯的调整

前照灯的调整原则是非常简单的,要求根据汽车的载荷来改善灯光的照射位置,图 11.8 为一种由驾驶员操纵的简易手动对光装置。

自动调整系统必须依赖装于汽车悬架上的传感器才能工作。该系统可以实现随载荷的变化而随时自动对光,图 11.9 为前照明灯光自动调整系统的设计图。用于改变前照灯位置的执行器可以是液压元件或步进电机。



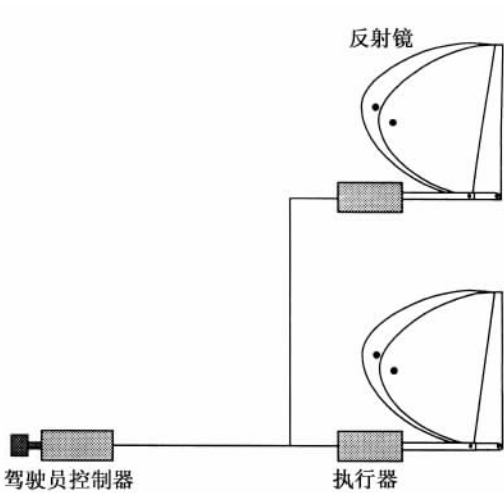


图 11.8 前照灯手动对光示意图

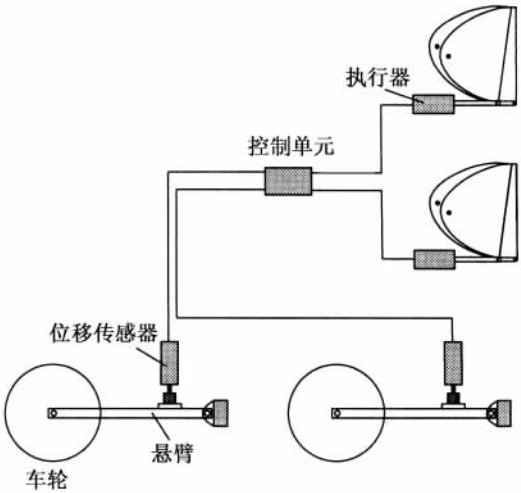


图 11.9 前照明灯光自动调整系统的设计图

前照灯对光方法如图 11.10 所示。通过对位于前照灯上的两只螺钉的旋调而实现对光,其中一只螺钉可使得前照灯上下运动,另一只使前照灯左右运动。

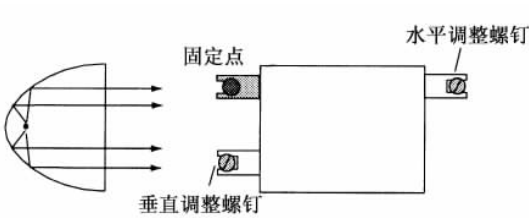


图 11.10 前照灯对光方法

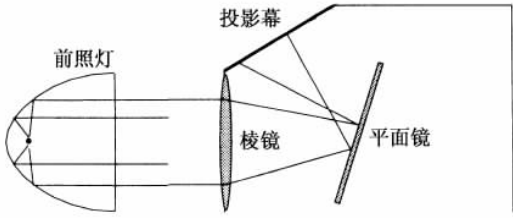


图 11.11 前照明灯光束调节原理图

11.1.7 前照灯光束的调节(校正)

前照灯光束调节设备的种类很多,它们的工作原理大多数是相同的,如图 11.11 所示。

这些设备的调节方法同使用对光板一样,但是它们在使用上更加方便,操作更简单,占用空间更少。

采用对光板对汽车进行灯光调节时,操作步骤如下:

- (1) 将汽车停放在水平道路上,其前方 10 m 处垂直放置一对光板,要求汽车空载。
- (2) 在对光板上画出几条线,见图 11.12。
- (3) 摇振悬架确保其水平。
- (4) 当前照灯处于近光束时,将明暗截止线调至水平标记线处,该标记线低于

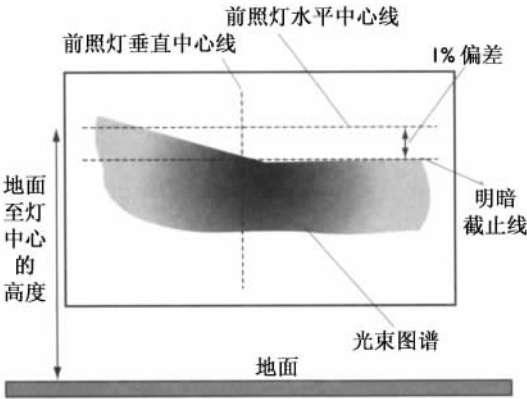


图 11.12 前照灯对光板

前照灯中的高度线 1 cm 或参看维修手册,依次调节使其光束断点调至中心线处。

## 11.2 照明电路

### 11.2.1 基本电路

图 11.13 为一种简单的照明电路,该电路仅为说明照明电路的工作情况,现在车上并不采用这种简单电路形式。由该电路,我们可以了解各种各样的灯是如何工作的。例如,雾灯只是在侧灯工作时才能工作,如果侧灯的开关不处于接合状态,则前照灯就不会工作。

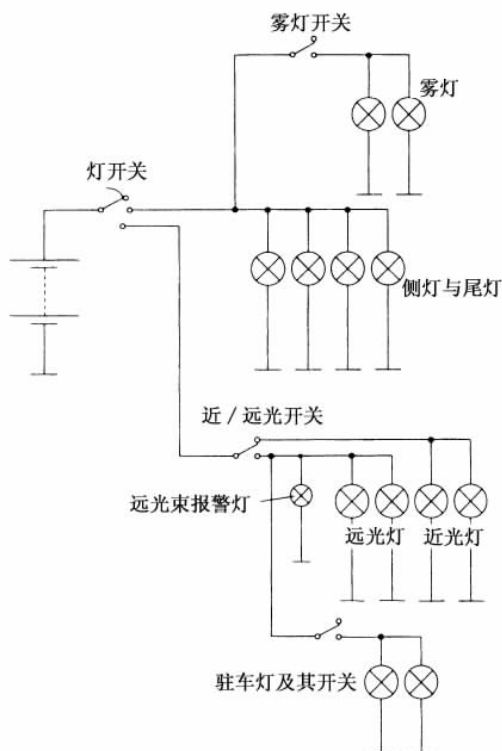


图 11.13 简易照明电路图

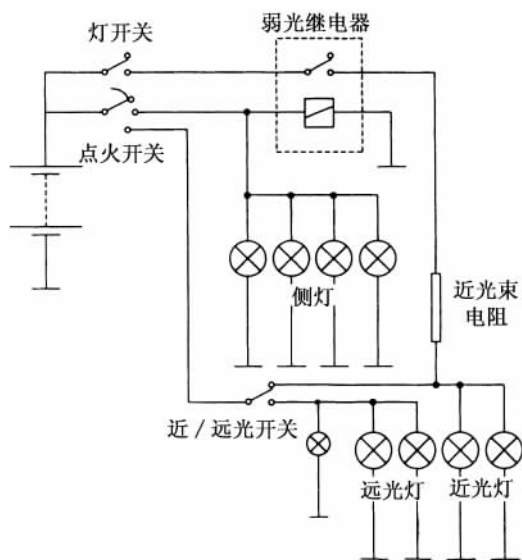


图 11.14 采用串联电阻的弱光简易电路图

### 11.2.2 弱光电路

采用弱光的目的是为了防止驾驶员在昏暗、能见度不足的条件下使用侧灯。当侧灯和点火同时工作时,前照灯自动处于只有正常功率的六分之一左右的功率下工作。

如果能能见度不足或路况较差时,打开近光灯。如果汽车工作状况良好,则不需要蓄电池补充放电。

弱光可由下面两种方法中的一种获得。第一种方法是在前照灯灯泡上串联电阻;第二种方法是采用“闸刀”装置,通过它快速的通、断来转换功率。不管采用何种方法,只要驾驶员选择正常的前照灯工作状态,弱光电路就被短路。图 11.14 为采用串联电阻的弱光灯简化电路。这种电路成本最低但存在一个问题,就是电阻(约  $1\ \Omega$ )会变得很热,需要对之进行

合适的安装。

### 11.3 气体放电灯与 LED 照明

#### 11.3.1 气体放电灯

目前气体放电灯正在汽车上得以使用。这种灯可以提供更有效的照明并且可以将其置于车前。由于考虑到空气动力学的设计造型与合适的灯位置之间的矛盾,使得在设计时对经济性和安全性不能同时兼顾。但这种新式前照灯,其尺寸相当小,可以大大地改善这种状态。气体放电前照灯主要由灯泡、控制系统和前照灯三个元件组成。

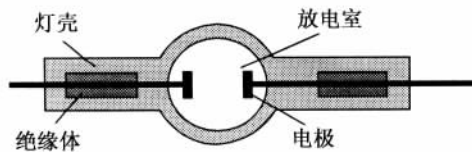


图 11.15 气体放电灯的工作原理

##### (1) 灯泡

气体放电灯工作过程不同于传统的白炽灯,需要更高的电压。图 11.15 所示为气体放电灯的工作原理图。

##### (2) 控制系统

控制系统包含一个点火和控制单元,可将电气系统电压转变成气体放电灯所需的工作电压。该系统可控制其点火时间和启动,同时在气体放电灯连续工作时可进行调整,最后它的安全电路可监控工作,图 11.16 为气体放电灯控制装置结构图。

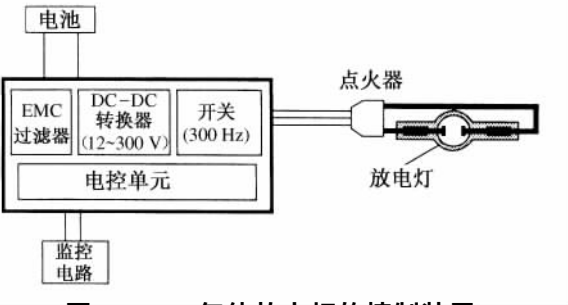


图 11.16 气体放电灯的控制装置

##### (3) 前照灯

前照灯的设计方法与传统装置是基本一样的。不过为了满足防炫目的限制要求,需要对前照灯进行更多的精密加工,因此加工成本将提高不少。

气体放电的光源是一个电弧,这种真正的放电灯泡的宽度只有 10 mm 左右。将两个电极伸到由石英玻璃制成的灯泡里,两电极间的间隙为 4 mm。电极末端到灯泡接点表面距离为 25 mm——这与标准化的 H1 型灯泡体积是一致的。

在常温下,气体放电灯泡内含有汞、各种金属盐和常压下的氙气等混合气。当灯打开时,氙气立即发亮,同时汞和金属盐蒸发。由于金属蒸发后形成的混合气将会使发光效率变高。金属汞产生极光,金属盐影响色谱。图 11.17 为气体放电的光谱与卤素 H1 型灯的光谱对照图。表 11.1 为 D1 型和 H1 型灯之间的不同输出值(此表数值并不精确,仅供参考)。

表 11.1 H1 型灯和 D1 型灯有关输出参数对比

| 灯 泡 | 亮 度 | 发 热 量 | UV 辐 射 |
|-----|-----|-------|--------|
| H1  | 8%  | 92%   | <1%    |
| D1  | 28% | 58%   | 14%    |

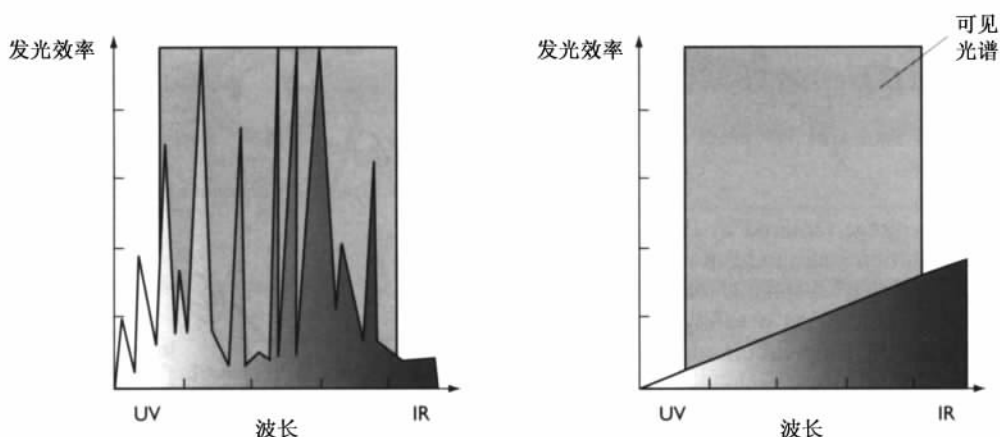


图 11.17 气体放电(顶部)与 H1 型卤素灯光谱对照图

对于气体放电灯的高 UV 辐射输出量,需要专门的过滤器以确保安全。图 11.18 为气体放电灯与 H1 灯泡的照度对照图。气体放电灯的平均照度输出量是 H1 型灯的 3 倍多。

启动 D1 型灯时依次经历以下四个阶段:

(1) 点火。高电压脉冲击穿电极间隙使电极间跳火,这样产生了管状放电路径。

(2) 即刻发光。沿着放电路径的电流激发氙气,使氙气产生约 20% 的光。

(3) 启动。这时灯泡的功率变大,温度迅速升高,汞和金属盐蒸发。灯内压力随着光通量的增加而增加,光线由蓝色向白色逐步变化。

(4) 连续工作。这时灯在稳定的 35 W 功率下工作,这样可保证电弧稳定且发出的灯光不闪烁。光通量达 28 000 lm,色彩温度达 4 500 K。

为了控制上面四个阶段的工作,需要控制器装置。首先由该装置产生高达 20 kV 的高电压以产生电弧;在启动时由控制器装置限定电流和电压以控制功率,从而保证光很快产生,不会出现过冲现象,可防止灯泡寿命的缩短,控制器单元同样包含无线电抑制电路和安全电路。

整个前照灯以不同的方式设计,使得 D1 灯泡的光通量是近传统 H1 灯泡的 2.5 倍,且发热温度低一半。这样确保前照灯和车前端的造型可以有更大的变化。

如果将气体放电装置用于近光光束,由于具有很高的发光强度,就需要灯光能自动调节。作为对四前照灯系统中的传统远光光束的补充,将气体放电灯用于近光束是适当的。图 11.5(e)为用于前照灯分别为 D1 型和 H1 型灯泡的光线散布图。

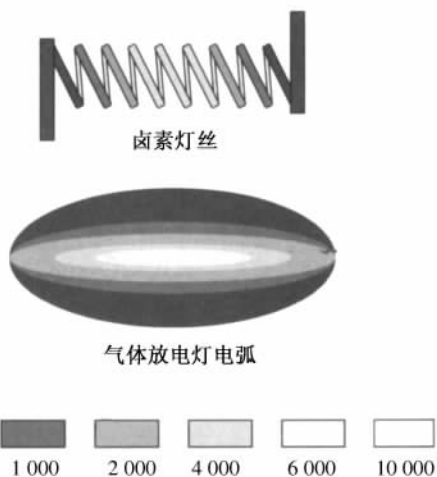


图 11.18 气体放电灯与 H1 灯泡的照度对照图

### 11.3.2 紫外线前照灯

气体放电灯可产生紫外线(UV)。因为紫外线是不可见光,因而会车时不会炫目,又能

照亮带荧光的物体。例如,特殊处理的路标和色彩,这些黑暗中的发光体就像一些迪斯科舞厅的灯光下的白衬衫一样。紫外线光同样能穿透烟雾,正如经水滴反射的光是看不见的一样。紫外线光能深入雪层达几厘米。

带有紫外线灯的汽车采用四前照灯系统,它由两个传统的卤素远/近光灯和两个紫外线灯组成。当近光灯工作时,紫外线灯同时工作,这样照射范围扩大 1 倍,而不会产生炫目。

为了消除可见光,采用了两级蓝色过滤器,需要对过滤色的精密控制以确保 UVB 和 UVC 能被过滤掉,因为这些光会损害眼睛并导致皮肤癌。经过滤后,只剩下 UVA,它刚刚超过可见光谱范围,常用于 suntan 灯。但是仍有一些危害存在,例如,小孩子会正视它,且在近距离内光线中仍有微弱的蓝色光发出。为了避免这些情况出现,要求只有在汽车移动的时候 UV 灯才工作。这对于保证行车安全是很重要的。

### 11.3.3 LED 照明

发光二极管(LED)于 1968 年首次投入商业生产,大约从那时起一直试图将之用于汽车上。LED 灯已经在车内得以应用,主要是用在仪表板上。但是作为车外灯的使用一直受法

规的限制,直到后来法规将词语“白炽灯”改为“光源”时,才使 LED 等发光装置得以应用,而不是仅仅只用灯丝类灯泡。图 11.19 为 LED 灯做成的照明系统。

采用 LED 照明的优点是明显的,最主要的优点就是其可靠性高,LED 灯的额定寿命可超过 50 000 h,而白炽灯只有几千小时。还有要提及的是,在车灯的工作环境方面,LED 灯对极度变化的温度和湿度、严重的冲击和振动都有很强的适应性。

LED 灯相对来说比较贵,但是由于所采用的封装设计减少了成本,且设计时具有更大的自由,从而降低了附加成本。另外,LED 灯更明显的优势体现在与普通灯泡相比,在通电时导通发光速度更快。LED 灯的导通时间约为 130 ms,白炽灯的导通时间约为

200 ms,这样更快的导通时间是很重要的!如果将之应用于以高速行驶的汽车的制动灯上,就增加了相当于一个车身长的反应距离。在行驶安全方面的潜在作用更大。

大多数制造厂正在从事将 LED 用于照明的研究工作。但大多数是将其作为高性能制动灯,这是因为它们耐冲击,可以固定在行李厢上。由于活顶轿车没有后视镜,这种应用显得更理想。许多制造厂正在设计新型后扰流板,将灯做在里面,这有利于行车安全。

重型车的侧面示廓灯也常用 LED 灯,许多厂商都在生产这种 LED 灯。如能对 LED 灯加装封壳,则会进一步延长其使用寿命。由于恶劣的环境条件,侧面转向指示灯也面临相似的问题。



图 11.19 LED 灯具

11.4 典型举例

11.4.1 Rover(英国罗弗)车照明电路

图 11.20 为一款罗弗汽车全车照明系统的电路图,电路图中主要元件的工作情况论述如下。

(1) 侧灯

当侧灯开关合上时,经过 N 或 N/S 色线(颜色代码参看 4.2 节中的相关说明)的电源到达熔断丝 F7 和 F8 所在 R 色线上,这两个熔断丝分别用于左侧灯和右侧灯与牌照灯。

(2) 近光束灯

选择近光光束时,电源经过 U 色线上的熔断丝 F9 后到达弱近光控制装置,然后由近光装置输出电源经处于 O/U 色线上的熔断丝 F10 和 F11,再经 U/K 色线到达左近光灯,经 U/B 色线到达右近光灯。

(3) 主光束(远光束)灯

选择远主光束时,电源经 U/W 色线到远/近光继电器。继电器工作后,电源经熔断丝 F21 和 F22 后分别到前照灯左右远光束灯。

(4) 弱近光灯

侧灯工作时,电源经 R/B 色线到达弱近光控制装置。如果点火工作电源由 G 色线也作用在该装置上,则电源经熔断丝 F5 先经 N/S 色线到弱近光电阻,然后经 N/G 色线到达弱近光控制装置。该装置将电源经 F10 和 F11 后到达近光灯。

11.4.2 博世公司的通用照明电路

图 11.21 为照明电路的示意图(流程图),表 11.2 为元件的标识。

表 11.2 图 11.21 的标识说明

| 标 识      | 装 置          | 标 识    | 装 置         |
|----------|--------------|--------|-------------|
| B10      | 仪表灯调光器       | E3、4   | 烟雾报警灯       |
| E5、6     | 远光灯          | E7、8   | 雾 灯         |
| E9、10    | 近光灯          | E11、12 | 示宽灯         |
| E13      | 牌照灯          | E14、15 | 尾 灯         |
| E16      | 倒车灯          | E17、18 | 仪表灯         |
| H6、7、8、9 | 指示灯          | K2     | 灯光继电器       |
| S5       | 前照灯开关        | S6     | 雾灯开关        |
| S7       | 近光开关         | S8     | 驻车灯开关       |
| S9       | 转向灯开关        | S10    | 备用灯开关       |
| S11      | 危急灯开关        | X4     | 接线插头,灯光检查模块 |
| X6       | 接线插头,灯光检查控制器 | X7     | 插座,危急报警继电器  |



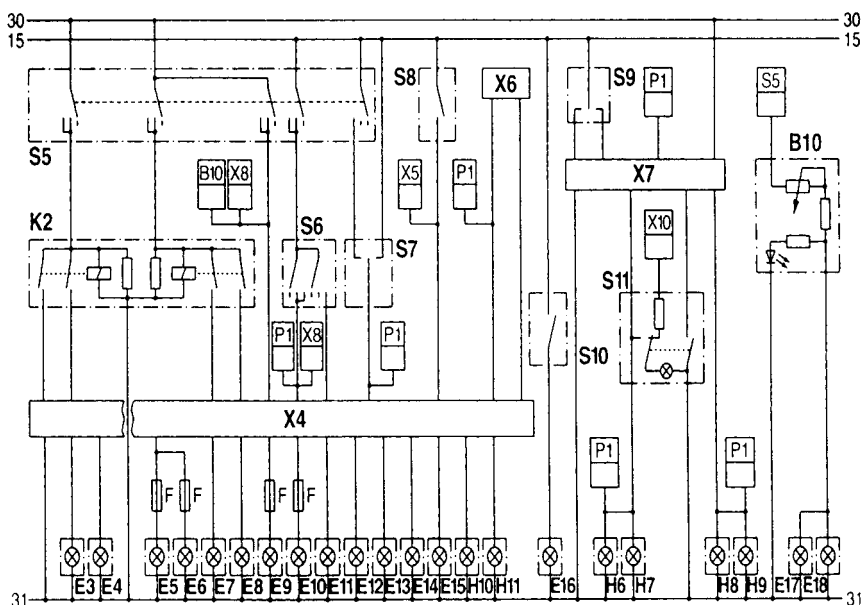


图 11.21 照明电路流程图

需要注意的是,代码是用于表示一些元件与其他元件的连接而不是仅仅用一条线就代表电线,这样的示意图减少了电线数目,减少了交叉点,简化了电路。

#### 11.4.3 德国海拉(Hella)公司的氙照明灯

尽管夜晚交通并不拥挤,但在夜间的公路交通事故伤亡率远高于白天。虽然只有约33%的交通事故发生在黄昏或夜间,但是相对于白天交通事故的发生情况而言,在夜间重伤者增加50%,死亡人数增加135%。许多因素导致这样高的事故率。例如,路面湿润而导致目眩现象;交通密度降低而导致的高速行驶;由视觉的生理错觉所造成的应有车距减少25%,这些因素在事故中起着非常重要的作用。

人眼视力退化速度快于其他任何感觉器官,人到30岁时视力就会明显的退化。由此而造成的结果是:一旦光线变弱,人的视觉敏锐度和对比感受度就会减弱。然而这一情况驾驶员很少注意到,这主要是因为功能退化过程很缓慢。

然而,即使一个视力良好的人在夜间时视力同样有很大程度的下降。由些造成的危险因素包括:视觉对光亮与黑暗之间的变化调节迟缓;色视觉受影响对从白天到夜晚的光线变化反应迟钝。由此而产生的反应减弱的结果诱使驾驶员作出错误的判断。

作为过去一百年来一直开发和生产新型前照灯和照明系统的先驱,Hella公司正在加大对氙灯技术的研究。氙灯照明系统能提供比传统的钨灯更多的光,这种光如同白天日光一样。

但是仅仅凭借一只性能良好的氙气灯并不能增强安全性。例如,为避免开车时炫目现象,法规要求必须具有如前照灯清洁装置和光束自动调节装置等附加装置。只有这样的照明系统才能够为所有驾驶者提供更高的安全,即使是在最恶劣的天气条件下,如雨、雾、雪天,该系统也能保证开阔的视野,并且不会削弱驾驶员的定向能力。

根据调查,94%的氙灯用户对该系统作了积极的评价,85%的用户认为采用该系统后夜



间视线得以改善,在年龄超过 50 岁的用户群中比例增加到 90%。在雨天的能见度有 80% 的人认为效果较好,调查对象中 75% 的人认为由于路面照明范围更宽而使得摩托车手及行人的安全性得以提高,同样比例的人认为由于采用氙灯,路障更易识别。

为了给尽可能多的用户提供更有效的安全,不论是生产标准配件还是生产备选件的汽车厂都十分重视研究氙前照灯。欧洲在 2000 年对氙灯的年需求数高达 2 000 000 只。如今有 600 000 多辆轿车已装备了氙前照灯。

氙灯泡是一种小型气体放电灯泡,灯泡内装有包含氙气在内的惰性气体混合气,像卤素灯泡一样该灯泡内没有灯丝,而在两个电极间产生电弧。正如其他气体放电灯泡一样,氙灯泡有一个用于快速点火的电子启动器,需要电子控制器来保证可靠工作。

氙灯产生的光总量是卤素灯的 2 倍多,而功率消耗只有卤素灯的一半。因此,驾驶员视线更清晰,而多余的电源可用于其他装置。此外,还有利于环境保护,因为供电电源变少意味着燃料的消耗也变少。氙灯所产生的清晰的白光如同日光一样。经研究表明这样的白光更能够促使驾驶员集中注意力。另外,这种白光照射到路上的标识和标记的效果要好于传统灯光。氙灯对因天气原因影响视觉的情况下安全性的改善做出了显著的贡献。事实上,这种灯的使用寿命与轿车一样长,如无特殊情况,不需要更换灯泡。

实际上,由氙灯发出的光为白色的而不是蓝色的,它符合国际上对白光的定义。但相对于由卤素灯发出的较柔和的“黄色”光而言,氙灯光表现为蓝色,这样会导致发光强度变小,从而弱化了它的优点。

关于灯光的分配和强度的要求,国际法规是很严格的,而氙灯能很好地满足规定。另外,就技术层次来说,氙灯不会像传统灯一样易激发。随着光亮与黑暗之间的界限越来越分明,射入对方驾驶员眼睛上的光也越来越少。采用氙灯,因其光量增多,就使照射到路面上的光强度增加,光分配更好,而且在路边缘处也会得到很好的照射。国际法规规定使用氙灯时的三个条件:

- (1) 前照灯必须根据规定进行对光校正。
- (2) 车上必须装有前照灯自动调节装置,以保证前照灯光束随载荷的变化能自动的调节。
- (3) 前照灯上必须装有自动清洁装置,以防止因透镜表面的灰尘导致照射出的光偏离指示的范围。

这三个条件外加氙灯的长寿命特性大大降低了因前照灯不正而引起的危险,而采用卤素灯时这种危险高得多。



图 11.22 Hella 公司生产的氙灯

有时氙灯也会让对方驾驶员感觉不舒服。一般情况下,驾驶员应正视前方,但是由于氙灯所发出的显眼的色彩的缘故,驾驶员更倾向于注视氙前照灯。这与 19 世纪 60 年代卤素前照灯刚出现时所面临的情况一样,那时驾驶员感觉其发出的“白色光是令人恼怒的”。氙灯的出现同样要经历这样一段时期,直至人们变得习以为常。图 11.22 为 Hella 公司生产的氙灯。

## 11.5 照明系统故障诊断

### 11.5.1 概述

对照明系统查找故障时应遵从以下六个阶段。

- (1) 确定是否有故障。
- (2) 搜集更多的信息。
- (3) 评估资料。
- (4) 以逻辑顺序进行深入测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查整个系统。

下一节所列出的各项检查步骤是与第(4)阶段有关的。表 11.3 列出了照明系统的故障症状及故障原因,可作为很好的参考。

表 11.3 照明系统的常见故障与故障原因

| 故 障 症 状 | 故 障 原 因                                                      |
|---------|--------------------------------------------------------------|
| 灯光暗弱    | 电阻值偏高<br>发电机输出电量不足<br>棱镜或反射镜变色/褪色                            |
| 前照灯不可调节 | 悬臂坏<br>固定部位松旷<br>底板损坏<br>调节方式不当                              |
| 灯不亮     | 灯泡坏<br>熔断丝断<br>电线/连接头/熔断丝松脱或断开<br>继电器不工作<br>灯具腐蚀而坏<br>开关接触不良 |

### 11.5.2 测试步骤

对照明系统电路检查时应遵循以下步骤：

- (1) 用手和眼检查(电线、开关是否松脱及其他明显故障)。所有连接件应保持清洁和连接可靠。
- (2) 检查蓄电池(详见第 5 章)。蓄电池必须达 70%的充电量。
- (3) 检查灯泡。用眼睛看或用欧姆表检测。
- (4) 检查熔断丝是否断裂。不要相信自己的眼睛,应用仪表测其两端电压或采用检测灯测试。
- (5) 检查继电器,听其工作时是否发出咔嚓声(如有则跳至步骤(8))。如有声表明继电

器工作正常。

- (6) 检查开关前电压。应为蓄电池电压。
- (7) 检查开关后电压。应为蓄电池电压。
- (8) 检查至继电器的电源电压。应为蓄电池电压。
- (9) 检查继电器输出电压。应为蓄电池电压。
- (10) 检查灯前的电源电压。不低于蓄电池电压 0.5 V。
- (11) 检查搭铁性能(电阻或电压)。0  $\Omega$  或 0 V。

## 11.6 照明系统的理论知识

### 11.6.1 照明的有关术语和定义

有关照明的特定术语很多,本节就针对汽车照明系统中所用到的这些术语作一简要的描述。首先列出关于灯方面的术语,然后更多的是关于车用灯方面的术语。所列出的定义是关于前照灯的结构和使用方面的。

#### (1) 光通量 $\phi$

光通量的单位为流明(lm),其定义为:1 s 内通过一定面积的光数量。流明的定义为:从单位距离处光源发出的落在单位面积上的光数量,其发光强度为 1 cd。

#### (2) 发光强度 $I$

发光强度是指光源在给定方向上的发光强度,其单位为坎德拉(cd),它是对落在物体上的光的亮度的测量,而不是测光的数量。

#### (3) 光照度 $E$

其定义为:单位面积上受光面上的光通量的多少。当光线以一定角度照射到受光面如路面上时,其发光强度将降低。光照度的单位为勒克斯(lx),1 lx 相当于每平方米面积上的 1 流明光量或者离 1 cd 光源 1 m 远处受光体表面被照明的程度。

#### (4) 亮度 $L$

注意不要将之与光照度相混淆。举例进行说明,当汽车于夜间行驶时,车灯的光照度保持不变时,道路的亮度却随路面色彩的不同而改变。因而亮度太小不取决于光照度,而依赖于受光体表面反射回的光量的多少。

#### (5) 前照灯的射程

一定发光强度的前照灯光束的照射距离。

#### (6) 近光束射程

近光束时,车灯至明暗截止线处的距离。

#### (7) 视线范围

它受到很多因素影响,不能用某个单位来表述它。但是常定义为视力所能看到的照亮区的距离。

#### (8) 信号识别距离

在恶劣环境下灯光信号能被看到的距离。

#### (9) 炫目

对这个概念也很难表述,因为不同的人对之的感觉不一样。但是常用如下的数字来表述,即近光灯前 25 m 远车灯中心高处的发光强度为 1 lx 时,这时的光称为不炫目。一般来说,要求近光光束发出的光线低于水平线 1%(有时达 1.2%以上)或 1 cm/m。

### 11.6.2 专家照明系统

专家照明系统是 Valeo 公司的一个新技术,根据各种各样的道路和交通条件以调节前照灯光束。近光束用于弯路,远光束与车前相适应。该系统具有如下功能:

(1) 增强了舒适性。这是因为这种系统的光量增多且光束质量得以改善。

(2) 改善了安全性。特别是在如蜿蜒不平的山路这样困难的驾驶条件下。

这个功能由辅助的可以移动的反射镜获得,该反射镜可根据转向轮的位置旋转以适应驾驶员的视角。辅助光束照亮了弯路或弯路外的区域,而这是传统近光束所不能完成的。

与车速相一致的远光束调节是基于远光束反射镜内的辅助镜的移动。根据车速的变化,远光束自动地改变光束的宽度和射程。这种功能完成符合新法规的要求。

### 11.6.3 德国海拉(Hella)公司的智能前照明系统

在过去的几十年内,现代车用照明系统不断地改进。卤素灯技术标准在卤素灯于 19 世纪 70 年代早期出现后不久就出台了,氙灯技术标准在其于 19 世纪 90 年代出现后也制定好了。这些系统的先进性过去和现在一直表现在其优良的灯光性能和精确的光特性上。未来这一系统必须具有更多的优越性以确保驾驶员更安全、更舒适。

Hella 公司正与汽车厂合作企划生产为新一代汽车配备的智能化前照灯系统。该公司面向整个欧洲的驾驶员进行汽车照明系统的市场调研,然后对之分析。

根据调查分析,欧洲驾驶员希望前照灯系统能适应他们经常遇到的不同的照明条件,如白天、黄昏、夜间、隧道内外驾驶条件,还有雨天、雾天、雪天等天气情况。他们还希望在弯路上有更好的照明,同样希望采用电动方式时照明也要好。他们的需求还包括更好的路边照明,在很窄地方停车或倒车时有辅助照明灯等。

Hella 公司的灯光专家们经过大量细致的研究后,将这些需求转化为智能化前照明系统。这种照明新技术的开发能根据不同的情况而以不同的方式与之适应,尽管有时要求有不同的配光特性。例如,当路面干燥时,需要对车前方的区域直射照明,但是当路面潮湿时,这样的光线可能在会车时产生炫目。在雾天,超出截止线的光线可能使驾驶员本人产生炫目。适合在高速路上高速行驶的长而窄的配光特性,并不适合于弯曲不平的乡间道路上行驶时,这时需要车前有宽广的照明。在弯路时需要增加一个特殊的前照灯或“动态”远距离照明系统。尽管对配光特性的要求有很大的差异,但有一点是共同的,即不能给迎面的驾驶员造成炫目。

理想照明灯的另一特性为能自动打开。在夜间行驶的汽车,要求其能自动点亮照明灯并一直保持。例如,在城市的中心交通区因街道照明很好以至于一些驾驶员没有意识到自己的车灯没开;同样在汽车过隧道时也会发生同样的现象。上面两种情况中照明灯未亮的危险性很大,因为别人很难发现这些汽车。

凭借安装在车上的一些传感器,智能照明系统可以判断出车灯状况是否变化并给驾驶员恰当的帮助。例如,用于控制空调系统而配置的日光传感器或车速传感器都可将有关信

息数据传给智能照明系统。

用于感知周围光线及光线密度的辅助视觉传感器,可以传递重要数据,如路面的干或湿,是否有雪,车前方道路是直还是弯等等。对于带有数字式电子系统和总线接口的现代汽车而言,这些数据不仅对照明系统有用,而且也对其他如 ABS 或 ASR 等电子控制系统也有用,从而在大多数恶劣的行车状况下给驾驶员提供重要的帮助。

只有在车上配有能产生各种不同配光特性的“动态”前照灯系统时,车上各种传感器传递来的数据才有效。这样的系统具有自动的、动态的高度调节功能,前照灯能自动侧向旋转,甚至具有能提供全部配光特性的可变的反射镜。

## 11.7 照明系统的新技术

### 11.7.1 蓝光灯

飞利浦公司生产的“蓝见”发出的白光可激发驾驶员聚精会神,使夜间行驶时疲劳感减弱;另外可更好地在路标上反射。这种新型前照灯和侧灯灯泡符合欧洲安全法规,可直接与通用灯泡互换。

随着“蓝见”的出现,飞利浦公司汽车照明系统为前照灯未来性能的改进指明了方向:将来就是白光蓝见。原因很简单,就是即使在夜间,蓝光灯也会产生像日光一样的光。

由飞利浦公司为卤素灯开发的使用紫外线切割石英的技术确保蓝光灯可以很安全地应用于所有的前照灯上。但也要注意卤素技术与氙气放电技术是不相同的,氙气放电灯作为必备件在轿车上得以越来越多的应用。

### 11.7.2 新型信号和照明技术

法国法雷奥(Valeo)公司的照明系统具有新型信号照明技术,为车上关键灯具且有造型要求的信号灯提供许多式样和技术创新。

#### (1) 珠宝款信号灯

珠宝款信号灯广泛应用于前照灯上,是基于复杂外形技术基础上设计出来的。光束特性不再全由透镜控制,而由反射镜控制,这种反射镜也可以与一个中间过滤器一起工作。使用棱镜的传统透镜光学特性被降至最小程度,从而得到更远的距离和更大的亮度。

#### (2) 单色信号灯

随着单色技术,还有传统红光功能(停车、尾车、防雾)的应用,可以将倒车及转向信号灯做成不工作时为红色而工作时分别呈现白色和琥珀色。对于合成灯有色屏置于灯泡前,这些颜色应与外部透镜的红色结合起来。根据法规对灯泡发光颜色的规定:白色用于倒车,琥珀色用于转向信号。补充色技术在外部透镜上采用双色,主色为红色,转向信号作为补充色为黄色,倒车信号为蓝色,将主色和补充色结合在一起就会产生符合法规规定的光线颜色(白色或琥珀色)。

#### (3) 线性照明系统

因长形灯的特性使得线性尾灯在汽车设计时变得很容易。每种功能灯很窄,仅35 mm,但长度可达400 mm。这类灯使用非常精致的光学隔离屏,它们既可满足光学性能的要求,

也能保证整个部分协调一致地将各功能灯清晰地隔开。这种新技术特别适用于微型货车和轻型卡车尾部。

#### (4) 信号灯的新光源

LED 和氙化合物灯是将造型与安全结为一体的独一无二的新型照明灯。在造型方面,由于自身很紧凑,LED 和氙化合物具有更强的设计灵活性,能高雅地突出车的流线并照亮保险杠。它们的一致性及色彩特性突出了它们的与众不同及其高技术特征。在安全性方面,这些新灯源的反应时间比白炽灯快约 0.2 s,这样多出的反应时间就相当于以 120 km/s 速度在后边行驶的汽车有额外的 5 m 制动距离,因而安全性大大提高了。

#### (5) 高位制动灯

LED 型高位制动灯比传统白炽灯点亮时间快 0.2 s,从而延长了驾驶员的反应时间,能为时速 120 km/h 的汽车提供 5 m 的额外制动距离。由于 LED 灯具有高度矮、厚度薄的特性,LED 型高位制动灯可以方便地与整车造型设计协调一致,既可将其安装在内部,又可将之固定到车身外或导流板上。其寿命高达 2 000 h,高于各种车用灯的平均寿命。新型的 LED 既可提高灯的光学特性,又可减少需要高位制动这样功能的 LED 灯的数目。其数目在某些车上已由 16 个降至 12 个,未来几年内还会进一步减少。

#### (6) 氙技术

与 LED 技术一样,氙灯也有非常短的反应时间,结构紧凑,寿命高于 2 000 h,高于高位制动灯的平均使用寿命,而氙高位制动灯的一致性很好,并能提供无与伦比的侧向视野。

### 11.7.3 前照灯的电子校正执行器

校正执行器的主要功能是根据车的载荷来调节近光束,以防会车时炫目。手动电子校正执行器通过位于仪表板上的控制手柄,由驾驶员来调节光束高度。

除了手动电子校正执行器外,Valeo 公司还研制出新型的自动校正执行器。顾名思义,这类产品不需要由驾驶员手工调节,它们有两种类型:

(1) 一种为静态自动调节器,它根据车载情况将光束高度调到最佳位置处。该系统有两个用于测量车身高度的传感器(前后各一个),电控模块接受车身高传感器检测到的信号后,发出指令驱动两个自带减速齿轮的电动机(或其他执行器)。电动机位于车灯后方并机械地连在反射镜上。每隔 10~30 s 光束高度调节一次。

(2) 另一种为动态自动调节器。它有两个传感器、一个电控模块和两个执行器。传感器与静态自动执行系统上用的一样,但电控模块要复杂得多,它包含有用于控制快速反应的执行器——步进电机的电子元件。在 0.1 s 内测得因加减速而导致车身变化的反应时间,执行动作连续而不间断,且因光束校正得以优化,从而使驾驶舒适性得以提高。根据法规要求,装备有高强度放电式照明系统的车上必须配备动态自动校正执行器。

### 11.7.4 Baroptic 造型概念

Baroptic 概念给 2000 年及以后的汽车的前后端造型既提供了很强的灵活性,又优化了空气动力学特性。相对于复杂外形技术而言,Baroptic 照明系统的体积得以大大地降低,因而有利于对“发动机舱”进行更合理地组合。这样的产品兼顾了容积与外形,是一个突破。未来的 Baroptic 前照灯采用细长形,这将有别于传统的椭圆形或圆形的前照灯。

Baroptic 造型技术采用新型的光学理念。传统上,由光源发出的光经反射镜(抛物线或复杂形状)表面反射后,先经条纹状的外透镜扩散或内透镜再(椭圆反射镜)聚焦处理,然后投射到路面上。

而在 Baroptic 系统中,由卤素灯或 HID 灯产生的光经由反射水平面组成的光导装置后,由透镜聚焦,再经导向装置和遮光片后获得分散范围、宽度、长度、截止线、均匀度等特性都合乎要求的光束。

该反射装置的优点在于其光学特性与常用规格的前照灯的光学特性相似;光的分散范围得以优化,使得夜间行驶时的视觉效果得到改善,但该系统目前还处于研发阶段。

### 11.7.5 复杂外形的反射镜

通过先进的计算机分析方法对反射镜表面进行计算,分析时至少有 50 000 个独立点,设计时,每个点都能对应于前照灯模型。

第三代复杂外形反射镜(SC3)吸取了前两代产品的长处,能控制光束、截止线、光束图形,还能控制光束的均匀性。SC3 前照灯透镜表面相当光亮或因为装饰而带有条纹,这样的透镜既具有美感,又改善了空气动力学特性。图 11.23 为采用这种技术制成的前照灯及其他照明系统的外形图。

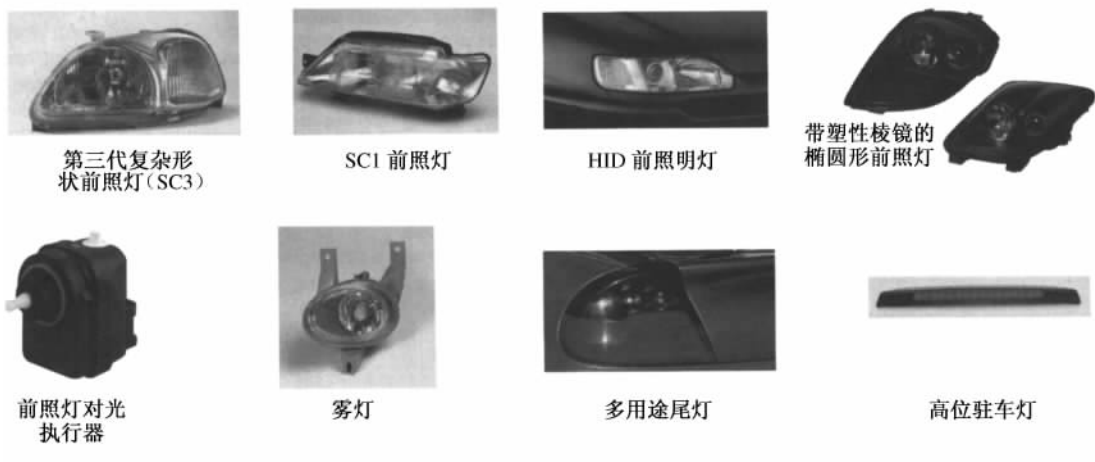


图 11.23 Valeo 公司的 SC3 前照灯和其他灯具

### 11.7.6 红外线灯

热成像技术可以大大降低汽车夜间行驶的危险程度,在轿车上将会装备红外线热成像装置。通用公司的凯迪拉克分部推出名为“Night Vision”的装置并将其作为备选件。一旦“Night Vision”装置工作,包括动物和人等的发“热”体就以白色的图像出现,如图 11.24 所示。

光谱的红外界限是 William Herschel 于 1 800 年前发现的。当对通过棱镜的光进行研究时,Herschel 发现有一些不可见的光能发出热。因为这些光线的频率低于红光频率,故将这部分光谱称为红外线。红外光谱波长范围为  $0.75 \sim 1 \text{ mm}$ 。温度高于绝对温度  $0 \text{ K}$  的物体都会发出某种红外线。



图 11.24 车载夜视系统



图 11.25 车载夜视系统夜视区域

在车用红外成像装置中有一个摄像装置,它被固定在轿车中央前隔栅后,其校准方法同前照灯校准方法一样。将摄像装置装在隔栅中间位置可保证汽车在发生前碰撞时不会损坏,但要求它必须能经受住  $14.5 \text{ km/h}$  的颠簸。该装置的焦距应达到车前方  $125 \text{ m}$  处,如图 11.25 所示。

摄像装置的外透镜表面涂上一层硅,以防表面擦伤,在外透镜后面有两个名为 *tecalgenite* 的黑玻璃所组成,这种合成材料只让红外线通过,而阻止可见光通过。

这种摄像装置与传统的摄像机有点相似,但它不用胶片,代替胶片的是一层铁电的铌酸铋(BST)传感元素,在  $25 \text{ mm}$  长的四方形基片上有  $76\,800$  个这类传感元素,而每一个元素为一个热敏电容器,其电容值随所检测的红外线的多少而变化,我们称之为 UFPA。UFPA 内的传感元件被加热并保持  $10^\circ\text{C}$  的温度,从而保证 UFPA 在环境温度为一  $40\sim+85^\circ\text{C}$  的范围内能正常工作。

在透镜和 UFPA 传感元素基片间有一个由电动机带动、以  $1\,800 \text{ r/min}$  的转速旋转的薄硅圆盘,圆盘上有些区域刻有螺旋状的凹槽,红外射线被这些螺旋槽阻隔,但能直接通过圆盘的平坦区域。UFPA 传感元件感受到外界物体的热能后,以  $\frac{1}{30} \text{ s}$  的周期为前窗玻璃映像显示器(HVD)提供数字信号。

该成像装置的显示屏位于仪表板上,其图像为黑白色,通过它,驾驶员可以看到轿车机罩附近的部分。图像中的物体与 UFPA 所见的大小一样,这样有助于驾驶员判断物体的距离。

### 11.7.7 彩色灯

因 LED 的高可靠性,可以将 LED 灯与车身设计成一体,但目前还不易实现。LED 发出的颜色有红色、橙色、琥珀色、黄色或绿色。蓝色 LED 的研发已取得很大的进展,这样结合红色 LED 和绿色 LED 就可以由一个固态器件获得白色光。众所周知,红色、绿色和蓝色是光的基本色,由这三种色可以形成任意一种颜色,这就是彩色显示器或电视机显示屏的工作原理。

随着该技术的发展,许多设想都会成为现实。所选的车灯的类型及其在车上的定位不再受到制约,尤其是尾灯将根据需要而改变。例如,当正常行驶时,尾灯是红色的,但当倒车



时将发出白色光。

### 11.7.8 单灯源照明

如今,在汽车照明中用气体放电灯作为中心灯源已成为可能。采用这种新型前照灯装

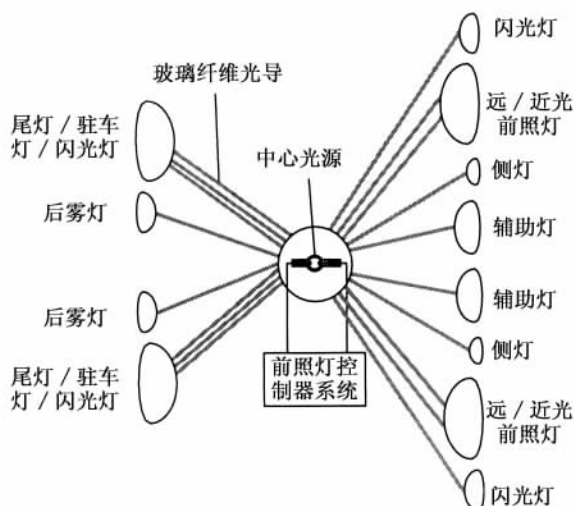


图 11.26 以气体放电为主光源的汽车灯光系统

置,在同样输出量的情况下,其尺寸可变小;或者当前照灯大小不变时,改善了照明效果。图 11.26 为采用气体放电作为车上所有灯的中心灯源的示意图。

其工作原理是通过光导电缆或纤维光缆将光分配到前照灯和其他照明灯上。由气体放电发出的光经过几个特定的透镜后进入纤维光缆,再以同样的方式离开光缆,如图 11.27 所示。

为了减缓纤维光缆光集结现象,在反射镜表面加上一个红外光可透的外套。尽管光导装置效率很低(最多 10%~20%),但是高效的光源确保这项技术是可行的。该项技术的主要长处之一在于它能改善前照灯远光的配光特性。为了防炫目,传统灯只能在截止线内有高亮度的照明,而采用玻璃纤维束来引导光线可以将光分配到路面上,所需要的中心灯源可以放在车上任何地方。一般情况下只需要一个灯源,但出于安全考虑需要有第二个灯源。目前车上用 30~40 只灯泡,不久的将来灯泡数会明显减少。单灯源技术也将用于车上尾灯,尾灯厚度约为 15 mm。将来也可用传统的单灯泡提供光源。

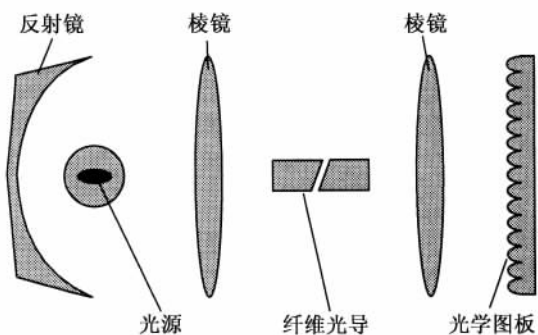


图 11.27 气体放电灯光通过特制棱镜进入并离开光导的结构示意图

### 11.7.9 改进型氙灯

目前,Hella 公司向宝马 5 系列和梅塞德斯——奔驰 E 系列轿车提供改进后的氙前照灯。除了前照灯外,组件中还包含前照灯射程自动调节装置和前照灯清洁装置,这两种装置在许多国家是强制规定要与氙前照灯装置配套使用的。

前照灯射程自动调节装置可以确保不论轿车的载荷如何,前照灯能自动对光。为此 Hella 公司开发一种带有控制单元的车桥传感器。这种传感器装在后桥上,用来检测汽车下压到悬架上时的下沉量变化值,然后由控制单元发出指令给前照灯上的执行器,使氙灯随车况变化而正确的对光,从而防止炫目。

当挡风屏雨刮系统工作时,前照灯会自动打开,挡风玻璃和前照灯同时会得到清洁。前

照灯清洁装置是基于喷水的原理而工作的,首先由转子泵泵出一定压力的水,这些具有一定动力的水经过特定的涡流式喷嘴后喷到前照灯上,将尘埃清除去。清洁的前照灯有利于对路面的照明。如果其表面有尘埃将出现散光,从而导致炫目。据估计,安装整个组件需要 5 h,如不装清洁装置,则需要 3 h。

## 11.8 练习

### 11.8.1 思考题

1. 简述全车照明系统中各灯的选择原则。
2. 阐述将电能转化为光能的四种方法。
3. 对前照灯需要各自熔断丝的原因作出解释。
4. 画出照明系统的示意图,要求在图中列出侧灯、前照灯、灯开关、近光开关及远光报警灯。
5. 画出标注清晰的图形来表示“对光屏”法前照灯校正方法。
6. 描述气体放电灯的工作原理。
7. 列出气体放电灯的优缺点。
8. 解释红外照明的工作原理并画出该装置的组成简图。
9. 解释专家照明和智能照明。
10. 画出典型弱近光电路并阐述用它的原因。

### 11.8.2 课程论文

采用本章所讲的技术设计一种车用照明系统。采用哪一种技术由你自己决定,但要确保选择的合理性。例如,可以选择单光源技术用于全车灯上,或者后面照明采用氙灯,前面照明采用气体放电式灯泡。无论怎样选择,都要确保成本、安全、空气动力学、造型、可靠性等方面的合理要求。

要求画出外观草图,不要求画电路图但要注明元器件的位置。最后说明这种车为普通型还是高档型。

# 12 辅助电器

## 12.1 刮水器及洗涤器

### 12.1.1 基本功能要求

刮水器的要求非常简单,即挡风玻璃必须一直保持干净以便为驾驶员提供良好的视野。为达到此要求,刮水器必须满足以下要求:

- (1) 良好的清除雨雪的能力。
- (2) 良好的清除灰尘的能力。
- (3) 在 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间能正常工作。
- (4) 良好的静载和雪载能力。
- (5) 运行寿命不低于 1 500 000 次。
- (6) 具有耐酸、碱及臭氧的能力。

为了满足以上的要求,用于刮水器和洗涤器的组件的质量必须可靠。用雨刮片擦洗玻璃的方法有多种,只要将规定的地方擦洗到就行。五种刮水方式如图 12.1 所示,有效刮

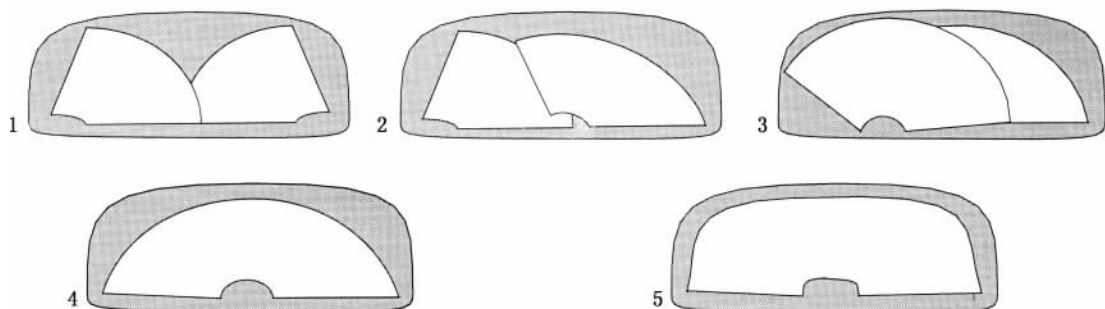


图 12.1 五种刮水方式

水区布置如图 12.2 所示。从图 12.2 可以看出,前视窗是如何被切割成几个区域及“不完整擦洗技术”是如何运用的。

### 12.1.2 雨刮片

雨刮片是一种橡胶合成物,雨刷摇臂处的压紧弹簧将雨刮片紧紧地压在玻璃上,根据汽车造型的不同,流过汽车的挡风玻璃四周的气流方向也不同。因此,雨

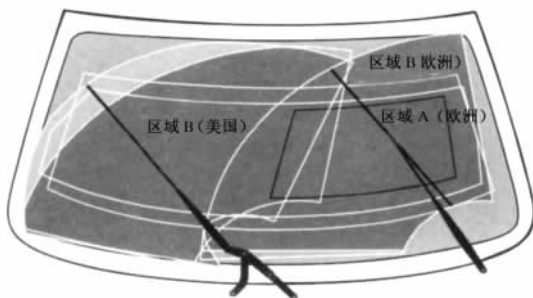


图 12.2 刮水区

刮片的空气动力学特性就显得非常重要,为了减少空气阻力,橡胶片顶部的条纹一般要打孔。一个良好的雨刮片要求接触间隙为 $0.1\text{ mm}$ 左右,其边缘以 $45^\circ$ 擦洗玻璃。挡风玻璃与橡胶片之间的摩擦系数是变化的,天气干燥时在 $0.8\sim 2.5$ 之间,潮湿时在 $0.1\sim 0.6$ 之间,而且上述摩擦系数还会随着外界温度和车速的变化而变化。

### 12.1.3 刮水器传动机构

大部分刮水器的传动机构采用并联或串联连杆机构。一些老式的刮水器采用与汽车天窗结构相似的行星齿轮传动机构,设计一个连杆机构主要考虑的问题是雨刮片在什么位置可以改变方向,因为此时作用在电机和连杆上的力很大。当连杆达到最大传递角时,如果此时改变雨刮片的运动方向,则对系统的负荷将最小,这样刮水器就能更加平顺地工作。图 12.3 为两种典型刮水器传动机构的布置方式,表示雨刮片将要换向的位置,此时的节点位置和杆件的角度应使驱动电机的负荷最小。

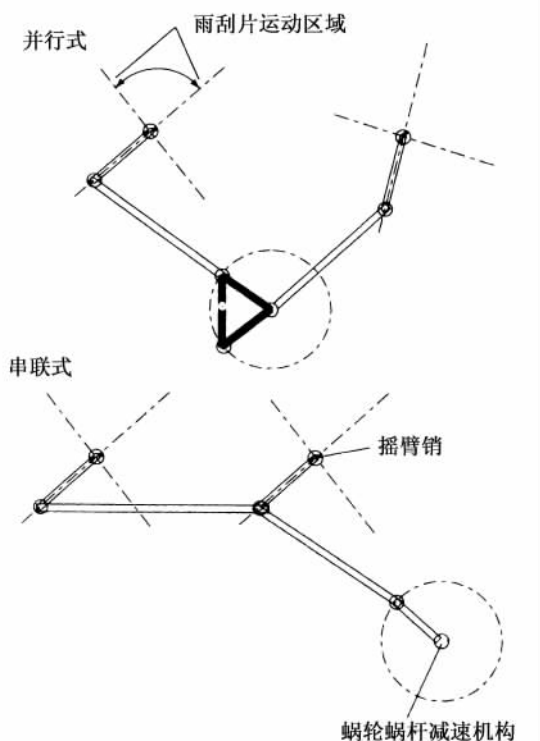


图 12.3 两种典型刮水器的传动机构

图 12.4 是凸轮式刮水器连接机构,这种机构允许刮水片停在挡风玻璃之外。

### 12.1.4 刮水器电机

绝大多数情况下,刮水器电机均是永磁场电机。动力经一个蜗轮传动机构进行减速增扭,3 个电刷可以产生两种速度。常规速度是通过安置在相反位置的两个电刷来实现的。高速时,第三个电刷安置与电刷负极较近,这样可以减少他们之间的电枢绕组数目,从而减少阻力,增加了速度。图

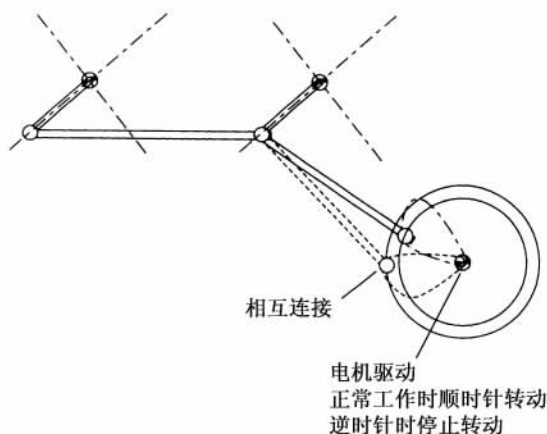


图 12.4 凸轮传动式刮水器

12.5 即是两种典型的刮水器电机。普通刮水器电机对其转速有规定:低速是 $45\text{ r/min}$ ,高速是 $65\text{ r/min}$ 。但在最低的 $5\text{ r/min}$ 的转速下,电机能够克服雨刮片的启动摩擦力而启动。

典型刮水器电机的特性曲线如图 12.6 所示,图中两条曲线分别代表高速和低速。刮水器电机及其相关电路通常都有短路保护措施。如果挡风玻璃表面结冰,会使电机停转,采用



图 12.5 刮水器电机

短路保护措施就能保护电机。通常采用诸如双金属丝断路保护装置,还可以采用在 ECU 中加入电流感应电路进行断路保护。电机能承受的最大停转所产生电流的时间是一定的,通常在15 min 以内。

12.1.5 风窗洗涤器

风窗洗涤器通常是由一个简单的微型永磁铁电机和一个离心泵组成。洗涤液由两个或两个以上喷嘴喷到挡风玻璃的合适位置上。通常在喷嘴处还要安装一个单向阀,以免洗涤液回吸到贮液罐。洗涤器电路与刮水器电路通常是连在一起的,当洗涤器开始工作时,刮水器能自动工作。清洗结束后,刮水器仍能运动几下,其电路图参看下节介绍。

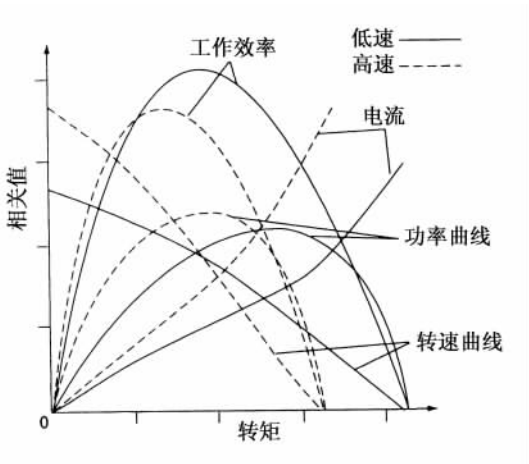


图 12.6 刮水器电机特性曲线

12.1.6 刮水器及洗涤器电路

图 12.7 为一个可以控制快、慢和间歇工作的三速刮水器电路。所有的开关均处在断开状态,而且电机也停止在断开位置,电机的两个电刷由限位延时装置及刮水器开关连在一起。当电源被切断后,电机的动力会产生一定电流,这样会导致再一次的制动,在低阻力的情况下,电机负荷加重,当限位开关关闭后,就会马上停止。

不管延迟开关还是主开关,其开启之后,电机都会在低速状态工作,当选择高速时,第三个电刷就开始工作。开关断开后,电机仍将继续工作直到限位开关到达图示位置,然后停止。当雨刮片在停止位置时,开关只能处于图示位置。

一个简单的基于 555 集成电路或者类似的集成电路的计时电路就可以用来控制间歇擦洗。利用电容的充放电就可以使晶体管操作产生一个延时,使转向继电器延时工作。图 12.8 是一个可编程的刮水器电路,ECU 含有两个转向继电器以便使电机能够换向,同时,ECU 中还含有一个能使电机在熄火的情况下停止工作的电路。要完成上述设置,启动开关

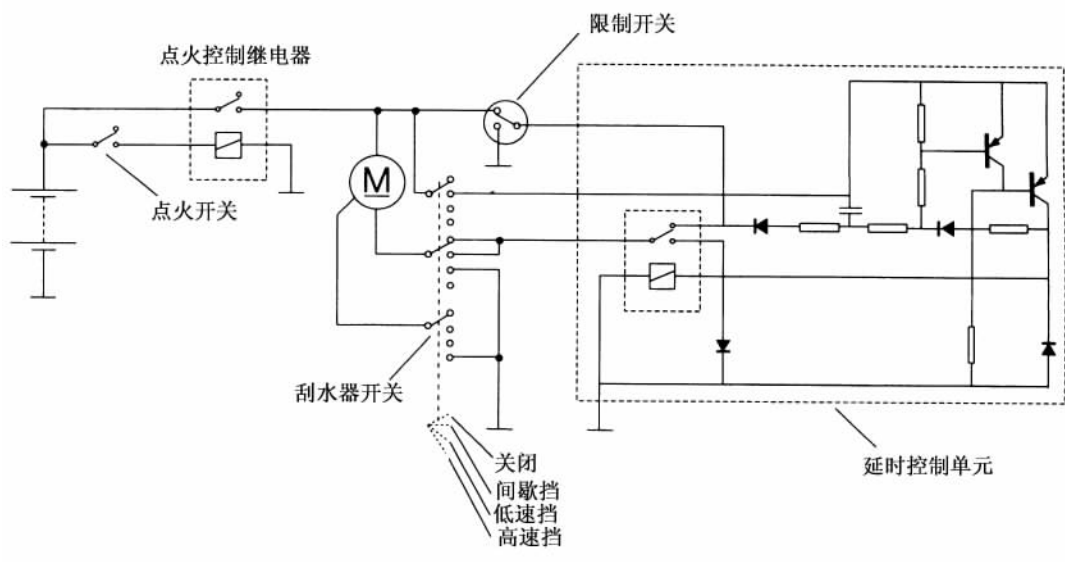


图 12.7 三速刮水器电路

必须在“OFF”位置。

### 12.1.7 刮水器的电子控制

电子控制刮水器能实现除延时以外的其他功能,用可编程的电子控制电路来控制刮水器工作,电子控制刮水器系统由双速电机、刮水器开关和 ECU 等部件组成。双速电机附带两个限位开关,一个开关是停止位置,另一个开关是用来控制擦洗的最高速度的。刮水器开关有多个位置,如刮水/喷水、快速、慢速、间歇、延迟等挡位,电子控制刮水器核心元件是一个可编程的刮水器控制单元。刮水器可停在挡风玻璃之外,这是利用高位限位开关发信号给 ECU,ECU 再发信号使电机反向停止。这个开关通常是关闭的,当雨刮片到达 A 位置时,开关就打开,由连杆件设计形状可知,当其在反向停转时,其摇臂要移动得远些,从而使得雨刮片离开挡风玻璃。通过 ECU,停止限位开关,可以停止电机。

少数汽车的刮水器是通过中央控制单元或多功能控制单元来控制的,电动门窗、前大灯和后部的加热视窗等设备通常也都由中央单元控制。中央控制单元控制的雨刮器(前部、后部)具有如下功能:

#### (1) 前清洗

当清洗按钮被按下后,中央控制单元就能激活前刮水器,并且在断开开关后,中央控制单元能使其延迟工作 6 s。

#### (2) 刮水器间歇运动

当刮水器开关转到此位置时,中央控制单元就发出命令让刮水器擦一次,当其回到“OFF”位置时,中央控制单元就会等待下一次重置时间,之后再操纵下一次刮水器,这个工作要一直持续到开关离开“OFF”位置。延迟的时间可以通过设置 5 个变阻器中的一个来改变。一个  $500\ \Omega$  的电阻可以延迟 3 s,要延迟 20 s 大约需要  $5\ 400\ \Omega$  左右的电阻。

#### (3) 后部刮水

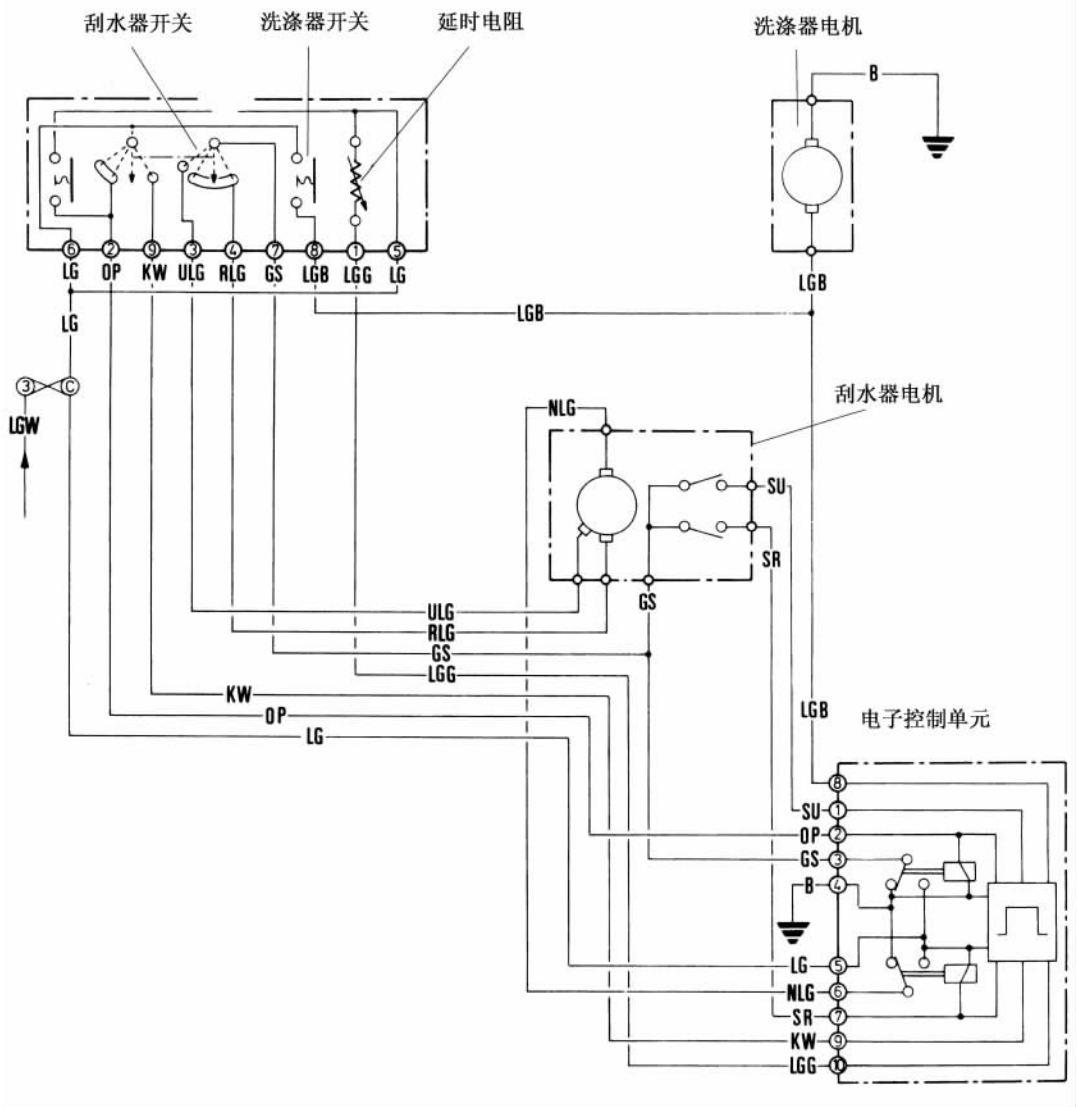


图 12.8 电子控制刮水器

当刮水器开关关闭后,中央控制单元就会对停止开关计数,读取信号,从而操纵后部刮水器转动 3 次,刮水器就会每隔 6 s 被激活直到开关断开为止。

(4) 后部清洗

当刮水器开关被按下后,中央控制单元就会操作后部的刮水器,当清洗开关松开后,中央控制单元又将发出命令使其擦拭 3 次。如果后部的刮水器没打开,中央控制单元将隔 18 s 后命令刮水器工作一次,这就是通常所说的“滴洗”。

(5) 后部刮水器反转

如果前部刮水器被打开并且选为反转挡,中央控制单元不断操纵后部刮水器,当前部的刮水器开关关闭或取消反转挡时,上述动作就会结束。

(6) 停车保护

当后部刮水器工作,中央控制单元就会开始计时,如果在 15 s 内没有检测到移动,电机的动力将会自动切断,当驱动开关转回系统时,将会被重置。

### 12.1.8 微处理器控制的刮水器

汽车制造商们面临的一个问题就是如何在现代汽车狭小的空间内设置刮水器连接机构,一种解决方法就是给每块雨刮片设置一个独立的电机,但这样就会产生一个新的问题,就是如何使每个电机同步工作。为了解决这个问题,必须设置一个基准点,并且要找到一个能够测量某点到基准点距离的方法。另一种方法就是利用常规的停止限位开关来作为基准点,之后记下电机转子转动的圈数,计算结果作为移动的距离。

计算机程序可以用来控制电机,其输入信号有驱动开关、电机限位开关和电机转动圈数。如果需要的话,还可以通过全编程实现更复杂操作,在开始处一个小小的延时,及改变每个电机的转向就可以减少电流的较大吸力。

## 12.2 信号电路

### 12.2.1 概述

方向指示灯有特定要求:灯的颜色必须是黄色的;指示灯必须与其他灯归为一组;闪光的速率必须是 1~2 次/s;灯亮的时间为总时间的 30%~57%。如果方向指示灯发生故障,驾驶员必须能清楚地看到仪表板上的警告灯。故障必须由指示灯的频率清楚反映出来或指示灯常亮以便发现。如果一个方向灯灯泡坏了,其他方向灯必须仍能持续周期性的闪烁。

法规对外部方向灯安装位置有明确规定,例如,后部的指示灯有固定的高度及距尾灯的距离。同时,指示灯灯泡的功率一般为 21 W,电压为 6 V、12 V 或 24 V。

制动灯在辅助电器或信号灯中极为重要,其电路将在后面章节中进行介绍。

### 12.2.2 闪光器

图 12.9 是一个电子闪光器的内部电路图,电子闪光器是由一个集成电路构成的。在紧急模式下,这个集成电路能同时控制至少 4 个 21 W 的灯泡及 2 个 5 W 的边路同步信号灯工作,并能持续工作几个小时。闪光器的规格由其所能承载的灯泡数目所决定。当要拖一个挂车或大篷车时,这个闪光器必须能够在高功率下工作。大部分的闪光器都以继电器作为控制开关,因为这样可以避免其对电压火花的敏感性,而且能够提供听觉信号。

电子闪光器的电子线路连同继电器都焊接在一个印刷电路板上,这个集成电路是专门设计作为时间指示器的,此集成电路主要由继电器、振荡器、灯泡失效指示电路等三部分组成。在 IC 内部有一个稳压二极管,是为了保证电压稳定在 10~15 V 之内,以使电路工作频率稳定。振荡器的时间常数由电阻  $R_1$  以及电容  $C$  决定,时间常数的设置一般是使其打开与关闭时间之比为 50%,频率为 1.5 Hz(90 次/min)。



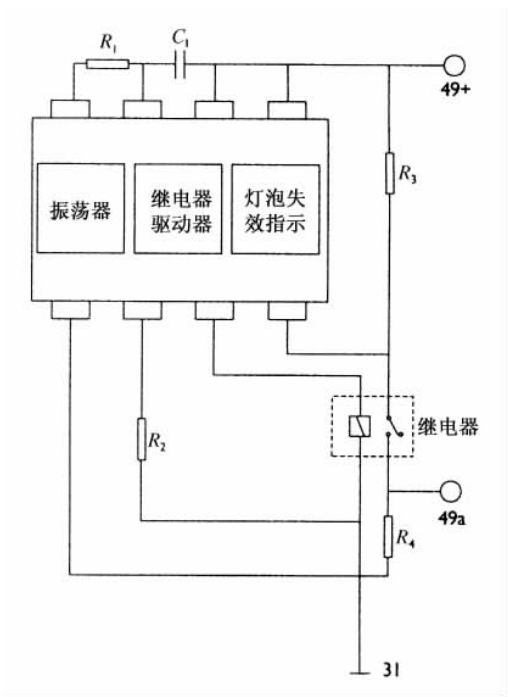


图 12.9 电子闪光器电路图

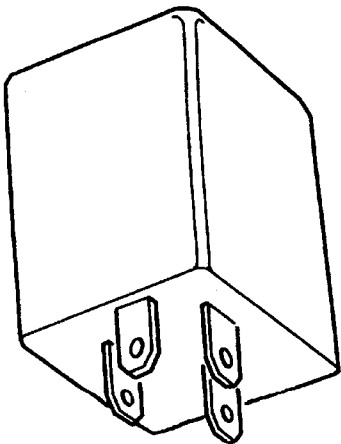


图 12.10 电子闪光器

振荡器发出的开/关信号传给驱动电路,驱动电路由一个含有二极管的达林顿管组成,其目的是避免由于继电器线圈断开或接通所产生的电磁干扰。当灯泡损坏时,就会通过低阻值  $R_2$  上的电压值降低表现出来,灯泡失效指示电路就会使振荡器振荡速度加倍,其他的电容可用来吸收瞬间电压及抑制干扰,图 12.10 为一个普通的盒式闪光器。

12.2.3 制动灯

图 12.11 是一种典型的制动灯电路图,大部分制动灯电路都是用一个继电器来控制制动灯,而此继电器又由连在制动踏板上的弹簧开关控制。制动灯电路与巡航控制电路相连,当制动时,巡航控制功能就被自动关闭。

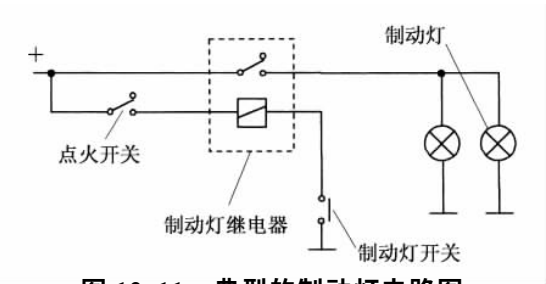


图 12.11 典型的制动灯电路图

12.3 其他辅助电器设备

12.3.1 电喇叭

绝大多数国家都明文规定,喇叭发出的声音必须是同一规格的,优美的歌声和悦耳的鼓声是被禁止的。电喇叭一般通过一个大电流,所以必须采用相应规格的继电器。标准的喇叭依靠一个简单的电磁振动开关来工作。汽车电喇叭是靠电磁原理使膜片振动发出声音警报信号的。电喇叭内由电磁铁、可动衔铁、膜片、触点、磁场绕组等构成(图 12.12)。触点与磁场绕组串联,其中一个触点依附于衔铁。当电流流过磁场绕组时,绕组便建立起吸引可动衔

铁的磁场,周边被固定的膜片随着衔铁移动,衔铁移动导致触点打开,从而断开电路,膜片回到它的原来位置,触点再次闭合而重复上述动作,这便引起膜片来回振动,发出声响。

喇叭频率应在  $1.8 \sim 3.5 \text{ kHz}$  之间,这样在公路噪音环境下,喇叭声也能被清楚听见。一些带有高低声的双音喇叭系统也得到广泛应用,所发出的声音较前者好听,但在城镇和高速情况下,其发出的声音非常大。

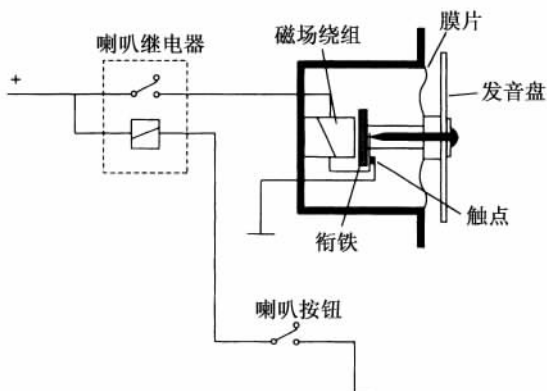


图 12.12 喇叭电路图

### 12.3.2 发动机冷却风扇电机

大部分发动机冷却风扇电机是一种简单的永磁电机。图 12.13 是一种常用的冷却风扇电机。风扇叶片布置通常是非对称的(但能平衡),以减少工作时的噪音。当装有两个冷却风扇时,两者被并联或串联在一起工作。在使用空调时,由于冷凝器通常布置在散热器的前端,所以需要提高冷却强度。



图 12.13 发动机冷却风扇电机

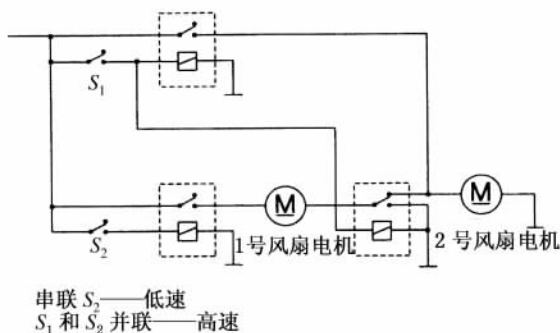


图 12.14 冷却风扇的串、并联电路

冷却风扇的串联或并联电路如图 12.14 所示。

### 12.3.3 前大灯刮水器与洗涤器

有两种方法可以擦洗前大灯：一种方法是高压喷枪清洗；另一种方法是用低压水和刮水片清洗。第二种方法类似于挡风玻璃的清洗，只是结构小些。人们倾向于第一种方法，但在寒冷的情况下，容易使大灯冻结。用刮水器清洗前大灯，其贮水罐应能保证大灯能清洗 50 次，图 12.15 是大灯洗涤器的喷水状态。

前大灯的清洗通常与挡风玻璃的清洗系统连在一起，如果前大灯开关打开，则挡风玻璃

清洗一次,前大灯也会被清洗一次。

前大灯的洗涤器常用一个具有收缩性的喷嘴,当水被压到喷嘴处时,水压就会打开收缩喷嘴,冲洗前大灯,当冲洗完成后,喷嘴又会恢复到原来的位置。



图 12.15 前大灯洗涤器喷水状态

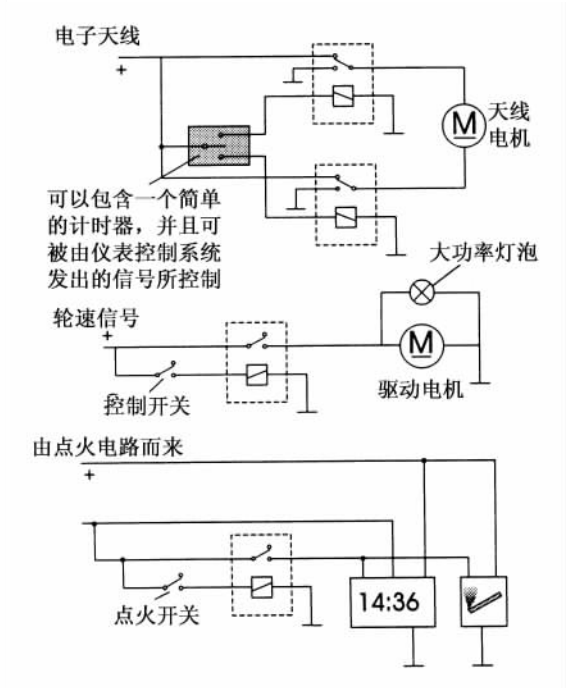


图 12.16 电子天线、轮速信号、点火器和时钟电路图

其他小型电器设备就不再详细论述了,如点烟器、时钟、电子天线等附属电器可参看图 12.16。

## 12.4 典型实例

### 12.4.1 英国罗弗(Rover)汽车的指示灯和警告灯

图 12.17 所示的电路是英国罗弗汽车电路图的一部分,图中给出了指示灯和警告灯电路的整体线路布置,注意观察警告开关是如何将闪光器的电源断开的,以及如何为其替代一个持续的电源。警告系统始终处于工作状态,而指示灯只有当点火开关闭合之后才工作,当指示开关置于右边或左边时,前部、后部及同步信号灯将被接到闪光器的输出端,之后再使灯泡闪烁。

当打开警告开关之后,5 个触点将被移动,2 个触点将右边与左边电路连接到闪光器的输出端,1 对触点切断电源供给,1 对触点连接了设备的电源供给,最后 1 对触点使警告信号灯打开,当边灯打开之后,大部分汽车警告开关将自动打开。

当警告模式工作时,灯泡将流过 7.8 A 的电流。但是,由于灯泡的冷态阻值,实际流过的电

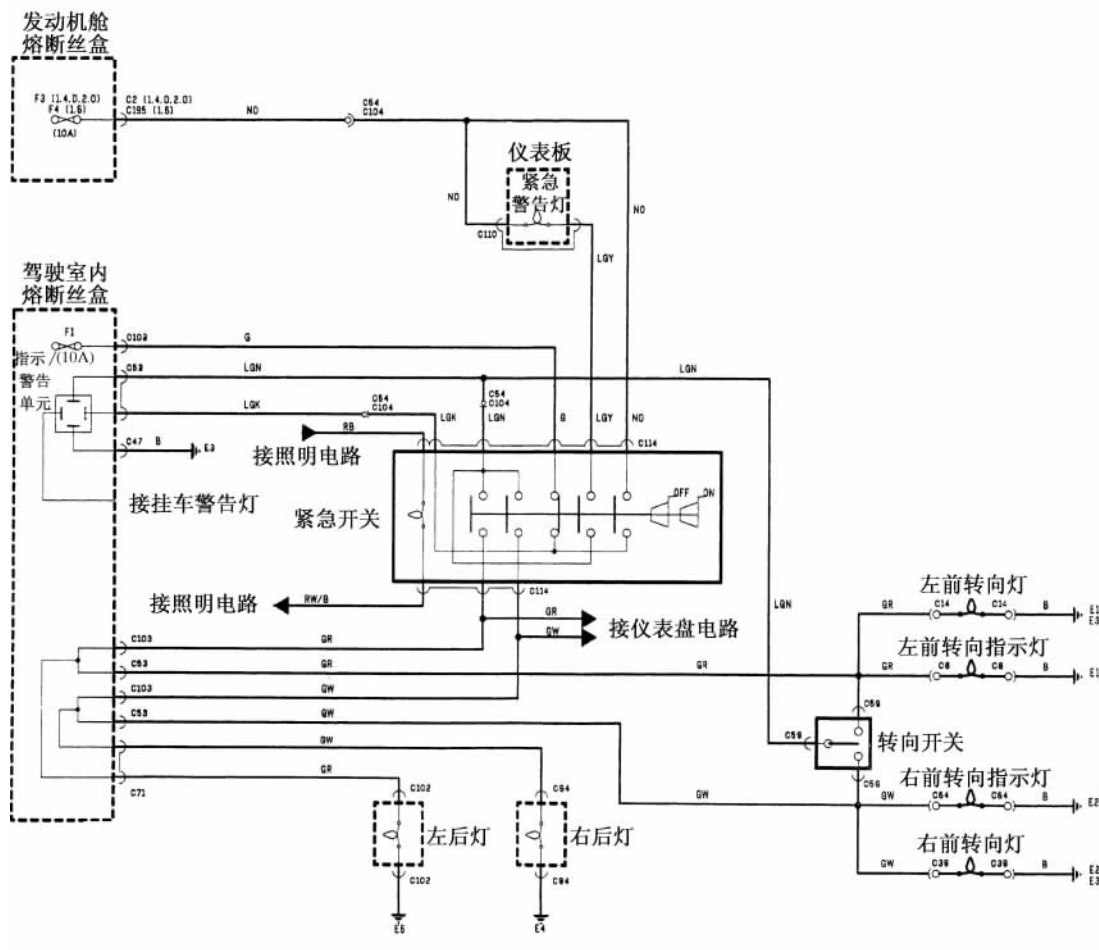


图 12.17 指示灯和警告电路图(英国罗弗汽车公司提供)

流要高得多。在图 12.17 的电路中,熔断丝最高容量取决于蓄电池,其他则由点火开关控制。

随着点火开关的打开,在熔断丝盒中的熔断丝就向电路中的危险警示开关供电,只要危险警示开关处在闭合位置,供电就通过开关,并且向 LG/K 电路处的闪光器供电。当开关控制向右转一下时,开关触点就由闪光器的 LG/K 电路连接到了 G/M 电路,并且允许电流通过右手边前后部的指示灯,之后再由 B 回到搭铁上。当开关向左转一下时,触点就将 G/R 电路连上,并且允许电流通过左前和左后的指示灯,之后再由 B 线路回到搭铁上,闪光器使电路反复接通和中断。

通过按下危险警告开关,发动机熔断丝盒中的 3 号熔断丝(1.4 L、2.0 L 和柴油机车型)或 4 号熔断丝(1.6 L 发动机车型)中的 N/O 处就会产生一个电源供给,通过开关,并由 LG/K 电路为闪光器供电。同时,触点关闭,将危险指示灯和闪光器一起连到 G/M 电路与 G/R 电路上,左右边的指示灯和转向灯就会交替闪烁。

### 12.4.2 福特汽车刮水器电路

**图 12.18** 所示的电路与大多数福特汽车使用的电路类似,注意两对开关触点是机械式



连接,图示的刮水器开关处在“OFF”位置,当挡风玻璃清洗器工作时,可通过连在前大灯继电器上的清洗继电器(如果安装上的话)对前大灯进行清洗,但这只有在前大灯打开的情况下才会进行。

电路的规则要遵照第 3 章所述的规则,刮水器电机是一个三刷永磁式(PM)电机,并且有一个停止开关,电机的 5 个接线柱通过控制开关和限位开关搭铁,这样是为了提高制动性能。

12.5 辅助电器的故障诊断

12.5.1 概述

同其他系统检测一样,检测汽车辅助电器应遵循以下六个步骤:

- (1) 确定是否有故障。
- (2) 搜集更多的信息。
- (3) 评估资料。
- (4) 按逻辑顺序进行深入测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查整个系统。

以下介绍的内容主要与第(4)个步骤有关,表 12.1 记录了一些辅助电器常见故障,并指出了故障产生的原因,这些故障虽然比较简单,但却给了一个很好的启示。

表 12.1 辅助电器的常见故障与故障原因

| 故 障 现 象      | 故 障 原 因               |
|--------------|-----------------------|
| 喇叭不灵或声音异常    | 线路/连接处/熔断丝松脱或断裂       |
|              | 喇叭连线处腐蚀               |
|              | 开关接触不良                |
|              | 开关或线路接触不良             |
|              | 继电器不工作                |
| 刮水器不工作或操作质量差 | 线路/连接处/熔断丝松脱或断裂       |
|              | 喇叭连线处腐蚀               |
|              | 开关接触不良                |
|              | 开关或线路接触不良             |
|              | 继电器/计时器不能工作           |
|              | 电机电刷或滑环磨损             |
|              | 限位开关触点断开或高阻值          |
|              | 雨刮片或/和摇臂弹簧有少许损坏,工作条件差 |

续 表

| 故 障 现 象       | 故 障 原 因         |
|---------------|-----------------|
| 刮水器不工作或工作异常   | 线路/连接处/熔断丝松脱或断裂 |
|               | 刮水器电机连线处腐蚀      |
|               | 开关接触不良          |
|               | 洗涤器电机工作异常或不能工作  |
|               | 管道或喷嘴堵塞         |
|               | 洗涤液不符合规格        |
| 指示灯不工作或工作频率异常 | 灯泡损坏            |
|               | 线路/连接处/熔断丝松脱或断裂 |
|               | 开关接触不良          |
|               | 开关或线路接触不良       |
|               | 继电器不工作          |
| 热风机不工作或工作质量差  | 线路/连接处/熔断丝松脱或断裂 |
|               | 开关接触不良          |
|               | 电机电刷磨损          |
|               | 速度选择电阻断路        |

12.5.2 检测程序

检测辅助电器电路的程序如下：

- (1) 用手摸或目测(线束是否松动,开关是否松动和其他一些明显的故障)。以保证连接正确可靠。
- (2) 检查蓄电池(见第 5 章)。必须达到 70%的充电量。
- (3) 检查灯泡。用眼睛看或用欧姆表检测。
- (4) 检查熔断丝是否断裂。不要相信自己的眼睛,应用仪表测其两端电压或采用检测灯测试。
- (5) 检查继电器,听其工作时是否发出咔嚓声(如有则跳至步骤(8))。如有声响,表明继电器工作正常。
- (6) 检查开关前电压。应为蓄电池电压。
- (7) 检查开关后电压。应为蓄电池电压。
- (8) 检查至继电器的电源电压。应为蓄电池电压。
- (9) 检查继电器输出电压。应为蓄电池电压。
- (10) 检查灯前的电源电压。不低于蓄电池电压 0.5 V。
- (11) 检查搭铁性能(电阻或电压)。0 Ω 或 0 V。

## 12.6 辅助电器理论知识

### 12.6.1 刮水器电机转矩的计算

刮水器电机克服刮水器开始工作时的摩擦力所需的转矩计算如下:

$$T = F\mu_{\max}f_s f_t l \left( \frac{\omega_a}{\omega_m} \right) \left( \frac{1}{e} \right) \left( \frac{R_h}{R_c} \right)$$

式中,  $T$  为启动刮水器所需的转矩;  $F$  为雨刮片的阻力;  $\mu_{\max}$  为最大摩擦系数(如 2.5);  $f_s$  为铰链点摩擦系数(如 1.15);  $f_t$  为误差系数(如 1.12);  $l$  为刮水器摇臂长度;  $\omega_a$  为摇臂最大角速度;  $\omega_m$  为曲柄的平均角速度;  $e$  为齿轮减速器的传动效率(如 0.8);  $R_h$  为电机线圈电阻(热态),  $R_c$  为电机线圈电阻(冷态)。

### 12.6.2 永磁场(PM)电机——电子速度控制

汽车工业均选用永磁场电机,其价格便宜而且性能很好,一个简单的限流电阻或者一个电压调节器就可产生多个不同的速度,但是,在满负荷时电机要通过 20 A 的电流,而在部分负荷时,大概要通过 10 A 的电流。

在满负荷时,电机控制系统的工作效率在 80% 左右,如果速度减半,效率就降为 40%,这是因为有 70 W 的热能在并联电阻及 14 W 的电机上损失掉了,因此,就需要一个效率更高的控制系统。

解决方法之一是采用占空比控制,脉宽调节器已被使用,以下对此技术进行详细介绍。

由于 PM 电机的转子就像一个飞轮,电压中断频率为 1 kHz 或更低些,不会使电机的速度产生颤动,但问题是电机内部产生的噪声,如在 16 kHz 的高频时,电机噪声达到了最小。另一个问题是电磁干扰,这是由速度转换频率造成的,可通过降低信号转换边界来实现。因此,就必须在边界速度与热量损失中作出最优决策。

当电磁干扰(EMR)的问题解决后,电机停转的条件就必须考虑到。电机铜线绕组是一个正温度系数电阻( $0.003\ 935\ \Omega/^{\circ}\text{C}$ ),因此,一个在  $25^{\circ}\text{C}$  时是  $0.25\ \Omega$  的电阻,在  $-40^{\circ}\text{C}$  时将变为  $0.18\ \Omega$ 。用一个常规的 20 A 的电机作为负荷,最大的停转或转子锁止的电流计算结果大约是 77 A,计算公式如下:

$$I_{\max} = \frac{E_{\max}}{R_{\min}}$$

式中,  $E_{\max}$  为最大功率供给电压(14.0 V);  $R_{\min}$  为最小电机输出电阻( $0.18\ \Omega$ )。

当电机最大电流计算出来之后,那么晶体管的规格就能确定下来,这样,设备就需要一个至少为 77 A 的平均电流,但是对晶体管可靠性更深层次的考虑是热量浪费非常严重。

主要影响因素有:最大供给电压、周围温度、电机电流。晶体管工作的最高温度不能超过  $150^{\circ}\text{C}$ 。下面的公式就是晶体管在  $85^{\circ}\text{C}$  环境下,使用一个  $2.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$  热阻及一个  $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$  热结温阻下允许的最大散热量计算方法:



$$PD_{\max} = \frac{TJ_{\max} - TA_{\max}}{R_{\varphi JC} + R_{\varphi CS} + R_{\varphi SA}}$$

式中,  $TJ_{\max}$  为最大允许温度(150℃);  $TA_{\max}$  为最高外界温度(85℃);  $R_{\varphi JC}$  为结热阻(1℃/W);  $R_{\varphi CS}$  为热阻温降(0.1℃/W);  $R_{\varphi SA}$  为外围热阻温降(2.7℃/W)。

用以上给出的数值,就能得出最大散热量为 17.1 W,这比用“dropping resistor(漏阻)”好很多,但为了实现这方法,9 个功放管就必须并联,同时采取措施提高散热。

这种技术可能得到进一步应用,因为它较传统方法更加有效,并且对 PM 电机有良好的控制性。

## 12.7 辅助电器的新技术

### 12.7.1 雨刮片压力电子控制系统

博世公司生产了一种雨刮片压力电子控制系统,根据汽车前进速度的变化,雨刮片的压力可随之变化。

汽车高速行驶时,由于高速气流会使雨刮片抬起或跳起,从而影响刮水效果,并可能使刮水器摇臂或雨刮片变形损坏。

雨刮片压力电子控制系统如图 12.19 所示。传感器将气流速度和雨量信号输送给 ECU,ECU 对这些信号进行处理判断后,发出指令信号,使刮水器电机工作。当刮水器不工作时,雨刮片压力较小,以免损坏玻璃。雨刮片的压力随着车速和雨量的增加而增加。

雨刮片压力控制还与洗涤器工作相关,如果洗涤器不工作,玻璃是干的,则雨刮片的压力也相应减小,以免刮伤玻璃。

### 12.7.2 无声后刮水器

汽车制造商总是在不断寻找减少刮水器噪声的方法。刮水器工作时,其噪声来自两个地方:一是雨刮片在运动死点处发出的噪声,另一是刮水器电机产生的噪声。

法雷奥(Valeo)公司最近推出了无声后刮水器,该后刮水器采用了集成电子控制技术。无声后刮水器首次采用 H 桥式动力模块,无需继电器,从而减少了所有开关带来的噪声,其控制中心采用刮水器速度针管理技术,可降低雨刮片在运动死点处的速度,从而使雨刮片无噪声运动。

H 桥采用了动力装置,与负荷的两端子相连,以控制反向压力,这种技术常用于控制电

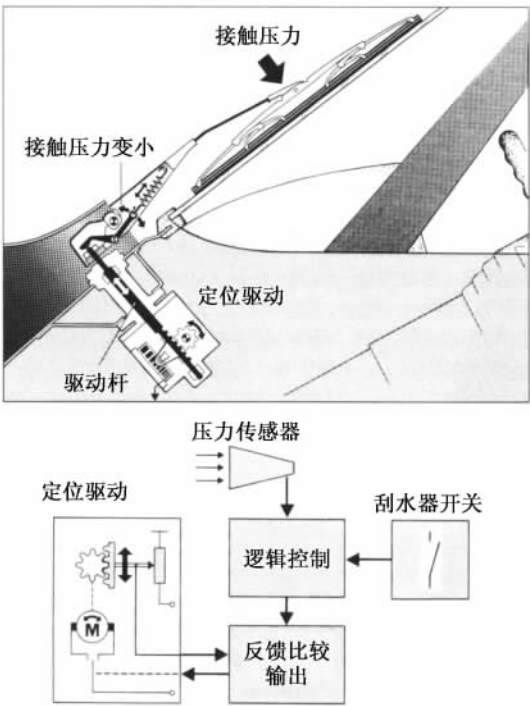


图 12.19 刮水器压力电子控制系统

机换向。

### 12.7.3 线性移动后刮水器

由于各刮水器是独立回转运动,所以后窗玻璃的有效清洁面积只有 50%~60%,这主要是由于后窗玻璃的高宽比和玻璃弯曲因素所限制。

最近,法国法雷奥(Valeo)汽车公司推出了线性移动后刮水器,该刮水器可清洁后窗玻璃的面积达 80%,从而扩展了驾驶员观察后窗的视野,尤其适合于倒车或停车情况。线性移动后刮水器的工作如图 12.20 所示。



图 12.20 线性移动刮水器

### 12.7.4 Silencio——雨刮片新概念

Silencio 雨刮片具有两个显著特征:

- (1) 雨刮片上有一层耐磨层,俗称“表皮”。
- (2) 有一个雨刮片磨损指示器,用来告诉驾驶员雨刮片的磨损程度。

影响雨刮片的使用寿命有很多因素,如紫外线辐射、臭氧、腐蚀、洗涤液等因素均会损坏雨刮片,从而影响风窗清洁效果。而 Silencio 雨刮片耐磨层能有效保护雨刮片,延长使用寿命。

Silencio 雨刮片耐磨层由摩擦层、结合层和密封层三部分组成。能与普通雨刮片或全盛雨刮片有机地黏合为一体。Silencio 雨刮片耐磨层不仅减少运动时颤动和干摩擦噪声,同时能有效延长雨刮片的使用寿命。

Silencio 雨刮片上还安装了一个磨损指示器,告诉驾驶员雨刮片的工作状态。指示器与雨刮片以相同的速度运动。当紫外线辐射、臭氧、腐蚀等外界因素损伤雨刮片时,指示器就会自动改变颜色,将由黑色逐渐变为黄色,以提醒驾驶员更换雨刮片。

### 12.7.5 电子风扇

电子风扇控制系统能进一步改善发动机的冷却效果。除了减少电器元件之外,法雷奥(Valeo)公司生产的风扇电子控制系统还能降低风扇噪声,调节空气流速,还可进行 A/C 管理。

从 2000 年起,法雷奥(Valeo)公司就开始生产变速风扇和变速电机,它们具有以下结构特点:

- (1) 电器元件减少近一半。
- (2) 在 50%速度时,风扇噪声降低了 15 dB。
- (3) 风扇启动平顺。

风扇电子控制系统提高了风扇安全性,风扇可在最低速度下运转,并设有自诊断功能 and 自我保护功能。

风扇电子控制单元安装方便,可安装在发动机舱不同位置处,以满足各种客户的需要。法雷奥(Valeo)公司最近还推出了一种新型占空比风扇电机控制系统。

## 12.8 练习

### 12.8.1 思考题

1. 举例说明四种以上辅助电器设备。
2. 简述电子闪光器的工作原理。
3. 画出刮水器的传动机构示意图。
4. 绘制方向指示器的电路图并将各零件标注在图上。
5. 列举五种刮水器的控制方法。
6. 论述刮水器雨刮片停在玻璃之外的工作原理。
7. 刮水器电机的“静载保护”是什么意思？
8. 绘制制动灯电路图(电路图上应标注 3 个 21 W 灯泡)。
9. 计算第 8 题中熔断丝容量。
10. 分析风扇玻璃刮水区。

### 12.8.2 课程论文

调查一辆汽车的刮水器,提交一份如何改善此车刮水器/洗涤器(前/后)工作效率和运动方式的研究报告。

# 13 仪 表 系 统

## 13.1 仪表和传感器

### 13.1.1 概述

目前,仪表系统发展迅速,其某些领域的发展水平已属前沿。本章介绍了仪表系统的基本原理,并举例说明了仪表系统在汽车系统中的应用。仪表其实就是一个将相应的参数转换到可读或可视设备上去的系统。例如在液面测量系统中,常常通过模拟仪表来显示油箱的液面高度。

仪表系统并不是一直与仪表或显示器连接在一起。在许多情况下,系统只需要控制指示灯。不过,此时系统必须在一定规则下工作,比如说,假如外部低温指示灯不在恰当的時刻点亮,汽车就会很危险。

本章介绍了当前汽车上使用的各种仪表系统,并对如何选购和设计仪表系统作了详细介绍。本书中第 2 章对传感器已作了详细介绍,它也是仪表系统的一部分,因此,本章中涉及某些传感器的部分知识,如有必要请参阅第 2 章。

### 13.1.2 传感器

为了减小传感器的尺寸,汽车上仅使用电子传感器。传感器在汽车中有多种用途:例如,冷却液温度传感器不仅可向发动机管理系统提供数据,而且可经显示器向驾驶员传递信息。要保证向驾驶员提供足够的信息,就需用相应的传感器测出表 13.1 中的量值,这些传感器在当今汽车中应用较为普遍。

图 13.1 是表 13.1 中所列出的一些传感器。

表 13.1 常用测量参数和相应传感器

| 测 量 参 数 | 传 感 器    | 测 量 参 数 | 传 感 器      |
|---------|----------|---------|------------|
| 油面高度    | 可变电阻器    | 液面高度    | 浮子开关和簧片开关  |
| 温 度     | 热敏电阻器    | 油 压     | 膜片开关       |
| 灯泡烧毁    | 簧片继电器    | 制动块磨损   | 嵌入触点式      |
| 车 速     | 感应或脉冲发生器 | 车灯的工作情况 | 灯泡电路和简单电路  |
| 发动机转速   | 霍尔效应     | 蓄电池充电率  | 灯泡电路/电压监视器 |

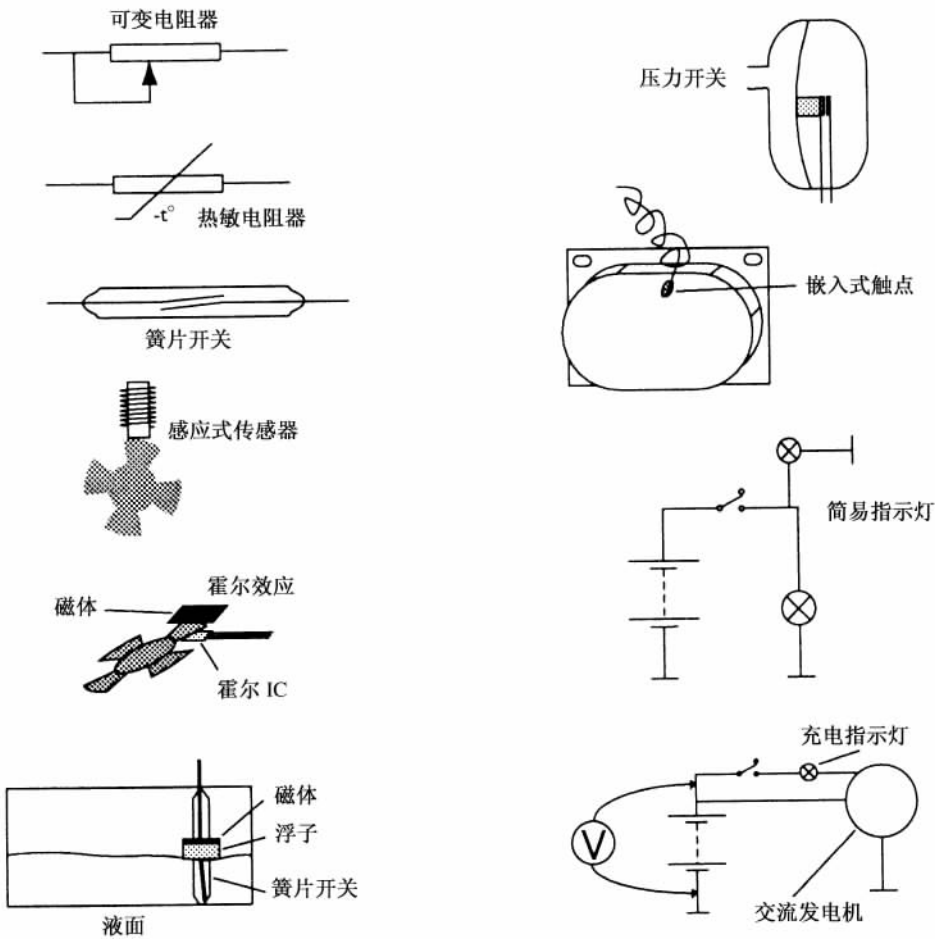


图 13.1 仪表中使用的传感器

13.1.3 热敏式仪表

热敏式仪表在指示燃油温度和发动机温度时非常理想，它们已经使用了多年。由于其简单的设计及固有的热阻尼性，它们的使用前景仍将非常广阔。它们利用电流的热效应和双金属片的特性来工作，当电流经过双金属片上的简易加热线圈时，产生的热量会使金属片弯曲，该双金属片与仪表的指针相连，其弯曲程度与热量成比例，而热量又与流经的电流成比例。因此，只要传感器阻值与测量值（例如液面）能成比例变化，且仪表进行了校正，该仪表就能作出恰当的指示。图 13.2 为典型的热敏式仪表。

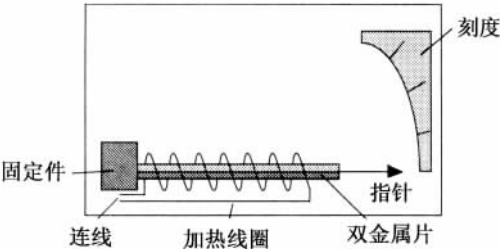


图 13.2 热敏式仪表中双金属片的工作原理

由于双金属片上的较缓慢的热效应会产生固有阻尼，从而会使指针慢慢地移到最大刻度，这就是我们所说的时间参数。这个性质在显示油面高度时非常

合适,因为汽车在运动时,油面会不停地晃动,油箱中的可变电阻也会随着变化。如果仪表作出快速回应,仪表读数就会晃来晃去。不过尽管油面在变化,但取其平均值后,仍然能够得到相对精确的显示值。一些电控热敏油面仪表在控制系统的作用下,其热阻尼更大。

热敏式仪表常与油箱中的可变电阻器和浮子一起使用,或者与发动机水套中的热敏电阻传感器一起使用。图 13.3 是将两者一起使用时的电路。油位传感器的电阻值是非线性变化的,这可以抵消仪表的任意非线性响应。当油箱中无油时,传感器的电阻为最大值。

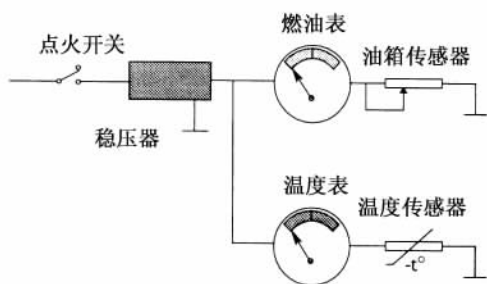


图 13.3 双金属片燃油表和温度表

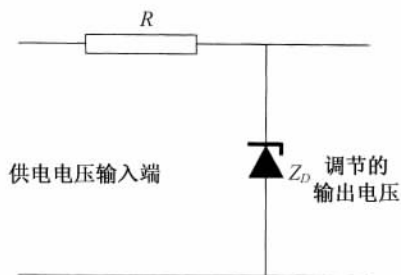
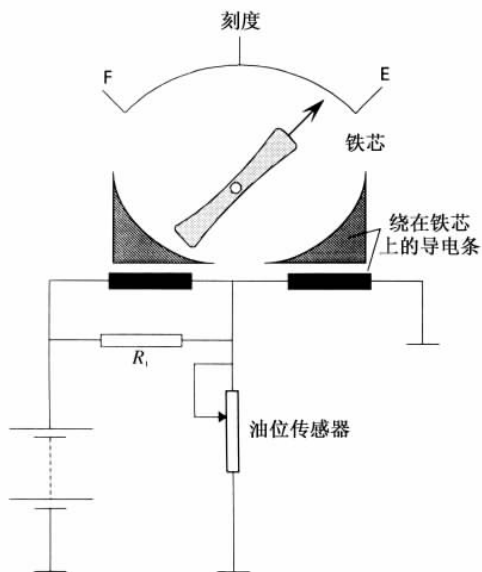


图 13.4 仪表电源稳压器

仪表系统需要额外配一个常压电源,这样可以避免因汽车电源电压不稳而影响读数,因为不这样的话,假如系统电压增加,流过的电流会增加,仪表的读数也会偏高。多数稳压器采用简易的稳压二极管电路(图 13.4)。

#### 13.1.4 活动铁芯仪表

活动铁芯仪表比热敏式仪表使用早得多,直到现在才得到广泛使用。图 13.5 是活动铁芯仪表的电路和工作原理图。该仪表采用两个小型电磁铁作用在小型软铁电枢上,电枢与指针相连,电枢有自定位功能,在各自磁场的作用下,它会定位在电磁铁的芯部。随着可变电阻传感器的线性变化,各电枢芯部的磁力也在变化,因此,指针就会移动。这种仪表反应非常迅速(因时间参数小),且会随着汽车的运动而摆动。采用外部阻尼法可改善这种状况。电阻  $R_1$  用来平衡油箱传感器。这里有一个可以帮助我们更好地了解电路的运行情况的诀窍,就是:当油箱剩有一半燃油时,传感器阻值等于  $R_1$  的阻值;当油箱装满油时,传感器阻值最大。



13.5 活动铁芯仪表的电路和工作原理图

13.1.5 空气芯仪表

空气芯仪表的工作原理与指南针一样,都是依靠磁场。显示器的指针连接到一个非常小的永磁铁上,该系统采用 3 个线圈,每个均能产生磁场,总磁场方向是 3 个磁场的合成方向。流过的电流和转数决定了各线圈产生的磁通量。当转数保持常量时,电流就成为关键因素。图 13.6 是作为温度指示器使用时空气芯仪表的工作原理和电路图。左边的附加电阻用来限制最大电流,而校准电阻用来校准电路。热敏电阻是一个温度传感器,当其阻值增加时,3 个线圈的电流均会改变。通过 C 的电流会增加,但通过 A 和 B 的电流会下降。合成磁场如图 13.6 所示,电枢会沿该方向移动。

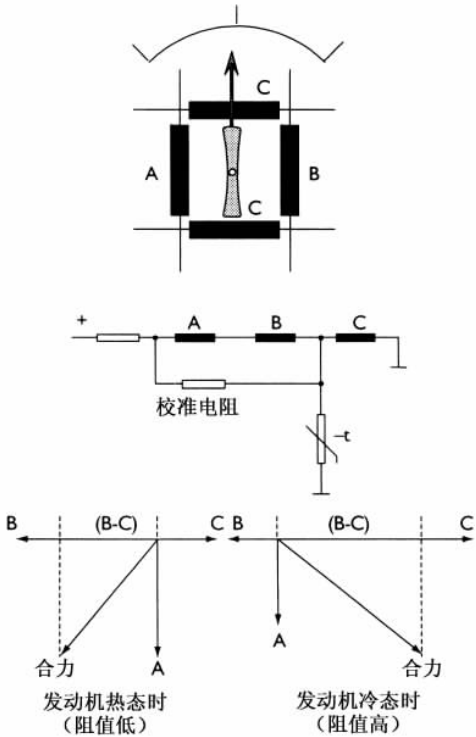


图 13.6 用作油面高度和温度指示计时,空气芯仪表的工作原理和电路图及合成磁场图

空气芯仪表有许多优点:它能够即时响应,且当指针处于磁场中时,它不会随着汽车运动而偏移;即使开关断开时,该仪表也能记录最后一次指针位置;当采用一个吸力磁场时,它还能归零,因为系统电压的变化会影响流经 3 个线圈中的电流,这就消除了磁偏角现象,不再需要电压保持恒定值。值得注意的是该仪表的工况与活动铁芯仪表类似。

空气芯仪表有许多优点:它能够即时响应,且当指针处于磁场中时,它不会随着汽车运动而偏移;即使开关断开时,该仪表也能记录最后一次指针位置;当采用一个吸力磁场时,它还能归零,因为系统电压的变化会影响流经 3 个线圈中的电流,这就消除了磁偏角现象,不再需要电压保持恒定值。值得注意的是该仪表的工况与活动铁芯仪表类似。

13.1.6 其他类型的仪表

上述任意一个仪表改动后都可以显示其他输出量,例如电压或油压。不过,仪表若要准确指示行驶车速或发动机转速,就需对速度变化作出快速响应。目前,主要采用步进电机来实现这个功能,不过仍有许多车型使用传统的电缆驱动式车速表。

图 13.7 是车速表的方框图,它使用了安培表。该系统采用熄火振荡器作为传感器,即使在极低速度下,它也会产生常量幅值信号,信号的频率与车速成比例。车速传感器由变速箱或主减速器输出端来驱动,电控电路即信号调节电路包含一个施密特触发器,它会生成信号,并扼制线圈中产生噪声。单稳态触发器能调制出标准信号,这些信号与来自脉冲发生器的信号成比例。活动线圈仪表能读出这些脉冲的平均值,该平均值取决于输入信号的频率,

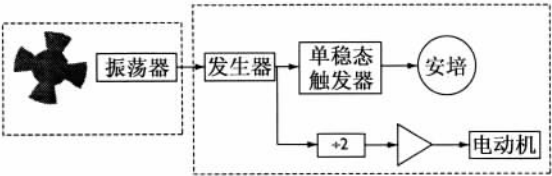


图 13.7 装有简易安培表的车速表方框图

进而取决于汽车速度。里程计由步进电机驱动,而步进电机由分动器和功率放大器的输出端来驱动,分动器起校准步进电机的远程控制的作用,通过改变单程稳态触发器(参见第2章)的延迟时间,车速表就可用来校准任意汽车的车速。

流速计的驱动系统与车速表很类似。来自初级点火电路的脉冲用来带动该仪表。图13.8是该典型系统的方框图。



图 13.8 选用点火线圈信号的流速计的方框图

### 13.1.7 数字式仪表系统

图13.9是典型的数字式仪表系统。所有信号调节功能和逻辑功能均在 ECU 中执行。标准传感器为 ECU 提供信息,然后 ECU 操纵合适的显示设备。ECU 中包含 ROM 模块,在其中可为特定汽车设计程序。所用的仪表在上文中已作过介绍,对这个系统的一些附加功能的简要描述如下:

(1) 低油面指示灯。当油位传感器模块电阻在某特定值时,它就会点亮。

(2) 发动机高温指示灯。当热敏电阻传感器阻值在某特定值时,它会点亮。

(3) 温度表读数稳定。当冷却系统恒温器工作时,仪表仅能读出5个设定值。这就阻止了仪表的波动。例如,当恒温器工作时,如果输入电阻从

240  $\Omega$ 变到200  $\Omega$ , ECU 就会在仪表正常工作范围中仅输出一个读数,如果阻值太高或太低,仪表读出5个较高/较低值之一的数值。这虽然会降低精确度,但易于驾驶员读取。

(4) 油压指示灯或其他指示灯闪亮。这更易于引起驾驶员注意。

(5) 维修间歇指示灯。指示灯一般会随某时间函数而点亮,但在下列情况下,维修间歇会缩短。例如发动机在高速和高温下工作,油质传感器也可帮助决定维修间歇。

(6) 交流发电机指示灯。它在正常时会亮,但当输出时或驱动带打滑时,这个灯或者另一个附加的灯也会点亮。这可通过以下操作来完成:从交流发电机的某相接根线,用来提供脉冲信号,将该信号与来自点火电路处的脉冲信号进行比较,如果脉冲比改变,这就说明皮带打滑了。

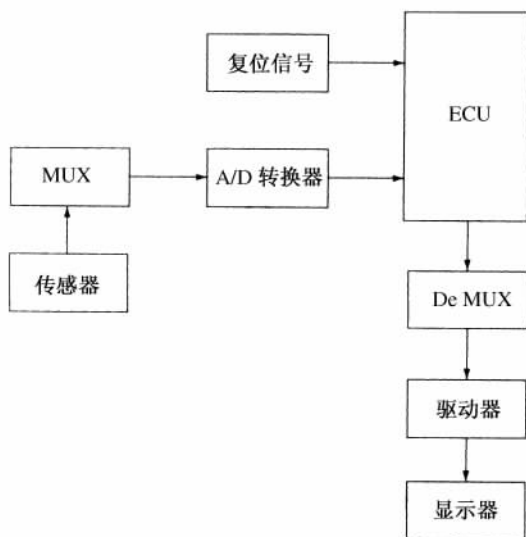


图 13.9 数字仪表系统





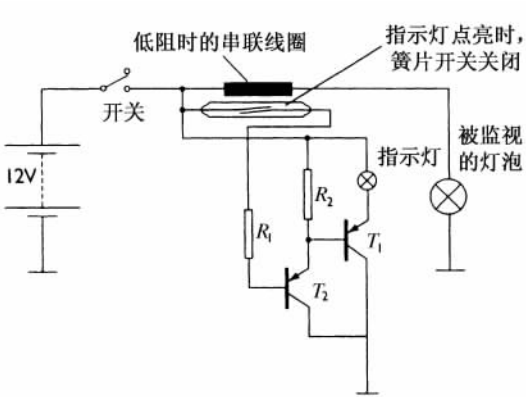


图 13.12 灯泡烧毁警告电路

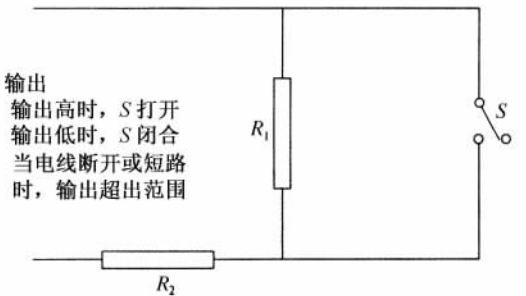


图 13.13 双电阻自测系统的等效电路

许多监视电路采用了双电阻系统，这样电路本身也被检测到了，图 13.13 是这种技术的等效电路图。实际应用中，它会产生下面三种可能的输出：高阻值、低阻值和阻值超出范围。高阻值或低阻值分别表示液面正常和液面太低。阻值超出范围就表明电路中有故障，可能短路或开路。

显示器常是一些 LED 或背部点亮式 LCD 的组合，它们表示为适当的图案，用以代表所监视的电路或系统。开门时会点亮汽车地图（轿车平面图）中的门形符号。一片很大的雪花常用来代表室外低温或冰面警告。

13.2.2 旅程电脑

许多高级轿车上采用的旅程电脑尽管很受欢迎，但它昂贵的花费仍是一个受争议的问题。典型旅程电脑的显示器和键盘如图 13.11 所示。在许多系统中，它的主要功能如下：

- (1) 时间和日期。
- (2) 时针。
- (3) 估计抵达时间。
- (4) 平均油耗。
- (5) 剩余燃油量。
- (6) 里程数。

上述各项可按需要用英制、美制或公制表示。若要计算出上面的输出量，系统的输入必须按表 13.2 中所需量进行供给。

表 13.2 行程电脑的输入信号

| 输入信号  | 来 源          | 输入信号     | 来 源      |
|-------|--------------|----------|----------|
| 闹铃信号  | 晶体振荡器        | 油箱中油量    | 油箱传感器模块  |
| 汽车速度  | 速度传感器或仪表 ECU | 模式/设置/清除 | 驾驶员输入的数据 |
| 耗 油 量 | 喷油器开启时间或流量计  |          |          |

图 13.14 是旅程电脑的方框图,注意其中许多系统采用相同的输入,且各系统间能互相交互,这就使得整个连线虽不复杂,但很庞大。这种系统间的交互性和通用性就为电线并联技术(参见第 3 章)的发展提供了一定的理由。

### 13.2.3 交通信息

自从我们第一次看到詹姆斯·邦德在他的试验车阿斯顿·马丁上采用了跟踪设备,从而在仪表板的屏幕上看到一个移动的标记,时光已跨越了 25 年。随着电脑技术的不断发展,以及 GPS 系统的开发,詹姆斯·邦德的设想已变成了现实。

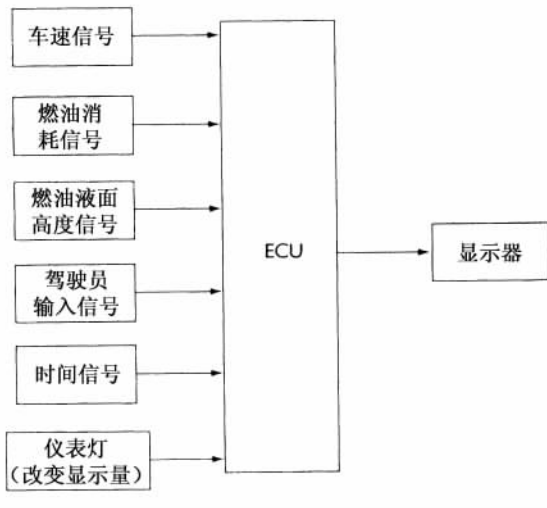


图 13.14 典型旅程电脑显示器

在加利福尼亚,许多汽车上装有导航器这样的小装置,它可以在汽车闪光的绿色地图上帮助驾驶员显示汽车的方位,从而顺利到达目的地。导航器是一个电控路面地图,它能估算出汽车方向,其最初是由 Etak 公司开发出来的。来自安装在汽车天窗上的指南针和安装在车轮上的传感器的数据被存入电脑,并显示在仪表板屏幕上。汽车的位置在地图上是一个固定的三角形,当汽车向前移动时,它朝下滚;当汽车转弯时,它也转向一边。

丰田公司在已经出售的一辆昂贵样车中安装了电子地图,但也只是在日本而已。不过,目前有不少制造商准备在不久的将来安装该设施。Jaguar(捷豹公司)参与了 Prometheus(普罗米修斯)工程的一部分,与其他制造商一起开发出了一个计算机系统,该系统能从各发射基站采集信息,然后给出合适的行车方向,并提前告知路口、路标和速度极限等。

其他形式的驾驶信息系统目前也正在研发中,例如,美国就开发出了驾驶向导系统。“驾驶向导”是一个电控设备,只需打开一个窗口进行问路即可。从屏幕菜单中选择驾驶员要去的地方,20 s 后,从测绘数据库中能打印出一个驾驶说明表。目前,计算机路径查找软件非常流行,但它也存在一个问题,就是路况和其他限制经常会变化,而磁盘中存储的数据就会很快过时,要解决这个问题,就需实时地传送并更新数据。

## 13.3 视频显示器

### 13.3.1 选取最佳显示器——易读性

车用任何显示器都是按需要传递信息的。汽车上使用的许多显示器,必须提供即时数据,精确性倒是次要的。模拟显示器几乎可以在瞬间给出即时反馈。例如,如果温度仪表的指针大概处于正中位置时,驾驶员就会猜出发动机温度处于合适的范围中。但若读出一个例如 98℃ 的数据,驾驶员就不容易作出判断了。这就是为什么要在数字处理和显示技术中用数字式,但在实际读数时仍用模拟式的原因。图 13.15 是一个采用模拟仪表的显示器。

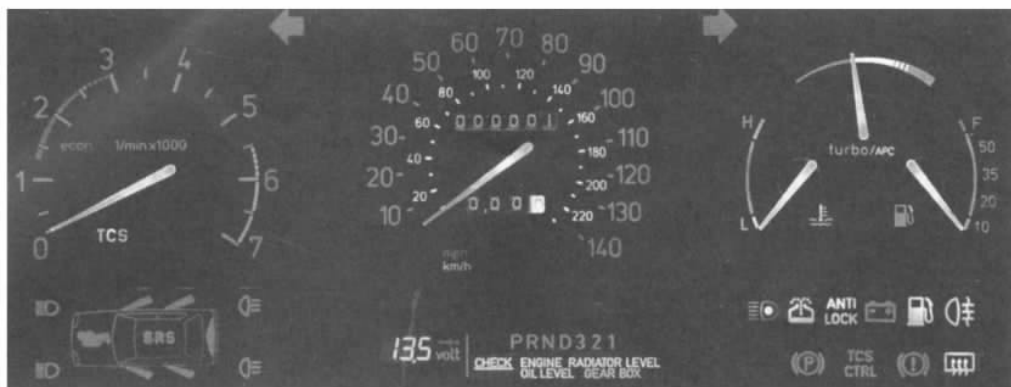


图 13.15 模拟显示器

图 13.16 是一个数字式显示器。在许多应用中,也会用到数字式及其他形式的显示器,下面是部分这样的显示器:

- (1) 汽车地图。
- (2) 旅程电脑。
- (3) 时钟。
- (4) 电台显示器。
- (5) 路线查找显示器。
- (6) 通用仪表。



图 13.16 采用 LED 的显示器

上述显示器可设计成许多类型,下面部

分会对上述显示器进行详细说明。在驱动整个显示器的某部分时,常采用一种称为“多路时间分配”技术。

### 13.3.2 发光二极管(LED)显示器

如果二极管的 PN 结是由镓磷(CaAsP)制成的,当有电流通过正向偏压时,结点处就会发光,这就称为发光二极管,它会因制造过程的轻微不同而发出红光、黄光或绿光。LEDs 广泛用在电控设备和数字显示器上,它们寿命很长(50 000 h),且耗电少。

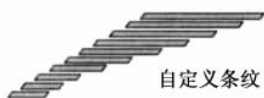
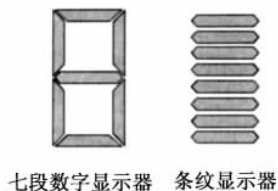


图 13.17 LED 显示器的部分

在汽车使用中,LED 显示器可能很快就会被液晶显示器所取代,因为后者是后背发光式,在白天容易看清。不过,LEDs 在许多应用中仍很流行。

实际的显示器一般包含许多 LED,会将它们按所需输出组成一个适当的形式。例如标准的七段数字显示器,还有用户自定义速度显示器。图 13.17 是 LED 显示器的一小部分。

### 13.3.3 液晶显示器(LCD)

液晶是这样一种物质,它从固相转换到液相时不会直接熔化,它首先通过一个次晶态阶段,该过程中部

分子被有序化,在该阶段中,液晶是云状或半透明的液体,但仍具备固态晶体的部分光学特征。

三种主要形式的液晶分别是碟状液晶、向列型液晶和胆甾型液晶,它们因为杆状分子的排列方式不同而有所区别。碟状液晶中杆状分子之间是并列成层,层与层之间无其他东西存在。向列型液晶中杆状分子间是平行排列,但无明显层状结构。胆甾型液晶中分子平行,层与层之间成螺旋状。

机械应力、电磁场、压力和温度均会改变液晶的分子结构,液晶也会散射照在它表面上的光。由于具备这些特性,液晶可用于计算器、数字钟表和汽车仪表上,显示字母和数字,LCD 也可用作手提电脑显示器和电视机显示器。LCD 还有许多潜在用途,目前正在不断开发中,特别值得一提的是,这种显示器已能够直接复制电脑屏幕上的图片和文本。

有一种采用胆甾型液晶的显示器,该显示器只允许偏振光进入液晶,即当光线进入液晶时,会被旋转  $90^\circ$ ,然后光线进入第二个偏振器,它与第一个又成  $90^\circ$  夹角。该结构后面有镜子反射该光线,所以光线又通过偏振器、晶体和第一个偏振器返回。整个过程的最终结果是光线仅仅经过简单的反射,但它只能在这种特殊的液晶状态发生。

当用  $10\text{ V}$ 、 $50\text{ Hz}$  的电压作用于该液晶时,晶体就会重组,光线通过时不再旋转  $90^\circ$ ,这意味着经过第一个偏振器的光不会穿过第二个偏振器,因此光线不能被反射,而显示器上出现一片黑屏。

为了提供显示器所需的任何显示图案,同 LED 显示器一样,显示区域被分为许多小区域。这些区域的尺寸非常小,以便形成电脑或电视屏幕上合适的像素。图 13.18 为这种液晶显示器的工作原理。

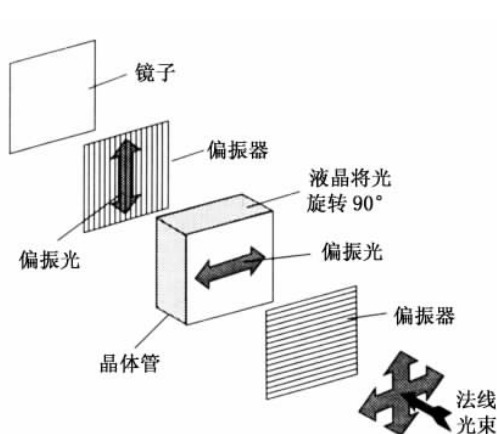


图 13.18 液晶显示器的工作原理

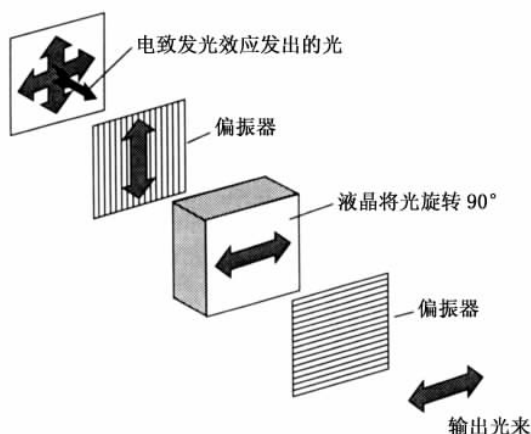


图 13.19 后射光效应获得了良好的显示效果

LCD 耗能很低,但必须有光源才能工作。若在黑暗中读显示器就需要一定的光线。在 LCD 中,可以用被人们称作“后视光”的光源(来自显示器后部)代替反射镜。DC 电致发光是一种非常理想的现象,它采用在两个电极间放入硫酸化合物的方法,放置方式与液晶结构相同,不同的是它能在有电压作用时发光。图 13.19 为后射光效应获得了良好的显示效果。

### 13.3.4 真空荧光显示器

真空荧光显示器(VFD)的工作方式如同电视机显像管和屏幕一样。它在汽车上的应用正在普及中,因为它能发出明亮的光(亮度可以调节),而且光线的颜色选择范围要比LED显示器和LCD显示器宽得多。图13.20所示的VFD系统包含三个主要部件,它们是灯丝、栅极和屏幕。屏幕用来进行显示;灯丝形成了阴极以及主电路的部分阴极;当电压变化时,栅极用来控制亮度。

当电流通过钨丝时,钨丝发红发热(几百摄氏度)并放出电子。整个单元要保持绝对真空,这才不会使电子受到外部影响。各

显示段上涂有荧光物质并连到一根控制线上,各显示段带正电以吸引电子。当电子接到各显示段上时,显示段就会发光,具体是发黄绿光还是蓝绿光,取决于各部分上涂的磷。如果

栅极的电势改变,击中各显示段上的电子数目也会改变,从而影响亮度。如果各显示段都未接电源(常常仅需5V),则放出的所有电子均停在栅极上。栅极也很重要,因为它可能改变电子的运动趋势。

图13.21是一个用来控制VFD的电路,注意各显示段进行显示时,各显示段电势高于栅极电势的数值。该系统的驱动电路的工作原理同其他显示器一模一样,也就是说,要产生需要的输出,电控显示段会连接一个或多个部分到电源。

要提高可读性和审美价值,显示器前方的玻璃可制成彩色的。VFD显示器有许多优点,但在车用时存在的主要问题是:它对冲击和振动很敏感。不过安装上合适的支承件后,该缺点可以克服掉。

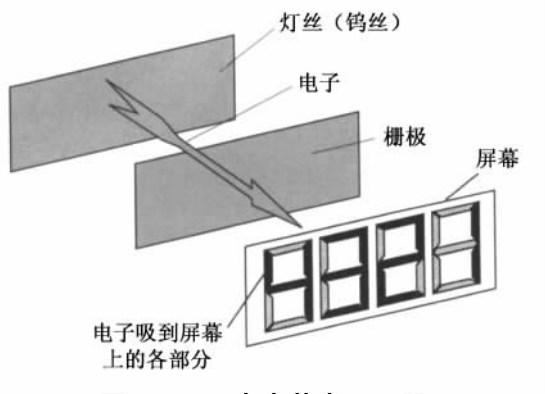


图 13.20 真空荧光显示器

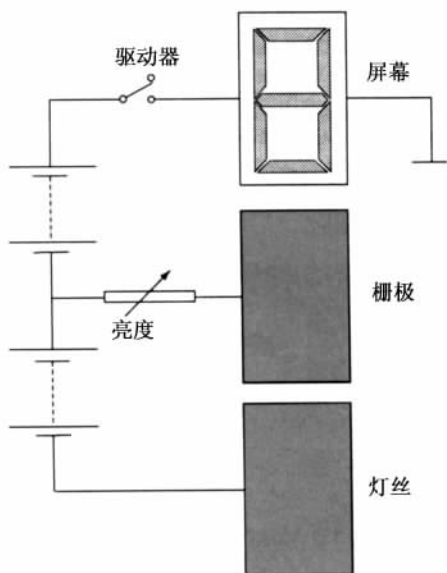


图 13.21 VFD 控制电路

### 13.3.5 前方显示器(HUD)

车用仪表或监视显示器面临的一个难题是:驾驶员需要从路面收回视线,从而读取仪表盘上信息。而且,在许多情况下,驾驶员实际上并不看显示器,这样就可能错过重要的警示信息,例如机油压力信息。这个问题可通过许多技术来解决,例如采用BP机提醒或把仪表放于永远能看到的部位,但最有新意的是采用前方显示器。前方显示器其实首先是为飞行员设计的。飞机设计者面临同样的难题,即要把100多种不同的警示设备装在飞机座舱

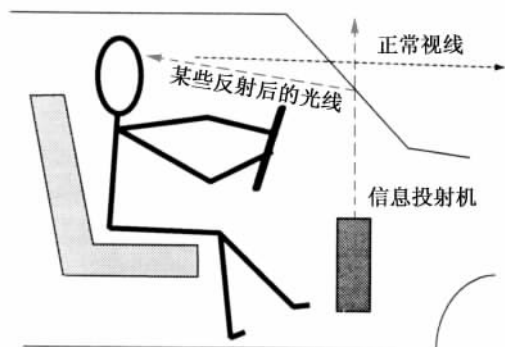


图 13.22 前方显示器的工作原理

中。图 13.22 是前方显示器的工作原理。来自显示器设备(可能是阴极射线管)上的信息,可以直接照到部分反射镜上。因而,显示在阴极射线管上的信息应当是颠倒的。在正常情况下,驾驶员能通过镜子看到路况。当然,随着外界光线情况的变化,显示器的亮度是可调的。当该系统受到电脑控制后,就能看到许多数据。

但问题是:通过这种方式应该提供哪些信息呢?车速表会显示在该显示器的下方;低油压信息也会在驾驶员前方有闪光提示;

当前方雷达测到即将发生碰撞时,也能看到提醒。现在的 HUD 系统通常只是前方可视,但通过液晶后视镜自动暗化和切断前方闪光后,它在后视方面以及盲点检测雷达上也有了很好的显示效果。

现在有人在进行一项很有趣的研究,就是想确定驾驶员在某一时间到底应该看哪里,以及及时地发现问题,同时还想确定显示器应该在什么时候投射什么信息比较合适。该技术涉及到微型摄影机,它与激光技术接合后,能反射来自驾驶员角膜的光线,并精确测定他正在看什么。自动检测仪除了在研究上有应用外,它还是生物机械研究的手段之一,它能直接监视驾驶员的体能。不久的将来,这些工具就能用于控制汽车或唤醒濒于睡眠的驾驶员。

### 13.3.6 显示技术小结

上述多数讨论涉及到某些显示设备的工作。显示所用的界面——显示面板是十分重要的。这在很大程度上归因于易读性。对于设计者,在这么多可用的技术中,当然会想到使用最先进的那种,然而,这并不是最佳的选择。在作出选择之前,先考虑一下这个问题会十分明智:到底采用哪种显示技术最合适?图 13.23 是将上述设备组合在一起的一个仪表板。

仪表板的设计取决于设计者的爱好。我发现,将汽车速度和发动机转速用数字方法显示时,我会产生一种很不舒服的感觉,甚至条纹式显示也不如用简单的模拟指针来显示好(不过,这仅仅是我个人观点)。

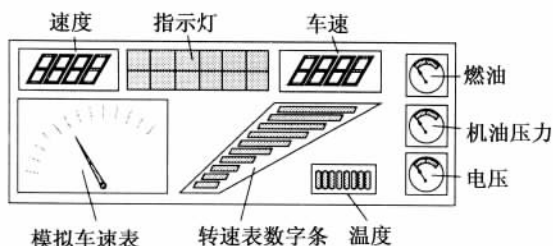


图 13.23 组合式仪表板

在仪表的布置方式方面,人们已经作了许多研究,甚至包括当驾驶员注视路面仪表板时,花多少时间才能获得所需要的信息的研究。图 13.24 是新款捷豹(Jaguar)S 型汽车上的仪表板和其他可读显示器。注意到它们是如此紧凑,以至于驾驶员根本不必一个个看就能获知所有信息。对汽车而言,美好的视觉效果也是一大卖点,但这在某些情况下往往会与良好的可读性发生冲突。



图 13.24 英国捷豹(Jaguar)S 型汽车仪表盘和显示器

## 13.4 典型实例

### 13.4.1 英国罗弗汽车气芯式温度表

图 13.25 是英国罗弗(Rover)汽车上采用的温度表,它是一个气芯式仪表,有液体阻尼,温度表上装有一个螺旋拉力弹簧,当点火开关断开时,它能使仪表读出“冷态”。燃油表与此十分相似,但当点火断开时,它保持原位不变。

当系统收到点火信号,热敏电阻器的阻值就决定通过线圈的电流。当发动机冷却剂温度低时,温度传感器的阻值就会高。这就引起  $X$  点处的电压值高于  $Y$  点处的电压值,同时也高过齐纳电压,二极管会以相反的方向导通。电流可以直接流过线圈  $A$  和线圈  $B$ ,但在电极  $R$  和二极管上也存在一条通路,有效地旁通线圈  $A$ 。这样引起线圈  $B$  的磁力大于线圈  $A$  的磁力,使磁场和指针偏向冷的一侧。当传感器的阻值随温度的不断升高而减小时, $X$  点处电压下降,减小通过线圈  $B$  的电流,使指针回升。

在正常工作温度时, $X$  点处电压恰好处于齐纳二极管的开启电压。通过线圈的电流是相同的,仪表的指针处于中间。如果冷却剂温度进一步升高,电流会沿着向前的方向流过二极管,从而增加通过线圈  $A$  的电流,这会使指针移向热侧。燃油表的工作方式也类似,只是用

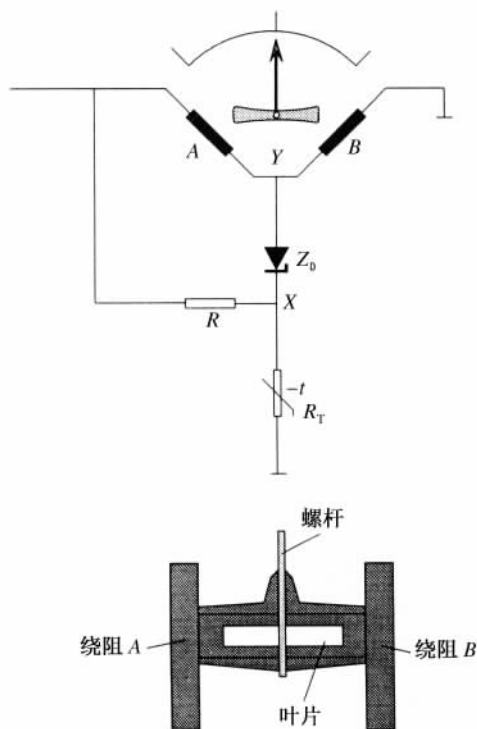


图 13.25 液体阻尼式气芯仪表



电阻代替了齐纳二极管。当读数为“正常”态时,二极管用来稳定仪表,减少恒温器带来的波动现象。

### 13.4.2 阿尔派(Alpine)电子公司的电控汽车导航系统

阿尔派导航系统是目前使用的最先进的系统之一。它的特色是具备精确的地图,且易于阅读,还能提供声音指导。该系统包含一个基本单元、一个监视器、一根天线、一个远程控制端和一个 CD-ROM 磁盘。图 13.26 为安装于车内的阿尔派导航系统。下面重点介绍一下阿尔派的特点。



图 13.26 安装于车内的阿尔派导航系统

通过一个简单的设定,你就能到达目的地。你输入地址、街道名、种类或记忆点,系统就能帮你找到目的地。目的地可通过快捷键输入设定或者直接转到常用的一些目的地,例如机场或旅馆。弹出式菜单让你通过拼写方式和记忆输入等选项利用鼠标选择目的地。输入完成后,系统根据你的指令,计算到达目的地的最佳路径。你可以选择经过高速公路还是普通街道,也可给出经过某些地点(如餐馆和加油站)和避免某些地点。如果交通堵塞,立即选用“替换路径设置”就能找出一条新路。显然,也可确定经过哪些十字路口。

阿尔派系统对目的地的选择不仅能给出“声音指导”,对显示器的选择性也更广泛。“基本方向模式”仅显示最常用的信息,这样不会分散你驾驶时的注意力。它能清楚地指明汽车的方向、距下一个岔路口的距离以及到达目的地的剩余时间,同时它还能显示下一个岔路口的方向——这在交通堵塞时极为有利。为看到更清晰情景,可选用“交叉式变焦”模式。此外,还有其他模式可供选择,例如“向北”模式或“向上”模式。图 13.27 是从屏幕上拍到的两个片断。

交叉变焦是阿尔派汽车导航系统的一个很有趣的特性,它的独特之处是更易于理解路径指导。当你到达一个岔路口时,交叉变焦能将岔路口放大,你就能准确地知道你在路途中要经过哪些拐弯处,如果错过某个岔路口,“自动复选路径”功能就能在数秒内计算出一条新路径。它工作起来如此平顺、如此快速,以至于你根本不会感觉到自己已经错过了一条路线。

阿尔派已成为世界上最成功的导航系统。它既能满足现行需要,也同样会满足未来要求。例如,如果你将夏用轮胎换成冬用轮胎,系统就需要修改。阿尔派汽车导航系统会在前面的一些里程中自动校正,并很容易地从 CD 下载新软件到内存中去,进行软件更新。

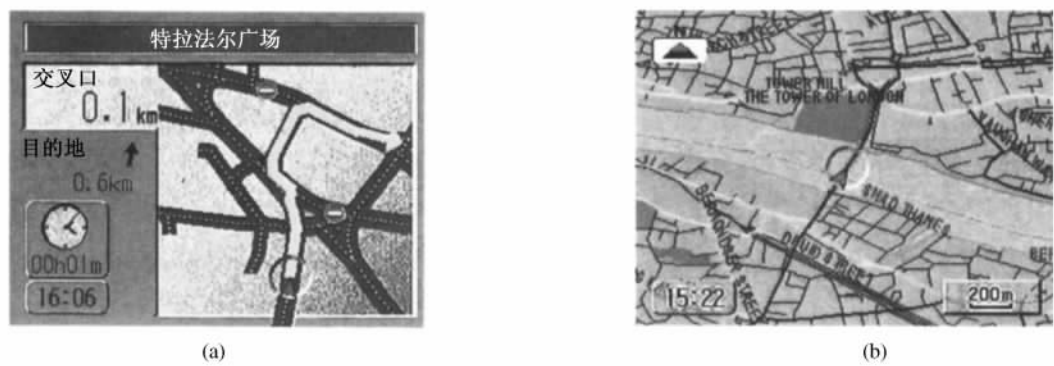


图 13.27 阿尔派汽车导航系统拍摄片断  
(a) 交叉变焦模式 (b) 自动复选路径

### 13.5 仪表系统故障诊断

#### 13.5.1 概述

同所有系统一样,必须遵守故障查找的六个阶段:

- (1) 证实故障。
- (2) 收集更多信息。
- (3) 分析线索。
- (4) 按逻辑顺序执行进一步试验。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查所有系统。

下一个部分提到的步骤主要涉及该过程的第(4)阶段。表 13.3 列出了仪表系统的一些常见症状并给出了可能的故障原因。这些故障非常普遍,该表对于仪表部分的故障检测能提供很多帮助。

表 13.3 仪表系统常见故障及可能的故障原因

| 故 障 现 象         | 故 障 原 因                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 燃油表和温度读数同时偏高或偏低 | 稳压器                                                                    |
| 仪表读数一直满/热或空/冷   | (1) 电路短路或开路<br>(2) 电线短路或开路                                             |
| 仪表系统不工作         | (1) 电线/接头/熔断丝松动或断开<br>(2) 仪表系统稳压器不工作<br>(3) 传感器单元故障<br>(4) 量表单元故障(不常见) |

13.5.2 测试步骤

热敏燃油表或温度仪表系统的检查过程一般如下：

- (1) 目测和手检(电线松动、开关松动和其他明显故障)，确保所有连线整洁紧固。
- (2) 检查是否安装了  $200\ \Omega$  的正常电阻代替温度传感器，这时仪表读数为满。
- (3) 检查油箱传感器电线是否搭铁(如搭铁，仪表读数为满)。
- (4) 检查从仪表到传感器线路的导通性，此时电阻为  $0\sim 0.5\ \Omega$ 。
- (5) 检查仪表的电源供给(在旧式系统中，脉冲电压为  $0\sim 12\text{ V}$ )，多数情况稳定在  $10\text{ V}$ 。
- (6) 如果上述测试均正常，则表明仪表头出了故障。

13.6 仪表系统理论知识

13.6.1 多路显示器

当驱动简易七段数字显示器时，至少需要 8 根电线、1 根电源线和 7 根搭铁线(每段各 1 根)，这还未包含用于其他目的的辅助接线，例如用于后视光线或亮度等方面的连线。若要显示 3 个七段数字单元，则需要多达 30 根连线。

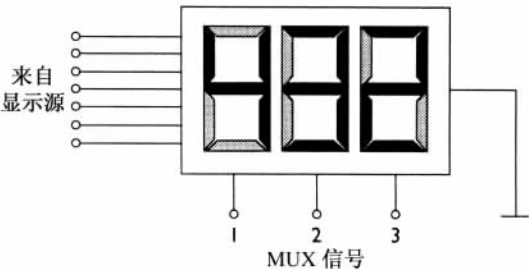


图 13.28 采用时间分配多路技术后，各显示单元仅会在它自己那小段时间内点亮

要减少连线数目，可采用时间分配多路技术。这意味着各显示器仅会在它自己的那小段时间内被点亮。从图 13.28 中可以看到，当适当的数据传到 7 根输入线上时，如果底部连线也接通，则仅有一个七段数字显示器起作用。这是按顺序一个个来的， $1\text{ s}$  中可完成数千次，人眼根本看不到闪烁。

多路技术在某些系统上发展得更深远一些，它们可以让数字控制器完成整个数据或信号的处理过程，图 13.29 是其方框图。该技术称为数据采样。在各自的小段时

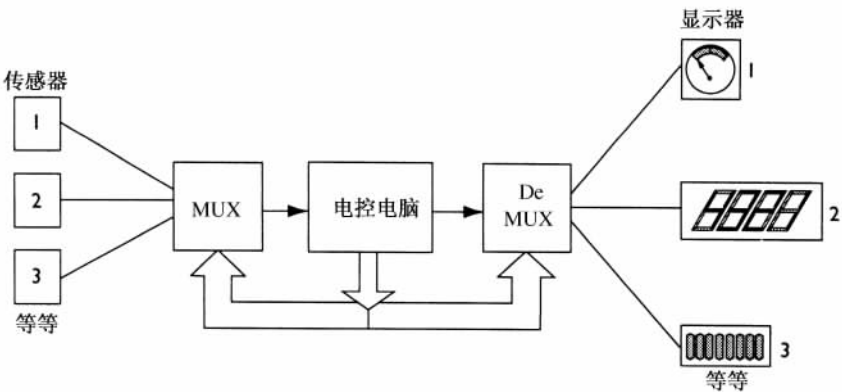


图 13.29 某些仪表系统深层次发展的多路技术方框图

间内,电控单元按顺序采取各输入值,并以适合所用显示设备的形式输出给显示器,电控单元包含许多 A/D 和 D/A 转换器,它们在适当情况下也可能采用多路技术。

### 13.6.2 量化

当模拟信号换成数字信号时,就发生了一个叫量化的过程,这也可称为数字解码。数字解码将所有的数据转化成二进制形式,这样数据就可按计算机需要的那样进行加工处理、存储、传递和解码。

模拟信号的值会平滑地从 0 变化到最大值。这个无穷变化量会通过量化过程转换成一系列介于 0~1 之间的离散值,从 0 到最大值间被分成一系列离散段或是量化水平,离散段的数目取决于数字处理器能够处理的字长。在 8 位字长系统中,该范围被分为 256 段( $2^8$ ),即从  $00000000_2$  到  $11111111_2$ ,为确保采样值的准确性,数字采样过程的频率至少为模拟信号频率的两倍。

量化会为该过程引入“误差”,因为每个值均是近似于量化水平值,量化水平越多,处理过程越精确。显然可见,增长精确性涉及到采用更多的位数,就要定义更多的水平。

## 13.7 仪表系统的新技术

### 13.7.1 概述

在未来的许多汽车系统中,仪表系统还有许多发展空间。随着汽车系统计算机技术的不断提高,拥有更多的功能已成为现实,尤其是采用了功能更强大的处理器后,一些备用功能已经实现。这使得系统得以展现其智能性,仅在特定时间显示相关信息,例如,当发动机冷却剂温度正常时,就不必显示读数。同样当汽车显示出里程时,油箱中油量就不是那么重要了,所以就不必显示出来。

仪表系统还能够进行计算机编程,在适当时间中断正在显示的信息而显示别的信息,例如,可能显示“路程仅剩 50 km”、“后轮胎胎压在下降”或“是不是迷路了?”上述信息是凭着设计人员的丰富想像力而编入程序中的。

### 13.7.2 全息摄影术

全息摄影图像是原来物体的三维图。它通过将激光照入物体中获得,这些光生成一幅干扰图案,能存储在面板上或投影到特制屏幕上,目前利用全息摄影术提高夜间行驶安全性的研究正在进行中,来自红外线摄影机的信息经过加工之后,就能将这一优化了的全息摄影图像投影到汽车前窗玻璃上。

### 13.7.3 远程信息学

这里提供的信息是由英国一家汽车协会(AA)供给的。很难确定“远程信息学”是否应该在仪表系统这部分出现,还是在其他地方出现。

汽车在我们的生活中占有很重要的地位。在过去 50 年中,汽车的数量已增长了近 10 倍,到 2030 年,估计其数量还会增长 60%。目前,个人交通费用已经很高、交通堵塞严重,

解决节省燃油和保护环境的技术目前已趋成熟。

第一代远程信息服务已经可行或者正在发展,它们包括:

- (1) 基于声音的道路助手,紧急调度,交通信息服务和路线建议。
- (2) 旅行向导,风景名胜,旅行信息。
- (3) 卫星监控的汽车盗窃跟踪。
- (4) 车内无线电数据系统(RDS)和最新开发的 RDS-TMC(交通信息频道)。

即使我们能准确定位出像加油站那样具体的位置。但近 1/5 的驾驶时间仍用于在陌生的环境寻找目的地。

在汽车中安装一个小型远程信息控制单元就可将信息服务发展到一个新领域,它融合了通讯技术和计算机技术,该单元与一个接收机连接,接收机时刻采集来自卫星的数据,并计算出汽车的方位。那些数据与其他信息一起被送往远程信息中心,然后,中心发出的信息就能指派巡逻车到救援处。将发动机管理系统接入远程信息单元后,服务中心还能使用诊断程序诊断机械故障或电子故障。

作为欧洲交通信息广播台,英国汽车协会在欧洲共同体 9 个独立交通研究所中起领导作用,它开发出的实时交通管理系统用于监测汽车工况并对机械故障提前进行警告。在不久的未来,它还能提供更多、更重要的新服务,主要的如下:

- (1) 交通信息。给出驾驶员到达目的地的最佳方案,同时给出路况信息。
- (2) 路径向导。对指定目的地,服务中心在考虑途中路况后,能算出最佳路径,并将该路径显示在汽车仪表板上。
- (3) 无线电数据交通信息频道(RDS-TMC)。这是对交通信息进行编码,以次载波的形式在国家无线频道连续进行播放,数据每 20 s 更新一次,当驾驶员收到信息后,他们可以精确地进行选择,甚至可具体到旅途中的一条道路。
- (4) 汽车跟踪。这是一种跟踪技术,能获知其方位并追踪被盗车辆。
- (5) 遥控技术。这是可以遥控汽车的锁死、开启或固定的技术。在停车场中,遥控器甚至可以点亮车灯,帮你明确汽车的方位。
- (6) 紧急调度。车内紧急钮能警觉紧急事件并给出该事件的方位。同样地,该服务也能被汽车传感器自动感知并启动安全气囊。
- (7) 远程汽车诊断。当你的汽车快要出故障时,远程信息系统就能预知,并能调度你附近的巡逻车,及时进行救援。
- (8) 流动汽车数据。每个安装了远程信息单元的汽车都能自动维护交通顺畅,同时不断向服务中心提供自身的交通情况。然后,该交通情况数据经评价后,就会反馈到快接近该区域的驾驶员那里,避免可能的交通堵塞。

(该资料来自于英国汽车协会,1998 年)

## 13.8 练习

### 13.8.1 思考题

1. 说出热敏式仪表的主要优点。

2. 绘出热敏式燃油表电路的草图。
3. 移动铁芯式仪表和空气芯式仪表为什么不需要电压稳压器？
4. 给“驾驶信息”下定义。
5. 为什么要将数字显示器多路化？
6. 绘出灯泡出故障时系统的电路图并描述其工作过程。
7. 列出行程电脑的五个典型输出量,如何获得它们所需的输入量？
8. 绘出前照灯显示器(HUD)草图并简述其工作过程。
9. 解释空气芯式燃油仪表的工作过程。
10. 什么是“远程信息系统”？

### 13.8.2 课程论文

设计一个汽车仪表盘。选择你想要的某种显示技术,但要说出你选择的理由。请考虑下列关键因素:易读性、精确性、经济性和美观性。

# 14 空调系统

## 14.1 供热和通风

### 14.1.1 概述

最早电热装置是把一些吸热材料塞入一副手套里,然后连入汽车电路系统,通电加热后就像小的电炉一样,但这种方法容易产生短路。

汽车内部的供热系统的发展是一个漫长的过程,空调的引入是一个巨大的进步。我们现在享受的舒适的空调系统最初并不被看好。但是随着汽车电子技术的发展,空调系统从传统的鼓风机发展成为具有先进的温度自动调节和车内环境控制的系统。

供热和通风系统应满足如下功能要求:

- (1) 车内温度可调。
- (2) 制热迅速。
- (3) 热量传递均匀。
- (4) 进气噪音小。
- (5) 操作简单方便。

以上要求并不全面,但对供热和通风系统来说是最基本的要求。通常,系统越复杂、功能越强大,成本也会越高。

下面以简单的通风系统到全自动空调为例,讲述一些解决上述问题的方法。图 14.1 说明了车内舒适温度与车外温度的关系。

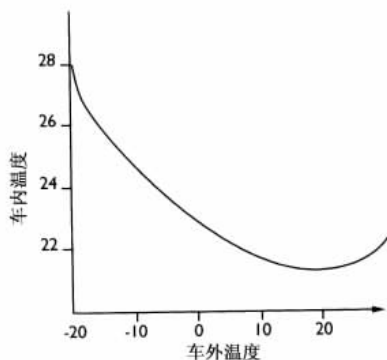


图 14.1 车内温度与车外温度的变化关系

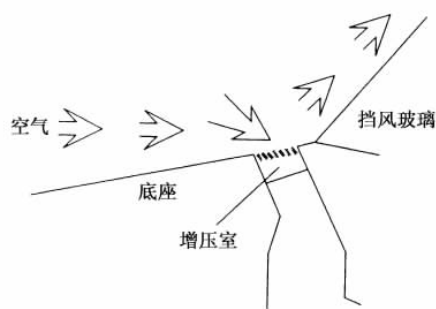


图 14.2 增压室效果示意图

### 14.1.2 通风

要让车外新鲜空气进入车厢内循环,必须有一定的压力差,一般通过增压室来实现。增压室内的空气压力高于周围空气的压力。汽车的增压室一般位于挡风玻璃下面、发动机盖

的后面。当汽车运动时,产生较高的压力。图 14.2 为增压室效果示意图。位置安排合理的风门和排水口能防止水进入。

在主进气通道上,通过控制风门开度的大小使进气量符合需求,并安装一个转速可调的鼓风机。图 14.3 为一种典型的通风与供热系统。

当有额外的空气被吸入车厢,如果没有出风口,车厢内的压力会增加,大部分汽车在后车窗或车门两侧设计了出风口。

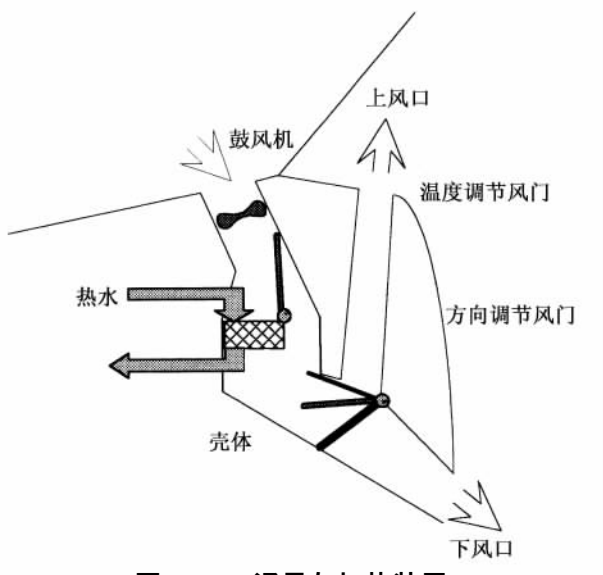


图 14.3 通风与加热装置

### 14.1.3 供热系统——水冷发动机

以发动机冷却水为热源,把冷却水引入车厢内的热交换器,再用鼓风机将冷空气吹过热交换器,带走热量,使车厢内空气升温。由于发动机冷却系统的恒温器(节温器)的作用,冷却液温度保持稳定。热交换器传递给空气的热量的多少主要取决于车外空气的温度和空气流动的速率。当然,在有些控制方式中,需要计算具体所需热交换能量(如果可能),如现代汽车的空气混合技术,只要简单地通过控制风门来控制流经热交换器后进入车厢的空气量就可以控制热交换量。这种系统最大的缺点是随着汽车速度的变化,空气流量也将变化。有些系统是通过设置一个阀门来控制加热冷空气的流量来解决这个问题的。

通过一系列安排适当的风门的配合,我们可以有效调节车厢内的温度。通常,调节后的热空气在挡风玻璃里面到驾驶员或乘客脚下的出风口被吹入车厢内,许多汽车在驾驶员和前排乘客侧窗上也有一些小的热空气出风口。一般汽车上也设计有定向的新鲜冷空气出风口。

汽车上设有新鲜空气和内部循环空气的选择装置,可以使汽车玻璃除霜或除雾功能加快,使车厢内温度升高更快,另外,在交通堵塞时,可以避免污染的空气进入车厢。

### 14.1.4 鼓风机

用于气流加速的鼓风机是简单的双刷永磁式电机,风扇一般采用离心式的,叶片一般也

安装得不对称,目的是减小共振产生的噪音。

图 14.4 是一个典型的风扇与电机布置示意图。改变电压可控制电机转速,这是通过改变接入电路电阻值的大小来实现的。由于连入电路的电阻可以线性变化,风扇转速可任意调节。一般汽车上的鼓风机有 3~4 个转速等级。

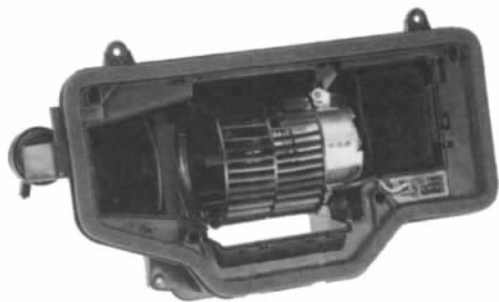


图 14.4 空调鼓风机

图 14.5 是一个典型的三速鼓风机控制系统的电路图。电阻器一般采用滑线电阻并



安装在有气流的地方,以防止过热。电阻器的最低阻值在  $1\ \Omega$  左右。

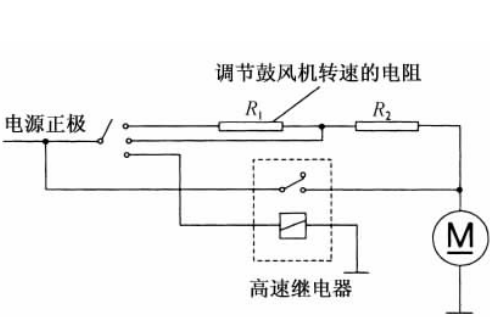


图 14.5 三速鼓风机控制系统电路图

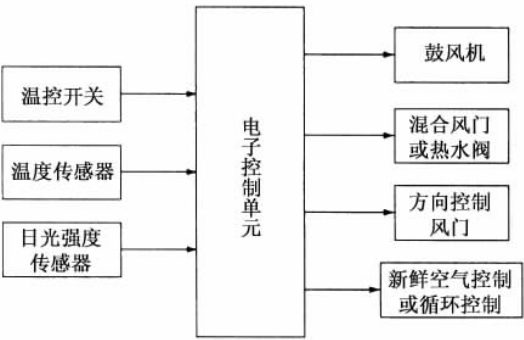


图 14.6 电子控制加热系统框图

14.1.5 电子供热控制系统

一般有电子供热系统的汽车,也安装有空调系统,在下一节我们将重点介绍空调系统。为了使我们更容易掌握这一复杂系统,我们将对其进行简要介绍。图 14.6 是电控汽车供热系统的简图。

电子供热控制系统由鼓风机、温度风门、方向风门、选择新鲜空气或车内循环空气的风门等部件组成。一般在汽车适当位置安装有一个或多个温度传感器向 ECU 传递信息,ECU 对这些信息产生反馈并调整系统至最佳状态,这是一个简单的闭环控制系统,主要通过温度比较来实现闭环控制。ECU 根据温度控制开关的设定温度以及传感器提供的信息来决定向车厢内供热还是制冷。

14.2 空调

14.2.1 概述

装有空调的汽车能将车厢内温度调节到理想或非常舒适状态,这主要取决于周围的环境。空调系统除了采用标准的供热和通风设备外,还要增加一个蒸发器。

空调能通过手动或手动和自动相结合的方式来控制。空调在某种程度上也可以被看作是冰箱或热交换器,车厢内的热量被转到车外空气中。

14.2.2 制冷原理

要掌握制冷原理,下面的术语和定义很重要:

- (1) 热是一种能量。
- (2) 温度表示一个物体所含热量的多少。
- (3) 热量只能从高温物体传递到低温物体。
- (4) 热量的单位是焦耳。
- (5) 4.18 焦耳热量就是使 1 kg 冷却液温度升高  $1^{\circ}\text{C}$  所需的热量。

(6) 状态变化用来描述从固态到液态,从液态到气态,从气态到液态,从液态到固态等变化的术语。

(7) 蒸发是用来描述从液态到气态的变化过程。

(8) 冷却是用来描述从气态到液态的变化过程。

(9) 潜热是用来描述液体蒸发时,不改变温度而发生物态变化,克服分子引力吸收的能量;或冷凝时不改变温度而发生的物态变化,产生分子引力所释放的能量。

制冷剂状态变化时的潜热是空调的关键。举一个简单的例子,如果滴一滴酒精在手上会感觉到很凉,这是因为酒精挥发(蒸发)时带走了皮肤表面的热量,这个过程常常被认为是蒸发而不是冷却。

目前,空调系统采用 R134A 作为制冷剂,这种物质在  $-26.3^{\circ}\text{C}$  时开始蒸发(沸点),R134A 以水碳氟化合物(HFC)为主而不是氯碳氟化合物(CFC),因为以 CFC 为主的制冷剂容易破坏大气层中的臭氧,新型制冷剂 R134A 与旧的制冷系统是不相容的(即不可互换)。

认识到低压制冷将产生较低的温度,高压制冷产生较高的温度,这对于制冷来说也很关键。图 14.7 是空调制冷系统的原理图。蒸发器一般安装于汽车内部,冷凝器则安装在有强大气流的汽车外部,压缩机一般由发动机驱动。

压缩机运转时将使其吸气口处的压力下降,并使蒸发器中的冷却剂蒸发,从而吸收车厢内空气的热量,使车内温度降低,压缩机出口(高压部分)连接着冷凝器,高压使制冷剂液化,从而把状态变化时吸收的热量释放到汽车外部的空气中。

为了更好地实现制冷效果,还需一些其他的部件,这将在以下逐一介绍,图 14.8 中标出了空调系统的一些基础元件。

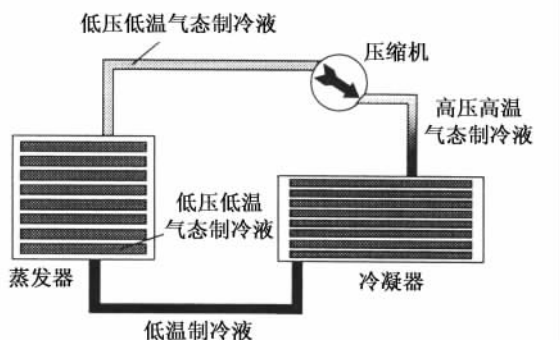


图 14.7 空调系统制冷循环图

### 14.2.3 空调系统的工作过程

空调系统的工作是一个不断循环的过程。蒸发器中虽然压力低,但制冷剂蒸发器中吸热变为气态,再通过压缩机将这些高压蒸气送入冷凝器,此时,气态制冷剂的温度远远高于周围的空气温度使它容易利用冷凝器翅片向外界空气散热并变成液态制冷剂。

高压液态制冷剂紧接着被送到一个储液干燥器,通过其内部的干燥剂除去污染制冷剂的潮气,再经过一个调节制冷剂流量和温度的膨胀阀变为低温低压液态制冷剂,膨胀阀是制冷系统用来控制制冷剂流量和所需制冷量的重要元件。当制冷剂在蒸发器中从液态又变为气态时,利用蒸发潜热从周围空气中吸收热量,冷却经过蒸发器的空气,最后低压蒸发被吸入压缩机,又开始下一个循环。图 14.9 是其循环过程示意图。

当冷却液温度超过某一限度时,冷却风扇能立即改变到相应转速。

大多数空调系统高压侧都装有一个安全开关,当系统有故障使压力过高或发生泄漏导致压力过低时,为了保护压缩机,系统会让压缩机停止运转。

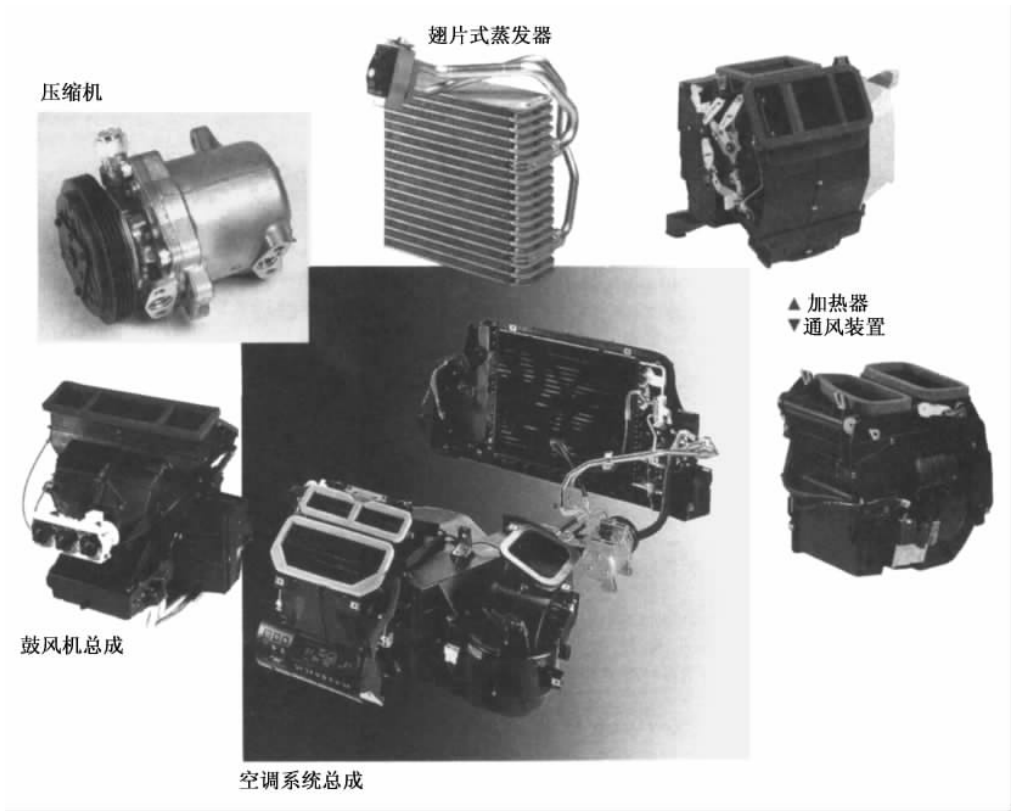


图 14.8 制冷和加热系统组成

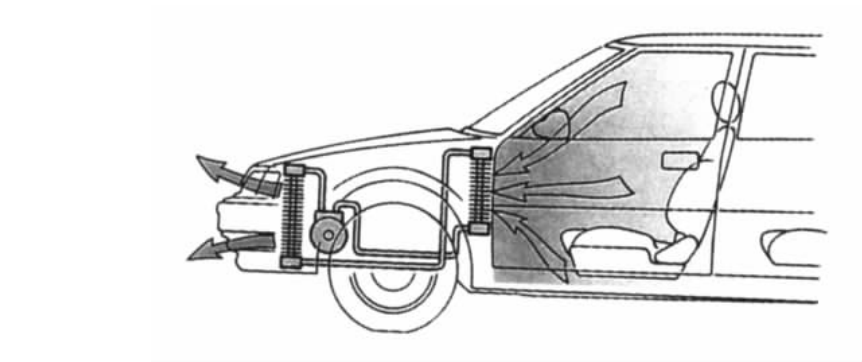


图 14.9 空调系统的工作过程

14.2.4 温度自动控制

温度自动控制系统能按照乘员输入的数据提供舒适的车内温度。ECU 能对风扇转速、空气的分配、空气的温度、新鲜或内循环空气和空调压缩机等进行自动控制,如果采用相应的传感器,系统能自动地除霜或除雾。

空调电子控制系统中,有许多传感器向 ECU 提供输入信号,这些传感器主要如下:

(1) 车外温度传感器。安装在汽车外部,ECU 将根据车外温度的各种变化对空调工作进行相应调节,车外温度传感器通常为一个热敏电阻。

(2) 阳光辐射传感器。是一个安装在汽车仪表盘内的光电三极管,用来测量阳光辐射。ECU 通过阳光辐射情况来决定是否增加空调的出风量。

(3) 车内温度传感器。也是一个热敏电阻,但精度较高。通常采用一个小的电机和风扇对车内空气进行取样,并通过传感器获取车内温度信息。

(4) 冷却液温度传感器。用来提供热交换器中冷却液温度信号,以防止出现冷却液温度过低,不能提供足够热量的情况。

(5) 空调开关信号。

ECU 利用上述传感器输入的信号,通过内部软件进行计算,获得最优工作状态,指令真空伺服电机或电机实现对风门开度的控制,主鼓风机由一个大功率三极管控制并不断作出调整。这样空调系统就能够在环境温度为 $-10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时提供舒适的车内温度,即使在强光辐射下也能如此。

## 14.3 其他供热系统

### 14.3.1 座椅供热装置

座椅供热装置很简单,就是在座椅下安装一个供热单元,并以一个开关来控制其加工程度,当然实际的设计比上面所说的要复杂得多。

座椅供热装置必须符合以下标准:

- (1) 供热装置只需提供人体所需的热量。
- (2) 热量只在主要接触部位供给。
- (3) 对于皮革座椅和纺织物座椅,由于它们保暖特性不同,必须采用不同的供热系统。
- (4) 供热装置的安装必须与座椅相协调。
- (5) 供热装置必须经过严格的检测,如扭曲、碰撞、冲击检测等。

图 14.10 展示了一种内含供热装置的座椅。为了使乘员(包括驾驶员)坐得舒服,必须通过严格的测试选出最好的供热装置并安装到最佳位置。许多测试中采用新设计的带有传感器的假人来测定温度和热量的流动。



图 14.10 座椅供热装置

用于供热装置的加热丝采用的是铜合金材料,为了满足使用要求,这种加热丝一般要镀锡或绝缘。这些供热装置被分割成许多薄片,并在层与层之间用泡沫状物质黏结起来。

传统的控制加热温度的方法是采用一个恒温开关,最近的发展趋向于采用电子控制和恒温器相结合,座椅供热装置的主要供应商 Scandlhec 公司开发了一款电控座椅供热系统,它由压力按钮开关、分压器、定时断电器、短路开路探测器等组成,能更精确地进行温度调节。当供热装置开始工作后,2 min 内就感到温暖,3 min 内达到设定的温度。

14.3.2 风窗玻璃加热装置

后风窗玻璃加热装置的电路图如图 14.11 所示。加热装置由一组嵌入玻璃中的细金属线组成。当电流经过金属线时,玻璃被加热而除霜或除雾。这个回路中通过的电流通常为

5~15 A。所以回路中有一个定时继电器以防止加热时间过长,定时继电器将在 10~15 min 后自动断开。供热装置主要对后窗玻璃的主要部分加热,剩余部分由后窗雨刮器除霜或除雾(如果有后窗雨刮器)。

前挡风玻璃供热装置已经被许多汽车采用,它比后窗玻璃加热更为复杂,因为通过挡风玻璃的视线不能模糊。前挡风玻璃供热装置来源于飞机制造行业,就是将一些

细金属线嵌入玻璃中,这套装置需要消耗大量电能,必须采用一个定时继电器。

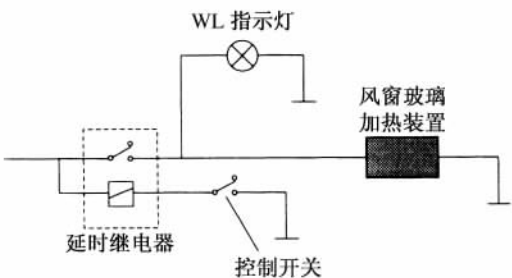


图 14.11 风窗玻璃加热装置

14.4 典型实例

英国罗弗(Rover)汽车空调系统

英国罗弗(Rover)汽车空调系统主要部件如图 14.12 所示。

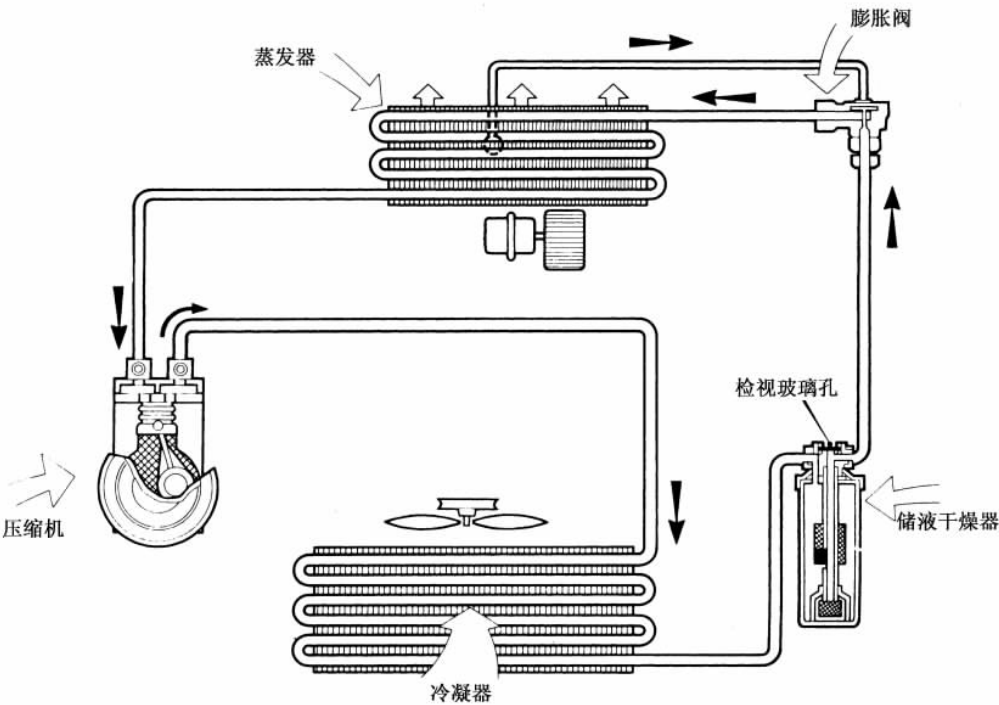


图 14.12 汽车空调系统主要部件分布图(英国罗弗汽车)

压缩机和发动机之间通过皮带传动,如图 14.13 所示。压缩机为簧片阀式往复活塞压缩机。开始时,活塞运动吸气,进气阀打开,制冷剂被吸入汽缸,此时由于压力的作用,出气阀关闭。当活塞开始增压时,进气阀关闭,出气阀打开。压缩机的工作由一个电磁离合器控制,而电磁离合器可以通过手动控制或电子控制,这取决于空调系统的类型。

图 14.14 为一冷凝器,安装于汽车散热器前面,与散热器结构相似,且完成相同的功能,热量通过铝管和翅片散发到周围的空气中,经过一个热对流过程传递。气流由撞击效应产生,在需要时由风扇作为补充。

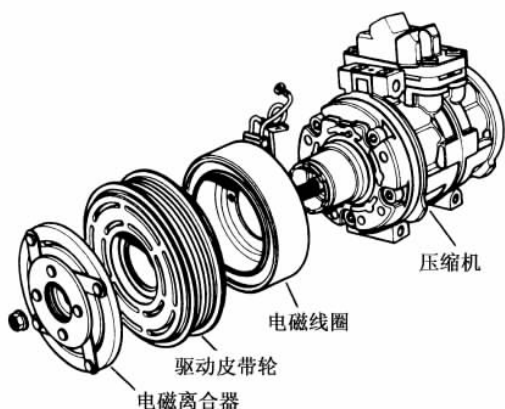


图 14.13 空调压缩机

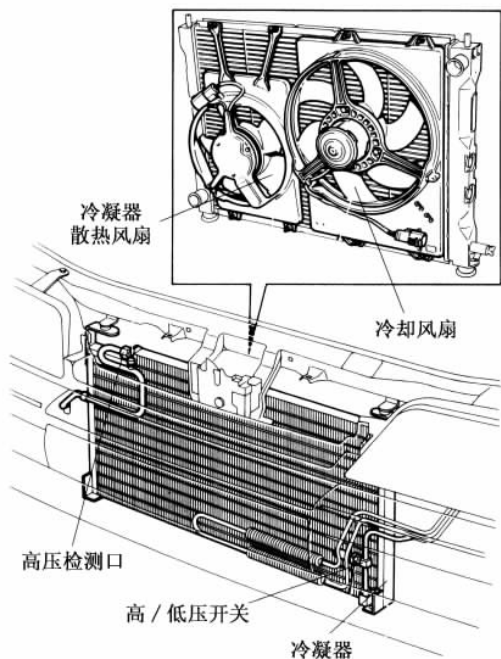


图 14.14 冷凝器

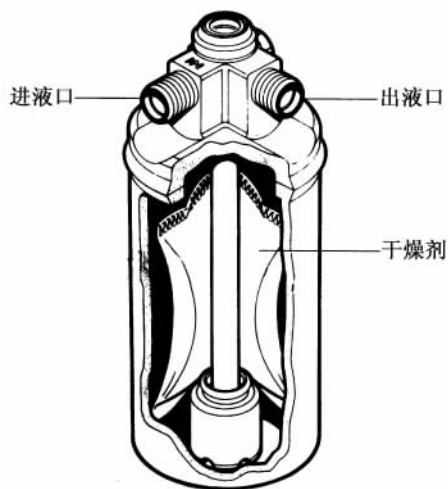


图 14.15 贮液干燥器

图 14.15 是贮液干燥器的结构图,安装在冷凝器和膨胀阀之间的高压管道上,贮液干燥器有四种功用:

- (1) 贮液器用来保存制冷剂以备需要时使用。
- (2) 过滤器起防止污染物进入循环系统的作用。
- (3) 蒸汽必须保留在贮液干燥器中,防止变为液态。
- (4) 干燥剂对系统有除湿作用。

用于 R134A 制冷剂的干燥剂是沸石,若空调系统被拆卸检修,应同时更换干燥剂。

安装在贮液干燥器中的玻璃检查窗是用来观察制冷剂的状态和空调系统的工作情况

的,如果空调系统工作正常,制冷剂看上去十分清澈。

图 14.16 为蒸发器结构图,从此图中可以看到热力膨胀阀,它主要有两个功能:

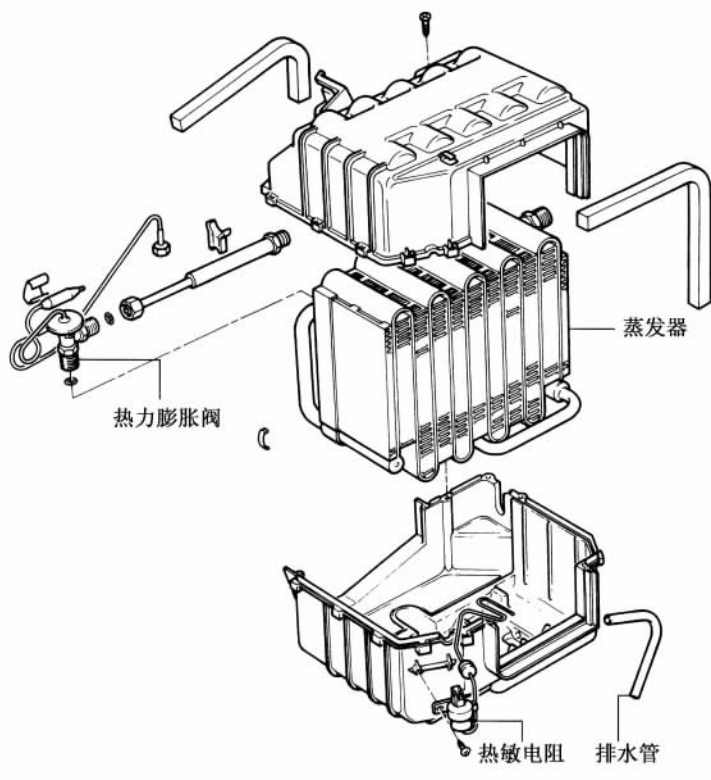


图 14.16 蒸发器和热力膨胀阀

- (1) 按系统的要求控制制冷剂流量。
- (2) 降低蒸发器中制冷剂的压力。

热力膨胀阀是一个简单的弹簧球阀,有一个膜片连接到弹簧上,通过一种对温度比较敏感的气体如二氧化碳作用在膜片上。气体被充入由毛细管和感温包组成的密闭系统中。感温包可靠地贴在蒸发器上,当蒸发器温度上升时,感温包内的气体膨胀,作用在膜片上使球阀打开,冷却剂流量增大;反之,气体收缩,球阀关闭。通过这种方式,控制制冷剂的流量,同时蒸发器的温度也随各种气流条件变化而变化。

蒸发器在结构上与冷凝器类似,都设计了翅片以加快热量传递。蒸发器安装于汽车前挡风玻璃下方,是供热和通风系统的重要部件。在蒸发器中,制冷剂由液态变为气态,冷却流经蒸发器的空气,同时还起到除湿作用。因为水蒸气凝结在翅片上,然后被排走,这就像在一块冰冷的玻璃上哈气。蒸发器中安装有一热敏电阻来检测温度,如果温度降低到  $3\sim 4^{\circ}\text{C}$  以下,压缩机将停止工作以防止蒸发器翅片上的水结冰,如果蒸发器表面结冰将会隔断进行热交换的气流。

图 14.17 为空调系统电路图,下面几点值得注意:

(1) 空调 ECU 与发动机 ECU 是相互联系的,当发动机需要大功率时,空调压缩机会自动停止工作,以便发动机达到理想工作状态。

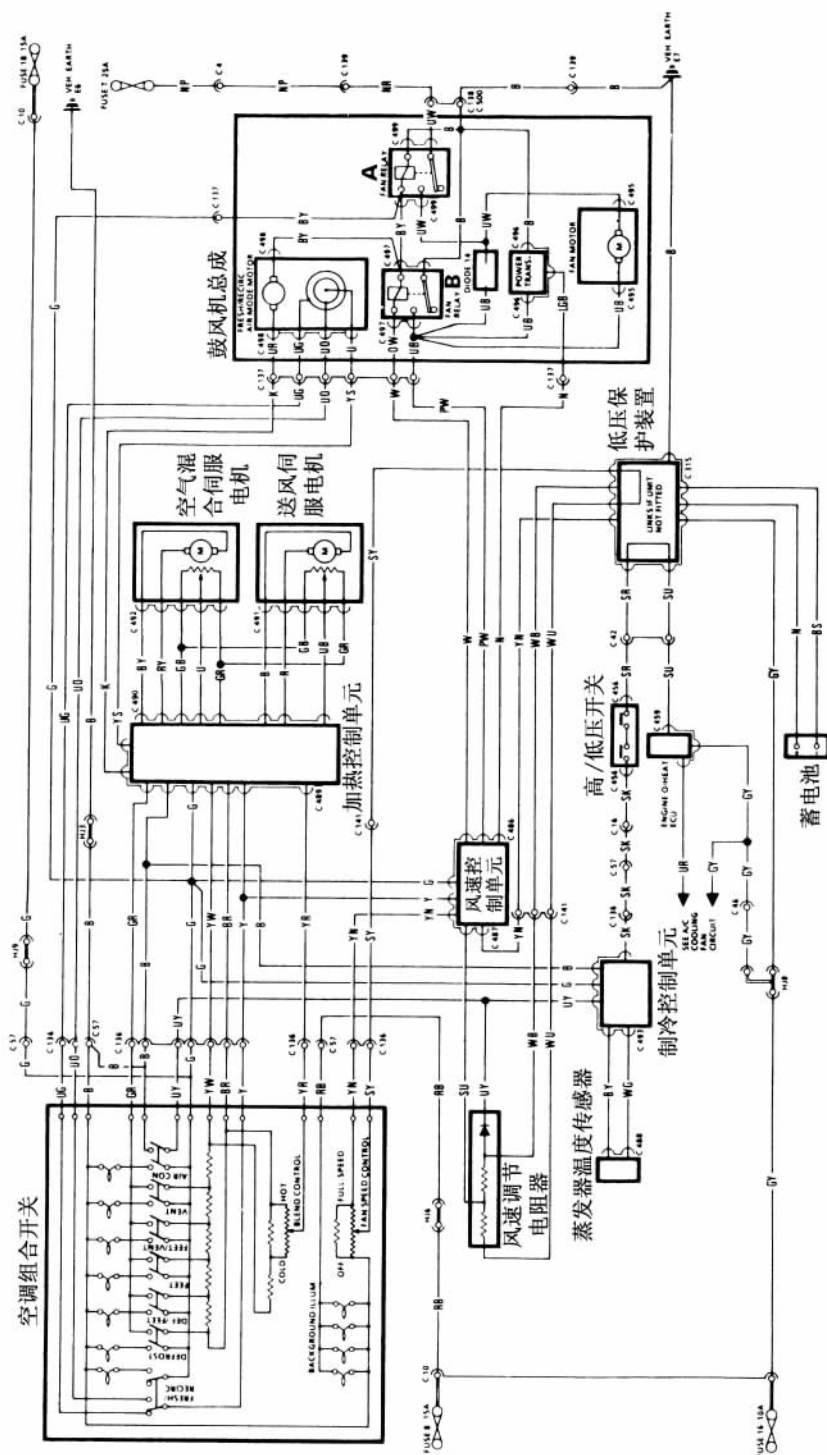


图 14.17 空调系统电路图



- (2) 采用双冷却风扇冷却冷凝器,冷却风扇是通过继电器以慢速或者高速两种不同速度运转。
- (3) 采用了许多安全措施,例如高/低压保护开关。

14.5 空调系统故障诊断

14.5.1 概述

与其他系统的故障诊断一样,空调系统的故障诊断有以下六个步骤:

- (1) 核实故障。
- (2) 进一步检查。
- (3) 明确故障存在。
- (4) 按逻辑顺序深入检测。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查整个系统。

表 14.1 列出了空调系统的一些常见故障现象及其故障原因,仅供参考。

表 14.1 空调系统常见故障现象及其故障原因

| 故 障 现 象                        | 故 障 原 因                              |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 压缩机停止工作后,压力突然下降到195 kPa,然后慢慢下降 | 系统中有空气,如果从观察窗中没有看到气泡且冷凝器有水时,可能是制冷剂过多 |
| 高压侧压力均过低                       | 压缩机损坏,如果观察窗中看到气泡,则制冷剂不足              |
| 压缩机泵出制冷剂的温度比正常值低               | 蒸发器结冰                                |
| 低压侧压力均过高                       | 高压阀损坏、冷却剂过量或膨胀阀打开时间过长                |
| 高、低压侧压力均过高                     | 制冷过量、风扇故障或翅片堵塞导致冷凝器工作不良              |
| 高、低压侧压力均过低                     | 管道阻塞或扭曲                              |
| 冷却剂泄漏                          | 管道连接处或密封处有油渍                         |

14.5.2 检测程序

除非经过严格培训并有合适的工具,否则不要打开空调制冷系统管路。空调系统常规检测程序如下:

- (1) 目视检查。观察系统中是否有电线/开关松动或其他明显问题,连接处是否干净和可靠。
- (2) 检测系统压力。
- (3) 检测压缩机出口温度。
- (4) 通过干燥器上检视窗观察空调系统工作情况。
- (5) 如有故障,参考表 14.1 进行排除。

## 14.6 空调系统理论知识

### 14.6.1 热量传递

这里介绍几个有关热量传递的重要术语。

#### (1) 对流

热量的传递包括流体的运动,与热源接触的空气温度升高,产生膨胀并上升,而冷空气会下降取代其位置,从而形成对流。

#### (2) 传导

热通过物质传递,但并不需要物质本身运动,热能所有物质中以分子运动的形式传递,并以机械振动方式从一个分子传递到另一个分子,如金属就是热的良好导体,物质中的自由电子高速旋转带走热量。

#### (3) 辐射

在物理上,辐射指以微粒或波的形式散发热能。如热、光、 $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子。

当设计一个供热制冷系统时,我们通过计算可以知道所需供热或制冷效果,下面是一个主要的热量传递公式。例如,计算经过一个玻璃窗后热能损失,公式如下:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = -\frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{kA}}$$

式中, $\Delta Q$  为热能; $\Delta T$  为温度; $\Delta t$  为时间; $\Delta x$  为材料的厚度或距离; $k$  为材料热传导系数; $A$  为横截面积; $\Delta Q/\Delta t$  为热传递。

### 14.6.2 转子效应

鼓风机电机和其他的电机一样,由于电刷的位置关系只能单向运转,电机在运转过程中像发电机一样会产生一个反向电动势,电机电刷必须安装在整流器周围,否则转子反转会使整流器一个接一个短路,所以转子旋转产生的反向电动势没有必要存在。

如果有反向电动势存在,短路时产生大电流,电刷处会出现火花,这就是通常所说的转子效应。为了解决这个问题,把电刷从几何中轴移到电磁中轴。这是由于转子中有电流产生时,会形成磁场,并影响主磁场使它扭曲,如图 14.18 所示,这种现象在早期的发电机中被用来控制输出。

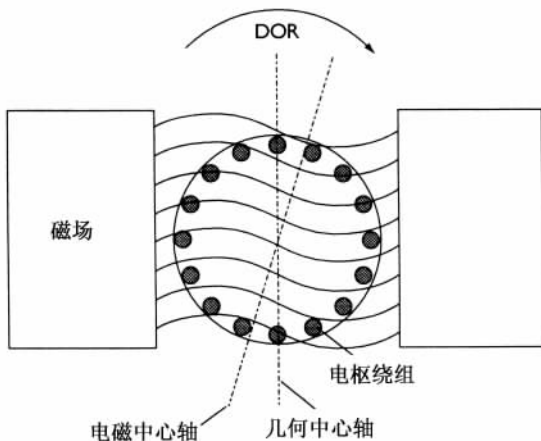


图 14.18 转子效应

## 14.7 温度控制系统新技术

### 电力驱动空调

电力驱动空调有以下一些优点:

- (1) 密封的组合电机与泵。
- (2) 压缩机更小、重量更轻。
- (3) 安装位置任意,无需皮带驱动。
- (4) 在任何发动机转速下都能充分制冷。
- (5) 可精确调控。

电力驱动空调电机的输出功率取决于电力驱动空调的制冷能力、工作效率以及临界工作温度,所有这些参数都根据汽车运转情况的不同而变化,无刷电机正在投入使用。下面几种测试用于评价电机的最大输出功率。

#### 1. 交通严重堵塞时应间歇运转

交通严重堵塞时,压缩机泵出压力高,容易使电机过载,为防止出现这种问题,怠速时新鲜空气必须被限制流通以减小蒸发器负荷。如果可能,冷凝器风扇置于超速运转状态,电机必须低速间歇工作,以免电机以最大功率工作。

#### 2. 高温环境工作时应降低功率

这个测试是将汽车置于强烈阳光照射的环境中,直至车厢内温度达到  $65^{\circ}\text{C}$ ,然后让汽车以  $50\text{ km/h}$  速度运行,空调和风扇置于最大水平状态运行。在试验中,电动空调只要以一半功率状态运行,则车内温度就能很快降到可接受的程度。

#### 3. 巡航行驶时能全部吸入新鲜空气

在这种条件下,要求空调在吸入相当量的外部空气时能维持舒适的车内温度,这取决于空调的功率,相应地要求增加电机的尺寸及采用电子驱动。对于普通空调, $3.75\text{ kW}$  的电机一般能胜任此工作,但大约  $70\%$  的能量用于调节新鲜空气的温度。电力驱动空调系统高速运转时,能减小或排除新鲜空气的影响,故能相应减小空调尺寸。

专家进行了一系列计算机仿真实验,以探索所需电机的最小功率。吸入  $25\%$  新鲜空气的两级循环系统,对电机的功率要求为  $1.5\text{ kW}$ ,而采用高性能压缩机的传统空调需要  $1.5\text{ kW}$  负荷,所以  $1.5\text{ kW}$  电机对自动空调来说是最佳选择。

电机与电子元件的成本大大影响了电力驱动空调的发展,随着电机功率的增加,成本也显著地增加。目前技术人员正在研究开发更高效空调系统,如果成功的话, $1.5\text{ kW}$  的自动空调将取代现有的空调。

当密封良好的自动空调采用无刷电机时,系统的工作效率有望达到  $85\%\sim 90\%$ ,也就是说自动空调以最大功率制冷时,功率只需  $1.7\text{ kW}$ 。

电力驱动空调的研究仍在继续,像其他事物的发展一样,高昂的成本将会掩盖它的优点。

## 14.8 练习

### 14.8.1 思考题

1. 简述增压室的作用。
2. 画出空调系统的简图并标出其主要部件。
3. 解释冷却的原理。
4. 画出电阻控制电机转速变化的电路图。
5. 论述空调系统的工作过程。
6. 说出电动空调压缩机的三个优点。
7. 名词解释：热流、辐射、对流、传导。
8. 论述热力膨胀阀的工作原理。
9. 画出车窗玻璃供热系统的电路图(包含一个定时继电器)。
10. 列出座椅供热装置的四个功能要求。

### 14.8.2 课程论文

1. 与供热和空调系统相联系,讨论为什么汽车内部温度和湿度的设置必须随着外部条件的变化而变化才能达到“感觉”舒服。画出空调系统的简图并增加一些组件使系统达到理想工作状态。

2. 图 14.19 为克莱斯勒汽车公司的冷却风扇,试设计一个电路能使冷却风扇电机以两种速度运转。

3. 撰写一篇关于汽车空调系统的使用维护报告。

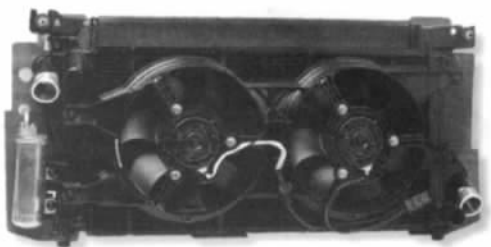


图 14.19 克莱斯勒汽车公司的冷却风扇总成

# 15 底盘电子系统

## 15.1 制动防抱死

### 15.1.1 概述

制动防抱死装置能够发展起来的原因很简单,制动时,假如一个或几个车轮抱死(开始滑移),就会有许多问题产生:

- (1) 制动距离加长。
- (2) 转向操纵性能降低。
- (3) 轮胎非正常磨损。

显然,这些情况极有可能导致事故的发生。当制动系统内部发生最大的能量交换时,汽车就能获得最快减速,这就是在摩擦片与制动鼓之间将动能转化为热能。轮胎滑移时这种潜在的能量转换过程,即使在干燥路面上,也会大大降低。有经验的驾驶员能通过断续操纵制动踏板以避免车轮抱死,但采用电子控制系统能取得更好的效果。

ABS 在低价位车的应用上也变得更为普遍,这对汽车的安全性是一重大贡献。但是,正常使用时,ABS 不会使车子开得更快和减少制动距离,仅当在紧急情况下操纵时,ABS 才能体现出来。图 15.1 为 ABS 在附着性能很差的路况下制动时是如何保持汽车转向操纵稳定性的。

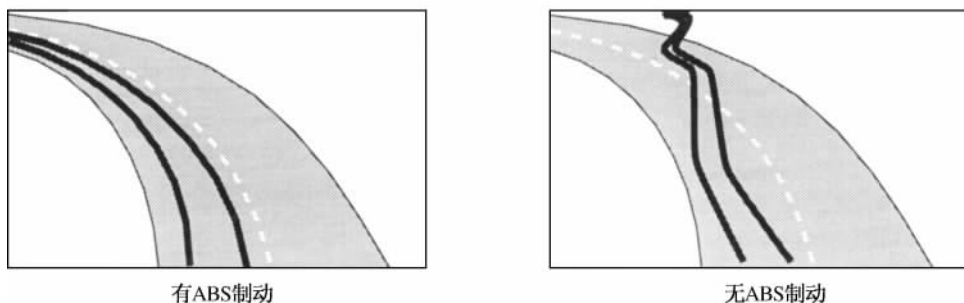


图 15.1 ABS 有助于保持转向操纵稳定性

### 15.1.2 ABS 的必要性

考虑一个复杂系统作用时经常提及:“这个系统能够干什么?”换言之,必要性是什么?下面这些标题可看作是采用 ABS 的必要性。

#### 1. 失效安全保护

ABS 系统失效时,传统制动系统仍然能够最大限度地起作用。除此之外,会给驾驶员

一个警告提示,通常采用一个简单的警告提示灯来完成。

## 2. 保持操纵灵敏性

ABS 系统作用时能够保持好的转向操纵稳定性,这很关键。紧急情况下有效制动从而能够急转弯是最好的实例。

## 3. 有效的应急反应

在很短的时间内,ABS 必须作出反应,从而更好地利用地面附着力。这种反应不管驾驶员在紧急情况下如何操纵都必须恰到好处。

## 4. 操纵影响

正常驾驶和操纵对制动踏板应不产生影响。在任何道路条件下,都必须保持良好的操纵稳定性。当使用制动器,放松再踩下制动踏板时,ABS 系统也必须与制动滞后性相适应。即使轮子一侧在干的柏油路面上,另一侧在冰面上,车子的侧滑(车子沿垂直轴线的旋转)必须保持最小,并且制动力只能慢慢增加以便驾驶员予以补偿。

## 5. 可控制车轮

在基本形式中,汽车每一侧至少有一个轮子能独立控制。当代汽车上所有 4 个车轮都应采用独立控制。

## 6. 运行速度范围

ABS 必须在所有速度情况,甚至低至步行速度时都能起作用。在这种极低的速度下即使车轮抱死,汽车也很快会停下来。理论上,假如车轮没有抱死,汽车就永远不会停下来!

## 7. 其他运行情况

ABS 必须能识别滑移并据此作出反应,在不平路面上,ABS 必须也能起作用。但在雪地上制动时,速度很慢,ABS 实际上会增加雪地上的制动距离但仍能保持操纵的稳定性,这被认为一种合理的折中方法。

有许多种不同形式的 ABS 系统在投入使用,但所有形式都是为了获得以上的一些需要。

# 15.1.3 概述

和其他系统一样,ABS 可被看作是由一系列输入和输出部分组成的中心控制单元。图 15.2 所示的闭环系统方框图代表一种 ABS 系统。最重要的输入部分是轮速传感器,主要输出部分是制动压力控制。

控制单元的任务是比较来自每个车轮传感器的信号以便测出每个车轮的加速度或减速度。依据这些数据和预先编好的程序能够调整一个或几个车轮的制动压力,制动压力可以减少、保持恒定或允许增加。最大的压力由驾驶员作用在制动踏板上的力决定。

ABS 系统所需的输入信号主要如下:

## 1. 踏板力

由驾驶员决定。

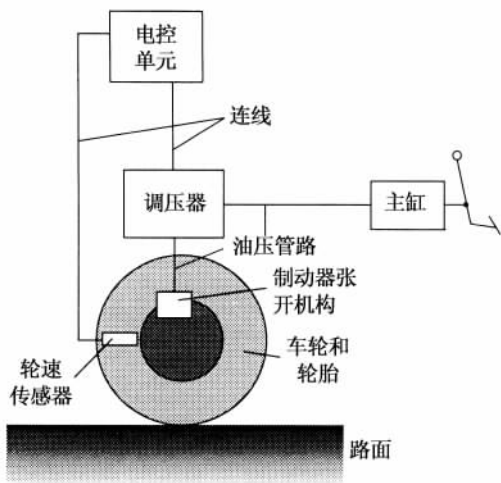


图 15.2 制动防抱死系统

## 2. 制动压力

正常制动情况下制动压力与踏板力成比例。但在 ABS 的控制下,制动压力可以减少、保持不变或增加。

## 3. 轮速

这是制动压力变化的实际结果,换言之,轮速决定加速、减速和滑行。

## 4. 道路/汽车状况

汽车负荷、道路情况、轮胎情况和制动系统情况等诸如此类因素发生变化,ECU 能根据轮速传感器计算出参考车速、车轮的加速度或减速度、滑移率、制动减速度等参数。

## 5. 参考车速

由两个对角车轮传感器的综合情况来决定,制动开始前 ECU 用这个值作为参考。

## 6. 车轮加速度或减速度

这是一个不断变化的动态检测。

## 7. 滑移率

虽然制动滑移率不能直接检测,但从参考车速可以计算出这一数值。然后用这个数据来决定 ABS 何时或是否控制制动压力。

## 8. 汽车减速度

制动压力控制期间,ECU 利用参考车速作为起始点并以线性方式降低。降低的比例由来自车轮传感器的信号决定。

汽车上驱动轮或非驱动轮制动时,由于他们运转不同必须区别对待。

车轮减速度、加速度与滑移率的逻辑联系用于可变控制。ABS 使用时实际的控制策略随运行工况而变化。

# 15.1.4 ABS 的组成

ABS 有多种类型,结构上有所不同,但系统的主要部分有轮速传感器、电控单元和油压调节器。

## 1. 轮速传感器

许多轮速传感器是简单的感应式传感器,并通过与带齿的车轮连在一起而工作。这些传感器包括永久磁铁和四周绕有线圈的磁极。当带齿的车轮旋转时,磁路感应的变化产生一个信号,频率和电压与轮速成比例。这种频率是电控单元使用的信号,线圈电阻定为  $1\text{ k}\Omega$ 。同轴导线用于防止干扰信号。一些 ABS 系统现在采用第 2 章所述的霍尔效应式传感器。

## 2. 电控单元

ECU 的作用(图 15.3)是接收来自轮速传感器的信号并为油压调节器算出最佳的控制过程。ECU 的核心部分包括像摩托罗拉 68HC11 一样的两个微处理器,两者相互独立地运行同样的程序,因为每一个处理器的运行情况相同,这样碰到故障时确保更安全。假如检测出一个故障,ABS 自动断开连接并使故障灯亮。两个微处理器中存储的故障代码都不会立即消失,而是被记录下来,便于以后的维修和诊断。ABS 分阶段处理输入、输出和驾驶员发出的信号,并分阶段送到执行机构进行控制。

点火开关打开后,ECU 立即进行测试。若有故障,测试将不能通过,测试的主要内容

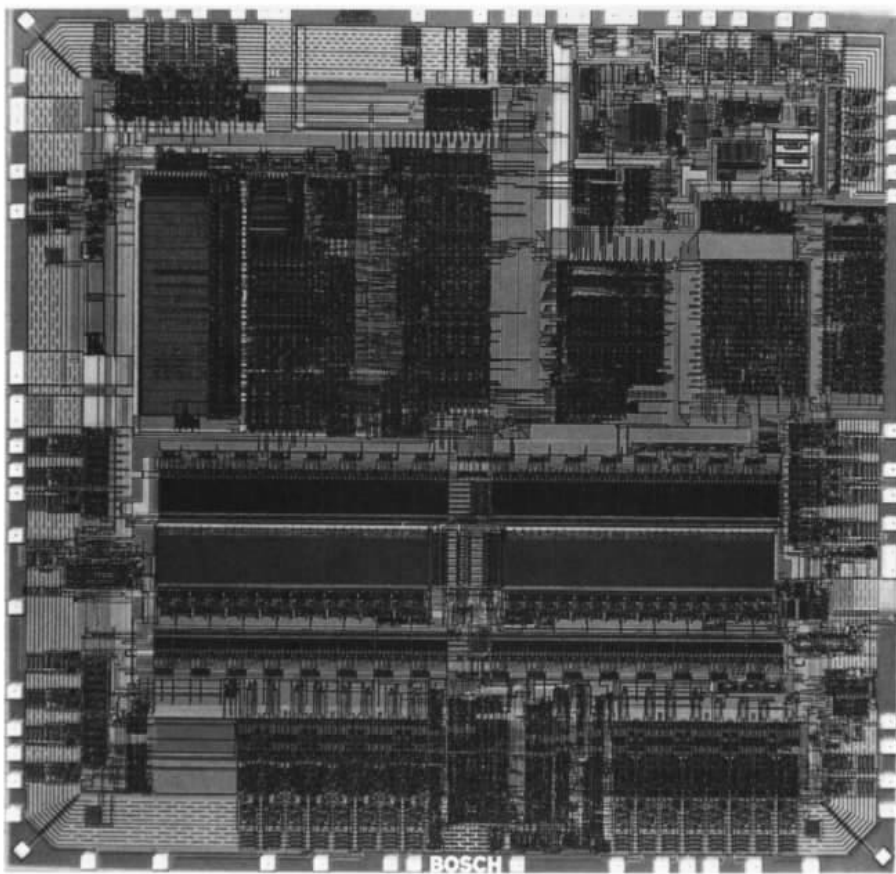


图 15.3 ABS 电控单元使用的微处理器

如下：

- (1) 电流供给。
- (2) 外部和内部连接。
- (3) 数据传输。
- (4) 两微处理器之间的信号交换。
- (5) 阀门和继电器的操纵。
- (6) 故障存储控制的操纵。
- (7) 内存储器的读写功能。

所有这些测试约需 300 ms。

### 3. 油压调节器

油压调节器有如图 15.4 所示的三个运行位置。

- (1) 建立油压——通往主缸的制动管路打开。
- (2) 保压——制动管路关闭。
- (3) 减压——通往储液器的管路打开。

阀门由电磁阀控制,电磁阀响应很快,电机只在 ABS 起作用时运行。



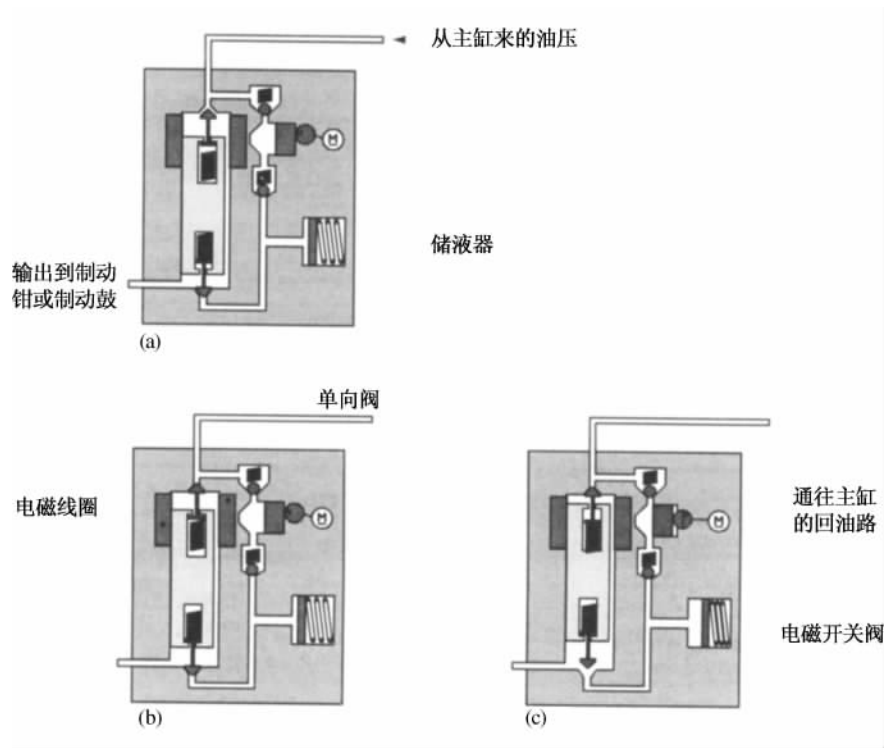


图 15.4 ABS 油压调节器

(a) 建立正常油压；(b) 保压过程；(c) 减压过程

15.1.5 ABS 的控制

ABS 的控制过程如下：

1. 制动器压力控制开始

ABS 开始起作用被称为第一循环平稳过渡。为了不使小的干扰，如不平路面引起轮速传感器的信号变化，这种平稳过渡是必要的。这样 ABS 起作用的临界值就很重要，假如太快了，会使驾驶员过度紧张并引起不必要的机件磨损；假如太迟了，在第一控制循环会失去转向操纵的稳定性。

2. 平坦路面调节

在理想的附着路面下，制动压力几乎是恒定不变的。这种情况下，ABS 最大限度地发挥作用，调节频率相对较低，制动压力变化小。

3. 汽车侧滑（沿垂直轴线偏转，突然转向）

当汽车左轮或右轮在附着情况较差的路面上制动时，汽车将侧滑或开始绕中心回转。假如时间允许，驾驶员能够控制这种转向。假如因前轮附着条件不好、操纵不稳定时，减小通往另一侧前轮的制动压力，就可保持操纵的稳定性，这有助于减小侧滑。汽车转向时这一点特别重要。

4. 传动轴振动

汽车速度变化频繁并随时行驶在不平路面上，由于这种不稳定性，ABS 起作用时，制动压力倾向于减少而不是增加，这样在某些情况下可能导致失去制动作用。为了克服这个问

题,ABS 的工作必须与道路情况相适应。在急加速时,瞬间不稳定会使后轮制动压力容易增加,带有现代弹性悬架的传动轴易发生振动,可能引起轮速传感器上产生附加信号,指示出来的加速度可能与实际状况不相同。ABS 反应的轻微滞后由信号平稳过渡的滞后引起,移动控制阀的时间和制动管路的滞后时间,有助于减小传动轴震动的影响。ECU 能够识别这种震动的频率,当识别出传动轴的震动时,ABS 采用恒定的制动压力。

### 15.1.6 控制策略

ABS 系统的控制策略概括如下:

- (1) 转速不稳定时迅速降低制动压力,以便制动压力没有下降太多时,车轮很快再加速,这样避免失去制动作用。
- (2) 再加速和加速后制动压力的升高小于不稳定压力。
- (3) 附着系数增加时制动压力相应增加。
- (4) 灵敏度与最佳状况相适应。
- (5) 传动轴震动时,不必开始防抱死。

这五种条件的实现需要相互协调,最佳的程序设计和典型测试能降低协调的标准,但也会有一些缺点。这种情况最好的例子是在不平的积雪地里制动,假如车轮不抱死,减速度收效甚微,在这种情况下优先考虑稳定性而不是制动距离,发生诸如此类的情况时要控制好方向。

### 15.1.7 ABS 的发展

ABS 的一种新方法已得到了发展,这种新方法使用弹簧和电机,电机可以产生减压、保压、增压三个过程。电机弹簧式 ABS 技术潜在的优点是反应平顺而不剧烈。图 15.5 为电机弹簧式 ABS 的布置图。

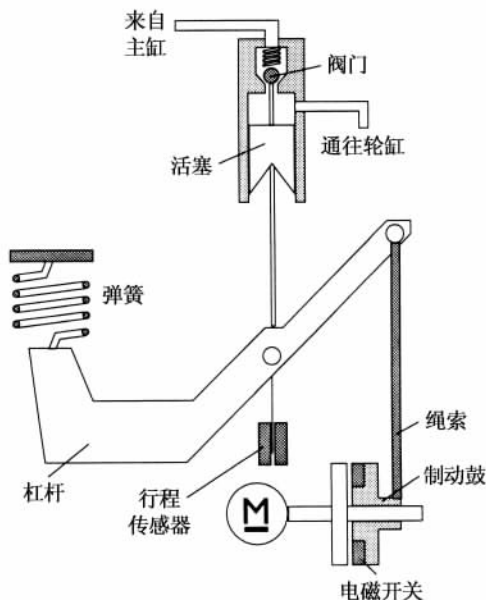


图 15.5 电机弹簧式 ABS 系统

## 15.2 主动悬架

### 15.2.1 概述

主动悬架是一种新型悬架系统,在汽车制造中逐渐变得越来越流行。值得一提的是一级方程式赛车完善了它,禁止使用主动悬架(1993~1994 年)的规则改变了。

传统的悬架系统总是在用于舒适性的软弹簧和用于获得更好的转向操纵性能的硬弹簧之间相互协调。悬架系统必须完成下列四大功能。

- (1) 吸收震动。
- (2) 制动时缓和冲击。

(3) 转向时保持滚动。

(4) 控制车身运动。

这也意味着为了最大限度地实现其他功能不得不折中一些功能。

### 15.2.2 工作过程

主动悬架允许两方面都最佳,这可由双作用液压元件取代传统弹性元件来实现。这些液压元件由电控单元控制,ECU 收到各种传感器的信号,来自油泵超过  $150 \times 10^2 \text{ kPa}$  的油压供给到液压元件中去。一个伺服阀控制着油压,这个阀是最重要的部件。

主动悬架的主要优点如下:

- (1) 驾车舒适性、操纵性、安全性提高。
- (2) 汽车在不同行驶条件下可进行预测控制。
- (3) 满载和空载时操纵性能不变化。

### 15.2.3 传感器和执行器

为了最佳地控制液压元件,电控单元需获得一定信息。这是由车上各部分传感器的读数来提供的。主动悬架主要采用的传感器如下:

#### 1. 负荷传感器

一个测力传感器常用来决定实际载荷在油压油缸中所处的位置。

#### 2. 位移和垂直加速度传感器

这种传感器有多种类型,就像可变电阻一样简单,也可像线性可变差动式传感器(见第 2 章)一样精确和灵敏。

#### 3. 侧向和横向加速度传感器

加速度由摆动式传感器决定,这种传感器利用应变电阻片连接到一种类似于发动机爆震传感器的装置上。

#### 4. 侧滑传感器

假如在汽车前部或后部安装侧滑传感器,则侧滑量由侧向加速度决定。

#### 5. 转向位移传感器

位移变化率和转向位移全由一个旋转的位移传感器决定。这种装置可能是一束光和一个探测器,或类似于此的形式。假如转向位移变化率超过临界值,那么系统将切换到更硬的悬架装置。

#### 6. 车速传感器

车速取决于用于里程表工作的一个标准型的传感器。

#### 7. 节气门位置传感器

节气门位置传感器与现存的节气门电位计相似。这种传感器给出驾驶员想要的加速度或减速度,时机适当时,悬架切换到更硬状态。

#### 8. 模式选择开关

提供一个允许驾驶员选择软硬模式的开关。在某些运行工况下,即使选择软模式,系统也会切换到硬模式。

悬架的布置也表明液压元件简化的观点。实际上,很高的压力时,油缸才向上腔或下腔

供油。整个系统的实际工作情况如下：当汽车行驶遇到颠簸时，有增加向上的加速度和垂直载荷，这个信息送到 ECU，ECU 计算出车轮的实际位移。一个控制信号送到电磁阀，这个电磁阀控制主要液压元件的位置，这个过程每秒发生数百上千次，因此车轮能与路面情况相适应，这样缓和了车身所受的冲击。

通过综合考虑其他传感器的信息，如侧向加速度传感器给出有关转向的数据、纵向加速度传感器给出相关的制动或向前加速度的数据，执行器随时转到维持最佳稳定性的位置。

主动悬架将使汽车更容易驾驶，这种优点值得重视，当主动悬架各元件价格下降时，这种系统将在更多的车上使用，有望在不久的将来，越野车上也可安装主动悬架。典型电控悬架系统如图 15.6 所示。

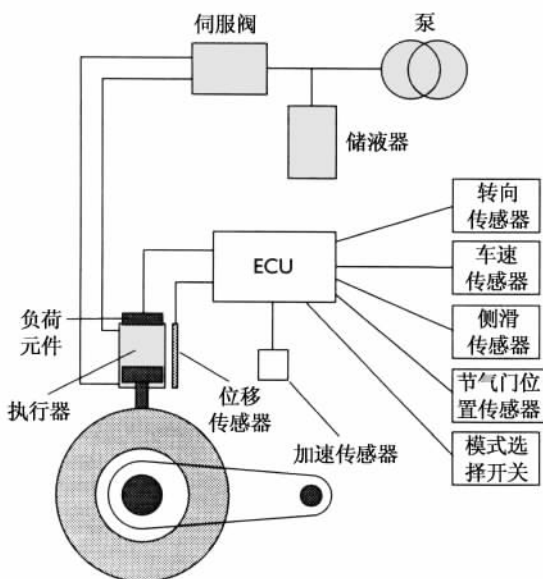


图 15.6 主动悬架系统的布置图

典型电控悬架系统如图 15.6 所示。

## 15.3 牵引控制

### 15.3.1 概述

不仅车轮抱死时汽车失去转向操纵性能，假如急加速时驱动轮空转，同样的情况也会出现。电控牵引装置作为 ABS 的一种补充已经发展起来，这种控制系统防止运行过程中转弯或急加速时车轮空转，可使在空转的单个车轮强行制动。假如两个或所有车轮空转，通过发动机制动方式减少驱动力矩。牵引控制被称为 ASR 或 TRC。

牵引控制通常不作为一个独立的系统使用，而是与 ABS 联系在一起，这是因为其许多

必要的组成部分与 ABS 一样。牵引控制仅需要 ECU 逻辑控制方面及一些特殊控制要素，如节气门的控制方面作一点变化。图 15.7 为一种牵引控制系统的方框图。注意其与 ABS 和发动机控制系统的联系。

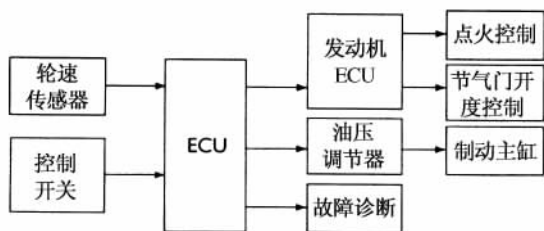


图 15.7 牵引控制系统方框图

牵引控制主要功能如下：

(1) 保持操纵稳定性。

(2) 减少侧滑运动的影响。

(3) 所有转速下提供最佳驱动力。

(4) 减轻驾驶员劳动强度。

牵引控制系统的主要优点如下：

- (1) 改善驱动力。
- (2) 差路面上更安全和稳定。
- (3) 减轻驾驶员疲劳。
- (4) 提高轮胎寿命。
- (5) 掉头或转弯时无轮子空转。

自动控制系统能在许多情况下比汽车驾驶员更快速、准确地作出调节。当驾驶员遇到可能无法处理的情况时,自动控制系统会及时地维持操纵的稳定性。图 15.8 为用一个 ECU 来完成 ABS 和牵引控制的压力调节器。



图 15.8 ABS、牵引控制 ECU 与压力调节器

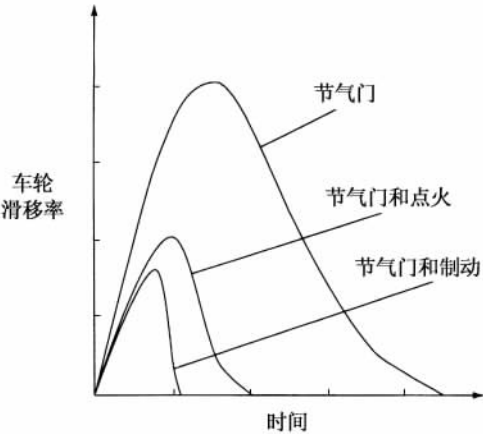


图 15.9 用于防止车轮空转的三种方法比较：节气门、点火和制动控制

15.3.2 控制项目

牵引控制可通过许多方式实现。图 15.9 所示为用节气门、点火和制动三种控制方法防止车轮空转的比较。

1. 节气门的控制

这是通过一个能够移动节气门拉索的执行器来进行的方法,如果汽车使用了电动加速器,那么这种控制与发动机 ECU 连在一起。这种节气门控制将独立于驾驶员控制的油门踏板位置,单独使用这种方法控制发动机转矩相对较慢。

2. 点火控制

假如延迟点火,发动机转矩可能在很短的时间内减少 50% 以上。依照点火脉谱图上的值来调整点火正时。

3. 制动压力控制

假如用制动压力约束空转车轮,受影响的车轮转矩下降很快。为了确保乘客乘坐的舒适性,制动力不宜过大。

15.3.3 工作过程

图 15.10 为包括与其他汽车控制系统联系在一起的牵引控制系统的布置。下面描述带

电子加速器汽车的牵引控制系统的工作过程。

加速踏板位置传感器提供加速踏板位置信号,并根据其他信号的变化如发动机温度、转速,节气门通过伺服电机处于最佳位置。加速时,发动机转矩增加导致轮子上驱动力矩增加。为了得到最佳加速度,必须将最大驱动力传递到路面。假如驱动力矩超过了轮子所能传递的转矩,那么车轮就会打滑,至少一个轮子打滑,结果是汽车行驶变得不稳定。

当测出车轮空转时,可调整节气门的位置和点火时间,但最有效的方法是此时对滑转车轮实施制动。这不仅阻止了车轮滑转,而且起到了防滑差速器的作用,这特别有利于在不同制动力附着系数路面上行驶的汽车。当使用制动器时,油压调节器里的一个阀门上移,使牵引控制系统工作,这样就使来自油泵的油压供给到滑转轮子的制动器上。这个阀门与 ABS 一样,能够建立正常油压、保压和减压。所有这些都是驾驶员没有触及制动踏板的情况下发生的。

总之,制动力必须施加到滑转的轮子上,这样才能使每一个驱动轮上的制动附着系数相等。

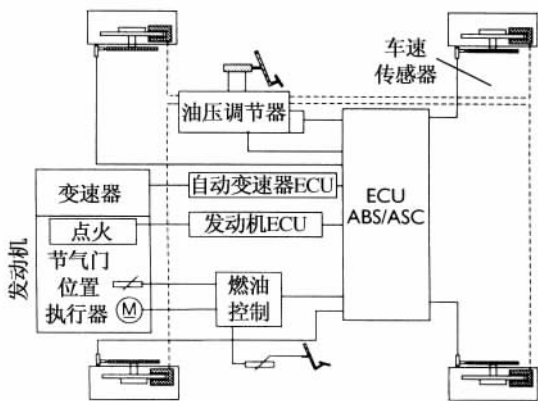


图 15.10 牵引控制系统的布置图

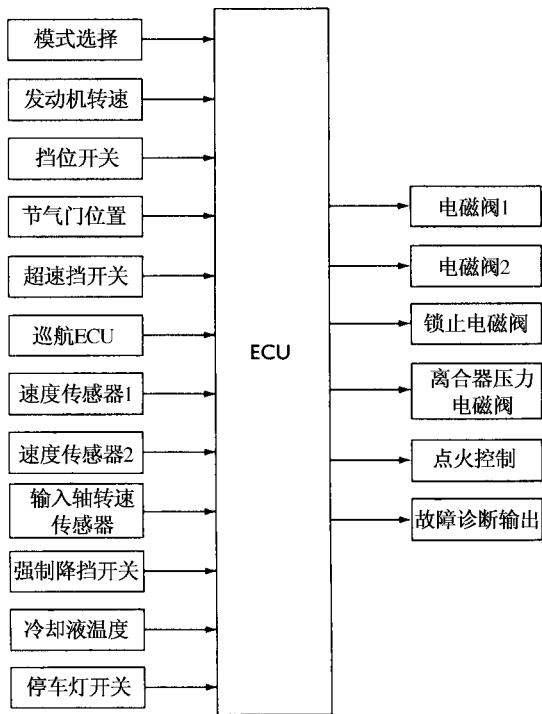


图 15.11 ECAT 系统控制方框图

## 15.4 自动变速器

### 15.4.1 概述

电控自动变速器(ECAT)与传统变速器相比,主要有如下优点:

- (1) 换挡更加平顺。
- (2) 改善换挡质量。
- (3) 降低燃油消耗。
- (4) 提高使用寿命。
- (5) 提高可靠性。

自动变速器的实际功用超过了这本书的范围,但要记住最重要的方面是由油压控制换挡和变矩器的锁止。在 ECAT 系统里,电磁阀可能会影响变速器油压。图 15.11 为一个 ECAT 系统控制方框图。

多数 ECAT 系统有一个专用变速器 ECU,这个 ECU 和发动机控制 ECU

交换信息(通过一个 CAN——局域网控制器)。有许多传感器向 ECU 提供数据,ECU 轮流控制各个执行器或输出装置工作。图 15.12 为德国保时捷 Carrera 车型的自动变速器。

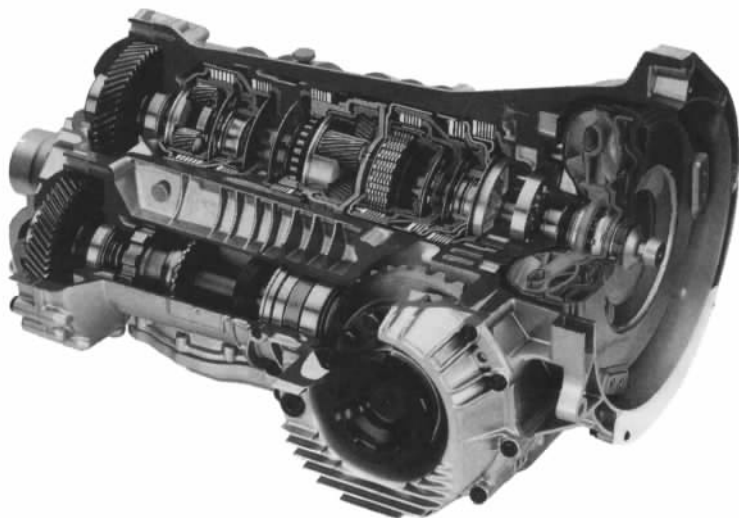


图 15.12 自动变速器(德国保时捷 Carrera 车型)

#### 15.4.2 齿轮换挡和变矩器控制

自动变速器的实际换挡点由 ECU 内部预先编入的程序决定。传感器数据主要用于脉谱图决定发动机转速和汽车车速,其他传感器的数据作为修正信号,电磁阀控制油压以进行自动换挡。

系统的两大主要控制是油压控制和发动机转矩控制。换挡时发动机转矩暂时降低以实现平稳操纵,这是因为限制了变速器输出的最高转矩,以免引起和传统变速器换挡一样的换挡冲击。图 15.13 为有发动机输出转矩控制系统和无发动机输出转矩控制系统的变速器性能比较曲线。图中也显示出变速器转速和发动机点火正时的控制。通过节气门运动、切断燃油或延迟点火可实现发动机转矩的控制。后者已被证实最适于各种车型。

图 15.14 为如何控制齿轮换挡时的油压,又能避免变速器输出转矩的巨大波动。从图中可以看出,油压控制过程分三个阶段。

##### 1. 基本压力控制

压力设置为便于齿轮换挡转速的最优值,这可通过控制换挡时间和相应改变压力,从而与系统的理想压力值相一致。

##### 2. 反馈控制

ECU 从目标值检测出输入轴转速的偏差,并调节压力保持最佳控制。

##### 3. 换挡控制

变矩器油压暂时下降,以便解除发动机输出转矩控制时,避免潜在的冲击。因为具有这些控制功能,所以就可以平稳换挡,另外,由于一些 ECU 的识别能力,整个系统寿命期内特征恒定。

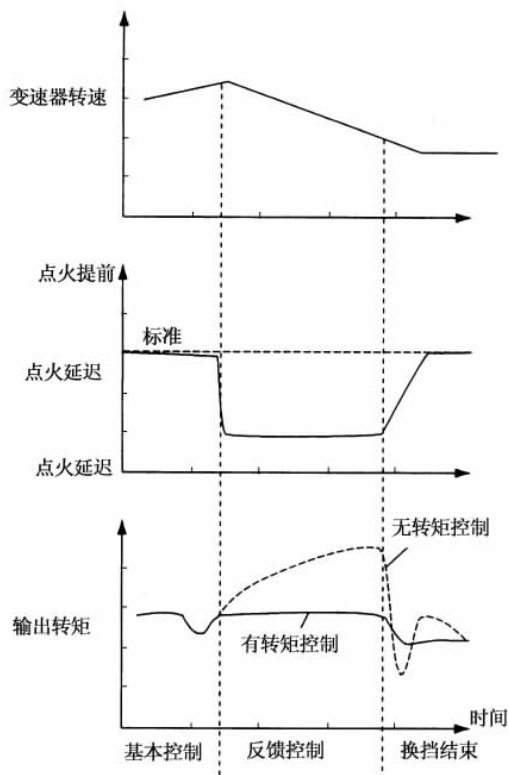


图 15.13 有发动机输出转矩控制系统和无发动机输出转矩控制系统的变速器性能比较曲线

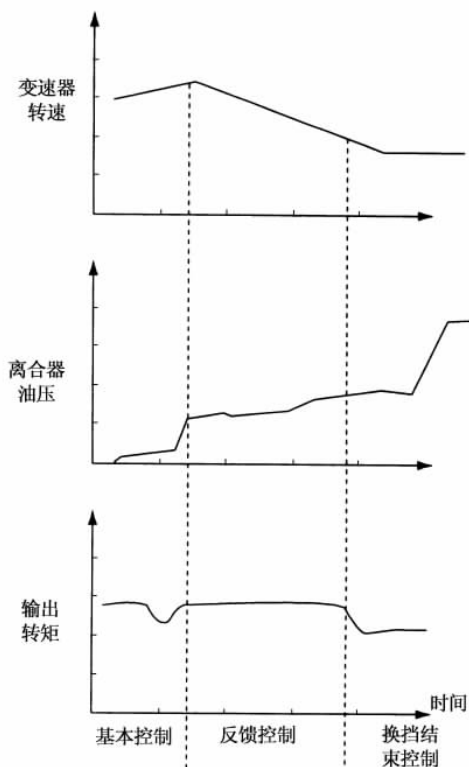


图 15.14 油压控制

#### 4. 变矩器锁止控制

即使在一些传统自动变速器的汽车上,有时也使用变矩器的锁止功能。这样更能节约燃油,降低噪声,改善驱动性能。为了平稳传动使用逐渐起作用的压力阀实行锁止。锁止时间由 ECU 获得的汽车速度和加速度信号来决定。

#### 15.4.3 小结

发动机和变速器一体化智能控制在自动变速器操纵方面取得了相当大的进步。动力性和平稳性方面大有改进。对驾驶员而言,一些特殊的操纵功能成为可能,如选择理想的操纵模式。这可能是两者中的一种选择,如动力性模式和经济性模式。发动机控制和变速器控制之间的联系有助于解释将汽车系统看作孤立的部分多么难,多么需要关注系统之间的区别与联系。

### 15.5 其他底盘电控系统

#### 15.5.1 电控动力转向

实现电控动力转向有如下三种方法:



- (1) 用电控电机取代传统系统的油泵。
- (2) 驱动电机直接协助转向且无液压元件。
- (3) 主动转向用操纵杆代替方向盘。

这些系统中第一种方法最受欢迎,因为油泵只有需要时才运转。这样在燃油消耗方面比较节油且也简化了发动机前面驱动皮带的布置。

第二种方法现在变得最普遍。电动机通过行星齿轮系统对转向直接起作用。这就完全取代了油压油泵和油缸,消除了传统油泵油缸堵塞的故障并简化了驱动部件,也消除了高速时电控动力转向起作用导致发动机熄火的情况。一个光电转矩传感器用来测出驾驶员作用在方向盘上的力。这种系统占用机罩下方的空间很小(如今这一点很受关注),并且在城市道路情况下 400 W 的电机平均电流大约为 2 A,在传统油压方式上这是值得考虑的。

“主动转向”是由瑞典绅宝(Saab)公司从航天工业试验中给出的名称,这项技术被称为

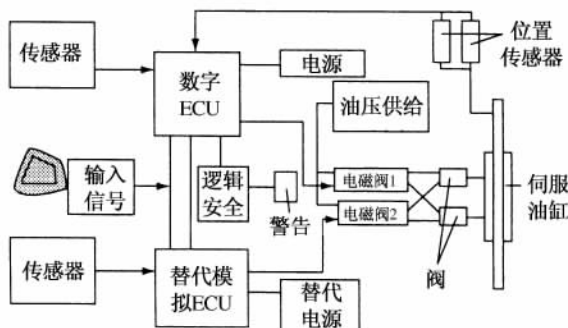


图 15.15 主动转向系统的基本组成

线驱动。用操纵杆代替了方向盘并由一组传感器决定所需的输出,由控制元件使两个电动油压控制阀起作用。ECU 过滤掉从传感器来的错误数据,并且为了保持路感向操纵杆提供反馈情况。为安全起见,电子线圈有自测功能和替代组件。油液压力也在储液器中得到了储存。图 15.15 为主动转向系统的基本组成。采用这种方法因取消了转向柱管能得到很大的好处,虽然

对这种激进方法有些反对意见,但残疾驾驶员可能认为这是一个最主要的改进。

### 15.5.2 电控离合器

电控离合器是由赛车为改进启动性能发展而来的。随着节气门开度的加大,为防止离合器和传动系统受损,电控离合器分离轴承的位置由一个电磁阀决定,这个电磁阀能根据 ECU 的信号进行调节,从而缩短了分离轴承到达理想分离位置的时间,并且提高了离合器传递转矩的能力,整个系统的效率因此得到提高。图 15.16 为电控离合器系统传递转矩曲线图,一个开关用于动力与经济模式之间的转换。

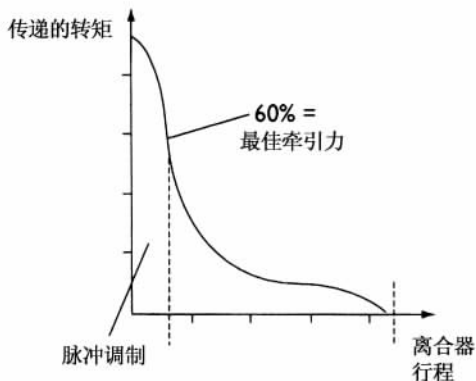


图 15.16 电控离合器系统传递转矩曲线图

### 15.5.3 主动降低侧倾

许多汽车上安装的传统横向稳定杆用带悬挂式执行器的杆件代替。该执行器由来自油泵的液压油操纵,横向加速度由 ECU 从转向角和道路车速计算出来,然后前后执行器根据需要调整油压,为防止车身侧倾在横向稳定杆上施力。这个系统主要应用在长头箱式货车

上,也可用在其他汽车上。图 15.17 为用于主动降低侧倾系统的位置控制。

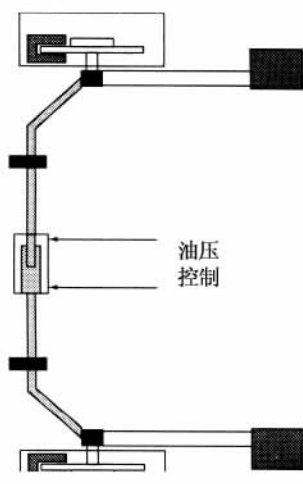


图 15.17 主动降低侧倾的位置控制

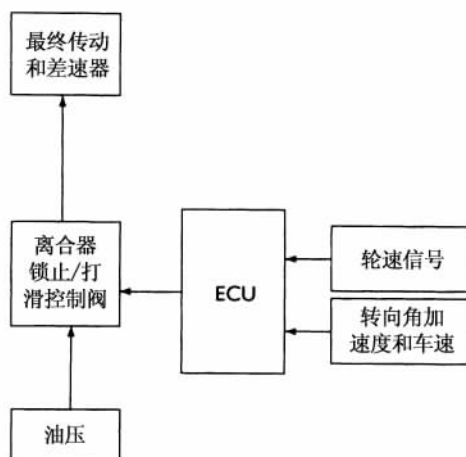


图 15.18 电控差速器控制方框图

#### 15.5.4 电控防滑差速器

传统的防滑差速器因为汽车转弯时的影响无法达到最佳性能,行驶时它们的特性不能变化,前轮驱动的汽车由于转向时的不利影响问题更多,这些问题促进了防滑差速器电控技术的发展。

防滑控制由安装在从动齿轮与差速器壳之间的多片离合器来完成的。假如需要,可以完全锁止传动轴。离合器盘的压力由油压控制,这种油压依次由受 ECU 指令的一个电磁阀控制,从 ABS 轮速传感器来的数据被送到 ECU。图 15.18 为电控差速器的控制方框图。

### 15.6 典型实例

#### 15.6.1 德国保时捷汽车公司的 Tiptronic S 自动变速器

保时捷公司的 Tiptronic S 自动变速器是一个带按钮控制的完全智能化的多程序自动变速器。

Tiptronic 控制系统是一个具有双重作用带主动轴驱动程序的 5 挡自动变速器。作为一种替补,这种变速器除了自动模式外,也能用按钮控制进行人工换挡。

Tiptronic 直接沿袭一级方程式竞赛的技术,这种 Tiptronic S 系统由于将人工换挡并入方向盘而成为一大特色。由于方向盘辐条上带两个摇臂式开关,Tiptronic S 给人以印象深刻和独一无二的驾驶体验。

一旦处于人工换挡模式,驾驶员能够通过推动两个摇臂式开关中的一个进行人工换挡。拇指轻压总是向上换挡,朝下摆动将换入低挡。摇臂式开关的位置与设计,可使压力点与电控变速器的操纵结合在一起排除一些换挡错误。被选择挡位通过车速表上的读数显示出来。

仅用拇指推压即可引起变速器的快速反应产生一种非自然的传动感觉,这种齿轮换挡比一般手动换挡快两倍。因为手放在方向盘上,对使用了 Tiptronic S 系统的,保时捷已经扩充了主要的安全标准。

这种 Tiptronic S 系统通过监控车上的 8 个传感器研究出一种特别传动方式,这 8 个传感器包括节气门的速度和位置、车速、发动机转速、发动机温度、横向加速度和减速度等传感器。

这种变速杆各挡位置可在良好路面上的经济模式与使发动机获得最大转矩的动力模式之间变化,并表明各挡齿轮换挡前的动力以及从相当高的发动机转速恰当换入下一挡位。加速踏板快速运动,同时产生急加速导致换挡图谱逐渐变化,直至上升到最高极限点。除此以外,本系统是智能转化的,足以反映其他驾驶情况,如转弯前制动换入低挡,这显然反映了人工操纵变速器的驾驶方式。

这种智能换挡程序——(保时捷 Tiptronic S)简言之 ISP 除具有 5 挡电子换挡图谱外,还可用下面一些特性来描述:

- (1) 热起程序。这用来防止过早换入高挡,从而确保发动机工作温度迅速升高和排气净化。
- (2) 自动换挡。当踩下加速踏板并迅速放松时,立刻能得到动态换挡图谱。
- (3) 限制超速运行。节气门突然开大时换挡,如转弯时不加速。
- (4) 制动。为了使发动机更有效地制动,起初挂的低挡换入相邻的更低挡位。
- (5) 弯道上锁定挡位。如当时转向时不加速。
- (6) 逐步升挡。防止从较低挡位迅速换入最高挡位,特别是主动挂入低挡位。
- (7) 尽可能识别上、下坡驾驶,并停留在低挡。
- (8) 打滑。在滑行路面上(雨、雪)制动时,靠惯性力感知从低挡换入高挡,从而改善驱动轮的横向附着情况和驾驶稳定性。

## 15.6.2 本田公司的防抱死制动系统

本田制动防抱死系统以柱塞原理为基础。图 15.19 为本田防抱死制动系统工作原理

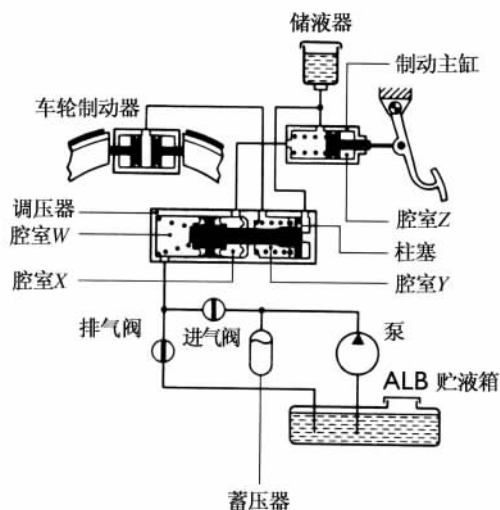


图 15.19 本田制动防抱死系统

图。当 ABS 不起作用时,标为 W 的腔室经排气阀与储液器相通。由于进气阀关闭通往蓄压器的油路,所以这个腔室保持大气压。制动时主缸里产生压力并且液体从腔室 Z 流到 X,移动活塞,腔室 Y 内压力增加。

假如车轮有抱死的危险,排气阀关闭,腔室 W 内的压力升高并阻止活塞的进一步移动从而保持了压力。假如仍有抱死的危险,进气阀打开并允许液体从蓄压器流往腔室 W。这个压力使活塞往回移动,因此减小了通往轮缸的压力。当抱死的危险过去时,进气阀关闭,恢复制动保持过程。

本田系统是相对简单的 ABS 系统并且仅有两种控制通道。前轮采用高选原则,即附着

系数高的那侧前轮决定着两前轮的制动压力,制动时有一前轮可能抱死。后轮采用低选原则,即附着系数低的那侧后轮决定着后轮的制动压力。

### 15.6.3 雪佛兰克尔维特车型 ABS

1986 年在克尔维特上引进 ABS 并设计了在极其恶劣的条件下制动也能保持汽车操纵的稳定性。ABS 通过控制每一车轮的速度然后控制制动管路的压力达到防止车轮抱死的目的。

每次启动汽车时,防抱警告灯亮一会儿然后熄灭,用来表明系统正常运行。这实际上是通过调压器运转的测试来确定系统功能的完善的方法。汽车开始启动且达到 7 km/h 时进行测试。汽车运行时,控制组件不断控制整个系统的运行。假如系统任一部分产生故障,驾驶室仪表板上的故障灯将亮起来。假如 ABS 系统发生故障,传统制动系统仍能保持全部功能。

调压器阀布置在驾驶室驾驶员座位下面,调压器阀的作用是保持或减少通往车轮轮缸的制动压力。它不可能增加传递到主缸上面的压力,并且调压器永远不能使制动器起作用,调压器从 ECU 接受所有指令。

控制组件也布置在驾驶员座位下面的后储藏室里。控制组件的功能是读取和处理来自轮速传感器的信息,计算加速率、减速率和滑移率,从而产生控制调压器阀的控制指令。

侧向加速度开关位于底板上,用于检测汽车是否在弯道快速转向行驶,假如这样,送出一个信号到控制组件显示这种转向时的危险情况。

轮速传感器安装在每一个车轮上,它们传递信号到控制组件显示车轮转速。传感器安装在转向节上,并有压入前轮毂上的齿圈和轴承组合体及后部的主传动轴。图 15.20 为 ABS 主要部件的位置。

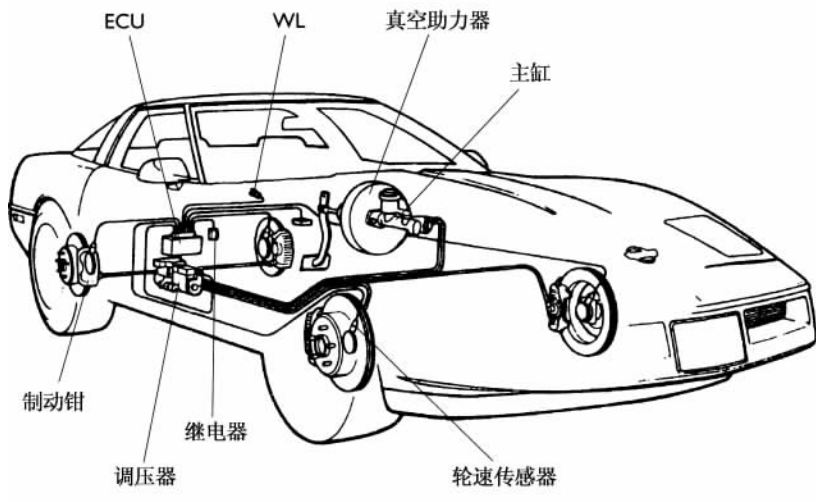


图 15.20 雪佛兰克尔维特车型 ABS 的组成

### 15.6.4 日本 Jatco 自动变速器

日本“Jatco SFPO”是首次安装在英国罗弗 Group 车系上的电控自动变速器。这种变速器有五挡自适应控制和欧洲随车诊断系统,齿轮换挡和变矩器的锁止由节气门开度和车

速决定,变矩器的 3、4、5 挡可以锁止,变矩器的锁止将最大动力从发动机传递到车轮且没有滑移,自动变速器电控单元(ATCU)布置在乘客放脚脚坑内。

像所有自动变速器汽车一样,发动机仅在停车或空挡时启动。通讯协议采用局域网控制器(CAN-bus)EWS-3 型防盗系统监控由自动变速器控制单元决定的操纵杆位置。启动限制器开关也用线将变速器连到 EWS-3。启动时允许 EWS-3 防盗系统接受闭环限制器开关信号或从自动变速器控制单元传递过来的合适的 CAN 信息。这种自动变速器更为安全的特征是倒挡限制。当前进方向上车速超过 10 km/h 时,自动变速器控制单元接通一个电磁阀,这个电磁阀从倒挡离合器中排出油液,这样就防止了误挂倒挡而造成的变速器损伤。

这种限制器开关包括 7 种连接,自动变速器控制单元监测这些开关以便决定换挡手柄的位置并选择最佳的换挡模式。自动变速器控制单元也将换挡齿轮的信号输送到 CAN-BUS。这种 CAN 信号用于仪表盘上“PRND432”显示器显示相关信息。显示器也提醒驾驶员选择哪个模式:

(1) “D”表示自动变速器处于正常驾驶模式。

(2) “S”表示运动模式。

(3) 一种雪花状的标志,表示冬天/雪地模式。

(4) “EP”表示自动变速器控制单元已经进入失效安全保护状态,故障码已存储在自动变速器控制单元,不会消失。

由自动变速器 ECU 控制的电磁阀控制自动变速器齿轮换挡是利用 9 个电磁阀实现的,这 9 个电磁阀控制控制阀工作。

在自动变速器系统里布置了电磁阀组,3 个换挡电磁阀使各种传动比的齿轮在变速器内啮合,这 3 个电磁阀分别在图 15.21 中以 A、B、C 表示,这些电磁阀有固定的组合方式以控制相应挡位。

自动变速器油压必须正确控制。假如压力太高,齿轮换挡将在高速时发生,对乘客而言是不舒服的,并且有可能损伤变速器。假如管道内压力太低,需很长时间才能完成齿轮换挡,将缩短变速器内各换挡离合器的寿命。一个电磁阀称之为主油路占空比电磁阀(PL)——控制主油路压力。自动变速器控制单元从当前的发动机转速、车速、发动机转矩及节气门开度计算出所需主油路油压。

驾驶员可以进行人工选择换挡模式:

(1) 雪地模式。

(2) 运动模式。

(3) 正常驾驶模式 4、3、2。

假如需要普通的驾驶状态,自动变速器控制单元自动干预就会发生。换挡图谱的采用称之为策略(方案),汽车动力加大时,自动变速器控制单元将不进入常规模式。系统支持且能自动开始使用下面的策略。

(1) 上坡/拖车。这是一种适应模式,用这种模式自动变速器控制单元检测出陡坡并自动进入这种模式。自动变速器控制单元检测是通过监测发动机转矩数值、节气门开度和发动机转速实现的。在转矩需要方面拖带挂车与爬坡的汽车有相似的影响。这种模式有助于防止齿轮跳挡,相应地需频繁地对节气门开度进行调节。

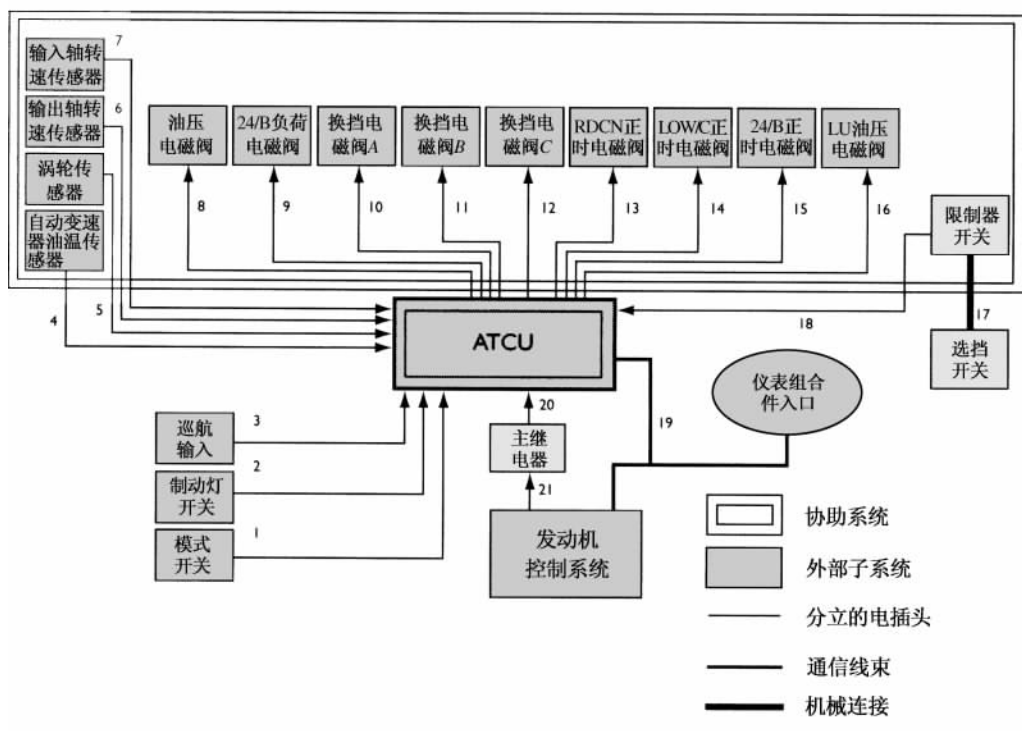


图 15.21 英国罗弗汽车上的 Jatco 自动变速器

(2) 下坡识别。这种策略减少了下坡行驶时使用制动器的需要。系统识别出节气门开度的减小和下坡速度的增加。当使用制动器时,变速器换入低挡。直到节气门开度发生变化,系统一直停留在这个模式。

(3) 冷却策略。2 挡时变矩器通常不会锁止,同时大负荷下变速器将产生过量的热负荷。锁止变矩器或换挡将减少产生的热量。自动变速器控制单元识别出已选低挡且发动机转速、转矩、节气门开度都高,自动变速器控制单元将采取冷却策略。

(4) 冷启动/气候策略。这项策略比一般的齿轮换挡时间长,油液达到预定的温度变矩器才锁止,这样使汽车的动力传动系统热起来并早点达到最佳的工作温度。结果是汽车的排放性、燃油经济性和操纵性能有所改善。

上面这些措施由自动变速器控制单元自动控制。驾驶员通过从中心仪表板上的驾驶员模式开关选择运动模式或雪地/冬天模式,可以选择各种不同的换挡图谱。汽车一启动变速器就使用正常驾驶模式。在运动模式里,自动变速器控制单元比一般情况下保持在挡位上的时间更长,改善加速性能,并且整个汽车换挡反应更快。当选择雪地/冬天模式时,变速器通过变速在齿轮间移动降低发动机输出转矩从而限制滑移车轮的数量,这个模式是专为冰雪和潮湿的路况设计的。

### 15.6.5 ZF 电控助力转向

ZF 电控助力转向系统是目前所用的电控动力转向系统中应用最广泛的一种。它能使大部分带液压动力转向系统的轿车的经济性和净化性得到改善。ZF 电控助力转向系统很容易与各种车型匹配安装。ZF 电控助力系统没有复杂的部件,仅提供一套标准的工具包,

以确保低成本使用。图 15.22 为 ZF 电控助力转向系统。ZF 电控助力转向系统主要用在以下三种车型：



图 15.22 电控助力转向系统

(1) 用于小轿车。带有整体式助力器的电控助力转向系统与转向柱管结合在一起。这主要适用于发动机室空间受限制的小轿车上,转向轴最大负荷是 600 kg。

(2) 用于中型汽车。一种电控助力转向系统设计用于带靠齿轮工作的助力器的中型汽车。最大转向轴负荷是 900 kg。

(3) 用于中型以上的汽车。一种电控助力转向系统设计用于中型以上的汽车和轻型商务用车。这些车上转向摇臂由电动机驱动。

在液压系统的基础上能量消耗减少到 80% 是可能的。实践证明,一般装有电控助力转向系统的中型汽车燃油消耗量每 100 km 减少大约 0.25 L。因为电动机仅在汽车转向时才工作,所以这是可能的。由于这种电控转向系统也为制造商们带来了可观的利润,一种内置 ECU 为制造商们提供了适应转向系统特有需要的机会,举例说,可得到更为精确的转向参数或得到相关的助力转向速度。转向系统内部安装的综合式传感器能够将有关转向角和速度的信息传送到底盘电控单元,甚至送到驾驶员导航信息系统。

这种电控助力转向系统提供的转向舒适度等同于传统的液压转向系统。除此以外,由于系统可程序的阻抑作用,在不平路面上驾驶也不费力。选择转向系统时要考虑许多因素,包括性能、安全性、强度、安装情况,当然还有成本。ZF 现在提供了更宽的适用范围,有液压的、电动的、电动-液压式和电控式多种动力转向系统。今后,电子控制将完全取代液压系统。

### 15.6.6 博世公司的稳定性控制系统

德国保时捷 911 Carrera 4 车型是首例采用博世公司的稳定性控制(PSM)系统的车系,这种 PSM 与 4 轮驱动的组合设计用于赛车和电控悬架控制及这类汽车的齿轮传动。不

仅获得了高标准的驾驶安全性,而且提高了驾车的舒适性,在过去的 50 多年里,保时捷汽车的使用者已有切身体验。图 15.23 所示为 PSM 系统的布置图。

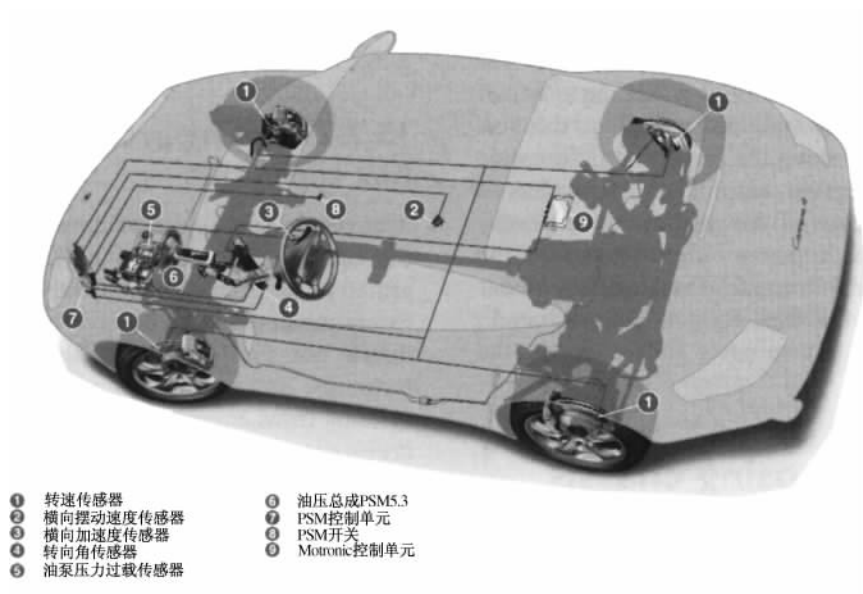


图 15.23 德国保时捷汽车的稳定性控制系统

稳定性控制系统的目标是悬架控制有别于在其他汽车的类似系统。博世最大限度地保留了它的灵活性、运动性和油压操纵的特点。除此之外,由于备有悬架系统提供的高标准安全性,汽车在干燥路面上高速行驶时驾驶员只需要预选一定的工况。同时,PSM 几乎毫无觉察地随着负荷变化或制动器的使用在维持汽车直线行驶的稳定性的方面纠正一些偏差。

博世的工程师允许 PSM 在潮湿、打滑路面上,尤其是附着系数发生变化的路面上提前作出干预。在这种情况下,当使用制动器保持汽车行驶的稳定性的时候,PSM 使制动距离更短。

在使用中,PSM 遵循两个基本的控制策略。首先,它提出了用 ABS、防滑控制和自锁式差速器进行众所周知的侧向控制概念,从而加速和弯道上使用制动器时保持汽车的稳定性。其次,PSM 还提出了当汽车转弯时受到附加侧向力情况下保持汽车可靠行使的侧向或横向控制,为达到这种目标所需的修正是特别谨慎地使用制动器。

上坡时汽车的甩尾倾向通过转弯时精确控制外侧前轮制动器进行抵消。相反,下坡时通过控制后面内侧车轮制动器进行抵消。为提供有力的影响,纵向动态控制技术也出现了,同时据特定需要调整节气门位置在 Carrera 4 车型上使用 E-Gas 技术。行驶时,转向更平稳。

为随时确保精确功能,PSM 运用了许多监控装置。利用 ABS 的轮速传感器来提供车速、加速度、减速度的信息,而且也通过左右侧车轮速度的差值测出转弯及其半径。还有用于检测汽车滑移倾角的坡度角传感器、侧向加速度传感器和侧滑传感器。

所有由传感器决定的数据存储在 PSM 微机中,微机 1 s 内作出估计并用指令形式传送到 E-Gas 或制动系统。因此,PSM 处理问题时比起最有经验的驾驶员反应要快许多。



# 15.7 底盘电控系统故障诊断

## 15.7.1 概述

与所有系统一样,故障识别应按以下六个步骤进行:

- (1) 证实故障存在。
- (2) 收集进一步的信息。
- (3) 测定数据。
- (4) 根据逻辑推理进行更进一步地测试。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查所有系统。

底盘电控系统常见故障现象及其故障原因如表 15.1 所示,同类故障仅供参考,假定已连接了一个恰当的压力表装置。

表 15.1 底盘电控系统常见故障现象和故障原因

| 故 障 现 象           | 故 障 原 因                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABS 不工作或报警灯亮      | <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 车轮传感器或接线断开</li><li>(2) 车轮传感器空气间隙不正确</li><li>(3) ECU 供电低或不搭铁</li><li>(4) 调压器接头断开</li><li>(5) 油泵不供油或接头搭铁</li><li>(6) 调压器线圈断开或电阻高</li></ul>        |
| 牵引控制不起作用          | <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 车轮传感器或接线断开</li><li>(2) 车轮传感器空气间隙不正确</li><li>(3) ECU 供电低或不搭铁</li><li>(4) ABS 系统故障</li><li>(5) 节气门执行机构不起作用或接头断开</li><li>(6) ECU 间信息交流中断</li></ul> |
| 电控自动变速器系统性能降低或不工作 | <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 发动机和变速器 ECU 信息交流中断</li><li>(2) ECU 供电低或不搭铁</li><li>(3) 变速器系统故障</li><li>(4) 选挡开关断开或短路</li><li>(5) 速度传感器不工作</li></ul>                             |
| 动力转向作用弱或不起作用      | <ul style="list-style-type: none"><li>(1) ECU 供电低或不搭铁</li><li>(2) 机械故障</li><li>(3) 驱动电机供电低或不搭铁</li><li>(4) 转向传感器不起作用</li></ul>                                                            |

## 15.7.2 测试步骤——黑匣子技术

底盘电控系统覆盖了汽车很大一部分面积,与其他章节列出的一般的故障现象表可能

是相关的,但这里所讲的技术被称为“黑匣子故障识别”。这是一项很好的技术,而且可以应用于从发动机控制、ABS 到巡航控制和仪表盘的许多汽车系统。

因为大部分系统以 ECU 为主,这种 ECU 被认为是“黑匣子”,换言之,我们知道 ECU 应做什么,但它怎么做并不重要。

图 15.24 所示方框图可用来代表许多汽车的电器或电子系统。在实物中,从“输入端”指向 ECU 的箭头或从 ECU 指向“输出端”的箭头是电线。把 ECU 当作是一个“黑匣子”,从而可以忽视它的复杂性。理论上,加入到“黑匣子”的所有传感器和连线正常,所有输出执行机构和它们的连线正常,且供电/搭铁接头正常,那么故障就在“黑匣子”。但大部分 ECU 是很可靠的,在输入或输出部分找出故障是极有可能的。

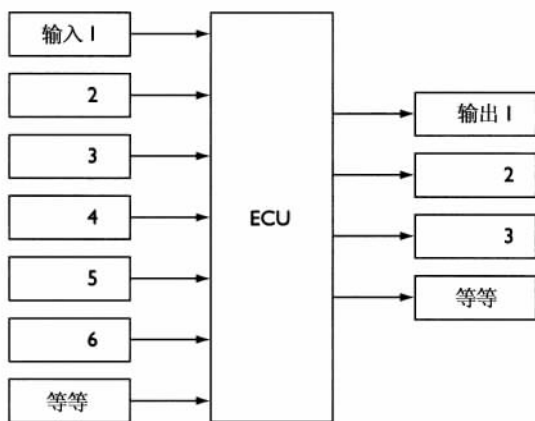


图 15.24 电气系统的方框图

正常故障识别或测试技术可应用于传感器或执行器。举例说,假如 ABS 系统使用的是 4 个电磁感应式的轮速传感器,那么一个简单的方式是测出它们的

电阻。即使不知道准确值,但 4 个传感器同时有故障不太可能,因此可用测出的阻值作一个比较。假如传感器通向 ECU 线路末端得出同样的电阻值,那么几乎所有的“输入部分”都可用欧姆表读数进行测试。

同样的技术也可用于“输出部分”。假如所有工作线圈的阻值与油压调节器的一样,那么假定这个数据是正确的,这是合理的。但是有时不知道厂商推荐值反而有利。假如“说明书”上的推荐值为  $800 \sim 900 \Omega$ ,当你的欧姆表读数为  $915 \Omega$  时,你该怎么办?

最后,不管 ECU 多么复杂,如果没有好的电源供应和搭铁,它们是不会工作的。

## 15.8 底盘电子控制系统理论知识

### 15.8.1 路面和轮胎摩擦

就防抱死制动而论,地面和轮胎之间的摩擦是一个关键问题。当汽车加速或制动时摩擦力可能在轮胎接触印痕和路面间传递。因为橡胶轮胎是自然的弹性,所以固体间摩擦力的一般理论不得不使用。为深入理解这一复杂问题,就涉及到分子理论,这儿的术语“滑动”用来描述轮胎和路面之间的相互作用。

当制动力施加于旋转车轮时,滑动产生。可用下面的公式来定义滑移率:

$$\lambda = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \times 100\%$$

或

$$\lambda = \frac{v_v - v_r}{v_v} \times 100\%$$

式中,  $\lambda$  为滑移率;  $\omega_0$  为纯滚动车轮角速度;  $\omega$  为抱死车轮角速度;  $v_v$  为汽车车速 ( $= \omega_0 r_d$ ,  $r_d$  为车轮动态滚动半径);  $v_r$  为抱死车轮的圆周速度 ( $= \omega r_d$ ,  $r_d$  为车轮动态滚动半径)。

$\lambda$  为 0% 代表车轮纯滚动,  $\lambda$  为 100% 代表车轮抱死。

汽车制动取决于纵向附着系数 ( $\mu_F$ ),  $\mu_F$  取决于许多因素, 主要如下:

- (1) 路面材料/状况。
- (2) 轮胎材料、轮胎气压、胎面花纹深度、胎面花纹和结构。
- (3) 接触压力。

图 15.25 所示为制动力纵向附着系数与滑移率之间的关系。图表被分为两部分, 分别为稳定和 unstable 区。在稳定性区域所使用的制动力和地面附着系数之间存在一种平衡。因此制动时不可能产生滑移。在 unstable 区域经过临界滑移点 ( $\lambda_c$ ) 时, 不平衡将出现, 若此时制动力不降低, 则车轮将抱死。

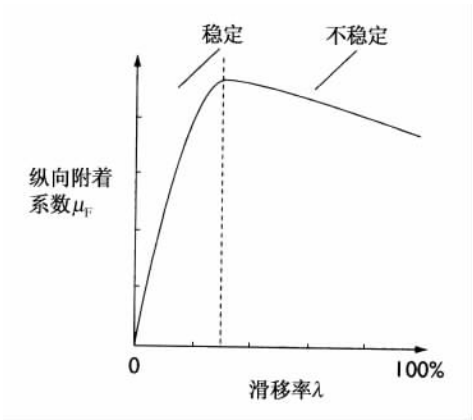


图 15.25 纵向附着系数与滑移率的关系曲线

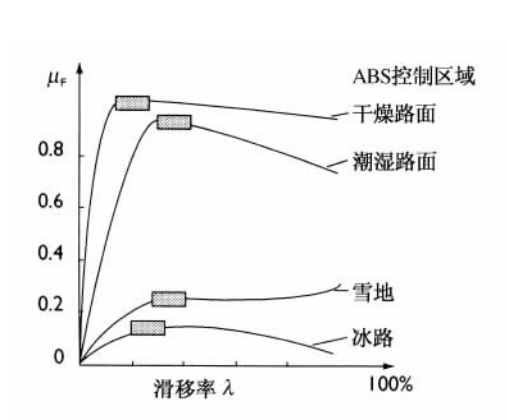


图 15.26 不同路面状况的纵向附着系数

临界滑移率 ( $\lambda_c$ ) 可能在 8%~30% 之间变化, 这取决于轮胎和路面情况。图 15.26 所示为不同路面状况之间的差异。该图说明了一个重要观点, 即固定的滑移率的临界值只是一个参考值, 因为 ABS 起作用时, 将不会充分利用有效附着系数。

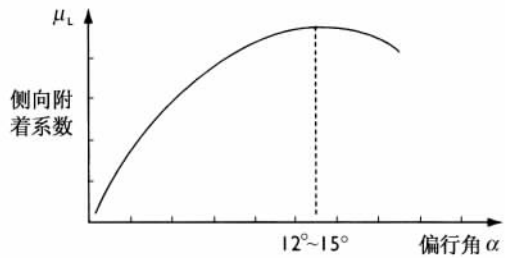


图 15.27 侧向附着系数 ( $\mu_L$ ) 与偏行角 ( $\alpha$ ) 关系图

汽车车轮的侧滑必须加以考虑, 当车轮中心线与车轮中心预期的路线形成一个偏移角度时, 滑移便产生了。汽车侧滑的方向取决于偏行角与侧向力之间的关系。这种关系用图 15.27 表示, 图 15.27 是侧向附着系数 ( $\mu_L$ ) 与偏行角 ( $\alpha$ ) 的关系图。临界偏行角一般为  $12^\circ \sim 15^\circ$ 。

为了调整制动, 必须考虑制动力和侧向引导力。图 15.28 所示为纵向附着系数

( $\mu_F$ )、侧向附着系数( $\mu_L$ )与制动滑移率( $\lambda$ )之间的关系曲线。图示的偏行角为  $2^\circ$  和  $10^\circ$  并在干燥路面上测试。注意当制动滑移率( $\lambda$ )增加时侧向附着系数( $\mu_L$ )迅速下降。当  $\lambda = 28\%$  时,侧向附着系数就是车轮偏转角的函数,两者之间的关系如下:

$$\mu_L(\min) = \mu_F \sin \alpha$$

这个公式可用于证明抱死的车轮是怎样失去转向操纵能力的。从图 15.27 也能看出 ABS 控制必须被延伸至更大的偏行角,但当汽车在以很高的侧向加速度行驶时急制动,那么 ABS 必须提前干预且当车速降低时逐渐加大滑行。这些数据储存在电控单元的只读存储器内。

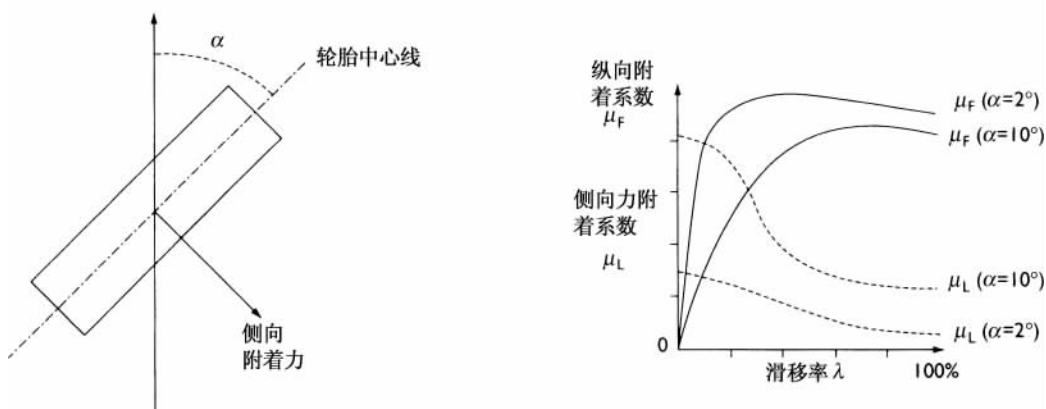


图 15.28 纵向附着系数( $\mu_F$ )、侧向附着系数( $\mu_L$ )与制动滑移率( $\lambda$ )之间的关系

## 15.8.2 ABS 控制过程

图 15.29 为高附着性能(好的附着力)路面上制动控制过程,图 15.30 为低附着性能路面上(打滑的)制动控制过程。

高附着性能路面上制动过程分析如下:

- (1) 开始制动,ABS 尚未起作用。
- (2) 转速超过据参考车速计算出来的临界值且制动压力保持在一个恒定值。
- (3) 车轮减速度降至临界值( $-a$ )且制动压力降低。
- (4) 制动压力保持过程产生且转速将增加。

(5) 车轮加速度超过最高限制( $+A$ ),因此允许增加制动压力。

(6) 当超过极限值( $+a$ ),压力又保持恒定。

(7) 制动压力逐步增加,直至转速超过临界值( $-a$ )。

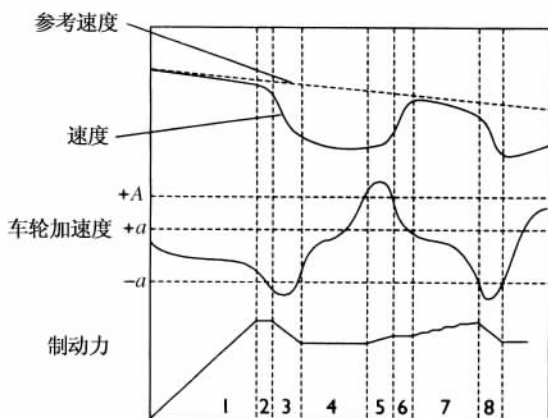


图 15.29 高附着性能路面上制动控制过程

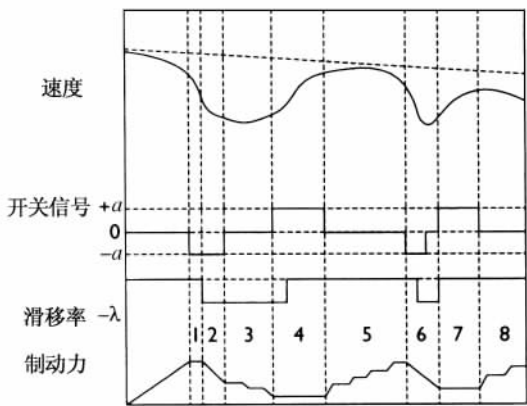


图 15.30 低附着性能路面上制动控制过程

移率临界值低,因此压力又降低,随后又出现暂时的保持过程。1 s 的比较发生后,制动压力又降低。

- (4) 制动压力保持阶段允许轮速增加。
- (5) 有了增加压力的油液的逐步输入和逐步保压,直至车轮再次滑移。
- (6) 制动压力降低允许车速增加。
- (7) 当达到计算出来的滑移值时保压。
- (8) 保压阶段逐步增加压力以保持滑移时间最短,这样可确保汽车最大的操纵稳定性。

这个过程又持续进行,直到松开制动踏板或汽车逐渐停下来。

15.8.3 牵引控制计算

图 15.31 为在不同路面上加速时作用在汽车车轮上的力的示意图。最大牵引力可用下式计算：

$$F = FH + FL = 2FL + FB$$

式中, $F$  为总的牵引力; $FH$  为  $\mu_H$  ( $\mu_H$  为高附着系数) 部分传递的力; $FL$  为  $\mu_L$  ( $\mu_L$  为低附着系数) 部分传递的力; $FB$  为制动力。

(8) 制动压力又减少,然后当达到临界值 ( $-a$ ) 时保持恒定。

上述过程持续进行直至放松制动踏板或车速低于一个设定的最小值,此车轮将被制动直至汽车最后停下来。

低附着性能路面上制动过程分析如下：

- (1) 初始制动,ABS 尚未起作用。
- (2) 轮速超过据参考车速计算出来的临界值且制动压力保持在一个恒定值。
- (3) 在这个过程中伴有制动压力降低的暂时保持过程。发现转速比计算出来的滑

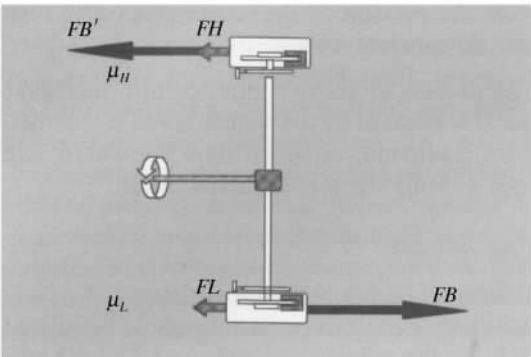


图 15.31 在不同路面上加速时作用在汽车车轮上的力

15.9 底盘电子控制系统的新技术

15.9.1 线驱动制动系统

图 15.32 所示的简单曲线说明,使用线驱动制动系统与传统制动系统比较时,预期制动距离缩短 10%。线驱动制动系统的主要优点是电子元件能不断调整制动力以达到

理想的状态且系统反应时间也大大缩短了,大型铰接式汽车在紧要关头所有制动器有条不紊地一起起作用这一点特别重要,然而这一部分仍需完善的是负荷传感器,这是一个牵涉到成本与可靠性的问题。

制动装置带有电器控制的主要变化是脚制动控制装置紧靠车轮安装。这种控制是通过电继动阀进行,电继动阀由于 ECU 的控制有步进作用。这与实际的空气制动阀相似,这也是在气管里缩短传播时间的原因。图 15.33 为线驱动制动系统的布置,信号传输系统采用 CAN - bus 技术。

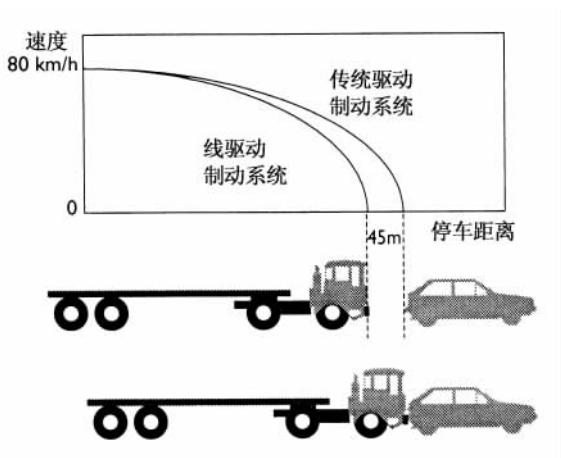


图 15.32 线驱动制动系统与传统制动系统制动距离的对比

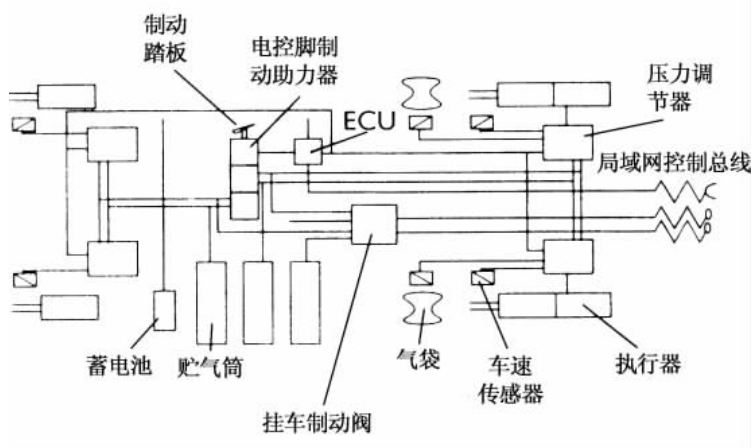


图 15.33 线驱动制动系统的布置

## 15.9.2 制动辅助系统

制动辅助系统之所以得到发展是因为许多迹象表明驾驶员并不能充分认识到 ABS 的优点。ABS 的应用并没有像最初期望的那样使事故减少,其中的原因是值得讨论的。一种观点是紧急制动时许多驾驶员没将制动踏板踩到底,因此轮胎没有充分滑移 ABS 就起作用了。

为了解决这个问题,厂家开发了辅助制动系统,该系统在紧急情况下使用比平时更高的油液压动力。系统识别制动情况是否紧急的能力很重要。与控制策略一样,踏板力传感器及与踏板力传感器联系在一起的流量传感器正在开发中。如果该领域的试验能取得令人满意的结果,那么制动辅助系统将很快引用到批量生产中。

电子执行器开始取代传统的轮缸。精确控制的直流电机在制动鼓上工作,有降低整个系统重量和成本的潜在优势。磁性制动领域的发展正在进行中,该系统具有取消汽车所有磨损件的潜能。

15.9.3 车辆动力学

通过本章底盘电子控制系统和前面几章发动机控制系统的介绍,可以清楚地看到越来越

多的电子控制系统需要相互作用才能达到最佳效果,这是数据总线(第4章)的驱动力之一。因为各种系统使用的传感器是相同的,每一种传感器用不同的方式使用数据,但许多系统对其他系统有影响,这是很普遍的现象,这就得借助于下面一些系统的网络综合。

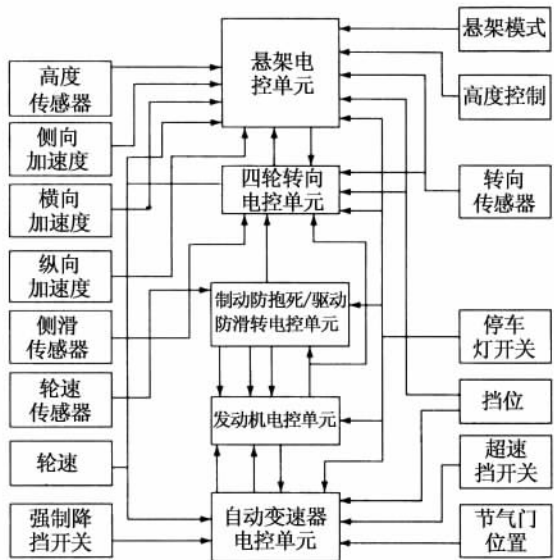


图 15.34 几种系统怎样联系在一起：制动防抱死、牵引力控制、主动悬架、四轮转向、发动机控制、自动变速器

- (1) 制动防抱死。
- (2) 牵引力控制。
- (3) 主动悬架。
- (4) 四轮转向。
- (5) 发动机控制。
- (6) 自动变速器。

图 15.34 为如何将上述系统联系在一起的综合控制方框图。当这些系统一起工作时,每一种系统的工作都会产生重大变化。这个领域的研究仍在进行,将来可能会取得更重要的进展。

15.9.4 自动离合器

法国法雷奥(Valeo)汽车自动离合器取消了离合器踏板。装有这种自动离合器的汽车因减轻了驾驶员的疲劳和每次换挡时无需踩离合器踏板,所以更舒适、更有趣。保留变速杆,但由驾驶员主动控制。

法雷奥汽车自动离合器是一种加装的系统,这种系统能安装到传统的手动变速器上。它包括离合器的执行器、一个大功率中央处理器和由专门软件驱动的各种传感器,这些软件对应的一种车型都是最佳的。图 15.35 为自动离合器执行器。

法雷奥自动离合器使用电动机械操纵,因此与传统的油压系统相比较更紧凑、更轻便、更经济。它内部的四位弹簧允许快速反应(分离时间 70~100 ms),且电能消耗低(20 W)。采用 16 位的 ECU,电子动力设备均由法雷奥电子公司开发制造。

法雷奥已开发出高性能的计算机模拟工具用来设计操纵软件,这种软件能根据汽车厂商的要求,使汽车反应灵敏。



图 15.35 自动离合器执行器





汽车设计将采取不同的形式,使制造商们做些以前想做但用传统技术和生产过程不可能做的事情。汽车的方向盘就是一个例子。线驱动转向技术将使方向盘和转向柱管最终被取代,因为不再需要方向盘和前轮间的机械连接。这样剩余的空间就允许设计者们做些完全不同的设计,如在车身上加入新的减振系统。

从装配的角度看,整个转向、减振和制动系统可归入一个模块,这个模块很方便地就可安装在汽车上。这种以模块方式的简化将大大减少装配时间,同时提高了产品质量,可达到满意的测试效果,制造商们也会发现在许多方面节约了成本。

## 15.10 练习

### 15.10.1 思考题

1. 描述 ABS 系统三种主要的控制过程。
2. 描述“黑匣子”诊断技术的意义。
3. 用图表说明(解释)轮速传感器的工作原理。
4. 简述电控动力转向的四大优点。
5. 画图说明仅采用控制节气门方式时牵引控制的效率。
6. 画出电控自动变速器的方框图并简述各部分的功用。
7. 列出采用电子控制的八种底盘系统。
8. 解释“整体车辆动力学”。
9. 描述主动悬架系统的工作原理。
10. 简述 ABS 系统的三种不足之处。

### 15.10.2 课程论文

调查生产带中央控制单元的汽车的可能性,这种中央控制单元能控制从发动机、仪表和稳定性操纵的整个汽车的工作。

为汽车制造公司制定一份报告,说明中央控制单元汽车的有利和不利之处。向公司作出明确的推荐,以便他们决定是否将这种方案变为现实,以证实你的决定。

# 16 舒适系统

## 16.1 座椅、后视镜及天窗

### 16.1.1 概述

电动座椅、电动后视镜及电动天窗这些部件的操作方法都很类似,因此,集中在此节中介绍。另外,电动车窗和中控门锁的操作方法也与这些部件相同。

对于以上部件的操作,基本上都是靠一个或多个永磁电机来完成的,这些电机都安装在同一个电路中。图 16.1 就是一个典型的电机电路图。在这个电路中,当我们拨动开关时,其中一个继电器就会激发,从而改变电机一端的极性;而当开关被拨到另一位置时,电机另一端的极性也会相应改变;在停止位置的时候,电机两端电位相同,形成再生制动,电机就立即停止转动。

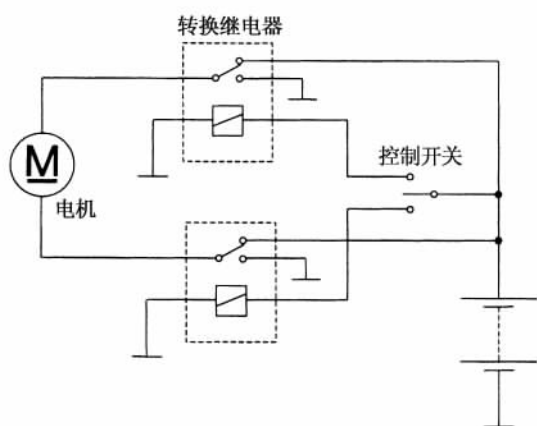


图 16.1 典型的电机控制电路图

为了增强这些系统的操作性,更多精密元件被应用到其中,最常见的是极限开关、位置寄存器和压力限制元件。

### 16.1.2 电动座椅调整

在实际的应用中,我们可以使用一定数量的电机去改变座椅不同部位的具体位置,从而调整座椅。电动座椅可进行如下调整:

- (1) 前后调整。
- (2) 坐垫后部高度的调整。
- (3) 坐垫前部高度的调整。
- (4) 靠背斜度的调整。
- (5) 头枕高度的调整。
- (6) 腰椎支撑的调整。

图 16.2 是一个典型电动座椅结构图。这个系统使用了 4 个位置电机和一个用于操纵油泵的小电机,这个小电机控制腰椎支撑气囊。跟前面介绍过的一样,每个电机是由一个简单摇臂开关通过控制两个继电器来实现控制的。这个座椅系统中共用到 9 个继电器,每两个控制一个电机,还有一个控制总的回路。

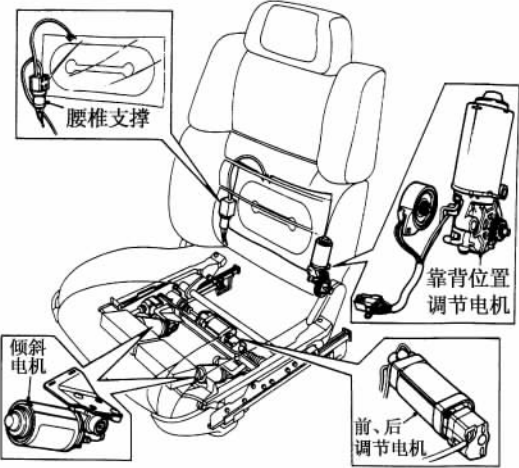


图 16.2 电动座椅的控制元件分布图

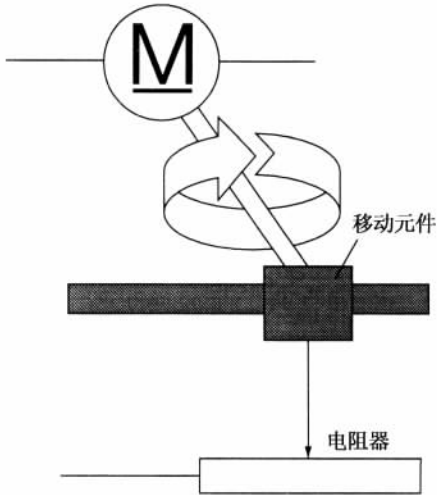


图 16.3 电动座椅位置寄存示意图

一些车辆的电动座椅设有位置寄存器,当座椅位置有所改变时,系统会根据位置寄存器的记录对座椅进行自动调整,这种功能经常跟电子镜的调整相结合。图 16.3 说明了电动座椅的电路如何配置从而实现位置寄存功能。当座椅位置改变时,与电机相连的可变电阻同时也会作相应的变化,这样系统就会向电子控制单元(ECU)输送一个反馈信号。因此,系统就能有很多种方式将座椅的位置“记住”,其中最好的一种技术是在电阻的两端加上一个恒定电压,这样系统的输出就会跟座椅的位置对应起来,然后我们对这个输出值进行模数转换,转换后的数字就可以存储在数字寄存器内。当驾驶员按下记忆按钮时,车辆中的 ECU 就会激活电机继电器,使寄存器中的数字与座椅偏移量对应起来。但为了避免车辆在行驶中座椅被调到一个危险位置,这项功能在发动机运转时是无效的。而此时座椅的位置仍然可以正常地通过开关进行调节。

16.1.3 电动后视镜

现在很多的车辆都装有电动调节的后视镜,特别是在乘客的一边更常见。这里使用的

系统和前面介绍过的座椅调节系统在调节方式上是大同小异的。电动后视镜有两个小电机分别实现对后视镜垂直、水平方向的调节。很多后视镜的镜片后都布置了一种尺寸很小的加热元件,它们在大灯第一次照明时会工作几分钟。这个系统同时还可与后窗加热电路相连,图 16.4 是电动后视镜电路图,这个电路包含了将信息反馈给位置寄存器的反馈电阻。

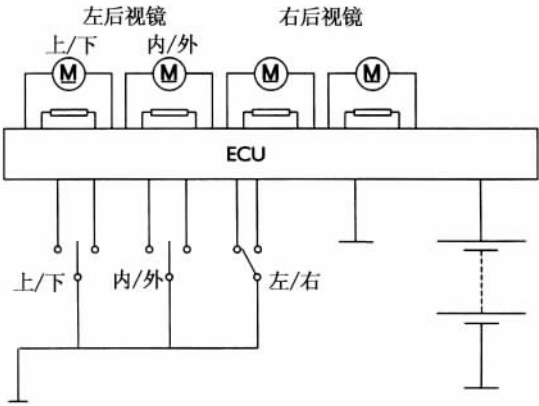


图 16.4 位置寄存器及电路的反馈电阻器图

### 16.1.4 电动天窗

电动天窗电路的操作与本章前面提到的电机电路操作是类似的。除此之外,为了使天窗能够滑移、倾斜和停止在关闭的位置,必须采用更多的元件。在这个系统中,额外的元件有一个微型开关和一个锁定继电器。锁定继电器的工作原理跟普通继电器大体是相同的,不同的是当它被系统激活时,它能将位置锁定,其作用类似于圆珠笔头上的按钮。当天窗在关闭位置时,微型开关可以灵活地改变位置,对天窗进行控制。锁定开关使驾驶员能够对天窗进行相应的调节。电动天窗的电路如图 16.5 所示。控制开关使电机按其既定的方向运转,直至天窗完全关闭并且微型开关关闭。此时锁定继电器的极性改变,进而使电机停转。这个时候控制开关处于弹起状态,假如再次按下开关,锁定继电器将会再次改变极性,同时电机也会运转。

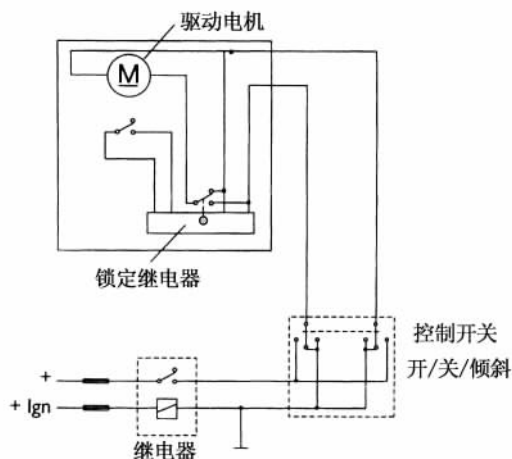


图 16.5 电动天窗电路图

## 16.2 中控门锁和电动车窗

### 16.2.1 中控门锁

当用钥匙锁止驾驶员侧门锁时,汽车上其他所有的门也能锁上,这个功能是由每个门上的电机或电磁线圈共同实现的。如果只能用驾驶员门上的钥匙对系统进行操纵,那么在这个门上的促动机是没有必要存在的。如果我们希望能从每个前门操纵系统或对系统进行遥控操作,那么所有的门上都应安装促动机。有些安装了复杂警报系统的车辆,在警报响起时所有的门都能自动锁上。

中控门锁电路如图 16.6 所示。控制单元中有两个变换继电器(类似于图 16.1),能被每一个门锁开关促动。假如有遥控器,红外遥控也同样可以促动变换继电器,各个门上的电机是并联的,我们可以在同一时间控制它们。

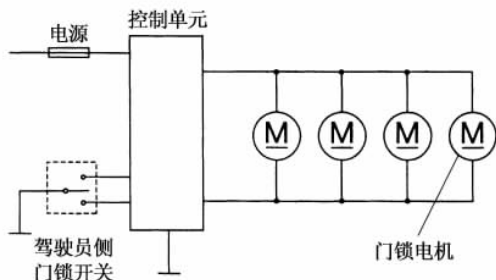


图 16.6 中控门锁电路图

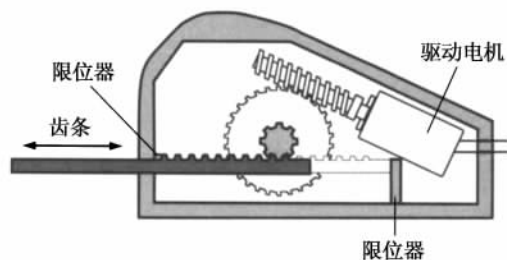


图 16.7 门锁促动机的结构

大多数门上的促动机是小型电机,它们通过合适的齿轮啮合实现减速,带动两端上的齿条,进而实现锁门或开锁。完成这一系列的操作需要一个简单电机电路。图 16.7 就是一个典型的门锁促动机电路图。

红外线中控门锁是由一个小型手提发射器、一个红外传感接收器和主控单元的解码器控制着的,这种设置会随生产厂家的不同而存在差异。当按下其中一个小开关从而打开红外键时,发射器就会发射出一串复杂的代码,代码中使用的数字往往会超过 50 000 个。然后红外传感接收器收到代码并以电信号的形式传送到主控单元。如果主控单元收到的代码是正确的,继电器就会被触发,同时门锁会被锁上或打开;如果代码是错误的,并且连续 3 次出现输入错误,这表明有人试图非法将门锁打开。这时红外系统会自动关闭,并重置系统直到驾驶员用钥匙将门打开为止。这种技术能有效地防止他人用扫描型的发射器将门打开。图 16.8 是一种使用“滚动代码”系统的操作流程(MAC 代表合法信息代码)。

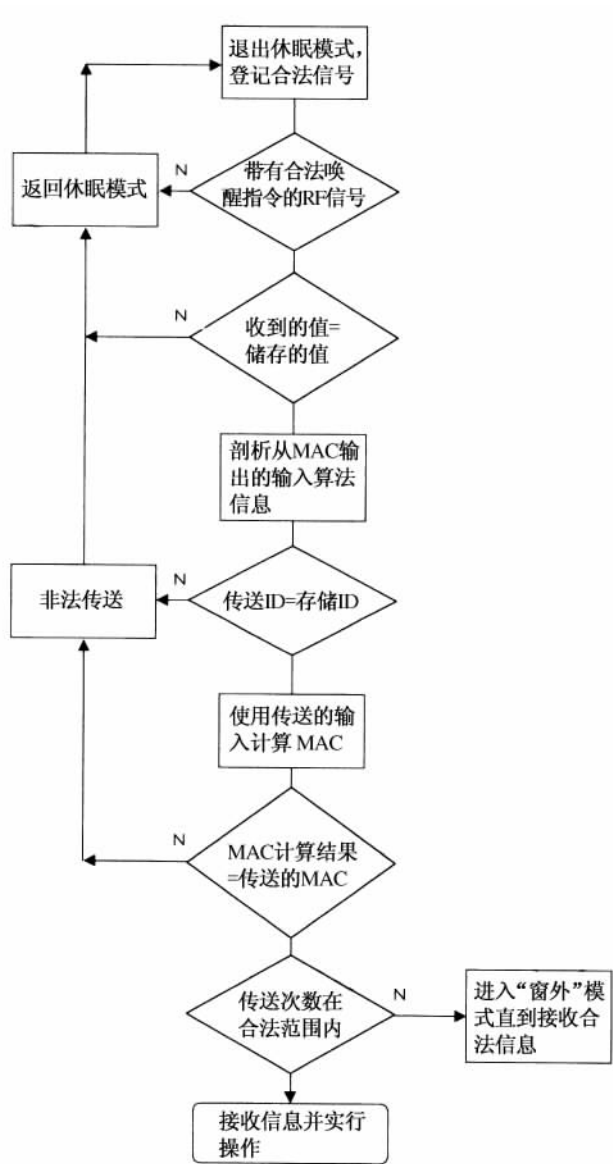


图 16.8 “滚动代码”系统操作流程

16.2.2 电动车窗

电动车窗的工作原理与前述的各系统是相似的,也是用继电器或直接通过开关来操纵电动机。为了安全性和提高舒适性,功能更加完善的电动车窗得到广泛应用,电动车窗一般具有以下模式:

- (1) 单触模式。
- (2) 慢动模式。
- (3) 遥控模式。
- (4) 反转模式。

完整的电动车窗系统由包含着车窗电机继电器的电子控制单元、控制开关和与中控门锁及天窗相连的线路组成,如图 16.9 所示。

当车窗在单触模式下工作时,车窗一直以选定的方向运动,直到开关反向操作,除非电动机断电或 ECU 收到门锁电路的信号。单触模式工作存在的问题是:如果小孩头伸出车窗外时,就有弄伤的危险。为阻止这种现象,就会自动启动反转模式,将一个附加的整流子安装到电动机电枢,并通过两个电刷产生信号,该信号与电动机速度成比例。如果 ECU 检查到电动机速度变化率低于所设定的门限值时,ECU 就会使电动机反转,直到车窗玻璃完全降下。

ECU 通过计算收到的脉冲数目就可确定车窗玻璃所处的位置。当发电机处于关闭位置时,这个数值很重要,因为此时车窗不能自动倒回,为了让 ECU 知道车窗位置,必须赋予初值。其方法是先操纵电动机,使车窗玻璃完全降下,然后又完全上升。未进行这样操作,则单触模式失效。在一些电动车窗中,采用霍尔效应传感器来检测电动机速度;在另一些电动车窗中则通过电动机感应电流来显示电动机速度。

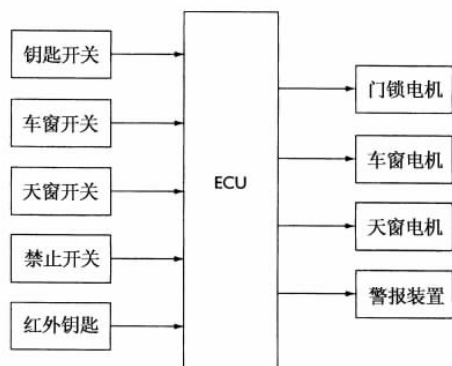


图 16.9 中控门锁、电动车窗、天窗之间的控制方框图

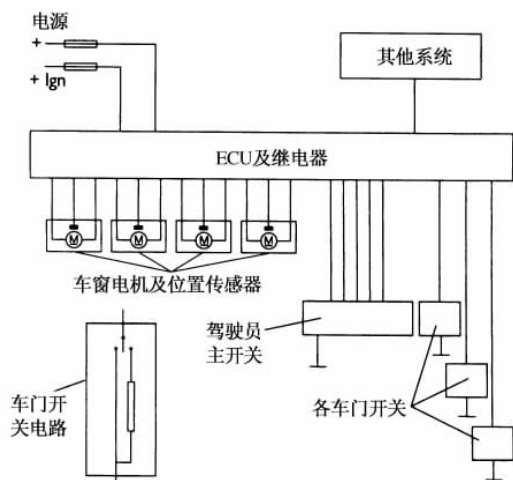


图 16.10 电动车窗控制电路

遥控模式可以通过红外线远程钥匙的操作,使轿车置于完全安全状态,即通过门锁 ECU、车窗和天窗、ECU 之间的连接来完成的。提供给的信号先关闭车窗玻璃、再关闭天窗、最后关闭车门。如果需要时,也可设置警报。车窗按顺序关闭,这样可防止同时工作时产生的电流过大。

电动车窗电路如图 16.10 所示。电动车窗与门锁、后窗等系统相连接是通过绝缘开关完成的。其目的是防止后窗挤压小孩,提高安全性。图 16.11 是一个典型的车窗玻璃升降电机,它应用于钢丝绳升降机构。



图 16.11 车窗玻璃升降电机

## 16.3 巡航控制

### 16.3.1 概述

巡航控制是闭环控制系统的理想模式,如图 16.12 所示。巡航控制的目标是:驾驶员

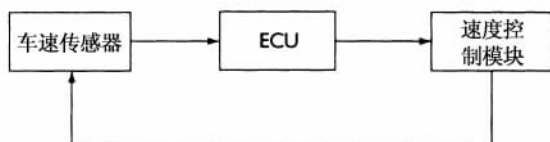


图 16.12 闭环系统的巡航控制图

对汽车速度进行设定后,系统就能对速度自动进行维持。巡航系统对汽车的实测速度作出反应,并据此调节油门,反应时间非常关键,快速反应使得车速没有忽快忽慢的感觉。

该系统中还包含其他装置,如按下某按钮时,有逐渐增加或降低速度的装置。多数巡航系统还会记忆上次所设置的速度,而且按下某按钮时,会继续恢复该设置。

一个性能良好的巡航控制系统应具备以下功能:

- (1) 维持车辆设定速度。
- (2) 速度波动最小。
- (3) 允许汽车改变速度。
- (4) 制动时,巡航功能立即关闭。
- (5) 存储上次速度设置。
- (6) 内设安全装置。

### 16.3.2 系统描述

巡航控制由主开关接通,继而由点火控制。当主开关断开时,多数系统不能在存储器中保存速度设置。接通“设置”开关,可对存储器内容进行编程,但前提是满足与下述相似的条件:

- (1) 汽车速度高于 40 km/h。
- (2) 汽车速度低于 12 km/h。
- (3) 速度变化小于 8 km/h。
- (4) 自动变速器必须放在“D”挡。
- (5) 制动器或离合器不工作。
- (6) 发动机转速稳定。

一旦系统被设定,速度误差就会保持在大约 3~4 km/h 范围内。直到出现下列动作时才会被减小:踩下制动踏板或离合器踏板,按下“恢复”开关或关闭主控开关。除非主开关被切断,否则,上一次“设置”速度仍保存在存储器中。

如果需要再次启动巡航控制系统,可以按下主开关的“设置”钮保持汽车以当前速度行驶,或按下“恢复”钮加速汽车到以前的“设置”速度。在某个设置速度下进行巡航控制时,驾驶员可持续按下“设置”钮来提升汽车行驶速度,当加速到所需要的速度时,再释放该按钮。如果驾驶员想加速,例如超车,踩下油门踏板即可。如欲恢复原速度行驶,松开油门踏板,汽

车则减速,直到回到上次设定速度。

### 16.3.3 巡航控制系统的组成

一个完整的巡航控制系统由以下几个主要部分构成:

#### (1) 执行器

许多方法可用于控制油门位置,装有电子油门系统的汽车允许巡航控制系统操纵同一个(电子油门)执行机构。电动机可用来控制油门拉索,在许多情况下,采用真空驱动膜片进行控制,该膜片可用3个简单控制阀进行控制(图16.13)。当速度需要增加时,阀X打开,使低压从进气管流到膜片的一侧。另一侧的大气压力会移动膜片,并推动油门改变位置。相反工作状态时,阀X关闭,阀Y打开,允许大气压力进入腔中,而膜片由弹簧回位。如果两阀都关闭,则油门位置保持不变。阀X为常闭,阀Y为常开,这样一旦电气系统出现故障,巡航控制就不会进入工作状态,进气管真空状态就不会受到干扰。阀Z由制动和离合器踏板控制,进一步提供安全保证。

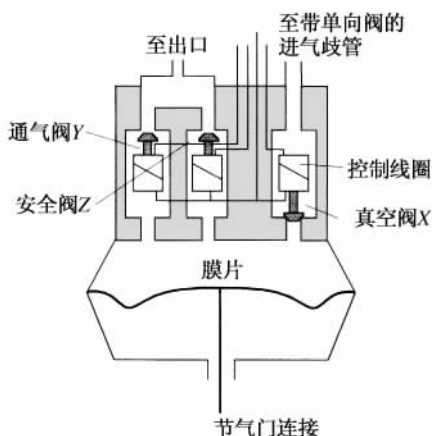


图 16.13 巡航控制真空调节器

#### (2) 主控开关和警报灯

主控开关为一个简单的 ON/OFF 开关,位于仪表板下方驾驶员易于操作的位置。指示灯可与主控开关组合在一起,也可作为仪表主显示盘的一部分,但必须布置在驾驶员的视野范围内。

#### (3) “设置”及“复位”开关

有些开关安装在方向盘或转向杆上。如方向盘存在滑转,必须用卡环连接。“设置”按钮用以将速度输入存储器,也可用来增加汽车行驶速度和存储器内的速度设定值。“恢复”按钮可使汽车恢复至上次设置速度或暂时中断控制。

#### (4) 制动开关

该开关非常重要,这是因为如果巡航控制系统试图保持某一恒定车速,这时施加制动就会很危险。该开关通常要求很高,安装在适当的位置或作为制动灯开关的一个附件,制动开关与制动踏板联动,对该开关的调整是否正确非常重要。

#### (5) 离合器或自动变速器开关

离合器开关的安装方式与制动开关相似。离合器开关与离合器踏板联动,踩下离合器踏板,即退出巡航控制,以防止发动机转速过高。自动变速器开关用于控制巡航控制系统能否进入状态,只有当该开关位于“D”位置,才允许巡航控制系统进入工作状态。如果设定巡航速度太高,则会导致发动机转速过高。配置自动变速器开关的目的就是为了防止发生这种情况。

#### (6) 车速传感器

车速传感器与车速表传感器是同一个传感器,如果不是,则车速传感器可以有许多类型,最常用的车速传感器是产生的脉冲信号频率与汽车速度成正比。



16.3.4 自适应巡航控制

传统的巡航控制虽然已经发展到了一个较高程度,但在很多欧洲道路条件下对巡航控制进行测试时,人们发现其不是很实用。因为车速经常需要变换的情况下,特别是遇到交通拥挤时,驾驶员经常要取代巡航控制系统进行提速或减速。在这种背景下,自适应巡航控制就可以自动地根据当前交通状况很好地调整车速。图 16.14 展示了自适应巡航控制系统的工作原理,这个系统主要有三个目标:



图 16.14 自适应巡航控制系统的操作

- (1) 维持驾驶员设定的车速。
- (2) 自动调节车速并维持与前面车辆的距离。
- (3) 有撞车危险时发出警报。

图 16.15 展示了自适应巡航控制系统的组成及复杂的自适应巡航系统。其主要增加的部分是:前方车距传感器和方向盘角度传感器。在这个系统中,车距传感器是最重要的,方向盘角度的信息是为了补充前方车距传感器产生的数据,以更好地分辨危险信号和虚假信号。目前使用的前方车距传感器有两种:雷达型和激光型。

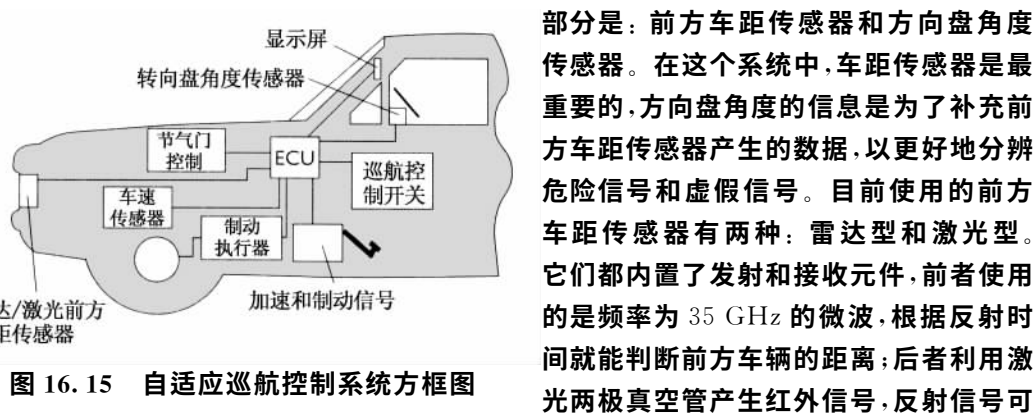


图 16.15 自适应巡航控制系统方框图

通过激光两极真空管侦测得到。

这两种不同的传感器均有各自的优缺点。前者不受雨雾影响,而后者对于车辆前方真

正的反射物更具选择性。前者对于桥、树、广告牌及其他一般的路边目标都具有很强的反射作用,同时它也会得多岔路的反射物失去信号。因此在理想天气条件下,激光型系统似乎是最好的选择,但在天气变化时又变得极不可靠。

无论是哪一种前方车距传感器,安装在垂直和水平两个方向上偏差  $2.5^{\circ}$  的横梁上是最佳的。对于这种系统,目前有一个共识,就是:同样安装了这种系统的其他车辆千万不能干涉本车辆的工作。图 16.16 表示出了前方车距传感器的安装位置。基本上可以说,自适应巡航控制系统的操作方法跟传统的一样,不同的是:当前方车距传感器的信号侦测到前方有障碍物时,车辆会自动减速。如果系统发现在完全放下油门踏板时还不能在一定距离内使车辆停下,系统就会向驾驶员报警,让驾驶员踩下制动踏板来进一步控制车辆的减速。

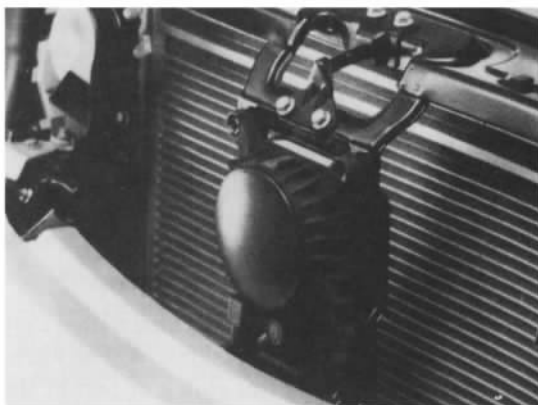


图 16.16 安装在汽车前部的前方车距传感器

更先进的自适应巡航系统同时还能控制车辆的加速及制动系统。虽然这听起来很有发展前景,但在现有的条件下,人们远未能发展到这一步。在这里需要声明的是:设计自适应巡航控制的目的是为了在一定程度上减轻驾驶员的负担,而不是完全地控制车辆行驶。

## 16.4 车内多媒体

### 16.4.1 概述

假如在我们车上连一部录音机都没有,那是很难想像的事情。可是就在不久之前,录音机也是一个额外选配件。让我们一起回顾一下,车内录音机的使用需要克服很多困难。比如在美国的大型汽车上最终获得成功的音响系统,对于英国的汽车及其路况,却不一定会适合。图 16.17 是典型的高级汽车内娱乐(ICE)系统,同时还带有 CD 播放机。

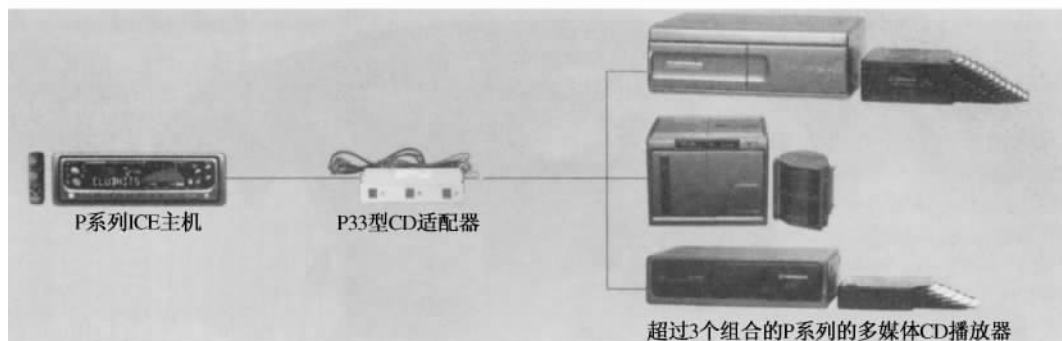


图 16.17 ICE 系统

现在 ICE 系统已成为标准车上配置,具有高保真性。CD 播放机和有自动选择、返回功能的 CD 换片机,很受欢迎。

我们对于 CB 收音机和车内电话的高涨和低落是了解的,其主机部分如此巨大以至于人们不得不将其安装在行李舱内。车内“免提”电话能使驾驶员在接听电话时两只手空出来驾驶车辆,用声音激活其他系统的技术也正在发展中。

“车内 PC 机”或“汽车 PC 机”是一项新兴技术,将会普及,而数字汽车也将会产生!

16.4.2 扬声器

好的 ICE 系统至少包括 6 个扬声器,2 个安装在后行李舱,发出的是低频音;2 个前门扬声器产生中频音;2 个前门高音扬声器产生高频音。图 16.18 就是一个先锋超低音扬声器。

扬声器在发声系统中是很重要的部分。如果采用质量差的扬声器,无论你有多好的收音机或是 CD 播放机,音响效果都会大打折扣,如果扬声器输出功率比需求的要低,则很容易出现干扰,这时扬声器也最容易损坏。扬声器一般有以下几种:

- (1) 高音扬声器——产生高频音。
- (2) 中音扬声器——产生中等频率音。
- (3) 低音喇叭——产生低音。
- (4) 超大型低音扬声器——产生很低频率的音。

图 16.19 是扬声器的结构图。



图 16.18 先锋公司的超低音扬声器



图 16.19 扬声器的基本构造

16.4.3 ICE(车内娱乐系统)

大多数车载音响系统都含有音量控制、高音控制、低音控制、均衡器和音效控制。卡带机还带有杜比过滤器以减小卡带噪声,有些类型的卡带机还带有音色选择。如果有数字显

示的话,就可看到音响的工作状况。若将数字显示器与汽车照明电路相连,就可以避免耀眼的灯光。无论是单碟机或多碟机,均可以选择不同的收音频道,也可以对节目进行编排。

许多车载音响系统都设有密码,以防止被盗。当主电路系统断开时,设置的密码开始生效。只有键入正确密码,音响系统才能正常工作。目前车载音响系统安装了插入式开启磁卡,拔出该磁卡,音响系统就不能工作。

#### 16.4.4 收音数字系统(RDS)

在许多收音机里都配有无线数据系统(RDS)。它是一种随 FM 广播一同发射的不能听见的数字信号,类似于随电视节目一同传输的图文信号。通过 RDS 提供的信息,收音机显示出一定的智能化特点,主要表现为:

(1) 可直接显示出广播电视的名字,而不是频率。

(2) 对选定的电台可以自动调谐出最佳信号接收。例如,在一次从英国南部到苏格兰的旅途中,可能需要调 10 次广播台。有了 RDS 系统,在驾驶员还未知晓的情况下,RDS 会自动完成这些工作。

(3) 只要设置了交通信息广播,它会中断你正在收听的任何节目,将交通信息传达给你。

RDS 有以下六大主要特征:

(1) 程序鉴别功能能够重调音调,使之与广播协调。

(2) 取舍频率,使听众在需要的情况下尝试其他信号进行重调。

(3) 程序服务功能将电台名字标在收音机上。

(4) 交通信息。本系统与路况查找设备结合起来提供两种工作代码。

(5) 交通编程。提示电台交通信息。

(6) 当广播交通信息时,信息可以被发送,在通告期间,听众可以调节音量、关闭录音机或戴起耳机,当然,如果驾驶员愿意,也可以不做任何事情。

#### 16.4.5 收音

收音传递信号主要有两种:AM 和 FM。其不同之处如图 16.20 所示。

AM 是一种靠改变波高即强度来传递信息的技术,一些电台广播仍在使用 AM,目前,依靠电磁辐射的传播来发射电波是一种方便而有效的发射方式。一些声波,比如说话声和音乐,在听觉范围内,由于其频率太低,所以在一定距离外不能有效地通过空气传播,但经过调整以后,这些低频率的可听信号能压缩到某一频率很高的载波上,这种载波能在空气中传播很远的距离。电台的发射器可以生成这种有固定幅值及频率的载波,载波生成后,附带有用信息的信号会对载波进行调整,从而形成新的波。这种新的波,被称为调制波。它包含着信号的有用信息,在 AM 中,人们通过改变载波的幅值来使信号附带有用信息。当调到适当频率的收音机接收到调制波后,调制波

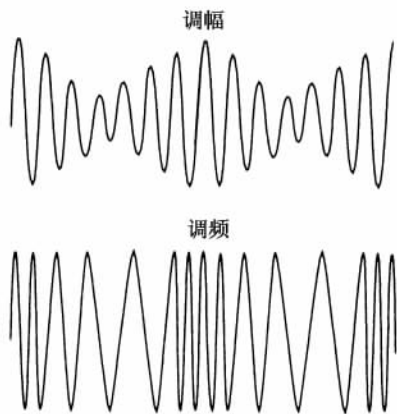


图 16.20 AM 及 FM 信号的不同之处

将会被解调,也就是调制的逆过程,设备然后会领先放大器和喇叭重新生成声音。AM 仍是收音广播中的常用形式,但它有很多缺点。首先是由于技术条件本身所限,其次是由于其他电台和其他电信号(比如照明设备、电子设备产生的电信号,要知道,车内这种设备还是很多的)的干扰,导致了再生成后的声音音质不理想。而 FM 却没有这些缺点。

FM 是调制器根据调制波的频率而将一种波频率改变的方法。频率需要改变的波为载波,调制波称为信号。频率的调整要有一种高频波发射信息的方法较 AM 更复杂,但是,FM 有一个重要的优越性,那就是它的幅值恒定,因此它更不易于受到不管是自然的还是人造的物体的干扰,而在 AM 中,这些物体会产生静态干扰。

不管怎么样,这两种发射方式都用于广播中,通过 FM,我们通常可以获得很逼真的音乐。在冬天,由于天气的多变,AM 信号的接收效果会更差,而 FM 存在着当收音设备在运动着时候的接收问题。因为大多数汽车使用了全方位的天线,会接收到来自各个方向的信号。正因为这样,从楼房、山丘及其他汽车反射过来的信号也会同时进入设备,这样真正的信号就会歪曲,当信号增强或减弱时我们会听到沙沙声。目前最好的 FM 接收器是有线式,通常 FM 广播覆盖的领域是很广的,特别是由于有 RDS,移动时 FM 的接收效果还是很好的。

#### 16.4.6 收音广播数据系统(RBDS)

RBDS 是 RDS 的延伸,自 1984 年开始应用于欧洲,这个系统使播音器能够发射速率大约为 1 200 bit/s 的文本信息,这些文本信息是由作为 FM 多路信号的一部分的频率为 57 kHz 的压缩次载波附带的。

RBDS 是由美国无线电委员会(NRSC)联合电子工业协会(EIA)及无线电协会(NAB)为了进军北美市场而开发的,将文本信息的传递应用到汽车上是有意思的事情,应用的主要内容如下:

- (1) 歌名和作者。
- (2) 交通、事故及道路状况信息。
- (3) 堵车信息。
- (4) 天气。

在紧急情况下,收音系统有可能会中断录音、CD 或是正常的收音广播来向用户发出警示。

#### 16.4.7 数字广播系统(DAB)

DAB 的设计是为了向固定或移动的听众提供高质量、多服务的数字化收音广播。它是为高于 3 GHz 的频率条件而设计出来的,在欧洲、加拿大和美国,这个系统已经经历了演示及广泛的测试,它是一个粗犷、高效的声音和数字广播系统。

数字广播系统使用数字技术以除去声源信号中多余及不相关的信息,然后将多余受控信号应用到发射信号中进行错误修正,另外,所有的发射信息,通过数据频率及多路时间支配进行同时传递,因此,即使在一个比较差的条件下,高质量的信号还是可以获得的。

频率重定位使得播音员工作量增加,实际上并不受限制,只需使用同一频率的额外发射器就可以了。一般人认为在长波(约 1.5 GHz)中,世界范围内相同的频率是有的,但也存在

异议。不管怎么样,这种可能性使得人们对 DAB 系统进行完善变得不可避免。图 16.21 是 Clarion DAB 的控制面板,这个系统可以接收数字广播信号。



图 16.21 Clarion 的 DAB 接收机

#### 16.4.8 干扰的抑制

车上防干扰过程就是减少来自 ICE 系统扬声器产生的噪声。不过,这很难办到。讨论这个之前,最好先弄清不同类型的干扰,图 16.22 有两种信号,一个是清晰的,另一个夹杂干扰。干扰可通过信噪比来评定,这是在接收器处的有效磁场强度与干扰磁场强度之比。

信噪比在 22.1 以上就可以了,干扰是一种电磁融合物,在第 4 章我们已对其进行详细介绍。

在汽车上对干扰的抑制可以两个方面考虑:

- (1) 短范围——车上收音系统互相干扰。
- (2) 长范围——车上其他外部接受器,比如车内电视。当我们使用汽车时,对收音或电视造成干扰。

干扰会以下面四种方式出现:

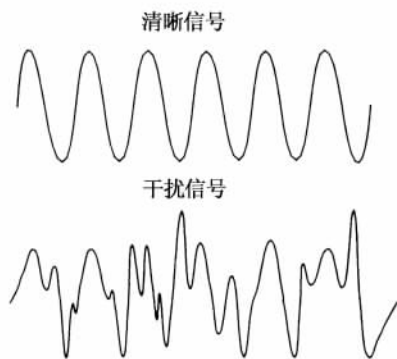
- (1) 电线中导体生成。
- (2) 空气到天线时的辐射生成。
- (3) 电磁场中的电容耦合生成。
- (4) 磁场连线的感应耦合生成。

电动汽车的干扰源同其他电路一样简单,就是突然开关或中断引起的,这包括开关的作用和电动机的转换过程,他们都会产生快速增长的信号。抑制的方法就是减缓这种增长。汽车的干扰源来自以下四个地方:

- (1) 点火系统。
- (2) 充电系统。
- (3) 电动机和开关。
- (4) 静电放电时。

汽车的点火系统是最大的干扰源,特别在高压电路。目前采用的高电压一般达到 30 kV,点火电流在火花塞点火的瞬时能超过 100 A,由点火系统引起的干扰几乎超过 30 MHz,功率在一刹那为 500 kW。

充电系统产生噪声主要是因为发电机电刷处有火花产生。而电子调节器几乎不产生噪



16.22 两种信号:一种为清晰信号,另一种为干扰信号

声,但机械式调节器的振动触点却会带来干扰。

任何电动机或开关以及继电器都会产生一定的干扰,最常见的是刮水器电动机和加热电动机,而启动机使用时间短,可忽略。

汽车与大气,轮胎与路面的摩擦会聚集静电荷。如果机罩上的静电多于机翼上的静电,就会产生火花放电。要避免这种现象发生,可采用黏带技术来保证所有机身各平面的电势相等。在未安装黏带前,由于轮胎的摩擦作用,轮辋和底盘间会产生电势差,接到地面的电弧可达到 10 kV。

抑制无线电干扰主要有以下五种技术:

- (1) 电阻器。
- (2) 黏着物。
- (3) 屏蔽装置。
- (4) 电容器。
- (5) 感应器。

电阻器广泛用在高压点火电路中,每根高压线的最大阻值可达 20 k $\Omega$ ,从而限制电流峰值,即限制了电磁辐射的峰值。采用高阻抗的高压线,并不影响其点火性能,这是因为电阻可以有效地降低干扰波的幅值。

黏着物在前面已论述过,能确保汽车各个部分的电势相等,阻止因静电聚集引起的火花点火。

屏蔽装置仅用在急救或军事车辆上,是将点火系统和其他主要噪声源全部放进一个可导屏中,该屏与汽车底盘的搭铁线路连接,从而阻止干扰波逃逸。这种技术很有效,但价格昂贵,车上仅用在小屏蔽装置就能产生良好效果的地方,例如火花塞上的金属罩。

电容器和感应器常用作过滤装置。当频率增加时,采用变“电阻”法去改变信号。该“电阻”就是所谓的电容阻抗或电感阻抗。通过选择合适的电容将其并联或感应器将其串联,就可过滤掉不需要的频率信号。

天线有很多种类,最流行的还是杆状天线,常被做成可伸缩式。杆状天线的优点是它能延伸到干扰区外。当采用 AM 波段接收时,天线的电容值为 80 pF,其分流器的阻值大约为 1 M $\Omega$ 。天线装置常装有一个微调电容器,以保证天线符合要求。天线上所有部件的触点电阻阻值应小于 20 M $\Omega$ ,这对于搭铁尤为重要。

在接收 FM 波段时,天线的长度非常重要。FM 接收时,杆状天线的理想长度是波长的 1/4。在 FM 波段的中频时(94 MHz),该长度应为 80 cm。由于汽车的电磁作用以及同轴电缆的影响,最实用的长度应为 1 m 左右。一些小型天线更实用,虽然一些信号强度有所减弱。车窗上用镶嵌式天线或采用加热后窗元件,在防止天线受潮损坏方面效果很好,但产生的信号很弱,常需安装一个放大器,但这也会产生放大干扰。一些敞篷汽车采用杆式天线和屏蔽天线,其信号最强,可减小信号的反射效果,图像失真较小。

在安装外置式天线时,要考虑下列因素:

- (1) 杆长。如果可能,长度做成 1 m。
- (2) 同轴电缆长度。电缆越长,信号强度越弱。
- (3) 安装位置。离点火系统越远越合理。
- (4) 电势减弱程度。装在手不能触及处。

(5) 美学角度。安装方式应与车型相配。

(6) 安装角度。使用 AM 时,最好垂直;使用 FM 时,最好水平。

大多数的高级设备装有干扰吸收装置,这其实就是一个装在设备内的过滤器电路。

图 16.23 为一种典型 ICE 系统电路,这个系统中有电子天线,天线同时也通过一根数据线与多媒体 CD 单元相连。

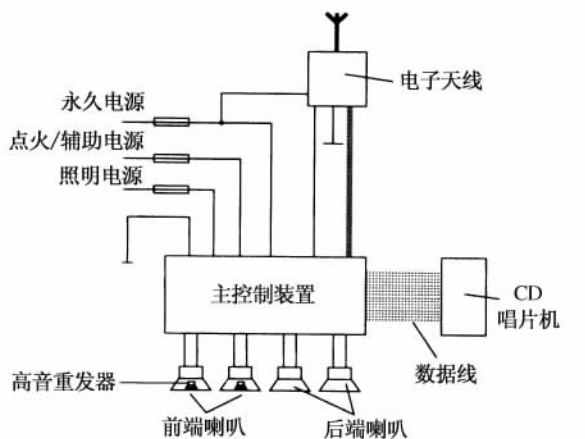


图 16.23 ICE 系统线路

### 16.4.9 移动式通信

如果蜂窝状通讯工业的成功标志是

我们使用电话方便的程度,那么,未来将是一片光明。蜂窝技术于 20 世纪 80 年代开始应用,从那之后,就得到迅速发展。

我们要与他人保持联系的需求是越来越强烈,更多的人开始拥有多至 5 个电话号码:家里、办公室、BP 号、传真号、移动号。在不久的将来,高科技数字式广播技术和完善的电信系统使相互交流只需通过一个号码就可完成。

有了个人号码后,拥有手持电话的人仅需要一个号码。通常找人得先找地方,现在可以直接找人,不再被某个地点所牵制。个人号码可以让商业人士创造更多财富。因为他们可以随时随地找到同事和委托人,反过来也能被他们找到。在从家到办公室或从一个会议赶往另一个会议的过程中,如果需要,他们能与任何人交流。

在汽车中,这种通讯设备又在哪里?以我之见,正常商务和个人使用时的车内通讯设备就是简单的手持移动电话,因为车载电话的市场需求并不大,而车载电话的免提转换功能是非常重要的。

无线电话和短程双向通讯系统在出租车公司和服务行业正得到广泛使用,但他们却有空间限制。因此当网络电话越来越便宜和方便时,他们就会消失。

### 16.4.10 汽车 PC 机

在汽车上信息技术正发生着变革,先进的计算通讯和定位技术已经被应用到汽车中(图 16.24 所示为汽车 PC 机/汽车多媒体系统)。尽管如此,目前此项技术的推广仍面临以下几个挑战:

- (1) 性能不完善。
- (2) 花费过高。
- (3) 安装困难。
- (4) 没有标准化。
- (5) 操作困难。

这其中的大多数问题有的已经得到解决,有的将会得到解决;同时,另外有些方面的发展趋势是令人振奋的。这包括:



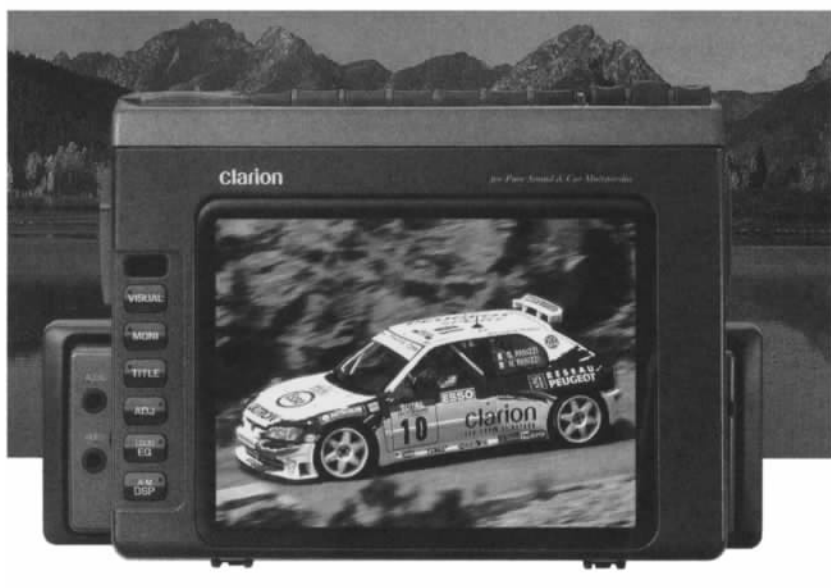


图 16.24 车内多媒体

- (1) 处理器变得越来越小。
- (2) 价格在下降。
- (3) 性能有所改进。
- (4) 正在进行标准化。

许多电脑公司,包括微软、IBM 和英特尔已经把汽车作为他们下一个巨大的市场。在车内处理器方面,目前已有具体的计划出台,可以想像,处理器在一定范围内将会有个较为完善的功能。比如说微软的汽车 PC 机,使用的是 Windows CE 系统软件。跟台式计算机一样,车内处理器同样支持许多软件。当乘客上网冲浪或看足球时,车内处理器会对驾驶员进行各项语音提示,相信这样的情景在不久的将来会成为现实。

汽车 PC 机将有可能运行熟悉的桌面程序,同时还会提供以下功能:

- (1) 语音顺次巡航。
- (2) 电子地图数据库,如车站、电影院等。
- (3) 语音备忘系统。
- (4) 汽车自诊断程序。
- (5) 汽车安全及轨迹系统。
- (6) 紧急辅助设备。

同时它还是一个高性能立体声系统,它可播放 CD 和接收 FM 广播。在这个系统中,任意一个通话界面都可以由语音设备控制蜂窝电话,同样也可以通过蜂窝通讯设备接收交通信息。最大的电脑芯片制造商——英特尔,正设想着一种车内电脑,它比微软的汽车 PC 机性能更完善。

英特尔车用 PC 机有一个完整的 Windows 操作系统,同样它将为驾驶员提供相类似的功能,同时它可以使乘客利用监视器上网或收看电视节目。IBM 公司正与汽车制造商们合作,以便帮助他们在车上建立网络系统。

无论车内电脑成功与否,最终车内所有的电子系统都将会有一个巨大的结合。在欧洲、日本和美国,人们正在积极试图开发一种标准的数据总线系统,它将用来连接和增强安全性不高的相关电子系统,如 CD 播放器、定位系统、空调系统和电动车窗。这样组合而成的电子系统在以后将会被称为“综合系统”。

若将车内电脑与移动通信系统捆绑,将会开发出更多的功能。蜂窝电话系统可以为自动驾驶汽车提供极佳的条件。电话操作人员将某一地区划成单独的单元,同时当汽车在这个单元间运行时,监视电话会保证每一部电话通过最佳的发射器进行通讯。目前,在汽车与道路设施间的信息交换技术已有所进展。

## 16.5 汽车防盗

### 16.5.1 概述

据统计,汽车盗窃及从车上盗窃物品占有所有犯罪记录的四分之一左右。每年都有报道称有大量的汽车丢失,而其中 20% 的汽车无从查起。因此哪怕是一个很基本的警报系统都会对窃贼有威慑作用。

现在汽车及警报制造商们正不断地相互竞争以提高汽车的安全性能。目前,将报警系统作为汽车整体来制造的观念,对安全系统的改进影响非常深远,这甚至对旧汽车改造也有所影响。现阶段,普遍应用的内置式报警器主要有触发式、电压感应式和容量感应式三种。

在汽车的使用过程中,下面三种情况下汽车警报系统将不起作用:

- (1) 点火电路被切断时。
- (2) 启动电路被切断时。
- (3) 发动机 ECU 编码锁死时。

一个独立的开关或红外传感器都可以用来触发警报系统,一般情况下,它们会在车门关闭时自动设定。

### 16.5.2 基本安全性

为了更好地解释汽车警报系统的原理,这一部分内容将向我们介绍一个非常简单的系统,它是如此的简单以至于自己动手就能进行安装,以下是这个特殊警报系统的必要条件:

- (1) 当车门打开时它必须能被激活。
- (2) 点火器失效。
- (3) 喇叭可用来警报。
- (4) 一旦触动喇叭必须持续报警,甚至在车门关闭时。
- (5) 15 s 后其必须重置。

本设计基于一个简单的继电器回路,当车门打开时,开关使电路搭铁,这样就可以激活继电器,从而喇叭发出警报。同时,继电器必须与一个电容器相连,这样在车门关闭后仍可以保证继电器的能量保持 15 s 之久。图 16.25 就是一个简单的警报电路,它能够实现前面提到的部分目标。继电器是由 CR 电路组成的,其中 R 为继电器线圈电阻,C 为电容。使用下面的参数,电容器的值就可以计算出来:

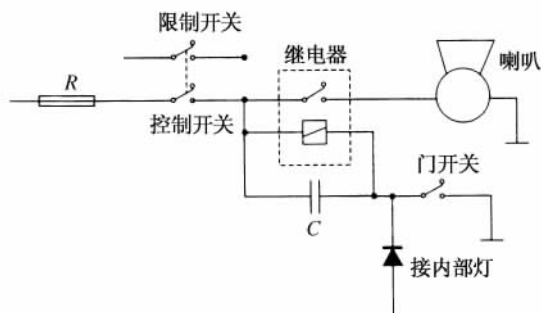


图 16.25 简单的警报电路(入口继电器使用的是 CR 电路)

- (1) 延迟时间 = 15 s。
- (2) 继电器绕组 = 120  $\Omega$ 。
- (3) 供给电压 = 12 V。
- (4) 继电器输出电压 = 8 V。

电容器的放电量大约是其满电量的 66%，由于供给电压为 12 V，故 66% 是 8 V。

因此，如果  $CR = 15$ ，

那么  $C = 15/120 = 125 \text{ mF}$ 。

这样看起来似乎是一个理想的简单模型，其实不然，作为功能的一部分，为了找出问题，应使用晶体管、电阻器和电容

器等元件来设计一个简单的电子回路。

### 16.5.3 防盗系统的组成

防盗警报系统既可在汽车出厂后安装，也可在出厂前安装。大多数报警系统采用 12 V 电源，负极搭铁，电子警报器在出事时和事情结束后都会发出声音信号。当车门打开时，报警装置就启动，一般在 1~2 min 后会自动复位。如果报警点被破坏，警笛会立即拉响。多数报警系统由两部分构成：独立的控制模块和警笛装置。多数车将控制模块安装在乘客箱中，将警笛放在机罩下方。

目前，大多数报警系统中有两个红外线(IR)远程控制开关和一个 LED 灯。开关采用小型按钮蓄电池，LED 灯会在信号发出后有所显示。该遥控器只在一台车上使用，内置车辆位移和容量传感器可以根据其灵敏度进行调节。

带有闪光灯的报警系统工作时，需要 5 A 电流。无闪光灯(仅有警笛时)的报警系统仅需不到 1 A 电流。在汽车前方 2 m 处测量，警笛的声音为 95 dB。

图 16.26 就是一个复杂警报系统的方框图，这个系统通常由一系列的输入、输出部件组成。

主要输入信号如下：

- (1) 点火信号。
- (2) 发动机曲轴转速信号。
- (3) 容量传感器。
- (4) 机罩开关。
- (5) 震动开关。
- (6) IR/RF 遥控器(图 16.27)。
- (7) 门开关。
- (8) 控制开关。

主要输出信号如下：

- (1) 容量发射器。
- (2) 系统 LED。
- (3) 喇叭或警报器。
- (4) 警报灯。

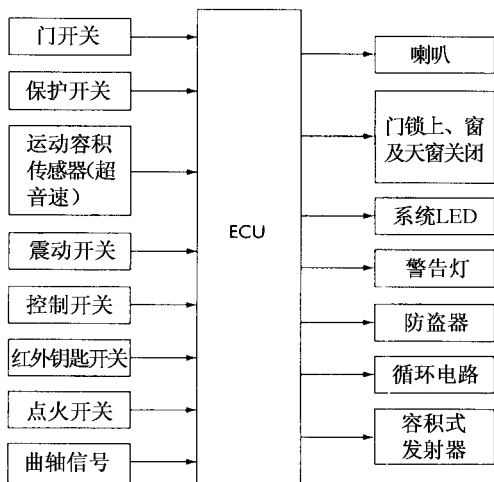


图 16.26 复杂警报系统方框图

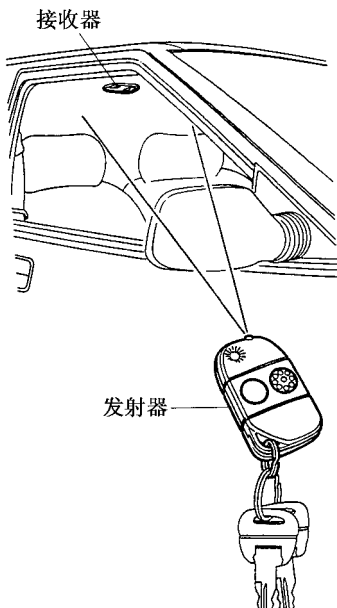


图 16.27 IR/RF 遥控器

- (5) 点火防盗器。
- (6) 循环电路。
- (7) 电子车窗电子天窗和中控门锁。

一些厂家生产的警报器与中控门锁系统是结合在一起的,这就是前面提到的“惰锁”。按下遥控器按钮并同时设定警报,车窗和天窗就会关闭,门锁会锁上。

### 16.5.4 安全编码发动机 ECU

在发动机电控单元中,安全代码就是强有力的锁,它只在收到代码信号时才允许发动机启动。福特和其他制造商使用的是一种经过必需信号编程的点火钥匙,有时甚至用正确的钥匙都启动不了发动机。又比如雪铁龙汽车,他们使用的是类似的理念,但有所区别的是代码得经由数字键盘输入。

当然了,整辆车子被用大卡车运走也是时常发生的事情,可这种技术就意味着盗车贼得后用一个新的发动机 ECU,这样成本就会很高,同时我们也可以理解为何必须更换新的发动机 ECU 了。

## 16.6 安全气囊及安全带

### 16.6.1 概述

安全带、安全带紧固装置和安全气囊是目前在严重事故中最有效的限制系统。当车速超过 40 km/h 时仅靠安全带是不够的。在对许多事故进行研究后得出这样一个结论: 68% 的事故中,安全气囊可起到非常关键的作用。这表明,假如世界上所有的车辆都安装有安全气囊,那么每年世界上因车祸而死亡的人数将会减少50 000 人。

安全气囊系统之所以应用非常普遍,是因为其大部分部件被集中为一体的设计特点。

这可以大大减少导线及接头的数量,从而提高了可靠性。该系统必须内嵌某种形式的系统监测功能,这一点非常重要,因为安全气囊的工作性能是不允许进行测试的,安全气囊为一次性产品。图 16. 28 是安全气囊的展开状态。

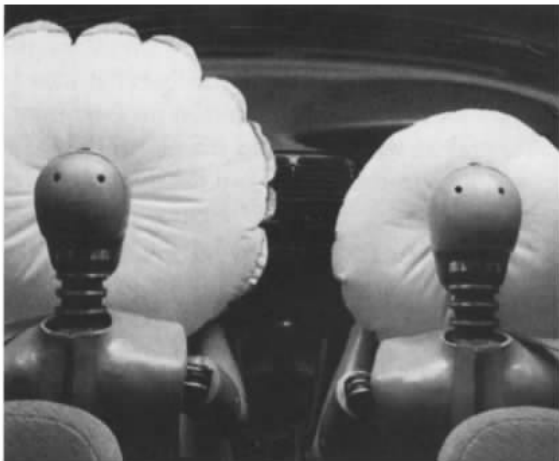


图 16. 28 安全气囊的展开状态

16. 6. 2 安全气囊的工作过程

当车速大约在35 km/h时,发生前部碰撞冲击,则安全气囊的工作过程如下(图 16. 29):

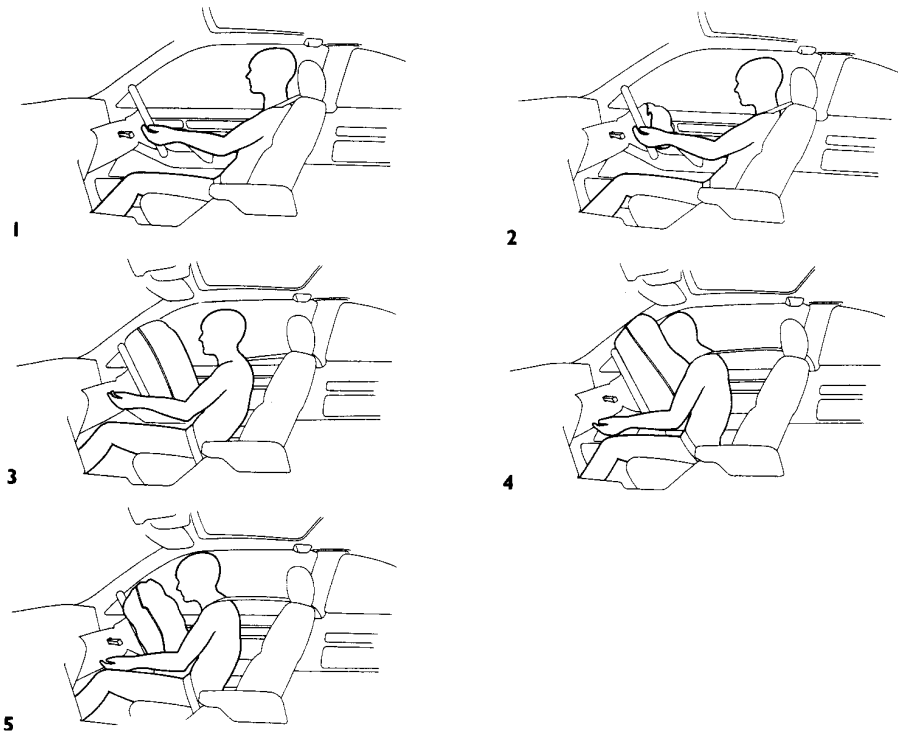


图 16. 29 安全气囊的工作过程

(1) 冲击前,驾驶员在正常的座位位置处。

(2) 在冲击后的 15 ms,汽车急剧减速,触发安全气囊工作的门限值达到。点火器点燃气囊中的固体燃料。

(3) 约 30 ms 后,安全气囊打开,由于汽车碰撞破坏,产生惯性力,驾驶员向前移动,安全带同时锁紧或张紧(取决于具体系统)。

(4) 冲击后约 40 ms 时,安全气囊完全充气,驾驶员的冲量被气囊吸收。

(5) 冲击后 120 ms 时,驾驶员返回正常坐姿,气囊通过侧置排气口几乎完全放气,因此,不再影响驾驶员的视线。

乘客侧安全气囊工作原理与驾驶员侧安全气囊相同。安全气囊有多种布置方式,将所有部件安装在方向盘中央是最普遍的一种方式,但基本工作原理都是一样的。

### 16.6.3 安全气囊的组成及电路

基本安全气囊系统的主要部件如下:

- (1) 驾驶员和乘客安全气囊。
- (2) 指示灯。
- (3) 乘客座位开关。
- (4) 气体发生器。
- (5) 点火器。
- (6) 碰撞传感器。
- (7) ECU。

安全气囊由尼龙织成,内部有一层涂层。充气前,气囊折叠在气囊盖内,气囊下方设有游丝。气囊一侧留有排气孔,可在气囊展开后实现快速放气。驾驶员气囊的容积为 60 L,而乘客的为 160 L。

指示灯为系统监测电路的一个组成部分,可对系统的可能故障给出提示,是电路的一个重要部分。为提示可靠性,某些制造商使用两个灯泡的指示灯。

目前正考虑对乘客侧使用座位开关,以防无人乘坐时的气囊打开,这对于侧向冲击气囊尤为合适。

气体发生器与点火器为一个整体。在驾驶员侧时,气体发生器位于方向盘的中心,在其燃烧室内放有大量固体燃料颗粒。点火器由若干充电电容器组成,可发出电火花。固体燃料颗粒燃烧速度特别快,产生规定数量和规定压力的氢气。该气体经过过滤器被压入安全气囊,气囊膨胀并冲向方向盘中心的气盖。气囊展开后,气囊中和汽车内部会遗留少量氢氧化钠。拆除已引爆的气囊和清洁汽车内部时,需要使用个人防护设备。

碰撞传感器有多种形式,包括机械式和电子式。机械式传感器工作时(图 16.30),其弹簧将滚柱保持在设置位置,碰

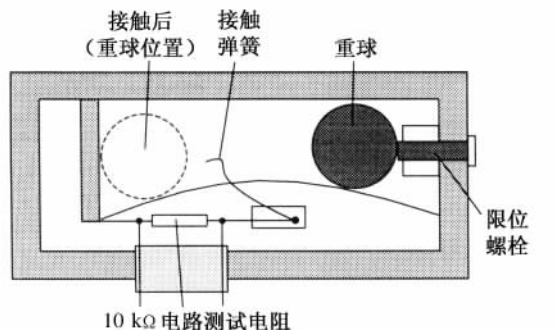


图 16.30 机械式碰撞传感器的工作原理

撞时冲击力大于预设值时,弹簧使滚柱移动,并触发微型开关。该微型开关为常开式,并与

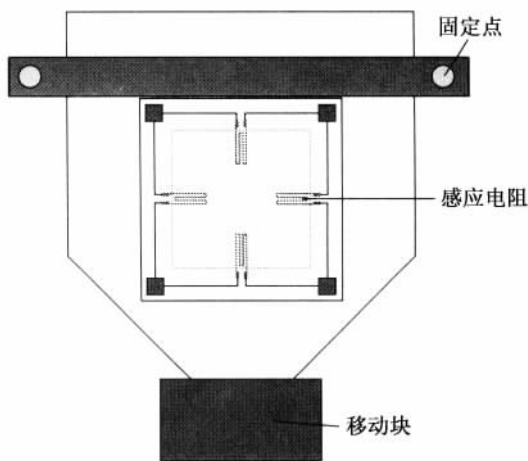


图 16.31 应变片加速传感器

一个电阻相连,这样系统可处于被监控状态。两个精确度开关可用来确保只有在足够正面碰撞下,气囊才被打开。注意汽车侧翻时,安全气囊并不打开。另一种的碰撞传感器为冲击加速表,用以测量汽车减速度,图 16.31 就是一种应变片加速传感器。

图 16.32 是两种压电式陶瓷加速传感器,其一类似于工程碰撞传感器,另一种则使用弹簧片。当车速突然变化时,振块就会移动,弹簧片亦会弯曲,从而传感器会有一个输出信号,这个信号经一个合适的电路监测后,与设定的极值相比较,若大于这

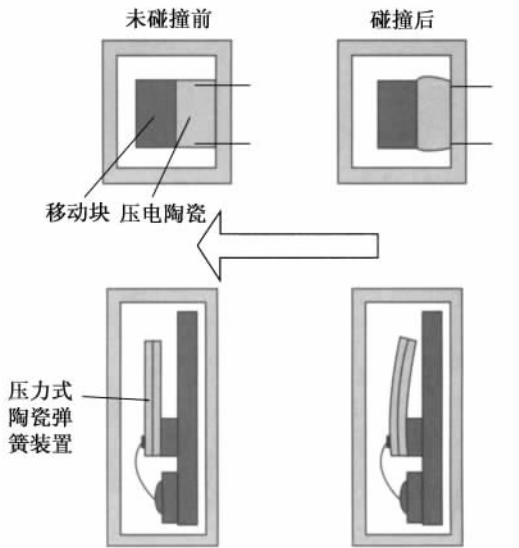


图 16.32 压电式陶瓷加速传感器

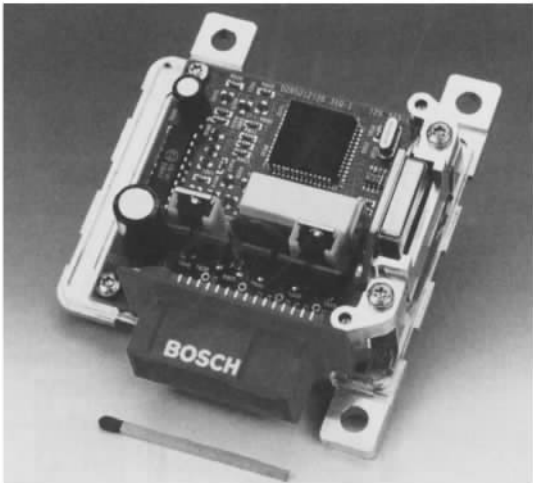


图 16.33 安全气囊 ECU

这个门值,系统就会作出进一步反应。这种技术的优点就是此类传感器不局限于某种车辆,因为它基于的软件可以改变。

最后一个需要考虑的设备是 ECU 或电子控制单元。采用机械式碰撞传感器时,理论上是不需要电子单元的。传感器开关动作时,仅需一个简单的电路即可打开安全气囊。不过,系统监控及 ECU 的诊断部分非常重要,电路中的任何部分只要被检测出,故障指示灯就会点亮。ECU 存储器中最多可存放 5 个或更多的故障信息,闪烁码或串行故障码读取设备可用来访问这些信息。不提倡采用万用表和跨接线这种常规的方式对系统进行测试,因为这可能导致气囊误爆。图 16.33 是安全气囊 ECU。

图 16.34 为安全气囊电路方框图。注意其中的“安全电路”,它是一个安全传感器,可防

止碰撞传感器故障时误引爆气囊。安全气囊的电子控制单元可在约 10 ms 内决定车速为 50 km/h 的汽车是否需要启动安全气囊防护系统(SRS)。在该时间内,需要进行 10 000 次计算。开发这些算法所需要的资料可通过计算机模拟获得,但数字系统能够记忆实际碰撞时的信息,可采集这些实际信息,为算法的开发提供资料。

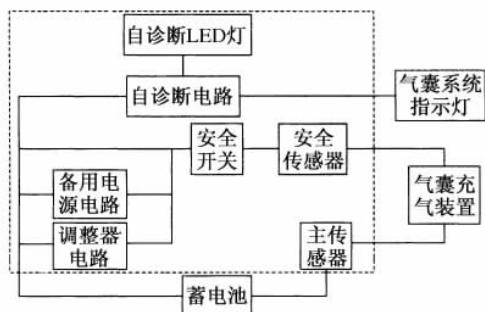


图 16.34 安全气囊电路方框图

#### 16.6.4 安全带收紧器

发生碰撞事故时,收紧安全带能有效保护乘员安全。决定何时收紧安全带,以及何时作出该决定,其原理与安全气囊系统相似。安全带束紧器分为弹簧收紧型和爆燃收紧型两种。

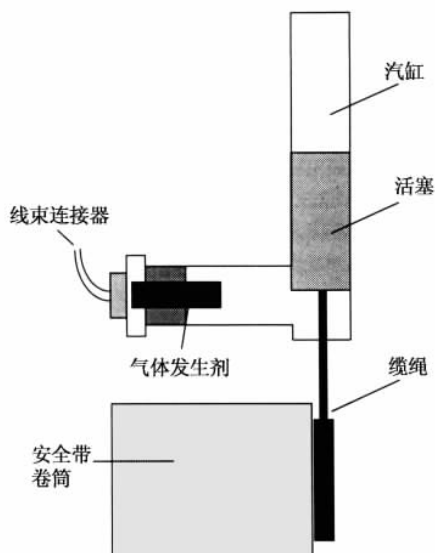


图 16.35 安全带束紧器的构造原理

图 16.35 为某安全带束紧器结构示意图。气体发生剂引爆后,绳索拉动安全带卷轴杠杆,从而使安全带收紧。安全带束紧器为一次性使用,事故后必须更换,带有安全带束紧器装置的座椅有时称为反潜式座椅,紧急制动时有稳定坐姿的作用。

#### 16.6.5 侧面安全气囊

为了防止侧面碰撞而设的安全气囊与上面所介绍的安全气囊工作原理是一样的。有时侧面安全气囊会安放在门柱上或车顶边缘(图 16.36)。图 16.37 是福特汽车上完整的安全带和安全气囊系统。



图 16.36 侧面安全气囊系统



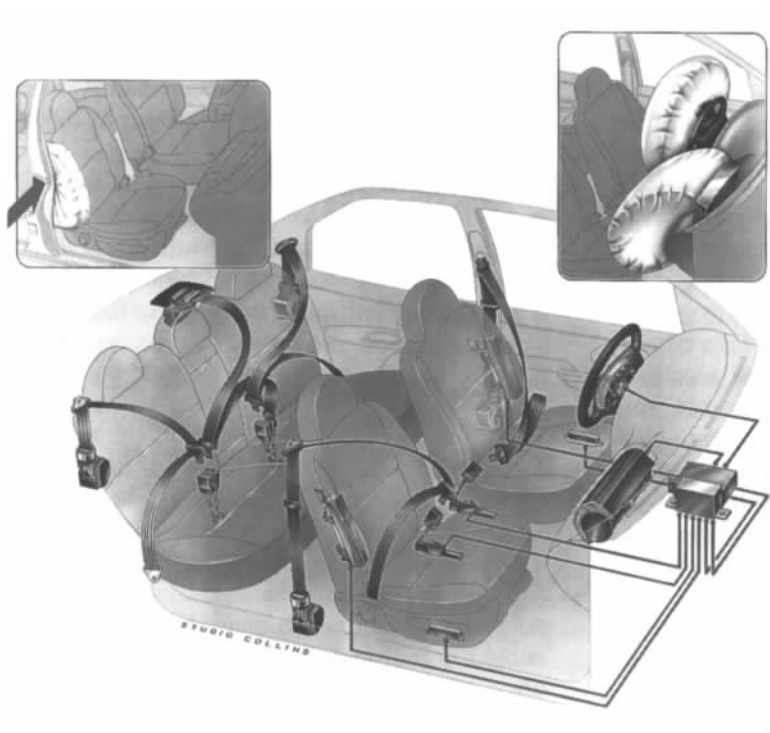


图 16.37 安全带和安全气囊

## 16.7 其他安全及舒适系统

### 16.7.1 避障雷达

避障雷达有时也称为防撞雷达。其作用主要表现在两方面：其一，作为倒车的辅助安全装置，可以提示驾驶员车后还有多少空间可以活动；其二，可以作为视野增强系统。

倒车防撞雷达系统的工作原理如图 16.38 所示。这个技术实际上是范围测定系统，在驾驶员前面有一个图像或声音输出器，其实图像才是最合适的，因为这样驾驶员能看到后面的东西。而声音信号只是“哔、哔”的形式，声响频率变化就可以体现汽车离障碍物的距离，当即将碰到障碍物时，声音将是连续的。

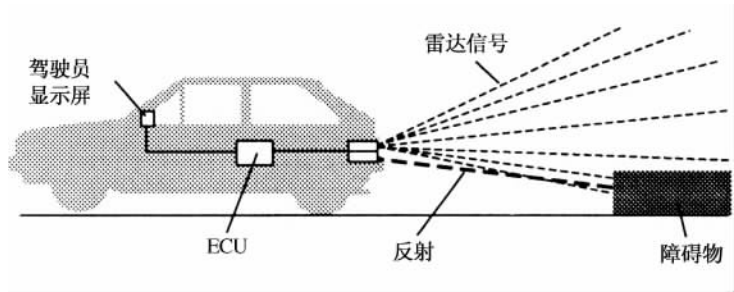


图 16.38 倒车防撞雷达系统的工作原理

当雷达需要辨识的物体很低并且距离很近时,此系统操作的难度就相当低了,系统要做的是确保整个车宽不受碰坏。

当用来作为视野增强系统时,其原理就有点不一样了,图 16.39 就说明了此系统的工作原理。在今后,这个系统将会与前面介绍的自适应巡航控制系统整合在一起,但目前这两个系统是分开的。在其工作过程中,会用 94 GHz 频率的波(即微波)。

要了解雷达,首先让我们回顾一下雷达的来源及工作原理,这样我们将会对其有一个全面的了解。“雷达”一词源于二次世界大战的一个电子系统,在这个系统中,人们发出无线电信号,然后信号被飞机反弹回来,这样就能测出飞机的存在及其方位。Radar(雷达)由英语中“Radio detection and ranging”(无线电侦测范围)的首字母构成。后来有许多人试图改进这个设备及技术,但雷达系统的改进还得归功于罗伯特·沃尔森·瓦特先生。

普通的雷达系统的工作过程如下:首先是由无线电发射器产生无线电波,经由天线发射出去,此时若有一个目标(比如是另一辆车在前方),发射出去的无线电波会有部分被反射回来,由接收天线接收并经电子放大器放大、示波(通常在阴极射线管中进行),要知道前方汽车的位置,必须测量两者之间的距离。由于无线电波是以固定速度  $3 \times 10^8$  m/s 传播的,我们只需测出从发射器发出信号到接收器收到信号的时间就可以了。

比如说距离为 150 m,由于信号运行时间是通过下面的公式计算出来的:

$$t = \frac{2d}{c}$$

式中, $t$  为时间; $d$  为两者之间的距离; $c$  为光速。

则此例子的信号运行时间为:

$$t = \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$$

我们从当前的速度可以推算出相对终了速度。雷达实际上是以脉冲的形式进行发射,是通过调整信号的频率来完成的,在这个过程中也许会用到频率为 100 MHz 的三角波,这种技术同时也可以用来激发雷达屏和用来估测距离。

如果有必要的话,信号的强度会确定汽车在雷达屏的相对位置,以下是车用雷达必须达到的功能:

- (1) 在天气不好的情况下,辐射范围至少要达到 300 m,在车速达到 160 km/h 时应持续 7 s 警示。
- (2) 面积大于  $0.1 \text{ m}^2$  的目标必须能侦测到。
- (3) 数据更新率应高于 1 次/s。
- (4) 垂直或水平  $15^\circ$  发射光束。

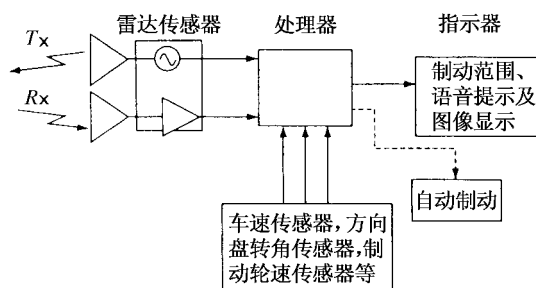


图 16.39 使用视觉增强系统的防碰雷达工作原理方框图

(5) 驾驶员雷达屏仅作为警示之用。

在机动车上使用的雷达输出装置有可能是小到声音警示,大到指示灯,再大到雷达屏。

### 16.7.2 轮胎压力警示

汽车仪表盘应该为驾驶员提供轮胎压力是否正常的信息。博世已经发明了一种电子轮胎压力监视系统,每个轮胎对应着一个指示灯,一旦轮胎压力低于设定值,指示灯就会亮。充气不良的轮胎很难进行操纵,会使油耗增加。相应对策就是提示驾驶员减小压力,因为瞬时放气对驾驶员来说是再明显不过的了。

轮胎压力监视系统由三个基本部分组成。装在车外缘的是压力控制开关,当压力下降时其触片闭合。这个过程被高频发射器识别,这种发射器在车轮转动时是不运转的,它会传送一个合适的脉冲给电子求值器,若压力低于设定值,那么发射器上的开关会打开,使高频发射器中断,传给求值器电路的脉冲流,并使指示灯亮。这个系统对轮胎压力的测量误差为 $\pm 50 \text{ kPa}$ ,不会因胎内气体温度改变而产生错误的结果。

若轮胎压力警示系统与使用跛行回家轮胎相连,那么它会有使用跛行回家模式的提示。

博世公司同时也开发了另一种车胎压力警示系统,在车胎中使用动态模拟传感器,可以将信号从车轮传给系统中心。这样的好处是轮胎内压力及温度可以持续监测到,即使在车子停靠时也不例外。同样车子的速度及载重量也可以计算出来。

### 16.7.3 噪音控制

自适应噪声控制的原则就是使用声音,确切地说是使用完全相同的反相信号来抵消原始噪声。图 16.40 所示为三种信号:原始信号、反相抵消信号和最终剩余噪音信号。

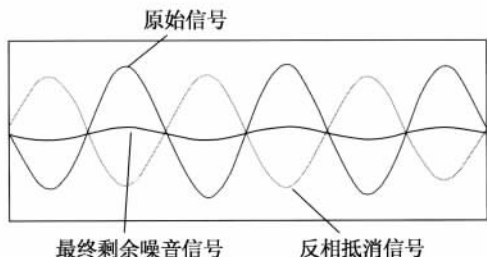


图 16.40 三种信号:原始信号、反相抵消(要求达到令人满意的结果)造成的。同时低频信号和最终剩余噪音信号( $< 200 \text{ Hz}$ )噪声会产生“隆隆”声,靠传统方法是很难抵消的。

目前人们已经花费了很多时间和金钱用于降低驾驶室内的噪音。采取的措施从应用简单的消声材料到设计特殊的发动机配件、排放系统和使用平衡连杆于发动机内。尽管如此,目前要求降低噪音的呼声仍然高涨,因为最终效果还不能令人满意,同时这样做的成本也很高。

大多数车辆车厢内对于低频的隆隆声是比较敏感的,即使在使用大量的消声手段之后仍如此,现在一些轻型汽车由于使用了薄金属片,这种现象就更严重了,可是传统技术只能在一定频率段的噪声上解决问题,而不能覆盖所有的范围。

为了应用自适应噪声控制系统,我们需要引进高速数字信号处理器及需要对车内噪音有一个详尽的动态分析。四缸发动机在 $600 \sim 6\,000 \text{ r/min}$ 转速下工作时,会产生频率为 $20 \sim$

200 Hz 的噪音,在几个临界速度时,汽车也会产生“隆隆”声,低纹轮胎及硬悬架同样也会产生较多的低频噪音。

英国莲花汽车公司已经发明了一种用 8 个扩音器对噪音取样的系统,使用信号处理器检测进入车内噪音的压力能量,然后调整相位并放大反相信号,最后这些信号再通过车内放音系统播放出来,以抵消噪音。这个系统会持续工作,直到扩音器检测到错误信号(即低于最小值的噪音)为止。这个系统对于最大限度的噪音控制可在约 70 ms 内完成。同时在这个系统中,需要有一个较高质量的放音系统,因为这样才有可能产生 40 W RMS/频的声音信号,而这在很多 ICE 系统中是很不寻常的。图 16.41 是一个典型的自适应噪声控制系统。目前在小车中获得了最大的改善,能感觉到的声音可减少到 80%。

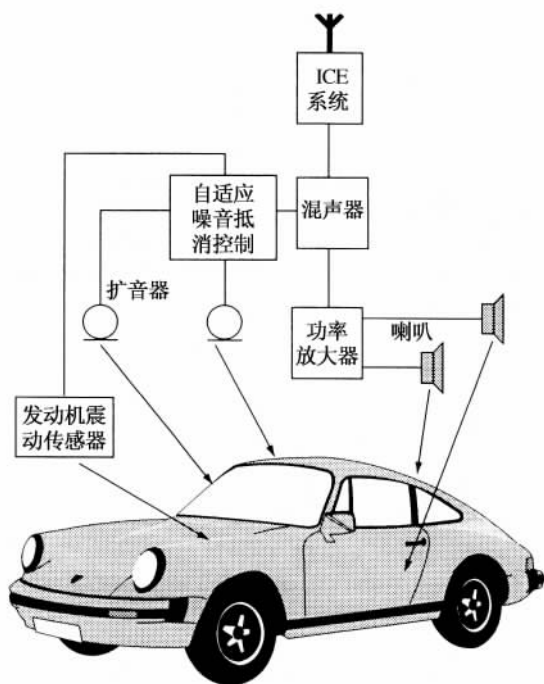


图 16.41 自适应噪声控制系统的工作原理

## 16.8 典型实例

### 16.8.1 沃尔沃汽车的安全系统

以下的信息摘录于沃尔沃 S80 车型。该车型大体上反映了生产厂商的制造水平,沃尔沃公司一向都是比较注重改进汽车安全性的。

安全性几乎可以说是沃尔沃的灵魂所在。开始的设计工作是不可缺少的,生产工序的每一环节至关重要。积极的安全措施可以主动地避免事故,消极的安全措施概括起来是以下六个字:优先保护乘客。沃尔沃其中一条做事准则是这么说的:每一辆新沃尔沃车必须比以往的更安全。图 16.42 是沃尔沃 S80 型汽车的安全气囊。



图 16.42 沃尔沃 S80 型汽车的安全气囊

提到沃尔沃 S80, 我们知道这在汽车安全性方面是一个极好的例子。据说设计 S80 型汽车的其中一个目的是为了提升沃尔沃在乘客安全保护领域中的地位, 这个目标目前可以说达到了。尽管汽车工业的安全技术在近几年出现了跳跃和反复, 依靠两种新的重要技术, 乘客安全保护水平又向前迈进了一步, 现在我们基本上可以毫不夸张地说沃尔沃 S80 是目前市场上最安全的汽车。据记载和事实表明: 大车比小车更安全, 车的大小与安全性有关。其实这也体现了自然规律, 一辆大的、重的汽车在与较小、较轻的汽车碰撞时损坏自然很小, 这样对于车上乘员的安全就更有保障了。碰撞区域及能量吸收是汽车安全性设计中的两个关键参数。设计良好的固定车身结构对于在其上安装的其他部件来说是一个理想的基梁。

沃尔沃总是提出: 对于一辆汽车来说其最重要的保护措施是安全带。S80 采用的是三点式安全带系统, 分布在 5 个座位上, 它们都装有收紧器。在汽车发生碰撞时, 这些收紧器就会自动收紧安全带, 结束原来的松弛状态。前排座位装备了安全带拉力控制器, 它可以控制和调整安全带收紧时的速度, 使其收缩柔和。同样, 前排安全带也有自动高度调节装置, 其位置能调到最佳。目前, 安全带系统与安全气囊系统是一体的。

乘客安全气囊隐藏在仪表盘上部, 以保护乘客免受损害。安全带传感器可以测知前乘员是否系好了安全带, 以决定对安全气囊的激发采取相应的力度, 这就是说, 如果乘客已经系好了安全带, 那么激发气囊就得有更大的碰撞能量。

在 1997 年, 沃尔沃汽车公司进行了一项头部振动保护研究 (WHIPS)。此项技术是为了减少在被撞时的危险性而进行的一项研究开发计划 (图 16.43), 尽管这样的事故经常只发生在汽车低速行驶中, 但对于受害人, 不管在其肉体上还是精神上, 引起的伤害还是让人极其痛心的, 而这些事故经常又是难以预料的。



图 16.43 沃尔沃 S80 型汽车的头部震动保护系统 (WHIPS)

由于后碰事故经常发生在城市交通中, 因而头部震动保护系统在速度为  $15 \sim 30 \text{ km/h}$  范围内时充分显示其有效性。这个系统由两部分组成, 第一部分设备用于在座垫和靠背间调整角度, 其两个用途具体为: ① 座椅的靠背可以跟乘坐者一起向后斜, 这样可以减小反应力; ② 靠背向后角度可以达到  $15^\circ$ , 这样可以有效地托住身体, 防止回弹的作用。第二部分为靠背里面带有挡块的 6 根调整弹簧, 它们在人体靠向靠背时提供额外的支撑。固定头枕紧靠着头, 使头部的运动及脖子的受力同时减少到最小。这样, 人的整个后背在控制模式中跟靠背就紧紧地靠在了一起。沃尔沃对这个系统的测试表明: 这个系统能减少人的颈部加速力达 50% 之多。

侧面碰撞时对乘客的保护在安全性方面的发展中可能是最为艰难的领域了。这主要是由其很小的反应空间 (只有  $25 \sim 30 \text{ cm}$ ) 造成的。乘客坐得离碰撞处非常近, 因此这个局限

必须用另外的方式来补偿。侧撞保护系统(SIPS)的结构基本上已广泛地升过级,其组成部分包括底栏的能量吸收部件、支柱、横梁、顶部和座位及门上的能量吸收材料。目前,这个系统已经得到了很大的补充和改进,人们在顶柱及头枕边缘加了很多衬料。这种材料摸起来是硬的,但在撞车中它们能很好地吸收能量。SIPS 系统的第二步是对 1994 年的 SIPS 气囊进行改进,而现在这种气囊已经成为沃尔沃汽车的标准配置。

沃尔沃侧面气囊(图 16.44)安装在靠背的外侧,因而它总是处在最佳的保护位置。SIPS 进一步减少了胸部及骨盆受伤的危险性,其功能是在侧撞时,使乘员偏离汽车的一侧。侧面安全气囊是根据电子传感器信号而激发的,一个传感器安装在 B 柱内,另一个传感器安装在后门后面。它们的位置确保了碰撞后激发气囊的时间最短。要知道,这段时间可是侧面碰撞的一个极其重要因素。尽管这样,衬料及气囊都不能确保在侧碰时头部处于百分百的安全状态。



图 16.44 沃尔沃新型 SIPS 安全气囊

其实在 1997 年进行的研究开发计划中,沃尔沃公司同时也对膨胀帘(IC)进行了研究,并宣称在这类保护中是最早的。膨胀帘(图 16.45)的目的是为了减少侧撞中前后座椅中乘员头部及颈部的伤害程度。这种帘子两侧各一,它们被编成一块,平时隐藏在车顶衬料内,从 A 柱到后侧柱间覆盖着车的上部。激发 IC 的传感器与激发 SIPS 气囊的传感器为同一传感器,它们相对于中心传感器来说只是从属传感器,因为中心传感器可以判断何处受到碰撞及哪里的气囊应该激发来保护乘员的安全。

如果只是后部传感器受到影响,那么 IC 会被激发,而 SIPS 气囊则不会。帘子在 2.5 ms 内会被充满,其持续充满状态约为 3 s,这样就可最大限度内保护乘客的安全了。帘子上的气管没有布满帘子的整个表面,而是集中于乘客头部最容易碰撞的区域,这样所需的气量就比较有限,而激发时间就变短了。气管所起的作用是约束头部,防止头撞到车的内侧,帘子同样也可以防止头部撞到与车相撞的物件,比如路灯柱等一类的东西,帘子的大小同样对头部提供了依靠,避免车内乘客被甩出边窗。

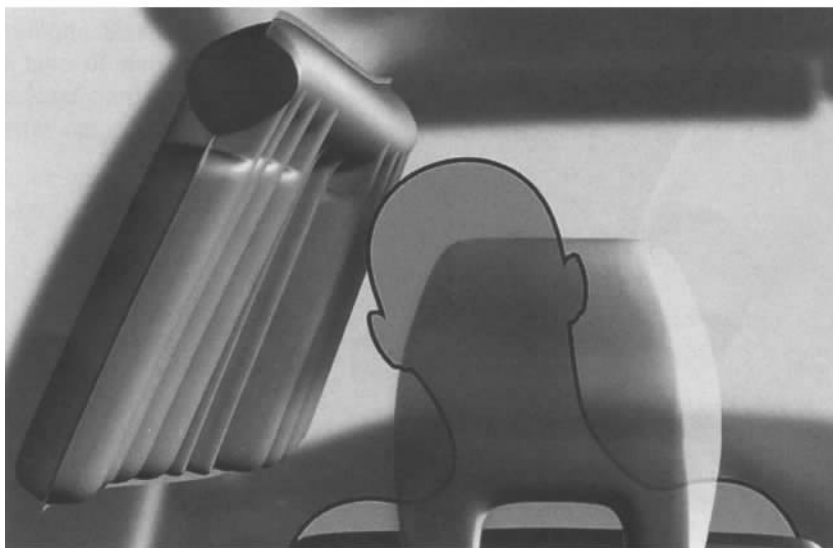


图 16.45 沃尔沃 S80 型汽车充气式膨胀帘

IC 具有很好的防护性能,不管车窗是开的还是关的,当帘子受激发时,其基本上不会接触到侧窗而只会向车内膨胀,这样就更靠近乘客的头部了。

为了在前排安装婴儿座位,乘客安全气囊的开关可以由一个开关来控制,这种开关目前只有沃尔沃公司使用,是由点火钥匙控制的,当点火开关打开时,开关上的指示灯会显示安全气囊是否已经激发。如果开关遇到电子方面的错误,安全气囊系统指示灯就会点亮,这跟其他故障发生时安全气囊系统的反应是一样的。

### 16.8.2 英国罗弗(Rover)汽车公司的电动车窗

图 16.46 所示为罗弗汽车上的电动车窗电路图。当点火开关打开时,车窗升降继电器由位于乘客室的保险箱中的熔断丝 18 通过 LG 线供给电压,然后由 B 线引出搭铁;继电器工作后,蓄电池通过 4 条 N 线及 N/U 线分别向 4 个车窗升降熔断丝供电。

驾驶员车窗只有经过驾驶员门上的开关块才能操作,这个开关块由熔断器 2 经熔断丝 30 供电(通过 S/G 线),当“上升”开关按下时,电流从熔断丝经过车窗抬升开关并通过 B/Y 线向控制单元供电,这时控制单元就会向提升电机提供正电压(通过 R/U 线)并通过 R/Y 线搭铁,此时车窗玻璃就会提升,直到开关释放或者是它到达行程终点。

当“下降”开关按下时,电源经附属熔断器 2 内的熔断丝 30 通过 S/G 线控制单元供电。此时控制单元就会向提升电机通过 R/Y 线提供正电压,并使 R/U 线搭铁,这样电机反转,车窗向下动,直到开关释放或玻璃到达行程终点为止。

当驾驶员门窗开关完全向下拔并释放,驾驶员门窗就会完全地打开。这个过程中,电源通过闭合开关触点并由 S/B 线向控制单元供电,控制单元此时就会操纵提升电机反转,直到行程终点。前排乘客窗可以由驾驶员门上开关和乘客门上开关控制。

当“上升”开关按下时,电源由附属熔断器 2 的熔断丝 29 通过 N/Y 线,经车窗提升开关。再通过 S/B 线,到乘客车窗提升开关,最后通过 U 线向车窗提升电机供电,然后搭铁。

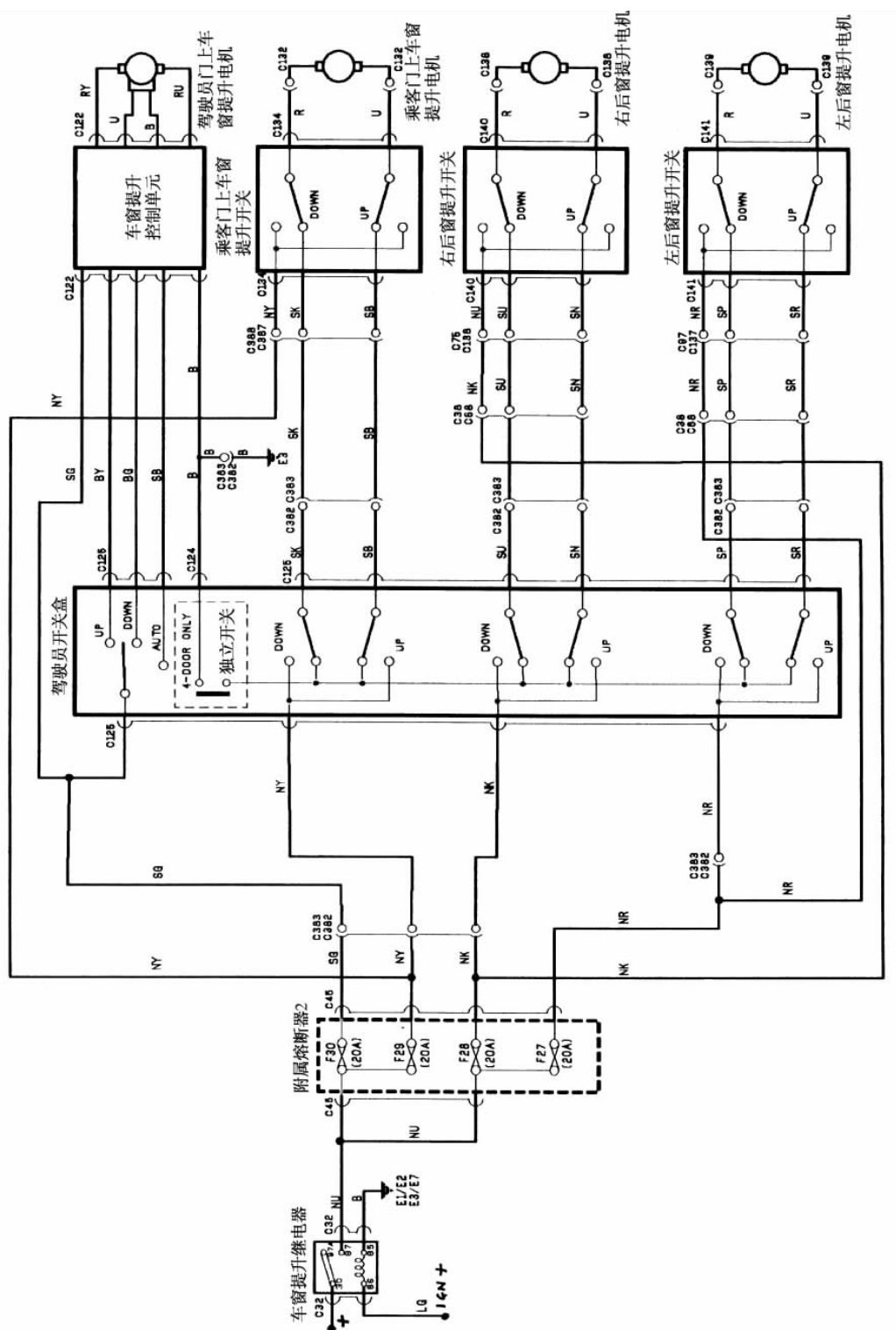


图 16.46 罗弗汽车上的电动车窗电路图



其电路线路如下：电机→R 线→乘客车窗提升开关→S/K 线→驾驶员门上主开关→B 线→搭铁。

当“下降”开关按下时，电路如下：电源→熔断器 2 中的熔断丝 29→N/Y 线→车窗提升开关→N/Y 线→乘客车窗提升开关→R 线→电机→U 线→乘客车窗提升开关→S/B 线→驾驶员门上主开关→B 线→搭铁。

当“上升”开关按下时，电路如下：电源→熔断丝 29→N/Y 线→乘客车窗提升开关→U 线→车窗提升开关→R 线→乘客车窗提升开关→S/B 线→驾驶员门上主开关→独立开关→B 线→搭铁。

当“下降”开关按下时，电路如下：电源→熔断丝 29→N/Y 线→乘客车窗提升开关→R 线→电机→U 线→乘客车窗提升开关→S/B 线→驾驶员门上主开关→独立开关→B 线→搭铁。

每一后窗可以通过驾驶员门上开关控制，也可以在驾驶员门上开关的独立开关没有按下时，通过控制每个门上的开关实现对后窗的控制。后窗的开、关操作跟乘客前窗的操作是相类似的。

### 16.8.3 英国捷豹(Jaguar)汽车公司的音效、通信设备

以下的信息取自捷豹“S”型轿车(图 16.47)。捷豹公司的音响通信系统代表了当今通讯系统的基本趋势和发展方向。



图 16.47 捷豹 S 型轿车

捷豹公司在第一次将可选声音控制音放、电话及气候控制系统(通过驾驶员语音设备控制)用于其车上时，这些系统使操作更安全、更自如。这些系统虽然不可以很好地区分英国英语及北美英语口语，但它们可以经过训练而记住一些特殊的声音。

首先用于捷豹上的是卫星导航系统，这种系统使用的是 CD-ROM 上的多语言数字地

图数据,这个系统能够有效地指定路标并可向联合交通管理系统提供实时交通信息。

车上使用的是 175 W、12 个喇叭优质声音系统。它带有 2 个中心喇叭、1 个超低音扬声器和 6CD 自动换片机,数字声音信号经过杜比技术处理,可为乘客提供优美的音乐。

较优质的摩托罗拉 GSM 移动电话是原装产品,它结合了车辆集成、安全、方便及手提电话性能等优点。

## 16.9 舒适及安全系统的故障诊断

### 16.9.1 概述

任何系统的故障诊断都必须遵循以下六个阶段:

- (1) 检查故障。
- (2) 收集进一步的信息。
- (3) 评估材料。
- (4) 进一步做模拟试验。
- (5) 排除故障。
- (6) 检查所有系统。

下一节中强调的步骤与上面的第(4)步是密切相关的,表 16.1 列举了汽车舒适安全系统常见故障现象及其故障原因。

表 16.1 舒适系统的常见故障及其故障原因

| 故 障 现 象  | 故 障 原 因                                                                                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 收音效果不良   | (1) 追踪 HT 元件不良<br>(2) 干扰过大或天线搭铁<br>(3) 压缩设备断路                                                                                            |
| 电动车窗不工作  | 如果所有车窗均不工作:<br>(1) 主电源开路<br>(2) 主熔断丝熔断<br>(3) 继电器线圈、触点断路或电阻过大<br>如果只有一个车窗不工作:<br>(1) 熔断丝熔断<br>(2) 控制开关开路<br>(3) 电机发卡或断路<br>(4) 安全电路信号不正确 |
| 巡航控制不能设置 | (1) 制动开关处于接通位置<br>(2) 安全阀或安全电路出错<br>(3) 隔膜片破裂<br>(4) 加速电机卡住或断路<br>(5) 方向盘滑动环开路<br>(6) 电源/电线/熔断丝开路                                        |

### 16.9.2 测试过程

以下步骤只是一般性的,但若进行一些调整,它们可以应用于任何电子系统。如果有疑问,请以制造商的建议为准。检查任何系统电路的步骤都如下所述:

(1) 用手摸或目测。线束是否松动、开关是否松动和其他一些明显的故障,以保证连接正确可靠。

(2) 检查蓄电池(参见第5章)。必须达到70%的充电量。

(3) 检查电机、螺形线圈、结合处、灯泡、单元(用眼检查)。

(4) 熔断丝是否连接良好(千万不要相信你的眼睛),用仪器或指示灯检查两端电压。

(5) 检查继电器,听其工作时是否发出咔嚓声(如有则跳至步骤(8))。如有声,表明继电器工作正常。

(6) 检查开关前电压。应为蓄电池电压。

(7) 检查开关后电压。应为蓄电池电压。

(8) 检查至继电器的电源电压。应为蓄电池电压。

(9) 检查继电器输出电压。应为蓄电池电压。

(10) 检查灯前的电源电压。不低于蓄电池电压0.5 V。

(11) 检查搭铁性能(电阻或电压)。0  $\Omega$  或 0 V。

### 16.9.3 ECU 自诊断功能

许多 ECU 的作用之一是用来提醒驾驶员系统存在故障,同时它们可以帮助维修人员检测故障所在。ECU 检测到的故障首先是通过仪表盘上的指示灯反馈给驾驶员的,然后以故障代码形式存储在 ECU 的 RAM 中,维修人员为了便于发现故障所在,可以读取这些故障代码。

每一个检测到的故障都会被系统以数字代码的形式储存下来,这些代码只有在系统的自主行为下才能被擦除。只有发现非常严重的故障时指示灯才会亮,同时相应的故障记录仍然还会存储下来,这些故障是按发生的先后顺序存储的。

使诊断线搭铁 2.5~10 s,就可以从指示灯闪动的时间长短(对应着不同的 2 位代码)判断故障代码。搭铁时间超过 10 s 时就可以从内存中擦除记录,这跟切断 ECU 电源供给的结果是一样的。用搭铁的方法来读取故障代码必须遵循制造商的规定。在一些汽车中不能进行人工读码,只能用故障诊断仪来读取。

### 16.9.4 寻找故障的技巧

如果 4 个电动车窗在同一时间都停止工作,那么 4 个电机都同时烧坏几乎就不太可能。另一方面,假如只是 1 个电动车窗停止工作,那么我们怀疑故障出在电机上就很合理了。在这里我要说的是这种合理性在寻找故障时是很有必要的,但是,值得注意的是,理论上说 4 个电机在同一时间烧坏的可能性还是有的。

利用这种概率的技巧来查找故障往往可以节省时间。比如说 2 个停车灯坏了,而车辆的其他部分均工作正常,那么我就会怀疑开关,即一般步骤中的第(1)~(3)步,可在这几个阶段,故障可能出在任何地方,有时甚至是 2 个或 3 个灯泡坏了。尽管这样,用一个仪表快速地测一下这个开关就可以证实这个猜测。现在让我们假设开关是好的,当踩下制动踏板

时,制动开关会有一个输出,检查车辆前端到后端的电线,就可以看出我们猜测是否正确了。

图 16.48 为从制动开关到故障灯的分界点的主要线路(概率说明问题一定出在断路上)。

为了说明问题,我们假设电路断路在 I 点前,查找过程分为以下两种方式:

A B C D E F G H I J K

第一种:

图 16.48 在“H”点与“I”点之间的断路

(1) 猜测故障在前半部分并检测 F 点。

(2) 如果猜测有误,进而我们估计问题出在后半部分的前部,因而我们可检测 I 点。

(3) 如果此时猜测正确,检测 H 点发现故障,我们一共测了 3 次。

第二种:

(1) 依次从 A 点检测到 K 点。

(2) 最后我们会找到故障,此方法需测试 9 次。

这样我们就很容易看出哪种方法更好了。

## 16.10 舒适及安全系统的理论知识

### 16.10.1 巡航控制基本原理

图 16.49 为巡航控制系统的控制原理方框图。巡航控制系统一般采用的是比例积分控制技术。比例控制意味着系统会根据反馈回来的信息,产生错误信号,这个信号与所需值、真实值间的差距成比例。由于巡航控制系统最终输出的是车辆的速度,而这个速度又取决于节气门的开度(由加速踏板控制),因此系统的电子装置必须考虑节气门开度与所需的车速改变量之间的延迟关系。

如果系统反应过快,那么车速就会过高,然后又是一个过度操作,导致车速变得太慢等等。换句话说,假如由系统自动调整车速的话,它不会很好地调整,而是会使车速反复无常(这就类似于无调节装置的悬挂弹簧)。因此单独的比例控制会因其静态的错误而很容易产生这个问题。为了解决这个问题,优良的系统会包含积分控制。这样,最终的信号就成为比例控制及积分控制信号的合成了。积分控制产生的是一个上升或下降,与原始误差成比例的伪信号。

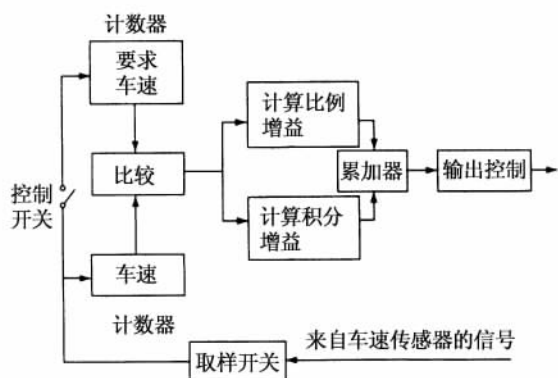


图 16.49 巡航控制系统的控制原理方框图

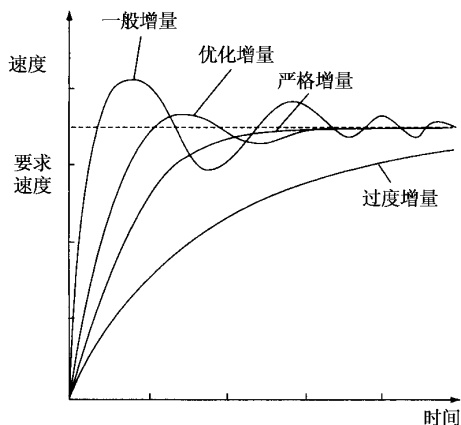


图 16.50 调整因素

由于积分控制,最终的误差往往会趋于零。因此这两种不同形式的控制结合决定了控制电子装置的调整因素。图 16. 50 为不同调整因素下车速的效果。这四种反应对于工程学及电子学来说是很有名的,可以通过数学建模的方法来计算系统的反应。

以上的技术都基于数字和模拟电子学。其原理与其他任何使用比例控制和积分控制的系统都是一样的。其理论值在电路设计前可以计算出来:

$$G_i = \omega_n^2 M$$
$$G_p = (2d\omega_n M) - C$$

式中, $G_i$  为积分增益;  $G_p$  为比例增益;  $\omega_n$  为系统固有频率,相当于  $2\pi f_n$ ;  $M$  为汽车重量;  $C$  为经验摩擦因子;  $d$  为调整系数。

16. 10. 2 无线电波压缩计算

电容器及电感可用来过滤波,它是在频率上升时通过改变电抗值来改变信号而实现的,对于电容和电感来说,电抗的正确形式应该是容抗和感抗,其计算公式如下:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$
$$X_L = 2\pi fL$$

式中, $X_C$  为容抗;  $X_L$  为感抗;  $C$  为电容值;  $L$  为电感值;  $f$  为固有频率。

把  $C=0.1\text{ mF}$ ,  $L=300\text{ mH}$ , 第一次使用  $f=100\text{ Hz}$ , 第二次使用  $f=1\text{ MHz}$ , 代入上式,得到的容抗和感抗值如下表所示。

| 频 率 | 100 Hz   | 1 MHz   |
|-----|----------|---------|
| 容 抗 | 15. 5 kΩ | 1. 6 Ω  |
| 感 抗 | 0. 18 Ω  | 1. 9 kΩ |

选择合适值的电容与电路并联,或选择合适值的电感与电路串联时,可以过滤掉一定频率范围的干扰信号。当电容和电感的阻抗相同时,即  $X_C = X_L$ ,此时有一个共同频率,其计算公式为:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

若知道固有频率的范围,就可选用其余参数值,这样就可以过滤掉多余的电波。

16. 11 舒适及安全系统的新技术

16. 11. 1 噪声控制的发展

液压式发动机支脚采用电子控制技术,可有效地降低发动机噪音。一些生产商采用简单方法控制发动机支脚,即支脚设置了硬、软两种模式。英国莲花汽车公司声称其开发的液

压式发动机支脚可相当于 45 kg 重的消声材料。

一个研发废气排放的公司——步行者,开发了一种动态消声器来减弱排气噪音。这个系统的核心部分是数字处理器,它需要两个主要传感器:其一为扩音器,用来测量尾气管噪音,其二为发动机转速传感器。工作时,系统计算出正确的反噪音信号并通过特殊的声音装置传送至排气系统,然后余音还可以测量并对系统作出调整。由于这个系统可以自动调节,因此它仍适用于噪音不断变化的老型发动机。

动态消音器适用于排气装置排出的经触媒转换器之后的直流气流。改变发动机性能则意味着可以节省燃料,通常,采用动态消音器可以减少 5% 的燃料消耗。欧洲共同体正在对排气管噪声提出新的规定,当前德国这一指标为 77 dB(A),这就意味着动态消音器将会深受欢迎。

### 16.11.2 警报系统的发展

专业盗车贼总是试图找到征服最新警报系统的方法。尽管这样,汽车制造商仍保持着领先地位。追踪装置可以安装在汽车底盘的比较隐蔽部位,当汽车被盗时,警察可以激发这个装置,从而追踪到汽车。目前,在美国汽车上普遍安装了追踪器,追踪器的工作过程如下:

- (1) 车子被盗。
- (2) 根据不同的产品,车主可以联系追踪器或追踪器可以联系车主。
- (3) 车上的追踪器被功率强大的发射器激发。
- (4) 警察利用追踪电脑侦测追踪器发出的微弱返回信号。
- (5) 警方寻找到被盗的汽车。

追踪器实际上是一个无线电异频雷达收发仪。当有人举报车辆被盗时,警方会激发追踪器,然后它就会发射一种独特的回答代码,这些代码可以被追踪电脑(可装在警车、直升机或固定的陆上场所)侦测到并被进一步编译。警方然后就可以追踪到汽车并采取进一步行动。图 16.51 就是一幅真实的被盗汽车被找回的景象。



图 16.51 1993 年以来,追踪器已帮助英国警方找回价值超过 35 万英镑的失窃车辆

追踪器可以装在任何一部汽车中,只要车上有一个地方能将其隐藏就行。目前这种系统在英国刚使用,它通常使用车上的蓄电池,但如果线路不通,其自身有一个可充电电池,可以维持系统 2 天左右的运行。目前这个元件并没有被盗贼发现,这就意味着在很大程度上我们能快速发现被盗汽车。追踪器一般不能从一辆汽车转移到另外一辆汽车上,目前大多数保险公司对装有追踪器汽车的赔偿率提高了 20%。

### 16.11.3 车内娱乐设备(ICE)

下面简单介绍德国蓝宝(Blaupunkt)音响公司的“纽约 RDA 127”型 ICE 系统。

纽约 RDA127 型 ICE 系统是基于 DSA 的纯高端系统,它可以在车内线性频率下及覆盖原声的驾驶噪音(DNC)中自动选台。集成的高端 CD 驱动器包括可选择外观变换器。

次级输出和多数均衡器在今天的高端汽车及高保真音响系统中显示了其在复杂性方面的高要求。车内新的音响技术覆盖了以下让人着迷的功能:

- (1) 可收听 FM、MW、LW。
- (2) 有缩微技术 TIM(可进行交通状况的记录)。
- (3) 二重音 RDS。
- (4) RDS - EON - PTY。
- (5) 收音文本。
- (6) 行程存储。
- (7) 1/8 字节 CD 的超采样。
- (8) 光碟管理系统(DMS)。
- (9) 数字信号改良(DSA)。
- (10) 动态噪音覆盖(DNC)。
- (11) 自行调节均衡器。
- (12) 4×23 W RMS 电源。
- (13) 4×35 W 最大电源。
- (14) 数字式输入。
- (15) 4 个频道输出。
- (16) 次级输出。

这种可移动多媒体似乎具有任何功能,真不可思议!尽管有高端的性能,但操作起来并不复杂。其尺寸适宜、可读式显示、菜单控制快速操作、人体学和令人赞赏不已的设计为驾驶员提供了愉悦的驾驶环境。

这里使用的高端声音技术可以自动地使车内的声音达到完美的境界,它可以覆盖驾驶噪音,也可以运用让人难以置信的动态及空间技巧使路上的放音系统达到和现场音乐会一样美妙的境地。

### 16.11.4 智能化安全气囊感应系统

博世发明的“智能化安全气囊感应系统”在特殊的事故中会产生相应的反应。这种系统通过两次性发生器可以控制气囊是一次性膨胀,还是两次性膨胀。根据车辆加速传感器和安全带扣传感器发出的信号,系统可以判断事故的严重程度,然后气体发生器就会收到不同

的控制脉冲,这样就可以控制气囊的第一阶段充气,两个阶段充气(称为安全充气)或保持一定时间的气囊膨胀状态。

未来这方面的发展将会导致多阶段充气气囊或根据事故类型及乘员位置按顺序控制气囊,超声及紫外线传感器的自动占位(AOS)元件的利用也将会增强这种系统的功能,这种额外的装置将会侦测到座位及小孩的位置,同时还会弄明白是否有乘客坐在特殊的位置,比如说脚踩在挡泥板上,系统也会察觉到。

博世公司最新的雷达技术将有助于预碰撞传感器(在汽车相撞之前就能估计碰撞速度)的研究,同时这种传感器还可以提前激发个人限制系统,如安全带预紧装置,如果有必要的话,还可以激活以上所有系统。图 16.52 就是这种系统的模型。



图 16.52 智能安全气囊系统

## 16.12 练习

### 16.12.1 思考题

1. 何谓主动安全性和被动安全性?
2. 画出简单的电机正反转电路图并解释其操作过程。
3. 描述高端 ICE 系统的六个主要特征。
4. 指出五个收音干扰源。
5. 解释在寻找故障的过程中有时会出现的概率因素。为什么在查找故障时需要“碰运气”?
6. 描述安全气囊的工作过程。
7. 何谓“锁定继电器”?
8. 画出巡航控制系统的控制方框图并论述该系统的工作过程。
9. 简述智能安全气囊的四个优点。
10. 简述超高端警报系统的主要特征。

### 16.12.2 课程论文

参考以下两方面内容,对汽车 PC 机的发展做一次调查:

- (1) 数字地图数据库。
- (2) 车辆故障诊断程序。

撰写一篇有关汽车 PC 机发展的相关的调查报告。开始完成这类作业的技巧就是问“谁得谁失”这个问题,同时弄清楚最新动态及其相应成本。



# 17 电动汽车

## 17.1 电力牵引

### 17.1.1 概述

社会对非化石类燃料汽车的要求迫在眉睫。事实上,按照当前排放法规规定,需要生产零排放汽车。而可望实现零排放的电动汽车仍处于研发阶段,但是一些大制造厂商已向公众推出其生产的电动汽车。

1990 年美国通用公司对外宣称,其生产的“Impact”电动汽车由 0~100 km/h 的加速时间为 8 s,最高车速达 160 km/h,充电间隔期为 240 km。其运行成本约为化石类燃料的两倍。该车对轮胎和制动也作了全新的设计,其轮胎的空气阻力小,而制动器在工作的时候,可作为发电机。该汽车由重为 397 kg 的胶质铅酸蓄电池提供电源,用两个小型交流电机驱动前轮。蓄电池充电时间约为 2 h,在紧急情况下可缩短为 1 h。这给人非常深刻的印象,当然还会有许多其他情况发生。

### 17.1.2 电动汽车的设计

图 17.1 所示为一种电动汽车的总体布局图。由于驱动用的蓄电池电压高达几百伏,故还需要较低的 12/24 V 电源系统照明及其他系统供电,图中有些元件是备选件。

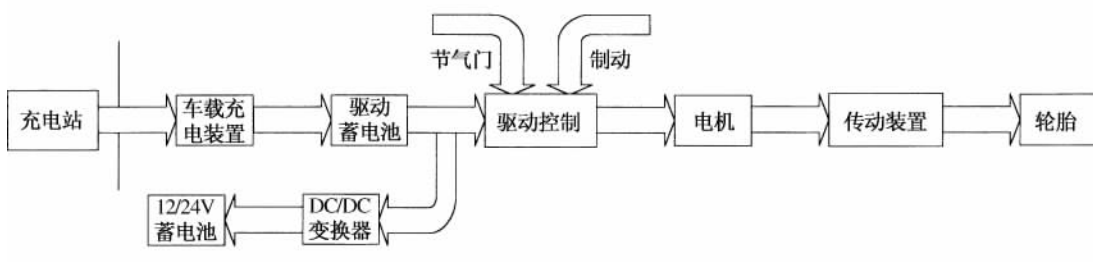


图 17.1 电动汽车的总体布局图

### 17.1.3 电动汽车用蓄电池

设计电动汽车时需要考虑许多方面,其中最重要的是对蓄电池类型的选择。

表 17.1 列出了当前所用的部分蓄电池。关于这些蓄电池的详细资料详见第 5 章。

表 17.1 蓄电池的有关影响因素

| 蓄电池种类  | 符 号       | 比能/(W·h/kg) | 每千瓦/时的成本<br>(1994 年估算) | 工作温度范围/℃ | 使用寿命<br>(放电率的 80%) |
|--------|-----------|-------------|------------------------|----------|--------------------|
| 铅 酸    | Pb - Acid | 27~33       | 1                      | 0~60     | 450~600            |
| 镉 镍    | NiCd      | 35~64       | 10                     | -20~60   | 2 000~5 000        |
| 镍 氢    | NiMH      | 50~51       | 8                      | -20~60   | 500                |
| 镍 铁    | NiFe      | 51          | 8                      | -20~60   | 1 000              |
| 锌 溴    | ZnBr      | 56          | 5                      | —        | 500                |
| 镍 锌    | NiZn      | 73~79       | 3.5                    | -20~60   | 600                |
| 锂铁/聚合物 | Li - ion  | 90          | —                      | -20~60   | 1 200~2 000        |
| 钠 硫    | NaS       | 79~81       | 6.5                    | 300~380  | 1 000              |
| 银 锌    | AgZn      | 117~139     | 15                     | —        | 100                |
| 锌空气    | Zn - Air  | 144~161     | 15                     | -20~40   | 150                |

铅酸蓄电池的主要优势在于其技术已成熟并已被电机行业接受,其不足在于每千克千瓦时偏低。钠硫蓄电池具有一定的优势,但成本太高,还需要采用一些新技术来应对其苛刻的工作条件,例如很高的工作温度。当前,对锂基蓄电池的研究正取得重大进展。但是目前常用的蓄电池大多为铅酸蓄电池或镍基蓄电池。

17.1.4 驱动(电机)

驱动电机的选择有很多种,最基本的还是选择交流电机或直流电机。其中对交流电机的控制优于直流电机,但它需要一个转换器将蓄电池的直流电转换成交流电。标定功率约 50 kW 的直流电机常配置于小型汽车上,而交流电机应用范围可能很广,交流电机与无刷直流电机间的区别并不大。

(1) 交流电机

各种交流电机的工作原理是一样的,三相绕组绕制在叠片状定子内,产生旋转磁场从而带动转子转动,旋转磁场的转动速度及转子的转速可用下式计算得出:

$$n = 60 \frac{f}{p}$$

式中,  $n$  为转速;  $f$  为交流电源的频率;  $p$  为电机磁极对数。

(2) 异步电机

异步电机常采用鼠笼转子,它由许多磁极组成。定子常为三相,呈星型或三角形连接,如图 17.2 所示。定子三相对称绕组产生的旋转磁场在转子内产生感应电势,由于转子是一个闭合通路,故在感应电动势的作用下产生电流,由此产生电磁力使转子转动。当电机处于

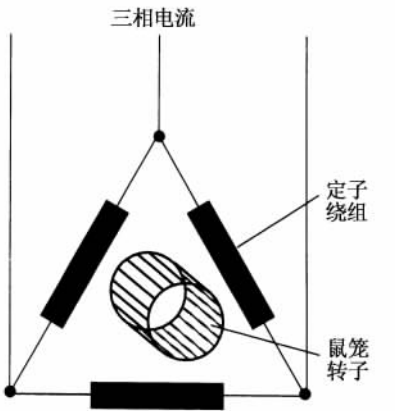


图 17.2 由许多磁极组成的鼠笼转子式异步电机

最佳频率下工作时,转差率(磁场转速与转子转速的差值与转子转速之比值)约为 5%。

(3) 永磁式同步电机

这类电机采用感应线圈式转子,直流电源通过两个滑环使绕组产生磁场。旋转磁场产生磁力,从而产生固定转矩。如果转速低于上述转速,转矩就出现波动,并且电流也发生变化。这类电机需要对启动时旋转做特定处理。永磁式同步电机的一个优势在于它可作为发电机。一般车用交流发电机是相似的,图 17.3 为永磁式同步电机的示意图。

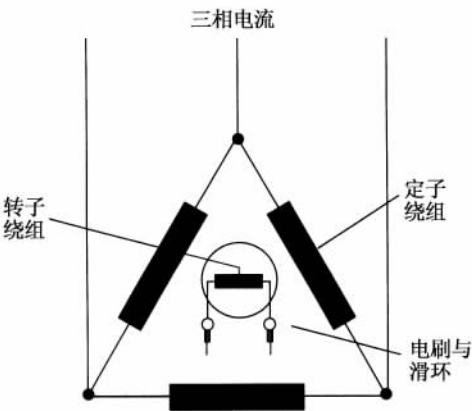


图 17.3 永磁式同步电机的示意图

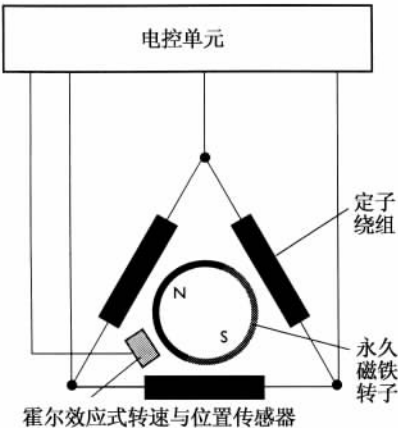


图 17.4 介于交流电机与直流电机之间的电控电机工作示意图

(4) 电控电机

实际上,电控电机介于交流电机与直流电机之间,图 17.4 为电控电机的工作示意图,其工作原理与同步电机很相似,但电控电机的转子内包含有永久磁铁且没有滑环,这就是所谓的无刷电机。电控电机利用传感器给控制元件提供反馈信息从而控制转子旋转。控制系统产生旋转磁场,其速度决定了电机的速度。当用它作为驱动电机时,因其特有的转矩特性需要齿轮箱来确保并维持电机的转速。有些学者认为,如果给电机的电流信号为矩形脉冲,则称之为直流电机;如果给的是三角形脉冲,则称之为交流电机。但是对梯形脉冲就无法去描述它。

(5) 直流电机——三相串激绕组式

直流电机应用于电动汽车如送奶车和叉车上已经有好多年,效果良好,它的不足之处在于流经电刷与换向器的电流较大。

众所周知,直流串激绕组电机低速时具有高转矩特性,图 17.5 为采用可控硅控制的串激直流电机的工作原理及再生制动的简易原理。

(6) 直流电机——独立的并激绕组式

为了改变转速,通过增加一个电阻或采用限幅器来控制磁场,启动转矩的问题可通过采用合适的控制器来解决。独立并激绕组式电机也适用于再生制动,在适当的时刻增强磁场强度。一些电机仅在正常行驶状态时改变磁场能量,这样就会因低速时产生大电流而出现问题。

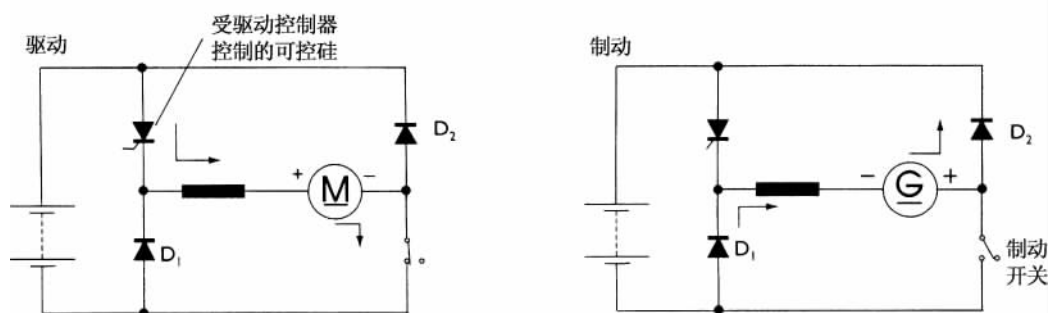


图 17.5 由可控硅控制且能提供再生制动的直流串激绕组式电机

### 17.1.5 小结

电动汽车的理念在目前还是很新颖的, 尽管其必备的蓄电池技术早在 19 世纪末就得以研发, 且于 1900 年起已有不少这类轿车面世。同样, 在那个时代, 有些车型可达很高车速, 但电机的发展速度很慢且运行成本很高, 它的应用还受制于蓄电池再充电的便利程度。如今, 这些问题有些已被解决, 还有一些仍没有被解决, 其中成本仍是主要问题。但是, 如果我们考虑到因汽车排放污染所造成的影响, 其总成本就不足为虑了。

尽管蓄电池技术的进步使电动汽车的应用范围得以扩展, 但其最高车速仍没有得以突破。另一方面, 电动汽车机械方面的可靠性和耐用性仍不及化石类燃料汽车。

## 17.2 混合动力汽车

### 17.2.1 概述

混合动力汽车的设想是很简单的。由于内燃机会产生有害排放物, 且在有部分负荷时效率低, 而在一定范围内采用电力驱动则无有害排放物产生, 这样可以扬长避短。

对于混合动力汽车, 在车速慢的城区行驶时采用电动驱动, 在开阔的道路上行驶时采用内燃机驱动, 这是降低城镇中汽车排放物污染的一个最合适方法。最新式的控制装置能确保在一定条件下更好地选择是电机驱动, 还是发动机驱动。

### 17.2.2 混合动力驱动类型

图 17.6 为几种常用方式的混合动力驱动原理。发动机可分为汽油机、柴油机、汽轮机等几种类型, 驱动装置有串联和并联两种排列方式。其中并联排列方式因其具有更大的灵活性而得以普遍采用。

串联排列的驱动装置允许化石类燃料发动机以恒定的速度驱动发电机, 这就使得内燃机的工作效率更高, 但不足之处在

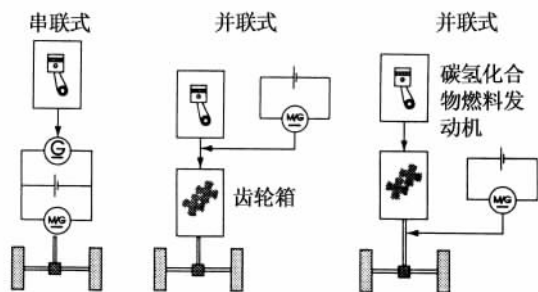


图 17.6 几种常用方式的混合动力驱动原理

于因能量转换的反复(机械量→电能→机械能),使其动力传输效率低于并联排列方式直接驱动变速器时的效率,串联排列方式的另一个不足之处是无变速器。

### 17.2.3 小结

随着驱动和蓄电池技术的发展,混合动力汽车今后可能会普及。未来生产的化石类燃料发动机,可实现以恒定速度运转时产生近似于零排放的很少的排放物。这种结合了高效的电机及蓄电池储蓄装置的汽车,被称为零排放汽车。

目前有一个共识,即在不久的将来,蓄电池技术不会有大的突破;同时,化石类燃料的能量密度超过了任何一种蓄电池的能量密度一个数量级,因此,有理由相信混合动力设计前景非常广阔。

## 17.3 典型实例

### 17.3.1 通用公司的 EV-1 型电动汽车(1999 年款)

自 19 世纪 60 年代以来,通用公司一直在电动汽车的研发方面引领于整个汽车业,特别是目前投资了 5 亿美元资金用于 Impact 和 PrEView 电动汽车的开发计划。通用公司开发的 EV-1 型电动汽车为世界上第一台精心设计的成品电动汽车,于 1996 年上市销售,是世界上最先上市销售的电动汽车。该车如图 17.7 所示。



图 17.7 通用公司的 EV-1 型电动汽车

EV-1 型电动汽车为流行的两厢车,风阻系数为 0.19,采用组合式车身面板,钻钩架底盘(比钢铁底盘轻 40%)。整车重量为 1 350 kg,车速电控可调,最高达 128 km/h(EV-1 模型车车速实际上创下了电动汽车时速的纪录,高达 293 km/h)。从原地起步到车速为 96 km/h 的加速时间低于 9 s。如此高性能的关键技术在于,该车采用功率达 103 kW 的带

有整体式单速双级减速齿轮组的三相交流感应电机来驱动前轮的电力传动装置。该装置维护期超过160 000 km。

该车蓄电池组采用 26 个 12 V 免维护铅酸蓄电池,总电压达 312 V,在市内运行时充电间隔期为 112 km,在城际运行时为 144 km。自 1998 年采用新型的镍氢蓄电池后,在市内和高速公路上运行时的充电间隔几乎翻倍,分别为 224 km 和 252 km。另外,新型再生制动系统能将制动时产生的能量转变为电能用于蓄电池组充电,这样有利于延长充电间隔期。

完全充电时要求在各种充电条件下都可安全地进行,用 220 V 标准充电机充电需 3~4 h,用 110 V 便携式充电机需 15 h。相对通常用的化石类燃料,民用电的成本较低,这样就意味着电动汽车的运行成本相对较低。

通过对前液力制动盘、后鼓式制动器及电力驱动电机的组合可实现再生制动系统。制动时,电机可产生电,用之可对蓄电池进行充电。

EV-1 型电机具有牵引力控制、巡航控制、防抱死制动、双安全气囊、电动门窗、电动门锁和电动后视镜、AM/FM CD 唱机、轮胎气压监测系统及许多其他功能装置。

### 17.3.2 日产公司的 Altra 电动汽车

日产公司投资开发了 Altra 电动汽车,并于 1998 年在美国取得了初步实验成功。Altra 电动汽车是为美国市场而设计的旅行车,其电动型汽车是日产公司第一辆在国外销售的零排放车。图 17.8 为 Altra 电动汽车。



图 17.8 日产公司的 Altra 电动汽车

Altra 电动汽车采用水冷永磁式同步电机,是最早采用高效能的钕-铁-硼合金的电机。该合金是在分解材料等级时被偶然发现的。日立公司生产的电机是世界上动力最强的电机之一,其所开发的功率为 62 kW、转矩为 159 N·m 的电机最高转速达 13 000 r/min。平均转速为 8 000~9 000 r/min,该电机重量为 39 kg,而功率质量比为 1.6 kW/kg——这在电机领域内是最好的。

Altra 电动汽车动力源采用锂离子蓄电池组,它是索尼公司为日产公司特别设计的。该蓄电池组由 8 格 12 个模块组成,其额定电压为 345 V。每格蓄电池在完全充电时可达

36 V, 在放电时电压为 20 V。该蓄电池组总重达 350 kg。在正常的温度范围内其能量密度为  $90 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$ , 蓄电池的设计寿命为 1 200 次充电周期, 但日产公司称该类蓄电池充电周期超过 2 000 次仍没有太大的效率损失。蓄电池组安装在一个固定到前后轴中心处的平台上的双层铝托架内, 为散热还配有精巧的通风系统和风扇。

日产公司还开发出以双冗余码 CPU 为特征的矢量控制器, 该控制器采用水冷方式, 输入范围为 216~400 V, 该数据是在充电状态下获得的。它还具有用于蓄电池散热的继电器控制功能, 可以在动力源与锂离子的控制器之间提供信息, 从而根据收集的数据决定充电方案。

对蓄电池充电时采用外感应式充电器, 它由叶片组成, 充电时将叶片插入车前的充电端上, 充电时间近 5 h, 能行驶 193 km, 在繁忙路段上行驶也可达 135 km。

Altra 电动汽车采用电控液力助力转向装置, 而不是机械式转向装置, 该装置需要一只液力泵, 它只在需助力时起作用, 其动力源为标准的 12 V 铅酸蓄电池。助力系统通过水冷式 DC/DC 变压器进行充电, 采暖、通风和空调系统工作时能量消耗只有传统系统的 50%, 需加热发动机舱时为 66%。空调系统中采用 R134a 制冷剂, 利用电控压缩泵来工作。

再生制动系统以两种方式工作:

(1) 第一阶段——当驾驶员松开节气门时, 该系统工作, 如同一般车的感觉一样。

(2) 第二阶段——也是更重要的一步, 当驾驶员做出适度的制动时其工作。该制动系统本身带有标准的四通道的 ABS。

与标准配置的汽车重量相比, 加装被动和主动安全装置后重量没有多大变化。这些装置包含标准的前安全气囊, 车门侧面防撞杆和 8 km/h 的前后防撞保险杠。

仪表盘上的转速表为数字式的, 有 7 只报警灯提醒驾驶员注意蓄电池或驱动系统约 50 种潜在的危险状况。一旦发生危险, 再生制动系统自动关闭, 避免出现更大的损害。

### 17.3.3 Nelco 公司——混合动力车

名为“Nelco”的一家公司在混合动力技术方面已提出令人感兴趣的设想, 它是基于一个驱动装置, 该装置可用来为现存的内燃机轿车提供动力。Nelco 混合动力汽车的性能与传统前轮驱动轿车(2/3 的燃油消耗掉而正好产生 1/3 的有害排放物)相当。图 17.9 所示为 Nelco 并式混合动力驱动系统, 该系统的混合动力汽车的行驶里程预期可达 800 km, 最大时速可达 160 km/h。该系统所用的主要部件为: 一个高放电性能的铅酸蓄电池、一个永磁式无刷直流电机和一个 Norton 转子发动机。

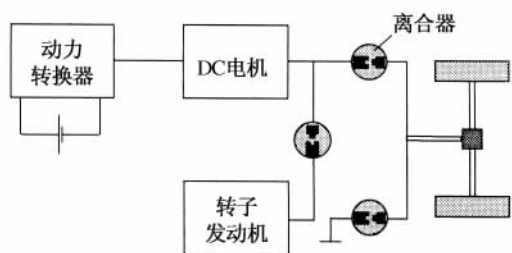


图 17.9 Nelco 并式混合动力驱动系统布置图

该系统所用的主要部件为: 一个高放电性能的铅酸蓄电池、一个永磁式无刷直流电机和一个 Norton 转子发动机。

蓄电池采用原先用于航天工业的特殊的铅锡膜片结构。该蓄电池内部采用高压, 可以防过充电时活性物质的脱离, 从而具有更长的充电周期和使用寿命。实验表明, 由 18 个额定电压为 12 V、额定容量为  $30 \text{ A} \cdot \text{h}$  的蓄电池组成的蓄电池组能在 5 min 内提供 50 kW 的功率。英国霍克希德利公司(Hawker Siddeley)开发的可放置在车厢下方的平行式蓄电池组, 尺寸为  $120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ , 重量为 170 kg, 可提供的能量为  $7.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。该蓄电池以 80% 的放电程度放电时充放电次数可达 1 100 次, 以 20% 的放电程度放电时可循环 11 000

次,延长汽车寿命是可以期望的。在蓄电池上还加装了一个热量管理装置,它能保持铅酸蓄电池处于温度为  $30\sim 40^{\circ}\text{C}$  的最佳工作状态。

诺顿(Norton)转子发动机因在摩托车赛中获得大奖而享有声誉。该发动机暖机时间短,且启动转矩只有  $8\text{ N}\cdot\text{m}$ ,配有两个预热式催化转换器,其喷射系统能在大负荷时以稀薄方式保证发动机工作,在电机瞬间过载时能增加动力以保持输出恒定。

图 17.10 为永磁式无刷直流电机的剖面图。该电机重为  $45\text{ kg}$ ,液体冷却,为防结冰常用机油作为冷却剂。用一个高性能的换向器和控制电路来控制电机工作。电机电源电压从  $216\text{ V}$  直流蓄电池电压转换为  $300\text{ V}$  直流稳压电压。供给电机的电源为具有梯形波或方波形式的三相电。改变任一相都可以控制电机制动或加速。加速踏板位置信号作为控制装置的输入信号,霍尔效应转子位置传感器

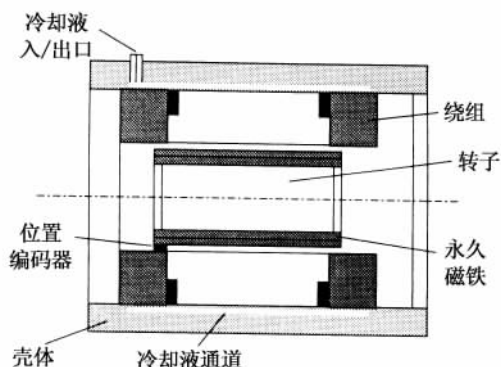


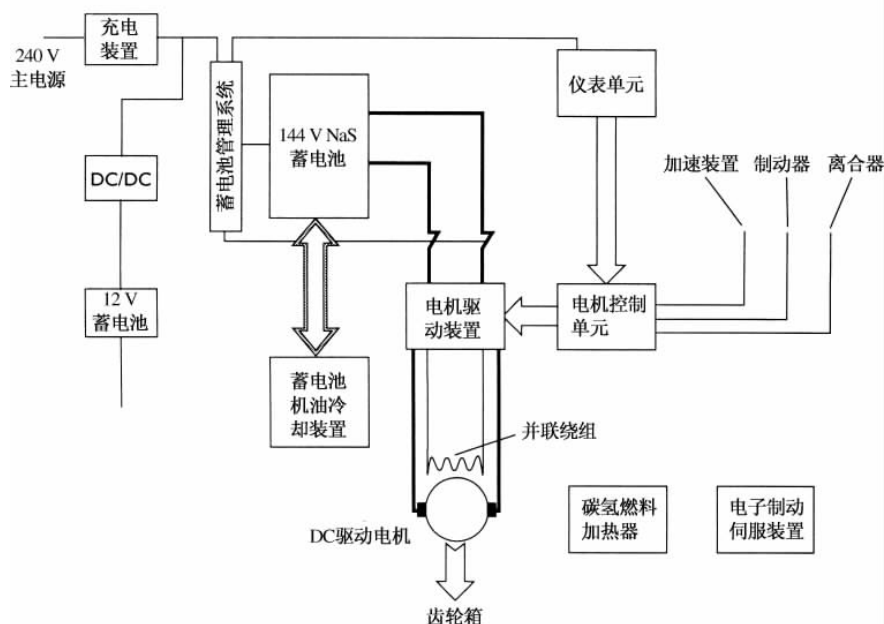
图 17.10 永磁式无刷直流电机的剖面图

提供一个反馈信号。采用反馈信号是为了保证电机的三相绕组处于正确的工作顺序。

整个动力装置重约  $100\text{ kg}$ ,而传统系统中动力装置重达  $200\text{ kg}$ ,但是因蓄电池组的存在,总重量增加了  $130\text{ kg}$ 。对该系统,要求在发动机不工作时能行驶  $48\text{ km}$ 。

### 17.3.4 电动汽车用的钠硫蓄电池

电机各组件之间的布局或连接取决于蓄电池和驱动电机的类型。图 17.11 为一个采用钠硫(NaS)蓄电池和并激有刷直流电机的电动汽车系统布局图。



17.11 采用钠硫(NaS)蓄电池和并激有刷直流电机的电动汽车系统布局图



磁场电流或电枢电流的变化将改变这种类型电机的转速和转矩。图 17.12 为该驱动系统的控制特性,由图可知,从零时刻开始起步加速,在加速的初期阶段,磁场电流保持一定,电枢电流相应地受到限制。

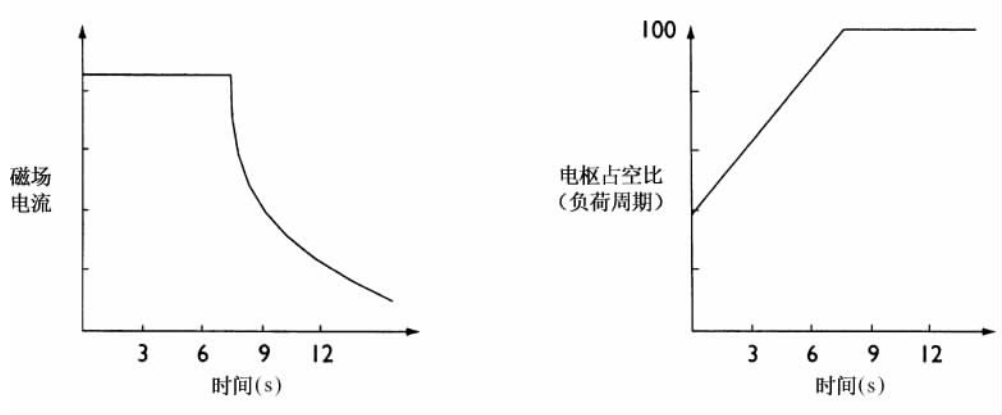


图 17.12 钠硫蓄电池驱动系统的控制特性

随着转速的升高,磁场电流降低,主磁场变弱从而使电枢电动势减小。电枢电流增加以适应转速升高的需要。这种电机可以采用空气冷却的方式散热,但在此系统采用液体冷却。可变再生制动系统用来提高系统效率,在制动时可向蓄电池充电。

蓄电池常为串联式以提高电压,这样电机工作电压可以提高以使发出同样动力时的电流更小一点。蓄电池管理系统用来保证蓄电池的充放电率控制在最佳值。许多报警功能用来指示异常,并可对汽车的剩余里程进行报警。这一报警信息通过仪表板显示。

驱动控制采用现存的大功率晶体管技术,晶体管由一个微处理器控制,该微处理器可由软件实现功能设置。控制器接收来自制动和加速踏板处的电位器上的输入信号,其他控制信号由一些开关提供。

汽车电控系统中其余方面的控制电源由传统的 12 V 铅酸蓄电池提供。在需要的时候由 DC/DC 变换器对它充电。

## 17.4 电动汽车的新技术

### 17.4.1 电机转矩和功率特性

图 17.13 为四种类型驱动电机的转矩和功率特性,这四种图为相应类型电机转速与转矩和功率的函数关系曲线。

设计电动汽车时最主要的是对驱动电机进行合理选择,而电机工作性能又与蓄电池和车重有关。

### 17.4.2 优化技术——数学模型

影响电动汽车性能的设计参数可通过数学建模,本节列举了这些技术的一部分。有关符号说明请参照图 17.14 和表 17.2。

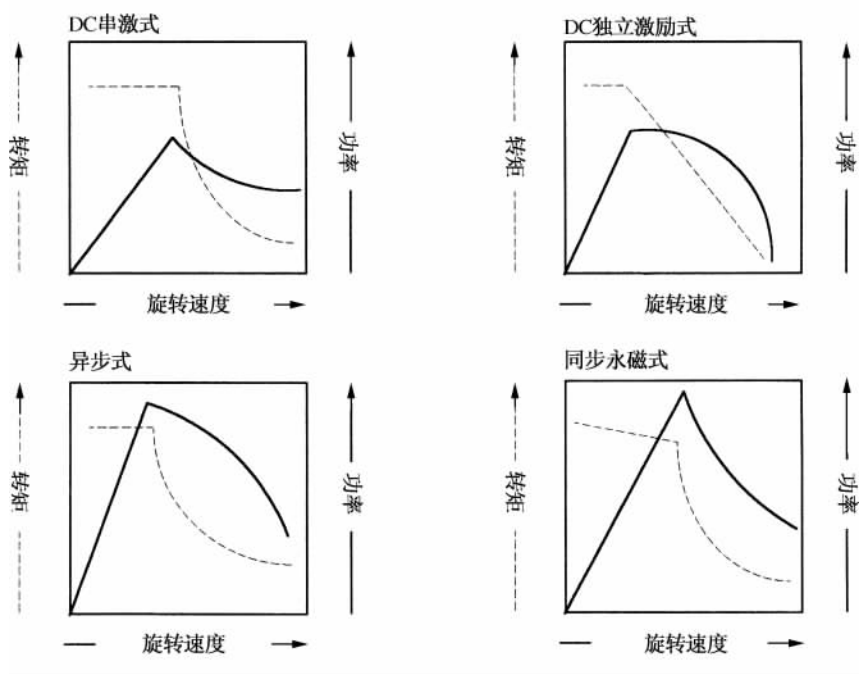


图 17.13 四种类型驱动电机的转矩和功率特性

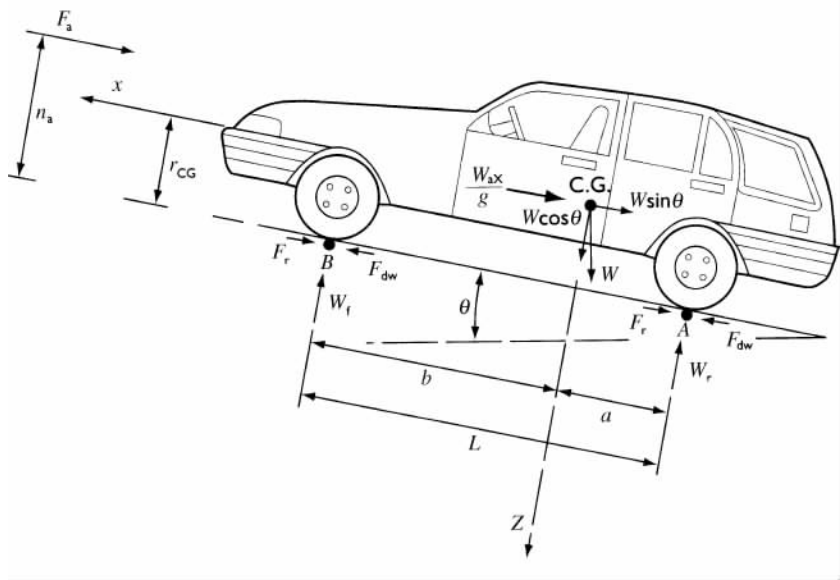


图 17.14 数学模型——常用的参数

表 17.2 符号说明

|               |                 |                 |            |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|
| $F_a$         | 空气阻力            | $\rho$          | 大气密度       |
| $C_d$         | 空气阻力系数          | $A_f$           | 迎风面积       |
| $v_v$         | 车 速             | $v_{wind}$      | 风 速        |
| $F_r$         | 滚动阻力            | $\mu_r$         | 路面摩擦系数     |
| $\mu_{const}$ | 轮胎滚动摩擦系数        | $F_c$           | 爬坡阻力       |
| $m$           | 汽车总质量           | $g$             | 重力加速度      |
| $\theta$      | 坡 度             | $F_{resistive}$ | 总 阻 力      |
| $F_{dw}$      | 作用在驱动轮上的力       | $\eta_e$        | 电机的效率      |
| $\eta_m$      | 机械效率            | $a$             | 汽车重心到后轮的距离 |
| $\mu_a$       | 路面附着系数          | $W$             | 车 重        |
| $L$           | 轮 距             | $h_{cg}$        | 重心高度       |
| $J_{eff}$     | 汽车等效惯性系数        | $M_B$           | 蓄电池质量      |
| $Y$           | 蓄电池能量密度(表 17.1) | $x_i$           | 能量密度系数     |

空气阻力:  $F_a = \frac{\rho C_d A_f}{2} (v_v \pm v_{wind})^2$

滚动阻力:  $F_r = \mu_r mg \cos \theta$

爬坡阻力:  $F_c = mg \sin \theta$

总阻力:  $F_{resistive} = F_a + F_r + F_c$

作用在车轮上的驱动力:  $F_{dw} = F_{motor} \eta_e \eta_m$

牵引力:  $F_{tractive} = F_{dw} - F_{resistive}$

最大牵引力:  $F_{dwmax} = \frac{\alpha \mu_a W / L}{1 + \mu_a h_{cg} / L}$

汽车的有效质量:  $m_{eff} = m + \frac{J_{eff}}{r^2}$

加速时间:  $t = m_{eff} \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{F_{tractive}}$

保持一定车速所需的功率:  $P = \frac{v_v F_{resistive}}{\gamma_e \gamma_m}$

蓄电池的功率密度:  $y = \frac{P}{M_s}$

能量密度与功率密度之间的关系由下面函数公式计算:

$$x_i = ay^5 + by^4 + cy^4 + dy^2 + ey + f$$

完全充足电的蓄电池的行驶里程由下式计算得出:

$$t = \frac{x_i}{y}$$

$$s = v_v (\text{速度}) \times t (\text{时间})$$

通过建模的方式可以节省研发时大量的时间和金钱,上面的资料摘录于一篇优秀的研

究论文(摘自 SAE 940336 号论文)。

## 17.5 电动汽车的新发展

### 17.5.1 燃气轮机混合动力

现代化的燃气轮机对汽车工业有很大的吸引力,它符合低排放、低油耗的需要。它有如下一些特征:

- (1) 热效率良好。
- (2) 燃烧清洁。
- (3) 功率质量比高。
- (4) 具有多燃料特性。
- (5) 工作平稳。

这些优点同往复式发动机一样。自从世界上第一台燃气轮机——英国罗弗公司的 Jet 1 问世以来,又取得许多技术成果,但汽车用燃气轮机的开发仍处于初期阶段。作为汽车用燃气轮机还面临相当多的技术难题,主要表现在改善燃烧、机械、空气动力学、材料和电子等技术方面。

还要补充一点的是,适合于燃气轮机的混合动力电动汽车系统。燃气轮机的许多特性是适用于汽车的,例如结构紧凑、重量轻。这样有利于动力传动装置的布置,同样也降低了车重,从而改善了汽车性能和经济性。

现代燃烧室的设计可使燃烧后产生的排放污染物含量降低,燃烧柴油时也是如此。这样可以不要催化转换器。这些优点都使得它在目前市场上占有日益重要的地位。

相对于往复式发动机而言,燃气轮机工作平稳,可以燃用各种类型的碳氢燃料。简易的工作原理有利于提高其可靠性及延长维护间隔期。

相对于传统的往复式发动机。汽轮机仍存在瞬间动力响应慢、部分负荷燃油经济性差两方面问题。另外还有一大阻力在于汽车工业已对目前的发动机生产和售后服务投入了大量的资金。一旦将燃气轮机的优点与混合动力电控系统所取得的进步结合起来,那么混合动力技术一定能发挥更大的潜能。

### 17.5.2 感应充电技术

如前所述,日产公司的 Altra 电动汽车采用感应充电技术。在这个实例中一部动力源上连有一张“叶片”,用它插进汽车的一个插座内,这样由于“松旷”的连接使得电击的危险和过热的可能性得以消除。

采用感应充电技术可以改善电机性能,其原理如图 17.15 所示。有一个变压器线圈,其次级绕组固定在轿车的合适位置上,初级绕组固定在



图 17.15 有助于电动汽车发展的感应充电技术

可移动的铁心上。当停车时,该铁心能自动地提升到位和次级绕组磁性连接。

### 17.5.3 ZOXY 的锌-空气蓄电池

就传统意义而言,ZOXY 的锌-空气蓄电池并不是真正的蓄电池。ZOXY P280 铁芯是单个易于灵活操作的装置。蓄电池尺寸为  $220\text{ cm} \times 135\text{ cm} \times 39\text{ mm}$ ,重量只有  $2\text{ kg}$ ,其能量密度为  $150\text{ W} \cdot \text{h/kg}$ ,是铅酸蓄电池的 5 倍。ZOXY 蓄电池充电期很长,其自放电量不足  $1\%$ 。如果中断空气供应,其自放电压降低  $1\%$ 。该装置的另一优点是其工作温度范围很广( $-20 \sim +40^\circ\text{C}$ )。

目前 ZOXY 蓄电池生产规模不大,但是每单位能量的成本与普通铅酸蓄电池的成本一样。如果大批量生产,则其成本将低于铅酸蓄电池。

因 ZOXY 锌-空气蓄电池是一个“高能量存储器”,常用一个附加的“伺服装置”来改善汽车加速时的性能。这种伺服蓄电池为汽车加速时提供动力,高速行驶时能快速地适应交通要求。另一方面,城内行驶时车速慢,加速需求小。因此,采用两个蓄电池是能满足各种行驶要求的极佳方案。

用一个电控系统来监管这两个蓄电池的使用,而不需要驾驶员操纵。该装置的行驶特性与汽油车和柴油车一样。

ZOXY P280 型锌-空气蓄电池的规格说明如下:

- (1) 工作时间延长为  $150\text{ W} \cdot \text{h/kg}$ 。
- (2) 体积为  $33.0\text{ cm} \times 13.5\text{ cm} \times 3.9\text{ cm}$ 。
- (3) 重量为  $1.25/2.00\text{ kg}$  (干状态/充满状态)。
- (4) 稳定的放电曲线,自放电程度低。
- (5) 工作温度范围广, $-20 \sim +40^\circ\text{C}$ 。
- (6) 环境污染低。
- (7) 额定电压为  $1.1\text{ V}$ ,切断电压为  $0.6\text{ V}$ 。
- (8) 额定电流为  $0 \sim 30\text{ A}$ ,峰值电流为  $40\text{ A}$ 。
- (9) 蓄电池容量为  $10/20\text{ A}, 320/280\text{ A} \cdot \text{h}$ 。
- (10) 能量为  $10/20\text{ A}, 300/250\text{ W} \cdot \text{h}$ 。

## 17.6 练习

### 17.6.1 思考题

1. 解释 ZEV 的含义。
2. 解释混合动力的含义。
3. 解释感应充电的含义及其优点。
4. 讲述所列出的混合动力汽车的不同布置图。
5. 解释“功率密度”的含义。
6. 列举五种类型的电动汽车蓄电池。
7. 列举通用公司的 EV-1 型电动汽车采用铅酸及碱蓄电池的三个理由。

8. 叙述同步电机的工作过程。
9. 论述四种类型电动汽车的驱动电机。
10. 日产 Altra 电动汽车是如何计算汽车电流范围的？

### 17.6.2 课程论文

关于零排放汽车,常有如下疑问:由燃烧化石类燃料而产生电时,怎么没有排放物产生呢?

在我看来,答案就在于零排放汽车的使用,充电时间一般是在晚上,这样电站就会以最佳效率运行,因而使整个排放降低。

请对此问题进行研究分析并提交分析报告。

# 18 万 维 网

## 18.1 联系方式

### 18.1.1 概述

如果你使用电脑和调制解调器,那么你肯定对国际互联网和万维网很感兴趣。在这一节中,我想重点强调在网上和磁盘中我们能够使用的一些资源。

所有主要的汽车制造商都有自己的网页,大多数的零配件供应商也一样。网上有用户群的资料、论坛和其他信息源。让我们去使用网络,它是非常有趣的!在我的网站上遇到你我会很高兴,在那里你会找到有关我出版的书的最新信息和新的技术,你也可以链接到其他的网站。现在就点击你的浏览器到: <http://www.automotive-technology.co.uk>

在下面一节中所列的网站都可以在我的网页中链接。当我发现更有趣的网站,我就会更新。如果你能发现任何有帮助的网站,请告诉我!我对那些能提供好的技术信息而不是广告信息的网站十分感兴趣。

[tom\\_denton@compuserve.com](mailto:tom_denton@compuserve.com)



图 18.1 CD 通常可以提供信息



图 18.2 万维网是很好的信息来源

### 18.1.2 网站地址

表 18.1 是我找到的一些有帮助又很有趣的网站。我不能肯定这些网站地址是否还在使用,因此请到我的网页上核对查找补充的网址。

表 18.1 汽车零件或设备供应商网站地址

| 类 型     | 网 址                                                                                                           | 单 位 名 称       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 电器与电子信息 | <a href="http://www.blaupunkt.de/">http://www.blaupunkt.de/</a>                                               | 德国蓝宝公司        |
|         | <a href="http://www.bosch.de/">http://www.bosch.de/</a>                                                       | 德国博世公司        |
|         | <a href="http://www.delphiauto.com/">http://www.delphiauto.com/</a>                                           | 美国德尔福公司       |
|         | <a href="http://www.eur.lighting.philips.com/automotive/">http://www.eur.lighting.philips.com/automotive/</a> | 荷兰飞利浦公司       |
|         | <a href="http://www.genrad.com/">http://www.genrad.com/</a>                                                   | 故障诊断设备与工具     |
|         | <a href="http://www.golucas.com/">http://www.golucas.com/</a>                                                 | 美国卢卡斯伟利达公司    |
|         | <a href="http://www.hella.de/">http://www.hella.de/</a>                                                       | 德国海拉公司        |
|         | <a href="http://www.siemensauto.com/">http://www.siemensauto.com/</a>                                         | 德国西门子公司       |
|         | <a href="http://www.valeo.com/">http://www.valeo.com/</a>                                                     | 法国法雷奥集团       |
| 综 合 性   | <a href="http://www.mot-sps.com/automotive/">http://www.mot-sps.com/automotive/</a>                           | 美国摩托罗拉公司      |
|         | <a href="http://www.calstart.org/">http://www.calstart.org/</a>                                               | 交通新闻与信息       |
|         | <a href="http://www.detr.gov.uk/">http://www.detr.gov.uk/</a>                                                 | 英国环境交通部       |
|         | <a href="http://www.emclab.umn.edu/">http://www.emclab.umn.edu/</a>                                           | 电磁相容          |
|         | <a href="http://www.fuelinjection.com/accel.html">http://www.fuelinjection.com/accel.html</a>                 | 燃油喷射          |
|         | <a href="http://www.njautosite.com/">http://www.njautosite.com/</a>                                           | 新泽西汽车         |
|         | <a href="http://www.nrtt.demon.co.uk/can.html/">http://www.nrtt.demon.co.uk/can.html/</a>                     | 控制器局域网        |
|         | <a href="http://www.sws.co.jp/">http://www.sws.co.jp/</a>                                                     | 汽车线束          |
|         | <a href="http://www.uta.com/">http://www.uta.com/</a>                                                         | 联合汽车电子        |
|         | <a href="http://www.via.gov.uk/">http://www.via.gov.uk/</a>                                                   | 英国汽车观察家       |
| 汽车指南    | <a href="http://www.autodirectory.com/">http://www.autodirectory.com/</a>                                     | 汽车导航          |
|         | <a href="http://www.findlinks.com/autolinks.html/">http://www.findlinks.com/autolinks.html/</a>               | 汽车相关链接        |
| 汽车制造厂   | <a href="http://www.alfaromeo.com/">http://www.alfaromeo.com/</a>                                             | 意大利阿尔法罗密欧汽车公司 |
|         | <a href="http://www.audi.com/">http://www.audi.com/</a>                                                       | 德国奥迪汽车公司      |
|         | <a href="http://www.bmw.com/">http://www.bmw.com/</a>                                                         | 德国宝马汽车公司      |
|         | <a href="http://www.citroen.com/eng/">http://www.citroen.com/eng/</a>                                         | 法国雪铁龙汽车公司     |
|         | <a href="http://www.dm.co.kr/">http://www.dm.co.kr/</a>                                                       | 韩国大宇汽车公司      |
|         | <a href="http://www.ferrari.it/">http://www.ferrari.it/</a>                                                   | 意大利法拉利汽车公司    |
|         | <a href="http://www.fiat.com/">http://www.fiat.com/</a>                                                       | 意大利菲亚特汽车公司    |
|         | <a href="http://www.ford.com/">http://www.ford.com/</a>                                                       | 美国福特汽车公司      |
|         | <a href="http://www.honda.com/">http://www.honda.com/</a>                                                     | 日本本田汽车公司      |
|         | <a href="http://www.jaguarcars.com/">http://www.jaguarcars.com/</a>                                           | 英国捷豹汽车公司      |



续 表

| 类 型    | 网 址                                                                                                     | 单 位 名 称           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 汽车制造厂  | <a href="http://www.lamborghini.com/">http://www.lamborghini.com/</a>                                   | 意大利蓝宝坚尼汽车公司       |
|        | <a href="http://www.landrover.com/">http://www.landrover.com/</a>                                       | 英国陆虎汽车公司          |
|        | <a href="http://www.lotuscars.com/">http://www.lotuscars.com/</a>                                       | 英国莲花汽车公司          |
|        | <a href="http://www.mazda.com/">http://www.mazda.com/</a>                                               | 日本马自达汽车公司         |
|        | <a href="http://www.mercedes-benz.com/">http://www.mercedes-benz.com/</a>                               | 德国梅赛德斯-奔驰汽车公司     |
|        | <a href="http://www.mitsubishi-motors.co.jp/">http://www.mitsubishi-motors.co.jp/</a>                   | 日本三菱汽车公司          |
|        | <a href="http://www.nissan.com/">http://www.nissan.com/</a>                                             | 日本尼桑汽车公司          |
|        | <a href="http://www.peugeot.com/">http://www.peugeot.com/</a>                                           | 法国标致汽车公司          |
|        | <a href="http://www.porsche.com/">http://www.porsche.com/</a>                                           | 德国保时捷汽车公司         |
|        | <a href="http://www.renault.com/">http://www.renault.com/</a>                                           | 法国雷诺汽车公司          |
|        | <a href="http://www.rover.co.uk/">http://www.rover.co.uk/</a>                                           | 英国罗弗汽车公司          |
|        | <a href="http://www.seat.com/">http://www.seat.com/</a>                                                 | 西班牙西亚特汽车公司        |
|        | <a href="http://www.subaru.com/">http://www.subaru.com/</a>                                             | 日本富士汽车公司          |
|        | <a href="http://www.suzuki.com/">http://www.suzuki.com/</a>                                             | 日本五十铃汽车公司         |
|        | <a href="http://www.toyota.com/">http://www.toyota.com/</a>                                             | 日本丰田汽车公司          |
|        | <a href="http://www.vauxhall.co.uk/">http://www.vauxhall.co.uk/</a>                                     | 英国优克斯汽车公司         |
|        | <a href="http://www.volkswagen.com/">http://www.volkswagen.com/</a>                                     | 德国大众汽车公司          |
|        | <a href="http://www.volvo.com/">http://www.volvo.com/</a>                                               | 瑞典沃尔沃汽车公司         |
| 汽车研究   | <a href="http://www.mira.co.uk/">http://www.mira.co.uk/</a>                                             | 英国汽车工业研究所         |
| 电子设备   | <a href="http://www.mot.com/">http://www.mot.com/</a>                                                   | 美国摩托罗拉公司          |
|        | <a href="http://www.national.com/">http://www.national.com/</a>                                         | 美国半导体公司           |
|        | <a href="http://www.ti.com/">http://www.ti.com/</a>                                                     | 美国德州(Texas)仪器公司   |
| 电动汽车   | <a href="http://www.ev.hawaii.edu/">http://www.ev.hawaii.edu/</a>                                       | 混合动力汽车            |
|        | <a href="http://www.gmev.com/">http://www.gmev.com/</a>                                                 | 通用公司电动汽车          |
| 汽车学会   | <a href="http://www.iee.org.uk/">http://www.iee.org.uk/</a>                                             | 英国电气工程师学会(IEE)    |
|        | <a href="http://www.imeche.org.uk/">http://www.imeche.org.uk/</a>                                       | 英国机械工程师学会(ImechE) |
|        | <a href="http://www.sae.org/">http://www.sae.org/</a>                                                   | 美国汽车工程师学会(SAE)    |
|        | <a href="http://www.irte.org/">http://www.irte.org/</a>                                                 | 美国公路运输工程师学会(IRTE) |
| 出版社和媒体 | <a href="http://www.arnoldpublishers.co.uk/">http://www.arnoldpublishers.co.uk/</a>                     | 英国 Arnold 出版社     |
|        | <a href="http://www.autodata.ltd.uk/autoweb4/english/">http://www.autodata.ltd.uk/autoweb4/english/</a> | 英国汽车参考书           |
|        | <a href="http://autologic.nmaster.com/index.html">http://autologic.nmaster.com/index.html</a>           | 汽车维修资料和 CD        |

续 表

| 类 型    | 网 址                                                                               | 单 位 名 称            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 出版社和媒体 | <a href="http://www.macmillan-press.co.uk/">http://www.macmillan-press.co.uk/</a> | 英国 Macmillan 出版社   |
|        | <a href="http://www.newscientist.com/">http://www.newscientist.com/</a>           | 新科学家杂志             |
|        | <a href="http://www.sae.org/automag/">http://www.sae.org/automag/</a>             | 国际汽车杂志             |
|        | <a href="http://www.topgear.com/">http://www.topgear.com/</a>                     | 英国 BBC Top Gear 杂志 |
| 维修工具   | <a href="http://www.fluke.com/">http://www.fluke.com/</a>                         | 美国福禄克公司            |
|        | <a href="http://www.snapon.com/">http://www.snapon.com/</a>                       | 美国施耐宝公司            |
| 油 料    | <a href="http://www.bpamoco.com/">http://www.bpamoco.com/</a>                     | 英国石油阿莫科公司          |
|        | <a href="http://www.shell.com/home/">http://www.shell.com/home/</a>               | 壳牌石油公司             |

## 18.2 程序和信息的下载

### 18.2.1 概述

上面所列的网站中的信息你都可以下载。除了在一般网页上的信息以外,在一些情况下,信息是可移植文档格式(.pdf)文件。要浏览这些信息,你需要使用“Acrobat Reader”软件,这个软件你可以在 <http://www.adobe.com/acrobat/> 或者在一些杂志的 CD 上免费获得。

把网站上的图片用在你的著作中时,如果你仅是供个人使用而且注明了图片的出处,那么拷贝是允许的。

### 18.2.2 搜索网站

我最喜欢的搜索引擎是“Yahoo!”网址是 <http://www.yahoo.com/>。使用 Yahoo 非常的简单。下面的摘要摘自 Yahoo 的使用指导。

Yahoo! 这个网站本身是非常大的链接,超过 50 万的网站被分类成 25 000 个目录。Yahoo! 是兼浏览性和查找性于一体的网站。拥有这两个特性,你就能找到和你的需要相匹配的资料。

通过简单的点击 Yahoo! 网页上的各个不同的目录,你就能浏览 Yahoo! 了;在每页中的查找栏中输入一个或几个字,你就能完成查找。结合这两种方法,你就能先浏览再查找,或者先查找再浏览。

如果在你的查找项的两边加上引号,你能得到的查找结果只包含着确切的查找项。如果你不使用引号,那么你就能得到包含你所输入的查找项中的一个或两个字的查找结果。

如果你明确知道自己的查找目的或者只是有一个大概的想法,试着使用 Yahoo! 查找吧!

指定输入一个关键字或者几个关键字,Yahoo! 将在所有的资料库中查找并且列出和你提供的关键字相匹配的资料。

当你键入关键字在查询栏后,点击查询按钮,Yahoo! 将在数据库的五个领域中查找与



图 18.3 我的网站中的一页

关键字匹配的资料。这五个领域是：

- (1) Yahoo！目录。
- (2) Yahoo！网址。
- (3) 网页。
- (4) 新闻报道。
- (5) Yahoo！事件。

之后屏幕将展示给你相匹配的目录和网站地址。如果没有相匹配的目录和网站地址。Yahoo！将使用“Inktomi”搜索引擎进行全文的文档搜索。

通过点击网页顶端或者下端的链接,你能够通过 Yahoo！目录、Yahoo！网址、网页、新闻报道和 Yahoo！事件所搜寻的相匹配的信息来满足你的需要。

18.2.3 汽车电子技术

在下列网站中下载共享信息：

http://www.automotive-technology.co.uk

帮助文档：

点击工具栏按钮,打开控制窗口在这个窗口中点击发动机;你也可以在屏幕上点击右键,从这里选择发动机。不要忘记检查汽车状态是否正常,否则它可能就启动不了。

下一个选择是你要操作的“运转”菜单中的电子系统。我建议从“发动机管理”开始是最好的。

同使用所有其他仿真窗口一样,你能够对这个系统进行操作输入的设置和控制。对于发动机管理的控制,这里有发动机速度、发动机负荷、温度等等。这个系统将会和真实的机动车辆一样警告,未注册的版本显示“燃料用尽”。

这是学习汽车电子技术的最理想的方法。

## 18.3 练习

### 18.3.1 思考题

1. 列出通用汽车在英国、美国和澳大利亚的网址。
2. 查看并且评价下列这个网站的最新信息：<http://www.automotive-technology.co.uk>。
3. 测定一个现代发动机点火系统的典型峰值电流,通过 e-mail 把测试结果发到我的信箱。
4. 描述万维网的四个优点和缺点。
5. 简单地说一下为什么这个章节只有五个问题。

### 18.3.2 课程论文

回过头来看这本书中的其他课题,选出一个进行进一步地研究。你的任务是使用国际互联网和万维网作为你的调查工具。对你所选择的课题所在的领域中发展的最新技术写一份报告。如果你愿意的话可以发电子邮件给我,我也许会把它放在我的下一版的书中,当然我会对引用你的作品而表示感谢。

祝你未来的学习和工作顺利! 保持联系!



图 18.4 电子模拟程序中的一页