

○高等院校素质教育系列丛书

现代科学与技术

李 涛 编著

西北大学出版社
中国·西安

序

这是一个科学技术社会化、社会科学技术化的进程不断深化的时代,是科学技术与人文社会科学的关系受到空前重视的时代。有关问题引起了热烈的学术探索,爆发了激烈的学术论战,甚至引发出浓厚的感情冲突,恰恰也就反映着它们备受自己时代的关注和重视。

科学技术社会化、社会科学技术化的过程,也是科学技术与人文社会科学从认识到实践、从知识到生活各个领域中都发生相互影响和相互渗透的过程。在这样的形势下,学习文科的同学,有必要通过诸如学习“科学技术概论”这样的形式,更多地了解一点科学技术,包括科学技术史、科学技术的现状和趋势,以及科学方法、科学精神和科学技术与社会发展。相应地,这也就不仅仅是进行学习的需要,更是准备进入当代社会生活的需要。事实上,即使是学习理工农医的学生,由于囿于专业领域,也往往会缺乏对于科学技术整体性概貌的了解,因此也是可以从“科学技术概论”这样的书中受益的。

李涛编写的《现代科学与技术》,从科学与技术的定义与关系的讨论入门,通过对科学技术史的简要回顾,进而介绍了现代科学基础及其前沿,以及高新技术概貌,最后专篇讨论现代科学技术与社会发展。全书具有简明扼要,通俗易懂的特点。特别是,书中在除导言部分之外的每一节之后为读者提供了相应的链接网址,不仅使得本书有了强烈的时代特点,更重要的是拓展了教材的使用空间,有效地增加了可能获取的信息量,也有助于读者进行自主学习,进一步去了解

自己特别感兴趣的内容。

因此,这是一本值得向广大读者推荐的书——《现代科学与技术》。

清华大学教授、博士生导师

清华大学科学技术与社会研究所所长

中国自然辩证法研究会副理事长

中国科学学与科技政策研究会副理事长

Handwritten signature of Zeng Guoping in black ink, consisting of three large characters: 曾, 国, 屏.

2004年11月23日

前 言

在新的世纪里,要提高我们国家的综合国力,就要大量培养人才,人才的素质决定着一个国家的前途和命运,而科技素质又是人才的重要素质之一。据调查显示,我国接受高等教育的学生,尤其是文科类学生的科技素质不容乐观,宣传科技思想,普及科技教育,增强科技意识,提高科技素质,任重而道远!

作为现代信息技术条件下诞生的一种新的教育形式——网络教育,改变了人们获取信息和共享信息的方式,突破了传统教育的“时、空”限制,为一切愿意学习的人提供了学习的机会和条件,创造了有利于学习化社会的客观环境,使过去无法实现的教育理想能够变成现实,不仅为人们提供了先进的技术手段,同时也引起了教育思想观念、教育组织形式、教育内容、教育方法、教育管理、教育评价等一系列的变革,蕴含着无穷的魅力。为了提高综合科技教育的效果,针对网络教育和当代大学教育的特点,该教材在以往教材的基础上,作了一些改变,希望能有助于进一步增强学生的科技意识和科技思想,激发他们的创造激情。

2002年6月29日,全国人大审议并通过了《中华人民共和国科学技术普及法》。中国科协目前也正在制订和准备实施一个伟大的计划——《全民科学素质行动计划》(计划到2049年中华人民共和国成立100周年的时候,全体公民都能达到国家制定的科学素质标准,即“2049年人人具备科学素质”),简称“2049计划”。

在十六大报告中,江泽民同志也强调指出:“在当代中国,发展先进文化,就是发展面向现代化、面向世界、面向未来的,民族的科学的

大众的社会主义文化。以不断丰富人们的精神世界,增强人们的精神力量。因此,我们应当把科技意识切切实实地纳入社会意识形态的理论与实践范畴。”现在蓬勃兴起的网络教育为实现这一历史任务提供了一个良好的途径。

在这样的背景下,结合实际教学需要,我编写了《现代科学与技术》这本教材。通过学习现代科学技术的一些基础知识,一是有助于理解科学技术的本质,把科学技术放在社会的大背景下去思考,树立科学技术是第一生产力的思想;二是有助于扩大知识面,提高科技素质,活跃思想,启迪智慧。和同类教材比较,这本教材略有不同之处:

一、科学家名言是科学家在改造和创造世界的过程中为人类留下的宝贵精神财富,教材在每一节的开头穿插一句科学家名言,力求发挥它的教育渗透作用,希望对读者有所启迪。

二、当代科技知识浩如烟海,各个学科分支众多,高新技术日新月异,为了给读者展现现代科学技术发展的概貌,全书在内容上力求简明扼要,重点突出。同时,在书中提供了较多的插图,力求使学生获得更多的感性认识,也注意吸收了现代科技发展的一些最新成果,如在广义相对论一节里,介绍了美国最近发射的“引力探测器 B”卫星对广义相对论的检验;在空间技术发展概况一节里,介绍了中国“神舟”五号飞船发射成功的情况等等。

三、由于教材所包含的信息量有限,针对现代学生上网方便和网络教育具有开放性的特点,除了导言部分之外,在每一节的后面都为学生提供了一个链接网址,从而拓展了教材的使用空间,增加了学生获取的信息量,扩大了学生的视野,同时也有助于学生开展自主学习。

四、书中在给学生传授现代科技知识的同时,也力图向学生灌输科技与社会、科技与自然和谐发展的理念,在思考题的设计上,关注对学生科技思想和创新意识的培养,使学生能建立一个良好的科技

发展观。

经过几个月的紧张工作,《现代科学与技术》这本教材终于与大家见面了,作为编者的我真是喜忧参半。欣喜的是终于顺利完成了书稿的编写,担忧的是由于编写教材的经验不足,唯恐其中有许多不足和疏漏。书稿完成之后,承蒙清华大学科学技术与社会研究所所长曾国屏教授的审阅,他为本书提出了宝贵的修改意见并于工作繁忙之际为本书作序,在此表示衷心的感谢。陕西师范大学党委书记江秀乐教授在百忙之中为本书提出了编写意见。导师曹伟先生对本书的写作给予了热情的鼓励和指导,对教材的编写框架、具体内容等方面提出了建设性的意见,同时对书中的第八章和第九章作了认真审校。陕西师范大学的文光、王珂、赵卫国等老师给了我许多具体的帮助。同窗张自巧帮忙校阅了全部书稿,并为本书的编写作了大量的工作。蒋冬双、周学中等师兄为本书的编写亦付出了不少努力。陕西师范大学网络教育学院和西北大学出版社对本书的编写和出版给予了热情的帮助和支持。在此,向他们表示深深的谢意!

另外,河南科技大学副教授李志勇博士在人生道路上的指引,父母和妻子肖玉在背后的默默付出,以及陈瑞泉、周桂英、詹伟、李胜振、裴延锋等同仁的大力支持和帮助也是本书能够顺利完成的重要保证,更值得编者铭记于心。

最后,由于编写这样一本跨度很大的教材对编者来说是一种初步尝试,书中难免有不少错误,恳请专家、读者提出批评和建议,以便再版时及时修正。

李 涛

2004年冬于陕西师范大学

目 录

导言 认识科技	(1)
---------	-----

第一节 科学与技术的含义	(1)
--------------	-----

第二节 现代科学技术的体系结构	(6)
-----------------	-----

第一篇 科学技术发展的简要回顾

第一章 科学的萌芽与兴起	(15)
--------------	------

第一节 近代科学的源头——希腊	(15)
-----------------	------

第二节 古代中国的科学	(21)
-------------	------

第三节 古代中国的技术和发明	(26)
----------------	------

第二章 近代的科学技术	(31)
-------------	------

第一节 近代科学的诞生和早期发展	(31)
------------------	------

第二节 近代科学的发展	(36)
-------------	------

第三节 蒸汽技术革命	(41)
------------	------

第四节 自然科学的全面发展	(47)
---------------	------

第五节 电力技术革命	(53)
------------	------

第二篇 基础科学前沿

第三章 现代物理学	(61)
-----------	------

第一节 狭义相对论	(61)
-----------	------

第二节 广义相对论	(67)
-----------	------

第三节 量子力学	(71)
----------	------

第四节	现代物理学的新进展	(77)
第四章	现代数学	(81)
第一节	现代数学的特点及进展	(81)
第二节	现代数学的新分支	(86)
第五章	现代化学和生物学	(90)
第一节	现代化学概述	(90)
第二节	现代化学的发展	(95)
第三节	现代生物学	(102)
第六章	现代地学、天文学和宇宙学	(109)
第一节	现代地学	(109)
第二节	现代天文学	(115)
第三节	现代宇宙学	(121)
第七章	系统科学	(126)
第一节	系统论、控制论和信息论	(126)
第二节	系统科学的新发展——自组织理论	(133)

第三篇 高新技术概览

第八章	信息技术	(139)
第一节	信息技术的发展历程	(139)
第二节	微电子技术	(143)
第三节	计算机技术	(148)
第四节	通信与网络技术	(155)
第五节	崭露头角的新技术——多媒体技术	(161)
第九章	生物技术	(168)
第一节	基因工程和人类基因组计划	(168)
第二节	细胞工程	(174)
第三节	发酵工程	(181)

第四节	酶工程·····	(186)
第十章	新能源与新材料技术·····	(192)
第一节	人类社会发展的物质基础——材料·····	(192)
第二节	新材料技术·····	(197)
第三节	人类文明发展的动力——能源·····	(205)
第四节	新能源技术·····	(208)
第十一章	空间和海洋技术·····	(215)
第一节	空间技术发展概况·····	(215)
第二节	运载火箭·····	(225)
第三节	人造卫星·····	(230)
第四节	海洋——人类 21 世纪的科技宝藏 ·····	(234)
第五节	海洋探测技术·····	(239)
第六节	海洋资源开发技术·····	(243)
第十二章	激光与光电子技术·····	(250)
第一节	神奇的激光·····	(250)
第二节	激光的高超本领·····	(256)
第三节	光电子技术·····	(260)

第四篇 现代科技与社会发展

第十三章	科技进步与人文文化·····	(269)
第一节	反思科技·····	(269)
第二节	科技的未来发展——科技与人文的交融·····	(274)
第十四章	现代科技与可持续发展·····	(278)
第一节	当代全球问题·····	(278)
第二节	可持续发展战略的形成·····	(285)
第三节	可持续发展战略的实施·····	(288)
第十五章	知识与科教兴国战略·····	(292)

第一节 科学技术是第一生产力·····	(292)
第二节 知识经济的兴起和我国面临的挑战·····	(296)
第三节 科教兴国与国家创新体系·····	(300)
附录 世界诺贝尔奖和中国主要科技奖项介绍 ·····	(305)
主要参考文献·····	(314)

导言 认识科技

使读者能够对现代科学技术有一个整体性的了解,导言就科学和技术含义及它们之间的相互关系作了简要的分析,并介绍了现代科学技术的体系结构。对于教材中所涉及的一些比较常用的科学名词,大家在后续学习过程中如果觉得理解上有困难,可登陆:

<http://www.bast.cn.net/kxmc/index.htm>

第一节 科学与技术的含义

科学给青年以营养,给老人以慰藉;她让幸福的生活锦上添花,她在你不幸的时刻保护着你。

——罗蒙诺索夫(前苏联)

一般将科学分为自然科学和社会科学两大类。一般意义上的科学是指自然科学。科学和技术都起源于原始人类的生产活动,以后逐渐从生产活动中分化出来,成为特殊的社会实践活动。在现代,由于科学探索和技术创造两种活动之间关系日益密切,出现了科学的技术化和技术的科学化趋势,因而人们往往将科学与技术并称,简称为“科技”。其实,科学与技术是既相互联系,又在本质上相互区别的两种社会实践活动。

在学习科技之前,我们得首先认识科技,就让我们先从了解科技开始吧。

(一)科学的含义

科学一词来源于拉丁文“Scientia”，意为知识、学问，后来逐渐演变为“Science”。中国古代的“格物致知”与其意义相对应，意为实践出真知。后来，日本明治维新时的著名科学启蒙大师、教育家福泽瑜吉将“Science”译为“科学”。1893年，我国著名学者康有为从日本引进“科学”概念，此后便在中国得到广泛应用。

对科学一词的界定，由于科学在内容和形式上是不断发展的，很难下一个严格的、固定不变的定义。对此，中外学者众说纷纭，莫衷一是。根据现代科学发展的状况，科学的概念包含有以下几种含义：

(1)科学是反映自然界客观事实和规律的知识

达尔文说过“科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律或结论。”^①这里所谓的“事实”，是指人们对自然现象的本质认识，即经过概括，形成了对同一类自然现象的统一解释。而所谓“规律”则是指自然界种种物质运动之间的内在的和本质的必然联系。规律也称法则，它是客观存在的，在一定条件下是可以反复出现，人们只能发现它，但不能创造它。

(2)科学是系统化、理论化的知识体系

在古代和近代，除了个别学科的理论，如欧几里德几何学和牛顿力学，可算得上是知识体系之外，人类的科学知识绝大多数都是零散的、缺乏内在逻辑联系的知识单元。20世纪初现代科学诞生后，自然科学各门学科日趋成熟，科学家已把各学科积累的大量知识单元，即原理、公理、定义、定理、定律等，按照内在逻辑关系，加以综合，使之条理化、系统化。

这样，各学科都形成了系统的知识，学科又组成学科群，构成了

^① 转引自徐辉主编《科学·技术·社会》，北京：北京师范大学出版社，1999年版，第4页。

多层次的知识体系。在这样的背景下,人们在给科学下定义时都强调科学是反映自然界客观事实和规律的知识体系。我国《辞海》对科学的诠释也注明,科学是“运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系。”^①

(3)科学是人类的一种注重方法的基本认识活动

科学知识离不开科学活动,知识便是探求的结果,而活动才是内容本身。任何一项科学成果的取得都是经过科研人员艰辛的探索、反复验证或论证后取得的。前苏联哲学家凯德洛夫认为,科学的概念既用于表示科学知识的加工过程,也用于表示由实践检验其客观真理性知识的整个体系。

同时,科学作为一种认识活动,也得必须注重方法。科学研究方法是否得当,往往也决定科研的成败。

(4)科学是一种社会建制,是一项国家事业

20世纪以来,随着科学部门的纷纷建立,科学活动规模的日益扩大,人们认识到科学活动的方式已由像古代阿基米德(Archimedes,约公元前287~前212年)、近代前期伽利略(G. Galileo,1564~1642年)等人的个体研究活动,经由如近代后期爱迪生组织的“实验工厂”的集体研究活动,发展到现代如美国研究原子弹的“曼哈顿计划”的国家建制研究活动,以至今天国际合作的跨国建制研究活动。因此,科学实践活动已成为一项社会事业,一项各国政府、科研机构、大学和企业都积极参与活动的社会系统工程。

总之,科学既是关于自然界客观事实和规律的知识体系,又是一项重要的社会实践活动,这种组织起来的实践活动日益和现代社会的各个方面不可分割地联系在一起。

^① 《辞海》,上海:上海辞书出版社,1999年版,第2107页。

(二)技术的含义

技术(Technology)一词源于希腊文 $\tau\epsilon\chi\nu\eta$, 意指熟练的技能或技艺。在近代产业革命以前的手工业时代, 技术的进步主要是依靠各行业的工匠、技师在生产实践中摸索、创造和传授经验。这就使得人们对技术的理解, 往往侧重于技术中的主观因素, 即把技术看成是由经验而获得的某种技巧和能力。18世纪, 法国科学家狄德罗(D. Diderot)在他所主编的《百科全书》给技术下了一个定义: “技术是为某一目的而共同协作组成的各种工具和规则体系”^①我国《辞海》对技术一词的注释是: “泛指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种工艺操作方法和技能。如电子技术、焊接技术、木工技术、激光技术、作物栽培技术、育种技术等。”“除操作技术外, 广义的还包括相应的生产工具和其他物质设备, 以及生产的工艺过程或作业程序、方法。”^②

总之, 技术是人类为了实现社会需求而创造的手段和方法体系; 是人类利用自然规律控制、改造自然的过程和能力; 是科学知识、劳动技能和生产经验的物化形态。

(三)科学和技术关系

科学和技术虽各有其含义, 有各自的独立性, 但又不是彼此孤立的, 两者既有本质区别又有联系。

(1)科学和技术的区别

科学和技术的区别可以概括为以下几点:

①目的和任务不同。科学的目的和任务是揭示客观世界的本质

① 转引自徐丕玉主编《现代科学技术概论》, 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2001年版, 第3页。

② 《辞海》, 上海: 上海辞书出版社, 1999年版, 第810页。

和发展规律,侧重回答自然现象“是什么”、“为什么”和“能不能”等问题。而技术的目的和任务在于对客观世界的控制、利用和改造,侧重回答“做什么”、“怎么做”和“有什么用”等问题。

②社会功能和价值标准不同。科学具有广泛的社会作用,具有认识、教育和文化等多方面的价值,但一般没有明确的社会目的;而技术则不同,技术具有直接的社会目的性,追求经济的、军事的和社会的利益。

③成果的形式和评价标准不同。科学的成果表现为新现象、新规律和新法则的发现,其本身为意识形态的东西,属于社会的精神财富,其评价标准是真与伪、正确与错误;而技术的成果形式表现为新工具、新设备、新方法、新工艺的发明,其本身为物质形态的东西,属于社会的物质财富,其评价标准为质量的好与坏、效率的高与低及发明的实用性、经济性、安全性、可靠性等。

(2)科学与技术的联系

科学与技术共同起源于人类的生产实践活动,它们相辅相成、相互促进、相互转化。科学是技术发展的理论基础,技术是科学发展的手段;科学提出发展的可能,技术变可能为现实;技术的革新促进科学的发展,科学的成就推动技术的进步。19世纪以后,随着新科技革命的兴起,“科学技术一体化”和“大科学”趋势日益明显。科学和技术的协调发展是认识和实践相统一的规律性的体现。

【思考题】

1. 如何理解科学和技术的含义?
2. 如何理解科学和技术之间的关系?

第二节 现代科学技术的体系结构

正确的结果,是从大量错误中得出来的,没有大量错误做台阶,也就登不上最后正确结构的高座。

——钱学森(中国)

现代科学技术已发展成为门类众多、结构完整的庞大体系,其内在的逻辑联系越来越决定着它的整体发展,而这种逻辑联系来自客观事物本身的逻辑运动以及人类探索这种运动规律的活动特性。

现代科学和技术虽然是两种不同的创造活动,各有其特点和相对独立性,但作为一个整体又有内在的必然联系和统一的分类依据,这就是作为共同基础的研究活动的基本方式和类型。

(一) 研究的概念及类型

科学研究是指创造知识和整理、修改知识,以及知识新用途的探索工作。创造知识是指对未知事物进行探索,以求发现新知识、新规律、新原理,发明新方法、新手段等。整理和修改知识是对已产生的知识进行分析整理、综合归纳、鉴别运用,是使知识规范化、系统化。

按照研究过程的不同可将研究分为基础研究、应用研究和开发研究三种。

①基础研究指以探索知识为目标的研究,是比较纯粹的科学探究,其基本目标是推动科学认识发展。按照其目的性的差异又分为两类:一是纯基础研究,这种研究没有特定的商业目的,仅以探索创新为目标的研究。例如最近美国科学家为探测火星上是否有人类而发射的“勇气号”卫星就属于纯基础研究;另一类是有特定目标,但所

运用的方法是基础研究的方法,我们称之为定向基础研究。这种类型多发生在企业。但现实中大量存在的是这两种类型的混合物。基础研究的周期性较长,其成功率也较低,是国家科技潜力的重要标志。

②应用研究是运用基研究成果和有关知识创造新产品、新方法、新技术和新材料的技术基础所进行的定向研究。应用研究较基础研究而言具有广泛的综合性,成果周期性短,成功率较高,它直接为本国、本企业生产和经济服务,但花费较大,它是一个国家综合实力的重要标志。

③开发研究是利用基础研究、应用研究的成果和现有知识,为创造新产品、新方法、新技术、新材料以及生产产品或工程任务所进行的技术活动。这种研究具有明确的目标、计划性和保密性,成功率也较高。它是产品设计的基础,标志着一个国家或企业创造和开发新产品的能力。

目前,世界各国对基础研究、应用研究的概念和范畴的认识较为一致,但对开发研究近年来的解释又有新变化,比较有代表性的是日本,把开发研究看作是对开发、设计、生产、流通、销售、使用和回收七个环节的分门别类的研究,成为一个全过程的总称。

(二)现代科学的体系

现代科学日益形成了一个纵横交错的、多层次的、庞大的科学体系结构。从横向上分,多数学者认为可以分为自然科学、社会科学和思维科学三大门类。现代科学由于不断地分化和综合,在各个门类先后形成了各自的层次结构,一般分为三到四层:第一层是门类结构,第二层为学科结构,第三层为分支学科结构,有些学科还有若干次级分支学科。不同学者对科学的分类方法有很大不同,西方有的学者提出了“五种理域”的分类方法,即:物理——一切非生命之理;

生理——一切有生命世界之理；心理——人脑活动之理；伦理——人际关系之理；哲理——统帅诸理之理。我国著名科学家钱学森将现代科学体系分为自然科学、社会科学、数学科学、思维科学、人体科学、系统科学、军事科学、文艺科学和行为科学九大门类。

(三)现代科学的分类

对应于科学研究的三种类型，习惯上把科学分为基础科学、技术科学、工程科学大类。

(1)基础科学

自然科学的基础科学以探索自然界的各种物质运动形态及其变化规律为职能，是人类新观念、新理论产生的源头，是潜在的巨大生产力。它的突破性的研究成果，不仅标志着人类对自然和人类自身的认识有了新的飞跃，而且会推动技术的重大进步，促进生产和经济的迅速发展。根据自然界物质的层次、结构和运动形态，一般将基础科学分为天文学、地质学、力学、物理学、化学、生物学、数学。

(2)技术科学

技术科学是介于基础科学和生产技术之间的一大学科门类，它产生于19世纪中叶以后。由于在生产实践中抽象出的理论不能直接解决具体问题，如牛顿力学不能单独解决工程中所使用材料的负荷问题，麦克斯韦电磁理论不能说明炼钢过程中应使用何种熔剂和燃料等等。因此，包括材料力学、电工学、冶金学等学科应运而生。

技术科学是一个独立的领域，着重研究应用性的基础理论，其研究成果对生产技术起直接作用。因此，它的特点上一是中介性，二是应用性。目前，技术科学包括有材料技术、能源技术、生物技术、信息技术、计算机技术、环境技术、空间技术、海洋技术、激光与光电子技术等等。

(3)应用科学

应用科学也称工程科学或工程技术。它是基础科学和技术科学

的理论成果在生产过程中的具体运用。应用科学担负着新产品研制和新工艺开发的任务,它的研究成果直接为生产服务,能使科学技术并入生产过程,充分发挥科学技术在生产中的作用。

由于应用科学的研究对象是具体的技术,学科分支非常多,对其分类十分困难。日本学者将应用科学分为 11 个方面:动力技术、采煤技术、材料技术、机械技术、建筑技术、交通技术、控制技术、栽培技术、饲养技术、捕获技术和保健技术,这对人们研究和发展应用科学有着一定的参考价值。近 10 年来,信息技术和生物技术的超高速发展,已使它成为应用科学发展的领头羊,信息产业和生物技术产业已成为发达国家主要的新的经济增长点。

(四)现代技术的分类

与基础科学、技术科学和工程科学相对应,我们把现代技术分为实验技术、基本技术和产业技术三大类。

(1)实验技术

实验技术是为了科学认识而探索自然客体的技术手段。按自然界的主要运动形式及实验者的介入方式,可把实验技术分为:①力学实验技术,用来改变自然界的机械运动状态;②物理实验技术,用来探测自然界物质的物理性质;③化学实验技术,用来确定自然界物质的组成、结构、化学变化和自然物合成人工物质;④生物实验技术,用来作用于生命运动的状态和性质。实验技术往往通过运用和操作科学仪器如压力计、天平、加速器、显微镜等来体现。

(2)基本技术

基本技术是实验技术的泛化,是广义的走出狭小实验室而在生产和生活领域广泛发挥作用的实验技术,对应于实验技术的四种类型,可以分为广义机械技术、广义物理技术、广义化工技术和广义生物技术。

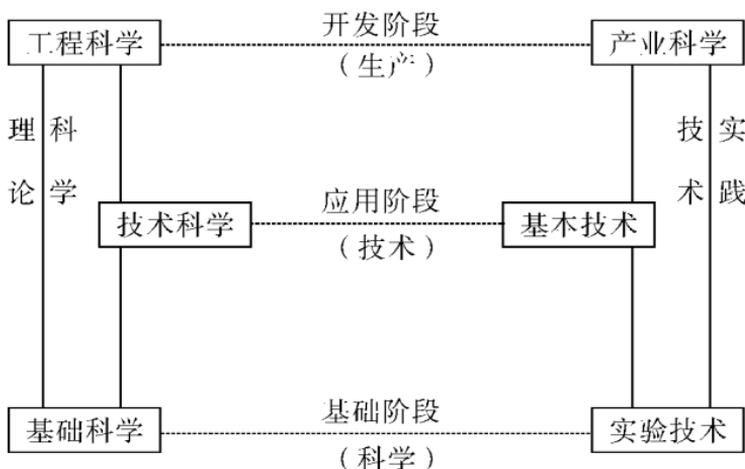
(3) 产业技术

产业技术是由不同劳动过程中的不同技术组成的服从特定产业生产目的的更为复杂的技术系统。或者说,以某类技术为主,便形成了对应的产业,如植物栽培育种技术→农业、林业;采掘技术→采油工业、采煤工业、矿业;动力技术→电气行业;通讯技术→电讯行业等等。

从技术与产业的关系特别是技术与经济的关系考虑,还可以将产业技术分为:①劳动密集型技术,即生产劳动耗费较多、物化劳动较少的劳动密集型产品所应用的技术;②资本密集型技术,即生产耗费物化或需要资金投入较多的资本密集型产品所应用的技术;③知识密集型技术,即生产知识密集型产品所应用的技术。

(五) 科学技术的整体结构

现代科学技术内部相互交织而又层位分明的相对很稳定的联系方式,构成一个秩序谨严的整体。基于前面对科学技术的分类,可以把现代科学技术整体结构形象地归结为下图:



现代科学技术整体结构图^①

^① 转引自刘啸霆《现代科学技术概论》,北京:高等教育出版社,1999年版,第10页。

从图中我们不难看出,现代科学技术的整体结构具有三个明显的特点:一是整发育性,二是内对应性,三是自相关性。

由于科学技术是不断向前发展的,因此,现代科技的结构也必然是一个发展着的动态结构。这个结构必须不断反映科技发展的新特点和新成果,才会不断充实和完善,使其有助于揭示科学技术发展的规律,才能在促进现代科技飞速发展中发挥作用。

【思考题】

简述现代科学技术是怎样分类的?

第一篇

科学技术发展的简要回顾

第一章 科学的萌芽与兴起

古希腊作为近代科学的源头,创造了奴隶社会科学文化的最高成就,其天文学、数学和物理学达到了古代世界的最高水平。而在世界另一方的中国则创造了封建社会科学文化的最高成就,享誉世界的中国古代科学和闻名遐迩的中国古代的三大技术与四大发明,为人类文明的发展作出了杰出贡献。

第一节 近代科学的源头——希腊

最初偏离真理毫厘,到头来就会谬之千里。

——亚里士多德(希腊)

古希腊人面向自然界,注重于对基本规律的探索,并崇尚理论思维,促使其自然科学最早走向理论化、系统化。希腊科学的历史延续了近10个世纪,从爱奥尼亚的思想火种、雅典的哲学睿智到亚历山大城的科学精英,浓缩着古希腊自然科学的历史沿革与成就。希腊,不愧为近代科学发展的源头。

(一)天文学

古希腊的天文学开始于学者们对天体运行的观察和思辨。他们的一些结论,在今天看来仍然具有一定的真理性。如“地是在空中,没有什么东西支撑它”,“月亮并不是本身发光,而是反射太阳的光;

太阳和大地是一样大的，是一团纯粹的火”，“宇宙以地为中心，地也是球形的”，日食是因为“太阳经过月亮的上面时，月亮遮掩了太阳的光线，在地下投下一个黑影”，“正如世界有产生一样，世界也有成长、衰落和毁灭”等等。

构建宇宙模型是古希腊天文学的重要内容。毕达哥拉斯学派最早提出一个宇宙模型：整个宇宙为球形，中心天体名为“中心火”。地球、太阳、月亮和金、木、水、火、土五大行星都绕中心火运行。欧多克斯(Eudoxos, 公元前 409~前 356 年)构建的宇宙模型则是以地球为中心，日、月和五大行星以及恒星分别附着于 27 个同心透明球形壳层之上，围绕地球而旋转。为了更好地解释一些复杂的天体运动现象，人们用增加同心球的办法继续改进欧多克斯的宇宙模型，最多时同心球达到 55 个。到了亚历山大时代，作为“方位天文学之父的喜帕克斯(Hipparchus, 约公元前 190~前 125 年)”发明了“天文数”概念，发现了岁差现象，编造了西方历史上第一个记载恒星的星表，测定了上千座恒星并划定亮度，算出月球直径及其与地球距离的近似值。在地心说流行的古希腊时代，居然有一名叫阿利斯塔克(Aristarchus 约公元前 310~前 230 年)的天文学家提出了日心说！他认为太阳和恒星是不动的，地球和行星都绕太阳旋转，地球又绕自己的轴每日自转一周。被誉为古代的哥白尼。可惜在当时他不为人理解，阿利斯塔克还被控犯渎神罪。古希腊的天文学还有许多方面的成就，如欧多克斯和亚历山大时期的埃拉托色尼(Eratosthenes, 约公元前 275~前 195 年)测量过地球赤道的周长，后者测出的结果只比今天所测赤道周长少 385.13 公里。喜帕克斯在天文学史上首先发现岁差(即春分点西移现象)，他还测算了回归年、朔望月、月地半径之比的数值，都与今天的测量值非常接近。他在天文仪器上也多有创造。后世最负名望的天文学家——托勒密(Ptolemy, 90~168 年)，系统总结了希腊天文学优秀成果，著有《天文学大成》。

他创立了地球中心说,主张地球处于宇宙中心,且静止不动,日、月、行星和恒星均环绕地球运行。托勒密这个不反映宇宙实际结构的数学图景,却较为完满的解释了当时观测到的行星运动情况,并取得了航海上的实用价值,代表着希腊天文学和宇宙学思想的最高成就。在以后近两千年内,托勒密学说被奉为天文学的“圣经”。



图 1-1 托勒密

古希腊的天文学虽不乏缺陷和错误,但与其他文明古国相比,它理论性最强,体系也最完整,测算方法也达到了古代的高峰。它对后世的天文学产生了深远的影响。

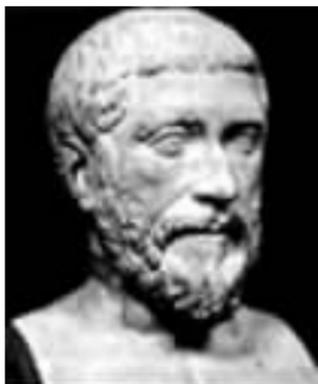


图 1-2 毕达哥拉斯

(二)数学

和其他文明古国注重实用性不同,古希腊非常重视数学的理论、研究。在雅典时期对数学作出突出贡献的主要有毕达哥拉斯(Pythagoras,约公元前 570~前 497 年)学派和智者学派。前者最著名的成就是对勾股定理(西方称毕达哥拉斯定理)的证明和无理数根号 2 的发现;后者则提出了三个著名的几何作图难题,吸引了当时和后世无数的数学家为之苦心钻研,直到近代才证明出这些作图是不可能的。数学家们在研究过程中却获得了不少理论成果,如发现了二次曲线和数学证明的穷竭法等。

古希腊数学的最高成就体现在亚历山大时期的欧几里德(Euclid,约公元前 323~前 235 年)的不朽著作《几何原本》之中。该书把前人的数学成果用公理化方法加以系统的整理和总结,即从若干

个简单的公理出发,以严密的演绎逻辑推导出 467 个定理,从而把初等几何学知识构成一个完整的理论体系。《几何原本》为古希腊科学和后世西方学术的发展起了重要的示范作用。与欧几里得同时代的阿波罗尼(Apollonius,约公元前 262~前 190 年)所著的《圆锥曲线》也是一部古希腊杰出的数学著作。他用平面截圆锥体而得到各种二次曲线,椭圆、抛物线、双曲线是由他命名的。也是同一时代的阿基米德研究出了怎样计算球面积和体积、弓形面积以及抛物线、螺线所围面积的方法。他用穷竭法解决了许多难题,还用圆锥曲线的方法解了一元二次方程。



图 1-3 欧几里德

(三)物理学

古希腊的学者们对许多物理现象也悉心关注,作出了不少重要的发现。如注意到了磁石吸铁现象,知道了“风是空气的一种流动”,解释了虹出现的原因,认识到听觉是声音使空气振动造成的等等。毕达哥拉斯学派研究了弦的长度和音律的关系,发现了要使音调和谐就必须使弦长成为简单的整数比。



图 1-4 亚里士多德

雅典时期著名的学者亚里士多德(Aristotle,公元前 384~前 322 年)写了世界上最早的力学专著《物理学》。他认为地球上的物体的自然运动是重者向下,轻者向上,要改变这种自然状态就要靠外力。关于自由落体,他的结论是较重的物体下落速度更快,理由是它冲开介质的力比较大。亚里士多德的物理学研究是没有实验根据

的、纯思辨的,因而结论大多不正确。直到近代力学诞生后才纠正了他的错误。

亚历山大时期的阿基米德不仅是位数学家,也是古希腊成就最大的物理学家,被后人誉为“力学之父”。他在静力学方面的一系列研究成果,如用逻辑方法证明杠杆原理并给出数学表达式、发现浮体定律、提出计算物体重心的方法等,达到了当时世界的最高水平。他还发明过很多机械,包括螺旋提水器、抛石机之类的比较复杂的生产工具和武器。



图 1-5 阿基米德

阿基米德的贡献不仅在于他取得的科技成果,还在于他的科学研究方法。他既注重逻辑论证和数学计算,又注重观察和实验,这为后来的近代科学研究作了良好的示范。光学方面的研究成就,当首推欧几里德,他写的《光学》和《论镜》两书被认为是最早的光学专著。

(四)生物学和医学

古希腊学者也对生命现象进行了观察和探索,如有人提出过“人是从鱼变化而成的,因为人在胚胎的时候很像鱼”的看法,这是一种原始的生物进化思想。亚里士多德是对生物学贡献最大的古希腊学者。他在生物学史上首创了解剖和观察的方法。他记录了近 500 种动物,亲自解剖了其中的 50 种,并按形态、胚胎和解剖方面的差异创立了 8 种分类方法。

古希腊的医学知识传自埃及和两河流域,公元前 5 世纪出现了职业医生。毕达哥拉斯学派的阿尔克芒(Alcmaen,公元前 6~前 5 世纪)被称为“医学之父”,他通过解剖人体发现了视觉神经和连接耳和口腔的欧氏管,认识到大脑是感觉和思维的器官。希波克拉底

(Hippokratēs, 约公元前 460~前 377 年) 是古希腊最著名的医生, 他创立的医学理论“四体液说”认为人体中含有黄胆汁、黑胆汁、血液和黏液, 四体液之间协调人便健康, 失调则产生疾病。他描述了许多内外科疾病及其治疗方法, 并在医学史最早作了详细的临床记录。希波克拉底十分重视医德, 至今尚留存着他的“医生誓约”。希腊医学的集大成者——盖仑(Galen, 129~



图 1-6 盖仑

199 年) 提出了“三灵气说”, 即“自然的灵气”、“活力的灵气”、“动物灵气”。其思想是中世纪最重要的生理学思想来源, 为西方医学做出了杰出的贡献, 奠定了西方医学的基础。

(五) 技术

受地理条件的限制, 希腊本土农业不发达。以种植油橄榄和葡萄为主, 手工业和商业活动占重要地位。雅典就是最著名的工商业中心。制陶、制草、榨油、酿酒、造船、家具制作等都是古希腊的主要手工业行业。各行业都有较细的分工, 反映出其技术上的进步。其中造船技术相当先进, 公元前 5 世纪, 一般商船达 250 吨位, 并能造出桨帆并用的大型战舰。

古希腊的许多石砌建筑至今尚存残迹。如建于公元前 5 世纪的雅典娜神庙系用白色大理石砌成, 阶座上层面积达 2800 平方米, 四周回廊上立着 46 根高 10.4 米的大圆柱。亚历山大城是当时世界上最宏伟的城市, 其南北向和东西向的两条中央大道均宽达 90 米, 港口处有一座灯塔建于公元前 279 年, 塔高超过 120 米, 塔灯能使 60 里外的船只看见光亮。这些都显示出古希腊人高超的建筑技术水平。古希腊人较早地从西亚传入了冶铁技术, 公元前 16~前 12 世

纪就有了铁器。到公元前 9~前 6 世纪,铁器工具已普遍使用,人们已掌握了铁件的淬火、焊接和锻铁渗碳法制钢等技术。

进一步了解古希腊的科学技术,请登陆:

<http://www.ntsfn.edu.cn/dy/kexue/kexue3.htm>

【思考题】

1. 毕达哥拉斯学派有哪些科学贡献?
2. 亚里士多德在生物学上有何贡献?他的力学研究有何局限性?
3. 简述古希腊亚历山大时期突出的数学成就?
4. 希波克拉底对医学有哪些贡献?

第二节 古代中国的科学

愿闻显据,以核理实,浮辞虚贬,窃非所惧。

——祖冲之(中国)

作为世界四大文明古国之一的中国,由于地理上的相对隔绝、政治上的相对稳定,古代中国人民创造了天、算、医、农的科学体系,独树一帜,其著作之多,堪称一绝。

(一)天文学

中国古代天文学的成就主要表现在天文观测和历法。中国古代天文观测的连续性、资料保存的完整性是世界绝无仅有的。《汉书·五行志》上的太阳黑子记录,早于欧洲 800 多年,自春秋至清初我国日食记录约 1000 次,月食记录约 900 次,新星和超新星记录 60 多颗,极光记录 300 多次。世界上最早的星表出自公元前 4 世纪中叶

战国时期的甘德和石申两人之手,他们各自记录了数百颗恒星的方位。现存绘制于 1190 年的苏州石刻天文图,有 1434 颗星。而西方 17 世纪望远镜发明之前没有一幅星图记载的星超过 1100 颗。公元前 3~2 世纪的行星观测已能相当精确地得出木星、土星和金星的位置表以及它们的会合周期。精密的仪器是精确观测天象的基础,我国古代天文仪器也达到了很高水平。如东汉张衡(78~139 年)发明的水运浑天仪、唐代僧一行(683~727 年)等人研制的黄道游仪和浑天铜仪都是同时期世界上第一流的天文观测仪器。宋代苏颂(1020~1101 年)建造的“水运仪象台”,集观测、计时和表演功能于一身。元代郭守敬(1231~1316 年)创制的简仪,其设计和制造水平在世界上领先了 300 多年。



图 1-7 张衡



图 1-8 郭守敬

中国古代天文观测的主要目的在于制定较好的历法,我国天文历法之多为世界第一。为追求与天象观测更为符合,前后共制有 100 多种历法。商代时即有置闰的方法;包括年月日、节气、日月五星位置、日月食预报等内容的阴阳历体系,在汉代就已形成。南北朝何承天(370~447 年)制定的“元嘉历”定一个朔望月为 29.530585 日,与现代测值 29.530588 日相比,误差极小。南宋时的“统天历”回归年长 365.2425 日,比欧洲人达到此精确度早了近 400 年。

中国古代关于宇宙结构的理论,在公元 1~2 世纪时先后出现了盖天说、浑天说和宣夜说三派。盖天说主张“天圆如张盖,地方如棋局”;浑天说的代表人物张衡认为“浑天如鸡子,天体圆如弹丸,地如鸡中黄”,而与之相对立的宣夜说则提出“天无形质”、“高远无极”,主张宇宙处处充满无边无际的气体,日月星辰都是悬浮在其中游动的观点,这三派曾展开过激烈争论。但中国古代一直没有形成较完整的宇宙模型。

(二)数学

估计最迟在商代中国就已采用 10 进制记数,位值法以及分数概念大约在春秋战国时期就有了零的符号,大约与印度同时或稍晚点(8 世纪)出现。战国时的《墨经》中提出了点、线、方、圆等几何概念的定义。公元前 1 世纪的《周髀》是我国最早的天文数学著作,其中已有勾股定理和比较复杂的分数运算。成书于公元 1 世纪东汉初年的《九章算术》是中国古代数学体系形成的标志,书中载有 246 个应用题及其解法专涉及算术、代数、几何等方面的内容。其中的分数四则运算、比例算法、用勾股定理解决一些测量问题,以及负数概念和正负数加减法则的提出,联立一次方程的解法等,都达到当时世界最高水平。《九章算术》在古代一直作为我国数学的典范,其影响犹如欧几里德《几何原本》之于西方数学。中国古代数学家在圆周率的研究上取得了重大成就。如三国时期刘徽(约 225~295 年)在注释《九章算术》时创造了割圆术,提出初步的极限概念。南北朝的祖冲之(429~500 年)求得 π 值在 3.1415926 至 3.1415927 之间,或为 $355/113$,比欧洲人提出相同的精确度的 π 值



图 1-9 祖冲之

早近 1000 年。

宋元时期中国古代数学发展到了顶峰。北宋贾宪(生卒年代不详,约在公元 1050 年左右)提出了求任意高次幂正根的增乘开方法,他还列出了指数为正整数的二项式定理系数表,这两项成果均早于欧洲人六七百年。南宋秦九韶(约 1202~1261 年)发展了增乘开方法,他在《数书九章》一书中提出了高次方程的数值解法和一次同余式理论。这些研究都达到了当时的世界先进水平。宋元时期的李冶(1192~1279 年)和元代的朱世杰(13~14 世纪)相继在代数学尤其在解高次方程的研究方面作出了突出的贡献。到了明代,我国古代数学发展的势头消失,自明代开始,中国传统数学较少创造性发展,除了计算技术的普及与数学应用方面有所进步外,整个水平开始落后于欧洲。

(三)医药学

中国古代医药学著作居各门科技著作之首,现存约 8000 多种,不仅文献丰富、分科齐全,而且医理独特,形成了完整的理论体系。春秋战国时成书的《黄帝内经》,是我国第一部最重要的医学著作。该书总结了先秦医学实践和理论知识,强调人体的整体观念,运用阴阳五行的自然哲学思想,形成了一套脏腑和经络学说,成为影响我国古代医学的传统特色。东汉张仲景(约 150~219 年)的《伤寒杂病论》把《内经》的理论与临床实践更具体、紧密地结合起来,确立了“辨证施治”的临床医学理论基础。汉代时出现的《神农本草经》是现存最早的药学专著,载有 365 种药物。以后历代医药学家继续进行药物学研究,形成“本草学”。明代李时珍(1518~1593 年)的《本草纲目》载药 1892 种,方剂 11000 个,内容涉及生物、化学矿物、天文等多种学



图 1-10 李时珍

科,是世界科技史上的名著之一。

针灸是中医独特的治疗方法。战国时的名医扁鹊(约公元前401~前310年)就以精通针灸而著称于世。晋代皇甫谧(215~282年)所著的《甲乙经》,是最早的针灸著作。中国针灸17世纪时传到欧洲,在世界上有很大影响,至今不衰。外科学方面中国古代也有不少独创,如汉末华佗(?~208年)曾以“麻佛散”作全身麻醉进行外科手术,这在当时是很杰出的成就。

(四)农学

中国古代农业发达,农业技术发展全面,无论是耕作技艺、品种改良、水肥管理,还是各种农具的发明和改进,都达到古代世界的先进水平。在不同的历史时期,都有一些学者和官员重视对农业生产技术的概括和总结,撰写了大量的农学著作。我国古代农学著作之多,为世界各国之冠,共有370多种。现存最早的农学著作是公元前3世纪后期的《吕氏春秋》一书的《上农》、《任地》、《辨土》和《审时》4篇。主要论述了农业生产的重要性和因时因地制宜,充分发挥人的主观能动性,在理论上具有重要价值。公元6世纪北魏贾思勰(约480~550年)所著《齐民要术》,是世界现存最早、最完整的系统的农学著作。全书共92篇,包括农作物栽培育种、果树林木育苗嫁接、家畜饲养和农产品加工等内容。书中所记载的一些农学和生物学知识在世界上保持领先地位达1000多年。此外,汉代的《汜胜之书》、南宋陈旉(1076~?年)的《陈旉农书》、元代王祯(1271~1368年)的《王祯农书》和明代徐光启(1562~1633年)的《农政全书》等都是我国古代著名的农学著作。



图1-11 贾思勰

更多的了解中国的科学成就,请登陆:

<http://www.ngzx.com/jxzy/lhs/wulizhsh.htm>

【思考题】

简述古代中国在科学方面的主要成就?

第三节 古代中国的技术和发明

迎头搏击才能前进,勇气减轻了命运的打击。

——德谟克里特(希腊)

古代中国的陶瓷、丝织和建筑三大技术,至今仍享誉四方,魅力不减,至于闻名遐迩的四大文明,更是对近代科学的诞生起到了重要的推动作用,是古代中国人对近代世界文明的卓越贡献。

(一)陶瓷技术

据考古发现,早在 10000 年前中国人就已制造陶器。4000 多年前的商代我国出现了以高岭土制成的白陶,以后逐渐发展成为瓷。瓷器的发明也是我国对世界科技的独特贡献。东汉时期制瓷技术已渐趋成熟。唐宋时期的青瓷称盛一时,有“青如天、明如镜、薄如纸、声如罄”的美誉。宋元时期制瓷工艺技术达到了新的更高的水平,无论在瓷器的胎质、釉料、纹饰,还是在瓷窑结构和烧制技术等各方面,都有很大提高。明清时期是制瓷业高度发展的阶段,精致白釉烧制“窑变”釉色,以及各种彩瓷的制造是这一时期制瓷技术的重大成就,推出了大量精品和传世之宝。中国的瓷器早在隋唐时期即远销国外,10 世纪以后制瓷技术陆续传到亚洲一些国家。欧洲人则是在 15 世纪下半叶学会制瓷的。

(二) 丝织技术

中国是最早养蚕和织造丝绸的国家。商代的丝织物已有斜纹、花纹等一些复杂纹样。西汉时丝织技术提高到新的水平,织物品种有绢、罗纱、锦、绣、绌等;制作方法有织、绣、绘等;颜色和图形也多种多样,极为丰富。此时已发明提花织机,其功能是可以按事先设计好的程序使经纬线交错变化而织出预定的图样来。唐宋时期丝绸印染和印花工艺进一步发展,并织造出“织锦”和“绀丝”等新的高级丝织品。元代发展出了“织金锦”,明清两代又发展出了“妆花”。我国的丝织物在公元前 4 世纪就远销国外,公元 5~6 世纪间波斯曾派专人来我国学习,其后丝织技术才又传到欧洲。

(三) 建筑技术

中国古代建筑技术在奴隶制时代与一些文明古国相比是落后的。战国时期以后,我国的建筑物逐渐形成了自己的独特风格,留下了许多不朽的杰作。万里长城是世界建筑奇迹之一。唐代长安城,明清两代的北京城,其建筑的宏伟、规划的严整,代表了我国古代都市建设与宫殿建筑的高超水平。我国古代建筑以木构架结构为主要特点,山西应县宋代木塔,高达 67.31 米,经历近千年的风雨和多次地震,仍完好屹立,是世界现存最高的木构架结构建筑。我国古代许多桥梁和水利设施的建设也表现出了形式多样、构思精巧、结构合理的高水平建筑技术。如隋代工匠李春设计的河北赵州桥,采用了“敞肩拱”桥形,比国外要早 1200 多年。北宋时期福建泉州建洛阳桥,先抛石入海筑堤,又种蛎以固基,建成长为 834 米的大桥使用至今。战国时李冰父子带领修建的四川都江堰,在总体布局、堤坝修筑、水道疏浚、就地取材、灌溉与防洪兼顾等方面,都相当完善,相当科学。北宋时李诫(?~1110 年)编著的《营造法式》是一部重要的建筑技术

专著,该书全面地总结了古代建筑经验,对设计和规范、技术和生产管理 etc 都有系统论述,是世界建筑史上的珍贵文献。

(四)古代中国的四大发明

造纸、印刷术、火药和指南针是古代中国的四大发明。

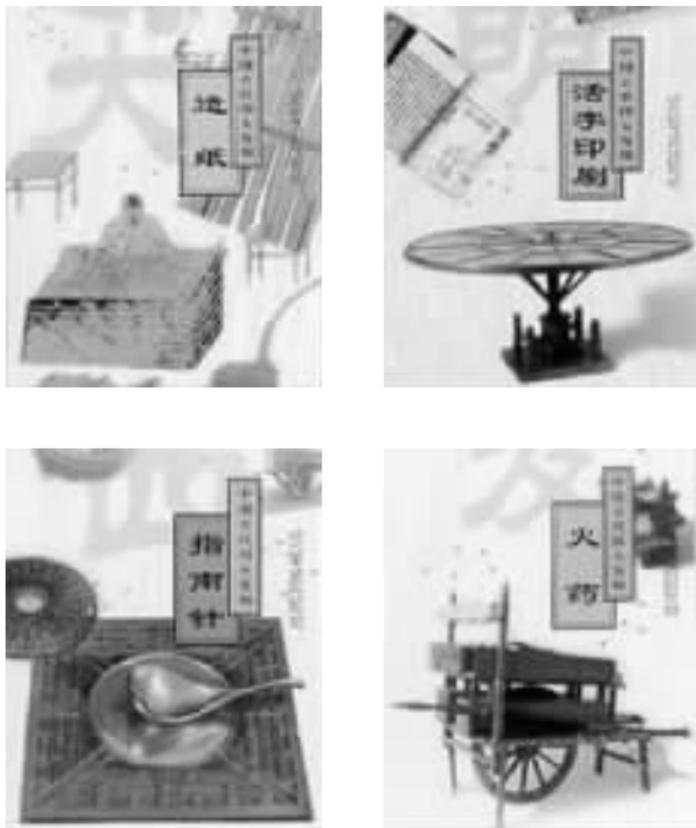


图 1-12 中国古代的四大发明

造纸术最早出现在西汉时期,以大麻、芒麻纤维为原料,纸质粗糙,不便书写。东汉宦官蔡伦(?~121年)于105年制成了质量较好的纸,人称“蔡侯纸”。造纸术首先传到朝鲜和越南,7世纪传入日本,8世纪传入阿拉伯,12世纪由阿拉伯人又传至欧洲。纸的发明极大地推动了人类的信息传播和文化交流。



图 1-13 蔡伦

铅合金活字。

火药是唐代炼丹术士在炼丹过程中偶然发现的。北宋时火药已开始用于战争，制成了火箭、火球、火蒺藜等武器。南宋时(1259年)发明的“突火枪”已是以火药爆力射出“子窠”的管形火器了。明代以后更是发展出手榴弹、地雷、水雷、定时炸弹、子母炮等新型火药兵器，火箭已有了多种类型。但这些火器并未用于普遍装备军队。火药和火药兵器是通过战争传到国外去的。欧洲人于13世纪从阿拉伯人那里知道了火药，于14世纪中期制造出了火药兵器。

春秋战国时期中国人已记录了磁石吸铁现象。稍晚些时制成的“司南勺”是用磁石琢成的勺子，底部圆滑，放在铜盘上，勺柄即能指出南北方向，这大概是最早的磁性指示方向器。宋代出现的“指南鱼”则以薄铁片剪成鱼形，经人工磁化成永久磁铁，平漂于水上以指示方向。稍后又发明了磁石磨针而制成真正意义上的指南针。11~12世纪南宋时期中国人已将指南针用于航海，不久即传到了阿拉

雕版印刷术约发明于6世纪的隋唐之际，唐宋时期大量应用于印刷佛经、农书、医书和字帖等。北宋庆历年间(1041~1048年)平民毕昇发明了胶泥活字印刷术，使印刷技术产生了一个飞跃。毕昇之后活字印刷术不断改进，元代王祜发明了木活字，以后还出现过瓷活字、锡活字、铜活字。欧洲最早仿照中国活字印刷的是德国人古腾堡(约1394~1468年)，他于1450年制成



图 1-14 毕昇

伯,其后又传到欧洲。

详细了解中国古代的四大发明,请登陆:

<http://www.psnmt.pudong-edu.sh.cn/zhishi/cuilijian/index.htm>

【思考题】

1. 简述近代中国在技术方面的成就。
2. 通过阅读相关文献或上网查资料说明一下近代中国的科学技术为什么会落后。

第二章 近代的科学技术

近代科学革命以哥白尼的“日心说”为开端,数学、光学、化学和生物学等学科取得了初步发展,从18世纪中期到19世纪,发生了蒸汽技术革命,对人类社会的发展产生了深远的影响,把人类带入了“蒸汽机时代”。在19世纪里,自然科学进入了全面发展时期,19世纪下半叶,发生了电力技术革命,极大地促进了社会生产的发展,改变了人们生活的质量,使人类步入了“电气化时代”。

第一节 近代科学的诞生和早期发展

人的天职在勇于探索真理。

——哥白尼(波兰)

15世纪下半叶,西欧封建社会内部逐渐形成和发展了资本主义的生产方式,开始了人类社会的一个新时代。近代科学技术即诞生于此时。它经历了400年的发展,19世纪末终结。

(一)近代科学诞生的社会条件

近代自然科学是真正现代意义上的科学,与古代和中世纪的科学分属两个完全不同的科学传统。但是近代科学是在古代科学的基础上产生,是从原来的自然哲学中脱胎而出而进入一个崭新的阶段的,恩格斯指出:“科学的产生和发展一开始就是由生产决定的。”“如

果说,在中世纪的黑夜之后,科学以意想不到的力量一下子重新兴起,并且以神奇的速度发展起来,那么,我们要再次把这个奇迹归功于生产。”近代科学产生的社会背景主要有以下几个方面:

(1)资本主义生产方式的兴起是近代科学产生的根本动力

①手工工场的出现与技术的进步

在中世纪后期的欧洲,由于生产力的不断发展,导致了分工的进一步扩大,增加了商品的生产 and 流通,加速了欧洲小农经济的解体。大约 14 世纪,伴随着手工工场的出现,促进了生产技术的改进和工具机械的改革,使分工进一步扩大,为改进技术和使用创造了条件。

②远洋航海与地理大发现

15 世纪的航海大发现,一方面开阔了人们的眼界,启迪了人们的思想,扩大了人们的活动范围和知识领域。另一方面,也推动了与之有关的天文学、气象学、地质学、航海学、数学和医学、生理学等自然科学的发展,为其提供了大量的、极其宝贵的经验事实材料。

(2)资产阶级反封建的革命斗争为近代自然科学的产生开辟了道路

①文艺复兴与思想解放

产生于 14~16 世纪的文艺复兴运动的中心思想是“人文主义”,即提倡人性,批判神性,提倡人权,反对神权,提倡个性自由,反对宗教禁锢。其实质就是资产阶级新文化运动。新兴的资产阶级发现在古代希腊罗马文化中,可以找到用来反对封建统治和封建文化的武器,这就是哲学和自然科学,以及以“人”为中心而不是以“神”为中心的文学艺术。他们宣称,这些优秀的古典文化长期以来被教会扼杀和歪曲了,现在他们要“复兴古典文化”,所以称为文艺复兴。其实,恢复古典文化只是一个旗号,复兴是为了新生,是为建立资本主义制度制造舆论、摇旗呐喊、鸣锣开道。

文艺复兴一方面促进了欧洲近代文学艺术的繁荣,另一方面也

促进了科学的解放,宗教的精神独裁统治被打破,自由探讨学术的氛围高涨,“是人们的思想在古代的停泊处解开缆绳,在广阔的探索未知的海洋上起航前进”的出发点。

② 宗教改革运动

16世纪欧洲发生的宗教改革运动首先开始于德国。这次运动的发起人马丁·路德(Martin Luther, 1483~1546年)所提出的宗教改革主张,揭露了教廷的腐朽和虚伪,反对教会和教士们的特权,反对繁缛的礼拜仪式,认为宗教信仰是个人的事情,教士不应监督和干预。继德国之后,瑞士、法国、英国等国家也先后进行了宗教改革,欧洲基督教中分裂出了不承认罗马教廷的最高权威的“新教”。

中世纪以来的欧洲,科学成了神学的附庸。宗教改革运动对科学从神学中解放出来有积极作用。新教鼓励人们研究和认识自然,认为上帝的智慧完全体现在他所创造的自然秩序中,鼓励人们运用科学技术为社会创造更多的物质财富,认为为社会创造财富是对上帝的爱戴。这些教义客观上有利于科学技术的发展,近代欧洲的著名科学家中新教徒占了很大的比例,就是一个很好的例证。当然,新教与自然科学的关系是很复杂的,尽管在某些方面它允许甚至鼓励科学技术活动,但当某个科学学说与宗教利益激烈抵触时,新教徒也照样会残酷迫害科学家。科学与神学的根本对立并未因新教的出现而消失。

总之,文艺复兴和宗教改革运动为自然科学最后从神学中解放出来创造了必要的社会条件,开辟了通往胜利和成功的道路。

(二) 近代科学早期发展

近代科学革命是以哥白尼创立“日心说”为开端,宣告了神学宇宙观的破产,比利时解剖学家维萨留斯(A. Vesalius, 1514~1564年)的《人体结构》,揭开了医学领域里的革命序幕,哈维(W. Harvey,

1578~1657年)发现血液循环是这场革命的一个重要标志。

(1)哥白尼的天体运行论

波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus, 1473~1543年)曾在文艺复兴运动的中心意大利留学,受到人文主义思想的熏陶和希腊古典著作的启发。他在1543年临终前发表的不朽著作《天体运行论》中阐述了他的日心说,其要点是:①地球并非静止不动的天体,也不在宇宙的中心,它是一颗普通的行星,既有自转,又围绕太阳旋转;②月



图 2-1 哥白尼

亮绕地球旋转,并且和地球一起绕太阳旋转;③太阳处于宇宙的中心,行星在各自的圆形轨道上围绕太阳旋转,它们的轨道大致处在同一平面上,它们公转方向也是一致的。

日心说的发表是近代科学革命的首要标志,它推翻了 1000 多年来占统治地位的、在中世纪被基督教神学教条化了的托勒密地心说宇宙观,描绘了一幅关于太阳系的科学图景,为近代天文学奠定了基础。尤其重要的是,这一学说宣告了神学宇宙观的破产,开始了自然科学从神学中解放出来的运动。

日心说提出后的几十年里,经过意大利学者布鲁诺(G. Bruno, 1548~1600年)和伽利略等人的传播,在知识界和群众中产生了巨大影响,因而引起了教会的严重不安,他们利用宗教法规迫害新学说的传播者。布鲁诺惨遭火刑,伽利略也被终身监禁。德国天文学家开普勒(J. Kepler, 1571~1630年)经过多年潜心研究,于 1609 年和 1619 年先后提出了行星运动的三条定律:①轨道定律:行星运动的轨道是椭圆的,太阳在椭圆的一个焦点上;②面积定律:单位时间内行星中心同太阳中心的连线(向径)扫过的面积相等;③周期定律:行星在轨道上运行一周的时间的平方和它至太阳的平均距离的立方成

正比($T^2 = KR^3$)。开普勒的发现使哥白尼日心说更趋完善,他突破了圆形轨道的传统观念,使行星运动的不均匀性等现象得到了自然而合理的解释。



图 2-3 哈维

(2) 哈维血液循环理论

近代科学革命的另一重要标志是英国生理学家哈维在 1616 年公布的血液循环理论。

近代科学革命时期,对人体血液运动的研究始终是医学、生理学领域中引人注意的问题。古罗马盖仑的“三灵气说”和托勒密地心说一样,也是在中世纪被教会教条化了的学说,至此时已受到越来越多的

怀疑和挑战。比利时的维萨留斯于 1543 年出版《人体的构造》一书,以解剖为根据,纠正了盖仑关于左右心室相通的说法,并否定了上帝用男人肋骨创造出女人的宗教教义。维萨留斯因此获罪。西班牙医生塞尔维特(M. Serveto, 1511~1553 年)发现了静脉血变为动脉血过程的血液心肺循环(又叫小循环),他批判盖仑的“三灵气说”,主张人体中只有一种来自空气的灵气(即后来发现的氧气)。塞尔维特把盖仑所说的两个相独立的动脉系统和静脉系统统一起来,为发现全身的血液循环铺平了道路。



图 2-2 维萨留斯

在前人研究的基础上,哈维进一步通过科学实验和理论研究,提出了血液循环理论,其要点是:①血液循环的原动力是心脏的收缩和舒张,而非任何灵气;②血液在全身沿着一闭合路线作循环运动,路线是从右心房进入左心室;从左心室搏出的动脉血沿动脉到达全身,

然后再沿静脉回到心脏；③哈维预言，在动脉和静脉的末端必定存在一种微小通道将二者联结起来。几十年后人们发现了毛细血管，证实了哈维的预言。

如哥白尼日心说彻底否定了天文学中的传统观念一样，哈维的血液循环理论给了生理学中的传统观念——盖仑的三灵气说以致命的打击。从此，生理学发展成为科学。哈维因为这一成就而被誉为“生理学之父”。

进一步了解近代科学的发展，请登陆：

<http://www.ebubu.cn:8010/Basic/KP/history/landmark/4/>

【思考题】

1. 近代科学诞生的社会条件是什么？
2. 近代科学有哪些发展？

第二节 近代科学的发展

真理的大海，让未发现的一切事物躺卧在我的眼前，任我去探寻。

——牛顿(英国)

十六七世纪，一系列重大的科学发现构成了近代自然科学革命，牛顿力学体系的建立为近代科学奠定了基础。从此，科学摆脱了神学的束缚向前发展，新的学科相继诞生。18世纪是近代科学不断积累实验材料，平稳发展的时期。到19世纪进入了近代科学全面繁荣的时代，建立了各门自然科学的理论体系。19世纪末20世纪初，新的科学发现宣告了近代科学的终结，自然科学开始进入现代发展时期。

(一) 牛顿力学体系建立



图 2-4 牛顿

研究物体机械运动形式,即空间位置变化的力学,是近代自然科学中发展较快、成熟较早的学科。英国大科学家牛顿(I. Newton, 1643~1727年)在伽利略等前辈科学家研究的基础上,系统地总结了天体力学和地面上力学的成就,规定了一套力学概念,提出了运动三定律和万有引力定律,从而使力学成为一个完整的理论体系,人们把它称为牛顿力学或经典力学体系。这个体系的建立,标志着经典力学的成熟;同时,由于牛顿力学体系成了此后 300 年近代自然科学整体发展的理论基础,因此,它的建立也宣告了近代科学革命的成功。1687 年牛顿将包含他的力学体系以及数学、天文学方面研究成果的巨著《自然哲学的数学原理》交付出版。该书的出版,标志着经典力学的成熟,被公认为近代科学史上最伟大的著作。

(二) 近代数学的发展

17~18 世纪的数学是从常量数学到变量数学的转折时期,这一时期数学的主要成就有三个,即解析几何、对数和微积分。

费尔马(P. Fermat, 1601~1665 年)在他 1629 年写成、1679 年出版的《平面和立体的轨迹引论》一书中阐述了用代数方程表示曲线的普遍方法,并给出了一些轨迹方程。但由于其著作晚半个世纪才发表,所以人们往往忽略他在创立解析几何的贡献。1637 年,笛卡尔(R. Descartes, 1596~1650 年)出版了《更好地指导推理和寻求科学真理的方法论》,阐述了关于坐标几何和代数的思想,提出了解析几何的方法,并且把变量和函数引进了数学。1614 年,英国的耐普

尔(J. Napier, 1550~1617 年)出版了《奇妙的对数定律说明书》,发明了对数。牛顿和莱布尼茨(L. G. Leibniz, 1646~1716 年)各自独立发明了微积分。

(三)对光的本性的研究

17~18 世纪,光学是除力学外比较成熟的另外一个学科,因为望远镜的制作和改进需要光学,而天文学的研究又离不开望远镜。

斯涅尔(W. Snell, 1591~1626 年)发现了光的折射定律,提出了折射率的概念。费尔马提出了光线传播的最小时间原理。

对光的本性的研究,笛卡尔根据光的直线传播、反射等现象,认为光是由微粒实体组成的。后来,格里马迪(F. Grimaldi, 1618~1663 年)、胡克(R. Hooke, 1635~1703 年)、惠更斯(C. Huygens, 1629~1695 年)等人对光的研究都表明了“波动说”的思想。牛顿是 17 世纪光学的集大成者,1704 年出版的《光学》一书是对前人光学发展的总结,主要研究了光谱、薄膜的颜色、衍射和双折射现象。

(四)科学化学的建立

17 世纪最著名的化学家是波义耳(R. Boyle, 1627~1691 年)。他在 1661 年出版的《怀疑派化学家》一书中,根据大量实验事实,阐述了化学元素的概念,把化学从炼金术中分化出来,奠定了近代化学的基础。

对于燃烧现象的认识,开始主要是“燃素说”占统治地位,认为一切可燃物都含有细小的、活泼的燃素,在通常情况下燃素与其他元素结合形成化合物,在燃烧时,燃烧就分解而游离出来,大量游离燃素



图 2-5 笛卡尔

的集中就形成火焰。后来,法国的化学家拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743~1794年)通过一系列的实验和定量研究,终于揭开了蒙在燃烧现象上的神秘面纱。1777年拉瓦锡向法国科学院提交了《燃烧概论》,详尽地列举了否定“燃素说”实验证据,论述了燃烧的氧化学说。1778~1780年,拉瓦锡又完成了《化学纲要》一书,对各种化学现象都一一作了解释,并列出了包括33种元素的化学史上的第一张元素表。该书的出版标志着化学作为一门科学已经形成。



图2-6 波义耳

(五)近代生物学的发展

17~18世纪的生物学的主要成就有生物的分类、细胞的发现和“渐成说”的提出。对生物的分类研究最出色的是瑞典生物学家林耐(Linné, 1707~1778年),他1735年出版了《自然系统》一书,系统地阐述了植物分类的原则和见解。他建立的分类体系有纲、目、种、属四个等级,并以双命名法来命名植物。胡克利用自制的放大率约为270倍的显微镜观察软木时,发现了细胞。1665年,他出版了《显微图》一书,展示他在显微镜底下看到的昆虫器官的精细图案。在科学史上,他创造了“细胞”一词,一直沿用至今。18世纪德国科学家沃尔夫(K. F. Wolff, 1733~1794年)用小鸡的实验否定了“预成说”,用明确的事实表明了“渐成说”的正确性。沃尔夫被誉为“近代胚胎学的创始人”。

(六)科学中心的产生和转移

世界是由国家或地区组成的,由于各个国家或地区政治、经济、

生产力发展的不平衡,科学技术发展状况和水平也很不相同。有时候,一个国家的科学发展很快,大大超过其他国家的科技发展水平,但过了一段后,另一个国家又走在了最前面。如历史上古埃及、巴比伦、希腊、阿拉伯、印度和中国等地方的科学技术都曾一度繁荣过,但都一个又一个的衰落下去了。

1954年,英国科学史学家贝尔纳(J. D. Bernal)在《历史上的科学》一书中正式记载了这一现象,并把一个时期科学技术繁荣昌盛的国家或地区称为技术和科学活动的中心。后来,日本的科技史学家汤浅光朝,受到贝尔纳研究工作的影响,于1962年用统计方法证实了科学中心转移是确实存在的。他把科学中心定义为科学成果数占同期世界总数的百分比超过25%的国家,并把保持在25%以上的时间称为科学兴隆期,如果其百分比超过50%,则称这个国家或地区的科学发展处于“科学高潮”阶段。按此方法分析,人类社会经历了三大科学高潮的转移,即古希腊高潮、中国隋唐高潮和欧美高潮,正好对应于奴隶社会、封建社会和资本主义社会。

进一步了解近代科学的发展,请登陆:

<http://www.kepu.gov.cn/kjsh/default.htm>

【思考题】

1. 近代科学有哪些发展?
2. 什么是科学中心?人类社会经历了哪几次科学高潮的转移?

第三节 蒸汽技术革命

只要能够把无比的热情灌注在一件工作上,并且完成它,这就是幸福。

——瓦特(英国)

蒸汽技术革命发生在 18 世纪中期至 19 世纪,它以纺织机械的革新为起点,以蒸汽机的发明和广泛应用使用为标志,实现工业生产从手工工具到机械化的转变,在世界范围内产生了深远的影响。正如《共产党宣言》所说:“资产阶级在它不到一百年的阶级统治中所创造的生产力,比过去一切时代所创造的全部生产力还要多,还要大。”

(一)工具机和动力机的技术革命

(1)产业革命的源头——纺织技术

英国的产业革命开始于纺织的机械化。1733 年英国钟表匠凯伊(J. Kay, 1704~1774 年)发明了飞梭,使织布效率提高了一倍,并使布面加宽。结果纺纱与织布不协调,长期发生“纱荒”。曾当过木工的织布工人哈格里沃斯(J. Hargreaves, 约 1720~1778 年)发明了竖锭纺车,以他女儿的名字命名为“珍妮机”并于 1770 年登记了专利。消除了纺纱和织布的瓶颈,成了产业革命的火种。

珍妮机劳动的纱锭日益增多,使人力作为动力越来越困难,水力纺纱机应运而生。1769 年理发师阿尔克赖特(S. D. Arkwright, 1732~1792)发明了水力纺纱机,生产率提高了 10 倍。如此动力问题引起了广泛的关注。

(2)蒸汽机的发明和改进

近代蒸汽动力技术的产生,主要源于当时的社会生产的直接推

动和当时的实验科学的长期孕育。英国资产阶级革命为资本主义的发展扫清了道路,在工厂手工业的迅速发展中,社会需要促使了早期蒸汽机的问世。在16世纪末和17世纪初,包尔塔进行了蒸汽压力实验,托里拆利(E. Torricelli, 1606~1647年)和帕斯卡(B. Pascal, 1623~1662年)等进行了大气压力实验,格里凯(O. vonGuericke, 1602~1686年)进行了真空作用实验。这三大实验基础的相继形成,使人们得以从实验上开始认识蒸汽、大气和真空的相互作用。而这些重大的实验成果也就为早期蒸汽动力技术的产生奠定了牢固的实验科学基础。

最先把蒸汽动力技术的设想付诸实施的,是法国著名物理学家、工程师巴本(D. Papin, 1647~1712年)。从1674年开始,巴本即致力于蒸汽机的实验设计。1680年,他发明制造的第一台可以把热能转变为机械能的实验型的蒸汽机,在英国试验成功了。

继巴本之后,在近代蒸汽动力技术的发展中作出重要贡献的是英国机械工程师赛维利(T. Savery, 1650~1715年)。赛维利的蒸汽机的设计原理源于包尔塔的蒸汽压力原理。1695年,赛维利制造出了几台这样的蒸汽机。这是近代蒸汽动力技术的第二次突破。

后来,纽可门(T. Newcomen, 1663~1729年)研究了赛维利蒸汽机,他认为赛维利蒸汽机有两大缺点。一大缺点是热效率太低。纽可门在设计上作了重要革新:他不让冷却水直接进入汽缸,而是把冷却水通过一个细小的龙头向气缸内进行喷溅。另一大缺点是赛维利蒸汽机基本上还是一种水泵,而不是典型的动力机。针对这一点,他在赛维利蒸汽机中引入了巴本的活塞装置,这样,蒸汽压力、大气压力和真空即可在交互作用下推动活塞装置,使活塞作往复式的机械运动。而这种机械运动一旦传递出去,蒸汽机也就成为了蒸汽机。

由于进行了上述三次研究和革新,一台近代蒸汽机的完整蓝图基本上设计出来了。1705年,纽可门、考利和赛维利一道,终于试制

出了第一台真正算得上是动力机的蒸汽机。

从巴本蒸汽泵到纽可门蒸汽机的早期蒸汽动力技术的发展,已最初向人类社会预告了即将兴起的第一次工业革命的信息,特别是预告了蒸汽时代的即将到来。

在工业革命中,大量的发动机被应用,这促使作为机械员的瓦特对改进蒸汽机产生了兴趣。瓦特(J. Watt, 1736~1819年)



图 2-7 瓦特

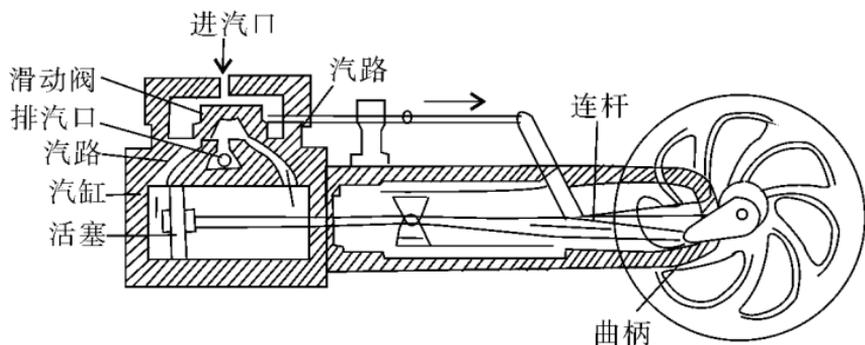


图 2-8 瓦特制造的蒸汽机模型

自 1764 年开始改进纽可门蒸汽机的工作。他回忆说:“当年格拉斯哥大学把修理一台纽可门蒸汽机的任务交给我。在修理的过程中,我深感它的不足,所以决心动手研制一种性能较好的蒸汽机。”瓦特当时告诉记者,纽可门蒸汽机有两大缺点:一是燃料耗量大而效率低,另外就是它只能作往返的直线动作。因此,除了用于矿井抽水之外,纽可门蒸汽机几乎没有其他用途了,而它浪费的蒸汽可达八成以上。

经过一番努力,瓦特发现了纽可门蒸汽机效率低的原因与解决方法:既然蒸汽具有弹性,只要把汽缸和另一个容器相连接,让蒸汽

直接进入其中,就不再需要一个冷却汽缸,浪费了许多热量了。

瓦特紧接着设计了一个与汽缸分离的冷凝器,并在汽缸外面加了绝热套,使汽缸保持在高温工作状态。一台运作正常的蒸汽机终于“出炉”了!

在缺乏资金的情况下,瓦特当时向一名工厂老板贷款,但由于机件陈旧不合标准,冷凝器因蒸汽机不断从活塞旁漏汽而无法正常工作,使得工厂老板停止对他的资助。

幸好瓦特得到著名铁商博尔顿的赏识,出资与他成立了博尔顿——瓦特公司,让他在无后顾之忧的情况下,专心从事蒸汽机的实验和生产。

瓦特在新设计的蒸汽机上安装曲轴、连杆等器件,使它更为自动化。这些重大的改进,使工厂和交通运输等方面都能使用蒸汽机。因此蒸汽动力的巨大潜能被逐渐的发掘了出来。

(二)英国工业革命

以蒸汽机的广泛使用为主要标志的第一次技术革命使社会生产力空前提高,带动人类从农业和手工业时代进入以大机器生产为特征的工业化时代。

(1)煤炭、纺织、冶金工业和交通运输业的发展,采矿业、纺织业和冶金业是当时的工业革命的主要行业

在采矿业中,1783年,英国著名的康沃尔采矿中心的所有纽可门蒸汽机几乎全部被瓦特蒸汽机所取代。随后,在其他金属矿区和煤矿,原有的纽可门蒸汽机也相继被瓦特蒸汽机所取代。



图 2—9 18 世纪的工厂

在纺织业中,1785年,在诺定昂郡建立了英国的第一座蒸汽纺织厂。由于采用瓦特蒸汽机作为原动机,使纺织厂打破了必须建在河谷地区的地理条件的限制,使纺织业的发展进入了一个新的时期。在冶金业中,从1790年开始,许多炼铁厂相继采用蒸汽机来开动更大的鼓风机,来为更大的高炉提供更大的风力。在此之前,炼铁工人达比已在1780年发明焦炭炼铁法。新的燃料加上新的动力,使高炉越建越大,产量越来越高。1788年,英国的生铁产量为61300吨,而在各炼铁厂相继采用蒸汽机后,到了1796年,英国的生铁产量即猛增到125000吨。工程师贝塞麦(H. Bessemer, 1813~1898年)发明了大炮炮筒的来复线结构,为了炼出合格的钢铁作炮筒,他在1856年发明了转炉炼钢。1864年德国西门子(C. W. Siemens, 1823~1883年)和法国人马丁(P. E. Martin, 1824~1915年)发明了平炉炼钢。1807年美国富尔顿(R. Fulton, 1765~1815年)制造了木制蒸汽轮船。1814年英国的发明家史蒂芬森(G. Stephenson, 1781~1848年)设计成功第一台蒸汽机车,这台能牵动30多吨货物的机车用来运煤。1790年首次采用了蒸汽动力鼓气炼钢。

(2) 机器制造业的发展

由于社会生产对瓦特蒸汽机的需求量越来越大,这也使以蒸汽机的制造为主体的机器制造业也随之发展起来。自此之后,车床、刨床、钻床、磨床等各种机床制造工业相继得到快速发展。以农业机械为例,在18世纪末和19世纪初,在英国的许多大农场就相继出现了播种机、收割机、打谷机、割草机等多种农业机械。尽管这些农业机械都是以人力或畜力为动力的,但它们却是瓦特蒸汽机在推动第一次工业革命的深入发展中结出的技术果实。这说明,第一次工业革命的风暴不但在工业领域迅速发展,而且迅速地波及到工业以外的其他领域。

从18世纪中叶到19世纪中叶,英国机械工业得到了突飞猛进

的发展。鲍尔发明的滚筒使纺织实现了从手动向机械运动的转变，以此为开端，在机械加工中取代了手工而使用了各种机床。

斯密顿(J. Smeaton, 1724~1792年)是18世纪最优秀的机械技师。斯密顿设计的水车、风车设备达43件之多。在制作蒸汽机时，斯密顿最感棘手的是加工汽缸。要想将一个大型的气缸内圆加工成圆形，是相当困难的。为此，斯密顿在卡伦铁工厂制作了一台切削气缸内圆用的特殊机床。用水车作动力驱动的这种镗床，在其长轴的前端安装上刀具，这种刀具可以在汽缸内转动，以此就可以加工其内圆。由于刀具安装在长轴的前端，就会出现轴的挠度等问题，所以，要想加工出真正圆形的汽缸是十分困难的。为此，斯密顿不得不多次改变汽缸的位置进行加工。后来，维尔金森改进了这种镗床，可以准确地加工内圆了，帮助瓦特制造出了高效率的蒸汽机，这是有名的佳话。

车床是“机器之母”。1797年，莫兹利(H. Maudstay, 1771~1832年)发明了成功的车床。其实最先发明车床的人也不是莫兹利，但他对车床进行了创造性的改进。莫兹利的高明之处在于，他发明了刀架。刀架是机床的核心，后来相继出现的刨床、钻床、镗床等各种机床，都离不开刀架。所以，人们称莫兹利为“车床之父”。

在莫兹利的工厂里，罗伯茨被公认为是一名真正的车工。主要业绩是改进了刨床和车床，奠定了今天机床的基础。1817年，罗伯茨制作了一台刨床，这台刨床上配有进给箱。该进给箱是手动的，可以水平、垂直进给，同时也可以某种角度倾斜进给。

19世纪最优秀的机械技师要数惠特沃斯。于1834年制成了测长机，该测长机可以测量出的长度误差为万分之一英寸左右。这种测长机的原理和千分尺相同，通过转动分度板可以进出的螺纹夹持住工件，使用滑尺读出分度板上的分度。1835年，惠特沃斯在他32岁时发明滚齿机。除此以外，惠特沃斯还设计了测量圆筒的内圆和

外圆的塞规和环规。建议全部的机床生产者都采用同一尺寸的标准螺纹。后来,英国的制定工业标准协会接受了这一建议,从那以后直到今日,这种螺纹作为标准螺纹被各国所使用。

无论在科学技术上,还是在生产关系上,瓦特蒸汽机的发明都起到了重要作用。瓦特蒸汽机的发明,第一次大规模地把热能转变为机械能,这就直接推动了科学、热力学和能量转化方面的基础理论的研究,同时直接推动了纺织、采矿、冶金、机械等各类技术科学的发展。

【思考题】

1. 蒸汽技术革命的动力是什么?
2. 蒸汽机的发明和应用给生产力的发展带来哪些变化?

第四节 自然科学的全面发展

我始终努力保持自己思想的自由,我可以放弃任何假说,无论是如何心爱的,只要事实证明它是不符。

——达尔文(英国)

19世纪被誉为科学的世纪。在这个世纪里,自然科学的各个门类均相继成熟起来,形成了人类历史上空前严密和可靠的自然知识体系。

(一)热力学研究和能量守恒与转化定律的发现

第一个对蒸汽机效率进行精密的物理与数学分析的是法国工程师卡诺(L. N. M. Carnot, 1753~1832年)。1800年,意大利的伏特发明了电池,实现了化学能向电能的转化。同年,英国人尼尔科逊用

电池电解水,实现了电能向化学能的转化。1819年丹麦的物理学家奥斯特(H. C. Oersted, 1777~1851年)发现了电能向机械能的转化。英国科学家法拉第(M. Faraday, 1791~1867年)等人发现了电磁感应现象,表明机械能也可向电能转化。德国医生迈尔(E. Mayr, 1904~)最早公布能量守恒与转化定律。能量守恒与转化定律的发现,揭示了热、力学、电、化学等各种运动形式之间的统一性,使物理学达到空前的综合和统一。能量守恒与转化定律实际上就是热力学第一定律。



图 2-10 法拉第

德国的克劳修斯(R. Clausius, 1822~1888年)在重新研究卡诺的工作中,发现了热力学第二定律,这一定律揭示了热运动的过程是不可逆的,在此基础上他提出了“热寂说”,认为宇宙总会有这样一天,即那时所有的运动都变成了热运动,最后由于热量平衡,热虽然存在,但热运动没有了,宇宙就死亡,处于热寂状态。

(二)天学、地学、生物学的演化理论

(1)康德——拉普拉斯的星云假设

1755年,德国哲学家康德(I. Kant, 1724~1804年)提出了关于太阳系起源的星云假说,第一个把自然界看成是一个发展变化的过程。1796年,法国科学家拉普拉斯(P. M. Laplace, 1749~1827年)也独立地提出了关于太阳系起源的星云假说。康德——拉普拉斯的星云假说尽管还有许多需要验证的地方,对许多地方还无法给出满意的解释,但它毕竟将发展的观点带到了天文学领域,为天体演化学说奠定了重要的科学基础。它第一次把自然界理解成为一种运动发展的过程,这是对十八世纪形而上学自然观的一个重大突破。

(2) 地质演化理论

17 世纪时,西方地质学界对地球的形成存在水成说和火成说及灾变论和渐变论之争。最先提出水成说的是英国人伍德沃德(J. Woodward, 1665~1728 年),他认为地层是由于水的沉积作用形成的。火成说最早以意大利的莫罗(A. L. Moro, 1687~1764 年)为代表,1740 年,他在《论在山里发现的海洋生物》一文中指出,岩石是由一系列的火山爆发的熔岩流所造成的。后来英国人赫顿(J. Hutton, 1726~1797 年)进一步完善了这一学说,强调了地球内部作用和地壳运动变化的现实,建立起火成学派。法国生物学家居维叶(G. Cuvier, 1769~1832 年)系统地阐述了灾变说,他认为在地球历史上曾发生过多次巨大的自然环境灾变,由于灾变旧的生物被毁灭,新的生物被创造出来,从而引起地球的演变,奠定了古生物学的基础。而英国业余科学家赫顿(J. Hutton, 1726~1797 年)1795 年出版了《地球理论》,主张以现在仍在起作用的地质力量去解释历史上发生的地壳变动。1830 年,进一步阐述他的这一思想的英国地质学家赖尔(C. Lyell, 1797~1875 年)的《地质学原理》一书出版,提出了地球表面是连续地发生缓慢改变的理论,标志着近代地质学的系统化。

(3) 生物进化论

第一个系统地提出生物进化论的人是法国动物学家拉马克(J. B. Lamarck, 1744~1829 年)。英国生物学家达尔文(C. Darwin, 1809~1882 年)是近代进化论的奠基人。1859 年达尔文在其著作《物种起源》一书中系统提出了生物物种进化论。他认为物种是连续变化的;进化过程是连续的;相似的生物都是相互联系的,由共同祖先进化而来;自然选择,适者生存,不适者淘汰。



图 2-11 达尔文



图 2-12 孟德尔

(三)遗传学研究与细胞学说的建立

19 世纪 50~60 年代,奥地利牧师、业余科学家孟德尔(G. Mendel, 1822~1884 年)在捷克的一所修道院里,对于豌豆观察研究了 8 年,从而发现了生物遗传的规律,孟德尔的遗传定律包括显性定律、分离定律和独立分配定律。新达尔文主义的代表人物魏斯曼(A. Weismann, 1834~1914 年)提出了以种质连续性为基本原理的种质选择论(简称种质论),这一理论虽然带有一定的思辨性质,但对 20 世纪的细胞遗传学的发展和综合进化论的形成,有着深刻的影响。1831 年,英国植物学家布朗(R. Brown, 1773~1858 年)发现了细胞核,此后德国植物学家施莱登(M. J. Schleiden, 1804~1881 年)提出了细胞是一切植物的基本生命单位的观点,并认为一切新细胞皆起源于旧细胞,从而建立起低等植物与高等植物之间的联系。在此基础上,德国解剖学家施旺(T. A. H. Schwann, 1810~1882 年)将施莱登的观点推广到动物界,认为有机体都是从单一细胞开始有生命,并以其他细胞的形成而发育着,细胞是一切有机体的构造和发育的基础,从而把千差万别的动物和植物统一到细胞这个基本生命单位。施旺的学说在动物和植物之间架起一座桥梁,消除了动植物之间的严格界限。1858 年,德国的生理学家微尔和(R. C. Virchow, 1821~1902 年)将细胞学说应用于病理学,创立了细胞病理学。法国化学教授巴士德(L. Pasteur, 1822~1895 年)在细微的病菌和细菌的研究中,创立了细菌致病学说,开辟了医学研究病因的新途径。在此基础上他又开创了医学上的免疫学。他的关于消灭细菌的消毒方法,使手术真正成为拯救生命的手段。因此他被后人称为“细菌猎人”。

(四)物质结构的化学理论



图 2-13 道尔顿

(1)原子——分子论

19 世纪化学发展的最重要的成就之一,是科学的原子——分子论的提出。提出化学原子论的是英国化学家道尔顿(J. Dalton, 1766~1844 年)。道尔顿的原子论的建立是近代化学发展中的一次重要的理论综合。它把原子量作为区分化学元素的最本质的特征,这就为许多经验性的化学定律提供了明确的理论解释,使人们认识到一切化学现象内在的统一本质。1811 年,意大利化学家阿弗加德罗(A. Avogadro, 1776~1856 年)提出了分子的概念,他认为分子是具有一定特征的物质组成的最小单位,而原子只是参加化学反应的最小质点,单质的分子由相同元素的原子组成,化合物的分子由不同元素的原子组成。半个世纪后,意大利化学家康尼扎罗(S. Cannizzaro, 1826~1912 年)在其《化学哲理课程大纲》的讨论中,论述了分子和原子之间的区别和联系。提出只要接受阿费加德罗的分子论,就能把化学领域中的混乱一扫而清。他的观点得到各国化学家的赞同,从此,原子——分子论得到了普遍的承认和应用。

(2)元素周期律的发现

在前人研究的基础上,俄国化学家门捷列夫(D. I. Mendeleev, 1834~1907 年)在 1869 年,排出了他的第一张元素周期表,为化学元素周期律的发现作出了决定性的贡献。元素周期律的发现,揭示了各种元素



图 2-14 门捷列夫

之间的内在联系,实现了无机化学由经验到理论的飞跃,为元素的研究和新元素的寻找,提供了一个可供遵循的规律。

(3) 有机化学结构理论的建立

原子价概念的形成是有机化合物结构理论建立的先决条件。1828年维勒(F. Wohler, 1800~1882年)用无机物合成了有机物尿素,为有机物合成开辟了广阔的道路,彻底打破了无机物与有机物之间的绝对界限。

(五) 电磁理论的建立

电流是由意大利医生伽伐尼(L. Galvani, 1737~1798年)发现的。1800年,意大利物理学家伏特发明了电池。1820年,丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应。1822年,法国物理学家安培(A. M. Ampère, 1775~1836年)发现了电流产生磁力的基本定律,奠定了电动力学的基础。



图 2-15 麦克斯韦

电磁感应现象的发现者和近代电磁理论的创始人是英国实验科学家法拉第。他提出了电磁感应定律、“力线”和“场”的概念,是牛顿以来物理学基本概念的重大发展。

经典的电磁学说的总结是由麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831~1879年)完成的。1873年,麦克斯韦的巨著《电磁学通论》问世,标志着完整的电磁理论的确立,它的科学价值可与牛顿的《自然哲学的数学原理》和达尔文的《物种起源》相媲美。

19世纪自然科学的发展,特别是能量守恒与转换定律、细胞学说和生物进化论等科学发现被誉为19世纪的三大发现,使人们形成了关于自然界处于永恒的产生和消灭中的辩证唯物主义自然观。

进一步了解近代自然科学的发展,请登陆:

<http://www.kepu.gov.cn/kjsh/default.htm>

【思考题】

简述 19 世纪自然科学的发展？

第五节 电力技术革命

我平生从来没有做出过一次偶然的发明。我的一切发明都是经过深思熟虑和严格试验的结果。

——爱迪生(美国)

发生于 19 世纪下半叶的电力技术革命,以电能的开发和应用为主要标志。电力技术革命极大促进了社会生产的发展和改变了人们的生活质量,也引起了社会经济结构的巨大变革,使人类社会步入了“电气化时代”。

(一)电力技术的发展和應用

(1)电力技术的发明和改进

19 世纪建立起来的电磁学的基本理论,虽然在理论上提供了发电机、电动机、变压器等电器的基本原理和原始模型,但从理论到实践却经历了一个较长的过程。

1819 年,奥斯特关于电流使磁针发生偏转的实验,揭示了电动机的基本原理。1831 年,法拉第在发现感生电流的实验装置的基础上,试制出一种最初的永磁铁发电机的实验模型。同年,美国物理学家亨利(J. Henry, 1797~1878 年)试制出了一台电动机的实验模型,由于其使用电磁铁,因此比法拉第的实验装置产生的动能要大得多,是电动机发展史上的一大进步。1834 年,德国电学家雅可比(K. Ja-

cobi, 1801~1874 年)将亨利的电动机模型中的水平电磁铁改为转动的电枢,加装了脉动转矩和换向器,试制了第一台实用的电动机。

在人们研制电动机的同时,发电机也处于研制阶段。1832 年,法国工程师皮克希(H. Pixii, 1808~1835 年)试制成功一台手摇永久磁场旋转式发电机,该发电机可以产生工业所需的直流电。1857 年,英国电学家惠斯通(C. Wheatstone, 1802~1875 年)制成了用电磁铁的发电机,但仍需外加电源,有很大局限性。1866 年,德国著名电气工程师西门子(W. Siemens, 1816~1892 年)发明了自激式直流发电机,靠发电机自身发出的电流为自己的磁铁励磁,并于 1867 年向柏林科学院提交了一篇论文——《关于不用永久磁铁而把机械能转换为电能的方法》,为建造大容量电机,获得强大电力,提供了技术的现实可能性,意味着电气技术最重要的阶段的开始,具有划时代的意义。以后的发电机,都是在此基础上造出的。因此,西门子享有德国科学技术之父的美誉。

此后,比利时的格拉姆(Z. T. Gramme, 1826~1901 年)、德国的电器工程师阿尔特涅克等在西门子电机模型的基础上,从结构上对其加以改进,提高了发电机的效率。

(2) 电能的广泛应用

1883 年,德国的高拉德(L. Gaulard, 1850~1888 年)和吉布斯(J. Gibbs)发明了变压器,但降压不够理想。1885 年,美国的威斯汀豪斯(G. Westinghouse, 1846~1914 年)对前者进行了改进,制成具有现实性能的变压器。由于变压器的出现,从 19 世纪 80 年代起,交流电的发展和应用迅速扩大。

1878 年,俄国科学家亚布洛契诃夫制成一部多相交流发电机。1881 年,南斯拉夫科学家特斯拉(N. Tesla, 1856~1943 年)发现了旋转磁场原理,1885 年,意大利物理学家法拉利(G. Ferraris, 1847~1897 年)提出了旋转磁场原理,并研制出二相异步电动机模型,做出

了交流发电机史上的具有决定意义的理论贡献。

1888年,特斯拉发明了交流感应电动机和交流输电系统,3年后,他又发明了特斯拉线圈,解决了电力传输与配置的关键问题,大大提高了人类使用电力的能力。1889年,俄国科学家多里沃·多布洛夫斯基(1862~1919年)研制成第一台实用的三相流鼠笼异步发电机,一年后,他又发明了三相变压器。1890~1891年,从法国劳芬到德国法兰克福架起了世界上第一条长达170千米的三相交流输电线路。三相交流电的发明标志着电工技术发展到一个新阶段。

随着电能应用的迅速扩大,发电厂相应地发展起来。1889年,英国建成一座电站,是现代大型中心发电站的先驱。1882年,法国物理学家和电气技师德普勒成功地进行了远距离高压直流输电试验。1901年,美国在密西西比河流域建成了50千伏的高压输电线。远距离输电技术的发展,对工业的发展具有决定性的作用。

(二)电力革命带来的技术进步及社会进步

(1)通信和照明技术的大飞跃

①电报技术

1838年,美国的莫尔斯(S. F. B. Morse, 1792~1872年)发明了用点、划两种信号组成的“莫尔斯电码”,在美国政府的资助下,1844年,在华盛顿至巴尔架起了全长为40英里的电报线。1869年,铺成了从英国伦敦到印度卡里卡特城全长达1万海里的电缆。1902年的电缆线穿过太平洋,把澳大利亚和加拿大连接起来。

②照明技术

1879年,美国大发明家爱迪生(T. A. Edison, 1847~1931年)发明了用炭化棉线作为灯丝的灯泡,可连续点40小时。后来,他又发现了竹子纤维在炭化后可以做灯丝,使其寿命延长至1200小时。1878年,他建立了“爱迪生电气照明公司”,开始大批量生产这种灯

泡。1882年,爱迪生在纽约建成了一个当时世界上最大规模的电力系统。

③电话技术

1876年,美国语音学家贝尔(G. Bell, 1847~1922年)制成最早的实用电话机。后来,爱迪生又在此基础上进行了改进,能把声音传到更远的地方。1878年,英国第一家商业电话公司开办。接着巴黎在1879年、柏林和圣彼得堡在1881年也相继成立了电话局。1889年,美国又发明了自动电话交换台。电话的迅速发展和普及,极大地改变了通信技术的面貌。



图2-16 爱迪生

④无线电技术

1895年5月7日,俄国物理学家波波夫(A. S. Bobov, 1859~1906年)成功的当众表演了他发明的无线电接收机,这一天也被前苏联定为“无线电发明日”。并且波波夫首先把无线电通信应用到航海中,1897年,他在相距5000米的两艘军舰上成功地实现了通信联系。1901年,他又制成能安装在两轮车上供陆军使用的收发报机和两用无线电台,为无线电通讯技术作出重大贡献。1889年,他又发明了无线电话接收机。几乎与此同时,费森特制成第一台高频率交流发电机,首创了可传送语音的无线电话。在无线电通讯技术领域作出重要贡献的还有意大利的工程师马可尼(G. Marconi, 1874~1937年),虽然在发明时间上比波波夫晚,但后来由于英国邮政部门的热心支持及其他因素的影响,他的研究成就很快超过了波波夫。也正因为如此,导致了一场关于俄国和意大利争讨无线电发明权的国际争端。后经北美巡回法庭判定马可尼为无线电的发明者。20世纪以来,无线电话已广泛地被运用到人类生活的几乎每一个领域,给人类社会带来深远的影响。

(三) 电力革命及其影响

(1) 从机械化时代到电气化时代的跨越

电能的应用打破了工业发展的区域界限,大大增强了人们对自然力的支配力度,促使一批新的工业部门的诞生。首先是出现了一大批以发电、输电和配电及用电为主要内容的电力生产工业,如电机、变压器、线路器材等发电设备的制造、安装、维修和运行等生产部门。电力的应用还推动了材料、工艺、控制等领域工程技术的发展。同时也发展出电力、电子、化学、汽车和航空等一批技术密集型新兴产业,增加了生产对科学技术的依赖关系,从而使技术从机械化进入到电气化时代。

(2) 社会的巨大进步

电力革命促进了生产过程的机械化和自动化,大大提高了劳动生产率,改善了劳动条件,促使社会生产力呈直线上升趋势。同时,也加速了垄断资本主义形成,引发了生产关系的变革。

(3) 电力革命的启示

① 科学成为技术的先导

恩格斯曾指出:“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”如果说蒸汽技术革命时代是社会生产发展需要推动了技术进步,并最终促进了科学的发展的话,那么在电力革命时代,科学、技术和生产三者之间的关系则紧密地联系在一起。从19世纪上半叶开始,过去仅仅为了追求纯粹自然知识的科学开始走在了技术和实验的前面,成为技术和生产的先导。最明显的说明这一事实的就是从电磁学理论的建立与发展促使了发电机、电动机和其他电磁设备的发明,并导致了无线电报和电话的诞生,从而把人类带入全新的电气化时代。

②科学技术的体制化

如果说在 17、18 世纪,从“无形学院”到法国科学院的建立标志着科学活动的初步体制化,那么到 19 世纪,科学则开始发展成为一种专门的职业,而科学家作为一种社会角色逐渐地确立了它在社会中举足轻重的地位。

首先是德国的一批科学实验室,它的建立是科学活动职业化的开始,然后是美国的大学实验室和工业实验室的出现在科学活动的体制化的过程中起到关键性的作用。19 世纪 40 年代,美国人自称为“教育觉醒年代”,政府不断改革旧的教育传统,借鉴欧洲特别是德国的成功经验,结合本国国情,建立了具有美国特点的教育制度,为美国培养了大批集科学家、工程师和企业家于一身的现代科技人才。爱迪生成立了美国第一个工业研究实验室——美国通用电器公司的前身。贝尔成立了贝尔电话公司,网罗了一批优秀科技人才专业从事发明与生产。1884 年,贝尔建立了以专职科学家为主的基础性工业研究班子——贝尔实验室的前身,不仅对美国电气技术开发和电气工业及工业电气化起了重要作用,而且产生了多名诺贝尔奖获得者。

进一步了解电力技术革命,请登陆:

<http://www.ebubu.cn:8010/Special/Subject/GZWL/WLTS/KXLCX/>

【思考题】

1. 请简述电力技术的发明和应用。
2. 结合自身的知识,谈一下电力革命对我们有哪些启示?

第二篇

基础科学前沿

第三章 现代物理学

19 世纪末 20 世纪初,现代物理学在研究宏观物体的基础上,一方面向宇观方向不断发展,另一方面也不断向物质的微观层次进行探索,以爱因斯坦等为代表的一大批科学巨匠掀起了一场空前的物理学革命,把经典物理学推进到现代物理学阶段,相对论和量子力学是现代物理学革命的杰出成果,是现代物理学的两大理论支柱。对人们的思维方式和世界观产生了深刻的变革。在此之后,20 世纪 30 年代以来,现代物理学在相对论和量子力学的基础上,原子核物理学、粒子物理学、凝聚态物理学和当代场理论等新的学科又相继发展起来。

第一节 狭义相对论

没有侥幸这回事,最偶然的意外,似乎也都是有必然性的。

——爱因斯坦(美国)

爱因斯坦(Albert Einstein,1879~1955 年)是 20 世纪最伟大的科学家之一。他虽然是因提出光量子说成功地解释了光电效应而获得了 1921 年的诺贝尔物理学奖,但他在科学最主要的贡献还是相对论的提出。相对论的创立标志着现代物理学的开端。

(一)“以太”之谜

19 世纪后期,由于光的波动理论的确立,科学家相信一种叫“以太”的连续介质充满了宇宙空间,就像空气中的声波一样,光线和电磁信号是“以太”中的波。然而,与空间完全充满“以太”的思想相悖的结果不久就出现了:根据“以太”理论应得出,光线传播速度相对于“以太”应是一个定值,因

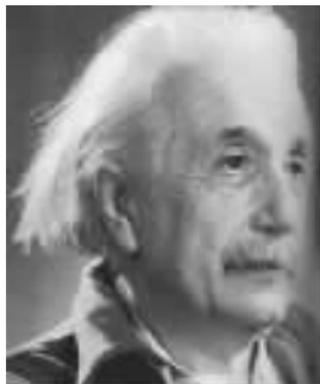


图 3-1 爱因斯坦

此,如果你沿着与光线传播相同的方向行进,你所测量到的光速应比你在静止时测量到的光速低;反之,如果你沿着与光线传播相反的方向行进,你所测量到的光速应比你在静止时测量到的光速高。迈克尔逊(A. Michelson, 1852~1931 年)和莫雷(E. Morley, 1838~1923 年)从 1881 年至 1887 年,他们进行了多次测量,其中 1887 年在美国俄亥俄州克里夫兰的凯斯研究所所完成的测量,是最准确细致的。他们对比两束成直角的光线的传播速度,由于围着自转轴的转动和绕太阳的公转,根据推理,地球应穿行在“以太”中,因此上述成直角的两束光线应因地球的运动而测量到不同的速度。但是,所有的实验都没有找到造成光速差别的证据。这就是著名的“以太漂移零结果”,是物理学晴朗的天空上漂流的一朵“乌云”。

爱尔兰物理学家费兹哥立德(G. Fitzgerald, 1851~1901 年)和荷兰物理学家洛仑兹(H. A. Lorentz, 1853~1928 年)最早认为相对于“以太”运动的物体在运动方向的尺寸会收缩,即“尺缩效应”。而相对于“以太”运动的时钟会变慢,既“钟慢效应”。并且洛仑兹提出了著名的洛仑兹变换。而对“以太”,费兹哥立德和洛仑兹当时都认为是一种真实存在的物质。而法国数学家彭加勒(J. H. Poincare, 1854~1912 年)怀疑这一点,并预见全新的力学会出现。他走到相

对论的边缘,但由于不能彻底的抛弃牛顿的经典力学体系,终究没能跨进相对论的大门。

马赫和休谟的哲学对爱因斯坦影响很大。马赫认为时间和空间的量度与物质运动有关。时空的观念是通过经验形成的。绝对时空无论依据什么经验也不能把握。休谟更具体地说:空间和广延不是别的,而是按一定次序分布的可见的对象充满空间。而时间总是又能够从变化的对象的可觉察的变化中发现的。1905年爱因斯坦指出,迈克尔逊和莫雷实验实际上说明关于“以太”的整个概念是多余的,光速是不变的。而牛顿的绝对时空观念是错误的。不存在绝对静止的参照物,时间测量也是随参照系不同而不同的。他用光速不变原理和相对性原理提出了洛仑兹变换,创立了狭义相对论。狭义相对论适用于惯性参照系。

(二)狭义相对论的两条基础原理

①狭义相对性原理——在所有的惯性系中物理定律的形式相同。各惯性系应该是等价的,不存在特殊的惯性系。即事物在每个惯性系中的规律应该是一样的。

②光速不变原理——根据迈克尔逊—莫雷实验引出在所有的惯性系里,真空中光速具有相同的值。光速与广泛的运动无关;光速与频率无关;往返平均光速与方向无关。

(三)狭义相对论运动学的核心——洛仑兹变换

有了这两个新的公理,则非常重要的洛仑兹变换关系就非常自然的推导出来了。讨论一个从 $t = 0, x = 0$ 发出的光子在 Σ 系和 Σ' 系(在 $t = 0$ 时 Σ' 系与 Σ 系重合,以后 Σ' 以 V 沿 X 轴方向运动)中的情况,根据:

①时空均匀性: $x = \gamma(x' + vt')$

②相对性原理: $x' = \gamma(x - vt)$

③光速不变原理: $x = ct, x' = ct'$

其中:时空均匀性条件不是新的原理,一个固定的物体放在空间任意位置无论何时长度是相同的这是非常直观的,由简单的推理可知均匀时空的坐标变换是线性的。因为若设: $x = ax'^2 + bt'$, 则任一瞬间($dt'=0$)测量一物体长度: $dx = 2ax'dx'$ 。可见对 Σ 系任意一个 dx 放在不同的 x' ,对 Σ 系来说是长度不同的,也即对 Σ 系空间是不均匀的这不符合直觉。因 Σ' 与 Σ 是等价的, Σ' 系变到 Σ 系有 $x = \gamma(x' + vt')$,则 Σ 系变到 Σ' 就一定有 $x' = \gamma(x - vt)$,可见相对性原理对不同的惯性系是公平的。最后由光速不变原理给出的两个关系,看起来费解,却有实验支持,我们联立以上 4 个方程并求解就立即可得到 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ 和洛伦兹变换:

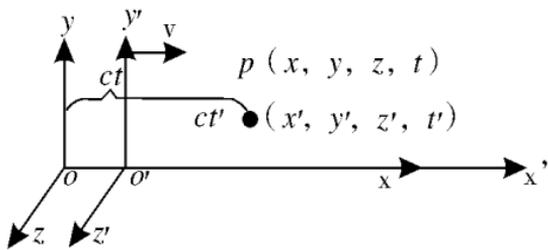


图 3-2 洛伦兹变换

Σ 系 \rightarrow Σ' 系

$$\begin{cases} x = \gamma(x' + vt') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma(t' + vx'/c^2) \end{cases}$$

Σ' 系 \rightarrow Σ 系

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma(t - vx/c^2) \end{cases}$$

洛伦兹变换统一了时空和运动,统一了高速世界和经典力学研究的低速情况。当 $v \ll c$ 时 $\gamma = 1$,即洛伦兹变换变成了伽利略变换。

(三)狭义相对论时空观

①同时的相对性:由 $\Delta t = \gamma(\Delta t' + v\Delta x'/c^2)$, $\Delta t' = 0$ 时,一般 $\Delta t \neq 0$ 。称 x'/c^2 为同时性因子。

②运动的钟变慢:由 $\Delta t = \gamma(\Delta t' + v\Delta x'/c^2)$, 因运动的钟在自己的参照系中 $\Delta x' = 0$, 则 $\Delta t = \gamma\Delta t' \geq \Delta t'$ 。

③运动的长度缩短:由 $\Delta x = \gamma(\Delta x' - v \cdot \Delta t)$, 因测量运动的长度时必须 $\Delta t = 0$, 则 $\Delta x = \gamma\Delta x' \geq \Delta x'$ 。常称 $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 为收缩因子,

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ 为膨胀因子。

(四)狭义相对论力学

(1)相对论质量

当 Σ 系中质量为 m_0 的 A 球以 V 沿 x 方向运动,相对 Σ 系以 V 运动的 Σ 系上有同样的球 B 以相对 Σ 系 $u_x' = -V$ 运动,两球相碰发生完全弹性碰撞,如图:

根据对 Σ 系由动量

守恒: $(m +$

$m_0)u_x = m\omega$, 对

Σ 系由动量守

恒: $(m + m_0)u_x'$

$= -m\omega$, 速度变

换式: $u_x' = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2}u_x}$

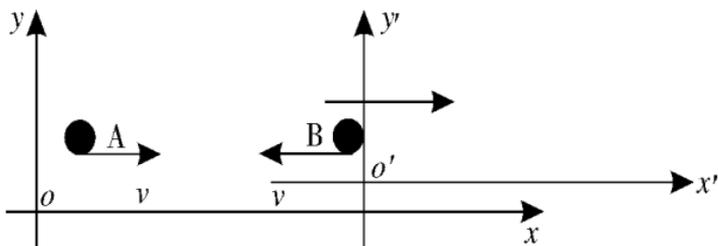


图 3-3 理想小球实验

解这几个方程就得到: $m = \gamma m_0$, 竟然速度 v 增加 (γ 增加) 质量

m 也要增加。

(2) 相对论质能关系

狭义相对论指明了质量与能量之间存在的内在联系,即建立起质能关系式 $E = mc^2$,当某物质的质量发生 Δm 的变化时,必然要伴随 ΔE 的能量变化,且 $\Delta E = \Delta mc^2$,反之亦然,这一公式奠定了利用原子能的基础。

(3) 相对论力学方程

在经典物理中,我们常常把牛顿定律写成 $\vec{F} = \vec{m}\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$,现

代物理证明这只在低速情况下近似成立,普遍的形式是 $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ 。

实际上这是力的定义式。力是物体整体运动状态变化的原因,用 P 来表示状态参量要比用 V 周全,因为 V 仅仅表示了物体相对运动因素,而 $P = mv$ 表示了物体整体作相对运动时运动的完整数量。

进一步了解狭义相对论,请登陆:

<http://ub1010.51.net/science/xiangduilun/4.htm>

<http://www.xytc.edu.cn/wulixi/1xkjs/lx/jckt/6.ppt>

【思考题】

1. 简述狭义相对论的两条基本原理。
2. 请根据洛仑兹变换试推论狭义相对论时空观。

第二节 广义相对论

学习知识要善于思考,思考,再思考,我就是靠这个方法成为科学家的。

——爱因斯坦(美国)

1915年爱因斯坦把狭义相对论原理推广到更一般的情况,即非惯性系中,利用黎曼几何处理弯曲四维空间,创立了广义相对论。

(一)广义相对论的两条基本原理

(1)等效原理——非惯性系与一个引力场等效

爱因斯坦创立狭义相对论,对牛顿经典力学作本质改造之后,就希望着手解决万有引力问题。他当时想把万有引力纳入狭义相对论的理论框架之中,但很快发现这是不可能的。因为万有引力是描述超距作用的,这与狭义相对论中的“任何相互作用传递是需要时间,即任何信号的传递速度总是有限的”是相矛盾的。1911年,爱因斯坦深入思考这个问题。爱因斯坦意识到加速与重力场的密切关系,在密封厢中的人,无法区分他自己对地板的压力是由于他处在地球的重力场中的结果,还是由于在无引力空间中他被火箭加速所造成的。于是他提出了引力与加速度等效原理。

所有的实验结果都得出同一结论,即惯性质量等于引力质量。

牛顿自己意识到这种质量的等同性是由某种他的理论不能够解释的原因引起的。但他认为这一结果是一种简单的巧合。与此相反,引力质量和惯性质量的等同性是爱因斯坦论据中的第三假设。

爱因斯坦一直在寻找“引力质量与惯性质量相等”的解释。他认

为:如果一个惯性系相对于一个伽利略系被均匀地加速,那么我们就可以通过引入相对于它的一个均匀引力场而认为该惯性系是静止的。日常经验验证了这一等同性:两个物体(一轻一重)会以相同的速度“下落”。然而重的物体受到的地球引力比轻的大。那么为什么它不会“落”得更快呢?因为它对加速度的抵抗更强。结果是,引力场中物体的加速度与其质量无关。伽利略是第一个注意到此现象的人。引力场中所有的物体“以同一速度下落”是(经典力学中)惯性质量和引力质量等同的结果。

(2)广义相对论原理——自然法则(物理学基本规律)在任何参考系中都是相同的

这是爱因斯坦的第四假设,是对第一假设的推广。爱因斯坦指出:“物理学定律必须具有这样的性质,它们对于以无论哪种方式运动着的参照系都是成立的。”^①也就是说,自然定律在一切参考系中也都应当是等价的,不存在任何特别的参考系。

(二)广义相对论的描述

1912年爱因斯坦意识到如果在真实几何中引入一些调整,重力与加速的等价关系就可以成立。爱因斯坦想像,如果三维空间加上第四维的时间所形成的空间—时间实体是弯曲的,那结果是怎样的呢?他的思想是,质量和能量将会造成时空的弯曲,这在某些方面或许已经被证明。像行星和苹果,物体将趋向直线运动,但是,他们的径迹看起来会被重力场弯曲,因为时空被重力场弯曲了。

1913年在他的朋友格卢斯曼的帮助下,爱因斯坦学习弯曲空间及表面的理论,即黎曼几何。这些抽象的理论,在黎曼(Riemann, 1826~1866年)将它们发展起来时,从未想到与真实世界会有联系。

^① 《纪念爱因斯坦文集》,上海:上海科技出版社,1979年版,第21页。

我们所认识的重力,只是时空是弯曲的事实的一种表述。

广义相对论提出了三个可检验的预言。第一个是水星的近日点的摄动,该现象指出,轨道上运动的行星在绕太阳运行时,每完成一个周期并非精确返回到空间的原来位置,而是稍稍有些前移。这一事实早在 19 世纪中叶就已发现,但经典的牛顿天体力学无法对摄动现象做出满意的解释。第二个预言是,光线在引力场中将发生偏转。按照这个说法,星光在经过太阳附近时,将受到太阳引力的影响而偏折。结果是恒星的机位将会有个变化。观测这一现象只有发生日全食时才能进行,否则太阳的强烈光线使地面上根本观测不到太阳附近的恒星光线(瑞士天文学家 M·施瓦兹柴尔德对这个现象做了详细的定量描述)。第三个预言通常被称为谱线“红移”,即恒星辐射总是背离我们而去。

第一次世界大战刚一结束,英国天文学家爱丁顿(A. S. Eddington, 1882~1944 年)立即在 1919 年组织了英国日食观测队,去检测星光经过日全食太阳时将发生偏转的预言。两支观测队分别出发,一个派往巴西的索布拉尔,另一个由爱丁顿率领来到西班牙所属圭亚那海岸附近的普林西比岛。观测结果与预言相符,立即震撼了全世界的科学家和公众。1968 年,沙皮罗设计的广义相对论的第四个验证“雷达波传播中的时间延迟”取得成功。它证实了广义相对论的预言是正确的。这个预言是说,由于光线在引力场中一般沿曲线传播与无引力场相比,其传播时间要慢。除了以上的验证外,1978 年泰勒等人通过对一颗射电脉冲双星轨道周期所作的多年观测,间接证实了引力波的存在。这也是对广义相对论的重要验证。

除了以上验证之外,2004 年 4 月,美国酝酿 45 年之久、耗资达 7 亿美元“引力探测器 B”卫星成功发射,其使命是以前所未有的精度对爱因斯坦 1916 年提出的广义相对论中的两项重要预测进行验证,具体说就是时间和空间不仅会因地球等大质量物体的存在弯曲,而

且大质量物体的旋转还会拖动周围时空结构而发生扭曲。这两项预测分别被称为“短程线效应”和“惯性系拖曳效应”。这是关系到整个宇宙学理论甚至全人类时空观念是否得经历一次根本性变革的非凡实验,结果如何,人们翘首期待!

(三)相对论在时空观上的突破

狭义相对论从根本上否定了以牛顿为代表的脱离运动的绝对时空观。狭义相对论里的钟慢效应和尺缩效应,表示时间、空间与物质的运动是不可分割的,随物质的运动状态而改变。狭义相对论里的同时性相对性和时空间隔不变性,则表明时间和空间有内在的联系,时空是一个统一体。广义相对论在否定绝对时空观方面又前进了一大步。爱因斯坦在广义相对论中指出:在引力场中,空间的性质不再服从欧几里得空间,而是服从弯曲的黎曼空间;空间的弯曲的程度取决于物质在空间中的分布状况,物质密度大的地方,引力场也大,空间的弯曲也较厉害,反之,亦成立。由此可见,广义相对论变为时空的性质不仅取决于物质的运动状态,而且取决于物质的分布状况,这与脱离物质分布的绝对时空观是决然不同的。这正如爱因斯坦所说:“从前大家相信,要是宇宙一切物质都消失了,那就留下了空间和时间。但是,根据相对论,物质消失了,时间和空间也就跟着一起消失了。”^①



图 3-4 “引力探测器 B”卫星

^① 转引自李思孟、宋子良主编《科学技术史》,武汉:华中科技大学出版社,2000年版,第282页。

进一步了解广义相对论,请登陆:

<http://www.bmd.8u8.com/llwl/xdl/xdl/001.htm>

【思考题】

1. 简述广义相对论的两条基本原理。
2. 相对论在时空观上有什么突破?

第三节 量子力学

我从不怕在年轻人面前暴露自己的愚蠢。

——玻尔(丹麦)

量子力学是反映微观粒子结构及其运动规律的科学。量子力学的诞生极大地推动着现代科学技术的发展,如原子能技术的开发、激光的问世、大规模集成电路的研制等,无一不是以量子理论为前提。同时,量子力学也对人们的哲学世界观产生着深远的影响。量子力学的创立是 20 世纪物理学革命的重要标志之一。

“量子”一词意指“一个量”或“一个离散的量”。在日常生活范围里,我们已经习惯于这样的概念,即:一个物体的性质,如它的大小、重量、颜色、温度、表面积以及运动,全都可以从一物体到另一物体以连续的方式变化着。例如,在各种形状、大小与颜色的苹果之间并无显著的等级。

然而,在原子范围内,事情是极不相同的。原子粒子的性质,如它们的运动、能量和自旋,并不总是显示出类似的连续变化,而是可以相差一些离散的量。经典牛顿力学的一个假设是:物质的性质是可以连续变化的。当物理学家们发现这个观念在原子范围内失效时,他们不得不设计一种全新的力学体系——量子力学,以说明标志

物质的原子特征的团粒性。

量子力学是研究微观粒子的运动规律的物理学分支学科,它主要研究原子、分子、凝聚态物质,以及原子核和基本粒子的结构、性质的基础理论,它与相对论一起构成了现代物理学的理论基础。量子力学不仅是近代物理学的基础理论之一,而且在化学等有关学科和许多现代技术中也得到了广泛的应用。量子力学是在旧量子论的基础上发展起来的。旧量子论包括普朗克的量子假说、爱因斯坦的光量子理论和玻尔的原子理论。

(一)紫外灾难和能量子假说

在 19 世纪中叶,有一些物理学家开始关注热辐射问题,由于各种物体辐射的能量按波长的分布不仅与物体的温度有关,而且也与物体表面材料的性质有关,为简化问题的处理,德国物理学家基尔霍夫(G. R. Kirchhoff, 1824~1887 年)提出用绝对黑体(简称黑体)作为研究热辐射的理想化对象。

实验物理学家研究了作为温度函数的“黑体”辐射的光谱分布。理论物理学家则寻求给观察到的分布定律以一个理论公式。经过许多努力,德国物理学家维恩(W. Wien, 1864~1928 年)导出了一个在高频段与实验相符合的公式——维恩公式。后来,德国的瑞利(J. W. S. Rayleigh, 1842~1919 年)、金斯(J. H. Jeans, 1877~1946 年)根据经典电动力学和统计物理学中的“能量均分原理”又得到一个在低频段与实验相符的瑞利—金斯公式。而这两个公式在紫外线这一端出现了求出的能量密度为无限大的完全不符合实验的荒谬结论,即物理学晴朗天空中漂流的另一朵乌云——“紫外灾难”。

1900 年,德国长期从事热力学研究的物理学家普朗克(M. K. E. L. Planck, 1858~1947 年)通过揣测和凑合实验数据的办法,得到了一个在高频段和低频段都与实验相符合的黑体辐射公式。为了给

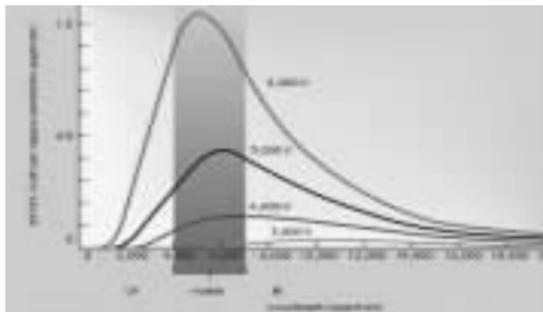


图 3-5 “黑体”辐射的光谱分布

他的公式找到一个理论根据,他大胆地提出了一个违背经典理论的假设——能量子假设。假定电磁场和物质交换能量是以间断的形式(能量子)实现的,能量子的大小同辐射频率成正比,即: $E = h\nu$ (h 为普朗常量, h 称为频率为 ν 的能量子),成功地解释了黑体辐射。

根据这一假设,再运用经典的统计理论和电磁理论,便导出普朗克黑体辐射公式:

$$\Psi_{\nu} = \frac{8\pi\nu^2 d\nu}{c^3} \frac{x}{e^x - 1}, x = \frac{h\nu}{kT}$$

(二)光电效应的光子解释

光电效应就是某些金属被光照射后放出电子的现象。1902年,德国物理学家勒纳德从实验中总结出了光电效应的规律:当照射光的频率高于一定值时,才能有电子逸出表面;逸出表面的能量随光的频率增加而增加,与光的强度无关;光的强度只决定单位时间内被打出的电子数目。这个经验规律用经典的光的波动理论根本无法解释。1905年,爱因斯坦引进光量子(光子)的概念,并给出了光子的能量、动量与辐射的频率和波长的关系,成功地解释了光电效应。其后,他又提出固体的振动能量也是量子化的,从而解释了低温下固体比热问题。爱因斯坦认为,光的能量并不是连续分布的,而是由一些

能量(即光量子)所组成。当一个光量子与电子碰撞时,会把它的全部能量转化为电子的动能,而只有当电子所获得的动能大于它所在金属原子束缚它的能量时,它才能以一定的动能离开金属表面,形成光电子。

康普顿(A. H. Compton, 1892~1962年)从1918年起从事X射线散射实验,令人信服地证明光子不仅有能量而且有动量,并且光子与微观粒子的作用服从能量守恒和动量定律。

(三)原子的量子性发现

1913年,玻尔(R. Bohr, 1885~1962年)在卢瑟福(E. Rutherford, 1871~1937年)有核原子模型的基础上建立起原子的量子理论。按照这个理论,原子中的电子只能在分立的轨道上运动,原子具有确定的能量,它所处的这种状态叫“定态”,而且原子只有从一个定态到另一个定态,才能吸收或辐射能量,频率为:

$$\nu = \frac{|E_n - E_m|}{h}$$

这个公式很好地解释了氢原子光谱。然而这个理论虽然有许多成功之处,但它只能用于氢原子,对于带两个电子的普通的氦原子却困难重重。

(四)德布罗意的波粒二象性理论

德布罗意的物质波理论在人们认识到光具有波动和微粒的二象性之后,为了解释一些经典理论无法解释的现象,法国物理学家德布罗意(L. V. deBroglie, 1892~1987年)于1924年提出微观粒子具有



图 3-6 玻尔

波粒二象性的假说。德布罗意认为:正如光具有波粒二象性一样,实体的微粒(如电子、原子等)也具有这种性质,即既具有粒子性也具有波动性。他提出了物质波理论,预言电子波的衍射,这一假说不久就为实验所证实,因此获 1929 年诺贝尔物理学奖。1927 年,戴维孙和汤姆逊发现了晶体对电子的衍射和电子照射晶体的干涉现象,证实了德布罗意的预言,因而获 1937 年诺贝尔物理学奖。

(五)量子力学的建立



图 3-7 海森堡



图 3-8 德布罗意



图 3-9 玻恩



图 3-10 薛定谔

由于微观粒子具有波粒二象性,微观粒子所遵循的运动规律就不同于宏观物体的运动规律,因此需要建立一套新的力学体系。旧量子论对经典物理理论加以某种人为的修正或附加条件以便解释微观领域中的一些现象。由于,人们在寻找微观领域的规律时,从两条不同的道路建立了量子力学。一种是德国年轻物理学家海森堡(W. K. Heisenberg, 1901~1976年)于1925年大胆抛弃了玻尔的电子轨道的概念及其他有关的不可观察的经典运动学的量,采用跃迁几率这类可以观测的量,借助于数学中的矩阵方法,建立了一种新的力学——矩阵力学,后来这个理论由玻恩(M. Born, 1882~1970年)、海森堡等进一步完善,并被命名为矩阵力学。另一种就是薛定谔(E. Schroedinger, 1887~1961年)在受到德布罗意把波同自由运动的粒子联系起来的假说的启发下经过努力于1926年创立了波动力学,并证明了矩阵力学和波动力学的等价性。

量子力学建立以后,1926年,玻恩等人提出了波函数的概率解释;1927年,海森堡发现不确定性原理或称测不准关系,即微观粒子位置的测量误差和它动量的测量误差的乘积大于或等于普朗克常数的一半。它表明微观客体的位置和动量不能同时精确地测量。同时,能量和时间也存在内似的关系。同年,玻尔提出了量子力学的互补原理,他认为波动和粒子是描述两种宏观现象的经典概念,二者在宏观上不能相容,是相互矛盾的,但任何一个单独的概念又都不足以完整地描述同一个微观现象,必须将这两种概念的描述结合在一起才能描述同一个微观现象,必须将这两个概念的描述结合在一起才能勾画出所描述微观现象的统一图景,即二者互相排斥,但又相互补充。英国物理学家狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902~1984年)得出相对论波动方程;后来又有奥地利的泡利(W. Pauli, 1900~1958年)提出不相容原理等,从而进一步使量子力学发展成为比较完善的理论体系。

进一步了解量子力学,请登陆:

<http://www.cpus.gov.cn/kpwd/default.htm>

【思考题】

1. 量子力学体系是怎样建立起来的?
2. 什么是测不准关系和互补原理?
3. 量子力学对经典决定论造成了哪些冲击?

第四节 现代物理学的新进展

人只有献身社会,才能找出那实际上是短暂而有风险的生命的意义。

——爱因斯坦(美国)

20世纪30年代以来,继相对论和量子力学的创立之后,现代物理学取得了一系列新的成就。原子核物理学、粒子物理学、凝聚态物理学等学科先后发展起来,形成了现代物理学空前发展的新局面。

(一)原子核物理学

原子核物理学是研究原子核的结构性质和变化规律的学科。

19世纪末,电子和元素天然放射性的发射,打破了原子核不可分的经典物理学观念,它使人们认识到原子核还是有内部结构的。20世纪开始,人们就不断探索原子核内部结构,提出了各种原子结构模型。1934年,美籍意大利物理学家费米(E. Fermi, 1847~1897年)等人首先发现了重核裂变现象。核裂变又使科学家们找到了实现链式反应的可能性。所谓链式反应就是当中子轰击铀核使核发生

分裂时,又有新的中子产生从而再轰击别的铀核,使这一反应像链条一样一环扣一环持续下去。随着规模的越来越大,出现雪崩式的核爆炸,它会产生几百万度高温,几十万个大气压的压力。原子弹便是基于这一原理制成的。

铀核裂变的发现和链式反应的实现,揭开了原子能时代的序幕,标志着原子核物理学进入了一个新的发展阶段。后来科学家们又发现比重核裂变释放大几十倍的轻核聚变,使人类获得了利用核能的一条更远大前景的途径。



图 3-11 费米

(二)物质的微观探索

在宇宙线研究和高能加速器实验研究中,科学家发现了数以百计的不同种类的粒子。除质子、中子、电子之外,还有中微子、正电子,其他粒子的反粒子以及介子、超子等等。现代物理学把比原子核更小的粒子统称为基本粒子。其中“基本”只是相对而言的,并不是指不可分的物质的最后组合。基本粒子按照其质量、寿命、自旋以及参与的相互作用等性质,可分为轻子、强子,以及相互作用的传递子等。这些基本粒子所组成的基本粒子的世界中存在着四种相互作用,即引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用。引力作用在微观世界中太弱因此可以不考虑。

①引力相互作用——媒介粒子:引力子/强度:最弱/作用距离:长

②电磁相互作用——媒介粒子:光子/强度:强/作用距离:长

③强相互作用——媒介粒子:胶子和介子/强度:最强/作用距离:短

④弱相互作用——媒介粒子：中间玻色子/强度：较弱/作用距离：短

基本粒子如此之多，难道它们真的都是最基本、不可分的吗？近40年来大量实验事实表明至少强子是有内部结构的。

1964年美国物理学家盖尔曼(Gellmann, 1929~)提出了“夸克模型”。认为所有强子都是由带分数电荷且具有一定对称性质的上夸克、下夸克、奇异夸克和它们的反夸克所组成。原子是由原子核和电子构成的，原子核是由质子和中子构成的，质子和中子是由什么构成的呢？这的确是轮中之轮！“夸克”一词原指一



图 3-12 盖尔曼

种德国奶酪或海鸥的叫声。盖尔曼当初提出这个模型时，并不企求能被物理学家承认，因而它就用了这个幽默的词。强子是由夸克构成的。古希腊人认为，一切物质都是由为数不多的基本粒子（即他们所谓的“原子”）构成。这一思想在现在已被证明是错误的。基本粒子是否就是夸克？它们还能继续再分下去吗？

随着粒子物理学的发展，人们对物质结构的认识不断深入。20世纪70年代末80年代初，在粒子物理的理论探索中，有许多工作者探讨夸克和轻子的内部结构，并提出了各种可能的“亚夸克”模型。目前，人们对基本粒子的研究仍在继续。

(三)凝聚态物理学

凝聚态通常指固态和液态，这两种物质中的原子（或分子）之间有很强的内聚力。凝聚态物理学是研究凝聚态物质的微观结构、微观运动及其物理性质的学科。凝聚态物理学目前已形成的分支有金属物理学、半导体物理学、电介质物理学、磁学、低温物理学、高压物

理学、发光学、晶体学、红外线物理学等。此外还有一些新兴的活跃领域,如表层物理学、液晶、有机固体和高分子物理学,矿物物理学等。

(四)当代的场理论

从物质间的相互作用是由场(场或量子)来传递的观念出发,统一地描述和揭示基本相互作用的共同本质和内在联系,以建立相应的统一场理论,也是物理学研究的一个重要课题。

迄今为止,科学家将人类所认识到的各种物理现象所表现的相互作用归结为前面所说的四种基本相互作用。当代的场理论主要包括电弱统一理论、大统一理论和超弦理论。

进一步了解当代物理学的进展情况,请登陆:

<http://zjyx.hpe.cn/Basic/EBookLib/KPTS/TS009032/>

【思考题】

- 1 基本粒子之间存在着哪四种相互作用?
- 2 夸克理论的基本观点是什么?
- 3 什么为凝聚态物理学?量子场认为物质存在的基本形态是什么?

第四章 现代数学

19 世纪后期,由于科学技术的领域发生了一系列革命性的重大事件,促使现代数学飞速发展,取得了一系列重大成果。较之近代数学,现代数学更加抽象、复杂,应用范围愈来愈广,尤其是与计算机紧密结合,产生了一系列新的分支。由于现代数学内容广泛,体系庞杂,本章主要就现代数学的特点及发展、现代数学的主要新分支等内容作了简要的概括和介绍。

第一节 现代数学的特点及进展

数学毕竟是人类思想独立经验之外的产物,它怎么会如此美妙的适应于各种现实目的呢?

——爱因斯坦(美国)

19 世纪以来,纯粹数学出现了集合论、非欧几何、拓扑学、泛函分析、抽象代数、数理逻辑等一系列新的分支学科;应用数学增加了优选法、规划论、对策论、可靠性理论等运筹类学科;19 世纪末到 20 世纪初集合论悖论的发现,导致了数学基础问题研究的展开;伴随电子计算机的出现,计算数学从应用数学中独立出来;到 20 世纪 60 年代,又出现了模糊数学、突变理论和非标准分等新的数学理论。

(一)现代数学的主要特征

(1)纯粹数学更加抽象和深刻,分支增多且相互渗透

纯粹数学主要研究数学自身的规律、内在联系和数学理论的公理化、系统化和形式化等问题。主要分支有几何、代数和分析。其特点是具有高度的抽象性。19世纪以来,人们对纯粹数学进行进一步的抽象,形成了现代纯粹数学的三个主要分支:拓扑学、抽象代数和泛函分析。一方面,它们相互独立,有着各自的领域;另一方面,它们又相互渗透,互相借鉴,交错发展,产生了许多边缘学科。

(2)数学的应用更加广泛和深入

20世纪以来,数学的应用发展很快,不仅概率论、运筹学等应用数学有广泛的市场,而且许多极其抽象的数学理论也找到了它的用武之地。数学向其他科学领域渗透从而产生一些边缘学科,是数学的应用向更高阶段发展的标志。生物数学、经济数学等边缘学科,已不再是一些数值解法的简单应用,而是应用数学工具探求有关学科的某些规律。

(3)以集合论为基础,以结构为研究对象,重视数学基础研究,探索数学哲学问题

20世纪初,集合论的思想方法运用到纯数学的各个部门,而且广泛应用到其他自然科学领域,特别是物理学之中。奉行结构主义观点的法国布尔巴基学派把现代数学定义为研究结构的学科,犹如古代数学主要研究常量,近代数学主要研究变量一样。他们认为,全部数学基于三种结构,即代数结构、序结构和拓扑结构。同时,以1902年的“罗素悖论”为切入点,不同的数学家接受了数学历史上的不同数学思想和数学哲学观点,并由此产生了研究数学基础的不同学派,各自提出了不同的数学观点和改造数学的方案。

(4)数学和计算机结下了不解之缘

电子计算机的发展为数学的运用和发展开拓了新的场所。首

先,电子计算机可以承担一些繁杂的计算任务,把人从繁琐的计算任务中解脱出来,数学在国民经济、科学技术各领域发挥更重大的作用。其次,电子计算机成了数研究的有力工具,例如美国数学家阿佩尔(K. Appel)与哈肯(H. Haken, 1928~)在美国伊利斯大学的两台不同计算机上用了 1200 多小时,终于了完成“四色问题”的证明。最后,电子计算机的发展,使计算数学走向成熟,并从应用数学中独立出来。

(二)纯粹数学的若干进展

(1)拓扑学

拓扑学形成于 19 世纪,起初叫形势分析学。1851 年,德国数学家黎曼在研究复变函数时认为,要研究函数和积分,就必须研究形势分析学(即图形的性质、纽结与嵌入等方面的问题),拓扑学的系统研究从此开始。现在已发展成为组合拓扑、分析拓扑和点集拓扑



图 4-1 黎曼

在内的现代数学理论,同时在泛函分析、群论、微分方程等数学分支中有广泛的应用。拓扑学用代数的方法研究几何图形在拓扑变换下保持不变的性质,即几何图形在弯曲、变形、拉大、缩小或任意变形下仍然保留的性质,而且在这种变化过程中原来不在一起的点不能粘在一起,原来在一起的点也不能断开而产生新的点。也就是说,在原来图形上的点与变换了的图形上的点之间存在着——对应关系,并且邻近的点仍为邻近的点。拓扑变换就是指几何图形在空间中一种连续的变形,同时变形中还要满足一定的条件。几何图形在拓扑变换下保持不变的性质称为拓扑性质。

(2)抽象代数

现代抽象代数开端的标志是德国女数学家诺特(E. Noether,

1882~1935年)在1921年发表的《环中的理想论》。抽象代数也称为近世代数,包括群论、环论和域论等分支。

群论是最早提出的抽象代数分支,产生于人们对五次以上代数方程求解问题的讨论过程中。群可以看作是一类对象的集合,这些对象之间存在着类似于通常加法或乘法那样的关系。它要满足以下条件:①具有封闭性。集合中任意两个元素的乘积仍属于该集合。②满足结合律。对于集合中的任意三个元素 a, b, c 满足结合律 $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$ 。③存在单位元素 e ,使对该集合中任意元素 a ,有 $e \cdot a = a \cdot e = a$ 。④存在逆元素。对于集合中任意元素 a ,存在逆元素 a^{-1} ,使得 $a \cdot a^{-1} = a^{-1} \cdot a = e$ 。群论是建立在群概念基础上的数学分支。群论的主题之一是寻找群的生成子,使得该群中的每一个元素都有可以表示这些生成子及其逆的方幂的乘积。此外,还研究如何将复杂的群分解单群,以及一切单群的种类,从而弄清所有群的结构问题。把群论的基本原理同运动的具体对称性相结合,就成为研究物质微粒的一种有力工具。现在,群论已有效地应用于物理学、化学、结晶学等到学科中。

环论是建立在环概念基础上数学分支。环也可以看成一类对象的组合,不过这些对象之间都存在着两种运算关系。域论是建立在域概念基础上的数学分支。域有时叫做体,它是个特殊的环。

除了这几个概念之外,还有模、代数、格以及范代数、同调代数、范畴等。

(3) 泛函分析

泛函分析起源于对变分法的研究和积分方程的研究,同时得益于非欧几何对空间的推广。这时,数学中“空间”是指由某种对象所构成的集合,维是指构成这种空间基本元素的个数。无限空间是 N 维空间一种推广。关于泛函的抽象理论是在19世纪初首先由意大利数学家伏尔泰(V. Volterra, 1860~1940年)和法国数学家阿达玛

(J. Hadamard, 1865~1963 年) 在研究中开创的。“泛函”一词由阿达玛在 1903 年首先采用, 伏尔泰称之为线函数, 即曲线的函数。

泛函数概念的形成是泛函分析的关键。数学家冯·诺依曼通过对希尔伯特空间上对称算子的研究, 确立了算子理论。

研究无限维线性空间的泛函分析和算子理论, 就产生了一门新的分析数学——泛函分析。其特点是它不但把古典分析的基本概念一般化了, 而且把这些概念和方法几何化了。

泛函分析是研究现代物理学的一个有力工具。连续介质力学、量子力学等都属于无限自由度系统, 对于这些系统只能用无限的空间的几何学和分析学研究, 而这正是泛函分析的基本内容。泛函分析在数学物理方程、概率论、计算数学以及工程技术上也有广泛的应用。

进一步了解数学史上的“四色难题”, 请登陆:

<http://www.ikepu.com/index.htm>

进一步了解拓扑学, 请登陆:

<http://www.nhyz.org/lj/tuopuxue.htm>

【思考题】

1. 现代数学的主要特征有哪些?
2. 现代数学新的三大基础分支是什么?
3. 作为群的集合要满足什么条件?

第二节 现代数学的新分支

数学——科学的皇后；算术——数学的皇后。

——高斯(德国)

20世纪60年代以来,逻辑问题、模糊事件、突变现象等一些影响深远的数学思想及数学研究对象受到广泛重视。随着数学自身的发展,自然科学、技术科学以及人文社会科学数学化趋势的出现,当代数学的新理论和新分支应运而生。其中,以模糊数学、突变理论、非标准分析和分数维几何学等为代表。

(一)模糊数学

在自然界社会生活领域中,存在着大量不精确、非定量的模糊性事物和现象。例如:“比较年轻”、“妙极了”、“她不是很漂亮”,这些反映在人们的思维中,便形成了一些没有明确的内涵和外延的模糊性概念。人们还可根据经验,运用模糊概念来判断和推理。但是在数学中却没有相应的理论和方法。人工智能研究对这种数学理论的创立提出了更迫切的要求。

1965年,美国加利福尼亚大学自动控制专家L·A·查德(L. A. Zadeh, 1921~)首次提出了“模糊集合”的概念。模糊集合概念主要是把某个元素是不是属于某个集合变成某个元素在什么样程度上属于某个集合,来自对经典集合概念的修改和推广。在“模糊集合”上逐步建立运算和变换规律,开展有关的理论研究,就有可能构造研究现实世界中的大量模糊现象的数学模型,能够对看来相当复杂的模糊系统进行定量的描述和处理。模糊数学的研究可分为三个方

面：一是研究模糊数学的理论，以及它和精确数、统计数学的关系；二是研究模糊语言学和模糊逻辑；三是研究模糊数学的应用。有了模糊数学之后，过去精确数学、统计数学描述现实世界感到不足的地方就得到了弥补。目前已形成的模糊数学的分支有：模糊积分、模糊泛函、模糊拓扑、模糊图论、模糊群论、模糊环论、模糊概率、模糊逻辑等。模糊数学已初步运用到自动控制、模式识别、系统理论、信息检索、社会科学、心理学和生物学等方面。

(二) 突变理论

自然界中连续且平滑的运动变化问题可用积分方法解决，例如，地球绕太阳旋转有规律地、周而复始地连续不断进行，但是当遇到突变问题时，由于飞跃造成的连续性把系统的行为空间变为不可微，就使得微积分无济于事，例如：水突然沸腾，火山突然爆发，病人突然死亡等。要解决这个问题，必须建立新的数学理论，即能够用来描述各种飞跃和不连续过程的突变理论，这种理论已由法国数学家勒内·托姆(René. Thom, 1923~)于1972年创立。他在《结构稳定性和形态发生学》一书中系统地阐明了突变理论的内容，宣告了突变理论的诞生。

突变理论主要以拓扑学、奇点理论为工具，通过对稳定性和形态结构的研究，提出一系列数学模型，用以解释自然界社会现象中所发生的不连续的变化过程。托姆提出了发生在三维空间和一维时间的四个因子控制下的七种突变类型：折叠型、尖顶型、燕尾型、蝴蝶型、双曲脐型、椭圆脐型和抛物脐型。以上几种类型都可以用相应的几何图形来表示。

突变理论已用于工程技术、物理学、生物学、医学等方面。另外，它用形象而精确的数学模型来把握质量互变过程，引起了国际学术界的热烈讨论。英国数学家奇曼教授称突变理论是“数学界的一项

智力革命——微积分以后最重要的发现”。

(三)非标准分析

标准分析也称数学分析或古典分析,它的主要内容是微积分。牛顿和莱布尼茨在创立微积分时使用了无穷小量分析方法,但由于无穷小量的概念不明确,使微积分的理论基础不严格。后来,柯西(A. L. Cauchy, 1789~1857年)等人用极限方法代替无穷小量分析方法,把微积分的理论基础严格化。1961年,美国数理逻辑学家 A·鲁滨逊用数理逻辑方法和无穷小量方法刻画微积分的理论基础,使微积分理论不必使用极限方法就有了牢固的基石。鲁滨逊所创立的这种理论称为非标准分析。非标准分析把无穷小看成是一种特殊的数,它只能放在扩充了的实数系即超实数系里。这样就导致了如下结论:点是有内容结构的,点是连续与间断的统一体。非标准分析也有许多应用,它已运用到函数空间、概率论、流体力学、量子力学和理论物理学等。

(四)分数维几何学

自然界有许多复杂的无规则事物,具有自相似的“层次结构”,理想情况下它甚至是无穷多层次,适当地放大或缩小几何尺寸,整体结构不会改变。例如:连绵的山峰,蜿蜒的河流,曲折的海岸线等。另外,有些客观事物有它自己的特征长度,要用恰当的尺去测量,还有许多事物没有特征尺度,必须同时考虑从小到大的许许多多的尺度,这是“无标度性”的问题,例如:物理学中的湍流,流体宏观运动的能量,涉及到大量不同尺度上的运动状态,这就要借助于“无标度性”解决问题;湍流中高漩涡区域,需要用分数维几何学。因此,分数维几何学,又称分形几何学,它是研究无规则现象的数学工具。美籍法国数学家曼德尔布罗特(B. B. Mandelbrot, 1924~)精通数学和计算

机,在继承前辈研究成果的基础上,于1975、1977和1982年先后用法文和英文出版三本书,特别是《分形——形、机遇和维数》,以及《自然界中的分形几何学》,开创了分数维几何学新学科。

进一步了解分形几何的有关内容,请登陆:

<http://www.mathsedu.net/luo/mei/fxwz/no4.htm>

<http://www.yzinfo.gov.cn/kxpj/kpzs-22.12.asp>

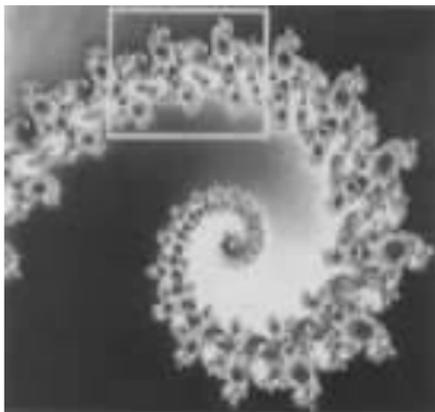


图 4-2 湍流

【思考题】

1. 模糊集合概念与经典集合概念有什么联系?
2. 突变理论可以描述什么样的变化过程?

第五章 现代化学和生物学

20 世纪以来,物理学的许多理论与方法应用到化学研究中,化学与物理学、生物学等相互渗透,形成了一些交叉学科,化学的发展进入了新阶段。元素周期率、价键理论、量子化学等取了重大突破。同时,生物进化理论也取得了重大进展,诞生了分子生物学、生态学等生物学分支。

第一节 现代化学概述

攻克科学堡垒,就像打仗一样,总会有人牺牲,有人受伤,我要为科学而献身。

——罗蒙诺索夫(前苏联)

化学是一门重要的基础学科,它主要研究物质的组成、结构和性质;物质在各种不同聚集下、在分子与原子水平上的变化和反应规律及其结构和各种性质之间的关系;物质在变化和反应过程中的结构变化、能量关系和各种性质的影响;根据物质的组成、结构与性质之间的关系,如何合成出各种需要的化学的物质。化学来源于炼金术和化学工艺,开始于 17 世纪英国的波义耳。

(一)化学史上的三次重大突破

第一次是 1808 年英国化学家道尔顿提出原子学说,合理地解释

了当时的一些化学现象和规律,精确地阐明了化学变化是原子间的化合与分解,从此结束了化学的神秘性。不同元素代表不同原子;分子是由原子在空间按一定方式或结构结合而成的;分子的结构直接决定其性能;分子进一步聚集成物体。

第二次是 1869 年俄国化学家门捷列夫在总结前人经验的基础上,找到了物质之间相互变化的内在联系和规律,发现了著名的化学元素周期律,从而预示新元素的发现,指导化学理论和实验等研究工作的进展。

第三次大突破是化学键理论的研究。1916 年德国化学家柯赛尔(A. Kossel, 1888~1956 年)和美国化学家路易斯(G. N. Lewis, 1875~1946 年)创立了经典的电价理论和共价理论。从 1927 年量子力学应用于化学开始化学键理论发展很快,已建立起比较完整的体系,成为化学的重要基础理论——现代化学键理论。它将揭示物质的性质和结构之间的本质联系,为研制新材料,探索新能源,研究生命现象,模拟生命体内的化学变化等各方面提供充实的理论依据。美国杰出的化学家两次获得诺贝尔奖的鲍林(L. C. Pauling, 1901~1994 年)指出:“化学键理论是化学家手中的金钥匙”。

(二)现代化学的主要分支

现代化学通过研究电子在分子、原子中的分布和运动规律,更深刻地提示了物质的性质和化学变化,导致了一系列新兴分支学科和边缘学科的形成。主要有四个分支,它们是无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。

(1)无机化学

18 世纪 70 年代,瑞典化学家舍勒(C. W. Scheele, 1742~1786 年)和英国化学家普里斯列(J. Priestley, 1733~1804 年)分别发现并制得了氧气;法国化学家年拉瓦锡最早用天平作为研究化学的工具,

1774 年提出元素概念推翻了燃素学说;1748 年俄国物理学家、化学家罗蒙诺索夫(M. Lomonosov, 1711~1765 年)建立了质量守恒定律。

道尔顿于 1803 年提出原子学说,指出:

- ①化学元素由微小的不可分、不生不灭的原子组成。
- ②不同原子属性不同,其质量是特征性质。
- ③不同元素的原子以简单比例结合形成“复杂原子”,其质量为所含各原子质量之和。

1811 年意大利科学家阿佛加德罗提出了分子的概念。在 0°C 、压强为 760mmHg 时,1 摩尔任何气体的体积都接近于 22.4 升,人们由此换算出:1 摩尔任何物质都含有 6.02205×10^{23} 个分子,这一常数被人们命名为阿佛加德罗常数。

1869 年 2 月,俄国化学家门捷列夫将当时已发现的 63 种元素列成元素周期表,并留下一些空格,预示着这些元素的性质。在元素周期表的指导下,人们“按图索骥”找出了这些元素。元素周期律的发现,把原来认为是彼此孤立的各种元素的大量知识综合起来,形成统一的体系,奠定了现代化学的基础。

化学元素符号的首倡者为贝采里乌斯(J. J. Berzelius, 1779~1848 年)他提出,用化学元素的拉丁文名表示元素。如果第一个字母相同,就用前两个字母加以区别。例如:Na 与 Ne、Ca 与 Cd、Au 与 Al……

(2) 有机化学

有机化学是研究有机化合物(碳氢化合物及其衍生物)的科学。

贝采里乌斯还是“电化二元论”的提出者。他发现了“同分异构”现象并首先提出了“催化”概念。他首先使



图 5-1 贝采里乌斯

用“有机化学”概念并认为他的“电化二元论”对有机化合物也适用。有机化学之父当是德国的李比希(L. V. Liebig, 1803~1873年),他创立了有机基团理论和有机酸理论。1828年德国化学家维勒用蒸发氰酸铵溶液制得尿素,第一次证明有机物可用普通的无机物制得。1834年法国杜马(J. B. A. Dumas, 1800~1884年)建立了取代反应理论。1874年荷兰范德霍夫(J. H. Van'tHoff, 1852~1911年)和勒贝尔同时分别提出碳原子的四面体构型学说。1890年德国化学家凯库勒(V. S. A. Kekule, 1829~1896年)提出了苯分子的结构式。

(3) 分析化学

分析化学是研究物质化学组成的分析方法及有关理论。按其分析对象可分为有机分析和无机分析。按其测定原理和操作方法的的不同可分为化学分析和仪器分析两大类。化学分析包括重量分析和容量分析。仪器分析包括光谱分析法、原子吸收分光光度法、分子吸收分光光度法、荧光分析法、电化学分析法及色谱分析法。

海德尔堡大学化学教授本生是(R. W. Bunsen, 1811~1899年)一位杰出的化学分析专家。他完成了好多种伟大的发现,发明过好多种有价值的仪器和试验装置。本生最大的发现,乃是他“发现”了基尔霍夫。本生和基尔霍夫认为,光谱分析法能够测定天体和地球上物质的化学组成,还能够用来发现地壳中含量非常少的新元素。他们首先分析了当时已知元素的光谱,给各种元素做了光谱档案。这就像人的指纹,各不相同。



图 5-2 本生

(4) 物理化学

物理化学是从化学和物理学的联系入手研究化学变化的学科。化学和物理学的联系,如果把拉瓦锡时代算做第一期,本生时代

列为第二期的话,那么到范德霍夫时代则可以说是第三期的开始。到第三期时,物理化学已经具备了科学体系。

奥斯特瓦尔德和范德霍夫应该共享物理化学创建者的荣誉。1887年出版了经典式标准教科书并创办了专业刊物《物理化学杂志》。所谓经典式标准教科书是指奥斯特瓦尔德撰写的《化学总论教科书》,是由上、下两卷(后改订为三卷)组成的巨著,上卷是关于化学量的理论,下卷是关于亲和力的理论。这是一部系统地概括了过去的有关成果,指出了物理化学的研究方法和范围,以及将来的发展方向的标准著作。范德霍夫在阿姆斯特丹建立了学派,奥斯特瓦尔德在莱比锡培养了大批专家,双方并列为这门新兴科学的两大中心,可以认为是这个时代的创举。

物理化学有四个分支。

①化学热力学:主要研究物质系统在各种条件的物理和化学变化中所伴随的能量变化,从而对化学反应的方向和进行的程度作出判断。美国吉布斯引出了化学势概念,导出了相平衡的基本定律。1888年法国化学家勒沙特列提出了化学平衡移动原理。

②量子化学:主要是研究分子中有关化学键的问题,根据量子力学的基本方程——薛定谔方程,来计算分子内电子的运动规律。

③化学动力学:研究浓度、压力、温度、催化剂等对反应速率的影响。

④结构化学:研究晶体和其他化学物质的结构及各种化学物质的结构与性能的关系。

进一步了解现代化学的内容,请登陆:

<http://www.ikepu.com/chemistry/chemistry-index.htm>

【思考题】

1. 化学发展过程中的几次重大突破是什么?
2. 物理化学有哪几个分支?

第二节 现代化学的发展

什么是天才？终身勤奋，便成天才。

——门捷列夫(俄国)

现代化学通过研究电子在分子、原子中的分布和运动规律，更深刻地揭示了物质的性质和化学变化，导致了一系列新兴分支和边缘学科的形成。

(一)现代无机化学的发展

(1)生物无机化学

是在分子能级、乃至量子能级水平上研究与生命有关的元素，尤其是那些与生命相关的金属元素及其配位物的化学键、几何结构、电子云的分布状态和生物效应。

(2)有机金属化学

研究金属元素与碳键形成的有机金属化合物。进展主要有二茂铁的合成，硼氢化合物和齐格勒——纳塔催化剂(用于石油化工)的发现。

(3)无机固体化学

这是化学和物理学结合的新兴领域。由于现代高新技术的发展需要特殊性能的固体材料作基础，这些材料具有耐高温、耐腐蚀、耐老化、高强度、高韧性等性能，还要有耐高温的光、电、声、磁、热等性质，而这些材料大多为无机物质。无机固体化学就是研究它们的制备过程，包括扩散、烧结、热压、高温冶炼中的变化和控制机理以及晶体生长、固体腐蚀、氧化、电化学过程；同时还研究固体中原子、电子

和晶格的运动、缺陷和杂质影响等物理过程。

(二)现代分析化学的发展

分析化学学科的发展经历了三次巨大变革:第一次是随着分析化学基础理论,特别是物理化学的基本概念(如溶液理论)的发展,使分析化学从一种技术演变成为一门科学,第二次变革是由于物理学和电子学的发展,改变了经典的以化学分析为主的局面,使仪器分析获得蓬勃发展。目前,分析化学正处在第三次变革时期,生命科学、环境科学、新材料科学发展的要求,生物学、信息科学、计算机技术的引入,使分析化学进入了一个崭新的境界。第三次变革的基本特点:从采用的手段看,现代分析化学是在综合光、电、热、声和磁等现象的基础上进一步采用数学、计算机科学及生物学等学科的新成就对物质进行纵深分析的科学;从解决的任务看,现代分析化学已发展成为获取形形色色物质尽可能全面的信息、进一步认识自然、改造自然的科学。现代分析化学的任务已不只限于测定物质的组成及含量,而是要对物质的形态(氧化—还原态、络合态、结晶态)、结构(空间分布)、微区、薄层及化学和生物活性等作出瞬时追踪、无损和在线监测等分析及过程控制。随着计算机科学及仪器自动化的飞速发展,分析化学家也不能只满足于分析数据的提供,而是要和其他学科的科学家的结合,逐步成为生产和科学研究中实际问题的解决者。近些年来,在全世界科学界和分析化学界开展了“化学正走出分析化学”、“分析物理”、“分析科学”等热烈议论,反映了这次变革的深刻程度。

(三)量子化学与现代化学键理论

(1)元素周期理论的新发展

电价根据量子力学,描述原子中电子的运动状态需要有四个量子数 n, l, m_l, m_s , 其中 n 为主量子数,它决定着电子的能量大小; l 为

轨道量子数,它决定着电子绕核运动的轨道角动量的大小; m_l 为磁量子数,决定着轨道角动量在外磁场方向上的分量; m_s 则是自旋量子数,决定电子自旋角动量在外磁场方向上的分量。

原子中电子的分布满足如下的规律:

①原子中电子的分布是分层次的,叫电子壳层。每个壳层由主量子数 n 来区分, $n=1$ 的壳层叫 K 壳层, $n=2$ 的壳层叫 L 壳层,依次有 M、N、O、P、Q 壳层,共 7 个壳层。

②在每个壳层上,由于能量不同,又可以细分为几个不同的亚层,通常用 s、p、d、f 等表示,其实质乃是轨道量子数 l 的不同,如 s 对应于 $l=0$,p 对应于 $l=1$ 等。而总的来说,若主量子数为 n ,轨道量子数 l 的取值范围为 $l=0,1,2,\dots,(n-1)$ 。

③电子分布的每个亚层又可再细分为几个不同的轨道,其标志为电子的磁量子数 m_l ,而每个轨道上还能容纳两个自旋方向相反的电子,其标志为自旋量子数 m_s 。

④电子在原子中的分布还遵从下列两个原理:a. 泡利不相容原理,即在一个原子中不可能有两个或两个以上的电子有完全相同的运动状态,也就是说,任何两个电子不可能有完全相同的一组量子数 (n, l, m_l, m_s) ; b. 能量最小原理,即在原子系统内,每个电子总是趋向于占有最低的能级;如果有 n 个相同的轨道,则电子在成对前分别平行填充各轨道,例如有 3 个 p 轨道,有 3 个电子,它们的排布情形将是 $\uparrow \uparrow \uparrow$,而不是 $\uparrow \downarrow \uparrow$ 。当原子中每个电子的能量最小时,整个原子的能量最小,此时原子处于稳定状态,称基态。根据两个原理,每个主壳层上允许容纳的电子数、最多为 $Z_n=2n^2$,其中 n 为量子数,如 $n=2$ 的 L 壳层上最多容纳的电子数目为 8 个。同时又知道,每种原子的最外层最多排布 8 个电子,次外层最多能排布 18 个电子,外数第三层最多能排布 32 个电子。

依据上述电子在原子核外的排布规律,人们才揭示出元素周期

律的深层本质:元素在周期表中的位置,或者说元素的性质和周期性变化是由原子的电子壳层结构的周期性变化决定的,而原子核外电子的总数等于原子核内的质子数或电荷数,即等于原子序数。元素在周期表中的周期数,等于该元素的原子的核外电子的壳层数,即主量子数 n_{\max} ;而它所处的族,则由最外层电子的个数所决定,同一周期中的元素,从左到右,电子的数目由 1 变化到 8,形成不同的周期,其金属性依次减弱,非金属性逐渐增强,直至惰性气体。而同一族的元素,由于最外层电子数目相同,其化学性质极为相似,但由于它们处在不同的周期,最外层电子离原子核的距离也依次增加,作用力削弱,从而导致在周期表中从上到下,同一族的元素呈现出金属性质的增强或化学活泼性的递增。

(2)现代价键理论

化学键主要有电价键(离子键)、共价键和金属键理论。量子力学诞生以后,出现了分子轨道理论、杂化轨道理论和分子轨道对称理论。

1852年,弗兰克兰(E. Frankland, 1825~1899年)提出化合力的概念,后被称为化合价或原子价。1856年他又提出用键的概念来表示原子的结合。

电价键(离子键)理论由柯塞尔 1916年提出。电价键是由于离子之间通过静电相互作用而形成的化学键。

共价键理论由路易斯 1916年提出。该理论认为,像 H_2 、 O_2 等的分子中,每个原子都不可能完全失去和得到一个电子,于是每个原子就各贡献出一个或多个电子,从而形成一个或多个电子对,两个原子就依靠这些共用电子对结合在一起,这样,对每个原子来说,加上共用电子对,就可使最外层电子形成稳定的结构。

金属键理论是说,由于金属对外层电子的吸引力较弱,成键电子为全体金属离子共用。

(3) 量子化学

1927年海特勒和伦敦开创了用量子力学处理原子结构方法,解决了氢分子结构问题,从而建立了量子化学。把价键理论用电子云解释。其特点是电子云是电子在原子中轨道运动的统计结果,电子云重叠越多,共价键越稳定。

1931年鲍林等人提出杂化轨道理论。认为波可以叠加,在碳原子成键时,电子所用的轨道不完全是原来纯粹的单一轨道,而两个轨道经过叠加而成的“杂化轨道”。该理论能很好地解释共价键的方向及分子的构型,特别是解释了碳四面体结构。

20世纪30年代初由洪德和伦纳德·琼斯(J. E. Lennard Jones, 1894~1986年)等提出分子轨道理论,认为原子轨道组成了分子轨道,分子中各电子都按分子轨道运动。20世纪50年代以后,以莫立根为首的一批科学家用计算机来计算分子轨道,使其得到较快的发展。



图 5-3 鲍林

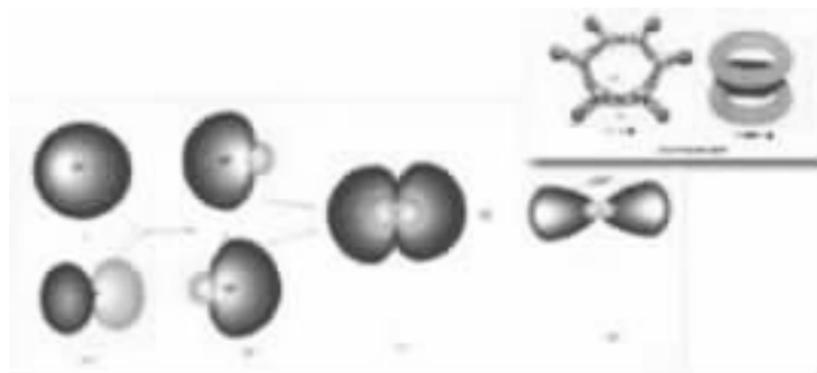


图 5-4 碳原子成键时的“杂化轨道”示意图

1965年伍德瓦德(J. Woodward, 1898~1972年)和霍夫曼(A. W. Hoffmann, 1917~1992年)提出分子轨道对称守恒原理。认为

化学反应是分子轨道重新组合的过程,其过程分子轨道是对称守恒的。为解决复杂的化学反应理论问题,而运用的都是简单的模型,尽量不依赖那些高深的数学运算。它们均以简单分子轨道理论为基础,力求提出新概念、新思想和新方法,使之能在更加广泛的范围中普遍适用。例如,“前线轨道”、“等瓣类似”等概念的提出已经显示出重大的意义。多粒子体系问题的处理方法也在不断深入探索。其中密度矩阵理论、多级微扰理论以及运用格林函数方法的传播子理论等则是当前精确求解多粒子体系薛定谔方程的几条值得重视的途径。

价层电子对互斥理论则能根据分子式而推出分子的构型。价层电子对互斥理论可以说是轨道杂化理论的一种逆运算。根据势能曲线,排斥力势能随着价电子对相互距离增大而单调减小。所以价电子对的远离是由其排斥力所决定的。电子对之间的排斥作用是由两种客观存在的力所决定:静电相互作用和泡利斥力(自旋相同的电子不相容)。

(四)晶体结构的测定和胰岛素的合成

劳埃和布拉格父子(W. H. Bragg, 1862~1942年; W. L. Bragg, 1890~1971年)建立起来X射线结构分析。1953年沃森和克里克测出脱氧核糖核酸的亚螺旋结构。1957年肯德鲁测定了鲸肌红蛋白的结构。1959年佩鲁茨测定了马的血红蛋白的结构。1969年克劳弗特测定了胰岛素的结构。我国科学家1959~1965年首次合成了胰岛素,1981年又合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。

当代合成维生素 B_{12} 、红霉素等复杂化合物,化学合成有了一个极大的飞跃,也已形成一门系统化和应用性相当强的合成化学学科。如今,化学合成正在向“分子设计”这个战略目标进军。所谓“分子设计”,即是按预定性能要求设计新型分子,并按科学理论计算得出的

合成路线,运用各种手段与技巧把它合成出来,从而为材料科学等开辟出众多新的方向(诸如高分子设计、药物设计、催化剂设计及合金设计等)。

“分子设计”过程:①由结构化学提出所需材料分子的结构和性能。②量子化学提供理论依据、反应路线和合成步骤。③由分子动力学选择最佳方案。④由分析化学获取动态信息。⑤由合成化学完成合成。

(五)化学的优先领域

(1)化学反应性能

要实现化学合成的重大突破其关键在于设计新反应途径,有效控制化学反应性能。如今,在下列诸方面颇引人关注:①是选择最优反应途径,提高产率和减少步骤。②是实施无机和有机的交叉,即将研究新无机物的方法应用于有机合成。③是精心设计合成像沸石一样具有优良性质的新型固体,由此导致出现新的半导体以及用于电池和具有记忆功能的固体离子材料、磁性材料。④是发展光助化学,选择光助反应途径,其特点是借助“人工光合作用”模拟天然光合作用并将其推广为一种全新的反应途径,从而为化学合成提供新方法。最后,也是最引人关注的是把研制催化剂从技艺变为科学,即加强对化学催化作用的基础理论研究,致力于在分子水平上理解催化过程。这必将有助于新的催化体系的开拓和催化剂分子设计成效的提高。

(2)化学催化作用

化学的催化作用主要有:①多相催化;②均相催化;③光催化;④电催化;⑤人工酶催化。

(3)生命过程的化学

生命过程中的化学问题即蛋白质受体与一种或数种特殊的底物之间有选择的相互作用;研膜内浓度梯度如何影响化学键的形成和

断裂的膜及矢量化学。

进一步了解现代化学的内容,请登陆:

<http://www.ikepu.com/chemistry/chemistry—index.htm>

【思考题】

1. 简述现代无机化学和现代分析化学的发展。
2. 什么是分子轨道对称守恒原理?

第三节 现代生物学

惊人的假说是说,“你”,你的喜悦、悲伤、记忆和抱负,你的本体感觉和自由意志,实际上都只不过是一大群神经细胞及其相关分子的集体行为。

——克里克(英国)

20世纪以来,生物学由受到物理学、化学、数学等学科的影响,出现了一些新的学科,如分子生物学、生物物理学、生物化学、生态学、生物控制等。

(一)生物进化论的进展

生物学史上,法国博物学家拉马克率先系统地提出了生物进化论。他的思想集中体现在他于1809年出版的《动物哲学》一书中,主要内容是生物界有等级,并具有按等级向上发展的趋势。

进入20世纪以来,一些生物学家对达尔文的学说进行了修改和补充,形成了许多新的学说,其中较为突出的是被称为“新达尔文主义”和“现代达尔文主义”的两种学说。新达尔文主义的代表人物是德国生物学家魏斯曼。他继承了前人有关遗传物质基础的概念,提

出了以种质连续性为基本原理的种质选择论(简称种质论)。所谓种质,是指生殖细胞,指生殖细胞核中的染色体。所谓种质连续性,是指生殖细胞代代相传。生殖细胞可以分裂出生殖细胞和体细胞,即新代种质可以产生子代种质和体质,从而保证生物的世代延续。魏斯曼的种质论继承了达尔文的自然选择的观念,又给自然选择以新的含义。



图 5-5 魏斯曼

现代达尔文主义的代表人物是美国生物学家杜布赞斯基(1900~1975年)。他创立了综合进化论,从种群的水平上重新认识达尔文的自然选择学说。他早期提出的基本原理有两条:第一条说种群是生物进化的基本单位,必须从群体遗传学的角度来研究生物进化的机制;第二条说突变、选择、隔离是物种形成及生物进化过程中的三个基本环节,其中突变是生物进化的基本材料,通过自然选择保留适应性的变异,隔离、扩大和巩固这些变异,从而形成新物种。后来他根据自己的科学实验和当代生物学的有关材料,改变了自然种群结构及其自然选择的看法,认为自然选择中既保留了有益的基因,也保留了有害的甚至致死的基因。

自然选择是达尔文的伟大发现,但达尔文提出的选择机制比较笼统和简单。魏斯曼的种质选择论把选择的机制加以具体化,指出选择的对象是种质,是生殖细胞。杜布赞斯基所创立的综合进化论则对达尔文的选择论作了重要的阐述和补充,特别是后来提出的关于自然选择的各种模式。种质选择论继承了遗传物质基础观念,进入基因论领域,但没有从群体水平上加以研究和说明,综合进化论则引进了群体遗传学原理,弥补了基因论的不足。当然,综合进化论仍不是完美的,还有许多地方有待于更进一步的证明。

(二)分子生物学

分子生物学是在分子水平上研究生命现象的科学。它通过对生物体的主要物质基础,特别是蛋白质、酶(一种特殊的蛋白质)和核酸等大分子结构、运动规律的研究,来揭示生命现象的本质。蛋白质、酶、核酸等分子称为生物大分子,这种分子的分子量巨大(从几万到几百万以上),结构复杂,在生命活动中起着极其重要的作用。

(1)蛋白质的结构与功能

蛋白质的基本结构单位是氨基酸。其主要元素碳、氢、氧、氮四种,有的还含有硫、磷、铁、镁或碘。蛋白质的结构可分为一级、二级、三级和四级,级越多结构越复杂。一级结构就是化学结构,指氨基酸在肽链上的排列顺序,以及肽链之间的相互联结;二级至四级结构就是空间结构,二级结构指多肽链沿着长轴卷曲而形成的有规则的构象,三级结构指二级结构在空间中进一步盘曲、折叠而形成的构象,四级结构指由三级结构形成的聚合体。

蛋白质有多种多样的功能,是生命的物质基础,是人体组织细胞的重要组织成分,人体肌肉、血液、皮肤、毛发、骨骼等都由蛋白质组成。一般来说,蛋白质约占人体的16%~18%,占人体干重的45%。儿童生长发育时期必须食用含蛋白质丰富的食物,才能满足新生细胞与组织的需要。成人需要足量蛋白质来维持组织的代谢更新,在创作时需要蛋白质作修补的原料。人体进行分解、吸收、各种代谢活动时需要各种酶,如消化淀粉的唾液淀粉酶;消化蛋白质的胰蛋白酶;内分泌腺分泌一些调节生理功能的激素,如与生长有关的甲状腺素;与性功能有关的性激素;防御病原微生物需要的抗体;转运其他营养素所需的一些载体蛋白、酶、激素、抗体等重要的物质都是由蛋白质组成的,因此说蛋白质是生命的物质基础。有生命的物质以及它的生理活动处处离不开蛋白质。

(2) 核酸的结构与功能

核酸的基本结构单位是核苷酸。其构成的主要元素是碳、氢、氮、氧、磷等,其主要组成部分是含氮碱基、五碳糖和磷酸。每个核酸分子是由几百个到几千个核苷酸互相连接而成的长链。根据核酸中所含五碳糖种类的不同,可以将核酸分为两大类:一是脱氧核糖核酸,简称DNA;另一类是核糖核酸,简称RNA。DNA大部分存在于细胞核中,是染色体结构的主要部分;而RNA大多数在细胞质里,小部分在细胞核中。和蛋白质类似,核酸的结构也有化学结构和空间结构。



图 5-6 沃森



图 5-7 克里克

DNA 的结构是双螺旋结构。美国生物学家化学学家沃森(J. D. Watson, 1928~)和英国生物化学学家克里克(F. H. C. Crick, 1916~)于 1953 年提出了双螺旋结构模型。脱氧核糖核酸 DNA 大分子是遗传物质,在染色体上是双螺旋结构存在,其立体形状好像我们吃的“天津大麻花”,也像一座两边有扶手、绕着同一竖轴螺旋上升的楼梯(如图 5-8)脱氧核糖核酸 DNA 每条单链由脱氧核糖、核苷酸和磷酸构成,磷酸(P)和核糖(D)构成了主链,其中磷酸规规矩矩地排在链上,而核

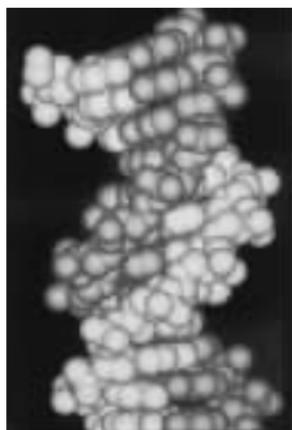


图 5-8

DNA 双螺旋结构模型

糖则伸出一只手肘,将离开主链与邻链进行社交活动的关键人物核苷酸上的碱基紧紧握住,因此,每条糖——磷酸主链上都向内以碱基和肽对着延伸,并互相连接,恰好形成了这个有双扶手楼梯的一级级台阶。核苷酸的碱基有四种:胸嘧啶(T)、腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C),它们的功能之一就是与邻链的四种碱基进行有规律的配对,即准确识别自己的伴侣:A只能找T配对,G只找C配对,绝无任何差错。这种功能决定了从亲代得到的遗传信息可随着遗传大分子的不断合成分裂而进行的细胞分裂传递给每一个子细胞。

核糖核酸 RNA 大致分为三类:核蛋白体核糖核酸(rRNA)、转运核糖核酸(tRNA)和信使核糖核酸(mRNA)。核蛋白体核糖核酸是核糖体的组成成分,它参与蛋白质的合成过程。其分子为螺旋结构,与多种蛋白质分子共同构成核蛋白体的大、小两个亚基,如同两个大小不一的皮球。两个大小亚基的结合就是蛋白质合成的开始,蛋白质合成一旦终止,它就分离为独立的两个大、小亚基。转运核糖核酸是核糖核酸 RNA 中分子最小的一种,其作用在于转运某一特定的氨基酸分子到信使核糖核酸分子上,它基本是单链,但常自交成双股螺旋。信使核糖核酸的作用是从核内脱氧核糖核酸 DNA 分子上

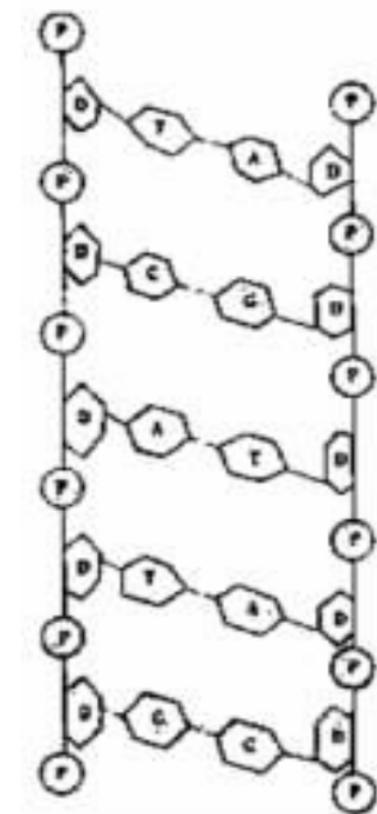


图 5-9 脱氧核糖核酸的结构

转录出遗传信息,经核孔带到核外的核蛋白体上,作为合成蛋白质的直接模板,它起到信使的作用。信使核糖核酸分子中核苷酸的排列

顺序,完全由脱氧核糖核酸 DNA 所决定。

遗传学中所说的“基因”,是指具有特定的核苷酸序列的 DNA 片段或 RNA 片段。核苷酸的生物功能也是多种多样的,但最为重要的是在生物遗传中的作用。其中,DNA 是生物遗传的主要物质基础。生物体的遗传特性是由 DNA 分子特定的核苷酸排列顺序所决定的,并且通过 DNA 分子复制把遗传信息一代一代地传下去。但是 DNA 并不直接合成蛋白质,而且通过转录的过程来完成的。

(三)生态学

生态学是研究生物的生存条件以及生物与其生存环境之间相互关系的一门学科。它形成于 20 世纪初,20 世纪 50 年代以来得到较大发展,并且开始使用各种先进的技术手段。在生态学的发展中形成了许多分支,按研究对象分有植物生态学、动物生态学、微生物生态学、水生生物生态学;按研究层次分有个体生态学、种群生态学、群落生态学、系统生态学。此外,还有都市生态学、民族生态学、化学生态学、物理生态学、数学生态学、生理生态学、进化生态学等。

生态系统是生态学的一个重要内容。生态系统指生物与环境和信息联系构成了生态系统的基本功能。生态平衡问题是生态学研究一项重要内容。生态平衡是指一个生态系统中能量流动和物质循环较长时间地保持稳定的平衡状态。研究它的目的在于使生态系统在被索取“最大的生产量”的同时,又得到“最大的保护”。在生态平衡问题的研究中,不少研究者还积极进行生态设计,力图把生态失去平衡造成的恶性循环逐步引向良性循环的轨道。

进一步了解生物学的内容,请登陆:

<http://www.ikepu.com/biology/biology-index.htm>

【思考题】

1. 新达尔文主义的基本观点是什么？
2. 说明蛋白质的结构与功能是什么？
3. 说明核酸的结构与功能。
4. 生态学的研究对象是什么？它有哪些主要内容？

第六章 现代地学、天文学和宇宙学

近几十年来,由于现代数学、物理学和化学等向地学的全面渗透,特别是地球物理方法、数学统计方法,以及航天、遥感技术、计算机技术的出现,地学的发展经历了重大的变革,出现了地壳构造的新理论,涌现出了地球系统科学、环境科学等新的学科。与此同时,由于天文学观测手段的不断进步,使天文学、宇宙学也到得了重大进展,产生一系列的天文学新分支,20世纪60年代天文学的四大发现是射电天文学的伟大成就。在此基础上,关于宇宙的起源与演化理论也有了新的进展。

第一节 现代地学

真理就具备这样的力量,你越是想要攻击它,你的攻击就愈加充实和证明了它。

——伽利略(意大利)

地学是对以我们所生活的地球为研究对象的学科统称,通常有地理学、地质学、海洋学、大气物理、古生物学等学科。20世纪以来,由于科学技术手段的迅速发展为地质学研究提供了先进的技术手段,再加上其他各门学科特别是物理学、化学向地学的渗透,使现代地学迅速发展起来。

(一)地壳构造理论

(1)大陆漂移学说

对这理论贡献最大是德国物理学家魏格纳(A. L. Wegener, 1880~1930年)。在《海陆的起源》这本书中他认为大陆本来相连,后来由于地球内部的不均匀引起地球自转速度的变化,使地壳在软流层上漂流离开而形成现在的几大洲。促使大陆漂移的动力来自两个方面:一是由于地球自转而产生自赤道向两极的赤道力;二是太阳和月亮的吸引而来的自西向东的推动力。但由于20世纪上半叶并没有直接证据证明大陆漂移,也无法解释使大陆漂移究竟是什么力,因此受到“大陆固定论”者的攻击。为了证明自己的理论,他于1929年、1930年先后两次去格陵兰考察探险,后来由于疲劳过度,心力衰竭,不幸于1930年11月1日遇难,为科学献出了自己的生命。



图 6-1 魏格纳

(2)海底扩张学说

1961年,美国普林斯顿大学的赫斯(H. H. Hess, 1906~1969年)等人提出了海底扩张学说。该学说认为,海底以大洋脊为中轴,不断地向两侧扩张。当扩张到海沟时,又重新下沉,钻入地幔之中,被海底吸收。海底扩张说就像传递带一样运转,海底不断更新,大陆同海底一起在地幔对流体上漂移。海底扩张说进一步支持了大陆漂移说,很好地解决了漂移的机制问题。该理论提出不久就得到一系列有力的证据的支持。

(3)板块构造学说

在大陆漂移、地幔对流和海底扩张假说的基础上,综合海洋地质

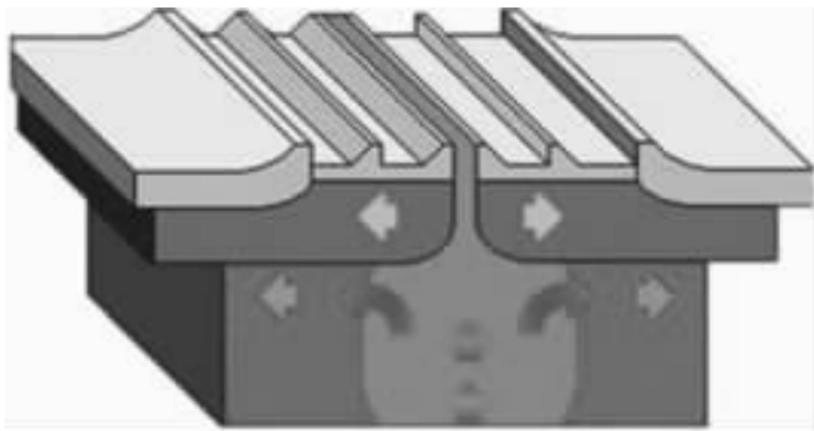


图 6-2 海底扩张示意图

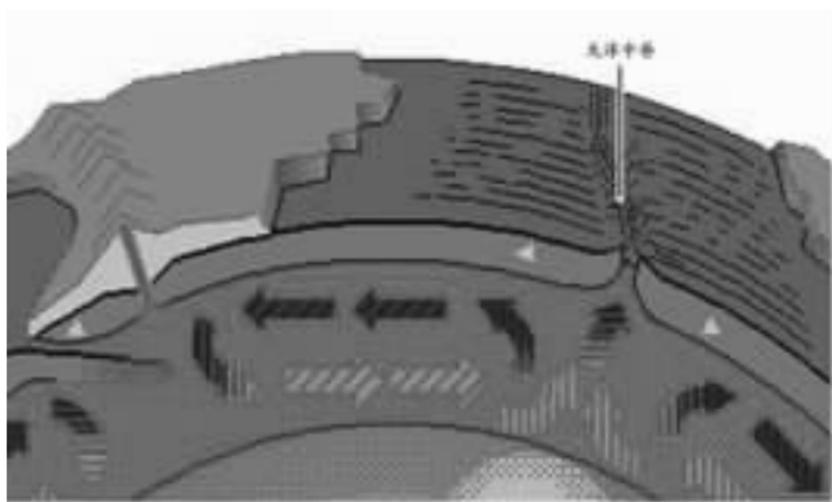


图 6-3 板块示意图

学和大陆地质学研究成果,又诞生了板块构造学说。在 1968~1969 年,由美国的摩尔根(W. J. Morgan,)、法国的勒比雄(X. Lepichon)、英国的麦肯齐(D. P. Mckenzie)等人提出。该学说把地球岩石圈分为欧洲、非洲、大洋洲、南美洲、美洲和太平洋六大板块,他们认为板块是位于软流层上的刚性块体,板块在大洋中脊处增生,在海沟处消

减;板块的边界处是构造活动最活跃之处,板块之间的相对运动是全球构造的基本原因。该学说提出后,已得到越来越多的验证,引起了地球观念的大变革,为探索地质运动规律开辟了新的途径。但它也有不足之处,例如对板块运动的驱动力问题、地幔对流的证据问题、大陆板块内部的地学特点等还不能给予很好的说明。

(二)地球系统科学和环境科学

(1)地球系统科学

地球系统科学将地球大气圈、水圈、岩石圈、生物圈作为一个相互作用大系统,研究其间的物理的、化学的和生物的过程,并和人类生活、生产联系起来,最终揭示全球变化规律,提高人类认识和预测全球变化的能力。全球变化是地球系统科学研究的核心理问题,包括温室效应、海平面上升、海岸线变迁、湖泊变迁等自然环境变化,森林、草地、湿地、水体叶绿素等生物量变化,以及工业化、城市化等人类活动的生态效应。

(2)环境科学

环境科学是指研究人类活动引起的环境质量变化及其保护方法、手段的科学。它是由生物学、地学、化学、物理学、医学、社会科学和工程技术等学科组成的一个综合性学科。其主要任务是:

①探索全球环境变化的规律,了解环境质量的结构和基本特征,以及它的变化过程和影响,以便应用这些知识使自然环境向有利于人类的方向发展,避免对人类不利的变化。

②揭示人类与自然之间相互关系的规律性,以便协调经济、社会发展与环境保护的关系,实现人类社会持续发展。

③探索人类活动引起的环境质量变化,以及这种变化对人和生态系统影响的规律性,为保护人体健康和维持生命、维持系统服务。

④应用环境科学的研究成果,开发环境保护工程技术,为区域乃

至全球环境污染综合防治和生态保护提供物质技术基础和科学管理设施,建设人类良好的自然生态。

在人类改造自然的过程中,为使环境向有利于人类的方向发展,避免向不利于人类的方向发展,就必须了解环境变化的过程,包括环境的基本特性、环境结构的形式和演化机理等。

人类生产和消费系统中物质和能量的迁移、转化过程是异常复杂的。但必须使物质和能量的输入同输出之间保持相对平衡。这个平衡包括两项内容,一是排入环境的废弃物不能超过环境自净能力,以免造成环境污染,损害环境质量;二是从环境中获取可更新资源不能超过它的再生增殖能力,以保障持续利用。因此,社会经济发展规划中必须列入环境保护的内容,有关社会经济发展的决策必须考虑生态学的要求,以求得人类和环境的协调发展。

环境科学主要是运用自然科学和社会科学的有关学科的理论、技术和方法来研究环境问题。在与有关学科相互渗透、交叉过程中形成了许多分支学科。属于自然科学方面的有环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学;属于社会科学方面的有环境管理学、环境经济学、环境法学等。

①环境地学以人——地系统为对象,研究其发展、组成及结构、调节和控制、改造和利用的科学。

②环境生物学以研究生态系统为核心,向两个方向发展:从宏观上研究环境中污染物在生态系统中的迁移、转化、聚集和归宿,以及对生态系统结构和功能的影响;从微观上研究污染物对生物的毒理作用和遗传变异影响的机理和规律。

③环境地学主要是鉴定和测量化学污染物在环境中的含量,研究它们的存在形态和迁移、转化规律,探讨污染物的回收利用和分解成为无害的简单化合物的机理。它有两个分支:环境污染化学和环境分析化学。

④环境物理学研究物理环境和人类之间的相互作用。主要研究声、光、热、电磁场和射线对人类的影响,以及消除其不良影响的技术途径和措施。声、光、热、电、射线,为人类生存和发展所必需。但是,它们在环境中的量过高或过低,就会造成污染和危害。

⑤环境医学研究环境与人群健康的关系,特别是研究环境污染对人群健康的有害影响及其预防措施,包括探索污染物在人体内的动态和作用机理,查明环境致病因素和致病条件,阐明污染物对健康损害的早期反应和潜在的远期效应,以便为制定环境卫生标准和预防措施提供科学依据。环境医学的研究领域有环境流行病学、环境毒理学、环境医学监测等。

⑥环境工程学是运用工程技术的原理和方法,防治环境污染,合理利用自然资源,保护和改善环境质量。主要研究内容有大气污染防治工程、水污染防治工程、固体废物的处理和利用、噪声控制等,并研究环境污染综合防治,以及运用系统分析和系统工程的方法,从区域环境的整体上寻求解决环境问题的最佳方案。此外,环境工程学还研究控制污染的技术经济问题,开展技术发展的环境影响评价工作。

⑦环境管理学研究如何采用行政的、法律的、经济的、教育的和科学技术的各种手段调整社会经济发展同环境保护之间的关系,处理国民经济各部门、各社会集团和个人有关环境问题的相互关系,通过全面规划和合理利用自然资源,达到保护环境和促进经济发展的目的。

⑧环境经济学研究经济发展和环境保护之间的相互关系,探索合理调节人类经济活动和环境之间的物质交换的基本规律,其目的是使经济活动能取得最佳的经济效益和环境效益。

环境是一个有机的整体,环境污染又是极其复杂的、涉及面相当广泛的问题。因此,在环境科学发展过程中,环境科学的各个分支学

科虽然各有特点,但又互相渗透,互相依存。

进一步了解地学的内容,请登陆:

<http://www.ikepu.com/geography/geography—index.htm>

<http://www.bigm.com.cn/ocean/abc/abc303.htm>

【思考题】

1. 简述大陆漂移学说和板块构造学说。
2. 简述环境科学的研究内容。

第二节 现代天文学

思想永远是宇宙的统治者。

——柏拉图(希腊)

20世纪以来,天文学有了突破性的进展,由现代物理学的发展和各种观测仪器的出现,导致了一系列的天文学的新发现和各种新的分支学科诞生。关于宇宙起源与演化的讨论也进入了新的时期,提出了许多引起人们关注的科学假说。其中,类星体、脉冲星、星际分子和微波背景辐射被称为20世纪的四大天文发现。

(一)现代天文学的新发现

(1)类星体

类星体是1960年通过对宇宙“射电源”的观测和研究而发现的,这里所说的射电源是指辐射强烈的无线电波的天体。

类星体的主要物理特征是离我们地球非常遥远,体积小而辐射能量极大,有特大的光谱红移现象。据推算,类星体与我们地球的距离往往达百亿光年,有的甚至更远,它是我们迄今为止所知的最远天

体。它的体积小于普通星系,而光的发射功率在普通星系的千倍以上,类星体光谱中的发射谱线存在的红移相当于很大的开普勒退行速度,根据哈勃的膨胀定律,这种巨大的退行速度意味着它们极为遥远。最早发现的类星体是 1960 年发现的 3C48,最明亮的类星体是 3C273,它们之间的距离为 20 亿光年,射电干涉测量发现 3C273 的红移值为 0.158,表明它的射电核心正以接近光速的速度在膨胀。对于类星体产生这些特殊现象的原因,人们正在探索。

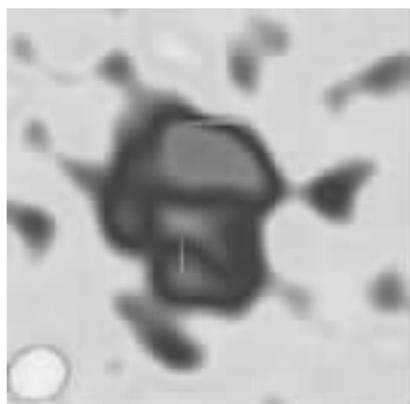


图 6-4 引力透镜发现的一颗古老的类星体

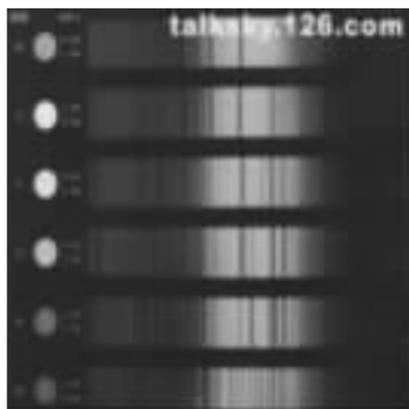


图 6-5 光谱红移

(2) 脉冲星

脉冲星是 1967 年发现的一种的“奇异”的新天体。它以极其精确的时间间隔发出极为规则而又短促的无线电脉冲信号,脉冲的周期很短,只有 $1/30$ 至 4 秒左右。脉冲过后几乎没有辐射,就如人隔一会儿按一下手电。有些脉冲星不仅发出射电脉冲,还发出 X 射线脉冲和光学脉冲。

脉冲星的主要物理特征是:密度极高;辐射能量极大;温度很高;磁场强度极强。脉冲星质量和太阳相当,体积却很小,直径只有 20 公里左右。因此,密度极高,每立方厘米一亿吨,它的光辐射能量极大,约为太阳的 100 万倍。但辐射能量中只有很小一部分是以光辐



图 6—6 “钱德拉”拍摄到的“鼠形”脉冲星

射的形式射出,所以它的光学亮度很低。它的温度很高,表面温度达到 1000 万度,中心温度达 60 亿度。它的磁场强度极强,高达 1000 亿高斯,是太阳的数千亿倍。

研究表明,脉冲星就是天文学家寻找已久的中子星。中子星高速自转,自转的周期即脉冲周期。它的表面有固定的亮斑,旋转一周,就给地球送来一个脉冲信号。中子星可以看成是恒星演化到后期的产物,因为后期的恒星热核反应已经停止,突然爆发后急剧收缩,把原子外层的电子“挤到”原子核里去,使原子核中的质子变成中子,从而形成密度极高的物质。这种物质形态称为是中子态,是人类知道的第五种物质形态。中子星的发现,进一步证明了宇宙物质的多样性,对认识恒星的演化规律及微观结构的变化规律都有重大意义。

(3) 星际分子

过去,人们一般认为恒星与恒星之间的星际空间,是一无所有的

真空。到 20 世纪 40 年代,天文观测中发现了氢原子、氢离子、氰基等星际物质。这可以从恒星的光谱分析中推知。因为星际物质会吸收背面来自远方的星光,在透过来的星光光谱中留下星云的吸收线,于是可以了解星云的化学成分。20 世纪 60 年代以来,由于射电望远镜技术的提高,天文观测中发现了几十种星际分子的射电光谱线。

已发现的星际分子种类繁多,有水分子、氨分子、硫化碳、硫化羰等等。其中有机分子占近 80%,而且含有一些结构复杂的共轭多键有机分子和多糖分子。有的人把那些具有复杂结构的有机分子称为生命分子。这些成就为生命起源问题的研究提供了新的材料,同时使天体演化问题与生命问题联系起来。

(4) 微波背景辐射

过去,人们认为广阔的星际空间不会有背景辐射,温度只能是绝对零度。1965 年的天文观测微波波段发现了一种具有热辐射性质而来历不明的辐射。由于它在太空里处处都一样,好像是恒星、星系和射电源等天体活动的背景,所以人们把它称为“背景辐射”。微波背景辐射有两个明显的特点:第一,各向同性,表明这种辐射来自广阔的宇宙空间,而不是来自某个天体;第二,相应的温度都是大约 3K,故可称为 3K 微波辐射。这种发现对宇宙大爆炸学说是一个有力支持。该学说曾预言爆炸以后冷却至现在,宇宙空间残留的余温应该是 5K,与背景辐射温度十分接近。正因为如此,该学派学者主张微波背景辐射就是宇宙原始火球爆炸的“灰烬”辐射。

(5) γ 射线暴和 X 射线暴

1960 年的天文观测中发现了 γ 射线源,以后又发现了多向同性的宇宙 γ 射线背景辐射。1973 年美国核侦察卫星探测到一次 γ 射线爆发,其辐射强度变化极大,它每秒辐射的能量可达太阳每秒辐射总量的上千万倍,而它辐射这一巨大能量的面积却只有太阳表面积的百万分之一。1979 年在太阳系中不同位置上运行的 9 颗人造卫

星,同时记录到麦哲伦星云中的一次 γ 射线爆发,其辐射功率比上述事例强百万倍。

美国宇航局“钱德拉”X射线太空望远镜和欧洲航天局“XMM—牛顿”X射线太空望远镜在新观测中,在一个距地球约7亿光年的星系中央,探测到了强大的X射线爆发。欧美天文学家们分析后认为,这是黑洞撕裂恒星的确凿证据。他们说,该恒星在被黑洞撕裂前,其中的气

体被加热到数百万摄氏度,导致产生了X射线暴,这一过程中释放出的能量与一次超新星爆发相当。

以上新现象很受科学界的重视,因为它们与极高压、极高温、极高密度、极强磁场、极强辐射等极端条件有关。是人们进行实验的理想“天然实验室”。在这样的高级实验室里,可以了解到尚未知道的物质状态和规律。

(二)现代天文学发展的基础

现代天文学发展的基础主要有两个方面:一方面是原子物理学、原子核物理学、等离子体物理学、高能物理学、相对论引力物理学的建立和发展,为现代天文学的发展提供了有力的工具。另一方面是各种新型观测仪器的出现,为现代天文学提供了先进的技术手段。

此外,电子计算机和自动控制的广泛应用,不仅使天文望远镜能自动跟踪和寻找星体,而且能够对收集到的资料进行快速的分析和处理。

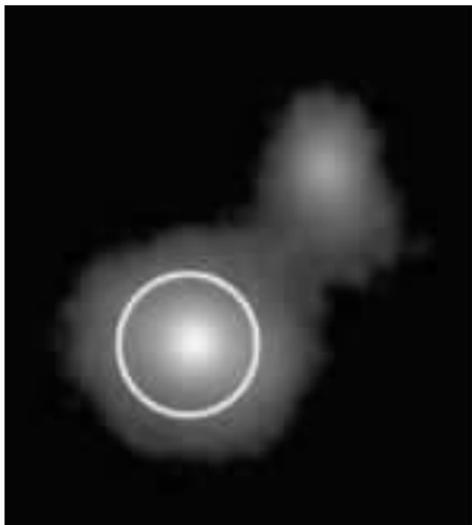


图 6-7 X射线暴

(三)新学科的诞生

(1)射电天文学

射电天文学是研究天体的无线电辐射和使用雷达技术研究行星、月球和流星等天体的学科。20世纪30年代人们在波长10~15米发现一种对无线电波的特别干扰,经过反复观测研究。断定这种干扰来自地球以外宇宙空间发出的无线电辐射,简称为射电辐射。40年代,人们又发现太阳也发出强烈的射电辐射。此后,人们开始使用无线电技术来研究天体和宇宙的射电辐射。射电望远镜的出现,使这种研究不断取得新的成果,从而诞生了射电天文学。现在,射电天文学所应用的波段是从1毫米到30米左右,这个波段的无线电辐射能够透过地球的大气压而不受到显著的吸收。

(2)空间天文学

空间天文学是在人造卫星上天后诞生的新学科。它通过使用人造卫星、探空火箭对天体的直接观测来研究天体的各种电磁辐射。空间天文学的发展很快,已先后发射的行星探测器、太阳辐射监测卫星、轨道天文台、高能天文台等,对太阳、行星、行星际物质、银河系、恒星等在早期和晚期的演化,已收集到许多资料,并有许多新的发现。

(3)高能天体物理学

高能天体物理学是高能物理学和天体物理学相结合的产物。它研究宇宙的高能现象和高能过程,包括超新星爆发、星系核爆炸、天体X射线辐射、Y射线辐射、宇宙射线和中微子过程等。

(4)等离子天体物理学

等离子天体物理学是利用等离子物理学的原理和方法研究天体等离子体的各种物理过程及其与磁场的相互作用的学科。宇宙间的物质绝大部分处于等离子状态,如地球电离层和电磁层、太阳大气、

行星际空间、太阳风、星际物质等。对宇宙等离子体的研究,既有助于弄清宇宙中各种天体的形成和演化规律,也会推动等离子体物理学的发展。

(5) 相对论天体物理学

相对论天体物理学是运用广义相对论的引力理论来研究天体现象的规律性的科学。爱因斯坦的广义相对论提出后,对几个关键性的检验都是由天文观测来完成的。由此便促进了相对论天体物理学的产生和发展。

进一步了解现代天文学的新发现,请登陆:

<http://www.astron.sh.cn/picbase/star>

【思考题】

1. 类星体和脉冲星的主要物理特征是什么?
2. 什么是微波背景辐射?其特点是什么?
3. 什么是射电天文学?

第三节 现代宇宙学

科学尊重事实,不能胡乱编造理由来附会一部学说。

——李四光(中国)

这里所指的宇宙是宇宙学的“宇宙”,包括恒星、星系、星系团等组成的整个天体系统。

(一) 宇宙起源与演化问题的由来

无限的宇宙到底有没有起源和终结,它是否永远地演化?这个问题千百年来一直困扰着人们。科学史上,人们曾提出过很多宇宙

模型。牛顿也曾提出一个无限宇宙模型,在这个模型里,时间均匀流失且无始无终,空间平直且无边无际,物质在空中大致均匀分布且作永不停息的运动,而整个宇宙处于相对稳定的状态。这个理论有两个突出问题:一个是和牛顿自己的引力理论相矛盾,一个是可以推出地球上夜间和白天一样亮。因为如果物质均匀地分布在宇宙空间里,那么任意有限区域的物质(质量有限)将被区域外的物质(质量总和为无限大)所吸引,有限区域内的物质无法依靠自身的引力收缩成星体。又因为如果宇宙是均匀、平直和无限的,那么有无限多个恒星可以把光线直接射到地球上,使得地球上接收到的光子数比白天太阳所辐射到的光子数多得多,夜间不会黑暗。

1917年,爱因斯坦根据相对论的基本原理建立起有限无边的宇宙模型。在这个模型里,时间和空间是与物质的存在和运动相联系在一起,时空形态会因物质存在其中而发生弯曲,物质的质量密度越大,所处的时空就越弯曲。就空间的广延性来说,它是一个闭合的连续区,是体积有限的弯曲封闭体,因此没有边界。有限无边的宇宙模型克服了牛顿无限宇宙模型带来的困难,但尚需加以丰富和发展。

随着大型天文望远镜对银河外星系的普遍观测,人们发现河外星系普遍存在着光谱红移的现象。1929年,美国天文学家哈勃(E. P. Hubble, 1889~1953年)通过对他自己所做的大量观测的分析,总结出—条规律:星系离银河系愈远,它的红移量愈大;红移量与距离成正比。这就是所谓的“哈勃定律”。根据物理学中的多普勒效应,红移现象意味着星系普遍处于相互分离运动状态。根据哈勃的解释,整个宇宙正处于膨胀状态。由此,人们便会提出以下问题:宇宙膨胀的起点是什么?现有的天体系统是如何由起点演变过来的?这实际上是宇宙的起源和演化问题。

后来人们发现,用广义相对论来讨论宇宙结构时,宇宙膨胀运动是它的一个自然结论。因此现代宇宙学总是把爱因斯坦的名字摆在

其他创立者的前面。

(二)大爆炸宇宙学

(1)大爆炸宇宙论

1931年,比利时天文学家勒梅特(G. Lemaitre, 1894~1966年)在承认宇宙膨胀理论的基础上,提出了宇宙起源于“原始原子”爆炸的假说。他认为最初宇宙中的所有物质都聚集在“原始原子”里,由于一系列剧烈的放射性蜕变,“原始原子”发生猛烈的爆炸后,宇宙核心部分物质密度极高,万有引力超过宇宙斥力,物质的膨胀迅速减慢;经过一定时期后,引力与斥力达到平衡,宇宙物质开始聚集,斥力超过引力,宇宙的膨胀又重新开始,并且一直膨胀到现在。勒梅特的这种朴素的辩证思想后来成为大爆炸宇宙论的直接渊源。

1948年,俄裔美国天体物理学家伽莫夫(G. Gamov, 1904~1968年)等人修正发展了勒梅特的学说。他们根据力学和量子力学的原理提出大爆炸宇宙论。大爆炸宇宙论认为宇宙起源于一个高温、高密度的“原始火球”的大爆炸,爆炸之后经过降温、变稀和膨胀,逐步演化成今天看到的天体系统。具体地说,它首先确定了以下几个假定:第一条是大尺度上宇宙是均匀的、各向同性的;第二条是宇宙早期的物质是粒子的理想气体;第三条是宇宙的膨胀是绝热进行的。1954年,大爆炸宇宙论的创立者伽莫夫等人推测宇宙早期阶段的辐射(以光子形式)在今天仍然存在,并且弥漫于宇宙空间,但温度已降到5K。

大爆炸宇宙论除了获得红移现象和哈勃定律的支持外,在说明天体的年龄和氦元素的丰度方面与有关的测量结果比较一致。20世纪60年代天文观测中发现的微波背景辐射,是对大爆炸宇宙论的有力支持。但是大爆炸宇宙论也有其局限性,主要是对极早期宇宙的解释不能令人满意。例如宇宙奇异性问题、平直性问题、视界问题等。

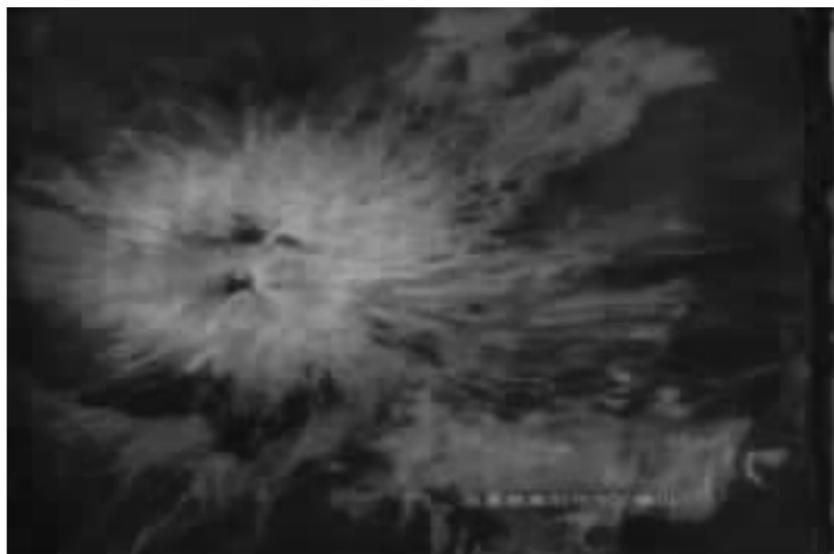


图 6-8 宇宙大爆炸设想图

(2) 暴胀宇宙论

20 世纪 80 年代初,由美国物理学家古斯、前苏联研究人员林德等人提出了暴胀宇宙论。这一理论在宏观上与大爆炸宇宙论没有什么区别,但是在细节上有很大不同。都认为宇宙起源于“原始火球”的大爆炸,在爆炸的瞬间宇宙有极高的温度,然后开始了宇宙的膨胀和冷却过程。但是对于宇宙的极早期即 10^{-32} 秒内,暴胀宇宙论作了很具体的描述,同时所使用的工具是统一描述强弱和电磁相互作用的理论。即暴胀宇宙论解决了视界问题和平直性问题,但仍没涉及奇异性问题。后来英国学者霍金等人提出了运用量子引力理论作为解决“奇点”问题的初步解决方案,但仍无法从根本上解决问题。

(三) 恒星演化理论

1887 年,英国的洛克耶根据恒星光谱的不同提出了恒星演化理论。该理论认为,恒星的前身是弥漫稀薄的星际物质,由于引力塌缩作用凝聚起来,在塌缩过程中密度逐渐增大,温度不断升高,逐渐发

光发热。当其核心温度达到一定程度,热核聚变成为其主要能源,这时成为一颗真正的恒星。当燃烧殆尽时,热核聚变停止,恒星便失去了与引力相抗衡的内部压力,而密度进一步增大到恒星演化末期,视其质量大小即分别演变为白矮星、中子星和黑洞。

详细了解宇宙大爆炸论,请登陆:

<http://www.astron.sh.cn/universe/bigbang.html>

【思考题】

1. 大爆炸宇宙论的基本观点是什么?
2. 大爆炸宇宙论和暴胀宇宙论有何不同?

第七章 系统科学

现代科学的不同学科之间相互渗透、交叉和融合,使当代科学呈现出整体化趋势。随着现代化大生产、大规模军事工程和社会管理等方面的需要,这种趋势不断得到加强。二战后,几乎同时发展起来的系统论、控制论和信息论及后来的耗散结构理论、协同学、超循环理论等是科学技术发展整体化发展趋势的一个横向反映。它们从不同侧面揭示了事物的普遍联系,为现代科学技术发展提供了新概念、新方法,并日益广泛地在自然科学、社会科学及生产实践的各个领域中得到应用。

第一节 系统论、控制论和信息论

整体大于部分之和。

——贝塔朗菲(美国)

20世纪以来,随着自然科学研究对象向广度和深度的发展及现代科技革命的兴起,20世纪40年代诞生了几门综合性横断学科,即系统论、信息论和控制论(简称“三论”),是科学横向整体化的具体表现。把研究对象作为整体来考察,从不同侧面揭示了对象之间的相互作用、相互联系,深刻反映了自然界的辩证图景。

(一)系统论

(1)系统论的产生与发展

系统的思想无论在中国还是在外国自然哲学中都早已有之,他们把自然看作是一个整体,看到了事物之间的相互联系和相互作用,但形成一门科学还是近几十年的事。美籍奥地利生物学家贝塔朗菲(Lon. Bertalanffy, 1901~1971年)1945年在《德国哲学周刊》上发表重要文章《关于一般系统论》,是他建立一般系统论的宣言书。1968年,贝塔朗菲出版了《一般系统论——基础、发展、应用》一书,标志着这门学科已到了成熟的地步并有了新的发展。

广义的系统论除了一般系统论,还有系统方法和系统工程。60年代以后,无论是一般系统论还是系统工程、系统方法,都得到了迅速发展,出现了许多新的理论分支,并且与控制论、信息论、自组织理论等紧密相连,组成现代科学的一个重要分支——系统科学。

(2)系统的基本概念

人们在日常生活中,经常称这样或那样的对象为系统。例如,称由口腔、食道、胃、肠、肝、胰等器官组成的具有消化食物和吸收营养等功能的有机整体为消化系统;把由“硬件”和“软件”组成的具有自动进行数学运算和信息处理等功能的有机整体称为计算机系统。仅从部分、整体和环境之间的关系来考察,不难发现系统具有以下几个共同点:第一,系统具有两个或两个以上的组成部分,即具有两个以上的因素;第二,各要素之间、要素与整体之间以及整体与环境之间存在着一定的有机联系,从系统内部和外部形成一定的结构和秩序;第三,系统整体具有不同于各要素的新功能。由此可见,所谓系统是指由两个以上相互联系要素组成的具有一定结构和功能的有机整体。

这里,要素是组成系统的各个单元、各个部分,而环境则是系统

之外的其他事物。结构是系统内部各要素之间在时空方面的联系和相互作用的方式或秩序,而系统功能是指系统在与外部环境相互联系和相互作用过程中所具有的行为、能力和功效,它由系统的内部结构所决定。系统论、系统方法的基本思想就是研究系统结构与系统功能的关系,进行结构分析和功能分析,进而进行功能模拟,实现系统功能最优化。

(3) 系统的基本性质

系统的基本性质是系统的最基本的性质。系统的整体性是指系统具有各要素所没有的“新的”的功能,也就是系统的非加和性原理所表述的内容——“整体大于部分之和”。霍普金斯通过研究把整体性原则概括为如下内容:整体是基本的,部分是派生的;整体是各个部分相互联系的一体化状态;各个部分按照整体的目的发挥作用;部分的性质是由它在整体中的地位所确定,其行为方式受整体和部分的关系所规定。

整体性的基本特征之一是有有机性。存在于有机整体中的部分,一旦离开整体就会失去作为整体的部分的意义。比如,人的手一旦离开人体,就不成为手,就失去手的职能。系统整体的有机程度,也就是整体的组织化程度,系统的有机程度越高,整体的组织化程度就愈高;否则该整体是较紊乱的,甚至是无序的。

(4) 系统方法

所谓系统方法,就是把对象放在系统的形式中加以考察的一种方法。系统方法所遵循的原则如下:第一,整体性原则。第二,关联制约原则。第三,目的性原则。第四,最优化原则。

(5) 系统工程

所谓系统工程,是指在系统论的思想指导下,从整体上考虑问题,把复杂的对象作为一项工程技术来处理,协调这个工程体系里的各个部分的关系,使体系达到所要求的性能,发挥应有的作用。其领

域内所关心主要问题来自怎样规划、组织一个系统,使之取得最佳效果。

(二)控制论

(1)控制论的产生与发展

控制论诞生于 20 世纪 40 年代,其创始人美国数学家维纳(N. Wiener, 1894~1964 年)。维纳等人把通讯和控制的各种复杂系统同某些有控制的有机体进行类比,研究机器和生物这两种有极大差别的事物在信息传输、变换、处理和控制等方面的理论——控制论。1943 年,维纳和别人合作联合发表了《行为、目的和目的论》的名著,比较明确地提出了控制论的基本思想。1948 年,维纳的《控制论》一书的出版,标志着控制论的诞生。

控制论的发展,大致分为三个时期:一是 20 世纪 40 年代末和 50 年代的经典控制论时期;二是 20 世纪 60 年代的现代控制论时期;三是 20 世纪 70 年代到现在的大系统理论时期。

(2)控制论的概念和原理

控制论中最重要的概念是系统概念、信息和反馈原理。

控制论中所指的系统是指错综复杂、相互联系的事物中相对孤立出来作为研究对象的那一部分事物。为了研究的方面起见,常把外界对系统的影响概括为“输入”,而把系统对外界的影响概括为“输出”。

信息论在控制论中也很重要。从控制论的角度研究系统,首先必须注意其中信息的获取、传输、变换和处理。对机器或生物体系统实施控制,只能建立在信息处理和控制的基础上。

反馈原理在控制论中非常重要,大部分的控制系统都有反馈。所谓反馈,就是指系统输出的全部或一部分通过一定的通道反馈回输入端,从而对系统的再输入和再输出施加影响的过程。反馈分为

正反馈和负反馈两种。在一定的条件下,使输出的目标值增强的为正反馈,反之则为负反馈。

(3) 控制论的基本方法

①反馈方法:运用反馈概念来分析和处理问题的方法;②功能模拟方法:就是以功能和行为相似为基础,用来模仿原型的功能和行为的方法;③黑箱方法:指当不知道或根本无法知道一个系统的内部结构时,根据对系统输入和输出变化的观察,来探索系统的构造和机理的一种方法。

(三) 信息论

(1) 信息论的产生和发展

20世纪初以来,特别是20世纪40年代,通信技术的迅速发展,迫切需要解决一系列信息论问题,例如如何从接收的信号中滤除各种噪声,怎样解决火炮自动控制跟踪目标问题等。这促使人们开始对信息问题进行研究,以便揭示通信过程的规律和概念的本质。1948年,美国应用数学家申农(C. E. Shannon, 1916~)在《贝尔系统技术杂志》上发表重要论文《在噪声中的通信》。在这篇论文里,申农提出了通信系统模型、度量信息数学公式以及编码定理和其他一些技术性问题的解决方案。

20世纪70年代以来,信息在两个方面有了新的进展。1971年,高艾斯等人提出了“有效信息”的概念。1978年,夏尔马等人提出了“广义的有效信息”等概念。此外,还有人提出“语义信息”、“相对信息”、“模糊信息”等概念。

信息科学是一门综合性学科。目前,信息科学包含有信息论、控制论、仿生学、人工智能、计算机和系统工程等方面的内容,并正在飞速发展。

(2) 信息概念

关于信息的定义,不同的信息理论有不同的表述。以申农的信

息论和维纳的控制论为代表的技术信息理论,则把信息概念区分为广义的和狭义的。狭义的信息是指具有新的内容、新知识的消息(如书信、情报、指令等);广义的信息是指系统内部建立联系的特殊形式,是系统确定程度(即特殊程度、组织程度或者有序程度)的标记。

关于信息的本质,这仍是一个需要进一步探讨的问题。对信息本质的探讨使人们认识到:信息是用来表征事物的,是指事物发出的消息、情报、指令、数据、信号中所包含的东西。信息既不同于物质和能量,又与物质和能量有密切的关系。任何物质都具有作为信息源的属性,只要存在的东西是物质,它必然向外发送信息。信息的传递要依赖物质,信息的储存也只有借助物质才能实现。信息本身不等同于能量,但获取信息要消耗能量,驾驭能量又需要信息,二者紧密联系在一起。

(3) 信息量与信息系统

在技术信息理论中,度量信息的基本出发点,是把信息作为用来消除“不确定性”的东西。由于熵在热力学中表示系统的无组织程度即不确定性程度,而信息量是表示消除不确定的量即反映系统的确定程度,因此信息是一种负熵。

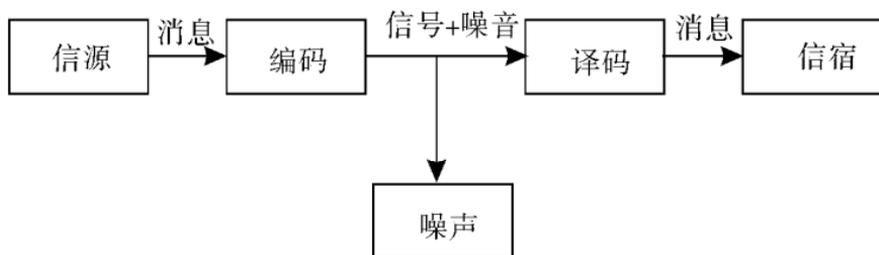


图 7-1 通信系统模型

申农在 1945 年提出的通信系统模型如图 7-1 所示。

实际的通信系统要复杂得多,但都有上述五个基本部分。申农的通信模型不仅适用于通信系统,还可以推广到其他非通信领域,推

广到各种各样的信息系统,如遥测系统、遥感系统、计算机系统、控制系统、管理系统等等。由此可见,申农的通信系统模型可作为一般的信息系统模型。

(4)信息方法

所谓信息方法,就是运用信息的观点,把系统看作是借助于信息的获取、传送、加工、处理而实现其有目的性的运动的一种研究方法。这种方法的特点是“用信息概念作为分析和处理问题的基础;完全撇开对象的具体运动形态,把系统的运动过程抽象为信息的转换过程,信息概念向各门学科的广泛渗透,是同信息方法的推广应用联系在一起的。例如,当信息概念向生物学领域渗透时,用信息方法来说明遗传现象就取得了很好的效果。

进一步了解系统科学的内容,请登陆:

<http://www.systemscience.org/persion/index.htm>

【思考题】

1. 什么是系统、要素、环境、结构、功能?
2. 系统方法遵循的原则是什么?
3. 举例说明什么是黑箱方法?
4. 简述控制论的概念和原理。
5. 何谓信息方法?其特点是什么?
6. 何谓功能模拟方法?

第二节 系统科学的新发展——自组织理论

有序和无序总是同时出现的,这可能是生命出现的规则,也可能是宇宙创立的规则。

——普里高津(比利时)

20世纪六七十年代初兴起的耗散结构理论、协同学和超循环理论等新学科,试图从工程实践和理论两个方面深入研究一般系统形成与演变的规律,分别从宏观、微观和生物学的角度揭示了系统通过“自己组织起来”形式结构,完成进化的机制,故称为自组织理论。

(一)耗散结构理论

耗散结构理论是1969年由比利时布鲁要赛学派领导人普里高津(I. Prigogine, 1917~)在《结构、耗散和生命》一文中首次提出的。该理论指出,一个远离平衡的非线性的开放系统,通过与外界交换物质、能量和信息,当控制参量超过某一阈值,系统可能失稳,通过涨落,由无序变为有序的新状态。该理论的提出,解决了长期以来关于宇宙进化抑或退化的争论,同时标志着系统科学进入了新的发展阶段。

(二)协同学

由德国斯图加特大学理论物理学教授哈肯(H. Haken, 1927~)所创立。1971年,他首次提出了协同概念,1977年出版《协同学导论》,1983年,又出版《高等协同学》。这些成果表明协同学不仅已诞生而且走向成熟。协同学的研究对象比耗散结构理论更宽,其研

研究对象不仅有远离平衡态的开放系统,也包括平衡态的封闭系统;它不仅研究非平衡相变,还研究平衡相变;它不仅研究系统从无序到有序的演化规律,也研究系统从有序到混沌、无序的演化规律。协同学指出,一个系统从无序到有序转化的关键并不在于热力学平衡还是不平衡,也不在于离平衡态有多远,而在于是否有大量子系统所构成的系统,在一定的条件下,它的子系统通过非线性的相互作用,就能产生协同现象和相干效应,系统就会在宏观尺度上产生关于时间、空间和功能有序的结构,协同学认为,各种系统虽然千差万别,但是从无序到有序、从不稳定向稳定转变的机制却是类似的,甚至是相同的,都遵循共同的规律,协同导致有序。

(三)超循环理论

英国生物学家艾根(M. Eigen, 1927~)1970年提出超循环思想,于是1971年发表《物质的自组织和生物大分子的进化》一文,正式建立超循环理论。

所谓超循环,是指由循环组成的循环,是较高等级的循环。例如,一个催化的超循环是一个经过循环把自催化或自复制单元连接起来的系统,其中每一个自复制单元既能指导自己复制,又能对下一个中间物产生提供催化帮助作用。

20世纪70年代中期以来,对复杂现象和复杂系统的研究又有了新的进展,分形理论和混沌学的创立便是这方面研究的重要成果。它们都以非线性复杂系统为研究对象,故称为非线性科学或复杂系统理论。分形理论研究那种极其破碎而复杂,但具有自相似的体系。分形理论的创立,为我们认识世界提供了新的方法论。与系统论不同,它强调的是部分与整体的统一性、全息性,启示人们根据这一原理从部分去认识整体,从简单去把握复杂。混沌学也是一门崭新的学科,是由数学、物理学、天文学、生物学、计算机科学等众多学科与

系统科学相互交叉和渗透的产物。这里混沌是指一类广泛存在的动力学现象：一种由非线性作用导致的、可在简单确定性关系中出现的极为复杂的、貌似无规则的运动。混沌不是纯粹的无序，而是一种无周期的有序，它把表面的无序性与内在的规律性巧妙地融为一体，可以运用重整化群理论为之建立数学模型。进一步的研究表明，混沌与分形是一致的，可以说，分形是混沌的几何结构或普适形状，混沌则是分形和演化的动力学。混沌具有以下特征：一是混沌是确定性系统内在的随机性；二是混沌具有对初始条件的敏感依赖性；三是混沌是非规则的有序。

进一步了解自组织理论，请登陆：

<http://www.swarmagents.com/complex/nonlinear/dissipation.htm>

【思考题】

自组织理论有哪些分支？

第三篇

高新技术概览

第八章 信息技术

信息技术是扩展人类信息器官功能的一类技术,涉及到信息的产生、获取、传输、处理和控制等相关技术。信息技术是当代高技术群中最活跃的前导技术。它是微电子技术、计算机技术与通信技术的综合,是一门随着微电子、计算机及其他相关技术的发展而发展起来的。进入 20 世纪 70 年代以来,信息技术已成为关键性学科,其发展深刻影响着人们的生产方式、生活方式和思维方式,从根本上改变着人类社会的面貌。

第一节 信息技术的发展历程

我们应该不虚度一生,应该能够说:“我已经做了我能做的事。”

——居里夫人(法国)

信息技术是扩展人类信息器官功能的一类技术,它涉及信息的生产、获取、传输、处理和控制等相关技术。信息技术是当代高技术群中最活跃的前导技术。信息科技的发展和社会的发展是密切相关的,在不同的历史时期信息科技的发展处于不同的阶段,具有不同的特征。在远古时代,信息传递的方式简单。在中国,信息的传递最早可以追溯到传递外族入侵信息的烽火台,这可以称为原始的信息传递技术。

(一)语言

随着社会的发展,人与人之间信息交换的复杂程度大大提高,逐渐形成了人类的语言,借助于语言人类才能实现从简单的直觉思维向复杂的抽象思维过渡。从某种意义上来说,有了语言才有人类的社会,才有人类的社会意识。有了语言,信息的传递和交流得到了加强,语言可以称为人类历史上的第一次信息技术革命。

(二)文字和印刷

伴随着语言,人类又创造出了各种符号和文字,开始把发生的事情比较准确的记录下来,这是人类活动范围逐渐扩大的结果。11世纪初,我国毕昇发明了活字印刷术使信息传递的速度和范围急剧地扩展,使信息存储能力进一步加强,并初步实现了广泛的信息共享,相应地也出现了印刷事业和邮递事业。文字进入人类生活,使人类能够把信息保存下来,并传递出去,初步突破时间和空间的限制。文字和印刷是人类历史上的第二次信息技术革命。

(三)电信和广播

蒸汽机的发明和应用导致了工业革命,到18世纪末19世纪初,发达国家就完成了工业革命,使人类的生产和生活达到一个新的水平。19世纪技术的最大成就是电能的开发和应用,及电工和电信技术的兴起。由于社会生产活动范围的迅速扩大,信息的传递依靠邮政和出版已不能满足生产的需要,于是一大批科学家和发明家开始致力于电流传递信息的研究。1837年莫尔斯发明电报,1844年美国就建成了实用的电报系统,1866年就完成了横跨大西洋的永久性电缆。1876年,美国人贝尔发明了电话,到1900年美国已有电话140万台。在无线电通信方面,1895年意大利人马可尼用无线电波传递

信息的实验获得了成功。不久,无线电报开始实用化,到1903年电报已用来传递新闻,使无线电通信成为全球化事业。1906年三极管发明,1947年半导体晶体三极管发明。随着电子技术的发展和进步,电信和广播出现了,导致了人类历史上更大的一次信息变革,信息活动的所有方面都发生了根本性的变革。由于各种传感器扩展了人体感官的功能,语言、图形、文字等传统的信息识别形式逐渐被电报、电话、广播、传真和电视等电磁信号所替代,而信息的传递也逐渐从邮件向更有效的通信方式转变。传输介质由纸张变为电磁波,实现了不受距离限制的实时信息交流,使人与人之间的信息交流以更加直接的形式进行。在信息存储方面,出现了照片、磁带、录像、光盘等,部分取代了书籍的功能。于是人类的信息活动更加丰富,更加深入。电信和广播标志着人类历史上的第三次技术革命。

(四)计算机和网络

20世纪60年代,新型电子计算机出现以及与通信技术的结合,推动了计算机网络系统的科学研究工作,很快就形成了以数字化技术、计算机、通信技术为背景的现代信息技术。这一时期的特征是极大地提高了信息传递、存储的质量和速度,使信息的处理功能超越了人类自身的能力,达到了信息存储、处理和利用的一体化和自动化,开创了一个全新的信息时代。计算机的出现,延伸了人脑的功能,拓展了人类的智力,更加深刻的改变了人类社会的面貌。目前人类正处于第四次信息技术革命——现代信息科技时期。

现代信息技术的主要特征是:各种信息的数字化和信息传递、信息处理的计算机化和网络化。

现代信息化社会的发展,所依赖的是高度发展的信息科技。信息化的程度已被认为是衡量一个国家现代化水平和综合国力的标志。信息科技有信息科学和信息技术两个方面,信息科学的理论主

要是现代信息论和信息的数字化理论,而信息技术的主要支柱是微电子技术、计算机技术、数字通信技术、网络技术和多媒体技术等。几年来,信息科学技术有很大的发展,国际互联网发展迅速,科技发展明显加快,高技术产业异军突起,对社会、经济的影响愈来愈大。信息技术将成为 21 世纪的带头技术,信息技术的发展对我国经济和社会的发展也将产生重要、深远的影响。近年来信息技术出现新热点,如 Internet 热。现在,Internet 与 150 个国家连接,在其上有 4 万多个网络,运行主机近 500 万,用户约 5600 万,在 2000 年用户已达到 2 亿,成为世界上最大的网络。现在用户的数量仍在急剧增长。几乎世界上所有的大公司都上了 Internet。在互联网上,不仅可以传电子邮件,而且还可以打电话、传图像。随着其带宽的加大,将对通信市场产生很大的影响;另外,对电子出版业、商业、广告业、信息服务业等都将产生极大的影响。此外,有线电视网经过适当改造,可能形成新的信息公路网。计算机的大众化,与通信技术结合以及进入生产与管理的各个领域,将共同构建成一个意义重大的信息技术发展的新阶段。

进一步了解信息技术未来的发展,请登陆:

<http://www.kepu.ac.cn/gb/technology/cybernetics/industry/idy505.html>

【思考题】

1. 简述信息技术的发展过程。
2. 现代信息技术的主要特征是什么?

第二节 微电子技术

不管时代的潮流和社会的风尚怎样,人总可以凭着高贵的品质,超脱时代和社会,走自己正确的道路。

——爱因斯坦(美国)

微电子技术是现代信息技术的基础。微电子技术是微小型电子元器件与电路的研制、生产及用它们实现电子系统功能的技术领域。这个领域最重要的就是集成电路技术。微电子技术是随着集成电路技术发展而发展起来的一门新兴技术。

(一)从电子管到三极管到集成电路



图 8-1 晶体管的发明



图 8-2 肖克莱

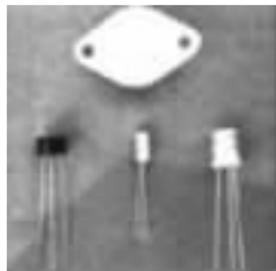


图 8-3 晶体三极管

1947年,肖克莱(W. B. Shockley, 1910~1991年)、巴丁(J. Bardeen, 1908~1991年)、布莱顿(Brattain, 1902~1987年)分别做出了世界上的第一个晶体三极管,由于其功耗低、体积小,很快被应用到电子技术领域并逐步取代了电子管,为电子设备的小型化打下了基础,这是微电子技术的开始。

50年代初,由于空间科学技术的需要,促使了集成电路的发展。1958年,美国得克萨斯仪器公司首先生产出了实用的集成电路,1961年开始批量生产,这是微电子技术的重大突破,打破了器件和电路分离的状态,减少了许

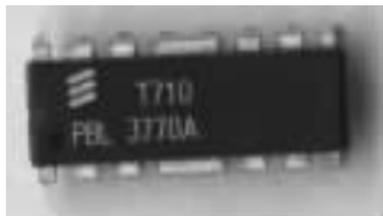


图 8-4 超大规模集成电路

多电路测试的麻烦,微电子技术由此开始突飞猛进,进而带动了世界发生巨大的变化。标志集成电路水平的指标之一是集成度。所谓集成度就是指在一定尺寸的芯片上(这个芯片的尺寸比小拇指的指甲还小)能做出多少个晶体管。也有的用在一定尺寸的芯片上能做出多少个门电路(一个标准的门电路是由一个或几个晶体管组成的)来衡量集成度。按照集成度的不同,集成电路可分为四类:小规模集成电路(100个以下);中规模集成电路(100~1,000);大规模集成电路(1,000~10,000);超大规模集成电路(100,000以上)。

(二)集成电路的应用

(1)促进计算机的迅速革新

集成电路广泛应用于电子计算机中,促进了计算机的发展,使计算机成为信息科技的核心,反过来,计算机的发展又促使了集成电路的发展,增强了其运算能力,并赋予它人工智能。

集成电路从出现到今天,仅40余年,发展的速度却是惊人的,对生产、生活的影响也是深远的。1946年出现的世界上第一台电子计算机ENIAC,占地170平方米,重达30多吨,耗电几百千瓦,其所完成的计算,今天高级一点的袖珍计算器皆可完成。这就是微电子技术和集成电路所创造的奇迹!

微电子技术的发展,集成电路的出现,首先引起了计算机技术的巨大变革。由于计算机的逻辑部件特别是计算机的心脏——中央处

理器的集成化,微型计算机应运而生。并在 70~80 年代间得到迅速发展,特别是 IBMPC 个人计算机出现以后,打开了计算机普及的大门,促进了计算机在各行各业的应用。五六十年代,价格昂贵、体积庞大、耗能惊人的计算机,只能在少数大型军事或科研设施中应用,今天由于采用了大规模集成电路,计算机已经进入普通的办公室和家庭。而计算机应用领域的拓宽,反过来更促进了集成电路芯片的研制和生产。

(2) 深入到日常生活,遍及各个领域

微电子技术对电子产品的消费市场也产生了深远的影响。价廉、可靠、体积小、重量轻的微电子产品,使电子产品面貌一新;微电子技术产品和微处理器不再是专门用于科学仪器世界的贵族,而落户于各式各样的普及型产品之中,进入普通百姓家。例如电子玩具、游戏机、学习机及其他家用电器产品等。就连汽车这种传统的机械产品也渗透进了微电子技术,采用微电子技术的电子引擎监控系统 and 交通调度系统。汽车安全防盗系统、出租车的计价器等已得到广泛应用,现代汽车上有时甚至要有十几个到几十个微处理器。

现代的广播电视系统更是使微电子技术大有用武之地的领域,集成电路代替了彩色电视机中大部分分立元件组成的功

能电路,使电视机电路简捷清楚,维修方便,价格低廉。由于采用微电子技术的数字调谐技术,使电视机可以对多达 100 个频道任选,而且大大提高了声音、图像的保真度。

总之,微电子技术已经渗透到诸如现代通信、计算机技术、医疗



图 8—5 交通调度



图 8—6 工业自动化

微电子技术发展与技术进步,主要靠工艺技术的不断改进,使得器件的特征尺寸不断缩小,从而集成度不断提高,功耗降低,器件性能得到提高。21 世纪,微电子技术仍将以尺寸不断缩小的硅基(MOS)工艺技术为主流。尽管微电子在半导体和其

其他新材料方面的研究在某些领域的应用取得进展,但还远不具备替代硅基工艺的条件。硅集成电路技术发展至今,全世界数以万亿计的设备 and 科研投入已使硅基工艺形成非常强大的产业能力。同时,长期的科研投入已使人们对硅基及其衍生物的各种属性的了解达到十分深入、十分透彻的地步,成为自然界 100 多种元素之最,这是非常宝贵的知识。

卫生、环境工程等领域在能源、交通、军队国防、自动化生产等各个方面,成为一种既代表国家现代化水平又与人民生活息息相关的高新技术,因此我们要大力发展微电子技术。

(三)微电子的未来发展



图 8—7 军队国防

硅基微电子技术的发展主要表现在三个方面：①继续缩小器件的特征尺度（通常指器件栅电极所决定的沟通几何长度，是一条工艺线能加工的最小尺寸，也是设计中采用的最小设计单位）。目前，以 Intel 为代表的公司正在开发“极端紫外”光刻技术，用氙灯将波长降至 0.01 微米；IBM 则致力于 0.005 微米波长的 X 射线光刻技术研究工作。人们正在向微米工艺的极限挑战。②SOS（系统采用集成芯片）是发展重点。③微电子与其他学科结合诞生新技术和产业增长点，MEMS（微电子机械系统或称微机电系统）就是微电子与其他学科结合的典范。

集成电路的集成度和产品性能每 18 个月增加一倍。据专家预测，今后 20 年左右，集成电路技术及其产品仍将遵循这一规律发展。

微电子工业是一个国家的战略工业，它是技术密集型产业，又是投资密集型产业，是电子工业中的重工业。目前，以集成电路为核心的电子信息产业超过了以汽车、石油、钢铁为代表的传统工业成为第一大产业，成为改造和拉动传统产业迈向数字时代的强大引擎和雄厚基石。1999 年全球集成电路的销售额为 1250 亿美元，而以集成电路为核心的电子信息产业的世界贸易总额约占世界 GNP 的 3%，现代经济发展的数据表明，每 1~2 元的集成电路产值，带动了 10 元左右电子工业产值的形成，进而带动了 100 元 GDP 的增长。目前，发达国家国民经济总产值增长部分的 65% 与集成电路相关；美国国防预算中的电子含量已占据了半壁江山（2001 年为 43.6%）。预计未来 10 年内，世界集成电路销售额将以年平均 15% 的速度增长，2010 年将达到 6000~8000 亿美元。作为当今世界经济竞争的焦点，拥有自主知识产权的集成电路已日益成为经济发展的命脉、社会进步的基础、国际竞争的筹码和国家安全的保障。因此是决定一个国家经济地位的重大技术领域，这方面的国际竞争十分激烈。

详细了解硅微电子技术的有关内容，请登陆：

<http://www.bmti.com.cn/>

【思考题】

1. 我们为什么要大力发展微电子技术？
2. 简述集成电路的应用。

第三节 计算机技术

如果你根本不知道自己在讨论什么，那么对其强求精确是毫无意义的。

——冯·诺依曼(美国)

电子计算机是人类在 20 世纪创造出来的最伟大的工具，计算机技术是现代科技的核心。它的出现对生产、制造、经济、军事、社会文化以及人类各个方面产生影响。现代科技的发展，也集中反映在计算机技术的发展上。电子计算机的功能决定了信息技术的水平，现代信息科技的发展正是在计算机技术的发展下取得的。计算机是信息处理的主体，随着电子计算机技术的发展，使得计算机的面貌日新月异，它的用途越来越广，功能越来越全，效率越来越高。在当今的信息社会，人类对计算机的依赖程度越来越高，计算机已经成为人们日常生活中不可缺少的一部分。电子计算机是现代科技史上最辉煌的成就。

(一) ENIAC 的诞生及其以后的发展

第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 于 1946 年诞生于美国宾西法尼亚大学，由该大学的莫克莱(J. W. Mauchly, 1907~1980 年)负责研制成功的。这台计算



图 8—8 世界上第一台电子计算机 ENIAC

机共用了 1.8 万个电子管,重 30 多吨,占地 170 平方米,运行速度为每秒 5000 次。由于采用的逻辑元件是电子管,因此被称为是第一代计算机——电子管计算机。

1948 年 6 月贝尔实验室的肖克莱、巴丁和布莱顿公布了他们的发明——晶体管,伴随着晶体管制造工艺的日趋成熟,1958 年 4 月以蓝色巨人为代表的一大批计算机制造商决定采用晶体管取代电子管,制造了第二代计算机——晶体管计算机。

用晶体管替代电子管还只是一个器件代替另一个器件,能否用一个器件代替一批器件呢?1952 年 5 月,英国人达默(G. W. A. Dummer)首次提出了集成电路(Integrated Circuit,简称 IC),1964 年 4 月 IBM 公司宣布研制成功 IBM—360 计算机,大规模使用小规模集成电路,成为第三代计算机的代表——集成电路计算机。

随着集成电路进一步向大规模和超大规模集成电路的方向发展,其集成度越来越高,在发展的途中出现了微处理器芯片,这起源于摩尔(G. Moore)的一个执著的构想:把一台计算机都制造在一块芯片上。Intel 公司在 1971 年制造了世界上的第一个 4 位机核心部件的芯片——英特尔 4004,包含了大约 2000 个晶体管。这是第四代计算机——大规模集成电路计算机。



图 8-9 摩尔



图 8-10 Intel 4004 处理器

(二) 计算机的组成原理

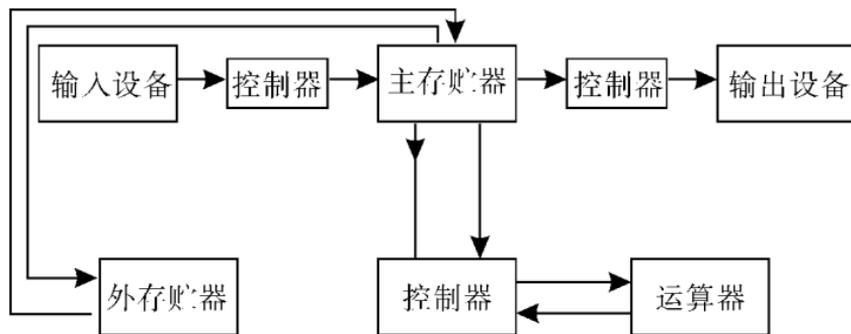
迄今为止的计算机都是基于“计算机之父”——美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(J. Von Neumann, 1903~1957 年)“程序存贮”的思想设计而成的,其中心就是存储程序原则——指令和数据一起存储。这个概念被誉为计算机发展史上的一个里程碑,它标志着电子计算机时代的真正开始,指导着以后的计算机设计。因此现代的计算机通常也被称为冯·诺依曼机。

计算机由硬件和软件组成。硬件是组成计算机的一切实物设备;软件是为计算机编制的各种类型的程序和文件资料。硬件主要是由中央处理器、存储器以及输入、输出设备等组成。中央处理器(简称为 CPU)包括运算器和控制器。运算器的功能是进行算术运算和逻辑运算。所谓逻辑运算就是对各种数据信息进行比较、判断

和处理。控制器是计算机的指挥系统,相当于人的大脑,由它发出信号操纵计算机各部分协调工作。存储器是用来存储程序、数据及运算过程中的中间结果和最终结果等信息的逻辑元件,由主存储器(内存)和辅助存储器(外存)组成。内存又可分为随机存储器(RAM),能随机读出和写入信息;只读存储器(ROM),只能随机读出信息,是永久性存储器。输入设备将外界信息转换成计算机能识别的二进制代码输送到计算机存储器保存。基本输入设备有键盘、鼠标、光笔、话筒、扫描仪、摄影仪等。输出设备是经过计算机处理后的结果,用人们能接受或其他外部设备所需要的形式表示出来。基本输出设备有显示器、打印机、绘图仪、音响系统以及外存储器、磁盘和光盘等。



图 8-11 冯·诺依曼

图 8-12 电子计算机各功能部件的相互关系^①

计算机软件包括系统软件和应用软件。系统软件是指管理、监

^① 转引自刘华、梅光泉编著《自然科学概论》，北京：海洋出版社，2000年版，第295页。

控和维护计算机资源的软件,主要由操作系统、各种语言处理系统和系统服务软件组成。操作系统目前有 DOS、Windows 和 UNIX 等。应用软件是为了某个具体任务而编写的应用程序,专用性很强,如 Word2000、WPS2000 等文字处理软件和 Photoshop、3DMAX 等作图软件。

(三)信息在计算机中的表示方法

计算机的信息存储、运算、传输都是借助脉冲的有无、电位的高低或磁性的正负来表示的,所以计算机处理的数据,无论是数字还是文字符号都是采用二进制数表示。

(1)编码

①字符编码:计算机中最常用的字符编码是 ASCII 码。它共有 128 个编码,除去表示 32 个命令外,还可以表示 52 个英文大小写字母,10 个阿拉伯数字和其他符号。

②汉字编码:汉字的字数较多,要对汉字进行编码,首先应确定有多少汉字,选择哪些汉字。1981 年我国制定了“中华人民共和国国家标准信息交换编码”,代号为“GB2312—80”,这种编码为国标码。在该标准编码中共收录了 6763 个汉字和 682 个图形符号。

(2)计算机的数据单位

①位(Bit):位是计算机能处理或存储的最小信息单位。

②字节(Byte):字节(用 B 表示)是最基本的存储单位,一个字节可存放一个 ASCII 码,两个字节可存放一个汉字国标码。计算机的存储容量是以字节为单位计算。

1KB=1024B 1MB=1024KB 1GB=1024MB

③字长:反映着计算机处理信息的能力。一般情况下基本字节越长,计算机的处理能力就越强。目前,微型计算机已从 8 位、16 位、32 位发展到 64 位甚至更大。

(3) 计算机的语言

让计算机按照人们的意图去工作,需要有人机之间信息交流的工具——计算机语言。

① 机器语言:机器语言用计算机能直接识别的二进制代码表示。

② 汇编语言:汇编语言采用比较简单的文字符号代替机器语言中的二进制代码,这种语言一般与机器语言有逐条命令一一对应的关系。

③ 高级语言:机器语言、汇编语言与人类自然语言差别很大,不易交流推广,为了克服这些缺点,从 20 世纪 50 年代中期人们就开发了计算机程序高级语言。高级语言的出现,给计算机的普及应用创造了条件。目前计算机中常用的高级语言有以下几种: I. BASIC 语言:简单易学,具有人机对话的功能,特别适用于初学者。BASIC 语言有不同的版本,如:QBASIC 是一种结构化的 BASIC 语言。 II. PASCAL 语言:主要用于教学、科学计算,也可编写系统程序和应用程序。 III. C 语言:适用于编写系统程序。

(四) CISC 和 RISC 技术

为了使计算机的功能强大,设计人员把计算机的指令设计得愈来愈复杂,计算机的指令数目也愈来愈多,执行指令所需的时间也愈来愈长。有的调用子程序因涉及复杂的运行环境保护操作,执行一次要花费 70 多个时钟周期。这种计算机结构被称为“复杂指令集计算”(Complex Instruction Set Computing, CISC),如摩托罗拉的 68030 微处理器。

基于 CISC 指令集结构太复杂;设计太困难;设计周期变得愈来愈长;全面检查芯片几乎变得不可能。为此,IBM 公司的约翰·科克根据各种指令的使用频率的不同于 1975 年提出了精简指令计算(Reduced Instruction Set Computing, RISC)。到 80 年代初,加州伯

克利大学及斯坦福大学,推出了基于 RISC 思想的 RICS 系列计算机。

拥护 RISC 和 CISC 的各大公司进行激烈竞争,相继推出各自的芯片,以争夺芯片市场。1994 年,英特尔公司和 HP 公司宣布结成伙伴关系,共同研制新一代的处理器 IA-64。其结构更加强调以并行方式执行指令,既不同于 CISC,也不同于 RISC,被称为 EPIC(Explicitly Parallel Instruction Computing),中文名是——明显并行指令计算。

RICS 和 CISC 之争并没有结束,IA-64 芯片是否能出笼?他们是相互结合还是相互争霸,人们拭目以待!

(五)计算机的未来展望

现在人们正在研制的第五代计算机是一种完全不同于前四代的计算机,它采用全新的工作原理和体系结构,更接近于人们的思考方式。其功能从单纯的数据处理发展到知识的智能处理,着重于逻辑推理和知识信息处理。未来的计算机将在模式识别、语音处理等分析综合能力上获得重大突破。一个新的计算机时代正在到来。

进一步了解计算机技术,请登陆:

<http://techs-book.db66.com/list/15/1.asp>

【思考题】

1. 为什么计算机技术是现代科技的核心?谈谈你的学习体会。
2. 简述电子计算机的组成。

第四节 通信与网络技术

成功与失败的分水岭,可以用这五个字来表达——我没有时间。

——富兰克林(美国)

广义上讲,各种信息的传递就是通信。如古代传递敌情的烽火台、广播、电视、书籍、报纸等。而以电流或电磁波作为载体的通信称为电信。由于光波也是一种电磁波,所以也被列入电信范畴之内。

信息资源对竞争异常激烈的今天显得十分重要,现代通信技术内部大量使用了计算机技术,大大加快了通信的发展速度,使得通信能为广大用户提供种类更多和质量更好的服务。现代通信技术和计算机技术相结合,产生了现代的计算机网络技术。从根本上改变了信息科技的结构,使信息的传递不受时空的限制。先进的通信、网络系统和信息本身的数字化成为现代信息的最主要特征。

(一)通信系统

通信系统分有线通信和无线通信。有线通信中发展最快的是光纤通信。无线通信系统中处于发展前沿的是微波接力通信和卫星通信系统、光纤通信系统、移动通信系统等。

(1)微波接力通信和卫星通信

微波接力通信,也称微波中继通信,是使用波长为1厘米到1米范围的微波,依靠中继站接力传输、实现微波信号的远距离无线电通信。实际上就是利用人造卫星作中继站,把卫星地面站发送到卫星

上的信号,经过放大,频率变换及其他信息处理后,再发回其他的地面站接收。

卫星通信系统必须采用微波频段,因为地面站发送到卫星的电



图 8—13 通信卫星

磁波信号必须穿透大气层,特别是电离层。电离层对一般电磁波是反射的,因此只有微波中的某些频段具有穿透电离层的能力才能实现地面与卫星间的通信任务。卫星绕地球同步旋转时,卫星相对于地面处于静止状态。这种利用静止卫星作为中继站的通信系统,叫做“静止卫星通信系统”,根据计算,卫星在离地面 35,786 千米高的赤道平面上做圆周运动时,可俯视地球 $1/3$ 的面积,因此只需要三颗在同步轨道等距离的三颗“静止”卫星,即可实现全球通信。与光缆通信相比,数字微波接力通信与卫星通信具有通信距离远,覆盖范围广,通信容量大等优点,更适合于地形复杂地区应用,如多山地区、沼泽地区、与陆地之间隔着浅海的岛屿地区等。在这些地区是难以铺设光缆的。数字微波也适合于人口稀少、业务量低且增长慢的地区。各发达国家都很重视数字微波通信的发展,积极利用数字微波系统

建设通信网。

(2) 光纤通信系统

光纤通信是利用光波作为载波,在光导纤维中传输光信号的通信方式,是 20 世纪 70 年代发展起来的一种新的通信方式。光作为一种电磁波比微波的频率要高千万倍,因此,其通信容量是惊人的,从无线电波到光波,是通信领域里的一个飞跃。根据理论估算,一根比头发丝还细的光纤可以传送 100 万路高质量的电视节目,或者 100 亿路电话。

光纤是由超纯石英玻璃制成的,用光缆代替电缆可节约大量铜、铝等金属材料。用来制造光导纤维的主要原料是硅(Si),而地球上硅的含量远比铜、铅丰富。另外,光导纤维还具有重量轻、抗腐蚀、抗辐射、抗电磁干扰等优点。目前,随着光纤生产技术不断提高,产量增加,价格不断下降。光纤通信已在世界各国被广泛使用。现在,光纤通信系统正向长中距离、超大容量、高速数据传输和宽带信息传输等方向发展,这将给信息时代的人们的工作、学习和生活带来极大的方便,对人类社会的信息传输带来无法估量的影响。

(3) 移动通信系统

移动通信是处于移动状态的对象之间的通信。可以满足人在移动时仍需交换信息的要求,大大提高了工作效率和生产效率。在可实施的移动区域内,划分直径约为 10 千米的区域,每区设一基站,作为此区无线电用户的集中器。数以百计的区形成蜂窝结构,构成一个移动电话交换局。通信时,移动电话用户经过基站、控制交换中心同市话局连接,就能实现移动用户和市话用户之间的



图 8-14 移动通信手机

通信。这样就构成有线、无线相结合的公用移动通信系统。移动通信的终端——无线电话,可以放在口袋里,可以随时随地进行通信联系。

(二) 计算机网络

(1) 网络资源共享

地理位置不同且具有独立功能的多个计算机系统,在网络协议控制下,通过通信设备和线路实现相互之间的连接,并通过网络操作系统或其他软件实现资源共享的系统。在逻辑上,可以把计算机网络看成由通信子网和资源子网两部分构成,将负责通信任务的计算机全部连接起来,就构成了一个通信子网,用以提供网络的通信功能;将负责信息资源处理的计算机连接到通信子网的通信计算机上去,就构成了资源子网,专门负责管理资源,提供资源的服务。

(2) 计算机网络的分类

第一,根据地理范围分类:有局域网(几公里范围内)、城域网(几十公里范围内)、广域网(几百至几千公里的范围)和全球网(全世界范围内)。从广义上讲,城域网和全球网也属于广域网的范畴,因特网是一个全球性的广域网,也称“国际互联网”,万维网是它的一个子网。

第二,网络拓扑结构是指网络中计算机之间物理连接的方式,较常见的拓扑结构有星形结构、总线结构、环形结构、网状结构和树形结构。

①星形结构:主要特点是集中式控制,以一台中央交换控制机为中心,其他主机等设备都连接到该中央交换控制机上,而中央交换控制机的主要任务是交换和控制,使网上的信息得以传输。

②总线结构:网上所有的主机等设备都连接在一条公共的传输信道——总线上,一般用于局域网中。

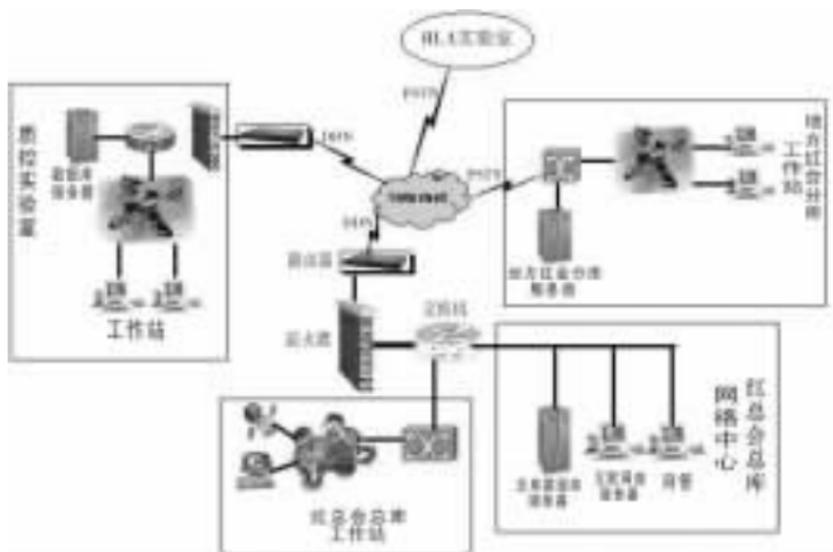


图 8-15 中华骨髓库计算机网络结构图

③树形结构:它是从总线结构演变而成的,形状像一棵倒置的树,从顶端的根向下分支,每个分支可以延伸多个分支,一直到最后的终端设备,便是树叶。这种结构易于扩展,每个分支很容易延伸成为多个分支,新的结点也很容易连入网络,故障也比较容易排除。树形结构一般用于广域网中。

④环形结构:每台计算机与左右两台计算机连接,并头尾相连构成环状,就组成了环形结构的网络。在环形结构中,两个相邻的主机之间有一条直接的点对点的通信线路。

⑤网状结构:也叫分布式结构,这种网络没有主控制点,控制功能分散在网络的各个节点上。网上的每个节点都可以有多条路径与网上的其他节点相连。这种结构主要用于广域网和全球网。

第三,根据传输介质分类。有线传输介质,如同轴电缆、双胶线、光缆等;无线传输介质,如长波、微波、卫星通信、激光等。

(三)信息高速公路

1992年,当时的参议员、美国副总统戈尔提出美国信息高速公路法案。1993年9月,美国政府宣布实施一项新的高科技计划——“国家信息基础设施”(National Information Infrastructure,简称NII),旨在以因特网为雏形,兴建信息时代的高速公路——“信息高速公路”,使所有的美国人方便地共享海量的信息资源。

信息高速公路旨在建立一个能提供超量信息的,由通信网络、多媒体联机数据库以及网络计算机组成的一体化高速网络,向人们提供图、文、声、像信息的快速传输服务,并实现信息资源的高度共享。

紧随美国的信息高速公路计划之后,欧盟、加拿大、俄罗斯、日本等纷纷效仿,相继提出各自的信息高速公路计划,投入巨资实施国家的信息基础设施建设,一场建设信息高速公路的热潮在世界范围内涌动。

信息高速公路之“路”,是由光导纤维组成的光缆。一根细如头发丝的单股光纤,它所能传送的信息要比普通铜线高出25万倍;一根由32条光纤组成的、直径不到1.3厘米的光缆,可以同时传送50万路电话和5000个频道的电视节目。举个例子来说,一套32卷的《大不列颠百科全书》,用普通计算机网络传输,约需13个小时,而通过以光纤为骨干的信息高速公路,仅需4.7秒!

信息高速公路上行驶之“车”,是巨量的多媒体信息,包括电话通信的话音信息、计算机通信的数据信息、高清晰度电视和电影等的图像、视频信息。如此大的信息量,只有宽带的信息高速公路才能承载得了,用现在的网络传输必定会出现“网络塞车”。

进一步了解通信与网络技术,请登陆:

<http://www.cetinet.com/t-article/index.asp?topid=6>

【思考题】

1. 现代的通信系统主要有哪些？什么是卫星通信系统？其特点是什么？
2. 什么是网络拓扑结构？常见的类型有哪些？

第五节 崭露头角的新技术——多媒体技术

总有一天，真理会取胜。即使真理在他一生中未能得到胜利，为了坚持真理也会使他变得更好，更加聪明。

——赫胥黎(英国)

随计算机技术的不断发展，多媒体技术也应运而生，能够处理包括文字、声音、图像、图形等多种信息，大大延伸了人类的能力。现在，多媒体是计算机技术最热门的研究热点之一。

(一)多媒体技术简介

媒体，是指用以存储、传输信息的媒介或载体，或说是存储传输信息的技术和手段。例如，语言、图形、文字、数据、书刊、报纸、电报、电话、电视等等都是媒体。媒体与信息是密不可分的，信息只有依靠媒体才能实现存储、传输与交换，而媒体只有包含信息才有其价值，例如噪声、干扰、杂波等都不含信息不能称其为媒体。

多媒体，顾名思义是指多种媒体的综合开发利用，上述的各种媒体在独立使用场合都属于单媒体。例如电话只能传送声音信息，现行电视虽可同时传送图像信息与声音信息，但观众是把两者作为统一的整体信息来接收欣赏的，以前的个人电脑只能处理文字和数字。所以，普通电话和现行电视及以前的电脑都属于单媒体。

所谓多媒体，可以指多种存储媒体，例如磁带、磁盘、光盘，也可

以指多种传输媒体,例如无线电波、电缆、光缆,又可以指多种感觉媒体,例如声音、图像、文字、数据。狭义地说,多媒体是指以微电脑为核心,实现多种感觉媒体的综合开发利用,主要有以下三方面特征。

第一个特征是信息处理的综合性和集成性,即对多种感觉媒体都可以进行处理、存储或传输。为此,微电脑在处理“0”、“1”的数字化数据上必须做到高速化和大容量,并能实现数据压缩。对于要处理、存储的模拟信号形式的声音、图像等媒体,要先进行模/数转换。另外,声音或图像信号经数字化之后数码率(每秒内传输的比特数)很高,例如分量编码的常规电视为 216 兆比特/秒,一路高质量立体声为 1.536 兆比特/秒,所以在高速化的基础上还需进行数据压缩。例如存储一帧不压缩的常规电视数据,一幅画面的数据量要达到 8 兆比特,活动图像的数码率就非常高。

第二个特征是信息控制的交互性和双向性,即观众本人的参与性和任选性。现行的电视广播中观众一方是完全被动的,只能按照节目表选看已经编排好的节目。在多媒体电视系统中,有线电视用户可以向电视播送端送出自己想看节目的数据信息,实现所谓的 VOD(点播)广播方式。又如目前的电视远程教育,收看者由于无法参与,只能被动地收看,而教师在电视台里看不到学生,授课难免片面性。用有线网络实现多媒体化后,在电视远程教育上能够实现双向性,学生可以参与,可以把自己的信息数据(包括声音和图像)传给教师;教师在教课中可以看到听课学生的图像,听到学生的提问,师生完全像同在一个教室里一样,具有临场感,其效果必然比目前的单向电视教学好得多。一般来讲,电视、电影你只能在一旁欣赏,而现在在多媒体上,你可以从图形到颜色都予以修改,你可以参与其中,改变剧情,叫演员按照你的意思演出。

第三个特征是信息显示的同步性和即时性。由于图像和声音可以同时实时处理和传输,完全可以同步地供观众即时接收,不会

有时间延迟。利用多媒体实现电子邮件,比目前的普通邮件效率高得多,更具有准确性、保密性和及时性。

多媒体系统的组成主要包括微电脑、视霸卡、声霸卡、CD-ROM、TV卡等。微电脑是多媒体的控制中心,可以实现各种媒体数字化之后的数据处理、交换、存储及传输等。视霸卡简称视卡,用于把视频信号源送来的模拟视频信号变换成数字信号输入电脑。声霸卡简称声卡,用来把话筒或线路送来的模拟声音信号变换成数字信号输入电脑。它们又可在电脑控制之下,把数字信号、图像信号还原为模拟音像信号送往我部。CD-ROM是数据信息的外存储体,固定存有各处数据信息,通常微电脑可以还原为各种媒体信息。TV卡用于把数字电视信号还原为模拟电视信号,还供给普通的模拟电视机进行显示。作为一个完整的多媒体系统,还应当包括提供图像信号源的摄像机、录像机,提供声音信号源的话筒、录音机,以及使音像再现的音箱、电视机等。

多媒体系统的组成必须与信息高速公路相结合,才可能在更广泛的范围内实现多种媒体的信息交换,根本改变目前电视广播的单一模式和单一方向,使电视成为获取多种媒体信息的重要手段,成为与外界交往的主要窗口。通过电视多媒体,可以实现电视电话会议、电子购物、电子邮递、电子医疗、电视远程教育等等,使人类进入信息化社会的时代。

多媒体技术的发展改变了计算机的使用领域,使计算机由办公室、实验室中的专用品变成了信息社会的普通工具,广泛应用于工业生产管理、学校教育、公共信息咨询、商业广告、军事指挥与训练,甚至家庭生活与娱乐等领域。因此将为人们生活的各方面提供方便。

(二)多媒体技术在教育教学中应用

(1)教材的多样化和多媒体化

教材所使用的媒体已经从传统的书本、文字向多种媒体过渡。

可能用不了多久,多媒体形式的、能动态变化的教材将被安置在一片小小的集成电路芯片中。利用专门的“浏览器”,带上一些“芯片教材”,就能在任何地方打开这种教材进行阅读和观赏。目前,已有越来越多的教材和工具书实现了多媒体化,它们不但包含文字和图形,还能呈现声音、动画、录像能及模拟的三维景象。

(2)新型的课堂教学环境

现在很多学校建设有所谓多功能教室,它们都具有在大屏幕和音像系统中展现多媒体信息的功能,都具有连接学校有线电视系统的功能和连接校园网、国际因特网的功能,以便于使用有线系统和网络上的各种信息资源。

多功能教室的主要用途还是面向教学,在硬件上把电视、录像机、DVD影碟机、实物投影仪和联网计算机集成在一起,组成一个图文、声像并茂的教学信息呈现体系。并且采用了超媒体呈现结构,可以把传统教学方法中无法或不容易讲解清楚的教学内容形象生动地呈现在学习者面前,并且可以通过实物投影仪把实物清楚地显示屏幕上,使教师拥有的各种各样的教学资料方便地显示在屏幕上,通过网络资源的共享,还可广泛获取世界各地的教学资料和别人的经验,从而使得在有限的课堂时间内,展示最大的信息量。

(3)新型的仿真、模拟实验教学环境

实验是各级、各类学校在教学中不可缺少的重要环节。学生通过动手实践,能得到丰富的感性认识,进一步加深对所学知识的理解,并且掌握一定的技能。信息科技的发展,创造了仿真和模拟的教学环境,给实验教学带来革命性的变化。

传统的实验是培养学生实践能力的重要场所,但往往具有很大的时间和空间的限制,使有些实验很难在实验环境中进行。近年来,随着计算机多媒体技术的发展,用虚拟现实技术实现模拟实验,正在实验教学领域中走出一条成功之路,具有极大的潜力和发展前景。

虚拟实验室是在多媒体辅助教学和实验软件的基础上发展起来的,通过计算机虚拟现实技术,为各种大规模的实验提供模拟而完整的实验环境、实验过程、实验结果,使实验的进行不受场地、器材、时间、自然环境的限制,为学习者创造更多的实践机会。

(4)信息化的学校

现代信息技术在传统的教学模式中被广泛应用,而且正在全面地影响着整个学校的校园生活,不妨称为信息化学校。

①教学活动系统。主要是指:多媒体课件教学;个别化 CAI;学生自主的 CAI;多媒体课件开发;教师备课支持;教师教学工作支持等等。

②学校管理系统。主要是指:计算机管理教学(CMI);教务管理,包括学籍管理、课程管理、课表生成、成绩管理;学校工作指挥;教育质量管理与决策支持;人事管理;总务管理等子系统。

③信息资源系统。主要是指:图书采编与流通管理;电子阅览与情报检索;教学资料库,包括教学研究和备课用的学科数据库、优秀教案和教学实录等等。

④课外教育系统。主要是指:科技活动;智力游艺;艺术创作;网上写作等等。

⑤家庭教育系统。主要是指:家庭作业管理;家庭辅导管



图 8—17 CAI 制作系统

理;家长联系与咨询;网上家庭文化;网上家长学校;家长智力资源开发等等。

⑥社会教育系统。主要是指:连接校外资源;远程合作学习;网上校园文化;远程教学交流;聘请联网专家;开辟第二课堂等等。

⑦信息网络系统。主要是指:计算机校园网络;学校有线电视网络;电话网络等学校信息化基本设施。

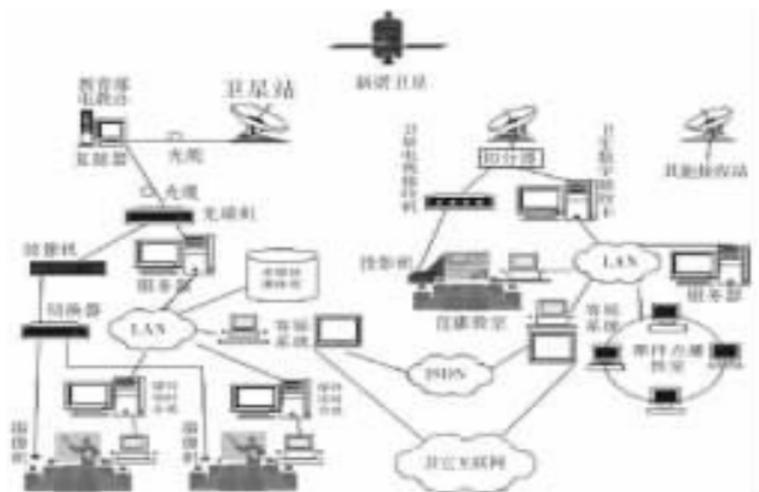


图 8—18 综合网上远程教育平台

(5) 网上远程教学

①任何人,在任何时间、任何地方获取任何需要的信息。无论在何时何地,只要有联网计算机,人们都可上网获取信息或学习。人们足不出户,不但可以尽知天下事,还能游学世界,就是网上远程教育。现在人们在網上建立了許多虚拟的教育系统,出现了虚拟教室、虚拟图书馆、虚拟实验室、虚拟校园、虚拟大学等新概念。如果我们把前面介绍的计算机辅助教学作为传统教学的加强手段的话,那么网上远程教育实际上已经成为一种崭新的教育形态。可以想象,当网上远程教育得到普及,无论何人在何时、何地都可得到他所需要的任何信息,一个真正的学习型社会将随之到来。

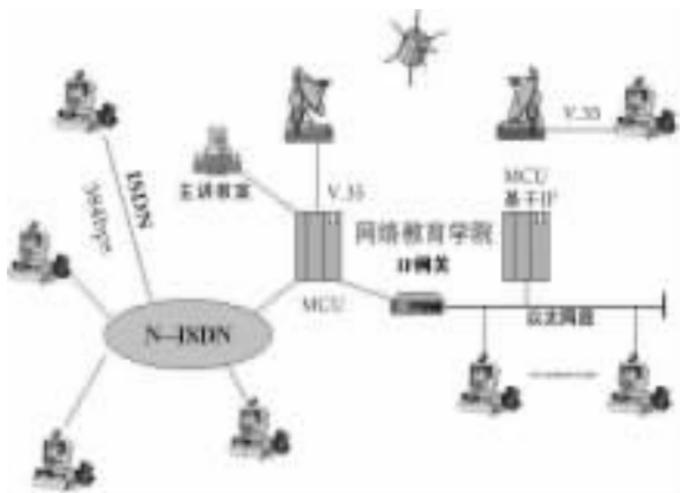


图 8—19 远实时程授课实时系统

②网上实时交互,真正做到天涯若比邻。在实时的教学的情况下,通常通过网上视频会议系统、聊天室等同步通信工具来传递教学信息或进行学习讨论,实现实时教学系统,每一工作站装有一架微型摄像机和对讲机,在线教师和学生的图像可以在网上传播,使得一个学习小组的人员可在荧屏上相会。

③网上模拟实验,打破了时间和空间的实验条件限制。

进一步了解多媒体技术的有关内容,请登陆:

<http://www.bjkgp.gov.cn/gkjqy/xxkx/left.htm>

【思考题】

1. 简述多媒体技术。
2. 现代信息科技在教育中的应用主要表现在哪几个方面?

第九章 生物技术

20 世纪 50 年代,分子生物学的诞生,标志着现代生物技术的兴起。生物技术或称生物工程,它是在分子生物学、细胞生物学的理论基础上,综合采用了基因重组、杂交瘤、固定化酶和动植物细胞大规模培养等现代方法和手段建立起来的一个现代技术体系。其内容主要包括基因工程(DNA 重组技术)、细胞工程、微生物工程(发酵工程)和酶工程四大领域。

第一节 基因工程和人类基因组计划

我始终努力保持自己思想的自由,我可以放弃任何假说,无论是如何心爱的,只要事实证明它是不符。

——达尔文(英国)

现代遗传学家认为,基因是 DNA(脱氧核糖核酸)分子上具有遗传效应的特定核苷酸序列的总称,是具有遗传效应的 DNA 分子片段。基因位于染色体上,并在染色体上呈线性排列。基因不仅可以通过复制把遗传信息传递给下一代,还可以使遗传信息得到表达。不同人种之间头发、肤色、眼睛、鼻子等不同,是基因差异所致。所有地球生命,都以基因传递遗传信息,基因携带了生物全部的秘密,控制着生物的所有性状。基因工程,就是将目的基因与基因载体结合,引入受体细胞,使之复制并产生相应基因产物的技术。

1953年,沃森和克里克发现了DNA分子双螺旋结构,奠定了分子生物学的基础,从而给整个生物学带来了一场革命。DNA分子双螺旋模型的主要内容是:双螺旋一两条链以氢键相连,碱基的配对原则是A与T,C与G,这个模型合理地解释了DNA复制和转录过程,使DNA作为遗传物质的地位得到确认。1973年,美国斯坦福大学的科恩(S. Cohen)和加利福尼亚的博耶(P. Boyer, 1918~)等科学家提出了“基因克隆”的策略,从此基因工程成为现代生物学的核心。

基因是染色体上有遗传功能的DNA片段。DNA是由碱基对构成的,生物的DNA有四种碱基,两两成对,三个连续的碱基组成一个密码子,决定蛋白质的一个氨基酸。成千上万个碱基有序排列,决定了生物体的蛋白质种类和数量,也决定了生物的遗传性状。测定生物DNA的顺序,辨识生物的基因,是基因工程的前提。人类基因组计划就是要测定人类的全部基因,提示了人类的所有遗传秘密,为人类造福。

(一)基因工程

(1)什么是基因工程

基因工程是在分子生物学和分子遗传学综合发展的基础上于20世纪70年代诞生的一门崭新的生物技术科学。一般来说,基因工程是指在基因水平上的遗传工程,它是用人为方法将所需要的某一供体生物的遗传物质——DNA大分子提取出来,在离体条件下用适当的工具酶进行切割后,把它与作为载体的DNA分子连接起来,然后与载体一起导入某一更易生长、繁殖的受体细胞中,以让外源遗传物质在其中“安家落户”,进行正常复制和表达,从而获得新物种的一种崭新的育种技术。

这个定义表明,基因工程具有以下几个重要特征:首先,外源核酸分子在不同的寄主生物中进行繁殖,能够跨越天然物种屏障,把来

自任何一种生物的基因放置到新的生物中,而这种生物可以与原来生物毫无亲缘关系,这种能力是基因工程的第一个重要特征。第二个特征是,一种确定的 DNA 小片段在新的寄主细胞中进行扩增,这样实现很少量 DNA 样品“拷贝”出大量的 DNA,而且是大量没有污染任何其他 DNA 序列的、绝对纯净的 DNA 分子群体。

(2) 基因工程的应用

① 遗传性疾病的基因治疗。基因治疗是对有基因缺陷的细胞导入外源基因,以达到治疗的目的,又如血友病乙的基因治疗是较成功的。血友病乙病人是由于缺乏凝血因子 IX 基因而出血不止,必须输血治疗,而这样易感染艾滋病和乙肝。基因治疗是将病人的皮肤细胞在体外培养,通过反

转录病毒载体将凝血因子 IX 基因导入细胞后,扩增后与胶原混合注射回病人,可使 IX 因子蛋白浓度升高了 2 倍,持续了一年多,症状得到明显改善。对于遗传疾病可以通过基因治疗的方法来治

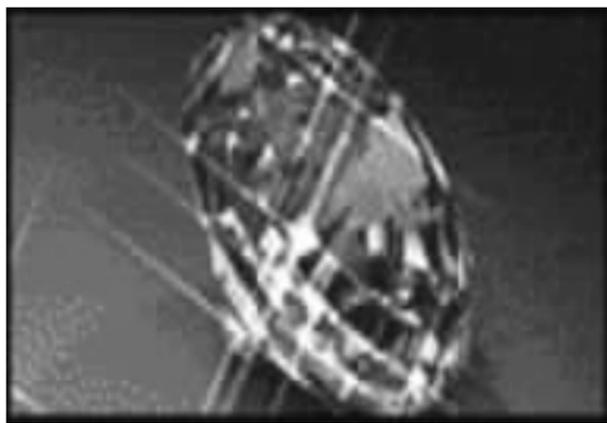


图 9-1 趋化因子与肿瘤的免疫治疗

疗。它现在已经推广到治疗癌症和艾滋病,也延伸到诊断标记方面。世界第一例成功的基因治疗是 1990 年 9 月 14 日美国的一个年仅四岁的小女孩,接受的严重复合免疫症的基因治疗。其他的如血友病 B 的基因治疗、恶性肿瘤的基因治疗、急性早幼粒细胞白血病的基因治疗和基因表达调控。

② 转基因生物。转基因技术是把外源基因整合到受体基因生物中去,并使外源基因在受体生物中得到表达。这种具有外源基因的

受体生物就是转基因生物。

I 转基因动物。转基因动物是通过人工的实验方法,将别的基因导入动物的受精卵。别的基因与动物本身的基因整合在一起,而且随细胞的分裂而繁殖,并且能够将别的基因信息遗传给后代,严格意义上说,转基因动物是人工创造的新动物。如 1992 年 2 月 19 日,由中国科学院曾溢滔院士领衔的上海医学遗传研究所培育出的中国第一头转基因牛——滔滔。

II 转基因植物。转基因植物是指把从动物、植物或微生物中分离到的目的基因,通过各种方法转移到植物的基因组中,使之稳定遗传并赋予植物新的农艺性状,如抗虫、抗病、抗逆、高产、优质等。随着现代生物技术的迅速发展,植物转基因技术方兴未艾。自从 1983 年首次获得转基因植物后,至今已有 35 科 120 多种植物转基因获得成功。1986 年首批转基因植物被批准进入田间试验,至今国际上已有 30 个国家批准数千例转基因植物进入田间试验,涉及的植物种类有 40 多种。

III 转基因微生物。微生物工程正在使用大量的转基因微生物,以生产原来只有动物和高等植物才能生产的生物制品。微生物的易于控制和高产量与转基因技术相结合,使许多昂贵的生物制品日益成为常规的药物。

(二)人类基因组计划

DNA 双螺旋结构的发现,使科学家认识到 DNA 碱基对排列顺序的重大意义,开始破解生命密码,1986 年,美国能源部正式提出了人类基因组计划,1988 年,美国国立卫生院和美国能源部达成协议,联合实施“人类基因组计划”,包括中国在内的六个国家正在从事这项重大科学合作项目。

人类基因组的长度约为 30 亿个碱基对,破解人类基因组的全部

密码是一项宏伟工程。

人类基因组计划在对人体 30 亿对碱基进行准确测序,分析所有基因的结构和功能,解读人类的全部遗传信息。初步分析表明,人类基因组共有 31.647 亿个碱基对,共有 3~3.5 万个基因,比线虫多 1 万个基因,比果蝇多 2 万个基因,远低于原来估计的 10 万个基因的数字。科学家还发现,与蛋白质合成有关的基因只有 2%。而人类 DNA 上大量的序列的意义还不清楚。

除了对人类 DNA 测序外,人类基因组计划还包括环境基因组计划、药物基因组计划、基因组多样性计划、后基因组计划(蛋白质组计划)。

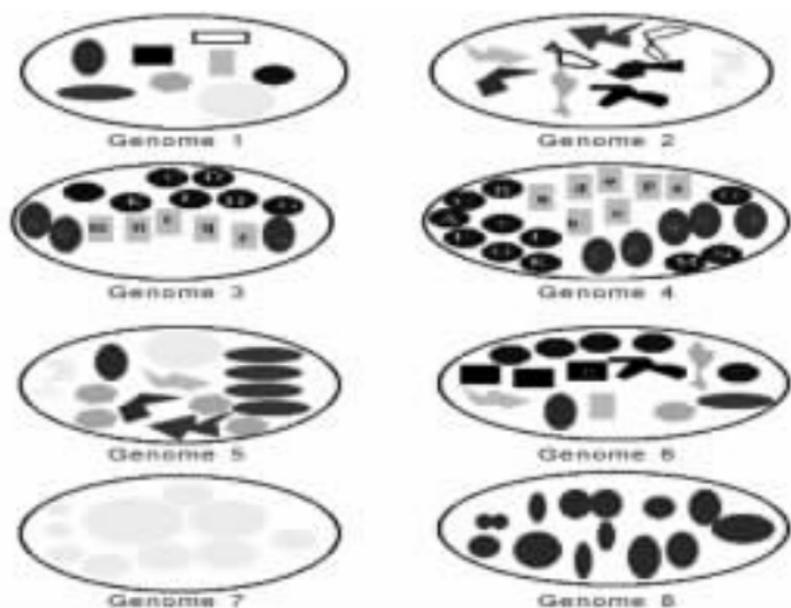


图 9-2 基因家族种类示意图

人类疾病与基因关系密切。基因突变或有害基因的侵入,是造成人类疾病的重要原因之一。由于每个基因对人的正常功能的影响都很复杂,所以任何一种基因的突变都可能引起多种疾病,临床表现

为综合症。寻找和研究引起疾病的基因,进而利用基因方法及早发现疾病,是我们对付遗传疾病的重要手段。

(1) 疾病基因

随着对遗传致病机理的深入研究,科学家们提出了基因治疗的设想:向靶细胞或组织引入外源基因 DNA 或 RNA 片段,以纠正或补偿缺陷的基因,关闭或抑制异常表达的基因,从而达到治疗的目的。

(2) 遗传疾病的分子诊断

在 DNA 水平上尽早发现某种遗传病,那么人们可以知道自己或自己的后代是否安全,因此,DNA 诊断分析可以用来发现和鉴定遗传物质异常,用于严重遗传疾病的产前诊断及早期治疗,例如对镰刀型贫血症的产前诊断。

但是,破解了生命基因也可能带来一些问题。如人们是否能随意获取、传播基因信息,并加以商业利用,或者根据基因信息判断其所有的生老病死等遗传特征;是否能通过改造基因来改变人的生物特征。这些问题使人们在高兴之余不得不冷静思考:生命天书之破译,福兮?祸兮?

对基因技术的应用感兴趣的学生可登陆:

<http://www.sino-gene.cn/>

【思考题】

1. 什么是生物技术?主要包括哪些?
2. 什么是基因工程?其主要应用是什么?

第二节 细胞工程

一切细胞都来自细胞。

——韦尔素(德国)

细胞是生物的基本结构和功能单位。细胞工程是在细胞水平上用生物学及工程设计手段,改造细胞遗传结构,培育具有新性状的细胞群体和新生物品种的技术。细胞工程将细胞遗传物质直接转移到受体细胞中,通过细胞融合、细胞核移植、染色体或基因移植及组织和细胞培养等方法,快速繁殖、培养出人们所需要的生物品种的生物技术。

细胞工程可分为植物细胞工程和动物细胞工程两大类,主要有两个重要的技术,细胞培养和细胞融合。细胞培养是指将生物有机体的某一部分组织取出一小块,在体外经过表面消毒处理后,使其分散成单个游离的细胞,并放置在人工配置的培养基中进行培养,使之生长、分裂的技术。细胞融合是细胞工程的骨干,它是生殖细胞(精子和卵子)受精过程原理的扩大和应用。

(一)植物细胞工程

植物细胞工程是指在离体条件下培养植物细胞的方法。

(1)植物的快速繁殖

植物的细胞具有全能性,也就是说植物的细胞具有重新发育成一棵新植株的潜能。利用植物细胞的全能性,通过植物的生殖器官和体细胞的组织培养,可再生为完整的植株,这可以加快培育和繁殖植物。

植物的快速繁殖包括生殖器官和体细胞的组织培养。生殖器官的组织培养包括花药培养和胚囊的培养。花药培养又称花粉培养,是印度科学家在 1964 年培养毛叶曼陀萝的花药而研究成功的。

植物体细胞组织培养可以在试管里进行,叫试管育苗,它具有许多重要的优点:①小空间、短时间培育大量种苗;②培育插枝难以成活的林木苗;③能消除作物的病毒病。

(2)植物细胞大量培养

植物细胞大量培养技术是在植物组织培养快速繁殖的基础上发展起来的。其具体做法就是把植物细胞从试管或三角瓶内转移到微生物发酵的大型发酵罐,给予适当的培养条件,使植物细胞像微生物一样在发酵罐内大量繁殖,然后从大量繁殖的植物细胞内直接提取有用的物质。使用植物细胞大量培养技术,不但能节省地土地、人力、农药、肥料,而且也不受地理环境、气候变化的制约。在工厂里进行操作,生产的速度要比田间栽培快得多。



图 9—3 毛状根培养

(二)动物细胞工程

(1)细胞融合技术

通过细胞融合技术,使两种细胞融合形成杂交细胞。用这种方法有可能打破远亲不能杂交的屏障,改良品种。

杂交瘤细胞的融合产生单克隆抗体。人和动物都有免疫系统,可以产生抗体把入侵的病菌消灭掉,从而保障身体健康。人体内产生抗体的是 B 型淋巴细胞,它没有繁殖能力,也就不能在体内生产出大量抗体;而骨髓细胞具有繁殖力非常强,即使在体外也能快速大量繁殖。它们杂交形成的杂交瘤细胞大量地繁殖,并且产生出抗体。杂交瘤细胞既保持了骨髓细胞能大量繁殖的特点,又具有 B 型淋巴细胞生产抗体的能力,这种通过杂交细胞产生的抗体叫做单克隆抗体。

1975 年英国科学家把 B 型淋巴细胞和骨髓细胞融合在一起,形成了一个杂交瘤细胞。

单克隆抗体的产生,使人类获得了一种对付疾病的好办法,为医学带来革命性的变化。目前科学家已研制出很多单克隆抗体,应用在疾病的诊断和治疗。单克隆抗体在癌症早期诊断上也可以发挥很大作用,早期癌症诊断对于治疗是很关键的。单克隆抗体在工业和农业上也得到应用。如发酵工业和农业上利用单克隆抗体诊断和治疗作物及家畜疾病。

(2)胚胎工程

胚胎工程是加速培育和繁殖动物的优良品种,或挽救濒危动物的一种胚胎移植方法。如 20 世纪 70 年代,英国一位火车司机布朗在与妙龄女郎喜结良缘九载后仍无爱情的结晶,后来通过胚胎移植的方法使其受孕,并顺利产下一女婴。胚胎工程一般来说包括冷冻胚胎、超数排卵、试管牛犊、卵分割法、核移植技术等。

玻璃化超快速冷冻技术是最简洁、最快速的胚胎冷冻保存技术，冷冻过程不超过 1 分钟，不需要昂贵的程控冷冻仪器，是促进胚胎移植产业化的关键技术之一。



图 9-4 克隆牛——蓓蓓

超数排卵也称“超排”，是指将供体动物经激素处理，使其发情，并能排出数量较多的发育成熟的卵子，经过人工授精方法，以获得数量稳定的可移植的胚胎。2003 年 10 月莱阳农学院动物胚胎工程中心采用最新的玻璃化超快速冷冻技术和超数排卵技术繁殖出新型克隆牛——蓓蓓。采用玻璃化冷冻体细胞克隆牛胚胎移植产犊，在世界上尚属首例。

1980 年，英国剑桥大学科学家波尔格又研究成功试管牛犊，就是把优良品种的母牛卵子和公牛精子取出来，使精、卵在试管里受精，形成胚胎，再用“借腹怀胎”的方法去繁殖优良品种。这为家畜的快速繁殖和培育优良品种创造了更好的条件。

为了更快地培育动物优良品种，科学家又研究成功了卵分割法，就是把胚胎内的细胞一个个的分离开，变成单个的受精卵细胞，再把单个受精卵细胞培育成胚胎，进行胚胎移植，就会产生双犊、4 犊等

家畜。

核移植技术,就是将一个动物的细胞核,移植到卵细胞中,并发育生长。我国的农业科学院畜牧研究所早在 90 年代初就成功地进行了牛胚胎细胞核移植,小牛生长情况良好。

(3)有母无父的克隆羊“多莉”

1997 年 2 月在英国爱丁堡罗斯林研究所有一只白色的小绵羊



图 9—5 克隆羊“多莉”

“多莉”,它只有母亲没有父亲,“多莉”羊是世界上第一个真正克隆的哺乳动物。克隆“多莉”羊采用的基本技术手段是染色体移植。我们知道,高等哺乳动物的细胞分为生殖细胞和体细胞。生殖细胞是指卵子和精子,其余的细胞都是体细胞。包括人在内的哺乳动物的生殖过程都是精子和卵子结合而成受精卵,受精卵细胞在子宫内不断地增生、异化,形成胚胎,胚胎不断地发育成长,怀胎几个月后母体生下了小动物或小孩,这是有性生殖过程。而无性生殖即“克隆”是指

用生命的个体繁殖后代,不通过精卵结合的方式,而是体细胞不断分裂成新的生命体。比如,柳树枝通过扦插就能繁殖后代,低等动物如草履虫、变形虫也是能过体细胞分裂来繁殖后代。克隆羊“多莉”不是通过受精卵结合,而是通过白色绵羊提供的乳腺细胞(体细胞)的核移植而产生的。

遗憾的是,2003年2月,只活了普通绵羊年龄一半(6年)的“多莉”死去了,引起了人们对克隆技术的反思。

(4) 胚胎干细胞

早在20世纪初期,科学家们已提出动植物细胞的全能性理论。所谓植物的全能性就是指植物物体的任何一个细胞,都包含其个体遗传的全部信息,在离体培养的条件下,植物原生质体能成长为完整的植株。对动物细胞而言,情况远为复杂。实验已表明,小白鼠的神经细胞决不会分化出其他组织的细胞,更不会长出一只完整的小白鼠。但动物体内有全能性的细胞,如低等动物的鱼,两栖类等,从二细胞到囊胚期的细胞都具有全能性,高等动物从胚胎二细胞到64细胞以及内细胞也具有发育的全能性。

现在,已从小白鼠细胞团分离出全能性的干细胞。胚胎干细胞简称ES细胞,是正常二倍体型,像早期胚胎细胞一样具有发育上的全能性。

利用干细胞的全能性,可以通过细胞基因的定向诱导,形成我们需要的组织和器官,为真正实现组织、器官丧失或功能障碍永久性置换和替代提供了条件,称为组织工程。

1999年,人类干细胞研究被美国《科学》杂志推举为21世纪最重要的研究领域之一,并被评为当年十大科学成就之首。

2004年2月,韩国和美国科学家成功克隆出了人类早期胚胎,并从中提取出胚胎细胞。这是科学家首次利用克隆技术获得人类胚胎干细胞。

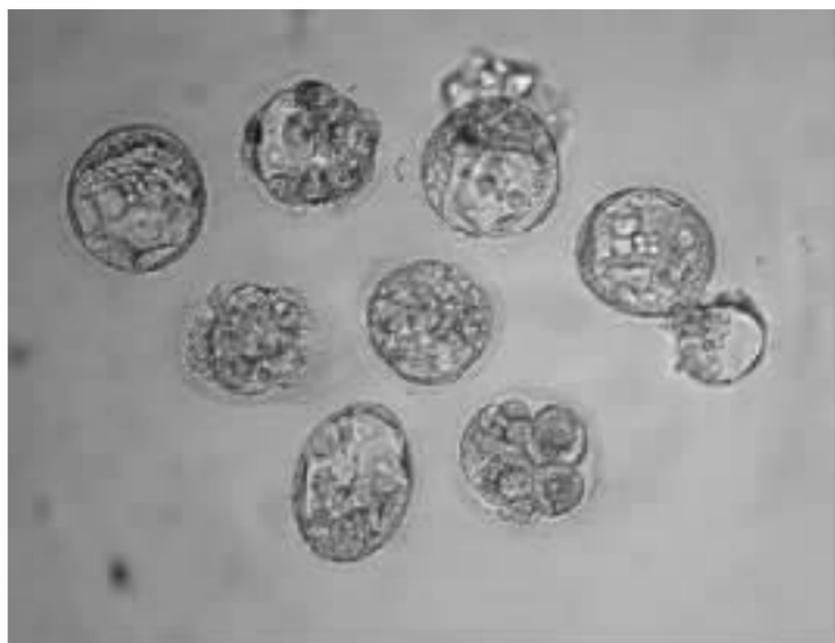


图 9—6 新近克隆的 8 个人类胚胎

(5) 克隆人的技术问题

克隆的意思是创造与上一代哺乳动物基因完全相同的下一代。一般是用被克隆者的一个细胞作为传递基因的母细胞进行克隆,用这种方法创造的人叫克隆人。

目前,克隆牛、羊、猫、鼠等都获得了成功。2000年,美国科学家用无性繁殖技术成功地克隆出一只叫“泰特拉”的猴子。2001年10月13日,美国一家“高级细胞科技”公司成功克隆世界上第一个人类胚胎。猴子和人类胚胎的克隆成功,意味着克隆人在技术层面上是可能实现的。然而,科学家还注意到那些克隆动物很高的夭折率,所以对克隆人存在着很大的忧虑。为了保证在一定时间内克隆获得成功,就必须有很多的卵细胞、代理母亲和受孕实验。另外,在动物身上获得成功,未必在人身上也能获得成功。更重要的是,这些操作对代理母亲和克隆婴儿将有多大危险,这个问题至今没有得到解决。

实际上,动物克隆实验也显示出了克隆的灾难性后果,不少克隆动物面临着各种各样的先天性缺陷,比如器官肥大、代谢紊乱、免疫功能低下等。畸形的动物克隆实验可以中途终止,然而,面对克隆婴儿,科学家怎样担负得起让婴儿夭折的社会责任呢?

进一步了解克隆技术,请登陆:

<http://database.cpst.net.cn/popul/front/critt/clone.html>

【思考题】

1. 什么是细胞工程?
2. 细胞工程包括哪两个主要方面?其含义是什么?
3. 什么是胚胎工程?一般包括哪些方面?
4. 谈谈你对克隆技术用于人自身的看法。

第三节 发酵工程

机遇只偏爱有准备的头脑。

——巴斯德(法国)

发酵是一门古老的技术,古代人在完全不懂什么是发酵的情况下就已学会用发酵技术来制造一些有用的商品,如古巴比伦在公元前3世纪就会用大麦芽酿造啤酒。1884年,法国化学家巴斯德(L. Pasteur, 1822~1846年)通过一系列的试验证明,发酵正是利用微生物活动的结果,不同种类的微生物可引起不同的发酵过程。巴斯德的贡献给发酵技术带来巨大的影响。在20世纪40年代初,由于战争对青霉素等抗生素的大量需求,促使了人们大规模生产抗生素的工艺的建立,为发酵工程的发展奠定了基础。20世纪60年代氨基酸、单细胞蛋白和核苷酸等工业的建立,标志着人类已能控制微生物

进行发酵生产。20 世纪 70 年代以后,随着生命科学和生物技术的发展及借助于遗传工程和电子计算机等先进手段,使人们对微生物的体内结构有了更深层次的了解,发酵工程进入了新的发展阶段。

(一)何为发酵工程

发酵工程又称微生物工程,是指采用现代工程技术手段,利用微生物的某些特定功能,将传统发酵技术与现代 DNA 重组、细胞融合等结合起来的现代微生物发酵技术。发酵工程的内容包括菌种的选育、培养基的配置、灭菌、扩大培养和接种、发酵过程和产品的分离提纯等方面。



图 9-7 大肠杆菌质粒 DNA

发酵技术的基本原理是微生物在有氧或无氧的环境下生长、繁殖和代谢,产生所需的产品。不同的微生物其代谢物也不同。因此,筛选和培养优良菌种是发酵工业的首要任务。目前人们利用基因工程和细胞工程技术,可以

很方便地得到所需要的菌种,包括那些自然界没有的菌种。

发酵工程的一般流程是:

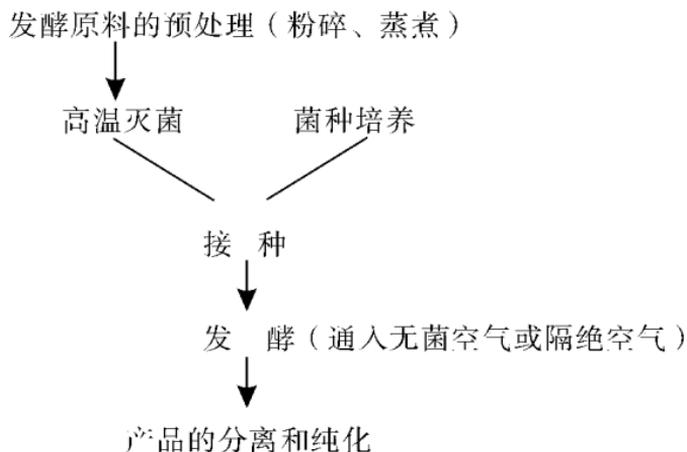


图 9—8 发酵工程的一般流程示意图^①

(二) 发酵工程的应用

(1) 医药工业

发酵工程在医药工业上的应用,成效十分显著,生产出了种类繁多的药品,如抗生素、维生素、动物激素、药用氨基酸、核苷酸(如肌苷)等。其中,抗生素是人们使用最多的药物,也是制药工业利润最高的产品。20世纪80年代,世界各地的抗生素年产量达 2.5×10^4 吨,产值超过40亿美元。目前,常用的抗生素已达一百多种,如青霉素类、头孢菌素类、红霉素类和四环素类。

有些药物如人生长激素、胰岛素,过去主要是靠从生物体器官、组织、细胞或尿液中提取,因而受到原料的限制,无法推广使用。发酵工程对医药工业的一个重大贡献,就是使这类药物得以大量生产和使用。例如,生长激素释放抑制因子是一种人脑激素,能够抑制生长激素的不适宜分泌,用于治疗肢端肥大症。最初,生产生长激素释

^① 转引自刘啸霆主编《现代科学技术概论》,北京:高等教育出版社,1999年版,第216页。

放抑制因子的方法是从羊脑中提取,50万个羊脑才能提取到5mg这种激素,远远不能满足病人的需要。如今,利用含有生长激素释放抑制因子基因的工程菌进行发酵生产,7.5L培养液就能得到5mg的生长激素释放抑制因子,价格也只有原来的几百分之一。目前,应用发酵工程大量生产的基因工程药品,有人工生长激素、重组乙肝疫苗、某些种类的单克隆抗体、白细胞介素-2、抗血友病因子等。

(2) 食品工业

发酵工程在食品工业上的应用十分广泛,主要包括:

①生产传统的发酵产品,如啤酒、果酒、食醋等,使产品的产量和质量得到明显的提高。

②生产各种各样的饲料和食品添加剂,促进了畜禽健康生长,大大改善了食品的品质及色、香、味。例如,用发酵技术生产的活性饲料,可用来促进家禽的快速成长,提高肉食品的质量。现在,用发酵方法制得的L-苹果酸是国际食品界公认的安全型酸味剂,广泛用于果酱、果汁、饮料、罐头、糖果、人造奶油等的生产中。

(3) 农业

随着人口的增长,粮食短缺已成为困扰人们的社会问题之一,而发酵工程的发展将为解决这一问题开辟新的途径。研究表明,微生物含有丰富的蛋白质,如细菌的蛋白质含量占细胞干重的60%~80%,酵母菌的占45%~65%,而且它们的生长繁殖速度很快。因此,许多国家就

利用淀粉或纤维素的水解液、制糖工业的废液、石化产品等为原料,通过发酵获得大量的微生物菌体。这种微生物菌体就叫做单细胞蛋



图 9-9 活性饲料

白。20世纪80年代中期,全世界生产的单细胞蛋白已达 2×10^6 吨。用酵母菌等生产的单细胞蛋白可作为食品添加剂,甚至制成“人造肉”供人们直接食用。最近国外市场上出现的一种真菌蛋白食品,就以其高蛋白、低脂肪的特点受到了消费者的欢迎。单细胞蛋白用作饲料,能使家畜、家禽增重快,产奶或产蛋量显著提高。

(4) 能源工业

能源紧张是当今世界面临的一大难题,而微生物能在解决这一问题上大显身手。如通过微生物发酵或固相化细胞或酶技术,可将绿色植物秸秆、木屑等转化为液体或气体燃料(酒精和沼气)。现在许多国家已将酒精作为绿色汽车燃料,也已建立各种沼气发酵厂,提供工农业能源。根据专家估计,从稻草、麦秆、玉米秸、灌木、干草、树叶等纤维素中取出其总量的5%,通过微生物发酵加以合理利用,就能满足全球对能源的需求。

(5) 化工工业

微生物技术可以制造传统的化工技术难以生产的价值高的稀有产品,而且具有耗能少、污染小等特点。如残留田间破碎的农用塑料薄膜,它们能形成隔离层,影响空气流通,阻碍植物根系发育和对营养、水分的吸收,可使农业减产,而通过选育和基因重组构建的“工程菌”能产生可降解的塑料——生物塑料,大大提高了对废旧塑料的降解能力。目前,人们运用基因工程已经研制出了性能更佳生物塑料。

(6) 环境保护

随着工农业的不断加速发展,环境污染日益加剧,给人类的生存环境造成威胁,解决这一问题已显得十分迫切。而微生物在解决这一问题时也身手不凡。由于微生物对污染物具有惊人的降解能力,能降解海上浮油,能清除有毒气体和恶臭物质,还能对废水、废渣进行综合治理。

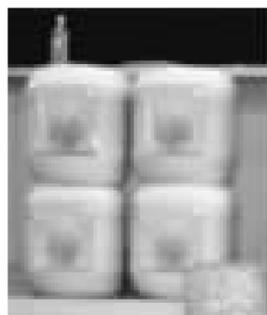


图9-10 水体改良剂



图9-11 生物除臭剂

小小的微生物还具有“治理”金属的能力,既能腐蚀金属起破坏作用,也能利用金属,进行所谓的“微生物冶金”,其原理就是利用细菌作用于矿石中的金属,使其变成可溶性的物质而加以回收。

进一步了解发酵工程的应用,请登陆:

<http://www.gdas.ac.cn/newsamplebk/>

【思考题】

1. 何为发酵工程?其内容主要有哪些?
2. 发酵工程有哪些应用?

第四节 酶工程

一个科学家应该考虑到后世的评论,不必考虑当时的辱骂或称赞。

——巴斯德(法国)

20世纪60年代末期,固定化酶技术得到完善,并被应用到合成青霉素和玉米淀粉、果糖浆等工业生产中。如今,酶制剂已广泛应用在食品、医药、造纸、纺织、清洁等生产和生活领域。

(一)什么是酶和酶工程

酶是由细胞所产生的具有催化功能的蛋白质。它们可特定地促使某个化学反应而它们本身却不参与反应,且具有反应效率高、反应条件温和、反应产物污染小、能耗低、反应容易控制等特点。

酶是生命活动的代谢产物,又是生命活动必不可少的催化剂,没有酶,生命活动就无法进行。例如,我们每天吃的食物都必须在胃分泌的胃蛋白酶和胰脏分泌的淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酶等的作用下,分解成葡萄糖、氨基酸、脂肪酸和甘油等小分子,才能透过小肠壁,被组织吸收和利用;而人体生长的时候,体内又会进行各种蛋白质、脂肪等的合成反应,这些合成反应也需要在酶的催化下完成。这些由活细胞产生的特殊蛋白质不仅是生物自身的催化剂,脱离了活细胞后在一定的条件下也还能保留催化活性。工业上可以把酶制成合适的制剂来使用,通常把源于生物的具有催化活性的含酶制剂统称为生物催化剂。生物催化剂主要来自微生物,这些纯天然来源的催化剂加工出来的产品也具有纯天然的本色。

酶是个大家族,至今已知的酶近 3000 种。各种酶催化的反应性质不相同,人们在了解酶的优点和特性以后,就设法有目的地利用酶,并制成适用于不同场合的酶制剂。引入液体深层通气发酵生产法以后,近代酶制剂工业才得以迅速发展,至今上市的工业酶制剂几乎全都由微生物发酵生产的。由于所用的原料是易得到的大宗产品,来源广,价格便宜,微生物种类多,通过选育增产容易,增幅大,产酶量甚至可增加 1000 倍。

所谓酶工程,就是在一定的装置中,利用酶的特异催化功能,快速、高效地将相应的原料转化成有用物质的技术。酶工程的范围大致包括酶生产、酶的固相化技术、酶的化学修饰、酶反应器的设计、酶在工农业和医疗中的应用等。近年来,随着酶技术研究的深入发展,

酶工程又增加了不少新的内容,如模拟酶、抗体酶、核酸酶、酶标免疫分析和酶传感器等。

(二)酶工程的应用

(1)食品工业



图 9-12 木瓜酶



图 9-13 食品级脂肪酶



图 9-14 蛋白酶

食品工业与日常生活息息相关,也是最早、最广泛使用生物催化剂的领域,已经应用的酶有几十种。国内外大规模生产的 α -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶、葡萄糖异构酶、葡萄糖氧化酶、果胶酶、脂肪酶、纤维素酶等酶制剂的主要用户也是食品行业。由于酶催化剂具高效性、强专一性和温和性,尤其适用于食品加工。

(2)医药工业

在医药工业上,治疗疾病、制造药物都可以利用酶。直接作为治疗剂的酶中,从动植物提取的占了相当大的比例,如从猪胰脏中提取的具有淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶活性的口服助消化剂多酶片,清除创伤、烧伤、溃疡等坏死组织的菠萝酶和木瓜蛋白酶消炎剂,从鸡蛋清提取的抗菌消炎的溶菌酶,以及从人尿和蚯蚓中提取的溶血栓药物尿激酶和溶纤酶等。从用发酵法培养的微生物菌中获得的作治疗用

的酶,种类多,具有用基因工程技术大幅度提高产量和使微生物产生动植物中的酶的优势。

治疗白血病的天门冬酶目前从大肠杆菌菌体中提取;临床诊断用酶是在体外通过检测酶与血和尿液中的糖、脂肪、胆固醇、尿酸等物质反应产生的量作为诊断指标的,常配备测定用试剂和器具,组装成试剂盒上市。

(3) 日用化学

洗衣粉的配方中通常会含有 40% 左右的聚磷酸钠,还含有表面活性剂和氧化剂等主要成分。由于洗衣后排放的废水中的磷酸盐会造成富营养化水体,导致相当严重的环境问题,所以低磷和最终使用无磷洗衣粉是发展的必然趋势。添加洗涤用酶可增强洗涤效果,并可弥补低磷和无磷配方洗衣粉去污力下降的缺陷。加酶后的洗衣粉在较低的温度下(20~40℃)洗涤效果非常优越,而不必在 60℃ 的条件下洗涤,这大大节约了洗涤所耗费的电能。添加的洗涤用酶约占洗衣粉重量的 1%。生产酶所耗的能量不大,所耗能源不到洗涤过程能耗的 1%。经比较,用全自动洗衣机洗涤 3 千克衣服,洗涤温度从 60℃ 降到 40℃ 可使耗电量从 1.2 千瓦·时降到 0.8 千瓦·时,而生产所添加的酶只耗电 0.0068 千瓦·时,节能效果非常明显。

(4) 精细化工和有机化工

生物催化剂通常用于制备高附加值的精细化工产品,如氨基酸、核苷酸、糖脂及其衍生物。现在,用酶转化大规模生产大宗有机化工产品也已成为一个新兴的领域。

用酶催化或用酶合成二聚体、三聚体后再用化学法连接的化学酶法以及酶法修饰高分子化合物等方法,在聚酯、聚酰胺、聚丙烯酸、聚酚等高分子化合物合成中的应用会不断增加。这些新型材料可用于加工成吸水剂、水凝胶、生物可降解材料等多种产品。酶法合成的简便和高度选择性必将在高分子化学工业这一庞大且品种多样的工

业领域中发挥越来越明显的作用。

(5) 饲料工业

酶制剂可以大大增加饲料的质量,与其他添加剂不同的是它能消除饲料中的有害物质并使不能利用的成分转变为可吸收利用的成分。饲料中有选择地添加一些酶,不但有利于动物的生长、增重及充分利用饲料,而且能减少粪便量,减轻臭味和磷对环境的污染。

(6) 纺织工业

在纺织工业中,酶法工艺不但效率高,能耗低,而且加工过的织物损伤少,毛细管效应增加,染色均匀鲜亮。如用中性蛋白酶脱除桑蚕和柞蚕丝条织物上的丝胶,只需要在中性条件下,45℃浸泡 0.5~1 小时即可完成,相对于传统工艺,不但节省了蒸汽及化学品,还可使出丝率提高近 20%,丝纤维强度、手感、光泽等质量指标都有提高。

(7) 造纸工业

在造纸的制浆阶段使用的酶种——帮助漂白的木聚糖酶以及分解松木纸浆中松脂脂肪的脂肪酶和脱除废纸油墨的纤维素酶,有利于对环境造成的污染。如美国和加拿大的一些公司试验把已商品化的工业酶用于制浆,仅在纸浆漂白前增加稀木聚糖酶液处理 30 分钟,就增加了纸浆的孔隙,有利于漂白阶段的木质素去除和减小化学品的用量。不但增加了纸的白度,而且降低了废液中有机氯的含量,节省了用氯量、化学品量,并使纸浆的强度提高,浆产量增加 10%。

(8) 环境保护

生物催化剂用于工业生产,节能降耗,减少污染物的排放,而且在环境监测和处理污染物方面也有用武之地。活性污泥带有多种可降解水中污染物的微生物,把这些微生物和它们的酶制成固定化生物催化剂,能用于处理工业污水。处理化学毒物是生物催化剂应用的新领域,生物催化剂将不少化学毒物转化成无毒的生物可降解物质。另外,在基因工程中,酶是最重要的工具,利用酶的种类多、专一

性强、催化效率高的优点,可以进行临床诊断,并用于微量检测,并监控环境中有毒、有害物质的含量。

综上所述,现代生物技术上具有其他技术无法比拟的优越性。面对人口膨胀、资源枯竭、环境污染等威胁人类生存的严重环境问题,生物技术以其生产效率高,原料具有再生性,产生的污染少,基因重组的微生物甚至还可以消除环境中的污染物等优点,在近 20 年的发展中受到了极大的关注,有人把 21 世纪称为生命科学的世纪,将现代生物技术称为 21 世纪的朝阳产业。

进一步了解酶工程的有关内容,请登陆:

<http://bioxianleid.8u8.com>

【思考题】

1. 什么是酶和酶工程?
2. 酶工程的应用主要表现在哪些方面?

第十章 新能源与新材料技术

纵观人类发展的历史,不难看出,材料是人类社会进步的物质基础。在当代,材料的作用更是显而易见,生产技术的每次重大革命基本上都与材料的重大突破有关,从而又促进了人们对新型材料的研究。到20世纪50年代末至60年代初,材料科学与材料工程(MSE)应运而生。能源是人类社会文明发展的动力,没有能源,地球的资源就发挥不了应有的作用,在地球资源日益面临枯竭的今天,使核能朝着更安全的方向发展,探索太阳能、风能等新能源的有效利用将为人類社会的进步开辟更广阔的前景。

第一节 人类社会发展的物质基础——材料

“难”也是如此,面对悬崖峭壁,一百年也看不出一条缝来,但用斧凿,能进一寸进一寸,得进一尺进一尺,不断积累,飞跃必来,突破随之。

——华罗庚(中国)

在人类进入知识经济的今天,材料、能源和信息被认为现代文明的三大支柱。现代科学技术的发展史告诉我们,每一项重大的新技术发明,往往都有赖于新材料、新能源技术的突破。

(一)什么是材料和材料工程

材料是物质,但并非所有的物质都是材料。如空气、水等虽然是物质,但不能作为材料。根据美国科学院与工程调研委员会的定义,材料是在机械、构件、器件等产品中具备有用性能的物质,即人们用以制造有用物件的物质。新材料则是指最近发展或正在发展之中的具有特殊功能和效用的材料。材料工程是关于材料组成、结构、制备工艺与其性能和使用过程间相互关系的知识开发及应用的科学。

(二)材料的分类及其发展

(1)异彩纷呈的材料“家族”

按照材料的物质结构属性,可将材料分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料四大类。按结构可分为晶体材料、非晶体材料和液晶材料。按性能可分为结构材料和功能材料两大类,按其应用领域又可分为信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料、航空材料等多种类别。20世纪60年代以来,科学技术的突飞猛进,促进了“材料革命”,材料家族正成为现代社会发展的基础和支柱。人类用自己的聪明才智,从利用材料开始,逐渐进入按照自己的需求来制造材料。材料科学技术的每一次重大突破,都会引起社会生产力的革命性变化,加速社会发展的进程,把人类社会的物质文明推向前进。没有材料,就没有社会的发展和进步。

(2)材料的发展

材料的发展大致经历了以下五个阶段:①天然材料,如兽皮、羽毛、树木、石块和泥土等。②烧炼材料,如砖瓦、陶瓷、玻璃、水泥等烧结材料和铜、铁、钢等冶炼材料。③合成材料,如聚酯纤维、聚丙烯腈、聚丙烯等。④可设计材料,如石墨纤维增强铝基复合材料和石墨纤维增强镁基复合材料等。⑤智能材料,如可根据观察角度不同而

发生变色的光学变色颜料、可防止复印的油墨、可根据受力情况变硬变软的名叫“施马蒂斯”的智能材料等。

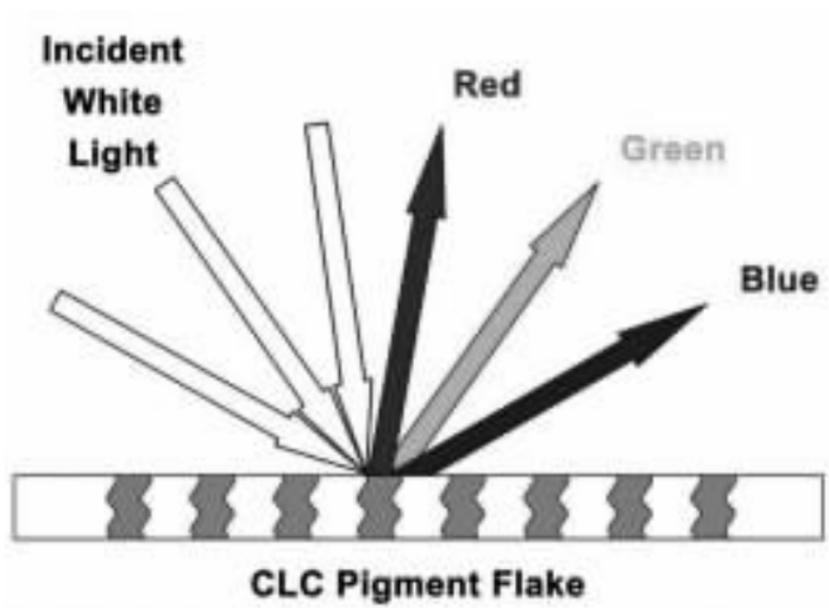


图 10-1 光学变色材料示意图

(三)材料是人类社会发展的基石

材料是人类一切生活活动和生产的物质基础,是社会生产力的重要因素。材料的发展和应用,展示了人类早期文明发展的历史。

随着新技术革命的兴起和新材料科学的发展,人类创造出来越来越多的新材料,为科学技术的飞速发展提供了重要的保证。人类社会的发展表明:文明和材料有着不可分割的联系。有时,一种重要的新材料的发现和应用,会伴随着社会生产力一次新的发展。从而把人类改造自然的能力提高到一个新的水平,人类文明的进程也向前迈了一大步。相反,由于材料原因而导致的灾难给人类造成了巨大的损失。如 1912 年“泰坦尼克号”的沉没,就是因为其制造时使用的钢材中含硫量高,在冰冷的海水中与冰山相撞发生脆性断裂所致。

(1) 社会生产力发展水平的标志

作为生产力要素之一的生产工具和生产对象是和材料直接相关的。生产工具的改革和创新,对生产力的发展起着巨大的作用。不同时代使用不同的生产工具,而生产工具的不同,相当程度上与材料构成有关。人类社会的发展历史表明,材料的发展决定了人类文明进步和社会经济的发展。

(2) 社会经济发展的先导,物质文明的基础

人类社会和经济的发展历史表明:新材料对社会经济的发展具有关键性的作用,材料科学和材料技术制约着重要产业的发展,没有新材料的发现,就不会有高新产品的出现和工业的进步。很多工业部门既是生产各种材料的基地,又是各种材料的用户,尤其是那些国民经济的支柱产业,直接影响国民经济的实力,要保持经济的稳定增长,快速发展,就必须依靠先进的材料技术。此外,材料技术的创新在很大程度上决定了许多关键产业的发展速度。

一种工业的发展,首先要以与之配套的材料的发展和产业化为起点。例如,汽车工业的发展,没有相应的材料开发和产业化是绝对不行的。

社会物质文明的发达总是伴随着材料技术的高度发展和各种新型材料的广泛应用。

(四) 科学技术与新材料

当代科学技术发展的基本特点是科学与技术的融合,新技术革命具有非常丰富的内容。当代新技术发展一方面促进了材料革命,另一方面,对材料提出了更高要求。

(1) 新技术革命对新材料发展的要求

新科技和社会的相互渗透,对材料科学的发展提出了许多新的近乎于苛刻的要求和广泛的课题。这主要体现在对各种结构材料和

功能材料的性能上,如耐高温、耐低温、耐高压、耐腐蚀等综合性能好的结构材料,以及光、电、声、热等物理效应显著的功能材料上。

当前,新技术在新材料研究中的应用,也加速了材料科学的发展。例如,电子计算机的技术应用于材料化学设计中,提高了材料数据库和信息库的利用效率。

(2) 材料的创新是现代科学技术进步的基础

材料技术的创新深刻地影响着每一项重大的发明和新技术的产生,尤其是现代高新科学技术的发展。以当今高新技术发展中处于核心地位的信息技术为例,它的突破就是紧紧依靠着材料技术的创新。如信息技术使用的半导体材料,它的出现和更新给电子计算机带来日新月异的变化。

以纳米材料的研制和开发为基础的纳米技术,面向人类过去很少涉及的非宏观、非微观的中间领域,开辟了人类认识世界的新层次。这标志着人类的科学技术进入了一个新的时代。

进一步了解新材料的有关知识,请登陆:

<http://www.materials.gov.cn/newmaterials/index.asp>

【思考题】

1. 为什么说材料是人类社会发展的物质基础?
2. 简述科学技术与新材料的关系。

第二节 新材料技术

对搞科学的人来说,勤奋就是成功之母。

——茅以升(中国)

从现代科学技术和工业中已经使用和将要应用的材料来看,目前的新材料主要包括高性能金属材料、高分子材料、无机非金属材料、新型有机合成材料以及复合材料等。

(一)高性能金属材料

(1)超导材料

一般地,人们按材料的导电性能的差别将材料分为绝缘体、半导体和良导体。长期以来,人们一直期望得到一种电阻极小,几乎为零的材料,作为导线。最早的超导材料是由荷兰科学家卡末林·昂内斯发现的金属汞,俗称水银。科学研究工作者把在一定条件下导致材料电阻趋



图 10-2 NbTi 超导棒

近于零的现象,称为“超导现象”,而电阻趋近于零的材料,称为“超导材料”。此时的温度称为“转变温度”或“临界温度”,相应的电流、磁场则分别称为“临界电流”和“临界磁场”。

超导材料是理想的输电线材料,用它制成的输电线可避免普通输电线路上的电能损耗,能实现电能的远距离、高电流密度的无损输送。用超导材料制造电机,可提高输出电流 20 倍,重量减轻 90%,这对制造大功率发电机具有突出的意义。

超导材料可制成巨大功率的磁体,用其产生的强大磁场,可使列车在运行时悬浮于铁轨上而不至于接触铁轨,成为“磁浮列车”。

(2) 稀土材料

在化学元素周期表中有一个系列叫镧系,其中有镧、铈、镨、钕、钐、铽、镱、铟、铪、铀、钼、铯、钡、镧 17 种元素。由于化学性质非常相似,而且在矿物中共生,同时在自然界中的含量较少,其氧化物一般都难溶于水,因而这 17 种元素被称为稀土元素。

冶金工业中,许多金属中加少量稀土元素后,可以大大改善金属性能。如球磨铸铁中加入少量稀土元素,就能除去其中的非金属杂质,改变铸铁中的石墨形态,显著提高



图 10-3 稀土产品

密度,从而提高铸铁的机械性能,使它的材料达到铸钢和锻钢的水平。石油化学工业中,用稀土制成的分子筛催化剂是石油炼制中催化裂化工序的重要添加剂。又如钕钇石榴石是一种良好的激光材料,在军事工业中,用它制成的激光器,可用激光测距与瞄准、激光通信与雷达等。另外,还可利用其焦点温度非常高的特点制成激光武器。稀土金属与钴的合金还是一种极好的永磁材料,被广泛用于微型电机、加速器、音响设备、电子手表、医疗器械等。

(3) 形状记忆合金

形状记忆合金是指在一定温度下加工成型, 改变其温度后, 便可使它产生变形的合金。在外科各种骨整形和断骨再接方面具有可靠的实用价值。用形状记忆合金可制成“智能型”铆钉。还可用于通风设施控制系统和锅炉安全自动控制系统等。另外, 航空航天方面, 航天飞机用形状记忆合金制得抛物形通讯卫星天线。



图 10-4 大转子截骨记忆固定器

(4) 贮氢合金

这类合金在一定条件下可大量吸收氢气, 与氢原子结合形成氢化物, 并把它贮藏起来。在使用它时, 把它加热, 可释放出来。贮氢合金吸收氢气后, 可用于燃氢汽车的动力。还可利用其放热——吸热的可逆过程, 做成制冷设备或采暖设备。

(5) 非晶态合金

非晶态合金具有良好的磁性能, 用它作磁性材料代替硅钢片变压器铁蕊, 可使自身能量损失减少 60% 以上。还可用于制作磁带、录音磁头。非晶态合金材料的研制和开发在我国正在迅速发展。

(二) 新型高分子材料

(1) 高性能塑料

① 聚甲醛。是一种能够代替铜、铝等金属结构材料的高分子材料, 具有摩擦系数低、硬度和刚性高、白润滑、耐磨性好等特性, 被称为“最耐疲劳的塑料”, 特别适用于制造精密小齿轮、轴承、各种电子

表、打印机等办公设备及仪表中的乳白色齿轮、滑块等。

②聚碳酸酯。透明度高、密度小、坚韧、易于加工成型、抗冲击、强度极高,能在 $135\sim 145^{\circ}\text{C}$ 中连续使用,有“打不碎的玻璃”之称。

③聚四氟乙烯。耐化学腐蚀,是耐腐蚀的材料,被称为“塑料王”。广泛用于防腐材料,摩擦密封材料,化学反应内衬材料等。另外,由于其表面积很小,其他物质很难粘附在其表面,因此可它用制造热交换器,避免交换器结垢堵塞。

(2)特种纤维和特种橡胶

特种纤维是合成纤维的进一步发展,具有特殊的物理、机械性能;特种橡胶是在普通合成橡胶的基础上,发展起来的一类具有更加优良性能的有机高分子材料。

①劳纶纤维(芳香族聚酰胺)。具有重量轻、耐腐蚀、强度高、寿命长、绝缘性好、耐辐射、模量高、加工方便等优点。由于它的比强度(同质量材料得到的强度)5倍于钢丝,被称为“合成钢丝”。

②硅橡胶。具有突出的高耐热性($-100\sim 300^{\circ}\text{C}$ 摄氏度)、优越的耐大气、高温老化性和电绝缘性等特点,还有很好的生物相容性和稳定性,广泛用于航空、造船、化工、医疗和建筑等。

(3)功能高分子材料(分为物理功能和化学功能高分子材料)

①高分子分离膜。基于高分子膜的分离技术,节能、经济、无污染、操作方便,易于自动化,广泛应用于制淡水、工业废水处理、湿法冶金、食品保鲜、混合气体分离、药物分离等。

②导电高分子材料。是一种新型能导电的树脂,本身不需要任何填料,而是利用少量掺杂剂就能达到金属的导电性能。

③高吸水性树脂。可以吸收自身重量 1000 倍以上的水。

(三)无机非金属材料

无机非金属材料以陶瓷、玻璃等硅酸盐材料为主体,它们以耐高

温、抗氧化、耐腐蚀、耐磨耗等优异性能而著称。无机材料主要包括新型陶瓷、特种无机涂层材料等。

(1) 新型陶瓷

新型陶瓷的原料是人工合成的超细、高纯的化工原料,粒度达到微米级以上,制备工艺采用连续、自动,甚至超高温、超高压及微波烧结新工艺。

① 发动机中的陶瓷。用氧化硅或碳化硅高温结构陶瓷制成的发动机,在高温下仍有足够的强度,具有良好的抗氧化能力和抗热震性,而且体积小、重量轻。

② 具有知觉的陶瓷。这类陶瓷对环境中的气体温度、湿度具有“知觉”。它可用于制造陶瓷敏感器件及传感件。

③ 生物陶瓷。生物陶瓷具有特殊的生理行为,它具有高强度、高耐磨性、无毒性、无致癌性、不会腐蚀、良好的化学稳定性和持久的使用寿命,尤其具有良好的生物相容性,不会引起免疫反应,可用于替换人体的某种组织和器官,如制造人造骨骼。

(2) 特种无机涂层材料

特种无机涂层材料是具有高温防热、耐磨、耐腐蚀、催化、红外辐射、生物相容、导电等多种功能的材料。广泛应用各工业部门。

① 保护涂层。这些涂层一般具有涂于物体表面,保护被涂物不被腐蚀、磨损、高温破坏以及避免被涂物体表面渗漏水等功能,可以提高和延长被涂物体在恶劣环境下的使用寿命。

② 装饰涂层。随着各种工程塑料的大量的应用,采用真空镀膜和电镀工艺在塑料表面镀涂仿银等金属化合物涂层,广泛应用于家用电器和轻工业产品的表面装饰。

③ 功能涂层。是一种具有一些光、电、磁、声等特殊功能的材料,这些功能可在被涂物发生不同的作用。

(四)特殊功能的复合材料

特殊功能的复合材料是由金属、有机高分子、无机非金属等具有不同结构和功能的材料,通过特殊工艺复合为一体的新型材料。这种复合材料利用优势互补和优势叠加而制得,既能克服原有材料的缺陷,又能突出其综合性能。

(1)玻璃钢

玻璃钢是第一代复合材料,它是一种以塑料树脂为机体、玻璃纤维为增强剂的玻璃强塑料。它具有质量轻、强度高、耐腐蚀的性能,并具有良好的隔热、隔音、抗冲击和透波的能力。

(2)碳纤维增强树脂复合材料

它在性能上优于玻璃钢,如:碳纤维增强塑料以抗腐蚀性好、摩擦系数小等优点用于轴承、轧机上。碳纤维和聚四氟乙合成的复合材料,具有耐热、耐腐蚀性的特性,适用于高温化工泵和液压系统的密封圈。碳纤维增强树脂复合材料主要用于航空、航天事业,用它制造火箭和导弹头锥,人造卫星支承架以及飞机上的机翼等。在民用工业中,较多的用于汽车和动力器具。从20世纪70年代起,碳纤维和混纤复合材料的出现,且大量用于先进的运动器具,使之面貌一新。20世纪80年代后,又研制了碳—碳复合材料,它由多孔碳素基体和埋在其中的碳纤维骨组成。这种碳—碳复合材料的工作温度几乎位于所有复合材料的首位,因此是一种高温结构和热护的理想材料,特别是制造火箭和航天飞机上受热最高部位的最理想的材料。

(3)聚合物基、金属基和陶瓷基复合材料

①聚合物基复合材料。它又称高分子复合材料,是一种采用子排列高度有序的聚合物和无定形团状聚合结合成的新型复合材料。具有热稳定性好、抗湿性和耐环境性,易于加工,也无需纤维增强,制

成薄膜就能达到所要求的特性。不过,这种复合材料只能在 350℃ 以下使用。

②金属复合材料。它具有质量轻、强度和刚度高、耐磨损、耐高温等显著特点。另外比聚合物基复合材料在导热性、导电性、抗辐射性、不吸湿、耐老化等性能上更具优越性,同时具有较高的耐高温的性能,可在 350~1000℃ 的范围内使用。

③陶瓷基复合材料。也称多相复合陶瓷,包括纤维补强陶瓷材料、颗粒弥散多相复合材料陶瓷、自补强多相复合陶瓷及功能梯度复合陶瓷等。

(五)纳米材料

纳米材料就是用特殊的方法将材料颗粒加工到纳米级 10^{-9} 米,再用这种超细微粒子制造人们需要的材料。其主要类型有:纳米颗粒与粉体、纳米碳管和一维纳米材料、纳米薄膜、纳米块材等。纳米级微粒对光有极强的吸收能力,显示了很好的吸波性,对光的反射率很低,通常低于 1%。超微粒材料的熔点比同种较大颗粒的固态物质,有明显的下降。纳米又具有优良的力学性质。如具有高断裂能力的纳米铁和铜,能克服纳米陶瓷的脆性。纳米材料的奇特性质引起了人们的极大兴趣和关注。一些研究人员把纳米材料称为晶态、非晶态之外的“第三态的固体材料”。目前,纳米材料的研究包括两个方面,一是建立描述和表征纳米材料的新概念和新理论;二是发展新型纳米材料。

纳米材料在光学和电子学等领域显示了广泛的应用前景。如:利用纳米材料制作的磁性材料具有特殊的磁学性质,用它制成磁记录介质材料,不仅音质、图像和信噪比好,而且记录密度高,可广泛用于电声器件、阻尼器件等。纳米金属颗粒还是一种极好的催化剂。如纳米铂黑催化剂可使乙烯的氧化反应的温度从 600℃ 降到室温。将硅、有



图 10—5 金属纳米粉末材料

机硅、砷化镓等半导体材料配成纳米材料,具有许多优异的性能。如纳米半导体的量子隧道效应,可使某些材料导电能力显著降低,它们可在大规模集成电路器件、薄膜晶体管、选择气体传感器、光电器件等应用领域发挥重要作用。纳米材料还可用于医学、生物工程等。如利用纳米微粒进行细胞分离、细胞染色体,用纳米微粒制成的药物可更方便地在人体内传输,进行局部治疗和组织修补。此外,纳米探针和纳米传感器也可能带来诊断技术的革命。目前,世界各国研制中的纳米材料除了有纳米陶瓷材料、纳米金属材料外,还有纳米复合材料等。

作为新兴的革命性技术——纳米技术,正受到中国科学界的关注。我国科学家在纳米科技领域屡创佳绩,让世界瞩目。

进一步了解纳米科技,请登陆:

<http://www.nanotech.com.cn/nmnews/>

【思考题】

现代新材料技术有哪些发展和应用?

第三节 人类文明发展的动力—能源

科学是没有国界的,因为她是属于全人类的财富,是照亮世界的火把,但学者是属于祖国的。

——巴斯德(法国)

自然资源是解决人类衣、食、住、行等生活和生产的物质源泉。但是,如果没有能源,任何丰富的自然资源也不能发挥它的源泉作用。试想一下,如果没有能源,汽车、火车、飞机、就可能成为不能动的废物!如果没有能源,所有自然资源就难以开发出来!没有能源,人类就吃不上美味可口的熟食!没有能源,就没有现代化的交通和通讯,没有能源,整个地球会死气沉沉……特别是在科学技术飞速发展的今天,人类从事生产和生活的现代化时代,能源更是人类社会文明发展的推动力。

(一)什么是能源及其分类

地球上的能源,就是人们能够通过直接或间接的转换而获得的自然资源。现在人们使用最多的能量形式有四种:热能、机械能、电能和化学能。地球上的能源,也可以认为是能够转换成热能、机械能、电能和化学能的各种能量的资源。

能源的分类按来源分有:①来自于天体的能量,包括各种宇宙辐射能和太阳的辐射能;②来自地球本身的能量,如地球在形成过程中所蕴藏的地热能,以及在海洋和地壳中储藏的核能;③来自于地球与其他天体相互作用而形成的能量,如潮汐能。若按能源形成条件分类,能源又可分为一次能和二次能源两类。按能源能否“再生”,即

能源产生周期长短分类,可分为再生能源和非再生能源。若按能源使用性质分类,可分为燃料能源和非燃料能源。若按使用过程中对环境污染的程度分类,可分为清洁能源和非清洁能源。若按能源利用技术状况分类,能源又可分为常规能源和新能源。

(1) 常规能源

常规能源也称传统能源,是指在现阶段科学技术水平条件下,已广泛应用,技术比较成熟的一些能源,如煤炭、石油、天然气和水力等。就目前人类的科技水平而言,能够左右人类社会整个形势的,正是这几种常规能源。

(2) 新能源

新能源是相对于常规能源而言的,指新近开发利用或正在研究开发的一些能源,包括核能、太阳能、生物质能、氢能、地热能、海洋能。由于常规能源中,大多是非再生能源,按目前世界能源消费量计算,石油、天然气,将在短短的几十年内开采完,就是储量较丰富的煤炭,在油、气资源枯竭后也仅能维持二三百之久,能源短缺是人类必须面临的现实问题。另外,常规能源中的化石燃料的大量使用,对环境造成危害,如酸雨、全球气候变暖等全球性环境问题,已成为世界各国共同关心的重大课题。新能源,由于其能量密度较小,且就目前人类的科技水平而言,对它们的利用还是很有限的。能源的开发利用,成为当今世界各国关注的重大问题。有专家预测,到 21 世纪后半叶,新能源中储量最大的核能和太阳能将会逐步取代其他能源,在世界能源结构中占主要地位。

(二) 能源与人类社会

能源对人类社会的发展起着重要的作用,人类对能源的开发利用,从原始社会到现代文明社会,几乎一直伴随着人类历史的发展。

(1) 能源与人民生活

能源与人民生活息息相关,可以说,人民的衣、食、住、行样样都

离不开能源。一个国家或地区人民生活水平的高低,可以从能源消费构成中直接反映出来。

(2) 能源与国民经济

一个国家或地区的国民经济状况,通常可以用国民生产总值或工农业生产总值或国民生产增长速度、人均国民生产总值等来表示。而能源消费量可用能源消费总量、能源消费增长速度、人均能耗、能源消费弹性系数等表示。世界各国经济技术发展的事实表明:机械化、自动化水平及电气化程度越高,经济和技术越发展,劳动生产率就越高,能源消费量也就越大。一般来说,能源消费总量越大,国民生产总值越高。能量消费的增长速度与国民生产总值的增长速度,在正常情况下成正比例。年人均国民生产总值与年人均能源消费量也成正相关。另外,能源消费构成对国民经济的发展有一定的影响。

(3) 能源开发利用与人类环境

由能源消费增长所带来的环境问题,已引起了全人类的极大关注。特别是化石燃料和核能燃料的开发利用,对环境造成了不同程度的影响。

①化石燃料的开采和加工对环境的影响,主要有:煤炭开采会破坏地壳内部原有的力学平衡状态,或破坏地表环境。酸性矿井水或洗煤排放的大量洗煤水和煤泥悬浮物排入河道,污染水体。石油开采中产生的泥浆,含有酸、碱、盐类等物质会污染附近水域和农田,石油加工中产生的废气中的低碳氢化合物,会污染大气。

②化石燃料的利用对环境影响,主要表现为直接燃料产生的污染物。如二氧化碳、氮氧化物,会形成酸雨,造成森林破坏和水体酸化。二氧化碳是造成温室效应的主要气体,全球气候变暖与此有关。大气污染物中的苯并芘是致癌物质。当大气烟尘与其他污染物协同作用时,会发生严重的烟雾事件。可以这么说,当今世界上环境热点问题中的酸雨和全球气候变暖都与矿物燃料有直接关系。

(三)能源更迭与科学技术

能源更迭是指能源结构的变化,也就是能源构成中主要能源的变更。能源的更迭常常伴随着科学技术的重大革命。历史上,世界能源结构变化经历了三个时期,即柴薪能源时期、煤炭能源时期和石油、天然气能源时期。每当从一个时期进入到下一个时期时,社会生产力就会向前迈一大步。今天,人类正在进入核能时期,必将更快地加速社会生产的进程。

进一步了解能源方面的知识,请登陆:

<http://www.china5e.com/>

【思考题】

1. 什么是能源?它是怎样分类的?
2. 能源与人类社会有何关系?

第四节 新能源技术

科学赐予人类的最大礼物是什么呢?是使人类相信真理的力量。

——康普顿(美国)

当代新能源的大量使用,一方面造成了全球环境的污染,另一方面也使人类面临能源资源短缺甚至枯竭的挑战。世界能源结构仍以核能与核电站煤炭、石油等矿物燃料为主,洁净、高效和转化是其发展方向。随着矿物燃料的不断消耗和人们对可持续发展的不断追求,太阳能、风能、地热能、水力能、生物能等新能源的高效利用备受关注,核能利用向更安全方向发展。

(一)核能和核能的和平利用

(1)核能

核能又称原子能,是原子核结构发生变化时放出的能量。实际上是指重元素的原子核发生裂变时和轻元素的原子核发生聚变时所释放的巨大能量,它们分别被称为裂变能和聚变能。裂变能是指重元素(铀或钚等)



图 10—6 原子弹爆炸后形成的蘑菇云

在中子的轰击下,原子核发生裂变反应时所释放的热量。核聚变能是指轻元素(氘和氚)的原子核发生聚变反应时所放出的能量。

①裂变能。某些重核原子如铀(-235)等,在高速中子的轰击下,原子核发生裂变反应,产生质量相差不多的两种元素和几个中子,同时,释放出大量的能量。据测算,1 千克铀(-235)全部裂变放出的能量,相当于 2.7 万吨的煤全部燃烧所释放出的能量。在链式反应中,从一个原子核开始裂变起放出中子,到引发下一代原子核的裂变,只需 1 纳秒时间。在核变反应的一瞬间,在有限的空间内,集中释放了巨大的能量,必然会产生剧烈的爆炸。原子弹就是根据这种不控制的链式反应的原理制成的。

②聚变能。它是由两个或几个轻元素的原子核,如氢的同位素氘或氚的原子核,聚合成一个较重的原子核的过程中所释放出的巨大能量。据测算:每克氘聚变时所释放的能量为 5.8×10^8 千焦。氢弹的制造原理,就是利用一个小的原子弹作为引爆装置,来引发氘的核反应。

(2)核能的和平利用

1942 年 12 月 2 日 15 点 20 分,著名物理学家费米点燃了世界



图 10-7 氢弹爆炸后形成的蘑菇云

上第一座原子反应堆,为人类打开了原子世界的大门。第二次世界大战以后,各国很快自行研制出了原子弹,打破了美国的核垄断和核威胁,中国也于 1964 年 10 月 16 日成功地试爆了第一颗原子弹。随后,世界局势趋于缓和,原子能的和平利用被提上议事日程上来。1954 年,前苏联建成了第一座小型的原子能发电站,1956 年和 1957 年,英国和美国也建成了核电站。

核电站的工作原理,就是要按人们的意愿,有控制地使铀核分步反应,将释放的能量转换成电能。核电站的中心装置是由核燃料和控制棒组成的反应堆,它是一个能维持和控制核裂变反应的装置,在这里实现核能势能转换。其中关键设备是在核燃料中插入一定量的控制棒。一般控制棒是用能够吸收中子的材料制成,如硼、镉合金等,用它们具有吸收中子的特性,来控制核燃料裂变链式反应的速度。

原子核反应堆分为两类:一是热中子反应堆,它是利用普通水或重水或石墨作为慢化剂和冷却剂,把快中子的速度降低为热中子再利用热中子去诱发原子核链式反应。按照使用的慢化剂不同,热中子反应堆又分为轻水堆、重水堆和石墨气冷化堆三大类。二是快中子反应堆,它是直接利用核裂变时放出的高速度、高能量快中子,来引发链式反应。目前技术上较成熟的是热中子反应堆。世界上 60% 的核电站

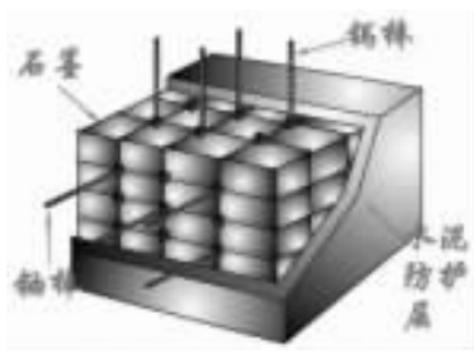


图 10-8 核反应堆结构图



图 10-9 法国“超凤凰”
钠冷快中子堆核电站

是压水堆型的。世界上最大的快中子增殖堆电站是法国的“超凤凰”核电站,装机容量 120 万千瓦。

(二)太阳能的开发和利用

(1)太阳能的特点

据估计,太阳表面温度 6000°C 左右,其中心温度高达 $1500\sim 2000$ 万 $^{\circ}\text{C}$ 。太阳向宇宙空间的能量辐射功率为 3.8×10^{23} 千瓦,而到达地球大气层的能量仅为十亿分之一,但也已高达 80 万千瓦,相当于目前地球上总发电功率的 8 万倍。

太阳能的优势:①储量丰富;②分布广泛,除白昼与黑夜、晴天与雨日变化之外,是惟一能为世界各国共享的能源;③对环境基本无害。但由于受一定条件的限制,其开发利用尚有困难。

(2)太阳能转换技术

当前,人类直接利用太阳能用化学、物理学的原理,将太阳能收集起来并转换成其他形式的能量,再加以利用。常用方法有:光—热转换;光—电转换;光—化学转换三类。提高光电转换率和寻求太阳能的广泛应用是太阳能研究的主攻方向。

①光—热转换技术。光—热转换就是将太阳能直接转换成热能,光—热转换装置的基本设计思想是:设法把太阳辐射的能量收集起来,然后用一种集热装置转变为热能。其中的关键是要有一种收集的热能加以储存和热交换的装置。目前,太阳能的光—热转换应

用非常广泛,常见的转换装置有平板式集热器和聚光式集热器。



图 10—10 太阳能热水器

②光—电转换技术。就是把太阳辐射直接转换成电能,其基本原理是利用“光电效应”。

③光—化学转换技术。是将太阳能直接转换成化学能。

(三)生物质能与氢能

(1)生物质能的利用

生物质能,在学术上称为“以生物为载体的能量”,是可再生的“绿色能源”。实质上,它是太阳能以生物质形式,固定下来的能源,包括动物、植物和微生物,以及由这些生物产生的排泄物和代谢产物。生物质能的种类繁多,目前可利用的大致有六大类:木质素、农业废弃物、水生植物、油料作物、加工废弃物和粪便。

(2)氢能的利用

氢是一种燃料,热值高,燃烧时没有烟尘。氢能是最清洁、又可再生的新能源。

氢能可作为石油的替代燃料。燃氢轿车,国外已试运用,在航天事业上其利用最多,液氢燃料的推力,将火箭、宇宙飞船升上太空。

氢作为发电燃料,通过燃料电池或燃气—蒸汽涡轮发电装置来发电,其能量转换效率高达60%~70%。

氢能作为家用燃料也正在开发,如燃气的家用热水器、取暖器和炊灶等,都具有良好的开发前景。

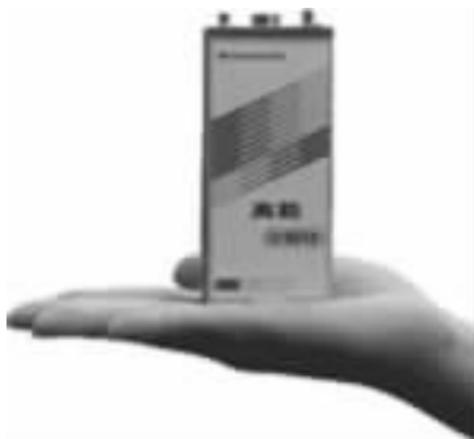


图 10—11 高动力镍氢电池

(四) 风能、地热能和海洋能

(1) 风能

风是由太阳辐射引起的,太阳照射到地球表面,地球表面各处受热不同,产生温差,从而引起大气对流运动形成风。据估计到达地球的太阳能大约有 0.2% 转化为风能,但其总量仍十分可观。风能目前的利用主要有:风力提水;风力发电;风帆助航;风力致热。

(2) 地热能

是来自于地球深处的可再生热能。它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。据估计全球的地热资源的总量大约有 14.5×10^{25} 焦耳,相当于 4.95×10^{15} 吨煤炭燃烧时放出的热量。在地质学上,常把地热资源人分为蒸汽型、热水型、干热岩型、地压型和岩浆型五大类。使用最广泛的是前两种,后三种尚处于试验阶段。

地热能的主要应用有:地热发电;地热取暖;地热务农;地热行医。

(3) 海洋能

太阳到达地球的能量,大部落在海洋上空和海水中,部分转化为

各种形式的海洋能。海洋通过各种物理过程接收、储存和散发能量,这些能量以波浪、潮汐、温度差、盐度梯度和海流等形式存在于海洋之中。“无风三尺浪”,1 平方千米的海面上,运动着的海浪平均约蕴藏 20 万千瓦的能量;潮水涨落,蕴藏着大约 10 亿千瓦的能量,比全世界河流总能量(8.5 亿千瓦)还多。海水还储存着丰富的太阳能,如果热带地区的海洋有一半用来温差发电,那么 1 度的温差就能发出 600 亿千瓦的电力,比现在全世界的总发电能力还要高出许多倍。入海径流的淡水与海洋盐水间有盐度差,其能量大约为 300 亿千瓦;流动的海水也蕴含着约 6 亿千瓦能量。



图 10—12 地源热泵机组

这些不同形式的能量有的已被人类利用,有的已列入开发利用计划,但人们对海洋能的开发利用程度至今仍十分低。

进一步了解核能和其他能源的有关知识,请登陆:

<http://www.atominfo.com.cn/know-home.aspx>

<http://www.china5e.com/knowledge/newdefault.htm>

【思考题】

1. 什么是核能?核电站的主要工作原理是什么?
2. 试以当代几种新能源技术为例说明其基本原理和使用过程。

第十一章 空间和海洋技术

空间技术是探索、开发和利用宇宙空间的技术,也叫航天技术。空间技术是一门综合性技术,对一个国家的发展具有重要意义。相当长时期内,人类主要开展以地球为中心的航天活动,多少年来,人类一直期望着能踏出地球,飞向太空。要实现这一目标,就得借助于运载火箭、人造卫星等设备。在人们向太空进军的同时,人们也在积极向海洋探索,进入 20 世纪以来,人类社会面临着人口爆炸、粮食不足、资源枯竭、能源危机等一系列重大问题,为解决这些问题,世界上许多国家开始把目光投向海洋,使海洋技术得到了快速发展。

第一节 空间技术发展概况

人类看不见的世界,并不是空想的幻影,而是被科学的光辉照射的实际存在。尊贵的是科学的力量。

——居里夫人(法国)

千百年来,人类一直向往能插上翅膀,飞出地球,探索宇宙的奥秘。在古代,嫦娥奔月的神话表达了人们飞向月球的愿望。李白诗云:“俱怀逸兴壮思飞,欲上青天览日月”。但是,由于当时的科学技术水平的限制,飞出地球还是一个难圆的梦。斗转星移,岁月如梭。人类经过不断开拓进取和不懈努力,终于能如愿以偿了,不仅飞出了地球,而且正向太空进军!

(一)空间技术和外层空间

空间技术是探索、开发和利用外层空间的技术,也叫航天技术。

人们把陆地称为人类生存的第一环境,海洋为第二环境,大气层为第三环境,把外层空间称为人类的第四环境。现在通常把地表100~200千米以上的空间称为外层空间。按引力作用的范围分,外层空间又可分为地球引力作用区、太阳引力作用区、银河系引力作用区和河外星系引力作用区等。但相当长一段时间内,人类主要还是在太阳以内从事航天活动。

人类进入外层空间,要克服四大难关:①要克服地球引力;②要克服真空;③要适应剧烈变化的温度环境;④要防止有害辐射,即粒子辐射。

(二)世界空间技术发展概况



图 11-1 “闪电—M”型运载火箭

(1)运载工具

航天飞行器的运载工具主要是火箭。这方面技术最发达的是前苏联、美国,此外是法国、中国、日本、印度。世界上已发射了许多地

球同步轨道卫星,它环绕地球运行的速度与地球自转一圈的速度相等。这种卫星由运载火箭送到 36,000 公里高度的转移轨道上,再由卫星自己的动力将卫星变到地球同步轨道上来。2003 年 6 月,俄罗斯成功地发射了一枚“闪电—M”型运载火箭。目前最大的火箭可将 4 吨重的卫星送入太空。另一种运载工具是航天飞机,它与火箭的不同点是可以多次使用,但造价高、风险大,因每次均需 7 名宇航员陪着飞行,如果出现意外,损失就很大。如 1986 年“挑战者”号发生爆炸 7 名宇航员全部遇难。航天飞机的运载能力很大,有 30 吨,可乘载 3~7 名宇航员,飞行轨道高度 200~400 公里,倾角 28 度。前苏联也发射了航天飞机“暴风雪”号,但只进行过无人飞行,目前已停飞。



图 11-2 “挑战者”号爆炸的瞬间

(2) 人造卫星

人造地球卫星在军事和经济上具有重要价值,因此发展最快,数量也很大。应用卫星按用途分类,有广播、电视、电话使用的通信卫星;有观察天气变化的气象卫星;有对地面物体进行导航定位的导航

定位卫星；有地球资源探测卫星，海洋卫星等。按轨道的高低来分类，有 36,000 公里的高轨道地球同步卫星；200~300 公里的低轨道卫星（如军事侦察卫星）。也可按军事和民用卫星来划分。国际通信卫星已发展到第 8 代，一颗卫星的通信能力可达几万条的话路，工作寿命长达 10 年以上，世界上跨洋通信几乎都由通信卫星所替代。现在有代表性的资源卫星有两个：一个是美国的陆地卫星，另一个是法国斯波特卫星。这两种卫星是当代国际上比较先进的地球资源卫星。它们的地面分辨目标能力分别为 30 米和 10 米。它们都有多谱段的遥感能力，具有鉴别地面上每一种目标的特别功能。气象卫星有两种：一种是极地轨道卫星，是通过南北极轨道的卫星，轨道高度 900 公里，可飞经地球的每个地区，能观察到全球的云图变化。这种卫星的分辨率通常为 1 公里；另一种气象卫星是静止轨道卫星，它是悬在赤道上空，固定在某个地区，24 小时不停地观察本地区的云图变化。世界上目前发射的 4000 多颗卫星中，大部分为军事卫星，这里面包括侦察卫星、导弹预警卫星、通信卫星、导航卫星和军事气象卫星。海湾战争中，美国曾动用了 50 颗卫星参加作战。美国的“大鸟”高分辨率侦察卫星，有两种功能：一是对地面目标进行拍照，再用回收舱以胶卷的形式送回地面；另一功能是以电视的形式将图像直接传输到地面，分辨率很高，为 1 米。前苏联也有类似的系统，与美国的技术水平相当。

(3) 载人航天

载人航天是 30 年来航天成就的重要组成部分，美国和前苏联都在竞先发展载人飞船，目前已经有 400 多人次进入过太空。比较起来，无论是进入太空的人数，还是人在太空停留的时间，前苏联都是领先的。竞争中，两国也有技术合作，如美国的“阿波罗”号飞船与前苏联的“联盟号”飞船，1974 年在太空中实现了空间对接。美国与前苏联在发展路子上有所不同。前苏联先发展载人飞船，再发展轨道

站,再发展大型的空间站。美国是发展载人飞船,然后发展航天飞机,不发展轨道站,而是进一步发展大型的永久性的空间站。2003年10月15日,中国“神舟”五号载人飞船发射成功,标志着我们成为苏、美两大国后的第三个进入太空的国家。这是我们国家的经济实力、综合国力、科技实力强大的标志、象征,是我



图 11-3 中国飞天第一人——杨利伟



图 11-4 “神舟 5”号飞船发射升空

们伟大祖国日益强大的标志,是我们中国人民巍然屹立于世界民族的标志,是中国人对世界做出的巨大贡献,也是我们中国将来为世界和平与发展做出更多努力的强大基础。

(4) 空间环境的探测

深空探测主要是对太阳系各大行星和它的环境进行探测,世界



图 11—5 美国火星探测器“勇气号”火箭推进器脱落

上已发射 100 多颗深空探测捆绑式新型运载火箭探测器,已有许多重大发现。从地球周围来看,已发现地球周围的内、外辐射带,了解了地磁场的分布,太阳系各大行星周围的环境、大气环、小卫星等。美国的“旅行者”号太空飞船,带着地球文明的各种标志,如人类各国语言的录音等,能保存几万年。这只飞船正飞往银河系,探索宇宙。前苏联曾用月球车到月球上进行考察,调查月球表面的状态。航天技术发展的 30 多年来从开始运载火箭只能将几十公斤重的卫星送入太空至今天可将上百吨重的卫星送入太空,卫星获取信息、传递信息的能力从早期只有几十路到现在的几万路,卫星的寿命从早期的在天上只能呆几天到今天的几年甚至十几年,从早期的宇航员只能绕地球一圈到今天的宇航员在太空中工作一年以上。从以上几个主要技术指标可看出,都提高了几个数量级。比较之下,航天的价格却大幅度下降,现在的通信卫星每路电话价格与早期比较,下降了约

100 倍。可见 30 年来空间技术的成就是巨大的,当代航天技术的应用不仅在经济和军事建设方面,而且已深入到每个家庭和个人生活之中。

(三)我国的空间技术发展



图 11-6 发射“神舟”号的长征二号运载火箭

(1) 运载火箭和卫星

我国在 20 世纪 50 年代末开始发展空间技术,建立了一些实验室并开展基础研究。1965 年我国开始研制人造卫星,第一颗人造卫

星于 1970 年发射成功。其重量为 173 公斤,比前苏联的第一颗人造卫星大一倍,比美国的大 10 倍。星上装有各种科学仪器,能发出“东方红”音乐。我国第一颗卫星一次发射成功,这标志着我国已进入太空时代。除了卫星,我国同时在研制、发展运载火箭,已开发出几种类型的运载火箭,如长征 I、II、III、IV 号,长征 II 号捆绑火箭、长征 III 号甲等。其中长征 II 号捆绑火箭开始是为发射卫星设计的,其运载能力为 8 吨。发射过澳星和亚太,长征系列火箭除发射国产卫星外,已提供国际服务。

我国已发射 30 多颗卫星,有 16 颗为返回式,从 1975 年开始第一颗卫星回收,到 1992 年,除了 1993 年发射的那颗没有返回外,回收率基本上是 100%。

(2) 卫星应用

从 80 年代起,我国卫星从试验转向应用阶段。并且卫星的应用发展较快,为经济建设发挥了作用,它应用的范围很广,在各省市自治区的二十几个部门都得到利用。其中包括邮电、通讯、电视广播、教育、金融、农林、气象、海洋、环境与资源、地矿、交通、水利电力及军事部门。卫星的利用,产生了很大的社会效益。例如我国共有 127 万没有受过正规师范教育的中小学教师,通过卫星电视教育、培训,本来计划 20 年完成的任务,只用 7 年,就培训完毕。仅此一项,国家每年就节省了几十个亿。另外,全国有省级广播电视大学 42 所,地区有分校 575 所,十年来培养大专毕业生 100 多万,而培养费用只相当于普通学校的 1/3。目前,我国有卫星国际电路 6000 条,国内将发展到几万条。天上有 14 个电视转化器在提供服务。利用卫星进行资源调查,拍照了很多图片,其中也有美国陆地卫星拍照的。已经对主要的经济区和京津唐、山西煤矿、黄河三角洲、陕北防护林、南沙群岛都进行了比较详细的调查,并制作了各种专业地图,特别是南沙群岛有了卫星后,我们才画出自己绘制的地图。在农业、林业、矿产

方面,如对西藏地区的森林分布,第一次做了调查,1987年大兴安岭的特大火灾,也是由卫星跟踪侦察,来进行事后处理的,森林病虫害的发现与消除,也是根据卫星侦察其发展规律来进行的。气象卫星的贡献更大,台风、暴雨、洪水等都利用卫星进行精确的观察。除利用卫星进行空间环境的科研以外,微重力下有关材料的试验正在进行,由于我国开发的返回式卫星工作做得较早,所以这方面的工作居于世界前列,除了我国科学家曾做过200多个试验,外国科学家也曾利用我们的返回卫星开展科研工作。

(四)空间技术的特点及意义

空间技术与其他技术相比具有两大方面的特点。①空间技术是高度的综合性科学技术;②空间技术是一门对国家的现代化建设和社会进步具有宏观推动作用的科学技术。

外层空间蕴含着巨大的资源:①空间的高远位置资源;②空间的高真空和超洁净环境资源;③航天器内部的微重力环境资源;④空间太阳能资源;⑤月球资源。发展空间技术,开发外层空间的巨大资源,在经济上、军事上、科学上和政治上都具有重大的意义。

第一,在军事方面,几十年来空间技术的发展说明,哪一个国家占有太空优势,它就具有军事的战略优势。如二战期间,苏联和美国的对峙,深刻地表明了这一点。

第二,在经济方面,空间技术的开发和应用,可以产生很高的经济效益和社会效益。如空间技术育种(也称太空育种或航天育种)能够改良植物产量、品种、抗性等重要遗传性状,具有很大的经济效益。

第三,在政治方面,空间技术对提高国家的综合国力影响深远。我国近几年在空间技术方面取了很大进展,大大提高了我国的综合国力,使我国在世界上的国际地位日益增强。

第四,在科学技术方面,空间技术的发展推动了现代多种学科的

发展。空间技术的发展,对计算机科学、电子技术、材料科学、机械制造等都有巨大的促进作用。

(五)空间技术发展趋势

(1)更先进的运载系统

降低航天器发射价格是主要努力方向。现有的低轨道运输价格大约为每公斤 1~2 万美元,距离每公斤 1 千美元的奋斗目标相差甚远。因此,航天大国都在研究发展新的天地运输系统。近年来提出了多种新的航天运输方案。

(2)发展人造卫星

各种应用卫星将继续提高水平,降低造价,扩大应用范围。在遥感方面,除发展陆地、海洋资源卫星外,将加强对地球环境监测、减灾活动内容。在卫星通信方面,除了继续发展大容量、多谱段、大功率、长寿命的静止轨道通信卫星外,研制和发射中、低轨道由小卫星组网的个人移动通信系统是当今的重要方向。例如,美国摩托罗拉公司将建成的小卫星群通信系统。它由 66 颗卫星组成全球网络,可在全球范围内进行个人移动电话直接通信。

(3)建立大型空间站

载人航天是人类开发宇宙太空的必然发展。与 60 年代不同,当今世界载人航天计划的核心,是在靠近地球的轨道上建立长寿命大型空间站。空间站主要有如下功能:①进行遥感及微重力等科学研究;②停靠、维修并为人造卫星补充燃料;③在空间站进行部件或整机组装工作;④物资、宇航员及航天器转运基地。

(4)深空探测

过去 40 年在深空探测方面虽已做出了比较大的成绩,但还只是初步的。未来美、俄、欧、日都将继续对深空进行深入探测。主要是两大方面,一是太阳系行星探测,二是天文观察。太阳系内探测包括

太阳和日地空间环境,以及对金星、木星、火星、水星等及其周围环境的探测。21世纪初探测重点是月球与火星。除发射环绕飞行器对星球表面进行拍照外,还将有着陆器、行走机器人,以及建造月球和火星的载人活动基地计划。

(5)空间军事化

由于空间军事需求的存在,大国竞相开发空间军事系统,所以国与国之间潜伏着对抗。

进一步了解空间技术的发展概况,请登陆:

<http://www.bjkgp.gov.cn/gkjyqy/smkx/index.htm>

【思考题】

1. 怎样理解空间技术和外层空间的含义?
2. 简述世界空间技术的发展概况及未来空间技术的发展趋势。

第二节 运载火箭

地球是人类的摇篮,但是人类不会永远生活在摇篮里,开始他们将小心翼翼地穿出大气层,然后去征服太阳系。

——齐奥尔科夫斯基(俄国)

地球是人类的摇篮,我们不会永远停留在摇篮里。为了追求光明和探索空间,开始要小心翼翼地飞出大气层,然后再征服太阳周围的整个空间。1957年10月4日,前苏联发射了人类第一颗人造卫星“史普尼克”。几个月后,1958年1月31日,美国也成功的发射了人造地球卫星“探险者”1号。1961年4月12日,苏联成功地发射了世界上第一个载人宇宙飞船,加加林成为世界上第一名宇航员。此后,美国人格伦也乘飞船完成了绕地球轨道的飞行。这些重大的宇

宙飞行都是以火箭技术的发展为前提的。火箭是人类走向太空的桥梁。

(一)实现空间飞行条件

7.9×10^3 米每秒(第一宇宙速度),是航天器成为人造地球卫星的最起码的速度,所以叫第一宇宙速度,又叫环绕速度。当初速度达到 11.2×10^3 米每秒(第二宇宙速度)时,航天器就可以飞到 ∞ 处。当航天器离地心的距离趋向于 ∞ 时,地球对航天器的引力可忽略,这时航天器实际上已脱离地球的影响成为太阳系的人造卫星了。如果航天器以 16.7×10^3 米每秒(第三宇宙的速度)速度离开地面时,它不但可以脱离地球的束缚,而且可以逃逸太阳的束缚,成为银河系中的一颗人造天体。航天器要具有足够的能量(运行时的机械能 $E = GMm/2r$, M 为地球的质量, m 为航天器的质量, r 航天器离地心的距离)才能成为人造天体,它的实际运行轨道与它和运载火箭分离后具有的速度有关。

(二)航天之父——齐奥尔科夫斯基

让火箭飞向太空探测宇宙,是“火箭之父”——俄国和前苏联科学家齐奥尔科夫斯基(Ziolkovsky, 1857~1935年)最先提出来的。1903年齐奥尔科夫斯基提出火箭公式 $V = V_p \ln M_0/M$ (V 为终速, V_p 喷气速度, M_0 为原始质量, M 为所剩质量)计算表明,用液氧、煤油等作推进剂的单级火箭是无法达到宇宙速度的。即使用液氢液氧作推进剂,喷气速度也只能达到 4.2 千米/秒,因为考虑到空气阻力,从



图 11-7 齐奥尔科夫斯基

从

地面起飞的火箭,实际上应达到 9.5 千米/秒以上的速度。这样一来,火箭的质量比应达到 11 以上才行。

也就是说,推进剂应占火箭总质量的 91% 以上,齐奥尔科夫斯基设想用多级火箭接力的办法来达到宇宙速度,就是在火箭垂直发射时,让最下面一级先工作,完成任务后脱离,接着启动上面一级,进一步提高速度。

在经过一系列数学运算以后,他又指出,对于使用硝酸和肼类推进剂的火箭来说,要使最后速度达到第一宇宙速度 7.9 千米/秒,火箭的质量比应等于 23.5。也就是说,总重量为 100 吨的火箭,要有 96 吨是推进剂。若加上地球引力因素,则要求的质量比应更大。

由此可见,分级火箭有利于提高火箭的最终速度。

当然,火箭的级数不可能无限制地增加,因为对下面一级火箭来说,前面的各级火箭都是它的有效载荷。理论计算和实践经验表明,每增加 1 份有效载荷,火箭需要增加 10 份以上的质量来承受,随着火箭级数的增加,使最下面的一级和随后的几级变得越来越庞大,以至于无法起飞。多级火箭一般不超过 4 级。

(三)现代的火箭结构

现代的火箭是一种拥有极其复杂构造的运载工具。主要由箭体结构、推进系统、制导系统三大部分组成。它一般包括推进剂及其贮箱、动力装置、制导与控制系统、分离系统、电源系统和有效负载(卫星或航天飞船)等部分。

(1)箭体结构

它是安装与连接有效载荷(卫星、宇宙飞船)、仪器设备和动力装置等。有效载荷装在仪器有效载荷舱上面,外面有整流罩,在火箭飞出大气层后,整流罩即抛掉。分离系统是用来分离火箭的整流罩及已失去效用的部分装置。火箭运载的卫星或宇宙飞船都安置在火箭

的头部。当火箭在穿越稠密大气层时,由于迎面气流的猛烈冲击和摩擦,不但阻力很大,而且使火箭头部温度很快升高。为了减少阻力,保护卫星等设备,就要为火箭头部安上一个流线型、耐高温的罩子,称为整流罩。到了约 120 千米的高空,空气已很稀薄,整流罩失去意义,为了减轻火箭的负担,就需要将它们分离、抛弃。还有,火箭常常分几级,那些燃料用完的部分也需要逐级分离、抛弃。为了增大运载能力,大部分运载火箭的第一级捆绑有助推火箭,数量根据需要而定。美国的“德尔塔”、法国的“阿里亚娜”和中国的“长征-2E”,都是捆绑式火箭。

(2) 推进系统

推进系统由发动机和推动剂输送系统组成。在整个火箭中,推进剂及其贮箱常常占据了火箭整体的很大一部分。正是由于推进剂燃烧后产生的高温高速气流从尾部喷出,火箭才能前进。常用的火箭推进剂有固体与液体两种。固体推进剂起源较早,动力装置比较简单,能瞬时发射,常用于军事导弹中,液体推进剂燃烧的能量较高,且易于调节与控制,多用在航天火箭上。最理想的推进剂由液氢和液氧组成。因液氢相对密度小,占据的体积比同样质量的水大 14 倍,故它的贮箱容

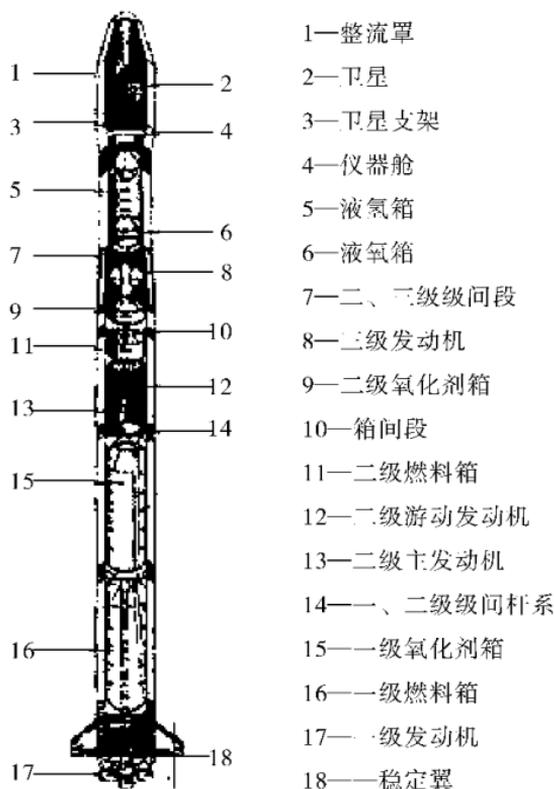


图 11-8 CZ-3A 运载火箭结构

积较大。另外,液氢和液氧的温度都很低,液氧在 -183°C 以下,液氢在 -253°C 以下。这样低的温度会使许多材料发生脆化。还有,混杂在液氢中的其他液体或气体杂质几乎都会结冰,堵塞管道。这些缺点给贮箱与管道的制造与使用提出了十分苛刻的技术难题。推进剂输送系统的作用犹如人的血管,使液体推进剂在发动机的涡轮泵入口处具有一定压力,涡轮泵能保持较高的效率工作。运载火箭一般采用液体推进剂,第一、二级多用液氧、煤油、四氧化二氮或偏二甲肼;末级用液氧、液氢高能推进,这种低温液体火箭技术比较复杂,目前只有美国、俄罗斯、法国、中国和日本等少数国家掌握。助推火箭多采用固体推进剂,也有用液体推进剂的。火箭的另一重要部件,便是装在火箭末端的火箭发动机,推进剂就是在这里燃烧,并通过它那像钟形的喷口向外喷射高速气流的。一枚火箭带有几个发动机协同工作。如运送“阿波罗”飞船登月的“土星5”号火箭,就有5个发动机,每个发动机能产生692.8吨力的推力,其总推力为3464吨力。发动机高为5.4米,其连续贮箱的燃料供应管,可容一人在里面爬行。

(3) 控制系统

控制系统由惯性器件、中间交换装置、执行机构及电源配电系统组成。惯性器件有陀螺仪、加速度表等,用于测量火箭的加速度,并把数据传输给由数/模、模/数转换装置。火箭空间的飞行的特点是速度快、路途远。发射时差之毫厘,就会失之千里,所以必须要有精确的制导系统。制导系统主要由电子计算机、惯性测量器件及相应的执行部件等组成。电子计算机好像是火箭的大脑,而惯性元件则是火箭的感觉器官。在飞行中,惯性元件不断提供火箭在各个运动方向的加速度等状态数据,计算机便根据这些数据算出火箭在某一时间的位置与速度,并与预设的要求进行比较,得出差值,然后据此发出一系列指令,由执行部件依照指令进行修正,以保持正确的飞行

状态。

电源设备用来对火箭供电。目前大多用化学电池,也有用太阳能电池或核电源。

火箭上还要装备通信设施,以便与地面联络。

按不同飞行任务,运载火箭分三类:①携带仪器射向高空进行大气测量的运载火箭,称为探空火箭;②携带各种弹头打击敌方目标的运载火箭,称为弹道式导弹;③把卫星或飞船送上轨道的运载火箭,称为卫星(飞船)运载器。

进一步了解火箭的有关知识,请登陆:

<http://www.bjcp.gov.cn/gkjy/smkx/index.htm>

【思考题】

1. 实现空间飞行的条件是什么?
2. 简述现代火箭的基本结构。

第三节 人造卫星

征服自己需要更大的勇气,其胜利也是所有胜利中最光荣的胜利。

——柏拉图(希腊)

1957年,前苏联发射成功第一颗人造地球卫星。人类已向宇宙空间成功发射近2500颗各种用途的卫星。分三类即科学卫星、应用卫星和试验卫星。

(一)人造卫星组成及功用

人造卫星由星体、电源系统、通信系统和各种仪器设备系统组

成。星体是卫星的主体,外壳一般用轻金属材料制成,内部安装各种仪器设备。电源系统为这些仪器设备提供能源,保证仪器正常工作。20世纪末采用三种电源;太阳能电池、化学能电池和原子能电池。通信系统一般包括无线电通信、遥测、遥控和跟踪信号系统等,用于确保卫星



图 11—9 中国探月卫星示意图

与地面的通信联系以及遥测数据、控制指令和资料情报的传输。仪器设备系统可根据卫星的不同用途和要求选用。如通信和广播卫星上装有天线设备,地球资源卫星上装有红外线摄像机等。

卫星的外形有球形、球形多面体、圆锥形、圆柱形和多面柱体,有的仅仅张着几块大平板或伸着几根细长杆。这主要取决于对卫星姿态的要求,卫星所带仪器的大小形状、对太阳能的利用情况和运载火箭的容积大小等。

近年来出现在一颗卫星上兼有通信、电视广播、气象观测等多功能的多用途卫星,这种卫星使用一套能源、姿控、遥控等基本设备装置,完成多种使命。不仅可提高载荷利用率,对于同步轨道来说,一星多用还能缓和轨道“拥挤”现象。人造地球卫星由运载火箭发射入轨。从发射点到入轨点的飞行轨迹叫发射轨道。发射轨道包括垂直起飞段、程序转弯段和入轨段。垂直起飞段和程序转弯段都大同小异,但入轨段根据轨道高度的不同有直接入轨、滑行入轨和过渡转移入轨之分。

低轨道卫星一般直接入轨,即火箭连续工作,当最后一级火箭发动机关机时,卫星就可进入预定轨道。中、高轨道卫星常常滑行入轨。其发射轨道由火箭发动机工作时的主动段、发动机关机后靠惯

性飞行的滑行段和发动机两次工作时的加速段组成。地球静止轨道卫星常常采用过渡转移轨道入轨。它同火箭的级数不同而有差异。

(二)人造卫星的轨道

人造卫星的轨道有圆轨道、椭圆轨道、静止轨道、极地轨道和太阳同步轨道。

(1)圆轨道

圆轨道侦察卫星、导航卫星、通信卫星大多采用这种轨道。要使卫星在圆轨道上绕行,必须使它的入轨速度的大小与入轨点的环绕速度相等,并且入轨的方向与入轨点的地平线平行。从地面上看,卫星犹如固定在赤道上空某一点。

(2)静止轨道

静止轨道是圆轨道的一种。这种卫星轨道所在的平面与地球赤道面重合。由于卫星飞行速度随距地面的高度而变化,轨道越高,速度越小,环绕周期越长,故由计算可知,当其在赤道上空 35,786 公里高的圆形的轨道上由西向东运行 1 周时,恰好是 23 小时 56 分 4 秒,正与地球自转 1 周的时间相同,在静止轨道上均匀分布 3 颗通信卫星即可进行全球通信的科学设想早已变为现实。世界上主要的通信卫星都分布在这条轨道上,有的气象卫星、预警卫星也被送入静止轨道。我国用长征三号火箭先后发射了 1 颗试验卫星、5 颗东方红二号系列通信卫星、2 颗风云二号气象卫星,用长征三号甲火箭发射了 1 颗实践四号探测卫星、2 颗东方红三号通信卫星、1 颗中星 22 号通信卫星,这 12 颗卫星中有 10 颗进入静止轨道预定位置。发射这类卫星,星上要携带远地点发动机,运载火箭把卫星送入大椭圆同步转移轨道后,地面再指令星上远地点发动机点火,将卫星移入静止轨道。由于长征三号火箭发生故障未能将试验卫星和第六颗东方红二号通信卫星送入地球同步转移轨道,故这两颗卫星没有进入静止轨

道。至于长三甲发射实践四号探测卫星,达到了进入地球同步转移轨道的要求,发射取得圆满成功。长三甲火箭发射的香港亚洲一号通信卫星、香港亚太一号通信卫星、香港亚太一号 A 通信卫星,长三乙火箭发射的菲律宾马部海通信卫星、香港亚太 2R 通信卫星、中卫一号通信卫星、鑫诺一号通信卫星,都被送入地球同步转移轨道。这些卫星都依靠自身携带的远地点发动机,最终移入静止轨道。

(3) 椭圆轨道

椭圆轨道科学观测卫星一

一般采用这种轨道。一般通过使入轨速度大于入轨点的环绕速度这样的方式来做。

(4) 极地轨道

极地轨道是因轨道平面通过地球南北两极而得名。在这种轨道上运行的卫星可以飞经地球上任何地区上空。因此侦察卫星、导航卫星、气象卫星等都采用这种轨道。我国虽未研制运行于此类轨道的卫星,但发射过此类轨道的卫星。长征二号丙改进型火箭以 1 箭双星的方式 6 次从太原起飞,把 12 颗美国铱星送入太空,就属于这种发射方式。

(5) 太阳同步轨道

太阳同步轨道是其卫星轨道平面每天向东移动 0.9856 度,从而确保太阳光照射方向相对卫星轨道平面的角度保持不变。在卫星轨



图 11-10 我国第一颗地球同步静止轨道通信卫星——东方红二号

道上运行的卫星所受到的太阳光照情况十分稳定。很多气象卫星和资源卫星、侦察卫星都采用这种轨道。

进一步了解有关人造卫星方面的知识,请登陆:

<http://www.bjkgp.gov.cn/gkjqy/smkx/index.htm>

【思考题】

1. 简述人造卫星的基本构成。
2. 人造卫星的轨道有哪几种类型?请分别解释它们。

第四节 海洋——人类 21 世纪的科技宝藏

强于世界者必胜于海洋,衰于世界者必先败于海洋。

——古代中国名言

茫茫大海,曾激起无数人的遐想和向往,唐代浪漫主义大诗人李白曾以“海漫漫,直下无底旁无边,云涛烟浪最深处,人传中有三仙山,山上多云不死药,服之化羽为天仙。”表达了人们向往大海的愿望。

在人类赖以生存和发展的宇宙幸运之舟——地球上,陆地面积仅占总面积的 29%,而海洋则占到 71%。

(一)丰富的海洋资源

21 世纪是“海洋世纪”,是人从陆地大步走向海洋和开发利用海洋的时代。海洋是生命的摇篮,风雨的故乡,也是人类发展所依赖的食物、矿产、动能及空气、淡水的源地。海洋环境的发展变化与人类社会息息相关。因此,当前是唤起全人类关注海洋的新时代,这不仅就是说地球上最早的生物出现在海洋,而且指目前地球上 80%的生物

资源也在海洋中。



图 11-11 茫茫的大海

(1) 海洋生物资源

至少 30 亿年前,地球上最早的生命就已在海洋的世界里诞生了。最早出现的是原核生物,后来发展到真核生物。在 5.7 亿年前,海洋中开始出现各种动植物。大约 1.3 亿年后,各种动植物开始向陆地迁移,开始了陆上动植物的进化。今天地球上约有 100 万种动物,40 万种植物和 10 万种微生物。海洋生物 20 万余种。有人计算过,在不破

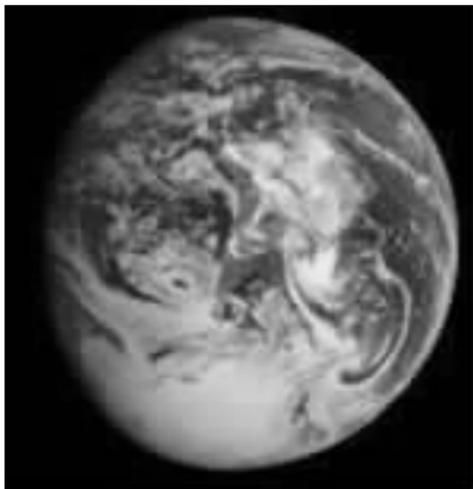


图 11-12 海洋面积占 71% 的地球

坏生态平衡的条件下,海洋每年可提供 30 亿吨水产品,能够养活 300 亿人口。但科学家们指出,海洋中实际存在的生物种类可能比目前已知的要多得多。他们预计,到 2010 年“海洋生命普查”计划完工时为止,也许可以发现总共约 200 万种的不同海洋生物。在海洋水产品中,人们吃得最多的是鱼类。全世界有鱼类 2 万多种,中国海域约有 2000 种。世界渔场大多分布在大陆架。



图 11-13 海洋中的鱼

(2) 海洋矿产、化学资源

广阔无垠的海洋是自然界赐予人类的一个巨大的资源宝库。据科学家测定:海底蕴藏有巨量的多金属结核,其中,锰含量约 2000 亿吨,大体相当于陆地储量的 40~1000 万亿立方米;海底磷矿、硫化矿、砂矿亦很丰富;海洋的潮汐能、海浪能、海流能、海水热能等可再生能源的理论储量约为 1500 亿千瓦,其中可开发利用的约 70 多亿千瓦,相当于目前发电总量的十几倍;海水中含有大量化学元素,可提取的元素包括铀、氦、氡等 80 余种。

锰结核是海洋中最重要的资源。它含有 30 多种金属元素 25%，铁 14%，镍 1.9%，铜 0.5%，钴 0.4%。这种团块是以岩石碎屑、动、植物残骸的细小颗粒、鲨鱼牙齿等为核心，呈同心圆一层一层长成的，像一块切开的葱头。由此被命名为“锰结核”，又称它为多金属团块。锰结核广泛地分布于世界海洋 2000~6000 米水深海底的表层，而以生成于 4000~6000 米水深海底的品质最佳。锰结核总储量估计在 30000 亿吨以上。其中以北太平洋分布面积最广，储量占一半以上，约为 17000 亿吨。锰结核密集的地方，每平方米面积上有 100 多公斤，简直是一个挨一个铺满海底。锰结核的大小尺寸变化也比较悬殊，从几微米到几十厘米的都有，重量最大的有几十公斤。锰结核不仅储量巨大，而且还会不断地生长。生长速度因时因地而异，平均每千年长 1 毫米。以此计算，全球锰结核每年增长 1000 万吨。

它的物质来源，大致有四方面：一是来自陆地，大陆或岛屿的岩石风化后释放出铁、锰等元素，其中一部分被海流带到大洋沉淀；二是来自火山，岩浆喷发产生的大量气体与海水相互作用时，从熔岩搬走一定量的铁、锰，使海水中锰、铁越来越富集；三是来自生物，浮游生物体内富含微量金属，它们死亡后，尸体分解，金属元素也就进入海水；四是来自宇宙，有关资料表明，宇宙每年要向地球降落 2000~5000 吨宇宙尘埃，它们富含金属元素，分解后也进入海水。一般认为是沉降于海底的各种金属的氧化物，以带极性的分子形式，在电子引力作用下，以其他物体的细小颗粒为核，不断聚集而成。这个理论也有不能自圆其说之处。锰在海水中的含量并不算多，为什么却会在锰结核中独占鳌头呢？锰结核的成因有待继续研究。

研究试验的锰结核开采方法也有许多种。比较成功的方法有链斗法、水力升举法和空气升举法等几种。链斗式采掘机械就像旧式农用水车那样，利用绞车带动挂有许多斗的绳链不断地把海底锰结核

采到工作船上来。1982年《联合国海洋法公约》第十一部分规定：公海大洋矿物资源的一切权利属于全人类，由联合国海底管理局代表行使这些权利。海岸带砂和砾石由各种途径进入海洋的泥沙和尘埃中包含有各种不同的元素。不同成分的尘埃颗粒，密度、比重不同，粒径大小不同，扁、圆形状也有差别。这些特征各异的矿物碎屑，在波浪、海流作用下，分别聚集沉积在一起，就形成了海滨砂矿床。

海滨砂矿最为大宗的是建筑用砂和砾石。这是因为它们是由常见的普通岩石碎屑生成的。70年代以来，世界每年开采海滨建筑用砂和砾石的价值，也在2亿美元以上。为了保护海岸稳定和环境的优美，海砂、砾石也不是可以随意开采的。较为稀少而价值甚高的海滨砂矿有：金红石、钻石、独居石、石榴石、钛铁砂、铌铁砂、钽铁砂、磁铁砂、铬铁砂、锡砂、磷钇砂、金砂、铂砂、琥珀砂、金刚砂、石英砂等等，真是琳琅满目，多不胜数。大海就像一个粉碎机和分选机，日夜不停地加工制造富含各种金属和非金属的细砂，并把它们按种类聚集在一起，形成可供人类开发利用的矿体。

此外，浩瀚的海洋空间也正引起人类越来越大的兴趣，除了传统上作为海上通道之外，工程师们正在开拓新的利用领域，包括建设海上城市、海上机场、海下桥梁、海底隧道、海底仓库等，以期拓展人类生存的空间。同时，海水本身也是一种重要资源，它不仅可以通过脱盐处理变成淡水，还可以直接用于工业冷却、印染、清洁、消防，甚至将来有可能用于农业灌溉。

（二）海洋技术

海洋技术是一种开发利用海洋资源的技术体系，是当代新兴的科学技术部门之一。从当代海洋技术的发展来，当前主要集中在海洋探测技术、海洋资源开发技术两部分。海洋探测技术包括海面、海底测控技术，其目的是探明海洋资源的分布状况，为海洋资源的开发利用

奠定基础。海洋资源开发技术主要包括海洋矿产资源开发技术、海洋生物资源开发技术、海洋化学资源开发技术和海洋能源开发技术。

进一步了解有关海洋的知识,请登陆:

<http://database.cpst.net.cn/popul/front/ocean/index.html>

【思考题】

1. 海洋中含有哪些主要资源?
2. 什么是海洋探测技术?

第五节 海洋探测技术

困难只能吓倒懦夫懒汉,而胜利永远属于敢于攀登科学高峰的人。

——茅以升(中国)

人类用科学方法进行海洋科学考察已有 100 余年的历史,而大规模、系统地对世界海洋进行考察则仅有 30 年左右。现代海洋探测着重于海洋资源的应用和开发,探测石油资源的储量、分布和利用前景,监测海洋环境的变化过程及其规律。在海洋探测技术中,包括在海洋表面进行调查的科学考察船、在空中进行监测的卫星、飞机,以及在水下进行探测的各种潜水器。

(一)科学考察船

建造专用科学调查船始于 1872 年的英国“挑战者”号。该船长 226 英尺,排水量 2300 吨,使用风力和蒸汽作为动力。从 1872 年起,历经 4 年时间环绕航行,观测资料包括洋流、水温、天气、海水成分,发现了 4700 多种海洋生物,并首次从太平洋上捞取了锰结核。



图 11—14 中国的“大洋一号”海洋科学考察船

1888~1920年,美国的“信天翁”号探测东太平洋。1927年德国的“流星”号探测船首次使用电子探测仪测量海洋深度,校正了“挑战者”号绘制的不够准确的海底地形图。

海洋科学调查船担负着调查海洋、研究海洋的责任,是利用和开发海洋资源的先锋。它调查的主要内容有海面与高空气象、海洋水深与地貌、地球磁场、海流与潮汐、海水物理性质与海底矿物资源(石油、天然气、矿藏等)、海水的化学成分、生物资源(水产品等)、海底地震等,如中国的“大洋一号”海洋科学考察船。其中极地考察和大洋调查等活动,为世界各国科学家所瞩目。大型海洋调查船可对全球海洋进行综合调查,它的稳定性和适航性很好,能够经受住大风大浪的袭击。船上的机电设备、导航设备、通讯系统等十分先进,燃料及各种生活用品的装载量大,能够长时间坚持在海上进行调查研究。同时,这类船还具有优良的操纵性能和定位性能,以适应各种海洋调

查作业的需要。

(二)海洋卫星

卫星技术在海洋开发中的应用十分广泛。海洋卫星在几百千米高空能对海洋里许多现象进行观测。这是因为它有一些特殊的本领。比如测量海水的温度,用的就是遥感技术。当太阳发出的电磁波到达海面时,能量的分布是不均匀的。利用遥感技术就可以帮助我们测量海面的温度及其特征。数据



图 11-15 海洋卫星

经电脑分析后,就可得到海面温度的情况,最后打印成一张海面温度分布图。由于几乎是同步观测后得到的数据,所以观测结果很真实。

如果让海洋卫星来测量海浪的高度,就要用主动遥感技术。它就好像照相机使用闪光灯一样。雷达成像系统就是一种主动微波遥感,它可以用来测量海浪的高度。它是利用海面“粗糙度”不同的原理来进行的。光波射到海面,如果海面没有浪,就会呈现海平如镜的状态,即为光滑面。这时,从卫星上发出的雷达波就会产生镜反射,雷达接收不到回波。如果海面有波浪,就会变得“粗糙”,波浪越大,海面越“粗糙”,这时,雷达波就会向各个方向散射,产生漫反射,于是,雷达就会收到一部分回波。因此,波平如镜的海面,在雷达正片上就显得比较亮。根据回波信号的强弱以及雷达波的角度,通过电脑就可以算出海面的粗糙度,从而得知海浪的高度。

目前,海洋地质调查和技术手段主要有:利用人造卫星导航和全球定位系统(GPS),以及无线电导航系统来确定调查船或观测点在海上的位置;利用回声测深仪,多波束回声测深仪及旁测声呐测量水深和探测海底地形地貌;用拖网、抓斗、箱式采样器、自返式抓斗、柱状采样器和钻探等手段采取海底沉积物、岩石和锰结核等样品;用浅地层剖面仪测海底未固结浅地层的分布、厚度和结构特征。用地震、重力、磁力及地热等地球物理办法,探测海底各种地球物理场特征、地质构造和矿产资源,有的还利用放射性探测技术探查海底砂矿。

(三)潜水器

在人类征服海洋深处的征程中,潜艇立下了汗马功劳。然而,即使是核潜艇,一般也只能在 300~400 米的海洋深处活动,面对占地表 77% 以上的深于 3,000 米的海洋,人类创造了潜水器征服了深海。潜水器既是深海探测的工具,又是进行水下工程的重要设备。潜水器可分为载人潜水器和无人潜水器。

1953 年,法国人奥古斯特·皮卡德设计建成“的里雅斯特”号自航式潜水器,1960 年 1 月 23 日由奥古斯特·皮卡德的儿子雅克·皮卡德以及另一名潜水员美国海军上尉唐纳唐·维尔什共同乘坐,闯荡万米深渊——马里亚纳海沟。创下了 10916 米的世界纪录。深潜器到



图 11-16 法国深水作业
载人潜水器

达万米深的马利亚纳海沟,说明海洋已经不再是人类的禁地。如果说 20 世纪 70 年代以前人们热衷于深潜器去深海底探险,追求下潜的深度探险,追求下潜的深度,那么,20 世纪 70 年代以后,人们便热衷于把深潜水器作科学研究和为海洋开发服务,因而,深潜器的商业和科学应用掀起了一个高潮。

进一步了解海洋探测技术,请登陆:

<http://database.cpst.net.cn/popul/front/ocean/index.html>

【思考题】

1. 海洋探测技术手段主要包括哪些?
2. 海洋地质调查和技术手段主要有哪一些?

第六节 海洋资源开发技术

科学是永无止境的,它是一个永恒之谜。

——爱因斯坦(美国)

近年来,世界各国不仅继续改进传统的海运和渔业生产技术,而且也大力发展海洋资源开发技术,人类有计划、大规模地开发海洋资源奠定基础。

(一)海洋石油和天然气开发

据 1995 年的估计世界近海已探明的石油资源储量为 379 亿吨,天然气的储量为 39 万亿立方米。据不完全统计,海底蕴藏的油气资源储量约占全球油气储量的 1/3。预计在 20 世纪,海底油气开发将从浅海大陆架延伸到千米水深的海区。

世界海洋石油的绝大部分存在于大陆架上。据测算,全世界大陆架面积约为 3,000 万平方公里,占世界海洋面积的 8%。关于海洋石油的储藏量,由于勘探资料和计算方法的限制,得出的结论也各不相同。法国石油研究机构的一项估计是:全球石油资源的极限储量为 10,000 亿吨,可采储量为 3,000 亿吨。其中海洋石油储量约占 45%,即可采储量为 1350 亿吨。波斯湾大陆架石油产量较早进入大

规模开采,连同附近陆地上的海洋石油产量,供应了战后世界石油需求的一半以上。欧洲西北部的北海是仅次于波斯湾的第二大海洋石油产区。美国、墨西哥之间的墨西哥湾,中国近海,包括南沙群岛海底,都是世界公认的海洋石油最丰富的区域。

一般来说,石油和天然气的开发大致分为三个阶段:第一阶段是普查性的地球物理勘探,目的是寻找可贮油、气的地质构造;第二阶段是在找到的构造上打勘井,包括打初勘井查明是否有油、气存在,以及打估价井来查明油、气的范围、类型、储量等情况,以便制定开采方案;第三阶段是打生产井并进行石油的采集、初步加工、贮存、运输等生产手段的建设,以及进行生产。在海洋进行石油和天然气的勘探开采工作要比陆地上困难多,必须具备一些与陆地不同的特殊技术,如平台技术、钻井技术和油气输送技术等。

工作平台有固定式平台和移动式钻井平台,移动式钻井平台克服了固定式平台不能重复使用的缺点,并大大增加了工作深度。移动式海洋石油钻井设备拥有自己的浮力结构,可以有拖船拖着移动。有的还拥有自己的动力设备,可以自航。移动式海洋钻井设备包括:座底式平台、自升式平台、半潜式平台和钻井船。其中半潜式平台是目前适合于较深水域作业的先进平台,它既能克服钻井船的不稳定性又能在较深水域中作业。为了向深水石油开发进军,各国竞相研究稳定又廉价的深水平台、深水重力平台和张力推平台。前两种平台都是从海底直立到海面的固定平台,其特点主要是采用缩小横断面等技术,降低造价,其工作深度可达 500~600 米。



图 11-17
海洋钻井平台

张力推平台用绷紧的钢索系留,工作水深度达 600~900 米。

(二)海洋生物资源开发

经济学家预言:21 世纪将是海洋的世纪。“海洋水产生农牧化”、“蓝色革命计划”和“海水农业”构成未来海洋农业发展的主要方向。

(1)海洋水产生农牧化

就是通过人为干涉,改造海洋环境,以创造经济生物生长发育所需的良好环境条件,同时也对生物本身进行必要的改造,以提高它们的质量和产量。

(2)蓝色革命计划

是着眼于大洋深处海水的利用。在大洋深处,深层水温只有 8~9℃,氮和磷是表层海水的 200 倍和 15 倍,极富营养。将深层水抽上来,遇到充足的阳光,就会形成一个产量倍增的新的人工生态系统。温差可以用来发电或直接用于农业生产。

(3)海水农业

是指直接用海水灌溉农作物,开发沿岸带的盐碱地、沙漠和荒地。“蓝色革命计划”是把海水养殖业由近海向大洋扩展。“海水农业”则是要迫使陆地植物“下海”,这是与以淡水和土壤为基础的陆地农业的根本区别。

(三)海水资源开发

沿海工业用海水在发达国家已达 90%以上,如果我国也能大力推广海水利用,是可以大大缓解滨海城市缺水问题的。

(1)海水直接利用

海水直接利用的技术包括:海水直流冷却技术,已有 80 年应用史,是目前工业应用的主流;海水循环冷却技术,我国尚处研究阶段;

海水冲洗等技术等。与海水直接利用的有关重要技术,还包括耐腐蚀材料、防腐涂层、阴极保护、防生物附着、防渗、杀菌、冷却技术等。

(2) 海水淡化

海水淡化技术,经半个多世纪的发展,其技术已经成熟。主要的淡化方法有:

①多级闪蒸(MSF)。单机容量可达 $4.5\sim 5.7$ 万 m^3/d 。运行温度、造水比和级数分别在 120°C 、10 和 40 级。多级闪蒸除了消耗一定的加热蒸汽外,要消耗电能 $4\sim 5\text{kWh}/\text{m}^3$ 淡水,用于海水的循环和流体的输送。

②低温多效(LT-MDE)技术是在多效基础上,于 1975 年发展起来的,近 10 年有较大发展。单台装置每天可产淡水 20,000 立方米。蒸发温度低于 80°C ,效数一般在 12 左右。造水比大于 10。低温多效除了要消耗加热蒸汽外,还要消耗电能 $1.8\text{kWh}/\text{m}^3$ 用于流体输送。

③反渗透(SWRO)RO 角膜和组件技术已相当成熟,组件脱盐率可达 99.5%,能耗在 $3\sim 4\text{kWh}/\text{m}^3$ 淡水。SWRO 技术设备投资少、能耗低、效益高、工艺成熟,已有 30 年的经验积累,竞争力最强。

(3) 海水化学物质提取利用

海水中化学物质提取是有无限前景的新兴产业。溶解于海水的 3.5% 的矿物质是自然界给人类的巨大财富。不少发达国家已在这方面获取了很大利益。海水本身就是一座资源宝库,海水中溶解有 80 多种金属和非金属元素。通常把海水中的元素分为两类:每升海水中含有 1 毫克以上的元素叫常量元素;含量在 1 毫克以下的元素称为微量元素。海水中微量元素有 60 多种,如锂(Li)有 2500 亿吨,它是热核反应中的重要材料之一,也是制造特种合金的原料;铷(Rb)有 1800 亿吨,它可以制造光电池和真空管;碘(I)有 800 亿吨,它可以用于医药,常用的碘酒就是用碘制成的。



图 11-18 DL-SW5A 型反渗透海水淡化机

(4) 综合开发海水技术

与发达国家比,我国综合提取利用技术差距较大,但自 90 年代以来有很大发展,从传统的苦卤化工“老四样”(氯化钾、氯化镁、硫酸钠和溴),已经发展到现在的近百个品种。

还可以加大力度发展的项目有:发展提溴新技术,以提高现有地上卤水资源的溴利用率,提高溴质量,减少能耗,降低成本,积极发展高效溴化剂和新型阻燃剂等;积极发展“无机离子交换法海水、卤水提钾技术”,这项技术的成功,可以改造老盐化工企业,并能弥补我国陆地钾资源的不足;积极发展高技术含量、高附加值的镁新产品;加强海水提铀技术的研究开发;加强直接从海水提取其他化学物质的研究和开发,以及水、电、热联产与海水综合利用的结合。

(四)海洋能源

海洋能包括温度差能、波浪能、潮汐与潮流能、海流能、盐度差能、岸外风能、海洋生物能和海洋地热能等 8 种。这些能量是蕴藏于海上、海中、海底的可再生能源,属新能源范畴。海洋能绝大部分来源于太阳辐射能,较小部分来源于天体(主要是月球、太阳)与地球相对运动中的万有引力。蕴藏于海水中的海洋能是十分巨大的,其理论储量是目前全世界各国每年耗能量的几百倍甚至几千倍。

海洋能具有一些特点。一是它在海洋总水体中的蕴藏量巨大,而单位体积、单位面积、单位长度所拥有的能量较小。二是它具有可再生性。三是海洋能有较稳定与不稳定能源之分。

各种海洋能的蕴藏量是巨大的,据估计有 750 多亿千瓦,其中波浪能 700 亿千瓦,温度差能 20 亿千瓦,海流能 10 亿千瓦,盐度差能 10 亿千瓦。从各国的情况看,潮汐发电技术比较成熟。利用波能、盐度差能、温度差能等海洋能进行发电还不成熟,目前正处于研究试验阶段。这些海洋能至今没被利用的原因主要有两方面:一是经济效益差,成本高。二是一些技术问题还不过关。

另外用来发生裂变反应和发生聚变反应的铀和氘,其绝大部分赋存在海水里。重水也是原子能反应堆的减速剂和传热介质,也是制造氢弹的原料,海水中含有 2×10^{14} 吨重水。氘是氢的同位素,蕴藏在海水中的氘有 50 亿吨,足够人类用上千万亿年。实际上就是说,人类持续发展的能源问题一劳永逸地解决了。

进一步了解海洋资源开发技术,请登陆:

<http://www.fsyx.com.cn/xuexiao/feshan/dili-sea/index.htm>

【思考题】

1. 石油、天然气的开发有哪几个阶段？
2. 海水资源开发技术有哪些？

3. 海洋为我国社会经济的发展做出了重要贡献,但由于不合理开发利用和对海洋环境保护重视程度的差异,使我国的海洋生态环境面临许多问题,请通过上网查资料谈谈目前我国海洋生态面临哪些问题?你有什么解决办法?

第十二章 激光与光电子技术

激光与原子能、半导体、计算机一起被誉为当代科技的四大发明,自诞生以来,从工业到农业,从医药到国防,都遍布着它的足迹。激光在电子技术中的应用,又形成了一门新的技术,即光电子技术,它在通信、新能源等领域的应用非常广泛。

第一节 神奇的激光

你要知道科学方法的实质,不要去听一个科学家对你说些什么,而要仔细看他在做些什么。

——爱因斯坦(美国)

激光是 20 世纪一次划时代的发明,也是近代物理学发展的一个里程碑,它使古老的光学焕发出勃勃生机。

激光究竟是一种什么样的光呢?它到底是如何产生的呢?让我们一起来揭开激光的神秘面纱。

(一)激光的奇异特性

激光也是光,与普通光一样在本质上都是一种电磁波,但激光又是一种特殊的光。与普通光相比,激光具有亮度高(能量密度高)、方向性好(发散角小)、单色性强(光谱纯)和相干性好等特点。



图 12—1 激光

(1) 亮度极高

所谓亮度极高是指光源的单位面积向某一方向的单位立体角内所发射的光功率很高。激光是现代最亮的光,其亮度只有氢弹爆炸瞬时的闪光才能与它相比拟。

(2) 方向性极好

激光的在传播过程中发散角很小,在很长的距离内激光束的直径几乎不变,是高度平行的光束,这就意味着激光束可以传播更远的距离。

(3) 单色性极强

光波波长越集中,其单色性越好,而激光发出的全部光辐射都集中在很小的范围内,其单色性极好。

(4) 相干性优异

单色性越好的光,它的相干性就越好。同一激光器发射的激光小波由于频率、位相、振动方向相同,因此具有极好的相干性。

(二)激光简史

1917年爱因斯坦提出“受激辐射”的概念,奠定了激光的理论基础。1958年美国科学家肖洛(A. L. Schawlew, 1921~)和汤斯(C. H. Townes, 1915~)发现了一种奇怪的现象:当他们将闪光灯所发射的光照在一种稀土晶体上时,晶体的分子会发出鲜艳的、始终会聚在一起的强光。由此他们提出了“激光原理”,受激辐射可以得到一种单色性好、亮度又很高的新型光源。



图 12-2 汤斯



图 12-3 梅曼

1958年,贝尔实验室的汤斯和肖洛发表了关于激光器的经典论文,奠定了激光发展的基础。1960年,美国人梅曼(T. H. Maiman, 1927~)发明了世界上第一台红宝石激光器。梅曼利用红宝石晶体做发光材料,用发光度很高的脉冲氙灯作激发光源,获得了人类有史以来的第一束激光。1961年9月,我国科学家王之江、邓锡铭等在中国科学院长春光学精密机械研究所也研制成功了红宝石激光器。1965年,第一台可产生大功率激光的器件——二氧化碳激光器诞生。1967年,第一台X射线激光器研制成功。1997年,美国麻省理工学院的研究人员研制出第一台原子激光器。

(三)激光器的的工作原理、结构和种类

(1)激光器的工作原理——受激吸收和自发辐射

光与物质间的共振相互作用是激光器发光的物理基础,激光器利用的是受激光辐射理论。通常情况下,当一个诱发光子入射时,受激辐射和受激吸收两种跃迁过程是同时存在的,前者使光子数增加,后者使光子数减少。当一束光通过发光物质后,究竟是光强增大还是减弱,要看这两种跃迁过程哪个占优势。在热平衡条件下,原子几乎都处于最低能级(基态),故在外界光的照射下,粒子发生受激吸收的可能性要远远大于受激辐射的可能性。我们所要解决的问题是如何把处于低能级的粒子抽运到高能级上,使高能级上原子数目大于低能级上的数目,这种状态称为“粒子数反转”。只要使发光物质处在粒子数反转状态,受激辐射就会大于受激吸收。当发光物质中有一个频率合适的光子存在,便可像连锁反应一样,迅速产生大量相同光子态的光子,形成激光。由此可见,如何从技术上实现粒子数反转是产生激光的必要条件。

(2)激光器的结构

激光器是由工作介质、激励源和光学谐振腔三部分组成的(如图12-4)。工作介质是发射激光的发光材料,它是激光器的核心,是用来使粒子数反转和产生受激辐射作用的物质体系。对工作物质有一定的要求:①光学性质均匀、透明性良好;②有能级寿命比较长的高能级;③有比较高的量子效率。

为了使工作介质中出现粒子数反转必须有一定的方法去激励原子体系,对发光物质输入能量,使处于高能级的粒子数增加。在激光器中,这是通过激励源来实现的。激励系统通过向工作物质提供能量,把分子、原子从低能态激发到高能态,实现工作物质的粒子数反转,从而使各种激励能量转化为激光的光能成为可能。激光器常用

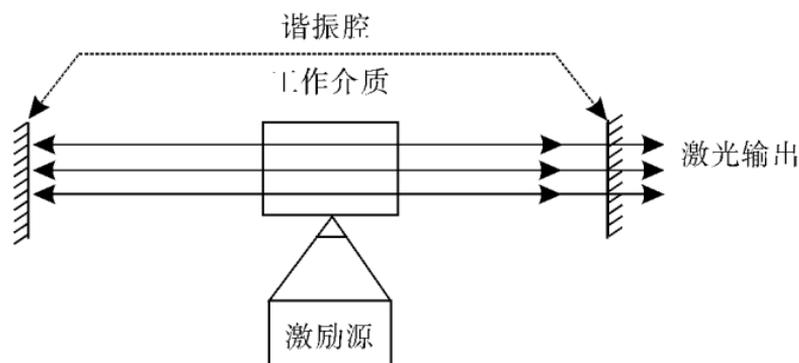


图 12-4 激光器组成示意图

的激励能量有电能、光能、化学能、核能、热能等。各种激励方式也被形象化地称为“泵浦源”。

光学谐振腔(共振器)是由放在工作物质两端的反射镜构成的光学系统,其中一块反射镜对激光的反射率接近 100%,另一块有适量的透过率。光学谐振腔主要通过正反馈和选模两个重要作用来保证激光的品质。正反馈是激光高亮度的重要保证。实现粒子反转后,产生受激辐射的强度还是很弱的,无法实际应用,而光波在腔内来回反射,相当于大大增加了工作物质的长度。光在谐振腔中来回振荡,造成连锁反应而雪崩似的获得放大,通过选模产生强烈的激光。

(3) 激光器的种类

若以工作物质对激光器进行分类,可以分为固体、液体、气体、半导体激光器。另外,根据激光输出方式的不同又可分为连续激光器和脉冲激光器,其中脉冲激光的峰值功率可以非常大,还可以按发光的频率和发光功率大小分类。

① 固体激光器一般小而坚固,脉冲辐射功率较高,应用范围较广泛。

② 液体激光器的最大特点是激光的波长可以在一定范围内连续变换,适合于对激光波长有严格要求的场合。通常有有机液体激光

器和无机液体激光器。以液体染料为工作物质的染料激光器于1966年问世,广泛应用于各种科学研究领域。现在已发现的能产生激光的染料,大约在500种左右。这些染料可以溶于酒精、苯、丙酮、水或其他溶液。它们还可以包含在有机塑料中以固态出现,或升华为蒸汽,以气态形式出现。所以染料激光器也称为“液体激光器”。染料激光器的突出特点是波长连续可调。染料激光器种类繁多,价格低廉,效率高,输出功率可与气体和固体激光器相媲美,应用于分光光谱、光化学、医疗和农业。

③气体激光器以气体为工作物质,单色性和相干性较好,激光波长可达数千种,应用广泛。气体激光器结构简单、造价低廉、操作方便。在工农业、医学、精密测量、全息技术等方面应用广泛。气体激光器有电能、热能、化学能、光能、核能等多种激励方式。

④半导体激光器体积小、重量轻、寿命长、结构简单,特别适于在飞机、军舰、车辆和宇宙飞船上使用。半导体激光器可以通过外加的电场、磁场、温度、压力等改变激光的波长,能将电能直接转换为激光能,所以发展迅速。

进一步了解激光技术,请登陆:

<http://www.chinalaser.com.cn/>

【思考题】

1. 激光的奇异特性有哪些?
2. 简述激光器的原理和结构。

第二节 激光的高超本领

科学的每一项巨大成就,都是以大胆的幻想为出发点的。

——杜威(美国)

由于激光的奇异特性,从工业到医学,从电话通信到战争武器,激光正在解决一个接一个的问题。激光是人类发明中应用最多的工具之一。激光大范围地改变了科技、产业和战略面貌,在新世纪里,激光这种新型的光,必将更加灿烂辉煌!

(一)工业的能工巧匠

(1)激光切割和打孔技术

激光切割技术与其他切割技术相比具有很多优点,例如切割窄、节省材料、工件变形小、能切割易碎材料和极软极硬材料等。如对最硬的物质——金刚石进行打孔,用激光对陶瓷等易碎物质进行加工,既快又安全。

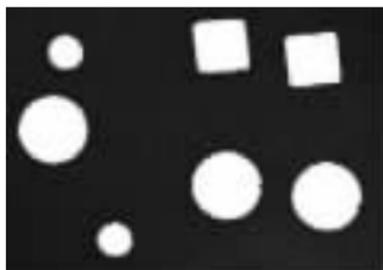


图 12-5 用激光在碳钢上打的孔

此外,激光能在集成电路芯片上刻出极其微小的点和画出极其微小的线路。

(2)激光焊接技术和表面改性技术

激光焊接是用激光束照射被焊的材料使其局部熔化并合成一个整体的方法。作为一种新型的方法,它有很多优点,它可以高速焊接复杂的東西;可以轻而易举地把不同的材料,如金属和非金属材料焊

接在一起;可以焊接直径只有几微米的金属丝,还可以进行遥控操作,容易实现自动化。

将激光照射到材料的表面,会使材料表面发生许多变化,因而可以用来改善材料表面的性能,这种技术称为激光表面改性。激光的材料表面改性技术是材料领域的一个研究热点。用激光对金属表面进行热处理,比常用的方式都优越,这种方法速度快、变形小、硬度均匀、硬化深度可精确控制。如用激光对金属表面进行热处理后,能在金属表面产生一层厚度几微米、类似于玻璃状的结构,使金属材料获得良好的防腐性。

(3) 激光测量和检测

激光器的问世,给新的计量标准带来活力。长度 L 的定义可由时间 t 通过公式 $L = ct$ 导出(c 为光在真空中传播速度)。用波频段确定波不受光学元件影响,使波长测量精度大大提高。

利用激光干涉法、衍射法、三角测量法等,可以对长度、流速、转速等物理量进行精密测量。其精度高、量程大、测时短,远优于其他测量技术,是目前最准确的测距技术。激光还可以对颗粒型空气污染和气体型空气污染进行测定和控制。

(二) 生物和医学的得力助手

(1) 激光生物技术

激光在生物上的应用主要包括激光育种、水产养殖、品种改良等方面。用适当剂量的激光照射种子的发芽点,能引起作物的性状改变,增加收成。例如可使大豆的产量提高 25% 以上。

在水产养殖中,用激光照射可消灭害虫、杂草,增强光合作用,育藻增氧,代替激素进行人工繁殖,促进机体发育,提高产量。用激光技术对珍珠完成自身植株,可提高珍珠贝利用率,且可插殖出各异型珍珠,增加新品种。

光波波段的 X 射线可用来进行生命活细胞的全息照相,由此可以得到细胞内部的立体“照片”。

用激光改良果树,可增加收成和提高水果的品质。

(2) 激光医疗

医疗领域,激光主要用于诊断、医疗和手术等几个方面。在外科手术中它可代替手术刀使用,在眼科、牙科和美容等方面也有独到的应用。

激光手术刀在切割的同时也进行了灼烧,这恰好封闭血管防止出血,也减少了感染的危险。

激光对牙齿进行无痛钻孔和去蛀牙,不会对健康的牙组织产生影响,疼痛感大大减轻。激光在眼科的应用最令人叹为观止,它可以焊接脱开的视网膜,封闭破漏的血管,治疗时间很短,减少并发症,提高疗效,病人基本上无痛苦。激光对目前的人类顽症——癌症,也提供了有效的武器。一方面激光可以用作激光刀切割肿瘤,另一方面,在癌症的早期诊断上也卓有成效。现在人们可以利用光纤所发射的激光,直接照在癌细胞上,再靠对光敏感的一种化学物质,杀死癌细胞。这种对光敏感的化学物质,会产生一种氧气,再由氧气杀死癌细胞。



图 12-6 激光近视手术



图 12-7 美国和以色列研制的移动战术高能激光武器

(三) 战争中的神秘武器

激光技术能获得迅猛发展，一个重要原因也在于它在军事上有着极为广泛的用途。

目前，激光技术的军事应用研究主要有两个分支：一支是用激光测距、激光目标指示、激光跟踪等技术来武装现有的武器，如激光制导炸弹；另一分支是研究直接有杀伤力的强激光武器，

或称激光热器。

(四) 分离同位素和激光核聚变

(1) 分离同位素

激光同位素分离技术是用某一特定波长的激光使某一种同位素电离，或把它激发到激发态进行反应，而其余同位素不被激发或电离，仍存留在原来的材料中，这么就达到分离的目的。激光还可以诱导原来不能发生化学反应的物质发生反应。

(2) 激光核聚变

尽管人们在理论上对核聚变有了透彻的了解，但技术上仍困难重重。我们还无法对核聚变的过程进行有效的控制，目前人类对核聚变唯一的应用只是制造氢弹。核聚变是和平利用核能的第一个里程碑，核聚变的可控利用则是第二个里程碑。

专家们希望用强大的激光来激发可控的热核聚变，一旦实现，热核聚变将带来巨大的社会和经济效益。如，一桶水中的氢聚变后所产生的电力足够一个中等城市使用，既不需储存废料也不污染环境。

激光核聚变将成为为我们开辟新能源的一个重要途径。

实现聚变反应至少要满足两个条件：①核燃料要吸收足够高的能量，达到点燃点。这个温度至少要达到 2 亿度，可见点燃能量是十分高的。②要有足够长的能量约束时间，使处于高温等离子态的每一原子核激烈碰撞，以致释放它所含的能量，这时的核燃料才真正点燃。激光引发核聚变就是利用高能激光束来引发核聚变反应。

进一步了解激光的应用，请登陆：

<http://www.chinalaser.com.cn/cn/documents/>

【思考题】

激光有哪些主要应用？

第三节 光电子技术

我们在享受着他人的发明给我们带来的巨大益处，我们也必须乐于用自己的发明去为他人服务。

——富兰克林(美国)

光电子技术是继微电子技术之后，近十几年来迅速发展新兴学科，它集中了固体物理、导波光学、材料科学、微细加工和半导体科学技术的科研成就，成为电子技术与光技术自然结合与扩展、具有强烈应用背景的一门交叉学科，研究光与固体中的电子相互作用以及光能和电能相互转换，主要利用光电转换原理。1960年，世界上第一台红宝石激光器的问世，标志着这一学科的开端，激光在电子信息技术的应用形成了光电子技术。按照这一定义，光电子技术是激光在信息电子技术中应用分支技术，有时更确切地称为信息光电子技术。

(一)从电子技术到光电子技术

电子技术产生以来经历了三个阶段:电子管和晶体管阶段是电子技术的起步;微电子技术是电子技术的一次革命性飞跃;近三十年来,光子技术与电子技术迅速结合起来,形成了具有强大生命力的信息光电子技术和产业。

信息光电子技术是具有信息传输容量大,中继距离长,信息处理速度快,信息获取灵敏度高以及抗干扰、抗辐射等一系列由光的本性带来的优点。如我们现在大部分主干网用的都是光纤,信息的载体都是光。由于密集波分复用技术的发展,一根头发丝粗细的光纤就可以传输一亿门电路。这是电缆无法比拟的。再如,信息存储技术,光盘由 VCD 发展到 DVD,容量增大了好几倍,未来如果研制出能够商用的蓝光激光器,采用蓝光波段的光作为信息载体,又可以使同样大小的光盘的容量增大好几倍。而且光具有相干性,可实现全息存储,在不到一平方厘米的芯片上,可以把北京图书馆的所有书籍都存进去。

(二)光电子技术基础

(1)光电效应的发现

光电效应是指物质在光的作用下释放出电子的现象,它是 1888 年由赫兹(Hertz,1857~1894 年)发现的,赫兹在进行著名的验证电磁波存在的实验中,当接收线路中的两个小锌球之一受到紫外线照射时,发现在两球之间很容易跳过火花,这表明光照引起了电子的发射。1905 年,爱因斯坦在普朗克量子理论的基础上提出关于光的本性的光量子假说后,才完满地解释了这一现象,光电效应成了光具有量子性的重要依据。

在赫兹发现光电效应以后,斯托列托夫又进一步研究了光对带

电物体的影响,发现对于任意金属制成的极板,在紫外线的照射下都能观察到放电粒子的形成,从而将这种现象称为光致放电作用,也即光电效应。

(2) 光电子技术的核心——半导体激光器

半导体激光器是各类激光器中体积最小、重量最轻的,而且容易被电信号调制,它的使用寿命很长,有效使用时间超过 10 万小时。因此半导体激光器深受光电子技术的宠爱。

(三) 神奇的信息载体

(1) 激光通信的原理

同电波通信一样,激光通信实际上是将激光束作为传送信息的一种载体。以传输语音为例,从一方发出语音信号到另一方收到语音信号,中间经历了三个阶段,即发送过程、传输过程和接受过程。

在发送过程中,语音信号经过电信号发送器和编码器转化为载有语音信息的电信号,调制器根据编码电信号的变化规律对激光器发出的激光束调制,使光束随语音的变化而变化,即光束载上了语音信号成为光信号,这样光信号就可以在光纤中进行传输了。在这一过程中,语音转化为电,电又转化为光。接受过程恰好和发射的过程相反,光通过光电探测器(光接收器),如一种称为 PIN 的光敏二极管变成电信号,电信号经过解码器和电信号接收器再经过整形还原成语音信号。

在长距离的光纤通信中,为避免信号的衰弱,还需要在一定距离处增加光中继器。

(2) 激光通信的优点

激光通信技术将激光与电子很好地结合在一起,与以往的通信技术相比,具有四个明显的特点:①通信容量大;②通信质量高;③保密性好;④原料足,价格低。

(四) 巴掌大的图书馆——光盘

(1) 三代光盘产品

收发光盘作为一种新兴的存储手段,和磁带相比,具有存储密度高,存储寿命长,非接触式读写信息及信息的信噪比高等优点,从而促进光盘在自



1966年提出“光存储”的概念以来的短短几年时间内,相继开发出只读存储器(ROM)、一次性写入光盘(WORM或DRAM)和可擦重存光盘(EDAW)等三代商业产品。

(2) 光盘信息的写入和读出

目前,光盘的基片一般是在玻璃或塑料圆盘上涂以铝层,铝层上再涂以塑料保护层。用激光实现高密度存储的技术源于激光相干性好的特点。



图 12-9 SONY 最新蓝光光盘
(容量 23GB,可使用 50 年)

在对光盘写入信息时,首先要把所要存储的信息按某种方式编码,然后用信息来调制激光,这种编码过程和激光通信中发送信号过程很相似,用调制后的激光束来照射光盘记录层,由于激光相干性好,可将光束聚集到直径小于 1 微米的焦斑上,在照射位置烧蚀出小坑,或产生其他改变介质植性的影响,而

没有激光照射的地方不发生这些变化,有变化和没变化分别表示“1”和“0”两个状态,激光束在盘面上扫描完毕,也就完成了写入信息工作。

从光盘上读出信息时也是用激光束。用一定波长的激光来照射光盘的工作面(记录信息的一面),并接受反射的激光束,由于记录有信息,工作面各点的状态也都不同,这样所反射的光束状态也不同,反射光就载有了信息。这种读出方式与盘面不发生机械摩擦,不会损伤光盘上记录有信息的沟道,所以,只要制造光盘的材料化学性能稳定,原则上说它的使用寿命是永久性的。在上述信息的写入和读出过程中所用的激光,一般都由半导体激光器提供。

(3) 光盘的发展方向

各种技术的快速发展,推动光盘的发展也很快,光盘技术主要朝着两个方向发展。一是在改变现有光盘尺寸的同时,极大地增大光盘的存储量。二是向三维方向发展,目前所使用的光盘存储的信息都是二维形式,许多单位正联合研究和开发高速全息数据存储系统。

(五) 造福人类的新能源——太阳能电池

高新技术的应用是解决能源问题的根本出路。太阳可以说是人类取之不尽,用之不竭的“聚宝盆”,然而人类开发利用太阳能的程度极为有限,在地球表面接收的太阳能中,被植物吸收的仅占 0.015%,被人们利用作为燃料和食物的仅占 0.002%,可见,利用太阳能造福人类的潜力非常大。在光电子领域中,我们利用光电效应实现光—电转换,将太阳辐射能直接转换成电能并加以利用,太阳能电池便是当前太阳利用的一个最基本的方式。

(六) 光计算机

自从人们学会利用光到现在,人们发明了光传感器、激光、光导

纤维、光开关和光存储等先进的技术为人类造福,其运算速度可达每秒 1,000 亿次。科学家们预测,在不久的将来,就像过去晶体管代替电子管那样,光计算机将取代现在风靡世界的电子计算机。

进一步了解光电子技术,请登陆:

<http://www.33tt.com/htmldata/4/sort-4-1.html>



图 12-10 太阳能电池

【思考题】

1. 什么是光电子技术? 半导体激光器为什么会成为光电子技术的核心?
2. 激光通信有哪些优点?
3. 光盘的一大优点是不会磨损,能长期保持图像清晰,这是为什么?

第四篇

现代科技与社会发展

第十三章 科技进步与人文文化

伴随着人类社会前进的脚步,科学技术应用的负面效应日益突出,人们开始反思科技,在反思的过程中,出现了两种主要的思潮,一种是唯科学主义,另一种是反科学主义。为了使科学朝着正确的方向发展,需要有合理的人文科学引导,科学和人文应该从分隔走向交融,这是历史的趋势,亦是时代的要求。

第一节 反思科技

在科学上进步而道义上落后的人,不是前进,而是后退。

——亚里士多德(希腊)

20世纪和我们已跨入的21世纪是反思科学的世纪,之所以如此,根源在于它是科学的世纪。正是由于科学成为深刻影响人类命运的关键力量,而且这种力量兼具建设和破坏的两种可能。越来越多的人发现,计算机网络技术、核技术、克隆技术等一些最前沿的高新技术,在带给人类财富、舒适和便捷的同时,也增加了不安全感和生存环境的恶化。各种社会问题与生态问题交织在一起,构成了我们这个时代最严重的生存危机,尤其是2003年肆虐于中国的非典病毒。这些问题使得我们对科学的反思具有了特殊的重要性。此外,这种反思的根源还在于20世纪实现了从“小科学”向“大科学”的转

变,这种转变使得科学不再仅是学院式的“自由研究”,科学已经成为经济部门和政府部门全面参与的社会事业。大科学对社会资源的高强度需求和依赖,大科学必然伴随着不断的技术升级和成本升级,以及对科学研究投入高回报率的不懈追求,都使对科学事业的规划和管理前所未有地重要起来。而要避免科学规划和管理中的盲目性,全面而准确地反思和理解科学也必然成为不可缺少的前提。对当代科技的反思出现两种思潮,一种是过度崇拜科学的唯科学主义,一种是对科学丧失信心的反科学主义。

(一)唯科学主义

唯科学主义是流行于近代西方的一种社会思潮,自19世纪以来,科学技术以神奇的力量推动社会大踏步的向前发展,对人们生活的方方面面,对人类社会的发展产生了广泛而深刻的影响。培根的一句“知识就是力量”成了科学和理性的绝佳表述,科学的发展,曾经使启蒙思想家如法国孔多塞坚信人类无限进步的可能性,“凡是不能预料的和可利用的东西,启蒙精神都认为是可疑的”,换句话说,通过科学人类可以认识一切、控制一切。于是产生了所谓“唯科学主义”,郭颖颐在《中国现代思想中的唯科学主义》一书中指出:“唯科学主义认为宇宙万物的所有方面都可通过科学方法来认识”。即唯科学主义者确信科学技术是无限可能的,确信科学是解决人类生存发展的一切重大问题的充分而唯一的工具,希望通过科学及其自身的完善来实现社会理想。“科学崇拜”、“技术统治”论者即是这种思潮的代表。

唯科学主义起源于18世纪法国的启蒙运动,在英国的资产阶级革命成功以后,法国出现了一批著名作家,他们高扬“理性”旗帜,宣传人类社会进步的理想,把他们的时代比做一个人类由蒙昧进入文明、由黑暗进入光明的黎明时期。他们认为,只有理性才能保证人类

社会进步,理性是衡量一切事物的尺度和准绳。这种思想与“牛顿时代”有很大关系,因为牛顿建立的经典力学体系使人们看到了科学在阐述世界方面的理性力量,科学赶走了基督教的上帝,代之以对科学和工具理性的信仰。科学改造世界的力量也从工业革命开始显现,传统的经验技术被科学重新解释,被纳入科学技术体系之中。人们相信,人类面临的和将来面对的一切问题都可因科学和技术的发展而得到解决。到了被誉为“科学世纪”的19世纪,科学技术全面繁荣,并在社会上产生了广泛影响,尤其是电力技术革命,大大增强了人们对自然的控制力度,科学被认为是反映了自然的本质规律,是绝对正确的客观真理。法国哲学家孔德(A. Comte, 1798~1857年)提出“科学时代”即实证阶段是社会发展的最高阶段。孔德的思想对后来的社会科学研究产生了深远的影响,人们认识到“人类与其周围世界的关系,一样服从相同的物理定律与过程,不能与世界分开考虑,而观察、归纳、演绎与实验的科学方法,不但可应用于纯科学原来的题材,而且在人类思想与行动的各种不同领域里差不多都可应用。”^①到了20世纪,实证主义则更是发展到了登峰造极之地步,认为哲学的进步只有通过科学方法的研究才能得到,科学能够为人类提供价值和意义,能够发挥价值理性的作用,人们信仰的地盘几乎完全被科学占领了。在这样的思想背景下,科学自然而然成了最高的价值标准。人们希望用科学的标准来衡量人类其他文化的成果,如哲学、文学、艺术、宗教等,并希望人文科学同自然科学一样具有严密性、准确性、可预测性。批判和怀疑的科学精神开始异化。

作为人类精神活动产物之一的科学,在人类社会发展的历程中,的确发挥了巨大的作用,有着不可磨灭的历史功绩,人文社会科学方法虽然由于学科性质不可避免地带有主观性,不能像物理学那样

^① W. C. 丹皮尔:《科学史及其与哲学和宗教的关系》,北京:商务印书馆,1975年版,第283页。

具有严格的实证性,但是要让科学替代其他人文社会科学,则是一种过高的期望,甚至带有一点“霸权”的味道。对此,我们要保持高度的警觉,让唯科学主义任其蔓延,就不可避免地导致两种后果:一是科学和科学精神遭到破坏,二是科学泛化,使宗教、艺术等非科学文化失去了正常的生长环境,也为伪科学的泛滥提供了天然的温床。

(二)另一种声音——反科学主义

如果说唯科学主义是对科学过分相信的话,那么反科学主义则是对科学丧失了信心。在谈到反科学主义时大家要注意区分反科学和反科学主义。对反科学主义在语义上有两种理解,一种是“反科学”“主义”,即反科学的理论基础或反科学的典型的观点。唯科学主义是一种极端的科学主义,把科学看作是万能的天使,可以解决人类社会的发展过程中出现的一切问题,“反科学”“主义”则是另一种极端,把科学看作是万恶之源。另一种是它可被理解为“反”“科学主义”即反对科学主义,大部分反科学主义者属于后者,他们不反对科学和技术的一切发展,而是反对科学万能论;反对把科学当作惟一的知识模式;反对把科学当作衡量其他一切事物的尺度;主张对科学技术加以约束和引导。从人类社会发展的维度来看,反科学主义是不可取的,但追问科学的限度和合理应用则是应当的,在此意义上,尽管反科学主义不可取,但也起了警示的作用。

反科学主义思想作为人类思想的组成部分,其批判对象不是直接指向科学,而是指向唯科学。早在18世纪,卢梭就开始怀疑启蒙思想家的立场,从人性发展的角度质疑“科学与艺术的复兴是否有助于敦风化俗”。由于科学是通过技术来突现其力量的,技术对物质世界的改造力量越强,人对物质的依赖程度就越高,同时,人的生存方式和心灵被技术化、机械化,如现在的虚拟网络导致了人性的扭曲,克隆技术导致的人类的伦理危机,人类自己发明的核技术足以毁灭

人类自身等。因此科学和技术并不一定为人类带来幸福,有时甚至能让人丧失人性,导致人类的灾难。针对西方后工业社会中出现的这些问题,海德格尔(M. Heidegger, 1889~1976年)等后现代主义的代表对现代社会中的技术性提出各自不同的批判。到了20世纪,针对不加节制的滥用科学技术而导致的严重的生态危机,现代反科学思想则认为,人必须重新审视人与自然的关系,古老的自然哲学重新复活,并在此基础上产生了新的学科——生态哲学。

反科学主义及其运动虽然是在西方发达国家兴起并形成一定的声势的,但是它在发展中国家也不是没有市场的。要知道,反科学主义思潮是与发展中国家的某些落后成分和非科学因素不谋而合的,如根深蒂固的旧价值观念,封建主义意识的残余,非科学的决策机制和教育方式,经验主义的优势地位,单纯注重实用性知识等等,其实质是反对运用科学技术去发展民族文化的大趋势。因此,发展中国家也有必要警惕和遏止反科学主义思潮的蔓延,而不能对作为反科学主义附庸的东西津津乐道。

【思考题】

结合科学技术带来的负效应,谈谈你对“科学技术是一把双刃剑”的看法。

第二节 科学的未来发展 ——科学与人文的交融

科学的惟一目的是减轻人类生存的苦难,科学家应为大多数人着想。

——伽利略(意大利)

科学和人文,是人类文明发展中两条并行不悖的主脉,犹如车之两轮、鸟之两翼。科学类似于中国古代哲学思想中的“天道”,而人文则当属中国传统哲学思想中的“人道”范畴。从理论上讲,科学强调逻辑和理性,帮助人们摆脱愚昧、认识真理,提供知识和方法,增强人类改造世界的能力,直接促进生产力的发展,促进物质财富的增加,提高人类的生活质量。因此,科学更具有刚性,更能解答或解决实际问题;人文强调和谐和感情,关心人的精神世界,关注人的价值追求,引导人们追求善和美,赋予人类的生产、生活乃至科学活动本身以意义和价值的导向。因此,人文更具有柔韧性、渗透性、包容性和导向性。如果科学有人文相辅,就可以更加明确其自身的价值和意义,明确正确的发展方向,在创新思维上有所启迪;如果人文有科学支撑,就可以更加严谨和厚重,避免模糊和玄虚,在研究、创作、知识的授受和考察方法上有所借鉴。科学与人文相互融合,即在此层面上实现“天人合一”,可以刚柔相济,相互借鉴,相辅相成,有利于彼此的健康发展,并共同推进社会的进步。

(一)两种文化的提出

科学与人文的分隔和争论,在欧洲近代历史上由来已久,内容广

泛。1959年,斯诺在(C. P. Snow, 1905~1980年)剑桥大学的讲演《两种文化及再谈谈两种文化》鲜明地提出“两种文化”的问题,一种是人文文化,一种是科学文化。一方是文学知识分子,另一方是科学家,并尤以物理学家最为代表。两种文化的提出又一次引起知识界的聚讼纷纭。20世纪70年代初斯诺为他的《两种文化》增订本写的一篇前言,这样概括了自己的基本立场:

第一,我们(世界上大多数人)都在走向极其危险的境地。危险之一是热核战争的可能性。这种可能性尽管是现实的,但概率小于另外两个主要危险:世界上富国和穷国之间的鸿沟,人口膨胀以及所导致的苦难的前景。

第二,这些危险并不是由技术或我们现在所谓的应用科学带来的,这是我们理解、控制和利用自然界某些方面的能力。技术具有两面性:行善和威慑。在全部历史中它都给我们带来了福和祸,对此,我一再重申过。

第三,我们必须用以反对技术恶果的惟一武器,还是技术本身。没有别的武器。我们无法退入一个根本不存在的伊甸园。

第四,人们必须了解技术、应用科学和科学本身究竟如何,它能做什么,不能做什么。我们需要有一种共有文化,科学属于其中一个不可缺少的成分。否则我们将永远看不到行善或作恶的各种可能性。

(二)交融是历史的趋势

20世纪中期以后,科学技术综合化、整体化和社会化趋势日益明显,在科学内部涌现了一批交叉科学和综合科学,如系统科学、生态学、技术经济学等。科学和人文的交融,既来源于科学的内部动力,也来源于科学哲学、科学史和社会科学等学科的外部动力。科学哲学家波普尔(K. Popper, 1922~1994年)认为一切科学发现中都包

含非理性因素。库恩(T. Kuhn, 1922~1996年)强调社会和心理因素对接受某一理论的影响,费耶阿本德(P. Feyerabend, 1924~1994年)则认为科学并没有独特的方法,也没有固定的普遍的方法论原则。他提倡多元方法论原则。20世纪中后期以后,科学史和技术史逐步从以研究科学的基本概念、理论方法及技术设备和过程的历史为主的“内史”倾向转向重视科学技术的社会文化背景的“外史”倾向。

(三)交融是时代的需求

由于科学可以通过技术作为中介物化为生产力,所以科技发展与经济发展本质上是同一系列的规律,而人的精神境界、价值追求则是另一种规律。科学的发展并不能解决所有问题,科学不是万能的,科学技术是一把双刃剑,任何科学技术的出现既可以给人类带来幸福,也可以给人类带来灾难。这使人在思考,科学技术能确保人类的幸福吗?为什么有人享受着物质文明却并不感到幸福?为什么物质财富如此丰富的今天还没有消除贫困和不公正?人是不是会成为技术的奴隶?技术是否终将失控?

人们所讲的同人们所做的往往是两种不同的逻辑,这是人性的矛盾。伴随着科学技术和经济的发展,这个矛盾日益突出,造成了人的伦理危机。与此同时,科学技术也出现了新的危机。今天,人类正面临着系列发展的重大问题,如,人口的过度膨胀、资源即将面临枯竭、环境日益恶化等。这些问题严重地威胁到人类的生存。

在21世纪我们面临的不仅是上述危机,更深刻的危机是科技危机和伦理危机,它们都是人的危机,其实质都是物的进化抑制了人自身的进化,甚至导致人的异化。爱因斯坦曾说过:“我们的问题不能由科学来解决,而只能由人自己来解决。”确实,研究科学技术本身以及科学技术对社会的影响,需要考虑人文、社会因素。科学技术已成

了一种包括大量人员、巨额资金、昂贵设备和复杂组织在内的大科学、大技术,成为对社会发展有重大影响的产业。科技已不是单纯的知识体系和技能体系,而成为一种社会活动和社会事业。因而出现了科学社会学、技术社会学等学科,以及专门研究科学技术与社会之间的各种关系的科学技术和社会(STS)。这是 20 世纪 60 年代末 70 年代初诞生的一个新的研究领域,它以科学、技术、社会之间的关系为研究对象,不仅从历史、经济、哲学、文化与社会学等角度研究科学技术,而且从科学技术的角度研究社会的科学技术化。目前 STS 的研究和教育在我国和世界许多国家已建制化。这将促进科学文化和人文文化的沟通和融合。

面对新世纪的科学技术的突飞猛进,许多有识之士指出,应提高全人类所有成员、特别是那些掌握科学技术的人的人文素质,以消除世界范围的人文精神危机。我们要通过教育改革,不断促进科学教育与人文社科教育的融合,使培养出的人才既掌握了现代科学知识 with 技能,又具有高尚的思想品德情操,能够做到“不仅控制自然力和生产力,而且也控制社会力,从而控制他自己、他的抉择和他的行动”。只有这种具有高度社会责任感的人才,才能为人类进步和社会发展作出应有的贡献。

进一步了解科学和人文文化,请登陆:

<http://www.gmw.cn/content/2004-10/14/content-114477.htm>

【思考题】

结合自身的学习体会,谈谈你对科学未来发展的思考。

第十四章 现代科技与可持续发展

人与自然的的关系是个永恒的话题,也是现代科学技术在发展和应用中必须正面回答的问题,因为不仅科学技术是人与自然相互作用的产物,而且科学技术的发展又改变和调整着人与自然的的关系。在现代,由于科学技术的不合理运用而导致的全球问题,使人类面临空前的生存危机,为了使人与自然和谐发展,实施可持续发展战略是人类的必然选择。

第一节 当代全球问题

传播知识就是播种幸福。……科学研究的进展及日益扩大的领域将唤起我们的希望,而存在于人类身心上的细菌也将逐渐消失。

——诺贝尔(瑞典)

20世纪60年代以后,随着世界科学技术的迅速发展,在实践层面上,人对自然的控制能力不断增强,人对自然平衡的干预能力超过了自然界的再生能力和自我调节能力,使不同水平的自然平衡都已濒临自我修复的极限,从而引发了带有国际共性的全球问题。从人与自然的的关系角度考察全球问题,主要有人口问题、不可再生的资源问题和环境污染问题。

(一)人口问题

(1)人口具有的两重性

人口增长存在着互相矛盾的两方面,一方面是人口增长是刺激经济增长的因素,为农业和工业发展降低劳动力成本,是人力资源开发的基础,在消费水平上为较高产出水平提供充分的必要需求;另一方面是人口增长过快、过多,又成为国民经济的沉重负担和经济发展的障碍,难以提高生活水平,造成就业困难、教育水平下降和赡养负担加重等。

(2)世界人口的现状

医疗卫生事业的发展使得人口出生率和成活率迅速提高,死亡率大幅度下降,引起全球人口急剧增长。世界人口递增的时间越来越短。工业革命时期(1800~1839年),世界人口由10亿增加到20亿,到1960年为30亿,1975年为40亿,1987年7月为50亿。以每年8000万的增长速度推算,到2025年世界人口将达到80.4亿,2050年为94亿。发展中国家占世界人口比重由20世纪50年代的66.8%上升到20世纪80年代的74.9%。至2000年全球人口增加到61亿,其中85%的增加大多集中在亚洲、非洲和拉丁美洲。用“人口爆炸”来形容目前的人口态势一点也不过分。控制人口,解决人口与社会发展的矛盾,已成为国际社会广泛关注的全球问题。

根据人口专家的分析 and 预测,世界人口在2100年以前停止增长的可能性为85%,2075年的可能性为55%,世界人口在2070年可能达到90亿的高峰。而且人口老龄化的趋势也日益明显,全球60岁以上的银发族占总人口的10%,2050将增加到22%,2100年将达到34%。

世界贫困人口主要分布在东亚特别是中国和印度两个人口大国。在发展中国家,农业人口多,出生率高,出现了“越穷越生,越生

越穷”恶性循环,引发了诸如贫穷与饥饿、失业、奇型城市化等问题,其后果是失业加剧,人口分布奇型。

(二)资源问题

(1)耕地资源短缺和水资源匮乏

俗话说:“民以食为天”。要解决全球人口的吃饭问题,首先面临的是种植粮食作物所必需的可耕地资源问题。随着人口的不断增加,人均可耕地的面积不断减少;其中,我国的人均可耕地面积已下降到 0.08 公顷以下。

另外,水资源的匮乏也日益为世界所关注。虽然地球的 $\frac{2}{3}$ 是水,但可供饮用的淡水资源却极为稀少。部分专家预料,未来发生的世界性大战不再是为了争夺其他能源,而是为了争夺水资源。1990年,世界 28 个国家的 3.35 亿人口遇到了缺水问题,生活因此而变得极为艰难。有关专家预料,2025 年,世界将有 46~52 个国家面临缺水问题。专家们同时指出,根据这些国家的人口增长值,在未来 10 年这些国家的人口中间面临缺水问题的人口将达到 27.8~32.9 亿人。我国水资源存在南北分布不均,用水极不合理,农业耗水比重过大和浪费严重等问题。

(2)能源资源紧张

能源是世界运转的动力,经济的增长总是伴随着能源的消耗。在 20 世纪的 100 年时间里,世界能源消耗量增加了约 9 倍,按照国际能源机构的预测,在未来 25 年内,世界能源需求还要增加近 1 倍。其间,发达国家能源消费增长速度将放慢,但其在世界总量中仍占相当比重;以亚太地区为主的发展中国家能源消费依然处于增长状态。同时,由于石油、煤炭等化石能源的可耗竭性,其储量最终将无法满足世界不断增长的需求,供需矛盾将更为激烈。在当今世界能源消费中,石油、煤炭等化石能源占 80% 多,有关专家表示,如不采取措

施,在未来 20 年内,这种状况不会改变,届时二氧化碳的排放量与 1990 年相比增加 72%,“温室效应”将更加严重并最终改变世界气候。

(三)环境问题

当代环境问题主要有气候变化、臭氧层破坏、森林破坏与生物多样性减少、大气及酸雨污染、土地荒漠化、有毒化学品污染等问题。

(1)温室效应

大气中的水蒸气、二氧化碳和其他微量气体,如甲烷、臭氧、氟利昂等,可以使太阳的短波辐射几乎无衰减地通过,但却可以吸收地球的长波辐射。因此,这类气体有类似温室的效应,被称为“温室气体”。温室气体吸收长波辐射并再反射回地球,从而减少向外层空间的能量净排放,大气层和地球表面将变得热起来,这就是“温室效应”。从 19 世纪末以来的百年间,由于全球平均气温上升了 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$,因而全球海平面相应也上升了 $10\sim 25$ 厘米。到 2100 年全球的平均气温会增高多少? IPCC 的第一次评估报告中预计相应升温 $1.5\sim 4.5^{\circ}\text{C}$,海平面上升 $70\sim 140$ 厘米。第二次评估升温 $1.0\sim 3.5^{\circ}\text{C}$,海平面上升最可能值为 50 厘米。海平面的升高直接威胁到沿海国家以及 30 多个海岛国的生存和发展。

(2)臭氧层变薄

臭氧是由三个氧原子组成的,总量只占大气的百万分之 0.4。在一般温度下,为气体状态,呈浅蓝色。大气中的臭氧绝大部分集中在平流层 $25\sim 30$ 公里范围内,称为臭氧层。可是如

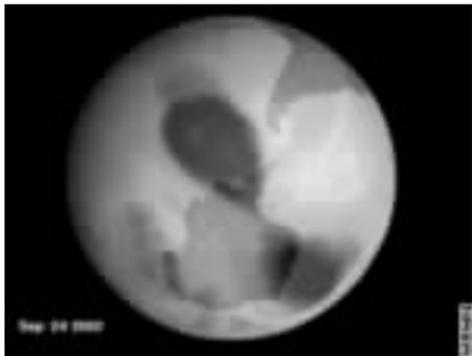


图 14-1 臭氧空洞

果把臭氧气体统统压缩到地面大气压力情况下,单位面积上的臭氧层厚度只有薄薄的3毫米。这个薄薄的臭氧层,能够阻止太阳光中99%的紫外线,有效地保护了地球生物的生存。如果减少到正常值的50%以上,人们形象地说这是个臭氧洞。2000年9月3日南极上空的臭氧层空洞面积达到2,830万平方公里,超出中国面积两倍以上。最近十年北半球的臭氧总量减少了3.6%,引起皮肤癌、白内障、免疫力下降等疾病。强烈的紫外线会使农作物、微生物产量大幅下降,甚至会危及海洋20米深处的鱼。

(3) 森林面积锐减,生物物种加速灭绝

热带雨林地处热带地区,主要分布在赤道周围的33个国家,形成一条带子,占地球陆地面积7%,是全世界最关注的环境区域。热带雨林有为生物物种提供栖息地、为人类提供多种多样的原材料和吸收大气中的二氧化碳等多方面的重要功能,热带雨林只分布在中美洲、非洲、亚洲的一些国家和地区,我国的云南和海南岛有热带雨林,是珍贵的地球财富。目前森林资源锐减,森林面积大幅度减少,昔日郁郁葱葱的林海已一去不复返。

近30多年来的资料表明,白鳍豚、野象、熊猫、东北虎等珍贵野生动物分布区显著缩小,种群数量锐减。由于原生环境的消失、人类的捕杀和环境污染,世界上的植物和动物遗传资源急剧减少了。估计有25,000种植物和1,000多种脊椎动物的种、亚种和变种面临灭绝的危险,这对人类将是无法弥补的损失。



图 14-2 受有害气体污染的枯树

(4) 废气及酸雨污染

据 20 世纪 70 年代估计,全世界每年排出环境的废气中仅一氧化碳和二氧化碳就近 4 亿吨,严重地影响了大气的质量。

目前全世界人为释放的二氧化硫每年约 1.6 亿吨,它是造成空中死神——酸雨的重要原因。其中最大的排放源是发电厂、钢铁厂、冶炼厂等,还有家家户户的小煤炉。酸雨不仅对淡水生态系统造成危害,又使土壤酸化,并危害植物根系和茎叶。另外,酸雨还使土壤中的铝、汞等十分有害的金属离子游离出来。这不仅对陆地植物,而且对水生的动植物都是十分有害的。欧洲和北美几千个湖泊鱼类灭绝成为死湖,这是一个重要原因。



图 14-3 钢铁厂排入的废气

(5) 土地荒漠化

土壤最重要的成分是“有机质”,它由微生物和动植物的代谢物组成,是土壤的营养。土壤的营养和水分不足以使大量的植物生长的状况就是土地沙化。沙化土壤的主要成分为无机物,土壤粗糙如砂、保水能力很差,即便有植物生长,也十分稀疏。形成 1 厘米厚的土壤需要 100~400 年。但是,现在全世界 35% 的土地荒漠化。

非洲的荒漠化问题在全世界最为突出,但所有大陆都存在荒漠化。在亚洲,70% 的干旱耕地约 100 万公顷面临荒漠化。荒漠化每年给全球造成的损失达 423 亿美元,据联合国 1995 石油污染年统计,全球荒漠化面积为 $4.56 \times 10^7 \text{ km}^2$,几乎等于俄罗斯、中国、加拿大、美国的土地面积的总和。有 9 亿人的生命受到荒漠化摧残。

(6) 有毒化学品污染

大量人工制取的化合物包括有毒物质进入环境,在环境中扩散、迁移、累积和转化,不断地恶化环境,严重威胁着人类和其他生物的

生存。20世纪60年代末爱尔兰海上成千上万只死去的海鸟体内含有高浓度的多氯联苯；广袤荒芜的南极大陆的企鹅体内也检出了DDT；北极附近格陵兰冰盖层中铅和汞的含量不断上升；日本出现主要由镉污染造成的痛痛病和由汞污染造成的水俣病等等。近年来世界上每年由于海运、沿海钻探和开采石油、事故溢漏和废物处理排入海洋的石油及其制品达到600多万吨。海洋被石油污染，使海洋浮游生物的生存受到严重的威胁。据估计，现在大气圈中的氧气，有1/4是海洋中的海洋浮游植物通过光合作用而产生的。海洋浮游植物一旦遭到严重的损害，势必影响全球的氧含量的平衡。这些问题已经引起世界各国的普遍关注。



图 14-4 被垃圾污染的日内瓦湖 图 14-5 海底油田造成的海洋石油污染
进一步了解全球问题，请登陆：

<http://mengyungs.nease.net/2kxjs/d4p/qqwt.htm>

【思考题】

当代世界面临的问题主要有哪些？你对此有何看法？

第二节 可持续发展战略的形成

我的人生哲学是工作,我要揭示大自然的奥秘,并以此
为人类造福。我们在世的短暂一生中,我不知道还有什么
比这种服务更好的了。

——爱迪生(美国)

可持续发展观的形成,源于人类对工业文明的反思。追求人与自然的和谐、人与人之间的公正平等的可持续发展是人类未来发展正确的战略选择,代表着人类新的发展观、战略观和价值观。

(一)发展的内涵和沿革

发展是个历史范畴,是随着历史进程而变化的。大致经历了四个阶段:第一阶段,人们对发展的理解是走向工业化社会或技术社会的过程,也就是强调经济增长的过程,这一时期从工业革命延续到20世纪50年代前。第二阶段,20世纪70年代初,随着工业化进程,人们将发展看作为经济增长和整个社会的变革的统一,即伴随着经济结构、政治体制和文化法律变革的经济增长过程。第三阶段,在1972年的联合国斯德哥尔摩会议通过《人类环境宣言》以来,人们将发展看作为追求和社会要素(政治、经济、文化、人)和谐平衡的过程,注重人和自然环境的协调发展。第四阶段,20世纪80年代后期以来,人们将发展看作为人的基本需求逐步得到满足、人的能力发展和人性自我实现的过程,以可持续发展观念形成和在全球取得共识为标志。可持续发展最初由挪威首相布伦特兰夫人于1987年在《我们共同的未来》中提出,并被1992年联合国环境与发展大会采纳,成为

共识,其定义:“满足当代人的需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”。

(二)可持续发展的概念

1987年挪威首相布伦特兰夫人在她任主席的联合国世界环境与发展委员会的报告《我们共同的未来》中,把可持续发展定义为“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”,这一定义得到广泛的接受,并在1992年联合国环境与发展大会上取得共识。我国一些学者对这一定义作了如下补充:可持续发展是“不断提高人群生活质量和环境承载能力的、满足当代人需求又不损害子孙后代满足其需求能力的、满足一个地区或一个国家的需求又不损害别的地区或国家人群满足其需求能力的发展”。还有从“三维结构复合系统”出发定义可持续发展的。美国世界观察研究所所长莱斯特·布朗教授则认为,“持续发展是一种具有经济含义的生态概念……一个持续社会的经济和社会体制的结构,应是自然资源和生命系统能够持续维持的结构”。

可持续发展定义包含两个基本要素或两个关键组成部分:“需要”和对需要的“限制”。满足需要,首先是要满足贫困人民的基本需要。对需要的限制主要是指对未来环境需要的能力构成危害的限制,这种能力一旦被突破,必将危及支持地球生命的自然系统大气、水体、土壤和生物。决定两个基本要素的关键性因素是:①收入再分配以保证不会为了短期生存需要而被迫耗尽自然资源;②降低主要是穷人对遭受自然灾害和农产品价格暴跌等损害的脆弱性;③普遍提供可持续生存的基本条件,如卫生、教育、水和新鲜空气,保护和满足社会最脆弱人群的基本需要,为全体人民,特别是为贫困人民提供发展的平等机会和选择自由。

(三)可持续发展的几种观点

有学者认为,可持续发展的根本点就是经济、社会的发展与资源、环境相互协调,核心就是生态与经济相协调。另一种看法认为,可持续发展的核心问题是资源的持续利用,首先必须解决好资源在当代人与后代人之间的合理配置,既要保证当代人的合理需求,又要为后代人留下较好的生存和发展条件;另一方面,应重视资源在各地区各部门和每个人之间的合理分配问题,重点要解决贫困,贫困落后是造成资源闲置或浪费的根本原因。也有人认为人类首先要保证自下而上其次是持续发展。发展应当十分注意扩大自下而上空间,保证生存基础,改善生存条件,提高生存质量。与此同时,人们应支持和促进本国现代经济的发展能力和物质基础免遭破坏。有的学者提出了可持续发展的主要内容:①适度的消费水平,为此,要控制人口,同时要提倡与资源条件相适应的消费水平,反对无节制的超前消费;②采用能耗少和物耗小的新技术,提高资源利用率;③推行资源及废弃物的循环利用,实行无废料生产;④对可再生生物资源,在开发利用的同时,采用人工措施促使其增殖;尽量采用替代资源,以减少稀缺资源的消耗。

进一步了解可持续发展观,请登陆:

<http://www.acca21.org.cn/para1-2.html#1-2.11>

【思考题】

1. 可持续发展观是怎样演变来的?
2. 谈一谈你对可持续性发展概念的理解。

第三节 可持续发展战略的实施

只有顺从自然,才能驾驭自然。

——培根(英国)

20世纪是人类物质文明最发达的时代,但也是地球生态环境和自然资源遭到破坏最为严重的时期。不可持续的经济激增的生产模式和消费模式使人类生存与发展面临严峻挑战。

全球发生了三大影响深远的变化:一是社会生产力的极大提高和经济规模的空前扩大,经济增长了近百倍,创造了前所未有的物质财富,从而迅速推进了人类文明进程;二是人口爆炸增长,20世纪世界人口翻了两番,逼近60亿,并且仍以每年约9,200万的速度继续递增;三是由于自然资源的过度开发与消耗,污染物质的大量排放,导致全球性资源短缺、环境污染和生态破坏。为了保证人与自然的协调发展,维护生态平衡,改善人类生存环境,缓解人口增长的压力,提高人民的生活质量,满足21世纪经济、社会发展的需求,实施可持续发展是人类未来发展的必然选择。

(一)可持续发展战略的含义

根据国际可持续发展研究所和世界资源保护联盟在《准备和实现国家可持续发展战略指南》等文件的观点,对可持续发展战略可以做如下解释:

所谓可持续发展战略,是指改善和保护人类美好生活及其生态系统的计划和行动的过程,是多个领域的发展战略的总称。它要使

各方面的发展目标,尤其是社会、经济及生态、环境的目标相协调。

可持续发展战略的实施是一项综合的系统工程,包含了“政府调控行为、科技能力建设和社会公众参与”三位一体的复杂过程,实施可持续发展战略就意味着一个国家或地区的经济发展和社会发展进程要从现在正在运行中的传统模式转变到一个变化很大的新的模式中去。这是一个重大的战略转变。同时,实施可持续发展战略要求建立真正的全球伙伴关系,1992年联合国环境与发展会议(UNCED)通过了《21世纪议程》,一致明确了世界各国对于保护地球“共同的但有区别的”责任原则。

(二)《21世纪议程》和《中国21世纪议程》

《21世纪议程》是1992年6月联合国环境与发展大会通过的重要文件。它是一个广泛的行动计划,提供了一个从现在起至21世纪向可持续发展转变的行动蓝图,涉及与地球发展有关的所有领域。

《21世纪议程》的含义是,需要全人类改变他们的经济活动,这是根据人们关于人类活动对环境影响的新认识所作的改变。其基本思想是,人类正处于历史的关键时刻,我们面对着国家之间和各国内部长期存在的悬殊现象、不断加剧的贫困、饥饿、疾病和文盲问题以及人类福利所依赖的生态系统的持续恶化。然而,把环境和发展问题综合处理并提高对这些问题的重视,将会使基本需求得到满足、所有人的生活水平得到改善、生态系统得到较好的保护和管理,并带来一个更安全、更繁荣的未来。

《21世纪议程》全文分为序言、社会和经济方面(第一篇)、促进发展的资源保护和管理(第二篇)、加强主要团体的作用(第三篇)及实施手段(第四篇)等40章,共40余万字。第一篇包括:发展中国家加速可持续发展的国际合作和有关的国内政策、消除贫困、改变消费模式、人口动态和可持续能力、保护和增进人类健康、促进人类住区

得到可持续发展、将环境与发展内涵纳入决策过程等 7 章。第二篇包括：保护大气层、陆地资源的统筹规划和管理、森林毁灭的防治、防沙治旱、山区的可持续发展、促进农业和农村的可持续发展、生物多样性保护、生物技术的环境无害化管理、保护海洋资源、保护和管理淡水资源、有毒化学品的安全使用、危险废物管理、固体废物管理、放射性废物管理等 14 章。第三篇包括：为妇女采取全球性行动以谋求可持续和公平的发展，儿童和青年参与可持续发展、承认和加强土著居民及其社区的作用，加强非政府组织作为可持续发展合作者的作用、支持《21 世纪议程》的地方当局的倡议，加强工人和工会的作用、加强商业和工业的作用、加强科学和技术界的作用、加强农民的作用等 10 章。第四篇包括：财政资源和机制、环境安全和无害化技术的转让、合作和能力建设、科学促进可持续发展、促进教育、公众意识和培训、促进发展中国家能力建设的国家机制和国际合作、国际体制安排、国际法律文书和机制、决策用的信息等 8 章。

根据《21 世纪议程》的要求，中国政府由国家计委、国家科委、国家经贸委、国家环保局负责，组织 52 个部门、机构和社会团体，在联合国开发署(UNDP)的支持和帮助下，编制完成了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》。1994 年 3 月 25 日，经国务院第 16 次常务会议审议通过。为推动《中国 21 世纪议程》的实施，还制定了《中国 21 世纪议程优先项目计划》。

《中国 21 世纪议程》包括 20 章，设 78 个方案领域，它从中国具体国情和人口、环境与发展总体联系出发，提出了人口、经济、社会、资源和环境相互协调、可持续发展的总体战略、对策和行动方案。《中国 21 世纪议程》第 1 章序言中写道：“中国是发展中国家，要毫不动摇地把发展国民经济放在第一位，各项工作都要紧紧围绕经济建设这个中心来开展。同时，中国是在人口基数大、人均资源少、经济和科技水平都比较落后的条件下实现经济快速发展的，在这种形势

下,只有遵循可持续发展的战略思路,才能实现国家长期、稳定的发展。”“中国政府决定将《中国 21 世纪议程》作为各级政府制定国民经济和社会发展计划的指导性文件。”

进一步了解可持续发展战略的有关内容,请登陆:

<http://www.acca21.org.cn/paraphrase.html>

<http://www.123-4.com/2001/xsjkj/styhb/fz.htm>

【思考题】

1. 如何理解可持续发展战略的含义?
2. 简述《21 世纪议程》的主要内容。

第十五章 知识与科教兴国战略

科学技术在人类社会的发展起着重要的推动作用,邓小平曾经指出:“科学技术是第一生产力”,在知识经济已经兴起的今天,我们国家既面临着严峻的挑战,同时也给我们带来了难得的发展机遇。面对发达国家在经济与科技上的强劲优势所带来的压力,我们必须从振兴中华民族的高度,充分认识到实施科教兴国的重要性和紧迫性。

第一节 科学技术是第一生产力

我要把人生变成科学的梦,然后再把梦变成现实。
——居里夫人(法国)

“人类的智慧没有穷尽。科学技术作为这种智慧的一座光芒四射的灯塔,经过无数科学家们的艰辛努力,正在不断地透过层层叠嶂照耀到更高的群峰之上。”这是江泽民同志 1998 年 11 月出访俄罗斯,在新西伯利亚科学城演讲中的一句名言。它形象地描绘出科学技术的巨大作用及其发展趋势,对于我们进一步深刻理解邓小平关于“科学技术是第一生产力”的思想极富启迪。

(一)“科学技术是第一生产力”的提出

马克思主义认为,科学技术是生产力。马克思说,机器生产的发

展要求自觉地应用自然科学。“生产力中也包括科学”邓小平同志继承并发展了马克思的观点,创造性地提出“科学技术是第一生产力”。他指出:“对科技的重要性要充分认识”,“马克思讲过科学技术是生产力,这是非常正确的,现在看来这样说可能不够,恐怕是第一生产力。”

他认为,现代科学技术的发展,使科学与生产的关系越来越密切,科学技术作为生产力,越来越显示出巨大的作用。现代科学技术正在经历着一场伟大的革命。科学为生产技术的进步开辟道路,决定它的发展方向。自然科学以空前的规模和速度,应用于生产,使社会物质生产的各个领域面貌一新。当代社会生产力的巨大发展,劳动生产率的大幅度提高,最主要的是靠科学、技术的力量。“科学技术正在成为越来越重要的生产力。没有科学技术的高速度发展,也就不可能有国民经济的高速度发展。四个现代化,关键是科学技术的现代化。”在1992年视察南方的谈话中,邓小平同志再次强调指出:“经济发展得快一点,必须依靠科技和教育。”“我们自己这几年,离开科学技术能增长得这么快吗?要提倡科学,靠科学才有希望。”邓小平关于科学技术是第一生产力的观点,是对马克思主义的一个重大发展和宝贵的贡献。深刻理解和认真贯彻这一重要观点,对加快我国社会主义现代化建设具有重大意义。

(二)“科学技术是第一生产力”的内涵

“科学技术是第一生产力”的论断,不仅从质的规定性上肯定了科学技术本质上属于生产力范畴,而且第一次从量的规定性阐明了现代科学技术在数量上成为现代生产力的中第一位因素。从质和量的观点看,这种量的变化达到一个新的数量界限,又越过一个新的质的临界点,意味着科学技术和生产力发生了质的飞跃。就其内涵而言,“科学技术是第一生产力”大致包括了以下几个方面:

(1)现代科技进步在生产力增长中的作用,相对于其他要素数量对增长的贡献,已日益成为含量居第一位的增长因素。

按照政治经济学的观点,生产力主要有三个要素:劳动者、劳动工具和劳动对象(包括自然物经劳动加工后的原材料)。显然,科学技术被劳动者掌握,便成为劳动的生产力;科学技术物化为劳动工具和劳动对象,就成为物质的生产力。管理也是生产力。现代科学为生产管理提供了崭新的科学理论、方法和手段,使生产力诸要素更有效地组成一个整体,从而使其最大限度地发挥作用。20世纪初,经济增长主要依靠人力、物力和资金的投入,科学技术所占的比重为5%~10%,到20世纪50~70年代,科技进步所占比例在发达国家平均为49%,有些高达60%~70%,在发展中国家平均为35%。美国到60年代科技投资与经济效益之比已为1:23,20世纪80年代,科技因素在经济增长中所占比例为80%。

根据当代科学技术与生产力之间的作用机制,可以将科学技术同生产力各要素的关系,用下列公式表示:

$$\text{生产力} = \text{科学技术} \times (\text{劳动力} + \text{劳动工具} + \text{劳动对象} + \text{生产管理})$$

上述公式表明,科学技术不仅是现实的直接生产力,而且在生产力诸要素中具有特殊地位。科学技术的乘法效应,有力地表达了在生产力中的首要地位和作用。

(2)现代科学技术加速转化为现实生产力,使科学、技术、生产越来越一体化,导致科技越来越超前于生产而发展,起到第一位的先导作用。

科学技术超前于生产并对生产起着巨大的促进作用,是当代社会生产的鲜明特点。在现代,科学、技术、生产三者之间的关系已从20世纪以前的生产→技术→科学的作用机制中完全逆转过来。科学理论不仅走在技术和生产的前面,而且为技术、生产的发展开辟

全新的途径,形成了科学—→技术—→生产的发展模式。如,先有了量子理论,而后运用量子力学研究固体中电子运动过程,建立了半导体能带模型理论,使半导体技术和电子表技术蓬勃发展起来,并促进了电子计算机的发展。正如邓小平所指出的:“现代科学为生产技术的进步开辟道路,决定了它的发展方向。许多新的生产工具,新的工艺,首先在实验室里被创造出来。一系列新兴的工业,如高分子合成工业、原子能工业、电子计算机工业、半导体工业、宇航工业、激光工业等,都是建立在新兴科学基础上的。”^①

(3)现代科学技术作为一种社会现象,同促进生产力变革的其他社会力量相比,已愈来愈成为第一位的推动力量。

科学技术影响着人类的物质生活和精神生活,从而引起整个社会的变革。社会制度变革了,生产关系适合了生产力,上层建筑适合了经济基础,这就大大解放和发展了生产力。马克思主义认为科学是历史前进的有力杠杆,是最高意义上的革命力量,如某些重大科技进步,往往成为一个时代的标志。正如恩格斯指出的:“17世纪和18世纪从事创造蒸汽机的人们也没有料到,他们所造成的工具,比其他任何东西都更会使全世界的社会状况革命化,特别是在欧洲,由于财富集中在少数人手里,而绝大多数人则一无所有,起初是资产阶级获得了社会和政治的统治,而后来就是资产阶级和无产阶级发生阶级斗争,这一阶级斗争,只能以资产阶级的崩溃和一切阶级对立的消灭而告终。”^②19世纪70年代开始的电力应用是第二次技术革命,它的社会后果,使自由资本主义进入到垄断资本主义阶段。

(4)作为现代科学技术载体的知识分子和具有较高科技文化素质的技术工人,在劳动者结构中的比例不断提高,作用不断增强,日益成为生产力发展中占第一位的人力资源。

^① 《邓小平文选》(1975—1982),北京:人民出版社,1993年版,第84页。

^② 《马克思恩格斯选集》(第3卷),北京:人民出版社,1995年版,第777页。

伴随着知识经济的出现,标志着人类社会那种大规模的工业化生产时代已接近尾声,正在步入一个以智力资源为主要依托的知识经济时代。知识经济时代是一个区别于农业经济、工业经济时代的全新时代。知识经济所引发的经济革命,实现了物质生产能力开发手段的进步,将是重塑全球经济的决定力量。在知识经济时代,知识成为最重要的经济因素和生产力要素,带动社会生产中各种劳动形式向以脑力劳动为主和不断开发新知识资源的方向发展。

由此可见,具有较高科技知识和良好科技素养的人才将日益成为生产力中占第一位的人力资源。

进一步了解“科学技术是第一生产力”的思想请登陆:

<http://xcb.ysu.edu.cn/jdzz/jdzz.htm>

【思考题】

怎样理解“科学技术是第一生产力”的内涵?

第二节 知识经济的兴起和我国面临的挑战

没有大胆的猜测就做不出伟大的发现。

——牛顿(英国)

人类在其发展历程中,由于科学技术的推动带来了经济结构的重大变革。17世纪到18世纪的产业革命使经济结构由农业经济走向工业经济;20世纪70年代以来高科技的发展产生了托夫勒(A. Toffler)所称的“后工业经济”。继而奈斯比特(J. Naisbitt)在《大趋势》中又称之为“信息经济”;直到1990年联合国一研究机构提出了“知识经济”的概念。1997年在加拿大多伦多举行了97全球知识经济大会。

当前伴随着信息技术的扩散和全球经济一体化的推进,知识经济的浪潮迎面而来。江泽民同志在庆祝北京大学建校一百周年大会发表讲话指出:“当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济已见端倪,国力竞争日趋激烈。”一种新的经济形态——知识经济,以其旺盛的生命力预示着,21世纪将是知识经济的时代。

(一)知识经济的内涵和特征

(1)知识经济的内涵

知识经济是指以现代科学技术为核心的,建立在知识和信息的生产、存储、使用和消费之上的经济。与以往的经济形态最大的不同在于,知识经济的繁荣不是直接取决于资源、资本、硬件技术的数量、规模和增量,而是直接依赖于知识或有效知识的积累和利用;一切产品和服务所创造的价值中,知识含量的比重会越来越高,居于首位。将来会以更少的材料与更少的能源消耗,创造出更大的价值,因为注入了更高的知识含量。知识经济里面的知识是广义的概念,包括人类迄今为止所创造的所有知识。第一,包括通常所说的知识和能力两个方面;第二,包括科学和技术两个方面;第三,科学又包括自然科学和社会科学。总之,这里的知识包括科学、技术、能力、管理等等;而且,在知识经济里更强调知识中的能力部分。

(2)知识经济的特征

知识经济是以知识和信息为基础和直接驱动力的经济。经合组织(OECD)报告中认为知识经济有以下几个主要特征:

①科学与技术的研究开发日益成为知识经济的重要基础。以知识为基础的知识经济,随着其产品制造模式转向知识密集产品,知识将全面充分渗透到社会生产的各个环节,包括农业和制造业在内的所有产业中,知识密集度越来越高。

②信息和通信技术在知识经济的发展过程中处于中心地位。知

识经济的表现形式是数字化信息经济。随着计算机网络技术和现代通信技术的发展,知识经济缩短了国与国的空间,从而使得研究开发活动全球化。在制造业的行业中,非电力机械(包括计算机)和电力机械(包括通信设备)是增长速度最快的部门。

③服务业在知识经济中扮演了主要角色。工业经济向知识经济转变,在产业结构调整上表现为经济重心由制造业向服务业转换。在 20 世纪 80 年代,OECD 净增的 6500 万个工作岗位中,劳动力就业的 95% 巨大比例是由服务业提供的。例如在英国,20 世纪 80 年代初期,制造业在 GDP 中所占份额是服务业的 10 倍,然而到了 20 世纪 90 年代初期,制造业仅仅是服务业的大约 1.5 倍,变化之巨,可窥一斑。在国际贸易中,服务业所占比重越来越大,全球化的势头正在加强。在 1975 年,服务业在世界贸易中占 1/4;1993 年增加到 1/3 以上。

④人力的素质和技能成为知识经济实现的先决条件。由于所有的经济部门都变成了以知识为基础,并以知识为增长的驱动力,以先进技术和最新知识武装起来的劳动力就成了决定性的生产要素。纵观 OECD 国家,在制造业和服务业中的技能水平显著提高,产业更新向劳动力提出了更高的素质要求。

知识经济最突出的现象是信息技术的广泛应用,知识经济发展的根本是人才,创新是知识经济的灵魂。

(二)我国发展知识经济的挑战

西方发达国家由于早已实现了工业化,经济实力雄厚、科技力量强大、国民素质普遍较高,这些都使我们在发展知识经济的过程中面临着严峻的挑战。

(1)科技体系结构存在缺陷

一是企业的技术创新主体地位尚未真正确立。大中型工业企业

约有一半的企业没有技术开发活动,40%左右的企业研发机构没有稳定的经费来源,众多中小企业难以获得必要的技术支持。二是公益性科研机构和力量相对薄弱的问题十分突出。农业、卫生与健康、资源与环境、标准等领域的公益性研究,都远不能满足社会发展的基本需求。三是中介服务机构不健全的问题未能得到有效解决。有关科技中介服务的法律法规不健全,针对中介机构的综合性指导意见和扶持性、规范性政策几乎空白。一些中介机构服务能力不足,对政府的依赖性较强。经济欠发达地区中介服务机构发展更为滞后。

(2) 工业化尚未完成,经济结构低级化

目前,我国大致处于工业化的中后期,在整个经济结构,传统农业和传统工业仍占绝对比重,新兴产业所占比重很少。在走向知识经济的过程中,我们一方面要发展高科技产业,跟上全球高科技产业发展的步伐,另一方面又要用现代技术改造传统农业和传统工业。

(3) 人力资源数量有余而质量不高

知识经济,实质是智力经济,支撑知识经济发展的基础或依托高素质的人才资源。江泽民同志深刻地指出,“人才竞争,是我国面临的一个十分严峻的挑战。人是生产力中最活跃的因素,人力资源是第一资源”。我国虽然人力资源丰富,但质量较低,且结构失衡,这是其一。其次是素质较低,主要表现是文盲、半文盲等低质量的人口众多和就业人口文化程度普遍较低。最后是我国的人力资源中高智能的人才与低智能人才的比例不协调。需要指出的,知识经济虽然给我们带来严峻的挑战,但同时也给我们带来了机遇。我们应该抢抓机遇,加快发展,真取早日步入世界发达国家的行列!

进一步了解知识经济的有关内容,请登陆:

<http://www.tjkg.gov.cn/gkjjz/gkjjz4.htm>

【思考题】

1. 知识经济的内涵和特征是什么？
2. 我国在发展知识经济的过程中面临哪些挑战？

第三节 科教兴国与国家创新体系

读书是易事，思索是难事，但两者缺一，使全无用处。

——富兰克林(美国)

当今时代，科技进步日新月异，国际竞争日趋激烈。各国之间的竞争，说到底，是人才的竞争，是民族创新能力的竞争。教育是培养人才和增强民族创新能力的基础，必须放在现代化建设的全局性战略性重要位置。因此，我们必须全面贯彻和实施科教兴国战略，建设国家创新体系。

(一)科教兴国战略

(1)科教兴国战略的基本内涵

①努力贯彻经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作必须面向经济建设，努力攀登科学技术高峰的方针，是实施科教兴国战略的基本要求。科学技术门类众多，作用广泛，但是一定要把为经济建设服务摆在首要地位。这是邓小平科技思想的基本观点之一。早在20世纪80年代初，邓小平同志在提出到20世纪末达到小康水平的目标时，就强调科学技术主要是为经济建设服务的。1981年，党中央、国务院强调经济建设应当依靠科学技术，科学技术应当把促进经济的发展作为自己的首要任务。1982年，党中央、国务院正式提出了经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作必须面向经济建设的

方针。“面向”与“依靠”是我国科技工作基本方针的核心，亦是实施科教兴国战略的重要组成部分。

②科教兴国战略是邓小平科技与教育思想在治国方略上的具体化。科教兴国必须坚持以教育为本，优先发展教育事业。改革开放以来，邓小平同志始终极为关注科技和教育在社会主义现代化建设过程中的重要作用。早在1977年5月，他就明确提出：“发展科学技术，不抓教育不行。靠空讲不能实现现代化，必须有知识，有人才。”^①

③实现科技、教育和经济的有机结合是实施科教兴国战略的关键。我国实施科教兴国战略，就是要通过提高全民族的科技文化素质，把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来，实现经济体制由计划经济体制向社会主义市场经济体制、经济增长方式由粗放型向集约型的根本转变，实现我国现代化事业的新飞跃。经济与教育、科学，经济与政治、法律等，具有相互依存、相互促进的关系。

(2)我国实施科教兴国战略的必然性

新科技革命的兴起，生产力的高速发展，国际竞争的日趋激烈，以及全球经济发展重心的转移，给我国发展经济提供了良好的机遇和挑战。西方国家由于科技革命的推动和率先利用科技成果，其社会生产力得到空前的发展。从目前世界的总体格局看，西方国家的科技实力、经济实力处于领先地位，且这种态势在短期内还不会改变。面对这样的形势，中国这个拥有十亿人口的大国只有把生产力发展和科技发展紧密的结合起来，大力推进和实施科教兴国战略，才能使社会主义的优势在新世纪里发挥出来。而要建设有中国特色的社会主义，振兴中国的经济，必须发展好工业和农业，解决好资源

^① 《邓小平文选》(第2卷)，北京：人民出版社，1994年第2版，第40页。

开发和环境问题,而这些问题的解决,最终只能靠科学技术,实施科教兴国战略是进行社会主义现代化建设的必然选择。

(3) 实施科教兴国战略的基本原则和主要措施

实施科教兴国战略的基本原则一是深化科教体制改革,促进科技、教育和经济的结合;二是要在有重点、有选择地引进先进技术的同时,增强自我创新能力;三是要在全社会形成尊重知识、尊重人才的良好氛围,努力为他们创造良好的生活和工作环境。

“按照我国国民经济和社会发展的总体部署,实施科教兴国战略必须抓好一些长远性、根本性、见实效的大问题。”^①主要有:①强化农业的基础地位;②加快发展高技术产业;③深化科技体制改革;④进一步加强基础研究;⑤大力推进教育事业;⑥增加科教事业投入。

(二) 国家科技创新体系

建立国家创新体系是实行科教兴国战略的关键环节和现实选择。江泽民同志曾深刻地指出,建设国家创新体系,“这是关系中华民族发展的大战略。”没有国家科技创新体系,就不可能实现科教兴国。

(1) 国家科技创新体系的含义和分类

中国科学院于1997年向中央提出了建设国家创新体系的建议,希望通过此体系大力加强知识的生产、传播和应用,促进我国经济从以工业经济为主发展为工业经济和知识经济并重,进而发展为以知识经济为主。

国家创新体系是由与知识创新和技术创新相关的机构和组织构成的网络系统,其骨干部分是企业(大型企业集团和高技术企业为主)、科研机构(包括国立科研机构和地方科研机构)和高等院校等;

^① 宋健:《全面实施科教兴国战略为实现二十一世纪发展目标而奋斗——在全国政协第九届常委会第二次会议上的讲话》,《科技日报》,1998年6月22日。

广义的还包括政府部门、其他教育培训机构、中介机构和起支撑作用的基础设施等,主要功能是知识创新、技术创新、知识传播和知识应用,具体包括创新活动的执行、创新资源(人力、财力和信息资源等)的配置、创新制度的建立和相关基础设施建设等,基本任务是大力促进和广泛进行知识的生产、传播和应用。主要包括:

①知识创新系统:由与知识的生产、扩散和转移相关的机构和组织构成的网络系统,其核心部分是国立科研机构 and 教学科研型大学;

②技术创新系统:由与技术创新全过程相关的机构和组织构成的网络系统,其核心部分是企业;

③知识传播系统:主要指高教系统和职业培训系统,其主要作用是培养具有最新知识、较高技能和创新能力的人力资源;

④知识应用系统:主体是企业和社会,其主要功能是知识和技术的实际应用。

(2) 国家创新体系中的核心要素

当前在国际上国家创新系统研究的焦点是知识和人才流动、企业创新调查和创新指标研究等,其中知识、人才、创新和学习是公认的面向知识经济时代国家创新系统中的四个核心要素。

①知识。如果说国家创新体系是知识经济的发动机,那么知识和创新就是发动机的燃料。在发达国家迅速走向知识化的时候,尽管我国工业化还远远没有完成,但我们只能走工业化和知识化协调发展之路。

②人才。人才即是知识的创造者,也是知识的应用者。在知识经济时代,高素质的人力资源,是国家竞争的来源和关键。

③创新。创新是人类社会进步和经济发展的动力和源泉。正如江泽民同志所指出,“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”

④学习。在知识经济时代,学习将成为人类终身的需要,成为个

人、组织乃至国家的自觉行为。21 世纪,不仅是知识型社会,同时也是学习型社会。

进一步了解科教兴国战略的有关内容,请登陆:

<http://www.bjdj.gov.cn/article/detail.asp?unid=4047>

【思考题】

1. 如何理解科教兴国战略的基本内涵?其基本原则和基本措施是什么?
2. 国家创新体系的含义和四个核心要素是什么?

附录：

世界诺贝尔奖和中国 主要科技奖项介绍

一、诺贝尔奖

诺贝尔奖是以瑞典著名化学家、硝化甘油炸药发明人阿尔弗雷德·贝恩哈德·诺贝尔(A. B. Nobel, 1833~1896年)的部分遗产作为基金创立的。诺贝尔奖包括金质奖章、证书和奖金支票。

诺贝尔生于瑞典的斯德哥尔摩。他一生致力于炸药的研究,在硝化甘油的研究方面取得了重大成就。他不仅从事理论研究,而且进行工业实践。他一生共获得技术发明专利 355 项,并在欧美等五大洲 20 个国家开设了约 100 家公司和工厂,积累了巨额财富。

1896 年 12 月 10 日,诺贝尔在意大利逝世。逝世的前一年,他留下了遗嘱。在遗嘱中他提出,将部分遗产(920 万美元)作为基金,以其利息分设物理、化学、生理或医学、文学及和平 5 种奖金,授予世界各国在这些领域对人类作出重大贡献的学者。

据此,1900 年 6 月瑞典政府批准设置了诺贝尔基金会,并于次年诺贝尔逝世 5 周年纪念日,即 1901 年 12 月 10 日首次颁发诺贝尔奖。自此以后,除因战时中断外,每年的这一天分别在瑞典首都斯德

哥尔摩和挪威首都奥斯陆举行隆重授奖仪式。

1968年瑞典中央银行于建行300周年之际,提供资金增设诺贝尔经济奖(全称为瑞典中央银行纪念阿尔弗雷德·伯恩德·诺贝尔经济科学奖金)亦称纪念诺贝尔经济学奖,并于1969年开始与其他5项奖同时颁发。诺贝尔经济学奖的评选原则是授予在经济科学研究领域作出有重大价值贡献的人,并优先奖励那些早期作出的重大贡献者。

1990年诺贝尔的一位重侄孙克劳斯·诺贝尔又提出增设诺贝尔地球奖,授予杰出的环境成就获得者。该奖于1991年6月5日世界环境日之际首次颁发。

诺贝尔奖的奖金数视基金会的收入而定,其范围约从11,000英镑(31,000美元)到30,000英镑(72,000美元)。奖金的面值,由于通货膨胀,逐年有所提高,最初约为3万多美元,20世纪60年代为7.5万美元,80年代达22万多美元。金质奖章约半英镑重,内含黄金23K,奖章直径约为6.5厘米,正面是诺贝尔的浮雕像。不同奖项、奖章的背面饰物不同。每份获奖证书的设计也各具风采。颁奖仪式隆重而简朴,每年出席的人数限于1500人至1800人之间,其中男士要穿燕尾服或民族服装,女士要穿严肃的夜礼服,仪式中的所用白花和黄花必须从圣莫雷空运来,这意味着对知识的尊重。

二、国家最高科学技术奖

国家最高科学技术奖授予在当代科学技术前沿取得重大突破或者在科学技术发展中有卓越建树,在科学技术创新、科学技术成果转化和高新技术产业中创造巨大经济效益或者社会效益的科技工作者。

国家最高科学技术奖获奖人应当热爱祖国,具有良好的科学道

德,治学严谨,实事求是,学风正派,并活跃在当代科学技术前沿,从事科学研究或者技术开发工作。在国家最高科学技术奖的奖金中,50万元人民币为获奖者个人所得,450万元人民币由获奖者自主选题,用作科学研究经费。

授奖条件

①在基础研究、应用研究方面取得系列或者特别重大发现,丰富和拓展了学科的理论,引起该学科或者相关学科领域的突破性发展,为国内外同行所公认,对科学技术发展、社会进步作出了特别重大的贡献。

②在科学技术活动中,特别是在高技术领域取得系列或者特别重大技术发明,并以市场为导向,实现产业化,引起该领域技术的跨越发展,促进了产业结构的变革,创造了巨大的经济效益或者社会效益,对促进经济、社会发展和保障国家安全作出了特别重大的贡献。

国家最高科学技术奖,既可以根据候选人所取得的特别重大的单项成就,也可以根据候选人在一定时期内或者一生中取得的系列重大成就作为授奖理由进行推荐。

三、国家自然科学奖

国家自然科学奖授予在数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生命科学等基础研究和信息、材料、工程技术等领域的应用基础研究中,阐明自然现象、特征和规律、做出重大科学发现的中国公民。国家自然科学奖不授予组织。

授奖条件

①前人尚未发现或者尚未阐明;②具有重大科学价值;③得到国

内外自然科学界公认。

候选人条件

国家自然科学奖的候选人应当是每项重大科学发现的主要论文或者专著的主要作者,并具备下列条件之一:①提出总体学术思想、研究方案;②发现重要科学现象、特性和规律,并阐明科学理论和学说;③提出研究方法和手段,解决关键性学术疑难问题或者实验技术难点,以及对重要基础数据进行系统收集和综合分析。

奖励等级

国家自然科学奖授奖等级根据候选人所做出的科学发现,从发现程度、难易复杂程度、理论学说上的创见性、研究方法手段的创新程度、学术水平、对学科发展的促进作用、对经济建设和社会发展的影响、论文被他人正面引用的情况、国内外学术界的评价和主要论文发表刊物的影响等方面进行综合评定。基本评定标准如下:①在科学上取得突破性进展,学术上为国际领先,并为学术界所公认和广泛引用,推动了本学科或者相关学科的发展,或者对经济建设、社会发展有重大影响的,可以评为一等奖。②在科学上取得重要进展,学术上为国际先进水平,并为学术界所公认和引用,推动了本学科或者其分支学科的发展,或者对经济建设、社会发展有较大影响的,可以评为二等奖。

四、国家技术发明奖

国家技术发明奖授予运用科学技术知识做出产品、工艺、材料及其系统等重大技术发明的中国公民。国家技术发明奖不授予组织。

技术发明是指利用自然规律首创并成功地用于改造客观世界的

技术新成果。它一般是与生产有关的新技术,如在国民经济某一技术领域提供了新的、先进的、效益好的新技术。以上所称产品包括各种仪器、设备、器械、工具零部件及生物新品种等;工艺包括各领域的各种技术方法;材料包括用各种技术方法获得的新原料;系统是指产品、工艺和材料的技术综合。科学发现、科学理论不属于国家技术发明奖的奖励范围,但是,将科学发现成果应用于生产、生活等实践,将新的发现体现在工艺、产品中,也可以推荐为技术发明奖。如新发现的一种化学物质,虽为客观存在,但如果将其开发为一种新药品或转化为一项技术发明,则符合技术发明奖的奖励范围。仅依赖个人经验和技能、技巧,而别人又不能根据所提供的方案将其重现的技术,不属于技术发明奖的奖励范围,如各种个人拥有的特技。

授奖条件

①前人尚未发明或者尚未公开;②具有先进性和创造性;③经实施,创造显著经济效益或者社会效益。

候选人条件

①在研究方法手段上、在应用的科学原理和知识上,都涉及到多个科学技术领域,需要多领域的科技工作者协作进行研究开发,并做出很多创造性的发明点。②每位候选人应该独立完成一项发明中至少一个以上的发明点。仅从事组织、管理、协调和辅助工作的人员不能列为候选人,候选人按贡献大小排序。

奖励等级

国家技术发明奖的评审,对候选人所做出的技术发明,从难易复杂程度、技术思路新颖程度、技术创新程度、主要技术经济指标的先进程度,对技术进步的推动作用、推广应用程度、已获经济或者社会

效益及发展应用前景等方面进行综合评定,据此决定授奖等级。基本评定标准如下:①属国内外首创的重大技术发明,技术思路独特,技术上有重大的创新,技术经济指标达到了同类技术的领先水平,推动了相关领域的技术进步,已产生了显著的经济效益或者社会效益,可以评为一等奖。②属国内外首创,或者国内外虽已有、但尚未公开的重大技术发明,技术思路新颖,技术上有较大的创新,技术经济指标达到了同类技术的先进水平,对本领域的技术进步有推动作用,并产生了明显的经济效益或者社会效益,可以评为二等奖。

五、国家科学技术进步奖

国家科学技术进步奖授予在技术研究、技术开发、技术创新、推广应用先进科学技术成果、促进高新技术产业化,以及完成重大科学技术工程、计划等过程中做出创造性贡献的中国公民和组织。

国家科学技术进步奖的奖励范围涉及国民经济的各个项覆盖面广的科学技术奖。从候选人、候选单位所完成项目的性质来讲,包括了新产品和新技术开发、新技术推广应用、高新技术产业化、企业技术改造及技术进步、技术基础和重大工程建设、重大设备研制中引进消化、吸收国外新技术,或自主开发创新的技术等。

授奖条件

①技术创新性突出;②经济效益或者社会效益显著;③推动行业科技进步作用明显。

候选人条件

国家科技进步奖的候选人应当是具备下列条件的项目主要完成人:①提出并确定项目的总体方案;②在解决关键的技术和疑难问题

中做出重大技术创新和重要贡献；③在成果转化和推广应用过程做出创造性贡献；④在高技术产业化方面做出重要贡献。候选人按贡献大小排序，并在限额内产生。如果在项目完成中仅从事协调和组织工作的领导，或是从事辅助服务的工作人员，不能作为国家科技进步奖的候选人。

候选单位条件

国家科技进步奖候选单位应当是在项目研制、开发、投产、应用和推广过程中提供技术、设备和人员等条件，并对该项目的完成起到组织、管理和协调作用的主要完成单位。如果只是提供资金，不能作为项目的主要完成单位列为获奖候选单位。政府部门一般不应作为国家科技进步奖的候选单位。但对于技术开发类中推广应用先进成果和高新产业化的项目，政府部门如作为组织者、实施者又确有实质性重大作用的除外。

等级标准

国家科技进步奖设一、二两个奖励等级。国家科技进步奖的授奖等级根据候选人、候选单位所完成项目的创新程度、难易复杂程度、主要技术经济指标的先进程度、总体技术水平、已获经济或者社会效益、潜在应用前景、转化推广程度、对行业的发展和技术进步的作用等进行综合评定。评定时，对不同项目类型，各有侧重。重大工程类项目应突出团结协作、联合攻关，强调在技术和系统管理方面的创新、技术难度和工程复杂程度、总体技术水平，以及对提高行业整体水平的作用意义。

六、国际科技合作奖

国际科技合作奖授予在双边或者多边国际科技合作中对中国科

学技术事业做出重要贡献的外国科学家、工程技术人员、科技管理人员和科学技术研究、开发、管理等组织。国际科技合作奖每年授奖的数额不超过 10 个。

国际科技合作奖是中国惟一授予外国人、外国组织,且只授予外国人、外国组织的奖项。

授奖条件

①在与中国公民或者组织进行合作研究、开发等方面取得了国际领先水平的重大科技成果。作为自然科学基础研究类成果,应整体推动了我国有关学科的发展,使其居于国际先进水平行列;作为应用技术类成果,应通过大规模的推广应用,整体提高了有关行业的技术水平、竞争能力和系统创新能力,使其居于国际先进水平的行列,从而对中国科技事业、经济建设和社会发展有重要推动作用,并取得重大的经济效益或者社会效益。②在向中国公民或者组织传授先进科学技术、提出重要科技发展建议与对策、培养科技人才或者管理人才等多方面做出了重要贡献。通过传授先进的科学技术、提出创造性的建议、培养具有国际水准的人才,对整体提高我国相关行业或者领域的科学技术水平有重要作用,推动了中国的科技事业、经济建设和社会发展,取得重大的经济效益或者社会效益。培养科技人才和管理人才既包括直接进行培训,也包括资助在国外进行培养。③在促进中国与其他国家或者国际组织的科技交流与合作方面做出重要贡献。通过积极协助中国与国外的沟通与了解,取得了富有意义的双边、多边合作成果,推进了中国科技事业的发展。

候选人条件

在推荐和评审国际科技合作奖的候选人或者组织时,要特别注重那些确实对中国人民友好,长期关心和帮助中国科技事业的外国

人或者外国组织。在评价被推荐专家时,还应注意专家本人在国际、国内相关的行业领域的影响和知名度。

【资料来源】

<http://www.bjcp.gov.cn/kjrw/nobel/>

[http://www.hsm.com.cn/node2/node116/node1414/
node1432/](http://www.hsm.com.cn/node2/node116/node1414/node1432/)

主要参考文献

- 吴兴祥、卜宅成:《现代科学技术概论》,上海:世界图书出版公司,2002
- 胡显章、曾国屏:《科学技术概论》,北京:高等教育出版社,2001
- 徐辉:《科学·技术·社会》,北京:北京师范大学出版社,1999
- 李思孟、宋子良:《科学技术史》,武汉:华中科技大学出版社,2000
- 邹海林、徐建培:《科学技术史概论》,北京:科学出版社,2004
- 全增嘏:《西方哲学史》,上海:上海人民出版社,2002
- 宋健:《现代科学技术基础知识》,北京:中国人民大学出版社,1998
- 国家教委社会科学研究与艺术教育司:《自然辩证法概论》,北京:高等教育出版社,1991
- 袁运开:《现代自然科学概论》,上海:华东师范大学出版社,2002
- 吴义生:《现代科学技术基础》,北京:中央党校出版社,2001
- 刘啸霆:《现代科学技术概论》,北京:高等教育出版社,1999
- 丁登山:《自然地理学基础》,北京:高等教育出版社,1998
- 徐丕玉:《现代自然科学技术概论》,北京:首都经济贸易大学出版社,2001
- 赵祖华:《现代科学技术概论》,北京:北京理工大学出版社,1999
- 陈健礼:《科学的丰碑——20世纪重大科学成就纵览》,济南:山东科技出版社,2001

- 吴国盛:《科学的历程》(第2版),北京:北京大学出版社,2002
- 刘光、梅光泉:《自然科学概论》,北京:海洋出版社,2003
- 中国科学技术协会、国家自然科学基金委员会:《学科发展蓝皮书》2002卷,北京:中国科学技术出版社,2002
- 刘大椿、何立松:《现代科技导论》,北京:人民出版社,1998
- 刘则渊:《现代科学技术与发展导论》,大连:大连理工大学出版社,2003
- 王树恩、陈士俊:《人类与环境》,天津:天津大学出版社,2002
- 芭芭拉·沃德、勒内·杜博斯(美,1972):《只有一个地球》,国外公害防治丛书编委会译,长春:吉林人民出版社,1997
- 丹尼斯·米都斯(美,1974):《增长的极限》李宝恒译,长春:吉林人民出版社,1997
- 蕾切尔·卡逊(美,1962):《寂静的春天》吕瑞兰、李长生译,长春:吉林人民出版社,1997
- 刘天齐:《环境保护通论》,北京:中国环境科学出版社,1997
- 联合国环境与发展大会文件(里约热内卢,1992):《21世纪议程》,国家环境保护局译,1993
- 曲格平、尚忆初:《世界环境问题的的发展》,北京:中国环境科学出版社,1987
- 世界环境与发展委员会(1987):《我们共同的未来》,王之佳,柯金良译,长春:吉林人民出版社,1997
- 张坤民:《可持续发展论》,北京:中国环境科学出版社,1997
- 中国科学院可持续发展研究组:《2000中国可持续发展战略报告》,北京:科学出版社,2000
- 聂向山、王承训:《知识经济与创新教育》,成都:成都科技大学出版社,1999
- 江泽民:《论科学技术》,北京:中央文献出版社,2001

- 段联合、曹胜斌:《科学技术哲学教程》,北京:科学出版社,2003
- 中国科学院:《2003 高技术发展报告》,北京:科学出版社,2003
- 全国中小学教师远程教育研究中心:《自然科学前沿简介——院士访谈录》,北京,科学出版社,2003
- 李建珊:《科技文化的起源与发展》,天津:南开大学出版社,2003
- 李醒民:《就科学主义及反科学主义答客问》,北京《科学文化评论》第一卷第4期,2004
- 龚育之:《科学与人文:从分隔走向交融》,五柳村学术讨论园地,2003. 10. 14
- 林玉琼:《论“科学技术是第一生产力”》,西南民族大学学报,2003 年第7期
- <http://www.acca21.org.cn/paraphrase.htm/>
- <http://www.ikepu.com/geography/geography-index.htm>
- <http://www.bmti.com.cn/>
- <http://www.kepu.ac.cn/gb/technology/cybernetics/industry/>
- <http://www.astron.sh.cn/universe/bigbang.html>
- <http://www.ikepu.com/biology/biology-index.htm>
- <http://www.cetinet.com/t-article/index.asp?topid=6>
- <http://techs-book.db66.com/list/15/1.asp>
- <http://www.bjkgp.gov.cn/gkjyqy/smkx/index.htm>
- <http://database.cpst.net.cn/popul/front/ocean/index.html>
- <http://www.fsy.com.cn/xuexiao/feshan/dili-sea/index.htm>
- <http://www.systemscience.org/persion/index.htm>
- <http://www.bjkgp.gov.cn/gkjyqy/smkx/index.htm>

内容提要:

本书作为科技知识入门教材,从科学与技术的定义与关系的讨论入门,通过对科学技术史的简要回顾,进而介绍了现代科学基础及其前沿,以及高新技术概貌,最后长篇讨论现代科学技术与社会发展。

图书在版编目(CIP)数据

现代科学与技术/李涛编.—西安:西北大学出版社,

2005.1

ISBN 7—5604—1993—3

I. 现… II. 李… III. 科学技术—发展史—世界
IV. N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 002058 号

现代科学与技术

李涛 编

西北大学出版社出版发行

(西北大学校内 邮编 710069 电话 88302590 88303313)

新华书店经销 陕西向阳印务有限公司印刷

880 毫米×1230 毫米 1/32 开本 10.25 印张 257 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7—5604—1993—3/N·5 定价:22.00 元