

第一章 树木的生命周期和年周期

第一节 树木的生命周期

树木通过细胞的不断分裂、增大和能量积累的量变，使其重量和体积的不可逆增加，称为树木的“生长”。在生长中，通过细胞分化形成树木根、茎、叶等器官，并且一些营养器官向生殖器官——花器、果实转化，这种使树体结构和功能从简单到复杂的变化过程称为“发育”。生长是发育基础，没有生活物质的形成和细胞的增殖，就没有生殖器官的形成和发育。而发育是树木生长的目的，如果没有发育进程中的生理变化，树木就只能继续进行营养生长，不能有性繁殖后代。虽然我们把树木生长分为营养生长和生殖生长，只是有时以营养生长为主，但是伴随年龄的增加和量变，发生质的变化，就出现开花、结实的生殖生长，而营养生长则由于生殖生长的营养消耗而相应缓慢下来。

树木的生命周期是指树木从形成新的生命开始，经过多年的生长、开花或结果，出现衰老、更新，直到树体死亡的整个时期。它反映了树木全部生长发育的过程。

生长发育总是并提，既受树木遗传特性的控制，也受外界环境的影响。树木是多年生的植物，其发生、发展与衰亡，不但受一年中温度、湿度等因子季节变化的影响，而且还受各年份的温度、湿度等因子变化的影响。自然生长的树木，从繁殖开始要年复一年地经历萌芽、生长、休眠的年生长过程，才能从幼年到成年，开花结实，最终完成其生命周期。

一、实生树、营养繁殖树木的生命周期特点

1. 个体发育的概念

植物的个体应该是有性繁殖形成的植物体，其发育应该是从雌性细胞受精形成合子发育成种子，再从种子萌发生长直到个体死亡的全过程。它们都要经历发生、发展、生长、开花、结实、衰老、更新和死亡的各个阶段。这是一个个体在其整个生命过程中所进行的发育全过程。即个体发育经历了整个生活过程出现一切生命活动现象。

各种植物个体发育从种子萌发开始，直到个体衰老死亡的全过程长短不同。一年生植物的一生是在一年中一个生长季内完成的。例如，凤仙花、鸡冠花等，一般于春季播种后，可在当年内完成其生长、开花、结实、衰老、死亡整个生命周期，个体发育的时期

性繁殖造成树木生长变异，一是营养积蓄不足或种子储藏营养消耗过大影响出苗。

幼年期 是从种子萌发形成幼苗到具有开花潜能（有形成花芽的生理条件，但不一定开花）时为止的这段时期。它是实生苗过渡到性成熟以前的时期。俗话说：“桃三杏四李五年”是指不同树种幼年期长短有差异。一般木本植物的幼年阶段需要经历较长的年限才能开花，且不同树种或品种也有较大的差异。如紫薇、月季、枸杞等当年播种当年就可开花，幼年阶段不到 1 年；而梅花约需 4~5 年；松树和桦树约 5~10 年；核桃除个别品种只需 2 年外，一般为 5~12 年；银杏 15~20 年；而红松可达 60 年以上。这一时期完成之前，采取人为的任何措施都不能诱导开花，但这一阶段通过育种或采取一些措施可以被缩短。

至今还没有明确的形态和生理指标来表示幼年阶段的结束。有些学者认为幼年期树木的形态结构指标比树木有无开花能力优越得多。而在各种植物中，幼年的形态表现能提供更有意义的有关幼年期的判断特征。例如，与成年树相比，幼年期的叶片较小、细长，叶的边缘多锐齿或裂片，芽较小而尖，树冠趋于直立，生长期较长，落叶较迟，扦插容易生根等。还有些树种如柑橘、苹果、梨、枣、光叶石楠、刺槐等可明显表现多刺的特性。栎类（如栓皮栎、板栗、水青冈等）一些幼年树待到来春发芽时落叶，这一时期，树冠和根系的离心生长旺盛，光合和呼吸面积迅速扩大，开始形成树冠和骨干枝，逐步形成树体特有的结构，同化物质积累逐渐增多，为首次开花结实做好了形态上和内部物质上的准备。

幼年时期的长短，因树木种类、品种类型、环境条件及栽培技术而异。如在干旱、瘠薄的土壤条件下，树木生长弱，幼年阶段经历的时间短，可提前进入成熟阶段；反之，在湿润肥沃的土壤上，营养生长旺盛，幼年阶段较长；空旷地生长的树木和林缘受光良好的树木，第一次开花的年龄要比郁闭林分内或浓荫中的树木早。

这一时期的栽培措施是加强土壤管理，充分供应水肥，促进营养器官健康而匀称地生长，轻修剪多留枝条，使其根深叶茂，形成良好的树体结构，制造和积累大量的营养物质，为早见成效打下良好的基础。对于观花、观果树木则应促进其生殖生长，在定植初期的 1~2 年中，当新梢生长至一定长度后，可喷布适当的抑制剂，促进花芽的形成，达到缩短幼年期的目的。

过渡期 树木生长经过幼年期生理状态以后具有开花的潜能而尚未真正成花诱导的一段时期，也可称为性成熟期。当树木营养生长到一定阶段，才能感受开花所需要的条件，也才能接受成花诱导，如接受人为措施的成花诱导（如环剥、使用生长调节剂）。

在这个时期，树木的营养状态较好，但须有特殊条件作用方能成花，如人工诱导成花，因此也可称为过渡阶段。这一时期由于没有明确的形态和生理指标来表示幼年阶段的结束或成熟期的开始，有时没有看见开花时就归到幼年阶段，而当树木受到某些干

扰时成花又归到成熟期。

成熟期 树木度过了幼年阶段，具有开花潜能，获得了形成花序（性器官）的能力，在适当的外界条件下，随时都可以开花结实。在这个阶段，树木可通过发育的年循环而反复多次地开花结实。这个阶段经历的时间最长，如板栗、香樟、银杏、圆柏、侧柏等都长达1 000年以上。这类树木个体发育时间特别长的原因，在于其一生中都在进行生长，连续不断地形成新的器官。因此，根据成熟期树木营养生长和生殖生长的差异，分成成熟初期、成熟盛期、成熟后期。

1)成熟初期。从初次开花到开始大量开花之前的时期。其特点是：树体的营养生长旺盛，树冠和根系加速扩大，接近树体最大营养空间。初次开花时只在树冠先端部位开始形成少量的花芽，花芽较小，质量较差，部分花芽发育不全，坐果率低，大部分枝条仍处于幼年阶段。随着逐渐生长，枝条成熟，开花结果数量逐年上升。

这一时期的栽培措施是，对于以观花、观果为目的的树木，为了迅速进入开花结果盛期，轻剪和重肥是主要措施，其目标是使树冠尽快达到预定的最大营养面积；同时，可缓和树势，促进树体生长和花芽形成。如生长过旺，可控制水肥，少施氮肥，多施磷肥和钾肥，必要时可使用适量的化学抑制剂。对于庭荫树、行道树等，此时是树高生长量较大的时候，可通过水肥促进生长。

2)成熟盛期。成熟盛期自树木开始大量开花结实，经过维持最大数量花果的稳定期到开始出现大小年、开花结实连续下降的初期为止。其特点是：随着花果量的逐年增多，消耗树体营养，导致树高生长逐渐减缓趋停，树冠达最大限度，主干生理成熟部位以上的树冠部分都能结果。树冠外围枝短而多，开花结果部位扩大，数量增多，花芽发育完全，叶片、芽和花等的形态都表现该树种的特征，其他性状也较稳定。在正常情况下，生长、结果和花芽形成趋于平衡状态。因不同年份花果量大小、消耗的营养物质多少差异，出现了大小年现象，并造成枝条和根系的生长受抑。随着部分末端小枝的衰亡缩小、枯死，冠内开始发生少量生长旺盛的徒长枝。

栽培技术中，充分供应水、肥，保障供给，通过细致的修剪，均衡地配备营养枝、叶，使营养生长、开花、结果形成稳定平衡的状态，并适当进行疏花、疏果。

3)成熟后期。从营养生长和生殖生长的稳定状态遭到破坏，开始出现大小年、营养生长量和生殖生长量明显下降的年份起，直到花果几乎失去观赏价值为止。其特点是树冠外围分枝数量太多，单枝叶量少，同化物生产量低，开花结果耗费营养太多，积累量减小，输导组织相应衰老，先端的枝条和根系出现枯死衰亡现象，抗性减弱等。

栽培技术以采取大量疏花、疏果，促进营养生长为重点，加强土壤管理，增施肥水，促发新根，适当进行重剪、回缩修剪，以延缓衰老。

⑤衰老期（老化期）实生树经多年开花结实以后，营养生长显著减弱，开花结果量

越来越少 器官凋落枯死量加大 对干旱、低温、病虫害的抗性下降 从骨干枝、骨干根逐步回缩枯死，最后导致树木的衰老，逐渐死亡。树木的衰老过程也可称为老化过程。其特点是骨干枝、骨干根由远及近大量死亡，开花结果越来越少，枝条纤细且生长量很小，树冠更新复壮能力很弱，抵抗力降低，树体逐渐衰老死亡。

衰老期里，在栽培技术措施上，应视栽培目的的不同，采取相应的措施。对于古树名木来说，应采取施肥、浇水、修剪等各种更新复壮措施，延续其生命周期。对于一般花灌木来说，可以萌芽更新，也可砍伐重新栽植。

(2)营养繁殖树的生命周期 营养繁殖树的生命周期是树木的营养器官（如枝、芽、根等）发育而成的独立植株后，生长、开花结实直至衰老死亡的过程。这些植株进行着与母体相似的延续生命的活动，通过无性繁殖多“世代”地继续下去，它们遗传基础与母体相同，阶段发育是原母树阶段发育的继续。营养繁殖树与实生树相比较，它们的地上部分在形态特征和生物学特征上存在着某些本质的差别，这和它们在阶段发育不同有关。根系来源、组织结构与生长习性上也不同，因此营养繁殖树的发育特性，要看营养体取自什么起源、什么发育阶段的母树和部位。成熟枝条取自发育阶段已经成熟的营养繁殖的母树，或实生成年母树树冠成熟区外围的枝条，在成活时就具备了开花的潜能，但一般都要经过一定年限的营养生长才能开花结实，在繁殖成独立植株的头几年，由于树体生长、营养积累、内源激素不足不能开花。利用年轻的实生幼年树的枝条或成年植株下部的幼年区的萌生枝条、根蘖枝条繁殖形成的新植株，因其发育阶段同样处于幼年阶段，即使进行开花诱导也不会开花。这一阶段的长短取决于所采枝条幼年阶段的长短。乔木的营养繁殖多用年轻的实生幼树或成年植株下部的幼年区的萌生枝条、根蘖枝条，以延长营养生长的时间。而花灌木的营养繁殖多用已经成熟的营养繁殖的母树，或实生成年母树树冠成熟区外围的枝条，以利及早观花、观果。

从以上我们对营养繁殖树生命周期的分析看，认为营养繁殖树生命周期没有胚胎阶段，幼年阶段可能没有或相对较短，因此，营养繁殖树生命周期中的年龄时期，主要划分为幼树期、成熟期（成熟初期、成熟盛期、成熟后期）和衰老期等三个时期。

幼树期 通常指繁殖成独立植株后，树体还很小，由于植株个体生长、营养积累和内源激素不足而不能开花，要经过一定年限进行营养生长，以扩大营养空间的阶段。在通过扩大树体的营养空间、促进营养物质的积累、内源激素的增加后，才能进行成花诱导并会开花。

这一时期的栽培措施是加强土壤管理，充分供应水肥，促进营养器官健康而匀称地生长 轻修剪、多留枝 扩大树冠 形成良好的树体结构 制造和积累大量的营养物质 为花芽分化和开花打下良好的基础，缩短幼树期的时间。

成熟期 营养繁殖树度过幼树期后，树冠大、枝叶繁，营养物质、内源激素充足，

在适当的外界条件下，随时都可以开花结实。在这个阶段，树木可通过发育的年循环而反复多次地开花结实。根据成熟期树木营养生长和生殖生长的差异，同实生树一样，分成成熟初期、成熟盛期、成熟后期，但时期较实生树短。

这一时期的栽培目的同实生树的成熟期相同，是促进树木健壮生长，控制好树木观花、观果的景观效果。措施基本上与前面讲的成熟期相同，不同的在于营养繁殖树生命周期短，成熟期短，衰老得快。因此在成熟期中，在促进开花结果的同时，利用修剪、肥水管理保持树体的健壮生长，恢复树势，避免衰老。

衰老期（老化期）营养繁殖树经多年开花结实以后，营养生长显著减弱，枝条纤细且生长量很小，开花结果量越来越少，枝条凋落枯死量加大，更新复壮能力很弱，骨干枝、骨干根从高级次逐步回缩枯死，抗性下降，最后导致树木的衰老，逐渐死亡。

衰老期里，应视栽培目的的不同，采取不同的栽培技术措施，对于萌孽、萌芽的花灌木来说，可以通过平茬修剪进行萌芽更新，施肥水，促新根，以恢复树势；更新能力差的树种可砍伐挖除，重新栽植。

二、树体发育阶段分区

作为多年连续生长的木本植物，树木的生长发育是逐渐完成的。不同的阶段，树木要通过一定的条件，才能使生长着的细胞发生质的变化。这种变化只能通过生长点细胞分裂传递，并在生长发育过程中由一个发育阶段，发展到另一个发育阶段。当树木的组织和器官的发育进入到更高级的阶段时，就不可能再回到原来的发育阶段，并由此反映出阶段发育的局限性、顺序性及不可逆性的特点，使树体不同部位的器官、组织存在着本质差别。

成年实生树的树体靠近根颈的部位年龄大，阶段发育年轻；反之，离根颈越远则年龄越小，阶段发育越老，即“干龄老，阶段幼，枝龄小，阶段老”。因此实生树不同年龄时期、不同部位形成的枝条和部位，存在着发育差异，并表现在生理和形态上，由此在整个树体上形成了空间区域的差别（图 1-2）。通常以花芽开始出现的部位作为幼年阶段过渡的标志。最低花芽着生部位以下空间范围内不能形成花芽的区域称为幼年区，即树冠下部和内膛枝条处于幼年阶段的范围。在这个范围内，枝、叶和芽等器官表现出幼年特征。因为在树木生长发育的过程中，具有分裂能力的分生组织可重复产生具有相同生理和形态的细胞、组织和器官，但是不会永远处于幼龄状态，

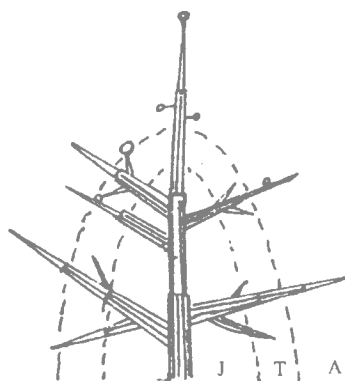


图 1-2 实生果树的阶段分区

（沈德绪等，1989）

A. 成年区 T. 转变区 J. 幼年区

随着离心生长的扩展，生长发育是逐渐成熟和衰老的。因此，树体的不同空间构成不同的发育阶段（图 1-3）。

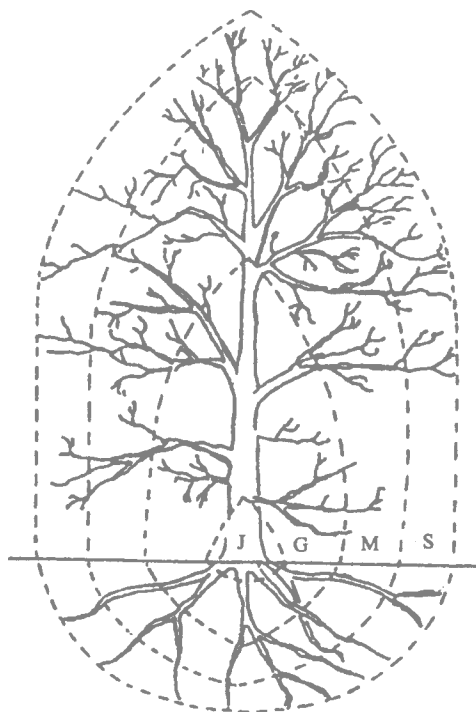


图 1-3 树木生长发育阶段分区（Lyr 等, 1967）

J 幼年阶段 G. 生长阶段 M. 成熟阶段 S. 开始衰老阶段

实生树幼年阶段发育完成后就具有了成花潜能，已经能够进入成年阶段而开花，但幼年阶段结束和第一次开花有时是一致的，有时是不一致的。当不一致的时候，其中那个插入的阶段，称为过渡阶段。同样，在树冠范围内也形成了一个过渡区。现在只能以花芽初次形成的时间作为鉴定幼年阶段结束的依据，根据以根颈与花芽着生的范围来确定幼年区的范围。然而，过渡区与幼年区没有明显的界限，因此很难将过渡阶段与幼年阶段区分开来。因为根据叶形、叶色、叶厚、叶序、针枝、落叶迟早及形成不定根的能力等外观性状和特性，区分这两个阶段并不十分确切可靠。同时，有些实生树在具有开花能力时，还表现出某些幼年征状或过渡的特征，有些则可能表现成年型特征。

成年实生树上最下部花芽着生部位以上的树冠范围，即树冠的上部和外围是成年区。即已通过幼年阶段发育而开花结果的部位称为成年区或结果区，说明实生树

已完成幼年阶段的发育，已达到性成熟，具备了生理成熟的条件，可以形成花芽、开花结果。

许多研究者对树木阶段发育的研究结果表明，树木阶段性的变化，发生在地上部枝条生长点分生组织细胞内，茎干上不同部位长出的枝条具有不同阶段性的特征。有关根的发育阶段，研究的人还不多。树木地上部分与地下部分生长的对称性是众所周知的，米丘林观察了大量的果树根孽苗所表现的形态特征，认为与实生苗是相似的，它们同样表现为枝上有刺、叶片较小、锯齿明显等。因而他认为从根上长成的根孽苗是从幼年阶段开始发育的，如同种子胚芽长成的实生苗那样。较多研究者支持了这个论点。Passecker(1952 年)用苹果、樱桃、李等为试验材料，研究根的发育阶段时指出，根部也存在着阶段发育的差异。他用根做扦插试验，结果表明，取自靠近根颈的根，处于幼年阶段，易于扦插发根和长枝条；而远离根颈的根则处于成熟阶段，难于发根和长枝条。

营养繁殖树的树体发育阶段分区，要看营养器官取自什么起源、什么发育阶段的母树和部位。取自发育阶段已经成熟的营养繁殖的母树，或实生的成年母树树冠成熟区外围的枝条繁殖的植株，在成活时就具备了开花的潜能，虽然经过一定年限的营养生长才能开花结实，但已形成整株成年区或结果区，已达到性成熟，具备了生理成熟的条件，可以形成花芽、开花结果。利用年轻的实生的幼树或成年植株下部的幼年区的萌条、根孽条繁殖形成的新植株，因其发育阶段同样处于幼年阶段，因此这种营养繁殖树的树体发育阶段分区与成年实生树的相似。

三、生命周期中生长发育的一些特点

1. 离心生长、离心秃裸和树体骨架的形成

当树木个体自小往大生长、分枝逐年形成各级骨干枝、侧枝和小枝，不断扩大营养空间时，往往出现两个现象，一个是离心生长，即树木以根颈为中心，向两端不断扩大空间的生长（包括根的生长）；另一个是离心秃裸，是指在树木骨干部分着生的侧生小枝（须根）因其地位，由于激素影响、营养收不抵支及环境条件恶劣，造成寿命短、枯落死亡，从根颈开始，沿骨干部分由近及远出现光秃的过程。这是树木离心生长过程中，随着枝条不断的延长、分枝，树冠外围的枝量逐渐增多，枝叶生长茂密，造成树体内膛光照条件和营养条件恶化，先期形成的小枝、弱枝，所在位置光合能力下降，得到的养分减少，长势减弱，逐年枯落。离心秃裸的过程，一般先开始于初级骨干枝基部，然后逐级向高级骨干枝部分推进。

树木离心生长的能力因树种和环境条件而异。受遗传影响，每个树种的生长发育都有相应的营养空间，但在不同的环境条件下，受某些因素影响，树木只能长到一定的高度和体积，这说明树木的离心生长是有限的。离心秃裸的主要原因是树体骨干枝及

其侧生部分原有的差异随着离心生长而造成的位置变化。原来的强枝处于高位，枝长、叶量丰富，营养和激素充足，竞争力强，而小侧枝由于环境条件的变化，营养供应与激素分配的不均衡，内膛内、下部的弱小枝条本身叶片的光合能力下降，缺乏营养和激素供应，生长势逐渐下降。因其处于通风透光差和湿度大的环境易生病虫，导致弱小枝条的衰弱、死亡，直至脱落。这种现象随着树木生长点的不断外移而向梢端推进，产生了离心秃裸的现象。因此，树木离心生长在先，离心秃裸在后。此后在离心生长的同时也发生离心秃裸。但不同树种因受遗传性和树体生理以及所处土壤条件的影响，其离心生长、离心秃裸的时间是有差异的。

乔木树种以高位芽和中高位芽分枝生长，如中心干的芽较饱满和具有顶端优势，所获得的养分充足，能抽生较旺盛的枝条，以一年生枝或前一季节形成的顶芽萌动、抽枝进行离心生长，成为主干的延长枝。几个侧芽斜向生长，强者成为主枝。第二年又由中心干部的芽抽生延长枝和第二层主枝。第一层主枝先端芽抽生主枝延长枝和若干长势不等的侧枝，在树体扩展的阶段内，每年都以相应的方式分枝生长，主枝上部较粗壮的侧枝随着年龄的增长，有些发展成为次一级的骨干枝；而下部芽所抽生弱小的枝条伸长生长停止较早，节间也短，叶量不足，衰弱、死亡，直至脱落。因此乔木树种从整个树体来看，在生长发育过程中有较长离心生长时期。灌木树种以基部萌蘖芽和中高位芽分枝生长形成树冠。基部萌蘖芽所获得的养分充足，能抽生较旺盛的枝条，形成丛生的主枝。枝条中高位的芽较饱满，具有一定的顶端优势，以一年生枝或前一季节形成的顶芽萌动、抽枝进行离心生长，成为主枝的延长枝、侧枝，但扩展时间短，主枝上的侧枝随着年龄的增长，长势渐弱，枝条节间也短，叶面积量不足，衰老直至死亡。因此灌木树种从整个树体生长来看，在生长发育过程中离心生长时间很短，伴随而来基部萌蘖更新。当然，树木离心生长还取决于树种或品种特性、植株年龄、层次、在树冠上的位置以及生长条件和栽培技术等。

2. 树木主侧枝周期性更替

树木受遗传性和树体生理以及环境条件的影响，其根系和树冠只能达到一定的大小和范围。树木由于离心生长与离心秃裸，地上部大量的枝芽生长点及其产生的叶、花果都集中在树冠外围（结果树处于盛果期），造成主枝、侧枝的枝端重心外移，分枝角度开张，枝条弯曲下垂，先端的顶端优势消失，离心生长减弱。由于失去顶端优势的控制，导致在主枝弯曲高位处附近潜伏芽、不定芽萌发生长成直立旺盛的徒长枝，以替代先端的生长，形成新的主枝，徒长枝仍按离心生长和离心秃裸的规律向树冠外围生长形成新的树冠，全树在生长过程中逐渐由许多徒长枝替代老主枝，形成树冠新的组成部分。但是新形成的部分多是徒长枝，侧枝少，在整体树冠叶枝量大、光合作用能力下降、无机营养恶化的条件下，这类枝条往往达不到原有树冠的分布高度。当随着时间的延长达到

树冠外围枝条分布区以后，枝条先端下垂，顶端优势下降，生长减弱，再次造成枝条的更替，这种枝条的更替往往出现多次，形成周期。作为树体，其主侧枝周期性更替规律是不变的，但更替的周期长短、枝条生长的好坏常常受到很多因素的影响，如光合作用条件、水分养分状态、离心生长能力等。从一些现象看，有时侧枝的生长甚至超过主枝的生长范围和时间。总体上看，在自然状态下，更替枝条的生长空间随树冠枝量增加而逐渐缩小，并导致主侧枝更替的周期越来越短，形成衰弱式更替。

3. 树木的向心更新和向心枯亡

当树木失去顶端优势的控制，整个树体在老化，在土壤无机营养恶化、树木生理状况衰老的条件下，枝条衰老枯死的现象从高级骨干枝逐渐向初级骨干枝转移，这种由冠外向内膛，由顶部向下部，直至根颈进行的逐渐衰老枯死的现象称为“向心枯亡”。而出现先端衰弱、枝条开张“向心枯亡”后引起树体顶端优势部位下移即在枯死部位下部又可萌生新徒长枝来更新。这种更新的发生，一般是由冠外向内膛，由顶部向下部，直至根颈进行的，故叫“向心更新”。“向心枯亡”和“向心更新”在树体老化上是一对相关的现象，有些树种先出现枝条衰老枯死，后萌生新徒长枝来更新；有些树种先出现枝条衰老，衰老枝条下部开始萌生新徒长枝，然后逐渐上部枝条因养分不足枯死。这种现象主要发生在有潜伏芽和不定芽的树种里，可以通过修剪、施肥、浇水等措施更新复壮。没有潜伏芽和不定芽或潜伏芽寿命短的树种没有这种现象。

以上树木的“离心生长”与“离心秃裸”、树木主侧枝周期性更替、“向心枯亡”与“向心更新”导致树木在生长、衰老过程中出现不同的体态变化（图 1-4）。树木离心生

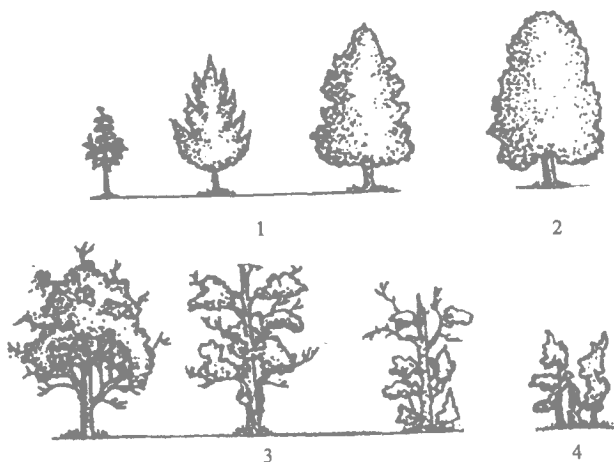


图 1-4 （具中干）树木生命周期的体态变化（引自陈有民《园林树木学》1990）

1. 幼、青年期 2. 壮年期 3. 衰老更新期 4. 第二轮更新期

长持续的时间、离心秃裸的快慢、向心更新的特点等与树种、环境条件及栽培技术有关。在乔木树种中，凡无潜伏芽或潜伏芽寿命短的只有离心生长和离心秃裸，没有或几乎没有向心更新，如松树、桃树等；只有顶芽而无侧芽者，只有顶芽延伸的离心生长，而无离心秃裸，更无向心更新，如棕榈等。竹类多为无性繁殖，绝大多数种类几十天内可以达到个体生长的最大高度。成竹以后虽然也有短枝和叶片的更新，但没有离心生长、离心秃裸和向心更新的现象。灌木离心生长时间短，地上部枝条衰亡较快，向心更新不明显。多以干基萌条和根蘖条更新为主。多数藤木的离心生长较快，主蔓的基部易光秃，其更新与乔木相似，有些则与灌木相似，也有介于二者之间的类型。

根颈的萌生枝条可像小树一样进行离心生长和离心秃裸，并按上述规律进行第二轮的生长与更新。有些实生树也能进行多次这种循环的更新，但树冠一次比一次矮小，甚至死亡。根系也会发生类似的枯死与更新，但发生较晚。由于受土壤条件影响较大，周期更替不那么规则，在更新过程中常有一些大根出现间歇死亡现象。

四、树木的幼年特征与衰老特征

树木的一生中，经历了复杂的生理和形态变化，主要在树木生长发育的早期和晚期有着差异不同的变化。早期明显的变化是幼年阶段转变为成熟阶段出现相对突然的和不可预测的形态、生理变化；进入成熟期后，随着树龄的增加，树体的增大及器官、结构的复杂性，树木的生长和生理代谢逐渐减弱，并逐渐在形态上出现衰老的性状。

1. 树木幼年特征及养护控制措施

随着种子的萌发生长，树木因其遗传特性，可保持不同年份的幼年生长，然后才能进入成年阶段。幼年期与成年期有着较明显的形态区别，幼年期一般不开花，而且一些树木幼年期还具有叶形、叶的结构、叶序、叶保持性、刺的有无、插条生根难易等形态的特点。

兰桉的幼年树及萌生条上的叶子为无柄椭圆钝尖叶，对生于枝条上，成年树叶片为披针形叶片，互生于枝条上，叶柄长 1~3cm。

砂地柏幼年苗木上着生刺形叶，成熟树着生鳞形叶。

洋常春藤的幼年苗木上着生的叶片有浅裂，并有气生根，成年期的叶片为全缘叶，无气生根。

一些树木的树体处于不同阶段发生的枝条，反映出不同的年龄阶段，如兰桉、砂地柏成熟树的基部萌条依然呈现幼年期叶片；成熟的刺槐、光叶石楠基部萌生枝条有刺，而树上枝条无刺。

一些树木幼年期的叶片在冬天还保持叶片枯萎而不脱落的现象，如板栗、栓皮栎等壳叶科树种。

很多树种在幼年期的枝条，扦插、压条的生根成活效果较好，而成熟期的枝条，其扦插繁殖成活率下降。如水杉、池杉类，一年生幼树扦插的成活率最高，随着年龄的增大，

生根越难。即使在同一株树上，树体下部幼年区的萌生枝条具有扦插、压条成活率高，虽然下部生长年龄长，但萌生枝条为幼年阶段；树冠外围的枝条虽然生长年龄短，但处于成熟阶段，可开花结实，而扦插质量不及树体下部幼年区的萌生枝条。故有“干龄老，阶段幼；枝龄小、阶段老”的特点。

树木的生长是从幼年期向成熟转化，因为受树木遗传控制，由小向大，由幼年到成年的变化，是不可逆转的变化，只不过这个时间的长短不同而已。针对不同的树种，人们栽培目的不同，因此对幼年期长短的要求不同。

很多专家在花木培育中，采取一些控制环境的方法，缩短幼年期，促进提早开花，如利用扩大叶面积促进有机物质积累、蛋白质形成和基因活化，达到具有开花的能力，以缩短树木的幼年期生长。如日本落叶松在正常的条件下，需要 10~15 年时间才能开花，但在温室中采取连续长日照的条件下，仅 4 年即开花。

为了延长树木的旺盛生长，使树体营养生长量大，除了延长幼年期外，也可采取其他措施。可以通过重修剪，将其修剪到幼年期，促进营养生长；采用嫁接方法，将成年枝条接在幼年砧木上，利用砧木影响接穗青年化，有利营养生长；也可用生理活性物质赤霉素的施用使成年植株向幼年状态转化，如用赤霉素诱导洋常春藤从成年向年轻化转化，为了保持植株的成年形态的稳定，也可采取脱落酸、乙烯剂等抑制赤霉素的生物形成。

2. 树木衰老特征及控制措施

虽然树木在生长发育过程中最终都将进入衰老，并死亡，但每个树种由遗传因素决定其寿命差异很大，桃树为 20 多年，而栎类树木 200~500 年仍可健壮生长，很多裸子植物的寿命可达数千年，如我国很多寺院的松、柏、杉、银杏等。

虽然各种树木的衰老速度不同，但都具有共同衰老的标志，即当树木生长在其遗传特性、环境条件所控制的范围下，形成复杂的分枝系统，出现树木的代谢降低、营养和生殖生长逐渐减少，顶端优势下降，枯枝增多，衰老特征随着变化而逐渐显现。

树体营养生长与生殖生长的矛盾，对水分、养分的需求与土壤状况的矛盾是导致树体衰老的主要原因。随着生殖生长大于营养生长，造成了树体营养生产积累小于消耗，收不抵支，由于土壤环境的恶化，难以满足树体进行光合生产所需的水、养分，出现枝条生长量逐渐减少，树木枝茎的加粗生长也逐渐减少，年轮变窄，这都是树木衰老的征兆，如果不采取措施，将继续衰老并死亡，应协调树木的生理活动，以恢复树木生长，缓解树体的衰老。

树木进入成年后，每一年生长都存在着新梢的生长、新芽的形成、花芽分化、开花及果实发育的对立统一关系，其中在营养物质的竞争中，营养物质往往优先分配给发育中的树木的果实、种子，这是自然界植物的共性，但却造成其他器官生长发育受到抑制。由于营养供给不足，即会出现树体通过落花落果进行自我协调，在这时，一些营养器官

的生长已受到抑制。根系、枝叶是营养物质的合成基地，是树木生长、结实、长寿的保证。根系弱了，减少树木对水分、矿物质的吸收能力，新梢的生长减弱造成植物的光合产物不足，有时衰老树木的叶面积虽然比较恒定，但其总光合产物却略为降低，而呼吸作用的能量消耗明显增加。而且随着树木从根到枝干距离的增加，有机物、水分、矿物质和激素运输的困难也增加。运输器官的衰老，造成某些叶、枝的水分严重亏缺，导致死亡，树体中酶的活性下降是导致树体代谢速率全面下降、树势衰退的因素。树势衰老，导致病、虫群体的增加，使树木的抗性、长势越来越弱。

为了延长树木的寿命，使其在园林绿化中发挥绿化、美化的作用，必须在生长中采取措施进行调整，促发新芽、新枝的生长，实现局部复壮的目的。可以通过土壤的深翻熟化、水肥管理、修剪根系来促进根系的再生，增强树木吸收水分、矿物质的能力，为树体光合产物生产创造条件。对树木进行修剪、疏花疏果，减少营养物质消耗，通过回缩修剪，缩短树体枝叶与根系之间的运输距离，并利用植物生长调节剂促进局部营养器官的生长，促进树体更新复壮。老树在生长中易出现衰老现象，但在某些因素的改变时是可逆的，如杉木、栎树、悬铃木、泡桐等经过数代无性繁殖，仍有顽强的复生能力，经过营养生长达到复壮。但利用修剪恢复更新复壮，一年生枝的萌芽能力高于二年生枝，二年生枝则高于多年生枝，年龄愈大的，恢复状况愈差，因此对树木的衰老进行复壮的养护管理须在每年的养护中进行，而不能等到树体衰老后再进行，那将相对困难些。

第二节 树木的年周期

树木每年随着环境（气候因素：如水、热状况等）的周期变化，在形态和生理上产生与之相适应的规律性生长发育变化，称为树木的年生长发育周期，简称树木的年周期。树木在一年中，随着气候的季节性变化而发生相应的形态规律性变化，这种与之相适应的树木器官的动态时期称为生物气候学时期，简称物候期；而发生相应的形态（萌芽、抽枝、展叶、开花、结实及落叶、休眠等）规律性变化的现象，称之为物候；由于物候现象使植物与群体在不同季节呈现出不同的外貌特征称为季相。通过物候认识树木每年随环境的周期变化而进行的生长活动，抓住生理机能与形态发生的节律性变化及其与自然季节变化之间的规律，服务于园林树木的栽植与养护。年周期是生命周期的组成部分，物候期则是年周期的组成部分。了解树木的年生长发育规律对于园林设计、园林树木的栽植与养护管理具有十分重要的意义。

一、树木的物候

1. 物候的形成与应用

对物候观测及应用，我国已有 3 000 多年的历史。东周的《吕氏春秋十二纪》已开

始对物候有所了解，进行观测，并在气象历史上逐渐出现反映物候现象的“二十四节气”还有冬季的“数九”、夏季的“三伏”等以及各种有关的谚语。通过植物的物候现象反映气候和季节，并首先在农业、林业等行业上应用，如“枣芽发，种棉花”。北魏贾思勰的《齐民要术》一书记述了通过物候观察，了解树木的生物学和生态学特性，并将其直接用于农、林业生产的情况。该书在“种谷”的适宜季节中写到：“二月上旬及麻菩杨生，种者为上时，三月上旬及清明节桃始花为中时，四月中旬及枣叶生、桑花落为下时。”我国从1962年起，由中国科学院组织全国物候观察，掌握物候变动的周期，为长期天气预报提供依据。利用物候预报农时，比节令、平均温度和积温准确。因为节令的日期是固定的，温度虽能测量出来，但对于季节的迟早尚无法直接表示。积温表示各种季节冷暖之差需要经过农事验证，物候的数据是从活的生物上得来的，能准确反映气候的综合变化，用来预报农时就很简单，而且方法简单。树木物候观测记载的项目可根据工作要求确定，并应重复1~2次(表1-1)。物候除了作为指导农林生产和制定经营措施的依据，也有利于旅游业的发展。如春天的“孤山探梅”、“桃花节”、“牡丹节”、“樱花节”及秋天的“赏红叶”等，都给一些旅游景点创造了经济效益。

表 1-1 树木物候观测记录

名 称		树木年龄	
观测地点		生态环境	
地 形		同生植物	
一、萌动期	树液开始流动期	芽开始膨大期	芽开放期
二、展叶期	开始展叶期	展叶盛期	全部展叶期
三、新梢生长期	春梢开始生长期	春梢停止生长期	夏梢开始生长期
	夏梢停止生长期	秋梢开始生长期	秋梢停止生长期
四、开花期	花蕾或花序出现期	开花始期	开花盛期
	开花末期	二次开花期	
五、果熟期	果实初熟期	果实盛熟期	果实全熟期
六、果落期	果实初落期	果实盛落期	果实全落期
七、叶变色期	叶开始变色期	叶变色盛期	叶全部变色期
八、落叶期	开始落叶期	落叶盛期	落叶末期

由于树木的物候能够反映出在不同的环境条件下而发生相应的形态（萌芽、抽枝、展叶、开花、结实及落叶、休眠等）规律性变化的现象，常表现为量的变化，或从一种形态变化到另一种形态，都可以从物候反映出来。因此，在园林绿化中，通过物候观察，不但可以研究树木随气候变化而变化的规律，为树木的利用提供依据，而且可以了解它们在不同物候期中，姿态、色泽等景观效果的季节性变化，为园林设计提供依据。更重要的是通过物候观察可为树木栽培的周年管理，如移栽定植、嫁接补枝、整形修剪以及灌溉施肥等提供依据。

2. 树木的物候特性及影响物候变化的因素

(1) 树木的物候特性

树木的物候具有一定的连续性和顺序性。树木每年随着环境的周期变化，在一定营养物质的基础上与必需的生态因素相互作用，通过内部生理活动进行着物质交换与新陈代谢，推动其生长发育的进程。树种每一个物候出现时，既是前一个物候的继续，同时又成为下一个物候的基础，为下一个物候的到来做好了准备，反映出物候的连续性。然而不同树种，甚至不同品种，物候先后出现的顺序是不同的。如梅花、腊梅、紫荆、玉兰等为先花后叶型；而紫薇、木槿等则是先叶后花型，即树木器官的动态变化具有顺序性。树木的物候具有的连续性和顺序性受树种的遗传控制。

树木的物候具有重演性。很多树种的一些物候现象一年中只出现一次，由于环境条件而出现非节律性变化，如灾害性的因子与人为因子的影响，可能造成器官发育的中止或异常，使一些树种的物候在一年中出现非正常的重复，病虫害、高温干旱、去叶施肥等都可能造成多次抽梢、开花、结果和落叶，如有些树种的再度开花：桃、海棠、梨、苹果、连翘、丁香等一年早春一次开花的树种，由于某些原因在秋季再次开花。有些前期生长型的树种出现二次抽枝，如松树一类在夏秋出现二次枝条生长的现象。这种由于环境条件的非节律性变化而造成的重演性往往对绿化树木的生长不利。

树木各个物候可交错重叠，高峰相互错开。由于树木各器官的形成、生长和发育习性不同，不同器官的同名物候期不一定同时通过，具有重叠交错出现的特点。如同是生长期，根和新梢开始或停止生长的时间并不相同。根的萌动期一般早于芽的萌动。同时，根与梢的生长有交替进行的规律。有些树种可以同时进入不同的物候期，如油茶可以同时进入果实成熟期和开花期，人们称之为“抱子怀胎”。但新梢生长、果实发育与花芽分化等物候高峰期是交错进行，如金柑的物候期也是多次抽梢、多次结果交错重叠进行的。

(2) 影响树木物候变化的因素。每年春、夏、秋、冬四季有规律地周期性重复出现。由于树木长期适应每年气候的这种节律性变化，形成了与此相适应的物候特性与生育节律。从春到冬随着季节的推移，树木也相应地表现出明显不同的物候相。树木每年

周而复始地发芽长叶、开花结实、落叶，以休眠状态度过冬季。树木的物候期主要与温度有关。每一物候变化都需要一定的温度量。以刺槐为例，在南京地区日平均温度 8.9°C 时叶芽开放， 11.8°C 开始展叶， 17.3°C 始花， 27.4°C 荚果初熟， 18°C 叶开始变色， 10.5°C 叶全落。一些因素由于温度的原因影响树木物候的变化：

树种不同，物候变化不同 不同树种的遗传特性不同，物候先后出现的顺序是不同的。有些树种，如柳树发芽早，落叶晚，生长活动超出生长季以外；黄檀要到立夏后才萌动，人们称它为“不知春”，生长期较短而休眠期较长。又如梅花、腊梅、紫荆、玉兰等为先花后叶型，在早春开花；而紫薇、木槿等则是先叶后花型，在夏季开花；桂花、糯米条虽然是先叶后花型，但开花在秋季。在树种搭配上，可利用这种物候的差异达到三季有花的效果。

品种不同，物候变化有差异 在人为作用下，使得品种间的遗传特性不但在形态上有差异，而且在物候变化上也不同，少量品种物候差异大些，如桂花中的四季桂、日香桂一年可多次开花，而不是仅在 8 月开花。大多数品种物候差异小，在同一个物候内相差若干天数，如碧桃、牡丹等，有早花品种、中花品种、晚花品种，这在园林中多用在延长花期。

地区不同，物候变化有差异 同树种、品种的树木，物候阶段受当地温度的影响，而温度的周期变化又受制于不同地区的地理纬度、经度。根据美国物候学家霍普金斯 (A. D. Hopkins) 物候定律 每向北移动纬度 1° 向东移动经度 5° ，植物的物候阶段在春天和初夏将各延迟 4 天；在秋天则相反，都要提早 4 天。我国地处亚洲的东部，属大陆性气候，南北物候的差异有自己的特点。在我国东南部，从广东沿海直至福州、赣州一带 南北相距 5 个纬度 物候相差 50 天，即每一纬度相差达 10 天。该区往北，情况就比较复杂。如北京与南京纬度相差约 7° ，在三四月间桃李始花，物候先后相差 19 天，但四五月间柳絮飞落和刺槐盛花时，南北物候相差只有 9~10 天。其主要原因在于我国冬季南北温度相差很大，而夏季则相差很小。如 3 月份南京平均温度比北京高 3.6°C ，而 4 月份两地平均温度只差 0.7°C ，5 月份则两地温度几乎相等。物候的东西差异，受气候条件的影响，凡大陆性强的地方，冬季严寒而夏季酷热；反之，凡海洋性强的地方，则冬春较冷，夏秋较热。因此我国各种树木的始花期，内陆地区早，近海地区迟，推迟的天数由春季到夏季逐渐减少。据宛敏渭研究，仁寿与杭州在同一纬度，经度相差 16° 仁寿刺槐盛花期 (4 月 9 日) 比杭州 (5 月 1 日) 早 22 天，经度平均每差 1° ，由西向东延迟 1.4 天。初春洛阳的迎春始花期 (2 月 22 日) 比盐城 (3 月 3 日) 早 12 天，平均经度每差 1° ，迎春始花期由西向东延迟 1.5 天。初夏洛阳的刺槐盛花期 (4 月 28 日) 比盐城 (5 月 6 日) 早 9 天，平均经度每差 1° 由西向东延迟 1.1 天。

根据以上所述，春季随着太阳北移，低纬度、西部地区物候早于高纬度、东部地区，

秋季随着太阳南移、西北风刮起,低纬度、东部地区物候晚于高纬度、西部地区。

海拔不同,物候变化有差异 一个地区如果有很大的地形起伏,海拔高度差异大,每当海拔上升 100m,植物的物候阶段在春天延迟 4 天;夏季树木的开花期每上升 100m 约延迟 1~2 天。例如,西安在洛阳的西部,纬度基本相同,经度约相差 3°,但海拔高度比洛阳高 280m,西安的紫荆始花期比洛阳迟 13 天,即海拔高度每上升 100m,春季紫荆的始花期约延迟 4 天;到了夏季,西安刺槐盛花期比洛阳迟 5 天,即高度每上升 100m,刺槐的盛花期延迟 1.8 天。在秋天则相反,却要提早 4 天。因此春季开花的物候低处早于高处,秋季落叶高处早于低处。所以,出现了唐代白居易的佳句“人间四月芳菲尽,山寺桃花始盛开”。

年份不同,物候变化有差异 虽然,一个地区的气候年变化有着周期性变化规律,有一个平均年变化曲线,但每一年的气候变化(如气温、湿度、降水等)都会有很大差异,这种年际间温度的变化,必然会影响到物候期的提早或推迟。如北京春季开花时间通常与 3 月平均温度有关,与 4 月的最高温度有关,也有人认为与开花前 40 天的平均温度有关,如榆叶梅一般在北京 4 月中旬前后开花,而 2002 年则 3 月下旬开花。

⑥ **树木年龄不同,物候变化有差异** 树木的不同年龄时期,同名物候期出现的早晚也有不同。一般成年树木,春天萌动早,秋天落叶早;幼小树木,春天萌动晚,秋天落叶迟,两者物候期明显不同。

⑦ **部位不同,物候变化有差异** 同一地区受地形影响,不同部位小气候的差异,造成物候的差异。春季阳坡树木开花早于阴坡,秋季阴坡树木落叶早于阳坡。

⑧ **栽培技术措施不同,物候变化有差异** 树木物候早晚还受栽培技术措施的影响。园林树木栽培中的施肥、灌水、防寒、病虫害防治及修剪等土壤与树体管理措施,都会影响树木生理活动,导致树木物候变化差异。土壤化冻时灌解冻水促进土壤化冻升温,有促进树木萌动作用;树干涂白、土壤化冻后灌水会使春天增温减缓而推迟树木萌芽和开花;花前的修剪对树木的花期有延长作用;夏季的强度修剪和多施氮肥,可推迟树木落叶和休眠;应用生长调节剂(如生长素、细胞分裂素、生长抑制剂和微量元素等)可控制树木休眠。

二、树木的物候期

外界环境条件的周期变化,使树木发生与之相适应的形态和生理机能变化的能力。不同树种或品种对环境的反应不同,因而在物候进程上也有很大的差异。差异最大的是落叶树种和常绿树种两类。

1. 落叶树的物候期

温带地区的气候,在一年中有明显的四季,而作为落叶树种对气候相对应的物候季相变化尤为明显,一年中有两个最明显的物候特征期,称为生长和休眠两大物候期。从

春季开始进入萌芽生长后至秋季落叶前，为生长期。树木在整个生长期中都处于生长阶段，表现为营养生长和生殖生长两个方面。到了冬季为适应低温和不利的的环境条件，树木处于休眠状态，为休眠期。在生长期与休眠期之间又各有一个过渡期，即从生长转入休眠的落叶期和由休眠转入生长的萌芽期，历时虽短，但很重要。在这两个时期中，某些树木的抗寒、抗旱性与变动较大的外界条件之间，常出现不相适应而发生危害的情况。

(1) 休眠转入生长期（萌芽期）这一时期处于树木将要萌芽前，即当日平均气温稳定在 3°C 以上时，芽开始萌动膨大，经芽的开放到叶展出为止。树木休眠的解除，通常以芽的萌发作为休眠期转入生长期的形态标志，而生理活动则更早。树木由休眠转入生长，要求一定的温度（北方树种，当气温稳定在 3°C 以上时，经一定积温后，芽开始膨大。南方树种芽膨大要求的积温较高）、水分和营养物质。当有适合的温度和水分时，经一定时间，树液开始流动，根系加大活动，有些树种（如核桃、葡萄等）会出现明显的“伤流”。春季开花的树种，花芽膨大所需积温比叶芽低。树体贮存养分充足时，芽膨大较早。此时气温上升符合树木的生长，发芽整齐，进入生长期也快。树木在此期由于营养物质转化，抗寒能力降低，是树木易受冻害的时候，一旦降温，萌动的芽和枝干易受寒害，可通过灌水、涂白、施用 B9 和青鲜素（MH）等生长调节剂，延缓芽的开放。在晚霜发生之前，对已开花展叶的树木根外喷洒磷酸二氢钾等，提高花、叶的细胞液浓度，增强抗寒能力。

(2) 生长期 在芽萌动之后，幼叶初展至叶柄形成离层、树体开始自然落叶之前为生长期。这是全年最长的时期，也是树木物候变化最大、最多的时期，反映着物候变化的连续性和顺序性，同时显示各树种的遗传特性。树木随季节变化，会发生极为明显的变化，如萌芽、抽枝展叶或开花、结果。由于遗传性和生态适应性的不同，其生长期的长短、各器官生长发育的顺序、各物候期开始的迟早和持续时间的长短不同。各种树木由于遗传性不同，物候顺序有较大的差异，即使是同一树种各个器官生长发育的顺序也有不同。主要反映在地下部与地上部活动先后的顺序、展叶与开花的顺序、花芽分化与新梢生长的顺序、果实发育与新梢生长的关系，如有的先萌花芽，而后展叶，也有的先萌叶芽，抽枝展叶，而后形成花芽并开花。

树木生长期是园林树木的光合同化时期，也是其生态效益与观赏功能发挥得最好时期，也是最需要帮助的时期，对树木的生长发育和发挥功能效益都有极大的影响。人们根据树木生长期中各个物候、各器官生长发育的特点进行栽培，才能取得预期的效果。

(3) 生长期转入休眠期（落叶期）落叶期从叶柄开始形成离层，至叶片落尽或完全失绿为止。秋季叶片自然脱落是生长期结束并将进入休眠的形态标志，说明树木已做

好了越冬的准备。在自然落叶前，新梢必须经过组织成熟过程，才能顺利越冬。秋季日照变短、气温的降低是导致树木落叶、进入休眠的主要因素。落叶前对叶片的组织和生理活动产生一系列的影响，如光合作用和呼吸作用的减弱，叶绿素的分解、叶片中的养分转移到枝条、茎秆、根系中，最后叶柄基部形成离层而脱落。随着气温的降低，树体细胞内脂肪和单宁物质增加，细胞液浓度和原生质粘度增加，原生质膜形成拟脂层、透性降低等，有利于树木抗寒越冬。

过早落叶影响树体营养物质的生产、积累和组织的成熟，干旱、水涝、病害等会造成早期落叶，甚至引起再次生长，危害很大；该落叶时不落叶，树木还没有做好越冬准备，物质运输未完成，树体还未达到休眠状态，容易遭受秋季早霜的危害，发生冻害和枯梢。在华北，常见秋季温暖时，树木推迟落叶而被突然袭来的寒潮冻死，树体的营养物质来不及转化贮藏，必然对翌年树木的生长和开花结果带来不利影响。

皮层和木质部进入休眠早，形成层最迟，故初冬遇寒流形成层易受冻。地上部主枝、主干进入休眠较晚，而以根颈最晚，故易受冻害。不同年龄的树木进入休眠早晚不同，幼龄树比成年树进入休眠迟。刚进入休眠的树，处在初休眠（浅休眠）状态，耐寒力还不强，遇间断回暖会使休眠逆转，突然降温常遭冻害。

在树木栽植与养护中，应该抓住树木落叶物候期的生理特点，在生长后期停止施用氮肥，不要过多灌水，并多施磷、钾肥等，促进组织成熟，增加树体的抗寒性。在大量落叶时进行树木移栽可使伤口在年前愈合，第二年早发根、早生长。在落叶期开始时，对树干涂白、包裹和根颈部培土等，可防止形成层冻害。

(4) 休眠期 休眠期是从秋季叶落尽或完全变色至次春树液流动、芽开始膨大为止的时期。树木休眠是在进化中为适应不良环境，如低温、高温、干旱等所表现出来的一种特性。正常的休眠有冬季、旱季和夏季休眠。树木夏季休眠一般只是某些器官的活动被迫休止，而不是表现为落叶。温带、亚热带的落叶树休眠，主要是对冬季低温所形成的适应性。休眠期是相对生长期而言的一个概念。从树体外部观察，没有任何生长发育的表现，但体内仍进行着各种生命活动，如呼吸、蒸腾、芽的分化、根的吸收、养分合成和转化等。这些活动只是进行得较微弱和缓慢而已，地下部的根系在适宜的情况下可能有微小的生长，所以确切地说，休眠只是个相对概念。因此休眠是生长发育暂时停顿的状态。

落叶休眠是温带树木在进化过程中对冬季低温环境形成的一种适应性。如果没有这种特性，正在生长着的幼嫩组织，就会受早霜的危害，并难以越冬而死亡。根据休眠期的生态表现和生理活动特性，可分为自然休眠和被迫休眠。

自然休眠 又称深休眠或熟休眠，是由于树木生理过程所引起的或由树木遗传性所决定的。落叶树木进入自然休眠后，要在一定的低温条件下经过一段时间后才能

结束。在未通过自然休眠时，即使给予适合树体生长的外界条件，也不能萌芽生长。大体上，原产寒温带的落叶树，通过自然休眠期要求 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的一定累积时数的温度；原产暖温带的落叶树木，通过自然休眠期所需的温度稍高，约在 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 条件下一定的累积时数，具体还因树种、品种、生态类型、树龄、不同器官和组织而异。一般原产温带冬暖地区的树种，早春发芽的迟早与生理休眠期的长短有密切的关系。原产温带中北部寒冷地区的树种，其早春发芽的迟早与被迫休眠期长短，即低温期长短有关。不同树龄的树木进入休眠的早晚不同，一般幼年树进入休眠晚于成年树，这与幼树生活力强、活跃的分生组织比例大、表现出生长优势有关。树木的不同器官和组织进入休眠期的早晚也不一致，一般小枝、细弱枝形成的芽比主干、主枝休眠早，根颈部进入休眠晚，但解除休眠最早，故易受冻害。花芽比叶芽休眠早，萌发也早，同是花芽，顶花芽又比腋花芽早萌发。同一枝条的不同组织进入休眠期的时间不同，皮层和木质部较早，形成层最迟，所以进入初冬遇到严寒低温，形成层部分最易受冻害。然而，一旦形成层进入休眠后，比木质部和皮层的抗寒能力还强，隆冬树体的冻害多发生在木质部。柿、栗、葡萄开始休眠后随即转入自然休眠期；而梨、桃、醋栗进入深度自然休眠期较晚且休眠的程度浅。柿、栗和葡萄于 9 月下旬至 10 月下旬开始休眠，桃为 10 月下旬至 11 月上旬 梨和醋栗是 10 月，苹果始于 10 月中旬至 11 月上旬。

冬季低温不足，会引起萌芽或开花参差不齐。北树南移，常因冬季低温不足，表现为花芽发育不良，次年发芽延迟，开花不正常，或虽开花而不能结果，易脱落，或新梢的节间短，叶片呈莲座状在新梢上着生等现象。

②被迫休眠 落叶树木在通过自然休眠后，已经开始或完成了生长所需的准备，但因外界条件不适宜，使芽不能萌发而呈休眠状态。一旦条件合适，就会开始生长。此时如遇一段连续暖和天气，易引起树体活动和生长，再遇气温下降，易受冻害。树木在被迫休眠期间如遇回暖天气，可能开始活动，但如果又遇寒潮，易遭早春寒潮和晚霜的危害，如核果类树种的花芽冻害的现象，苹果幼树遭受低温、干旱而抽条的现象等。因此，在某些地区应采取延迟萌芽的措施，如树干涂白、灌水等使树体避免受到危害。冬春干旱的地区，灌水可延迟花期，减轻晚霜危害。

了解不同树种、品种通过生理休眠期需要的低温量和时间的长短，对品种区域化和引种等工作都具有重要的参考价值。

休眠期是树木生命活动最微弱的时期，在此期间栽植树木有利于成活；对衰弱树进行深挖切根有利于根系更新而促进下一个生长季的生长。因此，树木休眠期的开始和结束，对园林树木的栽植和养护有着重要的影响。根据栽培实践的需要，可以从两个方面考虑，一是提早或推迟进入休眠；二是提早或延迟解除休眠。这样，可以延长光合作用，延长营养生长期，或可以推迟次年萌芽和开花物候期，免遭冻害。对于幼树则需采

取措施，提早或适时结束生长，避免冬春冻害。

2. 常绿树的物候特点

常绿树的特点就是叶的寿命较长，多在一年以上至多年，每年仅仅脱落部分老叶，又能增生新叶，因此全树终年连续有绿叶存在。而且不同树种，叶片脱落的叶龄也不同，常绿针叶树类：松属针叶可存活 2~5 年，冷杉的叶可活 3~10 年，紫杉叶存活高达 6~10 年。它们的老叶多在冬春之际脱落，刮风天尤甚。常绿阔叶树的老叶，多在萌芽展叶前后逐渐脱落。常绿树的落叶，主要是失去正常生理机能的老化叶片、新老叶片交替的生理现象。常绿树中不同树种，乃至同一树种不同年龄和不同的气候区，物候进程也有很大的差异。生长在北方的常绿针叶树，如油松每年发枝一次，松属树木在春季先长枝，后长针叶，其果实的发育有些是跨年的。热带亚热带的常绿阔叶树木，其各器官的物候动态表现极为复杂。各种树木的物候差别很大，难以归纳，如马尾松分布的南带，一年抽二三次新梢而在北带则只抽一次新梢，幼龄油茶一年可抽春、夏、秋梢而成年油茶一般只抽春梢。又如柑橘类的物候，大体分为萌芽、开花、枝条生长、果实发育成熟、花芽分化、根系生长、相对休眠等物候期，其物候项目与落叶树似乎无多大差别，而实际进程不同。如一年中可多次抽生新梢（如春梢、夏梢、秋梢），各次梢间有相当的间隔。有的树种一年可多次开花结果，如柠檬、四季橘等。有的树种甚至抽一次梢结一次果，如金柑，而四季桂和日香桂则可常年开花。有的树种同一棵树同时有开花、抽梢、结果、花芽分化等物候期重叠交错的现象，如油茶。有的树种，果实生长期很长，如伏令夏橙春季开花，到第二年春末果实才成熟；金桂秋天（9~10 月）开花，第二年春天果实成熟。有些树木的果实发育期很长，常跨年才能成熟，如红花油茶的果实生长成熟要跨两年。

在赤道附近的热带雨林中年无四季，终年有雨，全年可生长而无休眠期，但也有生长节奏表现。在离赤道稍远的季雨林地区，因有明显的干、湿季，多数树木在雨季生长和开花，在干季落叶，因高温干旱而被迫休眠。在热带高海拔地区的常绿阔叶树，也受低温影响而被迫休眠。

三、园林树木物候观测法

1. 观测的目的

园林树木的物候观测，主要有以下的目的：

- (1) 掌握树木的季相变化，为园林树木种植设计选配树种，提供四季景观依据。
- (2) 为园林树木栽培提供生物学依据，以此确定栽植季节及树木周年养护管理措施。

2. 观测注意事项

- (1) 观测目标与地点的选定 在进行物候观测前，按照以下原则选定观测目标或观

测点。

按规定的树种从露地栽培或野生树木中，选具有代表性的、生长发育正常的树木。在同地同种树有许多株时，宜选 3~5 株作为观测对象。观测植株选定后，应作好标记，并记载当地环境状况，绘制平面位置图存档。

(2) 观测时间与方法 常年进行，可根据观测目的要求和项目特点，以不失数据为前提，来决定间隔时间的长短。那些变化快要求细的项目须每天观测或隔日观测。冬季深休眠期可停止观测。选向阳面的枝条的上部枝（因物候表现较早）。高树顶部不易看清，宜用望远镜或高枝剪剪下小枝观察，无条件时可观察下部的外围枝。应靠近植株观察各发育期，不可远站估计进行判断。

(3) 观测记录 物候观测应随看随记，不应凭记忆，事后补记。

(4) 观测人员 物候观测须选责任心强的专人负责。人员要固定，专职观测者因故不能坚持者，应经培训的后备人员接替，不可中断。不能轮流值班式观测。

(5) 园林树木物候观测项目 针对观测对象，要首先了解树木的生长发育习性，项目制定要细致。如萌芽期、树木由休眠转入生长的标志。

芽膨大始期 具鳞芽者，当芽鳞开始分离，侧面显露出浅色的线形或角形时，为芽膨大始期 具裸芽者 如枫杨、山核桃等 不记芽膨大期）

芽开放（绽）期或显蕾期（花蕾或花序出现期）树木之鳞芽，当鳞片裂开，芽顶部出现新鲜颜色的幼叶或花蕾顶部时，为芽开放（绽）期。

在开花期根据开花的特点划分出以下三个项目：

开花始期 在选定观测的同种数株树上，见到一半以上植株，有 5% 的（只有一株亦按此标准）花瓣完全展开时为开花始期。

开花盛期（或盛花期）在观测树上见有一半以上的花蕾都展开花瓣或一半以上的柔荑花序松散下垂或散粉时，为开花盛期。针叶树可不记开花盛期。

开花末期 在观测树上残留约 5% 的花时，为开花末期。针叶树类和其他风媒树木以散粉终止的或柔荑花序脱落时为准。

第二章 树木各器官的生长发育

一株正常的树木 主要由树根、枝干(或藤木枝蔓)树叶所组成 当达到一定树龄以后,还会有花、果、种子等。习惯上把树根称为地下部;把枝干及其分枝形成的树冠(包括叶、花、果)称为地上部 地上部与地下部交界处 称为根颈。各类树木(乔木、灌木、藤木)其组成又各有其特点。为了深入掌握和控制树木的生长发育,必须了解各器官的生长习性及其相互关系。

第一节 根系的生长

一、树木根系的分类

1. 根系的起源分类

根据树木根系的发生来源,分为三大类型:

(1)实生根系 实生树的根系为实生根系,是由种子的胚根发育成的根系。它是树木根系生长的基础。实生根系的特点是:一般主根发达,根系分布较深;由胚根发育成的根系,发育阶段轻,生活力强;对外界环境有较强的适应能力;因个体遗传影响,实生根系个体间的差异比较大。

(2)茎源根系 是指从地上部的器官(茎、枝、芽或叶)生长出的根系,如利用扦插、压条、埋干等繁殖方法培育成苗木的根系。它来源于茎、枝的形成层和维管束组织形成根原始体,生长出的不定根,称之为茎源根系。其特点是主根不明显;根系分布较浅,生理年龄(即发育阶段)取决繁殖器官的年龄,一般较老,生活力弱;对外界环境的适应能力较差;如同一品种的器官来源于同一株母树,因遗传影响,个体间的差异较小。

(3)根蘖根系 是指利用母株根系皮层薄壁组织生长出不定芽形成独立植株后所具有的根系称为根蘖根系,是母株根系的一部分。根蘖根系的特点与茎源根系相似,如泡桐、香椿、枣、石榴、樱桃等形成的根蘖苗。

2. 根系的形态分类

根据树木根系的形态分为两大类型:

(1)直根系 主根、侧根发达粗壮,须根较小,有明显的区别。主根、侧根、须根分布

的层次明显，这种主根、侧根、须根有明显区别的根系称为直根系。大多数双子叶植物和裸子植物树种的根系都属于这种类型，如银杏、松柏、玉兰、栎类等。

(2)须根系 主根不发达或早期停止生长，由茎基发生许多粗细相近的须根，呈丛状生长，根与根之间区别不明显，这种根系称为须根系。单子叶植物树种的根系都属于这种类型，如竹、棕榈类。

3. 根系的结构分类

完整的根系包括主根、侧根、须根和根毛。

(1)主根、侧根 主根由种子的胚根发育而成。它上面产生的各级较粗的大分支，统称侧根。生长粗大的主根和各级侧根构成树木根系的基本骨架，通称为骨干根，这种根寿命长，主要起固本、输导和贮藏养分的作用。有些树种，如棕榈、竹类等单子叶树木，没有主根和侧根之分，只有从根颈或节发出的须根。

(2)须根 须根是着生在主根、侧根上的细小根系，这种根短而细，一般寿命短，但却是根系最活跃的部分。根据须根的形态结构与功能，一般可分为以下三大类型：

生长根 生长根（轴根）为初生结构的根，白色，无次生结构，但可转化为次生结构。具有较大的分生区，分生能力强，生长快，有吸收能力。它的功能是促进根系向土层新的区域推进，延长和扩大根系的分布范围及形成小分支——吸收根。这类根在初生须根里属生长较快、粗度和长度较大（为吸收根的 2~3 倍）的。生长根通常是输导根的延长部分，也称为延长根。

吸收根 吸收根（营养根）是着生在生长根上无分生能力的细小根，白色。它的长度通常为 0.1~4mm，粗度 0.3~1mm，初生结构，一般不能变为次生结构，寿命短（15~25 天）。其主要功能是从土壤中吸收水分和矿物质，并合成有机物。在根系生长的最好时期，其数目可占整个植株根系的 90% 以上。吸收根的多少与树木营养状况关系极为密切。吸收根在生长后期由白色转为浅灰色，经一定时间的自疏而死亡。通过加强水肥管理，可以促进吸收根的发生，提高其活性，是保证园林树木良好生长的基础。

输导根 输导根是次生结构，主要来源于生长根。生长根经过一定时间的生长以后，颜色变深，进一步发育成具有次生结构的输导根。它的功能主要是输导水分和营养物质，并起固着作用。随着年龄的增大而逐年加粗变成骨干根。

(3)根毛 根毛是树木根系吸收养分和水分的主要部位，是须根吸收根上根毛区表皮细胞形成的管状突起物。其特点是数量多、密度大，每平方毫米表面能着生 600 多个根毛。根毛的寿命很短，多数的根毛仅生活几小时、几天或几周，并因根的栓化和木化等次生加厚的变化而消失。由于老根毛死去时，新的根毛有规律的在新伸长的根尖生长点先端形成，因此根毛不断地进行更新，并随着根尖的生长而外移。

二、树木根系生长的习性

1. 根系生长的向地性

地球上的植物一旦发根，都有根向下生长的特性，是受地球引力的影响，也可称是植物的本能。

2. 根系生长类型

树木根系受遗传特性的影响，在土壤中分布的深浅变异很大，可概括为两种基本类型，即深根性和浅根性。深根性有一个明显的近乎垂直的主根深入土中，从主根上分出侧根向四周扩展，由上而下逐渐缩小。此类树种根系在通透性好而水分充足的土壤里分布较深，故又称为深根性树种，在松、栎类树种中最为常见，又如银杏、樟树、臭椿、柿树等。浅根性的树种没有明显的主根或不发达，大致以根颈为中心向地下各个方向作辐射扩展，或由水平方向伸展的扁平根组成，主要分布在土壤的中上部，如杉木、冷杉、云杉、铁杉、槭、水青冈以及一些耐水湿树种的根系，特别是在排水不良的土壤中更为常见。同一树种的不同变种、品种里也会出现深根性和浅根性，如乔化种和矮化种。

3. 根系的水平分布和垂直分布

根系依其在土壤中伸展的方向，可以分为水平根和垂直根两种。水平根和垂直根分布受环境因素的影响。

水平根多数沿着土壤表层几乎呈平行状态向四周横向发展，根系的水平分布一般要超出树冠投影的范围，甚至可达到树冠的 2~3 倍。根系水平分布的密集范围，一般在树冠垂直投影外缘的内外侧，这就是我们平时施肥的最佳范围。水平根分布范围的大小主要受环境中的土壤质地和养分状况影响，在深厚、粘紧、肥沃及水肥管理较好的土壤中，水平根系分布范围较小，分布区内的须根特别多。但在干旱瘠薄疏松的土壤中，水平根可伸展到很远的地方，但须根稀少。水平根须根多、吸收功能强，对树木地上部的营养供应起着极为重要的作用。

垂直根是树木大体垂直向下生长的根系，其入土深度一般小于树高。垂直根能将植株固定于土壤中，从较深的土层中吸收水分和矿质元素。所以，树木的垂直根发育好，分布深，树木的固地性就好，其抗风、抗旱、抗寒能力也强。垂直根在根系中所占的比例虽然小、分生能力弱，但由于垂直根受地上环境影响小，主要受地下深层环境影响，对适应不良的环境和气候起着重要的作用。其主要作用是固着树体、吸收土壤深层的水分和营养元素。根系入土深度取决于土层厚度及其理化特性和地下水位，在土壤疏松、地下水位较深的地方，伸展较深；在土壤通透性差，地下水位高或土壤下层有砾石层等不利条件下，垂直根的向下发展会受到明显限制。

树木水平根与垂直根伸展范围的大小，决定着树木营养面积和吸收范围的大小。凡是根系伸展不到的地方，树木是难以从中吸收土壤水分和营养的。因此，只有根系伸

展既广又深时，才能最有效地利用水分与矿物质。

4. 根系与微生物共生的习性

很多植物的根与微生物能够共生，相互利用、相互促进。

一些植物的根与微生物共生形成根瘤，这些根瘤具有固氮作用。不仅豆科植物而且非豆科植物也能形成根瘤。迄今为止，已知约有 1200 种豆科植物具有固氮作用，而在农业上利用的还不到 50 种。木本豆科植物中的紫穗槐、槐树、合欢、金合欢、皂荚、紫藤、胡枝子、紫荆、锦鸡儿等都能形成根瘤。

豆科植物的根瘤是一种称为根菌的细菌（革兰氏染色阴性菌）从根毛侵入，而后发育形成的瘤状物。菌体内产生豆血红蛋白和固氮酶进行固氮，并将固氮产物氨输送到寄主地上部分，供给寄主合成蛋白质之用。

非豆科植物可分为赤杨型、苏铁型、罗汉松型根瘤植物。赤杨型如木麻黄、桦木、胡颓子、鼠李、马桑、蔷薇、杜鹃和杨梅等，多为放线菌与根共生形成的；苏铁型如苏铁多与蓝藻共生，个别与极毛杆菌和固氮菌共生；罗汉松型如罗汉松、金钱松与细菌共生；根瘤的中心组织叫类菌体。非豆科植物固定的氮量与豆科植物几乎相近。据测定的资料表明，桉木与放线菌的共生结合体，在森林内每年每公顷可为地表土壤积累氮素 $61 \sim 157 \text{ kg}$ 。在红桉木的纯林中，每年的固氮量竟高达 325 kg/hm^2 ；成年的木麻黄林每年约可固定氮素 58 kg/hm^2 。

一些树木的根系常有真菌生长。菌根是非致病或轻微致病的菌根真菌侵入幼根与根的生活细胞结合而产生的共生体。菌根从树木幼苗期即能开始形成。菌根量多，树木生长良好。菌根菌一方面从寄主那里摄取碳水化合物、维生素、氨基酸和生长促进物质；另一方面，对树木的营养和根的生长和营养物吸收起着有益的作用。这些作用表现在以下几个方面：

(1) 树木利用菌根的菌丝体在土壤中形成较大的吸收面积，能够吸收到更多的养分和水分。

(2) 树木利用菌根能溶解土壤中难溶性矿物质或复杂有机化合物，并吸收树木所需要的各种养分。

(3) 菌根能在其菌鞘中贮存较多的磷酸盐，并能控制水分和调节过剩的水分。

(4) 菌根菌能产生抗生物质，对抗菌根周围的微生物，防止病原菌侵入。

总之，园林树木养护可利用树木与微生物通过物质交换形成互惠互利的关系促进树木的生长。

5. 根系的繁殖习性

一些树木的根系受遗传的影响，具有较强的繁殖能力，其根部能产生不定芽形成新的植株。以阔叶树木和大多数灌木树种为多，产生不定芽的能力较强，在根部伤口处更

容易形成不定芽，能萌蘖发芽，繁殖形成新的植株。可利用这些树木的根系繁殖习性采用插根、根蘖等方法进行园林树木的营养繁殖，用根繁殖是树木种群生存扩展的重要基础。

三、根颈及其特点

根和茎的交接处称为根颈，是树体中比较活跃的器官。实生树的根颈是由下胚轴发育而成的，称真根颈；而茎源根系和根孽根系没有真根颈，其相应部分称假根颈。根颈既不属于茎，也不属于根，具有本身独特的习性。根颈处于地上部与地下部的交界处，是树木营养物质交流必须的通道。在秋季它最迟进入休眠，而在春季又最早解除休眠，因而对环境条件变化比较敏感。易受日灼、冻害，深埋又易窒息，因此根颈部深埋或全部裸露，对树木生长均不利。

四、影响树木根系生长的因素

树木根系没有自然休眠期，只要条件合适，就可全年生长或随时可由停顿状态迅速过渡到生长状态。其生长势的强弱和生长量的大小，随土壤的温度、水分、通气与树体内营养状况以及其他器官的生长状况而异。

1. 影响根系生长的因素

(1) 土壤温度 土壤温度是限制树木根系生长的生活因素。树木根系的活动与温度有密切的关系，不同的树种，对开始发根生长所需要的土壤温度不一致，一般原产温带寒地的落叶树木需要温度低，而热带亚热带树种所需温度较高。根的生长都有最适温度、上限温度和下限温度。温度过高过低都会对根系生长产生影响，造成低温休眠或高温休眠，甚至导致伤害。土壤温度的变化受气候影响，秋季随气温降低由土壤上层向下传导降温，春季随气温上升由土壤上层向下传导升温，由于不同深度的土壤温度随季节而变化，分布在不同土层中的根系活动也不同。以中国中部地区为例，早春土壤化冻后，地表 30cm 以内的土温上升较快，温度也适宜，表层根系活动较强烈，夏季表层土温过高，根系活动受抑，30cm 以下土层温度较适合，中层根系较活跃，90cm 以下土层周年温度变化小，根系往常年都能生长，所以冬季树木根系活动以下层为主。上述土壤层次范围又因地区、土类而异。

(2) 土壤湿度 土壤湿度与根系生长有着密切关系，也是限制树木根系生长的生活因素，并具有不可替代性。土壤水分状况对根系生长的影响是多方面的，通气良好而又湿润的土壤环境有利于根系的生长，土壤含水量达最大持水量的 60%~80% 时，最适宜根系生长。当土壤水分降低到某一限度时，即使温度、通气状况及其他因子都适合，根也要停止生长。水分不足、土壤过干，易造成根系出现木栓化和发生自疏，影响树木生长；树木在干旱条件下，根受害要早于叶片出现萎蔫的时间，一是根对干旱的抵抗力要比叶子低得多，二是在严重缺水时，叶子可以夺取根部的水分，或是根系把体内的水

分供给给了叶子，这样根系因缺水不仅停止生长和吸收，甚至死亡。轻微干旱对根的生长发育却有益处，可抑制地上部的生长，使较多的树体营养先用于根群生长，致使根群形成大量分支和深入下层的根系，从而有效利用土壤的水分和矿物质，提高根系的耐旱性。

水分过多而含氧少时便会抑制根系的扩展，土壤过湿，甚至出现积水，不但能抑制根的呼吸作用，还可造成停长或腐烂死亡。在地下水位高和沼泽地的土壤里，树木主根不发达，侧根呈水平分布，根系浅。池杉、落羽松在沼泽地上的侧根多有“笋”状隆起，高出地面或水面。柳树遭水淹后，树十上萌发气生根浮于水面，靠水面荡漾进行气体交换，而一些树种如油松等不耐涝，积水几天就可能死亡。可见选栽树木要根据其喜干、湿程度，并正确进行灌水和排水。

(3) 土壤通气 土壤通气也是限制树木根系生长的生活因素，土壤通气、土壤湿度的变化都受土壤空隙度的限制，因此土壤通气与土壤湿度在土壤中形成互补，对根系生长影响很大。土壤孔隙率高、通气良好的地方，根系密度大、分枝多、须根量大。孔隙率低，土壤气体交换恶化，通气不良的地方，发根少，生长缓慢或停止，易引起树木生长不良和早衰。现在城市由于铺装路面多、市政工程施工夯实以及人流踩踏频繁，造成土壤紧实，土壤空隙度缩小，内外气体不易交换，影响根系的穿透和发展，并且引起有害气体(CO_2 等)的累积，导致根系中毒，影响菌根繁衍和树木的水分和矿物质的吸收。土壤水分过多也影响土壤通气状况，并以此影响根系的生长。

(4) 土壤养分 土壤养分是影响树木根系生长的生活因素，但不会像温度、水分、通气那样成为限制根系生长的因素。在一般土壤条件下，土壤养分状况不致于使根系处于完全不能生长的程度，但可影响根系的质量，如根系的发达程度、细根密度、生长寿命的长短。根有趋肥性，总是向肥多的地方生长，在肥沃的土壤和施肥的条件下，根系发达，细根密集，活动时间长；在贫瘠的土壤中，根系生长瘦弱，细根稀少，寿命短。有机肥有利树木发生吸收根，适当施有机肥有利根的生长，可以增加根系密度，促进根系的吸收能力适当施无机肥对根的生长有好处，如施氮肥通过叶的光合作用能增加有机营养及生长激素，来促进根系的发根量，但是过量地施用会引起枝叶徒长，消耗大量营养物质，反而会削弱根系的生长。磷和微量元素(硼、锰等)对根的生长都有良好的影响。但如果在土壤通气不良的条件下，有些元素会转变成有害的离子(如：铁、锰会被还原为二价的铁离子和锰离子，提高了土壤溶液的浓度)，使根受害。

(5) 树体有机营养 根的生长与执行其功能的状况取决于树木地上部所供应的营养物质的多少。土壤条件好时，根的生长总量取决于树体向下输送有机营养的多少。当叶片受害或结实过多，树木生产的营养物质不足以满足根的生长需求，根的生长就受阻碍，此时即使加强施肥，短时间作用也不大，难以改善根系的生长状况，需通过保叶、改善叶的机能或通过疏果来促进营养物质生产、减少消耗，以促进根系的生长。这种直

接效应不是其他因素所能代替的。

其他一些因素,如土壤类型、土壤厚度、母岩种类及分化状况、地下水位高低等,对根系的生长与分布都有密切关系,但往往通过对以上因素的作用间接影响根系的生长。

五、根系的年生长动态

树木根系由于没有自然休眠,只要满足所需条件,可以周年生长,但受气候影响,与地上部密切相关。由于气候在一年中呈周期性的变化,树木根系的伸长生长在一年中也是有周期性的。根的生长周期与地上部不同,其生长又与地上部密切相关和往往交错进行,而且不同树种的表现也有所不同。掌握园林树木根系年生长动态规律,对于科学合理地进行树木栽培和管理有着重要的意义。

经一些研究者的研究报道,不同树种、不同环境,树木根系一年中有多个生长周期。据河北农业大学(1965年)对初结果的金冠苹果观察,根系一年中有三次生长高峰。第一次,一般春季根开始生长后从3月上旬开始到4月中旬达高峰,然后是地上部开始迅速生长,而根系生长趋于缓慢,这次生长程度,发根数量与上一生长季树体贮藏营养水平有关。第二次,从新梢将近停止生长开始到果实加速生长和花芽开始分化前后,约6月底7月初出现高峰。这次根系生长出现一个大高峰,其强度大、发根多、时间长、生长快,是全年发根最多的时期,随后由于果实迅速发育而转入低潮。第三次,自9月上旬至11月下旬,随着叶片养分的回流积累,根的生长又出现第三个高潮,但随着土温下降根的生长越来越慢至12月下旬便停止生长,被迫进入休眠。一年中,树木根系生长出现高峰的次数和强度与树种和年龄有关,据研究,苹果小树一年有上述三次高峰;大树虽也有三次,但萌芽前出现的第一次高峰不明显。又如生长在佐治亚州的美国山核桃根的生长周期多达4~8次。根在年周期中的生长动态还受当年地上部生长和结实状况的影响,同时还与土壤温度、水分、通气及营养状况等密切相关。因此,树木根系年生长过程中表现出高峰和低峰交替出现的现象,是上述因素综合作用的结果,只是在一定时期内某个因素起着主导作用。冬季根系生长最慢的日期与土壤温度最低的日期一致,而夏季根系生长最慢的日期则与土壤湿度最低的日期相一致。

一般来说,根系生长所要求的温度比地上部分萌芽所要求的温度低,因此春季根系开始生长比地上部分早。有些亚热带树种的根系活动要求温度较高,如果引种到温带冬春较寒冷的地区,由于春季气温上升快,地温的上升还不能满足树木根系生长的要求,也会出现先萌芽后发根的情况,出现这种情况不利于树木的整体生长发育,有时还会因树木地上部分活动强烈而地下部分的吸收功能不足导致树木死亡。

根在年周期中的生长动态,取决于树木种类、砧穗组合、当年地上部生长、结实状况,同时还与土壤的温度、水分、通气及无机营养状况等密切相关。因此,树木根系生长高、低峰的出现,是上述因素综合作用的结果。但在一定时期内,有一个因素起主导作

用，树体的有机养分与内源激素的累积状况是根系生长的内因，而夏季高温干旱和冬季低温是促使根系生长低潮的外因。在整个冬季虽然树木枝芽进入休眠，但根并非完全停止活动。这种情况因树种而异，松柏类一般秋冬停止生长，阔叶树冬季常在粗度上缓慢生长。在生长季节，根系在一昼夜内的生长也有动态变化，如葡萄和李树根系夜间的生长量和发根数多于白天。

六、根的生命周期

在树木生命周期中，根系同样要经历发生、生长发育、衰老、死亡和更新的过程与变化。不同类型的树木都有一定的发根方式，常见的是侧生式和二叉式。树木自繁殖成活以后，在幼年期根系生长很快，从根颈开始伸入土中，出现离心生长，逐渐分叉，依次形成多级骨干根和须根，向土壤的深度和广度伸展速度都超过树冠投影扩展速度，但树木根系生长领先的年限因树种而异。随着年龄的增加，根系生长速度趋于缓慢，并逐渐与地上部分的生长形成一定的比例关系，如梨树在定植的头两年垂直根发育很快，4~5年可达其分布的最大深度，此后，主要是水平根迅速向四周扩展，树龄达20年以后，水平根延伸减慢，直至停止。根的粗度变化，在3~4年以前，垂直根的粗生长占优势。随着树龄的增加，水平根的粗生长逐渐超过垂直根。40~50年生的梨树幼年形成的垂直根已经枯死，此时主要靠水平根向下成为垂直或斜生根系，伸向土壤深层。

在树木整个生命活动过程中，根系始终发生局部的自疏与更新，从根系生长开始一段时间后就会出现吸收根的死亡现象，吸收根逐渐木栓化，外表变为褐色，逐渐失去吸收功能；有的轴根演变成起输导作用的输导根，有的则死亡。至于一个小的须根系统，自身也有一个小周期规律变化，从形成到壮大直至衰亡一般只有数年的寿命。须根的死亡，起初发生在低级次的骨干根上，其后发生在高级次的骨干根上，以致较粗骨干根的后部出现光秃现象。这种根系在离心生长过程中，随着年龄的增长，骨干根早年形成的弱根、须根，由根颈沿骨干根向尖端出现衰老死亡的现象，称之为“自疏”，即根系的离心秃裸。不利的环境条件、病虫害和其他有机体的侵袭以及树龄的增大，是造成一些根系衰老死亡的原因。健康树木的很多小根在形成后不久就死去，但有些小根的寿命较长，如挪威云杉的大多数吸收小根，通常生存3~4年。

由于受树种、品种遗传的影响，树木根系分布的深度和广度是有限的，因此，根系的生长发育状况，很大程度受当地土壤环境条件的影响，受地上部生长状况所影响。当根系生长在当地土壤环境条件下达到最大幅度后，随着土壤中的水分、养分和树体营养物质不足，开始发生向心更新。由于受土壤环境影响，不是有规律的更新，常出现大根季节性间歇死亡现象。当部分根系死亡后，更新发生的新根，仍按上述有规律地生长和更新，随树体衰老而逐渐缩小。有些树种，进入老年后常发生水平根基部的隆起。当树木衰老，地上部濒于死亡时，根系仍能保持一段时期的寿命。利用根的此特性，我们可以

进行部分树种的老树复壮工程。

七、栽培管理与根系生长

树木栽培的重要措施，就是创造良好的土壤环境条件，促进根系的生长发育。

在不同树木年龄阶段，根系生长发育特点是不同的。在树木幼年期里，树木迅速生长扩大树冠的同时，根系生长很快，离心生长，逐渐分叉形成多级骨干根和须根，向土壤的伸展速度超过树冠投影扩展速度，必须进行深耕或扩穴，增施有机质改良土壤，以形成强大的根系。而在密植的情况下，对乔木及生长旺盛的品种，则必须抑制根系的生长发育，并注意采取减少树木的叶量以减少地上部分对根系营养物质的供应，并通过弯根、垫根等方法控制根系徒长。在施肥上应多侧施和浅施，诱导水平根的发育。随着树龄的增大和果量的增加，要加深耕作层，深施肥，促进下层根的发育，同时控制地上部分的果量，以增加地上部分对根系营养物质的供应。到衰老期，应促进根系的更新复壮，多施粗有机质，增加土壤孔隙度，改善土壤环境条件，调节土壤中的水分、养分状况，促进再生新根的发生，以延缓衰老。

在年周期中，土壤管理也要根据树木生长特点进行。在早春由于气温低，养分分解慢，根系处于刚恢复生长的阶段，在南方和土壤水分多的地方，应注意排水、松土，迅速提高土温；在北方和春旱地区要注意灌水、解冻，促进根系的活动。施肥应以腐熟肥料为主，促进吸收根的生长发育。至夏季期间，气温高，蒸发量大，同时又是树木生长发育的最旺盛期，保持根系的迅速生长特别重要。在高温干旱季节，通过灌水、松土、土面覆盖等措施防止水分不足，保持根系正常活动；降水过多的时候，通过排水措施防止积水影响根系正常活动。秋季的土壤管理也十分重要。据观察，秋季和初冬根系生长往往比春季多，既可继续吸收水分与养分，又能将树体回输的物质合成有机化合物积累贮藏起来，提高树木抗寒能力，而且寿命长；也可满足树木生长的需要。因此，在秋季进行土壤深耕，深施较多的有机肥，灌冻水，对促进生长根的发育十分必要。

第二节 枝条的生长与树体骨架的形成

树木除了少数具有地下茎或根状茎外，茎是植物体地上部分的重要营养器官。植物的枝茎起源芽，又制造了大量的芽。枝茎是联系地上、地下各组织器官，形成庞大的分枝系统，连同茂密的叶丛，构成完整的树冠结构，主要起着支撑、联系、运输、储藏、分生、更新等作用。树体枝干系统及所形成的树形，决定于枝芽特性，芽抽枝，枝生芽，两者极为密切。了解树木的枝芽特性，对整形修剪有重要意义。

一、芽的分类、特性

芽是树木在生长活动中为适应不良环境、延续生命活动而形成的重要器官。它是

树体各个器官的原始体，与种子有相似的特点，在适宜的条件下，可以形成新的植株。同时，芽偶尔也可由于某些刺激而发生遗传变异，为芽变选种提供条件。因此，芽是树木生长、开花结实、保持母本优良性状及营养繁殖的基础，是修剪整形、更新复壮等措施应用的依据。

1. 芽的分类

(1) 根据芽的位置分类

定芽 有固定着生位置，如顶芽和腋芽。

② 不定芽 没有固定着生位置的在其他部位（如茎、根）的芽。

(2) 根据芽的性质分类

叶芽 生长枝条叶片的芽。

② 花芽 形成花器官的芽。

混合芽 同时具有枝叶、花器官的芽。

④ 潜伏芽 是指一些休眠芽和隐芽多年不萌发、呈潜伏状态的芽。

2. 芽的特性

(1) 芽序 芽在枝条上按一定规律排列的顺序性称为芽序。因为大多数的定芽都着生在叶腋间，所以芽序与叶序一致。不同树种的遗传不同，芽在枝条上排列的顺序也不同。主要有三种芽序，多数树木为互生芽序，其中大部分为 $2/5$ 式，即相邻芽在茎或枝条上沿圆周着生部位相位差为 144° ，少量树种的芽序为 $1/2$ 式，即着生部位相位差为 180° ；另外，有对生芽序，如泡桐、丁香、洋白蜡、大叶黄杨、女贞等，即每节芽相对而生，相邻两对芽交互垂直；轮生芽序，如夹竹桃、南洋杉、雪松、油松、灯台树等，芽在枝上呈轮生状排列。由于枝条也是由芽发育生长而成的，芽序对枝条的排列乃至树冠形态有影响，对树木的整形修剪有重要的指导意义。

(2) 芽的异质性 同一枝条上不同部位的芽在生长发育过程中，由于所处的环境条件不同以及枝条内部营养状况的差异，使处在同一枝条上的芽存在着大小、饱满程度和性质上的差异，称为芽的异质性。在早春新梢生长时基部形成的芽，此时气温低，叶面积小，正处于生长耗养阶段，芽的发育程度较差，常形成瘪芽或隐芽。随着气温的升高，叶面积增大，光合作用增强，同化营养物质增多，芽的质量逐渐提高。在枝条缓慢生长后期，叶片合成并积累了大量的养分，这时形成的芽极为充实饱满。此外，如果长枝的生长延至秋后，由于时间短，芽往往不易形成，或质量不好。如柑橘、板栗、柿、柳、杏等新梢顶端的芽有自枯现象，故最后形成的顶芽是腋芽（即假顶芽），一般较为饱满，芽的饱满程度能够显著地影响以后新梢的生长势。

树体成年期枝条的异质性，不仅表现在芽的饱满程度上，而且表现在芽的性质（叶芽、花芽等），由于同化营养物质多少的差异，即抽生不同的器官（叶芽、花芽等）。

(3)芽的早熟性和晚熟性 有些树木当年新梢上的芽能够连续萌发生长，抽生二次梢或三次梢，这种不经过冬季低温休眠，就能够在当年萌发的称为早熟性芽，这种特性称为芽的早熟性 如紫叶李、红叶桃、金叶女贞、大叶黄杨、柑橘、月季等均具早熟性。具有早熟芽的树种，一般分枝较多，进入结果期早；另有一些树木的芽，当年一般不萌发，必须经过冬季低温休眠，翌年春天才能萌发的，这种芽称为晚熟性芽，这种特性，称为芽的晚熟性，如紫叶李、红叶桃、苹果、梨的多数品种都具晚熟芽。榆叶梅、红叶桃的叶芽有早熟性可生长出夏、秋梢，而花芽则是晚熟性芽。芽的早熟性和晚熟性还与树龄及栽培地区气候有关，如树龄增大，晚熟芽增多，夏秋梢形成的数量减少；北方树种南移，早熟芽增加，发梢次数增多。

(4)萌芽力及成枝力 生长枝上的叶芽萌发的能力叫萌芽力。一般以萌发的芽数占总芽数的百分率表示，因此也称萌芽率。生长枝上的叶芽，不仅萌发而且能抽成长枝的能力，叫成枝力。一般以具体成长枝数占萌芽数的百分率表示，也称为成枝率。萌芽力和成枝力因树种、品种、树势而不同，如柑橘、葡萄、核果类树木，萌芽力及成枝力均弱；榆叶梅的萌芽力强而多数品种成枝力弱。臭椿、青桐的萌芽力弱成枝力强。

(5)芽的潜伏力 许多树木枝条基部的芽或上部的副芽，由于芽的质量及树体营养原因，在一般情况下不萌发而呈潜伏状态，这类芽称之为潜伏芽。树木衰老或因某种刺激，使潜伏芽（即隐芽）萌动发生新梢的能力称芽的潜伏力。芽的潜伏力可用潜伏芽保持萌芽抽枝的年限（即潜伏芽寿命）表示。芽潜伏力强弱与树种的遗传特性有关，也和外界环境有关，芽潜伏力强的树种，枝条恢复能力强，容易进行树冠的复壮更新，如金银木、柑橘、女贞、月季、悬铃木、榔榆等。芽潜伏力弱 枝条恢复能力也弱 所以树冠容易衰老，如桃等。芽的这种特性对树木复壮更新是很重要的。芽的潜伏力也受营养条件和栽培管理的影响，条件好，隐芽寿命就长。潜伏芽的多少，潜伏寿命长短，都影响树冠的更新和复壮。

二、茎枝的特性

1. 顶端优势

顶端优势是指枝茎顶部活跃的分生组织、或茎尖对其下侧芽生长发育的抑制现象，也包括树木中心干对主枝、主枝对侧枝的抑制。一般高大乔木树种都具有较强的顶端优势。树木枝茎上顶端优势的明显反映是：树木同一枝条上顶芽或位置高的芽比其下部芽饱满、充实；萌发力、成枝力强，抽生出的新枝生长旺盛，这种现象就是树木枝条的顶端优势。许多园林树木都具有明显的顶端优势，它是保持树木具有高大挺拔的树干和树型的生理基础，顺枝向下的腋芽，枝条的生长势逐渐减弱，最下部的芽甚至处于休眠状态。如果剪去顶芽和一些上部腋芽，即能促使下部腋芽和休眠芽萌发，并促进了新梢的生长量。这种顶端优势还表现在树木的中心干生长势要比同龄的主枝强，树冠上

部的枝条要比下部的强。一般树种，都有一定的顶端优势。越是高大的乔木，顶端优势也越强；越是低矮的灌木，顶端优势也越弱。目前已经证实，顶芽（梢）的生长素对下面的侧芽有抑制作用，摘除顶芽，下部腋芽和休眠芽萌发，并促进了新梢的生长量，但是如果在摘除顶芽的伤口上涂抹生长素，侧芽就像没有摘除顶芽一样受到抑制。来自根的细胞分裂素对顶端优势也有作用。侧芽由于缺乏细胞分裂素，因而不能从抑制作用中解脱出来。如果对植物体施用细胞分裂素，可以使侧芽萌发。萌发以后，侧芽的生长发育还要有较高的生长素、赤霉素和必要的营养条件。顶芽的生长素可以控制根部合成的细胞分裂素的分配和运输。体内生长素含量较高的芽，得到的细胞分裂素也多，生长势也较强。一般来说，幼树、强树的顶端优势比老树、弱树明显，枝条在树体上的着生部位愈高，枝条上顶端优势愈强；枝条着生角度越小，顶端优势的表现越强。而下垂的枝条顶端优势弱。

无论乔木或灌木，不同树种的顶端优势的强弱相差很大。要在园林树木养护中达到理想的栽培目的，必须了解与运用树木的顶端优势，在园林树木修剪中才能达到整形目的。顶端优势强的树种容易形成高大挺拔和较狭窄的树冠，而顶端优势弱的树种容易形成广阔圆形树冠。对于顶端优势比较强的树种，为了扩展树冠，抑制顶梢的顶端优势可以促进主、侧枝的生长；对于顶端优势较弱的树种，为了增加树高，可以通过对侧枝的修剪来促进顶梢的生长。因此，要根据不同树种顶端优势的差异，通过科学管理，合理修剪培养良好的树干和树冠形态。

2. 枝的生长类型

多数园林树木茎的外形呈圆柱形，也有的呈椭圆形或扁平柱形等。不同植物的茎在长期的进化过程中，形成了各自的生长习性以适应外界环境，除主干延长枝、突发性徒长枝呈垂直向上生长外，多数因不同枝条对空间和光照的竞争而呈斜向生长，也有向水平方向生长的，使叶在空间合理分布，尽可能地充分接受光照。根据树木茎枝的伸展方向和外部形态特点可分为以下生长型：

①直立生长 茎以明显的背地性垂直于地面生长，处于直立生长状态。但枝条伸展的方向取决于背地角的大小。多数树种主干和枝条处于直立、斜生状况，但也有许多变异类型。大多数园林树木的茎属于直立茎。从枝条生长特点分为以下类型：

垂直紧抱型 一般树木的主干或主茎都有垂直向上生长的特性，一些树种的分枝也有垂直向上的生长趋势。多数枝条呈垂直向上生长的树种，一般容易形成紧抱的树形，如钻天杨、千头柏、侧柏、冲天柏等。

斜伸开张型 这类树种的枝条多与树干主轴呈一锐角斜向生长，一般容易形成圆形或半圆形的树形，如榉、榆、合欢、樱、梅等。

③金字塔型 这类树种的主、侧枝与树木中心干呈直角沿水平方向生长，一般容易

形成塔形、圆柱形的树形 如冷杉、杉木、雪松、柳杉、南洋杉、台湾杉、秃杉 等。

龙游型 这类树种的枝条在生长中呈现扭曲和波状形斜生状况，如龙游梅、龙桑、龙爪柳、龙爪枣等。

⑤**下垂型** 这类树种的枝条萌芽时有一定的顶端优势，即高位长势旺，但新梢生长有十分明显的向地性，随着枝条的生长而逐渐向下弯曲，有些树种甚至在幼年时都难以形成直立的主干，必须通过高接才能直立。这类树种容易形成伞形树冠，如垂柳、柏木、龙爪槐、垂枝碧桃、垂枝梅、垂枝榆等。

(2)**攀缘生长** 是指茎长得细长柔软不能直立，需要通过缠绕或特有的结构攀缘在其他物体上实现向上生长、具缠绕茎和攀缘茎的木本植物，统称为攀缘植物，简称为藤木。有的通过缠绕能攀缘在其他物体上如紫藤、金银花等；或附有适应攀附他物的器官——卷须、吸盘、吸附气根、钩刺等，借他物支撑，向上生长。可分为卷须攀缘茎，如葡萄等，气生根攀缘茎，如常春藤，叶柄攀缘茎、钩刺攀缘茎，如叶子花、蔷薇类等，以及吸盘攀缘茎，如地锦、五叶地锦等。

(3)**匍匐生长** 是指茎蔓细长不能直立，又无攀附器官的藤木或无直立主干的灌木，常匍匐于地面生长。在热带雨林中，有些藤木如绳索状，爬伏于地面或呈不规则的小球状铺于地上。匍匐灌木只能匍匐于地面生长。这种生长类型的树木，在园林中常用作地被植物。如铺地柏、匍匐栒子。

3. 树木的分枝方式

分枝是园林树木生长发育过程中的普遍现象，是树木生长的基本特征之一。主干的伸长和侧枝的形成是顶芽和腋芽分别发育的结果。侧枝和主干一样，也有顶芽和腋芽，可以继续产生侧枝，依次产生大量分枝构成庞大的树冠，使尽可能多的叶片避免重叠和相互遮荫。枝叶在树干上按照一定的规律分枝排列，可更多地接受阳光，扩大吸收面积。各个树种由于遗传特性、芽的性质和活动情况不同，形成不同的分枝方式，使树木表现出不同的形态特征。

(1)**总状（单轴）分枝** 这类树木顶芽优势极强，生长势旺，每年主干由顶芽不断向上伸长而形成，从而形成高大通直的树干，主、侧枝由各级侧芽形成，长势小于顶端生长，分枝能力要比主干弱。大多数针叶树种属于这种分枝方式。属于这一分枝方式的阔叶树大都在幼年期总状分枝生长表现突出，但维持中心主枝顶端优势年限较短，侧枝相对生长较旺，在成年期已形成庞大的树冠后，总状分枝表现得不很明显。总状分枝的树木中有很多名贵的观赏树和极为重要的用材树，如雪松、圆柏、龙柏、罗汉松、水杉、池杉、黑松、湿地松、杨树、栎、七叶树、薄壳山核桃等。

(2)**合轴分枝** 这类树木的新梢在生长期末因顶端分生组织干枯死亡或形成花芽，不能继续向上生长，而由下部的侧芽代替原有的顶芽生长，每年如此循环往复，这种主

干是由许多腋芽伸展发育而成，实际是侧枝联合组成的，这种分枝方式称为合轴分枝。合轴分枝使树木或树木枝条在初期呈现出曲折的形状，随着老枝和主干的加粗生长，曲折的形状逐渐消失。合轴分枝的树木，树冠开展，侧枝粗壮，整个树冠枝叶繁茂，通风透光，有效地扩大光合作用面积，是较为进化的分枝方式。由于合轴分枝的树木有较大的树冠能提供大面积的遮阳，在园林绿化和景观美化中适合于营造一种悠闲、舒适和安静的环境，是主要的庭荫树木。园林中大多数树种属于这一类，且大部分为阔叶树，如白榆、刺槐、悬铃木、榉树、柳树、樟树、杜仲、槐树、香椿、石楠、苹果、梨、桃、梅、杏、樱花等。

(3)假二叉分枝 指有些具对生叶（芽）的树种顶端分生组织干枯死亡或形成花芽，下面的两侧腋芽同时发育，形成二叉状分枝。这类假二叉分枝的树木实际上是合轴分枝方式的一种变化，有泡桐、丁香、女贞、石榴、连翘、迎春花、金银木、四照花、卫矛和桂花等。

有些植物，在同一树体上有两种不同的分枝方式，如玉兰、木莲、木棉等，顶部无花为总状单轴分枝，顶部有花即为合轴分枝，女贞，顶部无花为总状单轴分枝，顶部有花即为假二叉分枝。很多树木，在幼苗期为单轴分枝，长到一定时期以后变为合轴分枝。总状（单轴）分枝在裸子植物中占优势，合轴分枝则在被子植物中占优势。

4. 树木的干性与层性

干性指树木中心干的长势强弱及其能够维持时间的长短。凡顶端优势明显的树种，中心干强而持久，且中心干坚硬，能长期处于优势生长的树种，称为干性强，这是高大乔木的共性，即中轴部分比侧生部分具有明显的优势；反之称为干性弱，如弱小灌木的中轴部分长势弱，维系时间短，侧生部分具有明显的优势。

树木层性是指中心干上的主枝、主枝上的侧枝在分层排列的明显程度，层性是顶端优势和芽的异质性共同作用的结果。从整个树冠看，在中心干和骨干枝上有若干组生长势强的枝条和生长势弱的枝条交互排列，形成了各级骨干枝分布的成层现象。有些树种的层性，一开始就很明显，如油松等；而有些树种则随年龄增大，弱枝衰亡，层性才逐渐明显起来，如雪松、马尾松、苹果、梨等。具有明显层性的树冠，有利于通风透气。层性能随中心主枝生长优势保持年代长短而变化。

不同树种的层性和干性强弱差异很大。凡是顶芽及其附近数芽发育特别良好，顶端优势强的树种，层性、干性就明显，如裸子植物的银杏、松、杉类干性很强；由于顶端优势弱，芽的异质性小，成枝率高，层性与干性均不明显，如柑橘、桃，金银木、石榴等。因此，顶端优势的强弱与保持年代的长短，可以表现其层性是否明显。干性强弱是构成树干骨架的重要生物学依据，对研究园林树形及其演变和整形修剪有重要意义。

三、茎枝的年生长

树木每年都通过枝茎生长来不断增加树高和扩大树冠，枝茎生长包括加长生长和

加粗生长两个方面。在一年内树木生长增加的粗度与长度，称为年生长量。对于乔木调查是每年的树高、胸径和冠幅生长量，对于灌木调查是每年的树高、冠幅和枝条生长量，在一定时间内，枝条加长和粗生长的快慢称为生长势。这些是衡量树木生长状况的常用指标，也是评价栽培措施是否合理的依据之一。

1. 枝条的加长生长

枝和干的加长生长，来自芽的生长与发育，芽的生长点在一定内外条件下发生快速的细胞分裂产生初生分生组织，经过分化与成熟，形成了具有表皮、皮层、韧皮部、形成层、木质部、中柱鞘和髓等各种组织的嫩枝或嫩茎，而开始了年周期内枝的加长生长活动，而生长点的活动，贯穿着新梢生长的始终。加长生长并不是匀速的，从芽发展到枝的形成，一般都会表现出慢—快—慢的生长规律。根据这个规律，多数树种的新梢生长可划分为以下三个时期。

(1) 开始生长期 随着春季气温回升，芽开始萌动后，叶芽幼叶伸出芽外，随之节间伸长，幼叶分离。此期的新梢生长主要依靠树体在上一生长季节贮藏的营养物质，新梢生长速度慢，节间较短；叶片由前期形成的芽内幼叶原始体发育而成，其叶面积较小，叶形与后期叶有一定的差别，叶片薄，叶脉稀，叶的寿命也较短，有些树种在这个时期生长的叶量小，甚至无叶。叶腋内侧芽的发育也较差，常成为休眠芽。有些树种的春季生长取决于上一年枝条的生长状况与贮藏营养物质的多少。

(2) 旺盛生长期 从开始生长期之后，随着幼叶迅速分离，叶片增多，叶面积加大，光合作用增强，枝条很快进入旺盛生长期。此期的枝条生长由利用贮藏物质转为利用当年的同化物质，树木要从土壤中吸收大量的水分和无机盐类，生长点分生组织的细胞液浓度低，细胞形成新组织的速度，加快此期形成的枝条，节间逐渐变长。叶片的形态也具有了该树种的典型特征，叶片较大，寿命长，叶绿素含量高，同化能力强，侧芽较饱满。此时，上一生长季节的营养贮藏水平和本期肥水供应对新梢生长势的强弱有决定性影响。

因此，当水分供给不足或出现干旱，会导致提早停长封顶。通常把这个时期称为“新稍需水临界期”。新梢旺盛生长期的长短是决定枝条生长势强弱的关键。

(3) 缓慢生长和停止生长期 旺盛生长期过后，由于外界环境如温度、湿度、光周期的变化、芽内抑制物质的积累导致新梢生长量减小，生长速度变缓，节间缩短，新生叶片变小。新梢从基部开始逐渐木质化，最后形成顶芽或顶端枯死而停止生长。枝条停止生长的早晚与树种遗传特性、着生部位及环境条件关系密切。新梢停止生长的时间，北方树种早于南方树种，成年树木早于幼年树木，花、果短枝或花束状果枝早于营养枝，有些徒长枝甚至因没有停止生长而受冻害。土壤养分缺乏、透气不良、干旱等不利环境条件都能使枝条提前1~2个月结束生长，而氮肥施用量过大，灌水过多或降水过多均能

延长枝条的生长期。在栽培中应根据目的合理调节肥、水，来控制新梢的生长量，加以合理的修剪，促进或控制枝条的生长，达到园林树木培育的目的。

2. 枝条的加粗生长

树干、枝条的加粗，都是形成层细胞分裂、分化、增大的结果。在新梢伸长生长的同时，也进行加粗生长，但粗生长高峰稍晚于加长生长，停止也较晚，新梢加粗生长随着加长生长，由基部到梢部进行。在同一株树上，下部枝条停止加粗生长比上部稍晚。春天当芽开始萌动时，加粗生长最先在接近萌动芽部位的形成层开始活动，然后由上而下开始微弱增粗。因此，落叶树形成层开始活动稍晚于萌芽，离新梢较远的树冠下部的枝条，形成层细胞活动也较晚。随着形成层的活动，枝干出现微弱的增粗，此后，随着新梢不断地加长生长，形成层活动也持续进行。新梢生长越旺盛，则形成层活动也越强烈，持续时间也越长。秋季由于叶片生产的大量光合产物回输，枝干明显加粗。但从加粗生长的量看，级次越高的枝条粗生长高峰期越早，粗生长量越小。级次越低的枝条粗生长高峰期越晚，粗生长量越大。一般幼树粗生长持续时间比老树长，同一树体上加粗生长的开始期和结束期是从上到下逐渐停止，而以根茎结束最晚。

四、树体骨架的形成发展过程

树体骨架的形成、发展过程是树木生长发育的过程，整个树形的变化受着树木遗传特性的控制。乔木树种从幼年期开始离心生长，新梢不断从老枝条分生出来并延长和增粗，随着树龄逐渐由幼年树形生长形成壮年树形，并逐渐出现离心秃裸现象，骨干枝上先期形成的小枝、弱枝，光合能力下降，得到养分不断减少，长势衰弱，开始出现枯枝脱落现象。树木的根、冠受遗传特性和生理状况影响，在一定环境条件下长到一定空间范围后，大量的枝、叶、花、果集中于树冠外围造成分枝角开张，枝条下垂，中心干延长枝发生分权、弯曲、枯死。离心生长趋于衰弱，或向心枯亡，从而失去顶端优势，有潜伏芽的树种开始在骨干枝弯曲高位或枯死部位附近位置萌生直立生长的徒长枝，开始进行树冠的更新，在大树冠上形成一簇簇的小树冠，称为“树上长树”。这类树冠因长势不如原有树冠，长不到原有高度即会出现衰弱枯亡现象，再次出现向心枯亡，使得树冠一次比一次小 最后死亡（见图 1-4）。乔木树种的这种树体骨架周期性演变是树木比较典型的模式，而在受不同环境因素（如重力、光照强度、温度、水分状况和土壤养分等）的影响时，形成不同树木的形态，如在阳光充足的地方栽种的孤植树，树冠宽大；而种植在片林内的树木由于空间有限，树冠窄小，甚至形成偏冠。一些树种在气候湿润、土壤肥沃的环境条件下能够生长成高大的树形；而在气候干旱、土壤贫瘠的地区生长受到抑制，形成小乔木状树形；在接近树木线的高海拔地区，形成灌木状。环境的差异不但导致树形的差异，而且导致年龄周期长短的差异。

从生花灌木与竹类是以地下芽更新，多干（或多主枝）丛生，每棵植株由很多粗细相

似的丛状枝茎组成，形成树冠。有些树种的每一个枝茎的生长特性与乔木相似，具有离心生长、离心秃裸的现象，每个枝茎可形成一个小树冠。但竹类及多数丛生灌木与乔木不同，植株基部或根系上的芽饱满，抽枝较旺盛，单枝的生长能很快达到最大值，如竹类仅几十天即可达到个体生长的最大高度，上部着短枝和叶片，生长量小，并很快会出现衰老现象，基本上没有向心更新，通过干基部或根系上的芽形成萌生枝条或根孽条重新更替衰老的枝茎。

藤本类树种的主蔓生长势旺盛。有些藤木犹如乔木，幼时离心生长较快，壮年时将出现较多的分枝，并开花结果。有些藤木幼时为灌木，树体生长健壮后逐渐攀缘。

第三节 叶和叶幕的形成

叶片是树木的主要器官之一，在树木生长发育中，具有以下几方面作用：光合作用，叶片利用光合作用生产树木生长发育所需的营养物质，整个树体的 90% 左右的干物质是叶片通过光合作用制造的；呼吸作用，树木叶片在光合作用中的呼吸以吸入 CO_2 呼出 O_2 进行，是绿地生态环境改善的重要作用；蒸腾作用，叶片利用气孔蒸腾水分用以调节树体湿度，提高树木从土壤中提取水分、矿物质的能力；吸收作用，叶片利用其上面的气孔、角质层缝隙吸收所需的生长物质，叶面施肥正是利用了这一作用；分泌作用，一些树种的叶面上有些腺点，可分泌、挥发一些化学物质，起到杀菌、清新空气、改善生态环境的作用；贮藏作用，常绿树种的叶片在冬季休眠时存贮大量营养，以利树木生长。同时叶片还有其他很多方面的作用，叶片的活动是树木生长发育的基础。叶片状况如何不但影响到树木的生长发育，而且还影响到园林绿化、美化及生态效益的发挥，要做好养护工作，必须了解树木叶片和叶幕形成的特点。

一、叶片形成

树木的叶片，自树木枝条生长的过程中形成芽时，叶原基出现并开始进行叶片、叶柄（包括托叶）的分化形成叶的雏形，随着芽萌动、展叶直到叶片停止增长为止，这个过程称为叶片的整个发育过程。不同树种的遗传特性不同，构成不同的叶片形态、大小上的差异，这是作为种间分类的依据，同一新梢上不同部位上的叶片由于形成的时间和生长发育的时期各不相同，不同时期的树体生理状况不同和环境因素的差异，导致叶片在生长时间长短、形体大小、叶绿素多少、光合作用高低、寿命的长短有着明显的差异。

不同的树种、品种，其叶形、大小不同，差异很大，但每个树种本身，其叶片在形态大小上有相对的稳定性，通常是作为树木分类的依据。但由于不同环境条件，树体生理状况不同，而造成同一株树上、甚至同一枝新梢上不同部位上的叶片之间出现种种差异。在一株树上，壮枝、壮芽生长出的新梢，由于营养状况好，叶片大多面积大，而弱枝、

弱芽生长的新梢由于营养状况不佳，形成的叶片面积较小。枝梢不同部位的叶片在生长上、叶面积上差异显著，春梢枝条基部由于温度低、营养不足，叶片的生长期短，叶形往往不足以代表树种的特有叶形，叶面积小；而在新梢的旺盛生长期内，环境适宜、营养充足，叶片生长期长，叶面积大，并反映出树种特有的形态。在梢尖处形成的叶片面积取决于营养状况及温度，一些树种在高温条件下，叶片生长期短，叶面积小，有一些树种则因为此时营养物质充裕，叶面积增大。

新梢不同部位上的叶片在叶龄、叶片光合能力上差异很大。春梢基部在初期形成的叶片小而薄，光合效率因叶内叶绿素含量少而较低，并随着新梢旺盛生长期的到来，大量叶片生长，初期形成的叶片由于对水分、养分和竞争力弱而走向衰老，一旦恶劣环境出现很快枯亡脱落，叶龄较短。旺盛生长期里长出的叶片处于幼嫩阶段时，叶片小叶绿素含量低，光合效率低，而随着叶龄的加大，叶面积加大，叶绿素含量增加，光合作用增强，此类叶片在没有特殊原因时可一直生长到秋季自然落叶，寿命长。缓慢与停止生长期生成的叶片，叶绿素含量较高，光合作用较高，但因为生长晚，到秋季自然落叶时，其整个生长时间较旺盛生长期生成的叶片短，因此其寿命短。

树木叶片生长的这些指标的大小，还与树木栽培养护措施有密切的关系，在肥力不足，管理粗放条件下，树木的叶片一般小而薄。叶片的光合效能差，在肥水过多的情况下，叶片大、植株有徒长现象，在正常养护条件下，叶片都有一个相对稳定的指标。因此，在树木养护中，掌握或深刻了解叶片的形成、发展和衰亡的规律，就可以有效地加以控制。

二、叶幕的形成特性

树木的叶幕是指叶片在树冠内集中分布的区域。树木叶幕的厚薄、形成叶幕时间的长短、形态的不同、出现的早晚与持续时间的长短受树种、品种、环境条件、树木年龄及各种栽培技术的影响。

落叶树种叶幕的厚薄和形成叶幕的时间长短与新梢的长度有着密切关系。新梢的长短与树种的遗传特性、树木的年龄、树势的强弱关系密切，而且栽培养护措施的实施对新梢生长，对叶幕厚薄及形成叶幕时间长短起着非常重要作用。抽生长枝的树种、幼龄及树势生长旺盛（包括一年多次发芽的）的树木，生成的长枝比例大，叶幕形成的时间长，叶幕厚，叶幕的体积在树冠中占有很大比例，叶片几乎能够充满整个树冠。而抽生短枝的树种、年龄大的或树木长势非常弱的树木，生长的枝条中短枝比例大，叶幕形成的时间短，叶幕薄，在树冠外围边缘形成壳状，叶幕的体积在树冠占有的比例较小。栽培养护技术的不同，造成叶幕厚薄差异很大，如果修剪、水肥管理比较粗放，或管理不当，树木长势衰弱，枝条生长得短，叶幕薄，光合产物量积累少，对来年新梢的生长、叶幕厚度依然有着抑制作用。如果管理精细，利用修剪减少发芽新梢数量，使充足的营养促

进保留新梢的加长生长，并在水肥上进行促进，新梢生长量大，叶幕厚。如木槿、紫叶李等树种，在管理粗放的绿地，生长到一定年限时，短枝比例很大，导致木槿的新梢短，叶幕薄，花期短；紫叶李的新梢短，叶幕薄，叶片颜色陈旧，而在修剪、水肥管理好的地方，木槿的新梢长可达 1m 叶幕厚 花期长 紫叶李的新梢可达 1.5m 左右 叶幕厚 而且叶色鲜艳。

常绿树冠由于叶片的寿命较长（可达 1 年以上），而且始终有叶幕存在，老叶多在新叶形成后开始脱落，因此叶幕相对比较稳定，但环境条件对叶幕的厚薄仍有影响，在环境比较适应的条件下，新梢生长量大，叶幕稳定地增厚；在环境条件比较恶劣的情况下，叶幕量也会比较稳定地减薄，生长逐渐衰弱，最后导致树木死亡。

叶幕的形态和体积与树种、年龄、树冠形状、新梢的长度有着密切的关系，并且受修剪整形的影响。叶幕的形态变化对树木叶面积的大小有着重要影响。

不同树种的树冠形态不同，导致叶幕的外形和体积随之发生相应变化。自然生长的单株树木受遗传特性影响，在不同年龄阶段形成不同的树形，幼年期的树木往往形成圆锥、圆柱、卵圆形叶幕，其体积与树冠相近；成年树木则受遗传影响很大，自然生长而无中心干的树木，叶幕的形态、体积有很大变化，形成半圆形叶幕，有中心干的树木形成卵圆形叶幕；人工修剪后的树木，其叶幕与修剪技术措施有关，用杯状整形就形成杯状叶幕 用分层形整形就形成层状叶幕 圆头形整形（如馒头柳）形成半圆形叶幕 球状树冠形成近球形叶幕。如果种植片林、色带，枝条由于光照条件向上生长，下面出现光秃而在上部形成平面叶幕，一些在高压线下的林木（如道路两侧的行道树）修剪成杯状，叶幕形成下弦月状。在一些重要场所为了艺术家需求而将树木修剪成各种几何形状，但叶幕多数形成表层壳状形式。藤木类的叶幕随攀附的物体形态而发生形态变化。

落叶树种叶幕在年周期中有着明显的季节变化，生长期里，树冠外围新梢生长区域即是叶幕区，而秋天落叶后，叶幕消失。常绿树种的叶幕不会消失，但随着新叶生长、老叶脱落，而出现叶幕加厚、变薄的规律变化。

为了保持城市园林绿化的效果，通常希望绿化效果好，叶幕保持时间长。在春季，希望种植萌芽早、展叶快、提早出现新绿的树种 如珍珠梅、馒头柳、小叶杨、加杨、复叶槭等 刺槐、梧桐、枣、合欢、紫藤等则展叶较晚。

叶幕的形状和厚薄是确定树木叶面积的主要因素。不同树种在相应的空间内有一个比较稳定的叶面积指标，在树木的科学研究中，称为叶面积指数（LAI）是指一个林分或一株树的叶面积与其占有土地面积的比率，这个指标的变化受树体大小、年龄、株行距和其他很多因素的影响，并反映在叶幕的形态、厚薄上。

大多数落叶树种的叶面积指数为 3~6，而速生被子植物的叶面积指数因集约栽培养护，叶面积指数可高达 16~45。在园林绿化中，落叶树种的叶面积指数在 4 左右，生

长效果和观赏效果较好, 过低则树体长势衰弱, 过高则树体易出现徒长现象, 需要通过栽植养护措施进行调节。常绿树种的叶面积指数较高, 常绿阔叶树种可达 8, 常绿针叶树种可高达 16 以上。常绿树种的叶面积指数受新梢生长长度和叶片寿命的影响, 在正常条件下, 叶面积指数达到较高的水平时, 即可处于生长的稳定状态, 常绿树种的管理在不影响美化的前提下修剪量很小, 以水、肥养护维持叶面积指数的较高水平。

第四节 花芽分化与开花

随着树木的生长, 度过幼年期后, 具有了开花的能力, 对于观花树木, 已具备人们所需的季节性物候观赏价值, 其开花效果的好坏, 直接影响园林植物种植的绿化、美化效果。

一、花芽分化的意义与概念

花在园林树木观赏中具有很重要的地位, 要达到花繁、果丰, 在绿化中促进花期提前或采取抑制手段拖延花期, 首先要了解树木花芽的分化规律, 才能提供可靠的需求, 如果不掌握花芽分化规律, 不知道花芽分化时期和花芽的形态特征, 对花木就进行修剪, 很有可能达不到应有的观赏效果。对于园林绿化来说, 掌握花芽分化的规律, 促进花、果类树木的花芽形成和提高花芽分化质量, 是满足花期景观效果的主要基础, 对增加园林美化效果具有很重要的意义。

花同叶一样, 都起源于树木枝茎的顶端或侧生分生组织(也可称为生长点), 但是花与叶的分化基础条件各不相同, 叶芽在一定的营养条件下, 当能够满足其成花生理条件时即可向花芽方向转化。枝茎的生长点由叶芽的生理和组织状态转向花芽的生理和组织状态的过程称为花芽分化。生长点由叶芽的状态转向花芽状态后, 并逐渐分化为萼片、花瓣、雄蕊、雌蕊以及整个花蕾或花序原始体的全过程, 称为花芽形成。生长点由叶芽生理状态转向花芽生理状态(代谢方式)的过程称为花芽生理分化, 此过程是生长点内物质代谢的变化过程, 无法用解剖方法观察。花芽形态分化是指生长点由叶芽细胞组织形态转向花芽细胞组织形态的过程, 这种分化在生理分化后方能进行, 由于细胞组织形态发生变化, 可以利用解剖方法加以判断。花芽分化是树木生命周期中的一个重要生命过程, 是完成开花的先决条件, 虽然在外形上有时是不容易觉察的。花芽分化的概念有狭义和广义之分, 狭义的分化是指花芽生理、形态分化, 广义的分化包括生理、形态分化、花器的形成与完善直至性细胞形成的全过程。

二、花芽分化期

花芽分化一般分为生理分化期、形态分化期和性细胞形成期三个分化期, 由于树种遗传特性不同, 因此树种间的花芽分化时期具有很大差异。

1. 花芽生理分化时期

此时期是芽内生长点的叶芽生理状态向分化花芽的生理状态变化的过程，这是花芽能否得以分化的关键时期，此时植物体内各种营养物质的积累状况、内源激素的比例状况等方面的调节都已为形成花芽作好准备。据研究，生理分化期约在形态分化期前1~7周。由于生理分化期是花芽分化的关键时期，且又难以确定，故以形态分化期为依据，称生理分化期为分化临界期。

2. 花芽形态分化期

此时期是花芽分化具有形态变化发育的时期，在这个时期，根据花或花序的各个器官原始体形成划分出以下五个时期：

(1) 分化初期 是芽内生长点由叶芽形态转向花芽形态的最初阶段，往往因树种而稍有不同。一般是由芽内突起的生长点逐渐肥厚变形，顶端高起形成半球形状，四周下陷，从形态上和叶芽生长点有着明显区别，从细胞组织形态上改变了芽的发育方向，是判断花芽分化的形态标志，利用解剖方法可以确定。但此时花芽分化不稳定，如果内外条件不具备，可能会出现可逆变化，退回叶芽状态。

(2) 萼片形成期 下陷四周产生突起物，形成萼片原始体，到此阶段才可以肯定为花芽，以后的发展是不可逆的发展。

(3) 花瓣形成期 在萼片原始体内侧发生突出体，即为花瓣原始体。

(4) 雄蕊形成期 在花瓣原始体内侧发生的突起物即为雄蕊原始体。

(5) 雌蕊形成期 在花瓣原始体的中心底部发生的突起物，即为雌蕊原始体。

形态分化期的长短取决于树种、分化类型等因素。

3. 性细胞形成期

当年进行一次或多次花芽分化并开花的树木，花芽的性细胞都在年内较高温度的时期形成。夏秋分化型的树木经过夏秋花芽分化后，并经冬春一定时期的低温（温带树种 0~10℃，暖温带树种 5~15℃）累积条件，形成花器并进一步分化完善，随着第二年春季气温逐渐升高，直到开花前，整个性细胞形成才完成。此时，性细胞器官的形成受树体营养状况影响，条件差会发生退化现象。

三、花芽分化的类型

不同树种的生长特性和生态特性差异很大，其花芽分化对环境条件的要求不同，有着不同的适应性，根据不同树种花芽分化的特点，可以分为以下四个类型：

1. 夏秋分化型

绝大多数在早春、春夏之交开花的树木如玉兰、腊梅、迎春、连翘、榆叶梅、碧桃、樱花、海棠、紫荆、紫藤、丁香、牡丹、山茶（春季开花的）、杜鹃、泡桐等属于夏秋分化型，在北京地区大致在枣树开花前开花的树种多属于此种类型。新梢上的芽在 6~8 月开始

进行花芽分化并延续到 9~10 月,才逐渐完成花器的主要部分分化,有些分化较晚的树种,如板栗、柿子的花芽分化较晚,在秋季只形成花原始体,还未形成花器,延续的时间较长。夏秋分化型树种进行花芽分化并进一步完善还需经过一段低温时期,直到第二年才能完成性器官的发育,完成整个花芽分化的过程。有一些树种虽然由于某些条件的刺激或影响,在夏秋已经完成分化,但仍需要经过相应的低温条件才能提高开花的质量。因此提前开花的一些树木,其开花距自然开花期愈远,开花的质量就愈差。

2. 冬春分化型

生长在热带地区、亚热带地区的一些树种,在秋梢的生长停止后,到第二年春季萌芽前即 11 月到次年 4 月之间,树木的芽逐渐分化并形成花芽。不同树种或在不同时期,花芽分化的时间有差异,如龙眼、荔枝类一般在秋季新梢停长之后到春季萌芽之前,逐渐进行花芽分化,即 11 月至次年 4 月这段时间而柑橘类的柑、橘、柚等常常从 12 月至来年春季萌芽前完成花芽分化,分化期较短,并连续进行。偏南地区的树木花芽分化偏晚;而偏北地区如浙江、四川等地由于气温下降得早,花芽分化较早。

3. 当年分化

夏秋开花的一些树种如木槿、紫薇、国槐、荆条、合欢、珍珠梅、糯米条等都是在当年新梢的生长过程中形成花芽,并开花。此类树木的花芽分化不受低温影响,而是随春季的温度逐渐升高,在树体营养生产量大、物质积累充足的条件下,进行花芽分化,并开花。花期的长短、花量的多少、花序的大小、花质的差异与新梢的生长状况有关系。

4. 多次分化型

在一年中可以多次新梢生长,并且每生长一次新梢,即进行一次花芽分化和开花的树木。如月季、茉莉花、无花果等以及其他一些树种中的变异类型,如四季桂、日香桂、四季橘等,这类树木春天第一次开花的花芽有些可能是上一年形成的,也有可能是随着生长即分化形成的。分化的次数有交错发生,没有明显的分化停止期,规律性分化不很明显。

四、影响树木花芽分化的因素

树木花芽分化的多少,直接影响到开花的质量、数量及结果量,影响到园林观赏效果。因此,是园林绿化工作者在研究、养护中非常关注的,尤其是注意影响花芽分化的因素,以利促进花芽分化,提高开花质量和数量。

1. 花芽分化的内因

花芽分化受树木本身遗传特性、生理活动及各个器官之间关系的影响,各种因素都有可能抑制花芽分化。

(1) 花芽分化的基本内在条件 树木的花芽分化是由简单的叶芽转化成复杂的花芽,在分化过程中由量变转向质变、从营养生长转向生殖生长的过程,根据树木生长发

育的规律及花芽分化的一些研究成果，树木花芽分化须具备以下几个条件：

树木花芽分化时，树体内须具备比叶芽分化更为丰富、充足的营养物质。其中包括光合产物、矿质盐类以及以上两类物质转化合成的碳水化合物、氨基酸和蛋白质等物质，这些物质是花芽分化的基础物质，是花芽分化中所需的能源和转化物质。

② 树体内的调节物质 如内源激素中的生长素（IAA）、赤霉素（GA）、细胞分裂素、脱落酸（ABA）和乙烯等，还有在树体内进行物质调节、转化的酶类。

在花芽分化中的遗传物质 在花芽分化中起决定作用的脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA），影响芽的代谢方式和发育的方向。

这三个条件是生长点由叶芽状态转向花芽状态时必须具备的物质基础，物质不足，无法进行花芽分化。

（2）树木各种器官对花芽分化的影响 在树木生长期中，各器官都处于生长或生理活动中，在不同的阶段对花芽分化产生不同的影响。

枝叶生长与花芽分化 枝叶的营养生长与花芽分化的关系在不同的时期不相同，既有抑制分化的时候，也有促进分化的时候。叶片是同化器官，是植物有机物质的加工厂，叶量的多少对树体内有机营养物质的积累起着非常重要的作用，影响花芽分化。只有生长健壮的枝条，才能扩大叶面积，制造有机营养物才多，形成花芽才能有可靠的物质基础，否则比叶芽复杂的花芽分化就不可能完成。国内外的研究结果一致认为，绝大多数树种的花芽分化都是在新梢生长趋于缓和或停止生长后开始的。这是由于新梢停止生长前后，树体的有机物开始由生长消耗为主转为生产积累占优势，给花芽分化提供有利条件。如果树木的枝叶仍处于旺盛的营养生长之中，有机物质仍处于消耗过程或积累很少，即使在花芽分化的时期，由于树体有机物质的不足，同样无法进行花芽分化。由此可见，枝条在营养生长中消耗营养物质，这种消耗促进枝叶量的增加，也是对花芽分化的投资，只有扩大枝条空间，才能扩大叶面积，促进光合生产和有机物质的积累，促进花芽分化，增加花芽分化的数量；但消耗过量，始终满足不了花芽分化的物质条件，就抑制了花芽分化。因此，在花芽分化期前的新梢生长可采取措施促进枝叶的生长，健壮的枝叶有利于花芽分化。而在花芽分化期中，如果仍然大量地营养生长，则不利于分化，可以通过措施抑制或终止新梢的生长来促进花芽分化。

同时，枝叶生长的过程中除了对营养物质消耗外，还通过内源激素对花芽分化产生影响。新梢顶端（茎尖）是生长素（IAA）的主要合成部位，生长素不断地刺激生长点分化幼叶，并通过加强呼吸、促进节间伸长和输导组织的分化；幼叶是赤霉素的主要合成部位之一，赤霉素刺激生长素活化，与生长素共同促进节间生长，加速淀粉分解，为新梢生长提供充足营养，这种作用不断消耗营养物质，影响了营养物质积累，抑制花芽分化。成熟叶片产生脱落酸（ABA），对赤霉素产生拮抗作用，导致生长素、赤霉素的水平降

低，并抑制淀粉酶生成，促进淀粉合成、积累，有利于枝梢充实、根系生长和花芽分化。随着老熟叶片量的增加，脱落酸的作用增加，新梢、幼叶停止生长、分化，营养物质积累，方能进行花芽分化。

总之，良好的枝叶生长能为花芽分化打下坚实的物质基础，没有这个基础，花芽分化的质与量都会受到影响。

②根系生长与花芽分化 根系生长（尤其是吸收根的生长）与花芽分化有明显的正相关。这一现象与根系在生长过程中吸收水分、养分量加大有关，也与其合成蛋白质和细胞分裂素有关系，茎尖虽也能合成细胞分裂素，但少于吸收根。当枝叶量处于最大量时，也是光合作用、蒸腾作用最强的时候，根系的不断生长，才有利于满足树体蒸腾，促进光合作用，有利于营养物质积累，有利于花芽分化；细胞分裂素大量合成也是花芽分化的物质基础。

花、果与花芽分化 花、果既是树体的生殖器官，也是消耗器官，在开花中和幼果生长过程中消耗树体生产、积累的营养物质，尤其是幼果具有很强的竞争力，在生长过程中，对附近新梢的生长、根系的生长都有抑制作用，抑制营养物质的积累，抑制花芽分化。而且在幼果种胚生长阶段产生大量的赤霉素、生长素促进果实生长，对花芽分化抑制，而到果实采收前一段时间（1~3 周），种胚停止发育，生长素与赤霉素水平下降，使果实的竞争能力下降，使花芽分化形成高峰期。

枝、叶、花、果、根在生长期中的不同状况综合对花芽分化产生影响。枝、叶、花、果均在生长过程中时，对花芽分化产生抑制，而当新梢停长，叶面积形成后，则起促进作用，但果实仍起抑制作用。此时要给花芽分化提供物质条件，又要保持果实的生长，必须保持足够的叶量。如西北农大针对果实做的摘叶试验，每个果保有 70 片叶，既有利果实生长，也有利于大量花芽分化，而每果只有 10 片叶时，成花量大大减少。就不同枝条的叶面积看，长枝条叶面积绝对量大，但从枝条单位长度看，短枝叶成簇状，面积最大，叶量大，积累多，极易形成花芽。先花后叶的树木，繁盛的花期，能消耗大量的贮藏营养，抑制根系、新梢的生长，也间接地影响果实生长和花芽分化。

树木各个器官与花芽分化动态关系主要有以下几个方面：一是影响花芽分化的物质基础，营养物质的积累水平，而物质积累取决于植物体内源激素的平衡状况及引起的代谢方向的转变，取决于新梢生长状况，在生长素、赤霉素处于低水平，脱落酸、乙烯及细胞分裂素含量较高时有利于花芽分化；二是花、果的生长通过对营养、激素的控制抑制花芽分化；三是根的生长有利于水分、养分的吸收，促进叶片的光合作用、营养作用和营养物质积累，促进花芽分化。

2. 影响花芽分化的外界因素

外界因素随着气候、季节发生变化，并且可以刺激树木内部因素变化，启动有关的

开花基因，促使开花基因指导形成有利于花芽分化的基本物质，如特异蛋白质，促使花芽的生理分化和形态分化。

(1)光照 光照对树木花芽分化的影响是多方面的，不但可以通过对温度变化的影响，对土壤微生物活动的影响，间接地影响花芽分化，而且影响树木光合作用和蒸腾作用，造成树体内有机物质的形成、积累、体内细胞质浓度增加以及内源激素的平衡发生变化，并影响花芽分化。光对树木花芽分化的影响主要是光量、光照时间和光质等方面。经试验，在绿地里种植的许多绿化树种对光周期变化并不敏感，其表现很迟钝，但对光照质量要求比较高。如苹果、柑橘各为不同日照植物，苹果为长日照，柑橘类为短日照植物，但都对光照强度要求较高，苹果在花芽分化期如遇 10 天以上的阴雨天，即降低分化率，温州蜜橘从 12 月 1 日到第二年 3 月 17 日草帘覆盖遮荫，花芽仅为对照的 1/2 一些松树和柏树对光也有一定的要求，葡萄在强光下有大量的花芽分化。

(2)温度 温度是树木进行光合作用、蒸腾作用、根系的吸收、内源激素的合成和活化等一系列生理活动过程中关键的影响因素，并以此间接影响花芽分化。

苹果花芽开始分化期的平均温度在 20℃ 左右，分化盛期在 6~9 月，平均温度稳定在 20℃ 以上，最适宜温度在 22~30℃ 之间。在秋季，温度降到 10~20℃ 时，分化减缓，而当气温降到 10℃ 以下时，分化停滞。

葡萄花芽分化受温度影响，主要表现在芽内分化的花数与叶芽状态转向花芽状态的前三周温度高低有关，13℃ 少量分化，30~35℃ 时分化增到很大的量。

一些林木树种如山毛榉、松属、落叶松属和黄杉属等的花芽分化都与夏天温度的升高呈正相关。夏秋进行花芽分化的花木如杜鹃、山茶、桃、樱花、紫藤等在 6~9 月较高的气温下完成花芽分化，而冬春进行花芽分化的树木如柑橘类、油橄榄等热带树种，则需要有较低生活温度条件下进行花芽分化，如油橄榄要求冬季低温在 7℃ 以下，否则较难成花。

(3)水分 水分是植物体生长、生理活动中不可缺少的因素。但是，无论哪种树木花芽分化期的水分过多，均不利于花芽分化。适度干旱有利于树木花芽形成。如在新梢生长季对梅花适当减少灌水，能使新梢停长，花芽密集，甚至枝条下部也能成花。因此控制对植物的水分供给，以达到控制营养生长，促进花芽分化，这是园林绿化中经常采用的一种促花的手段，尤其是在花芽分化临界期前，短期适度控制水分（60%左右的田间水量）。对于这种控制水分促进成花的原因有着不同的解释：有人认为在花芽分化时期进行控水，抑制新梢的生长，使其停长或不徒长，有利于树体营养物质的积累，促成花芽分化；有人认为适度缺水，造成生长点细胞液浓度提高而有利于成花；也有人认为，缺水能增加氨基酸，尤其是精氨酸，有利于成花。水多可提高植物体内氮的含量，不利于成花。缺水除了以上作用外，也会影响内源激素的平衡，在缺水植物中，体内脱落酸

含量较高，抑制赤霉素和淀粉酶的作用，促进淀粉累积，有利于成花。以上种种解释，可能都只强调了某个侧面，但采取控水措施确能促进成花，早成花。

(4)养分 不同矿质养分对树木的生长发育产生不同影响。施肥，特别施用大量氮素对花原基的发育具有强烈影响。树木缺乏氮素时，限制叶组织的生长，同样不利于成花诱导。氮肥对有些树木雌花、雄花比例有影响，如能促进各种松和一些被子植物的树种形成雌花，但对松树雄花发育的影响小，甚至有负作用。施用不同形态的氮素会产生不同效果，如铵态氮（如硫酸铵）施与苹果树，花芽分化数量多于硝态氮。而对于北美黄杉，硝态氮可促进成花，铵态氮则对成花没影响。虽然氮的效果被广泛肯定，但其在花芽分化中的确切作用没有真正弄清楚，施氮的时间，与其他元素配比是否正确，有待于深入研究。

磷对树木成花作用因树而异 苹果施磷肥后增加成花，而对樱桃、梨、桃、李、杜鹃等无反应。在成花中，磷与氮一样，产生什么样的作用很难确定。缺铜可使苹果、梨的成花量减少，苹果枝条成分中钙的含量与成花量成正相关，钙、镁的缺乏造成柳杉成花不足。研究中，当树种大多数元素相当缺乏，不利于成花时，说明矿物质含量在树体内相互作用，对成花很重要。

(5)栽培技术与花芽分化 从对花芽分化的影响因素来看，都集中在营养物质的累积水平这个首要因素上，这是花芽分化的物质基础。园林树木栽培技术措施就是为了控制和调节树木的外部条件，平衡树木内部各器官之间的生长发育关系，从而达到人为控制，如对枝条生长、花芽分化的控制。

我国劳动人民对树木管理的经验是：对于要进行花芽分化的成年树来说，搞好周年养护，加强肥、水管理，防治病虫害，合理修剪，疏花、疏果来调节营养分配、减少消耗，使每年都有足够的花芽形成。

综上所述，根据各类树木栽培所获得经验和研究结果说明，满足树木的花芽分化需要具备以下三个条件：

树体内有效同化产物在一定部位（生长点）、一定时间（花芽分化时期）的相互作用，以及内源激素的平衡，以此构成花芽分化的物质基础。

生长点的分化是从量变到质变的过程，生长点分化处于分裂又不过旺的状态，进入休眠的芽、停止细胞分裂的芽不能分化，过旺的营养生长也不利于花芽分化。

适宜的环境条件（包括日照、温度、水分、养分等状况）是必备的外部因素，并通过树体的生理活动影响成花。

五、树木花芽分化的一般规律

虽然树种因分化类型不同，花芽分化期有很大差异，而且树体庞大，每个生长点受树体的内部因素和外界因素的影响，出现分化的异质性，但各种树木在分化时期的变化

都有着共同的规律性。

1. 花芽分化的长期性和不一致性

树木都具有芽器官多的共同特性，每个芽发育的阶段、树体营养供给状况及外界环境条件均有差异。所有的芽无法绝对集中在一个很短的时间内同时分化，而是分散地分期分批陆续分化完成的，由不同芽进行花芽分化的先后时间，拉大了花芽分化时期，尤其是一年多次花芽分化的树木，其花芽分化期更长，有的甚至保持全年的花芽分化（如在温室中种植的月季），夏秋花芽分化的一些树种的分化时期从夏秋一直延续到来年的 2~3 月，反映出树木花芽分化的长期性。正是由于这个原因，同一枝条、同一株树上的花芽分化动态不整齐，这与每个枝条顶端组织停止生长的早晚有关，与每个枝条上芽的异质性有关，也造成形态分化期出现的不均衡性，因此，每个叶芽转向花芽分化成熟的时期当然不一致。所以进行全年合理养护是保持花芽分化质量的主要措施。

2. 花芽分化的相对集中性和相对稳定性

各种树木的花芽分化开始期到分化盛期（相对集中分化期），虽然在不同的地区、不同的年份有差别，但并不很悬殊，以果树为例：苹果的花芽分化在 6~9 月，桃在 7~8 月，柑橘在 12~2 月，而且多数树木在新梢停止生长或果实成熟以后，通常是花芽分化的高峰，这与每年周期性的气候变化、树木的物候期有着密切的关系，使树木花芽分化具有相对的集中性和相对稳定性。

3. 花芽分化都有一个生理分化期（或称为分化临界期）

生理分化期使花芽在分化期中始终处于一个不稳定状态，对树体内、外因素均高度敏感，是一个无法通过解剖进行判断，易于改变代谢方向的时期，基本上是大部分短枝开始形成顶芽到大部分长梢形成花芽的一段时间，如苹果通常是在花后 2~6 周短梢已经基本上封顶了，柑橘通常是果实采摘之后，开始积累营养物质，进入生理分化期。很多促花措施通常在这个时期采取应用。

4. 单个花芽形成所需的时间因树种、品种而定

因树种的遗传特性决定，一个花芽形成所需要的时间很长，从生理分化开始到雌蕊形成结束需要的时间，苹果 1.5~4 个月，芦柑 0.5 个月，雪柑 2 个月，福柑 1 个月，梅花从 7 月上旬到 8 月下旬，牡丹为 6 月下旬到 8 月中旬。

5. 树木的花芽分化早晚因树木年龄、生长状况、花芽着生部位等因素而有差异

同一树种，幼树营养生长较成年树生长量大，故花芽分化较成年树晚；同一生长季中，旺树新梢的封顶比弱树的晚，故花芽分化较弱树晚；同一株树上，中、长枝的新梢封顶比较短枝的新梢晚，在营养物质充实的情况下，一般停止生长早的枝条（如短枝），枝上腋芽进行花芽分化早。停止生长晚的枝条（如长枝），枝上的腋芽进行花芽分化晚。树木结果量多少对花芽分化有影响，大年枝条虽然停长早，但因树体营养不充分，花芽

分化较晚。

六、控制花芽分化的途径

人们在了解各种因素对花芽分化的影响及树木花芽分化规律的基础上，利用园林树木养护的各种途径，控制和调节树木生长发育的外部环境因素，平衡树木各器官之间的生长发育关系，从而达到控制花芽分化的目的。如适地适树繁殖栽培技术措施、嫁接与砧木的选择，整形修剪、水肥管理及生长调节剂的使用等。

在利用栽培措施控制花芽分化时须要注意以下几个关键问题：

(1)要了解树种的开花类别和花芽分化时期及分化特点，确定管理技术措施的使用。

(2)抓住花芽分化临界期，适时采取措施控制花芽分化。

(3)根据不同类别树木的花芽分化与外界因子的关系，利用满足与控制外界环境条件来达到控制花芽分化。

(4)根据树木不同年龄时期、不同树势、不同枝条生长状况与花芽分化关系采取措施协调。

以苹果为例，幼树的营养生长旺盛，花芽分化期比成年期的要晚，可重施磷、钾肥，少施氮肥，控制灌水，夏季修剪利用疏枝开张分枝角增加冠内光照，利用环剥控制营养运输走向，施用乙烯利、 B_9 、三碘苯甲酰（TIBA）等生长抑制剂控制新梢的生长，促进芽生长充实，进行花芽分化，以利于早成花、早开花、多结果。而大龄树，除了抓住花芽分化期进行促控工作外，还要抓住一切时机促进树体营养生长，采取保叶，加强后期养护管理，并通过休眠期修剪保护已形成的花芽。

对于任何开花结果的树种，要抓住“分化临界期”这一分化的关键时期，重点加强肥水管理，适当使用生长调节剂，在全年管护过程中还可通过修剪协调树木长势。生长调节剂种类繁多，对树木生长发育的作用也不同，如赤霉素对苹果、梨、樱桃、杏、葡萄、柑橘、杜鹃等能促进生长、抑制成花，阿拉、矮壮素、乙烯利等能促进苹果成花，阿拉、矮壮素可促进柑橘、梨和杜鹃成花。

七、树木开花

树上正常的花芽（或花蕾），当花粉粒和胚囊发育成熟时，花萼和花冠展开的现象称为开花。一朵花从花蕾的花冠伸展到花冠脱落为止或树木全株有少量开花到全部落尽为止，称为树木的开花期，简称花期。树木开花是树木成熟的标志，也是大多数树种成年树体年年出现的重要物候现象。许多被子植物的乔木、灌木、藤木的花有很高的观赏价值，在每年一定季节中发挥着很好的观赏效果。树木花开得好坏，直接关系到园林种植设计美化的效果，了解开花的规律，对提高观赏效果及花期的养护技术有很重要的意义。

1. 树木开花的习性

树木开花的习性是植物在长期生长发育过程中形成的一种比较稳定的习性，在园林绿化中，利用开花习性可提高绿地的景观效果。

(1) 不同树种开花先后 开花期的早晚与树种遗传特性有关，不同树种具有不同的开花时间。长期生长在不同气候带的树木，除在特殊小气候条件外，同一地区、同一年各树种的开花期均有一定的顺序排列。如北京地区一些树木开花顺序为：银芽柳、毛白杨、山桃、玉兰、杏桃、紫丁香、紫荆、牡丹、紫藤、刺槐、合欢、木槿、国槐等；上海地区一些树木开花顺序为：绿萼梅、迎春、玉兰、贴梗海棠、西府海棠、樱花、丁香、杜鹃、泡桐、牡丹、忍冬、山梅花、月季、大八仙花、夹竹桃、合欢、海州常山、糯米条等。应利用不同的开花时间特点，合理配置达到三季有花的效果。

(2) 同一树种不同品种的树木开花先后 同一环境中，同一树种不同品种的遗传差异，导致了开花顺序，往往形成早花、中花、晚花品种，对一个树种来说，可延长开花期。如上海地区山樱花在 3 月 21~25 日左右开始开放，东京樱花 3 月 26~31 日、日本晚樱 4 月 1~5 日、福建山樱花 4 月 6~10 日左右开始开放，从而延长了樱花的开花期。

(3) 雌雄同株异花树开花先后 同株树的雄花和雌花既有同时开放的，也有雄花先开或雌花先开的。凡实生繁殖的树木差异较大，如核桃，常有雌花先开、雄花先开或雌、雄花同开的几种类型混杂在一起，以风媒花的树种较多。

(4) 同株树不同部位枝条或花序的开花先后 由于树体生理状况、外界环境的影响，不同部位上、不同枝条上的花开放有先后顺序，阳面花较阴面花开得早，树冠外围花开早于膛内；短枝花先开，长枝花和腋花芽开得晚。同一个花序上开花早晚不同，伞形总状花序的花从顶部先开，伞形花序的花先从基部开，柔荑花序基部先开。

2. 花、叶先后开放的类型

不同树种的开花与展叶的先后秩序不同，以此可分为三个类型：

(1) 先花后叶类 此类树木在春季萌动前已完成花器的分化，春季芽萌动时，以花芽先萌动开放，先开花后展叶。如早春开花的银芽柳、迎春、连翘、玉兰、山桃、梅、杏、紫荆等。很多落叶树种花量大，开放时可以形成一树繁花的景观。

(2) 花、叶同放类 此类树木的花器也是在春季萌芽之前完成了分化，春天在萌芽时，开花和展叶几乎同时进行。由于芽的性质不同和生长的差异，划分出两种，一种是先花后叶类的花、叶同放，以纯花芽、纯叶芽的形式出现，开花和展叶虽然同时进行，但花蕾形大，叶芽形小，因此从花蕾期到开花期阶段的景观，基本上以花的形态为主，开花末期叶片显现才比较明显。如榆叶梅、碧桃等，一种是先叶后花类的花、叶同放，以混合芽的形式出现，在萌芽生长的时候，虽然先发芽展叶而后开花（景观变化也是先见绿叶，后见花），但混合芽的枝短叶小，萌芽展叶后，立刻显出花蕾开花，花的形体、数量较大，

全树花开后,花色大于叶色,基本上也是一树繁花的景观效果,如苹果、海棠等。

(3)先叶后花类 此类树木以先生长出相当长度的枝叶,然后再开花。由于花芽分化和开花的时期不同,可分为两部分:一种即在上一年花芽分化并逐渐形成混合芽,萌芽后抽生相当长的新梢,于新梢上开花,形成红花绿叶的景致,开花较晚,多在前两类之后 此类树木如黄刺玫、玫瑰、牡丹、柿树、柑橘等 另一种树木的花器多是在当年生长的新梢上形成并完成分化的。一般在夏秋开花,在树木中属开花较晚的一些花木,很多树木的花期比较长,常见的如木槿、紫薇、凌霄、桂花、珍珠梅、荆条、月季、茉莉、国槐、合欢、糯米条等。

3. 花期长短与影响因素

树木开花期延续时间长短与树种、品种、外界环境条件以及树体营养状况有影响。

(1)不同树种、类别不同 花期长短不同 园林树木种类繁多 而且还有很多的栽培品种和类型,几乎包括各种花芽分化类型的树木。花芽分化的时期不同,开花时间不同,都会影响花期的长短,使在同一个地区里,树木的开花期长短不同,如夏秋分化型的树种,经过较长的花芽分化期后,随着秋季树体营养物质积累和冬天休眠期,春季树木萌动时,花芽生长整齐,几乎在同一段时间内开始进行,所以花期较短而整齐,如山桃、玉兰、榆叶梅、丁香等 开花期 7~8 天左右。而当年分化,多次分化的树种、品种由于是在生长中受营养状况的影响,每个枝条、芽逐渐先后成花、生长、开花,分化有早有晚,导致花与花开放之间的时间差,开花就不一致,造成树木、品种、树种开花期延长,如木槿可达 60 多天,紫薇 70 多天,茉莉 112 天,六月雪 117 天,珍珠梅 130 多天,月季可达 200 天左右。新梢生长的长短差异、花芽分化早晚都会导致开花的不一致,短枝开花早,长枝开花晚,加上个体差异大,因而花期较长。

(2)因树龄、树体营养状况而异,花期长短不同 同一树种的青壮龄或树势强的树木,枝条生长旺盛,营养的水平高,单朵花期长,或长、短枝差异大,拉长花期。老龄树木或树势弱的树木由于营养状况较差,发枝弱,花量少,开花不整齐,单朵花期短。

(3)花期长短受气候因素的影响 在园林绿地里,不同的环境条件下形成不同的气候因素,并影响花期长短,主要与光照、温度、水分有关。光照充足、强烈、气温高、空气湿度低是造成花期缩短的因素,阴天、气温低、空气湿度大可延长花期。因此,在树荫下、建筑物、地形的背阴面,光照不足、气温低,并在冷凉气候条件下可延长花期,在光照充足的地方、建筑物、地形的阳面,气温高,空气湿度低,或遇有干旱、高温的大气条件下则花期短。

4. 开花次数

树木每年开花次数的多少,与树种、品种、树体营养状况及环境因素有着密切的关系。

(1) 因树种、品种遗传特性差异而不同 大多数树种、品种每年只开一次花,有些树种、品种有一年多次开花的习性 如茉莉花、月季、桉柳(三春柳)、四季桂、四季橘、佛手、柠檬等,一年中,随着每次新梢的生长,逐渐进行花芽分化,逐渐开花。

(2) 再度开花 原产温带和亚热带地区的大多数树种一年只开一次花,但有时一年中可能发生二次开花的现象 常见的如园林树木中的碧桃、杏、海棠、苹果、连翘 有时还有丁香、玉兰、金银木、紫藤等偶尔见花。出现再度开花主要有两种原因:一种由于不良条件,花芽分化发育不足或树体营养不足,部分花芽延迟到春末夏初营养充足时,花芽发育完全后开花。这种现象经常在一些苹果、梨的花枝上发生,是由于树体本身因花芽分化、营养状况不足造成的。另一种是发生在秋季出现的又一次开花现象,这是典型的再度开花 是由于不良条件引起 到 条件改善 而形成的 多发生在春季开花、夏季开始花芽分化的树种上。当树木春季开完花、夏季花芽分化完成后,因秋季病虫害的发生失去叶子或过早遇大雨而落叶,促使新梢上芽重新萌发生长所致,再度开花,如梨、紫叶李、桃等。

由于花芽分化的不一致,故再度开花不及春季开花繁茂,很多花芽此时仍不开。此类现象多用在国庆花坛摆放上,人为措施对所需花木如碧桃、连翘、榆叶梅、丁香等在 8 月底 9 月初摘去全树叶片,并追肥水,到国庆节时即可成花。但在绿地里种植的花木不宜出现这种现象,一是树木的物候变化是反映景观动态的主要因素,再度开花不适于反映植物真正的景观效果;二是再度开花造成树体营养不易消耗,不利于越冬,影响第二年树木开花的数量、效果。因此,树木养护时要做好预防病虫害、排涝、防旱的措施。

5. 花期管理养护

园林绿地中花木的管理养护主要是为人们能够适时观花,并防止低温对花器的危害。树木花期的提前和推后,主要受环境因素的影响,亦可以采取人为措施进行调节,如杏、李与桃的早花品种,易受晚霜、寒流的危害,萌芽过早而造成冻芽现象。因此可以采取各种措施进行缓解,如机用喷水,用豆浆石灰液对全株喷白,可减缓树体升温、推迟花期防晚霜,或用喷施生长抑制素 B_9 、青鲜素(MH)延迟花期。已经萌动并形成花蕾后,在霜冻到来之前可对正开之花喷以磷酸二氢钾溶液,提高细胞浓度,提高抗寒力,也可喷水,利用水降温放热原理防霜,农业上熏烟防霜的效果很好,但难以在市区内实施。

第五节 果实生长发育

树木果实是绿地树木美化中的一个重要器官 通常利用果的奇(奇特、奇趣)、丰(丰收效果)、巨(巨形)、色(艳丽)以提高树木的观赏价值。在树木养护中,需要掌握果实的生长发育规律,通过一定的栽植养护措施,才能达到所需的景观效果。

一、授粉和受精

树木开花后，花药开裂，成熟的花粉通过媒介到达雌蕊柱头上的过程称为授粉，花粉萌发形成花粉管伸入胚囊，精子与卵子结合过程称为受精。影响树木授粉、受精主要有以下几个因素。

1. 授粉媒介

木本植物里有很多是风媒花，靠风将花粉从雄花传送到雌花柱头上，如松柏类、杨柳科、壳斗科、桦木、悬铃木、核桃、榆树等。有的是虫媒花，如大多数花木和果树、泡桐、油桐、椴树、白蜡树等。树木授粉的媒介并非绝对风媒或虫媒，有些虫媒花树木也可以借风力传播，有些风媒花树开花时，很多昆虫的光顾也可起到授粉作用。

2. 授粉选择

树木在自然生存中，针对自身繁殖特点，对授粉有不同的适应性。同朵花、同品种或同一植株（同一无性系树木）的雄蕊上花粉落到雌蕊柱头上，称为“自花授粉”，并结果实称为“自花结实”，自花授粉结实后无种子称为“自花不育”。大多数蝶形花科植物，桃、杏的品种，部分李、樱桃品种和具有完全花的葡萄等都是“自花授粉”树种。不同品种、不同植物间的传粉称为“异花授粉”，异花授粉出现的适应有雌雄异株授粉的杨、柳、银杏等；雌雄异熟的核桃、柑橘、油梨、荔枝等，雄蕊、雌蕊成熟的早晚不同，有利异花授粉；雌蕊、雄蕊不等长，影响自花授粉和结实，多为异花授粉；雌蕊柱头对花粉的选择影响授粉。

3. 树体营养状况、环境条件对授粉受精的影响

树体营养是影响授粉受精的主要内因，氮素不足会导致花粉管生长缓慢，硼对花粉萌发和受精有作用，并有利于花粉管伸长，钙有利于花粉管的生长，磷能提高坐果率。花期中喷施磷、氮、硼肥有利于授粉受精。

环境状况变化影响树木授粉受精的质量，温度的影响：不同树种授粉最适宜的温度不同，苹果 10~25℃，葡萄要求在 20℃ 以上。在开花期，温度低，期间长，开花慢，花粉管生长慢，未到珠心时胚囊已失去功能，不利受精，而且低温也不利于昆虫授粉。

阴雨潮湿不利于传粉，花粉不易散发，并极易失去活力，雨水还会冲掉柱头上的黏液。

微风有利风媒花传粉，大风使柱头干燥蒙尘，花粉难以发芽；而且大风影响昆虫的授粉活动。

二、坐果与落果

坐果是经过授粉受精后，花的子房膨大发育成果实。发育的子房在授粉受精后，才能促使子房内形成激素后继续生长，花粉中含有少量生长素、赤霉素和芸苔素（类似赤霉素的物质），花粉管在花柱中伸长时，促进形成激素的酶系统活化，而且受精后的胚

乳，也能合成生长素、赤霉素，子房中激素含量高，有利于调运营养物质并促进基因活化，有利于坐果。但授粉受精后，并不是所有树木都能坐果结实。

树木落花落果的原因很多，一是花器在结构上有缺陷，如雌蕊发育不全，胚珠退化；二是树体营养状况、果实激素含量不足；三是气候变化，土壤干旱，温度过高过低，光照不足；四是病虫害对果实的伤害等都会导致落花落果，影响果实成熟期的观赏效果。除此外，果实间的挤压，大风、暴雨、冰雹也是造成落果的因素。

三、防止落花落果的措施

对于观果树木来说，果量不足，达不到所需的景观效果，在栽植养护中需要有所针对地采取措施，促进坐果率。

1. 加强土、肥、水管理及树木管理与养护，改善树体营养状况

加强土、肥、水管理 促进树木的光合生产 提高树体营养物质的积累 提高花芽质量，有利于受精坐果。由于树体营养不良，如能分期追肥，合理浇水，可以明显减少落果。

加强树体管理，通过合理修剪，调整树木营养生长与生殖生长的关系，使叶、果保持一定比例，调节树冠通风透光条件，新梢生长量过大时，可及时处理副梢，摘心控制营养生长，减少营养消耗，提高坐果率。

2. 创造授粉、坐果的条件

由于授粉受精不良是落花、落果的主要原因之一，因此应创造良好的授粉条件，提高坐果率。异花授粉效果好的，须适当布置授粉树，在适当地段可放蜂帮助授粉，在天气干旱的花期里，可以通过喷水提高坐果率，如河北省枣农在花期里，早晨、傍晚喷清水 能增产 14.5%。

有些树木出现落花落果的原因是由于营养生长过旺，新梢营养生长消耗大，造成坐果时营养不足而落果，可以利用环剥、刻伤的方法调节树体营养状况，一般操作在花前或花期中进行，如枣、柿树等通过环剥和刻伤，分别提高坐果率 50%~70% 和 100% 左右。

第六节 园林树木各器官生长发育相关性

树体各部分器官之间在生长发育过程中都存在着相互联系、相互促进、相互制约的关系。这种关系在植物生理学上称之为植物生长发育的相关性，表现为树体的某部分器官对其他部分器官在生长发育上的调节作用，尤其是植物体内营养物质的供给关系和激素等调节物质产生的作用。树木各部分之间的相关性反映出树木有机体系统的协调和联系，也是树木有机体整体性的反映。

将树木器官间的相互促进、相互制约的关系搞清楚，制定各项技术措施，能掌握和

利用树木的相关关系，就能提高栽培措施的效果，达到栽培的目的。

一、地上部分和地下部分的相关

树木地上部、地下部相互联系、相互促进、相互制约的关系在各个器官相关性中最为明显。不但在形态上，地上部分枝叶和地下部分根系易于区分，而且在树木上下营养物质的生产、运输的作用，对其他器官之间的相关性也起着重要影响。

1. 树木地上部、地下部营养生产、供给是树体生长发育的关键

根系在生命活动中所需的营养物质和某些特殊物质，主要是由叶片光合作用产生的，将太阳能及其他物质合成转化的。这些物质通过枝茎的韧皮部向下运输给根系。如果在一定时期内，根系得不到这些物质，就有可能因饥饿死亡。在落叶树木秋季落叶前将枝叶内有机营养物质转存于根系中。同时，地上部分的生长、光合、蒸腾等一系列活动所需要的水分、矿物质元素，需要利用根系强大的吸收能力从土壤中获取，根系发达、生理活动旺盛，不但可以满足对地上部分水分、矿物质元素的供给，而且通过根系的代谢性能，能合成多种氨基酸、磷脂、蛋白质、细胞分裂素等物质，对地上部分的生长发育起着上、下运输的生理活动、物质交换的过程，并且这种关系无时无刻地相互影响，任何变化都会不同程度地影响树木的生长活动。

2. 树木地上部、地下部的动态平衡

树木地上部、地下部结合构成树木的整体，两者之间相关性密切，并在生物量上保持着一定的比例，称为冠根比 (T/R) 或枝根比。冠根比的测定在落叶后进行调查，称取树木根与冠的鲜重计算比值，不同树种因遗传特性而冠根比有差异，并因土壤条件及其他栽培措施而发生变化，与土壤的质地、通透性的关系最为密切。如苹果树在沙地、壤土和粘土种植，其冠根比分别为 $0.7 \sim 1.0$, $2.0 \sim 2.5$, 2.1 以上，一般树木的冠根比多为 $3 \sim 4$ 。在贫瘠、干旱、沙土条件下，树木为了获取水分、养分，根系生长可能会大于地上部分生长而在肥沃、湿润、粘土条件下冠根比大。

树木的地上部、地下部的动态平衡不但反映在生物量上，而且树木的冠幅与根的水平分布、树高与根的垂直分布均有着动态平衡关系。一般根系的水平分布范围大于树冠投影，根的垂直伸长小于树高。在环境条件变化时，同样出现动态变化，在沙性土、贫瘠条件下，水平根系范围大；肥沃、粘性土壤中根系生长困难，分布范围小。垂直生长根系在湿润地区，地下水位高或粘重的土壤上，其伸长生长较树高小，但在干旱地区、地下水深、沙性土地上，根系为获取水分，能生长很深，甚至远远超过树高。当地上部、地下部遭受自然灾害或经过重修剪后，均会表现出某些部位出现器官再生，局部生长转旺，上下建立新的动态平衡。移植树木时伤根较多，在能保持湿度、减少树木蒸腾以及有利于生根的条件下，可轻剪或不剪树冠，利用萌芽后生长点多，产生激素多，有利于促进根系迅速再生而恢复平衡。

3. 枝根对应、上下对称

在自然状态下生长的树木，地上部主干上的大骨干枝与地下部的骨干大根之间具有局部对应的关系，尤其是主干矮的树木，对应的关系更为明显，即在树冠的同一方向上，地上部枝叶繁多，地下部根系粗壮密集，生长旺盛。而枝叶稀疏的方向，根系较少。这种现象既与地上部、地下部的物质交换状况有关，也与地下部根系对地上部支撑作用有着密切关系。在人工修剪管理、土壤条件有限的环境中，有时只能反映出上下主侧枝、根的关连，而须根分布的方向因土地的限制、地上部由于人工修剪或空间的限制出现无法对应的现象，极易出现风倒。

4. 地上部、地下部生长高峰相互错开

树木各部分、各器官的生长都需要耗费营养物质，不论是树体贮藏的营养物质，还是叶片光合生产的营养物质，都不可能同时满足所有器官的生长，并同处高峰状态。而是在不同阶段集中满足某一部分的生长，其他部分往往也在生长中，但高峰期或前或后相互错开，如根系在早春比枝叶生长早，而在新梢旺盛生长时处于低潮而缓慢生长，当枝叶生长到一定量时，根系的吸收能力满足不了地上部分对水分的消耗与蒸腾，从而再次出现高峰生长。当满足枝叶需求，幼果开始膨大要消耗大量营养物质时，根系生长逐渐减缓，在秋后，落叶树种开始落叶，营养物质回输，根系为贮藏营养又出现一次生长高峰。如曲泽洲等对苹果的根系与枝叶生长相互关系的研究中指出，一年中根系生长有三次高峰，并与枝条生长高峰相交错出现。

从地上部、地下部的相互联系可见，在土壤的肥、水、通气状况及适宜的低温条件下，利用对上部修剪，疏花、疏果，促进光合作用、营养物质积累，有利于地下根系的生长；而在适宜的较高气温条件下，在土壤肥水充足，树体营养物质供给集中，通过适当疏剪短截，则有利于地上部枝、叶生长。无论哪部分生长好，都会给另一部分生长提供条件，关键是抓住它们生长的节奏特点及在不同阶段的影响作用不同，通过各种栽培措施，调整树木的根系和根冠的结构比例，调整其营养关系和生长速度，促进地上部、地下部的整体协调、健康生长。

二、各器官之间的相关性

树木各器官的相互关系使他们之间相互联系、相互促进、相互制约，其中既有树木整体协调统一的关系，也有相互争夺、制约，抑制其他器官的关系。

1. 相邻同类器官之间的关系

相邻树木同类器官之间（如枝条之间、叶片之间、各根系之间、芽之间、花之间、果之间）具有相互抑制的作用，抑制作用的强弱与顶端优势、器官的大小、位置有关系。

枝条长短、大小，对水分、养分及树体营养物质竞争力不同，在树冠上部，直立生长的长枝具顶端优势，竞争能力强，获取的水分、养分、光照充足，新梢生长快、枝叶量大，

叶面积覆盖大, 光合产物量大, 对其他枝叶产生抑制作用。而在树冠下部、内侧平生的短枝 受光量少 对水分、养分及树体营养竞争弱 叶片面积不足 光合产物量小 处于弱勢生长, 甚至枯萎死亡。同样, 主根与侧根生长之间实际上也是由于根系顶端优势的作用, 主根的生长量大于侧根的生长, 对侧生部分产生抑制作用。在同一枝条上顶芽由于顶端优势和芽的异质性的特点, 顶芽通常生长饱满、生长旺盛, 而腋芽相对弱、生长缓慢, 甚至处于休眠状态。同一新梢上的叶片因部位不同也具有这种抑制作用, 枝上部的叶片光合能力强, 获取的水、养分充足; 而枝条下部对水、养分的竞争力弱。这些同类器官之间的抑制可以通过栽培措施协调, 如顶芽的摘除、受损和自枯, 顶端优势下移, 可以促使下部较多腋芽萌发, 通过短截削弱顶端优势, 促进分枝, 以此确定枝条的走向; 枝条之间的相互抑制, 可以采用疏剪技术去除对保留枝的抑制, 通过对壮枝重短截, 促进弱枝能够获得充足的水分、养分及营养物质, 促进生长, 调整树冠内枝条的均匀分布。同样, 切断主根的根端, 有利于促进侧生根生长, 切断侧生根, 有利于多发侧生须根。在苗木培育, 大树移植中, 可采取“断根”的办法, 促发根系的分生, 以保证移植成活。对老龄、衰老的树木采取扩穴、深翻改土, 切断一些有一定粗度的根系或老根, 有利于促进新根、吸收根的生长, 增强树势和更新复壮。

大花大果类树木, 相近的同类器官具有相互抑制的作用, 因为都是依靠消耗营养生长的 营养物质不足 花之间、果之间产生竞争 尤其是花量、果量过多时 导致花小、果小, 一般先开放的花、先结的果实形体较大。通过疏花、疏果、提高叶片的光合作用等措施达到提高观赏效果的目的。

2. 营养器官与生殖器官的相关性

树木枝、叶、根为营养器官 花芽、花、果实和种子为树木的生殖器官 虽然他们在生长过程中都需要大量的光合产物, 但是两类器官在生理活动上有区别。在树木正常生长状态下, 营养物质的生产、积累与营养器官的生长成正相关。营养器官的正常生长发育表现在树木体的增加, 如干茎的增粗、枝叶的增加以及树高的增长, 也包括根系的扩展。而树木营养器官的良好生长发育是生殖器官正常发育的物质基础, 营养器官在扩大树体的过程中要消耗大量营养, 并在生长中两类器官不断地发生营养竞争矛盾, 每年生长期中, 营养器官在生长中与生殖器官相同, 须消耗大量营养物质, 此时两类器官互为抑制, 而当营养器官停止生长后, 产生促进作用, 促进花芽分化, 促进开花、结果。在树木生命期的成熟期中, 营养生长和生殖生长之间的动态平衡有时会偏向营养生长, 使树木扩大树冠, 积累营养物质; 有时会偏向生殖生长, 出现结实大年, 抑制营养生长, 如果树木的营养生长始终受到生殖生长的抑制, 树体开始衰老, 直至死亡。在园林树木栽植养护过程中, 可以根据树木两类器官之间的关系, 采取合理的栽培养护措施, 进行协调, 以保持良好的美化、绿化效果。

良好的枝叶是树木开花结实的基础，要让树木早开花结实，需要一定的枝量和叶面积，才能使达到性成熟的树木由营养生长转向生殖生长，但每年生长的枝条过弱、过旺都会导致树体的营养状况不良，物质积累不足，导致落花、落果，或花芽分化受影响，影响到树木的开花结果。而生殖生长过量，即树木开花结实过量，使树体营养物质消耗量过大，造成了树体营养器官的生长减弱，使树体衰弱。因此在养护中，除了肥水措施外，还要合理地调节枝叶量与开花结果量，维持树体健康生长。

枝条生长状况对花芽分化有不同的影响，枝条在生长中，消耗营养物质，抑制花芽分化，枝条封顶之后积累营养物质，才有利于促进花芽分化。如夏秋进行花芽分化的树木发育粗壮，生长斜平的枝条在生长前期如能及时封顶停长，容易形成花芽，而生长细弱的枝条和徒长枝难以形成花芽，因此可采取措施协调枝条生长发育状况，促进花芽分化。

根系的生长过程中，一方面从土壤中为叶片光合作用提供水分与矿物质，一方面利用叶片生产的营养物质直接合成花芽分化所需要的一些结构物质和调节物质。根据调查，根系生长与花芽分化呈正相关，由生长低峰转向生长高峰，并在生长的同时，生产促进花芽分化的物质。

根据树木各部位和各种器官相关关系的分析，主要具有以下几个特点：

(1) 树木的各部位、器官相互依赖，形成一个整体，具有整体性。

(2) 树木各器官之间在不同季节相互影响不同，相关关系具有阶段性，不同阶段作用不同。

(3) 局部器官在生长发育中除了具有整体性外，还具有独立性。

树木的根系在生长中，把从土壤中吸收的水分和矿物质，根系中贮存、合成的营养物质向地上部各个器官运输时，及树木叶片把光合形成的产物向地下根系贮存时，是将树木作为一个整体，尤其根系将水分往上运输时，不论是长枝还是短枝，都可以获得。但由于各个器官生长的前后不同，营养物质分配以不同器官的生长节奏特点，分阶段向不同器官生长中心提供。各分生部分之所以生长差异大，取决于枝条养分积累的独立性，枝条将生产积累的物质，除了本身生长提供营养，向自身的母枝、主干、根系输送营养外，很少向其邻近枝条输送，因此在营养物质积累充分的条件下，不但花芽分化、开花结实，而且生长健壮；而有些枝条的营养物质积累不足，甚至缺乏，不但难以成花，开花结实，而且甚至无法生长，逐渐死亡。因此，为恢复树木的长势，采用根系的肥、水供给，为了促进局部生长，可采用叶面喷肥效果较佳。

第三章 园林树木的生长环境

园林树木都是种植在一定的环境空间内，树木能否在环境中生存，除取决于其本身的遗传特性外，还决定于外界环境因子。因此，园林树木栽培的成功与否，主要取决于其对这些环境因子的要求、适应以及对环境因子的控制和调节关系。园林树木对环境因子具有改造作用。城市环境对园林树木产生重要影响。

园林树木生长的主要环境因子有温度、光照、水分、土壤、风、生物以及建筑物、铺装地面、城市灯光、城市污染等。

第一节 园林树木生长与环境因子

一、园林树木与温度

温度对树木的重要性在于树木的生理活动、生化反应都必须在一定的温度条件下才能进行。温度升高，生理生化反应加快，生长发育加速；温度降低，生理生化反应变慢，生长发育迟缓。当温度低于或高于树木所能忍受的温度范围时，生长逐渐减慢、停止，发育受阻，树木开始受害，甚至死亡。温度对树木的重要性，还在于温度的变化能否引起环境中其他因子如湿度、土壤肥力等的变化，而环境因子的变化，又能影响树木的生长发育。温度对树木的生态作用，如以温度变化是否有规律而言，可分为节律性变温（年、日变化）和非节律性变温（极端温度）特别是极端高低温值、升降温速度和高低温持续时间，对树木有极大影响。

1. 温度变化的规律

地球上温度虽是多变的，但仍是规律可循。在时间上一年有四季的变化，一天有昼夜的变化；在空间上它受纬度、海陆位置、海拔地形的制约。而在植物体和群落中，温度的变化又有其特殊规律。

（1）温度在空间上的变化

纬度 纬度决定某地区太阳入射高度角的大小及昼夜长短，也就是决定太阳辐射量的多少。低纬度地区太阳高度角大，因而太阳辐射量也大，昼夜长短的差异较小，太阳辐射量的季节分配比高纬度地区均匀。随着纬度北移，太阳辐射量减少，温度逐步

降低。纬度每增加一度,年平均温度大约降低 0.5°C 。因此,从赤道到北极可以划分为热带、亚热带、温带、寒带。我国领土广阔,最南为北纬 $3^{\circ}59'$,最北为北纬 $53^{\circ}32'$ 南北纬相差 $49^{\circ}33'$ 。如每一纬度的距离平均以 110km 计,则我国南北直线距离约为 $4\,000\text{km}$,因而我国南北各地的太阳辐射量和热量相差很大。不同气候带的树木种类不同,从高纬度到低纬度分别为:寒带针叶林、温带针阔混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带季雨林、热带雨林。

海陆位置 我国位于欧亚大陆东南部,东面是太平洋,南面距印度洋不远,西面和北面都是广阔的大陆。由于我国属于季风气候,在夏季,盛行温暖湿润的热带海洋气团和赤道海洋气团,气团的运行方向是从东或南面向西或北面推进,冬季盛行极地大陆气团,寒冷而干燥,从西或北向东或南推进。因此,东面和南面多属海洋性气候,从东南向西北,大陆性气候逐步增强。与同纬度其他国家地区相比,我国大陆性气候较强,夏季酷热、冬季严寒,气温年较差大。我国 1 月都比同纬度其他地区的平均气温低,7 月都比同纬度其他国家的平均气温高。年平均值比同纬度其他国家低,年较差也比同纬度的国家大。如北京与纬度相近的里斯本和纽约的平均气温相比较,1 月平均气温北京低于里斯本 14.9°C 低于纽约 3.8°C 。7 月平均气温北京高于里斯本 5.1°C 高于纽约 3.1°C 。北京年较差远比这两地区为大。这种相同的纬度范围温度变幅不同,树木的分布种类和范围也不同。在相互引种时要特别注意树木的适应温度范围。

海拔高度与地形特点 我国地形复杂,海拔高度相差极大。地形复杂必然导致气候多变。特别是我国西北、西南地区常有“十里不同天”的气候。错综复杂的山系是南北暖、冷气团运行的障碍,特别是东西走向的山脉能阻挡寒潮和湿热气团的运行,成为气候的分界线,分布着不同的树木。海拔高度是影响温度变化的又一重要原因。随着海拔升高,温度降低,其降低率大致是海拔每升高 100m ,气温下降 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。由于温度的这种变化,从山麓到顶峰随着海拔升高,温度降低,分布着不同的树木群落。如长白山 $300\sim 500\text{m}$,落叶阔叶杂木林带; $500\sim 1\,000\text{m}$,针叶—落叶阔叶混交林带; $1\,000\sim 1\,600\text{m}$,山地针叶林带(冷杉林和落叶松林); $1\,600\sim 1\,900\text{m}$,山地矮曲林带(白桦林); $1\,900\sim 2\,744\text{m}$,山地苔原带。树木的垂直分布与水平分布具有一定的相应性。不同的坡向,热量的分配是不同的,南坡的空气和土壤温度都比北坡高,同一树种在南坡分布的上限要比北坡高,如在长江流域的福建地区,马尾松的垂直分布带上限为海拔 $1\,200\text{m}$ 在北坡仅到 900m ,南坡多生长阳性喜暖耐旱植物,北坡多生长耐荫喜湿的植物。

(2) 温度在时间上的变化

季节变化 在地球绕太阳公转中,太阳高度角的变化是形成一年四季温度变化的原因。一年中根据气候寒暖、昼夜长短的节律变动而分为春、夏、秋、冬四季。我国大

部分地区位于亚热带和温带，一般是春季气候温暖，昼夜长短相差不大，夏季炎热，昼长夜短，秋季和春季相似，冬季则寒冷而昼短夜长。但是，由于各地的纬度、海陆位置、地形和大气环流等条件不同，气候也就表现得复杂。例如冬季，在东北地区已是江河封冻，冰天雪地，而华南地区仍是风和日暖，百花齐放。因此，根据历法上的季节（3~5 月为春季，6~8 月为夏季，9~11 月为秋季，12~2 月为冬季），在全国很难统一。为此，目前一般采用温度作为划分季节的标准。例如，张宝堃确定每候（五日为一候）平均温度 10~22 为春、秋季，22 以上为夏季，10 以下为冬季。根据这一标准，来计算我国各地的四季长短和开始日期。

昼夜变化 气温日变化中有一个最高值和最低值。最低值发生在将近日出的时候。日出以后，气温上升，在 13~14 时左右达到最高值。以后温度又下降，一直继续到日出前为止。昼夜间最高气温与最低气温的差值，称之为气温日较差或称气温昼夜变幅。日较差随纬度的增加而减小。在低纬度地区，一天内太阳高度变化很大，所以日较差很大；在高纬度地区，一天内太阳高度变化较小，所以日较差也很小。气温日较差还受季节影响，夏季高于冬季。其他如地形特点、地面性质等都能影响气温日较差。

(3) 土壤和水体的温度变化

土壤中的温度变化 土壤表面在白天（或夏季）受热后，就有热量从表土向深层输送，夜间（或冬季），土壤表面冷却以后，就有热量从深层向土表流动。不同的土壤种类、不同的含水量，土壤热容量不同。

土壤温度的日变化可以归纳为以下三条规律：第一，夏季白天，地面由于受热的结果，地表的温度远高于气温。因此，在高温季节的中午前后，在土壤裸露的地面上生长的植物常因土表面高温而灼伤，夜间和低温季节，由于地面冷却的结果，地表上温度略低于气温。第二，地面的最低温度约在日出时出现。最高温度约在 13 时。第三，土温日变化从土表向下仅能影响 1m 左右深度。土壤温度的年变化在不同地区和不同季节差别很大。在中纬度地区，从春季开始，白昼愈来愈长，土壤吸收太阳辐射逐日增多，损失少，土壤贮存热量日益增加，至 7 月地表出现温度最高值，夏至以后，白昼变短。由于地面辐射，太阳辐射减弱，当夜间辐射所损失的热量大于日间太阳辐射所得到的热量时，土温开始逐渐降低，至 1 月出现最低值。热带地区因为日射的年变化小，所以土壤温度的年变化主要受雨量控制。在高纬度高海拔的严寒地区，土壤温度的年变化又受积雪的影响。

水体中的温度变化 水体与土壤的温度变化有很大差别，水体的温度变化远较土壤为小而缓和。因为水的容积热容量比土壤大一倍。水的透支比土壤深，水的蒸发耗热量大于土壤。热在水中靠乱流传导而土壤中靠分子传导。

(4) 植物体温度和群落温度

植物体温度 植物体温度通常接近于气温，并随环境温度的变化而变化。在早春，强光使向光面组织的温度上升得早和快，植物体提早复生，又降低了抗寒能力，其后如遇突然低温，即易受冻害。树皮的色泽直接关系到树皮温度的变化，颜色浅的树皮吸收的辐射能要比色深的少。因而温度振幅也小。为了防止果树和行道树体温的剧烈变化和日灼病，常在树干上涂石灰。粗糙树皮比平滑树皮能吸收更多的热量。在植物体中，以叶片对温度的反应最敏感，受环境中各生态因子的影响最大。叶温在白天受太阳照射增高，在强烈阳光下叶温可高出气温 10℃ 以上。夜间植物辐射冷却，叶温比气温低。叶色深浅对叶温有很大影响，通常深色叶如红叶吸收热量比绿叶多。密生绒毛的叶片能阻止热的传导。

② 植物群落内的温度状况 在森林群落内，白天和夏季的温度比空旷地面要低，但昼夜全年的温度变化幅度则较小。温度变化缓和。

2. 节律性变温对植物的影响

变温能促进种子萌发，提高发芽率。主要是因为降温后可增加氧在细胞中的溶解度。当温度高于 25℃ 时，氧气溶解于胞液的速度迅速降低。变温的交替变化能提高细胞膜的透性。昼夜变温对植物生长有明显的促进作用，例如在不同昼夜温度下培育火炬松幼苗，发现在一定温度范围内，昼夜温差大时生长最好，相等时生长最差。低温不能太低，否则抑制植物生长。温差可提高果实品质和产量。一天内温度的昼夜变动，对植物的生长、发育和产品质量产量有很大影响，植物适应于温度昼夜变化，称之为温周期。白天温度高有利于光合作用，夜间适当低温使呼吸作用减弱，光合产物消耗减少，净积累增多。

3. 极端温度对植物的影响

(1) 低温对植物的影响

寒害与冻害 在春天或秋天，有时突然寒流袭击，温度骤降，宛如严冬降临。在夏秋季节，局部地区温度突然降低。这种突然出现的极端温度对植物的影响非常大。强大的寒流以及夜间辐射降温引起的低温，能严重影响植物的生长发育，甚至能导致植物的死亡。寒流发源于高纬西伯利亚北部北冰洋及其附近。寒流主要发生在冬季，但春、秋两季也经常发生，甚至夏季也偶有寒流侵袭。春、夏、秋季寒流频度、强度虽不及冬季，但对植物的伤害远比冬季为大。凡低于某温度，植物便受害，这种温度称为“临界温度”或“生物学零度”。低于临界温度越多，植物受害越重。低于临界温度植物受害的最短时间为“临界时间”，超过此时间，低温的时间越长，植物受害也越重。此外，低温发生的季节、降温速度都能对植物产生极严重的影响。植物受低温伤害的程度还决定于植物种类及其不同发育阶段抗低温能力，这是植物抗低温伤害的内因。

低温对植物的伤害有三种：

1) 冷害 是指温度在零度以上仍能使喜温植物受害甚至死亡。易受寒害的植物也称为冷敏感植物。

2) 霜害 霜害是当气温或地表温度下降到零度，空气中过饱和的水气凝结成白色的冰晶，就是霜。由于霜的出现而使植物受害称为霜害。

3) 冻害 是指植物体冷却降温至冰点以下，使细胞间隙结冰所引起的伤害。

在我国南方地区，强大寒流侵袭时，气温急剧下降，在短暂的时间内，低温虽在零度以上，但仍能使喜温植物遭受严重伤害。其受害原因是在低温条件下 ATP 减少，酶系统紊乱，活性降低，导致植物的光合、呼吸、吸收作用以及物质运输、转移等生理活动降低、彼此之间的协调关系被破坏的结果。冷害是喜温植物北移的主要障碍。冰点以下的低温冻害，主要是通过两种途径对植物发生作用，即冰晶形成使原生质膜发生破裂和原生质的蛋白质失活与变性。如果水分能牢固地附着于原生质结构的离子和胶体上，则该植物抗低温失水的能力就强，抗寒性就强。植物受低温的伤害除了极端低温值外，还决定于降温的速度，在相同条件下降温速度越快，植物受害越重。植物受冻后，温度急剧回升要比缓慢回升受害更重。低温期持续长短是决定植物受害的另一因素，低温期愈长，则植物受害愈重。

土壤低温对植物具有更大的危险，特别是气温比土温高很多时，植物很难补偿由于茎叶而失去的水分。因为土温低，根系的活性和吸水能力也相应降低，同时土温降低导致土壤水溶液的粘滞性增加。因此，即使在土壤水分相当充足的情况下，也会发生生理干旱。

植物抗寒锻炼 提高植物抗寒性的各种过程的综合，称为锻炼。在自然界，从秋季到冬季，由于温度逐渐降低的结果，原生质逐渐改变它的代谢机能和组成，植物体逐渐增加可溶性碳水化合物、氨基酸以及色素等物质，并减少水分以适应环境。经过锻炼后，植物抗寒性大大提高。人工培育抗寒品种也常仿效上述办法。在抗寒锻炼前增加日照强度或延长日照时间，使植物积累丰富的糖类及其他产物，其后逐步降温，使植物进入抗低温锻炼。植物的抗低温锻炼处理可分三个阶段，在高于 0°C 的低温下放置数天或数星期，使原生质积累糖和其他物质，细胞水分减少。其后温度继续下降（ $-3\sim-5^{\circ}\text{C}$ ），植物进入锻炼阶段，原生质的细微结构和酶系统发生变化和重新改组，以抵抗低温结冰、失水的危险。在此以后，植物进入锻炼的最后阶段，经受 $-10\sim-15^{\circ}\text{C}$ 的低温，获得最大的抗冻能力。人们常用这种方法培育出抗低温的新品种。

调节控制植物的物候，避开低温天气。

(2) 高温对植物影响

高温对植物的伤害作用 当温度超过最适温度范围后，再继续上升，就会对植物产生伤害作用，使植物生长发育受阻，特别是在开花结实期最易遭受高温的伤害。高温

主要是破坏了植物的光合作用和呼吸作用的平衡,使呼吸作用超过光合作用,植物因长期饥饿而死亡。高温还能促进蒸腾作用的加强,破坏水分平衡,使植物萎蔫干枯。还由于高温能加速植物的生长发育,缩短植物的整个发育期,而使生长量相应减少。高温能促使叶片过早衰老,减少有效叶面积。过高的温度还能使蛋白质凝固和导致有害代谢产物的积累而使植物中毒。此外,突然高温还会使树皮灼伤,甚至开裂,导致病虫害入侵。

②植物对高温的适应 植物对高温的生态适应与该植物的原产地有很大关系。在高等植物中,热带旱生植物要比中生植物抗高温,如热带沙漠里生长的许多仙人掌科植物,在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的高温环境中,也不受害。同一种植物的不同发育阶段,抗高温的能力也不同。植物休眠期最能抗高温,生长期抗性很弱,随着植物的生长,抗性逐渐增强,这是由于植物生长过程中,随着根系的生长和输导系统的发展,使叶片能得到充分的水分,以保证通过蒸腾而降低植物体温。种子果实成熟期抗高温的能力又增强,很少受高温的伤害。

4. 温度与植物分布

(1)温度与植物分布 由于温度能影响植物的生长发育,因而能制约植物的分布,另一方面由于植物长期生活在一定的温度范围内,在生长发育的过程中,需要有一定的温度和适应于一定的温度变幅,所以就形成了温度的植物类型。适应温度范围较宽的为广温植物,适应温度范围较窄的为窄温植物。影响植物分布的温度条件有,第一,年平均温度,最冷、最热月平均温度,可把全球植物划分为热带雨林气候(年平均温度 $24\sim 30^{\circ}\text{C}$ 最低月平均温度在 18°C 以上,年降水量 2500mm 以上)亚热带森林气候(冬季温暖,最冷月平均气温在 2°C 以上,夏季炎热而潮湿),温带季风气候(1月平均气温在 -20°C 以上,7月平均气温在 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$)原始针叶林气候(7月平均气温在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 以上,年平均气温 0°C 左右),苔原气候(最热月平均气温不超过 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 但高于 0°C);第二,日平均温度累计值的高低是限制植物分布的另一重要因素,如日平均温度高于 18°C 的日数长短是决定热带植物能否栽培的重要条件;第三,极端温度是限制植物分布的最重要条件。白桦、云杉在自然情况下不能在华北平原上生长,梨、苹果、桃不能在热带地区栽培,就是由于高温的限制;橡胶、椰子不适于在亚热带地区栽种,就是由于低温的限制。垂直分布也是同样规律。

高温限制植物分布是因为高温能破坏植物体光合、呼吸作用的代谢平衡。大多数植物光合作用的最适温度不超过 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$,要比呼吸作用的最适温度为低。植物的生长和发育都要求积累丰富的养料,植物有机物的增加是决定于光合作用所积累的与呼吸作用所消耗的有机物质的差值。当温度上升到光合作用最适点以上时,就不能积累正常的贮藏物质,生长发育就要受到妨碍。高温限制分布还因为在高温地区生长发育

过程中缺少必要的低温刺激,因而使植物不能通过发育阶段,这就是油橄榄、苹果、桃、梨在低纬高温地区栽种不能开花结果的主要原因。

低温限制植物分布更为明显。植物往北或高海拔分布时常因低温而冻死,或者由于植物对低温的要求在冬季的前期已满足,在冬季尚未结束前就可能恢复生长而受害。温度是限制植物分布的重要因素,但不是唯一的因素,其他如光照、土壤、水分等都能限制植物的分布。

(2) 积温 植物需要在一定的温度度数才能开始生长发育,同时植物也需要有一定的温度总量,才能完成其生活周期。通常把植物整个生长发育期或某一发育阶段内,高于一定温度度数以上的昼夜温度总和,称为某植物或某发育阶段的积温。可以把积温分为有效积温和活动积温两种。

有效积温的计算方法是从某一段时间内的平均温度减去生物学零度,将其值乘以该时期的天数,即 $k = (x - x_0)y$ 其中 x 为该时期的平均温度, x_0 为生物学零度, y 为天数, k 为积温。生物学零度是根据不同地区、不同作物品种求算出来的。在温带地区一般以 5°C 或 6°C 作为植物的生物学零度,在亚热带地区,一般以 10°C 为生物学零度,而热带植物在 18°C 以上才开始生长。

二、园林树木与光的生态关系

1. 植物群落中的光照情况

照在植物叶片上的光,70%左右为叶子所吸收,20%左右由叶面反射出去,10%透射下来。叶吸收、反射和透射光的能力因叶的厚薄、构造和绿色的深浅,以及叶表面的形状不同而异。此外,在叶片上反射、吸收和透射的程度,则取决于辐射的波长。叶片反射掉70%的红外光,吸收90%左右的红光,反射10%~12%的绿光。大部分紫外光被叶子表皮所截留。可见光大部分被叶子所吸收,用于光合生产,其中红橙光和蓝紫光的吸收率最高,为80%~90%。经过植物群落对光的吸收和反射,到达群落内部的光强度和成分都大大改变了,光照强度减弱,光质成分改变。

2. 光对植物的生态作用及植物的生态类型

(1) 光对植物的生态作用

光谱成分对植物的生态作用 在光合作用中,随着光强的增加,植物的光合效率增加,植物并不能利用光谱中所有波长的光能,只是可见光区的大部分光波能被植物的质体色素所吸收,用于进行光合生产,称为生理有效辐射或光合有效辐射,大约占太阳总辐射的40%~50%左右。红、橙光是被叶绿素吸收得最多的光线部分,具有最大的光合活性,红光还能促进叶绿素的形成,其次是蓝紫光也能被叶绿素、类胡萝卜素等强烈吸收,只是绿光很少被吸收利用。红光有利于碳水化合物的合成,蓝光有利于蛋白质的合成。因此,通过改变光质可以改善作物的品质,蓝紫光与青光能抑制植物的伸长而

使植物形成矮小的形态，紫外光能杀菌，红光有利于种子萌发，蓝色薄膜可增产。

日照长度对植物的生态作用 日照长度对于植物从营养生长期到花原基形成这段时间的长短，往往有决定性的影响。植物开花有光周期现象，在光期和暗期中，暗期起决定性作用，即短日照植物必须在超过某一临界暗期的情况下才能形成花；而长日照植物则必须在短于某一临界暗期时才能开花。闪光试验下证明暗期的重要性，如在暗期中间给予短暂的光照（用闪光打断），短日照植物也不开花，因为临界暗期遭到间断而使花芽分化受到抑制，而同样情况却可使长日照植物开花。在光周期诱导期间，所需的光周期诱导日数随植物而异。有的只需一个诱导光周期即可，有的长日照植物也只需一个长日即可。有的植物则需要较长的光周期诱导日数，甚至可长达 20 余天。光周期诱导日数的长短与该种植物的地理起源有关。光敏色素参加开花反应，使植物在一年中的适当季节开花。在漫长的秋夜中，如果用红光照射植物，光敏色素 P660 将很快转变为 P730，短日照植物的开花就受到阻碍。现在人们利用这个原理，用闪光灯打断长夜，就可以阻止短日照植物的开花，如可以使菊花和一品红等的开花延迟几个月。

日照长度对植物的冬季休眠有重要意义，短日照可以促使植物进入休眠状态。如再给以长日照处理，则可使植物继续生长。

（2）以光为主导因子的植物生态类型

阳性植物、阴性植物和耐荫植物

1) 阳性植物 在强光环境中才能生长发育健壮、在荫蔽和弱光条件下生长发育不良的植物。

2) 阴性植物 在较弱的光照条件下比在强光下生长良好的植物。

3) 耐荫植物 在全日照下生长最好，但也能忍耐适度的荫蔽，或是在发育期间需要较轻度的遮荫。

长日照植物和短日照植物

1) 长日照植物是指当日照长度超过它的临界日长时才能开花的植物。或者说暗期必须短于某一时数才能形成花芽的植物。延长日照则可以促使它们提前开花。

2) 短日照植物是指当日照长度短于其临界日长时才能开花的植物。在一定范围内，暗期越长，开花越早，如果在长日照下则只进行营养生长而不能开花。

3) 中日照植物是指只有当昼夜长短的比例接近于相当时才能开花的植物。

4) 中间型植物这类植物的开花受日照长短的影响较小，只要其他条件合适，在不同的日照长度下都能开花。

植物开花要求一定的日照长度，这种特性主要与其原产地在生长季的自然日照长度有密切的关系，也是植物在系统发育过程中，对于所处的生态环境长期适应的结果。

短日照植物都是起源于低纬度的南方，长日照植物则是起源于高纬度的北方，所以越是北方的种或品种，要求临界日长越长。越是南方的种或品种，要求临界日长越短。在临近赤道的低纬度地带，一般长日照植物不能开花结实，不能繁殖后代；而在高纬度地带，短日照植物不能在那里完成发育，在中纬度地带，各种光周期类型的植物都可生长，只是开花季节不同。

了解植物对日照长度的生态类型，对于植物的引种工作极为重要。一般说来，短日照植物由南方（短日照、高温条件）向北方（长日照、低温条件）引种时，由于北方生长季节内的日照时数比南方长，气温比南方低，往往出现营养生长期延长，发育推迟的现象。

三、植物与水的生态关系

1. 水在树木生理活动中的作用

水是植物生存的极重要的因子，水是植物的主要组成成分。植物体一般含 60%~80% 的水分，水是很多物质的溶剂，土壤中所有矿物质、氧、二氧化碳等都必须先溶于水后，才能被植物吸收和在体内运转。水还能维持细胞和组织的紧张度，使植物器官保持直立状态，以利于各种代谢的正常进行，水是光合作用制造有机物的原料，并参加植物体内的化学反应。没有水，原生质就会死亡，生命就会停止。水具有较大的热容量，当温度剧烈变动时，能缓和原生质的温度变化，以保护原生质免受伤害。

2. 雨、雪对树木的影响

我国幅员广大，由于纬度和经度的差异，降雨量差别很大，加上山脉连绵，地形复杂，各地降水总量及其季节分配是很不相同的。但总的规律是，自东往西由于距海渐远，海洋性气候逐渐减弱，大陆性气候逐渐加强，降水量相应减少，自南往北也呈递减规律。植物也随水分的递减，抗旱性能逐步增强。

雪不易传热，在寒冷多雪地区，雪能保护植物越冬，免受低温伤害。雪溶化后，能不断地增加土壤水分；雪还可以增加土壤中的氮肥，雪中含氮的化合物要比雨水中的多 5 倍。但是，雪也能伤害植物，如土壤未冻结时，过早积雪易使植物根系缺氧、窒息，死气沉沉。大雪还使植物发生机械伤害，如 2003 年 11 月 5 日华北地区下雪造成雪压致使几千万株树木被压断枝干。

3. 植物体的水分平衡

植物体的水分平衡是指植物的水分收入（根吸水）和支出（叶蒸腾）的平衡。当水分供应不足时，平衡变为负值，而水分缺的结果引起气孔开张度变小，蒸腾减弱，又使平衡得以暂时恢复和维持。植物体的水分经常处于正负值间的动态平衡中，要维持水分平衡，必须增加根系吸水能力上行供水，以及在干旱时减少叶片的水分蒸腾。陆生植物吸水的动力主要靠根压和蒸腾拉力。根压是根系代谢的结果，根系中的溶液浓度大于土壤溶液浓度，就会产生根压吸水，并能将水压送到地上各部。蒸腾拉力是根部吸水的主

要动力，而热量是蒸腾的动力。植物蒸腾主要是气孔蒸腾，其次是角质层蒸腾。影响蒸腾的外界条件有光、温、风、大气温度等。喷施某些化学药剂，可促使气孔暂时关闭以减少蒸腾量，如癸烯琥珀酸、 α -羟基喹林、亚硫酸钠。

4. 陆生植物对水的适应

(1) 湿生植物 在潮湿环境中生长，不能忍受较长时间的水分不足，抗旱能力最小的陆生植物，可分为阴性湿生植物和阳性湿生植物。

(2) 中生植物 是生长在水温条件适中的陆地上。细胞渗透压一般是 5~25 个大气压，能抵抗短期内轻微干旱。

(3) 旱生植物 在干旱环境中生长，能忍受较长时间干旱而仍能维持水分平衡和正常生长发育的一类植物。特点为尽量缩小叶面积减少蒸腾，根系发达，叶表皮角质发达，气孔小而下陷，单位面积气孔多，细胞小，保水力强。细胞渗透压可达 40~60 个大气压。

(4) 增强植物的抗旱性 除了对植物进行抗旱锻炼外，可多施磷、钾肥，提高植物的抗旱性。因为磷、钾肥能促进 RNA、蛋白质的合成 提高胶体的水合度 磷、钾肥还能促进改善植物的碳水化合物代谢，增加原生质的含水量，以增强植物的抗旱能力。此外，硼肥、铜肥也能提高植物的抗旱性。

(5) 涝害及植物的抗涝性 土壤水分过多或淹水，使土壤严重缺氧，长期下去造成植物死亡。在短期内排除积水，可使植物恢复生长。提高土壤中氧的浓度可增强植物的抗涝性。

四、植物与土壤的生态关系

1. 土壤水分

土壤水分过多或过少都会影响植物的生长，土壤水分过少时，植物会受到干旱的威胁，同时，由于好气性微生物作用过于强烈，使土壤有机质的含量极为贫瘠。土壤水分过多，土壤中空气流通不畅，还原条件加强，有机质分解不完全，产生有害物质 H_2S 阻碍酶的活动，阻碍呼吸和吸收，并使根系腐烂。

2. 土壤空气

土壤空气基本上来自大气，还有一部分是土壤的生化过程中产生的。土壤空气的组成 80% 是氮，20% 是氧和二氧化碳。由于土壤中生物的呼吸作用和有机物分解，不断消耗 O_2 和放出大量 CO_2 ，所以使土壤空气中 CO_2 和 O_2 的含量有很大的差别。土壤空气中的 O_2 的含量比大气低，只有 10%~12%，特别是在土壤板结或积水、透水性不良的情况下，土壤中的 O_2 含量可能低到 10% 以下，这时就会抑制植物根系的呼吸，进而影响整个植物的生理机能。土壤空气中的 CO_2 含量比大气高几十到几百倍，排水良好的土壤 CO_2 量在 0.1% 左右，大量施用有机肥的土壤， CO_2 的含量可以超过 2% 或更

多。土壤空气中的 CO_2 一部分扩散到空气中，供植物叶子吸收，一部分也可以直接为根系吸收。植物光合作用所需的 CO_2 有一半是来自土壤。但土壤中积累过多在通气不良的情况下， CO_2 浓度达到 10%~15% 时，就会阻碍根系生长， CO_2 浓度增加到 15%~20%，对根系就会产生毒害作用。植物不能直接利用土壤中的氮，只有固氮微生物能固定游离氮。

3. 土壤温度

土温对根系的影响很大，它影响根系的生长、呼吸和吸收能力。对大多数植物来说，在 10~35℃ 的范围内，随着土壤温度增高，生长也加快，根系吸收作用和呼吸作用加强，物质运输加快，因而细胞分裂和伸长的速度也随之而增。温带植物的根系在冬季停止生长，就是因为土温太低阻碍了根部在冬季的代谢活动，并由于光合产物向根部的供应减少之故。若土温过高，这时在根内和茎内呼吸作用与蛋白质合成的比率可能都很高，以致植物体内贮藏的碳水化合物被消耗殆尽。这样也会使根系或地下贮藏器官的生长减弱。土壤温度还制约着各种盐类的溶解速度。土壤气体的交换和水分的蒸发、土壤微生物的活动，以及土壤有机质的分解速度和养分转化等，从而通过对土壤各种理化性质的影响，而间接影响植物的生长。不同的土壤质地温度年变化和日变化不同，也影响着植物的生长。

4. 土壤酸度

土壤酸度是土壤的很多化学物质特别是盐基状况的综合反映，它对土壤的一系列肥力性质有深刻的影响。土壤中微生物的活动，有机质的合成与分解，氮、磷等营养元素转化与释放，微量元素的有效性，土壤保持养分的能力，都与土壤酸度有关。

土壤酸度包括酸性强度和数量两方面，或称活性酸度和潜在酸度。酸性强度（活性酸度）是指与土壤、固相处于平衡的土壤溶液中的 H^+ 离子浓度，用 pH 值表示。土壤反应多在 pH4~9 之间。根据我国土壤酸碱性可分五级：强酸性（ $\text{pH} < 5.0$ ），酸性（ $\text{pH} 5.0 \sim 6.5$ ），中性（ $\text{pH} 6.5 \sim 7.5$ ），碱性（ $\text{pH} 7.5 \sim 8.5$ ），强碱性（ $\text{pH} > 8.5$ ）。

酸度数量（潜在酸度）是指酸度总量和缓冲性能。酸度总量代表土壤所含的交换性氢、铝总量。土壤的缓冲性能代表土壤缓冲酸碱变化的能力。土壤的潜在酸度远远大于其活性酸度。因此，在调节土壤酸性时，应按潜在的酸含量来确定石灰等的施用量。

土壤酸度对植物营养有密切的关系。土壤酸度通过影响矿质盐分的溶解度而影响养分的有效性。如 N、P、K、S、Ca、Mg、Fe、Mn、B、Cu、Zn 的有效性，均随土壤溶液酸碱性的强弱而不同。土壤酸度还通过影响微生物的活动而影响养分的有效性和植物的生长。

大多数植物生长的土壤 pH 值范围在 3.5~8.5 之间，但最适生长的 pH 值则远较此范围窄。在最适宜的 pH 值范围内，植物生长最好，这个 pH 值范围可称为生理最适

范围。当 pH 值超过最适范围后,随着 pH 的增大或减小,植物生长受阻,发育迟滞,但尚能适应和生存 因此 可以把 pH 值 3.5~8.5 作为植物对土壤 pH 值的生态适应范围。大多数植物的土壤 pH 值的生态分布范围、生理最适范围是不相同的。pH 值低于 3 和高于 9 大多数植物是不能存活的。

五、风与植物

空气流动就形成风,空气流动的方向是从高压区流向低压区。风对植物的作用是多方面的,它不仅能直接影响植物,同时还能影响和制约环境中的温度、湿度、二氧化碳浓度的变化,从而间接影响植物生长发育。风能降低植物的生长量,风速 10m/s 要比 5m/s 减少 1/2 要比静风区生长少 2/3。风会引起叶面积减少,节间缩短,茎的总量减少,使植物矮化。强风还能形成畸形树冠。植物适应强风的形态结构,常和适应干旱的形态结构相似,这是因为在强风影响下,植物蒸腾加快,导致水分亏缺。因此,常形成树皮厚、叶小而坚硬等减少水分蒸腾的旱生结构。

风有助于植物的繁殖。风对植物有很强的机械破坏作用,通常风速在 17m/s 以上时就会吹断树木枝干。不同的树种抗风力不同。

第二节 城市环境与植物生长

城市是人口最集中,社会经济活动、文化活动最频繁的地方,也是人类对自然环境影响作用最强烈、自然环境变化最大的地方 如地貌、土壤、气候、水文、植被、动物等都发生了不同程度的变化。由于城市建筑的影响使城市气候的某些方面,如风向、风速、局地气流、日照、温度等与郊区不同。密集的城市建筑使城市的粗糙度加大,空气经过城市要比经过开阔平坦的郊区更易产生湍流。但在一般情况下,城市的风速比郊区的风速小。由于生产、生活的燃料释放出大量的热能,使城市气温增高,城市的空气污染比郊区重,城市的日照时数及太阳辐射强度比郊区少,城市污染远大于郊区。由于城市有此特点环境,因此,也必然会影影响植物的生长。

一、城市光照与树木生长

在城市地区,空气中悬浮颗粒较多,凝结物随之增多,因而较易形成低云,同时建筑物的摩擦阻碍效应容易引起机械湍流,在湿润气候条件下也有利于低云的发展。因此,城市的低云量、雾、阴天日数都比郊区多,而晴天日数、日照时数则一般比郊区少。

城市地区云雾增多,空气污染严重,使得城市大气混浊度增加,从而到达地面的太阳直接辐射减少,散射增多,而且愈近市中心这种辐射的变化愈大。由于城市建筑物的高低、方向、大小以及街道宽度和方向不同,使城市局部地区太阳辐射的分布很不均匀,即使同一条街道的两侧也会出现很大差异,一般东西向街道北侧接受的太阳辐射远比

南侧多，而南北向的街道两侧接受的光照与遮光状况基本相同，街道狭窄指数（即建筑物高度与街道宽度之比）对街道光照条件有很大影响，建筑物愈高，街道愈窄，街道所接受到的太阳辐射愈弱。由于建筑物遮光，园林植物的生长发育会受相应的影响，特别是在建筑物附近生长的植物，接受的太阳辐射量不同极易形成偏冠、斜干，使树体朝向街心方向生长，植物的根量减少。

在夜间无照明的城市，日照持续时间减少，又由于建筑物的影响，使城市日照的水平分布的地区性差异十分明显，使长日照植物开花推迟。

在夜间有照明的城市，城市夜间照明会延长光照时数，因而可能打破树木正常的生长和休眠，不利于落叶树林的越冬等。

二、城市的温度特点与植物生长

城市是人口、建筑物及生产、生活活动的集中地，其温度条件与周围的郊区比较有很大差异。城市热岛效应是城市气候最明显的特征之一，它是指城市气温高于郊区气温的现象。城市的热岛效应是很明显的，在不同纬度的城市都普遍存在，一般城市年均气温比周围郊区高 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，如北京市区平均气温比郊区高 $0.7\sim 1^{\circ}\text{C}$ 在夏季日平均温度市区比郊区高 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 最高温度高 $0.8\sim 2^{\circ}\text{C}$ 最低温度高 $1.4\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 差值十分明显。城市热岛效应是一种中小尺度的气象现象，它受整个大气形势的影响，当天气形势在稳定的高压控制下、气压梯度小、微风或无风、天气晴朗无云或少云、有下沉逆温时，易产生热岛效应。

城市热岛效应强度还因地区而异，它与城市规模、人口密度、建筑密度和高度、城市布局、附近的自然环境有关。在城市人口多、密度广、建筑密度大、人为释放热量多的城市，形成高温中心，城市中的植被和水体多，增温缓和，可以降低热岛效应强度。由于城市的热岛效应常会使城市的春天比郊区来的要早，秋季结束较晚，城区的无霜期延长，极端低温趋向缓和，有些南方植物在城市可以向北移 $100\sim 200\text{km}$ 。在城市局部地区，由于建筑物和铺装的作用，会极大地改变光热水分分布，形成特殊的小气候环境。对温度因子的影响尤为明显，城市街道和建筑受热后，如同一块不透水的岩石，其温度远远超过植被覆盖地区。在夏季导致温度过高，影响植物的正常发育。由于建筑物南北向接受到的太阳辐射相差甚大以及风的影响，南北温度存在很大的差异，冬季冻土层的深度和范围明显不一样，建筑物的南侧气温高，北侧气温低。夏季东、西两侧、南侧气温高，日照强，常引起焦叶和树干基部树皮受到灼伤，可采用涂白的办法防治。在建筑物的南面可以引种一些在郊区平坦地不能引种的南方树种，由于温度较高这些南方树种可以适应如北京在高大建筑物南面可以引种红枫、棕榈、马褂木、龙柏、小叶女贞、常春藤、黄玉兰、平枝栒子等植物。

三、城市的水分特点与植物生长

我国是一个典型的季风气候国家，夏季大陆的温度上升比海洋快，热空气上升，大陆形成低压区，海洋为高压区，气流由海洋流向大陆，形成海洋风，夏季来自海洋的季风所带来的水汽，是我国大陆降水的主要来源。而冬季相反，形成大陆季风，降水量普遍较低，但在强大的极地大陆气团控制时期，北冰洋带来的水汽虽量不多，但对我国西北地区却有很大作用。因此我国主要以降雨降雪为水的主要来源。而对于城市的降雨降雪，由于街道和路面的封闭，自然降水几乎全排入下水道，植物得不到充足的水分，使水分平衡经常处于负值。由于高温，降水利用率低，植物蒸发量变小，使城市的相对湿度和绝对湿度均较郊区为低。城市内适于种植物的未经铺装而裸露的地面太少，以致使自然降水量无法充分供给植物以满足其生长的需求。由于建筑工程，如汽车库、地下铁道和其他地下设施已深入到地面以下很深的地层，从而使得城市树木的根系很难接近到地下水。从理论上讲，树木的根系是趋水生长的，当地下水位缓慢下降时，根也继续生长，但由于地下建筑工程而引起的地下水位急剧下降，则是树根所无法适应的，因此现在地下水已不再可能为街道树木所用，土壤中提升水分的毛细管已被切断。因此城市植物实际上是处于水分亏缺的状态。为维持植物的水分平衡，必须经常地进行人工灌溉。或者选择一些特别耐干旱的植物种植。如刺槐、臭椿、悬铃木、毛白杨、银杏、椴树、国槐、桧柏等。

我国城市水环境是非常恶劣的，一方面是雨雪降水量少而不均，地表大量径流，植物利用很少，另一方面是地下水开采过度，有的城市水位很深已无法开采，再一是靠少量的江、湖泊、河流、水库补充用水，但由于水资源有限和短缺，不少大城市已列入严重缺水城市，特别是北方城市更严重，再加上城市水环境的污染，水质恶化，这部分水又不能用于浇灌植物。特别是连年我国城市大量盲目发展草坪，以及引进一些不耐旱需水多的植物，大量消耗有限的水资源，增加了养护成本。因此我国大城市必须走节水栽培植物的路子，选用抗旱节水的植物，采用经处理的中水浇灌植物，大量贮蓄地表雨雪水，采用各种节水灌溉技术措施节约用水。

四、城市的土壤特点与植物栽培

自然界的土壤是地壳表面的岩石经过长期的风化、淋溶过程逐步形成的，具有一定的土壤结构和层次。在土壤形成过程中，动物、植物和微生物均发挥了重要作用，最终形成了由矿物质、有机质、水分、土壤生物和空气五种物质组成的具有肥力的土壤，成为地球上陆生植物立地和生长发育的基础。但是城市土壤通过深挖、回填、混合、压实等各种人类活动的影响，其物理、化学和生物学特性都与自然状态下的土壤有较大的差异。城市土壤的特殊性对园林植物的生长发育产生了重大影响，从而提高了对园林植物栽培与养护的难度。

1. 建筑、生活垃圾型土壤

城市土壤中有一类是在完成了城市建筑物后，剩余的建筑垃圾和弃土堆垫为土壤，其土体没有自然发育层次，一般含有大量的侵入物，土壤表层紧实，透气性差，土壤容重偏大，土体固相偏高，空隙度要么很小，要么很大，这些都直接影响土壤的保水、保肥性。有的由于垃圾太多根本无法栽种植物。养分含量极差。

对于以城市建设垃圾为主的土壤进行深挖清理，把水泥块、砖瓦片、石灰块、石子、沥青、钢筋、塑料、玻璃、木条拣出，一般清理的深度为 60~80cm，若种植草坪或小型灌木可清理 30~50cm 深，客农田土种植园林植物。对以生活垃圾污染物为主的，如在旧城区的老居民区中，土体中混有大量的炉灰、煤渣，也要全部清挖出来，客农田土种植植物，否则由于土壤碱性太强，园林植物无法存活。

2. 农田原土型

城市建设完成后，绿化用地为原来的农田、公园、苗圃、花圃地未经扰动，土壤结构基本上没有变化，这类土壤可经过深翻施肥后，直接种植植物。

3. 化学污染型土壤

由于城市的工业生产、居民生活、汽车等排放的污染物质进入土壤，其中有重金属、放射性元素、氟化物以及无机酸、碱、盐、苯类、酚类等物的污染，可使用化学改良剂及重金属成为难溶性化学物质。如可施用石灰固定镉，施用量为每公顷 1 800~2 100kg。施用硫化钠可治理镉、铜、铅的污染。还可种植对重金属有较强富集能力的植物，治理土壤污染，如一些蕨类植物对许多重金属有极强的吸附能力，植株体内的重金属含量可达土壤中的几倍甚至十几倍。

4. 土壤 pH 值不适的调整

城市土壤的 pH 值一般高于或低于其周围郊区的土壤。原因是城市地表的铺装物大多采用钙质基础的材料，城市建筑过程中使用的水泥、石灰及其他砖石材料遗留在土壤中，导致土壤碱性化。另一方面，北京城市冬季施用融雪剂和生活污水的泼散进入土壤，导致 pH 值增高。有的土壤 pH 值可以达到 8.0 以上，直接影响植物的正常生长，导致缺铁黄化或缺其他微量营养素，同时干扰土壤微生物的活动，进而影响有机质和矿质元素的分解和利用，限制了城市环境中可栽植物树种的选择。可浇清水淋溶掉融雪剂，可施用硫磺粉、硫酸亚铁和石膏调低 pH 值，可施用石灰调高 pH 值。

5. 土壤板结的调整

城市土壤板结，通透性不良，土体少，缺少营养和腐殖质，缺少土壤微生物和菌根，可施用复合肥料，混合森林土，深施土中，对改善植物的营养水平非常有利。

五、城市的风与植物

城市的风速平均要比郊区低 20%~30%，主要是由于具有较粗糙的下垫面，摩擦

系数增大,降低了风速。另一些地方的风速也可能大于同高度的郊区。产生这种差异的原因在于当风吹过城市建筑物时,因阻碍摩擦产生不同的升降气流、涡流和绕流等,致使风的局部变化更为复杂,其次街道的走向、宽度及绿化情况,建筑物的高度及布局,使不同地点所获的太阳辐射有明显差异,在局部地区形成势力环流,导致城市内部产生不同的风向和风速。如当风遇到建筑阻挡时,风向常发生偏转,而且风速发生变化,向风一侧的风速下降 10%,背风一侧下降 55%。在街道绿化较好的干道上,当风速为 1.0~1.5m/s 时,可降低风速一半以上,当风速为 3~4m/s 时,可降低风速 15%~55%。如果风向与街道走向一致,则由于狭管效应,风速比开阔地强。据观测,当风速为 8~12m/s 时,在平行于主导风向的行列式的建筑区内,风速可增加 15%~30%。

另外,由于热岛效应,城市中心的热气流形成一个低气压中心,当热气流上升到一定高度则降低温度并向四周下沉,继之冷空气再流向热岛中心,形成热岛环流。

风对植物具有强烈蒸腾水分的作用,增加干旱程度,降低空气湿度。风可破坏植物正常的水分平衡,使植物死亡,风可使植物矮化,风可使树木畸形,风可为植物授粉,传播种子。风对植物的机械损害是指折断枝干、拔根、刮倒等。

各种树木对大风的抵抗力不同。抗风性较强的树种有马尾松、黑松、桧柏、榉树、核桃、白榆、乌桕、樱桃、枣树、葡萄、臭椿、朴树、板栗、槐树、梅、樟树、麻栎、河柳、台湾相思、柠檬桉、麻黄、假槟榔、南洋杉、竹类及柑橘树种。抗风中等的有侧柏、龙柏、旱柳、杉木、柳杉、檫木、楝树、苦槠、枫杨、银杏、广玉兰、重阳木、榔榆、枫香、凤凰木、桑、梨、柿、桃、杏、花红、合欢、紫薇、木绣球、长山核桃等。抗风力弱,受害较大的有大叶桉、榕树、雪松、木棉、悬铃木、梧桐、加杨、钻天杨、银白杨、泡桐、垂柳、刺槐、杨梅、枇杷、苹果等。一般来说,凡树冠紧密、材质坚韧、根系深广强大的树木抗风力强,而树冠庞大、材质柔软或硬脆、根系浅者抗风力弱。在土壤松软而地下水位较高处根系浅,固着不牢,树木易倒。稀植的树木和孤立木比密植树木易受风害。

第四章 园林树种的选择与配置

园林树木的配置千变万化，在不同地区和不同场合，可以有多种的组合与种植方式；同时，由于树木是不断变化的有机体，所以能产生各种各样的效果。

园林绿地中的树木，除天然分布和自然选择外，绝大多数是经过人们的选择人工栽植的，因此，我们要充分注意到园林树木自身的特性及其生态关系，科学合理地选择和配置园林树种，以获得较好的配置效果。

第一节 园林树种的选择

园林树种选择的正确与否，关系到园林绿化的成败。树种选择适当，立地或生境条件能够满足它的生态要求，树木就能旺盛生长、发育正常，不仅可大大提高绿化、美化效果，更可以节约建设投入及管理养护费用。反之，如果树种选择不当，树木栽植成活率低，即使成活也会生长不良，价值低劣，浪费劳力、种苗和资金，不仅影响园林树种的观赏性，同时也影响其维护城市生态平衡的作用。树木是多年生本木植物，园林树木栽植养护是一项长期的工作，树种的选择是“百年大计”，有些单位不了解树种的习性，盲目从外地购入树木，结果不能适应该地区而全军覆没；有的单位只知种树却不懂配置，大大降低了园林绿化的水平。

一、树种选择的基本原则

园林树种的选择，一是要考虑树种的生态学特性与栽植地的立地条件适应，即适地适树；二是要满足栽培目的要求；三是要考虑经济的原则。

1. 适地适树

适地适树就是使栽植树种的生态学特性与栽植地的立地条件相适应，即选择合适的树种以适应树木生长地的自然条件。适地适树是充分发挥土地和树种的潜力，使同林树木在相应立地上最大限度地发挥生态的美与生长功能，这是树木栽培养护工作的基本原则，也是其他一切工作的基础。随着园林事业的发展，适地适树的概念和要求也在进一步发展。在现代植物造景工作中，不但要求栽植立地条件与所选树种相适应，而且要求栽植立地条件与特定树种的一定类型（地理种源、生态型）或品种相适应，所以适

地适树的概念也包括适地适类型在内。适地种树中的“地”，是指树种所生存的环境因子的综合，它包括气候、地形、土壤、水文、生物、人为因子等。树的含义是指树种、类型或品种的生物学、生态学及观赏方面的特性。“地”与“树”的统一是指相对的、能动的，“地”与“树”的关系既不可能有绝对的融洽，也不可能永久的平衡。适地种树是相对的，可变的，树与地之间的不适应则是长期存在的、绝对的。对于园林工作者来说，掌握适地适树的原则，主要是使“树”和“地”之间的基本矛盾在树木栽培的主要过程中相互协调，产生好的生物学和生态学效应，其次是在“树”和“地”之间发生较大矛盾时，适时采取适当的措施，调整他们之间的相互关系，变不适为较适，变较适为最适，使树木的生长发育沿着稳定的方向发展。如果栽培方法不当，即使“树”和“地”适应再好，也发挥不了树木的生态学与生物学潜能，甚至导致栽培的失败。为了使“地”和“树”基本适应，一般可采取三条主要途径。第一条途径是对应选择，即为特定立地条件选择与其相适应的树种或者为特定树种选择能满足其要求的立地。前者为选树适地，这是绿地设计与树木栽培中最常见的。“选树适地”的基本点是必须充分了解“地”和“树”的特性，即全面分析栽植地的立地条件，尤其是极端限制因子，同时了解候选树种的生物学、生理学、生态学特性。后者为选地适树，是偶尔得到某些栽植材料时所采用的。不论“选树适地”或“选地适树”，在性质上都是单纯的适应，是最简单也是最可靠的方法。第二条途径是改地适树，即当栽植地段的立地条件有某些不适合所选树种的生态学特性时，采取适当的措施，改善不适合的方面，使之适应栽植树种的基本要求，达到“地”与“树”的相对统一，如整地、换土、灌溉、排水、施肥、遮荫、覆盖等都是改善立地条件使之适合于树木生长的有力措施。第三条途径是改树适地，即当“地”和“树”特定立地的生长。如通过抗性育种增强树种的耐寒性、耐旱性或抗污染性等，以适应在某些方面不相适应时，通过选种、引种、育种等方法改变树种的某些特性，以适应寒冷、干旱和污染环境中的生长，还可通过选用适应性广、抗性强的砧木进行嫁接，以扩大适栽范围。上述三条途径不是孤立分割的，而是互相补充，配合进行的。虽然在实际工作中，后两条途径，特别是改地的程度都十分有限，而且这些措施也只有在“地”、“树”基本相适的基础上才能收到良好的效果。值得指出的是，“适地适树”是从理论到实践都得到证明的原则，但在许多树木种植实践中并没有得到很好的运用，相反往往过于看重人的力量，片面强调通过各种人为措施来改造立地环境以“满足”树木生长的需求，结果适得其反。适地种树中重要的一点就是树种选择时注重乡土树种。所谓“乡土树种”是指未经人类作用引进的那些树种，乡土树种最适应当地的气候及土壤条件，在各地的乡土树种中都有具有较高观赏价值的树种，它们一般无需对土壤作特殊处理。更重要的是“乡土树种”能很好地显示地方特色。

2. 栽培目的

园林树木具有美化环境、改善防护及经济生产等方面的功能，在树种选择中，要明确树木所要发挥的主要功能是什么，主要目的是什么。当前，随着社会的进步，人们对园林绿化的要求越来越高，不仅要具有绿的效果，美的享受，而且要发挥最大的改善环境的生态功能。过去过分强调植物的观赏效果，但在当今城市生态环境日益严峻的情况下，更应充分发挥树木的生态价值、环境保护价值。

3. 经济性原则

树种的选择要注意经济性原则，要尽可能减少施工与养护成本，选择来源广、繁殖较容易、苗木价格低、移栽成活率高、养护费用较低的树种或品种。树种或品种确定后，应尽量在与栽植区生态条件相似的地区选择树苗，避免远途购苗。如果确实需要从外地调运苗木，必须细致做好苗木的包装保护工作，严防根系失水过度，影响定植成活率。另外经济性的原则还体现在所选的树种应有一定的经济开发前景，能满足市场的需求。

二、园林中主要用途树木的选择和应用

1. 独赏树（孤植树）

独赏树又称为孤植树、标本树、赏形树或独植树。主要表现树木的体形美，可以独立成为景物供观赏用。适宜做独赏树的树种，一般需树木高大雄伟，树形优美，具有特色，且寿命较长的，可以是常绿树，也可以是落叶树。通常又常选用具有美丽的花、果、树皮或叶色的种类。

定植的地点以在大草坪上最佳，或植于广场的中心、道路交叉口或坡路转角处。在独赏树的周围应有开阔的空间，最佳的位置是以草坪为基底以天空为背景的地段。独赏树的树冠应开阔宽大，呈圆锥形、尖塔形、垂枝形或圆柱形。常用的种类有雪松、南洋杉、松、柏、银杏、玉兰、凤凰木、槐、垂柳、樟、栎类等。

2. 庭荫树

庭荫树又称为绿荫树，主要以能形成绿荫供游人避免日光曝晒和装饰用。园林中众多植于路旁、池边、廊、亭前后或与山石建筑相配，或在局部小景区三、五成组的散植各处，形成有自然之趣的布置；亦可在规整的有轴线布局的地区进行规则式配植。由于最常用于建筑形式的庭院中，故习称庭荫树。

庭荫树在选择树种时以观赏效果为主结合遮荫的功能来考虑。许多具有观花、观果、观叶的乔木均可作为庭荫树，但不宜选用易于污染衣物的种类。

在庭院中最好勿用过多的常绿庭荫树，距建筑物窗前亦不宜过近以免室内阴暗，又应注意选择不易罹病虫害的种类。

常用的庭荫树有油松、白皮松、合欢、槐、槭类、白蜡、梧桐、杨类、柳类以及各种观花观果乔木等等。

3. 行道树

行道树是为了美化、遮荫和防护等目的在道路旁栽植的树木。城市街道上的环境条件比园林绿地中的环境条件要差得多，这主要表现在土壤条件差、烟尘和有害气体的危害，地面行人的践踏摇碰和损伤，空中电线电缆的障碍，建筑的遮荫，铺装路面的强烈辐射，以及地下管线的障碍和伤害（如煤气罐的漏气、水管的漏水、热力管的长期高温等等）。因此，行道树种的选择条件首先须对城市街道的种种不良条件有较高的抗性，在此基础上要求树冠大、荫浓、发芽早、落叶迟而且落叶延续期短、花果不污染街道环境、干性强、耐修剪、干皮不怕强光暴晒、不易发生根蘖、病虫害少、寿命较长、根系较深等条件。常用树种有悬铃木、银杏、七叶树、杨、柳、国槐、合欢、白蜡、刺槐、女贞、枫杨、龙柏、梧桐等。

行道树枝下高 2.5m 以上，距车行道边缘的距离不应少于 0.7m，以 1~1.5m 为宜，树距房屋的距离不宜少于 5m，株间距以 8~12m 为宜。

4. 观花树（花木）

凡具有美丽花朵或花序，其花形、花色或芳香有观赏价值的乔木、灌木、丛木及藤本植物均称为观花木或花木。本类在园林中具有巨大作用，应用极广，具有多种用途。有些可作独赏树兼庭荫树，有些可作行道树，有些可作花篱或地被植物用，在配植应用的方式上亦是多种多样的。

本类在园林中不但能独立成景，而且可与各种地形及设施物相配合而产生烘托、对比、陪衬等作用，例如植于路旁、坡面、道路转角、坐椅周旁、岩石旁，或与建筑相配作基础种植用，或配植湖边、岛边形成水中倒影。常用树种有桃、梅、玉兰、紫薇、木槿、凌霄、合欢、桂花、山茶、紫叶李、迎春、连翘等。

5. 藤本（藤本类）

本类包括各种缠绕性、吸附性、攀缘性等茎枝细长难以自行直立的木本植物。本类树木在园林中有多方面的用途，可用于各种形式的棚架供休息或装饰用，可用于建筑及设施的垂直绿化，可攀附灯杆、廊柱，亦可使之攀缘于施行过防腐设施的高大枯树上形成独赏树的效果，又可垂悬于屋顶、阳台，还可覆盖在地面作植被植物用，对美化空间环境等具有独特的生态保护功能。常用树种有：藤本月季、凌霄、爬山虎、五叶地锦、长春藤、扶芳藤、络石、葡萄、金银花、紫藤等。

6. 植篱

植篱又称为绿篱或树篱，要求是该种树木应有较强的萌芽更新能力和较强的耐荫力，以生长较缓慢、叶片较小的树种为宜。

在园林中主要起分割空间、遮蔽视线、衬托景物、美化环境及防护作用等，依园林特性分有叶篱——桧柏、侧柏、大叶黄杨、金叶女贞等，花篱——丰花月季、迎春、连翘、绣线菊等，蔓篱——藤本蔷薇、凌霄、葡萄、紫藤等。

7. 地被植物

凡能覆盖地面的植物均称为地被植物，木本植物中之矮小丛木、偃伏性或半蔓性的灌木均可作园林植被植物用。地被植物对改善环境、防止尘土飞扬、保持水土、抑制杂草生长、增加空气湿度、减少地面辐射热、美化环境等方面有良好的作用。

选择不同环境地被植物的条件是很不相同的，主要应考虑植物生态习性，需能适应环境条件，例如全光、半阴、干旱、土壤酸度、土层厚薄等条件。除生态习性外，在园林中尚应注意其耐踩性的强弱及观赏特征。常用树种有铺地柏、偃松、平枝栒子、常春藤等。

第二节 园林树木的配置方式

园林树木的配置，是指在栽植地上对不同树木按一定方式进行的种植，包括树种搭配、排列方式以及间距的选择。第一需考虑树木的生态学特性及生物学特性，才能使规划的景观生态系统持续、稳定经营，同时也大大减少今后的维护费用。第二应遵循景观美学的原则，达到美化环境的效果。

一、按种植点的平面配置

按种植点在一定平面上的分布格局，可分为规则式、不规则式和混合式配置三种。

1. 规则式配置 见图 4-1)

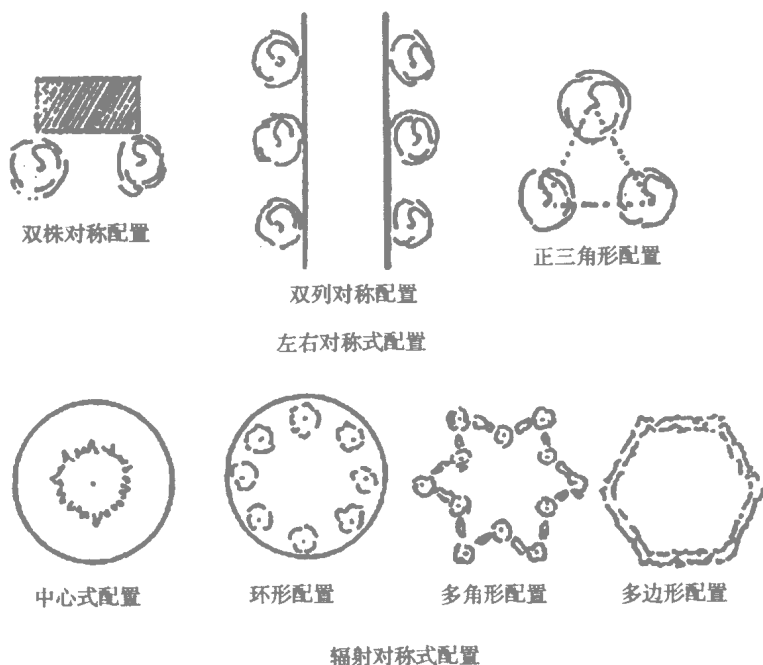


图 4-1 规则式配置 (陈有民, 1990)

这种方式的特点是中轴对称，株行距固定，同相可以反复延伸，排列整齐一致，表现严谨规整。

(1)中心式配置 多在某一空间的中心作强调性栽植，如在广场、花坛等地的中心位置种植单株或具整体感的单丛。

(2)对称式配置 一般是在某一空间的进出口、建筑物前或纪念物两侧对称的栽植，一对或多对 两边呼应 大小一致 整齐美观。

(3)行状配置 树木保持一定株行距成行状排列，有单行、双行或多行等方式，也称列植。一般用于行道树、树篱、林带、隔障等。这种方式便于机械化管理。

(4)三角形配置 有正三角形或等腰三角形等配置方式。二行或成片种植，实际上就是多行列植。正三角形方式有利于树冠与根系的平衡发展，可充分利用空间。

(5)正方形配置 行距相等的成片种植，实际上就是二行或多行配置。树冠和根系发育比较均衡，空间利用较好仅次于正三角形配置，便于机械化管理作业。

(6)长方形配置 株行距不等，其特点是正方形配置的变形。

(7)圆形配置 按一定的株行距将植株种植成圆环。这种方式又可分成圆形，半圆形、全环形、半环形、弧形及双环、多环、双弧、多弧等多种变化方式。

(8)多边形配置 按一定株行距沿多边形种植。它可以是单行的，也可以是多行的，可以是连续的，也可以是不连续的多边形。

(9)多角形配置 包括单星、复星、多角星、非连续多角形等。

2. 不规则式配置 (见图 4-2)

亦称自然式配置，不要求株距或行距一定，不按中轴对称排列，不论组成树木的株数或种类多少，均要求搭配自然。其中又有不等边三角形配置和镶嵌式配置的区别。

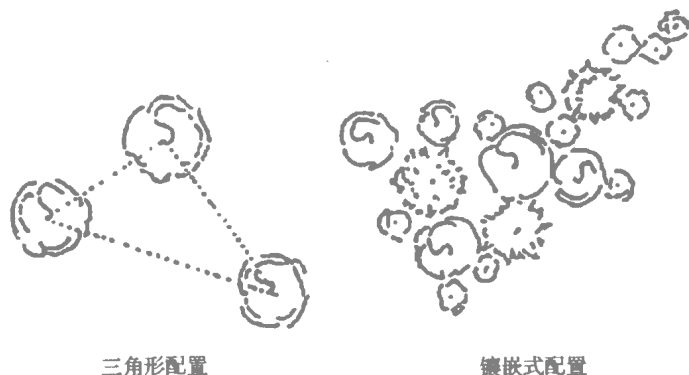


图 4-2 不规则式配置 (陈有民, 1990)

3. 混合式配置

在某一植物造景中同时采用规则式和不规则式相结合的配置方式，称为混合式配置。在实践中，一般以某一种方式为主而以另一种方式为辅结合使用。要求因地制宜，融洽协调，注意过渡转化自然，强调整体的相关性。

二、按种植效果的景观配置

1. 单株配置

单株配置的孤立树，无论是以遮荫为主，还是以观赏为主，都是为了突出树木的个体功能，但必须注意其与环境的对比和烘托关系。一般应选择比较开阔的地点，如草坪、花坛中心、道路交叉或转折点、岗坡及宽阔的湖池岸边等处种植。孤植树种应以阳性和生态幅度较宽的中性树种为主。一般情况下很少采用阴性树种。适于单株配置的树种有白皮松、油松、马尾松、黄山松、圆柏、侧柏、雪松、金钱松、凤凰木、南洋楹、香樟、广玉兰、玉兰、合欢、榉树、乌桕、海棠、樱花、梅花、桂花、深山含笑、白兰、木棉、碧桃、山楂、水杉、落羽杉、南洋杉、毛白杨、银杏、七叶树、鹅掌楸、珊瑚朴、小叶栎、皂荚、枫香、槐等。

2. 丛状配置

丛状配置是指一定数量的观赏乔、灌木自然地组合栽植在一起。构成树丛的树木株数由数株到十几株不等。丛状配置有较强的整体感，少量化株数的丛状配置亦有独赏树的艺术效果。以观赏为主的丛状配置，应以乔灌混交，并配置一定的宿根花卉，使它们在形态和色调上形成对比，构成群体美。以遮阳为主要目的的丛状配置，全部由乔木组成，且树种单一。

3. 群状配置

群状配置是由十几株至几十株树木按一定的方式混植而成的人工林群落，其规模比丛状配置规模要大，组成既可以是单一树种，也可以是多个树种混交，树群表现的是树木的群体美，在同林绿地中不仅能形成景观的艺术效果，而且对改善环境效果有很大作用。

4. 林分式配置

林分式配置一般形成比树群面积大的自然式人工林，这是林学的概念与技术，按照园林的要求引入自然风景、疗养区、森林公园和城市绿化建设中的配置方式。在配植时除防护带应以防护功能为主外，一般要特别注意群体的生态关系以及养护上的要求。在自然风景游览区中进行林分式配置时应以造风景林为主，应注意林冠线的变化、疏林与密林的变化、林中下木的选择与搭配、群体内及群体与环境间的关系，以及按照园林休憩游览的要求，留有一定大小的林间空地等措施。

5. 疏散配置

以单株或树丛等在一定面积上进行疏密有致、景观自然的配置方式。这种配置可

形成疏林广场或稀树草地。若面积较大，树木在相应面积上疏疏落落，断断续续，疏散起伏，既能表现树木个体的特性，又能表现其整体韵律，似许多音色优美的音符组成一个动人的旋律，带给人心旷神怡的感受。

二、配置的艺术效果

园林建设中对植物的应用，从总的要求来讲，创造一个生活游憩于其中的美的环境是主要目的。

在园林建设工作中，除了工矿区的防护绿地带外，总的说来，城镇的园林绿地及休养养区、旅游名胜地、自然风景区等地的树木配植均应要求有美的艺术效果。应当以创造优美环境为目标，去选择合适的树种，设计良好的方案和采用科学的能维护此目标或实现此目标的整套养护管理措施。

很多地区认为“普遍绿化”就是园林工作，这种认识是不全面的。概括地说园林建设工作应是“绿化加美化”。只讲绿化不讲美化则不能称为园林建设工作的全部，也不能表示出园林专业的特点。所谓美化，除包括一般人习惯说的“香”、“彩化”等内容外，还应包括地形改造以及园林建筑和必要的设施。如果只有地形改造和园林建筑而没有绿化，亦不能称为园林建设工作的全部。因此，园林建设工作必须既讲绿化又讲美化，缺一不可。

这种组合必须对树木（植物）十几年或几十年后的形象具有预见性，并结合当地的具体环境条件和园林主题要求，巧妙地、合理地进行配植，构成一个景观空间，使游人置身其间，陶醉于美好的意境中。

“几处早莺争暖树，谁家新燕啄春泥。乱花渐欲迷人眼，浅草才能没马蹄。最爱湖东行不足，绿杨荫里白沙堤。”这是著名诗人白居易对植物形成春光明媚景色的描绘。

“独坐幽篁里，弹琴复长啸。深林人不知，明月来相照。”这是著名诗人王维对植物所形成的“静”的感受。各种植物的不同配植组合，能形成千变万化的景境，能给人以丰富多彩的艺术感受。

树木（植物）配植的艺术效果是多方面的、复杂的，需要细致地观察、体会才能领会到其奥妙之处。配植时可从下面几点来综合考虑。

1. 丰富感

图 4-3 示出建筑物在配植前后的外貌。配植前建筑物的立面很简单枯燥，配植后则变为优美丰富。在建筑物屋基周围的种植叫“基础种植”或“屋基配植”，如图 4-4。

2. 平衡感

平衡分对称的平衡和不对称的平衡两类，前者是用体量上相等或相近的树木以相等的距离进行配植而产生的效果；后者是用不同的体量，以不同的距离进行配植而产生的效果。

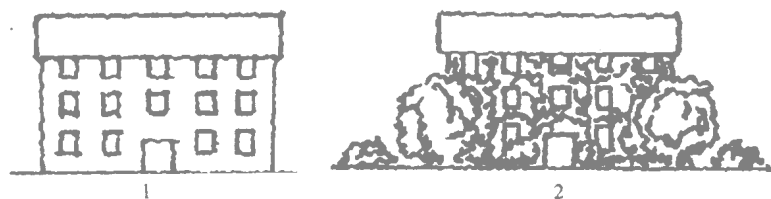


图 4-3 建筑物配植图

1. 配植前 2. 配植后



图 4-4 建筑物基础种植

3. 稳定感

在园林局部或园景一隅中常可见到一些设施的稳定感是由于配植了植物后才产生的。例如图 4-5 示出园林中的桥头配植。配植前，桥头有秃硬不稳定感，配植之后则感稳定。实际上中国较考究的石桥在桥头设有抱鼓尾板，木桥也多向两侧敞开，因而形成稳定感，而在园林中于桥头以树木配植加强稳定感则能获得更好的风景效果。



图 4-5 园林桥头配植

1. 配植前 2. 配植后

4. 严肃与轻快感

应用常绿针叶树，尤其是尖塔形的树种常形成庄严肃穆的气氛，例如莫斯科列宁墓两旁配植的冷杉产生了很好的艺术效果。一些线条圆缓流畅的树冠，尤其是垂枝性的树种常形成柔和及轻快的气氛，例如杭州西子湖畔的垂柳。

5. 强调

运用树木的体形、色彩特点加强某个景物，使其突出显现的配植方法称为强调。具

体配植时常采用对比、烘托、陪衬及透视线等手法。

6. 缓解

对于过分突出的景物，用配植的手段使之从“强烈”变为“柔和”称为缓解。景物经缓解后可与周围环境更为协调，而且可增加艺术感受的层次感。

7. 韵味

配植上的韵味效果，颇有“只可意会不可言传”的意味，只有具有相当高修养水平的园林工作者和游人能体会到其真谛，但是每个不懈努力观摩的人却又都能领略其意味。

总之，欲充分发挥树木配植的艺术效果，除应考虑美学构图上的原则外，还必须了解树木是具有生命的有机体，它有自己的生长发育规律和各异的生态习性要求。在掌握有机体自身及其与环境因子相互影响的规律基础上，还应具备较高的栽培管理技术知识，并有较深的文学、艺术修养，才能使配植艺术达到较高的水平。此外，应特别注意对不同性质的绿地运用不同的配植方式，例如园中的树丛配植跟城市街道上的配植是有不同要求的，前者大都要求表现自然美，后者大都要求整齐美，而且在功能要求方面也是不同的，所以配植的方式也不同，如图 4-6 和图 4-7。

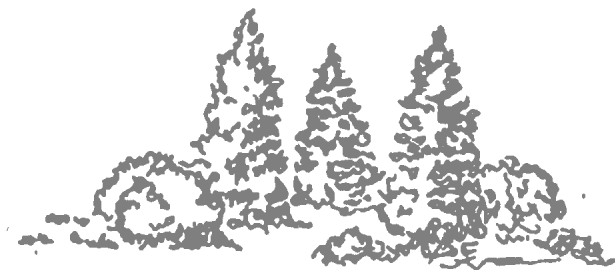


图 4-6 树丛配植



图 4-7 街道配植

第三节 栽植密度与树种组成

在园林绿地中,树木的栽植密度直接影响着营养空间的分配与树冠的发育程度。幼树在栽植期间,基本处于孤立状态,随着树木的生长,树冠生长加速,在密度较大的群体中相邻植株的枝叶开始相接。之后,树木的平均冠幅出现随密度增加而递减的趋势,密度越大,平均冠幅越小。另外,由于密度影响树冠或株冠的透光度和光照强度而影响树冠的发育,从而影响到叶面积指数的大小和光合产物的多少,因而影响树干直径和根系的生长,也影响树木开花结果的数量。一般直径和根系的生长与树冠大小成正相关,即密度越大,冠幅越小,树木的平均直径和根量也就越小,同样,密度越大,光照越弱,开花结实也就越少。

因此,研究栽植密度的意义在于了解由各种密度所形成的群体以及组成该群体的个体之间的相互作用规律,进行树木的合理配置,使每株树木在群体发育过程中通过人为措施,形成稳定的结构,使这种群体结构既能使每一个体有较充裕的生长条件,又能较大幅度地利用空间,达到生态效果和艺术效果的和谐统一。

一、确定栽植密度的原则

1. 树种的生物学特性

由于各树种的生物学特性不同,它们的生长速度及其对光照等各方面条件的要求具有很大的差异,因此栽植密度也不一样。生长快、冠幅大的密度应稀;反之,应密些。例如:针叶树种要比阔叶树种的密度大些,云杉的密度要比落叶松大些,白蜡和榆树的密度要比杨树、泡桐大些等等。一般耐荫树种对光照条件的要求不高,生长较慢,密度可大一些;阳性树种不耐庇荫,密度过大影响生长发育。

2. 栽培目的

园林树木的功能多种多样,但在具体栽植中主要目的或应发挥的主要功能可能有所不同,因而也就要采用不同的密度,形成不同的群体结构。如以观赏为主,则要注意配置的艺术要求,欲突出个体美感以观花、观果为主要目的,一般栽植密度不宜过大;如以防护为主,则其密度应根据防护效果决定。以防风为主的防护林带,其密度要以林带结构的防风效益为依据。在较大区域内的防风效果,以疏透型结构为最好。水土保持和水源涵养林要求迅速遮盖地面,并能形成厚的枯枝落叶层,因此栽植密度以大些为好。

3. 立地条件

立地条件的好坏是树木生长快慢最基本的因素。好的立地条件能给树木提供充足的水肥,树木生长较快;相反,在贫瘠的立地条件上树木生长较慢。因此,同一树种在较

好的立地条件上配置间距应该大一些，而在较差的立地条件上，配置间距应该小一些。

4. 经营要求

有时为了提前发挥树木的群体效益或为了贮备苗木，可按设计要求适当密植，待其他地区需要苗木或因密度太大将要抑制生长时及时移栽。

二、树种组成

树种组成是指树木群集栽培中构成群体的树种成分及其所占比例。由一个树种组成的群体称为单纯树群或单纯林，由两个或两个以上的树种组成的群体称为混交树群或混交林。园林树木的群集栽培多为混交树群或混交林。

1. 混交林的特点

在树木栽植中，不同树种混交与单一树种栽植相比有许多优点：

(1) 营养空间的利用 通过把不同生物学特性的树种适当地进行混交，能够比较充分地利用空间（如把耐荫性、喜光与耐荫）、根型（深根性与浅根性、吸收根密集型与吸收根分散型）、生长特点（速生与慢生、前期生长型与全期生长型）以及嗜肥性（喜氮、喜磷、喜钾、吸收利用的时间性）等不同的树种搭配在一起形成复层混交林，可以占有较大的地上、地下空间，有利于树种分别在不同时期和不同层次范围利用光照、水分和各种营养物质。如阳性树种与中性树种混交，在幼年期，前者遮荫，有利于后者的生长；但随着年龄的增长，中性树种对光照条件的要求逐渐提高，阳性树种的过度遮荫，不利于中性树种的生长和发育。

(2) 环境条件的改善 首先，混交林的结构复杂，树冠层厚，林内光照的梯度变化明显，光照强度减弱，散射光比例增加，分布比较合理，温度变幅较小，湿度大且稳定；其次，林内枯落物数量比纯林多，成分复杂，经微生物分解后，可以改良土壤，提高肥力，而且利于涵养水源，保持水土。第三，混交林在环境保护，如净化空气、吸毒滞尘、杀菌隔音等方面优于纯林。

(3) 抗御自然灾害的能力 混交林对病虫害的抵抗能力较强，林内的小气候可以改变某些昆虫和病菌大量繁殖的生态条件，抑制病虫害的发生和蔓延。混交林在减轻大风危害，预防雪折、雪倒等自然灾害的危害方面也优于单纯林。

(4) 景观艺术效果 混交林树种组成复杂，结构层次分明，只要配置适当就能产生绚丽的景色效果，产生较高的美学价值和旅游价值，带给人们极大的身心享受。

2. 树种混交的种间关系

种间关系的表现形式，是指生长在一起的两个或两个以上的树种，通过相互作用对另一方生长发育乃至生存所产生的利害的具体结果。一般当任何两个以上的树种接触时，其种间关系可表现为有利（互助、促进）和有害（竞争、抑制）两种情况，只是在一定的条件下，有时为单方的利害，有时为双方的利害。这里所说的有利和有害关系都不是绝

对的，而是相对的。两个或两个以上的树种混交，种间不存在单方面的绝对有利而完全无害，也不存在单方面的绝对有害而完全无利，但却存在双方面的利害，如以加杨为例，与刺槐混交，对两树种生长都有利；与榆树混交，对两树种生长都有害；与黄栌混交，则只对加杨生长有利，而对黄栌生长有害。在一定的环境条件下，树种种间关系表现为有利或有害，主要决定于各种树种本身的生物学特征。一般生态习性悬殊或生态要求不严、生态适应幅度较宽的树种混交，种间多显现出以互利促进为主的关系；相反，生态习性相似或生态要求严格、生态幅度狭窄的树种混交，种间多显现出以竞争、抑制为主的关系。不同树种间的有利和有害关系，是随时间、环境和其他条件的改变而相互转化的。这些因素的变动，有时甚至是微小的变动，都可以使原有的均衡关系波动和破坏，使以有利为主或有害为主各向其相反方向演变。如阳性树种与中性树种混交，在幼年期，前者遮荫，有利于后者生长；但随着年龄的增长，中性树种对光照条件的要求逐渐提高，阳性树种的过度遮荫，不利于中性树种的生长和发育。树种种间关系的作用方式，是指生长在一起的不同树种之间，通过怎样的途径产生影响。不同树种间相互作用的方式有多种，主要有如下几个方面：

(1) 生理生态关系 是指一树种通过改变小气候土壤水肥条件而对另一树种产生影响的关系。如生长比较迅速的树种，可以较快地形成稠密的冠层，使林内光量减少，光质异变，对适应此种荫蔽条件的耐荫树种的生长反而有利，而对不适应这种低水平光照条件的阳性树种的生长，则产生不良影响。由于不同树种的枯落物数量、成分及分解速度是有差异的，利用这种差异可使一树种给另一树种创造良好的营养条件，落叶量大、养分含量高、分解迅速的阔叶树与针叶树混交，往往可以明显地促进针叶树的生长。

另外，由于树冠迅速增长，可能在较短时间内占据更多的生长空间造成对侧旁树木的遮挡，促使人工群落发生分化，结果影响了原来的设计效果。生理生态作用方式，是不同树种间相互作用的主要方式，也是当前选择搭配树种及混交比例的重要依据。

(2) 生物化学关系 是一树种的地上部分和根系在生命活动中不断向外界分泌或挥发某些化学物质，并进而对相邻的其他树种产生影响的一种作用方式。通常存在或产生于树种各器官的化学物质有乙醇、乙醛、乙烯、萜类精油以及酚类、生物碱、赤霉素等。它们通过不同途径分泌到外界，使周围环境的化学成分改变，对其他树种的生长发育产生抑制或促进作用。据研究，皂荚、白蜡与七里香混交，黑果红瑞木与白蜡混交，相互间都有明显促进生长的作用；榆属与栎属，白桦与松树混交，对对方都有抑制作用；核桃叶分泌的核桃醌对苹果有毒害作用。

(3) 生物关系 是不同树种通过杂交授粉、根系连生以及寄生等发生的一种种间关系。如某些树种根系连生后，发育健壮的一树种夺走发育衰弱的另一树种的水分和养分，起初使其生长受到抑制，最后会导致其死亡。

(4) 机械关系 是树木个体间相互发生的机械作用, 造成一个树种对另一个树种的伤害。如树冠、树干及枝条间的撞击或摩擦, 根系的挤压, 藤木植物或蔓生植物的缠绕和绞杀等。在种间关系的各种表现形式中, 机械作用是较次要的, 它只是在特定的条件下, 如密度过大或以乔木树种为依附的藤本造景等, 才明显地发生作用。

三、树种的选择与搭配

树种混交中的选择与搭配, 必须根据树种的生物学特征、生态学特征及造景要求来进行, 主要做好以下三点:

1. 确定好主要树种

主要树种在树木与树木、树木与环境以及景观价值方面居于主导地位, 控制着群体的内部环境, 特别要注重乡土树种的选择。因此, 主要树种的选择要严格做到适地适树, 使其生态学特征与栽植地上的土地条件处于最适状态。

2. 选好混交树种

混交树种一般指伴生树种和混交树种, 选择适宜的混交树种, 是发挥混交作用及调节种间关系的主要手段。混交树种的选择要与主要树种的生态学特征有较大的差异, 有不同的生长特点, 对环境条件利用最好能互补, 而且要有良好的辅佐、护土作用以及树种之间没有共同的病虫害。

3. 注意树种多样性

树种选择配置应在规模范围内体现多样性, 树种选择单一或只重复运用少数树种, 不仅给人们感官上难以接受, 而且极大地降低了园林绿化的水平。我国各地在城市园林建设中已经注意到种植的多样性, 并建立相应条例来保证新建绿地有一定的植物种类。如上海制定的《上海市新建住宅环境绿化建设导则》要求, 住宅绿化的落叶和常绿乔木比例为 1:2, 面积 $3\,000\text{m}^2$ 以下的植物种类不少于 40 种; $3\,000\sim 10\,000\text{m}^2$ 的不少于 60 种; $10\,000\sim 20\,000\text{m}^2$ 的不少于 80 种; $20\,000\text{m}^2$ 以上的不少于 100 种。

第四节 园林树木的引种驯化

一、引种驯化的意义

树木的引种驯化是通过人工栽培, 使野生树成为栽培树、外地树成为本地树的栽培养护过程。树木引入新地区后有两种反应: 一种情况是不适应新的环境条件, 失去栽培价值乃至死亡; 另一种情况是适应新的环境条件, 能正常生长发育并保持利用价值。

如果引入地区与原产地自然条件差异不大或引入的观赏植物本身适应范围较广, 或只需采取简单的措施即能适应新环境, 并能正常生长发育, 达到预期观赏效果的称为简单引种。如果引入地区自然环境和原分布自然条件差异较大, 或引入物种本身适应

范围较窄只有通过改变其遗传性才能适应新环境或必须采用相应的农业措施，使其产生新的生理适应性，这种方式称为驯化引种。

引种驯化是迅速而经济地丰富城市园林绿化树种的一种有效的方法，与培育新品种比起来，它所需要的时间短，见效快，节省人力物力。我国园林树木的种质资源十分丰富，而在常见的园林树木中又有从国外引种栽培的树种，如来自日本的五针松、日本樱花、北海道黄杨、黑松、日本冷杉、来自印度的雪松、柚木、印度橡胶、来自北美的刺槐、池杉、广玉兰、湿地松、火炬松、来自大洋洲的桉树、银桦、木麻黄、来自地中海地区的月桂、油橄榄等。

二、影响引种驯化的因素

引种驯化是建立在树木遗传变异性和生态环境矛盾统一的基础上，要使引种成功，从内因上要选择适应的基因型，使引种地区综合生态环境能在引入种基因调控范围内，外因上要采用适当的栽培养护措施，使其能正常生长发育。引种驯化是一项复杂的综合化工作，影响引种驯化成败的因素主要有：

1. 植物与生态环境的综合分析

要正确掌握植物与环境关系的客观规律，既要求原产地和引种区生态条件相似，但又不可严格要求完全一致。一般来说，从生态条件相似的地区引种容易获得成功，相反的则困难就多些。园林树木是多年生的，它不仅必须经受栽培区全年各种生态条件的考验，且要经受不同年份经常变化的生态条件的考验，而这种条件又不易人为地控制和调整，因此，引种不同气候带的树种，更应特别注意了解其自然分布区，注意对原产地和引种地生态条件的对比。城市小气候和土壤条件相差甚大，所以引种时一定要注意植物与生态环境条件的综合分析，慎重选择小气候和土壤条件，尽可能在新区条件下为植物提供近似原产地的条件。

2. 主导生态因子的分析

对园林树木影响较大的生态因子有：温度、日照、降水和湿度，土壤酸碱度及土壤结构等等。进行主导生态因子的分析和确定，对于树木引种成败常起关键的作用。

(1) 温度 温度因子最显著的作用是支配植物的生长发育，限制着植物的分布。其中最主要的是年平均温度，最高、最低温度，季节交替特点等等。

(2) 雨量（包括土壤湿度和空气湿度）水分是植物生存的必要条件，雨量在我国不同纬度地区相差很悬殊，在低纬度地区降水量多，集中在 4~9 月；高纬度地区年降水量少，多在 6~8 月，冬春干旱，据中国科学院北京植物园观察，许多南方树种在北京不是最冷的时候冻死，而是在初春干风袭击下因生理脱水而干死的。降水量的季节分配状况也影响引种驯化的成功与否。

(3) 光照 日照对引种的影响大致包括昼夜交替的光周期、日照强度和时间的不同。

纬度地区日照时数不同，纬度愈高，一年中昼夜长短的差别愈大。夏季白昼时间愈长，则冬季白昼时间愈短，而低纬度地区则夏季和冬季白昼时间长短差别不大。

(4) 土壤 有些植物种类对日照、湿度等要求幅度都很广，唯独对土壤的性质要求很严格，这种情况下，土壤生态条件的差异就成了引种成败的关键。土壤性质的差异有含盐量的差异、物理性质的差异、肥力的差异等，但最主要的还是酸碱度的差异。土壤酸碱度决定了植物分布的范围，从而形成各种不同的植物群落。根据植物对土壤酸碱度的要求分酸性土植物、中性土植物、碱性土植物。在引种时，如不注意各种植物对土壤酸碱度的要求，常致引种失败。

(5) 生物因子 生物之间的寄生、共生，以及其与花粉携带者之间的关系也会影响引种成败。

三、引种程序

引种驯化的具体工作要有计划、有目的地开展，并按照一定的步骤进行。一般引种要经过引种实验、引种评价及繁殖推广三个阶段。

1. 引种试验

引种与单纯的移植不同，即后者不经过试验阶段，就把外地的植物引入栽培。这种做法虽也有些能成功，但也往往造成重大的损失，俗话说“引种未试验，空地一大片”。这也说明引种试验的重要性。

2. 评价试验

通过引种试验后，对表现优良的生态型繁殖一定的数量，再参加比较试验和区域化试验，淘汰不适合进一步试验的种类。

3. 推广应用

经过专家评审鉴定有推广应用价值的引入植物材料要遵循良种繁殖制度，采取各种措施加速繁育，建立示范基地，扩大宣传，对应用单位及有关苗圃提供优良合格种苗，使引种试验成果产生经济效益、社会效益和环境效益。

四、引种方法

1. 利用遗传性动摇的可塑性大的材料作为引种驯化

在引种驯化中，杂种实生苗比纯种实生苗容易适应新环境，在杂种实生苗中，其亲本关系远比亲缘关系近的亲缘性强。

2. 在引种驯化中采用逐渐迁移播种的方法

实生苗对新的环境条件虽然有着较大的适应能力，但新地区与原产地的气候条件相差太大，超越了幼苗的适应范围，驯化很难成功，所以不能把杂种直接播种在与原产地相差太远的新地区里，而应采取逐渐迁移播种的方法。

3. 引种驯化栽培技术的研究

引种时必须注意栽培技术的配合，因为有时外地品种虽然能适应当地的自然条件，但由于栽培技术没有跟上以致错误地否定了该品种在引种上的价值，农民有“会种是个宝，不会种是根草”的农谚，反映引种还必须与良法相结合。栽培技术的研究包括播种期、栽植密度、肥水、光照处理、防寒遮荫等。

4. 引种要结合选择来进行

引入的种或品种栽培在不同于原产地的自然条件下，必然有的适应有的不适应，此时必须加以选择，选择适应的基因型或生长良好的单株，以扩大繁殖。

五、引种驯化成功的标准

在与原产地比较时，不需要特殊的保护能够露地越冬或越夏而生长良好；没有降低原来的经济或观赏品质；能够用原来的繁殖方式（有性或营养）进行正常的繁殖等即为引种驯化成功。

第五章 园林树木的栽植

园林绿地是根据人们的需求设计安排，以施工形式将植物栽种形成的。因此，城市园林绿化中的树木栽植是每个园林工作者必须掌握的技能。由于园林绿化工程是一种以栽植有生命的绿色植物为主要对象的重要工程，与一般植物相比较，具有效率高、机械化程度高，技术严格的要求，因此，植树成活原理、植树施工中的工序安排和技术措施，要求每一名园林工作者必须掌握。

第一节 树木的栽植概念及其成活原理

一、栽植概念

园林树木的栽植是树木在区域上的移动，即将树木从一个地点移动到另一个地点，并且依然要保持其生命的整个过程，主要由“起苗（或称为起树、掘树）、搬运和种植（植苗、植树）”等三个主要环节组成。起苗是将树木从生长点连根起出；搬运是将起出的树木运到新的种植点上；种植是将树木按要求栽种在新的种植点上。种植主要分为定植、移植、假植三种。定植是将树木按景观设计的要求种植在相应的位置上不再移动、长久定居的方法；将树木种植在一处经过多年生长后还要再次移动，这种种植称为移植；假植是指树木起苗后来不及运走，或运到新的种植点而来不及栽植，将树木的根系暂时埋入湿润土壤中，防止失水的操作方法。

将树木进行区域性移动的三个环节起苗、搬运、种植的操作，少则几小时、几天即可完成，即使花费的时间再长，如长途运输和大树移植，与树木整个生命周期相比也是其中很短的一段时间。但是，栽植质量的好坏对树木栽植后的生命活动有着重要影响，树木的抗性、地上部与地下部生长的能力、树体的观赏效果及养护成本都有可能因这三个环节的操作不当而导致严重后果，甚至造成树木死亡，影响到整个绿化、美化效果。

因此，园林树木的栽植要求更加精细，避免因粗放栽植而造成树木生长中出现的各种养护问题。

二、树木栽植成活原理

一株树木在正常的生长发育过程中，其地上部与地下部在一定条件下处于正相关

的关系，处于一个以水分为主的代谢平衡状况。树木对水分的吸收大部分是靠根系从土壤中取得的，根系利用根压、渗透压源源不断地从土壤中吸收水分，使液体从根系上升到枝叶中，这是利用根系主动吸水的能力。而由于树木的叶、枝蒸腾速率的增加及木质部汁液产生的张力，通过木质部中的导管和管胞中水分子的拉力吸水使得水分开始大量流入植物体内，形成根系的被动吸水。树体地上部分的枝叶与地下部分的根系保持一定的比例状态（根/冠比），使得枝叶中的水分蒸腾可以及时获得根系吸收补充，一般不会出现缺水现象（见图 5-1）。

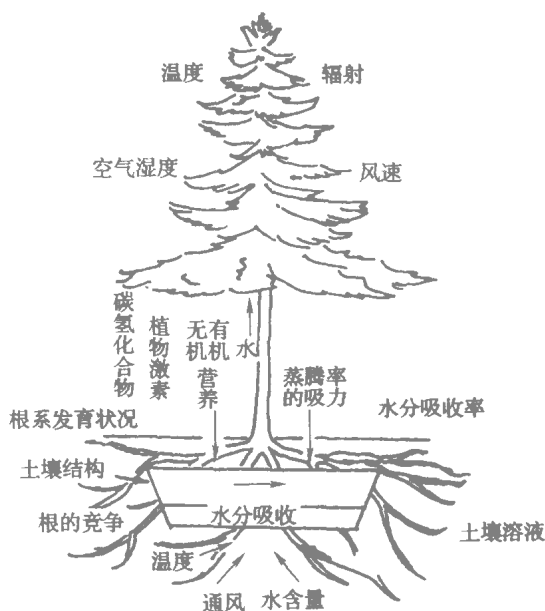


图 5-1 树木吸水及其影响因素

而当树木挖掘后到栽植过程中，树木根系中的大量吸收根受到损失，根幅缩小、根量减小，根系全部或部分（如土球苗）脱离原来生存的土壤环境，保存的根系在吸收水分的能力上大大降低，并在运输过程中，因风吹日晒和运输损伤，树木根系吸收不到水分，使得树体水分平衡受到不同程度的破坏，造成树体失水、萎蔫，体内代谢因水分亏缺而受阻，甚至死亡。树木虽然可以利用关闭气孔等减少蒸腾的自我调节能力，但毕竟有限。在栽植后，虽然土壤能够提供充足的水分，树木在条件适宜下能够长出一些新根，与土壤环境建立相应的环境关系，但控制的土壤范围还很小，还需要相当长的时间才能恢复到原有的状态。因此，需要采取相应的树木栽植技术措施，使树木的根系与土壤迅速建立密切的关系，调节根系与枝叶的平衡，避免因发生水分亏缺而导致树木死亡。由

由此可见，园林树木栽植成活原理就是在树木栽植中保持和恢复树体以水分为主的代谢平衡。

因此，在植树工程中，必须抓住关键，采取有利的措施，达到保持和恢复树体的水分平衡。

在整个栽植过程中，要做到使植株保持湿润、组织鲜嫩、体内水分充足。根据调查，当树木失水率越高时，成活率越低。植株体内水分充足，组织鲜嫩，有利于促进根系的愈合，发生新根，短期内能够恢复和扩大根系的范围和能力，有利于促进成活，而栽植后土壤与根系的密切接触，保证了有充足的水分供应，使水分顺利进入树体，补充水分消耗。这是外界因素对树体水分平衡的作用。

基于这些关键要求，采取相应的挖、运、栽及栽后管理，以保证种植树木的成活。

第二节 园林树木的栽植季节

我国地大物博，环境万千，不同地区的气候条件差异很大，对树木的成活、生长产生不同的影响。如果新栽植的树木发生水分亏缺，代谢就会受阻，矿物质养分吸收量就相应减少，带叶树木光合产量下降，甚至因缺水死亡。在树木移植过程中，影响树木成活的因素主要有树木本身的生长状况、栽植时的气候条件及栽植地的土壤条件。因此，为了提高树木的栽植成活率，需要了解栽植地的气候变化及土壤条件的变化，而且要掌握不同时期树木的生长生理活动变化，以确定适宜的植树季节。

我国东、西、南、北的气候条件差异很大，虽然现在只要技术措施得当，一年四季都能将树木栽植成活，但要想降低栽植成本和提高栽植成活率，必须根据当地情况，了解树种的生长特性、树木的年龄及栽植技术，确定最适宜的栽植季节，这样既可以满足树木的生态需求，又有利于树木的生长。根据树木栽植成活原理，植树的适宜时期应是树木蒸腾量相应的少，有利于树木根系创伤后能够及时恢复、保证树体水分代谢平衡的时期。在四季明显的地区以秋冬落叶后到春季萌芽前的休眠期为最适宜。在不同地区，什么时期植树，主要根据当地气候条件及树种生长特性加以确定，采取适时栽树。

一、春季植树

早春是我国大部分地区树木栽植的适宜时期，其环境特点主要反映在这几个方面：气温逐渐上升，土壤水分状况较好，地温转暖，有利于根吸收水分。在南方春雨连绵的地区，雨水充裕，空气湿度大。北方冬季严寒，春暖大地时，土壤化冻返浆正是土壤水分状况较多时期，有利于树木的成活。

从植物生理活动规律上看，随着气温上升、土壤化冻，树木开始解除休眠状态，先生根后发芽，逐渐恢复生长，是树体结束休眠、开始生长的发育时期。因此春季植树是利

用气温回升、植物结束休眠开始初生长的相互对应的特点来保障树木的成活。

春季植树宜早不宜迟 正如清代《知本提纲》所写“春栽宜早 迟则叶生”在我国各绿化地，只要土壤没有冻结，栽植后没有冻害，便于绿化施工，即可及早进行。受纬度、海拔、地形等因素的影响，各地区栽植时间的早晚不同，但最好的时期是树木的芽开始萌动前的数周之内，地上部虽仍处于休眠状态，但地下部根系逐渐萌发生长，有利于树体恢复生长；如果在新叶开放后种植，根系生长量减少，难以恢复树体水分代谢平衡，常常枯萎、死亡，即使有些树木能活，但多数生长不良，落叶树种尤为如此。常绿树种的种植可以偏晚，萌芽后栽植的成活率虽然不如萌动前效果好，但比同样情况下栽植的落叶树种成活率高。一些具有肉质根系的树种，如木兰属、鹅掌楸及山茱萸树种等春季栽植好于秋季栽植。

春季是我国多数地区植树的季节，而早春是春季中种树的适宜时期，但较短，一般2~4周时间，尤其是在春旱缺雨的北方地区，风大，气温回升快，土壤水分蒸发速度快，地上部萌发生长迅速，在栽植任务不大时，容易把握时机，但在任务量大、劳力紧缺的情况下，在适宜时期内很难及时完成。

春季植树，在冬季严寒、土壤冻结的地方，根据树种特性、土壤特性、地形变化来决定树木种植时间的先后，先萌芽的树种先栽植，后萌芽的树种后栽植；落叶树种先栽植，常绿树种后栽植；砂壤土较重壤土先栽植；先市区后郊区，先平原后山区，在有地形和建筑的地方，先阳面后阴面。

二、夏季植树

夏季是气温最高、多数地区降水量最大的时期，树木生长旺盛，枝叶水分蒸腾量最大，需要根系吸收大量水分，此时植树对树木的伤害很大。但是在冬春干旱，雨水严重不足的地区，在夏季掌握适宜时期种植树木，可以提高成活率。夏季栽植（通常称为雨季植树）正是利用外界阴晴相间、雨水充足、空气湿度大的条件和很多树木为了保持蒸腾速率和维持树木代谢，开始进行根系的再次生长的机会，提高树木的成活率。在华北地区，全年降水量的三分之二集中在夏季。雨季植树成功经验多，栽植树种多为前期生长型的针叶树种，树木规格多以中、小型苗木为主，栽植技术采取土球移植。随着城市建设的发展，园林工程中的夏季植树趋势越来越大，无论常绿树还是落叶树，无论大树、还是小树，都在夏季种植。当栽植技术不当时，导致树木成活率下降，造成很大损失。因此，夏季植树要注意几点：一是要掌握树种的习性，选择夏季适栽的树种，重点在常绿树种，尤其是松、柏类和易萌芽的树种；二是采取土球移植，以保证树木根系的吸水能力，最好是在休眠期提前做好移植的准备工作，如修剪、包装等工作，减少夏季起苗的损伤；三是利用阴天降水季节栽植可提高成活率；四是在夏季光照强、气温高的条件下，为保证苗木成活，除了以上措施外，在栽植后采取树冠喷水降温减少蒸腾和树体遮荫等措

施，以提高栽植成活率。

三、秋季植树

进入秋季后，气温逐渐下降，土壤的水分状况由于雨季的影响，处在稳定的水平，随着光照强度的降低和气温的下降，树木的地上部分开始从生长进入休眠，落叶树种开始落叶，树体营养物质从枝叶向主干、根系输送，此时营养物质积累量为最大，而消耗量较小，地下部分根系由于营养物质的积累，生理活动仍处在继续进行中，对树木栽植成活有利，栽植后根系的伤口容易愈合，并生长一定数量的新根。秋季栽植的树木在第二年春季发芽早，能提高对不良环境的适应能力。

秋季植树的时间较长，北方以树木落叶开始，直到土壤冻结前，均可植树，在落叶后栽植宜早，以防冻害。近年很多地方采取带叶栽植，栽植后有利于愈合发根，但需在大量落叶时开始，否则会因失水而降低栽植成活率。南方地区的冬季较短，且没有冻结现象，因此秋季栽植可以延续到 11 月或 12 月上旬。春季开花的树种宜在 11 月之前种植，常绿树种和竹子就应在 9~10 月份进行。秋季树木栽植要注意地区和树种的特点，在寒冷和干旱的地区，空气湿度低，秋季栽植的常绿树木易因生理干旱而失水死亡。易受霜害、冻拔的地区不宜进行秋季栽植。

四、冬季植树

冬季的气温低，是园林树木休眠的时期，此时树木的水分、营养物质消耗少，落叶树种的根系在冬季休眠期中休眠时间很短，因此植后能够愈合生根，宜冬季植树。在比较温暖、土壤不冻结的南方，可以进行冬季植树。冬季植树后有利于早春萌芽生长，在冬季寒冷、土壤冻结较深的地方，可采用冻土球移植的方法进行。

第三节 园林树木的植树技术

要使园林绿化植树工程达到设计方要求的效果和保证树木的成活率，必须保证施工单位在各个环节上做到措施到位。

一、园林树木栽植前的准备

1. 绿化工程施工需遵循的原则

任何绿化施工单位在绿化种植过程中，为了保证绿化的效果，需要遵循以下几项原则：

(1) 园林绿化施工必须符合园林设计和建筑计划的指标 园林的规划设计必须由施工才能实现，最后成为人们所期待的现实。因此施工人员在施工中要熟悉设计图纸，理解设计意图和建设方的要求，严格按要求的指标、数据施工，如果图纸和现场不相符时，应及时向设计人员提出，需要变更应征得设计部门和建设单位的同意，使绿化工程

后的景观效果能够充分体现设计者预想的良好意图。

(2)植树技术必须符合树木的生活习性 各个树种除了具有树木的共性以外,还具有不同的特点,施工技术人员需要了解掌握其共性和特性,根据树种生态特性,采取相应的植树技术,才能保证树木栽植的成活率和植树工程的真正完成。如春季,一些愈合能力强、生长快的落叶树种多采取裸根苗栽植的措施,修剪较重;而常绿树种,特别是针叶树种 以及一些珍贵树种 愈合、生长较慢 或要保持树形 多以土球苗移植方法 修剪较轻,以保持树木的形态。

(3)抓住适宜的植树季节 利用树木的生理特点和季节特点以保证栽植的成活率。在适宜季节植树,采用的施工技术措施简单,成活率高,成本低。在没有特殊原因的情况下,适宜的植树季节为施工的首选时期。

(4)严格执行植树工程的技术规范和操作规程 施工过程中,检查员严格执行操作规程,否则不利于施工效果和成活率,如定点放线的准确与否、起苗规格的大小、坑穴的规格大小均会影响施工效果以及栽植的质量,栽后养护质量也不同程度地受到影响,只有在严格操作的基础上才能保证成活率、保证设计效果,降低绿化成本。

2. 准备工作

绿化植树工程开始前,首先要做好一切准备工作,以利绿化工程的顺利进行。

(1)了解设计意图和工程概况 绿化工程的管理人员在接受工程时,首先要了解设计意图,向设计人员了解设计思想,以及设计要达到的目的及意境,尤其是施工后,在近期所能达得到的景观效果,并通过设计单位和工程主管部门了解工程的概况。

了解植树工程与其他相关工程(如草坪、花坛、道路、山石、园林设施及土方、给水、排水等)的施工范围及工程量。

②工程施工期限:指工程的开工与竣工时期,其中植树工程的进度应以不同类别的树种在当地栽植的最适时间为前提,其他工程以围绕其进行。

工程投资情况:根据工程主管部门批准的投资额度和设计预算定额依据,以备编制施工方案中的预算计划。

施工场地现状:在拿到绿化设计图的同时,向建设单位了解施工现场的地形、地貌及地物情况和地下各类管线的分布情况,获取施工现状平面图及对地上物、树木的处理办法(如房屋、路面的拆迁保留、树木的伐、移),获取地下管线图的同时,了解设计部门与管线管理部门的配合情况,特别是地下电缆、煤气管道的分布走向,以免发生施工事故。同时,了解施工现场测定标高的水准点以及测定水平位置的导线点、固定地物,作为施工定点放线的依据。

工程材料来源、机械和运输条件:其中包括树苗的出圃地点、时间,苗木质量和规格要求,并搞清有关部门能够负担的机械、运输条件。

(2)现场踏勘和调查 在向有关单位获取资料及信息之后,负责施工管理的技术人员需要亲自到现场做细致的现场踏勘工作,搞清施工过程中可能遇到的情况和需要解决的问题。

施工现场的土壤情况:土壤是树木生长的基础条件,影响树木的成活和后期生长,同时是导致施工成本高低的重要因素,对土壤调查,以确定绿化地是否换土、客土量和来源。

②各种地上物的解决办法 通过踏勘,了解现场的房、路、树及设施的数量、价值及其去留和保护的可能性。房物要拆迁、树木要伐移的需要办理相关手续及处理方法,需保留的物体如何装饰得与绿地相映成辉。

施工的水、电源及交通状况:有无水源决定灌水的方式,有无电源影响施工速度及效果,了解工地与外界交通联系情况,以及线路安排。

施工期间生活设施的安排:民工的食宿问题(如食堂、厕所、宿舍)的解决是影响施工进度、质量的因素,根据情况进行合理安排。

3. 编制施工组织方案

在掌握了园林绿化设计的意图及施工现场的调查情况后,施工单位需要组织技术人员对整个工程情况进行研究,由于园林工程是由多种工程项目构成的综合性工程,为保证各施工项目相互合理衔接,互不干扰,多、快、好、省地完成施工任务,要制定一个全面的施工安排计划(即施工组织方案),广泛征求意见,修改、定稿。整个方案包括文字说明、图、表。总共分以下几部分:

(1)工程概况:主要涉及项目名称,施工地点,施工单位名称,设计意图及施工意义,施工中的有利及不利因素,园林工程的内容(包括施工、范围、项目、任务量及预算金额等)。

(2)施工进度、绿化工程的起始、竣工时间,施工总进度及单项进度的完成时间表。影响施工进度主要有两个关键因素:①施工方法、使用机械还是人工及用工量的多少;各项目之间环节衔接、施工中主要矛盾及处理方法。

(3)施工现场平面布置:施工现场作业的具体安排:主要施工场地,运输交通线路,材料暂放处,水源、电源位置,定点放线的基点和工人生活住宿区域等。

(4)施工组织机构:主要涉及施工单位负责人,下属生产、技术指挥管理机构及财务、后勤供应、政工、安全质量人员等,对施工进度、机械车辆调度、工具材料保管安排以及苗木计划用绘制图表表示,制定栽植技术。

(5)安全生产措施:是各类工程中的首要问题,要定制度、建组织,制定检查和管理办法,以确保工程的安全进行。

对植树工程的主要技术项目,需要确定相应的技术措施及质量要求。

二、进驻工地及施工现场的清理

进驻施工现场是工程进行的第一步，首先安置职工住宿等生活条件，开始对施工现场进行清理，对有碍绿化施工的障碍物进行拆迁清除，对现有的、影响绿化的树木进行伐除、移植，并根据设计图纸对现场进行地形处理。若用机械整理地形，还须搞清地下管线的分布情况，以免出现事故。

三、苗木及植树技术的选择

1. 选苗

当设计图纸上的树种确定后，施工树木的选择主要考虑到其规格、苗龄、质量、繁殖方式和苗木的来源，这些直接影响树木的栽植成活率和以后的绿化美化效果。因此在订苗、植苗前，应对所提供的苗木质量状况进行调查。

(1) 苗龄与苗木规格 树木的年龄影响树木的再生能力和抗逆性，从而影响树木的栽植成活率。

苗木生产中，苗龄与规格具有相关性，树木相应的苗龄应具有相应规格的苗木，而大树移植时通常以规格来选择苗木。

幼龄树、小规格苗，植株个体小、根系分布范围小，苗木的起挖、运输和栽植等环节上操作简便，可节省施工费用。由于保留根系多，苗木成活率高，树体恢复期短，整个树木的形体保存得好，树木营养生长旺盛，对外界环境的适应能力就强。但如果树体太小，绿化、美化效果较差，易受到人畜的损伤，造成苗木残伤或因死亡而缺株，就影响后期的绿化效果。

壮龄树木的根系分布深广，吸收根已远离根颈，在植树过程中，起苗造成树体根系的大量损伤，导致树体水分失调，栽植措施不当，会使栽植成活率降低，因此对植树的各个技术环节要求很高，必须采取土球苗移植，而且施工与养护的费用很高。由于树体基本确定，姿形优美，栽植成活后可以很快产生绿化、美化的效果，因此很多重点绿化工程中均采用大树移植，但在应用时需采取大树移植的特殊措施。

目前，根据城市绿化的需要和环境特点，绿化工程的苗木选择上以较大规格的幼、青年树木为主，这类苗木栽植成活率高，绿化速度快，而且也可减少人为损伤。园林植树工程使用的苗木，落叶树种的最小胸径不得小于 3cm，常绿乔木的树高最小不得低于 1.5cm。

(2) 苗木质量 苗木质量的好坏，不单影响栽植的质量、苗木的成活率，而且还影响到绿化效果和养护成本，因此应选择质量优良的苗木。

高质量的苗木应具备以下几个条件：

苗木的根系发达完整，靠近树木的根颈一定范围内要有较多的须根，便于起苗后保持有较大量的根系。

乔木树苗干茎粗壮通直，有一定适宜高度，无徒长现象。

树木的主侧枝分布均匀、丰满，构成完美的树木冠形，高大乔木要有较强的中央领导干，顶端优势，侧芽饱满。

树体无病虫害和机械损伤。

(3) 苗木来源

园林绿化用苗的来源主要分三个方面：

当地园林苗圃生产用苗：苗圃培育的苗木，种源及年龄清楚，质量好，规格保证，对当地的气候条件、土壤状况有着很强的适应能力，可以在短时间内随起、随运、随植，既可避免因长途运输带来的苗木损伤和运输费用，避免病虫害的传播，而且不须长期假植，如果要在非适宜季节栽植施工，也可在苗圃中直接利用竹筐、木箱等容器进行容器育苗。只须进行适当的水管理，不用另行包装即可移栽，随植随取，不受季节限制，春、夏、秋、冬任何时间随时可以移动而且装容器前已作修剪限制空间故在有限的空间内可以放置较多的苗木，在栽植中因苗木根系已经恢复，受干扰小，能保持正常生长。但由于容器容量有限，苗木规格受限，而且栽植时间不宜长，否则根系长满容器，并环壁生长，定植后生长不理想，因此定植时可适当地进行根系处理。

外地苗源：在本地培育的苗木种类、质量上供应不足时，可以从外地调入，但对外地苗木要进行树木的种源、起源、年龄、移植次数、生长及健康状况进行调查，把好病虫害检疫关，不购进疫区苗木。把好起苗、包装的质量关，在装卸运输途中，防止苗木的机械损伤和脱水，通过洒水、保湿降温，尽力保持树木体内水分平衡，尽可能地缩短运输的时间。

从绿地及野外搜集的树木：此类树木的树龄一般要处于青壮年阶段。因此，通常所选树木常具备以下几个特点：一是都为成龄树木，树冠基本形成，在新的栽植地种植，能够较早地形成景观效果，很快地提供遮荫纳凉条件；二是由于多年的生长，根系水平扩展的范围很大，在移植根系的范围内须根量少而杂乱，易造成树体的水分失调，不利于移植后迅速恢复生长；三是很多树木从林中移出，树冠不丰满，根系不发达，在绿化工地还易受强光照射、高温、干热风的威胁，因此，这类苗木的选择要慎重，并且要配以高质量的树木栽植养护措施。

2. 树木栽植技术的选择

由于不同树种的生长、生态特性不同，且不同时期树木的生长状况不同、环境差异很大，导致树木在移植适应能力上差异很大。为了保证树木移植成功，需要根据树种的不同生长、生态习性、不同环境条件及生长状况采取相应的树木种植技术措施，才能提高树木的移植成活率。如在休眠期移植 杨、柳、榆、槐、椴、槭、蔷薇、泡桐、枫杨、黄栌等具有很强的再生能力和发根能力 起苗、包装、运输、栽植等措施简单 移植容易成活，一

般采用裸根苗移植技术。而常绿树种和一些珍贵落叶树种，如松柏类、木兰类及桉树、桦树、栎等一些树种，则要求采取土球苗移植法，以保持土球的完整。

树木移植时，水分平衡是关键，所以采取的植树技术措施很多与保持水分有关。春季或秋季移植，树木的水分丧失较少，无论是裸根苗移植还是土球苗移植，只要保持水分平衡，栽植技术程序可以适当简单，但在非适宜移植时期进行移植，温度高、光照强，树木蒸腾量大，易导致植株失水，为了移植树木的成活率，必须采取土球苗移植，而且规格要比一般移植大，并且要增加一些措施改善环境条件，减少水分蒸腾，维持树木生长。栽植过程中的各环节——起苗、运输、定植及栽后养护的过程须要采取周密的保护措施和及时的处理办法，才能避免树木失水过多。树木移植在树木的一生中的时间是非常短的，但移植对树木来说，形同一次大手术，任何一个环节出现错误都有可能对树木的抵抗力降低、甚至树木死亡，使设计的园林功能难以发挥出来。因此对栽植的每一株树来说，与其相应的各技术措施和环节都不可缺少，且非常重要。施工人员对移植中各种技术措施安排须严格细致。

在植树施工技术的操作中应注意针对不同树种的特性抓住关键：

(1)移植要做到随起、随运、随植和及时管理成流水程序，无施工条件，应及时采取妥善的假植措施。

(2)起苗、植苗按操作规程所规定的标准进行，不要造成伤根过多或窝根，对根系伤口过大的可用修剪补救。

(3)肉质根的树种尽量采用土球苗移植，如牡丹、木兰、鹅掌楸等，如果采用裸根移植，由于肉质根含水量多而易脆，不易愈合，起苗后须放置在背荫处晾晒方可移植。

(4)大多数树种，从起出到定植前，须采取多种办法（如薄膜套袋、沾泥浆并填加苔藓、保湿、湿草袋包装等）保持根系湿润 不受风吹日晒。

(5)常绿树种枝叶蒸腾量大，可采取蒸腾抑制剂喷叶抑制蒸腾，或适当地修剪枝叶以减少蒸腾量。

第四节 树木栽植的施工程序和技术

植树施工的程序主要有 定点放线、挖穴、起苗包装、装卸运输、修剪、栽植及植后管理等几大环节。

一、定点放线

根据设计图纸上的种植设计，按比例放样于地面，确定各树木的种植点，由于树木的种植、配置的差异，定点放线的方法有所不同。

1. 规则式配置种植

规则式配置种植多以某一轴线为对称排列，以强调整齐、对称或构成多种几何图形。在园林中多以对植、行列植等种植类型。规则式定点放线比较简单，要求做到横平竖直，整齐美观，可以地面固定设施为准来定点放线，定点的方法是以道路的路牙、中心线、绿地的边界、园路、广场和小建筑等平面位置为依据，定出行距，再按设计确定株距。

2. 自然式配置种植

自然式配置是运用不同的树种，以模仿自然、强调变化为主，具有活泼、愉快、幽雅的自然情调。有孤植、丛植、群植等种植类型。此配置多用于公园、绿地中，在设计图上，单株定点标有位置，群状则标有范围，没有株数位置，株数取决于苗木规格和建设单位的要求，此类配置的定点放线可采用以下几种方法。

(1) 网格法：按一定比例在设计图及现场分别按等距离打好方格，在图上标好在某方格的纵横坐标尺寸，按此方法量出现场相应方格位置，此方法操作复杂但位置准确，适用于面积大、树种配置复杂的绿地。

(2) 仪器测量法：利用经纬仪、小平板仪依据当地原有地物将树木按图定在绿地位置上。

(3) 两点交汇法：利用两个固定地物与种植点的距离采取直线相交的方法定出种植点。既可用在小范围、与图纸相符的绿地，也可用在网格内树木位置的确定。

定点的要求 对孤植树、列植树应采取单株定位、钉桩 写出树种及挖穴的规格 而树丛和自然式的丛林 利用网格法确定位置、面积 用石灰点出种植范围 其中除主景树确定位置外 其他树木可用目测法定点 使树木生长分布自然 切忌呆板、平直。

二、挖穴

挖穴是树木栽植之前的准备工作，不但改地适树，改良土壤，使根系有一个良好的生长环境，有利于树木的成活和促进树木的生长，而且对树木的景观效果有很大影响。

种植穴的规格大小、形状和质量取决于树木根系状况（或土球的大小）、土壤情况，肥力状况。穴的直径一般比规定树木根幅、土球大 20~40cm 甚至一倍 深度加深 20~40cm，特别是在贫瘠的土壤和粘重的土壤中，坑穴应更大更深些，挖穴要保持上下垂直一致，切忌挖成上大下小的锅底形，否则易造成根系卷曲上翘，造成根系不舒展而影响树木的生长 并且在挖穴的同时 进行土壤改良 通过掺沙、施肥 改良土壤结构 促进土壤通气、透水、疏松。坑的形状多为圆形，但在道路两侧步行道上的行道树坑穴多为方形。挖穴多采用人工 也可采用机械（图 5-2）。

挖穴时应注意：

1. 位置准确 规则式 配置的坑穴更要做到横平竖直。
2. 规格要适当，既避免过小而影响树木成活生长，而且避免过大造成费工费时费资金。见表 5-1。



图 5-2 机械挖坑

表 5-1 乔、灌木栽植穴的规格

乔木胸径(cm)		3~5	5~7	7~10	
落叶灌木高度(m)		1.2~1.5	1.5~1.8	1.8~2.0	2.0~2.5
常绿树高度(m)	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5
穴径(cm)X	(50~60)X	(60~70)X	(70~80)X	(80~100)X	(100~120)X
穴深(cm)	40	(40~50)	(50~60)	(60~70)	(70~90)

备注 :1. 乔木包括落叶和常绿分枝单干乔木 ;

2. 落叶灌木包括丛生或单干分枝落叶灌木 ;

3. 常绿树指低分枝常绿乔、灌木。

3. 挖穴时 表土、底土或好土、渣土分开放 ,有利于肥土育树 渣土清除。行道树挖穴 ,把土放在行道两侧 ,以免影响行道树瞄直的视线。挖穴要保持上下垂直一致 ,大小一致。

4. 挖穴改土 土质不好 可以扩穴 施肥改土 客土改良。

5. 挖穴遇到地下管线 ,应立即停止操作 ,请有关单位妥善解决。

6. 在有地形的坡面上 ,坑深以坡下沿开口开始计算。

7. 由技术人员对抗的规格进行专门验收 ,不合格的坑穴及时返工。

三、起苗与包装

起苗在植树工程中是影响树木成活与生长的重要工序 ,起后苗木的质量差异不但与原有苗木本身生长状况有关 ,而且与使用的工具锋利与否、操作者起苗技术的熟悉和认真程度、土壤干湿情况有着直接关系 ,任何拙劣的起掘技术和马虎不认真的态度都可以使原为优质的苗木因伤害过多而降低质量、甚至成为无法使用的废苗。因此 ,起苗的各个步骤都应作到周全、认真、合理 ,尽可能地多保护根系 ,尤其是较小的侧根与须根 ,

以确保出圃苗木的质量。在起苗前做好准备工作,起苗过程中按操作认真工作,起掘后采取相应的处理与保护。

1. 起苗前的准备工作

(1)号树 根据设计要求和经济条件,到苗圃选择所需规格的苗木,并进行标记,大规格树木还要用油漆标上生长方向。苗木质量的好坏是影响树木成活的重要因素之一,因为直接影响到观赏效果,移植前必须严格选择,除按设计提出的苗木规格、树形等特殊要求外,还要注意根系是否发达、生长健壮,树体有无病虫害、有无机械损伤。苗木数量可多选一些,以弥补出现的苗木损耗。

(2)调节土壤湿度 土壤过干、过湿,均不利于提高起苗质量,土壤过干起苗,易造成苗木伤根失水;土壤过湿起苗,泥泞,也无法起土球苗,因此当土壤干旱时,在起苗前几天灌水;土壤积水过湿,提前设法排水,以利起苗操作。

(3)拢冠 对侧枝低矮的常绿树和冠形肥大的灌木,特别是带刺灌木,为方便挖掘操作,保护树冠,便于运输,应用草绳将侧枝拢起,分层在树冠上打几道横箍,分层捆住树冠的枝叶,然后用草绳自下而上将横箍连接起来,使枝叶收拢,捆绑时注意松紧度,不要折伤侧枝。

(4)工具与材料准备 起苗工具要保持锋利,包装物可用蒲包、草袋、草绳、塑料布等材料。

(5)试掘 为了保证苗木的成活率,需要通过试着起苗,摸清所需苗木的根系范围。一可以通过试掘提供范围数据,减少损伤,对土球苗木提供包装袋的规格。二可以根据根幅,调节植树坑穴的规格。在正规苗圃,根据经验和育苗规格等参数即可确定起苗规格,一般可免此项工作。

2. 起苗与包装技术

起苗是为了给移植苗木提供成活的条件,研究和控制苗木根系规格、土球大小的目的,是为了在尽可能小的挖掘范围内保留尽可能多的根系,以利成活。起苗根系范围大,保留根量多,成活率高,但操作困难,重量大,挖掘、运输的成本高。因此,应针对不同树木种类、苗木规格和移栽季节确定一个恰当的挖掘范围。

乔木树种的裸根挖掘,水平有效根幅通常为主干直径的 6~8 倍;垂直分布范围为主干直径的 4~6 倍,土球苗的横径为树木干径的 6~12 倍,纵径为横径的 $\frac{2}{3}$ 。灌木的土球直径一般为冠幅的 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 。

(1)裸根苗起苗与包装 裸根起苗法是将树木从土壤中起出后,苗木根系裸露的起苗方法。该方法适用于干径不超过 10cm 的处于休眠期的落叶乔木、灌木和藤本,这种方法的特点是操作简便,节省人力、运输及包装材料,但损伤根系较多,尤其是须根,起掘后到种植前,根系多为裸露,容易失水干燥,且根系的恢复时间长。

根据树种、苗木的大小，在规格范围外进行挖掘，用锋利的掘苗工具在规格外绕苗四周挖掘到一定深度并切断外围侧根，然后从一侧向内深挖，并适当晃动树干，试寻树体在土壤深层的粗根，并将其切断，过粗而难断者，用手锯断之，切忌因强按、硬切而造成劈裂，当根系全部切断后，放倒树木，轻轻拍打外围的土块并除之，已劈裂的根系进行适当的修剪，尽量保留须根，在允许的条件下，为保成活，根内沾的一些土壤可保留。苗木一时不能运走，可在原起苗穴内将苗木根系用湿土盖好，可暂时假植，若长时间不能运走，集中一地假植，并根据干旱程度适量灌水，保持覆土的湿度。

裸根苗的包装视苗木大小而定，细小苗木多按一定数量打捆，用湿草袋、蒲包装满，内部可用湿苔藓填充，也可用塑料袋或塑料布包扎根系，减少水分丧失，大苗可用草袋、蒲包包裹。

(2) 土球苗起苗法 将苗木一定根系范围连土掘起，削成球状，并用蒲包等物包装起来，这种连苗带土一起起出的方法称为土球苗起苗法。这种方法常用于常绿树、竹类、珍贵树种、干径在 10cm 以上的落叶树木及非适宜季节栽植的树木。该技术措施的优点是：土球内根系未受损伤，尤其是一些吸收根系，带有部分原有适应生长的土壤；移植中土球中的根系不易失水，有利树木恢复生长。缺点是操作困难、费工、耗包装材料，土球重增加运输负担，耗资远远大于裸根栽植。

土球苗起苗法主要分两部分：

挖掘成球 图 5-3)

1) 先以树干为中心，按土球规格大小划出范围，为保证起出土球符合标准，一般情况大于范围。

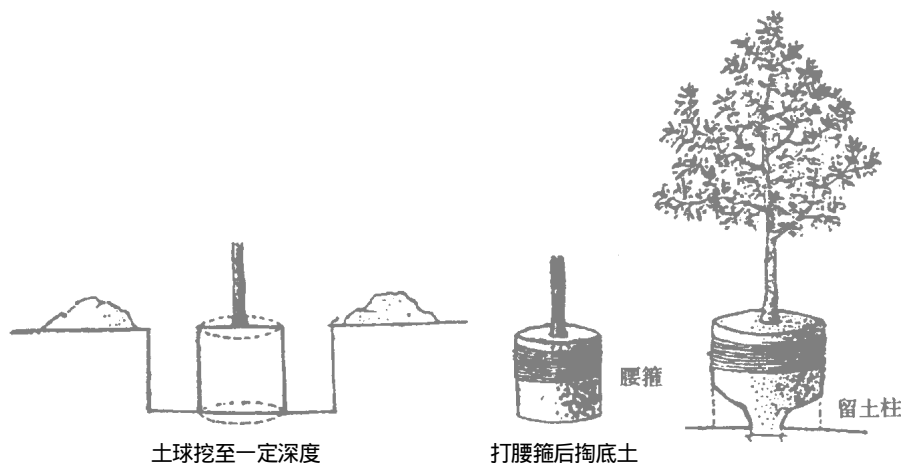


图 5-3 土球的挖掘与打腰箍

2) 先去表土 (俗称起宝盖土), 即先将范围内上层疏松表土层除去, 以不伤表层根系为准。

3) 沿外围边缘向下垂直挖沟。沟宽以便于操作为宜, 约 50~80cm 宽。随挖随修正土球表面, 露出土球的根系用枝剪、手锯修去。不要踩、撞土球的边缘, 以免损伤土球, 直到挖到土球纵径深度。

4) 掏底: 土球四周修好后, 再慢慢由底圈向内掏挖, 直径小于 50cm 的土球可以直接将底土掏空, 剪除根系, 将土球抱出坑外包装。大于 50cm 的土球过重, 掏底时应将土球中部下方中心保留一部分支住土球, 以便在坑中包装。北方地区土壤冻结很深的地方, 起出的是冻土球, 若及时运、栽也可不进行包扎。

打捆包装 土球的包装方法取决于树体大小、根系盘结程度、土壤质地及运输的距离等。

1) 50cm 以下的土球 以确保土球不散 将土球苗放在蒲包、草袋、麻布或塑料布等包装材料上, 将包装材料上翻, 用草绳绕基干扎牢, 并将土球缠绕扎紧 (图 5-4)。土质粘重成球的, 也可用草绳沿土球径向绕几道, 再在中部横向扎一道, 使径向草绳固定即可。如果土质较松, 须在坑内包扎, 以免移动造成土球破碎。一般近距离运输、土质紧实、土球较小的树木, 也可不必包扎。

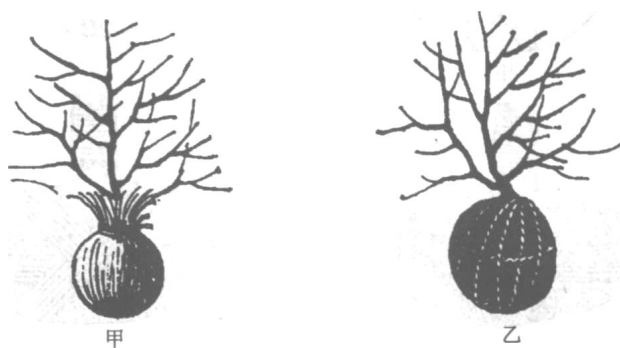


图 5-4 简易包扎法

(引自陈有民《园林树木学》1990)

2) 50cm 以上的土球 土球苗的土球过大时 无论运输距离远近, 一律进行包扎 以确保土球不散, 但包装方法和程序上各有不同。

a. 打内腰箍 (图 5-3) 土壤较疏松时 打腰箍可以避免土球松散 采取边挖边在土球横向捆紧腰绳, 用木槌把绳嵌入土中, 每圈草绳紧接相连不留空隙, 最后一圈的绳头压在该绳的下面, 收紧切断多余部分, 腰箍包扎的宽度为 $1/3$ 左右。此项措施视土壤质地

决定采用与否。

b. 草绳纵向捆扎（扎花箍）：在扎花箍之前，将蒲包、草袋等包装材料在土球外捆包封严，防止土壤破碎外流，然后开始扎花箍，扎花箍的方法有三种，视土球大小、土质状况、运输远近采取不同的方法。

第一种方法是井字包扎法。先将草绳捆在树干基部，然后按图 5-5 甲所示顺序包扎，先由 1 拉到 2，绕过土球底部，再拉到 4，又绕过土球的底部拉到 5，以此顺序打下去，最后形成图 5-5 乙。此方法包扎简单，但土球受力不均，多用在土球较小，土质粘重，运输距离近的土球苗包装上。

第二种方法是五角包扎法。先将草绳捆在树干基部，然后按图 5-6 甲所示顺序包扎，先由 1 拉到 2，绕过土球底部，由 3 拉到土球上面到 4，再绕到土球底部，由 5 拉到 6，最后包扎成图 5-6 乙的样子。此法的适用条件近似第一种方法。

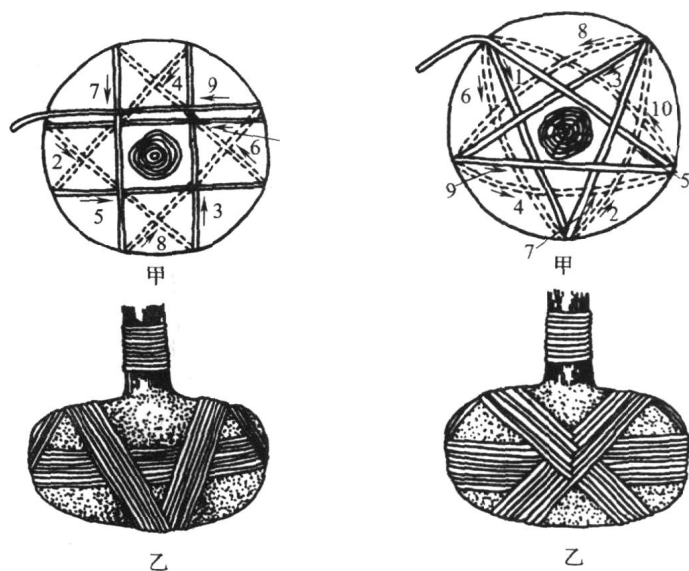


图 5-5 井字包扎 图 5-6 五星包扎

第三种方法为橘子包扎方法。将草绳捆在树干基部，再拉到土球边，依图 5-7 甲的顺序由土球面拉到土球底，如此继续包扎拉紧，草绳间隔 8cm 左右（视土球大小、土质情况而定）直至整个土球被草绳完全包裹为止（图 5-7 乙）。橘子包扎法通常扎一层，称为“单股单轴”，如果土球大或名贵树种，也可采取捆扎双层，称为“单股双轴”。如土球过大，也可用麻绳捆扎以防止土球破碎。此类方法捆扎后的土球受力均匀，不易破碎，是土球包扎常用、效果较好的方法。

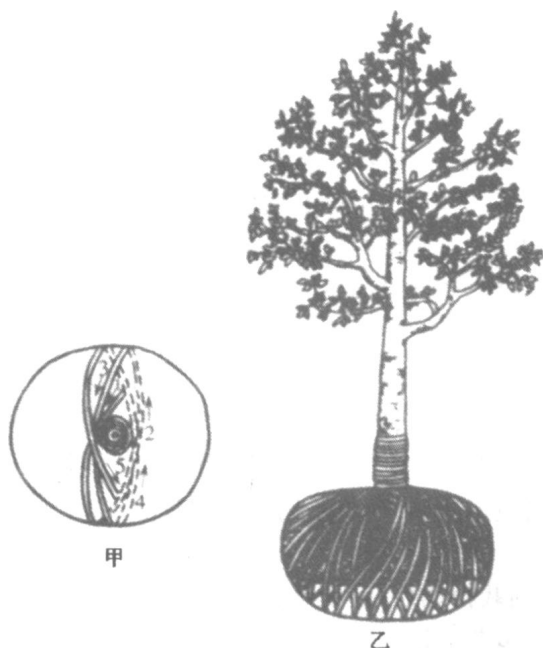


图 5-7 橘子包扎法

c. 系腰绳 直径大于 50cm 的土球苗，纵向包扎完后，还要在中部捆扎横向腰绳，在土球中部紧密横绕几道，然后再上下用草绳呈斜向将纵绳用腰绳穿联起来，不使腰绳与纵向绳滑脱。腰绳道数根据土球直径确定，土球横径 50~100cm, 3~5 道，横径 100~140cm, 8~10 道。

d. 封底 在坑内打包的土球苗 捆好推倒 用蒲包、草绳将土球底部露土的地方包严封好 避免运输途中土球破碎 土壤流出。

四、装运

树木起掘包装后 应本着‘随起、随运、随植’的原则 尽量在最短的时间将树木运至栽植地栽植。在栽运过程中，主要注意在装车、卸车时如何保护好树体不受损伤，运输途中保护根系、干茎免受失水。

装车时 车厢用湿草袋铺垫 既避免苗木损伤 又起保湿作用。

1. 裸根苗装车

小规格苗按数打捆卷包 将枝梢向外 根部向内 互相错行重叠摆放 用蒲包、草席为包装材料、湿润的苔藓或锯木填充根部空隙 将树木卷好捆上 冷水浸水保湿 码放启运 每捆用标签注明树种、数量。乔木苗装车时 根系朝前 枝梢朝后 顺序码放 不得压

太紧 码放车体高度不过 4m, 枝梢向后顺放不能过长而垂于地面, 导致摩擦受到损伤, 即“上不超高, 下不拖梢”, 根部用苫布盖严, 并用绳将整车苗木捆好。

2. 土球苗装车

苗高不足 2m 可于车上立放 苗高超过 2m, 可平放或斜放。土球朝前, 枝梢朝后, 用木架将树冠架稳, 避免树冠与车辆摩擦造成损伤。土球直径小于 20cm 可装 2~3 层, 并装紧, 防车开时晃动, 运苗时, 土球上不许站人或压放重物。

运输途中, 须有专人押运, 并带有当地检疫部门的检疫证明, 经常注意苫布是否盖好, 短途运输中途不可停留, 直接到栽植地。长途运苗, 为防止失水、裸根苗的根系吹干, 注意洒水, 休息时车停在阴凉处, 防风吹日晒。

卸车时, 要及时卸车, 裸根苗按顺序轻拿轻放, 不得抽取, 不能整车推下, 以免伤苗。因长途运输造成裸根苗缺水, 根系较干时应浸水 1~2 天, 补充含水量。土球苗卸车要轻拿轻放, 抱土球, 不得提苗干, 较大土球苗, 可用长木板斜搭在车箱上, 将土球慢慢顺滑下, 不能滚动卸车, 以免土球破碎, 也可用机械吊卸。

五、假植

树木起掘后, 或运到栽植地后, 因场地、人工、时间等主客观因素不能及时种植时, 须先行假植。假植是定植前对运来的苗木采取的短时间保护措施, 以保持树木根系的活力, 维持树体的水分平衡。

裸根苗假植的方法: 在靠近栽植地点、排水良好、背风阴凉的地方挖沟, 宽 1.5~2cm 深 0.3~0.5m, 长度视需要情况定。按树种分别集中假植, 树梢顺主风方向斜放, 将苗木排放在沟内, 在根系上覆盖湿细土, 依次一层一层码放、覆土, 全部覆土完成后, 浇水保湿。假植期内经常检查, 适量浇水, 不可过湿, 有积水要及时排除。土球苗临时假植, 集中直立码放, 用土垫好码严, 周围用土培好, 如果树木的假植时间过长, 土球之间的空隙须用土填好, 浇水补充, 利用喷灌增加空气湿度, 保持枝叶鲜挺。

六、树木修剪

起苗之后, 树体水分代谢的平衡被打破, 而且起苗、运输过程中造成树木损伤, 栽植后需要有一定的景观效果, 就必须通过修剪来调整。栽植修剪的目的主要有三个方面:

(1) 通过修剪保持树体水分代谢的平衡, 以确保树木成活。移植树木, 不可避免地造成根系损伤, 根冠比失调, 根系难以补足枝叶所需的水分, 为减少水分蒸腾, 保持上下部水分平衡采取对枝叶的修剪, 这是主要作用。

(2) 培养树形。此时的修剪, 仍然要注意树木栽种后能够达到的预期观赏效果。不能为了成活而不考虑景观效果。

(3) 通过修剪, 减少树体起、运、栽过程中造成的伤害。剪除病虫枝、枯枝死杈及损伤枝条, 通过修剪缩小伤口, 有利于根系愈合。

修剪时间与不同树种、树体及观赏效果有关。高大乔木在栽植前进行修剪，植后修剪困难。花灌木类枝条细小的植后修剪，便于成形。茎枝粗大，需用手锯的可植前修剪，带刺类植前修剪效果好。绿篱类需植后修剪，以保景观效果。

不同树木种类在修剪时应遵循树种的基本特点，不能违背其自然生长的规律。修剪方法、修剪量因不同树种、不同景观要求有所不同：

1. 落叶乔木

长势较强，容易抽生新枝的树种，如杨、柳、榆、槐等可进行强修剪，树冠至少剪去 $1/2$ 以上，以减轻根系负担，保持树体的水分平衡，减弱树冠的招风、摇动，提高树体的稳定性。凡具有中央领导干的树种应尽量保护或保持中央领导干，疏枝去除不保留的枝条，保留枝条采取短截，保留到健壮芽的部位。中心干不明显的树种，选择直立枝代替中心干生长，通过疏剪或短截控制与直立枝条竞争的侧生枝，有主干无中心干的树种，主干部位枝的树枝量大，可在主干上保留几个主枝，其余疏剪，保留的主枝通过短截形成树冠，乔木树种在修剪中定出主干高度。

2. 常绿乔木

枝条茂密的常绿阔叶树种，通过适量的疏枝保持树木冠形和树体水分、代谢平衡，下部根据主干高度要求利用疏枝办法调整枝下高度。常绿针叶树不宜过多地进行修剪，只剪除病虫枝、枯死枝、生长衰弱枝及过密的轮生枝及下垂枝。常绿树及珍贵树种尽量酌情疏剪和短截，以保持树冠原有形状。

3. 花灌木

花灌木类修剪要了解树种特性及起苗方法。带土球或湿润地区带宿土的苗木及已长芽分化的春季要开花树种，少做修剪，仅对枯枝、病虫枝剪除，当年成花的树种，可采取短截、疏剪等较强修剪，更新枝条；枝条茂密的灌丛，采取疏枝减少水分消耗并使其外密内疏，通风透光；嫁接苗木，除对接穗修剪减少水分消耗、促成树形外，砧木萌生条一律除去，避免营养分散导致接穗死亡。根蘖发达的丛木多疏老枝，以利植后不断更新，旺盛生长。

4. 绿篱

在苗圃生产过程中基本上成型，且多土球栽植，主要是为了种植景观效果。通常在植后进行修剪，获得较好的景观。

七、树木定植及栽植技术

在前面工序完成后，即开始植树。植树选择一天中光照较弱、气温较低的时间为宜，如上午 11 点以前，下午 3 点以后进行为好，阴天无风最佳。在栽植工序内，还有不同的措施影响树木成活及景观效果。

1. 配苗与散

配苗是指将购置的苗木按大小规格进一步分级，使株与株之间在栽植后趋近一致，达到栽植有序及景观效果好，称为配苗。如行道树一类的树高、胸径有一定差异，都会在观赏上产生高低不平、粗细不均的结果，故合理配苗后，可以改变这种景观不整齐的现象。乔木配苗时，一般高差不超过 50cm 粗细不超过 1cm。

散苗则是将树木按设计规定把树苗散放在相应的定植穴里，即“对号入座”，以保证设计效果。散苗的速度应与栽植速度相近，即“边散边植”，尽量减少树木根系暴露在外的时间，尤其是气温高、光照强的时候，以减少水分消耗。

2. 植树

树木种植前，再次检查种植穴的挖掘质量与树木的根系是否相符，坑浅小的要加加深并在坑底垫 10~20cm 的疏松土壤，做成锥形土堆，便于根系顺锥形土堆四下散开，保证根系舒展，防止窝根。散苗后，将苗木立入种植穴内扶直，分层填土，提苗至合适程度，踩实固定的过程称为植树。栽植技术因裸根苗、土球苗而异。

(1) 裸根苗栽植技术 树木规格较小的，二人一组，树木规格大的须用绳索、支杆拉撑。先填入一些好土堆成锥形状，放入坑内试深浅，将树木扶正，逐渐回填土壤，填土的同时尽量铲土扩穴。直接与根系接触的土壤，一定要细碎、湿润，不要太干、太湿，粗干的土块挤压易伤根失水、留下空洞，土壤填充不实。第一次填土至坑 1/2 深处轻提升抖动树木使根系舒展，让土壤进入根系孔隙处，填补空洞，进行第一次踩实，使根系与土壤紧密结合；再次填土至土平，踩实。这种逐渐由下至上，由外至内的压实，使根系与土壤形成一体。如果土壤过于粘重，不宜踩得太紧，否则通气不良，影响根系呼吸、生长。最后填土要高于根颈 3~5cm，做好灌水堰。裸根树的栽植技术简单归纳为“一提、二踩、三培土”。

(2) 土球苗栽植技术 测定种植穴的深浅、大小与土球苗相符后，在放土球苗下穴时，穴底部堆垫丘形土并踩实，将土球苗放入穴内扶正后，使之稳定，土球未破碎，解开包装，凡不易腐烂的物质一律取出，拆除包装后不能再移动树干与土球，否则根土分离。如果土球破碎拆除困难或为防止土球破碎，可剪断包装、松开蒲包草袋，任其在土壤中腐烂（若有不易腐烂的物质一律取出，包装物过多的应去除一部分），为防栽植后土塌树斜，在土球周围边填土边用棍把填土夯实，使其坑中的土壤与土球紧密结合在一起，但夯实时注意不要砸碎土球，最后做好灌水堰。

3. 栽植时注意事项：

(1) 栽植树木的平面位置和高程必须符合设计规定，以便达到景观效果。

(2) 行列式种植，须事先栽好标杆树，每隔 10~20 株树，种植一株校准用的标杆树，栽植树以该树为瞄准依据。行列式栽植要保持横干竖直，左右相差最多不过一半树干，树干有弯，将弯转向行内，行道树种植要形成一溜通直的效果。

(3) 每株树栽植时,上、下要垂直,树干有弯,将其弯转向主风方向,以利防风。

(4) 栽植深度:栽植深度以新土下沉后,树木基部原土印与地平面相平或稍低于地平面(3~5cm)为准。栽植过浅,根系经过风吹日晒,容易干燥失水,抗旱性差,根颈易受灼伤。栽植过深造成根颈窒息,树木生长不旺。

(5) 树木栽植的方向:栽植大树应保持原生长方向,树木自身朝向不同的枝、叶组织结构的抗性不同,如阴面枝干转向阳面易受灼伤,阳面枝干转向阴面易受冻裂。通常在树干南侧涂漆确定方向。如果无冻害、日灼现象的地方,应将观赏价值高的一侧树冠作为主要观赏方向。

(6) 修好灌水堰后,解开捆拢树冠的草绳,使枝条舒展开。

4. 栽植树木时促进成活、生长、景观效果的技术措施

(1) 立支柱当大规格乔木移植时,由于根冠比失调,头重脚轻,浇水后易造成土壤树歪,风大摇动树冠造成树体歪斜、摇晃、风倒,甚至死亡,而且影响景观效果。因此,为固定根系、防止被风吹,并使树干保持直立状态,凡是胸径在 5cm 以上的乔木,特别是裸根的落叶乔木、枝叶繁茂而又不宜大量修剪的常绿乔木,或在有大风地区种植大苗时,均需采用立支柱支撑树体进行防范的措施。常用木棍、竹杆、铁管等材料,材料的长度视树体高度而定,以能支撑树的 $1/3 \sim 1/2$ 处即可。立支柱有单立式、双立式、三立式(图 5-8)。立法有立支、斜支。配备材料有捆绑物(如铁丝、麻绳、草绳等)垫物。

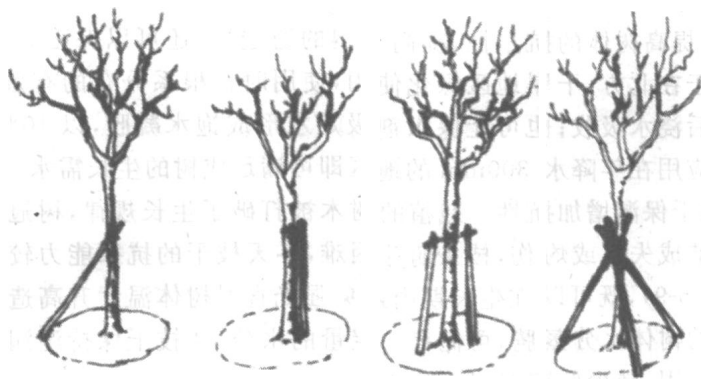


图 5-8 支柱的支法

单立式:用一根立柱支撑树体,斜支法是将支柱立于下风口,斜支法能提高树体的抗风能力。在人们活动的场所,采取立支法可以避免影响活动。

双立式是指用两立柱对树体进行支撑,一般不用作斜支法,多采用立支法。针对行道树,采取双立式对灌水而造成树体歪斜的行道树有很好的防范作用,保证行内整齐。

三立式：是指用三个支柱对树体进行支撑，主要针对一些乔木树体质量过大、易出现歪斜的情况下使用，以斜支法支撑，力度大，效果较前两种方法好，但耗费材料。

(2) 根系浸水保湿与沾浆栽植 裸根苗起苗后无论是运输过程中还是假植中均会出现失水过多的现象，栽植前当发现根系失水时，应将植物根系放入水中浸泡 10~20 小时，充分吸收水分以后再进行栽植。小规格灌木，无论是否失水，均可在起苗后或栽植之前，分别用过磷酸钙、黄泥、水各 2 : 15 : 80 份，充分搅拌均匀后，把根系浸入泥浆中均匀沾上后可以起到根系保湿作用促进成活。

(3) 利用人工促进生长剂促进根系生长愈合 树木起掘时，大量须根丧失，主根、侧根等均被截伤，树木根系既要伤口愈合，又要生新根恢复水分平衡，可采取人工促进生长剂进行促进根系愈合、生长，如软包装移植大树时，可以用 ABT-1、ABT-3 号生根粉处理根部，有利于树木在移植和养护过程中迅速恢复根系的生长，促进树体的水分平衡。尤其是粗壮的短根伤口，如直径大于 3cm 的伤口喷涂 150mg/L ABT-1 生根粉，可促进伤口愈合，也可用拌有生根粉的黄泥浆涂刷，同样可以起到效用。

(4) 利用保水剂改善土壤的性状 城市的土壤随着环境的恶化，保水通气性能愈来愈差，不利于树木的成活和生长。在有条件的地方可使用保水剂来改善。保水剂主要有聚丙烯酰胺和淀粉接枝型，颗粒多为 0.5~3cm 粒径。拌入土壤后，只要不翻土，水质不特别差，保水剂寿命可超过 4 年，可节水 50%~70%。保水剂在土壤中使用，既可以蓄水保墒，提高树体的抗旱性，提高土壤的通透性，还可以保肥 30% 减少养分的流失。此法适于在北方、干旱地区绿化使用，使用时在根系分布的有效土层中掺入 0.1% 即可，拌匀后浇水吸收；也可让保水剂吸足水形成饱水凝胶，以 10%~15% 掺入土层中。此方法应用在年降水 300mm 的地区即可满足成树的生长需水。

(5) 树体裹干保湿增加抗性 栽植的树木被打破了生长规律，树冠也进行了修剪，保留的枝干易造成失水或灼伤，枝条萌芽困难，冬天枝干的抗寒能力较差，通过草绳等软材料裹干（图 5-9），既可以在生长期内避免强光直射树体温度升高造成灼伤，避免干风吹袭而导致的树体水分蒸腾，可储存一定量的水分，使枝干保持湿润，也可在冬季对枝干起到保温作用，减少低温对树干的损伤，提高树木的抗寒能力。草绳裹干，有保湿保温作用，给草绳喷水，可增加树体湿度，但水分蒸发较快，一天早晚两次即可，水量不可过多，时间不可过长，以免造成土壤湿度过大而影响根系呼吸、新根生长。塑料薄膜裹干有利于休眠期树体的保温保湿（图 5-10），但在温度上升的生长期，因其透气性差，内部热量难以及时散发导致灼伤枝干，因此在芽萌动后，须及时撤除。

(6) 树木遮荫降温保湿技术 在生长季，温度的升高与空气湿度的变化与光照强度有着密切的关系，光照强，温度上升快、空气湿度下降快，此时移植的树木水分蒸腾



图 5-9 草绳裹干保湿保温



图 5-10 塑料薄膜裹干保湿保温

量大 易受日灼 成活率下降 如果光照弱 温度变化小、空气湿度均衡，有利于树体水分代谢平衡。因此对在非适宜季节栽植的树木，应搭建荫棚，避免树冠经受过强烈的太阳辐射 降低气温 减少树木的蒸腾量。在城市绿化中，用树杆、竹杆、铁管搭架，用70%遮荫网效果较好，可以透过一定的光线保证树体光合作用的进行（图 5-11）。

（6）树体喷灌降温技术措施 为了保证树木移植成活 除了促进根系生长 保持树体上部的水分 减少水分蒸腾外，主动调节环境条件是关键。树体喷灌降温是一个行之有效的技术措施，喷灌设备由首部枢纽、输水管网、灌水器三部分构成 利用首部枢纽的电磁阀的定时定量的作用，经过输水管网，利用灌水器的微喷头按时定量对树木进行多次、少量的间歇喷灌，不仅保证树上充分的水分供给，也不会造成地面

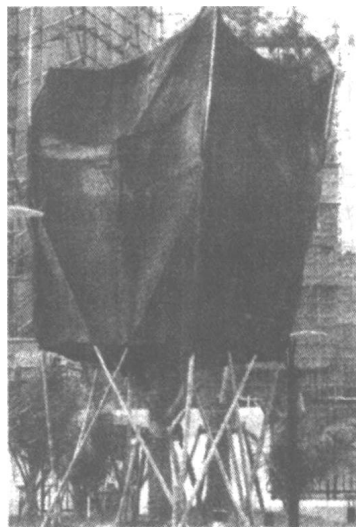


图 5-11 树木遮荫降温保湿

水分过多，笼罩在整个空间的水雾，可以起到有效降低树木周围温度，减少树体水分蒸腾作用，最大限度地提高大树移植成活率。

此法比传统措施具有节省劳力、降低劳动强度、水利用率增高的优点，但成本较高。

八、植后养护

植后养护是影响树木成活的一个关键工序，如果这个措施没有掌握，此前的各种工序做得再好，也会前功尽弃。

1. 开堰浇水 图 5-12)

树木栽植之后，及时沿树坑外沿开堰，堰高 20~25cm，用脚将埂踩实，以防浇水时出现跑水、漏水现象。第一茬水要及时浇，最多不能超过一昼夜，气温高的时期，浇水的时间愈早愈好。头茬水一定要浇透，使根系与土壤能够紧密地结合在一起，在北方或干旱多风的地区须在 3~5 天内连续浇三次水，使整个土层中水分充足。在土壤干燥、灌水困难的地方，为节省水分，也可在树木栽植填入一半土时，先灌足水，然后填满土，进行覆盖保墒。在春季，灌完三茬透水后，可将水堰铲去堆垫在干基上部，既可起到保墒作用，也有利于提高土温，促进根系生长新根。在干旱多风的北方进行秋季植树，堆土有利于防风、保墒作用。浇水时，在出水口处最好放置木板或石板类，让水落在板上流入土壤中，以免造成冲刷，使水慢慢浸入土壤中，直至浸到根层部位的土壤。浇水时要注意：一是不要频繁地少量浇水，这样浇水只能湿润地表而无法下渗到深层，虽然水没少浇，但是没有渗到土壤的深处，蒸发量多而吸收量少，且导致根系在浅层生长，降低树木的抗旱与抗风能力；二是不要频繁超大量浇水，否则造成土壤长期通气不良，导致根系腐烂，影响树木的生长，还浪费水资源。因此，植后浇水，既要保持土壤湿润，又不宜浇水过度造成通气不良。一般每周浇水一次，连浇三次后松土保墒。春季在树木未生长展叶之前，浇完前三茬水后，一般要保持土壤干燥，提高土温。生长期因根系发育不完全导致供水不足可利用喷灌进行叶面补水。

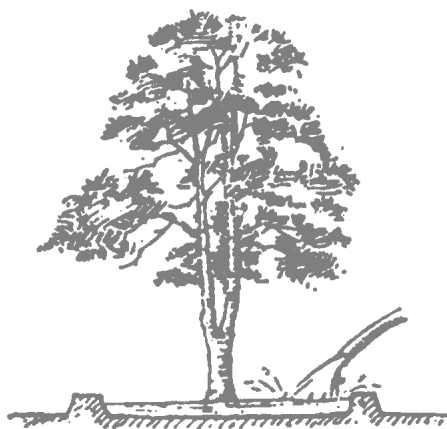


图 5-12 开堰浇水

栽后浇水是保证树木成活的主要养护措施，须把握时机，避免因缺水而导致树木成活率下降。

2. 扶正封堰与松土除草

栽植后，每次浇水要检查树木是否有倒歪的现象，因塌陷而造成的树木的倒歪，要

扶正，并用土把塌陷处填实，因大风吹而造成树木歪斜的，须立支柱将树木扶直，再浇水用土把土缝淤平。在干旱缺水、蒸发量大的地区，浇水之后，易造成土壤板结，影响土壤通透效果，不利树木生长，根部土壤经常保持疏松，既有利于土壤空气流通，促进树木根系生长，而且有利于减少土壤水分蒸发，提高水分利用率。因此，通过给树木生长的土壤进行松土除草以达到效果。

春末夏初，杂草较小，这时的松土除草以松土为主，改善土壤通气状况、保墒，杂草要除早、除小、除了。夏秋气温高 雨水充足 杂草生长快 以除草为主 避免杂草与树木争夺水分、养分，并通过松土除草，提高土壤通气状况。一般每 20~30 天松土除草一次 深度以 3~5cm 为宜。

3. 除萌修剪

植后树木修剪是根据树木栽植后萌芽长枝的特点、树体养分状况采取的修剪。主要针对以下几个方面进行。

(1) 护芽除萌 当栽植的树木开始萌芽时 可能有定芽、潜伏芽、不定芽都在萌动生长，在树干、枝条上会萌发出许多新枝，这是新植树生理活动趋于正常的标志，能促进根系的生长。但是萌芽、生枝的数量过多不但消耗大量营养，而且会干扰树形发育，枝条过密造成树冠通风透光不良，消耗大于积累，反而导致树体衰弱。在萌芽过程中，确定所需要的枝芽数量与位置，除去多余枝芽，可以给保留枝、叶充足空间、充足水分和营养 提高有效光合作用 促进根系生长 有利于新植树木成形、越冬 因此 需随时除去多余的萌芽。

(2) 合理修剪以正树形 树木移植后，树冠中的一些枝条由于在栽植的整个过程中受到损伤，甚至枯死，不但造成树冠变形，还会导致病虫害的发生，而且在生长期中形成的过密枝、徒长枝组织发育不充实 细弱老化 发育不良 抗性差 在生长期应内及时对这些枝条进行修剪，改善树体通风透光条件，促进树木生长健壮，保持和培养完善的树冠。

4. 对树木病虫害的防治

树木在移植过程中，由于对树体的伤害过重，因此生长势较为衰弱，正是病虫极易入侵的时候，病虫的侵入是造成树体衰亡，景观丧失的重要因素。因此，在植后养护过程中，必须根据病虫害发生发展规律和危害程度，及时、有效地进行防治，以免病虫害的蔓延。

在病虫害防治时要注意：

(1) 了解各树种病、虫害发生发展的原因、时间和过程 抓住时机 治早、治小、治了。
(2) 针对不同的病虫采用不同的药物防治，针对不同时期采用不同的浓度方能防治。

(3) 对病虫危害的单株、枝、叶及虫瘿、虫卵，应采取果断措施，及时将其集中处置

不得随意丢弃，以免造成再度传播污染。

(4)防止药害(因药剂种类选择不当,浓度、用量过大,高温药害,树体对某些药害的过敏)出现,出现时,须采取清水对根、叶的冲洗去除残留药液。减轻药害,加强肥水管理,促进树体恢复健康,消除、减轻药害造成的影响。

第五节 大树移植工程

大树移植在园林绿化工作中是一项基本作业,是对成形树木进行的一种保护性移植,是特定时间、特定地点为满足特定要求所采用的种植方法,能够在短时间内起到改善环境景观,及时满足重点建设工程、大型市政建设绿化和美化的作用。

一、大树移植的概念和特点

1. 概念

大树是指胸径在 15~20cm 以上,或树龄在 20 年以上的大型树木,也称其为壮龄树或成年树木。大树移植是指对这一类处于生长盛期的壮龄树进行的移植工作。由于树体大,为保证树木的成活,多采用土球移植,具有一定规格和重量(如胸径 15~20cm 以上 树高 6~15cm 重量 250~10 000kg),需要有专门机具进行操作实施。

我国在大树移植方面有着很多的成功经验,近年随着城市建设和发展,要求绿地建设水平及施工效果愈来愈高,因此,大树移植的应用范围愈来愈广泛,成功率也愈来愈大。

2. 大树移植的特点

(1)大树移植成活困难 大树由于树龄大,发育阶段深,根系的再生能力下降,损伤的根系难以恢复;起树范围内的根系里须根量少,移植后萌生新根的能力差,根系恢复缓慢;由于树体高大,根系离枝叶距离远,移植后易造成水分平衡失调,极易造成大树的树体失水而亡;由于根颈附近须根量少,起出的土球在起苗、搬运和栽植过程中易碎。

(2)移植的时间长 一株大树的移植需要经过踏查、设计移植程序,断根缩坨、起苗、运输、栽植及后期的养护管理 需要的时间长 少则几个月 多则几年。

(3)劳力、机械、成本高 由于树体规格大 技术要求严格 还要有安全措施 需要充足的劳力、多种机械以及树体的包装材料,移植后还须采取很多特殊养护管理措施,因此各方面需要大量耗费,从而提高绿化成本。

(4)大树移植的限制因子多 由于大树的树高冠宽,树体沉重,因此在移植前要考虑吊运树体的运输工具能否承重,能否进入绿化地正常操作,交通线路是否畅通,栽植地是否有条件种植大树。这些限制因素解决不了,不宜进行大树移植。

(5)大树移植绿化成景见效快 高大树木的移植,通常在养护得当的条件下,能够

在短时间内迅速达到绿化美化的效果。

二、大树移植的准备工作

1. 大树移植的设计

大树成形、成景、见效快，但种植困难、成本高，在设计上把大树设计在重点绿化景观区，起到画龙点睛的作用，还要寻找具有其特点的树种，对树种移植也要进行设计，安排大树移植的步骤、线路、方法等等，才能保证移植的大树能够起到效果。

2. 移植树木的选择

进行大树移植要调查了解树种、年龄时期、干高、胸径、树高、冠幅、树形，尤其是树木的主要观赏面，要进行测量记录，摄像留档。

(1) 树种 对树种的选择主要了解其生长特性及生态特性，了解树木成活的难易和生命周期的长短。有些树种萌芽、再生能力强，移植成活率高，如杨、柳、梧桐、悬铃木、榆树、朴树等。移植较难成活的有白皮松、雪松、圆柏、柳杉等。最难成活的如云杉、冷杉、金钱松、胡桃等。不同树种生命周期长短差异很大，生命周期短的，移植大树花费很大成本，树木移植后就开始进入衰老阶段，得不偿失。一般应选择寿命长的树种进行移植，虽然规格大，但种植后可以延续较长的年代，并且可以充分发挥较好的绿化美化功能。

(2) 树体 确定好树种后，选树要力保栽植成活，因此在选树时要考虑以下几点：

选好树相。大树的移植是需要树木栽植后能够立即成景。因此需选择树相好的，如行道树，应选择干直、冠大、分支点高，有良好遮荫效果的树体。庭荫树除了以上条件外，还需讲究树姿造型。树形不好、景观效果不佳的树木不宜选择。

选择树体规格适中的树木。树体小，种植后达不到观赏效果。但并非树体规格愈大愈好，规格大，不但在起苗、运输、栽植上花费很大成本，而且树体愈大，恢复移植前的生长水平需要的时间就愈长，高额的移植、养护成本随着树木规格而上升。

选择年龄轻、长势壮的树木。处于青壮年时期的树木在环境条件好的地方生长健壮，细胞组织结构处于旺盛阶段，在移植后，虽然树木受到的伤害严重，但树体健壮，对环境的适应性强，再生能力旺盛，能够在短时间内迅速恢复生长，移植的成活率高，且成景效果好。因此选择树木要抓住树木年龄结构，速生树种以 10~20 年生，慢生树种应选 20~30 年生，一般树木以胸径 15~25cm，树高在 4m 以上为宜。从生态角度看，此时的树木能够使绿化环境快速形成、长期稳定、发挥最佳生态效果。

就近选择、有利成活。大树移植首先要考虑树种对生态环境的适应能力，移植地的生态环境与树种生态特性相适应，树木成活率就高，而在移植中，同一树种在不同地区生态型不同。因此在大树移植中，以选择当地生长的树木为好，这样树木与生态环境相适应、成活率高。尽量避免远距离调运大树，采取就近选择为先的原则。

3. 合理地选择科学的配置方法与种植方法

科学配置、科学种植可提高树木成活，提高景观效果。大树移植的目的是迅速成景，并且成为绿地中的景观重点和亮点，如在公园绿地、公共绿地、居住区绿地内可以作为园景树应用，或在自然绿化中与其他植物配置时，以主景树配置，以起到锦上添花、画龙点睛的效果。

在栽植时，要充分利用先进的科技手段，掌握树木的生物学特性和生态特性，并根据不同的树种和树体规格，制定相应的移植技术措施和养护方案，采取现有的先进施工技术措施，促进根系生长，迅速恢复树冠生长，最大限度地提高树木移植成活率，以发挥大树移植所能达到的生态、景观效果。

4. 大树断根缩坨与树体修剪

高大树木的根幅、冠幅随着年龄的增长而距根颈越来越远，靠近根颈附近的根系吸收根较少，枝条过于扩展也不利于移植，因此，提前采取措施，有利大树成活。

(1) 大树断根缩坨 高大乔木在树木起挖的前几年，采取断根缩坨的措施，切断起苗范围以外的根系，利用根系再生的能力进行断根刺激，使主要的吸收根回缩到主干根附近，促使树木形成紧凑、密集的吸收根系，有效地缩小土球体积及重量，使大树在移植时能够形成可携带走的大量吸收根系，是有利于树木成活的关键。树木断根缩坨一般在 1~3 年中完成 采取分段式操作(见图 5-13)，以根颈为中心，以胸径 3~4 倍为半径在干周画圆，在相应的两到三个方向挖沟，宽 30~40cm 深 60~80cm，下面遇粗根沿沟内壁用枝剪和手锯切断，伤口要平整光滑，并用涂料涂上保护。也可用酒精喷灯烧成炭化的方法起到防腐作用，一些树种发根困难，也可用生根粉涂上促进愈合生根。断根

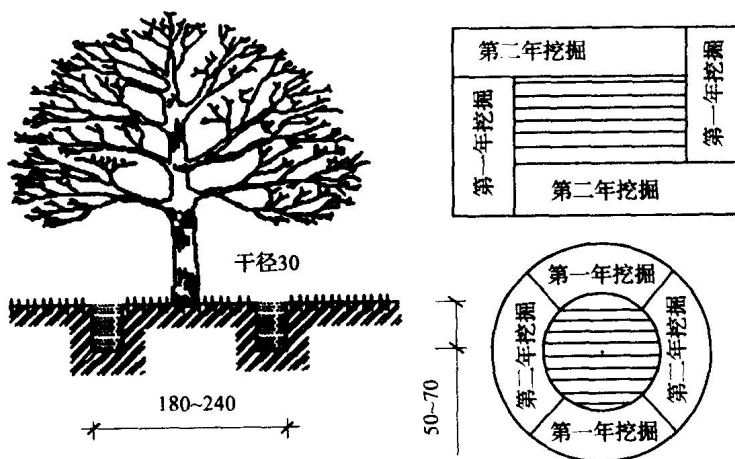


图 5-13 大树断根缩坨法 (单位: cm)

后，将挖出土壤清杂混肥后，重新填入沟内，浇水渗透后再覆盖一层高于地面的松土，定期浇水以促进生根。第二年再在另外两到三个方向挖沟断根。第三年即可起挖移植。在一些地方也可分早春、晚秋两次进行断根缩坨，第二年移植，虽然时间短些，但是也可获得较好的效果。

在实际工作中，很多地方绿化移植大树缺乏长远计划，在移植中很少采取此种措施，因此导致生长不良，甚至死亡。

(2) 树冠修剪，根冠平衡 由于大树移植造成根系大量损伤，需要通过对树冠修剪，减少树冠的蒸腾量，保持树体水分代谢平衡。不同树种、不同生长季节、树体大小及当地环境条件是确定修剪强度的主要因素。树体大，叶片薄、蒸腾量大，树冠的叶量密集以及树龄较大的树木，需要加大修剪强度。而萌芽力弱、常绿树木可轻剪，休眠期可轻剪，总体上，在保证树木移植成活的基础上，修剪要尽量保持树体的形态。目前，树木移植进行树冠修剪主要有以下三种方式。

全株式：是指保持树木全冠的形态及其景观效果，只修剪树体内的徒长枝、交叉枝、病虫枝、枯死枝。多针对常绿树种和珍贵树种，如雪松、云杉、乔松、玉兰等树种。

② 截枝式（也称为鹿角状截枝）针对保留树冠的大小、运输便利、栽植方便，将树木的一级分枝或二级分枝保留，以上部分截除，主要针对生长发枝中等的落叶树种，且必须通过修剪保成活，又必须在植后能短时间形成景观的树种。

截干式：即将主干上部整个树冠截除的修剪，只留根与主干。此种方法针对生长速度快、发枝强的树种，是目前城市中落叶树种大树移植，尤其是北方落叶树种大树移植经常采取的方法。此法成活率高，但需要一定时间才能恢复景观效果。

三、大树起掘

1. 起掘准备

由于大树移植不同于小规格树木，须准备以下几项工作：

(1) 准备好吊运机械，即相应吨位的吊车及载运汽车，准备好挖掘工具及包装材料，软包装准备好包扎用的绳索、麻片、草袋等，硬包装准备好用的板材、钢丝绳、钉子、铁皮等材料。

(2) 安排好运输线路，选择好路，清除杂物，保证路面抗压，防止宕车。

(3) 在起苗前数天，根据土壤水分含量进行浇水，以防挖掘时土壤过干导致土球松散。并清理大树周围的环境，为起掘创造条件。

2. 起掘与包装

(1) 裸根移植（图 5-14） 在气温、空气湿度适宜的休眠期内，大树生长的土壤为沙性土，运输距离短的情况下可以采用。先按树木的观赏特点、生长特性对树木进行修剪。挖掘时按树木根幅范围开沟挖到一定深度，再从下部向树干下部掏土，用四齿钯逐

渐梳出先端的根，逐渐向内挖根掘树，暴露出全部根系，去掉土壤，如果吊车停在种植地时，起苗时用吊车吊住树体，以防偏斜造成人和树体的损伤，大树起掘时要设安全员检查，以防危险。起苗后，及时进行包扎，在裸露的根系缝隙内填充湿苔藓保湿，对根系用湿草袋、蒲包包扎后即可吊起装车。

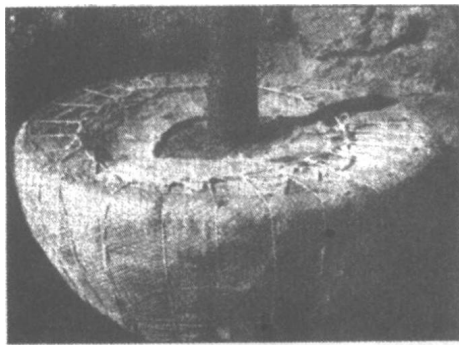
(2) 带土球大树软包装 图 5-15) 此法主要适用于 15~20cm 的大树，未采取断根缩坨的树木，以胸径 7~8 倍为土球的直径，实施过断根缩坨的大树，坨外填埋坑内的新根量为最多量，因此，起掘须在断根沟外再放 20~30cm，保留更多的吸收根，为树木成活创造条件。起苗的技术措施见本章第四节内土球苗起苗，因为是大树移植，挖掘沟宽为 60~80cm，便于起树者进行土球包扎。大树软包装采用橘子包扎法为多，此法对树体包扎简便实用，费用较土箱起苗成本低，但是抗震效果不好。土球超过 100cm、远途运输的大树，最好用麻绳进行包装以防吊车起吊时绳子松断，土球破碎，也可参照国外大树移植经验，用麻布把土球整个紧包形成一体，或用网袋套在包扎好的土球外，在干基处紧紧收拢捆紧，可以起保护作用。

(3) 箱式包装大树移植 图 5-15) 箱式包装大树移植主要用于胸径 20~30cm 以上的大树或沙壤土地的大树移植。根据树木胸径的 7~10 倍确定起挖土台的大小，以干基为中心，按比土台的边长大 10cm 的范围划框，铲除上层浮土至须根处，沿框外围

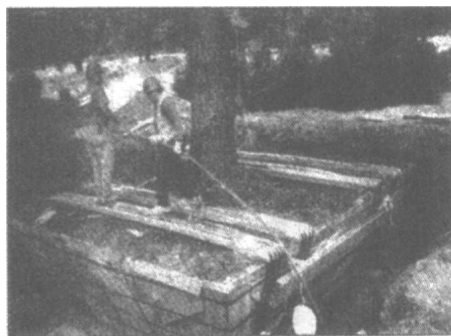


图 5-14 大树裸根起苗

(引自《园林树木栽培学》吴泽民, 2003)



种植的软材包装



方箱包装

图 5-15 大树移植的土球包装

(引自《园林树木栽培学》吴泽民, 2003)

挖宽 60~80cm 的沟，沟深与规定土台厚度相同，挖掘用箱板校对，修平的土台尺寸可稍大于箱板规格，便于箱板扣紧时箱板与土壤紧密靠实。土台的四侧立面应修成上大下小的倒梯形，上下大小相差 20cm 左右，四侧中部略微突出，以便装箱时紧包土体。土台修好后，应立即上箱板，在上箱板之前，用蒲包将四角包好，再用箱板夹附在四侧，用钢丝绳或螺栓将箱体紧紧扣住土体，用铁皮钉包四角，然后上盖面板，下附上底板并捆扎牢固，切忌漏缝脱落土壤，缝隙处用草席、蒲包填充。

四、大树装运

大树挖起包扎后，须及时装运，但由于树体过大、过重，靠人力困难且易造成土球破碎，尤其是交通不便的地方，须选择适宜的装卸办法，如利用人力、简单机具（如滑轮、绞盘机等）采取滚动滑动装卸，在交通便利的情况下，通常采用吊运装卸进行装车，吊运装卸的动力有吊车、滑车、人字架、摇车等，常用的有吊车。

在吊装前首先须计算好大树的重量，主要分两部分，大树上部重量较轻，主要在下部的土球，土球的计算公式为：

$$W = D^2 h \beta$$

式中：W——土球重量（g）；

D——土球直径（cm）；

h——土球厚度（cm）；

β ——土球容重（g/cm³）。

根据公式计算大树的重量，才能选择相应吨位的汽车吊车。

吊车对大树土球、板箱装卸分别采取不同的吊运方法。土球吊装采用钢索、麻绳、尼龙绳吊装，与土球接触位置最好加宽（如宽幅尼龙带）或绑上橡胶带，防止对土球勒伤，或编织成网状等在土球上均匀受力。吊绳应直接套住土球底部，也可用另一股绳吊走树干。用粗麻绳对折交叉（或将尼龙网）穿过土球底部，提到土球上交叉拉紧，将两个绳头系在对折处，用吊车挂钩钩紧绳索，起吊上车（图 5-16），土球置于车厢前端，树冠搁置在后车厢板上。板箱大树起吊（图 5-17）用钢索围在木箱下部 1/3 处，另一粗绳系在树干上的适当固定位置，起吊时，树体呈倾斜状，装车时，土箱置于车后轮轴的位置上，树冠向车尾，为防止车厢对树体的损伤，在车厢尾部设立交叉支棍把树冠支撑住（图 5-18）。

装车后，土球与土箱应与车身绑紧，以防车身

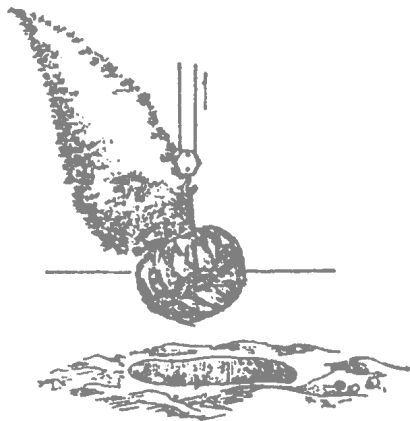


图 5-16 土球吊装

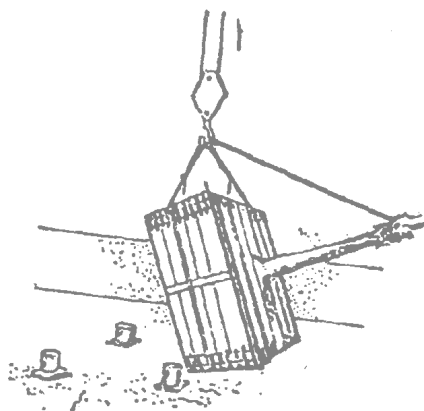


图 5-17 板箱土台吊装

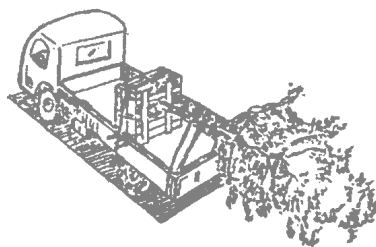


图 5-18 板箱包装树木的装运

晃动而导致的土体、树体的损伤。

大树吊运装车及运输时，避免树皮损伤和土球松散是大树吊运的关键，由于树体、土球大且重，在装运时还须注意安全操作。

五、大树移植技术

大树移植前根据设计要求定点、定树、定位，并对种植穴的规格、质量进行检查以确定是否符合栽树要求。土穴每边要比箱宽 50~60cm，比箱深 15~20cm，如不合适，及时进行调整，将土壤改良、换土、施肥。

大树土球移植，根据坑的深浅在底部填好底土，将树木吊入坑中后，尽量撤出包装材料，然后每填 20~30cm 深土壤后，夯实一次，不要损伤土球，栽植固定后，用三立式立支柱支撑住树体后，在树外缘筑一个高 30cm 的围堰，浇透定植水。

箱式大树移植需根据栽植后与地面平，在土坑底部中央堆 15~20cm 厚的长方形土台，长边与箱底板方向一致。在箱底两边的内侧穿入钢丝，将木箱兜好，土球的土质好，可先去中部两块底板，将树体立直，垂直吊放于坑中（图 5-19），入穴应保持树体原有的生长方向，或把树冠最好的一侧朝向观赏面。将树木按确定好的方向落下，拆除两边底板，并撤出钢丝，立支柱支撑树冠，将土填到坑深 1/3 处时，拆除四周箱板，每填 20~30cm 土壤，夯实一次，直至填满为止，然后做好围堰，浇定植水。

对裸根大树或土球松散的大树栽植，可采用坐浆法栽植，即在挖好的坑穴内，填进一半细土，并加水搅拌形成浆后，将树木垂直地坐在泥浆上，后按常规回土踩实。这种方法使根系与土壤密切结合，有利成活。此法注意不要泥浆过稀，以免根系下降过深；泥浆搅拌过度造成土壤板结，不利于根系呼吸。

植后管理与促进树木成活、生长的技术措施同本章第四节，但因大树移植的特殊性，在栽植过程中更须要注意这些方面的措施。

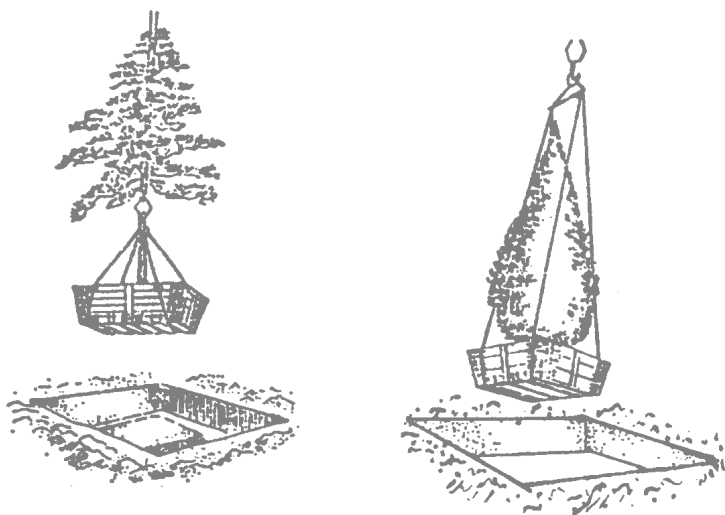


图 5-19 吊入植穴

第六节 特殊立地环境的树木栽植

一、铺装地面的树木栽植

铺装地面是指城市中人行道、广场、停车场、屋顶等用建筑材料铺设的硬化地面，由于施工时只考虑硬化地面的质量而没有考虑树木种植问题，并且由于人流量大，因此铺装地面具有树盘土壤面积小、生长环境恶劣、易受机械损伤的特点，树根生长受范围限制，通气透水性差，养分状况不良，地面辐射大，气温高，空气湿度低，因而对树木生长造成不良影响。

在这种环境条件下，除了本章第四节树木栽植技术措施外，还要注意采取以下几个措施。首先，要选择根系发达，具有耐干旱、耐瘠薄特性，具有耐高温、日灼特点及能够在恶劣环境条件下生长的树种。其次在种植穴有限的空间范围内，通过施肥、换土以改善种植穴内土壤性状，栽植后，加强水肥管理，保持充足的水肥供应。还要为铺装地面种植的树木提供充足的根系分布空间，根据美国波士顿的调查材料，铺装地面种植的树木，其根系生长至少应有 3m^3 的土壤，并且增加土壤表面积要比增加土壤的深度更为有利。因此每棵树在栽植中需要有一定的树盘面积，可以为树木提供水分、空气和矿物质养分，否则铺装与树木相接，随着树木加粗生长，铺装物嵌入树体，而树木根系生长加粗等造成地面抬升，使铺装地面破裂不平。

保留地面作为树盘是树木生长及土壤改良的基础，但裸露地表造成铺装地面景观

效果不佳，且无保护措施的地表易受到人为损害。因此，树盘处理有利于树木生长，一种处理就是利用栽植花草，既可以增加景观效果，也可以起到保墒、减少扬尘的作用；另一种处理是利用铸铁盖、水泥板盖住树盘（盖板不宜直接接触地表），既有利土壤通气透水，也可扩大游人的活动范围。

二、干旱地的树木栽植

我国西北地区干旱缺水，形成干旱地区特有的生态环境条件：气候因为温度差异显著、降水不足、蒸发量大而造成因气温高而导致高蒸发、高蒸腾量，树木因供水不足干旱死亡；因降水少且过于集中，多数园林树木要长年灌溉保持生长；因温差导致大风，增强蒸发、蒸腾，并破坏土壤结构，造成风蚀现象。土壤环境因气候作用，蒸发量大于降水量，土壤盐分积聚地表而导致土壤次生盐渍化形成；因干旱，土壤中的生物数量减少，有机物与矿物质分解缓慢，造成土壤贫瘠；而且表层土壤温度升高，不利于树木根系生长。

正是由于干旱地区的环境特点，该地区园林绿化树木种植技术要考虑采取相应的措施，才能达到绿化美化的目的。

干旱地区树木栽种主要针对抗旱因素采取以下措施：

1. 选择树种

在不能保证灌水条件的情况下，应选择当地生长的耐旱、耐盐碱、耐贫瘠的树种，只有在一些有特殊灌水条件的绿化地才可以种植外来树种。

2. 栽植时间

干旱地区主要以春季植树为主，此时气温低，土壤较湿润，土壤蒸发和植物蒸腾作用也比较低，此时根系生长旺盛，且经过一个生长季，植物抗寒力也增强。在春旱过于严重的地区，也可利用雨季植树，但雨季植树的措施要协调好。

3. 抗旱栽植措施

(1) 利用坐浆栽植，保持土壤水分，提高树木成活率。在提供水源的条件下，将细土填人种植穴，浇水混浆，用泥浆稳固树木，并以此为中心，培出直径 50cm 高 50cm 的土堆。此方法可以较长时间地保持根系的土壤水分，减少树穴内土壤水分的蒸发，并且土堆包裹了树木茎干的一部分，减少了其水分蒸腾。

(2) 利用土壤保水剂在土壤中持水的作用，减少土壤水分的蒸发，有助于提高土壤保水能力，并为树木提供水分供给。

(3) 开沟集水，减小旱情。在干旱地区，雨水集中，利用开沟集水作用，将降水顺沟而下集中于树木栽植地，能够起到缓解旱情的作用。

(4) 树穴地表覆盖，延缓土壤水分蒸发，利用塑料布及树皮、石块等物覆盖，减少土壤蒸发量。

在干旱条件下采取相应的抗旱措施，可提高栽植树木的成活率，有利于树木生长及后期的养护工作实施。

三、盐碱土的树木栽植

我国园林绿地中出现的盐碱地主要有几种类型：在滨海城市因海水因素的影响形成的沿海地区盐碱地；在内地由于江、河、湖的运动形成的低洼次生盐渍化土壤；在西北地区由于气候干燥、蒸发而形成的大面积碱土。

盐碱土的形成主要受以下因素影响：沿海地区受海水、大气沉降、地下水矿化度大等因素影响；低洼次生盐渍化土壤受水流带来盐分，地下水顺土向上携带盐分以及土壤蒸发导致表层积盐；西北地区由于蒸发量大于降水量，造成土壤积盐；城市地区由于人类活动，造成工业、生活及农业等行业排放的一些盐分造成土壤盐分的增加。

土壤盐碱的作用，导致树木根系吸收养分、水分非常困难，破坏树体水分代谢平衡，造成树木生理干旱，破坏树体组织结构，抑制营养物质的吸收，影响树木的生理活动，导致树体萎蔫、生长停止甚至全株死亡。

因此，在这种环境条件下，针对盐碱治理采取相应的技术措施，有利于提高植树成活率：

1. 选择耐盐碱性的树种

耐盐碱树种具有一定的耐盐碱能力，能在其他树种不能生长的盐渍土中正常生长。当然，树种的耐盐碱能力高低，受树种的生态特性、土壤和环境因素相互作用的影响。耐盐碱树种如黑松、新疆杨、北美圆柏、怪柳、胡杨、火炬树、紫穗槐、沙枣、枸杞、苦楝、合欢等。

2. 改良土壤

利用土壤改良剂（如石膏）中和土壤中的碱改良土壤，此法只适用于小面积盐碱地改良 施用量 $3\sim 4\text{t}/\text{hm}^2$ 。用有机肥及酸性化肥施入土壤，利用其对钠离子的吸附置换、酸碱中和、盐类的转化 都可以起到改良土壤结构、降低 pH 值 提高土壤肥力的目的。

3. 排水去盐

水量比较充足的地方，可在地下设渗水管和暗管沟，根据“盐随水来、盐随水去”的特点，利用渗水管在绿地中修建收水井，使其坡降高于排水沟，水集中渗入井内，并将其排出。如天津园林绿化研究所用渗水管埋设收水井，当年即使土壤脱盐 48.5%。也可在地下埋设暗管沟，此方法不受土地利用的影响，在重盐碱地区的地下 2m 处，每间隔 50cm 铺设一道，将渗入水沿管排出，使盐分从土壤中排出。

4. 整理地形、抬高地面

利用地形整理，更换堆垫新土，抬高种植树木的地面，降低地下水位，并结合浇灌将水溶盐后携盐排出，改善土壤条件，即可种植一些耐盐碱能力较弱的树种，成活率上升。

如天津园林绿化研究所在土壤含盐量 0.62% 的地段上采取这种方法，使种植的油松、侧柏、龙爪槐、合欢及碧桃、红叶李等成活率达 72%~88%。

5. 避开土壤返盐期植树

土壤中的盐分受季节、降水量的影响。北方干旱地区一些次生盐渍化土地，土壤返盐期在春季，风大干旱，土壤的水分蒸发量大，造成土壤盐分在地表集结，使地表含盐量提高，不利栽植树木的成活。雨季、秋季由于降水作用，盐分随水下渗，地表土壤中含盐量下降，因此出现季节性土壤含盐量变化，可以在雨季、秋季栽植树木，树木经秋、冬缓苗生根后，容易成活，因此是盐碱地树木种植的适宜季节。

在盐碱地种树绿化，后期养护是关键，仍须经常采取对盐分治理的技术措施，以利于树木的生长。

四、无土岩石地树木栽植

在城市园林绿化中，无土岩石地这个环境类型主要出现在山区城镇基础设施建设（如房屋、道路架桥、矿山等）过程中及自然灾害（滑坡、泥石流等）危害后形成的无土的岩地，以及人造岩石园、叠石假山等，这种环境条件缺少土壤和水分，很难固定树木的根系，树木的生存条件极为恶劣，由于岩石的风化、节理，使得岩石的一些部位出现裂缝，能够积蓄一些土壤和水分，一些风化程度高的岩石，其风化岩屑形成粗骨质土壤，虽然保水、保肥效果较差，但仍能维持一些树木的生长。为了更好地达到绿化美化的效果，有必要在这种立地条件下种植树木。

在这种无土岩石地上绿化，须要在园林树木种植技术的基础上采取相应的措施：

1. 选用适生树种

在山地岩石裸露的地区，有很多自然生长的岩生树种，其特点为，植株矮小，这类树木生长缓慢，株形呈团丛状、垫状，多着生在峭壁上、岩石间，耐贫瘠，抗旱性强，枝叶细小、厚且有角质层、蜡质及其他覆盖物，蒸腾量小；由于缺水的环境，此类树木的根系发达，可延长数十米远去寻找水分。这类树木如黄山松、马尾松、油松、侧柏、杜鹃、锦带、胡枝子、小叶鼠李、小叶白蜡等，全国各地均有不同的岩生植物。

2. 爆破开穴、客土栽植

在无土岩石地植树，有穴比无穴效果好，穴大比穴小效果好，土壤状况愈好，树木成活率愈高，生长愈好。因此在园林绿化范围内的无土岩石地，采取开穴客土种植树木是最基本的技术措施。根据实践，采取爆破开穴，效果好、速度快，再配以客土种植树木。

3. 喷浆绿化

这是在无土岩石地，利用喷浆绿化效果较快、节省劳力的一种技术措施。一种是利用斯特拉纸浆喷布，即用斯特拉专用纸浆混入种子、泥土、肥料及粘合剂，

加水搅拌后，喷布在岩石地上，利用纸浆中纤维相互交错，构成密密麻麻的孔隙，起到保温、保水、通气、固定种子的作用；一种是水泥基质喷布，即由土壤颗粒、低碱性水泥（作为胶合体）、种子肥料、有机质（如其中可加稻草、秸秆类），使固体物质之间形成形状大小不一的孔隙，以达到贮水、透气的作用。施工前，先清理坡面，并打入锚杆，挂上尼龙高分子材料编织成的网布，再喷上 3~10cm 厚的水泥基质，种子在基质内萌发后即能正常生长。在此基础上，根系逐渐穿入岩隙中，起到固定作用。这两种方法，能够迅速改变无土岩石的生态环境，起到绿化美化作用，但只适于小灌木及地被树种栽植。

五、屋顶花园的树木栽植

1. 营建目的

为了提高城市绿化面积，改善城市的生态环境，并给居民提供休闲场所，在建筑屋顶上营建绿地。一些大城市，屋顶花园的营造已很普遍，不仅增加城市的绿地覆盖面积，使绿地覆盖率提高，而且在增加绿量的同时，还起到调节和改善城市生态环境的作用，并且利用植物柔软的枝叶轮廓，还可改善钢硬的水泥建筑外形、改变建筑体固有的形态，利用植物增加动态的景观效果、丰富城市风貌。同时屋顶花园植物生长层的形成，能改变阳光、气温对屋顶的影响，夏季使屋顶免受阳光直接曝晒烘烤，冬季起到隔层作用，即降低屋内热量的散失，也减少外部冷空气的侵入。

2. 屋顶花园树种的选择

屋顶花园的环境是人为制造的一种立地环境条件，即由人们进行城市建设中在屋顶营造的一块绿地，并由人工提供土壤、水分、养分条件，一旦失去这些条件，植物无法生长。屋顶花园由于受屋顶荷载的限制，不可能有很厚的土壤，具有土层薄、营养物质少、水分不足的特点，且屋高风大、直射光充足，形成阳光曝晒、气流运动频繁，空气湿度低，夏天炎热干燥，冬天寒冷多风，昼夜温差变化很大，环境较为恶劣。因此，屋顶花园的建设要针对这种环境特点来采取特殊的措施，才能达到设计预期的效果。

(1) 选择能适应屋顶花园特殊环境、能抵抗极端气候的树种：选择能耐土壤、空气干燥、潮湿积水、具有浅根系、耐土层薄、贫瘠的土壤、栽植容易、耐修剪且生长缓慢、生长低矮、抗风的树种。一些深根性、钻透力强、生长快、树体高大的树种不宜在屋顶花园应用。楼体愈高，对树种选择的限制愈多。常用的树木有罗汉松、桧柏、洒金柏、铺地柏、龙爪槐、紫薇、女贞、紫叶李、桂花、山茶、紫荆、含笑、红枫、大叶黄杨、小叶黄杨、月季、蔷薇、紫藤、常春藤、爬山虎、竹类等。各地均有些适于屋顶花园种植的树种，在选树时尽量选择乡土树种。

(2) 树木栽植类型的选择：针对屋顶的承重能力选择相应的栽植类型：

地毯式：以草坪、宿根地被植物及低矮的团丛状、垫状木本植物营造屋顶花园，是主要针对屋顶承重比较小所采取的栽植类型，土壤厚度 15~20cm，应选择耐旱、抗寒力强的攀缘或低矮植物，如常春藤、地锦、紫藤、凌霄、金银花、红叶小檗、迎春、蔷薇等。此类植物种植的屋顶效果不明显。

②群落式：利用生长缓慢、耐修剪的小乔木、灌木、地被、草坪等不同层次的植物设计成立体栽植的植物群落，形成一定的景观效果。此种类型适宜用在承载力不小于 $400\text{kg}/\text{m}^2$ 的屋顶，土层厚度可达到 30~50cm。此种类型是屋顶花园常用的类型。

庭院式：在屋顶承载力大于 $500\text{kg}/\text{m}^2$ 的条件下，可将屋顶花园设计成露地庭院式绿地，既有树木、灌木、草坪，还有浅水池、假山、小品、亭、廊等建筑景观，但为了安全，将其沿周边及有承重墙的地方安置。

无论采取哪种栽植类型，选择哪类树种，还是设计成哪种屋顶花园，关键要考虑屋顶的承重荷载能力。以此承重能力，确定基质的厚度、树木的种类、数量。树种选择要注意树体大小、形态、色彩、种季相变化。常绿树种效果最好。

3. 屋顶防水防腐处理

做屋顶花园的基础是做好防水处理，避免屋顶绿化之后出现渗漏现象，一旦漏水，即使屋顶绿化得再好，使用者也会产生排斥心理，从而造成施工前功尽弃。

防水处理主要有刚性防水层、柔性防水层、涂膜防水层等多种，各种防水层有着不同的特点，为提高防水作用，最好采取复合防水层，并作相应的防腐处理，以防止灌溉的水肥对防水层的腐蚀，提高屋面的防水性能和寿命。

4. 屋顶花园绿地底面处理品与基质选择

屋顶花园绿地生长得好坏，与水有密切关系，缺水可以灌溉，水分过多，尤其是降水造成积水不利于树木生长、增加屋顶重量，底面处理就是设置排水系统，并与屋顶雨水管道相结合，将过多的水分排出以减少防水层、尤其是屋顶的负担。底面处理主要有以下两种：

(1)直铺式种植：直接在屋顶上铺设排水层和种植层，排水层一般由碎石、粗砂、陶粒组成，其厚度以形成足够的水位差为准，以利土壤中过多的水分顺排水层流向屋面的排水管口，此种直铺式的种植养护时注意经常清理杂物、落叶，避免堵塞总落水口。

(2)架空式种植：在距屋面 10cm 处设隔离层，在上承载种植土层，下设排水孔，排水到屋顶坡面排水层顺坡流至排水口。此种方式排水效果好，但因下部隔层，植物生长效果不佳。

屋顶花园绿地基质的选择，既要考虑基质对树木生长所需的养分、水分的提供情况，考虑基质能否构成团粒结构、保水、通气、易排水，还要在保证成本的前提下，尽量采

用轻质基质，以减少屋顶的负荷。常用的基质有田园土、草炭、木屑、蛭石、珍珠岩等，物理性能差异很大（见表 5-2）。

表 5-2 屋顶花园常用栽培基质的物理性能

材料名称	容重(t/m^2)	持水量(%)	孔隙度(%)
田园土	1.58	35.7	1.8
木屑	0.18	49.3	27.9
蛭石	0.11	53.1	27.5
珍珠岩	0.1	19.5	53.9

5. 灌溉系统设置

屋顶花园绿化关键在于水，灌溉设施必不可少，在底面处理的同时，须将灌溉系统安装好，简单的用水管灌溉，一般 100m^2 设一个，不宜控制面积过大，避免拖拉水管造成植物损伤，最好采取喷灌形式补充水分，这样既便利，又安全省水。

第六章 园林树木的整形与修剪

在园林绿化时，对任何一种树木，都要根据它的功能要求，将其整形修剪成一定的形状，使之与周围环境协调，更好地发挥其观赏效果。因此，整形修剪是园林树木栽植及养护中经常性的工作之一，它是调节树体结构，恢复树木生机，促进生长平衡的重要措施。

第一节 园林树木整形修剪的目的与原则

一、整形修剪的目的

所谓整形修剪是指树木生长前期（幼树时期）为构成一定的理想树形而进行的树体生长的调整工作，是对树木植株施行一定的技术措施，使之形成栽培者所需要的树体结构形态。所谓修剪是指成型后实施的技术措施，目的是维持和发展这一即定的树形，是对植株的某些器官如芽、干、枝、叶、花、果、根等进行修剪或删除的操作。

整形是目的，修剪是手段。整形是通过一定的修剪措施来完成，而修剪又是在整形的基础上，根据某种树形的要求而施行的技术措施，二者紧密相关，统一于一定的栽培管理的目要求下。整形修剪一定要在土、肥、水管理的基础上进行，它是提高园林绿化艺术水平不可缺少的一项技术环节。平时，对于园林树木强调“三分种、七分管”，其中整形修剪技术，就是一项极为重要的管理养护措施。

园林树木整形修剪的主要目的是：

1. 调节树木生长和发育

(1)促进树体水分平衡，保证移栽成活 在挖掘苗（树）木时，由于切断了主根、侧根和许多须根，丧失了大量根系，必然会造成树体的地上、地下部分平衡破坏。因此在苗（树）木起挖之前或以后应立即进行修剪，以减少蒸腾量，缓解根部吸水功能下降的矛盾，使地上和地下两部分保持相对平衡，否则必将降低移栽成活率。

(2)调节生长与开花结果 在观花观果树木中，生长与结果之间的矛盾，在树木一生中同时存在，贯穿始终。通过修剪打破树木原来营养生长与生殖生长之间的平衡，调节树体内的营养分配，协调营养生长与生殖生长，使双方达到相对均衡，为花果丰硕、优

质创造条件。

(3) 调节同类器官间的平衡 一株树上的同类器官之间也存在着矛盾, 需要通过修剪加以调节, 以有利于生长和结果。修剪调节时要注意器官的数量、质量和类型。有的要抑强扶弱, 使生长适中, 有利于结果; 有的要选优去劣, 集中营养供应, 提高器官质量。对于不同类型的枝条, 不仅要有一定的数量, 而且要有长、中、短各类枝的比例, 使多数枝条健康生长。

2. 保证树木的健康

放任生长或修剪不当的树木, 往往树冠郁闭, 致使树冠内部相对湿度增加, 为喜欢阴湿环境的病虫害繁殖提供了条件。如果枝条过密, 内膛枝得不到足够的光照, 内膛小枝光合产物减少, 致使枝条下部光秃形成天棚型的叶幕, 开花部位也随之外移, 呈现表面化。通过适当修剪, 去掉部分枝条, 使树冠内空气流通、光线充足, 则会减少病虫害的发生。而且内膛小枝得到充足的阳光, 光合作用加强, 促使其形成大量的花芽, 为全树立体化开花创造了条件。

3. 控制树体结构, 培养良好树形

多年生长的园林树木枝条密集, 逐渐可能出现枯枝、死枝以及病虫害, 影响树木外形美观。园林树木的配置要与周围的房屋、亭台、假山、漏窗、水面、草坪等空间相协调, 形成各类景观。因此, 栽植养护中要通过不断的适度修剪来控制与调整树体的大小, 以免过于拥挤, 影响景观效果。

4. 调节树木与环境的关系

修剪可以调节树木个体与群体结构, 提高有效叶面积指数和改善光照条件, 提高光能利用率; 还有利于通风, 调节温度与湿度, 创造良好的微域气候, 使树冠扩展快, 枝量多, 分布合理, 能更有效地利用空间。

树上的死枝、劈裂和折断枝, 如不及时处理, 将给人们的生命财产造成威胁, 其中城市街道两旁和公园内树木枝条坠落带来的危险更大。下垂的活枝, 如果妨碍行人和车辆通行, 必须修至 2.5~3.5m 左右的高度。去掉已经接触或即将接触通讯或电力线的枝条, 是保证线路安全的重要措施。同样, 为了防止树木对房屋等建筑的损害, 也要进行合理的修剪, 甚至挖除。如果树木的根系距离地下管道太近, 也只能通过修剪根系或将树木移走来解决。

5. 促进老树的复壮更新

树体进入衰老阶段后, 树冠出现秃裸, 生长势减弱, 而对一棵衰老的树木进行强修剪, 剪掉树冠上的主枝或部分侧枝, 可刺激隐芽长出新枝, 选留其中一些有培养前途的代替原有老枝, 进而可以形成新的树冠, 达到恢复树势、更新复壮的目的。通过修剪使老树更新复壮, 在一般情况下要比定植新苗的生长速度快得多。因为它们具有很深很

广的根系，可为更新后的树体提供充足的水分和营养。例如，对许多大花型的月季品种，在每年秋季落叶后，将植株上的绝大部分低条修剪掉，仅仅保留基部主茎和重剪后的短侧枝，让他们在翌年重新萌发新枝。这样对树冠年年进行更新，反而会比保留老枝生长旺盛，开花数量也会逐年增加。

二、整形修剪的原则

1. 根据园林绿化中的用途

不同的整形修剪措施造成不同的结果，不同的绿化目的各有其特殊的整剪要求，因此整形修剪必须明确该树的栽培目的要求。例如，槐树作行道树栽植整剪成杯状形，如果作庭荫树栽植则采用自然树形，圆柏在草坪上独植观赏与作绿篱有完全不同的整形修剪要求，因而具体的整形修剪方法也不同。

2. 根据生长地的环境条件

不同的生态环境则整剪方式不同。生长在土壤瘠薄和地下水位较高处的花木，主干应留得低，树冠也相应的小；在风口或多风地区也应采用低干矮冠，枝条要相对的稀疏；盐碱地因地下水位高、土层薄，加之大部分盐碱地区在种植树木时都经过换土（因换土的数量有限，所以土层相应的薄）更应采用低干矮冠，不然适得其反，起不到很好的观赏效果。

不同的配置环境，整剪方式也不同。如果花木生长得很开阔，空间较大，在不影响周围配置的情况下，可使分枝尽可能地开张，以最大限度地扩大树冠；如果空间较小，则应通过修剪控制植株的体量，以防拥挤不堪，降低观赏效果。

同一种树种植在不同的园林配置环境，则整剪方式也应不同。北京市榆叶梅有三种不同的整剪方式：梅桩式整形，适合配置在建筑、山石旁；有主干圆头形，配置在常绿树丛前面和园路两旁；丛状扁圆形最好种植在山坡和草坪上。

3. 根据树木的生物学特性

(1) 生长发育时期 不同年龄时期的树木，由于生长势和发育阶段上的差异，应采用不同的整形修剪的方法和强度。

幼年阶段，应以整形为主，为整个生命周期的生长和充分发挥其园林功能效益打下牢固的基础。整形的主要任务是配备好主侧枝，扩大树冠，形成良好的形体结构。花果类树木还应通过适当修剪促进早熟。

中年阶段，具有完整优美的树冠，其修剪整形的目的在于保持植株的完美健壮状态，延缓衰老阶段的到来，调节生长与开花结果的矛盾，稳定丰花硕果时间。

衰老树木，因生长势弱，生长量逐年减小，树冠处于向心更新阶段，修剪时以强剪为主，以刺激隐芽萌发，更新复壮充实内膛，恢复其生长势，并应利用徒长枝达到更新复壮的目的

(2)芽着生的部位,花芽的性质及开花时期 春季开花的花木,花芽通常在夏秋进行分化,着生在一年枝上,因此在休眠季修剪时必须注意到花芽着生的部位。花芽着生在枝条顶端的称为顶花芽,具有顶花芽的花木(玉兰、黄刺玫等),在休眠季或者说在花前绝不能短截(除为了更新枝势)。如花芽着生在叶腋里,称为腋花芽。根据需要可以在花前短截枝条(榆叶梅、桃花等)。

具有腋生的纯花芽的树木(连翘、桃花)在短截枝条时应注意剪口不能留花芽。因为纯花芽只能开花,不能抽生枝叶,花开过后,在此会留下一段很短的干枝,这种干枝段如果出现得过多,则影响观赏效果。对于观果树木,由于花上面没有枝叶,作为有机营养的来源,则花后不能坐果,致使结果量减少。

夏秋开花的种类,花芽在当年抽生的新梢上形成,如紫薇、木槿等,因此,应在秋季落叶后至早春萌芽前进行修剪。北京由于冬季寒冷,春季干旱,修剪应推迟到早春气温回升即将萌芽时进行,将一年生枝基部留3~4个饱满芽进行短截,剪后可萌发出茁壮的枝条,虽然花枝可能会少些,但由于营养集中,会开出较大的花朵。有些花木如希望当年开两次花,可在花后将残花剪除,加强肥水管理,可二次开花。紫薇又称百日红,就是因为去残花后可开花达百日,故此得名。

(3)分枝特性 对于具有主轴分枝的树种,修剪时要注意控制侧枝,剪除竞争枝,促进主枝的发育,如钻天杨、毛白杨、银杏等树冠呈尖塔形或圆锥形的乔木,顶端生长势强具有明显的主干,适合采用保留中央领导干的整形方式。而具有合轴分枝的树种,易形成几个势力相当的侧枝,呈现多叉树干,如为培养主干可采用摘除其他侧枝的顶芽来削弱其顶端优势,或将顶枝短截,剪口留壮芽,同时疏去剪口下3~4个侧枝,促其加速生长。具有假二叉分枝(二歧分枝)的树种,由于树干顶梢在生长后期不能形成顶芽,下面的对生侧芽优势均衡,影响主干的形成,可采用剥除其中一个芽的方法来培养主干。对于具有多歧分枝的树种,可采用抹芽法或用短截主枝方法重新培养中心主枝。修剪中应充分了解各类分枝的特性,注意各类枝之间的平衡,应掌握强主枝强剪、弱主枝弱剪的原则,因为强主枝一般长势粗壮,具有较多的新梢,叶面积大,制造的有机营养多,促使其生长更加粗壮;反之,弱主枝新梢少,营养条件差而生长衰弱。因此,修剪能平衡各种枝条之间的生长势。侧枝是开花结实的基础,生长过强或过弱均不易形成花芽,所以,对强侧枝要弱剪,目的是促使侧芽萌发,增加分枝,缓和生长势,促进形成花芽。同时花果的生长与发育对强侧枝的生长势产生抑制作用。对弱枝要强剪,使其萌发较强的枝条,这种枝条形成的花芽少,消耗的营养少,则产生促进侧枝生长的效果。

第二节 整形修剪的技术与方法

一、整形修剪的时期

园林树木种类很多，习性与功能各异，由于修剪目的与性质的不同，虽然各有其相适宜的修剪季节，但从总体上看，一年中的任何时候都可对树木进行修剪，而具体时间的选择应从实际出发。

树木的修剪时期，一般分为休眠期（冬季）修剪和生长季（夏季）修剪。休眠期指树木落叶后至第二年早春树液开始流动前（一般在 12 月至第二年 2 月）生长期指自萌芽后至新梢或副梢生长停止前（一般在 4 月至 10 月）。

在休眠期，树体贮藏的养分充足，地上部分修剪后，枝芽减少，可集中利用贮藏的营养。因此新梢生长加强，剪口附近的芽长期处于优势。对于生长正常的落叶果树来说，一般要求在落叶后一个月左右修剪，不宜过迟。春季萌芽后修剪，贮藏养分已被萌动的枝芽消耗一部分，一旦已萌动的枝被剪去，下部芽重新萌动，生长推迟，长势明显减弱。整个冬季修剪，应先剪幼树，先剪效益好的树，先剪越冬能力差的树，先剪干旱地块的树。从时间安排上讲，还应首先保证技术难度较大树木的修剪。对于一些有伤流现象的树种，如葡萄，应在伤流开始前修剪。伤流是树木体内的养分与水分在树木伤口处外流的现象，流失过多会造成树势衰弱，甚至枝条枯死，因此，最好在夏季着叶丰富、伤流少且容易停止时进行，另一些伤流严重的树种则可在休眠季节无伤流时进行。

生长期修剪，可在春季萌芽后至秋季落叶后的整个生长季内进行。此期修剪的主要目的是改善树冠的通风、透光性能，一般采用轻剪，以免因剪除大量的枝叶而对树木造成不良的影响。树木在夏季着叶丰富时修剪，容易调节光照和枝梢密度，容易判断病虫害、枯死与衰弱的枝条，也最便于把树冠修整成理想的形状。幼树整形和控制旺长，更应重视夏季修剪。

常绿树种，在修剪期间，除过于寒冷和炎热的天气外，大多数的修剪终年都可进行，但以早春萌芽前后至初秋以前最好。因为新修剪的伤口大都可以生长在生长季结束之前愈合，同时可以促进芽的萌动和新梢的生长。

二、整形方式

1. 树体形态结构

构成树木的主要部分（图 6-1）包括 树冠、主干、中干、主枝、侧枝、花枝组、延长枝。

树冠：主干以上枝叶部分的统称。

主干：第一个分枝点至地面的部分。

中干：主干在树冠中的延长部分。

主枝：着生在中干上面的主要枝条。

侧枝：着生在主枝上面的主要枝条。

花枝组：由开花枝和生长枝组成的一组枝条。

枝组：自侧枝分生出许多小枝而形成的枝群。

延长枝：各级骨干枝先端的延长部分。

骨干枝：组成树冠骨架永久性枝的统称，如：主干、中干、主枝、侧枝等。

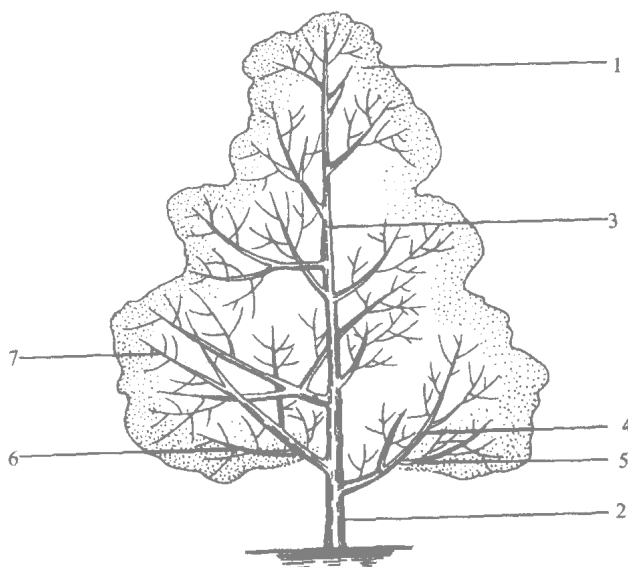


图 6-1 树体结构示意图

(张秀英, 1999)

1 树冠 2. 主干 3 中干 4. 主枝 5. 侧枝 6. 花枝组 7. 延长枝

2. 枝条的类型

归纳起来，在整形修剪方面，大致可从以下几个方面研究分析枝条的类型：

(1) 根据枝条在树体上的位置 可分为主干、中干、主枝、侧枝、延长枝等。

(2) 根据枝条的姿势及其相互关系 可分为直立枝、斜生枝、水平枝、下垂枝、内向枝、重叠枝、平行枝、轮生枝、交叉枝、并生枝等。

直立枝、斜生枝、水平枝、下垂枝、逆行枝 凡直立生长垂直地面的枝条 称直立枝；和水平线成一定角度的枝条，称斜生枝；和水平线平行即水平生长的枝条，称水平枝；先端向下生长的枝条称下垂枝；倒逆姿势的枝条，称逆行枝。

② **内向枝** 向树冠内生长的枝条 称内向枝。

重叠枝 两枝同在一个垂直面上，上下相互重叠，称重叠枝。

平行枝 两枝同在一个水平面上，互相平行生长的枝，称平行枝。

⑤ **轮生枝** 多个枝的着生点相距很近，好似多个枝从一点抽生，并向四周呈放射性伸展，称轮生枝。

⑥ **交叉枝** 两个枝条相互交叉，称交叉枝。

⑦ **并生枝** 自节位的某一点或一个芽并生两个或两个以上的枝称并生枝。

(3) 根据在生长季内抽生的时期及先后顺序 分为春梢、夏梢和秋梢；一次枝、二次枝等。

春梢、夏梢和秋梢 早春休眠芽萌发抽生的枝梢，称春梢；7~8 月抽生的枝梢，称夏梢；秋季抽生的枝梢称秋梢，在落叶之前三者统称为新梢。

② **一次枝、二次枝** 春季萌芽后第一次抽生的枝条，称一次枝，当年在一次枝上抽生的枝条，称二次枝。

(4) 根据枝龄可分为新梢、一年生枝、二年生枝等。

新梢 落叶树木，凡有叶的枝或落叶以前的当年生枝，称新梢；常绿树木由春至秋当年抽生的部分称新梢。

② **一年生枝、二年生枝** 当年抽生的枝自落叶以后至翌春萌芽以前，称一年生枝；一年生枝自萌芽后到第二年春为止，称二年生枝。

(5) 根据性质和用途 可分为营养枝、徒长枝、叶丛枝、开花枝(结果枝)、更新枝、辅养枝。

营养枝 所有生长枝的总称，包括长、中、短三类生长枝、叶丛枝、徒长枝等。

徒长枝 生长特别旺盛、枝粗叶大、节间长、芽小、含水分多、组织不充实、往往直立生长的枝条，称徒长枝。

叶丛枝 枝条节间短、叶片密集、常呈莲座状的短枝，称叶丛枝。

开花枝(结果枝) 着生花芽的枝条，观赏花木称开花枝，果树上称结果枝。根据枝条的长短又分为长花枝(长果枝)、中花枝(中果枝)、短花枝(短果枝)及花束状枝。不同的树种划分标准不同。

更新枝 用来替换衰老枝的新枝，称更新枝。

⑥ **辅养枝** 协助树体制造营养的枝条，如幼树主干上保留较弱的枝条，使其制造养分，促使树干充实，这种暂时保留的枝条，称辅养枝。

3. 整形的方式

园林树木的整形方式因栽培目的、配置方式和环境状况不同而有很大的不同，在实际应用中主要有以下几种方式：

(1) **自然式整形** 这种树形是在树木本身特有的自然树形基础上，按照树木本身的

生长发育习性，稍加人工调整和干预而形成的自然树形。这不仅体现园林树木的自然美，同时也符合树木自身的生长发育习性，有利于树木的养护管理。行道树、庭荫树及一般风景树等基本上都采用自然式整形。长圆形如玉兰、海棠；圆球形如黄刺玫、榆叶梅；扁圆形如槐树、桃花；伞形如合欢、垂枝桃；卵圆形如苹果、紫叶李；拱形如连翘、迎春。

(2) 人工式整形 由于园林绿化的特殊要求，有时将树木整剪成有规则的几何形体，如方的、圆的、多边形的等，或整剪成非规则的各种形体，如鸟兽等。这类整形是违背树木生长发育的自然规律的，抑制强度较大；所采用的植物材料又要求萌芽力和成枝力均强的种类，例如侧柏、黄杨、榆、金雀花、罗汉松、六月花、水蜡树、紫杉、珊瑚、光野石楠、对节白蜡等，并且只要见有枯死的枝条就要立即剪除，有死的植株还要马上换掉，才能保持整齐一致，所以往往为满足特殊的观赏要求才采用此种方式。

几何形体的整形方式 按照几何形体的构成标准进行修剪整形，例如球形、半球形、蘑菇形、圆锥形、圆柱形、正方体、长方体、葫芦形、城堡式等。

非几何形体的整形方式

1) 垣壁式 在庭园及建筑物附近为达到垂直绿化墙壁的目的而进行的整形。在欧洲的古典式庭园中常可见到此式。常见的形式有 U 字形、叉字形、肋骨形等。这种方式的整形方法是使主干低矮，在干上向左右两侧呈对称或放射状配列主枝，并使之保持同一垂直面上。

2) 雕塑式 根据整形者的意图，创造出各种各样的形体，但应注意树木的形体要与四周园景谐调，线条不宜过于繁琐，以轮廓鲜明简练为佳。

(3) 自然与人工混合式整形

中央领导干形 有强大的中央领导干，在其上配列疏散的主枝，多呈半圆形树冠。如果主枝分层着生，则称为疏散分层形。第一层由比较邻近的 3~4 个主枝组成；第二层由 2~3 个主枝组成；第三层也有 2~3 个主枝，以后每层留 1~2 个主枝，直至到 6~10 个主枝为止。各层主枝之间的距离，依次向上间隔缩小。这种树形，中央领导枝的生长优势较强，能向外和向上扩大树冠，主侧枝分布均匀，透风透光良好，进入开花结果期较早而丰产（图 6-2）。

② 杯形 即是常讲的“三股三叉十二枝”没有中心干，但在主干一定高度处留三主枝向三方伸展。各主枝与主干的夹角约为 45° ，三主枝间的夹角约为 120° 。在各主枝上又留两根一级侧枝，在各一级侧枝上又再保留二根二级侧枝，依次类推，即形成类似假二叉分枝的杯状树冠（图 6-3）。

这种整形方法，多用于干性较弱的树种。

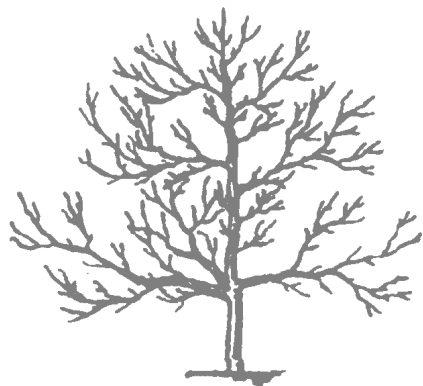


图 6-2 中央领导干形（疏散分层形）



图 6-3 杯形

自然开心形 由杯形改进而来，它没有中心主干，中心没有杯形空，但分枝比较低，三个主枝错落分布，有一定间隔，自主干向四周放射伸出，直线延长，中心开展，但主枝分生的侧枝不以假二叉分枝，而是左右错落分布，因此树冠不完全平面化（图 6-4）。这种树形的开花结果面积较大，生长枝结构较牢，能较好地利用空间，树冠内阳光通透，有利于开花结果，因此常为园林中的桃、梅、石榴等观花树木整形修剪时采用。

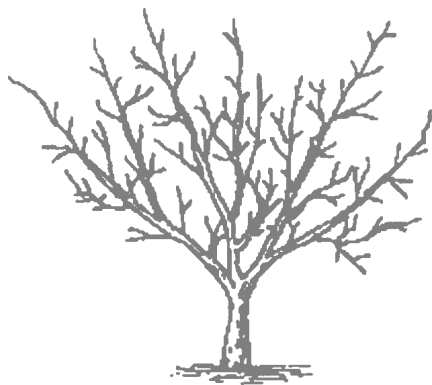


图 6-4 自然开心形

多领导干形 留 2~4 个领导干，在其上分层配列侧生主枝，形成匀整的树冠。此树形适用于生长较旺盛的树种，最适宜观花乔木、庭荫树的整形。其树冠优美，并可提早开花，延长小枝条寿命。

丛球形 此种整形只是主干较短，分生多个各级主侧枝错落排列呈丛状，叶层厚，绿化美化效果较好。本形多用于小乔木及灌木的整形，如黄杨类、杨梅、海桐等。

⑥**伞形** 这种整形式常用于建筑物出入口两侧或规则式绿地的出入口，两两对植，起导游提示作用，在池边、路角等处也可点缀取景，效果很好。它的特点是有一明显主干，所有侧枝均下弯倒垂，逐年由上方芽继续向外延伸扩大树冠，形成伞形，如龙爪槐、垂枝樱、垂枝三角枫、垂枝榆、垂枝梅和垂枝桃等。

⑦**篱架形** 这种整形式主要应用于园林绿地中的蔓生植物。凡有卷须（葡萄）、吸

盘（薜荔）或具缠绕习性的植物（紫藤），均可依靠各种形式的棚架、廊亭等支架攀缘生长；不具备这些特性的藤蔓植物（如木香、爬藤月季等）则要靠人工搭架引缚，即便于它们延长、扩展，形成一定的遮荫面积，供游人休息观赏，其形状往往随人们搭架形式而定。

总括以上所述的三类整形方式，在园林绿地中以自然式应用最多，既省人力、物力又易成功。其次为自然与人工混合式整形，这是使花朵硕大、繁密或果实丰多肥美等目的而进行的整形方式，它比较费工，亦需适当配合其他栽培技术措施。关于人工形体式整形，一般言之，由于很费人工，且需有较熟练技术水平的人员，故常只在园林局部或在要求特殊美化处应用。

三、修剪方法

1. 短截

又称短剪，指剪去一年生枝条的一部分。短截对枝条的生长有局部刺激作用。短截是调节枝条生长势的一种重要方法。在一定范围内，短截越重，局部发芽越旺。根据短截程度可为轻短截、中短截、重短截、极重短截。

(1) 轻短截 约剪去枝梢的 $1/4 \sim 1/3$ ，即轻打梢。由于剪截轻，留芽多，剪后反应是在剪口下发生几个不太强的中长枝，再向下发出许多短枝。一般生长势缓和，有利于形成果枝，促进花芽分化。

(2) 中短截 在枝条饱满芽处剪截，一般剪去枝条全长的 $1/2$ 左右。剪后反应是剪口下萌发几个较旺的枝，再向下发出几个中短枝，短枝量比较轻短截少，因此剪截后能促进分枝，增强枝势，连续中短截能延缓花芽的形成。

(3) 重短截 在枝条饱满芽以下剪截，约剪去枝条的 $2/3$ 以上。剪截后由于留芽少，成枝力低而生长较强。有缓和生长势的作用。

(4) 极重短截 剪至轮痕处或在枝条基部留 2~3 个秕芽剪截。剪后只能抽出 1~3 个较弱枝条，可降低枝的位置，削弱旺枝、徒长枝、直立枝的生长，以缓和枝势，促进花芽的形成。

2. 回缩

又称缩剪，是指对二年或二年以上的枝条进行剪截。一般修剪量大，刺激较重，有更新复壮的作用。多用于枝组或骨干枝更新以及控制树冠辅养枝等。其反应与缩剪程度、留枝强弱、伤口大小等有关。如缩剪时留强枝、直立枝，伤口较小，缩剪适度可促进生长；反之则抑制生长。前者多用于更新复壮，后者多用于控制树冠或辅养枝。

3. 疏删

指从分生处剪去枝条。一般用于疏除枯枝、病虫枝、过密枝、徒长枝、竞争枝、衰弱枝、下垂枝、交叉枝、重叠枝及并生枝等，是减少树冠内部枝条数量的修剪方法。

疏删，又称疏剪或疏枝，指从分生处剪去枝条。一般用于疏除枯枝、病虫枝、过密枝、徒长枝、竞争枝、衰弱枝、下垂枝、交叉枝、重叠枝及并生枝等，是减少树冠内部枝条数量的修剪方法。不仅一年生枝从基部减去称疏剪，而且二年生以上的枝条，只要是从其分生处剪除，都称为疏剪。

疏删修剪时，对将来有妨碍或遮蔽作用的非目的枝条，虽然最终也会除去，但在幼树时期，宜暂时保留，以便使树体营养良好。为了使这类枝条不致于生长过旺，可放任不剪。尤其是同一树上的下部枝比上部枝停止生长早，消耗的养分少，供给根及其他必要部分生长的营养较多，因此宜留则留，切勿过早疏除。

疏剪的应用要适量，尤其是幼树一定不能疏剪过量，否则会打乱树形，给以后的修剪带来麻烦。枝条过密的植株应逐年进行，不能急于求成。

4. 放

营养枝不剪称甩放或长放。放是利用单枝生长势逐年递减的自然规律。长放的枝条留芽多，抽生的枝条也相对增多，致使生长前期养分分散，而多形成中短枝；生长后期积累养分较多，能促进花芽分化和结果。但是营养枝长放后，枝条增粗较快，特别是背上的直立枝，越放越粗，运用不妥，会出现树上长树的现象，必须注意防止。一般情况下，对背上的直立枝不采用甩放，如果甩放也应结合运用其他的修剪措施，如弯枝、扭伤或环剥等；长放一般多应用于长势中等的枝条，促使形成花芽的把握性较大，不会出现越放越旺的情况。通常，对桃花、海棠等花木，为了平衡树势，为了增强生长弱的骨干枝的生长势往往采取长放的措施，使该枝条迅速增粗，赶上其他骨干枝的生长势。丛生的灌木多采用长放的修剪措施，如在整剪连翘时，为了形成潇洒飘逸的树形，在树冠的上方往往甩放 3~4 条长枝，远远地观赏，长枝随风摆动，效果极佳。

5. 伤

用各种方法损伤枝条的韧皮部和木质部，以达到削弱枝条的生长势、缓和树势的方法称为伤。伤枝多在生长期内进行，对局部影响较大，而对整个树木的生长影响较小，是整形修剪的辅助措施之一。主要的方法有：

(1) 环状剥皮（环剥）用刀在枝干或枝条基部的适当部位环状剥去一定宽度的树皮，可在一段时期内阻止枝梢碳水化合物向下输送，有利于环状剥皮上方枝条营养物质的积累和花芽分化。这适用于发育盛期开花结果量小的枝条。实施时应注意，剥皮宽度要根据枝条的粗细和树种的愈伤能力而定，约为枝直径的 $1/10$ 左右（2~10mm），过宽，伤口不易愈合，过窄，愈合过早而不能达到目的。环剥深度以达到木质部为宜，过深，伤及木质部会造成环剥枝梢折断或死亡，过浅则韧皮部残留，环剥效果不明显。实施环剥的枝条上方需留有足够的枝叶量，以供正常光合作用之需。

环剥是在生长季应用的临时性修剪措施，通常在开完花或结完果进行。在冬剪时

要将环剥以上的部分逐渐剪除，所以在主干、中干、主枝上不采用。伤流过旺、易流胶的树一般不用。

(2)刻伤 用刀在芽（或枝）的上（或下）方横切（或纵切）而深及木质部的方法。刻伤常在休眠期结合其他修剪方法施用。主要方法有：

目伤：在芽或枝的上方行刻伤，伤口形状似眼睛，伤及木质部以阻止水分和矿质养分继续向上输送，以在理想的部位萌芽抽枝；反之，在芽或枝的下方行刻伤时，可使该芽或该枝生长势减弱，但因有机营养物质的积累，有利于花芽的形成。

纵伤：指在枝干上用刀纵切而深达木质部的方法，目的是为了减小树皮的机械束缚力，促进枝条的加粗生长。纵伤宜在春季树木开始生长前进行，实施时应选树皮硬化部分，小枝可行一条纵伤，粗枝可纵伤数条。

横伤：指对树干或粗大主枝横切数刀的刻伤方法。其作用是阻滞有机养分的向下输送。促使枝条充实，有利于花芽分化达到促进开花下结实的目的。作用机理同环剥，只是强度较低而已。

(3)折裂 为曲折枝条使之形成各种艺术造型。常在早春芽萌动始期进行。先用刀斜向切入，深达枝条直径的 $1/3 \sim 2/3$ 处，然后小心地将枝弯折，并利用木质部折裂处的斜面支撑定位，为防止伤口水分损失过多，往往在伤口处进行包裹。

(4)扭梢和折梢（枝）多用于生长期将生长过旺的枝条，特别是着生在枝背上的徒长枝，扭转弯曲而未伤折者称扭梢。折伤而未断者则成折梢。扭梢和折梢均是部分损伤传导组织为了阻碍水分、养分向生长点输送，达到削弱枝条长势以利于短花枝形成的目的。

(5)变 是为了变更枝条生长方向和角度，以调节顶端优势为目的整形措施。为改变树冠结构，有屈枝、弯枝、拉枝、抬枝等形式，通常结合生长季修剪进行。对枝梢施行屈曲、缚扎或扶立、支撑等技术措施。直立诱引可增强生长势；水平诱引具有中等强度的抑制作用，使组织充实易形成花芽；向下屈曲诱引则有较强的抑制作用，但枝条背上部易萌发强健新植，须及时去除，以免适得其反。

6. 其他方法

(1)摘心 是摘除新梢顶端生长部位的措施，摘心后削弱了枝条的顶端优势，改变营养物质的输送方向，有利于花芽分化和结果。摘除顶芽可促使侧芽萌发，从而增加了分枝促使树冠早日形成。而适时摘心，可使枝、芽得到足够的营养，充实饱满，提高抗寒力。

(2)抹芽 把多余的芽从基部抹除称抹芽或除芽。此措施可改善留存芽的养分供应状况，增强其生长势。如行道树每年夏季对主干上萌发的隐芽进行抹除，一方面为了使行道树主干通直，不发分枝，以免影响交通；另一方面为了减少不必要的营养消耗，保

证行道树健康的成长。又如，芍药通常在花前疏去侧蕾，使养分集中于顶蕾，以使顶端的花开得大而且色艳。有的为了抑制顶端过强的生长势或为了延迟发芽期，将主芽抹除，而促使副芽或隐芽萌发。

(3) 摘叶 带叶柄将叶片剪除，叫摘叶。摘叶可改善树冠内的通风透光条件，对观果的树木，可使果实充分见光，且着色好，增加果实的美观程度，从而提高观赏效果；对枝叶过密的树冠，进行摘叶有防止病虫害发生的作用。

(4) 去蘖（又称除萌）榆叶梅、月季等易生根蘖的园林树木，生长季期间应随时除去萌蘖，以免扰乱树形，并可减少树体养分的无效消耗。嫁接繁殖树，则须及时去除其上的萌蘖，防止干扰树性，影响接穗树冠的正常生长。

(5) 摘蕾 实质上为早期进行的疏花、疏果措施，可有效调节花果量，提高存留花果的质量。如杂种香水月季，通常在花前摘除侧蕾，使主蕾得到充足养分，开出漂亮而肥硕的花朵；聚花月季，往往要摘除侧蕾或过密的小蕾，使花期集中，花朵大而整齐，观赏效果增强。

(6) 断根 将植株的根系在一定范围内全部切断或部分切断的措施，断根后可刺激根部发生新的须根，所以在移栽珍贵的大树或移栽山野自生树时，往往在移栽前 1~2 年进行断根，在一定的范围内促发新的须根，有利于移栽成活。

四、修剪技术问题

1. 剪口状态

剪口向侧芽对面微倾斜，使斜面上端与芽端基本平齐或略高于芽尖 0.6cm 左右，下端与芽的基部基本持平，这样的剪口面积小，伤面不致过大，很易愈合；而芽的生长也较好，如果剪口倾斜过大，伤痕面积大，水分蒸发多，并且影响对剪口芽的养分和水分的供给，会抑制剪口芽的生长，而下面一个芽的生长势则得到加强。这种切口一般只在削弱树的生长势时采用，而剪口芽的上方留一小段桩，这种剪口因养分不宜流入小桩，剪口很难愈合，常常导致干枯，影响观赏效果，一般不宜采用。

2. 剪口芽的选择

剪口芽的强弱和选留位置不同，生长出来的枝条强弱和选留位置不同，生长出来的枝条强弱和姿势也不一样，剪口芽留壮芽，则发壮枝；剪口芽留弱芽，则发弱枝。

背上芽易发强旺枝，背下芽发枝中庸。剪口芽留在枝条外侧可向外扩张树冠，而剪口芽方向朝内则可填补内膛空位。为抑制生长过旺的枝条，应选留弱芽为剪口芽；而欲弱枝转强，剪口则需选留饱满的背上壮芽。

3. 大枝剪除

将枯枝或无用的老枝、病虫枝等全部剪除时，为了尽量缩小伤口，应自分枝点的上部斜向下部剪下，残留分枝点下部凸起的部分伤口不大，很易愈合，隐芽萌发也不多；如

果残留其枝的一部分，将来留下的一段残桩枯朽，随其母枝的长大，渐渐陷入其组织内，致伤口迟迟不愈合，很可能成为病虫害的巢穴。

回缩多年生大枝时，往往会萌生徒长枝，为了防止徒长枝大量抽生，可先行疏枝和重短截，削弱其长势后再回缩。同时剪口下留弱枝当头，有助于生长势缓和，则可减少徒长枝的发生。如果多年生枝较粗必须用锯子锯除，则可先从下方浅锯伤，然后再从上方锯下，可避免锯到半途。因枝自身的重量向下而折裂，造成伤口过大，不易愈合。由于这样锯断的树枝，伤口大而表面粗糙，因此还要用刀修削平整，以利愈合。为防止伤口的水分蒸发或因病虫害侵入而引起伤口腐烂，应涂保护剂或用塑料布包扎。

4. 剪口保护剂

树干上因修剪造成太大的伤口，特别是珍贵的树种，在树体主要部分的伤口应用保护剂保护。目前应用较多的保护剂有如下两种。

(1) 固体保护剂 取松香 4 份、蜂蜡 2 份、动物油 1 份（重量）。先把动物油放在锅里加火熔化，然后将旺火撤掉，立即加入松香和蜂蜡，再用文火加热并充分搅拌，待冷凝后取出，装在塑料袋密封备用。使用时，只要稍微加热令其软化，然后用油灰刀将其抹在伤口上即可。一般用来封抹大型伤口。

(2) 液体保护剂 原料为松香 10 份、动物油 2 份、酒精 6 份、松节油 1 份（重量）。先把松香和动物油一起放入锅内加温，待熔化后立即停火，稍冷却后再倒入酒精和松节油，同时随着搅拌均匀，倒入瓶内密封贮藏，以防酒精和松节油挥发。使用时用毛刷涂抹即可。这种液体保护剂适用于小型伤口。

5. 常用修剪工具及机械

常用的整形修剪工具有修枝剪、修枝锯、刀具、斧头、梯子等。

(1) 修枝剪

普通修枝剪：一般剪截 3cm 以下的枝条，只要能够含入剪口内，都能被剪断。操作时，用右手握剪，左手将粗枝向剪刀小片方向猛推，就能应刃而解，不要左右扭动剪刀，否则影响正常使用。

长把修枝剪：其剪刀呈月牙形，没有弹簧，手柄很长，能轻快地修剪直径 1cm 以内的树枝，适用于高灌木丛的修剪。

高枝剪：装有一根能够伸缩的铝合金长柄，使用时可根据修剪的高度要求来调整，用以剪截高处的细枝。

大平剪：又称绿篱剪、长刃剪，适用于绿篱、球形树和造型树木的修剪，它的条形刀片很长，刀片很薄，易形成平整的修剪面，但只能用来平剪嫩梢。

(2) 修枝锯 适用于粗枝后树干的剪截，常用的有五种锯：手锯、单面修枝锯、双面修枝锯、高枝锯和电动锯。

手锯：常用于花木、果木、幼树枝条的修剪。

②单面修枝锯：适用于截断树冠内中等粗度的枝条，弓形的单面细齿手锯锯片很窄，可以伸入到树丛当中去锯截，使用起来非常灵活。

双面修枝锯：适用于锯除粗大的枝干，其锯片两侧都有锯齿，一边是细齿，另一边是由身前两层锯齿组成的粗齿。在锯除枯死的大枝时用粗齿，锯截活枝时用细齿。另外锯把上有一个很大的椭圆形孔洞，可以用双手握住来增加锯的拉力。

高枝锯：适用于修剪树冠上部大枝。

⑤电动锯：适用于大枝的快速锯截。

(3) 刀具 为了在一定位置抽生枝条，以解决大枝下部光秃及培养主枝等，使用的工具有芽接刀、电工刀或其他刃口锋利的刀具。

(4) 斧头 砍树或是撑枝、拉枝钉木桩用。

(5) 梯子 修剪较高大的树木时，必须借助于梯子或升降车，不然无法作业。

6. 修剪程序

(1) 制定方案 修剪时切不可不加思考，漫无次序，不按树体构成规律地乱剪。应根据被修剪树木的树冠结构、树势，主侧枝的生长等情况进行观察分析，根据修剪目的及要求，制定具体的修剪方案。

(2) 具体实施 从事修剪的人员，要懂得树木的生物学特性，以及技术规范、安全操作等。

修剪树木时，首先要观察分析树势是否平衡，如果不平衡，分析是上强（弱）下弱（强），还是主枝之间不平衡，并要分析造成的原因，以便采用相应的修剪技术措施。如果是因为枝条多，特别是大枝多造成生长势强，则要进行疏枝。在疏枝前应先决定选留的大枝数及其在骨干枝上的位置，将无用的大枝先剪掉，如果先剪小枝和中枝，最后从树形要求上看，发现这条大枝是多余的、无用的，留下妨碍其他枝条的生长，又有碍树形，这时再锯除大枝，前面的工作等于无效。待大枝调整好以后再修剪小枝，宜从各主枝或各侧枝的上部起，向下依次进行。这时特别要注意各主枝或各侧枝的延长枝的短截高度，通过与各级同类型延长枝长度相呼应，可使枝势互相平衡最后达到平衡树势的目的。

对于一棵树，一定要按技术修剪，应先剪下部，后剪上部；先剪内膛枝，后剪外围枝，几个人同时修剪一棵树，更应注意按照制定的修剪方案分工负责。如果树体高大，则应有一个负责人负责指挥，其他人要积极配合绝不能各行其是。

修剪时要注意安全，一方面是修剪人员本身对空中电线及梯子、锯、剪子等的使用要注意，另一方面要注意过往行人及车辆的安全。

(3) 清理现场 要及时清理修剪下来的枝条，确保安全和环境整洁。过去一般采用把残枝等运走的办法，现在则经常应用移动式削片机在作业现场就把树枝粉碎成木

片,可节约运输量并可再利用。

第三节 不同园林树木的整形与修剪

一、苗木的整形修剪

苗木在圃期间主要根据将来的不同用途和树种的生物学特性进行整形修剪。此期间的整形修剪工作非常重要,且在苗期的重点是整形。苗木如果经过整形,后期的修剪就有了基础,容易培养成理想的树形,如果从未修剪任其生长的树木,后期想要调整、培养成优美的树形就很难。所以,必须注意苗木在苗圃期间的整形修剪。

1. 乔木大苗的整形培育

在生产实际中,乔木类大苗一般用于行道树、庭荫树等。

(1)落叶乔木大苗的整形培育 落叶乔木行道树大苗培育的最后规格是:首先,具有高大通直的树干,树干高 2.5~3.5m,胸径 5~10cm;其次,有完整、紧凑、匀称的树冠;第三,有强大的根系。庭荫树则依周围环境条件而定,一般干高 1m 左右,主干要求通直向上并延伸成中干,主侧枝从属关系鲜明且均匀分布。

对于乔木树种,特别是顶端优势强的树种,如杨树类、水杉、落叶松苗木,要注意及时疏去根蘖条和主干 1.8m 以下的侧枝,以后随着树干的不断增加,逐年疏去中干下部的分枝,同时疏去树冠内的过密枝及扰乱树形的枝条。

顶端优势较弱、萌芽力较强的树种,如槐树作行道树,播种苗当年达不到 2.5m 以上的主干高度,而第二年侧枝又大量萌生且分枝角度较大,很难找到主干延长枝,为此常采用截干法培养主干。具体方法是:在秋季落叶后,将一年生的播种苗按 60cm×60cm 株行距进行移栽,第二年春加强肥水管理,促进苗木快长,并要注意中耕除草和病虫害防治,养成较强的根系。当苗高到 1.5m 地际直径 1.5cm 时,于秋季在距地面 5~10cm 处将地上部分全部剪除(平茬),然后施有机肥准备越冬;第三年春季萌芽生长后,随时注意去除多余萌蘖条,选取其中一个最健壮又直立的枝条作为目的枝条进行培养。在风害较严重地方可选留 2 个,到 5 月底枝条木质化后可去一留一。在培育期间注意土、肥、水管理及病虫害防治,并注意保护主干延长枝,对侧枝摘心以促进主干延长枝生长。这样到秋季苗木高度可达 2.5~3.0m 达到行道树的定干高度 第四年不动 第五年结合第二次移栽,变成 120cm×120cm 株行距,选留 3~5 个向四周分布均匀的枝条作主枝,翌年在主枝 30~40cm 处短截,促使侧枝生长,形成基本树形;至第七年或第八年即可长成大苗。

(2)常绿乔木大苗的整形培育 常绿乔木大苗的规格,要求具有该树种本来的冠形特征,如尖塔形、圆锥形、圆头形等,树高 3~6m,枝下高应为 2m,冠形匀称。

对于轮生枝明显的常绿乔木树种如黑松、油松、华山松、云杉、辽东冷杉等干性强有明显的中央领导枝的树种，每年向上长一节，分生一轮分枝，幼苗期生长速度很慢，每节只有几厘米、十几厘米，随苗龄增大，生长速度逐渐加快，每年可达 40~50cm。培育一株大苗（高 3~6m）需 15~20 年时间，甚至更长。这类树种有明显主梢，而一旦遭到损坏，整株苗木将失去培养价值，因此要特别注意主梢。一年播种苗一般留床保养一年，第三年开始移植，苗高约 15~20cm，株行距定为 50cm×50cm，第六年苗高约 50~80cm 第七年以 120cm×120cm 株行距移植，至第十年苗木高度约在 1.5~2m，第十一年以 4m×5m 株行距进行第三次移植，至第十五年苗木高可达 3.5~4m 左右。注意从第十一年开始，每年从基部剪除一轮分枝，以促进高生长。

轮生枝不明显的常绿树种如侧柏、圆柏、雪松、铅笔柏等，幼期的生长速度较轮生枝常绿树稍快，因此在培育大苗时有所不同。一年生播种苗或扦插苗可留床保养一年（侧柏等也可不留床），第三年移植时苗高 20cm 左右，株行距可定 60cm×60cm 至第五年时苗高约为 1.5~2.0m，第六年进行第二次移植，株行距定为 130cm×150cm 至第八年苗高可达 3.5~4m。在培育过程中要注意及时处理主梢竞争枝（剪梢或摘心）。培育单干苗，同时还要加强肥水管理，防治病虫害。

在乔木树种培育大苗期间，应注意疏除过密的主枝，疏除或回缩扰乱树形的主、侧枝。

2. 花灌木大苗的整形培育

对于顶端优势很弱的丛生灌木要培养成小乔木状，一般需要 3 年以上的时间。第一年选留中央一根最粗而直的枝条进行培养，剪除其余丛生枝；第二年保留该枝条上部 3~5 个枝条作主枝，以中央一个直立向上的枝条作中干，将该枝条下部的新生分枝和所有根蘖剪除；第三年修剪方法类似第二年。这样基本上就修剪成一棵株形规整、层次分明的小乔木。

对于丛生花灌木，通常不将其整剪成小乔木状，而是培养成丰满、匀称的灌木丛。苗期可通过平茬或重截留 3~5 个芽促进多萌条的方法培育多主枝的灌木。

3. 藤木大苗的整形培育

藤条类如紫藤、凌霄、蔓生蔷薇和木香等，苗圃整形修剪的主要任务是养好根系，通过平茬或重截培养一至数条健壮的主蔓。

4. 绿篱及特殊造型苗木的整形培育

绿篱的苗木要求分枝多，特别要注意从基部培养出大量分枝，以便定植后进行任何形式的修剪，因此至少要重剪两次，通过调节树体上下的平衡关系控制根系的生长，便于以后密植操作。此外，为使园林绿化丰富多彩，除采用自然树型外，还可以利用树木的发枝特点，通过整形及以后的修剪，养成各种不同的形状，如梯形、球形、仿生形等。

二、苗木栽植时的修剪

苗木栽植前后修剪的目的,主要是为了减少运输与栽植成本,提高栽植成活率和进一步培养树形,同时减少自然伤害。因此,在不影响树形美观的前提下,可对树冠进行适度的修剪。

在起苗、运苗、栽植的过程中,不可避免地要伤害根系,由于根系的大量损失,吸收的水分和无机盐相对减少,供给地上部分的水分和营养也相应减少。而此时,地上部分枝叶照常生长和蒸发,如果根的功能不能迅速恢复,则会造成地上与地下部分在水分代谢等方面的平衡遭到破坏,植株会因为地下供应的水分和营养不够生长和消耗之用,饥饿而死亡,造成移植不成功。虽然有些种类在移栽完成以后,顶芽和一部分侧芽能够萌发,但当叶片全部展开后常常发生凋萎,以致造成苗木死亡,这种萌芽展叶以后又凋萎死亡的现象叫做“假活”。因此,在起苗之前或起苗后应立即进行重剪,使地上和地下两部分保持相对的平衡,否则必将大大降低移栽的成活率。此时的修剪应在苗圃整形的基础上进行,进一步调整和完善树形。具体的修剪方法是:首先,将无用的衰老枝、病枯枝、纤细枝、徒长枝剪除;其次,应根据栽植树木的干性强弱及分枝习性进行修剪,具体如下:

1. 具有明显主干的高大落叶乔木应保持原有树形,采用削枝保干的做法,适当疏枝,对保留的主侧枝在健壮芽上短截,可剪去枝条 $1/5 \sim 1/3$ 。

2. 对于无中干的树种,要保证主枝的优势,适当保留其上的侧枝并在饱满芽处进行短截。通常对萌芽力强的可剪得重些,萌芽力弱的可剪得轻些。

3. 带土球移植的常绿阔叶树,对树冠轻剪或不剪,只剪除断裂和损伤的枝条。枝叶过于浓密的,在保持原有树形的情况下,可适量疏枝摘叶。

4. 长绿针叶树由于萌芽力较差,只剪除病虫枝、枯死枝、过密的轮生枝和下垂枝,一般不宜过多修剪。

5. 对萌芽力较强的部分阔叶树,如槐树、香樟等,为提高种植成活率,减轻栽植后的管理难度,可以重剪甚至去冠栽植。

6. 对灌木多进行短截和疏枝,为了尽快起到绿化效果,往往修剪稍轻,做到树冠内高外低,内疏外密。经过出圃修剪的苗木在其运输和栽植过程中可能出现新的损伤,应根据具体情况进行补充修剪。种植前对苗木根系的修剪,主要是剪除劈裂根、病虫根和过长根。

三、各类园林树木的整形修剪

1. 行道树

行道树是城市绿化的骨架,它将城市中分散的绿地联系起来,能反映出城市的特有面貌和地方色彩。

行道树一般为具有通直主干、树体高大的乔木树种，主干高度与形状，最好能与周围的环境要求相适应，枝下高一般 3m 左右，在市区特别是重要行道的行道树，更要求它们的高度和分枝点基本一致，树冠要整齐，富有装饰性。栽在道路两侧的行道树注意不要妨碍车辆的通行，公园内园路树或林荫路上的树木主干高度以不影响游人漫步为原则。

行道树除要求具有直立的主干以外，一般不做特别的选形，采用中干疏散型为好，有较强中干的行道树一般栽植在道路比较宽、上面没有高架线的道路上，中干不强或无明显的行道树一般栽植在街道比较窄或架有高压线的街道上。公园行道树与各类线路的关系处理一般采用三种措施：降低树冠高度，使线路在树冠的上方通过；修剪树冠的一侧，让线路能从其侧旁通过；修剪树冠内膛的枝干，使线路能从中间通过或使线路从树冠下通过。

行道树的基本主干和主枝在苗圃阶段就已养成，成型后不需要大量的修剪，而只要进行疏除病枝、衰老枝等，就能够保持较理想的树形。

2. 庭荫树

庭荫树应具有庞大的树冠，树干定植后，尽早把 1~1.5m 以下的枝条全部剪除，以后再逐年疏掉树冠下部的分生侧枝。庭荫树的枝下高以 3m 左右为好，树冠大小及树高的比例以冠高比 2/3 以上为宜。庭荫树的整形大多采用自然形，培养健康、挺拔的树木姿态，条件许可的，将过密枝、伤残枝、病枯枝及扰乱属性的枝条疏除。

3. 灌木或小乔木的修剪

(1) 观花类 以观花为主要目的的树木的修剪，必须考虑其开花习性、着花部位及花芽的性质。

早春开花树种：如连翘、迎春、榆叶梅、碧桃等先花后叶的树种，在前一年的枝条上形成花芽，第二年春天开花。修剪时以休眠期为主，修剪方法以截、疏为主，结合其他方法。具有顶生花芽的树木，在休眠期修剪，绝不能对着生花芽的枝条进行短截；而具有腋花芽的种类，可以对生花芽的枝条进行短截。对具有混合芽的枝条，剪口芽不能留花芽。

② 夏秋开花树种：如珍珠梅、木槿、紫薇等，花芽在当年春天发出的新梢上形成，修剪应在休眠期进行，主要是短截和疏剪相结合，但不能在开花前进行重短截，因为花芽大部分着生在枝条上部和顶端，有的花后还应去残花，使花期延长。对于一年开两次花的灌木，更应在花后将残花及其下方的 2~3 芽剪除，促使新枝萌发和二次开花。

(2) 观果类 观果类的树木，如金银木、平枝栒子等，其修剪时间及方法与早春开花的种类基本相同。生长期要注意疏除过密枝，以利通风透光，减少病虫害，利于果实着色，提高观赏效果。在夏季，统统采用环剥、缚溢或疏花、疏果等技术措施，以增加果实

的数量和质量。

(3) 观枝类 观枝类的如红瑞木、鲢棠等，为了延长各季观赏期多在早春芽萌动前进行修剪，以利冬季充分发挥观赏作用。由于这类树木的嫩枝最鲜艳，观赏价值高，因此，年年需要重剪，促发更多的新枝，同时要逐步去掉老冠促进树冠更新。

(4) 观形类 这类树木有龙爪槐、垂枝桃、垂枝梅等，修剪时根据种类的不同而不同，如龙爪槐、垂枝桃、垂枝梅短截时不留下芽，而留上芽，以诱发壮枝，而对合欢树成形后只进行常规疏剪，通常不再进行短截修剪。

(5) 观叶类 以自然整形为主，一般只进行常规修剪，不要求进行细致的修剪和特殊的选形，主要观其自然美。苗木形状，而要遵从因枝修剪，随树做形的原则，逐年分批进行修剪与更新。对于抽生萌生枝强的种类，可以齐地面全部剪除，令其重新发枝。

4. 绿篱的修剪

绿篱又称植篱、生篱，是由萌芽、成枝力、强耐修剪的树种密植而成，以绿篱的高度不同，可分为矮绿篱（50cm 左右）、中绿篱（100cm 左右）和高绿篱（200~300cm）。常见的绿篱整形方式有规则式和自然式两种。

(1) 修剪时期 绿篱定植以后，最好任其自然生长一年，以免因修剪过早而妨碍地下根系的生长。从第二年开始，再按照所确定的绿篱高度进行短截，修剪时要依照苗木大小，分别截生苗高的 $1/3 \sim 1/2$ ，然后在生长期内对所有新梢进行 2~3 次修剪。这样可降低分枝高度、多发分枝，提早郁闭。

(2) 整形方式

自然式绿篱 这种类型的绿篱一般不进行专门的整形，在栽培的过程中仅作一般修剪，剔除老、枯、病枝。自然式绿篱多用于高篱或绿墙。一些小乔木在密植的情况下，如果不进行规则式修剪，常长成自然式绿篱，因为栽植密度较大，侧枝相互拥挤、相互控制其生长，不会过分杂乱无章，但应选择生长较慢、萌芽力弱的树种。

整形式绿篱 这种类型的绿篱是通过修剪，将篱体整成各种几何形体或装饰形体。为了保持绿篱应有的高度和平整而匀称的外形，应经常将突出轮廓线的新梢整平剪齐，并对两面的侧枝进行适当的修剪，以防分枝侧向伸展太远，影响行人来往或妨碍其他花木的生长。修剪时最好不要使篱体上大下小，否则不但会给人以头重脚轻的感觉，还会造成下部枝叶的枯死和脱落。

绿篱的更新 是指通过强度修剪来更换绿篱大部分树冠的过程，一般需要 3 年。

第一年，首先疏除过多的老干。因为绿篱经过多年的生长，内部萌生了许多主干，加之每年短截新枝而催生许多小枝，从而造成整个绿篱内部整体通风、透光不良，主枝下部的叶片枯萎脱落，因此，必须根据合理的密度要求，疏除过多的老主干使内部具备良好的通风透光条件。然后，短截主干上的枝条，并对保留下来的主干逐个回缩修剪，

保留高度一般为 30cm；对主干下部所保留的侧枝，先行疏除过密枝，再回缩修剪，通常每枝留 10~15cm 长度即可。常绿树的更新修剪时间以 5 月下旬至 6 月底为宜，落叶树宜在休眠期进行，剪后要加强肥水管理和病虫害防治工作。

第二年，对新生枝条进行多次轻短截，促发分枝。

第三年，再将顶部剪至略低于所需要的高度，以后每年进行重复修剪。

对于萌芽能力较强的种类可采用平茬的方法进行更新，仅保留一段很矮的主干。平茬后的植株可在 1~2 年中形成绿篱的雏形，3 年以后恢复成形。

5. 藤本类的整形修剪

(1) 棚架式 卷须类及缠绕类藤本植物多用这种方式。整形时，应在近地面处重剪，使发生数条强壮主蔓，然后将主蔓垂直引至棚架顶部，使侧蔓在架上均匀分布，可很快形成荫棚。在华北、东北各地，对不耐寒的树种，如葡萄，需每年下架，将病弱衰老枝剪除，均匀地选留结果母枝，经盘卷扎缚后埋于土中，翌年再去土上架；至于耐寒的树种，如紫藤等则不必下架埋土防寒，除隔数年将病老或过密枝疏剪外，一般不必年年修剪。

(2) 凉廊式 常用于卷须类及缠绕类植物，亦偶尔用于吸附类植物。因凉廊有侧方阁架，所以主蔓勿过早引至廊顶，否则侧面容意空虚。

(3) 篱垣式 多用于卷须类及缠绕类植物，将侧蔓水平引缚，每年对侧枝短截，形成整齐的篱垣形式。

(4) 附壁式 这种形式多用于吸附类植物，如地锦、凌霄、常春藤、扶芳藤等。做的方法很简单，只需将藤蔓引于墙面即可，自行依靠吸盘或吸附根逐渐布满墙面。修剪时主要采用截以及回缩促发分枝，防止基部空虚，同时要常规疏剪。

(5) 直立式 此形式主要用于茎蔓粗壮的种类，如紫藤等。主要方法是对主蔓进行多次短截，将主蔓培养成直立的主干，从而形成直立的多干式的灌木丛。此整形方式如用在河岸边、山石旁、园路边、草坪上，均可以收到良好的观赏效果。

第七章 园林树木的土壤、 养分和水分管理

在园林树木的日常管理与养护工作中，树木的土、水、肥管理是一项极为重要的内容。园林树木一般生长在人工化的环境条件下，其水分与营养的获得往往有别于自然环境中生长的树木。有些树木生长在干旱贫瘠的土壤中，同时还受到人为因素的影响，使其生长发育不良，难以发挥其应有的作用。通过园林树木的土、水、肥管理，能够有效地改善树木的生长环境，促进其生长发育，使其更好地发挥各项功能，达到绿化美化的目的。

第一节 园林树木的土壤管理

土壤是树木生长的基地，也是树木生命活动所需求的水分、各种营养元素和微量元素的源泉。因此，土壤的好坏直接关系着树木的生长。园林树木的土壤管理是通过多种综合措施来提高土壤肥力，改善土壤结构和理化性质，以保证园林树木生长所需养分、水分等生活因子的有效供给，并防止和减少水土流失和尘土飞扬，增强园林景观的艺术效果。

一、树木栽植前的整地

园林树木生长的土壤条件十分复杂，既有平原肥土，又有荒山荒地、建筑废弃地、水边低湿地、人工土层、工矿污染地、盐碱地等。这些土壤大多需要经过适当调整和改造，才适合园林树木的生长。不同的树种对土壤的要求是不同的，但是一般而言，树木都要求保水保肥能力好的土壤，而在干旱贫瘠的土壤或水分过多的土壤上，往往生长不良。整地，即土壤改良和土壤管理，是保证树木成活和健壮生长的有效措施。

1. 树木栽植前整地工作的特点

由于园林绿地的土壤条件十分复杂，所以园林树木的整地工作既要做到严格细致，又要因地制宜。园林树木的整地应结合地形进行整理，除满足树木生长发育对土壤的要求外，还应注意地形地貌的美观。在疏林草地或种植地被植物的树林、树群、树丛中，整地工作应分两次进行：第一次在栽植乔灌木以前；第二次则在栽植乔灌木之后及铺草坪或其他地被植物之前。

2. 园林整地工作的内容与做法

园林整地工作包括适当整理地形、翻地、去除杂物、碎土、耙平、填压土壤等内容。

(1)一般平缓地区的整地对 8° 以下的平缓耕地或半荒地,可采取全面整地。通常多翻耕30cm的深度,以利蓄水保墒。对于重点布置地区或深根性树种可翻掘50cm深,并施有机肥,借以改良土壤。平地的整地要有一定的倾斜度,以利在雨季排除多余的水分。

(2)市政工程场地和建筑地区的整地 在这些地区常遗留大量灰槽、灰渣、砂石、砖石、碎木及建筑垃圾等。在整地之前,应将这些遗留物全部清除,还应将因挖除建筑垃圾而缺土的地方,换入肥沃土壤。由于建筑工程施工机械的碾压或夯实地基,常使得土壤变得十分坚硬,所以在整地时,还应将坚实的土壤挖松,并根据设计要求处理地形。

(3)低湿地区的整地 低湿地土壤紧实,水分过多,通气不良,土壤多含盐碱,即使树种选择正确,也常生长不良。通过挖排水沟,能降低地下水位,防止返碱。通常在植树的前一年每隔20m左右就挖出一条深1.5~2.0m的排水沟,并将掘起来的表土翻至一侧培成垅台,经过一个生长季,土壤受雨水的冲洗,盐碱减少了,杂草腐烂了。土质疏松,不干不湿,即可在垅台上植树。

(4)新堆土山的整地 挖湖堆山是园林建设中常见的改造地形措施之一。人工新堆的土山,要令其自然沉降,然后方可整地植树,因此,通常在土山堆成后,至少要经过一个雨季,才能开始整地。人工土山多不太大,也不太陡,又全是疏松新土,所以可按设计要求进行局部块状整地。

(5)荒山整地 在荒山上整地之前,要先清理地面,刨出枯树根,搬除可以移动的障碍物。若坡度不大,土层较厚,可以采用水平带状整地,即沿低山等高线整成长条状。在干旱石质荒山及黄土或红壤荒山上,可采用水平阶整地。在水土流失较严重或急需保持水土,使树木迅速成林的荒山上,则应采用水平沟整地或鱼鳞坑整地。我国南方地区常采用等高撩壕整地。

3. 整地季节

整地季节直接影响整地效果。在一般情况下,应提前整地,以充分发挥其蓄水保墒的作用。这一点在干旱地区尤为重要。一般整地应在植树前3个月以上的时期内(最好经过一个雨季)进行,如果现整现栽,整地效果将会大受影响。

二、土壤改良及管理

园林绿地土壤改良和管理的任务,是通过各种措施来提高土壤的肥力,改善土壤结构和理化性质,不断供应园林树木所需的水分和养分,为其生长发育创造良好条件。同时还可以结合其他措施,维持地形地貌整齐美观,减少土壤冲刷和尘土飞扬,增强园林景观效果。

1. 土壤耕作改良

大多数城市园林绿地的土壤，因受各种不良因素的影响，物理性能较差，水、气矛盾突出，土壤性质向恶化方向发展。主要表现是土壤板结、粘重、耕性差、通气透水不良。许多园林绿地因人流长期活动而被踩实，踩实厚度一般达 3~10cm，土壤硬度达 14~70kg/cm²；被机动车辆压实的土壤，其坚实层厚度一般为 20~30cm。在经过多层压实后，其厚度可达 80cm 以上，土壤硬度达 12~110kg/cm²。当土壤硬度在 14kg/cm² 以上土壤孔穴度在 10% 以下时，会严重妨碍微生物活动和树木根系的伸展；当土壤容重大于 1.4g/cm³ 时，会严重影响树木生长，因此需要对土壤进行改良。

合理的土壤耕作可改善土壤的水分和通气条件，促进微生物的活动，加快土壤的熟化进程，使难溶性营养物质转化为可溶性养分，从而提高土壤肥力。同时，由于大多数园林树木都是深根性植物，根系活动旺盛，分布深广，通过土壤耕作可以为根系提供更广的伸展空间，以保证树木随着年龄的增长对水、肥、气、热的不断需要。土壤的合理耕作应包括：

(1) 深翻熟化 深翻就是对园林树木根区范围内的土壤进行深度翻垦，主要目的是加快土壤的熟化，使“死土”变“活土”，“活土”变“细土”，“细土”变“肥土”。这是因为深翻能增加土壤孔隙度，改善理化性状，促进微生物的活动，加速土壤熟化，使难溶性营养物质转化为可溶性养分，提高了土壤肥力，从而为树木根系向纵深伸展创造了有利条件，增强了树木的抵抗力，使树体健壮，新梢长，叶色浓，花色艳。

深翻时期 深翻时期包括园林树木栽植前的深翻与栽植后的深翻。前者是在栽植树木前，配合园林地形改造、杂物清除等工作，对栽植场地进行全面或局部的深翻，并曝晒土壤，打碎土块，填施有机肥，为树木后期生长奠定基础；后者是在树木生长过程中进行的土壤深翻。

实践证明，园林树木土壤一年四季均可深翻，但应根据各地的气候、土壤条件以及园林树木的类型适时深翻才会收到良好效果。就一般情况而言，深翻主要在秋末和早春两个时期进行。秋末，树木地上部分基本停止生长，养分开始回流入积累，同化产物的消耗减少，如结合施基肥更有利于受损根系的恢复生长，甚至还能刺激长出部分新根，对树木来年的生长十分有益。同时，秋耕可松土保墒，有利于雪水的下渗。一般秋耕后比未秋耕的土壤含水量要高 3%~7%。如秋耕后经大量灌水，可使土壤下沉，根系与土壤能进一步密接，有助根系生长。春翻应在土壤解冻后及时进行。此时树木地上部分尚处于休眠状态，根系则刚开始活动，生长较为缓慢，伤根后容易愈合和再生。从土壤养分季节变化规律看，春季土壤解冻后土壤水分开始向上移动，土质疏松，省工省力，但此时土壤蒸发量较大，易导致树木干旱缺水。因此在春季干旱多风地区，春翻后需及时灌水，或采取措施覆盖根系，耕后耙平、镇压，春翻深度也较秋耕为浅。

深翻次数与深度 土壤深翻的效果能保持多年，因此没有必要每年都进行深翻。但深翻作用持续时间的长短与土壤特性有关，一般情况下黏土、涝洼地深翻后容易恢复紧实，因而保持年限较短，可每 1~2 年深翻耕一次；而地下水位低，排水良好，疏松透气的沙壤土保持较长时间，一般可每 3~4 年深翻耕一次。理论上讲，深翻深度以稍深于园林树木主要根系垂直分布层为度，这样有利于引导根系向下生长，但具体的深翻深度与土壤结构、土质状况以及树种特性等有关。如土层浅、下部为半风化岩石，或土质黏重，浅层有砾石层和黏土夹层，地下水位较低的土壤以及对深根性树种，深翻深度宜较深些，可达 50~70cm，相反可适当浅些。

深翻方式 园林树木土壤深翻方式，主要有树盘深翻与行间深翻两种。树盘深翻是在树冠垂直投影线附近挖取环状深翻沟，以利树木根系向外扩展，这适用于园林草坪中的孤植树和株间距大的树木。行间深翻则是在两排树木的行中间挖取长条形深翻沟，用一条深翻沟达到对两行树木同时深翻的目的，这种方式多适用于呈行状种植的树木，如风景林、防护林带、园林苗圃等。

此外，还有全面深翻、隔行深翻等形式，应根据具体情况灵活运用。各种深翻均应结合施肥和灌溉，可将上层肥沃土壤与腐熟有机肥拌匀填入深翻沟的底部，以改良根层附近的土壤结构，为根系生长创造有利条件，将生土放在上面可促使生土迅速熟化。

(2) **中耕通气** 中耕不但可以切断土壤表层的毛细管，减少土壤水分蒸发，防止土壤泛碱，改良土壤通气状况，促进土壤微生物活动，还有利于难溶性养分的分解，提高土壤肥力；而且，通过中耕能尽快恢复土壤的疏松度，改进通气和水分状态，使土壤水、气关系趋于协调，因而生产上有“地湿锄干，地干锄湿”之说。此外，早春季进行中耕，还能明显提高土壤温度，使树木的根系尽快开始生长，并及早进入吸收功能状态，以满足地上部分对水分、营养的需求。当然，中耕也是清除杂草的有效办法，减少杂草对水分、养分的竞争，使树木生长的地面环境更清洁美观，增进风景效果，同时还能阻止病虫害的滋生和蔓延。

与深翻不同，中耕是一项经常性工作。中耕次数应根据当地的气候条件、树种特性以及杂草生长状况而定。通常城市园林主管部门对当地各类绿地中的园林树木的土壤中耕次数都有明确的要求，有条件的地方一般每年的中耕次数要达到 2~3 次。土壤中耕大多在生长季节进行，在以除草为主要目的时，选择杂草出苗期和结实期中耕效果较好，这样能消灭大量杂草，减少除草次数。具体时间应选择土壤既不过于干燥，又不过于湿润时进行。

中耕深度一般为大苗 6~9cm，小苗 2~3cm，过深伤根，过浅起不到中耕的作用。中耕时，要做到尽量不伤或少伤树根，不碰破树皮，不折断树枝。

(3) **客土栽培** 在栽植园林树木时对栽植地实行局部换土，通常是在土壤完全不适

宜园林树木生长的情况下进行的。如在岩石裸露、人工爆破坑栽植或土壤十分黏重，土壤过酸、过碱以及土壤已被工业废水、建筑垃圾及其他废弃物严重污染等情况下，或在选定的树种需要一定酸度的土壤，而本地土质不合要求时，就应全部或部分换土以获得适合的栽培条件。通常在北方地区栽植梔子、杜鹃、山茶、八仙花等酸性土植物时，应将局部地区的土壤全部换成酸性土，或至少也要加大种植坑，放入山泥、泥炭土、腐叶土等，并混拌有机肥料，以符合酸性树种的要求。

(4) 培土 培土是在园林树木生长过程中，根据需要在树木生长地添加部分土壤基质，以增加土层厚度、保护根系、补充营养、改良土壤结构的措施。这种方法，在我国南北各地普遍采用。例如，在我国南方高温多雨的地区，降雨量大、强度高，对土壤淋洗流失严重，生长在坡地的树木的根系大量裸露，树木既缺水又缺肥，生长势差甚至可能导致树木整株倒伏或死亡，这时就需要及时培土。

培土是一项经常性的土壤管理工作，应根据土质确定培土基质类型，如土质黏重的应培含沙质较多的疏松肥土甚至河沙；含沙质较多的可培塘泥、河泥等较黏重的肥土以及腐殖土。培土量视植株的大小、土源、成本等条件而定，但一次培土不宜太厚，以免影响树木根系的正常生长。

2. 土壤化学改良

(1) 施肥改良 土壤的施肥改良以施有机肥为主。一方面，有机肥所含营养元素全面，能有效地供给树木生长需要的营养；另一方面，有机肥能增加土壤的腐殖质，提高土壤保水保肥能力，改良黏土的结构，增加土壤的空隙度，缓冲土壤的酸碱度，从而改善土壤的水、肥、气、热状况。生产上常用的有机肥料有厩肥、堆肥、禽肥、鱼肥、饼肥、人粪尿、土杂肥、绿肥以及城市中的垃圾等，但这些有机肥均需经过腐熟发酵才可使用。

(2) 土壤酸碱度调节 土壤的酸碱度主要影响土壤养分的转化与有效性、土壤微生物的活动和土壤的理化性质等，因此与园林树木的生长发育密切相关。通常，当土壤 pH 过低时，土壤中活性铁、铝增多，磷酸根易与它们结合形成不溶性的沉淀，造成磷素养分的无效化。同时由于土壤吸附性氢离子多，黏粒矿物易被分解，盐基离子大部分遭受淋失，不利于良好土壤结构的形成。相反，当土壤 pH 过高时，则发生明显的钙对磷酸的固定，使土粒分散，结构被破坏。绝大多数园林树木适宜中性至微酸性的土壤，然而在我国许多城市的园林绿地中，酸性和碱性土所占比例较大。一般说来，我国南方城市的土壤 pH 偏低，北方偏高，所以，土壤酸碱度的调节是一项十分重要的土壤管理工作。

土壤的酸化处理 土壤酸化是指对偏碱性的土壤进行必要的处理，使之 pH 有所降低，符合酸性园林树种的生长需要。目前，土壤酸化主要通过施用释酸物质来调节，如施用有机肥料、生理酸性肥料、硫磺等，通过这些物质在土壤中的转化，产生酸性物质，降低土壤的 pH。据试验，每亩地施用 30kg 硫磺粉，可使土壤 pH 从 8.0 降到

6.5 左右；硫磺粉的酸化效果较持久，但见效缓慢。对盆栽园林树木也可用 1:50 的硫酸铝钾 或 1:180 的硫酸亚铁水溶液浇灌植株来降低盆栽土的 pH。

土壤碱化处理 土壤碱化是指对偏酸的土壤进行必要的处理，使之土壤 pH 有所提高，符合一些碱性树种生长的需要。土壤碱化的常用方法是向土壤中施加石灰、草木灰等碱性物质，但以石灰应用较普遍。调节土壤酸度的石灰是农业上用的“农业石灰”，即石灰石粉（碳酸钙粉），使用时，石灰石粉越细越好，这样可增加土壤内的离子交换强度，以达到调节土壤 pH 的目的。市面上销售的石灰石粉有几十到几千目的细粉，目数越大 见效越快 价格也越贵 生产上一般用 300~450 目的较适宜。

3. 疏松剂改良

近年来，有不少国家已开始大量使用疏松剂来改良土壤结构和生物学活性，调节土壤酸碱度，提高土壤肥力，并有专门的疏松剂商品销售。如国外生产上广泛应用的聚丙烯酰胺 是人工合成的高分子化合物 使用时先把干粉溶于 80℃ 以上的热水 制成 2% 的母液，再稀释 10 倍浇灌至 5cm 深的土层中，通过其离子键、氢键的吸引使土壤形成团粒结构，从而优化土壤水、肥、气、热条件 达到改良土壤的目的 其效果可达 3 年以上。

土壤疏松剂可大致分为有机、无机和高分子三种类型，其功能主要表现在：①膨松土壤，提高置换容量，促进微生物活动；②增多孔隙，协调保水与通气、透水性；③使土壤粒子团粒化。土壤疏松剂的具体种类、性质及用途等见表 7-1、表 7-2、表 7-3。

表 7-1 有机型土壤疏松剂材料一览表

物质名称	原 料	制 法	效 果	用 途
泥炭系统	泥 炭	泥炭内加入硝石灰后，加热、加压	增强对 pH 的缓冲能力，增加保肥力，增加腐殖质，提高土壤的保水能力和膨软性	泥炭土等适用于红壤、重黏土，施用量为土壤体积的 10%~20%，过量会造成土壤干燥。 本改良材料原是强酸性的，所以每升添加 3g 左右的石灰调节 pH，添加肥料成分
	草 炭	草炭内加入石灰中和		
	苔 藓	干燥粉碎		
褐煤系统	褐 煤	用硝酸分解褐煤后，加石灰、氨或蛇纹岩粉末中和		
树皮树叶系统	树皮 树叶	把阔叶树的树皮、树叶与鸡粪等堆积在一起，长时间腐熟	使土壤膨软，微生物的活动旺盛，改善土壤物理性，增加保肥力，供给养分，增加腐殖质	适用于多种土壤，特别适用于红土、沙壤土，使用量为土量体积的 10%~20%，要充分注意制品的腐熟度

续表

物质名称	原 料	制 法	效 果	用 途
纸浆残渣系统	稻草麦秆、造纸残渣	处理稻草、麦秆造纸残渣,用造纸残渣的处理物促进腐熟,使造纸残渣的处理物发酵增加保肥力	提高土壤的膨软和保肥力,使微生物活动旺盛	适用于重黏土,其体积比为土量的 2%~5%
堆肥系统	城市垃圾 屎尿废水 污泥	把废水处理物干燥处理,或通过堆肥装置发酵	作为堆肥的代用品是有效的	
动植物槽粕系统	海草粉末 鱼粉酵素 槽粕	提高微生物的活动,增加氮量		适用于贫瘠土

表 7-2 无机型土壤疏松剂材料一览表

物质名称	原 料	制 法	效 果	用 途
沸 石	沸石	沸石磨成末(北海道、东北产)	盐基置换容量增大,硅酸、铁、微量元素等增多	膨润性小,适宜改良重黏土,混入的容积比为土量的 5%~10%
	凝灰岩	凝灰岩磨成末		
膨土岩	黏 土	北海道、群马县产	良质的黏土,内含钙、镁、钾等,改良土壤酸性,提高保肥力	膨润土具有膨润性,适用于沙质土壤的改良
蛭 石	蛭 石	用高温煅烧蛭石	多孔质的小块状物质,透水性、透气性、保水性都好	适用于重黏土和沙质土。在干燥条件下全面混合,能提高保水性能。低湿条件下,在土壤下层施用,有利排水
珠光体	珍珠岩	高温焙烧珍珠岩		
石灰质材料	石灰石		中和酸性土壤,有效利用磷酸,促进微生物分解繁殖	根据 pH 决定施用量。如果 pH 在 5.5 以上,树木类不得使用

表 7-3 高分子型土壤疏松剂材料一览表

物质名称	原 料	效 果	用 途
树脂 (聚阴离子)	聚乙烯醇(聚乙酸乙烯酯)	以离子结合力为主体。 作为团粒化剂,能够促使土壤团粒化,增加保水性能	适用于壤土 和沙壤土
	三聚氰酸胺(三聚氰酸胺系统)		
	聚乙烯	改善通气性和透水性	
	尿素系统(尿素树脂)		
聚阴离子	丙烯酰胺	比聚阴离子效果还要好的 强力土壤团粒化剂	适用于重黏土
	乙烯系统(乙烯氧化物)		

目前 我国大量使用的疏松剂以有机类型为主 如泥炭、锯末粉、谷糠、腐叶土、腐殖土、家畜厩肥等,这些材料来源广泛,价格便宜,效果较好,但一定要使用经过发酵腐熟的材料,并与土壤混合均匀。

4. 生物改良

(1)植物改良 在城市园林中,植物改良是指通过有计划地种植地被植物来达到改良土壤的目的。地被植物在园林绿地中的应用,一方面能增加土壤可给态养分与有机质含量,改善土壤结构,降低蒸发,控制杂草丛生,减少水、土、肥流失与土温的日变幅,有利于园林树木根系生长;另一方面,在增加绿化量的同时避免地表裸露,防止尘土飞扬,丰富园林景观。因此,地被植物覆盖地面,是一项行之有效的生物改良土壤措施。

在城市园林中对以改良土壤为主要目的、结合增加园林景观效果需要的地被植物的要求是适应性强,有一定的耐荫、耐践踏能力,根系有一定的固氮力,枯枝落叶易于腐熟分解,覆盖面大,繁殖容易,有一定的观赏价值。常用的种类有五加、地瓜藤、胡枝子、金银花、常春藤、金丝桃、金丝梅、地锦、络石、扶芳藤、荆条、三叶草、马蹄金、萱草、麦冬、沿阶草、玉簪、百合、鸢尾、酢浆草、二月兰、虞美人、羽扇豆、草木犀、香豌豆等,各地可根据实际情况灵活选用。

在实践中要注意处理好种间关系,应根据习性互补的原则选用物种,否则可能对园林树木的生长造成负面影响。一些多年生深根性地被植物,如紫花苜蓿等,消耗水分、养分较多,对园林树木影响较大,除非做好肥水管理,否则不宜长期选种,或当其植株和根系生长量大时,可及时翻耕,以达到培肥的目的。另外紫花苜蓿的根系分泌物皂角苷对蔷薇科植物根系生长不利,需特别注意;此外,国外的研究表明,在土壤结构差的粉沙、黏重土壤中种植禾本科地被植物改土效果尤其明显。

(2) 动物改良 在自然土壤中，常常有大量的昆虫、原生动物、线虫、环虫、软体动物、节肢动物、细菌、真菌、放线菌等生存，它们对土壤改良具有积极意义。例如土壤中的蚯蚓，对土壤混合、团粒结构的形成及土壤通气状况的改善都有很大益处。一些微生物，它们数量大、繁殖快、活动性强，能促进岩石风化和养分释放，加快动植物残体的分解，有助于土壤的形成和营养物质转化。所以，利用有益动物种类也不失为一种改良土壤的好办法。

利用动物改良土壤，可以从以下两方面入手：一方面，加强土壤中现有有益动物种类的保护，对土壤施肥、农药使用、土壤与水体污染等进行严格控制，为动物创造一个良好的生存环境；另一方面，推广使用根瘤菌、固氮菌、磷细菌、钾细菌等生物肥料，这些生物肥料含有多种微生物，它们生命活动的分泌物与代谢产物，既能直接给园林树木提供某些营养元素、激素类物质、各种酶等，促进树木根系的生长，又能改善土壤的理化性能。

三、土壤污染的防治

土壤污染是指土壤中积累的有毒或有害物质超过了土壤自净能力，从而对园林树木的正常生长发育造成伤害时的土壤状态。土壤污染一方面直接影响园林树木的生长，如通常当土壤中砷、汞等重金属元素含量达到 $2.2 \sim 2.8 \text{ mg/kg}$ 时，就有可能使许多园林树木的根系中毒，丧失吸收功能；另一方面，土壤污染还导致土壤结构破坏，肥力衰竭，引发地下水、地表水及大气等连锁污染。因此，土壤污染是一个不容忽视的环境问题。防治土壤污染的措施主要有：

1. 管理措施

严格控制污染源，禁止工业和生活污染物向城市园林绿地排放，加强污水灌溉区的监测与管理，各类污水必须净化后方可用于园林树木的灌溉；加大园林绿地中各类固体废弃物的清理力度，及时清运有毒垃圾、污泥等。

2. 生产措施

合理施用化肥和农药，执行科学的施肥制度，大力发展新型肥料，增施有机肥，提高土壤环境容量；在某些重金属污染的土壤中，加入石灰、膨润土、沸石等土壤改良剂，控制重金属元素的迁移与转化，降低土壤污染物的水溶性、扩散性和生物有效性；采用低量或超低量喷洒农药方法，严格控制剧毒农药及有机磷、有机氯农药的使用范围；广泛选用吸收污染物及抗污染能力强的园林树种。

3. 工程措施

采用客土、换土、去表土、翻土等方法更换已被污染的土壤，另外还有隔离法、清洗法、热处理法以及近年来为国外采用的电化法等。工程措施治理土壤污染效果彻底，但投资较大。

第二节 园林树木的营养管理

营养是园林树木生长的物质基础，树木的营养管理是通过合理施肥来改善与调节树木营养状况的经营活动。

园林树木多为根深体大的木本植物，生长期和寿命长，生长发育需要的养分数量很大，加之树木长期生长于一地，根系不断从土壤中选择性吸收某些元素，造成某些营养元素贫乏。此外，城市园林绿地土壤人流践踏严重，土壤密实度大，密封度高，水气矛盾突出，使得土壤养分的有效性大大降低。同时城市园林绿地中的枯枝落叶常被彻底清除，中断了营养物质的循环，故极易造成养分的枯竭。因此，只有通过合理施肥，才能确保园林树木的健康生长，增强树木抗逆性，延缓树木衰老，达到花繁叶茂的目的。

一、园林树木与营养

1. 营养元素及其作用

园林树木的正常生长发育需要从土壤、大气中吸收碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、铜、锌、硼、钼、锰、氯等几十种化学元素作为养料。尽管园林树木对各种营养元素需要量差异很大，但对树木生长发育来说它们都是同等重要，而不可缺少的。

碳、氢、氧是组成植物体的主要成分，主要从空气和土壤中获得，一般情况下不会缺乏。氮、磷、钾被称为植物的营养三要素，树木的需要量远远超过土壤的供应量。其他营养元素由于受土壤条件、降雨、温度等影响也常不能满足树木需要。因此，我们必须根据实际情况对这些元素给予适当补充。

现将主要营养元素对园林树木生长的作用介绍如下：

(1) 氮 氮能促进园林树木的营养生长和叶绿素的形成，但如果氮肥施用过多，尤其是在磷、钾供应不足时，会造成徒长、贪青、迟熟、易倒伏、感染病虫害等。特别是一次性用量过多时会引起烧苗，所以一定要注意合理施肥。不同种类的园林树种对氮的需求有差异，一般观叶树种、绿篱、行道树在整个生长期中都需要较多的氮肥，以便在较长的时期内保持美观的叶丛、翠绿的叶色；而对观花种类来说，只是在营养生长阶段需要较多的氮肥，进入生殖生长阶段以后，应该控制使用氮肥，否则将延迟开花期。

(2) 磷 磷肥能促进种子发芽，提早开花结实期，这一功能正好与氮肥相反。此外磷肥还使茎发育坚韧不易倒伏，增强根系的发育，特别是在苗期能使根系早生快发，弥补氮肥施用过多时产生的缺点，增强植株对于不良环境及病虫害的抵抗力。因此，园林树木不仅在幼年或前期营养生长阶段需要适量的磷肥，而且进入开花期以后磷肥需要量也是很大的。

(3) 钾 钾肥能使园林树木生长强健，增强茎的坚韧性，并促进叶绿素的形成和光

合作用的进行,同时钾还能促进根系的扩大,使花色鲜艳,提高园林树木的抗寒性和抵抗病虫害的能力。但过量的钾肥使植株生长低矮,节间缩短,叶片变黄,继而变成褐色而皱缩,甚至可能使树木在短时间内枯萎。

(4)钙 钙主要用于树木细胞壁、原生质及蛋白质的形成,促进根的发育。

(5)硫 硫为树木体内蛋白质成分之一,能促进根系的生长,并与叶绿素的形成有关,硫还可能促进土壤中微生物的活动,不过硫在树体内移动性较差,很少从衰老组织中向幼嫩组织运转,所以利用率较低。

(6)铁 铁在叶绿素的形成过程中起着重要的作用。当缺铁时,叶绿素不能形成,因而树木的光合作用将受到严重影响。铁在树木体内的流动性也很弱,老叶中的铁很难向新生组织中转移,因而它不能被再度利用。在通常情况下树木不会发生缺铁现象,但在石灰质土或碱性土中,由于铁易转变为不可给态,虽土壤中有大量铁元素,树木仍然会发生缺铁现象而造成“缺绿症”。

2. 园林树木营养诊断

园林树木营养诊断是指导树木施肥的理论基础,根据树木营养诊断进行施肥,是实现树木养护管理科学化的一个重要标志。营养诊断是将树木矿质营养原理运用到施肥措施中的一个关键环节,它能使树木施肥达到合理化、指标化和规范化。

园林树木营养诊断的方法很多,包括土壤分析、叶样分析、外观诊断等,其中外观诊断是行之有效的办法,它是通过园林树木在生长发育过程中,当缺少某种元素时,在植株的形态上呈现一定的症状来判断树木缺元素的种类和程度,此法具有简单易行、快速的优点,在生产上有一定的实用价值。

3. 造成园林树木营养贫乏症的原因

引起园林树木营养贫乏的具体原因很多,常见的有以下几方面:

(1)土壤营养元素缺乏 这是引起贫乏症的主要原因。但某种营养元素缺乏到什么程度会发生贫乏症却是个复杂的问题,因为树种不同,即使同一树种的不同品种、不同生长期或不同气候条件都会有差异,所以不能一概而论,理论上说,各个树种都有其对某种营养元素要求的最低限值。

(2)土壤酸碱度不适 土壤 pH 影响营养元素的溶解度,即有效性。有些元素在酸性条件下易溶解,有效性高如铁、硼、锌、铜等,其有效性随 pH 降低而迅速增加;另一些元素则相反,当土壤 pH 趋于中性或碱性时有效性降低,如钼,其有效性会随 pH 提高而增加。

(3)营养成分的平衡 树木体内的正常代谢要求各营养元素含量保持相对的平衡,否则会导致代谢紊乱,出现生理障碍。一种元素的过量存在常会抑制另一种元素的吸收与利用,这就是所谓元素间的“颉颃”现象。这种颉颃现象是相当普遍的,当其作用比

较强烈时就会导致树木营养贫乏症的发生。生产中,较常见的颡颡现象有磷—锌、磷—铁、钾—镁、氮—钾、氮—硼、铁—锰等。因此在施肥时需注意肥料的选择搭配,避免一种元素过多而影响其他元素作用的发挥。

(4)土壤理化性质不良 这里所说的理化性质,主要是指与养分吸收有关的因素。正常而旺盛的地上部生长有利于根系的良好发育,而根系分布越广,吸收的养分数量就越多,可能吸收到的养分种类也越多。但若土壤坚实、底层有漂白层、地下水位高、盆栽容器太小等都限制根系的伸展,从而加剧或引发营养贫乏症。

(5)不良的气候条件 主要是低温的影响。低温一方面减慢土壤养分的转化,另一方面削弱树木对养分的吸收能力,故低温容易促发缺素症。实验证明,在各种营养元素中磷是受低温抑制最大的一个元素。雨量多少对营养缺乏症的发生也有明显的影响,主要表现为土壤过早或过湿而影响营养元素的释放、淋失及固定等,如干旱促进缺硼、钾及磷;多雨容易促发缺镁。此外光照也影响元素吸收,光照不足对营养元素吸收的影响以磷最严重,因而在多雨少光照而寒冷的天气条件下,施磷肥的效果特别明显。

二、园林树木施肥原理

1. 根据树种合理施肥

树木的需肥与树种及其生长习性有关。例如泡桐、杨树、重阳木、香樟、桂花、茉莉、月季、茶花等树种生长迅速、生长量大,就比柏木、马尾松、油松、小叶黄杨等慢生耐瘠树种需肥量大,因此应根据不同的树种调整施肥用量。

2. 根据生长发育阶段合理施肥

总体上讲,随着树木生长旺盛期的到来需肥量逐渐增加,生长旺盛期以前或以后需肥量相对较少,在休眠期甚至就不需要施肥;在抽枝展叶的营养生长阶段,树木对氮素的需求量大,而生殖生长阶段则以磷、钾及其他微量元素为主。根据园林树木物候期差异,施肥方案上有萌芽肥、抽枝肥、花前肥、壮花稳果肥以及花后肥等。如柑橘类几乎全年都能吸收氮素,但吸收高峰在温度较高的仲夏,磷素主要在枝梢和根系生长旺盛的高温季节吸收,冬季显著减少,钾的吸收主要在5~11月间;而栗树从发芽即开始吸收氮素,在新梢停止生长后,果实肥大期吸收最多,磷素在开花后至9月下旬吸收量较稳定,11月以后几乎停止吸收,钾在花前很少吸收,开花后(6月间)迅速增加,果实肥大期达到吸收高峰,10月以后急剧减少。就生命周期而言,一般处于幼年期的树种,尤其是幼年的针叶树生长需要大量的化肥,到成年阶段对氮素的需要量减少;对古树、大树供给更多的微量元素,有助于增强对不良环境因子的抵抗力。

3. 根据树木用途合理施肥

树木的观赏特性以及园林用途影响其施肥方案。一般说来,观叶、观形树种需要较多的氮肥,而观花、观果树种对磷、钾肥的需求量大。有调查表明,城市里的行道树大多

缺少钾、镁、磷、硼、锰、硝态氮等元素,而钙、钠等元素又常过量。也有人认为,对行道树、庭荫树、绿篱树种施肥应以饼肥、化肥为主,郊区绿化树种可更多地施用人粪尿和土杂肥。

4. 根据土壤条件合理施肥

土壤厚度、土壤水分与有机质含量、酸碱度高低、土壤结构以及三相比等均对树木的施肥有很大影响。例如,土壤水分含量和土壤酸碱度及肥效直接相关,土壤水分缺乏时施肥,可能因肥分浓度过高树木不能吸收利用而遭毒害;积水或多雨时养分容易被淋洗流失,降低肥料利用率;另外,如上所述,土壤酸碱度直接影响营养元素的溶解度,这些都是施用肥料时需仔细考虑的问题。

5. 根据气候条件合理施肥

气温和降雨量是影响施肥的主要气候因子。如低温,一方面减慢土壤养分的转化,另一方面削弱树木对养分的吸收功能。试验表明,在各种元素中磷是受低温抑制最大的一种元素;干旱常导致发生缺硼、钾及磷,多雨则容易促发缺镁。

6. 根据营养诊断合理施肥

根据营养诊断结果进行施肥,能使树木的施肥达到合理化、指标化和规范化,完全做到树木缺什么就施什么,缺多少就施多少。目前虽在生产上广泛应用受到一定限制,但应提倡。

7. 根据养分性质合理施肥

养分性质不同,不但影响施肥的时期、方法、施肥量,而且还关系到土壤的理化性状。一些易流失挥发的速效性肥料,如碳酸氢铵、过磷酸钙等,宜在树木需肥期稍前施入;而迟效性的有机肥料,需腐烂分解后才能被树木吸收利用,故应提前施入。氮肥在土壤中移动性强,即使浅施也能渗透到根系分布层内供树木吸收利用;而磷、钾肥移动性差故宜深施,尤其磷肥需施在根系分布层内才有利于根系吸收。化肥类肥料的施肥用量应本着宜淡不宜浓的原则,否则容易烧伤树木根系。事实上任何一种肥料都不是十全十美的,因此实践中应将有机与无机、速效性与缓效性、酸性与碱性、大量元素与微量元素等结合施用,提倡复合配方施肥。

三、肥料种类及施肥方式方法

根据肥料的性质及使用效果,园林树木用肥大致包括化学肥料、有机肥料及微生物肥料三大类。

1. 化学肥料

化学肥料又称为化肥、矿质肥料、无机肥料,是用物理或化学工业方法制成的,其养分形态为无机盐或化合物。某些有肥料价值的无机物质,如草木灰,虽然不属于商品性化肥,但习惯上也列为化学肥料,还有些有机化合物及其缔结产品,如硫氰酸钙、尿素

等，也常被称为化肥。化学肥料种类很多，按植物生长所需要的营养元素种类，可分为氮肥、磷肥、钾肥、钙肥、镁肥、硫肥、微量元素肥料、复合肥料、草木灰、农用盐等。

化学肥料大多属于速效性肥料，供肥快，能及时满足树木生长需要，化学肥料还有养分含量高施用量少的优点。但化学肥料只能供给植物矿质养分，一般无改土作用，养分种类也比较单一，肥效不能持久，而且容易挥发、流失或发生强烈的固定，降低肥料的利用率。所以，生产上一般以追肥形式使用，且不宜长期单一施用化学肥料，应以化学肥料和有机肥料配合施用，否则，对树木、土壤都是不利的。

2. 有机肥料

有机肥料是指含有丰富有机质，既能提供植物多种无机养分和有机养分，又能培肥改土的一类肥料，其中绝大部分为就地取材自行积制的。有机肥料来源广泛、种类繁多，常用的有粪尿肥、堆沤肥、饼肥、泥炭、绿肥、腐殖酸类肥料等。虽然不同种类有机肥的成分、性质及肥效各不相同，但有机肥大多有机质含量高，有显著的改土作用，含有多种养分，有完全肥料之称，既能促进树木生长，又能保水保肥；而且其养分大多为有机态，供肥时间较长。不过，大多数有机肥养分含量有限，尤其是氮含量低，肥效来得慢，施用量也相当大，因而需要较多的劳力和运输力量，此外，有机肥施用时对环境卫生也有一定不利影响。针对以上特点，有机肥一般以基肥形式施用，施用前必须采取堆积方式使之腐熟，其目的是为了快速释放养分，提高肥料质量及肥效，避免肥料在土壤中腐熟时产生某些对树木不利的影响。

3. 微生物肥料

微生物肥料也称生物肥、菌肥、细菌肥及接种剂等。确切地说，微生物肥料是菌而不是肥，因为它本身并不含有植物需要的营养元素，而是通过含有的大量微生物的生命活动来改善植物的营养条件。依据生产菌株的种类和性能，微生物肥料大致有根瘤菌肥料、固氮菌肥料、磷细菌肥料及复合微生物肥料等几大类。根据微生物肥料的特点，使用时应注意：一是使用菌肥需具备一定的条件，才能确保菌种的生命活力和菌肥的功效，而强光照射、高温、接触农药等都有可能杀死微生物；二是固氮菌肥要在土壤通气条件好、水分充足、有机质含量稍高的条件下才能保证细菌的生长和繁殖；三是微生物肥料一般不宜单施，一定要与化学肥料、有机肥料配合施用，才能充分发挥其应有作用，而且微生物生长、繁殖也需要一定的营养物质。

根据肥料的性质以及施用时期，园林树木的施肥方式主要有基肥和追肥两种类型。基肥施用时期要早，追肥要巧。基肥以有机肥为主，是在较长时期段内供给树木多种养分的基础性肥料，所以宜施迟效性有机肥料，如腐殖酸类肥料、堆肥、厩肥、圈肥、粪肥、鱼肥、骨粉、血肥、复合肥、长效肥以及植物枯枝落叶、作物秸秆等。基肥通常分成栽植前基肥、春季基肥和秋季基肥。在此时施入基肥，不但有利于提高土壤孔隙度，疏松土

壤改善土壤中水、肥、气、热状况,促进微生物的活动,而且还能在相当长的一段时间内源源不断地供给树木所需的大量元素和微量元素,基肥在春季与秋季结合土壤深翻施用,一般施用的次数较少,但用量较大。虽然基肥肥效发挥平稳缓慢,但当树木需肥急迫时就必须及时补充肥料,以满足树木生长发育的需要。追肥一般多用速效性无机肥,并根据园林树木一年中各物候期特点来施用。在生产上分前期追肥和后期追肥。前期追肥又分为开花前追肥、落花后追肥和花芽分化期追肥。具体追肥时间与树种、品种习性以及气候、树龄、用途等有关。如对观花、观果树木,花芽分化期和花后的追肥尤为重要,而对大多数园林树木来说,一年中生长旺期的抽梢追肥常常是必不可少的。与基肥相比,追肥施用的次数较多,但一次性用肥量却较少。对于观花灌木、庭荫树、行道树以及重点观赏树种,应在每年的生长期进行 2~3 次追肥,且土壤追肥与根外追肥均可。

根据施肥部位的不同,园林树木施肥主要有土壤施肥和根外施肥两大类。土壤施肥就是将肥料直接施入土壤中,然后通过树木根系进行吸收的施肥,它是园林树木主要的施肥方法。

土壤施肥必须根据根系分布特点,将肥料施在吸收根集中分布区附近,才能被根系吸收利用,充分发挥肥效,并引导根系向外扩展。理论上讲,在正常情况下,树木的多数根集中分布在地下 10~60cm 深范围内,根系的水平分布范围,多数与树木的冠幅大小相一致,即主要分布在树冠外围边缘的圆周内,故可在树冠外围于地面的水平投影处附近挖掘施肥沟或施肥坑。由于许多园林树木常常经过造型修剪,树冠冠幅大大缩小,这就给确定施肥范围带来困难。有人建议,在这种情况下,可以将离地面 30cm 高处的树干直径值扩大 10 倍,以此数据为半径,树干为圆心,在地面做出的圆周边即为吸收根分布区,也就是说该圆周附近处即为施肥范围。

事实上,具体的施肥深度和范围还与树种、树龄、土壤和肥料种类等有关。深根性树种、沙地、坡地、基肥以及移动性差的肥料等施肥时宜深不宜浅;相反可适当浅施;随着树龄增加,施肥时要逐年加深,并扩大施肥范围,以满足树木根系不断扩大的需要。

目前生产上常见的土壤施肥方法有全面施肥、沟状施肥和穴状施肥:

(1)全面施肥 分撒施与水施两种。前者是将肥料均匀地撒布于园林树木生长的地面,然后再翻入土中。这种施肥的优点是,方法简单、操作方便、肥效均匀,但施入较浅,养分流失严重,用肥量大,并诱导根系上浮而降低根系抗性。此法若与其他方法交替使用则可取长补短,发挥肥料的更大功效。水施供肥及时,肥效分布均匀,既不伤根系又保护耕作层土壤结构,节省劳力,肥料利用率高,是一种很有发展潜力的施肥方法。

(2)沟状施肥 沟状施肥包括环状沟施、放射状沟施和条状沟施,其中以环状沟施较为普遍。环状沟施是在树冠外围稍远处挖环状沟施肥,一般施肥沟宽 30~40cm 深 30~60cm。环状沟施具有操作简便,用肥经济的优点,但易伤水平根,多适用于园林孤

植树；放射状沟施较环状沟施伤根要少，但施肥部位也有一定局限性；条状沟施是在树木行间或株间开沟施肥，多适合苗圃里的树木或呈行列式布置的树木。

(3)穴状施肥 穴状施肥与沟状施肥很相似，若将沟状施肥中的施肥沟变为施肥穴或坑就成了穴状施肥。栽植树木时的基肥施入，实际上就是穴状施肥。生产上，以环状穴施居多。施肥时，施肥穴同样沿树冠在地面投影线附近分布，不过，施肥穴可为 2~4 圈，呈同心圆环状。目前国外穴状施肥已实现了机械化操作，把配制好的肥料装入特制容器内，依靠空气压缩机通过钢钻直接将肥料送入到土壤中，供树木根系吸收利用。这种方法快速省工，对地面破坏小，特别适合城市铺装地面中树木的施肥。

目前生产上常见的根外施肥方法有叶面施肥和枝干施肥：

(1)叶面施肥 叶面施肥是用机械的方法，将按一定浓度配制好的肥料溶液，直接喷雾到树木的叶面上，通过叶面气孔和角质层的吸收，转移运输到树体的各个器官。叶面施肥具有简单易行、用肥量小、吸收见效快、可满足树木急需等优点，避免了营养元素在土壤中的化学或生物固定。因此，在早春树木根系恢复吸收功能前，在缺水季节或缺水地区以及不便土壤施肥的地方，均可采用叶面施肥，同时，该方法还特别适合于微量元素的施用以及对树体高大、根系吸收能力衰竭的古树、大树的施肥。

叶面施肥的效果与叶龄、叶面结构、肥料性质、气温、湿度、风速等密切相关。幼叶生理机能旺盛，气孔所占比重较大，较老叶吸收速度快，效率高；叶背较叶面气孔多，且表皮层下具有较疏松的海绵组织，细胞间隙大，而多，利于渗透和吸收。因此，应对树叶正反两面进行喷雾。肥料种类不同，进入叶内的速度有差异。如硝态氮、氯化镁喷后 15 秒进入叶内，而硫酸镁需 30 秒 氯化镁 15 分钟，氯化钾 30 分钟 硝酸钾 1 小时，按态氮 2 小时才进入叶内。许多试验表明，叶面施肥最适温度为 18~25℃，湿度大些效果好，因而夏季最好在上午 10 时以前和下午 16 时以后喷雾，以免气温高，溶液很快浓缩，影响喷肥效果或导致药害。

叶面施肥多作追肥施用，生产上常与病虫害的防治结合进行，因而药液浓度至关重要。在没有足够把握的情况下，应宁淡勿浓。喷布前需做小型试验，确定不能引起药害，方可再大面积喷布。

(2)枝干施肥枝干施肥就是通过树木枝、茎的韧皮部来吸收肥料营养，它吸肥的机理和效果与叶面施肥基本相似。枝干施肥又大致有枝干涂抹和枝干注射两种方法，前者是先将树木枝干刻伤，然后在刻伤处加上固体药棉；后者是用专门的仪器来注射枝干，目前国内已有专用的树干注射器。枝干施肥主要用于衰老古大树、珍稀树种、树桩盆景以及观花树木和大树移栽时的营养供给。例如，有人分别用浓度 2% 的柠檬酸铁溶液注射和用浓度 1% 的硫酸亚铁加尿素药棉涂抹栀子花枝干，在短期内就扭转了栀子花的缺绿症，效果十分明显。

美国在 20 世纪 80 年代中生产出可埋入树干的长效固体肥料，通过树液湿润药物缓慢的释放有效成分，有效期可保持 3~5 年，主要用于行道树的缺锌、缺铁、缺锰的营养缺乏症。

四、施肥量

对施肥量含义的全面理解应包括：肥料中各种营养元素的比例、一次性施肥的用量和浓度以及全年施肥的次数等数量指标。施肥量受树种习性、物候期、树体大小、树龄、土壤与气候条件、肥料的种类、施肥时间与方法、管理技术等诸多因素影响，难以制定统一的施肥量标准。施肥量过大或不足，对园林树木均有不利影响。施肥过多树木不能吸收，既造成肥料的浪费，又可能使树木遭受肥害，而肥料用量不足则达不到施肥的目的。目前，关于施肥量指标有许多不同的观点。在我国一些地方，有以树木每厘米胸高直径 0.5kg 的标准作为计算施肥量依据的。就同一树木而言，一般化学肥料、追肥、根外施肥的施肥浓度分别较有机肥料、基肥和土壤施肥要低，而且要求更严格。化学肥料的施用浓度一般不宜超过 1%~3%，而在进行叶面施肥时，多为 0.1%~0.3% 对一些微量元素，浓度应更低。

树叶所含的营养元素量可反映树体的营养状况，所以近 20 年来，广泛应用叶片分析法来确定树木的施肥量。用此法不仅能查出肉眼见得到的症状，还能分析出多种营养元素的不足或过剩，以及能分辨两种不同元素引起的相似症状，还能在病症出现前及早测知。此外，进行土壤分析也是确定施肥量的重要依据。

近年来，国内外已开始应用计算机技术、营养诊断技术等先进手段，在对肥料成分、土壤及植株营养状况等进行综合分析判断的基础上，控制施肥量，实行科学施肥。

第三节 园林树木的水分管理

园林树木的水分管理，就是根据各类园林树木的生态学特性，通过多种技术措施和管理手段，来满足树木对水分的合理需求，保障水分的有效供给，达到园林树木健康生长和节约水资源的目的。它包括园林树木的灌溉与排水两方面的内容。园林树木水分科学管理的意义体现在以下三方面：

1. 确保园林树木的健康生长及园林功能的正常发挥

园林树木的生存离不开水分，水分缺乏会使树木处于萎蔫状态，轻者叶色暗浅，干边无光泽，叶面出现枯焦斑点，新芽、幼蕾、幼花干尖、干瓣并早期脱落，重者新梢停止生长，往往自下而上发黄变枯、落叶，甚至整株干枯死亡。但水分过多会造成植株徒长，引起倒伏，抑制花芽分化，延迟开花期，易出现烂花、落蕾、落果现象。特别是当土壤水分过多时，土壤缺氧而引起厌氧细菌活动，由此产生大量有毒物质的积累，导致根系发霉

腐烂，窒息死亡。

2. 改善园林树木的生长环境

水分不但对城市园林绿地的土壤和气候环境有良好的调节作用，而且还与园林植物病虫害的发生密切相关。例如，在高温季节进行喷灌可降低土温，同时树木还可借助蒸腾作用来调节温度，提高空气湿度，使叶片和花果不致因强光的照射而引起“日烧”，避免了强光、高温对树木的伤害；在干旱的土壤上灌水，可以改善微生物的生活状况，促进土壤有机质的分解。然而，不合理的灌溉，可能会造成园林绿地的地面侵蚀，土壤结构遭到破坏，营养物质淋失，土壤盐渍化加剧等不良后果，不利于园林树木的生长。

3. 节约水资源，降低养护成本

目前我国城市园林绿地中树木的灌溉用水大多为自来水，与生产、生活用水的矛盾十分突出，而我国是缺水国家，水资源十分有限，节约并合理利用每一滴水都显得十分重要。因此，制定科学合理的园林树木水分管理方案、实施先进的灌排技术，确保园林树木的水分需求，减少水资源的损失浪费，降低园林绿地的养护管理费用，是我国城市园林现阶段的客观需要和必然选择。

一、园林树木的需水特性

正确全面地认识园林树木的需水特性，是制定科学的水分管理方案、合理安排灌排工作、适时适量满足树木水分需求、确保园林树木健康生长、充分有效地利用水资源的重要依据。园林树木需水特性主要与以下因素有关：

1. 园林树木种类与需水

园林树木是园林绿化的主体，数量大，种类多，但由于不同树种、品种在水分需求上有较大差异，所以应区别对待。一般来说，生长速度快，生长期长，花、果、叶量大的种类需水量较大；反之，需水量较小。因此，通常乔木比灌木，常绿树种比落叶树种，阳性树种比阴性树种，浅根性树种比深根性树种，中生、湿生树种比旱生树种需要较多的水分。但值得注意的是，需水量大的种类不一定需常湿，需水量小的也不一定可常干，而且园林树木的耐旱力与耐湿力并不完全呈负相关关系。如最抗旱的紫穗槐，其耐水力也很强，而刺槐同样耐旱，但却不耐水湿。

2. 生长发育阶段与需水

就生命周期而言，种子萌发时，必须吸足水分，以便种皮膨胀软化，需水量较大；在幼苗时期，树木的根系弱小，在土层中分布较浅，抗旱力差，虽然植株个体较小，总需水量不大，但也必须经常保持表土适度湿润；随着植株个体的增大，总需水量应有所增加，个体对水分的适应能力也有所增强。

在年生长周期中，生长季的需水量大于休眠期。秋冬季气温降低，大多数园林树木处于休眠或半休眠状态，即使常绿树种的生长也极为缓慢，这时应少浇或不浇水，以防

烂根；春季气温上升，随着树木大量抽枝展叶，需水量也逐渐增大。由于早春气温回升快于土温，根系尚处于休眠状态，吸收功能弱，树木地上部分已开始蒸腾耗水，因此，对于一些常绿树种应进行适当的叶面喷雾。

在生长过程中，许多树木都有一个对水分需求特别敏感的时期，即需水临界期，此时如果缺水，将严重影响树木枝梢生长和花的发育，以后即使更多的水分供给也难以补偿。需水临界期因各地气候及树种而不同，就目前研究的结果来看，呼吸、蒸腾作用最旺盛时期，以及观果类树种果实迅速生长期都要求充足的水分。由于相对干旱会促使树木枝条停止加长生长，使营养物质向花芽转移，因而在栽培上常采用减水、断水等措施来促进花芽分化。如对梅花、桃花、榆叶梅、紫薇、紫荆等花灌木，在营养生长期即将结束时适当扣水，少浇或停浇几次水，能提早和促进花芽的形成和发育，从而达到开花繁茂的观赏效果。

3. 园林树木栽植年限与需水

刚刚栽植的树木，根系损伤大吸收功能弱，根系在短期内难与土壤密切接触，常常需要连续多次反复灌水，方能保证成活。如果是常绿树种，还有必要对枝叶进行喷雾。树木定植经过一定年限后，进入正常生长阶段，地上部分与地下部分间建立起了新的平衡，需水的迫切性会逐渐下降，不必经常灌水。

4. 园林树木用途与需水

生产上，因受水源、灌溉设施、人力、财力等因素限制，常常难以对全部树木进行同等的灌溉，而要根据园林树木的用途来确定灌溉的重点。一般需水的优先对象是观花灌木、珍贵树种、孤植树、古树、大树等观赏价值高的树木以及新栽树木。

5. 立地条件与需水

生长在不同地区的园林树木，受当地气候、地形、土壤等条件的影响，其需水状况有较大差异。在气温高、日照强、空气干燥、风大的地区，叶面蒸腾和株间蒸发均会加强，树木的需水量就大，反之则小。由于上述因素直接影响水面蒸发量的大小，因此在许多灌溉试验中，大多以水面蒸发量作为反映各气候因素的综合指标，而以树木需水量和同期水面蒸发量的比值反映需水量与气候条件之间的关系。土壤的质地、结构与灌水密切相关。如沙土保水性较差应“小水勤浇”较黏重土壤保水力强灌溉次数和灌水量均应适当减少。若种植地面经过了铺装，或游人践踏严重时，应给予树木经常性的地上喷雾，以补充土壤水分的不足。

6. 管理技术措施与需水

管理技术措施对园林树木的需水情况有较大影响。一般来说，经过合理的深翻、耕，并经常施用有机肥料的土壤，其结构性能好，蓄水保墒能力强，土壤水分的有效性高，能及时满足树木对水分的需求，因而灌水量较小。

在全年的裁培养护工作中，灌水应与其他技术措施密切结合，以便在互相影响下更好地发挥每个措施的积极作用。如灌溉结合施肥，特别是施化肥的前后浇水，既可避免肥力过大、过猛，影响根系吸收或遭毒害，又可满足树木对水分的正常要求。此外，灌水应与中耕除草、培土、覆盖等土壤管理措施相结合。因为灌水和保墒是一个问题的两个方面。做好保墒工作可以减少土壤水分的消耗，满足树木对水分的要求，并减少经常灌水之烦。

二、园林树木的灌溉

1. 灌溉水的质量

灌溉水的好坏直接影响园林树木的生长。用于园林绿地树木灌溉的水源有雨水、河水、地表径流、自来水、井水及泉水等。这些水中的可溶性物质、悬浮物质以及水温等各有差异，对园林树木生长有不同影响。如雨水含有较多的二氧化碳、氨和硝酸，自来水中含有氯，这些物质不利于树木生长；地表径流含有较多树木可利用的有机质及矿质元素；河水中常含有泥沙和藻类植物，若用于喷、滴灌时，容易堵塞喷头和滴头；井水和泉水温度较低，伤害树木根系，需贮于蓄水池中，经短期增温充气后方可利用。总之，园林树木灌溉用水以软水为宜，不能含有过多的对树木生长有害的有机、无机盐类和有毒元素及其化合物，一般有毒可溶性盐类含量不超过 1.8g/L ，水温与气温或地温接近。

2. 灌水时期

正确的灌水时期对灌溉效果以及水资源的合理利用有很大影响。理论上讲，科学的灌水是适时灌溉，也就是说在树木最需要水的时候及时灌溉。根据园林生产管理实际，可将树木灌水时期分为以下两种类型：

(1) 干旱性灌溉 干旱性灌溉是指在发生土壤、大气严重干旱，土壤水分难以满足树木需要时进行的灌水。在我国，这种灌溉大多在久旱无雨、高温的夏季和早春等缺水时节，此时若不及时供水就有可能导致树木死亡。早春灌水，不仅有利于新梢和叶片的生长，而且有利于开花和坐果，促使树木健壮生长，是花繁、叶茂、果丰的关键性措施。

根据土壤含水量和树木的萎蔫系数确定具体的灌水时间是较可靠的方法。一般认为，当土壤含水量为最大持水量的 $60\%\sim 80\%$ 时，土壤中的空气与水分状况符合大多数树木生长需要，因此，当土壤含水量低于最大持水量的 60% 时，就应根据具体情况决定是否需要灌水。用土壤水分张力计可以简便、快速、准确地测出土壤水分状况，从而确定科学的灌水时间。也可通过测定植物萎蔫系数来确定是否需要灌溉。萎蔫系数是指因干旱而导致树木外观出现明显伤害症状时的树木体内含水量，因树种和生长环境不同而异，可以通过栽培观察试验，简单地测定各种树木的萎蔫系数，为确定灌水时间提供依据。

(2) 管理性灌溉 管理性灌溉是根据园林树木生长发育的需要，在某个特殊阶段进

行的灌水，即在树木需水临界期的灌水。例如，在栽植树木时要浇大量的定根水；在我国北方地区树木休眠前要灌“冻水”或“封冻水”，许多树木在生长期要浇展叶水、抽梢水、花芽分化水、花蕾水、花前水、花后水等。管理性灌溉的时间主要根据树木的生长发育规律而定。

总之，灌水的时期应根据树种以及气候、土壤等条件而定，具体灌溉时间则因季节而异。夏季灌溉应在清晨和傍晚，此时水温与地温接近，对根系生长影响小；冬季因晨夕气温较低，灌溉宜在中午前后。此外，还值得注意的是，不能等到树木已从形态上显露出缺水受害症状时才灌溉，而要在树木从生理上受到缺水影响时就开始灌水。

3. 灌水量

灌水量同样受多方面因素的影响，不同的树种、品种、砧木以及不同的土质、不同的气候条件、不同的植株大小、不同的生长状况等，都与灌水量有关。在有条件灌溉时，应灌饱灌足，切忌表土打湿而底土仍然干燥。一般已达花龄的乔木，大多应浇水令其渗透到 80~100cm 深处。适宜的灌水量一般以达到土壤最大持水量的 60%~80% 为标准。

园林树木灌水量的大小可参照果园灌水方法进行，即根据不同土壤的持水量，灌溉前的土壤湿度，土壤容重、要求土壤浸湿的深度，按下例公式计算：

灌水量 = 灌溉面积 × 土壤浸湿深度 × 土壤容重 × (田间持水量 - 灌溉前土壤湿度)

灌溉前的土壤湿度，每次灌水前均需测定。田间持水量、土壤容重、土壤浸湿深度等项，可数年测定一次。

应用此公式计算出的灌水量，还可根据树种、品种、不同生命周期、物候期以及日照、温度、风、干旱持续的长短等因素进行调整，酌增酌减，以便更符合实际需要。如果在树木生长地安置张力计，则不必计算灌水量，灌水量和灌水时间均可由真空计器的读数表示出来。

4. 灌水方法

灌水方法正确与否，不但关系到灌水效果好坏，而且还影响土壤的结构。正确的灌水方法，要有利水分在土壤中均匀分布，充分发挥水效，节约用水量，降低灌水成本，减少土壤冲刷，保持土壤的良好结构。随着科学技术的发展，灌水方法也在不断改进，正朝着机械化、自动化方向发展，使灌水效率和灌水效果均大幅度提高。根据供水方式的不同，将园林树木的灌水方法分为以下三种：

(1) 地上灌水 地上灌水包括人工浇灌、机械喷灌和移动式喷灌。

虽然人工浇灌费工多、效率低，但在交通不便、水源较远、设施条件较差的情况下，仍不失为一种有效的灌水方法。人工浇灌大多采用树盘灌水形式，灌溉时以树干为圆心，在树冠边缘投影处用土壤围成圆形树堰，灌水在树堰中缓慢渗入地下。人工浇灌属于局部灌溉，灌水前应疏松树堰内土壤，使水容易渗透，灌溉后耙松表土以减少水分

蒸发。

机械喷灌是固定或拆卸式的管道输送和喷灌系统，一般由水源、动力、水泵、输水管道及喷头部分组成，是一种比较先进的灌水技术，目前已广泛用于园林苗圃、园林草坪以及重要的绿地系统。

机械喷灌的优点是：灌溉水首先是以雾化状洒落在树体上，然后再通过树木枝叶逐渐下渗至地表，避免了对土壤的直接打击、冲刷，基本不产生深层渗漏和地表径流，既节约用水又减少了对土壤结构的破坏，可保持原有土壤的疏松状态；同时，机械喷灌还能迅速提高树木周围的空气湿度，控制局部环境温度的急剧变化，为树木生长创造良好条件。此外，机械喷灌对土地的平整度要求不高，可以节约劳力，提高工作效率。机械喷灌的缺点主要有：可能加重某些园林树木感染白粉病和其他真菌病害的程度；灌水的均匀性受风的影响很大，风力过大，还会增加水量损失；同时，喷灌的设备价格和管理维护费用较高，使其应用范围受到一定限制。但总体上讲，机械喷灌还是一种发展潜力巨大的灌溉技术，值得大力推广应用。

移动式喷灌一般由城市洒水车改建而成，在汽车上安装贮水箱、水泵、水管及喷头组成一个完整的喷灌系统，灌溉的效果与机械喷灌相似。由于汽车喷灌具有移动灵活的优点，因而常用于城市街道行道树的灌水。

(2)地面灌水 地面灌水可分为漫灌与滴灌两种形式。前者是一种大面积的表面灌水方式，因用水极不经济也不科学，生产上已很少采用；后者是近年来发展起来的机械化、自动化的先进灌溉技术，它是将灌溉用水以水滴或细小水流形式，缓慢地施于植物根域的灌水方法。滴灌的效果与机械喷灌相似，但比机械喷灌更节约用水。不过滴灌对小气候的调节作用较差，而且耗管材多，对用水质量要求严格，管道和滴头容易堵塞。

目前国内外已发展到自动化滴灌装置，其自动控制方法可分时间控制法、电力抵抗法和土壤水分张力计自动控制法等，而广泛用于蔬菜、花卉的设施栽培生产中以及庭院观赏树木的养护中。滴灌系统的主要组成部分包括水泵、化肥罐、过滤器、输水管、灌水管和滴水管等。

(3)地下灌水 地下灌水是借助于地下的管道系统，使灌溉水在土壤毛细管作用下，向周围扩散浸润植物根区土壤的灌溉方法。地下灌水具有蒸发量小、节省灌溉用水、不破坏土壤结构、地下管道系统在雨季还可用于排水等优点。

地下灌水分为沟灌与渗灌两种。沟灌是用高畦低沟方法，引水沿沟底流动来浸润周围土壤。灌溉沟有明沟与暗沟、土沟与石沟之分，石沟的沟壁设有小型渗漏孔。渗灌是采用地下管道系统的一种地下灌水方式，整个系统包括输水管道和渗水管道两大部分，通过输水管道将灌溉水输送至灌溉地的渗水管道，它做成暗渠和明渠均可，但应有

一定比降。渗水管道的作用在于通过管道上的小孔,使灌水渗入土壤中,目前常用的有专门烧制的多孔瓦管、多孔水泥管、竹管以及波纹塑料管等,生产上应用较多的是多孔瓦管。

三、园林树木的排水

排水是为了减少土壤中多余的水分以增加土壤空气的含量,促进土壤空气与大气的交流,提高土壤温度,激发好气性微生物活动,加快有机物质的分解,改善树木营养状况,使土壤的理化性状得到全面改善。

排水不良的土壤经常发生水分过多而缺乏空气,迫使树根进行无氧呼吸并积累乙醇造成蛋白质凝固,引起根系生长衰弱以至死亡;土壤通气不良造成嫌气微生物活动促使反硝化作用发生,从而降低土壤肥力;而有些土壤,如黏土中,在大量施用硫酸铵等化肥或未腐熟的有机肥后,若遇土壤排水不良,这些肥料将进行无氧分解,从而产生大量的一氧化碳、甲烷、硫化氢等还原性物质,严重影响树木地下部分与地上部分的生长发育。因此排水与灌水同等重要。

1. 排水条件

在有下列情况之一时,就需要进行排水:

(1) 树木生长在低洼地,当降雨强度大时汇集大量地表径流,且不能及时渗透,而形成季节性涝湿地。

(2) 土壤结构不良,渗水性差,特别是有坚实不透水层的土壤,水分下渗困难,形成过高的假地下水位。

(3) 园林绿地临近江河湖海,地下水位高或雨季易遭淹没,形成周期性的土壤过湿。

(4) 平原或山地城市,在洪水季节有可能因排水不畅,形成大量积水。

(5) 在一些盐碱地区,土壤下层含盐量高,不及时排水洗盐,盐分会随水位的上升而到达表层,造成土壤次生盐渍化,对树木生长很不利。

2. 排水方法

应该说,园林绿地的排水是一项专业性基础工程,在园林规划及土建施工时就应统筹安排,建好畅通的排水系统。园林树木的排水通常有以下四种:

(1) 明沟排水 明沟排水是在地面上挖掘明沟,排除径流。它常由小排水沟、支排水沟以及主排水沟等组成一个完整的排水系统,在地势最低处设置总排水沟。这种排水系统的布局多与道路走向一致,各级排水沟的走向最好相互垂直,但在两沟相交处应成锐角相交($45^{\circ}\sim 60^{\circ}$),以利水流畅,防止相交处沟道淤塞,且各级排水沟的纵向比降应大小有别。

(2) 暗沟排水 暗沟排水是在地下埋设管道形成地下排水系统,将地下水降到要求的深度。暗沟排水系统与明沟排水系统基本相同,也有干管、支管和排水管之别。暗沟

排水的管道多由塑料管、混凝土管或瓦管做成。建设时，各级管道需按水力学要求的指标组合施工，以确保水流畅通，防止淤塞。

(3) 滤水层排水 滤水层排水实际就是一种地下排水方法，一般是在低洼积水地以及透水性极差的立地上栽种的树木，或对一些极不耐水湿的树种在栽植初采取的排水措施，即在树木生长的土壤下层填埋一定深度的煤渣、碎石等材料，形成滤水层，并在周围设置排水孔，遇积水就能及时排除。这种排水方法只能小范围使用，起到局部排水的作用。

(4) 地面排水 这是目前使用最广泛、最经济的一种排水方法。它是通过道路、广场等地面，汇聚雨水，然后集中到排水沟，从而避免绿地树木遭受水淹。不过，地面排水方法需要设计者经过精心设计安排，才能达到预期效果。

第八章 园林树木的其他养护管理

园林树木能否生长良好，并尽快发挥最佳的观赏效果或生态效益，不仅取决于能否根据园林树木的年生长进程和生命周期的变化规律，做好其土、水、肥管理，而且取决于能否根据园林树木的生长环境及各种自然和人为因素的影响，进行适时、经常和稳定的其他养护管理，为各个龄期的树体生长创造适宜的环境条件，使树体长期维持较好的生长势。为此，应根据园林树木生长地的气候条件，做好各种自然灾害的防治工作，对受损树体进行必要的保护和修补，使之能够长久地保持色艳、香浓、形佳，形成参天覆地、绿翠盈然的园林景观；还应制定养护管理的技术标准和操作规范，使养护管理工作目标明确，措施有力，做到养护管理科学化、规范化。

第一节 自然灾害及其防治

一、冻害

冻害主要是指树木因受低温的伤害而使细胞和组织受伤，甚至死亡的现象。树体细胞或组织结冰时，细胞壁外面的纯水膜首先结冰，随着温度下降，冰晶进一步扩大，这一方面会使细胞失水，引起细胞原生质浓缩，造成胶体物质的沉淀；另一方面使压力增加，促使细胞膜变性和细胞壁破裂，严重时引起树木死亡。

1. 造成冻害的有关因素

影响树木冻害发生的因素很复杂，从内因来说，与树种、品种、树龄、生长势及当年枝条的成熟及休眠与否均有密切关系。从外因来说是与气象、地势、坡向、水体、土壤、栽培管理等因素分不开的。因此当发生冻害时，应从多方面分析，找出主要矛盾，提出解决办法。

(1) 与树种、品种的关系 不同的树种或不同的品种，其抗冻能力不同。如樟子松比油松抗冻，油松比马尾松抗冻。同是梨属的秋子梨比白梨和沙梨抗冻。又如原产长江流域的梅品种比广东的黄梅抗寒。

(2) 与枝条成熟度的关系 枝条愈成熟其抗冻力愈强。枝条充分成熟的标志主要是：木质化的程度高，含水量减少，细胞液浓度增加，积累淀粉多。在降温来临之前，如

果还不能停止生长而进行抗寒锻炼的树木，都容易遭受冻害。

(3)与枝条内糖类变化动态的关系 如梅花枝条中糖类变化动态与其抗寒越冬性密切相关。在整个生长季节内，梅花与同属的北方抗寒树种杏及山桃一样，糖类主要以淀粉的形式存在。到生长期结束前，淀粉的积蓄达到最高，在枝条的环髓层及髓射线细胞内充满着淀粉粒。到 11 月上旬末，原产长江流域的梅品种与杏、山桃一样淀粉粒开始明显溶蚀分解至 1 月份杏及山桃枝条中的淀粉粒完全分解，而梅花枝内始终残存淀粉的痕迹，没有彻底分解。而广州黄梅在入冬后，始终未观察到淀粉分解的现象。可见，越冬时枝条中淀粉转化的速度和程度与树种的抗寒越冬能力密切相关。从淀粉的转化表明，长江流域梅品种的抗寒力虽不及杏、山桃，但具有一定的抗寒生理功能基础；而广州黄梅则完全不具备这种内在条件。同时还观察到梅花枝条皮部的氮素代谢动态与其越冬力关系非常密切。越冬力较强的单瓣玉蝶比无越冬能力的广州黄梅有较高的含氮水平，特别是蛋白氮。

(4)与枝条休眠的关系 冻害的发生与树木的休眠和抗寒锻炼有关，一般处在休眠状态的植株抗寒力强，植株休眠愈深，抗寒力愈强。植物抗寒性的获得是在秋天和初冬期间逐渐发展起来的，这个过程称为“抗寒锻炼”，一般的植物通过抗寒锻炼才能获得抗寒性。到了春季，抗冻能力又逐渐趋于丧失，这一丧失过程称为“锻炼解除”。

树木的春季解除休眠的早晚与冻害发生有密切关系。解除休眠早的，受早春低温威胁较大；休眠解除较晚的，可以避开早春低温的威胁。因此，冻害的发生一般常常不在绝对温度最低的休眠期，而常在秋末或春初时发生。所以说，越冬性不仅表现在对于低温的抵抗能力，而且表现在休眠期和解除休眠期后对于综合环境条件的适应能力。

(5)与低温来临状况的关系 当低温到来的时期早，又突然，植物本身未经抗寒锻炼，人们也没有采用防寒措施时，很容易发生冻害。日极端最低温度越低，植物受冻害就越大；低温持续的时间越长，植物受害越大；降温速度越快，植物受害越重。此外，树木受低温影响后，如果温度急剧回升，则比缓慢回升受害严重。

(6)与地势、坡向、水体、栽培管理水平等因素的关系

地势、坡向不同，小气候差异大 如在江苏、浙江一带种在山南面的柑橘比种在同样条件下北面的柑橘受害重，因为山南面日夜温度变化较大，山北面日夜温差小。江苏太湖东山的柑橘，每年山南面的橘子多少要发生冻害，而山北面的橘子则不发生冻害。在同等条件下，土层浅的橘园比土层厚的橘园受害严重，因为土层厚，扎根深，根系发达，吸收的养分和水分多，植株健壮。

②水体对冻害的发生也有一定的影响 在同一个地区位于水源较近的橘园比离水远的橘园受害轻，因为水的热容量大，白天水体吸收大量热，到晚上周围空气温度比水温低时，水体又向外放出热量，因而使周围空气温度升高。前面介绍的江苏东山山北面

的柑橘一般不发生冻害的另一个原因是山北面面临太湖。但是在 1976 年冬天 东山北面的柑橘比山南面的柑橘受害还重，这是因为山北面的太湖已结冰之故。

栽培管理水平与冻害的发生有密切的关系 同一品种的实生苗比嫁接苗耐寒，因为实生苗根系发达，根深抗寒力强，同时实生苗可塑性强，适应性就强；砧木的耐寒性差异很大，桃树在北方以山桃为砧木，在南方以毛桃为砧木，因为山桃比毛桃抗寒；同一个品种结果多的比结果少的容易发生冻害，因为结果多消耗大量的养分，所以容易受冻；施肥不足的比合理施肥的抗寒力差，因为施肥不足，植株长得不充实，营养积累少，抗寒力就低；树木遭受病、虫危害时，容易发生冻害，而且病虫危害越严重，冻害也就越严重。

2. 冻害的表现

(1)芽 花芽是抗寒力较弱的器官。花芽冻害多发生在春季回暖时期，腋花芽较顶花芽的抗寒力强。花芽受冻后，内部变褐色，初期从表面上只看到芽鳞松散，不易鉴别，到后期则芽不萌发，干缩枯死。

(2)枝条 枝条的冻害与其成熟度有关。成熟的枝条，在休眠期以形成层最抗寒，皮层次之，而木质部、髓部最不抗寒。所以随着受冻程度的加重，髓部、木质部先后变色，严重冻害时韧皮部才受伤，如果形成层变色则枝条便失去了恢复能力。但在生长期则以形成层抗寒力最差。

幼树在秋季因雨水过多贪青徒长，枝条生长不充实，易加重冻害，特别是成熟不良的先端对严寒敏感，常首先发生冻害，轻者髓部变色，较重时枝条脱水干缩，严重时枝条可能冻死。多年生枝条发生冻害，常表现树皮局部冻伤，受冻部分最初稍变色下陷，不易发现，如果用刀挑开，可发现皮部已变褐，以后逐渐干枯死亡，皮部裂开和脱落，但是如果形成层未受冻，则可逐渐恢复。

(3)枝杈和基角 枝杈或主枝基角部分进入休眠较晚，位置比较隐蔽，输导组织发育不好，通过抗寒锻炼较迟，因此遇到低温或昼夜温差变化较大时，易引起冻害。

枝杈冻害有各种表现：有的受冻后皮层和形成层变褐色，而后干枝凹陷，有的树皮成块状冻坏，有的顺主干垂直冻裂形成劈枝。主枝与树干的基角愈小，枝杈基角冻害也愈严重。这些表现依冻害的程度和树种、品种而有不同。

(4)主干 主干受冻后有的形成纵裂，一般称为“冻裂”现象，树皮成块状脱离木质部，或沿裂缝向外卷折。一般生长过旺的幼树主干易受冻害，这些伤口极易招致腐烂病。形成冻裂的原因是由于气温突然急剧降到零下，树皮迅速冷却收缩，致使主干组织内外涨力不均，因而自外向内开裂，或树皮脱离木质部。树干“冻裂”常发生在夜间，随着气温的变暖，冻裂处又可逐渐愈合。

(5)根颈和根系 在一年中根颈停止生长最迟，进入休眠期最晚，而开始活动和

除休眠又较早,因此在温度骤然下降的情况下,根颈未能很好地通过抗寒锻炼,同时近地表处温度变化又剧烈,因而容易引起根颈的冻害。根颈受冻后,树皮先变色,以后干枯,可发生在局部,也可能成环状,根颈冻害对植株危害很大。

根系无休眠期,所以根系较其地上部分耐寒力差。但根系在越冬时活动力明显减弱,故耐寒力较生长期略强。根系受冻后变褐,皮部易与木质部分离。一般粗根较细根耐寒力强,近地面的粗根由于地温低,较下层根系易受冻,新栽的树或幼树因根系小又浅,易受冻害,而大树则相当抗寒。

3. 冻害的防治

我国气候条件虽然比较优越,但是由于树木种类繁多、分布广,而且常常有寒流侵袭,因此,冻害的发生仍较普遍。冻害对树木威胁很大,严重时常将数十年生大树冻死。如 1976 年 3 月初昆明市低温将 30~40 年生的桉树冻死。树木局部受冻以后,常常引起溃疡性寄生菌寄生的病害,使树势大大衰弱,从而造成这类病害和冻害的恶性循环。如苹果腐烂病、柿园的柿斑病和角斑病等的发生,证明与冻害的发生有关。有些树木虽然抗寒力较强,但花期容易受冻害,在公园中影响观赏效果。因此,预防冻害对树木功能的发挥有重要的意义,同时,防冻害对于引种、丰富园林树种有很大作用。

北京地区有些种类在栽植 1~3 年内需要采用防寒措施 如玉兰、雪松、樱花、竹类、水杉、梧桐、凌霄、紫叶李、日本冷杉、迎春等 少数树种需要每年保护越冬 如北京园林中的葡萄、月季、牡丹、千头柏、翠柏等。越冬防寒的措施主要有:

(1) 贯彻适地适树的原则 因地制宜地种植抗寒力强的树种、品种和砧木,在小气候条件比较好的地方种植边缘树种,这样可以大大减少越冬防寒的工作量,同时注意栽植防护林和设置风障,改善小气候条件,预防和减轻冻害。

(2) 加强栽培管理 加强栽培管理(尤其重视后期管理)有助于树木体内营养物质的贮备。经验证明,春季加强肥水供应,合理运用排灌和施肥技术,可以促进新梢生长和叶片增大,提高光合效能,增加营养物质的积累,保证树体健壮。后期控制灌水,及时排涝,适量施用磷钾肥,勤锄深耕,可促使枝条及早结束生长,有利于组织充实,延长营养物质的积累时间,从而能更好地进行抗寒锻炼。

此外,夏季适期摘心,促进枝条成熟,冬季修剪减少冬季蒸腾面积,以及人工落叶等方法均对预防冻害有良好的效果。同时在整个生长期必须加强对病虫害的防治。

(3) 加强树体保护 对树体保护方法很多,一般的树木采用浇‘冻水’和灌‘春水’防寒。为了保护容易受冻的种类,采用全株培土(如月季、葡萄等)、箍树、根颈培土(高 30cm)、涂白、主干包草、搭风障、北面培月牙形土埂等。以上的防治措施应在冬季低温到来之前做好准备,以免低温来得早,造成冻害。最根本的办法还是引种驯化和育种工作 如梅花、乌桕等在北京均可露地栽培 而多枝桉、灰桉、达氏桉、白皮松、赤桉及大叶

桉等已在武汉、长沙、杭州、合肥等露地生长多年,有的已开了花。

受冻后树木的护理极为重要,因为受冻树木受树脂状物质的淤塞,因而使根的吸收、输导,叶的蒸腾、光合作用以及植株的生长等均遭到破坏。为此,在恢复受冻树木的生长时,应尽快地恢复输导系统,治愈伤口,缓和缺水现象,促进休眠芽萌发和叶片迅速增大。

受冻后恢复生长的树,一般均表现生长不良,因此,首先要加强管理,保证前期的水肥供应,亦可以早期追肥和根外追肥,补给养分。

在树体管理上,对受冻害树体要晚剪和轻剪,给予枝条一定的恢复时期,对明显受冻枯死部分可及时剪除,以利伤口愈合。对于一时看不准受冻部位时,不要急于修剪,待春天发芽后再做决定,对受冻造成的伤口要及时治疗,应喷白涂剂预防日灼,并结合做好防治病虫害和保叶工作,对根颈受冻的树木要及时桥接或根嫁接;对树皮受冻后成块脱离木质部的要用钉子钉住或进行桥接补救。

二、干梢

幼龄树木因越冬性不强而发生枝条脱水、皱缩、干枯的现象称为干梢,有些地方称为灼条、烧条、抽条等。干梢实际上是枝条受冻及脱水造成的,严重时整枝枯死,轻者虽能发枝,但易造成树形紊乱,影响树冠的正常扩展。

1. 干梢的原因

干梢与枝条的成熟度有关,枝条生长充实的抗性强,反之则易干梢。造成干梢的原因有多种说法,但各地试验证明,幼树越冬后干梢是“冻”、“旱”造成的。即冬季气温低,尤以土温降低持续时间长,直到早春,因土温低致使根系吸水困难,而地上部则因温度较高且干燥多风,蒸腾作用加大,水分供应失调,因而枝条逐渐失水,表皮皱缩,严重时最后干枯。所以,抽条实际上是冬季的生理干旱,是冻害的结果。

2. 防止干梢的措施

主要是通过合理的肥水管理,促进枝条前期生长,防止后期徒长,充实枝条组织,增加其抗性,并注意防治病虫害。秋季新定植的不耐寒树尤其是幼龄树木,为了预防干梢,一般多采用埋土防寒,即将苗木地上部向北卧倒培土防寒,这样既可保温减少蒸腾,又可防止干梢。但植株大则不易卧倒,因此也可在树干北侧培起 60cm 高的半月形的土埂,使南面充分接受阳光,改变微域气候条件,能提高土温,并可缩短土壤冻结期,提早化冻,有利于根系及时吸水,补充枝条损失的水分。实践证明用培土埂的办法,可以防止或减轻幼树的干梢,如在树干周围撒布马粪,亦可增加土温,提前解冻,或于早春灌水,增加土壤温度和水分,均有利于防止或减轻干梢。

此外,在秋季对幼树枝干缠纸、缠塑料薄膜或胶膜、喷白等,对防止浮尘子产卵和干梢现象的发生具有一定的作用。其缺点是用工多,成本高,应根据当地具体条件灵活运

用。

三、霜害

1. 霜冻为害的情况及特点

生长季里由于急剧降温，水气凝结成霜使幼嫩部分受冻称为霜害。由于冬春季寒潮的反复侵袭，我国除台湾与海南岛的部分地区外，均会出现零度以下的低温。在早秋及晚春寒潮入侵时，常使气温骤然下降，形成霜害。一般来说，纬度越高，无霜期越短。在同一纬度上，我国西部大陆性气候明显，无霜期较东部短。小地形与无霜期有密切关系，一般坡地较洼地、南坡较北坡、近大水面的较无大水面的地区无霜期长，受霜冻威胁较轻。

霜冻严重影响观赏效果和果品产量，如 1955 年 1 月，由于强大的寒流侵袭，广东、福建南部，平均气温比正常年份低 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，绝对低温达 $-0.3\sim -4^{\circ}\text{C}$ ，连续几天重霜，使香蕉、龙眼、荔枝等多种树木均遭到严重损失，重者全株死亡，轻者则树势减弱，数年后才逐渐恢复。

在北方，晚霜较早霜具有更大的危害性。例如，从萌芽至开花期，抗寒力越来越弱，甚至极短暂的零度以下温度也会给幼嫩组织带来致命的伤害。在此期间，霜冻来临越晚，则受害越重，春季萌芽越早，霜冻威胁也越大。北方的杏开花早，最易遭受霜害。

早春萌芽时受霜冻后，嫩芽和嫩枝变褐色，鳞片松散而枯在枝上。花期受冻，由于雌蕊最不耐寒，轻者将雌蕊和花托冻死，但花朵可照常开放，稍重的霜害可将雄蕊冻死，严重霜冻时，花瓣受冻变枯、脱落。幼果受冻，轻者幼胚变褐，果实仍保持绿色，以后逐渐脱落；重者则全果变褐色很快脱落。

2. 防霜措施

霜冻的发生与外界条件有密切关系，由于霜冻是冷空气集聚的结果，所以小地形对霜冻的发生有很大影响。在冷空气易于积聚的地方霜冻重，而在空气流通处则霜冻轻。在不透风林带之间易聚积冷空气，形成霜穴，使霜冻加重，由于霜害发生时的气温逆转现象，越近地面气温越低，所以树木下部受害较上部重。湿度对霜冻有一定的影响，湿度大可缓和温度变化，故靠近大水面的地方或霜前灌水的树木都可减轻危害。

因此防霜的措施应从增加或保持树木周围的热量，促使上下层空气对流，避免冷空气积聚，推迟树木的物候期，增加对霜冻的抗力等多方面考虑。

(1) 推迟萌动期，避免霜害 利用药剂和激素或其他方法使树木萌动推迟（延长植株的休眠期），因为萌动和开花较晚，可以躲避早春发生的霜冻。例如，B-9、乙烯利、青鲜素、萘乙酸钾盐（ $250\sim 500\text{mg/kg}$ 水）或顺丁烯二酰肼（MH $0.1\%\sim 0.2\%$ ）溶液在萌芽前或秋末喷撒树上，可以抑制萌动，或在早春多次灌返浆水，以降低地温，即在萌芽后至开花前灌水 $2\sim 3$ 次，一般可延迟开花 $2\sim 3$ 天，或树干刷白使早春树体减少对太阳热

能的吸收，使温度升高较慢，据试验，此法可延迟发芽开花 2~3 天，能防止树体遭受早春回寒的霜冻。

(2) 改变小气候条件以防霜护树 根据气象台的霜冻预报及时采取防霜措施，对保护树木具有重要作用，具体方法有：

喷水法 利用人工降雨和喷雾设备在即将发生霜冻的黎明，向树冠上喷水，因为水比树周围的气温高，遇冷凝结时放出潜热，计 1m^3 的水降低 1°C ，就可使相应的 3 300 倍体积的空气升温 1°C 。同时也能提高近地表层的空气湿度，减少地面辐射热的散失，因而起到了提高气温防止霜冻的效果。此法的缺点主要是要求设备条件较高，但随着我国喷灌的发展，仍是可行的。

熏烟法 我国早在 1 400 年前就发明了熏烟防霜法，因其简单易行而有效，至今仍在国内外各地广为应用。事先在园内每隔一定距离设置发烟堆（用稻秆、草类或锯末等），可根据当地气象预报，于凌晨及时点火发烟，形成烟幕。熏烟能减少土壤热量的辐射散发，同时烟粒吸收湿气，使水气凝结液体放出热量提高温度，保护树木。但在多风或降温到 -3°C 以下时，则效果不好。

近年来北方一些地区配制防霜烟雾剂防霜效果很好。例如，黑龙江省宾西果树场烟雾剂配方为：硝酸铵 20%，锯末 70%，废柴油 10%。配制方法是将硝酸铵研碎，锯末烘干过筛。锯末越碎，发烟越浓，持续时间越长。平时将原料分开放，在霜来临时，按比例混合，放入铁筒或纸壳筒，根据风向放药剂，待降霜前点燃，可提高温度 $1\sim 1.5^\circ\text{C}$ ，烟幕可维持 1 小时左右。

吹风法 上面介绍了霜害是在空气静止情况下发生的，因此可以在霜冻前利用大型吹风机增强空气流通，将冷气吹散，可以起到防霜效果。

加热法 加热防霜是现代防霜先进而有效的方法，美国、原苏联等利用加热器提高果园温度。在果园内每隔一定距离放置加热器，在霜将来临时点火加温。下层空气变暖而上升，而上层原来温度较高的空气下降，在果园周围形成一个暖气层，果园中设置加热器以数量多而每个加热器放热量小为原则，可以达到既保护果树，而不致浪费太大。

根外追肥 根外追肥能增加细胞浓度，明显提高树木抗冻性。

霜冻过后往往忽视善后工作，放弃了霜冻后的管理，这是错误的。特别是对花灌木和果树，为克服灾害造成的损失，应采取积极措施，做好霜后的管理工作。

四、风害

在多风地区，树木常发生风害，出现偏冠和偏心现象。偏冠会给树木整形修剪带来困难，影响树木功能作用的发挥；偏心的树易遭受冻害和日灼，影响树木正常发育。北方冬季和早春的大风，易使树木干梢干枯死亡。春季的旱风，常将新梢嫩叶吹焦，缩短

花期，不利授粉受精。夏秋季沿海地区的树木又常遭台风危害，常使枝叶折损，大枝折断，全树吹倒，尤以阵发性大风对高大的树木破坏性为大。

1. 树种的生物学特性与风害的关系

(1) 树种特性 浅根、高干、冠大、叶密的树种如刺槐、加杨等抗风力弱 相反 根深、矮干、枝叶稀疏坚韧的树种如垂柳、乌桕等则抗风性较强。

(2) 树枝结构 一般髓心大、机械组织不发达、生长又很迅速而枝叶茂密的树种，风害较重。一些易受虫害的树种主十最易风折，健康的树木一般是不易遭受风折的。

2. 环境条件与风害的关系

(1) 行道树 如果风向与街道平行，风力汇集成为风口，风压增加，风害会随之加大。

(2) 土壤水分 局部绿地因地势低凹，排水不畅，雨后绿地积水，造成雨后土壤松软，风害会显著增加。

(3) 土壤质地 风害也受绿地土壤质地的影响，若绿地偏沙，或为煤渣土、石砾土等，因结构差，土层薄，抗风性差；若为壤土或偏粘土等则抗风性强。

3. 人为经营措施与风害的关系

(1) 苗木质量 苗木移栽时，特别是移栽大树，如果根盘起得小，则因树身大，易遭风害。所以大树移栽时一定要按规定起苗，起的根盘不可小于规定尺寸，还要立支柱。在风大地区，栽大苗也要立支柱，以免树身吹歪。

(2) 栽植方式 凡是栽植株行距适度、根系能自由扩展的，抗风强。如树木株行距过密，根系发育不好，再加上护理跟不上则风害显著增加。

(3) 栽植技术 在多风地区栽植穴应适当加大，如果栽植穴太小，树木会因根系不舒展、发育不好、重心不稳而易受风害。

怎样预防和减轻风害呢？首先在种植设计时要注意在风口、风道等易遭风害的地方选抗风树种和品种，适当密植，采用低干矮冠整形。此外，要根据当地特点，设置防风林和护园林等，都可降低风速，免受损失。

在管理措施上，应根据当地实际情况采取相应防风措施，如排除积水，改良栽植地点的土壤质地 培育壮根良苗 采取大穴换土 适当深植 合理修枝 控制树形 定植后及时立支柱；对结果多的树要及早吊枝或顶枝，减少落果；对幼树、名贵树种可设置风障等。

对于遭受大风危害、折枝、伤害树冠或被刮倒的树木，要根据受害情况，及时维护。首先要对风倒树及时顺势扶正，培土为馒头形，修去部分或大部分枝条，并立支柱。对裂枝要顶起或吊枝，捆紧基部伤面，或涂激素药膏促其愈合；并加强肥水管理，促进树势的恢复。对难以补救者应加以淘汰，秋后重新换植新株。

五、雪害和雨凇（冰挂）

积雪一般对树木无害，但常常因为树冠上积雪过多压裂或压断大枝。如 1976 年 3 月初昆明市大雪将直径为 10cm 左右的油橄榄的主枝压断，将竹子压倒。2003 年初冬北京及华北一些地区的一场大雪，将许多大树的大枝压弯、压断，许多园林树木，如国槐、悬铃木、柳树、杨树等受到不同程度的伤害，地面上一片狼藉，造成了巨大的经济损失，有些地方还堵塞了交通。同时因融雪期的冻融交替变化，冷却不均也易引起冻害。在多雪地区，应在雪前对树木大枝设立支柱，枝条过密的还应进行适当修剪，在雪后及时除掉将被雪压断的树枝，扶正压弯的树枝，振落树上的积雪或采用其他有效措施防止雪害。

雨凇对树木也有一定的影响。1957 年 3 月、1964 年 2 月在杭州、武汉、长沙等地均发生过雨凇，在树上结冰，对早春开花的梅花、腊梅、山茶、迎春和初结幼果的枇杷、油茶等花果均有一定的损失，还造成部分毛竹、樟树等常绿树折枝、裂干和死亡。对于雨凇，可以用竹竿打击枝叶上的冰，并设支柱支撑。

第二节 树木树体的保护和修补

一、树木的保护和修补原则

树木的主干或骨干枝，往往因病虫害、冻害、日灼及机械损伤等造成伤口，这些伤口如不及时保护、治疗、修补，经过长期雨水浸渍和病菌寄生，易使内部腐烂形成树洞。另外，树木经常受到人为有意无意的损坏，如树盘内的土壤被长期践踏变得很坚实，在树干上刻字留念或拉枝折枝等，所有这些对树木的生长都有很大影响。因此，对树体的保护和修补是非常重要的养护措施。

树体保护首先应贯彻“防患于未然”的原则，做好各方面的预防工作，尽量防止各种灾害的发生，同时还要做好宣传教育工作，使人们认识到，保护树木人人有责。对树体上已经造成的伤口，应该早治，防止扩大，应根据树干上伤口的部位、轻重和特点，采用不同的治疗和修补方法。

二、树干疗伤

对于枝干上因病、虫、冻、日灼或修剪等造成的伤口，首先应当用锋利的刀刮净削平四周，使皮层边缘呈弧形，然后用药剂（2%~5% 硫酸铜液，0.1% 的升汞溶液，石硫合剂原液）消毒。修剪造成的伤口应削平，然后涂以保护剂。选用的保护剂要求容易涂抹，粘着性好，受热不融化，不透雨水，不腐蚀树体组织，同时又有防腐消毒的作用，如铅油、接蜡等均可。大量应用时也可用粘土和鲜牛粪加少量的石硫合剂的混合物作为涂抹剂，若用激素涂剂对伤口的愈合更有利，用含有 0.01%~0.1% 的 α -萘乙酸膏涂在伤口

表面，可促进伤口愈合。

由于风折使树木枝干折裂，应立即用绳索捆绑加固，然后消毒涂保护剂。北京有的公园用两个半弧圈构成的铁箍加固，为了防止摩擦树皮用棕麻绕垫，用螺栓连接，以便随着干径的增粗而放松。另一种方法（主要是国外采用），是用带螺纹的铁棒或螺栓旋入树干，起到连接和夹紧的作用。

由于雷击使枝干受伤的树木，应将烧伤部位锯除并涂保护剂。

三、树洞修补

因各种原因造成的伤口长久不愈合，长期外露的木质部受雨水浸渍，逐渐腐烂，形成树洞，严重时树干内部中空，树皮破裂，一般称为“破肚子”。由于树干的木质部及髓部腐烂，输导组织遭到破坏，因而影响水分和养分的运输及贮存，严重削弱树势，降低了枝干的坚固性和负载能力，缩短了树体寿命。

树洞修补是为了防止树洞继续扩大和发展。其方法有三种：

1. 开放法

若树洞过大或孔洞不深无填充的必要时，可将洞内腐烂木质部彻底清除，刮去洞口边缘的死组织，直至露出新的组织为止，用药剂消毒，并涂防护剂，防护剂每隔半年左右重涂一次，同时改变洞形，以利排水；也可在树洞最下端插入排水管，并注意经常检查排水情况，以免堵塞。如果树洞很大，给人以奇树之感，欲留作观赏时可采用此法。

2. 封闭法

对较窄的树洞，可在洞口表面覆以金属薄片，待其愈合后嵌入树体而封闭树洞，也可将树洞经处理消毒后，在洞口表面钉上板条，用油灰和麻刀灰封闭（油灰是用生石灰和熟桐油以1:0.35混合而成，也可以直接用安装玻璃用的油灰俗称“腻子”）再涂以白灰乳胶、颜料粉面，以增加美观，还可以在上面压树皮状纹或钉上一层真树皮。

3. 填充法

填充物最好是水泥和小石砾的混合物，若无水泥，也可就地取材。填充材料必须压实，为加强填料与木质部连接，洞内可钉若干电镀铁钉，并在洞口内两侧挖一道深约4cm的凹槽，填充物从底部开始，每20~25cm为一层，用油毡隔开，每层表面都向外略斜，以利排水，填充物边缘应不超出木质部，使形成层能在它上面形成愈伤组织。外层用石灰、乳胶、颜色粉涂抹，为增加美观，富有真实感，应在最外面钉一层真的树皮。

四、吊枝和顶枝

吊枝在果园中多采用，顶枝在园林中应用较多。大树或古老的树木若出现树身倾斜不稳时，大枝下垂的需设支柱撑好，支柱可采用金属、木桩、钢筋混凝土材料。支柱应有坚固的基础，上端与树干连接处应有适当形状的托杆和托碗，并加软垫，以免损害树皮。设支柱时一定要考虑到美观，与周围环境协调。北京故宫将支撑物油漆成绿色，并

根据松枝下垂的姿态，将支撑物做成棚架形式，效果很好。将几个主枝用铁索连接起来，也是一种有效的加固方法。

五、涂白

树干涂白，目的是防治病虫害和延迟树木萌芽，避免日灼危害。据试验，桃树涂白后较对照推迟花期 5 天，因此在日照强烈、温度变化剧烈的大陆性气候地区，应利用涂白减弱树木地上部分吸收太阳辐射热原理来延迟芽的萌动期。由于涂白可以反射阳光，防止枝干温度局部增高，可预防日灼危害。因此目前仍采用涂白作为树体保护的措施之一。杨树、柳树栽完后马上涂白，可防蛀干虫害。

涂白剂的配制成分各地不一，一般常用的配方是，水 10 份，生石灰 3 份，石硫合剂原液 0.5 份，食盐 0.5 份，油脂（动植物油均可）少许。配制时要先化开石灰，把油脂倒入后充分搅拌，再加水拌成石灰乳，最后放入石硫合剂及盐水，也可加粘着剂，以延长涂白剂的粘着性。

除以上介绍的四种措施外，为保护树体，恢复树势，有时也采用“桥接”的补救措施。

第三节 保护现有树木的原则及技术概要

一、园林树木的管理标准

目前，国内的一些城市在城市绿地与园林树木的养护管理方面，已采用了招标的方式，吸收社会力量参与，因此城市主管部门更应制订相应的办法来加强管理，而采用分级管理是较好的管理方法。例如北京市园林局，根据绿地类型的区域、位势轻重和财政状况，对绿地树木制订分级管理与养护的标准，以区别对待，成为现阶段条件下行之有效的措施之一。

1. 一级管理

(1) 生长势好 生长超过该树种、该规格的平均年生长量（指标经调查后确定）。

(2) 叶片光亮 叶片色鲜、质厚、具有光泽。不黄叶、不焦边、不卷边、不落叶 叶面无虫粪、虫网和积尘。被虫咬食叶片单株在 5% 以下。

(3) 枝干健壮 枝条粗壮，越冬前新梢已木质化程度高。无明显枯枝、死杈，无蛀干害虫的活卵、活虫。介壳虫最严重处，主干、主枝上平均成虫数少于 1 头/100cm。较细枝条的平均成虫数少于 5 头/30cm。受虫害株数在 2% 以下。无明显的人为损坏。绿地草坪内无堆物、搭棚或侵占等；行道树下距树干 1m 内无堆物、搭棚、围栏等影响树木养护管理和树体生长的物品。树冠完整美观，分枝点合适，主、侧枝分布匀称，内膛不乱、通风透光。绿篱类树木，应枝条茂密，完满无缺。

(4) 缺株在 2% 以下。

2. 二级管理

(1) 生长势正常 生长正常, 达到该树种、该规格的平均生长量。

(2) 叶片正常 叶色、大小、厚薄正常。有较严重的黄叶、焦叶、卷叶及带虫粪、虫网、蒙尘叶的株数在 2% 以下。被虫咬食的叶片单株在 5%~10%。

(3) 枝、干正常 无明显枯枝、死杈。有蛀干害虫的株数在 2% 以下。介壳虫最严重处, 主干上平均成虫数为 1~2 头/100cm, 较细枝条平均成虫数为 5~10 头/30cm。有虫株数在 2%~4%。无较严重的人为损坏, 对轻微或偶尔发生的人为损坏, 能及时发现和处理。绿地草坪内无堆物、搭棚、侵占等; 行道树下距树干 1m 内无影响树木养护管理的堆物、搭棚、围栏等。树冠基本完整, 主侧枝分布匀称, 树冠通风透光。

(4) 缺株在 4%~4%。

三级管理

生长势基本正常。

叶片基本正常 叶色、大小、厚薄基本正常。有较严重的黄叶、焦叶、卷叶及带虫粪、虫网、蒙尘叶的株数在 2%~4%。虫食叶单株在 10%~15%。

(3) 枝、干基本正常 无明显枯枝、死杈。有蛀干害虫的株数在 2%~10%。介壳虫最严重处, 主干主枝上平均成虫数为 2~3 头/100cm; 较细枝条的平均成虫数为 10~15 头/30cm。有虫株数在 4%~6%。对人为损坏能及时进行处理。绿地内无堆物、搭棚、侵占等; 行道树下无堆放石灰等对树木有烧伤、毒害的物质, 无搭棚、围栏、侵占树等。90% 以上的树木树冠基本完整。

4. 缺株在 4%~6%。

4. 四级管理

(1) 树势生长 被严重吃花树叶(被虫咬食的叶面积、数量都超过一半)的株数达 20%。被严重吃光树叶的株数达 10%。

(2) 叶片生长 严重焦叶、卷叶、落叶的株数达 20% 严重焦梢的株数达 10%。

(3) 枝、干生长 有蛀干害虫的株数在 30%。介壳虫最严重处, 主干主枝上平均成虫数多于 3 头/100cm。较细枝条上平均成虫数多于 15 头/30cm。有虫株数在 6% 以上。

4. 缺株在 6%~10%。

以上的分级养护质量标准, 是根据目前的生产管理水平和人力物力等条件而制定的暂时性标准。今后, 随着对生态环境建设投入的加大, 随着城市绿化养护管理水平的提高, 应逐渐向一级标准靠拢, 以更好地发挥园林树木的景观生态和环境效益。

二、园林树木的保护性养护技术

园林树木保护性养护技术工作应遵循树种生物学特性、树体生长发育规律以及当

地的环境气候条件等进行。如在季节性比较明显的地区，保护性养护技术大致可依四季而行。

1. 冬季 (12 月~2 月)

亚热带、暖温带及温带地区有降雪和冰冻现象。露地栽植的树木进入或基本进入休眠期，此期主要进行树木的冬季整形修剪、深施基肥、涂白防寒和防治病虫害等工作。在春季干旱的华北地带，冬季在植株根部堆积降雪，既可防寒，又可用融解的雪水补充土壤内的水分，缓解春旱。

2. 春季 (3 月~5 月)

气温逐渐回升，树体开始陆续解除休眠，进入萌芽生长阶段，春花树种陆续开花。此期应逐步撤除防寒措施，进行灌溉与施肥，及时进行常绿树篱和春花树种的花后修剪。春季是防治病虫害的关键时刻，可采取多种形式消灭越冬成虫，为全年的病虫害防治工作打下基础。

3. 夏季 (6 月~8 月)

气温高、光照时间长、光量大，南、北雨水都较充沛；树体光合作用强、光合效率高，树体内各项生理活动处于活跃状态，是园林树木生长发育的最旺盛时期，也是需肥最多的时期，花果木应增施磷、钾为主的肥料。夏季蒸腾量大，要及时进行灌水，但雨水过多时，对低洼地带应加强排水防涝工作。晴天进行中耕除草，有利于土壤保墒。行道树要加强修剪、稀疏树冠，并及时修剪树木与架空电线或建筑物之间有矛盾的枝干，防风防台和防暴雨。花灌木开花后，及时剪除残花枝，促使新梢萌发。未春剪的绿篱，补充整形修剪。南方亚热带地区应抓紧雨季的有利时机，进行常绿树及竹类的带土球补植。

4. 秋季 (9 月~11 月)

气温开始下降，雨量减少，园林树木的生长已趋缓慢，生理活动减弱，逐渐向休眠期过渡，肥水管理应及时停止，防止晚秋梢徒长。10 月份开始对新植树木进行全面的成活率调查。全面整理绿地园容，更植死树，清除枯枝。对花灌木、绿篱进行整形修剪。树木落叶后至封冻前，应对抗性弱或引进的新品种进行防寒保护，灌封冻水。大多数园林树木已进入秋施基肥和冬剪等管护阶段，南方竹林应进行深翻。

三、工程建设过程中的园林树木管理

1. 建设前的处理

工程建设开始前对计划保留的树木采取适当的保护性处理，有助于增强树体对建设影响的忍受力。处理的目的是最大限度地增加树体内碳水化合物的贮存并调节生长，使树木迅速产生新根、嫩梢，以适应新的生长环境。对树木的保护性处理应尽早进行，以便有足够的时间使各种处理措施发挥作用。如美国，在建设开始前一年，就对规划建设区内计划保护的树木进行特殊养护，使它们能在建设后有一个较以前更完整的

树冠构成、更好的枝干形态和更鲜明的枝叶色彩。一般经常采用的措施有：

(1)灌溉 在水分亏缺时给树体提供及时而充足的灌溉是既简单又重要的一项措施。在工程前期，应在树体保护圈的边缘，围绕树体筑一个 15cm 高的围堰或设置塑料隔板，用载水车引水灌溉，树体根际土壤浸湿深度应达到 0.6~1m。

(2)施肥 肥料的供给应根据树木的管护历史做出具体安排。一般情况下，如果树体生长缓慢、叶色暗淡或有少量落叶，应考虑施肥，通常氮是主要的补给元素。在工程建设之前给树体施肥是卓有成效的，在建设期间及在建设后的至少一年内，仍应继续给树木施肥，以增强树体对生态环境条件改变的适应性。

(3)虫害防治 在工程建设之前和进行期间，若发现树体有病虫危害，应及时而有效地进行防治，以确保树木的正常生长。

2.建设期间的树体保护

给计划保留的每株树或每个树群设置一个临时性栅栏是最重要的保护措施，在此范围内应禁止材料贮放、倾倒垃圾、停车或其他建筑性的活动，同时在这些树木上作明显的标志。当邻近的那些不被保留的树木在建设开始前被伐除后，保留下来的树木将面迎更大的风，因此需要修剪，以减少被风吹倒的危险。先前有遮蔽的树干，若已暴露在太阳的直射下，应及时将其遮蔽或用白色的乳胶涂抹，以免受到日灼的危害。

防护围栏区域以外的计划栽植区，若有可能遇到建设车辆、材料贮放和设备停放影响时，应覆盖 10~15cm 的护土材料。覆盖材料应是容易去除的，若覆盖材料有利于表层土壤结构的改善，则可以保留。

除给计划保留的树木设置防护栏以外，所有其他工地相关事项，如场地清扫、公共设施的埋设和坑道挖掘、现场办事处的部署、建设设备的停放、土方的堆积、通道和材料的贮放、化学物质和燃料的贮放、混凝土搅拌场选址、因搭建建设用房和设备运作面必须的树木修剪、建设过程中对树木的管理，以及提供被保护树木的设计等，都应在树木栽培专家的参与下，在不影响树木生长的前提下进行。

建设工程的合同书应包含对现有树木的保护计划和相应的处罚措施，让建设者知道他们的责任，自觉地保护现有树木。对树木的价值评估，应在建设开始前根据有关法规做出。万一损害事件发生，负有责任的建设承包商应做出相应的赔偿。

3.避免市政建设对现有树木的伤害

在大多数情况下，市政建设对树木的影响不可能完全消除，我们的目标是将伤害程度尽可能减小。在我国，一些城市中已经注意到市政施工对现有树木的伤害，并建立了保护条例。如北京，在 2001 年颁发了城市建设中加强树木保护的紧急通知，明确规定“凡在城市及近郊区进行建设，特别是进行道路改扩建和危旧房改造中，建设单位必须在规划前期调查清楚工程范围内的树木情况，在规划设计中能够避让古树、大树的，坚

决避让，并在施工中采取严格保护措施”。国外城市在这方面有很好的经验，现作简单介绍。

(1)地形改造对树木的伤害 几乎每一项工程建设都可能涉及到对地形的改造，在挖土、填土、削土和筑坡的过程中，不仅改变了地表构造或地形地貌，更严重的是改变了树木根系的生长环境，必然会影响树木的生长。

填土 填土是市政建设中经常发生的行为，如果靠近树体填土，必须考虑为什么要填土、是否能限制填土或将填土远离树体。如果必须填土，则应将保持树体健康的价值与堆放这些土方的花费进行比较，或寻找其他远离树体的地方处理这些土方。在一般情况下，填土层低于 15cm 且排水良好时，对那些生根容易和能忍受、抵御根颈腐烂的长势旺盛的幼树危害不大。一些树木被填埋后，可能会萌发出一些新根暂时维持树体的生命，但随着原有根系的必然死亡，最终仍将危及树体存活。另外，一些浅根性的树木则对基部的填土十分敏感，如填土达到一定厚度，就有可能造成树木死亡。

许多树木栽培学文献都强调了保持树体基部土壤自然状态的重要性，如果树木周围必须填土来抬升高程，通常可采取以下措施：

1)设法调整周边高程，使之与树木根颈基部的高程尽可能一致。

2)在高程必须被抬升时，应确定填土的边界结构，并附加必需的辅助建筑。例如，在树体保护圈内边缘设置挡土墙，并在四周埋设通气管道。

3)如果树木种植地低洼积水，应在尽可能远离树体（靠近挡土墙）的地方挖排水沟，或做导流沟、筑缓坡以利排水。

4)如果恰当的树体保护圈不能被保留，则应考虑移树；或创造适宜的高程变化后，改植树种。

取土 从树木周围取土会严重损伤树体根系，甚至可能危及树体的稳固性。如果树体保护圈内的整个地面被降低 15cm，树的存活将受到威胁。如果必须在树下取土，则根据树木的种类、年龄、生根方式以及该地域的土壤条件，保留适当的原始土层厚度，当然未被损坏的土壤保留得越多越好。如果取土和挖掘必须在树体保护圈内进行，应首先探明根系的分布，小心地从树冠投影外围向树干基部逐步移土。在大多数情况下，在距树干 2~3m 以外，吸收根的分布明显减少，但为了保持树体的良好稳固状态，仍应尽量距树干远一些，并尽量少伤根系。

高程变更 在大多数情况下，竣工的地面高程与自然高程间有一定的变化。如果位于高程变化附近的树木值得抢救，可以采取建造挡土墙的办法来减少根部周围土壤的高程变化。挡土墙的结构可以是混凝土、砖砌、木制或石砌，但墙体必须具有挖深到土层中的结构性脚基。若脚基必须伸入根系保护圈内时，可使用不连续脚基，以减少对根系生长的影响。在挡土墙建构过程中，为预防被切断、暴露的根系干枯，可采用厚

实的粗麻布或其他多孔、有吸水力的织物，覆盖在暴露的根系和土壤表面，特别是对于木兰属这一类具肉质根的树种，更应有效地预防根系失水。但这一点经常被忽略，有时甚至在高温干燥的气候条件下，对敏感树种也很少采用这种保护措施，故必须加强施工过程中的绿化监理。

在高程变更较小(30~60cm)时，通常采用构筑斜坡过渡到自然高程的措施，以减少对根系的损伤。斜坡比例通常为2:1或3:1。如树木周围地表的高程降低超过15cm时，一般会对树木生长造成严重影响，甚或导致死亡，必须在树木的周围筑挡土墙保留根部的自然土层，避免根系的裸露。

(2) 地下市政设施建设对树木的伤害 地下公共设施埋设可能导致对树木根系的严重损伤。据美国的一项研究报道，在伊里诺伊州的一个公园，采用开挖地沟埋设水管后12年，262株被侵扰过的成年行道树中有92株已死亡，27株的树冠顶部明显回缩。而在这些地区，若改用穿过树下铺设管道而不开挖地沟的方法，则需增加费用150~215美元/m，但由此增加的费用仅是因树木损失和移去死树、重新栽植树木的代价的1/4。因此，该市现在采用在树下坑道施工的办法来避免对树木的伤害，并颁布了地下坑道施工规范；加拿大的多伦多市也有地沟和坑道的操作规范；英国标准协会(BSI)则于1989年公布了地下公用设施挖掘深度的最低限度，并建议在树体下方直接挖掘(表8-1、表8-2)。

表 8-1 地下坑道距栽植树干的距离

多 伦 多		伊 里 诺 伊	
树干直径(mm)	距离(m)	树干直径(mm)	距离(m)
50	0.6		
75	0.9	50	0.3
150	1.5	75~100	0.6
300	1.8	125~225	1.5
450	2.1	250~350	3.0
600	2.4	375~475	3.6
750	2.7	>475	4.5
900	3.0		
1 050	3.6		

表 8-2 露天地沟距栽植树干的距离

多 伦 多		伊里诺伊	
树干直径(mm)	距离(m)	树干直径(mm)	距离(m)
50	0.9		
75	1.8		
150	3.0	200	1.0
300	3.6	250	1.5
450	4.2	375	2.0
600	4.8	500	2.5
750	5.5	>750	3.0
900	6.0		
1 050	6.6		

开挖地沟的具体方法是：在树体保护圈外侧采用机械开挖地沟，或根据上表中的规定距离进行施工；若管道必须从树体中央下部穿过时，只能采用地下坑道的施工方法。一些国家制订了树下穿过的管道深度的规范，如多伦多市，依据树体的大小确定为 0.9~1.5m 伊里诺伊州 则要求深度至少达到 0.6m；英国则建议应尽可能深一些。在根系保护主要范围的下方挖掘，任何直径大于 3~5cm 的根，都应尽可能避免被切断。

(3) 铺筑路面对树木的伤害 大多数树木栽培专家认为铺筑的路面有损于树木的生长，因为路面限制了根际土壤中水和空气的流通。树木对铺筑路面量的容忍度取决于在铺筑过程中有多少根系受到影响、树木的种类、生长状况、树木的生长环境、土壤孔隙度和排水系统，以及树木在路面下重建根系的潜能。国外的一些树木保护指南建议，在树木根际周围使用通透性强的路面；在铺设非通透性路面时，建议采用某些漏孔的类型或透气系统。一种简单的设计是，在道路铺筑开工时，沿线挖一些规则排列、有间隔的、2~5cm 直径的洞；另一种设计是，铺一层沙砾基础，在其上竖一些 PVC 臂材，用铺设路面的材料围固；路面竣工后将其切平，管中注入沙砾，安上格栅，其形状可依据通气需求设计成长条形或格栅状。另外，在铺设路面上设置多条伸缩缝，也可以达到同样的功效。

路面铺设中，保护树木的最重要措施是避免因铺设道路而切断根系和压实根际周围的土壤，合理的设计可以把这些因素限制在最小程度，实际施工中有几种常用的有效方法：

采用最薄断面的铺设模式，如混凝土的断面比沥青要薄。

尽可能使要求较厚铺设断面的重载道路远离树木。

调整最终高程，使铺设路面的路段建在自然高程的顶部，路面将高于周围的地形，这样就可以使用“免挖掘”设计，减少对道路两侧树木根系的损伤。

增加铺设材料的强度，以减少在施工过程中对亚基层（土壤）的压实。

第九章 古树名木的养护与管理

古树是活着的古董，是有生命的国宝。古树名木是自然与人类历史文化的宝贵遗产，是民族悠久历史和灿烂文化的佐证，它们几经沧桑，展现着古朴典雅的身姿，具有很高的观赏和研究价值。我国幅员辽阔，地理地形复杂，气候条件多样，历史悠久，古树分布之广，树种之多，树龄之长，数量之大，属世界罕见。自古以来，我国就十分重视古树名木的保护，相传明代蜀地，历任州官在交接时都要举行郑重的仪式来清点蜀道的古树；安徽歙县雄村新安江畔的千年古樟树下，有清光绪（1895 年）树立的碑文，称其“控荫、固堤利众”而出示永禁。而随着人类文明的不断发展，古树名木愈来愈受到社会各界的关注和重视。目前，我国负责对古树名木管理与保护的部门，有建设部、环保总局、国家林业局等，分别负责城市园林、自然风景区、自然保护区等的古树名木管理，其中大量的工作属于城市的园林部门。通过积极有效的保护和研究，能使古树名木永葆青春，永放光彩。

第一节 保护研究古树名木的意义

我国的古树名木一直受到各方面的关注与保护，20 世纪 80 年代初，当时的林业部曾组织专家在全国范围开展古树名木的调查，并根据调查结果出版了全国和地方性的古树名木专著，为古树名木的保护提供了宝贵的文献资料。但也应当看到，尽管各地都十分重视对古树的保护，确有一些地方在城市发展、风景区和旅游区开发中，仍有损伤古树的现象发生。为此，国家颁布了古树名木保护条例，对进一步加强古树名木的保护具有重要意义。

一、古树名木的标准

什么是古树？什么是名木？《中国农业百科全书》对古树名木的内涵界定为：“树龄在百年以上的大树，具有历史、文化、科学或社会意义的木本植物”。国家环保局对古树名木的定义为：“一般树龄在百年以上的大树即为古树；而那些稀有、名贵树种或具有历史价值、纪念意义的树木则可称为名木。”1982 年，当时的国家城建总局制订的文件规定，古树一般指树龄在百年以上的大树；名木是指稀有、名贵树种或具有历史价值和纪

念意义的树木。2000 年 9 月国家建设部重新颁布了城市古树名木保护管理办法,将古树定义为树龄在 100 年以上的树木;把名木定义为国内外稀有的、具有历史价值和纪念意义以及重要科研价值的树木;凡树龄在 300 年以上,或特别珍贵稀有,具有重要历史价值和纪念意义,或具有重要科研价值的古树名木为一级古树名木;其余为二级古树名木。国家环保局还对古树名木做出了更为明确的说明,如距地面 1.2m,胸径在 60cm 以上的柏树类、白皮松、七叶树,胸径在 70cm 以上的油松,胸径在 100cm 以上的银杏、国槐、楸树、榆树等古树,且树龄在 300 年以上的,定为一级古树;胸径在 30cm 以上的柏树类、白皮松、七叶树,胸径在 40cm 以上的油松,胸径在 50cm 以上的银杏、楸树、榆树等,且树龄在 100 年以上 300 年以下的,定为二级古树;稀有名贵树木指树龄在 20 年以上,胸径在 25cm 以上的各类珍稀引进树木;外国朋友赠送的礼品树、友谊树,有纪念意义和具有科研价值的树木,不限规格一律保护,其中各国家元首亲自种植的定为一级保护,其他定为二级保护。

我国的古树名木资源十分丰富,其中上千年历史的不在少数,它们历尽沧桑,饱经风霜,经历过历代战争的洗礼和世事变迁,虽已老态龙钟却依然生机盎然,为中华民族的灿烂文化和壮丽山河增添了不少光彩。许多是国宝级文物,世界闻名,有的以姿态奇特、观赏价值极高而闻名,如黄山的“迎客松”、泰山的“卧龙松”、北京中山公园的“槐柏合抱”等等;有的以历史事件而闻名,如北京景山公园内原崇祯皇帝上吊的槐树;有的以奇闻轶事而闻名,如北京孔庙的侧柏,传说其枝条曾将汉奸魏忠贤的帽子碰掉而大快人心,故后人称之为“除奸柏”等等。古树名木往往一身而二任,当然也有名木不古或古树未名的,都应引起重视,加以保护和研究。

二、保护古树名木的意义

保护古树名木的意义在于它是一种独特的自然和历史景观,是人类社会历史发展的佐证,具有极高的历史、人文与景观的价值,是发展旅游、开展爱国主义教育的重要素材,对研究古植物、古地理、古水文和古气候等具有重要的应用和参考价值。

1. 古树名木是历史的见证

我国的古树名木不仅地域分布广阔,而且历史跨度大。我国传说中的周柏、秦松、汉槐、隋梅、唐杏(银杏)、唐樟、宋柳都是树龄高达千年的树中寿星,更有一些树龄高达数千年的古树至今风姿卓然,如山东茗县浮莱山 3 000 年以上树龄的“银杏王”、台湾高寿 2 700 年的“神木”红桧、西藏寿命 2 500 年以上的巨柏、陕西省长安县温国寺和北京戒台寺已 1 300 多年的古白皮松等。人们在瞻仰它们的风采时,不禁会联想起我国悠久的历史和丰富的文化,其中也有一些是与重要的历史事件相联系的,如北京颐和园东宫门内的两排古柏,在靠近建筑物的一面保留着火烧的痕迹,那是八国联军纵火留下的侵华罪行的真实记录。

2. 古树名木蕴涵着丰富的文化内涵

我国各地的许多古树名木往往与历代帝王、名士、文人、学者相联系，有的为他们手植，有的受到他们的赞美，长于丹青水墨的大师们则视其为永恒的题材。“扬州八怪”中的李鱣，曾有名画《五大夫松》，是泰山名松的艺术再现；嵩阳书院的“将军柏”，更有明、清文人赋诗三十余首之多。又如苏州拙政园文征明手植的明紫藤，其胸径 22cm，枝蔓盘曲蜿蜒逾 5m，旁立光绪三十年（1905 年）江苏巡抚端方题写的“文征明先生手植紫藤”的青石碑，名园、名木、名碑，被朱德的老师李根源先生誉为“苏州三绝”之一，具极高的人文旅游价值。

3. 古树名木为名胜古迹增添佳景

古树名木和山水、建筑一样具有景观价值，是重要的风景旅游资源。它们或苍劲挺拔、风姿多彩，镶嵌在名山峻岭和古刹胜迹之中，与山川、古建筑、园林融为一体，或独成一景成为景观主体，或伴一山石、建筑，成为该景的重要组成部分，吸引着众多游客前往游览观赏，流连忘返。如黄山以“迎客松”为首的十大名松，泰山的“卧龙松”等均是自然风景中的珍品，而北京天坛公园的“九龙柏”、北海公园团城上的“遮荫侯（油松）”以及苏州光福的“清、奇、古、怪”4 株古圆柏更是人文景观中的瑰宝，吸引着众多游客前往游览观光。

又如陕西黄陵“轩辕庙”内有 2 株古柏，一株是“黄帝手植柏”，柏高近 20m，下围周长 10m，是目前我国最大的古柏之一，另一株叫“挂甲柏”，枝干“斑痕累累，纵横成行，柏液渗出，晶莹奇目”。游客无不称奇，相传为汉武帝挂甲所致。这两棵古柏虽然年代久远，但至今仍枝叶繁茂，郁郁葱葱，毫无老态，此等奇景，堪称世界无双。

4. 古树是研究古气候、古地理的宝贵资料

古树是研究古代气象水文的绝好材料，因为树木的年轮生长除了取决于树种的遗传特性外，还与当时的气候特点相关，表现为年轮有宽窄不等的变化，由此可以推算过去年代湿热气象因素的变化情况。尤其在干旱和半干旱的少雨地区，古树年轮对研究古气候、古地理的变化更具有重要的价值。

5. 古树是研究树木生理的特殊材料

树木的生长周期很长，人们无法对它的生长、发育、衰老、死亡的规律用跟踪的方法加以研究，而古树的存在就把树木生长、发育在时间上的顺序展现为空间上的排列，使我们能以处于不同年龄阶段的树木作为研究对象，从中发现该树种从生到死的总规律，帮助人们认识各种树木的寿命、生长发育状况以及抵抗外界不良环境的能力。

6. 古树对于树种规划有极高的参考价值

古树多为乡土树种，对当地的气候和土壤条件具有很强的适应性。因此，古树是制定当地树种规划，特别是指导造林绿化的可靠依据。景观规划师和园林设计师可以从

中得到对该树种重要特性的认识，从而在树种规划时做出科学合理的选择，而不致因盲目决定造成无法弥补的损失。

7. 古树名木具有较高的经济价值

有些古树虽已高龄，却毫无老态，仍可果实累累，生产潜力巨大。如素有“银杏之乡”之称的河南嵩县白河乡，树龄在 300 年以上的古银杏树有 210 株，1986 年产白果 2.7 万 kg；新郑县孟庄乡的一株古枣树，单株采收鲜果达 500kg；南召县皇后村的一株 250 年的望春玉兰古树，每年仍可采收辛夷药材 200kg 左右；辉县后庄乡一株山楂古树，年产鲜山楂果 700~800kg；安徽砀山良梨乡一株 300 年的老梨树，不仅年年果实满树，而且是该地发展梨树产业的种质库。事实上，多数古树在保存优良种质资源方面具有重要的意义。古树名木还为旅游资源的开发提供了难得的条件，对发展旅游产业具有重要价值。

三、古树名木的调查、登记、存档

古树名木是无价之宝，各省市应组织专人进行细致的调查，摸清我国的古树资源。调查内容包括树种、树龄、树高、冠幅、胸径、生长势、生长地的环境（土地、气候等情况）以及对观赏及研究的作用、养护措施等。同时还应搜集有关古树的历史及其他资料，如有关古树的诗、画、图片及神话传说等等。

城市和风景名胜区范围内的古树名木，应由各地城建、园林部门和风景名胜区管理机构组织调查鉴定，进行登记造册，建立档案；对散生于各单位管界及个人住宅庭院范围内的古树名木，应由单位和个人所在地城建、园林部门组织调查鉴定，并进行登记造册，建立档案，相关单位和个人应积极配合。

四、古树名木的分级管理

在调查、鉴定的基础上，根据古树名木的树龄、价值、作用和意义等进行分级，实行分级养护管理。国家颁发的古树名木保护办法规定：

1. 一级古树名木由省、自治区、直辖市人民政府确认，报国务院行政主管部门备案；二级古树名木由城市人民政府确认，直辖市以外的城市报省、自治区行政主管部门备案。

2. 古树名木保护管理实行专业养护部门保护管理和单位、个人保护管理相结合的原则。城市人民政府园林绿化行政主管部门应按实际情况，对城市古树名木分株制定养护、管理方案，落实养护责任单位、责任人，并进行检查指导。生长在城市园林绿化专业养护管理部门管理的绿地、公园等处的古树名木，由城市园林绿化专业养护管理部门保护管理；生长在铁路、公路、河道用地范围内的古树名木，由铁路、公路、河道管理部门保护管理；生长在风景名胜区内古树名木，由风景名胜区管理部门保护管理；散生在各单位管界内及个人庭院内的古树名木，由所在单位和个人保护管理。变更古树名木

养护单位或个人，应当到城市园林绿化行政主管部门办理养护责任转移手续。

3. 城市人民政府应当每年从城市维护管理费、城市园林绿化专项资金中划出一定比例的资金用于城市古树名木的保护管理。古树名木养护责任单位或责任人，应当按照城市园林绿化行政主管部门规定的养护管理措施实施保护管理。古树名木受到损害或长势衰弱，养护单位和个人应当立即报告城市园林绿化行政主管部门，由城市园林绿化行政主管部门组织进行复壮。对已死亡的古树名木，应当经城市园林绿化行政主管部门确认，查明原因，明确责任并予以注销登记后，方可进行处理。处理结果应及时上报省、自治区行政主管部门或直辖市园林绿化行政主管部门。

4. 在古树名木的保护管理过程中，各地城建、园林部门和风景名胜区管理机构要根据调查鉴定的结果对本地区所有古树名木进行挂牌，标明树名、学名、科属、树种、管理单位等。同时，要研究制定出具体的养护管理办法和技术措施，如复壮、松土、施肥、防治病虫害、补洞、围栏以及大风和雨雪季节的安全措施等。遇有特殊维护问题，如发现危及古树名木安全的因素存在时，园林部门应及时向上级行政主管部门汇报，并与有关部门共同协作，采取有效保护措施；在城市和风景名胜区内实施的建设项目，在规划设计和施工过程中都要严格保护古树名木，避免对其正常生长产生不良影响，更不许任意砍伐和迁移。对于一些有特殊历史价值和纪念意义的古树名木，还应立牌说明，并采取特殊保护措施。

第二节 古树名木保护的生物学基础

一、古树名木的生物学特征

1. 古树的生物学特点

古树的生物学特点是古树长寿的内在原因。古树多为本地乡土树种，也有业经驯化、已对当地自然环境条件表现出较强适应性，并对不良环境条件形成较强抗性的外来树种。

古树一般是长寿树种，通常是由种子繁殖而来的。种子繁殖的树木，其根系发达，适应性广，抗逆性强，比无性繁殖的树木寿命长。

古树一般是慢生或中速生长树种，新陈代谢较弱，消耗少而积累多，从而为其长期抵抗不良的环境因素提供了内在的有利条件。某些树种的枝叶还含有特殊的有机化学成分，如侧柏体内含有苦味素、侧柏甙及挥发油等，具有抵抗病虫害侵袭的功效；银杏叶片细胞组织中含有的 2-乙炔醛和多种双黄酮素有机酸，常与糖结合成甙的状态或以游离的方式而存在，同样具有抑菌杀虫的威力，表现出较强的抗病虫害能力。

古树多为深根性树种，主侧根发达，一方面能有效地吸收树体生长发育所需的水分

与养分,另一方面具有极强的固地与支撑能力来稳固庞大的树体。根深才能叶茂,才能使其延年益寿。如河南洛宁县兴华乡山坡顶部的一株侧柏,号称“刘秀柏”,树干平卧,主侧根露地 1.5m 高,稳固地支撑着硕大的树体,抗御冬春的干旱多风;杞县高阳生长在孤丘上的古朴树,盘根错节,露根紧包土丘,依然生长繁茂;桐柏县确山的北泉寺古银杏侧根露地延伸,远远超过树冠的冠幅。黄山迎客松的根系在岩石裂缝中伸展到数十米远,其根系还能分泌有机酸分解岩石以获得养分。

古树树体结构合理,木材强度高,能抵御强风等外力的侵袭,减少树干受损的机会。如黄山的古松、泰山的古柏,都能经受山顶常年的大风吹袭。

许多古树具有根、茎萌蘖力较强的特性,根部萌蘖可为已经衰弱的树体提供营养与水分。例如河南信阳李家寨的古银杏,虽然树干劈裂成几块,中空可过人,但根际萌生出多株苗木并长成大树,形成了“三代同堂”的丛生银杏树。有的树种如侧柏、槐树、栓皮栎、香樟等,干枝隐芽寿命长、萌枝力强,枝条折断后能很快萌发新枝,更新枝叶。如河南登封少林寺的“秦五品封槐”枝干枯而复苏,生枝发叶,侧根又生出萌蘖苗,从而长成现在的第三代“秦槐”,生生不息。

2. 古树的生长环境

古树的生长环境是古树长寿的外在原因。许多古树名木生长于名胜古迹、自然风景区或自然山林中,其原生的环境条件未受到人为因素的破坏,或具有特殊意义而受到人们的保护,使其能在比较稳定的生长环境中正常生长。有些古树名木的原生环境受到破坏,也未得到人们的刻意保护,但仍能正常生长,其原因是生长地的立地条件具有特殊性,如土壤格外深厚、不易受人畜活动的干扰、水分与营养条件较好、生长空间大等。

二、古树衰老的原因

任何树木都要经过生长、发育、衰老、死亡等过程,这是客观规律,不可抗拒。但是通过探讨古树衰老的原因,可以采取适当的措施来推迟其衰老阶段的到来,延长树木的生命,甚至可以促使其复壮而恢复生机。如前所述,百年以上的树木就可列为古树,但从树木的生命周期看,相当一部分树种在百年树龄时才进入中年期而仍处于旺盛生长阶段。因此这里所述的古树衰老,是指生物学角度上的衰老。树木由衰老到死亡不是简单的时间推移过程,而是复杂的生理生化过程,是树种自身遗传因素与环境因素以及人为因素的综合作用的结果。

1. 古树生长条件差

(1) 生长空间不足 有些古树栽在殿基土上,植树时只在树坑中换了好土,树木长大后,根系很难向坚土中生长,由于根系的活动范围受到限制,营养缺乏,致使树木衰老。古树名木周围常有高大建筑物,严重影响树体的通风和光照条件,迫使枝干生长发

生改向,造成树体偏冠,且随着树龄增大,偏冠现象就越发严重。这种树冠的畸形生长,不仅影响了树体的美观,更为严重的是造成树体重心发生偏移,枝条分布不均衡,如遇雪压、雨淞、大风等异常天气,在自然灾害的外力作用下,极易造成枝折树倒,尤以阵发性大风对偏冠的高大古树的破坏性更大。

(2)土壤密实度过高 城市公园里游人密集,地面受到大量践踏,土壤板结,密度度高,透气性降低,机械阻抗增加,对树木的生长十分不利。随着经济的发展和人民生活水平的提高,旅游已经成为人们生活中不可缺少的部分,特别是有些古树姿态奇特,或是具有神奇的传说,招来大量的游客,常常造成对古树名木周围地面的过度践踏,使得本来就缺乏耕作条件的土壤密实度日趋增高,导致土壤板结、团粒结构遭到破坏、通透性及自然含水量降低。据测定:北京中山公园在人流密集的古柏林中土壤容重达 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 非毛管孔隙度为 2.2% ,天坛“九龙柏”周围土壤容重为 $1.59\text{g}/\text{cm}^3$ 非毛管孔隙度为 2% ,在这样的土壤中,根系生长严重受阻,树势日渐衰弱。

(3)树干周围铺装面过大 由于游人增多,为方便观赏,多在树干周围用水泥砖或其他硬质材料进行大面积铺装,仅留下较小的树池。铺装地面不仅加大了地面抗压强度,造成土壤通透性能的下降,也形成了大量的地面径流,大大减少了土壤水分的积蓄,致使古树根系经常处于透气、营养及水分极差的环境中,使其生长衰弱。

2. 自然灾害

(1)大风 7级以上的大风,主要是台风、龙卷风和另外一些短时风暴,可吹折枝干或撕裂大枝,严重者可将树干拦腰折断。而不少古树因蛀干害虫的危害,枝干中空、腐朽或有树洞,更容易受到风折的危害。枝干的损害直接造成叶面积减少,还易引发病虫害,使本来生长势弱的树木更加衰弱,严重时导致古树死亡。

(2)雷电 古树高大,易遭雷电袭击,导致树头枯焦、干皮开裂或大枝劈断,使树势明显衰弱。

(3)干旱 持久的干旱,使得古树发芽推迟,枝叶生长量减小,枝的节间变短,叶片因失水而发生卷曲,严重时可使古树落叶,小枝枯死,易遭病虫害侵袭,从而导致古树的进一步衰老。

(4)雪压、雨淞(冰挂)、冰雹 树冠雪压是造成古树名木折枝毁冠的主要自然灾害之一,特别是在大雪发生时,若不及时进行清除,常会导致毁树事件的发生。如黄山风景管理处,每在大雪时节都要安排全时清雪,以免雪压毁树。雨淞(冰挂)、冰雹是空气中的水蒸气遇冷凝结成冰的自然现象,一般发生在4~7月份,这种灾害虽然发生几率较少,但灾害发生时大量的冰凌、冰雹压断或砸断小枝、大枝,对树体也会造成不同程度的损伤,削弱树势。

(5)地震 地震这种自然灾害虽然不是经常发生,但是一旦发生5级以上的强烈地

震，对于腐朽、空洞、干皮开裂、树势倾斜的古树来说，往往会造成树体倾倒或干皮进一步开裂。

3. 病虫害危害

虽然古树的病虫害与一般树木相比发生的概率要小得多，而且致命的病虫害更少，但高龄的古树大多已开始或者已经步入了衰老至死亡的生命阶段，树势衰弱已是必然，若日常养护管理不善，人为和自然因素对古树造成损伤时有发生，则为病虫害的侵入提供了条件。对已遭到病虫害的古树，若得不到及时而有效的防治，其树势衰弱的速度将会进一步加快，衰弱的程度也会因此而进一步增强。因此在古树保护工作中，及时有效地控制主要病虫害的危害，是一项极其重要的措施。

4. 人为活动的影响

(1) 环境污染 人为活动造成的环境污染直接和间接地影响了植物的生长，古树由于其高龄而更容易受到污染环境的伤害，加速其衰老的进程。

大气污染对古树名木的影响和危害 主要症状为叶片卷曲、变小、出现病斑，春季发叶迟 秋季落叶早 节间变短 开花、结果少等。

污染物对古树根系的直接伤害 土壤污染对树木造成直接或间接的伤害。有毒物质对树木的伤害，一方面表现为对根系的直接伤害，如根系发黑、畸形生长，侧根萎缩、细短而稀疏，根尖坏死等；另一方面表现为对根系的间接伤害，如抑制光合作用和蒸腾作用的正常进行，使树木生长量减少，物候期异常，生长势衰弱等，促使或加速其衰老，易遭受病虫害危害。

(2) 直接损害 指遭到人为的直接损害，如在树下摆摊设点；在树干周围乱堆杂物，如水泥、沙子、石灰等建筑材料（特别是石灰，遇水产生高温常致树干灼伤，严重者可致其死亡），造成土壤理化性质发生改变，土壤的含盐量增加，土壤 pH 值增高，致使树木缺少微量元素，营养平衡失调。在旅游景点，个别游客会在古树名木的树干上乱刻乱画；在城市街道，会有人在树干上乱钉钉子；在农村，古树成为拴牲畜的桩，树皮遭受啃食的现象时有发生；更为甚者，对妨碍其建筑或车辆通行等原因的古树名木不惜砍枝伤根 致其丧命。

另外，古树长期固定生长在某一地点，持续不断地吸收消耗土壤中各种必需的营养元素，在得不到养分的自然补偿以及定期的人工施肥补给时，常常造成土壤中某些营养元素的贫缺，导致古树长期在不良条件下生长，使其生理代谢过程失调，树体衰老加速。

第三节 古树名木的养护与复壮

古树是几百年乃至上千年生长的结果，一旦死亡就无法再现，因此我们应该非常重视古树的养护管理与复壮。

一、古树名木的养护管理

1. 树体加固

古树由于年代久远，主干常有中空，主枝常有死亡，造成树冠失去均衡，树体容易倾斜；又因树体衰老，枝条容易下垂，因而需用他物支撑。如北京故宫御花园的龙爪槐、皇极门内的古松均用钢管呈棚架式支撑，钢管下端用混凝土基加固，干裂的树干用扁钢箍起，收效良好。

2. 树干疗伤

古树名木进入衰老年龄后，对各种伤害的恢复能力减弱，更应注意及时处理。

3. 树洞修补

若古树名木的伤口长久不愈合，长期外露的木质部受雨水浸渍，逐渐腐烂，形成树洞，既影响树木生长，又影响观赏效果，长期下去还有可能造成古树名木倒伏和死亡。树洞修补和树干疗伤的具体方法见第八章第二节树木树体的保护和修补。

4. 设避雷针

据调查，千年古银杏大部分曾遭过雷击，受伤的树木生长受到严重影响，树势衰退，如不及时采取补救措施甚至可能很快死亡。所以，高大的古树应加避雷针，如果遭受雷击应立即将伤口刮平，涂上保护剂。

5. 灌水、松土、施肥

春、夏干旱季节灌水防旱 秋、冬季浇水防冻 灌水后应松土，一方面保墒，同时也增加土壤的通透性。古树施肥要慎重，一般在树冠投影部分开沟（深 0.3m、宽 0.7m、长 2m 或深 0.7m、宽 1m、长 2m），沟内施腐殖土加稀粪，或适量施化肥等增加土壤的肥力，但要严格控制肥料的用量，绝不能造成古树生长过旺，特别是原来树势衰弱的树木，如果在短时间内生长过盛会加重根系的负担，造成树冠与树干及根系的平衡失调，后果适得其反。

6. 树体喷水

由于城市空气浮尘污染，古树的树体截留灰尘极多，特别是在枝叶部位，不仅影响观赏效果，而且由于减少了叶片对光照的吸收而影响光合作用。可采用喷水方法加以清洗，此项措施费工费水，一般只在重点区采用。

7. 整形修剪

古树名木的整形修剪必须慎重处置，一般情况下，以基本保持原有树形为原则，尽量减少修剪量，避免增加伤口数。对病虫枝、枯弱枝、交叉重叠枝进行修剪时，应注意修剪手法，以疏剪为主，以利通风透光，减少病虫害滋生。必须进行更新、复壮修剪时，可适当短截，促发新枝。

8. 防治病虫害

古树衰老，容易招虫致病，加速死亡。应更加注意对病虫害的防治。如黄山迎客松有专人看护监测红蜘蛛的发生情况，一旦发现，立即防治。

9. 设围栏、堆土、筑台

在人为活动频繁的立地环境中的古树，要设围栏进行保护。围栏一般要距树干 3~4m，或在树冠的投影范围之外，在人流密度大的地方，树木根系延伸较长者，对围栏外的地面也要作透气性的铺装处理；在古树干基堆土或筑台可起保护作用，也有防涝效果，砌台比堆土收效更佳，应在台边留孔排水，切忌围栏造成根部积水。

10. 立标示牌

安装标志 标明树种、树龄、等级、编号 明确养护管理负责单位 设立宣传牌 介绍古树名木的重大意义与现状，可起到宣传教育、发动群众保护古树名木的作用。

二、古树复壮

古树名木的共同特点是树龄较高、树势衰老，自体生理机能下降，根系吸收水分、养分的能力和新根再生的能力下降，树冠枝叶的生长速率也较缓慢，如遇外部环境的不适或剧烈变化，极易导致树体生长衰弱或死亡。所谓更新复壮，就是运用科学合理的养护管理技术，使原本衰弱的树体重新恢复正常生长，延缓其衰老进程。必须指出的是，古树名木更新复壮技术的运用是有前提的，它只对那些虽说年老体衰，但仍在其生命极限之内的树体有效。

我国在古树复壮方面的研究处于较高的水平，在 20 世纪 80~90 年代 北京、泰山、黄山等地对古树复壮的研究与实践就已取得较大的成果，抢救与复壮了不少古树。如北京市园林科学研究所针对北京市公园、皇家园林中古松柏、古槐等生长衰弱的根本原因是土壤密实、营养及通气性不良、主要病虫害严重等，采取了以下复壮措施，效果好。

1. 埋条促根

在古树根系范围，填埋适量的树枝、熟土等有机材料，以改善土壤的通气性以及肥力条件，主要有放射沟埋条法和长沟埋条法。具体做法是：在树冠投影外侧挖放射状沟 4~12 条 每条沟长 120cm 左右，宽为 40~70cm 深 80cm。沟内先垫放 10cm 厚的松土，再把截成长 40cm 枝段的苹果、海棠、紫穗槐等树枝缚成捆，平铺一层，每捆直径 20cm 左右，上撒少量松土，每沟施麻酱渣 1kg、尿素 50g，为了补充磷肥可放少量动物骨

头和贝壳等，覆土 10cm 后放第二层树枝捆，最后覆土踏平。如果树体相距较远，可采用长沟埋条，沟宽 70~80cm 深 80cm 长 200cm 左右 然后分层埋树条施肥、覆盖踏平。

2. 地面处理

采用根基土壤铺梯形砖、带孔石板或种植地被的方法，目的是改变土壤表面受人为践踏的情况，使土壤能与外界保持正常的水汽交换。在铺梯形砖时，下层用沙衬垫，砖与砖之间不勾缝，留足透气通道。北京采用石灰、沙子、锯末配制比例为 1:1:0.5 的材料为衬垫，在其他地方要注意土壤 pH 值的变化，尽量不用石灰为好。许多风景区采用带孔或有空花条纹的水泥砖或铺铁筛盖，如黄山玉屏楼景点，用此法处理“陪客松”的土壤表面，效果很好。

3. 换土

如果古树名木的生长位置由于受到地形、生长空间等立地条件的限制，而无法实施上述的复壮措施时，可考虑采用更新土壤的办法。如北京市故宫园林科，从 1962 年起开始用换土的方法抢救古树，使老树复壮，典型的范例有：皇极门内宁寿门外的一株古松，当时幼芽萎缩，叶片枯黄，好似被火烧焦一般。职工们在树冠投影范围内，对主根部位的土壤进行换土，挖土深 0.5m（随时将暴露出来的根用浸湿的草袋盖上），以原来的旧土与沙土、腐叶土、锯末、粪肥、少量化肥混合均匀后填埋其中，换土半年之后，这株古松重新长出新梢，地下部分长出 2~3cm 的须根，复壮成功。1975 年对另一株濒于死亡的古松，采取同样的换土处理，换土深度达 1.5m，面积也超出了树冠投影部分；同时深挖达 4m 的排水沟，下层垫以大卵石，中层填以碎石和粗沙，上面以细沙和园土覆平，以排水顺畅。至今，故宫里凡是经过换土的古松，均已返老还童，郁郁葱葱，勃勃生机。

4. 病虫害防治

(1) 浇灌法 利用内吸剂通过根系吸收、经过输导组织至全树而达到杀虫、杀螨等作用的原理，解决古树病虫害防治经常遇到的分散、高大、立地条件复杂等情况而造成的喷药难，以及杀伤天敌、污染空气等问题。具体方法是，在树冠垂直投影边缘的根系分布区内挖 3~5 个深 20cm、宽 5cm、长 60cm 的弧形沟，然后将药剂浇入沟内，待药液渗完后封土。

(2) 埋施法 利用固体的内吸杀虫、杀螨剂埋施根部的方法，以达到杀虫、杀螨和长时间保持药效的目的。方法与浇灌法相同，将固体颗粒均匀撒在沟内，然后覆土浇足水。

(3) 注射法 对于周围环境复杂、障碍物较多，而且吸收根区很难寻找的古树，利用其他方法很难解决防治问题时，可以通过向树体内注射内吸杀虫、杀螨药剂，经过树木的输导组织至树木全身，以达到杀虫、杀螨的目的。

5. 化学药剂疏花疏果

当植物在缺乏营养或生长衰退时，常出现多花多果的现象，这是植物生长发育的自我调节，但大量结果能造成植物营养失调，古树发生这种现象时后果更为严重。采用药剂疏花疏果，则可降低古树的生殖生长，扩大营养生长，恢复树势而达到复壮的效果。疏花疏果的关键是疏花，喷药时间以秋末、冬季或早春为好。如在国槐开花期喷施 50mg/L 萘乙酸加 3 000mg/L 的西维因或 200mg/L 赤霉素效果较好；对于侧柏和龙柏（或桧柏）若在秋末喷施，侧柏以 400mg/L 萘乙酸为好，龙柏以 800mg/L 萘乙酸为好，但从经济角度出发，200mg/L 萘乙酸对抑制二者第二年产生雌雄球花的效果也很有效。若在春季喷施，以 800~1 000mg/L 萘乙酸、800mg/L 2,4-D、400~600mg/L 吲哚丁酸为宜。对于油松，若春季喷施，可采用 400~1 000mg/L 萘乙酸。

6. 喷施或灌施生物混合制剂

据雷增普等报道（1995 年）用生物混合剂“五四〇六”（细胞分裂素、农抗 120、农丰菌、生物固氮肥相混合），对古圆柏、古侧柏实施叶面喷施和灌根处理，明显促进了古柏枝、叶与根系的生长，增加了枝叶中叶绿素及磷的含量，也增强了耐旱力。

参 考 文 献

1. 北京市园林局. 城市园林绿化手册. 北京: 北京出版社, 1982
2. 北京市园林学校. 园林树木栽培学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
3. 陈耀华, 秦魁杰. 园林苗圃与花圃. 北京: 中国林业出版社, 2001
4. 曹凑贵. 生态学基础. 北京: 高等教育出版社, 2002
5. 陈有民. 园林树木学. 北京: 中国林业出版社, 1988
6. 陈植. 观赏树木学. 北京: 中国林业出版社, 1984
7. 崔洪霞. 木本花卉栽培与养护. 北京: 金盾出版社, 1999
8. 邓光华. 园林工程中的大树移植及其养护. 江西林业科技, 1999, 6
9. 龚学坤, 耿怜悦, 柳振亮. 园林苗圃学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1955
10. 郭学望. 园林树木栽植养护学. 北京: 中国农业出版社, 2002
11. 河北农业大学. 果树栽培学总论 (第二版). 北京: 中国农业出版社, 1990
12. 河北农业大学. 果树栽培学总论. 北京: 中国农业出版社, 1980
13. 胡长龙. 观赏花木整形修剪图说. 上海: 上海科学技术出版社, 1996
14. 李光晨, 范双喜. 园艺植物栽培学. 北京: 中国农业出版社, 2000
15. 李洪福. 提高大树移植成活率的技术措施. 广东园林, 2000, 1
16. 李嘉乐. 行道树和名胜区古树在呼救. 中国园林, 1998, (6)
17. 李景文. 森林生态学. 北京: 中国林业出版社, 1997
18. 冷平生. 园林生态学. 北京: 中国农业出版社, 2003
19. [联邦德国] A. Bernatxky 著. 陈自新, 许慈安译. 树木生态与养护. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987
20. 刘有良. 植物水分逆境生理. 北京: 中国农业出版社, 1992
21. [美] 莱威斯黑尔著, 姬君兆等译. 花卉及观赏树木简明修剪法. 石家庄: 河北科学出版社, 1987
22. 南京林业学校. 园林植物栽培学. 北京: 中国农业出版社, 1991
23. 曲仲湘等. 植物生态学. 北京: 高等教育出版社, 1983
24. 孙时轩. 造林学 (第2版). 北京: 中国林业出版社, 1990
25. 王晓华. 浅谈大树移植技术. 内蒙古农业, 2000, 8
26. 吴泽民. 园林树木栽培学. 北京: 中国农业出版社, 2003
27. 郝荣庭. 果树栽培学总论. 北京: 中国农业出版社, 1996
28. 杨文衡, 陈景新. 果树生长与结实. 上海: 上海科学技术出版社, 1986
29. 俞玖. 园林苗圃学. 北京: 中国林业出版社, 1999
30. 张涛. 园林树木栽培与修剪. 北京: 中国农业出版社, 2003

31. 张兴旺, 大树移植的技术要点, 科技园地, 1998, 1
32. 张秀英, 观赏花木整形修剪, 北京: 中国农业出版社, 1999
33. 张志梁, 大树移植应重视的几个问题, 安徽林业科技, 2001, 2
34. 邹长松, 观赏树木修剪技术, 北京: 中国林业出版社, 1988

出版说明

《风景园林与观赏园艺系列丛书》在原《园林建设管理丛书》的基础上经过再次修订终于与读者见面了，这是一件值得庆贺的事。

北京农学院与中国花卉报社联合举办了 24 期园林花卉函授班，9 期面授，9 期园林规划设计与工程培训班及 5 期林业站长培训班，为我国园林花卉行业培训了 1 万余名学员，遍及全国各省市、自治区及港澳特别行政区及台湾地区。自 1992 年出版第一套油印教材开始，先后经历了中国建筑工业出版社、气象出版社三次修订再版，参加编写的人员涉及到北京农学院、北京林业大学 30 余名专家教授，不断有新的内容充实，新的课程教材增加，有新人加入编写队伍，向全国推广普及数万套，近百万册的教材，不能不说这是一个历经 10 年的巨大工程。总结 10 余年所走过的道路，深感再次系统修订出版这套教材的重大意义。此次修订再版特别新增了《园林工程概预算》、《草坪与地被植物》、《植物造景》、《风景区规划》、《园林树木栽植养护学》、《花坛插花与盆景艺术》、《设计初步》7 部新教材，以便让更多的园林工作者、生产第一线的干部、工人、农民选择更适合自己的教材。

这套丛书较系统地阐述了园林花卉专业的基本理论、基本技能，又有最新的研究成果和新的应用技术，参考了大量的国内外较有价值的文献资料，在编写中注意由浅入深，程度适中，是一套易于推广使用的普及型丛书。由于其内容较丰富，特别是配有大量的黑白图及彩色照片，直观丰富，也适于园林、城市林业、园艺等专业的科技人员及农林院校的师生作为参考用书及教材用书。

由于编者水平有限，多有不足，望得到园林界的同仁批评指正。

本丛书在出版过程中得到了气象出版社方益民同志的大力支持，在此表示深深谢意。

《风景园林与观赏园艺系列丛书》

编委会

2004 年 3 月 30 日

《风景园林与观赏园艺系列丛书》编委会

主任：刘克锋

副主任 冷平生 赵和文 刘建斌

编委：（以姓氏笔画为序）

于建军	马晓燕	王文和	王树栋	付 军	石爱平	田晔林	卢 圣
关雪莲	江幸福	李 征	李月华	刘克锋	刘建斌	刘悦秋	闫晓云
陈 戈	陈之欢	陈改英	冷平生	肖 武	杨晓红	张 克	张克中
张红梅	张维妮	郑 强	郝玉兰	侯芳梅	柳振亮	赵 群	赵和文
赵祥云	高润清	贾 稊	贾月慧	曹 娟	黄 凯	巢时平	窦德泉

前 言

本书是根据专业的需要编写的。在编写过程中，力求理论联系实际，内容精练，深度适中。

全书共九章，绪论、第四章和第六章由赵和文编写；第一章、第二章、第五章由石爱平编写；第七章、第八章、第九章由刘建斌编写；第三章由柳振亮编写；刘克锋、刘悦秋、李月华、杨晓红分别参加第二章和第三章的部分编写。

由于编者水平有限，缺点和错误之处，敬请广大读者批评指正。

2004 年 3 月