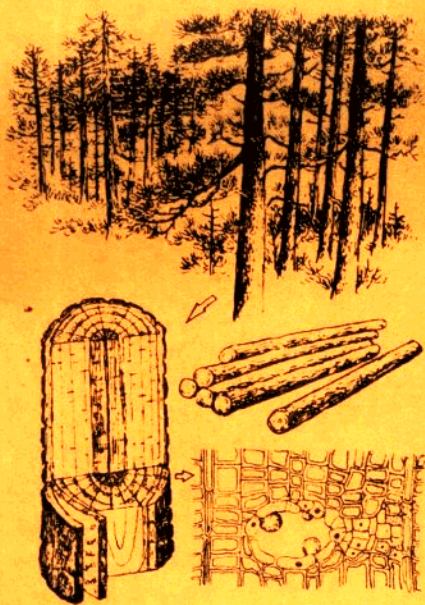


全国高等林业院校试用教材

木材学

北京林学院 主编



中国林业出版社

全国高等林业院校试用教材

木 材 学

北京林学院 主编

木材机械加工专业用

中国林业出版社

木材学

全国高等林业院校试用教材

木 材 学

北京林学院 主编

中国林业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 28印张 图版6页 500千字

1983年12月第1版 1983年12月北京第1次印刷

印数 1—15,000册

统一书号 15046·1114 定价 2.50元

前 言

这本木材学教材是依据高等林业院校木材机械加工专业教学大纲，由北京林学院、南京林产工业学院、东北林学院和中南林学院共同编写的。全书共分十章，分别由黄玲英（第一章），张景良（第二章和第三章中阔叶树材部分以及第九章），龚跃乾（第三章中的针叶树材部分以及第十章的一部分），葛铭裕（第四章），申宗圻（第五、六、七章），戴澄月（第八章中的木材防腐部分），彭海源（第八章中的木材滞火处理部分），王婉华、徐永吉（第十章的大部分）等同志负责撰稿，经过大家共同审订，最后由申宗圻同志负责整理完成。

全书各章的篇幅是不平衡的，主要根据木工专业的基础知识而定。例如第一、二、三章的篇幅较大，因为这个专业的学生缺乏植物学的基础；第四章木材的化学性质，虽然很重要，但鉴于专业的要求和篇幅的限制，所以比较简要，如有需要，可以参阅木材化学方面的书籍；第五、六两章只阐述了木材的物理-力学性质，对于一些公式的推导就省略了，因为木工专业的物理、力学等课程的基础较好。第八章木材防腐与滞火处理基本上不属于木材学的范畴，但其内容又较重要，所以一般都把这部分内容放在木材学内介绍，除非单独另设一门木材防腐课程。第十章木材的性质与用途，篇幅较大，因为我国幅员广阔，树种繁多，取舍不易，编在书后便于查阅，作为参考，不必讲授。

这本书是许多人集体编写的，文字和语气都很难一致，由于编者水平有限，内容中的缺点与错误，在所难免，恳切希望读者提出批评与指正。

编 者
一九八二年六月

目 录

绪 论	1
第一章 木材的构造与识别	5
第一节 树干的组成	5
一、树木的生长	5
二、树皮	5
三、形成层	8
四、木质部	10
五、髓	11
六、木材的三个切面	11
第二节 木材的宏观构造	12
一、边材、心材、熟材	12
二、生长轮或年轮——早材和晚材	13
三、管孔	16
四、胞间道	18
五、轴向薄壁组织	19
六、木射线	20
第三节 木材的其他特征	22
一、颜色、光泽	22
二、气味与滋味	22
三、纹理、结构、花纹	23
四、重量与硬度	25
五、髓斑与色斑	25
六、材表	25
第四节 木材的识别	26
一、识别木材的依据和方法	26
二、针、阔叶树材显微特征记载	27
附：主要树种的木材检索表	29
第二章 细胞壁的结构	35
第一节 微纤丝	35
第二节 壁层结构	36
一、管胞和纤维的壁层结构	36
二、导管分子的壁层结构	40
三、薄壁细胞的壁层结构	41
第三节 细胞壁上的特征	43
一、纹孔	43
二、螺旋加厚	52
三、锯齿状加厚	54
四、径列(横)条和分隔	54

五、瘤层.....	55
六、侵填体.....	57
第四节 应力木的解剖构造和超微结构.....	58
一、应压木.....	58
二、应拉木.....	62
第三章 木材的微观构造.....	66
第一节 针叶树材的微观构造.....	66
一、管胞.....	66
二、轴向薄壁组织.....	71
三、木射线.....	73
四、树脂道.....	78
五、针叶树材的结晶细胞.....	81
六、以马尾松为例说明针叶树材的显微构造.....	81
七、针叶树材微观构造特征记载要点.....	83
第二节 阔叶树材的微观构造.....	84
一、轴向排列的组织和细胞.....	84
二、横向排列的组织和细胞.....	108
三、内含韧皮部.....	116
四、胞间道.....	117
五、阔叶树材和针叶树材在解剖学性质上的比较.....	119
六、以柞木为例说明阔叶树材的微观构造.....	120
七、阔叶树材微观构造特征记载要点.....	121
第四章 木材的化学性质.....	124
第一节 木材的化学成分.....	124
第二节 纤维素.....	126
一、纤维素的化学结构.....	126
二、纤维素的聚合度.....	128
三、纤维素纤丝的物理结构.....	129
四、纤维素的超分子结构.....	130
五、纤维素的物理性质.....	131
六、纤维素的主要化学性质.....	132
第三节 半纤维素.....	136
第四节 木素.....	137
一、木素的结构.....	137
二、木素的分布.....	139
三、木素的物理性质.....	139
四、木素的颜色反应.....	140
五、木素与木材物理性质的关系.....	140
六、木素与木材材色的关系.....	141
七、木素的化学反应.....	141
八、木素碳水化合物复合体.....	144
第五章 木材的物理性质.....	146

第一节 木材的比重、密度(容重)和实质比重	146
一、比重的定义	146
二、比重的测定方法	147
三、木材的实质比重与空隙度	148
第二节 木材中的水分	149
一、木材的含水量	149
二、木材含水率的测定	150
三、木材中水分存在的状态与纤维饱和点	156
四、木材的平衡含水率与等温吸附	161
五、木材的吸附热力学	165
第三节 木材的干燥现象	166
一、木材中水分的移动	166
二、木材干燥时产生的应力	169
第四节 木材的干缩与湿胀	170
一、木材干缩与湿胀的机理	170
二、木材干缩湿胀的各向异性	172
三、在水溶液及非水溶液中的膨胀	173
四、膨胀压力	174
第五节 木材的热学性质	175
一、木材的比热(或热容量)	175
二、木材的导热系数或热导率	176
三、木材的热膨胀系数或热膨胀率	179
第六节 木材的电学性质	179
一、木材导电的机理	179
二、压电效应	183
三、木材的介电性质	183
四、功率因数	184
五、高频率加热木材	184
第七节 木材的声学性质	186
一、基本概念	186
二、声在木材(或其它固体)中的传递	187
三、利用脉冲回声法测定在木材中的声速	189
四、木材中的共振	189
第六章 木材的力学性质	195
第一节 关于木材力学性质的一些基本概念	195
第二节 木材的各向异性与正交对称性	199
第三节 木材的塑性、蠕变与松弛现象	202
第四节 单轴应力状态下木材变形的特点	205
第五节 木材的各种力学强度及其试验方法	208
一、抗拉强度	208
二、抗压强度	211

三、木材的抗弯强度	213
四、扭转强度和剪切强度	220
五、硬度与耐磨损性	221
六、握钉力	222
七、木材的弯曲能力	222
第六节 影响木材力学性质的因素	224
一、木材的比重与强度的关系	224
二、木材强度受含水率的影响	225
三、温度对木材强度的影响	228
四、长期荷载对木材强度的影响	228
第七节 木材的容许应力	229
第七章 木材的缺陷	232
第一节 天然缺陷	232
一、节子(节疤)	232
二、由于树干中的生长应力而产生的缺陷	233
三、压坏	234
四、脆性	234
五、由于纹理方向偏移而造成的缺陷	235
六、环裂	235
七、霜害	236
八、树脂的缺陷	236
九、夹皮	236
第二节 生物为害所造成的木材缺陷	237
一、真菌	237
二、昆虫	238
第八章 木材防腐与滞火处理	240
第一节 木材的败坏	240
一、危害木材的生物有机体	240
二、真菌的生长与繁殖	240
第二节 木材防腐剂	241
一、水溶性防腐剂	242
二、油类防腐剂	249
三、油溶性防腐剂	250
四、石油产品	253
第三节 木材防腐处理方法	253
一、木材的预处理	253
二、加压处理法	254
三、常压处理法	257
四、其它处理方法	258
五、木材防腐处理的新途径	259
第四节 木材渗透性的改进	259
一、预抽提	260

二、化学改性	260
三、微生物和酶处理	260
四、改进木材的性质	260
五、改进处理药剂的性质	261
第五节 影响木材防腐处理的木材性质	262
一、防腐剂在木材中的流动途径	262
二、与防腐处理有关的木材性质	263
第六节 木材滞火处理	265
一、滞火涂层	265
二、浸注木材用的滞火剂	268
三、滞火性能的检验方法	272
第九章 竹材的构造、性质、缺陷及利用	274
第一节 竹材的构造	274
第二节 竹材的性质	279
一、竹材的化学性质	279
二、竹材的物理性质	281
三、竹材的力学性质	282
四、竹材的耐久性	283
第三节 竹材的缺陷及其处理	283
一、竹材的缺陷	283
二、防蛀、防腐、防水和防火处理	283
三、竹材漂白或着色处理	284
四、竹材弯曲处理	284
第四节 竹材的利用	284
第十章 重要木材的构造、性质及用途	286
第一节 重要用材对木材材质的要求	286
一、农业机械及农具用材	286
二、建筑用材	286
三、采矿用材	286
四、车辆用材	287
五、造船用材	287
六、枕木用材	288
七、纤维用材	288
八、军工用材	288
九、薄木及胶合板用材	289
十、动力机械基础垫木	289
十一、纺织用材	289
十二、木模用材	290
十三、化工用材	290
十四、乐器用材	290
十五、体育器械用材	291
十六、文具用材	291

十七、家具用材	291
十八、箱盒用材	292
十九、火柴用材	292
二十、铅笔杆用材	292
二十一、电讯用材	292
二十二、桥梁、桩木用材	293
二十三、包装用材	293
二十四、特种用材	293
第二节 重要木材的构造、性质及用途	295
一、针叶树材	295
二、阔叶树材	302
三、常用国外进口木材	325
木材解剖特征显微摄影图	336

绪 论

一、森林的重要性及我国的森林资源

森林是大自然的重要组成部分，它对整个大自然的物质循环和能量交换起到无可替代的作用。农、牧业的生产是与林业的发展息息相关的。没有林业就不会有农业与畜牧业的发展。同时木材又是国民经济不可缺少的重要资源，举凡日常生活，建筑与铁路交通，以及军工器材无不需要木材。每开采一万吨煤就需要原木 220m^3 。每修筑一公里的铁路就需要 160m^3 多木材。生产一吨纸约需 5.4m^3 木材。由于地球上本来有 $2/3$ 的陆地曾经是郁郁葱葱的森林，面积约 75 亿公顷，随着地质的变迁和人类社会的发展，森林逐渐减少，特别是在漫长的岁月里，森林经人类的开发和利用，到十九世纪六十年代初已经减到 55 亿公顷，又经过了 100 年，到二十世纪六十年代只剩下 38 亿公顷，而且分布得极不均匀。森林和木材的重要性很晚才为人们所认识。

森林保障着人类和生命的延续，给世界带来了文明，然而今日的森林由于长期的利用和不合理的开发，在许多国家里已经造成“沙漠化”等灾难性的威胁，土壤冲刷，洪水泛滥，风暴肆虐，沙漠扩大，破坏了自然平衡，直接影响农、牧业的生产。同时木材短缺，长期成为重要物资供应中的短线。虽然现在有许多木材的代用材料，例如塑料等，但迄今还没有一种材料具备木材固有的全部天然性能。过去人们一般对木材的珍贵程度是认识不足的。凡属天然资源中最多而又普遍存在的东西，往往是生活不可缺少的东西，但却不为人们所珍惜，生命不可少的空气与水便是一例，直到大气和河流被污染，威胁了人们的生存条件，才开始领悟其重要性。森林和木材也一样威胁了人类生存的先决物质条件，才开始被重视起来。森林破坏所造成的严重后果是有历史见证的。美国建国初期，大遍森林和草原被不合理的开发破坏，曾带来地面剥露、水土流失的严重问题。据统计，自 1776 年以来，美国已失去原有陆地表土的 $1/3$ 。 1934 年一场风暴从土地破坏严重的西部干旱地区起横扫全国 $2/3$ 的大陆，刮走了 3 亿多吨土壤，人畜遭灾，全国小麦一年就减产了 102 亿斤。

保护森林，发展林业已成为世界各国极为关心的问题。工农业发达的国家都极其重视其国土面积的森林覆盖率，一般要求不低于国土面积的 $1/3$ 。可是我国的森林覆盖率仅为国土面积的 12.7% ，居于全世界 160 个国家和地区中（下同）的第 120 位。全国森林面积约 $12,186$ 万公顷，居世界第 6 位，但按人口平均拥有林地面积只有 0.13 公顷，居世界第 121 位。至于木材的蓄积量为 95 亿 m^3 ，居世界第 7 位。但每人平均只有木材蓄积量 9.3m^3 ，是世界上最低的。加拿大每人拥有木材蓄积量 825m^3 ；按世界人口计，每人平均木材蓄积量也有 65m^3 。从这些简单的数字看，就知道我国森林覆盖率既低，木材资源又相对地极其贫乏。尽管如此，木材在我国社会主义经济建设中的需要量却仍然不断地在增长，长期为重要物资供应中的短线。就我国近年的年采伐量约 5000 万 m^3 计算，大约有 760 万 m^3 的采伐剩余物， 610 万 m^3 的加工剩余物和 450 万 m^3 的树皮。目前粗略的估计，这些剩余物只利用了其中

的7%，余下的93%都作为燃料或被废弃了。如果利用这些剩余物的50%，则可以生产纤维板250万吨，能顶替1400万 m^3 原木使用；或者生产580万 m^3 的刨花板，能顶替1700万 m^3 的原木使用；或者生产150万吨包装纸，能顶替1800万 m^3 的造纸原木。因此，开源节流，合理和充分地利用木材，还是有很大潜力的。关键在于如何精打细算，加强科学研究，采取必要的技术、管理和组织措施。

森林资源是取之不尽、用之不竭的。地球上的石油、煤炭等天然资源，尽管个别地区蕴藏丰富，但总有告竭之日。唯独森林是能够更新的天然资源，只要青山常在、永续作业就能够永久造福于人类。各国都极其重视历史上的经验教训，强调土地的利用和森林的保护、培养和利用。我国最近对保护和扩大森林资源也采取了积极的重要措施。颁布了森林法，制定了恢复和扩大森林资源的长远规划，大力开展林业科学研究，并且提倡木材的综合利用事业。

二、木材的优缺点

事物总是两方面的。木材作为一种建筑和工业原材料有它的优点和缺点。如何发挥木材的优越性和它的潜在利用价值，以及如何克服其缺点，这也是属于合理和充分利用木材的一个重要方面。木材所以几千年来一直是利用得最多、最广泛的材料，主要是它具有特殊的优越性，其中优点：

1. 易于加工。用简单的手工具就可以加工，除了可以用各种形式的榫结合外，一般可以使用钉子、螺丝钉、各种金属连接器以及胶粘剂就可以结合装配。木材经过锯、铣、刨、钻等工序可以做成各式各样轮廓的零部件。同时可以蒸煮后进行弯曲、压缩等加工。最近利用液态氨处理木材，使之塑化，可以进行任意曲率的弯曲，但是利用液态氨需要低温操作，在工艺、技术上要求较比复杂，所以在生产上尚未采用。至于小材大用，劣材优用的办法很多，包括胶拼、胶合层积、指形接合或斜接等等。

2. 木材的某些强度与重量的比值较诸一般金属的比值高，也就是说，木材质轻而强度高。例如，红松木材顺纹理的抗拉强度等于96MPa，其气干材的密度为0.440g/cm³，因此，强度与密度的比值约为 2×10^3 ；而钢材的抗拉强度为1960MPa，钢材的比重等于7.8，因此其强度与重量的比值等于 2.56×10^3 。

3. 气干木材是良好的热绝缘和电绝缘材料。一般器皿需要绝热都可以使用木材做把柄。利用木材的电绝缘性可以在加工中使用高频胶合工艺等技术。

4. 木材有吸收能量的作用，所以火车在木枕铺的铁轨上运行比在水泥枕铺的轨道上运行，乘客感到较比舒适。观察运行的列车，可以看到铁轨不时地压低木枕，而又被回弹过来，这就是木材对能量的吸收效果。

5. 木材是弹性-塑性体，在损坏时往往有一定的预兆，也就是有一定的讯号，使用时给人以一定的安全感。例如，矿柱损坏时除了不时地会发生咔嚓的声音外，外形也有裂纹等迹象。

6. 木材具有天然的美丽花纹、光泽和颜色，能起到特殊的装饰作用。

至于木材的缺点，其中最主要的有：

1. 湿胀、干缩。木材的尺寸会随其含水率的变化而不稳定。木材的胀缩是各向异性的，干缩率或湿胀率随着木材的纹理方向而不同，因此木材的几何形状也是不稳定的。顺纹理的胀缩率极小，一般不到0.1%，在使用中可以忽略不计；垂直纹理方向又分为径向

与弦向，前者的干缩率与湿胀率约为4—8%，而后者约为7—14%。由于径向与弦向的干缩率或湿胀率不同，因此木材的尺寸和形状都会改变，从而可能导致木材发生开裂、翘曲等弊病。木材干缩与湿胀并非树木天生存在的缺点，在立木中木材细胞壁即使在胞腔没有水的情况下也总是处于饱和状态的。因此，立木的木质部不存在干缩与湿胀问题。关于木材干缩湿胀的机理和各向异性的缘由已较明确。现在已经有可能通过各种物理、化学或物理-化学方法对木材进行处理，以提高它的尺寸稳定性。概括起来有五种不同的方法：

(1) 机械抑制，例如胶合板；(2) 内部或外部涂饰，例如浸渍木；(3) 借化学方法减小木材的亲水性，从而减小木材的吸湿性，例如氯化木材；(4) 膨胀法 (bulking)，即将一种非挥发性物质填入木材胞壁中，减少它容纳水的空隙，例如用聚乙二醇的处理；

(5) 用化学法使纤维结构单位产生交联 (cross-linkage)，从而减少它们被水分隔的程度，例如乙酰化木材。第(1)、(2)、(4)法已在工业中应用，第(3)、(5)法还存在一些问题，生产上尚未采用。

2. 木材容易腐朽和虫蛀。当木材的含水率低于18%，一般木腐菌是不能寄生于木材的。如果将木材浸没于水中，由于缺乏空气，真菌也难以生存。只有空气占木材空隙体积的20%以上时，真菌才能生存。温度过高或过低也不利于菌、虫的生长。木腐菌最适宜生长的温度为24—32°C。温度低于20°C或高于38°C都会抑制真菌的生长。真菌在0°C以下和43°C以上便不能生长。此外，木腐菌的生长条件还要有适宜的养分和生长素或维生素与矿物质。上述条件中只要缺少其中一个条件就可以防止腐朽。凡符合腐朽的条件都适于昆虫对木材的为害。所以木材经过干燥后，如果不再受潮，往往就不会发生腐朽或虫蛀。一般室外用的木材可以通过防腐处理防止菌、虫为害。

3. 木材用作沿海水工建筑材料或木船等，则常为海生钻孔动物所侵害。这些动物并非以木材作为食物，而是作为栖居的场所，对木材的损坏和威胁很大。但可以借煤焦油杂酚防腐处理加以防止，延长其使用寿命。

4. 木材易于燃烧。薄的刨花很容易点燃，但尺寸较大的木材较难于燃烧，尺寸愈大，愈不易燃烧。一根外表未经防护的钢梁，长度为1.8米，在火灾中热到593°C便会膨胀12.7厘米，如果长度的改变不使墙坍塌，但也会由于钢梁变软不能支持自重而坍塌。大尺寸的木梁反较安全，因木材燃烧缓慢，而且只是外层处于燃烧状态下，木材内部无多大变化，仍保持一定的强度，可以赢得时间救火扑灭。

5. 木材的性质不同于金属或一些合成材料，它的变异性很大。不同树种的木材，其性质差异很悬殊，例如，枫木的比重约为1.20，而轻木的比重只有0.12。然而这在利用上并不成为大问题，只要了解该树种的特性就可以规定某种树种适宜的用途，或规定某用途的适宜树种。同一树种的木材也有相当大的变异性，例如年轮宽度、晚材率、比重等等，这就引起许多麻烦，除了特殊情况外，同一树种的木材变异性一般可以忽略不计，但绝不可不加考虑。

6. 木材有许多不可避免的天然缺陷，例如节疤、斜纹、油眼等。这就使木材的利用问题复杂化了，例如木材强度指标一般都是按无瑕疵的小试件在特定的条件下所测定的平均值，但在实际利用中的木材尺寸远远大于标准试件，因此不可避免地带有这种或那种天然缺陷，从而降低了木材的强度。降低的程度取决于缺陷的类别、在该材料中的位置、尺寸大小以及对该材料用途的影响等。因此，在设计中往往要将按标准法测定的数据进行折减，这会导致木材的性质不能充分地利用。现代化的生产已逐步对实际使用的成材进行应

力分级, 以使物尽其用。

三、木材学研究的范畴

木材学是木材加工利用的理论基础, 不论是机械加工或化学加工。深入研究木材的构造(包括微观的和超微观的构造)以及它的化学、物理、力学性质, 才能更好地发挥木材潜在的利用价值, 充分合理地利用木材。电子显微镜的广泛应用, 木材的微观结构已能揭露得很清楚, 例如放大16,000倍就可以清楚地看到具缘纹孔的纹孔膜和纹孔塞结构, 从而可以进一步研究纹孔闭塞或张开的机理与木材的渗透性。许多人研究胞壁层次结构的结果, 认为木素-碳水化合物的比例变化和微纤维排列方向的变化, 从胞间层到胞腔可以分为初生壁和三层的次生壁, 以最外层的木素含量最多。但是随着设备仪器和技术的发展, 在这方面又精心进行了研究。关于木素的分布情况, 虽然在胞间层和初生壁中的相对含量较多, 但最大的含量是在次生壁中(例如云杉有70%的木素在次生壁中)[Wood Science and Technology 3: 117 (1969)]。至于微纤维的排列方位, 原先四个层次的概念(初生壁, 次生壁的 S_1 、 S_2 、 S_3 层)现在已扩大到一个新的概念, 单 S_2 层就认为有12个层次[Wood Science 1(2): 65 (1968)]。机械制浆可以使纤维的胞壁完全分层, 每个微纤维层约为5nm厚, 在2 μ m厚的胞壁中就可能400层。木材细胞壁包含厚50nm的纤维素微纤维, 交替着同样厚度的木素-半纤维素的层次。由于这些交替层次的流变性质不同, 致使在机械作用下, 在它们之间分了开来, 从而增加了纤维的膨润性、纤维饱和点和挠曲性, 此外, 对木素的溶解更为有效。现在对化学家、物理学家和工程技术人员提出一个问题, 用什么方法可以使纤维的胞壁分层到化学制浆的那种程度, 而木素被除去的量最少, 这样, 用木材制浆的得率便可以提高, 纸强度也有所改善。

由于木材是各向异性的、多孔性的、毛细管胶体, 它的物理-力学性质不同于一般均质的、各向同性材料。因此, 木材的物理-力学性质是材料学中的一个单独的分科, 它关系到木材的机械和化学加工工艺的确定。例如, 现代木材加工技术最重要的问题之一就是成材窑干的强化问题。要解决这个问题必需寻找合理的干燥基准, 在确保干燥质量的条件下最大限度地强化干燥过程。科学地制定合理的干燥基准需要解决两个主要的综合性研究课题: 即干燥运动学和干燥动力学。这些都需要有关木材物理-力学性质的基础理论知识。

在木材综合利用的发展中, 纤维板与刨花板的生产是利用采伐剩余物和加工剩余物的最有效办法, 也是解决木材供应不足的重要措施。这两种木材产品的制造工艺主要是木材原材料的重新组合的过程。纤维板有纤维分离和纤维自身相互再粘合的过程, 也有和刨花板一样的胶合过程。这些工艺过程都关系到木材的构造与材性问题。至于纤维板和刨花板的物理-力学性质也和胶合板的性质一样, 也有它们本身的特点, 需要结合木材学的知识进行研究。

木材学是木材加工专业的基础理论课程之一。它是随着木材加工工艺发展的需要逐渐形成的一门科学。它涉及的面很广泛, 因此要求基础知识也比较多。近年来, 随着其它学科的发展, 有许多科学技术与木材学发生了内在的联系, 给木材学的范畴添了新的内容, 例如电离辐射在木材加工中的应用。已证明, 辐射用于测定某些物理性质、非破坏性试验、作为聚合木材中的其它聚合物的单体以及改变木材的物理-力学性质等方面都是行之有效的办法。所用的剂量随树种而异, 这反映出木材细胞壁的化学成分不是完全相同的。木素对辐射的抵抗力就比纤维素大。总之, 木材学在其发展中又有了某些新的起点。

第一章 木材的构造与识别

第一节 树干的组成

一、树木的生长

树木是一个有生命的生活体，由树根、树干和树冠三部分组成。

树根 是树木的地下部分，占立木总体积的5—25%。它的功能是吸收土壤中的水分和矿物质，将整个树木固定在土壤中。

树冠 是树木的最上部分，由树枝、树叶构成。树枝占立木体积的5—25%。它能把根部吸收的水分和矿物质养分以及叶子吸收的二氧化碳，通过光合作用，制成碳水化合物，供树木生长。

树干 是树木的主体部分，占树木体积的50—90%。它一方面把树根从土壤中吸收的养分由边材运送到枝叶，另一方面把叶子制造的养料沿韧皮部分运送到树木的各个部分，并与树根共同支撑着整棵树木。

树木的生长是高生长与直径生长共同的结果。

高生长 是根和茎主轴生长点的分生活动，即顶端分生组织或原分生组织的分生活动的结果。原分生组织是许多体积小、直径相等的多面体薄壁细胞所组成的。原分生组织没有细胞间隙，新陈代谢旺盛，有强烈的分生能力，从而增加了细胞的数量，而其细胞的体积并不加大。它首先分生的是表皮原、皮层原和中柱原，它们仍然具有再分生的能力，但分生能力不如原分生组织那样旺盛，通常称为初生分生组织。初生分生组织再经发育后，表皮原发育为表皮，位于茎的外部；皮层原发育为皮层，位于表皮与中柱之间；中柱原发育为中柱。中柱的内部是髓，外部是初生维管束。初生维管束向内分生初生木质部；向外分生初生韧皮部。初生组织没有再分生能力，而且在构造上也不完全。

直径生长 主要由于维管形成层（即侧向分生组织）的细胞分裂。形成层原始细胞向内形成次生木质部；向外形成次生韧皮部，于是树木的直径便不断增大。

二、树皮

1. 树皮的构造

包裹在树木的干、枝、根次生木质部圆柱体外侧的全部组织，即在维管束形成层外侧的全部组织，叫做树皮。树皮组织随树龄而异。幼茎的树皮是由表皮、皮层、初生韧皮部所组成。

表皮是由表皮原分裂出来的，表皮细胞的胞壁极厚，而且富于角质，从而可以防止内部组织的水分蒸发，同时保护了外部不受伤害。它具有气孔。随着茎部的直径生长，表皮层破裂。但贴紧表皮下面的皮层其最外层的薄壁细胞发生弦向分裂，产生木栓形成层。由于木栓形成层的活动，向外分生木栓层，向内分生栓内层，这三层一起统称为周皮。由于木质部的直径也不断增长，在一定的时间内会在皮层的内部形成新的木栓形成层，于是在

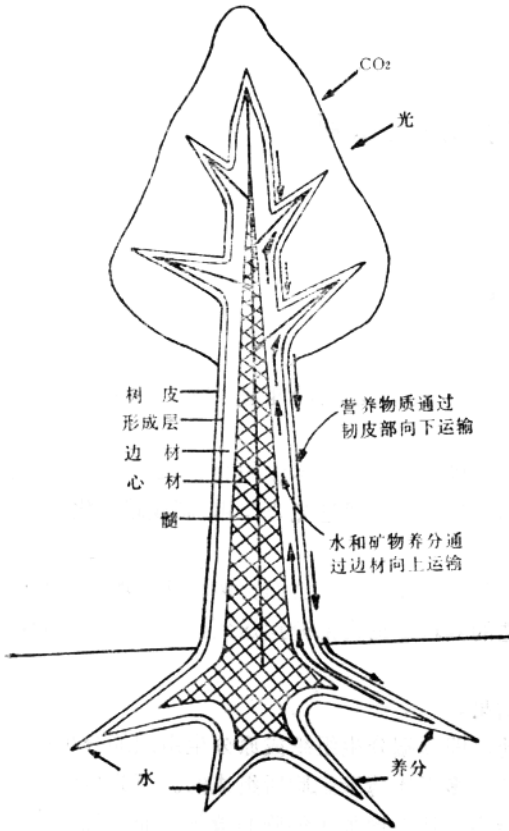


图 1-1 树木的生长

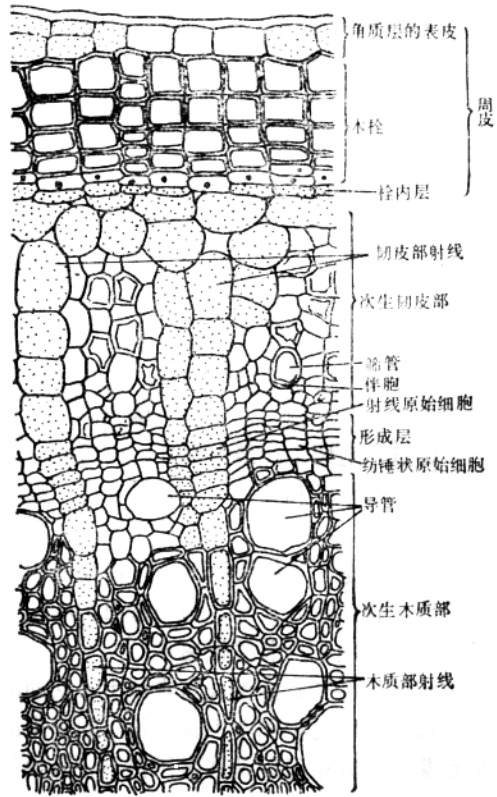


图 1-2 桃属的茎次生构造

次生韧皮部中也会形成新的周皮，新周皮不断产生，也就不断产生新的树皮。

木栓层的细胞不仅胞壁木栓化，而且有时细胞内腔还添加木化层，借以阻止水分通过，表皮破坏之后，木栓层替代表皮成为保护层。在木质部直径生长过程中经过一定间隔时间相继在皮层的内部形成新的木栓形成层，形成新的周皮，每当新的周皮形成后，木栓组织外侧的树皮组织，便因水分被隔绝而死亡。

以最外侧的周皮为界，其外侧已死亡的组织叫做外树皮或粗树皮，内侧生活的组织叫做内树皮。观察树皮的横断面，某些树种的内外层的质地、颜色有明显的差别，界限分明，如泡桐、银杏等；另外一些树种，内外皮界却不明显，如化香树。

外树皮随着木质部的直径生长，从外侧依次破坏而剥落，外树皮的剥落方式和木栓形成层的排列方式有密切关系。例如桦木、李属等最新产生在表皮层内侧上的圆周状木栓形成层，由于多年的垂周分裂，一方面自己把自身的圆周扩大，另一方面在外部造成木栓组织。它像次生木质部的早材和晚材一样形成细胞大小不同的生长层，不能超过圆周增加的外侧木栓层组织，如破坏发生在交界面上，则成薄纸状剥落。而柳杉、扁柏等在弦面排列的木栓形成层，由于在一定的间隔内相继有规则地产生，所以外树皮是纵向带状剥落的。新生木栓形成层和周皮由紧密环状层形成，便产生环状树皮。木栓形成层在盾牌状的面上产生不规则的重叠，而周皮却很均匀，形成鳞片状剥落，于是产生鳞片状树皮。

皮孔是周皮的一个组成部分。当周皮形成时在原来气孔的部位，由木栓形成层产生大量疏松细胞，这些细胞增大，中层溶融而相互分离，同时胞壁木栓化，最后变为疏松、色淡的组织，叫做补充组织。由于补充组织的不断产生，组织挤轧，突破周皮，从而使树皮表面呈凸出状，即所谓皮孔，是水分和气体的通道。树皮裂隙的方向是水平的还是垂直的，裂隙的长度和宽度，以及表面凸出程度如何，不同树种具有不同的特征，可作原木识别的依据之一。有的皮孔呈横线形，如光皮桦；有的皮孔呈菱形，如青榨槭，毛白杨；有的皮孔呈卵圆形，如泡桐；有的呈圆形，如苦楝。

树皮的外部形态及其裂隙，有如下几种类型：

平滑：树皮表面光滑，如天目紫茎、梧桐。

针刺：树皮具有针刺状突起，如刺楸、皂荚、刺槐。

纵裂：有深裂和浅裂。深裂如柳、樟；浅裂如野鸭椿。

横裂：如光皮桦、山樱桃。

纵横裂：如柿树、泡桐。

2. 树皮的组成分子

筛胞和筛管分子 相当于木质部中的管胞和导管。在针叶树的韧皮部有筛胞，而在阔叶树的韧皮部有筛管分子。它们的共同形态特征是细胞壁上有筛域，以及在成熟的两类细胞的原生质体中无核。它们保持着原生质，能以原生质为媒介进行物质的回流。筛域的形状、大小排列，随树种而异。相邻细胞的原生质是通过筛孔连接着的。物质的运输也是通过筛孔进行的。它们不同之处是，筛胞两端较钝，不具端壁；而筛管分子是与导管分子一样，两端具有端壁，称为筛板，相当于导管分子的穿孔板。筛管分子在纵向构成长的连续的管状细胞，叫筛管。但由于木质部直径生长被推移到外部，有时难于清楚地观察到。

伴胞 阔叶树的筛管分子伴随着小型的特殊薄壁细胞，这种薄壁细胞叫做伴胞，是由筛管分子的细胞分割形成的。不具核的筛分子和有核的伴胞，在生理上关系相互依存，十分密切。

韧皮纤维 在针叶树和阔叶树的韧皮部中都有，是极长的厚壁细胞。在不同树种中呈星散状、切线状或团块状。某些树种的韧皮纤维很发达，其拉伸强度很大，可用于造纸、绳索。有些树种的树皮绝大部分是韧皮纤维，有的树种只有韧皮部的内部才有韧皮纤维。在韧皮纤维发达的树种中，有的纤维性脆，容易折断，有的很柔韧，难以折断。柔韧的有梧桐科、暗罗、野桐、构树、黄杞、竹柏等；性脆的有桉树、红锥、蓝果树、南华木等。

石细胞 是针叶树和阔叶树韧皮部里的机械组织，常与韧皮纤维结合在一起，亦有单独存在的。它和韧皮纤维不同，不是由形成层直接形成的，而是在薄壁细胞胞壁增厚时，细胞先出现不规则的分裂，分裂时，有复杂的分枝或长度伸长。石细胞的排列和分布有星散状、环状和径列状

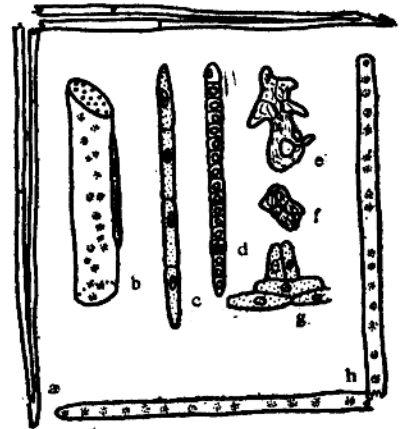


图 1-3 次生韧皮部构成分子
a. 韧皮纤维 b. 筛管分子 c. 薄壁细胞 d. 结晶体轴薄壁细胞 e, f. 石细胞 g. 射线薄壁细胞 h. 筛胞