

高等林业院校試用教科书

木 材 学

南京林学院木材学及木材水热处理教研組編

农 业 出 版 社

高等林业院校試用教科书

木 材 学

南京林学院木材学及木材水热处理教研组編

木材机械加工专业用

高等林业院校試用教科书
木 材 学
南京林学院木材学及木材水热处理教研組編

农 业 出 版 社 出 版
北 京 老 錢 局 一 号
(北京市书刊出版业营业許可証出字第106号)
新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售
中华书局上海印刷厂印刷裝訂
統一书号 K 15144 · 296

1961年9月南京制型	开本	787×1092毫米
1961年9月初版	字數	十六分之一
1964年12月上海第四次印刷	印張	二十一又二分之一
印数 4,171—5,170册	插頁	—
	定价	(科五)二元另五分

前 言

本教材是在院党委的领导下，根据木材机械加工专业木材学教学大纲的要求编写而成的。通过教学改革，我们深切地体会到，在木材学的教学中，必须坚决贯彻党的教育方针；坚决遵循“实践——理论——实践”的原则；并在联系实际，结合专业的前提下，加强基础理论的教学。

本教材共分八章，内容包括木材的构造、性质、缺陷和利用的基本理论。我们在编写中，力求做到系统分明，重点突出，明白易懂；并反映出社会主义建设大跃进形势和现代科学技术的要求。本教材可供木材机械加工专业教学之用，也可供林学、林化、土木建筑和车辆制造等专业，以及木材加工部门中工程技术和研究人员的参考。

本书第一、二、三、六、七、八等章及绪论由张景良同志编写；第四、五两章由尹思慈同志编写。吴达期同志担任摄影及绘图。在编写过程中，陈桂陞、梁世镇两位同志曾给予指导和审阅。

解放后，由于党和政府对林业科学的重视，木材学在林业科学中已获得了很大成绩，且不断地向前发展着。限于编者水平，以及教学经验不够丰富，这本教材的错误和缺点在所难免，我们衷心地期望使用本书的教师和读者随时给予指正，使再版时能够得到修正和提高。

編 者

1961年5月

目 录

前 言	
緒 論	(1)
一 我国的木材資源	(1)
二 木材在国民經济中的意义	(1)
三 木材科学在我国的发展	(2)
四 木材的优缺点, 以及消除木材缺点的方法	(3)
五 木材学的研究內容	(3)
第一章 木材的构造	(5)
第一节 树木的生长及其发育阶段	(5)
第二节 树干的构造	(9)
第三节 木材的显著特征	(18)
第四节 木本植物的細胞	(31)
第五节 木材的显微构造	(47)
第六节 树木的发育阶段、培育方法和立地条件对木材构造的影响	(97)
第七节 竹材的构造	(106)
第二章 木材的化学性質	(111)
第一节 木材的元素組成	(111)
第二节 木材的灰分及其組成	(112)
第三节 木材的化学組成	(113)
第四节 木材細胞壁和細胞腔中的浸提物質	(121)
第五节 木材的各种化学成分与树种和森林因素的关系	(124)
第六节 木材的发热量与发热效应	(126)
第三章 木材的物理性質	(130)
第一节 木材中的水分	(130)
第二节 木材的吸湿性	(137)
第三节 木材的吸水性	(145)
第四节 木材对液体的貫透性	(147)
第五节 木材中水分的扩散	(149)
第六节 木材的干縮与湿胀	(153)
第七节 木材干燥时所产生的缺点及其防止法	(160)
第八节 木材的实质比重、容积重和条件容积重	(166)
第九节 木材的导热性質	(173)
第十节 木材的导电性質	(178)
第十一节 木材的传声性	(183)
第十二节 木材对于电磁波的透射性	(184)
第十三节 木材的透气性	(186)
第十四节 木材的顏色	(187)

第十五节 木材的气味·····	(188)
第十六节 木材的结构、纹理、花纹和光泽·····	(188)
第四章 木材的力学性质·····	(194)
第一节 木材变形的基本概念·····	(194)
第二节 木材的各向异性和非均匀性·····	(197)
第三节 木材的各种力学性质·····	(198)
第四节 木材的疲劳极限与长期抗力·····	(219)
第五节 木材的品质系数、容许应力和安全系数·····	(223)
第六节 影响木材力学性质的各种因子·····	(226)
第七节 木材物理、力学性质试验的试材采集和试验方法·····	(233)
第五章 木材的缺陷及其对材质的影响·····	(238)
第一节 节子·····	(238)
第二节 变色及腐朽·····	(243)
第三节 虫害·····	(250)
第四节 裂纹·····	(251)
第五节 树干形状缺陷·····	(253)
第六节 木材构造缺陷·····	(256)
第七节 伤疤·····	(261)
第八节 不正常沉积物·····	(263)
第九节 木材加工缺陷·····	(264)
第六章 木材的耐久性及其提高的方法·····	(266)
第一节 木材耐久性的意义·····	(266)
第二节 影响木材耐久性的因素·····	(267)
第三节 提高木材耐久性的方法·····	(270)
第七章 主要木材的构造及其用途·····	(288)
第一节 主要用材对木材材质的要求·····	(288)
第二节 主要木材的构造及用途·····	(290)
一 针叶树材·····	(290)
二 阔叶树材·····	(298)
三 国外主要木材·····	(315)
第八章 竹材的性质及其利用·····	(320)
第一节 竹材的化学性质·····	(320)
第二节 竹材的物理性质·····	(322)
第三节 竹材的力学性质·····	(324)
第四节 竹材的缺陷及其防止法·····	(326)
第五节 竹材的利用·····	(329)
附 录·····	(330)
一 木材构造名词汇编·····	(330)
参考文献·····	(338)

緒 論

一、我国的木材資源

我国地域辽阔，横跨寒、温、热三带，森林分布广泛，树木的种类又极丰富，就木本植物而言，约有 7,500 多种，其中乔木约 2,800 多种。木材材质优良、经济价值较高的将近 1,000 种。北半球主要森林树种中的裸子植物全世界共有 13 科、70 属、约 700 种，而我国就有 10 科、34 属、220 种。其中杉木、金钱松、油杉、台湾杉、福建柏、水松和水杉等都是我国的特产。在阔叶树中种类更多，著名的香樟、楠木、樟树、杜仲、油茶、核桃、乌桕、桐油和漆树等都是重要的经济树木。在我国南方广大亚热带及热带地区，还有荔枝、椰子、咖啡、橡胶等经济价值很高的树种。

我国的速生树种约有 100 多种。如杉木、落叶松、桉树、香樟、樟树、泡桐、洋槐、枫杨、苦楝、臭椿、白杨和白榆等。这些树种在 10 年、20 年或 30 年，即可成材。

我国的森林曾长期遭受帝国主义和反动统治阶级的掠夺和破坏。解放后，才在全国范围内有计划地进行了大规模的林业建设。特别是 1958 年以来，在党的总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，林业生产有了很大的发展，木材资源在迅速增长和扩大。

二、木材在国民经济中的意义

木材是经济建设的重要物资。工业、农业、采矿、交通和基本建设等部门都需要大量木材。

木材在建筑事业上仅次于钢铁。建筑 1,000 平方米面积的混合结构房屋，就需要 130 立方米的木材；建筑同样面积的钢筋混凝土结构的厂房，就需要 100 立方米的木材。

在交通上如铁路枕木，修筑 1 公里的铁路，需要 1,800 根枕木，大致需要 360 立方米的木材。架设 1 公里的电线，按甲级工程计算，需要长 8—9 米、直径 12—16 厘米的电杆约 20 根，材积约 3.8 立方米。

采 1 吨煤所用的坑木，约 0.02 立方米的木材。

在造纸中，木材也是主要原料。造 1 吨纸约需木材 5—6 立方米。

此外，在我们日常生活中所用的家具、文具、火柴、玩具、乐器和运动器材，以及制造车辆、船舶、包装箱等也都以木材为主要原料。

随着科学和技术的不断发展，木材的用途也日益广泛。据统计，以木材为原料的工业约有 100 种以上，产品达 1 万多种。

木材纤维工业产品可以代替棉花、丝和羊毛。据计算，1 立方米的木材可制出 200 公斤的纤维，能制成 1,500 米的丝织品。

木材纤维可以制成各种新型工艺品。如胶卷、玻璃纸、电木、留声机唱片、肠衣、

絕緣体、塑料、假象牙、假珊瑚、假玳瑁和假琥珀等。

木材水解，使其多糖轉化为单糖。糖液可直接或經发酵后作家畜飼料，亦可精制为葡萄糖。糖經過发酵可制酒精。

在造纸工业中的亚硫酸盐紙浆废液經发酵可提取酒精、飼料、酵母和废液的濃縮物（用于建筑、石油和机器制造）和提取香草素；从硫酸盐紙浆废液中可提取木浆浮油。

将木材經過胶压处理，制成层积塑料，可以代替金属，用于紡織工业、电力工业、机器制造、飞机和造船等；把木屑与人造树胶混合制成通风管、輸送液体导管，可以代替金属管；用經過防腐处理的层积木和木材，制造非磁性的船舰，可以防御磁性水雷；木材与紙型塑料胶合，用于建筑和家具；木材与金属胶合，用于制造飞机和船舰；纖維扩散板經化学处理，用于过滤毒气、带有病毒的尘埃和核分裂后的放射性物质。

木材干餾可以获得醋酸、甲醇、木焦油和木炭。醋酸石灰經干餾后可以制取丙酮，这些产品都是工业上的重要原料。

木材的动力化学利用是林产化学发展的重要方面之一。它主要是利用废材經气化制成动力煤气和木焦油。木材气化可得到占木材原重量 3—4 % 的酚的混合物。酚是塑料工业、合成树脂工业和化学工业的重要原料。

三、木材的优缺点，以及消除木材缺点的方法

木材是一种天然生长的有机体。它具有特殊的性能，这些特殊的性能都与树木生长条件有密切的关系。因此，木材与金属及其他材料比較，有其固有的优缺点。在使用木材时，应运用科学技术尽量發揮其优点，减少或改变其缺点，提高其功能，扩大使用范围，使之达到合理利用和节约木材的目的。

木材的优点：

1. 木材作为建筑和工程的材料較鋼鉄輕，便于运输。

2. 木材有較高的强重比。它的强度和重量的比值較高，大于一般的鋼鉄。如松木的順紋压力极限强度 $\sigma_{\text{PK}} = 350$ 公斤/厘米²，单位体积重量 $\gamma = 0.52$ ，强重比就等于 $\sigma_{\text{PK}} : \gamma = 350 : 0.52 = 673$ 。如与鋼来比較，鋼（比重 $\gamma = 7.8$ ）的强度极限必須超过 $673 \times 7.8 = 5,280$ 公斤/厘米²，才能和它相比較，这就是說，当这种鋼的强度已經相等于一种特种鋼的强度时，它的强重比才相当于松木。

3. 具有絕緣性，对电、热的传导性极小。对于声有共振性。木材的热胀冷縮现象不显明。

4. 易于胶接，用胶或釘、螺絲及榫头都很容易牢固地相互連接。

5. 木材具有美丽的花纹；容易油漆和染色；还容易解离，制成紙浆和人造絲等。

6. 树木可用人工培植撫育，使其不断生长，取之不尽，用之不竭。

木材虽具有上述的优点，但从利用上来看，还有不少的缺点：

1. 具有吸湿性，随天气变化、大气湿度的高低而吸收或放散水分，因而材性不稳定。木材干燥时容易开裂、翘曲。

2. 木材具有異向性。就是在組織構造、材性，各个方向的不同性。
3. 木材具有變異性。同一种木材的性質，可能因产地和立地条件的影响有很大差異。

4. 木材容易腐朽、变色和燃燒。

5. 木材与金屬比較，其硬度小、彈性模量低。

6. 樹木生長比較慢，直径有限，并具有天然的缺陷。如节子、斜紋理等。

木材的缺点虽然不少，但是随着科学技术的发展，可以尽量設法减少甚至消除木材的缺点。如采取适当的森林撫育措施，可以减少木材的天然缺陷。人工干燥可以加速木材的干燥过程，并使木材的干燥缺陷减少到最低限度。木材保存技术可以使木材吸收具有毒性的防腐劑，可以防止菌、虫害的侵蝕，延长木材的使用年限。木材經過防火处理，使木材不易燃燒或緩和火势的蔓延。木材加工技术，可以克服木材的異向性，使木材强度趋于一致，可以改变木材的各种缺点。

四、木材科学在我国的发展

解放前，在我国农学院森林系中沒有專門開設过木材学課程，它只是包括在森林利用組各有关課程中讲述。解放后，在1952年才正式将木材学列入木材机械加工专业的教学計劃，并制定了全国統一的教學大綱，进行了有計劃、有目的的教学。

我国木材的科学研究工作历史不长，解放以前偏重于对木材构造与性質的研究。1931年以后开始有專門論著发表，如“中国木材学”、“中国本部木材强度試驗”、“中国木材之硬度研究”等。1936年以后，某些学者又作了一些木材性質的研究。但由于反动政府不予重視，而沒有得到应有的发展。

解放后，我国木材科学的科研工作，随着社会主义建設的需要而正在迅速发展。全国有关木材科学的研究机构和各高等林业院校，在木材的构造、性質、木材干燥、木材保存及木材性質的改良等方面的研究都取得了很大的成績。其他如鉄道、交通、煤炭等部門对木材防腐以及各地的木材加工企业对于木材层积塑料、胶合板管子、航空胶合板等也进行了許多試驗研究，并取得了不少的研究成果。

五、木材学的研究內容

木材学是研究木材的构造、性質和利用的科学。它一方面为木材工艺学服务；另一方面为林业措施提供科学依据。

木材学是木材机械加工专业的专业基础課。凡是木材加工工艺都与木材构造、性質有密切关系。如在木材干燥中，要了解在干燥过程中所发生物理現象的本質，就必须了解木材的构造与物理性質；要解释木材加工过程（切削、鉋平、鉗孔、研磨等）的本質和切削理論，就必须借助于木材构造的知識；研究細木工工艺时，就必须研究木材解剖构造的變異，才可以奠定曲木工艺中的理論基础；在胶合工艺学中，只有了解木材构

造、木材化学性质，才能解释热加工和压缩时所发生的现象，以及木材胶合压缩的理论；在纤维板制造工艺中，也必须了解木材构造及其有关物质的化学成分，才能提高产品质量；在木材防腐中，为了提高木材防腐效果，也必须了解木材构造。

木材学的研究任务，可分为两方面：一方面是以森林学和生物学为基础，主要是研究我国乔木树种的木材构造和物理力学性质，研究作为木材物质基础的细胞壁的结构、物理状态和化学组成，木材物理力学性质的变异，林木在各种立地条件下所受到的影响及材质等级。另一方面是以物理学和工程技术学科为基础，主要是结合木材构造研究木材物理现象的本质，木材力学强度与变形的本质，木材的可塑性，木材各种力学强度对化学作用和生物作用的反应，根据木材结构和性质，探索提高木材及木制品的材质与耐久性，并创立木材科学的研究方法。这些研究成果，可以对森林的经营管理提出改进方案，以提高林木的材质；改进木材及其工艺品的利用方法，并扩大利用范围，以满足社会主义建设和人民生活对木材的需要。

第一章 木材的构造

木材在国民经济建设中的用途，取决于木材的经济和技术的性质，其中尤以技术性质更为重要。如果木材本身所具有的质量符合于技术标准，则效果大、损失小。所以，对这些性质的知识的了解是必要的。木材构造与木材性质有着密切的关系，可以把木材构造看作是木材技术性质的显著表现和有力的证据。

树木本身在不同的外界环境条件的影响下，引起木材在构造上的显著变异，这种变异不仅发现于生长在同条件下的同一种树木，甚至在同一棵树的不同部位也可以看到。虽然木材构造的显微特征的观察，在广泛的木材工业实践中，不能完全做到，但通晓木材的显微构造，对于一个木材工作者来说，毕竟是十分必要的。没有这方面的知识，则对于不同树种、不同树木和树木各部位的木材性质的变异性，就不可能获得一个清晰的概念。

有了木材构造的知识，才有可能在广泛实践中观察木材构造的显著特征，鉴别木材的种类，因为每种木材的构造都具有一定的特征，根据这些特征来鉴定木材，就可以把种与种间的木材区别开来。决定木材种类之所以重要，是因为每一种木材具有一定的特征和性质，这些性质决定着木材的合理利用。所以木材构造的知识对于木材合理利用具有重大的意义。

我们要把木材构造的知识，作为深入判断木材加工和利用时所发生现象本质的基础，就必须了解木材的构造和性质，进而研究合理利用木材、提高木材利用率和节约木材，从而增加和创造社会财富，满足国家建设和人民生活的需要。

第一节 树木的生长及其发育阶段

树木从种子植物而来。它有根、茎、叶。茎的生长，在多数木本植物中，只要在它的生命界限以内，可以不断地增长，就可以形成有极大经济价值的木材。

种子植物分为两大类：一类为裸子植物——针叶树，常形成广大的纯林。它的树干（茎）通直而高大，出材率较多，且具有优良的工艺性能，成为建筑或工业上用材的主要来源；另一类为被子植物，它又分为单子叶植物和双子叶植物，前者多数是草本，少数是木本，其具有工艺性质者，如竹子、棕榈等；后者草本木本都有，其中的木本植物称为阔叶树，分布较广，种类繁多，如郁闭良好，也产生通直的木材，而且许多树种常具有特殊优良的性能，应用价值亦广。

一、树木的各部分 树木是一个有生命的生活体。它具有它生活上所必需的器官，这种器官可概括地分为：根、干、枝、叶等部分。树木的每一个部分都执行着各种生活机能，分工合作，组成树木生活上的营养、支持和生长的整个生命网（图1—1）。它提出这些规律的反映，支配着高等植物的生长。树木从土壤和空气中取得养料；并与其相

适应地发育了两个接受系统——空中的和地下的，树叶的和树根的。这两个系统需要中间系统的连接，那就是树干。树木可分成下列三部分：

树根 是支持立木于土地上，保持树木呈垂直位置。从土壤中吸取水分和矿物质，这些水分和溶于其中的矿物质沿着树干自下而上的运输到枝叶部分，借助于日光和叶绿素制造有机营养物质，这些有机营养物质沿着树皮下降到树干和根。树根储藏着备用的养料。树根占立木材积的5—25%。

树冠 是被树叶所复盖树枝的总称。当树木生活的时候，在树叶内制造出复杂的为营养和生长所需的有机物质。这种物质是由空气中摄取来的二氧化碳^①与从土壤中所取得的所形成。树叶中有机物质的形成过程仅能在太阳辐射能影响下发生，称为光合作用。这种过程对于地球上的生物具有特别的意义。树叶的功用是进行光合作用，制造有机营养物质，并行呼吸作用及蒸发作用。它与树枝合起来形成茂盛的树冠。树枝约占立木材积的2—25%。

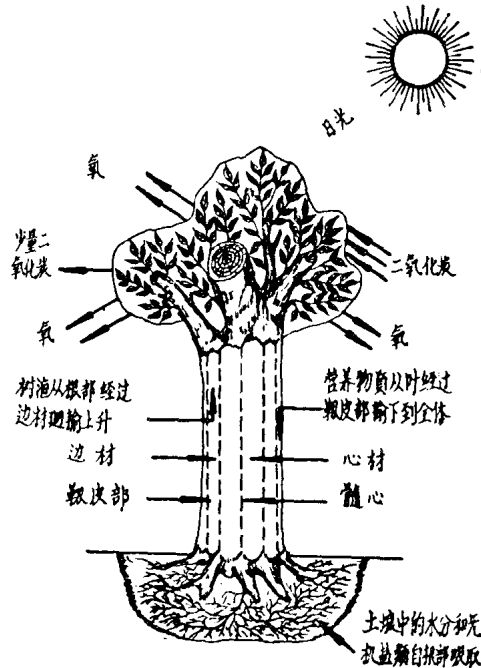


图 1-1 树木的生长

树干 为构成立木材积的主要部分，约占立木材积的50—90%。它是树木最重要的部分，在生产中使用的木材皆取自树干部分，为建筑上和工业上用材的原料。因此，木材构造的研究，又仅限于树木的树干部分。

在树木生长的时期，树干把从土壤中吸取的水分及溶于其中的矿物质养料，从树根自下而上的输送到树叶，并将树叶中制造出的溶于水中的有机养料，由树叶自上而下的输送到树根。树干除了进行输送水分和营养物质外，还贮藏营养物质和支持树冠。

二、树木的生长 树木在一年中发育生长的时期，称为树木生长期。这个时期是从春季到秋季，它延续时间的长短是依气候条件为转移。在我国北方的树木生长期较短，而在南方的树木生长期较长。

树木的生长是由高生长与直径生长共同作用的结果。前者起源于主茎和枝的生长点分生作用；后者是由于形成层的分生作用，由形成层向内分生次生木质部，向外分生次生韧皮部，但在分生过程中，木质部永远多于韧皮部。树木由于木质部的增加，直接构成木材的本身。它和髓一起共同占成年树木横断面积的约90—95%，如按树干体积约占

^① 根据 Д.Л. 古尔撒诺夫 (Курсанов 1952) 的研究，确定二氧化碳也可以和从土壤中吸取的水一起进入植物中。

70—93%；韌皮部的增加，繼續产生新的树皮部。如是年复一年，树木就逐漸增大，木材就日益加多，成为人們利用在建筑上或工业上的原料。

树木由于生长点的分生作用引起的高生长，称为初生长。由生长点形成的組織，称为初生組織。树木茎部在初生长时，其直径可略为增大，但頂端生长点所产生的細胞数目有限，因此初生組織的体积受到限制，难以保持树冠所需的力量。树木由于形成层的分生作用引起直径的肥大生长，称为次生长。它与前面所述的頂端生长点延长的生长不同，而側向加粗茎的組織，就是形成层所形成的組織，称为次生組織。此种組織在于加粗植物本身，并增加茎对外界影响的应力。

初生組織 研究树木的生长，首先必須了解原分生組織。树木的发育生长，起源于細胞的分裂，細胞分裂最活泼的区域是幼苗或茎的頂端，其頂端称为生长点。生长点，在显微镜下观察，是由少数等径的薄壁細胞所組成。这种細胞的大小形状和功用，都大致相同。它生长的方式主要在于增加細胞的数目，而不在加大細胞的体积。由于它們产生各部分組織，因此，它們是最原始的分生組織，称为原分生組織或頂端分生組織。

原分生組織，首先分生表皮原，繼而分生皮层原和圍繞于皮层原之內的中柱原（图1—2，A、B）。这三种組織表皮原、皮层原和中柱原的細胞內的原生質体仍然存在，仍然具有再分生的能力，它是一切組織和器官的原基。它的細胞分裂，不如原生組織那样旺盛。因此，称为初生分生組織。初生分生組織再經发育后：（1）表皮原发育为表皮，位于茎之外部；（2）中柱原发育为中柱（图1—2，C）。中柱的内部是髓，外部是初生維管束。初生維管束圍繞髓成一圓圈，但不互相接連（图1—3，A）。初生維管束的形成层向內分生木質部，称为初生木質部；向外分生韌皮部，称为初生韌皮部。此二者組織均已固定，已經沒有再分生的能力。因此，統称初生組織。但它們中間的形成层，还生生不息，能繼續不断地行使分生作用，产生次生木質部与次生韌皮部，此形成层，称为次生分生組織或側生分生組織，使树木的幼茎的直径加粗。形成层使幼茎生长发育所形成的組織，称为次生組織。（3）皮层原发育为皮层，位于表皮与中柱之間。

初生組織是树木生长过程中的一种永久組織，其中的各种木材分子在构造上还不完全。如被子植物的初生木質中，还没有木纖維，即管胞也不常见；又在裸子植物中，木材分子的长度还不定，仅具螺旋紋，且多数細胞沒有紋孔。由于初生組織在木材中所占的分量极少，所以，在构造上和利用上都不占重要位置。

幼茎的表皮細胞仅有一层，不含叶綠素，表面常附有角質层，其外还附一层蜡質，用以保护幼茎，它一方面防止内部水分和气体不致透过；另一方面保护幼茎避免菌虫的侵害。

树木茎的发育至次生組織阶段，次生韌皮部不断增加，初生韌皮部被排挤于外面。当表皮被挤压破碎后，則由周皮代之。

皮层由几层到多层細胞組成，其中以薄壁細胞为主体。有些細胞的稜角上常角質化，这种細胞，称为厚角細胞。木纖維、石細胞、油細胞和儲藏細胞等間或亦有之。在

多数幼茎中，紧接于表皮的皮层细胞常常高度木质化，用以保护幼茎的内部组织，并为木质部在未充分形成之前，用以增强幼茎的支持力量。

初生木质部在幼茎中，用以输导水分，使土壤中的水分上升；又因木质部的细胞已木质化，使幼茎的支持力量增强。初生韧皮部用以输送树叶制造的养分下降，同时兼司营养物质的贮藏。

髓——起源于中柱原，为较大的薄壁细胞及细胞间隙组成，主要功用在贮藏营养物质。

次生组织 在初生组织中，维管束的形成层为条状的段落，介于初生韧皮部与初生木质部之间，称为束中形成层（图1-3,A）。此三者合成，称为维管束。束中形成层发育到相当阶段后，即向左右延展跨过初生木射线与相邻维管束的束中形成层连接成一圆圈，这两个维管束之间的形成层，称为束间形成层。它或者由初生构造的一部分初生木射线转化而成。形成层连接成圆圈后（图1-3,B），即向内分生新的木质部，称为次生木质部；向外分生新的韧皮部，称为次生韧皮部；同时形成层本身仍然保留一层活泼的细胞，继续行使分生作用。在形成层的分生过程中，同时又分生射线细胞，或延长初生射线，或增添新的射线，这些新生的射线，

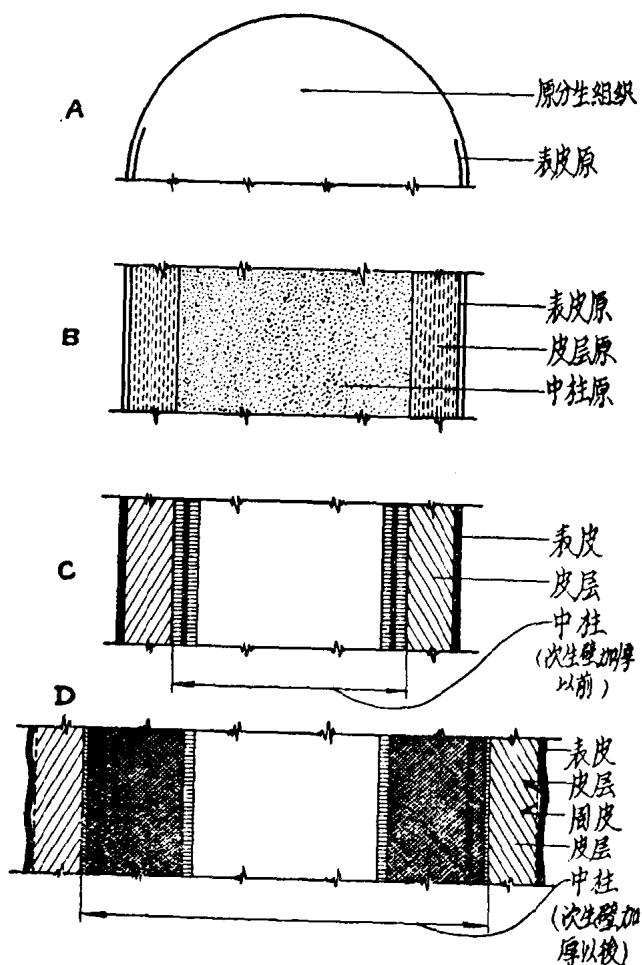


图 1-2 一年生幼茎从生长点向下，四个不同高度上纵剖面的组织（自Brown）。

- A 茎端具有原始细胞（原分生组织）及表皮原的原始发育。
- B 茎端稍下部分，表皮原仍然显明，原分生组织已经转化为中柱原，外围一层皮层原。
- C 更在茎端下面，开始形成初生组织，包含自表皮原而来的表皮，自皮层原而来的皮层及自中柱原而形成的中柱。中柱包含髓及初生维管组织，初生维管组织则由初生木质部与初生韧皮部组成，中隔束中形成层。
- D 一年生茎的基部，次生加厚已形成。髓与初生木质部所在的位置与空间同C，形成层发育生长，向内产生次生木质部紧靠形成层，再向内为初生木层部；靠近形成层的外面为次生韧皮部，再外为初生韧皮部；皮层仍然显明，表皮的内面为周皮。次生长开始后如D，则年复一年，以至树木一生。

称为次生木射线。在树木生长季节末期，次生组织发育完成，初生木质部与髓的位置及体积不变，但初生韧皮部被挤向外面边缘，仅留下一点遗迹，并在第一年生幼茎中即形成周皮。由形成层分生的次生木质部与次生韧皮部，称为次生组织。

形成层分生的细胞，总是木质部多于韧皮部，因而木质部占次生组织的绝大部分。这样年复一年，在树干中产生大量的木材，这种木材就是供应工业上无限量需要的源泉。

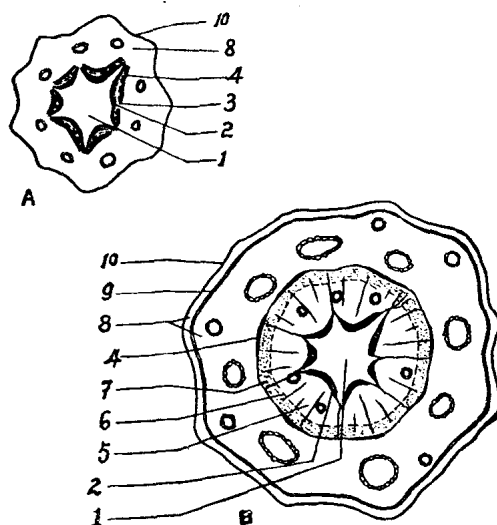


图 1—3 松木幼茎由初生组织发育到次生组织的情况（自Brown）。

A—生长点以下2.5厘米处的横切面，初生组织发育完全，但次生组织尚未开始。

B—在生长季节末期的横切面，次生组织发育完成阶段。

- | | |
|---------|---------|
| 1 髓 | 6 形成层 |
| 2 初生木质部 | 7 次生韧皮部 |
| 3 束中形成层 | 8 皮层 |
| 4 初生韧皮部 | 9 周皮 |
| 5 次生木质部 | 10 表皮 |

第二节 树干的构造

树干可区分下列主要部分：树皮，形成层，木质部和髓心。

一、树皮 树木上形成层以外的部分，统称为树皮。树皮可分为外皮和内皮（图1—11）。前者是已经死亡的组织——木栓；后者还是在生活的组织。树皮是贮藏养分的场所，并且运输叶子制造养分下降的通道。同时树皮还是树干的保护层，它能防止树木的生活组织不受外界环境的影响和机械的损伤。

树皮包括表皮、周皮、皮层、维管束鞘与韧皮部（图1—4）。幼茎仅在一短时期内由表皮保护，使水分不致散失或受外界的伤害，经过一年之后，表皮即脱落，代之以新生

的保护层，即初生周皮。初生周皮上常具有皮孔，司茎内水分及气体的流通。

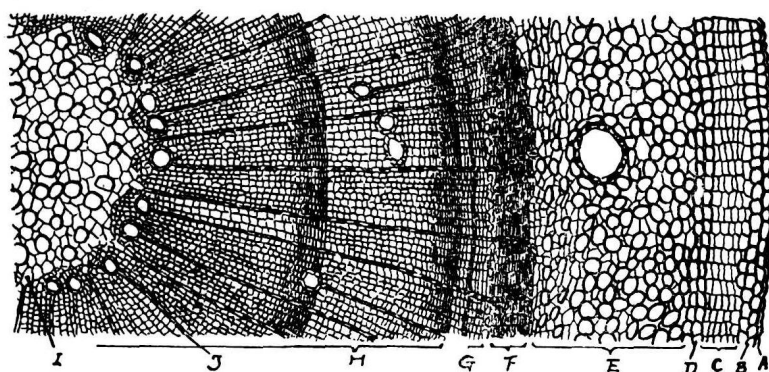


图 1—4 松木幼茎的构造 (自 wis.)

A 角质层, B 表皮, C 木栓层, D 木栓形成层, E 皮层,
F 韧皮部, G 形成层, H 木质部, I 髓, J 木射线。

皮孔——于幼茎内，气体则由表皮之气孔而出入。待木栓生成之后，茎内外细胞之呼吸受到影响。因此，于原气孔所在之地点，内面的木栓形成层，不产木栓，而代之以薄壁细胞，并多有细胞间隙。此种组织逐渐成长膨胀，向表皮施行压力，行成小的突起，顶破表皮，成小孔，称为皮孔（图1—5）。这些皮孔进行茎的内部与大气间的气体交换作用。将近冬季时皮孔的组织通常即变得紧密。樟木树皮的皮孔呈狭窄的横条状特别显明，其他树种的树枝或幼茎上都有显著皮孔，如杨树、桃、樱桃、桑树等。

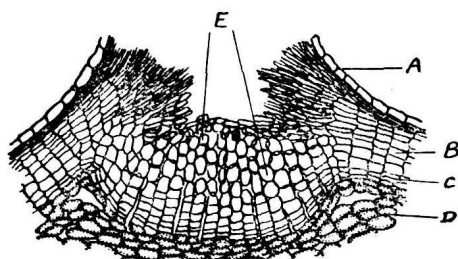


图 1—5 树皮的皮孔 (纵切面放大图)

A 表皮 B 木栓 C 木栓形成层
D 皮层 E 薄壁细胞

周皮可分为三层：（1）木栓形成层——位于周皮的中部，由具有分生能力的薄壁细胞组成。它的分生作用，一般仅限于一年，但亦有树种能继续多年不断地产生木栓。木栓形成层向外分生木栓细胞，在转化过程中细胞壁逐渐木栓化，原生质体逐渐消失，细胞腔变成中空，里面间或充满以单宁或树脂。木栓形成层所形成的组织的总和（栓内层和木栓层）称为周皮。（2）木栓层——位于木栓形成层的外部，为无数的木栓细胞组成。木栓层是死亡的，常破坏而剥离，但新的木栓层又出现来代替破坏与剥离的木栓层。但有些树种如栓皮櫟 (*Quercus suber*)、栓皮櫟 (*Quercus variabilis*) 的木栓层并不脱落，逐年增长，形成很厚的套子，富有弹性，为热的不良导体及不透水性，因此可供制软木塞及工业用绝缘体。除上述两树外在我国东北林区产黄被藓 (*Phellodendron amurense*) 所形成的软木层亦可达数厘米之厚。但这种软木只能作救生圈而不能作软木

塞之用。(3) 栓内层——系木栓形成层向内分生的细胞，由一到数层没有木栓化的薄壁细胞组成。细胞含有叶绿素，故又称为绿皮层。在有些植物中绿皮层的功用为光合作用与储藏淀粉。

木栓细胞的细胞壁为具纤维素的初生壁所形成，或者已木质化，有者则略为木栓化。其内则为厚而木栓化的次生壁，称为栓化层。再内系靠近细胞腔为一层薄的纤维素，亦系次生壁。在有些植物中已木质化，细胞壁薄的木栓细胞，则没有此种内层。上述各层通常都不易见到。栓化层为木栓质所形成。其性质与角质相同，二者均不透气、透水，有高度屈折性、抗酸性。木栓组织有高度的弹性以栓皮糖及栓皮櫟最为显著。栓皮的弹性一部分靠细胞壁本身的弹性；另一部分则由于细胞伸展时其形状变迁。大部分植物的木栓组织既不能扩张又无弹性。周皮用以防止树干水分的散失，因细胞壁木栓化，同时又因木栓细胞排列紧密的缘故。

皮层——仅限于初生长区域内，介于中柱与表皮之间，多层，有厚角细胞、石细胞、油细胞与纤维质细胞等。皮层接近外皮的一层细胞为厚壁细胞，有保护及机械的作用，保护水分及养分的损失，以及增加幼茎的韧性。

韧皮部——韧皮部又分初生韧皮部与次生韧皮部，前者起源于中柱；后者起源于形成层。初生韧皮部仅限于初生长区域内，至次生长时渐被挤压于外缘，继至于脱落无遗。惟次生韧皮部，由于形成层作用继续不断新生。韧皮部通常为筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞、韧皮纤维及韧皮射线组成。前四者供纵向输导之用；后者则供横向输导之用。由韧皮射线至木射线（养分）；或由木射线至韧皮射线（水分）。如作储藏与分泌乳液者，则由薄壁组织细胞担任之。

韧皮纤维为纺织工业原料，植物中如亚麻、大麻、苧麻的韧皮纤维为纺织业的原料。树木中如椴树、铁杉等可制绳索。

此外尚有他种组织及结构存在于树皮中，如乳管、树脂道、石细胞、结晶体和鞣质腔等对工业原料生产上具有极其重要的意义。如橡胶树、杜仲等乳管分泌树胶，都是橡胶生产的重要原料。

当木材形成层不断行使分生作用，木质部逐年增加，迫使形成层以外的韧皮部逐渐外移，终至成为树皮的一部分。

树皮的外表特征可用为鉴别树种的重要条件之一。在树木幼龄时，树皮通常光滑，随着树龄的增加，树干的加粗，出现裂隙状的沟槽。但有些树种的树皮几乎不改变，例如樺木树皮。

各种树木树皮的外表是不同的，根据树皮表面特征可分为平滑的，沟状的，鳞片状的，纤维状的和疣状的。沟状树皮的特征是具有纵横的深沟如櫟木、白蜡树等；平滑的如鹅耳櫟、樺木，更如光皮樺 (*Betula luminifera*) 外皮平滑成薄片状剥落，可用以代替纸张；鳞片状的如鱼鳞松最为典型，其他如马尾松幼龄木成鳞状至老龄时成龟甲状裂隙；纤维状的如圆柏、柏木、构树等，从这种树皮上可以剥下长的纤维；疣状的树皮如花櫟木、櫻桃、臭松（树盾——系树木隐生节痕迹）。