

生物质材料丛书

木质材料阻燃技术

刘迎涛 编著



科学出版社

生物质材料丛书

木质材料阻燃技术

刘迎涛 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

木质材料的阻燃处理已成为国内外发展的必然趋势,木质材料的阻燃技术更受到木材加工企业和工程技术人员的高度关注。本书在简介木质材料基础知识、材料的燃烧理论与防火保护的基础上,介绍常用木质材料阻燃剂,详述各种典型的木质材料阻燃剂的配方和性能,为各类使用人员方便地选用理想的木质材料阻燃剂提供参考;重点论述应用新型阻燃剂 FRW 研制的阻燃木材、阻燃纤维板、阻燃胶合板和阻燃刨花板的生产工艺、阻燃处理方式、阻燃性能评价等,并详尽介绍国内外代表性的阻燃木材、阻燃纤维板、阻燃胶合板和阻燃刨花板的生产技术和性能评价,为指导实际生产提供坚实的基础。

本书可供木材加工企业、木材科学与工程、木材保护与改性、阻燃科学等领域的工程技术人员、研究人员和高等院校相关专业的师生学习并为指导实际生产提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

木质材料阻燃技术 /刘迎涛编著. —北京:科学出版社, 2016

(生物质材料丛书)

ISBN 978-7-03-049063-6

I. ①木… II. ①刘… III. ①木材防火—滞火处理—研究 IV. ①S782.39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 143528 号

责任编辑:周巧龙/责任校对:张小霞

责任印制:张伟/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 6 月第一次印刷 印张:17

字数:343 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“生物质材料丛书”

编写委员会

主 编 王清文

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

邸明伟 高振华 王清文

王伟宏 谢延军 于海鹏

“生物质材料丛书”序

生物质 (biomass) 是由植物、动物和微生物的生命活动所产生的天然有机物质, 其总量之大可能超出人们的想象——据生物学家估算, 目前全球每年产生约 1500 亿吨生物质, 地球表面曾经存在过的生物体的总量大约是地球质量的数十倍! 植物以二氧化碳和水为原料通过光合作用所产生的生物质, 一般由纤维素、半纤维素和木质素三种主要高分子以及淀粉、果胶、蛋白质、抽提物等其他多种成分构成, 通常以各种形态的木材、竹材、藤材、秸秆、果壳等形式存在。生物质的巨大储量和自然再生、零碳排放属性, 决定了生物质资源是社会可持续发展和生态文明建设的重要物质基础。

生物质资源利用的主要途径, 一是通过热化学和生物技术等手段制备生物质能源和化学品, 包括固体、液体和气体状态的各种燃料与平台化合物, 是可永续利用的再生能源和基本化工原料; 二是通过物理化学改性、生物技术转化以及异质复合等方法制备生物质材料 (biomass materials), 作为典型的生态环境材料广泛服务于人们的住与行, 尤其在园林景观、绿色家居、集成建筑、物流交通等应用领域前景广阔。

生物质材料拓展了传统木材加工产业的原料来源和产品应用领域, 木材竹材加工剩余物、低质木材、废旧木材、森林抚育采伐剩余物、农作物秸秆、果壳乃至城市固体有机垃圾等各种生物质纤维都是生物质材料的优质原料, 以改性功能化人工林速生材、生物质-聚合物复合材料 (俗称木塑复合材料)、生物质-无机质复合材料为代表的生物质新材料, 作为天然林优质珍贵木材的替代品和木质人造板、防腐木、家具与装饰材料、轻质保温建材以及交通工具用材等大宗材料的升级换代产品, 为传统产业升级和战略性新兴产业的形成开辟了新的途径, 从而推动生物质资源的高效率、高附加值利用。

十余年来, 在国家自然科学基金、“863”计划、国家科技支撑计划和国际科技合作专项等科研项目的资助下, 生物质材料科学与技术教育部重点实验室 (东北林业大学) 组织专家学者和研究生, 与企业密切配合, 针对生物质材料的结构设计、成型加工、性能评价和典型应用, 进行了较为系统的基础理论研究、共性关键技术创新和重点产品开发, 提出将现有两个孤立的生物质产业链 (生物质能源、生物质材料) 串联, 即以废旧生物质材料作为生物质能源的原料, 建立“生物质-生物质材料-生物质能源”产业链, 通过生物质产业链条的叠加实现生物质资源利用效益的最大化, 同时解决两个产业相互争夺原料的问题。

“生物质材料丛书”以团队的系列研究成果为主线，同时吸收相关研究的国内外优秀成果，力求通过对大量翔实数据、研究论文、专利文献、工程化研究和产业化经验的深入分析，经系统总结和理论概括形成规律性认识，编辑成书以飨读者。内容涉及生物质材料的改性功能化、塑性加工、界面科学与流变学、阻燃理论与技术，木塑复合材料及其表面处理与胶接，基于蛋白质、木质素、纤维素的生物基新材料，生物质材料应用工程，以及废旧生物质材料的能源化学品转化等，可供从事生物质材料研究、教学、生产和应用的人士以及相关专业学生阅读参考。

感谢科学出版社对本丛书出版工作的大力支持，作者们尤其要感谢周巧龙高级编辑的鼓励、帮助和在整个出版过程中付出的艰辛！

谬误和不足之处，敬请读者批评指正！

王清文

2016年3月于广州

前 言

木质材料质轻、强度高、保温性好、纹理美观、易于加工、能耗低,可用于各种风格和形式的建筑,是其他建筑材料无法比拟的。随着社会的进步以及文化、生活水平的提高,木质材料以其天然材料所特有的优势及自然、美丽的外观在室内装修中的应用越来越广泛。同时,木材资源具有可再生和可自然降解的属性,环境协调性好,未来人类将越来越多地倚重于像木材这样的可再生资源。

而广泛应用于建筑、家具、室内装修、车辆及船舶等方面的木质材料却存在着一个严重的缺陷,即易燃性,使其在许多重要的应用领域受到限制。火灾的发生往往与使用未经阻燃处理的易燃物有直接关系。美国有资料报道,建筑物火灾中 21% 与木材、织物等纤维物质有关。近年来我国的火灾事故呈上升趋势,据公安部消防局发布的数据显示,2015 年 1~10 月份全国共发生火灾 286 775 起,死亡 1377 人。作为重要的建筑结构与装修、车辆、船舶等装饰材料的木质材料,其阻燃功能的研究与开发已势在必行。为了减少火灾事故,全世界范围正在蓬勃开展阻燃的科学研究,许多国家都以法律的形式要求使用阻燃材料。世界各国对建筑结构及部件的耐火等级作了明确的规定,并制定了相应的材料可燃性能的标准实验方法。《国际海上人命安全公约》对船舶材料的阻燃性也作了明确的规定。在我国,公安部于 1986 年颁布的《高层建筑消防管理规则》第 14 条明确规定:高层建筑的高级宾馆、饭店、医院病房和民用住宅的室内装修以及各类防火门的表板、防火家具的制作必须用非燃烧材料或难燃材料。我国于 1988 年颁发了 GB8624—1988《建筑材料燃烧性能分级方法》,1995 年颁发的 GB50222—1995《建筑内部装修设计防火规范》中规定了建筑中所使用材料的阻燃等级和要求。因此,木质材料的阻燃处理已成为时代发展的必然趋势,具有非常重要的现实意义。

针对人们较为关注的木质材料阻燃技术,作者通过查阅大量的文献资料,结合多年来在木质材料阻燃方面的研究积累,汇编成此书,在阻燃剂、阻燃木材、阻燃纤维板、阻燃胶合板和阻燃刨花板等方面作了详尽介绍,期望能为相关的木材加工企业和学者提供技术信息和服务,为推动我国木质材料阻燃事业的快速发展做出努力。

由于时间和水平,书中难免有不足之处,诚请读者和同行不吝赐教。

作 者

2015 年 12 月

目 录

“生物质材料丛书”序

前言

第 1 章 木质材料基础知识	1
1.1 木材的优缺点、宏观构造和化学组成	1
1.2 纤维板	23
1.3 胶合板	28
1.4 刨花板	31
参考文献	36
第 2 章 材料的燃烧理论与防火保护	37
2.1 燃烧的实质和要素	37
2.2 燃烧的基本原理	38
2.3 燃烧熄灭与中止的基本原理	48
2.4 材料的燃烧行为	49
2.5 阻燃及防火保护	56
参考文献	58
第 3 章 常用木质材料阻燃剂	59
3.1 木质材料用阻燃剂的基本条件	59
3.2 木质材料阻燃剂的种类	60
3.3 添加型和反应型阻燃剂	60
3.4 无机阻燃剂	61
3.5 有机阻燃剂	66
3.6 树脂型木质材料阻燃剂	67
3.7 阻燃涂料	67
3.8 木质材料阻燃剂的发展趋势	70
3.9 木质材料阻燃剂应用实例	72
参考文献	82
第 4 章 阻燃木材	84
4.1 木材的燃烧理论	84
4.2 木材的燃烧过程	85
4.3 部分树种木材的燃烧特性	86
4.4 木材的燃烧速率及其影响因素	89
4.5 木材的阻燃处理	92
4.6 木材阻燃技术应用实例	95

4.7 阻燃处理对木材性能的影响	108
参考文献	111
第5章 阻燃纤维板	113
5.1 阻燃中密度纤维板的研究现状和发展趋势	113
5.2 纤维板的阻燃处理过程	114
5.3 FRW 阻燃中密度纤维板的生产工艺技术	115
5.4 FRW 阻燃中密度纤维板的主要影响因素	118
5.5 FRW 阻燃中密度纤维板的性能检测	123
5.6 纤维板阻燃技术应用实例	132
参考文献	143
第6章 阻燃胶合板	144
6.1 阻燃胶合板的研究现状	144
6.2 阻燃胶合板的常用处理方法和生产工艺	145
6.3 FRW 阻燃胶合板的生产工艺技术	147
6.4 FRW 阻燃胶合板的影响因素	147
6.5 FRW 阻燃胶合板的性能检测	152
6.6 胶合板阻燃技术应用实例	186
参考文献	198
第7章 阻燃刨花板	201
7.1 刨花板的阻燃处理过程	201
7.2 FRW 阻燃刨花板的生产工艺技术	203
7.3 FRW 阻燃刨花板的阻燃性能评价	207
7.4 FRW 阻燃麦秸刨花板的性能评价	213
7.5 刨花板阻燃技术应用实例	226
参考文献	234
第8章 木质材料阻燃性能的检测方法	236
8.1 点燃性的检测	236
8.2 发烟性的检测	242
8.3 热分析技术	246
8.4 火焰传播性的检测	249
8.5 热值和热释放速率的检测	255
8.6 锥形量热仪法	257
8.7 木垛法和火管法	260
参考文献	261

第 1 章 木质材料基础知识

材料是人类一切生产和生活水平提高的物质基础，是人类进步的里程碑，材料对于每一时代的国民经济建设也都有着举足轻重的作用。在漫长的人类历史上，人类对材料的获取经历了等待自然恩赐、适应自然、改造自然 3 个阶段。今天，人类已经进入了与自然协调发展的阶段，材料、环境和自然资源保护利用已成为国际社会最为关心和最迫切需要解决的问题。

我国将 21 世纪的材料学研究定位在信息材料、复合材料、新能源材料、智能材料、生态环境材料等方面优先发展。其中，生态环境材料是强调了材料的功能特性与生态环境的协调性、与人类可持续发展关系的一类重要材料。纵观人类发展的历史，与人类关系最密切、与环境发展最协调的材料无疑将是木质材料。千万年来，木质材料以其独特的材料性能以及优良的环境学特性深受人们喜爱，被广泛用于人类的生产生活环境当中，发挥着重要的作用。及至今天，作为资源和原料的木质材料是指一切能够提供木质部成分或植物纤维以供利用的天然物质材料，如木材、竹材、藤材、灌木的根茎、各种作物秸秆（稻秸、麦秸、麻秆、棉秆、芦苇秆、玉米秆、高粱秆、甘蔗秆）等。

人造板是以木质材料为原料，通过专门的工艺过程加工，施加胶黏剂或不加胶黏剂，在一定的条件下压制而成的板材或型材。人造板生产是一种高效利用和节约利用木质材料资源的有效途径。

为了改变木质材料的固有缺点或为了某种用途的需要赋予木质材料新的功能，常常采用物理的、化学的或生物的方法对木质材料进行功能性改良，阻燃处理就是木质材料功能性改良的主要方式之一，而阻燃产品的处理工艺和阻燃性能与原本木材的构造、化学组成和人造板的性能、生产工艺等息息相关。本章主要介绍木材的宏观构造、化学组成与纤维板、胶合板和刨花板的性能、生产过程。

1.1 木材的优缺点、宏观构造和化学组成^[1-3]

木材、竹材、藤本、灌木、作物秸秆类资源当中，无疑木材的重要性是第一位的。自古木材就是人类生存所依赖的主要原材料，迄今仍是世界公认的四大原材料（木材、钢铁、水泥、塑料）之一。与其他源于矿产资源的材料相比，木材是上述四大原材料中唯一可再生的生物物质材料，它不仅可以从天然森林中获得，而且可以从人工培育的森林中获得。

1.1.1 木材的优缺点

随着科学技术和材料加工工业的发展,木质资源作为原材料,其应用范围日益广泛,这是由木质资源的自身结构和化学组成构筑的材料特性所决定的。木质资源材料在性质上集中了许多其他材料不能相比的优点。

木质资源材料的主要优缺点包括:

(1) 易于加工。

用简单的工具就可以加工,经过锯、铣、刨、钻等工序就可以做成各种各样轮廓的零部件,还可使用各种金属连接件以及胶黏剂进行结合装配。如果加以蒸煮还可以弯曲、压缩成曲形部件,至于小材大用、劣材优用,则可以采用胶拼、层积、指接、复合等工艺。木质资源材料的加工能耗少、环境污染小、可自然降解和回收利用等鲜明的环境特性,符合 21 世纪人类社会对材料的环境协调性要求。

(2) 强重比高。

强重比是每单位重量下强度的值,计算时以强度与密度的比值表示,某种材料的强重比高时表示该种材料的质轻但却强度高,是材料学和工程力学比较注重的指标。木质资源材料的强重比较其他材料高,以鱼鳞云杉木材为例,它的顺纹抗拉强度等于 133MPa,其基本密度为 0.378g/cm^3 ,因此它的强度与密度的比值约为 351.8。同密度竹材的强重比可达 520,藤材可达 570 以上。而钢材的抗拉强度为 1960MPa,钢材的密度等于 7.8g/cm^3 ,强重比约为 251.3,与木质资源材料的差距很明显。

(3) 热绝缘与电绝缘特性。

木质资源材料中很少含有能自由移动的电子,从而不像金属那样具有良好的导热性与导电性,而且木质资源材料多数为具有很多空气孔隙的多孔性材料,因此导热和导电能力极差。日常生活中木材常在建筑中用作保温、隔热材料,以及在民用品中用于炊具把柄材,这些都是基于木材的热绝缘特性。

(4) 能引起亲近感的颜色、花纹和光泽。

木材、竹材、藤材的不同切面均能呈现不同的颜色、花纹和光泽。木材的环境学特性研究表明,木材的颜色近于橙黄色系,能引起人的温暖感和舒适感;木材纹理自然多变,并符合人的生理变化节律,常能带给人自然喜爱的感觉;木材的光泽不如金属和玻璃制品那么强,但呈漫反射和吸收反射,因而能产生丝绢般的柔和光泽,具有非常好的装饰效果;竹材、藤材特殊的外观形态和颜色、光泽本身就具有很美丽的视觉特征,常被用于园艺以及装饰。

(5) 对紫外线的吸收和对红外线的反射作用。

虽然紫外线(330nm 以下)和红外线(780nm 以上)是肉眼看不见的,但对

人体的影响是不能忽视的。强紫外线刺激人眼会产生雪盲病,人体皮肤对紫外线的敏感程度高于眼睛。木材的木质素可以吸收阳光中的紫外线,减轻紫外线对人体的危害,同时木材又能反射红外线,这一点与人对木材有温暖感有直接联系。此外,木质资源材料还具有一定的固碳作用,并不会产生石材建筑那样对人体的射线侵害。

(6) 良好的声学性质。

木材、竹材的声振动特性均十分优良,因而常被做成乐器的共鸣板、直接制成乐器或在声学建筑环境中使用,这些都与它们特有的构造形式及弹性体性质有关。

(7) 是纤维素的主要来源之一。

木材中纤维素的含量占到 42%~45%;竹材的纤维素含量为 45%~52%;藤材的综纤维素一般为 60%~75%;大部分农作物秸秆的纤维素含量也可达到 40%~60%。纤维素是许多工业的基础,因而为木质资源材料在工业中的广泛应用奠定了基础。

(8) 可提供一些保健药品成分。

木材中含有的木糖醇、紫杉醇、阿拉伯半乳聚糖、精油等;竹材中含有的黄酮、活性多糖、特种氨基酸;藤材中含有的麒麟血竭的药用成分,具有抗衰老、活血、养颜、抗癌、治疗甲亢、清除活性氧自由基等功效。

(9) 具有吸收能量和破坏先兆预警功能。

木材用于铁道的路枕时可以缓冲颠簸,使乘客感到比较舒适;木质资源材料在损坏时还往往会会有一个延迟,如矿柱损坏时除了不时地会发出咔嚓的声音外,外形也有裂纹等迹象,能给人以破坏先兆预警,从而具有一定的安全感。

(10) 具有湿胀、干缩性。

木质资源材料含有吸水的极性羟基基团,在水分进入或析出时会出现体积尺寸的湿胀和干缩。这种胀缩是各向异性的,变化率一般随纹理方向而不同,从而会造成木质资源材料几何形体的不稳定性,有时因胀缩的各向不均匀性,还会导致木质资源材料发生开裂、翘曲等弊病。为了克服湿胀、干缩给木质资源材料使用带来的妨碍,通过各种物理、化学或物理-化学手段进行处理,以提高它们的尺寸稳定性。但有时人们也会巧妙利用木质资源材料的这种湿胀、干缩性质的吸、放湿性能来达到某种目的,如用它们进行自动地吸湿、放湿,达到调节居室温湿环境的作用,所以木造居室的温湿环境条件优于混凝土造居室。

(11) 可燃烧性。

木质资源材料多为碳素材料,受热至一定温度时还可以放出一些可燃性的气体和焦油,因此具有一定的可燃性。但研究发现,尺寸较大的木材比较难以燃烧,尺寸越大,越不易燃烧。一根外表未经防护的钢梁,长度为 1.8m,在火

灾中热到 593℃便会膨胀 12.7cm, 如果长度的改变不使墙坍塌, 也会由于钢梁变软不能支持自重而坍塌。相反, 大尺寸的木梁只是外层处于燃烧状态下, 由于导热系数小, 而内部并无多大变化, 仍保持一定的强度, 可以赢得时间救火扑灭, 反较钢梁安全。

(12) 易腐朽或遭虫蛀。

木质资源材料的有机成分和少量矿物质常被一些菌虫当作食物加以侵害, 侵害的结果是使木材出现腐朽特征或虫蛀孔洞。腐朽或孔洞会极大地降低木材的使用价值和强度, 对利用产生不利的影响。针对防腐和防虫蛀也开展了一些研究, 主要是控制木质资源材料使用环境的温湿度, 使其不利于菌虫的生长, 如干燥处理就是一种很有效的防腐防虫办法。有时对于室外使用的木质资源材料, 需通过特殊的防腐防虫处理。

(13) 具天然缺陷。

自然生长的木质资源材料常会产生如节疤、斜纹、油眼、内应力等天然缺陷, 降低了材料的使用性。中国人不喜欢这种缺陷, 常常想尽一切办法加以剔除, 如裁减、分级等, 而西方人则认为这是自然美感的体现, 对它加以搭配组合以达到装饰的目的, 达到了反劣为优的效果。

1.1.2 木材的宏观构造

木材的宏观构造(或木材粗视构造)是指用肉眼或借助 10 倍放大镜所能观察到的木材构造特征。木材的宏观特征, 分为主要宏观特征和辅助宏观特征两部分。木材的主要宏观特征是木材的结构特征, 它们比较稳定, 包括心材和边材、生长轮、早材和晚材、管孔、轴向薄壁组织、木射线、胞间道等。

1.1.2.1 木材的三切面

木材的构造从不同的角度观察表现出不同的特征, 符合下边定义要求的木材三个切面(图 1-1)可充分反映出木材的结构特征。要充分认识木材的结构特征, 必须从三切面进行观察。木材的三个切面是人为确定的三个特定的木材截面, 它本身不是木材的特征, 但对它们的观察可以达到全面了解木材构造的目的。

1) 横切面

横切面是与树干长轴相垂直的切面, 又称端面或横截面。在这个切面上, 可以见到木材的生长轮、心材和边材、早材和晚材、木射线、薄壁组织、管孔(或管胞)、胞间道等, 是木材识别的重要切面。

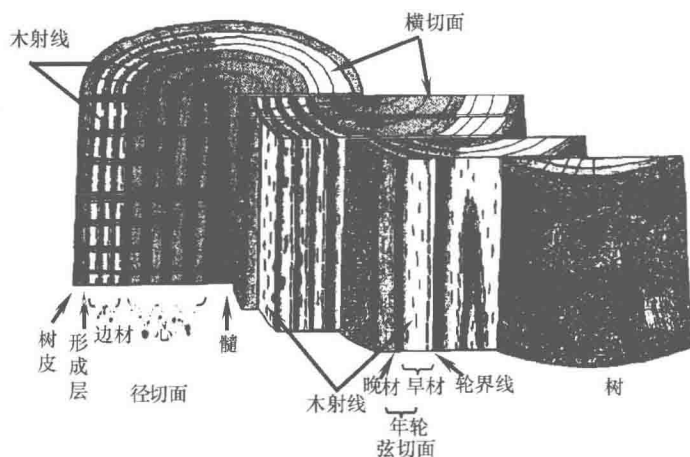


图 1-1 木材的宏观构造

2) 径切面

径切面是顺着树干长轴方向，通过髓心与木射线平行或与生长轮相垂直的纵切面。在这个切面上可以看到相互平行的生长轮或生长轮线、边材和心材的颜色、导管或管胞线沿纹理方向的排列、木射线等。

3) 弦切面

弦切面是顺着树干长轴方向，与木射线垂直或与生长轮相平行的纵切面。弦切面和径切面同为纵切面，但它们相互垂直。在弦切面上生长轮呈抛物线状，可以测量木射线的高度和宽度。

1.1.2.2 边材和心材

在木质部中，靠近树皮（通常颜色较浅）的外环部分称为边材。在成熟树干的任意高度上，处于树干横切面的边缘靠近树皮一侧的木质部，在生成后最初的数年内，薄壁细胞是有生机的，即生活的，除了起机械支持作用外，同时还参与水分输导、矿物质和营养物的运输和储藏等作用。属于边材的木质部宏观结构差异不大，具有木质部全部的生理功能，不但沿树干方向，并能在径向与树皮有联系。

心材是指髓心与边材之间（通常颜色较深）的木质部。心材的细胞已失去生机，树木随着径向生长的不断增加和木材生理的老化，心材逐渐加宽，并且颜色逐渐加深。

1.1.2.3 生长轮、年轮、早材和晚材

1) 生长轮、年轮

通过形成层的活动，在一个生长周期中所产生的次生木质部，在横切面上呈

现一个围绕髓心的完整轮状结构,称为生长轮。温带和寒带树木在一年中,形成层分生的次生木质部,形成后向内只生长一层,将其生长轮称为年轮。但在热带,一年间的气候变化很小,四季不分,树木在四季几乎不间断地生长,仅与雨季和旱季的交替有关,所以一年之间可能形成几个生长轮。

生长轮在不同的切面上呈不同的形状。多数树种的生长轮在横切面上呈同心圆状,如杉木、红松等;少数树种的生长轮则为不规则波浪状,如壳斗科、鹅耳枥、红豆杉、榆木等;石山树则多作偏圆形;蚬木似鲑壳的环纹。生长轮在横切面上的形状是识别木材的特征之一。生长轮在径切面上作平行条状,在弦切面上则多作V形或抛物线形的花纹。

2) 早材与晚材

形成层的活动受季节影响很大,温带和寒带树木在一年的早期形成的木材,或热带树木在雨季形成的木材,由于环境温度高,水分足,细胞分裂速度快,细胞壁薄,形体较大,材质较松软,材色浅,称为早材。到了温带和寒带的秋季或热带的旱季,树木的营养物质流动缓慢,形成层细胞的活动逐渐减弱,细胞分裂速度变慢并逐渐停止,形成的细胞腔小而壁厚,材色深,组织较致密,称为晚材。在一个生长季节内由早材和晚材共同组成的一轮同心生长层,即为生长轮或年轮。

1.1.2.4 管孔

导管是绝大多数阔叶树材所具有的中空状轴向输导组织,在横切面上可以看到许多大小不等的孔眼,称为管孔。在纵切面上导管呈沟槽状,称为导管线。导管的直径大于其他细胞,可以凭肉眼或放大镜在横切面上观察到导管,管孔是圆形的,圆孔之间有间隙,所以具有导管的阔叶树材被称为有孔材。作为例外,我国西南地区的水青树科水青树属和台湾地区的昆栏树科昆栏树属,在宏观下看不到管孔的存在。

管孔的有无是区别阔叶树材和针叶树材的重要依据。根据管孔在横切面上一个生长轮内的分布和大小情况,可将阔叶树材进一步分为三种类型:

(1) 散孔材。指在一个生长轮内早晚材管孔的大小没有明显区别,分布也比较均匀,如杨木、椴木、冬青、荷木、蚬木、木兰、槭木等。

(2) 半散孔材(半环孔材)。指在一个生长轮内,早材管孔比晚材管孔稍大,从早材到晚材的管孔逐渐变小,管孔的大小界线不明显,如香樟、黄杞、核桃楸、枫杨等。

(3) 环孔材。指在一个生长轮内,早材管孔比晚材管孔大得多,并沿生长轮呈环状排成一至数列,如刺楸、麻栎、刺槐、南酸枣、梓木、山槐、檫树、栗属、栎属、桑属、榆属等。

1.1.2.5 轴向薄壁组织

轴向薄壁组织是指由形成层纺锤状原始细胞分裂所形成的薄壁细胞群，即由沿树轴方向排列的薄壁细胞所构成的组织。薄壁组织是边材储存养分的生活细胞，随着边材向心材的转化，生活功能逐渐衰退，最终死亡。在木材的横切面上，薄壁组织的颜色比其他组织的颜色浅，用水润湿后更加明显。

薄壁组织在针叶树材中不发达或根本没有，仅在杉木、柏木等少数树种中存在，但用肉眼和放大镜通常不易辨别。在阔叶树材中，薄壁组织比较发达，它是阔叶树材的重要特征之一。在横切面上，薄壁组织的清晰度和分布类型是识别阔叶树材的重要依据。

1.1.2.6 木射线

在木材横切面上，有许多颜色较浅，从髓心向树皮方向呈辐射状排列的组织，称为髓射线。髓射线起源于初生组织，后来由形成层再向外延伸，它从髓心穿过生长轮直达内树皮，被称为初生木射线。起源于形成层的木射线，达不到髓心，称为次生木射线。木材中的射线大部分属于次生木射线。在木质部的射线称为木射线；在韧皮部的射线称为韧皮射线。射线是树木的横向组织，由薄壁细胞组成，起横向输送和储藏养料作用。

针叶树材的木射线很细小，在肉眼及放大镜下一般看不清楚，对木材识别没有意义。木射线的宽度、高度和数量等在阔叶树材不同树种之间有明显区别，是识别阔叶树材的重要特征之一。在弦切面上，顺着木材纹理方向的木射线尺寸为木射线的高度，垂直木材纹理方向的木射线尺寸为木射线的宽度。同一条木射线在木材的不同切面上，表现出不同的形状。在横切面上木射线呈辐射条状，显示其侧面宽度和长度；在径切面上呈线状或带状，显示其长度和高度；而在弦切面上呈短线或纺锤形状，显示其宽度和高度。识别木材时应从三个切面去观察木射线的形态，观察木射线宽度和高度应以弦切面为主，其他切面为辅。

1.1.2.7 胞间道

胞间道指由分泌细胞围绕而成的长形细胞间隙。储藏树脂的胞间道称为树脂道，存在于部分针叶树材中。储藏树胶的胞间道称为树胶道，存在于部分阔叶树材中。胞间道有轴向和径向（在木射线内）之分，有的树种只有一种，有的树种则两种都有。

1) 树脂道

针叶树材的轴向树脂道在木材横切面上呈浅色的小点，氧化后转为深色。轴向树脂道在木材横切面上常呈散分布于早晚材交界处或晚材带中，沟道中常充满树脂。

具有正常树脂道的针叶树材主要有松属、云杉属、落叶松属、黄杉属、银杉属及油杉属。前五属具有轴向与径向两种树脂道，而油杉属仅有轴向树脂道。一般松属的树脂道体积较大，数量多；落叶松属的树脂道虽然大但稀少；云杉属与黄杉属的树脂道小而少；油杉属无横向树脂道，而且轴向树脂道极稀少。轴向树脂道和横向树脂道通常互相沟通，在木材中形成树脂道网。

根据有无正常树脂道和树脂香气的大小，常把针叶树材分为三类。

脂道材：具有天然树脂道的木材，如松属、云杉属、落叶松属、黄杉属、银杉属及油杉属等。

有脂材：无正常树脂道而具有树脂香气，初伐时常有树脂流出的木材，如铁杉、杉木、柏木等。

无脂材：无树脂道又无树脂香气的木材，如银杏，鸡毛松，竹柏等。

2) 树胶道

树胶道也分为轴向树胶道和径向树胶道。油楠、青皮、坡垒等阔叶树材具有正常轴向树胶道，多数呈弦向排列，少数为单独分布，不像树脂道容易判别，而且容易与管孔混淆。漆树科的野漆、黄连木、南酸枣，五加科的鸭脚木，橄榄科的嘉榄等阔叶树材具有正常的径向树胶道，但在肉眼和放大镜下通常看不见。个别树种，如龙脑香科的黄柳桉同时具有正常的轴向和径向树胶道。

1.1.3 木材的化学组成

木材的化学特征通常是以它们的化学成分表达的。木材是由无数成熟细胞组成，其化学特征实际上是成熟细胞化学成分的综合。成熟细胞可区分为细胞壁和细胞腔，此外还有胞间层。因此论述木材化学成分时，有细胞壁物质和非细胞壁物质之分，或称为主要化学成分和少量化学成分。木材的化学组成见图 1-2。

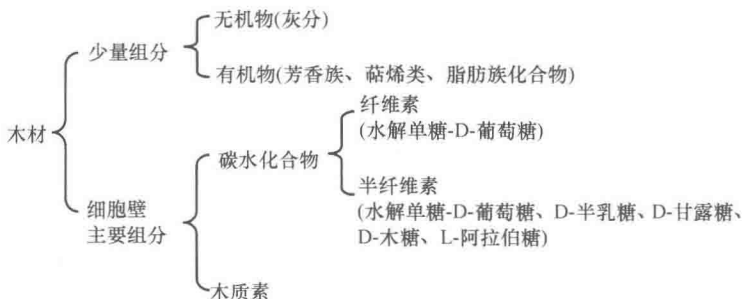


图 1-2 木材的化学组成

木材主要化学成分是构成木材细胞壁和胞间层的物质，由纤维素、半纤维素和木质素三种高分子化合物组成，一般总量占木材的 90%以上，热带木材中高聚