

全国高等林业院校教材

纤维板制造学

(第2版)

陆仁书 主编

木材机械加工专业用



中国林业出版社

全国高等林业院校教材

纤维板制造学

(第2版)

陆仁书 主编

木材机械加工专业用

中国林业出版社

全国高等林业院校教材

纤维板制造学

(第2版)

陆仁书 主编

木材机械加工专业用

中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同7号)
新华书店北京发行所发行 三河市艺苑印刷厂印刷

787mm×1092mm 16开本 13.5印张 289千字

1993年9月第2版 2001年12月第4次印刷

印数: 11401—14400册 定价: 13.00元

ISBN 7-5038-0986-8/TB·0218

ISBN 7-5038-0986-8



9

787503 809866

0 1>



主 编 陆仁书（东北林业大学）

副主编 郑睿贤（中南林学院）

华毓坤（南京林业大学）

赵 立（北京林业大学）

第2版前言

《纤维板制造学》自1981年出版以来已再版多次。随着技术的进步,新产品、新工艺不断涌现和理论领域的新进展,原教材内容已不能满足当前生产的要求。1989年林业部木材加工专业教材编审委员会决定,对原教材进行修改和补充。其中因湿法纤维板生产中工艺废水的处理,已成为环境保护的重要课题,故在修改过程中增添废水治理一章。

本教材第一、五章由刘正添(北京林业大学)编写;第二、三章由李庆章(东北林业大学)编写;第四、六章和绪论由郑睿贤(中南林学院)编写;第七章由张贵麟(南京林业大学)编写。

本书主编陆仁书教授,副主编郑睿贤教授、华毓坤教授、赵立教授。全书定稿中郑睿贤教授做了大量工作。

本书虽经修订,错误和不足之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

1991年

第1版前言

《纤维板制造学》是根据1979年修订的木材机械加工专业（四年制）教学计划编写的。

受林业部委托，参加《纤维板制造学》、《刨花板制造学》和《胶合板制造学》等三种教材编写的单位有东北林学院、北京林学院、南京林产工业学院和中南林学院。

《纤维板制造学》主要论述纤维板生产工艺及技术，同时，根据生产发展的需要，增加了车间工艺设计部分的内容。

“三板”教材的内容是相对独立而又互相联系的，在车间工艺设计和其他部分中略有重复。一些“三板”通用的新工艺和新技术，仅在一种教材中详加讨论。

根据我国社会主义现代化建设的需要，本教材广泛参考了国内外纤维板生产方面技术资料，尽可能反映科学技术发展的先进水平，同时也注意到，选用的工艺和技术是比较成熟的。教材中还适当地介绍了一些重要的、正在研究和探讨的理论问题。

本教材第一章由刘正添（北京林学院）编写，第二、三章由李庆章（东北林学院）编写，第四、五章由郑睿贤（中南林学院）编写，第六章由张贵麟（南京林产工业学院）编写。

由于编者水平所限，错误在所难免。谨希读者提出宝贵意见，以俾再版时修改。

编 者

1980年

目 录

绪 论	(1)
第一章 原 料	(6)
第一节 原料种类及纤维形态	(6)
一、原料种类 (6) 二、原料的主要细胞含量及纤维形态 (6)	
第二节 原料的化学成分及主要性质	(12)
一、原料的化学成分及在细胞壁中的分布 (12) 二、纤维素的结构与性质 (16) 三、半纤维素的结构与性质 (19) 四、木素的结构与性质 (20) 五、其他成分 (23)	
第三节 原料对产品质量的影响及原料的选择	(23)
一、纤维形态与产品强度的关系 (23) 二、化学组成对产品质量的影响 (24) 三、原料的选择 (25)	
第四节 原料准备	(26)
一、原料贮存与运输 (26) 二、备料工艺流程 (27) 三、削片 (28) 四、木片筛选、再碎 (30) 五、磁选 (30) 六、木片水洗 (31) 七、木片运输与贮存 (32)	
第二章 纤维分离	(34)
第一节 纤维分离的目的、方法及浆料质量	(34)
一、纤维分离的目的和要求 (34) 二、纤维分离方法 (34) 三、浆料质量 (35)	
第二节 原料软化处理	(40)
一、加压蒸煮 (40) 二、热水浸泡 (44) 三、冷碱法 (45) 四、软化处理设备 (46)	
第三节 纤维分离	(48)
一、磨浆理论 (48) 二、磨浆过程中的主要因素 (49) 三、热磨法制浆工艺及设备 (52) 四、其他制浆工艺及设备 (61) 五、精磨 (62)	
第四节 浆料贮存、浓度调节和检验	(64)
一、浆料贮存 (64) 二、浆料浓度调节 (65) 三、浆料检验 (67)	
第三章 浆料处理	(72)
第一节 防水处理	(72)
一、吸湿和吸水机理 (72) 二、防水措施 (75) 三、石蜡乳液的主要原材料 (76) 四、石蜡乳化原理 (78) 五、石蜡乳液的调制 (80) 六、石蜡乳液的施加 (85) 七、直接施蜡 (88)	
第二节 增强、耐火及防腐处理	(89)
一、增强处理 (89) 二、耐火处理 (93) 三、防腐处理 (97) 四、聚电解质应用 (98)	
第四章 成型和热压	(101)
第一节 成 型	(101)

一、浆料的流动 (102)	二、浆料的絮聚 (104)	三、浆速、网速与浓度的关系 (105)	四、板坯脱水和预压 (106)	五、板坯切割 (109)	
第二节 热压					(109)
一、纤维板结合机理 (110)	二、热压曲线分析 (113)	三、热压过程中水分与温度的变化 (116)	四、压机热源的选择 (118)		
第三节 软质纤维板工艺特点					(122)
一、制浆要求 (122)	二、板坯干燥 (122)				
第四节 纤维板后期处理					(124)
一、硬质板裁边 (124)	二、纤维板热处理 (125)	三、等湿处理 (127)			
四、软质纤维板的锯切与钻孔 (128)					
第五章 废水治理					(129)
第一节 用水量与水质					(129)
一、用水量 (129)	二、水质指标 (130)	三、污染物来源及发生量 (130)	四、污染物的组成及污染程度 (131)	五、污水的危害 (132)	六、排放标准 (133)
第二节 废水治理的途径					(134)
一、基本原则和方案 (134)	二、车间内部治理 (134)	三、外部净化处理 (135)			
四、综合利用途径 (137)					
第三节 废水循环系统					(137)
一、循环形式和流程 (138)	二、水量、污染量及热量平衡 (141)	三、排除工艺故障的措施 (143)			
第四节 废水净化技术					(144)
一、混凝 (144)	二、好氧生化处理 (147)	三、厌氧生化处理 (151)	四、超过滤 (153)		
第六章 干法与半干法生产工艺特点					(155)
第一节 干法与半干法基本特点					(155)
一、干法生产工艺特点 (155)	二、半干法生产工艺特点 (156)	三、干法与湿法工艺比较 (157)			
第二节 施胶和防水处理					(157)
一、防水剂 (158)	二、施胶 (158)	三、防水剂与胶粘剂的用量 (159)			
第三节 纤维干燥					(160)
一、干燥原理 (160)	二、干燥方式 (160)	三、纤维的流动 (161)	四、纤维干燥中的着火 (163)		
第四节 成型					(164)
一、纤维分级 (165)	二、纤维贮存 (166)	三、计量 (167)	四、板坯铺装 (168)	五、预压 (172)	
第五节 热压					(173)
一、热压曲线分析 (173)	二、热压参数与质量关系 (175)	三、加压设备的特点 (179)			
第六节 中密度纤维板工艺特点					(180)
一、中密度纤维板的一般性能 (180)	二、干法中密度板工艺特点 (182)	三、湿法中密度板的工艺特点 (186)			
第七章 纤维板车间工艺设计					(189)

第一节 工艺设计原则和步骤	(189)
一、可行性研究(189) 二、车间设计及其内容(189) 三、纤维板车间工艺设计的内容(190)	
第二节 确定年产量和工艺流程	(190)
一、确定设计年产量 (190) 二、工艺流程设计 (192)	
第三节 原料和材料的用量计算	(192)
一、原料量计算 (193) 二、各种材料量计算 (193) 三、纤维—水平衡计算 (194) 四、蒸汽用量的计算 (195)	
第四节 设备的选型与计算	(197)
一、设备选型的原则(197) 二、设备的计算(198) 三、中间贮仓设备的计算(199)	
第五节 车间布置设计	(200)
一、车间工艺布置图的作用 (200) 二、车间布置的基本原则 (200) 三、纤维板车间布置中有关的设计规范 (200) 四、车间布置图实例 (201)	
第六节 纤维板生产的各项技术经济指标	(204)
一、技术经济指标在设计中的作用 (204) 二、纤维板生产的技术经济指标内容 (204) 三、成本估算与经济分析 (205)	
主要参考文献	(207)

绪 论

纤维板是以植物纤维为原料，经过纤维分离、成型、热压或干燥等工序制成的产品。

根据我国标准，纤维板按密度分为三类：密度在 $0.49\text{g}/\text{cm}^3$ 以下称为软质板（或绝缘板）； $0.50—0.80\text{g}/\text{cm}^3$ 称为中密度板； $0.81\text{g}/\text{cm}^3$ 以上称为硬质板。

在实际生产中考虑到各类产品的使用功能，密度分布范围没有这么大：例如软质板密度一般在 $0.2—0.3\text{g}/\text{cm}^3$ ；中密度板 $0.7—0.75\text{g}/\text{cm}^3$ ；而硬质板希望大于 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。这样，产品的物理力学性能指标才符合要求。

纤维板生产方法主要有湿法、半干法和干法三种。

纤维板的发展过程。建立正规工业化生产源于美国，1914年采用磨木浆建立生产绝缘板的示范工厂，1926年湿法硬质板正式进入工业化生产，1952年首创干法生产硬质板的完整工艺，1961年在干法工艺基础上发明了中密度纤维板。

我国第一个现代化大型纤维板厂是从瑞典引进的年产18000t湿法硬质板成套设备，于1964年正式投产。同时1963年开始湿法纤维板成套设备的国产化。目前已能提供年产量2000，5000，7000，15000，20000 m^3 的定型设备。

1981年建成国产第一个年产10000 m^3 的中密度纤维板厂。

据1987年不完全统计，我国现有纤维板厂365家，产量达120万 m^3 。其中湿法是主要的生产工艺。

在纤维板生产工艺中，干法与湿法的主要区别在于纤维的输送、成型过程所采用的载体：干法使用气流；湿法用液态水。其次是成板过程干法需添加胶粘剂，湿法可以不用。

纤维的分离方法也是纤维板工业发展的重要因素。制浆工艺曾使用过如下方法：

1. 化学制浆 木片通过高温碱处理，使连接纤维的胞间层物质软化和溶解，然后经打浆分离成纤维。所得浆料质量较高，但得率低，消耗大量化工原料，且造成水体污染严重又不易净化。此法已基本淘汰。

2. 高速磨浆 原料在较低温度下直接利用机械力分离纤维，得率高，但浆料质量差，被切断的纤维比例大。

3. 爆破法（马松奈脱法） 木片置于高压容器内，通入高压蒸汽，经瞬时处理，然后突然减压排放。借助高压蒸汽的膨胀力和排放口的机械摩擦阻力，使纤维分离。此法因为处理时间短，原料的化学组分损失较小，且纤维完整率高，故浆料得率也高。但制浆过程不能连续化，所用工艺参数和设备要求难度较大。

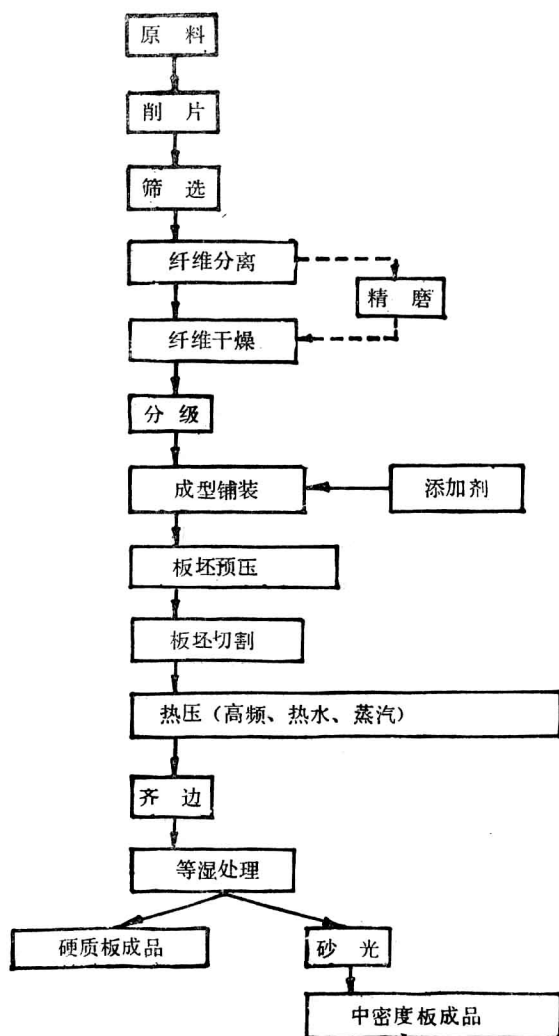
4. 热磨法（为瑞典人阿斯帕朗特发明） 原料首先经较高的温度（蒸汽）预热，使

胞间层物质熔融、软化，再经磨盘的机械作用分离纤维。此法是利用热量和机械的双重作用，由于受热时间较长，原料局部水解得浆率有所降低。纤维分离质量控制难度较大。国产热磨机分离的纤维一般较为粗大，必须再次精磨。

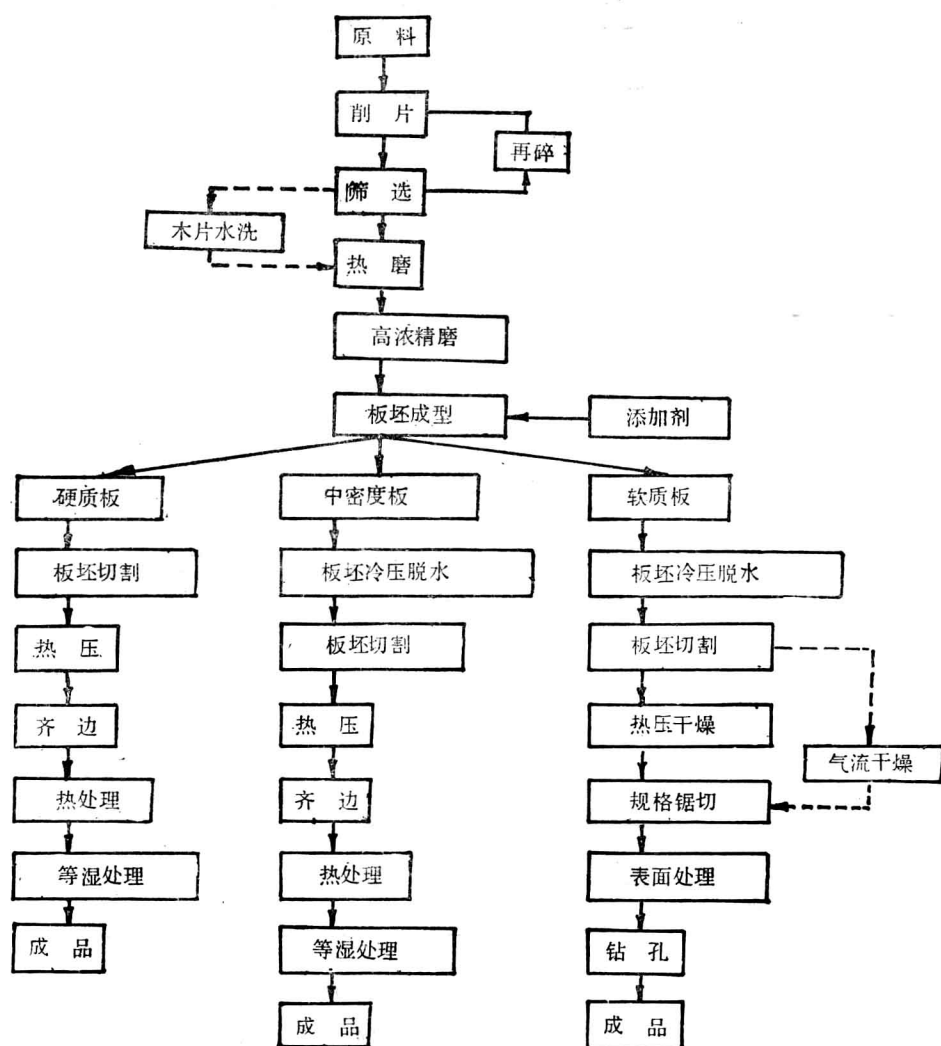
就上述制浆法而言，前两种目前国内已很少应用，爆破法美国应用广泛。热磨法对设备制造技术和工艺条件要求不高，又能连续供料，故我国几乎全部采用热磨法。本教材以介绍此法为主。

随着科学技术的迅猛发展，各种先进技术逐步引入纤维板工业。使品种不断增多，质量进一步提高。应用范围也日益扩大，深入到各个领域，其中主要用于建筑、家具、包装、车辆船舶行业以及某些特定用途。

近年来开发薄型硬质纤维板（厚度1—2 mm），受到人们的重视。可代替硬纸板



干法工艺基本生产流程



湿法工艺多功能生产线基本流程

以降低物耗和成本。随着胶合板原料日趋紧缺，需要量又不断增加，薄型中密度纤维板（厚度2.5—2.8mm）又成为研究的课题及发展的方向。在现有技术条件下，可使其性能与胶合板接近、利用原料不受限制和价格低廉的优势，经表面装饰处理后使用功能与胶合板无异。

纤维板未来的发展趋势，除增加品种，改进性能以外，主要是开拓新的原料来源：如速生人工林，以及生长周期更短来源极其丰富的农业剩余物和其他天然植物纤维甚至人造纤维。利用各种类型的纤维制成人造板材以满足社会需求，有着十分广阔的前景。

纤维板主要质量指标参考标准

一、纤维板类别

按密度分类

类 型	软质纤维板	中密度纤维板	硬质纤维板
密度 (g/cm ³)	<0.5	0.5—0.8	>0.8

二、硬质纤维板质量指标

硬质纤维板尺寸允许偏差

单位 mm

幅 面 尺 寸	厚 度	尺 寸 允 许 偏 差		
		长 度	宽 度	厚 度
915×1830 1000×2000 1220×2440	3, 3.2, 4, 5	±5	±3	±0.3

硬质纤维板物理力学性能指标

指标项目	计量单位	特级硬质 纤维板	普 通 硬 质 纤 维 板				
			一 级		二 级		三 级
			A	B	A	B	
密 度	kg/m ³	>1000	>900	>900	>800	>800	>800
静曲强度	N/mm ² (kgf/cm ²)	40 (500)	39.2 (400)	34.3 (350)	29.4 (300)	24.5 (250)	19.6 (200)
吸 水 率	%	≤15	≤20	≤25	≤30	≤30	≤35
含 水 率	%	4—10	4—10	4—10	4—10	4—10	4—10

注：吸水率计算方法： $A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 (\%)$

式中： m_1 ——试件在相对湿度65±5%，温度20±2°C下处理至恒重的重量

m_2 ——将处理后的试件置于20±2°C清水中浸泡24h的重量

三、中密度纤维板质量指标

中密度纤维板的类型

类 型	密度范围 (g/cm ³)
G	0.70—0.80
Z	0.60—0.69
D	0.50—0.59

中密度纤维板厚度尺寸允许偏差 单位 mm

厚度尺寸	允许偏差			注
	特级	I 级	II 级	
<16	±0.25	±0.30	±0.35	每张板厚的平均值与 测量点之差 <0.2mm
≥16	±0.30	±0.35	±0.40	

中密度纤维板力学性能指标

密度类型	厚度 (mm)	静曲强度 (N/mm ²)			弹性模量 (kN/mm ²)			平面抗拉 (N/mm ²)			正面握钉力 (N)			侧面握钉力 (N)		
		特级	I 级	II 级	特级	I 级	II 级	特级	I 级	II 级	特级	I 级	II 级	特级	I 级	II 级
G	≤16	20.6	19.6	18.6	2.06	1.96	1.86	0.62	0.55	0.50	1440	1330	1210	950	770	600
	>16	19.6	18.6	17.6	1.96	1.86	1.76	0.55	0.49	0.44	1330	1210	1100	770	600	430
Z	≤16	19.6	18.6	17.6	1.96	1.86	1.76	0.49	0.44	0.40	1210	1100	980	800	430	—
	>16	18.6	17.6	16.6	1.86	1.76	1.67	0.44	0.39	0.34	1100	980	860	430	—	—
D	≤16	18.6	17.6	16.6	1.86	1.76	1.67	0.39	0.34	0.31	980	860	740	—	—	—
	>16	17.6	16.6	15.6	1.76	1.67	1.57	0.34	0.31	0.26	860	740	630	—	—	—

中密度纤维板的膨胀率与含水率指标

项 目	厚度膨胀率 (%)			长度膨胀率 (%)			含水率 (%)
	特 级	I 级	II 级	特 级	I 级	II 级	
指 标	6	8	10	0.35	0.4	0.45	<10

注：①厚度膨胀率计算方法：

$$\text{厚度膨胀率} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100 (\%)$$

式中， h_1 ——浸水前厚度

h_2 ——20±2℃清水中浸泡24h后的厚度

②当厚度≤10mm时，厚度膨胀率均增加1%，长度膨胀率均增加0.05%。

第一章 原 料

凡是具有一定纤维素含量的植物都可作为纤维板生产的原料，来源非常丰富。原料的质量主要取决于它的纤维形态和化学成分。原料的品种和质量不仅是选择工艺流程的重要依据，而且是决定产品质量的主要因素之一。

第一节 原料种类及纤维形态

一、原 料 种 类

纤维板生产所用的原料是纤维植物。为使产品具有某种特殊用途，偶尔在植物纤维中掺入部分矿物纤维或合成聚合物纤维等。植物纤维原料种类繁多，大体可分为木材纤维原料和非木材纤维原料两类。

纤维板生产主要使用木材纤维原料，包括采伐剩余物（如小径材、枝丫、薪炭材）、造材剩余物（截头）、加工剩余物（边皮、木芯、碎单板及其他下脚料），以及回收的废旧木材（如旧车箱板）等。也可以直接以林区或木材加工企业所生产的木片为生产原料。

用作生产纤维板原料的树种很多，北方多为红松、云杉、落叶松、桦木、椴木、水曲柳、杨木、榆木等；南方多为马尾松、杉木、枫香等，以及各种野生的灌木条、藤类等也可作为原料。

随着我国森林资源的减少和对纤维板需求量的不断增加，非木材纤维原料占有越来越重要的地位。禾本科植物中的棉秆、甘蔗渣、竹、芦竹、芦苇等都被广泛采用，稻草、麦草、玉米秆、高粱秆、田菁以及一些其他的草类植物日益得到人们的重视。除禾本科以外的一些其他的非木材纤维，如韧皮纤维（麻类、桑皮）、种毛纤维（废棉）和果壳纤维（椰子壳）等，只是在作为废料利用的情况下才有可能获得经济效益。

除上述外，甚至可用废纸作为生产纤维板的原料。

二、原料的主要细胞含量及纤维形态

（一）纤维及纤维形态 植物细胞种类很多，形态各不相同，通常归为薄壁细胞和厚壁细胞两大类。在植物学中，纤维一词，仅指韧皮纤维及被子植物中呈纺锤状的细长细胞而言。在制浆造纸工业中，把所有细长的、细胞壁厚而内腔窄狭、两端较小的植物细胞通称为纤维。纤维是纸张和纤维板的最主要和最有用的组成部分。为简便起见，把植物中除纤维以外的所有其他细胞，通称为非纤维细胞，例如，木材中的导管、木射线细胞、轴向木薄壁组织细胞，草类中的表皮细胞、薄壁细胞、石细胞和筛管等。

非纤维细胞因壁薄，在制浆过程中容易受到破坏形成碎片，或因形状短小，在湿法生产中易于流失，或在干法生产中变为粉尘。浆料中杂细胞含量过大，不仅导致污染，而且使成型速度减慢，成品质量降低。所以，非纤维细胞含量是衡量原料质量优劣的重要标准之一。

纤维形态主要指纤维细胞的长度、宽度、长宽比、壁厚和各种细胞本身的形态特征等。

(二) 木材的主要细胞含量及纤维形态

1. 主要细胞含量 针、阔叶树材主要细胞的含量分别见表1—1、1—2。表内数据表明，针叶材中各类细胞组成变化不大，管胞占整个木材体积的90%—95%。阔叶材中各主要组织变化很大，如纤维含量多则达80%以上，少则仅16%。因此，在选择阔叶材为原料时，必须注意纤维含量的高低。

表1—1 针叶材主要细胞含量 (容积)

树 种	管胞 (%)	射线细胞 (%)	泌脂细胞 (%)
云 杉	93—95	5—7	0.2—0.3
冷 杉	91—94	6—10	
松	91—95	5—8	0.5—1.0
五 叶 松	94	4—5	0.7
黄 杉	93	7	0.2

表1—2 阔叶材的组织含量 (容积)

树 种	组织含量 (%)			树 种	组织含量 (%)		
	纤维	导管	薄壁组织		纤维	导管	薄壁组织
疣皮桦	86.1	9.3	4.6	刺 桐	16	4	80
甜 桦	63.8	21.4	12.8	美洲枫香	26.3	54.9	18.8
重阳木	49	25	26	美 楸	36.1	55.6	8.3
白 桉	68	18	14	毛白杨	55	35	10
赤 桉	58	17	25	小叶杨	54	36	10

2. 纤维形态 从表1—3列出的常用木材原料的纤维形态特征。可以看出，针叶材管胞和阔叶材木纤维相比，长度大，长宽比大，细胞壁厚。纤维形态不仅因树种不同相差很大，而且随树龄、立地条件和在树木内所处的部位的不同而变化。由表1—3还

表1—3 主要用材树种的纤维形态

树 种		平均长度 (L) (mm)	平均直径 (D) (μm)	平均壁厚 (W) (μm)	长 宽 比 (L/D)	壁 腔 比 (2W/d) ①
臭 冷 杉	早 材	2.70	48.6	4.3	55.4	0.21
	晚 材	3.14	31.6	7.5	99.7	0.90
杉 木	早 材	2.25—3.13	28.6—44.8	2.7	69.8—78.6	
	晚 材	2.46—3.73	25.6—37.5	5.1		
水 松	早 材	2.45—3.98	29.4—48.2	2.2	83.3—86.1 101.4—129.4	
	晚 材	3.91—4.28	30.2—41.9	6.9		
长白落叶松	早 材	3.4	56.0	4.0	60.7	0.16
	晚 材	4.13	38.0	12.5	106.0	1.92
红 松	早 材	2.96	53.8	6.2	56.7	0.30
	晚 材	3.13	38.6	9.5	81.2	0.96
鱼 鳞 云 杉	早 材	3.04	44.8	5.1	67.8	0.29
	晚 材	3.65	33.7	7.6	108.3	0.82

(续)

树 种	平均长度 (L) (mm)	平均直径 (D) (μm)	平均壁厚(W) (μm)	长 宽 比 (L/D)	壁 腔 比 (2W/d) ①
白 桦	1.27	22.3	4.3	56.7	0.62
大 叶 桉	0.63—0.79	15.0—22.0		35.9—42.0	
水 曲 柳 早 材	0.47	22.5	2.6	20.9	0.30
	1.23	18.1	3.7	67.7	0.69
枫 香	1.52—2.29	17.0—25.0		89.4—91.6	
小 叶 杨	1.25	24.4	3.35	52.1	0.54
毛 白 杨	1.18	21.0	2.42	56.2	0.37
大 白 杨	1.06	21.5	3.7	49.3	0.52
花 楸	1.19	18.7	5.3	63.8	1.30
紫 椴	1.84	30.0	4.1	44.7	0.39
白 皮 榆 早 材	0.56	19.5	3.0	28.7	1.11
	1.15	14.4	3.2	80.0	0.56

注：①d为胞腔直径， $d = D - 2W$

表1—4 马尾松各部位的纤维形态

部 位	平均长度 (mm)	平均宽度 (μm)	长宽比
全 部 位	3.61	5.0	72
树 干	上	4.05	5.4
	中	3.89	5.4
	下	2.74	4.6
梢 部	3.03	4.3	70
枝 部	2.39	3.6	66
节 部	1.34	2.9	45

可看出，同一树种中，早材纤维比晚材纤维的长度小，细胞壁薄。此外，同一植株的纤维长度，由树基向上逐渐增长，到树梢开始减短，枝部更短（表1—4）。在不同的生长轮内也有变异，由髓心向外，纤维长度逐渐增长，到成熟期以后趋于稳定。针叶树的成熟期长达60年以上，阔叶树成熟较早，如杨木在10年后即可达到最大纤维长度。

3. 纤维形态的均一性 在考虑纤维长宽度时，只注意它们的平均值是不全面的。同一原料中纤维各种长宽度的频率和分布是造纸工业在确立各种纤维浆料配比

的主要依据，也是纤维板生产中确定原料搭配方案时应该考虑的内容之一。鱼鳞松和白皮桦的纤维长度及宽度分布情况如图1—1、图1—2、图1—3和图1—4。