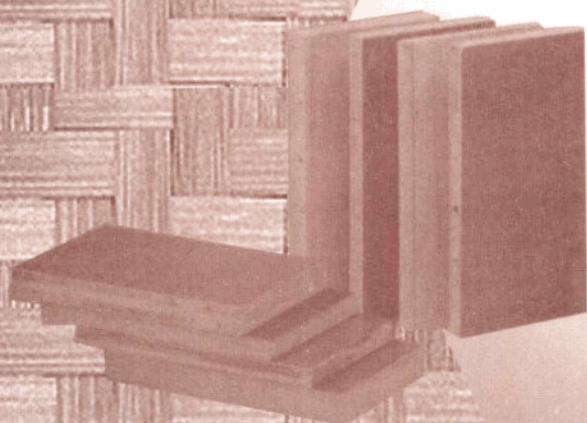


竹胶合板生产工艺



健
邦泽球 编著

中国林业出版社

前 言

我国是一个木材资源较少的国家,但是却是世界上为数不多的盛产竹材的国家之一。我国的竹林面积在世界上居第二位,竹材产量居世界第一位。竹材的利用在我国已有数千年的历史,它在我国的社会发展和人们的生活中起到了一定的作用。但是千百年来,竹材的利用只是停留在小型的手工加工方式上,如编织一些筐、篓、篮、席以及其它的日常生活用品和小型工艺品,虽然也有的地方用竹材作为建筑材料,但也是处在一种小型、分散的状态,并没有形成较大的规模,更没有成为一种产业。

竹材作为一种工业原料,竹材制品作为一种工业产品以及竹材产业作为一种新兴的、相对独立的产业只是近一二十年的事。虽然竹材产业出现的时间较晚,但是发展速度却非常快,工业化生产的规模在迅速形成和扩大,各种竹材产品也在不断出现,竹材产品正在日益为人们所认识和接受,在国家经济建设和人民的物质文化生活中发挥着越来越大的作用,竹胶合板就是众多的竹材产品中的一个优秀代表。以竹材为原料、以竹帘竹席为基本结构单元的竹席竹帘胶合板模板(为叙述方便,在本书中均简称为竹胶合板)从问世至今尚不到 10 年时间,生产厂家已达上百家,具有年产 20 万 m^3 左右的生产能力,生产工艺日趋成熟,生产设备日臻完善,产品质量也不断提高,在建筑行业中成为一种深受欢迎的模板材料。

与竹胶合板生产的发展形势以及社会对竹胶合板产品的要求相比,目前国内大多数竹胶合板生产厂家尚不同程度地存在着缺乏系统的专业技术和专业技术人员的问题,各生产厂家在工艺、技术和管理方面都还存在较大的差异,以致各生产厂家的产品质量参差不齐。而目前国内尚没有一本比较全面地介绍竹胶合板生产的理论、技术和工艺方面的专著,为了进一步提高竹胶合板产品的质量,提高竹胶合板生产厂家的技术水平,促进竹胶合板工业的发展,我们编写了这本《竹胶合板生产工艺》。

多年来作者一直从事竹胶合板生产与科研方面的工作,本书力图从理论与实践的结合上阐明竹胶合板生产的一般规律,深入浅出地介绍竹胶合板生产的一些基本方法和技术,但是由于竹胶合板生产的时间不长,在工艺、技术、设备方面都还不够成熟,在这方面所做的研究工作尤其是在基础理论方面的研究还很不夠,加上作者水平有限,书中不完善的甚至错误的地方在所难免,请读者予以批评指正。

本书可供竹胶合板生产企业的工程技术人员、管理人员、技术工人阅读,可供从事人造板教学、科研方面的人员参考,亦可作为木材机械加工专业学生的专业课选修教材和职工培训教材。

作者

1998. 12.

目 录

前 言

第一章	竹材的基本特性	(1)
1.1	我国的竹材资源状况	(2)
1.2	竹材的主要特性	(5)
第二章	竹材原料的准备	(30)
2.1	竹材的主要特点	(30)
2.2	竹篾加工	(32)
2.3	竹帘竹席的编织	(44)
第三章	竹帘竹席的干燥	(52)
3.1	干燥工艺中常用的基本概念	(52)
3.2	干燥方式	(53)
3.3	干燥过程中竹篾内部水分移动、蒸发的方式 和途径	(54)
3.4	干燥设备	(67)
第四章	竹胶合板用胶粘剂	(82)
4.1	竹胶合板对胶粘剂的要求	(82)
4.2	竹胶合板用胶的主要原料	(84)
4.3	酚醛树脂胶粘剂	(86)
4.4	酚醛树脂胶粘剂生产工艺	(94)
4.5	三聚氰胺甲醛树脂胶粘剂	(101)
第五章	合成树脂原料和成品的检验	(112)

5.1	树脂原料的检验	(112)
5.2	树脂的检验	(125)
第六章	施胶与二次干燥	(135)
6.1	常用胶粘剂及特性	(135)
6.2	胶合原理	(138)
6.3	胶粘剂的调制	(142)
6.4	施胶的方法与设备	(145)
6.5	浸胶竹帘竹席的干燥	(159)
第七章	胶膜纸制造	(165)
7.1	原纸	(165)
7.2	浸渍干燥设备	(176)
7.3	浸渍干燥工艺	(187)
第八章	组坯、预压	(212)
8.1	竹帘竹席结构与受力的关系	(212)
8.2	组坯的原则	(214)
8.3	不同表面结构产品的组坯方法	(216)
8.4	板坯结构与产品力学性能的关系	(218)
8.5	组坯的要求	(220)
8.6	板坯的运输与装卸	(224)
8.7	板坯预压	(225)
第九章	热压	(227)
9.1	热压方式	(227)
9.2	热压系统	(230)
9.3	热压机	(231)
9.4	热压工艺	(246)

9.5	后期处理	(264)
第十章	产品检验	(266)
10.1	产品检验的仪器设备及要求	(266)
10.2	产品外观和表面质量检验	(266)
10.3	产品的尺寸规格检验	(268)
10.4	产品物理力学性能检测	(270)
10.5	竹胶合板物理力学性能检验方法	(273)
参考文献		(280)

第一章 竹材的基本特性

竹材是一种用途十分广泛的天然材料，竹林在森林的构成中是一个重要的组成部分。我国是一个森林面积相对较少，木材资源也相对缺乏的国家，但是我国的竹材资源却十分丰富，我国是世界上为数不多的盛产竹子的国家之一，所以竹林在我国被称为“第二森林”。我国的竹林面积在世界上居第二位，竹材产量在世界上居第一位。在世界范围内，竹子在亚洲地区分布较多，在其它地区分布较少，世界各国竹林面积分布情况如表 1-1 所示：

表 1-1 世界各国竹林面积分布

洲名	国家或地区	竹林面积 (万 hm ²)
亚 洲	中 国	360.00
	印 度	400.00
	緬 甸	217.00
	泰 国	100.00
	孟加拉国	51.00
	日 本	12.30
	韩 国	0.80
	柬埔寨	28.70
	印度尼西亚	6.00
	越 南	13.00
	菲 律 宾	0.80
	马来西亚	2.00
	斯里兰卡	0.20
大洋洲及太平洋诸岛		20.00
美 洲		150.00
非 洲		150.00

竹子因其具有繁殖再生能力强、生长周期短、材质优良等特性，其工业和商业价值越来越普遍地为人们所认识和接受，加上我国的木材资源在逐步减少，人们希望用一些别的材料来代替日渐减少的木材，因此竹材资源便得到了广泛地开发和利用，各种竹材产品也就应运而生了。在我国，各类竹材产品的相继出现，既满足了社会经济发展和人民物质文化生活的需要，又为我国丰富的竹材资源开辟了一个广阔的利用前景，以竹材为原料的各类工业生产在我国正在形成一个独立的新兴产业。

1.1 我国的竹材资源状况

我国的竹材资源十分丰富，而且品种比较齐全，有研究表明，全世界的木本竹类植物约有 60 余属，1200 余种，我国则有 40 余属，400 余种，占世界竹种的 33% 以上。全世界的竹林面积约 1500 万 hm^2 ，我国约有 360 万 hm^2 ，约占世界竹林总面积的 1/4。全世界的竹材年产量约 1600 万 t，我国的竹材年产量达 800 万 t 以上，几乎占到世界竹材年产量的一半。竹林面积虽然只占森林总面积的 3.2% 左右，但每年生产的 800 万 t 以上的商品竹，却相当于我国木材商品材年生产量的 10% 左右，竹林形成的商品率是用材林形成的商品率的 2~3 倍，竹材的商业利用，对缓解我国木材供应紧张的矛盾发挥了积极的作用。

建国以来，我国的竹林面积和竹材蓄积量都有了大幅度的增加，在世界各国森林面积和资源日渐减少的情况下，我国的竹材资源却呈明显的上升趋势，图 1-1 反应了我国建国

以来竹材资源的发展情况。

我国竹材资源的自然分布地域十分广阔。在热带、亚热带和南温带,海拔 3000m 以下的山地、丘陵和平原地区均有成片竹林分布,黄河流域以南,北纬 $18^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 和东经 $92^{\circ}\sim 122^{\circ}$ 是竹林分布较为集中的地区。但是由于我国南方,尤其是在长江以南的

广大区域,气候温和、湿润多雨、土层深厚、土壤肥沃,因此除了少数竹种以外,绝大部分的竹种在我国南方均有分布,竹林面积也最为广大,据统计,我国南方的竹林面积约占到我国南方国有林面积的 15% 左右。其中长江以南的湖南、湖北、江西、浙江、贵州等省份竹材生长最为集中,统计结果表明,仅湖南、江西、浙江 3 省的毛竹林面积合计,约占全国毛竹林总面积的 60%。在某些竹林分布集中的区域,竹林的面积甚至超过了一般用材林的面积,成片分布的竹林连绵数十里,不但形成了蔚为壮观的林分,有的还形成了特殊的小气候,为当地的工农业生产提供了良好的环境条件和丰富的可利用资源。在我国南方的一些地区,竹材已成为当地经济和社会发展的基础,竹材生产和加工工业已成为当地经济发展的支柱和主导产业(表 1-2)。

竹林按其生长方式可分为散生和丛生两大类,主要由它们的种类、气候、土壤等条件所决定。散生竹主要分布在黄

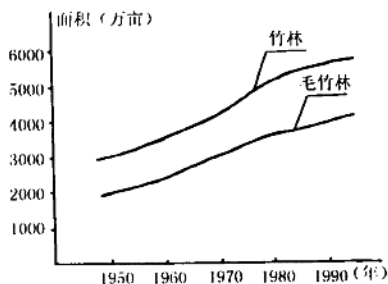


图 1-1 我国竹材资源发展情况

(1 亩 = 0.0667hm²)

表 1-2 我国主要竹材产区竹材资源

	毛 竹			杂 竹		合 计	
	面积 (万 hm ²)	株数 (万株)	重量 (万 t)	面积 (万 hm ²)	重量 (万 t)	面积 (万 hm ²)	重量 (万 t)
福 建	57.33	80000	1200.0	3.59	92.4	60.92	1292.4
湖 南	55.31	87029	1305.4	1.65	42.5	56.96	1347.9
江 西	52.96	96000	1439.9	0.44	11.3	53.40	1451.2
浙 江	49.36	95000	1424.9	4.77	122.7	54.13	1547.6
安 徽	15.17	31700	475.5	2.46	63.3	17.63	538.8
广 东	10.13	31000	465.0	20.99	500.0	31.12	965.0
广 西	9.51	24000	360.0	6.81	175.2	16.32	535.2
湖 北	6.22	14743	221.1	2.53	47.1	8.75	268.2
贵 州	2.00	4317	64.8	2.43	69.2	4.43	134.0
江 苏	2.00	4316	64.7	2.00	51.5	4.00	116.2
四 川	1.90	4754	71.3	72.10	1599.8	74.00	1671.1

河与长江之间的区域,如湖北、安徽、江苏、四川(南部)、福建等地,这是我国主要的竹材产区。分布在该区域的竹材资源种类中,面积最大、蓄积量最多的是毛竹,此外还有桂竹、刚竹、水竹、慈竹等种类。在华南地区,尤其是华南南部地区,如广东、广西、福建南部、云南南部等省、自治区是我国丛生竹的主要分布区域,该地区的竹材种类主要有撑篙竹、青皮竹、圆筒竹等。

在我国所有的竹子种类中,毛竹(楠竹)是分布区域最广、面积最大、蓄积量最多、生长最旺盛而且用途最广的竹种。全国毛竹林面积约 253.3 万 hm²,占全国竹林总面积的 70%以上,其蓄积量为 80 多亿株,我国每年平均生产商品毛竹 1 亿株以上,大约相当于 170 万 m³ 的原木。毛竹是我国竹

材工业利用的主要竹种，也是最具有商业价值的竹种，国内目前生产的竹胶合板、竹材层集材、竹材地板等产品大多数以毛竹作为原料。

毛竹竹秆通直，梢部略显弯曲，其高度一般为10~20m，胸径为8~16cm，竹壁厚实，在胸高处壁厚可达0.5~1.5cm，节间距自下而上逐渐加长，在分枝附近的节间长约为45cm。毛竹秆形粗大，材质坚韧，竹壁的厚度在基部最大，自下而上逐渐变薄。竹壁由竹青、竹肉、竹黄、竹膜组成。竹青是竹壁的外侧部分，竹黄组织疏松，质地脆弱，一般呈黄色，位于竹青与竹黄之间的部分是竹肉，它是竹材的主要组成部分，竹肉由维管束和基本组织构成。此外在竹黄的内侧还有一层半透明状的竹膜。

1.2 竹材的主要特性

1.2.1 竹材的外观结构特性

竹材的外观结构包括竹秆、竹枝、竹叶等。竹枝、竹叶在竹材胶合板生产中不能利用，可以利用的主要是具有一定径级和壁厚的竹秆。

竹秆是竹类植物地上茎的主干部分，竹秆外形多为圆形或椭圆形。竹秆上有突起的竹节，竹种不同，竹秆的长度、径级和竹节的个数也不相同，如毛竹竹秆可达10~20m高，胸径可达10~20cm，其竹节个数也可达数十个之多。有些小竹种，其高度仅为2~3m，直径仅1cm左右，竹节个数也仅十几个。竹种不同，竹壁厚度也相差很大，有的竹种竹壁厚度可达30mm以上，而有的竹种的竹壁厚度仅几毫米。

竹秆的内部为空心结构，竹节的节隔把竹秆分隔成一个空腔，竹节的节隔不仅有巩固强化竹秆的作用，而且是竹秆横向输导水分和养料的桥梁。竹材的维管束在竹秆节间的排列是相当平行而整齐的，而且纹理一致，但是通过竹节时，除了最外层的维管束在笋箨脱落处中断以及一部分继续垂直平行分布外，另一部分却改变了方向，竹壁内侧的维管束在节部弯曲伸向竹壁外侧，另一些竹壁外侧的维管束则弯向竹壁内侧，还有一部分维管束从竹秆的一侧通过节隔交织成网状分布，再伸向竹秆的另一侧。竹节维管束的弯曲趋向纵横交错，有利于加强竹秆的直立性能和水分、养料的横向输导，但对竹材的劈裂性会带来不良影响。

1.2.2 竹材的微观结构特性

竹材的微观结构是指竹材经解剖切片以后，在显微镜下所观察到的结构。竹材因其种类、大小、部位不同，其组成分子的形状、大小也有较大的差异，但竹材的微观结构主要是维管束和基本组织。维管束主要由纤维细胞和导管组成，而基本组织则是由众多的薄壁细胞构成的。维管束与基本组织在竹壁的厚度方向上分布是不均匀的，越靠近竹壁的外侧，维管束的体形越小，分布越密，基本组织的数量越少，而越靠近竹壁的内侧，维管束的体形越大，分布越稀，基本组织的数量越多（图 1-2）。

在竹秆壁的横切面上，典型的维管束的构造是由多数筛管的韧皮部以及由两个大型的纹孔导管和一些管胞所组成的木质部所形成的。维管束在基本组织中呈不规则的散状分布，在维管束的四侧，具有或多或少的极强韧的韧维群，形成维

管束鞘，也有脱离维管环而呈偶发性的独立韧维群（图 1-3）。

一般在竹秆壁横切面的外缘，往往发现不完全的维管束，并具有一定的韧维群，有时还形成纤维束，越向竹秆壁的内部，韧维群越小，也就是说，维管束越小，则韧维群越大。韧皮纤维在维管束中占绝大部分，在竹秆壁的外部，虽然也有厚壁细胞，但是这些厚壁细胞并不是真正的木纤维，只是一种厚壁的基本组织，由于硅化和壁厚，使硬度增加。而在竹秆壁内部，这些细胞体积变大细胞壁变薄，形成薄壁细胞的基本组织。

在竹秆壁的横切面上，不仅可以看到竹材维管束的分布情况，还可以看到纤维细胞横切面的形状，它们的形状近似于圆形或椭圆形，在竹材的径切面和弦切面上则可以观察到竹材细胞长度方向的形状。竹材的纤维细胞属于一种厚壁细胞，细胞的形状有的肥厚而粗短，有的则细小而



图 1-2 维管束与基本组织在竹壁厚度上的分布

- 1. 表皮及下皮 2. 维管束
- 3. 基本组织 4. 髓环

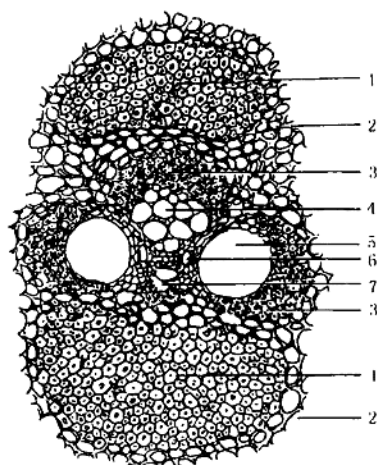


图 1-3 维管束的构造

1. 纤维股 2. 薄壁细胞 3. 硬质细胞
组织鞘 4. 韧皮部 5. 后生木质部导管
6. 小的木质部分子 7. 细胞间隙

狭长。纤维细胞的两端呈逐渐尖削的状态，有的呈针状，有的呈钝圆状，还有的在尖端出现分裂，总的来看，纤维细胞的胞壁较厚，胞腔较窄并呈管状，在细胞的次生壁上还可观察到细小的单纹孔或裂隙状纹孔，在细胞腔内有时还有横膜，在纤维细胞的外面也常有薄的膜质鞘。纤维细胞的壁厚与其内腔的大小，因竹种和部位的不同而存在着差异。由其壁

的厚薄可以分为管型和带型两种，管型壁厚而富有硅酸，带型则壁薄，管形纤维细胞有的较长有的较短，竹材的皮层大部分是由管型细胞所组成，竹材纤维细胞的形状如图 1-4。

除纤维细胞以外，竹材的维管束结构中还有一定数量的导管分子，导管分子具有与长轴呈横向排列的狭长纹孔，导管分子比纤维细胞显著宽大，在竹壁的厚度方向上，竹壁外部的导管分子的长度较小，在中部和内部，导管分子的长度较大。导管分子的平均宽度绝大多数都在 $70\mu\text{m}$ 以上，只有少数竹材的导管分子在 $50\mu\text{m}$ 以下或在 $100\mu\text{m}$ 以上。在竹壁的厚度方向，竹壁外部的导管分子的宽度最小，中部次之，内

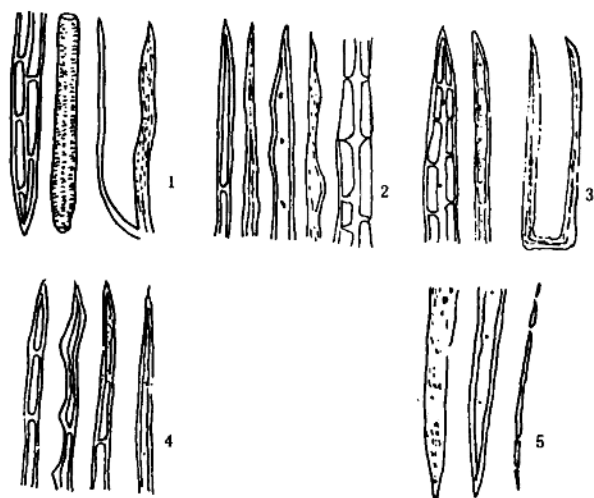


图 1-4 几种竹材的纤维细胞形态

1. 青皮竹 2. 慈竹 3. 毛竹 4. 方竹 5. 淡竹

部最大。总之，导管分子的宽度与长度相反，一般均小于阔叶树材的导管分子。

竹材中各种组织所占比例见表 1-3。

1.2.3 竹材纤维细胞的特征

竹材的特性在很大程度上是由其纤维细胞的特性和分布状况决定的。竹材纤维细胞的特征包括：纤维细胞的长度、纤维细胞长度的分布、纤维细胞的直径、细胞壁的厚度、细胞壁厚度与细胞腔直径的比值等方面。

表 1-3 竹材中各种组织所占比例

竹 种	组织比例 (%)			竹 种	组织比例 (%)		
	纤维	导管和原生木质部	筛管及薄壁组织		纤维	导管和原生木质部	筛管及薄壁组织
茶杆竹	53.2	5.1	41.4	牡竹	39.2	5.7	55.1
矢竹	48.1	2.4	49.5	沙罗单竹	38.4	5.2	56.4
苦竹	40.6	5.2	54.2	山骨罗竹	38.5	6.8	54.7
箭竹	33.6	4.6	61.8	茄子竹	31.4	7.8	60.8
马蹄竹	44.4	6.1	49.5	方竹	39.7	4.8	55.5
孝顺竹	29.6	4.9	65.1	寒竹	42.2	4.2	53.6
撑篙竹	44.1	5.1	50.8	石竹	37.8	9.8	45.0
硬头竹	35.4	9.0	55.6	木竹	27.6	4.3	68.0
青皮竹	47.5	10.3	42.2	刚竹	43.4	6.2	50.4
单竹	46.8	7.2	46.0	水竹	38.4	5.7	55.9
粉单竹	42.4	8.5	49.1	淡竹	44.3	5.4	50.3
慈竹	47.8	5.7	46.4	毛竹	31.6	5.4	63.0
料慈竹	33.2	9.2	57.6	鸡毛竹	44.5	8.6	46.9
麻竹	37.8	4.7	57.5	倭竹	46.2	5.1	48.7
吊丝竹	43.2	5.9	50.9	金佛山方竹	43.9	4.0	52.1
绿竹	36.8	4.9	58.3				

竹材的纤维细胞是竹材的主要组成部分，而竹材纤维细胞的构造特性与竹胶合板的性能有直接的关系，竹材的竹种不同，或同一竹种的部位不同，它们的纤维特性之间存在着较大的差异，表 1-4 是南方几种竹材纤维细胞的主要特征。

表 1-4 几种竹材纤维细胞的长度、直径及壁厚特征

种 别	部 位	长 度 (mm)			直 径 (μm)			壁 厚 (μm)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
毛竹	外	4.257	0.900	2.025	21.00	5.3	12.3	10.5	3.5	5.3
	中	4.125	0.975	2.475	28.0	5.3	14.0	10.5	3.5	5.3
	内	3.825	0.450	2.250	24.5	7.0	14.0	10.5	3.5	5.3
刚竹	外	4.050	0.900	1.950	26.3	5.3	15.8	12.3	3.5	7.0
	中	3.675	0.825	2.325	31.5	7.0	17.5	14.0	3.5	5.3
	内	3.675	0.825	2.175	29.8	7.0	15.8	8.8	1.8	5.3
淡竹	外	3.375	0.825	1.950	22.8	7.0	14.0	10.5	3.5	5.3
	中	4.575	0.900	2.250	24.5	7.0	15.8	10.5	1.8	7.0
	内	3.900	0.525	2.100	24.5	3.5	14.0	10.5	3.5	5.3
绿竹	外	4.875	0.825	2.550	24.5	7.0	12.3	10.5	1.8	5.3
	中	4.350	0.750	2.550	33.3	7.0	15.8	10.5	1.8	5.3
	内	4.050	0.750	2.325	29.8	3.5	12.3	7.0	3.5	5.3
苦竹	外	3.900	0.900	2.100	22.8	7.0	14.0	10.5	3.5	7.0
	中	3.975	1.200	2.325	33.3	7.0	17.5	12.3	3.5	7.0
	内	3.300	1.125	2.100	24.5	7.0	14.0	8.8	1.8	5.3
孝顺竹	外	3.300	0.975	1.950	26.3	5.3	14.0	10.5	1.8	5.3
	中	4.275	0.825	2.400	26.3	3.5	15.8	10.5	3.5	5.3
	内	3.525	0.825	2.250	26.3	3.5	12.3	12.3	1.8	5.3

1.2.3.1 竹材纤维细胞的长度、直径和壁厚 从表 1-4 可以看到,不同种类的竹材以及同一种竹材的不同部位,纤维细胞的长度、直径以及壁厚有较大的差异。如绿竹外部的纤维细胞长度可以达到 4.88mm,而毛竹内部的纤维细胞长度仅有 0.45mm,对同一竹种而言,一般情况是中部和内部的纤维细胞长度要大于外部纤维细胞的长度。

为了能更清楚更直观地看到不同竹种纤维细胞长度的情况,将上述 6 种不同竹种的纤维细胞的平均长度用图 1-5 的直方图进行描述。