

杨家驹 卢鸿俊
刘 鹏 吴荷英

著

木纤维

中国建材工业出版社

木 纤 维

杨家驹 卢鸿俊 刘鹏 吴荷英 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木纤维/杨家驹等著. —北京: 中国建材工业出版社,
2001.9

ISBN 7-80159-060-0

I. 木... II. 杨... III. 木纤维—研究
IV. TS102.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 065736 号

木 纤 维

杨家驹 卢鸿俊 刘鹏 吴荷英 著

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 邮编: 100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京丽源印刷厂印刷

*

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 11.25 字数: 292 千字

2001 年 10 月第一版 2001 年 10 月第一次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-80159-060-0/S7·000

前 言

木材的利用实质上是木纤维的利用，木纤维形态和组织比量为纤维工业、木材工业、造林育种等各个学科和各种专业提供所需要的基础数据。为此，有必要对国产重要树种的木纤维形态、数量、各种细胞占有的比量和总胞壁率等进行比较大量和系统的研究。木纤维的形态和数量不但关系着木材的基本性质及木材的识别，而且与造纸、纤维板等加工工业关系密切。目前是有什么树种用什么树种，随着原料树种越来越多，注意纤维形态与产品质量、成本的关系，必将取得事半功倍之效；更重要的，这是最基本的科学数据之一。树种是首要问题。在实木利用方面，可为众多没有经过力学强度试验树种的木材利用提供原料质量信息；从胞壁率来推算木材的基本密度和由其推算出来、未经力学试验的各个树种木材的主要力学强度，包括顺纹抗压强度、顺纹抗拉强度、抗弯强度、顺纹抗剪强度等参考数据。本书还有根据木纤维识别国产裸子植物材的检索表，供检验木浆和纤维板时参考。

目前，造林和育种在树种的选择时主要考虑树种和立地条件的关系，树种生长速度与材积收获量。但在树木生长期和最后成熟时，树木质量究竟如何和怎样利用考虑很少，甚至没有考虑。本书可为造林育种提供材质预报，指导生产，提高经济效益。以胞壁率来反映木材密度和力学强度参考数据：一是补充只有少数树种的木材已经做过力学试验；二是可以利用木材切片这种简捷的方法取得成果；三是可以用生长锥从树木中取得试样，除考察树木生长速度外，还可以显示木材密度和力学强

度，提供采伐时间和合理利用的参考。

本书研究测计有两大部分，一是针叶树材（严格称裸子植物材），二是阔叶树材（严格称被子植物材）。前者有7科、32属、110种，后者有93科、340属、794种；树种有中名和拉丁名及其所隶属的科名（其中被子植物材的科名系简称，请参阅《林业科学》28卷4期，木本植物科名缩写）。针叶树材测计内容有：轴向管胞的长度、宽度（弦向直径）、厚度（径向直径），弦壁厚度、径壁厚度及壁腔比、腔径比和长宽比。阔叶树材研究测计内容有：导管长度（包括分布频率），弦向腔径，每平方毫米管孔数，木纤维长度（包括分布频率），导管、纤维、轴向薄壁组织和木射线的细胞组织比量，导管和纤维等细胞的胞壁率。这些木纤维形态的数据，包括管状分子长宽度和壁厚均用经离析的材料在光学显微镜的反光镜下测量（胞壁率未测）；细胞组织比量也采用规则点测法，但由于显微镜下细胞壁边界模糊和观察样本数量较少，所以数据的可靠性和代表性较差，费时费事，测计效果不理想。后来有了图像分析仪，除管状分子长度外，大部分数据系改用图像分析仪测得。

杨家驹负责本书内容的设计和编辑，卢鸿俊测计了全部针叶树材和部分阔叶树材的数据，刘鹏测计了408种阔叶树材的导管和纤维长度的数据，吴荷英利用图像分析仪测计了全部阔叶树材管孔（导管腔的径向直径）、管状分子胞壁率和组织比量的数据。

作者

2001年6月

目 录

说明.....	(1)
中国针叶树材管胞形态表	(14)
中国阔叶树材形态表	(40)
中国阔叶树材分布频率表.....	(306)
离析木材检索表.....	(345)
参考文献.....	(351)

说 明

狭义的木纤维指阔叶树材的韧型纤维和纤维管胞；广义的木纤维除上述所指外，还包括针叶树材的轴向管胞和阔叶树材的导管等管状分子。国外对木纤维的研究始于 1872 年，并有专业杂志《木纤维》(Wood Fibre)，其它的有关木材杂志也刊载有关木纤维的论文。我国对木纤维的研究尚不够全面和系统，在应用上也未引起足够的重视。木纤维的研究是木材研究最基础的工作，可为纤维工业、木材工业、造林育种等各个学科和各种专业提供所需要的基础数据。为此，有必要对国产重要树种的木纤维形态、数量、各种细胞占有的比量和总胞壁率等进行比较大量和系统的研究。木材内部水分的移动、液体吸收和逸散木纤维也起重要的作用。

液体吸收的多少主要取决于木材的孔隙率（包括细胞腔在内），木材内部的渗透主要是通过纹孔。就整体木材言（特别是表面表现明显的），主要是细胞的形态和数量关系着水分的渗透和吸收，关系着干燥和浸提等操作时水分和溶剂的逸出，也关系着木材防腐剂、阻燃剂、油漆、胶粘剂等液体流动。导管一词指生长着的阔叶树借以吸收水分的细胞，J.F.Siau 认为，在阔叶树材中，液体的纵向输导也是主要依赖于导管，其公式如下：

$$K_L = \frac{n \cdot \pi R^4}{8\eta}$$

式中 K_L ——液体在木材中的纵向输导率；

π ——圆周率；

R ——管孔半径；

n ——每平方毫米管孔数；

η ——液体粘度。

数据测计方法：针叶树材轴向管胞长度（包括最大值、平均值、最小值、中值、标准差、晚材与早材的比值），利用光学显微镜上的反光镜反射测量，早晚材分别测计 100 次；宽度（弦向直径）、厚度（径向直径）、弦壁厚度、径壁厚度均在光学显微镜上测量，早晚材分别各测 50 次。壁腔比是管胞 2 倍径壁平均厚度除以胞腔直径的商值，腔径比是管胞腔弦向直径除以管胞直径的商值，长宽比是管胞长度除以管胞弦向直径的商值。阔叶树材的导管长度（包括最大值、平均值、最小值、中值、标准差）均用光学显微镜上的反光镜反射测量，早晚材分别测计 50 次。木纤维长度及其长度分布频率用光学显微镜上的反光镜反射测量，早晚材分别测计 100 次。导管、木纤维、轴向薄壁组织和木射线组织比量是各自占总面积的百分比，Q570 图像分析仪测计，环孔材分早晚材，散孔材分年轮内部和外部，均系斜线向共测 4 个视野，每个视野面积为 1mm^2 ；在年轮开始处、中部和外部测 3~4 个视野。胞壁较薄的导管和木薄壁细胞壁较薄细胞测计的是细胞腔的面积，胞壁较厚的木纤维测计的是包括胞壁和胞腔在内整个细胞的面积。导管和纤维等细胞的胞壁率用图像分析仪测计每个视野的黑色部分。

图像分析仪来测计木纤维形态数据的优点主要是快捷和精确可靠。特别是组织比量和胞壁率的定量测计是对该领域研究的进一步深化和对空白的弥补。用图像分析仪观测数量较多数据精确可靠，是测计细胞方法上质的飞跃。用图像分析仪观测也有不足和需要改进之处。图像分析仪的工作原理是根

据待测基像与背底及其在灰度上的差别进行，即依据被试体的灰度和范围、颜色和大小对比。细胞长度的测计由于离析后在玻片上并不像在木材中那样平行排列，而是互相交叉，需要变成单个细胞才能测定，结果比人工在反射镜下费事。但是裸子植物树材的轴向管胞的长度，用图像分析仪在木材弦切面上是可以测计的，但远不如在显微镜下用反光镜测量准确可靠，轴向薄壁组织缺乏或稀少时略而不计。由于导管面积比纤维大得多，试样中的导管和纤维就比较容易测定。木材中常有深色的沉积物和侵填体的干扰，也应设法除去。

这方面的研究成果很少报道，除测计方法外，试材的数量和质量也是一个重要原因。众所周知，同一树种木材细胞因生长立地条件不同，其大小有差别，在同一植株中由于取材的树高部位不同，在同一圆盘中由于树龄不同而不同。我国地域辽阔，树种繁多，重要用材树种有 1000 多种，要取得这些试材是极其困难的。木材工业研究所经历年采集，树种约达 4500 种、2 万余号，居全国之冠、世界前茅，而且是成熟材，对测计试样具有实用价值。

就实用言，主要的根据是整个的年轮，如能进一步了解年轮内部的早材和晚材（或年轮的内部和外部）的情况更为理想。由于年轮宽窄不一，特别是有些针叶树的晚材和阔叶树的早材很窄，受图像分析仪的限制，没能考虑早晚材的比例，必然影响结果的准确性。虽然针叶树的早材和阔叶树的晚材已有一定的代表性，尽管早晚材分开测计有失之过宽的缺点，但总能提供更多的参考数据。

一、针叶树材

（一）材料和方法

材料取自本所材性研究室，经过正确定名的木材构造标本，绝大多数取自树高 1.3m 左右、胸径 20cm 以上的成熟干材。

将木材劈成火柴杆大小，置水中浸泡，排除空气后，用醋酸-过氧化氢法离析。试样放入等量的冰醋酸和浓度为6%~10%的过氧化氢混合离析液中，在65~70℃左右的温度下，1~3d即可完全离解，经充分洗涤后，用番红染色。

管胞长度的测定是用反光描绘器将管胞投影到桌上，用普通直尺测量，然后换算为实际长度。每一树种测100次（早、晚材各测50次）。

管胞宽度、厚度、弦向壁厚和径向壁厚均用螺旋测微尺在显微镜中直接测定，早、晚材各100次。

（二）试验结果^①：

1. 管胞长度。纤维长度是造纸及纤维工业原料的主要因素之一，它对产品的撕裂强度影响很大，对裂断长、耐折度及耐破度等也有一定关系。一般说来，纤维愈长，纸张强度愈大。管胞的长度因树种、树株、树龄、部位及生长条件等而不相同，茎部最长，根部次之，枝部最短；髓心附近最短，离髓心60~100生长轮处最长。试验结果表明，大多数树种长3~4.5mm，110种针叶树材管胞的总平均值：早材为3.4mm，晚材为3.8mm。

试验表明管胞长度除单种科银杏（应用上亦视作针叶树材）外，以杉科、松科，特别是台湾杉属、油杉属等最长；三尖杉科、柏科，特别是刺柏属、侧柏属等最短。就具体树种来说，以云南油杉、台湾杉等最长；杜松、刺柏最短。与Bailey和Tupper（1918）的说法“一般说来，南洋杉科和杉科木材的管胞最长，柏科木材的管胞最短，尤以桧属为最短”一致。

^① 本试验中所用之109种针叶树材的拉丁名称及各项具体测计数据，已列在表中。

晚材管胞比早材管胞长 3% (台湾杉、穗花杉等) 至 25% (白皮松), 总平均长 11%。与前人 (Lee 和 Smith 1916, Bisses etc. 1916, Kribs 1928, Chalk 1930, Wardrop 1949, 等人) 的研究结果: “在同一生长轮内, 晚材管胞比早材略长, 可长至 11%” 一致。

管胞长度的分级标准不一, 有分 3 级、6 级、7 级, 作者结合上述分级, 重新拟订 7 个等级, 即: 极短 (2.0mm 以下), 甚短 (2.0~2.5mm), 略短 (2.5~3.0mm), 中 (3.0~4.5mm), 略长 (4.5~5.0mm), 甚长 (5.0~6.0mm) 和极长 (6.0mm 以上)。

按树种的早、晚材管胞平均长度分列如下:

极短 (3 种): 杜松、刺柏、云南红豆杉。

甚短 (12 种): 圆柏、侧柏、方枝柏、巴山冷杉、西伯利亚五针松、日本花杉、冲天杉、白皮松、罗汉柏、柏木、高山松、秦岭冷杉。

略短 (15 种): 白皮云杉、三尖杉、粗榧、罗汉松、华东黄杉、竹叶松、太白红杉、落羽杉、穗花杉、华北落叶松、白豆杉、雪松、红豆杉、东北红豆杉、铁杉。

中 (64 种): 紫果冷杉、冷杉、长苞冷杉、南方红豆杉、翠柏、臭冷杉、江南油杉、云南松、长苞铁杉、西伯利亚冷杉、陆均松、长白鱼鳞云杉、柳杉、丽江云杉、天山云杉、青杆云杉、南亚松、秃杉、油松、紫果云杉、西伯利亚落叶松、台湾杉木、榧树、急尖长苞冷杉、乔松、鱼鳞云杉、杉松冷杉、麦吊云杉、鸡毛松、云南铁杉、黑松、岷江冷杉、金钱松、红松、广东松、油麦吊云杉、黄山松、竹柏、怒江红杉、樟子松、水杉、华山松、长叶云杉、赤松、黄果冷杉、日本扁柏、银杉、云杉、银杏、福建柏、台湾松、水松、苍山冷杉、四川红杉、巴秦云杉、川滇冷杉、丽江铁杉、林芝云杉、西藏红杉、台湾扁柏、西藏长叶松、红杉、台湾翠柏、红桧。

略长 (12种): 落叶松、黄花落叶松、杉木、红皮云杉、马尾松、大果红杉、高山柏、思茅松、青岩油杉、台湾云杉、铁坚杉、油杉。

甚长 (2种): 黄杉、台湾杉。

极长 (1种): 云南油杉。

参考各属的平均长度和属内各个种的具体长度, 各属的等级可概括如下:

极短: 刺柏属。

甚短: 侧柏属、罗汉柏属、柏木属。

略短: 三尖杉属、紫杉属、落羽杉属、穗花杉属、白豆杉属、雪松属、圆柏属。

中: 罗汉松属、陆均松属、冷杉属、柳杉属、铁杉属、榧属、翠柏属、扁柏属、金钱松属、水杉属、银杉属、银杏属、福建柏属、水松属。

中至长: 松属、云杉属、落叶松属、杉木属。

长至甚长: 黄杉属、台湾杉属。

长至极长: 油杉属。

2. 管胞宽度。大多数树种宽 $30\sim 40\mu\text{m}$ 。总平均值早材宽为 $36\mu\text{m}$, 晚材为 $34\mu\text{m}$, 两者相差不足 6%。由此证明, 早、晚材管胞的宽度基本相等, 这是由于它们呈规正的径向排列的关系, 所以管胞宽度往往不分早、晚材管胞。

银杏的管胞排列欠整齐, 宽度大小不一致。在 100 个早材管胞中, 50 个宽者平均为 $39\mu\text{m}$, 50 个窄者平均为 $31\mu\text{m}$; 在 100 个晚材管胞中, 50 个宽者平均为 $30\mu\text{m}$, 50 个窄者平均为 $18\mu\text{m}$ 。

管胞的宽度与木材的结构关系很大, 宽度愈大, 结构愈粗, 反之结构愈细。

管胞的宽度以松科、台湾杉属、水杉属等最宽；柏科、三尖杉科、罗汉松科及刺柏属、罗汉柏属等最窄。就具体树种来说，以台湾杉、思茅松等最宽；方枝柏、云南红豆杉、刺柏等最窄。

宽度分级，根据印度商用木材，晚材弦向直径平均值分为4级，即：细（ $25\mu\text{m}$ 以下）、略细（ $25\sim 30\mu\text{m}$ ）、略粗（ $30\sim 35\mu\text{m}$ ）和粗（ $35\mu\text{m}$ 以上）。作者参考这个标准，分为细（ $30\mu\text{m}$ 以下），中（ $30\sim 40\mu\text{m}$ ），粗（ $40\mu\text{m}$ 以上）；并按宽窄的顺序将树种分类如下：

细（21种）：云南红豆杉、罗汉柏、方枝柏、刺柏、杜松、圆柏、巴山冷杉、侧柏、日本花柏、冲天柏、雪松、罗汉松、三尖杉、白豆杉、竹叶松、太白红杉、白皮松、红豆杉、白皮云杉、华东黄杉、竹柏。

中（68种）：穗花杉、柳杉、岷江冷杉、柏木、秦岭冷杉、粗榧、银杉、麦吊云杉、东北红豆杉、翠柏、紫果冷杉、江南油杉、臭冷杉、丽江云杉、长苞冷杉、高山柏、南方红豆杉、落羽杉、华北落叶松、冷杉、急尖长苞冷杉、西伯利亚五针松、榧树、铁杉、鱼鳞云杉、西伯利亚冷杉、台湾扁柏、西伯利亚落叶松、云杉、黄花落叶松、云南松、日本扁柏、红皮云杉、青杆云杉、天山云杉、银杏、油麦吊云杉、杉木、鸡毛松、丽江铁杉、陆均松、红杉、长苞铁杉、川滇冷杉、铁坚杉、巴秦云杉、杉松冷杉、长白鱼鳞云杉、台湾杉木、紫果云杉、长叶云杉、云南铁杉、乔松、福建柏、青岩油杉、西藏红杉、林芝云杉、台湾翠柏、苍山冷杉、黄山松、樟子松、台湾松、高山松、红松、黑松、秃杉、金钱松、台湾云杉。

粗（20种）：水松、赤松、怒江红杉、油松、大果红杉、南亚松、落叶松、马尾松、油杉、广东松、四川红杉、华山松、水杉、西藏长叶松、黄杉、红桧、台湾杉、云南油杉、思茅松。

参考属的平均值和属内各个种具体宽度，各属的等级概括如下：

细：罗汉柏属、刺柏属、侧柏属、雪松属、圆柏属、白豆杉属、柏木属、三尖杉属、紫杉属、落羽杉属。

细至中：罗汉松属、柳杉属、银杉属、穗花杉属。

中：落羽杉属、榧树属、冷杉属、云杉属、扁柏属、银杏属、陆均松属、翠柏属、铁杉属、福建柏属、金钱松属。

中至粗：杉木属、落叶松属、黄杉属、油杉属、松属。

粗：水松属、水杉属、台湾杉属。

3. 管胞长宽比。管胞是一种细长的细胞，长比宽大许多倍，平均约 100 倍。本实验所得总平均长度与宽度相比，早材为 94 倍，晚材为 110 倍，即晚材的长宽比值比早材大。早、晚材的长度均值比，晚材的宽度和厚度均值分别大 100 倍和 99 倍。

管胞愈长，宽度也愈大。相关系数：早材为 0.78，晚材为 0.80。表明管胞的长度与宽度显著相关，其直线回归方程为：

$$Y_{\text{早材}} = 14.38 + 0.0065X$$

$$Y_{\text{晚材}} = 13.96 + 0.0053X$$

式中 X——管胞长度；

Y——管胞宽度。

纤维细胞的这种细长形态，即长宽比值，是影响纸的质量的重要因素之一。一般认为纤维的长宽比值愈大，纸的撕裂强度愈高，并认为长宽的比值小于 35~45 的纤维不适合造纸。过分强调纤维的长宽比，甚至把它说成是衡量造纸纤维的首要标准，显然是不适当的；特别在技术发达的今天更是如

此。但是也应该承认，像管胞这样细长的细胞是很适宜用来造纸的，这也是一个事实。

4. 管胞厚度（径向直径）。早材管胞的厚度都比晚材大，特别是位于生长轮开始处的早材和轮末处的晚材相差更大。总平均，早材厚度约比晚材厚度大 60%（早材为 $44\mu\text{m}$ ，晚材为 $23\mu\text{m}$ ）。相差最大的落叶松属，其早材管胞厚度为晚材的 2.5 倍，其中西藏红杉几乎是 3 倍。

在早材中，管胞厚度的总平均值比宽度总平均值大 22%，少数树种相等（如银杏、长叶云杉、青杉云杉、思茅松、云南松、红桧、三尖杉）或略小（如天山云杉、日本扁柏、刺柏、杜松、南方红豆杉等）。在晚材中，管胞厚度的总平均值比宽度总平均值小 18%。

5. 管胞弦壁厚度及径壁厚度。胞壁厚度与纸的许多强度关系极为密切，与纸的形成、结构也很有关系。薄壁的纤维，腔大，外力作用时易溃陷变形，易压扁而呈带状，故提供了用作结合的较大的表面面积，结合力较强，使纸较致密，纸的耐破度、抗拉强度和耐折度等较高。厚壁的纤维，腔小、坚挺大，不易溃陷变形，纤维间的结合力较小；易使纸疏松、多孔和表面略粗，撕裂强度较大，其它强度较低。管胞的弦壁厚度，早材比晚材薄得多。总平均厚度，早材为 $2.8\mu\text{m}$ ，晚材为 $4.7\mu\text{m}$ 。落叶松属树种的弦壁最厚，柏科树种弦壁最薄。

晚材管胞总平均弦壁厚度（共同壁）为径向直径的 $1/3$ ，即为腔径的 $1/2$ 。落叶松属的晚材弦壁厚度比管胞径向直径的 $1/2$ 略大一点，即大于径向腔径。早、晚材胞壁厚度急变的树种，晚材管胞的径向腔径常小于弦壁厚。

基于试验结果，可以认为 Mork (1928) 关于判断晚材的定义，即二倍胞间共同弦壁大于或等于胞腔径向直径者为晚材，是正确的。

径壁厚度：晚材比早材胞壁厚，总平均值早材为 $2.7\mu\text{m}$ ，晚材为 $5.1\mu\text{m}$ 。早材径壁最厚的树种

为陆均松，鸡毛松等；最薄的树种为巴山冷杉、太白红杉。晚材径壁最厚的树种为大果红杉、台湾杉；最薄的树种为刺柏、杜松等。

早材径壁厚度与弦壁厚度略等，晚材径壁则较早材者约大 10%。

6. 管胞的壁腔比及腔径比。纤维的壁腔比和腔径比，是造纸工业衡量纤维原料好坏的标准之一。壁腔比是指二倍管胞径壁厚度与弦向胞腔直径之比。晚材的胞壁厚，早材的胞壁薄，但有时直径很大的早材细胞壁的绝对厚度并不一定比晚材小。在造纸时这个宽胞腔的细胞还是容易压扁的。一般认为纤维的壁弦比小于 1 的是上等原料，大于 1 的是劣等造纸原料，介于中间的是中等原料。试验表明，管胞二倍径壁厚度比弦向胞腔直径的总比值：早材为 0.18，晚材为 0.43。径、弦壁厚度均值与径、弦向胞径均值的总比值，早材为 0.16，晚材为 0.96。

腔径比是指纤维胞腔直径与细胞直径之比。它表明纤维的柔性程度，故亦称柔性系数。一般认为腔径比大于 0.75 的纤维适宜造纸。试验表明，管胞的弦向腔径与弦向直径总比值：早材为 0.85，晚材为 0.70。弦、径向腔径均值比弦、径向直径均值的总比值：早材为 0.86，晚材为 0.68。如以径、弦向胞腔早、晚材均值与径、弦向管胞直径早、晚材均值比，其总比值则为 0.78。

鉴于针叶材管胞的壁腔比小于 1，腔径比大于 0.75，加之长度和长宽比大，一般来说，针叶树材是上等造纸纤维原料。

(三) 结论

1. 早材管胞长 3.4mm，晚材管胞长 3.9mm。晚材管胞比早材管胞约长 11%。
2. 早材管胞（宽 $36\mu\text{m}$ ）比晚材管胞（宽 $34\mu\text{m}$ ）约宽 6%。早、晚材管胞宽度略等。
3. 依晚材管胞平均值将 109 种针叶树材的长度分为 7 级：极短（2.0mm 以下）3 种，甚短（2.0

~2.5mm) 12种, 略短 (2.5~3.0mm) 15种, 中 (3.0~4.5mm) 64种, 略长 (4.5~5.0mm) 12种, 甚长 (5.0~6.0mm) 2种, 极长 (6.0mm以上) 1种。宽度分为3级: 细 (3.0 μ m以下) 21种, 中 (3.0~4.0 μ m) 68种, 粗 (4.0 μ m以上) 20种。

4. 长宽比约大100倍, 且为显著正相关。

5. 厚度 (平均径向直径), 早材为44 μ m, 晚材为28 μ m; 早材厚度比早材宽度约大22%, 晚材厚度比晚材宽度约小18%。

6. 腔壁和径壁厚度略等, 早材近30 μ m, 晚材近50 μ m。

7. 壁腔比和腔径比, 早材分别为0.18和0.85, 晚材分别为0.43和0.70。

二、阔叶树材

794种阔叶树材方面。导管长度: 早材或年轮内部653 μ m, 晚材或年轮外部660 μ m, 全年轮657 μ m, 晚材与早材之比为1.01 (即晚材与早材约等长)。长度分布频率: V_1 较少, 有71种 (涉及树种总数的8.94%); V_2 有130种 (涉及树种总数的16.37%); V_3 有389种 (涉及树种总数的48.99%); V_4 最多, 有726种 (涉及树种总数的91.44%); V_5 较多, 有424种 (涉及树种总数的53.4%); V_6 有207种 (涉及树种总数的26.07%); V_7 最少, 有40种 (涉及树种总数的5.04%)。其长度总和: 早材弦向直径110.99 μ m, 晚材弦向直径79.68 μ m, 全年轮95.98 μ m。导管/每平方毫米数: 早材 (或年轮内部) 28.53个, 晚材 (或年轮外部) 32.63个, 全年轮30.47个。木纤维长度: 早材 (或年轮内部) 1316 μ m, 晚材 (或年轮外部) 1365 μ m, 全年轮1342 μ m, 晚材:早材为1.04 (即晚材与早材约等长)。长度分布频率: F_1 较少, 有91种 (涉及树种总数的11.46%); F_2 有287种 (涉及树种总数的36.15%); F_3 较多, 有558种 (涉及树种总数的70.28%); F_4 最多, 有784种