

## 杂种鹅掌楸木材解剖性质的研究

潘彪 徐朝阳 王章荣

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

**摘要:** 本文对四株 24a 生杂交鹅掌楸木材的解剖性质进行了研究。结果表明: 导管平均数 66 个/mm<sup>2</sup>, 导管直径平均 57 μm, 导管分子平均长度 647 μm; 生长轮宽度 1.72~11.93mm, 纤维长度 0.80~1.74mm, 纤维宽度 20.9~31.6 μm, 纤维单壁厚为 5.13~5.49 μm, 纤维长宽比为 48.02~55.74, 纤维壁腔比 0.570~0.66, 纤维微纤丝角为 6.62~18.62°。对四株杂种鹅掌楸在胸高处的生长轮宽度、纤维长度、纤维宽度、纤维壁厚、长宽比、壁腔比及微纤丝角等指标进行了有序分类, 划分出了杂种鹅掌楸的幼龄材与成熟材的界限为 9~11a。t 值检验表明: 杂种鹅掌楸的幼龄材和成熟材间解剖指标差异均显著。

**关键词:** 杂种鹅掌楸 解剖特征 幼龄材 成熟材

## Study on the Wood Anatomical Properties of the Hybrid Tulip Tree

PAN Biao, XU Zhao-yang, WANG Zhang-rong

(Nanjing Forest University, Nanjing, 210037)

**Abstract:** The paper deals with the wood anatomical properties of 24-years-old hybrid tulip (*Liriodendron chinense* × *L. tulipifera*) trees. The results show: the average number of vessels is 66 /mm<sup>2</sup>, the average diameter of vessels is 57 μ, the average length of vessels is 647 μ, the growth ring width is 1.72~11.93mm, the fiber length is 0.80~1.74mm, the diameter of fiber is 20.9~31.6 μ, the thickness of fiber wall is 5.13~5.49 μ, the ratio of fiber length to width is 48.02~55.74, the ratio of double wall thickness to lumen was 0.57~0.66, the microfibrillar angle of fiber is 6.62~18.62°. The boundary between the juvenile and mature wood of the hybrid tulip tree is at the age of 9 year by the order cluster analysis to above anatomical properties. T-Test values indicated that there are significant differences between the Juvenile and Mature wood.

**Keywords:** Hybrid tulip tree, Anatomical feature, Juvenile wood, Mature wood

木兰科 (*Magnoliaceae*) 鹅掌楸属 (*Liriodendron*) 植物的叶形似鹅掌, 又象马褂, 故又称为“马褂木”。该属现存两个种, 其一是北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* Linn.); 另一种为中国鹅掌楸 (*L. chinense* (Hemsl.) Sarg.)。由于中国鹅掌楸为虫媒植物, 种群规模小, 且处于隔离状态, 其原有的生态环境已遭严重破坏, 加上自身花部构造特化和受精过程的遗传障碍, 为稀有第四季冰川孑遗植物而列入国家首批二类珍稀濒危保护物种名录<sup>[1]</sup>。1963 年我国已故著名树木遗传育种学家叶培忠教授利用 30 年代从北美引进栽植于南京明孝陵的一棵北美鹅掌楸为父本和中国鹅掌楸为母本进行杂交成功获得杂种鹅掌楸 (*Liriodendron chinense* × *L. tulipifera*), 并发现该属两种植物具有较高的杂交亲合力和较强的杂种生长优势。杂种鹅掌楸作为新的树种, 在营林、行道树、人工林栽培等方面已得到推广应用, 但对材性尚未有研究, 本文主要就杂种鹅掌楸解剖性质及径向变化规律进行研究, 为杂种鹅掌楸的

国家自然科学基金资助, 项目编号 30271050.

第一作者简介: 潘彪, 1964 年生, 男, 副教授。南京林业大学木材工业学院材料工程系主任, 主要从事木材科学与技术教学与研究。电话: 025-85404511; 电子邮件: [woodst@njfu.edu.cn](mailto:woodst@njfu.edu.cn)

合理加工和使用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

本研究的试验材料采自南京林业大学句容下蜀林场, 选取 4 株 24 年生的杂种鹅掌楸, 试材于 2002 年 12 月采伐, 具体情况见表 1。在每株杂种鹅掌楸胸高部位(树高 1.3m 处)各取一圆盘, 厚度 7~10cm, 并在圆盘南北向取约 4cm 宽中心条为研究对象。

表 1 试材采集记录  
Table 1 The records of sample trees

株号	胸高直径/cm	全高	枝下高	编号	长度/m	小头去皮直径/cm		材积 /m <sup>3</sup>
						最大	最小	
A	25.9	25.3	17	A-3	2	21.9	19.3	0.066
				A-2	2	24.6	22.1	0.086
				A-1	1.3	27.4	25.2	0.071
B	28.2	24.2	11	B-3	2	23.1	21.8	0.079
				B-2	2	25.9	23.3	0.095
				B-1	1.3	30.6	27.4	0.086
C	30	27.9	14	C-3	2	24.7	22.6	0.089
				C-2	2	27.3	24.9	0.107
				C-1	1.3	31.4	29.3	0.094
D	32.4	23.4	10	D-3	2	23	19.8	0.072
				D-2	2	29.4	23.2	0.109
				D-1	1.3	38.1	31.5	0.124

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 导管

圆盘中心条表面刨光后, 自髓心至树皮分别取三小样制作永久切片, 用显微投影仪测量管孔的弦向直径, 并计测管孔数。在相同部位分别切取小样, 用富兰克林离析法解离木材, 在显微投影仪上测量导管的长度。

#### 1.2.2 年轮宽度

用年轮测微仪测定 4 个圆盘南北向年轮宽度, 取相同年轮数的平均值, 精确到 0.01mm。

#### 1.2.3 纤维形态

鹅掌楸木材为典型的散孔材, 考虑到年轮内纤维长度的变异, 在中心条南向每年轮的中间部分切取薄片, 用富兰克林离析法解离木材, 在显微投影仪上测量各项纤维指标。每年轮各计测 50 根纤维。

#### 1.2.4 木纤维纤丝角

取中心条北向隔年轮在中间部分切片, 用碘染色法测量纤丝角。将切片用 50%KClO<sub>3</sub> 和 10%HNO<sub>3</sub> 的混合液脱木素, 洗净后用酒精逐步脱水, 用 4~6% 的碘化钾溶液染色, 最后用 40~50% 硝酸进行碘结晶固定。在带刻度盘显微镜测量木纤维细胞壁 S<sub>2</sub> 层微纤丝角, 每年轮各计测 50 根纤

维。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生长轮宽度

年轮宽度是树木径向生长速度的主要标志，能直接反映树木的生长变化。年轮宽度是年轮组成的基本特征，与木材密度的密切相关，是引起树木材性径向变异的重要因素之一。杂种鹅掌楸木材

年轮宽度径向变异曲线如图 1 所示：由髓心向外呈先增加后减小，随后趋于稳定。髓心附近，年轮宽度由宽变窄，在 3a 处，年轮宽度最窄，可能是苗木移植所致；随后进入快速生长正常生长阶段，年轮较宽较宽，在 7a 时达到最大值 11.93mm，之后年轮宽度逐渐下降，在 10a 左右下降趋缓，基本稳定，表明树木生长进入成熟期。24 年生的杂种鹅掌楸年轮宽度的平均值是 5.915mm。该曲线回归方程为： $y = -2.1156 + 3.0458 X - 0.2470 X^2 + 0.0054 X^3$ ，相关系数为 0.735。

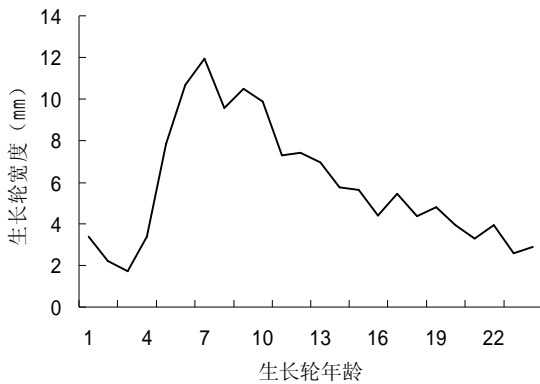


图 1: 生长轮宽度径向变化曲线

Fig.1 The radial variation of the growth ring width

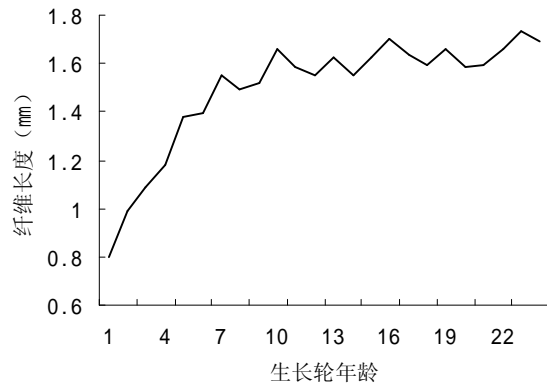


图 2: 纤维长度径向变化曲线

Fig.2 The radial variation of the fiber length

### 2.2 导管

表 2 杂种鹅掌楸与杨木、泡桐导管尺寸比较

Table 1 Comparison of vessels among tulip, popular and paulownia

树种	导管平均数 / 个 · (mm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	导管直径 / μ m	导管分子长度 / μ m
杂种鹅掌楸 ( <i>Liriodendron chinense</i> × <i>L. tulipifera</i> )	66	38~77	647
加拿大杨树 ( <i>P. deltoids</i> × <i>P. nigra</i> )	114	56~72	620
毛白杨 ( <i>P. tomentosa</i> )	80	60~83	750
大叶杨 ( <i>P. lasiocarpa</i> )	48	80~105	674
兰考泡桐 ( <i>Paulownia elongate</i> )	5	96~170*	325*

\*为晚材管孔直径和长度。

杂种鹅掌楸木材导管数平均 66 个/mm<sup>2</sup>；导管平均直径 57 μ m，多数 38~77 μ m；导管分子平均

长度  $647 \mu\text{m}$ ，多数  $385 \sim 865 \mu\text{m}$ 。杂种鹅掌楸单位面积导管数、和导管分子长度与常见人工林速生阔叶树材杨木、泡桐<sup>[8]</sup>比较，见表 2，单位面积导管数与杨木相近，比泡桐多；导管直径比杨木相近或略小，明显比泡桐小；导管分子长度与杨木相近，明显较泡桐长。表明杂种鹅掌楸木材结构细致，适于当前室内装饰和家具用材对木材结构细致的喜好；可用于胶合板和刨切微薄木，且因极少或无胶质木纤维，微薄木质量将明显优于杨木。

## 2.3 纤维形态

### 2.3.1. 纤维长度

纤维长度的大小与木材的品质有着极强的相关性，是衡量纸浆材性能好坏的一个重要参数。从图 2 可以看出，纤维长度由髓心向树皮随生长轮年龄的递增急剧加长，大约到九年的时候趋于稳定，长度约为  $1.65\text{mm}$ 。根据 Panshin 的观点<sup>[4]</sup>，杂种鹅掌楸纤维长度的径向变异属于 Panshin I 型。该曲线回归方程为  $y=0.8572+0.0946X-0.0027X^2$ ，相关系数为 0.885。

### 2.3.2. 纤维宽度、壁厚（单壁厚）

纤维的宽度、壁厚也与木材的性质相关性也极强。从图 3、图 4 看出：纤维的宽度开始随着年轮的递增而急剧递增，大约到九年左右时趋于平缓，大小约为  $29 \mu\text{m}$ ，纤维宽度的回归曲线为  $y=0.0224+0.0009X-3.0 \times 10^{-5}X^2$ ，相关系数为 0.782。而木纤维的壁厚随着年轮数的递增而递增，纤维壁厚回归曲线为  $y=0.0043+6.9 \times 10^{-5}X+8.0 \times 10^{-7}X^2$ ，相关系数为 0.885。

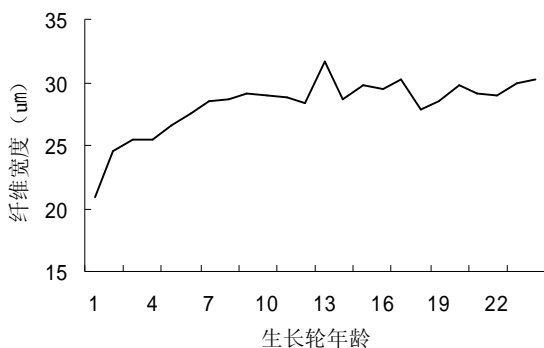


图 3: 纤维宽度径向变化曲线

Fig.3 The radial variation of the diameter of fiber

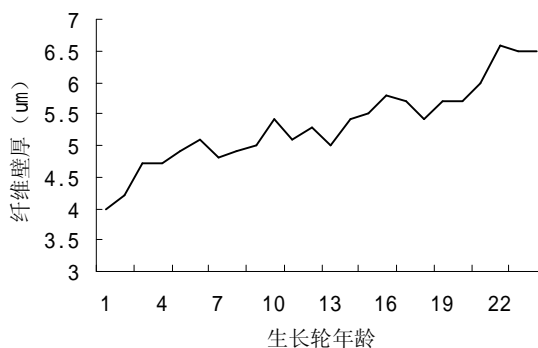


图 4: 纤维壁厚径向变化曲线

Fig.4 The radial variation of the wall thickness

### 2.3.3. 纤维长宽比

长宽比与木材物理性质有密切关系，是纤维重要指标，长宽比大的纤维，获得的纸张强固性和割裂性都好，适宜做造纸材料<sup>[5]</sup>。从图 5 可以看出，纤维长宽比随年轮数递增而递增，大概到九年左右是趋于平缓，大小约为 56。该曲线回归方程为  $y=39.7135+1.9517X-0.0551X^2$ ，相关系数为 0.817。

### 2.3.4. 纤维壁腔比

纤维胞壁的厚薄和体积的空隙度，不仅影响材质的致密而且影响木材的容重，也影响纤维原料的柔性系数。凡壁厚、腔小者材质坚硬致密，容重大；壁薄而空隙大者，材质松软，容重小<sup>[5]</sup>。从图6可以看出：纤维壁腔比变异较大，其规律性不如其它指标明显。总体来讲，纤维壁腔比随着年轮数的增加而增大。该曲线回归方程为  $y=0.5893-0.0107X+0.0008X^2$ ，相关系数为 0.709。

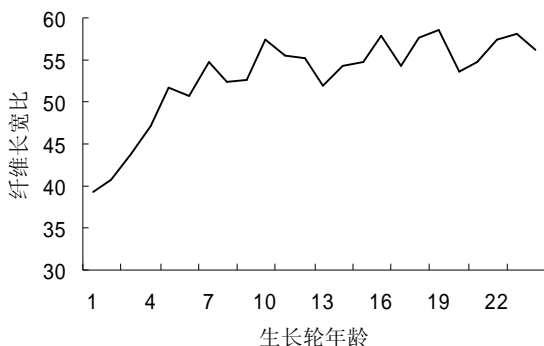


图 5：纤维长宽比径向变化曲线

Fig.5 The radial variation of the ratio of fiber length to width

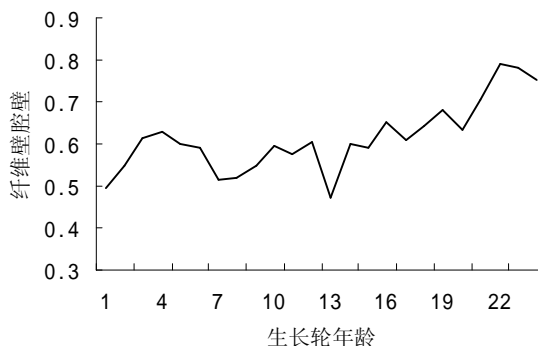


图 6：纤维壁腔比径向变化曲线

Fig.6 The radial variation of the ratio of the ratio of double wall thickness to lumen

## 2.4 微纤丝角

微纤丝角为细胞次生壁 S<sub>2</sub> 层微纤丝与细胞主轴所形成的夹角，它对木材主要物理、化学和力学性能都有着很大的影响，是木材微观生要的材性指标。从图 7 可以看出随生长轮递增而递增，到第七年时达到最大值 18.62 度，随后迅速递减，最后在十年左右时趋于平缓，大小为 8 度左右。该曲线与日本落叶松<sup>[2]</sup>、银杏<sup>[3]</sup>等树种径向变化相吻合。该曲线回归方程为  $y=8.4479+2.5517X-0.2787X^2+0.0072X^3$ ，相关系数为 0.774。

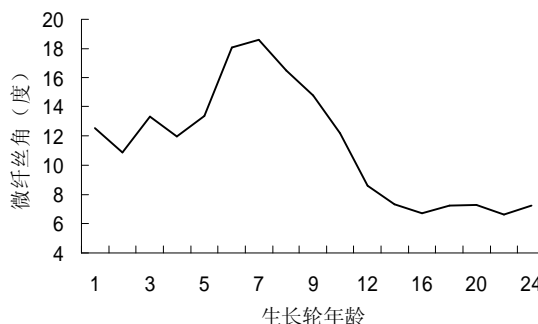


图 7：微纤丝角径向变化图曲线

Fig.7 The radial variation of the microfibrillar angle

## 2.5 幼龄材与成熟材的划分和比较

对四株杂种鹅掌楸在胸高处的生长轮宽度、微纤丝角、纤维长度、纤维宽度、纤维壁厚（单壁厚）、长宽比及壁腔比这些指标进行了有序聚类分析<sup>[6]</sup>，划分出了杂种鹅掌楸的幼龄材与成熟材的界限为 9~11a。同时对杂种鹅掌楸的幼龄材和成熟材的各项指标进行 t 值检验，结果表明：幼龄材和成熟材间的生长轮宽度、微纤丝角、纤维长度、纤维宽度、纤维壁厚、纤维长宽比及纤维壁腔比等所有指标在 0.05 水平下均呈显著差异。

比较杂种鹅掌楸幼龄材与成熟材解剖特征，结果表明：幼龄期为快速生长期，年轮宽度是成熟材的 1.3 倍，幼龄材与成熟材平均微纤丝角差值为 6.55 度，幼龄材比成熟材纤维长度短 22.7%，纤维宽度短 10.3%，纤维壁厚小 15.1%，纤维长宽比小 13.8%，纤维壁腔比小 13.8%。

## 3 结论

(1) 杂种鹅掌楸木材导管直径很小，平均为 57 μm；导管数 66 个/mm<sup>2</sup>；导管分子长为 647 μm。木材结构细致，加之材色浅，适于现代室内装饰和家具用材对木材的要求，可用于刨切薄木、染色人造薄木、木线条、胶合板等用材。

(2) 24 年生杂种鹅掌楸木材纤维平均长度为 1489.5 μm，成熟木材纤维长度稳定在 1600~1700

$\mu\text{m}$ , 在我国的一般阔叶材树种中, 属较长纤维树种 (阔叶树材中等纤维长度为  $0.91\sim 1.60\text{mm}$ )<sup>[7]</sup>。纤维宽度为  $25\sim 30\mu\text{m}$ , 平均单壁厚为  $5.18\mu\text{m}$ , 平均壁腔比为 0.625。纤维平均长宽比大于 45, 而平均壁腔比小于 1, 可作为优良的纤维原料。

(3) 通过对四株 24 年生杂种鹅掌楸在胸高处的生长轮宽度、微纤丝角、纤维长度、纤维宽度、纤维壁厚、长宽比及壁腔比等指标的有序聚类分析, 以径向变异曲线图观察, 得出杂种鹅掌楸的幼龄材与成熟材的界限为 9~11 年。t 值检验表明杂种鹅掌楸的幼龄材和成熟材间解剖指标存在显著差异。

### 参考文献

- 1 成果鉴定材料. 鹅掌楸属种间杂交技术及杂种优势的研究. 南京林业大学, 2000.
- 2 方文彬等. 立地指数对日本落叶松木材材性影响规律的研究. 世界林业研究, 1995 Vol.8
- 3 费本华等. 银杏木材微纤丝角及其生长轮密度相关模型的建立. 木材工业, 2000, 14(3):13-15
- 4 潘 欣. 木材学. 张景良译. 北京: 中国林业出版社, 1991
- 5 郭义明. 植物纤维化学. 北京: 中国轻工业出版社, 1997, 70~74
- 6 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方. 科学出版社, 2000
- 7 尹思慈. 木材学. 中国林业出版社, 1996
- 8 成俊卿等. 中国木材志. 中国林业出版社, 1992
- 9 Zobel B J and Van Buijtenen J P. Wood variation-its causes and contro. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Todyo. 1986