

杂种鹅掌楸木材物理力学性质研究

徐朝阳 潘彪 王章荣

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 本文研究了杂种鹅掌楸木材的物理力学性质, 并与其母本中国鹅掌楸和父本北美鹅掌楸木材的作了比较。结果表明: 杂种鹅掌楸的气干密度为 $0.544\text{g}/\text{cm}^3$, 径向、弦向和体积全干缩率分别为 5.06%、9.61% 和 14.91%; 主要强度指标顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量分别为 42.1Mpa、84.5MPa 和 7.4GPa; 各项物理力学性质均介于中国鹅掌楸和北美鹅掌楸之间。结果表明杂交鹅掌楸木材是优良的家具和普通结构用材, 可以作为优质工业用材林推广栽培。

关键词: 杂种鹅掌楸 木材的物理性质 木材的力学性质

Study on the Wood Physical and Mechanical Properties of the Hybrid Tulip Tree

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

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: The physical and mechanical properties of the hybrid tulip tree are firstly reported and analyzed in this paper. The comparison with its mother Chinese tulip tree and father American tulip tree have been made. The results show: (1) The air-dried density is $0.544\text{g}/\text{cm}^3$, the radial, tangential and volumetric shrinkage are respectively 5.06%、9.61% and 14.91%. (2) The longitudinal compress strength, MOR and MOE are respectively 42.1Mpa, 84.5MPa and 7.4GPa. Every value of physical and mechanical properties is between the Chinese tulip tree and the American tree. The result also indicated the hybrid tulip wood is a fine furniture and interior decoration material. It is a good cultivated species for fast growing and industrial material plantation.

Keywords: Hybrid tulip tree, Physical properties of wood, Mechanical properties of wood

鹅掌楸属^[1] (*Liriodendron*) 是木兰科 (*Magnoliaceae*) 的树木, 因叶形似鹅掌而得名, 叶又象马褂, 故又称“马褂木”。该属现仅存两个种, 即中国鹅掌楸 (*L. chinense* (Hemsl) Sarg.) 与北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* Linn.), 中国鹅掌楸星散分布于被称为“避难所”的长江流域以南亚热带 (北纬 $22^\circ \sim 32.5^\circ$, 东经 $103.2^\circ \sim 120.3^\circ$), 海拔 600m~1500m 排水良好山地; 北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* Linn.), 天然分布于美国东部和加拿大东南部 (北纬 $27^\circ \sim 42^\circ$, 西经 $73^\circ \sim 94^\circ$), 海拔 300m 以下各地和沿海平原排水良好的立地上, 而在阿巴拉契亚山脉 (Appalachian Mountains) 南部海拔 1370m 也有分布。在美国鹅掌楸木材是常见用材树种, 广泛应用于细木工制品, 室内装修材, 建筑用材, 胶合板等方面。而在中国由于该树种为虫媒植物, 种群规模小, 且处于隔离状态, 其原有的生境已遭严重破坏, 加上自身花部构造特化和受精过程的遗传障碍, 其自然结实率一般在 15% 以下, 个别较大的种群 (特别是西部亚区的种群) 也仅达 18.9%。因此被作为稀有第四纪冰川孑遗植物而列入国家首批二类濒危保护物种名录。

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获得成功, 并发现该属两种植物具有较高的杂

国家自然科学基金资助, 项目编号 30271050.

第一作者简介: 徐朝阳, 1979 年生, 男, 硕士研究生。南京林业大学木材工业学院材料工程系, 研究方向木材学。

交亲合力和较强的杂种生长优势。由于杂种鹅掌楸 (*Liriodendron.chinense* × *L. tulipifera*) 具有一定的抗大气污染能力, 且叶形奇特、花期长, 因此是很好的园林绿化材料, 又是很好的用材速生树种。杂种鹅掌楸生长已具有一定规模, 但作为新的树种, 材性尚未有研究, 本文主要就杂种鹅掌楸物理力学性质进行研究, 为杂种鹅掌楸的合理加工和使用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试材的采集和加工

本研究的试材于 2002 年 12 月采自南京林业大学句容下蜀林场, 4 株样木 (分别编号为 A、B、C、D) 为 24 年生杂种鹅掌楸平均木, 样木具体情况见表 1。试材经锯解、气干后按照国家标准 GB 1927~1943—91 《木材物理力学性质试验方法》^[2] 要求加工物理力学试件。

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

编 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 ³
						最大	最小	
A 株	25.9	25.3	17	A-1	2	21.9	19.3	0.066
				A-2	2	24.6	22.1	0.086
				A-3	1.3	27.4	25.2	0.071
B 株	28.2	24.2	11	B-1	2	23.1	21.8	0.079
				B-2	2	25.9	23.3	0.095
				B-3	1.3	30.6	27.4	0.086
C 株	30	27.9	14	C-1	2	24.7	22.6	0.089
				C-2	2	27.3	24.9	0.107
				C-3	1.3	31.4	29.3	0.094
D 株	32.4	23.4	10	D-1	2	23	19.8	0.072
				D-2	2	29.4	23.2	0.109
				D-3	1.3	38.1	31.5	0.124

1.2 试验方法

1.2.1 密度的测定

对于用作测定基本密度的试件, 用饱和含水量法测定其基本密度。用排水法测饱水试件体积 V_s , 再置于烘箱中烘至绝干, 测定绝干重量 G_0 , 按公式 $\rho_j = G_0 / V_s$ 算出基本密度 ρ_j 。

对于用作测定气干密度的试件, 用直接量测法测定气干密度。测量试件 (20mm × 20mm × 20mm) 气干重 G_q 后, 测定径向、弦向、纵向尺寸, 计算出体积 V_q , 按公式 $\rho_q = G_q / V_q$ 算出气干密度 ρ_q 。然后, 按公式 $\rho_{12} = \rho_q [1 + 0.01 (1 - K_v) (12 - M)]$ 换算含水率为 12% 时的标准气干密度 ρ_{12} 。

1.2.2 全干缩率的测定

木材全干缩率的测定方法按照国家标准 GB1932-91 的测定。试件经表面削平、充分饱水, 待尺寸稳定后测定径向、弦向、纵向的饱水尺寸 A_6 , 再置于烘箱中烘至绝干, 测定径向、弦向、纵向的绝干尺寸 A_0 , 按公式 $Y_0 = (A_6 - A_0) / A_6 \times 100\%$, 算出径向、弦向以及体积的全干缩率 Y_0 。

1.2.3 主要力学性质的测定

测试的主要力学强度包括：抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、冲击韧性。测试的方法按照国家标准《木材物理力学性质试验方法》GB 1927~1943—91的有关规定进行。其中抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度试验在 SANS 型万能试验机上完成，抗弯弹性模量采用三点受力法，在试样中央加载，按公式： $E = P^3 / (4 \times b \times h^3) \times \Delta f / \Delta s$ 计算，冲击韧性试验在 MW-4 型 4 吨万能试验机上完成。

2 结果与分析

2.1 木材的物理性质

2.1.1 木材的密度

木材密度是一项重要的材性指标，是树木营林、育种主要评定指标，也是判断木材的工艺性能和物理力学性质（如强度、硬度、干缩湿胀等）的最直接的指标，对木材的加工利用和林木的定向培育有着极为重要的指导意义。杂种鹅掌楸的基本密度为 0.425 g/cm³；气干密度值为 0.544g/cm³，接近中等（中等为 0.55~0.75 g/cm³），介于中国鹅掌楸的气干密度^[3]为 0.557 g/cm³和北美鹅掌楸的气干密度^[4]则为 0.510 g/cm³之间。

2.1.2 木材的干缩性

木材干缩影响木材的加工和利用，差异干缩则反映了木材弦向干缩和径向干缩的差异程度，差异干缩越小，木材的尺寸稳定性越好，木材的性质越优良，反之木材越易产生变形和开裂。杂种鹅掌楸的径向全干缩率为 5.06%，介于中国鹅掌楸 5.640%和北美鹅掌楸的 4.60%之间；弦向全干缩率 9.61%，介于中国鹅掌楸 10.14%和北美鹅掌楸的 8.20%之间；体积全干缩率为 14.91%，也介于中国鹅掌楸的 16.59%和北美鹅掌楸 12.70%之间。差异干缩 D 为 1.91，按国产木材干缩性的分级属于中等^[5]。

表 2 杂交鹅掌楸的物理力学性质

Table 2 The physical and mechanical properties of the hybrid tulip wood

试验项目	试样数 (N)	平均值 (X)	标准差 (S)	标准误差 (S _r)	变异系数 (V/%)	准确指数 (P/%)	
基本密度	187	0.425	0.022	0.0016	5.28	0.77	
气干密度	187	0.544	0.029	0.002	5.33	0.78	
干缩率	径向	187	5.060	0.519	0.038	10.27	1.50
	弦向	187	9.607	0.664	0.048	6.91	1.01
	体积	187	14.294	0.997	0.073	6.97	1.02
差异干缩	/	1.909	/	/	/	/	
顺纹抗压强度	231	42.137	5.581	0.367	13.20	1.74	
抗弯强度	114	84.507	5.770	0.54	6.83	1.29	
抗弯弹性模量	114	7379.84	610.611	57.173	8.27	1.55	
冲击韧性	210	70.390	15.642	1.08	22.20	3.06	

X—均值，V—变异系数，P—准确指数

注：表中所列的气干密度及各种力学性质指标均调整为含水率 12% 时的数值

2.2 木材的力学性质

木材的力学性质是木材合理利用的一个重要依据，通过表 3 可以看出顺纹抗压强度高于北美鹅掌楸和中国鹅掌楸；抗弯强度高于北美鹅掌楸，略低于中国鹅掌楸；抗弯弹性模量低于北美鹅掌楸

和中国鹅掌楸。木材的力学性质是木材实际应用的最主要参数, 根据木材力学性质 5 级划分法^[6], 抗弯弹性模量 7400MPa, 属低级, 抗弯强度 84.5MPa, 属中级; 顺纹抗压强度 42.1MPa, 属中级; 综合强度为 127MPa, 属中等级; 冲击韧性 65~90 kJ/m², 为中等。主要强度指标表明, 杂交鹅掌楸木材可作为家具结构用材和普通承重结构用材。

表 3: 鹅掌楸属木材力学性质比较
Table 3 The comparison of physical and mechanical properties
between the species of *Liriodendron* genus

树种及产地	顺纹抗压强度/MPa	抗弯强度/MPa	抗弯弹性模量/GPa
<i>L.chinense</i> (贵州松桃)	41.3		
<i>L. chinense</i> (云南金平)	45.1	91.6	12.1
<i>L. tulipifera</i> (美国)	38.2	70	10.9
<i>L. chinense</i> × <i>L. tulipifera</i> (南京)	42.1	84.5	7.4

3 小结

(1) 杂种鹅掌楸木材的基本密度为 0.425 g/cm³; 气干密度值为 0.544g/cm³, 接近中等密度, 且介于中国鹅掌楸和北美鹅掌楸气干密度之间。

(2) 杂种鹅掌楸木材的径向、弦向及体积全干缩率为 5.06%、9.61%和 14.91%, 均介于中国鹅掌楸和北美鹅掌楸之间。差异干缩为 1.91, 属于中等。

(3) 杂种鹅掌楸木材顺纹抗压强度为 42.1MPa, 高于北美鹅掌楸和中国鹅掌楸; 抗弯强度为 84.5MPa, 高于北美鹅掌楸, 低于中国鹅掌楸; 抗弯弹性模量为 7.4GPa, 低于北美鹅掌楸和中国鹅掌楸。根据木材力学性质 5 级划分法^[6], 抗弯弹性模量属低级, 抗弯强度属中级; 顺纹抗压强度属中级; 综合强度为 127MPa, 属中级; 冲击韧性 70.4kJ/m², 为中等。

(4) 根据杂交鹅掌楸木材主要强度指标, 且木材结构细, 材色浅, 纹理直, 易加工, 变形小, 是优良的家具、室内装饰用材, 也可作轻型结构用材。杂种鹅掌楸生长快, 可作为速生工业用材人工林推广栽培。

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 国家技术监督局. 《木材物理力学性质试验方法》(GB1927~1943-91). 北京: 中国标准出版社, 1991
- 3 江泽慧, 彭镇华. 世界主要树种木材科学特性. 北京: 科学技术出版社, 2001
- 4 Forest Products Laboratory. USDA Forset Service Madison, Wisconsin. Wood Handbook Wood as an Engineering Material. March 1999
- 5 成俊卿. 木材学. 中国林业出版社, 1985
- 6 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质. 北京: 中国林业出版社, 1982