

## 23 年生大叶栎木材物理力学性质的初步研究

梁宏温<sup>1</sup>, 黄寿先<sup>1</sup>, 覃亚丽<sup>1</sup>, 覃丽萍<sup>1</sup>, 黄明荣<sup>2</sup>, 陈仕静<sup>2</sup>, 唐凤生<sup>2</sup>

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005; 2. 广西平果县海明林场, 广西 平果 533001)

**摘要:**对广西平果县海明林场 23 年生大叶栎木材的主要物理力学性质进行了测定和分析。结果表明:大叶栎木材的气干密度(含水率为 12%)、基本密度和全干密度分别为  $0.583 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $0.462 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  和  $0.507 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 气干密度属于国产木材的中等级水平;径向、弦向和体积干缩系数分别为 0.099%、0.183%、0.296%, 湿胀率依次为 4.106%、7.958% 和 12.627%, 差异干缩为 1.5~1.9, 其尺寸稳定性较好;冲击韧性为  $52.12 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 端面、径面和弦面硬度分别为 41.53 MPa、31.41 MPa 和 35.51 MPa, 顺纹抗压强度为 44.50 MPa, 抗弯弹性模量和抗弯强度分别为 12.63 GPa 和 127.31 MPa, 径面和弦面顺纹抗剪强度分别为 8.76 MPa 和 10.54 MPa, 抗劈强度依次为  $124.3 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$  和  $138.6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。除冲击韧性和硬度较低外,大叶栎木材的主要力学强度均属于国产木材的中等级水平。

**关键词:**大叶栎;木材物理性质;木材力学性质

**中图分类号:**S792.17;S781.29 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2007)01-0115-04

### Preliminary Researches of the Wood Physical-mechanical Properties of 23-year-old *Castanopsis fissa*

万方数据 LIANG Hong-wen<sup>1</sup>, HUANG Shou-xian<sup>1</sup>, QIN Ya-li<sup>1</sup>, QIN Li-ping<sup>1</sup>  
HUANG Ming-rong<sup>2</sup>, CHEN Shi-jing<sup>2</sup>, TANG Feng-sheng<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China; 2. Haiming Forest Farm, Pingguo, Guangxi 533001, China)

**Abstract:** The wood physical-mechanical properties were studied for 23-year-old *Castanopsis fissa* grown on Haiming forest farm of Pingguo, Guangxi. The results were as follows: the air-dried density (moisture content of wood is 12%), the basic density and the oven-dry density were  $0.583 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $0.462 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  and  $0.507 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  respectively, the air-dried density was at the medium level in domestic wood species; the shrinkage coefficient of radial, tangential and volumetric were 0.099%, 0.183% and 0.296% respectively, the maximum swelling were 4.106%, 7.958% and 12.627% respectively; the ratio of tangential shrinkages to radial shrinkages was 1.5~1.9; the toughness was  $52.12 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ; the hardness of cross, radial and tangential section were 41.53 MPa, 31.41 MPa and 35.51 MPa respectively; the compressive strength parallel to grain was 44.50 MPa; the modulus of elasticity in static bending and the bending strength were 12.63 GPa and 127.31 MPa respectively; the shearing strength parallel to grain of radial and tangential were 8.76 MPa and 10.54 MPa respectively; the cleavage strength to grain of radial and tangential were  $124.3 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$  and  $138.6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$  respectively. Except toughness and hardness, the main mechanical intensity of *Castanopsis fissa* was at the medium level in domestic wood species.

**Key words:** *Castanopsis fissa*; physical properties of wood; mechanical properties of wood

大叶栎(*Castanopsis fissa* R. et W.)属壳斗科栲属常绿阔叶乔木树种,具有速生丰产和适应性广的特点,其主要分布于广东、广西、福建、云南以及江西、湖南、贵州南部等地区,是我国中亚热带北纬

27°以南山地和丘陵次生林的先锋树种之一<sup>[1,2]</sup>。笔者以广西平果县海明林场 23 年生的大叶栎人工林作为研究对象,测定其木材密度、干缩系数、湿胀率、水容量、硬度、顺纹抗压强度、冲击韧性、抗弯强

度、抗弯弹性模量、顺纹抗剪强度和抗劈强度等指标,探讨大叶栎木材的主要物理力学性质及其变异规律,为大叶栎人工林的定向培育及其木材潜在使用价值的开发利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试材采集与试件制作

试材于2005年1月采自广西平果县海明林场23年生的大叶栎试验林。在试验林地内,按林木径级大小分布的情况,选取树龄相同的样木共5株,其中优势木1株(胸径32.1 cm、树高21.5 m)、中等木3株(胸径20.4 cm~25.6 cm、树高19.1~20.4 m,被压木1株(胸径16.4 cm、树高18.1 m)。

木材基本密度试件用生材制作,即分别样木、于各树干高度(0.0;1.3;3.3;5.3;7.3;9.3;11.3;13.3 m;...)的新锯并经刨光圆盘的北向各截取一个完整的扇面,扇面的大小视圆盘的大小而定,一般控制

取样的重量为50~60 g,其中对树高1.3 m处的圆盘再按其年轮位置分成三个部分取样,即内部(1~8轮)、中部(9~14轮)和外部(15~23轮)。

其余试件用气干材制作,并按照GB 1931~1942~1991的有关规定进行取样。

1.2 木材物理力学性质的测定

除木材基本密度采用排水法测定外<sup>[3]</sup>,其他的木材物理力学性质均依据GB 1931~1942~1991规定的方法进行测定。

2 结果与分析

2.1 木材物理性质及其变化规律

2.1.1 密度 大叶栎木材密度由表1可见,以平均值而言,23年生大叶栎人工林木材的气干密度(含水率为12%)、基本密度和全干密度分别为0.583、0.462和0.507 g·cm<sup>-3</sup>,其气干密度属于国产木材的中等级水平(0.551~0.750 g·cm<sup>-3</sup>)<sup>[4]</sup>。

表1 大叶栎木材物理性质及变异

Table 1 The wood physical properties of *Castanopsis fissa*

试验项目	试件数	最小值	平均值	最大值	标准差	标准误差	变动系数	准确系数
气干密度 $\rho_{12}/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	150	0.524	0.583	0.642	0.034 1	0.002 8	5.849	0.955
基本密度 $\rho_{\text{基}}/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	150	0.410	0.462	0.493	0.038 3	0.003 1	8.290	1.342
全干密度 $\rho_{\text{全}}/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	150	0.457	0.507	0.560	0.036 9	0.003 0	7.278	1.189
径向干缩系数 $RShC/\%$	150	0.071	0.099	0.163	0.023 2	0.001 9	23.414	3.824
弦向干缩系数 $TShC/\%$	150	0.132	0.183	0.269	0.036 9	0.003 0	20.164	3.293
体积干缩系数 $VShC/\%$	150	0.212	0.296	0.452	0.061 3	0.005 0	20.709	3.382
差异干缩(弦:径) $T:R$	150	1.532	1.789	1.957	0.165 4	0.013 5	9.245	1.510
水容量 $MMC/\%$	150	68.74	78.67	91.41	6.043 0	0.493 4	7.681	1.254
径向湿胀率 $RSwC/\%$	150	3.121	4.106	4.747	0.332 4	0.027 1	8.095	1.322
弦向湿胀率 $TSwC/\%$	150	7.253	7.958	8.783	0.396 2	0.032 3	4.979	0.813
体积湿胀率 $VSwC/\%$	150	10.222	12.627	13.594	0.861 1	0.070 3	6.820	1.114

大叶栎木材基本密度随着树干高度的增加而表现出不同程度的减小,并以树干中部木材的基本密度较为稳定(图1)。以树干高度为自变量( $x$ ),以木材基本密度为因变量( $y$ ),进行曲线估计<sup>[5]</sup>,得

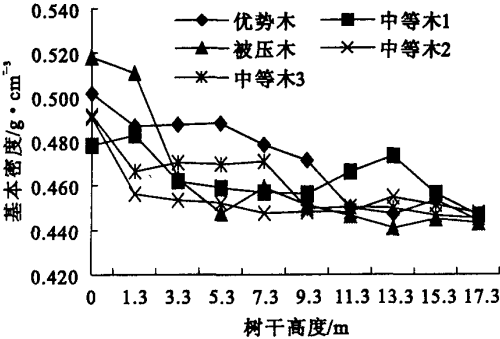


图1 基本密度沿树干高度的变化

Fig. 1 Changes of wood basic density

到两者之间的最佳线性关系:  $y = 0.486\ 7 - 0.013\ 84x + 0.001\ 457x^2 - 4.844\ 3 \times 10^{-5}x^3$  (相关系数  $r =$

$-0.987\ 6$ , 检验值  $F = 79.23$ , 相关性极显著)。

大叶栎木材基本密度沿年轮的径向变异由表2看出,1~8轮、9~14轮、15~23轮的基本密度平均值分别为0.429 8 g·cm<sup>-3</sup>、0.466 8 g·cm<sup>-3</sup>和0.507 1 g·cm<sup>-3</sup>,即大叶栎木材基本密度的径向变异趋势是由树干的髓心向边材逐渐增加。

表2 树干高度1.3 m处木材基本密度的径向变异

Table 2 Radial variation of wood basic density at 1.3 m trunk height

年轮	样木的基本密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$					平均值/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
	1	2	3	4	5	
1~8	0.4129	0.4584	0.4205	0.4149	0.4377	0.4298
9~14	0.4237	0.5007	0.4673	0.4644	0.4779	0.4668
15~23	0.5010	0.5513	0.5120	0.4714	0.5000	0.5071

2.1.2 干缩和湿胀特性 由表1看出,大叶栎木材的径向、弦向和体积干缩系数及其弦向干缩与径向干缩的比值(差异干缩)的平均值分别为0.099%、0.183%、0.296%和1.789。与国产大多数阔叶树

材的相比<sup>[4]</sup>,大叶栎木材的干缩系数属较小等级,其差异干缩则居中等级水平。

木材吸水的最大重量占绝干材重量的百分率称为水容量<sup>[3]</sup>。由表1看出,大叶栎木材水容量的分布范围为68.74%~91.41%,平均为78.67%;大叶栎木材在饱水情况下的径向、弦向和体积湿胀率平均值分别为4.106%、7.958%和12.627%(表1),均属于国产木材的中等偏下水平<sup>[4]</sup>,反映大叶栎木

材的尺寸稳定性较好。

**2.2 木材力学性质及其变化规律**

2.2.1 主要力学性质 由表3看出,大叶栎木材的抗弯弹性模量和顺纹抗压强度分别为12.63 GPa和44.50 MPa,属于国产木材的中等级水平<sup>[4]</sup>;其冲击韧性为52.12 kJ·m<sup>-2</sup>,比国产阔叶树材的平均值(76.40 kJ·m<sup>-2</sup>)低,而比国产针叶树人工林木材的

表3 大叶栎木材力学性质及变异

Table 3 The wood mechanical properties of *Castanopsis fissa*

试验项目	试件数 /n	统计值				树干高度/m		
		平均值	标准差	变动系数/%	准确系数/%	0.0~1.3	5.3~7.3	11.3~13.3
端面硬度 CH/MPa	150	41.53	3.297	7.939	1.296	41.29	42.43	40.88
弦面硬度 TH/MPa	150	35.51	3.762	10.341	1.689	35.97	35.77	34.79
径面硬度 RH/MPa	150	31.41	4.371	13.916	2.272	33.30	31.31	29.63
冲击韧性 Toughness/kJ·m <sup>-2</sup>	150	52.12	4.921	9.442	1.542	53.41	54.04	48.92
弹性模量 EM/GPa	150	12.63	0.993	7.862	1.284	12.47	13.29	12.13
抗弯强度 BS/MPa	150	127.31	11.891	9.340	1.525	125.70	134.61	121.62
顺纹抗压强度 CS/MPa	150	44.50	4.022	9.038	1.476	44.30	46.01	43.22
径面顺纹抗剪强度 RSS/MPa	150	8.76	0.798	9.110	1.488	9.69	8.66	7.93
弦面顺纹抗剪强度 TSS/MPa	150	10.54	0.979	9.288	1.517	11.48	10.38	9.76
径面顺纹抗劈强度 RCS/N·mm <sup>-1</sup>	150	124.3	13.676	11.002	1.797	139.6	118.9	114.4
弦面顺纹抗劈强度 TCS/N·mm <sup>-1</sup>	150	138.6	15.622	11.271	1.841	148.4	136.7	130.7

万方数据

高<sup>[6]</sup>;其端面硬度、径面硬度和弦面硬度分别为41.53 MPa、31.41 MPa和35.51 MPa,三者之间的比值为1:0.76:0.86,以端面硬度最大,但仅为国产木材平均值(49.1~68.6 MPa)<sup>[4]</sup>的70%;其径面和弦面顺纹抗剪强度分别为8.76 MPa和10.54 MPa,抗劈强度依次为124.3 N·mm<sup>-1</sup>和138.6 N·mm<sup>-1</sup>,属于国产木材的中等级水平<sup>[4]</sup>。

值得关注的是,大叶栎木材的抗弯强度高达127.31 MPa,居国产木材的高强度水平(120.1~170.0 MPa),若对比其顺纹抗压强度,两者的比值高达2.86,远大于国产大多数木材的比值(2.0左右)<sup>[4]</sup>。这可能与其纤维形态特征有关,据笔者的测定结果(将另文报道),该木材的纤维较长、平均值达1 156.2 μm、其变化幅度较小、仅为1 098.2~1 224.6 μm,且其长径比较大(平均值达46.01)。一般纤维越长和长径比越大,其抗撕裂强度就越大<sup>[7]</sup>。因此,大叶栎木材抗弯强度表现出较高。

2.2.2 主要力学性质的变化规律 由表3看出,大叶栎木材抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度、冲击韧性和端面硬度随树干高度的变化呈先增后减的趋势,即以树干中部的木材较大,而树干基部和上部的均较小;其径面硬度、弦面硬度、顺纹抗剪强度和顺纹抗劈强度则随着树干高度的增加而呈逐渐减小的趋势。

2.3 木材物理力学性质之间的相互关系

2.3.1 木材径向(面)与弦向(面)力学强度之间的关系 木材径向(面)与弦向(面)力学强度之间的关系,可用径向(面)与弦向(面)强度的差值除以其中较小的强度值所得的百分数表示<sup>[4]</sup>,经计算得到顺纹抗剪强度径面与弦面的差异百分数为20.32%,顺纹抗劈强度和硬度的差异百分数分别为11.50%和13.05%,可见大叶栎木材力学性质的各向异性比较明显。

2.3.2 木材密度与各项强度之间的关系 由表4看出,大叶栎木材抗弯弹性模量、抗弯强度、端面硬度、顺纹抗剪强度和顺纹抗劈强度都有随着木材密度的增加而增大的趋势,相关分析表明木材基本密度与上述力学强度之间的相关性均达到显著或极显著(相关系数 $r$ 分别为0.955、0.871、0.969、0.927和0.980);而木材基本密度与顺纹抗压强度和冲击韧性之间的相关性不显著(相关系数 $r$ 分别为0.572和0.663)。

3 结论

23年生大叶栎木材的气干密度(含水率为12%)、基本密度和全干密度分别为0.583 g·cm<sup>-3</sup>、0.462 g·cm<sup>-3</sup>和0.507 g·cm<sup>-3</sup>,弦向干缩与径向干缩的比值为1.5~1.9,在饱水情况下的径向、弦向和体积湿胀率分别为4.106%、7.958%和

12.627%,其木材的尺寸稳定性较好。

表 4 样木的木材基本密度与各项强度

Table 4 Wood basic density and mechanical properties of specimen in *Castanopsis fissa*

树号	基本密度 /MPa	抗弯强度 /MPa	弹性模量 /GPa	端面硬度 /MPa	顺纹抗压 强度/MPa	冲击韧性 /kJ·m <sup>-2</sup>	径面顺纹抗 剪强度/MPa	径面顺纹抗劈 强度/ N·mm <sup>-1</sup>
1	0.460 5	122.12	12.33	42.35	45.35	54.68	8.77	124.8
2	0.476 4	125.50	12.98	43.28	51.25	51.86	9.26	129.3
3	0.422 7	106.18	11.86	35.97	40.27	47.99	8.02	103.4
4	0.478 6	152.30	13.07	44.46	42.56	52.88	8.82	131.8
5	0.470 1	130.43	12.90	41.61	43.12	53.17	8.93	132.2

大叶栎木材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度和冲击韧性分别为 12.63 GPa、127.31 MPa、44.50 MPa 和 52.12 kJ·m<sup>-2</sup>;其端面、径面和弦面硬度分别为 41.53 MPa、31.41 MPa 和 35.51 MPa;其径面和弦面顺纹抗剪强度分别为 8.76 MPa 和 10.54 MPa,抗劈强度则依次为 124.3 N·mm<sup>-1</sup>和 138.6 N·mm<sup>-1</sup>。

除冲击韧性和硬度较低外,大叶栎木材的主要物理性质和力学强度指标居于国产阔叶树材的中等水平,可作为中档家具和一般建筑结构的实木利用。

参考文献数据

[1] 张凌宏,邱斌. 蕈柄栲树种的优良特性及栽培技术[J]. 湖南

林业科技,2003,30(4):95-96.  
[2] 黄寿先,李耀斌. 广西苍梧县大叶栎生长量变异规律的初步研究[J]. 广西林业科学,2001,30(增):41-44.  
[3] 尹思慈. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1996. 116-220.  
[4] 尹思慈. 木材品质和缺陷[M]. 北京:中国林业出版社,1990. 6-60.  
[5] 卢纹岱. Spss for windows 统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2000. 301-326.  
[6] 鲍甫成,江泽慧,朱林锋. 中国主要人工林树种木材性质[M]. 北京:中国林业出版社,1998. 162-209.  
[7] 费本华. 铜钱树木纤维形态特征和组织比量变异的研究[J]. 东北林业大学学报,1994,22(4):61-67.