

阴香木材物理力学性质研究

陈柏旭¹,黄腾华²,韦鹏练³,符韵林^{1*}

(1. 广西大学 林学院,广西 南宁 530004;2. 广西壮族自治区林业科学研究院,广西 南宁 530002;3. 国际竹藤中心,北京 100102)

摘 要:研究阴香木材的密度、干缩性、弯曲强度、冲击韧性、硬度等主要物理力学性质。结果表明,基本密度、气干密度(含水率为12%)和全干密度分别为0.501、0.609 g/cm³和0.581 g/cm³,生材密度为1.215 g/cm³,气干密度属于国产木材的中等水平。全干差异干缩和气干差异干缩分别为1.59和1.86,弦向和径向干缩系数分别为0.495和0.362,弦向和径向干缩湿胀差异较大。抗弯强度75.6 MPa,顺纹抗压强度41.19 MPa,冲击韧性43.39 kJ/m²,端面、弦面和径面硬度分别为4 789.72、4 390.77 N和4 260.19 N。阴香木材的综合强度为116.79 MPa,属低等级材。

关键词:阴香;物理性质;力学性质

中图分类号:S781.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)05-0271-05

A Study on the Physical and Mechanical Properties of *Cinnamomum burmannii* Woods

CHEN Bai-xu¹,HUANG Teng-hua²,WEI Peng-lian³,FU Yun-lin^{1*}

(1. College of Forestry,Guangxi University,Nanning,Guangxi 530004,China;2. The Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute,Nanning,Guangxi 530002,China; 3. International Center for Bamboo and Rattan,Beijing 100102,China)

Abstract: The main physical properties of *Cinnamomum burmannii* woods,including the density,dry-shrinkage,bending strength,impact toughness,hardness,etc.,were studied in this paper.As indicated by the results,the basic density,air-dry density (with a moisture content of 12%) and oven-dry density were 0.501,0.609 g/cm³ and 0.581 g/cm³,respectively,and the raw material density was 1.215 g/cm³,the air-dry density belonged to the medium grade level.The values of differential shrinkage of oven-dried and air-dried wood were 1.59 and 1.86,The radial and tangential shrinkage coefficient were 0.495 and 0.362,indicating that the difference of drying shrinkage and the wetting swelling in radial and tangential directions were significant.The values of bending strength and compressive strength parallel to grain were 75.6 MPa and 41.19 MPa.The toughness was 43.39 kJ/m²,the values of hardness on cross,tangential and radial surfaces were 4 789.72,4 390.77 N and 4 260.19 N,respectively.The general strength was 116.79 MPa,thus illustrating that the wood was of low quality.

Key words: *Cinnamomum burmannii*; physical properties; mechanical property

阴香(*Cinnamomum burmannii*)别称野玉桂、假玉桂、阿尼茶(云南)、小桂皮、山肉桂、香胶叶等,是樟科的一种常绿乔木。主要生长于中亚热带以南地区,我国广西、广东、福建、海南、浙江、湖南、江西等省都有分布,其自然分布广泛,在海南热带季雨林和热带山地常绿雨林最为普遍^[1]。阴香较喜光,天

然多生长于疏荫林中,树冠枝叶浓密而扩展,在肥沃、湿润而温暖的环境中,生长迅速,平均年直径生长量达1.1 cm,树高可达20余m,胸径80 cm。同时,阴香也是杀菌能力强的树种之一,能抗二氧化硫,抗性较强,是防污染、抗有害气体的理想树种。阴香具清香的肉桂气味,树皮光滑,叶互生或近对

收稿日期:2016-01-09 修回日期:2016-03-23
基金项目:“十一五”广西林业科技项目(桂林科字[2009]第22号)。
作者简介:陈柏旭,女,硕士研究生,研究方向:木材材性及改良。E-mail:575892045@qq.com
*通信作者:符韵林,男,博士,教授,研究方向:木材材性及其功能改良。E-mail:fylin@126.com

生,卵状长椭圆形,离基三出脉,脉腋无线体,两面均突起,小脉发达。花为顶生的圆柱花序^[1-4]。阴香树形美观,主干较通直,其木材纹理通直,结构均匀细致,硬重中等,气干容重;易于加工,加工面光滑,干燥后不开裂;含油或粘液丰富,防虫耐腐,材色鲜艳而有光泽,绮丽华美,适于枕木、矿柱、建筑、车辆等用材,供上等家具及其他细木工用材尤佳。综上,阴香既是优良用材、芳香油以及药用树种,又是庭园观赏绿化、行道树和四旁植树及培养嫁接肉桂砧木的良好树种^[1-3]。

阴香适应性广,生长迅速,是观赏用材和药用兼优的树种,因此是很好的造林和用材树种,极具推广价值^[1-2]。过去对阴香的研究主要集中在生物学特性,育苗试验,培育繁殖,离体培养和成分研究等^[5-9],但在物理力学性质方面还未见相关报道。木材物理力学性质对木材加工处理和利用都有很重要的意义,许多木材加工处理工艺的制定以及用材部门对木材的选择,都有赖于木材物理力学性质的测

定数据^[10]。因此,对阴香木材的物理力学性质进行研究,以期为阴香营林和木材利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材采集

天然林阴香木材试验材料采集于广西来宾市国有维都林场,树龄为 32 a,试材采集方法依据国家标准 GB/T1927-2009《木材物理力学试材采集方法》^[11]进行。选取长势良好、树干通直、节疤少、无病虫害、胸径中等的样木 3 株,标出北向。样木伐倒后,量全树高与枝下高,在 0、1.3、3.3、5.3、7.3、9.3、11.3、13.3、15.3 m 等处各锯取厚度为 5 cm 的圆盘 2 个。圆盘锯取后,将其中一个带回实验室气干,供测定生长轮宽度、木材解剖分子特性等使用;另一个立即装入保鲜袋中密封,供测定生材含水率、生材密度、基本密度及树皮率使用。在树干高度方向锯取 1.3~3.3、5.3~7.3、9.3~11.3 m 范围内的木段作木材物理力学性质测定用。采集情况见表 1。

表 1 样木采集情况

Table 1 The collecting situation of the sample trees

NO.	BHD/cm	Age/a	TH/m		/m	Sample wood			
			T	CBH		SN	HR/m	length/m	DME/cm
I	36	32	17.6	7.8	0、1.3、3.3、15.3	1-1	1.3~3.3	2	30.75
						1-3	5.3~7.3	2	26.15
						1-5	9.3~11.3	2	14.95
						1-7	13.3~15.3	2	4.8
II	35	32	17.5	8.75	0、1.3、3.3、13.3、15.3	2-1	1.3~3.3	2	27.75
						2-3	5.3~7.3	2	25.5
						2-5	9.3~11.3	2	18.9
						2-7	13.3~15.3	2	9.55
III	37	32	17.75	5.5	0、1.3、3.3、15.3	5-1	1.3~3.3	2	29.45
						5-3	5.3~7.3	2	23.15
						5-5	9.3~11.3	2	13.05

1.2 试样制作

将试材按照国家标准 GB/T1929-2009《木材物理力学试材锯解及试样截取方法》^[12]进行初步加工,加工后的试样毛坯在实验室阴凉通风处进行堆垛气干放置,直到试材达到气干。再按照国家标准 GB/T1930~1941-2009《木材物理力学性质试验方法》^[13]加工成试验用的试样。

1.3 测定方法

阴香木材物理力学性质指标的测定方法依据 GB/T 1930~1941-2009《木材物理力学性质试验方法》^[13]的相关规定进行。各项力学性质在万能力学试验机 and 摆锤式冲击试验机上测定,测定前将试件置于温度为(20±2)℃,相对湿度为(65±3) %的环境下进行含水率平衡,试验结果均换算成含水率为

12%时的数据。完成测定后,分别计算各项指标的平均值、标准差、标准误差、变异系数和准确指数。

2 结果与分析

2.1 阴香木材的物理性质

根据试验结果,计算阴香木材各项物理性质指标均值和变异统计数据(表 2)。

2.1.1 密度 木材密度是木材最重要的材性指标,是判断木材的工艺性质和物理力学性质的重要指标,它与木材的其他性能都有密切关系。木材密度变异性的研究,对木材的加工、利用及林木育种优良品种筛选都具有重要意义。从表 2 可知,阴香木材气干密度、全干密度和基本密度分别为 0.609、0.581、0.501 g/cm³。根据我国木材气干密度的分

表 2 阴香木材物理性质结果

Table 2 The result of the physical properties of *Cinnamomum burmannii*

试验项目		样本数	平均值	标准差	标准误差	变异系数/%	准确指数/%
树皮体积百分率/%		27	13.86	5.15	0.99	37.14	14.29
树皮质量百分率/%		24	15.52	4.92	1.00	31.67	12.93
心材率/%		24	45.51	15.92	3.32	34.99	14.59
生材含水率/%		119	123.82	35.08	3.29	28.33	5.31
基本密度/(g·cm ⁻³)		41	0.501	0.155	0.0146	12.735	2.396
生材密度/(g·cm ⁻³)		105	1.215	0.076	0.014	7.09	2.55
气干密度/(g·cm ⁻³)		41	0.609	0.061	0.0094	10.138	3.092
全干密度/(g·cm ⁻³)		41	0.581	0.061	0.0093	10.498	3.202
气干干缩率/%	弦向	168	2.92	0.856	0.058	29.288	4.493
	径向	168	1.57	0.583	0.050	37.074	5.687
	体积	168	4.61	1.497	0.101	32.470	4.981
差异干缩(弦:径)		168	1.86	/	/	/	/
全干缩率/%	弦向	168	7.3	1.802	0.105	24.689	3.787
	径向	168	4.6	1.306	0.070	28.411	4.358
	体积	168	10.87	2.32	0.117	21.333	3.272
差异干缩(弦:径)		168	1.59	/	/	/	/
干缩系数/%	弦向	168	0.495	0.057	0.005	11.423	1.752
	径向	168	0.362	0.125	0.003	34.557	5.301
	体积	168	0.25	0.090	0.008	35.556	5.454
从全干到气干	弦向	65	3.39	0.956%	0.1185	28.62	7.10
湿胀率/%	径向	65	2.38	1.396	0.173	58.529	14.519
	体积	65	6.03	1.127	0.139	18.67	4.63
差异湿胀(弦:径)		65	1.424	/	/	/	/
从全干到饱水	弦向	65	8.45	1.863	0.231	22.037	5.467
湿胀率/%	径向	65	5.02	1.63	0.202	32.47	8.055
	体积	65	15.32	2.16	0.269	14.14	3.509
差异湿胀(弦:径)		65	1.683	/	/	/	/

级情况可知,密度在 0.551~0.750 g/cm³ 的木材属于中等密度范畴,所以阴香属于中等级密度的树种。

2.1.2 吸水性 木材的吸水性与树种、密度、解剖构造及化学性质有关。木材的吸水性对木材的药剂浸注、制浆蒸煮、油漆胶粘及水运均有重要的实际意义。该研究测定了天然林阴香的全干材浸水 18 d 的吸水性,不同时间段的吸水率结果见图 1。阴香木材的吸水性在初始阶段是增长最快的,在前 6 h 内,木材从全干吸水至 37.072%,在 1 d 时增至 66.864%,在 2 d 时增至 84.795%,到了第 8 天,吸水率达到 119.427%,8 d 后吸水率又开始增加,不过增加较为缓慢,木材浸泡 18 d 时吸水率为 129.425%,仍有上升趋势。增加比较稳定。阴香木材水容量较小,与其自身木材密度较大及其他各种因素有关。

2.1.3 湿胀干缩性 干缩和湿胀是木材的固有性质,对木材加工利用具有重要意义。湿胀不仅使木材尺寸增大,其形状也会改变,强度会下降。木材的湿胀具有各向异性,通常表现为纵向线湿胀率较少,弦向线湿胀率较大,一般是径向线湿胀率的 1.5~

2.0 倍。从表 2 可知,阴香木材从全干到气干时,弦向和径向线湿胀率分别为 3.39%、2.38%,体积湿胀率为 6.03%;从全干到吸水至尺寸稳定状态,弦向和径向线湿胀率分别为 8.45%、5.02%,体积湿胀率为 15.32%。2 种状态的弦向湿胀率和径向湿胀率之比值(差异湿胀)分别为 1.424 和 1.683。

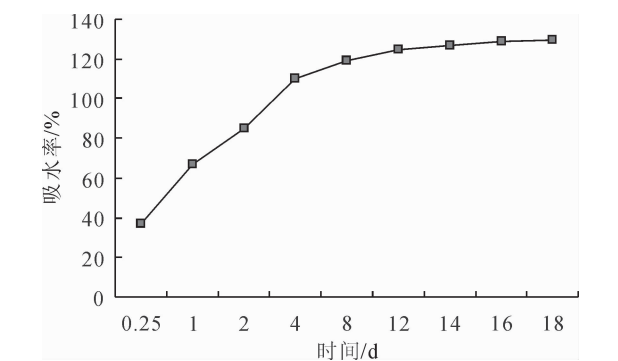


图 1 阴香木材吸水性曲线

Fig. 1 The curve of water absorbing capacity of *C. burmannii*

木材干燥过程中产生的线性和体积干缩率的大小及均匀性是判定其加工利用价值的一项重要指

标。差异干缩是判断木材开裂以及变形的依据。若木材的差异干缩数值偏大,木材干燥时往往容易发生翘曲和开裂;木材各方向的干缩比较均匀,说明木材的尺寸稳定性较好。从表 2 可知,人工林阴香从湿材到气干状态,弦向、径向、体积干缩率分别为 2.92%、1.57%、4.61%,差异干缩为 1.86;从湿材到全干状态,弦向、径向、体积干缩率分别为 7.3%、4.6%、10.87%,差异干缩为 1.59;其湿材到气干状

态的差异干缩较大,弦向和径向干缩系数分别为 0.495、0.362。因此,在加工利用阴香用材时应充分考虑干缩性对产品尺寸的影响。

2.2 阴香木材的力学性质

木材力学性质是木材抵抗使其改变大小和形状的外力的能力,即木材适应外力作用的能力。阴香木材主要力学性质结果见表 3。

表 3 阴香木材主要力学性质结果
Table 3 The result of the main mechanical properties of *C. burmannii*

试验项目		试样数	平均值	标准差	标准误差	变异系数/%	准确指数/%
硬度/N	端面	104	4 789.72	652.95	63.72	13.63	2.66
	径面	104	4 260.19	971.22	94.78	22.80	4.45
	弦面	104	4 390.77	910.92	88.90	20.75	4.05
抗弯强度/MPa		62	75.60	12.31	1.60	16.28	4.24
抗弯弹性模量/MPa		62	4 923.27	1 148.34	149.50	23.32	6.07
横纹全部抗压比例极限应力/MPa	弦向	34	6.13	0.90	0.15	14.73	4.78
	径向	34	7.61	1.59	0.27	20.83	7.04
横纹局部抗压比例极限应力/MPa	弦向	52	12.03	1.75	0.24	14.57	4.00
	径向	52	16.63	2.59	0.36	15.56	4.36
顺纹抗压强度/MPa		41	41.19	6.95	1.14	16.88	5.55
冲击韧性/(KJ·m ⁻²)		149	43.39	22.63	1.85	52.16	8.55

2.2.1 抗弯强度 木材抗弯强度作为木材重要的力学性质指标,是建筑物的屋架、横条、木桥、承重地板等弯曲构件选材时应首先考虑的因素。由表 3 可知,阴香的平均抗弯强度为 75.6 MPa。对照木材抗弯强度 5 档分级标准,其强度属低等(55.1~90.0 MPa)。

2.2.2 顺纹抗压强度 木材顺纹抗压强度主要用于诱导结构材和建筑材的榫接合类似用途的容许工作应力计算和柱材的选择等。顺纹抗压强度测定简单、准确,又与其他强度指标存在相关关系,其在各实验室进行的木材强度试验中,被认为是最重要的。阴香的顺纹抗压强度为 41.19 MPa,按等级划分属于低等材(30.1~45.0 MPa)。

2.2.3 冲击韧性 冲击韧性是检验木材的韧性或脆性的指标,用于评定车辆和建筑结构用材的品质,也是载重汽车锯材、枕木、工具柄、枪托、运动器械和农机部件等用材的依据。木材的韧性越高,表明吸收的能量越大,而脆性越低。由表 3 可知,阴香的冲击韧性平均值 43.39 kJ/m²,对照木材冲击韧性四档分级标准,为低等(25.1~85.0 kJ/m²)。说明阴香是韧性较小的木材,不适宜作房屋建筑、交通、采掘、胶合板和家具等方面用材。

2.2.4 硬度 木材的硬度跟木材的密度密切相关,密度越大则硬度越高,反之则低。表 3 数据表明,阴香硬度在端面、弦面和径面的硬度分别为 4 789.72、

4 390.77 N 和 4 260.19 N,端面硬度最大,径面最小。对照木材端面硬度 5 档分级标准,为中等(3 929.8~6 370N)。

2.2.5 综合强度 木材作为承重构件时,要考虑其顺纹抗压强度和抗弯强度,所以通常采用顺纹抗压强度和抗弯强度之和来表示木材的综合强度。阴香的综合强度为 116.79 MPa,根据《木材材性分级规定》可知,其综合强度属于低等水平,这说明了阴香木材不可以用作一些强度要求高的承重结构构件。

3 结论与讨论

天然林阴香木材的基本密度、气干密度(含水率为 12%)和全干密度分别为 0.501、0.609 g/cm³ 和 0.581 g/cm³,根据我国木材气干密度^[14-16]的分级情况可知,气干密度属于国产木材的中等级水平;气干差异干缩比全干差异干缩大,分别为 1.86 和 1.59;弦向和径向干缩湿胀差异较大;抗弯强度 75.6 MPa,根据木材抗弯强度 5 档分级标准^[17],其强度属低等,不适于选为建筑物的屋架、横条、木桥、承重地板等弯曲构件用材^[14];顺纹抗压强度 41.19 MPa,按照等级划分也属于低等,在木材强度试验中,是一项非常重要的指标^[18-19],因此不适宜选做如房屋柱子等承重构件用材;冲击韧性 43.39 kJ/m²,对照木材冲击韧性 4 档分级标准^[17],为低等,表明阴香木材韧性较小,而脆性较高^[14],不可作建筑物

的屋架、横条、木桥、承重地板等弯曲构件用材^[14]；端面、弦面和径面硬度分别为 4 789.72、4 390.77 N 和 4 260.19 N，其端面硬度相对较大。阴香木材的综合强度为 116.79 MPa，根据《木材材性分级规定》^[18]可知，属低等级材，这说明了阴香木材不适宜用作一些强度要求高的承重或者弯曲结构构件^[19-20]。

参考文献：

[1] 郊国俊. 观赏与经济兼优树种——阴香[J]. 广东园林, 1989 (1):40.
JIAO G J. Ornamental and economic trees—*Cinnamomum burmannii* [J]. Journal of Guangdong Landscape Architecture, 1989(1):40.

[2] 陈斌. 庭园观赏树种——阴香[N]. 中国花卉报, 2009-12-24 (008).

[3] 赵兰, 杨金珠, 李桂盛, 等. 阴香不同种源及家系间苗期生长研究[J]. 北方园艺, 2012(10):84-88.
ZHAO L, YANG J Z, LI G S, *et al.* Study on the variation on seedling stage growth of *Cinnamomum burmannii* in different seedling source and families[J]. Northern Horticulture, 2012 (10):84-88. (in Chinese)

[4] 林盛秋. 木本油料树——阴香[J]. 广西植物, 1982, 1(2):18-31.
LIN S Q. Woody tree—*Cinnamomum burmannii* [J]. Editorial Board of Guihaia, 1982, 1(2):18-31. (in Chinese)

[5] 张忠华, 胡刚, 梁士楚, 等. 2007. 桂林岩溶石山阴香种群的年龄结构[J]. 生态学杂志, 26(2):159-164.
ZHANG Z H, HU G, LIANG S C, *et al.* Age structure of *Cinnamomum burmannii* population on karst hills of Guilin [J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(2):159-164. (in Chinese)

[6] 李峰, 梁士楚, 覃盈盈. 桂林岩溶石山阴香幼苗生长动态的初步研究[J]. 福建林业科技, 2007, 34(2):151-154.
LI F, LIANG S C, QIN Y Y. Growth dynamics of *Cinnamomum burmannii* seedlings on the karst hills in Guilin [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2007, 34(2):151-154. (in Chinese)

[7] 庄姗, 胡松竹, 王光云, 等. 阴香扦插繁殖试验[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18):8639-8640.

ZHUANG S, HU S Z, WANG G Y, *et al.* Trial on cutting propagation of *Cinnamomum burmanni* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(18):8639-8640. (in Chinese)

[8] 张晨, 刘志伟, 曾庆坚. 阴香愈伤组织的诱导及继代培养[J]. 中药材, 2007, 30(11):1363-1365.
ZHANG C, LIU Z W, ZENG Q J. Callus induction and subculture of *Cinnamomum burmannii* [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(11):1363-1365. (in Chinese)

[9] 张镜, 刘小玉, 廖富林等. 阴香果实主要成分分析[J]. 食品科学, 2009, 30(18):240-244.
ZHANG J, LIU X Y, LIAO F L, *et al.* Analysis of main compositions in *Cinnamomum burmannii* fruits [J]. Food Science, 2009, 30(18):240-244. (in Chinese)

[10] 李坚. 木材科学新篇[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991:25.

[11] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1927-2009 木材物理力学试材采集方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[12] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1929-2009 木材物理力学试材锯解及试样截取方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[13] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1930~1941-2009 木材物理力学性质试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[14] 徐有明. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.

[15] 尹思慈. 木材品质与缺陷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.

[16] 成俊卿, 蔡少松. 木材识别与利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.

[17] 李坚. 木材科学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

[18] 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.

[19] 黄腾华, 符韵林, 李宁. 擎天树木材物理力学性质研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(5):160-163.
HUANG T H, FU Y L, LI N. Physical and mechanical properties of shorea chinensis wood [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(5):160-163. (in Chinese)

[20] 韦鹏练, 黄腾华, 符韵林. 观光木人工林木材物理力学性质的研究[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(6):221-225.
WEI P L, HUANG T H, FU Y L. Physical and mechanical properties of tsoongiodendron odorum woods [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29 (6):221-225. (in Chinese)