

大木竹竹材物理性质的研究

苏文会^{1,2}, 顾小平^{1*}, 朱如云³, 岳晋军¹, 林开搜³

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102;

3. 浙江省平阳县林业局, 浙江 平阳 325400)

摘要:以材性优良的毛竹等竹种为参比,研究了丛生竹种大木竹竹材的物理性能。结果表明:大木竹竹材的基本密度为 0.618 g/cm^3 , 小于毛竹的基本密度(0.765 g/cm^3), 而比参比的其他丛生竹密度大或与之相当;大木竹竹材气干体积干缩率为 7.7% , 吸水饱和和体积湿胀率为 18.686% , 饱湿含水率为 77.8% , 均大于毛竹材的相应值。

关键词:大木竹;物理性质;密度

中图分类号:S781

文献标识码:A

文章编号:1000 - 2006(2007)02 - 0042 - 05

Study on Physical Properties of *Bambusa wenchouensis* Wood

SU Wen-hui^{1,2}, GU Xiao-ping^{1*}, ZHU Ru-yun³, YUE Jin-jun¹, LIN Kai-sou³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China; 2. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 3. Forestry Bureau of Pingyang County Zhejiang Province, Pingyang 325400, China)

Abstract: The wood physical properties of *Bambusa wenchouensis* were studied and compared with those of other bamboos including *Phyllostachys edulis*. The result showed that the basic density of *B. wenchouensis* was 0.618 g/cm^3 , lower than that of *P. edulis* (0.765 g/cm^3) and equal to or higher than that of other sympodial bamboo species. The air dry volume shrinkage ratio was 7.7% , the maximal swelling ratio was 18.686% , and the maximal water absorption ratio was 77.8% , which were all higher than those of *P. edulis*.

Key words: *Bambusa wenchouensis*; Physical property; Density

近年来,随着经济体制改革的推进和市场需求的增大,竹产业发展迅速。然而,当前我国的竹种资源开发仍较单一,尤其是竹板材加工几乎完全依赖毛竹,导致竹材原料供需矛盾日趋突出。丛生竹资源在我国分布面积大,产量高,但受自身壁薄、径小等特点的限制,目前除少数竹种用于造纸外,利用丛生竹作为板材原料的比例很小。

大木竹(*Bambusa wenchouensis* (Wen) Q. H. Dai)是浙闽地区自然分布的重要丛生竹种,一般竹株胸径为 $7 \sim 10 \text{ cm}$,竹壁厚 $10 \sim 17 \text{ mm}$,材质坚韧。据报道,普通经营水平下的大木竹林分年产秆材可达 $60 \text{ t/hm}^{2[1-2]}$,为毛竹林年产材量的 2 倍多。笔者研究了大木竹的竹材密度、干缩性、湿胀性和吸水性等物理性质,并以材性优良的毛竹(*Phyllostachys edulis*)和青皮竹(*Bambusa textiles* McClure)等竹种为参比,旨在评价大木竹作为板材原料的可能性。

1 材料与方法

1.1 试材采集

采样点设在浙江省平阳县南湖乡,竹林为以大木竹为主的竹木混交林。分散选取生长良好、无缺陷的大木竹及毛竹等参比竹种各 5 株,齐地砍倒,去梢头,将竹秆 5 等分,自下向上分别截取约 1.0 m 长的竹段,编号标记,作为从秆基到秆梢不同部位的测试材料。各竹种的标准竹状况见表 1。

收稿日期:2005 - 11 - 07

修回日期:2006 - 06 - 12

基金项目:浙江省科技厅重点项目(011034);农业科技成果转化项目(2004670040400)

作者简介:苏文会(1976 -),女,硕士,主要从事竹林培育等方面的研究。

*通讯作者(Corresponding Author):顾小平,男,研究员。

1.2 试件的制作及实验方法

为了保证各试件取自竹秆上相对一致的位置,将各段竹筒剖开,对称取样,自下而上分别依次截取密度、吸水性、干缩性和湿胀性试件。每一试件相对的两个断面应相互平行并与侧面垂直,两个弦面保留竹青与竹黄的原状,各试件编号标记。

按照国家标准的要求制作试件^[3],密度、吸水性、干缩性、湿胀性测试的试件尺寸为:10 mm(纵向)×10 mm(弦向)×t mm(竹壁厚),其中,基本密度和干缩性测试的试件用饱和水分的试条制作。测试方法参照 GB/T 15780-1995“竹材物理力学性质试验方法”^[3]。

表1 大木竹及各参比竹种物理性质测试的标准竹状况

Table 1 Selected samples in testing physical properties of *B. wenchouensis* and other bamboo species

竹种 Bamboo species	年龄 Age/a	平均秆高 Mean culm height/m	平均胸径 Mean DBH/cm
大木竹(<i>Bambusa wenchouensis</i>)	3	13.81	7.77
毛竹(<i>Phyllostachys edulis</i>)	6	13.60	7.83
青皮竹(<i>Bambusa textilis</i>)	3	12.30	5.66
水竹(<i>Bambusa textilis</i> var. <i>fascia</i>)	3	6.92	4.33
绿竹(<i>Dendrocalamopsis oldhami</i>)	3	7.55	5.71

2 结果与分析

2.1 大木竹竹材的密度

2.1.1 大木竹与各参比竹种竹材密度的比较

大木竹与各参比竹种竹材密度的测试结果见表2。

表2 大木竹与各参比竹种的竹材密度

Table 2 The wood densities of *B. wenchouensis* and other bamboo species

竹种 Bamboo species	部位 Part	气干含水率 Air dry moisture content %	基本密度 Basic density/ (g·cm ⁻³)	气干密度 Air dry density/(g·cm ⁻³)		全干密度 Dry density/ (g·cm ⁻³)
				w %	12 %	
大木竹	- 1	10.3	0.508	0.610	0.609	0.611
	- 2	10.1	0.574	0.710	0.718	0.672
	- 3	10.7	0.619	0.743	0.745	0.725
	- 4	10.7	0.678	0.811	0.815	0.779
	- 5	10.9	0.710	0.845	0.846	0.830
	均	10.5	0.618	0.744	0.747	0.723
毛竹	- 1	9.1	0.766	0.865	0.881	0.818
	- 2	9.7	0.739	0.824	0.821	0.827
	- 3	9.7	0.758	0.835	0.84	0.814
	- 4	10.0	0.772	0.889	0.896	0.851
	- 5	10.0	0.789	0.933	0.940	0.894
	均	9.7	0.765	0.869	0.876	0.841
青皮竹	- 1	9.2	0.616	0.744	0.732	0.779
	- 2	9.1	0.653	0.787	0.785	0.790
	- 3	9.3	0.676	0.765	0.758	0.788
	- 4	9.2	0.686	0.811	0.807	0.820
	- 5	9.2	0.765	0.885	0.890	0.873
	均	9.2	0.679	0.798	0.794	0.810
水竹	- 1	9.3	0.498	0.602	0.600	0.608
	- 2	9.2	0.515	0.614	0.615	0.613
	- 3	9.5	0.542	0.661	0.662	0.658
	- 4	9.6	0.591	0.708	0.710	0.699
	- 5	9.3	0.631	0.716	0.711	0.721
	均	9.4	0.555	0.660	0.660	0.660
绿竹	- 1	9.7	0.507	0.613	0.617	0.597
	- 2	9.5	0.561	0.669	0.673	0.658
	- 3	9.8	0.573	0.677	0.678	0.669
	- 4	9.7	0.608	0.696	0.696	0.692
	- 5	9.5	0.636	0.760	0.764	0.748
	均	9.6	0.577	0.683	0.686	0.673

注:W %为测定时含水率,“- 1、- 2、- 3、- 4、- 5”表示从基到梢的竹秆各部位,其对应数值是此部位各样竹的平均值,表4、5同。

由表2可看出,大木竹的基本密度、气干和全干密度分别为0.618、0.747(含水率为12%时)和

0.723 g/cm³, 小于毛竹的相应值; 同其他丛生竹种相比, 大木竹的密度比青皮竹略小, 而均大于水竹和绿竹。据报道大木竹的密度大于南方笋材两用竹麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 和云南等地重要丛生竹龙竹 (*Dendrocalamus giganteus*)、甜龙竹 (*Dendrocalamus brandisi*) 等竹材的密度^[4-5]; 亦大于大多数木本植物(如杨、杉木、枫香、福建柏、马尾松、黄山松等)的密度^[6-10]。

密度是竹材重要的物理性质, 它与竹材力学强度、吸水性等密切相关^[11-12]。竹材作为承重结构材料, 它的品质主要取决于密度^[13], 该指标与竹材的力学性能、硬度、抗磨性及发热值等均有密切关系^[14]。一般说来, 竹材密度越大, 其力学强度亦相应增大, 作为材用竹, 较大的强度是有利的, 但密度大也会使产品轻便的优势降低。

2.1.2 大木竹竹材密度在竹秆纵向部位的变异

随竹秆纵向高度的增加, 竹材的密度不断变化。表2表明, 大木竹自竹秆基部至梢部, 各密度值逐渐增大。其中, 基本密度由0.508 g/cm³增至0.710 g/cm³, 4个参比竹种也表现出相同的变异规律。其主要原因是, 随竹秆高度的增大, 竹材维管束密度不断增大, 导管口径逐渐减小, 使得密度增大。从理论上分析, 纤维组织比量比维管束密度与竹材密度的关系更为密切^[15]。大木竹纤维组织比量在竹秆的纵向部位, 梢部最大, 中部次之, 基部最小^[16], 这与表3大木竹和参比竹种各密度值与竹秆纵向部位的相关系数的变化趋势一致。

大木竹和参比竹种的密度值与竹秆纵向部位的相关性见表3。从表3可看出, 大木竹和各参比竹种的基本密度、气干密度和全干密度与竹秆纵向部位的相关性均较好。

2.2 大木竹竹材的干缩性

2.2.1 大木竹与毛竹的干缩性

大木竹与毛竹竹材的干缩性测试结果见表4。

表4 大木竹与毛竹竹材的干缩率

Table 4 The shrinkage ratio of *B. wenchouensis* and *P. edulis*

竹种 Bamboo species	部位 Part	气干含水率 Air dry moisture content %	干缩率 Shrinkage ratio %							
			气干				全干			
			径向	弦向	纵向	体积	径向	弦向	纵向	体积
大木竹	- 1	12.8	2.9	4.9	1.1	10.9	6.3	7.2	0.5	15.5
	- 2	12.3	3.3	4.4	0.2	9.0	7.2	8.9	0.9	17.9
	- 3	13.8	2.7	3.4	1.1	5.6	7.5	8.7	1.0	16.6
	- 4	13.5	3.3	4.3	0.6	6.8	8.6	8.1	0.6	15.2
	- 5	12.8	3.1	4.2	0.7	6.5	6.4	7.9	0.5	13.0
	平均	13.0	3.1	4.2	0.7	7.7	7.2	8.2	0.7	15.6
毛竹	- 1	11.1	2.1	3.1	0.5	4.0	4.5	6.0	0.6	9.7
	- 2	11.7	2.2	3.2	0.9	3.9	4.7	5.6	1.1	8.1
	- 3	12.6	2.3	2.8	0.6	3.4	4.4	5.4	0.9	8.2
	- 4	11.3	2.3	2.6	1.1	3.9	5.1	5.2	1.0	9.8
	- 5	12.5	2.1	2.1	0.5	6.5	4.9	5.0	0.8	11.1
	平均	11.9	2.2	2.8	0.7	4.3	4.7	5.4	0.9	9.4

由表4可知, 大木竹竹材的气干和全干体积干缩率分别为7.7%和15.6%, 比毛竹的相应值4.3%和9.4%大。与其他竹种相比, 大木竹竹材干缩率略大于黄竹 (*Dendrocalamus membranaceus*) 和甜龙竹, 与龙竹相当, 而小于油勒竹 (*Bambusa lapidea*)^[7, 15]。引起竹材收缩的主要原因是: 在干燥过程中, 维管束中导管失水发生收缩, 靠拢变薄, 从而整个竹材收缩^[15]。

关于竹材径向和弦向干缩性的差异, 不同学者对各竹种的测试结果略有不同^[17-18]。从此次研究结果看, 大木竹无论是气干还是全干状态, 其干缩率弦向大于径向, 并远远高于纵向, 毛竹也表现出相同的变化规律; 张宏健等学者对云南4种丛生竹的干缩性测试结果为径向干缩率略大于弦向^[7]。但总的来看, 同大多数木材相比, 竹材弦向与径向干缩率差异较小, 木材弦向干缩率约为径向干缩率的2倍多^[19]。原因是木材当中的木射线等横向组织抑制其径向干缩, 竹材没有径向射线而不能产生抑制作用。

由于竹材的异质结构,不同部位、不同方向收缩性的差异及在干燥过程中含水率的梯度变化,造成竹材在失水干缩时开裂、翘曲和变形,这些特点会对其应用产生不利影响。在生产实践中,可通过调整干燥工艺参数及将竹材制成复合板等方式来避免这一缺陷。

2.2.2 大木竹竹材干缩性在纵向部位的变异

从竹秆纵向部位看,大木竹与毛竹的线向和体积干缩性均有一定变异,但未表现出明显的规律性。张宏健对黄竹、龙竹等竹种干缩性的纵向变异研究结果表明,此规律亦不明显^[15];但也有资料报道竹材干缩性在竹秆纵向部位呈现规律性变化,例如,俞友明、於琼花等通过对雷竹(*Phyllostachys praecox* C. D. Chu et C. S. Chao)和红壳竹(*Phyllostachys iridescens* C. Y. Yao et S. Y. Che)竹材干缩性的研究发现,从竹秆基部到梢部,两竹种的干缩率均逐渐减小^[20-21]。

2.3 大木竹竹材的湿胀性

2.3.1 大木竹与毛竹竹材的湿胀性比较

大木竹与毛竹的体积湿胀性测试结果见表5。由表5可见,大木竹从全干材到气干材及到吸水饱和时,其体积湿胀率分别为8.965%和18.686%,比毛竹的相应湿胀率(5.305%和10.704%)大。

竹种间湿胀性的差异主要由竹材化学成分的差异所致^[4],竹材综纤维素含量愈高,木素和抽出物含量愈低,其湿胀性愈高;另外,竹材结构中空隙率的大小对湿胀性也有较大的影响。从对大木竹竹材化学成分的研究结果看^[22],该竹具有较高的纤维素含量,与其湿胀性较一致。

2.3.2 大木竹竹材湿胀性在竹秆纵向部位的变异

关于竹材湿胀性在竹秆纵向部位变异规律的研究,前人相关的报道较少且研究方法不尽一致。马灵飞等对几种丛生竹材的物理力学性质的研究结果表明,竹材的湿胀率在竹秆纵向部位间大小各异^[18];张春霞研究发现竹材湿胀率随基本密度增大而降低^[23],说明竹材湿胀性随竹秆高度增大(密度增大)有下降的趋势。此次研究的测试结果(表5),大木竹竹材的气干、吸水饱和湿胀率以及毛竹的气干湿胀率均表现为靠近梢部处的湿胀率要小于中、基部的,但整体的变化规律不是很明显。

2.4 大木竹竹材的吸水性

2.4.1 大木竹与各参比竹种竹材的吸水性比较

吸水性是竹材的重要性质之一,对竹材利用有较大影响。大木竹和各参比竹种在不同浸水时间的吸水率见表6。由表6可看出,大木竹的饱湿吸水率为77.8%,较毛竹(50.4%)和青皮竹(64.3%)的饱湿吸水率均大,而比水竹和绿竹的小。

表6 大木竹和各参比竹种竹材的吸水率

竹种 Bamboo species	不同浸水时间的吸水率 The water absorption ratio											
	0 d	0.3 d	1 d	2 d	3.5 d	5 d	6 d	7 d	9.5 d	12 d	32 d	48 d
大木竹	0.0	32.0	38.5	45.2	56.2	63.0	66.1	73.0	76.5	77.0	77.6	77.8
毛竹	0.0	17.2	25.5	32.3	40.7	44.4	45.6	48.2	49.1	49.1	50.2	50.4
青皮竹	0.0	22.3	33.8	41.6	50.3	56.0	57.9	63.0	63.7	64.2	64.3	64.3
水竹	0.0	34.8	48.0	56.9	70.4	78.6	82.6	87.9	88.2	88.6	88.5	88.6
绿竹	0.0	26.0	36.3	42.6	55.4	62.7	66.8	73.3	79.5	79.8	81.0	81.0

2.4.2 大木竹竹材吸水性在竹秆纵向部位的变异

竹材的密度可以影响其吸水量和吸水速率^[4],由于竹秆不同部位密度的差异,所以其吸水性也有一定变异。研究结果表明,大木竹自竹秆基部至梢部,吸水率呈明显减小趋势,3个参比丛生竹种的变异状况同大木竹相近,而毛竹吸水率在各部位间的变化没有丛生竹种显著,但亦表现为梢部吸水率小于

中、基部。

2.5 大木竹竹材各物理性质间的相关性分析

大木竹各物理指标间的相关关系见表7。由表7可看出,大木竹竹材的基本密度和最大吸水率、绝干体积干缩率及吸水饱和湿胀率的相关性较好,其他指标间的相关性较小。

表7 大木竹竹材各物理性质间的相关性

Table 7 The correlation among physical properties of *B. wenchouensis* wood

项目 Items	$R_{\text{基本密度}}$	$R_{\text{气干体积干缩率}}$	$R_{\text{绝干体积干缩率}}$	$R_{\text{气干湿胀率}}$	$R_{\text{吸水饱和湿胀率}}$	$R_{\text{最大吸水率}}$
基本密度	1.000					
气干体积干缩率	-0.827	1.000				
绝干体积干缩率	-0.600	0.258	1.000			
气干湿胀率	-0.393	-0.162	0.811	1.000		
吸水饱和湿胀率	-0.755	0.516	0.907	0.641	1.000	
最大吸水率	-0.996	0.860	0.526	0.314	0.699	1.000

3 结 论

(1) 大木竹竹材的基本密度为 0.618 g/cm^3 , 小于毛竹的基本密度, 比青皮竹略小, 而比水竹和绿竹的密度大; 竹材干缩性、湿胀性均比毛竹材大; 竹材吸水性比毛竹、青皮竹大, 而小于水竹和绿竹。

(2) 作为板材原料, 单从物理性质讲, 大木竹竹材部分性能不及毛竹, 但同其他丛生竹种及大多数木材比较, 大木竹材质密实, 失水收缩程度中等, 加之大木竹具有径粗、壁厚和生物量大的优势, 故该竹可作为竹板原料予以开发利用。

[参 考 文 献]

- [1] 潘孝政. 大木竹及其栽培[J]. 竹子研究汇刊, 1993, 12(3): 70 - 74.
- [2] 林景献. 大木竹的生长与营林技术调查[J]. 竹子研究汇刊, 1984, 3(2): 92 - 100.
- [3] 中国标准出版社第一编辑室. 木材工业标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [4] 林金国, 何水东, 林顺德, 等. 麻竹材基本密度与力学性质变异规律的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1999, 18(1): 58 - 62.
- [5] 张宏健, 杜凡, 张福兴. 云南4种材用丛生竹的主要物理力学性质[J]. 西南林学院学报, 1998, 18(3): 189 - 193.
- [6] 王桂岩, 王彦, 李善文, 等. 13种杨树木材物理力学性质的研究[J]. 山东林业科技, 2001(2): 1 - 11.
- [7] 骆秀琴, 管宁, 张寿槐, 等. 32个杉木无性系木材密度和力学性质的变异[J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 259 - 262.
- [8] 吴远彬. 枫香人工林和天然林木材物理力学性质比较[J]. 福建林业科技, 2002, 29(3): 37 - 39.
- [9] 姬宁, 潘彪, 徐永吉. 贵州马尾松人工林木材物理力学性质研究[J]. 贵州林业科技, 2003, 31(1): 41 - 44.
- [10] 王传贵, 柯曙华, 杨强. 黄山松木材物理力学性质研究[J]. 安徽农业大学学报, 1997, 24(4): 388 - 390.
- [11] 周芳纯. 竹材物理性质[J]. 竹类研究, 1991(1): 27 - 44.
- [12] 南京林产工业学院林学系竹类研究室. 竹林培育[M]. 北京: 农业出版社, 1974.
- [13] 尹思慈. 木材品质与缺陷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [14] 陈祖松. 福建柏人工林木材物理力学性质的试验研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(3): 223 - 226.
- [15] 张宏健, 杜凡, 张福兴. 云南4种典型材用丛生竹宏观解剖结构与主要物理力学性质的关系[J]. 林业科学, 1999, 35(4): 66 - 70.
- [16] 苏文会, 顾小平, 马灵飞, 等. 大木竹纤维形态与组织比量的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 250 - 254.
- [17] 关明杰, 朱一辛, 张齐生. 甜竹的干缩性及其纤维饱和点[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(1): 33 - 36.
- [18] 马灵飞, 项利清, 汪贤洪. 浙江省6种丛生竹材物理力学性质的研究[J]. 竹类研究, 1989(4): 25 - 32.
- [19] 尹思慈. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [20] 俞友明, 杨云芳, 方伟, 等. 红壳竹人工林竹材物理力学性质的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20(4): 42 - 46.
- [21] 於琼花, 俞友明, 金永明, 等. 雷竹人工林竹材物理力学性质[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(2): 130 - 133.
- [22] 苏文会, 顾小平, 马灵飞, 等. 大木竹化学成分的研究[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(2): 180 - 184.
- [23] 张春霞. 竹材湿胀性能的研究[J]. 林业科技开发, 1998(2): 40 - 41.
- [24] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.

(责任编辑 李燕文)