

3 种大径丛生竹竹篾层积材的物理力学性能研究

高珊珊^{1,3}, 舒甜甜², 吴晓丽^{1*}, 李 军³, 顾小平¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳 311400; 2. 浙江省家具与五金研究所, 杭州 311112;

3. 浙江东方市政园林工程有限公司, 杭州 310009)

摘 要: 我国丛生竹资源丰富, 但其加工利用的开发远远落后于毛竹。为促进丛生竹的开发利用, 以 3 种常见的大径丛生竹油筋竹、越南巨竹和麻竹为材料, 加工成竹篾层积材, 并对板材的物理力学性能进行测定。结果表明, 3 种竹篾层积材的含水率在 7.02%~7.96% 之间, 符合《竹篾层积材》规定的标准 6%~8%; 最小静曲强度为 118.40, 基本达到标准规定的 120; 最小冲击韧性为 112.86 kJ·m⁻², 均大于标准规定的 110 kJ·m⁻², 即产品主要物理力学性能基本能达到或超过产品规定的指标, 板材的胶合性能优良, 各物理力学性能间具有较密切的相关性。因此, 在生产实践中, 开发和利用这 3 种大径丛生竹是可行的。

关键词: 大径丛生竹; 板材利用; 竹篾层积材; 物理力学性能

中图分类号: S781; TS653

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)05-0770-04

Physical and mechanical properties of laminated bamboo strips using three kinds of big sympodial bamboo

GAO Shan-shan^{1,3}, SHU Tian-tian², WU Xiao-li¹, LI Jun³, GU Xiao-ping¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Science, Fuyang 311400;

2. Zhejiang Furniture and Hardware Research Institute, Hangzhou 311112;;

3. Zhejiang Orient Municipal Garden Engineering Co.LTD, Hangzhou 310009)

Abstract: Facing the problem that the big sympodial bamboo resources are not used sufficiently, the authors probed into the possibility of making three kinds of big sympodial bamboo, *Bambusa lapidea* McClure, *Dendrocalamus yunnanicus* et D. Z. Li and *Sinocalamus latiflorus* Munro into laminated bamboo strips and studied their physical and mechanical properties. The results showed that the physical and mechanical properties of the three kinds of laminated bamboo strips reached the requirement of the standard of laminated bamboo strips with the moisture content of 7.02%~7.96%, the minimum MOR (modulus of rupture) of 118.40 and the minimum pushing strength of 112.86 kJ·m⁻², showing good bonding quality. The physical and mechanical properties of the three kinds of laminated bamboo strips had good relativity with each other. Therefore, it is feasible to process and utilize laminated bamboo strips using big sympodial bamboo in practice.

Key words: KSAP; humectant of tobacco; moisture retention; humidity resistance; infrared spectrum; scanning electron microscopy

我国是木材资源供应不足的国家, 特别是随着天然林保护政策的实施, 木材利用的缺口加大, 木材供需矛盾加剧。作为速生、可再生森林资源之一, 竹材具有生长快, 成材早, 产量高, 伐期短, 一次造林只要合理经营可以长期使用的特点^[1], 一直被当作重要的森林资源。我国的竹材人造板经过 20

年的发展, 从无到有并迅速形成了一个竹材人造板工业体系^[2-3], 但是竹板材的加工利用几乎完全依赖毛竹, 而从生竹竹材的加工利用非常滞后。分析原因在于丛生竹分布零散, 很难形成以某一竹种为主的原料供应基地。和毛竹相比, 丛生竹竹材的工业性开发利用未能形成规模, 不利于竹产业的进一

收稿日期: 2012-03-14

基金项目: 2010 年度公益性行业科研专项“丛生竹高附加值建筑制品制造关键技术研究”(201004005)资助。

作者简介: 高珊珊, 女, 硕士。E-mail: wanlqhy@163.com

* 通讯作者: 吴晓丽, 女, 副研究员。E-mail: wuxiaoli02@163.com

步发展。

我国的丛生竹资源非常丰富,但对丛生竹板材的加工利用起步较晚,多数停留在劈篾编织、原竹利用等简单的粗加工方面,利用丛生竹作为板材原料的比例很小。竹篾层积材是 20 世纪 80 年代末出现的一种新型人造板,90 年代初取得了较好的经济效益和社会效益,可用做汽车和火车车厢的底板等^[4-6]。竹篾层积材竹篾不编席也不织帘,该法的优点是工艺、设备较简单,产品单方向强度高,不足之处是胶消耗量大,热压时需要压力也较大。

本试验以 3 个大型丛生竹种油箬竹 (*Bambusa lapidea* McClure)、越南巨竹 (*Dendrocalamus yunnanicus* et D. Z. Li) 和麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) 为材料,制造成竹篾层积材,并对其物理力学性能进行测定,探讨其作为竹篾层积材原料的可行性,为促进丛生竹材的开发利用奠定基础。

油箬竹和麻竹在广西和福建地区广有分布。近年来,随着麻竹笋用林丰产培育技术的改进^[7-8],麻竹笋产量急剧上升,市场饱和,从而导致麻竹笋的价格急剧下降,尤其是福建一些地区,给竹农的生产积极性带来了很大的打击。如果能加大对麻竹竹材的板材开发利用,竹农就可以利用现有麻竹林生产竹材。

因此,深入开展大径丛生竹在板材利用中的研究,不但可以缓解木材的供需矛盾、改善目前我国竹产业单一化利用模式的现状,而且对我国广大产竹地区丛生竹种的开发利用以及提高这些地区的人民生活水平具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

油箬竹于 2009 年 3 月采自广西省南宁市广西林科院院内,麻竹和越南巨竹采自四川省长宁县“世纪竹园”。各竹种分散选取中等大小、生长健康、无病虫害的 3 至 4 年生竹株齐地砍倒,参考“毛竹林的调查方法”^[9],取眉高直径的 2/5 为用材小头直径,在该秆径处去掉小头(梢部),剩余部分长度为用材长。

1.2 试验工艺

竹篾层积材由浙江省富阳力达竹材模板有限公司提供生产。试验采用的工艺流程为:

竹材→截断→去青去黄→剖篾→干燥→浸胶→干燥→组坯→热压→裁边

按上述工艺,将原竹截成 2 000 mm 长的竹筒,

再剖成 20~30 mm 宽,1~2 mm 厚的竹篾。将竹篾干燥至含水率 12% 左右,浸渍酚醛树脂,酚醛树脂胶由该企业自制,固体含量约为 50%,黏度为 35~50 S(涂一 4 杯,20℃),稀释后浸胶时固体含量约为 25%,黏度为 15~20 S,浸胶量一般为 7% 左右。热压工艺参数:热压温度 135℃,热压时间 1.1 min·mm⁻¹,热压压力 7 MPa。板面设计成 2 000 mm × 500 mm,热压时使用相同的厚度规定,名义厚度为 25 mm。

1.3 板材物理力学性能测定

按照中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》^[10]标准制作各物理性质和力学强度的试件并进行测定。本研究主要测定了以下物理力学性能:密度、含水率、静曲强度和静曲弹性模量、冲击韧性等。竹篾层积材胶合性能的测定参照国家标准 GB/T17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》^[11]中 4.17 浸渍剥离性能测定所规定的 I 类浸渍剥离试验方法进行。试验用每种板材作 3 个重复,每种试验指标试件数量为 3 个。

2 结果与分析

2.1 板材的物理性能

板材含水率是人造板产品及其制品是否会产生翘曲、开裂、鼓泡的关键,板材的含水率过高或过低都会导致板材的变形,因此必须保证板材含水率达到含水率的要求数值以内。密度是人造板的一个非常重要的物理性能,密度的大小往往决定了人造板的其他物理力学性能。密度高虽有利于提高板材的力学性能,但板材密度过高,不利于板材的切割,给板材的加工利用增加一定的困难。另外,高密度板在吸湿后的厚度膨胀率也较大。

3 种板材的物理性能见表 1。从表 1 的数据中可以看出,3 种竹篾层积材中,油箬竹板材的含水率最大,越南巨竹板材的含水率最小,3 种板材含水率不同可能是由于施胶时带入水分,而不同竹种竹篾对水分的吸收不同造成的,但 3 种板材的含水率均达到了 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》的标准;密度的大小为油箬竹>越南巨竹>麻竹,3 种竹篾层积材中除油箬竹板材的密度偏大外,越南巨竹和麻竹的板材均在《竹篾层积材》的密度标准之内,但是油箬竹的板材密度非常接近规定的标准。

2.2 板材的力学性能

影响竹篾层积材使用的力学性能主要是静曲强度、弹性模量和冲击韧性。板材的静曲强度和弹性模量大,有利于减少模板支承,减轻模板的总质量,

在汽车和火车车厢底板的设计使用中, 板材较大的静曲强度和弹性模量能够减少支撑的重量, 在汽车和火车提高速度方面具有优势。冲击韧性是检验板材的韧性或脆性的指标, 板材的冲击韧性, 是指板

材受冲击力而弯曲折断时, 试样单位面积所吸收的能量, 吸收的能量越大, 表明板材的韧性越高而脆性越低。3种丛生竹板材的力学性能见表2。

表 1 3种大径丛生竹板材的物理性能

Table 1 The physical properties of laminated bamboo strips using three kinds of big sympodial bamboo

项目 Item	油箬竹 <i>Bambusa lapidea</i>	越南巨竹 <i>Dendrocalamus yunnanicus</i>	麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	LY/T 1072-2002
含水率/% Moisture content	7.96±0.33	7.02±0.43	7.86±0.55	6~8
密度/g·cm ⁻³ Density	1.25±0.04	0.99±0.04	0.89±0.03	≤1.2

表 2 3种大径丛生竹板材的力学性能

Table 2 The mechanical properties of laminated bamboo strips using three kinds of big sympodial bamboo

项目 Item	油箬竹 <i>Bambusa lapidea</i>	越南巨竹 <i>Dendrocalamus yunnanicus</i>	麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	LY/T 1072-2002
静曲强度/MPa MOR	169.03±13.69	134.13±6.11	118.40±3.72	≥120
弹性模量/GPa MOE	10.24±1.75	8.51±0.14	6.76±0.15	≥8.0
冲击韧性/kJ·m ⁻² Pushing strength	130.87±7.27	129.67±6.79	112.86±3.60	≥110

表 3 3种板材物理力学性质间的相关性

Table 3 The correlation analysis on physical and mechanical properties of three kinds of bamboo board

竹种 Bamboo species	项目 Item	密度/g·cm ⁻³ Density	静曲强度/MPa MOR	弹性模量/GPa MOE	冲击韧性/kJ·m ⁻² Pushing strength
油箬竹 <i>Bambusa lapidea</i>	密度/g·cm ⁻³ Density	1.000			
	静曲强度/MPa MOR	0.963	1.000		
	弹性模量/GPa MOE	0.974	0.995	1.000	
	冲击韧性/kJ·m ⁻² Pushing strength	0.922	0.985	0.986	1.000
越南巨竹 <i>Dendrocalamus yunnanicus</i>	密度/g·cm ⁻³ Density	1.000			
	静曲强度/MPa MOR	0.867	1.000		
	弹性模量/GPa MOE	0.911	0.973	1.000	
	冲击韧性/kJ·m ⁻² Pushing strength	0.958	0.948	0.929	1.000
麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	密度/g·cm ⁻³ Density	1.000			
	静曲强度/MPa MOR	0.952	1.000		
	弹性模量/GPa MOE	0.978	0.994	1.000	
	冲击韧性/kJ·m ⁻² Pushing strength	0.820	0.932	0.913	1.000

从表2数据可以看出, 3种板材的静曲强度和弹性模量除麻竹板材外均达到了LY/T 1072-2002《竹篾层积材》的标准, 麻竹板材的静曲强度和弹性模量虽未达到《竹篾层积材》的标准, 但也具有较大的静曲强度和弹性模量。3种板材的冲击韧性均达到《竹篾层积材》的标准, 尤其是油箬竹和越南巨竹竹篾层积材的冲击韧性远大于规定的标准,

表明3种板材具有很高的韧性。

2.3 板材的胶合性能

本试验从大径丛生竹板材开发利用的可行性出发, 除按标准测定了竹篾层积材的物理力学性能, 还测定了其胶合性能, 胶合性能的原理是试件经浸渍、干燥, 由于湿胀与干缩给胶层以应力, 根据胶层是否发生剥离以及剥离的程度判断其胶合性能。

实验结果表明, 3 种大径丛生竹板材的胶层均未发现较大的缝隙, 并且胶层表面相对平整, 其中越南巨竹的胶合性能最佳。第 1 步经热水处理及干燥箱干燥后, 所有试件只表现为部分厚度膨胀, 没有剥离或者开裂现象。第 2 步经过热水处理及干燥箱干燥后, 胶层出现部分开裂现象, 统计结果为: 油箬竹(23.52 ± 3.01)mm·层⁻¹, 越南巨竹(15.94 ± 2.64)mm·层⁻¹, 麻竹(18.97 ± 4.74)mm·层⁻¹。胶合强度会严重影响板材使用的寿命, 3 种板材的胶合强度高, 可以增加板材使用的寿命。

2.4 板材物理力学性质间的相关性分析

表 3 是 3 种板材的物理力学性能间的相关性分析。从表 3 中的相关系数可以得出, 竹材的各物理力学性能间均具有较好的相关关系。由于各物理力学性质间的关系密切, 在以后的实践过程中可以选择测定简单、准确的指标为自变量, 与其他物理力学性质进行曲线模拟, 利用拟合的模型, 可以反映出其他物理力学性能。

3 小结与讨论

采用油箬竹、越南巨竹和麻竹为原料制造竹篾层积材技术可行。3 种竹篾层积材的含水率在 7.02%~7.96%之间, 符合《竹篾层积材》规定标准 6%~8%; 最小静曲强度为 118.40, 基本达到标准规定的 120; 最小冲击韧性为 112.86 kJ·m⁻², 均大于标准规定的 110 kJ·m⁻², 即产品主要物理力学性能基本能达到或超过产品规定的指标。竹篾层积材保持了竹材本身的强度和韧性, 在组坯时, 竹篾纵向铺装, 具有较高的纵向抗弯强度和良好的抗冲击韧性。并且各物理力学性质间关系密切, 由此可以选择测定简单、准确的指标为自变量, 与其他物理力学性质进行曲线模拟, 利用拟合的模型, 可以反映出其他物理力学性能, 为非破坏性测试提供理论依据。

但是, 在本试验中竹篾层积材制造工艺存在一些不足和问题, 需要在以后的生产实践中加以改进。例如剖篾采用目前竹材加工利用中常用的弦向竹篾作为构成单元, 只能进行竹材弦向面胶合, 为了保证胶合质量, 在竹材剖篾时必须将弦向内外两侧难以胶合的竹青、竹黄加以剔除, 不但降低了剖篾效率, 同时也大大降低了竹材利用率。因此在生产实践中应采用已广泛应用的径向胶合的方法, 以提高

竹材的利用率^[12-13], 减少竹节处在胶合干燥过程中出现开裂的可能, 丰富竹胶板的产品类型。油箬竹基部各节上的次生枝常硬化锐刺, 且相互交织成为密刺丛, 给砍伐工作带来很大困难, 但是该竹种在我国分布面积大, 秆厚实而坚韧, 具有巨大的市场潜力; 而越南巨竹发现较晚, 面积也不是很大, 但是该品种板材的物理力学性能良好, 并且制造出的板材颜色和纹路美观, 如加以合理的培育措施, 必将具有巨大的市场前景。因此, 建议利用现有的油箬竹资源, 大力培育推广越南巨竹, 改造麻竹林为笋材两用, 这样不但可以增加竹农的收益, 提高广大产竹区的生活水平, 还可以扩大竹产品原料来源, 减缓毛竹原料的价格, 对促进竹林和竹材全方位发展具有重要经济和生态学意义。

致谢: 本研究在采样过程中得到广西林科院黄大勇研究员和四川长宁世纪竹园李本祥高工大力支持, 特致衷心感谢!

参考文献:

- [1] 陈宝昆, 杨宇明, 张国学, 等. 大型丛生竹的培育技术及其综合利用研究[J]. 西部林业科学, 2007, 36(2): 1-9.
- [2] 赵仁杰. 关于发展竹材人造板工业的思考[J]. 林产工业, 2001, 28(2): 6-8.
- [3] 江泽慧, 王戈, 费本华, 等. 竹木复合材料的研究及发展[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6): 712-718.
- [4] 叶良明, 姜志宏, 叶建华. 论竹材层压板的生产技术与对策[J]. 浙江林学院学报, 1992, 9(1): 85-91.
- [5] 柳世元. 竹材层压板在铁道车辆上的应用[J]. 湖北林业科技, 1998(3): 31-32.
- [6] 叶良明. 竹材层压板热压新工艺初探[J]. 林产工业, 1997, 24(2): 12-16.
- [7] 干少雄, 周永丽. 麻竹笋用林丰产栽培技术[J]. 四川林业科技, 2005, 26(5): 86-89.
- [8] 肖贤坦. 麻竹丰产林培育技术应用[J]. 竹类研究, 1996(1): 57-60.
- [9] 吴富楨. 测树学实习指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 83-86.
- [10] 全国人造板标准化技术委员会. 竹篾层积材. 中华人民共和国林业行业标准[S]. LY/T 1072-2002.
- [11] 中华人民共和国林业部. 中华人民共和国国家标准 GB/T17657—1999. 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [12] 赵仁杰, 杜春贵. 径向竹篾复合板的研制[J]. 中南林学院学报, 1999, 19(4): 22-25.
- [13] 赵仁杰, 赵星, 尹忠健. 竹篾层积材的制造新工艺[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(5): 57-60.