

建筑用竹材墙体制造技术研究

江泽慧¹ 王正² 常亮² 高黎² 陈绪和¹

(¹ 国际竹藤网络中心 ² 中国林业科学研究院木材工业研究所)

摘要: 该文研究了以竹材为主要原料的建筑墙体制造技术, 内容包括墙体用竹材层积板的制造及性能, 该种竹材层积板的墙体组装及其在房屋建筑中的应用等. 研究表明, 将竹材用于建筑墙体材料在技术上是完全可行的. 该文还对竹材墙体的隔音和保温进行了测定, 并根据 GB/T 15225-94《建筑幕墙物理性能分级》进行评判. 研究结果为: 竹材墙体的隔声性能为 32 dB, 达到建筑墙体 III 级标准; 保温传热系数为 2.3 W/(m²·K), 达到 IV 级标准. 二者性能均达到我国对建筑墙体材料的要求. 此外, 还测得竹材墙体的耐火极限为 20 min, 说明将其用于民居房屋的建造, 还需要进一步的改进研究.

关键词: 竹层积板, 建筑墙体, 隔声, 保温, 耐火

中图分类号: TS664.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1522(2006)06-0155-04

JIANG Ze-hui¹; WANG Zheng²; CHANG Liang²; GAO Li²; CHEN Xu-he¹. **Manufacture technology of the bamboo building wall.** *Journal of Beijing Forestry University* (2006) 28(6) 155-158 [Ch., 11 ref.]

¹ International Center for Bamboo and Rattan, Beijing, 100102, P. R. China;

² Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, P. R. China.

The manufacture technology of walls mainly constructed by bamboo was introduced in this paper, including the manufacture and performance of glued laminated bamboo, assembly of bamboo wall and its application in building. The study showed that it was technically feasible to use bamboo as the wall building material in construction. The paper tested the performance of noise insulation, heat insulation and fire-resistance of bamboo wall, and graded them by the GB/T 15225-94 *Graduation of physical performance for building curtain walls*. The results were as followings: sound reduction was 32 dB and classified as grade III; the thermal transmittance was 2.3 W/(m²·K) and reached grade IV. Both the noise insulation and heat insulation can reach the requirements for wall building material in China. The paper also tested that the fire-resistance duration was 20 min. It can be concluded that we shall improve the fire-resistance of bamboo wall for being used in house building.

Key words bamboo laminated panel, building wall, noise insulation, heat insulation, fire-resistance

竹材具有生长快、成材早、产量高、强度高、弹性好、硬度大等特点, 已经成为我国重要的速生和可再生森林资源之一. 这种具有诸多优点的高强度的生物材料, 如何能作为真正的建筑材料应用在建筑上, 一直是行业内的热点问题.

竹材建筑利用主要有以下 3 个方面: 建筑体、建筑装饰和建筑部件. 目前, 竹材的建筑利用主要在建筑装饰上, 其他两个方面的应用开展得较少. 当前国际上将竹材用于房屋建造主要有两种做法: ①直接

利用原竹. 将原竹处理后捆绑在一起作为承重部件, 或通过结构力学设计将原竹组装制成结构部件; ②将原竹破成竹篾, 再将竹篾制成网状隔栅, 作为骨架结构, 再在两面抹上水泥砂浆, 制成墙体或其他建筑构件. 这两种方式都有一定的局限性, 产品的力学强度有限, 产品定位较低. 在东南亚、南亚和非洲地区, 已经有利用以上方式建造的试验性建筑和地震棚等临时建筑.

目前, 中国林业科学研究院木材所开发的竹材

收稿日期: 2005-12-30

http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目: 国家林业局科技推广项目((2004)36-7).

第一作者: 江泽慧, 教授, 博士生导师. 主要研究方向: 木材科学与技术、竹材材性及利用. 电话: 010-62889001 Email: renhq@forestry.ac.cn
地址: 100102 北京朝阳区望京阜通东大街 8 号国际竹藤网络中心.

重组技术是一种新型的竹材建筑利用手段. 该技术将原竹重组成各种高强度板方材、型材和大型的建筑构件, 可用于房屋的建造, 提高产品的附加值^[1]. 利用该技术制造的梁架、屋顶板及墙板已用于云南省屏边县杉树希望小学的建造; 另外, 通过与北京诚栋房屋建造公司的合作, 已经研发出供预制房屋建造使用的竹材墙体板.

本研究就是基于竹材重组技术, 将竹材加工成预制建筑墙体, 并结合我国当前建筑上的相关标准对该竹材墙体进行评价.

1 竹材墙体制造工艺

竹材墙体制造工艺主要分为两个步骤: 竹材层积墙板制备和竹墙体组装.

1.1 墙体用竹层积板制备

墙体用竹层积材制造工艺过程见图 1.

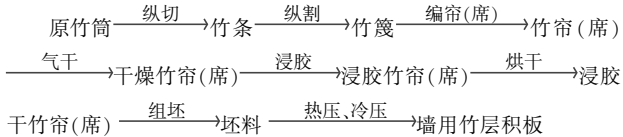


图 1 竹墙体板制造工艺

FIGURE 1 Manufacture process of the laminated bamboo wallboard

1.1.1 竹帘制备

竹帘制备工艺包括: 竹材选用、截断定长、开片、破篾、编帘^[2].

竹材选用: 竹帘制备应选用新鲜的竹子, 不能过于弯曲.

截断定长: 截断加工应首先去掉竹子底端太弯和太厚的部分, 再由下往上锯, 截取一定长度(根据压机长度而定, 一般是 2.44 m), 能用几段就锯几段.

开片: 将截好的竹段剖开, 按竹子大小不同将竹段剖成不同的片数, 每根竹片的宽度为 20~30 mm, 然后去掉竹节.

破篾: 破篾应先去掉竹片的竹青和竹黄, 再将竹片纵破成竹篾, 厚度要求均匀, 尺寸控制在 1 mm 左右.

编帘: 用韧性较好的细线把竹篾紧密编织起来, 一般纵向每隔 300 mm 一道线, 编好的帘应两端对齐, 展开宽度一定(根据压机宽度而定, 一般是 1.3 m). 编好的竹帘要放在通风干燥的地方, 下面应垫上架子, 以防竹帘霉变, 影响强度. 竹帘放置应朝着通风方向, 有利于快速干燥, 且干燥后整堆竹帘的含水率比较均匀.

1.1.2 墙板压制

竹帘含水率对板材的胶合性能有很大影响, 应将其干燥到使用环境中竹材的平衡含水率.

墙板胶粘剂一般选用胶合性能、耐水性和耐候性均优异的酚醛树脂胶. 采用浸胶方式, 将竹帘浸在酚醛胶中, 待全部竹片表面浸有胶后, 捞出竖直放置, 沥除多余胶液, 浸胶量一般为 200 g/m² 左右. 浸胶竹帘可自然干燥, 也可在干燥室或干燥机中干燥, 干燥后含水率一般控制在 10%~15%.

浸胶竹帘干燥后, 按工艺要求组坯. 组坯方式采用交叉纹组坯, 即将竹帘以长短帘沿纤维方向交叉多层排列. 组坯层数根据墙板的密度、厚度、压缩比以及竹帘厚度确定.

将坯料热压成板, 具体工艺参数如下: 热压温度 130~140℃, 热压时间 1.5~2 min/mm, 热压压力 3.0~3.5 MPa. 板材要求冷进冷出, 如果冷却时间过短, 板材内部部分水蒸气还未液化, 容易出现鼓泡现象.

最后, 裁去板材的 4 个毛边或进一步锯切成规格尺寸.

1.1.3 竹材层积板的物理性能和老化性能

本研究用的竹材层积板均由浙江新昌福大竹木有限公司负责制造. 测定了该竹层积板的密度、含水率、24 h 冷水浸泡和 2 h 沸水水煮后的吸水厚度膨胀率; 并参照日本 JAS SE-11 标准^[3], 测定了竹层积板的水平剪切强度、弹性模量 (*MOE*) 和静曲强度 (*MOR*). 结果如下: 竹材层积板的密度为 1 g/cm³, 平均含水率为 10%, 24 h 冷水浸泡和 2 h 沸水水煮后的吸水厚度膨胀率分别为 2.4% 和 17.8%. 竹材层积板垂直加载水平剪切强度值为 10.64 MPa, 而平行加载水平剪切强度值为 17.21 MPa, 明显大于垂直加载水平剪切强度; 其水平剪切强度已明显超过杉木和红松等针叶树材^[4]. 竹材层积板垂直方向 *MOE* 为 12 708 MPa, 水平方向 *MOE* 为 13 306 MPa, 垂直方向 *MOR* 为 123.74 MPa, 水平方向 *MOR* 为 126.72 MPa.

另外, 分别根据美国和日本的相关标准对该竹材层积板进行了老化试验. 一种方法是依据美国 ASTM D3434 加速老化标准^[5]进行 20 次循环循环老化试验, 测定板材的剥离率和水平剪切强度. 另一方法参照日本 JAS SE-9^[6]层积材老化试验的水煮剥离标准, 循环次数为 3 次, 测定每一循环试验后层积材垂直加载方向水平剪切强度的残留值. 结果如下: 经过 ASTM D3434 加速老化试验 20 次循环试验后, 水平剪切强度平行加载值下降 20.9%, 垂直加载值下降 20.8%, 老化处理后的残留水平剪切强度仍高于红松、杉木等常见建筑用针叶材. 经过 JAS SE-9 水煮剥离处理, 一次循环后水平剪切强度下降 15.7%, 二次循环后共下降 16.9%, 三次循环共下降 17.8%. 由此可知, 竹层积材经过第一次循环后降幅最大, 而二次和三次循环的降幅很小. 并且, 经过三

次循环后竹层积材的水平剪切强度仍高于红松、杉木等常见建筑用针叶材。竹材层积板老化处理后的强度值虽然很高,但是在以上两个试验中都发现该材料的水煮剥离率略高于标准要求,因此在这一方面还需要进一步开展研究。

1.2 墙体组装

墙体组装即利用龙骨、气钉、胶粘剂将两块竹墙体板及一块石膏板连接起来制成单个墙体,再通过“工”字形接缝条将单个墙体板组装成大幅面墙体。竹墙板幅面一般为 $122\text{ cm} \times 244\text{ cm}$,厚 0.9 cm ;覆面石膏板幅面等同于竹墙体板,厚度为 0.5 cm ,具体组

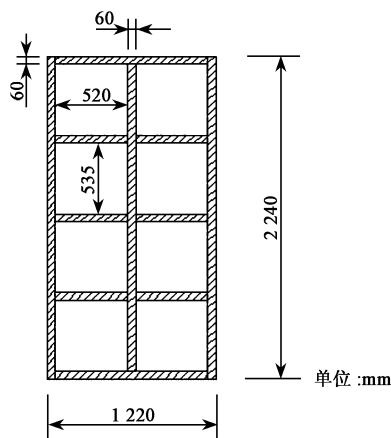


图3 竹材墙体的内部构造

FIGURE 3 Internal structure of bamboo wall

1.2.2 墙板连接

首先在两块墙板的预装龙骨区域单面涂饰双组份木胶,再将龙骨框架放入两块竹墙体板之间,使墙体板通过龙骨框架粘接起来,再利用气钉枪隔着墙体板在对应龙骨区域喷射气钉加以固定。

1.2.3 石膏板固定

首先在龙骨连接墙板的一面沿龙骨区域涂上双组份木胶,再覆上一层石膏板,最后类似于墙体板固定,通过气钉枪隔着石膏板在龙骨区域喷射气钉加以固定。

1.2.4 墙体后续处理

在墙体各板材固定之后,可以根据建筑设计的需要,直接对墙板进行后续处理,如挂腻子、油漆、喷涂涂料等。

2 以竹材墙体为元素的房屋建造

本研究开发的竹材墙体目前主要以预制墙体的形式,用于轻钢为骨架的轻型房屋建筑上。其建造过程如下:首先将骨架槽钢固定在地基上,然后将事先设计好的竹材墙体部件插入槽钢,并通过“工”字型槽钢连接成墙体,再将预制的屋梁固定在“工”字型

装工艺见图2:

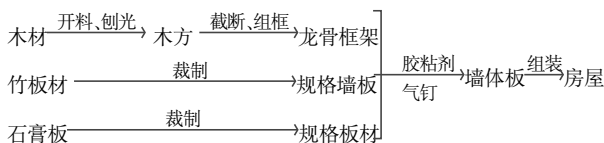
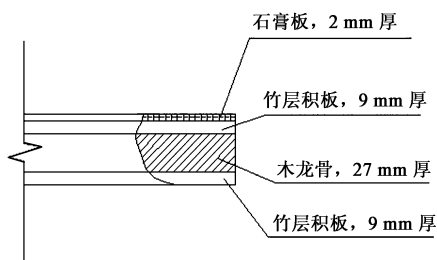


图2 竹墙体组装工艺流程图

FIGURE 2 Process flow of the assembly of bamboo wall

1.2.1 龙骨制造

通过开料、刨光等工序将木材加工成宽 6 cm 、厚 2.7 cm 的型材,再截断成一定长度的木方,最后利用气钉将它们连接成龙骨框架。



槽钢上,然后在屋架上安装檩条,最后铺上屋顶板。整个建造过程中的部件连接都采用角铁、螺栓固定,部件拼接处可以用密封胶密封。

这种建造方式具有速度快、成本低、可经多次拆装、建筑式样多变等特点,是当前建筑的发展方向之一。因此,这种以竹材为主要原料的建筑墙体具有良好的发展前景。

3 竹材墙体性能测定和评价

3.1 竹材墙体性能测定

本研究在中国建筑科学研究院建筑物理所进行了隔声性能和保温性能测试,并在中国建筑科学研究院建筑防火研究所对墙体的防火性能进行了测试,检测结果如下。

3.1.1 隔声性能

试件墙体幅面为 $2.44\text{ m} \times 4\text{ m}$,由4块 $2.44\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的墙体拼装而成,采用腻子填缝,墙体与试验框架之间用水泥砂浆密封。最终板材的厚度仍然为 5 cm 。竹墙板的隔声性能检测按照 GBJ75-84 《建筑隔声测量规范》^[7]中规定的方法进行。测得该竹板墙体的隔声性能为 32 dB 。

3.1.2 保温性能

试件墙体幅面为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, 墙体与试验框架之间用水泥砂浆密封. 保温性能检测按照 GB/T 13475—92《建筑构件稳态热传递性质的测定标定和防护热箱法》^[8]规定的方法进行. 测得该竹板墙体的热阻为 $0.29\text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$, 传热系数为 $2.3\text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

3.1.3 防火性能

试件墙体幅面为 $2.50\text{ m} \times 3.3\text{ m}$, 由3块 $2.50\text{ m} \times 1.1\text{ m}$ 的墙体拼装而成, 采用腻子填缝, 墙体与试验框架之间用水泥砂浆密封. 该试件墙体采用石膏板覆面, 墙体的厚度为 5 cm . 防火性能检测方法按照 GB/T 9978—1999《建筑构件耐火试验方法》^[9]中规定的方法进行. 测得该墙体的耐火极限为 20 min .

3.2 竹材墙体性能评价

以 GB/T 15225—94《建筑幕墙物理性能分级》^[10]为评价体系, 对竹材墙体的隔声性能和保温性能进行评价, 结果为: 该竹材墙体的隔声级别为Ⅲ级, 保温级别为Ⅳ级, 均达到我国对建筑用墙体材料的隔声隔热要求, 可以用于建筑墙体的建构.

根据 GBJ 16—2001《建筑设计防火规范》^[11]的要求, 该种竹材墙体板的耐火等级低于“建筑对非承重墙、疏散通道两侧隔墙及房间隔墙的要求”的“四级”耐火等级标准, 如果应用于民用建筑, 还需进一步对其结构和材料进行改进.

4 结论与讨论

竹材层积重组技术作为一种新型竹材建筑利用加工技术研制出的竹材层积板, 无论是力学强度还是老化性能均较为优异. 在该技术基础上研发的墙体制造技术是对竹材在建筑上利用的一种新的尝试.

通过各种建筑物理性能测试, 该产品可以用于临时房屋的建造, 如将其用于永久性的民居住宅建造, 还需在结构设计、材料选择等方面进行改进和提高. 它具有建造房屋速度快、成本低、样式多变的特点, 是一种具有良好发展前景的竹材新产品.

参 考 文 献

[1] 赵仁杰, 陈哲, 张建辉. 中国竹材人造板的科技创新历程与展望[J]. 人造板通讯, 2004(3): 9-11.
ZHAO R J, CHEN Z, ZHANG J H. Course and outlook of bamboo-based panel manufacture technology in China[J]. *China Wood-based Panels*, 2004(3): 9-11.

[2] 唐宏辉, 陈鸿斌, 王正. 结构用竹集成材制造工艺技术简介[J]. 人造板通讯, 2004(9): 16-19.
TANG H H, CHEN H B, WANG Z. Brief introduction about manufacture process of structural laminated bamboo[J]. *China Wood-based Panels*, 2004(9): 16-19.

[3] Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Notification NO. 237 JAS SE-11 Japanese agricultural standard for structural laminated veneer lumber[S]. Tokyo: Japan Plywood Inspection Corporation, 2003.

[4] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
CHENG J Q. *Wood science*[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1985.

[5] The American Society for Testing and Materials Committee. ASTM D3434-00 Standard test method for multiple-cycle accelerated aging test (automatic boil test) for exterior wet use wood adhesives[S]. West Conshohocken, United States: ASTM, 2000: 232-236.

[6] Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Notification NO. 992 JAS SE-9 Japanese agricultural standard for structural glued laminated timber[S]. Tokyo: Japan Plywood Inspection Corporation, 2000.

[7] 中华人民共和国建设部. GBJ75—84 建筑隔声测量规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
Ministry of Construction, P. R. China. GBJ75—84 Code for measurement of building sound insulation[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1985.

[8] 国家建筑材料工业局. GB/T 13475—92 建筑构件稳态热传递性质的测定标定和防护热箱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
State Bureau of Building Materials Industry, P. R. China. GB/T 13475—92 Building element determination of steady-state thermal transmission properties: Calibrated and guarded hot box[S]. Beijing: Standards Press of China, 1992.

[9] 中华人民共和国公安部. GB/T 9978—1999 建筑构件耐火试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
Ministry of Public Security, P. R. China. GB/T 9978—1999 Fire-resistance tests: Elements of building construction[S]. Beijing: Standards Press of China, 1999.

[10] 中华人民共和国建设部. GB/T 15225—94 建筑幕墙物理性能分级[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
Ministry of Construction, P. R. China. GB/T 15225—94 Graduation of physical performance for building curtain walls[S]. Beijing: Standards Press of China, 1994.

[11] 中华人民共和国公安部. GBJ16—2001 建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2001.
Ministry of Public Security, P. R. China. GBJ16—2001 Code for fire protection design of buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2001.

(责任编辑 李文军)