

预制竹木组合墙体的保温与隔声性能

高黎, 王正, 常亮

(中国林科院木材工业研究所, 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 根据预制建筑构件的特点, 制备了总厚度为 50 mm、三种不同结构的竹木组合预制墙体构件, 对其保温、空气隔声性能进行了测评。结果表明: 竹木空心墙体的保温和隔声性能最差, 但在墙体内部添加岩棉, 墙体的性能得到显著改善; 将内墙板由竹胶合板换成石膏板后, 墙体的保温、隔声性能无明显变化。

关键词: 预制; 竹木组合墙体; 保温; 隔声

中图分类号: TS6; TU55

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2010)01-0026-03

Heat and Sound Insulation Performance of Prefabricated Bamboo-Wood Wall

GAO Li, WANG Zheng, CHANG Liang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Three prefabricated bamboo-wood compound walls 50 mm in thickness with different configurations were manufactured in this study. Their heat and sound insulation properties were tested and analyzed. The results showed that the hollow compound wall exhibited the worst thermal and acoustic insulation properties. However, the insulation performance could be improved considerably by filling rock wool inside the walls. It was also noticed that there was no significant difference on heat and sound insulations between the fire resistant gypsum board and bamboo plywood as inner wall sheathing.

Key words: prefabricated; bamboo-wood compound wall; heat insulation; sound insulation

墙体是建筑围护结构的主要组成, 其保温、隔声性能, 对室内环境的舒适性有着重要的影响。目前我国预制房屋的围护结构, 常用彩钢夹芯板、发泡水泥复合网架板、加气混凝土板等^[1], 这些材料在制造过程中消耗大量能源, 建筑节能效率低, 难以循环利用。因此, 开发和推广环保墙体材料具有重要意义。

竹材是速生、可再生的资源之一, 已被广泛开发和利用。由竹材重组制成的高强度板材和型材, 可用于中高档房屋的建造, 但由于成本较高, 仍处于研究和示范阶段^[2-3]。结合竹材和木材各自优势, 笔者等2005年开发出一种预制竹木组合墙体, 已成功用作

轻钢构架临建房屋的墙体^[4]。笔者对该墙体的保温、隔声性能进行了测评, 以期为预制民居建筑设计及竹木组合材料的推广, 提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1) 覆面板: 毛竹(*Phyllostachys pubescens*)胶合板, 外购, 密度 0.83 g/cm³, 厚度 8 mm; 纸面石膏板, 密度 0.60 g/cm³, 厚度 8 mm, 外购。

2) 木龙骨: 杉木(*Cunninghamia lanceolata*)方材, 截面为 34 mm×60 mm, 含水率约 8%。

3) 填充材料: 岩棉毡, 外购。

1.2 主要仪器

JW-1 型墙体保温性能检测装置; C300 建声测量系统。

收稿日期: 2009-04-13; 修改日期: 2009-08-20

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD19B0503)。

作者简介: 高黎(1979—), 女, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

1.3 试验方法

1.3.1 墙体设计

按墙体设计规格的要求,将木龙骨组装成格栅,再通过钉、粘方式,连接并固定格栅和覆面板,制成预制组合墙体,厚度为 50 mm,设计了 3 种不同结构(见图 1),墙体面密度为 18~19 kg/m²,属轻型墙体。

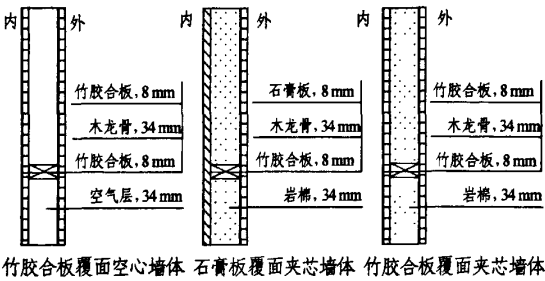


图 1 竹木组合墙体结构
Fig. 1 Structural diagrams of different bamboo-wood compound walls

1.3.2 性能测试

测试不同结构墙体的保温、空气隔声性能,由中国建筑科学研究院建筑物理所完成。
1) 按照 GB/T 13475-1992《建筑构件稳态热传递性质的测定标定和防护热箱法》,测试墙体构件的热阻及传热系数。墙体面积 100 cm×100 cm,四周由防火棉和发泡聚氨酯密封。热电偶测试点以及木龙骨的排布如图 2 所示。

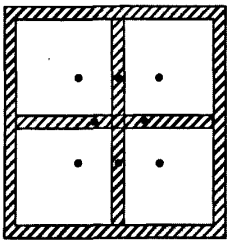


图 2 木龙骨的排列和热电偶分布
Fig. 2 Thermal couple embedded in the wall

2) 按照 GBJ 75-84《建筑隔声测量规范》和 GB/T 50121-2005《建筑隔声评价标准》,测试墙体的空气隔声量。墙体构件总面积 9.8 m²,由 4 块幅面 100 cm×245 cm 墙体拼成,墙板拼缝由快干粉封堵,四周与试验洞口之间,用水泥砂浆封堵。

2 结果与讨论

竹木组合墙体的性能测试数据列于表 1。

表 1 竹木组合墙体的性能

Tab. 1 Heat and sound insulation properties of bamboo-wood compound wall

组合墙体	芯层材料	热阻/(m ² ·K·W ⁻¹)		传热系数/(W·m ⁻² ·K ⁻¹)	空气隔声/dB
		实测值	计算值		
竹胶合板	空气	0.29	0.26	2.30	32
石膏板	岩棉	0.56	0.64	1.41	36
竹胶合板	岩棉	0.58	0.65	1.37	35

2.1 保温性能

通常采用热阻 R 来表征材料阻止导热的能力,单层围护结构的热阻为:

$$R=\delta/\lambda \tag{1}$$

其中: δ —材料厚度,m; λ —导热系数,W/(m·K)。

本试验所测墙体的总热阻 $R_{\text{总}}=R_{\text{外}}+R_{\text{芯}}+R_{\text{内}}$,其中: $R_{\text{内}}$ 、 $R_{\text{外}}$ 分别表示内外覆面板的热阻, $R_{\text{芯}}$ 表示芯层填充材料和龙骨的并联热阻。

参考幕墙热阻的计算方法^[5],芯层热阻 $R_{\text{芯}}=(R_{\text{木}}\cdot S_{\text{木}}+R_{\text{填}}\cdot S_{\text{填}})/(S_{\text{木}}+S_{\text{填}})$,其中 $R_{\text{木}}$ 、 $R_{\text{填}}$ 分别表示木龙骨、空心或填充材料的热阻, $S_{\text{木}}$ 、 $S_{\text{填}}$ 分别表示木龙骨、填充材料的总面积。

参考相关设计手册^[5],芯层密闭空气热阻 $R_{\text{空}}$ 取值 0.17;各材料的传热系数 λ 取值:竹胶合板 0.21,杉木 0.17,石膏板 0.25,岩棉毡 0.045;木龙骨宽 60 mm, $S_{\text{木}}$ 为 0.33 m², $S_{\text{填}}$ 为 0.67 m²。

3 种墙体热阻的理论计算值与测试值(表 1)存在一定误差,两组夹芯墙体的理论值分别比实测值高 14.3%和 12.1%,空心墙体低 10.3%,其原因可能是在形成冷热桥墙骨的测试点较多,导致实测数据平均热阻误差较大。

2.1.1 墙体结构的影响

3 种结构竹木组合墙体中,竹胶合板覆面空心墙体的保温性能最差。芯层加入岩棉后,竹胶合板墙体的热阻测试值提高了 1 倍,说明使用保温材料,对提高墙体的保温性能有着重要的作用。

当墙体材料确定后,由芯层热阻的计算公式可以判断,减小木龙骨面积可提高芯层热阻。因此,设计较低的龙骨空间密度,可提高墙体的保温性能^[6]。

2.1.2 墙体材料的影响

纸面石膏板和竹胶合板的导热系数相近,并且厚度薄,热阻差异亦较小。因此,内墙板由竹胶合板换成石膏板,其保温性能仅略微下降。并且,随着芯层保温效果的提高,覆面板对总热阻的贡献率逐步降低。如竹胶合板覆面空心墙体与石膏板覆面夹芯墙

体,覆面板热阻占总热阻的比例分别为 31.7% 和 10.9%;常见 2"×6" (规格材截面积) 木结构保温复合墙体,覆面板热阻低于墙体的 5%^[6]。

普通黏土砖墙,如 240 mm 厚黏土砖 (外挂 20 mm 抹灰) 的热阻为 $0.32 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, 370 mm 厚黏土砖 (外挂 20 mm 抹灰) 为 $0.48 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ^[7]。本试验制备的 50 mm 厚竹木夹芯墙体的热阻,均高于此两种黏土砖墙,将更具节能效果。

2.2 隔声性能

2.2.1 墙体结构的影响

3 种组合墙体均属双层墙体,面密度是墙体隔声性能的重要影响因子。本试验 3 种墙体的面密度均在 $18 \sim 19 \text{ kg}/\text{m}^2$, 2 种夹芯墙体的隔声性能相差 1 dB,均达到 GB/T 15225-1994《建筑幕墙物理性能分级》对建筑幕墙Ⅲ级隔声的要求 ($<40, \geq 35 \text{ dB}$)。

表 2 列出常见几种墙体的 1/3 倍频程计权空气隔声量。由表 2 可见,75 mm 轻钢龙骨隔墙,当其覆面石膏板增至 2 层时,面密度增加 1.4 倍,隔声量提高 6 dB。因此,增加面层材料厚度,亦是提高竹木组合墙体隔声量的方法^[8-9]。

表 2 常见墙体的计权隔声量

Tab. 2 Weighted sound reduction index of different walls

墙体		墙体厚度/mm	面密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	隔声量/dB
覆面材料 (厚度/mm)	芯层材料 (厚度/mm)			
彩钢板(0.6)	岩棉板(48.8)	50	17.4	32
石膏板(12)	轻钢龙骨+岩棉(75+50)	99	25.5	46
石膏板(12×2)	轻钢龙骨+岩棉(75+40)	123	62.0	52

注:轻钢龙骨间距 600 mm。

在 3 种竹木组合结构墙体中,竹胶合板覆面空心墙体的空气隔声量最低,但仍达到 32 dB,与同厚度的彩钢岩棉夹芯墙体相当;竹胶合板覆面夹芯墙体的隔音性能,比彩钢夹芯墙体更优。

2.2.2 墙体材料的影响

1) 龙骨:双层墙提高隔声能力的主要原因在于,空气层的弹性变形具有减振作用,增加墙板间空气层厚度,即增加龙骨厚度,可提高墙体的隔声效果^[10]。然而,龙骨在声波传播过程中起到声桥的作用,使组合墙体的隔声性能下降。龙骨排列越密,板材与龙骨接触面积越大、刚性连接越强,声桥现象越严重,隔声效果也越差。3 种竹木组合墙体,木龙骨面积约占总面积的 32.7%,隔声效果并不理想。

在同样墙板条件下,木龙骨的隔声性能比轻钢龙骨差^[11]。通常,木结构建筑覆面板和墙骨间,采用弹

性金属条作为联系体,使结构耦合减弱,隔声量可提高 3~7 dB^[12]。

2) 吸声材料:岩棉属纤维多孔材料,当填充在空心墙体中时,声波与材料发生摩擦可将部分声能转化为热能,提高墙体的隔声量。本研究中竹胶合板覆面墙体,芯层加入岩棉后,其隔声量比空心墙体提高 3 dB。因此,合理选择和安装填充材料,是提高墙体隔声效果的有效措施。

3 结论

1) 在 3 种不同结构的竹木组合墙体中,竹胶合板覆面空心墙体的保温和隔声性能最差,但与同厚度的彩钢岩棉夹芯墙体的隔声性能相当。

2) 在竹胶合板覆面空心墙体内部添加岩棉后,墙体的保温隔热性能提高 1 倍,优于普通 370 砖墙;隔声性能提高 3 dB,达到幕墙Ⅲ级隔声指标。

3) 将内墙板由竹胶合板换成石膏板后,墙体的保温、隔声性能差异不明显。

4) 减少单位面积龙骨密度、内部使用吸声材料,可提高竹木组合墙体的空气隔声量。

参考文献:

- [1] 弓晓芸. 轻型钢结构组合房屋应用问题探讨[J]. 钢结构, 2008, 23(4): 33-36, 82.
- [2] 江泽慧, 费本华, 王正, 等. 新型竹材结构建筑研究初报: 结构复合竹材的研究与应用[J]. 国际木业, 2003, 33(6): 12-17.
- [3] 陈绪和, 王正. 竹胶合梁制造及在建筑中的应用[J]. 世界竹藤通讯, 2005, 3(3): 18-20.
- [4] 江泽慧, 王正, 常亮, 等. 建筑用竹材墙体制造技术研究. 北京林业大学学报, 2006, (6): 159-162.
- [5] GB 50189-2005, 公共建筑节能设计标准[S].
- [6] 赵勇. 现代木结构住宅墙体热物理性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院硕士论文, 2007.
- [7] 杨昭, 郁文红, 张甫仁. 节能建筑复合墙体的非稳态热工性能[J]. 天津大学学报, 2004, 37(11): 975-979.
- [8] 魏超平. 石膏板结构的吸声与隔声性能研究及其应用[J]. 新型建筑材料, 2006, (8): 46-49.
- [9] 杨满宏, 刘书套. 彩钢复合板公路声屏障材料室内声学性能研究[J]. 交通工程科技, 1999, (5): 34-38.
- [10] 周海宾. 木结构墙体隔声和楼板减振设计方法[D]. 北京: 中国林业科学研究院博士论文, 2006.
- [11] 王季卿. 建筑隔声研究的进展[J]. 噪声与振动控制, 2007, 27(5): 1-8.
- [12] Stanley D, Gatland H. Lightweight partition design for residential and commercial buildings [J]. Sound and vibration, 2005, 39(12): 12-17.

(责任编辑 向琴)