

研究与开发

银杏木空心刨花板复合墙体的传热性能

王志强¹, 周统建², 曹福亮², 卢晓宁¹, 印 锋¹

(1. 南京林业大学木材工业学院, 江苏南京 210037; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏南京 210037)

摘要: 运用非稳态法测定银杏木空心刨花板的导热系数,同时探讨了不同厚度空气层对复合墙体传热阻的影响。结果表明,绝干时空心刨花板的导热系数为 $0.136 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 可以作为保温材料;当空气层厚度 $< 74 \text{ mm}$ 时,复合墙体的传热阻随空气层厚度的增加而增大。

关键词: 空心刨花板; 复合墙体; 银杏木; 导热系数; 传热阻

中图分类号: TS65; TU531

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2010)05-0005-03

Heat-Conducting Property of Sandwich Wall Made from Tubular Ginkgo Particleboard

WANG Zhi-qiang¹, ZHOU Tong-jian², CAO Fu-liang², LU Xiao-ning¹, YIN Feng¹

(1. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The unsteady state was used to measure tubular ginkgo particleboard coefficient of heat conductivity. The authors found that the heat conductivity coefficient of the particleboard less than $0.233 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, met the requirements for construction insulating material. They also found during this study that an air space in the sandwich wall had a considerable effect in the heat-conducting property, that was, the larger the air space the better the heat insulation. The results showed that sandwich wall, which had a 23 mm air space, provided 3.21 and 1.77 times better heat insulation properties than a reinforced concrete wall and a porous brick wall, respectively.

Key words: tubular particleboard; sandwich wall; ginkgo; coefficient of heat conductivity; resistance of heat transfer

围护结构是建筑的重要组成部分之一,其中墙体占整体建筑的 70%,因此,墙体耗能直接影响建筑物的耗能^[1]。

银杏木的结构匀称、纹理致密、胀缩性小、耐腐蚀性强、硬度适中、光洁度高,传统上多用于雕刻工艺品,制作高档家具、建筑室内装饰、乐器、印染机滚筒、绘图板等^[2-3]。我国的银杏资源占世界总量的 70%~80%,据不完全统计,目前全国银杏树种植面积已达 17 万 hm^2 ^[2-3]。随着速生银杏树种植面积的增加,每年的间伐材、枝桠材和小径材等资源的利用,是目

前亟需解决的问题。已有研究表明,以银杏木为原料制造环保型胶合板和纤维板具有可行性^[3]。

与普通刨花板相比,空心刨花板具有质轻、隔音和保温等特点。为此,笔者用银杏枝桠材挤压成型的空心刨花板,制成复合墙体,通过研究墙体的保温性能,以期拓宽银杏木采伐剩余物制造人造板的使用范围,提高产品附加值,为生产企业提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 复合墙体材料

1) 空心刨花板:以银杏木(*Ginkgo biloba* L.)枝桠材为原料,采用脲醛树脂,委托常熟凯旋木业公司定制。试板规格(长×宽×厚)2 000 mm×1 250 mm

收稿日期: 2010-01-14; 修改日期: 2010-02-19

基金项目: 江苏省自然科学基金-企业博士创新项目(BK2009530)。

作者简介: 王志强(1978—),男,南京林业大学木材工业学院讲师,博士。

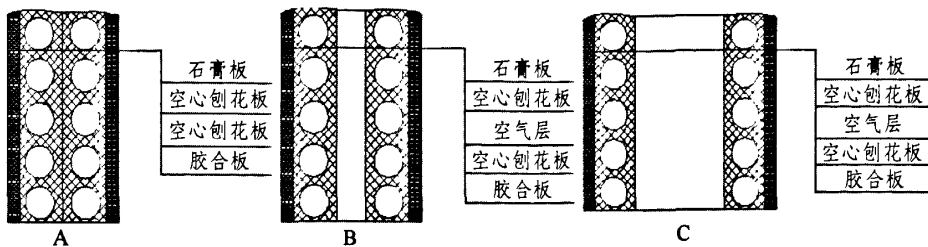


图 1 3 种空心刨花板复合墙体结构
Fig. 1 Structures of tubular particleboard sandwich wall

×33 mm, 空心圆孔直径 25 mm, 密度 0.33 g/cm³, 含水率 10%。

2) 胶合板: 杨木 (*Populus euramericana* cv. ‘I-214’), 7 层, 厚度 9 mm, 密度 0.6 g/cm³, 含水率 10%, 外购。

3) 石膏板: 厚度 9 mm, 密度 1.05 g/cm³, 外购。

1.2 墙体设计与制作

根据轻型木结构墙体结构, 及建筑中常用的 (90±2) mm 和 (140±2) mm 两种墙骨柱横截面宽度, 笔者设计了 3 种空心刨花板复合墙体, 如图 1 所示。

复合墙板 A、B、C 的长均为 1 030 mm, 宽均为 980 mm, 墙体厚度分别为 84、107 和 158 mm。各层之间用铁钉连接, 试件四周用木条、棉花和凡士林等密封。在 B、C 结构中, 两层空心刨花板之间, 分别用厚度 23 mm 和 74 mm 的木条隔开, 形成不同厚度的空气间层。

1.3 试验设备

JW-1 型墙体保温性能检测装置; JW-1 型建筑热工温度与热流巡回自动检测仪, 北京东方奥达仪器有限公司产; FWDR-II 型非(准)稳态导热仪, 哈尔滨鸿润教学试验设备厂产。

1.4 方法与检测

1.4.1 空心刨花板导热系数测试

采用非稳态(准稳态)法测定^[4], 将 4 块规格 102 mm×110 mm×32 mm 的刨花板试件表面砂光平整, 两端圆孔密封, 分别测试其绝干状态下和含水率为 10% 时的导热系数。

导热系数 $\lambda = \frac{q\delta}{2\Delta t}$; 其中: $q_c = \frac{IU}{F}$ (1)

式中: q_c —热流密度, W/m²; I —加热器电压, V; I —加热器电流, A; F —试件截面尺寸, m²; δ —试件厚度, m; Δt —准稳态时的温差(平均值), °C。

1.4.2 复合墙体的传热性能测试

依据 JGJ 132-2001《采暖居住建筑节能检验标

准》, 测试复合墙体的冷热表面温度, 并同时测定热表面热流密度, 计算其热阻值。

1) 将 4 路热电偶和 4 路热流计, 粘贴在墙体试件热表面(石膏板

侧)。热电偶粘在距离边部 20 mm 的中心位置, 热流计位于其里侧;

2) 热电偶和热流计粘贴在试件的冷表面(胶合板侧), 布置数量和位置同热表面。

3) 冷热箱温差为 24 °C, 其中冷箱温度设为 4 °C, 热箱温度设为 28 °C, 室内温度控制在 18 °C 左右;

4) 每隔 1 h 记录一次数据, 接近稳态后, 记录墙体试件冷热表面温度及热流密度。

根据公式(2)计算复合墙体的传热阻试验值; 根据公式(3)计算复合墙体的传热阻理论值^[5]。

$$R = \frac{t_1 - t_2}{q}$$
 (2)

式中: R —围护结构热阻值, [(m²·K)/W]; t_1 —热表面温度, K; t_2 —冷表面温度, K; q —热表面的热流密度, W/m²;

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad \text{其中: } R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$
 (3)

式中: R —围护结构热阻值, (m²·K)/W; δ_i —各层材料厚度, m; λ_i —各层材料导热系数, W/(m·K); R_i ($R_1, R_2, \dots, R_n$)—各层材料热阻值, (m²·K)/W^[5]。

2 结果与分析

2.1 空心刨花板导热系数

银杏木空心刨花板的导热系数, 列于表 1。

表 1 空心刨花板的导热系数
Tab. 1 Coefficient of heat conductivity of tubular particleboard

试板 含水率/%	加热器		温度/°C		导热系数/ W(m·K) ⁻¹
	电压/V	电流/A	热面	冷面	
0	30	0.14	43	32	0.136
10	30	0.14	34	25	0.166

通常, 在常温 (20 °C) 时, 导热系数 < 0.233 W/(m·K) 的材料可称为保温材料^[6]。由表 1 可见, 绝干试件的导热系数略低于含水率为 10% 的试件, 但 2

种试件均属于保温材料。这是因为空心刨花板密度低、结构特殊,刨花间的微小空隙和贯通板材的纵向圆孔中的大量空气,使其在密闭、干燥的情况下,具有优异的保温性能。

另一方面,含水率高的材料中,导热系数较小的空气被导热系数较大的液态水替换,固体的导热系数,随湿度增加而增大^[6]。所以,当含水率为 10% 时,试件的导热系数高于绝干试件。

绝干试件的导热系数,可用来比较不同材料的保温性能。而材料正常使用状态下的热工计算,应使用计算导热系数^[6],如含水率为 10% 试件的导热系数。本研究中,复合墙体传热阻计算,采用了含水率为 10% 时试件的导热系数。

2.2 空心刨花板复合墙体的传热性能

复合墙体传热性能的检测结果,列于表 2。

表 2 空心刨花板复合墙体的传热阻
Tab. 2 Heat insulation of tubular particleboard sandwich wall

墙体结构	空气间层厚度/mm	平均温度/℃		热流密度/ (W·m ⁻²)	传热阻/(m ² ·K·W ⁻¹)	
		冷箱	热箱		试验值	理论值
A	0	4.7	26.7	27.56	0.95	0.63
B	23	4.5	26.9	24.54	1.06	0.79
C	74	5.0	26.6	22.68	1.10	0.81

注:依据 GB 50176-93《民用建筑热工设计规范》,23、74 mm 空气层厚度时的热阻值取 0.16、0.18 m²·K/W;围护结构内、外表面换热阻分别为 0.11、0.04 m²·K/W;石膏板、胶合板 λ=0.33、0.17 W/(m·K)。

表 2 显示,随着空气间层厚度的增加,复合墙体传热阻也增大。但空气层过宽,消耗材料多、费用高,保温效果改善幅度有限;若空气层厚度过小,如 2~3 mm,不仅不能起到加强保温的作用,反而会加强传热^[6]。综合考虑经济性、保温效果,以及现有轻型木结构中常规墙骨柱截面宽度(89 mm),复合墙体采用厚度 23 mm 的空气间层为宜。

试验测量的 3 种复合墙体的传热阻,均高于理论传热阻,原因可能是由于复合墙体各层材料之间不可避免地留有空隙,增加了复合墙体的传热阻。

2.3 空心刨花板复合墙体与其它建筑墙体的传热性能对比

将空气间层厚度为 23 mm 的空心刨花板复合墙体传热阻,与其他常规墙体对比(表 3)。

表 3 的数据证明,空心刨花板复合墙体传热阻是普通钢筋混凝土墙和多孔砖墙的 3.21 和 1.77 倍,而厚度仅有其 38%。

由于组成复合墙体的各种板材的密度均较低,且

表 3 不同结构墙体的传热阻值
Tab. 3 Heat insulation of heat transfer of different wall structures

墙体结构	墙体总厚度/mm	传热阻/(m ² ·K·W ⁻¹)
9 mm 石膏板 33 mm 空心刨花板 23 mm 空气层 33 mm 空心刨花板 9 mm 胶合板	107	1.06
20 mm 混合砂浆抹灰 240 mm 钢筋混凝土 20 mm 水泥砂浆抹灰	280	0.33
12 mm 石膏板 40 mm 玻璃棉板 200 钢筋混凝土 20 mm 混合砂浆抹灰	272	1.12
20 mm 混合砂浆抹灰 240 mm 多孔砖墙 20 mm 水泥砂浆抹灰	280	0.60

加工性能好,因此,复合墙体具有轻质、易加工和施工的特点。复合墙体结构与现有轻型木结构墙体结构类似,以空心刨花板和密闭空气层代替保温棉,受力性能更好,特别对于宽度>140 mm 等较大墙骨柱,复合墙体仅增加了空气层厚度,具有明显的成本优势。复合墙体可以在现场加工、安装,或先在工厂预制,现场直接安装。

3 结论

- 1) 本试验制作的银杏木空心刨花板,其导热系数为 0.136、0.166 W/(m·K),属于保温材料。
- 2) 当空气间层厚度<74 mm 时,空心刨花板复合墙体传热阻随空气层厚度增加而变大。空气层厚度 23 mm 的复合墙体具有更好的经济性。
- 3) 空心刨花板复合墙体具有厚度小、传热阻较大、质轻的特点,可应用于木结构建筑的内外墙,以及普通混凝土、砌体结构内部隔墙,在节能型建筑墙体领域,具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 王立久,汪振双.我国建筑节能工作的未来发展[C]//墙体保温与建筑节能.北京:中国电力出版社,2008:31-32.
[2] 曹福亮.中国银杏志[M].北京:中国林业出版社,2007:237.
[3] 冯云平.速生银杏木材工业化利用的初步研究[D].南京:南京林业大学,2008:1-3.
[4] 沈雅钧,金剑雄,沈晓群,等.绝热保温材料热物性的准稳态法测试[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2001,20(1):41-44.
[5] 梁仙叶.轻质麦秸复合墙体建筑热物理特性研究[D].南京:南京林业大学,2006:18-19.
[6] 朱盈豹.保温材料在建筑墙体节能中的应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:34-39. (责任编辑 姜征、张一萍)