

# 改良型实木复合门的隔声与保温性能

卢尧, 李敏敏, 王正, 王泽琦

(南京林业大学材料科学与工程学院, 江苏南京 210037)

**摘要:** 为了提高实木复合门的隔声、保温性能, 对普通意杨 LVL 实木复合门扇进行结构改良设计, 用现场声压级测量法和热流计测量法, 分别检测实木复合门的隔声量和传热系数值。结果表明, 改良后实木复合门的隔声量比普通复合门提高 1.2 倍, 传热系数  $K$  值远低于普通实木复合门, 传热等级达到 10 级。

**关键词:** 实木复合门; LVL; 高密度纤维板; 玻璃纤维棉; 隔声量; 传热系数

中图分类号: S791.223; S781.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0046-03

## Sound and Thermal Insulation Performance of Modified Solid Wood Composite Doors

LU Yao, LI Min-min, WANG Zheng, WANG Ze-qi

(College of Materials Science and Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

**Abstract:** In order to improve sound and thermal characteristics of solid wood composite doors, the authors developed an optimization structural design for the door leaves. The modified wood composite door leaf was made of laminated veneer lumber (LVL) as the frame and with high density fiberboard (HDF) as the face layer of door sheets to replace MDF, and with glass fiber as the filler to replace honeycomb paper. Live sound pressure level measurement and heat flow metering methods were used to measure sound insulation and heat transfer coefficient values, respectively.

The results showed that compared with control composite doors, the sound insulation of the modified door increased by 1.2 times with much lower heat transfer coefficient value, which reached the highest level.

**Key words:** solid wood composite door; LVL; HDF; glass fiber; sound insulation; heat transfer coefficient

门窗是建筑的重要组成部分, 既表现建筑的艺术风格, 也是用于实现建筑通风、采光、保温和安全等必不可少的功能。目前, 国内市场上同时具有较高隔声、保温性能的实木复合门产品甚少, 为此, 笔者选取了市场上一种以意杨单板层积材 (LVL) 为

门扇骨架的实木复合门<sup>[1-2]</sup>, 在门扇原有的外形尺寸、内部结构尺寸和生产工艺不变的基础上, 对其表层和门扇填充材料进行优化升级, 并对改良的实木复合门和普通实木复合门进行隔声量<sup>[3]</sup>、传热系数<sup>[4-6]</sup>的测试与比较, 为开发高品质隔声保温性能的实木复合门产品提供参考。

收稿日期: 2017-09-28; 修改日期: 2018-01-30

基金项目: 2017 年江苏省政策引导类计划 (苏北科技专项) “新型耐火保温意杨实木复合门关键技术研发及产业化” (SZ-SQ2017016); “新型意杨实木拼装门生产中的关键工艺研究与应用” (SZ-LYG2017013)。

作者简介: 卢尧 (1995—), 男, 南京林业大学材料科学与工程学院硕士研究生。

责任作者: 王正, 男, 南京林业大学高级工程师。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

门框: 意杨 (*Populus euramevicana*) LVL 结构材, 外购。板厚 27 mm, 含水率为 11%。

表板: 高密度纤维板(HDF), 外购。板厚 6 mm, 气干密度为 0.9 kg/cm<sup>3</sup>, 含水率为 12%。

贴面: 白橡木 (*Quercus alba*) 装饰薄木, 含水率为 10%, 厚度 0.5 mm, 外购。

填充材料: 1) 玻璃纤维棉<sup>[7]</sup>。规格为 2 438 mm × 584 mm × 92 mm, 导热系数为 0.034 W/m·K, 外购; 2) 蜂窝纸芯。蜂窝宽度 1 250 mm, 蜂窝边长 8 mm, 孔径 15 mm, 外购。

胶黏剂: 聚醋酸乙烯乳液, 固体含量为 22%, pH 值为 4~6, 外购。

油漆: 1) UV 漆, 漆膜厚度 0.6 cm; 2) PU 漆, 漆膜厚度 0.4 cm, 外购。

### 1.2 主要设备仪器

电子开料机、辊压机、三层液压式热压机、MH60H-2 型液压式冷压机; HT-1 型温度热流巡检仪、CRAS 振动及动态信号采集分析系统。

### 1.3 试验设计

改良主要针对实木复合门的门扇, 内部结构同普通木门, 用意杨单板层积材(LVL)作为骨架。其创新点在于, 将普通木门门扇框架中密度纤维板(MDF)表板替换成 HDF, 以提高木门的隔声效果; 再将普通木门门扇内填充的蜂窝纸芯, 更换为玻璃纤维棉, 以提高其木门的保温性能<sup>[8]</sup>。

### 1.4 试验方法

门扇按照 LY/T1923-2010《室内木质门》和 GB/T 29498-2013《木门窗》制作, 工艺流程为: 备料→开料→贴覆薄木→热压→组装→冷压→精锯→贴封边条→开五金孔→油漆→检验→包装。

门套加工的工艺同常规实木复合门门套, 工艺流程为: 备料→开料→贴覆装饰薄木→热压→组装→油漆→检验→包装。

门扇主要工序参数如下:

1) 开料: 对框材和 HDF 表板按常规门扇尺寸锯解加工, 每边预留 10 mm 加工余量。门扇各构件的材料、尺寸和数量见表 1。

2) 薄木压贴: 在 HDF 表面辊涂聚醋酸乙烯乳液, 进料速度 14.5 m/min; 表板粘覆白橡薄木后进行热压。热压压力 1.2 MPa, 温度 90 °C, 时间 5 min。

3) 组坯与冷压: HDF 背面涂布聚醋酸乙烯乳液, 与 LVL 框架组坯后冷压。压力 0.8 MPa、时间 4 h。

表 1 门扇各构件的材料、尺寸和数量

Tab.1 Material, size and number of solid composite door leaf components

部件	材料	材料尺寸/mm	需要数量/块
表板	HDF	2 039×685×12	2
内框	LVL	2 440×70×27	3
门套线条	LVL	2 440×70×18	3
插口条	LVL	2 440×70×5	3

4) 精锯与封边: 对门扇半成品进行裁边精锯, 再进行封边处理。

5) 开孔与油漆工艺: 在门扇部件的相应位置上钻取五金预留孔位; 表面采用三底漆、二面漆的工艺, 即一次 UV 底, 二次 PU 底, 两遍 UV 面漆。

### 1.5 性能测试

1) 隔声量 根据 GB/T 8485-2008《建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法》, 测试隔声量和室内声压级。在测试木门的房间内外两侧各安置 1 只声级计, 离地面高 0.5 m, 距待测木门水平位置 0.5 m, 且在同一条直线上<sup>[9]</sup>, 分别测量待测木门开启和关闭状态时的隔声性能。每种状态下重复测量 3 次; 测试分为上午和晚上两个时段。

2) 传热系数 根据 JGJT 357-2015《围护结构传热系数现场检测技术规程》和 DGJ 32/J23-2006《民用建筑节能工程现场热工性能检测标准》, 采用热箱-热流计法测试, 并依据 GB/T 8484-2008《建筑外门窗保温性能分级及检测方法》, 分别对两种木门的保温性能等级进行评价。

将对照的普通门扇和改良门扇先后安装在室内面积为 3.66 m<sup>2</sup>的房间上。为提高测试准确度, 木门安装选择北墙, 无阳光辐射影响, 房间窗户密闭。

在门内侧表面设置 2 只热流传感器, 距地高度 1.5 m, 每只热流传感器周围设置 2 只温度传感器; 在各门的外侧对应位置, 也设置温度传感器, 同时测试环境温度。当温度传感器温差范围稳定在 10 °C 以内时, 实测各测点温度值, 监测时间不少于 96 h。

## 2 结果与分析

### 2.1 木门隔声量

改良型实木复合门与普通实木复合门隔声量的现场测试结果, 及依据 GB/T 8485-2008 的隔声性能分级, 列于表 2。

表2 实木复合门声压级与隔声量测试结果

Tab.2 Test results for sound pressure level and sound insulation of solid wood composite doors

测试时段	测试次数	改良型木门声级/dB(A)			分级	普通木门声级/dB(A)			分级
		室外	室内	隔声量		室外	室内	隔声量	
白天	1	73.9	47.5	26.4	2级	69.4	59.1	10.3	-
	2	71.9	45.1	26.8	2级	70.8	58.7	12.1	-
	3	68.5	43.9	24.6	1级	65.6	55.8	9.8	-
	平均	71.43	45.5	25.93	2级	68.60	57.87	10.73	-
晚上	1	64.2	39.0	25.2	2级	66.6	54.1	12.5	-
	2	74.1	50.4	23.7	1级	67.2	55.9	11.3	-
	3	64.5	39.8	24.7	1级	64.1	51.4	12.7	-
	平均	67.60	43.07	24.53	1级	65.97	53.80	12.17	-

注: GB/T 8485-2008 隔声等级要求: 2级 25~30 dB(A); 1级 20~25 dB(A)。等级高则隔声性能好。低于1级用“-”表示。

由表2数据可知, 改良型实木复合木门的A计权声级检测结果符合GB/T 8485-2008中2级标准限值规定; 而普通结构实木复合门的隔声性能, 尚未达到标准中1级限值。

对于改良型木门, 在白天环境的A计权声级70 dB左右时, 其隔声量为25.93 dB(A), 夜晚的隔声量则为24.53 dB(A); 而普通门在白天和夜晚的隔声量分别为10.73、12.17 dB(A)。显然, 白天和夜晚中, 改良型木门的隔声量比普通门分别提高了15.2 dB(A)和12.36 dB(A)。

## 2.2 木门传热系数

当传热状态达到平衡时, 改良结构与普通结构的复合门的传热系统测试结果, 列于表3。

表3 实木复合门传热系数测试结果

Tab.3 Heat transfer coefficient for solid wood composite doors

参数	改良型木门	普通木门
内侧温度均值/°C	38.27	36.07
外侧温度均值/°C	25.75	27.83
热流均值/(J/s)	6.78	22.93
热阻/(m <sup>2</sup> ·K/W)	1.847	0.359
传热系数/(m <sup>2</sup> ·K/W)	0.501	1.965
GB/T 8484-2008 传热系数等级及指标限值	10级 (<1.1)	7级 (≥1.6, <2.0)

由表3结果可知, 改良型结构木门的传热系数远小于普通门。依据GB/T 8484-2008, 普通实木复合门的传热等级为7级; 而改良型实木复合门的传热等级达到了最高等级, 为10级。

## 2.3 效益估算

表4数据所示, 普通实木复合门的售价约1000元/套, 毛利润为350元/套; 而改良型实木复合门的售价为1550元/套, 毛利润为800元/套, 比普通实木复合门增加毛利润近1.30倍。

表4 实木复合门成本与利润估算

Tab.4 Cost and profit estimation for modified and control solid wood composite doors

项目/(元/扇)	改良型实木复合门	普通实木复合门
材料费	555	455
工资	130	130
管理费	65	65
售价	1550	1000
毛利润	800	350

## 3 结论

1) 综合白天和夜晚的隔声量实测结果, 改良型实木复合门的隔声量比普通实木复合门提高了1.2倍, 具有较好的隔声效果。

2) 改良型实木复合门的传热系数远低于普通实木复合门, 传热等级提高到最高级10级。

3) 经初步成本核算, 改良型实木复合门比普通实木复合门的毛利润增加1.29倍, 具有推广价值。

## 参考文献:

- 王正, 朱典想, 谢盛豪, 等. 意杨单板层积材地板的涂饰加工与成本分析[J]. 木材工业, 2011, 25(2): 46-46.
- 张勤丽. 我国意杨加工利用概况[J]. 林产工业, 2000, 27(5): 3-6.
- Fredrik Ljunggren, Anders Ågren. 潜在的解决方案, 基于体积轻巧多层建筑木结构改善音质表现[J]. Applied Acoustics, 2010, 72(4): 231-240.
- MADISON, WIS. Sherwood G E, Hans G E. Energy efficiency in light-frame wood construction[R]. Washington: FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1979: 1-58, 31.
- The engineered wood association. Build Energy Efficient Walls[M]. Washington, 2008.
- 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.
- 李敏敏, 王韵璐, 曹瑜, 等. 轻型木结构建筑墙体的吸声性能测试分析[J]. 林产工业, 2017, 44(3): 30-35.
- 袁廷阁. 轻型木结构墙体保温性能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- 陈克安, 曾向阳, 杨有粮. 声学测量[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 133-137.

(责任编辑 向琴)