

木质复合门单板层积材构件的优化设计及应用

付海燕¹, 丁叶蔚¹, 王正¹, 许斌¹, 李迎超²

(1. 南京林业大学材料科学与工程学院, 江苏南京 210037; 2. 灌南银得隆木业有限公司, 江苏连云港 222506)

摘要: 为提高意杨单板层积材 (laminated veneer lumber, LVL) 木质复合门的抗变形性能, 设计了“竖-横-竖”方式组坯的 LVL 构件, 并对构件和木门成品进行性能检测。结果表明: 新型“竖-横-竖” LVL 构件在平行、垂直板面受力时的均匀性更强, 整体力学性能明显优于普通 LVL 构件; 由其制作的木质复合门门扇的水平剪切强度、静曲强度和弹性模量, 分别比普通木质复合门门扇提高 28%、14% 和 11%。

关键词: 木质复合门; 门扇; 构件; LVL; 结构设计; 抗变形

中图分类号: S792.11; TS657

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0054-04

Structural Optimization Design of Laminated Veneer Lumber Components for Making Wood-based Composite Doors

FU Hai-yan¹, DING Ye-wei¹, WANG Zheng¹, XU Bin¹, LI Ying-chao²

(1. Nanjing Forestry University College of Materials Science and Engineering, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Guannan Yindelong Wood Industry Limited Company, Lianyungang 222506, Jiangsu, China)

Abstract: In order to improve deformation resistance of wood-based composite doors made with laminated veneer lumber (LVL), LVL components assambled in vertical-horizontal-vertical directions were designed to replace common LVL components arranged in one direction. Performance of the optimized LVL components and door leaves were tested.

The results showed that the optimized components were more uniform and the overall mechanical performance was significantly better than those made with common LVL components. The door leaves made with the optimized components showed higher horizontal shear strength, modulus of rupture and modulus of elasticity properties than the ones with commonly LVL components.

Key words: wood-based composite door; door leaf; component; LVL; structural design; deformation resistance

木质复合门因装饰性强、材料可综合利用, 成为木质门的主流产品品类^[1-2]。利用 LVL 制作门扇及

门框等构件^[3-4], 具有力学性能优良、稳定性较高的特点, 但在长期使用中, 当环境温湿度变化过大时, 由于木材湿胀干缩特性以及各向异性等原因, 构件内部会产生内应力, 可能导致门扇翘曲、开裂或局部变形。

为进一步提高 LVL 木质复合门的抗变形性能, 参考国外研究结果^[5], 笔者对制作门扇和门框的 LVL 构件进行了结构优化设计, 通过改进 LVL 构件的组

收稿日期: 2018-09-19; 修改日期: 2019-06-08

基金项目: 2017 年江苏省政策引导类计划 (苏北科技专项) “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: 付海燕 (1994—), 女, 硕士研究生。

责任作者: 王正, 男, 高级工程师。Email: wangzheng63258@163.com。

合广东来提高其力学性能，以期增强木门的抗变形能力，提升木质复合门的质量及附加值。

1 材料与方法

1.1 试验材料

- 1) 意杨 (*Populus euramevicana*) LVL: 自制。由 2 mm 厚意杨单板和脲醛树脂胶压制而成, 规格为 2 750 mm×760 mm×45 mm, 密度 542 kg/m³, 含水率 10%, 用于制作门扇和边框构件。
- 2) 胶黏剂: ① 脲醛树脂胶: E₁ 级, 固体含量 50%, pH 值为 7.5~9, 黏度 410 mPa·s, 用于 LVL 胶合制备及构件侧拼; ② 聚醋酸乙烯乳液, 固体含量 22%, pH 值为 4~6, 黏度 2 200 mPa·s, 用于木质复合门部件拼装工序。均外购。
- 3) PVC 膜: 表面包覆用, 厚度 0.1 mm, 外购。

1.2 主要设备

气动截料锯, SP20-8A 型高频拼板机, CG2K 型高频精密组框机, AD35 型热熔胶机, AG-2C10KN 型岛津万能力学试验机。

1.3 试验设计

结构改良的木质复合门, 其外形和组成结构均与普通木质复合门相同, 区别在于门扇中的上、中、下梃和边梃, 以及门框中的边框和上框^[7]等部件, 在原横向 LVL 构件的两侧, 各增加竖向板条以均衡受力, 即将原来的单块 LVL 构件, 改用三块等宽、等厚的 LVL, 按“竖-横-竖”的组合方式, 胶拼为组合构件代替。如图 1 所示。

1.4 木门制作

木质复合门主要由门扇和边框两部分组成。门扇由上中下梃、边梃和芯板组成, 门框由上框和边框组成(图 1)。

优化组合的 LVL 构件, 主要用于门扇中的上中下梃和边梃以及门框制作。

门扇边梃/门框工艺流程:

开料→锯裁纵解→砂光→涂胶→拼接→砂光→铣型→打磨砂光→包覆→榫头加工→砂光→开五金孔槽→门边梃。

主要工序如下:

- 1) 开料: 先按门扇和边框部件设计尺寸进行锯裁(留 10 mm 公差余量, 表 1), 再进行定厚砂光。

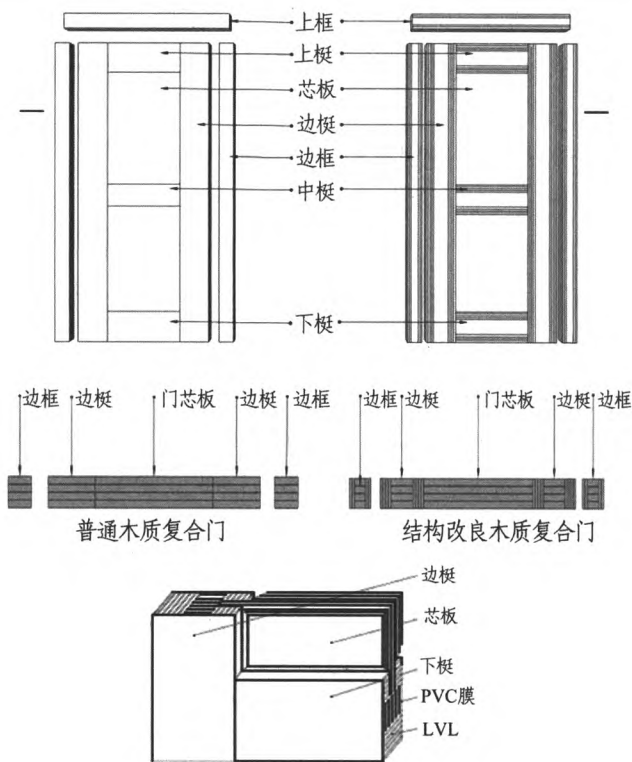


图 1 LVL 木质复合门的结构
Fig.1 Structure of wood-based composite doors made with LVL

表 1 LVL 构件的锯裁尺寸
Tab.1 Sawn cutting dimensions for LVL components

部件名称	部件尺寸/mm	数量
芯板 1	644×570×40	1
芯板 2	959×570×40	1
门边梃/上中下梃	2 000×125×40	5
边框	2 060×60×45	2
上框	920×60×45	1

- 2) 拼接: 将 LVL 板材纵解锯裁成板条, 双面辊涂胶(涂胶量 250~300 g/m²), 陈放约 30 min。LVL 板条按“竖-横-竖”方式排列组坯并侧拼。拼装后的构件如图 2 所示。



图 2 “竖-横-竖”优化结构 LVL 构件
Fig.2 LVL components assembled in vertical-horizontal-vertical directions

- 3) 铣型: 对优化组合构件四面刨光并铣型。
- 4) 包覆: 使用热熔胶机对优化组合构件进行 PVC 包覆处理。
- 5) 组装: 使用高频精密组框机组装。

1.5 性能检测

对普通 LVL (对照) 和优化组合的 LVL 构件, 以及两种构件制作的木门门扇, 进行力学性能测试^[6] 与分析。

1.5.1 LVL 构件力学性能

根据 GB/T 20241-2006 《单板层积材》^[8], 检测 LVL 构件的水平剪切强度 HSS、静曲强度 MOE 和弹性模量 MOE。根据标准要求, 制备普通 LVL 试件和优化组合构件的试件各 4 根, 2 根用于加载方向垂直于中心胶层的检测, 另 2 根用于加载方向平行于中心胶层的检测。试件结构尺寸模型如图 3 所示。

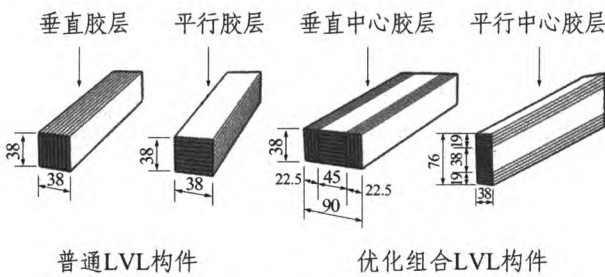


图 3 LVL 构件力学性能检测试件结构尺寸

Fig.3 Structure and dimensions of LVL specimens for mechanical properties testing

1.5.2 木门门扇的力学和理化性能

依据 GB/T 20241-2006, 检测门扇的 HSS、MOR 和 MOE。依据 LY/T 1923-2010 《室内木质门》, 检测门扇整体抗冲击性、含水率、浸渍剥离和甲醛释放量。其中, 甲醛释放量采用干燥器法; 门扇整体抗冲击强度采用沙袋撞击试验。

2 结果与分析

2.1 LVL 构件的力学性能

两种 LVL 构件力学性能的检测 results, 列于表 2。由表 2 结果可知, 与普通 LVL 构件相比, 优化组合构件虽然在平行于中心胶层方向的承载力略有下降 (HSS 下降 9.4%、MOR 下降 5.0%、MOE 下降 4.0%), 但垂直胶层方向的承载力均有提高 (HSS 提高 11.7%、MOR 提高 5.6%、MOE 提高 4.4%), 满足

表 2 LVL 构件的力学性能检测结果
Tab.2 Mechanical properties of LVL components

试件类型	加载方向	HSS		MOR		MOE	
		检测值	平均值	检测值	平均值	检测值	平均值
普通 LVL	垂直胶层	6.60	7.05	70.1	70.8	10 158	10 197
		7.50		71.5		10 236	
	平行胶层	9.60	8.70	79.7	78.7	11 049	11 102
		7.80		77.6		11 163	
优化组合构件	垂直中心胶层	7.74	7.88	73.8	74.7	10 657	10 649
		8.01		75.6		10 641	
	平行中心胶层	7.85	7.88	75.2	74.8	10 679	10 658
		7.95		74.3		10 637	
GB/T 20241-2006 限值		≥6.5		≥29.5		≥9 000	

标准要求, 且在两个受力方向的力学强度值趋于相同或接近, 整体力学强度优于普通构件。

2.2 门扇的力学和理化性能

优化组合结构 LVL 木质复合门门扇与常规结构 LVL 木质复合门门扇的性能检测结果, 列于表 3。

表 3 木门性能检测结果
Tab.3 Test results of wood door leaves performance

项目	优化结构门扇	常规结构门扇	标准规定值
含水率/%	9.1~9.5	9.3~10.1	6~14
浸渍剥离/mm	每边剥离长度均为 0	每边剥离长度均为 0	每层不超过该层边长的 1/4
甲醛含量/(mg/L)	0.4	0.4	$E_1 \leq 1.5$
尺寸允许误差	0	-1	-1~0
门扇整体抗冲击强度	结构完整, 无变形、开裂	结构完整, 无变形、开裂	保证结构完整, 无变形、开裂
HSS/MPa	7.8~9.6	6.6~7.5	≥6.5
MOR/MPa	69.7	61.2	≥29.5
MOE/GPa	12.3	11.1	≥9

由表 3 可知, 两种复合门门扇的各项能均满足相关标准要求, 但优化结构木门门扇的 HSS、MOR 和 MOE, 分别高于普通木结构复合门 28%、14%和 11%, 整体性能更优。

2.3 效益估算

对普通木质复合门和优化结构复合木门的成本和毛利润进行估算, 列于表 4。

优化结构木门的成本增加了 33%, 其中材料费增加了 34%、人工工资增加了 33%、管理费增加了 25%, 但木门零售价提高了 92%, 毛利润相对提高 225%。

表4 木门成本与利润估算

Tab.4 Cost and profit estimation for wooden doors

项目/(元/扇)	普通木质复合门	新型木质复合门
材料费	670	900
工资	150	200
管理费	80	100
售价	1300	2500
毛利润	400	1300

3 结论

1) “竖-横-竖”组合的优化 LVL 构件比普通 LVL 构件的整体力学性能一性明显改善。

2) 优化 LVL 构件制作的门扇,理化性能达到 GB/T 20241-2006 和 LY/T 1923-290 的要求, HSS、MOR 和 MOE 等指标值均高于普通 LVL 门扇。

3) 经初步估算,优化结构木质复合门成品的毛利润比普通木质复合门提高约 2 倍。

参考文献:

[1] 吕斌,付跃进,张玉萍.我国木质门行业的发展现状与趋势[J].木材

工业, 2008, 22(5): 17-20.

LU B. FU Y J. ZHANG Y P. Status and Development Trends of Wooden Door Industry in China[J]. China Wood Industry, 2008, 22(5): 17-20.

[2] 许方荣. 我国木质门产业现状与发展趋势[J]. 林产工业, 2011, 38(2): 9-12.

XU F R. Status and Development Trend of Wooden Door Industry in China[J]. China Forest Product Industry, 2011, 38(2): 9-12.

[3] 卢尧, 李敏敏, 王正, 等. 改良型实木门的隔声与保温性能[J]. 木材工业, 2018, 32(3): 46-48.

LU Y, LI MM, WANG Z. WANG Z Q. Sound and thermal insulation performance of modified solid wood composite doors[J]. China Wood Industry, 2018, 32(3): 46-48.

[4] Fulford M. Wooden door assembly and door jamb assembly having an insulative foam core: US, US 5218807 A[P], 1993.

[5] Hirofumi Ido, Hirofumi Nagao, Hideo Kato, Atsushi Miyatake, Yasushi Hiramatsu. Strength properties of laminated veneer lumber in compression perpendicular to its grain[J]. J Wood SCI, 2010, 56: 422-428.

[6] 陈怡, 孙柏玲. 木质复合门行业标准中质量评价指标分析[J]. 木材工业, 2013, 27(5): 38-41.

CHEN Y, SUN B L. Analyses on quality evaluation indexes for solid wood composite door[J]. China Wood Industry, 2013, 27(5): 38-41.

[7] LY/T 1923-2010, 室内木质门[S].

[8] GB/T 20241-2006, 单板层积材[S].

(责任编辑 向琴、姜征)

行业资讯

SCM 和 GIARDINA 新产品亮相 LIGNA 2019

在木材和家具加工行业具有国际领先地位的意大利 SCM 集团,在 2019 年 LIGNA 展会上大获成功。SCM 集团在 13 和 16 号展厅均设有展位,参观者对其展示的 60 多项技术解决方案都兴趣十足。

在 13 号厅展示 SCM 集团的“人工智能工厂”,具有自动化、模块化、柔性化和易于灵活配置等特点,辅助机器人和操作人员协同工作,安全生产,可以更快、更高效地满足大规模定制生产的要求,同时为客户提供“一体化”的解决方案;中央系统控制模块,监控每件产品的状态,智能地管理相关数据,实现高效生产。

16 号厅展示了 SCM 集团的“表面技术解决方案”,从砂光、精加工到表面喷涂、表面压贴,提供全方位的服务和解决方案,来满足客户对最终产品的要求。

SCM 集团不仅是一个供应商,更是一个合作伙伴,随时为客户提供全方位的解决方案及优质服务。

意大利 GIARDINA 集团致力于辊筒、喷涂等表面喷涂加工处理、紫外或微波干燥系统自动化生产线的设计、开发和制造,在涂装机械和系统设计领域,处于世界领先地位。

在 LIGNA 展会上,GIARDINA 集团主要展示了准分子光学喷涂技术。该技术不仅可以实现二维喷涂,还可以实现三维喷涂;漆膜具有优异的附着力、硬度和耐磨性能,另外,还可以获得“超亚光”的表面效果。准分子光学喷涂既可以用于家具、地板等材料的表面喷涂,还可以用于塑料、复合材料、金属和玻璃等材料的表面喷涂处理。

另外,GIARDINA 集团开发的平面涂布、异形板面涂布、线条涂布、压力喷漆房等设备,可用于多种材料的表面喷涂加工和处理,提供全方位的解决方案。

孟凡丹