

研究与分析

汽车车厢底板用竹木复合板的研制

朱 一 辛 蒋 身 学

(南京林业大学竹材工程研究中心 南京 210037)

摘要 采用马尾松作芯板、竹片作表板、酚醛树脂作胶粘剂,制造汽车车厢底板用竹木复合板。在确定的涂胶量、热压温度、热压时间条件下,研究了不同的热压压力与竹木复合板性能的关系,得出了适宜的热压工艺条件。研究表明,竹木复合板的物理力学性能达到林业行业标准 LY 1055-91规定的指标值,为充分、合理、经济、有效地利用竹木资源提供了依据。

关键词 竹木复合板; 竹材胶合板; 马尾松; 竹片

汽车制造业所采用的车厢底板,要求强度高、自重轻、耐冲击、耐磨损、使用寿命长、外形美观、成本低廉、装配方便。竹材具有强度高、韧性好、耐磨损的特点,其良好的物理力学性能是绝大多数木材所不可比拟的。以竹材“软化—展开”为核心工艺制成的竹材胶合板是一种强度高、韧性好、强重比很高的工程结构材料,是代替木材、塑料和薄钢板用于制造汽车车厢底板的理想材料^[1],自八十年代末以来,一直使用至今。随着竹材工业化利用的广泛开展,使毛竹大幅度增值,致使竹材胶合板制造成本也随之大幅度上升,竹材胶合板的生产和使用面临着严峻的考验。为充分合理利用竹材的优良性能,增加工业效益,研究采用以价格较毛竹低廉且资源丰富的马尾松材代替部分竹材生产竹木复合板,应用于汽车车厢底板,以达到功能不变而成本下降的目的,这对促进竹木资源的合理、经济、高效利用,促进汽车部件的改良,具有一定的现实意义。

1 设计构想

考虑到竹材胶合板已在汽车车厢底板上得到了成功而又广泛的应用和认同,以及汽车车厢底板的荷载、使用条件都没有改变,故确定竹木复合板外观、形状与竹材胶合板相

同,遵循胶合板的对称结构原则,表板依旧为“软化—展开”的竹片组成,用较厚的马尾松板条代替部分竹片作芯板。表层竹片纹理与芯层马尾松板条纹理垂直,仍以酚醛树脂作胶粘剂。这种结构实际上是由两种材料组成的复合结构,根据应力分析,在静弯曲的作用下,表板是主要受力部分,芯板起着连接和支撑表板的作用,使整板具有一定的厚度和惯性矩。采用高强度的竹片组成表板,强度低一些的马尾松板条为芯板,在结构上是合理的,而且不致于造成强度功能上的浪费。由于马尾松木材的密度小于竹材,价格又低于竹材,故可望在同样的承载条件下,减轻板子的自重,降低板子的成本。

采用这种竹木复合结构制成的板子,较竹材胶合板单位产品成本降低的百分率可用公式(1)表示:

$$I = EC \left[1 - \frac{(1 - K_1) S_1}{K_2 S_2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

式中: I —单位产品成本降低百分率(%)

E —马尾松替代率, $E = 30\% \sim 45\%$;

C —主要原材料占总成本比率(%);

K_1 —马尾松压缩损耗, $K_1 = 20\%$;

S_1 —马尾松锯材单价(元/ m^3);

S_2 —毛竹单价(元/t);

K_2 —毛竹单位转换系数, $K_2 = 5.72$

根据某竹材胶合板厂对竹材胶合板的制造成本分析,主要原材料毛竹的单位产品成

本占制造成本的 70.30%,当地马尾松锯材每 1 m³ 的市场价与每吨毛竹的市场价之比为 1.86,代入公式 (1),则生产 1 m³ 的竹木复合板比竹胶合板可降低成本 12.86%~19.29%。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2.1.1 竹片 安徽广德县广宁竹材胶合板联营公司生产,自然宽度,公称厚度 4.5 mm

2.1.2 马尾松 安徽广德县杨滩产,小径级马尾松板材,自然宽度,公称厚度 8 mm

2.1.3 胶粘剂 安徽广德县广宁竹材胶合板联营公司生产的 5# 水溶性酚醛树脂胶,pH 值 10~12,固体含量 50±2%,粘度 75s (涂-4 杯)

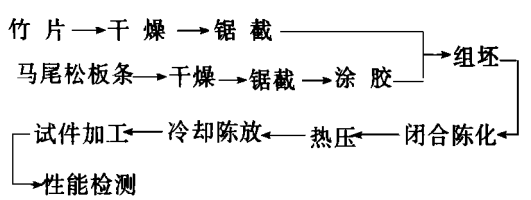
2.2 主要试验设备

2.2.1 试验压机 型号 QLB-D400×400×2,总压力 0.5 MN,压板幅面 400 mm×400 mm

2.2.2 液压式木材万能试验机 型号 MWE-40A 最大施加力 40 kN

2.3 制板过程

制板及检测过程如下:



2.4 试验方法

2.4.1 材料准备 竹片和马尾松板条首先在烘箱内干燥至含水率 6%~8%,然后分别锯截齐边,长度均为 350 mm,宽度为自然宽度,竹片厚度 4.5^{0.2} mm,马尾松板条厚度 8±0.2 mm

2.4.2 涂胶 以毛刷手工在马尾松板条上双面涂胶,涂胶量 400 g/m²

2.4.3 组坯 板坯幅面 350 mm×350 mm,板坯厚度 17 mm,组坯顺序: 4.5 mm 背板竹

片(竹青面朝下)→8 mm 马尾松芯板→4.5 mm 面板竹片(竹青面朝上) 组坯后陈化 30 min

2.4.4 热压 根据竹材胶合板热压工艺^[2]及马尾松胶合板热压工艺^[3]安排两批热压试验.确定热压压力作为变量因子,第一批取三水平,第二批取二水平.热压温度、热压时间为常量因子,试验方案见表 1

表 1 热压试验方案

试验号	1	2	3	4	5
热压压力 (MPa)	1.25	1.75	2.25	2.50	3.50
热压温度 (℃)	140	140	140	140	140
热压时间 (min)	按板坯厚度 1.1 min/mm 计算,取 19 min				

2.4.5 性能检测 热压后的复合板经冷却陈放 24 h 后,依据 LY 1055-91 测试胶合强度 (IB)、静曲强度 (MOR),并利用测试 MOR 的试件参照 ZB B 70006-80 测试了弹性模量 (MOE),此外,对密度 (d) 也作了测试

3 结果与分析

试验结果见表 2,采用方差分析进行显著性检验,其结果见表 3.从表 2 表 3 显示:板子密度、弹性模量和静曲强度随压力的增加呈上升趋势,其中,密度和弹性模量特别显著,静曲强度显著.压力对胶合强度的作用不显著,且变异系数较大.观察胶合强度试件的破坏情况,均为马尾松材被剪切破坏,木破坏率达 90% 以上,说明热压压力在 1.25~3.50 MPa 的范围内,胶合是成功的,胶合强度的

表 2 试验结果统计

试验号	ρ (g/cm ³)	IB (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
1	0.56 (3.7)	2.7 (16.6)	98.4 (5.5)	7 908.4 (8.9)
2	0.66 (0.9)	3.0 (7.8)	110.2 (6.7)	9 116.3 (4.0)
3	0.64 (2.4)	2.8 (19.9)	103.6 (6.6)	8 665.9 (11.5)
4	0.65 (11.6)	3.2 (17.8)	110.8 (13.9)	9 505.0 (11.8)
5	0.72 (2.1)	3.2 (14.8)	124.0 (14.1)	10 461.4 (6.6)

注: 1. 括号内数据为变异系数%;
2. IB 为沸水煮 3 h 的测定值乘以系数 0.9

表 3 方差分析表

性能	方差来源	平方和SS	自由度f	均方MS	均方比F	显著性
ρ	因素A	4.02×10^{-2}	4	1.01×10^{-2}	7.89	**
	误差e	1.28×10^{-2}	10	1.28×10^{-3}		
	总和	5.33×10^{-2}	14			
IB	因素A	1.87	4	0.47	2.04	
	误差e	9.23	40	0.23		
	总和	11.10	44			
MOR	因素A	2 057.64	4	514.41	3.49	*
	误差e	3 238.15	22	147.19		
	总和	5 295.79	26			
MOE	因素A	1.99×10^7	4	4.98×10^6	7.21	**
	误差e	1.52×10^7	22	6.91×10^5		
	总和	3.51×10^7	26			

注: $F_{0.05}(4, 10) = 3.48$; $F_{0.05}(4, 40) = 2.61$;
 $F_{0.05}(4, 22) = 2.82$
 $F_{0.01}(4, 10) = 5.99$; $F_{0.01}(4, 40) = 3.83$;
 $F_{0.01}(4, 22) = 4.31$

测定值只反映了酚醛树脂胶与马尾松材之间的胶接破坏,这是由于马尾松木材本身抗剪切强度小于竹材,一般说来,胶接结构的破坏是从组成该结构的薄弱部分开始的^[4]。又由于马尾松板材有弦切板与径切板之分,而不同的切面其抗剪性能也有差异,故胶合强度的变异系数也较大。

4 样品试制

按汽车车厢底板的要求,板子制成后,需在表面涂布酚醛树脂,再送第二台热压机压网纹,压网纹时,板子需承受 1.8~ 2.0 MPa 的压力。考虑到上述生产实际,根据实验室试验结果,样品试制拟定了两套方案,方案 I: 热压压力取 2.0 MPa; 方案 II: 热压压力取 3.5 MPa,其余工艺条件与实验室试验条件相同。样品试制在安徽省广德县广宁竹材胶合板联营公司完成。

为全面比较两种压力条件下的板子性能,增加了含水率、冲击韧性、吸水厚度膨胀率、压缩率等项目的测定,结果见表 4。

从表 4 可知: I、II 号板性能均满足 LY 1055- 91 标准指标的要求。但两者相比, I 号板的密度、压缩率、吸水厚度膨胀率均小于 II 号板。密度小,吸水厚度膨胀率低,有利于使用; 压缩率小,可降低原材料的消耗。

表 4 样品板性能检测结果

项目	标准规定值	I	II
密度 (g/cm ³)		0.65(0.71) 4.8	0.76(0.80) 10.2
含水率 (%)	≤ 10	6.1 19.2	9.1 6.4
静曲强度 (MPa)			
板厚 > 15mm	≥ 90	92.2(59.4) 11.8	116.2(88.8) 23.7
板厚 < 15mm	≥ 98		
弹性模量 (MPa)		8562.9(7038.7) 12.6	8768.1(6698.8) 13.9
胶合强度 (MPa)	≥ 2.5	2.5 23.0	2.5 31.7
冲击韧性 (MPa)		102.9 16.6	82.6 34.4
吸水厚度膨胀率 (%)		4.0 32.2	14.2 32.2
厚度 (mm)		17.9 1.2	14.6 6.1
压缩率 (%)		8.2 1.2	17.4 6.1
芯板压缩率 (%)		18.8 1.2	35.5 6.1

注: 1. 表中数据第一行为试验测定的平均值,括号内数据为校正含水率至 15% 的数据; 第二行数据为变异系数%;
2. 胶合强度为试件在沸水中煮 3 h 后的测定值乘以系数 0.9;
3. 吸水厚度膨胀率为在 20℃ 水中浸泡 24 h 测定;
4. 标准规定值指 LY 1055- 91 指标值。

将弹性模量、静曲强度、密度的测定值都调整到相同含水率 (15%) 时的数据,其弹性模量、胶合强度、冲击韧性与密度的比值, I 号板大于 II 号板; 静曲强度与密度的比值, I 号板小于 II 号板。据研究报道,竹材复合板随板子厚度减小,静曲强度指标值明显提高^[5]。I 号板实际板厚 17.9 mm,如果确定汽车车厢底板厚度为 15 mm,根据压缩率调整板坯厚度,在方案 I 的条件下,提高静曲强度值是可能的。综合比较, I 号板性能优于 II 号板。

据试验观察,在规定的热压时间内,由于马尾松材质较软,板坯的压缩主要产生于芯板上,竹片压缩甚小。

5 结论

5.1 以“软化—展开”的竹片为表板,马尾松为芯板制成的竹木复合板用作汽车车厢底板是可行的,试验证实,其物理力学性能达到

LY 1055- 91标准的规定指标值。

5.2 竹木复合板的结构功能合理,有显著的经济效益,可替代竹材胶合板用作汽车车厢底板。现有竹材胶合板厂无需设备改造,即可投产。

5.3 采用热压温度 140℃,热压时间 1.1 min/mm 板坯厚,热压压力 1.8~ 2.0 MPa 的工艺条件是适宜的,即能满足技术标准要求,在经济上也合理,使用功能也有所提高。

5.4 竹材与木材胶合,其胶合性能的评价,应考虑到木材与竹材自身抗剪性能的差异。

5.5 组坯厚度的确定,应以木材(材质较软的材料)的压缩率为主要依据,建议探索热压

时使用厚度规的可能性。

谢词 研制工作得到安徽省广德县广宁竹材胶合板联营公司、南京汽车制造厂的支持;张齐生教授给予指导,孙丰文、许斌、张晓东给予帮助,一并致谢。

6 参考文献

- 1 张齐生. 竹材胶合板的研究,III. 竹材胶合板的物理和机械性能. 南京林业大学学报,1989,13(2): 16
- 2 张齐生. 竹材胶合板的研究,II. 竹材胶合板的热压工艺. 南京林业大学学报,1989,13(1): 33~ 34
- 3 中国林业科学研究院木材工业研究所编著. 人造板生产手册(下). 中国林业出版社,1981
- 4 李兰亭主编. 胶粘剂与涂料. 中国林业出版社,1992
- 5 孙丰文等. 影响竹材复合板机械性能的主要因子. 南京林业大学学报,1995,19(1): 61~ 63

Studies on Bamboo-lumber Composite Board Used as Truck Platform Floor

Zhu Yixin

Jiang Shenxue

(Bamboo Engineering Research Centre, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract A composite board made from flattened bamboo as face layer and pine lumber as core layer with PF resin adhesive was developed. The properties of the board which was manufactured under different pressures, same temperature, same hot-pressing time and same adhesive spreading were studied, resulting in proper hot-pressing conditions. The results of the experiment indicated that physical and mechanical properties of the board were able to reach LY 1055- 91 standard requirement. The board proved to be a kind of acceptable products which can make better use of resources of bamboo and Masson pine (*Pinus massoniana*) reasonably, comprehensively and economically.

Keywords Bamboo-lumber composite board; Bamboo plywood; Masson pine; Flattened bamboo