

竹木复合定向刨花板强度性能研究

王思群 华毓坤 董士琴

(南京林业大学)

摘要 本文论述了竹材、意大利杨复合定向刨花板的强度性能,就胶种、刨花厚度、竹材所占比率、板密度、板坯结构、施胶量等诸因子对板材强度性能的影响进行了探讨。结果表明:(1)胶种对竹木复合定向刨花板的强度影响不大;(2)降低刨花厚度或提高板密度均可使板材强度提高;(3)单层结构的复合定向刨花板强度最高;(4)提高板材中竹材的比率可使板子强度明显改善,但竹材比率过高时,板材强重比反而下降,呈开口向下的抛物线型变化;(5)酚醛树脂定向刨花板的强度随原料酸性增大而降低。

关键词 竹;意大利杨;定向刨花板;强度

由于木材资源日益缺乏,使人造板工业原料的使用范围逐渐扩大,非木材原料的利用也愈来愈受到人们的重视。竹材是我国的重要资源之一。为了缓和木材紧缺局势,用竹材制造定向刨花板是一个有前途的利用途径。竹材密度一般高于 $0.75\text{g}/\text{cm}^3$,制出的竹定向刨花板密度偏大;而低密度($0.35\text{g}/\text{cm}^3$)的杨木已成功地应用于制造定向刨花板^[1],但由于其压缩比较大,故出材率低。本研究试图用竹材、意大利杨木制造复合定

向刨花板,以期降低成品板的密度、提高产品的强重比。

一、试验方法

1. 试验材料

本试验用竹材为毛竹竹梢;意大利杨为胶合板旋切木芯,胶粘剂为我校人造板教研组研制的酚醛树脂胶,以及外购的脲醛树脂胶。

2. 试验设计

本文于1991年3月4日收到。

宁文同志参加本项研究工作。

cal variables concerned, such as temperature and time of hot-pressing, water/cement ratio, cement/wood ratio, additive and board density, a series of multivariables regression equations were built up. In addition, some factory such as particle geometries were also discussed. The results showed that the hot-pressing temperature and particle geometries have a great effect on the properties of board, as compared to cold pressing, the hot-pressing process can make the hydration of cement faster, the initial strength of board higher and the curing time of board shorter. It is summed up that the hot-pressing method can simplify the wood-cement particleboard manufacturing process without any loss in physical and mechanical properties of the board.

Keywords Hot-pressing; Wood-cement particleboard

(1) 试验 I——胶种、刨花厚度、竹材所占比率、板密度及板坯结构对板材强度的影响

该部分试验对五个工艺因子进行分析, 所选五个独立变量及其水平如下:

胶种 X_1 : 脲醛胶, 酚醛胶;

刨花厚度 X_2 (mm): 0.3, 0.5, 0.7;

竹材所占比率 X_3 (%): 0, 25, 50, 75, 100;

板密度 X_4 (g/cm³): 0.48, 0.6, 0.75, 0.9, 1.0;

板坯结构 X_5 : 单层结构(混合), 三层结构(①表层为定向竹刨花、芯层为非定向木刨花; ②表层为纵向定向竹刨花、芯层为横向定向木刨花)。

采用三个正交表安排试验, 共28次, 重复3次, 试验板数: 84块。

(2) 试验 II——施胶量、竹材所占比率、压缩比对板材强度的影响

试验对3个工艺因子进行分析, 所选取三个独立变量及其水平如下:

施胶量 X_6 (%): 5, 7, 9;

竹材所占比率 X_7 (%): 0, 25, 50, 75, 100;

压缩比(理论值) X_8 : 1.05~2.0。

试验次数18次, 重复3次, 共压板54块。其中三层结构(芯层木刨花不定向)的定向刨花板3块, 其余均为单层结构定向刨花板。

3. 试验过程

试验用刨花由环式长材刨片机加工。毛竹直接加工成长50mm的竹刨花, 意杨木芯先剖成20mm厚的板材, 再经刨片机加工成长50mm、宽度20mm的木刨花; 铺装设备为插板式定向铺装实验机。

试验 I 的主要工艺参数:

定向刨花板幅面: 32.5×35cm;

板厚: 10mm;

施胶量: 脲醛胶 8%, 酚醛胶 6%;

固化剂: 脲醛树脂中加入1%的氯化铵

防水剂: 1%的熔融石蜡;

热压温度: 150℃(脲醛胶),

180℃(酚醛胶);

热压压力: 3.5N/mm²;

热压时间: 9 min;

刨花含水率: 4~6%。

试验 II 的主要工艺参数:

胶种: 酚醛树脂胶;

刨花厚度: 0.5mm;

板坯结构: 单层定向刨花板;

其余同试验 I。

测试项目均按刨花板国家标准 GB 4896~4905—85 进行。

二、试验结果与讨论

试验结果采用多元线性逐步回归法, 运算均在计算机上完成。

1. 平面抗拉强度 I_B

试验 I 获得的回归方程如下:

$$\hat{Y}_{IB} = 0.5496 - 0.5483x_1 + 0.1294x_1^2 - 0.034x_2^2 + 0.5647x_1x_5 - 6.8085 \times 10^{-3}x_2x_4 + 1.5363 \times 10^{-3}x_3x_4 + 6.2658 \times 10^{-3}x_4x_5 (N/mm^2) \dots\dots (1-1)$$

式中 x_1 取值为1和2, 分别代表脲醛胶和酚醛胶; x_5 取值为1、2和3, 分别代表单层结构、芯层不定向的三层结构和芯层横向定向的三层结构, 以下同。

从回归方程可知, 酚醛胶定向刨花板的平面抗拉强度略高于脲醛胶板; 使用薄型刨花有利于胶合; 随板密度增大, 平面抗拉强度直线增大; 当板密度一定时, 随着竹材比率的增大, 刨花总表面积减少, 相同施胶量下, 刨花表面得胶量相对增多, 也可使板子平面抗拉强度增强; 板子结构对平面抗拉强度的影响表现为: 三层结构优于单层结构, 尤其以芯层横向定向者为佳, 原因在于芯层木刨花定向后, 刨花接触更加紧密。

试验 II 的回归方程为:

$$\hat{Y}_{1B} = -0.183771 + 0.052169x_6x_8 + 3.08267 \times 10^{-3}x_7x_8 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

从回归方程可明显得出,随着施胶量的增大、竹材所占比率的提高或压缩比的增大,板子平面抗拉强度均呈线性增大。

2. 静曲强度MOR

试验 I 的回归方程:

$$\hat{Y}_{\text{MOR} //} = 30.0267 - 1.0259x_1 + 0.1077x_1x_4 - 4.9283x_2x_5 - 0.2456x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOR} \perp} = 9.9512 - 0.6423x_1 + 14.4954x_5 - 4.0461x_5^2 - 5.0527x_1x_2 + 0.05498x_1x_4 - 0.1457x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

综合两个回归方程可知:脲醛胶定向刨花板的静曲强度略高于酚醛胶板,说明使用酚醛胶可以改善板材的耐水性质,但强度并不一定比脲醛胶板好;板子静曲强度与刨花厚度呈反比关系;单层结构板强于三层结构板,其原因在于单层结构定向刨花板中木、竹刨花为混合铺装,由于杨木刨花的易压缩性,在同样密度下刨花之间相互接触良好。

由方程还看到反常现象,即随密度升高静曲强度有所下降;另外,竹材所占比率的影响不显著。原因可能是当竹材比率较大时,由于混合原料密度增大而使压缩比减小,因此,即使板子密度增加,但板子强度却不随其增加而升高,甚至降低。这两个因素还有待于进一步的研究。试验 II 中用压缩比反映板子密度高低也是基于这种考虑。

试验 II 的回归方程如下:

$$\hat{Y}_{\text{MOR} //} = -33.2184 + 37.7108x_8 + 0.2408x_7x_8 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOR} \perp} = -10.2403 + 0.1876x_7 + 11.0942x_8^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

由此得出结论:随竹材所占比率和压缩

比的提高,板子静曲强度均显著增高。

3. 弹性模量MOE

试验 I 的回归方程为:

$$\hat{Y}_{\text{MOE} //} = 4054.1660 - 1.0170x_1 - 673.9924x_1x_2 - 241.3625x_1x_5 + 43.8017x_2x_4 - 34.0493x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOE} \perp} = 1413.1619 - 0.6928x_1 + 2073.3204x_4 - 20.5339x_4^2 - 76.2771x_5^2 - 7.3655x_1x_3 - 24.5490x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

综合两个回归方程可知,脲醛胶定向刨花板的弹性模量稍高于酚醛胶板。结合前面的结果,脲醛胶定向刨花板的静曲强度、弹性模量稍高于酚醛胶板,而平面抗拉强度却低于酚醛胶板,但差别甚小。因此,可认为在脲醛胶施胶量 8%、酚醛胶施胶量 6% 的情况下,胶种对板子强度影响不显著。

板子弹性模量与刨花厚度呈反比关系。板子横向的弹性模量随板密度增大而显著提高,而纵向弹性模量几乎不变化。板子结构仍是以单层结构为宜。

试验 II 的回归方程如下:

$$\hat{Y}_{\text{MOE} //} = 1960.01 + 668.287x_8^2 + 14.5518x_7x_8 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOE} \perp} = 1135.15 + 116.120x_8x_9 + 6.82387x_7x_8 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

从回归方程得出结论:随竹材所占比率和压缩比提高,板子弹性模量明显提高。

4. 强重比

密度偏大是刨花板应用的主要问题之一,尤其以高密度材料(如竹材)制造的刨花板为甚。目前对人造板强重比并无统一定义,本文以平行方向静曲强度与板密度之比($\text{MOR}_{//r}$)为静曲强度强重比,以平行方向弹性模量与板密度之比为弹性模量强重比($\text{MOE}_{//r}$)。

试验 I 结果:

$$\hat{Y}_{\text{MOE} //r} = 7065.9884 + 105.4192x_3$$

$$-3863.6599x_5 - 927.8113x_1^2 - 0.6786x_3^2 + 389.0607x_5^2 + 1038.3681x_1x_5 - 39.9604x_3x_4 - 38.1018x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2/\text{g/cm}^3)$$

$$\dots\dots\dots (4-1)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOR} // r} = 20.9102 - 0.5054x_1 + 10.5926x_4 - 0.1033x_4^2 - 0.3121x_4x_5 \quad (\text{N/mm}^2/\text{g/cm}^3)$$

$$\dots\dots\dots (4-2)$$

式中 x_4 为板子的实际压缩比。

脲醛胶板静曲强度、弹性模量强重比均大于酚醛胶板；刨花厚度对强重比无显著影响。竹材所占比率对弹性模量强重比的影响见图1。无论脲醛胶板，还是酚醛胶板，在竹材所占比率为45%左右时，弹性模量强重比达到最大值。竹材所占比率对静曲强度强重比无显著影响。

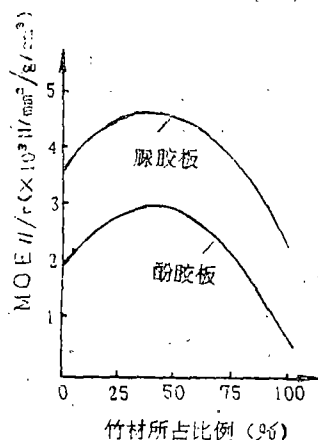


图1 竹材所占比率对单层定向刨花板弹性模量强重比的影响 (压缩比为1.3)

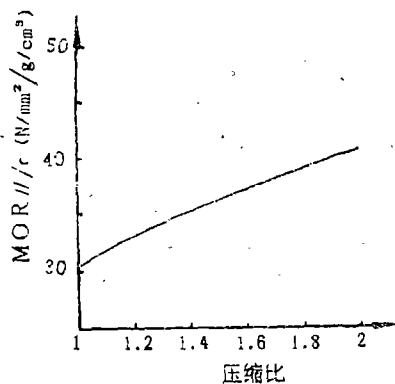


图2 压缩比对单层定向刨花板强重比的影响

弹性模量强重比随压缩比增大而降低，而静曲强度强重比几乎呈线性上升，如图2所示。

单层定向结构有利于提高板子强重比。试验Ⅱ的结果如下：

$$\hat{Y}_{\text{MOR} // r} = 13.7583 + 23.8686x_8 \quad (\text{N/mm}^2/\text{g/cm}^3)$$

$$\dots\dots\dots (4-3)$$

$$\hat{Y}_{\text{MOE} // r} = 6546.1836 - 14.3200x_7x_8 \quad (\text{N/mm}^2/\text{g/cm}^2)$$

$$\dots\dots\dots (4-4)$$

结果表明：静曲强度强重比与压缩比呈正比，而弹性模量强重比与竹材所占比率、压缩比呈反比关系。施胶量对强重比影响不显著。表中三种定向刨花板的数据取自试验Ⅱ。三种定向刨花板的强重比远高于普通竹材碎料板。在竹材刨花中加入木刨花可明显改善板子的静曲强度强重比和弹性模量强重比。

几种刨花板的强重比

强重比*	杨 木 OSB	竹木OSB (竹、杨木 各占一半)	竹 材 OSB	竹材碎 料板(2)
MOR // r	70.6	60.0	49.1	29.9
MOE // r	6890.9	6340.9	5256.5	3180.6

*单位: $\text{N/mm}^2/\text{g/cm}^3$ 。

5. 原料酸性对板强度的影响

原料pH值对酚醛胶定向刨花板强度的影响如图3所示。板子静曲强度、弹性模量与

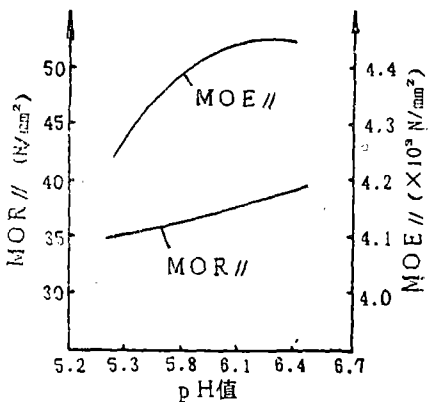


图3 原料pH值对竹木定向刨花板抗弯性能的影响

原料pH值呈正比,说明原料pH值高有利于酚醛胶的固化,因此胶合强度高。原料结合酸含量对酚醛胶定向刨花板强度亦有影响,如图4。板子静曲强度、弹性模量与原料结合酸含量呈反比关系,说明结合酸对酚醛树脂胶固化起阻碍作用。

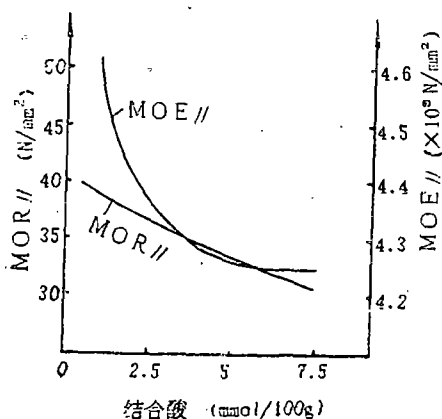


图4 原料结合酸含量对竹木定向刨花板抗弯性能的影响

三、结论

1. 酚醛树脂胶或脲醛树脂胶制造的定

向刨花板强度基本相同。

2. 随刨花厚度降低,板子平面抗拉强度、静曲强度和弹性模量直线上升。在本研究范围内,刨花厚度对强重比无显著影响。

3. 随板密度增大,板子平面抗拉强度、弹性模量呈增高趋势。

4. 竹木混合铺装有利于刨花间紧密接触,因此,单层结构定向刨花板强度最大。

5. 随着混合材中竹材所占比率的增加,混合材定向刨花板平面抗拉强度增大,静曲强度、弹性模量显著提高,但竹材的比率过高,对静曲强度强重比、弹性模量强重比均无益处。

6. 原料中的酸阻碍酚醛胶的固化,酸含量增加可使酚醛胶定向刨花板强度降低。

参考文献

- (1) 南京林业大学人造板研究室, 1989, 定向刨花板(OSB)的生产研究, 林产工业, (4)。
- (2) 杜复元等, 1989, 竹质刨花板生产工艺及物理力学性质, 南京国际竹子学术会议。

(责任编辑 姜征)

A study on the strength of composite OSB made from bamboo & wood

Wang Siqun, Hua Yukun, Dong Shiqin
(Nanjing Forestry University)

Abstract The purpose of this paper is to study the strength properties of the composite oriented strand board made from bamboo and Italian fast-growing poplar, and the effect of resin type, strand thickness, ratio of bamboo strand, board density, mat structure, resin content etc. on the composite OSB was analyzed.

The results showed: (1) there is no significant effect of resin type on the strength of the board; (2) both increasing the board density and reducing the strand thickness can increase the strength of the board; (3) single layer OSB has the highest strength; (4) raising the ratio of bamboo strand can improve the strength of the OSB board, but too high ratio of the bamboo strand is disadvantageous for the ratio of MOR to board density and of MOE to board density; (5) the strength of the board made with PF resin can drop as the acidity increase of the furnish.

Keywords Bamboo; Italian fast-growing poplar; OSB; Strength