

# 聚丙烯纤维对木/塑纤维 复合材料性能影响的初步研究

中国林科院木工所木质纤维复合材料专题组

**摘要** 对木/塑纤维复合材料组分中添加聚丙烯纤维和对聚丙烯纤维进行预处理引起材料物理力学性能和模压性能的变化进行了研究。试验结果表明,添加聚丙烯纤维有助于改善材料的模压性能,但导致材料物理力学性能下降。对聚丙烯纤维进行预处理有助于提高复合材料物理力学性能。

**关键词** 木/塑纤维复合材料;聚丙烯纤维;预处理;模压性

## A Preliminary Study on the Influence of Polypropylene Fiber on Properties of Wood/Plastic Fiber Composite

Research Group of Wood/Plastic Fiber Composite  
(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

**Abstract** This paper studied physical-mechanical properties and molding performance of polypropylene (PP) fiber/wood fiber composite. Property changes caused by mixing both virgin PP fiber and pretreated PP fiber with wood fiber was analyzed. The test results showed that adding virgin PP fiber could improve molding performance of the composite, but made the physical-mechanical properties reduced. Pretreating PP fiber proved to be a good way of increasing the physical-mechanical properties of the composite.

**Keywords** Wood/plastic fiber composites; Polypropylene fiber; Pretreatment; Molding performance

### 1 引言

木/塑纤维复合材料(Wood/Plastic Fiber Composite)是以木质纤维为主要原料,适量添加树脂、耐水剂、改性处理剂再与合成纤维复合而成的一种新型材料。

木/塑纤维复合材料在西方工业发达国家的汽车工业上已经广泛应用,视为当代汽车工业“绿色革命”的重要内容,现正向其它工业不断延伸发展<sup>[1]</sup>,中国林科院木材工业研究所自90年代初开展木/塑纤维复合材料生产技术和设备的研究工作,目前在复合材料的工艺路线、技术关键、原材料配比及改性技术、木纤维与合成纤维复合技术、卷材制备技术、成型模压技术等诸方面取得了显著进展并向工程化方向延伸。

本文仅就在木质纤维中添加聚丙烯(PP)纤维,研

究分析PP纤维对复合材料性能的影响,旨在对今后木/塑纤维复合材料工业化生产时制定工艺提供参考。

应当指出,由于木材树种、纤维形态、合成纤维的品质和形态、是否添加其它植物纤维、胶粘剂和预处理剂的种类等复杂因素,复合材料的性能相互之间均存在差别,因此试验结果不具有唯一性。

### 2 试验材料与方法

#### 2.1 试验材料

2.1.1 木纤维试材树种 红松(*Pinus koraiensis*),来源于吉林省松江河林业局。试材经锯截、削片、热磨后,制成符合规格的木纤维,纤维筛分值见表1。

表1 纤维筛分值(%)

Tab. 1 Wood fiber screen distribution

序号	留于16目	留于32目	留于60目	留于115目	通过115目
1	61.4	16.4	14.6	6.2	1.4
2	77.3	10.4	6.3	5.0	1.0

木纤维是木/塑纤维复合材料的主要原料组分,

收稿日期 1997-06-07

本文为国家“九五”攻关专题“高性能高附加值复合材料生产技术和设备研究”内容的一部分。执笔人:吴健身,专题组成员:吴健身、王正、史广兴、李阜东、郭文静、王建军、曹珍、黄泽恩,中国林科院木材工业研究所,北京 100091

要求纤维细长,以针叶树材为佳,亦可混入少量软阔叶树材或麻纤维。

**2.1.2 合成纤维** 试验用聚丙烯(PP)纤维购自北京燕山石化总公司,比重为  $0.90 \text{ g/cm}^3$ ,熔点  $165 \text{ }^\circ\text{C} \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$ ,断裂伸长率  $18\%$ ,纤维长度  $51 \text{ mm}$ 。聚丙烯纤维比重小(比聚酯纤维轻  $30\%$ )、强度高(纤维强度  $4.5 \sim 7.0 \text{ 克力/旦}$ )、阻燃性好(只有长期接近热源才燃烧)、电绝缘性好(比电阻为  $17^7 \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ )、熔点低、价格便宜。

合成纤维的主要作用是通过合成纤维搭接,增加木纤维之间的交织作用,从而增加复合板坯卷材的初强度,改善板坯(卷材)的模压性能。

**2.1.3 胶粘剂** 采用热固性改性酚醛树脂胶。对胶粘剂要求:粘度小、固体含量高、适用期长,在高频加热下不允许电击穿。

本试验采用自行研制的改性酚醛树脂胶粘剂。

改性酚醛树脂技术指标

固体含量(%)	50~52
pH 值	9~10
粘度(mPa·s)	500~600
游离苯酚(%)	<3
游离甲醛(%)	<0.1

**2.1.4 其它添加剂** 为提高木纤维与合成纤维之间的界面结合力,需添加适量预处理剂;为增加材料的耐久性和阻燃性,需添加少量耐水剂和阻燃剂。

## 2.2 试验方法

### 2.2.1 原材料配比

原料:木纤维 聚丙烯纤维 胶粘剂 石蜡 预处理剂

配比: 100 8 12 1.5 3.5

### 2.2.2 木/塑纤维复合材料试制工艺过程

①木纤维制备 原料经鼓式削片机削片、筛选后再经水洗送入间歇式热磨机分离纤维。热磨机型号:CC-12/12-ICP(奥地利产试验室用热磨机),一次装  $3.0 \text{ kg}$  绝干木片,制成符合规格的纤维。纤维制备过程中加入石蜡耐水剂。

②纤维施胶、干燥 采用德国产间歇式拌胶机施胶,胶液呈雾化状态喷入,边施胶边搅拌。施胶后的木纤维送入气流式干燥机干燥备用。

③合成纤维预处理 聚丙烯纤维用预处理剂处理后,经开松机开松,再干燥备用。

④纤维混合、开松、铺网、针刺加固、成卷 施胶干燥后的木纤维和预处理的聚丙烯纤维按一定配比混合,经过纤维开松机开松后形成混合纤维,送入特殊结构气流成网机制成松软板坯,板坯用薄型无纺布

衬底,经针刺加固后使木纤维与聚丙烯纤维较紧密地交织起来,形成具有一定强度和韧性的连续板坯,齐边后再用成卷机卷成卷材备用。根据对卷材的要求选择针型、刺针排列、针刺密度和针刺深度。

⑤模压成型 将卷材裁成  $340 \text{ mm} \times 360 \text{ mm}$  的幅面,按目标密度组坯后送入模具热压,型面复合材料板坯厚度由上下模具的间隙控制,起模后进行修边整理。

### 2.2.3 试材规格 $340 \text{ mm} \times 360 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$

**2.2.4 检测方法** 试材陈化 48 小时后锯割成试件,按照一汽大众汽车 TL-VW494《木纤维素成型材料》技术标准检测主要技术指标:密度、静曲强度、吸水率、吸水厚度膨胀率、形稳性、滞燃性、模压性。

## 3 结果与分析

**3.1 试验结果** 聚丙烯纤维添加与否对板材各项性能影响的结果见表 2。

表 2 添加和未添加聚丙烯纤维复合板试验结果

Tab. 2 Comparison of wood/plastic fiber composites (WPFC) properties with and without PP fiber

类别	序号	密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	静曲 强度 (MPa)	吸水率 (%)	吸水厚 度膨胀 率(%)	形稳性	滞燃性	模压性	比强度
未加合成纤维	1	0.95	45.5	19.42	12.10	—	—	×	47.87
	2	0.91	97.77	23.46	12.02	—	—	×	41.51
	3	0.93	43.76	—	—	√	√	×	47.05
	4	0.95	43.51	20.04	9.94	—	—	×	45.80
	5	0.94	44.36	21.11	11.22	—	—	×	47.19
	6	0.93	46.48	—	—	√	√	×	49.98
	7	0.90	39.34	16.75	9.55	—	—	×	43.71
	8	0.91	43.60	18.70	9.90	—	—	×	47.91
	9	0.84	35.00	—	—	√	√	×	41.67
添加合成纤维	10	1.033	35.21	41.63	21.72	—	—	√	34.09
	11	0.97	22.80	36.88	26.12	—	—	√	23.51
	12	1.014	33.36	—	—	√	√	√	32.90
	13	1.012	27.04	28.89	20.36	—	—	√	26.72
	14	1.068	34.45	32.07	21.91	—	—	√	32.26
	15	0.958	29.81	—	—	√	√	√	31.12

注: 1. 试验条件 胶种:PF648;施胶量:  $12\%$ ;耐水剂添加量:  $1.5\%$ ;预处理剂添加量:  $3.5\%$ ;其它条件从略。

2. 形稳性:√表示在  $55^\circ\text{C}$ ,  $95\% \text{ RH}$  环境下放置 48 h, 试件未见明显形变,如扭曲、分层、爆开、气泡、变色。

3. 滞燃性:√表示火焰传播速率不大于  $50 \text{ mm/min}$ 。

4. 模压性:×表示模压垂直深度为  $20 \text{ mm}$  试件出现撕裂;√表示在同样条件下未出现撕裂。

5. —表示未进行试验。

聚丙烯纤维预处理与否对板材各项性能影响结果见表 3。

### 3.2 试验结果分析

表 2、表 3 试验结果的方差分析分别见表 4~表 5。

由表 2 和表 4 表明:

(1)原材料组分中加入聚丙烯纤维导致复合材料

表3 预处理和未预处理聚丙烯纤维复合板对比试验结果

Tab. 3 Comparison of WPPC properties of untreated and pretreated PP fiber

类别	序号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	静曲 强度 (MPa)	吸水率 (%)	吸水厚 度膨胀 率(%)	形稳性	滞燃性	模压性	比强度
未预 处理 合成 纤维	1	1.033	35.21	41.63	21.72	—	—	√	34.09
	2	0.97	22.80	36.88	26.12	—	—	√	23.51
	3	1.014	33.36	—	—	√	√	√	32.90
	4	1.012	27.04	28.89	20.36	—	—	√	26.72
	5	1.068	34.45	32.07	21.91	—	—	√	32.26
	6	0.958	29.81	—	—	√	√	√	31.12
预处 理合 成纤 维	7	1.066	53.99	15.61	11.46	—	—	√	50.64
	8	0.984	38.89	18.12	13.28	—	—	√	39.52
	9	1.032	51.23	—	—	√	√	√	49.64
	10	1.096	51.93	17.68	9.62	—	—	√	47.38
	11	1.078	62.49	18.04	12.74	—	—	√	57.97
	12	1.010	50.34	—	—	√	√	√	49.84

表4 添加和未添加聚丙烯纤维对比试验方差分析<sup>[1]</sup>Tab. 4 Properties variance analysis of composites with and without PP fiber  
静曲强度单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	915.849	1	915.849	73.46675	1.04E-06	9.073801
组内	162.0602	13	12.46617			
总和	1077.909	14				

吸水率单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	536.705	1	536.705	36.05459	0.000322	11.25863
组内	119.0872	8	14.8859			
总和	655.7923	9				

吸水厚度膨胀率单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	330.7393	1	330.7393	105.4	6.97E-06	11.25863
组内	25.10356	8	3.137945			
总和	355.8428	9				

注:显著水平  $\alpha=0.01$ 

表5 预处理和未预处理聚丙烯纤维对比试验方差分析

Tab. 5 Properties variance analysis of composite with untreated and pretreated PP fiber  
静曲强度单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	1090.613	1	1090.613	41.8122	7.2E-05	10.04423
组内	260.836	10	26.0836			
总和	1351.449	11				

吸水率单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	304.5512	1	304.5512	16.31881	0.006805	13.74519
组内	111.9756	6	18.66259			
总和	416.5268	7				

吸水厚度膨胀率单因子方差分析

变源	平方和	自由度	均方	F	P-值	临界值
组间	231.2325	1	231.2325	52.2029	0.000356	13.74619
组内	26.57697	6	4.429496			
总和	257.8095	7				

注:显著水平  $\alpha=0.01$ 

板材静曲强度急剧降低,吸水率、吸水厚度膨胀率急剧上升。静曲强度方差分析  $F_{MOR}=73.47 > F_{0.01}=9.07$ ,说明添加聚丙烯纤维对板材强度有特别显著的影响;吸水率和吸水厚度膨胀率方差分析  $F_{WA}=36.06 > F_{0.01}=11.26$ ,  $F_{TS}=105.4 > F_{0.01}=11.26$ ,说明添加聚丙烯纤维对板材吸水率、吸水厚度膨胀率均有特别显著的影响,为了克服上述缺陷,需要对聚丙烯纤维进行预处理。

(2)添加聚丙烯纤维后复合材料的模压性能显著得到改善,不会因模压过程中板坯受到拉伸而出现撕裂。

(3)原材料组分中,无论是否添加聚丙烯纤维,板材的形稳性和滞燃性均能满足要求。

表3和表5表明:

(1)聚丙烯纤维预处理有助于改善复合材料的物理力学性能。从表3可以看出,经预处理后,静曲强度提高了19.07 MPa,吸水率和吸水厚度膨胀率分别下降了17.51%和10.75%。这也反映了经预处理的复合材料板材内部由于预处理剂的作用,木纤维与聚丙烯纤维界面结合力得以提高。从表5可以看出,静曲强度方差分析  $F_{MOR}=41.81 > F_{0.01}=10.04$ ,同样说明预处理对材料板材强度有特别显著的影响;吸水率和吸水厚度膨胀率方差分析  $F_{WA}=16.32 > F_{0.01}=13.75$ ,  $F_{TS}=52.20 > F_{0.01}=13.75$ ,也同样说明预处理对复合材料板材吸水率、吸水厚度膨胀率均有特别显著的影响,故在制造复合材料卷材(或板坯)工艺过程中,原材料配比在前述条件下,对聚丙烯纤维进行预处理是必要的。

(2)无论预处理与否,复合材料板材的形稳性、滞燃性、模压性没有显著差异,均能满足要求。

## 4 结论

4.1 木/塑纤维复合材料中,添加一定比例的聚丙烯纤维有助于改善材料的模压性能,但导致复合材料成型板材物理力学性能下降。

4.2 对聚丙烯纤维进行预处理后有利于提高复合材料成型板材的物理力学性能。

4.3 添加预处理剂对木/塑纤维复合材料的形稳性、滞燃性和模压性无显著影响。

## 5 参考文献

- 王恺. 木质纤维复合材料——一种有发展前景的复合材料. 木材工业, 1994, 8(2): 32
- 中国科学院数学研究所统计组. 方差分析. 科学出版社, 1977