

# 木塑复合材性能的研究

马灵飞 杨云芳 许英超

(浙江林学院, 临安 311300) (浙江省富阳市林业局)

**摘 要** 本研究采用 3 种不同处理液处理桦木, 以改善其性能。结果表明, 3 种处理液对桦木都有较好改性作用。改性后的桦木尺寸稳定性和力学性能较素材有显著提高, 可代替优质木材用于高档产品的生产。

**关键词** 塑合木; 化学改性; 形态稳定性; 木材力学性质

**中图分类号** S783

随着现代工业的高速发展和人民生活水平的日益提高, 人们对木材材质的要求也越来越高。特别是一些工业用材, 对木材的机械强度要求很高。但当前森林资源中, 机械强度大的优质树种稀少, 而且它们的生长速度大多很慢, 可利用的优质木材远远不能满足工业用材的需要。为了缓和这一矛盾, 人们正通过对速生材及低等材进行化学改性处理, 提高它们的强度及尺寸稳定性, 以扩大这些材种的用途, 来满足人们对优质材的需求<sup>[1,2]</sup>。

本研究试图用单体浸渍并聚合, 使木材成为木塑复合材的方法来提高性能, 扩大用途。试验以桦木(*Betula*)为基材, 以不同单体混合液为处理液, 添加少量引发剂和改性剂, 用加热催化方法试制木塑复合材, 并分析其物理力学性能, 为不同材性要求的木塑复合材生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材

本试验所用试材桦木取自杭州木材总厂。取回来的桦木加工成 $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 300\text{mm}$ 试件, 然后放入烘箱内在 $55^\circ\text{C}$ 下干燥 6 h, 使其含水率达 10%。选择纹理直, 没有节子的试件供试验用。每组处理取 16 个试件。

### 1.2 处理液配制

**1.2.1 药品** 过氧化苯甲酰(BPO)(分析纯, 湖北大学化工厂生产), 甲基丙烯酸甲酯(MMA)(化学纯, 上海试剂一厂生产), 丙烯腈(AN)(化学纯, 上海试剂三厂生产), 苯乙烯(ST)(工业品, 江苏武进化工厂生产), 二乙烯苯(工业品, 购自临安环保化工厂), 不饱和聚酯(UPE)(购自临安有机玻璃厂)。

**1.2.2 配制** A液: ST 100份 + 二乙烯苯 2份 + BPO 1份, B液: MMA 50份 + AN 10份

收稿日期: 1995-07-09

+ UPE 40份 + BPO 1份，C液：ST 50份 + AN 10份 + UPE 40份 + BPO 1份。配制时先将单体混合，最后加入引发剂 BPO，搅拌均匀即可用于浸渍。

1.3 处理方案

如表 1。

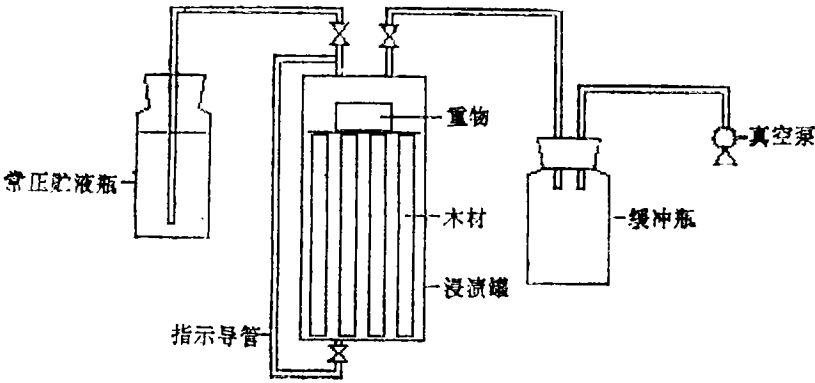
表 1 处 理 方 案  
Table 1 Treatment scheme

处理编号	处 理 液	抽真空/min	浸渍时间/h	室温静置时间/h	75℃聚合时间/h	100℃聚合时间/h	试 件 数
1	对照						16
2	A	30	2	24	16	5	16
3	A	0	24	24	16	5	16
4	B	30	2	24	16	5	16
5	C	30	2	24	16	5	16

1.4 浸渍过程

浸渍装置示意图见附图。操作时，将量尺寸和称重后的试件放入浸渍罐中，并用重物压住试件，以免试件在注入处理液时上浮，影响浸注效果。然后密封浸渍罐，连通缓冲瓶和真空泵，保持罐内绝对压力0.01 MPa以下抽真空30 min，以排除木材导管和细胞腔内的空气。抽真空完后，注入处理液，浸渍罐内液面高度可从指示导管上显示出。在整个浸注过程中保持液面满过木材，以免空气重新进入细胞内，影响渗透。浸渍 2 h 后，取出试件，拭去沾在木材表面的液滴，量取尺寸并称重，对 A 液还作了不抽真空浸渍24 h 的处理。含浸率计算：

含浸率 =  $\frac{(\text{浸渍后质量} - \text{浸渍前质量})}{\text{浸渍前质量}} \times 100\%$



附图 浸渍装置示意图  
Fig. Showing device used impregnation

1.5 加热聚合

将浸渍处理过的试件放入密封容器中静置24 h，使浸渍液在试件中分布趋于均匀。然后把试件连同密封容器放入电热恒温箱内进行加热聚合处理。先在75℃下放置16 h，然后升高

至100℃放置5 h。待自然冷却后称重,并计算质量增加率和转化率。

$$\text{质量增加率} = \frac{(\text{聚合材质量} - \text{未处理材质量})}{\text{未处理材质量}} \times 100\%$$

$$\text{转化率} = \frac{\text{质量增加率}}{\text{含浸率}} \times 100\%$$

## 1.6 性能测试

**1.6.1 吸水率和尺寸稳定性测定** 将尺寸20 mm×20 mm×30 mm的试件在60℃恒温箱内干燥2 h,然后升温到100~105℃烘至绝干,在干燥器中冷却后,量取尺寸并称重,随后浸入清水中,上压重物,浸水7昼夜后取出,量取尺寸并称重。吸水率、体积膨胀率、抗吸水率(RWA)和抗胀率(ASE)的计算如下:

$$\text{吸水率} = \frac{(\text{浸水后重} - \text{绝干重})}{\text{绝干重}} \times 100\%$$

$$\text{体积膨胀率} = \frac{(\text{浸水后体积} - \text{绝干体积})}{\text{绝干体积}} \times 100\%$$

$$\text{RWA} = \frac{(\text{未处理材的吸水率} - \text{处理材的吸水率})}{\text{未处理材的吸水率}} \times 100\%$$

$$\text{ASE} = \frac{(\text{未处理材的体积膨胀率} - \text{处理材的体积膨胀率})}{\text{未处理材的体积膨胀率}} \times 100\%$$

**1.6.2 力学性能测试** 力学性能在4 t木材万能试验机上进行。顺纹抗压强度参照GB 1935-80;抗弯弹性模量和抗弯强度参照GB 1936-80,但采用中央荷载;冲击韧性参照GB 1940-80;硬度参照JIS Z2117,采用布氏硬度计;耐磨性试验用试样尺寸20 mm×20 mm×27 mm,磨面20 mm×27 mm,用日本产日立牌磨光机测试,振动频率10 000次/min, P=80木砂纸磨1 min,计算质量磨损率,以此作为耐磨性指标。

$$\text{质量磨损率} = \frac{(\text{磨损前重} - \text{磨损后重})}{\text{磨损前重}} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 含浸率、质量增加率和转化率

表2列出了不同处理材的浸注和聚合的结果。由表2可知,抽真空对提高含浸率具有显著的效果。经抽真空处理30 min,浸渍2 h的含浸率就可达80%以上,而未经抽真空处理,即使浸渍24 h,其含浸率仅为38%左右。要达到一定的含浸率,抽真空处理是必要的。不同处理液对含浸率也有一定的影响,B,C液较A液具较大的渗透性。质量增加率主要决定于含浸率和转化率,A,B处理液的转化率相差不大,为80%左右,而C处理液的转化率较高,达90%。

### 2.2 吸水率和尺寸稳定性

表3列出了绝干素材和处理材试件同时放入清水中吸水7 d后的吸水率和尺寸稳定性测定结果。由表3可知,处理材的吸水率、吸水体积膨胀率都有较大程度的降低。因此,处理材的尺寸稳定性有较大的提高。同时,也看到质量增加率对吸水率有较大的影响。如同为A

表 2 浸注和聚合的结果

Table 2 Results of impregnation and polymerization

处理编号	处 理 液	抽真空时间/min	浸渍时间/h	含浸率/%	质量增加率/%	转化率/%
1	对 照					
2	A	30	2	83.9	70.0	83.3
3	A	0	24	37.6	31.1	82.6
4	B	30	2	94.9	76.3	80.4
5	C	30	2	91.8	84.9	92.5

表 3 处理材的吸水率和尺寸稳定性

Table 3 Water absorption and dimensional stability of treated wood

处理编号	吸 水 率 /%	体 积 膨 胀 率 /%	RWA /%	ASE /%
1	84.1	19.2	0	0
2	19.5	12.1	76.8	36.9
3	47.2	12.6	43.9	34.4
4	22.6	13.6	73.1	29.2
5	16.9	11.7	79.9	39.1

液处理的 2 号与 3 号，质量增加率分别为 70%和31%左右，其吸水率也为 19.5%和 47.2%，抗吸水率为76.8%和43.9%。这是由于 2 号采用抽真空处理，具有较大的质量增加率，因而减少了细胞间隙量，使吸水率降低较大。但聚合物质量增加率对尺寸稳定性的关系却是在一定质量增加率以上时，影响不大。如 A 液处理的 2 号与 3 号，其质量增加率相差 1 倍多，而膨胀率和 ASE 却相差不多。这与川上英夫的结果是一致的<sup>[6]</sup>。

不同处理液对尺寸稳定性影响较大。如 B 液处理材的质量增加率较 A 液处理材要高些，但其 ASE 却比 A 液处理材要低得多。这可能与不同处理液对细胞壁的处理效果不同有关。一般来说，处理液只有进入细胞壁，并在细胞壁中聚合，使纤维保持充胀状态，或者置换纤维素非结晶区的游离羟基，并形成交联，才能明显地改进木材的尺寸稳定性。

2.3 力学性能

表 4 是几种不同处理材的各种力学性能测试结果。由表 4 可知，质量增加率较低的 3 号处理材，力学性能改进不大。其他 3 种处理材，由于有较大的质量增加率，力学性能均有较大的改进。其中以硬度提高幅度最大，侧面为素材的509%~899%，端面为275%~371%。其次是顺纹抗压强度，为225%~278%，耐磨性为160%~200%，抗弯强度为147%~187%，抗弯弹性模量为112%~124%，冲击韧性为100%~136%。从处理液来看，A 液对 MOR 改进效果最好，B 液对冲击韧性改进较显著，C 液对硬度、顺纹抗压强度和耐磨性改进效果较突出。

表 4 处理材的力学性能

Table 4 Mechanical properties of treated wood

处理编号	顺纹抗压强度 /MPa	MOR /MPa	MOE /GPa	冲击韧性 /kJ·m <sup>-2</sup>	硬 度/MPa			质量磨损率 /%
					径 向	弦 面	端 面	
1	33.0	78.0	9.8	108	8.2	11.6	40.5	2.25
2	74.0	145.6	12.1	108	52.5	58.9	114.3	1.46
3	35.2	82.5	9.7	98	11.2	14.0	43.6	1.49
4	91.7	138.0	11.9	147	55.2	63.8	111.3	1.40
5	90.1	114.2	10.9	118	74.0	80.4	150.3	1.14

### 3 结论

- 3.1** 处理材经抽真空后可以达到较大的含浸率, 3种处理液的转化率均在80%以上。
- 3.2** 处理材的吸水率有较大的降低, 尺寸稳定性有较大的提高, 但处理液不同, 改进效果有一定差异。
- 3.3** 处理材的力学性能均有较大提高。其改进效果按顺序依次是硬度、顺纹抗压强度、耐磨性、抗弯强度、抗弯弹性模量和冲击韧性。
- 3.4** 质量增加率的增加有利于提高改性材的力学性能和降低吸水率, 但对体积膨胀率来说, 当到达一定量的质量增加率后, 就达到了较高的改进效果。
- 3.5** 不同处理液对试样的物理力学性能均有较大的改进, 但各有所长。因此, 本研究的结果可为生产不同材性要求的木塑复合材提供参考。

**谢呈** 俞筱春、贺咬木参加了试验工作, 在此深表谢意。

### 参 考 文 献

- 1 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京大学化学系塑合木研究小组. 杨木“塑合木”的研究. 林业科学, 1980, 16(增刊), 18~36
- 2 後藤輝男. WPCの現状と今後の方向. 工業材料, 1978, 26(4), 101~107
- 3 成俊卿主编. 木材学. 北京: 中国林业出版社, 1985. 936~952
- 4 陆文达主编, 李坚主审. 木材改性工艺学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993. 32~51
- 5 今村博之. 木材利用の化学. 東京: 共立出版株式会社, 1983. 306~321

Ma Lingfei (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Yang Yunfang, and Xu Yingchao. A Study on Wood Plastic Composite. *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(1): 104~108

**Abstract:** The wood of birch was treated with ST, MMA-AN-UPE and ST-AN-UPE to improve wood properties. The results showed that the dimensional stability and mechanical property of wood plastic composite were improved notably compared with untreated wood. The modified wood could be used instead of quality wood in making of high-grade product.

**Key words:** wood plastic composite; chemical modification; dimensional stability; mechanical property of wood