

# 竹篾浸胶量和主要影响因素的关系

姜志宏

马力

(浙江林学院, 临安 311300) (浙江省临安县林业局)

马雪清

李向帆 孔才源

(浙江省台州市黄岩区林业局)

(浙江林学院)

**摘 要** 毛竹篾片在常用的2122号PF树脂胶中浸胶时, 浸胶量主要受胶的固体含量影响且呈正相关。胶的固体含量( $Z_1$ ) 在15%~35%范围内, 浸胶时间( $Z_2$ ) 在1~5 min 范围内, 浸胶量( $Y$ ) 可用 $Y = 2.15 - 0.1611 Z_1 + 0.2500 Z_2 + 0.0121 Z_1^2$ , 或用 $Y = 2.90 - 0.1611 Z_1 + 0.0121 Z_1^2$  表示。

**关键词** 竹材; 层压板; 浸渍; 酚醛树脂

**中图分类号** TS652

在竹材层压板生产中, 篾片浸胶工序的技术水平直接影响到产品的质量 and 生产成本。浸胶量太低, 产品不能满足使用要求。浸胶量太高, 生产成本过高。在生产中浸胶量很难准确测量。因为浸胶前后篾片的含水率和胶液的固体含量是有变化的, 加之还有淋胶的损失, 因此既不能简单地用篾片浸胶前后的质量差来计算浸胶量, 也不能用浸胶前后胶液的质量差来计算浸胶量。本文则在先前相关研究<sup>[1]</sup>的基础上进一步研究了竹材层压板生产中常用的2122号PF树脂胶的浸胶量和主要影响因素之间的定量关系, 提出了一种准确测量浸胶量的方法, 以便生产上操作运用。

## 1 试验材料和主要设备

2122号PF胶系在实验室100 L反应釜中制得。配方: 苯酚: 甲醛: 氢氧化钠: 水 = 1.00: 1.50: 0.25: 7.50(摩尔比), 固体含量45.9%, 粘度(20℃) 290 cPa·s, 密度(20℃) 1.16 g·cm<sup>-3</sup>。毛竹(*Phyllostachys pubescens*) 篾片, 长约450 mm, 宽10~20 mm, 厚约1 mm。精度为1 g 和0.001 g 的两种天平。

## 2 研究方法和试验设计

### 2.1 研究方法

本文作者在研究毛竹的含水率时发现, 在相同的环境条件下不同试样之间的平衡含水率

收稿日期: 1995-12-25

差异很小。不同株、不同竹龄的立竹和立竹上不同部位的试样,其平衡含水率的标准差小于0.2%<sup>[2]</sup>。因此,用烘干法精确测量篾片浸胶前后的含水率,即可算出篾片浸胶前的绝干质量和浸胶后的绝干质量。两者的差值即为浸胶量。

考虑到篾片尺寸及比表面积的差异对浸胶量的影响,每号试验篾片的质量都在1 kg以上。这样每号试验用的篾片的尺寸和比表面积的平均值和标准差就基本相同并且称量的相对误差就很小。另外,考虑到浸胶时,胶的固体含量可能的变化,每号试验用的胶和篾片的质量比控制在20:1以上。

## 2.2 试验设计

笔者等先前述及<sup>[1]</sup>,影响浸胶量的主要因素是胶的固体含量,篾片含水率和浸胶时间对浸胶量影响很小。尽管如此,生产上还是非常关心浸胶时间的问题。因此,在研究浸胶量和影响因素的定量关系时,仍然考虑了浸胶时间的影响,以便进一步验证它和浸胶量的关系。

试验采用二次正交回归旋转组合设计。因子变化范围为:浸胶时,胶的固体含量15%~35%,浸胶时间1~5 min。用 $Z_1$ 和 $Z_2$ 分别表示胶的固体含量和浸胶时间, $Y$ 表示浸胶量。令:

$$Z_{11} = 15\%, Z_{21} = 35\%, Z_{12} = 1 \text{ min}, Z_{22} = 5 \text{ min}$$

$$Z_{01} = \frac{Z_{11} + Z_{21}}{2} = \frac{15\% + 35\%}{2} = 25\%; Z_{02} = \frac{Z_{12} + Z_{22}}{2} = \frac{1 + 5}{2} = 3 \text{ (min)}$$

$$\Delta_1 = \frac{Z_{21} - Z_{01}}{r} = \frac{35\% - 25\%}{1.414} = 7.07\%; \Delta_2 = \frac{Z_{22} - Z_{02}}{r} = \frac{5 - 3}{1.414} = 1.41 \text{ (min)}$$

其中 $r$ 根据二次正交回归旋转组合设计确定<sup>[3]</sup>。 $Z_{ij}$ 中的 $i$ 为变量水平。

对因子 $Z$ 的取值作如下线性变换

$$X_j = \frac{Z_j - Z_{0j}}{\Delta_j}$$

则有因子水平编码表(表1),表2是二次正交回归旋转组合设计的试验计划。令:

$$X_j' = X_j^2 - \frac{1}{16} \sum_{\alpha=1}^{16} X_{\alpha j} = X_j^2 - 0.5$$

表1 因子水平编码表

Table 1 Code table of factor level

$X_j$	因 子	
	$Z_1/\%$	$Z_2/\text{min}$
$\gamma(1.411)$	$Z_{21} = 35.00$	$Z_{22} = 5.00$
1	$Z_{01} + \Delta_1 = 32.07$	$Z_{02} + \Delta_1 = 4.41$
0	$Z_{01} = 25.00$	$Z_{02} = 3.00$
-1	$Z_{01} - \Delta_1 = 17.93$	$Z_{02} - \Delta_1 = 1.59$
$-\gamma(-1.414)$	$Z_{11} = 15.00$	$Z_{12} = 1.00$

表2 试验计划表

Table 2 Test design

试验号	$X_1$	$Z_1/\%$	$X_2$	$Z_2/\text{min}$	试验号	$X_1$	$Z_1/\%$	$X_2$	$Z_2/\text{min}$
1	1.000	32.07	1.000	4.41	9	0	25.00	0	3.00
2	1.000	32.07	-1.000	1.59	10	0	25.00	0	3.00
3	-1.000	17.93	1.000	4.41	11	0	25.00	0	3.00
4	-1.000	17.93	-1.000	1.59	12	0	25.00	0	3.00
5	1.414	35.00	0	3.00	13	0	25.00	0	3.00
6	-1.414	15.00	0	3.00	14	0	25.00	0	3.00
7	0	25.00	1.414	5.00	15	0	25.00	0	3.00
8	0	25.00	-1.414	1.00	16	0	25.00	0	3.00

则二次正交回归旋转组合设计的结构矩阵如表3。

**表3 二次正交回归旋转组合设计的结构矩阵表**  
Table 3 Structural matrix table of rotational combination design of quadratic orthogonal regression

试验号	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1'$	$X_2'$
1	1	1.000	1.000	1	0.5	0.5
2	1	1.000	-1.000	-1	0.5	0.5
3	1	-1.000	1.000	-1	0.5	0.5
4	1	-1.000	-1.000	1	0.5	0.5
5	1	1.414	0	0	1.5	-0.5
6	1	-1.414	0	0	1.5	-0.5
7	1	0	1.414	0	-0.5	1.5
8	1	0	-1.414	0	-0.5	1.5
9	1	0	0	0	-0.5	-0.5
10	1	0	0	0	-0.5	-0.5
11	1	0	0	0	-0.5	-0.5
12	1	0	0	0	-0.5	-0.5
13	1	0	0	0	-0.5	-0.5
14	1	0	0	0	-0.5	-0.5
15	1	0	0	0	-0.5	-0.5
16	1	0	0	0	-0.5	-0.5

双因子二次正交回归旋转组合设计的数学模型如下:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1' + b_{22}X_2'$$

### 3 试验结果和分析

浸胶前箴片平衡含水率如表4, 浸胶后箴片平衡含水率如表5, 浸胶量试验结果见表6。

#### 3.1 浸胶量的测试精度

从表4和表5看, 浸胶前箴片的平衡含水率标准差仅0.05%, 浸胶后箴片的平衡含水率标准差只有0.19%。因此, 用平衡含水率的方法来计算浸胶量是精确的。

#### 3.2 浸胶量和主要影响因素的关系

我们对表6数据进行了方差分析(表7)。由表可知, 胶的固体含量一次项  $X_1$  和二次项

**表4 浸胶前箴片的平衡含水率**

Table 4 Equilibrium moisture content of bamboo strip before impregnation

试验号	含水率/%	平均值/%	标准差/%
1	10.78		
2	10.87		
3	10.83	10.84	0.05
4	10.90		
5	10.81		

表5 浸胶后篾片的平衡含水率

Table 5 Equilibrium moisture content of bamboo strip after impregnation

试验号	胶的固体含量/%	浸胶时间/min	含水率/%	平均值/%	标准差/%
1	35.00	3.00	12.69		
2	32.07	1.59	12.97		
3	32.07	4.41	12.61		
4	25.00	1.00	13.14		
5	25.00	3.00	12.95	12.90	0.19
6	25.00	5.00	13.02		
7	17.93	1.59	12.66		
8	17.93	4.41	12.96		
9	15.00	3.00	13.06		

表6 浸胶量

Table 6 Adhesive rate in impregnation of bamboo strip

试验号	胶的固体含量/%	浸胶时间/min	浸胶量/%	试验号	胶的固体含量/%	浸胶时间/min	浸胶量/%
1	32.07	4.41	10.10	9	25.00	3.00	6.15
2	32.07	1.59	9.27	10	25.00	3.00	6.22
3	17.93	4.41	4.36	11	25.00	3.00	6.26
4	17.93	1.59	3.09	12	25.00	3.00	6.11
5	35.00	3.00	12.54	13	25.00	3.00	6.61
6	15.00	3.00	3.30	14	25.00	3.00	6.62
7	25.00	5.00	6.92	15	25.00	3.00	7.00
8	25.00	1.00	6.41	16	25.00	3.00	6.39

表7 表6数据的方差分析表

Table 7 Variance analysis of the data in table 6

方差来源	回归系数	平方和	自由度	F 值	显著性水平
常数项	6.710 0				
$X_1$	3.124 0	78.060 0	1	$451.210 0 > F_{0.001}(1,10) = 21.040 0$	0.001
$X_2$	0.352 6	0.995 0	1	$5.750 0 > F_{0.05}(1,10) = 4.900 0$	0.05
$X_{12}$	-0.110 0	0.048 4	1	$0.279 8 < F_{0.25}(1,10) = 1.490 0$	不显著
$X_1'$	0.603 1	2.910 0	1	$16.820 0 > F_{0.005}(1,10) = 12.830 0$	0.005
$X_2'$	-0.024 4	0.004 8	1	$0.027 5 < F_{0.25}(1,10) = 1.490 0$	不显著
总回归		82.020 0	5	$94.820 0 > F_{0.001}(5,10) = 10.480 0$	0.001
失拟		1.082 0	3	$3.896 0 < F_{0.05}(3,7) = 4.350 0$	0.05
误差		0.648 0	7		
剩余		1.730 0	10		
总偏差		83.750 0	15		

$X_1'$  及浸胶时间一次项  $X_2$  的显著性水平都很高,对浸胶量都有显著影响,胶的固体含量和浸胶时间无交互作用。回归方程失拟显著性水平小于0.05,拟合较好<sup>[3]</sup>。回归方程如下:

$$Y = 6.71 + 3.124 0X_1 + 0.352 6X_2 + 0.603 1X_1' \quad (1)$$

从上面的回归方程看,  $X_1$  的回归系数是  $X_2$  的8.86倍,且  $X_2$  在试验范围 1~5 min 的最

大浸胶的变化也仅为0.997%。因此,浸胶时间和胶的固体含量相比,在生产上可不考虑。这与笔者先前研究的结论一致<sup>[1]</sup>。如此,方程(1)可简化为:

$$Y = 6.71 + 3.124 0X_1 + 0.603 1X_1' \quad (2)$$

方程(2)和方程(1)的最大差值的绝对值仅为0.500%。将

$$X_1 = \frac{Z_1 - Z_{01}}{\Delta_1} = \frac{Z_1 - 25}{7.07}, X_2 = \frac{Z_2 - Z_{02}}{\Delta_2} = \frac{Z_2 - 3}{1.41}, X_1' = X_1^2 - 0.5$$

代入(1)和(2)得

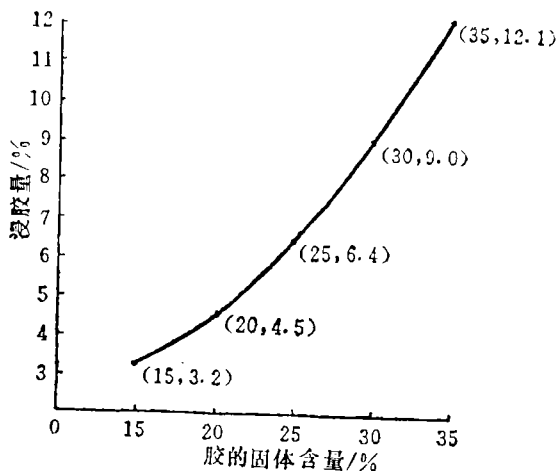
$$Y = 2.15 - 0.161 1Z_1 + 0.250 0Z_2 + 0.012 1Z_1^2 \quad (3)$$

$$Y = 2.90 - 0.161 1Z_1 + 0.012 1Z_1^2 \quad (4)$$

回归方程(4)的曲线如附图。从图中可知,胶的固体含量越高浸胶量越大,即呈正相关。浸胶时胶的固体含量是易调整的参数,固体含量也可用密度计快速测出。这样有了回归方程(4),生产上就能较方便准确地控制篾片的浸胶量。

#### 4 结论

毛竹篾片在常用的2122号PF树脂胶中浸胶时,浸胶量主要受胶的固体含量的影响且呈正相关。2122号PF树脂胶的固体含量( $Z_1$ )在15%~35%范围内,浸胶时间( $Z_2$ )在1~5 min范围内,可用 $Y = 2.15 - 0.161 1Z_1 + 0.250 0Z_2 + 0.012 1Z_1^2$ 或 $Y = 2.90 - 0.161 1Z_1 + 0.012 1Z_1^2$ 表示浸胶量和主要影响因素的关系。



附图 浸胶量和胶的固体含量的关系

Fig. Relationship between the adhesive rate and the solid rate in adhesive

#### 参 考 文 献

- 1 叶良明,姜志宏,叶建华. 竹材层压板工艺参数研究. 林产工业. 1992, 19(4), 6~8
- 2 姜志宏,孟志康,张勇良. 毛竹含水率. 竹子研究汇刊, 1995, 14(2), 58~67
- 3 茆诗松,丁元,周纪芾,等. 回归分析及其试验设计. 第2版. 上海,华东师范大学出版社. 1981

Jiang Zhihong (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Ma Li, Ma Xueqing, Li Xiangfan, and Kong Caiyuan. **A Model of the Adhesive Rate in Impregnation of Bamboo Strip.** *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(3): 270~275

**Abstract:** The adhesive rate was affected by both the solid rate ( $Z_1$ ) in the adhesive and soaking time ( $Z_2$ ). The former had a positive correlation with the adhesive rate when bamboo strip was soaked in 2122 PF resin. The relationship between the adhesive rate ( $Y$ ) and above two factors was expressed by  $Y = 2.15 - 0.161 1Z_1 + 0.250 0Z_2 + 0.012 1Z_1^2$  or  $Y = 2.90 - 0.161 1Z_1 + 0.012 1Z_1^2$  when the solid rate varied from 15% to 35% and soaking time from 1 to 5 min.

**Key words:** bamboo strip; laminated boards; impregnation; phenolic aldehyde resin

## 欢迎订阅《浙江林学院学报》

《浙江林学院学报》是全国林业类核心期刊之一，被评为首届浙江省优秀科技期刊，首届全国优秀科技期刊，全国高校优秀学报。主要刊登林学、经济林、园林、生态、林产加工、森林病虫害防治、林木遗传育种、林业经济、林业机械、木材加工、水土保持等方面的学术论文、科研报告和研究简报等，供农林科技工作者、园林绿化和规划设计人员、大专院校师生、基层干部、农林科技专业户及科技信息人员参阅。季刊。季末月中旬出版。公开发行。1997年每期定价2.50元，全年10.00元。欢迎订阅，欢迎投稿。

国内订户请向浙江林学院学报编辑部索取订单，也可直接汇款订购。邮汇：浙江临安浙江林学院学报编辑部，邮政编码：311300。信汇：浙江林学院，临安农业银行，帐号：86181210004800。

国外读者请向中国出版对外贸易总公司联系办理。地址：北京782信箱，邮政编码：100011。