

杨木材性对单板胶合的影响及胶合工艺

李春生 王金林 赵戈 姜惕 杜荣

摘要 本文以组坯结构、涂胶量和热压条件等为单板胶合的相关因子进行了6种杨木单板胶合的正交试验,研究了胶合工艺的适应性和较优的工艺条件。结果表明:由于选用的杨树组系、产地等不同,树种间的材性差异较大,所以难以找出一个通用的胶合工艺条件;在所试验的6个品系杨树中大部分以采用热压单位压力0.5~0.8 MPa,热压时间40 s/mm、涂胶量280~340 g/m²、脲醛胶填料(面粉)加量15份的调胶配比及等厚单板组坯结构等工艺条件,能得到较高的胶合强度;美洲黑杨I-69和欧美杨I-72是容易胶合的树种,白杨组的新疆杨的化学性质在6种杨树中pH值最低、缓冲容量最小,所以单板胶合工艺条件无特殊要求,而青杨组的3个品系杨木pH值和缓冲容量均较大,不利于脲醛胶的固化,应采取适当措施,以保证胶合强度达到国标要求的指标。

关键词 杨木; 材性; 单板胶合

Effect of Wood Properties on Veneer Gluability and Gluing Technology for 6 Poplar Varieties

Li Chunsheng Wang Jinlin Zhao Ge Jiang Ti Du Rong

(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract Veneer gluability and the gluing technology for 6 poplar varieties were studied by means of orthogonal experimental design with assembly pattern, resin consumption, adhesive formulation, and hot pressing technology as influencing factors. It was found that it was difficult to develop a set of universal gluing technology for all of the poplars tested because of the remarkable variation in wood properties among them. However, higher bonding strength could be obtained with pressing pressure of 0.5 to 0.8 MPa, pressing time of 40 s/mm, UF resin consumption of 280 to 340 g/m², additive ratio of 15 between wheat flour and resin, and assembly pattern of constant thickness in most cases. The *Populus deltoides* barter. CV. 'Lux' (I-69/55) and *P. × euramericana* Guineir CV, 'San Martino' (I-72/58) were easy to glue. The *P. bolleana* L. within the sect. *Populus* had the lowest pH value and buffering capacity, and therefore could be well glued without any special consideration. The *P. cathayana* Rehd., *P. simonii* Carr., and *P. gansuensis* C. Wang et H. L. Ying within sect. *Tacamahaca* had higher pH value and buffering capacity, and therefore the glue shear strength was not able to reach the Chinese National Standard's requirement unless appropriate conditions were adopted.

Keywords Poplar woods; Wood properties; Veneer gluing

1 前言

单板胶合时应考虑胶粘剂、单板性质和胶合工艺三方面的条件,本文研究了人工林杨木单板胶合适应性及较优工艺条件。由于人工林杨树品系很多,木材密度较低,湿心材与边材性质差异大,例如木材pH值和缓冲容量数值偏高、差异较大,因而对单板胶合

带来不利影响。有鉴于此,试验选用了6个品系杨树,以组坯结构、调胶配方、涂胶量、热压压力、热压时间及单板旋切压榨率等6个因子,进行单板胶合正交试验,评价它们制造胶合板的适应性,并得出较优的胶合工艺条件。

2 试验方法

试验选用黑杨组的I-69杨和I-72杨,青杨组的青杨、小叶杨和甘肃杨,白杨组的新疆杨共6个品

收稿日期 1998-05-26

本文系“八五”国家科技攻关专题《短周期工业材的合板制造技术研究》的部分内容。

本文作者分别为:中国林科院木材工业研究所副研究员,研究员,助理研究员,工程师,工程师,北京 100091

系杨树木材为试材原料,分别采自湖南省汉寿县、山西大同市和内蒙古磴口等地。原木直径 210 ~ 400 mm。

2.1 木材 pH 值与缓冲容量的测定

试样按参考文献[1] 中图 1 截取,每个树种各取 3 株,截成 2 m 长的木段,然后在木段上下各截取 50 mm 厚的圆盘,分出边材和湿心材,经气干后劈成小木条,用植物粉碎机粉碎至全部通过 40 目筛后,贮存于小塑料袋内。试验木粉需放置 48 h 使水分充分均匀后再进行分析测定。

2.2 单板

杨树木段用 3VKKT55/L65 型旋切机旋制成名义厚度为 1.01 mm 和 2.02 mm 的单板。经 JTD-06-OLLX 型燃气加热辊筒干燥机干燥后剪切成幅面为 350 mm×350 mm 的单板。旋切单板由木心向外按顺序编号以便组坯。单板干燥后放置一段时间进行调湿处理,胶合前的单板含水率为 6%~12%。

2.3 胶粘剂

采用自制的脲醛树脂,树脂指标如下:

固体含量(%)	50.1±1
游离甲醛(%,氯化铵法)	<0.50
粘度(mPa·s, 25℃)	80~150
适用期(h, 25℃)	>4
pH 值	7~8

2.4 试验设计和方法

pH 值与缓冲容量的测定,采用美国树脂公司^[2] 制定的方法:称取 30 g 木粉,加蒸馏水 400 mL,搅拌均匀后放置半小时进行过滤。取滤液 150 mL,在磁力搅拌下测其 pH 值,待读数稳定后记录 pH 值。将此溶液用 0.01N 硫酸溶液滴定,使其 pH 值正好是 3.5 时记录所消耗的 0.01N 硫酸溶液的毫升数。计算公式:缓冲容量=硫酸的当量浓度×滴定时所消耗的硫酸的毫升数(单位 m⁺eq×10²)。

单板胶合试验尽量考虑到影响杨木胶合的有关因子,以树种为组进行正交试验,在考察 6 个品系杨木单板胶合适应性的同时得出较优的胶合工艺条件。正交试验因子和水平见表 1。

按照表 1 中的因子和水平数选择 L₂₇(3¹³)正交表进行试验,正交表见表 5。

胶合试验在 QD-100 型试验压机上进行。手工调胶、涂胶,组坯后预压 20~30 min,预压压力为 1.0 MPa,热压温度均为 110℃~115℃。胶合强度试件的制作和胶合强度检测按国标 GB 9846—88 进行。

表 1 正交试验因子和水平表

Tab.1 Factors and levels of orthogonal experimental design

因子代号	因子	水平 1	水平 2	水平 3
A	热压压力(MPa)	0.5	0.8	1.1
B	热压时间(s/mm)	30	40	50
C	涂胶量(g/m ²)	220	280	340
D	组坯结构	S1+S1+S1 S1+H1+S1 S1+S2+S1		
E	调胶配比	配比 1	配比 2	配比 3
F	旋切压榨率(%)	0	8	16

注:(1)组坯结构中 S、H 分别为边材和湿心材,1、2 分别为 1.01 mm 和 2.02 mm 厚的单板;(2)调胶配比见表 2。

表 2 胶粘剂调胶配比(份)

Tab.2 Formulation of adhesives

名称	配比 1	配比 2	配比 3	备注
脲醛树脂	100	100	100	
面粉	15	22	8	
水	3	8	0	
氯化铵	4	4	4	(20%水溶液)

3 试验结果

3.1 木材 pH 值及缓冲容量检测结果

木材 pH 值及缓冲容量检测结果见表 3。

表 3 pH 值及缓冲容量检测结果

Tab.3 Test results of pH value and buffering capacity of 6 poplar varieties

树种	部位	pH 值	缓冲容量(m ⁺ eq×10 ²)
I-69 杨	边材	5.78	15.85
	心材	5.17	74.12
I-72 杨	边材	5.81	21.66
	心材	7.00	66.40
青杨	边材	5.88	28.41
	心材	8.16	49.18
小叶杨	边材	6.04	30.53
	心材	8.74	80.14
甘肃杨	边材	6.09	21.75
	心材	7.69	136.92
新疆杨	边材	5.58	16.07
	心材	3.93	8.87

从表 3 可看出杨树的 pH 值及缓冲容量数值偏高,湿心材与边材之间差异较大。

6 个品系杨树的边材 pH 值比较接近,平均为 5.86(最大值 6.09,最小值 5.58);湿心材 pH 值差异较大,平均为 6.78(最大值 8.74,最小值 3.93)。从树种来看白杨组的新疆杨 pH 值最低,青杨组的小叶杨、甘肃杨、青杨偏高。

6 个品系杨树的缓冲容量除新疆杨外,边材均低于湿心材,且边材的缓冲容量差异较小,平均为 22.38(最大值 30.53,最小值 15.85);湿心材缓冲容量的差异很大,平均为 69.27(最大值 136.92,最小值 8.87),最大值是最小值的 15 倍。6 个树种中新疆杨

表 4 胶合强度检测结果

Tab. 4 Test results of glue shear strength

序 号	因子						胶合强度(M Pa)					
	A	B	C	D	E	F	I -69 杨	I -72 杨	青杨	小叶杨	甘肃杨	新疆杨
01	1	1	1	1	1	1	1.21	1.18	1.36	0.25	1.06	1.27
02	1	1	2	2	2	2	1.50	1.49	1.33	0.71	0.59	1.40
03	1	1	3	3	3	3	1.07	1.23	1.15	0.84	0.96	0.87
04	2	2	1	2	1	3	1.65	2.00	1.72	1.32	1.33	1.24
05	2	2	2	3	2	1	1.13	1.36	1.05	1.08	0.92	0.84
06	2	2	3	1	3	2	1.55	1.74	1.36	1.11	1.41	1.26
07	3	3	1	3	1	2	0.93	1.03	0.88	0.97	0.82	0.90
08	3	3	2	1	2	3	1.75	1.59	1.36	1.07	0.64	1.07
09	3	3	3	2	3	1	1.78	1.47	1.09	1.28	1.09	1.26
10	1	2	2	1	1	3	1.70	2.00	1.54	1.35	0.95	1.34
11	1	2	3	2	2	1	1.54	1.15	0.97	1.20	1.35	1.21
12	1	2	1	3	3	2	1.01	0.90	0.97	1.05	0.75	0.90
13	2	3	2	2	1	2	1.35	1.47	1.26	1.30	1.33	1.19
14	2	3	3	3	2	3	1.12	1.25	1.10	0.82	0.91	0.78
15	2	3	1	1	3	1	1.58	1.41	1.24	0.69	0.99	1.13
16	3	1	2	3	1	1	1.05	1.43	1.14	0.90	1.00	0.93
17	3	1	3	1	2	2	1.54	1.25	1.10	1.33	0.62	1.35
18	3	1	1	2	3	3	1.63	1.75	1.65	1.32	1.18	1.03
19	1	3	3	1	1	2	1.56	1.75	1.40	1.41	1.19	1.25
20	1	3	1	2	2	3	1.59	1.35	1.38	1.58	1.20	0.94
21	1	3	2	3	3	1	1.18	1.11	1.17	0.76	0.93	0.84
22	2	1	3	2	1	1	1.37	1.24	1.31	1.37	1.52	1.19
23	2	1	1	3	2	2	1.00	0.89	0.61	1.07	0.57	0.80
24	2	1	2	1	3	3	1.71	1.83	1.19	1.43	1.10	1.12
25	3	2	3	3	1	3	0.91	1.21	0.92	1.02	1.21	0.96
26	3	2	1	1	2	1	1.52	1.07	1.42	0.77	1.03	1.18
27	3	2	2	2	3	2	1.63	1.38	1.25	1.62	0.73	1.23

缓冲容量最小, 甘肃杨最大。

3.1 胶合强度检测结果

胶合强度检测结果见表 4。

3.2 数据处理结果

试验合板的胶合强度检测结果采用广义方差分析程序^[3]进行数据处理。

3.2.1 正交试验 6 因子各水平得分(从高到低排列)情况见表 5。

表 5 正交试验因子各水平得分排列表

Tab. 5 Scores for various factors							
因子	得分						
	I -69 杨	I -72 杨	青杨	小叶杨	甘肃杨	新疆杨	
A	3, 2, 1	2, 3, 1	1, 2, 3	3, 1, 2	2, 1, 3	1, 3, 2	
B	3, 2, 1	2, 3, 1	2, 3, 1	2, 3, 1	2, 3, 1	2, 1, 3	
C	2, 3, 1	2, 3, 1	2, 1, 3	3, 1, 2	3, 1, 2	3, 2, 1	
D	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	2, 3, 1	1, 2, 3	
E	3, 2, 1	1, 3, 2	1, 3, 2	3, 1, 2	1, 3, 2	1, 3, 2	
F	3, 1, 2	3, 2, 1	3, 1, 2	3, 1, 2	3, 1, 2	2, 1, 3	

3.2.2 方差分析结果 正交试验 F 检验结果显著因子见表 6, 由表 6 可见, 在 6 个品系杨树中, 除小叶杨 6 个试验因子的 F 检验均不显著外的其他 5 个品

系中, 因子 D(组坯结构)均为显著, 因子 E(调胶配方)和因子 F(旋切压榨率)分别在 2 个树种中显著, 因子 C(涂胶量)仅对 1 个树种显著, 而因子 A(热压压力)和因子 B(热压时间)在所有树种中均不显著。

表 6 显著性检验结果

Tab. 6 Results of variance analysis							
树种	误差来源	离差平方和	自由度	均方	F-值	F(0.05)	显著性
I -69 杨	因子 D	1.6228	2	0.81138	75.147	3.74	**
	因子 E	0.1153	2	0.05763	5.338	3.74	**
I -72 杨	因子 D	0.7500	2	0.37501	8.692	3.74	**
	因子 F	0.4945	2	0.24723	5.730	3.74	**
青杨	因子 D	0.6556	2	0.32780	9.292	3.74	**
甘肃杨	因子 C	0.2445	2	0.12225	4.168	3.74	**
	因子 D	0.2844	2	0.14218	4.848	3.74	**
	因子 E	0.3698	2	0.18491	6.305	3.74	**
新疆杨	因子 D	0.6755	2	0.33774	57.780	3.74	**
	因子 F	0.0481	2	0.02407	4.118	3.74	**

注: **表示显著。

3.3 正交试验结果分析

3.3.1 试验因子对胶合强度的影响 从表 6 来看, F 检验结果表明因子 A(热压压力)和因子 B(热压时

间)对所有树种均不显著。从因子水平得分情况来看,因子A的3个水平在6个品系杨树中得分高、中、低各出现三次,差异不大;因子B的水平2(40s/mm)除I-69杨外在5个品系杨树中得分最高,即对大多数杨树采用40 s/mm的热压时间可得到较高的胶合强度。由于热压压力与树种、单板表面质量以及胶粘剂、涂胶量、陈化时间等相关,例如,软材比硬材压力低,早晚材硬度差异小的树种需要的压力低,若胶粘剂流动性差、陈化时间长则需适当增加热压压力。对大多数树种来说,大量试验结果表明^[4]热压压力在0.5~2.0 MPa为适宜的范围。由于杨木是

密度低的软材,热压压力在0.5 MPa左右即可满足要求。热压温度取决于胶粘剂的种类,对于脲醛树脂为90℃~110℃。热压时间对脲醛胶三合板通常为30 s/mm左右,延长热压时间对胶合强度的提高并无显著影响。以I-69杨和I-72杨为例,因子A和因子B各水平对胶合强度的影响见图1和图2。从图中可看出,单位压力在0.5~1.1 MPa、热压时间在30~50 s/mm压制的合板胶合强度值均在1.34 MPa以上,且差异较小,说明本试验所选热压压力和时间范围对杨木单板的胶合是适宜的。

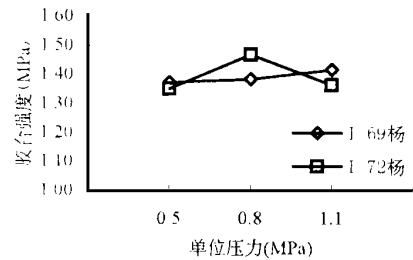


图1 单位压力对胶合强度的影响
Fig. 1 Effect of pressure on glue shear strength

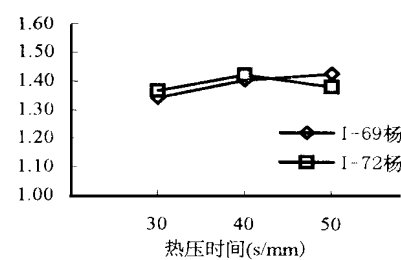


图2 热压时间对胶合强度的影响
Fig. 2 Effect of pressing time on glue shear strength

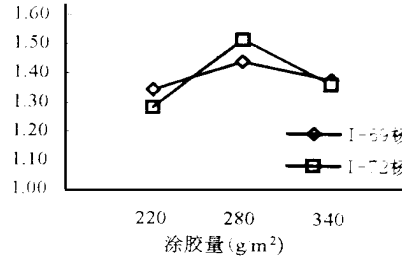


图3 涂胶量对胶合强度的影响
Fig. 3 Effect of resin consumption on glue shear strength

因子C(涂胶量)对6个品系杨树单板采用水平2、水平3可得到较高的胶合强度。涂胶量的多少因木材的孔隙度、单板表面平滑程度及涂胶后陈化时间而异,通常单板双面涂胶量为220~330 g/cm²。由于杨树木材密度低(0.330~0.386 g/cm³)^[1]、材质松软,胶液易于渗透,低涂胶量难以在单板表面形成胶膜,所以对于大多数杨木涂胶量采用水平2、水平3是合适的。以I-69杨和I-72杨为例,因子C各水平对胶合强度的影响见图3,从图中可看出,水平2的胶合强度最高。另外,F检验仅对甘肃杨影响显著,这是由于甘肃杨pH值较高,同时心、边材缓冲容

量差异很大造成的。因子D(组坯结构),水平3厚芯结构样板的胶合强度远低于等厚结构,故因子D的F检验除小叶杨以外的所有树种均显著。水平2以湿心材为芯板的结构,由于杨木湿心材pH值和缓冲容量普遍高于边材、且在同样的干燥条件下湿心材的终含水率高于边材,因此以湿心材为芯板的结构其胶合强度低于全边材结构。从得分情况看,除甘肃杨外5个品系杨树全边材组坯结构的得分均高于湿心材作芯板的结构。以I-69杨和I-72杨为例,因子各水平对胶合强度的影响见图4。

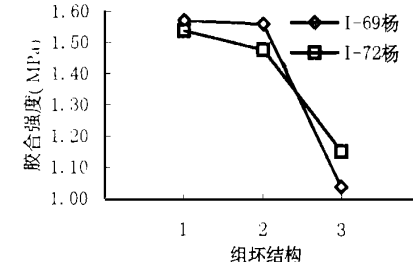


图4 组坯结构对胶合强度的影响
Fig. 4 Effect of assembly patterns on glue shear strength

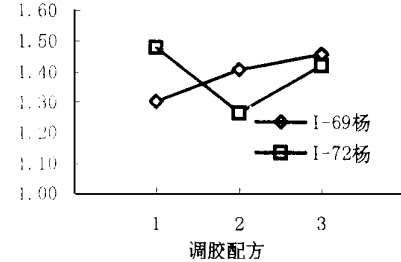


图5 调胶对比对胶合强度的影响
Fig. 5 Effect of adhesive formulation on glue shear strength

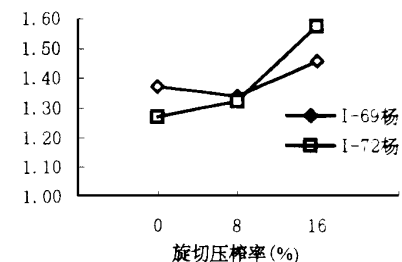


图6 旋切压率对胶合强度的影响
Fig. 6 Effect of nosebar pressure on glue shear strength

因子E(调胶配比)主要是考察填料(面粉)和水的加量对胶合强度的影响。水平2在5个树种中得

分最低,水平1有4个树种得分最高。在脲醛树脂中

(下转第27页)

材的发展提供了良机。我国单板层积材的生产目前尚未起步,但我国除具备以上发展因素外,原料的结构已发生重大的变革,小径级低质木材将成主要原料。这无疑为发展单板层积材提供了良好的机遇,而且也是未来发展的一种趋势。这是因为(1)径级在 200~250 mm 左右的速生小径材和间伐材(松木、杨木等)比较适用于生产单板层积材。此规格材量大、价低,用它生产普通胶合板、锯材和胶合木等都难以达到类似效用;(2)虽然实木复合板材(包括胶合板、胶合木、指接材、地板块、复合木地板、单板层积材等)因其天然的木质纹理和木材特性而深受消费者喜爱。但在原料越来越珍贵的今天,似应特别注意提高木材原料的利用率;(3)目前胶合板市场竞争剧烈,受进口胶合板和私营小企业生产的劣质胶合板冲击大,正规大厂难以维持生计。对现有胶合板厂进行技术改造,生产单板层积材或同时生产胶合板和单板层积材将是值得探讨的方向。换言之,单板层积材在发展初期特别适合于胶合板厂的技术改造。改造现有胶合板生产线生产单板层积材有以下几个方案可供参考。

①利用原有胶合板生产设备增加一条拼板线和一台 4' 涂胶机,就可以生产标准幅面的单板层积材。

(上接第 16 页)

添加填料,可以调整胶液的粘度,防止过量渗透,试验表明对大部分杨木采用适量的填料(15 份)和加水量(3 份),可得到较高的胶合强度,但填料和水的加量过高将影响杨木单板的胶合强度。同时, I -69 杨和甘肃杨对调胶配方反应较为敏感。以 I -69 杨和 I -72 杨为例,调胶配比对胶合强度的影响见图 5。

因子 F(单板旋切压榨率)的水平 3(16%) 在 5 个树种中得分最高,说明杨树采用较大压榨率的旋切工艺有利于提高合板胶合质量;但相对比其他杨木密度和硬度均最高^[1] 的新疆杨木材采用中、低压榨率进行旋切较为适宜。从杨木单板旋切试验结果可知,单板旋切随压榨率的增大单板的背面裂隙减小,除新疆杨外的 5 个品系杨树单板采用水平 3 旋切的单板背面裂隙均较低,有利于单板胶合强度的提高。以 I -69 杨和 I -72 杨为例,单板旋切压榨率对单板胶合强度的影响如图 6 所示。

4 结论

4.1 从正交试验结果来看,所试验的 6 个品系杨树中的大部分以采用热压单位压力 0.5~0.8 MPa、热压时间 40 s/mm、涂胶量 280~340 g/m²、等厚的三合板组坯结构、填料加量 15 份的调胶配比及单板旋切压榨率 16% 等工艺条件,能得到较高的胶合强度。

此方案投资省,但规格和市场很受限制。

②增加一台单板层积材压机,既可生产胶合板也可生产单板层积材。

③增加单板斜接线和组坯热压线,能够满足各种结构及高质量单板层积材的需要。但产量受旋切、干燥的限制。

④在达到以上要求的同时改造旋切线,提高了对原材料的适应能力和原材料的出材率,同时也提高产量和质量。

6 参考文献

- 1 孟宪树,陆从进. 新型结构材料—单板层积材. 中国林业科学院木材工业研究所
- 2 陆从进. 利用兴安落叶松小径原木高频胶合制造单板层积材的研究. 林业科学, 1988, 24(4): 422~428
- 3 陆从进. 单板层积材的加速老化性能研究. 林业科学, 1990, 26(5): 448~451
- 4 朱典想,刘林芳. 单板层积材用意杨厚单板制造中应注意的几个技术问题. 林产工业, 1998, 25(3): 34~37
- 5 人造板工业在复苏. 亚洲家具设计与制造. 1997, 36
- 6 Leonard Guss Associates, INC. Market Perspectives for LVL 1993 to 2002

4.2 由于选用的杨树因组系、树种和产地等不同,树种间的材性差异很大,难以找出一个通用的胶合工艺来满足所有树种的要求。因此不同的树种采用不同的胶合工艺,胶合强度是完全可以达到国标要求的。

4.3 黑杨组的 I -69 和 I -72 杨是容易胶合的树种,采用通常的胶合工艺,胶合强度即可达到国标要求。

4.4 青杨组的三个品系杨树木材 pH 值高、缓冲容量大,不利于脲醛树脂胶的固化。其中小叶杨的 pH 值最高,甘肃杨心材的缓冲容量最大,因此在制定胶合工艺时应采取适当提高调胶时的固化剂加量等措施,以保证达到国标要求的胶合强度。

4.5 白杨组的新疆杨是 6 个品系杨树中 pH 值最低、缓冲容量最小的树种,其 pH 值和缓冲容量与胶合板常用树种紫椴(5.24、14.8)^[4]、水曲柳(5.32、11.0)接近,所以新疆杨单板对胶合工艺条件无特殊要求。

5 参考文献

- 1 王金林等. 杨木旋切及单板质量与木材性质关系的研究. 木材工业. 1995, 9(5): 1~7
- 2 美国树脂公司 Maloney T M. Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard Manufacture. Miller Free Publications, San Francisco, 1997, 162~163
- 3 郎奎健、唐守正编著. IBM PC 系列程序集—数理统计, 调查规划, 经营管理. 中国林业出版社, 1989
- 4 半井勇三. 木材胶合和胶粘剂. 日本森北出版株式会社, 1976
- 5 相亚明. 国产 25 种木材水浸提液的 pH 值和缓冲容量. 木材工业, 1987, 1(1): 16~23