

生材单板挤压脱水的研究

王金林 李春生 冷跃龙

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

摘要 经分析计算,基本密度为 $0.36\text{g}/\text{cm}^3$ 的木材,在 120% 的含水率状态下木材中细胞壁物质、水和空气三者的体积比约为 1:1:1,因此当该木材体积压榨率达到 66% 时,木材中的水分(自由水)几乎将被全部挤出。据此,使用表面有沟槽的几种不同模板对速生树种 I-69 杨和火炬松的生材单板进行了不同压榨率的挤水试验,结果表明: I-69 杨 2.02mm 生材单板用 70% 的压榨率挤压后,含水率显著降低,组内试件间的含水率差异显著缩小;火炬松 2.38mm 和 3.33mm 生材单板,压榨率 60% 比 40% 的挤水量大、挤后与挤前组内含水率极差比值小,因而达到了降低并均匀生材单板含水率的目的。另外,模板不同也显出不同的挤水效果。

关键词 生材单板; 挤压脱水; 模板; 体积压榨率

1 前言

目前,我国人工栽培的杨树木材中普遍存在着颜色较深、断面形状不规则的湿心材(又称红心材、黑心材)。湿心材与边材不仅材性有显著差异,而且各个部位的木材含水率也大不相同。经测定 I-69 杨湿心材内部含水率高达 245%,边材边部含水率低至 77%。这就给杨木胶合板制造带来很大困难,据朱立邦介绍:意杨单板干燥时,当边材部位的单板含水率达到 8%~12%,心材部位的单板含水率一般仍高达 18%~25%^[1]。由于杨树等原木不同部位的旋切单板含水率差异悬殊,目前生产上使用的单板干燥机难以满足干燥工艺要求,干燥后的单板终含水率依然分布不均,由此引起干燥应力而造成单板翘曲变形。这样的单板在热压胶合时,由于局部含水率过高而发生合板鼓泡,由于单板翘曲不平造成合板叠层、离缝以及翘曲变形等缺陷,这是杨木等速生材用于胶合板生产的一大障碍。为了解决杨木生材旋切单板含水率分布严重不均给胶合板制造带来的困难,本研究采用挤压脱水的方法,即采用表面刻有沟槽

的上下模板,通过加压挤出单板中的部分水分,使单板含水率趋于一致,为单板均匀干燥创造条件,同时由于预先脱去了单板中的部分水分,所以单板干燥时的热能消耗将显著降低。

2 湿单板挤压脱水的依据

木材是由细胞壁物质、空气及水分三大要素所组成的多孔性材料,其外形体积由细胞壁物质及孔隙构成^[2]。木材胞腔、胞间隙、纹孔腔及纹孔膜上的微孔等永久孔隙的大小几乎不受木材湿润和干燥状态的影响,而细胞壁上的微毛细管大部分是湿润时形成的暂时孔隙,在干燥后消失^[3]。由于木材体积孔隙度取决于木材的全干密度,水在孔隙中所占体积的比例随含水率增加而增加,因此木材中细胞壁物质、水和空气三者之间的体积比因木材全干密度和含水率不同而异。

当木材含水率在纤维饱和点以上时木材孔隙中空气所占体积比例近似地按下式^[3]计算

$$C_3 = [1 - \rho_i (\frac{1}{\rho_A} + \frac{W_F}{100\rho'_F} + \frac{W - W_F}{100\rho_F})] \times 100$$

..... (1)

式中: C_3 —纤维饱和点以上任意含水率的木

• 1 •

收稿日期 1995-06-18

本研究系“八五”国家科技攻关专题《短周期工业材胶合板制造技术研究》的组成部分,赵戈、杜荣、姜锡和彭立民参加本项研究工作。

材孔隙中空气所占体积比例(%)；

ρ_j —木材基本密度(g/cm^3)；

ρ_h —木材细胞壁物质密度，为 $1.50(\text{g}/\text{cm}^3)$ ；

W_F —纤维饱和点含水率，为 $28(\%)$ ；

ρ'_s —纤维饱和点含水率下结合水的平均密度，为 $1.119^{[4]}(\text{g}/\text{cm}^3)$ ；

W —纤维饱和点以上的含水率(%)；

ρ_f —自由水的密度；为 $1.0(\text{g}/\text{cm}^3)$ 。

而木材基本密度与全干密度的换算关系^[5]如下：

$$\rho_j = \frac{100\rho_0}{100+28\rho_0} \dots\dots\dots (2)$$

式中： ρ_0 —木材全干密度(g/cm^3)。

若木材全干密度为 $0.40\text{g}/\text{cm}^3$ 、生材含水率为 120% ，根据上述公式(1)计算结果， $C_3=34\%$ 。即生材体积为 1cm^3 时，木材空隙中空气占 0.34cm^3 ，而木材细胞壁物质和水的体积合计为 0.66cm^3 。

由于木材细胞壁物质密度(除去所有空隙的木材细胞壁物质的全干密度)与树种关系很小，一般在 $1.50\sim 1.56\text{g}/\text{cm}^3$ ，在生材或纤维饱和点以上的湿润状态下木材细胞壁物质的基本密度 ρ'_h 则为 $1.06\text{g}/\text{cm}^3$ ^[5]。根据木材基本密度 $\rho_j = \frac{\text{绝干材质量 } G_h}{\text{生材体积 } V_g}$ ，同时前已设定生材体积为 1cm^3 ，且该种木材基本密度由公式(2)计算得 $0.36\text{g}/\text{cm}^3$ ，故绝干材质量 $G_h = 0.36\text{g}$ ，此时木材细胞壁物质的体积 $V_h = \frac{G_h}{\rho'_h} = \frac{0.36}{1.06} = 0.34\text{cm}^3$ ，则木材中水分所占体积 $V_w = 0.32\text{cm}^3$ 。

这样，木材全干密度为 $0.40\text{g}/\text{cm}^3$ 、生材含水率为 120% 的湿润状态下木材细胞壁物质、水和空气三者的体积比是 $0.34 : 0.32 : 0.34$ ，即约为 $1 : 1 : 1$ 。

根据上述分析，若将生材单板试件体积定为 100 ，采用压榨的方法将试件体积压缩到 66 时，从试件中压榨出的仅是空气，若进一步将试件体积压缩到 33 时，根据理论计算单板中的自由水几乎全部挤出。

• 2 •

然而，由于木材材质不均、含水率分布差异悬殊，所以仅靠体积压缩，单板中的水分是难以顺利全部排出的，且压榨时形成的水压还会引起单板的破损，为了解决水分排出的障碍，需要提供水分移动的条件和排出的场所。为此，本试验采用上下一对模板，模板表面开有若干条沟槽，形成低压张弛区域，靠压力梯度使单板中被挤压的水分流入沟槽，而快速排除。

3 试验材料与方法

3.1 试验材料

试验用芬兰 3VKKT55/65 型液压双卡旋切机旋切的 I-69 杨和火炬松生材单板，单板厚度为 2.02 、 2.38 及 3.33mm 。

试件制作 在木段旋切的单板带上由近木芯部位从里向外截取单板若干条，再从单板条上截取尺寸为 $120\text{mm} \times 120\text{mm}$ 的试件。

3.2 试验设备及用具

采用 QD-100 型试验压机，为了选择合适的模板断面形状和尺寸，设计加工了带有矩型槽、V 型槽、矩型和 V 型复合槽及不同沟槽尺寸的五种挤水模板，每套模板上下各一块，模板尺寸为 $120\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，沟槽断面形状如图 1 所示。

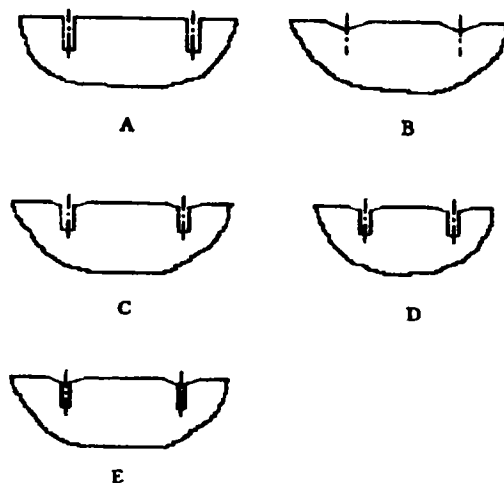


图 1 生材单板挤压脱水用模板断面局部示意图

3.3 试验方法

模板分别固定在压机的上下压板上,在上压板的适当位置安装控制单板压榨率的百分表。湿单板放入上、下模板之间,手工操作控制单板压榨率条件下作加压挤水试验。湿单板挤压前后分别检量其质量和4点厚度,挤水后的单板试件放入烘箱中干燥至全干并称量其质量。

其中,I-69杨单板的厚度为2.02mm,采用A、B、C、D及E型5种模板,单板压榨率为70%,分别按单板纤维方向与模板沟槽相平行(顺纹)或垂直(横纹)的方式加压挤水试验;火炬松单板的厚度为2.38mm和3.33mm,采用A、B及C型3种模板,分别进行压榨率为40%和60%的顺纹加压挤水试验。

4 结果与讨论

4.1 I-69杨生材单板挤水试验

2.02mm I-69杨生材单板在压榨率70%的条件下,5种模板的顺纹及横纹挤水量见表1和表2,表中挤水量为挤水前后单板含水率之差,挤水率为挤水量与挤前含水率之比。2.02mm I-69杨生材单板挤压前后试件组内含水率范围的变化见图2。

由于I-69杨的基本密度为0.37g/cm³[6],根据公式(1)及有关计算,含水率在180%和120%的湿润状态下,I-69杨生材中木材细胞壁物质、水和空气的体积比分别为1:1.59:0.28及1:0.95:0.91。按照理论分析,I-69杨生材单板试件体积压缩到35%时单板中的自由水将全部被挤出,但是由于模板表面的沟槽处的单板未受挤压或未被充分挤压,例如用A型模板时有占总体积10%的单板未受挤压,用C型模板时有相当总体积20.4%的单板未被挤压,这里就留有未被挤出的水分。另外,由于挤出的水分在单板解压后部分地被吸回,因此在本项试验中,单板经挤后仍有较高的含水率,残留在单板中的水分是由吸着水、未被挤出的及解压后

表1 I-69杨2.02mm生材单板在压榨率70%条件下顺纹挤压脱水结果

试验号	模板形状	含水率(%)		极差比*	挤水量(%)		挤水率(%)
		挤前	挤后		单个	平均	
101	A型	181.60	127.70	0.59	53.90	43.30	29.68
102		175.92	117.31		58.61		33.32
103		138.58	98.51		40.07		28.92
104		126.87	90.39		36.48		28.75
105		116.81	89.38		27.43		23.48
201	B型	176.07	100.70	0.36	75.37	48.07	42.81
202		173.21	105.36		67.86		39.18
203		125.58	89.17		36.41		29.00
204		114.60	83.32		31.28		27.29
205		111.94	82.53		29.41		26.28
301	C型	168.81	123.85	0.42	44.95	36.63	26.63
302		161.69	108.63		53.06		32.81
303		158.72	113.76		44.95		28.32
304		133.33	114.81		18.52		13.89
305		132.16	110.48		21.68		16.40
401	D型	177.62	137.02	0.51	40.60	31.29	22.86
402		158.90	123.31		35.59		22.40
403		150.86	118.32		32.53		21.57
404		149.53	122.96		26.57		17.77
405		140.81	119.67		21.14		15.01
501	E型	177.06	119.91	0.44	57.14	49.56	32.27
502		171.22	115.22		55.99		32.70
503		168.57	118.48		50.09		29.71
504		151.16	106.67		44.49		29.43
505		146.81	106.74		40.07		27.30

注:含水率极差比=组内试件挤后含水率极差/组内试件挤前含水率极差

表2 I-69杨2.02mm生材单板在压榨率70%条件下横纹挤压脱水结果

试验号	模板形状	含水率(%)		极差比*	挤水量(%)		挤水率(%)
		挤前	挤后		单个	平均	
101	A型	171.28	117.20	0.48	54.08	33.06	31.57
102		166.90	121.25		45.65		27.57
103		123.58	99.13		24.45		19.79
104		120.96	100.87		20.09		16.61
105		115.49	94.44		21.04		18.22
201	B型	170.22	99.45	0.30	70.77	52.93	41.58
202		155.21	93.58		61.63		39.71
203		139.17	83.62		55.56		39.92
204		132.84	85.53		47.31		35.61
205		117.62	88.26		29.36		24.96
301	C型	160.05	127.88	0.50	32.17	21.85	20.10
302		144.98	123.92		21.05		14.52
303		141.29	122.60		18.69		13.23
304		132.99	109.69		23.30		17.52
305		123.88	109.83		14.05		11.34
401	D型	171.55	142.82	0.64	28.73	22.78	16.75
402		160.83	136.77		24.06		14.96
403		153.48	130.27		23.31		15.12
404		148.69	126.00		22.69		15.26
405		134.14	118.95		15.19		11.33
501	E型	164.90	110.26	0.17	54.64	42.96	33.13
502		163.81	110.22		53.59		32.71
503		160.00	113.33		46.67		29.17
504		147.93	114.88		33.06		22.35
505		137.23	110.39		26.84		19.56

注:含水率极差比同表1。

吸回的水三部分组成。

从表1、表2和图2可以看出,生材单板

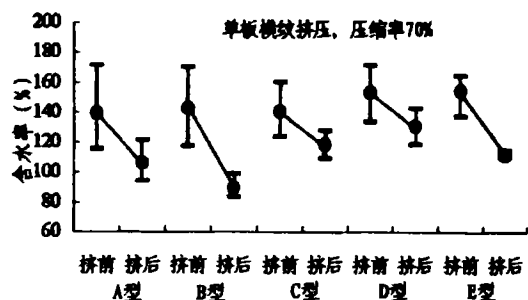
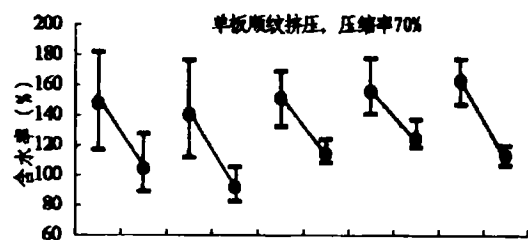


图2 1-69杨2.02mm生材单板用不同模板挤压前后组内试件含水率范围的变化

经挤压脱水后含水率显著降低,初含水率高的挤水量多;同组内单板试件含水率的分布范围挤后较挤前显著缩小。从同组试件的平均挤水量及挤后与挤前含水率的极差之比看,B型和E型的挤水效果好。在平均挤水量方面,B型模板的顺纹挤压为48.07%,横纹挤压为52.93%;E型模板的顺纹挤压为49.56%,横纹挤压为42.96%。而挤后与挤前的含水率极差比,B型模板的顺纹挤压为0.36,横纹挤压为0.30;E型模板的顺纹挤压为0.44,横纹挤压为0.17。然而,从试件在模板内受挤压的体积来说,A型最大,B型和E型次之,但是A型的挤水效果并不如B型和E型,而且因A型模板沟槽边部突变,易造成单板局部压溃。此外,在本试验中顺纹和横纹挤水效果没有明显的规律性差异。

4.2 火炬松生材单板挤水试验

火炬松2.38和3.33mm生材单板在压榨率40%和60%的条件下,3种模板顺纹挤压的挤水量和单板压缩率见表3,两种厚度火炬松单板在不同压榨率条件下,3种模板顺纹挤压单板含水率组内极差变化见图3。

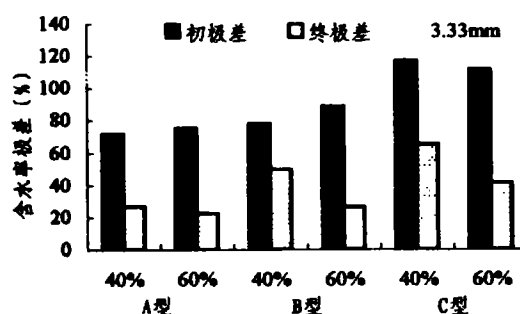
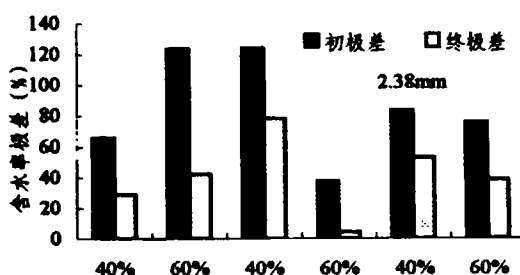


图3 火炬松生材单板顺纹挤压前后组内含水率极差的变化

从表3和图3可以看出:①火炬松生材单板经3种模板挤压脱水后,含水率均显著降低,初含水率高的挤水量大,挤后较挤前组内含水率极差显著缩小。②相同厚度的单板,压榨率60%的较40%的挤水量大,压榨率60%的挤后与挤前组内含水率极差比值低于压榨率40%的极差比值。③同一种模板在相同压榨率条件下,单板厚度3.33mm的较2.38mm的挤水量大。④从反映挤水前后含水率均匀程度的挤后与挤前含水率极差比值来看,压榨率60%的条件下B型模板的比值最小,单板厚2.38mm的为0.11,单板厚度3.33mm的为0.29,在3种模板中挤水效果最好。⑤单板经3种模板挤压脱水,2.38mm单板的厚度压缩率组内平均值为2.2%~5.4%,3.33mm单板厚度压缩率组内平均值为3.9%~6.4%。

5 结论

5.1 根据分析计算,基本密度为 0.36g/cm^3 的木材在含水率120%时,木材中细胞壁物质、水分和空气三者的体积比约为1:1:1,

表3 火炬松生材单板在3种模板顺纹挤压下的单板压缩率及挤水量

编号	模板形状	厚度(mm)	挤水压榨率(%)	试件厚度(mm)		缩率(%)	含水率(%)		板差比	挤水量(%)	挤水率(%)
				初	终		挤前	挤后			
011	A型	2.38	40	2.39	2.30	3.77	139.02	94.31	0.44	44.72	32.16
012				2.45	2.28	7.24	113.05	89.75		23.30	20.61
013				2.35	2.22	5.32	73.22	65.23		7.99	10.91
021			60	2.40	2.24	6.47	184.95	99.85	0.34	85.11	46.01
022				2.35	2.28	2.98	91.83	68.72		23.11	25.17
023				2.43	2.26	7.20	61.53	57.78		3.76	6.11
031		3.33	40	3.48	3.30	5.10	165.96	104.22	0.37	61.74	37.20
032				3.37	3.26	3.34	110.96	77.47		33.49	30.18
033				3.49	3.33	4.66	94.58	81.77		12.81	13.54
041			60	3.47	3.22	7.35	155.29	79.33	0.30	75.96	48.92
042				3.63	3.37	7.24	102.96	65.58		37.38	36.30
043				3.39	3.23	4.79	80.33	57.02		23.32	29.03
051	B型	2.38	40	2.40	2.34	2.51	185.60	139.66	0.63	45.94	24.75
052				2.42	2.30	4.76	87.71	74.35		13.36	15.23
053				2.48	2.39	3.93	61.89	61.89		0.00	0.00
061			60	2.28	2.08	8.77	105.90	59.19	0.11	46.71	44.11
062				2.34	2.20	5.67	74.92	62.03		12.88	17.19
063				2.45	2.37	3.57	68.28	63.44		4.84	7.08
071		3.33	40	3.46	3.39	2.03	154.63	110.93	0.64	43.71	28.26
072				3.61	3.55	1.46	88.30	76.84		11.45	12.97
073				3.48	3.35	3.66	76.82	61.39		15.43	20.08
081			60	3.49	3.32	4.73	155.66	75.00	0.29	80.66	51.82
082				3.61	3.41	5.41	73.82	54.00		19.82	26.85
083				3.47	3.31	4.62	67.33	48.96		18.37	27.28
091	C型	2.38	40	2.39	2.36	1.57	172.66	121.97	0.63	50.69	29.36
092				2.45	2.39	2.45	115.81	95.87		19.94	17.22
093				2.44	2.35	3.59	89.78	69.37		20.42	22.74
101			60	2.31	2.24	3.03	183.54	121.10	0.51	62.45	34.02
102				2.31	2.18	5.31	133.87	93.55		40.32	30.12
103				2.45	2.37	3.37	108.14	82.78		25.35	23.45
111		3.33	40	3.47	3.43	1.15	189.59	130.61	0.56	58.98	31.11
112				3.53	3.42	3.18	73.46	66.60		6.86	9.34
113				3.49	3.41	2.22	72.72	65.54		7.18	9.87
121			60	3.53	3.36	4.82	186.86	101.39	0.37	85.47	45.74
122				3.51	3.32	5.49	106.77	72.01		34.76	32.55
123				3.51	3.27	6.70	75.62	60.39		15.23	20.15

注:厚度压缩率=(挤压前单板厚-挤压并弹性恢复后单板厚)/挤压前单板厚

因此在66%以上的压榨率挤压下,理论上几乎可以挤出木材中的全部自由水。

5.2 I-69 杨生材 2.02mm 单板,用5种模板在70%压榨率条件下挤压后,单板含水率显著降低,组内试件含水率分布范围挤后比挤前显著缩小,即挤后单板之间的含水率差异大幅度减少,5种模板中挤水效果以B和E型为好。

5.3 火炬松生材单板使用3种模板挤水后,单板含水率显著降低,压榨率60%的比40%的挤水量大,挤后与挤前组内含水率极差比值小,即压榨率60%的较之40%的单板含水

率降低量显著,挤后含水率差异小,3种模板中挤水效果以B型为好。

5.4 挤水模板设计时,在模板表面加工若干条V型和矩型复合槽,挤压时板面形成压力差,使木材中的水分由高压流向低压的沟槽,将水迅速排出,同时防止因水压引起的单板破损和沟槽边部引起的压溃。

谢词 本研究承王志同高级工程师、刘龙工程师的指导和帮助,谨致谢忱。

6 参考文献

- 1 朱立邦. 意杨胶合板生产中的几个问题. 木材工业,

- 1992,6(4):47
- 2 成俊卿主编. 木材学. 中国林业出版社,1985
- 3 中户莞二编著. 新编木材工学. 日本东京养贤堂(株), 1985
- 4 Vorreiter L. Holztechnologisches Handbuch Bd. I. Verlag Georg Fromme,1949,126
- 5 日本材料学会木质材料部门委员会编. 木材工学辞典. 日本工业出版(株),1982
- 6 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

A Study on Squeezing Water out of Greenwood Veneer

Wang Jinlin Li Chunsheng Leng Yuelong

(Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091)

Abstract On the basis of theoretical calculation, the volumetric ratio of wood substances to water and air for the wood in basic density 0.36g/cm^3 at 120% moisture content is about 1 : 1 : 1. Therefore, the free water in wood will all be squeezed out as the volumetric squeezing ratio of the wood reached 66%. Based upon this consideration, squeezing tests were made for greenwood veneer of fast grown loblolly pine (*pinus taeda*) and poplar I-69 (*Populus deltoides* Bartr cv. "Lux" I-69/55) in various squeezing ratios by using various types special grooved plates. The moisture content of 2.02mm thick greenwood veneer of poplar I-69 was decreased remarkably after squeezing in 70% squeezing ratio and the distribution of moisture content of the veneer got more uniform. The differences among moisture contents of the samples taken from different parts of the veneer from the same bolt got smaller remarkably also after squeezing. More water were squeezed out of 2.38mm and 3.33mm thick greenwood veneers of loblolly pine in 60% squeezing ratio than in 40% squeezing ratio, and greater uniform distribution of moisture content of the veneers were obtained in the former case. It was evident that squeezing with grooved plates could effectively make the moisture content of greenwood veneer lower and more uniform distribution. It was also found that squeezing with various type of grooved plates showed different results.

Keywords Greenwood veneer; Squeezing; Grooved plates; Volumetric squeezing ratio

(上接第 31 页)

- 9 Dobbin McNatt J, Dwight McDonald. Tow accelerated aging test for wood-based panels. *Froest Prod. J.*, 1993,43(7/8):49~52
- 10 West Coast Adhesive Manufacture Association. Accelerated aging of phenolic resin-bonded particleboard. *Froest prod. J.*, 1970,20(10):26~27
- 11 Dinwoodie J M. Characterizing the performance of chipboard in the United Kingdom. In: *Proc. 15th Inter. Particleboard Symp.*, Pullman, Wash., 1981,59~78
- 12 Chow Poo, John J Janowiak. Effects of accelerated aging tests on some bending properties of hardwood composite panels. *Forest Prod. J.*, 1983,33(2):14~20
- 13 Shen K C, B Wrangham. A rapid accelerated aging test procedure for phenolic particleboard. *Froest Prod. J.*, 1971,21(5):30~33
- 14 Deppe H J. Long-term comparative tests between natural and accelerated weathering exposures of coated and uncoated wood-base material. In: *Proc. 15th Inter. Particleboard Symp.*, Pullman, Wash., 1981,79~100
- 15 River B H, R H Gillespie, A J Baker. Accelerated aging of phenolic-bonded hardboards and flakeboards. *Res. Pap. FPL 393. USDA Forest. Serv.*, 1981,28pp
- 16 River B H. Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging. *Forest Prod. J.*, 1994, 44(11/12):55~65