

研究与分析

酚醛胶亚麻屑刨花板生产工艺
及其耐老化性能的研究

濮安彬 陆仁书 沈耀文

(东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要 本文主要研究酚醛胶亚麻屑刨花板的生产工艺及其耐加速老化性能。研究中采用正交设计安排试验,并对试验结果进行方差分析,最后通过综合分析,得出酚醛胶亚麻屑刨花板的生产工艺和利用该工艺生产的板的耐加速老化性能结果。研究结果表明:密度为 $0.75\text{g}/\text{cm}^3$ 的酚醛胶亚麻屑刨花板性能不仅达到了德国室外用建筑刨花板标准 DIN 68763 V100 型的要求,而且按美国 ASTM D 1037 加速老化标准检验,其静曲强度老化剩余率超过 50%。

关键词 酚醛胶; 亚麻屑刨花板; 生产工艺; 耐老化性能

亚麻屑是亚麻纺织的废料,其木素和纤维素含量接近于杨木,是最适于制造刨花板的非木材原料之一。亚麻屑刨花板的密度通常为 $0.50\sim 0.72\text{g}/\text{cm}^3$,厚 $10\sim 70\text{mm}$,板的用途很广,可作防火门芯板、隔板、屋顶板、家具用板、包装用板和声学、装饰材料等。用三聚氰胺甲醛树脂制造的亚麻屑刨花板可作体育馆等公共场所的建筑材料,在其表面覆贴铝板、三聚氰胺层积板,还可用作卫生间内装修用材^[1]。我国亚麻屑刨花板生产始于 80 年代初,现全国的总设计生产能力为 $10\text{万}\text{m}^3/\text{a}$,产品主要用于制造家具和包装材料。

迄今有关亚麻屑刨花板的研究和生产多限于使用脲醛胶和密度低于 $0.65\text{g}/\text{cm}^3$ 的板种,其耐水性和耐老化性能差,使板的应用范围受到限制。有人曾试用改性脲醛胶生产这种刨花板,但也不能从根本上克服这些缺点。陆仁书和任玉坤^[2]曾对脲醛胶亚麻屑刨花板进行防水处理,虽然能使板的各项性能有明显的改善,但仍不能从根本上克服脲醛胶防水性能不高的缺陷。

我国是木材资源贫乏的国家,以亚麻屑等非木材原料生产刨花板是解决我国木材供

不应求,保护森林资源的有效措施。因此,我们不仅要生产室内用亚麻屑刨花板,而且也要利用亚麻屑生产室外用防水、耐老化、高强度刨花板以替代一部分木材和木材刨花板。

本课题的研究目的就是利用酚醛胶压制室外建筑用防水、耐老化、高强度的亚麻屑刨花板。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 亚麻屑 取自黑龙江省拜泉县亚麻原料厂,成分见表 1。因此,亚麻屑必须净化,除去麻纤维、麻根、杂草、尘土和砂石。

表 1 亚麻屑成分分析表(%)

成 分	麻纤维	麻 根	杂 草	尘土和砂石	麻 屑	合 计
重量百分比	9.11	4.38	0.77	5.32	80.42	100.00

气干状态亚麻屑(含水率为 $11\%\sim 13\%$)的堆积密度为 $0.11\text{g}/\text{cm}^3$ 。按照 GB 6043—85 测得亚麻屑的 pH 值为 5.9。

1.1.2 酚醛胶 DF-1 型酚醛胶,本校人造板实验室自制。参照 GB/T 14074.1~14074.18—93 测试酚醛胶的各项性能,结果如下:

收稿日期 1995-08-21

外观	浅红褐色
密度(g/cm ³)	1.17
pH值	10.7
粘度(mPa·s)	200
固体含量(%)	41.5
游离苯酚(%)	0.10
游离甲醛(%)	0.15
水混溶性(倍)	大于20
可被溴化物(%)	13.0

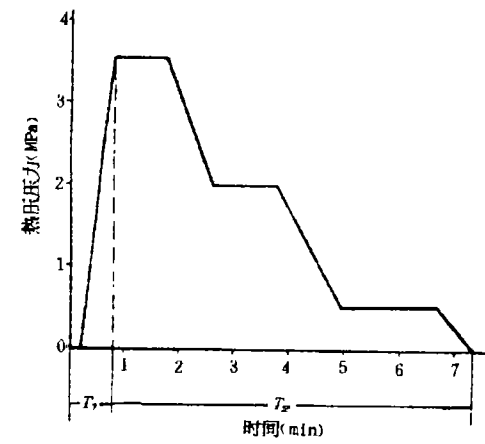


图 1 热压曲线

1.1.3 防水剂 DTLA-2 型防水剂,本校人造板实验室自制,浓度为 50%。

1.2 试验方法

直接取自亚麻原料厂的亚麻屑含水率为 11%~13%,然后在 95℃条件下干燥 6h,含水率降到 2%后施胶,手工铺成幅面为 370mm×340mm 的单层板坯,经预压和热压制 9mm 厚刨花板。预压条件:压力 1.5MPa,时间为 1min。热压曲线见图 1。

1.3 检验标准

亚麻屑刨花板的物理力学性能按照德国标准 DIN 68763 V 100 方法测试,加速老化试验按美国标准 ASTM D 1037 进行。

2 生产工艺及老化性能研究

2.1 初步试验

影响刨花板性能的因素很多,其中板密度、施胶量、热压温度和热压时间是影响板的各项物理力学性能的主要工艺因素。在利用正交设计实验法寻找合适制板工艺前,先进

行一些探索性试验。在初步试验的基础上,安排了正交试验,寻找合适的制板工艺。

2.2 正交试验

根据初步试验的结果,选择板密度、施胶量、热压温度和热压时间 4 个工艺因素的取值范围,制定因素水平表(见表 2)。

表 2 因素水平表

水平	密度(g/cm ³)	施胶量(%)	热压温度(℃)	热压时间(s/min)
1	0.70	6	180	30
2	0.75	8	190	45
3	0.80	10	200	60

根据因素水平表选择正交表 L₉(3⁴)安排试验见表 3。

表 3 试验方案

试验号	密度(g/cm ³)	施胶量(%)	热压温度(℃)	热压时间(s/mm)
1~2	1	1	1	1
3~4	1	2	2	2
5~6	1	3	3	3
7~8	2	1	2	3
9~10	2	2	3	1
11~12	2	3	1	2
13~14	3	1	3	2
15~16	3	2	1	3
17~18	3	3	2	1

根据表 3 设计,获得的试验结果见表 4。

试验结果方差分析见表 5。

表 5 说明,在试验范围内,板密度对 MOR、MOE、握螺钉力、MOR 老化剩余值、MOE 老化剩余值和剩余率指标有高度显著性影响;对 MOR 老化剩余率有显著性影响;对 IB 和 TS 无显著性影响。根据密度与刨花板性能关系趋势图(见图 2)可知,板密度为 0.80g/cm³ 时的所有 9 项指标均是在最优,其 IB 和 TS 指标在密度为 0.75g/cm³ 和 0.80g/cm³ 时几乎无变化。制造密度为 0.80g/cm³ 的板热压较困难,易鼓泡,且板的锯截也困难。而密度为 0.75g/cm³ 的板已具有良好的性能,试验表明,在其它条件相同时,板密度由 0.80g/cm³ 降至 0.75g/cm³ 时,MOR 由 35.96MPa 降至 33.67MPa,下降了 6.37%;MOE 由 5.13×10³MPa 降至 4.88×10³MPa,下降了 4.87%;IB 由 0.41

表 4 正交试验 L₁₈(3⁴)结果

试验号	实测密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	MOR (MPa)	MOE (10 ³ MPa)	IB (MPa)	TS (%)	握螺钉力 (N)	MOR 老化剩 余值(MPa)	MOR 老化剩 余率(%)	MOE 老化剩 余值(10 ³ MPa)	MOE 老化剩 余率(%)
1	0.68	8.00	25.77	3.47	0.16	26.18	1093	6.53	25.34	0.79	22.77
2	0.70	7.45	24.58	3.47	0.14	21.92	1190	6.59	26.81	0.83	23.92
3	0.67	7.98	19.61	3.22	0.18	19.57	1083	8.68	44.26	1.11	34.47
4	0.69	7.97	19.40	3.42	0.18	25.05	1073	8.41	43.35	1.18	34.50
5	0.71	6.46	23.93	3.40	0.38	12.08	1335	14.99	62.64	1.68	49.41
6	0.71	6.53	26.02	3.74	0.43	11.08	1390	18.27	70.22	2.12	56.68
7	0.75	6.34	26.85	3.85	0.15	21.48	1160	13.18	49.09	1.60	41.56
8	0.74	7.84	26.88	3.65	0.17	18.70	1410	12.99	48.33	1.60	43.84
9	0.74	6.72	30.87	4.34	0.31	14.74	1453	14.94	48.40	1.82	41.94
10	0.76	6.10	31.64	4.10	0.29	18.93	1510	17.99	56.86	2.04	49.27
11	0.74	6.81	32.06	4.38	0.33	16.36	1408	18.87	58.86	2.12	48.40
12	0.76	6.87	27.12	4.19	0.32	14.16	1343	14.80	58.26	1.79	42.72
13	0.81	6.47	29.36	4.35	0.22	20.71	1308	20.38	69.41	2.11	48.51
14	0.81	5.92	32.19	4.16	0.23	21.45	1508	16.15	50.17	2.06	49.52
15	0.79	6.26	34.52	4.23	0.36	16.63	1525	14.72	42.64	1.66	39.24
16	0.78	6.42	29.12	3.94	0.35	16.07	1558	15.75	54.09	1.87	47.46
17	0.78	7.04	33.27	4.75	0.23	12.36	1570	19.53	58.70	2.02	42.53
18	0.80	6.48	31.91	4.65	0.21	14.45	1480	19.24	60.29	1.92	41.29

表 5 因子对板性能影响的显著性

因 子	MOR	MOE	IB	TS	握螺钉力	MOR 老化剩余值	MOR 老化剩余率	MOE 老化剩余值	MOE 老化剩余率
密 度	**	**			**	**	*	**	**
施胶量		**	**	**	*	**	**	**	**
热压温度			**			**	**	**	**
热压时间		*	**					*	**

注：* 表示因素的作用显著， $F > F_{0.05}$ ；** 表示因素的作用高度显著， $F > F_{0.01}$

MPa 降至 0.40MPa，下降了 2.50%；TS 由 9.80% 升至 10.98%，上升了 12.04%。因此在以后试验中，密度定为 0.75g/cm³。

方差分析表明，施胶量对 MOE、IB、TS、MOR 老化剩余值和剩余率、MOE 老化剩余值和剩余率有高度显著性影响；对握螺钉力有显著性影响；对 MOR 无显著性影响。施胶量与刨花板性能关系趋势图(图 3)显示，板的所有 9 项性能都随施胶量提高而变好，当施胶量为 10% 时，指标最优，都超过德国标准 DIN 68763 V100 的指标要求，而施胶量为 8% 时，TS 未达到此标准，因此在进一步试验中将施胶量由 10% 降为 9%，并同 8% 做对比。

表 5 说明，热压温度对 IB、MOR 老化剩余值和剩余率、MOE 老化剩余值和剩余率

有高度显著性影响；对 MOR、MOE、TS 和握螺钉力无显著性影响。热压温度与刨花板性能趋势图(图 4)显示，热压温度为 200℃ 时，板的所有 9 项性能最优。故酚醛胶热压温度为 200℃。

表 5 方差分析说明，热压时间对 IB、MOE 老化剩余率有高度显著性影响；对 MOE 和 MOE 老化剩余值有显著性影响；对 MOR、TS、握螺钉力、MOR 老化剩余值和剩余率无显著性影响。热压时间与刨花板性能关系趋势图(图 5)显示，热压时间为 60s/mm 时，板性能最优。为缩短热压时间，提高生产率，考虑在 45s/mm 和 60s/mm 中间取 52.5s/mm，同 60s/mm 作对比试验。

根据如上分析讨论，在下一步试验中选定板密度为 0.75g/cm³，热压温度为 200℃，

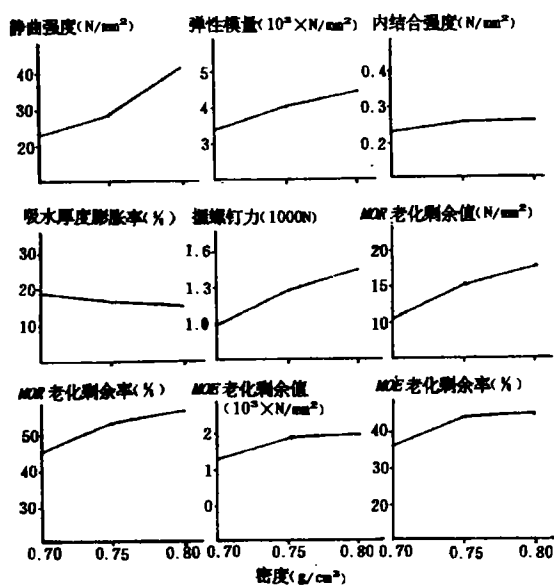


图 2 密度与刨花板性能关系趋势图

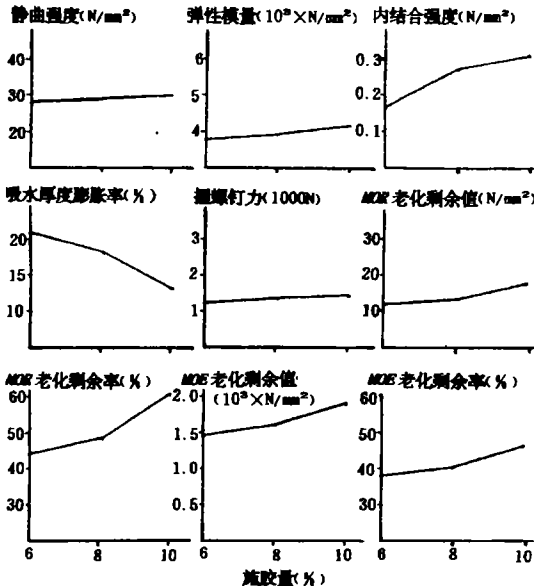


图 3 施胶量与刨花板性能关系趋势图

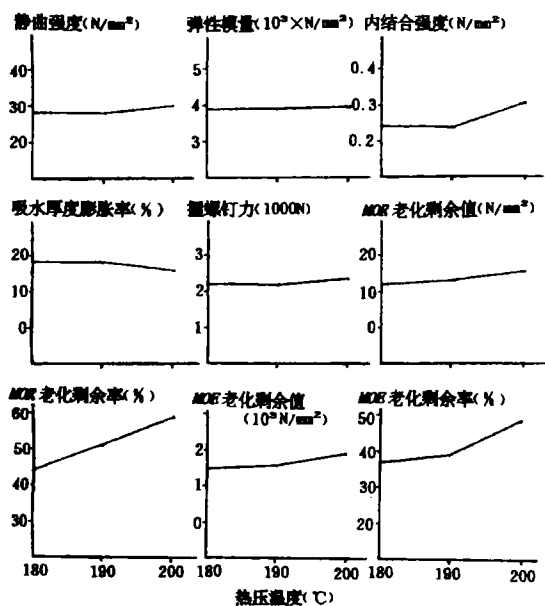


图 4 热压温度与刨花板性能关系趋势图

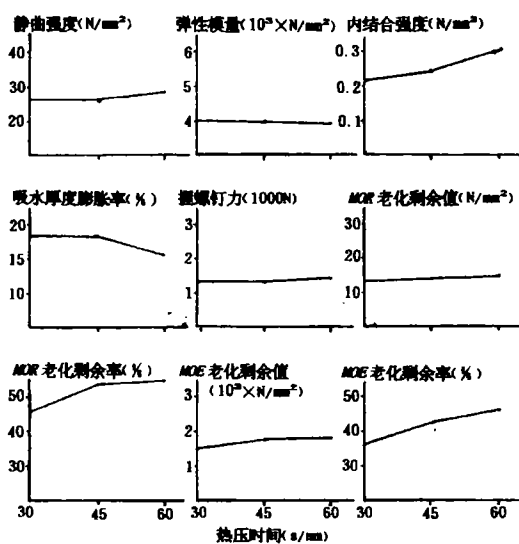


图 5 热压时间与刨花板性能关系趋势图

施胶量水平变化为 8% 和 9%，热压时间水平变化为 52.5s/mm 和 60s/mm。按表 6 安排二次正交试验，进一步考察施胶量和热压时间对刨花板性能的影响，寻找更合适的生产工艺。按表 6 开展正交试验，结果见表 7。

试验结果及方差分析表明：在试验范围内，施胶量对 IB 有高度显著性影响；热压时

表 6 试验方案 $L_4(2^3)$

试验号	施胶量 (%)	热压时间 (s/mm)	空 列
1~2	1 (8)	1 (52.5)	1
3~4	1 (8)	2 (60)	2
5~6	2 (9)	1 (52.5)	2
7~8	2 (9)	2 (60)	1

表 7 正交试验 L₄(2³)结果

试验号	实测密度(g/cm ³)	含水率(%)	MOR(MPa)	MOE(10 ³ MPa)	IB(MPa)	TS(%)	握螺钉力(N)	MOR 老化剩余值(MPa)	MOR 老化剩余率(%)	MOE 老化剩余值(10 ³ MPa)	MOE 老化剩余率(%)
1~2	0.74	7.95	27.90	4.40	0.31	16.42	1406	15.62	55.99	1.84	41.82
3~4	0.74	7.83	27.63	4.51	0.32	14.66	1449	16.94	61.31	2.06	45.68
5~6	0.76	7.27	32.11	5.05	0.39	11.98	1555	20.00	62.29	2.17	42.97
7~8	0.75	7.40	32.48	5.07	0.40	11.16	1615	20.82	64.10	2.29	45.17

间对 *IB* 有高度显著性影响、对 *TS* 有显著性影响。施胶量为 9% 和热压时间为 60s/mm 时板性能较好。

2.3 生产工艺确定

综合以上分析,获得了制造酚醛胶亚麻屑刨花板的合适工艺条件是板密度 0.75g/cm³,施胶量 9%,热压温度 200℃,热压时间 60s/mm。以此条件作重复试验结果见表 8。

表 8 酚醛胶亚麻屑刨花板性能测试结果

实测密度(g/cm ³)	含水率(%)	MOR(MPa)	MOE(10 ³ MPa)	IB(MPa)	TS(%)	握螺钉力(N)	MOR 老化剩余值(MPa)	MOR 老化剩余率(%)	MOE 老化剩余值(10 ³ MPa)	MOE 老化剩余率(%)
0.75	7.50	32.43	4.83	0.39	11.22	1493	20.61	63.57	2.10	43.54

由于 8% 施胶量与 9% 施胶量相比较,除板的 *TS* 指标未达到德国标准 DIN 68763 V100 外,其余指标都满足标准要求,为此,按

上述工艺条件将施胶量定为 8%,另加 DTL-2 防水剂,施加量为 0;0.5% 和 1.0% 的试验,结果见表 9。

表 9 防水剂对板性能的影响

防水剂用量(%)	实测密度(g/cm ³)	含水率(%)	MOR(MPa)	MOE(10 ³ MPa)	IB(MPa)	TS(%)	握螺钉力(N)	MOR 老化剩余值(MPa)	MOR 老化剩余率(%)	MOE 老化剩余值(10 ³ MPa)	MOE 老化剩余率(%)
0	0.74	7.83	27.63	4.51	0.32	14.66	1449	16.94	61.31	2.06	45.68
0.5	0.76	8.33	27.28	4.35	0.30	11.54	1364	15.28	56.02	1.96	45.12
1.0	0.76	8.18	22.85	3.79	0.28	11.19	1263	12.71	51.25	1.51	39.86

可见,当施胶量降为 8% 时,施加适量(0.5%)防水剂可以使 *TS* 满足德国标准要求(12%),但板的其它物理力学性能略有降低。

3 结论

3.1 按照施胶量为 9%,热压温度为 200℃,热压时间为 60s/mm 的生产工艺,压制密度为 0.75g/cm³ 的防水、耐老化、高强度室外建筑用亚麻屑刨花板,板的物理力学性能满足德国标准 DIN 68763 V100 的指标要求,也达到了我国混凝土模板用柳安胶合板标准 ZBB 70006—88 的指标(*MOR* = 25MPa, *MOE* = 3.5 × 10³MPa)要求。

3.2 酚醛胶亚麻屑刨花板,按美国标准 ASTM D 1037 处理后,*MOR* 剩余率为 63.57%(大于 50%),可以用于室外。

3.3 施胶量为 8% 时,DTL-2 防水剂施加量为 0.5% 较好,此时酚醛胶亚麻屑刨花板的 *TS* < 12%,满足德国标准要求,但板的其它物理力学性能略有降低。

4 参考文献

- 1 Le Bois National. 亚麻屑刨花板的生产和应用. Scierie — Exploitation Forestière. 1986, 34: 14~19
- 2 任玉坤. 改性亚麻屑刨花板做铁路防冻害垫板的研究. 东北林业大学硕士研究生论文, 1988

(下转第 21 页)

表 1 木材工业典型物料的 v_s/v_a 理论计算值

物料	d_e (mm)	ρ_s (kg/m ³)	D (mm)	m	K	v_n (m/s)	v_s/v_a
锯屑 $d=3\text{mm}$	3	660	130	0.17	0.25	7.0	0.75
锯屑 $d=2\text{mm}$	2	800	130	0.17	0.25	6.3	0.76
刨花 $(30\times 12\times 3)\text{mm}$	12.7	750	380	0.9	0.30	8.54	0.79
碎片 $(40.4\times 20.8\times 17.3)\text{mm}$	30.2	760	360	1	0.35	14	0.69
碎片 $(25\times 25\times 25)\text{mm}$	34.6	500	380	0.88	0.36	15.2	0.68
碎片 $(40\times 40\times 8.5)\text{mm}$	29.6	760	360	1	0.34	9	0.77

$$= \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{0.0154 \times 0.3}{v_s/v_a} \times \frac{8.54^2}{2 \times 9.8 \times 0.38}}}$$

解得: $v_s/v_a = 0.79$

表 1 为木材工业典型物料在水平管内的 v_s/v_a 计算值,以供参考。在实际应用中可取 $v_s/v_{a\text{实际}} = (0.9 \sim 0.99)v_s/v_{a\text{理论}}$ 。

4 参考文献

- 1 李诗久等编著. 气力输送理论与应用. 机械工业出版社. 1992, 55~63
- 2 李维礼等编. 木材工业气力输送及厂内运输机械. 中国林业出版社, 1982, 274
- 3 郑洽馥、鲁钟琪主编. 流体力学. 机械工业出版社, 1980, 200~205

Theoretical Analysis and Application of Velocity Ratio of Solid to Gas in Pneumatic Transportation for Wood Industry

Lu Yonggang Li Ying

(Energy Conservation Center, Ministry of Forestry, Nanjing 210037)

Abstract This paper describes a method to analyse theoretically velocity ratio of solid to gas (v_s/v_a) inside low pressure horizontal-pipe in pneumatic transportation for wood industry, and the v_s/v_a of some typical materials are calculated rigorously as well. This result gives useful reference for engineering application.

Keywords Pneumatic transport; Velocity ratio of solid to gas

(上接第 10 页)

Study on Manufacturing Technique and Accelerated Ageing Behavior of Phenolic Resin-bonded Flaxboard

Pu Anbin Lu Renshu Shen Yaowen

(Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract This study mainly focused on manufacturing technique and accelerated ageing properties of phenolic resin-bonded flaxboard. Orthogonal design and variance analysis were used. Through comprehensive analysis, board manufacturing technique and test results of accelerated ageing properties of the board were obtained. The results showed: when density of the board is 0.75g/cm^3 , board's properties can meet the German Standard DIN 68763 V100 and surplus ratio of this board's MOR is more than 50% according to ASTM D 1037 (6-cycle accelerated ageing standard).

Keywords Phenolic resin adhesive; Flaxboard; Manufacturing technique; Accelerated ageing properties