

文章编号: 1000-5692(2003)03-0232-04

# 陈放时间和灰木比对快速固化水泥 刨花板性能的影响

金永明<sup>1</sup>, 鲍滨福<sup>1</sup>, 陈庆虎<sup>2</sup>, 余学军<sup>1</sup>, 俞友明<sup>1</sup>, 叶良明<sup>1</sup>

(1. 浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省平阳县林业局, 浙江 平阳 325400)

**摘要:**以机床废料刨花和普通硅酸盐水泥为主要原料, 采用热压法生产快速固化制水泥刨花板, 研究了灰木比和混合物料陈放时间等对水泥刨花板性能的影响。结果表明: ①混合物料的陈放时间对硅酸钠为添加剂的水泥刨花板性能的影响是显著的。随着陈放时间从 0.5 h 延长至 3.5 h, 弹性模量下降 13%, 静曲强度下降 29%, 平面抗拉强度下降 34%。②灰木比对水泥刨花板性能的影响是显著的, 以灰木比为 3.0:1 时最佳。表 6 参 5

**关键词:**水泥刨花板; 快速固化; 力学性质; 机床废料刨花; 陈放时间; 灰木比

**中图分类号:** TS653      **文献标识码:** A

一些学者已对木竹材与水泥的水化特性<sup>[1,2]</sup>、快速固化添加剂的选择<sup>[3]</sup>和水泥刨花板快速固化的热压工艺<sup>[4]</sup>进行了研究。本文是在前述研究的基础上, 探讨了不同灰木比的水泥和刨花等多元混合物热压前的陈放时间对快速固化水泥刨花板性能的影响。

## 1 试验材料和方法

### 1.1 材料

1.1.1 刨花 杭州木材总厂杉木 *Cunninghamia lanceolata* 机床废料刨花, 形态尺寸混杂, 结构蓬松, 其中部分片状刨花尺寸为 10~40 mm (长) × 3~9 mm (宽) × 0.2~0.4 mm (厚), 刨花含水率 17.4%。

1.1.2 水泥 525 号普通硅酸盐水泥。

1.1.3 添加剂  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  与  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  复合添加剂。

### 1.2 试验方法

1.2.1 工艺条件 板材设计密度  $1250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 规格  $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 。  $m_{\text{水泥}}: m_{\text{水}} = 1:0.6$ , 水泥与刨花为 3 种比例, 即 2.6:1, 2.8:1, 3.0:1。添加剂: 单一型的  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  为水泥质量的 10%, 复合型的为  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (水泥质量的 3.5%) +  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (水泥质量的 1%)。热压温度  $100^\circ\text{C}$ , 热压时间 15 min, 热压压力 3 MPa。

1.2.2 制板过程 参照经验公式<sup>[5]</sup>条件计算出各种材料的用量后, 将称量的刨花、水和添加剂混合拌匀, 再加入水泥和剩余水搅拌混合均匀。拌合均匀的混合物料用手工在木制型框内铺装成板坯后用

收稿日期: 2003-04-09; 修回日期: 2003-05-06

基金项目: “九五”浙江省科学技术厅重点资助项目(96210265)

作者简介: 金永明(1963-), 男, 浙江东阳人, 讲师, 从事木质人造板研究。E-mail: lgxngs@sohu.com

手工压实, 连同垫板送入热压机热压成板。板材卸出压机后冷却堆放, 自然养护 28 d 后供取样测试性能。每种重复 2 次。

1.2.3 性能测试 参照刨花板国家标准 GB/T4897-92, 结合试验板的幅面, 锯取试件, 测试板的密度、含水率、静曲强度、弹性模量、平面抗拉强度和吸水厚度膨胀率。

## 2 结果和分析

### 2.1 水泥刨花板密度

实验制得的水泥刨花板, 其密度如表 1。由表 1 可见, 制得的水泥刨花板密度与设计密度  $1\ 250\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  都有较大差距。以  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  为添加剂的板, 在含水率为 28.42% (表 2) 时密度为  $1\ 420\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , 绝干密度为  $1\ 106\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ; 复合添加剂的板, 在含水率为 21.41% 时, 密度为  $1\ 390\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (表 2), 其绝干密度 (即设计密度) 为  $1\ 145\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。由于密度偏低, 板的力学性能相应降低。这主要是由于热压法制水泥刨花板时, 卸压后板的回弹较大所致 (关于回弹率将在另文讨论)。表明热压法制水泥刨花板, 控制与减少热压后卸板时的回弹是很重要的。

对 2 种添加剂的水泥刨花板, 以陈放时间和灰木比为因素进行方差分析, 结果表明:

①以  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  为添加剂的水泥刨花板, 陈放时间对密度的影响不显著, 灰木比的影响是显著的; ②以  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (3.5%) +  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (1%) 为添加剂的板, 陈放时间与灰木比的影响都是不显著的。说明水泥与刨花之间的结合主要受到板的回弹影响。由于回弹掩盖了陈放产生的影响, 但还不足以掩盖不同灰木比产生的影响, 对于复合添加剂而言, 则这种回弹已完全掩盖了陈放时间与灰木比对密度的影响。

### 2.2 水泥刨花板的含水率

制得的水泥刨花板, 其含水率如表 2。

由表 2 数据可见, 热压法制得的水泥刨花板在经 28 d 的自然养护后, 仍然具有比较高的含水率, 一般都在 20% 以上。这说明用热压法制水泥刨花板时, 刚从热压机卸出的水泥刨花板基本上还具有水泥进一步水化所需的水分。另一方面也说明, 在热压法制板时不宜采用过高的温度, 而且要特别注意热压后的降压工艺。

以陈放时间和灰木比为因素进行双因素方差分析, 结果表明除灰木比对添加  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  板的含水率有显著影响外, 其余的都不显著。这与对密度的分析是一致的。

### 2.3 水泥刨花板的弹性模量

实验制得的水泥刨花板, 其弹性模量如表 3。由表 3 数据可见, 以硅酸钠为添加剂的水泥刨花板, 其弹性模量要比相同灰木比下复合添加剂板的要高。这一方面是由于添加剂的性能差异, 另一方面与复合添加剂中  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  的加入量偏低也有关系。而且  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  与  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  间在一定条件下会产生化学反应, 从而影响它对水泥产生的作用。

以表 3 数据, 分别进行双因素方差分析

表 1 刨花板的密度

Table 1 Density of cement particle board

陈放时间/h	密度/ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	1 360	1 345	1 375	1295	1290	1300
1.0	1 280	1 335	1 420	1180	1255	1325
1.5	1 300	1 395	1 375	1200	1210	1310
2.0	1 320	1 200	1 365	1190	1195	1380
2.5	1 305	1 400	1 370	1220	1225	1310
3.0	1 310	1 335	1 425	1210	1220	1390
3.5	1 270	1 320	1 385	1120	1170	1230

说明: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 添加剂为硅酸钠时的灰木比分别为: 2.6:1, 2.8:1, 3.0:1; C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> 为混合添加剂时的灰木对比分别为: 2.6:1, 2.8:1, 3.0:1 (下同)

表 2 刨花板的含水率

Table 2 Moisture of cement particle board

陈放时间/h	含水率/ %					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	23.57	23.36	24.95	21.60	26.25	22.45
1.0	23.80	23.50	28.42	23.80	21.78	23.31
1.5	23.69	23.13	24.19	23.04	21.42	24.59
2.0	24.17	24.52	24.52	21.18	22.34	23.39
2.5	24.53	22.25	27.08	21.22	22.82	23.02
3.0	24.65	25.17	24.55	22.58	21.73	21.41
3.5	23.51	24.29	25.03	23.50	23.12	20.23

表明, 陈放时间与灰木比对以硅酸钠为添加剂的水泥刨花板的弹性模量的影响是显著的, 而对复合添加剂的水泥刨花板, 陈放时间对弹性模量的影响是不显著的, 而灰木比与双因素交互作用的影响是显著的。主要是由于水泥刨花板卸出压机后的回弹及其回弹率的不同造成的。

具体地讲, 硅酸钠为添加剂的水泥刨花板, 其弹性模量随陈放时间的延长而减少, 随灰木比的增加而增大; 硅酸钠与硫酸铝复合的添加剂制得的水泥刨花板, 其弹性模量则随灰木比的增大而增大。

#### 2.4 静曲强度

静曲强度的测试结果如表 4。由表 4 可以看出, 硅酸钠为添加剂时, 板的静曲强度要大于复合添加剂。这和弹性模量的情况是相同的。说明硅酸钠为添加剂 (添加量为水泥质量的 10%) 比复合添加剂有效。

经双因素方差分析, 陈放时间对硅酸钠为添加剂时板的静曲强度有显著影响, 灰木比的影响则不显著。这主要是在研究的灰木比范围内, 灰木比的增大或减少对刨花与水泥间的结合力不会产生影响之故, 而陈放时间延长会减少硅酸钠的活性, 影响水泥的水化程度, 进而影响水泥与刨花的结合力。对复合添加剂的水泥刨花板, 由于其回弹比前者大, 掩盖了陈放时间的影响, 加之  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  与  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  之间反应, 陈放时间对其静曲强度的影响不显著。但灰木比和双因素的交互作用对其静曲强度的影响是显著的。这可能与  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  与  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  之间的反应有关。

#### 2.5 平面抗拉强度

平面抗拉强度的测试结果如表 5。由表 5 的数据可见, 以硅酸钠为添加剂的水泥刨花板, 其平面抗拉强度从总体看比复合添加剂的要大得多。这主要是由于复合添加剂的水泥刨花板, 卸压后的回弹比硅酸钠的大, 而促凝性能比  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  差, 平面抗拉强度低于添加  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  的水泥刨花板。

通过双因素方差分析, 陈放时间对  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  板的平面抗拉强度影响显著, 灰木比对复合添加剂板的平面抗拉强度影响显著。这是因为陈放时间延长,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  的活性下降, 导致水泥与刨花间的结合力下降, 板的平面抗拉强度自然要减少。对于复合添加剂板, 添加剂本身活性不如  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 加之  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  与  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  间的反应, 削弱了陈放时间对平面抗拉强度的影响, 而使灰木比成为影响平面抗拉强度的显著因素。

#### 2.6 吸水厚度膨胀

由表 6 数据可见, 2 种添加剂的水泥刨花板, 其吸水厚度膨胀率都不超过 3%, 最低的为 0.60%, 最高的为 2.37%。2 种添加剂间没有明显的差别。主要与铺装的均匀程度和取样的部位有关, 反映了板材密度和含水率之间的差异。

双因素方差分析表明, 在 2 种添加剂的

表 3 刨花板的弹性模量

Table 3 Modulus of elasticity of cement particle board

存放时间/h	弹性模量/GPa					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	2.284	2.295	2.014	0.6685	0.961	2.061
1.0	1.655	2.024	2.731	1.094	1.635	1.469
1.5	1.628	1.976	2.180	0.500	1.550	1.942
2.0	1.524	1.753	2.203	0.607	1.220	2.652
2.5	1.480	2.045	1.703	0.851	0.979	2.175
3.0	2.054	2.185	1.756	0.750	1.055	2.720
3.5	1.633	1.662	2.474	0.875	0.874	1.980

表 4 刨花板的静曲强度

Table 4 Modulus of rupture of cement particle board

陈放时间/h	静曲强度/MPa					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	4.678	4.715	4.880	2.315	2.464	3.494
1.0	3.377	4.180	4.252	3.327	3.280	2.625
1.5	3.653	3.491	3.585	1.570	3.207	3.520
2.0	3.399	3.303	3.933	2.025	2.468	4.674
2.5	2.988	3.740	3.985	2.234	2.509	3.255
3.0	3.747	4.217	3.560	1.773	2.521	4.290
3.5	2.985	3.275	3.782	2.217	2.295	3.500

表 5 刨花的平面抗拉强度

Table 5 Internal bond strength of cement particle board

陈放时间/h	平面抗拉强度/MPa					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	0.286	0.266	0.292	0.076	0.076	0.139
1.0	0.174	0.217	0.224	0.122	0.095	0.072
1.5	0.197	0.218	0.211	0.110	0.103	0.118
2.0	0.206	0.200	0.232	0.070	0.091	0.168
2.5	0.197	0.233	0.188	0.084	0.090	0.103
3.0	0.218	0.236	0.194	0.078	0.064	0.154

情况下, 灰木比对吸水厚度膨胀率的影响显著, 随灰木比增大, 吸水厚度膨胀率减小。这是因为灰木比增加, 刨花相对含量减小所致。

### 3 结论

在研究范围内, 混合物料的陈放时间对硅酸钠为添加剂的水泥刨花板的弹性模量, 静曲强度和平面抗拉强度的影响显著。随陈放时间的延长, 水泥刨花板的强度和刚性随之下降, 下降率在 10% 左右。

灰木比对硅酸钠为添加剂的水泥刨花板的密度、吸水厚度膨胀率和含水率影响显著; 对复合添加剂水泥刨花板的自然养护后的吸水厚度膨胀率、含水率、弹性模量、静曲强度和平面抗拉强度有显著影响。灰木比 3.0 时性能最好。

表 6 水泥刨花板吸水厚度膨胀率测试结果

Table 6 Thickness swell rate of cement particle board

陈放时间/h	吸水厚度膨胀率/%					
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0.5	2.01	1.14	1.11	2.16	1.41	0.87
1.0	1.14	1.48	0.72	0.86	1.17	1.38
1.5	1.37	1.29	0.11	1.00	1.00	1.22
2.0	1.39	1.39	1.27	1.56	1.13	0.89
2.5	1.77	1.49	1.31	1.91	1.38	0.79
3.0	1.18	1.72	1.10	2.37	1.63	0.60
3.5	1.09	1.54	1.06	0.81	1.39	1.60

### 参考文献:

- [1] 马灵飞, 黑木康雄, 永富辨, 他. 竹质セメントボードの製造(第2报): 竹材混合セメンペーストの水和特性に及ぼす添加剂の効果[J]. 木材学会誌 1997, 43(9): 754-761.
- [2] 叶良明, 余学军, 韩红, 等. 高节竹和水泥混合物的水化特性[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(1): 1-4.
- [3] 叶良明, 金永明, 傅深渊, 等. 水泥刨花快速固化添加剂的选择研究——氯化钙、硅酸钠等 7 种添加剂的效果[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(1): 5-8.
- [4] 叶良明, 姜志宏, 鲍滨福, 等. 木质水泥刨花板快速固化的热压工艺[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(2): 118-121.
- [5] 韦益民, 刘正添, 李强. 水泥刨花板生产中原辅材料适应性的评估方法与装置[J]. 木材工业, 1995, 9(1): 5-9.

## Effects of assembly time and cement/wood ratio on properties of quick-curing cement particle board

JIN Yong-ming<sup>1</sup>, BAO Bing-fu<sup>1</sup>, CHEN Qing-hu<sup>2</sup>, YU Xue-jun<sup>1</sup>, YU You-ming<sup>1</sup>, YE Liang-ming<sup>1</sup>

(1. School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang China;

2. Forest Enterprise of Pingyang County, Pingyang 325400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The effects of cement-wood ratio, additives, assembly time on the properties of quick-curing cement particle board made of planer shavings and ordinary Portland cement are studied with the method of hot pressing. The results are as follows: (1) Assembly time has a distinct effect on the properties of cement particle board with sodium silicate as additive; MOE decreases by 13%, MOR decreases by 29%, IB decreases by 34% with prolonging assembly time from 0.5 h to 3.5 h; (2) Cement-wood ratio has a distinct effect on the properties of cement particle board and the optimum cement-wood ratio is 3.0:1. [Ch, 6 tab., 5 ref.]

**Key words:** cement particle board; quick-curing; mechanical properties; planer shavings; assembly time; cement-wood ratio