

新材料——粉煤灰刨花板的研制

吴健身 李阜东

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

摘要 本文对两家电厂的粉煤灰进行了粉煤灰刨花板制造工艺的研究。研究结果表明:1.助剂种类及添加量应根据粉煤灰化学成分和品质的差异而有所区别。2.灰木比是影响板材物理力学性能的最显著因素,灰木比的取值范围在2:1~4:1可制出合格板材。3.密度对板材强度的影响极为明显,粉煤灰刨花板密度不宜低于 $0.90\text{g}/\text{cm}^3$ 。4.增加施胶量虽然可以提高板材强度,但施胶量大于9%对强度的影响已不明显。本文还就生产性试验、初步经济分析、市场前景进行了简要说明。

关键词 粉煤灰;粉煤灰刨花板;助剂;灰木比

1 前言

粉煤灰是火力发电厂的废渣,据统计全国粉煤灰年排出量达数千万吨,其中只有一部分作水泥掺合料,而大部分还未找到出路,已成为社会的公害。因此利用粉煤灰和木材加工剩余物、枝桠材、树皮,制成建筑部门需要的建筑人造板,不但有效地利用了工业“三废”,节约了木材,而且为建筑行业提供了新型墙体材料。因此,具有重要的技术和经济意义。

粉煤灰刨花板是以粉煤灰为主要原料,木刨花为骨料,经过特殊处理后,添加胶粘剂、防水剂而制成的一种复合板材。具有难燃、遇到火烧时不起明火、离开火源能自熄、板材强度好、耐冲撞、施工破损率低、耐潮湿等特性,是一种有良好前景的新型建筑材料。

2 试验室试验

2.1 试验用材料

2.1.1 粉煤灰 取自山东省黄台电厂一分厂和北京市石景山高井电厂,两厂粉煤灰主要技术指标如表1。

表1 两厂粉煤灰主要技术指标

技术指标	黄台电厂一分厂	石景山高井电厂
细度 (R80筛余量)	24.81	3.6
容重 (g/cm^3)	2~2.3	2~2.3
SiO_2 (%)	50.42	51.92
Al_2O_3 (%)	31.33	33.50
Fe_2O_3 (%)	7.05	6.55
CaO (%)	2.97	3.72
MgO (%)	0.89	1.12

2.1.2 刨花 树种为红皮云杉(*Picea sp.*)来源于黑龙江省林区,试材为厚50mm、宽90~150mm的板材,含水率45%~62%,绝干密度 $0.42\text{g}/\text{cm}^3$ 。将板材在长材刨片机(型号EOA18L01,德国Hombak机械厂制造)上制成名义厚度为0.4mm的大片刨花,刨花实际平均厚度为0.44mm,标准差0.129mm,用DF-302恒温干燥箱将刨花干燥至含水率1.5%~2%,刨花分选在圆形摆动筛(型号TSMH-950,Allgaier-Werke公司制造)上完成,取0.3mm以上、2mm筛网以下的刨花作为表层刨花,2mm以上、8mm以下的刨花作为芯层刨花进行试验。刨花筛分值见表2。

2.1.3 胶粘剂 改性脲醛树脂胶,固体含量62%。

2.1.4 助剂 (略)

收稿日期:1993-04-20

表2 表层、芯层刨花筛分结果

刨花类别	截 留 量 (%)				过32目 (%)
	8目	14目	20目	32目	
表层(1)	1.3	29.2	24.6	32.1	12.8
表层(2)	0.7	25.7	32.0	29.0	12.6
芯层(1)	58.2	30.5	7.6	3.1	0.6
芯层(2)	49.0	35.4	10.4	3.9	1.3

1.2.5 防水剂 液体石蜡

2.2 仪器设备和试验方法

2.2.1 试验设备

长材刨片机	EOA18L01
鼓风干燥箱	DF-302型
圆形摆动筛	TSMH-950型
拌胶机	FM-D型
空气压缩机	
成型框	360mm×340mm
热压试验机	QD型

2.2.2 试验方法 将制备的工艺刨花在热风干燥箱中干燥至含水率1.5%~2%，用圆形摆动筛分选后，表层刨花和芯层刨花按一定配比分别加入粉煤灰和胶粘剂、防水剂以及助剂，在拌胶机内均匀混合。拌胶机喷嘴孔径1.8mm，用压力为0.4~0.6MPa的压缩空气分散胶液，搅拌时间5分钟，搅拌后的混合物料用手工铺装成型，表层物料与芯层物料比例为35：65，经预压，然后热压成板。热压板温度175±5℃，热压时间30~32s/mm。每个条件均压制3块板，冷却至60℃以下，自然堆放48小时后进行物理力学性能检测。粉煤灰刨花板工艺流程见图1。

2.3 试验内容及结果

2.3.1 探索性试验 目的是探索所选用的两种粉煤灰压制刨花板的可行性。试验条件见表3，试验结果见表4。

由表4可以看出，采用两个厂的粉煤灰均可压制粉煤灰刨花板，但是，助剂的添加量应根据不同电厂粉煤灰化学成分和品质的差异而有所区别。

2.3.2 系统试验

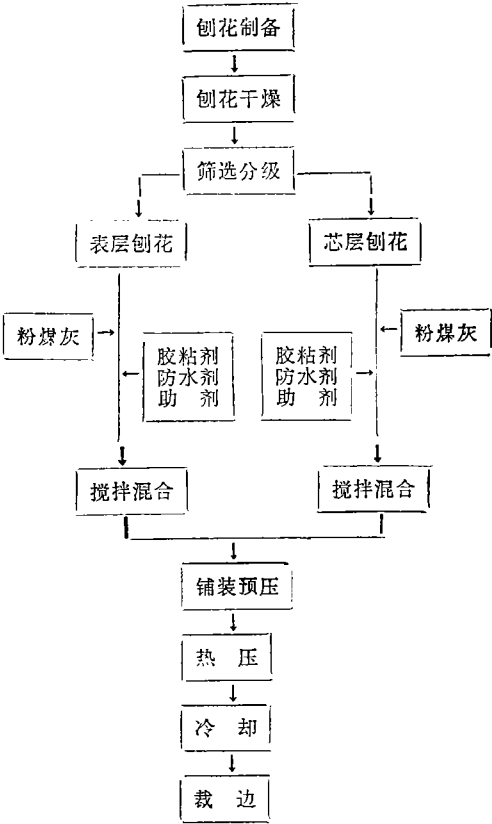


图1 粉煤灰刨花板制造工艺流程

表3 探索性试验工艺条件

条件	粉煤灰来源	施胶量 (%)	助剂添加量 (%)	防水剂添加量 (%)	灰木比
1	石景山电厂	12	6	2	2：1
2	黄台电厂	12	6	2	2：1
3	石景山电厂	12	1	2	2：1
4	黄台电厂	12	1	2	2：1

表4 探索性试验结果

条件	密 度 (g/cm³)	静曲强度 (N/mm²)	内结合强度 (N/mm²)	吸水厚度膨胀率 (%)	备注
1	0.96	15.74	1.32	4.83	不成板 不成板
2	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	
4	1.01	13.56	0.59	2.44	

(1) 系统试验1 试验目的是考察板材密度对粉煤灰刨花板物理力学性能的影响，确定满足功能要求的最小密度。试验采用石景山发电厂粉煤灰。灰木比=2：1，施

胶量12%，助剂添加量6%，防水剂添加量1%。试验结果见表5。

表5 密度对板材物理力学性能的影响

条件	密 度 (g/cm³)	静曲强度 (N/mm²)	内结合强度 (N/mm²)	吸水厚度 膨 胀 率 (%)
1	0.83	6.51	0.24	3.36
2	0.94	13.34	1.27	6.59
3	0.96	15.74	1.32	4.83

试验结果表明，随着密度的增加，试件静曲强度和内结合强度亦随之增加。密度为0.83g/cm³时，虽然施胶量已达12%，但强度仍偏低，不能满足使用要求，故粉煤灰刨花板密度不应低于0.90g/cm³（补充试验数据从略）。

（2）系统试验2 鉴于采用黄台电厂粉煤灰制造粉煤灰刨花板具有助剂添加量小的优点，以下试验均采用黄台电厂粉煤灰。本次试验的目的是考察助剂添加量、灰木比、施胶量对板材物理力学性能的影响。试验设计采用L₈(2)⁷正交表，考察因素及水平见表6，试验方案见表7，试验结果见表8，极差计算结果见表9，其它工艺条件同前。

表6 系统试验（2）考察因素及水平

因 素	水 平	
	1	2
A 助剂用量(%)	1	0.7
B 灰木比	2:1	4:1
C 施胶量(%)	12	9

表7 系统试验（2）试验方案

序 号	因 素		
	A (%)	B	C (%)
1	1 (1)	1 (2:1)	1 (12)
2	1 (1)	1 (2:1)	2 (9)
3	1 (1)	2 (4:1)	1 (12)
4	1 (1)	2 (4:1)	2 (9)
5	2 (0.7)	1 (2:1)	1 (12)
6	2 (0.7)	1 (2:1)	2 (9)
7	2 (0.7)	2 (4:1)	1 (12)
8	2 (0.7)	2 (4:1)	2 (9)

表8 系统试验（2）试验结果

序号	密 度 (g/cm³)	静曲比强度 (N/mm²)	内结合 比强度 (N/mm²)	吸水厚度 膨 胀 率 (%)
1	1.01	13.7	0.60	2.44
2	1.01	9.68	0.50	2.60
3	0.98	7.12	0.71	1.87
4	1.06	5.39	1.74	3.53
5	1.01	13.24	0.57	2.60
6	1.03	13.49	0.91	2.35
7	1.05	8.71	1.30	1.08
8	1.03	7.77	0.72	2.12

极差分析结果表明：①灰木比是影响强度的主要因素，降低灰木比有助于提高板材的静曲强度和内结合强度，而要控制在适当范围以内。②在试验条件范围内，施胶量对板材物理力学性能的影响不明显，这有利于采用较低的施胶量，降低成本。③由表8还可以看出，板材内结合强度太高，功能过剩，为降低成本，表层、芯层物料应分别施胶。④对于山东黄台电厂粉煤灰特定条件，助剂添加量对板材的性能影响不大。⑤吸水厚度膨胀率远低于企业标准规定，故防水剂

表9 系统试验（2）极差计算结果

极 差	静曲比强度			内结合比强度			吸水厚度膨胀率		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K ₁	35.89	50.11	42.77	3.55	2.58	3.18	10.44	9.99	7.99
K ₂	43.21	21.99	36.33	3.50	4.47	3.87	8.15	8.60	10.60
R	7.32	28.12	6.44	0.05	1.89	0.69	2.29	1.39	2.61

添加量可适当减少。

(3) 系统试验 3 试验目的是降低施胶量和防水剂添加量并改变灰木比, 考察对板材物理力学性能的影响。本次试验灰木比分别为 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, 施胶量为 8 %, 防水剂添加量为 1 %, 其它工艺条件同前。试验结果见表 10。

表10 系统试验 (3) 试验结果

条件	灰木比	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (N/mm ²)	内结合强度 (N/mm ²)	吸水厚度 膨胀率 (%)
1	2 : 1	1.06	17.84	1.26	1.43
2	3 : 1	1.08	14.13	1.05	1.14
3	4 : 1	1.04	10.30	0.90	1.17

试验结果表明: ①板材强度虽然随着粉煤灰比例的增加而降低, 但即使在灰木比为 4 : 1 情况下, 板材物理力学性能仍能达到粉煤灰刨花板企业标准要求。②在满足板材功能要求的前提下, 适当降低施胶量是可行的。

在上述系统试验的基础上, 为了进一步考察改性胶粘剂对生产线出现临时故障的适应性, 最后还试验在粉煤灰和刨花施胶后陈化 3 ~ 4 小时, 再行铺装、热压, 并观察对板材性能的影响, 试验条件及结果列于表 11。

表11 陈化时间对板材物理力学性能的影响

条件	施胶量 (%)	陈化时间 (h)	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (N/mm ²)	内结合强度 (N/mm ²)	吸水厚度 膨胀率 (%)
1	12	4	1.01	11.60	0.61	2.40
2	9	3	1.04	9.01	0.35	2.69

注: 灰木比 2 : 1, 其它工艺条件同前。

由试验结果可以看出, 用陈化 3 ~ 4 小时的混合物料压制的板材, 强度略有降低, 对吸水厚度膨胀率影响不大, 板材物理力学性能仍然能达到企业标准要求。

2.4 结论

2.4.1 灰木比是影响粉煤灰刨花板物理力

学性能的最显著因素, 适当增加刨花的比例, 有利于提高板材强度。在满足板材功能要求前提下, 灰木比在 2 : 1 ~ 4 : 1 范围内均可制出合格板材, 但最大灰木比不宜超过 4 : 1。这就为生产不同功能要求的粉煤灰刨花板提供了依据。

2.4.2 对于山东黄台电厂的粉煤灰, 助剂添加量为 0.7 % 即可满足制板工艺要求, 而北京石景山电厂的粉煤灰, 由于化学组分的差异, 助剂添加量为 6 % 方能成板。

2.4.3 增加施胶量可以提高板材的强度, 但施胶量在 9 % ~ 12 % 范围内, 对强度的影响不明显。

2.4.4 密度对板材强度的影响极为明显, 粉煤灰刨花板密度不宜低于 0.90g/cm³, 最佳密度取 1.0g/cm³ 为宜。

2.4.5 在满足板材功能要求的前提下, 为了降低成本, 可以适当增大灰木比 (即提高粉煤灰的比例), 同时适当降低施胶量。

2.4.6 试验室规模制造粉煤灰刨花板工艺条件如下:

- 粉煤灰 : 刨花 2 : 1 ~ 4 : 1
- 胶粘剂添加量 (%) 8 ~ 12
- 助剂添加量 (%) 0.7 ~ 6
- 防水剂添加量 (%) 1
- 热压温度 (°C) 175 ± 5
- 热压时间 (s/mm板) 30 ~ 32
- 板面单位压力 (MPa) 3.0 ~ 1.0

3 生产性试验

在完成小试的基础上, 为了验证小试确定的工艺技术路线和工艺参数在生产线上实施的可行性, 与山东木材厂 合 作, 于 1992 年 8 月在该厂年产 15000m³刨花板生产线上进行了生产性试验。

3.1 生产性试验的工艺流程见图 2。

3.2 各工序工艺技术参数

3.2.1 备料

(1) 粉煤灰 取自山东黄台电厂, 同前。

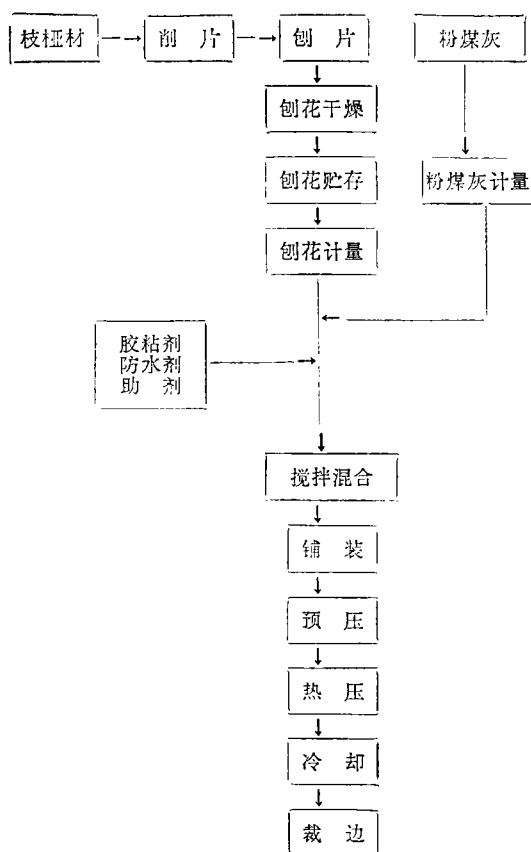


图2 粉煤灰刨花板生产试验工艺流程图

(2) 刨花 原料中约80%为杨木, 20%为落叶松, 原料平均含水率18.9%, 削片和刨片分别采用鼓式削片机和双鼓轮刨片机, 刨花厚度范围0.50~1.21mm, 平均厚度0.76mm, 刨花筛分结果见表12。

表12 生产性试验用刨花筛分结果

网孔	8目	14目	20目	32目	过32目
截留量(%)	33.0	9.6	14.3	26.3	16.8

(3) 助剂 (略)

(4) 胶粘剂 山东木材厂自制的改性脲醛树脂胶, 固体含量59.45%, 乌式粘度27秒。

(5) 防水剂 液体石蜡, 购自济南化工原料公司。

3.2.2 刨花干燥 干燥机进口饱和蒸汽压

力0.4MPa, 干燥后刨花终含水率为1.5%。

3.2.3 添加胶粘剂、防水剂和助剂 按下列三个条件作对比试验。

(1) 灰木比 = 1 : 1, 施胶量12%, 防水剂添加量1%, 助剂适量;

(2) 灰木比 = 2 : 1, 施胶量10.5%, 防水剂添加量1%, 助剂适量;

(3) 灰木比 = 2 : 1, 施胶量12%, 防水剂添加量1%, 助剂适量。

施胶后混合物料含水率8%~9%。

3.2.4 铺装、预压、热压 板坯铺装厚度控制在3.0~3.3mm/mm板的范围内。铺装后的板坯经连续预压机、宽带输送机送往装板机, 再用推板器送入热压机。

热压工艺条件:

板面温度 (°C) 180~185

单位压力 (MPa) 3.0~0.8

热压时间 (min) 10 (10mm厚板)

3.2.5 冷却、裁边 热压后的毛边板冷却至60°C以下, 然后进行齐边, 齐边后的板材规格为2440mm×1220mm×10mm。

3.3 生产性试验结果

取样后经国家人造板质量监督检验测试中心按照粉煤灰刨花板企业标准进行检验, 结果见表13。

试验结果表明: (1) 在小试基础上, 根据生产现场条件适当调整工艺参数, 制造粉煤灰刨花板在生产上是可行的。(2) 由于粉煤灰刨花板与普通刨花板工艺路线和技术要求有差异, 现有刨花板生产线需要进行局部技术改造。

3.4 初步经济分析

粉煤灰刨花板成本估算见表14。

折合厚度为10mm的粉煤灰刨花板, 成本为7.78元/m²。目前市场上10mm防水石膏板售价12元/m²。根据粉煤灰刨花板性能价格比来看, 这种板材为人们认识后是有竞争力的。

3.5 市场预测和应用前景

表13 粉煤灰刨花板性能检测结果

条 件	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (MPa)	内结合强度 (MPa)	吸水厚度膨胀率 (%)	线膨胀率 (%)	握螺钉力 (N)	甲醛释放量 (mg/100g)
1	1.09	14.8	1.02	1.0	0.04 (1) 0.27 (2)	2282	8
2	1.09	10.9	1.31	1.1	0.04 (1) 0.21 (2)	2150	7
3	1.03	11.9	1.41	1.2	0.04 (1) 0.24 (2)	2244	10

注：每个试验条件线膨胀率有两个检测结果，其中 (1) RH50%~30%；(2) RH50%~90%

表14 粉煤灰刨花板单位成本估算

序号	项目	单位	单耗	单价 (元)	合价 (元/m ³)	备注
1	原料				100	
	木材	t	0.4	150	60	制材边角料
	粉煤灰	t	0.8	50	40	
2	辅助材料				360.13	
	胶粘剂	kg	156	1.80	280.80	固体含量64%
	添加剂	kg	15	3.00	45	
	石蜡	kg	8	3.2	25.60	
	油酸	kg	1.3	6.5	8.45	
	氨水	kg	0.7	0.4	0.28	
3	动力消耗				138.50	
	水	t	2.5	0.20	0.50	
	电	度	260	0.30	78	
	汽	t	2	30	60	
4	工资及工资附加费				36	
5	车间经费				40	
6	企管费				30	
7	销售费用				11	
	经营成本				715.63	
8	固定资产折旧				50	
9	流动资金利息				21.2	
	总成本				787.60	

根据国家建材局综合计划司公布的材料，到1995年城乡房屋竣工面积为12.2亿m²，加上其它用途的墙体材料用量，预计1995年需要墙体材料4900亿块标准砖，通过墙体材料改革，1995年全国要达到下列目标：

1995年新型墙体材料要占当年墙体材料总产量的15%；到2000年使用新型材料在新房体材料中要逐步达到40%。而作为新型建材支柱之一的石膏板，其用量在新房内墙材料中所占的比例目前还不足5%。

根据我国的产业政策，正逐步推广使用新型建筑材料，以替代传统的秦砖汉瓦，这是建筑材料工业发展的总趋势。粉煤灰刨花板的诸多优点将逐渐为人们所认识和接受，是一种有良好前景的材料。

谢词 协助小试的人员还有李让、李曙光、甘连元、李遐媛同志。在生产性试验阶段，山东木材厂给予了大力支持和帮助，一并致谢。

A study on a new kind of material—the fly-ash particleboard

Wu Jiansheng Li Fudong

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

Abstract The technology of making fly-ash particleboard has been developed with fly-ash from two different power plants. The results showed: ①The Quantity and kinds of additives should be different depending on the chemical compositions and the quality of different fly-ashes. ②The ratio of fly-ash and wood particle was the most outstanding factor which affected the mechanical and phys-

(下转第29页)

帮助，特此致谢。

5.2 小径原木干燥中，树皮是一个不可忽略的水分蒸发面。根据水分蒸发途径的分析实验，某些树皮较粗松的树种，通过树皮所蒸发的水分约占全部蒸发量的30%~50%。因此，在原木的堆积中，请注意这一点。

5.3 由于干燥工艺过程涉及生产单位的实际生产条件,使干燥过程中的部分数据较粗,正在进一步完善和深入。

本文承蒙北京林业大学戴于龙先生指导

6 参考文献

- 1 南京林业大学.木材干燥,北京,中国林业出版社,1981
- 2 戴于龙等.推广预测木材干燥基准的百度试验法.北京林学院学报,1985(1)
- 3 高建民.桦木小径原条干燥可行性初探.北京林业大学学报,1993(4)
- 4 高建民.桦木小径原条干燥特性的研究.北京林业大学学报,1994(1)
- 5 高建民.刺槐小径原条干燥特性的研究.第四届干燥学术会论文,编号20.

Preliminary approach to the drying technology of small diameter logs

Gao jianmin

(Department of Forest Products and Engineering, BFU, Beijing 100083)

Abstract On the basis of analyzing the drying feasibility and the study on drying characteristics of small diameter birch, locust and ash logs, the drying technology of small diameter logs was summed up. The practice of production indicated that it was feasible to use this technology for drying small diameter logs.

Keywords Small diameter logs, Logs drying, Drying schedule, Drying technology

[illegible]

(上接第13页)

ical properties of fly-ash particleboard. ③The density was a very notable factor affecting the properties of fly-ash particleboard and it should not be lower than 0.90g/cm^3 . ④Increasing the resin content could improve the MOR of fly-ash particleboard, but the effect was not remarkable when resin content was bigger than 9%.

Brief information on the productive experiment, primary economical analysis and prospect of the market of fly-ash particleboard was also introduced in the article.

Keywords Fly-ash; Fly-ash particleboard; Additive; Ratio of fly-ash and wood particle