

防火耐水型桉树复合板材生产工艺研究

罗建举, 彭彦, 罗建中

(国家林业局桉树研究开发中心, 广东湛江市 524022)

摘要: 本研究以桉树木片为主要原料, 采用型模浇注工艺生产防火耐水型木基复合板材, 探讨了木灰比、水灰比、树脂、外加剂、耐水剂、着色剂及养护条件对板材性能的影响。结果表明: 水灰比和木灰比对板的成型性能及板材力学性能影响显著; 添加适量树脂、外加剂和耐水剂能有效地改善板材的性能; 充足的水分和碱性养护条件有利于提高板材的最终强度。木灰比 0.3; 水灰比 0.35; 树脂、水泥外加剂和耐水剂的用量分别为水泥重量的 5% ~ 10%、0.4% ~ 0.5% 和 1.5% 为适宜工艺配方。复合板的表面硬度、耐磨性、防火性、抗腐性和耐水性显著地优于普通实木地板材料, 可用于中档地板和墙裙等装修材料。

关键词: 木基复合板材; 生产工艺; 防火; 耐水; 桉树

中图分类号: TS653.92 文献标识码: A 文章编号: 1001-8564(2000)03-0003-04

Study on Manufacturing Technology of Fire-proof and Water-resistant *Eucalyptus* Composite Board

LUO Jian-ju, PENG Yan, LUO Jian-zhong

(China Eucalyptus Research and Development Center, Zhanjiang 524022, Guangdong)

Abstract In this paper, *Eucalyptus* chips were used as main raw materials for the manufacture of fire-proof and water-resistant wood-based composite board by moulding process. Effects of the ratios of wood chip to cement (W/C), water to cement (M/C) and adhesive, annexing agent, water-resistant agent, dying agent and curing conditions on properties of the board were examined respectively. The results as follows (1) The appropriate parameters were $W/C = 0.3$, $M/C = 0.35$, and the consumption of adhesive, annexing agent and water-resistant agent were 5% ~ 10%, 0.4% ~ 0.5% and 1.5% of cement weight respectively; (2) W/C ratio not only had great influence of board formation, but also the mechanical properties of the board; (3) board properties could be improved significantly by adding adhesive, annexing agent and water-resistant agent and curing under alkaline conditions with sufficient water; (4) main properties of the board, such as surface hardness and resistance to abrasion, fire, decay and water exceeded normal solid wood flooring markedly. It is suitable as the materials of flooring and wall-skirt.

Key words Wood-based composite board; Manufacturing technology; Fire-proof; Water-resistant; *Eucalyptus*

防火耐水型桉树复合板材不同于普通水泥刨花板, 其显著特征之一是利用尺寸较大的木片, 在板面形成明显的木材花纹而无需进行表面装饰, 既保持了实木制品独有的调湿性和装饰性, 又克服了实木易燃、不耐水和抗腐性差的缺陷, 因而可用作室内中档

地板和墙裙材料, 为桉树人工林木材开辟新的用途, 也为建筑装饰装修市场开发新型复合材料品种。

1 试验材料和方法

1.1 材料

木片 以桉树人工林木材为主, 树种有尾叶桉 (*Eucalyptus urophylla*) 及雷林一号桉 (*E. leilin* No. 1)

收稿日期: 1999-06-04
作者简介: 罗建举 (1956-), 男, 国家林业局桉树研究开发中心副教授, 博士。

水泥 42⁵ 普通硅酸盐白水泥
树脂 聚乙酸乙烯酯树脂,固体含量 52%
外加剂 FDN 500减水剂
防水剂 氯化铁,三乙醇胺
着色剂 氧化铁系列

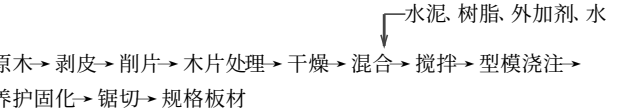
1.2 设备

成型钢模,木片削片机,搅拌机,圆锯机和砂光机

1.3 试验方法

1.3.1 材料处理 首先将新鲜木片脱除抽提物,气干达平衡含水率后进行矿化和尺寸稳定化处理(木片处理工艺见《木材工业》2000年第2期)烘至含水率6%左右,然后在大气中调湿至平衡含水率。

1.3.2 工艺流程



1.3.3 制板工艺参数 板材的目标密度为 1.3 g/cm³,通过测定不同木灰比、水灰比对板静曲强度、内结合强度、平衡含水率及吸水厚度膨胀率的影响,以确定适宜的工艺参数。以雷林一号桉为例选择正交表 L₉(3⁴)进行正交试验,不考虑交互作用。因素水平设置如表 1,每号试验重复三次。

表 1 因素、水平安排

Tab. 1 Experiment factors and levels			
水平	木灰比 (A) %	水灰比 (B) %	
1	0.20	0.25	
2	0.25	0.30	
3	0.30	0.35	

2 试验结果与讨论

2.1 木灰比、水灰比的确定

正交试验结果如表 2 从表 2可见,较好的组合是 A₂×B₃,即木灰比 0.25 水灰比为 0.35 由于 A₂×B₃和 A₃×B₃两组结果相差甚小,考虑到增大木

表 2 正交试验结果

Tab. 2 Testing results				
试验号	水平组合	静曲强度 M Pa	内结合强度 M Pa	吸水厚度膨胀率 %
1	A ₁ K ₁ B ₁	3.28	0.30	0.98
2	A ₁ K ₁ B ₂	3.48	0.38	0.96
3	A ₁ K ₁ B ₃	4.20	0.50	1.05
4	A ₂ K ₁ B ₁	3.78	0.24	1.16
5	A ₂ K ₁ B ₂	3.89	0.28	1.21
6	A ₂ K ₁ B ₃	6.64	0.52	1.30
7	A ₃ K ₁ B ₁	4.26	0.21	1.42
8	A ₃ K ₁ B ₂	4.65	0.29	1.28
9	A ₃ K ₁ B ₃	5.58	0.48	1.35

灰比有利于提高木材原料的用量,可更大程度地发挥木材的调湿和装饰等功能,因此选用 A₃×B₃,即木灰比为 0.30 水灰比为 0.35作为制板工艺参数

试验发现,木灰比过小时,混合料中木材含量低,发挥不出木材的增强、调湿和装饰等优良特性;木灰比过大,生产时拌和困难,甚至不能成型 与木灰比相比,水灰比是保证水泥水化反应以及水泥与木片充分混合的重要参数,水灰比对生产工艺和产品性能的影响更为重要,主要表现在:

(1)对成型工艺的影响 水灰比过大,浆料过稀,搅拌时木片分散不均匀,易于成团,团内木片出现“缺胶”现象,成型时渗水,固化时因水分难以排出而在制品内形成较多、较大的气孔,严重时还会导致成型困难^[1]。反之,水灰比过小,水泥水化不完全,木片与水泥之间不能形成很好的粘合,浆料拌和性差,浇注时捣振困难,木片搭桥而在材料内部形成大的空洞,严重时难以成型;(2)对板材质量性能的影响 在木灰比为 0.3,水灰比分别为 0.25 0.30和 0.35的初步试验中,随着水灰比的增大,板材的静曲强度和内结合强度都呈增大趋势(图 1),板材平衡含水率和吸水厚度膨胀率的变化不明显(图 2)。

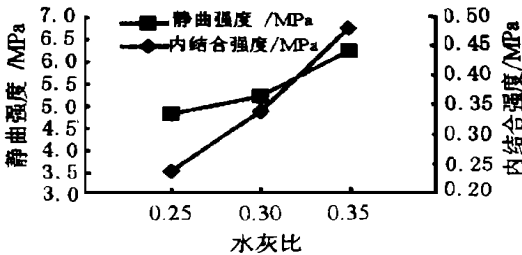


图 1 水灰比对板材 MOR和 IB的影响

Fig. 1 Effect of M/C ratio on MOR and IB

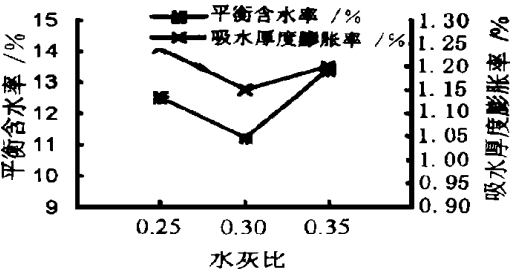


图 2 水灰比对板材 EMC和 TS的影响

Fig. 2 Effect of M/C ratio on EMC and TS

以水泥比重 2.0 木材比重(雷林一号桉)0.5计,当板材中木材与水泥重量比为 0.3时,可推算木材与水泥的体积比约为 1.2 如以尾叶桉木材为原料时,由于尾叶桉木材密度比雷林一号桉略小,需对木灰比

作适当调整 在木材与水泥体积比相同的情况下,可选定木灰比为 0.28

2.2 添加剂

与水泥刨花板相比,该复合板材在原料组成和防火、耐水性能上大致与水泥刨花板相同(见表 3)。采用冷模浇注工艺,大大简化了生产工艺和设备,且表面装饰效果更好。但由于没有加压,板材的强度性能不够理想。为此,考虑适当加入一些添加剂,以提高板材的物理力学性能。

表 3 桉树复合板材与普通水泥刨花板性能的比较

性能指标*	水 泥 刨 花 板		桉树复合板材*
	热压法	冷压法	
比重 / (g·cm ⁻³)	1.26	1.22	1.30
静曲强度 / MPa	6.74	9.36	6.24
内结合强度 / MPa	0.57	0.65	0.58
吸水厚度膨胀率 / %	0.49	1.21	0.82
平衡含水率 / %	0.34	12.2	13.0

* 未加入添加剂

2.2.1 树脂 由于水泥具有抗压强度高、内结合强度低的特性,在不影响其它性能和操作工艺的前提下,为提高板材的内结合强度,使其具有一定的韧性,在混合材料配方中加入适量的聚乙酸乙烯酯树脂

在保持 W/C 0.3和 M/C 0.35不变的条件下,取树脂添加量分别为水泥重量的 0, 5, 10, 15, 20% 进行试验,然后测定板材的物理力学性能。结果显示:板材的静曲强度随树脂添加量的增大而增加。当树脂添加量达 10% 时,静曲强度增加了 27%,此后树脂添加量再增大,板的静曲强度增加不甚明显;对于内结合强度亦呈相似趋势。当树脂量超过 15% 时,内结合强度反而下降(见图 3)。据分析,树脂对板材强度的影响,主要是由于树脂的柔韧性和胶粘作用。柔性树脂均匀地分布于水泥晶粒之间,可大大降低材料的脆性,提高其柔性和弹性,使板材的静曲强度显著提高。而内结合强度因主要取决于水泥的结晶强度,故加入少量树脂对其影响不是很大,但当添加量过大时会阻碍水泥的水化反应,影响水泥的结晶固化,使板材内结合强度降低。

添加树脂也会给制品带来一些不利影响。由于聚乙酸乙烯酯树脂的耐水性很差,随着树脂量的增大,板材的吸水厚度膨胀率和平衡含水率都有所增加。树脂含量过大时,还会导致板材的耐水性明显下降(见图 4)。权衡树脂对制品强度、耐水性以及经济成本的影响,选定适宜的树脂添加量为 10%。

2.2.2 外加剂 考虑规模生产的需要,板材成型操

作工艺性能需进一步改善。采用添加水泥外加剂,延缓浆料的初凝时间,可达到多模成型生产的要求。

FDN 500是一种高效复合型缓凝减水剂^[2],在混凝土工业中被广泛应用。经试验,在其它配比不变的情况下,加入水泥用量 0.4% 的 FDN 500时,能大大提高浆料的和易性,并使浆料的初凝时间延缓 1 h 以上,对板材成型操作工艺极为有利。此外,外加剂对板材的初凝强度和最终强度也有明显的改善,如图 5 所示。

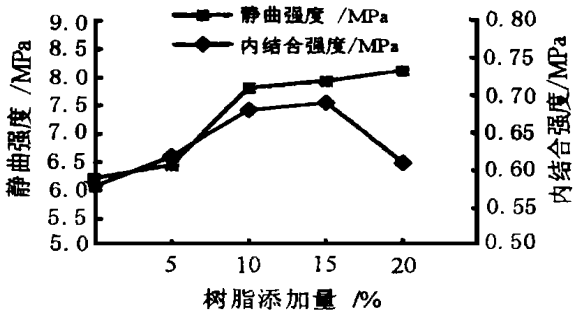


图 3 树脂添加量对 MOR 和 IB 的影响

Fig. 3 Effect of adhesive consumption on MOR and IB

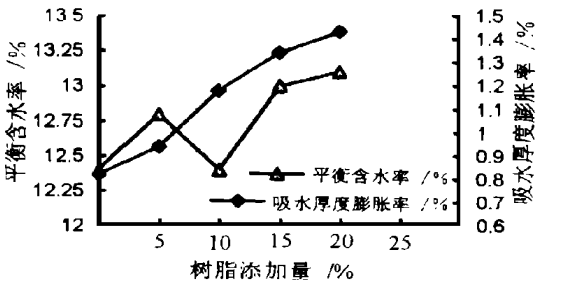


图 4 树脂添加量对 EMC 和 TS 的影响

Fig. 4 Effect of adhesive consumption on EMC and TS

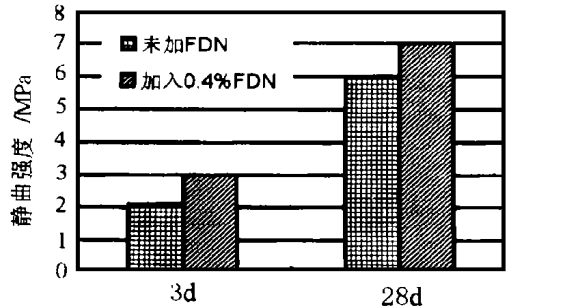


图 5 外加剂对制品强度的影响

Fig. 5 Effect of FDN 500 on strength of board

2.2.3 耐水剂 由表 3 所示,未加入添加剂时,板材的耐水性远低于热压法水泥刨花板,不能满足地板等装修材料的使用要求。故选择在原料配方中分别添加氯化铁 1.5% 和三乙醇胺 0.05% 作为耐水剂进行耐水试验,结果见表 4。

表 4 耐水剂对制品性能的影响

Tab. 4 Effect of water-resistant agent on properties of composite board				
性能指标		无耐水剂	1. 5% 氯化铁	0. 03% 三乙醇胺
密度 / (g° cm ⁻³)		1. 30	1. 35	1. 32
内结合强度 /MPa	3 d	0. 18	0. 19	0. 25
	28 d	0. 68	0. 80	0. 70
静曲强度 /M Pa		7. 80	7. 89	7. 85
吸水率 %		18. 25	13. 69	13. 51
吸水厚度膨胀率 %		0. 82	0. 64	0. 60
抗吸水率 %		-	25. 0	26. 0
抗吸水厚度膨胀率 %		-	21. 9	26. 8

从表 4中可以看出,加入氯化铁和三乙醇胺,都可显著提高材料的耐水性能,与未加耐水剂时相比,抗吸水率可达 25%~ 26%,抗吸水膨胀率可达 22%~ 27%。三乙醇胺为有机高效防水剂,添加量小,对制品强度无明显影响,但有显著的早强作用,能使制品 3天时的内结合强度提高 40%,这有利于提早脱模,提高模具周转率。氯化铁的加入,可使水泥在水化过程中产生不溶于水的氢氧化铁等胶体,填充于制品的孔隙,增加制品的密实度,同时,还可大大降低制品成型时的泌水性。因此,氯化铁的加入可明显地提高材料的耐水性能。

2. 2. 4 着色剂 为使制品获得所需的颜色,并具有较好的耐碱性、耐光性和耐候性,通常选用氧化铁系列颜料。本研究选用氧化铁红,添加量视所要求板材颜色的深浅而异,氧化铁红的添加量一般为水泥量的 3%~ 5%,着色剂对板材性能的影响见表 5

表 5 氧化铁红的添加量对制品的影响

Tab. 5 Effect of dying agent on properties of composite board				
添加量 % (以水泥重量计)	静曲强度 M Pa	内结合强度 M Pa	色泽	经济性评价
0	7. 8	0. 82	-	好
3	7. 7	0. 80	较浅	较好
5	7. 6	0. 78	较深	尚可
10	6. 0	0. 64	深	不好

注: 配比为 水灰比 0. 35,木灰比 0. 30,FDN500 0. 4%,PV Ac树脂 10%,氯化铁 1. 5%; 薄膜封闭养护 28 d

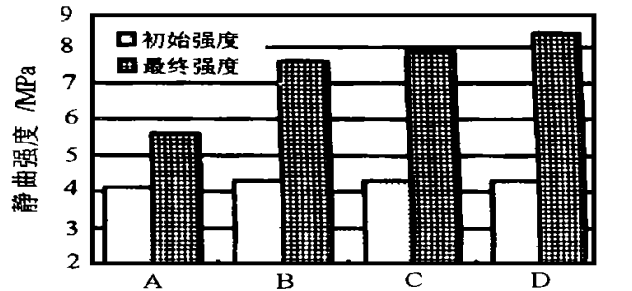
2. 3 原料配比的确定 通过试验和结果分析,确定的防火桉树木基复合板材的原料配比列于表 6

表 6 复合板材的原材料配比

Tab. 6 The mate ratio of raw material	
原料名称	用量 (重水份)
硅酸盐白水泥	100
桉树木片 (处理、气干)	30
清水	35
聚乙酸乙烯酯树脂	10
外加剂 (FDN500)	0. 4
耐水剂 (FeCl ₃)	1. 5
着色剂 (氧化铁红)	3

2. 4 养护条件的确定

根据水泥水化反应速度的变化和组织结构的形成特征,水泥的水化分为 4个阶段: 初始期、休止期、终凝期和硬化期^[4],水泥水化反应的终凝期不迟于 12 h,一般需要在此期间开始至整个硬化期内对制品进行养护。本研究进行了不同养护条件对板材强度性能的影响的对比试验 (见图 6)



A. 大气养护 28 d; B. 薄膜密封 28 d; C.自来水中浸泡 7 d后, 薄膜密封 21 d; D. Ca(OH)₂溶液中浸泡 7 d后, 薄膜密封 21 d

图 6 养护条件对板材 MOR 的影响

Fig. 6 Effect of curing condition on MOR of board

从图 6可见,不同的养护条件对板材的初凝强度 (3 d)影响甚微,但对板材最终强度有较大影响。大气中养护,板材静曲强度大幅度低于其余 3种养护条件。脱模后直接暴露于空气中,由于水泥的水化反应放热,水分蒸发,板材内部水分很快减少,致使水化不完全,水泥颗粒不能充分结晶固化,板材达不到应有的强度值^[3]。如果制品脱模后立即用塑料薄膜封闭,可保证有足够的水分使水泥充分结晶固化,获得较高的板材强度。3种密封养护条件中,板材的静曲强度以 Ca(OH)₂溶液浸泡时最高,清水中浸泡次之,但 3者相差幅度不大。故本研究选定脱膜后用塑料薄膜密封 28 d的养护条件。

2. 5 产品性能测试

产品性能测试大部分按水泥刨花板标准进行,防火性能测试按 GB/T 2406-93进行。结果如表 7

表 7 产品性能测试结果

Tab. 7 Test results of the product properties		
性能指标	指标值	备注
基本密度 / (g° cm ⁻³)	1. 3± 0. 1	
平衡含水率 %	13. 5± 1. 0	
硬度 /M Pa	> 16. 9	
内结合强度 /M Pa	> 0. 80	
表面耐磨性 /mm	厚度损失: 0. 05	尾叶桉木板为 0. 1mm
耐水性 %	抗吸水率: 37. 7 体积抗吸水膨胀率: 83. 8	相对于尾叶桉木板
耐湿性 %	抗吸湿率: 62. 4 体积抗吸湿膨胀率: 80. 3	相对于尾叶桉木板
防火性 %	极限氧指数: > 70	属不燃性材料

(下转第 10页)

3 结论

1) 在合适的工艺条件下,可以生产出具有优良性能的 BW-MDF

2) BW-MDF的 *MOR* *MOE* *TS*随竹纤维所占比例增大而增大;*IB*在 0/1~ 1/1范围内随竹木纤维混合比的加大而降低,在竹木纤维混合比为 1/1时,*IB*值最小

3) BW-MDF的 *MOR* *MOE*和 *IB*随压缩比增大而增加,但 *TS*也随之增大;BW-MDF合理的压缩比范围为 1.00~ 1.05

4) 纤维筛分值直接影响到板材物理力学性能,粗长纤维制备的 BW-MDF的静曲性能好,但 *IB*降低,*TS*增大 以筛分值集中在 28~ 90目的细纤维制备的板材综合性能优于以筛分值集中于 5~ 28目和 2~ 10目的中粗纤维制备的板材

致谢:感谢云南红河州中密度纤维板厂提供试验材料;西

南林学院木材科学与技术专业 99届毕业生陈东阳、刘本安、尹秀明和莫银辉等同学参加了试验工作。

参考文献:

- [1] Zhang Ming. 生产竹子—木材复合纤维板的设备和产品的性质 [J]. 木材学会志 (日本), 1995, 10.
- [2] Matsuda T, et al. Manufacture of Medium Density Fiberboard from Malaysian Fast Growing Tree Species and Bamboo [Z]. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, 1995, 369.
- [3] 洗杏娟,等. 竹纤维增强树脂复合材料及其微观形貌 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [4] 徐咏兰. 中密度纤维板制造 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [5] 徐咏兰,张贵麟. 工艺因素对 MDF的影响 [J]. 林业科技开发, 1997, 4: 42~ 44.
- [6] 张宏健,赵立. PF-MDF剖面密度分布特征的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1991(1): 66~ 75.

(上接第 6页)

从表 7可见,该板材物理力学性能优于一般实木地板板材,可作为室内装修的地板和墙裙材料

3 结论

1)水灰比对板材成型工艺和产品性能影响显著,适宜的水灰比为 0.35 木灰比对板材成型工序、产品性能和表面装饰效果亦有重要影响,适宜的木灰比为 0.30,体积比为 1.20

2)树脂的加入可显著降低板材的脆性,并提高其强度,但对板材耐水性有不利影响 树脂加入量以水泥加量的 3%~ 10%为宜。水泥外加剂有利于板材成型时浇注,并对强度有改善作用。采用 FDN500时,添加量以水泥加量的 0.4%~ 0.5%为宜。耐水剂可明显改善板材的耐水性能,三乙醇胺和氯化铁都是合

适的选择,适宜的添加量分别为 0.05%和 1.5%。

3)板材浇注成型后不宜直接暴露在空气中,应脱膜后立即用塑料薄膜包封,在大气中静置 28 d

4)本研究研制的桉树复合板材性能可满足室内装修用地板和墙裙材料的要求

参考文献:

- [1] 涂平涛.水泥刨花板生产中的几个问题 [J]. 林产工业, 1994, 21 (2): 19~ 21.
- [2] 张云理,卞葆芝.混凝土外加剂产品及应用手册 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.
- [3] 陈载永.温度处理对水泥结合稻壳与木材粒片之板材性质的影响 [J]. (台湾)林产工业, 1997, 16(3): 437~ 452
- [4] 涂平涛.论水泥刨花板生产工艺技术与装备的选择 [J]. 林产工业, 1997, 24(1): 1~ 4.

◆本刊全面征集有关木材加工行业各领域的实用新技术、技改措施、质量控制、生产管理、企业管理经验等方面的文章(4000字以内),欢迎广大读者投稿

◆本刊全年办理现刊、过刊的订阅和补订,并代销部分专业工具书、手册等资料,欢迎办理邮购

◆本刊辟有多页各类彩色与黑白广告版面,制作精良,价格合理,欢迎来人来电洽谈

电话: 010-6288 9419 / 9416 传真: 6288 9416

Email cwjiang@ wood. forestry. ac. cn

《木材工业》编辑部