

研究与开发

落叶松水泥纤维板的生产工艺

刘金业¹, 余二祥¹, 朱凤娟²

(1. 内蒙古森工集团, 牙克石 022150, 内蒙古自治区; 2. 内蒙古大兴安岭林业学校, 牙克石 022150, 内蒙古自治区)

摘要: 依据市场对新型木质人造板材的需求和大兴安岭林区的资源特点, 对以落叶松纤维为主要原料制造水泥纤维板的工艺条件进行了探讨, 试验结果表明, 采用落叶松木材制造水泥纤维板在工艺上是可行的。

关键词: 水泥纤维板; 落叶松; 生产工艺

中图分类号: TU528.45, TS653.6 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2003)03-0015-03

Technology of Cement Fiberboard Manufactured from Dahurian Larch

LIU Jin-ye¹, YU Er-xiang¹, ZHU Feng-juan²

(1. Inner Mongolia Forestry Industrial Group, Yakeshi 022150, Inner Mongolian, China;

2. Forestry School of Daxingan Mountain, Yakeshi 022150, Inner Mongolian, China)

Abstract: Dahurian Larch (*Larix gmelinii*), one of the main tree species around Daxingan Mountain in Inner Mongolian, occupies 70% of the total forest resources in this area. A series of experiments on manufacturing technology of cement fiberboard from Dahurian Larch wood was conducted in order to develop the new way for resource utilization. The test results showed that Dahurian Larch wood was feasible as fiber material for cement fiberboard production.

Key words: Cement fiberboard; Dahurian Larch; Technology

水泥纤维板是一种新型的建筑材料, 具有轻质、高强、隔音、隔热、防火、抗蛀和可钉、可锯、可装饰等优良的物理力学和工艺性能, 以及耐候、不含污染物、保温等适合建筑使用的功能, 在国内外得到了迅速的发展^[1,2], 被广泛地应用于建筑工程中的非承重内外墙板、天花板、通风道等。

内蒙古大兴安岭林区森林资源的近70%为落叶松, 为此, 笔者进行了以落叶松纤维为主要原料制造水泥纤维板的工艺试验, 以期拓宽落叶松的利用途径, 为发展林区综合利用产业提供依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

木纤维 取自库都尔纤维板厂未施胶的湿法纤维板生产线成型板坯, 落叶松占85%, 桦木、杨木占15%。绝大多数纤维束长5~19 mm, 长径比55~

150。取回后经干燥和松散结团后备用。

水泥 本溪水泥厂产“工源”牌425#矿渣硅酸盐水泥。

化学助剂 氯化钙(CaCl_2)和硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ 水溶液, 用以减少、消除落叶松木材中某些化学成分对水泥硬化的影响。

1.2 试验板制作流程

↓ 化学助剂
木纤维 → 混合 → 铺装 → 冷压 → 养护 → 堆放 → 试件截取 → 性能测试
水泥

1.3 试验方法

采用正交试验法分阶段进行试验, 根据各阶段的试验结果逐步优化, 最终得到制板的最佳生产工艺。参照《水泥刨花板暂行试验方法》^[3]进行板材性能检测。

2 试验过程与结果

2.1 第一阶段试验

目的是探求影响板材质量的显著因素, 重点考察

收稿时间: 2002-09-23

作者简介: 刘金业(1963—), 男, 内蒙古大兴安岭林业科研所高级工程师。

板材的静曲强度。综合文献^[1,2,4~7],按正交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 安排试验,因素及水平见表1,试验结果见表2。

表1 因素与水平

Tab. 1 Factors and levels in the first experiment

	原料配比				冷压		养护	
	木灰比 A	水灰比 B	硫酸铝 C	氯化钙 D	压力/MPa E	时间/min F	时间/h G	温度/℃ H
1	0.40	0.54	0	0	2	11	8	60
2	0.33	0.58	3	3	2.5	15	10	70
3	0.29	0.62		1	3	19	12	80

注:助剂用量为其各占水泥重量的百分比,下同。

表2 第一阶段试验结果

Tab. 2 Test results in the first experiment

试验号	因素与水平								静曲强度 /MPa
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	1	1	1	3	2	2	1	2	2.80
2	1	2	1	1	1	1	2	1	2.03
3	1	3	1	2	3	3	3	3	1.26
4	2	1	1	2	1	2	3	1	1.13
5	2	2	1	3	3	1	1	3	2.19
6	2	3	1	1	2	3	2	2	2.16
7	3	1	1	1	3	1	3	2	2.14
8	3	2	1	2	2	3	1	1	1.14
9	3	3	1	3	1	2	2	3	1.27
10	1	1	2	1	1	3	1	3	3.27
11	1	2	2	2	3	2	2	2	2.08
12	1	3	2	3	2	1	3	1	3.63
13	2	1	2	3	3	3	2	1	1.93
14	2	2	2	1	2	2	3	3	1.82
15	2	3	2	2	1	1	1	2	1.33
16	3	1	2	2	2	1	2	3	1.57
17	3	2	2	3	1	3	3	2	2.15
18	3	3	2	1	3	2	1	1	2.22
K_1	2.51	2.14	1.79	2.27	1.86	2.15	2.16	2.01	
K_2	1.76	1.90	2.22	1.42	2.19	1.89	1.84	2.11	
K_3	1.75	1.98		2.33	1.97	1.99	2.02	1.90	
R	0.76	0.24	0.43	0.91	0.33	0.26	0.32	0.21	

对表2的结果分析可以看出:

(1)因素E(冷压压力)、F(冷压时间)、G(养护时间)、H(养护温度)所对应的极差R均较小,说明这4个因素在本试验考察范围内对板材性能的影响较小,为不显著因素。依表2结果确定:冷压压力(E_2)为2.5 MPa、冷压时间(F_1)为11 min、养护时间(G_1)为8 h、养护温度(H_2)为70℃,为后续试验固定工艺参数。

(2)因素D(CaCl_2)、A(木灰比)、C[$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]对应的极差R均较大,对板材性能有显著影响。另外,虽然因素B(水灰比)对应的极差R较小,但据资料,水灰比是制造木质水泥板材的重要影响因素之一,因此,第二阶段试验将 CaCl_2 用量、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 用量及木灰比和水灰比作为显著因素进一步考核。

(3)第12号试验板的静曲强度最高,其对应的因

素水平为: $A_1B_3C_2D_3E_2F_1G_3H_1$ 。对表2各因素水平对应的各位极静曲强度的平均数的对比分析可知(K_2 值大者,表明该因素该位极所对应的板材的静曲强度较大,性能较优),较佳的工艺条件为: $A_1B_1C_2D_3E_2F_1G_1H_2$ 。

2.2 第2阶段试验

为进一步考察第一阶段试验确定的4项显著因素对板材性能的影响,采用正交表 $L_9(3^4)$,因素及水平见表3,试验结果见表4。

表3 因素及水平

Tab. 3 Factors and levels in the second experimental

水平	木灰比 A	水灰比 B	硫酸铝 C	氯化钙 D
1	0.50	0.50	1.5	0
2	0.40	0.54	3.0	1.5
3	0.33	0.64	4.5	3.0

表4 第二阶段试验结果

Tab. 4 Test results in the 2nd experiment

试件号	因素与水平				静曲强度 /MPa
	A	B	C	D	
1	1	1	3	2	3.55
2	2	1	1	1	1.91
3	3	1	2	3	1.81
4	1	2	2	1	1.93
5	2	2	3	3	3.45
6	3	2	1	2	2.25
7	1	3	1	3	2.23
8	2	3	2	2	1.40
9	3	3	3	1	1.21
K_1	2.57	2.42	2.13	1.68	
K_2	2.25	2.54	1.71	2.40	
K_3	1.76	1.61	2.74	2.50	
R	0.81	0.93	1.03	0.82	

通过对表4的分析可以看出:

(1)影响板材静曲强度的因素依次为C、B、D、A;

(2)1号试件的静曲强度最高,5号次之,其因素水平分别为 $A_1B_1C_3D_2$ 和 $A_2B_2C_3D_3$ 。从各因素所对应的 K_2 值看,较佳工艺条件为: $A_1B_2C_3D_3$ 。

2.3 第3阶段试验(验证试验)

试验安排见表5,每一组条件重复2次,试验板性能检验结果见表6(为2次试验的平均值)。

表5 第三阶段试验方案

Tab. 5 The experimental scheme of the third experiment

试验号	木灰比 A	水灰比 B	硫酸铝/% C	氯化钙/% D
Y ₁	0.40	0.62	3.0	1.0
Y ₂	0.40	0.54	3.0	1.0
Y ₃	0.50	0.50	4.5	1.5
Y ₄	0.40	0.54	4.5	3.0
Y ₅	0.50	0.54	4.5	3.0

表 6 第三阶段试验结果

Tab. 6 Test results of the third experiment

试验号	试件数	静曲强度 /MPa	内结合强度 /MPa	透水性 /h	吸水率/%		含水率 /%	密度/(kg·m ⁻³)	吸水膨胀率/%			
					2h	24h			纵向		厚度(方向)	
									2h	24h	2h	24h
Y ₁	12	4.58	0.22	23	25.6	27.3	10.8	1168	0.24	0.48	3.93	5.66
Y ₂	12	4.87	0.31	23	23.9	28.6	13.0	1199	0.23	0.31	2.40	3.78
Y ₃	12	5.11	0.26	22	23.5	27.6	14.9	1212	0.52	0.74	3.91	7.22
Y ₄	12	5.35	0.37	※	18.3	29.2	12.8	1187	0.31	0.49	2.51	2.66
Y ₅	12	5.23	0.26	22	22.8	35.0	12.4	1171	0.34	0.42	3.16	5.16

※:该组有 6 个试件浸泡 16 h 后透水,6 个试件 24 h 未透水。

从表 6 可见,Y₄ 条件下制得的板材性能最优,以此工艺条件,即:木灰比 0.40;水灰比 0.54;CaCl₂ 3.0%;Al₂(SO₄)₃ 4.5%;冷压时间 11 min;冷压压力 2.5 MPa;养护温度 70 ℃;养护时间 8 h 进行验证试验,结果见表 7。

表 7 验证试验结果

Tab. 7 Results of the checking experiment

试验号	静曲强度 /MPa	内结合强度 /MPa	密度/(kg·m ⁻³)	含水率 /%
1	6.84	0.36	1213	16
2	6.25	0.34	1252	17
3	6.97	0.46	1258	15
4	6.91	0.41	1288	15
5	6.54	0.34	1297	17
6	6.85	0.36	1256	17
7	4.39	0.35	1264	16
8	5.35	0.35	1234	18
9	4.92	0.30	1292	14
10	4.90	0.37	1233	15
11	6.15	0.35	1282	9
12	7.70	0.34	1295	13
均值 $\bar{x}$	6.15	0.36	1264	15
标准差 S	1.03	0.04	27.70	2.40
变异系数 /%	16.70	11.10	2.20	0.16
准确系数 /%	4.8	3.2	0.6	4.6

由表 7 可知,按上述工艺条件制造的水泥纤维板的 4 项主要性能指标的准确系数均小于 5%,可以认为该工艺条件是最佳工艺参数。

3 分析与讨论

3.1 水灰比与板材性能的关系

水灰比是影响水泥水化和水泥与纤维混合的重要参数。水灰比过大,纤维易成团而出现团内“缺胶”,在铺装成型时纤维团也不易打散导致板坯铺装不均。另外,水灰比过大,纤维含水率相对增加,致使纤维与水泥的分离度增加,纤维增强作用减弱,板材强度下降;反之,若水灰比太小又会造成纤维与水泥粘合不好,水泥水化不完全而影响板的强度。本试验确定制造落叶松水泥纤维板适宜的水灰比为 0.54。

3.2 木灰比与板材性能的关系

木灰比是影响板材性能的主要因素。由于水泥的密度远高于木纤维,随着木灰比的增加,水泥和木纤维混合物的体积随之增加,为使水泥和纤维紧密地接触,板材的压缩率也增大。在本试验所选定的木灰比范围(0.29~0.50)内,木灰比越大,板材的静曲强度越高,吸水厚度

膨胀率也越大。有研究表明,木灰比与水灰比对板材强度的影响是互相关联的。但木灰比过大,也会使板材的强度降低。依据本试验结果,初步认为木灰比为 0.40 较适宜。

3.3 化学助剂对板材性能的影响

制造水泥纤维板时,由于木材中含有的水溶性糖类物质在碱性的水泥浆料中易于溶出,进而水解成单糖,阻碍了水泥的凝结与硬化,致使固化异常缓慢甚至不固化。不同树种因所含水溶性糖不一样,因而对水泥固化的影响也不一样。落叶松属于对水泥固化负面影响最大的树种之一,为限制木材中有害物质对水泥固化的影响,选用对普通硅酸盐水泥有促凝作用的复合型化学助剂,可促进水泥矿物成分的水解、水化作用,在木材中阻凝成分未溶出前促使水泥凝结、固化,实际使用结果表明效果较好。

4 结论

1)按本试验确定的工艺条件,采用落叶松为主要原料制造水泥纤维板在技术上是可行的;

2)制造落叶松水泥纤维板的最佳工艺条件为:木灰比 0.40,水灰比 0.54,氯化钙 3.0%,硫酸铝 4.5%,强化养护温度为 70 ℃,养护时间为 8 h,加压时间为 11 min,冷压压力为 2.5 MPa,自然养护时间为 28 d。

参考文献:

[1] 国外木质刨花板和水泥刨花板[J]. 林产工业,1978:80-126.
[2] 白雪松. 水泥刨花板生产与研究进展[J]. 木材工业,1991,5(2):37.
[3] 北京建筑材料科学研究所. 水泥刨花板暂行试验方法[D]. 1980.
[4] 水泥刨花板工艺试验总结. 中国林科院木材工业研究所等.
[5] 刘义海,陈士英. 水泥刨花板快速固化工艺的研究[J]. 木材工业,1997,11(4):3-7.
[6] 纤维板制造学[M]. 北京:中国林业出版社,1981.
[7] 湖南大学. 建筑材料[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1987.