

研究与分析

水泥刨花板(CPB)生产中 原辅材料适应性的评估方法与装置

韦益民 刘正添 李 强

(北京林业大学 北京 100083)

摘要 CPB 生产中原辅材料的质量包括水泥的品种、树种、化学助剂的种类等直接影响水泥刨花板的质量,为寻找一种简单、快速、有效的评估方法及相应的装置,可在生产前对原辅材料进行适应性检测。研究结果表明:水泥-木屑混合物的最高水化温度 ΔT 及到达这一温度的时间 Δt 可以做为评价原辅材料适应性的指标。

关键词 水泥刨花板;水泥水化;化学助剂

水泥刨花板是近年来发展迅速的一种优良建筑板材,生产中对原辅材料有着特殊的要求。例如水泥的品种、标号和贮存期,木材的树种和贮存期及助剂的种类、有效含量等。如果原辅材料的质量及相容性不稳定,必将造成产品质量下降甚至报废。因此,寻找一种简单快速的评估原辅材料适应性的方法对指导水泥刨花板生产和科研是很有实用价值的。

1 评估方法

在水泥刨花板中,水泥的固化使得刨花之间形成结合强度。由于水泥固化-结晶过程是一个放热过程,所以可根据反应过程中的热量变化来判断水泥的水化程度和板坯的强度。测量水泥-木材混合物的水化热可以预测混合物内水泥与木材的结合强度。由于水泥-木材-化学助剂混合物的放热规律与纯水泥水化放热规律并不相同,不能简单地套用纯水泥水化热的标准方法来测定水泥-木屑系统的热量变化。根据被测体系的特殊性和研究目的,研究内容包括:

1.1 试样制备 使木材与水泥混合。考虑

水泥-木材-助剂-水整个混合体系的复杂作用,找出各组分的适当配比和试样的总重量。

1.2 研制简单实用并可同时检测多个试样的装置。

1.3 确定一个简单、直观的衡量指标。

2 水泥-木屑混合物评估方法及装置

2.1 采用并改进 Sandermann 方法 在配制试样时采用以下比例:木灰比 0.75 : 1.0; 水灰比 0.45 : 1.0^[2]。过去不少研究者利用这一方法结合水泥刨花板生产工艺进行过研究并在测量装置上作了重大改进^[3~5],但该方法没有考虑到化学助剂的问题。因此这种试样配制方法只能适应于水化热很高的波特兰水泥,对普通水泥,特别是矿渣水泥无法使用。本研究基本采纳 Sandermann 方法,但增加了化学助剂这一组分。

2.2 采用水化温度曲线特征(最大温差和到达时间)作为衡量指标。Sandermann 曾直接用最高水化温度作为衡量木材适应性的指标^[2],此后美国 Idaho 大学的 Moslemi 教授等提出用水化特征系数 I -值作为衡量标准^[5],在 I -值的计算公式中包括水化温度峰值,到达时间及温度曲线的最大坡度^[6]。经过对上述两种衡量指标的分析与对比后认为采

收稿日期 1994-05-30

用水化温度曲线的两个特征值—最大温差和到达时间,就可以作为简单和直观地评估原辅材料质量优劣的指标。

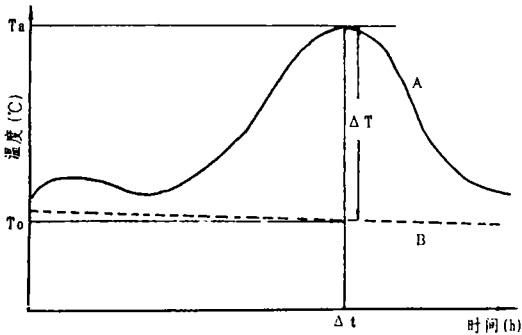


图 1 水化温度曲线的特性值

A—试样温度曲线;B—基准温度线(系指无试样的热量计内的空气温度; T_a —温度峰值; t —到达 T_a 所需的时间; T_0 —时间为 t 时的基准温度, $\Delta T = T_a - T_0$

2.3 采用多试样相互对比的方法以简化装置并提高可靠性。采用多点(12 点)温度记录仪一次可测量几种不同条件的试样,而且可安排重复试样。

3 被测样品的制备及测量装置

3.1 样品制备 首先将被测木材去皮、切碎,使用粉碎机将其粉碎并经过 200 目筛网过筛后,放入烘箱烘至绝干。根据 0.75(木屑):1.0(水泥):0.45(水)比例称出 150g 木屑、200g 水泥、90ml 水及 10g 化学助剂(占水泥用量的 5%),化学助剂经水溶解与木屑、水泥混合后立即放入容器内插入感温元件,整体移入热量计内。为减少试验误差,每个试样重复三次。

3.2 测量装置 由热量计、测温元件及自动平衡温度记录仪组成。热量计结构包括保温瓶、试样容器、温度计(测温元件)、测温元件套筒及保温材料等(见图 2)。

4 结果与讨论

4.1 水化温度曲线基本类型 根据实验所测出的各种水化温度曲线,将水泥和木屑(加助剂或不加助剂)的水化温度记录线分为第一温度峰值 ΔT_1 和第二温度峰值 ΔT_2 两大

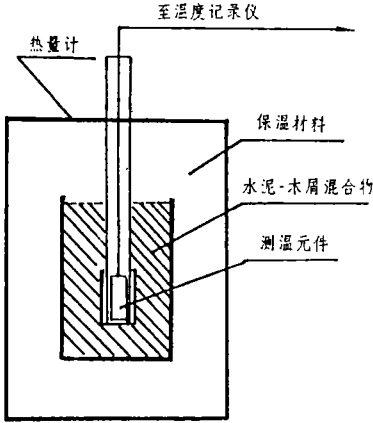


图 2 测量装置示意图

类型。第一类与纯水泥水化温度曲线相似,具有第二峰值。其中 I_a 的峰值出现于纯水泥之前, I_b 在纯水泥之后。第二类曲线无第二峰,其中 I_a 初始温度,很高, I_b 较低。 I_a 类似于水泥的快凝或闪凝过程。 I_b 的水化过程被完全抑制了,开始较弱的升温现象是由水泥及助剂的溶解热所致。以上各示意图谱见图 3。

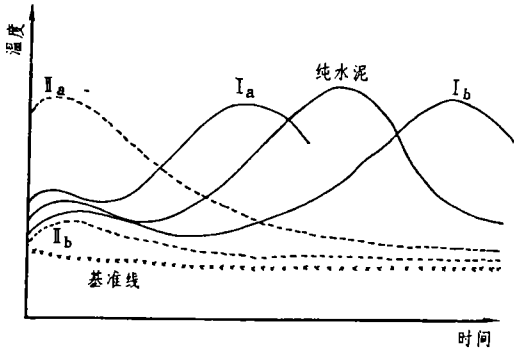


图 3 水化温度曲线的基本类型

4.2 树种 树种是影响木材适应性的首要因素。通过对 38 种国产树材、两种进口树材及一种竹材对普通硅酸盐 425# 水泥水化过程影响的分析。按上述分类方法将其分类列于表 1,表 2。第一类中的绝大部分属于 I_a ,即第二温度峰值比纯水泥提前到达。只有 4 个树种属于 I_b 类。总的来讲,第一类木材对水泥的阻凝作用较小,用一定量的化学助剂完全可以克服其不利影响。从缩短养护时间观点评价, I_a 类型优于 I_b 。第二类包括 21 种木材和一种竹子,基本属于 b 型,如无特殊

表 1 第一类树种(按第二温度峰值 ΔT_2 排列)

顺序	树 种	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_2 ($^{\circ}\text{C}$)	到达时间 (hr)	类别
0	纯 水 泥	58.4	38.4	9.0	I _a
1	白 桦	54.8	34.8	7.8	I _a
2	进口红柳安	53.8	33.8	5.8	I _a
3	红 松	52.7	32.7	8.3	I _a
4	油 松①	52.5	32.5	8.8	I _a
5	进口黄柳安	52.2	32.3	6.2	I _a
6	国产黄柳安	51.9	31.9	6.5	I _a
7	青 杨	50.3	30.3	11.2	I _b
8	椴 木	49.9	29.9	7.8	I _a
9	柳 木	47.1	27.1	7.5	I _a
10	香 椿	46.5	26.5	7.2	I _a
11	侧 柏	46.2	26.2	11.8	I _b
12	山 皮 栎	45.8	25.8	14.7	I _b
13	水 曲 柳	44.4	24.4	3.7	I _a
14	栗 木	44.4	24.4	7.0	I _a
15	柞 木	42.7	22.7	3.7	I _a
16	红 桦	41.7	21.7	10.0	I _b
17	油 松①	41.3	21.3	7.0	I _a

注:表内数据均为三组重复试样的平均值。

表 2 第二类树种(按第一温度峰值 ΔT_1 排列)

序号	树 种	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_1 ($^{\circ}\text{C}$)	序号	树 种	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_1 ($^{\circ}\text{C}$)
1	栎 树	44.4	24.4	12	槲 栎	40.9	20.9
2	臭 椿 树	43.2	23.2	13	山 杨	40.7	20.7
3	枣 木	43.2	23.2	14	黄 菠萝	40.5	20.5
4	泡 桐	43.0	23.0	15	青 楷 槭	40.3	20.3
5	黑 枣	42.6	22.6	16	海 棠	39.7	19.7
6	法国梧桐	42.3	22.3	17	坚 桦	39.4	19.4
7	银 杏	41.9	21.9	18	五 角 枫	39.4	19.4
8	白 腊	41.9	21.9	19	朴 树	39.3	19.3
9	黄花松	41.6	21.6	20	黑 桦	38.9	18.9
10	元宝枫	41.6	21.6	21	橡 胶 木	37.4	17.4
11	辽 东 栎	41.3	21.3	22	竹 子	33.3	13.3

注:1. 第一温度峰值都在开始后半小时内出现;

2. 表内数据为三组重复试样的平均值。

工艺不适于作为水泥刨花板的生产原料。

根据 Sandermann 和 Moslemi 等人用波特兰水泥的实验结果,认为最高水化温度在 60°C 以上的树种最适宜,在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之间为可用,低于 50°C 者为不可用。采用本研究制定的样品制备及分析方法可以认为 ΔT 在 30°C 以上的第一类树种即适于生产水泥刨花板, ΔT 在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间者必须采取特殊的工艺措施方可使用。

4.3 水泥 由于水泥品种、标号和贮存期的不同,水泥的水化速率出现很大变化,使水化温度曲线产生明显差异。在图 4、图 5 中列举了几种不同水泥及其与桦木木屑混合物的水化温度曲线。

很明显,纯水泥的水化温度曲线特征值相差很大(表 3)。矿渣水泥的水化温度比同号的普通水泥低,时间长。特别是矿渣 325[#] 水泥的水化温度峰值很小。按规定比例,与相同颗粒度的木屑混合后,在无助剂作用的情况下,只有普通 525[#] 水泥在 20 小时后才开

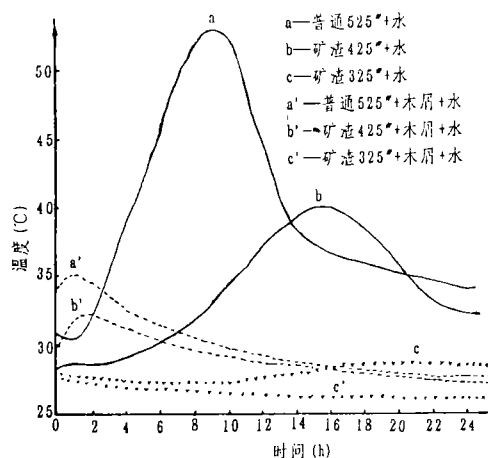


图 4 三种水泥的水化温度曲线

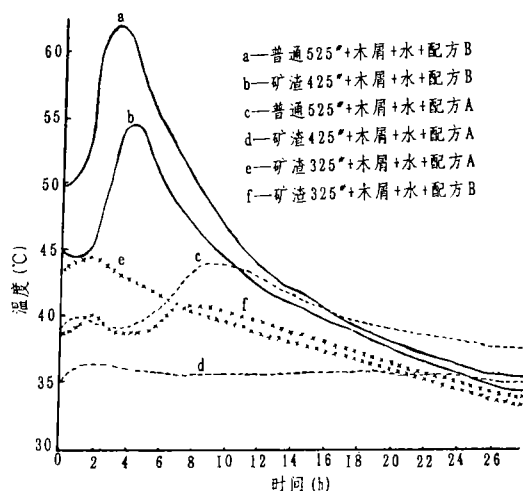


图 5 化学助剂对不同水泥与木屑混合物水化温度曲线的影响

表3 几种纯水泥的水化温度曲线特征

水泥品种	温差 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	时间 $t(\text{hr})$
普通 525* (a)	33.8	9.5
矿渣 425* (b)	14.0	14.5
普通 425 (c)	19.0	10.2
矿渣 425 (d)	8.2	12.0
矿渣 325 (e)	4.0	17.0

注:普通 525、矿渣 425 分别代表普通硅酸盐水泥 525[#]及矿渣水泥 425[#]

表4 不同品种水泥的水化温度曲线特征与板强度的关系

水 泥		水化特征		板 强 度	
水泥品种 ①	配方 ②	温度 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	时间 $t(\text{hr})$	24 小时 静曲强度 (MPa)	内结合 强度 (MPa)
普通 525 (a)	B	39.8	2.0	7.04 *	0.51
矿渣 425 (b)	B	27.3	3.0	4.02 *	0.50
普通 425 (c)	B	32.5	1.8	8.66 *	0.46
矿渣 425 (d)	B	29.8	1.8	6.12 *	0.48
矿渣 325 (e)	1	15.0	12.0	3.89	
	2	25.0	1.0	4.21	
	3	20.8	7.5	4.08	

注:① 水泥同表 3;② 配方 B 为双组分水泥刨花板助剂; * 升温养护,其它为室温养护。

始缓慢的升温现象(图 4),而其他 4 种水泥的水化过程完全被桦木屑所抑制(图 4)。可以断定:在无助剂作用的情况下,用所列举的 5 种水泥都不能生产出合格的水泥刨花板。

不同品种的水泥对同一助剂的敏感性各不一样。从研究过的助剂配方中可以说明水泥木屑(助剂)混合物水化温度曲线特征与水泥刨花板性能的关系(表 4)。化学助剂可明显提高各种水泥的水化速率。表 4 与表 3 所用的水泥相同,由于使用了助剂而提高了温差 ΔT ,缩短了出现峰值的时间 t 。

表 4 非常明显地证明了水泥-木屑水化温度特征和水泥刨花板的 24 小时强度之间的一致性:温差 ΔT 愈高,强度愈大。从温差(ΔT)衡量,普通水泥 525[#](39.8 $^{\circ}\text{C}$)质量优于普通水泥 425[#](32.5 $^{\circ}\text{C}$),矿渣水泥 425[#]质量相差不大(27.3 $^{\circ}\text{C}$, 29.8 $^{\circ}\text{C}$)。

• 8 •

研究结果证明利用水泥-木屑(助剂)水化温度的最大温差完全可以评估用这些原料所生产的水泥刨花板的 24 小时强度。最大温差 ΔT 必须在 25~30 $^{\circ}\text{C}$ 之上时,板坯经过升温养护一天以后可以顺利脱模。这种简单的预测方法可给生产带来很大方便,避免由于脱模困难而造成的经济损失。

从表 4 可知,矿渣 325[#] 的水化温差很低。使用 CaCl_2 8% 和 FeCl_2 4% 这样的强烈助剂也只能使温差提高到 25 $^{\circ}\text{C}$,但事实上这种配方由于对设备的腐蚀作用,在生产中是根本不可考虑的。当然,通过升温养护还可提高此值。但综合考虑认为矿渣 325[#] 水泥不能满足水泥刨花板 24 小时强度的要求。

4.4 化学助剂 和水泥与木材一样,助剂也是决定产品质量的重要因素,对水泥水化速率影响很大,见图 5。通过 37 种单一试剂对普通 425[#] 水泥和桦木木屑混合物水化温度曲线的检测与分析。根据最大温差(ΔT)挑选出 15 个比较好的单一试剂进行制板实验。在这 15 种不同单一试剂作用下的水泥木屑混合物水化温度特征见表 5,最大温差的方差分析结果见表 6。板材静曲强度 Duncan 检验结果及多重比较结果均列于表 5。

方差分析结果说明:在水泥和木屑不变的情况下,由助剂改变而引起 的最大温差的差异是显著的。与此相应,由于不同助剂作用而引起的板的静曲强度差异也是显著的。比较表 6 中同时列出的最大温差和板的静曲强度的 Duncan 检验结果可以发现,当水泥和木材两者都不变时,由于助剂改变而引起的水泥和木屑混合物水化温度曲线的最大温差与由同样材料所制成的板材的静曲强度分级级别大致相似,证明两者之间存在着一致关系,温差高,强度也高;温差低,强度也低。

对上述结果分析说明,水泥的品种和标号决定其质量。木材中的抽出物对水泥水化起阻碍作用,而适当的化学助剂则可以帮助克服木材对水泥水化的不良影响,加速释放水化热,提前固化。水化热或水化温度是水泥

表 5 15 种试剂对水泥-木屑混合物水化特征与板静曲强度的影响

编号	试剂名称	最大温差(ΔT)		到达时间 (hr)	(28 天)静曲强度	
		平均值 ($^{\circ}\text{C}$)	Duncan 检 验		平均值 (MPa)	Duncan 检 验 *
1	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	24.27	d	14.8	6.65	e
2	FeCl_3	35.30	a	15.7	16.26	a
3	CaCl_2	34.30	a	8.7	15.09	a
4	SnCl_2	27.60	c	17.8	6.28	e
5	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	28.56	bc	3.8	7.63	d
6	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	21.53	e	6.2	8.35	d
7	Na_2S	21.20	e	0.5	6.69	e
8	Na_2SO_4	19.13	f	0.5	6.72	e
9	FeCl_2	21.00	e	0.5	9.87	c
10	AlCl_3	24.90	d	8.3	6.78	de
11	ZnCl_2	24.40	d	0.5	6.37	e
12	ZnSO_4	24.80	b	0.5	8.58	c
13	二乙醇胺	30.30	b	0.5	10.16	b
14	MgCl_2	15.30	g	13.0	6.59	e
15	NH_4NO_3	20.70	e	0.5	7.64	d

* Duncan 检验:一种对样本观测值进行多重比较及系统分组的数理统计方法。

表 6 15 种试剂最大温差的方差分析

变差来源	自由度	离差平方和	均方	均方比	F_0
组间	14	1339.45	95.67	$F=127.56$	$F_{0.01}(*14,44)=2.25$
组内	44	33.28	0.75		
总数	58	1372.73			

注:∵ $F>F_0$, ∴ 各最大温差之间的差异显著。

水化的标志,也是发展强度过程的标志。因此,水泥木屑(助剂)的水化温度的高低与用

同样原材料构成的板坯在同期的加压固化过程中所发展的强度存在着一致关系。

5 结论

水泥-木屑(助剂)水化温度曲线特征值(最大温差和到达时间)可以作为评估水泥刨花板原辅材料适应性的方法,最大温差在一定范围内与板的最终强度之间存在着一致性。按本法配制试样和测量温度,当最大温差能达到 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 以上时,则可认为这些用来配制试样的原辅材料是适于水泥刨花板生产的。到达时间以快于到达纯水泥水化的峰值温度的时间为佳。

6 参考文献

1 沈威等. 水泥工艺学. 中国建筑工业出版社,1986
2 Sandermann W. Studies on mineral-bonded wood materials. *Holzforschung*, 1964, 18(2):53~59
3 Weatherwax R C, H Tarkow. Effect of wood on the setting of Portland cement. *Forest Prod. J.* 1964. 14 (12):567~570
4 Stein H N. Influence of some additives on the hydration reaction of Portland cement. *J. Appl. Chem.* 11, December, 1978,474~492
5 Liu Zhengtian, A A Moslemi. Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood-cement-water mixtures. *Forest Products Journal*, 1986, 35(7/8):37~43
6 Sandermann W, H J Preusser, W Schwiens. The effect of wood extractives on the setting of cement-bonded wood materials. *Holzforschung*, 1960, 14(3):70~77

Method and Device for Evaluating Adaptability of Raw Materials on Cement Particle Board(CPB) Production

Wei Yimin Liu Zhengtian Li Qiang
(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract The quality of raw materials for cement particle board (CPB) production, including cement, wood species, and chemical additives etc., directly affects the quality of cement particle board. The purpose of the study is to develop a simple, fast and effective method and device in order to evaluate and examine adaptability of raw materials for CPB production. The results showed that two parameters of cement-wood mixture, max. hydration temperature ΔT and time required for reaching the temperature Δt could be used as an index to estimate adaptability of CPB materials.

Keywords Cement particle board; Cement hydration; Chemical additives