

文章编号: 1000-5692(2002)01-0001-04

# 高节竹和水泥混合物的水化特性

叶良明, 余学军, 韩红, 李延军

(浙江林学院 林产工业系, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 考察高节竹作为水泥刨花板生产原料的可行性。按一定质量比调制高节竹粉与水泥和水的混合物, 并用自制测温装置测定混合物的水化温度时间曲线。在此基础上计算出高节竹的阻凝系数与适合系数, 以评判高节竹与水泥的相适性。结果表明: ①高节竹的阻凝系数对2种水泥均为 $\infty$ ; 适合系数对425号水泥为23%, 对525号水泥为28%。②高节竹粉添加 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$ 和 $\text{CaCl}_2$ 后, 对425号水泥的阻凝系数分别为 $\infty$ , 259.0, 236.0和26.0, 对525号水泥的阻凝系数分别为236.0, 240.0, 106.0和22.0。与此相应的适合系数则为27%, 40%, 51%, 78%和34%, 46%, 60%, 85%。③高节竹用冷水、热水和 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的 $\text{NaOH}$ 预处理后加入化学助剂 $\text{CaCl}_2$ , 对425号水泥的阻凝系数依次为12.0, 11.0和9.4, 对525号水泥则为10.5, 8.4和7.2。与此相应的适合系数则为90%, 92%, 93%和92%, 94%, 96%。由此可见: 高节竹对水泥有强烈的阻凝作用, 不宜直接用于水泥刨花板生产; 添加化学助剂能明显改善高节竹的水泥亲和性, 其作用效果依次为 $\text{CaCl}_2 > \text{BaCl}_2 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SiO}_3$ ; 高节竹与标号高的525号水泥的亲性和比低标号的425号水泥要强; 预处理可明显改善高节竹的水泥亲和性, 其作用效果依次为 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{NaOH} > \text{热水} > \text{冷水}$ , 且仅当和化学助剂并用时才能适于半干法工艺的水泥刨花板生产。表4参12

**关键词:** 高节竹; 水泥; 混合物; 水化特性

**中图分类号:** S781.9; TS653 **文献标识码:** A

木质材料或竹材与水泥混合物的水化特性, 即相适性的问题, 国内外学者进行了大量的研究, 并取得了很多有意义的成果<sup>[1~11]</sup>。在国内, 对木质材料与水泥混合物的水化特性的研究, 一般都采用在Sandermann提出的方法<sup>[8,9]</sup>的基础上, 用水化温度曲线的特征值(最高水化温度和到达时间)作为衡量指标<sup>[2~4,7]</sup>。韦益民、刘正添等则提出了改进的Sandermann法来评估水泥刨花板生产中原辅材料的适应性<sup>[6]</sup>。这些研究涉及到许多树种的木材和若干种竹材。但对浙江省广为栽培并为外省引种的优良笋用竹种——高节竹 *Phyllostachys prominens* 未见这方面研究的报道。为此, 作者研究了高节竹和水泥混合物的水化特性, 并在引用阻凝系数进行水化特性评估的同时, 还引入了适合系数来进行双重评估<sup>[11]</sup>, 以克服单纯阻凝系数评估的不足。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

1.1.1 高节竹 采自浙江林学院苗圃, 4年生, 直径4~5 cm。

收稿日期: 2001-08-20; 修回日期: 2001-11-22

基金项目: “九五”浙江省科学技术厅重点资助项目(962102065)

作者简介: 叶良明(1942—), 男, 浙江温岭人, 教授, 从事人造板工艺与改性研究。

1.1.2 水泥 425号普通硅酸盐水泥,浙江缙云产;525号硅酸盐水泥,取自浙江省第一建筑工程公司。

1.1.3 化学助剂  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 均为分析纯。

## 1.2 方法

1.2.1 竹粉的调制 将高节竹锯成3~5 cm长的截段后人工剖分成火柴杆状,气干,然后用植物粉碎机粉碎过筛,取通过20目而留于40目筛网上的竹粉<sup>[1~7]</sup>,在恒温下烘至绝干备用。

1.2.2 竹粉的预处理方法 ①冷水处理。室温下取绝干高节竹粉50 g置于烧瓶内,加入500 mL冷水(水温35℃),用搅拌器搅拌8 h后滤出竹粉,并用冷水洗涤3次,再在恒温下烘至绝干备用。②热水处理。同上取绝干高节竹粉50 g置于烧瓶内,加入70℃热水500 mL,并置于电热水浴锅上浸渍8 h,然后如上处理后备用。③10 g·kg<sup>-1</sup>NaOH溶液处理。在室温下取绝干高节竹粉50 g置于烧瓶中,加入10 g·kg<sup>-1</sup>NaOH溶液500 mL后,用搅拌器搅拌8 h,然后如上处理备用。④空白处理。调制的高节竹粉不作任何处理,即粉碎过筛后备用。

1.2.3 竹粉与水泥混合物调制和水化温度测定 高节竹粉和水泥混合物的配比如表1<sup>[1~7,11]</sup>。按表1所示配比,将水加入一定容积的塑料容器中(本次研究使用一次性塑料杯),并将添加剂(即化学助剂)溶于其中(无添加剂的略去此步骤),进而加入竹粉,最后加入水泥,搅拌均匀(在2 min内充分搅拌)。搅拌均匀的混合物置入用一定厚度的发泡塑料自制的测温装置中<sup>[11]</sup>,定时测定其经时的水化温度和到达最高温度的时间。另外,测定纯水泥的水化特性以资比较和分析计算。

1.2.4 高节竹和水泥的相适性评定 通过测定纯水泥的水化温度时间曲线和粉碎到一定细度的高节竹粉与水泥混合物的水化温度时间曲线(略),并按下式计算出阻凝系数 $I$ 和适合系数 $C_A$ 来加以评定。

$$I = [(t_2 - t_2') / t_2'] \times [(T_2' - T_2) / T_2'] \times [(S' - S) / S'] \times 100\%$$

其中 $T_2, t_2$ 为混合物的最高水化温度(℃)

及到达此温度所需要的时间(h); $T_2', t_2'$ 纯水泥的最高水化温度(℃)及到达此温度所需要的时间(h); $S$ 混合物水化温度曲线上升时的最大斜率; $S'$ 纯水泥水化温度曲线上升时的最大斜率。

$$C_A = (A_{wc} / A_{nc}) \times 100\%$$

其中 $A_{wc}$ 混合物水化开始后在24 h内的水化发热量,即室温与水化曲线所围的面积(h·℃); $A_{nc}$ 纯水泥水化开始后,在24 h内的水化发热量(h·℃)。

## 2 结果和分析

### 2.1 高节竹和水泥混合物的水化特性

根据测得的水化温度时间曲线(略),可知高节竹粉在不加添加剂也不作预处理时,其与水泥和水的混合物的水化特性曲线具有2个峰。这与纯水泥的水化一样。因此,这种混合物的水化过程可以认为与纯水泥的水化一样可大体分为3个阶段:①温度的初始上升阶段。该阶段一般认为是由于析出钙矾石新晶相对产生的放热反应所形成。②“休眠阶段”,温度略有下降,水化处于不再进行的休眠状态。③温度

表1 用或不用添加剂的竹材水泥混合物的配合比

Table 1 Weight ratio of bamboo and cement mixture with or without additive

材料名称	质量 w/g
普通硅酸盐水泥(425号或525号)	200.0
蒸馏水	90.5
竹粉(绝干计)	15.0
添加剂	10(不加时为0)

表2 425号水泥和高节竹混合物的水化特性

Table 2 Hydration properties of 425<sup>#</sup> cement and *Phyllostachys prominens* mixture

材料种类	助剂	最高水化温度 $T_{\max} / ^\circ\text{C}$	到达 $T_{\max}$ 时间/ h	室温/ ℃	$I / \%$	$C_A / \%$
纯水泥	无	36.8	15.0	15.0	0	100
	无	19.1	42.0	13.4	∞	23.0
高节竹	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	20.5	27.0	13.4	∞	27.0
	$\text{NaCl}$	22.4	16.0	14.6	259.0	40.0
	$\text{BaCl}_2$	26.9	24.5	14.6	236.0	51.0
	$\text{CaCl}_2$	33.4	15.5	13.4	26.0	78.0

说明:①最高水化温度与到达时间为2次试验的平均值;② $I, C_A$ 系根据水化特性曲线(略)计算得到;③在本试验中到 $T_{\max}$ 的时间接近或大于30 h,视 $I$ 为∞,表3表4同

再次上升而出现第 2 峰及以后的阶段。该阶段为水泥逐步凝固的阶段, 一般认为该时期出现的第 2 峰是由于  $C_3S$  形成产生的水化热。从理论上讲, 水泥的完全水化要经历的时间很长, 但其大部分水化热在水泥凝结硬化的初期释放。但从混合物的水化特性曲线及计算结果(表 2, 3)可知, 高节竹—水泥—水混合物的最高水化温度远低于纯水泥的水化温度, 且到达此温度的时间比纯水泥的迟十几到二十几个小时; 其阻凝系数和适合系数(表 2, 3)分别为  $\infty$  和小于 68%, 说明高节竹对水泥的水化过程有大的阻碍作用, 不宜直接用于通常方法, 即半干法生产工艺的水泥刨花板生产。

## 2 2 添加剂对高节竹和水泥混合物水化特性的影响

由表 2 和表 3 可见, 高节竹和水泥的混合物添加添加剂后, 混合物的最高水化温度提高, 到达最高水化温度的时间缩短, 阻凝系数普遍减小, 适合系数增大, 表明高节竹和水泥的亲水性得到显著改善。从适合系数和阻凝系数的大小和最高水化温度及到达此温度的时间来衡量, 效果最好的为  $CaCl_2$ , 其次为  $BaCl_2$  和  $NaCl$ ,  $Na_2SiO_3$  的改善效果最差。说明  $Na_2SiO_3$  作为改善高节竹与水泥亲和性的添加剂, 至少在研究的添加量下是不适宜的。这与作为混凝土促凝剂和早强剂的无机电解质的氯盐有所不同,  $Na_2SiO_3$  更主要的是作为促进水泥硬化的快凝剂或曰促硬剂<sup>[1]</sup>。

## 2 3 预处理对高节竹和水泥混合物水化特性的影响

由表 4 可见, 采用 3 种预处理后的竹粉并添加  $CaCl_2$  为助剂时, 高节竹对水泥的亲水性得到了进一步的改善。经过预处理并添加  $CaCl_2$  为助剂的高节竹, 其水化的最高温度都比纯水泥的高, 到达此温度的时间都比纯水泥的短。其阻凝系数大大减小, 适合系数大大增加且  $> 68\%$ <sup>[11]</sup>, 已完全适合于用作半干法水泥刨花板生产的原料。

比较 3 种处理方法的效果, 可见以  $10 g \cdot kg^{-1} NaOH$  最好, 次之为热水, 再次为冷水。应当指出的是即使采用预处理, 如不加助剂  $CaCl_2$ , 高节竹与水泥混合物的最高水化温度仍不如纯水泥高, 到达此温度的时间仍然比纯水泥的长。由此可见, 在半干法水泥刨花板生产中, 助剂的选择与使用对改善原材料与水泥的亲水性是多么重要。

## 2 4 不同水泥对高节竹和水泥混合物水化特性的影响

不同的水泥在水化时的最高水化温度和达此温度的时间是不同的(表 2, 3)。标号高的水泥, 其最高水化温度高, 反之则低。与此相应的是标号高的水泥到达最高温度的时间短, 反之则长。因此它们对同一种材料的水泥混合物的水化特性的影响也是不同的。由表 2 和表 3 可见, 无论添加或不添加助剂, 预处理或不预处理, 使用 525 号水泥的, 其混合物的最高水化温度比 425 号水泥的要高许多, 到达最高水化温度的时间要短许多。这正是国外的水泥刨花板生产中都使用 525 号水泥的原因所在。

## 3 结论

①高节竹对水泥有强烈的阻凝作用, 不宜直接用于水泥刨花板生产。②添加化学助剂能明显改善高节竹的水泥亲水性, 从而使阻凝系数减小, 适合系数提高, 其作用效果为  $CaCl_2 > BaCl_2 > NaCl >$

表 3 525 号水泥和高节竹混合物的水化特性

Table 3 Hydration properties of 525 # cement and *Phyllostachys prominens* mixture

材料种类	助剂	最高水化温度 $T_{max} / ^\circ C$	到达 $T_{max}$ 时间/ h	室温/ $^\circ C$	$I /$ %	$C_A /$ %
纯水泥	无	47.1	13.5	22.0	0	100
	无	26.2	36.5	22.0	$\infty$	28.0
高节竹	$Na_2SiO_3$	32.4	20.0	23.0	326.0	34.0
	$NaCl$	30.1	14.0	23.0	240.0	46.0
	$BaCl_2$	37.8	19.0	23.0	106.0	60.0
	$CaCl_2$	48.5	8.0	22.0	22.0	85.0

表 4 经不同处理的高节竹和水泥混合物的水化特性

Table 4 Hydration properties of cement and *Phyllostachys prominens* mixture by different treatments

助剂	水泥 标号	预处理方法	最高水化温度 $T_{max} / ^\circ C$	到达 $T_{max}$ 时间/h	室温/ $^\circ C$	$I /$ %	$C_A /$ %
$CaCl_2$	425	冷水处理	43.3	4.3	20	12.0	90
		热水处理	44.0	4.1	20	11.0	92
		$10 g \cdot kg^{-1} NaOH$	44.6	3.8	20	9.4	93
$CaCl_2$	525	冷水处理	52.7	4.2	24	10.5	92
		热水处理	54.0	4.0	24	8.4	94
		$10 g \cdot kg^{-1} NaOH$	58.2	3.5	24	7.2	96

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 。③高节竹与标号高的 525 号水泥的亲水性比低标号的 425 号水泥要强。④高节竹粉的预处理可明显改善其与水泥的亲水性，其作用效果依次为  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NaOH}$  > 热水 > 冷水，而且只有当其和添加剂并用时才能适于水泥刨花板生产。

### 参考文献:

- [1] 刘正添, 韦益民. 38 种木材对水泥水化的抑制作用[J]. 林业科学, 1998, 25(6): 529—535.
- [2] 陈广琪. 杨木刨花和水泥相适性的研究[J]. 南京林业大学学报, 1990, 14(4): 73—77.
- [3] 余德新, 范懿仔. 木材-水泥混合物水化特性的研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(1): 32—38.
- [4] 余德新, 宋一然, 康远发. 竹材-水泥混合物水化特性初探[J]. 竹子研究汇刊, 1991, 10(3): 11—17.
- [5] 刘正添, 韦益民, 孙志刚. 37 种试剂对木材-水泥混合物水化的影响[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(1): 36—41.
- [6] 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.
- [7] 陈广琪. 各种竹材和水泥相适性研究[J]. 竹子研究汇刊, 1992, 11(4): 59—65.
- [8] Sandemann W. Studies on mineral-bonded wood materials[J]. *Holzforchung*, 1964, 18(12): 53—59.
- [9] Sandemann W. The effect of wood extractives on the setting of cement-bonded wood materials[J]. *Holzforchung*, 1960, 14(3): 70—77.
- [10] Liuzhengtian A, Moslemi A. Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood-cement-water mixtures[J]. *For Prau*, 1986, 35(7/8): 37—43.
- [11] 馬靈飛, 黒木康雄, ドウワイト・エユセビオほか. 竹質セメントボドの製造(第1報) - 竹材混合セメントペーストの水和特性[J]. 木材学会誌, 1996, 42(1): 34—42.
- [12] 陈建奎. 混凝土外加剂的原理与应用[M]. 北京: 中国计划出版社, 1997. 101—112.

## Hydration characteristics of *Phyllostachys prominens* wood-cement-water mixtures

YE Liang-ming, YU Xue-jun, HAN Hong, LI Yan-jun

(Department of Forest Product Industry, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** The evaluations were made on the compatibility between cement and *Phyllostachys prominens* wood by studying and compatible inhibitory coefficients based on temperature-time curve of *Phyllostachys prominens* wood-cement-water mixture. The results showed that *Phyllostachys prominens* inhibitory coefficients to two kinds of cement were  $\infty$ . Compatible coefficient to 425<sup>#</sup> cement was 23% and to 525<sup>#</sup> was 28%. *Phyllostachys prominens* inhibitory coefficients to 425<sup>#</sup> cement were  $\infty$ , 259.0, 236.0 and 26.0 with each additive such as  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$ ; to 525<sup>#</sup> cement were 326.0, 240.0, 106.0 and 22.0. Compatible coefficients to 425<sup>#</sup> cement were 27%, 40%, 51% and 78%; to 525<sup>#</sup> cement were 34%, 46%, 60% and 85% with above each additive. Added with  $\text{CaCl}_2$  after pretreatments of cold water, hot water and  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NaOH}$ , inhibitory coefficients to 425<sup>#</sup> cement were 12.0, 11.0 and 9.4; to 525<sup>#</sup> cement were 10.5, 8.4 and 7.2. So conclusions could be drawn that *Phyllostachys prominens* wood could not be used directly in cement particle board because of its high inhibition. Additives could improve its compatibility to cement. Additives' effects in turn were:  $\text{CaCl}_2 > \text{BaCl}_2 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SiO}_3$ . *Phyllostachys prominens* wood compatibility to 525<sup>#</sup> cement was higher than to 425<sup>#</sup> cement. Pretreatments could also improve bamboo wood compatibility to cement. The effects were  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{NaOH} > \text{hot water} > \text{cold water}$ . Only when it was used together with additives then could *Phyllostachys prominens* be used in half-dry cement particle board production.

**Key words:** *Phyllostachys prominens*; cement; mixture; hydration characteristics.