

硫铝酸盐水泥复合调凝剂的制备及其性能研究

巴明芳¹, 梁新奇¹, 刘佳彬², 司徒蒋辉²

(1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波大学 科学技术学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为了有效地控制硫铝酸盐水泥的凝结时间, 研究了不同掺量葡萄糖酸钠、柠檬酸钠、硫酸铝及氢氧化锂在复掺和混掺条件下对硫铝酸盐水泥凝结时间和工作性能的影响. 结果表明: 在以一定比例复合的柠檬酸钠和葡萄糖酸钠二相体系中, 再加入水泥质量 1%~3% 的硫酸铝或 0.4%~1.5% 氢氧化锂制成的三相调凝体系, 可以更灵活有效地控制快硬硫铝酸盐水泥的初凝结时间, 并可以更好地改善硫铝酸盐水泥的工作性能及常温体积安定性.

关键词: 调凝剂制备; 硫铝酸盐水泥; 工作性能; 凝结时间

中图分类号: TQ528

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 03-0095-04

硫铝酸盐水泥具有早期高强度、高抗渗和高抗冻等基本特性, 并可通过调节石膏掺量来调整其膨胀性能^[1-4]. 但硫铝酸盐水泥的矿物组分决定了它凝结比较快, 给施工作业带来不便, 这也在一定程度上限制了其在工程领域的推广和利用^[5-6]. 近年来, 针对硫铝酸盐水泥缓凝剂和促凝剂的研究很多. 杨克锐等^[7]以硼砂和硫酸铝为主要成分研制了新型硫铝酸盐水泥缓凝剂, 认为只要合理控制缓凝剂中硼砂与硫酸铝的比例可保证水泥适度缓凝, 对强度也无不利影响. 杜鹏等^[8]的研究指出复掺硼酸和硫酸铝可以延缓硫铝酸盐水泥的凝结时间, 但单掺硫酸铝会对硫酸铝水泥的凝结具有促进作用. 叶正茂等^[9]研究表明在硫铝酸盐熟料中加入适量的硫酸铝能改变硫铝酸盐水泥熟料的早期水化进程, 从而缩短水泥浆体的凝结时间.

综合上述研究可以看出, 当前针对硫铝酸盐水泥调凝剂的研究均集中在具有缓凝作用和促凝作用外加剂的单掺效果以及缓凝剂和促凝剂的复合掺加效果, 很少关注多种缓凝剂与促凝剂复合掺加对硫铝酸盐水泥工作性能和早期强度的改善作用. 笔者旨在通过多种缓凝剂及促凝剂复配的方法, 来制备一种可以有效地控制硫铝酸盐水泥凝结时间, 并改善其工作性能和力学性能的复合

调凝剂.

1 试验

1.1 原材料

试验采用 52.5 级快硬硫铝酸盐水泥, 其化学成分见表 1, 其中外加剂葡萄糖酸钠, 柠檬酸钠、硫酸铝及氢氧化锂均为分析纯.

表 1 快硬硫铝酸盐水泥的化学成分和含量

成分	含量/%	成分	含量/%
Al ₂ O ₃	28~40	SO ₃	8~15
SiO ₂	3~10	C ₄ A ₃	55~75
CaO	36~43	C ₂ S	15~30
Fe ₂ O ₃	1~3	C ₄ AF	3~6

1.2 试验方案

(1) 在快硬硫铝酸盐水泥中分别掺加不同比例的葡萄糖酸钠和柠檬酸钠, 拌制成水泥浆体, 按照 GB/T1346-2011 中凝结时间测定方法测定浆体初终凝时间, 并依据 GB/T8077-2000 中水泥净浆流动度检测方法测定浆体的净浆流动度. 之后成型尺寸为 40 mm×40 mm×160 mm 的棱柱体试件, 拆模后进行标准养护, 并测定其早期力学性能. (2) 选定效果较好的 2 种缓凝剂, 以不同的复合掺加比例掺加到硫铝酸盐水泥中, 按照方案(1)测定浆体的

各种性能,并确定其最佳复掺比例。(3)将硫酸铝和氢氧化锂分别以一定比例掺加到方案(2)所确定的复合缓凝剂中,按方案(1)步骤进行复合调凝剂对硫铝酸盐水泥各项性能的测定。(4)在 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 玻璃板上成型直径为 $70\sim 80\text{ mm}$ 的硫铝酸盐水泥净浆试饼,放置在室内 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 条件下,采用雷氏夹测量其在 7 d 期内的尺寸变化。

2 结果与讨论

2.1 柠檬酸钠和葡萄糖酸钠复掺对硫铝酸盐水泥的影响

葡萄糖酸钠和柠檬酸钠以不同复合掺加比例配制复合调凝剂。硫铝酸盐水泥与水以 $5:3$ 比例混合后,掺加不同掺量的复合调凝剂。复合调凝剂对硫铝酸盐水泥的工作性能和力学性能的影响如图1和图2所示。

由图1可以看出,复掺柠檬酸钠+葡萄糖酸钠对硫铝酸盐水泥具有很明显的缓凝效果,且在一定范围内其缓凝效果与柠檬酸钠和葡萄糖酸钠的掺量均成正比,同时复掺体系可大大提高硫铝酸盐水泥的净浆流动度,很好地改善其工作性能。

从图2可看出,葡萄糖酸钠的掺量低于 1% 时,

柠檬酸钠和葡萄糖酸钠的复合体系对硫铝酸盐水泥浆体的早期抗压强度无不利影响;而葡萄糖酸钠掺量大于 1% 之后,复合体系的掺入明显降低了硫铝酸盐水泥浆体的早期强度。

综上结果可以确定,在综合考虑性能与成本条件下 0.2% 柠檬酸钠和 1% 葡萄糖酸钠的复合配制的复合调凝剂缓凝效果最好。

2.2 柠檬酸钠、葡萄糖酸钠及硫酸铝混掺的影响

在葡萄糖酸钠(1%)和柠檬酸钠(0.2%)复掺体系中,掺加不同比例的硫酸铝配制成复合调凝剂,然后分别研究其对硫铝酸盐水泥浆体凝结时间、工作性能及力学性能的影响规律,结果如图3所示。

由图3可知:在葡萄糖酸钠与柠檬酸钠组成的复配缓凝剂中加入适当比例的硫酸铝后,可以对硫铝酸盐水泥起到较好的促凝作用,而且当硫酸铝掺入比例在 3% 左右时,其促凝效果最好。因此,硫酸铝以 $1\%\sim 3\%$ 的掺加比例与 0.2% 柠檬酸钠和 1% 葡萄糖酸钠进行混掺所配制的调剂体系可以合理有效地控制其初凝时间。图4是三相复合调凝剂掺加前后硫铝酸盐水泥工作性能的试验结果对比,可以看出以上三相混掺体系可大大改善硫铝酸盐水泥浆体的流动性能。

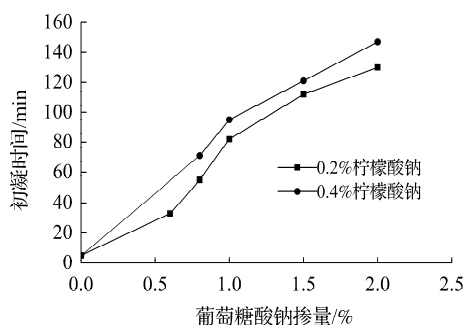
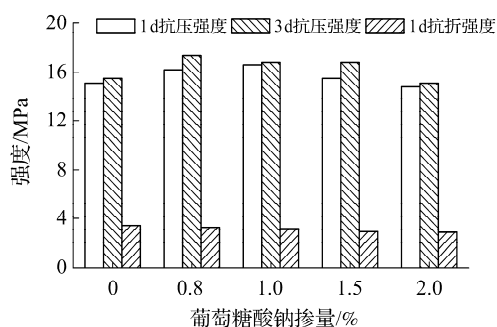
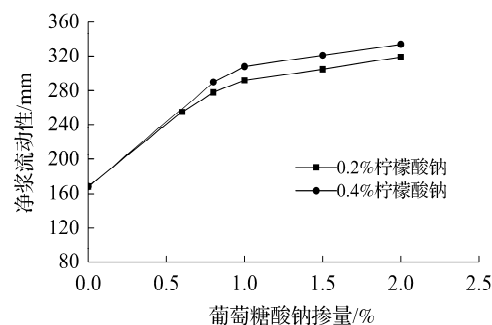
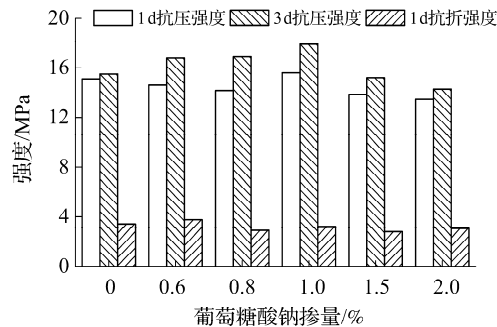


图1 复掺柠檬酸钠+葡萄糖酸钠对SAC初凝时间及流动性的影响

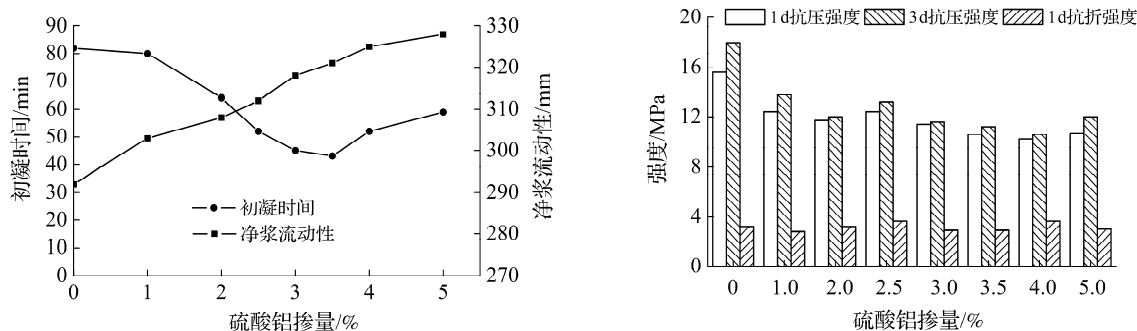


(a) 0.2% 柠檬酸钠+ $x\%$ 葡萄糖酸钠



(b) 0.4% 柠檬酸钠+ $x\%$ 葡萄糖酸钠

图2 复合调凝剂对硫铝酸盐水泥早期强度的影响



(a) 对初凝时间和工作性能的影响

(b) 对早期强度的影响

图3 混掺0.2%柠檬酸钠+1%葡萄糖酸钠+x%硫酸铝对初凝时间、流动性及强度的影响

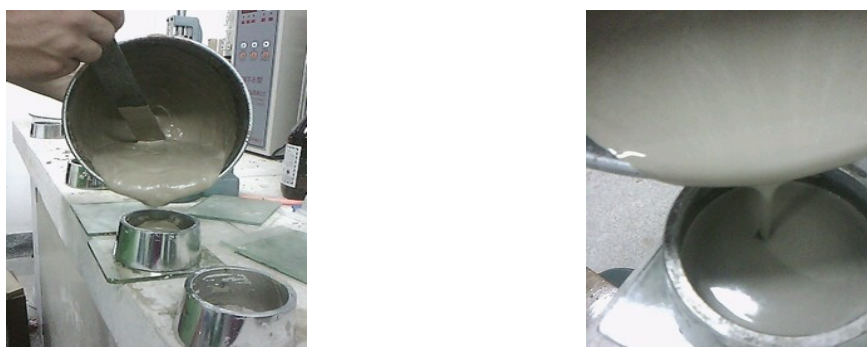
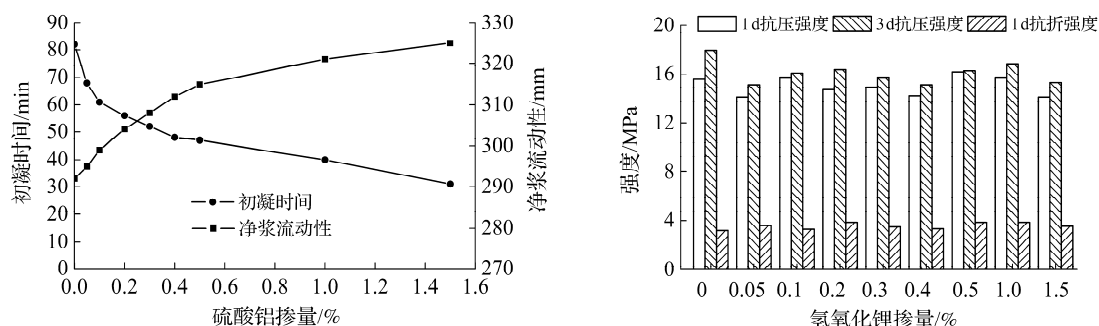


图4 混掺调凝剂参加前后硫铝酸盐水泥的工作性能对比



(a) 对初凝时间和工作性能的影响

(b) 对早期强度的影响

图5 混掺0.2%柠檬酸钠+1%葡萄糖酸钠+x%氢氧化锂对初凝时间、流动性及强度的影响

2.3 柠檬酸钠、葡萄糖酸钠及氢氧化锂混掺的影响

在1%葡萄糖酸钠和0.2%的柠檬酸钠复掺体系中,再掺加不同比例的氢氧化锂配制三相复合调凝剂,然后分别研究其对硫铝酸盐水泥浆体凝结时间、工作性能及力学性能的影响规律(图5)。

从图5可以看出,氢氧化锂在混掺体系中起到了很好的促凝作用,氢氧化锂掺量在0.4%左右时,已有明显的效果,而当其掺量在1.5%左右时,促凝效果最好。同时,这种混掺组合对硫铝酸盐水泥浆体的强度并无明显的负面影响,而其工作性能得到了改善。

2.4 柠檬酸钠、葡萄糖酸钠及硫酸铝混掺对硫铝酸盐水泥体积安定性的影响

图6是混掺0.2%柠檬酸钠+1%葡萄糖酸钠+3%硫酸铝对硫铝酸盐水泥体积安定性的影响结果,可以看出,随着龄期的延长采用雷氏夹所测量试件累计尺寸变形量逐渐增大,水化至第4天开始,累计体积变形量开始稳定。从图6还可以看出,复合缓凝剂的加入延缓了硫铝酸盐水泥的早期水化,其早期累计变形量明显低于对比试样。因此,该复合调凝剂可较好地改善硫铝酸盐水泥在常温下的体积安定性能。

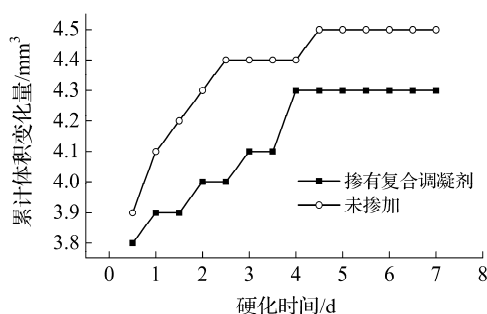


图6 混掺0.2%柠檬酸钠+1%葡萄糖酸钠+3%硫酸铝对硫铝酸盐水泥体积安定性的影响

3 结论

复掺组合柠檬酸钠和葡萄糖酸钠体系,不仅可以很好地延长硫铝酸盐水泥的初凝时间,而且可大大提高硫铝酸盐水泥的工作性能。其中0.2%柠檬酸钠和1%葡萄糖酸钠复合掺加的二相体系综合效果最好。

硫酸铝以1%~3%的掺加比例与0.2%柠檬酸钠和1%葡萄糖酸钠进行混掺所配制的三相体系可以合理有效地控制硫铝酸盐水泥的初凝时间,改善其工作性能。

氢氧化锂掺量在0.4%左右的掺加比例与0.2%柠檬酸钠和1%葡萄糖酸钠进行混掺所配制的三相体系,可以有效地控制硫铝酸盐水泥的初凝时间改善其工作性能。0.2%柠檬酸钠+1%葡萄糖酸钠+3%硫酸铝三相复合调凝剂可以较好地提高硫铝酸盐水泥的常温体积安定性。

参考文献:

- [1] Huaxin Z, Jiaping L, Jianzhong L, et al. Hydration kinetics process of low alkalinity sulpoaluminate cement and its thermo-dynamical properties[J]. Procedia Engineering, 2012, 27(3):323-331.
- [2] Xinhua F, Chunxiang Y, Zongming L, et al. Studies on effects of activators on properties and mechanism of hydration of sulpoaluminate cement[J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33(3):317-324.
- [3] Stephane B, Celine C C, Patrick L B, et al. Influence of a thermal cycle at early age on the hydration of calcium sulpoaluminate cements with viable gypsum contents[J]. Cement and Concrete Research, 2011, 41(2):149-160.
- [4] Laure P C, Frank W, Barbara L, et al. Influence of the calcium sulphate source on the hydration mechanism of Portland cement-calciumsulpoaluminate clinker-calcium sulphate binders[J]. Cement and Concrete Composites, 2011, 33(5):551-561.
- [5] 王燕谋, 苏慕珍, 张量. 硫铝酸盐水泥[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1999:1-5.
- [6] 李启棣, 吴淑华. 硫铝酸盐水泥混凝土的特性与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1989:125-130.
- [7] 杨克锐, 张彩文, 郭永辉, 等. 延缓硫铝酸盐水泥凝结的研究[J]. 硅酸盐学报, 2002, 30(2):155-160.
- [8] 杜鹏, 叶正茂, 程新. 改性硼酸延缓硫铝酸盐水泥的凝结[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2011, 25(2):115-118.
- [9] 叶正茂, 芦令超, 常钧, 等. 硫铝酸盐水泥基防渗堵漏材料凝结时间调控机制的研究[J]. 硅酸盐通报, 2005, 4:58-61.

Preparation and Properties of Compound Coagulator for Sulpoaluminate Cement

BA Ming-fang¹, LIANG Xin-qi¹, LIU Jia-bin², SITU Jiang-hui²

(1.Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.College of Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to effectively control the setting time of sulpoaluminate cement, some related effects on the setting time and working performance are investigated, including the effects of sodium gluconate, sodium citrate, aluminium sulfate and lithium hydroxide with different dosage and adding ways. The results show that 1%-3% aluminium sulfate or 0.4%-1.5% lithium hydroxide mixed with above two-phase setting system can be effectively used to controll the setting time of sulpoaluminate cement and improve its work performance and volume stability.

Key words: compound coagulator; sulpoaluminate cement; working ability; setting time

(责任编辑 史小丽)