

实验研究

重晶石粉对高铝水泥强度的影响

Effect of Barite Powder on Strength of High Alumina Cement

邢昊, 肖佳, 勾成福, 金勇刚, 许彩云

(中南大学土木建筑学院, 湖南 长沙 410075)

摘要: 研究了重晶石粉作为混合材对高铝水泥强度的影响, 并通过化学结合水含量测试及 XRD 分析探讨其水化作用机理。试验结果表明, 适量的重晶石粉提高了高铝水泥的早期强度, 抑制了高铝水泥后期强度的倒缩。重晶石粉促进了高铝水泥水化, 并抑制水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6 转变。

关键词: 重晶石粉; 高铝水泥; 强度; 化学结合水

中图分类号: TQ172.74⁺2

文献标识码: A

Abstract: The influence of barite powder as a kind of admixture on the strength of high alumina cement is analyzed. The chemically combined water content was tested and the hydration mechanism was probed by XRD analysis. The results show that an appropriate amount of barite powder can not only increase the early strength of high alumina cement but also inhibit its late strength reducing effectively. Barite powder promotes hydration of high alumina cement, whilst also inhabits the transformation from CAH_{10} and C_2AH_8 to C_3AH_6 .

Key word: barite powder ;high alumina cement; strength; chemically combined water

0 前言

高铝水泥又称铝酸盐水泥, 具有早期强度高、耐高温、抗硫酸盐侵蚀能力强的优点^[1-3], 近几年, 由于高铝水泥早期强度增长快、可尽早脱模、抢工期, 使用高铝水泥配制混凝土的工程不断增多。由于高铝水泥后期强度不稳定, 对于其在工程上的应用存在较大争议。已有研究表明^[4-9], 使用超细粉体作为高铝水泥的混合材, 可以改善高铝水泥后期强度。

$BaSO_4$ 俗称重晶石, 是一种天然形成的白色无机盐, 为中性体质填料。它的相对密度为 4.16, 具有耐光性和耐腐蚀性、吸油值低、不透紫外线及 X 射线、防辐射等特点^[10]。

文献[11]研究发现: 随着重晶石粉掺量的增加, 普通硅酸盐水泥混凝土密度有所增加, 而强度却大幅度降低。文献[5]研究表明: 用天然矿物重晶石作为铝酸盐水泥的添加剂, 可降低铝酸盐水泥的标准稠度需水量, 提高水泥强度, 减小后期强度倒退, 对水泥的耐火度也不降低。

本文着重探讨重晶石粉对高铝水泥后期强度的影响。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

水泥: 采用河南省郑州市长城水泥厂生产的高铝水泥 A600, 化学组成及物理力学性能见表 1、表 2。

表 1 水泥的化学组成 %

成份	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O
含量	9.35	51.66	1.93	34.34	0.34	0.33	0.33

表 2 水泥的物理力学性能

比表面积 (m ² ·kg ⁻¹)	安定性	凝结时间/min		抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
		初凝	终凝	1 d	3 d	1 d	3 d
347	合格	195	220	6.2	7.8	52.5	59.5

重晶石粉: 采用湖北某重晶石粉厂生产的重晶石粉, $BaSO_4 > 95\%$, 80 μm 方筛筛余为 0。

水: 自来水

1.2 试验方法

试验配合比见表 3。制作尺寸为 40 mm × 40 mm × 40 mm 的水泥净浆立方体试件。试件在标准条件下养护 24 h 后脱模并于标准养护室中养护至规定龄期, 测试其 1 d、3 d、28 d 抗压强度。取 3 d 和 28 d 试样, 用无水乙醇终止水化后, 将试样磨细制成粉末并通过 80 μm 的筛, 取 A0 和 A10 试样粉末进行 XRD 分析, 各试样粉末烘干后用灼烧失重法测定试样的化学结合水量。

表 3 水泥净浆配合比

编号	水泥/g	重晶石粉/g	水/g	水胶比
A0	100	0	30	0.3
A5	95	5	30	0.3
A10	90	10	30	0.3
A15	85	15	30	0.3
A20	80	20	30	0.3

2 试验结果及分析

2.1 重晶石粉对高铝水泥强度的影响

为了探讨重晶石粉对高铝水泥强度的影响，对表 3 中各编号试件进行了抗压强度测试，试验结果如图 1 所示。

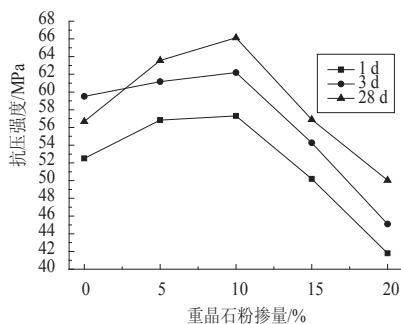


图 1 重晶石粉对水泥净浆抗压强度的影响

从图 1 中可以看出，A0 试样 28 d 强度比其 3 d 强度低 5.0%，这说明 A0 试样发生了后期强度倒缩。掺重晶石粉的试样（A5、A10、A15、A20）28 d 强度均高于其 3 d 强度，没有发生强度倒缩。

当重晶石粉掺量低于 10% 时，水泥净浆抗压强度随着重晶石粉掺量的增加而提高；当重晶石粉掺量高于 10% 时，水泥净浆抗压强度随着重晶石粉掺量的增加而降低。A10 试样 28 d 强度比基准试样 A0 的 28 d 强度提高了 16.7%，且比本身 3 d 强度提高 15.4%。

由此可见，重晶石粉在一定掺量范围内对于提高高铝水泥后期强度具有一定的作用。

2.2 水化机理研究

由高铝水泥标准可知，高铝水泥是以 3 d 强度确定其强度标号的。由于高铝水泥水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 随着时间的增加及温度的提高会发生晶型转变，由针片状结构转变为立方体结构的 C_3AH_6 ，立方晶系中晶体比针片状晶系中晶体结合能力差引起后期强度倒缩^[12]。Rodson^[13] 等学者认为高铝水泥后期强度损失的原因是由于高铝水泥的水化产物由 CAH_{10} 和 C_2AH_8 转化成 C_3AH_6 时固相体积分别减少 50% 和 35%，伴随孔隙形成而强度下降。所以，高铝水泥的 28 d 强度往往低于其 3 d 强度。根据试

验结果可以看出，在高铝水泥中掺加重晶石粉可以改善后期强度倒缩的问题。

各试样 3 d 和 28 d 化学结合水含量如图 2 所示。从图 2 中可以看出，A0 基准样 28 d 化学结合水含量低于其 3 d 化学结合水含量，这是由于基准样 A0 的水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6 转变时放出了大量的结晶水，引起其化学结合水含量的降低。掺重晶石粉的试样（A5、A10、A15、A20）28 d 化学结合水含量均高于其 3 d 化学结合水含量，这说明重晶石粉对于抑制高铝水泥水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6 起到了积极的作用。

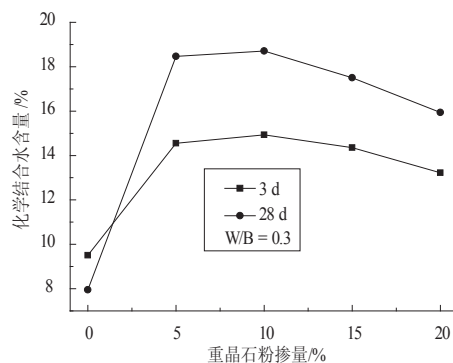


图 2 重晶石粉对化学结合水含量的影响

当重晶石粉掺量小于 10% 时，28 d 的化学结合水含量随着重晶石粉掺量的增加而提高；当重晶石粉掺量超过 10%，28 d 化学结合水含量随着重晶石粉掺量的增加而降低；掺重晶石粉的试样（A5、A10、A15、A20）28 d 的化学结合水含量均高于基准样 A0，这说明重晶石粉的掺加促进了高铝水泥的水化。A5、A10、A15、A20 试样的 28 d 化学结合水含量比 A0 基准样 28 d 化学结合水含量分别提高了 94.27%、96.81%、84.18%、67.68%。其中 A10 试样（重晶石粉掺量为 10%）的化学结合水含量最高，水化最充分。

为了进一步研究重晶石粉在高铝水泥水化过程中的作用，对 A0 和 A10 试样 3 d、28 d 水化试样进行了 XRD 分析（见图 3、图 4、图 5、图 6）。

图 3 中可以看出，A0 试样 3 d 水化产物和 28 d 水化产物均以 CAH_{10} 、 C_2AH_8 、 C_3AH_6 为主，但 A0 试样 28 d 水化产物 CAH_{10} 、 C_2AH_8 较其 3 d 时的衍射峰强度有所降低，而 C_3AH_6 的衍射峰强度明显升高，这也证明了 CAH_{10} 、 C_2AH_8 向 C_3AH_6 转化。图 4 中可以看出，A10 试样 28 d 水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 较其 3 d 时的衍射峰强度有所增加， C_3AH_6 的衍射峰没有明显的升高，这说明重晶石粉的掺加对抑制高铝水泥水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6

转变起到了积极的作用。

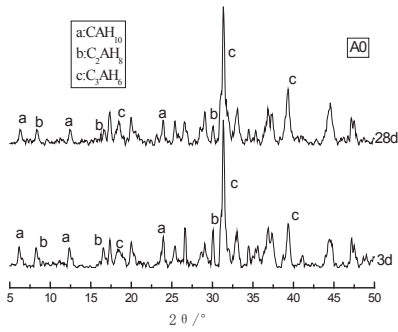


图3 A0 试样 3 d 和 28 d 水化样 XRD 图谱

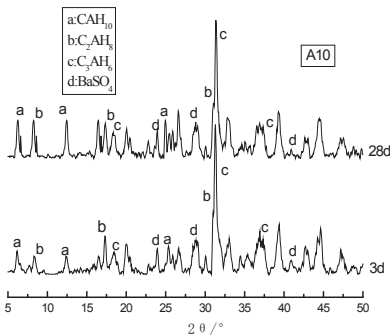


图4 A10 试样的 3 d 和 28 d 水化样 XRD 图谱

从图5中可以看出，A10试样3d水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 的衍射峰强度稍高于A0试样3d水化产物 CAH_{10} 和 C_2AH_8 的衍射峰强度。这是由于重晶石粉呈惰性，不参与高铝水泥水化反应，重晶石粉取代部分高铝水泥则等于提高了高铝水泥浆体中的水胶比，促进了高铝水泥早期水化。

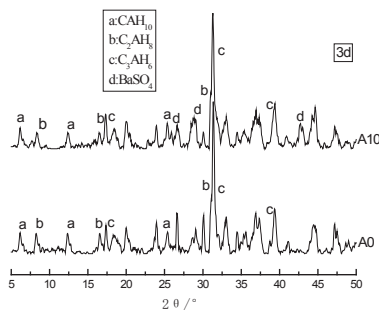


图5 A0和A10试样3d XRD 图谱

从图6中可以看出，A0试样水化产物中 CAH_{10} 和 C_2AH_8 的衍射峰强度较低，而 C_3AH_6 的衍射峰强度较高；A10试样水化产物中 CAH_{10} 和 C_2AH_8 的衍射峰强度较高，而 C_3AH_6 的衍射峰强度较低。这说明，重晶石粉的参加对高铝水泥水化产物中 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6 的转变有很好的抑制作用，这是掺重晶石粉的试样强度高且后期强度不倒缩的重要原因。

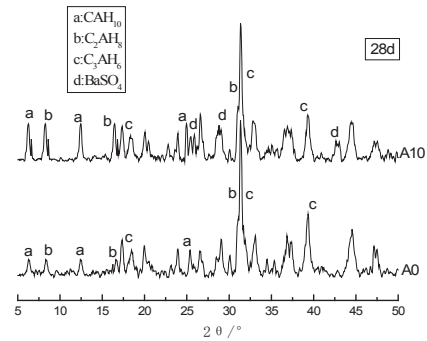


图6 A0和A10试样28d XRD 图谱

3 结论

在高铝水泥中掺加适量的重晶石粉混合材不但可以提高高铝水泥的早期强度，而且还能抑制高铝水泥后期强度倒缩；适量掺加重晶石粉可以促进高铝水泥水化；重晶石粉抑制高铝水泥后期强度倒缩的主要原因是：抑制了高铝水泥水化产物中 CAH_{10} 和 C_2AH_8 向 C_3AH_6 的晶型转变。

参考文献

- [1] 冯乃谦,等.混凝土大全[M].北京:科学出版社,2005.
- [2] 周士琼.土木工程材料[M].北京:中国铁道出版社,2005.
- [3] 周梅,刘成丹,赵家臻.高铝水泥及其混凝土的应用研究[J].阜新矿业学院学报:自然科学版,1995,14(4):94-98.
- [4] 胡曙光,等.石灰石混合材改善高铝水泥后期强度的研究[J].建筑材料学报,1998,1(1):49-53.
- [5] 龙世宗,等.铝酸盐水泥改性添加剂研究[J].水泥,1997,(2):4-7.
- [6] 沈威,黄文熙,闵盘荣.水泥工艺学[M].武汉:武汉工业大学出版社,1991:280-284.
- [7] 南京化工学院材料科学与工程系编译[G].第九届国际水泥化学会议综合报告译文集,129-131.
- [8] Wu Yanrong, Long Shizong and Liao Guanglin. The mechanism of $BaSO_4$ preventing calcium aluminate hydrates form crystalline transformation. 9ICCC, 4, 111-117, New delhi India, 1992.
- [9] 王甲春,等.混合材对高铝水泥强度影响的试验研究[J].沈阳建筑工程学院学报:自然科学版,2002,18(2):119-122.
- [10] 徐妍.纳米重晶石/聚合物复合材料的性能研究[D].上海:上海交通大学,2007.
- [11] 王敏,汪智勇,隋同波.重晶石粉掺合料对普通硅酸盐水泥性能的影响[J].水泥,2008,(5):9-11.
- [12] 彭家惠,杨光.改性高铝水泥及其制品研究[J].房材与应用,1999,(4):3-5.
- [13] 成希弼,吴兆琦.特种水泥的生产及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.

作者简介:邢昊(1982-),男,联系方式:湖南省长沙市韶山南路22号中南大学铁道校区建工楼302室,邮编:410075, E-mail:124517865@qq.com.

收稿日期:2010年4月27日