

活性 MgO 含量对水泥强度及水化产物的影响分析

张文欣, 蔡明里

中能建筑集团有限公司(安徽津利能源科技发展有限公司), 安徽 合肥 231200

摘要: 文章以试验的方式对活性 MgO 含量在水泥强度与水化产物中的主要影响进行分析。包括具体的试验设计和试验结果分析。经试验分析可知, 活性 MgO 含量对于水泥强度与水化产物都具有较为显著的影响; 而在活性 MgO 含量比较高的水泥中, 改性剂的掺加量也会对其强度产生影响。希望通过本次的分析, 可以为水泥中的活性 MgO 含量控制及其改性剂的掺加量控制提供一定参考。

关键词: 水泥; 活性 MgO; 水泥强度; 水化产物; 试验与讨论

Analysis of Active MgO Content on Cement Strength and Hydration Products

Zhang Wenxin, Cai Mingli

China Energy Construction Group Co., LTD. (Anhui Jinli Energy Technology Development Co., LTD.), Hefei, Anhui 231200

Abstract: This article analyzes the main effects of active MgO content on cement strength and hydration products through experiments. Including specific experimental design and analysis of experimental results. According to experimental analysis, the content of active MgO has a significant impact on the strength of cement and hydration products; In cement with a relatively high content of active MgO, the amount of modifier added will also have an impact on its strength. I hope that this analysis can provide some reference for the control of active MgO content in cement and the dosage control of modifiers.

Key words: cement; active MgO; cement strength; hydration products; experiments and discussions

前言:

在研究活性 MgO 含量对于水泥强度和水泥水化产物的主要影响作用时, 研究者可通过试验的方式来进行研究^[1]。这样才可以获取到足够科学、准确的研究结果, 为后续的水泥产品制备提供科学参考, 最大限度地确保水泥产品质量^[2]。

一、试验设计

(一) 原料与试剂选取

首先是原料选取。本次试验中, 选取的原料是菱镁矿中生产的三种轻烧 MgO 粉, 其活性存在明显的不同。其中的原料一产自辽宁天盛镁业, 其活性含量是 70%; 原料二产自于海城环菱镁, 其活性含量是 60%; 原料三产自于海城金沙镁业, 其活性含量是 43.2。表 1 为本次试验所选三种 MgO 粉原料主要化学成分组成情况:

表 1 - 本次试验所选三种 MgO 粉原料主要化学成分组成情况

序号	化学成分	原料一	原料二	原料三
1	MgO 含量	76.50%	85.40%	92.00%
2	Al ₂ O ₃ 含量	0.21%	0.14%	0.11%
3	CaO 含量	5.60%	3.50%	2.00%
4	Fe ₂ O ₃ 含量	2.00%	1.50%	0.90%
5	SiO ₂ 含量	6.40%	5.00%	2.10%

6	烧失量	6.50%	3.70%	2.30%
7	其他成分含量	2.79%	0.76%	0.59%

其次是试剂选取。本次试验中, 选取的试剂主要有两种, 第一是沈阳科拓生产的七水硫酸镁试剂 (MgSO₄ · 7H₂O); 第二是沈阳科拓生产的柠檬酸试剂 (C₆H₈O₇)。

(二) 基本试验方法设计

试验中, 选取活性 MgO 含量不同的原料, 制作成碱式硫酸镁水泥试样, 其规格是 40*40*160mm, 先用塑料薄膜将其密封 24h, 之后脱模。密封状态下的室温应控制在 24 ± 2°C, 将试样养护到不同龄期。再对不同龄期的试样进行抗折强度与抗压强度测试, 并通过折压比计算结果来分析试样韧性^[3]。对于每一组试样, 研究者在试验之后都进行了取样, 并及时通过无水乙醇浸泡的方式来保存试样^[4]。最后将选取的试样装入恒温箱内, 在 50°C 条件下实施烘干处理, 再通过 XRD 分析法来分析其中的水化产物。表

2为本次试验中的不同试验组水泥配比设计情况:

表2 - 本次试验中的不同试验组水泥配比设计情况

序号	试验组别	MgO/MgSO ₄ /H ₂ O	活性 MgO 含量	改性剂掺加量
1	A 组	9/1/20	70%	1%
2	B 组	9/1/20	60%	1%
3	C 组	9/1/20	43.2%	1%
4	D 组	9/1/20	70%	2%
5	E 组	9/1/20	70%	2.5%

(其中的改性剂掺加量百分比按活性 MgO 含量计算)

二、试验结果分析

在对水泥制备工艺中的活性 MgO 含量影响进行试验之后,研究者从以下几方面对其在水泥强度与水化产物中的影响进行分析:第一是分析活性 MgO 含量对于水泥强度的主要影响^[5];第二是分析活性 MgO 含量对于水泥水化物的主要影响;第三是分析改性剂掺加量对于活性 MgO 含量较高的水泥强度主要影响。以下是具体的试验结果及其分析^[6]。

(一) 活性 MgO 含量对水泥强度的主要影响分析

在通过上述试验方法获取到了不同活性 MgO 含量条件下的水泥抗压强度及其抗折强度结果之后发现,当改性剂添加量在活性 MgO 含量中的百分比为1%时,活性 MgO 含量是60%的水泥试块在各个龄期都具有最高的抗压强度,其1d龄期抗压强度是39.2MPa;3d龄期抗压强度是70.7MPa;28d龄期抗压强度是90.3MPa。活性 MgO 含量是60%的水泥试块在各个龄期的抗压强度都是含量为70%试块的一半。活性 MgO 含量是43.3%的水泥试块在各个龄期都具有最低的抗压强度,其水泥试块在各个龄期的抗压强度都是含量为60%试块的一半。

通过观察水泥试块强度的整个发展过程发现,其强度变化过程在前7d比较集中^[7]。比如,在活性 MgO 含量是60%的情况下,其试块前3d的抗压强度较前1d的抗压强度增加80.36%;前7d的抗压强度较前1d的抗压强度增加117.09%,其增长速度很快。相比较活性 MgO 含量是60%的水泥试块而言,含量是70%的水泥试块强度在前期的增长速度比较缓慢,其试块前3d的抗压强度较前1d的抗压强度增加48.45%;前7d的抗压强度较前1d的抗压强度增加89.92%。含量是43.3%的水试块强度在前期的增长速度更加缓慢,其试块前3d的抗压强度较前1d的抗压强度增加13.90%;前7d的抗压强度较前1d的抗压强度增加25.30%。

而通过折压比计算得出,A组水泥试样的折压比是0.177;B组水泥试样的折压比是0.218;C组水泥试样的折压比是0.175。由此可判断出,相比较其他水泥而言,活性 MgO 含量是60%的水泥具有更好的韧性^[8]。

(二) 活性 MgO 含量对水泥水化物的主要影响分析

在通过 X 射线衍射法对 A、B、C 三组水泥试块硬化1d以及硬化28d进行检测与分析时发现,在养护时间为1d的情况下,A组水泥试块水化物内的 MgO 具有最显著的峰值。在5·1·7结

晶相中,C组水泥试块的水化产物内具有较大的 MgO 峰值以及 MgCO₃ 峰值,单只 B 组水泥试块里的5·1·7结晶相显著高于 C 组水泥试块。在养护时间为28d的情况下,A组水泥试块以及 B 组水泥试块水化产物内的5·1·7结晶相都是主要峰值,其中的 MgO 峰值呈现出减小的趋势,Mg(OH)₂ 峰值则呈现出逐渐增加的趋势。因为 A 组水泥试块里的活性 MgO 含量最大,所以在掺加到其中的改性剂比较少时,5·1·7结晶相的形成将具有较大难度,这样的情况对于 Mg(OH)₂ 的形成更加有利,这就使得 A 组水泥试块的强度较 B 组水泥试块的强度低。同时,因为 C 组水泥试块中的活性 MgO 含量最低,其中有大量的 MgCO₃ 没有燃烧充分,这样的情况就降低了水泥浆体内的 Mg²⁺ 浓度,从而对5·1·7结晶相的形成造成较大不利^[9]。另外,因为水泥水化热反应本身就是一个比较慢的过程,所以在养护时间仅为1d的情况下,水泥试块内还有一部分 MgO 并未完全反应,而在养护时间达到28d的情况下,水泥的整个水化热过程已经基本完成,因此 MgO 的峰值也会呈现出显著降低的变化趋势,而5·1·7结晶相以及 Mg(OH)₂ 等相关水化产物则会出现更高的峰值^[10]。

(三) 改性剂掺加量对活性 MgO 含量较高的水泥强度主要影响分析

经本次试验发现,在活性 MgO 含量是70%的情况下,如果将水泥中的改性剂掺加量增加,制作出的水泥试块抗压强度及其抗折强度都将出现一定程度的变化。经具体的试验结果观察与分析可知,在改性剂掺加量是2%以及2.5%的情况下,水泥试块强度都较其他掺加量情况下呈现出显著提升的趋势,且两种条件具有相对较近的改性作用^[11]。在水泥试块养护时间是1d的条件下,掺加2%改性剂的水泥试块较掺加1%改性剂的水泥试块强度提升了48.45%;掺加2.5%改性剂的水泥试块较掺加1%改性剂的水泥试块强度提升了43.02%,在此之后,其强度增长率则呈现出了逐渐减缓的发展趋势。在水泥试块养护时间是28d的条件下,掺加2%改性剂的水泥试块较掺加1%改性剂的水泥试块强度提升了17.79%;掺加2.5%改性剂的水泥试块较掺加1%改性剂的水泥试块强度提升了15.54%。在硬化时间达到28d的条件下,A水泥试块的抗压比是0.188;D水泥试块的抗压比是0.242;E水泥试块的抗压比是0.25。由此可知,在活性 MgO 含量比较高的情况下,将掺加在其中的改性剂适当增加,便可使水泥试块的强度显著提高,特别是其1d养护时间条件下的抗压强度,更是会呈现出大幅度提升的发展趋势。同时,在合理提升了改性剂的掺加量之后,水泥试块的韧性也得到了明显改善。经进一步分析可知,之所以会出现这样的情况,是因为增加改性剂掺加量可使水泥中的 MgO 在水化过程中反应生成的 Mg(OH)₂ 受到一定限制,从而使其中有更多的5·1·7结晶相生成。在这样的情况下,水泥结构的强度及其韧性都将得到更好的改善^[12]。

(四) 总体试验结论分析

在通过上述方法与措施完成了此项试验之后,研究者共得出了以下几个结论:1)在水泥制备工艺中,活性 MgO 含量对其水泥试块的强度具有较大影响,在活性 MgO 含量不同的情况下,水泥强度也会呈现出明显的不同,且无论是活性 MgO 含量过高或过

低,水泥产品的强度都会受到不利影响^[13]。同时,在此类水泥的制备中,改性剂掺加量也会对其强度产生较大影响。因此在此类水泥的具体制备过程中,生产企业与工作人员一定要对此做到足够重视,通过活性 MgO 含量与改性剂掺加量的合理控制来确保混凝土强度,满足其实际生产与应用需求^[14]。2) 如果活性 MgO 含量和水泥中改性剂掺加量具有良好的匹配效果,水泥结构将更容易形成 5·1·7 结晶相,从而对其中的 Mg(OH)₂ 相形成起到有效的抑制作用,这样便可有效降低水泥水化热,使其在实际应用中具有更加优越的质量和性能。因此,在实际的水泥生产工艺中,生产企业与工作人员可通过试验的方式来合理确定活性 MgO 含量和改性剂之间的配比,以此来有效降低水泥水化热,提升水泥产品质量^[15]。3) 在活性 MgO 含量较高的水泥产品制备工艺中,生产企业与工作人员可结合实际情况,将其中的改性剂掺加量适当提升,这样便可显著提高水泥产品的强度及其韧性,使其在实际应用中具有更高的结构质量和应用性能。因此,在实际的水泥生产工艺中,生产企业与工作人员一定要对此做到足够重视,通过

改性剂掺加量合理提升的方式来提升水泥产品质量及其性能。

结束语:

综上所述,在水泥产品的生产制备工艺中,通过活性 MgO 含量的有效控制,可使其强度得以良好保障。而通过改性剂的合理掺加,则可以进一步改善水泥产品的水化热、强度及其韧性,从而制备出具有更高质量和性能的水泥产品。基于此,水泥生产企业、研究者和相关工作人员一定要对此做到足够重视,通过试验的方式对活性 MgO 含量在水泥产品强度及其水化产物中的影响进行分析,以此来明确其主要的影响情况,从而为活性 MgO 含量的合理控制与水泥中改性剂的合理掺加提供科学参考。通过这样的方式,不仅可实现水泥产品质量的有效优化,也可以为水泥产品应用性能的提升提供有力支持,从而有效促进现代水泥生产行业与建筑工程行业之间的协调可持续发展。

参考文献:

- [1] 邱传,陈佩圆,王永辉,等. MgO 激发剂对碱矿渣抗压强度,水化产物及孔结构的影响 [J]. 混凝土. 2021(12):79-82.
- [2] 张鹤年,陈亮,李雄威,等. 活性 MgO 碳化生土砌块材料配比与机理研究 [J]. 岩土工程学报, 2021(22):233-236.
- [3] 陈雪艳. MgO 激发矿渣材料对含硫尾砂的胶结特性及机理研究 [D]. 安徽:安徽理工大学, 2021.
- [4] 唐浩. 磷酸镁水泥基材料的钢筋防护性能与机理研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2021.
- [5] 韦爱玲,陈远胜,梁乾. 高含量 MgO 原料对水泥熟料的不良影响及应对措施 [J]. 水泥技术, 2021(6):54-60.
- [6] 李宁. 碱激发矿渣水泥混凝土的原料活性评价与组成设计 [D]. 湖南大学, 2020.
- [7] 李振国,郑淇水,刘博,等. 改性硫氧镁水泥耐水性及孔结构研究 [J]. 建筑技术. 2020.51(3):374-377.
- [8] 徐焕文. MgO 和纳米 MgO 对超高性能混凝土中水泥基本工作性能的机理影响研究 [J]. 中阿科技论坛(中英文).2022(4):122-127.
- [9] 郑伟豪,何娟,伍勇华,等. 活性 MgO 对碱矿渣水泥收缩性能的影响 [J]. 材料导报. 2022.36(10):77-84.
- [10] 韦锦璨,陈平,赵艳荣,等. Ba 掺杂对重构钢渣矿物形成及水化活性的影响 [J]. 桂林理工大学学报. 2022.42(4):899-904.
- [11] 潘怀兵,陈正雄,杨率. 纳米 MgO 对高性能水泥砂浆自收缩性能及抗压强度的影响研究 [J]. 应用化工. 2020.49(3):583-587.
- [12] 杨东洋,曹鸿猷,黄京龙. MgO 膨胀剂对超高性能混凝土收缩性能的影响 [J]. 硅酸盐通报. 2022.41(10):3420-3427.
- [13] 吴成友,苗梦,余红发. MgO 活性和摩尔比对碱式硫酸镁水泥强度的影响机理 [J]. 建筑材料学报. 2022(4):360-366.
- [14] 方晨,李振寰,叶呈森,等. 活化处理的金尾矿对碱矿渣水泥抗压强度与水化产物的影响 [J]. 土木工程. 2021.10(10):1026-1033.
- [15] 宋强,邓洋,胡亚茹,王倩、陈延信. 熟料和水泥水化产物中 Mg-(2+) 赋存状态显微分析 [J]. 建筑材料学报. 2020.23(5):1016-1023,1029.