

掺纳米 Si_3N_4 粉体的水泥性能研究

杜惠荣

(石家庄建商品混凝土股份有限公司 河北 石家庄 050025)

摘要:将纳米氮化硅粉体按不同比例掺入到水泥中,对其进行改性的研究。探讨其对水泥综合物理力学性能及耐腐蚀性的影响,采用 SEM 对改性水泥的水化产物形貌进行测试,并对改性机理进行了初步研究。试验结果表明:纳米 Si_3N_4 粉体对水泥净浆和胶砂的 28 d 改性最佳掺量均为 6%。此时,水化 1 d、3 d、7 d 和 28 d 的净浆,其抗压强度分别较空白样提高了 75.0%、40%、49.0% 和 22.9%;胶砂的抗压强度分别较空白样提高了 68.6%、104.6%、99.4%、33.0%,抗折强度分别提高了 42.9%、86.1%、22.1%、3.8%。纳米 Si_3N_4 粉体的掺入提高了水泥的耐腐蚀性能。

关键词:硅酸盐水泥; 纳米 Si_3N_4 粉体; 力学性能; 耐腐蚀性

中图分类号:TQ172 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2011)04-0105-04

提高水泥性能的技术是 21 世纪水泥基材料研究的重点^[1-2],而采用添加某种矿物纳米粉体对材料进行改性,是材料进化的主要途径之一^[3-5]。因此,利用纳米 Si_3N_4 粉体技术改造传统水泥工业,使水泥成为具有高效、优质、低耗、符合环保要求的高性能水泥,对传统水泥生产技术的升级换代及水泥行业的发展具有重要的科学意义和现实意义。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

纳米 Si_3N_4 粉体:合肥开尔纳米技术发展有限责任公司;水泥:42.5(鹿泉市曲寨水泥厂);砂子:ISO 标准砂;水:自来水。

1.2 试验方法

(1) 净浆试验。成型尺寸为 20 mm × 20 mm × 20 mm 的立方体水泥净浆试件,标准养护至 1 d、3 d、7 d 和 28 d,测定其抗压强度。

(2) 胶砂试验。成型尺寸为 40 mm × 40 mm × 160 mm 的棱柱体水泥胶砂试件,标准养护至 1 d、3 d、7 d 和 28 d,测定其抗折强度和抗压强度。

(3) 耐腐蚀性试验。将标养 28 d 的水泥净浆试件取出,分别浸泡在 5% HCl 溶液、5% NaOH 溶液和 5% Na_2SO_4 溶液中至 28 d,测其抗压强度。

2 试验结果与分析

(1) 纳米 Si_3N_4 粉体对水泥净浆标准稠度用水量、凝结时间和安定性的影响。纳米 Si_3N_4 粉体对水泥净浆标准稠度用水量、凝结时间和安定性的影响的测试结果见表 1。由表 1 可见,当纳米 Si_3N_4 粉体在水泥中的掺量不大于 6% 时,随其掺量在水泥中的增加,水泥的凝结时间逐渐缩短,安定性均合格;但当纳米 Si_3N_4 粉体的掺量达到 8% 时,凝结时间突然增大,而且安定性不良。所以,本实验条件下,纳米 Si_3N_4 粉体

收稿日期:2011-09-21

作者简介:杜惠荣 女 1973 年出生 工程师

改性水泥的掺量应不超过 6%。

表 1 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性实验结果

纳米 Si ₃ N ₄ 粉 体掺量 /%	标准稠度用水量实验		凝结时间实验		安定性实验	
	试杆下沉深度 S /mm	计算用水量 P /%	初凝时间 /min	终凝时间 /min	雷氏法	试饼法
0	35.0	27.0	170	346	合格	合格
1	36.2	26.2	166	342	合格	合格
2	38.0	26.3	160	331	合格	合格
4	40.5	25.3	157	326	合格	合格
6	44.8	25.2	150	324	合格	合格
8	34.2	26.9	175	350	不合格	不合格

(2) 纳米 Si₃N₄ 粉体对水泥净浆抗压强度的影响。不同纳米 Si₃N₄ 粉体掺量的水泥净浆 ,在不同龄期抗压强度的测试结果见图 1。由图 1 可见 ,随着纳米 Si₃N₄ 粉体掺量的增加 ,水泥净浆的抗压强度增大 ,且当纳米 Si₃N₄ 粉体掺量为 6% 时 ,水泥净浆的抗压强度达到最大值。

(3) 纳米 Si₃N₄ 粉体对水泥胶砂的抗压强度和抗折强度的影响。不同纳米 Si₃N₄ 粉体掺量的水泥胶砂 ,在不同龄期抗压强度和抗折强度的测试结果分别见图 2 和图 3。由图 2 和图 3 可以看出 ,水泥胶砂抗压强度和抗折强度随纳米 Si₃N₄ 粉体掺量的增加变化趋势基本一致 ,均随其掺量的增大而增大 ,且当其掺量为 6% 时 ,水泥胶砂的抗折和抗压强度均达到最大。因此 ,对于水泥胶砂来说 ,纳米 Si₃N₄ 粉体的最佳掺量为 6%。

(4) 纳米 Si₃N₄ 粉体对水泥净浆的耐腐蚀性的影响规律。对不同纳米 Si₃N₄ 粉体掺量的水泥胶砂进行耐腐蚀性试验 ,测试结果见图 4。由图 4 可见 ,掺入纳米 Si₃N₄ 粉体可以在很大程度上改善水泥的耐腐蚀性能。其中 ,对于水泥胶砂的耐酸及耐硫酸盐腐蚀性 ,纳米 Si₃N₄ 粉体的最佳掺量均为 6% ;对于水泥的耐碱腐蚀性 ,结合其安定性 ,纳米 Si₃N₄ 粉体的最佳掺量为 4%。

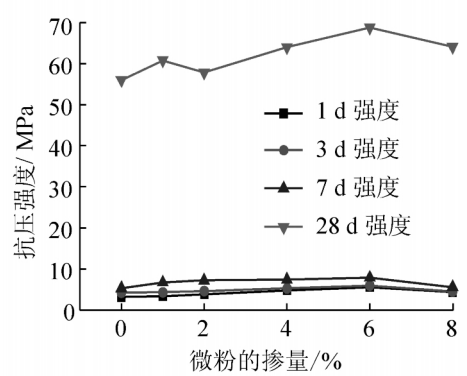


图 1 纳米 Si₃N₄ 粉体掺量对水泥净浆的抗压强度影响折线图

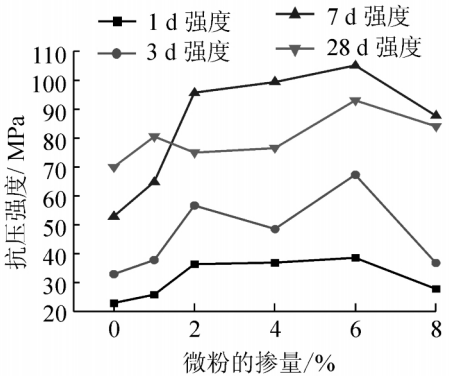


图 2 纳米 Si₃N₄ 粉体掺量对水泥胶砂的抗压强度影响折线图

3 机理分析

图 5、图 6、图 7 和图 8 分别是空白水泥试样和掺入纳米 Si₃N₄ 粉体的水泥试样 7 d 浆体的 SEM 图。对比 SEM 图可以发现 ,随着纳米 Si₃N₄ 粉体的掺入 ,水泥浆体的水化产物分布更加均匀 ,使得结构更加密实 ,从而提高了强度及耐腐蚀性。

4 结论

通过上述研究 ,得出了以下结论:

- (1) 纳米 Si₃N₄ 粉体的掺入可对水泥的凝结时间有所调节 ,且在掺量不超过 6% 时 ,不影响水泥的安定性。
- (2) 纳米 Si₃N₄ 粉体的掺入可以提高水泥及胶砂的力学性能及耐腐蚀性。其中 ,对于水泥胶砂的耐

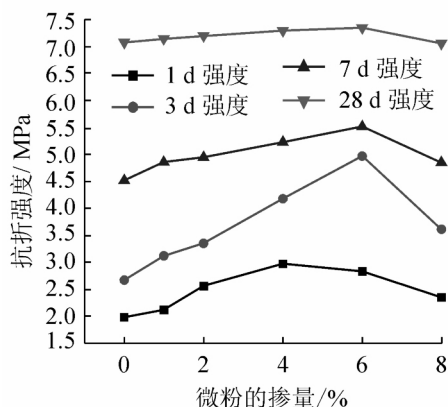
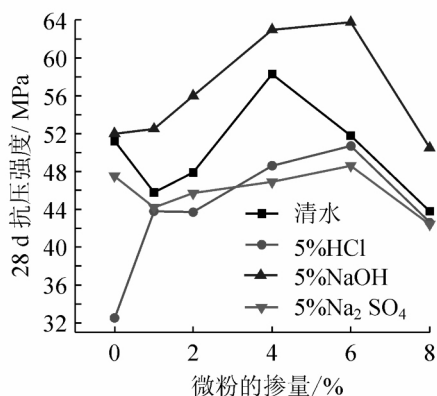
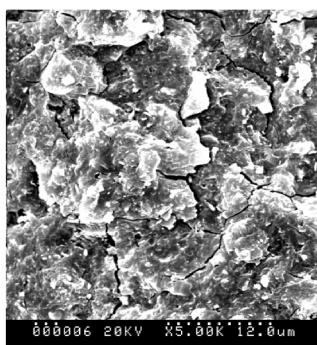
图3 纳米 Si_3N_4 粉体掺量对水泥胶砂的抗折强度影响图4 纳米 Si_3N_4 粉体掺量对水泥净浆耐腐蚀性影响

图5 空白水泥试样7 d 浆体 SEM 图

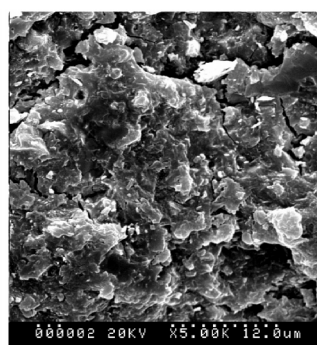


图6 掺入1%粉体试样7 d 浆体 SEM 图

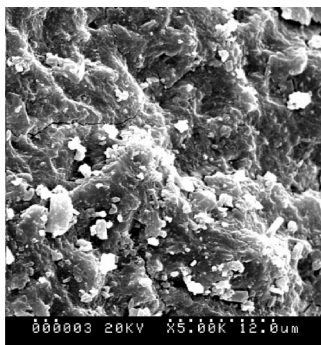


图7 掺入4%粉体试样7 d 浆体 SEM 图

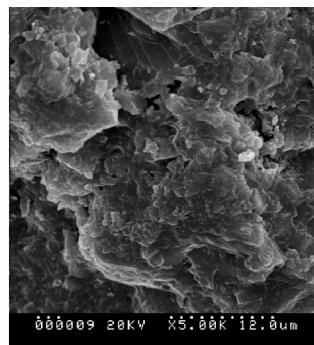


图8 掺入6%粉体试样7 d 浆体 SEM 图

酸及耐硫酸盐腐蚀性 纳米 Si_3N_4 粉体的最佳掺量均为6%；对于水泥的耐碱腐蚀性 结合其安定性 纳米 Si_3N_4 粉体的最佳掺量为4%。

参 考 文 献

- [1] 隋同波, 文寨军. 我国水泥工业的绿色化发展方向[J]. 中国水泥, 2003(10): 41-46.
- [2] 高长明. 21 世纪水泥工业的历史使命[J]. 水泥, 1997(1): 1-5.
- [3] 吴中伟. 高性能混凝土及其矿物细掺料[J]. 建筑技术, 1999, 30(3): 160-163.
- [4] 牛全林, 冯乃谦, 杨静. 矿物质超细粉在水泥粉体中填充效果的分析[J]. 硅酸盐学报, 2004, 32(1): 30-35.
- [5] 向宇, 赵鸣. 超细粉体技术在无机矿物填料中应用的研究现状[J]. 山西化工, 2003, 23(2): 14-16.

Study on Properties of Cement Doping Nano- Si_3N_4 Powder

Du huirong

(Commodity Concrete Company of Shijiazhuang Construction and Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang 050025, China)

Abstract: Portland cement was modified by adding different content of Silicon nitride nanopowders. The influence of the physic-mechanical properties and corrosion resistance of modified cement were studied systematically. The hydration and morphology of the nanopowders modified cement were determined by SEM and XRD, and the modified mechanism is discussed. The results show that the best content of Silicon nitride nanopowders used to modify the performance of cement and mortar is 6%. With this ratio, compared with those of non-modified cement, the compressive strength of cement at the age of 1 d, 3 d, 7 d and 28 d is increased by 75.0%, 40%, 49.0% and 22.9% respectively, while the compressive strength of mortar is increased by 68.6%, 104.6%, 99.4%, and 33.0% and flexural strength increased by 42.9%, 86.1%, 22.1% and 3.8%. Silicon nitride nanopowders can also improve the corrosion resistance of the cement.

Key words: portland cement; silicon nitride nanopowders; mechanical properties; corrosion resistance

(责任编辑 车轩玉)

(上接第93页)

- [9] Kirby M, Sirovich L. Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces [J]. IEEE Trans. PAMI, 1990, 12(1): 120-108.
- [10] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 1991, 3(1): 71-86.
- [11] Yang J, Zhang D, Frangi A F, et al. Two-dimensional PCA: A new approach to appearance-based face representation and recognition [J]. IEEE Trans. PAMI, 2004, 26(1): 131-137.
- [12] 穆志纯. 北京科技大学人耳识别实验室——开放式人耳图像库 [EB/OL]. (2009-01-18) [2011-11-1]. <http://www.ustb.edu.cn/resb/subject/subject.htm>.

Ear Recognition Based on 2D Principal Component Analysis

Tang Bangjie, Feng Jun

(School of Information Science and Technology, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Feature extraction is one of the essential techniques to solve the problems of ear recognition effectively. The principal component analysis (PCA) method, as a typical linear subspace method, is applied extensively to feature extraction. The intensity of calculation can be reduced significantly and features can be extracted more effectively if 2D-PCA method based on 2D image matrix is utilized for ear recognition. With the data from USTB human ear database 1, 2, and 3, the recognition performance of 2D-PCA and PCA are compared with different feature dimensions, contribution rates and similarity measures when nearest neighbor classifier is adopted. The cross-validation experimental results showed 2D-PCA method can obtain higher recognition rate with less training time than PCA method. 2D-PCA method based on two-dimensional image matrix is effective and robust in ear recognition.

Key words: ear recognition; PCA; 2D-PCA; linear subspace; feature extraction

(责任编辑 刘宪福)