

# The Impact of Blending Materials on the Compatibility between Cement and Polycarboxylate Superplasticizer

Chun Miao<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Jianke Technical Assessment of Construction Co., Ltd., Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Research Institute of Building Sciences (Group) Co., Ltd., Shanghai

<sup>3</sup>National Center for Quality Supervision and Test of Building Engineering Materials, Shanghai

Email: mcspring@163.com

Received: Jun. 15<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 30<sup>th</sup>, 2017; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The different kinds of blending materials and the compound effect on the compatibility between cement and polycarboxylate superplasticizer are investigated by the fluidity and fluidity loss of cement pastes added with polycarboxylate superplasticizer. The results show that slag and fly ash in cement can enhance the compatibility between cement and superplasticizer; activated coal gangue and un-activated coal gangue are exactly opposite in affecting the compatibility between cement and superplasticizer; stone ash greatly decreases the compatibility between cement and superplasticizer; when the ratio of slag with fly ash is reasonable, the cement paste with superplasticizer added was highly improved in compatibility.

## Keywords

PolyCarboxylate Superplasticizer, Cement, Compatibility, Compound Effects

---

# 混合材对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

苗 春<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>上海建科检验有限公司, 上海

<sup>2</sup>国家建筑工程材料质量监督检验中心, 上海

<sup>3</sup>上海市建筑科学研究院(集团)有限公司, 上海

Email: mcspring@163.com

收稿日期: 2017年6月15日; 录用日期: 2017年6月30日; 发布日期: 2017年7月5日

## 摘要

通过对聚羧酸减水剂水泥净浆流动度及流动度损失的测定试验,研究了不同品种混合材以及混合材复合效应对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响。研究表明:矿渣及粉煤灰有利于改善水泥与减水剂的相容性;活化煤矸石与未活化煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响规律正好相反;石粉会严重削弱水泥与聚羧酸减水剂相容性;当矿渣与粉煤灰复掺比例合理时,水泥与聚羧酸减水剂相容性得以增强。

## 关键词

聚羧酸减水剂, 混合材, 相容性, 复合效应

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

混凝土技术的发展得益于外加剂的成功应用。外加剂通过影响混凝土的微观、亚微观结构,提高了其各方面性能。虽然外加剂种类繁多,性能不断提高,但是外加剂与水泥之间存在不适应状况,这将导致严重的工程事故和不可预计的经济损失。因此需要通过大量的实验进行探索研究外加剂与水泥之间发生不适应现象的原因,其研究意义关系到外加剂的应用效果以及避免一些工程事故的发生[1] [2] [3]。

我国目前用的大多数水泥都掺加一定量的混合材,如石粉、粉煤灰、矿渣粉和煤矸石等[4] [5]。不同品种、性质和掺量的混合材对减水剂的作用效果也不相同[6] [7]。减水剂不但与水泥会产生相容性问题,同样与混矿物掺合料之间也存在着相容性问题,并影响着水泥与减水剂的相容性。由于混合材的性能各有所异,从而会对减水剂产生不尽相同的影响效果,同时混合材的物理性能以及掺量也会导致减水剂和水泥的相容性有影响[8] [9]。目前单一的矿物掺合料对水泥与减水剂的相容性部分已有研究,本文将在以往研究者的基础上通过试验,研究5种混合材对聚羧酸减水剂作用效果的影响及其复合效应影响规律。

## 2. 试验

### 2.1. 试验原材料

试验用水泥为JC/T1083-2008《水泥与减水剂相容性试验方法》规定的基准水泥;减水剂为聚羧酸高效减水剂;本次试验所用水淬高炉矿渣、粉煤灰,煤矸石,石粉,钢渣,其化学成分如表1所示。

Table 1. Chemical compositions of the raw material used in the test (wt%)

表 1. 混合材的化学成分分析(wt%)

原材	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Loss
水泥	21.68	5.47	5.47	62.84	2.01	1.02	0.18	0.44	-	-	-	-
钢渣	9.04	1.88	27.23	41.5	10.24	0.04	0.08	0.15	3.14	1.55	1	1.65
矿渣	34.29	15.05	0.84	39.6	6	-	-	0.7	-	-	-	-
粉煤灰	46.45	31.1	7.8	2.5	1.1	0.34	0.65	1.03	-	-	-	2.22
煤矸石	53.95	17.9	6.74	3.74	2.52	0.29	1.84	2.34	-	-	-	10.48
石粉	51.3	5.1	14.0	9.1	-	-	16.8	-	-	0.3	1.5	0.76

粉煤灰为 II 级灰，比表面积  $375 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，水淬矿渣粉磨至表面积  $(380 \pm 20) \text{ m}^2/\text{kg}$ ，拌合水为自来水。

## 2.2. 试验试验方法

按照 JC/T1083-2008《水泥与减水剂相容性试验方法》，测定净浆流动性和流动保持性。

## 3. 试验结果与讨论

### 3.1. 不同混合材对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

#### 3.1.1. 钢渣对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

从图 1 钢渣掺量对水泥与聚羧酸减水剂相容性影响可知，当钢渣掺量逐渐增加，水泥与聚羧酸减水剂浆体 5 min 流动度逐渐增加，然后逐渐减小；钢渣掺量 20% 时，5 min 流动度达到最大值，但其对浆体 60 min 流动性基本没有影响。随着钢渣掺量增加，流动度损失逐渐增加，然后逐渐减小，但变化幅度不大。钢渣掺量对浆体 60 min 流动度损失率变化有明显的影响，钢渣掺量在 20% 左右时，浆体 60 min 流动度损失率达到最大值；随后随着钢渣掺量，其逐渐降低。主要原因是钢渣掺量过大，且钢渣粉的颗粒形为菱形，锥形体较高，阻碍胶凝材料的滚动，钢渣体系空隙较多，自由水填充空隙后从而降低了浆体的流动度。

#### 3.1.2 粉煤灰对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

从图 2 粉煤灰对水泥与聚羧酸减水剂相容性影响可知，当粉煤灰掺量逐渐增加，浆体初始流动度和 60 min 流动度均逐渐增大。且粉煤灰的滚珠效应，浆体流动性损失降低。

#### 3.1.3 矿渣对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

从图 3 矿渣对水泥与聚羧酸减水剂相容性影响可知，当矿渣掺量逐渐增加，浆体 5 min 流动度和 60 min 流动度均逐渐增加，浆体流动度经时损失率逐渐下降。矿渣自身 Zeta 电位值为负值，但一定掺量的矿渣替代水泥后，矿渣与水泥能够发生一定的化学作用，从而在一定程度上降低溶液体系中阳离子的掺量，使得进入水泥粒子滑动面的反离子掺量有所降低，致使压入吸附层的反离子数减少，增大了水泥粒子的 Zeta 电位值，但这种增加水泥水化 Zeta 电位的效应并不随着矿渣掺量的增加而线性变化。

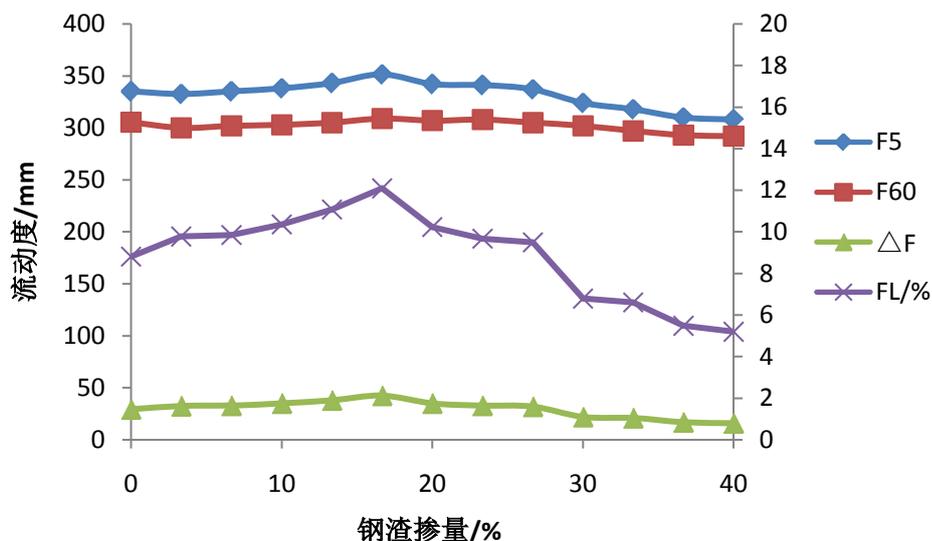


Figure 1. Influence of steel slag on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
图 1. 钢渣对水泥与减水剂相容性的影响

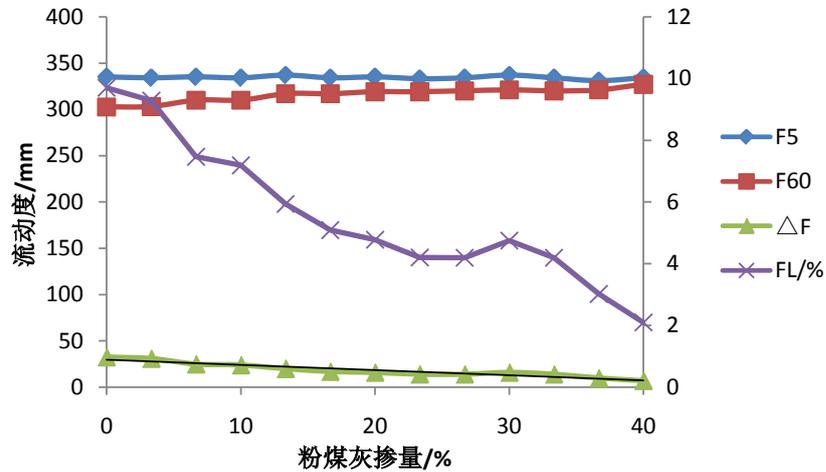


Figure 2. Influence of fly ash on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
图 2. 粉煤灰对水泥与减水剂相容性的影响

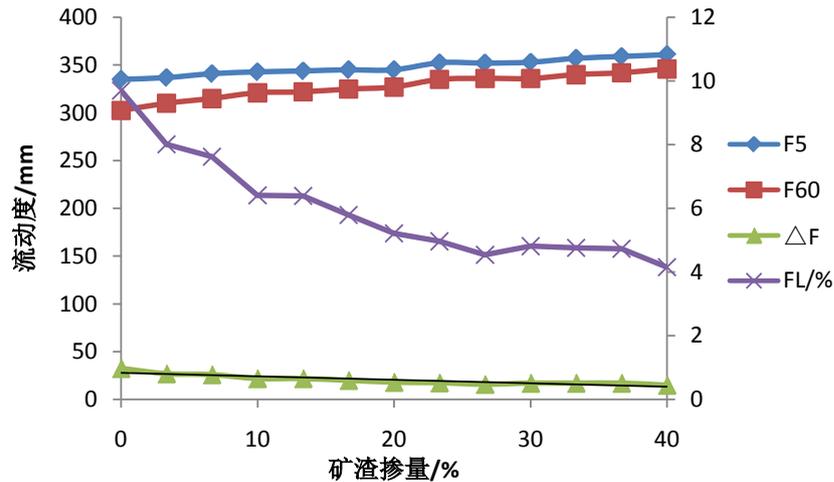


Figure 3. Influence of slag on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
图 3. 矿渣对水泥与减水剂相容性的影响

### 3.1.4 石粉对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

从图 4 石粉对水泥与聚羧酸减水剂相容性影响可知，石粉掺量对浆体流动度变化基本没有影响，但对其流动度经时损失变化有较明显的影响。当石粉掺量逐渐增加，浆体 60 min 流动度经时损失率逐渐增加。

原因可能是：一方面，石粉的吸水能力比水泥稍差。随着石粉取代水泥量的增加，相当于增大了水胶比，这对 1 h 后的流动度影响更明显；另一方面，石粉比水泥对聚羧酸减水剂的吸附能力可能要大一些，导致用于分散水泥颗粒的减水剂减少了，减水率下降，而且石粉吸水后流动度较差。所以，净浆流动度的变化是由这几个因素共同作用的，于是随石粉含量的增加，净浆流动度总体增大幅度不大，但有时会降低[10]。

### 3.1.5. 煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

从图 5、图 6 石粉对水泥与聚羧酸减水剂相容性影响可知，未活化煤矸石和活化煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响结果相反。从图 5 可知，当未活化煤矸石掺量逐渐增加，浆体流动性逐渐下降；

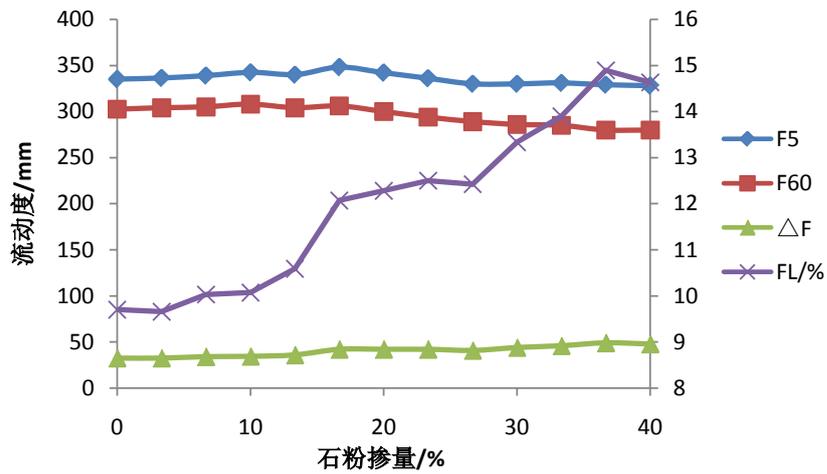


Figure 4. Influence of stone ash on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
 图 4. 石粉对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

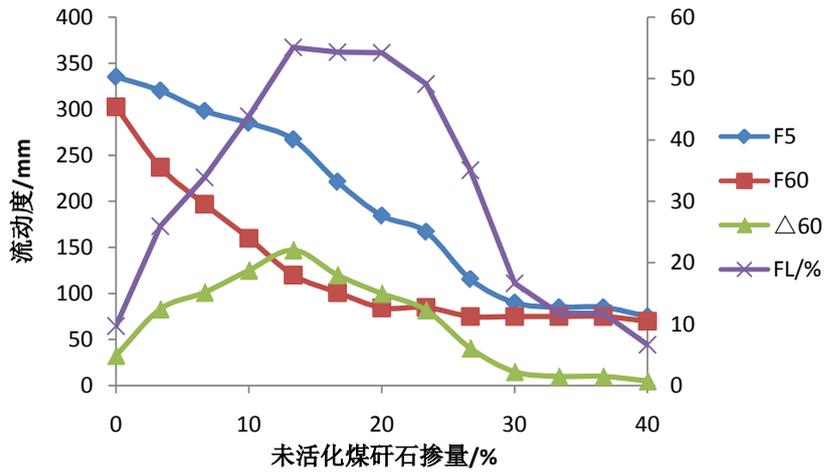


Figure 5. Influence of un-activated coal gangue on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
 图 5. 未活化煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

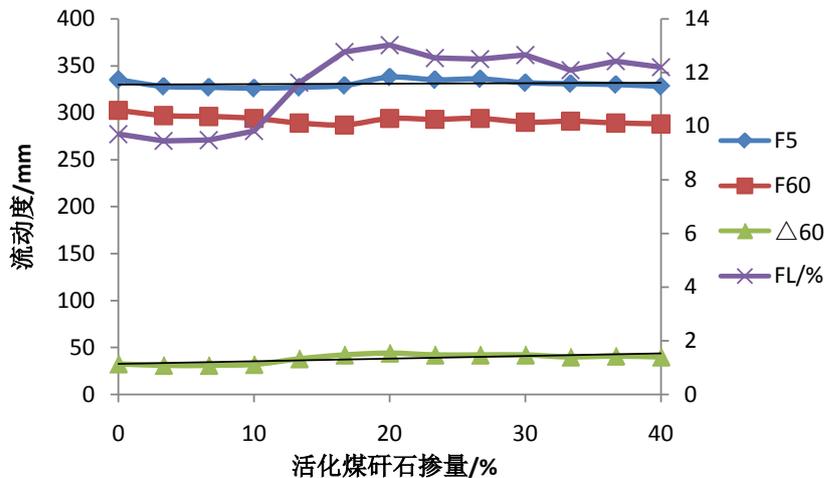


Figure 6. Influence of activated coal gangue on compatibility of cement and polycarboxylate superplasticizer  
 图 6. 活化煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

流动度经时损失率逐渐增大，然后逐渐减小，当未活化煤矸石掺量 20% 时，流动度经时损失率达到最大值；从图 6 可知，当活化煤矸石掺量逐渐增加，其对浆体流动度变化影响不大，浆体流动度损失率变化较小。未活化煤矸石含有大量单质炭，容易吸附大量聚羧酸减水剂，因此聚羧酸减水剂对水泥颗粒的分散减水作用被削弱。

### 3.2. 两种混合材复掺对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响

通过研究两种混合材复掺对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响，发现矿渣及粉煤灰对于水泥与聚羧酸减水剂浆体的流动性具有促进作用。图 7 和图 8 分别表示粉煤灰—矿粉—水泥三元体系与聚羧酸减水剂浆体 5 min 和 60 min 流动度。

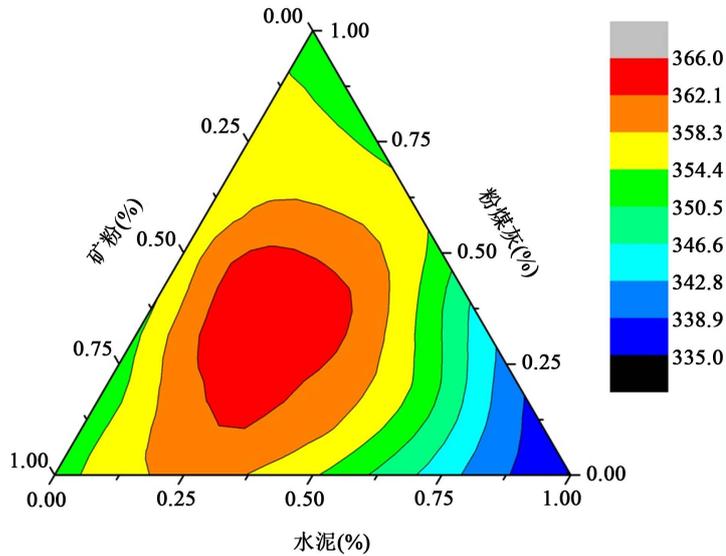


Figure 7. 5 min fluidity of fly ash-mineral-cement and polycarboxylate superplasticizer component system  
图 7. 粉煤灰—矿粉—水泥三元体系与聚羧酸减水剂浆体 5 min 流动性

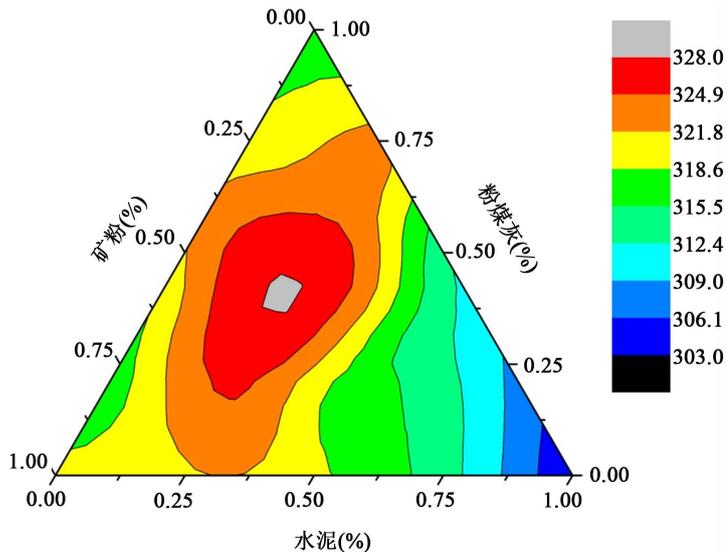


Figure 8. 60 min fluidity of fly ash-mineral-cement and polycarboxylate superplasticizer component system  
图 8. 粉煤灰—矿粉—水泥三元体系与聚羧酸减水剂浆体 60 min 流动性

在混凝土中应用矿渣粉和高效减水剂复掺,有利于降低水泥水化所需要的自由水分,水化产物减少,降低了坍落度损失,且矿渣粉一定范围内替代水泥比例越高,坍落度降低幅度也提高。

粉煤灰多为含碳量偏大的空心圆球体。当粉煤灰与高效减水剂复掺时,由于球体滚珠作用,浆体初始流动度较好。但随着时间推移,多孔空心结构的粉煤灰颗粒会吸附较多减水剂分子,结果使浆体 60 min 流动度损失较大。从图 7 和图 8 中可以看出,当矿粉、粉煤灰掺量在适当的比例内增大,浆体 5 min 和 60 min 流动度较好,体现出较好的混合材复合效应。

#### 4. 结论

当钢渣掺量为 20% 时,掺聚羧酸减水剂水泥浆体 60 分钟流动度损失达到最大值;随着粉煤灰掺量的增加,浆体初始流动度和 60 min 流动度均呈现一定的增长趋势;随着矿渣掺量的增加,水泥与聚羧酸减水剂浆体初始流动度和 60 min 流动度均呈现上升趋势;活化煤矸石与未活化煤矸石对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响规律正好相反;随着石粉掺量的增加,水泥与聚羧酸减水剂浆体 60 min 流动度经时损失率逐渐增加。

当矿粉、粉煤灰和水泥配比合理时,水泥与聚羧酸减水剂浆体流动度较好,体现出较好的混合材复合效应。

#### 参考文献 (References)

- [1] 孙振平, 蒋正武, 王玉吉, 等. 混凝土外加剂与水泥适应性[J]. 建筑材料学报, 2002, 5(1): 26-31.
- [2] 李必哲, 付军明. 混凝土外加剂与水泥适应性试验分析与外加剂掺加工工艺控制[J]. 甘肃科技, 2008, 24(12): 111-114.
- [3] 孙振平, 蒋正武. 矿渣粉大量替代水泥对高效减水剂作用的影响[J]. 建筑材料学报, 2003, 6(3): 231-236.
- [4] 董延昭, 张全贵, 周金金. 不同种类及掺量的混合材配制的水泥对外加剂适应性的影响研究[J]. 商品混凝土, 2014(6): 41-44.
- [5] 孙振平, 蒋正武, 等. 商品混凝土中外加剂与水泥/掺合料适应性的研究[J]. 商品混凝土, 2001(1): 11-15.
- [6] 孙媛, 孙振平. 混合材对水泥与减水剂适应性的影响研究[J]. 水泥, 2003(6): 7-9.
- [7] 何燕, 张雄, 张永娟. 混合材对水泥与聚羧酸减水剂相容性的影响[J]. 粉煤灰综合利用, 2012(4): 27-29.
- [8] 王强, 阎培渝, 韩松. 钢渣在复合胶凝材料的水化过程中对水泥水化的影响[J]. 中国科学技术科学, 2011, 41(2): 170-176.
- [9] Altuna, I.A. and Yilmaz, I. (2002) Study on Steel Furnace Slags with High MgO as Additive in Portland Cement. *Cement and Concrete Research*, 32, 1247-1249. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)00763-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)00763-9)
- [10] 马保国, 杨虎, 谭洪波, 严敏. 黏土和石粉含量对聚羧酸减水剂的影响[J]. 混凝土, 2012(5): 60-63.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjce@hanspub.org](mailto:hjce@hanspub.org)