

# 基于粉煤灰掺量的采空区注浆材料配比试验研究\*

胡恒洋<sup>1</sup>, 宋大各<sup>2</sup>, 胡卸文<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学 峨眉校区土木工程系, 四川 眉山 614202;

2. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:**对拟建铁路、公路下伏采空区处置目前一般常用的方法为注浆,因其注浆量大,大掺量粉煤灰成为首选。以山东某在建二级铁路为例,通过室内大量试验,根据影响注浆效果的主要因素,对以二级粉煤灰作主料,分别掺入不同水泥、水玻璃比例下的浆液的抗压强度、流动度和凝结时间等性能作了系统研究,对不同配合比的浆液性能变化特征进行了分析,得出了综合指标最好的材料配合比,为现场注浆施工提供了依据。

**关键词:**采空区;粉煤灰;注浆试验;流动度

**中图分类号:**TV42+3;TU528.79;TD315

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2012)02-0146-03

## 1 概述

随着我国高速公路、铁路的大量修建,不可避免地会遇到大型岩溶洞穴或早期形成的大型采空区。由于岩溶或采空区顶板塌陷或沉降,对路基稳定性构成严重威胁。以往对此类空洞多采用充填块碎石+注浆或端承桩跨越等方法予以治理,但这些措施都是在洞穴规模较小或空间厚度有限的条件下才有效。就大型洞穴而言,采用在粉煤灰中掺入一定比例的水泥进行注浆是目前常用的技术方法。粉煤灰主要成分为硅铝酸盐,其颗粒较粗,粒间粘接薄弱、松散,不能直接用于注浆。常用的方法是掺入一定比例的水泥,以控制浆液凝结的抗压强度和流动度。此外,为了控制浆液的凝结时间,还会加入少量的速凝剂,如水玻璃等。

不同比例的粉煤灰、水泥、速凝剂和水掺合后所形成的浆液的抗压强度、流动度、凝结时间等影

响注浆施工的性能会相应不同。笔者对山东某专用铁路大型采空区注浆采用的粉煤灰进行了室内不同配比下浆液的注浆性能试验研究,以求取得最佳配合比,用以指导施工。

## 2 试验设计

试验所用原料主要包括水泥、粉煤灰、水和水玻璃。其中水泥为32.5普通硅酸盐水泥,粉煤灰为施工地生产的国家标准二级粉煤灰,速凝剂采用一般市售水玻璃,其成分见表1。利用上述原材料以不同比例的配比进行试验,具体包括混合浆液的流动度、凝结时间、抗压强度等,分别考虑7、21、28 d及部分试样120 d龄期的物理力学性质试验。

目前,对于粉煤灰的室内试验尚无相应的专门规范,故参考其他建筑材料的试验规范进行,试验内容见表2。

表1 水玻璃基本参数表

项目	氧化钠 Na <sub>2</sub> O / %	二氧化硅 SiO <sub>2</sub> / %	模数 /M	波美度(20℃)
参数值	10.32	26.02	2.602	41°

表2 试验设计内容表

试验名称	原料配比组合	试样个数	依据标准	备注
抗压强度	(1)水泥:粉煤灰=1:9;2:8;3:7 (2)水:(水泥+粉煤灰)=0.6:1, 0.7:1, 0.8:1, 1:1	48组×8个/组=384个 48组×1个/组=48个	《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T70-2009 《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119	4个龄期每种配比各需2块
流动度	(3)水玻璃掺入量为总浆液体积的0%, 1%, 3%, 5%	48组×2个/组=96个	《水泥标准稠度用水量与凝结时间试验》T0505-2005	初凝、终凝时间

## 3 试验结果

### 3.1 抗压强度试验

试样成型采用70.7 mm×70.7 mm×70.7

收稿日期:2012-01-08

\* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(40972175);NSFC-云南联合基金重点项目(U1033601);中央高校基本科研业务费专项资金(SWJTU11ZT14)。

mm 试模,浇铸 3~4 d 后脱模,试件拆模后放入温度为  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90% 以上的标准养护室中养护。

以水泥:粉煤灰 = 2:8 为例,二级粉煤灰在四种水灰比下不同龄期的无侧限抗压强度结果见图 1。从试验结果可以看出:

(1)不同配合比浆液体的抗压强度随龄期增长而增加。

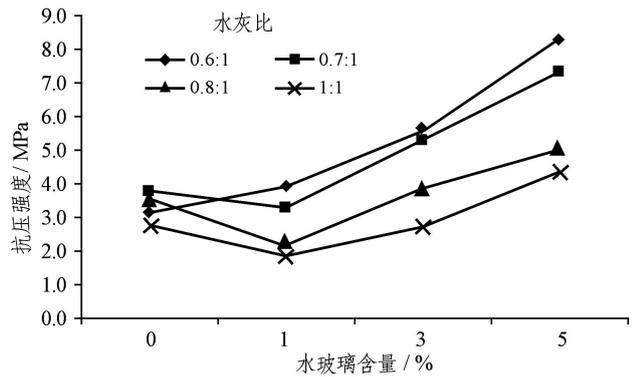
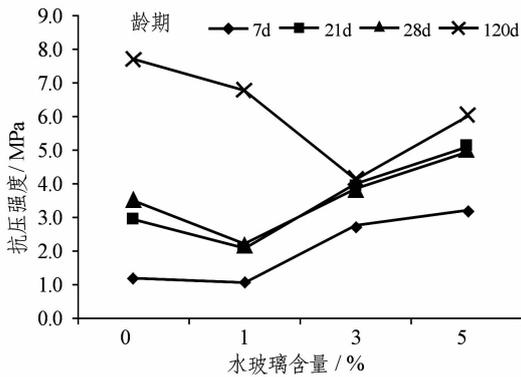


图 1 二级粉煤灰不同配合比、不同龄期注浆材料抗压强度试验结果示意图

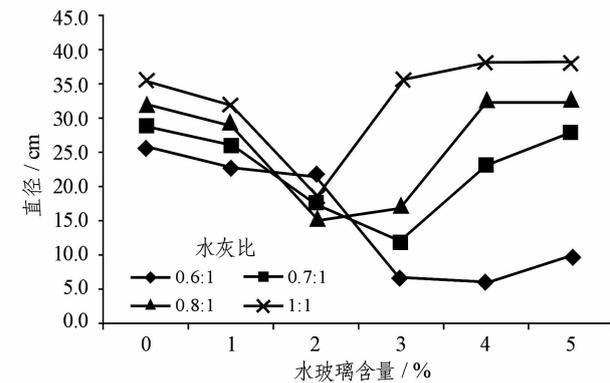
### 3.2 流动度试验

浆液体流动度试验是将拌好的浆液迅速注入截锥圆模内,用刮刀刮平,将截锥圆模按垂直方向提起,同时开启秒表计时,至 30 s 时用直尺量取流淌浆液互相垂直的两个方向的最大直径,取平

(2)水灰比越大,试样抗压强度越小。

(3)水泥的掺入比例越大,试样的抗压强度相应增大。

(4)水玻璃的掺入量对抗压强度的影响与不同材料配比有关。多数情况下,水玻璃加入可以提高试样的抗压强度,但个别配比情况下,水玻璃的加入会导致强度的降低。



均值作为浆液初始流动度。

以水泥:粉煤灰 = 1:9 及 2:8 为例(图 2)。从图 2 中可见:

(1)随着水掺入量的增加,浆液的流动度随

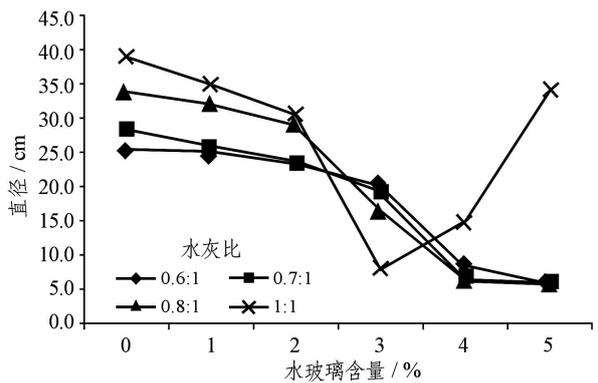


图 2 不同水灰比及水玻璃掺入量下流动度分布曲线图(水泥:粉煤灰左为 1:9,右为 2:8)

之增大。

(2)水玻璃对不同配比浆液流动度影响效果各异,多数情况下,水玻璃的加入会降低浆液的流动度。

(3)当水泥:粉煤灰比例为 2:8 和 3:7 时,随着水灰比的提高,流动度不断增大的变化规律不变;但是,当水灰比相同时,随着水玻璃掺入量的

增加,浆液流动度逐渐减小。当水玻璃使用量为 5% 时,浆液的流动度最低。

### 3.3 凝结时间试验

根据国标规定,凝结时间采用标准法维卡仪测定。从水泥全部加入水中起,至试针沉入标准稠度净浆中距底板之间的距离为  $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  时所经历的时间为初凝时间;从水泥全部加入水中

起,至试针沉入净浆试体 0.5 mm 时所经历的时

间为终凝时间。

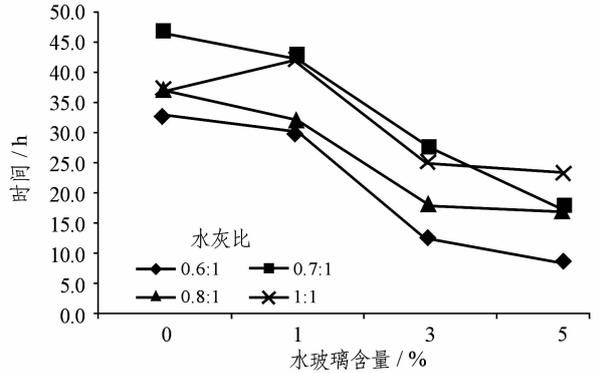
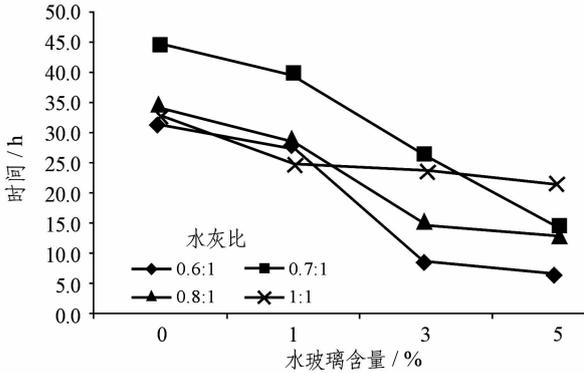


图3 水泥:粉煤灰为2:8时浆液的初凝和终凝时间分布曲线图(左为初凝时间;右为终凝时间)

以水泥:粉煤灰=2:8为例(图3),可见:

- (1)水玻璃的加入可以明显缩短浆液的凝结时间。当水玻璃为5%时的凝结时间最短。
- (2)一般情况下,水掺入量的增加会使浆液的凝结时间变长。
- (3)随着水泥掺入量的增加,浆液的凝结时间随之变短。

#### 4 结 语

(1)大掺量粉煤灰注浆材料多数配比在21 d龄期以后,抗压强度均大于1.5 MPa,均能满足工程要求。

(2)在各种配比方案中,当水玻璃使用量为5%时,各试样的抗压强度均表现为最大。在多数配比方案中,当水玻璃使用量为1%或不使用水玻璃时,试样的抗压强度最小。

(3)水灰比对浆液的流动度影响最大。水灰比过大,会使浆液的流动度过大,且不易控制。建议使用0.6:1~0.8:1的水灰比,配合水玻璃进行控制。

(4)采空区注浆施工的工程经验是初凝时间不小于12 h,终凝时间不大于36 h<sup>[1]</sup>。本次试验中,随着水玻璃量的增加,凝结时间显著降低。在

不同水玻璃使用量下,各种固颗比的多数试样初凝时间能满足不小于12 h的要求,但终凝时间普遍较长,不能满足不大于36 h的要求。建议使用2:8和3:7的固颗比,同时配合不同水玻璃的使用以控制凝结时间。

(5)抗压强度、流动度和凝结时间均能满足且强度最高的相对最佳配比应该为:二级粉煤灰的固颗比为2:8、水灰比为0.7:1、水玻璃掺入量为3%。

#### 参考文献:

- [1] 童立元,刘松玉.大掺量粉煤灰注浆充填材料试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2002,32(4):643-647.
- [2] 王福元,吴正严.粉煤灰利用手册[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 杨锡武.粉煤灰水化过程模型的研究[J].中国公路学报,1994,7(1):61-66.

#### 作者简介:

- 胡恒洋(1990-),男,浙江金华人,在读本科生,专业:铁道工程;  
宋大各(1982-),男,河南周口人,在读博士研究生,研究方向:工程地质灾害防治、工程地球物理勘探等;  
胡卸文(1963-),男,浙江金华人,教授,博士生导师,博士,从事工程地质、环境地质方面的教学与研究工作。

(责任编辑:李燕辉)

### 溪洛渡、向家坝水电站云南库区移民独立评估合同签订

4月18日,金沙江向家坝、溪洛渡水电站(云南部分)移民独立评估合同协议书签字仪式在昆明举行。根据《中华人民共和国合同法》、《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》(国务院471号令)以及金沙江协调办的有关文件要求,发包人云南省移民开发局、中国三峡集团通过公开招标方式择优选聘承包单位。两站独立评估工作分别有六家投标人参与竞标。经认真评审,由中国水利水电建设工程咨询公司、中国水电顾问集团华东勘测设计研究院中标,承包双方签订了独立评估合同。仪式上,发包人代表对独立评估单位提出了要求和希望。中国三峡集团移民工作局局长徐俊新指出:要加强领导、高度重视移民安置独立评估工作;要精心组织,做好项目团队建设和资源配置,集中精力做好独立评估工作,满足工作需要;要做到公正评估,制定工作计划和实施方案,履行合同,执行国家政策规范,按质按期提交独立评估报告。两家评估单位均表示,一定认真履行投标文件的承诺,按合同要求保质保量完成独立评估工作任务。云南省移民开发局副局长李勇信,中国三峡集团移民工作局副局长姚英平和中国水利水电建设工程咨询公司,中国水电顾问集团华东勘测设计研究院等单位的领导和代表出席签字仪式。