

# S 型湿喷混凝土复合添加剂试验研究

吴 陶, 郭启锋, 宋 军

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘 要:** S 型湿喷混凝土复合添加剂, 集提高混凝土拌和料的和易性和流动性, 以及液体速凝剂的性能于一体, 代替国内原有的多种单一外加剂。着重介绍了该项目室内研究试验、生产试验和使用效果等方面的情况, 以及添加剂的技术特性、合理掺量、使用工艺等。结果表明, 该材料技术性能可靠, 操作使用简便, 经济效果好, 具有推广应用价值。

**关键词:** S 型湿喷混凝土; 复合添加剂; 特性; 掺量

**中图分类号:** TB321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)07-0087-03

**Test Study on Compound Additive of S Model Wet Shotcrete/WU Tao, GUO Qi-feng, SONG Jun** (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** The compound additive of S model wet shotcrete has characteristics of increasing workability and flowability of concrete mixture, and improving properties of liquid accelerator. It also can replace the various unitary admixtures. This paper introduces the desk research, production test of the project, application effect, technical specifications, rational addition and the performance. The result shows that this material has popularizing application value with its reliable technique, convenient operation and good economic effect.

**Key words:** S model wet shotcrete; compound additive; property; addition

## 0 引言

由于湿喷混凝土工艺具有粉尘浓度小、回弹率低、施工效率高、压气消耗量低、设备机具磨损小等特点, 在改善劳动环境、大规模喷射时提高综合经济效益等方面具有明显的优越性。随着近几年国产湿喷设备的问世, 铁路系统一些工程采用了湿式喷射, 取得了较好的效果, 但应用范围不大, 这与国产湿喷外加剂缺乏有很大关系, 尤其是复合型的添加剂, 在国内更未见产品问世。

S 型湿喷混凝土复合添加剂(以下简称“S 型添加剂”)的研究, 是我所经过几年时间研究出的复合添加剂, 技术指标完全满足施工需要, 虽然仍存在不足之处, 但经过逐步改进, 预期随着湿喷技术在国内的广泛应用, 将会取得较好的技术经济效益。

目前湿喷的工艺方法主要有 2 大类: 稀薄流喷射法和稠密流喷射法。其工艺过程与干喷和潮喷完全不同, 一般都需要在混凝土拌和料中加入减水剂、早强剂、泵送剂等常规外加剂, 在喷头处再按比例掺入液体速凝剂。因此, 要求速凝剂呈液体状态, 以便定量添加、混合均匀, 使喷射料水化充分。尽管目前国外已应用多种湿喷外加剂, 国内也有 2 种液体速

凝剂产品在工程中小规模应用, 但只有速凝剂部分, 与水泥和其他添加剂配合后, 有时性能方面不太令人满意, 且价格高、贮存期短、易沉淀、使用中有味、腐蚀性较强, 施工单位对此很伤脑筋。因此, 湿喷添加剂的关键问题是它的各种性能必须满足湿喷混凝土的施工工艺要求, 而且要使用简单方便、易于现场控制。

为从根本上获得各方面性能较理想的材料, 我们研究的 S 型添加剂由 A、B 两部分材料组成: 材料 A 是液体, 喷射时, 在喷头处按一定掺量与拌和好的混凝土材料直接混和, 掺量可现场调节; 材料 B 呈粉末状, 在搅拌混凝土时作为外加剂按一定比例掺入。

为达到研究目的, 我们进行了 S 型添加剂的室内研究试验、现场试验和使用工艺研究, 包括坍落度、减水率、胶凝时间、抗压强度等各个方面。

## 1 研究方法

### 1.1 室内研究试验

首先进行了 S 型添加剂的组成、配比、掺加工艺及性能规律等方面的试验。试验从 B 材料开始。

收稿日期: 2008-05-31

基金项目: 地勘高新技术研究开发计划项目“S 型湿喷混凝土复合添加剂的研究”

作者简介: 吴陶(1964-), 女(汉族), 四川人, 中国地质科学院探矿工艺研究所教授级高级工程师, 采矿工程专业, 从事采矿工程技术、锚索材料和安装工艺及设备、喷射混凝土材料及工艺等岩土加固支护技术的研究开发工作, 四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号。

### 1.1.1 B 材料组成和配比试验

S 型添加剂的 B 材料,使用时掺入到混凝土拌和料中,作用是在水灰比一定的前提下,增加混凝土材料的和易性,使其易于泵送,或在满足泵送要求的前提下,减少混凝土的用水量,因此,应具有减水剂、泵送剂及其他性能。由于目前市场上各种品牌的单一粉末状外加剂很多,性能上也都能满足生产要求,所以,B 材料选择几种性能较好的现有材料进行配合,经试验、对此、调整,得出基本配方,并考虑与 A 材料的性能相适应。

#### 1.1.1.1 坍落度

混凝土的和易性是综合评价混凝土拌和物流动性、粘聚性等综合工艺性能的一项指标,通常以水泥净浆流动度和混凝土坍落度来判断。影响它的主要因素有水灰比、砂率、集料比及外加剂等。

在试验出材料 B 的基本配方后,我们进行了按水泥质量掺加 B 材料的试验。水泥净浆流动度和混凝土坍落度试验结果见图 1、图 2。由图中可见,B 掺量为 0.5% ~ 2% 时,既能满足喷射料的泵送要求,又能与材料的其他性能相协调,且经济性较好。

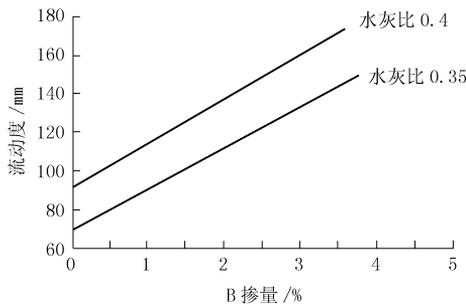


图 1 水泥净浆流动度回归曲线

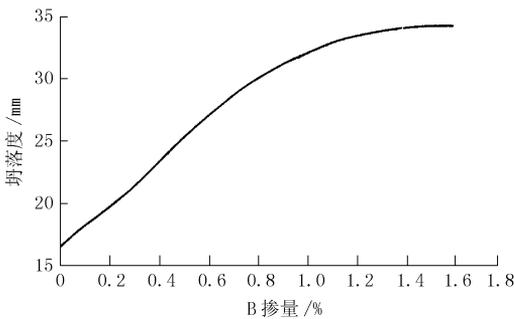


图 2 坍落度回归曲线

为试验 B 对材料泵送特性的改善,参照泵送剂性能试验的国家标准进行了混凝土坍落度保留值试验,结果表明,坍落度保留值符合国家标准。

#### 1.1.1.2 减水率

由于材料 B 应具备减水剂的功能,我们试验了

B 掺量为 0.5% ~ 2%、在国家标准规定的坍落度为 65 mm 时混凝土的减水率,回归曲线见图 3。从图 3 可见,掺加 B 具有明显的减水效果,且随着掺量的增加,减水率增大。当 B 为 0.5% ~ 2% 时,减水率为 12% ~ 18%,完全满足泵送要求。

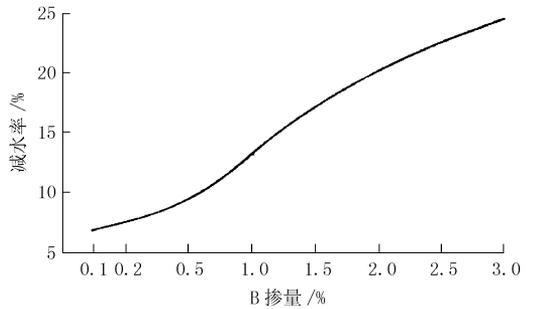


图 3 减水率回归曲线

### 1.1.2 A 材料组成和配比试验

A 材料是 S 型添加剂的关键部分,其形态为液体,粘度应符合计量泵的使用要求,主要作用是速凝、早强、抗渗等,能完全取代现有的液体速凝剂。A 材料既能与 B 材料配合使用,又能在无 B 材料的特殊条件下,与多数单一的减水剂、泵送剂等配合使用,基本不降低材料的使用效果,达到湿喷要求。

#### 1.1.2.1 胶凝时间

A 材料最重要的性能是速凝。我们首先按混凝土材料的国家标准,试验水灰比为 0.4 时,水泥净浆的胶凝时间,以便调整掺量。由于喷射混凝土的液体速凝剂无国家标准,故只能参照粉状速凝剂的标准执行。试验结果见图 4。从图 4 可见,在 A 掺量为水泥质量的 4% ~ 8%、B 为 0.5% ~ 2% 时,混凝土材料的胶凝时间达到国家标准,能够满足喷射要求。

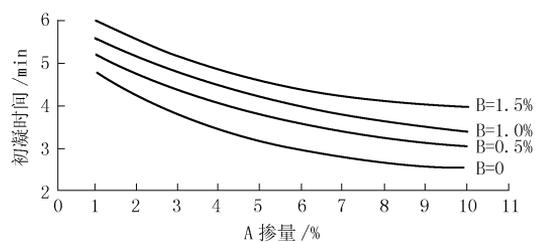


图 4 胶凝时间回归曲线

#### 1.1.2.2 抗压强度

抗压强度是喷射混凝土材料的重要性能指标,一般以加入外加剂后,材料的 1 天抗压强度,以及 28 天掺外加剂与不掺外加剂的抗压强度之比来表示。试验参照粉状速凝剂的国家标准进行,结果如图 5、图 6 所示。

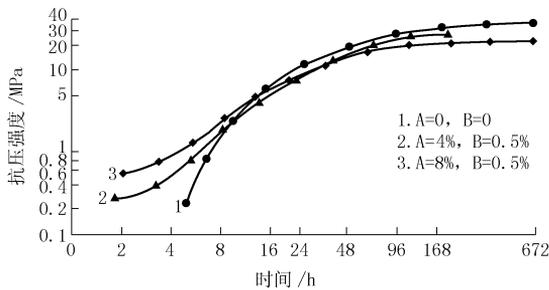


图 5 抗压强度回归曲线

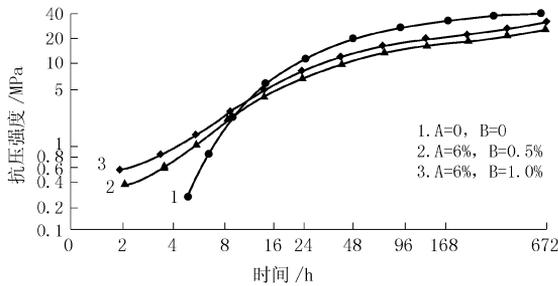


图 6 抗压强度回归曲线

可见, A 掺量 4% ~ 8%, 无论 B 掺量如何变化, 试件的抗压强度值均能满足喷射混凝土的要求。B 掺量为 0.5% ~ 2% 时, 技术经济效果较好。

在此基础上, 还进行了抗拉强度、收缩性、抗渗性、抗冻性、水泥相容性试验。结果证明, 当 A 为 4% ~ 8%、B 为 0.5% ~ 2% 时, 喷射材料的性能均达到有关的国家标准, 适合于湿式喷射。

### 1.2 生产试验

(1) 在重庆渝长公路铁山坪隧道进行现场试喷。设备是采用稀薄流方式喷射的 TK-961 型湿喷机。喷射时一次喷厚边墙为 60 ~ 80 mm, 拱部为 50 ~ 60 mm; 测得边墙回弹率 5% ~ 7%, 拱部回弹率 10% ~ 12%; 粉尘浓度为喷头附近  $8.4 \text{ mg/m}^3$ , 喷射区附近  $6.1 \text{ mg/m}^3$ , 喷射作业区内  $7.5 \text{ mg/m}^3$ 。施工单位对 S 型添加剂的试喷效果很满意。

(2) 在辽宁桓仁县大洼岭隧道进行了生产试验。设备是采用稠密流方式喷射的 HBT-20A 型混凝土湿喷设备, 喷射量约  $220 \text{ m}^3$ 。喷射后, 回弹率边墙为 8% ~ 10%, 拱部为 14% ~ 16%; 喷头附近粉尘浓度为  $7\% \sim 8 \text{ mg/m}^3$ , 喷射机附近为  $6 \sim 8 \text{ mg/m}^3$ 。与干喷相比, 综合成本降低约  $70 \text{ 元/m}^3$ , 生产单位认为效果很好。

### 1.3 使用工艺研究

在材料研究试验完成后, 进行了使用工艺的研究, 以确保 S 型添加剂的性能。主要包括 A、B 材料的掺量确定、称量、计量搅拌、掺量调节等几个方面, 在此不详细叙述。

## 2 研究结果

(1) 用于普通硅酸盐水泥的 S 型添加剂由 A、B 两种材料复合而成, A 为液体, B 为粉剂, 二者配合使用, 亦可单独应用。

(2) S 型复合添加剂的特性及掺量范围。①掺量: 材料 A 为 4% ~ 8%, 材料 B 为 0.5% ~ 2%; ②胶凝时间:  $t_0 = 3'20'' \sim 4'50''$ ,  $t_1 = 7'58'' \sim 9'40''$ ; ③抗压强度:  $R_{sh} = 2.5 \sim 3.1 \text{ MPa}$ ,  $R_{1d} = 7.1 \sim 7.8 \text{ MPa}$ ,  $R_{7d} = 18.0 \sim 20.2 \text{ MPa}$ ,  $R_{28d} = 25.9 \sim 27.8 \text{ MPa}$ , 28 天抗压强度比为 81.4% ~ 87.7%; ④抗渗强度  $\geq 1.0 \text{ MPa}$ 。

(3) S 型添加剂的使用工艺。

## 3 结论

经上述研究试验可以看出, S 型添加剂集提高混凝土拌和料的和易性和流动度, 以及液体速凝剂的性能于一体, 代替原来使用的减水剂、泵送剂等多种单一外加剂, 使喷射材料在拌和过程中具有良好的和易性, 在输送过程中具有良好的泵送性, 喷射到岩壁后具有显著的速凝、早强、抗渗、后期强度同未掺时相比降低较少等效果。具体特点如下:

(1) S 型添加剂材料工艺新颖, 性能可靠, 既满足了混凝土材料拌制和输送的和易性要求, 又满足了喷射需要。

(2) 适应性强, 对现有的设备、工艺等均能适应, 适合于推广应用。

(3) 使用方便灵活, 易于控制掺量, 添加剂中材料 A 掺量范围为 4% ~ 8%, 材料 B 掺量为 0.5% ~ 2%。前者由湿喷设备的计量泵控制掺量, 后者直接加于拌和料中, 二者均可根据现场情况随时调节。在无材料 B 的特殊情况下, A 材料可单独使用, 或其他性能相容的减水剂、泵送剂等配套使用, 也能达到较好的湿喷效果。

(4) 无毒、无害、无异味, 便于运输、贮存、使用。

(5) 其性能受水泥品质、水灰比、集料粒度、温度、水质及其他外加剂等多种因素影响, 因此, 每个工程都应根据实际情况进行预配、试验、调整。

## 参考文献:

- [1] 王异, 周兆桐. 混凝土手册(第三分册)[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1985.
- [2] GBJ 86-85, 锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].
- [3] 中国建筑科学研究院混凝土研究所. 混凝土实用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [4] 张家识, 彭吉中. 锚喷支护施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1984.