

PS6I 矿用混合型湿喷机组的设计及性能分析

陈 杰¹, 荆升国¹, 李 鉴¹, 谢文兵²

(1. 中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116; 2. 煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘 要:为解决现有干式喷浆机易堵管、粉尘大、回弹率高和抗压强度低等问题,设计了一种 PS6I 矿用混合型湿喷机组,其采用独立制浆机和抽浆泵的结构,易于精确掌控物料的配比并促成干料和湿料的均匀混合。同时干湿料的区分输送大幅降低了粉尘浓度和堵管概率,既改善作业环境,又有效地保证干湿料的连续传输,喷混凝土连续作业能力增强。现场分别收集干式喷浆机和 PS6I 矿用混合型湿式喷浆机作业的混凝土试块及回弹料,并测试各区域粉尘浓度,通过实验室单轴试验和理论计算对比分析两者的技术经济指标。结果表明,PS6I 矿用混合型湿喷机组喷浆相比较干式喷浆机作业,回弹率降低 10%,喷混凝土抗压强度提高 22.4%,粉尘浓度降低 46.1%。

关键词:湿式喷浆机;锚网喷支护;回弹率;粉尘浓度

中图分类号:TD353.5 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-2336(2014)03-0081-04

Design and Performances Analysis on PS6I Wet Concrete Shooter Machine in Coal Mine

CHEN Jie¹, JING Sheng-guo¹, LI Jian¹, XIE Wen-bing²

(1. School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. National Key Lab of Coal Resources & Safe Mining, Xuzhou 221116, China)

Abstract: In order to solve the problems of dry shotcrete machine, such as easy blocking pipe, high dust concentration, high rebound rate and low compressive strength, PS6I wet concrete shooter machine was designed which adopted a structure of independent pulping machine and a slurry pump, it was easy to control the material proportioning precisely and mix the dry and wet materials. Besides, wet and dry material were transported separately to improve the quality of working atmosphere, and effectively guarantee the continuous transmission of wet material and the spray concrete continuous operation ability, which also greatly reduced the dust concentration and the risk of blocking pipe. The concrete samples and rebound material different from dry shotcrete machine and PS6I wet concrete shooter machine were collected and the dust concentration of each district was tested. The uniaxial material tests and theoretical calculation were applied to analyze the technical and economic index for both of them. Compared to dry shotcreting, PS6I wet concrete shooter machine rebound rate decreased 10%, its concrete compressive strength increased 22.4% and the dust concentration decreased 46.1%.

Key words: wet concrete shooter; bolting and shotcreting with wire mesh; rebound rate; dust concentration

0 引 言

随着锚喷和锚网喷支护在我国煤矿巷道支护中的发展,喷射混凝土技术与机具的研究和发展也逐步深入^[1-2]。由于干式混凝土喷射机和湿式混凝土喷射机存在喷射粉尘大,回弹率高,喷射混

凝土的强度低,机器橡胶板耗材消耗较多等问题^[3-5],湿式喷射机随之出现。从 20 世纪 60 年代起,西方发达国家逐渐推行湿喷技术,开发湿式混凝土喷射机,现在有些西方国家,湿喷使用达到 80%,我国也在 20 世纪 70 年代开始发展湿喷技术及喷射机械^[6-7]。国内外用于各类工程中的湿喷

收稿日期:2013-10-31;责任编辑:赵 瑞 DOI:10.13199/j.cnki.est.2014.03.022

基金项目:煤炭资源与安全开采国家重点实验室自主研究课题资助项目(SKLCRSM08X01)

作者简介:陈 杰(1991—),男,江苏如东人,硕士研究生。Tel:15105200901, E-mail:chenjie19910106@126.com

引用格式:陈 杰,荆升国,李 鉴,等.PS6I 矿用混合型湿喷机组的设计及性能分析[J].煤炭科学技术,2014,42(3):81-84.

CHEN Jie, JING Sheng-guo, LI Jian, et al. Design and Performances Analysis on PS6I Wet Concrete Shooter Machine in Coal Mine[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(3): 81-84.

机,按其工作原理可分为泵送型和风送型^[8]。泵送型主要有活塞泵式、螺杆泵式、挤压泵式等,如瑞士生产的 Robojet041,芬兰生产的 Spraymec9150,西德生产的 S8,日本生产的 PC08-60M,我国研制的 PSB-5A、HPS-4ZA 等。风送型主要分为转子式、转子活塞式、螺旋式、罐式、叶轮式,如我国相关单位研制的 JSP5/10、TK-961、HTS 系列产品等。近年来,针对井下湿式喷射混凝土条件,湿喷机研究又有了新的进展。马千里等^[9]对 SPL-4 型湿式混凝土喷射机的应用进行研究,通过压风和螺旋排料结构解决了湿喷机的易粘结堵管问题。胡林^[10]研制出气、泵结合机构的 PS4J 煤矿井下湿喷机组及成套工艺。马利等^[4]选用 SPB7-T 型湿喷机研究了岩巷快速湿式喷射混凝土技术。笔者对 PS6I 矿用湿喷机组的结构特点、作业工艺进行研究,同时通过井下工业试验对比分析该喷射机组的喷射性能和效果,以期说明湿喷装备技术的成熟,应逐步推广适用于煤矿井下喷射混凝土作业。

1 PS6I 矿用湿喷机组结构及工作原理

PS6I 矿用湿喷机组工作原理是输浆泵将水泥制浆机搅拌好的水泥浆输送至水泥浆管路,喷射机将砂石拌合料输送至砂石拌合料输送管路,两者在合并机构内,利用高压风完成混凝土的混合、搅拌,最后从喷头喷出。湿喷机组主要由驱动装置、转子总成、气路系统、喷射系统、电气装置等部分组成,其结构和工作原理如图 1 所示。搅拌好的砂石拌合料由配料搅拌机卸料口(或人工拌料和上料)经过振动筛网进入喷射机料斗 18 中,由拨料器 16 拨动注入转子的直通料腔 17 中,随转子 4 旋流到出料口处,从风路系统 6 通入压缩空气,将物料吹入出料弯头 19,由旋流器 2 引入另一股压缩空气,并呈多头螺旋状态将物料吹散、加速,使其旋转、浮游,进入输送管路,在合并机构处与水泥浆混合、搅拌制成混凝土后,经喷嘴喷射出去。

制浆机主要由电动机、减速器、储料仓、搅拌机构、加水机构等组成,如图 2 所示。搅拌仓内水泥浆制好后打开阀门,排放到储料仓,其特点是搅拌仓和制浆仓均有搅拌叶片同步旋转,保证水泥浆的和易性。

PS6I 矿用混合型湿喷机组主要技术特征如下:
生产能力/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) 4~6

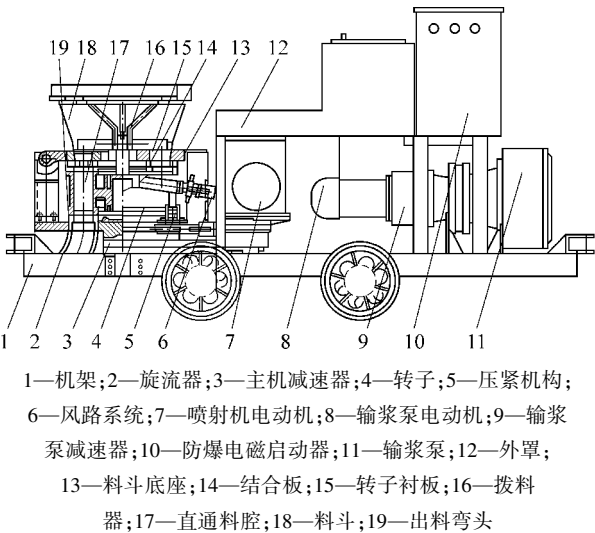


图1 喷射机主机结构

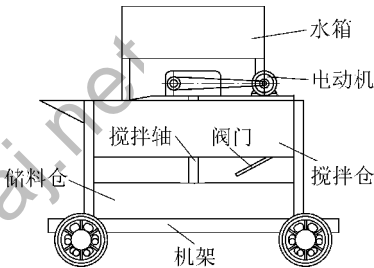


图2 制浆机结构

输送距离/m	60
适用水灰比	>0.40
最大骨料直径/mm	≤15
输料管内径/mm	57
额定工作压力/MPa	0.2~0.4
系统风压/MPa	≥0.6
耗气量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	≥10
上料高度/m	1.1
主机长×宽×高/(mm×mm×mm)	2 500×820×1 500
制浆机长×宽×高/(mm×mm×mm)	1 100×900×1 850
主机整机质量/kg	1 150
制浆机整机质量/kg	350

2 湿喷混凝土作业工艺

1) 开机前准备。清理工作面矸石,设备摆放整齐,确定湿喷机的位置,保证作业足够的操作空间;人员组织包括喷射机司机、喷射手、制浆工、上干料工等;喷射手和司机确定好开停机的信号;连接好管路、线路、风路,并检查连接是不是牢固;检查电气设备线路接点有无漏电,减速器润滑油是否充足;短时运转机器,注意喷射机和输浆泵运转方向是否正确;检查施加于结合板的夹紧压力。

2) 混合料的拌制。喷射混凝土各类材料中

水、水泥、黄沙、米石、速凝剂的质量配比为 0.50 : 1.00 : 2.00 : 1.50 : 0.04。其中黄沙和米石按比例在地面搅拌均匀后装车运至工作面,用孔径为 5 mm 的筛网对细集料(即黄沙)进行过筛,筛去细集料中粒径大于 5 mm 的石子;分别用孔径为 15 和 5 mm 的筛网对粗集料(即米石)进行过筛,筛去粗集料中粒径大于 15 mm 的大石子和小于 5 mm 的石粉与泥砂。注意检查粗细集料中不得夹杂有如螺栓、玻璃、铁丝、铁片等异物。

3) 开始混凝土喷射作业。缓慢打开总风阀,打开上风阀,关闭下风阀,观察喷头处是否有风吹出,然后关闭上风阀并打开下风阀观察喷头处是否有风吹出,如果不出风或风小,说明管路不通畅,必须清理管路;开启制浆机的电动机,分别向制浆仓添加水和水泥(每次 2 袋),搅拌 3~4 min 后,扳动控制阀门将成品水泥浆排入储料仓,然后关闭阀门,重新添加水和水泥制浆;将喷射机风路系统的下风阀缓慢开启 2/3,上风阀缓慢打开,此时主风路压力应调整为约 0.3 MPa,然后开启输浆泵,直至喷头有水泥浆喷出;启动喷射机主电动机、气动振动器,向喷射机料斗中添加砂石拌合料及粉状速凝剂,开始喷混凝土作业;通过旋转挤压泵上所设手轮(顺时针方向为增大流量)调整输浆泵流量,同时配合调整总风阀,直至喷射工认为射流速度合适。

4) 停止作业。停止向喷射机料斗添加砂石拌合料及粉状速凝剂,当确认料斗没有余料、喷头处没有砂石料喷出后,关闭振动器;清理完毕后关闭主电动机,同时用高压风清理浆管和干料管;卸下抽浆泵的抽浆管,接上水管,待泵排出清水时,关闭抽浆泵电动机;向制浆机制浆仓添加清水,清洗搅拌仓和储料仓完毕,即可关闭制浆机电动机,关闭总风阀,然后关闭电源。检查所有电路、风路、水路确保全部关闭。

5) 常见问题处理。出料不均,出现脉冲或者出料干,调大水泥浆的流量,同时严格控制制浆时水的容量,不得低于最小值;出现堵管,及时停机,逐步排查,管路用高压风清理。

3 现场工业性试验

3.1 试验巷道

在新郑煤电集团赵家寨煤矿西翼轨道大巷掘进工作面进行工业试验,巷道净断面面积 16.7

m²,掘进断面面积 18 m²,锚网喷支护,采用螺纹钢树脂锚杆 $\phi 20$ mm \times 2 000 mm,间排距 800 mm \times 800 mm;采用 $\phi 6.5$ mm 冷拔钢筋网,网孔距 80 mm \times 80 mm,搭接长度 100 mm,混凝土喷层厚度 100 mm,强度 C20。

3.2 喷射混凝土技术指标对比

1) 喷射混凝土抗压强度。分别对湿喷混凝土和干喷混凝土取样,在地面上养护 28 d^[9-11],加工成单轴抗压强度标准试件,直径为 (5.0 \pm 0.2) cm 的圆柱体,高径比为 (2.0 \pm 0.2),试件两端面平行度不得大于 0.01 cm,试件上、下端直径偏差不得大于 0.02 cm。经试验计算可得湿喷和干喷混凝土试件抗压强度均值分别为 25.09 和 20.49 MPa,强度均达到 C20 的要求,但湿喷比干喷增加 22.4%。湿喷和干喷抗压强度标准分别为 1.97 和 2.59 MPa,说明 PS6I 矿用湿喷机组相比较干喷机,其性能更加稳定。

2) 喷射混凝土回弹率及经济效益。影响喷射混凝土回弹率的因素主要有工作风压、配料比、作业位置和喷射角度^[11-14]。湿喷混凝土回弹率最大位置为顶部(16.6%),最小位置为直墙部位(12.5%),综合回弹率为 15%;干喷顶部回弹率 26.4%,直墙部分回弹率 22.9%,综合回弹率 25%。喷射材料黄沙 135 元/m³,米石 95 元/m³,425 号水泥 326 元/t,速凝剂 765 元/t。以轨道大巷断面为例,掘进断面为 18 m²,平均喷层厚度为 100 mm,干式喷射时,每米巷道需喷射混凝土 11.2 m³;湿式喷射时,每米巷道需喷射混凝土 12.7 m³,按照混合料的配置比例计算,每米巷道湿喷比干喷节约 422.5 元。

3) 喷射混凝土粉尘浓度。喷射作业时粉尘量最大的 2 处是制浆机附近和喷头处,湿喷作业相比干喷作业,粉尘浓度显著下降。除在喷射机后方喷雾降尘,还需采用个体防护。

4 技术性能对比

煤矿井下混凝土湿喷技术的关键在于现场制备混凝土,PS6I 湿喷机组利用高压风取代搅拌机完成混凝土的混合搅拌,简化设备结构,井下适应性增强。生产能力和输送距离有进一步的提升,但相比较国外生产先进机器仍有进步空间。PS6I 矿用湿喷机组与国内外典型湿喷机性能比较情况见表 1。

表1 国内外湿喷机主要技术性能

性能参数	TK-961	HTS 300	Spraymec9150	PS4J 型湿喷机	PS6I 型湿喷机
生产能力/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	4	4	8~30	4	6
结构类型	转子活塞式	叶轮式	活塞泵式	挤压泵供料风送式	转子式
输送状态	气送型,稀薄流	气送型,稀薄流	泵送型,稠流	气泵结合,稀薄流	气泵结合
输送距离/m	40	40	>200	40	60
输送高度/m	20	20	50	20	20
驱动方式	机械	机械	液压	机械	机械
骨料最大粒度/mm	≤ 15	≤ 15	≤ 25	≤ 15	≤ 15
工作风压/MPa	0.2~0.5	0.2~0.5	0.6~0.7	0.3~0.5	0.2~0.4
耗风量/($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	≥ 9	8~10	7~10	10	≥ 10
功率/kW	8.6	5.5	45	13	7.5
质量/kg	2 000	—	15 500	1 500	1 200
煤矿井下适应性	不适应	不适应	不适应	适应	适应
堵管情况	易	易	不易	不易	不易

5 结 语

PS6I 矿用湿喷机组优化机械结构,喷射效果显著提升,性能稳定,社会经济效益显著,在煤矿中具有广阔的应用前景。同时,针对现场试验情况,笔者认为湿喷机组应进一步做以下深入研究改进:设计堵管报警装置,自动监测管路的流畅程度;结合产生自动冲洗装置,使机器清理维护更为方便快捷;深入研究成套的除尘降弹技术;进一步完善成套机械化工艺,减轻劳动强度和提高整体作业效率,向小型化、轻型化、智能化、自动化方向发展。

参考文献:

[1] 赵显东,王桂荣.混凝土喷射机在我国的应用与发展[J].煤矿机械,1998,19(10):1-3.

[2] 许天恩.混凝土喷射机现状和发展趋向[J].煤炭科学技术,1997,25(9):34-37.

[3] 胡汉月,张 明,朱菊根,等.湿式喷射混凝土设备的研究[J].探矿工程,2000(1):10-12.

[4] 马 利,许 鹏.岩巷掘进快速湿式喷射混凝土支护技术[J].煤炭科学技术,2013,41(4):5-7.

[5] 马宝祥.湿式混凝土喷射机的发展及应用[J].河北建筑科技学院学报,2000,17(3):49-51.

[6] 邸建友,宋召谦.湿喷技术在巷道支护中的应用分析[J].山西建筑,2003(3):41-43.

[7] 贺 超.SPL-4 型湿式混凝土喷射机的研究分析[J].煤矿开采,2010,15(1):83-84.

[8] 吴书彦.PZ-5B 型混凝土喷射机的应用[J].煤炭科学技术,1996,24(9):37-39.

[9] 马千里,张雨良,邱天德,等.SPL-4 型湿式混凝土喷射机应用及性能分析[J].煤炭科学技术,2009,37(1):30-33.

[10] 胡 林.煤矿井下湿式混凝土喷射机技术的研究与应用[J].煤炭科学技术,2009,37(7):9-11.

[11] 王贯东,周 明,徐成亮.MYECO Altera 湿喷机在煤矿井下的应用[J].煤矿开采,2010,15(6):73-75.

[12] 张惠玲,彭蕙蕙,陈友治.降低机制砂喷射混凝土回弹率的技术措施[J].混凝土,2003(3):110-112.

[13] 芦 超,刘一新.锚喷巷道喷射混凝土施工中降低回弹率的途径[J].煤炭技术,2001,20(2):37-38.

[14] 张景成,陈文波,杨国承.降低喷射混凝土回弹率的方法[J].煤矿机械,2001,22(8):54-56.

(上接第 56 页)

[6] 周心权.煤矿采空区自燃防治和应急处置能力提高的建议[J].煤炭科学技术,2013,41(9):151-153.

[7] 王谦源,李 洋,曹春蕾.矿山充填技术与胶凝材料[J].采矿技术,2013,36(3):1-6.

[8] 郭剑明.煤自燃火灾防治新技术及矿用新型密闭堵漏材料的研究与应用[D].太原:太原理工大学,2008:115-116.

[9] 梁运涛,罗海珠.中国煤矿火灾防治技术现状与趋势[J].煤炭学报,2008,33(2):126-130.

[10] 李 伟,杨胜强,鹿存荣.元堡煤矿 1901 工作面初采期防灭火技术[J].煤矿科学技术,2012,40(1):66-69.

[11] 梁永东.矿井均压防灭火技术简述、运用及展望[J].煤矿现代化,2007(5):26-27.

[12] 吴 兵,郭 海,赵 灿,等.正压通风矿井自燃防治技术研究及救灾实践[J].矿业安全与环保,2012,39(5):69-74.

[13] 郭 海,吴 兵,王立兵,等.正压通风矿井煤层群火区治理技术[J].煤矿安全,2012,43(5):33-35.

[14] 郑忠亚,侯金玲,梁 成,等.资源整合矿井小煤矿采空区火区探测技术[J].煤炭科学技术,2013,41(4):68-70.

[15] 李斯昊.均压通风技术在浅埋藏厚煤层综放工作面的应用[J].山西煤炭,2011,31(4):61-62.