

湿喷混凝土在矿山支护工程中的应用

康金箭

(湖南有色金属职业技术学院,湖南 株洲 412006)

摘要:某矿山使用大型无轨设备作业,巷道断面面积较大,由于井下地质条件差,巷道支护困难.为解决此问题,引进了混凝土湿喷技术,采用以湿喷塑料纤维混凝土+锚杆为主体的机械化支护新工艺,较好的解决了巷道支护问题.

关键词:湿喷混凝土;塑料纤维;锚杆;巷道支护

中图分类号:TD353.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2014)04-0013-04

Application of the wet shotcrete in mining supporting engineering

KANG Jinjian

(Hunan Nonferrous Metals Vocational and Technical College, Zhuzhou 412006, China)

Abstract: A mine uses the trackless equipment to work, yet it has a big sectional area of roadway. Because of the poor geological conditions, the roadway support is very difficult. To solve this problem, the shotcrete technology has been introduced. It adopts the new technology of the mechanized support with the main body of wet spray plastic fiber concrete plus anchor. Thus, it can better solve the problem of the roadway support.

Key words: wet shotcrete; plastic fiber; the supporting of roadway; bolt

我国黔西南某金矿,生产能力 50×10^4 t/a,为机械化程度较高的现代化地下矿山.该矿山工程地质条件复杂,地质构造发育,风化作用强烈.工程岩体主要由三叠系中统许满组的粉砂岩、粘土岩、砂岩组成.粘土岩十分松软、破碎,岩体质量为IV-V,质量属坏-差,遇水易软化而跨塌,稳定程度很差,基本无自稳能力;砂岩相对较好,岩体质量为III-V,质量属差-中等,稳定性一般.矿体位于上述二岩体的断裂破碎带中,并与围岩性基本相同,但比围岩要松散破碎.实际生产中,巷道变形在较多的地段都表现出明显的软岩特性.

矿山主要使用大型无轨设备进行作业,由于设备运行的需要,巷道断面积一般在 $20 \sim 28$ m² 之间,巷道支护难度较大.矿山最初采用干喷混凝土+锚网为主的巷道支护工艺,但效果不理想,生产效率低,支护效果差,成本高昂且作业条件差.为

此,矿山目前在巷道支护中引进了混凝土湿喷技术,采用以湿喷塑料纤维混凝土+锚杆为主体的机械化支护新工艺,较好的解决了巷道支护中的上述问题.

1 湿喷混凝土发展现状

湿喷混凝土是将水泥、骨料和水按设计配比拌和均匀,用湿式混凝土喷射机压送到喷头处,再在喷头处加入添加剂后喷出的喷射混凝土方法.与干喷法相比有粉尘少、回弹率低、水灰比精确可控、自动化程度高等优点.

湿喷混凝土技术于20世纪60年代在欧洲伴随新奥法巷道施工技术而产生,并迅速得到发展和推广.近几年来,湿喷混凝土已成为发达国家主要的喷砼作业方式(见表1),甚至在一些重要工程

中,已经以立法的方式要求必须采用湿喷工艺^[1].

表1 国外喷射混凝土方法及年消耗量^[2]

国家	干喷比例/%	湿喷比例/%	年消耗量/(m ³ /a)
意大利	0	100	700 000
瑞士	10	90	150 000
法国	10	90	250 000
西班牙	20	80	300 000
日本	10	90	250 000
英国	20	80	100 000
德国	50	50	500 000
美国	70	30	600 000

我国自20世纪80年代才开始引进并使用混凝土湿喷技术,但主要应用于水利、水电和地铁等大断面地下工程中^[3-10].在地下金属矿山,湿喷技术及设备的应用尚处于起步阶段.

2 湿喷混凝土在矿山巷道支护中的应用

黔西南某金矿井下巷道工程主要有3种断面积:5.0 m×5.5 m,4.5 m×5.0 m,4.5 m×5.0 m(一边为充填体),施工过程中,爆破、通风、出渣作业完成后,立即用纽曼特喷浆台车对爆破后的裸露岩石进行湿式喷浆,封闭岩石裂隙,约2 h后,再打锚杆和挂网,最后喷砼至设计厚度.矿山利用围岩松动圈支理论对喷锚支护设计,并通过喷锚支护工业试验进行了验证和优化,最终确定的支护程序包含喷射70~80 mm纤维混凝土;打2.4 m锚杆挂网(巷道两侧打管缝锚杆,顶部打树脂锚杆);喷射纤维混凝土覆盖钢网.其湿喷混凝土工艺技术如下.

2.1 湿喷混凝土工艺流程

该矿山湿喷混凝土技术主体工艺流程如图1所示.混凝土搅拌站设在地表,原材料通过自动计量装置计量,使用强制式搅拌机进行搅拌.配制好的混凝土使用罐车运送至井下,供给工作面的湿喷台车,由人工遥控进行喷射作业.整个过程机械化程度高,生产效率高.

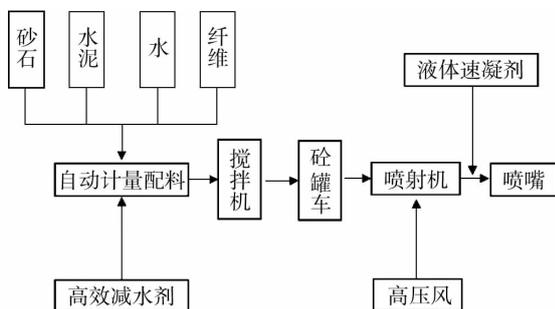


图1 某金矿湿喷混凝土技术工艺流程

2.2 原材料及配合比

2.2.1 配比

配比是混凝土湿喷作业中比较重要的参数,矿山通过配比试验,并经过现场工业试验优化,最终确定材料用量水泥400~440 kg/m³,水180~198 kg/m³,砂石1740 kg/m³,塑料纤维5 kg/m³,减水剂为水泥的0.8%,速凝剂为水泥的8%,设计强度为C25,单位成本为598.7元/m³.

2.2.2 原料

1) 骨料:使用砂石作为骨料.在满足纽曼特湿喷台车对骨料粒度要求的前提下,矿山经过实验,确定最优的骨料粒径为-10 mm,粒径组成曲线如图2所示.

2) 水泥:采用42.5级的水泥,符合GB175-2007《通用硅酸盐水泥》标准.

3) 水灰比:合理的水灰比为0.4~0.45,坍落度控制在160~200 mm.

4) 纤维:使用塑料纤维(见图3),掺量为5 kg/m³.

5) 减水剂:型号:RHEOPLUS 26, pH:6~8,掺量为水泥用量的0.8%.

6) 速凝剂:型号:Meyco SA167, pH:2.6,掺量为水泥用量的6%~8%.

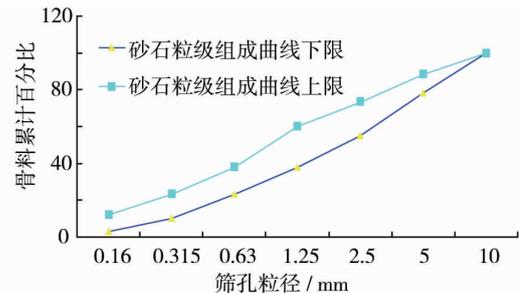


图2 砂石粒径组成曲线图



图3 塑料纤维

2.3 材料制备及运输

2.3.1 材料制备

严格按照设计的配比制备混凝土,配料误差控制在±3%.使用JS1000型强制式搅拌机拌料,搅拌时间为2~4 min.

为或得更好的搅拌效果,根据物料性质的不同控制投料顺序,投料顺序为:砂子+纤维-水泥-水-减水剂(搅拌进行中加入)。

2.3.2 混凝土运输

配制好的混凝土使用 5.6 m^3 的纽曼特 Utimtec 1600 Agitator 混凝土拌料运输罐车运送至井下,工作面使用纽曼特 SPRAYMEC 1050 WPC 电-液控制湿喷台车进行作业。

根据材料试验确定的初凝时间,混凝土运输过程中应注意:

- 1) 注意罐体中混凝土的时间不超过 2 h;
- 2) 若从开始运输至开始喷浆时间超过 2 h,根据料浆情况,加入适量的缓凝剂,参量是一罐料的 6%~8%,这时可以等待 2 h,料浆还能继续喷出。

2.4 湿喷混凝土施工关键技术

2.4.1 现场喷射作业前准备工作

喷射前,对受喷面进行清理,用高压水冲洗受喷面,将松散或震裂的岩石、石屑、土或其它松散材料、油膜或其它有害物质从表面清除(见图4),同时清洗和湿润邻块喷层之间的施工缝;对于二次喷射的区域,也要用高压水清洗(见图5)。



图4 高压水清洗工作面



图5 高压水清洗二次喷射区

2.4.2 喷射距离与角度

喷浆角度和距离不当会对喷浆质量产生明显的负面影响,如密实度和强度较差等,而且将明显增加回弹率。在湿喷作业中,喷嘴与喷面的距离控制在 1~2 m 之间,喷射方向与受喷面垂直,见图6和图7。

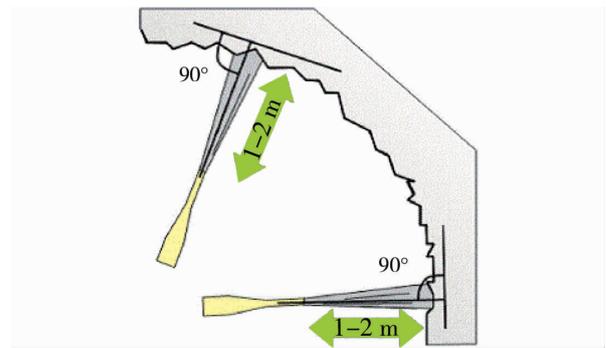


图6 喷射角度与距离



图7 现场喷射作业

2.4.3 喷射厚度的确定及控制方法

矿山设计喷射厚度为 75 mm,各工作面湿喷料消耗指导值如表 2。

表2 工作面湿喷料消耗指导值

掌子面尺寸/(m×m)	喷浆量/ m^3
5.0×5.5	5.5
4.5×5.0	4.5
4.5×5.0(一边为充填体)	4.0

喷层时,用插筋法控制喷层厚度,喷层后,用钻孔法测试喷层的厚度,喷层厚度不足时,补喷至设计厚度。

2.4.4 湿喷机操作

1) 启动喷射机时,先送风,后加料,待混凝土从喷嘴喷出后再供给速凝剂。

2) 止喷射时,关闭速凝剂计量泵,之后停止加料,待喷嘴残留的混凝土及速凝剂完全吹净后,再停风、停机。

3) 风压控制在 0.25~0.3 MPa。现场施工经验表明,风压控制在 0.25~0.3 MPa 时,混凝土回弹率最低,约为 10%。风压过大时,会大大增加回弹率;风压过小时,有造成堵塞事故的风险。

4) 堵管及故障排除:施工过程中如果发生堵管故障,处理流程为:先停主机电源,再停高压风,然后再行检查排除。故障排除时,严禁喷头或出料口对着自己和旁人,以防突然通畅,残余混凝土及管内高压风射出伤人。

3 湿喷混凝土技术总结

某金矿将湿喷塑料纤维混凝土引入巷道支护,

较好的解决了巷道支护中的问题,湿喷混凝土施工过程的部分经验总结如下:

1)合理的配合比,不仅能降低回弹率、节约成本,提高支护强度,而且对提高湿喷效率具有重要的意义.

2)湿喷混凝土作业中,水灰比控制非常重要,可影响混凝土的流动性、凝固时间和强度发展.混凝土抗压强度随着水灰比的增大而降低,流动性随水灰比的增大而增强,水灰比越大,初凝终凝时间越长,见图8和图9.

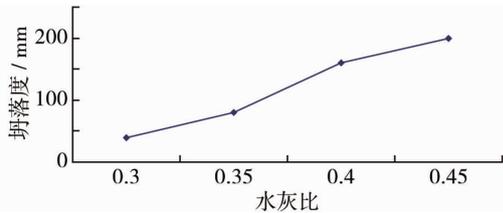


图8 水灰比对混凝土坍落度的影响

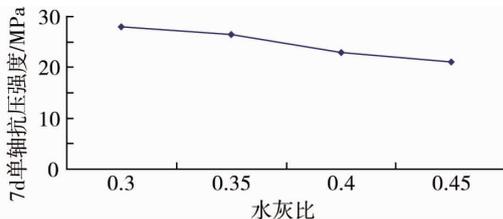


图9 水灰比对混凝土7d强度的影响

3)速凝剂在喷射混凝土中起着不可或缺的作用,加速混凝土凝固、提高早期强度,见图10.

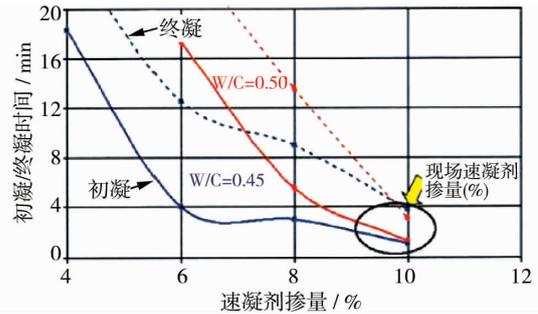


图10 速凝剂掺量与初凝终凝时间关系图

现场试用及试验表明:速凝剂掺量太少,起不到速凝效果,喷层容易脱落增大回弹率.速凝剂掺量太大,使得混凝土瞬时凝固形成坚硬表面增加回弹率.

4)与传统的干喷法相比,湿喷混凝土具有明显的较优的技术经济指标.表3为矿山湿喷混凝土与原有的干喷法技术经济比较.

从表3可以看出,湿喷混凝土的直接成本高于干喷混凝土,但考虑回弹率的因素,2种方案的直接成本接近.湿喷混凝土较干喷有更高的支护强度,且作业条件大大改善,生产效率高.从矿山实际生产的统计数据来看,湿喷混凝土技术的引进,大大提高了井巷工程的进度,矿山掘进月进尺平均可达到180 m.

表3 干、湿喷混凝土技术经济比较表

方法	单轴抗压强度 (28 d)/MPa	直接成本 /(元/m ³)	回弹率 /%	考虑回弹量后 直接成本/(元/m ³)	喷射混凝土 效率/(m ³ /h)	测粉尘质量 浓度/(mg/m ³)
干喷法	21.4	457.9	>30	654.1	≤5	30~120
湿喷法	42.0	598.7	≈10	665.2	≥14	8~13

4 结论

1)合理的混凝土配合比,对降低回弹率、节约成本,提高支护强度、效率具有重要意义.实践表明:水灰比为0.4~0.45,塌落度为160~200 mm时,湿喷混凝土效果最好.

2)从矿山实际应用的情况看,湿喷混凝土虽然在设备投资及直接成本方面较高,但就总体工程施工而言,湿喷混凝土的施工质量、环境效益、经济效益和施工效率明显优于干喷法.

3)随着我国矿业技术的提升以及矿山对作业环境、施工质量等要求的提高,湿喷混凝土技术在地下矿山逐步推广并取代干喷法是必然的趋势.

参考文献:

[1] 单强,李路,余一宋. 地下矿山湿喷技术应用现状与存在问题分析. 现代矿业,2011(3):77-80.
 [2] 韩斌,武栓军,李洪业. 高效机械化湿喷混凝土技术及

其在地下矿山的应用. 金属矿山,2009(5):23-26.
 [3] 韩斌,王贤来,文有道. 不良岩体巷道的湿喷混凝土支护技术. 中南大学学报(自然科学版),2010,41(6):2831-2832.
 [4] 李友强. 挪威法(NMT)在汕头液化石油气储库工程中的应用[J]. 世界隧道,2000(6):17-23.
 [5] 陈智. 秦岭隧道喷射钢纤维混凝土衬砌抗压/抗拉强度分析[J]. 岩土工程界,2001,4(11):57-59.
 [6] 屈延嗣,罗立强,王卫军,凌涛. 曲江煤矿深部岩巷破坏机理及锚索合理支护时间的确定[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2014,29(2):14-17.
 [7] 梁国臣. 西康铁路高骊沟隧道湿喷钢纤维混凝土施工[J]. 施工技术,2001,30(5):23,39.
 [8] 付卫新. 模筑钢纤维混凝土在磨沟岭隧道中的应用[J]. 隧道建设,2003,23(2):39-41.
 [9] 祖自银. 基于耦合支护技术的煤巷锚杆-锚索支护参数优化[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2013,28(2):7-11.
 [10] 火映霞,侯新宇,陆善佳,蒋立辰. 基坑土钉支护边坡有限元稳定性分析方法探讨[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2013,28(1):58-62.