

劈裂注浆加固方案及效果

黄辉,徐阳,甘黎嘉,何森*

(重庆安全技术职业学院,重庆 404020)

摘要:为解决复杂构造围岩体支护难、围岩变形量大的问题,采用劈裂注浆加固技术对某煤矿二采区辅运巷断层、陷落柱段进行注浆加固,提高复杂构造围岩体的整体承载能力.设计了合理的劈裂注浆加固方案并现场实施,结果表明:注浆加固实施后,巷道0~3 m内的破碎围岩被有效胶结在一起,形成了承载壳体,解决了围岩变形量大的问题,注浆效果显著.

关键词:构造围岩;劈裂注浆;浆液扩散;钻孔窥视

中图分类号:TD353 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2021)03-0024-05

Splitting Grouting Reinforcement Technology for Surrounding Rock Roadway

HUANG Hui, XU Yang, GAN Lijia, HE Miao

(Chongqing Vocational Institute of Safety & Technology, Chongqing 404020, China)

Abstract: In order to solve the problems of difficult support of surrounding rock masses and large deformation of surrounding rocks in complex structures, split grouting reinforcement technology is used to grouting and reinforce the faults and subsidence column sections of auxiliary transportation lanes in the second mining area of X Coal Mine to improve complex structures. The design and implementation of split grouting reinforcement scheme are carried out. Results show that after the grouting reinforcement is implemented, the broken surrounding rocks in the range of 0~3 m are effectively cemented together to form a bearing shell, which solves the problem of large deformation of surrounding rocks and has a significant grouting effect.

Keywords: tectonic surrounding rock; split grouting; slurry diffusion; drilling pee

在受地质构造影响的围岩中掘进巷道时,围岩内部原有弱面的平衡状态会被打破,致使围岩体内原有的弱结构面进一步扩展,裂隙进一步发育,并产生大量的新裂隙^[1-3].目前,复杂构造围岩巷道往往采用锚杆(索)支护、架棚支护或锚杆(索)+架棚的综合支护,由于该类支护方式支护成本高、支护阻力小,且围岩在应力作用下会被持续破坏,破碎程度将进一步加剧,针对该类巷道宜采用主动支护的方式对围岩加以控制,以此提升围岩自身的承载能力,而采用注浆加固是保障该类巷道围岩稳定的有效途径^[4]之一.

在劈裂注浆加固方面,国内外学者展开了大量研究工作,并取得一定的研究成果.王强等^[5]进行了水泥改性浆液的研制,并给出松软破碎围岩注浆时,浆液的合理配比;张玉^[6]对水泥基注浆材料浆液扩散规律和预测控制进行了试验研究,得出孔隙率、水灰比、注浆压力和注浆时间4个影响因素对浆液渗滤扩散的时空规律;张毅等^[7]通过室内注浆试验模拟现场的注浆工程,对比3种不同黏度的超细水泥浆液的注浆效果,结果表明低黏度超细水泥浆液具有良好的注浆效果;郭东明等^[8]采用超细硅酸盐水泥和泥岩试件

收稿日期:2021-02-26

基金项目:重庆市教委科学研究资助项目(KJQN201904703)

*通信作者,E-mail:376684136@qq.com

进行注浆试验,借助 CT 扫描技术对试件的 CT 数字图像进行多阈值分割处理,重点对注浆后试件的内部细观变化进行研究,结果表明超细水泥浆液注入岩石试件后裂纹出现劈裂延伸的现象;许宏发等^[9]利用非线性拟合分析,提出水泥结石体 28 d 强度与水灰比之间关系的经验公式、破碎岩体注浆加固体强度增长率的经验公式、岩体注浆前后剪切强度参数增长率的计算公式,现场实践数据值与计算公式计算值基本吻合;董浩^[10]基于浆液性能控制的岩溶裂隙注浆扩散规律进行研究,分析了析水性和流动性的相互作用关系,并对水灰比、外加剂进行优选,对配比进行优化,最终确定了满足施工要求的新型浆液配比方案.综上所述,复杂构造围岩体注浆加固已取得了大量的研究成果.

1 工程概况

某煤矿二采区辅运巷承担二采区辅助运输、通风、行人的任务,为永久巷道.巷道沿东西方向布置,南为二采区 1[#]回风巷,北为二采区胶带巷,西邻二采区辅运巷西段,周边均为未采区.二采区辅运巷沿 3[#]煤层底板掘进,3[#]煤层均厚为 4.50 m,平均倾角为 5°,煤层顶底板岩层特征如图 1 所示.

岩层名称	岩性	层厚/m	柱状图	岩性描述
基本顶	细粒砂岩	5.15		灰色,中厚层状,有白云母、石英、长石碎屑
直接顶	砂质泥岩	1.70		深灰色,薄层状,上部含砂稍多,裂隙发育
煤层	3 [#] 煤	4.50		黑色,亮煤为主、暗煤次之,平均含有一层夹矸
直接底	泥岩	0.87		灰黑色,中厚层状,含植物化石松软
基本底	细粒砂岩	1.91		灰色,中厚层状,石英为主,含白云母碎片

图 1 3[#]煤层顶底板岩层柱状图

二采区辅运巷断面为半圆拱形,掘进高度为 4.62 m,掘进宽度为 4.60 m.由于巷道受 F11 断层、F13 断层、X₆ 和 X₇ 陷落柱等地质构造的影响,巷道采用锚网+锚索+29U 型钢棚联合支护的方法进行支护,锚杆采用 $\Phi 20$ mm \times 2 400 mm 的左旋螺纹钢锚杆,间排距为 800 mm \times 800 mm,锚索采用 $\Phi 18.9$ mm \times 7 300 mm 的 1 \times 7 股钢绞线,间排距为 1 570 mm \times 2 400 mm,29U 型钢棚棚距为 800 mm,且巷道表面喷射 200 mm 厚的喷浆层,具体支护方式如图 2 所示.由于构造围岩体松软破碎的特性,使得巷道在现有支护方案下围岩变形量较大,顶底板及两帮最大移近量分别为 1.1,1.2 m.

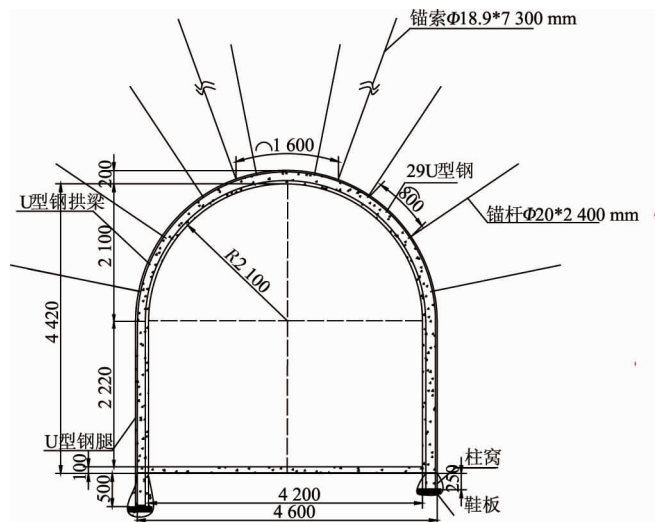


图 2 巷道原有支护断面(单位:mm)

2 注浆加固方案

2.1 注浆参数确定

1) 注浆深度为 3 m.

2) 注浆材料配比: 注浆材料为水泥-水玻璃, 水玻璃浓度为 38 波美度, 模数为 2.8, 水泥浆液水灰比为 0.5, 水泥浆 : 水玻璃 = 1 : 1.

3) 注浆压力: 通过现场观测构造围岩特征, 确定破碎围岩内裂隙开度的平均值为 3 mm, 注浆压力为 5~6 MPa, 终孔压力为 6 MPa.

4) 注浆孔布置: 巷道全断面上布置 7 个注浆孔, 钻孔规格为 $\Phi 42 \text{ mm} \times 3 \text{ 000 mm}$, 排距 3 m. 顶孔在巷道中轴线上垂直顶板布置; 拱肩孔距离帮孔 1.5 m, 与水平方向成 20° 夹角, 与顶孔在注浆长度方向上错开 1.5 m 布置; 帮孔距底板 1.5 m, 垂直巷帮布置; 底板注浆孔距底角 1.4 m, 与底板成 45° 布置. 注浆孔的位置如图 3 所示.

5) 单孔注浆量约为 0.266 t.

6) 注浆标准: 注浆压力达到 6 MPa 或单孔注浆量达到设计量时, 即可停止单孔注浆作业.

2.2 注浆施工工艺

注浆采用两循环注浆施工工艺, 一循环和二循环注浆孔排距均为 6 m. 注浆施工时先按照帮孔→拱肩孔→顶孔的顺序进行一循环注浆钻孔的打孔与注浆作业, 当一循环注浆完成后, 进行二循环注浆钻孔的打孔与注浆作业, 具体一、二循环注浆钻孔布置如图 4 所示.

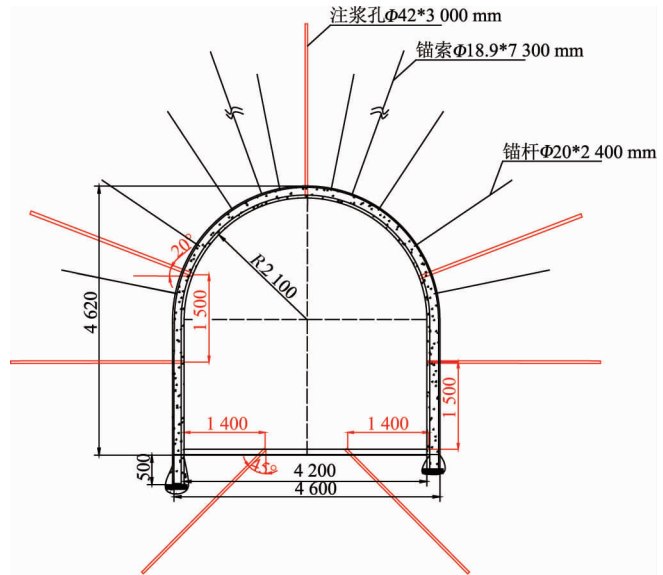


图 3 全断面注浆钻孔布置(单位:mm)

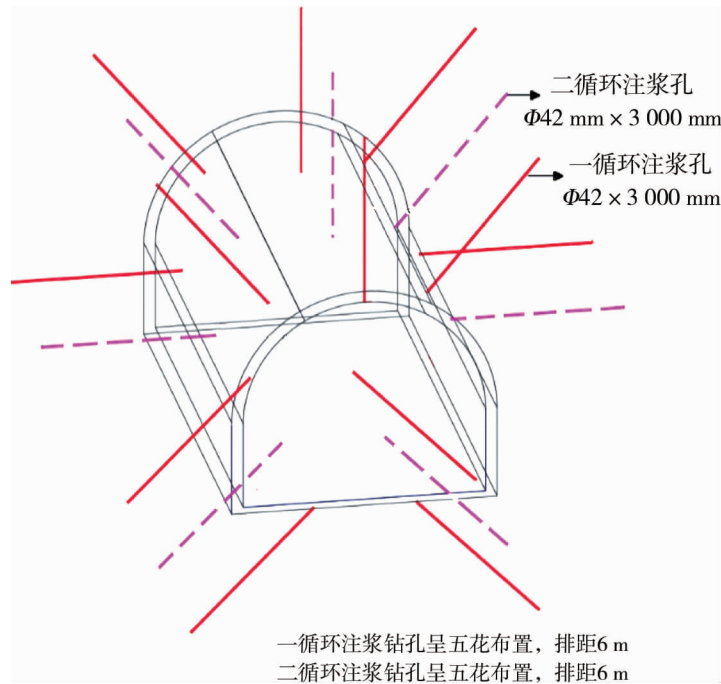


图 4 两循环注浆钻孔布置

3 注浆效果分析

3.1 钻孔窥视分析

由于注浆加固作业为隐蔽工程,在注浆结束后注浆效果不能直观显现,现采用 CXK12 矿用钻孔窥视仪进行注浆区域加固效果的窥视分析.窥视钻孔规格为 $\Phi 42 \text{ mm} \times 3\ 000 \text{ mm}$,在巷道顶板、左帮、右帮及底板分别布置 2 个窥视钻孔,窥视钻孔与注浆孔间距 1.5 m,垂直于巷道表面打设.顶板、两帮、底板 3 m 深围岩的窥视结果如图 5 所示.

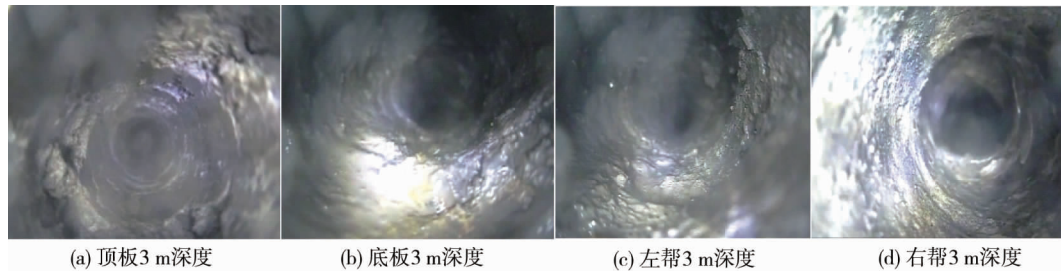


图 5 注浆钻孔窥视局部实际效果

根据钻孔窥视结果可知:二采区辅运巷复杂构造区域注浆后,巷道全断面 0~3 m 深度破碎围岩内浆液有效扩散,充填了破碎围岩内的裂隙和孔隙区域,钻孔壁致密完整性较好.这表明注浆材料在构造围岩内渗透均匀,破碎围岩被有效胶结在一起,达到了注浆方案预期目的.

3.2 巷道表面位移分析

在二采区辅运巷注浆加固前后,分别对巷道表面位移量进行持续一个月的观测,得出注浆加固前后围岩变形量曲线如图 6 所示.

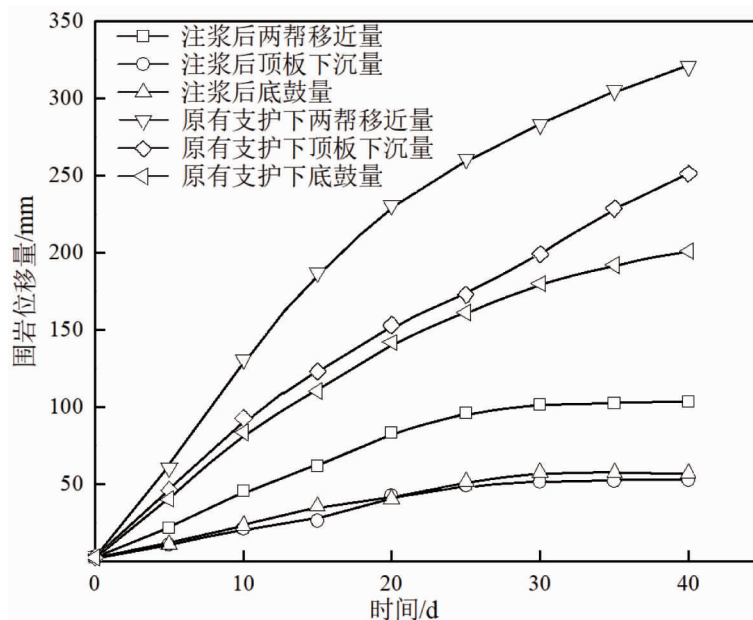


图 6 注浆加固前后巷道围岩变形量曲线

分析图 6 可知:巷道过陷落柱段在原有 U 型棚的支护下,围岩会呈现出持续不断的变形;在对围岩注浆加固后,巷道顶底板及两帮的变形量主要出现在注浆加固后的 20 d 内,注浆加固后巷道两帮最大移近量 103 mm,顶板最大下沉量 52 mm,底板最大鼓起量 57 mm,注浆加固后围岩变形得到了有效控制.

3.3 注浆效果现场观测

二采区辅运巷注浆加固段巷道由于变形严重,影响巷道的正常使用,矿方在注浆作业完成 50 d 后对

巷道进行扩帮,巷道左右两帮各扩 0.6 m,扩帮段即为注浆加固段,图 7 为扩帮后围岩内部浆液分布效果图。

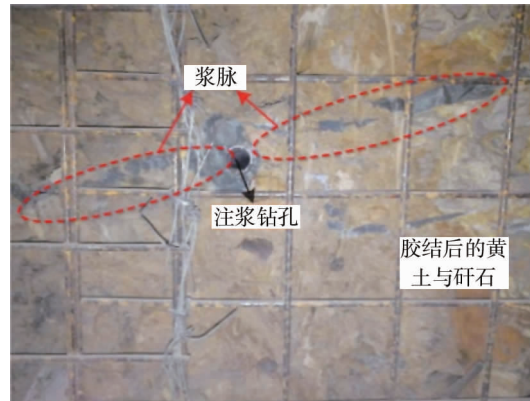


图 7 注浆后围岩内部浆液分布效果

由图 7 可知现场注浆完成后围岩内部 0.6 m 浆液的分布情况:浆液在构造围岩体内的扩散形态主要为劈裂与充填,浆液凝固后形成的浆脉在破碎围岩体内形成了良好的骨架结构,提升了围岩的承载能力,且随着与钻孔中心距离的增大,浆脉的厚度逐渐减小,浆液在 6 MPa 的注浆压力下,扩散半径为 2.7~3.0 m,本次注浆加固效果良好。

4 结论

1)复杂构造区域注浆后,浆液有效扩散并充填了破碎围岩内的裂隙和孔隙区域,破碎围岩被有效胶结在一起;注浆加固后,巷道型变量在合理范围内,表明注浆加固效果良好。

2)采用劈裂注浆加固能有效解决复杂构造围岩体支护难、围岩变形量大的问题。在多种支护方式支护效果不理想时,注浆加固是保障复杂构造围岩巷道稳定的有效途径。

参考文献:

- [1] 王兴开,谢文兵,荆升国,等.滑动构造区极松散煤巷围岩大变形控制机制试验研究[J].岩石力学与工程学报,2018,37(2):312-324.
- [2] 孟庆彬,韩立军,乔卫国,等.大断面软弱破碎围岩煤巷演化规律与控制技术[J].煤炭学报,2016,41(8):1885-1895.
- [3] 孟庆彬,韩立军,乔卫国,等.泥质弱胶结软岩巷道变形破坏特征与机理分析[J].采矿与安全工程学报,2016,33(6):1014-1022.
- [4] 王强.潞安矿区破碎煤岩体注浆加固技术研究及工程应用[D].北京:煤炭科学研究总院,2018.
- [5] 王强,冯志强,王理想,等.裂隙岩体注浆扩散范围及注浆量数值模拟[J].煤炭学报,2016,41(10):2588-2595.
- [6] 张玉.水泥基注浆材料浆液扩散规律和预测控制试验研究[D].北京:北京交通大学,2020.
- [7] 张毅,马有宝,左志昊,等.低黏度超细水泥浆液单裂隙注浆试验效果分析[J].煤矿安全,2020,51(11):55-60.
- [8] 郭东明,何天宇,杨仁树,等.裂隙岩石试件超细水泥注浆效果 CT 分析[J].采矿与安全工程学报,2017,34(5):987-992.
- [9] 许宏发,耿汉生,李朝甫,等.破碎岩体注浆加固强度估计[J].岩土工程学报,2013,35(11):2018-2022.
- [10] 董浩.基于浆液性能控制的岩溶裂隙注浆扩散规律及应用研究[D].北京:北京交通大学,2017.