

大跨度变形巷道复合注浆与锚固联合修复技术

常海雷¹, 郭相平²

(1. 山西天地王坡煤业有限公司, 山西 晋城; 2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013)

摘要 为解决大跨度近距离巷道群影响变形破坏巷道的加固难题, 以王坡煤矿二采区集中轨道巷为例, 分析了巷道变形破坏的程度及机理, 并据此提出复合注浆与锚固联合加固技术, 并应用于实践。研究结果表明, 大跨度巷道变形破坏是在近距离巷道群、临近工作面回采、地应力环境和原支护不合理的共同作用下发生的破坏, 破坏范围主要集中在顶板和两帮 4000mm 范围内, 破坏呈现松软破碎状态。针对巷道破坏情况提出首次水泥注浆, 二次化学注浆和三次注浆锚索施工的顺序加固方案, 达到充填围岩破碎裂隙, 恢复围岩完整性和实现围岩主动承载的目的。实践表明, 巷道围岩变形顶板下沉量小于 9mm, 两帮收敛 15mm, 围岩变形得到有效控制。

关键词 大跨度巷道; 复合注浆; 注浆锚索; 修复加固技术

中图分类号 TD353 **文献标识码** B **文章编号** 1006-6225 (2014) 01-0067-04

Technology of Combined Grouting and Anchored Supporting in Large-span Deformed Roadway

随着煤炭开采深度的增加, 顶板受力条件变得越来越复杂, 巷道围岩压力不断增大, 巷道维护更加困难。特别是当巷道跨度较大时, 极易出现围岩失稳变形, 导致巷道控制困难。大跨度易变形巷道的支护是目前亟待解决的一个重要问题。

近年来, 我国煤矿锚杆支护技术日趋成熟, 但在大跨度、大断面和“三软”煤巷等复杂困难条件下的巷道支护与加固问题仍不能很好解决。为了实现对此类巷道的有效控制, 大量科研院所的专家学者和煤矿企业的工程技术人员进行了很多理论的探索和实践, 也解决了此类巷道的一些实际问题, 取得了许多成功有效的案例^[1-4]。本文针对天地王坡煤矿大跨度集中轨道巷的大变形巷道控制难题, 提出并采用了复合注浆与锚固联合修复技术, 通过联合注浆加固, 充填裂隙岩体, 并进一步采用注浆锚索实现全长锚固补强巷道的支护体系, 实现了巷道的有效加固和控制。

1 试验巷道概况

王坡煤矿位于山西省晋城市, 主采 3 号煤层, 地层位于二叠系下统山西组下部, 平均采深为 450m。3 号煤层平均厚度为 5.97m, 煤体黑色, 具金属-玻璃光泽, 坚硬, 性脆, 内生节理裂隙发育, 局部煤质松软破碎, 局部含有 2 层夹矸^[5]。该煤层的物理力学性质比较特殊, 虽然单轴抗压强度较大, 但煤体内部弱面极其发育, 煤体性脆, 导致整体稳定性差。当下位煤体开掘后, 上位煤体失去

支撑, 其自身无法保持平衡, 容易导致煤体垮落。王坡煤矿二采区煤层及其顶底板地质和力学条件见表 1 所示。

表 1 王坡煤矿二采区 3 号煤及其顶底板岩性

岩性	层厚/m	强度/MPa	岩性描述
中砂岩	8.89	74.1	深灰色, 硅钙质胶结, 局部含有大量云母, 有时含有炭质条带, 具斜波状层理。
砂质泥岩	4.00	41.6	灰黑色, 夹薄层泥岩, 局部含有粗粉砂岩, 可见植物化石碎片。
炭质泥岩	0.30	11.0	黑色, 质软, 可见植物化石, 随采掘脱落。
3 号煤层	5.97	15.5	黑色, 亮煤为主, 具有金属-玻璃光泽, 坚硬, 性脆, 内生节理裂隙发育, 局部煤质松软破碎, 局部含有 2 层夹矸。煤层稳定, 全区可采, 煤层倾角为 2~10°, 平均为 6°。
泥岩或细粉砂岩	2.10	36.7	灰黑色, 含粉砂质和植物化石。
中砂岩	3.20	74.1	灰色, 具水平层理, 贝壳状断口。

二采区集中轨道巷、集中回风巷和集中胶带巷为二采区的主要准备巷道, 二采区变电所、水泵房等永久硐室, 分别布置在上述主要准备巷道之间, 造成局部巷道布置密度高、距离近, 形成了近距离高密度巷道群, 如图 1 所示。

二采区集中轨道巷断面尺寸为宽×高=4500mm×3100mm, 宽度达到 4500mm, 形成大跨度巷道。集中轨道巷与集中胶带巷间煤柱为 50m (中-中), 集中轨道巷与变电所间煤柱为 20m (中-中), 变电所与集中回风巷间煤柱为 20m (中-中), 各主要巷

收稿日期 2013-07-23

作者简介 常海雷 (1968-), 男, 山西晋城人, 工程师, 山西天地王坡煤业有限公司安全副总经理, 从事煤矿安全生产方面管理工作。

引用格式 常海雷, 郭相平. 大跨度变形巷道复合注浆与锚固联合修复技术 [J]. 煤矿开采, 2014, 19 (1): 67-70.

DOI 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.01.019

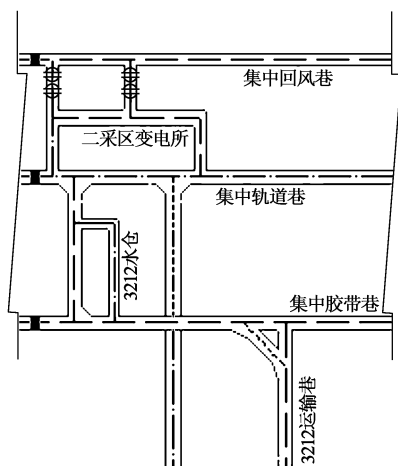


图 1 集中轨道巷附近巷道硐室布置

道与硐室间煤柱尺寸较小。二采区集中轨道巷沿煤层底板掘进,其顶板为 2.9m 的煤层、炭质泥岩、砂质泥岩和中砂岩等。原巷道支护设计采用锚杆索、喷浆联合支护技术,顶板采用 $\phi 20\text{mm}$, 长度为 2.4m 螺纹钢锚杆,每排 4 根,间排距为 $1000\text{mm} \times 900\text{mm}$,锚索规格为 SKP15.24-1/1860-

7300,居中布置,每排 2 根,间排距为 $2000\text{mm} \times 1800\text{mm}$;两帮采用 $\phi 20\text{mm}$,长度为 2.0m 螺纹钢锚杆,每排 3 根,间排距 $1200\text{mm} \times 900\text{mm}$;巷道表面喷浆处理。但在采区准备初期,集中轨道巷就出现两帮内挤、底板鼓出,帮顶喷层开裂的大变形现象,导致巷道无法正常使用,必须进行修复处理。

2 巷道破坏程度及机理分析

2.1 巷道破坏程度调查

煤矿巷道围岩钻孔窥视技术作为一种对围岩内部变形和裂隙发育特征的直观观测仪器,可以清楚地观测并记录各类巷道在掘进和维护期间的巷道内部变形和裂隙的扩展情况,对于分析巷道围岩内部的破坏规律和预测围岩变形都有较好的参考价值^[4]。为准确了解巷道围岩的破坏情况,对二采区集中轨道巷进行围岩结构钻孔窥视,对围岩中的破碎及裂隙发育地段进行拍照,如图 2、图 3 所示。

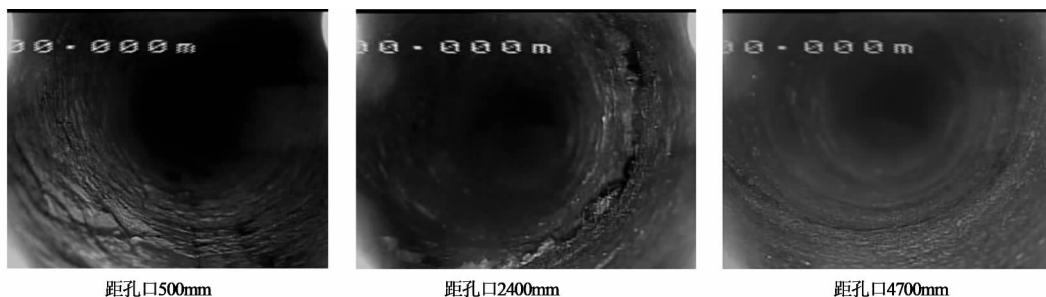


图 2 巷道顶板内部围岩结构

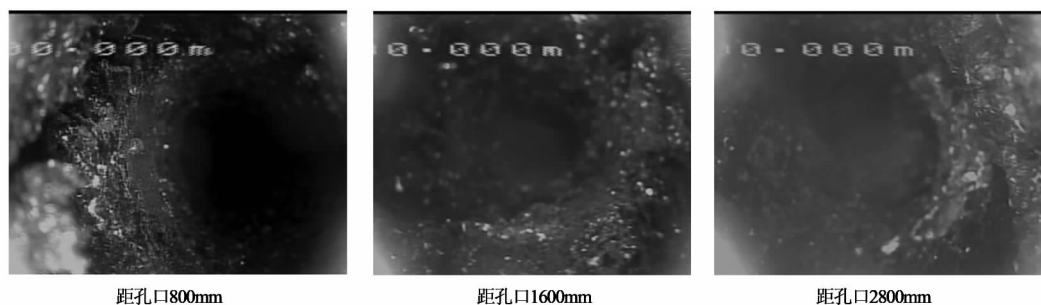


图 3 巷道两帮内部围岩结构

从窥视结果中可以看出,集中轨道巷顶板从开口处往顶板深部围岩破碎程度逐渐降低,裂隙开始表现为多而无序,说明围岩破碎严重,随着深度增加,裂隙多表现为水平横向裂隙,裂隙多沿岩层的层理面扩展,破碎范围达到 2400mm。随着钻孔深度继续增加,在钻孔深度 4000mm 以上,横向裂隙逐渐减少,钻孔完整性保持较好,只有少量的竖向小裂隙出现,说明巷道顶板 4m 深部处围岩基本完好。巷道两帮破坏程度较大,从孔口至钻孔内 2800mm

围岩呈现松软破碎的状态,说明煤帮 0~2800mm 范围内已被压酥,围岩自承能力下降。

2.2 巷道破坏机理分析

结合二采区的地质条件和开采技术现状,分析集中轨道巷变形破坏的影响因素:

(1) 近距离巷道群相互采动影响 由于采区集中轨道巷周围巷道和硐室分布密集,巷道群间煤柱尺寸小,由巷道掘进导致的动压对巷道群造成相互影响,巷道变形增大。

(2) 采动影响 集中轨道巷处于集中大密度巷道群之中, 对于采动的影响比较敏感, 特别是在临近的 3212 综采面开采过程中, 剧烈的采动影响导致集中轨道巷变形更加严重。

(3) 地应力影响 本巷道埋深为 450m, 埋深较大。根据实测, 该区最大主应力为 13.86MPa, 方向为 N67.5°E; 最小主应力为 7.74MPa, 方向为 N22.5°W; 中间主应力为垂直应力, 大小为 11.95MPa。

(4) 原有支护不合理 原支护强度和刚度低, 支护参数选择不合理, 原支护中锚索长度为 7.0m, 而巷道顶板上部煤层和直接顶厚度大于 7.0m, 因此锚索并没有锚固到稳定的岩层中, 锚固点不可靠, 易于发生下沉变形。

3 大跨度变形巷道围岩加固方案与应用

集中轨道巷顶板和两帮破坏深度大, 破坏呈现松散破碎状的大尺寸裂隙发育, 且巷道服务年限长, 后期会受到动压的影响, 因此必须恢复围岩的完整性, 并通过高预应力锚杆锚索实现主动支护, 达到围岩自承的目的。由此确定采用水泥注浆填充围岩裂隙、孔洞, 增加围岩强度, 并结合化学浆粘结性好、渗透范围大的优点, 进行化学浆补充注浆, 达到粘结围岩颗粒, 充填更小裂隙的目的, 最后通过高预应力强力锚索实现主动支护, 达到围岩自承的目的^[7-8]。

3.1 集中轨道巷帮顶围岩水泥注浆加固

集中轨道巷帮顶围岩水泥注浆钻孔, 沿巷道断面成排、五花布置, 排距 1800mm, 布置在两排锚杆之间, 间距 1200~1600mm, 集中轨道巷帮顶注浆孔布置如图 4 所示。

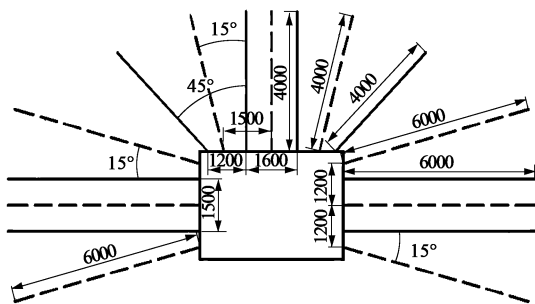


图 4 集中轨道巷帮顶水泥注浆钻孔布置

两帮钻孔直径 44mm; 两帮底脚钻孔直径 56mm; 顶板钻孔直径 42mm。两帮靠近顶底板的注浆孔上仰或下扎 15°, 其余钻孔垂直于两帮; 顶板靠近两帮的注浆孔, 外扎 15°和 45°, 其余钻孔垂直于顶板。集中轨道巷两帮水泥注浆钻孔深度

6000mm; 顶板水泥注浆钻孔深度 4000mm。埋孔口注浆管, 孔内下射浆管, 全长一次注浆。注浆压力为孔口注浆压力 3~5MPa, 可根据现场情况进行调整。

3.2 集中轨道巷帮顶围岩化学注浆加固

水泥注浆完成后, 帮顶进行“固瑞特 201”化学注浆, 进一步改善围岩结构完整性。帮顶化学注浆孔沿巷道断面五花眼布置, 排距 2700mm, 间距 2000~2250mm, 化学注浆钻孔布置如图 5 所示。

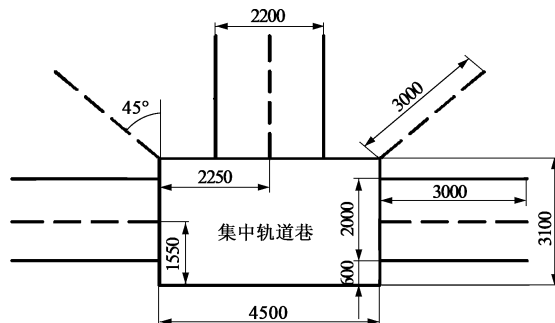


图 5 集中轨道巷化学注浆钻孔布置

两帮钻孔直径 44mm; 顶板钻孔直径 42mm。帮、顶化学注浆孔深度全部 3000mm。化学注浆钻孔使用封孔器封孔, 封孔深度全部 800mm。全长一次注浆, 注浆终止压力 6~8MPa。注浆量要求正常注浆材料消耗每孔不大于 35kg/m, 最大材料消耗量每孔 100kg/m。

3.3 集中轨道巷帮顶围岩支护

化学注浆施工完成 1d 后, 进行预应力全长注浆锚索支护施工, 锚索布置方式如图 6 所示。

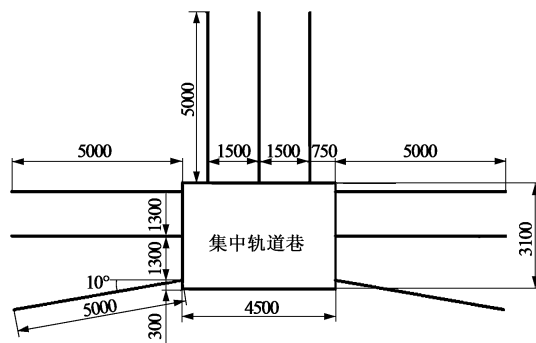


图 6 集中轨道巷帮顶锚索布置

巷帮支护锚索选用直径 22mm 的 1×19 结构锚索, 长 5300mm, 锚索间排距 1300mm×1800mm, 两帮底脚锚索下扎 5~10°, 其余帮锚索垂直岩面布置。使用 ZQS-50/1.6 锚杆钻机打孔, 钻头直径 30mm, 钻孔深度 5000mm。扩孔直径 56mm, 深度 500mm。

顶板支护锚索选用直径 22mm 的 1×19 股锚

索, 长度 5300mm, 巷道每排布置锚索 3 根, 其中中线布置锚索 1 根, 锚索间排距为 1500mm × 1800mm, 顶板锚索采用直径 20mm 焊接钢筋梯梁连接, 垂直岩面布置。

锚索锚固方式: 采用 1 支 K2335 和 2 支 Z2360 树脂端部锚固, 其余部分采用水泥浆锚固。锚索外端套装注浆附件推入钻孔, 安装托板引出注浆管, 加装球垫张拉预紧。注浆材料采用水泥浆。锚索孔终止压力 4 ~ 6MPa。

3.4 监测效果分析

现场施工完成后设置测站对支护的锚索受力和巷道表面变形量进行了现场测量。

锚索受力监测曲线如图 7 (a) 所示, 从锚索受力曲线来看, 锚索受力基本稳定在 210kN, 锚索受力平稳。表面位移观测曲线见图 7 (b) 所示, 巷道围岩变形顶板下沉量小于 9mm, 两帮收敛 15mm 以内, 巷道围岩加固后无明显变形, 区域围岩稳定, 围岩变形得到有效控制。

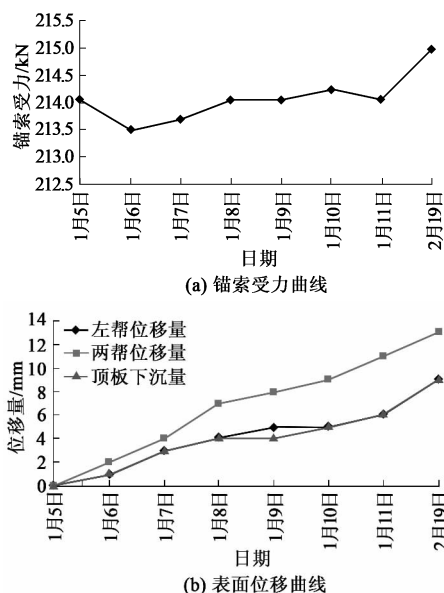


图 7 集中轨道巷锚索受力与表面位移曲线

(上接 55 页)

顶、底板表面位移明显减少; 工作面剩余煤柱顶板下沉位移显著减少, 底板弯曲变形明显减轻; 锚杆受力明显降低, 有利于工作面未采及综采工作面的回撤工作, 为合理应用和推广注浆法加固回撤通道技术奠定了基础。

参考文献

- [1] 刘 勇. 断层破碎带中巷道注浆加固设计与实践 [J]. 煤矿

4 结论

通过对王坡煤矿二采区集中轨道巷的变形破坏原因分析及加固修复方式的研究得出如下结论:

(1) 集中轨道巷发生变形和破坏的原因主要为近距离巷道群相互影响、巷道支护强度弱、应力条件复杂和受到 3212 综采面的开采采动影响, 钻孔窥视结果显示, 巷道的离层和变形主要发生在距离巷道表面 4000mm 范围以内。

(2) 根据巷道变形破坏的机理, 综合集中轨道巷的变形与裂隙发育特点, 确定采用初次水泥浆注浆、二次化学浆注浆和三次强力锚索补强的综合加固技术, 并详细设计了相应的支护参数。

(3) 现场的加固实践表明, 集中轨道巷在采用修复加固技术以后支护体整体承载能力增强, 支护构件受力合理, 对巷道的控制效果优良。

参考文献

- [1] 黄 兴, 刘泉声, 乔 正. 朱集矿深井软岩巷道大变形机制及其控制研究 [J]. 岩土力学, 2012, 33 (3): 827-834.
- [2] 王 博. 大变形巷道支护技术研究 [J]. 煤炭工程, 2011 (4): 34-36.
- [3] 周廷振, 黄茂鸿. 软岩大变形巷道卸压与可控大变形支架支护技术 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (8): 50-52, 55.
- [4] 于清军, 张万超, 杨志军. 锚注加固技术在塌陷变形巷道治理中的应用 [J]. 金属矿山, 2009 (S1): 740-742.
- [5] 贾光胜, 常海雷. 王坡煤矿复杂应力硐室群加固技术研究 [J]. 煤矿开采, 2012, 17 (2): 64-68.
- [6] 孙向阳. 矿用钻孔窥视仪在煤巷掘进中的应用 [J]. 能源技术与管理, 2012 (6): 125-126.
- [7] 姜小春, 刘景雷, 焦利青, 等. 深部大变形软岩巷道返修支护对策研究 [J]. 矿冶研究与开发, 2007, 27 (4): 64-66.
- [8] 赵光荣. 复杂地质构造带高应力区破碎围岩注浆加固技术研究 [J]. 煤, 2011 (4).

责任编辑: 林 健

开采, 2012, 17 (6): 56-58, 33.

- [9] 胡红伟, 杨文斌. 大采高复杂地质条件下未采贯通关键技术研究 [J]. 煤矿支护, 2012 (2).
- [10] 王根厚. 神东矿区综采工作面回撤通道快速搬家简介 [J]. 江西煤炭科技, 2003 (3): 27-28.
- [11] 康富军. ZZ18000/25.5/50 型四柱支撑掩护式支架的研制与应用 [J]. 煤矿机械, 2011, 33 (9): 126-128.
- [12] 冯志强, 康红普, 杨景贺. 裂隙岩体注浆技术探讨 [J]. 煤炭科学技术, 2005, 33 (4): 63-66.
- [13] 吕华文. 破碎煤岩体锚注加固技术研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2003.

责任编辑: 姜鹏飞