

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2016.01.002

深井褶曲构造影响区松软破碎围岩综合加固技术研究*

王建彬

(中国矿业大学资源与安全工程学院,北京 100083)

摘要:文中针对围岩破坏特征,提出了高预应力全锚索支护和滞后注浆综合加固技术。对已变形巷道进行维修后先采用预紧力全锚索配合钢筋网片支护控制围岩的进一步碎胀变形,再进行喷浆封闭,防止围岩风化同时为后期注浆创造有利条件。最后采用浅、深孔二次耦合注浆对围岩内部裂隙进行充填,增强围岩裂隙面的粘结强度和围岩完整性,提高锚索预应力往围岩深部的传递能力,从而提高支护承载结构的承载能力。通过现场试验表明:主运输大巷采用高预应力全锚索和滞后注浆综合加固技术后,有效控制了主运输大巷变形,保证了巷道的使用安全。

关键词:深井;褶曲构造;松软破碎围岩;全锚索;滞后注浆

中图分类号:TD353

文献标识码:B

文章编号:1001-358X(2016)01-0006-03

随着煤矿开采的不断发展,晋城地区浅埋深煤炭资源逐渐减少,基建新矿煤层开采深度不断增加,掘进巷道围岩应力水平越来越高,高应力环境下极大增加了巷道围岩变形控制难度。尤其是在深井褶曲构造影响区域掘进巷道,穿层较多,岩层之间胶结性差,岩体内部节理裂隙发育,易风化等因素严重弱化围岩强度,而且由于巷道初始支护设计不合理、锚杆预应力损失大,预紧力不够、支护构件不匹配、矿压监测跟不上等原因,导致深井构造影响区域掘进巷道返修频繁,给基建矿井的安全开拓和正常运输带来很大的威胁。因此,很有必要对深井构造影响区松软破碎围岩变形破坏原因和加固技术进行深入研究。

1 工程概况

胡底煤矿 3[#]煤经鉴定为突出煤层,开拓大巷埋深在 450~730 m 之间,主运输大巷由西向东布置在距 3[#]煤层约 20~40 m 的顶板岩层中,随着巷道的掘进延伸,盖山厚度逐渐增大,在 +150 m 水平落平时,盖山厚度达到 700 m 以上。采用水力致裂法对该区域的地应力进行了测试,最大水平主应力为 17.67 MPa,最小水平主应力为 9.79 MPa,垂直应力为 16.27 MPa,应力场在量值上属于中等偏高应力值区域,以 $\sigma_H > \sigma_V > \sigma_h$ 型应力场为主,区域构造应力占优势。巷道主要采用锚网索喷联合支护,主运输大

巷埋深进入 650 m 以下后,由于受两条向斜和一条背斜褶曲构造和埋深影响,矿压显现十分强烈,支护成型后最长时间不到半年,最短不到一个月时间,均产生较大变形。变形严重处两帮最大移近量达到 1500 mm,顶底板移近量最大达到 2500 mm,主要表现为巷道帮、拱顶喷层大面积开裂,部分开裂严重处,喷层已经脱落,裸露出钢筋网片和围岩体,底板出现不同程度的底鼓现象,底板变形严重处底鼓量达到 2200 mm,如图 1 所示。目前针对已变形破坏巷道主要采用锚网索喷进行补强支护,取得了一定效果,但仍未完全有效控制巷道围岩变形。所以,有必要采用一定的技术手段对主运输大巷严重变形区域围岩结构进行深入调查,研究其变形、破坏原因,针对性提出科学合理的加固方案,一次性解决主运输石门的支护难题,防止出现重复多次返修的情况,从而保证矿井的正常开拓和安全运输。



图 1 主运输大巷变形破坏情况

2 深井褶曲构造影响区巷道围岩变形破坏原因分析

2.1 围岩结构调查分析

为详细深入了解巷道围岩的破坏深度和裂隙发

* 基金项目:1、科技创新基金面上项目(2014MS037);2、国家科技支撑计划课题(2012BAB13B02);3、国家自然科学基金项目(U1261211)。

育程度,对主运大巷围岩内部进行了钻孔窥视,主运输石门钻孔窥视结果如图2所示。根据窥视结果可知巷道掘进成巷一段时间后,岩体开始出现大裂隙、离层等破坏现象,巷帮破碎程度较顶板要严重。破碎主要发生在围岩的浅部4 m范围内,变形破坏一旦发生就难以控制。巷道变形破坏受盖山厚度和构造的影响显著,巷道进入650 m埋深后巷道变形最为严重。对主运输石门已经发生离层、破坏的巷道围岩,采用锚杆锚索补强支护时,由于围岩开裂破坏,内部完整结构消失,可锚性下降,导致锚杆锚索预紧过程中锚固力不足,此时简单的锚杆锚索补强支护,往往不能有效控制围岩变形的发展。

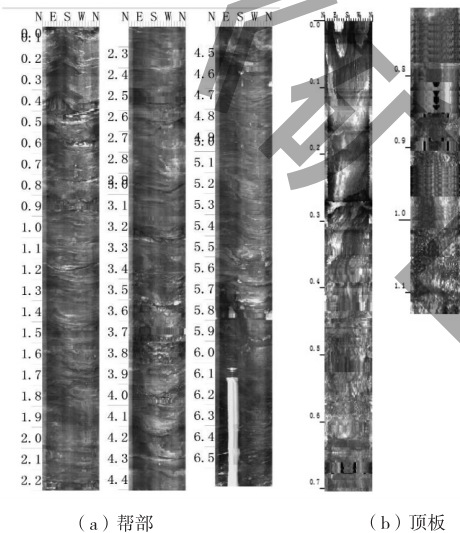


图2 主运输围岩钻孔窥视结果

2.2 深井褶曲构造影响区巷道围岩变形破坏原因分析

巷道发生如此范围和程度的变形破坏,其主要影响因素分析如下。

(1)水平剪切变形严重。在水平构造应力和开挖二次应力重分布的作用下,加之围岩岩性较差,巷道围岩发生水平剪切错动,主要表现为两帮变形和拱肩变形,向巷道方向发生收缩,在两帮挤压的作用下,对顶板和底板产生水平推力,从而导致顶板破碎和底鼓,顶板破碎主要变现为尖顶、顶中心破碎等。

(2)围岩结构较差。巷道为穿层巷道,围岩软弱不均、岩性不一,各层间节理、裂隙原生存在,岩层间摩擦系数低,巷道收到水平剪切作用时,各岩层发生相对错动,加剧了巷道的变形破坏。

(3)围岩软弱、易风化。巷道围岩以泥岩为主,强度低,易风化,风化后呈现碎块状,裂隙较多,围岩

结构遭到进一步破坏,承载能力丧失。

(4)巷道群影响。该处巷道较多,多条巷道间岩柱较小,各巷道掘进引起的采动应力集中不断在周围巷道进行叠加,对各巷道产生影响,加之巷道掘进采用炮掘,放炮震动导致预应力损失对巷道支护形成一定的破坏作用。

3 巷道围岩高强稳定型综合加固技术

(1)高强高预紧力全锚索支护原理。浅部已发生离层、破坏围岩,内部完整结构消失,可锚固性能下降,采用锚杆支护无法控制围岩变形。采用高强度的锚索支护,能够锚固到更加完整稳定的岩层内部,显著提高支护体的锚固性能;同时高强锚索能施加较大的预紧力(一般在250 kN以上),并通过钢筋网片能够更好的将初始高预紧力扩散到更远的围岩表面,强化岩体内部裂隙面抗剪切破坏的能力,更加有效发挥主动支护松软破碎围岩效果。

(2)注浆加固作用机理。注浆加固主要是通过高压注浆泵经过注浆孔将水泥浆液注入围岩裂隙中,水泥固结后对围岩裂隙进行充填,提高围岩的完整性,进而形成连续的结构体;同时,注浆后能使浅部围岩的承载能力显著加强,能将深部围岩应力转移至注浆后承载能力增强的浅部围岩,防止了深部围岩体的进一步破碎恶化。注浆后改善浅部破碎围岩体的结构,使深部围岩应力向围岩表面转移,有效的在浅部围岩内部传递锚索预紧力,这是注浆加固的一个很重要的作用。

4 工程应用

4.1 主运输大巷围岩支护设计

通过对主运输大巷变形破坏机理分析,结合巷道围岩高强稳定型综合加固技术原理,主运输大巷进行巷修后支护应采用高强、高预紧力全锚索和滞后注浆综合加固技术。高强、高预紧力全锚索可以更有利发挥支护体的主动支护作用,在初期更加有效控制围岩的变形;滞后注浆加固可以恢复围岩的完整性,进而形成连续的结构体,显著增强浅部破碎围岩的承载能力。注浆后能使浅部围岩的承载能力显著加强,能将深部围岩应力转移至注浆后承载能力增强的浅部围岩,防止了深部围岩体的进一步破碎恶化,阻止围岩再次向深部破坏,确保加固后的巷道围岩稳定。

(1)高强、高预紧力全锚索支护

巷道扩刷完成后顶帮均施工 $\varphi 22 - 7300 \text{ mm}$, 锚索间排距为 $1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ (锚索间排距误差为 $\pm 100 \text{ mm}$)。锚索采用 3 支锚固剂, 一支为 K2335, 两支为 Z2360, 锚索预紧力不小于 250 kN , 外露长度不超过 300 mm 。金属网采用 $\varphi 6.5 \text{ mm}$ 焊接钢筋网片, 网片格为 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 规格为 $1200 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$, 网片搭接不小于 100 mm , 用 16# 铁丝双股连接, 扭紧圈数不得少于 2 圈半, 联网间距不大于 200 mm 。全锚索支护完成后进行喷浆成型。

(2) 滞后注浆加固

主运输大巷采用浅孔、深孔二次耦合注浆对围岩内部裂隙进行充填, 浅孔和深孔均采用三花眼布置, 浅部注浆孔排距 3000 mm , 间距 1800 mm , 钻孔深度 3000 mm , 钻孔内安装射浆管和孔口管, 孔口管为 6 分铁管制作, 长度 800 mm , 射浆管为白色 PE 管, 长度为 2000 mm , 注浆终止压力为 $2 \sim 3 \text{ MPa}$, 注浆压力根据注浆过程中现场喷层变化可适当调整。

主运大巷深孔注浆间排距与浅孔相同, 深孔布置在两排浅孔正中间, 钻孔深度 5000 mm , 射浆管长度为 4000 mm , 孔口管和射浆管安装与浅孔相同, 注浆终止压力 $4 \sim 6 \text{ MPa}$, 根据注浆过程中喷层变化可适当调整。

4.2 支护效果分析

主运输大巷按上述方案施工完成后, 对试验巷道段帮、顶变形程度进行了监测, 巷道围岩变形量如图 3 所示。从图 3 可知, 主运大巷综合加固完成后, 随着时间的推移, 初期围岩有一定变形量, 变形速率由高到低逐渐减小, 25 天后围岩的整体位移处于恒定, 说明主运大巷围岩基本稳定, 稳定后顶底板移近量和两帮移近量仅为 50 mm 和 25 mm 左右。这说明采用高强、高预紧力全锚索和滞后注浆综合加固后, 有效控制了深井褶曲构造影响区松软破碎围岩变形, 保证巷道安全使用。

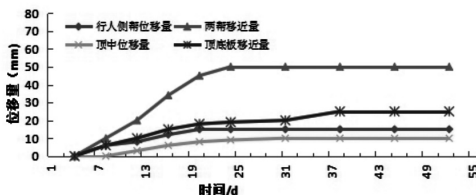


图3 巷道表面位移监测曲线

5 结论

(1) 埋藏深度大、水平构造应力、围岩自身结构

差、软弱易风化和巷道群之间掘进动压影响等因素共同导致胡底主运输大巷围岩变形、失稳破坏。

(2) 结合钻孔窥视和胡底主运输大巷围岩变形破坏原因分析, 提出了高强、高预紧力全锚索支护和滞后二次耦合注浆综合加固技术。高强、高预紧力全锚索可以更有利发挥支护体的主动支护作用, 在初期更加有效控制围岩的变形; 滞后注浆加固可以恢复围岩的完整性, 进而形成连续的结构体, 显著增强浅部破碎围岩的承载能力。注浆后能使浅部围岩的承载能力显著加强, 能将深部围岩应力转移至注浆后承载能力增强的浅部围岩, 防止了深部围岩体的进一步破碎恶化, 阻止围岩再次向深部破坏, 确保加固后的巷道围岩稳定。

(3) 现场试验表明: 主运输大巷采用高强、高预紧力全锚索和滞后注浆综合加固技术, 不但提高了浅部围岩完整性, 显著增强浅部破碎围岩的承载能力, 还有效防止深部围岩体的进一步破碎恶化, 保证了巷道围岩的长期稳定性。

参考文献:

- [1] 何满潮, 谢和平, 彭苏萍, 等. 深部开采岩体力学研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(16): 2803-2813.
- [2] 姜耀东, 王宏伟, 赵毅鑫, 等. 极软岩回采巷道互补控制支护技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(12): 2383-2390.
- [3] 柏建彪, 王襄禹, 贾明魁, 等. 深部软岩巷道支护原理及应用[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(5): 632-635.
- [4] 柏建彪, 侯朝炯. 深部巷道围岩控制原理与应用研究[J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(2): 145-148.
- [5] 康红普. 煤巷锚杆支护成套技术研究与实践[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(21): 3959-3964.
- [6] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [7] 康红普, 王金华, 林健. 高预紧力强力支护系统及其在深部巷道中的应用[J]. 煤炭学报, 2007, 23(12): 1233-1238.
- [8] 康红普, 姜铁明, 高富强. 预紧力在锚杆支护中的作用[J]. 煤炭学报, 2007, 32(7): 680-685.

作者简介: 王建彬(1968-), 男, 山西晋城人, 在读硕士, 工程师, 现任晋煤集团沁水胡底煤业有限公司总工程师, 主要从事煤矿生产技术开发与管理方面的研究。

(收稿日期: 2015-11-24)