

受动压影响巷道注浆加固技术研究

任海强¹, 陶广美²

(1. 山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司 寺河煤矿, 山西 晋城 048205;
2. 山西晋煤集团技术研究院有限责任公司, 山西 晋城 048000)

摘 要: 为了解决大采高工作面留巷难的问题, 采用现场巷道变形及钻孔电视观测, 对巷道变形规律及煤壁破坏区域进行研究, 提出分层次注浆方法, 确定了合理注浆时机。工业性试验结果表明: 巷道煤壁受采动影响由外向里依次形成了完全渗流区(0~3 m)、定向渗流区(3.0~6.4 m)、渗流屏蔽区(6.4~8.1 m)和原岩渗流区(8.1 m以内); 采用层次注浆法能够有效解决漏浆问题, 提高钻孔注浆量; 浅孔注浆时机选择在工作面前方24~58 m的初始变形阶段, 深孔注浆选择在工作面前方7 m到工作面前方18 m的变形速度减缓阶段。现场工业性试验表明, 注浆加固段的两帮移近量最大为448 mm, 未注浆段最大为811 mm, 巷帮注浆加固效果明显, 为留巷提供有利条件。

关键词: 动压巷道; 注浆加固; 巷道变形; 层次注浆

中图分类号: TD322 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2016)03-0022-04

Study on grouting reinforced technology of roadway affected by dynamic pressure

Ren Haiqiang¹, Tao Guangmei²

(1. Sihe Mine, Jincheng Anthracite Mining Group Corporation Limited, Jincheng 048205, China; 2. Technology Research Institute Company Limited, Jincheng Anthracite Mining Group, Jincheng 048000, China)

Abstract: In order to solve the roadway retained difficult problem of the high cutting coal mining face, the borehole TV observation on the site roadway deformation were applied to a study on the roadway deformation law and coal wall failure zone. A layer grouting method was provided and a rational grouting opportunity was set up. The industrial trial results showed that influenced by the mining operations, the roadway would form a full seepage zone (0~3 m), directional seepage zone (3.0~6.4 m), seepage shielded area (6.4~8.1 m) and in-situ rock seepage zone (within 8.1 m) in sequences from the external to internal. The layer grouting method could be applied to solve the grout leakage problem effectively and could improve the grouting volume of the borehole. The grouting opportunity of the shallow borehole could be selected at an initial deformation stage from 24~58 m in the front of the coal mining face and the grouting opportunity of the deep borehole should be selected at the a deformation velocity retarding stage from 7 m in a front of the coal mining face to 18 m at the rear of the coal mining face. The site industrial trial showed that the convergence of the two sidewalls at the grouting reinforced section was 448 mm in max and the convergence of the two sidewalls at the no grouting section was 811 mm in max. The grouting reinforcement effect of the roadway sidewalls was obvious and could provide favorable conditions to the roadway to be retained.

Key words: dynamic pressure roadway; grouting reinforcement; roadway deformation; layer grouting

0 引 言

大采高工作面能够有效提高资源采出率和开采

效率,但由于开采强度较大,采面需风量相对较大,晋煤集团各主力矿井多采用多巷道布置形式,这就大幅增加了巷道掘进工程量,使采掘衔接问题突出,

收稿日期: 2015-11-12; 责任编辑: 杨正凯 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.03.005

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2014CB238904)

作者简介: 任海强(1974—)男,山西晋城人,工程师,硕士。Tel: 13096557539 E-mail: RHQ3699053@126.com

引用格式: 任海强,陶广美.受动压影响巷道注浆加固技术研究[J].煤炭科学技术,2016,44(3):22-25.

Ren Haiqiang, Tao Guangmei. Study on grouting reinforced technology of roadway affected by dynamic pressure[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(3): 22-25.

为有效解决这一问题,工作面一般采用留巷形式,使外侧巷道为相邻工作面服务,但大采高工作面开采强度较大,矿压显现剧烈,留巷常在经历第一次动压影响后即变形破坏严重,难以满足后期复用时的通风需求,因此,如何有效控制一次动压影响后巷道变形程度已经成为各矿重点研究的问题。

巷道煤壁注浆加固作为一种巷道主动支护技术,被广泛应用。张农等^[1]对千米深井软岩巷道进行注浆加固,并通过钻孔电视成像及染色剂跟踪浆液的方法对注浆效果进行检验;康红普等^[2]对煤矿巷道注浆方法进行分类,对注浆材料的类型和物理力学性质进行了研究,并提出了巷道围岩地质力学测试与评估、注浆理论、材料、工艺的发展方向;韩玉明^[3]对综放工作面回风巷超前预注浆加固技术进行了详细研究;文献[4-10]对不同注浆材料进行研究,并对高分子注浆材料反应温度、阻燃性等性能缺陷以及矿井下应用中存在的不足进行分析,对新材料研究进行展望;文献[11-14]则对注浆加固机理进行了详细研究,分析了裂隙、围岩有效孔隙率、结构面密度等对巷道注浆的影响,提出了围岩加固圈的厚度、注浆扩散半径等计算模型。文献[15]则对孤岛综放工作面高速材料预注浆、滞后注浆机理进行研究,并对注浆参数和破碎煤体的力学性质进行分析,为破碎围岩巷道变形控制提供理论依据。

1 工程概况

成庄矿 4310 工作面采用大采高回采方式,工作面采用多巷道布置形式,工作面外侧的 4224 巷作为留巷,需要为相邻 4309 工作面服务,巷道布置形式如图 1 所示,巷道断面长×宽为 4.5 m×3.1 m,沿底掘进,上方留有 2.9 m 厚的顶煤,巷道采用锚杆、锚索、锚网联合支护;根据前期观测情况,留巷受开采影响变形严重,尤其是两帮煤壁收缩严重,最大移近量可达 800 mm 以上,严重影响了巷道通风及行人安全,难以满足工作面的安全高效开采,同时也不利于巷道复用。因此,考虑对留巷进行注浆加固,以提高围岩整体性,从而控制巷道经受一次采动影响后变形量,为巷道复用提供保障。

根据以往经验,注浆时机、注浆方法、注浆深度等对巷道加固效果影响较大,超前工作面过远时,注浆相对困难,距离工作面过近时,通常漏浆严重,注浆效果较差。本次研究首先对巷道两帮变形规律、



图 1 工作面巷道布置

Fig. 1 Layout of roadway in working face

煤体破坏分区情况进行研究,其次根据变形破坏规律对注浆时机、注浆方法、注浆深度等进行研究,最后进行工业性试验。

2 动压影响巷帮煤体破坏特征

为进一步了解受采动影响巷帮的破坏情况,在 4224 巷内部施工窥视钻孔,钻孔施工位置选择在超前工作面 15 m 的动压影响区内,钻孔直径为 89 mm,施工深度为 9 m。由钻孔窥视结果可知,在距离孔口 0~3 m,裂隙发育,贯通性良好,且裂隙没有明显的方向性,为完全渗流区;而距离煤壁 3.0~6.4 m 的裂隙发育程度不高,以原生裂隙和次生弱面为主,裂隙表现出一定程度的方向性,为定向渗流区;距离煤壁 6.4~8.1 m,煤体完整性相对较好,有微观、细观的裂隙发育,在高应力作用下沿径向渗透性降低,形成渗流屏蔽区;8.1 m 以内区域,煤体完整,为原岩渗流区。

针对巷帮煤体破坏特点,采用层次注浆法对巷道煤体进行加固,即采用浅层注浆与深层注浆相结合的方式对巷道进行加固。浅层注浆主要是加固浅层煤体,提高浅层煤体稳定性、封堵煤壁裂隙,为深孔注浆提供保障,因此,浅孔注浆主要是封堵完全渗流区,钻孔施工深度选择 3 m;而深层注浆主要是加固深层煤体,提高煤体强度和整体承载能力,深层注浆钻孔主要是对完全渗流区、定向渗流区注浆加固,深度要求基本等于或稍大于完全渗流区、定向渗流区的厚度,因此钻孔施工深度选择 8 m。

3 动压影响巷帮变形分析

从提高围岩强度和整体承载能力角度考虑,一般来说,注浆时间越早,注浆加固体起作用也越早,围岩强度损失越少,对围岩变形的抑制能力也越高,巷道围岩强度和整体承载能力越强。当注浆滞后时间过长,虽能释放围岩的变形能,但围岩变形过大,围岩的损失强度较大,注浆后很难形成一定的承载

体,很难起支护作用,因此,从提高围岩强度和整体承载能力角度考虑,需要确定留巷注浆加固时机。

在4224巷布置5组巷道变形观测断面,并进行持续观测,并对观测数据进行处理,以1号监测断面两帮移近曲线为例进行分析,4224巷两帮移近量曲线如图2所示。从图2可以看出,受工作面采动影响,巷道在工作面前方58 m处开始出现变形,并随着工作面的靠近变形速度逐渐加大,最终在工作面后方51 m处趋于稳定。变形主要分为以下几个阶段:OA段为初始变形阶段,主要发生在工作面前方24~58 m,该阶段巷道变形量较小,煤壁浅层形成微小次生裂隙,适宜进行浅层注浆;AB段为变形加速阶段,主要发生在工作面前方7~24 m,煤体自承能力较强,该阶段注浆对材料要求较高,需要材料强度较高,变形性能好,渗透性好,因此该阶段注浆难度较大;CD阶段为变形破坏阶段,主要发生在工作面后方18~51 m,该阶段内围岩自承能力损失殆尽,破坏程度最大,单纯依靠注浆来恢复强度和维持巷道的稳定相对较难,且存在注浆量大,漏浆严重等问题;而BC段为变形速度变缓阶段,主要发生在工作面前方7 m到工作面后方18 m的区段,该阶段围岩裂隙发育,且煤体具有一定的自承能力,注浆效果较好,为深部注浆最佳阶段。

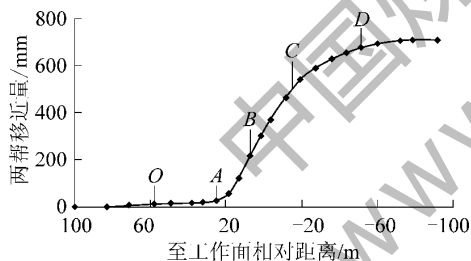


图2 巷道两帮移近量曲线

Fig. 2 Curve of two-side displacement

4 工业性试验及注浆效果检验

在工作面前方未受动压影响区域选择200 m巷道进行注浆试验,同时在试验段及两侧布置12组巷帮变形监测断面,各段监测断面间距为30 m。

4.1 注浆钻孔布置形式

钻孔分上、下两排,钻孔布置如图3所示,上排钻孔距离巷道顶板0.7 m,下排钻孔距离巷道底板0.8 m,当工作面推进至距离注浆试验段58~24 m时,开始施工浅层注浆钻孔并利用一种新型无机注浆材料进行浅层注浆,钻孔垂直煤壁施工,施工深度为3 m,

钻孔直径为42 mm,每排相邻浅孔间距为4 m,下排钻孔与上排钻孔布置形式一致,钻孔位置后错1 m。随着工作面继续推进,当试验段位于工作面前方7 m和后方18 m时,进行深层注浆,深层注浆钻孔也分为2排,钻孔施工在相邻浅层注浆孔中部。

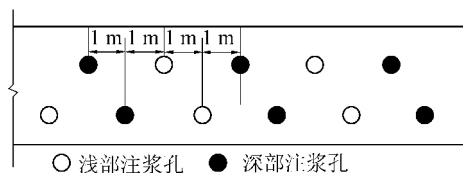


图3 钻孔布置

Fig. 3 Layout of drilling boreholes

4.2 巷帮变形观测

为了解注浆加固效果,前期在注浆加固段及两侧未注浆段,分别布置了巷道变形观测断面(图4),其中注浆加固段内布置6组变形监测断面,两侧对比段各布置3组。各观测区段内相邻断面距离为30 m,在工作面回采过程中对各观测断面进行持续变形观测,直至变形趋于稳定。

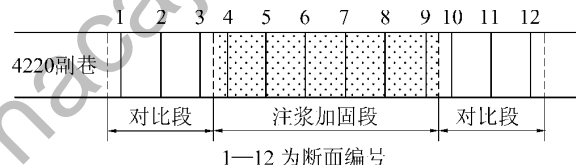


图4 巷道变形量观测点

Fig. 4 Observation station for roadway deformation

对巷道变形观测数据进行整理,并以1、2、4、6四个断面为例进行分析,各断面巷道两帮移近曲线如图5所示,各测点两帮最终移近量如图6所示。①注浆段巷道两帮移近量基本在450 mm以下,未注浆段最大变形量可达800 mm以上,说明采用层次注浆法能够从一定程度上控制一次采动对巷道的影 响,为巷道复用提供条件。②注浆加固段两帮移近相对滞后,对比段巷帮变形超前,说明注浆能提高巷道围岩强度及整体承载能力,提高围岩抗变形能力;③位于注浆段中部监测断面变形量普遍小于注

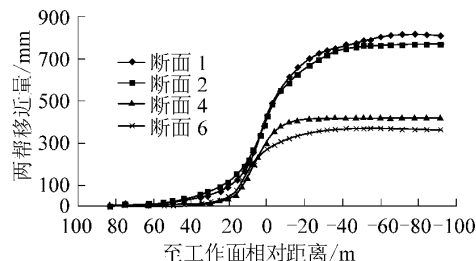


图5 注浆后巷道两帮移近量曲线

Fig. 5 Curves of two-side displacement after grouting

浆段两端处监测断面, 主要是注浆段端部煤体承载能力、抗变形能力相对较强, 而相邻的未注浆段煤体抗变形能力较弱, 就导致端部注浆段应力集中, 致使两帮移近量相对较大。

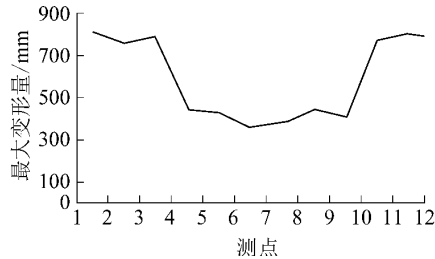


图 6 各测点两帮最终移近量

Fig. 6 Final two-side displacement of each measuring point

5 结 论

1) 成庄矿大采高工作面留巷在经受一次采动影响后, 在巷帮以内 0~3 m 煤体形成完全渗流区、3.0~6.4 m 煤体形成定向渗流区、6.4~8.1 m 煤体范围形成渗流屏蔽区, 8.1 m 以内形成原岩渗流区; 适合采用层次注浆法, 浅层注浆钻孔深度 3 m, 深层注浆钻孔深度为 8 m。

2) 根据巷道变形规律, 浅孔注浆选择在工作面前方 24~58 m 的初始变形段; 深孔注浆选择在工作面前方 7 m 到工作面后方 18 m 的变形速度减缓段。

3) 现场工业性试验表明, 注浆加固段的两帮移近量最大为 448 mm, 未注浆段最大为 811 mm, 说明注浆加固能有效控制巷道变形量, 为留巷提供有利条件。

参考文献 (References):

- [1] 张 农, 王保贵, 郑西贵, 等. 千米深井软岩巷道二次支护中的注浆加固效果分析[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(5): 34-38.
Zhang Nong, Wang Baogui, Zheng Xigui, et al. Analysis on grouting reinforcement results in secondary support of soft roadway in kilometer deep mine[J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(5): 34-38.
- [2] 康红普, 冯志强. 煤矿巷道围岩注浆加固技术的现状与发展趋势[J]. 煤矿开采, 2013, 18(3): 1-7.
Kang Hongpu, Feng Zhiqiang. Status and development tendency of roadway grouting reinforcement technology in coal mine[J]. Coal Mining Technology, 2013, 18(3): 1-7.
- [3] 韩玉明. 综放工作面回风巷超前预注浆加固技术[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(8): 42-45, 67.
Han Yuming. Technology of advanced pre-grouting reinforcement in tailentry of full-mechanized caving coal face[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(8): 42-45, 67.
- [4] 吴怀国, 魏宏亮, 田凤兰, 等. 矿用高分子注浆加固材料性能特

点及研究方向[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(5): 27-29.

Wu Huaiguo, Wei Hongliang, Tian Fenglan, et al. Performances features and research orientation of mine high molecular grouting reinforced material[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(5): 27-29.

- [5] 吴怀国. 矿用高分子注浆加固材料安全性试验研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(11): 53-55.
Wu Huaiguo. Experiment study on the safety of polymer grouting reinforcement materials applied coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(11): 53-55.
- [6] 杨绍斌, 洪晓东, 董 伟, 等. 自限温聚氨酯注浆加固材料的自限温机理及应用性能[J]. 煤炭学报, 2014, 39(7): 1315-1320.
Yang Shaobin, Hong Xiaodong, Dong Wei, et al. Mechanism of self-controlling temperature for self-controlling temperature polyurethane grouting reinforced materials and its application properties[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(7): 1315-1320.
- [7] 冯志强. 破碎煤岩体化学注浆加固机理分析及应用[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(10): 32-35.
Feng Zhiqiang. Analysis and application of chemical grouting reinforcement mechanism to broken coal and rock mass[J]. Coal Science and Technology, 2008, 36(10): 32-35.
- [8] 于维雨, 杨世敏, 刁碧波, 等. 环保型化学注浆材料的研制与应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(S1): 19-21.
Yu Weiyu, Yang Shimin, Diao Bibo, et al. Development and application of environmental-friendly chemical grouting material[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(S1): 19-21.
- [9] 冯志强. 破碎煤岩体化学注浆加固材料研制及渗透扩散特性研究[D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2007.
- [10] 张淑同. 破碎煤岩体注浆加固材料的选择研究[J]. 矿业安全与环保, 2012, 39(4): 52-54.
Zhang Shutong. Study on reinforcing of crashed coal and ponding of cracked rock in injecting resin[J]. Mining Safety Environmental Protection, 2012, 39(4): 52-54.
- [11] 杨 坪, 彭振斌, 李奋强. 巷道注浆加固作用机理及计算模型研究[J]. 矿冶工程, 2005, 25(1): 3-5.
Yang Ping, Peng Zhenbin, Li Fen-qiang. Study on reinforcement mechanism and calculation model of heading grouting[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2005, 25(1): 3-5.
- [12] 刘全林, 程 桦. 立井壁后土层注浆加固作用机理及注浆参数研究[J]. 煤炭学报, 2000, 25(5): 486-490.
Liu Quanlin, Cheng Hua. Study on grouting mechanism and parameters in the depths of thick topsoil[J]. Journal of China Coal Society, 2000, 25(5): 486-490.
- [13] 曹胜根, 刘长友. 采场破碎顶板注浆加固机理[J]. 中国矿业大学学报, 1998, 27(3): 288-290.
Cao Shenggen, Liu Changyou. Mechanism of grout-reinforcement of broken roof in coal faces[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1998, 27(3): 288-290.
- [14] 宋晓辉. 锚注加固软岩巷道机理分析及合理注浆时间确定[D]. 青岛: 山东科技大学, 2006.
- [15] 王 浩. 回采巷道松软破碎围岩注浆加固与支护技术研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2008.