

高应力区厚煤层支架回撤通道 分级支护技术

赵伟*

(枣庄矿业集团新安煤业有限公司, 山东 枣庄 277642)

摘要:针对高应力区厚煤层工作面支架回撤通道变形强烈、支护困难等问题,基于新安煤业公司3311综采工作面回撤通道的井下条件和受力特点,综合运用锚杆锚索、单体液压支柱、钢丝绳网和注浆等技术手段,提出了针对掘进和回采阶段的回撤通道分级支护的技术方案。监测结果表明:回撤通道围岩变形具有动态变化特点,受采动应力影响较大;一级支护控制了掘进期间的通道围岩变形,二级支护控制了超前支承压力的作用。分级支护技术有效控制了回撤通道的围岩稳定,确保了支架的顺利回撤,该技术可为高应力区大跨度回撤通道支护设计提供参考。

关键词:高应力厚煤层;回撤通道;注浆锚索;分级支护

中图分类号:TD353 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2019)04-0029-06

Multi-step Support Technology for Support Remove Gateway in Thick Coal Seam with High In-situ Stress

Zhao Wei

(Xin'an Coal Industry Co., Ltd., Zaozhuang Mining Group, Zaozhuang 277642, China)

Abstract: In view of the problems such as the strong deformation and difficult support of the remove gateway in thick coal seam working face with high in-situ stress, a technical scheme of graded support is proposed, which comprehensively applies the technical means such as anchor bolt and cable, single hydraulic prop, wire rope net and grouting. The monitoring results in the remove gateway of the 3311 fully mechanized mining working face of Xin'an Coal Industry Co., Ltd. show that the deformation of the surrounding rock changes dynamically and is greatly influenced by the mining stress. The primary support controls the deformation of the gateway during gateway excavation, while the secondary support controls the effect of the lead abutment pressure. The graded support technique controls the stability of remove gateway effectively and ensured easily retracement of the stents. The result of the present research can provide reference for support design of large-span remove gateway in high stress area.

Keywords: thick coal seam with high in-situ stress; support remove gateway; grouting cable; Graded support

工作面液压支架回撤作业是综采工作面必作的重要工序,安全快速的支架回撤作业对矿井的安全高效生产至关重要。为此,常在工作面推进至停采线前,开掘一条支架回撤通道。与工作面顺槽相比,支架回撤通道也要受到两次应力扰动的影响,一为通道掘进过程中的应力重分布影响,二为采动超前支承压力的影响。但是因为回撤通道与工作面平行,其受采动应力的影响更为显著,由此回撤通道的支护设计一直是

收稿日期:2019-07-27

*通信作者,E-mail:xamkzw@126.com

一个备受关注的难题^[1-4].赵军^[5]以晋城寺河煤矿大断面回撤通道为例,论证了在锚杆锚索联合支护的基础上,再采用垛式支架加强支护是比较适合回撤通道的支护形式.王国举等^[6]以显德汪煤矿为背景,结合数值模拟和工程实践论证了锚网索联合支护和液压支架共同维护方案具有劳动强度小、安全系数高、支护效果良好的优点.付亚平等^[7]分析了高家梁煤矿回撤通道采用锚杆锚索加金属网支护方案,得到金属网的质量和强度对顶板安全尤为重要.周国荣等^[8]对宝源煤矿大断面巷道提出级式立体锚网支护,对锚网索支护参数进行优化,降低围岩变形量.此外,部分学者对注浆加固、预应力锚索梁绞顶和锚索吊棚锚栓组合联合支护等回撤通道支护方案也进行了研究^[9-11].

本文结合枣庄矿业集团新安煤业有限公司的井下条件,探讨了高应力厚煤层大支架回撤通道的支护技术,提出了针对掘进和回采阶段的通道分级支护技术方案,实现了整个服务期间回撤通道的稳定性控制.研究结果可为深部大采高矿井的支架回撤通道支护设计提供参考.

1 新安煤业有限公司 3311 综采工作面回撤通道设计

1.1 3311 综采工作面概况

3311 工作面位于 33 辅助采区北翼,主采 3 煤层,煤层底板标高-578.8 m~-601.6 m,工作面倾斜长 220.5 m,煤岩层综合柱状图见图 1 所示.工作面布置 ZY13000/30/65D 液压支架 126 架.工作面停采时,处于 3 煤合并区,煤层厚度平均为 6.8 m,3 煤黑色,玻璃光泽,褐黑色条痕,中条带状结构,参差状断口,裂隙发育,充填方解石脉 1~2 cm,有少量星散状黄铁矿薄膜,以亮煤和暗煤为主,含少量镜煤,为半亮型煤.

序号	岩石名称	柱状	层厚/m	岩性描述
1	泥岩		0.0~1.9 0.9	深灰色，巨厚层状，块状，含植物化石及炭化植物化石碎片，上部含粘土并产根化石，下部裂隙较发育
2	中、细粒砂岩		3.9~17.7 9.9	白灰色，厚层状，泥质接触式胶结岩屑长石英砂岩，含炭屑少量白云母，分选中等，次棱角状，显小型斜层理，爬升纹波状层理，含多量深灰色泥岩包体，中下部夹薄层黑色粉砂质泥岩并含多量炭化植物化石碎片，含炭屑，下部以煤条带显斜波状层理，沿层面含多量炭屑及炭化植物化石。中、下部裂隙发育，岩芯破碎，裂面有擦痕与下层呈冲刷接触
3	泥岩		0.9~2.1 1.6	灰黑色，厚层状，致密，参差状—平坦状断口，上部夹粉砂岩条带，含丰富植物根化石碎片，裂隙发育，充填方解石
4	细粒砂岩		3.4~6.7 5.4	灰色，巨厚层状，成分以石英，长石为主，次含暗色矿物及炭屑，泥质胶结，分选中等，次圆状，夹炭质条纹，显脉状—缓波状层理。岩层坚固性系数（普氏硬度系数） $f=11.9$
5	砂质泥岩		1.3~4.5 2.5	深灰色，含砂均匀为细粉砂，含植物化石，局部夹镜煤条带，底部0.20 m为黑灰泥岩，具擦痕滑面。岩层坚固性系数（普氏硬度系数） $f=5.9$
6	泥岩		0.0~2.0 1.2	灰黑色，厚层状，参差状断口，层面含菱铁矿细晶裂隙，充填方解石，具滑面构造。岩层坚固性系数（普氏硬度系数） $f=4.77$
7	3煤		2.0~9.2 6.8	黑色，玻璃光泽，褐黑色条痕，中条带状结构，参差状断口，裂隙发育，充填方解石脉1~2 cm，有少量星散状黄铁矿薄膜，以亮煤和暗煤为主，含少量镜煤，为半亮型煤。3煤局部揭露1层夹矸，厚0.1~2.0 m，平均0.5 m
8	泥岩		0.15~5.8 2.0	深灰色，厚层状，含丰富植物化石碎片，含星点状黄铁矿及菱铁质结核，显缓波状层理，具细裂隙并充填方解石。岩层坚固性系数（普氏硬度系数） $f=4.77$
9	砂质泥岩		0.0~3.0 2.6	灰黑色，中厚层状，质较硬，含黄铁矿及植物根化石，裂隙较发育。岩层坚固性系数 $f=5.9$
10	细粒砂岩		3.7~14.4 6.0	深灰色，薄层状，成分以石英，长石为主，次为其它矿物，泥质胶结，局部为钙质胶结，上部含较多泥质，含炭质条纹，水平层理，层理面富含植物化石碎屑，底部偶见黄铁矿。岩层坚固性系数（普氏硬度系数） $f=11.9$
11	炭质泥岩		0.0~0.3 0.1	灰黑色，薄层状，致密，平坦状—参差状断口，含炭量约40%左右

图 1 3311 工作面煤岩层综合柱状图

3煤直接顶为泥岩或砂质泥岩,其中泥岩为灰黑色,厚层状,参差状断口,层面含菱铁矿细晶裂隙,充填方解石,具滑面构造,裂隙发育较破碎,厚度平均为1.2 m;砂质泥岩为深灰色,含砂均匀为细粉砂,含植物化石,局部夹镜煤条带,底部0.2 m为黑灰泥岩,具擦痕滑面,厚度平均为2.5 m.基本顶为细砂岩,灰色,巨厚层状,成分以石英,长石为主,次含暗色矿物及炭屑,泥质胶结,分选中等,次圆状,夹炭质条纹,显脉状-缓波状层理,厚度平均为5.4 m.

1.2 回撤通道布置

3311综采工作面设计配备了山东省首套6.5 m大采高自动化综采成套设备,采用一次采全高工艺,由于支架为整体性顶梁设计,采用三级护帮装置,外形尺寸较大,对工作面回撤提出了更高的要求.如何安全快速地进行3311工作面收尾阶段重型支架的回撤工作,是影响到矿井接替工作面能够进行连续布置的关键,加之新安煤业公司3煤层自然倾向性等级为Ⅱ类,自然发火期较短,为了加快回撤速度,采用了预掘单通道回撤系统,即在综采工作面停采线处掘进一条垂直于上下两巷道的回撤通道,形成大采高综采工作面重型装备单通道回撤系统.回撤通道设计见图2.

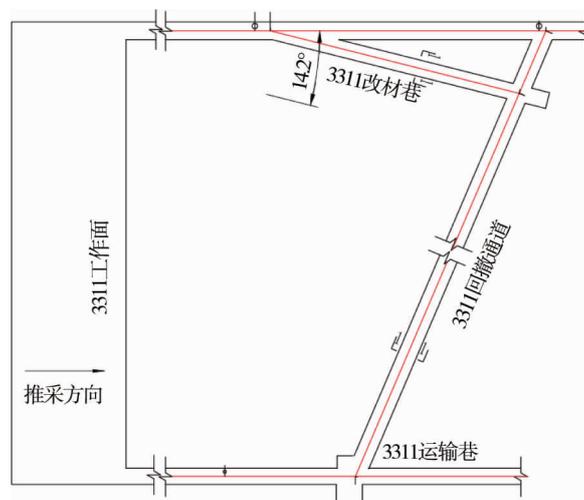


图2 3311综采工作面回撤通道布置

1.3 回撤通道断面大小确定

3311工作面采用ZY13000/30/65D型掩护式液压支架,要使支架顺利回撤,回撤时回撤空间跨度在10 m,高度在4.5 m方可满足要求.预掘通道断面确定为矩形,宽度施工4.6 m,高度施工3.8 m.由于预掘回撤通道沿煤层顶板掘进,巷道底板为煤层,在工作面回采到预掘回撤通道时,预掘回撤通道内会出现较严重的底鼓,在工作面回撤时需要进行卧底.回撤通道在煤层中的位置见图3.

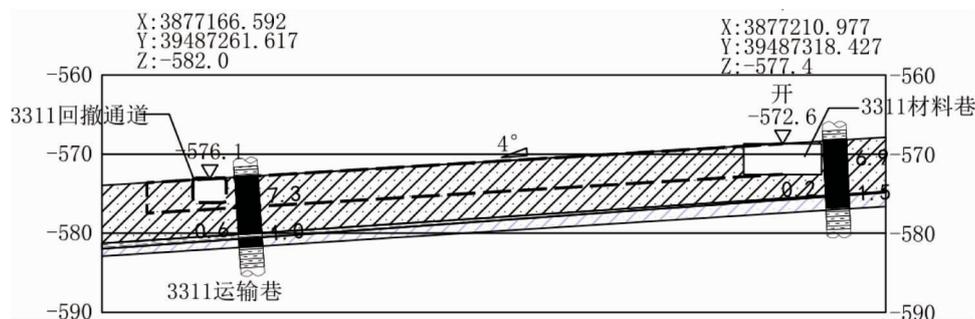


图3 回撤通道在煤层位置

2 回撤通道分级支护设计

2.1 回撤空间支护原则

根据回撤通道的服务时间,回撤通道围岩的控制可以分为两个阶段:第一阶段,即掘进阶段,通道掘出

以及经受动压影响前.第二阶段,经受动压影响至支架进入回撤通道.根据受力特点,在第一阶段主要是静压影响,保持掘进阶段的安全可靠是关键;第二阶段主要是动压影响,根据以往的经验,允许回撤通道底板产生一定的变形以释放工作面前方的支承压,在这一阶段,保持顶板的完整性以及有效控制底鼓是关键.根据目前巷道支护的研究效果,结合3311工作面回采巷道的支护和变形情况,提出回撤通道支护分为一级支护和二级支护,并与回撤通道的控制阶段相对应.其围岩控制的思路是:强化顶板,即采用高强锚杆、注浆锚索、喷浆注浆组合支护提高顶板支承能力;减小跨度,即在巷道中间设置单体支柱,以达到减跨目的.

2.2 回采巷道支护情况

回撤通道支护设计参数的选择参考了工作面回采巷道的支护情况.其中,回采巷道断面参数及其支护形式如表1所示.

表1 回采巷道断面参数及其支护形式

巷道名称	进回风	断面形状	净宽/m	净高/m	净断面/m ²	支护形式
材料巷	进风	矩形	4.6	3.65	16.79	锚网梯索
运输巷	回风	矩形	4.2	4.15	17.43	锚网梯索
切眼	进风	矩形	9.5	4.00	38.00	锚网梯索、单体支护

2.2.1 材料巷和运输巷

材料巷和运输巷均采用锚网梯索支护,顶板采用直径20 mm×2 400 mm高强度锚杆(运输巷采用树脂螺纹钢锚杆),间排距为800 mm×800 mm,铺设金属菱形网;帮部采用直径20 mm×1 800 mm高强度锚杆,间排距为800 mm×800 mm,铺设金属菱形网,帮部锚杆使用木托板,规格为200 mm×200 mm×50 mm.采用锚索板加强支护,锚索为直径21.6 mm预应力钢绞线,锚索板采用碳素钢板制作,规格为300 mm×300 mm×15 mm,锚索间排距2.2 m×2.4 m,锚索长度以锚入上覆稳定基岩长度不小于1.5 m为准.

2.2.2 切眼

切眼巷道采用锚网梯索和单体液压支柱配合一字铰接顶梁复合支护的方式,顶板采用直径20 mm×2 400 mm高强度锚杆,间排距为800 mm×800 mm,顶板铺设金属菱形网;帮部采用直径20 mm×1 800 mm树脂螺纹钢锚杆,间排距为900 mm×900 mm,铺设金属菱形网;顶板锚索板采用碳素钢板(300 mm×300 mm×15 mm),锚索为直径17.8 mm预应力钢绞线,间排距2.2 m×2.4 m,锚索长度以锚入上覆稳定基岩长度不小于1.5 m为准,单体液压支柱间排距为2.0 m×1.0 m.

2.3 回撤空间支护设计

2.3.1 一级支护设计参数

在通道掘进期间进行一级支护,目的是保持通道在掘进和采动扰动来临期间围岩稳定性.顶板采用6根直径22 mm×2 400 mm高强度锚杆进行支护,锚杆间排距均为800 mm×800 mm,挂4.2 m“W”型钢带一根.每隔1.6 m在巷道中间施工一组锚索梁(长度3 600 mm的12#工字钢)每根锚索梁使用3根锚索固定,锚索间距1.5 m,锚索使用QLMK22锚具,长度8 000 mm的1 mm×7~21.6 mm预应力钢绞线,每根锚索均用3支树脂锚固剂固定,钢绞线露出锁具的长度为(200±50) mm;顺着巷道方向在施工顶板锚索的位置布置3根钢丝绳,钢丝绳用锚索梁压实,钢丝绳的直径不低于15.5 mm,钢丝绳长度每根为10 m,采取压接方式,压接在锚索梁下,压接长度不少于400 mm.图4为3311回撤通道顶部支护示意图.

帮部采用直径20 mm×2 400 mm左旋螺纹钢锚杆进行支护,每帮布置4根,锚杆间排距均为800 mm×800 mm,实体煤壁侧每棵锚杆板后加一块钢带托板,钢带托板规格为:长×宽×厚=300 mm×300 mm×3.75 mm;钢带托板后加钢丝绳加强支护,纵向4棵锚杆盘后长3.5 m的钢丝绳,横向锚杆盘后挂长5 m的钢丝绳,钢丝绳的直径不低于15.5 mm,钢丝绳用钢带托板压实,压接长度不少于400 mm.

顶板及实体煤壁侧帮部铺设双层金属菱形网,另一侧帮部铺设单层金属菱形网,网与网采用压茬100 mm的方式进行连接,网与网之间要用双股14#铁丝连接,连接点要均匀布置,间距100 mm,金属菱形

网挂至帮部最下面一棵锚杆下沿,每棵锚杆均用2支树脂锚固剂锚固,端锚长度不少于1 000 mm.

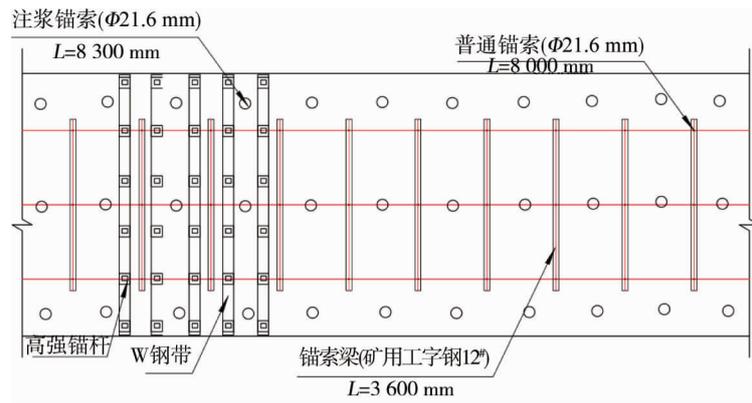


图4 回撤通道支护设计

2.3.2 二级支护设计参数

掘进结束后在工作面超前支承压力来临前,进行二级支护.根据相邻工作面的超前支承压力情况,在回撤通道距离工作面200 m时,开始实施二级支护.首先在原巷道顶部原锚索梁之间施工注浆锚索,一排三根,注浆锚索间排距为1 600 mm×1 600 mm,注浆锚索长度8 300 mm,注浆锚索施工完毕进行巷道顶及实体煤侧喷浆支护,喷浆后对施工的注浆锚索进行集中注浆,最后再在巷道中间布置三排单体液压支柱起减垮作用,单体液压柱顶在顶板锚梁上,一梁三柱,柱距1.6 m,排距1.6 m,单体支柱穿铁鞋.

3 回撤通道支护效果分析

为了解支护对顶板的控制效果,保证回撤通道内顶板的安全,在通道内进行了顶板离层及巷道底鼓情况观测,在回撤通道中每25 m布置一个点,共布置10个顶板离层仪和10个顶底板移近量观测仪.顶板离层仪深基点固定在锚索上方岩层内300 mm处,浅基点固定在锚杆端部位置.不同测点顶板位移观测结果如图5所示.可以看出,回撤通道出现下沉量变化是在距工作面76 m,随着工作面的推进,顶板下沉量缓慢增长.当距工作面42 m时,随工作面的推进急剧增长,但当工作面推采至距回撤通道10 m时,顶板下沉量基本保持不再增加,最终机尾靠近3309老塘区60 m段顶板下沉量较大,平均380 mm,其余至机头段平均下沉量110 mm.回撤通道底鼓量变化是在距工作面22 m时,底鼓量开始显现,并逐渐增大,直到工作面推采至回撤通道4 m时,底鼓量不再增加,底鼓范围也是机尾靠近3309老塘区60 m段,底鼓量平均达到800 mm,其余至机头段平均底鼓量在300 mm,通道内出现底鼓时,通道内两底角处的底鼓量大于通道内底板中部的底鼓量,底板底鼓位移变化规律为“V”形,两边高,中间低.

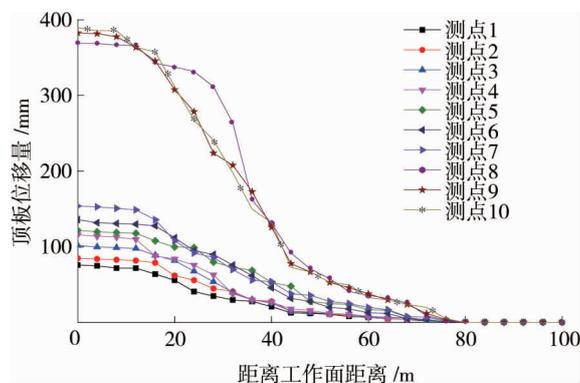


图5 不同测点顶板位移变化

变形数据表明,利用一级支护控制了掘进期间的通道围岩变形,利用二级支护控制了超前支承压力的作用,整个服务期内回撤通道的稳定性得到了较好的控制.通过该方案的实施,采用预掘回撤通道实现了

工作面安全快速推采及设备快速回撤.回撤期间通道内顶板较稳定,虽然推采至回撤通道时巷道底鼓量较大,但造撤面条件时煤机推溜卧底,没有影响安全推采.

4 结论

1)根据高地应力区大断面支架回撤通道的受力特征,提出多级支护的支护方案,即在掘进期间采用锚杆和锚索、钢带、菱形网以及钢丝网等进行一级支护,在采动影响之前采用注浆锚索和液压单体支柱等进行二级支护.

2)回撤通道围岩变形具有动态变化特点,受采动应力影响较大.在所提支护方案条件下,随着工作面的推进,顶板下沉量在距工作面76 m时开始缓慢增长,42 m时急剧增长,10 m时基本保持不变;底鼓量在距工作面22 m时开始显现并逐渐增大,工作面推采至回撤通道4 m时不再增加.

3)分级支护方案较好地控制了回撤通道的变形,实现了工作面支架的安全快速回撤.研究成果可为深厚煤层工作面的回撤通道支护设计提供参考.

参考文献:

- [1] 霍英涛,庞茂瑜,张广超.综采工作面回撤通道锚网索联合支护技术[J].煤炭与化工,2013,36(2):93-94.
- [2] 周泽,朱川曲,王峰,等.预掘回撤通道应力转移技术[J].矿业工程研究,2017(3):50-55.
- [3] 段玉喜,党涛.大断面综采工作面回撤通道的围岩控制技术[J].陕西煤炭,2017(2):74-77.
- [4] 李兴华,原登亮,薛瑞瑞.综采工作面回撤巷道支护技术优化研究与应用[J].煤炭工程,2016,48(3):46-49.
- [5] 赵军.大断面回撤通道锚杆支护技术与应用[J].煤炭科学技术,2005(11):5-7.
- [6] 王国举,赵伏军,唐辉雄,等.综采工作面回撤通道顶板结构及支护技术[J].矿业工程研究,2013(3):15-19.
- [7] 付亚平,姜洪雨,甘甜,等.综采工作面回撤技术的应用研究[J].煤炭技术,2017,36(4):39-41.
- [8] 周国荣,何忠全,李青锋,等.大断面巷道裂隙围岩级式立体支护技术[J].矿业工程研究,2018(4):17-21.
- [9] 刘勇,吕华文.注浆加固对回撤通道稳定性影响的模拟分析[J].煤矿开采,2014(1):52-55.
- [10] 赵群,李亚斌.综采工作面回撤通道围岩控制技术研究[J].山东煤炭科技,2018(1):32-36.
- [11] 李文静.综采工作面回撤通道支护设计与应用[J].现代矿业,2016(3):32-34.