

掘进工作面过断层运输与回风巷道支护及效果分析

许向东

(山西沁和能源集团 九鑫煤业有限公司, 山西 晋城 048000)

摘要:断层破碎区巷道有效支护对于煤矿安全生产具有重要意义。以山西沁和能源集团九鑫煤业有限公司 205 工作面运输与回风巷道过断层为试验对象,采用分析法对工作面运输与回风巷道过断层进行分析。提出冒落区顶板注浆治理、破碎围岩超前预注浆、锚杆+锚索+网的联合支护方式并对支护后的巷道围岩变形进行监测。监测结果表明,巷道顶板下沉量为 60 mm、底鼓量为 50 mm、两帮移近量为 81 mm,巷道变形量较少,巷道得到了有效控制。

关键词:断层;支护设计;围岩变形

中图分类号:TD353 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0310-04

中国是一个煤矿大国,煤炭在中国能源结构中占有重要地位,对于中国经济发展具有重要的促进作用^[1-3],随着中国煤炭资源的大量回采,优势地质条件下煤炭资源已趋于殆尽,煤炭企业不得不开采劣势地质条件下煤炭资源^[4],特别是当遇到断层时,巷道的支护效果对于煤矿安全开采具有非常重要的意义^[5]。

对于工作面巷道过断层支护问题,众多学者进行了研究。赵福栋^[6]采用铺设聚氨酯纤维网配套 JW 型锚索梁以及超前支护的方法对同煤集团铁峰煤业增子坊煤矿 5306 工作面 F5 断层顶板以及破碎区域进行了处理,治理后工作面顶板破碎区域得到了有效控制,保证了工作面的安全回采;马震^[7]采用短锚索代替锚杆的全锚索支护方式对车集煤矿 2614 工作面断层构造影响巷道进行了支护处理,数值模拟以及矿压监测很好的证明了全锚索支护对于断层影响带支护的有效性;张建超等^[8]采用巷道关键部位密集锚索支护+反底拱全断面锚杆支护的围岩控制技术对上湾煤矿中六运输大巷 F2 断层进行了有效处理,巷道支护有效地控制了顶底板移近量,防止冒顶事故发生,围岩得到了有效控制;雷喜良^[9]采用“锚网+锚索+初喷”的让压支护方式对陈四楼煤矿 F18 断层进行了有效支护,避免了巷道的冲洗扩修,有效保证了巷道的正常使用,保证了工作面的安全回采。

以上学者通过新的技术支持方式对工作面过断层顶板支护进行了研究,有效地保护了工作面的

安全回采。现以山西九鑫煤矿为试验矿井,对其工作面运输和回采巷道过断层顶板支护进行研究,并对支护效果进行了监测分析。

1 工程概况

山西沁和能源集团九鑫煤业有限公司生产能力 0.6 Mt/a,主采 2 号~15 号煤层,205 工作面为一采区工作面,主采 2 号煤层,煤层厚度 4.41 m,为近水平煤层。根据地质探测结果可知,工作面运输和回风巷道掘进过程中将遇到 DF5 正断层,断层上下盘距离 23~29 m,断层面倾角 65°。根据地质钻探情况发现,断层破碎带主要有较破碎的砂岩、砂质泥岩、泥岩、煤线,断层破碎带不含水,但由于 2# 煤层顶板有砂岩含水层,巷道开挖后顶板有淋水情况,淋水量 3~5 m³/h。

2 运输和回风巷道支护设计

运输和回风巷道沿顶板掘进,设计巷道断面为:毛断面宽 4.6 m,高 3.45 m,断面面积 15.87 m²;净宽 4.5 m,净高 3.4 m,断面面积 15.3 m²。巷道支护方式采用锚杆、锚索、钢筋梯、菱形网进行联合支护,如图 1 所示。

2.1 顶板锚杆支护

顶板采用 $\phi 20\text{ mm}\times 2\ 200\text{ mm}$ 左旋无纵高强度螺纹钢锚杆支护,间排距为 800 mm $\times$ 1 000 mm,(顶板破碎时缩小间排距),设置锚杆与垂直方向上的角度为 10°,将锚杆支护的孔深设置为 2 150 mm。在进行锚杆支护时,采用锚固剂进行加固,锚固剂

收稿日期:2020-10-25

作者简介:许向东(1974—),男,山西晋城人,山西沁和能源集团九鑫煤业有限公司,总工程师,工程师,研究方向为煤矿安全与生产。

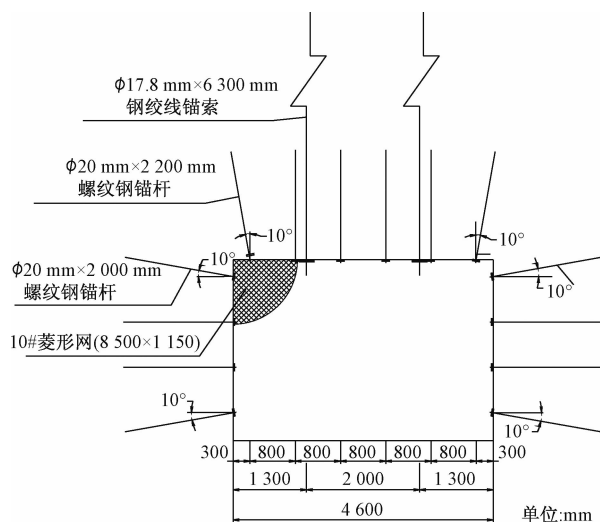


图1 运输与回风巷道支护设计

采用两种型号进行加固,加固的深度设置为950 mm;并设置锚杆的最小锚固力大于120 kN,在进行螺母操作时,设置其拧紧力矩大于200 N·m。

2.2 围岩锚杆支护

煤矿巷道顶板采用 $\phi 20\text{ mm} \times 2\,200\text{ mm}$ 左旋无纵高强度螺纹钢锚杆支护,间排距为 $800\text{ mm} \times 1\,000\text{ mm}$, (顶板破碎时缩小间排距),设置锚杆与垂直方向上的角度为 10° ,将锚杆支护的孔深设置为2 150 mm。在进行锚杆支护时,采用锚固剂进行加固,锚固剂采用两种型号进行加固,加固深度设置为950 mm;并设置锚杆的最小锚固力大于120 kN,在进行螺母操作时,设置其拧紧力矩大于200 N·m。

2.3 顶板锚索支护

锚索采用 $\phi 17.8\text{ mm} \times 6\,300\text{ mm}$ 7股高强度低松驰预应力钢绞线制作,间距、排距为 $2\,000\text{ mm} \times 2\,000\text{ mm}$,将锚索支护的孔深设置为6 000 mm。在进行锚杆支护时,采用锚固剂进行加固,锚固剂采用两种型号进行加固,加固深度设置为1 550 mm;并设置锚索的最小锚固力大于250 kN,在进行螺母操作时,设置其拧紧力矩大于180 N·m。

2.4 钢筋梯子梁

根据巷道的实际情况,选用钢筋梯子梁进行加固,钢筋梯子梁采用直径12 mm的钢筋进行焊接,将钢筋梯子梁的长度设置为4 100 mm,为了提高其支撑强度,钢筋梯子梁的宽度设置为80 mm,对于显微钻孔设置其间距为800 mm。对于围岩两帮的钢筋梯子梁,设置其上部宽度为1 800 mm,设置其下部宽度为1 200 mm,其间距为80 mm,限位钻孔的距离设置为800 mm。

2.5 金属网

对于锚网采用菱形网进行加固补强。菱形锚网采用直径为10 mm的铁丝进行焊接而成,设置金属锚网的长度为8 500 mm,设置金属锚网的宽度为1 150 mm。在巷道上覆顶板以及巷道两帮围岩进行铺设金属菱形锚网。金属菱形锚网之间采用连接的方式进行连接,连接的长度设置为150 mm,其误差不能大于10 mm,采用16#铁丝进行连接,在连接的过程中符合一扣三扭的锚网连接规定。

3 运输和回风巷道过断层治理

3.1 施工泄水孔导水

如果后期钻探断层含水,且含水量较大,则为了方便巷道掘进和减小水对泥岩围岩的软化,需要在工作面加固时布置泄水孔。巷道迎头位置布置顶板加固施工钻孔,设置其角度为上斜角 30° ,钻孔的方向与巷道断层走向呈 90° 。同时,钻孔的长度必须穿过断层破碎区的长度,施工钻孔其直径为75 mm并且安装法兰盘。设置钻孔的总长度为6 m。在巷道覆岩顶板并且靠近巷道中部施工垂直孔,打钻孔深度为10 m。钻取一个直径为75 mm的钻孔,在布置完泄水孔口,观测涌水量变化特征,若泄水孔不足以满足泄水的要求,要重新增加泄水孔。

3.2 冒落区处理

如果在巷道掘进过程中,已经发生了顶板破碎矸石冒落,则需要对冒落区顶板进行处理。在进行冒落区处理时,首先应该对冒落区中的空巷进行充填处理,保证巷道空顶区能够有效控制,不先对破碎带冒空区进行充填,控制当前冒顶处,以防进一步发展,为后续围岩及超前预注提供保障。在距离空顶区的上部以及左右两个位置施工钻孔,设置其倾角为 60° ,施工钻孔孔径为28 mm,对于空顶区其钻孔深度必须大于空顶区的深度,保证空顶区的稳定,在冒落空顶区位置放置风筒布以及其他柔软材料,防止注浆过程中浆液通过冒顶处流出来。同时,通过钻孔进行注浆作业,并且安装注浆管路,对冒落空顶区进行第一次封堵。注浆加固结束的标准为浆液从冒落空顶区内流出来,待初始注浆结束后,再对其他充填孔进行充填作业,在进行充填的过程中先对冒落区的两边进行充填,待两边充填完毕后在对中间进行充填,选用发泡类注浆材料,充填区域应该覆盖整个冒落空顶区。

3.3 化学浆加固

待冒空区充填完毕后,采用化学浆液对巷道冒落空顶区四周易漏浆区域进行加固,浆液在注浆过

程中能够很好地冲入到破碎区岩石的裂缝中,能够将原来不完整、不连续的煤岩体重新形成一个整体。增加煤岩体力学强度。提高围岩稳定性。保证在掘进过程中不能发生冒顶事故。待易漏浆区域完全封堵后,采用加固材料对巷道超前距离区域内进行注浆加固,保证围岩的稳定性。在注浆过程中,每 1.6 m 进行一次注浆加固作业,注浆过程中保证浆液的渗透半径为 2 m 以上。同时,在注浆过程中对巷道断层的破碎区进行注浆加固作业,保证掘进工作面超前一定距离下煤岩体是一个完整的整体。采用锚索、锚网、锚杆的注浆加固方式。间排距为 0.8 m。锚索的排距为 2 m,每排布置 3 个锚索加固孔,采用 21.8 mm 的锚索直径,9 000 mm 的锚索长度,在进行注浆加固过程中,设置注浆压力为 5 MPa。

4 运输和回风巷道掘进方式及支护参数

4.1 炮掘施工岩巷

运输和回风巷道施工至岩巷处,综掘机停放位置不得妨碍铺设轨道,然后以上行 15°坡采用炮掘向前掘进,开始施工时,采用放小炮掘进,防止破坏皮带、开关、电缆、管路、综掘机等设施设备,煤岩交接处 5 m,锚索进行加强支护,采用“三二”布置(图 2),间排距为 1.5 m×1.5 m×1 m,最大空顶距不得大于 1.2 m,最小空顶距不得小于 0.2 m,循环进尺为 1 m。巷道正常施工时,锚索采用“二二”布置,间排距 2 m×2 m,最大空顶距不得大于 2.2 m,最小控顶距不得小于 0.2 m,循环进尺为 2 m,永久支护采用锚杆、锚索、菱形网、钢带进行联合支护,顶板破碎段滞后工作面掌头 20 m 在巷道中部支设一排 $\phi 16$ cm 木点柱,木点柱间距 4 m 作为信号柱使用,施工过程遇构造、顶板破碎时,改变 205 运输顺槽永久支护锚杆排距变为 800 mm、锚索采用“二二”布置(图 3),排距 800 mm,锚索长度 8 300 mm。

如顶板破碎严重,采用 $\phi 21.8 \times 8\,300$ mm 注浆锚索进行支护,注浆锚索施工完成,采用矿用 12 # 金属工字钢棚“一梁三柱”、拉杆、道木、木楔加强支护,每组钢棚不得少于三架,排距为 1 m,棚腿采用 $\phi 20$ mm 圆钢作联杆上下连锁,作业队需将各种材料准备充足,包括 $\phi 20 \times 2\,600$ 、 $\phi 20 \times 2\,200$ mm 螺纹钢锚杆, $\phi 17.8 \times 6\,300$ 、 $\phi 17.8 \times 8\,300$ mm 锚索及 $\phi 21.8 \times 8\,300$ mm 注浆锚索,在施工钻孔时,施工人员要对钻孔进行观察,施工至 6.3 m 时顶部保证锚索锚固在硬岩,无法达到标准时采用 8.3 mm 锚索,如锚索不能锚固,采用注浆锚索。

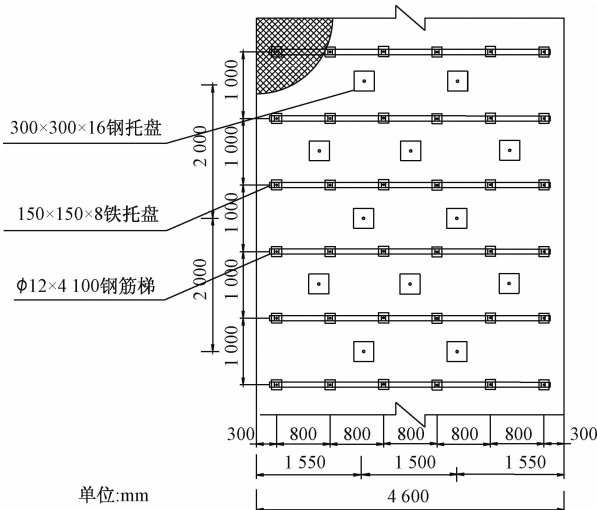


图 2 运输和回风巷道掘进煤岩过渡区顶板支护

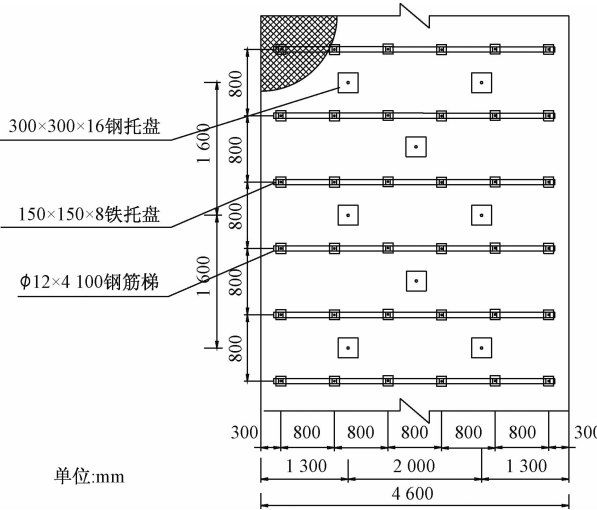


图 3 运输和回风巷道过断层破碎区顶板支护

4.2 技术标准

巷道顶板锚杆采用直径为 20 mm,长度为 2 200 mm 的高强度螺纹钢锚杆,靠帮的顶板角锚杆与铅垂线煤壁的竖直线为 10°。在进行锚杆钻孔施工中,设置锚杆钻孔孔深为 2 150 mm。采用锚固剂进行加固,锚固剂采用两种型号的进行加固,设置加固的长度为 950 mm;并设置锚索的最小锚固力大于 120 kN,在进行螺母操作时,设置其拧紧力矩大于 200 N·m。对于巷道围岩两帮锚杆采用直径 20 mm,长度为 2 000 mm 的高强度螺纹钢锚杆,对于两帮锚杆采用水平布置钻孔,钻孔孔深为 1 950 mm,采用锚固剂进行加固,锚固剂采用两种型号的进行加固,设置加固的长度为 950 mm;并设置锚索的最小锚固力大于 120 kN,在进行螺母操作时,设置其拧紧力矩大于 200 N·m(岩巷两帮上部支设滞后不大于 2 m)。下部支设滞后不大于 6 m

支设。煤巷两帮上部支设滞后不大于 1 m。下部支设滞后不大于 4 m 支设,在顶、帮拧螺母前必须按规定上减磨垫圈,锚索采用 $\phi 17.8\text{ mm}\times 6\,300\text{ mm}$ 7 股高强度低松弛预应力钢绞线制作,“二二”布置,排距 2 000 mm,锚索长度 6 300 mm,巷道锚索孔深设置为 6 000 mm。采用锚固剂进行加固,锚固剂采用两种型号的进行加固,锚固加固长度设置为 1 550 mm,并设置锚索的最小锚固力大于 250 kN,张拉预紧力不得小于 180 kN,锚索终孔锚固段岩层性质发生变化时,若在掘进过程中出现泥岩、断层破碎带、破碎区裂隙等不能达到锚固力要求时,必须采取注浆加固或者架棚辅助加强支护。

5 巷道围岩变形监测

为测定围岩表面水平与垂直方向收敛量或收敛速度,判定围岩稳定性,应测定围岩表面绝对位移量,包括顶板下沉、底板起鼓和两帮移近量。

使用喷漆在每个测站的两帮和顶底板各选择一组水平和垂直的点进行测量,原则上选择在两帮和顶底板中部,每组只需要布置一个两帮和一个顶底板测点,得出其变化特征如图 4 所示。

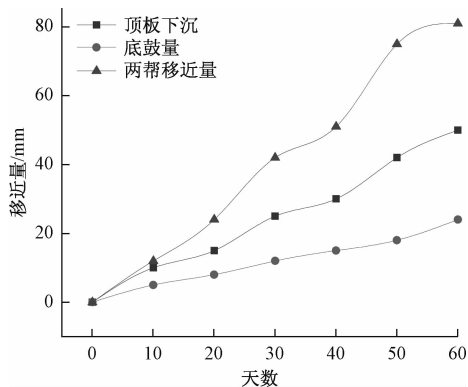


图 4 巷道变形量

由图 4 可知,当掘进工作面以及断层破碎区经过处理后,巷道顶板下沉量 60 mm、底鼓量为 50 mm、两帮移近量为 81 mm,巷道变形量较少,巷道得到了有效控制。

6 结论

采用分析法对工作面运输与回风巷道过断层进行了分析。提出了冒落区顶板注浆治理、破碎围岩超前预注浆、锚杆+锚索+网的联合支护方式并对支护后的巷道围岩变形进行了监测。监测结果表明,巷道顶板下沉量 60 mm、底鼓量为 50 mm、两帮移近量为 81 mm,巷道变形量较少,巷道得到了有效控制。

参考文献

[1] 王晓蕾,秦启荣,熊祖强,等. 层次注浆工艺在松软巷道破碎围加固中的应用[J]. 地下空间与工程学报,2017,13(1): 206—212.

[2] 王晓蕾,司树杰,阿窠. 页岩有机质纳米力学性质研究进展[J]. 科技导报,2020,41(12):115—128.

[3] 王晓蕾,秦启荣,熊祖强,等. 深部巷道破碎围岩注浆加固效果综合评价[J]. 地下空间与工程学报,2019,15(2): 576—582.

[4] 王晓蕾. 深部破碎煤岩体注浆加固控制技术及应用研究[D]. 成都:西南石油大学,2018.

[5] 王晓蕾,姬治岗,罗文强. 破碎煤岩体注浆加固效果综合评价技术及应用[J]. 煤田地质与勘探,2019,47(6):92—97.

[6] 赵福栋. 综采工作面过断层时的顶板控制措施[J]. 山东煤炭科技,2020,38(9):54—55.

[7] 马震. 断层构造影响带巷道全锚索支护技术[J]. 能源与环保,2020,42(9):244—249.

[8] 张建超,曹其嘉. 上湾煤矿运输大巷过断层围岩变形破坏特征研究[J]. 陕西煤炭,2020,39(5):25—29.

[9] 雷喜良. 巷道过大型断层破碎带支护技术研究与应用[J]. 煤炭与化工,2020,43(7):21—25.

Analysis on the Support and Effect of Cross Fault Transport and Backwind Roadway in Heading Face

XU Xiang-dong

(Jiuxin Coal Industry Co., Ltd., Qinhe Energy Group of Shanxi Province, Jincheng Shanxi 048000, China)

Abstract: The effective support of roadway in fault breaking area is of great significance for coal mine safety production. Shanxi Qinhe Energy Group Jiuxin Coal Industry Co., Ltd. 205 working face transportation and return air roadway fault as the test object. The analysis method is used to analyze the cross fault of working face transportation and return air roadway. The combined support method of roof grouting treatment, pre-grouting of broken surrounding rock and anchor cable net in caving area is put forward and the deformation of roadway surrounding rock after supporting is monitored. The monitoring results show that the roof subsidence of roadway is 60 mm, the bottom bulge is 50 mm and 81 mm, the deformation of roadway is less, and the roadway is effectively controlled.

Key words: keywords fault; support design; surrounding rock deformation