

文章编号:1671-251X(2019)06-0101-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2018120076

综放工作面过空巷泵送支柱技术

郝玉辉¹, 康官先²

(1. 大同煤矿集团永定庄煤业有限责任公司, 山西 大同 037003;
2. 太原理工大学 采煤工艺研究所, 山西 太原 030024)



扫码移动阅读

摘要:针对现有工作面过空巷基于传统支护方法,不能较好地适应多变的地质条件的问题,以大同煤矿集团永定庄煤业有限责任公司8103综放工作面为研究背景,通过理论分析综放工作面过空巷基本顶变形特征,提出了综放工作面过空巷泵送支柱技术。数值模拟结果表明,随着工作面距空巷距离减小,利用泵送支柱支护的空巷围岩垂直应力呈“双峰”-“孤峰”-“双峰”变化,围岩移近量先增大、后趋于稳定,说明泵送支柱能够承受工作面超前支承应力,保证工作面安全通过空巷。该技术在现场得到成功应用,空巷顶底板最大移近量为282 mm,两帮最大移近量为152 mm,围岩稳定性较好。

关键词:煤炭开采;综放工作面;工作面过空巷;泵送支柱;空巷支护;支柱支护
中图分类号:TD353 文献标志码:A

Pumping pillar technology of fully mechanized caving face passing through abandoned roadway

HAO Yuhui¹, KANG Guanxian²

(1. Yongdingzhuang Coal Industry Co., Ltd., Datong Coal Mine Group, Datong 037003, China;
2. Institute of Mining Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Existing working face passing through abandoned roadway based on traditional support methods cannot adapt to changeable geological conditions well. Based on research background of 8103 fully mechanized caving face of Yongdingzhuang Coal Industry Co., Ltd. of Datong Coal Mine Group, basic roof deformation characteristics of the fully mechanized caving face passing through abandoned roadway were analyzed theoretically, and pumping pillar technology of fully mechanized caving face passing through abandoned roadway was put forward. The numerical simulation results show that with distance decreasing between working face and abandoned roadway, vertical stress of surrounding rock in abandoned roadway supported by pumping pillar changes from "double peak" to "single peak" and then "double peak", and convergence of surrounding rock increases firstly and then tends to be stable, which indicate that the pumping pillar can withstand advancing abutment stress of the face and ensure safety of the face passing through abandoned roadway. The technology has been successfully applied in field with good stability of surrounding rock. The maximum convergence between roof and floor is 282 mm, and that between two side walls is 152 mm.

Key words: coal mining; fully mechanized caving face; working face passing through abandoned roadway; pumping pillar; abandoned roadway support; pillar support

收稿日期:2018-12-27;修回日期:2019-05-25;责任编辑:盛男。
基金项目:山西省自然基金面上项目(201601D102038)。
作者简介:郝玉辉(1969—),男,山西朔州人,工程师,主要从事煤矿采掘和机电技术工作,E-mail:46054084@qq.com。
引用格式:郝玉辉,康官先.综放工作面过空巷泵送支柱技术[J].工矿自动化,2019,45(6):101-104.

HAO Yuhui, KANG Guanxian. Pumping pillar technology of fully mechanized caving face passing through abandoned roadway[J].
Industry and Mine Automation, 2019, 45(6): 101-104.

0 引言

矿井回采条件复杂,现场常构筑一些特殊用途的巷道位于工作面煤层中,或者由于小煤窑偷挖乱采等因素造成煤层中遗留不规则的废弃巷道。在超前支承应力影响下,工作面经过这些空巷时易发生压架事故^[1-3],给后期矿井安全开采造成极大困难。

许多学者针对工作面安全通过空巷进行了大量研究^[4-6]。吴士良等^[7]以神东矿区某工作面过空巷为背景,提出了小煤柱等压过空巷技术,通过理论分析对等压方式、等压时间、等压小煤柱宽度等给出了确定方法。何向宁等^[8]以旗山煤矿综采放顶煤工作面过空巷为背景,通过数值模拟试验高水材料充填空巷、木垛支护和锚杆支护下空巷围岩稳定性,提出了采用高水材料充填的支护方案,并在现场进行了验证。高士岗^[9]介绍了柳塔煤矿综采工作面顺利过空巷期间的补强支护、劳动组织、注意事项等。但上述研究都是基于传统支护方法,不能较好地适应多变的地质条件。本文以大同煤矿集团永定庄煤业有限责任公司 8103 综放工作面为研究背景,提出了综放工作面过空巷泵送支柱技术,可为工作面安全过空巷提供良好的技术保障。

1 工程概况

8103 综放工作面主采 3—5 号煤,工作面长 185 m,走向长度为 1 155 m。设计采高为 3.5 m,放煤厚度为 8 m,采放比为 1 : 2.29。煤层倾角为 1~5°,平均为 3°。工作面直接顶为高岭岩、炭泥岩,胶结致密,平均厚度为 4.67 m;基本顶以砾岩、中粒砂岩、石英为主,平均厚度为 12.88 m;直接底为高岭岩、炭泥岩,胶结致密,平均厚度为 3.21 m。

工作面中部存在 1 条空巷(宽为 5.0 m,高为 3.5 m),位置如图 1 所示。空巷横穿整个工作面,空巷顶板采用“锚杆+锚索”联合支护。工作面在过空巷期间,极易发生切顶、大面积冒顶等现象,严重影响安全生产。

2 工作面过空巷基本顶稳定性分析

随着工作面不断推进,上覆基本顶呈周期性折断。当基本顶折断位置位于空巷前方(图 2)时,折断的基本顶岩块形成类似简支梁的结构^[10-12],关键岩块 B 折断不但不会对空巷施加应力,反而对其下方空巷起到保护作用。

当基本顶折断位置刚好位于空巷上方(图 3)时,关键岩块 B 随工作面的回采发生滑落失稳和回转变形,使空巷周围岩体应力急剧增加。当工作面回采到临近空巷时,剩余煤柱难以支撑基本顶变形所产生的应力,可能出现煤柱压垮,空巷发生严重变

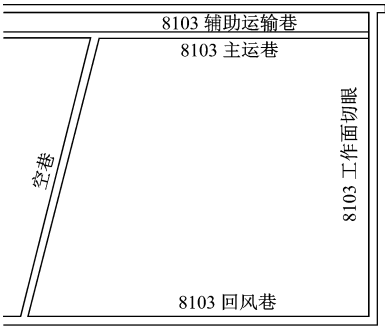


图 1 综放工作面空巷位置
Fig. 1 Position of abandoned roadway in fully mechanized caving face

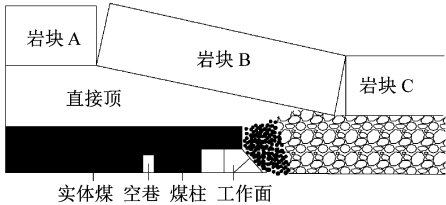


图 2 空巷前方基本顶断裂结构
Fig. 2 Fracture structure of basic roof in front of abandoned roadway

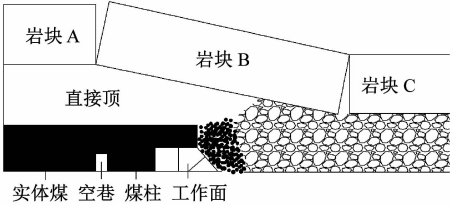


图 3 空巷上方基本顶断裂结构
Fig. 3 Fracture structure of basic roof above abandoned roadway

形,导致采煤机难以通过。

3 泵送支柱技术

泵送支柱在国外被广泛应用于矿山巷道支护中,其主要由可充填的无机材料及充填袋组成。其中无机填充材料主要由硅灰、矿粉、硅酸盐水泥按照一定的水料比混合而成,通过专用输送泵将其输送至充填袋内,快速凝結形成高强度、可变形的支柱,如图 4 所示。



图 4 泵送支柱现场模型
Fig. 4 Pumping pillar field model

充填袋为圆柱形,材质为 PVC 涂布,涂布内常缠绕高强度塑料绷带或钢丝,用于束缚充填支柱,具

有防火、抗拉强度大、延展率高等优点。充填袋尺寸可根据现场巷道尺寸进行设计,支柱直径主要有0.5、0.6、0.8、1.0 m等。

泵送支柱与锚杆支护、木垛支护相比,具有支撑强度高、让压变形能力强、可切割等优势。一般单根支柱的初撑力可达20~50 kN。支柱一般由2层充填体构成,上层为厚度0.3 m的让压层,对顶板变形起到一定的让压作用。另外泵送支柱具有可切割性,在实际生产过程中不会对设备造成磨损。因此,泵送支柱可应用于回撤通道、软岩巷道及矿压较大的空巷支护,从而保证巷道围岩稳定性,使采煤机安全顺利通过空巷。

8103综放工作面采用泵送支柱对空巷进行提前支护,空巷内共设计2排支柱,直径为1.0 m,高度为3.5 m,支柱距两帮距离为1.0 m,支柱间排距为3.0 m,共布置124个支柱,布置方式如图5所示。

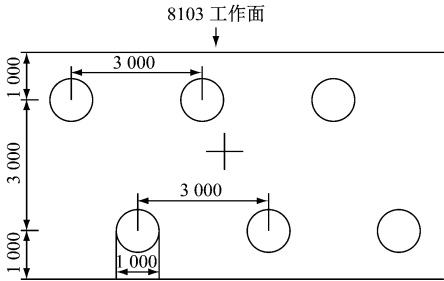


图5 泵送支柱布置
Fig. 5 Pumping pillar arrangement

4 数值模拟

4.1 模拟方案

为分析泵送支柱对于工作面过空巷期间的支护作用,采用FLAC数值模拟软件,结合8103综放工作面实际地质条件,建立弹塑性模型。考虑到工作面对称性,建模时模拟工作面宽度的一半92.5 m,在工作面两侧留20 m保护煤柱,即模型宽度为132.5 m;模拟工作面推进长度200 m,推进方向起始两侧留50 m实体煤,即模型长度为300 m;模拟工作面顶板岩层厚度60 m,煤层厚度11.5 m,底板厚度15 m,即模型高度为86.5 m。模型顶部根据工作面埋深施加均布载荷,两侧限制水平方向位移,底部限制垂直方向位移。为更准确分析工作面推进过程中空巷在泵送支柱支撑下围岩受力状态,对工作面空巷前后30 m范围内网格进行细分,其余位置处网格距离空巷越远则越大。

模型建好后,施加初始应力场,并在工作面前方提前开挖1条空巷,在空巷内按图5布置泵送支柱,在支柱相应位置对顶板提前施加20 kN的初撑力。然后开挖工作面切眼并开始回采,直至工作面过完

空巷为止,分别对空巷围岩受力及变形状态进行分析。

4.2 模拟结果

工作面距离空巷不同位置时,空巷围岩应力变化如图6所示。可看出随着工作面与空巷距离减小,空巷围岩垂直应力呈“双峰”-“孤峰”-“双峰”变化;当工作面距离空巷30 m时,围岩垂直应力2个峰值均为32.6 MPa;当工作面距离空巷15 m时,“双峰”彻底消失,变为“孤峰”,峰值为36.8 MPa;当工作面距离空巷10 m时,再次出现“双峰”的应力分布,说明此时泵送支柱受到较大超前支承压应力影响;当工作面距离空巷5 m时,“双峰”并没有消失,说明此时泵送支柱完全承受住工作面采动影响且承受的载荷较大,但支柱本身并未被破坏。

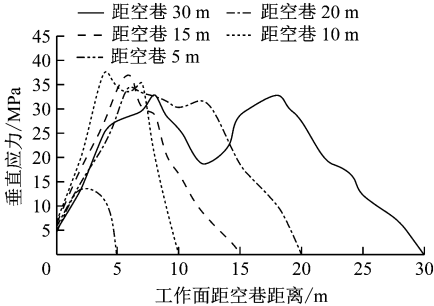


图6 工作面距空巷不同距离时空巷围岩应力变化曲线
Fig. 6 Surrounding rock stress change curves under different distances between working face and abandoned roadway

工作面距离空巷不同位置时,空巷围岩移近量变化如图7所示。可看出随着工作面与空巷距离减小,空巷围岩移近量呈先增大、后趋于稳定的特征;当工作面距离空巷25 m时,空巷顶底板及两帮移近量开始逐渐增大;当工作面距离空巷10 m时,空巷顶底板及两帮移近量趋于稳定。

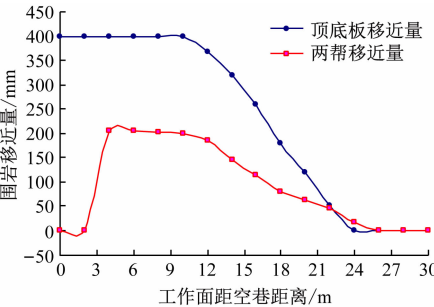


图7 工作面距空巷不同距离时空巷围岩移近量变化曲线
Fig. 7 Surrounding rock convergence change curves under different distances between working face and abandoned roadway

5 工程实践

在8103综放工作面现场应用泵送支柱技术,在工作面过空巷期间,发生2次大面积来压,工作面支架压力出现一定程度的上升,增幅比正常来压略大,

约为2.7%。空巷围岩较稳定,未出现冒顶、帮鼓、底鼓现象,顶底板最大移近量为282 mm,两帮最大移近量为152 mm。过空巷期间泵送支柱易于截割,未出现失稳倾倒等情况,经受住了顶板强烈来压的考验,保证了工作面安全顺利通过空巷。

6 结论

(1) 通过理论分析基本顶不同部位折断时空巷受力状态,得出基本顶位于空巷正上方折断时会导致煤柱压垮、空巷发生严重破坏的结论。

(2) 泵送支柱作为一种新型巷道支护技术,支撑面积大、强度高、可切割、具有一定的可缩性,适用于井下巷道被动支护。

(3) 通过数值模拟分析工作面推进过程中空巷围岩受力及变形情况,得出了随着工作面距空巷距离减小,空巷围岩垂直应力呈“双峰”-“孤峰”-“双峰”变化,空巷围岩移近量先增大、后趋于稳定的特征,说明泵送支柱能够承受工作面超前支承应力,保证工作面安全通过空巷。

(4) 在8103综放工作面现场应用泵送支柱技术,在工作面过空巷期间,未出现煤柱压垮、空巷严重破坏的现象,空巷整体结构完整,泵送支柱安全可靠。

参考文献(References):

[1] 郭帅. 石圪台煤矿12402综采面过空巷技术及其应用[J]. 陕西煤炭, 2018, 37(4): 128-130.
GUO Shuai. Technology and application of No. 12402 fully mechanized mining face in Shigetai Coal Mine crossing through abandoned roadway [J]. Shaanxi Coal, 2018, 37(4): 128-130.

[2] 刘畅, 杨增强, 弓培林, 等. 工作面过空巷基本顶超前破断压架机理及控制技术研究[J]. 煤炭学报, 2017, 42(8): 1932-1940.
LIU Chang, YANG Zengqiang, GONG Peilin, et al. Mechanism and control technology of supports crushing induced by main roof's breaking ahead of workface when crossing abandoned roadway [J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(8): 1932-1940.

[3] 谢生荣, 李世俊, 魏臻, 等. 综放工作面过空巷时支架-围岩稳定性控制[J]. 煤炭学报, 2015, 40(3): 502-508.
XIE Shengrong, LI Shijun, WEI Zhen, et al. Stability control of support-surrounding rock system during fully mechanized caving face crossing abandoned roadway period [J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(3): 502-508.

[4] 刘金虎. 某矿7451综采面过空巷超高水充填技术应用[J]. 煤炭科技, 2017(2): 148-149.

LIU Jinhu. Application of super-high water filling technology of 7451 fully-mechanized mining face through empty roadway in a coal mine [J]. Coal Science & Technology Magazine, 2017(2): 148-149.

[5] 郑文翔. 长壁工作面过空巷顶板稳定性动态特征研究[J]. 煤矿安全, 2014, 45(4): 51-53.
ZHENG Wenxiang. Study on stability and dynamic characteristics of roof in mining face crossing abandoned roadways [J]. Safety in Coal Mines, 2014, 45(4): 51-53.

[6] 孟国胜. 近距离煤层综采工作面过大断面空巷开采技术[J]. 煤炭工程, 2017, 49(10): 87-90.
MENG Guosheng. Mining technology for fully mechanized working face crossing large section abandoned roadway in close distance coal seam [J]. Coal Engineering, 2017, 49(10): 87-90.

[7] 吴士良, 马资敏. 千万吨综采面过平行大断面空巷“小煤柱等压”技术研究[J]. 中州煤炭, 2015(4): 61-64.
WU Shiliang, MA Zimin. Research on technology of waiting pressure when passing through parallel abandoned roadway with large section on fully-mechanized face with coal production of 10 Mt/a [J]. Zhongzhou Coal, 2015(4): 61-64.

[8] 何向宁, 陈勇, 秦征远. 综放工作面过空巷技术研究及应用[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(6): 124-130.
HE Xiangning, CHEN Yong, QIN Zhengyuan. Application and study on technology of fully-mechanized top coal caving mining face passing through mine abandoned roadway [J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(6): 124-130.

[9] 高士岗. 浅埋深薄层间距综采工作面过空巷技术[J]. 煤炭技术, 2017, 36(10): 67-68.
GAO Shigang. Gob technology of fully mechanized mining face with shallow buried layer spacing [J]. Coal Technology, 2017, 36(10): 67-68.

[10] 柏建彪, 侯朝炯. 空巷顶板稳定性原理及支护技术研究[J]. 煤炭学报, 2005, 30(1): 8-11.
BAI Jianbiao, HOU Chaojiong. Research on principle of roof stability of abandoned workings and supporting technology [J]. Journal of China Coal Society, 2005, 30(1): 8-11.

[11] 张自政, 柏建彪, 韩志婷, 等. 空巷顶板稳定性力学分析及充填技术研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(2): 194-198.
ZHANG Zizheng, BAI Jianbiao, HAN Zhiting, et al. Roof mechanics analysis and backfill technology for abandoned roadway [J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2013, 30(2): 194-198.

[12] 张亮, 曲秋扬, 解兴智. 空巷顶板结构特征及稳定性因素分析[J]. 煤矿开采, 2017, 22(5): 86-88.
ZHANG Liang, QU Qiuyang, XIE Xingzhi. Analysis of stability factors and abandoned roadway roof structure characters [J]. Coal Mining Technology, 2017, 22(5): 86-88.