

急倾斜煤层综采工作面开切眼钻扩施工技术研究

梁立勋¹ 符明华¹ 王灿华¹ 卓军¹ 余洋² 何模洪¹

(1. 四川省华蓥山煤业股份有限公司 四川 华蓥 638600; 2. 四川省煤炭产业集团公司 技术中心设计院 四川 成都 610091)

摘要:为解决急倾斜煤层开切眼施工难度大,冒顶、飞矸伤人事故频繁发生的问题,以绿水洞煤矿3212综采工作面开切眼为研究对象,提出了采用钻机由下向上施工钻孔形成下煤通道,再由上向下刷大至设计断面的急倾斜煤层开切眼施工方案。在分析了施工技术难点的基础上,提出了下煤通道钻孔、扩孔、护孔、防堵、疏通以及开切眼扩刷、支护等技术措施。工业性试验结果表明:采用钻机沿急倾斜煤层由下向上施工钻孔方式能够代替人工爆破小断面形成下煤通道,有效杜绝煤层随时冒顶给人员带来的安全威胁,同时该方案避免了对开切眼围岩的二次破坏,围岩变形量明显减小,确保急倾斜煤层条件开切眼的施工安全,保证了矿井安全生产。

关键词:急倾斜煤层;冒顶;开切眼施工;钻扩施工;围岩控制

中图分类号:TD263; TD823 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2015)04-0015-04

Study on drilling and reaming construction technology of open-off cut for fully-mechanized coal mining face in steep inclined seam

LIANG Li-xun¹, FU Ming-hua¹, WANG Can-hua¹, ZHUO Jun¹, YU Yang², HE Mo-hong¹

(1. Sichuan Huayingshan Coal Company Limited, Huaying 638600, China;

2. Design Institute of Technical Center, Sichuan Coal Industrial Group, Chengdou 610091, China)

Abstract: In order to solve high difficult construction of the open-off cut in the steep inclined seam, the personnel up and down movement and the roof falling, personal injured accidents frequently occurred by the flying rocks, based on the open-off cut of No. 3212 fully-mechanized coal mining face in Lyushuidong Mine as a study object, the open-off cut construction plan was provided with a drilling rig applied to drill a borehole from a bottom to upper seam to form a coal falling channel and then to ream the borehole to the designed cross section from the upper to the bottom. Based on the analysis on the technical difficulties of the construction, technical measures of the bore-hole drilling, reaming, borehole wall protection, jamming protection, cleaning as well as the reaming, support and others of the open-off cut were provided. The industrial test results showed that the borehole drilling method from the bottom to upper in the steep inclined seam with the drilling rig could replace the manual blasting of the small cross section to form the coal falling channel and could effectively eliminate the safety danger to the personnel by the seam falling. Meanwhile, the plan could eliminate the secondary failure of the surrounding rock in the open-off cut and the deformation value of the surrounding rock was obviously reduced to ensure the safety construction of the open-off cut and to ensure the safety production of the mine.

Key words: steep inclined seam; roof falling; open-off cut construction; drilling and reaming construction; surrounding rock control

0 引言

急倾斜煤层储量占我国煤炭总储量的15%~20%,南方地区80%的矿区赋存有急倾斜煤层,其年产量占全国煤炭总产量的10%左右。随着国家经济发展对煤炭资源需求的快速增长,急倾斜煤层在

我国煤矿开采中所占的比例将逐年增加^[1-2]。目前,急倾斜煤层综采技术在我国广泛应用及迅速发展,急倾斜煤层开切眼的安全施工及支护技术研究已成为采矿工程领域的研究重点。我国在开切眼施工及支护理论与实践方面取得了较大成果,近水平煤层开切眼普遍采用综掘机导硐施工后再二次刷大

收稿日期:2014-08-12;责任编辑:杨正凯 DOI:10.13199/j.cnki.est.2015.04.004

作者简介:梁立勋(1968—),男,四川射洪人,教授级高级工程师。Tel:15892377453,E-mail:15892377453@163.com

引用格式:梁立勋,符明华,王灿华.等急倾斜煤层综采工作面开切眼钻扩施工技术研究[J].煤炭科学技术,2015,43(4):15-18.

LIANG Li-xun, FU Ming-hua, WANG Can-hua, et al. Study on drilling and reaming construction technology of open-off cut for fully-mechanized coal mining face in steep inclined seam[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(4): 15-18.

成巷技术;倾斜及大倾角煤层主要采用人工爆破法小断面自下向上导硐贯通及大断面由上向下刷大成巷法施工^[3~6];然而,在急倾斜煤层开切眼施工技术方面的研究尚少,仍然采用与大倾角煤层开切眼施工相同的技术。大量的研究与实践表明^[7~13],急倾斜煤层在赋存条件和开采技术方面与水平或缓斜、大倾角煤层存在巨大差异,急倾斜煤层巷道围岩变形破坏规律、作用机理及其围岩控制技术有其自身的特性,由于煤层倾角大,围岩破坏与应力分布呈非对称性,回采巷道也因受力方向的不同易出现片帮、冒顶等事故,为巷道支护带来了巨大困难。特别是对于急倾斜煤层开切眼围岩产生的非对称变形破坏,采用常规的开切眼施工及支护技术,已无法保证开切眼的安全可靠性。基于此,笔者以绿水洞煤矿3212急倾斜综采工作面开切眼施工为研究对象,对急倾斜煤层开切眼施工方式及支护形式与参数进行研究,以期解决急倾斜煤层开切眼施工因煤层倾角大,人员上下困难,随时有冒顶、飞矸伤人的问题。

1 工程概况

绿水洞煤矿3212工作面走向长800 m,倾斜长146 m,煤层倾角为52°~62°,平均倾角56°,平均煤厚2.3 m。直接顶为钙质泥岩,泥岩厚度为8.6 m,普氏系数4~5,属于2类顶板;基本顶为钙质泥岩、砂岩,厚7.2 m;直接底为炭质泥岩,厚0.7 m;工作面采用走向长壁综合机械化采煤工艺,全部垮落法管理采空区顶板。开切眼设计宽度为7.5 m,上口采煤机安装位置宽度为9.0 m,开切眼高度为2.3 m,断面积17.25 m²,工程量约为2 570 m³。

2 传统人工二次爆破存在的主要问题

急倾斜综采工作面开切眼传统施工方法是依靠人工由下向上爆破施工小断面巷道形成下煤通道,再由上向下爆破扩刷至设计断面,该方法主要存在以下问题:

- 1) 人工由下向上施工过程中,煤层受非对称应力、自重、爆破冲击等多因素影响,极易发生垮冒事故,危及人身安全。
- 2) 小断面人工掘进,空间狭小,通风、人员上下、材料运输困难,容易发生飞矸伤人事故。
- 3) 二次爆破对巷道围岩影响较大,开切眼支护困难。
- 4) 煤层垮冒容易堵塞下方通道,上方容易形成

垮落空洞,导致开切眼报废。

3 急倾斜煤层综采工作面开切眼施工方案

为确保急倾斜煤层综采工作面开切眼施工技术可行、安全可靠、经济合理,设计了3个方案。

方案1:采用ZDY-6000S型钻机从下向上施工钻孔作为下煤通道,然后再从上向下爆破扩刷至设计断面,可以避免人员进入通道带来的安全威胁,同时钻机购价较低、操作简单,但钻孔直径较小,需要反复扩孔才能形成大直径下煤通道。

方案2:采用反井钻机从上向下施工钻孔作为下煤通道,然后再从上向下扩刷至设计断面,可以避免人员进入通道带来的安全威胁,同时钻孔直径较大,后期扩刷过程中发生堵塞可能性较小,但反井钻机购置成本较高,钻孔投入成本相对较大,工期较长,且大直径煤层钻孔孔壁因长时间无法加固处理,易发生塌孔。

方案3:采用人工从上向下一爆破成巷,施工工艺简单,成功可能性大,但煤炭和矸石运输和开切眼施工不能平行作业,影响较大,工期较长,安全威胁大。

综合分析,采用方案1较为合理,可以在安全可靠、经济合理的条件下开展技术攻关,实现急倾斜综采工作面开切眼的安全高效施工。

钻机钻扩开切眼方案技术难点分析:①钻机由下向上钻扩开切眼定点贯穿上部回风巷,方向定位难度较大;②钻孔直径较小,后期扩刷开切眼容易发生煤矸堵塞;③钻机施工形成的下煤通道周围为煤体,容易发生垮孔。

4 开切眼钻扩成套技术

4.1 开切眼钻扩及护孔技术

1) 开切眼钻扩技术。开切眼钻孔按煤层真倾斜方向设计,在运输巷和回风巷定点贯穿。钻孔在运输巷煤层顶板下方1 m,沿开切眼中心开孔施工,设计时应充分考虑钻机稳定性和钻杆自重发生适度弯曲因素,终孔设计在回风巷煤层与顶板交界处,如图1所示。运输巷安设ZDY-6000S型钻机由下向上采用φ115 mm钻头开孔并贯穿回风巷,然后依次采用直径60、220、250、460、660 mm钻头扩孔形成下煤通道。钻进时,采用风力排渣这一顺煤层成孔工艺可以大幅提高顺煤层长钻孔的施工深度^[14]。

2) 护孔技术。煤层钻孔在施工过程中主要受

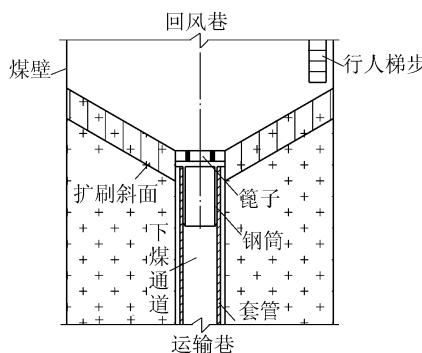


图1 开切眼钻孔布置示意

剪切破坏为主,孔壁处呈“V”状破坏和小部分拉伸破坏,孔周煤体深部呈共轭的“X”状剪切破坏,钻孔周围受应力环境、煤层瓦斯压力影响,稳定性较差^[15]。为确保下煤通道不发生塌孔和后期开切眼扩刷下煤期间不发生堵塞事故,需在Φ660 mm钻孔内安装套管,套管采用2.5~3.0 mm厚铁皮制作,直径为480 mm,套管长度与钻杆长度(750 mm)相匹配。具体安装工艺为:Φ660 mm扩孔完成后,暂不回撤钻杆,在回风巷将第1节铁套管用专用链接装置固定在钻头上,利用钻机回撤钻杆向下牵引套管,运输巷每回撤1根钻杆,回风巷就加一节套管,套管接头采用铁夹板(8 mm厚钢板)配16 mm厚的螺栓连接,以此类推,直至套管穿过整个工作面,然后采用15.5 mm的钢丝绳将套管下方与运输巷钢梁固定,在套管末端连接转弯导管接至运输巷带式输送机上,形成Φ480 mm下煤通道。

4.2 开切眼扩刷技术

1) 工作面开切眼扩刷方法。下煤通道套管安设完毕后,采用钻爆法从上向下沿顶板破伪顶一次扩刷成巷,煤矸通过下煤通道自溜至运输巷带式输送机内。开切眼以下煤通道为中线进行两边同时扩刷。开口施工时,先扩刷下煤通道部分,再将两边扩刷成漏斗形状,煤矸通过铺设溜槽自溜至下煤通道内,如图2所示。开切眼每扩刷一个循环1.0~1.5 m,回撤相应长度的套管,每掘进一循环及时做好顶帮及底板支护工作。通风方式采用局部通风机压入式供风。

2) 开切眼支护技术。开切眼设计宽度为7.5 m,上口采煤机安装位置宽度为9 m,高度为2.3 m。由于巷道跨度长、断面大,顶板及两帮支护难度较大,为满足后期综采设备安装需求,必须对开切眼四周采取不同的主动支护技术。顶板采用Φ18 mm×2 m树脂锚杆配菱形金属网、钢筋梯加Φ15.24 mm×5

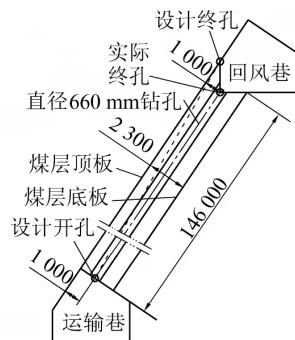


图2 开切眼扩刷示意

m锚索进行支护,锚杆间排距均为1 m,每根锚杆内装2条树脂锚固剂;锚索间排距3.0 m×2.5 m,错位布置,每根锚索内装填4支树脂锚固剂。巷帮采用锚杆支护,采空区侧煤壁采用Φ16 mm×1.8 m胀壳式锚杆配菱形金属网进行支护,工作面推进侧煤壁采用Φ16 mm×1.8 m玻璃钢锚杆配菱形金属网进行支护,便于后期综采设备推进,开切眼两侧煤壁锚杆间排距均为1 m。底板采用Φ16 mm×1.5 m胀壳式锚杆配菱形金属网进行支护,锚杆间排距均为1 m,如图3所示。

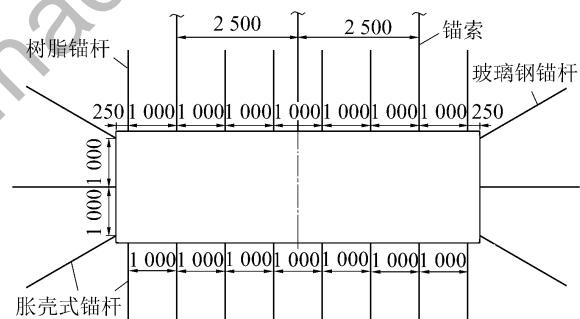


图3 开切眼支护设计断面

3) 下煤通道防堵技术。①为了防止开切眼扩刷时因爆破冲击破坏下煤套管,每次爆破前在套管内套入1根孔径为450 mm、长为1.5 m的钢筒(采用6 mm厚的钢板加工),增加套管受力强度。爆破后,撤出钢筒便于下煤;②为了防止扩刷过程中下煤套管堵塞或防止人员溜入下煤通道,在套管上口处安设篦子,篦子孔洞长×宽为150 mm×150 mm;③下煤过程中,除了除尘用水外,尽量保持煤矸干燥度,严禁利用水辅助下煤;套管下口与带式输送机之间严禁出现堆煤。

4) 下煤通道堵塞疏通技术。①利用钢丝绳配绳卡疏通技术。开切眼扩刷前,在套管中安设1根Φ15.5 mm×300 m的钢丝绳。钢丝绳下段150 m每隔10 m固定1个绳卡,盘圈存放在运输巷内,上端

连接到风巷绞车上,若发生下煤套管堵塞事故,利用绞车缓慢拖动钢丝绳来疏通下煤通道;②利用钻机疏通技术。钻杆回撤完毕后,不回撤钻机,并加以稳固,保证倾角和方向与钻孔一致,若发生堵塞难以疏通时,利用钻杆钻进方式疏通下煤通道。

5)工作面开切眼扩刷防飞矸伤人技术。①工作面开切眼上口利用单体液压支柱配合锚网搭接形成封闭网,防止人员坠落和矸石、材料误入开切眼内;②开切眼内间隔20 m沿工作面走向安装一组挡矸板来阻挡上方片帮和推底滚落的飞矸。挡矸板采用 $\phi 36\text{ mm} \times 1.2\text{ m}$ 锚杆配合木板安装,挡板高度为0.5 m,两端封齐煤壁,木板上方采用锚网封顶;③开切眼内煤壁侧安装梯步和保险绳便于人员上下,杜绝人员行走引起飞矸事故。梯步采用铁丝连接,间隔3 m用锚杆固定在底板上;保险绳间隔20 m用铁丝固定在煤壁锚杆上;④开切眼内靠行人侧每隔20 m施工一个安全硐室,用于人员避让躲身和存放工具、材料。

5 现场实施效果

绿水洞煤矿于2013年9月开始在3212工作面进行工业性试验,钻孔在运输巷顶板下方1 m开孔,贯穿于回风巷顶板下方0.5 m,然后依次实现扩孔、下煤通道套管安装和开切眼扩刷作业。下煤通道钻孔施工及套管安装用时20 d,开切眼扩刷用时85 d,共计105 d,比传统方案减少工期16%;同时,下煤通道钻扩和开切眼扩刷期间,未发生垮孔、下煤通道堵塞、支护失效、飞矸伤人等安全事故,实现了急倾斜综采工作面开切眼安全快速施工;另外,还减少了掘进下煤通道的人工及爆破材料消耗成本,经济效益显著。目前该项新技术已在李子垭南煤矿、李子垭南二井等矿井进行应用。

综上所述,钻机沿急倾斜煤层由下向上施工钻孔方式能够代替人工爆破小断面形成下煤通道,是解决急倾斜煤层人员上下困难、随时有冒顶、飞矸伤人安全威胁的有效技术手段;开切眼施工工期、成本及安全威胁较以往的人工爆破工艺有了大幅度降低,其安全经济效益十分明显。

6 结语

1)由工业性试验结果可知,钻机沿急倾斜煤层由下向上施工钻孔方式能够代替人工爆破小断面形成下煤通道,是解决急倾斜煤层人员上下困难、随时

有冒顶、飞矸伤人安全威胁的有效技术手段。该方案与原采用的“人工二次爆破成巷”工艺相比较,避免了对开切眼围岩的二次破坏,围岩变形量明显减小,确保急倾斜煤层条件开切眼施工安全,保证了矿井安全生产。

2)根据煤层钻孔破坏因素分析得出,钻孔主要受剪切破坏为主,孔壁呈“V”状破坏和小部分拉伸破坏,煤体深部呈共轭的“X”状剪切破坏,采用2.5 mm铁皮制作 $\phi 480\text{ mm}$ 套管安装于钻孔内,可以防止垮孔和下煤通道堵塞。

3)钻机沿急倾斜煤层由下向上施工钻孔形成下煤通道,再由上向下扩刷成巷技术具有较强的实用性,方法简单,施工工期减少16%;同时开切眼施工成本及安全威胁较以往的人工爆破工艺有了大幅度降低,具有良好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 寇党军.我国急倾斜煤层综采开采技术的现状及发展趋势[J].煤矿现代化 2013(3):102~105.
- [2] 伍永平.大倾角煤层开采开采“R-S-F”系统动力学控制基础研究[M].西安:陕西科学技术出版社 2006.
- [3] 孟昭君,张传喜,马丕梁.综采工作面宽开切眼施工工艺及支护技术[J].煤矿开采 2007,12(2):53~55.
- [4] 马允刚,王海龙,麻开辉.厚煤层综采一次采全高大跨度开切眼施工技术[J].煤炭科学技术 2007,35(5):36~38.
- [5] 孙振中,崔庆林,王玉玖.综放工作面开切眼施工技术及扩刷方式[J].煤矿开采 2008,13(2):45~48.
- [6] 岳太刚,高飞鹏,马立强.大倾角超长综采工作面开开切眼施工方法[J].能源技术与管理 2011(1):7~19.
- [7] 孙晓明,张国锋,蔡峰等.深部倾斜岩层巷道非对称变形机制及控制研究[J].岩石力学与工程学报 2009,28(6):1137~1143.
- [8] 伍永平,张永涛,解盘石等.急倾斜煤层巷道围岩变形破坏特征及支护技术研究[J].煤炭工程 2012(1):92~95.
- [9] 王建鹏,张军.急倾斜煤层围岩活动规律及煤柱合理宽度研究[J].煤炭科学技术 2014,42(1):27~29.
- [10] 负东风,王晨阳,苏普正等.大倾角软顶软煤回采巷道支护技术[J].煤炭科学技术 2010,38(10):13~16.
- [11] 刘传安,杨京伟.煤层倾角对采动裂隙演化规律的影响[J].煤炭科学技术 2013,41(3):51~54.
- [12] 黄庆享,董柏林,陈国红等.急倾斜软煤巷道破坏机理及锚网支护设计[J].采矿与安全工程学报 2006,23(3):333~336.
- [13] 梁翠云,王宁波,漆涛等.急倾斜煤层深部煤岩动力失稳原因分析[J].煤炭科学技术 2012,40(9):9~12.
- [14] 宋吉曜,张军,林府进等.顺煤层钻孔成孔工艺技术[J].煤矿安全 2010,41(5):32~35.
- [15] 张飞燕,韩颖,杨志龙.煤层钻孔失稳破坏的数值模拟研究[J].中国矿业 2013,22(9):115~118.