

高位定向长钻孔钻进工艺研究

闫保永^{1,2}

(1. 中国煤炭科工集团重庆研究院有限公司 重庆 400039; 2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室 重庆 400039)

摘要: 为了有效抽采邻近层和采空区瓦斯,提出了采用高位定向长钻孔替代顶板高抽巷进行瓦斯抽采,针对红阳三矿钻进施工时,推进阻力大等问题,进行了定向钻孔与回转扩孔相结合的钻进工艺试验,及不同弯度孔底马达与不同直径钻头组合的钻进工艺试验。试验结果表明:3-5号钻孔采用1.25°弯头孔底马达配备 $\phi 96$ mm钻头钻进,钻进至350 m出现推进阻力大的问题,采用 $\phi 153$ mm钻头扩孔至320 m,可以多钻进约120 m;3-2号钻孔采用1.25°弯头孔底马达配备 $\phi 104$ mm钻头钻进,钻孔深度610 m;3-3号钻孔采用1°弯头孔底马达配备 $\phi 100$ mm钻头钻进,钻孔深度616 m,通过减小孔底马达弯头角度、增大钻头直径均可以有效减小推进阻力,明显增加钻孔深度。

关键词: 定向钻孔; 扩孔; 高位钻孔; 孔底马达

中图分类号: TD712

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2016)04-0055-04

Study on drilling technique of high level directional long borehole

Yan Baoyong^{1,2}

(1. Chongqing Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Chongqing 400039, China;

2. National Key Laboratory of Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling, Chongqing 400039, China)

Abstract: In order to effectively drainage gas from the neighboring seams and the goaf, high level directional long borehole was proposed to be applied to replace the roof high level gas drainage gateway for gas drainage. According to a high resistance of the drilling and other problems in the drilling construction in Hongyang No. 3 Mine, a drilling technical experiment combined with the directional drilling and borehole rotary reaming and a drilling technical experiment on the different camber down hole motor and different diameter drilling bit was conducted. The experiments showed that a 1.25° bending down hole motor with a $\phi 96$ mm drilling bit was applied to No. 3-5 borehole drilling, a high pushing resistance problem occurred at the 350 m of the drilling, a $\phi 153$ mm drilling bit was applied to the reaming of the borehole to 320 m, which could drill an additional length of 120 m. A 1.25° bending down hole motor with a $\phi 104$ mm drilling bit was applied to No. 3-2 borehole drilling and the borehole depth was 610 m. A 1° bending down hole motor with a $\phi 100$ mm drilling bit was applied to No. 3-3 borehole drilling and the borehole depth was 616 m. The bending angle reduced down hole motor and the drilling bit diameter increased could effectively reduce the pushing resistance and could obviously increase the drilling depth.

Key words: directional drilling; borehole reaming; high level borehole; down hole motor

0 引言

瓦斯抽采是治理煤矿瓦斯的根本措施,近水平定向长钻孔钻进技术由于具有抽采周期长、抽采效率高等优点,在我国得到迅速发展并逐渐得到推广应用,该技术能够有效提高煤矿井下瓦斯的抽采率^[1-5],对防范煤矿瓦斯事故和促进煤矿安全生产

发挥了重要作用^[6]。根据钻孔层位及钻孔目的不同,可将煤矿井下瓦斯抽采孔分为顶(底)板全岩石钻孔、沿煤层钻孔和穿层钻孔3类^[7]。

目前,多数煤矿在顶板中布置高抽巷抽采采空区瓦斯进行瓦斯治理,防止瓦斯超限^[8-10]。采用高位定向长钻孔替代顶板高抽巷进行瓦斯抽采,又称顶板断裂带抽采,可以缩短施工周期,节约生产成

收稿日期: 2015-11-18; 责任编辑: 王晓珍 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.04.011

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2011ZX05041-001-002)

作者简介: 闫保永(1984—),男,河南卫辉人,助理研究员,硕士。Tel: 023-68683913, E-mail: yby303@163.com

引用格式: 闫保永.高位定向长钻孔钻进工艺研究[J].煤炭科学技术, 2016, 44(4): 55-58.

Yan Baoyong. Study on drilling technique of high level directional long borehole [J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(4): 55-58.

本,缓解矿井采掘接替紧张的矛盾^[11-12]。钻场可布置在煤层顶板内(一般由回风巷施工上山至煤层顶板),沿着顶板施工定向孔;也可在煤层回风巷中布置钻场,先施工上行穿层孔,至目标层位后再沿着顶板施工定向孔。

定向钻进技术在顶板钻孔施工中得到推广。2012年11月至2013年6月,ZYWL-6000DS型分体式定向钻机在沈焦煤公司红阳三矿南一采区施工多个高位定向长钻孔,该钻机采用了基于外部供电的矿用随钻测量装置ZSZ1000,可通过专用通缆钻杆同时对随钻测量装置探管进行供电和传输信号,利用无压浸渍法烧结的胎体式PDC钻头^[13]。顺煤层定向钻进技术已取得成熟应用,但顶板全岩石定向长钻孔施工技术存在较多难题,笔者主要对施工过程中,推进阻力大、钻孔深度小等难题进行了研究。

1 试验矿井概况

红阳三矿在试验阶段共布置3个钻场,1、2号钻场位于南一采区7号煤1号专用回风巷,距7号煤顶板25 m处;3号钻场位于南一采区7号煤回风巷,设计轨迹沿7号煤顶板上方35 m处钻进,煤层倾角6°,该处岩石为粉砂岩,厚3.24 m,灰黑色泥质胶结,具波状层理,含砂质结核、层理含炭质,下部变细,普氏系数2~4。

在7号煤层的顶板,采用定向钻进技术向工作面后方打顶板走向长钻孔,至采空区上部的裂隙带,实施长壁面的采空区瓦斯抽采。1号钻场施工2个钻孔,钻进至270 m处遇到落差6 m、破碎带厚度10 m的断层,塌孔抱钻,无法正常钻进,更换至3号钻场继续施工。

3号钻场布置在回风巷内,其中4个有效钻孔深度分别为:3-1号钻孔,终孔深度670 m;3-2号钻孔,终孔深度610 m;3-3号钻孔,终孔深度616 m;3-4号钻孔,终孔深度508 m。钻进过程中出现了推进阻力大、塌孔抱钻等现象。试验期间,进行了定向钻孔与回转扩孔相结合的钻进工艺试验,进行了不同弯度孔底马达与不同直径钻头组合的钻进工艺试验与研究,摸索出了高位定向长钻孔施工工艺。

2 施工工艺

2.1 钻孔层位选择

煤层开采过程中,受采动影响,在采空区竖直方

向,从下往上,存在垮落带、断裂带和弯曲下沉带。开采后,覆岩的裂隙及离层的分布状态对瓦斯的流动产生非常大的影响。离层裂隙是瓦斯积聚的空间,也是瓦斯流动的通道。层间贯通的竖向裂隙是瓦斯进入工作面或采空区的通道,其最大发育高度和密度与采高和岩性有关。当采空区面积达到一定范围后,导气裂隙的分布在平面上呈O型圈特征,它是正常回采期间邻近层卸压瓦斯流向采空区的主要通道^[8],如图1所示。

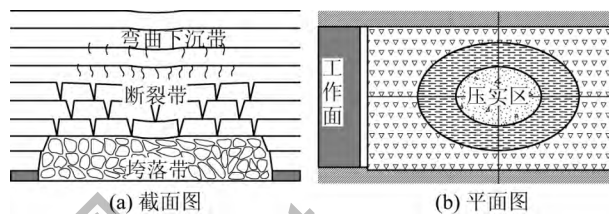


图1 断裂带分布示意

Fig. 1 Fractured zone distribution

高位定向长钻孔,主要抽采断裂带、部分采空区及受采动影响的上邻近煤层的瓦斯。根据覆岩移动规律和瓦斯流动规律,断裂带中下部裂隙发育充分,是邻近层瓦斯和冒落区瓦斯的主要集聚区,具有瓦斯含量高、浓度大的特点,是抽采瓦斯的最佳层位,也是布置钻孔的最佳区域。另外,要保证钻孔的抽采效果,应保证钻孔的完整性,尽量使钻孔布置在相对稳定的岩层内。

为了提高瓦斯的抽采效率,抽出高浓度瓦斯,钻孔轨迹应设计合理,钻孔应布置在裂隙带上部,而不能进入冒落带。根据该矿瓦斯赋存状况和以往瓦斯抽采经验,钻孔轨迹位于顶板以上15~30 m有较好的抽采效果。前期试验钻进时,钻孔布置在顶板26 m处,因该处为粉砂岩,呈碎块状,钻进时造成塌孔抱钻。因此将钻孔布置在顶板29 m的细砂岩内,成功完成了施工。受矿井通风压差的影响,靠近回风侧钻孔抽采效果明显好于进风侧钻孔。

根据矿井实际及钻孔应布置原则,钻孔布置在5号煤上部的细砂岩内。钻孔布置如图2所示。

2.2 钻孔轨迹设计与控制

定向钻孔又称拐弯钻孔,钻孔轨迹可人为控制。定向钻孔轨迹设计的基本原则就是在保证实现定向孔目的和要求的前提下,有利于安全、经济、优质、高效完成定向孔施工。定向钻孔轨迹的设计一般遵循如下原则:

1) 满足瓦斯抽采要求。在施工条件允许的情

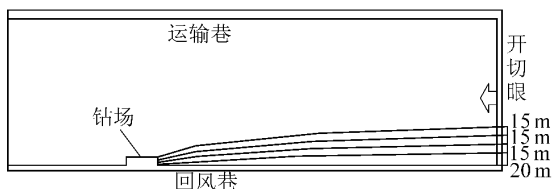


图 2 钻孔布置示意

Fig. 2 Layout of borehole

况下,定向钻孔轨迹设计应尽量以仰角为主,终孔后尽量减少或避免孔内积水,进而不易堵塞钻孔内煤层瓦斯解吸通道。本次施工钻孔均为上行孔,开孔倾角 15° ,目标倾角 5° 。

2) 选择合适的钻孔造斜曲率。原则上钻孔造斜曲率应尽可能减小,钻孔曲率小,则钻具在孔内的摩阻、摩扭就小,钻孔事故发生概率降低;但为了尽快进入目标层位,减少无效进尺,需要较大的造斜。因此造斜曲率需要根据生产需要和钻具能力合理选择,单根倾角、方位角变化量最好不超过 1° 。

3) 钻孔轨迹设计时预留分支点。在钻孔施工时,由于探测煤层顶底板及处理孔内事故的需要,需进行侧钻开分支孔。因此必须每隔一段距离预留分支点。

4) 确定合理的钻孔布置间距。根据不同的岩层,应该根据岩石裂隙发育情况确定钻孔的布置间距。根据矿方制定的南一采区瓦斯治理方案,钻孔间距 15 m。

2.3 推进阻力控制

钻孔推进阻力主要与钻孔的 2 个参数有关,即钻孔的倾角、方位角变化幅度。从微观上讲,单根钻杆倾角方位角变化大,在每次弯头变化位置形成较大尖点、钻孔凹凸不平、钻进阻力大;从宏观上讲,开孔位置倾角方位角与终孔位置倾角方位角相差加大,则造成钻进上的推进分力小,使得钻进阻力大。

除此之外,岩石孔钻进过程中,钻头磨损更快,随着钻头的不断磨损,钻孔直径不断缩小;岩石孔成孔后,由于成孔性好,拐弯处不宜被磨平,孔径不会因水的冲刷而增大,且通常因为地应力的影响,有一定程度的缩径,均对推进阻力有一定影响。

2.3.1 扩孔钻进

针对推进阻力较大的问题,进行了扩孔试验。3-5号钻孔钻进至 345 m 处推进压力较大,退钻采用 $\phi 153$ mm 扩孔钻头进行扩孔。因在 200 m 处有一层薄煤,穿层扩孔钻进时有可能无法送入原孔内,

因此在扩孔钻头前部加接 15 m 钻杆做导向,顺利沿着原孔扩孔钻进。如果全孔段扩孔,无法进行定向钻进,所以扩孔至 320 m 处停止钻进。重新送钻杆钻进,推进压力明显降低,与原来 180 m 处推进阻力相当,如图 3 所示。根据推进阻力趋势,扩孔后钻进至 465 m 时,推进阻力约为 14 MPa,因此扩孔 320 m 后可以多钻进约 120 m。

通过扩孔的方式,可以有效降低推进压力(图 3),但是费时且钻进成本高。扩孔后,定向钻杆在孔内变形明显增大,且回转钻进造成钻杆磨损厉害,严重影响钻杆的使用寿命。因此不建议采用此种方法,如果必须采用,建议回转扩孔钻进时采用普通 $\phi 73$ mm 钻杆,并适当减小扩孔钻头直径。

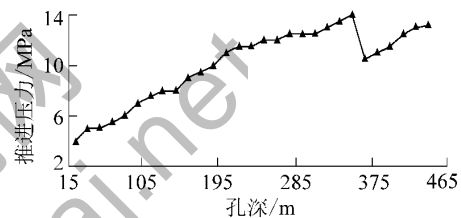


图 3 3-5 号钻孔推进压力曲线

Fig. 3 Curve of pushing pressure for No.3-5 borehole

2.3.2 多种孔底马达与钻头组合

除了扩孔可以减小推进阻力外,适当减小马达弯头角度或者适当增大钻头直径,可减小钻孔变化曲率,减小钻杆与孔壁间的摩擦力,进而减小推进阻力。通过改变孔底马达弯头角度、钻头直径来对比分析其对推进阻力的影响。目前,煤层中选择的标准配置为 1.25° 弯头孔底马达、 $\phi 96$ mm 钻头。试验过程中,采用了 1.25° 弯头孔底马达与 $\phi 96$ 、 $\phi 100$ 、 $\phi 104$ mm 钻头分别进行了试验;采用 1° 弯头孔底马达与 $\phi 96$ 、 $\phi 100$ mm 钻头分别进行了试验。

通过试验发现: 1.25° 弯头孔底马达配备 $\phi 104$ mm 钻头钻进、 1° 弯头孔底马达配备 $\phi 100$ mm 钻头钻进时推进阻力均较小,能够满足该地层条件的钻进要求。

3 结 论

1) 钻孔层位选择对施工有较大影响,甚至决定能否正常施工。前期试验钻进时,钻孔布置在顶板 26 m 处,因该层位为粉砂岩,呈碎块状,造成塌孔抱钻。后将钻孔布置在顶板 29 m 的细砂岩内,成功完成了施工。

2) 定向钻进后,进行扩孔可有效减小推进阻

力 扩孔 320 m 后可以多钻进约 120 m。

3) 减小孔底马达弯头角度、增大钻头直径也可以减小推进阻力,但综合考虑钻进成本及管理方便,建议采用增大钻头直径的方式来实现。

参考文献(References):

- [1] 史春宝.ZYWL-6000D 型定向钻机给进机构的设计[J].煤矿机械 2013 36(6):13-15.
Shi Chunbao.Design of feeding mechanism for ZYWL-6000D horizontal directional drilling machine [J]. Coal Mine Machinery, 2013 36(6):13-15.
- [2] 闫保永.ZYWL-6000DA 型定向钻机给进机构设计与分析[J].煤炭技术 2015 34(4):271-273.
Yan Baoyong.Feeding mechanism design and analysis of ZYWL-6000DA model directional drilling rig[J].Coal Technology 2015, 34(4):271-273.
- [3] 李彦明,王义红,孔伟.ZYWL-6000D 型定向钻机钻孔施工试验[J].煤炭科学技术 2012 40(12):38-41.
Li Yanming,Wang Yihong,Kong Wei.Drilling construction test of ZYWL-6000D directional drilling rig[J].Coal Science and Technology 2012 40(12):38-41.
- [4] 杜子健,刘子龙.煤矿井下顺煤层千米枝状长钻孔抽采瓦斯技术[J].矿业安全与环保 2007 34(1):27-30.
Du Zijian,Liu Zilong.Gas drainage from underground mine with 1000m branched long holes along seam[J].Mining Safety & Environmental Protection 2007 34(1):27-30.
- [5] 石智军,李泉新,姚克.煤矿井下 1800m 水平定向钻进技术与装备[J].煤炭科学技术 2015 43(2):109-113.
Shi Zhijun,Li Quanxin,Yao Ke.Underground mine 1800m horizontal directional drilling technology and equipment [J].Coal Science and Technology 2015 43(2):109-113.
- [6] 申宝宏,刘见中,雷毅.我国煤矿区煤层气开发利用技术现状及展望[J].煤炭科学技术 2015 43(2):1-4.
Shen Baohong,Liu Jianzhong,Lei Yi.Present status and prospects of coalbed methane development and utilization technology of coal mine area in china [J].Coal Science and Technology 2015 43(2):1-4.
- [7] 石智军,胡少韵,姚宁平等.煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工新技术[M].北京:煤炭工业出版社 2008.
- [8] 牛现伟,王玉振.顶板高抽巷抽采瓦斯技术研究及应用[J].煤炭技术 2014 33(5):64-66.
Niu Xianwei,Wang Yuzhen.Study and application about technology of high-level entry for gas drainage in roof [J].Coal Technology, 2014 33(5):64-66.
- [9] 李晓泉.采空区高位钻场与高抽巷瓦斯抽采方法对比及实例分析[J].煤矿安全 2011 42(5):122-125.
Li Xiaoquan.Comparison and case analysis between high drilling field and high alley pumping gas drainage in mined-out area [J].Safety in Coal Mines 2011 42(5):122-125.
- [10] 丁厚成,马超.走向高抽巷抽采采空区瓦斯数值模拟与试验分析[J].中国安全生产科学技术 2012 8(5):5-10.
Ding Houcheng,Ma Chao.Numerical simulation and experiment analysis on goaf methane drainage of strike high-position tunnel [J].Journal of Safety Science and Technology 2012 8(5):5-10.
- [11] 陈殿赋.厚煤层顶板定向钻孔技术研究与应用[J].煤炭安全, 2015 46(4):122-124,127.
Chen Dianfu.Research and application of directional drilling technology for thick coal seam roof [J].Safety in Coal Mines 2015 46(4):122-124,127.
- [12] 翟成,林柏泉,吴海进.顶板高位钻孔抽采在瓦斯治理中的应用[J].煤炭工程 2005(9):4-6.
Zhai Cheng,Lin Baiquan,Wu Haijin.Gas drainage with high level borehole in roof applied to gas control [J].Coal Engineering 2005 (9):4-6.
- [13] 刘刚.基于 Pro/E 的 PDC 钻头参数化设计[J].煤田地质与勘探 2012 40(2):91-92.
Liu Gang.Parameter design of PDC bits based on Pro/E [J].Coal Geology & Exploration 2012 40(2):91-92.