

# 水平定向钻孔在大佛寺煤矿瓦斯抽采中的优势探讨

何建华<sup>1</sup>, 张进军<sup>2</sup>, 咎军才<sup>2</sup>, 许超<sup>3</sup>

(1. 陕西彬长矿业集团有限公司, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西彬长集团大佛寺矿业公司, 陕西 彬县 713500; 3. 中煤科工集团西安研究院, 陕西 西安 710077)

**摘要:** 煤矿井下水平定向钻孔在煤矿瓦斯抽采中具有明显的技术优势。通过对大佛寺煤矿常规钻孔工作面瓦斯治理技术的分析, 指出了其中不足; 经过对定向长钻孔钻进工艺、布孔技术进行分析以及通过大佛寺煤矿现场应用, 得出定向长钻孔有利于实现工作面瓦斯区域集中抽采的结论; 瓦斯抽采统计数据对比证明定向长钻孔瓦斯抽采效率要明显优于常规钻孔。

**关键词:** 水平定向钻进; 瓦斯抽采; 区域集中抽采; 抽采效率; 大佛寺煤矿

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2012)08-0036-03

**Discussion of the Advantages of Horizontal Directional Borehole for Gas Drainage in Dafosi Coal Mine/HE Jian-hua<sup>1</sup>, ZHANG Jin-jun<sup>2</sup>, ZAN Jun-cai<sup>2</sup>, XU Chao<sup>3</sup>** (1. Shaanxi Binchang Mining Group Co., Ltd., Xianyang Shaanxi 712000, China; 2. Dafosi Mining Co., Shaanxi Binchang Mining Group, Binxian Shaanxi 713500, China; 3. Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Co., Xi'an Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** Underground horizontal directional borehole in coal mine has more technological advantages than the conventional bore hole in gas drainage. This paper analyzed the gas control technology of working face in conventional borehole of Dafosi coal mine with the disadvantages being pointed out. Based on the analysis on the drilling technology and borehole arrangement of long directional borehole and the field application, the conclusion is that the directional borehole is good for the centralized regional gas drainage in the working face. The data of the gas drainage proves that the gas drainage efficiency of the directional borehole is better than the conventional borehole.

**Key words:** horizontal directional drilling; gas drainage; centralized regional gas drainage; drainage efficiency; Dafosi coal mine

## 1 概述

煤矿井下水平随钻定向钻进(以下简称“定向钻进”)技术及装备是近几年来新兴的一种主要应用于煤矿井下本煤层瓦斯抽采长钻孔施工的钻孔工艺技术和配套设备。与常规钻孔(指主要采用水钻、风钻和螺旋钻等采用回转钻进工艺施工的钻孔<sup>[1]</sup>)相比,定向钻进具有轨迹可实时精确控制、可施工分支钻孔等技术特点,具有大深度、高穿煤率、高抽采效率、有利于大范围区域集中抽采、一孔多用等技术优势<sup>[2,3]</sup>。

陕西彬长大佛寺煤矿瓦斯治理始终坚持“抽放为主、风排为辅”的方针,在采前预抽方面,大佛寺煤矿结合自身特点,形成了多项瓦斯治理技术。大佛寺煤矿自2006年8月投产以来,随着生产规模不断扩大,原有的采前瓦斯预抽技术已经难以满足当前生产需要。为了满足新时期煤矿安全生产需要,大佛寺煤矿于2011年6月引进了一套ZDY6000LD

型定向钻机及配套装备,并于当年7月开始应用于该矿本煤层瓦斯抽采钻孔施工,截止2011年12月,从钻进及抽采效果来看,该套技术及装备的应用取得了成功。

## 2 大佛寺煤矿工作面瓦斯原有区域预抽技术概况

大佛寺煤矿采前瓦斯预抽作业主要技术主要特点是在工作面布置大量钻孔,通过大范围管路连接进行工作面瓦斯预抽。采前预抽布孔工艺主要包括:扇形布孔、倾向布孔和常规长钻孔布孔(见图1)。

### 2.1 扇形布孔

在工作面顺槽每间隔180 m,布置一组扇形采前预抽钻孔,每组含钻孔15个,孔口间距1 m,孔深160~220 m,孔径113 mm。布孔原理如图1(a)所示。

扇形布孔可较有效地实现预抽钻孔的集中施工

收稿日期:2012-03-27

作者简介:何建华(1965-),男(汉族),安徽砀山人,陕西彬长矿业集团有限公司通风部副经理、工程师,采矿工程专业,从事煤矿瓦斯安全管理,陕西省咸阳市世纪大道中段58号彬长大厦。

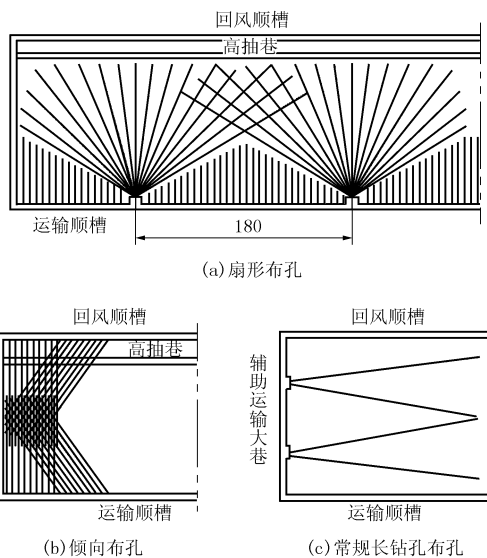


图 1 大佛寺原有采前预抽布孔工艺

和瓦斯集中抽采,有利于降低钻进中设备搬迁劳动强度和节约预抽管路布置。然而这种布孔方法存在钻孔重叠施工和抽采盲区等问题,钻孔重叠施工增加了钻进工作量,抽采盲区问题需要通过在钻场之间补加钻孔来解决,不利于高效钻进、集中抽采和节约成本;同时,扇形布置的钻孔呈放射形分布,开孔端钻孔集中,终孔端钻孔分散,这导致回顺一侧瓦斯抽采钻孔密度要明显低于运顺一侧,不利于工作面全面瓦斯综合治理。

2.2 倾向布孔

在工作面运、回顺每间隔 5 m 布置一组预抽钻孔,每组钻孔 2 个,孔深 160 ~ 180 m,孔径 113 mm。布孔原理如图 1(b)所示。

倾向布置的钻孔可有效覆盖整个工作面,达到很好地采前预抽效果。然而这种布孔方法钻孔施工量极大;钻孔均匀地布置在顺槽两侧,设备搬迁工作量大,不利于钻孔集中施工及瓦斯集中抽采。

2.3 常规长钻孔布孔

在辅助运输大巷及工作面中部布置常规长钻孔施工钻场,每个钻场布置 2 个钻孔,孔口间距 2 m,孔深 800 m,钻孔直径 200 mm。常规长钻孔布孔方法如图 1(c)所示。

由图 1(c)所以看出,这种布孔方法存在大面积的抽采盲区,对于采面瓦斯全面治理意义不大;从钻进施工角度来看,施工 800 m 的常规钻孔存在难度大、风险高、效率低等不利因素,因此这种方法不宜推广。

2.4 小结

大佛寺煤矿现有可行的工作面瓦斯布孔技术普

遍存在钻孔施工工作量大、钻进效率低、劳动强度高、不利于集中抽采等问题。为此,大佛寺煤矿尝试采用本煤层定向长钻孔来改善当前瓦斯抽采现状。

3 定向钻进技术

3.1 定向钻进系统装备

大佛寺煤矿引进的定向钻进系统装备主要部件组成如表 1 所示,系统连接如图 2 所示。

表 1 定向钻进技术装备组成

序号	名称	型号
1	定向钻机	ZDY6000LD
2	泥浆泵	3NB-300
3	孔口监视器	YHD1-1000J
4	通缆送水器	Ø77 mm
5	通缆钻杆	Ø73 mm
6	无磁钻杆	Ø73 mm
7	随钻测量探管	YHD1-1000T
8	孔底马达	Ø73 mm
9	定向钻头	Ø96 mm

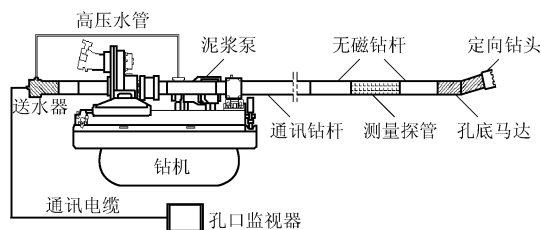


图 2 煤矿井下水平定向钻进系统连接示意

3.2 定向钻进工艺特点

定向钻进工艺技术最显著的特点是:钻孔轨迹实时精确控制和开分支孔功能。定向钻进施工人员可根据随钻测量系统显示的钻孔轨迹状态信息,调整孔底马达弯头朝向,通过钻进实现钻孔轨迹的人为控制;定向钻进中可通过“低速磨削分支法”和“高速反复磨削分支法”<sup>[4]</sup>两种悬空开分支工艺实现本煤层分支钻孔施工,分支钻孔包括从主孔开出的“一级分支钻孔”和从分支孔中开出的“次级分支钻孔”。

3.3 本煤层定向长钻孔施工技术

目前最有效且应用最广的本煤层长钻孔钻进工艺技术为:“探顶—开分支—再探顶—再分支...”的钻进工艺<sup>[4]</sup>,如图 3 所示。该方法的特点就是在钻进过程中,每钻进一定距离(一般为 60 ~ 100 m)进行一次人为主动探顶,以探测顶板起伏情况,再提钻一定距离(一般为 18 ~ 24 m)开分支孔,使钻孔在顶板下的煤层中向前延伸钻进,如此不断重复施工,直至钻进到设计孔深。这种长钻孔施工方法具有以下

优点:

(1)可准确探测煤层顶板走势,确定钻孔空间位置,保证钻孔在煤层中延伸;

(2)避免了盲目钻进,提高了钻孔穿煤率和钻进效率;

(3)为临近钻孔设计、施工提供了现实依据。

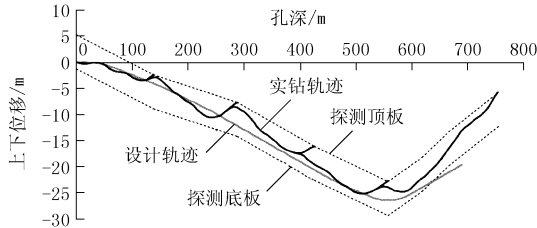


图3 “探顶—开分支—再探顶—再分支...”钻进工艺原理示意

### 3.4 定向长钻孔瓦斯区域预抽布孔及抽采技术

结合定向钻进技术的特点以及本煤层长钻孔钻进工艺,在现场应用中,定向钻进工艺技术形成了“集束”<sup>[2]</sup>状钻孔布置及大面积集中抽采技术,原理如图4所示。这种布孔方法只需极少数的钻场布置(以一个长2000 m、宽200 m的综采工作面为例,只需布置2~3个定向钻进钻场即可满足工作面瓦斯区域抽采定向钻孔施工的需要),在每个钻场按照预先设计施工布满工作面的定向钻孔,即可实现工作面瓦斯区域抽采。该技术具有:钻孔集中施工、瓦斯抽采率高、钻进效率高、可实现大范围区域集中抽采等优势。

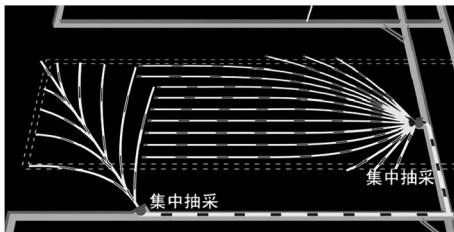


图4 “集束”状钻孔布置及大面积集中抽采技术原理示意

## 4 现场应用

### 4.1 瓦斯概况

定向钻进施工位于大佛寺煤矿40109工作面1号钻场,该区域主采煤层为4号煤层,属特厚煤层,平均11.65 m,煤层瓦斯含量 $6.305 \text{ m}^3/\text{t}$ ,绝对瓦斯压力0.60 MPa,百米钻孔(常规钻孔)瓦斯抽采流量 $0.029 \text{ m}^3/\text{min}$ ,钻孔瓦斯流量衰减系数 $0.03 \text{ d}^{-1}$ 。

### 4.2 施工情况

图5为40109工作面定向长钻孔实钻轨迹平面图,共完成3个定向长钻孔,钻孔详情如表2所示。

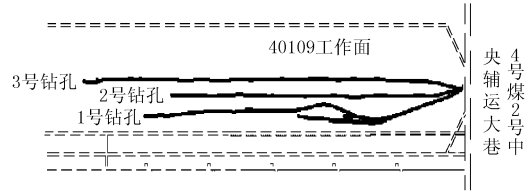


图5 40109工作面定向长钻孔实钻轨迹平面

表2 40109工作面定向长钻孔相关参数

钻孔编号	主孔深度/m	累计进尺/m	分支孔数/个	穿煤率/%
1	1023	1527	3	100
2	933	1005	3	100
3	1212	1623	5	100

定向钻进技术及装备具有钻孔轨迹人为精确控制及开分支孔技术特点,现场采用钻孔集束状布置设计和施工,实现了工作面瓦斯大面积区域集中抽采;同时,“探顶—开分支—再探顶—再分支...”的钻进工艺(如图6所示),既保证钻孔完全在煤层中延伸,又有利于实现长钻孔施工。

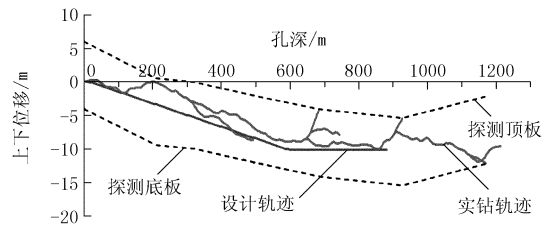


图6 3号钻孔剖面轨迹

### 4.3 抽采效果分析

钻孔完工后,分别对2号和3号定向钻孔瓦斯抽采数据进行了详细采集和记录,记录时间自2011年9月1日起至2011年12月13日,历时104天。2号钻孔瓦斯累计抽采量达到 $525031 \text{ m}^3$ ,日平均抽采量达到 $5048 \text{ m}^3$ ;3号钻孔瓦斯累计抽采量达到 $679104 \text{ m}^3$ ,日平均抽采量达到 $6530 \text{ m}^3$ 。

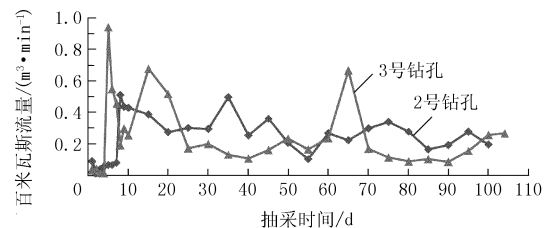


图7 百米钻孔瓦斯流量变化曲线

图7为2个钻孔每百米瓦斯抽采量随抽采时间变化曲线。由图中可以看出,定向长钻孔每百米瓦斯抽采流量平均达到 $0.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上,远远高于附近常规钻孔每百米 $0.029 \text{ m}^3/\text{min}$ 的瓦斯抽采流量。

(下转第53页)

要满足抗渗系数要求,故其配合比至关重要,通过与南京市水利科学研究所合作,实验摸索出最佳经济

性配合比,本工程最佳自凝灰浆配合比及其性能参数如表 6 所示。

表 6 自凝灰浆最佳配合比及性能参数

配合比/(kg·m <sup>-3</sup> )				性能参数							
水泥	膨润土	水	HLC - NM	马氏漏斗粘度 /s	密度 /(g·cm <sup>-3</sup> )	pH 值	初凝时间 /h	终凝时间 /h	7d 强度 /MPa	28d 强度 /MPa	28d 抗渗系数 (×10 <sup>-6</sup> cm·s <sup>-1</sup> )
212	793	286	2.12	26.5	1.29	12.9	34	43	0.27	1.7	0.93

(2)自凝灰浆初凝时间不小于成槽时间,在确定配合比试验前要准确掌握平均成槽时间,为试验确定初凝时间提供依据。实际工程中,为了防止施工过程中出现不定因素而导致施工短暂停止,往往在平均成槽时间上延长 10 h 后作为自凝灰浆初凝时间,但初凝时间不应超过成槽时间过多,否则将影响施工进度。

(3)自凝灰浆配合比除满足强度和抗渗系数外,还要根据不同工程的地层特点和成槽时间等因素合理调节浆液的粘稠度和初凝时间,需要试验调制符合工程要求的自凝灰浆配合比,防止在施工过程中,因自凝灰浆粘度不够护壁性能下降,发生塌孔掩埋抓斗等质量事故。不同地层所需要护壁液体的粘度不同,因此一套地层中往往选择护壁要求高的地层对应的粘度作为试验参数<sup>[5]</sup>。

(4)为了做到万无一失,验证浆液的性能,在大规模施工前,首先要进行生产性试验,以验证自凝灰浆在本工程实施中的可行性,通过实地检测得出参数,对比配合比里的数据验证是否有大的差异,同时为大规模施工积累施工参数,以便对工艺进行进一步优化。

(5)由于工艺的原因,通常槽孔内下部浆液密度大于上部浆液密度,为确保墙体材料特性均匀,在成槽结束后,结合孔内成渣捞取,用抓斗对槽内浆液上下搅动 20 min,来保证槽内浆液均匀。

(6)优先施工地下连续墙后施工防渗墙。由于防渗墙 7 天强度较小,如若先施工防渗墙在灌注地

连墙混凝土时,易产生大的侧压力发生“穿孔”和挤压变形从而影响防渗效果。

#### 4 结语

本文通过对华新城 AB 地块自凝灰浆防渗墙与常用止水帷幕的对比突显其优势,为同类工程的设计与施工提供借鉴和指导作用。主要结论如下:

(1)自凝灰浆防渗墙作为全封闭嵌岩止水帷幕应用在深基坑支护中具有成墙深度大、防渗性能好、施工时间短和经济节约等优点。

(2)自凝灰浆防渗墙应该根据不同工程特点采用合适的自凝灰浆配合比,使得防渗墙更可靠、更经济。

(3)在华新城 AB 地块深基坑中自凝灰浆防渗墙最大墙体深度达 76 m,为全封闭嵌岩帷幕,此深度在国内尚属首例,对类似工程有成功的借鉴价值,相信该项技术在深大防渗要求的基坑中会得到广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] 阮文军,黄晓平,牛丽满.特大深基坑自凝灰浆挡水帷幕技术[J].长春工程学院学报,2004,5(2).
- [2] 寇晶.自凝灰浆防渗墙在三峡围堰中的应用及成本分析[J].西部探矿工程,2004,(3).
- [3] 孙立宝,方红.地下连续墙施工中几种接头形式的对比分析及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5).
- [4] 刘永杰,左新明,王建华.地下连续墙技术在深基坑围护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7).
- [5] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].

(上接第 38 页)

可见,定向长钻孔对于提高瓦斯抽采效率具有显著的作用。

#### 5 结语

(1)定向长钻孔“集束”状布孔工艺可很好地满足了煤矿井下工作面瓦斯抽采钻孔集中施工及瓦斯区域集中抽采的需要。

(2)大佛寺煤矿本煤层定向长钻孔较常规钻孔

对于提高瓦斯抽采效率具有显著优势。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 石智军,姚宁平,叶根飞.煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术与装备[J].煤炭科学技术,2009,37(7):1-4.
- [3] 石智军.煤矿坑道近水平钻探机具与定向钻进技术[A].煤科总院 50 年院庆论文集[C].2007.
- [4] 许超,李泉新,刘建林,等.煤矿瓦斯抽采定向长钻孔高效成孔工艺研究[J].金属矿山,2011,(6):39-54.