

掘进工作面立体式瓦斯抽采钻孔优化设计与应用

李 云

(山西潞安集团余吾煤业有限责任公司,山西 长治 046103)

摘 要: 为了提高厚煤层高瓦斯掘进工作面掘前瓦斯抽采量,减少掘进过程中的瓦斯预警次数,针对余吾煤业高瓦斯掘进工作面的平面式抽采钻孔不能覆盖全煤厚、瓦斯抽采量低的问题,通过调整钻孔的布置方式及开孔角度对掘进工作面释放孔及两帮钻场护帮钻孔进行了优化设计,将掘进工作面抽采钻孔由平面式抽采转变为立体式抽采。现场试验表明,立体式抽采钻孔抽采瓦斯体积分数提升11%、抽采瓦斯纯量提升 $0.14 \text{ m}^3/\text{min}$,回风流瓦斯体积分数由0.73%降低至0.44%,不仅对全煤厚煤体提前卸压降低突出危险性,同时提前截流卸压煤体内瓦斯,大幅降低了工作面掘进时的瓦斯涌出量,保证了巷道掘进过程中瓦斯涌出的均匀性。

关键词: 巷道掘进; 立体式瓦斯抽采; 厚煤层; 卸压; 防突

中图分类号: TD712 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2016)04-0059-05

Optimized design and application of three dimensional gas drainage boreholes in driving face

Li Yun

(Yuwu Coal Industry Company Co., Ltd., Shanxi Lu'an Group, Changzhi 046103, China)

Abstract: In order to improve the gas drainage quantity before the driving operation of the high gassy gateway driving face and to reduce the gas pre-warning times during the driving process, according to the plan mode drainage boreholes in the high gassy gateway driving face in Yuwu Mine could not fully cover the full seam thickness and the gas drainage quantity was low, with adjustment of the borehole distribution mode and the borehole opening angle, the optimized design was conducted on the released boreholes of the driving face and the side-wall protection boreholes in the two sidewall drilling site, and the gas drainage boreholes of the driving face were changed from the plan mode drainage to a three dimensional drainage. The site experiment showed that the gas drainage volume fraction with three dimensional drainage boreholes was improved by 11%, the gas drainage pure flow was improved by $0.14 \text{ m}^3/\text{min}$ and the gas volume fraction of the air retuning flow was reduced from 0.73% to 0.44%. Therefore, the pilot pressure released of the full thick seam could not only reduce the outburst danger, but could in advance cut off and release the gas in the seam, could highly reduce the gas emission volume of the driving face and could ensure the gas emission evenly during the driving process while the gateway driving.

Key words: gateway driving; three dimensional gas drainage; thick seam; pressure released; outburst prevention

0 引 言

煤巷掘进过程中的瓦斯来源主要有3个部分: 两侧煤壁瓦斯、巷道前方卸压煤体释放瓦斯及掘进过程中落煤释放瓦斯^[1-2]。其中煤壁瓦斯涌出量占70%以上,对于瓦斯含量高的厚煤层,煤壁瓦斯涌出量的比例更高,严重制约巷道的安全高效掘进^[3]。

目前,掘进工作面在区域预抽的基础上,主要采用边掘边抽的瓦斯治理措施: ①在两帮设置钻场对帮部一定深度煤体进行掘前预抽; ②在掘进工作面打设长钻孔,对前方煤体进行掘前预抽; ③在掘进工作面打设较短卸压排放孔,提前释放煤体瓦斯。

随着矿井开采深度的增加,煤巷掘进工作面地质条件愈加复杂,巷道瓦斯含量与突出危险性显著

收稿日期: 2015-10-15; 责任编辑: 王晓珍 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.04.012

作者简介: 李 云(1986—)男,山西长治人,工程师,硕士。Tel: 13546500708 E-mail: liyuncz@163.com

引用格式: 李 云.掘进工作面立体式瓦斯抽采钻孔优化设计与应用[J].煤炭科学技术,2016,44(4): 59-63.

Li Yun.Optimized design and application of three dimensional gas drainage boreholes in driving face[J].Coal Science and Technology,2016,44(4): 59-63.

升高。针对煤巷掘进过程中的瓦斯抽采技术,国内学者进行了大量实践技术研究,王兆丰等^[4-7]提出了“钻墙”式边掘边抽技术,文献[8-9]提出了掘进巷道“隔断”式瓦斯抽采技术。但是,对于松软破碎、巷道成形较差的低透气性厚煤层巷道,受煤体普氏系数影响短钻孔易塌孔、堵孔,难以形成立体扇形布置,不能完全借鉴已有的立体式瓦斯抽采技术。为此,结合余吾煤业3号煤层的松软低透特点,对高瓦斯巷道的边掘边抽打钻技术进行了优化设计,得出了适用于该地质条件的高瓦斯掘进工作面瓦斯抽采技术。

1 矿井概况

余吾煤业为山西潞安集团的一座高瓦斯矿井,设计生产能力7.5 Mt/a,矿井主采3号煤层,平均煤厚6.0 m,瓦斯含量 $3.0623.69 \text{ m}^3/\text{t}$,透气性系数 $0.524\ 01.741\ 5 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,属较难抽采煤层。余吾煤业将掘进工作面划分为高瓦斯区域、相对高瓦斯区域、低瓦斯区域3个等级进行分类管理。其中,高瓦斯区域采用掘进工作面预抽钻孔、钻场边掘边抽钻孔及掘进工作面释放孔相结合的瓦斯治理措施;相对高瓦斯区域采取钻场边掘边抽钻孔、掘进工作面释放钻孔及 CO_2 气相致裂相结合的综合治理措施;低瓦斯区域只采取掘进工作面释放钻孔预排的瓦斯治理措施。

掘进工作面释放钻孔与钻场护帮钻孔作为余吾煤业高瓦斯区域与相对高瓦斯区域瓦斯治理的2项重要措施,其治理效果直接决定着工作面瓦斯涌出量的大小。目前,余吾煤业共有掘进工作面16个,其中相对高瓦斯巷道12个,占75%。巷道掘进过程中经常遇到高顶悬空区、断层发育区、两帮成形不规则区,抽采钻孔不能有效截流全煤层内煤体瓦斯,导致多起瓦斯从高顶悬空区、锚索钻孔大量涌出的瓦斯超限现象,严重制约巷道掘进速度。

2 立体式抽采钻孔优化设计

2.1 掘进工作面释放钻孔优化设计

余吾煤业掘进巷道断面尺寸为 $5.4 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$,按照要求在掘进工作面布置20个瓦斯释放钻孔,按4排5列均匀布置,孔径65 mm,深度15 m,每个循环允许掘进7.2 m,钻孔优化前的剖面如图1所示。

优化前释放钻孔倾角与煤层倾角一致(图1中为 0°),仅能覆盖断面中间段位置,控制煤体 283.5

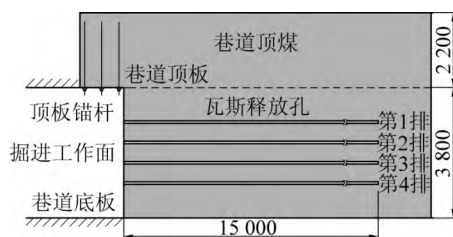


图1 优化前掘进工作面释放钻孔剖面示意

Fig. 1 Profile of release holes before optimized in heading face m^3 ,巷道顶板上约2.7 m厚煤体未能覆盖。巷道掘进过程中,遇到未探明断层或顶板松散破碎区,顶板煤体内部瓦斯会瞬间涌向工作面造成瓦斯超限^[10-11]。为此,对掘进工作面释放钻孔进行了优化设计:

- 1) 将第1排钻孔终孔位置调整为距3号煤层顶板200 mm,增加倾角 12° ,孔深15300 mm,释放待掘煤体顶煤内部瓦斯。
- 2) 将第2排钻孔终孔位置设计为距巷道顶板上400 mm,增加倾角 8° ,孔深15030 mm,释放待掘煤体中上部瓦斯。
- 3) 将第3排钻孔终孔位置调整为终孔位置距巷道底板2600 mm,增加倾角 4° ,孔深15100 mm,释放待掘煤体正前方煤体瓦斯。
- 4) 第4排钻孔设计保持不变,仍按照煤层倾角施工,钻孔深度15000 mm,主要释放待掘煤体下部瓦斯。各钻孔的开孔高度保持不变,优化后的释放钻孔剖面图如图2所示。

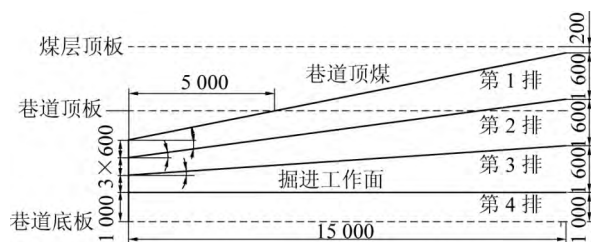


图2 优化后掘进工作面释放钻孔剖面示意

Fig. 2 Profile of release holes after optimized in heading face

经优化设计后,每组钻孔覆盖煤体范围增加至 445.5 m^3 ,相比优化前增加 162 m^3 ,按照最小瓦斯含量 $8.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 计算,煤体瓦斯可抽采量增加 1800 m^3 。

2.2 钻场护帮钻孔优化设计

巷道开挖时,两帮煤体会产生一定的松动卸压圈,卸压圈内煤体透气性大幅度增大,利用巷帮钻场将边掘边抽钻孔布置在卸压区域内,可抽出两帮煤体内大部分卸压瓦斯,起到瓦斯向掘进工作面涌出的截流效果,减小巷道掘进过程中两帮煤体的瓦斯

涌出量。

余吾煤业相对高瓦斯巷道两帮交替布置预抽钻场,钻场间距 50 m,同帮间距 100 m。钻场按照上下帮位置分为 2 种,靠回采工作面侧钻场为内宽 4 m、外宽 6 m、深 5 m,与巷道等高的等腰梯形;非工作面侧布置内宽 4 m、外宽 6 m、深 4 m,与巷道等高的等腰梯形钻场。每个钻场布置预抽钻孔 6 个,呈 2 排 3 列布置,钻孔孔径 113 mm,深度 130 m,如图 3 所示。

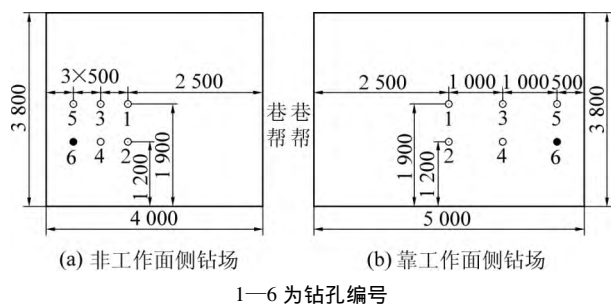


图 3 优化前两帮钻场预抽钻孔开孔位置

Fig. 3 Layout of pre-drainage holes in drill field before optimized

两帮钻场内 5 号孔与 6 号超前探孔与巷道中线呈 7° 夹角施工,覆盖两帮 20 m 深煤体,其余钻孔均与巷道中线呈 0° 角沿煤层倾角施工,如图 4 所示。

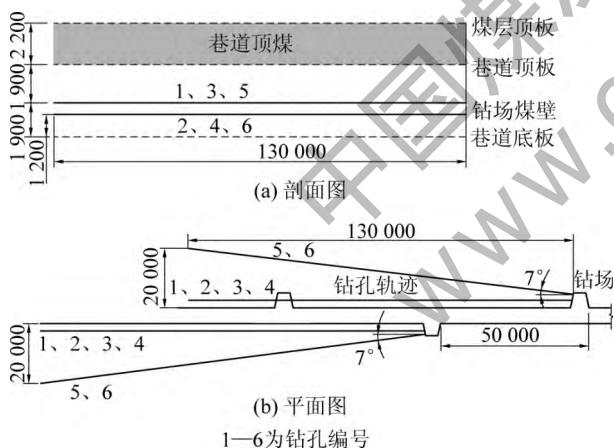


图 4 优化前两帮钻场预抽钻孔

Fig. 4 Pre-drainage holes in drill field before optimized

边掘边抽钻孔仅预抽与巷道等高范围内两帮煤体瓦斯,按照本矿的抽采半径 1.25 m 计算,6 个钻孔覆盖煤体 $2\,867\text{ m}^3$,未能控制顶煤内部瓦斯。掘进过程中,该部分瓦斯涌入工作面极易造成瓦斯超限。为此对两帮钻孔进行了如下优化设计:

1) 将原来 6 个护帮钻孔由 2 排 3 列调整为 3 排 2 列,以最大限度增加钻孔覆盖顶煤范围,如图 5 所示。

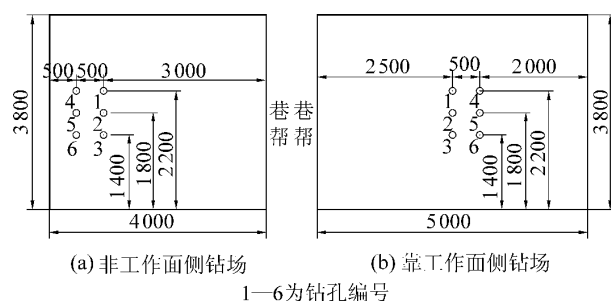


图 5 优化后两帮钻场预抽钻孔开孔位置

Fig. 5 Layout of pre-drainage holes in drill field after optimized

2) 1、4 号钻孔与煤层走向呈 1° 角施工,终孔位置距煤层顶板 600 mm 处,预抽两帮顶部煤层瓦斯,2、5 号钻孔与煤层走向呈 1° 角施工,终孔位置距煤层底板 3 400 mm,预抽煤层中上部瓦斯,3、6 号钻孔沿煤层走向同一倾角施工,预抽底部煤层瓦斯,如图 6 所示。

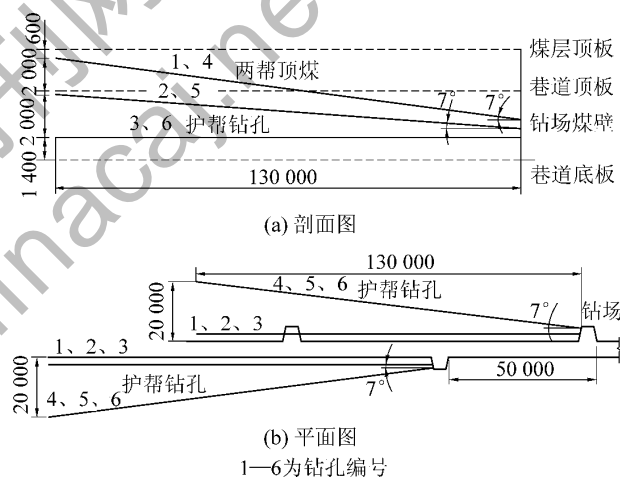


图 6 优化后两帮钻场预抽钻孔

Fig. 6 Pre-drainage holes in drill field after optimized

3) 1—3 号钻孔沿巷道中线方向施工,预抽巷帮浅部煤体瓦斯,4—6 号钻孔与巷道轴线呈 7° 角施工,覆盖两帮 20 m 深范围煤体,预抽巷帮深部煤体瓦斯。

经优化后,每个钻场预抽钻孔控制煤体扩大至 $11\,700\text{ m}^3$,相比优化前增加 $8\,833\text{ m}^3$,按照 3 号煤的平均密度 1.39 t/m^3 及最小瓦斯含量 $8.0\text{ m}^3/\text{t}$ 计算,每个钻场可抽瓦斯量增加 $98\,223\text{ m}^3$,可有效截流巷帮煤壁瓦斯,减少工作面两帮煤壁的瓦斯涌出量。

3 现场应用

S2108 运输巷为余吾煤业南二采区的 1 条相对高瓦斯巷道,原始瓦斯含量 $9.748\,2\text{ m}^3/\text{t}$,根据《余吾煤业瓦斯分级管理规定》,该巷道需采取瓦斯释

放钻孔、护帮钻孔、 CO_2 气相致裂等瓦斯治理措施。巷道抽采钻孔优化前,频繁出现瓦斯异常涌出、瓦斯预警导致停工的现象。

2015年5月10日该巷道开始按照立体式钻孔优化设计方案施工巷帮钻孔,先后施工了13、14号钻场。为对比优化前后立体式护帮钻孔的预抽效果,选取相邻的11、12号钻场的抽采数据进行了对比分析。

3.1 抽采浓度对比

每个钻场均布置有直径133 mm孔板,通过孔板及抽气口可准确观测每个钻场的抽采浓度与抽采流量。优化前后钻场的抽采瓦斯浓度变化曲线如图7所示。

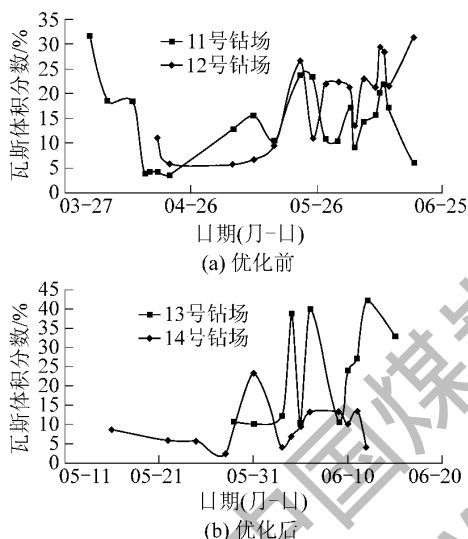


图7 优化前后钻场抽采瓦斯浓度变化曲线

Fig. 7 Variation curves of gas concentration

drained from drill fields before and after optimized

由钻场的浓度变化曲线可以看出,各钻场抽采后初期瓦斯浓度相对较低,之后逐渐上升至稳定水平,经过2030 d的抽采,开始衰减下降。13号钻场为第1个试验钻场,打钻完成后抽采管内积水严重,多次出现堵管现象,钻孔出水量大导致钻场抽采浓度较低而优化后的14号钻场抽采浓度相对11、12号钻场较高。

钻场优化前抽采瓦斯体积分数最大为31.6%,优化后最大瓦斯体积分数可达42.2%;钻场优化前瓦斯体积分数平均为16%,优化后可达23.58%,平均抽采瓦斯体积分数提升7.58%。

3.2 抽采纯量对比

优化前的11、12号钻场及优化后的13、14号钻场的抽采瓦斯纯量变化曲线如图8所示。由图8可

以看出,钻场抽采初期抽采纯量略低,经过2030 d的抽采,抽采纯量开始衰减变化,出现上下波动的趋势。除钻孔中积水比较严重的13号钻场外,优化后的14号钻场瓦斯抽采纯量明显增大。优化前钻场最大纯量 $0.23 \text{ m}^3/\text{min}$,优化后最大纯量可达 $0.37 \text{ m}^3/\text{min}$,提高60.8%;平均瓦斯纯量由优化前的 $0.13 \text{ m}^3/\text{min}$ 提高到 $0.19 \text{ m}^3/\text{min}$,提高46.1%。

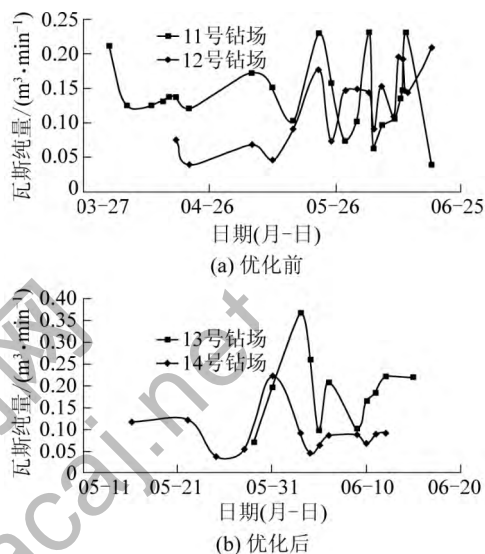


图8 优化后钻场抽采瓦斯纯量变化曲线

Fig. 8 Variation curves of gas scalar drained from drill fields before and after optimized

3.3 应用效果

通过对该掘进工作面释放钻孔与护帮钻孔的立体式优化设计,对工作面及两帮松动圈内卸压煤体瓦斯起到了良好的卸压、截流效果。

1) 对巷道顶煤卸压,降低煤层瓦斯压力起到防突作用。S2108运输巷施工立体式抽采钻孔后,巷道掘进割煤过程中顶板的响煤炮次数由优化前的1216次/班降低到46次/班。除此之外,巷道顶板、两帮掉渣现象减少,巷道成形效果获得改善。

2) 工作面瓦斯涌出量减小,瓦斯涌出均匀性提高。S2108运输巷自2015年5月10日开始应用该优化技术后7 d内回流瓦斯体积分数由0.73%降至0.44%,瓦斯涌出量减小 $3.8 \text{ m}^3/\text{min}$,瓦斯涌出不均匀系数由1.8降至1.2,未出现任何瓦斯预警现象。

4 结 论

1) 通过调整掘进工作面释放钻孔及钻场护帮钻孔的布置形式与角度,将原来的平面式钻孔优化

为立体式钻孔,增大了掘进工作面钻孔的覆盖煤体范围。

2) 掘进工作面立体式抽采钻孔可提前对煤体进行卸压,使煤体应力重新分布,降低了工作面的瓦斯突出危险性,同时提高了巷道成形效果。

3) 掘进工作面立体式抽采钻孔的抽采浓度、抽采纯量大幅度提升,可有效截流待掘煤体及两帮全煤厚内游离瓦斯,工作面瓦斯涌出量减少,瓦斯涌出不均匀系数大幅度降低。

4) 经过现场试验研究提出了适合于余吾煤业松软破碎、低透气性、厚煤层地质条件下的高瓦斯巷道立体式瓦斯抽采钻孔设计方案。

参考文献(References):

- [1] 林柏泉.矿井瓦斯防治理论与技术[M].2版.徐州:中国矿业大学出版社,2010:6.
- [2] 申广君.煤巷掘进工作面瓦斯治理技术现状及存在问题分析[J].煤矿安全,2012,43(5):127-129.
Shen Guangjun. Analysis of the gas treatment technology state and existent problems at the roadway heading face [J]. Safety in Coal Mines, 2012, 43(5): 127-129.
- [3] 孙树林,周西华,徐军.煤矿掘进工作面瓦斯涌出规律研究[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(1):99-101.
Sun Shulin, Zhou Xihua, Xu Jun. Study on the gas effuse law in dig working face of coal mine [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(1): 99-101.
- [4] 王兆丰,黄河,徐东方.厚煤层钻墙边掘边抽瓦斯技术试验研究[J].煤炭科学技术,2009,37(4):37-39.
Wang Zhaofeng, Huang He, Xu Dongfang. Experiment research on excavation and gas drainage simultaneously in thick seam wall drilling [J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(4): 37-39.
- [5] 王兆丰,方前程,杨利平,等.厚煤层高效截流“钻墙”边掘边抽的试验研究[J].煤矿安全,2008,39(1):8-10.
Wang Zhaofeng, Fang Qiancheng, Yang Liping, et al. Testing study on utilizing “drill hole wall” to prevent gas emission in thick coal seam of inhaling as tunneling [J]. Safety in Coal Mines, 2008, 39(1): 8-10.
- [6] 王兆丰,王治学,陈立伟,等.石港煤矿掘进工作面“钻墙”截流瓦斯技术[J].矿业安全与环保,2012,39(4):40-42.
Wang Zhaofeng, Wang Zhixue, Chen Liwei, et al. Technology of wall drilling cut off gas for heading face in Shigang Mine [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2012, 39(4): 40-42.
- [7] 田富超,王兆丰,徐玉胜,等.钻墙高效截流瓦斯抽采技术在寺河煤矿的应用[J].煤炭科学技术,2009,37(8):46-48.
Tian Fuchao, Wang Zhaofeng, Xu Yusheng, et al. Application of wall drilling high efficient cut off and drainage gas technology to Si-he coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(8): 46-48.
- [8] 王欣,张志雨,陆海龙.巷道隔断式抽采技术在掘进工作面防突中的应用[J].煤矿安全,2009,40(7):17-19.
Wang Xin, Zhang Zhiyu, Lu Hailong. Application of isolated gas drainage for outburst prevention in heading face [J]. Safety in Coal Mines, 2009, 40(7): 17-19.
- [9] 车云立,李如波.隔断式瓦斯抽采在掘进工作面的应用研究[J].中州煤炭,2009(5):95-96.
Che Yunli, Li Rubo. Research on application of isolated gas drainage in drivage working face [J]. Zhongzhou Coal, 2009(5): 95-96.
- [10] 李端法.突出煤层掘进工作面瓦斯综合治理及安全掘进的实践与认识[J].矿业安全与环保,2004,31(4):54-55.
Li Duanfa. Practice and view of gas comprehensive control and driving safety of the working face in outburst coal seam [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2004, 31(4): 54-55.
- [11] 张忠福.煤巷掘进瓦斯立体抽采技术及应用[J].中国煤炭,2008,34(7):92-94.
Zhang Zhongfu. Application of vertical gas extraction technology for roadway driving [J]. China Coal, 2008, 34(7): 92-94.