


郭家山煤矿井下瓦斯的高位钻孔抽放系统优化实践

崔荣峰¹, 王彦军²

(1. 山西省临汾市蒲县能源局, 山西 临汾 041000; 2. 山西蒲县宏源集团郭家山煤业, 山西 临汾 041000)

摘要: 以山西蒲县宏源集团郭家山煤矿为例, 通过更换瓦斯抽放泵、新增水闸分离器、调整上排终孔高度距工作面距离和上下排孔终孔与上隅角距离等措施, 来优化高位钻孔瓦斯抽放系统, 解决上隅角瓦斯超限的问题。结果表明: 瓦斯抽放系统优化后, 抽气量由 $90 \text{ m}^3/\text{min}$ 增加到 $235 \text{ m}^3/\text{min}$, 抽放能力大大提高; 钻孔布置优化后, 管内瓦斯体积分数由 2% 增加至 10%, 上隅角瓦斯体积分数由 1% 降低至 0.4%, 采空区瓦斯抽放效果及上隅角瓦斯治理效果显著。

关键词: 煤矿; 瓦斯抽放; 高位钻孔; 优化实践

中图分类号: TD712.6 **文献标识码:** A **开放科学(资源服务)标识码(OSID):** 

Optimization of Gas Drainage System with High-level Boreholes in Guojiashan Coal Mine

CUI Rongfeng¹, WANG Yanjun²

(1. Puxian Energy Bureau, Linfen 041000, China;

2. Guojiashan Coal Industry Co., Ltd., Hongyuan Group, Linfen 041000, China)

Abstract: Taking Guojiashan Coal Mine in Puxian, Shanxi Province as an example, a series of measures have been taken to optimize the gas drainage system with high-level boreholes in order to solve the gas overrun in the upper corner. The measures include replacing gas drainage pump, adding a lock separator, and adjusting the distance between the borehole height of the upper row and the working surface as well as the distance between the boreholes of the upper and lower row and the upper corner. After the optimization of the gas drainage system, the gas extraction rate increased from $90 \text{ m}^3/\text{min}$ to $235 \text{ m}^3/\text{min}$ and the drainage capacity was greatly increased; after the optimization of the drilling layout, the gas concentration in pipes increased from 2% to 10% or so, and the upper corner gas concentration reduced from 1% to 0.4%. The gas drainage effect and treatment effect in the upper corner were significant.

Key words: coal mine; gas drainage; high-level boreholes; optimization in practice

为改善煤矿开采状况,我国从20世纪50年代开始从国外(主要是前苏联)引进先进矿井瓦斯抽放技术,在消化吸收国外先进抽放技术的基础上,研究出不少适合我国煤矿瓦斯抽放实际情况的技术成果,很大程度上解决了我国瓦斯灾害问题^[1-4]。但是,随着开采深度和强度的增加,有些低瓦斯矿井也出现了高瓦斯区域。以前完全依靠增大风量来冲淡

瓦斯,后来逐步采用少量单一的抽放瓦斯方法,配合通风稀释来解决瓦斯超限问题。进入21世纪以来,我国的高瓦斯矿井和瓦斯突出矿井进一步增多,为了遏制煤矿重大瓦斯事故的发生,国家相关部门增大资金投入,加强科研工作,许多先进技术应运而生,如高位钻孔抽放采空区瓦斯技术在煤矿得到了广泛的应用^[5-6]。

* 收稿日期: 2020-04-09

作者简介: 崔荣峰(1986-),男,山西临汾人,本科,助理工程师,从事煤矿安全方面的工作, E-mail: crf666888@126.com

1 矿井概况

山西蒲县宏源集团郭家山煤矿设计生产能力60万t/a。井田面积13.1121 km²,批准开采2[#]-11[#]煤层,保有资源储量2541万t,可采储量1514万t,设计服务年限19.8 a。目前开采2[#]煤层,平均

厚度1.37 m,煤层赋存稳定。矿井为低瓦斯矿井,瓦斯绝对涌出量8.55 m³/min,相对涌出量8.13 m³/t,该矿2011—2013年瓦斯等级鉴定结果如表1所示。该矿水文地质类型为中等;矿井正常涌水量为74 m³/h,最大涌水量为98 m³/h;煤层自燃倾向性为Ⅱ级,煤尘具有爆炸危险性。

表1 郭家山煤业2011—2013年瓦斯等级鉴定结果

Table 1 Gas grade appraisal results of Guojia Shan Coal Industry from 2011 to 2013

年度	矿井瓦斯涌出量		二氧化碳(CO ₂)涌出量		鉴定等级
	相对涌出量/(m ³ ·t ⁻¹)	绝对涌出量/(m ³ ·min ⁻¹)	相对涌出量/(m ³ ·t ⁻¹)	绝对涌出量/(m ³ ·min ⁻¹)	
2011	-	6.72	-	2.69	低瓦斯
2013	8.13	8.55	1.83	2.40	瓦斯

注:矿井2010、2012年末进行瓦斯等级鉴定。

矿井通风方式为中央并列式,通风方法为机械抽出式。回风立井安装2台FBCDZ-No18型防爆对旋轴流式通风机,矿井总进风量4245 m³/min,总回风量4301 m³/min,通风负压1150 Pa,等积孔为1.85 m²,矿井通风难易程度为中等,通风系统稳定可靠。回采工作面采用“U”型全负压通风方式,掘进面采用FBD-No7.1型局部通风机和直径1000 mm的柔性风筒压入式通风,局部通风机实现了“三专两闭锁”“双风机、双电源”,并且具有自动切换功能。

覆岩层中形成离层裂隙和竖向破断裂隙。由于瓦斯密度为0.7168 kg/m³,比空气的密度(1.293 kg/m³)小得多,因此工作面涌出的部分瓦斯上浮运移到裂隙带,并随着顶板的垮落进入采空区及上隅角,造成工作面上隅角瓦斯增大。采用高位钻孔,将采空区瓦斯抽排到总回风巷,可以降低上隅角瓦斯浓度。

2 矿井瓦斯抽放技术

矿井属低瓦斯矿井,但在回采期间,上隅角瓦斯体积分数在0.8%左右,利用风障导风无法彻底消除隐患。工作面瓦斯一部分来源于开采层的煤壁和落煤解吸的瓦斯,另一部分来源于采空区遗留煤解吸的瓦斯及围岩、邻近层涌出的瓦斯。煤层开采后,上

覆岩层中形成离层裂隙和竖向破断裂隙。由于瓦斯密度为0.7168 kg/m³,比空气的密度(1.293 kg/m³)小得多,因此工作面涌出的部分瓦斯上浮运移到裂隙带,并随着顶板的垮落进入采空区及上隅角,造成工作面上隅角瓦斯增大。采用高位钻孔,将采空区瓦斯抽排到总回风巷,可以降低上隅角瓦斯浓度。

2013年至2017年该矿使用一套ZWY-90/110型井下移动瓦斯抽采泵站,采用高位钻孔抽采采空区瓦斯,但存在抽采能力小、抽采浓度低、上隅角瓦斯治理效果差等缺点。随着2[#]煤层的进一步开采,工作面浮煤瓦斯涌出量增大,该抽放系统已不能同时满足2个工作面的瓦斯抽放。2017年下半年对井下移动瓦斯抽放系统进行了优化升级,安装2台2BEC52瓦斯抽放泵(主要技术指标如表2所示),采用高位钻孔抽放采空区瓦斯,瓦斯抽放能力及各项抽采指标均得到全面提升。

表2 2BEC52瓦斯抽放泵主要技术指标

Table 2 Main technical indicators of 2BEC52 gas drainage pump

序号	名称	技术指标	序号	名称	技术指标
1	最大抽气量/(m ³ ·min ⁻¹)	235	6	进水压力/MPa	0.15~0.25
2	极限真空/kPa	16	7	进排气口直径/mm	350
3	泵转速/(r·min ⁻¹)	340	8	传动方式	减速机传动
4	最大运行轴功率/kW	244	9	变频控制/(m ³ ·min ⁻¹)	150~235
5	工作水量/(m ³ ·h ⁻¹)	20			

3 井下移动瓦斯抽放系统优化方案

3.1 原瓦斯抽放系统

采用ZWY-90/110型瓦斯抽放泵,最大抽气量90 m³/min,最大轴功率97 kW,转速390 r/min,供水量4.0~13.0 m³/h。进排气口管路各选用一趟Φ325 mm管路(回风大巷安装),工作面管路选用一趟Φ273 mm管路。抽放钻孔与273 mm管路间采用Φ65 mm软管连接。

采用高位钻孔抽放采空区瓦斯,在工作面回风

巷,沿回风巷走向每隔60 m开掘矩形硐室作为钻场,钻场长4 m,宽3 m,高2 m。钻孔分上下两排布置,每排5个钻孔,呈扇形布置。上、下排孔倾角和方位角一致,倾角分别为2.4°、2.4°、3.2°、4.0°、4.8°,方位角分别为0°、3.5°、4.5°、5.8°、6.8°。在距巷帮0.8 m距顶板0.7 m处施工第一个钻孔,钻孔间距0.3 m,排距0.4 m。高位钻孔上排孔终孔高度分别为4.9、4.9、6.6、8.4、10.0 m;上下排孔终孔与上隅角距离一致,分别为4.8、7.2、9.5、11.9、14.1 m。钻孔施工时,采用直径113 mm钻头,孔长

度 120 m。

封孔采用 FKQW-75/0.15 型气胀式封孔器,封孔器内留有 73 mm 的钢管,用于抽放瓦斯。封孔器一头为筛管,一头为螺丝口,通过管鼓与抽放支管连接抽放。封孔器插入钻孔后,利用打气筒给封孔器充气,直至压力达到 0.15 MPa,并保证封孔器不漏气。

3.2 优化后的瓦斯抽放系统

采用 2BEC52 瓦斯抽放泵,最大抽气量 235 m³/min,变频控制,气量可调范围 150~235 m³/min,最大轴功率 244 kW,转速 340 r/min,供水量 20 m³/h,减速机传动,额定频率 50 Hz。进排气口管路选用 Φ426 mm 管路,进气口管路在瓦斯泵站外调整为两趟 Φ325 mm 管路(回风大巷安装),工作面管路选用一趟 Φ273 mm 管路。抽放钻孔与 273 管路间采用 Φ65 mm 软管、水闸分离器连接。

采用高位钻孔抽放采空区瓦斯,在工作面回风

巷,沿回风巷走向每隔 60 m 开掘矩形硐室作为钻场,钻场长 4 m,宽 4.5 m,高 2 m。钻孔分上下两排布置,每排 5 个钻孔,呈扇形布置。上、下排孔倾角和方位角一致,倾角根据煤层倾角确定,方位角根据孔深确定。在距巷帮 2.0 m 距顶板 0.5 m 处施工第一个钻孔,钻孔间距 0.6 m,排距 0.4 m。高位钻孔上下排孔终孔高度距工作面煤层顶板 13~25 m;上下排孔终孔与上隅角距离一致,分别为 3.6、9、12、15 m。钻孔施工时,采用直径 113 mm 钻头,孔长度 130 m。

封孔采用水泥浆封孔,孔内插入 Φ65 mm 的钢管,用于抽放瓦斯。

3.3 系统优化前后参数对比

高位钻孔抽放瓦斯系统优化前后参数对比如表 3 所示。

表 3 高位钻孔抽放瓦斯系统优化前后参数对比

Table 3 Parameter comparison before and after optimization of gas drainage system with high-level boreholes

名称	优化前	优化后
瓦斯抽放泵型号	ZWY-90/110	2BEC52
最大抽气量/(m ³ ·min ⁻¹)	90(气量不可调)	235(气量可调)
水闸分离器	无水闸分离器	增加水闸分离器
第一个钻孔的位置	距巷帮 0.8 m、距顶板 0.7 m	距巷帮 2 m、距顶板 0.5 m
上排孔终孔高度距工作面煤层顶板距离/m	4.9~10.0	13.0~25.0
上下排孔终孔与上隅角距离/m	4.8、7.2、9.5、11.9、14.1	3.6、9、12、15

4 应用效果分析

1) ZWY-90/110 型瓦斯抽放泵抽气量小,气量不可调;2BEC52 瓦斯抽放泵抽气量增大,气量可调,可根据抽放地点需求调节气量,减少损失,延长抽放泵使用寿命。

2) 系统优化后,抽放管路直径增大,保证了管路有足够的通过能力,降低了阻力,确保了瓦斯管内流速在经济流速之内。

3) 抽放钻孔与 273 管路间增加了水闸分离器,避免了水抽入瓦斯管路,影响抽放效果。

4) 抽放硐室宽度由 3.0 m 增加到 4.5 m,增加了钻孔布置的空间。由原来的距巷帮 0.8 m 距顶板 0.7 m 处施工第一个钻孔,优化为距巷帮 2.0 m 距顶板 0.5 m 处施工第一个钻孔,避免了钻孔施工时钻头遇帮锚杆报废的风险,避免了因煤层裂隙发育钻孔漏气大的风险。

5) 钻孔倾角根据煤层倾角确定,原上排孔终孔高度距工作面煤层顶板 4.9~10.0 m,优化为上下排孔终孔高度距工作面煤层顶板 13~25 m,考虑了钻孔施工受煤层顶板岩石软硬程度变化及钻杆自重

的影响,提高了钻孔的使用效率。原上下排孔终孔与上隅角距离分别为 4.8、7.2、9.5、11.9、14.1 m,优化为 3.6、9、12、15 m,便于施工人员记忆及施工。

综上,本次优化高位钻孔瓦斯抽放系统通过更换最大抽放量和可调控的瓦斯抽放泵、新增水闸分离器、调整上排终孔高度距工作面距离和上下排孔终孔与上隅角距离等措施来实现。对比分析优化前后参数,发现优化后的瓦斯抽放系统管内瓦斯体积分数由 2% 增加至 10% 左右,上隅角瓦斯体积分数由 1% 降低至 0.4%,抽放效果及上隅角瓦斯治理效果显著。同时,封孔由气胀式封孔优化为水泥浆封孔,减少了材料消耗,提高了经济效益。

5 结论

1) 瓦斯抽放系统优化后,抽气量由 90 m³/min 增加到 235 m³/min,抽放能力得到提高;钻孔布置优化后,管内瓦斯体积分数由 2% 增加至 10%,上隅角瓦斯体积分数由 1% 降低至 0.4%,抽放效果及上隅角瓦斯治理效果显著,对矿井通风管理及现场管理起到积极作用,确保了上隅角瓦斯风险在可控范围内。

2) 实际应用过程中积累了部分适用于郭家山矿的实践经验。钻孔与抽放管间安装板孔流量计及人工检测装置,控制抽放气量,提升抽放效果;钻孔内安装并使用水渣分离器,能及时排出水、渣,提高抽放效果;合理调整钻孔施工参数,将钻孔尽可能布置在砂岩内,退钻时冲孔将废渣冲净能有效避免塌孔、堵孔情况;调整钻孔施工长度,采用两个钻场

同时抽放采空区瓦斯,能有效避免接替钻场上隅角瓦斯超限。

3) 随着开采线长度、深度的增加,煤矿对瓦斯的治理工作将更加困难,依靠通风不能彻底解决,其他措施解决瓦斯问题安全又无保障,所以根据现场实际情况,科学创新、灵活有效利用瓦斯抽放优化技术,是解决瓦斯治理的有效途径。

参考文献:

- [1] 周加川. 采空区瓦斯抽放技术的研究与应用[D]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [2] 赵丹. 基于 MPSO-RBF 预测控制的瓦斯监控系统研究[D]. 沈阳: 辽宁工程技术大学, 2009.
- [3] 史宁. 高压空气冲击煤体增透技术实验研究[D]. 沈阳: 辽宁工程技术大学, 2011.
- [4] 李仕学. 化处煤矿瓦斯治理方法的实践与研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2011.
- [5] 唐一博, 孙越, 王润, 等. 高位钻孔抽放技术在许疃煤矿的应用[J]. 煤矿安全, 2011, 42(9): 98-101.
TANG Yibo, SUN Yue, WANG Run, et al. Application of high level drilling and pumping technology in xutuan coal mine[J]. Journal of Safety in Coal Mines, 2011, 42(9): 98-101.
- [6] 赵文利. 综放工作面应用高位钻孔瓦斯抽放技术研究[J]. 煤炭与化工, 2015(9): 71-73.
ZHAO Wenli. Research on the application of gas drainage technology of high position borehole in fully mechanized caving face[J]. Journal of Coal and Chemicals, 2015(9): 71-73.

(编辑: 樊 敏)

(上接第31页)

- [4] 索永录, 商铁林, 郑勇, 等. 极近距离煤层群下层煤工作面巷道合理布置位置数值模拟[J]. 煤炭学报, 2013, 38(S2): 277-282.
SUO Yonglu, SHANG Tielin, ZHENG Yong, et al. Numerical simulation on rational location of roadways at lower seam for ultra-close multiple seam mining[J]. Journal of Coal Science & Engineering(China), 2013, 38(S2): 277-282.
- [5] 安宏图. 极近距离煤层采空区下回采巷道布置与围岩控制技术研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
- [6] 朱润生. 极近距离煤层回采巷道合理位置确定与支护技术[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(4): 10-13.
ZHU Runsheng. Rational location and support technology of mining gateway in seam with ultra closed distance to above seam[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(4): 10-13.
- [7] 高建军, 张忠温. 平朔矿区近距离煤层采空区下巷道支护技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(5): 1-4.
GAO Jianjun, ZHANG Zhongwen. Study on support technology of gateway in contiguous seams under mining goaf in Pingshuo Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(5): 1-4.

(编辑: 安 娜)