

# 白山坪煤矿瓦斯抽采技术及其系统优化

陈立良<sup>1</sup>, 罗文柯<sup>2,3</sup>, 游波<sup>2,3\*</sup>

(1.湖南黑金时代白山坪矿业有限公司,湖南 耒阳 421800;

2.湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室,湖南 湘潭 411201;

3.湖南科技大学 资源环境与安全工程学院,湖南 湘潭 4112010)

**摘要:**煤与瓦斯突出的危险性随着煤层开采深度的增加而变大,而瓦斯抽采是煤与瓦斯突出有效的防治措施.通过设计大进水口、大容量的新式放水器和集流箱来解决抽采管路的积水问题,稳定了抽采负压,增强了瓦斯抽采效果.利用喷孔诱导控制技术形成喷孔孔洞,采用“孔到位,管到底”的封孔技术,来增强煤层的透气性,提高瓦斯抽采率,降低煤与瓦斯突出危险性,保障矿井的安全生产.

**关键词:**煤与瓦斯突出;抽采管路;抽采负压;喷孔诱导;封孔技术

**中图分类号:**TD712.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5876(2016)04-0019-05

## Gas extraction technology in Baishanping Coal Mine and its optimization design

CHEN Liliang<sup>1</sup>, LUO Wenke<sup>2,3</sup>, YOU Bo<sup>2,3</sup>

(1. Hunan Black Gold Era Baishanping Mining Co. Ltd., Leiyang 421800, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

3. School of Resource, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science & Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** The danger of coal and gas outburst increases with the mining depth of coal seam, and the gas extraction is effective measures of prevention and control for the outburst of coal and gas. The new water and collector box is designed with large water inlet, capable to solve the problem of water extraction pipeline, stable extraction negative pressure, and it can enhance the effect of the gas extraction. The spray hole induced control technology is used to form the nozzle holes. The hole sealing technology, with “hole in place and tube to the end” is used to increase the coal seam permeability, improve the gas extraction rate, reduce the risk of coal and gas outburst, and protect the mine safety production.

**Key words:** coal and gas outburst; extraction pipeline; extraction negative pressure; spray hole induced control technology; the hole sealing technology

近年来,随着我国煤矿开采深度的增加,煤层地应力也逐渐增加,围岩透气性变差,瓦斯含量也增加,从而使得瓦斯灾害事故发生的几率增加,极大地制约了我国煤矿生产规模、生产效率和经济效益的提高<sup>[1-4]</sup>.煤与瓦斯突出是煤矿中一种极为复杂的动力现象,能在极短的时间内由煤体向巷道中突出喷出大量的瓦斯及碎煤,具有一定的动力效应,可以造成人员的伤亡和设备财产的破坏.是威胁煤矿安全生产的严重的自然灾害之一.而煤矿瓦斯抽采可以降低瓦斯积聚、预防瓦斯超限、减少瓦斯涌出,降低煤层中存储的瓦斯能量、提高煤体强度、防治煤与瓦斯突出,并且还能开发利用高效洁净的能源,降低对环境的污染.

收稿日期:2016-01-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51274100);教育部高等学校特色专业建设点资助项目(TS11624)

\*通信作者, E-mail:494907336@qq.com

瓦斯管理在矿山安全生产中的作用举足轻重,而瓦斯抽采是矿井瓦斯管理工作中的重中之重<sup>[5-8]</sup>.瓦斯抽采管路中容易积水、因大量煤尘积聚而堵塞抽采管路、因井下施工破坏抽采管路而出现漏气现象等不利因素往往是造成瓦斯抽采效果差的关键性因素<sup>[9-12]</sup>.对此,白山坪矿业有限公司根据各矿井的瓦斯抽采存在问题的实际情况,有针对性的研发新型装置与技术,有效解决瓦斯抽采管路中的积水、积尘积渣及漏气问题,并优化瓦斯抽采设计和钻孔布置参数,从很大程度上解决了抽采工作中技术难题.为矿井的瓦斯治理提供了有效的安全保障.

## 1 矿井瓦斯抽采现状

白山坪煤矿的可采煤层5和6煤是一种外观为泥粘性和细粉砂性相混赋存结构的煤层,这种结构特性往往就造成了煤层低透气,瓦斯难抽采难度大的实际问题<sup>[13,14]</sup>.通过对煤层的透气性系数实测为 $0.2198 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ 的结果不难发现:白山坪煤矿的煤层属可以抽采煤层等级;而根据钻孔流量衰减系数实测在 $0.6292 \sim 1.0000$ 左右,则属介于较难抽采和可以抽采之间.因此,低透气性、抽采效果差、大浓度持续时间短(一般为16 h)为本矿井煤层进行瓦斯抽采的典型特性.同时,从历年来的瓦斯抽采经验来看,矿井瓦斯抽采时的管路积水使得抽采流量波动幅度大,系统气源不稳定,增加了抽采管路阻力,降低了抽采负压,使管路承受积水的冲击和重压,降低了抽采管路的服务年限,既影响抽采效果,又影响瓦斯利用系统的稳定.特别对于湿式打钻的区域,春夏之交等易积水时段,常规的放水器已经不能满足常规的放水需要.而且常规的放水器易放水不及时,都会导致管路积水.所以,要解决透气性差和管道积水问题,要从施工工艺上进行改进.

## 2 抽采管路优化

### 2.1 管路积水

矿井瓦斯抽采过程中,管路中的积水主要是由于煤层中的自然含水、湿式打钻残留水和气流冷凝水在负压的作用下都会通过抽采钻孔进入到抽采管路中的,以及常规的放水器不及时放水,都会导致抽采管路积水.当抽采系统中气体来源不太稳定时,随着抽采阻力的增加和抽采负压的降低,使得管路会受到积水的冲击和重压,从而会减少管路的使用年限和影响系统抽采效果的稳定性.

### 2.2 管路优化设计

为解决管路积水问题,本文从放水器的容量和进水口上寻找突破口,自行制作了大进水口,大容量的新式放水器.其具体制作为:根据相应抽采管路的直径选择直径相对应的三通,弯通,蝶阀和一根长6 m的抽采管加工组装成一个大进口,大容量的放水器,如图1a所示.该装置加大了积水入口,增大了管路积水在进水入口的行程,在负压的作用下经过时,积水更容易进入放水器,且当积水量增大时,也能及时下落而不易被负压带入外端管路;成倍的加大容量可以减轻放水器频繁的放水次数,更大程度上减少了管路积水的概率.大容量放水器不仅能放水,而且能够起到除渣的作用.另外在钻孔数量很多且集中、巷道较宽敞的地方,自行研制了集流箱,集流箱不仅能起放水器和除渣器的作用,而且减少了弹簧管的沿程阻力和局部阻力从而减少负压损失,让负压能均匀地分布在各个钻孔上,从而提高抽采效果,集流箱式放水除渣器如图1b所示.白山坪矿自使用以上2种装置以来,大大减少了管路中的积水次数,稳定了负压,提高了抽采效率.

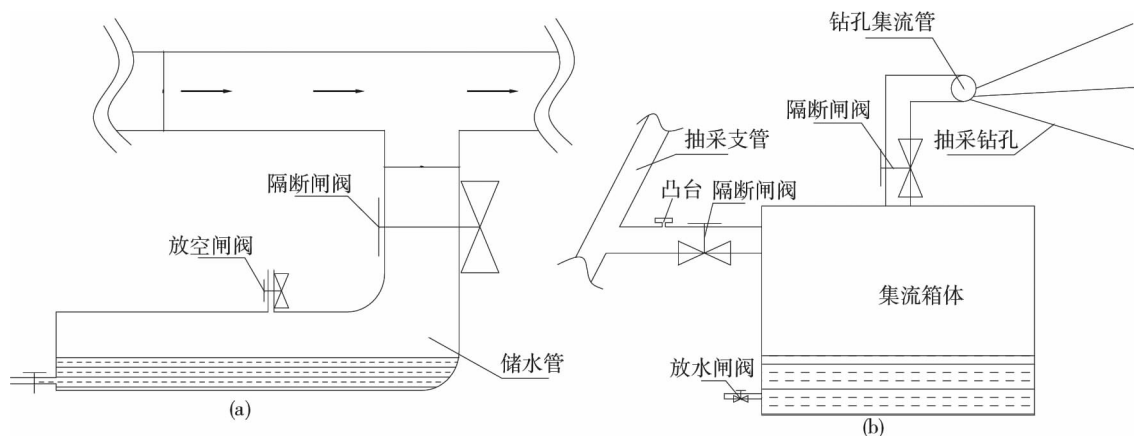


图1 新型放水器与集流箱排水装置

### 3 钻孔优化设计

#### 3.1 钻孔设计参数

钻孔喷孔<sup>[15]</sup>属于煤与瓦斯突出的范畴,钻杆的快速钻进或破裂区内煤体的失稳抛出使富含高压瓦斯的煤体突然暴露,地应力和瓦斯压力平衡破坏,粉碎、抛出煤体,诱发突出;突出的瓦斯急剧膨胀,加快突出物向孔外运移,高速冲出孔口,形成喷孔。喷孔孔洞形成后,周围煤体向孔洞中心方向位移,距离孔洞越近,位移越大;距离孔洞越远,位移越小。喷孔孔洞周围形成破裂区,其范围随着孔洞半径、煤层埋藏深度以及煤层厚度的增大而增大,卸压质量比随着孔洞半径的增加而增加。

在原底板穿层钻孔孔群布置基础上,应用喷孔控制诱导技术,利用增大钻进水压,增大钻孔直径和延长煤孔段的冲洗孔时间诱导钻孔喷孔,排出煤体,形成若干个喷孔孔洞;煤体喷出,孔群范围剩余煤体流变、卸压、膨胀,裂隙扩展贯通、膨胀扩容,煤体透气性可大大增加。该方法将钻孔喷孔与水力破裂配合使用,喷孔形成自由面,水力破裂促使煤层裂隙张开、扩展、贯通,形成宏观裂缝通道,排出煤体;裂隙水疏干,应力的降低和煤体的排出使得裂隙系统维持开启状态,煤体透气性增加;然后再补充一定数量的抽采钻孔,可获得良好的瓦斯抽采效果。诱导喷孔孔群增透范围煤体内大量的裂隙、裂缝如同是扩展了的抽采钻孔,这些“小尺度钻孔”深入煤体内部,抽采过程中处于负压状态,周围小区域内的瓦斯不断向外流动,最后汇集到钻孔中,瓦斯流动模式发生了根本性的改变。透气性的增加和瓦斯流动模式的改变为瓦斯抽采增流准备了条件。

应用此方法煤层增透、抽采及消突效果显著,大大缩短了瓦斯抽采时间,提高了钻机台效,使得白山坪矿在-400~-440 m 水平首条煤巷 45 d 安全快速顺利掘进 95 m 与-440 m 北二石门安全贯通。另白山坪煤矿煤层硬度系数 $f$ 一般为 0.5~2.0 之间,虽存在喷孔现象,但垮孔、报废孔还是较少,但在个别煤体破碎区,在采取增透技术措施时,为防治垮孔,可采用钻孔护壁技术,该技术即为拖动式下套管技术,如图 2 所示。套管的组成材料为轻质量、强度高、抗静电、内外壁光滑、阻燃塑料管,在套管表面布置成蜂窝性的透气孔,孔的直接为 10 mm 左右,利于释放瓦斯以免瓦斯聚集。套管的长度为 1~2 m 左右,套管之间利用螺纹进行连接。在套管前部设计一段导向槽,与钻头套管棘轮连接在一起。当在有喷孔危险的煤层进行打钻时,套管应第一时间立即连接上钻头,完成对孔壁的护孔作用。

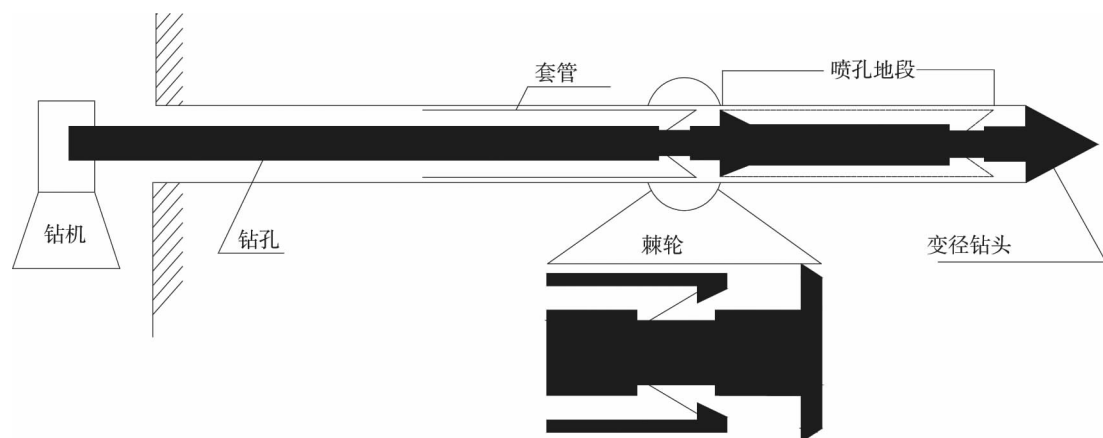


图2 拖动式筛孔护壁钻头施工示意图

#### 3.2 封孔技术

合适的封孔技术是保证煤矿瓦斯抽采效果的必要条件。在诸多封孔材料和封孔方法中,水泥砂浆封孔具有适用范围广、封孔工艺简单、取材方便、成本低的优点,在大小矿井得到广泛应用。但每次水泥浆液的水灰比不尽相同,在规定的封孔长度内利用注浆泵输送制备的水泥浆液的量就不易控制,因而容易堵死钻孔,导致抽不出瓦斯。为解决此类问题,推行“孔到位,管到底”的理念,在原 3 根管子封孔的基础上,再在抽采管中插入 1 根 4 分的 PE 管,一直插到孔底,具体如附图 3 所示。这样就避免了稍微过量的浆液就堵死了

抽采管抽不出瓦斯,而且在一定程度上可以对易垮孔的钻孔起到导通作用.此导通管在注浆8 h后可以抽出来重复利用,不会造成封孔工艺材料成本的增大.另在硬度系数0.3以下,工作面煤体易于出现冒涌垮塌区域的煤层,采用配套研制的松软煤层专用胶质封孔器,能解决传统风力排渣封孔器孔口封不严、漏风严重的问题.

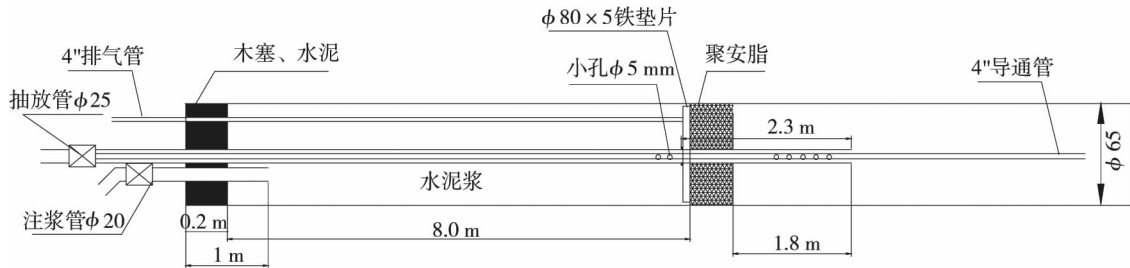


图3 穿层钻孔封孔工艺示意图

#### 4 抽采负压管理技术优化

抽采系统负压是管路瓦斯流动的动力<sup>[16]</sup>.抽采负压的高低与抽采浓度的高低成一定正比例关系.矿井抽采系统的负压不稳定直接影响矿井的瓦斯抽采效果.当瓦斯抽采系统的抽采负压出现异常时,快速查找出隐患点,进行整改,使抽采负压快速恢复稳定正常对抽采效果至关重要.

1) 检查抽采系统中负压异常点.检查顺序为从整体到局部,先要检查瓦斯抽放泵房的抽放泵的负压高低,然后逐级向下级管路巡查,直至抽采钻孔.

2) 再次分析负压异常原因.原因分析为先局部后整体,从下至上逐级考虑,分析出产生负压异常的具体原因.

3) 采取措施.整个抽采系统的负压都较低,证明管路存在较大漏气.这时只需关掉支管管路,如上一级负压表正常证明钻场内的导流管脱落或封孔漏气.但是经检查钻场内不存在漏气情况证明闸阀至钻场支管内堵死,造成负压巨大损失.支管以上的气路畅通型检查利用井下抽采管路与地面大气的压差来检查抽采负压的畅通性.

系统检查和原因分析顺序如图4所示.

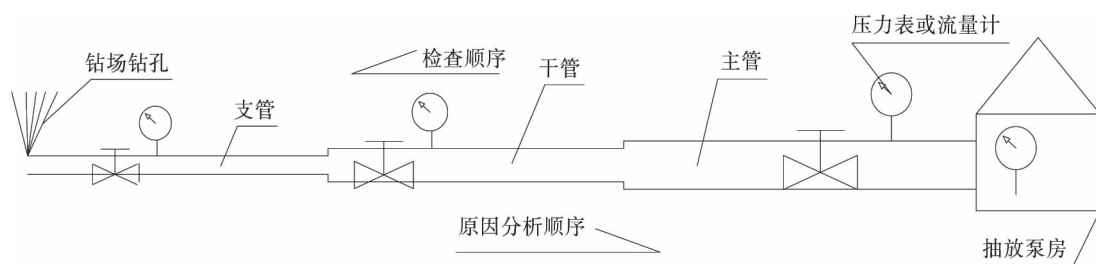


图4 管路系统

#### 5 结论

1) 针对抽采管路积水问题,设计制作了大进水口、大容量的新式放水器和集流箱,大大减少了管路中的积水量,稳定了抽采负压,提高了抽采效率.

2) 在原底板穿层钻孔孔群布置基础上,采用喷孔控制诱导技术,形成喷孔孔洞,扩大煤层裂隙,提高煤层的透气性和抽采率.

3) 采用“孔到位,管到底”的封孔技术,在原3根管子封孔的基础上,再在抽采管中插入1根4分的PE管,一直插到孔底,避免过量的浆液堵塞住抽采管路,而且在一定程度上可以对易垮孔的钻孔起到导通作用,改进了白山坪矿的瓦斯抽采技术,优化了瓦斯抽采系统.

**参考文献:**

- [1] 于不凡.煤矿瓦斯灾害防治及利用手册[M].北京:煤炭工业出版社,2005.
- [2] 吴财芳,曾勇,秦勇.煤与瓦斯共采技术的研究现状及其应用发展[J].中国矿业大学学报,2004,33(2):137-140.
- [3] 罗文柯,汤霞芳.突出矿井延深水平突出危险性区域综合预测技术[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2015,30(1):20-25.
- [4] 王彦凯,赵兴超,游波.屯留矿煤层瓦斯赋存规律及防治技术研究[J].煤炭科学技术,2010,38(12):50-54.
- [5] 杨彦群.高瓦斯突出矿井综采工作面瓦斯综合防治技术[J].煤炭科学技术,2012,40(6):44-50.
- [6] 付智超,谢宗良.钻孔瓦斯流量测定对衰减系数的影响分析[J].煤矿安全,2012,11(1):136-139.
- [7] 刘胜利,高新平.高瓦斯综放工作面瓦斯抽放工程设计[J].江西煤炭科技,2014,(3):16-18.
- [8] 李涛,谢宏,王志亮.高位钻孔瓦斯抽采参数测评与优化研究[J].华北科技学院学报,2013,10(1):33-35.
- [9] 于先富,邱林彬.靖安煤矿瓦斯抽采设计[J].现代矿业,2015,(4):191-193.
- [10] 王建会,冷峰.寺河矿东井区接替盘区瓦斯抽采设计[J].煤炭工程,2014,46(8):22-24.
- [11] 田振清.戊8-22220工作面瓦斯抽采设计[J].煤炭技术,2008,27(1):71-72.
- [12] 李占山.运裕煤矿首采工作面瓦斯抽采设计[J].山西煤炭,2014,34(3):70-72.
- [13] 杨永生.低透气性松软煤层瓦斯抽采技术研究[D].辽宁工程技术大学,2012.
- [14] 徐太山.高瓦斯矿井综合瓦斯抽采技术实践[J].煤炭科学技术,2012,(12):52-54.
- [15] 范育青,朱栋,汪华君,等.突出煤层瓦斯抽采钻孔封孔新技术研究与实践[J].煤矿开采,2013(5):99-103.
- [16] 祝钊.瓦斯抽采安全防护关键技术及多级防护系统研究[D].太原:太原理工大学,2014.