

# 瓦斯抽采顺层钻孔新型封孔装置研究

范付恒<sup>1</sup> 张福旺<sup>1</sup> 秦汝祥<sup>2,3</sup>

(1. 平顶山天安煤业股份有限公司 勘探工程处 河南 平顶山 467000; 2. 安徽理工大学 能源与安全学院 安徽 淮南 232001;  
3. 安徽理工大学 煤矿安全高效开采省部共建教育部重点实验室 安徽 淮南 232001)

**摘要:** 针对现行瓦斯抽采钻孔封孔存在的封孔工艺繁琐、操作要求高、适用范围有限、抽采瓦斯浓度偏低、钻孔有效抽采周期短等技术难题,提出了采用新型封孔装置进行封孔,阐述了新型封孔装置的封孔的原理。对新型封孔装置+水泥浆封孔与聚氨酯+水泥浆封孔后的瓦斯抽采浓度进行了对比试验,试验结果表明:应用新型封孔装置+水泥浆封孔,单孔封孔仅需25 min,而聚氨酯+水泥浆封孔需55 min;封孔抽采48 d后,新型封孔装置+水泥浆封孔钻孔平均瓦斯体积分数在33%左右,远高出聚氨酯+水泥浆封孔钻孔抽采的瓦斯体积分数4%。新型封孔装置封孔工艺简单,封孔后钻孔抽采瓦斯浓度高、时间长,具有推广应用价值。

**关键词:** 新型封孔装置; 瓦斯抽采; 钻孔; 水泥浆封孔

中图分类号: TD712 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2013)10-0073-03

## Study on New Borehole Sealing Device of Gas Drainage Borehole Along Seam

FAN Fu-heng<sup>1</sup> ZHANG Fu-wang<sup>1</sup> QIN Ru-xiang<sup>2,3</sup>

(1. Exploration Engineering Division Pingdingshan Tian'an Coal-Mining Group Company Limited Pingdingshan 467000 China;

2. School of Energy and Safety Anhui University of Science and Technology Huainan 232001 China; 3. Province and MOE Joint

Established Key Lab of Mine Safety and High Efficient Mining Anhui University of Science and Technology Huainan 232001 China)

**Abstract:** According to the complicated borehole sealing technique and high operation requirements existed in the available borehole sealing of the gas drainage, the limited application scope, low gas drainage concentration, short effective gas drainage period of the borehole and other technical difficulties, a new borehole sealing device was applied to seal the borehole. The paper stated the borehole sealing principle of the new borehole sealing device. A comparison analysis was conducted on the gas drainage concentrations between the new borehole sealing device + cement grout borehole sealing and the polyurethane + cement grout borehole sealing, the experiment results showed that with the application of the new borehole sealing device + cement grout borehole sealing, a single borehole sealing would only require 25 min and the polyurethane + cement grout borehole sealing would require 55 min for a single borehole. After 48 days of the borehole sealing and gas drainage, the average gas volume fraction of the new borehole sealing device + cement grout borehole sealing was about 33% and was higher than the gas volume fraction 4% drained from the polyurethane + cement grout sealing borehole. The borehole sealing technique of the new borehole sealing device was simple and after the borehole sealing, the gas drainage concentration from the borehole would be high and the gas drainage time would be longer with a promotion and application value.

**Key words:** new borehole sealing device; gas drainage; borehole; cement grout borehole sealing

## 0 引言

煤矿井下钻孔法治理瓦斯主要有穿层钻孔和顺层钻孔2种。由于顺层钻孔全程布置在煤层中,钻孔周围裂隙丰富,普遍存在抽采负压偏低、瓦斯抽采浓度低、钻孔有效抽采时间短的问题,瓦斯抽采钻孔

封孔效果满足不了工程要求<sup>[1-3]</sup>。可见,钻孔封孔效果是实现顺层钻孔瓦斯抽采的关键。目前,现有封孔技术主要有黄泥浆封孔、水泥浆封孔、聚氨酯封孔、聚氨酯+水泥浆封孔、胶囊封孔、封孔器封孔、微胶囊化技术、可回收封孔管和分段混合式(带压)封孔等<sup>[4-12]</sup>。为解决封孔后期漏气导致抽采效果不佳

收稿日期: 2013-05-10; 责任编辑: 王晓珍

作者简介: 范付恒(1966—),男,河南南阳人,硕士研究生。Tel: 0375-2775171, E-mail: 752136190@qq.com

引用格式: 范付恒,张福旺,秦汝祥. 瓦斯抽采顺层钻孔新型封孔装置研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(10): 73-75, 80.

的问题,周福宝等<sup>[13]</sup>还提出了二次封孔技术。这些封孔技术或方法在现场应用中取得了良好的封孔效果,但应用中也存在一些问题,如黄泥浆封孔的作业时间长、劳动强度大;聚氨酯封孔中因操作可靠性低会导致封孔失败。顺层钻孔封孔中,采用注浆法封孔时,由于浆液自由面与煤层倾角相差不大,有效封孔长度短,封孔效果不佳。因此笔者提出了一种新型封孔装置,利用“两堵一注”法,在钻孔待封孔段两端形成预封孔段,然后在中间进行注浆封孔。阐述了新型封孔装置的封孔结构、原理并进行了模拟封孔试验,并在平煤十矿进行了现场试验,对比分析了新型封孔装置+水泥浆封孔与聚氨酯+水泥浆封孔后的封孔效果。

## 1 新型封孔装置

### 1.1 封孔结构

新型封孔装置主要由2个囊袋、2个单向阀、1个爆破阀及1根注浆管组成,如图1所示。使用时,在抽采管的合适位置预先捆绑2段双层囊袋,前囊袋为设计封孔的最深处位置,后段囊袋可放在孔口,也可根据设计的封孔长度要求,放置在距离孔口一定深度位置。利用1根注浆管在抽采管外串联前后囊袋和封孔段,其中注浆管与前后囊袋之间通过单向阀控制浆液流动方向,注浆管与钻孔封孔段之间采用爆破阀连接。

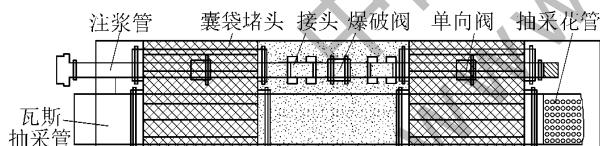


图1 封孔装置封孔示意

### 1.2 封孔原理

新型封孔装置利用装置中唯一的注浆管,结合单向阀和爆破阀的动作,依次向囊袋和封孔段钻孔注浆,实现钻孔的高效快速封孔,如图2所示。

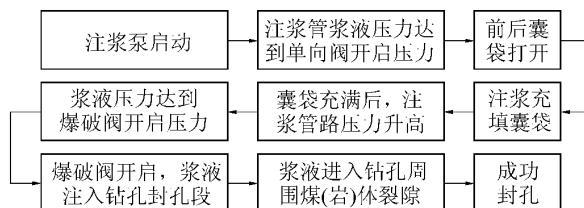


图2 新型封孔装置封孔过程

注浆时先开启注浆泵,当囊袋中封孔浆液达到

一定压力后,在钻孔的设计封孔段两端形成高压堵头,两端囊袋之间的钻孔形成密闭空间。当囊袋及注浆管中浆液压力达到爆破阀设计压力,爆破阀打开,浆液经爆破阀进入两端囊袋之间的密闭空间,封堵钻孔。受单向阀的控制,囊袋堵头中的浆液不会出现反流,从而能够保证囊袋堵头一直处于高压膨胀状态,保持有效封堵。当浆液充满钻孔封孔段时,继续注浆,浆液进入钻孔周围煤(岩)体裂隙,封堵气体流动通道,从而实现高效封孔。

## 2 新型封孔装置模拟封孔试验

为模拟井下钻孔封孔条件,地面封孔试验在圆形PVC管内进行,封孔长度8 m。注浆过程中注浆泵出口压力随时间变化如图3所示。

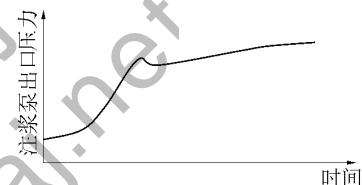


图3 注浆过程注浆泵出口压力随时间变化情况

注浆泵开启后,随着注浆的进行,注浆泵出口压力逐渐升高,同时,浆液经由单向阀进入囊袋。由于囊袋的两端捆绑于抽采管路上,受浆液的填充,囊袋产生径向膨胀变形,不会沿抽采管路方向产生错位与滑动,从而能够保证封孔参数满足设计要求。当囊袋注满浆液后,继续注浆囊袋压力快速升高。当注浆管内压力升至爆破阀开启压力时,爆破阀开启,此时注浆泵出口压力表现为轻微下降,随后缓慢升高。停泵后,注浆管未出现回浆现象,说明单向阀起到了很好的控制作用。注浆后,模拟钻孔封孔效果如图4所示,囊袋壁面与钻孔壁面充分接触,封孔段未出现浆液流失。

为了解封孔后钻孔内注浆材料的胶结情况,注浆48 h后,将模拟钻孔沿径向切开,如图5所示,可以看出模拟钻孔内注浆材料已经硬化,且充满整个模拟钻孔。



图4 模拟钻孔封孔效果

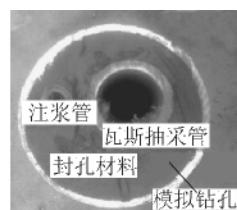


图5 钻孔封孔径向切面效果

### 3 新型封孔装置现场封孔试验

#### 3.1 试验工作面概况

试验地点选择在平顶山天安煤业十矿戊<sub>8,9</sub>—20230工作面,该工作面东到采区边界,西到二水平专回下山保护煤柱,南与已经回采结束的戊<sub>9,10</sub>—20210工作面相邻,北部未开采。所采煤层是戊<sub>8,9</sub>煤层,煤层相对瓦斯含量13 m<sup>3</sup>/t,戊<sub>8</sub>煤层厚0.8~1.0 m,其下部为厚1.2~1.5 m的戊<sub>9</sub>煤层,中间有1.0~2.4 m厚的夹矸,煤层倾角8°左右。

戊<sub>8,9</sub>—20230运输巷钻孔每间隔2~3 m布置2个钻孔,终孔分别控制戊<sub>8</sub>和戊<sub>9</sub>煤层,孔径89 mm,钻孔剖面如图6所示。

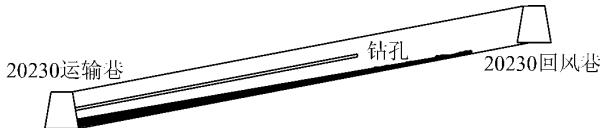


图6 钻孔剖面示意

#### 3.2 封孔参数

囊袋直径为130 mm,注浆管直径12.5 mm。考虑到巷道破碎圈的存在,封孔时若封堵裂隙圈范围,将增加封孔材料的消耗量,因此,抽采钻孔封孔时不采用全程封孔的方法,而采用封堵至钻孔孔口7~15 m处,作为有效封孔段,即封孔初始深度7 m,封孔长度8 m。

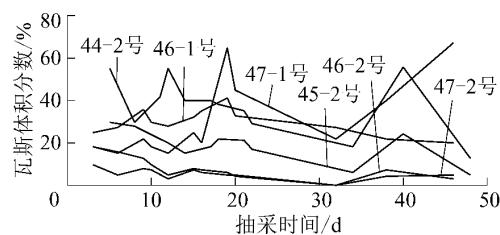
#### 3.3 封孔效果及分析

为检验新型封孔装置的封孔效果,在戊<sub>8,9</sub>—20230工作面运输巷,采用相同的封孔参数(封孔深度和封孔长度)、2种封孔方案进行封孔:聚氨酯+水泥浆液封孔、新型封孔装置+水泥浆封孔。为避免钻孔位置地质条件变化对抽采效果的影响,2种封孔方案的钻孔交叉布置。

新型封孔装置+水泥浆封孔操作时间约25 min,聚氨酯+水泥浆封孔所需时间约55 min。2种封孔方法的注浆压力均控制在1.2 MPa左右。

钻孔封孔24 h后合茬抽采,钻孔孔口负压14~15 kPa。经过40多天的现场观测,试验钻孔抽采浓度对比如图7所示。由图7可得出以下结论。

1) 从抽采浓度看,无论采用何种封孔方式,初期瓦斯抽采浓度均不高。这主要是由于钻孔合茬采用硬性PVC管直接连接,存在漏气;另外由于是顺层钻孔,煤体本身裂隙发育,虽然采用了封孔长度为8



44-2、46-1和47-1号为新型封孔装置+水泥浆封孔;  
45-2、46-2和47-2号为聚氨酯+水泥浆封孔

图7 试验钻孔瓦斯抽采浓度对比

m的封孔结构,但钻孔周围煤体裂隙未能充分封堵严实,从而导致钻孔周围煤体漏风,导致抽采浓度不高。

2) 聚氨酯+水泥浆封孔后,随着抽采时间的延长,瓦斯浓度快速下降;而新型封孔装置+水泥浆封孔后,瓦斯浓度下降相对较为缓慢,47-1号钻孔的瓦斯浓度甚至没有随着抽采时间的延长而降低,这主要与封孔结构有关,钻孔有效封孔段实际是两囊袋之间的水泥浆封孔段,合适的湿度环境对水泥浆的凝固效果有重要影响。钻孔封孔后,一定时间内水泥浆的保水效果有利于钻孔内水泥浆的凝固与硬化。聚氨酯是一种化学材料,充填钻孔后,与钻孔壁面之间不能很好结合,存在缝隙,封孔段水泥浆的水分会快速流失;采用新型封孔装置封孔后,由于囊袋具有很强的弹性,在高压作用下,囊袋表面与钻孔壁面能很好地接触,有利于水泥浆液水分的保持。

3) 新型封孔装置封孔瓦斯抽采浓度明显高于聚氨酯封孔抽采浓度,抽采过程中最高瓦斯抽采体积分数达到了65%,抽采48 d后,平均抽采体积分数33%左右;聚氨酯封孔抽采体积分数最高30%,随着抽采时间的延长,抽采浓度快速下降,抽采48 d后,平均体积分数为4%。可见,新型封孔装置封孔与传统聚氨酯封孔相比,瓦斯抽采浓度显著提高,有效延长了钻孔抽采时间,单个抽采钻孔的瓦斯抽采量显著增加。

## 4 结 论

1) 新型封孔装置利用单一注浆管实现“两堵一注”封孔,简化了传统封孔装置结构,加快了封孔操作过程。新型封孔装置单孔封孔过程仅需25 min。

2) 新型封孔装置可实现有效封孔深度和封孔长度的灵活、快速调节,适应不同地质条件下的封孔

(下转第80页)

积砂或黄土赋存情况,查找各地方煤矿的采空区存在的安全隐患,然后根据采空区的不同情况采取有针对性的综合治理方案,这对促进当地经济、社会、环境的和谐发展有重要意义。

## 6 结论与建议

1) 榆林市煤炭资源丰富,过去多年小煤矿无序开采形成的大量采空区缺乏详细资料或与图纸不符,存在隐伏自然发火、积水和有害气体集聚区,对邻近区域煤层开采带来安全隐患,众多尚未冒落的采空区给地面建(构)筑物带来极大威胁。

2) 开展煤矿采空区分布勘查,是国家有关法律法规和政策措施明确要求的,也是各级政府高度重视积极推进的重要工作。作为榆林市矿区环境恢复、现有煤矿以及新建煤矿的安全生产和资源回收的重要基础工作,开展榆林地方煤矿采空区分布勘查与隐患综合治理工作十分必要,具有重要意义。

3) 借鉴鄂尔多斯市地方煤矿采空区勘查和治理工作经验,查清榆林市地方煤矿采空区分布范围、水、火等安全隐患与煤矿生产、居民生产生活、城市基础设施建设的关系,提出采空区综合治理方法,消除安全隐患,为榆林地区煤炭生产合理布局、选择适合的采煤方法、在特殊区域推行充填开采、保护环境

(上接第75页)

要求:可实现距离巷道壁面一定深度位置开始的封孔,能去除不必要的封孔段,在保证封孔质量的前提下,减少封孔材料用量。

3) 采用新型封孔装置封孔,钻孔密封性好。钻孔抽采瓦斯浓度下降不明显,抽采过程中最高瓦斯抽采体积分数达到了65%,抽采48 d后,平均抽采体积分数仍能保证30%以上。同等条件下的聚氨酯封孔,随着抽采时间的延长,抽采浓度快速下降,抽采48 d后,平均体积分数仅为4%。

## 参考文献:

- [1] LI Shu-gang, QIAN Ming-gao, XU Jia-lin. Simultaneous Extraction of Coal and Coalbed Methane in China [C] // Mining Science and Technology—International Symposium99. [s. l.]: Balke-ma Press, 1999: 56-58.
- [2] 王兆丰,刘军. 我国煤矿瓦斯抽采存在的问题及对策探讨 [J]. 煤矿安全, 2005, 36(3): 25-27.
- [3] 朱诗山. 煤矿瓦斯抽采技术 [J]. 煤炭技术, 2009, 28(6):

和水资源,以及为促进区域资源开发与经济社会和谐发展提供科学依据。

## 参考文献:

- [1] 何国清,杨伦,凌庚娣,等. 矿山开采沉陷学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1994.
- [2] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000: 226-235.
- [3] 煤炭科学研究院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.
- [4] 滕永海,张俊英. 老采空区地基稳定性评价 [J]. 煤炭学报, 1997, 22(5): 504-508.
- [5] 张俊英,王金庄. 采空区地表新建建筑地基稳定性评价技术研究 [J]. 矿山测量, 2003(3): 28-30.
- [6] 华南工学院. 地基及基础 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981: 63-80.
- [7] GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范 [S].
- [8] 程建远,孙洪星,赵庆彪,等. 老窑采空区的探测技术与实例研究 [J]. 煤炭学报, 2008, 33(3): 251-255.
- [9] 李文,牟义,张俊英,等. 煤矿采空区地面探测技术与方法优化 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(1): 102-106.
- [10] 张俊英. 地表新增荷载对采空区上方覆岩的影响规律 [J]. 煤炭学报, 2008, 33(2): 166-170.
- [11] 煤炭科学研究院. 晋煤集团寺河矿2号井单身楼与大班房采空区注浆处理工程总结报告 [R]. 北京: 煤炭科学研究院, 2008.

102-103.

- [4] 陈广. 几种封孔工艺的密封效果浅析 [J]. 能源技术与管理, 2005(1): 26-27.
- [5] 吴水平. 囊袋式注浆封孔法在煤矿瓦斯抽采封孔中的应用 [J]. 中国煤炭, 2010, 36(6): 98-99, 103.
- [6] 张铁岗. 矿井瓦斯综合治理技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [7] 吴龙山. 井下负压抽采瓦斯封孔技术研究 [J]. 山西煤炭, 2011, 31(11): 53-56.
- [8] 王圣程, 庞叶青, 张云峰. 抽采钻孔带压注浆封孔技术的研究与应用 [J]. 煤矿安全, 2011, 42(6): 4-6.
- [9] 王大庆, 刑祥, 徐学伏. 聚氨酯注浆封孔技术在松软煤层瓦斯抽采中的应用 [J]. 中国煤炭, 2011, 37(9): 89-91.
- [10] 孙文德, 李子全, 周军, 等. 瓦斯抽采中新型封孔材料及工艺的应用研究 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(4): 60-63.
- [11] 宣德全, 张瑞林. 小倾角下向测压钻孔分段混合式封孔工艺 [J]. 煤矿安全, 2012, 43(4): 28-30.
- [12] 魏风清, 闫刘强, 张向阳, 等. 本煤层测压钻孔分段带压封孔法试验研究 [J]. 煤炭工程, 2011(6): 85-87.
- [13] 周福宝, 李金海, 吴玺, 等. 煤层瓦斯抽采钻孔的二次封孔方法研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2009, 38(6): 764-768.