

# 钻割一体化防突设备原理与应用

陆海龙,张连军,张海宾,张志雨  
(中国矿业大学 安全工程学院,江苏 徐州 221008)

**摘要:**煤与瓦斯突出是制约煤矿安全生产的重要因素之一。钻割一体化设备是将高压磨料射流技术与钻孔施工技术相结合的治理煤矿煤与瓦斯突出的新型装备。文章详细说明了该设备的结构组成,工作原理以及防治煤与瓦斯突出的机理;并且通过对现场的应用分析,证明了该设备对煤体增透卸压,扩大瓦斯排放有效影响范围,提高瓦斯抽放效果有着积极作用。

**关键词:**钻割一体化;煤与瓦斯突出;高压磨料射流;卸压增透

中图分类号:TD713

文献标识码:B

文章编号:1003-496X(2008)11-0034-04

高瓦斯煤层的开采往往伴随着高瓦斯涌出,特别是随着煤炭生产的高效集约化和开采深度的增加,瓦斯涌出量越来越大,瓦斯爆炸和瓦斯突出危险的威胁越来越严重,瓦斯灾害已成为制约高效集约化开采技术发展和安全生产的最重要因素。因此,如何高效率、有效地解决高瓦斯煤层开采过程中的瓦斯涌出问题,对煤矿安全生产具有十分重要的意义。

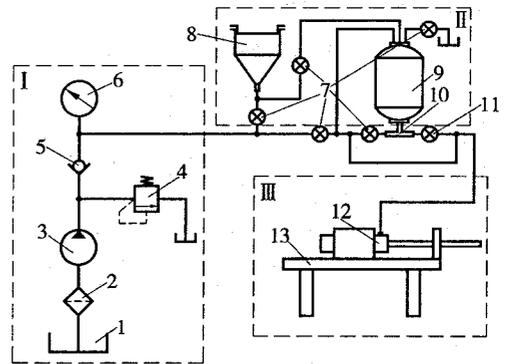
目前,解决高瓦斯煤层开采过程中的瓦斯涌出问题的主要措施是瓦斯抽放。但是,由于我国许多高瓦斯煤层属于低透气性煤层,常规的瓦斯抽放方法难以发挥作用,主要存在的问题是:钻孔有效影响范围小,工作面钻孔施工工作量大,抽放效率低,需要采取卸压增透的方法,扩大钻孔有效影响范围,提高瓦斯抽放效果。

钻割一体化设备将高压磨料射流技术与钻孔施工技术相结合,实现钻割一体,使钻孔内煤体卸压增透,扩大瓦斯排放有效影响范围,提高钻孔瓦斯抽放效果,提高矿井生产的安全性。

## 1 钻割一体化设备结构组成及工作原理

### 1.1 设备结构组成

高压磨料射流钻割一体化割缝防突设备是一种在打钻完成后,利用钻机直接进行割缝的新型一体化设备。如图1所示,该设备组成包括高压泵站I;磨料发生装置II;钻机、高强度钻杆、钻割一体实现装置III。本设备从高压泵站出来的高压水分成3路,



1-水箱;2-过滤器;3-高压泵;4-溢流阀;5-单向阀;  
6-压力表;7-截止阀;8-过滤筛网;9-高压磨料罐;  
10-混合腔;11-磨料浓度调节阀;  
12-钻机;13-支架

图1 高压磨料射流钻割一体化割缝防突设备结构示意图

分别为:第一路高压水到达磨料发生器的顶部,迫使磨料往下运动;第二路高压水经过单向阀到达磨料发生器底部的混合腔,依靠水的流动将磨料罐中流下来的磨料携带走;第三路高压水称为旁通水路,高压泵出来的高压水经过旁通水路直接送到磨料罐的下游,引射出混合腔里磨料浆,第二、三路的流体混合均匀后,经钻杆进入前端钻头处的喷嘴。从喷嘴射流处的高压混合流体起到切割的作用,进而增加低渗透性煤层的透气性,使煤岩卸压增透,提高瓦斯的抽放率。该设备是一套防治瓦斯突出,保障煤矿安全生产的有效装备。

### 1.2 设备工作原理

设备作业流程如下:在钻机钻进过程中,由钻机配合钻杆内送入的风或者低压水进行排粉,与钻机共同完成钻进作业。钻进结束后,钻机停止转动,只进行退钻作业,高压泵站加压,水压达到预定压力值

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50534090,50574093);国家重点基础研究发展计划资助项目(2005CB221506)

后,清水与高压磨料发生装置产生的磨料粒子相混合,与此同时钻头压控装置完成射流直向钻孔到侧向割缝的切换,进行割缝作业。通过阀门控制高压磨料射流水的开、关,达到随时钻进随时割缝的要求,从而实现钻割一体化。

## 2 钻割一体化设备防突原理

一般情况下,具有突出危险的煤层内部孔隙和裂隙都很小。为了增大煤体的透气性系数,就要人为地采取措施在煤层中造成孔隙,沟通及扩展煤层内部的裂隙网。对于单一煤层而言,则只有在煤层内部本身采取措施,张开原有煤层裂隙,造成新裂隙及局部卸压条件,才能改善煤层内部瓦斯流动状况。

钻割一体化治理瓦斯突出的方法是在煤层中先打一个钻孔,然后在钻孔内利用高压水射流对钻孔二侧的煤体进行切割,在钻孔两侧形成一条具有一定深度的扁平缝槽,利用水流或者风将切割下来的煤体带出孔外。

### 2.1 煤层割缝防突原理

采用水力割缝措施后,首先增加了煤体暴露面积,且扁平缝槽相当于局部范围内开采了一层极薄的保护层,达到层内自我解放,给煤层内部卸压、瓦斯释放和流动创造了良好的条件,其结果是造成了缝槽上下煤体的一定范围的较充分卸压,增大了煤层的透气性能;其次,割缝在煤体中形成的缝槽或空间在地压的作用下,使缝槽周围的煤体向缝槽空间移动,因而更扩大了缝槽卸压、排瓦斯范围。由于水力割缝的切割、冲击作用,钻孔周围一部分煤体被高压水击落冲走,形成扁平缝槽空间,这一缝槽可以使周围煤体发生激烈的位移和膨胀,增加了煤体中的裂隙,大大改善了煤层中的瓦斯流动状态,为瓦斯排放提供了有利条件,改变了煤体的原始应力和裂隙状况,煤体和围岩中的应力紧张状态得到一定程度缓和,达到突出潜能的大量释放,使煤岩变硬。这样,既削弱或消除了突出的动力,又大大改变了突出煤层的物理机械性能,增大煤层透气性和提高煤层抽放瓦斯的能力。

### 2.2 煤层高压注水防突原理

由于煤物质具有可缩性和孔隙中气囊的可缩性的特性,因此,采用不同的注水方式和参数,会导致不同的作用效果。高压注水时,可能使煤中裂隙和孔隙的容积以及煤的结构发生变化,甚至造成煤的破裂和松动,起到水力疏松煤体的作用,使煤层近工作面部分的卸压和排放瓦斯。

与此同时,煤体注水湿润,可使煤的力学性质发生明显变化,煤的弹性和强度减小,塑性增大,从而使巷道前方的应力分布发生根本变化,即高应力区向煤体深部转移,应力集中系数减小。煤体湿润后,还使透气性成百和上千倍的降低,水对瓦斯起到明显的阻碍效应,煤中瓦斯涌出量和速度都有大幅度的下降。上述的各种变化,都表明注水湿润煤体,可以消除或降低煤层和近工作面处的突出危险。

## 3 钻割一体化设备现场应用

本次现场应用地点为重庆天弘矿业公司盐井一矿回风井,井筒倾斜角度 $25^{\circ}$ ,煤层节理比较发育,透气性较差,煤层厚度 $1\sim 5\text{ m}$ ;煤的坚固性系数为 $0.5$ ,煤层顶底岩石硬度较大,透气性较差,煤层瓦斯含量高,瓦斯压力高,打钻有喷孔现象。钻场钻孔布置如图2所示。

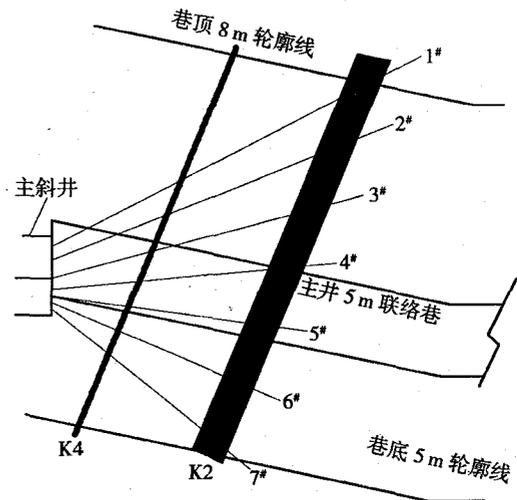


图2 钻场钻孔布置图

### 3.1 安全技术措施

各设备进行连接完毕后,使用该设备前应当确保各方面的安全,具体高压磨料射流割缝安全措施如下:

(1) 高压磨料射流割缝试验施工前要对所有参与施工的人员进行安全技术培训及操作培训。钻机司机要持证上岗。

(2) 高压磨料射流割缝装备运输要严格按照《煤矿安全规程》规定运输,严禁带电移动。

(3) 水力割缝过程中,距顶板 $0.15\sim 0.2\text{ m}$ 范围内要吊挂瓦斯便携仪,随时掌握钻场瓦斯情况,当迎头瓦斯达到 $0.7\%$ 以上时,必须停止施工,只有当瓦斯降到 $0.5\%$ 以下时方可继续施工。

(4) 本产品在煤矿井下使用时, 必须配用符合防爆要求的高压胶管, 接头、阀门等, 高压胶管严禁互相缠绕, 以免管内压力升高高压管弹起造成人身伤害和财产损失。

(5) 每次试验前必须检查高压磨料射流割缝机具、高压胶管是否有鼓泡、破损、漏水等现象, 若发现应立即更换。井下每次施工完毕由跟班干部指定专人负责整理, 盘好放置在指定地点。

(6) 高压泵开启前开泵司机要详细检查高压泵的润滑情况, 水箱的水位。

(7) 使用前及使用中请密切注意各接口的情况, 如有异常, 请立即停止操作, 待故障排除后方可继续使用。

(8) 割缝过程中, 试验人员要站到安全位置, 防突队要设专人观察, 发现瓦斯、顶板异常、片帮或动力现象时, 要立即组织人员撤退。

(9) 水力割缝时, 由防突队指派两人负责操作水枪, 其他人员全部站到钻场外面, 并由防突队跟班干部负责观看, 发现异常(瓦斯、动力现象等)及时停止施工, 采取措施。

(10) 水力割缝时, 要有经过专门培训的人员控制阀门, 并密切注意割缝情况和水压表读数, 当发现有动力现象或水压超过 30 MPa 时立即卸压。

(11) 水力割缝开口位置距孔口不能 < 5 m, 保持 5 m 安全距离。

(12) 每次施工之前防突队防爆电工要进行防爆检查, 严禁电气失爆。

### 3.2 实验结果分析

(1) 在 30 MPa 情况下高压磨料射流割缝时平均每个孔里冲出的煤量约 51.3 kg, 煤孔里冲出这么多煤对煤体卸压和瓦斯排放起到重要作用。

(2) 在钻割一体化设备钻进割缝过程中煤体发生变形呈现显著卸压作用、瓦斯涌出量大幅度提高等变化。开始割缝前, 应力集中带的煤体因受应力集中的影响, 煤层裂隙闭合, 煤体透气性差, 煤层封存大量的吸附瓦斯。在高压磨料射流的冲击下快速改变煤体应力集中的状态, 促使应力向煤体深部和两帮转移, 煤层卸压, 闭合裂隙张开, 煤层透气性增加, 导致大量吸附状态的瓦斯迅速解吸, 随着割缝深入到孔底时瓦斯涌出量上升到顶峰, 瓦斯排放速度到一定时候呈现衰减趋势。割缝过程瓦斯浓度变化: 在割缝过程中巷道瓦斯浓度最大为 0.65%, 比没有割缝前的瓦斯浓度增加了 2 倍, 如图 3 所示。

(3) 钻孔参数及割缝前后掘进面瓦斯浓度变化

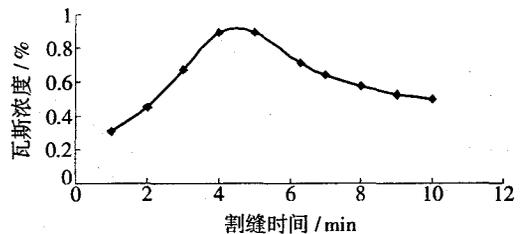


图3 割缝时间与工作面瓦斯浓度关系图

见表 1, 由表 1 可得图 4。从图 4、表 1 可以明显看出, 通过钻割一体化设备对煤层的钻进割缝之后, 掘进工作面瓦斯浓度有了明显的提高。说明钻割一体化设备使钻孔内煤体卸压、增透, 扩大了瓦斯排放有效影响范围, 提高钻孔瓦斯抽放效果。

表 1 钻孔参数表

孔号	方位 / (°)	倾角 / (°)	煤厚 / m	孔深 / m	割缝前瓦斯浓度 / %	割缝后瓦斯浓度 / %
1#	-29	-12	1.12	10.4	0.35	0.8
2#	29	13	0.76	12.16	0.4	0.7
3#	-18	2	0.5	9.52	0.3	0.6
4#	-18	13	0.5	9.24	0.5	0.7
5#	-6	-12	1.52	10.74	0.45	0.8
6#	6	-12	1.52	10.4	0.35	0.8
7#	29	-12	4.1	17.48	0.3	0.9

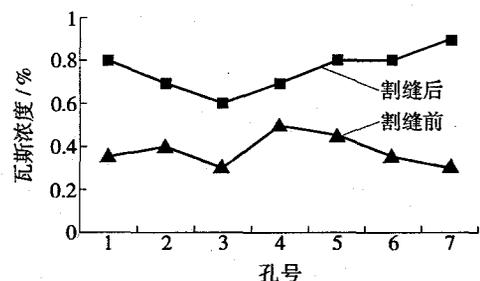


图4 割缝前后掘进面瓦斯浓度比较

## 4 结论

(1) 钻割一体化防突设备是将高压磨料射流技术与钻孔施工技术相结合, 实现打钻和钻孔内割缝一体化的新型煤矿防治瓦斯突出的设备。

(2) 通过对该设备的理论分析和现场应用, 可以看出钻割一体化防突设备对钻孔内煤体卸压、增透; 扩大瓦斯排放有效影响范围; 提高钻孔瓦斯抽放效果, 进而达到防治瓦斯突出的目的, 保障煤矿的安全生产。

### 参考文献:

- [1] 周世宁, 林柏泉. 煤层瓦斯赋存与流动理论[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996.

# 工作状态下多瓦斯抽放系统性能测试

杨宏伟<sup>1,2</sup>, 富向<sup>2</sup>, 张晋京<sup>3</sup>, 李江涛<sup>2</sup>, 张劲松<sup>2</sup>

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 煤炭科学研究总院 沈阳研究院 辽宁 沈阳 110016;

3. 平顶山煤业集团 天安十矿, 河南 平顶山 467000)

**摘要:**主要解决了煤矿井下动态运行中的瓦斯抽放系统缺乏实测参数和测试手段问题, 弥补了完全依靠瓦斯抽放手册度日的不足, 针对天安十矿瓦斯抽放网络运行过程中出现的动态参数缺乏问题, 提出解决实际问题的方法, 为抽放网络的安全可靠运行提供科学依据。

**关键词:**抽放网络; 工况区间; 特性曲线

中图分类号: TD712<sup>+</sup>.6

文献标识码: B

文章编号: 1003-496X(2008)11-0037-03

目前, 煤矿瓦斯抽放泵性能曲线基本都是在出厂时通过模拟获得的, 而在矿井特殊环境下, 抽放泵在工作状态中其性能曲线呈现出一定的特殊性, 瓦斯抽放管路铺设在井下变温、潮湿的巷道中, 其阻力系数等参数也会随环境而变化, 整个抽放网络优化过程中需要动态中的实测数据, 而当前瓦斯矿井抽放系统的选型、抽放网络的优化等完全依靠抽放手册提供的具有共同特征的性能数据而没有针对性。针对平煤山煤业集团天安十矿在工作状态下的瓦斯抽放泵以及抽放管路提出了测试方案, 并根据实测数据提出了优化方法, 保证了整个矿井抽放网络的正常运行。

## 1 测试地点和抽放系统概述

目前, 天安公司十矿井下现有采区抽放泵站 4 个, 地面泵站 2 个, 共有 8 台 2BEC-42 型抽放泵, 3 台 2BEC-60 型抽放泵, 整个抽放系统进行了管路的连接, 形成了庞大的瓦斯抽放管网, 既有井上下抽放泵的串联, 又有采区之间的管路连接, 能够根据实际情况进行动态调试, 以达到瓦斯抽放安全合理化。

测试地点, 主要选在北翼中区泵站: 泵型为 2BEC-42, 共有 3 台, 1 台抽放 2 台备用, 其抽放地点主要为 20160 高位巷, 此处的抽放情况和抽放泵型号以及抽放管路等具有代表性。

## 2 抽放管网和抽放泵的参数测试

### 2.1 管路的参数测定

瓦斯抽放的效果主要反映在瓦斯抽放流量和负压上, 其次和抽放管路的沿程阻力和局部阻力决有关, 因此测试动态中的管路阻力对提高抽放系统的性能大有益处。

#### 2.1.1 测试手段

选择抽放系统中一段足够长、敷设平直的管路, 要求其流量、瓦斯浓度比较稳定, 且管路气密性比较好。管道内无积水, 无弯头, 无阀门等附属装置。

在相距一段距离的位置安设 2 个测压嘴, 在 2 个测压嘴之间用胶管连接水柱压差计, 因为在 2 个点之间存在一定的阻力损失, 这种阻力损失通过水柱计的压差体现出来。这时读出水柱压差计读数。同时测定管内气体的流量、温度、浓度等其它参数

[2] 林柏泉, 崔恒信. 矿井瓦斯防治理论与技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998.

[3] 胡殿明, 林柏泉. 煤层瓦斯赋存规律及防治技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.

[4] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.

[5] 煤炭工业部. 防治煤与瓦斯突出细则[S]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.

作者简介: 陆海龙(1984-), 男, 吉林吉林人, 2007 年本科毕业于中国矿业大学, 中国矿业大学安全工程学院安全技术及工程在读硕士研究生, 主要学习研究煤矿瓦斯防治技术。