

文章编号:1674-2869(2018)03-0306-04

# 深水平强突出煤层石门揭煤技术的探讨

刘雪莉<sup>1</sup>,游继军<sup>2</sup>

1. 安徽新华学院土木与环境工程学院,安徽 合肥 230031;
2. 淮南矿业集团,安徽 淮南 232001

**摘要:**采用水力压冲技术,在区域防突措施钻孔施工前先对原始煤体进行水力掏穴,冲出大量煤体和瓦斯,对原始煤体进行卸压增透,以增加煤层的透气性系数,再对卸压后的煤体施工区域防突措施钻孔。将此技术应用在新庄孜煤矿-812 m南边界石门揭B11b煤层中,使得B11b煤层原始瓦斯压力由2.8 MPa降到1.2 MPa,原始瓦斯含量由12.31 m<sup>3</sup>/t降到8.5 m<sup>3</sup>/t,煤层透气性系数由原来的0.004 83 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d)增加到0.683 1 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),水力压冲共计冲出煤粉量285 t,区域措施钻孔瓦斯抽采浓度达35%,瓦斯抽采总量135 316.8 m<sup>3</sup>,抽采率63.9%,既缩短了揭煤工期,又保证了揭煤施工过程中的安全。

**关键词:**突出煤层;石门揭煤;水力压冲;增透

**中图分类号:**TD712 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2018.03.015

## Investigation of Rock Cross-Cut Coal Uncovering Technology in Deep Horizon Coal Mine with Strong Gas Outburst Risk

LIU Xueli<sup>1</sup>,YOU Jijun<sup>2</sup>

1. School of Civil and Environmental Engineering, Anhui Xinhua University, Hefei 230031, China;
2. Huainan Mining Group, Huainan 232001, China

**Abstract:** We adopted the hydraulic pressure rushing technology in -812 m southern border rock cross-cut of Xinzhuangzi Coal Mine, in which the water with high pressure was used to press the original coal body before the construction of the regional drilling hole, rushing out a large amount of coal and gas, relieving the pressure of original coal seam and improving its permeability. As a result, the original gas pressure of B11b coal reduced from 2.8 MPa to 1.2 MPa, the original gas content decreased from 12.31 m<sup>3</sup>/t to 8.5 m<sup>3</sup>/t, and the permeability coefficient of coal seam increased from 0.004 83 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d) to 0.683 1 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d). In the process of hydraulic pressure rushing, 285 t of coal powders were rushed out, the gas concentration reached 35% by drainage and extraction during regional measures, 63.9% of gas was collected with the total amount of 135 316.8 m<sup>3</sup>. The hydraulic pressure rushing technology not only shortens the time but also guarantees the safety in the process of uncovering coal.

**Keywords:** outburst coal seam rock cross-cut coal uncovering; hydraulic pressure rushing; permeability increasing

预防煤与瓦斯突出事故是突出矿井开采中需要解决的一项重要难题,在各类突出事故中以石门揭煤发生突出的概率最高,突出强度也是最大<sup>[1]</sup>。

在石门揭开突出煤层前,必须采取区域防突措施以消除煤层的突出危险,最常用的区域防突措施为施工密集穿层钻孔预抽煤层瓦斯,但对强突、松

收稿日期:2017-12-20

基金项目:安徽新华学院校级科研重点项目(2017zr007)

作者简介:刘雪莉,硕士,讲师。E-mail:lxlpgy@126.com

引文格式:刘雪莉,游继军. 深水平强突出煤层石门揭煤技术探讨[J]. 武汉工程大学学报,2018,40(3):306-309,324.

软、低透煤层,单纯采用抽采钻孔的抽采效果一般,为了提高钻孔抽采效果,必须提高煤层的透气性<sup>[2-4]</sup>。目前使用最广泛的卸压增透技术为水力压裂,通过高压水压裂煤体,使煤层的透气性提高,但水力压裂存在一定局限性:①待压裂煤层的坚固性系数小于0.2时不适合进行水力压裂;②水力压裂后煤体的卸压范围有限,需要进行重复压裂才能提高抽采效果;③水力压裂期间现场瓦斯涌出异常,威胁作业人员的人身安全<sup>[5-9]</sup>。而水力压冲技术则是利用高压水射流在压裂煤体的同时对煤体进行掏穴,压出大量煤体,降低煤体及围岩中的弹性潜能和瓦斯膨胀能,煤体被压出后产生更多的卸压通道,煤层的透气性显著提高,从而实现卸压增透的目的。此外,水力压冲掏穴期间作业地点人员全部撤离,现场压冲情况可以直接通过视频监控反馈,保证了作业人员的安全。因此将穿层预抽钻孔抽采与水力压冲卸压增透技术相结合,可以更有效地治理强突、松软、低透煤层的瓦斯问题<sup>[10-12]</sup>。

1 水力压冲技术防突机理

水力压冲技术就是在压裂技术的基础上以岩壁为安全屏障,采用高压水力作用冲出大量的煤体和瓦斯,从而使煤体的原始应力状态发生改变,为煤体膨胀变形提供充分的空间,周围煤体在地应力作用下发生膨胀变形,使地应力向四周移动,起到局部卸压作用<sup>[13-14]</sup>,而且由于煤体的膨胀变形,增加了煤层的透气性系数,扩大了排放瓦斯影响范围,提高了抽采效率,有效降低了煤层的原始瓦斯含量。煤体被湿润后,其脆性降低,塑性增加,煤体的弹性势能减小,另外,湿润煤体后,可降低煤体中残存瓦斯的解析速度,减小瓦斯膨胀能<sup>[15-16]</sup>。

2 现场应用

2.1 试验地点煤层赋存及瓦斯情况

-812 m南边界石门为矿井六水平进风及运输的主要石门,服务于六水平二采区,巷道设计断面为直墙半圆拱形,净宽5.3 m,净高4.15 m,采用锚网喷支护,石门目前距B11b煤层底板法距7 m。B11b煤层为突出煤层,其始突标高为-312 m,始突地点埋深327 m,突出地点煤层瓦斯压力0.78 MPa。本次试验地点标高-812 m,煤层埋深827 m,平均倾角26°,厚度5.7 m,煤层原始瓦斯压力2.8 MPa、原始瓦斯含量12.31 m³/t;瓦斯放散初速度Δp=23.1 mmHg,坚固性系数f=0.31,透气性系数

0.004 83 m²/(MPa²·d)。B11b煤黑色,粉粒状,沥青光泽,属半暗-半亮型,断口参差状,条痕黑褐色,靠顶部发育有夹矸。B11b煤层顶板:砂质泥岩,深灰色,厚2.3 m。B11b煤层底板:泥岩,深灰色,岩性较脆,厚2.0 m。揭煤区域煤岩层如图1所示。

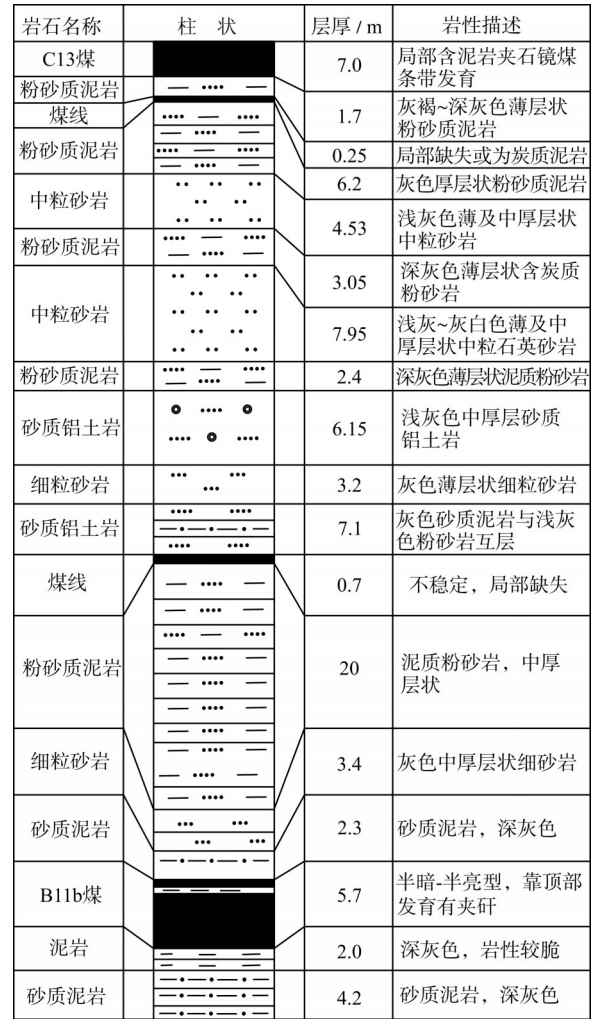


图1 揭煤区域煤岩层柱状图

Fig. 1 Histogram of coal uncovering formation region

2.2 水力压冲实施方案

2.2.1 压冲钻孔设计与施工 1)注水钻孔设计与施工。在-730 m 62213底板巷内对应-812 m南边界石门正上方利用反井钻机施工1个钻孔,水力压冲注水用,注水钻孔设计参数如表1所示,注水钻孔设计平面图和剖面图如图2(a)~图2(b)所示。

表1 注水钻孔设计参数					
Tab. 1 Design parameters of water injection drilling hole					
钻孔 编号	方位/ (°)	倾角/ (°)	孔径/ mm	深度/ m	备注
Z1#	56	-90	244	72	施工至预计见B11b 煤上方5 m位置

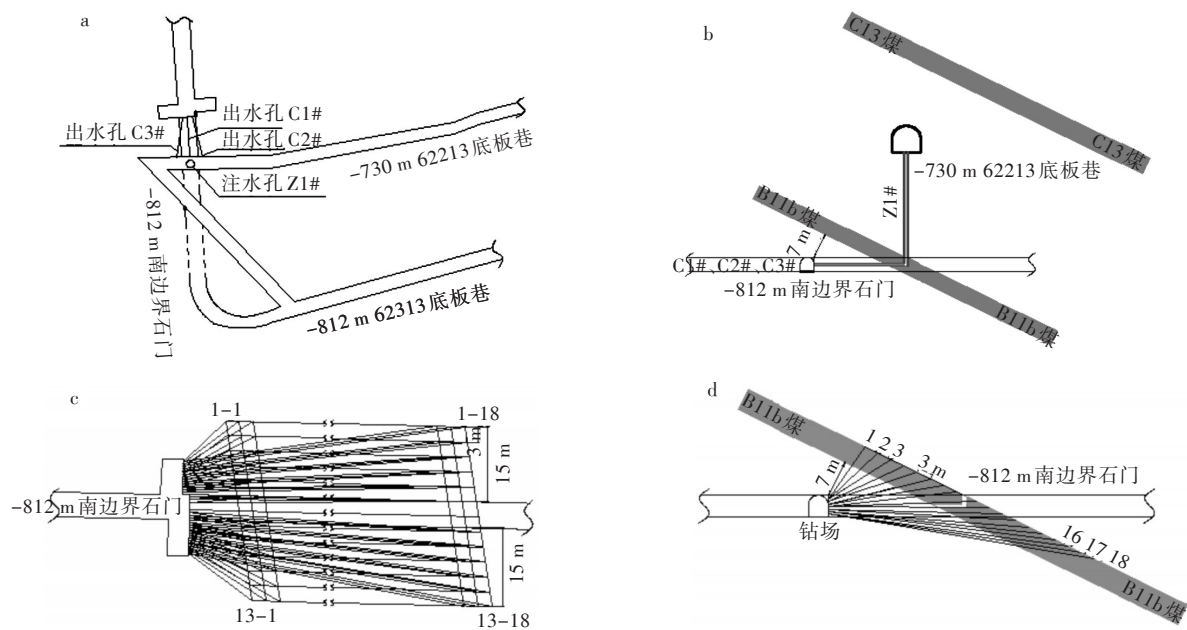


图 2 压冲钻孔(a)平面图和(b)剖面图;区域措施钻孔(c)平面图和(d)剖面图

Fig. 2 (a) Planar graph and (b) section graph of water injection drilling hole; (c) Planar graph and (d) section graph of regional measures for drilling hole

钻孔采用  $\phi 244\text{ mm}$  复合片钻头开孔施工, 钻孔全孔采用泥浆循环排渣施工工艺。根据钻孔预计见 B11b 煤孔深, 提前 5 m 终孔停钻, 起钻前必须使用泥浆冲净孔内岩粉, 确保孔底无淤泥; 钻孔施工结束后, 采用“两堵一注”带压封孔注水泥砂浆封孔固管。钻孔封孔(注浆)结束 48 h 后, 向孔内压清水试压, 当压力达 15 MPa 时稳压 30 min 以上为合格, 否则需重新注浆, 直至合格为止。试压合格后, 利用 ZDY-3200S 型钻机,  $\phi 153\text{ mm}$  钻头进行透孔, 采用孔口简易防喷装置, 直至透过 B11b 煤, 透孔结束后对 B11b 煤进行分级掏穴, 掏穴孔径  $\phi 260\text{ mm}$ 。

2) 出水钻孔设计与施工。-812 m 南边界石门距 B11b 煤法距 7 m 前停止施工, 在石门迎头位置施工 3 个钻孔, 其中 C1# 孔设计打透注水钻孔 Z1#, 做为水力压冲出水排渣孔, 出水钻孔设计参数如表 2 所示, 出水钻孔设计平面图和剖面图如图 2(a)~图 2(b) 所示。

表 2 出水钻孔设计参数

Tab. 2 Design parameters of yielding water of drilling hole

孔号	方位 / (°)	倾角 / (°)	孔径 / mm	见煤深度 / m	终煤深度 / m	孔深 / m
C1#	顺巷道中线	0	127	22.5	35.5	36.5
C2#	左夹 12	0	127	23.5	37	38
C3#	右夹 12	0	127	23.5	37	38

注: C1# 见煤后以打透 Z1# 钻孔为准

第一个钻孔施工时, 安设 II 代防喷装置, 采用  $\phi 127\text{ mm}$  复合片钻头、 $\phi 73\text{ mm}$  肋骨钻杆施工, 钻孔岩石段采用压力水排渣施工。根据钻孔预计见 B11b 煤孔深, 见煤换压风排渣施工, 同时开启防喷装置, 直至终孔。钻孔孔深以至少穿过 B11b 煤顶板 1.0 m 为准。起钻过程中必须使用压风扫孔, 确保孔内通畅。钻孔施工结束后, 采用带压封孔, 封孔长度不小于 20 m。下套管 22 m, 由孔里向孔外依次下  $\phi 50\text{ mm}$  双抗管 20 m,  $\phi 50\text{ mm}$  铁管 2 m,  $\phi 16\text{ mm}$  注浆管 4 m、 $\phi 16\text{ mm}$  返浆管 16 m。

2.2.2 水力压冲工序 当注水钻孔及 -812 m 南边界石门迎头 3 个出水钻孔施工完毕、封孔结束、压冲设备准备就绪后, 进行水力压冲作业。将注水泵压力调至最大临界值 35 MPa。压冲过程中, 安排专人对注水泵的压力、流量变化情况、注入水量情况进行记录统计, 待注水泵压力明显下降, 同时通过观察视频摄像装置, 确定 -812 m 南边界石门迎头出水钻孔已出水, 待出水通道畅通, 停止注水泵注水, 改用井下供水管路进行冲孔。

2.3 水力压冲效果考察

2.3.1 冲出煤粉量 2015 年 6 月 12 日开始进行水力压冲, 至 2015 年 7 月 22 日结束压冲累计用时 4 820 min, 压入水量 1 290  $\text{m}^3$ , 3 个出水钻孔累计压出块状煤、片状煤、煤粒、煤泥等沉淀物约 285 t。水力压冲结束后, 通过注水孔和 3 个出水孔注入水泥砂浆对揭煤区域内的空洞进行充填。



2.3.2 增透效果 水力压冲结束对压冲区域煤体的瓦斯压力、瓦斯含量及煤层透气性系数进行考察,考察结果为B11b煤层瓦斯压力由2.8 MPa降到1.2 MPa,瓦斯含量由12.31 m<sup>3</sup>/t降到8.5 m<sup>3</sup>/t,煤层透气性系数由原来的0.004 83 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d)增加到0.683 1 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),是原来的141倍。

2.3.3 抽采瓦斯浓度和瓦斯纯量 水力压冲结束后,在石门迎头及两帮施工区域措施钻孔,根据B11b煤有效抽采半径考察报告,确定区域措施钻孔按3 m×3 m(走向\*倾向)布置,钻孔控制范围为巷道轮廓线外上方22.5 m、下方19.6 m、两帮各15 m,抽采钻孔在预抽区域内均匀布置,共计施工234个抽采措施孔,总钻孔量9 032 m,所有钻孔一次穿透煤层,并进入煤层顶板0.5 m。区域措施钻孔布置平面图和剖面图如图2(c)~图2(d)所示。钻孔施工完毕后立即合茬抽采,并安装自动计量装置对钻孔抽采的瓦斯总量及浓度进行计量,经计算,-812 m南边界石门揭煤区域总瓦斯储量211 793.68 m<sup>3</sup>,历时50 d的抽采后,钻孔总抽采量135 316.8 m<sup>3</sup>,抽采率达63.9%,穿层预抽钻孔单孔抽采浓度最高达75%以上,干管抽采浓度在35%以上,百孔瓦斯抽采纯量达1.07 m<sup>3</sup>/min,钻孔瓦斯抽采浓度、抽采纯量随时间变化关系如图3所示。

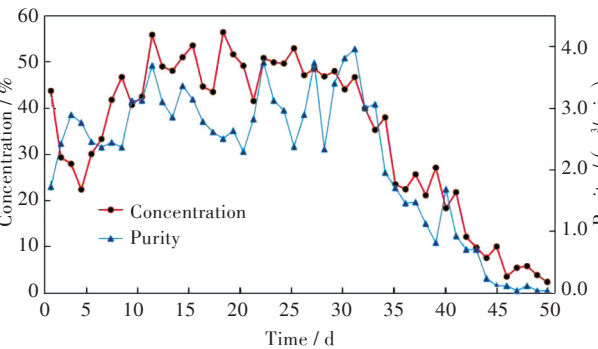


图3 钻孔瓦斯抽采浓度及抽采纯量随时间变化关系图  
Fig.3 Relationship between gas extraction concentration and purity of drilling hole and time

2.3.4 试验结果分析 南边界石门B11b煤层经过水力压冲后煤层的瓦斯压力、瓦斯含量均大幅下降,煤层的透气性系数却急剧增加,这是由于在高压水的压裂、压冲下,一方面原生孔裂隙张开可扩展,增加煤体的孔隙率,另一方面,原生孔裂隙的延伸增加了裂隙之间的连通,从而形成了相互交织的多裂隙连通网络,增加了瓦斯的运移通道;同时,在冲孔期间原始煤体内大量的吸附瓦斯释放为游离瓦斯,而且由于煤体的膨胀,煤层的透气性系数增加,扩大了排放瓦斯影响范围,提高了抽

采效率,极大地降低了煤层的原始瓦斯含量。

2.4 瓦斯治理效果

-812 m南边界石门迎头及两帮钻场区域措施钻孔历时50 d的抽采后,抽采率达63.9%>45%,抽采率达标后需进行防突措施效果检验,根据《防突规定》在石门上部、中部、下部和两侧共施工5个检验测试钻孔来测定B11b煤层的残余瓦斯压力及残余瓦斯含量,根据测量残余瓦斯压力钻孔的在线监测,5个测压孔的残余瓦斯压力分别为0.22 MPa、0.18 MPa、0.24 MPa、0.13 MPa、0.15 MPa,均小于0.74 MPa;残余瓦斯含量分别为3.42 m<sup>3</sup>/t、3.15 m<sup>3</sup>/t、3.26 m<sup>3</sup>/t、2.75 m<sup>3</sup>/t、3.08 m<sup>3</sup>/t,均小于8 m<sup>3</sup>/t;检测钻孔在施工过程中无喷孔、顶钻、吸钻等异常现象。因此,判定待揭B11b煤层已无突出危险,可以进行揭煤。在整个揭煤过程中回风流中瓦斯浓度最大为0.13%,未出现瓦斯异常情况。

3 结 语

通过在-812 m南边界石门应用水力压冲技术,取得了如下成果:

- 1)降低煤层原始瓦斯压力及含量。通过对揭煤区域的煤体进行水力压冲后煤层瓦斯压力由2.8 MPa降到1.2 MPa,瓦斯含量由12.31 m<sup>3</sup>/t降到8.5 m<sup>3</sup>/t,有效遏制了高瓦斯压力及瓦斯含量下钻孔施工过程中的“孔突”现象,既提高了区域措施钻孔施工的效率,又保证了钻孔施工人员的安全。
- 2)提高了区域措施钻孔的抽采效果。较水力压裂相比,水力压冲不仅压裂煤体,同时还将煤体掏出,从而使煤体的卸压通道增加,卸压范围更广;B11b煤层透气性系数仅为0.004 83 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),在该条件下B11b煤层穿层钻孔的抽采浓度在10%~15%之间,而进行水力压冲后,揭煤区域B11b煤层透气性系数增加到0.683 1 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),穿层抽采钻孔的抽采瓦斯浓度达35%。

3)缩短揭煤工期。根据统计,经过水力压冲增透后缩短了-812 m南边界石门区域措施钻孔的施工时间及抽采达标时间,揭煤工期也缩短至75 d,实现了深水平强突出煤层安全、快速、高效揭煤。

参考文献:

[1] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1992.  
[2] 程远平,俞启香. 中国煤矿区域性瓦斯治理技术的发展[J]. 采矿与安全工程学报,2007,24(4):383-390.