

# 局部防突技术研究及在掘进工作面的应用

胡依鲁<sup>1</sup> 庞叶青<sup>1</sup> 邵 华<sup>1,2</sup> 魏国才<sup>3</sup>

(1. 中国矿业大学 安全工程学院 江苏 徐州 221116; 2. 皖北煤电集团恒源股份有限公司 安徽 宿州 234000;  
3. 神华宁夏煤业集团有限责任公司 金能煤业分公司 宁夏 石嘴山 753200)

**摘要:** 金能煤业分公司 4331 工作面石门揭煤时发生过动力现象,且 4331 回风巷处于上保护层未保护区域内,为了防止 4331 回风巷掘进过程中发生煤与瓦斯突出,结合区域瓦斯防治理论及该煤层低透气性特点,在回风巷掘进时采用连续流量法预测前方煤体的突出危险性,并采取超前排放孔、均匀布置预抽钻场等防突措施防治工作面煤与瓦斯突出,措施实施后再进行效果检验和区域验证,直到无突出危险为止。结果表明:应用局部防突技术后,4331 回风巷掘进时回风流瓦斯体积分数为 0.12%,消除了突出危险性,有效避免了煤与瓦斯突出事故。

**关键词:** 煤与瓦斯突出; 连续流量法; 防突技术; 突出危险性预测

中图分类号: TD713 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2013)04-0060-04

## Study on Local Outburst Prevention Technology and Application in Driving Face

HU Yi-lu<sup>1</sup> PANG Ye-qing<sup>1</sup> SHAO Hua<sup>1,2</sup> WEI Guo-cai<sup>3</sup>

(1. School of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 2. Hengyuan Company Ltd., Wanbei Coal and Electric Power Group, Suzhou 234000, China; 3. Jinneng Coal Industry Branch, Shenhua Ningxia Coal Industry Group Corporation Ltd., Shizuishan 753200, China)

**Abstract:** A dynamic phenomena was occurred during a seam opening of the cross-cut in No. 4331 coal mining face of Jinneng Coal Industry Branch. The ventilation gateway of No. 4331 coal mining face was in a non-protected regional of the upper protected seam. In order to prevent coal and gas outburst occurred in the driving process of the ventilation gateway of No. 4331 coal mining face, in combination with the regional gas prevention and control theory and the low permeability features of the seam, during the driving process of the air returning gateway, a continuous flow method was applied to predict an outburst danger occurred in the front of the seam. And also the advance gas drainage boreholes, well-distributed pre-drainage drilling site and other outburst prevention measures were applied to prevent and control the coal and gas outburst occurred in the coal mining face. After these measures conducted, an effect inspection and regional verification should be conducted until no outburst danger occurred. The results showed that after the technology applied to the driving face of the ventilation gateway of No. 4331 coal mining face, the gas volume fraction in the air returning flow was 0.12% during the gateway driving period. The outburst danger was eliminated and the coal and gas outburst accident could be effectively avoided.

**Key words:** coal and gas outburst; continued flow method; outburst prevention method; prediction of outburst danger

## 0 引言

随着我国煤矿开采深度和开采强度的不断加大,煤层地质及采掘条件都发生了很大变化,这种变化在煤与瓦斯突出矿井表现尤为明显。由于我国地质条件复杂及瓦斯赋存的不均匀性,突出煤层开采技术发展依然存有相当大的瓶颈,瓦斯突出事故时有发生,直接开采突出煤层在技术上有

较大难度,也有一定的危险性,因此,煤与瓦斯突出矿井的安全高效开采成为我国煤炭经济发展的当务之急。当前国内矿井针对突出煤层开采依然采取区域性和局部防突措施,坚持“四位一体”综合防突原则<sup>[1-4]</sup>,即突出危险性预测、局部防突措施、措施效果检验以及区域验证(或安全防护措施),并结合矿井煤层地质特点,研究并制定符合矿井安全生产条件的防突技术和措施,以实现矿

收稿日期: 2012-11-17; 责任编辑: 王晓珍

作者简介: 胡依鲁(1987—),男,山东济宁人,硕士研究生。Tel: 15996938450; E-mail: huyilu24@yahoo.cn

引用格式: 胡依鲁, 庞叶青, 邵华等. 局部防突技术研究及在掘进工作面的应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(4): 60-63.

井安全高效生产。金能煤业分公司(以下简称金能公司)为煤与瓦斯突出矿井,井田已经开拓至四水平,开采深度进一步增大,煤层瓦斯含量、瓦斯压力及地应力也相应增大,煤层透气性系数减小,突出危险性程度更为严重,为防止4331回风巷掘进过程中煤与瓦斯突出事故的发生,笔者吸取已有防突技术的优点,研究了切实可行的局部防突新技术,并取得了显著效果。

## 1 工作面概况

金能公司井田地处石嘴山向斜构造的东南翼北段,构造以单斜为主,地层走向北东,倾向北西,产状单一,沿走向和倾向均有宽缓的波状起伏,倾角为 $12^\circ \sim 29^\circ$ 。煤层底板等高线靠近向斜轴附近变化较大。4331工作面位于金能公司四水平43采区南翼,其上方为4321工作面,间距平均为25 m,4321工作面作为上保护层即将回采完毕,对4331工作面部分区域起到卸压保护作用。

4331工作面位于四水平第Ⅰ亚阶段43区南翼,地质构造较复杂,煤岩层以单斜构造为主,煤层厚度平均8.25 m,走向长1 400 m,倾斜长260 m,倾向NW,倾角 $5^\circ \sim 29^\circ$ ,煤岩层沿走向及倾向均有波状起伏。

四水平开拓前,所测该区域煤层瓦斯压力2.5 MPa,瓦斯含量 $9.6 \text{ m}^3/\text{t}$ 。另外,由于采掘新技术装备的大量采用,采掘作业强度大幅度提高,不仅使生产技术条件发生巨大的变化,而且导致掘进工作面回风流瓦斯浓度急剧上升,最高达0.8%,这就要求一些行之有效的防突技术结合现场实际条件进行改进才能满足井下的施工要求。

由于4331上覆煤层4321工作面无突出危险,根据《防治煤与瓦斯突规定》<sup>[2]</sup>,4331工作面区域防突措施为优先采用开采保护层4321工作面<sup>[1-2,4]</sup>。4321工作面回采后,原始应力平衡状态被打破,随着顶底板岩层的移动变形,岩层应力重新分布,由于自重应力和弹性变形能的降低,采空区下部一定范围的岩层内出现应力降低区,对下保护层4331工作面运输巷到中间瓦斯抽采巷120 m宽度范围内的煤层瓦斯起到卸压作用。但4331工作面上半部分(中间瓦斯抽采巷到4331工作面回风巷)140 m宽度范围内的部分区域未受到保护层卸压保护,属于未保护区域,如图1所示。因此,在回风巷掘进过程中,

应采取局部防突措施,以确保回风巷采掘过程中的安全。



图1 4331工作面保护区域与未保护区域

## 2 局部防突技术

### 2.1 突出危险性预测

煤与瓦斯突出危险性预测方法主要有钻屑指标法、综合指标法以及R值法等<sup>[1-2,5]</sup>。经现场调研,上述预测方法虽被广泛应用,但是严格按照技术要求和规范实施的却很少,从而使得预测偏差太大,导致许多矿井出现低指标突出现象,安全隐患没有消除,反而加大了防突工作量,严重制约了煤矿的正常生产。

基于以上问题,笔者采用了一种新的预测方法——连续流量法煤与瓦斯突出预测技术及装置,对煤与瓦斯突出危险性进行预测,首先向前方煤体打若干钻孔,连续测量钻孔钻进过程中的瓦斯涌出量,得到瓦斯涌出量沿钻孔深度的分布曲线,从而判断含有高压瓦斯的软煤至工作面的距离,实时预测前方煤体的突出危险性大小<sup>[6-7]</sup>。连续流量法煤与瓦斯突出预测装置主要组成部分包括:主机、矿用隔爆型数据采集器、矿用隔爆型位移传感器、钻孔密封装置、鼓起分离装置以及煤电钻机<sup>[7]</sup>。

为了不影响掘进,在回风巷帮施工临时钻场,两侧各1个,每个钻场设计2个测定钻孔,分别记为1—4号,钻杆由掘进工作面向前钻进10 m,孔径为75 mm,开孔间距为1 m,使用密封胶囊封孔器,确保封孔严密后由数据采集器自动采集随钻杆钻进过程中瓦斯涌出量,得出危险判断,若预测无突出危险,则向前掘进8 m,保留2 m预测超前距<sup>[1-2]</sup>。将上述4个钻孔实测数据进行转换后可得到钻孔深度与瓦斯涌出量的关系,其中1号钻孔瓦斯涌出量与钻孔深度的关系如图2所示。

由图2可知:在测试中,钻孔瓦斯涌出量出现2次突变,由4331回风巷掘进工作面地质资料可知,该工作面区域有构造煤的存在,瓦斯涌出量突然变化是由于钻杆在钻进过程中进入到含构造煤区

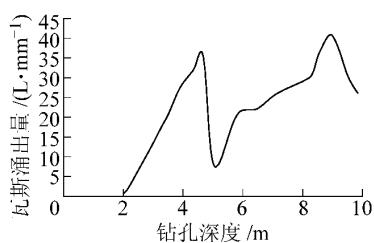


图2 1号钻孔瓦斯涌出量与钻孔深度的关系

域<sup>[8-10]</sup>,含构造煤区域具有突出危险性,因此在钻孔深度4.7及9.0 m处具有突出危险性,应设计局部防突措施进行消突。

## 2.2 局部防突措施

由突出预测结果可知4331回风巷掘进工作面前方煤体具有突出危险性。因此,回风巷掘进前应设计局部防突措施,笔者分别设计预抽钻孔及超前排放钻孔,两者同时进行以确保消除前方突出危险性。为了最大限度地抽采突出煤层内瓦斯,结合4331回风巷采掘布置特点,预抽钻场及钻孔设计如下。

沿掘进工作面走向每隔20 m在巷道上、下帮交叉布置1个钻场,钻场规格为300 mm×300 mm×265 mm。钻场布置在4331回风巷上帮轮廓线以上15 m,下帮轮廓线以下20 m条带区域内。其中,巷道上帮每个钻场布置5个钻孔,1号钻场的1—3号钻孔终孔点间距7 m,3—5号钻孔终孔点间距3 m;巷道下帮每个钻场布置6个钻孔,2号钻场1—3号钻孔终孔点间距3 m,3—6号钻孔终孔点间距7 m,钻孔布置如图3所示,钻孔设计参数见表1。

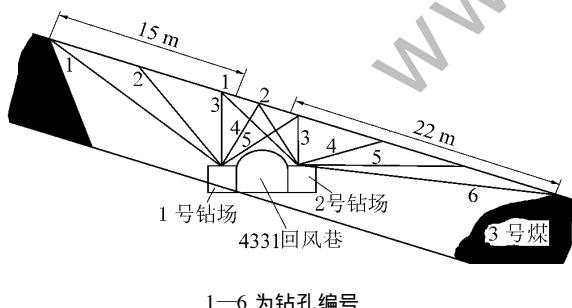


图3 4331回风巷掘进工作面预抽钻孔布置

瓦斯抽采钻孔施工完毕后,应及时封孔并接通抽采管路进行瓦斯抽采,设计抽采周期是1个月,1个月后若抽采瓦斯体积分数低于30%<sup>[7]</sup>,方可进行防突措施效果检验。

为确保彻底消除突出危险性,可在掘进工作面实施超前排放钻孔<sup>[1-3]</sup>。超前排放钻孔设计方案:向掘进工作面施工16个钻孔,孔径113 mm,钻孔开

孔位于掘进工作面中间位置(距底板1.5~2.0 m),1—6号钻孔终孔点位于巷道上帮轮廓线以上20 m处,投影水平间距为20 m,11—16号钻孔终孔点位于巷道下帮轮廓线以下15 m处,投影水平间距为20 m,7—10号孔终孔点均匀分布在距开孔点120 m处,如图4所示,钻孔尽量布置在煤质松软段。

表1 4331回风巷抽采钻孔设计参数

钻场编号	钻孔编号	方位/(°)	倾角/(°)	孔深/m
1	1	198	13	55.5
	2	214	11	54.0
	3	222	8	53.0
	4	229	22	25.8
	5	236	26	25.0
2	1	198	26	25.8
	2	213	22	25.3
	3	224	8	53.0
	4	230	6	54.0
	5	238	3	55.5
	6	245	1	57.0

注:1号和2号钻场的钻孔布置分别在巷道上帮和下帮,钻孔见3号煤顶板2 m终孔。

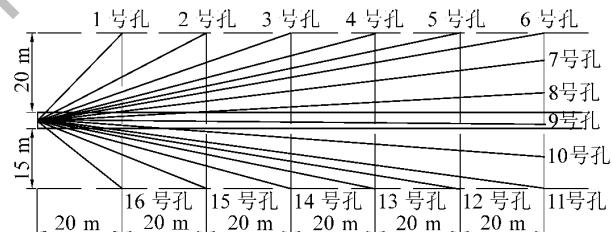


图4 4331回风巷掘进工作面超前排放钻孔布置

## 2.3 措施效果检验及区域验证

防突措施效果检验方法为直接测定煤层残余瓦斯含量<sup>[1-2]</sup>。在停掘位置向前方煤体布置3个孔径75 mm,孔深分别为35、50、60 m的钻孔,在孔底各取3个煤样进行测定。检验钻孔应布置在措施孔之间,1号孔孔深35 m,布置在回风巷下帮,控制回风巷下帮10 m的范围;2号孔孔深50 m,布置在回风巷上帮,控制回风巷上帮20 m的范围;3号孔孔深60 m,布置在掘进工作面中部,并平行于巷道掘进方向,效果检验钻孔布置如图5所示。检验结果为无突出危险时,即残余瓦斯含量小于8 m³/t,允许掘进进尺8 m,保留2 m超前距;结果为有突出危险时,继续采取上述局部防突措施,并进行防突效果检验。

直至防突措施实施有效。

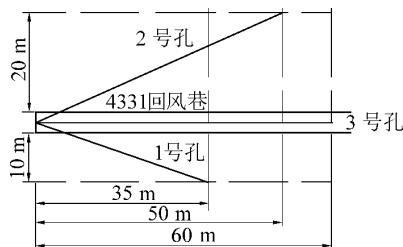


图 5 4331 回风巷掘进工作面措施效果检验钻孔布置

## 2.4 安全防护措施

根据“四位一体综合防突原则”,掘进工作面需设计独立可靠的局部通风系统,进回风路线应短且风流畅通,安设 2 台局部通风机,其中 1 台备用,风筒直径 100 mm。距掘进工作面不超过 30 m 处需设置压风自救系统,压风自救系统随工作面掘进前移,压风风源来自地面压风机房,机房压风压力必须保证 0.75 MPa 以上。另外,在掘进工作面进风侧设置 2 道牢固可靠的反向风门,防止突出瓦斯涌入其他工作面区域,2 道风门间距不小于 4 m,距工作面回风巷不小于 10 m。

其他安全防护措施:①掘进工作面炮掘放炮期间严禁人员通行和作业,放炮地点距工作面不小于 300 m<sup>[1-2]</sup>,并安装直通矿调度室的电话,确保通信畅通;②加强放炮制度管理,必须采取全断面一次爆破成型,并尽量避免补小炮成型,需要放小炮时,必须采用远距离反向风门外放炮、撤人、设警戒等措施。放炮后 30 min 方可由救护队员携带呼吸器进入,检查正常后,方可让其他人员进入恢复作业,以防范延期突出。

此外,为确保防突钻孔有效,施工参数控制在允许误差范围内,即钻孔位置尺寸误差控制在 100 mm,角度误差在 30° 范围内。效果检验钻孔应布置在措施孔之间,为了确保效果检验的准确性,效果检验孔与措施孔开孔点间应保留 1 m 间距,钻孔应严格按照设计参数开孔,避免检验孔与措施孔打穿。

## 3 结 论

笔者所研究的局部防突技术,包括突出危险性预测、局部防突措施、措施效果检验以及安全防护措施一整套“四位一体”防突技术,4 项技术均采用了新的方法,通过在金能公司 4331 回风巷掘进工作面的运用,效果显著,有效防止了煤与瓦斯突出事故的

发生。

1) 金能公司首次采用连续流量法预测技术及装置进行煤与瓦斯突出预测,通过有效运用和测试记录,可以得出钻孔瓦斯涌出量随钻孔深度的变化规律:钻进初期钻孔瓦斯涌出量与钻进深度成单调递增函数,当钻头破碎煤体突然进入构造煤区域时,钻孔瓦斯涌出量突然增加和减小,钻孔瓦斯涌出量随钻孔深度增加变化趋势较陡,在钻杆钻出构造煤后变化趋势又变缓。

2) “四位一体”局部防突技术及相应措施实施以来,突出危险性预测较为精确,工作面防突效果明显,打钻中虽有顶钻动力现象,但通过实施超前排放消突钻孔及瓦斯抽采钻孔,未发生过煤与瓦斯突出现象,掘进过程中回风流瓦斯体积分数由 0.80% 下降到 0.12%,突出危险性彻底被消除,为井下掘进工作提供了安全保证。

## 参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局.防治煤与瓦斯突出规定[M].北京:煤炭工业出版社 2009.
- [2] 国家煤矿安全监察局.防治煤与瓦斯突出规定读本[M].北京:煤炭工业出版社 2009.
- [3] 张铁岗.矿井综合治理技术[M].北京:煤炭工业出版社 2002.
- [4] 俞启昌.矿井瓦斯防治[M].徐州:中国矿业大学出版社 2000.
- [5] 程伟.煤与瓦斯突出危险性预测及防治技术[M].徐州:中国矿业大学出版社 2003.
- [6] 胡殿明,林柏泉.煤层瓦斯赋存规律及防治技术[M].中国矿业大学出版社 2006.
- [7] 陈松立,蒋承林.初始解吸瓦斯流量系统的研究[J].中国矿业大学学报 2002,31(4):407-410.
- [8] 秦来昌.大断面煤巷掘进工作面综合防突技术[J].煤炭科学技术 2010,38(3):55-57.
- [9] 柏发松.煤巷掘进瓦斯治理技术探讨[J].矿业安全与环保,2000,27(S0):42-44.
- [10] 荆现锋,李振顶.区域性防治煤与瓦斯突出研究[J].华北科技大学学报 2011,8(1):10-12.
- [11] 崔鸿伟.煤巷掘进工作面突出预测指标及其临界值研究[J].煤炭学报 2011,36(5):808-811.
- [12] 秦汝祥,张国枢.瓦斯涌出异常预报煤与瓦斯突出[J].煤炭学报 2006,31(3):599-602.
- [13] 刘操,张澜涛.煤巷掘进突出预测指标研究[J].河南理工大学学报 2009,28(2):146-149.
- [14] 邵强,王恩营.构造煤分布规律对煤与瓦斯突出的控制[J].煤炭学报 2010,35(2):250-254.
- [15] 张忠强,苏昭桂.煤与瓦斯突出预测预报技术研究现状及发展规律[J].能源技术及管理 2008(2):56-57.