

文章编号:1000-582X(2008)09-1068-06

回采工作面瓦斯综合治理技术

陶云奇, 许江, 李树春, 唐晓军, 程明俊

(重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘要: 瓦斯抽放是瓦斯综合治理的有效技术途径。针对中岭煤矿 11031 回采工作面的实际情况, 将该工作面的瓦斯来源划分为开采层、邻近层和采空区 3 部分, 结合该工作面瓦斯治理现状, 对所采用的穿层钻孔、扇形钻孔、交叉钻孔、高位钻孔、大直径钻孔、采空区埋管和专用回风巷 7 种瓦斯抽放方法进行效果分析, 并提出采用分源治理原则在三维空间实施综合治理方案的改进建议, 具有一定的工程借鉴意义。

关键词: 煤矿; 瓦斯; 抽放; 综合治理; 回采工作面

中图分类号: TD712.6

文献标志码: A

Integrated control technology for methane in mining faces

TAO Yun-qi, XU Jiang, LI Shu-chun, TANG Xiao-jun, CHENG Ming-jun

(Key Laboratory for Exploitation of Southwestern Resources & Environmental Disaster Control Engineering, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: Methane drainage is an effective technological approach to manage methane in an integrated fashion. Based the actual conditions of the 11031 mining face of the Zhongling coal mine in P. R. China, we divided the origin of methane into three categories: methane of the coal mining layer, methane of the adjacent coal layer, and methane in the goaf. Combining current techniques for managing methane in the mining face, we analyzed the effects of seven methods for draining the methane: through the coal layer borehole, the sector borehole, the cross-borehole, the high level borehole, the large-diameter borehole, the pipe buried in the goaf, and a special return airway. We suggest improvements for implementing integrated control in the three-dimensional space by the control principle of dividing the sources. We provide references for other projects.

Key words: coal mines; methane; drainage; integrated control; mining faces

工作面瓦斯超限一直都是煤矿安全的一大隐患。目前常用的瓦斯综合治理技术主要包括 2 个方面: 1) 仅靠通风方法稀释瓦斯; 2) 采用先抽放再通风进行稀释, 以确保工作面和回风流中的瓦斯浓度达到安全生产的要求, 为采掘作业提供一个安全环境^[1]。但是, 当回采工作面瓦斯涌出量

大, 仅依靠通风稀释方法很难有效治理瓦斯的情况时, 则必须采用抽放瓦斯等综合治理措施进行有效管理。高瓦斯综采工作面要安全回采, 提高单产量, 治本的措施是加大瓦斯抽放力度, 提高瓦斯抽放效果^[2-8], 同时还可有效防止煤与瓦斯突出^[9-11]。

收稿日期: 2008-06-08

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(50534080); 重庆市科技攻关计划重大资助项目(CSCT, 2006AA7002)

作者简介: 陶云奇(1979-), 男, 重庆大学博士研究生, 主要从事安全工程和渗流力学方面研究工作。

许江(联系人), 男, 重庆大学教授, 博士生导师, (Tel)023-65111236; (E-mail)jiangxu@cqu.edu.cn。

1 矿井概况

1.1 工作面概况

11031工作面为贵州省纳雍县中岭煤矿一井11采区首采工作面,属煤层群开采,走向长1500 m,倾向长170 m。所采3[#]煤层平均倾角12°,煤厚平均2.3 m,顶板为泥质粉砂岩,底板为泥岩。工作面采用U型通风方式通风,走向长壁后退式布置,综合机械化采煤,全部垮落法管理顶板。3[#]煤层瓦斯压力为0.38~1.05 MPa,瓦斯含量为7.12~12.49 m³/t,透气性系数0.815 2~2.958 4 m²/MPa²·d,钻孔流量衰减系数0.245 8~0.356 1 d⁻¹,具有煤与瓦斯突出危险性,属于可抽煤层。

1.2 瓦斯来源分析

通过对工作面瓦斯涌出量实测数据研究分析,将11031工作面瓦斯涌出来源分为开采层、邻近层(含围岩和不可采煤层)及采空区瓦斯3部分^[12](表1),从表1可知采面62%的瓦斯来自采空区和邻近层。

表1 工作面瓦斯来源

类别	瓦涌出量/(m ³ ·t ⁻¹)	比例/%
开采层	7.4	38
邻近层	8.6	45
采空区	3.2	17
合计	19.2	100

1.3 抽放系统及设备

中岭矿井瓦斯抽放方式为各采区集中抽放,在各采区风井场地内设一瓦斯抽放站,站内配置两种设备完成高、低负压联合抽放,即抽放管路为高负压和低负压二趟管路。11采区:高负压管选择Φ325×8无缝钢管,低负压管选择Φ273×7无缝钢管;低负压选用BK8024罗茨鼓风机4台(2台工作、2台备用),对高负压曾选用2BEC42型瓦斯泵四台(2台工作、2台备用),后因抽放系统改造而将高负压系统瓦斯泵更换为2BEC52型真空泵。

2004年11采区共安装12"瓦斯管2300 m,10"瓦斯管2900 m,6"瓦斯管5200 m,形成抽放混合量在135 m³/min左右的抽放系统,由于11031采面初期预测的瓦斯涌出量与实际瓦斯涌出量有较大差距,原设计治理措施远不能满足要求。随即进行抽放系统改造,将高负压系统瓦斯泵更换为2BEC52型真空泵,同时并安装25"瓦斯管900 m,10"瓦斯管1100 m,混合流量增加到300 m³/min左右。全年共施工瓦斯抽放钻孔52202.4 m,T型抽放硐室19个,施工专用瓦斯巷2030 m,全年完成瓦斯抽放量1498.77 m³。

2 瓦斯综合治理措施

因11031工作面是中岭公司首采区的首采工作

面,缺少瓦斯治理经验,一切都在摸索与实验中。曾先后采用以下7种方法:穿层钻孔抽放、本煤层扇形抽放、本煤层交叉钻孔抽放^[13]、高位钻孔抽放、大直径抽放钻孔、采空区埋管抽放和专用回风巷风排^[10]。

2.1 穿层钻孔

穿层钻孔适用于具有一定倾斜角度且透气性较好的中、厚煤层,其钻场往往布置在煤层顶底板的岩巷或煤巷中,由钻场打钻孔贯穿煤层,因钻孔与煤层层面垂直,瓦斯易于沿平行层理的裂隙通道流入钻孔,利于提高抽放效果。同时穿层钻孔还可以解决采煤工作面钻场接替期间瓦斯超限的难题,确保钻场接替期正常生产。所以中岭矿于2004年10月在12采区1640大巷向11031采面开采层施工孔径Φ200 mm底板穿层钻孔进行抽放,共施工10个钻场,每个钻场5个钻孔,钻孔在煤层层面上呈网格布置。

2.2 本煤层抽放钻孔

目前国内常用的本煤层抽放方式主要有平行钻孔、扇形钻孔及交叉钻孔3种。资料显示^[14],在同等条件下,交叉钻孔与平行钻孔相比,瓦斯自然涌出量是其1.42~1.52倍;自然瓦斯流量衰减系数是其0.85~0.93倍;极限自然瓦斯涌出量是其1.64~1.67倍;初始瓦斯抽放量是其1.58~1.75倍;极限抽放量是其1.52~1.63倍。同时,在提高瓦斯抽放效果方面扇形钻孔与交叉钻孔各有优点,扇形钻孔的终孔位置在平面上成扇形展开,增大了钻孔抽放瓦斯的抽放范围,并且越靠近钻场位置钻孔周围煤体的透气性越强,迎向工作面的部分钻孔作用时间较长,先后从预抽瓦斯过渡到边采边抽阶段,具有提高抽放效果的作用。而交叉钻孔的布置方式中由于平行孔和斜向孔应力的空间叠加作用,提高了钻孔周围煤体的裂隙和钻孔连通性,相当于加大了钻孔直径;钻孔控制区内的煤层与钻孔之间裂隙网络的形成,不会由于个别钻孔的塌孔而导致报废,相当于增加了钻孔有效长度,从而可以提高抽放效果。

基于以上分析,生产现场放弃了平行钻孔抽放瓦斯的试验,并先后于2004年4月和2005年1月分别在11031工作面布置有扇形抽放孔和交叉钻孔抽放本煤层瓦斯。扇形抽放孔沿运输顺槽布置9个钻场,钻场间距60 m,每个钻场布置5或11个钻孔,其中1号钻场为5个,其余8个钻场11个。钻孔开孔直径Φ108 mm,终孔直径Φ70 mm,钻孔深56~123.2 m(图1)。交叉钻孔从距离9号钻场35 m处开始施工布孔,共施工39个钻点,78个钻孔,钻点间距5 m,每个钻点打两个钻孔,孔深70~144 m,孔径Φ65 mm。采用水泥砂浆机械式封孔,封孔深5 m,抽放负压10 KPa(图2)。

2.3 高位钻孔

3[#]煤层开采后,大量邻近层和采空区的瓦斯涌

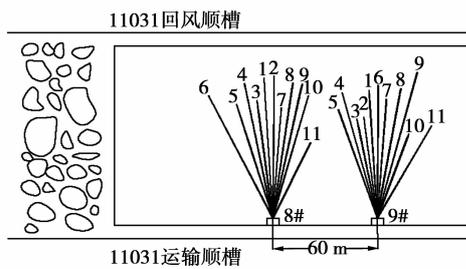


图 1 扇形钻孔布置示意图

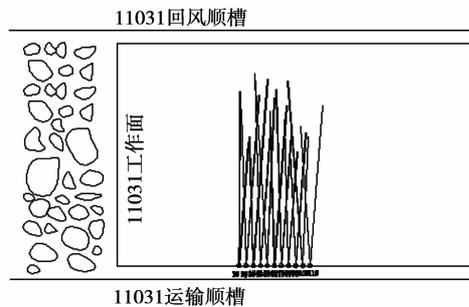


图 2 交叉钻孔布置示意图

入到工作面和上隅角,为有效防止工作面和上隅角瓦斯超限,可采用高位钻孔进行抽放。高位钻孔抽放瓦斯就是将抽放钻孔提前直接布置到采空区上方的裂隙带中,在工作面推进过后,裂隙带岩层压实之前进行瓦斯抽放,将裂隙带空隙中积聚的瓦斯提前抽出,以减少向回采空间的涌出量。并在工作面后方采空区内形成一个低气压区,改变了采空区瓦斯的运移方向,有效地减少工作面上隅角瓦斯的涌出与积聚现象。同时还可以实现超前抽放,抽出高浓度瓦斯,以避免回采工作面在顶板初次跨落或周期来压后上覆煤层中的瓦斯或采空区瓦斯涌入工作面造成瓦斯突发事件的发生。因此,现场在 2004 年 4 月开始向上邻近层实验施工高位钻孔抽放卸压瓦斯。具体布置方式为:在回风顺槽共布置 12 个高位钻场,钻场间距 60 m,每个钻场布置 5~7 个钻孔不等,孔深 26.6~104.12 m 不等,开孔直径 $\Phi 108$ mm,终孔直径 $\Phi 70$ mm,每两组钻孔之间沿巷道方向重叠 20 m。钻孔终孔点布置在冒落带和裂隙带之间。采用水泥砂浆机械式封孔,封孔深 5 m,抽放负压为 5~10 KPa(图 3)。

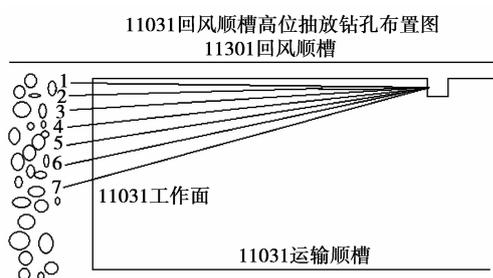


图 3 高位钻孔布置示意图

2.4 大直径抽放钻孔

钻孔直径的大小对瓦斯抽放效果有一定的影响。直径大的钻孔由于暴露的煤面多,瓦斯涌出量大,排放瓦斯的效果较好;同时孔径大而容易造成孔内的坍塌和裂隙,改变了煤层渗透条件,也有利于抽放瓦斯。为了试验大直径抽放钻孔是否适用,现场于 2004 年 8 月在 11031 回风顺槽凿专用钻场施工大直径钻孔抽放采空区瓦斯,采用 MKD-5S 钻机向采空冒落区施工直径 $\Phi 200$ mm 大直径钻孔进行抽放,钻孔距煤层顶板 8~12 m,每个钻场布置 3 个钻孔(图 4)。

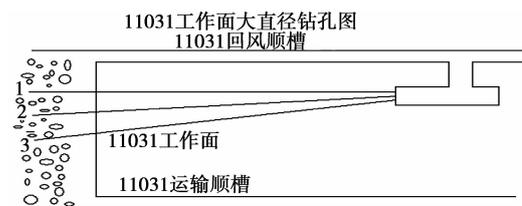


图 4 大直径钻孔布置示意图

2.5 采空区埋管抽放

11031 工作面于 2003 年 12 月 28 日开始回采,初期采用“U”型通风方式。从邻近层尤其是处在冒落带、裂隙带内的煤线、围岩、煤柱及工作面的丢煤中向采空区涌出大量瓦斯,由表 1 可知,采空区占整个瓦斯涌出量的 17%,为减少采空区瓦斯涌入工作面,可对采空区实施埋管抽放技术。因为对采空区瓦斯进行抽放可有效防止采空区内瓦斯的积聚,消除瓦斯超限对工作面安全生产的威胁,同时还可以预防采空区丢煤自燃而引发火灾的发生。具体方法为在回风顺槽埋一根 $\Phi 273 \times 7$ 无缝钢管,并每隔 20 m 预留一个与抽放管同等管径的三通和阀门,在工作面上隅角埋设 20 m 长的 $\Phi 200$ mm 支管,支管前方 3 m 做成筛孔管,支管放在用沙袋(内装煤和矸粉)做成的墙上或顶板专用高位抽放硐室内(硐室开掘断面为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,深 5 m),然后通过阀门与工作面回风顺槽里的主管连接,随着工作面的推进,埋设另一根筛孔管与主管相连接,继续进行抽放。为增大抽放效果,并在上隅角靠近支架侧构筑隔离墙。

2.6 专用回风巷

11031 工作面原为“U”型通风方式,沿工作面倾斜方向,有效风量率逐渐降低,即工作面风量减少,采空区漏风量增大,在工作面中部达到最大值。随后,积存在采空区内的瓦斯以对流扩散的形式与工作面风流进行质量交换,一部分原漏入采空区的风量经过清洗采空区后又进入工作面,使工作面风量增大,而且瓦斯涌出量和浓度分布沿工作面倾向均逐渐增高,并在回风巷端部工作面上隅角位置达到最高,形成瓦斯积聚区。若想使采空区内积存的

瓦斯不再返回将工作面,可将“U”型通风改为“U+L”型,形成“两进一回”的通风系统。这种通风系统可使采空区及上隅角的高浓度瓦斯经由专用排风巷,直接排入采区回风巷,达到消除上隅角瓦斯聚积的目的,并有助于防止工作面煤尘飞扬,改善工作面的气候条件,减少采空区漏风,促进采空区惰性化。

虽然11031工作面所采3#煤层无自燃发火倾向,但内外因引发的火灾仍不可不防。实测数据表明,在其它瓦斯抽放方法实施的同时,2004年3~7月间,11031采面绝对瓦斯涌出量为38.4~48.58 m³/min,风量为1321~1383 m³/min;而风排瓦斯量为11.6~14.38 m³/min,钻孔瓦斯抽放量为31.19~39.52 m³/min,即使如此,11031回风顺槽中的瓦斯浓度仍不能保持在1.0%以下。所以根据《煤矿安全规程》第137条规定,由企业负责人审批后可采用专用排瓦斯巷措施进行工作面瓦斯治理。于是,中岭矿从2004年8月到10月试验在距11031回风顺槽10m左右布置了一段专用回风巷风排瓦斯来降低瓦斯治理难度,并每隔30m作联络巷与回风顺槽沟通(图5)。

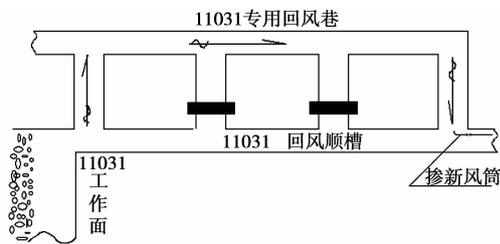


图5 专用回风巷布置示意图

3 瓦斯抽放效果分析

3.1 穿层钻孔抽放

采用底板穿层钻孔时,钻孔抽放瓦斯浓度一般在40%~50%,当底板穿层钻孔进入采动应力影响范围后,钻孔瓦斯浓度最高达70%以上,单孔混合流量达2 m³/min以上,抽放效果较好。

3.2 本煤层抽放

据现场采集数据分析,2004年5月扇形抽放孔瓦斯抽放浓度最大为61%,最小55%;抽放瓦斯纯量最大为3.64 m³/min,最小3.3 m³/min,其抽放情况见表2。2005年1~2月交叉抽放孔抽放浓度最大为66%,最小57%;抽放瓦斯纯量最大4.21 m³/min,最小3.52 m³/min,抽放情况见表3。从表2、3可知,无论是从抽放流量或浓度上交叉钻孔都明显优越于扇形抽放钻孔。

3.3 高位钻孔抽放

3#煤层开采后,上、下邻近层将不同程度地向首采工作面释放卸压瓦斯,其瓦斯涌出量和抽放量与邻近层瓦斯含量及距开采层的距离有关。在中岭煤矿采用的抽放方法中,高位钻孔所抽卸压瓦斯浓度最高。据统计,抽放瓦斯浓度最大为68%,最小为61%;最大抽放纯量为4.29 m³/min,最小3.8 m³/min^[2],其抽放情况见表4。

3.4 大直径钻孔抽放

由于大直径抽放钻孔在11031综采面布置较少,只布置了一个钻场,且该方式孔位不易控制,难以将孔位准确定位到最佳抽放位置,抽放效果一般。

表2 扇形抽放孔抽放本煤层瓦斯情况表

日期	抽放孔数 /个	抽放压差 /Pa	抽放负压 /MPa	混合流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	纯流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放浓度 /%	备注
5月上旬	53	784	0.036	6.01	3.61	60.0	平均
5月中旬	68	794	0.034	6.06	3.41	56.3	平均
5月下旬	72	797	0.032	6.06	3.59	59.3	平均

表3 交叉平行抽放孔抽放本煤层瓦斯情况表

日期	抽放孔数 /个	抽放压差 /Pa	抽放负压 /MPa	混合流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	纯流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放浓度 /%	备注
1月下旬	42	803	0.033	6.14	3.76	61.2	平均
2月上旬	42	798	0.037	6.12	3.81	62.3	平均
2月中旬	44	801	0.034	6.13	4.03	65.7	平均

表4 高位钻孔抽放卸压瓦斯情况表

日期	抽放孔数 /个	抽放压差 /Pa	抽放负压 /MPa	混合流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	纯流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放浓度 /%	备注
5月上旬	12	833	0.030	6.18	4.02	65.0	平均
5月中旬	18	856	0.030	6.28	3.98	63.4	平均
5月下旬	24	882	0.034	6.37	4.22	66.3	平均

表 5 采空区瓦斯抽放情况表

日期	抽放压差 /KPa	抽放负压 /MPa	混合流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	纯流量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放浓度 /%	备注
5月上旬	15.7	0.020	106.57	49.34	46.30	平均
5月中旬	15.8	0.021	106.86	49.16	46.00	平均
5月下旬	16.3	0.020	108.52	50.65	46.67	平均

表 6 2004 年 5 月份 11031 工作面瓦斯抽放量与涌出量表

时间	低负压系统	高负压系统	工作面	工作面回风	工作面风	备注
	抽放量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放量 /(m ³ ·min ⁻¹)	抽放量 /(m ³ ·min ⁻¹)	瓦斯浓度 /%	排瓦斯量 /(m ³ ·min ⁻¹)	
5月上旬	49.34	7.63	57.00	0.60	10.80	平均
5月中旬	49.16	7.39	56.55	0.62	12.05	平均
5月下旬	50.65	7.81	58.46	0.58	11.02	平均

3.5 采空区埋管抽放

在工作面瓦斯来源中,采空区瓦斯占大部分,因此,中岭矿井专门建立了一套低负压抽放系统抽取采空区瓦斯。由于采用了隔离墙技术,抽放量与抽放浓度比一般半封闭抽放效果好。据统计,抽放浓度最低为 44%,最高达 46.67%;混合流量达 108.52 m³/min,抽放纯量最大为 51.75 m³/min,最低为 46.96 m³/min,抽放效果良好,其抽放情况见表 5。

3.6 专用回风巷

“U”型通风方式虽结构简单,采场漏风量少,风流管理容易。但是,在高瓦斯回采工作面,上隅角局部瓦斯处理难度较大,且采用采空区埋管抽放方法治理瓦斯时,一旦出现停泵现象,工作面涌出的瓦斯将全部依靠风排,回风巷的风流瓦斯浓度将在 5 min 以内达到 5% 以上,整个回风巷内人员无法完全撤除,存在较严重的安全隐患。采用专用回风巷引排瓦斯等于将“U”型通风改为“U+L”型通风方式。这样一来,少量回风由上隅角流向采空区,经联络巷流向专用回风巷,使上隅角瓦斯浓度与工作面风流保持一致,有效地杜绝上隅角及作业空间的瓦斯超限现象;同时增大了工作面风排瓦斯能力,在保持工作面通风量不变的情况下专用回风巷通风量比工作面增加一倍,风排瓦斯能力增大 1.6 倍,最大风排瓦斯达到 23.91 m³/min,且一旦出现停泵,工作面涌出的瓦斯全部从专用回风巷排出,瓦斯超限风流不经过作业区,增加了安全性,效果较好。

中岭煤矿首采工作面采用上述综合抽放方式后,瓦斯涌出量比单一抽放方式大幅度降低至规定值以下,保证了矿井的安全生产。如 11031 工作面 2004 年 5 月份在采用采空区埋管抽放、本煤层抽放和高位钻孔临近层抽放后,工作面回风瓦斯浓度一直维持在 0.6% 左右(表 6)。

4 讨论

采用分源治理原则在三维空间实施瓦斯综合治理措施虽然可以使工作面在正常推进的同时保证工作面及回风流中的瓦斯浓度降到 1% 以下,但在现场施工和生产管理也可能出现以下问题。

1) 由于回风顺槽超前压力大、断面小、风速大、煤尘及瓦斯浓度大等因素影响,环境恶劣,工人在回风顺槽进行穿层钻孔施工过程中安全威胁大。

2) 本煤层钻孔在运输顺槽施工,由于该巷道频繁的运煤、运料,易发生机械伤害事故。

3) 埋管抽放采空区瓦斯时,紧贴巷道的管道会因底鼓作用而损坏管子;同时采空区极易漏风,引起采空区所丢煤炭自燃发火。

4) 钻孔封孔长度短且密封质量差。

5) 抽放时间短、抽放系统不匹配、管理不到位等。

为了避免瓦斯治理时出现以上所述问题,生产现场应做到以下几点。

1) 要求每位员工佩带合格的自救器下井,并尽可能地在检修班进行瓦斯抽放钻孔施工,以避免事故发生。

2) 采空区埋管抽放时,为防止巷道底鼓损坏抽放管道,管下要用枕木垫起;为减少采空区漏风问题,应在工作面上隅角和下隅角设临时密闭构筑,同时在工作面回风顺槽增设调节风门进行均压通风。

3) 推广聚氨酯封孔工艺,提高封孔质量,建议购买矿用聚氨酯配方,做到自给自足。

4) 改善采掘平衡,确保抽放时间。

5) 优化抽放系统,提高抽放能力,及时更换淘汰或陈旧抽放设备。

6) 加强管理,组建专门的抽放管理机构,配备专业钻孔施工队伍和设备,同时加强瓦斯抽放从业人

员的技术培训工作。

5 结 语

中岭煤矿从构建合理的通风系统并在三维空间构建立体瓦斯抽放系统两方面制定了综合瓦斯治理方案,在11031首采工作面回采过程中取得了较好的效果,实现了综采工作面回风流瓦斯浓度小于0.6%进行管理,为矿井的安全、高效生产创造了条件。得出以下结论。

1)根据工作面瓦斯来源,采取分源治理是瓦斯综合治理的根本途径。

2)依据分源治理原则,在三维空间实施底板穿层钻孔、本煤层交叉钻孔、高位钻孔、采空区埋管综合治理技术进行瓦斯抽放,若相关钻场、钻孔参数选择合理,可实现矿井安全生产,是工作面瓦斯治理的有效办法。

3)在钻孔抽放方案实施的同时,采用专用回风巷将工作面改为“U+L”型通风方式可使风排瓦斯量比原来增大1.6倍,大大减轻由于钻孔瓦斯抽放率不高等原因造成的瓦斯治理难度。

尽管中岭矿的瓦斯治理效果不错,但若能在现有瓦斯治理技术的基础上进行相关改进,如在采前采用深孔控制预裂爆破^[15]措施增加煤层透气性后再进行钻孔瓦斯抽放,在封孔技术方面变水泥砂浆机械式封孔为聚氨酯封孔,变采空区抽放所采用的无缝钢管为菱镁管等,那么无论是瓦斯抽放率或经济效应均将有所提高。

参考文献:

- [1] 查兴林,龙明举,朱全科.综采工作面瓦斯综合治理技术[J].煤矿安全,2005,36(9):12-15.
ZHA XING-LIN, LONG MING-JU, ZHU QUAN-KE. Gas integrated control technology in fully mechanized longwall face [J]. Coal Mining Security, 2005,36(9):12-15.
- [2] 姚尚文.改进抽放方法提高瓦斯抽放效果[J].煤炭学报,2006,31(6):721-726.
YAO SHANG-WEN. Improving method and increasing effect of gas drainage [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(6):721-726.
- [3] 姚尚文,刘泽功,杨立新.高瓦斯掘进工作面抽放技术[J].煤炭科学技术,2005,33(5):1-4.
YAO SHANG-WEN, LIU ZE-GONG, YANG LI-XIN. Gas drainage technology for high gassy gateway heading face[J]. Coal Science and Technology, 2005, 33(5):1-4.
- [4] 于会军,郭银武,李振军.高强度立体式瓦斯综合抽放技术实践[J].煤炭科学技术,2006,34(12):41-43.
YU HUI-JUN, GUO YIN-WU, LI ZHEN-JUN. Practice on high strength cubic comprehensive gas drainage technology [J]. Coal Science and Technology, 2006,34(12):41-43.
- [5] 赵兴旗.提高矿井抽放瓦斯效果的途径[J].矿业安全与环保,2007,34(5):38-41.
ZAO XING-QI. Approach of increasing effect of gas drainage [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2007,34(5):38-41.
- [6] 钱高峰,刘伟,张献民.高瓦斯综采工作面瓦斯综合防治技术与应用[J].煤炭科学技术,2006,34(9):8-11.
QIAN GAO-FENG, LIU WEI, ZHANG XIAN-MIN. Integrated control of gas technology and application in gassy fully-mechanized mining faces[J]. Coal Science and Technology, 2006,34(9):8-11.
- [7] 姜铁明.晋城西部矿井瓦斯抽放模式研究[J].煤炭科学技术,2006,34(2):46-48.
JIANG TIE-MING. Research on gas drainage mode in western mines of Jincheng [J]. Coal Science and Technology, 2006,34(2):46-48.
- [8] ZUPANICK J A. Coal mine methane drainage using multilateral horizontal wells[J]. Mining Engineering, 2006,58(1):50-52.
- [9] Wold M B, Connell L D, CHOI S K. The role of spatial variability in coal seam parameters on gas outburst behaviour during coal mining[J]. International Journal of Coal Geology, 2008, 75(1):1-14.
- [10] LI X Z, HUA A Z. Prediction and prevention of sandstone-gas outbursts in coal mines[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2006, 43(1):2-18.
- [11] DIAZ AGUADO M B, GONZALEZ NICIEZA C. Control and prevention of gas outbursts in coal mines, Riosa-Olloniego coalfield, Spain [J]. International Journal of Coal Geology, 2007, 69(4):253-266.
- [12] 卢晓勇.煤层群首采工作面瓦斯治理技术[J].矿业安全与环保,2005,3:84-87.
LU XIAO-YONG. Gas control technology of coal seams preliminary face [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2005, 3:84-87.
- [13] 赵兴君,岳丰田.交叉钻孔抽放瓦斯垂直距离的确定[J].辽宁工程技术大学学报,2002,19(1):5-8.
ZHAO XING-JUN, YUE FENG-TIAN. Definition of vertical distance of gas suction in cross drill hole[J]. Journal of Liaoning Technical University, 2002, 19(1):5-8.
- [14] 张铁岗.矿井瓦斯综合治理技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
- [15] 陶云奇.中岭煤矿采煤工作面瓦斯抽放技术研究[D].贵阳:贵州大学,2006.

(编辑 赵 静)