

宋亚伟,杨胜强,赵彤宇,等.顶板预裂爆破技术在工作面初采期瓦斯治理中的应用[J].矿业安全与环保,2019,46(2):61-65.
文章编号:1008-4495(2019)02-0061-05

应用技术

顶板预裂爆破技术在工作面初采期瓦斯治理中的应用

宋亚伟^{1,2,3},杨胜强^{1,2,3},赵彤宇^{1,2,3},周步壮^{1,2,3}

- (1. 中国矿业大学 安全工程学院,江苏 徐州 221116;
2. 中国矿业大学 煤炭资源与安全开采国家重点实验室,江苏 徐州 221116;
3. 中国矿业大学 煤矿瓦斯与火灾防治教育部重点实验室,江苏 徐州 221116)

摘要:高瓦斯煤矿坚硬顶板大面积垮落过程会引起大量瓦斯骤然涌出,必然导致工作面上隅角瓦斯积聚和回风流瓦斯浓度超限。为研究顶板预裂爆破技术在工作面初采期瓦斯治理中的效果,以余吾煤业S5202综放工作面为背景,分析了坚硬顶板大面积垮落所造成的上隅角瓦斯积聚和瓦斯浓度超限原因,设计优化炮孔的布置参数及其爆破的时间和方式,顶板预裂爆破技术实施后绘制工作面的走向和倾向压力分布曲线。研究结果表明:顶板预裂爆破实施后,坚硬顶板及时垮落,形成垮落裂隙,预裂裂隙及时连通高抽巷,在工作面推进过程中,本煤层和邻近层卸压瓦斯被高抽巷抽走,初采期瓦斯涌出量大为减少,瓦斯治理效果明显,未出现上隅角瓦斯积聚和回风流瓦斯浓度超限等现象。

关键词:瓦斯积聚;瓦斯浓度超限;坚硬顶板;预裂爆破;初采期;瓦斯治理

中图分类号:TD712 **文献标志码:**A

Application of Roof Pre-cracking Technology in Gas Control in Initial Mining Stage on Working Face

SONG Yawei^{1,2,3}, YANG Shengqiang^{1,2,3}, ZHAO Tongyu^{1,2,3}, ZHOU Buzhuang^{1,2,3}

- (1. School of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;
2. State Key Laboratory Coal Resources and Safe Mining, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;
3. Key Laboratory of Gas and Fire Control for Coal Mines, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: The hard roof caved in extensively of a coal mine with a high content of gas will cause a large quantity of gas to gush out suddenly, it will inevitably lead to gas accumulation in the upper corner of the working face and gas content over limit in the return air flow. In order to study the effect of roof pre-cracking technology on gas control in the initial mining stage on working face, taking S5202 fully mechanized working face of Yuwu Coal Industry as the background, analyze the reasons of gas accumulation and gas content over limit in the upper corner caused by the hard roof caved in extensively, the layout of blasting hole and blasting time and mode were optimized, after the implementation of roof pre-cracking technology, the trend and dip pressure distribution curves of the working face were drawn. The results show that after the roof pre-cracking, the hard roof will collapse as soon as possible to form a caving crack, the mining and pre-split cracks will connect the high drainage roadway in

time. In the process of working face advance, the pressure relief gas of this coal seam and adjacent strata is drained by the high drainage roadway, gas emission is greatly reduced in the initial mining stage, and gas control effect is obvious. There is no gas accumulation in the upper corner or gas content over limit in the return air flow.

Keywords: gas accumulation; gas content over limit; hard roof; roof pre-cracking; initial mining stage; gas control

收稿日期:2018-04-23;2019-03-19 修订

基金项目:国家自然科学基金项目(51174198);煤炭资源与安全开采国家重点实验室自主课题资助项目(SKLCRSM11X01)

作者简介:宋亚伟(1995—),男,安徽六安人,硕士研究生,研究方向为煤与瓦斯突出防治。E-mail:1434215836@qq.com。

通讯作者:杨胜强(1964—),男,贵州铜仁人,教授,博士生导师。E-mail:453526930@qq.com。

瓦斯灾害是制约我国煤矿安全高效开采的主要因素之一^[1-2]。在回采工作面初采期由于坚硬顶板大面积垮落导致瓦斯浓度(甲烷体积分数)超限而影响安全生产的问题较为严重^[3-6],其主要原因有:①顶板较厚且坚硬,顶板在初采期难以及时垮落,导致采空区悬顶空间变大,使游离瓦斯在采空区内大量积聚;②当大面积坚硬顶板垮落时,采空区内大量积聚的瓦斯骤然涌向工作面,导致回风流瓦斯浓度超限同时上隅角瓦斯积聚。笔者通过对余吾煤业S5202综放工作面瓦斯浓度超限的原因进行分析,选用顶板预裂爆破技术^[7-12],人为改变坚硬顶板的物理力学性质,缩短工作面初采期坚硬顶板的垮落步距,使工作面采空区与瓦斯高抽巷提前连通,从而消除回采工作面上隅角瓦斯积聚和回风流中瓦斯浓度超限现象^[13-14]。

1 工作面概况及顶板类型分析

S5202综放工作面开采3号煤层,可采煤炭储量288.5万t,煤层平均厚度为6.15m,煤层具有良好的稳定性,构造简单,属近水平—缓倾斜煤层,不容易发生自燃,但有煤尘爆炸的危险。工作面采用U型通风方式,并采用瓦斯高抽巷抽采煤层瓦斯。

根据顶板分类,余吾煤业的煤层直接顶属于2类中等稳定顶板;老顶属于Ⅱ级来压明显顶板。

S5202综放工作面顶板参数及分类指标如表1所示。

表1 S5202综放工作面顶板参数及分类

类别	初次来压步距/m	p_e /kPa	T_r /m	顶板分类
直接顶	13.6		13.6	2类,中等稳定顶板
老顶	27.2	921.37		Ⅱ级,老顶来压明显

注: p_e 为老顶初次来压当量; T_r 为直接顶初次垮落步距。

由表1可知,余吾煤业S5202工作面顶板为坚硬顶板,大面积坚硬顶板垮落是余吾煤业S5202工作面初采期瓦斯浓度超限的根本原因。采取措施使坚硬顶板及时垮落,形成垮落裂隙,并且连通瓦斯高抽巷,使卸压瓦斯通过采动裂隙向上运移至高抽巷,通过瓦斯高抽巷抽走大量的卸压瓦斯,该思路可有效解决工作面初采期坚硬顶板大面积垮落导致大量的卸压瓦斯涌出所引起的瓦斯浓度超限问题^[15]。

2 顶板预裂爆破方案设计及参数确定

2.1 炮孔布置

根据S5202工作面坚硬顶板的岩性及厚度,通过理论分析、实验并结合现场经验,得出炮孔的有效作用半径为3m。设计工作面的总炮孔数为46个,其中开切眼处炮孔数为44个,胶带运输巷道端头的炮孔数为1个,回风巷道端头的炮孔数为1个,施工炮孔总长为882.6m。炮孔布置如图1所示。

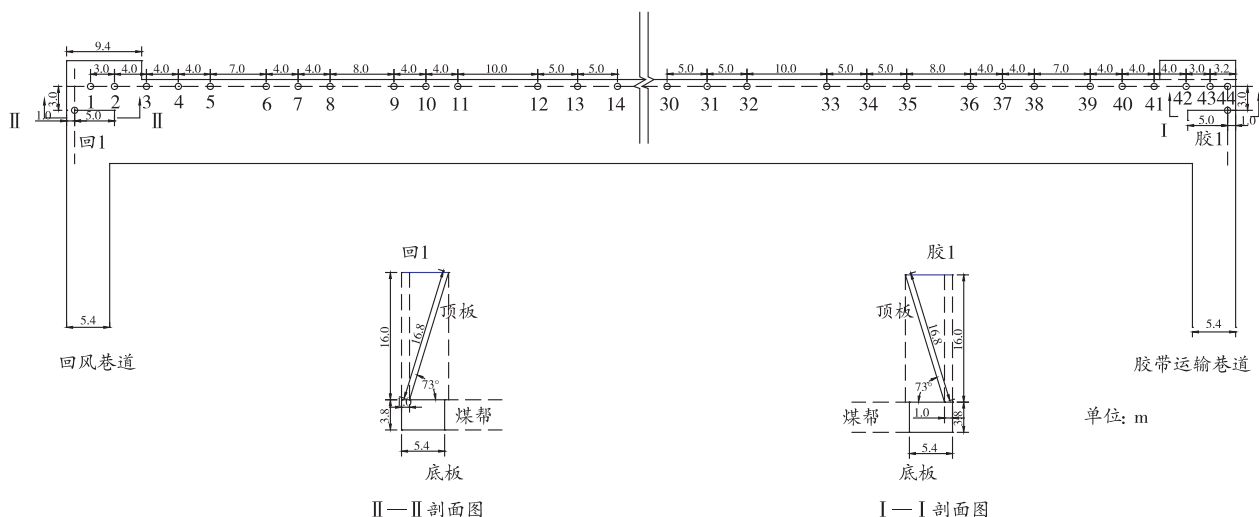


图1 预裂爆破炮孔布置平面示意图

1)开切眼炮孔布置。工作面长度为267.4m,开切眼设计了44个炮孔,沿着炮孔的轴线方向与开切眼处的轴线方向平行。炮孔均在距离开切眼外帮0.5~1.2m处顶板施工炮孔。

2)胶带运输巷道端头炮孔布置。胶带运输巷道端头布置炮孔1个(用胶1表示)。胶1位于开切眼

胶带运输巷道端头顶板上,孔口距胶带运输巷道外帮1.0m,距开切眼外帮的距离为3.5~4.2m(考虑顶板锚杆、锚索位置,可在此范围内调整)。炮孔轴线方向与开切眼方向平行,仰角为73°(炮孔仰角指炮孔与顶板之间的夹角,指向开切眼内)。炮孔长为16.8m。

3) 回风巷端头炮孔布置。在回风巷道端头处布置1个炮孔(用回1表示),其设计参数与胶1相同。其中装药量为30.0~46.5 kg,装药深度为10~17 m,药卷规格为 $\Phi 60$ mm $\times$ 500 mm,1.5 kg/卷。

2.2 炮孔爆破时间和方式

S5202综放工作面试运转割煤1刀后,支架尾梁被回收,开切眼内有1.0 m的空间,能够满足人员装药,进行装药爆破工作。

预计4个班完成装药爆破。每班分3或4组同时装药、分次爆破;每次起爆最多不超过4个炮孔,当班装药炮孔必须当班完成爆破。

3 预裂爆破后顶板垮落规律分析

在S5202综放工作面162架支架上安装矿压记录仪,通过记录矿压的变化规律,判别顶板垮落的初次来压步距和周期来压步距,揭示S5202综放工作面的采场矿压显现规律,同时与回风巷的瓦斯浓度变化,以及瓦斯高抽巷的抽采瓦斯浓度和瓦斯抽采量的变化进行对比分析,得出坚硬不垮落顶板综放工作面顶板爆破前后的顶板垮落规律与初采期的瓦斯涌出规律的对应关系及其瓦斯治理效果。

3.1 工作面顶板前梁走向压力分布规律

S5202综放工作面共有169架支架,排头为4架,排尾为3架,中间依次编号共计162架。矿压可以通过观测前梁的压力得到,由1#支架位置开始,每隔10架,对支架前梁进行观测并记录数据,选取其中具有代表性的1#、61#、121#、161#前梁的压力数据,得到顶板前梁走向压力变化情况,如图2所示。

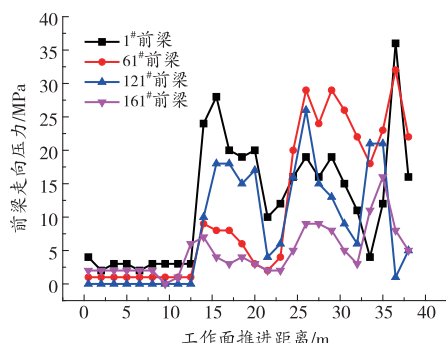


图2 顶板前梁走向压力变化图

由图2可见,当S5202综放工作面推进至4.0~10.4 m时,对2.4~4.0 m间工作面进行顶板预裂爆破,直接顶初次垮落,各前梁压力急剧上升,工作面上覆煤岩层开始产生裂隙,卸压瓦斯大量涌入回采

工作面上隅角,导致风排瓦斯浓度及上隅角瓦斯浓度、采空区侧刮板输送机最高瓦斯浓度、回风流最高瓦斯浓度均急剧增大;当工作面推进至13.6 m时,老顶初次来压,前梁观测点压力急剧上升,此过程工作面风排瓦斯浓度、上隅角瓦斯浓度、工作面绝对瓦斯涌出量等因裂隙进一步发育,其数值均不断增大;当工作面推进至13.6~17.6 m时,老顶逐渐卸压,前梁压力值也逐渐下降。

3.2 工作面顶板前梁倾向压力分布规律

S5202综放工作面开切眼较长,通过对工作面倾向测点的压力分析,可得到该方向的压力变化规律。分析有代表性的压力数据,得到顶板前梁倾向压力变化情况,如图3所示。

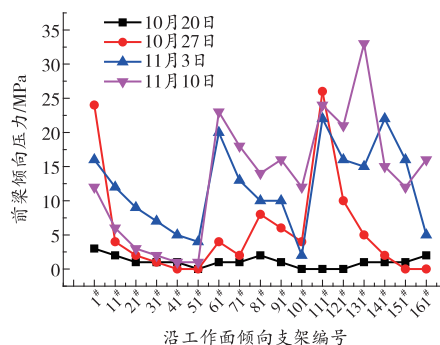


图3 顶板前梁倾向压力变化图

由图3可见,在1#~51#支架之间,前梁压力呈下降趋势;在51#~101#支架之间,前梁压力先上升后下降,在61#支架处达到峰值23 MPa;在101#~161#支架之间,前梁压力呈先上升后下降的变化规律。

因此,人工放炮会使坚硬顶板预裂慢慢松动,液压力柱的承压逐渐增大,顶板来压峰值与预裂爆破之前的压力值相比大大下降。沿工作面倾向方向,垮落后的顶板处岩石向下滚动堆积,充填了工作面下部的采空区,使得工作面下部较为密实,工作面中、上部出现悬空。工作面顶板压力表现为中上部最大,上部次之,下部较小。

4 顶板预裂爆破后工作面初采期瓦斯治理效果分析

坚硬顶板预裂爆破后,根据观测得到的瓦斯涌出数据,绘制出瓦斯抽采纯流量和瓦斯浓度变化图,如图4和图5所示。

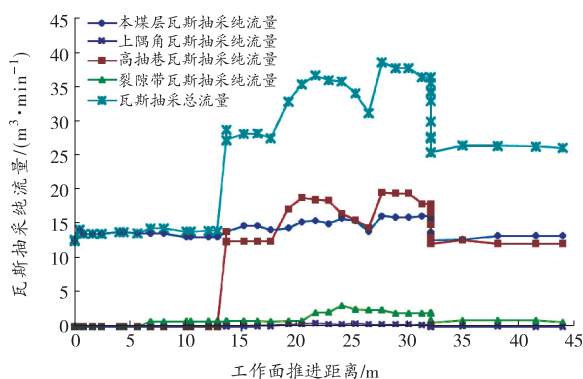


图4 S5202综放工作面初采期瓦斯抽采
纯流量整体变化情况

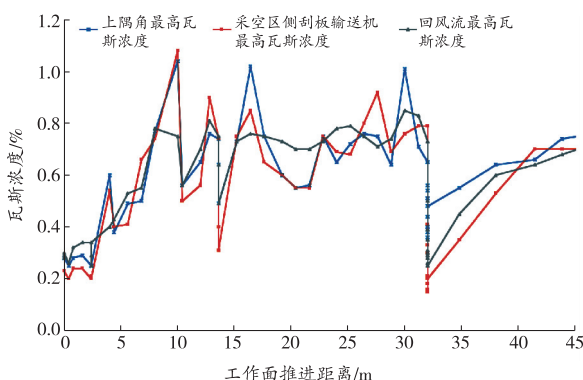


图5 S5202综放工作面初采期上隅角、回风流等处的
最高瓦斯浓度变化情况

由图4、图5可知,在工作面推进到12.8 m之前,工作面瓦斯抽采总流量中主要是本煤层的原始煤体瓦斯抽采量,坚硬顶板预裂爆破还没有起作用,没有裂隙连通瓦斯高抽巷,同时采空区埋管抽采和裂隙带钻孔抽采瓦斯效果也不好,瓦斯抽采总流量增幅不大;当工作面推进距离为0~2.4 m时,由于煤炭产量较低,工作面推进速度慢,上隅角瓦斯浓度为0.25%左右,回风流瓦斯浓度为0.30%左右,采空区侧刮板输送机瓦斯浓度为0.20%左右,但随着工作面的推进速度加快,采空区顶板悬顶处的面积不断增大,工作面上隅角和回风流的瓦斯浓度均大幅上升,上隅角瓦斯浓度从0.25%上升到1.00%,回风流瓦斯浓度从0.30%上升到0.75%,采空区侧刮板输送机瓦斯浓度从0.20%上升到1.10%,瓦斯浓度处于超限的临界状态。随后,顶板预裂爆破的裂隙连通瓦斯高抽巷,高抽巷瓦斯抽采纯流量骤然上升,本煤层瓦斯抽采纯流量变化不大,采空区埋管抽采和裂隙带钻孔抽采瓦斯量不断增加,上隅角、回风流和采空区侧刮板输送机的瓦斯浓度不断下降。在工作面推进到13.6 m时,出现了顶板初次来压,

预裂爆破及其初次来压产生的双重作用使瓦斯高抽巷的抽采瓦斯纯流量大大增加,同时采空区埋管抽采和裂隙带钻孔抽采的瓦斯抽采效果显著,使工作面上隅角瓦斯浓度下降到0.75%以下,回风流瓦斯浓度下降到0.73%以下,采空区侧刮板输送机瓦斯浓度也下降到0.36%以下。

由图4可知,当工作面推进到0.4 m时,顶板预裂爆破不起作用,主要是本煤层瓦斯抽采起作用,工作面瓦斯抽采总流量为14.19 m³/min;当工作面推进到12.8 m时,预裂爆破裂隙连通瓦斯高抽巷,随后工作面推进到13.6 m时,坚硬顶板垮落,出现顶板初次来压,瓦斯抽采总流量陡然增加;当工作面推进到28.8 m时,工作面瓦斯抽采总流量达到最大值38.73 m³/min,该值是顶板预裂爆破不起作用时的2.73倍。因此,顶板预裂爆破技术使瓦斯高抽巷及时高效地抽采大量瓦斯,降低了工作面上隅角和回风流瓦斯浓度,消除了其瓦斯超限的危险,保证了工作面的安全生产。

5 结论

- 1) 根据余吾煤业S5202综放工作面坚硬顶板的岩性和厚度,通过理论分析、实验并结合现场经验,确定了坚硬顶板预裂爆破的炮孔布置形式、爆破时间和要求。
- 2) 顶板预裂爆破实施后,在直接顶初次垮落和老顶初次来压时,压力急剧上升,裂隙也随之发育;顶板压力在倾向分布不均匀,表现为中上部最大,上部次之,下部较小。
- 3) 利用坚硬顶板深孔预裂爆破弱化技术,使高抽巷能够及时抽采瓦斯,工作面初采期回风流最高瓦斯浓度一直控制在1%以下,未发生瓦斯超限情况,瓦斯治理效果十分明显。

参考文献:

- [1] 杨胜强,宋万新,胡新成,等. 瓦斯与煤自燃复合致灾理论及防治技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2017.
- [2] 俞启香,程远平. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2012.
- [3] 孙家伟. 石港煤矿坚硬顶板高瓦斯综放面初采期瓦斯涌出特征及治理关键技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.
- [4] 李俊平,王红星,王晓光,等. 卸压开采研究进展[J]. 岩

- 土力学,2014,35(增刊2):350-358.
- [5] 宋希贤,左宇军,王宪. 动力扰动下深部巷道卸压孔与锚杆联合支护的数值模拟[J]. 中南大学学报(自然科学版),2014,45(9):3158-3165.
- [6] 李付涛,杨胜强,程涛. 综放工作面初采期顶板沉降对瓦斯涌出特征的影响[J]. 矿业安全与环保,2011,38(3):48-51.
- [7] WANG F, TU S, YUAN Y, et al. Deep-hole pre-split blasting mechanism and its application for controlled roof caving in shallow depth seams[J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2013, 64(6):112-121.
- [8] 孙祺,杨胜强,程涛,等. 综放工作面初采期瓦斯治理的综合措施[J]. 煤矿安全, 2011,42(3):79-82.
- [9] 杨洪兴,杨天全,唐睿. 卸压预裂爆破沿空留巷技术在急倾斜煤层中的应用[J]. 矿业安全与环保,2016,43(4):87-89.
- [10] 刘少虹. 卸压爆破振动下锚索支护全煤巷道动力响应特征[J]. 煤炭科学技术,2016,44(8):96-103.
- [11] 刘春旺. 控制预裂爆破消突技术在高突掘进工作面的应用[J]. 煤矿安全,2011,42(4):102-104.
- [12] 左建平,孙运江,刘文岗,等. 浅埋大采高工作面顶板初次断裂爆破机理与力学分析[J]. 煤炭学报,2016,41(9):2165-2172.
- [13] 刘彦斌. 综放面初采期瓦斯治理技术与实验[J]. 矿业安全与环保,2004,31(6):13-17.
- [14] 孙建华,米红伟,张锦鹏,等. 上隅角瓦斯浓度变化的原因及实证分析[J]. 矿业安全与环保,2013,40(4):76-78.
- [15] 彭继刚,杨胜强,刘福军,等. 石港矿15101工作面瓦斯综合治理技术[J]. 煤矿安全, 2009,40(3):30-33.
- (责任编辑:逢锦伦)

(上接第60页)

统为矿井通风安全管理提供了现代化手段,对促进矿井安全生产具有重要意义。

参考文献:

- [1] 沈灏,王海宁. 矿井通风网络三维仿真与优化系统研究[J]. 矿业安全与环保,2009,36(2):10-12.
- [2] 杨守国,李向东,梁军. 基于 ArcGis 的矿井通风网络仿真软件开发[J]. 矿业安全与环保,2009,36(增刊):44-46.
- [3] 黄华越,胡明振. 矿井通风网络三维仿真与优化模型[J]. 现代矿业,2012(1):35-38.
- [4] 官良伟. 基于 AutoCAD Map 3D 的通风仿真系统的研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2012.
- [5] 王海宁,彭斌,彭家兰,等. 基于三维仿真的矿井通风系统及其优化研究[J]. 中国安全科学学报,2013,23(9):123-128.
- [6] 卜祥报,吴琦,高萌萌,等. 基于 OGRE 的三维仿真平台的构建技术[J]. 电子测量技术,2014,37(5):29-32.
- [7] 李翠平,曹志国,李仲学,等. 地下矿火灾烟流蔓延的三维仿真构模技术[J]. 煤炭学报,2013,38(2):257-263.
- [8] 王李管,王喆,黄俊歆,等. 矿井通风系统三维可视化及网络解算优化[J]. 科技导报,2012,30(14):20-24.
- [9] 钟德云,王李管,毕林,等. 复杂矿井通风网络解算风网有效性分析[J]. 中国安全生产科学技术,2014,10(11):10-14.
- [10] 袁文丰. 矿井通风系统安全辅助软件设计及其应用[J]. 煤炭科技,2017(1):112-115.
- [11] 华宁,陈喜山,曹娥,等. 矿井通风网络解算软件研究综述[J]. 青岛理工大学学报,2011,32(1):63-68.
- [12] 梁军. 基于 GIS 的矿井通风在线监控与预警系统[J]. 能源技术与管理,2012(5):139-140.
- [13] 杨鑫祥,肖伟,武猛猛,等. 矿井通风网络解算软件的改进研究与实现[J]. 矿业研究与开发,2015,35(4):80-83.
- [14] 田卫东. 通风网络解算方法综述[J]. 矿业安全与环保,2016,43(3):96-99.
- [15] 文光才,宁小亮,赵旭生. 矿井煤与瓦斯突出预警技术及其应用[J]. 煤炭科学技术,2011,39(2):55-58.
- (责任编辑:李 琴)