

郭春晖,罗文柯,李贺,等.保护层开采瓦斯治理与保护范围考察[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2020,35(3):7-12. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2020.03.002

Guo C H, Luo W K, Li H, et al. Investigation on Gas Control and Protection Range of Protective Layer Mining [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2020, 35(3):7-12. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2020.03.002

保护层开采瓦斯治理与保护范围考察

郭春晖¹, 罗文柯^{2*}, 李贺², 袁晗², 李文豪², 朱松松³

(1. 淮北矿业股份有限公司临涣煤矿, 安徽 淮北 235146; 2. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;
3. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:保护层开采是突出煤层开采最为经济合理的卸压措施.本文在对淮北矿业集团某矿82采区的保护层与被保护层工作面空间关系特征分析基础上,提出了对无突出危险性的保护层6₁煤瓦斯的“风排+采空区埋管抽采+高位钻孔抽采”和被保护层7₂煤瓦斯的“底板岩巷密集型穿层钻孔抽采+顺层钻孔抽采”相结合的瓦斯治理方案,并在保护层6₁煤开采过程中对被保护层7₂煤的有效卸压范围与残余瓦斯压力进行实地考察.通过保护范围与保护效果考察发现:被保护层7₂煤有效卸压范围与残余瓦斯压力均满足《防治煤与瓦斯突出细则》对保护层效果考察要求,为安全高效开采82采区煤炭资源提供了可靠保障.

关键词:保护层开采;高位钻孔;穿层钻孔;顺层钻孔;卸压范围

中图分类号:TD712.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2020)03-0007-06

Investigation on Gas Control and Protection Range of Protective Layer Mining

Guo Chunhui¹, Luo Wenke², Li He², Yuan Han², Li Wenhao², Zhu Songsong³

(1. Linhuan Coal Mine of Huaibei Mining Co., Ltd., Huaibei 235146, China;

2. School of Resource & Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

3. Hunan Key Laboratory of Coal Mine Safety Mining Technology, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The protective layer mining is the most economical and reasonable pressure relief measure for the mining of outburst coal seams. Based on the spatial distribution of the protective layer and protected layer, a gas control project was proposed, which was combined with ventilation air methane, buried pipe drainage in goaf, and high level borehole drainage for the protective layer 6₁, floor roadway dense layer-through borehole drainage and in-seam borehole drainage for the protected layer 7₂. In addition, the pressure relief range and residual gas pressure of 7₂ coal were investigated during the mining of 6₁ coal. The results show that the pressure relief range and residual gas pressure of 7₂ coal reach the standard, providing a strong guarantee for the exploitation of 82 coal.

Keywords: protective layer mining; high level borehole; layer-through borehole; in-seam borehole; pressure relief range

收稿日期:2019-07-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51974120);湖南省自然科学基金资助项目(2018JJ2123)

*通信作者, E-mail: hkdllwk@tom.com

保护层开采是突出煤层群瓦斯治理的首选技术^[1-4].涂敏等^[5]研究了保护层开采对上覆煤巷变形的动态影响规律与注浆加固技术;余陶^[6]和王海锋^[7]等揭示了保护层开采保护范围的扩界问题;高保彬^[8]等发现了保护层开采裂隙演化与瓦斯渗流规律;刘彦伟^[9]等进行了保护层开采与瓦斯卸压抽采可靠性研究;左建平^[10]和马占国^[11]等探究了保护层开采的围岩变形特征;程远平^[12]和贺爱萍^[13]等进行了保护层开采时被保护层的瓦斯涌出、膨胀变形研究;王志亮^[14]、李圣伟^[15]和王志强^[16]等进行了保护层开采的卸压效果、增透效应和连续性卸压技术研究.然而,各矿井地质构造与煤层赋存的复杂性、多样性及卸压盲区,导致保护层与被保护层工作面无法实现等宽布置、保护层开采时工作面上隅角与回风平巷的瓦斯浓度容易超限、卸压瓦斯抽采效率不高等难题.因此,上保护层开采下的卸压效果考察与范围确定亟待解决.

1 工程背景

淮北矿业集团某矿走向长约 10.5 km,宽约 3~8.5 km,矿井面积约 58.1 km².采区位于井田西南部,东北部以 178 与 14-153 两孔连线为界;西部及南部以 9 煤层露头线为界;东部(深部)以 F₉ 断层为界.据三维地震勘探资料,82 采区内构造复杂,共发现断层 40 条和褶曲 1 条,其中正断层 38 条,逆断层 2 条.82 采区保护层工作面与被保护层工作面参数如表 1 所示.

该采区内 6₁ 煤无突出危险性,下覆 7₂ 煤经鉴定为突出煤层.煤层赋存具备适合保护层开采条件,则在保护层 6₁25 工作面开采过程中的瓦斯治理实现 2 个目标:一是要保证 6₁25 工作面回采过程中的瓦斯浓度不超限;二要在保护层 6₁ 煤开采的同时,在被保护层 7₂ 煤的底抽巷施工密集型穿层钻孔抽采采动影响下的卸压瓦斯,以实现被保护层 7₂ 煤的卸压消突目的.

2 被保护层煤层基础参数测定

为了掌握被保护层 7₂ 煤的瓦斯赋存特点与规律,首先需对 82 采区 6₁25 工作面及采动影响范围内的有关被保护层 7₂ 煤层瓦斯基础参数进行测定,为保护层开采瓦斯综合治理和被保护层卸压效果考察奠定基础.被保护层 7₂ 煤层瓦斯基础参数测定结果汇总如表 2 所示.从表 2 可以看出,被保护层 7₂ 煤原始瓦斯压力、原始瓦斯含量、坚固性系数和瓦斯放散初速度指标均大于《防突细则》(2019)中的临界值,显示被保护层 7₂ 煤具有煤与瓦斯突出危险性;又根据钻孔流量衰减系数 α 和煤层透气性系数 λ 可知,7₂ 煤属于难以抽采煤层.

表 1 保护层与被保护层工作面参数表

项目	保护层工作面		被保护层工作面	
	6 ₁ 23	6 ₁ 25	7 ₂ 25	7 ₂ 27
工作面名称	6 ₁ 23	6 ₁ 25	7 ₂ 25	7 ₂ 27
走向长/m	600	670	940	1060
倾斜长/m	140	140	145	140
煤层厚度/m	1.42	1.42	3.00	3.00
煤层倾角/(°)	10	10	10	10

表 2 被保护层 7₂ 煤基础参数测定结果

序号	参数名称	单位	平均值	序号	参数名称	单位	平均值
1	煤的坚固系数 f		0.30	8	孔隙率 F	%	6.47
2	瓦斯放散初速度 ΔP	mmHg	12.60	9	瓦斯吸附常数 a	m ³ /t	17.916 8
3	水分 M_{ad}	%	3.34	10	瓦斯吸附常数 b	MPa ⁻¹	0.997 4
4	灰分 A_{ad}	%	16.26	11	煤层瓦斯含量 X	m ³ /t	6.32
5	挥发分 V_{daf}	%	35.01	12	钻孔流量衰减系数 α	d ⁻¹	0.017 93
6	真密度 T_{RD}	t/m ³	1.47	13	煤层透气性系数 λ	m ² /(MPa ² ·d)	0.048 6
7	视密度 A_{RD}	t/m ³	1.34	14	煤层最大瓦斯压力 P	MPa	1.28

3 保护层开采瓦斯治理方案

3.1 保护层开采瓦斯治理

基于保护层 6₁ 煤无突出危险性的客观条件,结合 82 采区地质构造情况,对保护层 6₁ 煤瓦斯治理采用“风排+采空区埋管抽采+高位钻孔抽采”模式.

3.1.1 风排瓦斯

矿井通风系统是为井下各工作地点提供足够的新鲜空气,并将井下各作业地点的有毒有害气体、粉尘

等排放到地面,使井下各作业地点的瓦斯浓度符合《煤矿安全规程》有关规定和要求,以保证井下作业系统正常运行、作业人员安全健康.6₁25 工作面采掘活动期间的通风是瓦斯治理的基础性工作.

3.1.2 采空区半密闭埋管瓦斯抽采

在 6₁25 工作面回风巷抽采管的末端设一弯管,使抽采管口抬高至回风巷顶,并设木垛对其管口进行保护,以此形成埋管口(站管).接替管安装长度大于 10 m,并在工作面的后部抽采管上每隔 50 m 安装一组三通、控制阀门及埋管口组件,在工作面推进过程中,将埋管口保留在工作面的采空区,通过抽采系统对采空区瓦斯进行抽采.抽采管路布置如图 1 所示.

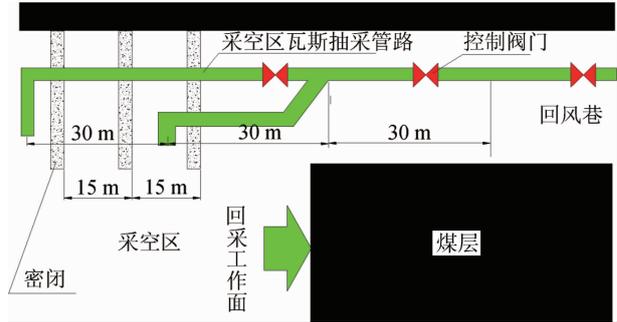


图 1 6₁25 工作面采空区埋管抽采管路布置

3.1.3 高位钻孔抽采瓦斯

在 82 采区 6₁25 工作面回风巷内向煤层顶板方向施工钻场,在钻场内向煤层顶板采空区方向施工钻孔抽采瓦斯,抽采系统布置如图 2 所示.高位钻孔的主要作用是以工作面回采采动影响形成的顶板裂隙作为通道,来抽采采空区及上隅角顶板方向涌出的瓦斯,减少涌入采空区的瓦斯,从而减少工作面的瓦斯涌出量.

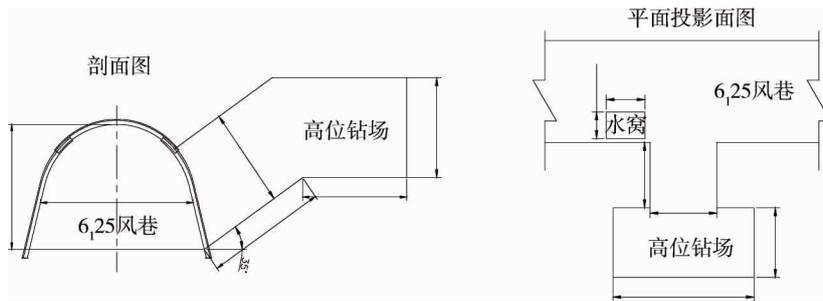


图 2 6₁25 工作面高位钻孔抽采瓦斯设计

3.1.4 瓦斯抽采量统计

保护层 6₁25 工作面开采过程中风排+抽采瓦斯与工作面推进过程的动态变化如图 3 所示.由图 3 可以看出:在保护层工作面准备阶段和回采初期,风排瓦斯纯量和(高位钻孔+老塘)瓦斯抽采纯量均较低,当回采至切眼 703 m 时,无论是瓦斯抽采纯量还是风排瓦斯纯量均达到最大值 38 933 m³ 和 65 232 m³.即开采卸压效果最佳时间维度为 79%,空间维度为 95%~96%时耦合作用最好.

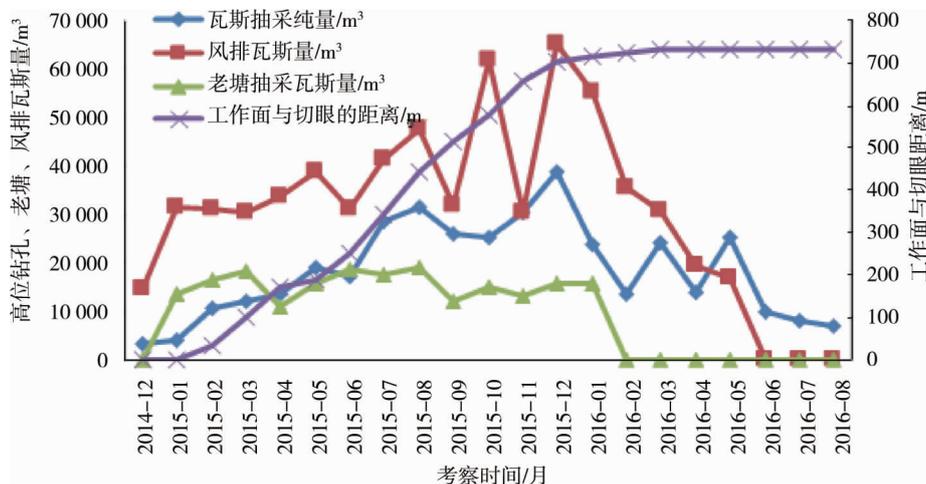


图 3 保护层 6₁25 开采时采空区埋管(老塘)+高位钻孔+风排瓦斯纯量动态变化

3.2 被保护层 7₂ 煤瓦斯治理

为了有效抽采保护层开采时的卸压瓦斯,实现对被保护层 7₂ 煤的瓦斯治理,82 采区被保护层 7₂ 煤则采用“底板岩巷条带式穿层钻孔+顺层钻孔”瓦斯治理模式。

3.2.1 抽采钻孔布置

在被保护层 7₂27 工作面待掘的运输平巷(机巷)、切眼和轨道平巷(风巷)煤层下部 20~25 m 的岩层中布置 2 条底板瓦斯专抽巷(简称底抽巷),在底抽巷内每隔一定距离(50 m 左右)施工一个瓦斯抽采钻场,在钻场中向被保护层 7₂ 煤的机巷、切眼和风巷位置及其周围条带施工网格密集型穿层钻孔进行卸压瓦斯抽采,待预掘煤巷条带区域瓦斯卸压到满足《防突细则(2019)》要求后,再在 7₂ 煤的机巷、切眼和风巷施工的同时,对被保护层 7₂ 煤施工顺层钻孔,对其中部未卸压区域瓦斯进行卸压抽采.其钻孔布置平面图和剖面图如图 4a 和图 4b 所示。

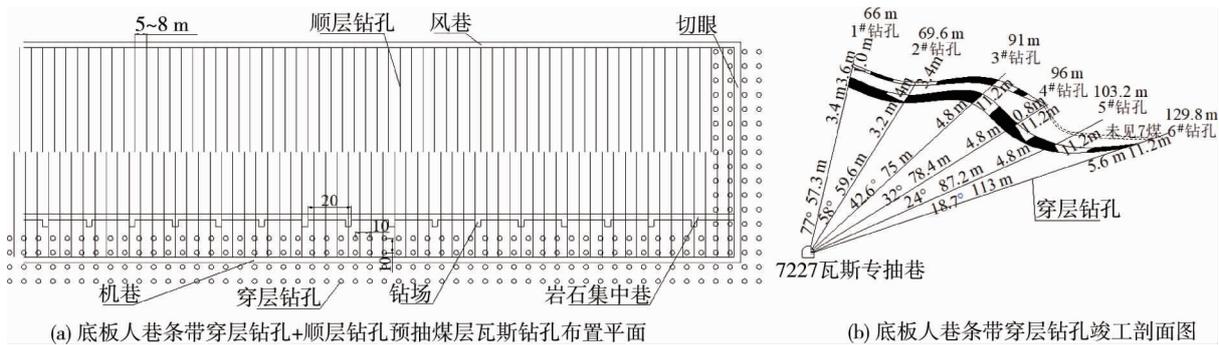


图 4 被保护层 7₂27 工作面“底板岩巷条带式穿层钻孔+顺层钻孔抽采”钻孔布置

3.2.2 抽采瓦斯纯量统计

保护层开采时对被保护层 7₂ 煤底抽巷穿层钻孔抽采+顺层钻孔抽采瓦斯纯量按月统计如图 5 所示。由图 5 可知,当保护层工作面推进至 703 m 时,被保护层的瓦斯抽采纯量达到最大值 38 933 m³。

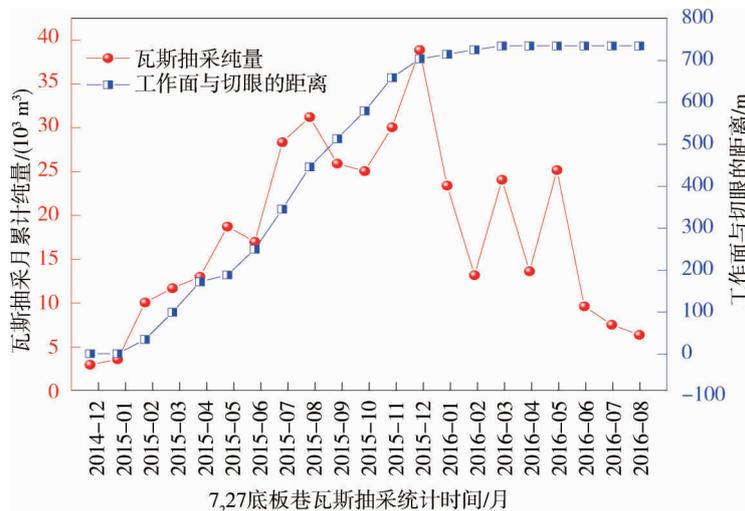


图 5 保护层 6₁25 开采时被保护层 7₂ 煤瓦斯抽采纯量变化动态曲线

4 保护层开采卸压效果考察

4.1 倾斜方向卸压范围考察

4.1.1 考察钻孔布置设计

在 7₂ 煤底板南翼轨道大巷选择 g40 点向 g39 点前进 22.7 m 的位置为倾向边界卸压角观测孔钻场,在该钻场分别施工 3 个倾向方向保护范围的观测钻孔,即以《防突细则》的理论卸压角 $\delta_4 = 75^\circ$ 为基准观测点,其余 2 孔观测钻孔分别与基准观测点外偏和内偏各 5° .即 KYQ7-1 为内偏 5° 实测钻孔,KYQ7-2 为理

论卸压角实测钻孔,KYQ7-3 为外偏 5°实测钻孔.钻孔布置平面图和剖面图如图 6 所示.

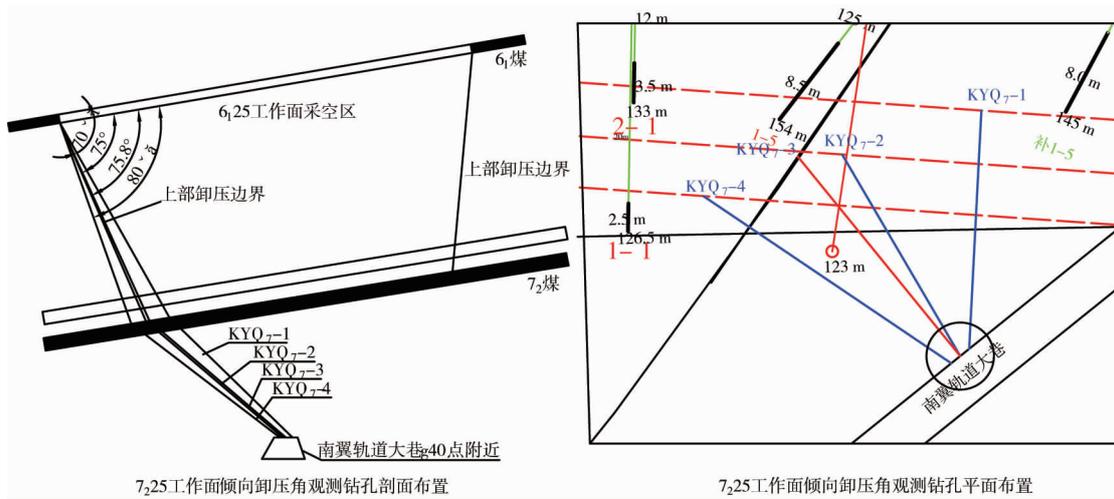


图 6 保护层开采倾向方向保护范围实测钻孔布置

4.1.2 实测结果分析

根据倾斜方向的观测原始数据整理可知:自 2015 年 1 月 6 日安装测压表后,各测压钻孔的瓦斯压力逐渐升高,至 2015 年 1 月 20 日之后,KYQ7-1,KYQ7-2,KYQ7-3 分别稳定在 0.4,0.2,0.3 MPa.然后工作面开始推进,当工作面推进近 200 m 接近各测压钻孔时,KYQ7-1 钻孔的瓦斯压力于 2015 年 3 月 27 日率先下降至“0 MPa”;KYQ7-2 钻孔的瓦斯压力于 2015 年 3 月 30 日相继下降至“0 MPa”.而外偏 5°的观测钻孔在保护层采动卸压影响下,其瓦斯压力由原来的 0.3 MPa 降低到 0.15 MPa,降低幅度达 50%.说明在倾斜方向的卸压范围的实测值超出理论卸压角实测值,即为外偏 5°的 KYQ7-3 钻孔范围.

4.2 走向方向卸压保护范围考察

4.2.1 考察钻孔设计

根据《防突细则》可知,理论上走向方向的卸压角按 60°设计.为此,在 7₂ 煤底板南翼轨道大巷选择从 g18→g26 方向前进 32.13 m 为开口位置施工走向方向卸压角实测钻场,在该钻场分别施工 3 个走向方向保护范围的观测钻孔,压力同倾斜方向钻孔布置,实测布置如图 7 所示,实测钻孔编号分别为 KYZ₇-1, KYZ₇-2, KYZ₇-3,且 KYZ₇-1 为内偏 5°实测钻孔, KYZ₇-2 为理论卸压角实测钻孔, KYZ₇-3 为外偏 5°实测钻孔.

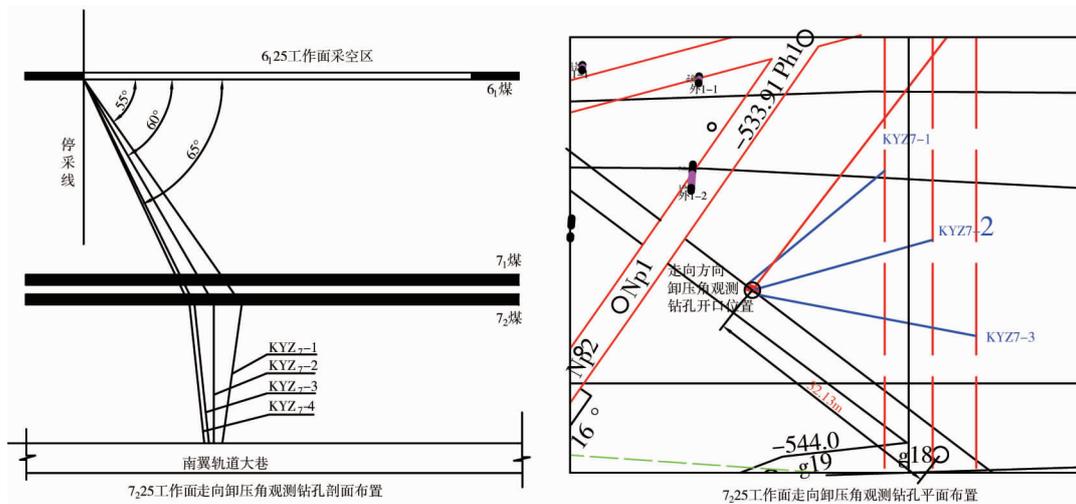


图 7 保护层开采走向方向保护范围实测钻孔布置

4.2.2 实测结果分析

将实测钻孔 KYZ₇-1, KYZ₇-2, KYZ₇-3 的原始数据统计可知:走向方向卸压范围实测钻孔的施工始

于2015年1月1日开始,其中 KYZ_7-1 钻孔的瓦斯压力到2015年2月2日才趋于稳定在0.2 MPa; KYZ_7-2 钻孔的瓦斯压力稳定速度较慢,在2015年2月6日才趋于稳定在0.3 MPa; KYZ_7-3 钻孔的瓦斯压力稳定速度较快,在2015年1月15日就趋于稳定在0.5 MPa.工作面开始推进的时间是2015年2月2日,在工作面自切眼向停采线推进过程中,各测压钻孔的瓦斯压力值均保持恒定,说明各钻孔封孔效果较好.当工作面推进靠近测定钻孔附近时,受采动卸压影响,各钻孔的瓦斯压力逐渐获得释放而压力值开始减少,理论参考卸压角内偏 5° 的 KYZ_7-1 实测钻孔瓦斯压力于2015年12月6日(距切眼方向695 m距离)时开始急剧衰减,于13日就衰减至“0 MPa”,说明卸压效果明显;理论卸压角实测钻孔 KYZ_7-2 的瓦斯压力亦与 KYZ_7-1 钻孔同时下降,并迅速降低至“0 MPa”值;位于理论卸压角外侧 5° 的实测钻孔 KYZ_7-3 的瓦斯压力亦于同一时间开始下降,但下降的幅度较前者小,直至观测到2016年2月15日,其瓦斯压力值为0.1 MPa,降低幅度为80%.说明靠近理论卸压角外偏 5° 的实测钻孔亦在其保护层开采的有效卸压范围之内.

5 结论

1)从被保护层 7_2 煤的基础参数测定结果可以看出,被保护层 7_2 煤的各种突出危险性单项指标均显示其突出危险性,尤其原始瓦斯压力3.5 MPa,比临界值0.74 MPa要大得多.

2)根据煤钻孔流量衰减系数 α 和煤层透气性系数 λ 等测定结果分析,82采区 7_2 煤瓦斯抽采难易程度属“难以抽采煤层”.

3)保护层开采的瓦斯涌出与抽采时空规律影响考察发现:保护层开采卸压效果最佳的时间维度为总时间的79%,空间维度为总空间维度的95%~96%时的耦合作用结果.

4)卸压范围考察结果可以看出,无论倾斜方向,还是走向方向,其实测的卸压角均比《防突细则》的理论卸压角要大,即分别为 70° (倾斜)和 65° (走向).

参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理总局.保护层开采技术规范(AQ1050—2008)[M].北京:煤炭工业出版社,2008.
- [2] 国家安全生产监督管理总局.防治煤与瓦斯突出细则[M].北京:煤炭工业出版社,2019.
- [3] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2018.
- [4] 俞启香.矿井瓦斯防治[M].徐州:中国矿业大学出版社,1992.
- [5] 涂敏,张向阳,张华磊.下保护层开采对上覆煤巷的动态影响及控制研究[J].采矿与安全工程学报,2008,24(5):426-429.
- [6] 余陶,卢平,孙金华,等.远距离下保护层开采保护范围扩界研究[J].华北科技学院学报,2014,11(1):42-47.
- [7] 王海锋,程远平,刘桂建,等.被保护层保护范围的扩界及连续开采技术研究[J].采矿与安全工程学报,2013,30(4):595-599.
- [8] 高保彬,李回贵,王洪磊. UDEC 下保护层开采裂隙演化及瓦斯渗流规律[J].河南理工大学学报(自然科学版),2013,32(5):518-522.
- [9] 刘彦伟,李国富.保护层开采及卸压瓦斯抽采技术的可靠性研究[J].采矿与安全工程学报,2013,30(3):426-431.
- [10] 左建平,刘连峰,周宏伟,等.不同开采条件下岩石的变形破坏特征及对比分析[J].煤炭学报,2013,38(8):1319-1324.
- [11] 马占国,涂敏,马继刚,等.远距离下保护层开采煤岩体变形特征[J].采矿与安全工程学报,2008,25(3):253-257.
- [12] 程远平,周德永,俞启香,等.保护层卸压瓦斯抽采及涌出规律研究[J].采矿与安全工程学报,2006,23(1):12-18.
- [13] 贺爱萍,付华,路洋波,等.保护层开采被保护层膨胀变形分析方法[J].中国安全生产科学技术,2016,12(8):60-67.
- [14] 王志亮,焦殿志,彭辉.保护层开采效果测评方法研究[J].华北科技学院学报,2012,9(3):11-15.
- [15] 李圣伟,高明忠,谢晶,等.保护层开采卸压增透效应及其定量表征方法研究[J].四川大学学报(工程科学版),2016,48(s1):11-15.
- [16] 王志强,冯锐敏,高运,等.突出煤层实现连续卸压的倾斜近距下保护层开采技术研究[J].岩石力学与工程学报,2013,32(s2):3795-3802.