

高位定向水平长钻孔预抽技术在煤层群开采中的应用

侯国明¹, 郭春晖¹, 汤宗超¹, 罗文柯^{2*}, 游波², 陈晓勇²

(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)

摘要:以临涣煤矿9111工作面瓦斯综合治理模式为例,研究高位定向水平长钻孔在煤层群开采中的实际应用效果。主要介绍高位定向水平长钻孔的实施方案和技术原理,通过控制变量法,测定各类钻孔抽采参数,结合9111工作面回采期间实际瓦斯涌出情况,研究其实际抽采效果。结果表明:通过合理控制钻孔施工层位,能有效的预抽采空区瓦斯、本煤层涌出瓦斯及邻近层卸压瓦斯,能够很好的取代现有的高位钻孔及上向拦截钻孔技术,具有很高的推广应用价值。

关键词:高位定向水平长钻孔;预抽方法;煤层群开采;高位钻孔;拦截钻孔

中图分类号:TD712.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2017)03-0073-06

On the Application of the High Directional Level Long Borehole Drainage Technology in the Coal Seam Group Mining

Hou Guoming¹, Guo Chunhui¹, Tang Zongchao², Luo Wenke³, You Bo³, Chen Xiaoyong³

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

2. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Taking the melting 9111 mining area of gas comprehensive control mode in Linhuan Coal Mine as an example, this paper studies the high directional level long borehole in the coal seam group mining effect in practical application. It mainly introduces the high directional level drilling plan and technical principle, through the method of controlling the variable and the determination of various drilling parameters extraction, which is combined with the situation of gas emission during the 9111 mining face, in order to study the actual extraction effect. Meanwhile, the results of this research show that if we control the horizon in the drilling construction reasonably, we can extract the goaf gas effectively. Having got the coal seam gas outburst and the adjacent layer pressure, we can use the gas to replace the existing high drilling to intercept drilling, which has high applied value in practice.

Keywords: high directional level long borehole; gas extraction method; coal seam group mining; high drilling; intercept drilling

煤矿是我国国民经济的基础产业,它为国家建设和人民生活提供了必需的能源,在整个国民经济发展中占据非常重要的地位^[1]。伴随着我国煤矿开采强度的增大和开采深度的增加,煤矿灾害隐患也日渐突出,且在所有煤矿灾害事故中,又以瓦斯灾害最为严重,因此加强煤矿瓦斯治理已迫在眉睫。而治理瓦斯问题的根本方法是对瓦斯进行抽采,目前有许多学者对此做了研究,如戎立帆^[2]等研究了下向穿层瓦斯抽采钻孔新型封孔方法,许满贵^[3]等研究了钻孔预抽煤层瓦斯影响规律,郝世俊^[4]等对抽放瓦斯定向钻孔的施工技术进行了分析,杨志勇^[5]等探讨了矿顶、底板拦截抽放在煤层瓦斯治灾中的应用,卫修君^[6]等研

收稿日期:2017-02-28

基金项目:湖南省教育厅科研一般项目(15C0553)

*通信作者, E-mail: hkdllwk@tom.com

究了煤岩瓦斯动力灾害发生机理及综合治理技术,梁冰^[7]等构建了本煤层顺层瓦斯抽采渗流耦合模型,袁亮^[8]等论述了大直径地面钻井采空区采动区瓦斯抽采理论与技术,吴兵^[9]等研究了回采工作面上隅角瓦斯拖管抽采技术参数,陈功胜^[10]等研究了松软煤层瓦斯抽采钻孔不提钻下入筛管技术,卢平^[11]等针对深井煤层群首采层Y型通风工作面采空区进行卸压瓦斯抽采与综合治理研究,孙东玲^[12]等分析了煤矿采动区地面井瓦斯抽采技术及其应用前景,刘彦伟^[13]对突出危险煤层群卸压瓦斯抽采技术进行了优化,黄敬恩^[14]等研究了近距离高瓦斯煤层群采动裂隙带瓦斯抽采技术,王小朋^[15]等对低透气性厚煤层瓦斯双抽采系统进行了优化研究,这些技术研究为煤矿瓦斯抽采的发展奠定了基础.因此,本文以临涣煤矿为例探讨瓦斯治理新技术.

临涣煤矿为煤与瓦斯突出矿井,井田内10,9(8),7煤层均为突出煤层.井田内地质构造复杂,瓦斯灾害严重.为解决工作面瓦斯灾害严重这一难题,在工作面回采前后,分别采取了穿层钻孔、顺层钻孔、老塘埋管、斜交钻孔、高位钻孔、拦截钻孔、地面抽采井预抽等传统瓦斯治理手段,更是首次试验了高位定向水平长钻孔这一措施,经实际考察,措施抽采效果显著.基于此,本文特围绕高位定向水平长钻孔这一瓦斯治理新技术进行研究、应用、考察,采用变量控制法,测定各抽采钻孔抽采浓度、抽采纯量等参数,分析高位定向水平长钻孔能否较好的取代传统的高位钻孔和上向拦截钻孔,为煤矿瓦斯治理技术的发展提供新途径.

1 矿区概况

2016年6月,临涣煤矿首次开采突出危险区工作面——9111工作面,该面走向长407m,平均倾斜长127m,平均煤厚3.2m,为走向长壁式综采工作面.该面9煤原始瓦斯压力、含量分别为2.56MPa,9.68m³/t,上覆7和8煤层均未开采,原始瓦斯压力含量分别为1.95MPa,9.37m³/t和2.56MPa,9.68m³/t,工作面瓦斯灾害较为严重.

9111工作面为临涣煤矿东翼一水平I11采区首个突出危险区工作面,上为小陈家断层煤柱,下为9113工作面;西为9112工作面,东为BF₃₄,大吴家断层煤柱.工作面走向长407m,平均倾斜长127m,平均煤厚3.2m,总面积约60409m².工作面标高为-401.3~-500.5m,井下实测最大原始瓦斯压力为2.56MPa,最大原始瓦斯含量为9.68m³/t.9煤层上覆7和8煤层层间距分别为26,7m,实测7和8煤原始瓦斯压力含量分别为1.95MPa,9.37m³/t和2.56MPa,9.68m³/t.

2 高位定向水平长钻孔瓦斯抽采技术

2.1 预抽原理

保护层工作面开采后,煤岩层应力重新分布,自保护层由下而上分别产生垮落带(冒落带)、断裂带(裂隙带)、弯曲下沉带,由近至远分别产生支撑应力区、卸压区、应力恢复区.应力重新分布后,处在不同分带(区)内的煤岩层裂隙发育状态、透气性变化、瓦斯的解吸及流动条件均不相同,但总体呈现为煤岩层裂隙增多、透气性增强、瓦斯流动速度增大.受压差影响,工作面采空区瓦斯及邻近层溢出瓦斯通过裂隙向工作面回风巷流动,将钻孔布置施工在瓦斯流动路线中,可超前预抽运移瓦斯.同时,通过控制钻孔施工层位,可针对性抽采采空区或邻近层溢出瓦斯,如图1所示.

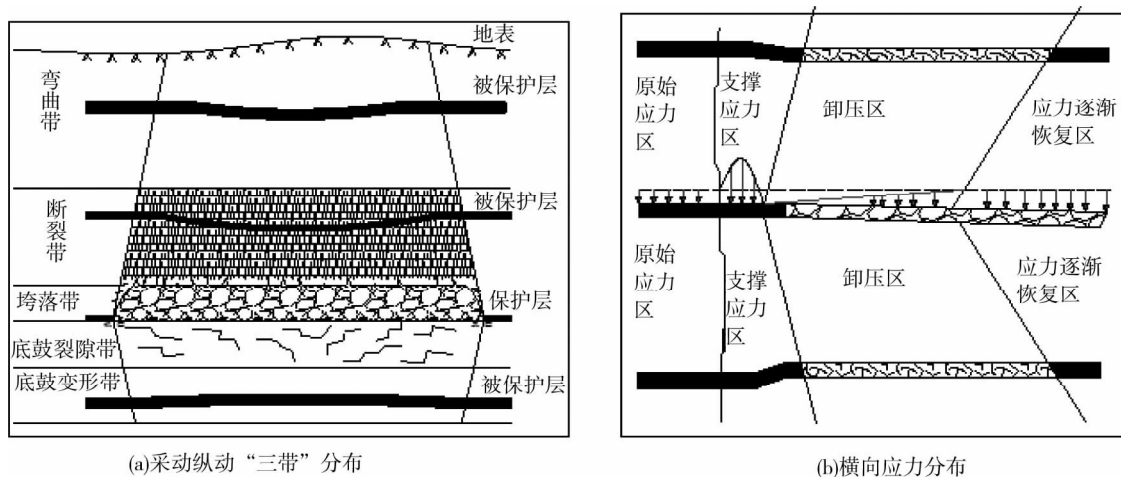


图1 煤矿采动的纵向“三带”和横向应力分布

2.2 钻孔施工要求与钻孔布置

高位定向水平长钻孔采用 ZDY-12000 定向钻机施工,动力马达位于定向钻头部位,通过螺杆马达、通缆钻杆等连接机体,实现钻孔转向、随钻测量方位倾角等功能.在工作面收作线以外 9 煤层顶板巷道施工高位钻场,共布置水平长钻孔 5 个,钻孔控制工作面走向长度.临涣煤矿 9111 工作面共设计高位定向水平长钻孔 5 个,其中,沿 9 煤层顶板布置 3 个(A₁ 孔~A₃ 孔),钻孔布置在 9 煤层顶板法距 20~25 m 岩层中,预抽 9 煤采空区瓦斯及 7 煤层向下溢出瓦斯;沿 7 煤层顶板布置 2 个(B₁ 孔,B₂ 孔),钻孔布置在 7 煤层顶板 10~15 m 岩层中,预抽 7 煤层向上溢出瓦斯;钻孔总工程量为 4 166 m.设计与竣工图如图 2 和图 3 所示.

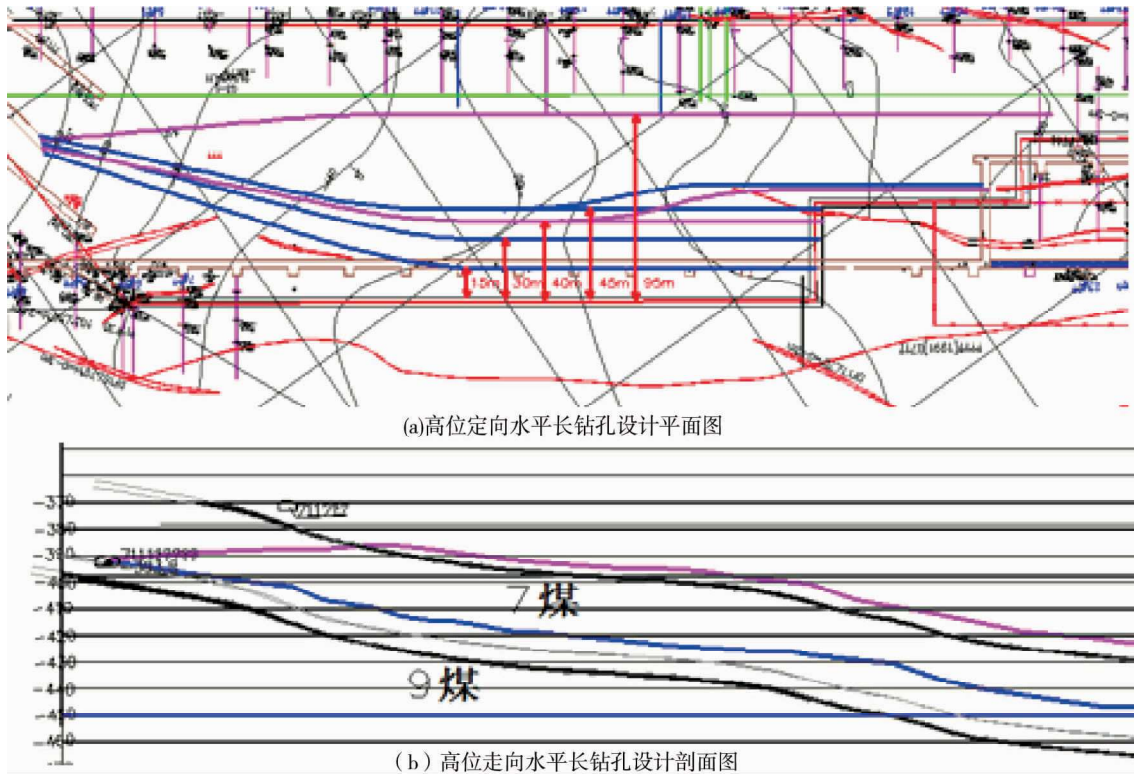


图 2 高位定向水平长钻孔设计平、剖面图

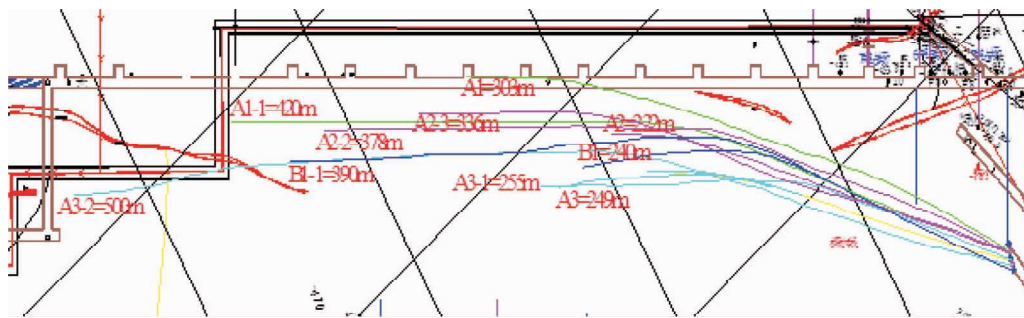


图 3 高位定向水平长钻孔竣工图

2.3 工作面瓦斯治理的其它技术措施

为了有效控制保护层 9111 工作面的瓦斯超限,除实施上述的高位定向水平长钻孔进行瓦斯抽采以外,还需配以其它瓦斯抽采技术,如底板巷条带穿层钻孔抽采、顺层钻孔抽采、斜交钻孔抽采、高位钻孔抽采、老塘埋管抽采、上向拦截钻孔抽采、地面钻井抽采等综合技术在 9111 工作面回采期间的应用,各具体措施的抽采钻孔布置如下.

- 1)底板巷条带穿层钻孔瓦斯抽采.在 9111 工作面的底板瓦斯抽采专用巷内每隔 30 m 施工 1 个钻场,

在钻场内施工穿层钻孔,预抽9111机、风巷及切眼煤巷条带瓦斯。穿层钻孔终孔间距 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$,控制到待掘巷道两帮 15 m 外,钻孔孔径 $\Phi 113\text{ mm}$,终孔于9煤顶板不少于 0.5 m ;对于8煤层厚度大于 0.3 m ,且距9煤层法距小于 7 m 的区域,钻孔穿过8煤层顶板 0.5 m 。

2)工作面顺层钻孔瓦斯抽采。在工作面机、风巷向面内施工顺层钻孔,在底抽巷补充施工面内穿层钻孔,预抽工作面瓦斯。顺层钻孔孔间距为 3 m ,面内穿层钻孔终孔间距为 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$,钻孔孔径 $\Phi 113\text{ mm}$ 。

3)斜交钻孔+老塘埋管瓦斯抽采。斜交钻孔:在风巷距离切眼 $20\sim 30\text{ m}$ 位置施工2组斜交钻孔,每组4个共8个,钻孔终孔于切眼上方 $3\sim 5\text{ m}$,预抽上隅角瓦斯。老塘埋管:在上隅角及风巷向下 10 m 架后位置,分别预留“T”型站管1个,与风巷抽采管路联管抽采;随着工作面的推进,每 $15\sim 25\text{ m}$ 预留抽放站管1个,预抽上隅角及采空区瓦斯。

4)高位钻孔瓦斯抽采。沿9111工作面风巷每隔 $80\sim 100\text{ m}$ 设计布置1个高位钻场,1[#]钻场布置13个孔(含3个初放低位孔),其余每个钻场内布置10个钻孔,孔径 113 mm ,预抽回采期间上隅角及采空区瓦斯。

5)上向拦截钻孔瓦斯抽采。利用高位钻场向7煤被保护层施工上向拦截钻孔,预抽被保护层卸压瓦斯,减少被保护层卸压瓦斯大量涌入保护层工作面及采空区。

6)地面钻进瓦斯抽采。地面钻井穿透被保护层7煤进入保护层9煤底板,在保护层开采期间,地面钻井对被保护层7煤卸压区域瓦斯进行高负压抽采。根据工作面走向及抽采半径,共施工了3口地面井,钻井开孔直径 311 mm ,终孔直径 91 mm 。沿工作面走向第一个钻井距9111工作面切眼 30 m ,距风巷 50 m ,钻井间距为 150 m 。

3 抽采效果考察

3.1 抽采效果考察方案

工作面利用地面永久瓦斯抽采系统和井下局部瓦斯抽采系统进行抽采,各抽采措施均采用单独计量。为考察高位定向水平长钻孔抽采效果,特采用控制变量法,控制高位钻孔、上向拦截钻孔等抽采措施开停,测定考察期间抽采瓦斯浓度、流量等参数,对比分析其抽采效果。

考察共分为3个阶段:第1阶段关闭高位钻孔抽采,研究高位定向水平长钻孔是否能取代高位钻孔;第2阶段关闭高位、上向拦截钻孔抽采,研究高位定向水平长钻孔是否能取代上向拦截钻孔;第3阶段关闭高位、上向拦截钻孔抽采,调节地面抽采井负压,研究高位定向水平长钻孔是否能取代地面抽采井。

考察期间,通过测定钻孔抽采浓度、抽采纯量、工作面回风流瓦斯浓度,对比分析各项参数变化情况,研究关闭相应抽采措施后工作面风排瓦斯量是否增加,并得出最终结论。

3.2 效果考察及分析

2016年9月1日至7日测定了正常抽采阶段各抽采措施抽采参数。其中,瓦斯涌出总量(测定期间平均值,下同)为 $17.38\text{ m}^3/\text{min}$,风排瓦斯量为 $2.1\text{ m}^3/\text{min}$,抽采瓦斯量为 $15.28\text{ m}^3/\text{min}$;高位+顺层抽采量 $1.14\text{ m}^3/\text{min}$,上向拦截抽采量 $1.67\text{ m}^3/\text{min}$,高位定向水平长钻孔抽采量 $3.73\text{ m}^3/\text{min}$,地面抽采井抽采量 $8.75\text{ m}^3/\text{min}$ 。

9月8日至17日进一步停止了高位+风巷顺层钻孔抽采。停抽后,定向钻孔、上向拦截孔、地面抽采井抽采量分别增加了 $1.02, 0.10, 0.16\text{ m}^3/\text{min}$ 。同时,由于该阶段回采速度相对较快,瓦斯涌出总量、抽采瓦斯量、风排瓦斯量均有所上升,但幅度较小。由数据可看出,原高位+顺层钻孔抽采瓦斯大部分进入高位定向水平钻孔(占增加量的80%左右),少部分进入拦截钻孔和地面抽采井,考察期间回风流最大瓦斯浓度为0.21%,关闭高位+顺层钻孔抽采不影响工作面安全回采。

9月18日至24日停止了上向拦截钻孔抽采,停抽后,定向钻孔、地面抽采井抽采量分别增加了 $1.25, 0.21\text{ m}^3/\text{min}$ 。原高位+顺层、上向拦截钻孔抽采瓦斯大部分仍进入定向钻孔(占增加量的85%),剩余部分进入地面抽采井。另外,瓦斯涌出总量、风排瓦斯量、抽采瓦斯量较正常抽采阶段基本一致,回风流最大瓦斯浓度为0.17%,关闭上向拦截钻孔抽采不影响工作面安全回采。

9月25日至29日、9月30日至10月5日,分别将地面抽采井抽采闸阀关闭 $1/3$ 和 $2/3$ 。限抽后,定向钻孔抽采量增加了 $0.6\text{ m}^3/\text{min}$,地面抽采井抽采量降低了 $3.46\text{ m}^3/\text{min}$,抽采瓦斯量降低了 $2.86\text{ m}^3/\text{min}$,风排瓦斯量增加了 $2.18\text{ m}^3/\text{min}$ 。地面抽采井抽采瓦斯量降低部分只有17%进入定向钻孔,剩余部分随通风系统进入回风巷,回风流最大瓦斯浓度达到0.38%,且随着地面抽采井抽采负压逐步降低,瓦斯浓度呈

上升趋势,影响工作面安全回采.

效果考察详情及抽采量变化曲线如表1和图4所示.

表1 高位定向水平长钻孔抽采效果考察

日期 (月-日)	推进 度/m	高位+风巷 顺层钻孔		上向拦截钻孔		定向定向水 平长钻孔		地面抽采井		回风 甲烷 浓度 /%	抽采瓦 斯量/ (m ³ /min)	风排瓦 斯量 (m ³ /min)	总涌 出量/ (m ³ /min)	备注
		浓 度 /%	纯量/ (m ³ /min)	浓 度 /%	纯量/ (m ³ /min)	浓 度 /%	纯量/ (m ³ /min)	浓 度 /%	纯量/ (m ³ /min)					
9-1	2.5	6.46	1.01	6.57	1.49	26.84	3.64	74.70	8.55	0.15	14.69	2.10	16.79	正常抽 采阶段
9-2	2.4	7.25	0.98	6.51	1.53	28.95	3.96	84.08	8.80	0.16	15.27	2.24	17.51	
9-3	2.4	7.14	1.09	6.39	1.47	27.28	3.91	83.42	8.17	0.15	14.63	2.15	16.78	
9-4	2.6	6.85	0.99	5.76	1.51	28.78	3.85	74.72	8.32	0.15	14.66	2.12	16.78	
9-5	2.8	7.71	1.22	6.95	1.54	29.81	3.55	83.22	8.91	0.16	15.22	2.27	17.49	
9-6	2.4	9.56	1.29	8.31	1.82	31.08	3.48	81.54	9.35	0.14	15.94	1.99	17.93	
9-7	2.3	8.79	1.41	10.15	2.30	25.62	3.72	83.39	9.13	0.13	16.56	1.85	18.41	
9-8	1.5			6.28	1.93	16.91	4.17	79.91	8.98	0.15	15.08	2.13	17.21	第一阶 段高位 钻孔 停抽
9-9	4.0			6.97	1.56	16.01	4.20	77.15	9.09	0.16	14.85	2.27	17.12	
9-10	3.6			8.88	1.23	19.06	4.36	82.79	8.95	0.19	14.54	2.70	17.24	
9-11	2.4			10.32	1.73	22.94	4.86	89.79	9.11	0.19	15.69	2.70	18.39	
9-12	2.5			10.13	1.79	19.57	4.57	87.82	8.68	0.21	15.04	2.98	18.03	
9-13	1.6			9.38	1.81	21.33	4.85	91.90	8.87	0.18	15.53	2.56	18.09	
9-14	2.4			12.08	2.02	21.91	5.02	88.54	9.04	0.17	16.08	2.41	18.50	
9-15	2.4			16.24	2.19	24.08	5.48	93.52	8.56	0.17	16.23	2.41	18.65	
9-16	2.5			12.30	1.56	22.91	5.00	99.84	9.50	0.16	16.06	2.27	18.34	
9-17	2.5			15.13	1.91	20.59	4.98	86.48	8.31	0.15	15.20	2.13	17.33	
9-18	2.4					20.33	5.74	88.73	8.64	0.17	14.38	2.41	16.79	第二阶 段高位 钻孔、 上向拦 截钻孔 停抽
9-19	2.4					20.46	5.51	96.96	9.57	0.14	15.08	1.99	17.07	
9-20	2.9					21.10	5.55	92.18	9.85	0.13	15.41	1.85	17.25	
9-21	2.4					20.06	5.85	90.52	9.08	0.15	14.93	2.13	17.06	
9-22	2.8					21.76	6.45	80.16	9.14	0.14	15.59	1.99	17.58	
9-23	2.5					20.02	6.53	84.55	8.41	0.12	14.94	1.70	16.65	
9-24	2.5					18.92	6.40	91.30	9.11	0.15	15.51	2.13	17.64	
9-25	3.0					16.76	6.05	95.98	7.68	0.21	13.73	2.98	16.72	第三阶 段高位 钻孔、 上向拦 截钻孔 停抽,9- 25地面 抽采井 关闭1/ 3,9-30 关闭2/ 3,10-6 恢复
9-26	3.0					18.05	6.31	97.76	7.30	0.23	13.61	3.27	16.88	
9-27	2.4					17.97	6.42	92.35	6.50	0.22	12.91	3.12	16.04	
9-28	2.5					18.12	6.41	89.73	6.61	0.25	13.02	3.55	16.57	
9-29	2.4					19.57	6.19	92.55	6.53	0.28	12.72	3.98	16.70	
9-30	2.6					21.12	6.93	94.18	5.63	0.32	12.56	4.54	17.10	
10-1	2.8					21.33	6.87	98.54	4.55	0.38	11.41	5.33	16.74	
10-2	2.4					21.59	6.77	92.21	4.34	0.35	11.11	4.97	16.08	
10-3	2.4					22.07	6.94	93.44	4.20	0.36	11.15	5.10	16.24	
10-4	2.5					22.83	6.90	91.67	4.37	0.34	11.27	4.83	16.10	
10-5	2.6					22.14	6.83	85.43	4.51	0.33	11.34	4.69	16.03	

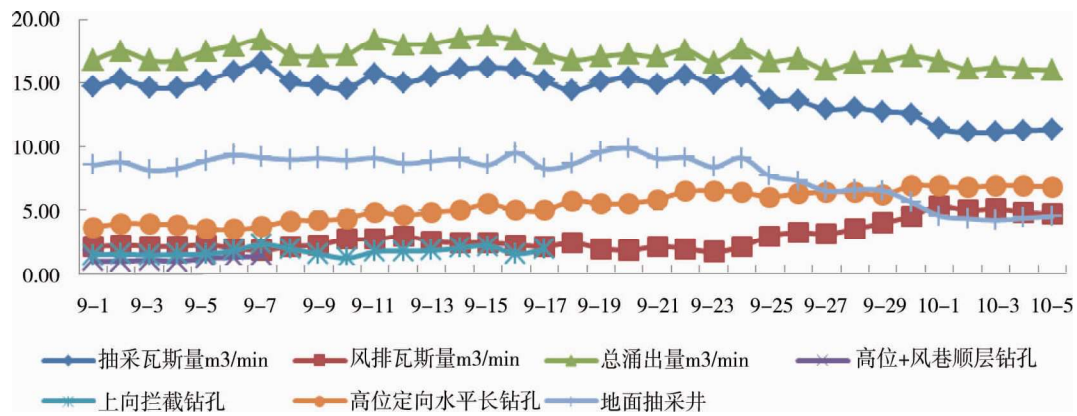


图4 抽采效果考察阶段抽采量变化曲线

4 结论

1) 高位定向水平长钻孔能够很好的取代高位钻孔及上向拦截钻孔,可提高被保护层区域瓦斯的抽采率,同时为被保护层卸压,减少工作面采空区瓦斯涌出。

2) 通过控制钻孔施工层位,可有效抽采临近层及采空区瓦斯,同时降低了瓦斯治理成本,节省了瓦斯治理时间,保障了工作面接替及安全高效回采,具有很好的推广应用价值。

3) 井下钻孔抽采剩余瓦斯会进入到地面抽采系统中,地面抽采在瓦斯治理方面也有很重要的作用,因此,高位定向水平长钻孔不能取代地面钻孔抽采。

参考文献:

- [1] 蒋承林. 矿井瓦斯灾害防治与利用[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2013.
- [2] 戎立帆, 柏发松, 车志飞. 下向穿层瓦斯抽采钻孔新型封孔方法及应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(8): 64-68.
- [3] 许满贵, 林海飞, 李树刚, 等. 钻孔预抽煤层瓦斯影响规律研究[J]. 矿业安全与环保, 2010, 31(5): 1-4.
- [4] 郝世俊. 抽放瓦斯定向钻孔施工技术的研究[J]. 探矿工程, 2003(4): 50-52.
- [5] 杨志勇. 鲁班山北矿顶、底板拦截抽放在煤层瓦斯治灾中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2014, 301(22): 106-107.
- [6] 卫修君, 林柏渠. 煤岩瓦斯动力灾害发生机理及综合治理技术[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 梁冰, 袁欣鹏, 孙维吉. 本煤层顺层瓦斯抽采渗流耦合模型及应用[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(2): 208-213.
- [8] 袁亮, 郭华, 李平, 等. 大直径地面钻井采空区采动区瓦斯抽采理论与技术[J]. 煤炭学报, 2013, 38(1): 1-8.
- [9] 吴兵, 雷柏伟, 华明国, 等. 回采工作面上隅角瓦斯拖管抽采技术参数研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2014, 31(2): 315-321.
- [10] 陈功胜, 高艳忠. 松软煤层瓦斯抽采钻孔不提钻下入筛管技术[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2014, 33(5): 592-596.
- [11] 卢平, 方良才, 童云飞, 等. 深井煤层群首采层Y型通风工作面采空区卸压瓦斯抽采与综合治理研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(3): 456-462.
- [12] 孙东玲, 孙海涛. 煤矿采动区地面井瓦斯抽采技术及其应用前景分析[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(6): 49-52.
- [13] 刘彦伟. 突出危险煤层群卸压瓦斯抽采技术优化及防突可靠性研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2013.
- [14] 黄敬恩, 程志恒, 齐庆新, 等. 近距离高瓦斯煤层群采动裂隙带瓦斯抽采技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(8): 38-41.
- [15] 王小朋, 乔伟, 姜骞, 等. 低透气性厚煤层瓦斯双抽采系统优化研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(2): 45-48.