

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*}, 罗文柯^{2,3}, 郭春晖¹, 汤宗超¹, 游波^{2,3}, 陈晓勇^{2,3}

(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 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;
3. 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.研究表明: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(2018)02-0040-06

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

Hou Guoming¹, Luo Wenke^{2,3}, Guo Chunhui¹, Tang Zongchao¹, You Bo^{2,3}, Chen Xiaoyong^{2,3}

(1. Linhuan Coal Mine, Huaibei Mining Co., Ltd., Huaibei 235146, China;
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines, Xiangtan 411201, China;
3. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Taking the melting 9111 mining area of Linhuan Coal Mine gas comprehensive control mode as an example, it studies the level of high directional long borehole in the coal seam group mining effects in practical application. It mainly introduces the high level of directional drilling plan and technical principle, through the control variable method and the determination of various drilling parameters extraction, which is combined with the situation of gas emission during the 9111 mining face, so as 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 have the drainage of goaf gas effectively. Having got the coal seam gas outburst and the adjacent layer pressure, we use the gas to replace the existing high drilling to intercept drilling, which has the very good application value in practice.

Keywords: high level of directional drilling; gas extraction of the 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。而治理瓦斯灾害的根本方法是对煤层进行瓦斯抽采,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灾害中的应用,卫修君^[6]等研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。本文以上述研究为基础,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7,8,9,10煤层均为突出煤层。井田内地质构造复杂,瓦斯灾害隐患尤为严重。为解决工作面瓦斯灾害治理这一难题,在工作面回采前后,除了采取穿层钻孔、顺层钻孔、老塘埋管、斜交钻孔、高位钻孔、拦截钻孔、地面抽采并预抽等传统瓦斯治理手段外,更是首次在该矿试验了高位定向水平长钻孔瓦斯抽采技术,经实际考察,该技术抽采效果显著。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理论研究、现场应用和效果考察,通过测定各抽采钻孔抽采浓度、抽采纯量等参数为技术手段,来分析高位定向水平长钻孔能否较好取代传统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,该工作面上以小陈家断层保安煤柱为界,下接9113工作面,西连9112工作面,东以BF₃₄、大吴家断层煤柱为界。工作面走向长407 m,平均倾斜长127 m,平均煤厚3.2 m,为走向长壁式综采工作面。所采9煤层原始瓦斯压力为2.56 MPa,原始瓦斯含量为9.68 m³/t;上覆7,8煤层均未开采,原始瓦斯压力、原始瓦斯含量分别为1.95 MPa,9.37 m³/t和2.56 MPa,9.68 m³/t,工作面瓦斯灾害较为严重。

2 高位定向水平长钻孔瓦斯抽采技术

2.1 高位定向水平长钻孔预抽原理

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。

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,A₂,A₃孔),钻孔布置在9煤层顶板法距20~25 m岩层中,预抽9煤层采空区瓦斯及7煤层向下溢出瓦斯;沿7煤层顶板布置2个(B₁,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。

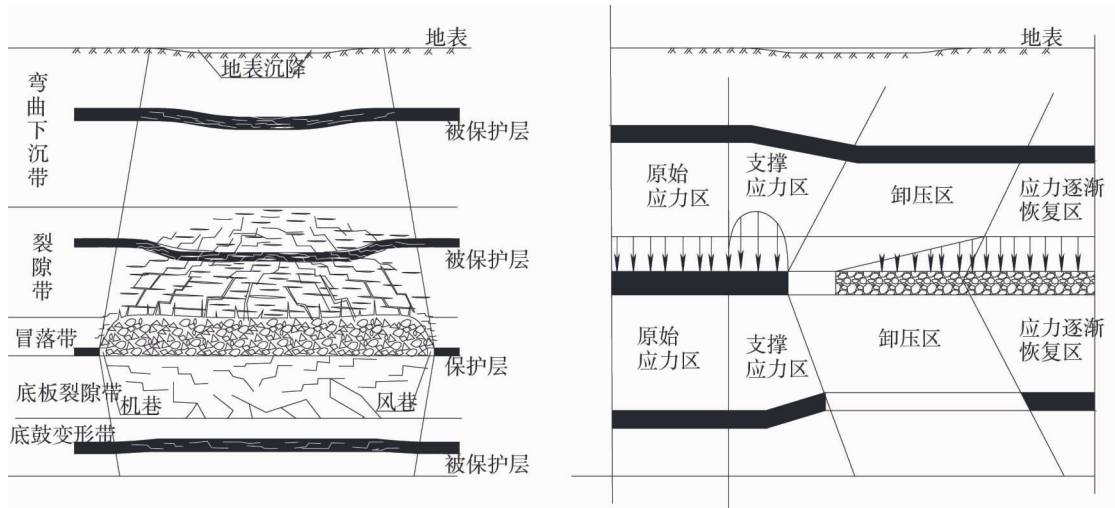


图1 煤矿采动的纵向“三带”和横向应力分布

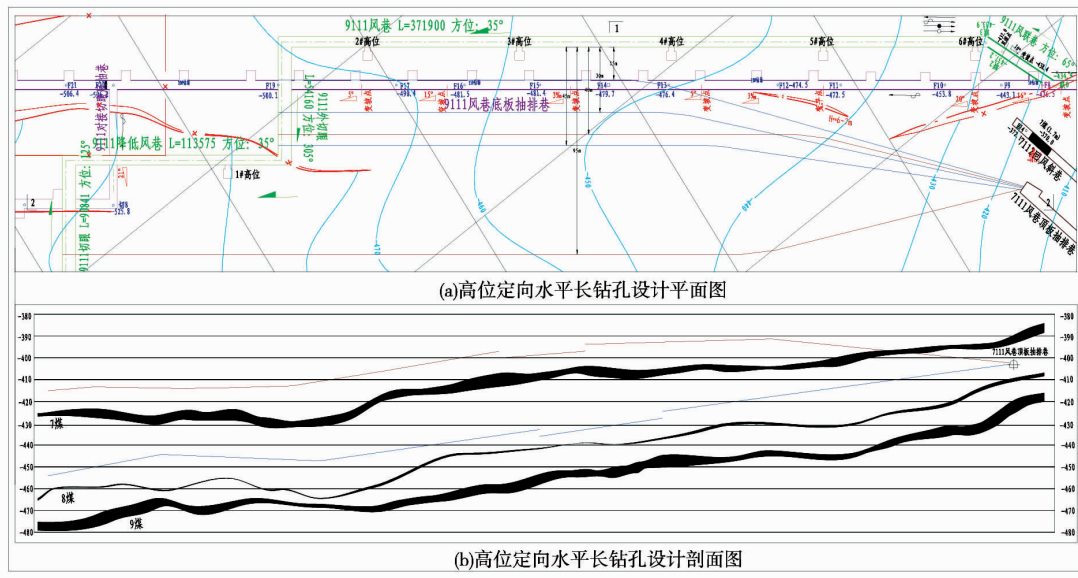


图2 高位定向水平长钻孔设计平面和剖面图

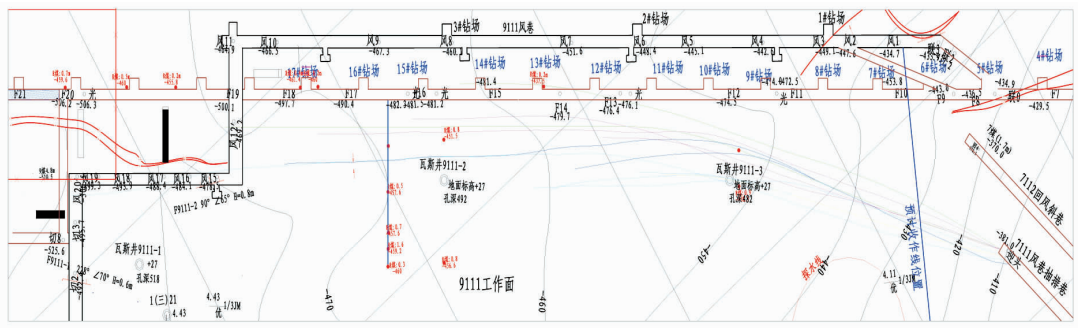


图3 高位定向水平长钻孔竣工图

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在 9111 工作面回采期间应用,如底板巷条带穿层钻孔瓦斯抽采、顺层钻孔瓦斯抽采、斜交钻孔瓦斯抽采、高位钻孔瓦斯抽采、老塘埋管瓦斯抽采、上向拦截钻孔瓦斯抽采和地面钻井瓦斯抽采等综合技术,各具体措施抽采钻孔布置如下。

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 $\Phi 113\text{ mm}$,终孔穿过9煤层顶板不少于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

在工作面机巷、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20~30 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3~5 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15~25 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80~100 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 $\Phi 311\text{ mm}$,终孔 $\Phi 91\text{ mm}$ 。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的开停,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。

考察共分为三个阶段:第一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;第二阶段关闭高位、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;第三阶段关闭高位、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1~7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 $2.10\text{ m}^3/\text{min}$,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8~17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 m^3/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18~24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 m³/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、抽采瓦斯量与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25~29日、9月30日~10月5日,分别将地面抽采井抽采闸阀关闭1/3,2/3.限抽后,定向钻孔抽采量增加了0.6 m³/min,地面抽采井抽采量降低了3.46 m³/min,抽采瓦斯量降低了2.86 m³/min,风排瓦斯量增加了2.18 m³/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表

日期	推进度 /m	高位+风巷 顺层钻孔		上向拦截 钻孔		高位定向水 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
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	高位钻孔 停抽
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	
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	第二阶段 高位钻孔、 上向拦截 钻孔停抽
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	
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	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
9-30	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	

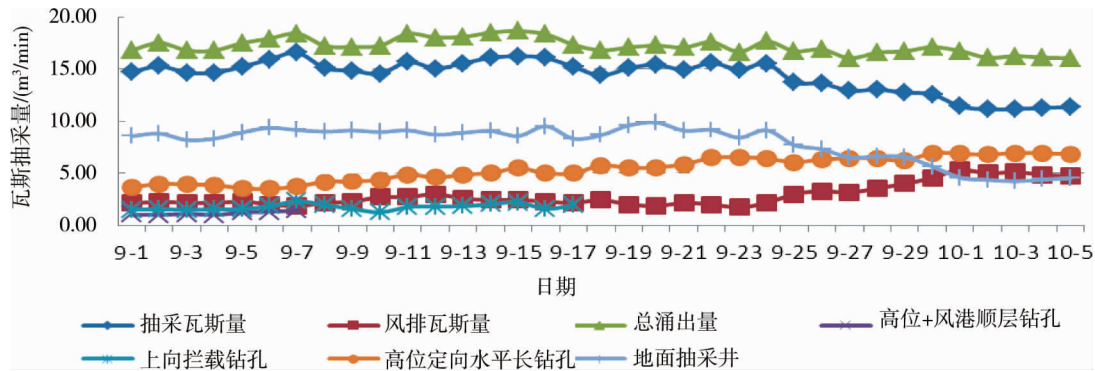


图4 抽采效果考察阶段抽采量变化曲线

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钻井抽采系统中,地面钻井抽采在瓦斯治理方面也有至关重要的作用,因此,高位定向水平长钻孔不能取代地面钻井抽采。

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(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.