

陈功华,魏泽云,梁道富,等. 近距离煤层群高位定向长钻孔瓦斯抽采实践[J]. 矿业安全与环保,2019,46(5):66-69.
文章编号:1008-4495(2019)05-0066-04

技术经验

近距离煤层群高位定向长钻孔瓦斯抽采实践

陈功华¹,魏泽云²,梁道富³,李希建²,李明³,王凯³

(1. 兖矿贵州能化有限公司,贵州 贵阳 550081; 2. 贵州大学 矿业学院,贵州 贵阳 550025;
3. 贵州黔西能源开发有限公司,贵州 毕节 551507)

摘要:为有效解决青龙煤矿21602工作面采煤期间上隅角瓦斯浓度超限问题,利用定向钻进技术的轨迹可控、覆盖区域广等优势,在21602工作面布置高位定向长钻孔抽采采动卸压瓦斯。介绍了高位定向长钻孔瓦斯抽采技术原理,分析了钻孔布置层位及设计方案,通过现场实践确定了21602工作面高位定向长钻孔优先布置在顶板距离煤层16~28 m区域。实践表明,21602工作面采煤期间上隅角瓦斯浓度由抽采前的最高值0.72%降低到抽采期间的0.20%~0.40%,单孔抽采瓦斯纯流量达1.58 m³/min,有效保证了工作面的高效安全回采,可为近距离煤层群上隅角瓦斯治理提供经验。

关键词:近距离煤层群;瓦斯抽采;高位定向长钻孔;上隅角;瓦斯治理

中图分类号:TD712 **文献标志码:**B

Gas Drainage by High Position Directional Long Borehole in Close Distance Coal Seam Group

CHEN Gonghua¹, WEI Zeyun², LIANG Daofu³, LI Xijian², LI Ming³, WANG Kai³

(1. Guizhou Nenghua Co., Ltd., Yankuang Group, Guiyang 550081, China; 2. Mining College, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Guizhou Qianxi Energy Development Co., Ltd., Bijie 551507, China)

Abstract: In order to effectively solve the problem of gas over limit in the upper corner of coal mining in 21602 working face in Qinglong Coal Mine, with the advantage of controllable trajectory and wide coverage area of directional drilling technology, the high directional long borehole was arranged in 21602 working face to extract the pressure relief gas. This paper introduced the technical principle of gas extraction by high directional long borehole, analyzed the layout and design scheme of the borehole. Through field practice, it was determined that the long directional borehole should be arranged preferentially in the range of 16 m to 28 m from roof to coal seam in 21602 working face. The drainage effect shows that the gas concentration in the upper corner of 21602 working face is reduced to the range from 0.20% to 0.40%, which is up to 0.72% before the extraction, the single-hole gas extraction is 1.58 m³/min. It effectively guarantees the efficient and safe mining of the working face, and provides experience for the gas control in the upper corner of close distance coal seam group.

Keywords: close distance coal seam group; gas drainage; high position directional borehole; upper corner; gas control

随着煤炭采深的增加,瓦斯灾害不断发生,矿井瓦斯已成为制约煤矿高效安全生产的决定性因素。李树刚等构建了综采工作面瓦斯流动活跃区的空间

模型和力学模型,研究了工作面上隅角瓦斯流动活跃区的形成机理,并结合 FLUENT 数值模拟软件,对上隅角埋管抽采瓦斯的布置参数进行了优化^[1];赵宁等提出对工作面采用本煤层顺层钻孔抽采瓦斯,高抽巷抽采瓦斯,顶板走向钻孔及采空区埋管抽采瓦斯综合治理措施,较好地解决了上隅角甲烷体积分数超限问题^[2];姚宁平等研究了煤矿井下梳状定向孔钻进技术布孔方式与技术难点,并通过现场试

收稿日期:2019-08-02;2019-09-17 修订

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51874107);贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2018]5781号)

作者简介:陈功华(1967—),男,山东邹城人,工程硕士,高级工程师,主要从事矿井瓦斯防治方面的研究工作。

验验证了该技术钻孔深度及成孔效果良好^[3];李德参等研究了高抽巷和斜切钻孔联合抽采上隅角瓦斯技术^[4];龚选平通过对乌兰煤矿进行瓦斯立体综合抽采,有效解决了工作面瓦斯浓度超限问题^[5];徐永佳通过对倾向覆岩裂隙分布特征理论分析,对高抽巷合理布置层位进行了研究^[6];邓志刚等构建了复杂地质条件下低渗透高瓦斯煤层群开采瓦斯治理技术体系,有效解决了复杂地质条件下低渗透高瓦斯煤层群开采的工作面甲烷超限的难题^[7];赵建国通过现场试验验证了煤层顶板高位定向钻孔施工技术的可行性^[8];童碧等优化了高位定向钻孔布钻层位、钻具组合与钻进参数,并通过现场检验其优化效果^[9];何富连等提出采用采空区密闭联络巷超大直径管路抽采、尾巷大直径倾斜钻孔抽采和本煤层大直径顺层平行钻孔强化预抽的瓦斯抽控技术治理甲烷超限^[10];武瑞龙等通过现场试验综采工作面立体瓦斯治理技术,有效解决了综采工作面上隅角瓦斯浓度超限问题^[11];马国强等采用本煤层水力压裂增透,顺层平行钻孔下套管预抽,邻近被保护层底板穿层网格钻孔预抽、卸压抽、残抽,高位钻孔抽采,“U型+尾排”通风方式等瓦斯综合治理技术措施,实现了保护层工作面的快速消突,有效解决了回风隅角瓦斯浓度超限难题^[12]。

青龙煤矿属于煤与瓦斯突出矿井,井田从上到下可采煤层有3层,分别为16[#]、17[#]、18[#]煤层。首采16[#]煤层瓦斯含量为12.16~18.28 m³/t,下距17[#]煤层5.4~18.7 m,下距18[#]煤层顶板12.25~26.93 m,属于典型近煤层群开采。为有效防治青龙煤矿21602工作面采煤期间上隅角瓦斯浓度超限,针对采掘接替关系紧张,普通高位孔孔深小、有效孔段占比低,抽采瓦斯浓度较低等问题,结合国内外长距离高位定向钻孔施工的成功经验和施工工艺^[13-14],在21602工作面采用定向钻机施工高位抽采钻孔治理采空区及上隅角瓦斯。

1 高位定向长钻孔瓦斯抽采技术

1.1 高位定向长钻孔瓦斯抽采技术原理

煤矿井下对定向钻进技术的定义,是指利用钻孔自然弯曲规律或采用专用工具使近水平钻孔轨迹按设计要求延伸钻进至预定目标的一种钻探方法,即有目的地将钻孔轴线由弯变直或由直变弯。定向钻孔是指用定向钻进方法控制钻孔轨迹钻至预定目标的钻孔。

通过高位定向钻孔抽采瓦斯的原理是基于上覆岩层“三带”分布理论和“O”形圈理论。当工作面上

覆岩层移动破坏后,在垂直方向形成“垮落带、断裂带、弯曲下沉带”,即“竖三带”;在水平方向形成煤壁支撑影响区、离层区、重新压实区,即“横三带”^[15-16]。离层区,即为采动裂隙“O”形圈^[17]。“O”形圈及断裂带中下部是瓦斯运移的主要通道,也是瓦斯积聚的主要场所^[18-19]。通过在回风巷布置钻场,将高位定向钻孔设计在工作面及采空区上方顶板围岩内,来抽采邻近层涌入及采空区内的瓦斯。

利用高位定向长钻孔进行瓦斯抽采,在提高钻孔利用率的同时,可抽采回采过程中受采动影响区域的瓦斯,降低工作面瓦斯浓度,解决工作面瓦斯超限问题;同时可使采空区埋管由大管径变为小管径抽采或者实现不埋管抽采;在工程上可减少或避免施工工作面高位钻场及高位巷,降低治理瓦斯成本;为布置大工作面提供可能,有效缓解采掘接续紧张局面,为矿井带来可观的经济效益和社会效益。

1.2 高位定向长钻孔布置层位选择

高位定向长钻孔的层位选择至关重要,直接关系到瓦斯抽采效果。以采动应力和裂隙分布为依据,结合“O”形圈理论,高位定向长钻孔一方面不能布置在顶板垮落带高度之内,否则岩石的破碎、垮落会直接破坏钻孔,致使抽采困难甚至无法进行抽采;另一方面不能布置在弯曲下沉带内,因为此带内裂隙发育较差,裂隙之间不能形成有效的瓦斯流动通道,瓦斯抽采效果差。所以,高位定向长钻孔最佳的布置层位是采空区断裂带范围,此带内裂隙发育,裂隙互相连通形成瓦斯流动的有效通道,且不会对钻孔造成严重破坏,有利于瓦斯抽采。

采空区断裂带从下至上分为3段:断裂带下部毗邻垮落带,裂隙极其发育,裂隙空间大,受采空区漏风影响,瓦斯浓度低;断裂带上部毗邻弯曲下沉带,裂隙发育不完全,裂隙尺寸小,瓦斯储存空间有限,瓦斯浓度虽然较高但瓦斯运移不畅,瓦斯总体含量低,抽采量偏小;断裂带中部裂隙发育好,裂隙间相互连通,瓦斯浓度高,瓦斯运移活跃,是抽采钻孔布置的最佳层位。因此,高位定向长钻孔布置层位应选择在断裂带中部,以达到抽采瓦斯量大、抽采瓦斯浓度高的目的。

2 高位定向长钻孔现场应用

2.1 试验工作面概况

21602工作面位于一采区的西北部、二采区的西南翼。地面地貌主要以丘陵和山地为主,有少量的水田,回风巷侧地面有泉水出露。井下位于二采区西南翼,东南邻11608工作面(已回采),西北邻

21604 工作面(已回采),东北邻风井保护煤柱及二采区回风下山。21602 工作面进风巷走向长 1 098 m,回风巷走向长 940 m,开切眼长 163 m,面积 168 602 m²,所采煤层为 16[#]煤层,煤层平均厚度为 2.88 m。下部为 18[#]煤层,煤层平均厚度为 3.18 m,平均层间距为 22.92 m。根据 21602 回风巷底抽巷 16[#]煤层所取煤样测试结果,21602 工作面 16[#]煤层最大瓦斯含量为 18.71 m³/t。16[#]煤层比 18[#]煤层突出危险程度要弱。

2.2 钻孔设计方案

根据 21604 工作面等邻近工作面高位钻孔抽采数据分析,21602 工作面高位定向钻孔分别在回风巷里程 590 m 布置 2[#]钻场、里程 1 080 m 布置 1[#]钻场,每组钻场设计 4 个钻孔,钻孔终孔位于煤层顶板 16~45 m 处,须覆盖到工作面倾向 1/3 的范围。以 1[#]钻场为例,1[#]钻场具体设计方案如下:

钻孔分布在距离回风巷 34~75 m 区域内,一共有 4 个钻孔,间距 13.5 m。定向钻孔在水平面设计位置:平行于回风巷,1[#]、2[#]、3[#]、4[#]钻孔分别距离回风巷 34.0、47.5、61.0、74.5 m 位置;在垂直平面上对应垂高分别为 16、28、38、45 m。走向控制长度 550 m,钻孔剖面见图 1,钻孔设计轨迹见图 2。

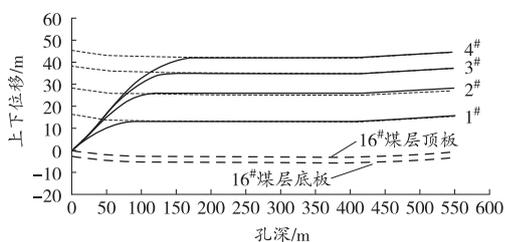


图1 1[#]钻场设计钻孔剖面图

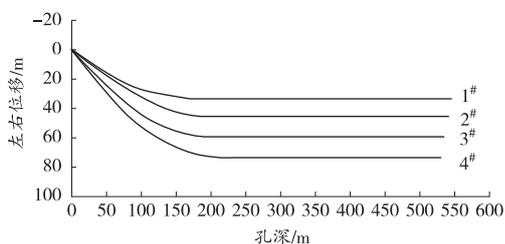


图2 1[#]钻场钻孔设计轨迹平面图

1) 1[#] 钻孔设计参数:开孔倾角 15°、方位角 244.00°、勘探线方位 228.78°,走向控制长度 550 m,倾角为 0°~15°,钻孔距离回风巷 34.0 m,控制在煤层顶板 16 m 左右。

2) 2[#] 钻孔设计参数:开孔倾角 15°、方位角 248.78°、勘探线方位 228.78°,走向控制长度 550 m,倾角为 0°~18°,钻孔距离回风巷 47.5 m,控制在距煤层顶板 28 m 左右。

3) 3[#] 钻孔设计参数:开孔倾角 15°、方位角 246.78°、勘探线方位 228.78°,走向控制长度 550 m,倾角为 0°~21°,钻孔距离回风巷 61 m,控制在距煤层顶板 38 m 左右。

4) 4[#] 钻孔设计参数:开孔倾角 15°、方位角 249.78°、勘探线方位 228.78°,走向控制长度 550 m,倾角为 0°~24°,钻孔距离回风巷 59 m,控制在距煤层顶板 45 m 左右。

2.3 钻孔施工情况

1[#]钻场高位定向钻孔施工起止时间为 2016 年 3 月 3 日—5 月 19 日。施工完成 4 个定向钻孔,总进度 2 230 m,最长钻孔 601 m。实际钻孔轨迹见图 3、图 4。

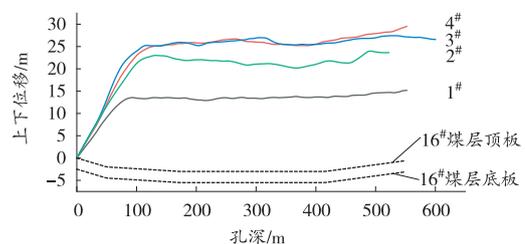


图3 1[#]钻场实际钻孔轨迹剖面图

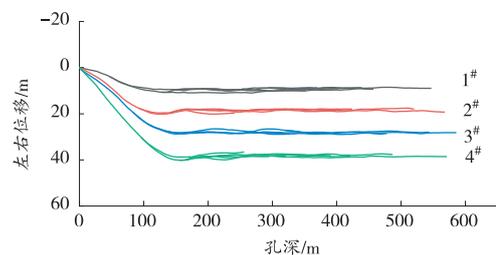


图4 1[#]钻场实际钻孔轨迹平面图

1[#]钻孔孔深为 551 m,孔径 153 mm,方位角 228.78°,倾角 1°,封孔段孔径 215 mm,封孔长度 15 m,终孔层位距离煤层顶板达到 16.0 m,距离煤层回风巷右帮水平位移达到 13.0 m。

2[#]钻孔孔深为 554 m,孔径 153 mm,方位角 228.78°,倾角 1°,封孔段孔径 215 mm,封孔长度 15 m,终孔层位距离煤层顶板达到 28.0 m,距离煤层回风巷右帮水平位移达到 25.5 m。

3[#]钻孔孔深为 601 m,其中 0~300 m 段孔径 153 mm,300~601 m 段孔径 98 mm,终孔方位角 228.78°,倾角 1°,封孔段孔径 215 mm,封孔长度 15 m,终孔层位距离煤层顶板达到 28.0 m,距离煤层回风巷右帮水平位移达到 35.0 m。

4[#]钻孔孔深为 524 m,孔径 153 mm,方位角 228.78°,倾角 1°,封孔段孔径 215 mm,封孔长度 15 m,终孔层位距离煤层顶板达到 28.0 m,距离煤

层回风巷右帮水平位移达到 54.9 m。

3 抽采效果分析

1#钻场施工 4 个高位定向钻孔,1#、2#、3#、4# 钻孔抽采效果较好,通过高位定向钻孔抽采避免了工作面上隅角瓦斯浓度超限。

3.1 1#钻场瓦斯抽采情况分析

工作面回采至距 1#钻场 490 m 位置开始抽采,在工作面回采距 1#钻场 490~400 m 区段,钻场瓦斯抽采浓度(CH₄ 体积分数)逐渐下降,瓦斯抽采混合量逐渐增加,瓦斯抽采纯流量逐渐增加;在工作面回采距 1#钻场 390~210 m 区段,钻场瓦斯抽采浓度先增大后小幅度减小,瓦斯抽采混合量稳定在 40~48 m³/min,瓦斯抽采纯流量逐渐减小;在工作面回采距 1#钻场 200~50 m 区段,钻场瓦斯抽采浓度先增大后减小,瓦斯抽采混合量逐渐减小。具体情况见图 5~7。

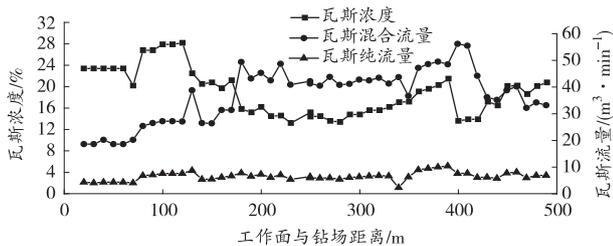


图 5 1#钻场瓦斯抽采情况

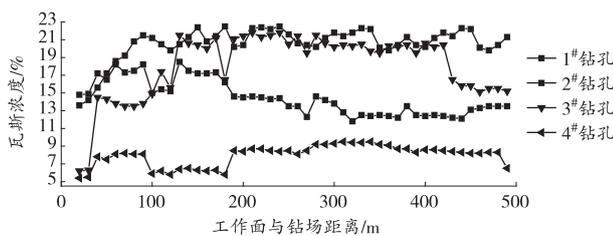


图 6 1#钻场各钻孔瓦斯抽采浓度对比

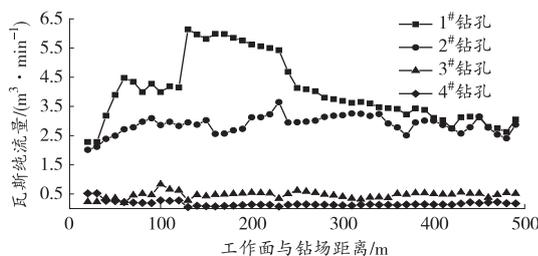


图 7 1#钻场各钻孔瓦斯抽采纯流量对比

3.2 高位定向长钻孔瓦斯抽采效果

根据高位定向长钻孔抽采量统计计算和井下实际抽采参数检测,高位定向长钻孔抽采瓦斯效果如表 1 所示。

表 1 1#钻场高位定向长钻孔瓦斯抽采效果考察

吨煤钻 孔量/m	单孔抽采量/ (m ³ ·min ⁻¹)	钻场混合 流量/ (m ³ ·min ⁻¹)	钻场混合 瓦斯浓度/ %	钻场瓦斯 纯流量/ (m ³ ·min ⁻¹)
0.006 9	1.58	30.99	20.43	6.33

由表 1 数据分析表明,高位定向长钻孔布置在断裂带中部层位,达到了抽采瓦斯量大、抽采瓦斯浓度高的目的,同时能够充分利用钻孔。

通过 1#钻场高位定向钻孔抽采情况分析,1#钻孔至 4#钻孔抽采瓦斯量逐渐减小,抽采稳定性增强,即钻孔与工作面回风巷距离越近瓦斯抽采量越高,抽采起伏较大。

通过分析,当工作面回采过高位钻孔终孔位置约 30 m 时,工作面采空区垮落形成裂隙高位钻孔开始发挥作用,钻孔抽采瓦斯浓度、流量突然增大,再回采 120 m 左右抽采瓦斯浓度和纯流量逐渐下降并趋于稳定。

4 结语

1) 通过高位定向长钻孔的抽采,青龙煤矿 21602 工作面采煤期间上隅角瓦斯浓度由抽采前的最高值 0.72% 降低到抽采期间的 0.20%~0.40%,单孔抽采瓦斯纯流量达 1.58 m³/min,有效保证了工作面的高效回采进度。

2) 通过 21602 工作面高位定向长钻孔施工设计、现场施工及抽采效果考察分析,表明高位定向长钻孔具有抽采瓦斯浓度高、抽采量大、流量稳定,以及有效抽采时间长的优势,有效解决了上隅角瓦斯浓度超限问题。确定 21602 工作面高位定向长钻孔布置层位为顶板距离煤层 16~28 m 处,对采空区断裂带钻孔控制层位确定具有一定的现场指导意义。

参考文献:

[1] 李树刚,乌日宁,赵鹏翔,等. 综采工作面上隅角瓦斯流动活跃区形成机理研究[J]. 煤炭科学技术,2019,47(1):207-213.

[2] 赵宁,戴广龙,尹海. 黄岩汇煤矿综合瓦斯抽采技术研究与实践[J]. 煤矿安全,2014,45(4):94-104.

[3] 姚宁平,张杰,李泉新,等. 煤矿井下梳状定向孔钻进技术研究与实践[J]. 煤炭科学技术,2012,40(5):30-34.

[4] 李德参,何有巨. 高抽巷和斜切钻孔联合抽采上隅角瓦斯技术[J]. 煤炭科学技术,2018,46(增刊):122-125.

[5] 龚选平. 瓦斯立体抽采技术在突出厚煤层群保护层回采工作面的应用研究[J]. 矿业安全与环保,2014,41(4):73-76.

(下转第 74 页)

1.22%, 偶有超限; 在此之后瓦斯得到有效控制, 上隅角瓦斯浓度最大仅为0.60%, 回风流瓦斯浓度为0.34%~0.46%。

5 结语

1) 借助FLAC^{3D}数值模拟软件对马堡煤业15203工作面回采时顶板上覆岩层的下沉位移变化规律和塑性破坏范围演化规律进行了分析, 结合理论计算确定垮落带和断裂带高度上限分别为15.4 m和34.2 m。

2) 针对传统定向长钻孔因参数不合理对上隅角瓦斯控制不足的劣势, 创新提出分源抽采技术和设计原则, 以断裂带瓦斯为主抽区、垮落带瓦斯为辅抽区, 改变上隅角区域横向和纵向瓦斯流场。

3) 将定向钻进和分源抽采技术结合并现场实施后, 钻场总抽采瓦斯纯流量约20 m³/min, 单孔抽采瓦斯纯流量提升幅度超过60%, 有效抽采期60 d, 上隅角和回风巷瓦斯浓度下降明显, 保障了采煤工作面安全回采。

4) 所设计的参数仅针对特定工作面, 推广应用需另行具体考察。此外, 关于分源抽采钻孔抽采能力分配的依据较理想化, 还需进一步研究完善。

参考文献:

[1] 赵建国. 煤层顶板高位定向钻孔施工技术与发展趋势[J].

煤炭科学技术, 2017, 45(6): 137-141.

[2] 陈开岩, 张占国, 林柏泉, 等. 综放工作面抽放条件下瓦斯涌出及分布特征[J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26(4): 418-422.

[3] 石智军, 李泉新, 姚克. 煤矿井下1 800 m水平定向钻进技术与装备[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(2): 109-113.

[4] 钱鸣高, 石平武. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003: 179-185.

[5] 毕建乙. 马堡矿大直径顶板走向长钻孔抽采技术研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2015: 33-34.

[6] 黄森林. 覆岩垮落带高度对高位钻孔瓦斯抽放效果影响的研究[J]. 矿业安全与环保, 2013, 40(6): 15-18.

[7] 胡恩宝, 张春雷. 高抽巷治理厚煤层综采工作面瓦斯技术研究[J]. 矿业安全与环保, 2014, 34(10): 79-81.

[8] 王青元, 杨天鸿, 陈仕阔, 等. 高位顺层钻孔瓦斯抽放数值模拟[J]. 东北大学学报, 2012, 33(1): 116-119.

[9] 邹银先. 福胜煤矿高位钻孔抽采瓦斯参数优化数值模拟研究[J]. 矿业安全与环保, 2014, 41(4): 15-17.

[10] 周亚东, 耿耀强. 大孔径长钻孔替代高抽巷瓦斯抽采技术[J]. 煤矿安全, 2011, 42(10): 25-27.

[11] 张东明, 齐消寒, 宋润权, 等. 采动裂隙煤岩体应力与瓦斯流动的耦合机理[J]. 煤炭学报, 2015, 40(4): 774-780.

[12] 王耀锋, 聂荣山. 基于采动裂隙演化特征的高位钻孔优化研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(6): 86-91.

(责任编辑: 陈玉涛)



(上接第69页)

[6] 徐永佳. 高瓦斯矿井高抽巷合理布置及终巷位置确定研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(11): 93-100.

52-55.

[7] 邓志刚, 汪东. 复杂地质条件下高瓦斯近距离煤层群开采工作面瓦斯治理技术[J]. 煤矿安全, 2014, 45(8): 79-84.

[13] 赵耀江, 谢生荣, 温百根, 等. 高瓦斯煤层群顶板大直径千米钻孔抽采技术[J]. 煤炭学报, 2009, 34(6): 797-801.

[8] 赵建国. 煤层顶板高位定向钻孔施工技术与发展趋势[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(6): 137-141.

[14] 王兆丰, 田富超, 赵彬, 等. 羽状千米长钻孔抽采效果考察试验[J]. 煤炭学报, 2010, 35(1): 76-79.

[9] 童碧, 许超, 刘飞, 等. 淮南矿区瓦斯抽采中以孔代巷技术研究及工程实践[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(4): 33-39.

[15] 徐永圻. 采矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.

[10] 何富连, 杨绿刚, 谢生荣, 等. 复杂地质条件下综采面安全高效开采关键技术[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(2): 218-222.

[16] 钱鸣高, 石平武, 许家林. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.

[11] 武瑞龙, 李希建, 黄良, 等. 近距离三软薄煤层群综采工作面瓦斯治理技术[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(2): 99-103.

[17] 钱鸣高, 许家林. 覆岩采动裂隙分布的“O”形圈特征研究[J]. 煤炭学报, 1998, 23(5): 466-469.

[12] 马国强, 陈如忠, 崔刚, 等. 近距离突出煤层群上保护层瓦斯综合治理技术[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(3):

[18] 林柏泉. 矿井瓦斯防治理论与技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.

[19] 翟成. 近距离煤层群采动裂隙场与瓦斯流动耦合规律及防治技术研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2008.

(责任编辑: 李 琴)