

文章编号:1671-251X(2019)11-0049-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019060007

复杂地质矿区3种封孔工艺应用分析



扫码移动阅读

王潞欧¹, 谢雄刚^{1,2,3}, 赵先伟¹, 李维翔¹

(1. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 复杂地质矿山开采安全技术
工程中心, 贵州 贵阳 550025; 3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方
联合工程实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘要:复杂地质矿区水文地质条件较复杂,岩层孔/裂隙较发育,若采用的封孔工艺不合理,将导致煤层瓦斯压力测定结果不能准确反映煤层瓦斯实际情况的现象。针对上述问题,在贵州久益矿业股份有限公司宏宇煤矿5、6⁻¹号煤层布置4组测压点、12个测压钻孔,每组测压点钻孔分别采用目前常用的注浆封孔、短胶囊+注浆封孔、长胶囊-压力黏液封孔3种封孔工艺进行瓦斯压力测定试验。根据试验结果分析了3种封孔工艺的应用效果,得出3种封孔工艺的适用条件:注浆封孔工艺适用于较深、岩石较细密且较坚硬的岩孔;短胶囊+注浆封孔工艺适用于倾角较大的下向钻孔;长胶囊-压力黏液封孔工艺适用于煤层顶底板岩石破碎或可能存在含水层处钻孔。

关键词:煤层瓦斯压力; 瓦斯压力测定; 封孔工艺; 注浆封孔; 短胶囊+注浆封孔; 长胶囊-压力黏液封孔

中图分类号:TD713 文献标志码:A

Application analysis of three kinds of hole-sealing technologies in mining area with complex geology

WANG Luou¹, XIE Xionggang^{1,2,3}, ZHAO Xianwei¹, LI Weixiang¹

(1. Mining College, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Engineering Center for Safe Mining
Technology under Complex Geologic Conditions, Guiyang 550025, China; 3. National & Local Joint
Laboratory of Engineering for Effective Utilization of Regional Mineral Resources from Karst Areas,
Guiyang 550025, China)

Abstract: The hydrogeological conditions in mining area with complex geology are more complicated, and the pores and cracks in rock seam are more developed. If sealing technology is not reasonable, the result of measured gas pressure in coal seam would not accurately reflect actual situation of gas in coal seam. For the problem, four groups of pressure measuring points with twelve pressure measuring boreholes are arranged in 5 and 6⁻¹ coal seams of Hongyu Coal Mine of Guizhou Jiuyi Coal Mining Co., Ltd. for gas pressure measuring test, and boreholes in each group are sealed by use of three kinds of normal hole-sealing technologies including grouting hole-sealing, short capsule plus grouting hole-sealing and long capsule pressure mucus hole-sealing separately. Application effects of the three hole-sealing technologies are analyzed according to test results, and adaptation conditions are obtained as following: the grouting hole-sealing technology is applicable for deeper rock hole with finer and harder rock, the short

收稿日期:2019-06-03;修回日期:2019-10-20;责任编辑:李明。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51864009);贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2017]2821)。

作者简介:王潞欧(1994—),男,贵州毕节人,硕士研究生,研究方向为矿山安全与灾害防治,E-mail:460492904@qq.com。通信作者:谢雄刚(1971—),男,湖南郴州人,教授,博士,现主要从事煤矿安全开采、煤与瓦斯突出灾害防治等方面的研究工作,E-mail:414922360@qq.com。

引用格式:王潞欧,谢雄刚,赵先伟,等. 复杂地质矿区3种封孔工艺应用分析[J]. 工矿自动化,2019,45(11):49-54.

WANG Luou,XIE Xionggang,ZHAO Xianwei,et al. Application analysis of three kinds of hole-sealing technologies in mining area with complex geology[J]. Industry and Mine Automation,2019,45(11):49-54.

capsule plus grouting hole-sealing technology is applicable for downward borehole with larger inclination angle, and the long capsule pressure mucus hole-sealing technology is applicable for borehole in roof and floor with broken rock or possible aquifer in coal seam.

Key words: coal seam gas pressure; gas pressure measurement; hole-sealing technology; grouting hole-sealing; short capsule plus grouting hole-sealing; long capsule pressure mucus hole-sealing

0 引言

煤层瓦斯压力是指裂隙、孔隙通道中气体分子自由热运动碰撞孔壁产生的作用力。煤层瓦斯压力是煤层瓦斯基础参数之一,是评价煤层突出危险性与决定煤层瓦斯含量的重要指标,对制定煤层瓦斯灾害预防和治理措施、评价瓦斯预抽措施效果具有重要意义^[1]。因此,准确、有效测定煤层瓦斯压力十分重要。目前煤层瓦斯压力的测定方法主要是在井下巷道内打钻孔直接测定。封孔工艺是影响煤层瓦斯压力测定准确性的重要因素。测压钻孔封孔工艺大致可分为手工封孔、注浆封孔、机械封孔器封孔、液压式封孔器封孔、胶圈或胶囊-压力黏液封孔 5 种。文献[2-9]研究的封孔方法均为基于上述 5 种封孔工艺改进或衍生而来。各种封孔工艺都有其优缺点和一定的适用条件,测压过程需要一定时间和空间。选择合理的封孔工艺有助于提高煤层瓦斯压力测定的准确性^[10]。

复杂地质矿区水文地质条件较复杂,岩层孔/裂隙较发育^[11-12],若采用的封孔工艺不合理,将导致煤层瓦斯压力测定结果不能准确反映煤层瓦斯实际情况的现象。本文通过现场实测,分析了注浆封孔、短胶囊+注浆封孔、长胶囊-压力黏液封孔 3 种常用封孔工艺的煤层瓦斯压力测定效果,并得出了地质复杂矿区不同封孔工艺的适用条件。

1 封孔工艺原理

1.1 注浆封孔工艺

注浆封孔是目前应用较广泛的封孔工艺^[1]。其封孔材料一般为水泥、黄砂、水及其他化学材料,测压装置有孔口木塞或棉纱缠绕聚氨酯、注浆泵、阀门、测压管和注浆管(由多节直径为 16 mm 的铁管或四分镀锌管组成)、压力表等。

注浆封孔工艺原理如图 1 所示。连接好测压管和注浆管之后,在孔口固定好木塞或棉纱缠绕聚氨酯封堵孔口,然后根据孔深确定注浆量并进行注浆,待水泥砂浆凝固后即可装上压力表测定煤层瓦斯压力。为增强密封效果,封孔完毕后可通过测压管注入 5~10 kg 黏液或水玻璃,利用其重力向下自然渗透进一步密封钻孔周围的微裂隙。

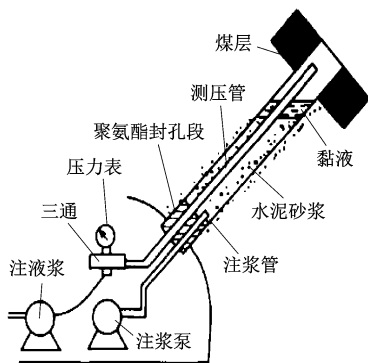


图 1 注浆封孔工艺原理

Fig. 1 Principle of grouting hole-sealing technology

1.2 短胶囊+注浆封孔工艺

国内有学者提出采用注水膨胀胶囊进行封孔。该种胶囊为短胶囊,一般长 1 m,可作为防漏塞,提高了将测压钻孔阻隔为测压室和封孔段的可靠性。采用短胶囊+注浆封孔工艺时,注水膨胀胶囊密封钻孔形成防漏塞后即可安装测压表,不必等后续注入的水泥砂浆凝固,减少了钻孔的暴露时间,缩短了瓦斯压力平衡时间,提高了煤层瓦斯压力测定速度^[13]。

短胶囊+注浆封孔工艺流程:首先用四分镀锌管将短胶囊推送至指定深度,连接好测压管和注浆管;然后人工给水泵加压至 3 MP,使短胶囊膨胀贴紧孔壁,待水压稳定后安装压力表测定煤层瓦斯压力;最后在孔口固定好木塞或棉纱缠绕聚氨酯封堵孔口,注浆至短胶囊处。为加快瓦斯压力测定过程,可通过三通上的补气口向瓦斯气室补充惰性气体。

1.3 长胶囊-压力黏液封孔工艺

黏土、水泥砂浆等固体封孔物不能严密封住钻孔周边的裂隙,易漏气,封孔效果不理想,导致测定的煤层瓦斯压力不准确。可采用长胶囊-压力黏液封孔工艺,利用黏液在压力作用下渗入钻孔周围孔/裂隙的密封原理,结合 M-II 型瓦斯压力测定仪(图 2)进行封孔测压。该工艺具有封孔严密、测压快速准确的优点^[14]。

长胶囊-压力黏液封孔工艺原理如图 3 所示。采用四分镀锌管连接长胶囊,并在长胶囊尾部连接测压高压气管和水管,通过四分镀锌管将长胶囊送入钻孔指定位置,并确保长胶囊前方保留 3~5 m 测压气室长度;通过手动式水泵向长胶囊加压至水



图2 M-II型瓦斯压力测定仪
Fig.2 M-II gas pressure tester

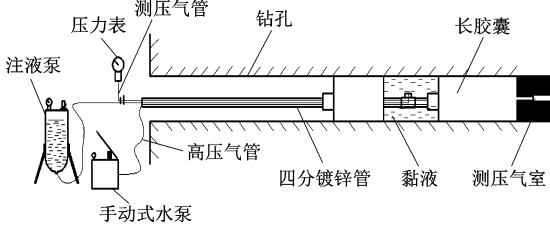


图3 长胶囊-压力黏液封孔工艺原理
Fig.3 Principle of long capsule pressure mucus
hole-sealing technology

压保持在2.5~3 MPa,使长胶囊膨胀紧贴孔壁,在2段长胶囊之间注入一定压力的黏液,使黏液压力高于瓦斯压力;为了快速来压,通过测压气管向测压气室内压入空气,使压力保持在0.6 MPa左右;将测压气管通过三通连接压力表,完成封孔及仪表安装工序。

2 现场试验

基于注浆封孔、短胶囊+注浆封孔、长胶囊-压力黏液封孔3种煤层瓦斯测压钻孔封孔工艺原理,对贵州久益矿业股份有限公司宏宇煤矿5,6⁻¹号煤层进行现场封孔测压试验,检验3种封孔工艺在复杂地质矿区的测压效果。

2.1 矿井概况

宏宇煤矿生产能力为30万t/a,矿区面积为1.76 km²。矿区呈单斜构造,地层走向北东-北西,倾向南东-北东,倾角为6~15°,平均为8°,探明井田西北侧边界附近有F10,F9断层,在实际巷道掘进过程中遇多条小断层,井田内褶皱较发育,井田内有一条河流经该矿,有较大面积大气降水汇入,水量较大。井田内含煤岩系为龙潭组地层,由灰色薄-厚层细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、黏土岩、炭质泥岩及煤层组成。5,6⁻¹号煤层为突出煤层,煤层顶底板为泥岩,水平层理及小型交错层理、裂隙较发育。矿井相对瓦斯涌出量为30.63 m³/t,绝对瓦斯涌出量为19.3 m³/min,历史上发生过煤与瓦斯突出事故,为煤与瓦斯突出矿井。

2.2 测压点布置

试验中测压对象为5,6⁻¹号煤层,每个煤层分别布置2组测压点,每组为3个测压钻孔,共4组测压点、12个测压钻孔。每组3个测压钻孔分别采用注浆封孔、短胶囊+注浆封孔、长胶囊-压力黏液封孔3种封孔工艺进行封孔。根据矿井实际开采、生产情况,尽量选择不受采动影响的岩巷钻孔,施工现场需要容纳钻机及便于操作观测的空间。结合测压点选择要求和宏宇煤矿井下巷道布置条件,5号煤层选择在1503运输巷+1324、主副斜井井底联络巷处施工钻孔(设为第1组、第2组),6⁻¹号煤层选择在主副斜井井底联络巷、1504运输巷+1292处施工钻孔(设为第3组、第4组)。各钻孔布置如图4所示,钻孔参数见表1。

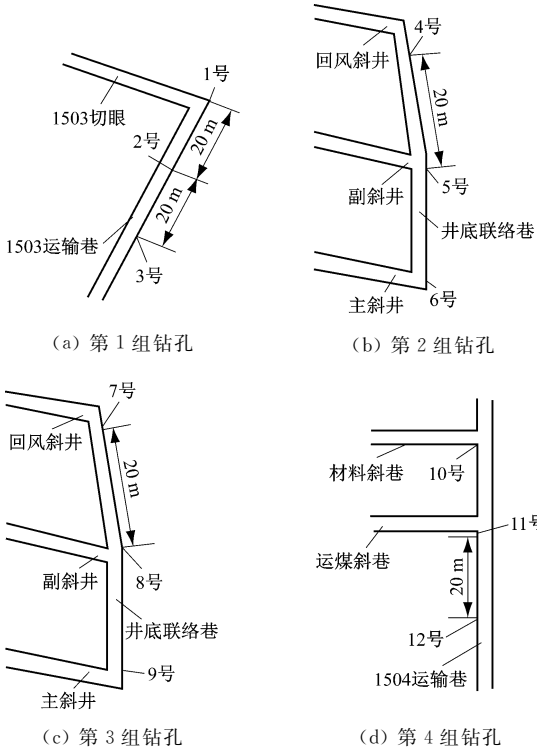


图4 钻孔布置
Fig.4 Borehole distribution

2.3 试验结果

采用注浆封孔、短胶囊+注浆封孔的钻孔完成封孔后,由于被测煤层瓦斯向钻孔揭露煤层处或测压气室的自然渗透作用,来压慢,观察时间长。而采用长胶囊-压力黏液封孔的钻孔,在钻孔完成封孔后,通过井下压风向测压气室充入一定压力的气体,缩短了瓦斯压力平衡时间,来压快,观察时间短。各钻孔测得的瓦斯压力见表2。

从表2可看出:除了10号钻孔,其他钻孔均测得煤层瓦斯压力;第1组钻孔为顺煤层下向孔,1号与2号、3号钻孔测得的瓦斯压力相差较大;第2组为穿层上向孔,4号、5号钻孔测得的瓦斯压力最终

表 1 钻孔参数
Table 1 Borehole parameters

煤层	钻孔组号	钻孔编号	钻孔参数			岩孔 长/m	煤孔 长/m	封孔 长/m	封孔工艺
			方位/(°)	倾角/(°)	长度/m				
5	第 1 组	1	274	—8	30	0	30	28	注浆封孔
		2	274	—8	30	0	30	28	短胶囊+注浆封孔
		3	274	—8	30	0	30	28	长胶囊-压力黏液封孔
	第 2 组	4	89	35	60	55	5	55	注浆封孔
		5	89	35	60	55	5	55	短胶囊+注浆封孔
		6	89	35	60	55	5	55	长胶囊-压力黏液封孔
6 ⁻¹	第 3 组	7	120	21	46	38	8	38	注浆封孔
		8	120	21	46	38	8	38	短胶囊+注浆封孔
		9	120	21	46	38	8	38	长胶囊-压力黏液封孔
	第 4 组	10	338	—25	42	38	4	38	注浆封孔
		11	338	—25	42	38	4	38	短胶囊+注浆封孔
		12	338	—25	42	38	4	38	长胶囊-压力黏液封孔

表 2 钻孔测得的瓦斯压力
Table 2 Gas pressures measured in boreholes

钻孔 编号	最大瓦斯 压力/MPa	最终瓦斯 压力/MPa	钻孔 编号	最大瓦斯 压力/MPa	最终瓦斯 压力/MPa
1	0.30	0.30	7	0.81	0.81
2	0.44	0.44	8	0.78	0.72
3	0.48	0.44	9	0.84	0.76
4	0.54	0.54	10	0	0
5	0.72	0.70	11	0.98	0.94
6	0.80	0.60	12	1.06	0.81

稳定在 0.54,0.70 MPa,而 6 号钻孔瓦斯压力从最大值 0.80 MPa 降至 0.60 MPa 后稳定;第 3 组为穿层上向孔,3 个钻孔的瓦斯压力差异较小;第 4 组为穿层下向孔,10 号钻孔由于前段封堵不严,造成水泥砂浆漏向钻孔前段,未测出瓦斯压力,11 号钻孔测得的最大瓦斯压力为 0.98 MPa,12 号钻孔测得的最大瓦斯压力为 1.06 MPa,一段时间后因水压下降导致最终瓦斯压力降至 0.81 MPa。

每组钻孔测得的瓦斯压力曲线如图 5 所示。可看出采用注浆封孔的钻孔在封孔完成后,前 8 h 瓦斯压力增幅较小甚至不变,而 8~20 h 瓦斯压力迅速增大;采用长胶囊-压力黏液封孔的钻孔,因封孔完成后立即充入平衡气体,所以前期一直测出瓦斯压力,前 20 h 测得的瓦斯压力较稳定,20 h 后因水泵压力下降,胶囊膨胀量减小,导致测得的瓦斯压力减小;采用短胶囊+注浆封孔的钻孔在封孔完成后,由于充入平衡气体,测得一定的瓦斯压力,但水泥砂

浆尚未凝固,所以瓦斯压力较小,随着时间增长,测得的瓦斯压力逐渐增大。

第 1 组钻孔中,3 号钻孔测得的瓦斯压力最大,说明长胶囊-压力黏液封孔效果明显好于其他 2 种;第 2 组钻孔中,封孔完成 20 h 后,5 号钻孔测得的瓦斯压力趋于平稳,而 6 号钻孔瓦斯压力有所下降,5 号钻孔测得的瓦斯压力最接近煤层瓦斯压力,因此短胶囊+注浆封孔效果优于其他 2 种;第 3 组钻孔中,9 号钻孔测得的最终瓦斯压力为 0.81 MPa,大于其他 2 个钻孔,因此注浆封孔效果优于其他 2 种。

3 封孔工艺适用条件分析

(1) 当在较破碎、普氏系数较小的煤层及裂隙较大的岩层中测定瓦斯压力时,采用注浆封孔工艺的钻孔测出的瓦斯压力与实际值相差较大,封孔效果较差;在倾角较大的下向钻孔测定瓦斯压力时也不宜采用注浆封孔工艺。但在较深、岩石较细密且较坚硬的岩孔中测定瓦斯压力时,注浆封孔工艺的封孔效果优于其他 2 种。

(2) 短胶囊+注浆封孔工艺弥补了注浆封孔工艺的缺点,应用于倾角较大的下向钻孔时封孔效果较好。

(3) 长胶囊-压力黏液封孔工艺可以在短时间内测定煤层瓦斯压力,在煤层顶底板岩石破碎或可能存在含水层的地方,封孔效果明显好于其他 2 种。但该种封孔工艺耗费大量人力、物力,且遇松软煤层时封孔设备回收较困难。

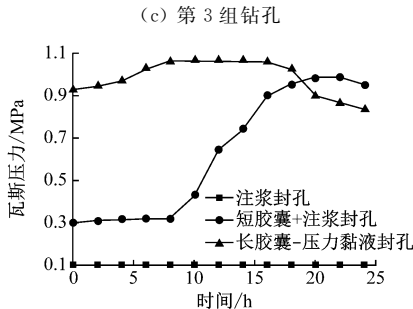
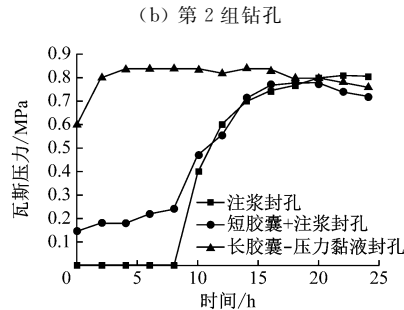
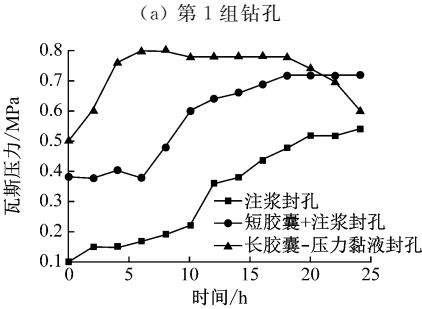
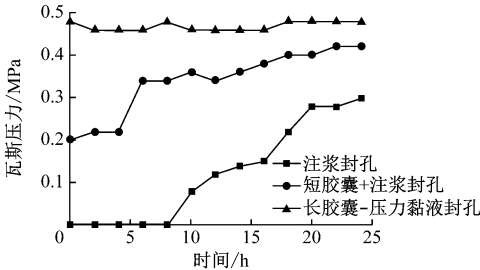


图5 每组钻孔测得的瓦斯压力曲线

Fig. 5 Gas pressure curves measured in boreholes of each group

4 结论

(1) 针对宏宇煤矿 5, 6⁻¹ 号煤层 4 组测压点、12 个测压钻孔, 分别采用注浆封孔、短胶囊+注浆封孔、长胶囊-压力黏液封孔 3 种封孔工艺封孔后进行煤层瓦斯压力测定试验。

(2) 根据试验结果, 得出了复杂地质矿区水文地质条件较复杂、岩层孔/裂隙较发育情况下 3 种封孔工艺的适用条件: 注浆封孔工艺适用于较深、岩石较细密且较坚硬的岩孔; 短胶囊+注浆封孔工艺适用于倾角较大的下向钻孔; 长胶囊-压力黏液封孔

工艺适用于煤层顶底板岩石破碎或可能存在含水层处钻孔。

(3) 根据测压地点的地质条件, 选择合适的封孔工艺, 有利于准确测出煤层瓦斯压力, 为煤矿瓦斯治理工作提供可靠依据。

参考文献 (References):

[1] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.
YU Qixiang. Mine gas prevention[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 1992.

[2] 代志旭, 郭明功. 本煤层瓦斯压力测定新技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(2): 46-50.
DAI Zhixu, GUO Minggong. Study on new gas pressure measuring technology of mining seam[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(2): 46-50.

[3] 张淦星, 杨胜强, 展勇, 等. 千米深井复杂地质条件下煤层瓦斯压力测定[J]. 矿业安全与环保, 2015, 42(3): 71-73.
ZHANG Ganxing, YANG Shengqiang, ZHAN Yong, et al. Determination of coal-seam gas pressure in 1 000 m-deep well under complicated geological conditions [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2015, 42(3): 71-73.

[4] 田世祥, 蒋承林, 史吉胜, 等. 仿岩孔条件下顺层钻孔瓦斯压力测定技术研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33(3): 551-556.
TIAN Shixiang, JIANG Chenglin, SHI Jisheng, et al. Pressure measurement technology of drilling borehole down the seam in imitative rock hole[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2016, 33(3): 551-556.

[5] 杨洋, 蒋承林, 何明霞. 近距离煤层群条件下穿煤层瓦斯压力测定技术[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(2): 51-54.
YANG Yang, JIANG Chenglin, HE Mingxia. Gas pressure measuring technology with borehole through seams in close distance seam group[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(2): 51-54.

[6] 刘洋, 贾泉敏, 晁建伟. 胶囊封孔工艺在下向测压钻孔中的应用[J]. 矿业安全与环保, 2015, 42(1): 98-100.
LIU Yang, JIA Quanmin, CHAO Jianwei. Application of capsule hole-packing technology in downward hole [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2015, 42(1): 98-100.

[7] 蒋云, 朱天成, 汪腾翔. 胶囊-聚氨酯联合封孔测压技术的研究与应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(7): 80-84.
JIANG Yun, ZHU Tiancheng, WANG Tengxiang.

- Research and application of pressure measurement technology by combination sealing of capsule and polyurethane [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(7): 80-84.
- [8] 巴全斌, 赵旭生, 刘延保. 松软煤层顺层钻孔带压注浆封孔技术研究应用[J]. 煤炭工程, 2017, 49(7): 61-63.
- BA Quanbin, ZHAO Xusheng, LIU Yanbao. Research and application of hole sealing technology with pressurized grouting in soft coal seam bedding drilling [J]. Coal Engineering, 2017, 49(7): 61-63.
- [9] 王法凯, 蒋承林, 公衍伟, 等. 双套管带压注浆技术在瓦斯压力测定中的应用[J]. 工矿自动化, 2010, 36(9): 5-9.
- WANG Fakai, JIANG Chenglin, GONG Yanwei, et al. Application of double-pipe pressure grouting technology in gas pressure measurement [J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(9): 5-9.
- [10] 韩东. 煤层瓦斯测定过程注浆封孔方法研究[J]. 煤矿现代化, 2018(5): 30-33.
- HAN Dong. Study on the method of grouting sealing for coal seam gas determination process [J]. Coal Mine Modernization, 2018(5): 30-33.
- [11] 许彦鹏, 吴宽, 李进. 穿含水层下向钻孔瓦斯压力测定技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 66-69.
- XU Yanpeng, WU Kuan, LI Jin. Study on gas pressure measuring technology with downward borehole drilling through aquifer [J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(3): 66-69.
- [12] 刘三钧, 薛志俊, 林柏泉. 含水煤岩层瓦斯压力测定新技术[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(10): 97-100.
- LIU Sanjun, XUE Zhijun, LIN Baiquan. New technique of measuring gas pressure in coal and rock seam with water [J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(10): 97-100.
- [13] 齐庆杰, 赵允信, 吕有厂, 等. 瓦斯抽采“两堵一注一排”新工艺技术[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(8): 100-104.
- QI Qingjie, ZHAO Youxin, LYU Youchang, et al. Study on new technology of "two plugging, one injection and one discharge" [J]. China Safety Science Journal, 2018, 28(8): 100-104.
- [14] 王法凯, 蒋承林, 公衍伟, 等. 基于 M-II 型瓦斯压力测定仪+套管法的穿多煤层测定瓦斯压力技术[J]. 工矿自动化, 2011, 37(3): 1-5.
- WANG Fakai, JIANG Chenglin, GONG Yanwei, et al. Technology of detecting gas pressure by puncturing multi-seam based on M-II gas pressure detector and casing method [J]. Industry and Mine Automation, 2011, 37(3): 1-5.