

中文引用格式:袁保发. 保德煤矿 81305 综放工作面瓦斯综合治理技术实践[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(增1): 109-114.

英文引用格式:YUAN Baofa. Comprehensive gas treatment technology practice for 81305 comprehensively drained working face in Baode Coal Mine[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(S1): 109-114.

保德煤矿 81305 综放工作面瓦斯综合治理技术实践*

袁保发 高级工程师

(国能重庆万州电力有限责任公司, 重庆 404100)

中图分类号: X936

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.S1.0116

【摘要】 为实现高瓦斯矿井低瓦斯状态下开采, 提出一套以煤层瓦斯超前预抽、边采边抽及采空区抽采为主的瓦斯综合治理技术。详细介绍保德煤矿 81305 综放工作面瓦斯综合治理技术及措施, 通过具体实践, 详细记录本煤层采前预抽、上下行通风切换、采空区埋管抽放、均压措施、设置导风帘和负压喷雾、合理分配风流、及采终封闭等瓦斯综合防治措施。结果表明: 实现 81305 工作面抽排瓦斯量合计 1 854.91 万 m^3 , 综合抽放率达到 81.07%, 取得良好应用效果。通过采用多种抽、排方式相结合的瓦斯综合治理技术, 可使保德煤矿综放工作面回采期间瓦斯浓度安全可控。

【关键词】 高瓦斯矿井; 综放工作面; 瓦斯综合治理; 矿井通风; 瓦斯抽放

Comprehensive gas treatment technology practice for 81305 comprehensively drained working face in Baode Coal Mine

YUAN Baofa

(National Energy Chongqing Wanzhou Electric Power Co., Ltd., Chongqing 404100, China)

Abstract: In order to realize mining in high gas mines in low gas states, a set of comprehensive gas treatment technology based on over-pre-pumping of coal seam gas, pumping while mining, and pumping and mining in the goaf area was proposed. The comprehensive gas treatment technology and measures for 81305 comprehensively drained working face in Baode Coal Mine were introduced, and the comprehensive gas treatment measures were recorded in detail, such as pre-pumping before mining of the present coal seam, switching between downdraft and updraft, pumping and drainage by buried pipeline in goaf area, pressure equalizing, air guide curtain and negative pressure spray setting, rationally distributed air flow, and closing at the end of mining. The results show that the volume of the gas pumping and drainage in the 81305 working face has reached a total of 18.549 1 million m^3 , and the comprehensive pumping and drainage rate has reached 81.07%, indicating excellent application effects. The comprehensive gas treatment technology combining various pumping and drainage methods can make the gas concentration in the comprehensively drained working face in Baode Mine safe and controllable during mining.

Keywords: high gas mines; comprehensively drained working face; comprehensive gas treatment; mine ventilation; gas pumping drainage

0 引言

我国是世界上少数以煤炭作为主要能源的国家之一,2020年煤炭产量已经达到世界煤炭产量的一半以上,同时,我国又是世界上遭受煤矿自然灾害最严重的国家,煤矿瓦斯灾害是制约煤矿安全生产的最严重的自然灾害之一。目前,我国矿井瓦斯抽采量和抽采率整体偏低,随着煤矿的开采深度不断增加,煤层瓦斯含量不断增大,瓦斯灾害问题日益突出。开展瓦斯综合防治技术研究对减少瓦斯爆炸事故及其他灾害事故具有重要意义。

目前,针对采煤工作面常用的瓦斯治理措施主要有:提高采出率、减少采空区遗煤,改变通风方式合理配风,在上下隅角设置风帘减小采空区漏风,以及局部通风机稀释上隅角瓦斯或插管抽采,本煤层预抽、采空区瓦斯预抽等。综放工作面具有生产能力大,产量高等优点,在安全管理上也出现了瓦斯涌出量大,容易造成局部瓦斯积聚、回风流瓦斯超限等新问题。针对不同的工作面,单一的措施已经不能有效解决这一问题,必须采取多种措施并综合应用,才能对工作面的瓦斯进行有效治理,瓦斯综合治理已形成基本共识^[1],各煤矿企业也根据需要进行了一些相应的技术措施,相关研究主要集中在技术路径及应用效果,缺乏横向对比分析。由于各煤矿企业的生产条件不同,所采取的瓦斯综合治理技术手段也应该因地制宜,以最小的成本形成瓦斯的有效管控,避免粗放型的技术措施叠加及工作重心不明确,改进路径不清晰等。

鉴于此,笔者以神东保德煤矿81305工作面综合瓦斯治理技术的实践应用为例,通过具体措施的介绍及瓦斯涌出量数据分析,对比各项技术所取得的实际效果,综合分析保德煤矿进一步提高瓦斯综合治理效果的方向和举措,以期为其他类似条件矿井的瓦斯有效防治和安全高效生产提供经验借鉴。

1 保德煤矿81305工作面概况

保德煤矿地质储量11.74亿t,可采储量7.35亿t,年产量1200万t,同时又是神东矿区唯一的高瓦斯矿井^[2-4]。保德煤矿目前主采煤层为8号煤,平均厚度6.83m,采用综合机械化放顶模式开采。近年来随着矿井产能的提高及开采深度的增加,瓦斯绝对涌出量逐年升高,回采工作面由于采高大、采长大、走向长,采空区面积大,常造成回采工作面及局部瓦斯超限,给矿井安全生产带来较大隐患^[5-7]。多年来,保德煤矿不断探索以煤层瓦斯超前预抽、边

采边抽及采空区抽采为主的瓦斯综合治理技术^[8-10],并进行了大量的工程实践。

81305工作面位于二号主辅运大巷以南,井田边界以北,以东为81304工作面(已回采),以西为设计81306工作面。备用面设计可采长度为2696m,备用面倾向长度240m。该备用面煤层底板等高线+700~+750m,最大相对高差30m,煤层倾角4°~9°,平均5°,密度1.51t/m³,煤层走向近南北,沿煤层走向掘进,81305工作面平均煤厚6.83m,属厚煤层,采区采出率为75%,依此计算得回采煤量为426.8万t,平均采高为3.8m。

煤层基本顶为粗砂岩、细砂岩,直接顶为砂质泥岩、含砾粗砂岩,直接底为粉砂岩、粗砂岩、中砂岩。自然发火等级为Ⅱ级,发火期为4~6个月,2004—2008年,煤炭科学研究总院沈阳研究院对8号煤层先后进行20次瓦斯含量实测分析测出81305面的相对瓦斯含量为3.5m³/t,总瓦斯含量为2288万m³。根据瓦斯鉴定结果该矿绝对瓦斯涌出量129.03m³/min,矿井相对瓦斯涌出量为11.20m³/t,属高瓦斯矿井,81305综放工作面最大瓦斯绝对涌出量17.57m³/min。

抽放主管路(负压管)布置情况:81305采空区泵站→81305二号回风4联巷→81305二号回风巷→81305二号回风(59联巷),负压主管共3000m。主管靠81305二号回风巷正帮敷设,主管在每个联巷口留设三通分别与联巷支管连接;主管路每隔3个联巷(150m左右)安装一个蝶阀(共17个),主管路在81305二号回风9、34联巷安设2个龙门,龙门处安设除渣装置,采空区抽放管路布置如图1所示。

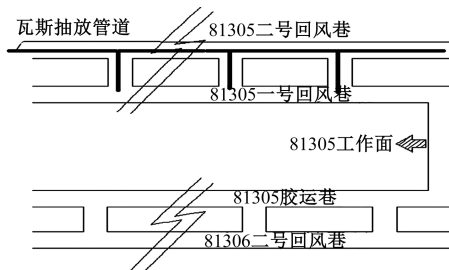


图1 采空区抽放管路布置

Fig.1 Layout of pumping and drainage pipeline in goaf area

2 瓦斯综合治理技术措施

2.1 本煤层预抽

保德煤矿工作面倾向长度一般在240m左右,走向长度一般超过3000m,为保障回采期间瓦斯有

效管控,一般提前 3 年以上进行区域预抽,钻孔布置在工作面上下平巷,在倾向上顺层上下交叉^[11],钻孔深度 220 m,孔径 94 mm,孔间距 5 m,交叉后 2.5 m。同时在切眼处沿工作面走向布置 3 个定向钻场,施工千米定向钻孔,钻孔长度 800 ~ 1 000 m,孔径 120 mm,钻孔布置如图 2 所示。81305 工作面于 2010 年 10 月开始连接钻孔进行预抽,边抽边施工钻孔,至 2013 年 6 月停止预抽,预抽时间 27 个月,共抽出瓦斯 220.45 万 m³,预抽率 9.60%。

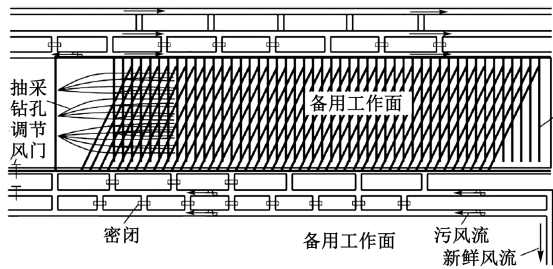


图 2 工作面预抽钻孔布置

Fig.2 Layout of pre-pumping drill holes in working face

2.2 上下行通风切换

81305 工作面标高在 +700 ~ +750,测定瓦斯含量为 3.5 m³/t,绝对瓦斯涌出量 15 ~ 50 m³/min,按照作业规程,采煤班每班进 5 刀,检修班每班进 2 刀,通过计算得每个原班采煤量为 22 776 t,81305 面煤层赋存总瓦斯量为 2 288 万 m³,掘进及备用面期间风排瓦斯量为 263.25 万 m³,81305 工作面回采前采用本煤层提前预抽,预抽时间 27 个月,抽出瓦斯量 220.45 万 m³,回采前工作面剩余瓦斯量 1 804.3 万 m³,预抽率 9.60%。

初采期间,与 81304 采面处于交替阶段,因此对 81305 综放面采用下行风,81305 一、二号回风巷作为进风巷,81305 胶带巷、81306 一、二号回风巷作为工作面回风巷,期间在工作面下隅角挂设风帘,以减少采空区漏风;在上隅角挂设导风帘,向上隅角导风,吹散上隅角积聚的瓦斯。不断调整工作面风量,合理布置尾排巷,控制工作面和上隅角瓦斯浓度,工作面配风为 1 900 ~ 2 300 m³/min,下行风期间 81305 工作面风排瓦斯量见表 1。

表 1 下行风期间 81305 工作面风排瓦斯量统计

Table 1 Gas exhaust volume of 81305 working face with downdraft

下行风时的配风量/ (m ³ · min ⁻¹)	瓦斯体积分数/%						风排瓦斯量/ m ³
	工作面		上隅角		尾排巷		
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
1 932	0.28	0.38	0.30	0.32	0.48	0.58	6.37
2 163	0.46	0.56	0.46	0.56	0.62	0.74	9.22
2 251	0.34	0.40	0.40	0.44	1.10	1.12	9.67
2 300	0.38	0.44	0.46	0.48	1.20	1.38	10.35

工作面推进距离超过 200 m 左右时,顶板来压不断冒落,采空区行成一个瓦斯库,通过不断增加工作面配风量,从表 1 可以看出,工作面、上隅角瓦斯得到控制,但尾排巷瓦斯浓度不断增加,最大到 1.38%,给安全生产带来严重威胁。此时需及时调整通风系统,采用上行通风,81305 胶带巷、81306 一、二号回风巷作为工作面进风巷,81305 一、二号回风巷作为回风巷,调节工作面风量,利用尾排巷,当工作面推过联巷后,在与下一个联巷间施工一道临时通风设施(板闭),增加风阻,合理控制风量,使一部分风经上隅角流入尾排巷,有效控制上隅角瓦斯浓度不超限^[12],上行风期间 81305 工作面风排瓦斯量见表 2。

2.3 回采过程中采空区单独抽放系统

为采空区抽放效果达到最佳,待工作面回采快

表 2 上行风期间 81305 工作面风排瓦斯量统计

Table 2 Gas exhaust volume of 81305 working face with updraft

上行风时的配风量/ (m ³ · min ⁻¹)	瓦斯体积分数/%				风排瓦 斯量/ m ³
	工作面		上隅角		
	平均	最大	平均	最大	
2 351	0.38	0.44	0.46	0.48	8.93
2 449	0.30	0.32	0.42	0.48	7.35
2 264	0.30	0.38	0.46	0.56	6.79

推过 51 联巷时,提前封闭 51 联巷,并在 81305 二号回顺 50 联巷以里施工一道 0.37 m 厚的砖墙(顶板压力大时堆黄土袋),当工作面推过 51 联巷 15 m 左右时,打开 51 联巷抽放阀门进行采空区抽放,以此类推。抽放 51 联巷时,工作面瓦斯浓度变化见表 3。

表3 小流量抽放期间工作面瓦斯量统计

Table 3 Gas volume in working face during pumping and drainage at low flow rate

上行风时 配风量/ (m ³ ·min ⁻¹)	瓦斯体积分数/%				风排瓦斯量/ m ³	采空区第二套泵抽放量/m ³		
	工作面		上隅角			抽放量/ (m ³ ·min ⁻¹)	抽放瓦斯 体积分数/%	瓦斯量/ (m ³ ·min ⁻¹)
	平均	最大	平均	最大				
1 781	0.28	0.32	0.44	0.52	4.99	289	3.14	9.07
	0.34	0.42	0.52	0.58	6.06	280	3.12	8.74
	0.34	0.38	0.44	0.48	6.06	278	3.14	8.73

从表3可以看出,单独利用小流量采空区抽放系统治理瓦斯,减少工作面配风量,可以使工作面瓦斯浓度稳定,上隅角瓦斯总体保持较高浓度,尤其是机尾推进过联巷时,上隅角瓦斯浓度达到

0.62%以上。

增加一套采空区抽放泵,采空区抽放量达到500 m³/min以上时,保持采煤工作面配风量不变,此时工作面的瓦斯浓度实测值见表4。

表4 增加抽放量期间工作面瓦斯量统计

Table 4 Gas volume in working face with intensified pumping and drainage

上行风时的 配风量/ (m ³ ·min ⁻¹)	瓦斯体积分数/%				风排瓦斯量/ m ³	采空区一、二套泵抽放量/m ³		
	工作面		上隅角			抽放量/ (m ³ ·min ⁻¹)	抽放瓦斯 体积分数/%	瓦斯量/ (m ³ ·min ⁻¹)
	平均	最大	平均	最大				
1 751	0.34	0.36	0.34	0.38	5.95	520	3.14	16.33
	0.20	0.24	0.32	0.36	3.50	524	3.14	16.45
	0.30	0.32	0.36	0.38	5.25	530	3.12	16.54

对比表3、表4数据可知:增加采空区抽放量,工作面、上隅角的平均瓦斯体积分数都在0.50%以下,当抽放量达到500 m³/min以上时能有效控制上隅角瓦斯浓度。

2.4 上隅角瓦斯管控技术

保德煤矿81305采煤工作面瓦斯浓度分布为:沿工作面倾斜方向从进风到回风风流的风流浓度逐渐增加^[13];随着煤机与上隅角距离的减小,对通风断面的影响增加,使采煤工作面的风流与采空区的高浓度瓦斯间对流加快,较易置换出采空区里的瓦斯;再加上采空区周期来压,顶板垮落造成瓦斯突然涌出,从而造成上隅角瓦斯浓度增加甚至超过限值。因此,保德煤矿采用采空区埋管抽放、均压措施,设置导风帘和负压喷雾以及防止采空区瓦斯大量涌出的措施。

1) 采空区埋管抽放。通过大流量的采空区埋管抽放(抽放量为520~580 m³/min),在上隅角后部形成一个负压区域,引导上隅角风流向采空区方向流动,进而进入抽放管道内,将上隅角风流方向由出风变为进风,避免采空区高浓度瓦斯通过上隅角向工作面涌出^[14]。

2) 均压措施。为降低工作面进回风侧的风压差,适量减少工作面风量,81305工作面正常生产期间配风为1 600~1 800 m³/min,在工作面回风侧靠近工作面100 m处设置2道临时调节设施,以提高

工作面回风侧的风压值。

3) 设置导风帘和负压喷雾。工作面采空区后部安设抽放管路,在上隅角后部形成负压区域,如果风量小,风速达不到要求,容易造成瓦斯积聚。生产期间在上隅角设置导风帘和负压喷雾,把工作面的风引向上隅角区域,以有效控制顶板瓦斯层状积聚。

4) 防止采空区瓦斯大量涌出。综放工作面在回采过程中,隅角架后悬顶长度大于10 m时,在综放工作面上隅角码放黄土袋,由底板码放直至接顶,底板处为2.0 m,封顶时不低于1.5 m,具体码放规格如图3所示。

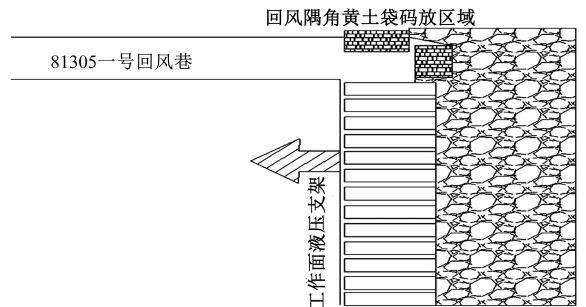


图3 隅角黄土袋码放规格

Fig.3 Layout specifications of corner loess bags

2.5 合理分配工作面风流

确保工作面通风系统稳定,根据瓦斯涌出量和风量分配经验适当加大风速(1 700 m³/min),防止

因为工作面断面减小,风量不足导致工作面和上隅角瓦斯超限,合理分配工作面风流,减少采空区瓦斯涌出。加强抽放系统的管理,保证瓦斯抽放系统的正常运行,加强监测系统的维护管理工作。

末采期间在 81305 辅回撤通道①、②、③、④处各施工段 4 组对开大风门,拆除主、辅回撤通道下出口处调节窗和风门,各施工段关闭一道挡风板,在工作面贯通之前,风门全部打开,通过关闭挡风板控制回撤通道风量为 $600 \text{ m}^3/\text{min}$ 。81305 工作面末采期间的设施位置如图 4 所示。

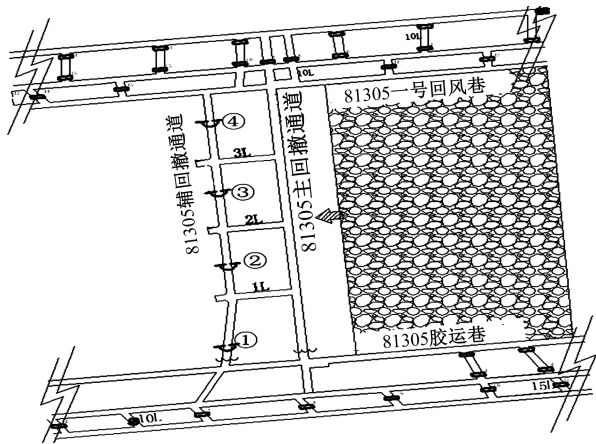


图 4 81305 工作面末采期间设施位置

Fig.4 Facility location during final mining in 81305 working face

工作面快贯通时,每班设置专职人员检查主辅回撤通道板关闭情况和瓦斯浓度,防止由于工作面突然来压造成板闭倒塌和造成瓦斯超限。

工作面与主回撤通道贯通后,通风管理人员负责回收主、辅回撤通道下出口 2 处板闭,同时关闭辅回撤通道①处风门,调节 81305 回撤面的风量为 $1700 \text{ m}^3/\text{min}$ (不含抽放)。测风人员进行风量核定,发现风量变化时通过①处风门及时调整风量,当回撤到 3 联巷以下时打开①处风门,通过开关②处风门,使回撤面风量控制在 $1700 \text{ m}^3/\text{min}$ (不含抽放)。过下一个联巷时以此类推。

回撤支架期间设置专人看护风门,专职人员现场检查瓦斯、氧气、一氧化碳浓度,支架回撤带班人员随身携带便携式瓦斯、氧气和一氧化碳检测仪,发现回撤处风流中 $\text{CH}_4 \geq 1.0\%$ 、 $\text{CO} \geq 24 \times 10^{-6}$ 或 $\text{O}_2 < 18\%$ 时,通过调节辅回撤通道对开风门来增加回撤点风量;如果回撤点各种气体浓度正常,而回风侧瓦斯浓度异常,则通过调节辅回撤通道对开风门减小回撤点风量,回撤期间涉及到电焊时要严格按照动火审批措施落实相关安全措施。

2.6 采终封闭

回撤结束后要及时对主辅回撤通道联巷进行封闭,安排人员必须在相通的巷道内及有浮煤的地方撒布岩粉,岩粉厚度不得小于 50 mm ,在 81305 一、二号回风联巷施工 0.37 m 临时砖墙密闭,封闭期间要保证通风系统的稳定,临时密闭完成后及时调整通风系统由 81305 一号回风巷进风,81305 二号巷回风。同时对 81305 进风巷和回风巷设置防火密闭,81305 胶带巷处设置防水密闭,封闭期间,设置专职瓦检和通风管理人员监督施工质量与作业安全,严格按照安全规范进行作业,采终封闭完成后进行二次封闭。

3 应用效果

81305 工作面通过本煤层预抽、采空区抽放、风排瓦斯等进行综合治理,掘进及回采期间均实现了瓦斯浓度的有效管控,未发生局部瓦斯超限事故,保障了工作面安全高效生产。累计抽放瓦斯量达 1854.91 万 m^3 ,瓦斯抽采率达到 81.07% ,工作面瓦斯涌出量及比例见表 5。

表 5 81305 工作面瓦斯涌出量统计

Table 5 Total gas emission in 81305 working face

瓦斯涌出量类别	瓦斯量/ 万 m^3	占总量比例/ $\%$
掘进及备用面期间风排量	263.25	11.51
本煤层预抽量	220.45	9.60
采空区抽放量	853.18	37.29
回采期间风排量	518.03	22.64
合计	1854.91	81.07

由上述统计分析可知:保德煤矿 81305 工作面采空区抽放量占瓦斯涌出总量的比例最高,达到 37.29% ,表明采空区单独抽放系统对保德煤矿 81305 工作面瓦斯综合治理效果最为显著。回采期间风排量占总量的比例也较高,达到 22.64% ,表明回采期间风排瓦斯涌出量较高,且由于风排瓦斯仅受风量影响,瓦斯管控压力较大,应着重加强通风动态管理和瓦斯浓度的在线监测。

4 结论

1) 高瓦斯矿井综放工作面瓦斯管控主要采用采前预抽、上下行通风切换、采空区埋管抽放、均压措施、设置导风帘和负压喷雾、合理分配风流及采终封闭等瓦斯综合防治措施,保德煤矿 81305 工作面抽排瓦斯量合计 1854.91 万 m^3 ,占瓦斯总量 81.07% ,取得良好应用效果。

2) 采空区抽放量占瓦斯涌出总量的比例最高,为 37.29%,表明采空区单独抽放系统对于保德煤矿 81305 工作面瓦斯综合治理效果最为显著。回采期间风排量占总量的比例也较高,达到 22.64%,表明回采期间风排瓦斯涌出量较高,且由于风排瓦斯仅受风量影响,瓦斯管控压力较大,应着重加强通风

动态管理和瓦斯浓度的在线监测。

3) 81305 工作面整体瓦斯抽放量占比 46.92%,为可利用部分,风排瓦斯量占比 34.15%,为不可利用部分,未抽采量占比 18.93%,通过增加前期预抽,如增加预抽钻孔使用时间,进一步增加瓦斯抽放量占比,以降低矿井的有害气体排放。

参考文献

- [1] 石琨.综放工作面瓦斯综合治理技术[J].煤炭科学技术,2012,40(5):63-65,85.
SHI Kun. Gas comprehensive control technology of fully mechanized top coal caving mining face[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(5): 63-65, 85.
- [2] 周锋,张增辉,罗伙根,等.保德煤矿 81306 综放工作面高位钻孔最优参数研究[J].能源与环保,2020,42(6):44-48.
ZHOU Feng, ZHANG Zenghui, LUO Huogen, et al. Study on optimum parameters of high-level boreholes in 81306 fully-mechanized caving face of Baode coal mine[J]. China Energy and Environmental Protection, 2020, 42(6): 44-48.
- [3] 李鹏,安世岗,梁文勳.保德煤矿 8 号未开采煤层瓦斯涌出的地质因素分析[J].陕西煤炭,2024,43(1):83-86.
LI Peng, AN Shigang, LIANG Wenxu. Geologic factors analysis of gas inrush of 8# unmined coal seam in Baode coal mine[J]. Shaanxi Coal, 2024, 43(1): 83-86.
- [4] 张晔.综采工作面回采过程通风与瓦斯管理研究[J].煤矿现代化,2020(6):63-65.
ZHANG Ye. Research of ventilation and gas management in fully mechanized face[J]. Coal Mine Modernization, 2020(6): 63-65.
- [5] 袁亮.淮南矿区瓦斯治理技术与实践[J].煤炭科学技术,2000(1):7-11,50.
YUAN Liang. Gas management technology and practice in Huainan mining area[J]. Coal Science and Technology, 2000(1): 7-11, 50.
- [6] 孙炳兴.保德煤矿综放工作面巷道布置方式优化及应用[J].煤炭工程,2021,53(5):7-12.
SUN Bingxing. Roadway layout optimization in fully mechanized top coal caving face in Baode coal mine[J]. Coal Engineering, 2021, 53(5): 7-12.
- [7] 孟永兵.综放工作面瓦斯综合抽采治理技术[J].煤炭科学技术,2014,42(12):125-128.
MENG Yongbing. Comprehensive gas drainage control technologies in fully mechanized top coal caving mining face[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(12): 125-128.
- [8] 陈殿赋,鲁义.工作面上隅角瓦斯综合治理技术的研究及应用[J].煤炭科学技术,2013,41(10):57-59,63.
CHEN Dianfu, LU Yi. Research and application on comprehensive gas treatment technology in upper corner of working face[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(10): 57-59, 63.
- [9] 尤文顺,元中立.神东高产高效保德煤矿瓦斯防治技术[J].煤矿安全,2006(9):10-13.
YOU Wenshun, YUAN Zhongli. Gas prevention and control technology of Shendong high-yield and high-efficiency Baode coal mine[J]. Safety in Coal Mines, 2006(9): 10-13.
- [10] 张永福.保德煤矿瓦斯综合防治技术[J].煤矿安全,2016,47(3):68-71,75.
ZHANG Yongfu. Comprehensive prevent and control technology of gas in Baode coal mine[J]. Safety in Coal Mines, 2016, 47(3): 68-71, 75.
- [11] 张增辉,陈殿赋,黄步青,等.保德煤矿煤层瓦斯合理预抽期及钻孔布置方式的研究[J].矿业安全与环保,2012,39(2):41-44.
ZHANG Zenghui, CHEN Dianfu, HUANG Buqing, et al. Research on reasonable pre-extraction period and drilling arrangement of coal seam gas in Baode coal mine[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2012, 39(2): 41-44.
- [12] 陈殿赋,孙炳兴.安全高效高瓦斯工作面下行通风技术研究与应[J].矿业安全与环保,2019,46(3):57-60,65.
CHEN Dianfu, SUN Bingxing. Research and application of downward ventilation technology for safe and efficient working face with high gas content[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2019, 46(3): 57-60, 65.
- [13] 林青,黄旭超,张朝举,等.多重保护层开采高瓦斯综采面瓦斯涌出规律研究[J].煤矿开采,2010,15(1):94-96.
LIN Qing, HUANG Xuchao, ZHANG Chaoju, et al. Methane gushing rules of full-mechanized mining face with high methane-content in multi protecting stratum mining[J]. Coal Mining Technology, 2010, 15(1): 94-96.
- [14] 罗伙根,张增辉.保德煤矿 81304 综放工作面上隅角瓦斯治理[J].煤矿安全,2012,43(9):126-128.
LUO Huogen, ZHANG Zenghui. The upper corner gas control in 81304 fully mechanized caving face of Baode coal mine[J]. Safety in Coal Mines, 2012, 43(9): 126-128.

作者简介: 袁保发 (1988—),男,重庆人,本科,高级工程师,主要从事煤矿灾害防治、企业安全管理体系方面的工作。E-mail:634981465@qq.com。