

# 回采工作面瓦斯综合治理技术研究与应用

Research and Application of Gas Comprehensive Control Technology in Mining Face

王英虎(开滦(集团)有限责任公司东欢坨矿业分公司,河北唐山064002)

**摘要:**针对东欢坨3095工作面瓦斯治理难题,通过工作面掘进期间的瓦斯参数收集、分析、计算,超前制定工作面回采期间的瓦斯综合治理方案,能够在掘进、安装过程中同步实施瓦斯治理工程,保证回采期间瓦斯治理措施落实到位。同时,通过分析回采期间瓦斯治理效果,可进一步优化瓦斯治理措施的具体参数,进而显著提高瓦斯治理效果,避免工作面瓦斯浓度超限。研究表明:实施上隅角埋管抽采与工作面注水相结合的瓦斯综合治理措施后,3095工作面及上隅角瓦斯浓度均控制在0.21%以下,且回采期间无明显瓦斯积聚现象的发生,可有效保障东欢坨3095工作面安全高效开采,为同类矿井工作面瓦斯综合治理提供重要参考和借鉴。

**关键词:**综合治理;涌出量预测;顶板瓦斯抽放;煤壁注水

**中图分类号:**TD712.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-609X(2022)06-0055-05

**Abstract:**In view of the gas control problem of Donghuantuo 3095 working face, through the collection, analysis and calculation of gas parameters during the excavation of the working face, the comprehensive gas control plan during the mining period of the working face is formulated in advance, which can simultaneously implement the gas control project during the excavation and installation process to ensure that the gas control measures during the mining period are in place. At the same time, by analyzing the effect of gas control during mining, the specific parameters of gas control measures can be further optimized, so as to significantly improve the effect of gas control and avoid the gas concentration in the working face exceeding the limit. The research results show that after the implementation of the gas comprehensive control measures of the combination of pipe drainage at the upper corner and water injection at the working face, the gas concentration at 3095 working face and the upper corner is controlled below 0.21%, and there is no obvious gas accumulation during the mining, which can effectively ensure the safe and efficient mining of Donghuantuo 3095 working face, and provide important reference and reference for the gas comprehensive control of working faces in similar mines.

**Key words:**comprehensive treatment; emission forecast; roof gas drainage; coal wall water injection

## 1 前言

煤矿瓦斯有效防治是矿井安全生产的重要保障。随着煤矿机械化采煤技术的快速推广,浅部煤炭资源逐渐枯竭,煤炭资源开采每年以10~25 m速度向深部转移<sup>[1]</sup>,导致煤矿地质环境日益复杂,“三高一扰动”现象频频发生,造成我国部分工作面瓦斯异常涌出。同时,受巷道断面及风速的时空限制,单一的瓦斯治理手段已不能保障煤矿工作面的安全生产。因此,结合工作面掘进期间瓦斯涌出量和邻近煤层采空区瓦斯分布状况,运用科学方法预测回

采工作面瓦斯涌出量,进而合理设计工作面回采期间瓦斯综合治理方案,对矿井其他工作面瓦斯治理具有重要的理论及实际意义。

为有效治理工作面超限瓦斯,国内外学者分别从改进通风系统、优化抽放参数的角度开展工作面瓦斯治理技术研究。其中,崔鹏飞等<sup>[2]</sup>提出瓦斯综合治理方法及工艺,可有效解决大采高工作面的瓦斯涌出问题。赵学良等<sup>[3]</sup>通过改造综放工作面通风方式,实现了采空区瓦斯的有效治理,有效降低了瓦斯异常涌出现象。单德哈等<sup>[4]</sup>根据覆岩运动规律与瓦斯运移规律,提出综合治理措施,可确保工作面初采期间安全生产。周图文等<sup>[5]</sup>借助大直径高位定向瓦斯治理技术开展工作面瓦斯来源精准治理。薛令华<sup>[6]</sup>针对低瓦斯矿井高瓦斯工作面瓦斯治理难题,提出上隅角切顶控制悬顶、瓦斯抽放及高位钻孔抽采等综合治理技术。焦明玉<sup>[7]</sup>、穆嘉奇<sup>[8]</sup>基于现场工程特点,改进优化工作面通风系统,保障

[作者简介] 王英虎(1975-),男,河北唐山人,学士,高级工程师,主要从事矿井“一通三防”工作。

[基金项目] 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2022YJSAQ15)

[引用格式] 王英虎.回采工作面瓦斯综合治理技术研究与应用[J].中国矿山工程,2022,51(6):55-59.

了工作面安全高效生产。陈滔等<sup>[9]</sup>、戴潇杰等<sup>[10]</sup>基于分源预测法开展了Y、W型工作面瓦斯分源治理。郭翔<sup>[11]</sup>采用生产统计法分析了孤岛工作面瓦斯来源,明确了回风隅角埋管抽采和邻近巷道密闭插管抽采的综合治理方法。张迪等<sup>[12]</sup>借助FLAC<sup>3D</sup>及FLUENT,获得了工作面通风方式及配风量对采空区瓦斯涌出的影响。张增辉等<sup>[13]</sup>针对“U”型下行通风工作面瓦斯超限问题,借助FLUENT明确了抽采间距、抽采量等瓦斯抽采参数。郭艳军<sup>[14]</sup>采用矿井主扇全负压引流法,解决了无均压下瓦斯治理难题。张春等<sup>[15]</sup>开展了“U+L”型通风系统的瓦斯治理效果研究,并借助数值模拟确定了通风系统参数。栾铮<sup>[16]</sup>根据覆岩运动及瓦斯运移规律,获得高抽巷布设位置、供风量、抽采负压多因素影响下的瓦斯治理最优方案。黄华等<sup>[17]</sup>提出双U型通风布置方式,并于晋控阳村煤业开展现场验证,结果表明回采期间瓦斯未超限。梁谦等<sup>[18]</sup>基于110工法特点,开展钻孔及埋管综合抽采瓦斯,可有效提高瓦斯抽采量,保障工作面安全高效生产。李晨旭<sup>[19]</sup>对比分析了U+L与U+I型通风方式的优缺点,通过总结瓦斯涌出情况,获得不同通风方式的适用范围,可为类似矿井瓦斯高效治理提供重要的借鉴及参考价值。张志晶等<sup>[20]</sup>立足煤矿综放工作面瓦斯超限难题,通过分析瓦斯赋存规律,提出“一段一策”的瓦斯高效治理模式,进而开展瓦斯精准靶向治理。岳岗<sup>[21]</sup>、常宾<sup>[22]</sup>基于煤矿工作面通风系统特点,分别提出适应工作面现场的综合瓦斯治理措施,可有效治理工作面瓦斯超限难题。陈滔等<sup>[23]</sup>通过开展工作面分源瓦斯治理试验,可有效避免通风方式改变造成的工作面风排瓦斯能力降低。

东欢坨煤矿3095工作面属于瓦斯赋存丰富区域,仅采用单一瓦斯治理措施无法保障瓦斯的高效治理,造成人员生命财产威胁。因此,提出通过工作面瓦斯预测,结合通风管理、抽放管理的综合瓦斯治理技术措施,并借助现场瓦斯治理效果加以验证,进而满足3095工作面瓦斯治理的需要,以期类似地质条件下的工作面瓦斯治理提供借鉴参考。

## 2 回采工作面概况

3095工作面位于-690 m水平中央下段采区。北至中央下段采区一中、二中石门9煤层见点位置开口;南至15勘探线以南106 m(平距),切眼距-690 m水平煤12-1联络巷平距约88 m;东侧为

3093采空区;西侧9煤层无采掘工程,距-690 m水平南翼轨道大巷、运输大巷的平距均大于115 m和81 m;下方无采掘工程;铅垂正上方为3085工作面(回采完毕)。3095回采工作面为9煤层,煤层平均倾角20°,工作面走向长度1765 m,倾斜长度145 m。伪顶为深灰色粉砂岩或灰褐色黏土岩,岩性细腻,均一,性脆易碎,易随煤层一起脱落。

## 3 工作面瓦斯涌出量预测

为保证预测数据的准确性,以下采用实测法和公式法开展工作面瓦斯含量预测。

(1)实测法:根据现场3095工作面掘进期间的相对瓦斯涌出量(掘进期间瓦斯涌出量为1.84~2.42 m<sup>3</sup>/min),计算回采期间工作面瓦斯涌出量(按现场实测数据和掘进工作面瓦斯涌出量较大区段614~957 m数据分别计算),进而获得工作面的绝对瓦斯涌出量为9.82 m<sup>3</sup>/min。其中,不同进尺下的瓦斯涌出量如图1所示。

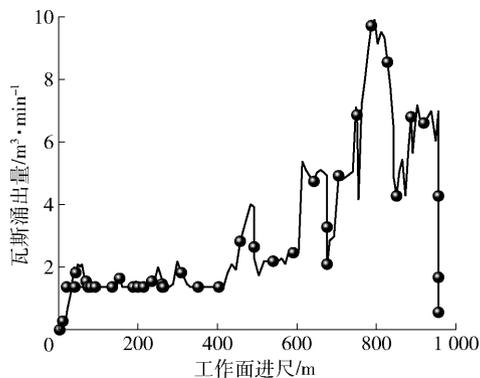


图1 3095运道掘进期间瓦斯涌出量情况

具体预测方法:

(1)根据掘进期间现场实测单架回风瓦斯浓度,计算出掘进期间单架绝对瓦斯涌出量。

(2)根据掘进巷道单架煤量,获得掘进期间相对瓦斯涌出量。

(3)依据工作面回采煤量,从而预测回采期间工作面的绝对瓦斯涌出量。

(2)公式法:根据国家安全生产监督管理总局发布的相关标准规范(“AQ1018—2006 矿井瓦斯涌出量预测方法”),计算3095掘进工作面的瓦斯涌出量,进而预测3095工作面回采期间的瓦斯涌出量,即工作面绝对瓦斯涌出量为8.06 m<sup>3</sup>/min。同时,经实测法、公式法计算,3095工作面回采期间,绝对瓦斯涌出量的预测值为8.06~9.82 m<sup>3</sup>/min。

## 4 3095 工作面瓦斯综合防治措施

### 4.1 通风管理措施

(1)调整-950 m 水平中央采区延深区域通风系统,将乏风由-950 m 水平中央采区8煤皮山上部平石门回入-690~-500 m 水平专用回风巷,同时调整中央下段采区二中石门通风系统,加大3095工作面风量。

(2)开展中央下段采区回风山一中石门以上局部巷道维修与治理,降低通风阻力,加大中央下段采区通风能力。

(3)优化中央下段采区通风系统,强化通防设施管理水平,减少内部漏风,提高风量利用率,加大3095工作面配风量。

(4)优化现有通风系统,改进并调整通风线路,减少风路损失,加大工作面有效配风量;局部布置通风设施降低通风阻力。

(5)排查瓦斯异常涌出源,借助通风设施精确治理瓦斯源,改善工作面环境,提高人员效率。

(6)工作面临时停工区域要保持通风。否则需要设置禁行标志、切断设备电源,保证人员不得进入,并及时报告指挥系统进行通风的调度。在停工区域内如果二氧化碳或甲烷含量超过3%,或者其他有害气体含量超标,则需要在24h内封闭。

(7)生产部门需要在采掘工作面设计时坚持做好瓦斯的防治工作,由风量来定产能,采掘工作面需要具有独立的通风系统。当独立通风无法实现时,需要采取相应的安全措施,并上报公司审核批准后作业,严格按照《煤矿安全规程》进行操作。

### 4.2 瓦斯抽放管理措施

#### 4.2.1 建立瓦斯抽放系统

为综合治理矿井瓦斯,保障工作面安全高效生产,避免瓦斯超限等异常现象。施工现场于东欢坨矿井-500 m 水平的瓦斯抽放泵站增设两台2BEC52水环式瓦斯抽放泵(200 m<sup>3</sup>/min),与原有的两台2BEC40水环式瓦斯抽放泵(100 m<sup>3</sup>/min)共同使用。同时,按照相应煤矿安全规程及标准规定,布设瓦斯抽采泵等相关设备,以便分别对3095工作面上隅角和工作面煤层顶板实施瓦斯抽放,最终保证东欢坨3095工作面的瓦斯浓度要低于5 m<sup>3</sup>/min。

##### 1)3095工作面上隅角瓦斯抽放系统

借助2BEC52水环式瓦斯抽放泵(200 m<sup>3</sup>/min),由-500水平瓦斯抽放泵站敷设 $\phi$ 325 mm 瓦

斯抽放管路由工作面上隅角埋管1~2 m位置实施抽放,稀释上隅角瓦斯浓度。同时,上隅角安设甲烷等传感器,并做到传感器显示准确、断电灵敏可靠,连续运行。其次,上隅角甲烷传感器距巷道壁不得超过500 mm,工作面甲烷传感器距切眼不得超过10 m;传感器必须悬挂在距顶不大于300 mm位置,距煤壁不小于200 mm位置,且保证巷道支护完好、无淋水处。

工作面上隅角抽放管理管包括埋入抽放和隅角外部空间抽放,根据实测抽放效果比较,最终确定埋入隅角内1~2 m位置效果最佳(管路距顶板不大于200 mm),能够实现上隅角风流向抽放管理位置流动,确保该位置瓦斯浓度在较低范围。不同管路布设位置的瓦斯抽采效果如图2所示。

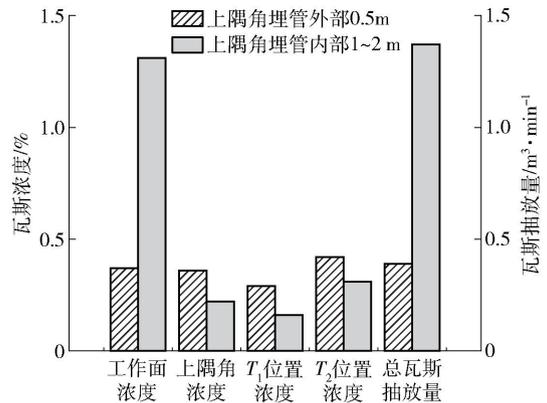


图2 上隅角抽放管路不同位置抽放效果

综合图2可知,3095工作面隅角抽放管理埋放位置对瓦斯抽采效果影响显著。其中,管路位于外部0.5 m时,上隅角、管路、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>位置的瓦斯浓度分别为0.37%、0.36%、0.29%、0.42%,整体浓度偏低,瓦斯抽放量仅为0.39 m<sup>3</sup>/min;而管路位于上隅角内1~2 m时,上隅角、管路、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>位置的瓦斯浓度分别为1.31%、0.22%、0.16%、0.31%,瓦斯抽放量为1.37 m<sup>3</sup>/min。二者差异显著,原因可能在于,当管路位于上隅角外,巷道空气受抽采负压影响随瓦斯进入抽采管路,显著降低抽采管路的瓦斯抽采浓度及抽采量;当抽采管路位于上隅角内1~2 m时,上隅角位置破坏微弱,巷道内空气无法大量涌入抽采位置,从而在抽采负压的作用下显著抽采工作面瓦斯,保障工作面安全高效开采。

##### 2)顶板瓦斯抽放系统

3095工作面顶板瓦斯抽放钻窝布置间距为50 m和100 m两种,在预测瓦斯涌出量较大区域布

置间距为 50 m,其他区域间距为 100 m。同时,在每个钻窝中施工 3 个瓦斯抽放钻孔,孔深为 60 m、110 m,钻孔存在 10 m 重叠区域,可保障瓦斯抽放具有连续性。其中,瓦斯抽放钻孔覆盖工作面倾向范围为上部 1/3 至 1/4 部位。另外,由于工作面上方为 3085 工作面采空区,因此终孔位置距离 8 煤层底板 1m,距离 9 煤层顶板 7.75 ~ 17.47 m。根据现场瓦斯抽放效果,调整钻孔参数,使用 2BEC40 水环式瓦斯抽放泵(100 m<sup>3</sup>/min),由 -500 m 水平瓦斯抽放泵站敷设瓦斯抽放管路至风道高位瓦斯钻孔实施抽放。3095 工作面瓦斯 15# 抽放钻窝平面如图 3 所示。

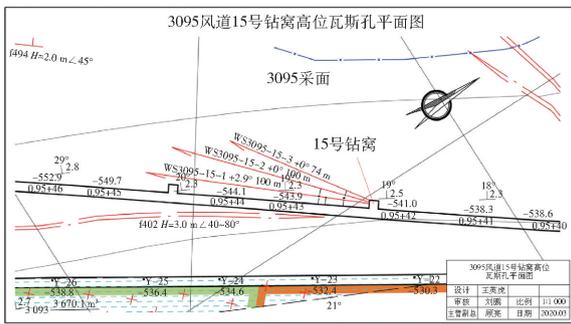


图3 3095 工作面瓦斯 15# 抽放钻窝平面图

为进一步提高 9# 煤层顶板瓦斯抽放效果,观测、记录、分析现场情况,包括钻孔抽放浓度与工作面推采位置、钻孔与 9 煤层顶板距离的相互变化关系等。进而优化、调整接替钻窝施工参数,实现瓦斯抽放钻孔布置在浓度最高区域,提高瓦斯抽放效果,具体如图 4 所示。

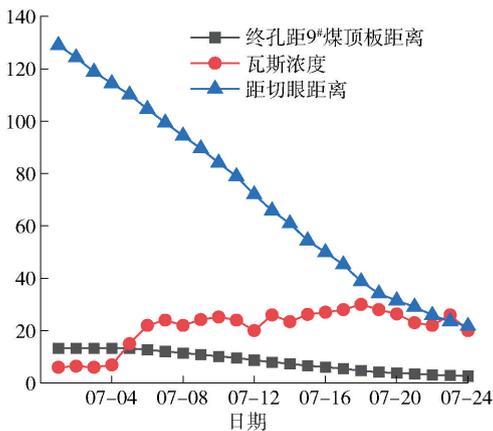


图4 3095 工作面钻孔瓦斯浓度、钻窝与切眼距离、钻孔距 9 煤层顶板距离变化

由图 4 可知,7 月 1 日 ~ 7 月 24 日,工作面距 9# 煤顶板由 13.23 m 降低至 2.62 m,距离切眼距离由

128.99 降低至 21.69 m,整体呈线性下降趋势,满足  $y = ax + b$  的函数关系。其中,钻孔瓦斯浓度随距离切眼、9#煤顶板距离的减小而显著增大,其中 7 月 1 日 ~ 7 月 4 日变化较为微弱,瓦斯浓度仅变化 0.4% ~ 0.9%。而 7 月 5 日 ~ 7 月 7 日呈显著变化,瓦斯浓度最大变化幅度为 7.0%。原因可能在于,早期钻孔距离顶板及切眼距离较远,孔隙、裂隙等缺陷面发育不显著,随着钻孔距离顶板及切眼距离减小,顶板及切眼附近裂隙发育完全,与钻孔贯通后,可形成新的瓦斯运移通道,进而显著提高瓦斯抽采浓度。7 月 8 日 ~ 7 月 24 日,瓦斯浓度变化较小,部分时间呈现波动,可能与局部裂隙发育状态存在关联。

#### 4.2.2 加强瓦斯泄放

为进一步加强工作面瓦斯治理,采取工作面煤壁注水稀释瓦斯措施,于工作面每间隔 10 m,施工孔深 6 m 的注水钻孔,借助封孔器封孔,利用加压泵对工作面煤壁进行注水(注水压力 14 MPa,注水时间 4 ~ 12 min)。通过对注水前后工作面、上隅角、T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 位置瓦斯浓度进行数据对比可知,工作面采取煤壁注水措施后,在次日回采过程中可有效降低回风瓦斯浓度。具体如图 5 所示。

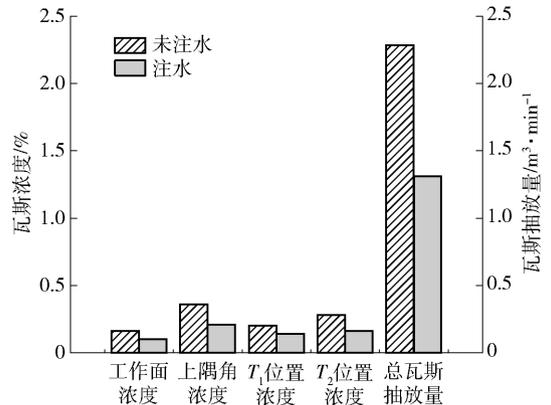


图5 注水前后工作面瓦斯浓度及总抽放量变化

由图 5 可知,注水前后 3095 工作面的瓦斯浓度差异显著。其中,注水后,工作面、上隅角、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 位置的瓦斯浓度分别为 0.16%、0.36%、0.21%、0.28%,瓦斯抽放量仅为 2.28 m<sup>3</sup>/min;注水后,工作面、上隅角、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 位置的瓦斯浓度分别为 0.10%、0.21%、0.14%、0.16%,瓦斯抽放量仅为 1.31 m<sup>3</sup>/min。二者差异显著,原因可能在于,当借助加压泵对工作面煤壁进行注水,一方面水压直接作用于煤体,造成煤体内部裂纹萌生、发育,最终贯通、

失稳破坏,即产生大量瓦斯运移通道;进而导致抽采期间瓦斯浓度、瓦斯量降低。另一方面,从微观角度出发,考虑水分子进入煤体后,附着于煤粒表面,降低煤体内部瓦斯解析扩散的通道,造成煤体内部瓦斯无法大量解析,一定程度上降低了瓦斯涌出量。

## 5 3095 工作面瓦斯治理效果

(1) 加大工作面配风量,工作面风量为  $13.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。风排瓦斯量:回风  $0.35\%$ ,工作面配风量  $13.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,稀释瓦斯  $2.86 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(2) 采用工作面上隅角埋管和风道施工 9 煤顶板瓦斯抽放钻孔的措施,并借助瓦斯抽放泵布置抽放系统实施抽放。其中,工作面上隅角埋管抽放瓦斯量  $1.37 \text{ m}^3/\text{min}$ ;风道 9# 煤层顶板抽放钻孔瓦斯抽放量  $3.20 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(3) 加强 3095 工作面回采期间的瓦斯管理,其中工作面风量  $13.60 \text{ m}^3/\text{s}$ ,回风瓦斯浓度  $0.35\%$ ,风排瓦斯量  $2.86 \text{ m}^3/\text{min}$ ;抽放瓦斯量  $4.57 \text{ m}^3/\text{min}$ ,工作面瓦斯涌出量为  $7.43 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(4) 在工作面回采期间,每隔 10m 施工注水钻孔,对煤体进行注水,稀释煤体中瓦斯含量,最终回采期间瓦斯涌出量为  $0.975 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

## 6 结论

针对东欢坨 3095 工作面瓦斯赋存特征,煤层赋存状态及巷道布置方式,结合掘进期间实测瓦斯参数(瓦斯涌出量、瓦斯浓度),预测回采期间工作面瓦斯涌出量,同时结合通风与瓦斯管理措施,提出上隅角埋管抽采与煤壁注水相结合的瓦斯综合治理措施,进而超前制定回采工作面瓦斯综合治理方案,并在实践中根据瓦斯治理检测数据,优化、调整治理措施,提高瓦斯治理效果。现场结果表明,当 3095 工作面采取瓦斯综合治理防治措施后,瓦斯浓度由  $0.16\%$  降低至  $0.1\%$ 、上隅角由  $0.36\%$  降低至  $0.21\%$ ,且回采期间无明显瓦斯积聚现象的发生,可有效保障东欢坨 3095 工作面安全高效开采,为同类矿井工作面瓦斯综合治理提供重要参考和借鉴。

### 【参考文献】

[1] 解北京,栾铮,陈冬新,等.不同长径比煤样动力学特征及本构模型[J/OL].矿业科学学报,1-12.  
 [2] 崔鹏飞,陈向军,李新建,等.成庄矿 4321 工作面瓦斯治理技术研究[J].煤炭技术,2022,41(11):143-147.  
 [3] 赵学良,朱鹏飞,罗华贵,等.成庄矿综放工作面通风方式改造及采空区瓦斯治理实践[J].矿业安全与环

保,2020,47(5):85-89.  
 [4] 单德晗.赵官矿采煤工作面初采期间瓦斯治理研究[J].煤炭工程,2018,50(8):65-67.  
 [5] 周图文.五沟煤矿复杂条件下采煤工作面瓦斯综合治理技术实践[J].能源技术与管理,2021,46(4):41-42.  
 [6] 薛令华.低瓦斯矿井高瓦斯区域工作面瓦斯治理技术[J].山东煤炭科技,2020(2):77-79.  
 [7] 焦明玉.综采工作面通风系统的优化[J].机械管理开发,2021,36(9):180-181.  
 [8] 穆嘉奇.综采面通风系统优化及瓦斯治理分析[J].能源与节能,2020(2):15-16+92.  
 [9] 陈滔,赵鹏涛,彭勃波,等.Y型通风工作面分源瓦斯治理试验研究[J].采矿技术,2021,21(S1):99-104.  
 [10] 戴潇杰.W型通风工作面中隅角瓦斯治理实践[J].山东煤炭科技,2021,39(8):115-117.  
 [11] 郭翔.“孤岛”变长工作面瓦斯涌出规律及治理技术研究[J].煤炭科学技术,2022,50(S1):119-124.  
 [12] 张迪,聂海洋.基于FLAC3D的综放工作面巷道布置及风量分配研究[J].煤炭科学技术,2022,50(S1):132-141.  
 [13] 张增辉,薛彦平.基于“U”型下行通风的综放工作面瓦斯治理数值模拟研究[J].煤矿安全,2021,52(12):183-187+193.  
 [14] 郭艳军.无均压条件下瓦斯治理技术研究[J].中国矿山工程,2021,50(3):74-76.  
 [15] 张春,闻天翔,栾铮,等.回采工作面U+L型通风系统高效应用方案研究[J].煤炭科学技术,2021,49(8):147-153.  
 [16] 栾铮.恒大煤矿高抽巷瓦斯治理技术研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2021.  
 [17] 黄华,段春生,张立.双U通风方式在高瓦斯矿井综采工作面瓦斯综合治理中的应用[J].煤炭与化工,2022,45(9):91-94.  
 [18] 梁谦,董锦洋.寺河矿二号井高瓦斯薄煤层110工法瓦斯综合治理技术[J].现代矿业,2022,38(2):188-191+198.  
 [19] 李晨旭.综放开采U+L与U+I型通风对瓦斯排放效果对比分析[J].山西能源学院学报,2020,33(2):4-6.  
 [20] 张志晶,汪开旺.复杂条件下工作面“一段一策”瓦斯治理研究[J].煤炭技术,2020,39(4):142-145.  
 [21] 岳岗.B型通风技术及瓦斯综合治理研究[J].煤炭科技,2019,40(4):107-109.  
 [22] 常宾.沿空留巷Y型通风系统瓦斯治理技术研究[J].矿业装备,2019(4):144-145.  
 [23] 陈滔,赵鹏涛,彭勃波,等.Y型通风工作面分源瓦斯治理试验研究[J].采矿技术,2021,21(S1):99-104.