

# 基于 Flac3D 的采动作用下瓦斯抽采钻孔稳定性研究

余斌 陈聪 刘孝兵 许小华  
四川芙蓉川南建设工程有限公司  
DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1769

**[摘要]** 本文以西南某地下煤矿为例通过收集地质资料和生产资料的基础上运用flac3D计算了在采动作用下瓦斯抽采钻孔的变形规律,由此得出以下结论。本次研究主要以抽采巷道进行抽拆时钻孔应力、位移塑性区等变形情况,由于采空区主要以顶板下沉为主,因此底板变形较小,由此判断为右侧钻孔靠近采空区区域出现塑性区发生破坏,左侧钻孔趋于稳定,通过监测应力得知右侧钻孔受压应力集中影响压应力显著增大,左侧应力区域平稳。综上通过分析可知瓦斯抽采钻孔应布置在远离采动区域进行抽采防止破坏。

**[关键词]** 瓦斯抽采钻孔; 稳定性; Flac3D; 数值模拟

**中图分类号:** TD712 **文献标识码:** A

## Study on the stability of gas extraction drilling under extraction based on Flac3D

Bin Yu Cong Chen Xiaobing Liu Xiaohua Xu

Sichuan Furong South Sichuan Construction Engineering Co., LTD

**[Abstract]** This paper takes an underground coal mine in Southwest China as an example and uses flac3D to calculate the deformation law of gas extraction drill holes under the action of mining to draw the following conclusions based on the collection of geological data and production data. This study mainly focuses on the deformation of the borehole stress, displacement plastic zone and other deformations during the extraction and removal of the extraction roadway. After the excavation of the coal seam through the underground extraction roadway, the bottom plate deformation is relatively small due to the fact that the mining hollow area is mainly dominated by the top plate subsidence, and therefore the bottom plate deformation is relatively small, and only the right side of the borehole is close to the area near the hollow area, and the plastic zone occurs in the destruction of the left side of the borehole, which has a greater stability through the monitoring of the stress, and we can see that the right side of the borehole is affected by the concentration of the compression stress, and the left stress area is smooth. The left side stress area is stable. In conclusion, through the analysis, it can be seen that the gas extraction drill holes should be arranged in the principle mining area for extraction to prevent damage.

**[Key words]** gas extraction borehole; stability; Flac3D; numerical simulation

## 引言

煤矿瓦斯事故已经成为煤炭企业中死亡比例最高、危害最大的事故之一。有效治理瓦斯是评估一个煤矿企业能否持续安全生产的关键指标<sup>[1]</sup>。可以看到,瓦斯依然是制约煤矿安全生产的主要问题。在目前阶段,我国利用钻孔方法抽采瓦斯是最为关键的措施。对钻孔的变形破坏规律进行研究<sup>[2]</sup>,对于瓦斯的开采和治理具有重要意义。

目前,就瓦斯抽采方法的分类而言<sup>[3]</sup>,国内外尚未达成统一的标准。随着研究的深入进行,目前主要的瓦斯抽采技术包括地面钻井抽采、井下抽采、煤与瓦斯共采以及废弃矿井抽采<sup>[4]</sup>。煤矿瓦斯抽采是提高煤矿安全性和生产效率的重要技术手段,其研

究现状可以从以下几个方面来概括:第一,技术方法。目前,煤矿瓦斯抽采主要采用地面钻孔抽采和井下钻孔抽采两种方法<sup>[5]</sup>。地面钻孔抽采具有抽采效率高、对井下生产影响小等优点,但需要占用较大的地面面积;井下钻孔抽采则具有对井下生产影响小、可实现连续抽采等优点,但抽采效率相对较低。第二,抽采设备。随着科技的不断发展,煤矿瓦斯抽采设备也得到了不断改进和升级。目前,常用的抽采设备有钻孔机、抽采泵、管道等。这些设备的性能和效率也在不断提高,以满足煤矿生产的需求<sup>[6]</sup>。第三,抽采工艺。煤矿瓦斯抽采工艺也在不断优化和改进。例如,采用多种抽采方法相结合的方式,可以提高抽采效率和安全性;采用先进的监控和控制系统,可以实现对抽采过程的实时监控和管

理<sup>[7]</sup>。第四, 环境和安全问题。煤矿瓦斯抽采也面临着一些环境和安全问题。例如, 抽采过程中可能会释放大量的二氧化碳和其他有害气体, 对环境和人体健康造成影响; 抽采过程中还可能引起地面沉降等安全问题。因此, 在进行瓦斯抽采时, 需要采取相应的措施来保障环境与安全。地面钻井抽采方法进行井下抽采是降低煤层和采空区瓦斯涌出的有效手段, 也是防止煤与瓦斯突出的重要措施之一<sup>[8]</sup>。对于井下的煤矿开采, 通常采用巷道开采法、钻孔开采法和混合开采法这三种主要方法。周健等<sup>[9]</sup>采用数值模拟的方法研究了高位巷瓦斯抽采方法, 为高位巷道抽采采空区卸压瓦斯的布置工艺和设计参数提供参考; 林柏泉<sup>[10]</sup>团队深入研究了以高压射流技术为核心的瓦斯治理新方法, 通过细致的分析, 揭示了不同射流割缝技术增透的原理及其应用场景, 精确制定了割缝的最优尺寸及煤炭开采量, 进而设计出一种新型的网络布孔策略, 有效打破了传统治理中的“孤岛效应”。此外, 林柏泉与李全贵共同开展的研究, 对脉动水力压裂技术进行了深入探讨, 不仅阐明了其在煤体致裂中的作用机理, 还针对技术参数进行了精细优化, 推动了瓦斯治理技术的进一步发展。

## 1 矿井概况

该矿山位于我国西南部, 矿井井口及工业广场所在地一乌龟田, 登记开采2、3、7、8号煤层, 核定开采标高为+290m至-200m。该煤矿始建于2008年, 设计建设规模180万吨/年; 采用一矿两井模式建设。

### 1.1 开拓方式

矿井采用平硐开拓, 布置有+230m主平硐、+230m轨道平硐、+290m排矸斜井和+269m回风斜井四个井筒。

主平硐担负矿井煤炭、材料、设备运输和进风、行人、排水等任务; 轨道平硐担负矿井材料、设备运输和进风、行人、排水等任务; 排矸斜井主要担负矿井排矸和进风任务; 回风斜井担负矿井回风及应急安全出口。

### 1.2 水平、采区划分

该矿井划分为四个水平, 即: +230m水平、+120m水平、±0m水平及-100m水平。当前开采+230m水平; 开采水平只布置一个盘区, 分13个条带开采(北翼9个、南翼4个), 盘区采用石门连接+230m水平大巷及各煤层, 盘区开采煤层自上而下为2、3、8号煤层。

### 1.3 瓦斯地质情况

(1) 开采煤层埋深。该矿近地煤层埋深为50m左右, 其次为100~260m左右。(2) 煤的破坏类型。矿井2号煤层的破坏类型为II类(破坏煤), 3号煤层的破坏类型为III类(强烈破坏煤), 7号煤层的破坏类型为II类(破坏煤), 8号煤层的破坏类型为III类(强烈破坏煤)。

## 2 数值计算稳定性分析

### 2.1 模型建立

基于资料收集等研究方法, 查明了拟建场地的结构和特征, 获得了研究区域的相关的岩土工程勘察报告, 获得了研究区域的物理、力学参数。运用CAD、Midas和FLAC3D软件开展以下模拟分析。

由CAD软件建立二维模型的线元素剖面图, 然后保存成dxf

文件, 把生成的dxf导入Midas软件, 完成网格划分和结构建模的前处理工作, 再将模型导入FLAC3D中。

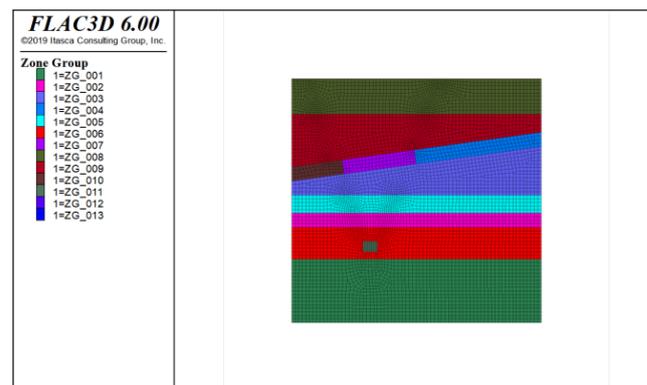


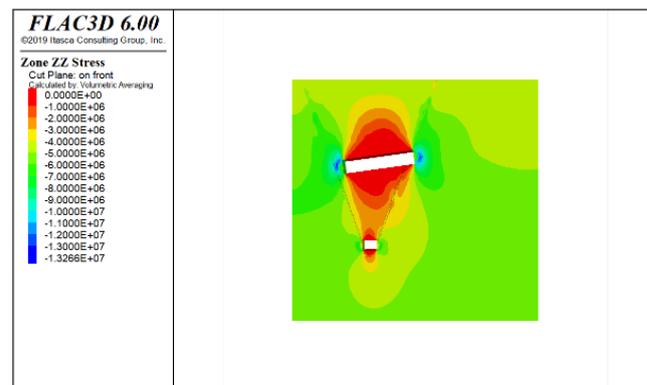
图1 数值计算模型

表1 模型2岩体参数

岩土体	弹性模量 (Mpa)	泊松比	粘聚力 (Mpa)	内摩擦角 (°)	容重 (kg/m <sup>3</sup> )
细粒砂岩	2400	0.24	1.45	35	2430
泥岩	3200	0.25	1.86	30	2520
煤7	1700	0.26	1.21	34	1400
粉砂岩	2300	0.24	2.48	35	2640
细砂岩	2900	0.23	1.56	33	2660
泥岩	1800	0.24	1.48	31	2460
粉砂质泥岩	3200	0.23	2.48	35	2420
泥质粉砂岩	2200	0.25	2.1	33	2320

### 2.2 采动过程中地表抽采钻孔稳定性分析

2.2.1 采动过程中抽采巷道抽采钻孔应力分析。如图所示表示为在埋深220m左右钻孔zz方向应力云图和xx方向应力云图, 从图中可以看出开挖完成后采空区两帮形成压应力集中现象zz方向应力最大值为13.2Mpa, 且靠近采空区区域压应力越大, 因此左侧钻孔受压应力影响可能破坏, 右侧钻孔并未受到压应力集中影响。根据监测曲线所示开挖后钻孔压力逐渐增加。左侧钻孔压应力值大于右侧压应力值。根据应力监测曲线可知整体呈现出压应力减小的趋势, 右侧钻孔压应力减小更多。



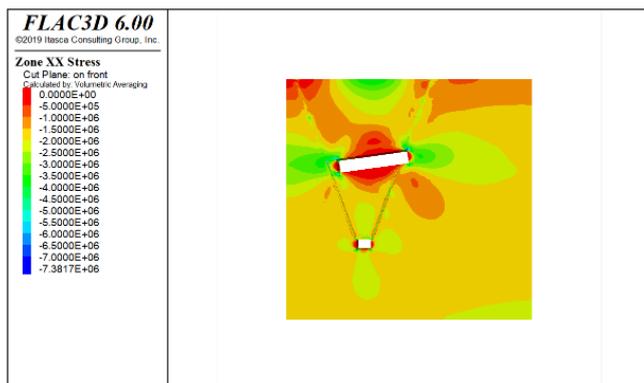


图2 钻孔zz方向xx方向应力云图

### 2.2.2采动过程中位移分析。

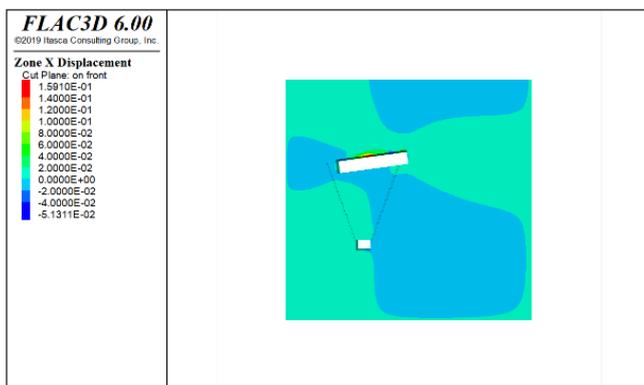
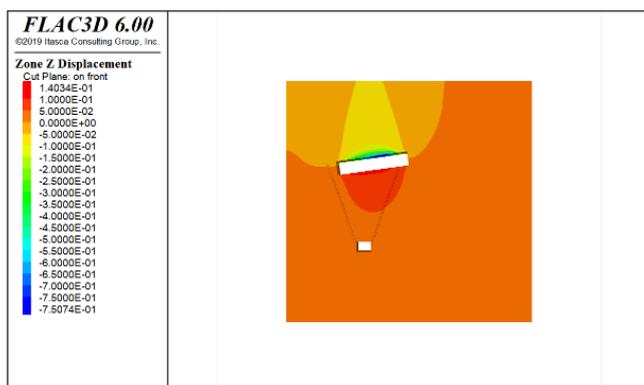


图3 开挖完成后z方向x方向位移云图

如图所示受采动影响采空区周围产生了一定变形,左侧钻孔z方向位移为4mm, x方向位移为0.3mm,右侧钻孔靠近采空区区域z方向位移为5cm, x方向位移为2mm,从位移结果可知如钻孔靠

近采空区或靠近采空区位移较大对钻孔影响较大,采空区则产生变形较小。从位移监测曲线来看都产生钻孔z方向位移大于x位移,右侧钻孔位移大于左侧位移。

### 3 结论

从地下巷道钻孔进行瓦斯抽采由于随着煤层开挖顶板下沉底板也将产生一定变形,根据计算结果所示,钻孔并未产生应力集中现象,仅采空区周围产生压应力集中现象,钻孔zz方向应力为9Mpa, xx方向应力为1.5Mpa,从位移结果来看z方向最大变形位移为3cm, x方向最大位移为2mm。

地下巷道瓦斯钻孔抽采由于在煤层下方设置巷道进行抽采,因此设置瓦斯抽采钻孔应远离采动区域,或在煤层下设置抽采巷道进行抽采以确保钻孔的稳定性。

### [参考文献]

- [1]楚明辉,许开立.基于博弈论组合赋权云模型的地下黄金矿山安全风险评价[J/OL].中国矿业,1-9[2024-06-01].
- [2]曹艺钟.定向钻机及其成套装备在碎软煤层瓦斯治理中的应用[J].矿山机械,2024,52(06):1-5.
- [3]赵洪宝,高璐.基于开采高度对工作面覆岩裂隙演化影响的钻孔瓦斯抽采研究[J].矿业科学学报,2024,9(03):435-445.
- [4]张晓铭.基于定向水力掏煤的层内“保护层”强化抽采技术[J].陕西煤炭,2024,43(06):133-137.
- [5]姚运泉,王兴华,王天伟,等.大倾角下行风综采面采空区瓦斯积聚特征与高位钻孔参数优化[J/OL].矿业安全与环保,1-7[2024-06-18].
- [6]程远平,付建华,俞启香.中国煤矿瓦斯抽采技术的发展[J].采矿与安全工程学报,2009,26(2):13.
- [7]胡千庭,林府进.地面钻井水力压裂煤层瓦斯流动规律研究[J].内蒙古煤炭经济,2013,(09):84-85.
- [8]周健,陈菲.高位巷道抽采采空区瓦斯数值模拟研究[J].计算机与应用化学,2015,(08):973-976.
- [9]林柏泉,高亚斌,沈春明.基于高压射流割缝技术的单一低透煤层瓦斯治理[J].煤炭科学技术,2013,(09):53-57.
- [10]林柏泉,孟凡伟,张海宾.基于区域瓦斯治理的钻割抽一体化技术及应用[J].煤炭学报,2011,(01):75-79.

### 作者简介:

余斌(1998-),男,汉族,四川广安人,本科,采矿助理工程师,研究方向: 矿山开采、岩石力学、采矿方法、通风技术。