

The Application of FLAC3D in Calculating the Key Parameters of Side Cutting Roof in Isolated Island Goaf

Chao Zhao¹, Deyun Song^{2*}

¹Jinmei Group Yicheng Shengtai Qingwa Coal Industry Co. Ltd., Jincheng Shanxi

²Henan University of Technology, Jiaozuo Henan

Email: 236143386@qq.com, *643823940@qq.com

Received: Dec. 21st, 2019; accepted: Jan. 10th, 2020; published: Jan. 17th, 2020

Abstract

In order to obtain the key parameters of gob side cutting in isolated island mining area. The FLAC3D numerical simulation software is used to simulate and analyze the mechanism of pressure relief, the pressure relief effect of different cutting heights and angles, the stress of surrounding rock and the deformation and failure law of plastic zone during the cutting process. Taking the relationship between the geological conditions of a mining area and the layout of roadway as an example, a calculation model is established. The results show that FLAC3D can be used to calculate the key parameters of gob side cutting. Provide data support for the smooth implementation of underground coal mining.

Keywords

Island, FLAC3D, Gob Side Cutting, Numerical Simulation

FLAC3D在求取孤岛采空区侧切顶关键参数中的应用

赵超¹, 宋德云^{2*}

¹晋煤集团翼城晟泰青洼煤业有限公司, 山西 晋城

²河南理工大学, 河南 焦作

Email: 236143386@qq.com, *643823940@qq.com

收稿日期: 2019年12月21日; 录用日期: 2020年1月10日; 发布日期: 2020年1月17日

*通讯作者。

摘要

为获得矿区孤岛采空侧切顶关键参数。采用FLAC3D数值模拟软件根据空侧切顶卸压作用机理、不同切顶高度及角度的卸压效应、切顶过程中围岩的应力及塑性区变形破坏规律进行了模拟分析研究。以某矿区的地质条件和巷道布置位置关系为例, 建立计算模型。结果表明采用FLAC3D可较好的完成对孤岛采空侧切顶关键参数的计算。为地下采煤的顺利实施提供数据支持。

关键词

孤岛, FLAC3D, 采空侧切顶, 数值模拟

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

孤岛综放面围岩应力分布较复杂, 主要是由于孤岛综放面不仅受原岩应力场及地质构造应力的影响, 而且会受到周围工作面采动应力的影响导致围岩应力变化, 因此孤岛综放面内原岩应力场也逐渐被弱化[1][2]。由于孤岛综放面的特殊围岩结构, 致使孤岛综放面采动时矿压显现将更加剧烈, 而剧烈的工作面顶板覆岩运动易造成护巷煤柱及巷道的严重破坏[3]。为了合理地进行采空侧切顶卸压工程的设计和施工, 需要充分了解试验工作面顶底板岩层特性及由于采矿活动引的采场及巷道围岩应力、变形、破坏机理及规律, 对工程岩体稳定性做出科学评价[4]。然而, 由于新掘巷道受工作面回采动压影响较大, 使用数值模拟方法可较好地考虑诸如岩体的不连续、非均质、各向异性及工程问题的复杂边界条件等, 已逐渐成为复杂地质地下工程问题研究的重要手段之一[5][6][7][8]。FLAC3D是一种基于三维显示有限差分法的数值分析软件, 能较好模拟地质材料在达到强度极限或屈服极限的时发生的破坏或塑性流动的力学行为[9]。因此采用FLAC3D数值模拟软件对采空侧切顶卸压作用机理、不同切顶高度及角度的卸压效应、切顶过程中围岩的应力及塑性区变形破坏规律进行了模拟分析研究[10][11][12][13]。FLAC3D采用的“显式拉格朗日”算法和“混合-离散分区”技术, 能够非常准确的模拟材料的塑性破坏和流动[7][8][13], 并且在模拟过程中, FLAC3D在模拟大变形问题上有其独到之处。

2. 模型的建立

根据晟泰青洼煤业实际生产地质条件与巷道布置位置关系(图2), 模型参数如表1, 建立如图1所示的数值计算立体模型, 模型尺寸(长×宽×高)确定为: 588 m × 588 m × 45 m。模型上部边界施加压力使其等同于上覆岩层的重量, 底边界垂直方向固定, 左右边界水平方向固定。模型上部边界垂直应力按深度220 m、容重 25 kN/m³考虑, 为 5.5 MPa, 结合煤矿地压测试, 取水平侧压系数为 1。数值模拟采用Mohr-Coulomb 屈服准则[14]:

$$f_s = \delta_1 - \delta_2 \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \quad (1)$$

式中: δ_1 —最大主应力, δ_2 —最小主应力, c —内聚力; φ —内摩擦角。当 $f_s < 0$ 时, 材料将发生剪切

破坏。数值模型计算过程为：数值计算模型(2)原岩应力算。

Table 1. Model parameters

表 1. 模型参数

材料编号	弹性模量G/GPa	泊松比	摩擦角 $f/^\circ$	粘结力C/MPa	抗拉强度 t/MPa
细粉砂岩	14.2	0.17	31.5	10.5	2.95
粗、中粒砂岩	12.4	0.24	29.7	11.3	3.16
中粒砂岩	11.7	0.26	31.7	10.7	3.21
粉砂岩	9.4	0.15	31.5	9.5	2.79
2#煤	6.4	0.31	22.8	2.7	0.49
泥岩	14.2	0.23	25.3	6.3	2.53
粉砂岩	9.4	0.15	31.5	9.5	2.79
泥岩	14.2	0.23	25.3	6.3	2.53



Figure 1. Numerical model of a three-dimensional model

图 1. 数值计算立体模型



Figure 2. Mining plan

图 2. 采掘平面图

3. 孤岛工作面切顶留巷过程中围岩应力变化分析

未采 2102 工作面为孤岛工作面，孤岛综放面围岩应力分布较复杂，主要是由于孤岛综放面不仅受原岩应力场及地质构造应力，而且受周围工作面采动应力影响引起的围岩应力变化，因此孤岛综放面内原岩应力场也逐渐被弱化。由于孤岛综放面的特殊围岩结构，致使孤岛综放面采动时矿压显现将更加剧烈，

而剧烈的工作面顶板覆岩运动易造成护巷煤柱及巷道的严重破坏, 因此孤岛综放面上覆岩层结构特征及围岩应力分布对确定护巷窄煤柱宽度有重要意义。为了确定动压影响下的窄煤柱稳定情况, 基于理论计算, 本次数值模拟首先对 2103 工作面回采过程及 2102 工作面回采过程中窄煤柱的应力扰动影响进行模拟, 分析 2103 工作面超前支承应力, 如图 3 超前应力云图, 图 4 超前应力曲线图, 表 2 超前支承压力值表。

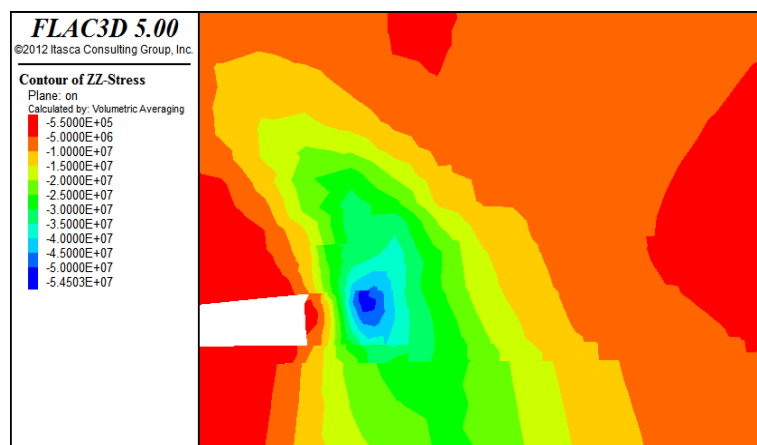


Figure 3. 2103 working surface pressure distribution in advance

图 3. 2103 工作面超前支承压力分布

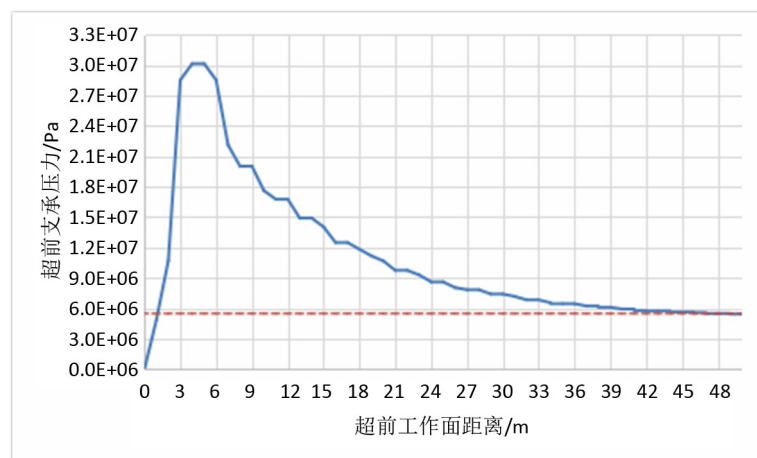


Figure 4. Distribution curve of advanced support pressure on 2103 working face

图 4. 2103 工作面超前支承压力分布曲线

Table 2. Leading bearing pressure values on the working surface

表 2. 工作面超前支承压力值

距工作面距离/m	0	2	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
超前支承压力/Mpa	0	10.7	30.1	22.1	20.0	16.7	14.9	14.0	12.4	11.1	9.7	9.3	8.6
距工作面距离/m	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
超前支承压力/MPa	7.8	7.4	7.1	6.8	6.4	6.2	6.1	5.9	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5

2103 采空区达到稳定后, 2103 工作面围岩原岩应力约为 5.5 MPa, 开采稳定后应力降低区域范围为距离煤体边缘 0~1.5 m, 应力升高区范围为距离煤体边缘 1.5~40 m, 随着距采空区距离的加大, 煤体内应

力逐渐接近原岩应力。由表 2 可知, 在距离煤体边缘 0~5 m 范围内, 垂直应力几乎呈直线增长的趋势, 在距离煤体边缘约 5 m 时, 垂直应力达到峰值, 垂直应力峰值约为 30 MPa, 应力集中系数约为 5.4。为了分析新掘巷道在工作面超前支承压力峰值处、在 2103 工作面采空区处及 2103 超前支承压力恢复到原岩应力时巷道的围岩变化情况, 分别选择在 2103 工作面回采时和 2102 工作面回采时超前 5 m、超前 40 m 处及工作面后方 5 m 及后方 40 m 巷道围岩塑性区和垂直应力曲线以及相关的曲线。

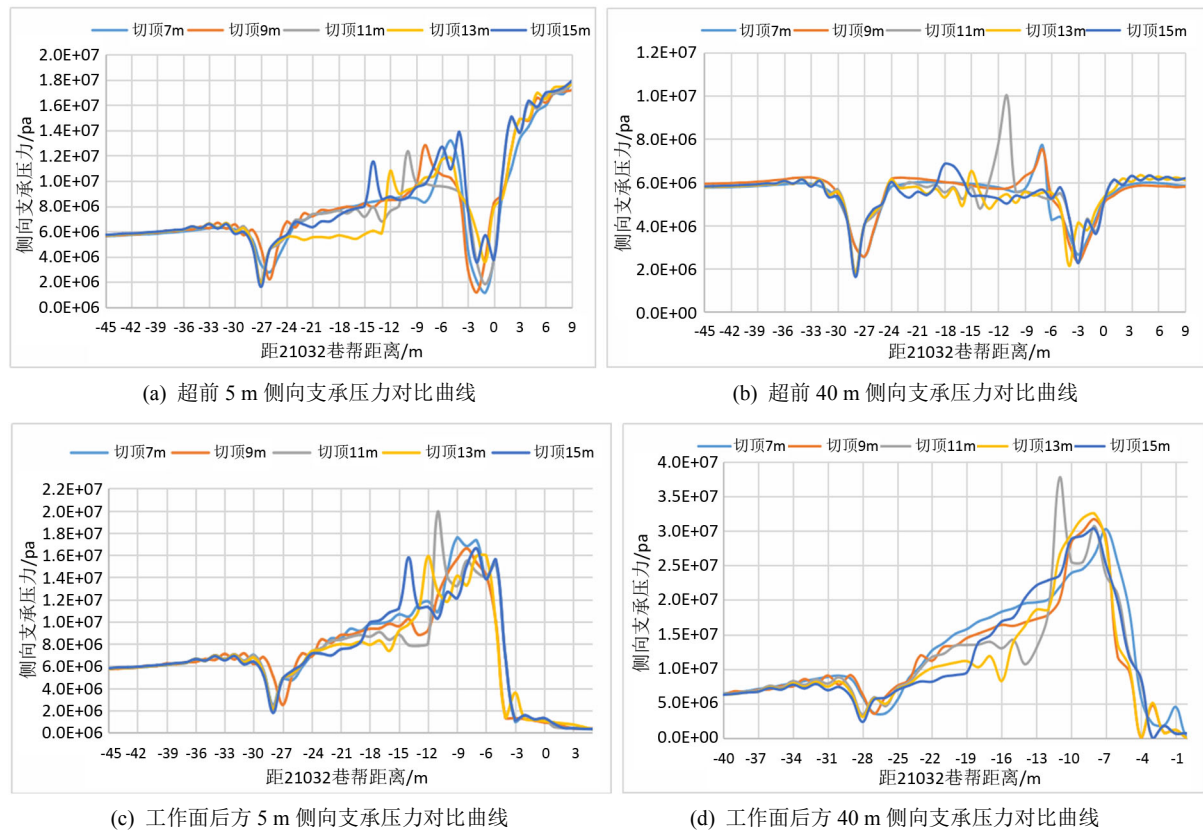


Figure 5. Comparison of lateral support pressure of coal pillars at different positions of the working face at different cutting heights

图 5. 不同切顶高度下工作面不同位置煤柱侧向支承压力对比曲线图

从图 5 可以看出, 巷道周围围岩垂直应力集中程度及范围随着切顶高度的不同而异。在切顶角度一样的情况下, 切顶高度不同使切顶位置发生变化, 切顶越高切顶位置离老巷越远, 随着工作面向前推进, 在切顶线左侧出现应力降低区, 在切顶线右侧煤柱内部出现垂直应力增高区, 切顶之后, 靠近新巷侧煤柱上方的应力减小, 而靠近老巷侧由于采空区存在, 应力增大。

当切顶高度由 7 m 增加到 13 m 时, 切顶位置位于煤柱靠近老巷一侧, 切顶之后, 卸压应力减小, 使新巷侧煤柱应力降低, 减小新巷的破坏, 保障工人施工安全, 而靠近老巷侧由于一部分煤柱起到支撑作用, 老巷受采空区影响应力也不会太高, 靠近新巷侧煤柱上的应力基本保持一条直线, 但当高度增加到 15 m 时, 切顶位置较靠近新巷侧, 新巷侧的切顶效果反而降低, 在工作面后方 40 m 处, 采空区上覆顶板扭转变形, 煤柱上方的应力逐渐增大, 但切顶还是产生一定的效果。

数值模拟结果可知, 切顶可改善新巷围岩应力环境, 7 m、9 m、11 m、13 m、15 m 五种不同切顶高度均可切断采空区顶板与留巷顶板间的应力传递, 有明显的卸压效果, 随着切顶高度的增加, 顶板垮落更加充分, 煤柱内部应力集中程度得到缓解, 当切顶高度达到一定高度后, 改善作用呈现下降趋势。根

据 2103 工作面覆岩性质、理论计算的结果及数值模拟, 最优的切顶高度应选择 13 m。

4. 结论

采用 FLAC3D 数值模拟可模拟出较为复杂的孤岛综放面围岩应力变化。根据模拟结果进行分析, 采用切顶是否具有一定效果, 以及根据不同切顶高度及切顶位置的应力变化分析制定合理的切顶方案, 并为巷道支护提供数据支持。该方法对类似的孤岛开采环境中的应用中具有较强的参考意义。

参考文献

- [1] 刘长友, 黄炳香, 孟祥军, 等. 超长孤岛综放工作面支承压力分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007(S1): 2761-2766.
- [2] 王志强, 徐春虎, 王鹏, 罗健侨, 石磊. 孤岛工作面顶底板应力传递规律数值模拟研究[J]. 矿业科学学报, 2020(1): 1-9.
- [3] 赵鹏, 马占国, 张帆, 等. 孤岛面小煤柱沿空巷道稳定性研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(3): 354-357.
- [4] 华心祝, 刘淑, 刘增辉, 等. 孤岛工作面沿空掘巷矿压特征研究及工程应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(8): 1646-1651.
- [5] 孙志强. 采动覆岩应力变化规律分析[J]. 能源与环保, 2019, 41(9): 186-189.
- [6] 黄振. 基于 FLAC3D 的煤层底板奥灰突水危险性评价[J]. 山西建筑, 2019, 45(17): 49-50.
- [7] 李学良. 基于 FLAC3D 的采动区覆岩破坏高度数值模拟研究[J]. 煤炭技术, 2012, 31(10): 83-85.
- [8] 刘磊, 王娟, 柳汉丰, 等. 基于 FLAC3D 煤层底板采动变形规律的数值模拟研究[J]. 西部探矿工程, 2019, 31(10): 167-170.
- [9] 邓红卫, 朱和玲, 周科平, 等. 基于 FLAC3D 数值模拟的前后处理优化研究[J]. 矿业研究与开发, 2008(2): 60-62.
- [10] 孙国权, 李娟, 胡杏保. 基于 FLAC3D 程序的采空区稳定性分析[J]. 金属矿山, 2007(2): 29-32.
- [11] 韩万东, 谷明宇, 杨晓云, 等. FLAC3D 数值模拟的边坡稳定性[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2013, 32(9): 1204-1208.
- [12] 刘继国, 曾亚武. FLAC3D 在深基坑开挖与支护数值模拟中的应用[J]. 岩土力学, 2006(3): 505-508.
- [13] 周勇, 王涛, 吕庆, 等. 基于 FLAC3D 岩石应变软化模型的研究[J]. 长江科学院院报, 2012, 29(5): 51-56.
- [14] 王梓钧, 钟丹. 不同屈服准则下浅黏土层受压力学行为模拟研究[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(9): 241-243.