

基于 Flac3D 某地下巷道支护研究

李恒, 袁聪林, 谭晓, 韩龙江, 白瑞

文山麻栗坡紫金矿业集团有限公司, 云南 文山 663000

摘要 : 随着地下矿山的逐渐发展由于矿床赋存形态的多样性、复杂性和特殊性, 矿区地质条件复杂, 因此巷道开挖过程中极易发生破坏, 本文以南温河矿区地下巷道为例进行支护研究主要得出以下结论。

针对目前巷道情况对顶板锚杆支护角进行优化研究发生当支护角度为 80° 能很好的控制位移和塑性区发育, 其次对两帮进行喷浆支护在综合支护作用下巷道变形显著减小, 塑性区仅局部出现因此很好的支护了巷道为后续巷道支护提供了方法。

关键词 : 巷道开挖; 支护; Flac3D; 塑性区

Research On The Support Of An Underground Roadway Based On Flac3D

Li Heng, Yuan Conglin, Tan Xiao, Han Longjiang, Bai Rui

Wenshan Malipo Zijin Tungsten Industry Group Co., LTD. Yunnan, Wenshan 663000

Abstract : With the gradual development of underground mines due to the diversity, complexity and specificity of the deposits endowed with the form of complex geological conditions in the mining area, so the tunnel excavation process is very easy to damage, this paper is an example of the South Warm River mine underground tunnel support research mainly concluded the following conclusions.

For the current situation of the roadway on the roof anchor support angle optimization research occurs when the support angle of 80° can be very good control of displacement and plastic zone development, followed by the two gangs of slurry support support in the integrated support role of the roadway deformation is significantly reduced, the plastic zone is only localized, so very good support for the roadway for the subsequent roadway support to provide a method.

Key words : roadway excavation; support; Flac3D; plastic zone

一、引言

在地下矿开采过程中巷道作为地下矿的重要组成部分^[1], 在生产过程中具有重要意义, 然而巷道在开挖过程中不可避免的由于节理裂隙或断层的影响或者本身岩体性质较差发生顶板塌陷等破坏严重影响了矿山生产和工人生命安全^[2], 因此对于巷道稳定性支护研究极为重要^[3]。

目前国内外学者对于巷道稳定性做了很多研究如田立志^[4]等基于 flac3D 以大隆矿某巷道为例分析了巷道在动压影响、构造压力、软弱夹层等作用下巷道的稳定性情况并对巷道进行支护优化有效的控制了顶板下沉和两帮破坏。郭原伟^[5]等基于某煤矿巷道运用 flac3D 采用锚杆对巷道进行支护很好的控制了两帮及顶板的变形。王伟^[6]等针对煤矿深部软岩巷道为研究开挖前和开挖后稳定性情况运用 FLaC3D 采用喷浆锚杆的支护工艺对巷道进行支护, 研究得出采用该支护方式塑性区范围显著减小, 最大应力值下降能很好的支护巷道。穆磊^[7]等为确保巷道支护的合理性保证生产运用 Flac3D 对预应力大小、锚杆长度和间排距进行优化, 研究得出锚杆为 2m 排距为 0.8m 能很好的支护边坡。

因此本文以南温河某煤矿为例, 对巷道进行支护^[8]研究以保证矿山的正常生产

二、区域地层及工程地质概况

矿区大地构造单元属华南褶皱系, 滇东南褶皱带, 越北隆起之北缘, 老君山穹窿构造的东侧。成矿区位于环太平洋成矿域, 老君山花岗岩钨锡多金属成矿带。

(一) 地层

区域内地层发育不全, 从老到新依次出露有: 下元古界猛洞岩群南秧田组 (Pt_1n) 及洒西岩组 (Pt_1s)、上元古界新寨岩组 (Pt_3x)、中寒武统田蓬组 (ϵ_2t)、龙哈组 (ϵ_2l)、上寒武统唐家坝组 (ϵ_3t)、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系及第四系, 而沿老君山岩体四周成环带状展布的主要地层为元古界及寒武系地层 (详见表 2.1)。

由老至新简述如下:

(1) 下元古界南秧田岩组 (Pt_1n):

为猛洞岩群的组成部分, 与南捞片麻岩 (Ngn) 呈断层接触。岩石组合为二云片岩、二云石英片岩、石英片岩夹少量斜长角闪岩、斜长片麻岩及斜长变粒岩, 局部夹砂卡岩, 是本矿区白钨矿的主要含矿层位, 岩石构成以片岩为主体, 岩石中“顺层”滑动构造明显, 主要出露在老君山岩体东、东南部的外接触带, 出露面积约 37km^2 , 厚 $158 \sim 267\text{m}$ 。

* 作者简介: 李恒, 男, 1991 年 6 月生, 云南宣威人, 本科, 中级工程师, 汉族, 主要从事金属矿开采技术与管理等方面工作

(2) 下元古界酒西岩组 (Pt_{1s}) :

为猛洞岩群的组成部分, 与南秧田岩组为次生面理接触。岩石组合以黑云变粒岩、条带状变粒岩与石英岩为主, 次为浅粒岩、斜长角闪岩以及少量钙硅酸盐岩, 是区内白钨矿的主要含矿层位之一, 分布在猛洞乡酒西北西一带, 出露面积约1km²。

通过对采集数据处理并结合现场情况、周边地质勘察情况, 根据同向轴、振幅、频率综合确定探测区域内的地质情况。

(二) 巷道及采空区工程地质概况

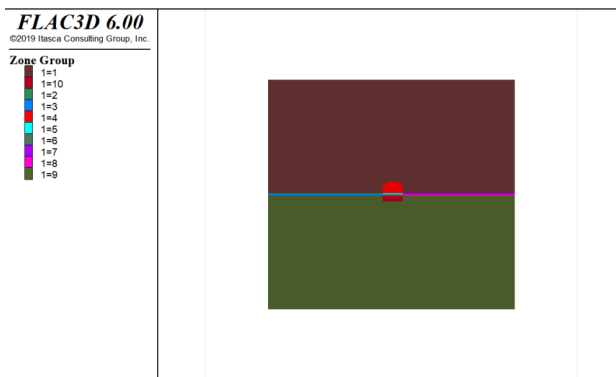
顶底板为浅灰色砂卡岩, 中~微风化, 呈薄~中厚层状, 壁面成潮湿~点滴状渗水, 节理裂隙主要发育有两组, 285° < 9°及335° < 57°, 受节理裂隙影响岩体切割成块状~次块状结构, 整体完整性及稳定性较好。顶板以上2m左右发育有强~中风化层状片岩, 巷道顶板部分揭露强风化片岩, 开挖巷道顶板在强风化片岩中, 易产生层状脱落现象。矿体产状呈近水平状, 目前采用的采矿方法是房柱法, 柱子之间间距8~10m, 一般为8m, 矿柱尺寸4×4m, 若爆破面积过大, 可增加C25混凝土浇筑的2.3×2.3m临时矿柱进行支撑, 部分采空区采用废石无结顶充填, 距离顶板约1.0~2.0m, 主要为控制采空区顶板垮落所造成的冲击地压问题, 距离近地表距离约20m, 靠近地表10m以内的矿体易引起地表塌陷。

三、数值计算稳定性分析

(一) 模型建立

本次计算模型根据大鱼塘矿区地形地质图及中段平面图及剖面图建立,

如图1所示由于巷道深埋于低于所建立的模型如图所示, 模型x轴长50mz轴高50m轴长50m, 上覆岩层采用应力的形式施加在模型顶面, 计算过程中固定四周及底部边界计算采用摩尔库伦本构。岩体力学参数如表1所示。



> 图1 数值计算模型

表1 岩土体物理力学参数

岩体	弹性模量	泊松比	粘聚力	内摩擦角	容重
砂卡岩	5.5e9	0.25	0.45e6	32	2820
夹层	1.5e9	0.28	0.15	26	2200

如图2为矿山现有支护方式^[9], 所示顶板锚杆支护, 采用 $\varnothing 22\text{mm}$ 螺纹钢锚杆支护, 支护角度70° -80° 之间, 前进式支护因此对其进行优化计算其合适角度, 因此为研究不同支护角度下顶板作用情况采用90°、80°、70°、60°、50° 五种方式进行

优化计算。

(二) 应力分析

巷道开挖会产生应力变化的原因是由于岩石的力学性质和应力状态的变化导致的。具体来说, 巷道开挖会对周围的岩石产生影响, 使得岩石的应力状态发生变化, 从而导致应力变化。

在巷道开挖前, 岩石处于自然应力状态, 这种应力状态是长期地质历史过程中形成的, 具有一定的平衡。但是, 当巷道开挖时, 岩石受到破坏, 原有的应力平衡被打破, 周围的岩石会受到应力的影响, 从而产生应力变化。此外, 巷道开挖还会破坏岩石的连续性, 使得岩石的力学性质发生变化, 从而导致应力变化。例如, 岩石的强度和弹性模量会因巷道开挖而降低, 这也会导致应力变化。

如图所示为开挖后最大最小主应力云图,

当支护角度为90度时顶板最大主应力为1.2Kpa, 最小主应力为26Kpa。

当支护角度为80度时顶板最大主应力为1.24Kpa, 最小主应力为25.2Kpa。

当支护角度为70度时顶板最大主应力为1.23Kpa, 最小主应力为25.0Kpa。

当支护角度为60度时顶板最大主应力为1.239Kpa, 最小主应力为24.9Kpa。

当支护角度为50度时顶板最大主应力为1.23Kpa, 最小主应力为25.2Kpa。

(三) 位移分析

巷道开挖由于岩石的力学性质和应力状态的变化导致的。具体来说, 当巷道开挖时, 岩石受到破坏, 原有的应力平衡被打破, 周围的岩石会受到应力的影响, 从而产生位移变化。

在巷道开挖前, 岩石处于自然应力状态, 这种应力状态是长期地质历史过程中形成的, 具有一定的平衡。但是, 当巷道开挖时, 岩石受到破坏, 原有的应力平衡被打破, 周围的岩石会受到应力的影响, 从而产生位移变化。巷道开挖还会破坏岩石的连续性, 使得岩石的力学性质发生变化, 从而导致位移变化。开挖过程中岩石的强度和弹性模量会因巷道开挖而降低。

当支护角度为90度时z方向下沉位移为7.781mm, 底板隆起为8.863mm, 左帮位移为2.258cm, 右帮位移为2.31cm。

当支护角度为80度时z方向下沉位移为7.784mm底板隆起为8.864mm, 左帮位移为2.259cm, 右帮位移为2.312cm。

当支护角度为70度时z方向下沉位移为7.789mm底板隆起为8.864mm, 左帮位移为2.258cm, 右帮位移为2.314cm。

当支护角度为60度时z方向下沉位移为7.787mm底板隆起为8.865mm, 左帮位移为2.258cm, 右帮位移为2.313cm。

当支护角度为50度时z方向下沉位移为7.801mm底板隆起为8.864mm, 左帮位移为2.258cm, 右帮位移为2.312cm。

(四) 塑性区分析

如图3所示在Flac^{3D}计算中, 由于工程扰动影响会导致模型内部应力不断转换, 使得岩体发生破坏, 在计算过程中如果岩体达到屈服条件就会发生破坏, 在Flac^{3D}计算中, 规定单元正在进入

屈服阶段用 shear-n、tension-n 表示，当之前的进入屈服阶段，现在退出屈服阶段用 shear-p、tension-p 表示。

如图所示塑性区主要出现在两帮区域顶板并未出现塑性区，因此认为顶板处于稳定状态。但两帮区域塑性区贯通可能发生破坏

(五) 综合支护

通过上述分析可知在优化支护角度作用下当支护角度为 90 度能很好的控制位移但是两帮塑性区贯通容易发生破坏因此两帮选择喷浆支护进行支护^[10]。如图 4 所示。

1. 综合支护作用下应力分析

如图所示在综合支护作用下巷道最大主应力为 7.9Kpa，巷道最小主应力为 31.3Kpa，通过分析可知巷道处于压应力状态，通过应力分析可知巷道处于稳定状态。

2. 综合支护作用下位移分析

在综合支护作用下巷道开挖临空面产生顶板下沉位移为 0.66mm，底板隆起位移为 0.87mm。巷道左帮位移为 0.02mm，右

帮位移为 0.23mm，巷道变形较小整体处于稳定状态。

3. 综合支护作用下塑性区分析

通过塑性区结果可知，仅巷道右帮区域出现局部拉伸破坏，塑性区未贯通巷道处于稳定状态。

结论

本文通过南温河矿区某地下巷道为例通过建立数值计算模型进行优化主要得出以下结论。

通过对巷道顶板锚杆支护角度优化可知，在支护角度为 80°能够很好的控制顶板位移和塑性区发育。

通过分析可知巷道两帮塑性区贯通易发生破坏因此采用喷浆支护如结果所示，在喷浆支护作用下顶板下沉位移为 0.66mm，底板隆起位移为 0.87mm。巷道左帮位移为 0.02mm，右帮位移为 0.23mm，并且塑性区只是局部出现巷道变形较小因此认为整体处于稳定状态

参考文献

- [1] 褚翔辉. 基于矿压分析对巷道支护的研究 [J]. 机械管理开发, 2023, 38(12):269-270+273.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2023.12.102.
- [2] 刘根亮. 地应力紊乱区巷道围岩关键注浆参数模拟及定向注浆加固技术研究 [J]. 煤, 2024, 33(04):54-58.
- [3] 张磊. 掘进巷道锚杆支护技术优化研究 [J]. 能源与节能, 2023, (6).
- [4] 田立志, 王国清, 任砚东, 等. 基于 FLAC 3D 数值模拟的巷道支护优化设计研究 [J]. 中国设备工程, 2024, (S1):174-176.
- [5] 郭原伟, 史芳, 刘占新. 基于 FLAC~(3D) 的煤矿巷道锚杆支护技术研究 [J]. 能源与环保, 2021, 43(12):298-304.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2021.12.052.
- [6] 王伟, 李小龙, 宋彦琦, 等. 基于 FLAC~(3D) 的巷道分步开挖支护稳定性模拟研究 [J]. 矿产勘查, 2020, 11(09):2045-2052.
- [7] 穆磊, 赵龙刚. 基于 FLAC~(3D) 数值模拟的巷道围岩稳定性及支护参数设计研究 [J]. 能源与环保, 2018, 40(12):170-173.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2018.12.040.
- [8] 陈诗佳. 工作面平巷支护参数设计及数值模拟研究 [J]. 机械管理开发, 2024, 39(02):289-290+293.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.02.112.
- [9] 张家祿, 谢建林, 付玉平, 等. 基于 FLAC3D 多煤层开采下大巷底鼓控制技术研究 [J]. 煤炭与化工, 2023, 46(12):22-26.DOI:10.19286/j.cnki.cci.2023.12.006.
- [10] 吴小斌. 软岩巷道支护参数设计数值模拟分析 [J]. 山东煤炭科技, 2023, 41(11):10-14+19.