

# 基于 Flac3D 的某软岩巷道支护研究

费浩<sup>1</sup> 徐强<sup>1</sup> 曾平昌<sup>1</sup> 郑亮<sup>1</sup> 余斌<sup>1</sup> 陈浩宇<sup>2</sup>

1 四川芙蓉川南建设工程有限公司 2 昆明理工大学国土资源工程学院

DOI:10.12238/gmsm.v7i7.1910

**[摘要]** 软岩巷道因其物理性质较弱,易发生变形和塌方,给安全作业带来了重大挑战。为了有效防止事故并保障作业人员的安全,合理的支护设计至关重要。本文以某矿山的软岩巷道为研究对象,基于 FLAC3D 软件建立了三维数值计算模型。通过采用 Cable、Beam 和 Shell 结构单元,本文对巷道支护进行了详细的数值分析。研究表明,结合锚杆和钢拱架的联合支护方式能显著提高巷道的稳定性。计算结果显示,巷道的最大主应力整体处于压应力状态,这表明支护系统能够有效承载周围岩体的压力。同时,巷道的变形位移显著减小,表明支护措施在控制变形方面的有效性。这一研究结果为软岩巷道的安全开采提供了理论依据和实践指导,强调了科学支护设计的重要性,为相关领域的进一步研究奠定了基础。

**[关键词]** 软岩巷道; 稳定性分析; 支护; Flac3D

**中图分类号:** TD353 **文献标识码:** A

## Research on the support of a soft rock roadway based on Flac3D

Hao Fei<sup>1</sup> Qiang Xu<sup>1</sup> Pingchang Zeng<sup>1</sup> Liang Zheng<sup>1</sup> Bin Yu<sup>1</sup> Haoyu Chen<sup>2</sup>

1 Sichuan Furong South Sichuan Construction Engineering Co., Ltd

2 Kunming University of Science and Technology School of Land and Resources Engineering

**[Abstract]** Soft rock roadways are prone to deformation and collapse due to their weak physical properties, which brings major challenges to safe operations. In order to effectively prevent accidents and protect the safety of operators, reasonable support design is crucial. In this paper, a three-dimensional numerical calculation model is established based on FLAC3D software, taking the soft rock roadway of a mine as the research object. By using Cable, Beam and Shell structural units, this paper carries out a detailed numerical analysis of the roadway support. The study shows that the joint support method combining anchor rods and steel arch can significantly improve the stability of the roadway. The calculation results show that the maximum principal stress of the roadway is in the state of compressive stress as a whole, which indicates that the support system can effectively carry the pressure of the surrounding rock mass. At the same time, the deformation displacement of the roadway is significantly reduced, indicating the effectiveness of the support measures in controlling deformation. The results of this study provide theoretical basis and practical guidance for the safe mining of soft rock tunnel, emphasize the importance of scientific support design, and lay a foundation for further research in related fields.

**[Key words]** Soft rock tunnel; stability analysis; support; FLAC3D.

## 引言

软岩巷道支护的研究现状在国内外都在不断发展,反映出各自的技术特点和应用需求。国际上,诸多研究者通过数值模拟、有限元分析和实验研究等方法,深入探讨了软岩的力学行为及其对支护结构设计的影响<sup>[1]</sup>。许多学者提出了不同类型的支护方案,如钢支撑、锚杆支护和喷射混凝土等,针对不同地质条件进行优化设计。此外,国外对智能监测技术的应用逐渐增多,例如利用传感器和无人机进行实时监测,以确保巷道的安全性和稳定性<sup>[2]</sup>。

在国内,软岩巷道支护的研究同样日趋成熟,特别是在软岩特性的识别与分类方面。研究者通过大量的实验和现场数据,分析了软岩的力学特性与变形特征,为支护设计提供了理论依据。同时,国内学者也关注支护材料的研发,例如高性能混凝土和新型合成材料的应用,这些材料不仅提升了支护的强度,还降低了施工难度<sup>[3]</sup>。近年来,随着人工智能和大数据技术的快速发展,国内研究开始将这些新兴技术引入软岩巷道支护的设计和监测中。通过数据分析与机器学习,研究者能够更精准地预测软岩巷道的变形和失稳风险,提升了支护设计的科学性和可靠

性<sup>[4]</sup>。整体来看,软岩巷道支护的国内外研究正在向更加智能化和高效化的方向发展,以适应不断变化的工程需求。国际上,许多研究者利用FLAC3D软件进行三维数值模拟,以深入了解软岩巷道的力学行为。通过对不同支护形式(如锚杆支护、喷射混凝土等)进行模拟,研究者能够评估其在各种地质条件下的有效性和适应性。例如,一些研究针对软岩在长期荷载作用下的应力与变形特性进行了系统分析,提出了相应的支护设计策略<sup>[5]</sup>。

因此本文以西南某软岩巷道为例运用Flac3D进行支护计算,可为后续相似巷道支护提供参考。

## 1 工程地质概况

采区机轨合一运输上山(下段)1段沿M7煤层底板、M9煤层顶板掘进,上距M7煤层底板10~25m,下距M9煤层顶板3~19m,掘至90~95m范围内可能遇F4逆断层,F4断层走向48°,倾向南东,倾角70~79°,垂直落差70~100m。根据1657m机轨合一运输石门、工作面联络斜巷、一采区总回风斜巷巷道实际揭露情况、物探、地质钻孔、探水钻孔及建井地质报告综合分析,掘进过程中揭露的F4断层导水性差,对掘进无水害威胁,掘进区域内无老窑,无陷落柱;其主要水源为少量断层裂隙水、顶板淋水、滴水,对掘进工作没影响。F4逆断层:所在剖面3~5线,断层走向48°,倾向南东,倾角70~79°,断层走向延伸长度1172m,垂直落差70~100m,对煤层开采有一定影响,破坏了煤层的连续性。坑、钻孔控制3个点,属已查明断层。地表断层破碎带宽0.3~1.0m,据坑道揭露断层破碎带宽度约1m,主要为断层角砾岩、糜棱岩构成,泥质胶结,胶结程度好。断层两盘裂隙发育,层理混乱,地层产状变化较大,地表沿断层带未有泉点出露,坑道揭露断裂带时有淋水、滴水现象。说明断裂带富水性较弱,导水性较差,总体上其富水性和导水性均较弱,对矿床充水有一定影响。巷道受影响稳定性较差。

## 2 数值计算及分析

如图1所示为巷道数值计算模型,x轴长65m,z轴高50m,y轴长40m,计算过程中固定四周及底部边界,计算模型采用摩尔库伦本构。开挖过程中采用cable模拟锚杆,shell模拟喷浆、beam模拟钢拱架。岩体力学参数如表1所示,支护参数如表2所示。

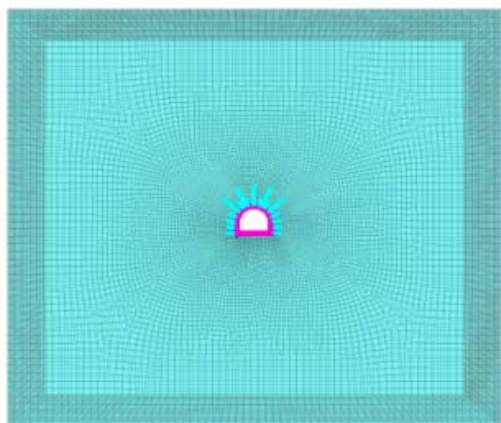


图1 巷道数值计算模型及支护结构示意图

表1 岩体力学参数

岩体	弹性模量/Gpa	泊松比	粘聚力/MPa	摩擦角	容重/g.cm <sup>-3</sup>
泥岩	1.2	0.28	0.2	28	2650

表2 支护结构参数

	弹性模量/Gpa	泊松比
锚杆	200	0.2
钢拱架	200	0.02
喷浆	30	0.2

### 2.1 应力分析

开挖过程中,原有的地应力分布会被打破,巷道周围的岩体会经历一定程度的应力释放,尤其是在巷道开挖面的附近。应力释放后,周围岩体的应力会发生重新分配,通常会在巷道上方和两侧产生高应力集中区,这些区域可能会导致岩体的局部失稳或塌方。如图所示为最大最小主应力云图,巷道最大主应力值为2.5Kpa,最小主应力为3.5kpa,最大最小主应力均处于压应力状态,因此认为在支护作用下边坡处于稳定状态。

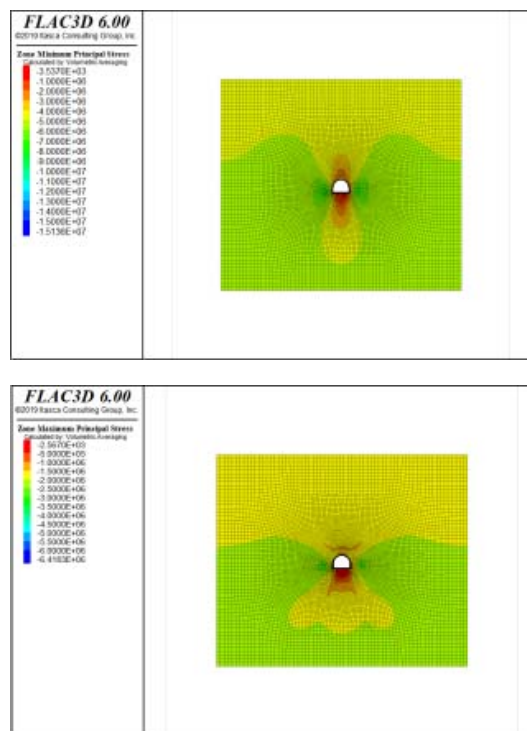


图2 巷道最大主应力云图

### 2.2 位移分析

开挖后由于临空面的形成,围岩会立即出现局部位移,尤其是在开挖面周围,主要表现为向巷道内部的水平位移和垂直位移。随着时间的推移,围岩可能会继续发生变形,特别是在软岩条件下,位移量可能较大。如图所示为支护条件下巷道位移变化

云图巷道顶板下沉2.4cm, 地板隆起3.9cm, 两帮位移变形为2.8cm和1.8cm, 巷道整体位移变形较小处于稳定状态。

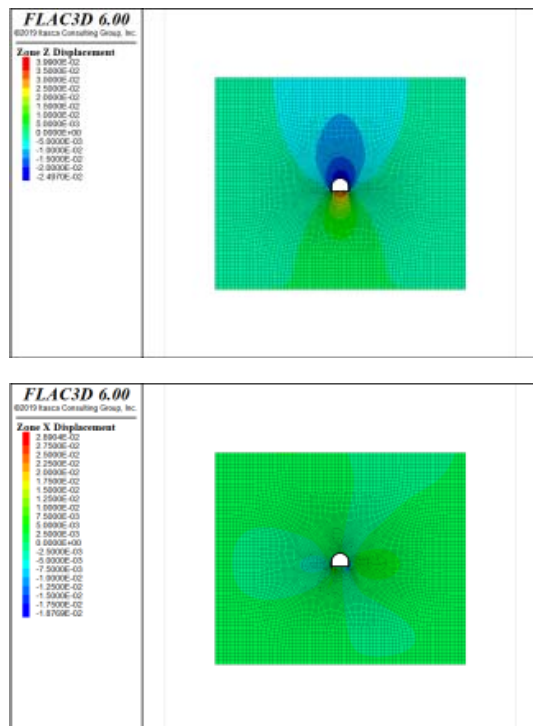


图3 巷道位移云图

### 3 结论

本研究基于FLAC3D软件, 对某矿山软岩巷道的支护效果进行了详细的三维数值分析。通过构建包含Cable、Beam和Shell

结构单元的数值模型, 模拟了锚杆和钢拱架联合支护下的巷道稳定性。研究表明,

(1) 该支护方案显著提高了巷道的整体稳定性。巷道最大主应力处于压应力状态, 表明支护系统能够有效承载周围岩体的压力。

(2) 巷道的变形位移得到了有效控制, 顶板、底板及两帮的位移量均较小, 验证了支护措施在控制变形方面的有效性。

本研究不仅为类似地质条件下的软岩巷道支护设计提供了理论依据和实践指导, 也为未来相关领域的进一步研究奠定了坚实基础。

### [参考文献]

- [1]赵志伟, 田丹, 韦文蓬. 基于FLAC3D结构单元的联合支护效果数值模拟研究[J]. 中国锰业, 2024, 42(04): 111-116+120.
- [2]张武, 赵兴东, 于文龙, 等. 基于FLAC3D的开采扰动下巷道稳定性研究[J]. 金属矿山, 2024, (08): 59-63.
- [3]元佳利, 张建, 宋子鸣, 等. 深部高应力采动巷道锚注支护参数优化研究[J]. 煤炭技术, 2024, 43(07): 91-97.
- [4]张磊. 新驿煤矿巷道掘进过大落差断层围岩破坏规律及底板突水防控研究[J]. 煤炭科技, 2024, 45(03): 109-116.
- [5]徐娟. 基于FLAC3D数值模拟的巷道优化支护分析与应用[J]. 煤矿机电, 2024, 45(03): 16-22.

### 作者简介:

费浩(1981-), 男, 汉族, 本科, 采矿工程师, 矿山开采, 岩石力学, 采矿方法, 通风技术。