

某地下煤矿 110701 通风巷道稳定性评价

李洪 费浩 余斌

四川芙蓉川南建设工程有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i3.2174

[摘要] 随着煤矿开采深度增加,巷道围岩稳定性问题日益突出,尤其在复杂地质条件下,失稳风险更大。本文通过数值模拟分析了110701工作面回风巷在渗流作用下的稳定性。结果显示,开挖过程中围岩应力变化显著,特别在巷道两侧和顶板应力集中,可能导致局部失稳。锚杆和喷浆支护有效控制了巷道位移,确保其稳定性。具体而言,顶板最大下沉1.72cm,地板隆起1.28cm,巷道两帮最大变形分别为0.99cm和0.81cm。研究表明,支护设计对巷道稳定性至关重要,能有效提高矿山安全性和经济效益。

[关键词] 巷道; 围岩; 稳定性; Flac3D; 锚杆支护; 喷浆支护

中图分类号: U455.7+1 文献标识码: A

Stability evaluation of ventilation roadway 110701 in a underground coal mine

Hong Li Hao Fei Bin Yu

Sichuan Furong South Sichuan Construction Engineering Co., LTD

[Abstract] As coal mining depth increases, the stability of tunnel surrounding rock becomes more prominent, especially under complex geological conditions where the risk of instability is greater. This paper analyzes the stability of the return airway in the 110701 working face under seepage effects using numerical simulation. The results show significant changes in surrounding rock stress during excavation, especially stress concentration on the tunnel sides and roof, which may lead to local instability. The use of anchor bolt and shotcrete support effectively controls tunnel displacement, ensuring stability. Specifically, the maximum roof subsidence is 1.72 cm, the floor heave is 1.28 cm, and the maximum displacement of both tunnel sides is 0.99 cm and 0.81 cm, respectively. The study indicates that the support design is crucial for tunnel stability, effectively enhancing mine safety and economic benefits.

[Key words] Tunnel; surrounding rock; stability; Flac3D; bolt support; shotcrete support

引言

随着煤矿资源的不断开发和开采深度的加大,巷道围岩的稳定性问题日益突显,尤其是在地质条件复杂的区域,巷道失稳风险更为突出^[1]。围岩的失稳不仅可能造成巷道的坍塌,威胁矿工的生命安全,还可能导致设备损坏、生产停滞以及大量的修复成本,从而对煤矿的经济效益和长期发展造成严重影响^[2]。因此,研究巷道稳定性对于保障矿山安全生产至关重要。通过对煤矿巷道稳定性的深入研究,可以更好地预测和识别围岩失稳的潜在风险,进而为矿山设计提供科学依据,制定合理的支护方案。有效的稳定性分析能够减少不必要的过度加固,不仅降低施工成本,还能优化支护设计,避免因不当支护而引发的二次损害^[3]。此外,合理的巷道稳定性分析有助于提高煤矿生产效率,延长矿山的使用寿命,提升经济效益。

国内外学者对巷道稳定性分析的研究取得了显著进展,主要集中在数值模拟、围岩失稳机理、支护设计及实时监测等方

面。国外的研究早期采用有限元法和离散元法进行应力分析,并引入动态载荷和地震影响的研究,强调监测技术在巷道稳定性分析中的应用^[4]。国内研究起步较晚,但随着开采深度的增加,国内学者广泛采用有限元法和有限差分法等数值模拟技术,探讨复杂地质条件下的围岩稳定性,逐步引入人工智能、大数据及智能监测系统进行风险预警^[5]。

因此本文通过Flac3D数值分析软件分析巷道在支护改造下巷道稳定性情况。

1 工程概况

110701工作面回风巷掘进过程中,M7煤层沿倾角3-12°、走向23-203°、倾向113°的区域施工至巷道施工结束。该煤层位于龙潭组二段(P312)顶部,厚度为1.23m,且稳定,结构较为复杂。煤层中具有“上细下粗中间薄”的高岭石夹矸结构特征,这是识别该煤层的标志。煤层顶板为黑、棕黑色薄—中厚层状泥岩,含丰富的腕足类和瓣鳃类动物化石,间夹硅质岩结核,具备全区稳

定的特征,是划分长兴组(P3c)与龙潭组(P3l)的可靠分界标志。该煤层上距M6煤层底板5-7m,下距M9顶板16-32m。根据一采区回风上山、机轨合一运输上山的实际揭露情况、物探、地质钻孔、探水钻孔以及建井地质报告的综合分析,掘进过程中揭露的岩层导水性差,且无有害威胁,工作面内无构造、老窑及陷落柱。

2 渗流作用下巷道稳定性分析

2.1 数值计算模型的简历

如图1所示为建立的数值计算模型,模型z方向高为50m, x方向长为40m, y方向长为20m,计算过程中固定四周及底部边界,计算采用摩尔库伦本构,岩体力学参数及巷道支护参数如表1、表2所示。

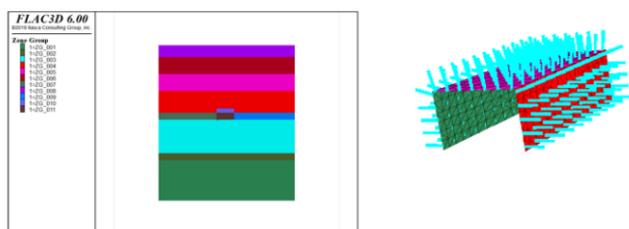


图1 数值计算模型及支护示意图

表1 岩体力学参数

岩土体	弹性模量/GPa	泊松比	粘聚力/MPa	摩擦角	抗拉强度/MPa	容重/(kN/m ³)
泥岩	1.2	0.25	0.92	31.4	1.3	18.5
泥质粉砂岩	2.2	0.24	0.96	32.6	1.65	20.1
粉砂岩	3.1	0.23	1.21	34.5	2.1	22.3
粉砂质泥岩	1.2	0.25	0.85	30	1.56	20.4
煤层	0.92	0.28	0.86	29	1.35	12.5
粉砂质泥岩	1.2	0.25	0.85	31	1.56	20.4
煤层	0.92	0.28	0.86	29	1.68	12.5
泥质粉砂岩	2.2	0.24	0.96	33	1.85	20.1

表2 支护参数表

支护形式	选择单元	弹性模量/Gpa	泊松比
锚杆支护	Cable	200	0.2
喷浆支护	Shell	24	0.2

2.2 应力分析

根据FLAC3D计算的巷道开挖后应力云图分析,开挖后围岩的应力发生了重新分布,出现了明显的应力集中区域,尤其在巷道两侧和上方。这些应力集中可能导致局部变形或失稳,特别是在红色区域的应力较大。为了保证巷道的稳定性,建议在应力集中较强的区域加强支护,如图2所示zz应力巷道两帮出现压应力集中,顶板出现拉应力,xx应力整体处于压应力状态,说明巷道存在一定风险。

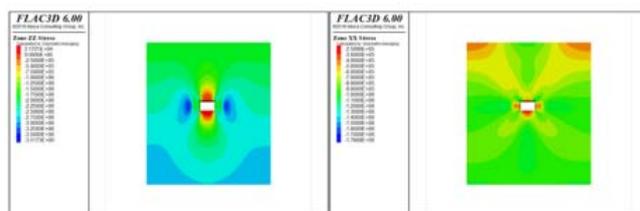


图2 支护作用下巷道开挖应力云图

2.3 位移分析

在地下工程开挖过程中,巷道的支护结构起到了关键作用,尤其是在岩土层的力学特性变化下,支护结构能够有效地控制开挖后产生的位移。围岩的应力状态发生变化,支护结构通过提供外部约束,防止围岩发生过大位移,避免发生坍塌等安全事故。支护结构通常由锚杆、钢拱架、喷射混凝土等组成,可以有效分担部分地层压力,减少因开挖导致的位移量。如图3所示z方向顶板下沉最大位移为1.72cm,地板隆起为1.28cm; x方向巷道两帮最大变形位移分别为0.99cm和0.81cm,从分析结果来看巷道整体处于稳定状态。

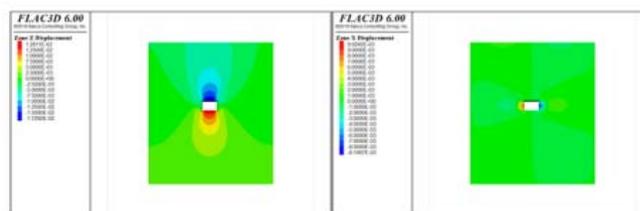


图3 支护作用下巷道开挖位移云图

3 结论

通过对110701工作面回风巷在渗流作用下的巷道稳定性进行数值模拟分析,得出以下结论:

在巷道开挖过程中,围岩的应力分布发生了显著变化,尤其在支护作用下,出现了明显的应力集中区域,特别是在巷道两侧和顶板部分。这些应力集中区域的形成,显著增加了围岩失稳的风险,可能导致局部变形或围岩失稳。因此,针对这些应力集中区域,采取加强支护的措施显得尤为重要,以降低失稳发生的概率。

同时,支护结构的合理设置,尤其是锚杆支护和喷浆支护等有效支护措施,在维持巷道稳定性方面发挥了关键作用。位移分析结果显示,巷道开挖后的位移量较小,且整体处于稳定状态,表明现有支护体系能够有效控制围岩位移。具体而言,z方向的顶板最大下沉位移为1.72cm,地板最大隆起位移为1.28cm; x方向,巷道两帮的最大变形位移分别为0.99cm和0.81cm。这些位移结果表明,支护结构在控制围岩变形、确保巷道稳定性方面发挥了重要作用。

综上所述,通过合理的支护设计和有效的数值模拟分析,巷道的稳定性得到了有效保障,且整体处于安全、稳定状态。该分析为煤矿巷道的设计与施工提供了科学依据,有助于提高巷道安全性,确保矿山的安全生产。

[参考文献]

[1]谢玉龙.煤矿巷道支护存在的问题及稳定性控制分析[J].科学技术创新,2025,(16):167-170.

[2]田立立,廖小旭.近距离煤层下煤层巷道围岩稳定性分析及控制技术[J].采矿技术,2025,25(03):145-150.

[3]丁永红.破碎煤岩体巷道支护机理与围岩稳定性数值计算分析[J].煤矿现代化,2025,34(04):83-87.

[4]夏尧.邹庄煤矿7703工作面巷道围岩稳定性分析与支护优化设计研究[J].科学技术创新,2025,(11):208-211.

[5]刘畅.开平矿区煤巷围岩稳定性分类及软件开发[D].中国矿业大学,2024.

作者简介:

李洪(1982—),男,汉族,重庆市铜梁县人,本科,职称:采矿助理工程师,从事煤矿生产技术管理及井巷工程施工领域。