

基于机器学习的清平磷矿深部岩体稳定性分析

Machine Learning-Based Analysis of Deep Ore Body Stability in Qingping Phosphorus Mine.

姚毅^{1,2} 王浩^{1,2} 石亮^{1,2} 左海军^{1,2} 何良^{1,2} 陈元喜^{1,2} 贺天全³ 朱红金^{4,5} 宋润权^{4,5}
Yao Yi^{1,2}, Wang Hao^{1,2}, Shi Liang^{1,2}, Zuo Haijun^{1,2}, He Liang^{1,2}, Chen Yuanxi^{1,2}, He Tianquan³, Zhu Hongjin^{4,5}, Song Runquan^{4,5}

(1.四川蜀道矿业集团德阳昊华清平磷矿有限公司, 四川德阳, 618299

2.四川蜀道矿业集团德阳昊华清平磷矿有限公司技术中心, 四川德阳, 618202

3.四川省化工地质勘察院, 四川成都, 611930

4.四川煤矿安全监察局安全技术中心, 四川成都, 610046

5.四川铸创安全科技有限公司, 四川成都, 610046)

(1.Sichuan Shudao Mining Group Deyang Haohua Qingping Phosphate Mine Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618299

2.Sichuan Shudao Mining Group Deyang Haohua Qingping Phosphate Mine Co., Ltd. Technology Center, Deyang, Sichuan, 618202

3.Sichuan Provincial Institute of Chemical Geological Exploration, Chengdu, Sichuan, 611930

4.Sichuan Coal Mine Safety Supervision Bureau Safety Technology Center, Chengdu, Sichuan, 610046

5.Sichuan Zhuchuang Safety Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610046)

摘要: 随着地表浅层磷矿资源的逐渐枯竭, 矿山开采活动逐渐向深部岩体延伸, 这无疑增加了矿山开采的难度和复杂性, 深部岩体稳定性分析成为制约矿山安全的关键问题。清平磷矿作为我国西南地区重要的磷矿资源, 其深部地下开采活动对岩体稳定性提出了更高的要求, 基于机器学习的清平磷矿深部岩体稳定性分析成为了当前研究的热点领域。本研究采用机器学习方法, 对清平磷矿深部岩体稳定性进行分析, 旨在提高岩体稳定性预测的准确性和效率。研究首先收集了清平磷矿的地质数据、岩体力学参数、开采条件等多源信息。通过对这些数据进行预处理和特征工程, 构建了适合机器学习模型的输入特征集。

本课题研究采用了多种机器学习算法, 包括决策树、随机森林、支持向量机和神经网络等, 对清平磷矿深部岩体稳定性进行分类和回归分析。通过交叉验证和模型调优, 比较了不同算法在岩体稳定性预测中的性能。研究发现, 集成学习方法, 尤其是随机森林和梯度提升决策树, 在处理岩体稳定性问题时表现出较高的准确率和鲁棒性。为了进一步提高预测模型的泛化能力, 本研究引入了深度学习方法, 构建了卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)模型, 以处理岩体稳定性分析中的时空数据。通过训练和测试, 深度学习模型在处理复杂非线性关系方面展现出优势, 尤其是在考虑岩体变形和应力分布的时空变化时。此外, 本课题还探讨了模型解释性问题, 通过特征重要性分析和模型可视化技术, 揭示了影响岩体稳定性的关键因素。研究结果表明, 岩体的初始应力状态、地质构造、岩性组合、开采方法和支护措施等因素对岩体稳定性具有显著影响。基于机器学习的清平磷矿深部岩体稳定性分析方法能够有效地预测岩体的变形和破坏趋势, 并提供科学依据来制定合理的矿山开采方案。与传统的经验模型相比, 机器学习模型在预测精度和稳定性方面具有明显的优势。最后, 本研究基于机器学习模型, 开发了一套清平磷矿深部岩体稳定性预测系统。该系统能够实时接收矿山监测数据, 自动进行岩体稳定性评估, 并提供风险预警。通过实际矿山案例验证, 该系统在预测岩体失稳事件方面表现出良好的效果, 为矿山安全生产提供了有力支持。

关键词: 清平磷矿; 深部开采; 岩体稳定性; 机器学习; 预测模型; 模型解释性; 风险预警

基金项目: 全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室“四川省绵竹市清平磷矿接替资源勘查”(项目编号: 200751070)、德阳昊华清平磷矿有限公司深部延伸接替工程项目“德阳昊华清平磷矿有限公司 100

万吨/年磷矿延伸接替工程”联合资助。

参 考 文 献

- [1] 何满潮,谢和平,彭苏萍等.深部开采岩体力学研究[J].岩石力学与工程学报,2005,(16):2803-2813.
- [2] 蔡美峰.深部开采围岩稳定性与岩层控制关键理论和技术[J].采矿与岩层控制工程学报,2020,2(03):5-13.DOI:10.13532/j.jmsce.cn10-1638/td.20200506.001.
- [3] 马鑫民,陈攀,陈晨,等.基于机器学习的煤巷围岩稳定性预测与应用[J].矿业科学学报,2023,8(2):10.