

生态环境监测技术与数据分析方法

姜逸 刘伟 陈革军

中吴人居江苏环境检测有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i1.2472

[摘要] 本文针对茅山山脉矿山集中区生态环境监测与治理问题,分析了区域内矿产资源开发对地质结构和生态环境的显著影响,包括地面沉降、山体破损及水土流失等问题。通过构建多源数据融合技术体系,结合航空正射影像、数字高程模型、岩性地质图和物联网传感器等数据采集手段,实现了高精度、多维度的环境监测。在此基础上,采用遥感解译六步法、地形-生态耦合分析、岩性影响评估以及时序变化监测等数据分析方法,揭示了区域生态风险的空间分布规律与动态变化特征。结果表明,智能预警系统与生态修复决策支持系统的应用显著提升了监测效率与治理科学性,为实现矿区资源开发与生态保护的动态平衡提供了技术支持。

[关键词] 生态环境监测技术; 数据分析方法; 智能预警系统

中图分类号: B845.65 **文献标识码:** A

Ecological environment monitoring technology and data analysis method

Yi Jiang Wei Liu Gejun Chen

Zhongwu Habitat Jiangsu Environmental Testing Co., LTD.

[Abstract] In view of the monitoring and management of ecological environment in the mine concentration area of Maoshan Mountain Range, the significant impact of mineral resources exploitation on geological structure and ecological environment, including land subsidence, mountain damage and soil erosion, was analyzed. Through the construction of multi-source data fusion technology system, combined with aerial orthophoto, digital elevation model, lithologic geological map and Internet of Things sensor and other data acquisition means, to achieve high-precision and multi-dimensional environmental monitoring. On this basis, the spatial distribution and dynamic characteristics of regional ecological risks were revealed by using the six-step method of remote sensing interpretation, topographic-ecological coupling analysis, lithology impact assessment and temporal change monitoring. The results showed that the application of intelligent early warning system and ecological restoration decision support system significantly improved the monitoring efficiency and scientific management, and provided technical support for realizing the dynamic balance between mining resources development and ecological protection.

[Key words] ecological environment monitoring technology; Data analysis method; Intelligent early

引言

生态环境监测技术与数据分析方法在现代环境科学中占据核心地位,其发展直接关系到生态治理与可持续发展目标的实现。随着人类活动对自然环境影响的加剧,传统监测手段已难以满足复杂生态系统动态变化的实时捕捉需求,高精度传感器网络、遥感技术和物联网的引入显著提升了数据采集的广度与深度,为环境质量评估提供了多维度支撑。但海量数据的处理与解析对分析方法提出了更高要求,多元统计分析、机器学习算法及地理信息系统技术的应用成为关键突破口,这些方法不仅能够揭示污染物迁移转化规律,还能预测生态系统演变趋势,为决策

提供科学依据。在此背景下,构建从数据采集到分析解释的完整技术链条显得尤为重要。通过优化监测布点策略与数据融合模型,进一步提升监测结果的准确性与代表性,从而推动生态环境监测向智能化与精细化方向迈进,助力生态文明建设目标的实现。

1 矿山环境监测区域概况

茅山山脉形成始于中生代燕山运动,地壳褶皱隆起并伴随断裂和岩浆活动,奠定了山脉基础。山脉呈南北走向,略呈S形,南北长约90千米,东西宽约10千米,以低山丘陵为主,山峰多在200-300米之间,切割形成V型谷地及两级剥蚀夷平面。山体坡脚

平缓(10-20°)主峰大茅峰海拔372.5米,二茅峰、三茅峰依次降低。山体由北向南延伸,连接宁镇丘陵与天目山脉,是秦淮河与太湖水系的分水岭。句容茅山发现珍稀盐泉,矿化度达9278mg/L,含偏硅酸、偏硼酸等,具有医疗价值。地下盐矿储量居全国前列。东侧水系注入丹金溧漕河和长荡湖,西侧经赤山湖汇入秦淮河。地下水以基岩裂隙水为主,大茅峰北坡裂隙发育,地表水渗入形成溶洞水系。茅山山脉曾因长期无序采石(石灰岩、砂岩等)形成多个废弃宕口,导致山体“天窗”现象突出,植被破坏严重,水土流失加剧。现在当地已积极修复生态问题。所以,亟需通过精准监测与科学管理实现资源开发与生态保护的动态平衡,为太湖流域生态保护和高质量发展提供技术支撑。

2 监测技术体系构建

2.1 多源数据融合

多源数据融合技术通过构建数据采集矩阵,为生态环境监测提供高精度、多维度的数据支撑。航空正射影像以0.4m分辨率按季度采集,适用于地表形变监测,能够捕捉细微地形变化,为地质灾害预警与评估提供科学依据;数字高程模型以1m分辨率年度更新,用于塌陷区三维建模,支持大范围地形分析与空间规划。岩性地质图采用1:50000比例尺并实时更新,服务于矿渣污染溯源,通过精准刻画地质结构与物质迁移路径,助力污染治理与生态修复。物联网传感器以5min一次的高频采集实现地下水水位动态监测,实时反映水文变化,为水资源管理与防灾减灾提供即时数据支持(见表1)。

表1 数据采集矩阵

数据类型	分辨率	采集周期	应用场景
航空正射影像	0.4m	季度	地表形变监测
数字高程模型	1m	年度	塌陷区三维建模
岩性地质图	1:50000	实时更新	矿渣污染溯源
物联网传感器	5min/次	实时	地下水动态监测

2.2 遥感解译流程

目前,生态环境监测技术体系中的遥感解译流程通过六步法实施路径实现高效、精准的环境问题识别与评估。(1)数据预处理阶段。采用ENVI5.6软件完成辐射校正,确保影像误差控制在0.5DN以内,为后续分析提供高质量基础数据。(2)解译标志库构建聚焦于7类典型环境问题,提取其光谱特征并形成标准化数据库,为智能解译提供科学依据。(3)智能提取环节引入U-Net深度学习模型,利用其强大的图像分割能力实现目标区域的自动化识别,F1-score达到0.89,表明模型在精度与召回率之间取得良好平衡。(4)外业验证阶段。部署50个地面验证点,实际准确率达到92.3%,验证了遥感解译结果的可靠性。(5)多维分析通过叠加DEM与水文图层,揭示环境问题的空间分布规律及其与地形、水系的关联性,为深层次环境分析提供支持。(6)动态建模基于上述成果构建环境风险指数模型(ERI),量化区域环境风

险水平,计算结果显示ERI值为0.43,反映中等风险状态,该流程整合遥感技术与人工智能方法,显著提升生态环境监测效率(见图1)。

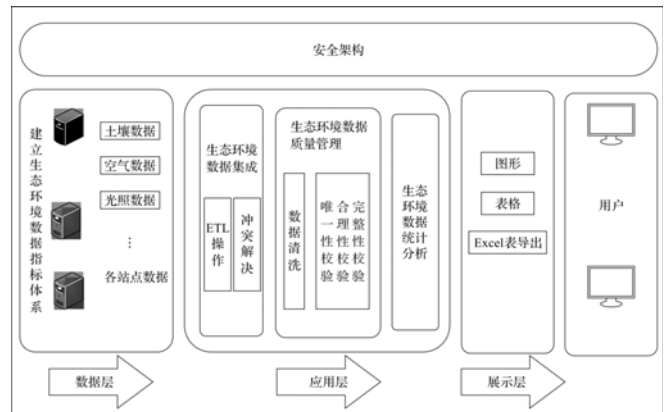


图1 环境监测管理平台

3 核心数据分析模型

3.1 地形-生态耦合分析

地形-生态耦合分析作为空间分布规律研究的核心环节,揭示了不同地貌单元对生态环境影响的差异化特征。丘陵区生态破坏强度指数达2.8,显著高于基准值1.0,表明该区域在自然与人为因素叠加作用下承受较高生态压力,其植被覆盖度下降与土壤侵蚀加剧成为主要驱动因子。断裂带10km范围内灾害发生率提升37%,统计检验结果 $\chi^2=14.6$ 且 $p<0.01$,进一步验证了地质构造活动与生态环境脆弱性之间的强关联性。断裂带附近地壳应力释放频繁,导致地表稳定性降低,进而诱发滑坡、泥石流等次生灾害,形成区域生态风险的热点区。

3.2 岩性影响评估

通过分析岩性破坏系数矩阵,发现第四系松散层的破坏系数为0.72,表明其在采坑和渣场等人为活动干扰下极易发生地表形态改变,松散结构导致抗侵蚀能力较弱,易引发水土流失与地质灾害;石灰岩的破坏系数为0.65,其典型问题集中于崩塌与岩溶塌陷,碳酸盐岩的溶蚀特性使其在地下水活动或过度开采条件下易形成地下空洞,进而诱发地面塌陷,对区域稳定性构成威胁;花岗岩的破坏系数为0.48,主要表现为山体破损,其坚硬致密的结构虽具有一定抗风化能力,但在高强度矿业活动中仍易出现裂隙扩展与岩体剥离现象,加剧地形破碎化程度^[1]。通过识别不同岩性的脆弱性特征,可针对性制定生态保护与修复策略,如对第四系松散层强化水土保持措施,对石灰岩区域加强岩溶塌陷监测预警,对花岗岩山体实施边坡稳定性维护。

表2 岩性破坏系数矩阵

岩性类型	破坏系数	典型问题
第四系松散层	0.72	采坑、渣场
石灰岩	0.65	崩塌、岩溶塌陷
花岗岩	0.48	山体破损

3. 3时序变化监测

时序变化监测利用InSAR技术对矿区地表形变进行高精度观测,揭示了西部采煤区与东部露天矿区的地表动态变化特征。其中,西部采煤区年均沉降速率达42mm/a(2018-2023),表明长期地下开采活动导致覆岩结构失稳,引发地表持续下沉,其累积效应可能进一步加剧地裂缝发育与地下水系统破坏。东部露天矿区边坡位移累积量达1.2m,反映边坡岩体在开挖卸荷与风化作用下的显著变形趋势,潜在滑坡风险较高,需结合地质力学模型评估其稳定性。InSAR技术凭借其高空间分辨率与全天候监测能力,为矿区地表形变提供了连续、精确的时空分布数据,弥补了传统监测手段点状观测的不足^[2]。

4 技术创新

4.1 智能预警系统

智能预警系统通过分层架构设计实现了从数据采集到决策支持的全流程智能化管理。感知层以高精度位移传感器为核心,部署超过200个节点,单点测量精度达0.1mm,确保对地表形变、边坡位移等关键指标的实时捕捉与精准量化,显著提升了数据采集的时空分辨率。算法层采用随机森林模型,通过多棵决策树集成学习的方式处理复杂非线性关系,其预警准确率达到94.7%,表明模型在特征选择与分类预测方面具备较强鲁棒性。该算法能够有效识别潜在风险模式,降低误报率与漏报率,满足生态环境动态监测的高可靠性需求。应用层基于WebGIS平台开发,整合地理信息系统与预警功能,实现空间数据可视化与交互式操作,系统响应时间控制在3s以内,充分满足应急决策对时效性的严格要求。整体架构设计注重各层级间的数据流协同优化,确保感知层采集的原始数据经算法层处理后快速转化为应用层可执行的预警信息,形成闭环管理体系^[3]。

4.2 生态修复决策支持

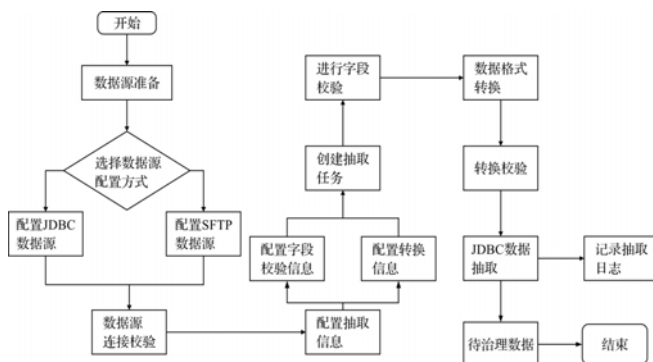


图2 生态环境数据集成流程

生态修复决策支持系统利用技术组合实现科学化与精准化,显著提升生态环境监测与治理水平。水土流失模拟采用SWAT模型,基于流域尺度对水文过程、土壤侵蚀及养分迁移进行动态预

测,其预测修复效果的决定系数 R^2 达0.83,表明模型具有高精度与可靠性,为修复方案制定提供量化依据。植被适宜性分析依托MaxEnt模型,结合气候、地形与土壤因子,筛选适生植物种类,模型评估指标AUC值达0.91,反映其在物种分布预测中的卓越性能,确保植被恢复的生态适应性与可持续性(见图2)。工程量优化引入BIM技术,通过三维建模与参数化设计实现修复方案的精细化比选,在满足功能需求的前提下,将成本降低23%,体现技术经济性的平衡^[4]。上述技术组合从多维度支撑生态修复决策,形成从问题诊断到方案优化的完整链条^[5]。

5 结语

综上所述,本文围绕太湖流域中下游矿山集中区生态环境监测与治理展开研究,构建了多源数据融合技术体系,并结合遥感解译流程、地形-生态耦合分析、岩性影响评估以及时序变化监测等方法,揭示了区域生态风险的空间分布规律与动态变化特征。研究表明,智能预警系统通过分层架构设计实现了从数据采集到决策支持的全流程智能化管理,显著提升了监测效率与预警准确性;生态修复决策支持系统通过SWAT模型、MaxEnt模型和BIM技术的组合应用,为生态修复方案的科学化与精准化提供了有力支撑。上述研究成果不仅为矿区生态环境监测与治理提供了技术路径,也为太湖流域生态保护和高质量发展奠定了基础。

未来研究可进一步深化以下几个方向:一是加强人工智能与大数据技术在生态环境监测中的应用,提升复杂环境问题的预测能力;二是探索矿区生态修复的长期效果评估方法,建立动态反馈机制以优化治理策略;三是推动跨区域协同监测与治理模式,促进流域整体生态安全格局的构建。通过技术创新与实践探索,为实现矿区可持续发展与生态保护目标提供更全面的解决方案。

[参考文献]

- [1] 佟倩. 矿山环境监测技术与数据分析方法研究[J]. 中国金属通报, 2024(13):64-66.
- [2] 王红雪. 环境监测技术与方法的前沿应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(3):161-163.
- [3] 俞言霞. 基于大数据分析的生态环境监测与评价研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(19):189-191.
- [4] 温秋连. 环境监测技术的应用与质量控制方法探析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(18):162-163, 169.
- [5] 王爱春. 环境监测数据分析与报告编制技术的研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(21):62-64.

作者简介:

姜逸(1987--),男,汉族,江苏省常州市人,本科,环境监测领域。