

矿产资源开发对区域水文地质环境的影响评估与管控对策

倪世和

寿阳县自然资源局 山西晋中

【摘要】矿产资源开发在推动经济发展的同时，对区域水文地质环境产生显著影响。随着开采深度与规模的不断扩大，地下水位、径流格局及含水层结构面临复杂变化，导致水资源时空分布失衡及生态系统退化。本文以矿产资源开发区为研究对象，系统分析采矿活动引发的地下水位下降、地表水体污染、含水层破坏及地质灾害等问题，结合多源监测数据与水文地质模型，评估其影响程度与演变机制。针对性提出地下水动态监测、分区开发管控、生态补水及污染防治等综合对策，为矿区水文地质环境保护和可持续开发提供科学依据。

【关键词】矿产资源开发；水文地质环境；地下水位；环境影响评估；管控对策

【收稿日期】2025 年 8 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250188

Impact assessment and control measures of mineral resources development on regional hydrogeological environment

Shihe Ni

Shouyang County Natural Resources Bureau, Jinzhong, Shanxi

【Abstract】 While driving economic growth, mineral resource exploitation significantly impacts regional hydrogeological environments. As mining depth and scale expand, groundwater levels, runoff patterns, and aquifer structures undergo complex changes, leading to imbalanced spatiotemporal distribution of water resources and ecosystem degradation. This study focuses on mineral resource development zones, systematically analyzing issues such as groundwater level decline, surface water pollution, aquifer damage, and geological disasters caused by mining activities. By integrating multi-source monitoring data with hydrogeological models, we evaluate their impact severity and evolution mechanisms. Comprehensive strategies are proposed including dynamic groundwater monitoring, zoned development control, ecological water replenishment, and pollution prevention, providing scientific foundations for protecting and sustainably developing hydrogeological environments in mining areas.

【Keyword】 Mineral resource development; Hydrogeological environment; Groundwater level; Environmental impact assessment; Control strategies

引言

矿产资源的开发是区域经济发展的重要动力，但大规模开采活动正在不断改变自然水文地质格局。地下水位波动、含水层破坏以及水体污染等问题日益凸显，导致生态系统结构失衡与水资源紧缺风险加剧。随着开采深度增加，矿区水文地质系统呈现更强的动态性与脆弱性，如何在资源利用与环境保护之间实现平衡成为亟待解决的核心问题。本研究围绕矿产资源开发对水文地质环境的影响展开，为后续制定科学的管控策略奠定基础。

1 矿产资源开发引发的区域水文地质环境问题

矿产资源开发在推动区域经济快速增长的过程中，对水文地质环境产生了深刻而复杂的影响。大规模露天开采与地下采矿活动改变了地层结构和含水层形态，造成地下水系统的动态平衡被打破。随着矿区范围的不断扩大，地表与地下水的补给、径流和排泄条件出现明显变化，导致局部地下水位持续下降，形成大面积地下水漏斗区^[1]。由于水文地质条件被扰动，含水层受压系统的渗透性降低，区域水资源时空分布趋于不均衡，水量供需矛盾日益突出。井下抽排

水作业引发的区域水量失衡问题,进一步加剧了地表水与地下水之间的水力联系变化,导致生态系统功能的退化与湿地资源萎缩等问题愈发严峻。

随着矿山开采深度和规模的提升,水文地质环境的脆弱性愈加明显。大规模井巷工程和剥离作业使得地层结构破坏范围不断扩大,岩体裂隙渗流条件发生变化,导致含水层连通性被打破。部分地区因承压水系被扰动而出现突水、涌水等地质灾害,严重威胁矿区安全生产。开采活动产生的采空区导致地表沉陷和水体汇集,增加了地表径流的汇流强度,加速地表水体污染物向深部渗透,造成区域水质恶化。尾矿库、排土场和矿渣堆放区产生的重金属离子及酸性矿山废水在降雨及渗流作用下进入地下水系统,导致水化学组分异常变化,部分矿区甚至出现高硫酸盐、高铁离子和重金属超标等水质污染现象,对周边农业灌溉和居民用水安全构成长期威胁。

在复杂的地质构造条件下,矿产资源开发与水文地质环境的相互作用表现出高度的区域性和差异性。不同矿区因地层岩性、构造形态及含水系统特征的差异,导致环境问题的表现形式和严重程度存在显著不同^[2]。例如在煤炭开采区,过量疏干水引发地下水储量锐减,而在有色金属矿区,伴生矿物氧化所产生的酸性废水则成为水体污染的主要来源。区域内生态系统也因此遭受持续性冲击,水生生物多样性下降,湿地功能退化,植被覆盖率明显降低。这些变化不仅破坏了自然水文循环,还增加了矿区周边地质灾害发生的概率,进一步恶化了资源型区域生态环境的脆弱性。矿产资源开发与水文地质环境之间的矛盾在这种多重效应叠加下愈发突出,亟需系统性的科学评估与动态监测为后续管控提供基础依据。

2 矿产开采对地下水位与含水层系统的深层影响分析

矿产开采活动在改变地表形态的同时,对地下水位和含水层系统产生了深层次的结构性影响。随着开采范围的不断扩大,井下排水、露天剥离等作业导致地下水的天然补给、径流和排泄过程被扰动,区域地下水动态平衡被破坏。大量抽排水作业造成地下水位持续下降,部分矿区甚至形成明显的地下水降落漏斗,使得含水层压力显著降低。由于含水层的渗透性受到扰动,原本封闭的承压水系统被打破,导致不同含水层之间水力联系增强,引发水质和水量双重失衡^[3]。地表水补给量的减少还进一步影响到浅层地下水的

更新速率,使区域水资源面临长期枯竭的风险。

在深部开采过程中,岩层结构受强烈扰动,含水层的完整性和稳定性遭到破坏,裂隙水与孔隙水系统的水力条件发生明显变化。由于开采形成的大规模采空区和塌陷带,地层应力场重新分布,含水层顶底板渗流通道增多,导致地下水渗透路径发生改变。在这一过程中,承压水层可能发生突水、涌水等地质灾害,威胁矿区安全生产。部分矿区的砂岩含水层在抽水作用下,因压缩固结而引发地面沉降,进一步加剧含水层储量的衰减。对于裂隙发育的硬岩区而言,深部采矿使地下水系统的连通性显著提高,造成区域水资源快速流失,增加了地表水向下渗透的速率,进一步改变地下水循环结构,破坏原有的水文地质平衡。

在不同类型的矿区,地下水位与含水层系统的响应机制存在显著差异。煤炭资源开采区因长期疏干排水导致地下水补给不足,区域水位长期低于生态阈值,引发湿地干涸和河道断流等生态问题。而在金属矿区,由于伴生矿物氧化作用,大量酸性矿山废水渗入含水层,造成水化学组分异常,地下水环境面临酸化和重金属富集等双重压力^[4]。部分石灰岩矿区因岩溶发育,深部开采打破了岩溶水系统的天然平衡,导致水文循环复杂化,区域含水层功能显著弱化。

3 水文地质环境破坏的风险识别与综合防控措施研究

水文地质环境在矿产资源开发过程中受到多重扰动,导致风险隐患呈现多样化与隐蔽性特征。区域地下水位的大幅下降使得含水层压力失衡,水文循环被打破,易引发地下水枯竭与地表水体干涸的双重问题。在深部采矿过程中,承压含水层破坏引发的突水、涌水灾害频发,局部区域甚至出现大面积地下水侵入采空区的现象,导致矿井安全性下降^[5]。伴随尾矿库渗漏、废水排放和重金属污染,水化学环境进一步恶化,形成水质型风险与数量型风险的叠加效应,增加了水文地质系统的不稳定性,威胁区域生态安全与矿区生产可持续性。

在风险识别过程中,应结合多源水文地质数据与高分辨率遥感监测手段,系统评估矿区水资源动态变化及其驱动因素。通过建立地下水动力学模型,可以实现对水位波动、渗流路径和含水层承载能力的动态模拟,从而揭示不同地质构造条件下的风险机制。对于受采空区影响显著的矿区,三维地质建模和水文模

拟技术可用于预测突水灾害的高风险区域,辅助划定地下水保护红线。基于水化学分析与同位素示踪方法的应用,可有效识别污染物来源及迁移规律,为水质安全风险精准防控提供科学依据。

在综合防控措施方面,应建立动态监测、风险预警与多层防护相结合的管理体系。通过设置矿井排水观测站、自动水质监测点及含水层压力监控井,可实现对水文地质环境的实时掌握。对于地下水位下降显著的区域,应采取分区限采、人工回灌和生态补水等措施以恢复含水层功能;针对重金属及酸性废水污染,可采用原位修复、阻隔帷幕和反渗透净化等工程手段进行治理^[6]。推动绿色矿山建设理念,将水资源保护纳入矿区开发规划,实现矿产资源利用与水文地质环境安全的协同管理。

4 矿区水资源保护与水文地质环境管控的整体策略

矿区水资源保护与水文地质环境管控的核心在于协调资源开发与生态安全的关系,通过科学规划和动态管理实现水资源的可持续利用。矿产开采导致的地下水位下降、含水层破坏及水质恶化问题使得水文地质系统的脆弱性不断加剧,亟需建立全域性的资源保护框架^[7]。针对不同矿区的地质特征与水资源承载力,应采用分区管理模式,结合水文地质条件划定生态保护红线与地下水禁采区,控制过度开采对含水层系统的扰动。通过在矿区范围内构建地下水补给通道和生态补水工程,缓解水资源供需矛盾,并对区域水循环进行再平衡调控,从根本上降低矿产开发对水文地质环境的破坏程度。

在管控策略上,应充分利用高精度监测与多源数据融合技术,实现对矿区水文地质环境的动态感知。通过布设地下水动态监测井、含水层压力感应点和水质自动监控站,可实时掌握地下水位变化、渗流速度及污染扩散趋势。基于三维地质建模与水动力学模拟,能够预测矿区在不同开采情境下的水资源风险,并对含水层系统的响应机制进行精准分析,为优化开采强度、调整排水方案及制定资源保护措施提供科学依据。对于尾矿库渗漏和酸性废水排放问题,可结合水化学示踪和高分辨率遥感反演技术,精确识别污染路径和受影响范围,从而实施针对性治理和环境修复。

在整体策略实施过程中,应构建多维度、系统化的综合管理体系,将水资源保护与矿山开发、生

态修复和风险防控有机结合。通过完善政策法规、严格环境准入门槛以及强化监管机制,推动矿区水资源保护纳入区域资源开发总体规划。引入绿色矿山建设理念,在开采工艺中推广节水技术、尾水回用与废水深度处理,提升水资源利用效率^[8]。在矿区周边,应加大湿地修复、植被重建和生态补水力度,恢复自然水文过程与生态功能,形成资源开发、环境保护与区域可持续发展的良性循环,从而实现水文地质环境的长期稳定与矿区经济发展的协调统一。

5 结语

矿产资源开发对区域水文地质环境的影响具有长期性和累积性,其引发的地下水位下降、含水层破坏和水质恶化等问题已经成为制约矿区可持续发展的重要因素。科学识别风险、加强动态监测和实施综合防控措施,是实现资源利用与环境保护平衡的关键。建立完善的水资源保护体系,优化矿区开发模式,推动绿色开采与生态修复相结合,能够有效降低水文地质环境的脆弱性,为矿区经济发展和生态安全提供坚实保障。

参考文献

- [1] 毛馨卉,李储,张惠. 面向北极的矿产资源开发利用战略思考[J/OL].中国国土资源经济,1-12[2025-08-30].
- [2] 姜长飞,袁园. 围岩级别和地下水位对储气洞库安全埋深影响研究[J].市政技术,2025,43(08):111-118+168.
- [3] 蒋敏敏,赵腾飞,张一博,等. 考虑降雨和土质影响的半湿润区引水河道周边地下水位变化规律研究[J/OL].河南理工大学学报(自然科学版),1-11[2025-08-30].
- [4] 张太明. 矿产资源开发利用与生态环境的协调发展策略分析[J].中国资源综合利用,2025,43(04):199-201.
- [5] 吴方青. 水文地质对地质环境及工程建设的影响分析[J].中国金属通报,2025,(04):240-242.
- [6] 温胜来,江华,李泰佳,等. 生物技术在矿产资源开发中的应用及前景[J].有色金属(选矿部分),2025,(04):12-19.
- [7] 高嵩,班晓霞. 矿床成因与地质条件对矿产资源开发的影响[J].世界有色金属,2025,(03):58-60.
- [8] 杜凭国. 水文地质环境在工程勘察中的重要性探析[J].黑龙江环境通报,2024,37(07):68-70.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS