

水工环地质技术在矿山环境修复治理中的应用

陶晓慧

河南省地矿建设工程(集团)有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 随着矿山资源的大规模开发,土地破坏、水资源污染、地质灾害频发等环境问题日益严峻。本文聚焦水工环地质技术在矿山环境修复治理中的应用,系统阐述其理论基础,涵盖水文地质、工程地质和环境地质的协同作用机制。详细介绍水文地质监测、工程地质勘察、环境地质评估等关键技术,并深入分析该技术在土地复垦与植被恢复、水资源保护与污染治理、地质灾害防治以及矿山生态系统修复提升等方面的具体实践。研究表明,水工环地质技术通过多技术融合,为矿山环境问题提供系统性解决方案,对实现矿山可持续发展具有重要意义。

关键词: 水工环;地质技术;矿山环境;修复治理;应用

引言: 矿山开采作为国家经济发展的重要支撑,长期高强度开发引发了一系列生态环境危机。土地塌陷与植被损毁致使大量耕地废弃,矿区周边水资源遭受重金属与酸碱物质污染,滑坡、泥石流等地质灾害更是威胁居民生命财产安全,生态系统严重失衡。水工环地质技术整合水文、工程、环境地质多领域知识,从科学分析环境问题成因出发,为矿山环境修复治理提供技术支撑。通过该技术的应用,可实现对矿山环境的精准诊断与靶向修复,对协调资源开发与生态保护、推动矿山绿色转型具有关键作用。

1 水工环地质技术的理论基础

水工环地质技术的理论基础由水文地质、工程地质和环境地质三大核心理论体系构成。水文地质理论以地下水水文学、水文地球化学为核心,研究地下水的形成、赋存、运动规律,以及地下水与大气水、地表水之间的相互转化关系,为矿山水资源评价、地下水污染防治提供理论依据。工程地质理论聚焦岩土体的工程特性、地质构造对工程活动的影响,通过研究岩土体的物理力学性质、稳定性分析方法,为矿山工程建设、地质灾害防治提供理论指导,保障工程建设的安全性与可靠性。环境地质理论则关注人类活动与地质环境的相互作用,探讨地质环境对人类活动的制约以及人类活动对地质环境的影响机制,从生态系统的整体性出发,研究地质环境变化引发的生态环境问题。在矿山环境修复治理中,这三大理论并非孤立存在,而是相互关联、协同作用。通过水文地质理论分析地下水循环与污染机制,结合工程地质理论评估岩土体稳定性,再运用环境地质理论综合考量生态环境效应,从而构建起一套完整的理论体系,为全面、系统地解决矿山环境问题奠定坚实的理论基础^[1]。

2 水工环地质的关键技术

2.1 水文地质技术

2.1.1 地下水监测与分析

通过在矿山区域科学布设地下水监测井,利用水位计、水质传感器等设备,实时采集地下水位、水温、酸碱度、电导率及重金属离子浓度等数据。借助自动化监测系统,可实现数据的远程传输与动态记录,及时掌握地下水动态变化趋势。同时,运用数理统计、数值模拟等分析方法,对监测数据进行深入剖析,构建地下水流动与溶质运移模型,预测污染物在地下水中的扩散路径与范围,判断地下水污染程度及影响范围。分析水质数据,可明确重金属等污染物的来源与迁移规律,为地下水污染防治与治理提供精准的数据支持。

2.1.2 水资源评价与合理利用

水资源评价与合理利用旨在科学评估矿山区域水资源状况,并实现水资源的高效利用。运用水文地质调查与分析技术,综合考虑地形地貌、地层岩性、气象条件等因素,采用水量均衡法、数值模型法等方法,对矿区地下水的补给量、储存量、可开采量进行准确评价,明确水资源的数量与质量特征。基于评价结果,制定科学合理的水资源利用方案,优化水资源配置。例如,在矿山生产中,将处理后的矿井水回用于生产环节,如井下防尘、设备冷却等;结合区域水资源状况,合理规划农业灌溉用水,避免过度开采地下水。同时,通过建立水资源动态评价机制,根据矿山开采活动与环境变化,及时调整水资源利用策略,保障矿山生产与生态保护的协调发展,实现水资源的可持续利用。

2.2 工程地质技术

2.2.1 地质结构勘察

地质结构勘察是工程地质技术的基础工作,通过多

种手段全面获取矿山区域地质信息。运用地质测绘技术,对地表地形地貌、地层岩性、地质构造进行详细观测与填图,绘制高精度地质图件,直观呈现地质结构宏观特征。借助地球物理勘探技术,如电法勘探、地震勘探等,利用地下介质物理性质差异,探测隐伏地质构造、地下空洞分布。钻探技术则可获取地下岩芯样本,通过实验室分析,确定岩石矿物成分、结构构造及物理力学性质。多技术协同应用,能够精准查明矿山地质结构,为后续工程设计、灾害防治提供关键数据支撑,如识别断层破碎带位置,避免工程建设中因地质结构问题引发安全隐患。

2.2.2 稳定性评估与加固

稳定性评估与加固以地质结构勘察数据为依据,对矿山工程设施及地质体稳定性进行科学判定与处理。采用定性分析与定量计算相结合的方式,运用极限平衡法、数值模拟法等,对边坡、采空区等进行稳定性评价,预测潜在失稳风险。针对评估出的不稳定区域,制定相应加固方案。对于矿山边坡,可采用抗滑桩、挡土墙、预应力锚索等工程措施,增强边坡抗滑能力;针对采空区,实施充填法、垮落法或支撑法,防止地面塌陷。通过动态监测加固效果,及时优化加固方案,保障矿山工程设施安全运行,降低地质灾害发生概率,为矿山环境修复治理创造稳定条件。

2.3 环境地质技术

2.3.1 环境影响评价

环境影响评价是运用环境地质技术,对矿山开采活动及其修复治理工程可能引发的环境变化进行系统评估。通过收集矿山区域的地形地貌、水文气象、生态环境等基础资料,采用现场调查、实验室分析、数值模拟等方法,识别开采活动中废渣排放、废水渗漏、爆破震动等污染源和影响因素。针对土地资源破坏、水资源污染、生态系统失衡等潜在环境问题,预测其影响范围与程度,并提出相应的预防与减缓措施。

2.3.2 生态修复规划

生态修复规划以环境地质调查与评价为基础,旨在恢复矿山受损生态系统的结构与功能。遵循因地制宜、自然恢复与人工修复相结合的原则,综合考虑矿山区域的地质条件、土壤特性、气候环境等因素,制定分阶段、系统性的修复方案。规划内容涵盖植被恢复、土壤改良、水系修复等多个方面,通过筛选适宜的本土植物进行植被重建,采用微生物、植物联合修复技术改善土壤质量,修复受损的河流水系以重建生态廊道。同时,结合景观生态学原理,对矿山废弃地进行景观重塑,提

升生态系统服务功能,实现从单一生态修复到生态-社会-经济综合效益提升的转变,促进矿山区域生态环境的可持续发展^[2]。

3 水工环地质技术在矿山环境修复治理中的具体应用

3.1 土地复垦与植被恢复

3.1.1 基于水文地质分析的土壤改良

基于水文地质分析的土壤改良,通过深入研究矿区地下水与土壤的相互关系,针对性解决土壤问题。利用水文地质勘察技术,获取地下水位、水质、水流方向等数据,分析地下水对土壤的影响机制。若地下水位过高导致土壤渍水,可通过修建排水系统,降低地下水位,改善土壤通气性与透水性;若地下水携带盐分造成土壤盐碱化,则采用水洗排盐、施加改良剂等方式调节土壤酸碱度和盐分含量。同时,依据水质分析结果,判断土壤中重金属污染情况,运用植物修复、化学淋洗等技术,去除土壤中的有害物质。

3.1.2 利用工程地质技术进行土地平整与边坡修复

在土地平整方面,借助地质测绘与勘探技术,查明地表地形起伏、地下岩土体分布情况,制定科学的平整方案。采用机械挖掘、填方等方式,将高低不平的土地整理为适宜耕种或建设的平面,同时对土壤进行翻耕、压实处理,优化土壤结构。对于矿山边坡,利用工程地质稳定性评估技术,分析边坡岩土体的力学性质、结构面特征,判断边坡稳定性。针对不稳定边坡,采用抗滑桩、挡土墙、锚杆支护等工程措施进行加固,增强边坡抗滑能力;通过削坡减载,降低边坡高度和坡度,减少下滑力;结合植被护坡技术,种植根系发达的草本、灌木植物,稳固坡面土体,防止水土流失,实现土地资源的高效利用与生态环境的保护。

3.2 水资源保护与水污染治理

3.2.1 水文地质技术在水资源监测与调控中的应用

水文地质技术通过构建全方位的监测体系,实现对矿山水资源的精准监测与科学调控。利用地下水监测井网络与传感器技术,实时采集水位、水质、水温等动态数据,借助远程传输系统将信息汇聚至数据中心,结合地理信息系统(GIS)直观呈现水资源时空变化特征。通过建立地下水数值模型,模拟开采、降雨等条件下的水资源动态演变过程,预测水位升降趋势与水量变化,为合理规划开采量提供依据。依据水资源评价结果,优化矿区生产与生活用水分配,提高水资源利用效率,保障矿山水资源的可持续供应。

3.2.2 水污染治理中的环境地质技术

环境地质技术从地质环境与生态系统的整体性出

发,开展矿山水污染治理。通过环境地质调查,追溯污染物来源与迁移路径,结合水文地质条件分析污染扩散规律,明确治理重点区域。针对重金属污染,采用原位固化/稳定化技术,向污染水体或土壤中添加固化剂,使重金属离子转化为稳定的化合物,降低其迁移性与生物毒性;运用生物修复技术,筛选耐污微生物与水生植物,利用其代谢作用降解有机污染物。例如,在尾矿库周边水体污染治理中,通过环境地质评估确定污染范围,构建人工湿地生态系统,利用植物根系吸附、微生物分解等作用净化水质,实现水污染治理与生态修复的协同推进。

3.3 地质灾害防治

3.3.1 工程地质技术在地质灾害监测与预警中的应用

工程地质技术通过多元监测手段构建精准的地质灾害监测预警体系。利用全站仪、GNSS卫星定位系统对矿山边坡、采空区地表进行位移监测,实时捕捉微小变形数据;借助深部测斜仪、应力传感器等设备,监测岩土体内部应变与应力变化,掌握地质体力学状态演变。结合地质测绘与勘察获取的地形地貌、地质构造信息,运用数值模拟技术构建地质灾害演化模型,预测灾害发生的可能性与影响范围。当监测数据超过预设阈值时,系统自动触发预警机制,及时向相关部门与人员发布灾害预警信息,为防灾减灾争取宝贵时间,降低地质灾害造成的损失。

3.3.2 地质灾害治理中的综合技术应用

地质灾害治理需综合运用水工环地质多领域技术实现标本兼治。针对滑坡灾害,采用工程地质技术实施抗滑桩、预应力锚索等加固工程,增强滑坡体稳定性;结合水文地质技术,通过修建截排水沟、地下排水廊道降低地下水水位,减少孔隙水压力对滑坡的促动作用。对于泥石流灾害,运用环境地质技术优化尾矿库选址与废渣堆放,从源头上减少松散物质;采用拦挡坝、排导槽等工程措施,拦截泥石流固体物质并引导流体安全排泄。在采空区塌陷治理中,整合钻探、物探技术查明采空区分布,运用充填、注浆加固等手段恢复岩土体承载能力,多技术协同应用有效遏制地质灾害发展,保障矿山及周边区域安全。

3.4 矿山生态系统修复与提升

3.4.1 基于环境地质技术的生态监测网络构建

基于环境地质技术构建生态监测网络,通过多源数

据整合实现对矿山生态系统的动态感知。运用遥感技术,利用高分辨率卫星影像和无人机航测,周期性获取植被覆盖、土地利用变化数据,识别生态破坏区域。结合地面传感器网络,在关键生态节点布设土壤温湿度、大气质量、水体理化指标等监测设备,实时采集生态环境参数。借助地理信息系统(GIS)强大的空间分析功能,将遥感解译数据与地面监测数据融合,构建三维可视化生态监测模型。该模型可直观展示生态系统演变过程,预测生态退化趋势,及时发现植被退化、土壤沙化等潜在风险,为生态修复决策提供精准数据支撑,实现对矿山生态环境的全方位、智能化监测。

3.4.2 多技术融合的生态系统功能优化

多技术融合是实现矿山生态系统功能优化的核心路径。水文地质技术通过合理调控地下水位,恢复矿区湿地生态,改善区域水文循环;工程地质技术则对矿山废弃地进行地形重塑,为植被恢复创造良好立地条件。环境地质技术结合生物修复技术,通过种植本土适生植物和引入有益微生物,加速土壤有机质积累,提升土壤肥力。同时,运用生态工程技术,构建人工生态廊道,连通破碎化的生态斑块,促进物种迁徙与基因交流。此外,借助景观设计理念,将废弃矿坑改造为生态公园或休闲场所,实现生态、社会、经济效益的统一,推动矿山生态系统从受损状态向稳定、健康、多功能的生态系统转变^[3]。

结束语

综上所述,水工环地质技术凭借多学科融合的特性,为矿山环境修复治理提供了系统性解决方案。从土地复垦、水资源保护到地质灾害防治与生态系统修复,该技术贯穿矿山环境治理全流程,有效改善了因开采活动受损的生态环境。然而,面对复杂多变的矿山地质条件与日益严苛的环保要求,仍需持续加强技术创新、完善监测体系、深化多技术协同应用。

参考文献

- [1]霍芳,甘克平.水工环地质在矿山地质灾害治理中的应用探析[J].科学与财富,2023,(11):143-145.
- [2]陈庆维.矿山水工环地质灾害危险性及其治理措施分析[J].地质研究与环境保护,2022,1(5):158-160.
- [3]梁小涛.地质灾害治理中水工环勘查技术要点分析[J].中国新技术新产品,2023(3):122-124.