

# 水工环地质技术在矿山生态修复中的应用

叶 华

河南省地质局生态环境地质服务中心 河南 郑州 450000

**摘 要：**矿山开发造成土地损毁、水体污染、生态失衡等诸多生态问题，水工环地质技术为解决这些问题提供了有效途径。其主要研究内容包括水文地质条件探查，确定地下水分布与动态；工程地质稳定性评估，判断岩土体稳定性；环境地质影响分析，识别潜在环境风险；地质数据综合处理，挖掘数据背后规律。在矿山生态修复中，该技术应用于地下水系修复与保护、岩土体稳定性改良、污染土壤与水体治理以及生态系统重建与监测，全方位助力矿山生态环境恢复，实现可持续发展。

**关键词：**水工环地质技术；矿山生态修复；应用

引言：矿山作为资源开发的重要场所，在为社会经济发展提供坚实支撑的同时，也不可避免地对生态环境造成了诸多负面影响。长期的矿山开采活动引发了诸如山体滑坡、土地沙化、地下水污染等一系列生态问题，严重破坏了生态平衡，制约了区域的可持续发展。在此背景下，寻求有效的矿山生态修复方法迫在眉睫。水工环地质技术凭借其在地质环境监测、分析等方面的独特优势，为矿山生态修复带来了新的契机，深入探究其在矿山生态修复中的应用具有重要的现实意义。

## 1 水工环地质技术概述

水工环地质技术是在社会经济发展和地质科学进步中逐渐形成的综合性技术，它在资源开发、工程建设和环境保护等领域发挥着关键作用。水工环地质技术涵盖了水文地质、工程地质和环境地质三个重要方面。水文地质聚焦于地下水的形成、分布、运动规律以及与地表水的相互转化关系。通过对地下水的研究，可以为水资源的合理开发、利用和保护提供科学依据，保障人类的用水需求和生态系统的稳定。工程地质主要研究岩土体的工程性质、地质构造对工程建设的影响，以及地质灾害的发生机制和防治方法。在各类工程建设中，工程地质技术能够评估场地的稳定性，为工程设计和施工提供可靠的地质资料，确保工程的安全和稳定。环境地质则关注人类活动与地质环境的相互作用，以及地质环境变化对生态系统和人类健康的影响。它致力于解决因人类活动引发的地质环境问题，如土壤污染、地面沉降等，促进人与自然的和谐共生。该技术的发展与社会需求紧密相连，随着经济的快速发展，资源开发和工程建设的规模不断扩大，对水工环地质技术的要求也越来越高<sup>[1]</sup>。同时，人们对环境保护和可持续发展的重视，也促使水工环地质技术不断创新和完善。如今，先进的地球物理

勘探技术、信息技术和数值模拟技术等被广泛应用于水工环地质工作中，大大提高了工作效率和成果的准确性。在实际应用中，水工环地质技术为许多重大项目的顺利实施提供了有力支持。例如，在大型水利工程建设中，通过水文地质和工程地质的详细勘察，可以优化工程选址和设计方案，避免潜在的地质风险。在城市规划中，环境地质调查能够帮助合理布局城市功能区，减少地质灾害对城市的威胁。

## 2 水工环地质技术的主要研究内容

### 2.1 水文地质条件探查

水文地质条件探查是水工环地质技术的重要组成部分，它对于深入了解地下水资源状况、保障工程建设安全以及维护生态环境平衡具有关键意义。（1）地下水分布特征研究：通过地质调查、物探等手段，确定含水层的位置、厚度、埋藏深度以及分布范围，掌握地下水的空间分布规律。（2）地下水补给、径流与排泄条件分析：研究大气降水、地表水与地下水之间的转化关系，明确地下水的补给来源和途径；分析地下水在含水层中的流动方向、速度和径流强度；确定地下水的排泄方式和排泄地点，如泉、河流等。（3）地下水水位动态监测：建立长期的水位观测站，实时监测地下水水位的变化情况，分析其随季节、气候和人类活动的变化规律，为水资源的合理开发和管理提供依据。（4）地下水水质评价：采集水样进行实验室分析，检测水中各种化学成分和有害物质的含量，评价地下水的质量状况，判断其是否符合饮用水、工业用水等不同用途的标准。（5）水文地质参数测定：通过抽水试验、注水试验等方法，测定含水层的渗透系数、导水系数、给水度等水文地质参数，为地下水数值模拟和水资源评价提供基础数据。

### 2.2 工程地质稳定性评估

工程地质稳定性评估是水工环地质技术的核心工作之一,它为各类工程建设的规划、设计和施工提供了至关重要的地质依据,直接关系到工程的安全与长期稳定运行。(1)岩土体工程性质测试:运用室内试验和原位测试等手段,测定岩土体的物理力学性质,如密度、含水量、抗剪强度、压缩性等,以此了解岩土体的基本特性,为后续分析奠定基础。(2)地质构造与结构面调查:详细勘察区域内的地质构造,包括褶皱、断层等,同时对结构面的产状、规模、充填物等进行调查,分析其对工程稳定性的影响,判断潜在的地质隐患。(3)边坡稳定性分析:针对工程涉及的自然边坡和人工边坡,采用极限平衡法、数值模拟法等,评估边坡在不同工况下的稳定性,预测可能出现的滑坡、崩塌等地质灾害。(4)地基承载力评价:通过现场载荷试验、理论计算等方法,确定地基的承载能力,判断其是否满足工程建设的要求,为基础设计提供合理参数。(5)地震效应评估:分析区域的地震活动特征,评估地震作用下工程场地的稳定性,预测地震可能引发的砂土液化、地裂缝等次生灾害,提出相应的抗震措施建议。

### 2.3 环境地质影响分析

环境地质影响分析在水工环地质技术中占据重要地位,旨在评估人类活动与自然地质过程对地质环境的作用,为环境保护和可持续发展提供科学依据。人类活动影响评估是关键一环。工业生产中排放的废渣、废水会污染土壤与地下水;矿山开采引发的地表塌陷、山体滑坡等地质灾害,严重破坏生态平衡<sup>[2]</sup>。同时,城市化进程中大规模的工程建设改变了地形地貌,影响了地下水的径流和补给条件。自然地质灾害分析也不容忽视。地震、火山喷发等灾害会瞬间改变地质环境,造成巨大破坏;泥石流、山体滑坡等则会破坏土地资源,威胁人类生命财产安全。地下水环境变化研究同样重要。过度开采地下水会导致水位下降、地面沉降,还可能引发海水倒灌等问题。而地下水污染不仅影响水资源的利用,还会对生态系统造成长期危害。土壤质量演变关注也必不可少。不合理的农业活动、工业污染等会导致土壤肥力下降、土壤污染加剧,影响农作物生长和食品安全。通过对这些方面的分析,能更好地掌握环境地质变化,采取有效措施保护地质环境。

### 2.4 地质数据综合处理

地质数据综合处理是水工环地质技术中不可或缺的一环,它能将繁杂的地质信息转化为有价值的成果,为决策提供有力支撑。数据收集整合是基础。通过野外调查、仪器监测、实验分析等多种途径获取水文、工程、

环境等多方面地质数据,并将其分类整理,构建全面的地质数据库,为后续处理提供丰富素材。数据质量控制很关键。对收集的数据进行严格审核,检查数据的准确性、完整性和一致性。运用统计学方法识别和剔除异常值,对缺失数据进行合理插补,确保数据质量可靠,为分析结果的准确性奠定基础。数据分析挖掘是核心。采用地质统计学、数值模拟等方法,深入分析数据间的内在联系和变化规律。挖掘隐藏在数据中的地质信息,如地下水运动趋势、岩土体力学特性演变等,为地质现象的解释和预测提供依据。成果可视化表达是重要手段。利用地理信息系统(GIS)、三维建模等技术,将处理分析后的地质数据以图表、地图、模型等直观形式展示。使复杂的地质信息更易于理解和应用,方便不同领域人员交流和决策。

## 3 水工环地质技术在矿山生态修复中的具体应用

### 3.1 地下水系修复与保护

地下水系修复与保护是水工环地质技术应用于矿山生态修复的关键环节,对于恢复矿山周边生态平衡、保障水资源可持续利用具有重要意义。(1)地下水污染调查与评估:运用地球化学分析、物探等技术,全面查明矿山地下水的污染范围、程度和污染物种类,评估污染对周边生态环境和人类健康的潜在影响,为后续修复提供科学依据。(2)污染源控制与隔离:采取有效措施阻断污染源,如对矿山废渣进行合理处置、设置防渗层等,防止污染物继续渗入地下水。对于已污染区域,可采用物理隔离方法,减少污染扩散。(3)地下水水位恢复:通过人工回灌、修建水利工程等手段,补充地下水量,恢复地下水水位,改善地下水生态环境,促进植被生长和生态系统的自我修复。(4)水质净化与修复:采用生物修复、化学处理等技术,去除地下水中的污染物,提高水质。例如,利用微生物降解有机污染物,通过化学反应沉淀重金属离子。(5)长期监测与预警:建立地下水动态监测系统,实时掌握地下水水位、水质的变化情况。设置预警机制,一旦发现异常及时采取措施,确保地下水系的长期稳定和安全。

### 3.2 岩土体稳定性改良

岩土体稳定性改良是矿山生态修复中保障安全与可持续性的关键任务,水工环地质技术在此方面发挥着重要作用。首先是边坡加固工程。通过锚杆、锚索等锚固技术,增强边坡岩土体的抗滑能力,防止滑坡、崩塌等地质灾害。挡土墙的修建也能有效阻挡岩土体的下滑,维持边坡稳定。其次是岩土体改良。对于软弱或松散的岩土体,采用注浆加固的方法,注入水泥浆等材料,提

高其强度和密实度<sup>[3]</sup>。换填法也是常用手段,将不良岩土体替换为性能良好的材料。再者是排水系统优化。在矿山设置合理的排水系统至关重要,能及时排除地表水和地下水,减少岩土体的含水量,降低孔隙水压力,从而提升岩土体的稳定性。另外,植被恢复也是重要举措。植被根系可以固土,减少雨水冲刷对岩土体的侵蚀,同时还能改善生态环境,促进生态系统的良性循环。

### 3.3 污染土壤与水体治理

污染土壤与水体治理是矿山生态修复的重要组成部分,水工环地质技术为解决这些问题提供了有效的途径和方法。(1)污染状况调查:运用地球化学分析、遥感监测等手段,精准确定污染土壤和水体的范围、程度以及污染物种类,为后续治理提供基础数据。(2)物理修复技术:针对土壤污染,采用客土法、换土法等,去除受污染的土壤;对于水体污染,通过过滤、沉淀等物理方法,分离水中的污染物。(3)化学修复技术:利用化学药剂与污染物发生化学反应,使污染物降解、固定或转化为低毒物质。如向污染土壤中添加化学改良剂,降低重金属的活性。(4)生物修复技术:借助植物、微生物的吸收、降解作用,去除土壤和水体中的污染物。例如种植超富集植物吸收土壤中的重金属。(5)联合修复技术:结合物理、化学和生物修复技术的优势,提高治理效果。根据不同的污染情况,制定个性化的联合修复方案,实现污染土壤与水体的高效治理。

### 3.4 生态系统重建与监测

生态系统重建与监测是矿山生态修复的重要目标和持续保障,水工环地质技术在其中起到了关键作用。在生态系统重建方面,要依据矿山的地质、水文条件,选择适宜的植物品种进行植被恢复。草本植物可快速覆盖地表,防止水土流失;木本植物则能逐渐构建起稳定的

生态结构。同时,引入合适的动物物种,促进生态系统的物质循环和能量流动。在监测方面,利用地理信息系统(GIS)、遥感技术等对生态系统的恢复情况进行动态监测。监测内容包括植被的生长状况、生物多样性的变化、土壤质量的改善等。通过长期的数据收集和分析,评估生态系统的恢复效果,及时发现潜在问题<sup>[4]</sup>。此外,还需建立预警机制,当监测指标出现异常时,及时采取相应的措施进行调整和修复。通过生态系统重建与监测,逐步恢复矿山的生态功能,实现生态环境的可持续发展。

### 结语

未来,科技浪潮汹涌向前,水工环地质技术与大数据、人工智能等前沿技术深度融合是必然趋势。这种融合将使地质信息采集与分析更为精准,为矿山生态修复提供更具科学性的决策依据。届时,该技术的应用范围会突破现有局限,向更多复杂矿山环境拓展,无论是深海矿山还是高海拔山区的矿场,都有望借助其实现生态修复。为推动这一愿景实现,我们需持续加大对水工环地质技术的研发投入,大力培养专业人才,积极探索创新应用,为打造绿色、可持续的矿山环境贡献磅礴力量。

### 参考文献

- [1]刘文婷.矿山生态修复中水工环地质技术的应用探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(11):009-012.
- [2]刘聪.水工环地质条件下的矿山环境保护与生态修复技术研究[J].中国金属通报,2025(16):92-94.
- [3]李建金.水工环地质调查在生态修复中的运用[J].中国资源综合利用,2025,43(2):183-185.
- [4]曾丽娟.地质水工环境保护技术在矿山环境修复中的应用[J].中国金属通报,2023(15):132-134.