

水工环地质调查在生态修复中的运用

李笑泉 王波旭辉

山东省国土空间生态修复中心 山东 济南 250100

摘要: 水工环地质调查涵盖水文、工程与环境地质调查,以地质科学理论为基础,运用多种技术方法。传统调查技术如地面调查、钻探与物探、水样与土样分析,为生态修复提供基础地质信息。现代监测与分析技术如遥感与GIS结合、自动化监测、三维地质建模,提升效率与精准度。其在矿山、水土保持与流域、城市、荒漠与湿地生态修复中均有应用,能精准识别问题、剖析根源,为修复方案制定提供依据,推动生态环境可持续发展,维护生态平衡。

关键词: 水工环;地质调查;生态修复

引言

当下,人类活动愈发频繁,生态环境承受着巨大压力,面临水土流失、土壤污染、生态退化等诸多挑战,生态修复迫在眉睫。水工环地质调查作为一项综合性地质工作,涵盖水文、工程与环境地质调查,以地质科学理论为依托,综合运用多种技术手段,能全面系统地对该区域地质状况进行探查、分析与评价。在生态修复领域,它可精准锁定问题,剖析根源,为修复方案制定提供坚实科学支撑,助力生态可持续发展与和谐共生。

1 水工环地质调查的内涵

水工环地质调查,是水文地质、工程地质与环境地质调查的统称,它以地质科学理论为基石,综合运用多种技术方法,对区域内的水文地质、工程地质和环境地质状况进行系统探查、分析与评价,是一门具有多学科交叉特性的综合性地质工作^[1]。水文地质调查聚焦地下水的赋存、运动规律,包括含水层分布、地下水补给与排泄条件等内容,为水资源合理开发利用、水污染防治提供依据;工程地质调查侧重于研究与工程建设相关的地质条件,诸如岩土体的物理力学性质、地质构造对工程稳定性的影响等,保障工程建设安全;环境地质调查则重点关注人类活动与地质环境间的相互作用,研究地质灾害形成机制、生态环境破坏原因等问题。在生态修复进程中,水工环地质调查的重要性不言而喻。它能够精准识别区域生态环境问题,从地质层面剖析问题根源,为生态修复方案制定提供详实可靠的数据支撑与科学依据。无论是矿山生态修复中的地质灾害隐患排查、土壤污染分析,还是流域生态修复里的水文条件研究、河岸稳定性评估,都离不开水工环地质调查。其不仅为生态修复工作奠定基础,更是推动生态环境可持续发展的重要保障,对维护生态平衡、实现人与自然和谐共生具有深远意义。

2 水工环地质调查在生态修复中的技术方法体系

2.1 传统调查技术

传统调查技术是水工环地质调查的基石,通过实地勘察与基础实验手段,为生态修复提供直观且基础的地质信息。地面调查作为最基础的方法,地质人员需携带罗盘、地质锤等工具,在野外对地表地质现象进行详细观察与测绘。通过绘制地质剖面图、平面填图,能够清晰呈现地层分布、岩性变化以及地质构造特征,从而为生态修复区域的整体地质背景分析提供依据。例如在山区生态修复中,地面调查可快速识别滑坡、崩塌等地质灾害隐患点的分布。钻探与物探技术则深入地下,获取更全面的地质信息。钻探利用钻机在选定位置钻孔,取出岩芯样本,地质专家可通过分析岩芯的结构、成分、年代等,精确了解地下不同深度的地层结构、岩土体性质,这对于评估土壤污染深度、地下水含水层特性至关重要。物探技术则无需破坏地表,通过研究地质体的物理性质差异,如地震波、电磁波、重力、磁力等特性,推断地下地质结构。像电阻率法常用于探测地下水体分布和污染区域,地震勘探可有效查明断层等不良地质构造,为生态修复工程选址和设计提供关键数据。水样与土样分析同样不可或缺,在生态修复的土壤和水资源保护领域发挥重要作用。采集水样后,在实验室对其酸碱度、重金属含量、有机污染物等指标进行化学分析,判断水质是否达标、污染程度及污染类型;土样分析则聚焦土壤的物理性质(如孔隙度、含水率)和化学性质(养分含量、污染物浓度),为土壤污染修复方案制定提供依据,例如确定土壤重金属污染治理是采用固化稳定化技术,还是植物修复技术。

2.2 现代监测与分析技术

现代监测与分析技术依托先进的信息技术和自动化设备,极大提升了水工环地质调查在生态修复中的效率

与精度。遥感 (RS) 与地理信息系统 (GIS) 的结合, 为生态修复提供了宏观视角和空间分析能力。遥感技术通过卫星或无人机搭载的传感器, 获取大范围、多时相的地表影像数据, 能够快速监测植被覆盖变化、水域面积演变、土地沙化等生态环境问题。例如利用高分辨率卫星影像, 可及时发现矿山开采造成的地表形变和植被破坏区域。GIS技术则将这些影像数据与地质、环境等多源数据整合, 通过空间分析功能, 生成生态环境评价图、污染扩散模拟图等, 辅助决策者制定科学的修复规划。自动化监测技术实现了对地质环境要素的实时、动态监测。在地下水监测方面, 通过在含水层中布设水位传感器、水质传感器, 可实时获取地下水水位、水温、酸碱度、电导率等参数, 并将数据传输至监测中心, 一旦发现水位异常下降或水质污染指标超标, 系统可及时预警^[2]。土壤监测则利用土壤湿度传感器、养分传感器等, 实时掌握土壤墒情和养分动态变化, 为植被恢复中的精准灌溉和施肥提供数据支持。此外, 对于地质灾害隐患点, 位移传感器、裂缝监测仪等设备可实时监测边坡位移、裂缝扩展情况, 保障生态修复工程安全实施。三维地质建模技术基于多源数据, 如地质调查数据、钻探数据、物探数据等, 构建三维可视化的地质模型。该模型能够直观呈现地下地质结构、地下水流动路径、污染物分布等信息, 帮助技术人员更深入理解地质环境与生态退化之间的关系。在生态修复方案设计阶段, 通过三维地质模型可模拟不同修复措施的效果, 如模拟地下水污染修复中抽水井的布局对污染羽迁移的影响, 优化修复方案, 提高修复效率和效果。模型还可用于修复效果的长期评估, 对比修复前后地质环境参数的变化, 为后续生态修复工作提供经验总结。

3 水工环地质调查在生态修复中的应用领域

3.1 矿山生态修复

矿山开采活动往往会对地质环境和生态系统造成严重破坏, 水工环地质调查是开展矿山生态修复的前提。在水文地质方面, 矿山开采过程中的大量排水会改变区域地下水的补径排条件, 引发地下水位下降、泉水干涸等问题, 甚至导致地表植被因缺水枯萎。通过水文地质调查, 可监测地下水流场变化, 分析矿坑排水对周边地下水水质的影响, 例如识别重金属 (铅、锌、镉等) 和酸性废水污染情况, 为地下水污染防控和修复提供数据支撑。工程地质调查则聚焦于矿山开采引发的地质灾害隐患。开采形成的采空区易引发地面塌陷, 高陡边坡则存在滑坡、崩塌风险。通过地质测绘、钻探和物探等手段, 能够确定采空区的分布范围、顶板稳定性以及边坡

岩土体的物理力学性质, 评估地质灾害发生的可能性和影响范围。如在某露天矿边坡修复中, 工程地质调查发现边坡存在顺层结构, 结合岩石力学测试数据, 设计了削坡减载、锚杆加固与植被护坡相结合的治理方案, 有效保障了边坡稳定。环境地质调查重点关注矿山废弃物对土壤和水体的污染。尾矿库、废石堆不仅占用大量土地, 其所含的有害物质还会随降水淋溶渗入土壤和地下水。通过对尾矿和废石的成分分析、土壤污染采样检测, 可明确污染物类型和扩散路径, 进而制定针对性的修复措施。在矿山生态修复中, 针对尾矿库和废石堆带来的污染问题, 可采取一系列有效措施。对尾矿库实施防渗改造, 防止有害物质下渗污染地下水; 对废石堆进行覆盖隔离, 减少有害物质扩散。运用土壤淋洗技术去除土壤中重金属等污染物, 再结合植物修复技术, 利用植物吸收、固定污染物。

3.2 水土保持与流域生态修复

在水土保持工作中, 水工环地质调查对分析水土流失成因至关重要。工程地质调查可研究土壤质地、结构和抗侵蚀能力, 如黄土高原地区土质疏松, 垂直节理发育, 极易发生水土流失。通过对不同区域土壤物理力学性质的测定, 结合地形地貌特征, 能够划分水土流失敏感区, 为制定梯田建设、鱼鳞坑修筑等工程措施提供依据。水文地质调查则着重分析降水、地表水与地下水的转化关系。了解流域内的降水特征、河流水系分布以及地下水补给来源, 有助于评估水土流失过程中水流对土壤的侵蚀作用。在某小流域生态修复中, 通过水文地质调查发现, 由于上游植被破坏, 降雨径流快速汇集, 导致河道冲刷加剧。基于此, 修复方案除了采取植树造林增加植被覆盖外, 还修建了拦水坝、沉沙池等设施, 调节径流, 减少土壤侵蚀。在流域生态修复方面, 环境地质调查能够识别污染源和生态退化区域。通过对流域内工业废水、生活污水排放口的调查, 以及农业面源污染的分析, 结合水质监测数据, 可绘制流域污染分布图。调查河流底质、河岸带生态状况, 评估生态系统受损程度, 为河道清淤、生态护岸建设和水生生物栖息地修复提供科学指导。

3.3 城市生态修复

城市化进程中, 水工环地质调查对解决城市生态问题意义重大。在地下水环境修复领域, 由于城市大规模开采地下水用于工业和生活, 常导致地面沉降、海水入侵等问题。水文地质调查通过建立地下水动态监测网络, 实时掌握地下水位变化, 分析地面沉降与地下水开采的关系, 为划定地下水禁采区、限采区提供依据。在

沿海城市通过回灌井人工补给地下水,结合水文地质模型模拟回灌效果,有效遏制了海水入侵趋势。城市水土保持工作需要工程地质调查的支持。城市建设中的大量土方工程改变了原有地形地貌,破坏了自然排水系统,增加了城市内涝和边坡失稳风险。通过对城市建设区域的工程地质勘察,评估边坡稳定性,设计合理的支护结构;分析不透水地面占比对城市水循环的影响,为海绵城市建设提供地质基础,如确定雨水花园、下沉式绿地的选址和规模,增强城市的雨水调蓄能力。环境地质调查则针对城市土壤污染、垃圾填埋场环境风险等问题^[3]。通过对城市工业遗址、加油站等潜在污染场地的土壤采样分析,识别污染物种类和污染程度,采用原位修复或异位修复技术进行治理。对城市垃圾填埋场进行环境地质调查,监测渗滤液渗漏情况,评估其对地下水和土壤的污染风险,采取防渗层修复、渗滤液收集处理等措施,降低环境危害。

3.4 荒漠与湿地生态修复

在荒漠生态修复中,水文地质调查是关键。荒漠地区水资源匮乏,准确掌握地下水分布和储量是生态修复的基础。通过遥感解译和水文地质钻探,寻找地下水富水区,确定地下水水位埋深和水质情况。在沙漠绿洲修复中,依据水文地质调查结果,合理规划绿洲灌溉用水,采用滴灌、渗灌等节水技术,同时保护地下水补给区,维持绿洲生态系统稳定。工程地质调查可评估荒漠地区土壤风蚀、土地沙化的地质条件。分析土壤颗粒组成、紧实度以及地表植被覆盖对风沙活动的影响,为设置草方格沙障、植树固沙等工程提供依据。此外,调查荒漠地区的地质构造和岩石风化情况,避免在不稳定区域进行生态修复工程建设,保障工程安全。对于湿地生态修复,水文地质调查着重研究湿地的水文循环特征。湿地作为水陆过渡带,其水位变化、水量补给与地下水

和地表水密切相关。通过监测湿地水位、水质,分析湿地与周边水体的水力联系,制定科学的补水方案,维持湿地生态需水量。在退化湿地修复中,通过水文地质调查确定了合适的补水水源和补水路径,恢复了湿地的水文连通性。环境地质调查关注湿地土壤的生态功能和污染状况。湿地土壤是众多微生物和植物的栖息地,对污染物具有一定的净化能力。通过土壤调查,分析湿地土壤的有机质含量、酸碱度等指标,评估湿地生态系统的健康状况^[4]。对湿地周边污染源进行排查,防止工业废水、农业污水等对湿地造成污染,结合湿地生态特点,采用植物修复、微生物修复等技术,提升湿地生态系统的自我修复能力。

结语

水工环地质调查于生态修复而言,作用无可替代。其传统与现代技术方法并举,为生态修复精准输送全面地质信息,在矿山、城市、荒漠、湿地等各领域生态修复中,均是关键支撑。它既能精准揪出生态环境问题,为修复方案筑牢依据,又能借助实时监测与动态评估,守护修复工程安全与成效。未来,需持续强化对其技术的研究与应用,推动创新发展,为生态平衡和可持续发展注入更强劲动力。

参考文献

- [1]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.
- [2]黄畅欣.水工环地质调查在矿山生态修复中运用分析[J].中国金属通报,2023(8):213-215.
- [3]马蕾.水工环地质调查在生态修复中运用策略[J].甘肃科技,2023,39(6):82-84.
- [4]王昌举.水工环地质调查在生态修复中的研究[J].建筑技术开发,2021,48(1):84-85.