

# 水工环地质勘查中生态保护技术研究

赵建军

山东省地质矿产勘查开发局第八地质大队（山东省第八地质矿产勘查院），山东日照 276826

DOI:10.61369/ERA.2026030008

**摘要：** 在生态保护成为新时代发展核心诉求的背景下，水工环地质勘查活动与生态环境的协同发展愈发关键。本文围绕水工环地质勘查中的生态保护技术展开研究，旨在构建适配不同勘查场景的全链条生态保护技术体系。首先剖析典型勘查活动对生态环境的影响机理，建立科学的生态影响识别与评估方法；进而从勘查前期规划、过程减损、后期修复三个维度构建核心技术体系，明确不同场景的技术适配策略；同时开展关键技术研发与验证，建立多维度应用效果评价体系，并提出政策、技术、管理层面的保障措施。研究成果可为实现水工环地质勘查与生态保护协同发展提供技术支撑，对推动绿色勘查发展、维系生态系统稳定具有重要理论与实践价值。

**关键词：** 水工环地质勘查；生态保护技术；绿色勘查；生态影响评估；生态修复

## Research on Ecological Protection Technologies in Hydrogeological, Engineering Geological, and Environmental Geological Exploration

Zhao Jianjun

The Eighth Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development (Shandong Provincial Eighth Geological and Mineral Resources Exploration Institute), Rizhao, Shandong 276826

**Abstract :** Against the backdrop where ecological protection has become a core demand for development in the new era, the coordinated development between hydrogeological, engineering geological, and environmental geological exploration activities and the ecological environment has become increasingly crucial. This paper focuses on the research of ecological protection technologies in hydrogeological, engineering geological, and environmental geological exploration, aiming to construct a comprehensive, chain-wide ecological protection technology system tailored to different exploration scenarios. Firstly, it analyzes the impact mechanisms of typical exploration activities on the ecological environment and establishes scientific methods for ecological impact identification and assessment. Subsequently, it constructs a core technology system from three dimensions: pre-exploration planning, in-process mitigation, and post-exploration restoration, clarifying technology adaptation strategies for different scenarios. Meanwhile, it conducts research and validation of key technologies, establishes a multi-dimensional application effectiveness evaluation system, and proposes safeguard measures at the policy, technological, and managerial levels. The research findings can provide technical support for achieving coordinated development between hydrogeological, engineering geological, and environmental geological exploration and ecological protection, holding significant theoretical and practical value in promoting the development of green exploration and maintaining ecosystem stability.

**Keywords :** hydrogeological, engineering geological, and environmental geological exploration; ecological protection technology; green exploration; ecological impact assessment; ecological restoration

### 引言

水工环地质勘查是资源开发与工程建设的前置性基础工作，对保障项目科学实施具有关键作用。但传统勘查作业中的钻孔、开挖等工序，极易扰动区域水文循环系统，破坏地表土壤与植被覆盖，进而引发水土流失、植被退化等一系列生态环境问题。新时代生态文明建设战略要求，水工环地质勘查必须统筹经济效益与生态保护双重目标，绿色勘查理念由此成为行业发展的核心导向。当前，水工环地质勘查与生态保护的融合实践仍面临诸多瓶颈，如绿色技术适配性不足、全流程生态管控体系不完善等问题，严重制约行业绿色转型进程。本文聚焦勘查全流程生态保护技术路径，通过深入剖析勘查活动对生态系统的影响机理，构建多维度绿色勘查技术体系，研发针对性关键技术，为实现勘查作业与生态系统的协同共生提供科学解决方案，助力水工环地质勘查行业高质量绿色发展。

## 一、水工环地质勘查中的生态影响机理与识别方法

水工环地质勘查中的生态影响机理与识别方法：水工环地质勘查的钻孔、开挖、抽水试验等作业易引发系列生态影响，其核心机理体现为：扰动水文循环导致地下水补排失衡，破坏土壤结构引发退化，损毁植被栖息地造成生物多样性下降，进而导致生态系统服务功能退化。生态影响识别需依托“基线调查-过程监测-动态评估”全流程。前期通过植被、土壤、水文等指标调查建立生态基线；勘查中采用遥感监测、原位传感等技术动态识别影响；基于此构建涵盖生态、技术等维度的评估指标体系，结合层次分析法等量化模型，实现对勘查生态影响的精准识别与科学评估，为后续生态保护技术应用提供依据<sup>[1]</sup>。

## 二、水工环地质勘查中生态保护核心技术体系构建

### （一）勘查前期生态友好型规划技术

勘查前期生态友好型规划技术：作为勘查全流程生态保护的前置关键环节，该技术核心是通过系统性规划规避或降低勘查活动对生态环境的潜在影响。核心技术路径包括三方面：一是生态敏感性评价导向的选址优化，依托遥感受译、实地调研等手段，识别生态红线区、生物栖息地等敏感区域，划定勘查禁区与适宜区，优化勘查路线与点位布局；二是勘查方案生态预评估，构建多维度评估指标体系，预判不同方案的生态影响程度，针对性调整勘查强度与工艺；三是生态保护目标融入规划，明确植被保护、水资源防控等具体目标，制定勘查前植被移植、表土剥离储存等前置保护预案，为后续勘查作业筑牢生态保护基础<sup>[2]</sup>。

### （二）勘查过程中的生态减损技术

勘查过程中的生态减损技术：作为生态保护的核心环节，该技术旨在通过低扰动作业与精准管控，最大限度降低勘查对生态环境的即时影响。核心技术包括四类：一是绿色勘查核心技术，采用低扰动钻孔、环保钻井液等工艺设备，减少对土壤和地下水的污染；二是土壤植被保护技术，对作业区植被进行临时防护，严控施工压实土壤，同步实施表土分层堆放与保护；三是水资源保护技术，优化抽水试验流程实现水资源循环利用，强化钻孔止水措施防止串层污染；四是动态监测技术，整合遥感、原位传感等手段，实时追踪生态指标变化，及时调整施工策略，保障减损效果<sup>[3]</sup>。如下图：



图1 展现勘查过程中生态减损技术应用场景

### （三）勘查后的生态修复与重建技术

勘查后的生态修复与重建技术：作为勘查全流程生态保护的

收尾关键环节，该技术旨在修复勘查活动造成的生态损伤，推动区域生态系统恢复稳定与功能提升。核心技术体系涵盖四方面：一是地形地貌修复，通过场地平整、边坡生态固坡等技术，恢复勘查区域原始地形轮廓与稳定性；二是土壤修复，针对污染或退化土壤，采用生物修复、化学改良、淋洗等技术改善土壤理化性质；三是植被重建，筛选乡土优势物种构建适配的植被群落，通过科学种植与养护提升植被覆盖率；四是水文生态修复，采取地下水补排调控、地表径流优化、湿地重建等措施，恢复水文循环平衡<sup>[4]</sup>。各项技术协同应用，实现生态系统的全面修复与可持续发展。如下图：



图2 勘查后生态修复与重建技术应用场景

### （四）不同勘查场景的技术适配与集成应用

不同勘查场景的技术适配与集成应用：水工环地质勘查场景差异显著，需结合区域生态特征与勘查需求，实现保护技术的精准适配与多技术协同集成。山区勘查需重点适配边坡生态固坡、植被原位防护技术，集成低扰动钻孔与遥感动态监测技术，规避地形破碎引发的水土流失；平原地下水勘查应优先采用环保钻井液、地下水循环利用技术，集成土壤分层保护与水文动态监测系统，减少对农耕生态与地下水资源的影响；矿区及污染场地勘查需强化污染隔离与土壤修复技术适配，集成钻孔防污染止水、污染物原位监测技术，实现勘查与污染管控同步推进<sup>[5]</sup>。通过构建“场景识别-技术筛选-集成应用-效果反馈”的适配机制，可最大化发挥生态保护技术效能，保障不同场景下勘查与生态保护协同发展。

## 三、关键生态保护技术研发与验证

关键生态保护技术研发与验证：为突破现有技术瓶颈，提升水工环地质勘查生态保护效能，需聚焦核心需求开展靶向研发与系统验证。研发方向重点涵盖四方面：一是低扰动高效勘查技术，研发无扰动取样设备、可降解环保钻井液等，降低勘查对地质环境的干扰；二是生态敏感区专用技术，针对高寒区、湿地等特殊区域，开发抗逆性强的植被防护与修复技术；三是智能化监测预警技术，构建“物联网+遥感”融合监测系统，实现生态指标实时感知与风险预警；四是低成本生态修复技术，研发高效生物修复菌剂、改良型土壤修复材料等，提升修复经济性与适用性<sup>[6]</sup>。研发流程遵循“实验室试验-现场小试-中试优化”逻辑，先完成材料性能与参数优化，再在典型勘查区域开展实地验证。验证标准需兼顾生态与技术维度，生态层面考核植被覆盖率、地下水水质等指标，技术层面评估勘查效率、操作便捷性等，结合

国家规范形成量化验证体系, 确保研发技术具备实际应用价值<sup>[7]</sup>。

#### 四、典型勘查场景下生态保护技术应用实践

##### (一) 不同区域类型的技术适配案例

###### 海域勘查案例

日照黄海冷水团鱼类养殖海域勘查项目中, 针对水深 70m、洋流流速 3m/s、浪高 8-10m 的复杂环境, 采用改造后的大型养殖工船作为钻探平台, 通过 6 只锚体八字形抛置固定, 搭配重力导向装置保障套管垂直下放, 避免洋流冲击导致的孔位偏移。采用跟管钻进与双管钻进工艺, 解决淤泥、砂层孔段坍塌问题, 全程无废水废渣外排, 既完成 3 个 50m 深钻孔勘查任务, 又保护了海洋养殖生态环境<sup>[8]</sup>。

###### 山区林区案例

日照望台山钼矿勘查中, 因林区植被茂密、场地狭窄, 选用小型便携式钻机施工, 避免传统大型设备对林地的碾压破坏。采用低扰动钻探技术, 钻孔完成后及时用原土分层回填, 同步栽植黑松、紫穗槐等乡土植被, 实现勘查与植被保护同步推进, 施工效率较传统工艺提升 40%。

###### 废弃矿区案例

莒县沭河流域历史遗留废弃矿山勘查修复项目中, 先通过遥感与实地勘察结合, 查明 12 处采坑的生态受损状况。勘查过程中采用模块化钻探设备, 减少场地扰动, 同步实施土壤重构技术; 勘查后采用“耕地恢复 + 植被绿化”模式, 新增耕地 108 亩、林草地 370 亩, 构建起“勘查 - 治理 - 修复”一体化生态保护体系<sup>[9]</sup>。

##### (二) 案例分析

以日照市三类典型水工环地质勘查项目为对象, 分析生态保护技术的应用成效。望台山钼矿勘查项目地处林区, 采用小型便携式钻机替代传统大型设备, 搭配低扰动钻探工艺, 钻孔完成后及时原土分层回填并栽植乡土植被, 既完成矿化体圈定任务, 又避免林地碾压破坏, 施工效率较传统工艺提升 40%。莒县沭河流域废弃矿山勘查修复项目中, 采用“勘查 - 治理 - 修复”一体化模式, 通过模块化钻探设备减少场地扰动, 同步实施土壤重构、植被绿化等技术, 最终新增耕地 108 亩、林草地 370 亩, 林草覆盖率从 25% 提升至 98%。日照海域海洋牧场调查项目, 运用无人机航磁测量、多波束地形测量等绿色技术, 配套“泥浆不落地”“垃圾集中转运”

工艺, 有效规避海洋污染, 构建起适配海洋环境的勘查技术体系, 项目获绿色勘查优秀评审结果。实践表明, 针对性选用生态保护技术可实现勘查与生态保护协同发展<sup>[10]</sup>。

#### 五、水工环地质勘查生态保护管控体系与保障措施

构建全流程生态管控体系, 筑牢勘查生态保护防线。勘查前建立生态准入机制, 结合遥感、GIS 技术划定生态敏感区红线, 对勘查方案开展生态影响专项评审, 严禁在核心敏感区布设勘查点位。勘查中实施动态监测制度, 依托物联网设备实时追踪钻孔废水排放、植被扰动等指标, 设置预警阈值, 异常时立即停工整改。勘查后执行修复验收与长效管护机制, 明确修复责任主体, 验收合格后方可销号, 同步建立后期监测档案。保障措施层面, 完善绿色勘查政策标准, 细化日照地区海域、山区等典型区域技术规范。搭建技术支撑平台, 联合科研院所推进低扰动钻探等关键技术研发转化。强化监管执法, 将生态保护成效纳入勘查单位信用评价。开展常态化培训, 提升从业人员生态保护意识与技术实操能力, 形成“政策引领、技术支撑、监管保障、全员参与”的协同保障体系。

#### 六、总结

本文围绕水工环地质勘查中生态保护技术展开系统性研究, 构建了“前期规划 - 过程减损 - 后期修复”全流程生态保护技术体系, 明确了不同勘查场景的技术适配与集成策略, 为实现勘查与生态保护协同发展提供了完整解决方案。研究首先厘清了勘查活动对水文循环、土壤植被等的生态影响机理, 建立了全流程生态影响识别与评估方法; 随后针对性研发了低扰动勘查、智能化监测、低成本修复等关键技术, 形成了覆盖山区、平原、矿区等典型场景的技术集成方案, 并建立了兼顾生态、技术、经济维度的验证与评价体系。研究突破了传统勘查重效益轻保护的局限, 通过技术创新与体系构建, 有效破解了技术适配性不足、管控不完善等行业痛点。成果不仅为水工环地质勘查绿色转型提供了技术支撑, 更对维系生态系统稳定、推动生态文明建设具有重要实践价值, 未来可进一步强化智能化技术融合应用, 拓展特殊生态敏感区技术适配研究, 提升成果的普适性与推广价值。

#### 参考文献

- [1] 许琳琳. 矿山水工环地质勘查技术的应用初探 [C]//《中国招标》期刊有限公司. 新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题(第二册). 内蒙古地质工程有限责任公司, 2025:341-345.
- [2] 洪宇. 水工环地质勘查技术在矿山地质灾害防治中的应用 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(08):33-35.
- [3] 冯永刚. 水工环地质勘查在地质灾害治理中的应用 [J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1):269-270.
- [4] 胡紫薇. 矿山水工环地质勘查工作的问题及解决途径 [J]. 中国科技论文在线精品论文, 2025, 18(03):321-323.
- [5] 刘星. 水工环地质勘查在矿山勘查中的应用价值研究 [J]. 中国金属通报, 2025, (06):189-191.
- [6] 钱振义, 韦忆涵. “双碳”目标下金属矿区水工环地质勘查的要点研究 [J]. 中国金属通报, 2025, (08):201-203.
- [7] 陈平. 解决水工环地质勘查问题, 做好防治工作至关重要 [J]. 楼市, 2025, (07):23-25.
- [8] 蔺永红. 金属矿山水工环地质勘查技术的应用研究 [J]. 世界有色金属, 2025, (12):192-194.
- [9] 沈舒, 喻海倚. 横向生态保护补偿机制的分层建构与分类拓展 [J/OL]. 中国国土资源经济, 1-13[2026-01-07].
- [10] 吴易国, 叶东旭, 陈斌. 矿山水工环地质勘查技术的应用研究 [J]. 世界有色金属, 2024, (24):214-216.