

Ecological Protection Strategies for Geological Surveys in Water Conservancy Projects in Ecologically Sensitive Areas

Xiao Ren

Shanxi Provincial Water Resources and Electric Power Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd., Xi'an, Shanxi, 712000, China

Abstract

To address the conflict between geological surveys and ecological protection in ecologically sensitive areas, this study systematically explores collaborative strategies guided by synergy theory. By analyzing direct and indirect ecological impacts during the survey phase and comparing disturbance differences across various sensitive zones, we establish a principle system of “ecological priority, prevention-oriented approach, full-process coordination, and localized adaptation.” The proposed integrated workflow includes: pre-survey planning optimization, mid-phase low-disruption technology application with real-time monitoring and restoration, and post-phase ecological interpretation of results alongside dual-acceptance verification. Research demonstrates that this strategy ensures survey accuracy while keeping ecological disturbances within thresholds, achieving a win-win for engineering construction and ecological conservation. It provides theoretical and technical support for practical geological surveys in ecologically sensitive water conservancy projects.

Keywords

ecologically sensitive area; geological survey; ecological protection

生态敏感区水利工程地质勘察的生态保护策略

任晓

陕西省水利电力勘测设计研究院（集团）有限公司，中国·陕西西安712000

摘要

为解决生态敏感区水利工程地质勘察与生态保护的矛盾，本文以协同理论为指导，系统探讨二者协同策略。通过分析勘察阶段直接与间接生态影响，对比不同类型敏感区的扰动差异，构建“生态优先、预防为主、全过程协同、因地制宜”的原则体系，提出勘察前期规划优化、中期低扰动技术应用与实时监测修复、后期成果生态化解读及双重验收的全流程协同路径。研究表明，该策略可在保障地质勘察精度的同时，将生态扰动控制在阈值内，实现工程建设与生态保护双赢，为生态敏感区水利工程勘察实践提供理论与技术支持。

关键词

生态敏感区；地质勘察；生态保护

1 引言

生态敏感区是生态系统结构脆弱、易受外界干扰且一旦破坏难以恢复的特殊区域，涵盖湿地、森林、荒漠等类型，其分布与气候带、地形地貌及生态系统服务功能高度关联，是区域生态安全的核心屏障。水利工程建设需以精准地质勘察为前提，通过查明岩土体性质、水文地质条件等保障工程安全，但传统勘察作业易引发植被破坏、土壤扰动等生态问题，面临严格的生态约束要求。协同推进地质勘察与生态保护，既能够通过生态导向的勘察方案优化降低工程对敏感区的扰动，又可依托勘察数据为生态保护措施制定提供科学依

据，对实现水利工程建设与生态安全的双赢、践行可持续发展理念具有重要的现实价值。

2 生态敏感区与水利工程地质勘察的理论基础

2.1 生态敏感区的核心理论

生态敏感性评价指标体系需结合区域特征，选取地形地貌、植被覆盖度、水文条件等核心指标，构建分级评价模型以界定敏感程度；生态脆弱性与生态阈值原理强调生态系统对外界干扰的耐受限度，超过阈值将引发不可逆的生态退化；生态系统服务功能的价值评估需量化其供给、调节、支持等功能价值，为保护优先级判定提供依据。

2.2 水利工程地质勘察的核心技术与内容

常规地质勘察技术包含地形测绘、钻探取样、地球物理勘探等，用于查明岩土体力学性质与地质构造特征；生态

【作者简介】任晓（1989-），男，中国山西运城人，硕士，从事水利工程地质勘察研究。

敏感区专属勘察需聚焦水文地质条件、环境地质问题及生物栖息地分布等要点；勘察成果可为工程选址、地基设计、防渗处理等提供关键数据支撑，保障工程安全稳定。

2.3 地质勘察与生态保护的协同关系分析

协同的理论依据涵盖可持续发展理论、生态工程学等，要求工程建设兼顾经济与生态效益；协同的内在逻辑体现为勘察数据为生态保护措施制定提供科学依据，而生态保护目标反向约束勘察作业的方式与范围，实现二者的相互支撑与制约。

3 生态敏感区水利工程地质勘察的生态影响识别

3.1 勘察阶段的生态影响类型

勘察作业对生态敏感区的影响呈现多层次、多维度特征，可明确划分为直接生态影响与间接生态影响两类。直接生态影响源于勘察活动的即时性物理干预，具有直观性与局部性特点：在植被层面，钻探点位清理、槽探施工及临时道路铺设会直接清除表层植被，破坏植物根系系统，导致局部植被覆盖度骤降，尤其对珍稀濒危植物的生存构成直接威胁；土壤系统方面，机械碾压、挖掘作业会打破原有土壤结构，造成土壤压实、孔隙度降低，有机质与养分流失，进而影响土壤肥力与透水性；野生动物栖息地则因作业空间侵占、机械噪音干扰，导致其觅食、繁殖与迁徙行为受阻，小型陆生生物与底栖生物可能在施工中直接伤亡，栖息地破碎化问题初步显现。间接生态影响具有滞后性、扩散性与累积性，其危害程度往往大于直接影响：土壤扰动与植被破坏降低了地表抗侵蚀能力，易引发水土流失，尤其在坡地或松散岩层区域，可能加剧泥沙淤积，影响下游水体环境；勘察过程中的地下水抽取、排水作业会改变局部地下水流场，导致地表径流分配失衡，影响湿地补水与河流生态基流，进而改变区域水文情势；长期来看，栖息地破碎化会导致物种间基因交流受阻，生态链断裂引发连锁反应，最终造成生物多样性下降，生态系统稳定性与自我修复能力弱化，部分影响甚至可能形成不可逆的生态损伤。

3.2 不同类型生态敏感区的影响差异分析

生态敏感区类型的多样性决定了勘察影响的差异化特征，需结合其生态核心属性针对性分析。河流湿地型敏感区以水文连通性与水生生态系统为核心保护对象，勘察作业的影响集中体现为水环境扰动与生物栖息地破坏：岸带开挖破坏湿地植被带，改变湿地水文节律，影响水生植物的光合作用与繁殖，进而威胁鱼类产卵场、洄游通道及水鸟栖息地，对依赖湿地生存的特有物种影响尤为显著。山地森林型敏感区地形起伏大、植被郁闭度高，生态系统具有垂直分层特征，勘察影响呈现复合型特点：森林群落结构被打破，优势树种与伴生植物的比例失衡，林下微生境改变，干扰珍稀动植物的生存环境，而山地生态系统的自我修复周期长，植被恢复

往往需要数十年甚至上百年，且易出现外来物种入侵等次生问题。荒漠草原型敏感区生态系统极度脆弱，植被覆盖率低、土壤贫瘠且保水能力差，生态阈值极低，勘察作业的影响具有放大效应：机械碾压与人员活动会破坏地表结皮，这一结构是荒漠草原防止沙化的关键屏障，一旦破坏将加速土地沙化与风蚀进程；有限的水资源在勘察过程中可能被消耗或污染，导致周边植被因缺水而退化，生物量锐减，进一步加剧生态系统的脆弱性，甚至可能引发区域生态功能的永久性丧失。

3.3 生态影响的量化评估方法

科学的量化评估是生态影响识别的核心环节，需构建标准化、可操作的评估体系。生态影响程度的分级标准需结合生态敏感区类型、勘察扰动强度及生态系统承载能力，构建多指标综合评价体系：选取植被破坏率、土壤侵蚀模数、生物多样性损失指数、水文改变度、栖息地破碎化指数等核心指标，明确各指标的计算方法与权重分配；基于相关国家标准与行业规范，将生态影响程度划分为轻微、一般、较重、严重四个等级，例如植被破坏率低于5%、无明显水土流失为轻微影响，植被破坏率超过30%、生物多样性显著下降为严重影响，并制定各等级的具体阈值与判定依据，确保评估结果的客观性与可比性。基于GIS的生态影响空间分析技术为量化评估提供了高效工具，其核心应用包括三个层面：一是空间叠加分析，将勘察点位、路线、作业区等矢量数据与生态敏感区分布图、植被类型图、土壤类型图等基础数据叠加，精准识别高影响区域的空间分布的；二是量化模拟分析，利用遥感影像解译技术提取勘察前后的植被覆盖度、土地利用类型等信息，通过空间分析模块计算扰动范围与强度，结合通用土壤流失方程（USLE）等模型模拟水土流失量，运用景观生态学方法分析栖息地破碎化程度；三是可视化表达，通过绘制生态影响等级分布图、影响扩散趋势图等，直观呈现生态影响的空间格局与动态变化，为后续协同策略的制定提供精准的数据支撑与决策依据^[1]。

4 生态敏感区水利工程地质勘察与生态保护协同原则及目标

4.1 协同基本原则

协同推进生态敏感区水利工程地质勘察与生态保护，需确立四大核心原则，为实践提供明确价值导向。生态优先原则是根本准则，强调将生态系统完整性与稳定性置于勘察作业首位，在方案设计、技术选择等全流程中以“最小生态扰动”为标尺，当勘察需求与生态保护冲突时，优先保障敏感区核心生态功能，严禁以牺牲环境为代价换取勘察效率。预防性保护原则聚焦源头管控，要求勘察前通过生态敏感性评价预判风险点，制定针对性防控措施，作业中建立动态预警机制，对接近生态阈值的扰动及时干预，实现“防患于未然”，规避不可逆生态损伤。全过程协同原则打破传统分段

割裂模式,将生态保护贯穿勘察规划、现场作业、成果应用全链条,规划阶段同步编制保护方案,作业阶段联动监测数据调整施工,后期将生态评估纳入验收,形成闭环协同机制。因地制宜原则突出策略针对性,需根据河流湿地、山地森林等不同敏感区的生态特征与脆弱性差异,定制差异化协同方案,避免“一刀切”,确保措施与区域生态实际高度适配。

4.2 协同目标体系

协同目标体系以“双赢”为核心,构建多层次、可量化的目标框架。核心目标明确为“实现地质勘察精度与生态保护成效的双赢”,既要通过科学勘察精准查明地质构造、岩土体性质等关键信息,为水利工程设计施工提供可靠数据支撑,保障工程长期安全;又要通过系统保护措施,将勘察扰动控制在生态阈值内,维护生态系统结构与功能稳定,实现工程与生态协调发展。具体目标进一步细化:一是降低勘察生态扰动,通过优化路线、采用低扰动技术,将植被破坏率控制在5%以内,土壤侵蚀量较传统模式减少30%以上;二是提升勘察数据生态关联性,同步收集生态基础数据,建立地质与生态要素关联数据库,为保护方案优化提供支撑;三是保障工程长期生态安全,通过协同勘察识别长期生态风险,为工程融入生态防护理念提供依据,实现工程效益与生态效益的长期统一^[2]。

5 生态敏感区水利工程地质勘察中的生态保护协同策略

5.1 勘察前期的规划协同策略

勘察前期需以生态约束为导向,构建规划层面的协同机制。基于生态敏感性评价的勘察范围优化,需通过叠加地形、植被、水文等多源数据,完成区域敏感等级划分,将极高敏感区划定为禁勘范围,高敏感区严格限制勘察强度,优先在中低敏感区开展作业,实现勘察范围与生态承载力的匹配。结合生态红线的勘察路线与点位布设,需避开核心保护区域、物种迁徙通道及珍稀植被分布带,路线设计采用“绕避为主、最短路径为辅”原则,点位布设推行“精准精简”模式,通过数值模拟减少冗余点位,在保障勘察精度的同时降低生态干扰。生态保护目标纳入勘察方案编制,需明确植被保护率、水土流失控制量等量化指标,同步制定风险应急预案,将水土保持、野生动物防护等措施细化为施工规范,实现勘察与保护的一体化规划。

5.2 勘察中期的技术协同策略

勘察中期聚焦技术创新与动态管控,实现作业过程生态友好化。低扰动勘察技术的应用是核心,推广无人机遥感、航空物探等非接触式技术获取大范围地质信息,核心区域采用静力触探、原位测试等技术替代传统钻探,必须钻探的

位选用小型干钻设备,减少泥浆污染与地表破坏。实时生态监测与勘察作业动态联动,通过物联网布设植被覆盖、土壤湿度、物种活动等监测点,数据实时传输分析,当扰动接近生态阈值时,立即调整作业方式或暂停施工,待强化保护措施后再恢复。生态扰动即时修复技术同步跟进,作业后及时平整临时平台,采用本地原生植被进行临时覆盖,对扰动土壤施加固化剂防止流失,钻孔及时回填压实,避免地表裸露引发次生生态问题。

5.3 勘察后期的成果协同策略

勘察后期注重成果转化与闭环管理,提升协同价值。地质勘察成果的生态化解读,需在常规报告中增加生态影响分析章节,揭示地质条件与生态要素的关联规律,为生态保护提供数据支撑。基于勘察数据优化生态保护方案,利用地形、土壤、水文等勘察结果,细化生态修复分区,优化植被配置、水土保持等措施的设计参数,提升修复方案的针对性与可行性。制定勘察与生态保护协同的成果验收标准,构建“地质精度+生态成效”双重考核体系,地质方面明确数据准确率、完整性指标,生态方面设定植被恢复率、侵蚀控制量等考核标准,确保协同策略落地见效,实现勘察成果与生态保护的深度融合^[3]。

6 结论与展望

本研究围绕生态敏感区水利工程地质勘察与生态保护的协同问题展开系统探讨,生态敏感区的特殊性决定了地质勘察需突破传统技术路径,以生态约束为核心构建全流程协同体系,其协同关系本质是勘察数据支撑生态保护、生态目标约束勘察行为的双向互动。通过生态敏感性评价与生态红线管控,可实现勘察范围、路线与点位的科学优化,从源头降低生态扰动风险。低扰动勘察技术、实时生态监测联动与即时修复技术的综合应用,能有效控制勘察中期的生态影响,将扰动强度控制在生态阈值内。勘察成果的生态化解读与“地质精度+生态成效”的双重验收标准,为协同效果提供了闭环保障。研究证实,通过前期规划、中期技术、后期成果的全链条协同策略,可实现地质勘察精度与生态保护成效的双赢,为生态敏感区水利工程建设提供了科学可行的实践路径。

参考文献

- [1] 水利工程对水文生态环境的影响. 宋金函. 水利水电科技进展, 2025(03)
- [2] 面向生态保护的水利工程可持续发展策略. 王晶晶; 许彩芸; 倪燧杰. 科学技术创新, 2026(02)
- [3] 浅论水利工程施工中的生态保护措施[J]. 孙振勇; 贾长华; 刘锐. 山东水利, 2019(02)