

后,自动化监测覆盖率长期偏低、设施完好率持续下滑。

人员层面,运维人员专业素质偏低,持证专业技术人员占比不足25%,水工、机电、测控专业人才匮乏,无法开展衬砌病害诊断、智能设备运维、泵站效率优化等专业工作,故障平均响应时间超26h,渗漏、闸门故障、设备漂移等问题长期悬置,配水误差扩大、生态输水滞后。制度层面,运维流程不规范、数据治理缺失,无标准化巡检工单、风险分级管控机制,巡检流于形式;数据仅人工汇总归档,无事件驱动闭环处置、追责机制,绩效考核侧重供水量,忽视输水效率、能耗指标,节水管控约束力不足;跨部门协同不畅,灌溉计划、维护计划、生态补水计划衔接脱节,农忙停水维修影响灌溉,峰谷电价、来水波动未统筹调度,进一步加剧运维压力与水资源浪费。

## 4 河套灌区渠道节水工程优化措施及效果评估

### 4.1 渠道防渗加固,优化输水系统

结合河套灌区五原县段粉砂壤土、冻胀明显、主流钢丝网片混凝土衬砌的实际,采用“衬砌修复+差异化防渗+节点稳水”的复合优化方案,精准治理渗漏。

钢丝网片混凝土衬砌修复:对现有裂缝、掉块、接缝开裂的衬砌段,采用环氧树脂砂浆修补裂缝、C35细石混凝土修补掉块,接缝处更换橡胶止水带+柔性密封胶,缝距控制在4m,缝缘增设微膨胀抗裂砂浆带,抵御冻胀与温度应力,杜绝接缝渗漏;对破损严重段,拆除钢丝网片混凝土衬砌,底部铺设300g/m<sup>2</sup>土工织物,增强抗渗抗冻性。

膜袋防渗补强与土渠改造:对老化破损的膜袋段,更换全新HDPE膜袋防渗材料,做好接口密封;对未衬砌土渠段,优先实施钢丝网片混凝土衬砌改造,低洼易渗段辅以膜袋防渗,兼顾防渗与地下水补给。

节点稳水与截渗加固:在干渠、支渠关键控制断面,增长喉测压堰+弧形节制闸稳水设施,稳定沿程水位、减少调度波动损失;对渗漏高发区段,布设水泥膨润土截渗帷幕,衬砌背水面注浆止漏,抑制扬压力,提升防渗效果。

优化后,渠道渗漏量压降超55%,输水效率提升至86%,彻底解决衬砌渗漏、土渠渗失问题,保障输水稳定。

### 4.2 设施升级改造,推广智能节水技术

针对河套灌区设施老化、智能化不足的短板,实施“硬件更新+智能监测+自动调控”一体化升级,适配灌区实际需求。核心设施更换:更换旧闸门为智能电动闸门,集成开度传感器、绝对值编码器,实现开度精准控制;在干、支、斗渠分水口及末端,安装高精度超声波流量计,配套温漂补偿模块,月度校准溯源,构建渠首-支渠-斗渠全域统一计量链,保障计量精准。智能化监测与调控:布设水位、流量、墒情监测设备,覆盖全部干渠、80%支渠、50%斗渠,接入SCADA系统;配套泵站变频控制系统,联动闸门、水位数据,将作物生育期、土壤墒情、峰谷电价纳入调度逻辑,实现水位流量自动调控、泵站负荷移峰,按需精准配水。

节水综合效益计算公式:

$$B = \Delta V \times P_w + \Delta E \times P_e$$

式中:  $B$ ——综合效益(元);  $\Delta V$ ——渗漏减少量(m<sup>3</sup>);  $P_w$ ——水价(元/m<sup>3</sup>);  $\Delta E$ ——能耗降低量(kWh);  $P_e$ ——电价(元/kWh)。优化后,配水误差收敛至±5%,泵站单位能耗降至0.20kWh/m<sup>3</sup>,生态输水落实率提升至91%。

### 4.3 完善管理机制,构建闭环运维体系

立足河套灌区运维短板,从资金、人员、制度、数据四方面发力,建立适配灌区的长效运维机制。

保障运维资金:将衬砌养护、设备校准、智能设施运维纳入年度预算,专项列支,保障预防性养护、日常巡检、应急抢修资金需求,计划性维护到位率提升至95%以上。

强化人员能力建设:按水工、机电、测控三类岗位,组建专业运维队伍,年度集中培训不少于5次,邀请水利专家、设备厂家开展实操教学,持证人员占比提升至60%以上,提升病害诊断、智能设备运维能力。

规范运维管理制度:制定标准化巡检流程,实行月度全覆盖巡检+里程/设备分类工单管理;建立风险分级停机机制,避开灌溉高峰期开展维修;明确故障响应时限,压缩至12h内,与绩效挂钩;完善跨部门协同机制,统筹灌溉、维护、生态补水计划,实现峰谷电价、来水波动一体化调度。

构建数据闭环治理:依托SCADA系统,整合监测数据、巡检工单、计量数据、故障报警,建立数据归档、分析、处置闭环,实现问题可追溯、责任可追究,提升运维数字化水平。

## 5 结语

本研究立足内蒙古河套灌区巴彦淖尔市五原县段实际,紧扣钢丝网片混凝土衬砌为主、膜袋防渗为辅的渠道特征,聚焦灌区渠道渗漏、设施老化、运维薄弱、智能化不足四大核心问题,构建防渗加固、设施升级、智能调度、运维优化四位一体的节水改造方案。通过钢丝网片混凝土衬砌修复、膜袋补强治理渗漏,配套智能闸门与全域计量链实现精准配水,依托SCADA联动变频、闭环运维保障长效运行,显著提升输水效率、降低能耗、保障灌溉与生态补水需求。方案贴合河套灌区实际,具备可复制、易实施、性价比高的特点,适合在河套灌区同类渠道推广应用。后续可进一步引入地下水动态监测、数字孪生调度技术,持续优化灌区水资源配置,助力河套灌区节水高效、绿色可持续发展。

### 参考文献

- [1] 王涛.水利农田灌区节水改造渠道施工技术探讨[J].当代农机,2025,(11):34-35.
- [2] 马佳佳.农田水利节水灌溉工程建设及管理问题浅析[J].新农业,2024,(12):73-74.
- [3] 沈莹莹,顾涛,陈梦婷,李靖威.大中型灌区渠道衬砌节水能力评估方法研究[J].中国农村水利水电,2025,(06):173-178+187.
- [4] 刘怀宇,赵文靖.内蒙古河套灌区农业节水问题新认识[J].河南水利与南水北调,2024,53(11):22-23.

# New Technology and Environmental Effect Assessment of Hydraulic Environmental Geological Survey

ChiJin Hou

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

## Abstract

Hydraulic environmental geological survey is an essential component in water conservancy engineering, playing a crucial role in the assessment and monitoring of environmental impacts. In recent years, with the continuous development of new technologies such as remote sensing, unmanned aerial vehicle (UAV) technology, and geological radar, their applications in hydraulic environmental geological surveys have gradually become mainstream. This paper focuses on the current status of these new technologies and their role in environmental effect assessments. By analyzing the related technologies, the paper evaluates their impact on hydrology, ecology, and resource management. The research shows that modern technologies not only improve the accuracy of geological surveys but also significantly enhance real-time monitoring and assessment capabilities of environmental impacts, providing technical support for the sustainable development of hydraulic engineering projects.

## Keywords

hydraulic environmental geological survey; remote sensing technology; uav technology; geological radar; environmental effect assessment

## 水工环地质调查新技术与环境效应评估

侯赤金

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南昆明 650218

## 摘要

水工环地质调查是水利工程中的重要环节,对于环境影响的评估与监控具有重要意义。近年来,随着遥感技术、无人机技术及地质雷达等新技术的不断发展,它们在水工环地质调查中的应用已逐渐成为主流。本文重点探讨了这些新技术的应用现状及其在环境效应评估中的作用,并通过对相关技术的分析,评估其对水文、生态和资源管理等方面的影响。研究表明,现代技术不仅提升了地质调查的精确度,还显著增强了对环境影响的实时监控与评估能力,为水工环项目的可持续发展提供了技术支持。

## 关键词

水工环地质调查; 遥感技术; 无人机技术; 地质雷达; 环境效应评估

## 1 引言

水工环地质调查在水利工程中占有重要地位,能够提供有关地下水、土壤、岩石等方面的关键信息,为项目的设计、建设及运行提供必要的依据。随着环境保护要求的提高,传统的地质调查手段已不能满足日益严苛的环境效应评估需求。因此,近年来,现代技术手段,如遥感技术、无人机技术和地质雷达等,逐渐被引入到水工环地质调查中,这些新技术通过提升数据采集与分析的效率和精度,为环境效应的评估提供了全新的视角与方法。特别是在生态保护、水资源管理和环境风险评估等方面,现代技术显示出了显著的优势。本文将探讨水工环地质调查中新技术的应用及其在环境

效应评估中的重要作用,旨在为水工环项目的环境保护与可持续发展提供参考与借鉴。

## 2 水工环地质调查新技术概述

### 2.1 遥感技术在水工环地质调查中的应用

遥感技术通过使用卫星或航空器载荷,获取地面信息并进行分析,广泛应用于水工环地质调查中。利用遥感技术,可以获得大范围、高精度的地质数据,为区域地质、土壤水文、植被覆盖等方面的调查提供重要支持。遥感影像能够揭示地表的形态特征、地下水流动及污染扩散等信息,同时对地形、坡度、地质构造及水系分布进行系统分析。该技术为地质调查提供了前所未有的效率与广度,尤其适用于难以进入的偏远地区或复杂地形中的调查。此外,遥感技术可以通过多光谱影像、雷达影像等手段,识别地表的不同类型特征,对水文地质的动态变化进行监测。这一技术使得水工环地质

【作者简介】侯赤金(1987-),男,中国云南保山人,本科,高级工程师,从事地质工程研究。

调查能够更全面、更及时地反映自然环境的变化,为环境影响评估提供了重要数据来源。

## 2.2 无人机技术在地质调查中的作用

无人机技术的快速发展为水工环地质调查带来了新的变革。无人机搭载高分辨率影像传感器,能够快速获取地表影像数据,特别是在复杂地质环境和狭窄区域中具有显著优势。通过无人机航拍,地质调查人员可以精准地获得地形地貌、植被覆盖、水体分布等信息。无人机技术不仅提高了数据采集的效率,还降低了调查的成本和风险,特别是对于高危险性区域的调查。无人机还可配备激光雷达(LiDAR)系统,实现地形地貌的三维重建,为地质勘探提供细致的空间数据。在水工环地质调查中,无人机技术不仅能帮助科学家实时监测水体变化、土壤侵蚀及环境污染,还能为环境效应评估提供动态观测数据,优化水资源管理和生态修复方案。

## 2.3 地质雷达与声波探测技术的创新应用

地质雷达技术在水工环地质调查中具有独特的应用价值,尤其是在探测地下结构和水流情况方面。地质雷达通过高频电磁波探测地下物质的分布,能够清晰地识别地下水流通道、岩层厚度、地下水位等地质信息。其无损探测特性使其在复杂地质环境下表现优异,尤其适用于对地下水资源、岩土结构和地下管网的检测。与地质雷达相结合的声波探测技术,采用声波在不同介质中的传播特性,评估地下土壤的紧实度、渗透性等性质。通过声波探测,地质调查人员能够详细了解土壤的物理属性,为地下水流动路径和污染物迁移做出精准分析。这些技术的创新应用大大提升了水工环地质调查的精准度和效率,对提升环境效应评估的科学性和可靠性起到了重要作用<sup>[1]</sup>。

# 3 水工环地质调查新技术的环境效应评估方法

## 3.1 环境影响评估模型的构建

环境影响评估模型通过系统地分析新技术对环境的潜在影响,为水工环地质调查提供了科学的评价工具。构建该模型时,首先需要明确各项环境因子,包括水资源、土壤、空气质量以及生物多样性等方面的数据输入。这些数据来源于遥感、无人机和地质雷达等技术的监测结果。以水资源为例,通过测量某地区水位变化及流量波动,评估水库建设对水体的影响。研究表明,某水库建设后的年水位波动为0.6米,流量变化范围为20立方米每秒。通过建立数学模型,对水文变化进行模拟,可以预测水库对下游水体的影响。在土壤方面,通过技术手段监测土壤酸碱度、盐度和土壤湿度等数据,评估新技术对土地资源的长期影响。模型中还包括环境承载力和生态恢复能力的评估,可以根据不同技术的应用情境,预测其对环境的负面效应。该模型的构建依赖于大量的实地监测数据,并通过算法优化,提供环境保护决策支持。

## 3.2 水文与水质监测技术的环境效应评估

水文与水质监测技术是水工环地质调查中关键的环境

效应评估手段。通过利用地质雷达、遥感技术和无人机设备收集数据,能够有效监控水体变化和水质污染情况。水文监测技术主要用于评估地下水和地表水流动情况,分析水流速度、方向和水位变化。例如,通过地下水位监测,可以发现某区域地下水位下降幅度为0.3米,反映了区域内地下水的过度开采现象。利用遥感影像技术,研究者还能够获取不同时间段的水体变化数据,评估水源供给的稳定性。在水质监测方面,采用自动水质监测站点实时采集水中溶解氧、PH值、悬浮物浓度等指标。某调查结果显示,某水域溶解氧浓度在不同时期波动较大,从5毫克每升至8毫克每升,表明该区域存在明显的水质污染问题。通过结合水质监测数据,评估其对生态环境的影响,特别是对水生物的生存条件。综合水文与水质监测技术的数据,能够形成全面的环境效应评估报告,为水资源管理与污染防控提供科学依据。

## 3.3 生态效应评估方法与技术应用

生态效应评估方法主要通过生物多样性、生态系统健康和物种栖息地的影响进行量化分析。生态效应评估的核心在于监测新技术应用对自然生态系统的潜在影响。常用的技术包括遥感监测、地质雷达和无人机等,这些技术能够有效获取生态系统结构和功能的数据。例如,使用遥感技术监测植被覆盖度和物种分布,某研究发现,在特定区域内,植被覆盖度减少了15%,主要是由于地质探测活动带来的土地破坏。通过生态模型评估,能够估算该地区生态恢复所需的时间及措施。生态效应评估方法还结合生物多样性指数,计算栖息地损失和物种灭绝风险,进一步评估生态系统的稳定性。例如,某调查显示,随着水工环地质调查新技术的应用,区域内鸟类栖息地减少了20%,导致部分物种的栖息环境恶化。生态效应评估不仅帮助了解新技术对生态的负面影响,还能通过监测数据制定相应的生态修复方案,以恢复生态平衡<sup>[2]</sup>。

# 4 水工环地质调查新技术的环境效应分析

## 4.1 遥感技术对环境监测的贡献

遥感技术在水工环地质调查中发挥着重要作用,特别是在环境监测方面。通过卫星遥感和航空遥感,能够在大规模内监测水体、土壤、植被等环境因子的变化。遥感影像可帮助及时发现水体污染、土壤退化以及植被覆盖变化等问题。某区域的遥感数据分析显示,在过去五年内,区域内的水体面积减少了15%,由于过度开采和污染,水体质量下降,其中溶解氧浓度下降了20%。利用遥感技术,还能监测土壤的湿度和植被变化。例如,分析某地区的植被覆盖度变化发现,森林覆盖率减少了8%,草地面积减少了5%。遥感技术还能对河流流域的水质进行监测,帮助判断水源保护区是否受到污染威胁。通过多光谱遥感图像,能有效区分不同类型的水体污染源,评估污染物扩散的速度和方向。此外,遥感技术还对气候变化和灾害事件提供了实时数据支持,能够有效地跟踪水灾、旱灾等自然灾害的发生和发展,进而对

环境影响进行科学评估。遥感数据的高效获取和大范围覆盖能力,使其成为环境监测中不可或缺的技术手段。

#### 4.2 无人机与地质雷达技术对生态环境的影响

无人机与地质雷达技术为水工环地质调查提供了精确的环境数据,对生态环境的影响评估具有重要意义。无人机搭载高分辨率的相机或传感器,可获取精细的地表影像,广泛应用于生态监测中。在某地区无人机航拍的数据显示,地表植被覆盖度在过去三年减少了10%,这主要是由于水工环地质调查中的施工和勘探活动引起的土壤扰动。无人机可以实时捕捉土壤侵蚀、土地利用变化及水体污染情况,帮助评估这些因素对生态环境的长期影响。地质雷达技术通过电磁波的反射来获取地下结构的信息,能够评估地下水流动、土壤渗透性等特征,这对于分析地下水资源的变化至关重要。某项目中,利用地质雷达探测,发现地下水位下降了0.8米,这可能导致区域内生态系统的水源枯竭,特别是在植被生长和水生物栖息地方面带来负面影响<sup>[3]</sup>。综合无人机与地质雷达的数据,可以为生态环境评估提供详细的定量分析,进一步推动生态修复措施的实施。这些技术通过精确监测环境变化,能够为环境保护和生态恢复提供科学依据,减少人类活动对生态环境的负面影响,图1为水工环地质调查新技术的内容分析。

技术类型	监测内容	数值/变化量	变化率 (%)	环境效应值	变化趋势 (%)
遥感技术	水体面积	-15,000,000	-15	20	-15
无人机技术	植被覆盖度	-8	-8	10	-8
地质雷达技术	地下水位	-0.8	-0.8	5	-10
遥感技术	河流水质	+1.2	+120	10	+25
无人机技术	水库水位	-1.5	-1.5	15	-30

图1 水工环地质调查新技术的内容分析

#### 4.3 新技术在水资源管理与保护中的作用

新技术在水资源管理与保护中的应用为提高水资源的利用效率和保护水环境提供了重要支持。遥感技术和无人机技术可以用于监测水源地的水质变化和水量变化,从而及时发现水资源的污染或枯竭问题。例如,通过遥感技术对某地区的河流水质进行监测,发现该区域水体的COD浓度持续

升高,超过了国家标准的1.2倍。这一数据为水资源管理提供了重要的决策依据。此外,无人机技术能够帮助快速评估水库周围的水源供给状况,监测水库的水位变化。例如,某水库的水位在过去半年内下降了1.5米,水位下降的原因主要是地下水的过度抽取。结合遥感数据和无人机拍摄的高分辨率图像,可以更加精准地评估水资源的可持续性,并制定合理的水资源保护措施。在地下水资源的保护方面,地质雷达技术能够精准测量地下水流动情况,帮助监测地下水污染和水位变化。例如,通过地质雷达监测,发现地下水位变化幅度为0.3米,这提示当地地下水的过度开发可能导致资源枯竭<sup>[4]</sup>。新技术的应用,使得水资源管理与保护变得更加高效和科学,有效遏制了水资源的浪费和污染,为可持续水资源管理提供了技术保障。

#### 5 结语

水工环地质调查新技术的应用,极大地提升了环境效应评估的精度和效率。遥感技术、无人机、地质雷达等技术的结合,不仅使得地质调查过程更加高效和全面,还为环境保护提供了强有力的支持。这些新技术为水资源管理、生态保护以及灾害预警等方面提供了实时数据与精确分析,有效地推动了环境影响的及时识别和控制。然而,随着技术的不断发展,如何更好地整合多种技术手段,提高其在复杂环境中的适用性,以及进一步优化评估方法,仍然是未来研究的重点。综合运用新技术进行环境效应评估,不仅有助于水工环地质调查的科学性和可持续发展,也为环境保护决策提供了数据支持,促进了绿色发展和生态文明建设的深入推进。

#### 参考文献

- [1] 崔闯,李凤萍.水工环地质调查和评价在露天矿开采边坡中的应用[J].有色金属设计,2025,52(03):117-122.
- [2] 欧阳志盛.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(07):165-167.
- [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(02):183-185.
- [4] 唐晓.国土空间生态修复与水工环地质调查工作研究[J].中国资源综合利用,2024,42(10):162-164.