

# 初探水工环的现状是实现水工环地质分析

郑 峰

山东省地矿工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队） 山东 济南 250014

**摘要：**随着经济高速发展与生态保护需求提升，水工环领域备受关注。本文聚焦水工环地质领域，首先阐述水工环地质中水文地质、工程地质、环境地质的基本概念。接着剖析我国水工环地质现状，指出生态环境恶化、科技创新不足、人才队伍建设不完善及行业发展战略与新形势不匹配等问题。随后介绍水工环地质分析的技术路径，涵盖多源数据融合、数值模拟与AI预测、绿色勘查技术及跨学科协同。最后提出实现水工环地质高质量发展的策略，包括深化改革、强化科技创新、完善人才培养体系及构建生态安全格局，为该领域发展提供参考。

**关键词：**水工环地质；现状分析；技术路径；发展策略

**引言：**水工环地质工作在经济社会发展和生态环境保护中占据关键地位，它融合了水文地质、工程地质与环境地质等多方面内容，对合理开发利用资源、保障工程建设安全以及维护生态环境稳定意义重大。当前，随着社会经济的快速发展以及生态环境问题的日益凸显，水工环地质领域面临着诸多新挑战与新机遇。深入了解水工环地质的现状，探索科学有效的地质分析方法，进而推动其高质量发展，已成为当务之急。文章在系统分析水工环地质现状，提出相应技术路径与发展策略，助力该领域更好地适应时代需求。

## 1 水工环地质概述

### 1.1 水文地质

水文地质是研究地下水分布、运动规律及其与岩石圈相互作用的学科，核心聚焦于地下水系统的水量、水质及动态变化。其研究范围涵盖地下水动力学、水文地球化学及矿床水文地质等领域，通过渗透性分析、地下水动态监测等技术手段，揭示地下水在孔隙、裂隙及岩溶介质中的赋存与运移机制。现代水文地质已突破传统找水范畴，转向生态环境水文地质学研究，强调水质与水量并重，服务于资源开发与环境保护双重目标。

### 1.2 工程地质

工程地质以岩土体力学稳定性为核心，研究工程建设中地质条件对工程安全、经济及正常使用的制约作用。其分类体系基于岩土体成因、结构及力学强度，涵盖硬质岩、软质岩、碎石土、膨胀土等类型，并针对滑坡、泥石流等地质灾害提出工程治理措施。工程地质调查通过区域地质环境条件分析、岩体稳定性评价及地震活动性研究，为场址选择、基础设计及施工提供科学依据。在隧道工程中，则需评估断层破碎带对施工的影响，制定超前支护方案。

### 1.3 环境地质

环境地质聚焦人类活动与地质环境的相互作用，研究地质灾害、资源开发环境效应及地球化学异常等问题。其核心在于评估地质环境对人类生存的风险性，涵盖滑坡、地面沉降等原生灾害，以及水土流失、土壤重金属污染等次生问题。环境地质调查通过地质灾害监测仪、地下水动态远程监测系统等技术装备，实现灾害预警与生态修复。该学科强调跨学科协同，为可持续发展提供地质安全保障<sup>[1]</sup>。

## 2 我国水工环地质现状

### 2.1 生态环境恶化日益严重

我国水工环地质领域面临生态环境持续劣化的严峻挑战。地下水长期过度开采导致多地出现大面积沉降区，部分城市年沉降量超50毫米，威胁轨道交通与建筑安全。矿产开发引发地表塌陷、滑坡等次生灾害频发，中西部矿区周边土地荒漠化加剧。工业废水渗流造成地下水污染范围扩大，华北平原部分区域硝酸盐、重金属含量超标数倍，饮用水源安全受威胁。城市扩张中，硬质地面覆盖率提升导致雨水下渗受阻，内涝频发与地下水位下降形成恶性循环。

### 2.2 科技创新不足

水工环地质领域技术创新能力与实际需求存在显著差距。高精度探测装备依赖进口，如三维地质成像系统、智能传感设备等核心部件国产化率不足30%，制约数据采集精度。复杂地质条件下的数值模拟技术滞后，对岩土体非线性行为、多场耦合效应的模拟能力有限，导致灾害预警准确率偏低。大数据与人工智能技术应用尚处初级阶段，海量地质数据挖掘效率低下，未能形成智能化决策支持体系。

### 2.3 人才队伍建设不完善

水工环地质行业人才结构失衡问题突出。高端复合型人才短缺，既精通地质理论又掌握工程技术的专家不足总量的10%，难以引领技术创新。中青年骨干断层现象显著，35岁以下技术骨干占比低于25%，项目负责人平均年龄超45岁，新生力量接续困难。教育体系与行业需求脱节，高校课程设置偏重传统理论，野外实践与数字化技能培养不足，毕业生需3-5年适应期才能独立承担项目。

#### 2.4 行业发展战略规划与新形势不匹配

现有水工环地质发展路径与新时代要求存在明显偏差。传统规划过度聚焦资源开发，对生态保护、绿色发展的考量不足，导致工程建设与环境保护矛盾突出。区域发展失衡加剧，东部地区技术先进但项目饱和，中西部需求迫切却资源短缺，技术转移机制不畅。应对气候变化能力薄弱，缺乏碳封存、生态修复等低碳技术的战略储备，难以支撑“双碳”目标实现。国际竞争意识淡薄，技术标准与话语权缺失，在全球水工环治理中处于被动地位，制约行业可持续发展<sup>[2]</sup>。

### 3 水工环地质分析的技术路径

#### 3.1 多源数据融合

水工环地质分析中，多源数据融合是突破单一数据局限、提升研究精度的关键技术路径。其核心在于整合地质勘查、地球物理探测、遥感监测、水文观测及工程监测等多类型数据，通过数据清洗、空间配准与特征提取，构建统一的地质信息模型。例如，将钻孔数据与三维地震勘探资料融合，可精确刻画地下岩层结构与断裂分布；结合卫星遥感影像与地面水文监测数据，能动态评估区域水资源变化与生态响应。融合过程中需解决数据格式不统一、精度差异大等难题，采用机器学习算法实现异构数据智能匹配，利用地理信息系统（GIS）平台进行可视化展示。该技术路径不仅提高了地质灾害预警的准确性，如通过融合降雨量、土壤含水率与地形数据预测滑坡风险，还为城市地下空间开发、矿山生态修复等工程提供全维度地质支撑，推动水工环地质研究从定性描述向定量分析跃升。

#### 3.2 数值模拟与AI预测

数值模拟与AI预测的结合，为水工环地质分析提供了动态化、精准化的技术支撑。数值模拟通过构建地质-水文-工程耦合模型，量化岩土体应力场、渗流场及温度场的交互作用，可模拟地下工程开挖引发的沉降变形、矿井突水等复杂过程，为工程安全设计提供理论依据。然而，传统数值模型受限于参数简化与边界条件假设，对非线性、多尺度地质问题的预测精度不足。AI技术的引入有效弥补了这一缺陷，通过深度学习算法对海量地

质数据（如监测曲线、物探反演结果）进行特征挖掘，可自动识别灾害前兆模式，构建高精度的预测模型。例如，利用循环神经网络（RNN）处理时间序列数据，能实时预测地面沉降速率；结合卷积神经网络（CNN）分析遥感影像，可精准划定地质灾害隐患区。两者的融合实现了从“静态模拟”到“动态预警”的跨越，显著提升了水工环地质问题的应对能力，为防灾减灾与资源开发提供了科学决策工具。

#### 3.3 绿色勘查技术

绿色勘查技术是水工环地质领域践行生态保护理念的核心路径，其核心在于通过技术创新与工艺优化，最大限度减少勘查活动对生态环境的扰动。传统勘查方式中，大规模钻探、槽探易造成植被破坏、水土流失及粉尘污染，而绿色勘查技术则采用轻型化、无损化手段替代。例如，运用便携式地球物理探测仪（如地质雷达、瞬变电磁仪）进行非接触式探测，避免开挖作业；采用无人机航测与遥感解译技术，实现大范围地质信息快速获取，减少地面人员活动。在钻探环节，推广模块化钻机与空气反循环钻进工艺，降低泥浆排放量，并通过定向钻进技术精准控制孔位，减少无效钻孔。此外，勘查过程中实施生态修复同步作业，对临时占地进行植被复垦，利用可降解材料替代传统化学药剂。绿色勘查技术的推广不仅符合可持续发展要求，还能通过减少环境治理成本提升经济效益，推动水工环地质工作向“生态友好型”转型。

#### 3.4 跨学科协同

水工环地质问题的复杂性决定了单一学科难以提供全面解决方案，跨学科协同成为突破技术瓶颈的核心路径。地质学为研究提供基础数据与成因分析，但需结合环境科学评估人类活动对地质系统的干扰强度，明确污染扩散路径或生态退化机制。工程学则从结构安全与施工可行性角度，优化地质灾害防治或资源开发方案，而信息技术通过大数据分析 with 智能算法，实现多源数据的高效整合与动态模拟。例如，地下水污染治理需融合水文地质学的运移模型、环境化学的污染物降解机制及工程学的修复技术选择；城市地质安全评估则依赖地质调查的隐伏灾害识别、城市规划的空间布局优化及物联网技术的实时监测预警。跨学科协同通过知识互补与方法创新，推动水工环地质研究从“局部解释”向“系统认知”转变，不仅提升了问题解决的精准度与实效性，也为应对气候变化、生态保护等全球性挑战提供了跨领域的科学支撑<sup>[3]</sup>。

### 4 实现水工环地质高质量发展的策略

#### 4.1 深化行业改革

实现水工环地质高质量发展,需以深化行业改革为突破口,破解体制机制障碍。当前,行业存在市场分割严重、技术标准不统一、服务模式单一等问题,制约了资源整合与创新活力。改革应聚焦构建开放竞争的市场环境,打破地域与所有制限制,鼓励民营企业、科研机构参与重大项目,形成多元化服务主体。同时,完善技术标准体系,建立覆盖勘查、设计、施工、监测全链条的统一规范,提升行业整体技术水平。服务模式需从“项目制”向“全生命周期管理”转型,强化前期规划与后期运维的衔接,提供地质灾害预警、生态修复等增值服务。此外,建立行业信用评价体系,通过动态监管淘汰落后产能,推动企业向技术密集型、服务导向型转变。

#### 4.2 强化科技创新

强化科技创新是推动水工环地质高质量发展的核心动力。当前,行业面临技术装备国产化率低、关键领域“卡脖子”等问题,需聚焦前沿技术攻关与成果转化。一方面,加大在智能勘查装备、高精度探测技术、数值模拟软件等领域的研发投入,突破三维地质建模、多场耦合模拟等关键技术,提升数据采集与分析的自动化、智能化水平;另一方面,推动大数据、人工智能、物联网等新技术与地质业务深度融合,构建“空天地海”一体化监测网络,实现地质灾害预警、地下水资源动态评估的精准化。同时,完善产学研用协同创新机制,鼓励企业、高校、科研院所联合建立实验室或创新联盟,加速科技成果从实验室到工程应用的转化。

#### 4.3 完善人才培养体系

完善人才培养体系是水工环地质高质量发展的根基。当前,行业面临高端人才短缺、人才结构断层、实践能力不足等问题,需构建全链条、多层次的人才培育机制。高校层面,应优化地质工程、环境科学等相关专业课程设置,增设智能勘查、生态修复等新兴方向课程,强化实践教学与野外实训,培养兼具理论素养与实操能力的复合型人才。职业院校需聚焦技术技能人才培养,通过校企合作开发定制化课程,提升学生在地质装备操作、数据分析等领域的专业技能。企业层面,应建立常态化在职培

训体系,定期组织技术交流与案例研讨,鼓励员工参与行业认证与继续教育,促进知识更新。同时,完善人才评价与激励机制,打破“唯论文、唯职称”倾向,建立以创新能力、实践贡献为导向的评价标准。

#### 4.4 构建生态安全格局

构建生态安全格局是水工环地质高质量发展的关键保障。当前,人类活动与地质环境矛盾加剧,生态脆弱区扩张、地质灾害频发等问题威胁区域可持续发展。需以地质调查为基础,识别生态敏感区、地质灾害高风险区及资源承载力临界点,划定生态保护红线与地质安全底线。通过整合水文地质、工程地质与环境地质数据,构建“源-汇-廊道”一体化生态安全模型,明确生态修复与灾害防控的重点区域。例如,在山区划定泥石流、滑坡隐患点,结合植被恢复与排水工程构建生态屏障;在平原区优化地下水开采布局,防止地面沉降与土壤盐渍化。同时,建立动态监测预警系统,利用物联网与遥感技术实时跟踪生态指标变化,为管理决策提供科学依据<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

水工环地质领域正面临生态保护与资源开发的双重挑战,环境恶化、技术断层与人才短缺成为制约发展的关键因素。随着“双碳”目标推进,智慧水利、生态修复等新兴领域崛起,遥感监测、AI预测等技术为地质分析注入新动能。未来需深化跨学科协同,强化科技创新与人才培养,构建“数据-模型-决策”一体化体系,推动水工环地质从单一勘查向全生命周期管理转型,为生态文明建设与可持续发展提供科学支撑。

#### 参考文献

- [1]韩军.论当前我国水工环的现状 & 实现水工环地质新突破的办法[J].科技创新导报,2019,16(34):133-134.
- [2]邢柏成.论当前我国水工环的现状 & 实现水工环地质新突破的办法[J].黑龙江科技信息,2020(27):44.
- [3]杨晔.论当前我国水工环的现状 & 实现水工环地质新突破的办法[J].黑龙江科技信息,2020(08):13.
- [4]杨新强,牛振波.论当前我国水工环的现状 & 实现水工环地质新突破的办法[J].魅力中国,2020(29):153.