

# 复杂地质区水工环综合勘察方法及成果分析

郑 河

内蒙古自治区第九地质矿产勘查开发有限责任公司 内蒙古 锡林浩特 026000

**摘要:** 复杂地质区地质条件多变、灾害风险突出,需结合地质构造、水文特征与环境因素开展系统性水工环综合勘察。本文通过地质测绘、物探、钻探及原位测试多技术融合,实现岩性分布识别、地下水动态监测及环境影响评估。成果形成三维地质模型与动态评价体系,为工程设计、施工及运营提供科学支撑,保障工程安全与生态可持续性,助力复杂地质区资源开发与环境保护协调发展。

**关键词:** 复杂地质区;水工环综合勘察方法;成果分析

**引言:** 复杂地质区因岩性复杂、断层发育及地下水分布不均,勘察难度显著高于常规区域。随着工程建设规模扩大与生态保护要求提升,需通过地质调查、水文勘察与环境监测多维度协同,精准刻画地质结构特征、地下水动态规律及环境影响路径。多技术手段融合可提升探测精度与数据可靠性,为工程安全防控与生态保护提供关键依据,推动地质勘察技术向智能化、精细化方向发展。

## 1 复杂地质区水工环综合勘察概述

复杂地质区地质条件多变、灾害风险突出,勘察难度与技术要求显著高于常规区域。复杂地质区水工环综合勘察需结合地质构造、水文特征与环境因素开展系统性调查,通过多技术手段融合实现精准探测。此类区域常存在岩性复杂、断层发育、地下水分布不均等问题,对勘察方法提出更高要求。(1) 地质调查:采用地质填图与钻探结合,识别岩层分布、断层走向及节理发育特征,为后续工作提供基础地质框架;重点分析构造活动对岩体稳定性的影响,明确潜在地质灾害风险区域。(2) 水文勘察:运用水文地质试验与地球物理勘探,测定地下水补给、径流、排泄条件及动态变化规律;通过水位监测与水质分析,评估地下水对工程建设的潜在影响,为防渗设计提供依据。(3) 环境监测:布设监测网点,对勘察过程中的噪声、振动、废气排放等环境指标进行实时监控,确保施工活动符合环保要求;同时,评估工程活动对周边生态环境的长期影响,制定相应保护措施。勘察成果需综合地质、水文、环境数据,形成三维地质模型与动态评价体系<sup>[1]</sup>。通过多维度分析,揭示复杂地质区的内在规律,为工程设计、施工及运营提供科学支撑,保障工程安全与生态可持续性。

## 2 复杂地质区水工环综合勘察方法

### 2.1 地质测绘勘察方法

地质测绘勘察方法以实地踏勘为核心,结合遥感与数字技术构建三维地质框架,精准刻画复杂地质区岩性分布、构造形态及空间关系。该方法强调多源数据融合,提升地质信息提取的完整性与可靠性。(1) 地质填图:通过标准图例绘制岩层界线、断层位置及节理发育特征,结合手持GPS定位实现厘米级精度控制;重点标注软弱夹层、风化破碎带等关键地质单元,为工程稳定性评价提供直观依据。(2) 遥感解译:利用高分辨率卫星影像识别线性构造、环形异常及地貌单元,结合光谱分析区分岩性类型与植被覆盖差异;通过影像叠加与三维建模,实现地质体形态的立体化展示,辅助识别潜在地质灾害隐患区域。(3) 数字成图:基于GIS平台整合地质、地形及钻孔数据,生成动态地质剖面与等值线图;通过属性数据库管理岩土参数,实现地质信息的快速查询与空间分析,为工程设计提供智能化决策支持。该方法的实施需注重现场验证与数据更新,确保地质模型的时效性与准确性。通过持续优化测绘流程与技术组合,可有效提升复杂地质区勘察的精细化水平,为水工环综合勘察提供坚实基础。

### 2.2 物探勘察技术方法

物探勘察技术通过物理场探测揭示地下地质结构,在复杂地质区可有效识别隐伏断层、溶洞及岩性界面,为水工环勘察提供关键物性参数。该方法注重多方法协同与数据融合,提升探测结果的可靠性。(1) 地震波探测:利用人工震源激发地震波,通过接收反射信号分析地下岩层的波速、厚度及构造形态;结合三维地震成像技术,可清晰刻画断层破碎带与隐伏构造的空间展布特征,为工程地质评价提供直观依据。(2) 电阻率成像:通过布设电极阵列测量地下电阻率分布,结合反演算法生成二维或三维电阻率模型;该方法可区分含水层与隔水层,识别地下水富集区域及渗漏通道,为水文地质条件分析

提供重要支撑。(3)地质雷达探测:采用高频电磁波扫描地下介质,通过反射信号分析岩体的完整性、裂隙发育程度及潜在空洞;该方法具有高分辨率、快速成像的特点,适用于浅层地质结构的精细探测与实时监测。物探技术的选择需结合具体地质条件与勘察目标,通过方法组合与参数优化实现高效精准探测<sup>[2]</sup>。持续的技术创新与设备升级,将进一步拓展物探在复杂地质区水工环勘察中的应用潜力。

### 2.3 钻探勘察实施方法

钻探勘察是获取地层真实资料、验证地质推断的关键直接技术手段,钻探勘察实施需结合地质条件与工程需求,科学选择钻探设备与工艺,确保岩芯采取率与钻孔质量。该方法强调现场操作规范与数据真实性,为地质结构分析提供直接证据。(1)设备选型:根据岩层硬度、完整性及钻孔深度,合理配置钻机类型与钻头规格。例如硬岩层宜选用金刚石钻头,软岩层可采用合金钻头,确保钻进效率与岩芯完整性。(2)钻进控制:通过调节钻压、转速及冲洗液性能,优化钻进参数组合;实时监测钻进速度与扭矩变化,及时调整操作策略,避免孔内事故发生,保障钻孔垂直度与孔壁稳定。(3)岩芯管理:规范岩芯提取、编号与保存流程,确保岩芯顺序准确、无污染;采用专用岩芯箱分装,标注钻孔编号、深度及岩性描述,为后续室内试验与地质分析提供可靠样本。钻探实施过程中需注重环境保护与安全作业,严格控制废弃物排放与噪声污染。通过标准化操作与质量监控,可有效提升钻探成果的可信度与实用性,为复杂地质区水工环勘察提供坚实支撑。

### 2.4 原位测试与室内试验方法

原位测试与室内试验是验证地质参数可靠性的关键环节,通过直接获取岩土体力学性质与水文特征,为工程设计与安全评估提供科学依据。该方法注重试验条件与实际工况的匹配性,确保成果应用价值。(1)原位测试:采用标准贯入试验、静力触探等方法,直接测定岩土体的强度、变形特性及承载力;通过现场原位监测,可反映岩土体在天然状态下的真实力学行为,避免取样扰动带来的误差影响。(2)室内试验:对采集的岩芯、水样进行物理力学性质测试与化学成分分析;通过三轴压缩试验测定岩土体抗剪强度,通过渗透试验评估岩土体透水性,为水文地质条件评价提供量化指标。(3)参数校准:结合原位测试数据与室内试验结果,建立岩土体参数数据库;通过对比分析与误差修正,确保参数选取的合理性与工程适用性,为数值模拟与工程设计提供精准输入条件。试验实施过程中需严格遵循操作规范,

确保数据采集的准确性与可追溯性<sup>[3]</sup>。通过多方法验证与参数优化,可有效提升复杂地质区水工环勘察成果的科学性与实用性,为工程建设提供可靠技术支撑。

## 3 复杂地质区水工环综合勘察成果分析

### 3.1 水文地质勘察成果分析

水文地质勘察成果分析聚焦地下水系统特征解析,通过多手段数据融合揭示含水层空间分布、动态变化及水质特性,为工程防渗设计与水资源合理利用提供科学支撑;成果强调与地质、环境条件的协同性,确保工程安全与生态可持续性。(1)含水层识别:基于钻探岩芯与物探电阻率成像,划分含水层与隔水层边界,明确各层厚度、埋深及岩性组合特征;通过渗透试验验证岩土体透水性,识别地下水富集区域与潜在渗漏通道。(2)动态监测分析:结合长期水位观测与气象数据,分析地下水补给、径流、排泄规律,评估季节变化与人类活动对地下水动态的影响;通过动态模型预测水位变化趋势,为工程抗浮设计与排水方案优化提供依据。(3)水质评价:通过化学分析测定地下水pH值、矿化度及离子成分,评估水质对混凝土结构、金属材料的腐蚀性;结合生态指标分析水质对周边植被、土壤的影响,为水处理措施与生态保护提供参考。水文地质成果的综合应用可有效指导工程选址、结构与施工方案优化,提升复杂地质区工程建设的科学性与安全性,为水工环综合勘察提供坚实的数据支撑与决策依据。

### 3.2 工程地质勘察成果分析

工程地质勘察成果分析聚焦岩体结构特征与稳定性评价,通过多维度数据整合揭示地质构造对工程的影响规律,为工程设计与风险防控提供精准依据。成果注重与水文、环境条件的关联性,保障工程安全与长期稳定。(1)岩体结构解析:基于地质填图与钻孔数据,分析岩层产状、节理发育密度及断裂构造空间展布;通过裂隙统计与结构面分级,明确岩体完整度与力学性质差异,为边坡支护与基础设计提供结构参数。(2)稳定性评价:采用极限平衡法与数值模拟,评估岩质边坡、基坑开挖的稳定性状态;结合原位监测数据,分析不同工况下的变形特征与潜在失稳模式,为支护方案优化与风险预警提供科学支撑<sup>[4]</sup>。(3)地质灾害识别:通过地质雷达与钻探验证,识别潜在滑坡、崩塌、地面沉降等地质灾害隐患区域;分析灾害成因机制与触发条件,制定针对性防治措施,降低工程建设与运营期间的地质灾害风险。工程地质成果的深度应用可有效提升复杂地质区工程建设的可靠性,通过精细化分析与动态评估,实现工程安全与地质环境保护的双重目标,为水工环综合勘察提供核心支撑。

### 3.3 环境地质勘察成果分析

环境地质勘察成果分析聚焦地质环境与工程活动的相互作用规律,揭示环境地质条件对工程建设的影响路径,为环境影响评价与生态保护提供科学支撑。成果注重与水文、工程地质条件协同分析,保障工程安全与生态可持续性。(1)土壤环境分析:通过土壤采样与实验室测试,评估土壤类型、肥力、污染状况及承载力;分析土壤对地基稳定性、污染物迁移的影响,为场地处理、生态修复及工程选址提供依据,降低土壤环境问题引发的工程风险。(2)生态影响评估:结合植被调查与生物多样性分析,评估工程建设对周边生态系统的影响程度;通过生态敏感性评价,识别生态保护重点区域,制定植被恢复、栖息地保护等措施,实现工程建设与生态保护的平衡发展。(3)环境风险识别:通过地质灾害隐患排查与环境监测,识别潜在环境风险因素,如土壤侵蚀、地下水污染、地表塌陷等;分析风险成因机制与触发条件,制定风险防控预案,保障工程建设与运营期间的环境安全。环境地质成果可有效指导工程环境影响评价与生态保护措施制定,实现工程建设与地质环境保护协调发展,为水工环勘察提供环境维度支撑。

### 3.4 勘察成果综合研判与总结

勘察成果综合研判需整合地质、水文、环境多维度数据,通过系统分析揭示复杂地质区的内在关联规律,为工程决策提供全面支撑。总结阶段注重成果的实用性与前瞻性,确保勘察价值最大化。(1)多源数据融合:采用GIS平台整合地质填图、物探反演、钻探岩芯及环境监测数据,构建三维地质模型与动态数据库;通过空间叠加与属性关联,实现地质特征、水文条件与环境风险的立体化展示。(2)问题导向分析:聚焦工程关键问题,如断

层活动性、地下水渗漏风险、土壤侵蚀敏感性等,开展针对性评估;通过成因机制研究与趋势预测,明确工程建设的潜在挑战与应对方向。(3)决策支持体系:基于综合研判结果,构建分级预警机制与动态调整策略;通过参数优化与方案比选,为工程选址、结构设计、施工组织及环境管理提供科学依据,提升工程建设的适应性与可持续性<sup>[5]</sup>。综合研判与总结的深度实施,可有效提升复杂地质区水工环勘察成果的应用价值,通过系统化分析与前瞻性思考,实现工程安全、生态保护与资源利用的协调统一,为类似地质条件下的勘察工作提供示范性参考。

结束语:未来,需以技术创新为驱动,推动地质雷达、三维地震成像等设备升级,提升隐伏断层与溶洞探测精度;通过极端地质条件模拟实验,拓展勘察技术在高寒、高陡边坡等场景的应用边界。同时,构建“勘察-设计-施工-监测”全生命周期动态反馈机制,实现工程安全、生态保护与资源开发三者的深度协同,为全球复杂地质区可持续发展提供可复制的技术范式与实践路径。

#### 参考文献:

- [1]丁力.富水砂层地质条件下建筑工程深基坑施工技术分析[J].江西建材,2023(12):255-257.
- [2]郭龙龙.复杂地质条件下高层建筑钻孔灌注桩施工技术研究[J].江西建材,2023(06):264-266+269.
- [3]索博学.复杂地质条件下铁路隧道工程施工技术探讨[J].产业科技创新,2023,5(01):52-54.
- [4]唐勤.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用[J].工程建设与设计,2021(14):130-132.
- [5]杨胜波.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用[J].中国金属通报,2020(20):112-115.