

# 复杂地形区水工环地质勘察技术优化与数据解析

张恒

安徽省地质矿产勘查局 327 地质队

DOI:10.32629/gmsm.v8i6.2353

**[摘要]** 复杂地形区(如山地、峡谷、岩溶地貌等)水工环地质勘察面临地形起伏大、地质条件多变、勘察难度高、数据获取精度不足等问题,严重影响工程建设的安全性及经济性。本文针对复杂地形区勘察痛点,系统分析现有勘察技术的应用局限,提出技术优化方案,包括勘察方法组合优化、仪器设备升级适配及勘察流程规范化等;同时构建科学的数据解析体系,实现勘察数据的精准处理、有效挖掘与合理应用。研究结果可为复杂地形区水工环地质勘察工作提供技术支持,提升勘察质量与效率,保障工程地质评价的准确性。

**[关键词]** 复杂地形区; 水工环地质勘察; 技术优化; 数据解析; 工程地质

中图分类号: P51 文献标识码: A

## Optimisation of Hydrogeological, Engineering and Environmental Geological Survey Techniques and Data Analysis in Complex Terrain Areas

Heng Zhang

Anhui Provincial Bureau of Geological and Mineral Exploration, Geological Team 327

**[Abstract]** Hydrogeological and environmental geological surveys in complex terrain areas (such as mountainous regions, gorges, and karst landscapes) face challenges including significant topographical variations, variable geological conditions, high survey difficulty, and insufficient data acquisition accuracy. These issues severely impact the safety and economic viability of engineering projects. This paper addresses the challenges of surveying in complex terrain by systematically analysing the limitations of existing techniques and proposing optimisation strategies. These include combining survey methods, upgrading and adapting instrumentation, and standardising survey procedures. Concurrently, a scientific data analysis framework is established to ensure precise processing, effective extraction, and rational application of survey data. The research findings provide technical support for hydrogeological and environmental geological surveys in complex terrain, enhancing survey quality and efficiency while ensuring the accuracy of engineering geological assessments.

**[Key words]** Complex terrain areas; Hydrogeological and environmental geological surveys; Technical optimisation; Data analysis; Engineering geology

### 引言

水工环地质勘察是工程建设前期的核心工作,其目的是查明勘察区域水文地质、工程地质及环境地质条件,为工程设计、施工及运营提供基础数据。复杂地形区因地形地貌复杂、地质构造发育、生态环境敏感,勘察过程中易出现勘察盲区、数据失真、效率低下等问题,传统勘察技术难以满足高精度、高效益的勘察需求。因此,优化水工环地质勘察技术、完善数据解析方法,对解决复杂地形区勘察难题、降低工程地质风险具有重要现实意义,也是推动水工环地质勘察行业转型升级的关键方向。

### 1 复杂地形区水工环地质勘察现状与问题

#### 1.1 勘察技术适配性不足

复杂地形区地形起伏剧烈、坡体陡峭、交通不便,传统勘察技术存在明显适配性缺陷。目前,多数勘察工作仍依赖地面测绘、钻孔勘探等常规方法,地面测绘受地形限制难以全面覆盖勘察区域,易遗漏隐蔽性地质构造;钻孔勘探需搭建临时作业平台,施工难度大、成本高,且在岩溶发育区、破碎带等复杂地质段易出现塌孔、漏浆问题,导致钻孔质量不佳。同时,现有勘察技术对复杂地形区的特殊地质条件针对性不强,如在高山峡谷区难以实现三维地质体的精准探测,在黄土沟壑区对地下水赋存规律的勘察精度不足,无法全面获取水文、工程、环境地质一体化数据,影响勘察成果的完整性。

#### 1.2 勘察数据获取精度偏低

复杂地形区地质条件多变,岩土体结构复杂、不均质性强,加之气候条件恶劣(如暴雨、强风等),导致勘察数据获取精度难以保障。一方面,常规勘察仪器在复杂地形下的稳定性不足,如地震仪在陡坡区易受地形振动干扰,测井仪器在破碎带易出现信号衰减,导致数据采集过程中误差较大;另一方面,勘察作业流程缺乏针对性规范,部分勘察单位为缩短工期、降低成本,简化勘察工序,减少勘探点密度,导致数据样本不足,无法准确反映区域地质条件的空间变化规律。此外,复杂地形区的生态环境敏感,部分区域限制大规模勘察作业,进一步加剧了数据获取的难度,造成勘察数据碎片化、不连续。

### 1.3 数据处理与应用效率低下

复杂地形区水工环地质勘察涉及水文、工程、环境等多领域数据,数据类型多样、体量庞大,但当前数据处理与应用环节存在明显短板。多数勘察单位仍采用传统数据处理方法,依赖人工整理、分析数据,效率低下且易出现人为误差;缺乏专业的数据整合平台,不同勘察技术获取的数据格式不统一,难以实现数据的有效融合与共享;数据解析深度不足,仅停留在基础数据的统计分析层面,未能挖掘数据背后隐藏的地质规律,如地下水动态变化与地质构造的关联性、岩土体稳定性与地形地貌的耦合关系等。同时,勘察数据与工程设计、施工的衔接不足,数据应用转化率低,无法充分发挥勘察成果的支撑作用。

## 2 复杂地形区水工环地质勘察技术优化方案

### 2.1 勘察方法组合优化

针对复杂地形区的地形特点与地质条件,构建“空中-地面-地下”三位一体的勘察方法组合体系,实现勘察区域的全方位、立体化探测。空中勘察采用无人机航测技术,结合高分辨率遥感影像,快速获取区域地形地貌、植被覆盖及地质构造宏观信息,精准划定勘察重点区域,减少地面测绘盲区;对于高山峡谷、岩溶发育区等地面作业难度大的区域,采用无人机搭载地质雷达、磁法仪器等设备,实现非接触式探测,提升勘察效率。地面勘察以高精度地面测绘为基础,结合地质雷达、高密度电法等地球物理勘探技术,重点探测岩土体分布、破碎带位置及地下水露头情况;针对特殊地质段,采用跨孔CT、瑞利波勘探等技术,弥补常规勘探方法的不足。地下勘察优化钻孔布局,基于空中与地面勘察成果,科学设置勘探孔位置与深度,减少盲目钻孔;在破碎带、岩溶区采用跟管钻进技术,避免塌孔、漏浆问题,提升钻孔质量;同时,结合测井技术(如声波测井、电阻率测井),获取地下岩土体物理力学参数、地下水水位及水质等精准数据。通过多方法协同勘察,实现宏观与微观、平面与立体的地质信息互补,提升勘察成果的完整性与准确性。

### 2.2 勘察仪器设备升级适配

结合复杂地形区的勘察需求,升级适配性强、精度高、稳定性好的勘察仪器设备,为勘察工作提供技术保障。一是优化地球物理勘探仪器,选用轻便化、小型化的地质雷达、高密度电法仪等设备,便于在陡坡、狭窄区域搬运与作业;升级仪器信号处理系统,增强抗干扰能力,减少地形、气候因素对数据采集的影响,

如采用多通道地震仪,提升复杂地质构造的探测精度。二是改进钻孔勘探设备,推广使用小型化钻机、跟管钻进设备,降低复杂地形下的施工难度;配备孔内成像仪、超声波测井仪等先进测井设备,实现地下地质体的可视化探测,精准识别岩土体结构、破碎带及岩溶发育情况。三是引入智能化勘察设备,如无人值守监测站、便携式水质检测仪等,实现地下水水位、水质、岩土体变形等数据的实时采集与传输,减少人工干预,提升数据获取的及时性与准确性。同时,建立仪器设备定期校准、维护机制,确保设备始终处于良好工作状态,保障勘察数据的可靠性。

### 2.3 勘察流程规范化构建

建立适配复杂地形区的水工环地质勘察规范化流程,从前期准备、现场作业到后期成果整理,实现全流程标准化管控。前期准备阶段,开展详细的资料收集工作,整合区域地质、水文、地形等已有资料,结合无人机航测成果,编制针对性的勘察方案,明确勘察范围、重点区域、技术方法及质量控制标准;同时,开展现场踏勘,排查勘察区域的安全隐患,制定应急预案,保障勘察作业安全。现场作业阶段,严格按照勘察方案执行,规范勘察工序,如地面测绘需遵循“由点到线、由线到面”的原则,确保测绘数据的连续性;钻孔勘探需做好钻进记录,及时处理塌孔、漏浆等问题,保障钻孔质量;数据采集过程中,严格执行仪器操作规范,做好数据记录与备份,避免数据丢失。后期成果整理阶段,明确数据整理、分析的标准流程,对不同类型、不同格式的勘察数据进行统一规范化处理,剔除异常数据;加强勘察成果的审核与验收,组织专业技术人员对勘察报告、数据资料进行全面审核,确保勘察成果符合相关规范要求。通过流程规范化,提升勘察工作的有序性,减少人为误差,保障勘察质量。

## 3 复杂地形区水工环地质勘察数据解析体系构建

### 3.1 数据预处理与整合

构建科学的数据预处理流程,实现勘察数据的净化、标准化与整合,为后续解析工作奠定基础。首先,开展数据净化处理,采用统计分析、异常值检测等方法,识别并剔除因仪器故障、操作失误、环境干扰导致的异常数据;针对缺失数据,结合区域地质条件与相邻勘探点数据,采用插值法、回归分析等方法进行补充,确保数据的完整性。其次,进行数据标准化处理,建立统一的数据格式与编码标准,将不同勘察技术获取的水文、工程、环境地质数据(如岩土体物理力学参数、地下水水位、水质指标等)进行规范化转换,消除数据格式差异带来的整合难题。最后,搭建数据整合平台,利用地理信息系统(GIS)技术,将预处理后的勘察数据与地形地貌、地质构造等空间信息进行关联整合,构建三维地质数据模型,实现勘察数据的可视化管理与查询,为数据解析提供直观的数据支撑。通过数据预处理与整合,提升数据质量,实现多源数据的有效融合。

### 3.2 数据深度解析方法

结合复杂地形区的地质特点,采用多维度、多层次的数据解析方法,挖掘勘察数据背后的地质规律。一是采用空间分析方法,基于GIS技术,对勘察数据进行空间插值、叠加分析、缓冲区分

析等,揭示岩土体分布、地下水赋存、地质构造发育的空间规律,明确地质条件的空间变化特征;如通过空间插值分析,精准绘制地下水水位等值线图,为地下水合理开发利用提供依据。二是采用数值模拟方法,结合有限元、有限差分等数值计算技术,构建水文地质、工程地质数值模型,模拟地下水运动、岩土体变形等地质过程,预测地质灾害发生风险;如针对边坡工程,通过数值模拟分析边坡稳定性,为边坡防护设计提供技术支持。三是采用多源数据融合解析方法,整合遥感、地球物理勘探、钻孔勘探等多源数据,构建多维度地质信息模型,实现地质条件的综合评价;如结合遥感影像与地质雷达数据,精准识别岩溶发育区的分布范围与发育程度。通过多方法协同解析,提升数据解析的深度与精度,为工程地质评价提供科学依据。

### 3.3 数据应用转化路径

建立勘察数据与工程实践的精准对接机制,拓宽数据应用转化路径,充分发挥勘察成果的支撑作用。一是构建工程地质评价指标体系,基于解析后的勘察数据,选取岩土体强度、地下水水位、地质构造稳定性等关键指标,建立量化评价模型,对勘察区域的工程地质条件进行综合评价,明确工程建设的适宜性与风险等级。二是为工程设计提供精准数据支撑,将解析后的岩土体物理力学参数、地下水动态变化规律等数据,直接应用于工程基础设计、边坡防护设计、地下水防治设计等环节,优化工程设计方案,降低工程建设成本;如根据岩土体承载力数据,合理确定基础类型与埋深。三是为工程施工与运营提供动态监测依据,基于勘察数据构建地质灾害动态监测体系,实时监测地下水水位、岩土体变形等指标,及时预警地质灾害风险,保障工程施工与运营安全。同时,建立勘察数据共享平台,实现勘察单位、设计单位、施工单位的数据共享与协同作业,提升工程建设效率。通过多路径数据应用转化,实现勘察数据的价值最大化。

## 4 结论

复杂地形区水工环地质勘察面临技术适配性不足、数据精度偏低、处理效率低下等问题,严重制约勘察质量与工程建设安全性。本文提出的“空中-地面-地下”三位一体勘察方法组合、仪器设备升级适配及勘察流程规范化等技术优化方案,可有效提升复杂地形区勘察技术的适配性与勘察数据精度;构建的数据预处理与整合、深度解析及应用转化体系,实现了多源勘察数据的高效处理与深度挖掘,提升了数据应用价值。实践表明,优化后的勘察技术与数据解析体系,能够全面查明复杂地形区的水工环地质条件,为工程建设提供精准、全面的地质数据支撑,降低工程地质风险。未来,应进一步推动智能化、数字化技术在勘察工作中的应用,如引入人工智能、大数据技术,提升勘察技术与数据解析的智能化水平,推动复杂地形区水工环地质勘察行业高质量发展。

### [参考文献]

- [1]周结文.岩土技术在水工环地质勘察中的创新应用[J].中国金属通报,2025,(11):210-212.
- [2]潘军,严佐蒙,闫宇,等.水工环地质勘察技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].中国金属通报,2025,(08):198-200.
- [3]吕吉鹏.水工环地质勘察及遥感技术在地质工作中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(16):184-186.
- [4]李成.水工环地质勘察技术及应用范围[J].江苏建材,2025,(01):91-92.
- [5]屈梦娜.水工环地质勘察工作中的技术要点探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(33):167-169.

### 作者简介:

张恒(1995--),男,汉族,安徽阜阳人,助理工程师,硕士,研究方向:水工环地质。