

# 地质勘察技术在地质工程中的创新与应用

范本峰

新疆维吾尔自治区地质局乌鲁木齐地质大队 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐 830009

**摘要:** 本文阐述地质勘察技术在地质工程各阶段的重要性,指出智能化探测、数字化建模与可视化、精细化测试与动态监测是核心创新方向。介绍其在复杂地形、工程手段选择、地质灾害防治中的应用路径,分析技术应用中的适配性、协作性等问题,提出优化策略,并展望未来朝着智能化、集成化、数字孪生方向发展。

**关键词:** 地质勘察技术;地质工程中;创新;应用

引言:地质工程的高质量建设离不开精准的地质勘察。地质勘察技术贯穿工程全流程,是保障施工安全的关键。随着技术发展,创新方向不断涌现,在复杂地形、工程手段选择、地质灾害防治等领域广泛应用。然而,技术应用中存在适配性不足、协同性差等问题。深入探讨其重要性、创新方向、应用路径、问题与策略及未来走向,对推动地质勘察技术发展、提升地质工程水平意义重大。

## 1 地质勘察技术在地质工程中的重要性

地质勘察技术作为地质工程全流程精细化管理的关键支撑,其重要性深度渗透于工程建设的各个阶段,发挥着不可替代的基础性作用。(1)在工程选区阶段,地质勘察技术犹如“地质侦探”,综合运用地球物理勘探、地质测绘、钻探取样等手段,精准识别区域内的地质灾害隐患,如滑坡、泥石流、地震断裂带等的分布范围与活动特征,同时详细查明不良地质体,如软土、岩溶、采空区等的空间展布规律。这些详实的数据为工程选区提供了科学依据,助力规避高风险区域,筛选出地质条件优越、稳定性良好的最优建设场地,从源头上降低工程建设的潜在风险。(2)进入工程设计阶段,勘察所获取的地质参数是设计方案的“基石”。岩石的承载力决定了基础的承载能力与埋置深度,岩石的抗压强度影响着结构的设计强度与稳定性,地下水埋深则关乎地下结构的防水设计与施工排水方案。依据这些精准的地质参数,能够科学确定基础形式、结构尺寸以及施工工艺,确保设计方案既满足工程安全要求,又具备经济合理性。(3)施工阶段,实时地质勘察技术如同“安全卫士”,通过动态监测地质条件的变化,及时发现施工引发的地质扰动,如露天矿采坑的开挖导致的土体变形、隧道掘进引发的地层沉降等。依据监测结果,可及时调整施工方案,采取针对性的加固措施,有效规避施工风险。(4)在工程运维阶段,长期的地质勘察监测数据是工程健康状况的“体

检报告”,能够精准预判地质体的变形趋势,为工程病害防治、加固维修提供科学指导,保障工程长期安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

## 2 地质勘察技术的核心创新方向

### 2.1 智能化探测技术创新

智能化探测技术是地质勘察技术创新的核心方向,其核心特征是通过自动化、智能化设备替代传统人工探测,提升探测精度与效率。一方面,高精度传感器技术的突破为智能化探测提供了基础支撑,新型传感器具备更高的灵敏度与稳定性,能够精准捕捉地质体的微小物理参数变化,如高精度重力传感器、电磁传感器可实现对地下隐伏构造的精准定位,超声波传感器可精准检测岩土体的完整性。另一方面,智能探测设备的集成化发展显著提升了勘察效率,如智能化钻探设备融合了自动定位、实时数据采集、远程操控等功能,能够在复杂地形条件下实现连续钻探与数据记录,减少人工干预带来的误差;无人机航空勘察系统搭载高分辨率遥感设备、激光雷达设备,可快速完成大范围区域的地形地貌勘察,实现对偏远区域、危险区域的安全勘察。

### 2.2 数字化建模与可视化技术创新

数字化建模与可视化技术的创新推动地质勘察成果从“抽象数据”向“直观模型”转变,提升了数据解读与应用效率。三维地质建模技术通过整合多源勘察数据(如钻探数据、物探数据、遥感数据),利用专业建模软件构建三维地质体模型,能够清晰呈现地下地质结构的分布特征,如断层、溶洞、地层界面的空间位置与形态关系。可视化技术则通过虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术,将三维地质模型与工程设计模型融合,实现地质条件与工程结构的直观叠加展示,帮助设计人员、施工人员更精准地把握地质与工程的相互作用关系。此外,数字化建模技术具备动态更新功能,可根据后续勘察获取的新数据实时修正模型,提升模型的时效性与

准确性，为工程全阶段提供动态地质数据支撑<sup>[2]</sup>。

### 2.3 精细化测试与动态监测技术创新

精细化测试与动态监测技术的创新聚焦于提升地质参数获取的精度与实时性，满足复杂地质工程的精细化管控需求。在精细化测试方面，新型测试技术突破了传统测试方法的局限性，如非扰动取样测试技术能够最大程度保留岩石体的原始物理状态，提升岩石体物理力学参数测试的准确性；微观测试技术（如扫描电子显微镜测试、X射线衍射测试）可深入分析岩石体的微观结构与矿物成分，揭示地质体的变形破坏机理。在动态监测方面，实时监测系统的构建实现了对地质条件变化的全程追踪，如基于物联网的地质变形监测系统通过部署大量监测终端，实时采集边坡位移、岩石体沉降、地下水位等数据，经无线传输网络汇总至数据中心，结合数据处理算法实现风险预警；光纤传感监测技术凭借其高灵敏度、长距离监测的优势，可实现对隧道、露天采坑等工程周边地质体变形的连续监测。

## 3 地质勘察创新技术在地质工程中的应用路径

### 3.1 复杂地形与不良地质体勘察中的应用

在山地、高原等复杂地形区域开展地质工程时，传统勘察方式面临效率低、安全性差等难题。而无人机航空勘察与智能化钻探技术的组合应用，为解决这些问题提供了有效途径。无人机搭载激光雷达设备，能快速获取地形高程数据，构建高精度的数字高程模型，清晰呈现地形起伏特征，为工程选区和路线规划提供可靠的基础数据，大幅提高前期规划的科学性。智能化钻探设备则在复杂地形中实现自动化钻探作业，降低人工搬运设备的难度与风险，同时实时采集钻探数据，精准识别地层分布情况。在岩溶发育区、断层破碎带等不良地质体勘察中，高精度电磁探测技术可精准探测地下介质的电性差异，结合三维地质建模技术，能直观呈现不良地质体的空间范围和发育程度。再通过精细化测试技术获取其物理力学参数，为制定科学合理的工程加固方案提供核心依据，保障地质工程的安全性与稳定性<sup>[3]</sup>。

### 3.2 工程手段的选择与基础勘察中的应用

在高层建筑、大型桥梁、水利枢纽等大型工程的工程手段选择与基础勘察工作中，数字化建模与动态监测技术发挥着至关重要的作用，为保障基础工程的安全性与稳定性奠定了坚实基础。（1）在勘察前期，借助先进的勘察手段获取钻探、物探、测试等多源数据，并运用数字化技术将其整合，构建出精准的三维地质模型。该模型能够直观且清晰地呈现岩石持力层的分布状况、软弱夹层的具体位置等关键信息。基于这些详细信息，工程师

可以科学合理地选择基础形式，例如根据地质条件确定采用桩基础还是筏板基础，并精准设计基础尺寸，确保基础能够稳固支撑上部结构。（2）在基础施工阶段，动态监测系统持续实时监测地基沉降情况以及基坑周边地质体的变形情况。通过及时反馈施工对地质环境产生的影响，为施工参数的调整提供科学依据，有效避免因地基不均匀沉降而引发的各类工程病害。此外，精细化测试技术获取的地基岩土体参数，可进一步优化基础承载力计算，在保证安全的前提下，提升基础设计的经济性与合理性。

### 3.3 地质灾害防治工程中的应用

在边坡滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害防治工程领域，创新地质勘察技术的应用为灾害的有效防控提供了坚实保障，达成了灾害隐患的精准识别与动态管控。（1）在前期隐患排查环节，无人机遥感勘察凭借其大范围、高效率的优势，结合高精度物探技术对地下地质结构的深度探测，能够快速且全面地排查区域内的地质灾害隐患点。精准明确隐患点的分布范围、规模大小以及所处的发育阶段，为后续防治工作提供基础数据。借助三维地质建模技术构建灾害体地质模型，可直观呈现灾害体的空间形态与内部结构，深入分析其稳定性状况，进而科学预判灾害发生的风险概率与可能的影响范围。（2）在灾害防治施工与运维阶段，动态监测系统持续对灾害体变形情况以及周边环境参数变化进行监测，实时反馈防治工程的实施效果。结合先进的数据处理算法，实现灾害风险等级的精准评估与及时预警，为应急处置争取宝贵时间。同时，精细化测试技术深入剖析灾害体的变形破坏机理，为优化防治工程设计方案提供理论依据，切实提升灾害治理效果。

## 4 地质勘察创新技术应用中的问题与优化策略

### 4.1 技术应用中的核心问题

当前地质勘察创新技术在应用过程中仍存在诸多问题，制约了技术优势的充分发挥。（1）技术适配性不足，部分创新技术是基于特定地质条件研发的，在不同区域、不同类型的地质工程中应用时，缺乏针对性的调整，导致勘察精度下降；（2）多技术协同性差，各类创新技术往往独立应用，数据格式不统一、数据传输存在壁垒，难以实现数据的有效融合与协同分析；（3）技术应用成本较高，新型勘察设备与软件的购置、技术人员的培训等需要大量资金投入，限制了中小规模地质工程对创新技术的应用；（4）技术人员专业能力不足，创新技术的应用需要具备跨学科知识的复合型人才，现有人员往往缺乏对新技术、新设备的熟练操作能力，影响技术应用效果<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 技术应用优化策略

(1) 推进技术适配性优化: 针对不同地质条件与工程类型, 开展创新技术的适配性研究, 建立技术应用指南。根据区域地质特征调整探测设备参数与测试方法, 如在软土地区优化电磁探测技术的频率参数, 提升探测精度; 结合工程需求筛选核心勘察指标, 针对性选择创新技术组合, 避免技术应用的盲目性。加强技术应用前的试验验证, 在工程勘察前期选取典型区域进行技术试点, 根据试点结果优化技术方案, 提升技术应用的针对性与有效性。(2) 构建多技术协同应用体系: 建立统一的数据标准与接口规范, 实现不同创新技术间的数据互通与共享。搭建一体化勘察数据平台, 整合无人机勘察、物探、钻探、测试等多源数据, 采用数据融合算法对多类型数据进行协同分析, 提升数据解读的准确性。推进“探测-测试-建模-监测”全流程技术协同, 将勘察数据实时接入三维地质模型, 结合动态监测数据实现模型的动态更新, 为工程全阶段提供连贯的地质数据支撑。(3) 降低技术应用成本与提升普及性: 加强创新技术与设备的国产化研发, 降低设备购置成本; 推进勘察技术的模块化发展, 根据工程规模与需求选择相应的技术模块, 避免过度投入。搭建技术共享平台, 鼓励大型勘察企业与科研机构开放技术资源, 为中小规模勘察单位提供技术服务与设备租赁服务, 提升创新技术的普及性。加强技术培训与人才培养, 构建多元化的培训体系, 提升现有技术人员对创新技术的操作与应用能力; 推动高校与企业合作, 培养具备跨学科知识的复合型人才, 为技术应用提供人才支撑。

#### 4.3 技术应用的未来发展方向

未来, 地质勘察技术的创新与应用将朝着智能化、集成化、智能化方向进一步发展。在智能化方面, 人工智能算法将深度融入勘察数据处理过程, 实现地质体自动

识别、参数智能反演与风险自动预警, 提升勘察决策的智能化水平; 在集成化方面, 多技术、多设备的集成融合将进一步深化, 形成“空-天-地-地下”一体化勘察体系, 实现对地质条件的全方位、立体化探测; 在智能化方面, 随着数字孪生技术的发展, 将构建地质工程数字孪生体, 整合勘察、设计、施工、运维全阶段数据, 实现地质条件与工程状态的实时映射与协同管控, 为地质工程的智能化管理提供核心支撑<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

地质勘察技术对地质工程全流程意义重大, 其创新方向涵盖智能化探测、数字化建模与可视化、精细化测试与动态监测等方面。在复杂地形、施工手段选择、地质灾害防治等领域的应用成效显著。然而, 当前技术应用存在适配性、协同性、成本及人员能力等问题。通过推进技术适配性优化、构建多技术协同体系、降低成本与提升普及性等策略可有效解决。未来, 随着智能化、集成化、数字孪生等技术的发展, 地质勘察技术将实现更高水平的创新突破, 为地质工程提供更精准、高效、智能的支撑, 推动地质工程行业迈向新的发展高度。

#### 参考文献

- [1]刘蕾,赵勇.地下水位监测技术在地质工程中的应用[J].水资源与水工程学报,2023,34(5):56-62.
- [2]陈华,李明.激光雷达技术在岩土工程中的应用研究[J].岩石力学与工程学报,2023,42(7):112-118.
- [3]敖文飞.GPS技术在地质工程勘察测绘中的应用[J].全面腐蚀控制,2025,39(02):28-30.
- [4]李海滨.岩土矿山工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用[J].当代化工研究,2024,(02):92-94.
- [5]刘鹏,胡瑾宇.GPS技术在地质工程勘察测绘中的应用探讨[J].内蒙古煤炭经济,2022,(24):184-186.