

数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析

张步峰

浙江华东岩土勘察设计院有限公司 浙江 杭州 310030

摘要：岩土工程勘察是工程建设基础，其成果质量直接关系到工程质量、安全与造价。随着数字化技术的快速发展，传统勘察模式局限性愈发明显，因此，岩土工程勘察数字化转型已成必然。本文先梳理了数字化技术的定义、类型与发展趋势，再重点分析其在勘察前期准备、野外数据采集、室内数据处理分析及成果表达交付全流程的应用。同时剖析了数字化技术在岩土工程勘察中应用面临的问题与挑战，并提出相应对策。研究表明，数字化技术能显著提升勘察效率、勘察精度与成果利用率，可以有力支撑岩土工程勘察行业高质量发展，同时对工程建设数字化转型也意义重大。

关键词：数字化技术；岩土工程勘察；应用分析

引言：岩土工程勘察是工程建设的“先行军”，负责查明场地工程地质条件、水文地质条件、分析场地岩土层分布特征与力学性能、为设计提供相关地基土的物理力学性能参数，最终提供严谨、科学、合理的工程勘察成果。传统勘察模式主要依靠人工操作，存在数据采集精度低、处理效率低、时效性差、成果表达单一、信息共享难等问题，无法满足现代大型工程需求。数字化技术凭借精准、高效、协同等优势，为行业突破瓶颈提供新路径。近年来，大数据等数字化技术融入勘察各环节，推动勘察模式转型。本文深入分析其应用现状、问题与对策，为行业数字化转型提供参考，提升我国岩土工程勘察水平。

1 数字化技术概述

1.1 数字化技术的定义

数字化技术是指以计算机技术为核心，将各类信息（如文字、图像、数据、视频、声音等）转化为数字信号，通过数字设备进行采集、传输、存储、处理与应用的一系列技术的总称。其核心本质是实现信息的数字化表达与智能化处理，打破传统信息传递与处理的时空限制，提升信息利用效率与价值。在工程领域，数字化技术强调通过数据驱动实现工程全生命周期的精准管控，通过整合多源数据、构建数字模型、开展模拟分析等方式，为工程决策提供科学依据。与传统技术相比，数字化技术具有信息处理高效化、数据传输实时化、成果表达可视化、决策支持智能化等显著特征，已成为推动各行业转型升级的核心动力^[1]。

1.2 常见的数字化技术类型

适用于岩土工程勘察领域的常见数字化技术主要包括四类。一是数据采集类技术，如全球定位系统

（GPS）、北斗卫星导航系统、无人机航测技术、地质雷达探测技术、传感器网络技术，可实现勘察数据的精准、快速采集；二是数据处理与分析类技术，涵盖地理信息系统（GIS）、大数据分析技术、数值模拟技术等，能够对海量勘察数据进行高效处理、深度挖掘与模拟分析；三是可视化与建模类技术，包括三维地质建模技术、BIM（建筑信息模型）技术、虚拟现实（VR）/增强现实（AR）技术，可实现地质条件的可视化呈现与虚拟仿真；四是协同与管理类技术，如云计算技术、区块链技术、协同办公平台等，助力勘察全流程的协同作业与数据安全。

1.3 数字化技术的发展趋势

当前数字化技术正朝着智能化、集成化、协同化、轻量化方向快速发展。智能化方面，人工智能（AI）与机器学习技术深度融合数据处理环节，实现地质异常的自动识别、勘察数据的智能校验与勘察成果的智能预判，大幅降低人工干预；集成化方面，各类数字化技术从独立应用逐步走向融合，如GPS+GIS+BIM技术的协同应用，实现勘察、设计、施工全流程数据贯通；协同化方面，基于云计算与大数据平台，构建跨地域、跨部门的协同作业体系，实现勘察数据的实时共享与远程协作；轻量化方面，随着移动终端技术的升级，轻量化数据采集设备、便携式分析工具与移动办公软件广泛应用，大幅提升野外勘察的便捷性与灵活性。未来，数字化技术将进一步与岩土工程勘察深度融合，推动行业向智能勘察、绿色勘察方向发展。

2 数字化技术在岩土工程勘察各环节的应用

2.1 勘察前期准备阶段

数字化技术在勘察前期准备阶段的应用，核心是提

升前期规划的科学性与精准性。利用GIS技术整合区域地质资料、地形地貌数据、水文气象数据、交通规划数据等多源信息,构建区域综合地质信息数据库,通过空间分析功能明确勘察重点区域与风险点,为勘察方案制定提供数据支撑;借助无人机航测技术快速获取勘察场地的高分辨率影像与地形数据,生成数字化地形图、高程模型,精准划分勘察区域边界,优化勘察孔位布置方案,避免孔位布置不合理导致的勘察遗漏或重复^[2]。通过BIM技术构建场地初步数字模型,结合工程建设需求模拟勘察流程,预判勘察过程中可能面临的技术难题,提前制定应对措施,大幅提升勘察方案的可行性与经济性。

2.2 野外数据采集阶段

野外数据采集是岩土工程勘察的核心环节,数字化技术的应用彻底改变了传统人工采集模式。采用集成GPS/北斗定位功能的便携式数据采集终端,可实现勘察孔位的精准定位,定位精度达厘米级,同时自动记录孔位坐标、高程等基础信息,避免人工记录误差。利用地质雷达、地震波探测等地球物理数字化探测技术,可快速探测地下空洞、岩土体分布、隐伏断层、地下水等地质条件,实现非接触式、大范围勘察,弥补传统钻探取样的局限性。通过传感器网络技术实时采集钻探过程中的钻速、钻压、返浆量等数据,结合现场原位试验数据录入终端,实现数据的实时传输与同步存储,避免数据丢失或人为篡改。目前,部分先进企业已引入自动化钻探设备,通过远程控制实现钻探与数据采集的自动化作业,大幅提升采集效率与安全性。

2.3 室内数据处理与分析阶段

室内数据处理与分析是提升勘察成果质量的关键,数字化技术显著提升了该环节的效率与精度。利用专业数据处理软件对野外采集的原始数据进行标准化处理,自动完成数据校验、异常值剔除、格式转换等操作,将分散的钻探数据、试验数据、物探数据整合为结构化数据库。借助大数据分析技术对多源数据进行深度挖掘,分析岩土体物理力学性质与地质条件的关联规律,实现地质参数的精准拟合。采用数值模拟技术(如FLAC3D、ABAQUS等)构建三维地质模型,模拟不同工况下岩土体的变形与稳定性,为工程设计提供科学的计算依据。此外,人工智能技术逐步应用于地质分层自动识别和勘察报告章节编写,通过训练机器学习模型,实现基于钻探数据与物探数据的智能分层,不仅可以大幅降低人工分层的主观性与误差,同时可生成准确的勘察报告章节。

2.4 勘察成果表达与交付阶段

数字化技术推动勘察成果表达与交付从传统纸质报

告向数字化、可视化、智能化转型。基于GIS与BIM技术构建三维可视化地质模型,多角度直观呈现地下岩土层的分布规律、地质构造的发育情况、地下水的赋存条件、不良地质体的空间分布等信息,替代传统二维工程地质剖面图与钻孔综合柱状图,便于设计人员直观理解场地工程地质条件。利用VR/AR技术将三维地质模型与工程设计模型融合,实现地质条件的虚拟仿真展示,可直观预判工程设计与地质条件的适配性。采用数字化交付平台实现勘察成果的线上交付与共享,成果形式包括数字化报告、三维地质模型、数据库等,支持设计、施工、监理等多方人员在线查阅、批注与协同修改,实现信息的高效流转。部分地区已推行勘察成果数字化备案制度,通过统一的数字化平台实现成果备案与监管,提升行业管理水平。

3 数字化技术应用面临的问题与挑战

3.1 技术层面的问题

技术层面的问题是制约数字化技术应用的核心瓶颈,一是技术适配性不足,现有数字化技术多起源于其他行业,针对岩土工程勘察的特殊性定制化开发不足,部分技术(如智能地质分层)在复杂地质条件下的精准度难以满足需求。二是数据标准不统一,不同勘察单位采用的数据源、数据格式、采集设备存在差异,导致数据难以互通共享,形成“数据孤岛”,制约多源数据融合分析。三是核心技术自主化程度低,部分高端数字化设备(如自动化钻探设备、高精度传感器)与核心软件依赖进口,不仅增加应用成本,还存在技术垄断与安全风险^[3]。

3.2 人才层面的问题

人才短缺是数字化技术推广应用的重要障碍,一方面,缺乏复合型专业人才,现有勘察从业人员多具备扎实的地质、勘察专业知识,但缺乏数字化技术开发与应用能力,而数字化技术开发人才又不熟悉岩土工程勘察业务,难以实现数字化技术与勘察业务需求的深度契合。另一方面,人才培养体系滞后,高校岩土工程专业课程设置仍以传统工程地质、水文地质、岩土工程勘察知识为主,数字化技术相关课程占比不足,难以满足行业对数字化人才的需求。

3.3 管理层面的问题

管理层面的不完善进一步阻碍了数字化技术的应用,行业监管体系不健全,缺乏针对数字化勘察成果的质量评估标准与监管机制,数字化成果的真实性、准确性难以保障,部分企业存在“重形式、轻质量”的数字化建设现象。企业管理模式滞后,多数勘察企业仍沿用

传统管理模式，未建立适配数字化转型的组织架构与管理制度，数字化技术应用缺乏顶层设计与统筹规划，导致技术应用碎片化；成本投入压力大，数字化技术应用需要购置高端设备、开发专业软件、开展人才培养，前期投入较高，中小勘察企业资金实力有限，难以承担相关成本；数据安全管理体系薄弱，勘察数据涉及工程核心信息与场地地质秘密，部分企业缺乏完善的数据安全防护体系，存在数据泄露风险。

4 促进数字化技术在岩土工程勘察中应用的对策

4.1 技术创新与研发对策

强化技术创新与研发是突破技术瓶颈的核心，一方面，加大自主研发投入，鼓励企业与高校、科研院所合作，针对岩土工程勘察的特殊性开展定制化技术研发，重点突破智能地质分层、多源数据融合、三维地质建模等核心技术，提升技术适配性。另一方面，推动技术集成与国产化替代，整合现有数字化技术，构建一体化数字化勘察技术体系；加大对高端数字化设备与核心软件的国产化研发支持，降低对进口技术的依赖。

4.2 人才培养与引进对策

构建完善的人才培养与引进体系，破解人才短缺难题。优化岩土工程专业课程设置，增加数字化技术相关课程（如GIS应用、三维建模、大数据分析等），开展校企合作共建实训基地，提升学生的实践能力；建立系统的内部培训机制，定期组织从业人员参加数字化技术培训，邀请行业专家开展专题讲座，提升现有人才的数字化技能；同时，加大高端人才引进力度，优化薪酬待遇与职业发展通道，吸引具备岩土工程专业背景与数字化技术能力的复合型人才；搭建人才交流平台，开展数字化技术技能竞赛，营造重视人才、培育人才的良好氛围。

4.3 标准规范制定与管理对策

完善标准规范与管理体系，为数字化技术应用提供制度保障。行业主管部门应加快制定数字化勘察相关标准规范，明确数据采集、处理、分析、成果交付的技术标准，统一数据格式与接口规范，打破数据共享壁

垒；建立数字化勘察成果质量评估体系与监管机制，采用信息化手段实现对勘察全流程的动态监管，保障成果质量。企业应优化管理模式，建立适配数字化转型的组织架构与管理制度，加强数字化建设的顶层设计，统筹推进技术应用与流程优化；合理规划成本投入，采用分步实施、梯度推进的方式开展数字化建设，降低投入压力；强化数据安全管理体系，建立数据加密、访问控制、备份恢复等安全防护体系，防范数据安全风险。

4.4 行业合作与交流对策

加强行业合作与交流，营造协同发展的良好环境。搭建行业数字化技术交流平台，定期组织召开学术研讨会、技术论坛，分享数字化技术应用经验与创新成果，促进技术互补与协同发展。推动企业间的合作共赢，鼓励大型勘察企业开放数字化技术与平台资源，帮扶中小勘察企业开展数字化转型，提升行业整体数字化水平。加强国际合作与交流，引进国际先进数字化技术与管理经验，结合我国岩土工程勘察实际情况进行消化吸收与创新，推动我国勘察行业数字化技术走向国际化。

结束语

数字化技术为岩土工程勘察行业带来革命性变革，其在勘察全环节的应用显著提升了勘察效率、精度与成果质量，为工程建设的安全与高效提供有力支撑。未来，勘察企业应主动拥抱数字化变革，加强技术研发与人才培养，完善管理体系；行业各方应加强合作与交流，协同推动数字化技术的深度应用。相信通过各方努力，我国岩土工程勘察行业将逐步实现智能化、绿色化发展，为我国工程建设事业高质量发展贡献更大力量。

参考文献

- [1]张富民,刘丽君.数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].建筑技术开发,2020,47(24):66-67.
- [2]欧阳军晖.数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2023(6):61-63.
- [3]张士全.数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].电脑应用文粹,2024(9):103-105.