数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析

龚雪¹ 郝云飞²

1. 雄安城市规划设计研究院有限公司 河北 雄安 071700

2. 北京市勘察设计研究院有限公司 北京 100080

摘要: 本文深入探讨了数字化技术在岩土工程勘察中的全方位应用。开篇阐述了岩土工程勘察的重要性及面临的挑战,引出数字化技术革新的必要性。详细介绍了大数据、云计算、物联网、数字化测绘、数值模型、三维地质模型构建以及数据库管理分析等数字化手段。同时,深入剖析了当前数字化应用过程中存在的问题,并针对性地提出了解决策略。旨在为推动岩土工程勘察行业数字化转型提供理论依据与实践指导。

关键词: 数字化技术; 岩土工程勘察; 应用

引言: 岩土工程勘察作为工程建设的先行军,肩负着为项目规划、设计、施工提供精准地质资料的重任。其成果质量直接关联到工程的安全、稳定与经济可行性。传统岩土工程勘察手段,虽历经长期实践积累,但在当今快速发展的工程建设需求下,暴露出效率低下、精度受限、数据处理繁琐等诸多弊端。随着信息技术的蓬勃兴起,数字化技术如同一股清泉涌入岩土工程勘察领域,为行业发展注入了全新活力,开启了从传统迈向现代的变革之门。

1 岩土工程勘察面临的挑战

传统勘察方法高度依赖人工操作,在野外数据采集环节,测量人员需耗费大量时间与精力进行地形测绘、钻孔定位等工作,使用经纬仪、水准仪等仪器受地形通视条件制约大,易引入人为测量误差。内业资料整理阶段,面对海量手写记录数据,绘图、制表、分析计算过程冗长,且纸质资料存储不便、易损坏丢失,数据共享与二次利用更是困难重重。再者,地质条件复杂多变,传统手段难以全面、动态捕捉岩土体细微变化特征,对潜在地质灾害预测预警能力不足,难以满足诸如大型基础设施、高层建筑等对勘察精度与时效性要求苛刻的项目需求。

2 数字化技术在岩土工程勘察中的应用

2.1 外业数据采集

在岩土工程勘察领域,外业数据采集的数字化转型正悄然进行。通过数据采集APP,现场钻孔原始数据与原位试验数据得以即时录入,摆脱了纸质文档的繁琐与局限。电子数据文档不仅提高了数据的存储与检索效率,更在源头上有效遏制了数据造假的可能性。此外,岩土工程监测同样迎来了数字化革新。物联网技术、自动监测数据采集技术的运用,使得岩土体的力学性质、位移

形变量等关键参数得以自动采集,并实时传输至数据中心。这一转变不仅大幅提升了监测的精确度与实时性,还极大地减轻了人工测量的负担,为城市建设安全提供了更为可靠的数据支持。

2.2 场地地形测绘

全站仪数字化测图是岩土工程场地地形测绘常用手段,它自动测量水平角、垂直角、距离,内置程序实时计算测点坐标并存储,配合专业绘图软件,快速生成高精度数字化地形图,相较传统平板仪测图,精度提升、效率倍增,且成果便于编辑修改、传输共享。三维激光扫描技术更是测绘领域的“黑科技”,它以激光束为触手,瞬间捕获物体表面海量三维空间点云数据,构建超精细三维模型。在岩溶洞穴勘察中,深入洞穴内部扫描,精准还原洞穴复杂空间形态、洞壁岩石结构,为研究岩溶发育规律、评估洞穴稳定性提供直观详实资料,填补传统测量方法难以企及的空白领域。

2.3 应力分析计算

数值模拟软件基于数学物理模型,模拟岩土体在各类工程荷载、边界条件下的力学行为。以有限差分法为核心的FLAC软件,在模拟地下洞室开挖、深基坑支护过程中岩土体应力应变演变方面表现出色。输入勘察获取的岩土体参数,如弹性模量、泊松比、粘聚力等,构建与实际工程对应的数值模型,可视化展示开挖引起的围岩变形、塑性区分布,预测支护结构受力状态,据此优化支护方案设计,降低工程风险^[1]。

2.4 三维地质模型构建

通过采集到的详尽数据,我们利用先进的三维地质建模软件,能够构建出既精确又全面的地质模型。这些模型不仅具备高度的可视化特性,能够直观地展示出地质结构、地层分布等关键信息,还具备强大的分析功

能,能够进行各种复杂的地质分析和预测。在隧道工程中,三维地质模型的应用尤为突出。通过构建隧道断面的三维模型,我们可以对隧道的稳定性和安全性进行精确分析,为隧道的设计和施工提供科学依据,从而有效避免潜在的安全风险。在地质灾害勘察中,三维地质模型同样发挥着重要作用。它可以帮助我们预测和评估灾害的影响范围和程度,为灾害防治提供有力的决策支持。

2.5 数据管理与共享应用

传统的勘察数据往往以纸质或电子文档的形式存储,查询和分析起来非常繁琐。而数字化技术则通过数据库系统、云计算等技术手段,实现了钻孔柱状图、土工试验报告、原位测试数据等各类勘察数据集中存储和统一管理。这些数据不仅可以方便地进行查询和检索,还可以进行各种统计和分析,为工程设计和施工提供数据支持。此外,数据管理与共享应用还推动了岩土工程勘察的信息化和智能化发展,通过大数据分析、机器学习等技术手段,还能发现隐藏在数据背后的地质规律。

3 数字化技术应用的优势

3.1 提高勘察效率

数字化技术各环节紧密衔接,无缝协同。野外数据采集快速精准,实时传输至内业处理平台,借助自动化软件瞬间完成数据处理、成图制表,无需人工反复录入转抄,极大压缩勘察周期。例如,传统地质测绘绘制一幅中等复杂程度地形图需数周,采用数字化测绘结合GIS技术,几天内即可完成同等精度且内容更丰富的地图制作,使后续设计施工得以快速启动,适应现代工程建设快节奏需求。

3.2 提升数据精准度

高精度数字化仪器是数据精准采集的保障,GPS厘米级定位、全站仪毫米级测量精度远超传统工具,从源头上降低误差。数值模拟软件基于严密算法,对精准输入的岩土参数精确求解,输出可靠结果。同时,数字化存储与传输杜绝人为抄录篡改风险,数据质量全程可控,为工程决策提供坚实可信依据,确保工程结构设计安全合理,减少因勘察数据偏差引发的工程变更与事故隐患。

3.3 增强综合分析能力

GIS空间分析、数值模拟多工况模拟等功能赋能勘察人员深度洞察地质问题本质。不同类型数据在GIS中融合碰撞,挖掘地质要素空间关联;数值模拟穷举工程变量组合,探索最优解。如在城市轨道交通选线设计中,综合运用GIS与数值模拟,考量沿线地质条件、既有建筑物影响、施工风险等因素,对比多条线路方案优劣,权衡工程投资、工期与运营安全,实现从单一地质勘察向全

方位工程决策支持跨越。

3.4 便于数据共享与更新

数字化勘察成果以电子文件形式存在,依托网络与数据库技术,实现跨部门、跨地域实时共享。设计人员远程调取最新勘察数据优化方案,施工单位现场查阅地质资料指导施工,各方协同紧密。且后续补充勘察数据可即时更新入库,关联成果自动刷新,确保全生命周期工程数据一致性,打破传统纸质资料传递滞后、更新困难僵局,提升工程管理效能。

4 数字化技术应用存在的问题

4.1 数据兼容性问题

不同厂家生产的数字化仪器所采集的数据格式千差万别,例如,有的GPS接收机输出为.dat文件,而有的则采用.txt文件格式。此外,不同版本、不同功能的软件之间的数据接口也缺乏统一性,这使得GIS软件与数值模拟软件在数据交互过程中常常遇到阻碍。更为复杂的是,即便是同一类型的自动监测仪器,由于生产厂家或版本的不同,其数据版本和格式也可能存在差异。这导致数据在不同环节流转、不同单位协作时需要进行反复的格式转换,不仅增加了工作量,还容易造成数据丢失和精度受损。这一系列问题严重制约了数字化流程的连贯性与协同效率,阻碍了行业数字化生态的构建与发展。

4.2 技术精度与可靠性问题

尽管数字化仪器标称精度高,但在复杂野外环境下,如强电磁干扰、高温高湿地区,GPS信号易受干扰导致定位漂移,全站仪测量精度亦可能随环境变化波动,同时,自动监测设备的可靠性也面临挑战,需定期检测与维护以确保数据准确性;数值模拟软件高度依赖岩土参数精准性,参数选取稍有偏差,模拟结果便可能与实际大相径庭。此外,软件算法本身存在近似性,对复杂地质条件(如节理裂隙密集岩体)模拟失真,给工程判断带来不确定性,影响技术应用可信度^[2]。

4.3 专业技术人员素养问题

数字化技术要求岩土工程人员兼具地质专业知识与信息技术技能,既要精通岩土勘察原理方法,能准确判断地质现象、采集可靠样本,又要熟练操作GPS、GIS等数字化设备与软件,完成数据处理分析。现实中,传统勘察人员信息技术短板明显,新入职人员地质实践经验匮乏,复合型人才稀缺,导致数字化技术推广应用“力不从心”,无法充分发挥其优势,甚至因误操作引发数据错误、成果偏差。

4.4 设备与软件成本问题

高端数字化装备,如三维激光扫描仪、高精度RTK-

GPS接收机,动辄数十万元,配套正版专业软件,如工程地质数值模拟旗舰软件,采购费加上年度维护升级费亦不菲。对于中小勘察企业,资金有限难以承受大规模设备软件更新换代成本,只能沿用传统技术,造成行业数字化发展两极分化,不利于整体技术进步与市场公平竞争,阻碍数字化技术全面普及。

4.5 数据安全问题

岩土工程勘察数据涉密性强,包含国家重大基础设施地质资料、国防工程周边岩土信息等。数字化存储与网络传输使数据面临多重风险,黑客攻击可能窃取数据,内部人员违规操作、存储介质丢失也易引发泄密。一旦数据泄露,不仅危害工程建设安全,更可能危及国家安全,如关键交通枢纽、能源基地勘察数据落入不法分子手中,后果不堪设想,因此数据安全防护刻不容缓。

5 解决数字化技术应用问题的策略

5.1 建立统一的数据标准规范

行业协会联合仪器制造商、软件开发商,共同制定数字化勘察数据采集、传输、存储与交互标准。统一各类仪器数据输出格式,规范软件接口协议,确保数据在全流程顺畅流通、无损转换。例如,规定通用的岩土工程勘察数据XML格式,涵盖地形、地质、测试数据各模块,要求所有相关设备软件兼容支持,为行业数字化协同作业夯实基础^[3]。

5.2 加强技术精度核查与校准

研发适应复杂野外环境的抗干扰技术,提升数字化仪器稳定性,如给GPS接收机配备电磁屏蔽罩、温湿度补偿模块;定期对仪器设备精度进行校验至关重要。同时,也加强野外自动监测设备的校准与维护,确保所有数据源头均可靠。数值模拟方面,建立岩土参数标准取值库,结合地区经验与试验统计成果细化参数选取指南,利用实际工程监测数据反演修正模型,持续提升模拟精度逼近真实工况。

5.3 培养复合型专业技术人才

高校岩土工程专业优化课程体系,增设数字化技术核心课程群,涵盖“地理信息系统原理”“遥感图像处理”“工程数值模拟基础”等,配套实践教学环节,培养学生实操技能;勘察企业搭建内部培训平台,邀请专家开展新技术培训讲座、实操培训工坊,鼓励员工参与行业技术研讨交流,通过项目实践锻炼,促使传统勘察人员转型升级,新员工积累实践经验,打造一支既懂地质又精技术的复合型人才队伍,为数字化技术落地生根

提供人力保障。

5.4 优化设备与软件采购模式

政府出台扶持政策,设立专项基金,对中小勘察企业购置数字化设备给予贴息贷款、购置补贴,减轻资金压力;鼓励设备租赁市场发展,企业按需租赁高端仪器,降低一次性采购成本与闲置浪费风险;软件方面,推动软件开发商推出按需订阅付费模式,取代传统高额买断制,按使用时长、功能模块收费,企业可灵活选用,提高软件可及性,缩小行业数字化装备差距,促进均衡发展^[4]。

5.5 强化数据加密与安全保障

采用银行级加密算法,对岩土工程勘察数据在传输与存储环节加密,如基于SSL/TLS协议保障网络传输安全,运用AES、RSA等算法加密本地存储数据;建立严格数据访问权限体系,依据员工岗位角色、项目需求精细分配读写权限,引入多因素身份验证,如密码、指纹、短信验证码结合,防止非法登录;定期备份数据至异地灾备中心,应对自然灾害、硬件故障、网络攻击等意外事件,全方位筑牢数据安全防线,护航行业数字化征程。

结束语

数字化技术为岩土工程勘察带来了飞跃式发展机遇,其在提升勘察效率、精度、分析能力及数据管理共享等诸多方面优势显著,已然重塑了岩土工程勘察业态。尽管当下应用过程中遭遇数据兼容性、技术精度、人才短板、成本制约与数据安全等难题,但通过构建统一标准、强化技术管控、培育人才、优化资源配置与夯实安全根基等针对性策略逐步破解。展望未来,随着5G、人工智能、大数据等新兴技术与岩土勘察深度融合,数字化必将持续赋能,助力岩土工程勘察迈向智能化、精准化新高度,为城市基础设施建设与地质资源开发筑牢根基,开创更为广阔的发展前景。

参考文献

- [1]曹慧明.浅谈岩土工程勘察的数字化技术与运用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024,(01):1-3.
- [2]王广明,刘美霞,王洁凝.数字化勘察设计关键技术及典型应用场景研究[J].中国勘察设计,2024,(05):40-43.
- [3]朱举,祁平利,党峰荣,等.岩土工程勘察数字化体系及关键技术研究[J].铁道建筑技术,2024,(06):1-7.
- [4]李辉,张悦.岩土工程勘察数字化转型路径探索[J].工程勘察,2024,(02):15-18.