

地质测绘工程的发展特点及新技术运用研究

张曰广, 李克

(山东数维规划设计有限公司, 山东 济南 250000)

摘要 在基础设施建设以及资源开发持续推进的背景下, 地质测绘工程已成为针对自然资源调查、工程选址和灾害防治的关键技术依托, 其技术升级会直接对相关工作效率与质量造成影响。目前, 该领域处于从传统人工观测模式转为数字化、网络化、智能化阶段。本文首先对新时期地质测绘数据获取的技术需求进行了梳理, 再总结其在数据积累、生产流程和服务方式上的阶段性特征, 重点介绍了“3S”集成等多项新技术的应用路径与优势, 最后从技术、管理、人才和标准层面提出优化建议, 以期为促进地质测绘工程的发展提供参考。

关键词 地质测绘; 3S技术; 无人机; 三维激光扫描; 人工智能

中图分类号:P64

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.038

0 引言

地质测绘是以测绘科学理论与方法为基础, 综合获取并表达地表与近地地下地质体空间位置、几何形态及物性特征的应用技术体系, 是矿产资源勘查、能源开发、工程建设和地质灾害防治等工作的前置环节和基础支撑。我国地质测绘外业大多依靠传统光学仪器以及人工实地踏查, 数据采集效率受地形与交通条件的制约很明显, 成果形式大多是纸质图件与文字说明, 无法满足目前对高精度、多维度且快速更新的要求, 伴随卫星导航定位、遥感、地理信息系统以及信息通信技术急剧进步, 地质测绘作业逐步实现从“点线式”观测到“空天地一体化”综合感知的变迁, 数据生产由离散图幅进入连续数字底图阶段, 服务对象由单一行业拓展到国土空间规划、生态修复以及应急管理等多个领域。系统梳理地质测绘工程的发展特点, 深入分析新技术的工程应用方式及其潜在问题, 对于提升地质测绘现代化水平、服务国家能源资源安全与生态文明建设具有现实意义。

1 地质测绘数据获取的技术需求分析

地质测绘的首要任务是为地质解释与评价提供可靠空间数据基础。随着工程建设规模扩大、地质问题日趋复杂, 其数据获取环节呈现出多项新需求特征。对空间精度与分辨率的要求持续提高, 城市地下空间开发、重大工程选址等应用场景需要厘米级及以上精度的地形和构造资料, 以便支撑精细化计算与模拟; 观测范围及时间维度持续延伸, 区域资源调查、灾害

风险评价都离不开大范围连续的数据, 而且要借助重复观测实现变形与环境变化的动态监测; 作业环境的多样性愈发明显, 高海拔、高寒等特殊地带对设备的适应性以及作业安全要求更高, 传统地面测量无法兼顾效率与安全; 数据共享及综合利用的需求大幅增强, 不同部门、不同项目需借助统一基准与标准开展数据叠置和联动分析。为满足上述需求, 需引入更高效安全、自动化程度更高的观测技术, 并在数据组织、质量控制和多源融合方面形成系统解决方案。

2 地质测绘工程的发展特点

2.1 资源丰富

在多平台观测与长期积累的双重作用下, 地质测绘已实现从“数据匮乏”到“资源丰富”的转变。GNSS、航空摄影、无人机航测、激光扫描、物探与钻孔调查等多种手段协同运作, 让地形地貌、地层构造以及工程设施可在不同尺度与维度获取完整的空间信息; 数据库与信息系统建设不断推进, 零散的测绘成果被整合进统一的数字管理平台, 实现了多时相、多类别数据的集中保存与高效检索, 且外业数据能凭借网络与云计算实现实时回传, 大幅拉近内外业的时间间隔。丰富连续的数据既为三维地质建模、趋势分析预测提供了条件, 也为大数据和人工智能在地质领域的应用筑牢了基础。

2.2 数字化测绘阶段

在电子测距、计算机与“3S”技术广泛应用后, 地质测绘全面进入数字化阶段。外业观测逐渐将经纬

作者简介: 张曰广(1994-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 测绘工程。

仪、钢尺等传统测量工具替换为全站仪、GNSS 接收机和电子手簿，测量数据实现自动记录、即时校核；内业流程依托 CAD、GIS 和数字制图系统进行数据处理、图件编制以及成果的转换事宜，地质图件从纸质图幅过渡到可编辑的数字产品，数字地形模型与数字地质图的打造，让多比例尺、多专题的数据能在统一平台进行管理与增量更新，大幅提升了成果的一致性以及可扩展性。与传统手工制图相比，数字化测绘在精度控制、工作效率、成果共享和再利用方面优势突出，为后续的三维建模和智能分析提供了可靠的基础环境^[1]。

2.3 服务维度：从数据供给到决策支撑

传统地质测绘服务过去仅给出基础图件和文字说明，当下其成果多是以数据库、三维模型等形式嵌入业务流程里，采用多源数据空间分析及情景模拟，可为矿产勘查、工程比选、灾害分区等提供量化支持，并有边坡失稳模拟、成矿远景评价等典型应用，实现了从单一技术支撑到综合信息服务的转型，在空间治理中的作用愈发突出。

3 地质测绘新技术的主要运用

3.1 “3S”技术集成应用

GNSS、遥感和 GIS 综合应用构建了当前地质测绘技术体系的核心框架，GNSS 给出统一、高精度的空间基准，是实施控制网布设、工程放样与移动测量平台导航的关键举措；遥感借助多光谱、高光谱以及雷达传感器，从空中以及空间平台获取大面积地表资讯，实现对地形地貌、岩性组合及构造线索的快速辨认与变化监测；GIS 来承担多源地学数据存储、管理、分析以及可视化的相关任务，可执行空间叠加、缓冲区分析、网络分析以及三维场景构建等事宜。通过“3S”技术的深度集成，可以形成从数据获取、处理到成果表达与分析的一体化技术链条，使地质测绘在区域调查、矿产勘查和灾害风险评估中的支撑能力明显增强^[2]。

3.2 虚拟现实技术在地质测绘成果可视化中的应用

虚拟现实技术依托三维建模与人机交互手段，将复杂的地质体结构和地貌景观以沉浸式方式呈现出来。把数字地形模型、三维地质模型与高分辨率影像数据完成融合后，可构建逼真的虚拟地质场景，用户可在虚拟环境里面漫游、旋转和剖切，直接观测断裂带、褶皱的实际形态、矿体空间位置与工程设施的相互联系，与传统二维图件相比，这种可视化途径更有益于复杂地质构造的理解与沟通，利于多专业团队在相同空间语境里开展方案研讨。同时，虚拟现实还可用于模拟工程施工过程和灾害演化情景，实现“所见即所得”

的风险识别和应急演练，在地质教学和科普宣传方面也具有较高的应用价值。

3.3 地面三维激光扫描技术的应用与改进

地面三维激光扫描技术通过高频率发射与接收激光脉冲，获取目标表面密集点云，可精细刻画地物的几何形态及纹理特征。此技术在露头精准测量、滑坡与边坡稳定性评价、地下巷道形态收集以及地质遗迹数字化保护等方面表现出明显优势。与传统测量方法相比，其具备的非接触、高精度和高效率特性，尤其适合危险或难以抵达的作业环境。为适应野外复杂的周遭条件，目前在工程实践中渐渐加强对设备轻量化、防尘防水性能及电源续航的改进工作；在数据处理层面，点云滤波、分类、特征线提取和网格重建等算法的优化，有助于提升自动化程度并缩短处理周期。通过与无人机航测、地基雷达等技术的联合应用，可实现多尺度三维数据的互补与融合^[3]。

3.4 地质大数据与人工智能技术

多源观测与长时间序列监测使地质测绘数据呈体量大、类型多等大数据特征。大数据平台为存储管理与计算提供支撑。人工智能在模式识别、预测分析里优势十分显著，可用于遥感解译、成矿预测、灾害风险分区等实例。随着算法与算力发展，AI 将融入更多环节，推动地质测绘从“经验驱动”向“数据驱动”转变。

3.5 高分辨率卫星遥感技术的应用与创新

高分辨率卫星遥感通过获取亚米级空间分辨率的全色和多光谱影像，使区域尺度的精细地质解译成为可能。在实施资源调查期间，可以采用光谱特征开展岩性分带、蚀变信息识别以及构造线的提取；在地质灾害监测的工作当中，采用时间序列的光学或雷达影像展开分析，可辨认地表发生的变形、滑坡体的扩张和地裂缝的拓展等特征；在生态环境评价进程中，高分遥感为植被覆盖情况、水体分布以及土地利用类型的动态监测提供了数据支撑。伴随国产高分卫星系统与商业卫星星座的完备，遥感数据获取的时效性、可及性得到大幅提升。针对地质问题的特殊性，需要在光谱解译、形变反演和多源数据融合等方面持续开展方法创新，使卫星遥感更好地服务于地质测绘工程^[4]。

3.6 无人机倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影通过搭载多镜头相机，从不同视角同步获取地物影像，结合 POS 系统提供的外方位元素，可实现高精度实景三维重建。这项技术能反映地形的高低起伏，又能把建筑物和斜坡的立面信息完整记录，适合在露天矿山、地质灾害隐患点、城市地质

环境和工程施工现场开展精细测图。与传统航测对比,无人机具备起降便捷、低空飞行以及数据获取精度高的特性,尤其适用于中小区域的快速测绘及动态更新。需要注意的是,无人机作业易受天气、空域和操作规范等因素影响,数据体量较大,对后续存储与处理提出更高要求,工程应用中往往需与地面控制测量和激光扫描等技术联合使用,以保证整体精度与完整性。

3.7 智能测绘装备与平台

在装备端,测绘仪器逐渐向自动化和智能化方向升级。带有自动目标识别和跟踪功能的智能全站仪,可在复杂工地环境中持续完成高频观测;装有多传感器的移动测量车、水上无人测量船与综合物探平台,实现了道路、河道及地下管线等多场景、多要素的快速测量工作,借助信息系统的项目管理平台可把任务分解、人员与设备调度、过程质检和成果验收等环节纳入一个统一框架,形成从外业采集到内业生产全步骤的可追溯线路。通过对仪器状态、作业轨迹和数据质量的实时监控,可以及时发现异常并进行调整,提高项目管理的透明度和成果交付的可靠性^[5]。

4 测绘新技术在地质测绘工程中应用的优化策略

4.1 加强测绘新技术的集成应用研究

不同测绘技术各有优势和适用边界,单一手段难以应对复杂多变的地质环境。应把解决实际地质问题作为导向,开展运用多平台、多手段的协同观测方案设计及评估研究,依托构建“天—空—地—地下”一体化观测体系,实现卫星遥感、航空摄影、无人机航测、地面测量、物探与钻探等技术的空间校准和数据耦合,基于统一基准与数据标准完成多源信息的综合分析。进一步结合三维建模和数值模拟方法,可针对矿山开采、重大工程建设和地质灾害防治建立定量评价与预测模型,使测绘成果更加贴近工程需求。

4.2 提高地质工程测绘的管理水平

测绘新技术的大量应用使地质工程项目的组织管理更加复杂,既需要保障技术路线的合理性,也要控制质量和成本。需根据项目的规模以及技术特点优化组织结构,界定责任分配和信息传递脉络,形成跨专业合作体系。在项目管理方面,可引入现代项目管理举措和信息化工具,对进度、经费和质量实施全流程监控,并针对关键技术环节设置节点验收及风险评估;在质量把控方面,应制定覆盖数据采集、处理和成果编制事宜的质量标准与检验方法,完备仪器检校、现场复测以及成果抽样检查制度,运用内部审查与外部评估相互联合的方式,保障成果既真实又一致^[6]。

4.3 人才培养体系构建

推广新技术离不开匹配的人才队伍作支撑,高校以及科研院所应凭借传统专业基础,对遥感、地理信息及计算机等课程进行强化,促进学科交叉与实践联合,培养地质与信息技术复合型的专业人才;企业和主管部门需构建持续培训体系,按岗位设分层培训内容,同时通过多种途径搭建人才成长平台,打造结构合理的专业梯队。

4.4 建立健全测绘新技术的应用标准规范

在新技术加速迭代的过程中,如果缺乏统一完备的标准规范体系,容易出现技术路线分散、数据格式多样和质量难以比对等问题,不利于成果共享和工程推广。应结合地质测绘这个行业的特点,系统梳理各类技术在数据采集、处理、成果表达及质量验证各步骤的关键指标,制定与之契合的技术准则和作业指引,就坐标基准、数据精度、元数据内容和成果交付形式等作出清晰界定。同时,要通过行业试点和项目实践对标准执行效果进行评估,结合反馈不断修订完善,使标准体系既具有前瞻性,又具备可操作性,逐步推动新技术应用的规范化、规模化和产业化。

5 结束语

在新技术的推动下,地质测绘逐渐从传统人工观测朝着数字化、网络化、智能化深度过渡,呈现的特点有数据丰裕、流程数字化、服务维度拓展。相关新技术实现了空间认知及决策支撑能力的质量升级,但这个领域依旧面临技术集合不够、标准体系不完善、复合型人才稀少等挑战。未来需聚焦技术协同、管理优化、人才培养与标准建设,助力其更好地服务国家相关战略需求。

参考文献:

- [1] 范超杰,张贺,巴楠,等.基于三维测绘技术的八字桥数字化保护应用研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(07):47-49.
- [2] 李贵柱.测绘新技术在测绘工程测量中的应用探究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(23):181-183.
- [3] 刘晓金,宫帅良.无人机测绘技术在海岸带矿产地质沉降监测中的应用与展望[J].中国矿业,2024,33(S1):215-218.
- [4] 王国鹏.测绘地理信息技术在地质勘查工作中的应用发展探讨[J].新疆有色金属,2023,46(04):21-22.
- [5] 肖云龙,刘新娟.水文地质在矿山地质勘查中的重要性分析[J].世界有色金属,2023(14):116-118.
- [6] 郭瑞,王为.探讨测绘新技术在地质测绘工程中的运用[J].世界有色金属,2023(19):223-225.