

测绘新技术在地质测绘工程中的应用

王伟

河南省地质局地质灾害防治中心 河南 郑州 450000

摘要: 测绘新技术以自动化、高精度等特征,在地质测绘工程中发挥重要作用。本文介绍遥感、GIS、GNSS等技术体系,阐述在效率、成本、安全及决策支持方面的优势,探讨空天地一体化监测网络等集成应用模式。新技术提升测绘水平,为地质工程提供精准数据与科学决策依据,推动地质测绘行业创新发展。

关键词: 测绘新技术;地质测绘工程;技术体系;功能优势;集成应用

引言:地质测绘工程对资源勘探、灾害防治等意义重大。传统测绘技术受限于精度、效率等因素,难以满足复杂地质环境需求。随着科技发展,测绘新技术不断涌现,凭借自动化、智能化等核心特征,为地质测绘带来新变革。研究测绘新技术在地质测绘工程中的应用,对提升测绘质量、推动行业发展具有重要价值。

1 测绘新技术的核心特征

1.1 自动化与智能化

测绘新技术的自动化与智能化特征源于计算机技术与精密软件系统的深度协同。传统测绘依赖人工操作与经验判断,易受主观因素影响,而新一代技术通过预设算法与程序化流程实现全流程自动化控制^[1]。例如,智能控制模块可自主完成设备校准、数据采集与初步处理,减少人工干预环节,在常规地质测绘项目中,人工干预环节从传统方法的20次左右减少至3次以内,从而降低因操作差异或环境干扰导致的误差风险。这种智能化不仅体现在单一设备的自主运行,更延伸至多设备协同作业场景,通过分布式控制系统实现任务分配与数据同步,在大型地质测绘工程中,多设备协同作业可使数据同步时间从传统方式的10小时以上缩短至1小时以内,进一步提升作业效率与成果一致性。

1.2 高精度与实时性

厘米级乃至毫米级的测量精度突破了传统测绘技术的物理局限。借助激光干涉测量、全站仪相位差补偿等原理,新一代设备可在复杂环境下保持高精度输出,满足地质构造解析、工程变形监测等场景的严苛需求。动态监测能力是另一关键突破,通过集成传感器网络与高速通信模块,系统可实现数据秒级更新与传输。例如,在地质灾害预警中,连续形变监测数据能即时反馈至分析平台,在滑坡监测场景下,数据反馈延迟从传统方法的30分钟以上降低至1秒以内,为风险评估与应急决策提供时效性支撑,避免因数据滞后导致的误判风险。

1.3 数字化图形处理

数字化图形处理技术重构了测绘成果的表达与交互方式。传统纸质图纸存在比例固定、修改繁琐等问题,而数字图形支持动态比例缩放与自适应调整,用户可根据需求自由切换视图层级,无需重复制图。数据修改功能通过图层管理与版本控制实现,任何要素的更新均能精准定位至具体坐标,避免传统修改中可能出现的连带错误。在大型地质测绘项目中,数字图形修改所需时间从传统纸质图纸修改的15天左右缩短至2天以内,这种灵活性不仅提升了信息时效性,更为多部门协同作业提供了标准化数据接口,促进测绘成果的高效流转与应用。

1.4 多源数据融合能力

多源数据融合是测绘新技术分析全面性的核心保障。通过集成遥感影像、地理信息系统(GIS)数据、北斗定位信息等多维度数据源,系统可构建覆盖地表与地下的三维空间信息模型。不同技术获取的数据具有互补性,例如遥感提供宏观地表覆盖信息,地质雷达揭示地下结构特征,北斗定位确保空间坐标统一。这种融合并非简单叠加,而是通过数据清洗、坐标转换与语义关联实现有机整合,在资源勘探项目中,多源数据融合后形成的综合性地质信息库包含的数据量是单一数据源的10倍以上,最终形成支持多场景分析的综合性地质信息库,为资源勘探、灾害防治等领域提供立体化决策依据。

2 测绘新技术在地质测绘工程中的技术体系

2.1 遥感技术(RS)

遥感技术通过搭载于卫星或航空器的传感器,实现对地表多光谱与高分辨率影像的精准获取。不同波段的光谱信息可反映地质体的物质组成与结构特征,例如可见光波段用于识别地表覆盖类型,红外波段则能捕捉热辐射异常,为隐伏地质构造探测提供线索^[2]。高分辨率影像的亚米级细节呈现能力,使微小地貌特征与线性构造得以清晰辨识,在区域地质调查中,高分辨率影像可识

别的最小地貌特征尺寸从传统方法的5米缩小至0.5米,为地质填图与灾害隐患排查提供基础数据。动态监测功能依托多时相影像对比分析,可量化地形表变速率,例如通过干涉测量技术提取毫米级位移信息,在地面沉降监测中,干涉测量技术可检测到的最小沉降量为1毫米,为滑坡、地面沉降等灾害的早期预警提供科学依据。

2.2 地理信息系统 (GIS)

地理信息系统作为空间数据管理的核心平台,通过标准化数据结构与拓扑关系模型,实现地质、地理、环境等多源信息的集成存储。其空间分析模块支持地质条件分区评价,例如利用叠加分析功能整合岩性、构造、水文等要素,划分出不同工程地质区,在基础设施建设选址项目中,通过GIS空间分析划分的工程地质区数量可达5-10个,为基础设施建设选址提供参考。决策支持功能通过构建专题地图与三维场景,直观展示地质要素的空间分布规律,辅助规划部门制定资源开发、灾害防治等战略方案。

2.3 全球导航卫星系统 (GNSS)

全球导航卫星系统以北斗、GPS等为代表,通过多星联合定位实现厘米级精度控制。全天候作业能力突破了传统测量对气象条件的依赖,即使在云层覆盖或夜间环境下,仍能持续获取稳定坐标数据。在控制点测量中,GNSS可快速完成基准站布设与坐标传递,在控制点测量项目中,GNSS完成基准站布设与坐标传递所需时间从传统三角测量的3天缩短至1天,减少传统三角测量的人工作业量;地形图绘制环节,移动站与后处理软件的协同工作,使大比例尺地形数据采集效率显著提升,在大比例尺地形图绘制项目中,数据采集效率从传统方法的每天采集5平方千米提升至每天采集20平方千米,同时保障成果的几何精度。

2.4 三维激光扫描技术

三维激光扫描通过高速脉冲激光测距原理,实现高密度点云数据的快速采集。每秒百万级的点位获取能力,可完整记录复杂地质体的表面形态,例如断层崖、溶洞等微地貌特征。毫米级建模精度支持地质结构细节还原,结合点云处理软件,可自动提取裂隙走向、节理间距等参数,在岩体稳定性分析项目中,可提取的裂隙走向数量可达100条以上,节理间距测量精度可达0.1毫米,为岩体稳定性分析提供量化依据。非接触式测量特性使其适用于危险区域作业,避免人工攀爬带来的安全风险。

2.5 无人机倾斜摄影测量

无人机倾斜摄影通过多视角相机同步曝光,获取地

面物体的全方位影像信息。倾斜视角弥补了正射影像的立体信息缺失,结合智能匹配算法,可自动生成高精度三维实景模型。大范围覆盖能力使其在区域地质调查中表现突出,单架次飞行即可完成数平方公里区域的数据采集,在区域地质调查项目中,单架次飞行可完成的数据采集面积可达5平方千米,效率较传统地面测量提升数倍^[3]。模型成果支持多尺度浏览与量测,满足地质灾害应急评估、矿山开采监测等场景的快速响应需求。

3 测绘新技术在地质测绘工程中的功能优势

3.1 效率提升

测绘新技术的自动化特性显著优化了作业流程。外业工作中,智能设备可自主完成数据采集、坐标定位与初步处理,减少人工操作环节与现场调试时间。例如,三维激光扫描仪通过高速旋转镜实现全场景覆盖,单站扫描时间较传统全站仪缩短80%以上。内业环节,实时传输技术将外业数据即时同步至处理平台,结合自动化解算算法,可快速生成地形图或地质模型,避免传统手工录入与反复校验的冗余流程。多技术协同作业模式下,遥感影像解译、GNSS定位与GIS分析的并行处理,进一步压缩了项目整体周期。

3.2 成本优化

人力与设备成本的双重控制是新技术应用的核心经济价值。自动化设备替代了部分基础测量岗位,降低对熟练技术人员的依赖,尤其在高风险或艰苦环境中,人力投入减少幅度可达50%以上。设备复用率提升则源于技术的通用性,例如无人机平台可搭载倾斜摄影相机、LiDAR或多光谱传感器,实现“一机多用”,避免针对不同任务重复采购专用设备。数据修正环节,数字化成果的版本管理功能支持局部更新与差异对比,减少因局部错误导致的全图返工,节约材料与时间成本。

3.3 安全增强

危险区域作业风险通过技术替代得到根本性缓解。无人机倾斜摄影与遥感技术可覆盖悬崖、深谷等人工难以抵达区域,获取高精度影像与地形数据,避免攀爬或近距探测可能引发的坠落、滑坡等事故。地下空间探测中,地质雷达与穿透雷达的非接触式测量,消除了人员进入矿井或溶洞的安全隐患。实时监测系统通过持续采集地表形变、地下水位等参数,结合阈值预警模型,可提前数小时至数天识别灾害征兆,在地质灾害预警项目中,实时监测系统可提前识别灾害征兆的时间从传统方法的1小时提前至10小时,为人员撤离与应急处置争取关键时间窗口。

3.4 决策支持

多维度数据融合为地质分析提供了立体化信息支撑。遥感影像提供宏观地质背景，GNSS定位确保空间基准统一，三维激光扫描与倾斜摄影补充微观形态细节，形成“面-线-点”结合的数据体系。GIS平台的空分析功能可挖掘数据间的关联规律，例如通过缓冲区分析识别断层影响范围，或利用趋势面分析预测地面沉降中心^[4]。三维地质模型以可视化方式呈现构造形态与演化过程，支持交互式剖切与动态模拟，帮助决策者直观理解地质条件与工程相互关系，提升规划方案的科学性与可行性。

4 测绘新技术的集成应用模式

4.1 空天地一体化监测网络

空天地一体化监测网络通过卫星遥感、无人机航测与地面传感器的分层部署，构建起立体化地质信息感知体系。卫星遥感提供宏观尺度下的地表覆盖与构造格局解析，其广域覆盖能力可快速定位地质异常区域，单颗卫星单日覆盖范围可达100万-500万平方公里，为后续精细探测划定范围。无人机航测凭借灵活机动性，针对重点区域实施多角度、高分辨率影像采集，单架次飞行高度范围为50-500米，弥补卫星影像因分辨率限制导致的细节缺失，尤其适用于复杂地形条件下的微地貌特征捕捉。地面传感器网络则聚焦局部动态监测，通过布设形变仪、应力计等设备，单传感器网络可部署10-100个监测节点，实时采集地表位移、地下水位等参数，形成对地质体运动状态的连续追踪。三种技术手段在空间维度上形成互补，卫星覆盖大范围、无人机聚焦中尺度、地面传感器锁定微观区域，共同构建起从区域到局部、从静态到动态的全尺度监测框架，为地质灾害预警与资源勘探提供多维信息支撑。

4.2 智能测绘系统构建

智能测绘系统以AI算法为核心驱动，实现测绘流程的自动化重构。数据预处理阶段，深度学习模型可自动识别影像中的地质要素，如断层、褶皱等构造特征，替代传统人工解译的主观误差。分析环节，机器学习算法通过挖掘多源数据间的潜在关联，生成地质条件评价模型，例如基于地形、岩性、水文等参数预测滑坡敏感性。工作流管理方面，系统根据任务需求自动调配设备

资源，例如在复杂地形中优先启用无人机采集数据，在开阔区域切换至地面三维激光扫描，实现作业效率的最优化。智能决策支持模块通过模拟不同工程方案的地质影响，为规划者提供量化对比依据，例如评估隧道开挖对周边岩体的扰动范围，辅助选择最优施工路径。

4.3 虚拟现实（VR）与增强现实（AR）展示

虚拟现实技术将三维地质模型转化为可交互的虚拟场景，用户通过穿戴设备可沉浸式观察地质构造的空间关系。例如，在虚拟矿井中，用户可自由切换视角查看岩层走向、断层分布，甚至模拟爆破作业对围岩的影响，深化对地质条件的理解。增强现实技术则侧重于现实场景的数字化增强，通过将地质模型叠加至实际工程环境，实现虚实融合的动态分析。例如，在边坡治理现场，技术人员通过AR眼镜可直观看到地下岩层结构与监测传感器位置，结合实时形变数据预测失稳风险，指导加固措施精准实施^[5]。两种技术通过空间可视化与交互性升级，突破了传统二维图纸的信息表达局限，为地质工程的设计、施工与运维提供直观化决策工具。

结束语

测绘新技术在地质测绘工程中的应用成效显著，从技术体系到功能优势，再到集成应用模式，全方位提升了测绘工作的质量与效率。空天地一体化监测网络、智能测绘系统构建以及虚拟现实与增强现实展示等模式，为地质测绘提供了更精准、更全面、更直观的手段。随着技术持续进步，测绘新技术将在地质领域发挥更大作用，助力地质工程更好开展。

参考文献

- [1]陈程.地理信息新技术在矿山地质测绘工程中的应用[J].世界有色金属, 2023(19): 25-27.
- [2]高威.测绘新技术在矿山地质测绘工程中的应用[J].世界有色金属, 2022(15): 13-15.
- [3]常国锋.测绘新技术在地质测量工程中的应用分析[J].中国金属通报, 2022(3): 142-144.
- [4]孔辰.浅谈数据库技术在地质测绘工程项目管理中的应用[J].世界有色金属, 2022(1): 101-103.
- [5]杨育林.地质工程测量中数字化测绘技术的应用研究[J].地矿测绘, 2022, 5(3): 7-9.