

测绘地理信息技术在地质勘查工作中的应用

蔡霖

天津市测绘院有限公司 天津 300381

摘要: 随着我国经济与科技的快速发展, 测绘地理信息技术在地质勘查工作中的应用日益广泛且深入。本文详细阐述了测绘地理信息技术的多种类型, 深入分析了它们的具体应用方式、优势与实际成效。同时, 探讨了测绘地理信息技术在地质勘查应用中面临的问题, 并针对性地提出了解决措施。旨在充分发挥测绘地理信息技术效能, 推动地质勘查工作高质量、高效率开展, 为我国地质事业发展提供有力技术支撑。

关键词: 测绘地理信息技术; 地质勘查; 全球导航卫星系统; 地理信息系统

引言: 地质勘查作为获取地质信息、探索地球资源的基础性工作, 对于国家经济建设、资源保障及地质灾害防治至关重要。在信息技术飞速发展的时代背景下, 测绘地理信息技术凭借其高精度、高效率、全方位的信息获取与处理能力, 深度融入地质勘查各个环节, 成为地质工作现代化转型的关键驱动力。从偏远山区矿产资源探寻到城市周边工程地质稳定性评估, 从地震、滑坡灾害实时监测到海洋地质地貌测绘, 测绘地理信息技术不断拓展地质勘查边界, 提升勘查精准度, 革新传统工作模式, 为地质科学研究与实践注入强大活力, 助力地质行业迈向数字化、智能化新纪元。

1 测绘地理信息技术概述

1.1 全球导航卫星系统 (GNSS)

全球导航卫星系统是基于卫星星座, 通过接收卫星信号实现地面目标高精度定位、测速与授时的空间无线电导航系统, 目前广泛应用的有美国GPS、俄罗斯GLONASS、中国北斗以及欧盟Galileo系统。GNSS在地质勘查现场测量中发挥基石作用, 测量人员利用接收机快速获取地质控制点三维坐标, 实时动态定位技术 (RTK) 能达到厘米级精度, 无需大量地面控制点联测, 大幅缩短测量周期, 在地形复杂山区或交通不便区域优势尤为突出, 为地质填图、剖面测量提供精准位置基准, 确保地质要素空间位置精确记录, 构建可靠地质空间框架。

1.2 地理信息系统 (GIS)

地理信息系统是以计算机软硬件为支撑, 对地理空间数据进行采集、存储、管理、分析与可视化表达的综合性技术系统。在地质勘查领域, GIS如同智能数据中枢, 整合地质、地形、物化探等多元数据, 实现结构化存储与高效调用; 通过叠加分析、缓冲区分析等功能挖掘数据潜在关联, 如圈定成矿有利区域, 评估地质构造

对工程场地稳定性影响范围; 其强大制图功能可生成各类精美地质专题图件, 直观展现地质现象分布规律与勘查成果, 为地质决策提供清晰直观依据, 提升地质信息解读与应用效率^[1]。

1.3 遥感技术 (RS)

遥感技术借助航空航天平台搭载传感器, 远距离获取地球表面电磁波信息, 经处理分析反演地质目标特性。光学遥感影像可清晰呈现宏观地质地貌特征, 识别地层岩性界限、褶皱断裂构造走向等; 高光谱遥感能精细探测矿物光谱吸收特征, 精准识别特定矿物分布, 助力找矿勘查; 合成孔径雷达 (SAR) 不受云雾影响, 可穿透植被, 全天候监测地质灾害体微小形变, 及时捕捉滑坡、泥石流孕育发展态势, 为灾害预警抢占先机, 拓宽地质勘查时空视野。

1.4 集成技术

GNSS、GIS、RS并非孤立, 三者集成融合形成强大作业链。RS提供大面积宏观地质信息引导勘查方向, GNSS精确测定关键地质点位置, GIS汇总分析多源数据深化认知, 如基于RS影像预判成矿远景靶区, 利用GNSS实地标定靶区边界精确坐标, GIS综合地质物化探数据评估成矿潜力; 在地质灾害监测中, RS-GIS集成实时更新灾害体影像与地理背景, 结合GNSS位移监测数据, 构建四维灾害演化模型, 实现全方位、动态化地质勘查监测体系, 发挥技术协同优势, 攻克复杂地质难题。

2 测绘地理信息技术在地质勘查中的应用

2.1 在地质找矿中的应用

2.1.1 矿产靶区圈定

多光谱与高光谱遥感影像解译是找矿前期关键步骤。高光谱遥感凭借数十甚至数百波段精细光谱分辨率, 捕捉不同矿物独特光谱吸收谷、反射峰特征, 像识别含羟基矿物 (如高岭石、蒙脱石) 指示热液蚀变带,

绿泥石光谱特征关联区域变质作用,精准圈定潜在矿化蚀变范围;GIS整合区域地质构造、地层岩性数据,以构造控矿理论为指导,通过缓冲分析确定断裂构造周边成矿有利缓冲距离,叠加蚀变信息与地层有利组合区,运用模糊逻辑等模型定量评估成矿概率,筛选高潜力矿产靶区,缩小实地勘查范围,提升找矿效率^[2]。

2.1.2 矿体三维建模与储量估算

GNSS密集采集矿体露头及周边控制点坐标,构建精确地形模型;结合井下测量数据,利用三维建模软件(如Surpac、Datamine)搭建矿体三维几何模型,直观展现矿体形态、产状;在模型基础上,依据矿石品位采样数据,GIS采用距离幂次反比法、克里金法等空间插值算法估算矿体品位空间分布,精确计算矿石储量,相较传统断面法、地质块段法,考虑矿体空间变异性更周全,储量估算精度显著提高,为矿山规划设计、资源评估提供关键数据。

2.2 在地质灾害监测与评估中的应用

2.2.1 灾害体形变监测

合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术利用多期SAR影像相位差监测地表毫米级形变,在滑坡监测中,持续追踪滑坡体表面散射点位移轨迹,构建形变时间序列,精准捕捉滑坡启动、加速、缓滑各阶段动态;结合GNSS基准站数据校准InSAR测量精度,辅以地面水准测量验证,实现三维形变精准监测,一旦形变速率超阈值,及时预警滑坡失稳,为灾害应急疏散争取时间;针对地面沉降,InSAR大面积覆盖城市、矿区等沉降区,定期扫描建筑密集区、采空区沉降状况,辅助排查潜在地质灾害隐患点。

2.2.2 灾害风险评估

GIS多元数据融合奠定灾害风险评估基础,整合地形坡度、坡向、岩土体类型、降水分布、地震动参数等图层;基于层次分析法(AHP)、逻辑回归等模型确定各因子权重,模拟不同工况下灾害发生可能性;再结合人口密度、土地利用类型评估灾害一旦发生可能造成人员伤亡、财产损失程度,划分高、中、低风险区,直观地图可视化成果辅助政府针对性制定防灾减灾规划、合理安置居民、优化工程建设选址,增强区域地质灾害韧性^[3]。

2.3 在工程地质勘查中的应用

2.3.1 工程选址勘察

选址伊始,RS影像宏观呈现区域地形起伏、地貌类型、水系分布,初步筛除不良地质地段,如活动性断裂带、大型滑坡群、岩溶强发育区;GNSS详细测绘候选场地控制点,为场地平整、基础布局提供精确坐标;GIS

综合地质钻孔、物探数据构建地下三维地质结构模型,分析地基持力层分布、地下水深度、岩土力学参数空间变异,模拟地震作用下场地地震响应,依据工程抗震设计规范,量化评估场地适宜性,确保工程建于地质稳定、施工便利且抗震性能良好区域,降低工程建设风险与成本。

2.3.2 施工地质条件动态监测

工程施工期,GNSS实时监测高边坡、深基坑、大坝等关键部位位移,配合全站仪、水准仪等传统测量手段交叉验证,保障监测可靠性;倾斜仪、应变计等传感器与GNSS集成,全方位捕捉结构体受力变形状态;GIS实时录入监测数据,动态更新三维模型,对比分析预测变形趋势,依此优化施工工艺、及时调整支护参数,防止施工诱发地质灾害,确保工程结构安全稳定,如隧道施工中精准把控围岩变形,预防塌方事故,保障施工进度与人员安全^[4]。

3 测绘地理信息技术在地质勘查应用中存在的问题

3.1 数据精度与可靠性问题

地质勘查环境复杂,GNSS信号易受地形遮挡、电磁干扰影响,在峡谷、茂密森林等区域定位精度下降甚至失锁;RS影像受大气散射、云层覆盖干扰,导致地物光谱信息失真,高山区阴影造成信息缺失,影响地质要素解译准确性;地质体固有复杂性使采样数据离散性大,GIS空间插值估算地质参数存在不确定性,如矿体品位估值局部偏差,若依据偏差数据决策,易误导勘查方向、造成资源误判,威胁工程安全。

3.2 技术融合难度大

GNSS、GIS、RS技术原理与数据格式迥异,集成时数据实时传输、格式无缝转换面临挑战,不同厂家设备接口不兼容,制约高效协同作业;多源数据融合分析模型构建复杂,地质现象非线性、模糊性特征突出,现有模型难精准模拟地质体真实演化,如地质灾害耦合机制建模需综合考虑岩土、水文、气象多因素交互,当前融合技术尚无法满足精细化勘查需求,削弱技术集成优势发挥。

3.3 专业人才短缺

测绘地理信息技术与地质勘查交叉融合要求从业者兼具测绘、地质双领域知识技能。现实中,高校相关专业课程设置衔接不足,地质专业学生测绘技术实操薄弱,测绘人才欠缺地质构造、矿产成因等深层认知,在职人员跨学科培训体系不完善,导致复合型人才培养,难以充分挖掘技术潜力,限制新技术推广应用深度广度,影响地质勘查项目创新性开展。

3.4 数据安全问题

地质勘查数据涉密性强,涵盖矿产资源储量、战略地质构造等关键信息,测绘地理信息技术数字化存储、网络化传输增大数据泄露风险;多部门、多团队协作中,数据共享权限管理粗放,缺乏细粒度加密、访问追踪机制;云存储服务提供商安全管控水平参差不齐,一旦遭受网络攻击,地质数据被盗篡改,危及国家安全与企业核心利益,数据安全防护体系亟待升级。

4 解决测绘地理信息技术在地质勘查应用问题的措施

4.1 提升数据处理算法精度

针对GNSS干扰,研发多星座联合定位算法,融合多系统卫星信号增强定位鲁棒性,结合地形辅助定位技术,利用数字高程模型修正信号传播误差,提高复杂地形定位精度;对于RS影像去噪校正,采用基于物理模型的大气校正方法,结合深度学习影像修复算法填充阴影缺失信息,增强地物光谱还原度;在GIS插值方面,优化地质统计学方法,引入多点地质统计学考虑地质结构特征,结合机器学习算法挖掘数据空间自相关性,降低估值不确定性,提升数据整体质量。

4.2 加强技术融合研发与标准化

产学研联合攻关,聚焦技术集成难点,开发统一数据交换标准与中间件,实现设备互联互通、数据顺畅流转;基于大数据分析、人工智能技术构建智能融合模型,如神经网络融合地质多源信息模拟地质过程,强化模型自学习、自适应能力精准刻画复杂地质体;国家与行业层面推动测绘-地质技术融合规范制定,涵盖数据采集、处理、成果表达全流程,保障技术集成有序高效,促进跨领域协同创新。

4.3 培养跨学科专业人才

高校优化课程体系,设立测绘地理信息与地质工程复合专业方向,专业课程互嵌,实践教学联合开展地质测绘综合实习;行业协会组织定期跨学科培训研讨会,邀请资深专家讲学,分享前沿案例,强化在职人员知识融合;企业建立人才激励机制,鼓励员工考取跨专业职业资格,支持参与科研项目,打造精通测绘地理信息技术应用的

地质勘查精英团队,为行业发展注入创新活力^[5]。

4.4 完善数据安全管理体系

采用国密算法加密地质勘查数据,从存储、传输到访问全链条加密防护;构建精细访问控制模型,基于角色、项目、数据密级分层赋权,严格限制数据流向;引入区块链技术,不可篡改特性确保数据完整性、可追溯来源,强化数据共享审计;定期组织数据安全应急演练,提升团队应急响应与处置能力,全方位筑牢数据安全防线,护航地质勘查信息化进程。

结论:测绘地理信息技术在地质勘查中已彰显变革性力量,从找矿突破到灾害防控,从工程选址到施工运维,全方位重塑地质勘查格局,显著提升勘查效能与科学性。虽现阶段面临数据质量波动、技术融合羁绊、人才断层、安全隐患等难题,但通过算法精进、融合攻坚、人才培养、安全强化系列举措,有望突破瓶颈。展望未来,伴随人工智能、大数据与物联网深度嵌入,测绘地理信息技术将引领地质勘查迈向智能感知、精准预测、无人作业新境界,持续深挖地球奥秘,精准把控地质环境风险,为资源可持续利用、生态文明建设提供坚实技术保障,助力地质事业稳健迈向数字化纵深。

参考文献

- [1]马银。测绘地理信息技术在地质工程测绘中的应用探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2023,000(001):1-3;
- [2]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(4):21-22;
- [3]朱晓红。测绘地理信息技术在地质勘查工作中的应用分析[C].辽宁自然资源, 2021,008:60-61;
- [4]陈宏亮,林强,赵刚。高分辨率遥感技术在深部地质找矿勘查中的创新应用[J].国土资源遥感, 2024, 36(2): 1-7.
- [5]王浩,孙悦,刘峰。基于新型测绘地理信息技术的工程地质动态监测方案优化[J].测绘通报, 2024, (5): 133-138.