

测绘地理信息技术在地质灾害隐患排查中的应用

陆泽锐

广东汇智环保科技地理信息有限公司 广东 东莞 523000

摘要: 围绕地质灾害隐患排查需求,分析测绘地理信息技术的应用路径。概述遥感解译、无人机航测、三维激光扫描、InSAR、GNSS 与 GIS 等关键技术的适用特点,构建“天—空—地—内”一体化隐患排查技术体系,探讨区域早期识别、重点隐患精细排查、隐蔽性隐患形变监测与排查成果信息化管理等应用方向。研究表明,测绘地理信息技术可显著提升隐患排查覆盖面、识别精度与管理效率,为地质灾害早期识别与防治提供技术支撑。

关键词: 测绘地理信息;地质灾害;隐患排查;InSAR;无人机航测

引言: 我国地形地质条件复杂,滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害频发,严重威胁人民生命财产安全与重大工程运行安全。隐患排查是地质灾害防治的首要环节,核心在于快速识别隐患位置、规模与变形趋势。近年来,测绘地理信息技术快速发展,遥感、无人机、激光扫描、InSAR、GNSS 与 GIS 等技术逐步应用于地质灾害调查与监测,显著提升了隐患识别的覆盖面与精度。本文围绕地质灾害隐患排查需求,分析测绘地理信息关键技术的适用性,构建一体化排查技术体系,探讨其应用路径与效果。

1 地质灾害隐患排查现状与技术需求

1.1 地质灾害隐患排查的主要内容

地质灾害隐患排查包含隐患定位、灾害类型与规模判定、变形特征分析、稳定性评价以及风险分级等核心内容,排查类型覆盖滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝。工作需要查清隐患区域地形、地层岩性、地质构造、水文环境以及工程活动影响,以此支撑防治方案编制。排查工作贯穿汛前排查、汛中巡查、汛后核查全过程,对时效性、覆盖范围和观测精度均有较高要求。最终形成隐患台账、风险划分结果和防治对策,为地方防灾减灾管理决策提供基础依据。

1.2 传统排查方式的主要局限

传统隐患排查依靠人工现场踏勘,辅以群众上报和简易测量手段,存在明显短板。山区地形复杂,人员通行困难,单点核查耗时较长,整体工作效率偏低;高陡边坡、茂密林区等人迹难至区域易形成排查盲区,很多早期缓变型滑坡无显著地表破坏迹象,仅依靠目视巡查难以识别^[1]。同时排查资料多为纸质材料和零散图纸,数据整合、动态更新难度大,缺少定量形变监测数据,

无法科学判断坡体变形演化趋势,限制隐患排查工作质量,急需引入测绘地理信息技术补齐短板。

1.3 测绘地理信息技术的应用需求

地质灾害隐患排查,需要测绘地理信息技术实现大范围隐患快速识别、隐蔽灾害早期探测、形变定量监测、多源数据融合分析、成果信息化管理以及风险预警联动。测绘地理信息具备观测范围大、测量精度高、可重复观测、便于数字化管理等优势,能够支撑隐患识别、监测评估、成果管理全业务流程。依托天、空、地多源观测数据协同作业,可以填补传统人工排查的空间盲区,提高隐患识别的完整度与可靠性,为地质灾害科学防控搭建坚实的数据支撑体系。

2 测绘地理信息关键技术及适用性分析

2.1 遥感解译技术

遥感解译是地质灾害隐患排查的宏观识别手段。光学遥感影像可提供大范围地表信息,通过目视解译与自动提取,识别滑坡边界、崩塌堆积体、泥石流沟道及地裂缝等隐患特征。高分辨率遥感影像可清晰反映地表变形迹象,多光谱数据可辅助判断植被异常与水体变化。遥感解译适用于区域排查与重点区筛查,具有覆盖广、周期短、成本低的优势,但受云雨天气与植被遮挡影响较大,难以识别植被覆盖下的隐蔽隐患。实际应用中,遥感解译常与 InSAR、无人机等技术配合,形成宏观筛查与精细核查的协同模式。

2.2 无人机航测技术

无人机航测是隐患排查的重要补充手段。无人机可搭载可见光相机、多光谱相机与激光雷达,快速获取高精度正射影像、三维模型与点云数据。通过倾斜摄影与

三维建模,可直观展示隐患点地形地貌与变形特征;通过多期航测对比,可识别地表位移与堆积变化。无人机航测适用于高陡边坡、人员难以到达区域与重点隐患点核查,具有机动灵活、分辨率高、成本可控的优势,但受空域管理与续航能力限制,难以实现大范围连续监测。实际应用中,无人机航测常作为天基筛查后的重点核查手段,为防治工程设计提供精细地形数据。

2.3 三维激光扫描技术

三维激光扫描可获取高精度点云数据,构建隐患点三维模型,精确测量地形起伏、裂缝宽度与变形量。地面三维激光扫描适用于滑坡后壁、崩塌危岩体与地裂缝的精细测量;机载激光雷达可穿透植被获取地面点云,适用于植被覆盖区隐患识别。三维激光扫描具有精度高、细节丰富、非接触测量的优势,但设备成本较高,数据处理量大,适用于重点隐患点精细排查^[2]。通过多期扫描对比,可定量分析隐患点变形量与变形趋势,为稳定性评价与防治方案制定提供精确数据支撑。

2.4 InSAR 形变监测技术

合成孔径雷达干涉测量(InSAR)是隐蔽性隐患早期识别的关键技术。InSAR 利用雷达影像相位差提取地表形变信息,具有全天时、全天候、大范围、高精度特点。时序 InSAR 技术可获取毫米级形变速率,识别缓慢变形滑坡与地面沉降。InSAR 适用于区域形变筛查与隐患早期发现,但受地形陡峭、植被覆盖与大气延迟影响,在山区应用需结合其他技术验证。实际应用中,InSAR 常用于大范围形变筛查,筛选出重点变形区后,再通过无人机、激光扫描与 GNSS 开展精细核查与连续监测,形成从筛查到确认的完整链条。

2.5 GNSS 与 GIS 技术

GNSS 技术可提供毫米级至厘米级位移监测,适用于重点隐患点连续变形监测。通过布设 GNSS 监测站,可实时获取隐患点三维位移,判断变形趋势与稳定性。GIS 技术用于多源数据管理、空间分析与风险评价,可将遥感、无人机、激光扫描、InSAR 与 GNSS 数据统一管理,构建隐患数据库与风险评价模型,支持排查成果信息化管理与动态更新。GNSS 与 GIS 结合,可实现隐患点从数据采集、管理、分析到预警的全流程支撑,是隐患排查信息化与智能化的基础平台。

3 一体化隐患排查技术体系构建

3.1 总体思路

本文提出“天—空—地—内”一体化隐患排查技术体系。“天”指卫星遥感与 InSAR,负责大范围宏观识

别与形变筛查;“空”指无人机航测与机载激光雷达,负责重点区精细识别与三维建模;“地”指地面三维激光扫描、GNSS 与人工核查,负责重点隐患点精细测量与验证;“内”指地下探测与地质分析,负责隐患体内部结构与稳定性评价。四层协同,形成从宏观到微观、从地表到地下的全链条排查体系。该体系充分发挥各技术优势,实现隐患识别、监测、评价与管理的有机衔接,提升隐患排查的系统性与准确性。

3.2 天基遥感与 InSAR 筛查

天基遥感与 InSAR 负责区域尺度隐患筛查。利用高分辨率光学影像解译隐患点分布,利用时序 InSAR 提取地表形变速率,识别缓慢变形区与沉降区。通过形变速率阈值与形变趋势分析,筛选重点排查区,为后续无人机与地面核查提供靶区。该层具有覆盖广、周期短、可重复观测优势,是隐患排查的第一道防线。实际应用中,天基筛查可快速覆盖大面积区域,发现人工巡查难以到达区域的隐患,为后续精细排查提供明确目标,显著提高排查效率与覆盖面^[3]。

3.3 空基无人机与激光雷达核查

空基无人机与激光雷达负责重点区精细核查。对天基筛查出的重点区,利用无人机航测获取高精度正射影像与三维模型,识别隐患边界、裂缝与变形特征;利用机载激光雷达穿透植被获取地面点云,识别植被覆盖下的隐患。该层具有分辨率高、机动灵活优势,是隐患排查的第二道防线。通过多期航测对比,可分析隐患点变形趋势,为稳定性评价提供依据。空基核查将天基筛查的“面”聚焦到“点”,实现从宏观识别到精细确认的过渡,是体系中承上启下的关键环节。

3.4 地面精细测量与 GNSS 监测

地面三维激光扫描与 GNSS 负责重点隐患点精细测量与连续监测。三维激光扫描获取隐患点高精度点云,测量裂缝宽度、变形量与堆积体体积;GNSS 监测站实时获取三维位移,判断变形趋势。该层具有精度高、可连续观测优势,是隐患排查的第三道防线。通过地面精细测量,可获取隐患点关键几何参数与变形数据,为稳定性计算与防治设计提供直接依据。GNSS 连续监测还可实现变形预警,当位移速率超过阈值时及时报警,支撑隐患点动态管理与应急处置。

3.5 地下探测与稳定性评价

地下探测与地质分析负责隐患体内部结构与稳定性评价。通过地质雷达、高密度电法与钻探等手段,查

明隐患体内部结构、滑动面与地下水条件;结合地质分析与稳定性计算,评价隐患点稳定性与风险等级。该层为防治方案制定提供直接依据,是隐患排查的第四道防线。地下探测可揭示地表以下隐患体结构特征,弥补地表测绘的不足,形成从地表到地下的完整认识。稳定性评价结合多源数据,综合判断隐患点风险等级,为防治工程选型与实施提供科学依据。

3.6 多源数据融合与信息化管理

多源数据融合与信息化管理是体系的核心支撑。利用 GIS 平台将遥感、无人机、激光扫描、InSAR、GNSS 与地质数据统一管理,构建隐患数据库与三维可视化平台。通过数据融合与空间分析,实现隐患点自动识别、变形趋势分析与风险评价。信息化管理支持排查成果动态更新与多部门共享,提升隐患排查与管理效率。该层将各技术获取的数据转化为可管理、可分析、可共享的信息资产,推动隐患排查从分散作业向系统化管理转变,为防灾决策提供统一数据底座。

4 应用路径与效果分析

4.1 区域隐患早期识别

在区域尺度,利用遥感解译与时序 InSAR 开展隐患早期识别。通过光学影像解译隐患点分布,利用 InSAR 提取形变速率,识别缓慢变形区。某山区县应用 InSAR 筛查,发现多处人工巡查未发现的缓慢变形滑坡,经地面核查确认其中部分为潜在隐患点。区域早期识别可显著提高隐患排查覆盖面,减少盲区。天基手段不受地形与交通条件限制,可快速覆盖大面积区域,尤其适用于高陡山区与人员难以到达区域,为后续精细排查提供明确靶区,是隐患排查体系的第一道关口。

4.2 重点隐患点精细排查

在重点隐患点,利用无人机航测与三维激光扫描开展精细排查。通过倾斜摄影构建三维模型,识别隐患边界与变形特征;通过三维激光扫描测量裂缝宽度与变形量,判断隐患发展趋势。某滑坡隐患点应用无人机与激光扫描,查明滑坡后壁裂缝分布与堆积体体积,为防治方案提供依据^[4]。精细排查可提高隐患识别精度,支持防治工程设计。空基与地面技术结合,可获取隐患点高精度地形与变形数据,弥补天基筛查分辨率不足的问题,实现从发现隐患到查清隐患的转变。

4.3 隐蔽性隐患形变监测

对植被覆盖与人员难以到达区域,利用 InSAR 与

GNSS 开展形变监测。InSAR 可识别毫米级形变,GNSS 可提供连续位移数据,两者结合可判断隐患变形趋势。某矿区应用 InSAR 与 GNSS 监测,发现一处地面沉降区持续变形,及时采取措施避免事故。隐蔽性隐患监测可弥补人工巡查不足,提升早期预警能力。InSAR 负责大范围形变筛查,GNSS 负责重点连续监测,两者形成面与点结合的监测模式,可有效发现缓慢变形隐患,为早期处置争取时间。

4.4 排查成果信息化管理

利用 GIS 平台构建隐患数据库与三维可视化系统,实现排查成果统一管理。系统支持隐患点查询、统计、分析与动态更新,支持多部门共享与联动。某市应用 GIS 平台管理隐患排查成果,实现隐患点动态更新与风险分级,为防治决策提供数据支撑。信息化管理可提升排查成果利用效率,推动隐患排查从分散管理向系统管理转变^[5]。通过统一数据库与可视化平台,可实现隐患点全生命周期管理,支撑汛前排查、汛中巡查与汛后核查的连续管理需求。

结束语

测绘地理信息技术为地质灾害隐患排查提供了从宏观识别到精细测量、从形变监测到信息化管理的全流程支撑。本文分析了遥感解译、无人机航测、三维激光扫描、InSAR、GNSS 与 GIS 等关键技术的适用特点,构建了“天—空—地—内”一体化隐患排查技术体系,探讨了区域早期识别、重点隐患精细排查、隐蔽性隐患形变监测与排查成果信息化管理等应用路径。未来应进一步推动多源数据融合与智能识别技术应用,为地质灾害早期识别与防治提供有力支撑。

参考文献

- [1] 康富. 遥感技术在地质灾害调查中的应用 [J]. 世界有色金属, 2022(6): 184-186.
- [2] 曹承成. 无人机航测三维建模在地质灾害监测中的应用 [J]. 价值工程, 2025: 44(24):137-139.
- [3] 于潇. 基于 DEA 和 GIS 方法的地质灾害风险评价——以北京市平谷区为例 [J]. 矿产勘查, 2025, 16(6):1527-1539.
- [4] 陈佐明. 测绘地理信息技术在地质勘查中的应用 [J]. 信息系统工程, 2023(10): 47-50.
- [5] 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.