

Landslide geological disaster exploration application based on 3D reality and GIM technology

Mingxiang Yang Jing Guo*

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

Abstract

Landslide geological disasters seriously threaten people's life and property safety and ecological environment. With the development of science and technology, 3D reality and GIM (Geological information Model) technology show unique advantages in landslide geological disaster exploration. This paper analyzes the principles and characteristics of these two technologies, and elaborates their application in all aspects of landslide geological disaster exploration, such as data collection, geological structure analysis, disaster assessment, monitoring and early warning, so as to improve the level of landslide geological disaster exploration and ensure social security and sustainable development.

Keywords

realistic 3D technology; GIM technology; Landslide geological hazard; Exploration application

基于实景三维与 GIM 技术的滑坡地质灾害勘查应用

杨明响 郭靖*

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南 昆明 650218

摘 要

滑坡地质灾害严重威胁人民生命财产安全与生态环境。随着科技发展, 实景三维与GIM(地质信息模型)技术在滑坡地质灾害勘查中展现出独特优势。本文剖析这两项技术的原理、特点, 详细阐述其在滑坡地质灾害勘查各环节, 如数据采集、地质结构分析、灾害评估与监测预警等方面的应用, 旨在提升滑坡地质灾害勘查水平, 保障社会安全与可持续发展。

关键词

实景三维技术; GIM技术; 滑坡地质灾害; 勘查应用

1 引言

滑坡是一种常见且危害极大的地质灾害, 在山区、丘陵等地形起伏较大的区域频繁发生。其形成受地形地貌、地质构造、岩土体性质、降水、地震等多种因素影响, 一旦发生, 将导致房屋损毁、道路中断、人员伤亡等严重后果, 对社会经济发展和生态环境造成巨大破坏。传统的滑坡地质灾害勘查方法, 如实地测绘、地质调查等, 虽能获取一定信息, 但存在效率低、精度有限、无法全面直观反映地质状况等不足。实景三维与 GIM 技术的出现, 为滑坡地质灾害勘查带来新的契机, 能更高效、精准、全面地获取地质信息, 提升勘查工作的质量与水平。

【作者简介】杨明响(1998-), 男, 中国云南保山人, 本科, 助理工程师, 从事水工环研究。

【通讯作者】郭靖(1993-), 男, 白族, 中国云南丽江人, 本科, 工程师, 从事地质灾害治理研究。

2 实景三维与 GIM 技术概述

2.1 实景三维技术

实景三维技术主要利用无人机倾斜摄影测量、激光雷达扫描等手段, 获取地形地貌及地物的空间信息。无人机倾斜摄影测量从多个角度拍摄地面物体, 获取丰富的纹理信息, 再利用多视影像联合平差、数字表面模型生成等技术, 构建高精度的实景三维模型^[1]。激光雷达扫描则是通过发射激光束并接收反射光, 精确测量目标物体的距离信息, 快速获取地形表面的三维坐标数据, 生成高精度的数字高程模型(DEM)和点云数据, 在此基础上构建实景三维模型。实景三维技术能获取厘米级甚至毫米级精度的地形地貌信息, 模型分辨率高, 可清晰呈现微小地形起伏、地物细节, 为滑坡地质灾害勘查提供精准数据基础(图1)。

2.2 GIM 技术

GIM 技术以地理信息系统(GIS)为基础, 融合地质学、岩土力学等多学科知识, 通过对地质数据的采集、整理、分析与建模, 构建三维地质模型。它将地质构造、岩土体性质、水文地质等信息整合到一个三维模型中, 实现地质信息的可

视化管理与分析。例如,利用钻孔数据、地质测绘数据等,利用插值、网格化等算法,生成地层模型、构造模型等,再结合地形模型,构建完整的 GIM 模型。GIM 技术能有效整合地质、地理、地球物理、遥感等多源数据,全面反映地质体的空间分布、属性特征及相互关系,为滑坡地质灾害勘查提供综合性数据支持^[2]。

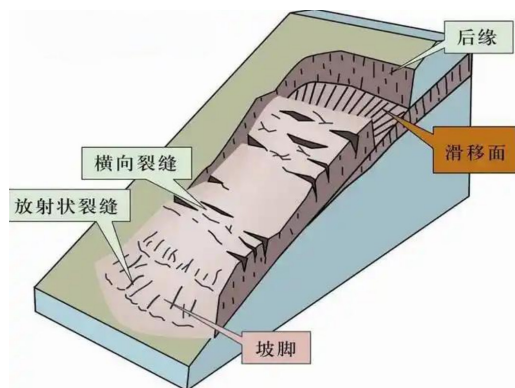


图1 实景三维技术的滑坡获取图

3 基于实景三维与 GIM 技术的滑坡地质灾害勘查应用

3.1 数据采集与处理

3.1.1 实景三维数据采集

在滑坡地质灾害勘查初期,利用无人机倾斜摄影测量获取滑坡区域及周边大范围的影像数据。无人机飞行高度、航线规划根据勘查区域大小、地形复杂程度确定,确保全覆盖且影像重叠度满足要求。例如,在某山区滑坡勘查中,无人机飞行高度设定为 100-150 米,航向重叠度 80%,旁向重叠度 70%,获取清晰的地面影像。同时,使用激光雷达扫描获取高精度地形数据,对于地形起伏较大、植被茂密区域,激光雷达能穿透植被获取真实地形信息,弥补无人机倾斜摄影在这方面的不足^[3]。

3.1.2 GIM 数据采集

收集区域地质资料,包括地质图、钻孔资料、岩土体物理力学参数等。结合地质测绘,详细记录地层分布、地质构造特征等信息。利用地球物理勘探方法,如电法、地震法等,获取地下地质结构信息。将这些多源数据进行整理、筛选、标准化处理,为构建 GIM 模型做准备。

3.1.3 数据融合与处理

将实景三维数据与 GIM 数据进行融合。借助坐标系统统一、数据配准等操作,使两者数据在空间上准确匹配。利用专业软件对融合后的数据进行处理,如对无人机影像进行正射纠正、镶嵌,对激光雷达点云数据进行滤波、分类,提取地形、地物信息。对 GIM 数据进行网格化、插值等处理,构建三维地质模型框架,并将处理后的实景三维数据与地质模型相结合,实现数据的可视化展示与分析^[4]。

3.2 滑坡地质结构分析

3.2.1 基于实景三维模型的地形地貌分析

借助实景三维模型,勘查人员可直观观察滑坡区域的地形起伏、坡度、坡向等信息。结合软件测量功能,获取滑坡体的长度、宽度、高差等参数,分析滑坡体的形态特征。对某滑坡实景三维模型测量,得知滑坡体长度 150 米,宽度 80 米,最大高差 30 米,为后续稳定性分析提供基础数据。同时,观察滑坡后壁、滑坡台阶、滑坡舌等典型地貌特征,判断滑坡的滑动方向、滑动距离及滑动历史。

3.2.2 基于 GIM 模型的地质构造与岩土体分析

在 GIM 模型中,结合剖切、分层显示等功能,分析地层分布、岩性变化及地质构造特征。确定滑坡体所处地层位置,了解岩土体的力学性质、抗剪强度等参数。例如,某滑坡 GIM 模型显示,滑坡体主要位于粉质黏土与砂岩互层地层,粉质黏土抗剪强度低,在降雨等因素作用下易发生滑动。利用 GIM 模型还可分析断层、节理等地质构造对滑坡形成的影响,如断层破碎带可能成为滑坡滑动的薄弱面^[5]。

3.3 滑坡灾害评估

3.3.1 稳定性评价

结合实景三维与 GIM 技术获取的地形地貌、地质结构、岩土体参数等信息,采用极限平衡法、数值模拟法等对滑坡稳定性进行评价。在极限平衡法中,利用 GIM 模型提供的岩土体参数及实景三维模型获取的滑坡几何形状,计算滑坡体的下滑力与抗滑力,得出稳定性系数。数值模拟法则通过建立滑坡地质模型,考虑岩土体本构关系、地下水渗流等因素,模拟滑坡在不同工况下的变形与破坏过程。利用有限元软件对某滑坡进行数值模拟,结果显示在暴雨工况下,滑坡稳定性系数降至 1.0 以下,处于不稳定状态,需及时采取治理措施。

3.3.2 灾害影响范围评估

根据实景三维模型,分析滑坡可能影响的区域,包括周边居民点、道路、河流等。利用 GIM 模型分析滑坡滑动后可能产生的次生灾害,如泥石流、堰塞湖等,并评估其影响范围。例如,某滑坡下游有一村庄,借助实景三维模型确定滑坡可能滑动方向及距离,结合地形分析,预测滑坡可能掩埋村庄部分区域。同时,利用 GIM 模型分析滑坡体物质组成及地形条件,预测若滑坡引发泥石流,其可能影响的范围,为灾害预警与应急救援提供依据。

3.4 滑坡监测与预警

3.4.1 实时监测系统构建

基于实景三维与 GIM 技术,构建滑坡实时监测系统。利用卫星遥感、无人机定期对滑坡区域进行监测,获取最新的实景三维数据,与前期数据对比,分析滑坡体的变形情况。在滑坡体上布置位移、应力、地下水位等传感器,将监测数据实时传输至 GIM 模型中,实现对滑坡体状态的实时更新

与可视化展示。在某滑坡体上布置了位移传感器，传感器数据实时传输至 GIM 模型对应的位置，借助模型可直观看到滑坡体不同部位的位移变化情况。

3.4.2 预警模型建立与应用

根据监测数据及滑坡稳定性分析结果，建立预警模型。设定位移、应力、地下水位等参数的预警阈值，当监测数据超过阈值时，预警系统自动发出警报。例如，某滑坡预警模型设定位移累计变化量超过 50 毫米、日变化量超过 5 毫米时发出橙色预警，地下水位上升超过 1 米时发出红色预警。通过 GIM 模型与预警系统的结合，及时向周边居民、相关部门发布预警信息，为人员疏散、灾害防治争取时间。

4 基于实景三维与 GIM 技术的滑坡地质灾害勘查应用面临的问题及解决策略

4.1 面临的问题

4.1.1 数据获取与处理难度大

滑坡地质灾害勘查需要获取大量多源数据，包括地形、地质、气象等。不同数据源的数据格式、精度、更新频率不一致，数据获取渠道复杂，增加了数据采集难度。同时，对海量数据的处理、融合、存储要求高，需要强大的计算能力与专业软件支持，目前部分勘查单位在数据处理方面存在技术瓶颈。

4.1.2 技术应用成本高

实景三维与 GIM 技术的应用需要配备专业设备，如无人机、激光雷达、高性能计算机等，设备购置与维护成本高。同时，数据采集、模型构建、分析处理等环节需要专业技术人员，人力成本也较高。对于一些资金有限的地区或项目，技术应用成本成为阻碍。

4.1.3 技术标准与规范不完善

目前，实景三维与 GIM 技术在滑坡地质灾害勘查领域的应用尚缺乏统一的技术标准与规范。不同单位在数据采集、模型构建、分析方法等方面存在差异，导致数据兼容性差，成果质量参差不齐，不利于技术的推广与应用。

4.1.4 专业人才短缺

实景三维与 GIM 技术涉及多学科知识，需要勘查人员具备地质、地理信息、计算机等多方面专业知识与技能。然而，目前相关专业人才培养体系尚不完善，勘查单位中掌握这两项技术的专业人才短缺，影响了技术的深入应用与创新发展。

4.2 解决策略

4.2.1 加强数据管理与技术研发

建立统一的数据管理平台，整合不同数据源的数据，规范数据格式与标准，提高数据获取与管理效率。加大对数据处理技术的研发投入，开发高效的数据处理、融合与分析软件，提高数据处理能力。利用云计算、大数据技术实现数据的快速存储、处理与分析。

4.2.2 降低技术应用成本

政府及相关部门可通过政策扶持、资金补贴等方式，鼓励企业研发低成本、高性能的勘查设备与软件。勘查单位可通过技术共享、合作研发等方式，降低设备购置与维护成本。同时，优化勘查流程，提高工作效率，降低人力成本。采用多旋翼无人机搭载低成本激光雷达设备，实现高精度地形数据采集，降低设备成本。

4.2.3 完善技术标准与规范

相关部门应组织专家制定实景三维与 GIM 技术在滑坡地质灾害勘查领域的统一技术标准与规范，明确数据采集、模型构建、分析方法、成果表达等方面的要求。加强对技术应用的监督与管理，确保技术应用符合标准规范，提高成果质量与数据兼容性。

4.2.4 加强专业人才培养

高校应优化相关专业课程设置，增加实景三维与 GIM 技术相关课程，培养既懂地质又掌握信息技术的复合型人才。勘查单位应加强对在职人员的培训，结合内部培训、外部进修、技术交流等方式，提高勘查人员的技术水平与应用能力。

5 结论

实景三维与 GIM 技术为滑坡地质灾害勘查带来创新的技术手段，在数据采集、地质结构分析、灾害评估、监测预警等方面具有显著优势。结合实际案例应用表明，这两项技术的结合能够快速、准确地获取滑坡地质信息，深入分析滑坡形成机制，有效评估灾害风险，及时进行监测预警，为滑坡地质灾害防治提供科学依据，显著提升勘查工作的效率与质量。然而，在应用过程中仍面临数据获取与处理难度大、技术应用成本高、技术标准与规范不完善、专业人才短缺等问题。通过加强数据管理与技术研发、降低技术应用成本、完善技术标准与规范、加强专业人才培养等策略，能有效解决这些问题，推动实景三维与 GIM 技术在滑坡地质灾害勘查领域的广泛应用与深入发展，为保障人民生命财产安全、促进社会可持续发展发挥更大作用。

参考文献

- [1] 马建雄,明镜,周成涛,等. 基于实景三维与GIM技术的滑坡地质灾害勘查应用[J]. 测绘通报,2024(11):74-77,161.
- [2] 马建雄,明镜,周成涛,等. 基于实景三维与GIM技术的滑坡地质灾害勘查应用[J]. 测绘通报,2024(11):74-77,161.
- [3] 毛正君,于海泳,梁伟,等. 基于无人机倾斜摄影测量三维建模的区域黄土滑坡识别及特征分析[J]. 中国地质,2024,51(2):561-576.
- [4] 张克利,姚爱敏,张建全,等. GB-InSAR滑坡应急监测的快速建模与三维匹配试验及应用[J]. 水文地质工程地质,2024,51(6):190-197.
- [5] 时丕旭. 地面LIDAR在滑坡灾害三维实景建模中的应用[J]. 铁道勘察,2024,50(1):28-32,38.