

面测量方法，数据采集时间缩短了70%，并且能够在较短的时间内完成大范围区域的高精度影像采集。在数据精度方面，使用该技术测量误差控制在2厘米以内，远低于传统方法的5厘米误差范围。此外，生成的三维点云数据和数字表面模型精度达到1:1000以上，满足地块划分和附着物调查的高精度要求。整体来看，采用无人机倾斜摄影技术能够在短时间内提供更为精确、全面的地理信息，大幅提升征地外业调查的效率和数据质量，且减少了现场人工操作的复杂性。

## 5 无人机倾斜摄影技术在征地外业调查中的优化方法

### 5.1 优化飞行规划与数据采集方案

优化飞行规划和数据采集方案是提升无人机倾斜摄影技术应用效果的关键。在飞行规划阶段，需要根据征地调查的具体区域和任务要求，合理设定飞行路径、飞行高度和拍摄角度。飞行高度直接影响拍摄视野和影像的分辨率，较高的飞行高度可以覆盖更大范围，但也可能降低图像的清晰度，因此需要在飞行高度与拍摄精度之间进行平衡。此外，合理的飞行路径设计可确保数据采集的全面性和重叠度，提高后期影像拼接和三维重建的精度。数据采集方案的优化还应考虑现场环境和天气条件，避开高风速、强光照和电磁干扰等不利因素。同时，在飞行任务的执行过程中，通过实时监控和调整飞行状态，确保数据的完整性和质量，减少飞行过程中的异常情况，从而提高整体数据采集效率。

### 5.2 提高数据精度与点云处理算法的改进

提高数据精度是无人机倾斜摄影技术应用中的重要课题。在点云数据处理过程中，采用先进的点云去噪技术能够有效减少噪声点，提升点云质量。为了提高数据的精确度，还需要对点云的配准算法进行优化，采用多视角影像拼接技术，保证在不同角度拍摄的影像间的几何一致性。对于复杂地形，采用高精度的差分GPS定位系统进行辅助测量，可以提高数据的空间精度。点云处理算法的改进还涉及到自动化程度的提升，采用基于深度学习的自动化算法处理点云，能够更精确地识别地面、建筑物等不同类型的物体，提高数据处理的效率。此外，针对大规模数据集，采用分布式计算平台进行处理，可以有效缩短处理时间，提高点云数据生成与重建的精度，为后续的分析与应用提供高质量的空间数据

支持。

### 5.3 优化数据处理流程与系统集成

数据处理流程的优化和系统集成的高效实施是提升无人机倾斜摄影技术应用效果的另一关键点。在数据采集后，通常需要多个步骤进行数据清洗、配准、拼接和建模等操作。为了提高处理效率，可以通过自动化的流程减少人工干预，在每个环节之间建立智能化的连接，确保数据流的顺畅。在数据处理软件的选择上，应根据实际需求，采用高效且具有良好兼容性的集成平台，使得不同类型的数据能够快速、准确地整合。例如，将点云处理与影像拼接、三维建模系统进行无缝对接，实现数据处理的快速转化和共享。此外，系统集成的优化还应注重数据存储和计算能力的提升。采用云计算平台进行大数据处理和存储，可以有效解决数据量庞大的问题，保障数据安全并提升处理速度。通过整合数据采集、处理和应用的全过程，可以显著提高无人机倾斜摄影技术在征地外业调查中的整体效率和质量。

## 6 结语

无人机倾斜摄影技术在征地外业调查中的应用，显著提高了数据采集效率与精度，为土地测绘和地表附着物数据采集提供了更加全面和准确的空间数据。通过优化飞行规划、数据采集方案及处理算法，能够更好地适应不同的环境条件与测量需求，提升数据的可靠性和适用性。然而，尽管该技术已经展现出其独特的优势，在实际应用中仍需解决一些挑战，如飞行过程中的稳定性、数据处理的精度与效率等问题。未来，随着无人机技术和数据处理算法的不断发展，结合更多先进技术，无人机倾斜摄影技术将在征地调查中发挥更大的作用，推动测绘行业的智能化和自动化进程，为相关领域的决策提供更加高效、精准的技术支持。随着技术的不断优化和完善，该技术将在土地测量、地表附着物数据采集等诸多领域得到更广泛的应用，彻底颠覆土地征收外业调查的技术手段。

### 参考文献

- [1] 史炜东.激光雷达技术在露天煤矿征地外业调查中的应用[J].露天采矿技术,2024,39(06):28-31.
- [2] 韦雄飞.水利工程征地移民实物调查内外业一体化平台研发[J].广西水利水电,2024,(02):117-119+136.
- [3] 史炜东.无人机倾斜摄影测量技术在露天煤矿征地中的应用[J].露天采矿技术,2023,38(01):39-41+45.

# Discussion on the Construction of a Specialized and Mass Combined Monitoring and Early Warning System for Geological Disasters in Yunnan Province

Yuebin Jiang<sup>1</sup> Xiaomei Li<sup>2</sup>

Yunnan Geological Engineering Second Investigation Institute Co., Ltd., Dali, Yunnan, 671000, China

## Abstract

As one of the provinces in China with the most severe geological disasters, by the end of 2020, Yunnan Province had 23,267 registered geological disaster hazard points, threatening a total of 3.7804 million people and property worth 79.673 billion yuan. Monitoring and early warning, as an important component of the comprehensive prevention and control system for geological disasters, is a significant means to reduce casualties and property losses caused by geological disasters. Since the 12th Five-Year Plan, Yunnan Province has established a geological disaster mass monitoring and prevention system that covers all known geological disaster hazard points. Under the current new situation of scientific and technological disaster prevention, the construction of a monitoring and early warning system combining professional and mass efforts is particularly necessary.

## Keywords

Yunnan; Geological disasters; Specialized and mass combined monitoring and early warning system

# 关于云南省地质灾害专群结合监测预警体系建设的探讨

姜跃斌<sup>1</sup> 李晓梅<sup>2</sup>

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南大理 671000

## 摘要

云南省作为全国地质灾害最严重的省份之一, 截至2020年底, 全省登记在册的地质灾害隐患点23267处, 共威胁人口378.04万人, 威胁财产796.73亿元。监测预警作为地质灾害综合防治体系建设的重要组成部分, 是减少地质灾害造成人员伤亡和财产损失的重要手段。“十二五”以来, 云南省建立了已知地质灾害隐患点全覆盖的地质灾害群测群防体系, 在当前科技防灾的新形势下, 专群结合监测预警体系建设显得尤为必要。

## 关键词

云南; 地质灾害; 专群结合监测预警体系

## 1 云南省专群结合监测预警体系建设现状

### 1.1 建设成效

自2021年云南地质监测预警体系建设以来, 截止2023年4月15日, 在云南省自然资源厅统一领导和组织下, 云南省构建形成国家—省—市—县互联互通、“群专结合、专群并重”的四级监测预警网络体系, 开发与定制了云南省地质灾害监测预警系统, 建成了覆盖全省16个地州(市)的监测预警体系。系统总计接入6862处地质灾害监测预警点, 安装各类监测预警设备33820台(套), 设备上线率100%, 汛期平均在线率超过97%, 初步实现了对所有监测

预警点及设备的线上统计、运行管理, 预警分析、数据存储、模型预警设置及综合展示等功能, “人防+技防”监测预警体系基本建成。目前, 全省“人防+技防”专群结合监测预警已成功预报14起, 有效预警97次, 成功避免17663名群众、74578万元的生命财产损失, “人防+技防”的地质灾害监测预警体系初见成效。

### 1.2 存在不足

从近三年监测预警体系实施的情况来看, 普遍存在虚警率高、监测数据稳定性较差、监测设备维护不及时等问题, 迫切需要依托现有群测群防体系及新技术装备手段加强专群结合监测预警体系建设, 以适应新时期地质灾害防治需求。

**【作者简介】**姜跃斌(1988-), 中国云南楚雄人, 本科, 高级工程师, 从事地质灾害防治、监测预警、矿山生态修复等研究。

## 2 专群结合监测预警体系建设

### 2.1 完善现有群测群防体系建设

依据地质灾害隐患识别、调查评价和汛期常规性地质灾害巡查排查成果,及时调整完善县、乡、村、组四级地质灾害群测群防网络体系,确保地质灾害隐患群测群防全覆盖。依托驻守专业队伍,加强监测人员技术培训和现场指导,强化监测设备配备,提高群测群防人员识灾、辨灾、观测、处置、自救、互救等能力。进一步完善地质灾害群测群防工作制度和机制,完善网格化管理模式,加强群测群防员遴选考核,健全完善群测群防资金保障机制和成功避险奖励机制,稳定群测群防监测队伍。

### 2.2 稳步推进地质灾害监测预警新技术及设备的应用

以当前较为先进的智能传感、物联网、北斗定位、磷酸铁锂供电、大数据、云计算、人工智能、便捷式安装等新技术作为技术支撑,在对各灾害体开展调查工作的基础上,结合地质灾害的形成机理、成灾特征及影响因素,选用监测精度适当、运行可靠、功能简约、性价比高、安装便捷、易于维护、可实现智能预警且易于推广普及的监测设备,提供准确程度高、完整性好且有效的监测数据,切实提高数据质量<sup>[1]</sup>。

### 2.3 持续加强群专结合监测预警体系建设

按照“群专结合、专群并重”的要求,通过安装普适型监测预警设备和加强专业技术人员指导等举措,继续推进新型高效的“人防+技防”地质灾害监测预警体系建设,提升云南省地质灾害群测群防信息化、专业化水平,提高地质灾害防治科技支撑能力。充分发挥资质队伍“驻地值守、技术研判、动态跟踪、科学预警、辅助决策”等专业优势,提高地质灾害监测预警效率。健全完善地质灾害监测设备运行与维护机制,加大政府购买服务力度,健全“行政统筹、规划引领,属地管理、分级负责,统一平台、上下联动,运营服务、市场配置”的监测预警项目管理机制,构建“政府部门主导、技术单位支撑、总承建单位维护、防灾主体使用”的综合监测预警体系。

#### ①加强灾害体特征分析,因地制宜选择监测设备

在对各灾害体及周边地质环境条件进行调查的基础上,分析灾害体的发育特征、成因机制、稳定性、发展趋势及危险性,选择运行稳定、集成度高、功耗低、建设成本低、精度适中,可进行智能预警的普适型监测设备。滑坡及崩塌以监测变形和降雨为主,常用的监测设备有自动化雨量计、多参数 GNSS 地表位移监测站、多参数裂缝计、倾角计、加速度计、含水率计、无线智能广播等;泥石流以监测降雨、物源补给过程、水动力参数为主,常用监测设备有自动化雨量计、图像泥位计、断线图像监测仪、次声监测站、视频监测站、无线智能广播等。

#### ②完善专群结合监测预警培训

群测群防员作为专群结合监测预警体系建设的重要参与者,在项目建设及运营过程中需要更多的参与进来。在年

度例行群测群防业务培训的基础上,项目总承建单位应对各监测点的群测群防员就设备布置、基本功能、简单维护、本地预警、预警处置等方面进行现场培训,定期在监测预警系统内更新群测群防员信息,收到各级预警信息分析研判后,及时进行有效处置,降低地质灾害风险。<sup>[2]</sup>

#### ③加强运维保障,及时处置各类预警信息

总承建单位作为运行维护的第一责任人,应在项目所在地设置运行维护项目部,辐射各监测点进行定期巡查维护。运维项目部的人员由地质灾害防治专业技术人员、设备专业人员及后勤保障人员组成,充分利用系统平台进行设备故障统计,安排专人对设备进行定期巡检,及时发现问题并进行维护,汛期内每月对监测点位进行巡检,非汛期每季度巡检一次,不同地区在汛期按照降雨情况进行加密检查。

收到各类预警信息后,总承建单位专业技术人员第一时间对灾害体的成灾可能性及发展趋势进行分析研判,并及时与群测群防员联动现场复核,按照预警发布与处置流程,与各防灾责任人开展现场调查处置。对于现场复核后有明显变形的灾害点,群测群防员应与村、乡镇防灾责任人立即开展现场巡查,发现险情及时上报,发现重大险情及时组织群众转移避险;总承建单位选派专家开展现场调查,协助基层部门做好应急处置,做好预警信息的闭环管理;县级自然资源部门率县级技术指导站专家会同总承建单位开展现场调查;州(市)自然资源部门密切关注隐患点的变化情况,必要时率州(市)指导中心专家开展现场指导;省级地质灾害防治技术指导中心接收到有效红色预警信息,随时做好重大地质灾害险情应急会商和技术指导。

## 3 项目案例分析

### 3.1 项目背景

巍山县巍宝山乡大龙潭村委会拉哈咱组滑坡监测点为2022年实施的普适型监测点,2022年7月31日至8月11日,在连续强降雨影响下,滑坡持续发生滑移变形,并连续触发监测预警系统红色预警<sup>[3]</sup>,收到预警信息后,总承建单位专业技术人员和各级防灾责任人联动,于2022年7月31日到现场进行复核,经现场调查,滑坡后缘的主裂缝宽约100cm,形成错台最大深度约90cm,原覆盖薄膜部位已拉裂,中部张拉横向裂缝加宽,滑坡体前缘局部已滑至地里,08GP02(地表位移)距后缘主裂缝约5m,监测数据与现场测量结果基本相符(照片1~2)。在单点暴雨或连续降雨条件下滑坡会持续变形,对周围6户30人生命财产安全造成较大威胁,险情等级为小型。

### 3.2 灾害体概况及监测工作部署

拉哈咱滑坡所在斜坡上地形坡度一般25~30°,出露填土及残坡积层松散土体。经调查走访,该滑坡前期就有不同程度的变形,近年来雨季滑坡整体变形活动有所加剧。滑坡后缘紧邻村民房屋,前缘有村民居住。2022年3月现场