

# 无人机在复杂地形条件滑坡勘查中的应用——以上犹县水岩乡滑坡为例

谢昊翔

江西省地质局第七地质大队  
赣州市地质灾害防治重点实验室  
江西赣南地质矿产集团有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i7.18248

**[摘要]** 江西赣南地区的地质灾害在分布上呈现出“点多、面广、规模小”的显著特征。该地区灾害隐患点数量繁多且分布零散,这无疑令防治工作面临着严峻挑战。此区域的地质灾害类型以滑坡为主,特别是在集中强降雨期间,丘陵山区因切坡建房、修路等工程活动而形成的边坡地带,是滑坡和崩塌的高发区域。因此,需要通过专业的地质灾害勘查手段,精准查明滑坡隐患体的地质条件与变形特征,从而为制定科学有效的综合治理方案提供可靠依据,传统勘查方式面临诸多挑战。以往设备搬运需开辟道路,对植被破坏较大,且运输过程耗时费力。无人机吊装技术作为一种创新解决方案,通过集成先进的飞行平台、吊装系统和传感技术,实现了地灾边坡勘查的革命性突破。研究表明,该技术为复杂地形地质灾害勘查提供了高效、安全、绿色的全新路径。

**[关键词]** 无人机吊装; 地质灾害勘查; 钻探设备运输; 复杂地形  
**中图分类号:** DF793.5 **文献标识码:** A

Application of UAV in landslide exploration in complex terrain conditions—Taking the landslide in Shuiyan Township of Shangyou County as an example

Haoxiang Xie

The Seventh Geological Brigade of Jiangxi Bureau of Geology. LTD  
Key Laboratory for Geohazard Prevention and Control of Ganzhou City  
Jiangxi Gannan Geology and Mineral Resources Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Geological hazards in Jiangxi's Gannan region exhibit distinct characteristics of "numerous points, wide coverage, and small scale" in their distribution. The area's vast number of scattered hazard sites presents significant challenges for prevention and control efforts. Landslides dominate the region's geological hazards, particularly during heavy rainfall periods. Slope zones in hilly areas, formed by slope-cutting construction activities like housing and road building, become high-risk zones for landslides and rockfalls. To address this, professional geological hazard investigation methods are essential to accurately identify the geological conditions and deformation features of landslide-prone areas, thereby providing reliable data for developing scientific and effective comprehensive management plans. Traditional survey methods face multiple challenges: equipment transportation requires road construction, causes extensive vegetation damage, and is time-consuming and labor-intensive. As an innovative solution, drone hoisting technology has achieved revolutionary breakthroughs in geological hazard slope investigation by integrating advanced flight platforms, hoisting systems, and sensor technologies. Research indicates that this technology offers an efficient, safe, and environmentally sustainable approach for investigating geological hazards in complex terrains.

**[Key words]** drone hoisting; geological hazard survey; drilling equipment transportation; complex terrain

## 引言

2022年6月24日凌晨,上犹县水岩乡太乙村水口组发生一起小型土质滑坡,滑坡体方量约5220m<sup>3</sup>,导致一栋两层半砖混房屋倒塌,造成2死2伤的严重后果,直接经济损失约160万元。该滑坡区属于丘陵地貌<sup>[1]</sup>,为了研究该滑坡孕灾机理<sup>[2]</sup>与今后的防治关键技术<sup>[3]</sup>,需要进行地质灾害勘查<sup>[4]</sup>。滑坡区自然斜坡较高(最大高差93m),坡度较陡(坡度30-40),植被覆盖率高(90%以上),需修路400余米才能到达指定孔位,对环境影响较大。地灾勘查孔位一般布置在滑坡的后缘、中部和前缘,需要先修路,路宽一般2.2m左右。因为机械修路费用高,且受自然条件限制,多为人工用镐、锹、镰刀等工具修山间小路,人工拆卸设备,搬运机械钻杆等<sup>[5]</sup>存在的危险因素有:鞋底滑滚下山,修路时上下抛掷工具砸伤人,树倒砸伤人,搬运机械、钻杆时发生挤、压、碾、割伤、砸脚等伤害。当条件允许用爬山虎搬运设备材料时,存在翻车、车辆伤害等危险因素<sup>[6]</sup>。无论是机械还是人工开辟临时道路需砍伐成片林木,不仅涉及高额青苗赔偿与修路成本,更会破坏生态环境,此次引入无人机吊装方案<sup>[7]</sup>,为破解这些难题提供了创新解决方案。该技术完美呼应了《绿色地质勘查工作规范》等行业标准的要求。

## 1 研究区概况

### 1.1 地质环境背景

该滑坡位于G220国道上犹县水岩乡太乙村,滑坡区自然斜坡较高(最大高差93m),坡度较陡(坡度30-40),植被覆盖率高(90%以上),该处出露地层为寒武系粉砂质板岩和第四系残坡积层。寒武系砂质板岩地层产状为320°∠70°,岩石风化程度强,呈松散型砂土状,下部基岩裂隙发育,产状分别为30°∠85°、270°∠88°,整体较破碎。其上覆第四系残积层,结构松散,厚度2-3m。

### 1.2 滑坡特征



图1 滑坡航拍图



图2 滑坡航拍图

2022年6月24日凌晨,上犹县水岩乡太乙村水口组山体发生滑坡。滑坡为小型土质滑坡,滑向315°,滑坡体长约20m,宽约58m,平均厚约4.5m,滑坡体方量约5220m<sup>3</sup>。

## 2 无人机吊装勘查设备方案

针对太乙村滑坡的地形特点(坡度30-40°,高差93m)和地质条件(松散土质滑坡,厚度2-3m),制定了系统的无人机吊装勘查设备方案:

①利用激光雷达对滑坡区域进行三维扫描,规划最优飞行路径,避开密集植被和陡崖。考虑到滑坡体稳定性可能较差,飞行路径避免直接穿越滑坡主滑方向,防止无人机坠毁对滑坡体的二次扰动。

②根据钻机模块重量和紧急程度,合理安排吊装顺序,提高作业效率。优先吊运柴油机、卷扬机等核心钻探设备,确保快速开展勘查工作。

③FC100搭载了62英寸的碳纤维桨叶和升级的电机调系统,单轴最大拉力高达82公斤,由于XY150型钻探设备采油机重达300余斤,故本次勘查采用双无人机吊运模式。



图3 无人机双机吊运图



图4 无人机双机吊运图

### 3 应用成效与分析

#### 3.1 无人机吊装方案与传统勘查手段效率提升对比

与传统人工搬运方式相比,无人机吊装技术展现出显著效率优势:

①运输时间大幅缩短:传统人工搬运需要几天的设备运输,无人机吊装仅需30-60分钟。在上犹太乙村滑坡的应用中,单体搬运时间由传统人工几天压缩至30-60分钟。

②整体勘查周期压缩:太乙村滑坡勘查项目总周期从传统的20-30天缩短至10-15天,效率提升50%以上。

③人力资源优化:减少运输人员需求65%以上,技术人员可专注于核心勘查任务。无人机吊装方案显著降低了人工劳动强度。

#### 3.2 无人机吊装方案与传统勘查手段安全性对比

无人机吊装技术与传统人工搬运在安全性方面具有明显优势:

①避免了人员在陡坡搬运设备时的跌落风险。在上犹县项目中,无人机作业有效规避了人员跌落、设备损毁等安全隐患。

②智能吊装系统确保设备平稳运输,精确定位减少二次搬运风险。

③无人机可在复杂气象条件下作业,减少人员在危险环境暴露时间。

#### 3.3 无人机吊装方案与传统勘查手段环保性对比

无人机吊装技术对环境保护具有重要意义:

①避免修建临时道路,减少对山林植被的破坏。上犹太乙村无人机吊装实现“不砍树、不破土”的绿色勘探目标。

②不破坏地表结构,减少滑坡体二次扰动,降低水土流失风险。

③特别适用于自然保护区等生态敏感区域,实现绿色勘查。

#### 3.4 无人机吊装方案与传统勘查手段经济性分析

从经济效益角度,无人机吊装技术展现出显著价值:

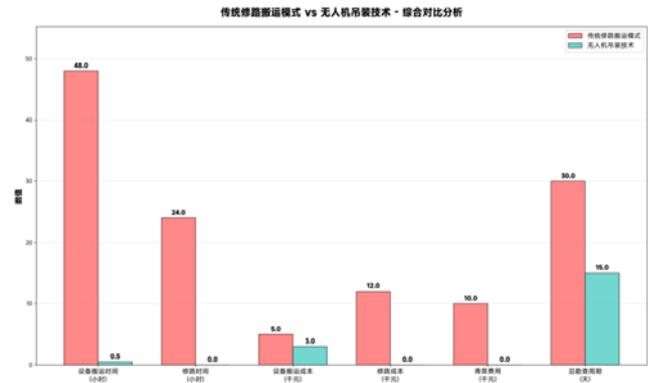
①太乙村项目总成本较传统方式降低30%,其中运输修路环节成本降低80%。

②快速勘查为灾害治理争取宝贵时间,减少二次灾害可能造成的损失。

表1 无人机吊装方案与传统勘查手段经济性分析

| 对比目标       | 传统修路搬运模式                 | 无人机吊装技术             |
|------------|--------------------------|---------------------|
| 设备搬运时间     | 48h                      | 0.5h                |
| 修路时间       | 24h                      | 0                   |
| 设备搬运成本     | 5000元                    | 3000元               |
| 修路成本(400m) | 12000元                   | 0元                  |
| 育苗费用       | 10000元                   | 0元                  |
| 总勘查周期      | 30天                      | 15天                 |
| 安全风险等级     | 高                        | 低                   |
| 生态环境影响     | 需修临时道路400余米(破坏植被,引发水土流失) | 近乎零影响(无需修路,不破坏地表植被) |
| 地形适应性      | 极差(受限于沟壑、陡坡,设备难以抵达)      | 极强(无视地形障碍,可精准抵达指定点) |

表2 传统修路搬运模式Vs无人机吊装技术综合对比分析



## 4 结论

上犹县水岩乡太乙村滑坡勘查实践表明,无人机吊装钻机技术是解决复杂地形地质灾害勘查难题的有效手段。该技术通过重载无人机平台、智能吊装系统和模块化钻机的有机集成,实现了勘查设备的快速部署与精准就位,显著提升了勘查效率与安全性。

在太乙村滑坡勘查中,无人机吊装技术使设备运输效率提升80%以上,避免修路400余米,减少林木砍伐,显著降低对生态环境的干扰。同时,该技术降低了人员安全风险,为滑坡孕灾机理研究与防治关键技术开发提供了有效技术支撑。

无人机吊装技术完美呼应了《绿色地质勘查工作规范》等行业标准的要求,将生态保护内化为勘查工作的内在组成部分,实现了地质勘查与生态保护的和谐统一,为复杂地形地质灾害勘查提供了创新解决方案。

江西省地质局青年科学技术带头人培养计划项目一赣南地区变质岩地层切坡建房诱发高速滑坡孕灾机理与防治关键技术研究(编号:2025JXDZKJRC04)。

### 【参考文献】

[1]王旭.赣州市滑坡易发性建模的不确定性及其增量学习[D].西南石油大学,2024.

[2]孙俊,刘亦威,邢爱国.土-岩接触面滑坡孕灾机理与加护效应研究[J].武汉大学学报(工学版),2025,58(9):1384-1394.

[3]李华涛.地质灾害滑坡防治关键技术及处理方法分析[J].新疆有色金属,2023,46(4):41-42.

[4]王晓君.地质灾害工程中边坡稳定勘查与滑坡治理技术[J].福建建材,2025,(06):94-96.

[5]陈海川,张莹辉,王智茂.磁法勘探在铁矿勘探中的应用[J].世界有色金属,2017,(04):58-59.

[6]张云峰.地质钻探危险有害因素分析及控制对策[J].中国金属通报,2019,(11):213-214.

[7]王文彬,龙安,吴荣华,等.无人机吊运模块化钻机技术研究与应用[J].钻探工程,2024,51(S1):208-215.

### 作者简介:

谢昊翔(1989--),男,江西赣州人,本科,工程师,主要从事水工环地质技术研究。