

户而言,由于对新产品的功能和可靠性认识不足,他们常常会忽视设备的更新时间,这可能会导致资金的浪费或者无法达到预期的效益。因此,在选择设备时,我们需要在项目的实际需求和预算之间进行全面的权衡,并对设备的更新周期做出合理的安排。

#### 4 信号遮挡与环境干扰的应对策略

无线电测量系统通常采用与无线电测距原理(RTK)类似的技术手段,该系统依赖于地面基站与移动站之间的无线电信号交流,能够实时测量信号的传播时长和相位变化,从而能够准确地锁定目标位置。这种技术充分利用了接收器的即时频率变动特性,从而在不需要进行载波追踪的情况下完成了整个操作。这种技术不需要依赖于卫星信号,因此能够有效地避免卫星信号遮挡带来的负面影响,尤其是在地形复杂或信号遮挡较为严重的地区表现尤为突出。在山区和城市峡谷等特定环境下,由于GPS信号的接收困难,无线电测量系统可以作为GPS的一个有力补充,以确保测量任务能够顺利进行。

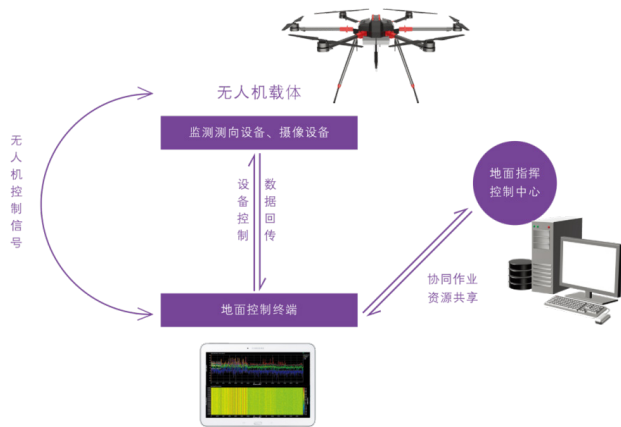


图2 空中无线电监测平台

然而,在长时间使用之后,惯性导航系统可能会受到累积误差的影响,这有可能会逐渐降低其定位的准确度。为了进一步提升导航系统的准确性,对其进行补偿是必要的。因此,为了最大限度地利用各自的优势,惯性导航系统往往

会与GPS技术进行整合。通过整合GPS的定位信息与INS的输出数据,我们可以显著地降低惯性导航系统中误差的积累,进而确保定位过程的高度准确性。更明确地讲,GPS为我们提供了长时期的精确定位参考,而当GPS信号短暂中断时,INS可以为我们提供相对精确的短期位置预估<sup>[3]</sup>。

伴随着科技进步的步伐,增强型定位技术在GPS测量领域的运用逐渐增多,其主要目标是为了在不断变化的环境中提高测量的精确度。例如,利用差分GPS(DGPS)、多频GPS接收器以及GLONASS(俄罗斯全球导航卫星系统)这些尖端技术,我们有能力进一步提高GPS系统在如城市高楼、山地等复杂场所的定位精确度和稳定性。

同时,GLONASS系统作为一个与GPS互补的全球卫星定位工具,也有助于提升GPS在信号微弱或被遮挡区域的稳定性。当该测量系统与GPS和GLONASS信号进行同步连接时,它有能力收集到更为丰富的卫星信息,从而提升其定位精度和系统稳定性。这项技术在实际应用和推广方面都展现出了高度的价值。尤其是在摩天大楼密集的城市中心或山区,使用这种双系统技术可以显著提高GPS信号的可靠性和测量的准确度。

#### 5 结语

综上所述,采纳GPS测绘技术的优化方案,不仅显著提高了测量的精确度和工作效率,而且在减少成本和缩减工程时长方面也发挥了重要作用。未来随着GPS技术的不断发展,项目团队能够在确保测量质量的前提下,更加高效地分配资源,降低工程成本,加快施工进度,从而为道路工程的高效和高品质建设提供坚实的基础。

#### 参考文献

- [1] 刘云峰.GPS测绘技术在道路工程测量中的应用微探[J].葡萄,2024(8):0175-0177.
- [2] 张燕文.GPS测绘技术在道路工程测量中的应用[J].散装水泥,2022(003):000.
- [3] 李新明.GPS技术在道路桥梁工程测量中的应用分析[J].名城绘,2020.465.

# The role and development of UAV in geological disaster mapping

Zhiyong Pang

Hebei Province Coal Field Geological Exploration Institute (Hebei Province Unconventional Natural Gas Exploration and Research Center), Xingtai, Hebei, 054000, China

## Abstract

Uav technology has been widely used in the field of geological disaster surveying and mapping in recent years. With its fast, efficient and accurate characteristics, it provides a new solution for the dynamic monitoring, topographic mapping and post-disaster assessment. This paper first analyzes the core technology and application advantages of UAV in geological disaster surveying and mapping, and then discusses its specific application scenarios in typical disasters such as landslide, debris flow and earthquake. By sorting out the shortcomings of the existing technology, the optimization suggestions and the future development direction are put forward. Research shows that the continuous development of uav technology will significantly improve the scientific and efficient nature of geological disaster mapping, and provide important support for disaster prevention and mitigation.

## Keywords

uav; geological disaster; surveying and mapping; dynamic monitoring; post-disaster assessment

## 无人机在地质灾害测绘中的作用与发展

庞志勇

河北省煤田地质勘查院(河北省非常规天然气勘查研究中心), 中国·河北 邢台 054000

## 摘要

无人机技术近年来在地质灾害测绘领域得到了广泛应用。其以快速、高效、精确的特性,为灾害现场的动态监测、地形测绘及灾后评估提供了全新的解决方案。本文首先分析了无人机在地质灾害测绘中的核心技术及应用优势,随后探讨了其在滑坡、泥石流和地震等典型灾害中的具体应用场景。通过梳理现有技术的不足,提出了优化建议及未来发展方向。研究表明,无人机技术的持续发展,将显著提升地质灾害测绘的科学性和效率,为防灾减灾提供重要支撑。

## 关键词

无人机; 地质灾害; 测绘; 动态监测; 灾后评估

## 1 引言

地质灾害如滑坡、泥石流、地震等,因其突发性、破坏性强,常对人类生产生活及生态环境造成重大威胁。如何快速、准确地获取灾害现场的地形信息并对其进行动态监测,是灾害预警与治理的关键。然而,传统的地质灾害测绘方法如人工测绘和卫星遥感,存在效率低、分辨率有限和受天气条件影响大的局限性。

无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)以其高灵活性、精细化测绘能力和低成本优势,为地质灾害测绘提供了新思路。无人机可通过搭载多种传感器(如光学相机、激光雷达、红外摄像头等),实现对灾害区域的高分辨率影像采集与三维地形重建,快速获取灾害动态数据。同时,其可在高风险

区域执行任务,显著降低人工作业的危险性。

本文旨在系统探讨无人机在地质灾害测绘中的应用现状、技术优势及发展方向。通过对典型案例的分析,提出无人机测绘技术的优化建议,为未来防灾减灾工作提供理论参考和技术支持。

## 2 无人机技术的特点与测绘优势

### 2.1 无人机的核心技术特点

无人机的核心技术由飞控系统、数据采集设备和数据处理技术三大部分构成,每一部分均在地质灾害测绘中发挥着重要作用:

飞控系统:无人机的自主飞行和精准定位依赖于先进的飞控系统。飞控系统通过集成全球导航卫星系统(GNSS)和惯性导航系统(INS),实现精准的飞行轨迹控制,确保无人机在复杂环境下的稳定运行。现代飞控系统通常还配备多传感器融合技术,如视觉惯性导航(VIO)和地形跟踪算法,

【作者简介】庞志勇(1981-),男,中国河北邢台人,硕士,高级工程师,从事地质工程研究。

使无人机能够在山区、峡谷等复杂地形中灵活飞行。此外，部分无人机采用了机载实时动力调整功能，根据环境风速和地形变化动态调整飞行姿态，进一步提升了任务执行的稳定性和安全性。

**数据采集设备：**无人机可搭载多种传感器设备，如高分辨率光学相机、激光雷达（LiDAR）、多光谱相机和热成像仪等。这些传感器设备能够实时采集灾害区域的高精度地形数据、植被覆盖信息及地表裂缝特征，为地质灾害分析提供全面的数据支持。例如，高分辨率光学相机可以捕捉地表的细节影像，用于分析灾害区域的表面变化；激光雷达通过激光扫描生成三维地形模型，精确量化滑坡体积；多光谱相机和热成像仪则可探测植被健康状况及地表温度异常，为灾害预测和监测提供额外信息支持。

**数据处理技术：**无人机采集的海量影像数据需借助先进的计算机视觉和遥感技术进行处理，生成高分辨率的正射影像图、数字高程模型（DEM）和三维地形模型。现代数据处理技术不仅提升了数据的可视化水平，还可通过机器学习和大数据分析进一步挖掘隐含信息。例如，基于深度学习的图像识别算法可自动标注灾害特征点，提高数据分析效率。此外，实时数据处理功能的实现，使得无人机在应急任务中能够快速生成关键成果，为灾害评估和决策提供技术支持。

## 2.2 无人机在地质灾害测绘中的优势

无人机以其高效、灵活和精细化的特性，在地质灾害测绘中展现了显著优势，这些优势体现在多个层面：

**高效性：**相比传统测绘方法，无人机能够在短时间内覆盖广阔的灾害区域，显著提升作业效率。例如，在滑坡或泥石流发生后，传统测绘方式可能需要数天时间完成现场勘测，而无人机可在数小时内完成灾害区域的全面扫描并生成可用数据。这种高效率使其成为灾害应急测绘的首选工具，为救援行动争取宝贵时间。

**精细化：**搭载高精度传感器的无人机可获取分辨率达厘米级的影像数据，能够细致捕捉地表裂缝、滑坡边缘和泥石流淤积等细节特征。这种分辨率远超卫星遥感和有人机测绘，可满足复杂地质灾害细节测绘的需求。例如，在滑坡灾害监测中，高精度数据能够精确量化滑坡体积及其动态变化，为灾害趋势预测提供可靠依据。

**灵活性：**无人机的灵活性主要体现在其能够在复杂地形和危险区域执行任务。例如，在高山、峡谷和密林等传统测绘方式难以覆盖的地区，无人机可以低空飞行采集数据，避免因地形限制导致的测绘盲区。同时，无人机可在恶劣条件下进入高风险区域，降低人工作业的安全风险。

**成本低：**与卫星遥感和有人机测绘相比，无人机的设备及运行成本相对较低。无人机设备的采购和维护成本适中，其运行不受发射窗口限制，能够灵活部署。这种低成本特性使其适用于中小型灾害的常态化监测，如山区滑坡、

河道泥石流等，为基层防灾减灾工作提供经济实用的技术支持。

## 2.3 无人机技术在测绘中的局限性

尽管无人机技术在地质灾害测绘中具有显著优势，但其局限性亦不可忽视。例如，天气条件（如强风、雨雪）可能影响无人机的飞行稳定性和数据采集质量；飞行续航时间和负载能力限制了其在大范围或长时间任务中的应用；此外，复杂地形可能导致导航和通信中断，需要依赖更加智能的飞控算法和高效的数据传输技术。

## 3 无人机在地质灾害中的具体应用

### 3.1 滑坡灾害监测

滑坡灾害具有突发性强、影响范围大的特点。无人机可在滑坡前、滑坡中及滑坡后三个阶段开展全方位监测：

**滑坡前的预警监测：**通过高精度地形测绘，识别潜在滑坡区域，并结合裂缝观测和地表位移监测数据，评估滑坡风险。

**滑坡中的应急监测：**在滑坡发生时，无人机能够快速抵达现场，实时拍摄灾害扩展的动态图像，为救援行动提供直观的信息支持。

**滑坡后的灾后评估：**无人机可对滑坡区域进行全面扫描，生成高分辨率的三维地形模型，准确评估滑坡体积和影响范围，为灾后治理提供科学依据。

### 3.2 泥石流灾害测绘

泥石流灾害发生在山区，地形复杂且危险性高。无人机在泥石流灾害中的应用包括：

**灾前风险评估：**无人机采集的地形数据可用于建立泥石流模拟模型，预测潜在灾害路径和影响范围。

**灾害过程监测：**无人机可以记录泥石流的流动速度和方向，提供宝贵的实时数据支持。

**灾后恢复测绘：**通过无人机高效采集泥石流淤积物分布和厚度数据，评估灾害对河流、植被和基础设施的影响，为后续治理提供参考。

### 3.3 地震灾害评估

地震灾害涉及范围广、破坏力强。无人机技术可快速响应，进行灾害区域的应急测绘：

**震后建筑物损毁评估：**无人机通过高分辨率影像识别建筑物的受损情况，生成受灾分布图，为资源调配和救援规划提供支持。

**地表裂缝监测：**无人机搭载 LiDAR 设备，可精确定位地表裂缝的位置和形态，评估地震对地质结构的影响。

**次生灾害监控：**无人机对因地震引发的滑坡、泥石流等次生灾害进行动态监测，及时提供预警信息。

## 4 无人机技术的发展方向

### 4.1 智能化与自动化

未来，无人机技术的发展将更加注重智能化和自动化



的实现。例如，引入人工智能（AI）技术，通过深度学习算法和图像识别技术，使无人机具备更高的自主性和灵活性。在任务执行中，无人机可以自主规划飞行路径，根据实时采集的数据动态调整航线，从而避开复杂地形和恶劣天气条件，确保任务的顺利完成。此外，AI技术还可以优化无人机的群体协作能力，通过多机协同执行复杂任务，例如灾害区域的分段扫描和数据整合。

自动化数据处理技术的普及也将进一步提升测绘效率。例如，通过集成云计算平台，无人机采集的数据可以实时上传至云端进行处理，快速生成正射影像、三维地形模型和灾害评估报告。这种实时处理能力不仅减少了人工干预的时间，还能为灾害应急响应提供更加及时的决策支持。未来，智能化与自动化的结合将使无人机从单一的测绘工具转变为集监测、分析和决策于一体的综合性系统，为地质灾害防控提供更加精准高效的技术支持。

#### 4.2 多传感器融合

多传感器融合是无人机测绘技术发展的核心方向之一。通过将多种传感器设备（如光学相机、热红外成像仪、激光雷达、光纤传感器等）集成在同一无人机平台上，实现对地质灾害区域的多维度观测和信息采集。例如，光学相机可提供高分辨率影像，显示地表裂缝和植被覆盖状况；激光雷达可精确生成三维地形模型，分析灾害体的体积和形态；热红外成像仪可探测地下水渗流和温度异常，识别潜在的滑坡隐患。

通过数据融合技术，可以将这些不同来源的数据进行整合与分析，生成更全面的灾害评估报告。例如，在滑坡灾害监测中，数据融合技术可以结合地形模型、植被变化信息和水文监测数据，预测滑坡的可能路径和影响范围。这种技术不仅提升了测绘成果的精度和可靠性，还为多学科协作研究提供了丰富的数据支持。未来，无人机平台将向高集成度方向发展，进一步优化传感器性能和数据融合算法，为复杂地质灾害的监测与防控提供更加多样化的解决方案。

#### 4.3 续航能力与载荷提升

续航能力和载荷能力的提升是无人机技术发展的重要目标。在现有技术条件下，无人机的飞行时间和负载能力受到电池容量和结构设计的限制，难以满足长时间、大范围任务的需求。为此，未来的技术研发将集中于以下几个方面：

**能源系统优化：**通过开发新型电池技术（如固态电池、锂离子电池等）或混合动力无人机，显著延长飞行时间。此外，太阳能供电技术也有望为长航时任务提供可持续能源。例如，利用太阳能无人机在灾害区域持续巡航监测，可以实

现不间断的数据采集。

**结构设计改进：**优化无人机的气动外形和材料结构，提高能效比和载荷能力。例如，采用轻质高强度复合材料制造无人机主体，既能减轻重量，又能增加承载能力，从而搭载更多传感器设备。

**模块化设计：**未来的无人机平台可能采用模块化设计，以便根据任务需求灵活配置传感器和任务设备。例如，在地质灾害中，可以配置LiDAR和光学相机组合，而在滑坡监测中则优先搭载红外摄像头和水文监测设备。模块化设计不仅提高了任务适应性，还能降低设备研发和维护成本。

通过在能源系统和结构设计上的突破，无人机将能够执行更加复杂的测绘任务，为地质灾害监测提供更加持续、稳定和高效的服务。

## 5 结语

无人机技术在地质灾害测绘中的应用已展现出广阔的前景，其高效、精准和灵活的特点，使其在灾害预警、动态监测和灾后评估等方面发挥了重要作用。然而，现阶段的无人机技术仍面临一些挑战，如天气条件限制、续航能力不足及数据处理流程复杂等。这些问题在一定程度上限制了无人机的应用广度和深度。

未来，随着智能化、多传感器融合及续航能力的提升，无人机将在地质灾害监测中实现更多创新突破。例如，通过引入人工智能技术，无人机将具备更强的自主决策和多机协作能力；通过数据融合技术，将不同类型的灾害信息整合在同一平台上，为科学研究和应急响应提供更加全面的支持。此外，通过跨领域合作，整合无人机技术与地质学、遥感学、灾害管理等多学科资源，有望构建更加科学、高效的地质灾害防控体系。

综上所述，无人机技术在地质灾害测绘领域的持续发展，将显著提升防灾减灾工作的科学性和效率，为保障人民生命财产安全和生态环境保护提供重要技术支撑。

## 参考文献

- [1] 华意.金园片区项目中无人机遥感测绘技术分析[J].中国设备工程,2024,(23):268-270.
- [2] 吴成真.新时期工程测绘中无人机航空摄影测量应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(34):180-182.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202434058.
- [3] 张艺可.测绘地理信息技术在地质工程测绘中的应用探析[J].居业,2024,(11):202-204.
- [4] 苏煜东.微型无人机在矿山地质工程测绘中的应用[J].世界有色金属,2024,(21):130-132.