

低空无人机摄影测量在应急测绘中的应用研究

王瑞 612722199311095119

摘要：近年来各类突发性自然灾害与公共安全事件频发，传统应急测绘手段受限于地形条件、响应速度等短板，难以满足灾后快速获取精准地形信息的需求。低空无人机摄影测量技术凭借机动性强、成本低廉、作业灵活的优势，逐步成为应急测绘领域的核心技术之一。本文梳理低空无人机摄影测量的技术原理与系统组成，分析其在应急测绘场景中的应用优势，结合典型灾害案例探讨具体作业流程与应用效果，最后指出当前技术应用存在的问题与未来发展方向，为应急测绘保障能力提升提供参考。

关键词：低空无人机；摄影测量；应急测绘；灾害监测

一、引言

应急测绘是国家应急管理体系的重要组成部分，核心任务是在突发性事件发生后，快速获取受灾区域的地理空间信息，为灾情评估、救援指挥、灾后重建提供精准的数据支撑。传统应急测绘主要依赖有人航空摄影、卫星遥感以及人工野外测量等方式，其中卫星遥感易受云层遮挡影响，数据获取周期较长；有人航空摄影受机场起降条件与空域管制限制，应急响应速度慢；人工测量在灾区地形复杂、交通中断的情况下难以开展，作业安全性低。随着无人机技术与摄影测量算法的快速发展，低空无人机摄影测量凭借其低空域准入、快速响应、高分辨率成像的特点，完美契合了应急测绘对时效性与精准度的双重要求，已经在地震、洪水、滑坡等多类突发事件的应急处置中得到广泛应用。

二、低空无人机摄影测量技术概述

2.1 技术原理

低空无人机摄影测量是将轻型无人机飞行平台、高清成像设备与摄影测量处理算法相结合的新型空间数据获取技术，其核心原理是通过无人机在待测区域上方按照预设航线进行多角度航拍，获取同一地物的多幅重叠影像，进而生成高密度点云、数字高程模型（DEM）、正射影像图（DOM）以及三维实景模型等多种测绘产品。相较于传统航空摄影测量需要高精度的位置与姿态测量设备，低空无人机摄影测量仅依托消费级或专业级航拍相机，结合机载 GNSS 与惯性测量单元

（IMU）提供的辅助数据，即可通过后处理算法完成高精度三维重建，大幅降低了技术门槛与作业成本。

2.2 系统组成

完整的低空无人机摄影测量系统主要由四个部分构成：第一是飞行平台，多为旋翼或固定翼低空无人机，旋翼无人机具备垂直起降能力，适合在狭小区域开展悬停航拍作业，灵活性更强；固定翼无人机航时更长、覆盖范围更广，适合大面积灾区的快速测绘。第二是航测任务设备，主要包括高清数码相机、GNSS 定位模块、IMU 惯性传感器，部分高精度航测还会搭载激光雷达设备补全遮挡区域的数据。第三是飞控与导航系统，负责按照预设航线控制无人机飞行，同时实时监控飞行状态，保障作业安全。第四是后处理软件，主要用于影像拼接、点云生成、测绘产品制作，当前常用的软件包括 ContextCapture、Pix4Dmapper 以及国内的大疆智图等，能够自动化完成从原始影像到成品测绘数据的处理流程。

三、低空无人机摄影测量在应急测绘中的应用优势

相较于传统应急测绘手段，低空无人机摄影测量的优势主要体现在三个方面：第一是响应速度快，机动灵活性强。低空无人机不需要专用机场起降，作业准备时间通常不超过 1 小时，在得到应急任务指令后可以快速抵达灾区开展作业。第二是数据分辨率高，信息丰富度强。低空无人机飞行高度低，获取的影像地面分辨率可以达到厘米级，能够清晰识别受灾区域的房屋损毁情况、道路中断位置、滑坡体范围等细节信息，远比卫星遥感影像更为精准，可为灾情评估提供更详实的数据支撑。第三是作业成本低，安全性高。低空无人机航测的设备投入远低于有人航空摄影，且不需要飞行员进入灾区危险区域，仅需要地面操作人员在安全区域操控即可完成作业，大幅降低了应急测绘作业的安全风险，也控制了应急处置的成本。

四、低空无人机摄影测量在应急测绘中的应用实践

4.1 典型作业流程

在应急测绘场景中，低空无人机摄影测量的作业流程通常分为四个阶段：第一是应急准备阶段，接到任务后快速完成无人机设备检查、航线规划，根据灾区范围与分辨率要求确定飞行高度、影像重叠度，同时完成空域申请工作，提前规避禁飞区域与安全风险。第二是外业航拍阶段，无人机抵达作业区域后按照预设航线开展航拍作业，实时传输影像预览数据，确认影像覆盖完整、曝光正常，若

存在漏拍区域及时补飞，确保数据完整性。第三是内业数据处理阶段，将获取的原始影像导入后处理软件，经过特征点匹配、空中三角测量、点云生成等步骤，快速生成 DOM、DEM 以及三维实景模型，根据救援需求裁剪出对应区域的测绘产品。第四是成果应用阶段，将生成的测绘数据提供给应急指挥部门，用于灾情统计、救援路线规划、灾害隐患点识别等工作。

4.2 典型灾害场景应用案例

在地震灾害应急中，2021 年青海玛多 7.4 级地震发生后，应急测绘部门第一时间派出低空无人机航测队伍，在震后 3 小时抵达灾区开展作业，仅用 6 小时就获取了震中区域 12 平方公里的 0.2 米分辨率正射影像，清晰识别出道路开裂、房屋倒塌的具体位置与范围，为救援队伍规划进场路线提供了精准支撑，也为后续灾情统计提供了可靠的量化数据。在滑坡地质灾害应急中，2022 年四川泸定地震引发大量山体滑坡，部分滑坡体存在再次滑动的风险，技术人员利用低空无人机对灾害隐患点进行多次航测，通过不同时期点云数据的对比分析，精确计算出滑坡体的位移量与形变速度，成功预警了二次滑坡风险，保障了救援人员的安全。

五、当前应用存在的问题与发展方向

当前低空无人机摄影测量在应急测绘应用中仍然存在一些短板：一是复杂天气环境适应性不足，大雨、大雾、大风等恶劣天气会影响无人机飞行安全与影像成像质量，灾区常见的多云雨天气会对航测作业造成较大限制；二是数据处理自动化程度仍需提升，当前内业处理虽然已经实现流程化，但对于遮挡严重、影像质量差的数据仍然需要人工干预，难以完全满足应急场景下快速出成果的要求；三是高精度成果的精度控制仍有不足，在没有像控点的灾区，仅依靠机载 GNSS 数据生成的成果精度难以满足大比例尺测绘的要求，一定程度上影响了后续应用。

六、结论

低空无人机摄影测量技术的发展，彻底改变了传统应急测绘的作业模式，大幅提升了应急测绘的响应速度与数据精度，已经成为应急测绘保障体系中不可或缺的核心技术。在当前各类突发事件频发的背景下，进一步推动低空无人机摄影测量技术在应急测绘领域的应用，完善技术体系与保障流程，能够有效提升我国应急管理空间信息支撑能力，为应急救援与灾后重建提供更有力的保障。随着无人机硬件与人工智能技术的不断发展，低空无人机摄影测量在应急测绘中的应用场景将会进一步拓展，应用价值也会得到更充分的发挥。

参考文献

- [1] 张力, 张保明, 郭海涛. 无人机摄影测量技术及其应用[M]. 北京: 测绘出版社, 2018.
- [2] 王东华, 刘建军. 国家应急测绘保障体系建设现状与发展[J]. 测绘学报, 2020, 49(8): 951-958.
- [3] 王树根, 谢洪. 轻小型无人机摄影测量内业处理关键技术分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2019, 44(1): 51-57.