

# 无人机倾斜摄影测量技术在应急测绘保障中的应用探讨

刘文海

辽宁省第五地质大队有限责任公司

DOI: 10.12238/j pm.v6i4.7919

**[摘要]** 结合无人机具有灵活、高效作业、成本低、飞行不受时间与环境限制等优点,并顾及地质灾害中应急测绘的实际需求。在应急测绘预案制定、航摄作业、数据处理三个步骤中深入研究了快速生产测绘地理信息产品的方法。以苏益村山体滑坡实际案例为研究背景,通过案例证明了倾斜摄影测量技术在应急测绘中具有时效性、及时性、可靠性,值得推广与借鉴。

**[关键词]** 倾斜摄影测量技术; DOM; 三维模型; 应急测绘; 防高飞行

Discussion on the application of UAV tilt photogrammetry technology in emergency mapping support

Liu Wenhai

Liaoning Fifth Geological Brigade Co., Ltd.

**[Abstract]** The UAV has the advantages of flexible, efficient operation, low cost, and no flight is limited by time and environment, and takes into account the actual needs of emergency mapping in geological disasters. In the three steps of emergency surveying and mapping plan formulation, aerial photography operation and data processing, the method of rapid production of surveying and mapping geographic information products is deeply studied. Taking the actual case of landslide in Suyi Village as the research background, the case proves that tilt photogrammetry technology has timeliness, timeliness and reliability in emergency mapping, which is worth popularizing and reference.

**[Key words]** inclined photogrammetry; DOM; 3 D model; emergency mapping; and anti-high flight

## 前言

我国国土面积幅员辽阔,地势地形丰富多彩。其中山区地貌占据了我国国土面积一大半,高山多丘陵是我国的地形特点之一。伴随而来的是地质灾害频发,包括因地震引起的山体滑坡、地裂缝、地面塌陷,因暴雨引发的泥石流,因人工采掘矿产石油引起的地质活动等等时有发生。地质灾害的发生通常具有突发性,并伴随着人民生命财产的重大损失。发生灾害后,为及时抢险救灾,弥补受灾群众的生命财产安全,第一时间获取受灾地区地理信息数据,制定科学合理的抢险救灾的方案。在指挥救灾之前必须初步了解受灾地区的受灾程度、受灾面积等等基本情况。常规方法多以人工目视现场调查为主,这种方式方法不但效率低,劳动量大,受环境制约常常无法全面了解受灾情况;而且调查人员容易遭受二次灾害发生的危险。无人机倾斜摄影测量技术的迅猛发展与快速普及,使得该技术在地质灾害应急测绘中暂露头角。无人机技术克服了传统调查方式的弊端,第一时间获取受灾地区的地理信息产品。文超[1]开展基于无人机技术在地质滑坡灾害应急测绘中应用,详细叙述了无人机应急测绘数据采集分辨率的确定,航飞像控点的布设与选取以及应急测绘数据采集可视化系统研发与应用。吕文雅[2]在文中应用无人机在德钦县民族小学后山滑坡灾害监测中

应用,利用无人机两期数据并结合 ArcGIS 技术分析滑坡不通区域可能发生的山体滑坡风险,根据监测数据提前预估监测区域风险并采取预防措施。宋培炎[3]在文中以某应急测绘演练为例,详细介绍了多旋翼无人机在测绘应急中的应用。从应急响应,到获取数据,最终应急演练结束,短时间内获取灾区的 DOM 数据。综上所述,无人机技术在地质灾害应急测绘中具有数据采集速度影响迅速,实效性强,机动性强、灵敏度高等优势,非常适合用于应急测绘抢险救灾工作。

本文研究了某山体滑坡应急测绘为案例,详细叙述了从应急测绘方案制定,应急测绘数据采集,数据处理,成果提交等重点环节。全方位阐述了无人机技术应用在应急测绘中研究与分析,为大范围开展相关工作提供参考与借鉴。

## 1 无人机倾斜摄影测量技术

### 1.1 无人机航摄系统

无人机航摄系统主要由航摄平台和地面控制系统两部分组成。航摄平台包括了无人机平台、无人机控制系统、航摄仪和其他辅助设备;地面控制系统包括了航线规划系统、无人机地面控制系统与数据传输系统。常用无人机航摄系统如大疆 M300+RTK 搭载 PSDK102S 五镜头模组,飞马 D2000 搭载 OP3000 倾斜摄影测量相机模块,二者均可一次飞行就能够获取五张不

同方向的照片。配合手簿的控制系统轻松实现航线规划，时时影像传输，飞机姿态控制等常规操作。无人机航摄对起飞场地要求较低，灵活性与机动性均较高，全方位多角度采集等优点，应用在应急测绘保障工作中具有很大优势

1.2 无人机航测生产

无人机一次飞行能提供的主要测绘产品包括：实时传输的灾区中心影像与视频资料，数字正摄影像 (DOM)，灾区三维模型，数字高程模型 (DEM) 等，后者需要事后处理才能得到。其中利用率最高的产品为 DOM 与实景三维模型，因二者直观、可量测等属性。不仅可获取灾区的基本情况，而且可根据测绘数据分析模型灾区可能发生的次灾害与评估受灾面积，评估受灾损失财产金额。

无人机航测法生产正摄影像产品通常用固定翼及多旋翼无人机获取影像像片，利用平差软件空中三角测量加密，影像纠正，影像拼接，影像像片的匀色与镶嵌等主要处理之后。正摄影像制作流程如图 1 所示。

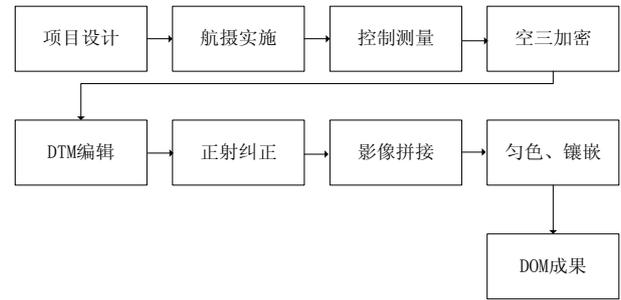


图 1 正摄影像制作主要流程

灾区三维模型一般利用多旋翼 (四旋翼，六旋翼、八旋翼) 无人机搭载五镜头，一次飞行同时获取五个方向的像片。内业依靠三维建模软件如大疆智图，ContextCapture Center Master 软件，空三加密计算、纹理映射与模型重建。某些出现拉花、墙面出现空洞等情况需要单独处理。模型处理流程如图 2 所示。

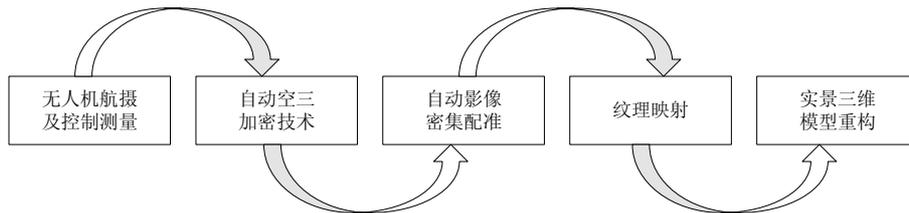


图 2 三维模型制作流程

2. 无人机应急测绘方法研究

灾害发生之后，应急测绘应立即展开，尤其是黄金救援时间内开展应急测绘工作。无人机影像数据本身量大，常规处理方法效率低，耗时长。因此，应急测绘必须改进生产作业流程，以满足抢险救灾的急迫性，使之更能满足指挥救援的工作需要，为挽回人民财产与生命安全提供保障。无人机技术在应急测绘研究中的内容主要包括制定应急预案、实施应急航摄外业工作、应急数据处理三方面。针对这三方面持续改进与优化，最大限度地提高应急测绘成果的制作效率，缩短提交成果的应急时间。

2.1 应急预案制定

灾害发生之后制定科学合理的应急预案起到了至关重要的作用，也是有序的应急测绘工作的前提条件。合理有效的应急测绘预案制定应依据当地受灾地区地质环境、测绘工作人员数量以及装备情况全方面考虑制定。应急测绘预案主要包括作业人员分配任务，可细化至每个人或以班组的形式；应急测绘人员操作手册；无人机航测紧急处理方案的制定等内容。快速制定完善应急测绘预案是开展应急测绘的重要保障，另外经常性的进行应急测绘演练，确保仪器操作娴熟，人员配置合理，配合之间默契。同时在平时演练中发现问题与不足，并及时改进积累经验。

2.2 应急摄影测量作业

应急航测作业须按照应急测绘预案中内容有序开展，工作重点是获取受灾中心区域或者灾害比较严重地区的测绘产品。航线规划时要顾及受灾中心点区域为设计，由于应急测绘经常发生在山地或丘陵地区。而无人机航飞高度有限，地势的高低起伏很容易造成像片中出现投影差，所以选择仿地飞行功能显得尤为重要。航线规划时尽量避免受灾区域在航片的边缘处，很容易影响像片质量，所以在规划航线时尽量避免受灾

地区处于两条航线之间，同时加密航线以保证测绘产品不会出现漏洞。

在应急测绘作业时，常规五镜头模组相机重量重，直接削弱了无人机的航飞时间。并且地质灾害发生的区域面积通常较大，一次飞行无法获取全部的影像数据，所以需要若干架次飞行以保证每个区域的重叠度都有保障。但是带来的问题是增加了航测时间，故要对这种方法进行改进。实际航测中，可选择降低航向重叠度与旁向重叠度减少冗余数据。

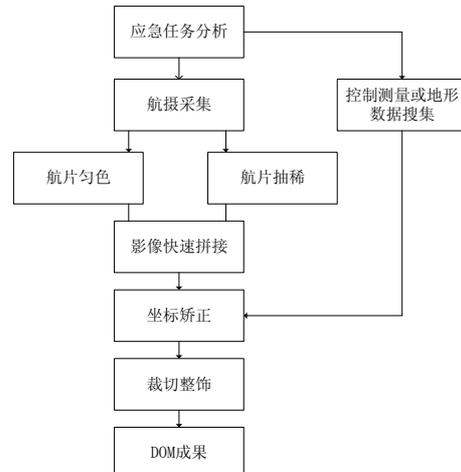


图 3 快速制作 DOM 流程

2.3 应急数据处理

无人机数据处理之前，首先对原始航摄数据进行质量检查工作，像片质量检查、POS 数据完整性检查、航线任务完整度检查等工作。并对原始数据进行预处理工作，包括像片匀色、航片重叠度抽稀等预处理工作，确保重点区域数据完整覆盖。因受灾区域电力供应紧张，无法开展大规模数据处理设备安装

工作,在规范要求最低条件的基础之上为提高作业效率。利用成熟的快速拼接数据处理软件对预处理后的航片进行自动化拼接处理,现场依据 CORS 系统数据对像片坐标进行纠正工作,最后对成图区域按照范围线裁剪制作成 DOM 成果。数据处理流程如图 3 所示。

对于灾区三维模型构建方案中,顾及到三维模型重建耗时长,可考虑将受灾重点区域单独进行处理。可将受灾区域按照网格网飞快分批次处理,最后拼接各块模型。如果受灾区域面积较大,外业获取的五镜头数据数据量较大,可采用提高航高、降低地面分辨率,满足最小建模要求的航向与旁向重叠度要求,从而加快模型输出效率。

### 3. 案例分析

2023年6月13日16时10分,拟某市外贾镇苏益村发生一起山体滑坡地质灾害,滑坡受灾区域面积约为1平方公里,该村位于滑坡区域下游,受灾房屋面积4000余平方米,16栋低层房屋受到破坏,失联与被困人员为36人。笔者所在单位具有应急测绘优秀的经验,受到上级单位主管部门委派,立即启动应急测绘预案。组织富有经验的专业技术团队奔赴灾区开展应急测绘工作,主要应急测绘任务包括制作灾区现场实时视频,制作灾区大比例尺 DOM,建立受灾区域的三维实景模型等地理信息数据。

#### 3.1 应急航摄作业

该市山体滑坡区域位于市东北部高山地区,地形起伏较大,情况非常复杂。我司派出的应急测绘队配备了飞马 D2000 搭载 OP3000 倾斜摄影测量相机模块、3 台高性能笔记本工作站、3 台高性能台式工作站、3 台大容量户外电源及新能源越野车确保输送稳定电力等设备。

苏益村滑坡区域大都以面状形态分布,滑坡底部是安排进行测绘与抢险救灾的主要阵地,技术人员、设备正在抢险救灾作业,滑坡顶部山体时常有石块滑落,存在非常大的安全隐患。为保证本次应急测绘任务完美完成,在相对安全的地方开始进行无人机航飞准备工作,在航线规划时重点加大滑坡底、滑坡顶为本次航飞的重点区域,为此增加航向与旁向重叠度,尽可能详细展现滑坡情况。



图4 应急航摄航线布设示意图

山体滑坡地区大都高程起伏较大,而传统的无人机航高设置只是相对于地面起飞点的高度。高差的影响造成同一 DOM 或三维模型上精度有差异,为此在起飞前获取受灾地区的 DEM 数据,实行仿地飞行功能。以此保证获取的影像分辨率一致,满足项目精度要求。

外业数据采集完成后,内页处理人员即时地进行数据检查、拼接、空三加密等应急处理,以最快的速度生产出灾区

的 DOM 成果。在三维模型重建过程中使用大疆智图软件,为提高数据生产效率将所携带的笔记本通过局域网,实现集群处理方式。着重处理受灾区域三维模型,并通过三维模型质量检查各种事项。

#### 3.2 应急测绘成果

本次苏益村山体滑坡应急测绘,飞马 D2000 作业飞行一个架次,共采集五镜头航片 1275 张。航摄区域覆盖整个受灾地区,并对重点区域进行了交叉航线拍摄。获取的成果数据影像分辨率高、覆盖范围广,信息全、成果多样、方便实用。向现场救灾指挥中心和当地抢险救灾相关部门提供了准确、可靠的地理信息数据,为政府救援工作提供了强有力的保障。



图5 应急测绘三维模型



图6 应急测绘正射影像

### 4 结束语

本次针对苏益村山体滑坡地质灾害,将无人机技术在应急测绘中的应用进行深入研究,并取得了较好的实战效果。为及时指挥抢险救灾提供了实时的地理信息成果,同时得到了当地政府相关部门的高度肯定与表扬。目前,无人机应急测绘任然面临着许多问题,如无人机操控员技术水平受限,对驾驶员职业素质要求较高;如遇恶劣天气飞行安全无法保障,作业风险较大;数据精度受限于环境条件;数据处理速度无法达到失效性的目的等问题。伴随着无人机技术的不断更新换代,已经电脑软硬件的飞速发展,无人机飞行将会更加适合恶劣天气、复杂地形;数据处理软件、新工艺技术手段不断提高;从而更加快速的制作 DOM 等相关的应急测绘地理信息产品。本文论述的无人机在地质灾害应急测绘中方法与经验,也可在森林火灾、地震灾害、泥石流洪涝等应急测绘中普及与借鉴。

#### [参考文献]

- [1]文超.基于无人机航测的地灾滑坡应急测绘方法分析[J].城市勘测,2022(05):162-164+168.
- [2]吕文雅,朱兰艳,李超等.多旋翼无人机航测系统在高原地质灾害中的应用[J].城市勘测,2018(02):79-81.