

基于轻便型无人机的快速测绘技术在地质灾害应急抢险中的应用研究——以中国重庆市巫山县白杨湾滑坡应急抢险监测为例

余庆元 靳鹏 唐博 李志飞

重庆市二零八工程勘察设计院有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v3i3.757

[摘要] 在降雨、人类工程活动、地质构造运动等各种因素的作用下,诸如滑坡、泥石流、崩塌等多种地质灾害严重影响着人类的生命财产安全和正常生产生活活动,一旦地质灾害产生威胁,政府部门应急排危显得尤为紧迫,由于传统测绘监测工作面临生产效率低、作业不安全等突出的局限性,而专业航测级无人机又存在普及面窄,组织实施不方便的局限性。本文旨在以巫山县白杨湾滑坡的应急抢险监测项目为例,研究基于轻便型无人机的快速测绘技术在地质灾害应急工作中的运用。

[关键词] 地质灾害; 快速测绘; 轻便型无人机; 3D模型重构

每年全球会发生多起地质灾害,这些地质灾害包括滑坡、泥石流、崩塌等多种类型,地质灾害的发生一般具有突发性和隐蔽性的特征,险情发生后直接或者间接威胁人类的生命财产安全,应急抢险工作在没有及时的地灾体基本地表信息支撑的情况下,往往会显得束手无策。一方面,传统测绘工作的局限性很突出——一、工作效率低,二、险情发生时,需要地表信息采集人员进入威胁范围作业具有很大的风险;另一方面,目前借助RTK后差分无人机进行倾斜摄影完成地表三维模型重建技术正在不断发展,但目前还未能完全探讨出其在地质灾害应急抢险中的使用性及推广运用情况。轻便型无人机是指携带和执行航测任务方便快速且稳定的轻型民用无人机,包括了带RTK模块的无人机和仅仅具备单点GPS定位功能的无人机。

2019年7月18日,巫山县白杨湾发生险情,我单位在接到政府部门的应急监测任务后,迅速组织专业技术人员执行快速测绘监测任务,实现了快速获取地灾体基本地表信息和基于模型的变形分析目标。本文将巫山县白杨湾滑坡的应急抢险监测为例分析基于轻便型无人机的快速测绘监测技术在地质灾害应急抢险中的应用和推广。

1 项目概况

1.1 项目由来

2019年7月,白杨湾滑坡后部的房屋及地面出现多起突发的变形迹象,同时原有变形迹象迅速加剧,滑坡规模逐渐扩大,发展为体积约 $320 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的大型滑坡。严重危及变形体内居民136户588人、变形体影响范围内金科佳翰房地产5#、6#、7#、8#、9#、36#高层楼房及G348的安全。根据据《三峡库区地质灾害防治工程地质勘察技术要求》,危害程度分级定为I级。当地政府特委托我单位对白杨湾滑坡稳定性进行应急专业监测,及时掌握滑坡的基本信息和实际变形信息。

1.2 测区地形地貌

测区属构造侵蚀剥蚀低山地貌,整体为一斜坡,地势西高东低,分布高程约530~695m,相对高差约165m。斜坡中部地势较陡,地形坡角一般在 $20 \sim 35^\circ$ 之间,局部由于房屋、道路切坡呈直立状;斜坡区顶部及底部平缓。顶部主要为耕地,地形平缓;中部主要为建筑居民区、S103省道、巫山金科佳翰房地产房屋边坡,呈多级阶梯状,最大边坡20m;前部由于巫山金科佳翰房地产房屋修建平场形成平台,平台高程555m左右。监测区地形地貌条件复杂。白杨湾滑坡平面上呈“圈椅”状,纵长约350~400m,横宽180~230m,面积约 $7.30 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。

2 理论支撑、技术路线

2.1 基于轻便型无人机的地表3D模型重构

空三及地表三维模型重建技术是项目实施关键步骤,空三及模型建立的质量和速度是对应用研究效果进行考量的关键因素。

轻便型无人机可形成具备高重叠率和多视角的航测相片,轻便型无人机一般为具备GPS模块(或者RTK模块)单镜头相机,每张照片的曝光时间不同,因此所有的倾斜摄影相机其内方位元素相同,外方位元素却各不相同(各相片的具备独立的机载pos数据)。

进行无约束局域网平差模型多采用经典的共线方程:

$$x - x_{0n} = -f_n \frac{(X - X_{0n}^i)R_{11} + (Y - x_{0n}^i)R_{21} + (Z - Z_{0n}^i)R_{31}}{(X - X_{0n}^i)R_{12} + (Y - x_{0n}^i)R_{22} + (Z - Z_{0n}^i)R_{32}} = -f_n \frac{Z_x}{N}$$

$$y - y_{0n} = -f_n \frac{(X - X_{0n}^i)R_{12} + (Y - x_{0n}^i)R_{22} + (Z - Z_{0n}^i)R_{32}}{(X - X_{0n}^i)R_{13} + (Y - x_{0n}^i)R_{23} + (Z - Z_{0n}^i)R_{33}} = -f_n \frac{Z_y}{N}$$

经过结合机载pos数据、共线方程进行全数字化无约束平差和加入少量地面控制点的联合平差后即可实现快速获取地表高精度三维坐标的目标。

根据灰度值和特征影像的密集匹配完成虚拟三维模型的建立,然后经过构建TIN格网和模型纹理等步骤可完成高精度表面模型。

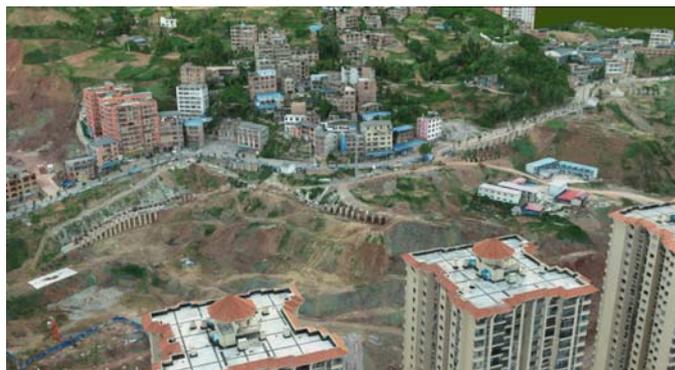


图1 模型全貌

在接到测绘监测任务后,我单位采用轻便型无人机进行多角度的航空摄影,在这个阶段引入了贴近摄影测量减小照片冗余度和贴近摄影提高模型分辨率的理念。质量检查小组也同时进入测区进行检查数据的采集工作,为后期对模型的精度和质量进行检查准备数据。在建模过程中我单位均采用全数字空三计算和模型重建技术来实现表面模型的建立。

2.2 基于彩色地表三维模型进行地表信息采集和表达:

地表三维模型一方面具备真实准确的坐标系,另一方面,通过构建格网

和纹理形成高分辨率彩色模型,可供人工准确判读地表几何和物理信息。

在地表信息的提取和表达这一阶段,还是基于先粗后精、先计算机自动读取再人工精细判读的策略进行地表信息的提取:首先,基于灰度值进行简单解译,计算机自动判读诸如建筑物和植被等信息,然后,依靠彩色模型,人工介入,准确判读3D模型的地面基本信息,实现对测区地表信息的提取和表达。

巫山县白杨湾滑坡应急抢险项目需要快速获取测区DLG成果,为应急监测方案、应急排危处置方案的研究制定提供可靠的数据支撑,我单位按照先计算机判读再人工判读的步骤进行DLG的制作,实现了快白杨湾滑坡DLG的快速生产任务,极大地支撑了应急方案的制定。

对三维模型进行直接解译,可迅速掌握滑坡体量、面积、严重威胁对象等信息,决策部门根据及时获取的这些基础信息,制定了科学有效的应急方案。

2.3应用效果分析

应用效果主要从获取的三维模型质量(模型精度)、效率等方面进行总结。

(1)精度

本次应用研究的精度分析通过专门成立精度质量检查小组的策略进行质量分析,质检小组完全独立于研究应用组进行精度检查。精度检查主要分析了模型的分辨率和精度、DLG的精度等内容,模型精度统计任务执行小组将通过模型解译的检查点坐标交予检查组进行误差统计,经过检查,模型分辨率达到2.6cm,模型精度统计如下表:

表1 模型误差统计表

点号	误差(m)		
	北坐标 Y	东坐标 X	高程 H
j1	-0.004	-0.016	-0.014
j2	0.018	0.02	0.016
j3	0.012	0.004	-0.018
j4	-0.018	0.01	-0.01
j5	-0.014	-0.004	0.004
.....
j20	-0.002	-0.018	0.016

(2)效率

由于应急抢险任务的紧迫性,因此完成任务的效率是评价应用研究完成情况的重要指标,测区面积约 $7.30 \times 10^4 \text{m}^2$,作业小组野外2人,1小时完成相片和控制点采集;室内作业4人,1小时完成模型制作,2个小时完成DLG、DOM的制作。作业小组在4小时内完成了满足要求的DLG、真彩色三维模型、正射影像图产品。及时地提供了地灾体现状数字化信息成果。

3 应用研究结论

地质灾害应急抢险排危过程中,既需要真实彩色的表面模型帮助政府部门宏观研判分析,又需要具备准确可靠的数字化产品进行监测方案和应急处置方案的制定,同时对作业效率和成果质量要求较高。本次项目利用轻便型无人机,在2小时内为应急抢险部门提供了测区面积约 $7.30 \times 10^4 \text{m}^2$ 彩色三维模型、在4小时内制作完成满足精度要求的数字线画图,为应急抢险监测和应急处置带来极大的帮助,因此本项目成功地将基于轻便型无人机的快速测绘技术运用到了地质灾害应急抢险中来,同时,结合轻便型无人机易于组织实施测量、在地质灾害易发的山区中显得特别灵活的优势,在以后的应急抢险工作中势必会得到推广运用。

[参考文献]

- [1]钱涛.从DSM数据中自动提取建筑物的方法研究[J].测绘与空间地理信息,2008,31(6):137-139.
- [2]李土旺.浅析基于普通数码相机的数字摄影测量理论[J].科技创业月刊,2005,(3):146-147.
- [3]张祖勋,张剑清.数字摄影测量学[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996.
- [4]闫利.大范围倾斜多视影像连接点自动提取的区域网平差法.测绘学报[J].武汉大学测绘学院,2016,45(3):310-317+338.

作者简介:

余庆元(1987--),男,四川省万源市玉带乡人,汉族,本科,测绘工程师,重庆市二零八工程勘察设计院有限公司,研究方向:监测测绘。