

Application of oblique photogrammetry in disaster assessment and emergency response

Ke Xu

Shenyang Civil Aviation Air Traffic Control Surveying and Mapping Design Co., Ltd., Liaoning, Shenyang, 110015, China

Abstract

The rapid development of science and technology provides the possibility for the rapid application of tilt photogrammetry technology. In an emergency surveying and mapping support task, faced with complex and urgent disaster scenes, traditional measurement methods are difficult to meet the needs of high efficiency and accuracy. At this time, oblique photogrammetry technology stands out. Oblique photography method is used to obtain the image information of the target, and Smart3D software is used to build the three-dimensional model of the target. An emergency mapping solution based on the UAV oblique photogrammetry technology is initially formed, which provides intuitive and accurate data support for disaster assessment. Based on this, this paper will focus on the specific application of tilt photogrammetry technology in disaster assessment and emergency response, and analyze its advantages and challenges. The aim is to provide theoretical and practical reference for improving the accuracy of disaster assessment and timeliness of emergency response.

Keywords

tilt photogrammetry; Disaster assessment; Emergency response; Three-dimensional modeling

倾斜摄影测量在灾害评估与应急响应中的应用研究

许可

沈阳民航空管测绘设计有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110015

摘要

科技的迅猛发展为倾斜摄影测量技术的快速应用提供了可能。在某次应急测绘保障任务中,面对复杂且紧急的灾害场景,传统测量手段难以满足高效、精准的需求。此时,倾斜摄影测量技术脱颖而出。采用倾斜摄影方法获取目标影像信息,运用Smart3D软件构建目标三维模型,初步形成了基于无人机倾斜摄影测量技术的应急测绘解决方案,为灾害评估提供了直观、准确的数据支持。基于此,本文将重点探讨倾斜摄影测量技术在灾害评估与应急响应各环节的具体应用,分析其优势与挑战。旨在为提升灾害评估的准确性与应急响应的时效性提供理论与实践参考。

关键词

倾斜摄影测量; 灾害评估; 应急响应; 三维建模

1 引言

倾斜摄影技术是近年来发展起来的一项高新技术,能够实现全自动化三维建模,真实反映地物的外观、位置、高度及纹理等丰富信息。与传统摄影测量相比,通过在同一飞行平台上搭载多个相机,从不同角度同步采集影像,大大提高了数据采集的效率与全面性。在灾害评估与应急响应场景下,该技术可快速获取受灾区域的详细地理信息,为救援决策提供关键依据。在地震、洪水等灾害发生后,能及时生成受灾区域的三维模型,使救援人员直观了解受灾程度、建筑物损毁状况等,从而科学规划救援路线、调配救援资源,在

【作者简介】许可(1985-),男,中国吉林梨树人,本科,高级工程师,从事机场工程测量与导航信号遮蔽分析研究。

黄金救援时间内开展高效救援工作。

2 概述

在本次灾害评估与应急响应任务中,采用倾斜摄影测量结合RTK技术进行控制点测量的方法,形成一套完整且高效的数据采集与处理流程。该流程涵盖从影像获取、影像整理、控制点测量,到数据处理、三维建模以及成果输出等多个关键环节。

本次测量采用多旋翼无人机搭载五镜头倾斜相机作为主要设备。多旋翼无人机具备灵活起降、低空飞行稳定的特点,能在复杂受灾环境中快速抵达指定区域。五镜头倾斜相机可同时从垂直及多个倾斜角度采集影像,全方位记录地物信息。RTK技术则用于精确测量控制点坐标,为后续影像数据的高精度定位提供基础。通过这种组合方式,既保证了影像数据的丰富性与全面性,又确保了数据的准确性与可靠

性，为后续基于倾斜摄影测量技术的灾害评估与应急响应工作奠定坚实基础。

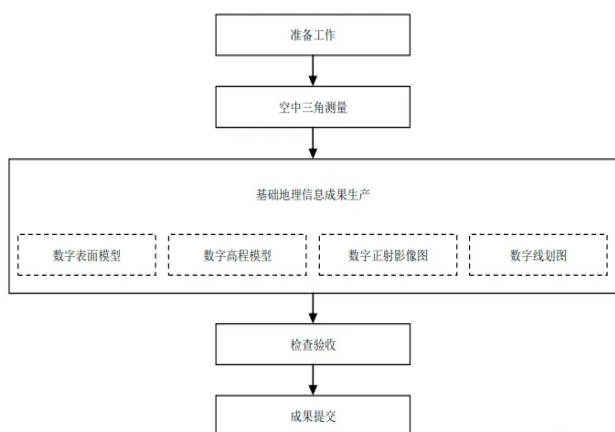


图1 倾斜摄影测量技术流程

3 影像获取与处理

影像获取与处理是运用无人机倾斜摄影测量技术进行三维模型构建的基础，主要包括影像获取、影像整理、控制点布设与测量、数据处理、三维模型构建等环节。

3.1 影像获取

航线规划是影像获取的前提，要充分考虑无人机续航能力和摄影云台的性能。需依据目标区域的地理特征、面积大小及实际需求，科学规划航线，保证无人机能全面覆盖目标区域，并获取满足建模精度的影像。

本次任务中目标区域航摄，设置航高 150m，航向重叠度 70%，旁向重叠度 70%。经计算，此时地面分辨率可达 5cm/像素，能清晰捕捉地物细节。依据无人机续航 25 分钟，设定航线长度约 3000m，可覆盖面积约 1.5km² 的目标区域。

无人机采用程控的模式进入航线实施航摄，拍照模式为定点曝光。一个飞行架次飞行时间为 25min 左右，按照设定航线与每秒 1 次的曝光频率，可获取约 1500 张不同角度的清晰影像。飞行中通过实时监控确保无人机姿态稳定与相机正常工作，若遇 5m/s 以下风速干扰，无人机姿态控制系统能自动调整，确保影像质量。

3.2 影像整理

规范影像名称，倾斜摄影云台由多个传感器组成，同一时刻可以获取多个角度的影像数据，为便于管理与后续处理，需规范命名。

将垂直影像存于“Vertical”文件夹，命名为“V_年_月_日_序号”；四个倾斜方向影像分别存于“Oblique1-4”文件夹，命名为“O1-4_年_月_日_序号”。

由于影像数据量太大会影响数据处理效率，需要去除各传感器在无人机上升、下降及转弯过程中获取的不稳定影像，通过编写 Python 脚本筛选，设定姿态角偏差超 ±5°、重叠度低于 60% 的影像为剔除对象，经筛选，约减少 20%

的数据量，提升处理速度。

3.3 控制点布设与测量

六旋翼无人机采用 GPS 定位模式，POS 数据定位精度无法满足空中三角测量要求，需布设并精确测量控制点。

一般在 500 × 500m 的航摄区域内布设 5 个控制点即可，在 4 个角隅和中心点各布一个。控制点选在道路交叉点、建筑物拐角等明显、稳定地物点。

控制点成果可由多种手段获取，本次采用 RTK 测量。测量前对设备校准检验，测量时基准站架设在已知坐标点，流动站观测待测点。每个控制点采集 5 次，每次间隔 10 秒，取平均值。如某控制点测量成果为：X = 3256487.563m，Y = 493675.321m，H = 123.456m，测量精度可达 ±2cm，确保控制点精度满足后续处理需求。

4 数据处理

4.1 影像处理

无人机测得航测影像数据后，现场将影像导入 Pix4D Mapper 中，对数据快速检查，及时发现潜在问题，避免后续处理过程中的错误累积。初步检查数据质量和测区影像覆盖度，通过查看影像的清晰度、色彩饱和度、对比度等指标来评估数据质量，同时利用软件的可视化功能，检查航拍影像是否完整覆盖整个测区^[1]。

若出现影像质量不佳、模糊，可能是由于飞行过程中的震动、相机参数设置不当或天气因素等导致。对于这类问题，需分析具体原因，若因震动引起，可检查无人机的减震设备是否正常工作，必要时调整飞行速度或高度；若相机参数问题，需重新校准相机参数，再次获取影像。若航拍影像不能覆盖整个测区，可能是航线规划不合理或飞行过程中出现偏差，此时需要重新规划航线，补拍缺失区域的影像。

数据检查合格后，进行数据处理环节，Pix4D 软件具备较好的自动化功能，先匹配影像生成测区点云。在此过程中，软件利用先进的算法，通过识别影像中的同名特征点，将不同角度拍摄的影像进行匹配。例如，在山区测区，软件会识别山体的独特纹理、岩石的突出部分等特征点，以此为基础建立点云数据，点云数据初步勾勒出测区的地形地貌轮廓，为后续的三维建模提供了基础数据。

为了提高点云数据的质量，还会对生成的点云进行滤波处理。通过设置合适的滤波参数，去除因噪声、误匹配等产生的离群点。例如，采用高斯滤波算法，根据测区的地形复杂程度，调整高斯核的大小和标准差，使点云数据更加平滑、准确，经过滤波处理后，点云数据能更精确地反映测区的实际地形。

之后，进行点云的分类和编辑。根据不同地物的特征，如高度、反射率等，将点云数据分为地面点、建筑物点、植被点等不同类别。对于一些错误分类的点，如将建筑物上的附属设施误判为植被点，通过手动编辑的方式进行修正，确

保点云数据的准确性。

4.2 三维建模

三维建模是倾斜摄影测量技术的关键环节,针对本次滑坡灾害的土方量、影响等级和范围等,需要对滑坡体进行三维建模与分析,通过三维模型,直观了解滑坡体的形态、规模以及与周边地形的关系,为灾害评估提供重要依据。一般情况下,可采用 Pix4D 的“堆体”功能,根据影像匹配生成的高精度点云数据,进一步构建滑坡体的三维模型。在使用“堆体”功能时,首先要在点云数据中准确识别滑坡体的边界,结合现场的实际情况以及地质资料,通过手动勾勒或利用软件的自动识别算法,标记出滑坡体的范围^[2]。

确定滑坡体边界后,软件基于点云数据的空间坐标信息,自动生成滑坡体的表面模型。在生成过程中,软件会根据点云的密度和分布情况,对模型进行优化,使模型表面更加平滑、自然。例如,在滑坡体的陡坡区域,点云密度相对较大,软件会更加细致地处理这些点云,以准确呈现陡坡的坡度和形状。

为了使三维模型更加真实、准确,还需对模型进行纹理映射,将前期获取的影像数据中的纹理信息,映射到三维模型表面,通过调整纹理的分辨率、色彩等参数,使模型表面的纹理与实际地物相符。例如,对于滑坡体上的植被部分,将影像中植被的纹理映射到模型相应位置,使模型看起来更加逼真。

完成三维模型构建后,利用软件的分析工具对滑坡体进行定量分析,通过测量模型中滑坡体的体积,计算出土方量,在软件中设置合适的计算参数,根据模型的几何形状和空间坐标,自动计算滑坡体的体积,通过与滑坡前的地形数据对比,评估滑坡对周边地形的影响范围和程度。此外,还可根据滑坡体的三维模型,结合地质力学原理和相关算法,对滑坡的稳定性进行评估。分析滑坡体的坡度、坡高、岩土体性质等因素,预测滑坡可能的发展趋势,为后续的危害防治提供科学依据。

4.3 三维分析

本次滑坡灾害影响等级与范围的确定,依赖于对滑坡体土方量、滑坡区覆盖范围及周边缓冲区影响范围等关键数据的计算与分析。

经软件测量与分析,滑坡体土方量约为 4000 立方米。在计算过程中,将滑坡体按高度方向等分为 10 层,各层横截面积通过软件精确测量得出,平均每层高度设定为 2 米,从而得出土方量。

滑坡区覆盖范围经三维模型测算,平面面积达到 5000 平方米,通过在三维模型上对滑坡区域进行精准的边界识别

与标记,利用软件的面测量功能得到此数据。对于滑坡周边缓冲区影响范围,设定以滑坡边界为基准,向外扩展 50 米作为缓冲区。经测算,该缓冲区面积约为 20410 平方米,假设滑坡区近似为圆形,先估算出滑坡区半径约 40 米,进而得出缓冲区外圆半径为 90 米,最终计算出缓冲区面积。

基于 Pix4D 的三维分析功能,结合实景情况、地质资料以及现场勘查信息,对滑坡区范围进行描边,精确勾勒出滑坡边界,为后续灾害影响等级与范围的评估提供准确的数据基础。

4.4 成果输出与质量检查

最后输出航测成果,并依据本次项目精度要求对成果进行严格的精度检查,本次项目设定平面位置中误差不得超过 ± 0.1 米,高程中误差不得超过 ± 0.15 米。

在平面位置精度检查方面,在测区内均匀选取 50 个检查点,将航测成果中的坐标数据与高精度全站仪测量的坐标真值进行对比。经计算,50 个检查点的平面位置误差平均值为 0.08 米,小于项目规定的 ± 0.1 米,满足精度要求^[3]。

高程精度检查时,同样选取 50 个检查点,对比航测高程数据与高精度测量得出的真值。计算后,50 个检查点的高程误差平均值为 0.12 米,小于项目要求的 ± 0.15 米,符合精度标准。通过如此严格按照精度标准进行检查,确保输出的航测成果具备高度的准确性与可靠性,能为滑坡灾害的评估与应急响应工作提供坚实的数据支撑。一旦检查结果不满足精度要求,将对整个数据处理流程进行全面回溯分析,查找误差产生的源头,并重新进行相关处理,根据数据库显示提高精度,确保数据符合实际情况与需求。

5 结语

综上所述,倾斜摄影测量在灾害评估与应急响应中具有明显优势,能快速、准确获取灾害区域信息。具体应用时,要根据灾害类型、地形条件等因素,合理规划测量方案。通过高效的数据采集与处理,构建精准三维模型,为评估灾害损失、制定救援策略提供有力支持。未来,应进一步挖掘其潜力,与更多新技术融合,提升灾害应对能力,更好保障生命财产安全。

参考文献

- [1] 张吉奎. 无人机倾斜摄影测量技术在城市雨洪灾害预测中的应用[J]. 智能城市, 2024, 10 (08): 81-83.
- [2] 张秦,孟新伟,曹程. 无人机倾斜摄影测量技术在道路抢通中的应用[J]. 中国应急救援, 2022, (06): 55-59.
- [3] 李伟. 倾斜摄影测量技术的应用与展望[J]. 建材与装饰, 2017, (08): 199-200.