

# 无人机倾斜摄影在土石方量测算中的应用

安建国

中国人民解放军 93428 部队

DOI:10.12238/btr.v7i4.4492

**[摘要]** 在土石方现场测算实践当中,以往所用测算技术常出现效率低及精准度不高等问题,已经无法满足实际的测算操作需求。而现如今,伴随着无人机倾斜摄影技术的持续进步发展,其实际的应用范围也在不断扩大,现阶段也被广泛应用至工程测算相关工作当中,而对土石方相关测算工作而言,便也可借助无人机倾斜摄影技术来开展高效率及高精准化的测算操作,便于后续相关工作的开展。鉴于此,本文主要探讨无人机倾斜摄影在土石方相关测算应用优点,并简要概述无人机测算技术具体应用流程,着重分析了无人机倾斜摄影在土石方量测算中的应用,希望能够给相关人员一定的参考建议。

**[关键词]** 无人机; 土石方; 倾斜摄影; 测算技术

**中图分类号:** V279+.2 **文献标识码:** A

## Application of drone oblique photography in earthwork measurement

Jianguo An

93428 troops of the Chinese People's Liberation Army

**[Abstract]** In the practice of on-site measurement of earthwork, the measurement techniques used in the past often have low efficiency and accuracy, which can no longer meet the actual measurement operation needs. Nowadays, with the continuous progress and development of unmanned aerial vehicle (UAV) oblique photography phase measurement, its practical application scope is also expanding. It is widely used in engineering measurement related technical work. For earthwork related measurement work, UAV oblique photography can also be used as a measurement technology to carry out efficient and high-precision measurement operations, in order to achieve more accurate and reliable measurement data acquisition. In view of this, this article mainly explores the calculation techniques related to earthwork and rock using drone based oblique photography, for reference only by industry professionals.

**[Key words]** drone; Earthwork and stone excavation; Oblique photography; Calculation technology

伴随无人机的倾斜摄影技术实际应用成熟度不断提升,其在土石方现场测算各项技术工作当中的优势便被逐渐凸显出来。而倾斜摄影测算主要通过利用倾斜角度不同的摄影设备来同时拍摄多个角度的影像,然后再后期处理和三维重建技术,这样可以获取具有高精度的三维模型和地形图像数据。并且基于无人机的灵活操控性和大范围覆盖能力,使得倾斜摄影测算技术能够在土石方测算中得以广泛应用。因而,对依托无人机的倾斜摄影之下土石方相关测算技术开展综合分析,现实意义显著。

### 1 无人机倾斜摄影在土石方相关测算应用优点

第一,对于无人机倾斜拍摄,则是在传统航拍技术的基础上,以无人机为主体,通过安装各种传感器设备,从前后、侧面、垂直等不同方位,获得与地面地物有关的纹理信息。在航空摄像系统的支持下,可以根据所划分的全部地区的不同需要,进行路线

规划和数据采集。并且利用无人机的专业数据处理系统,可以高效地获得整片区域的真实3D模型。第二,无人机倾斜摄影相关绘制技术,具有快速、全方位、真实感等各种优点,具有比较广泛的应用。且通过ContextCapture技术,在天空中进行三角法,从而有效地进行三维可视化,并且根据该可视化模型,来进一步提取区域内的地面信息,并与地面上的地面数据相结合减少误差。第三,倾斜摄影实地测算技术中,多视角图像匹配是其中的核心问题,而运算特征点的提取将直接影响到空基测算解算的整体精度。与两幅图像的匹配相比,多视图像匹配可以有效地解决两幅图像相互匹配过程中的几何和尺度变形、遮挡等相关问题,还可以确保另一张图像上无同名点。在图像匹配中,目前主要采用的是SIFT,Forstner,Harris等算法。在所有的算法中,SIFT是最常见的一种—通过DTM方法下进行土方量的计算,也就是利用地面已知的离散点对应坐标(X,Y,H),有效地建立了不规则三

角网的整体结构,再加上所设标高,精确地计算出填方及挖方两个区域相互间的边界线。

## 2 无人机测算技术具体应用流程

倾斜摄影测算主要通过多视角采集的方式,采用传感器收集和记录数据,结合控制点的基本信息,能够完成正射影像、数字表面模型等输出工作。采用无人机测算技术对土石方量进行测算,主要分为外业高程测算和内业土石方量计算两个流程阶段。在外业高程测算阶段,应用GPS—RTK技术能够直接测算控制点位,并采用不同颜色对相控点进行标记处理,控制点位的数据与无人机所获取的点云数据能够完成定向处理,之后将点云数据转化为地面坐标系,即可确定外业高程。在被测算区域需要设置若干个靶向点位,并采用全站仪对靶向点位高程进行测算,将得到的测算结果数据与点云坐标数据进行对比,即可验证点云坐标数据准确性。在内业土石方量计算中,主要是将点云坐标数据导入到计算软件中,能够取代传统的测算坐标数据,从而完成准确的土石方量测算。根据实践应用表明,其主要应用技术流程为:(1)设置像控点。(2)无人机摄影。(3)绝对定向。(4)生成点云数据。(5)检验点云数据准确性。(6)应用软件计算土石方量。

## 3 无人机倾斜摄影测算技术在土石方量测算中的应用

在执行此项任务,主要利用六旋翼微型无人机的飞行能力来获取改造前和后地形的测算数据。然后,在内部进行这些数据的处理,并借助Pix 4D工具完成了这一操作。接着,将运用Autodesk Civil 3D软件对比这两次的地形情况,从而推算出场地整理过程中产生的土石方情况。因此无人机倾斜摄影测算技术在土石方测算中具有广泛而重要的应用,并且这项技术基于无人机搭载的倾斜摄影仪,通过高分辨率的影像采集与处理,可以快速、精确地获取土石方的信息,具体应用如图1所示:

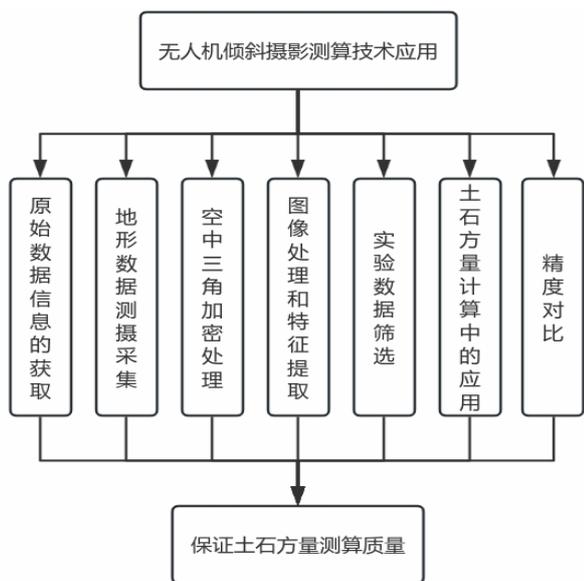


图1 土石方量测算中无人机倾斜摄影测算技术应用

### 3.1 原始数据信息的获取

原始数据信息是测算工作的基础,是编制各种类型的地籍图点的重要依据。为了改善采集资料的品质,本文从实际出发,归纳出以下几个步骤:①在制定航空规划时,要充分利用测算地区的地形、地形等对子区进行划分,并选取晴朗、无风、有风的时段采集图像;②在摄影资料采集时,必须严格遵循航向重叠度、旁向重叠度等技术要求;③采集图像资料后,每日进行图像质量检查,保证图像质量符合基本准确率,如有“留白”部分,则要进行再采集;④利用设备对图像进行预处理和计算,并将其作为下一步工作的基本资料。

### 3.2 地形数据测摄影采集

#### 3.2.1 航线规划设计

地形测算工作的开展过程中会面临各种复杂的地形情况,这就要求地形测算人员要准确地把握地形情况,合理地设计航测高度,根据不同地形高度,分区块飞行,才能确保对整个地形要素的精度,科学准确的完成测算任务。地形测算工作人员特别需要对航线数量、飞行高度、控制点等进行合理的设置,提高效率,确保无人机航测能够覆盖到需要测算的全区域。

#### 3.2.2 像控点布设

控制点是航空测算工作的重要因素,控制着整个布网区域,无论是传统航空测算,还是无人机带差分功能的航空测算,控制点布设都是重要的工作,作为校正航片和校验精度。无人机航空测图控制点的布设过程中,要根据不同的情况,开展针对性地控制点布设工作。根据测区范围与规范要求。作为测算工作人员,要考虑到控制点不同分布与不同数量,根据不同的地形地貌,通过科学的控制点布设确保倾斜摄影测图的精度,定姿定位技术能够通过GPS获取POS数据,为后期影像处理提供精确位置信息,评估影响测图精度的因素。

#### 3.2.3 航飞参数设定

根据测区现场情况,通常会在测区的四个角落设立地面点,这有助于实现各图像资料间的无缝对接,从而进一步优化图像资料的融合效果。并且需制定无人机航飞参数,完成测区地形数据测摄影采集工作。

### 3.3 空中三角加密处理

空中三角加密处理是采用三角加密处理方法借助摄影测算技术对照片进行直接处理,然后将地面点控制的具体坐标绘制处理出来,从而实现空中三角加密的目的。空中三角加密处理方式应用时可以有效提高数据处理的精确度,并且简化计算程序,减少测算过程中出现的问题,缩小测算误差范围,避免测算结果受到影响。具体来说:空中三角加密处理方法中的非直接法,主要是借助倾斜摄影测算技术对相邻两照片的特征进行分析匹配,精确地计算出三维空间中的坐标点,并对数据进行三角加密,提高数据的安全性。基于非直接法的空中三角加密处理方式的数据处理结果更加准确,计算结果的误差小。空中三角加密处理方法中半直接法是技术人员根据矿山测算工作的实际情况结合直接法和非直接法的应用优势,通过非直接法对坐标进行大致

计算,再通过直接法对特征点坐标进行修正,进而得到更加准确的地面点坐标。总之,空中三角加密处理技术融合了无人机倾斜摄影测量技术和特征点匹配技术等多种先进技术的应用优势,使得测算结果的准确性提高,减少了测算过程中出现的问题。特征点匹配技术能够从照片中提取出相应的特征点,然后技术人员可以将特征点与相邻照片中的特征点进行匹配,进而获得三维空间坐标,保证获得更加准确的相机参数,提高测算结果的精确度。

### 3.4 图像处理和特征提取

在无人机倾斜摄影测量的过程中,图像处理与特征提取被视为关键步骤。接下来,将深入探讨这两个部分的具体内容。首先,图像处理对于无人机倾斜摄影测量来说至关重要。经过图像处理,可以对倾斜拍摄获取的照片实施前期的预处理工作,例如矫正变形、消除噪点等,以此来提升照片的品质,这一步骤对于后续的特征提取和数据分析至关重要。图像处理还能够进行影像配准,将多张图像进行精确对齐,使得后续的特征提取和量测更加准确可靠。其次,特征提取也是无人机倾斜摄影测量中的关键步骤。通过特征提取,可以从图像中获取土石方的相关信息,包括几何特征、颜色信息、纹理特征等。几何特征可以通过对图像中的地物进行边缘检测、角点提取等方法来获得,用于获取土方的边界轮廓、高度差异等信息。颜色信息可以通过颜色分析、色调分析等方式来提取,用于区分不同材料的土方;纹理特征可以通过纹理分析、纹理提取等技术来获取,用于描述土方的表面纹理和结构特征;在特征提取完成后,可以对所得到的特征进行深入分析和处理。例如,根据土方的高度信息和颜色信息,可以计算土石方的体积和质量,进而进行工程量的计算和成本估算。

### 3.5 实验数据筛选

需要对获取的图像数据进行筛选,如果出现了图像模糊、图像数量不足或者照片过暗等问题,必须立即进行补充。如果部分图像出现光线强度不够或者色彩亮度不够等可以通过软件处理的情况,应该立即进行均匀光照和色彩的处理。

利用SfM法(Structure from Motion)来处理测算的数据,这是一种依赖于计算机视觉技术发展的新颖数字化摄影测量方式。它只需要提供目标物的图片就能迅速获得高品质的正射与三维结果,且对于相机的拍照地点、尺寸和聚焦距离没有任何限制。该方法的关键处理阶段包含了空中三角测算和平面调整两个环节,经过这些操作之后,可以从照片集中提取出场景的三维点云信息;接着使用控制点将其矫正至真实的坐标体系;随后用稠密点的形式增加点云密度;最终根据密集点云的数据,能够

创建出灾区范围内的数字地表模型、数字正射图像以及三维模型等等的结果数据,并且能对其进行实际运用。

### 3.6 土石方量计算中的应用

将获取的点云数据与全站仪数据分别导入计算软件中,并与设计面的DTM进行叠加对比处理,采用5m方格对每个区域的土石方开挖和回填体积进行计算,之后将计算结果累计叠加,从而能够得到本次工程整体土石方开挖和回填量。采用无人机摄影技术的土石方开挖测算计算结果为52364.5m<sup>3</sup>,全站仪实测土石方回填测算计算结果为52322.7m<sup>3</sup>,差值为42m<sup>3</sup>。通过对比可以发现,无人机低空摄影测量技术所计算的土石方量结果较为准确,差值率低于0.008%,得到的结果对实际影响较小。

### 3.7 精度对比

并且为了进一步检验此次无人机倾斜摄影测量在城市测算中的精确性,选取10个点云点为基准,并以其周围某一区域的平均值为坐标;同时,利用全站仪对10个控制点进行了现场实测,并将两者的误差进行了比较。两种方法在X和Y之间的偏差分别为±0.13米、Y和±0.07米、平面位置和高度中的偏差分别为±0.16米和±0.13米。

## 4 结束语

综上所述,近些年来,随着我国建设规模不断增加,通过无人机自动飞行采集目标区域高分辨率的影像数据,再利用影像建模技术对目标区域进行高程数据的提取分析,可以弥补传统的测算技术在土石方量中的应用局限性,很大的提高测算结果准确性,更好的为土地平整规划、土方工程量计算提供服务,因此需要加大研究力度和技术创新。

### [参考文献]

- [1]司聪.无人机倾斜摄影测量技术在土石方量测算中的应用[J].低碳世界,2023,13(2):52-54.
- [2]关乾旭.无人机倾斜摄影测量在土石方测算中的应用[J].智能城市,2024(002):010.
- [3]陈杨仁鑫.无人机低空倾斜摄影测量技术在大比例尺测图中的应用[J].Hans Journal of Civil Engineering,2024,13.
- [4]司聪.无人机倾斜摄影测量技术在土石方量测算中的应用[J].低碳世界,2023,13(2):52-54.
- [5]陈琳琳,林儿心,李冠初,等.基于无人机倾斜摄影技术的工程土方量测算[J].建筑技术,2024(002):055.

### 作者简介:

安建国(1979--),男,汉族,甘肃通渭人,大学本科,研究方向:工程施工。