

# Calculation of Engineering Earthwork Based on UAV Technology

Yongdong Xiao Jinsong Zhu

Yunnan Vocational Institute of Energy Technology, Qujing, Yunnan, 655000, China

## Abstract

The engineering construction for surface transformation will involve the calculation of earthwork volume, and the speed and accuracy of earthwork volume measurement and calculation will directly affect the progress of construction and cost control. In this paper, the method of multi rotor UAV photogrammetry and aerial survey calculation is used to realize the fast, efficient and high-precision calculation of earthwork volume in the two periods of engineering construction, which can effectively solve the shortcomings of traditional methods. Its calculation has a good visual effect, and the results are stable and reliable.

## Keywords

UAV; earthwork; point cloud

---

## 基于无人机技术的工程土方量计算

肖永东 朱劲松

云南能源职业技术学院, 中国·云南 曲靖 655000

## 摘要

进行地表改造的工程建设都会涉及土石方量的计算工作, 而土石方量测绘及计算的速度和精度质量又直接影响着工程建设的进度及成本控制。论文通过使用多旋翼无人机摄影航测计算的方法实现了工程建设两期间土方量的快速、高效及高精度计算, 能够有效解决传统方法中的不足, 其计算具有较好的可视化效果, 结果稳定且可靠。

## 关键词

无人机; 土方量; 点云

---

## 1 引言

近年来, 由于国家及地方经济建设发展的需要, 各种类型的基础设施建设项目数量众多, 规模庞大。如中国云南省2020年“四个一百”重点建设项目计划安排项目达500多项, 总投资超5万亿元。这些项目在实施过程中, 基本都涉及对地表的改造, 所以对土方量的精准把握是控制项目成本、提高效率的一种有效措施。在测绘领域, 如何快速、高效、动态地实现项目进行土石方量的计算, 并及时反馈给相关单位就显得十分重要。

在传统的测绘领域中, 实现土石方计算的常用外业方法主要有水准仪法、全站仪法以及GPS法等<sup>[1]</sup>, 而计算的内业方法则有方格网法、不规则三角网法以及断面法等<sup>[4]</sup>。其中, 水准仪法一般用于方格网计算, 即需要事先在测区布设计算

方格, 然后直接测定其高程, 这种方法实用性单一, 一般用于场地整平等<sup>[2]</sup>, 且要求原始地貌不能超出水准测量能够实现的范围。全站仪法可以实时测出测区可视范围内任意点的坐标和高程, 其数据可以灵活用于任一种内业计算方法, 但因其需要设站定向且频繁搬站, 外业效率低下。GPS-RTK方法相对于全站仪则更进一步, 只要有需要, 任何有信号的地方都可以直接测量, 但如果存在信号屏蔽的地方, 则无法实现数据的采集。但以上方法都涉及人工外业数据采点, 其好处是机动灵活, 但主要问题在于如果要实现计算量精度的提高, 其数据量需求将呈几何级数增长, 严重拉长外业数据采集时间, 并加大外业人员的劳动强度。因此, 一种能够高精度、快速且高密度地实现空间数据采集的方法将是今后建设等领域的硬核需求, 而无人机航测技术的出现正好满足了这种时代需求。

无人机摄影测量是指基于无人机平台,综合利用电子遥控、传感器、通讯及GPS差分定位等技术,可实现实时、快速、高精度的空间影像数据获取,再通过内业解算、空间建模等途径获得测区的数字地表模型数据的一种新型测绘技术<sup>[1]</sup>。相对于传统空间数据获取方法,其主要有操作简便、成本低廉、获取影像数据直观有效、数据精度高、数据密度大等众多优点。在工程建设土方量计算领域,其主要工作路线如下:

(1) 根据项目需要,利用无人机获取测区原始地形影像以及施工期间或竣工后等多期影像。

(2) 利用无人机影像数据处理平台进行影像内业计算处理,得到测区各期的点云数据。

(3) 利用 ARCGIS 等平台软件,处理项目各期的点云数据,将其转换成 TIN 或 DEM 的数据<sup>[5]</sup>。

(4) 利用两期间的数据,算出其前后变动情况,即为期间的工程土石方量。

## 2 应用实例

本实例为中国云南省曲靖市沾益区某一工业区场平任务,面积约 800 亩,采用大疆经纬 M600 Pro(携带 2400 万像素摄影相机)六旋翼无人机分别在施工前后两期对其地表采集了影像数据,使用 Pix4D 软件进行了内业航测数据处理,利用生成的点云数据通过 ARCGIS 平台进行了计算,具体过程如下:

(1) 像控点布设:本项目为长方形规则形状,前后两期均使用撒石灰的方法在场内地内呈品字形均匀布置了约 12 个平高控制点,以保证控制点密度达到要求规范,同时还额外布置了若干个检查点,以便后期进行必要的精度检查。

(2) 航带设计:根据测区实际地形情况,以及《低空数字航空摄影测量外业规范》中的相关要求,本项目设计了测区的相应航线,具体为:航向为南北方向,共 9 条航线,相对行高 100m,航向及旁向重叠度分别为 75% 和 60%,地面分辨率约 1.8CM,设置完成后,选择合适时间点进行了影像数据采集。

(3) 航测数据处理:外业飞行结束后,随即下载了影像数据以及相应的 POS 数据,利用 Pix4D 平台软件进行了数据处理并得到模型数据,其处理流程如图 1 所示<sup>[1]</sup>。

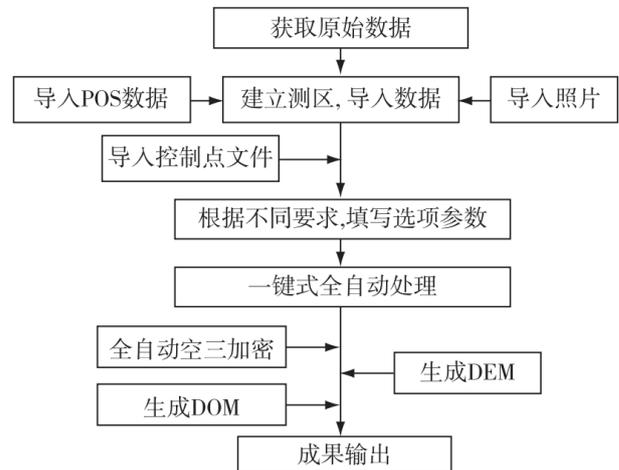


图 1 Pix4D 影像数据处理流程

(4) 编辑点云数据: Pix4D 生成的点云数据中含有部分噪点,如房屋、植被等,在实际应用中需要将其剔除,从而获得测区的数字高程模型 DEM,如图 2 所示。

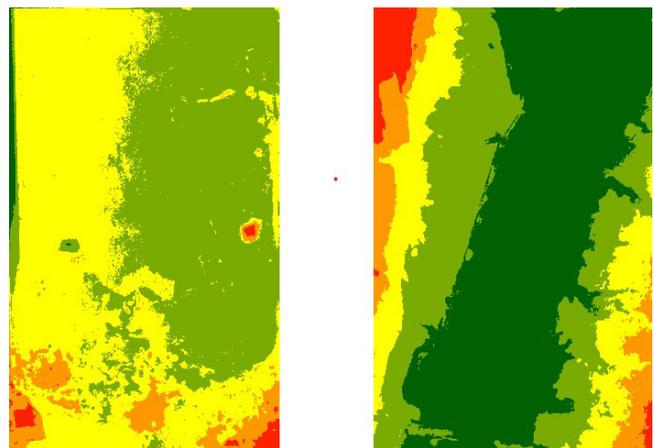


图 2 项目二期间点云 DEM 数据

(5) 将编辑后的两期点云数据导入 ARCGIS 中,转换成栅格 DEM,利用 ARCGIS 中的土方计算功能,得到最终工程量结果数据。计算得出该项目挖方量为  $1650473\text{m}^3$ ,填方为  $1094416\text{m}^3$ 。

## 3 效率及精度分析

为了比较分析使用六旋翼无人机摄影测量进行土石方量计算的效率及精确性,本生产项目同时保留了传统的使用 GPS-RTK 技术进行的测区两期间的数据,在 RTK 测量方法中,两期外业测量各使用了 6 台思拓力 S6 型 RTK,每期测量使用时间为 2.5 天,采集点约 25000 点;无人机数据采集派出 2 人,所用时间具体为做像控点 4 个小时,飞行拍摄共一个架次约 40 分钟,在效率上明显得到提高。在每期中,从

RTK 数据中随机抽取 50 个点分别于相应的无人机点云数据对应位置进行高程对比, 通过统计得到: 原始地形高程中误差为  $\pm 3.2\text{CM}$ , 第二期高程中误差为  $\pm 3.0\text{CM}$ , 满足相关测量规范的要求。另外, 从计算量来看, 原先 RTK 测量数据使用了南方 CASS9.2 软件使用方格网法进行了工程量的计算, 得到项目挖方为  $1637725\text{m}^3$ , 填方  $1106969\text{m}^3$ , 挖填两项计算数据差值都控制在 1% 以内。所以, 采用无人机航测的方法替代传统人工测量方式, 不但使其效率得到大幅提升, 其测量、计算精度也可满足工程项目的需求。

## 4 结语

论文论述了使用多旋翼无人机航测技术进行的工程土石方量计算的基本方法和过程。结果表明, 该技术为未来的工程建设土石方计算带来了新的有效途径, 其灵活、快速、高精度、智能化的方法以及多维、高精度的产品格式, 必将广

泛应用于众多空间信息采集领域。随着无人机航测技术的进一步发展, 传感器的不断演进, LIDAR 等技术的进一步成熟, 建模等平台软件的持续优化, 以及价格等进一步的亲民化, 其必将在测绘应用领域起到领军的作用。

## 参考文献

- [1] 刘文肖. 无人机航空摄影测量在土石方量计算中的作用 [J]. 现代测绘, 2018(3):6-8.
- [2] 陈森新. 无人机航空摄影测量在土方平衡中的作用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2017(12):177-179.
- [3] 张红亮. GPS-RTK 技术在土方测量中的应用 [J]. 城市勘测, 2008(5):83-85.
- [4] 罗德仁, 邹自力. 工程土方量计算比较分析 [J]. 化工理工学院学报, 2005(1):59-64.
- [5] 徐婵. 基于 ARCGIS 的土方量计算 [J]. 广西水利水电, 2013(1):81-83.