

探讨小型多旋翼无人机测绘技术 在地形测绘工作中的实际应用

——以湖南省益阳市东部新区污水处理厂配套管网工程项目地形图测绘为例

贺国超

湖南省城市地质调查监测所

摘要：随着科学技术不断的发展，小型多旋翼无人机测绘技术也开始普遍运用于测绘领域，其低空高效率的优势大大强于传统测绘的方式，因此发展小型多旋翼无人机测绘技术是必然趋势和要求。本文通过小型多旋翼无人机测绘技术在地形测绘工作中的实际应用，结合相关文献资料以及对小型多旋翼无人机工作原理及相关工作原则的介绍，以湖南省益阳市东部新区污水处理厂配套管网工程项目地形图测绘为例，全面的介绍小型多旋翼无人机测绘技术在测绘工程项目的实际运用，探讨小型多旋翼无人机测绘技术的科学性。

关键词：小型多旋翼无人机；测绘工作；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.115

一、引言

最近几年，随着当今社会科技的发展，小型无人机技术日益成熟，小型多旋翼无人机测绘已普遍运用于测绘工程中，相对于传统测量（如全站仪测量、GPS-RTK测量等），小型多旋翼无人机在数据采集、工作效率、人力资源节约方面具有无可比拟的优越性。但是，小型多旋翼无人机测绘还是会通常受天气、磁场与飞行高度等方面的影响，具有一定的局限性。因此，随着小型多旋翼无人机测绘技术的不断发展与日益成熟，将在测绘工程项目中会发挥更加大的作用。2022年3月，应湖南省益阳市东部新区的委托，笔者所在单位承担了湖南省益阳市东部新区污水处理厂配套管网工程项目1:1000地形图测绘，本项目位于湖南省益阳市东部新区，面积约为10平方公里，项目主要用于益阳市东部新区污水处理配套管网设计与施工，为了给益阳市东部新区提供科学精准决策的数据，我单位决定采用小型多旋翼无人机测绘技术，在短时间内准确快速的完成外业采集，通过后期技术处理，圆满的完成了本次项目。

二、小型无人机测绘技术的基本构造与特点

（一）小型多旋翼无人机测绘技术的基本构造

小型多旋翼无人机主要结构包含飞行模块与测控模块，本项目采用的是大疆精灵Phantom4，包含的主要构造有无人机飞行器、视觉系统、红外感知系统、遥控器、图传系统以及搭载RTK的模块。然后利用大疆智图

等人工建模软件和CAD等制图软件进行数据处理。

（二）小型多旋翼无人机测绘技术的基本特点

1. 精度高

小型多旋翼无人机测绘技术的实际测量精度达到了厘米级，测图精度一般可以达到1:1000。如果测绘需要更高的精度，那么无人机也能满足测量需求。另外，小型多旋翼无人机测绘技术还可以进行三维地理信息采集，相应的获得大比例尺地形的数据。

2. 稳定性高

在小型多旋翼无人机测绘实践中，能够满足数字化地形测量相关测图的需求。无人机航空摄影测绘系统设计是为了在航摄工作开展前期，根据工作要求自主达成飞行计划制作，包括飞行线路与航拍点设置等内容。在航拍过程中，完成拍摄工作画面及时传送操控，动态展示拍摄点方位、飞行方向及其经纬度坐标轴和海拔高度等内容；飞行完成后，在电子地图上进行飞行路径的复盘、解析漏拍与未达标的重叠率需求的地区，及时进行补拍，在条件允许的情况下也可及时实施补拍工作，协助工作人员高效实施飞行和拍摄工作。

3. 安全性高

我国幅员辽阔，地形地貌和气候条件等复杂多样，一些地区容易受到极端天气的影响，频繁出现积雪覆盖等情况。利用卫星遥感来收集信息很容易受到相应的干扰，传统地形测量方法受制于云层和地形的影响，容易出现错误偏差。而小型多旋翼无人机航空摄影测绘技术就很好地解决了这些问题，不受航高和地形地貌等因素的限制，图像品质和精度也超过了人为操控飞机航拍与测绘科研人员传统采集的测量效果。

4. 灵活性高

小型多旋翼无人机测绘通常为低空飞行，空域操作便捷，不会受极端天气的影响。同时对起飞和降落场地的要求较低，只需要选择相对平整的场地就能够实现起飞和降落。在采集航拍影像的过程中，不存在飞行员自身风险的问题，在收集数据过程中对于地理空域及其气象条件需求不高，可以到达人工探测不能监测的地区。

5. 工作效率高

测绘工作中有许多面积比较小的区域，容易受地理

的影响,使工作进程拖慢,降低工作效率。但如果使用小型多旋翼无人机测绘技术就能很好的避免这些问题,因为无人机不容易受地理的影响,获取影像的周期也比较短,不会拖慢工作进度,还可以减轻工作人员的压力,提升工作效率。

6. 成本大大降低

传统测绘手段大都存在成本投入过高,时间过长的弊病。而小型多旋翼无人机测绘可以有效的解决这一问题,它利用飞行器结合摄影仪进行拍摄,不但降低了劳动力成本,缩短了测量周期,大大的减少了人力,物力,财力的投入。

三、小型多旋翼无人机测绘技术在地形测绘工作中的工作流程

(一) 项目前期准备

在本次测绘作业前,我们先收集了一些测区资料,如甲方提供的国家大地2000坐标控制点成果、坐标系统和高程基准参数,已经需要作业的区域,查明项目范围区以丘陵地貌为主,山体相对高度小于60米,湖泊水面较少,建筑以居民自建房为主,无重要的军事等保密设施。制定无人机测绘技术方案并明确了测绘空域无限制,明确无人机搭载的传感器、地面分辨率、影像重叠度、飞行航高航带架次数、影像拍摄间隔等问题,熟悉本区域的交通以及生活配套设施,本项目我单位共投入5架大疆精灵Phantom4进行联合作业,并相应准备了充足的飞行器电池与遥控器电池,调用5台配置较好的计算机进行内业处理,我单位安排外业作业小组5个10人,并配备5台工作用车进行本次项目工作。

(二) 实地踏勘与布设像控点

根据本次项目需测绘的交通情况,5名小组长依照技术方案,进行了为期二天的现场实地踏勘,本区域因处于益阳市东部新区重点开发区域内,内有新修的外环公路与内环公路,以及G319国道与S324、S326,交通十分便利,有利于前期工作。在实地踏勘间确定了像控点的大致位置,像控点布设可不考虑像片重叠度条件,但所有像控点要刺在地面明显清晰、易于判读的地方,如斑马线角、道路交叉线、坪角等,刺点要求能满足平高点位置的要求。并在当天晚上各组长相互交流中确定了最终选点位置,由作业人员在第二天进行人工布设和像控点联网测量。

(三) 外业数据采集

由于项目测区较大,而且由于是沿公路带状分布,经过现场踏勘,本测区及其周边范围(20km半径内),无机场及其他影响无人机作业的敏感设施;按本队伍生产经验,1:1000航测的相对航高为300米,各架次范围地面起伏在60米以内,符合航空摄影测量规范所明确的地面起伏在航高六分之一内的基本约束条件。现场校

验,在校验结果全部满足以下条件时,无人机及机载成像设备可投入生产。

经检测,本次项目测绘拟使用的无人机平台基本性能指标包括:抗风能力: ≥ 4 级;飞行姿态控制稳度:横滚角/俯仰角/航向角 $\leq \pm 3^\circ$;航迹控制精度:偏航距/航高差 $\leq \pm 20$ 米、航迹弯曲度 $\leq \pm 5^\circ$ 。机载像机的性能指标要求:单反定焦,像素不低于作业要求;感光度参数:ISO400;作业前对像机焦距、像主点、畸变等参数已标定。各作业小组选定天气晴好视野比较好风力不大的时机进行起飞作业,一般选择在上午9:00-下午16:00点这段时间作业,保证拍摄的相片的质量。在飞行前进行现场踏勘,确认备选点的起降条件,是否满足起降要求,并选定合适的起降点。起降点应尽量选取空旷的草地、荒地。

在外业实施阶段,我们会着重进行现场测量环境与设备的检查,如果发现存在漏洞,会进一步根据现场的地形重新进行航线设计,重新开始,如果没有漏洞,则按照原始的航线进行技术处理。然后按照获取的影像,在此过程中,根据畸变差修正后的影像资料对像控点进行测量并修正记录,完整准确地外业测量记录,为内业数据处理奠定基础。

(四) 内业数据处理

外业航空摄影作业完成后,需要及时将数据导出转入内业处理,包括以下内容。

第一步,数据检查。主要检查航空摄影的飞行质量以及航拍影像质量,如实际影像重叠度、像片倾角和旋角、航线弯曲度,摄区覆盖范围、影像的清晰度、像点位移等。如果检查内容不满足内业规范和作业任务要求,则应根据实际情况重新拟定飞行计划对局部区域补飞或重飞。

第二步,空三加密与刺点。目前在无人机倾斜摄影测量内业数据处理过程中,通常采用光束法区域网联合平差的方法,也称联合平差。联合平差的基本原理是对运用两种不同观测手段得到的数据进行平差,将控制点坐标数据和像片的POS姿态数据作为外方位元素的初始值进行刺点,选择要刺的像控点,从外业拍摄的照片中找到要刺的照片,选择单击刺点,每个像控点一般要刺5-10张,刺点完成后再进行联合平差。

第三步,三维模型建立。基于原始影像及空三成果,采用大疆智图内业处理软件生成三维模型及派生数据,包括数字高程模型、数字正射影像图、密集点云等数据。数字高程模型,简称DEM,是通过有限的地形高程数据实现对地面地形的数字化模拟(即地形表面形态的数字化表达),是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型。数字正射影像图,简称DOM,是对航空(或航天)相片进行数字微分纠正和镶

嵌,按一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集,同时具有地图几何精度和影像特征的图像。三维模型生产完成后,应使用像控点和检查点对模型精度进行检查。模型精度符合相关规范要求后,采用相关数据采集平台,进行地形数据采集,作业模式采用先内后外的模式生产。

第四步,成果输出。根据项目要求采集完毕后进行数据检查,利用三维模型产出的数字高程模型和数字正射影像图,再使用CAD等软件进行数据生产,完成制图成果,最后保存为DWG格式的文件输出。(1)本项目1:1000地形图的基本等高距为1.0m,本项目高程注记点取位为0.01m。(2)平面、高程精度指标:图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差,根据《基础地理信息数字成果1:500、1:1000、1:2000数字线划图》(CH/T 9008.1-2010)、《1:500 1:1000 1:2000地形图航空摄影测量内业规范》(GB/T 7930-2008)、《1:500 1:1000 1:2000地形图航空摄影测量外业规范》(GB/T 7931-2008)应不大于平地、丘陵地的点位中误差0.6mm。(本项目地类参照丘陵地),特别困难地区,可放宽50%。(3)高程精度要求如下:①各类控制点的高程值符合已测高程值;②高程注记点应不大于0.40m、等高线对邻近野外控制点的高程中误差应不大于0.5m(本项目地类参照丘陵地),个别隐蔽等特殊困难地区,可按规定值放宽50%。

(五) 外业调绘

(1) 外业调绘的说明

外业调绘原则上以摄影时间为准。新增道路、大面积小区、标志性建筑以调绘时间为准。调绘的方法是利用内业立体测绘的回放图或回放图叠加影像,到实地进行定性补调,调绘内容统一用线宽小于0.2mm的红色签字笔清绘在回放图上,供内业计算机编辑使用。外业调绘内容如下:测量控制点(本项目不调绘、只做展绘);水系及附属设施;居民点及设施;交通及附属设施;管线及附属设施;境界(本项目不调绘,境界以民政部门提供为准);地貌;植被与土质;注记;

(2) 外业调绘的基本要求

外业调绘时应认真仔细,做到“三清四到”,及时自查互校。凡本测区内业测绘的地物、地貌要素均需由外业在实地进行核实,对内业测图时看不清、判定不准、遗漏的地物,均需在野外补测、补调,外业调绘的内容在图上必须按GB/T 20257.1-2017《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000地形图图式》上的标准符号表示,要求清晰易读,各处注记要准确无误,位置恰当,书写工整。

零星的遗漏地物一般采用距离交会法在实地补测,但注意交角尽量要好,对郊区无法交会的或成片遗漏的

地物,需采用仪器进行补测,一律严禁图解。对已拆除的建筑物,均应在外业调绘图上用X划去,范围较大时应加说明。基础控制点不论目标明显与否,必须先在内业展绘到回放图上,以方便外业在实地补测补调新增地物和检测地物点的平面和高程精度。

(3) 外业补测

外业数据采集用GPS-RTK和全站仪配合手工绘制草图进行。其基本要求如下:GPS-RTK与全站仪作业必须符合精度要求,对数据采集按照各种模式相对应的采集要求,外业测绘时应该认真对地物属性进行调查区别,同一地物的属性要有唯一性和正确性。

(六) 质量检查与验收

成立项目领导、技术、质检小组,及时解决实施过程中出现的各种问题。实行项目责任制,责任到人。统一实施过程的技术标准与口径。

质量检查分阶段进行,最终检查按《测绘产品质量检查验收规定》执行。

四、小型多旋翼无人机测绘技术与传统测绘的对比的优越性

通过本次测绘,我们发现通过小型多旋翼无人机测绘与传统测绘相比,大大的节约了人力物力,外业时间大大缩短,人工作业强度降低,最大的有效保护了作业人员的安全,同时运营成本大幅降低,为本次项目获取到最大的效益。

五、结语

综上所述,通过小型多旋翼无人机测绘技术在测绘项目中的实际运用,提升了工作的质量,提供了工作的效率,节约了工作成本,创造了良好的效益,在现代测绘中发挥及其重要的作用。因此,将小型多旋翼无人机测绘技术应用到更多的测绘项目中,将进一步促进测绘工作的质量,为测绘工作持续科学性的发展提供有力的支持。

参考文献

- [1] 乔亚奇. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 工程建设与设计, 2018(7): 94-95.
- [2] 郑凯枫. 无人机航测在大比例尺地形图测绘中的应用探究[J]. 智能城市, 2020: 71-72.
- [3] 刘静. 工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用研究[J]. 世界有色金属, 2018(24): 156-157.
- [4] 侯莉. 无人机在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 华北国土资源, 2018: 61-62.
- [5] 冉洪斌. 无人机在地图测绘工程中的应用研究[J]. 山东工业技术, 2019: 16.

作者简介: 贺国超(1987-5-30), 男, 汉, 湖南益阳, 大学本科, 工程师, 主要研究方向: 测绘地理信息。