

市政道路工程测量无人机倾斜摄影测量技术应用

胡晓东¹ 柳宪超²

1. 山东省寿光市市政工程建设中心; 2. 潍坊胜伟测绘仪器有限公司

摘要:随着我国城市建设规模的不断扩大,市政道路工程项目建设里程也在相应增加。市政道路工程测量作为道路工程建设的重要环节,其测量精度、出图效率、信息丰富程度等直接与市政道路工程的施工进度及建设成效有着很大关系。因此,本文结合实际以无人机倾斜摄影测量技术为研究背景,在论述无人机摄影测量技术原理的基础上,探讨无人机倾斜摄影测量技术的应用条件,同时对该技术的操作流程进行详细分析,希望通过本文的论述能够给类似项目提供一些参考,以推动市政道路工程建设的顺利进行。

关键词:市政道路; 工程测量; 无人机; 倾斜摄影测量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.054

引言

在我国信息技术不断发展之下,无人机倾斜摄影测量技术也得到了日益更新,已广泛运用在市政工程、水利工程、公路交通工程、建筑工程等的工程测量工作中,能够快速提供直观精确的信息数据,为工程建设提供测绘保障。因此,全面掌握无人机倾斜摄影测量技术操作要点,明确技术参数的处理方法,为市政道路工程测量项目顺利开展提供帮助,从而确保市政道路工程建设工作有序进行。

一、无人机测绘技术概述

无人机测绘技术以无人机作为基础,利用空中飞行完成测量以及数据采集,具有较高的精度,且可避免测绘人员直接进入施工区域中。无人机测绘技术是现代科学技术发展下的产物,以智能化、自动化、航摄技术为基础,其测绘成果符合规范要求,满足工程建设需要,对测绘效率的提高、技术水平的提升有着重要的推动作用。

(一) 无人机摄影测量技术原理

无人机测绘技术的原理是利用无人机携带测绘设备,由操作人员确定飞行航线,然后进入到现场进行飞行测绘,由系统将数据传输到计算机中进行分析、处理、汇总等操作,形成完善的地理信息数据图。无人机测绘技术的应用具有高度的灵活性、机动性,且测绘成本较低,作业后获取的图形数据具备较高的精度以及完整的实况信息。

(二) 无人机测绘技术分类

目前广泛应用的无人机测绘技术分为摄影测量、激光测量、遥感测量等多种方法,各项技术符合当前测绘领域的工作需要,对测绘数据的精度提高有重要意义。摄影测量是目前无人机测绘技术中比较常见的方法,以无人机携带相机的方式进入到测绘区域展开航空摄影,该方式主要是以测量学的基本原理分析无人机拍摄的照片,进而可以获得现场的三维空间形状和数据信息。激

光测量以激光雷达作为主要设备,利用设备向被测量区域内发射激光束,测量后获取被测区域的地物形态、高程等数据信息。遥感测量以传感器技术作为基础,测绘人员在现场安装多个传感器,测绘后实现影像识别、类存储等方面^[1]。

二、市政道路工程测量无人机倾斜摄影测量技术要求

(一) 明确测量范围以及航线

无人机倾斜摄影测量作业阶段,根据设计方案对区域内进行测量,同时结合需求确定KML线。测量航线确定时,操作人员在测区内使用遥控机连接网络,在遥控桌面进行无人机飞行航线的设定。在无人机飞行航线设定环节,应根据实际需要选择符合要求的测量航线,如此,使得测绘作业满足测量技术要求。测量环节按照1:1000数字地形图进行设置,同时测量区域需要具备开阔、地形高差变化比小的要求,以确保获取的数据具备较高的测量精度。

(二) 飞航高度设定

无人机测绘技术中摄影航高简称为航高,主要分为相对航高和绝对航高。无人机摄影测量的过程中,相对航线高度指的是航摄仪物镜中心S在摄影时相对某个基准测量面的高度。绝对航高指的是航摄物镜中心S在摄影环节相对于大地水准面的高度。技术人员结合测绘业务的具体要求设定航高点,以平均值作为摄影基准面将地形图调整到1:1000。一般来说,地形高差在1/4高度以内,且测量范围之内高差不能过大,测绘人员应充分考虑摄影区域的具体情况分批次飞行测量。

(三) 关于像控点布设

像控点布设时测量技术人员应结合现场的地形特性,确保整个无人机测绘作业达到高精度的要求,同时还要选择合适的无人机飞行航线,分不同架次进行现场飞行测量。无人机飞行驾驶规划设计环节,从每个飞行架次的特点出发,确定合适数量的控制点,并且采取均匀布设的方式。需要注意的是操作环节中测绘作业人员应全面了解现场飞行的测量状态,明确测量的技术要求,从而使得测绘作业获取的数据更加的精准^[2]。

三、市政道路工程测量无人机倾斜摄影测量技术流程

(一) 控制测量

市政道路工程应用无人机倾斜摄影测量时,平面控制测量是重要的一项工作,目前主要采用RTK技术进行作业。控制测量过程中,根据需求设置流动技术站点,具体按照如下标准要求设置:(1)技术人员开展测绘之前先进行仪器设备性能检测,而后完成初始化设置,确保各项技术参数符合要求。(2)测绘人员每次无人机测绘之前,需要对流动站初始化设置以确保测绘数据达到精准性的要求,避免现场存在干扰影响测绘精

度。(3) 测绘作业人员在工作中如果出现信号失锁的情况,需再次进行流动点的初始化,按照测量标准设置重合点位后再开展后续的测量作业。(4) 工作人员在无人机测绘前,需要选择一个同等级或者高等级的已知点作为校核点位,一般来说,其坐标误差应在5cm以内。(5) 测绘人员进行无人机测绘中使用数据采集器检测,每次观测测量的误差控制在±2cm以内。(6) 测绘作业人员使用RTK进行平面控制点测量时需要应用三脚架,固定基础达到稳定性的要求。流动站设置需符合测绘技术文件要求,一般而言,对中精度必须达到标准要求,且采样间隔设定为2~5s,测量平面坐标误差在±3cm以内。测绘作业时要从高程控制的角度出发,严格按照无人机航测技术要求操作,以某个已知点位的数据作为基准对比,根据像控点进行作业线路设置。该环节使用高精度水准仪进行现场测量校核,其中检测水准线路设计为2.42km,闭合差控制为2.6cm。同时以RTK数据信息作为测量控制点,确定高程数据信息确保控制测量效果满足需要^[3]。

(二) 无人机倾斜摄影测量技术

市政道路工程测量开始前需到现场进行实地勘察,结合现场具体情况设置检查点以及像控点,明确航线航高等参数。而后制定合理的倾斜摄影测量工作方案,确保后续测量作业顺利开展。一般来说,航高设计为100m、航向重叠设计为80%、旁向重叠设计为75%,具体可视情况并结合市政道路工程测量技术要求进行调整。

(三) 空中三角测量的计算

无人机倾斜摄影测量完成后,应用SkyScanner软件将相机中的数据全部导出,再经过计算机内相关软件的处理获取测量数据信息,并在计算机中完成空中三角测量的计算。按照该项目测量的技术要求,需进行两次空中三角测量计算,具体按照如下流程进行:(1) 第一次应用姿态辅助平差的方式,利用计算机获取各项坐标文件,再利用检查点和像控点的设置以确定数据信息是否达到要求,最后进行刺点工作。(2) 第一次完成之后进行第二次空中三角测量计算。该项工作主要是确定检查点、控制点高程的偏差是否满足要求。技术人员对项目进行误差点的检测,若检查点、像控点的误差在合理范围内,则表示数据精度达到标准要求。

(四) 三维建模成果与 DLG 线划图生产

数据获取完成后,测绘人员按照测量技术方案要求进行三维建模。一般来说,三维倾斜模型以OSGB格式为主。之后,将测绘结果导入并用cass 3D软件生成DLG线划图。

(五) 精度与效率

精度分析:(1) 特征点分析。技术人员从建成的三维立体模型中提取测量作业的特征点信息,然后使用全站仪现场进行测量,并对两组数据进行对比分析。

(2) 道路断面数据分析。结合项目的测量成果获取道路断面测量的数据信息,根据人工测量的数据对比结果得出断面宽度、高程等参数。经过三维模型的数据分析,确定其断面宽度与高程的最终参数值。如发现参数不精确,则需要数据进行复核,以确保数据精确度满足

实际需求^[4]。

效率分析:无人机倾斜摄影测量过程中,技术人员不需要进入到作业现场,由两名人员即能完成工作任务。由于无人机操作简单,获取数据准确,能为外业测量与内业处理工作的开展提供很大便利。

四、工程应用及分析

(一) 工程概况

近年来(2021~2023),山东寿光高度重视西城提升工作,针对西部城区市政基础设施相对落后的状况,提出了“突破西城”的重大发展战略。寿光西城经济产业综合提升PPP项目作为推动西城发展的重要支撑项目(如图1),主要包括西城科创赋能中心建设及金光西街、文庙西街、田丰街、静山路等9条市政道路的建设改造。项目的实施对完善市政路网框架,加快培育新兴产业,推动高质量发展具有重要的现实意义。在测量工作中,针对外业工作量大、测绘人员不足、作业进度慢、获取信息不够全面等问题,本文以无人机倾斜摄影测量技术应用进行分析。

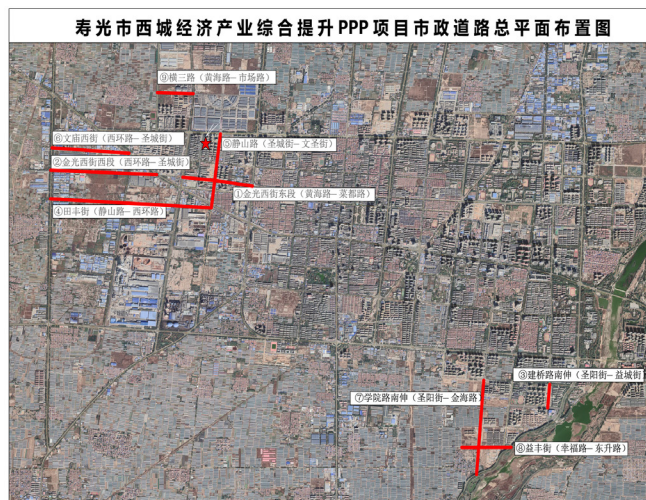


图1 寿光市西城经济产业综合提升PPP项目市政道路总平面布置图

(二) 数据获取与建模

数据获取与建模过程中经过多方面的分析,最终选择使用无人机倾斜摄影技术进行作业。本项目由测绘工作人员按照技术设计书要求开展测绘作业。其中,设置像控点安排2人,另外2人进行航摄作业。该测绘作业环节技术人员使用六旋翼无人机航摄作业,搭载测量设备为五镜头相机,像素1.2亿以上。作业人员先到现场进行像控点设计,在该作业区域内设置20个像控点,使用RTK动态测量技术进行数据信息采集,以2000国家大地坐标系(CGCS2000)和1985国家高程基准为基础。现场无人机航摄作业环节,测绘人员先对具体航线做出合理的规划。本工程设定航向重叠85%、旁向重叠75%、航高120m、影像分辨率1.5m。航线设定完成之后,由无人机操控人员执行飞行任务,整个区域测量时间为3天,飞行18架次,获取2000张影像图。图像获取后,将获取的影像图直接传给内业工作人员,由计算机进行数据汇总以及图纸绘制。

（三）精度评定

为了检验该无人机倾斜摄影测量技术应用的精度是否达到要求，对该项目的建设是否能够起到促进作用。根据《三维地理信息模型数据产品规范》（CH/T 9015-2012）中的规定，选择多个特征点进行测绘作业效果的检验。

1. 平面精度

该测绘项目平面精度检测环节，以RTK技术采集外业数据信息，并由内业人员制作三维模型。本次工程，总计选择30个点位进行检验分析。经过对上述各个点位的平面坐标数据精度统计，发现其坐标误差不超过0.05m，中误差0.028m，符合该项目的测绘技术要求，数据精度达标。

2. 高程精度

对该项目进行高程检测，技术人员应用高精度水准仪测量外业数据信息。在三维模型中调取各项数据信息，选择30个检查点进行数据分析。经过数据对比分析，计算得出的高程误差在4.5cm以内，中误差2.7cm，符合测绘技术设计的精度要求，满足本工程需要。

五、无人机倾斜摄影测量在道路工程测量中的应用要点

（一）数据采集以及处理

无人机倾斜摄影测量过程中，数据采集前需在作业现场设置合理像控点，并落实控制点的布设工作。掌握道路工程现场具体情况后，再由无人机进入现场作业。测绘人员根据现场的实际情况设定飞行航线，分析测量项目的具体要求，明确作业任务。工作就绪后由操控人员操作无人机飞行，飞行时要确保现场测量达到精准性的要求。除此之外，技术人员还要在测量作业环节检测拼接图像的颜色过渡区域，一旦发现存在问题，立即采取措施进行处理，以防给后续的内业数据处理以及模型绘制造成不便。需要注意的是，在无人机倾斜摄影测量阶段对数据采集和处理工作应提起足够的重视，明确具体的测绘技术要求，选择合适的测量航线，保证获取的数据达到精准性的标准^[4]。

（二）道路纵横断面数据测绘

市政道路工程测量环节，无人机航测应准确掌握道路横断面数据信息来完成测绘作业，为后续的市政道路工程方案设计以及建设提供基础资料。（1）无人机倾斜摄影测量完成之后，由技术人员在相关软件中打开道路平面设计数据图，利用EPS三维测图直接导入到系统内，快速掌握三维测图的数据信息，获取矢量高程数据，然后进行道路中心线的设计，并将其导入到模型内。（2）结合纵横断面的数据导入，充分考虑市政道路工程的设计方案要求，从而确定断面高度的数据信息，由相关的软件确定横断面方向线以及宽度等数据，然后经过EPS系统内的数据计算分析进而确定横断面的数据。需要注意的是，无人机倾斜摄影测量工作开展过程中，针对道路纵断面数据测绘要了解数据存在的变化性，倘若数据出现异常或者是数据不确定情况时，则要进行数据的二次复核处理^[5]。

（三）注重道路带状三维模型的构建

（1）重视影像以及数据导入。外业测绘数据中测绘人员在像控点测量结束后，应用计算机软件构建测绘作业模型，并且把航测图片直接输入到系统内。由外业测量作业人员掌握各控制点数据信息，实现坐标数据和高程系统的建设，以掌握更加准确的测绘数据信息。无人机倾斜摄影测量的环节每张相片都会有像控点，对应的是外业测量区域内的控制点，因此能保证数据信息的更加精准，将其作为基准进行三维模型数据精度检测^[6]。（2）内业人员进行三维模型建设的过程中，包含的内容比较多，如解密、分块、模型构建等。所以需要外业作业人员在测量时，要从整个区域的宏观角度出发明确各测量的细节要素，确保测量作业能够顺利开展，确保获取的道路工程图信息更加详细^[7]。

六、结语

市政道路工程测量工作开展中无人机倾斜摄影测量技术的运用，既能保证测量精度，又能提高测绘效率，成果符合市政道路工程测量规范要求。市政道路工程建设一般时间比较集中，有时一次性规划建设路段多、工程量大，加之时间紧、要求急，并且建设过程中时有设计变更，需及时跟进测量，实时反映施工现状，指导工程施工，掌握工程质量，为工程计量提供数据支撑及全信息工程竣工测量图等，无人机倾斜摄影测量技术在工程测量中的应用，能够很好地解决这些问题。因此，测绘技术人员要将无人机倾斜摄影测量技术原理摸透，熟练掌握飞行航线的确定方法，注重经验积累，严格按照流程、规范操作，充分发挥无人机倾斜摄影测量快捷、高效、直观、信息丰富的优势，及时为市政道路工程建设提供高质量的测量成果及数据支持，从而保证市政道路工程建设的顺利进行。

参考文献

[1]高润杰.无人机摄影测量在道路工程中的应用现状[J].建材技术与应用,2022,(05):11-14.
 [2]杨俊.无人机倾斜摄影+BIM技术在山区高速公路施工组织中的应用研究[J].交通世界,2022,(24):181-183.
 [3]张应昌.无人机航摄在大比例尺地形图测绘中的应用——以溧水区道路改建工程为例[J].华北自然资源,2022,(05):105-107.
 [4]张凯想.无人机摄影测量技术在边坡变形监测中的应用研究[D].华北理工大学,2022.
 [5]赵万为.无人机辅助车载激光扫描在道路竣工中的应用[J].城市勘测,2022,(02):124-128.
 [6]罗忠平,何应豪,李阳.山地城市中倾斜摄影测量技术研究及应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(28):199-201.
 [7]王仕林.无人机倾斜摄影测量技术在道路工程测量中的重要性及应用要点[J].科技创新与应用,2023,13(09):181-184.
 作者简介:胡晓东(1971-),男,山东寿光人,1998年毕业于武汉测绘科技大学测量工程专业,本科,学士,高级工程师。专业方向:工程测量、市政工程及地理信息系统工程。