

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.02.057

无人机正射影像在公路工程施工中的应用

胡晓辉, 谢雨雨, 许 峰

[上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200433]

摘 要: 随着城市的发展,公路工程施工中受到周边环境的影响制约越来越多,传统的测量方法以及人员现场踏勘的工作模式越来越难以满足工程施工的需要,通过采用无人机技术快速获取正射影像,并通过坐标系统转换,高精度拟合 CAD 图纸。基于正射影像为底图进行施工测量、场地规划、方案设计等工作,节省大量现场踏勘的人力、物力和时间成本,并且正射影像具有高精度、信息丰富的特性,可以更加精细化地辅助施工设计决策,为工程的建设增值。

关键词: 无人机正射影像;CAD坐标匹配;工程施工

中图分类号: U415

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0223-04

0 引 言

公路工程施工中因其周边环境复杂,从工程前期至竣工均需对现场实际环境及场地布置情况根据施工进度进行现场踏勘和测量。传统测量及现场踏勘受测量效率及个人经验影响,费时费力、可靠性偏低、数据碎片化,无法满足数据采集与施工进度同步性;且由于传统测量的结果受测量点密度的影响,对于大范围的工程,传统测量和现场踏勘无法满足精细化施工控制的要求。

随着无人机技术的快速发展,无人机低空摄影测量因其高精度、高效率、信息丰富、成本低廉的特性在测绘、工程施工等领域得到了广泛应用。通过无人机低空摄影进行数据重建,生成数字正射影像,实现所需目标的全覆盖,再通过坐标系转换,实现数字正射影像与工程项目图纸的高精度拟合,精细化辅助施工。

1 数字正射影像技术

1.1 数字正射影像

数字正射影像(DOM, Digital Orthophoto Map)是对低空摄影测量照片扫描处理后,经过数字微分矫正和镶嵌,再按一定的图幅范围裁剪形成的数字正射影像集。DOM 同时具有地形图的几何精度和影像特征,相较于传统的地形图,具有分辨率好、精度高、信息丰富、直观逼真、现实性强等优点,从中可

以提取对象区域的现状数据,为施工方案部署提供背景依据。

1.2 数字正射影像与 CAD 图纸自动匹配

数字正射影像(DOM)包含 tiff 格式影像和 tfw 格式的坐标信息文本,tfw 文件定义了影像像素坐标与实际地理坐标的仿射关系^[1],tfw 文件标识含义如图 1 和表 1 所示。

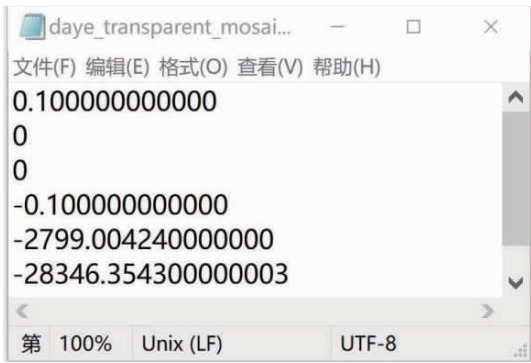


图 1 tfw 格式坐标信息文本

表 1 坐标信息文本含义

行数	数值	参数	含义
1	0.100 000 000 000	A	X 方向的像素分辨率
2	0	D	X 旋转量
3	0	E	Y 旋转量
4	-0.100 000 000 000	B	Y 方向的像素分辨率
5	-2 799.004 240 000 000	C	图像左上角的 X 坐标
6	-28 346.354 300 000 003	F	图像左上角的 Y 坐标

tfw 文件中定义了图像左上角的坐标,而 Auto-CAD 定位点是图像左下角,依据 tfw 文件中包含的影像的空间信息数据,可计算图像某一点的实际坐标^[2]。其基本关系为:

$$x, = Ax + Ey + C, y, = Dx + By + F \quad (1)$$

收稿日期: 2022-04-08

作者简介: 胡晓辉(1988—),男,学士,工程师,从事桥梁施工工作。

式中: x ,为像素对应的地理 X 坐标, y ,为像素对应的地理 Y 坐标, x 为像素高, y 为像素宽。

依据此式可计算出影像的4个角点坐标,借助AutoCAD对各种影像数据的支持功能,可实现正射影像与CAD的自动匹配。相关坐标的计算和在CAD中的加载可借助编程来完成,本文中不再赘述。

2 数字正射影像工程应用

2.1 项目背景

大叶公路奉贤段(环城东路—金闸公路)改建工程一标段为现状道路改扩建项目,规划红线除望园路至嘉园路段外,其他路段沿老路走向,整体路幅宽约24 m,长约5.76 km,项目需跨越S4沪金高速,穿越居民区,周边环境复杂,对施工场地布置提出了较高要求。针对项目需求,应用无人机快速获取现场数字正射影像,为工程建设提供指导数据依据。数字正射影像应用流程如图2所示。

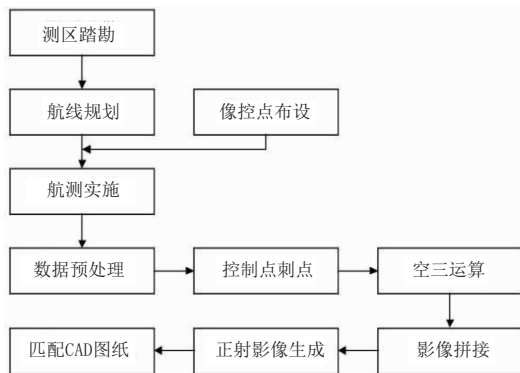


图2 数字正射影像应用流程

2.2 数据采集

(1)飞行准备

依据施工要求确定作业区范围,了解作业区域空域及飞行环境情况,合理制定飞行高度、重叠率等参数,编制飞行计划。结合本工程性质,无人机采用大疆精灵4RTK,设置带状航线,飞行高度140 m,航线重叠率80%,旁向重叠率80%。

(2)像控点布设

上海市工程建设平面坐标采用上海市城市坐标系,高程采用吴淞高程,为统一正射影像和工程项目坐标系并提高正射影像精度,在飞行作业前布设像控点,如图3所示。像控点坐标系与工程坐标系一致,像控点布设应清晰、无遮挡,易于内业刺点,相邻像控点间距300~500 m,均匀覆盖整个作业区域,共设置控制点19个,利用RTK进行测量。

(3)无人机影像采集

依据飞行计划,选择好起降场所,上传作业任



图3 像控点布设

务,起飞前检查无人机、飞控系统、地面站系统软件情况,确保飞行安全。无人机航摄过程中实时关注飞行姿态^[3],并检查有无漏片现象。本项目共采集影像844张。

2.3 数据处理

本项目数字正射影像数据处理采用Pix4Dmapper软件。Pix4Dmapper软件是一款专业的无人机影像数据处理软件,对无人机拍摄的影像数据经过控制点刺点、空三加密计算后生成正射影像产品。

(1)数据采集中为提高成果精度未开启相片畸变矫正,数据处理中需输入畸变参数矫正航拍相片,畸变参数根据相片XMP字段信息可得到,关键字顺序分别为:“calibrate_date;fx,fy,cx,cy,k1,k2,p1,p2,k3”,其中calibrate_date为矫正信息;fx,fy是以像素为单位标定出的焦距,可得出相机焦距为 $(fx+fy)/2$,cx,cy为以像素为单位的像主点坐标,k1、k2、k3为径向畸变校正参数,p1、p2为切向畸变校正参数,对应Pix4Dmapper软件中的切向畸变T1、T2,畸变参数设置如图4所示。



图4 相片畸变参数设置

(2)实际测量坐标与CAD中坐标 X,Y 相反,导入控制点时控制点坐标顺序应为 Y,X,Z ,如图5、图6所示。控制点刺点导入控制点坐标,坐标系选择任

坐标系,如图7所示,导入控制点后在对应相片上刺出控制点,每个控制点最好能够在5张以上影像刺出,最少要在2张影像上刺出。

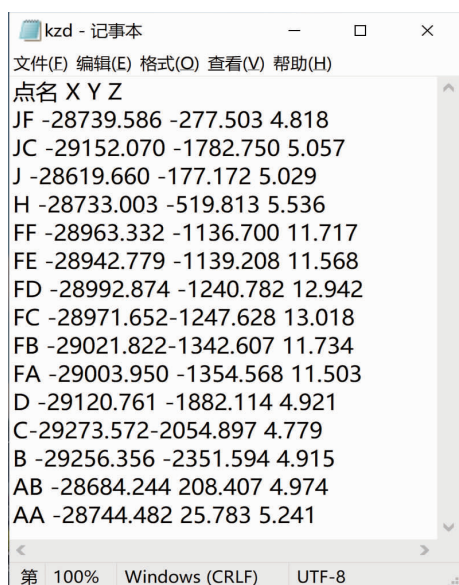


图5 控制点测量值

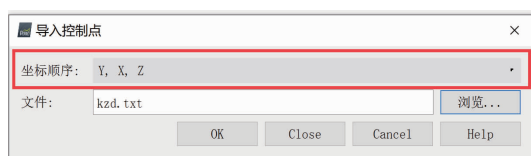


图6 控制点导入设置



图7 控制点刺点导入坐标系统设置

(3)空三加密计算刺点完成后点击开始处理,软件全自动完成空三加密计算数据处理,生成正射影像。

2.4 数字正射影像的应用

(1)大叶公路施工中因其经过居民及商业区等,周边环境复杂。项目前期阶段,在正射影像上叠加施工红线、征地线等,如图8所示,可以准确直观反映出证拆迁范围和拆迁进度。根据航拍图像对房屋拆迁进行识别,过程中随时了解房屋拆迁的进展,做到动态跟踪,相较于传统的地形图卫星相片,其具有更高的准确性以及更好的时效性和直观性。

(2)根据正射影像,进行施工便道、临时办公区、

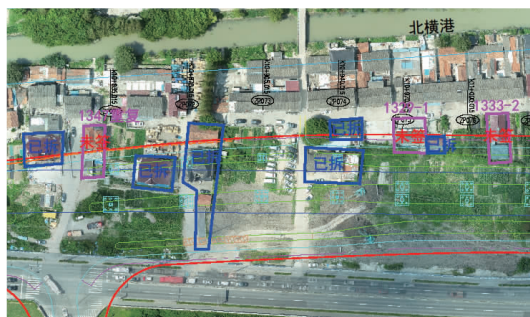


图8 正射影像叠加各类规划边界

临时生活区、钢筋加工车间、施工围挡等临时设施的场地布置方案的设计,如图9所示,基于正射影像进行施工总平面图布置,可以检查与周边环境、构筑物的位置关系,避免出现位置关系冲突。同时依据直观的现场环境,优化布置,减少市区珍贵用地资源的浪费。



图9 基于正射影像的施工总平面图布置

(3)将正射影像与 AutoCAD 图纸匹配后,利用 AutoCAD 的测量功能^[4],可以快速进行一些测量工作,操作快捷方便,减少大量人员现场踏勘测量工作,实现数字化踏勘,如图10所示。

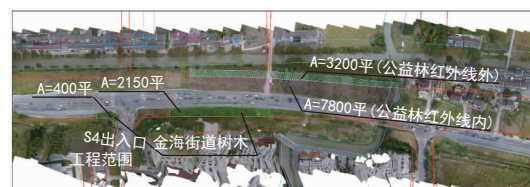


图10 不同属性绿化面积测量

(4)实现对综合管线及施工期间的动态跟踪。根据综合管线位置对规划管线和施工范围的影响,协助业主推进管线搬迁,施工期间分阶段实施,有针对性地业主及管线搬迁单位提出搬迁程度,推进搬迁进度,如图11、图12所示。



图11 错综复杂的综合管线分布图

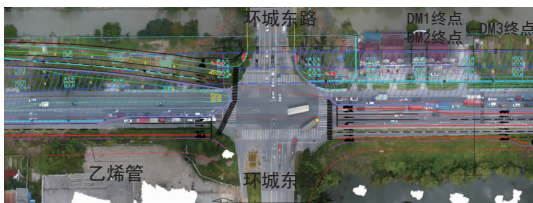


图 12 分阶段施工安排

(5)通过将正射影像与地形图匹配对比,可以反映出现场实际环境地形的变化情况。出现变化可以及时反馈给项目各方,根据情况评判是否调整设计方案。

(6)本工程为现状道路改扩建工程,施工过程中需保障现有交通不中断,因此施工中涉及多阶段的交通组织翻交。基于正射影像可以直观反映翻交方案的可行性,直观了解到交通翻交前后的对比,深入分析对施工现场的影响,做到合理组织施工,如图 13、图 14 所示。

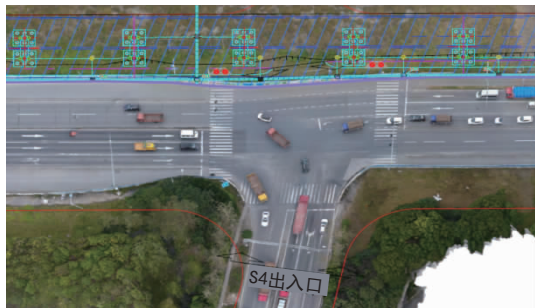


图 13 第一阶段交通组织



图 14 第二阶段交通组织

(7)对重要路口交通组织进行优化,合理设置车道数量,扩大保通道路占用的空间,以最大程度减少对社会的影响,也减轻交通带来的安全风险,如图 15 所示。

(8)据施工现场的进展情况,利用无人机定期采集正射影像数据^[5],能够快速完成图像的更新,对管线搬迁进度及施工进展做到定期跟踪,为施工筹划提

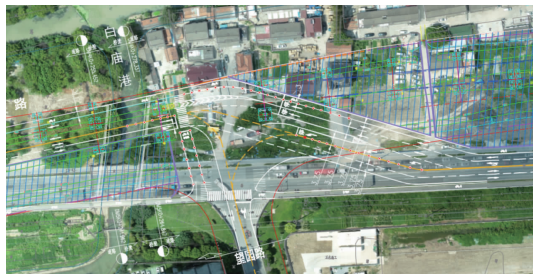


图 15 保通对施工现场的影响

供依据。同时还可以核对进度计划以及桥梁结构是否发生偏差,为组织施工提供依据,如图 16、图 17 所示。



图 16 2020 年 1 月现场正射影像



图 17 2020 年 8 月现场正射影像

3 结 语

随着城市更新速度的加快,针对公路工程施工中受周边环境制约大的特点,本文通过采用无人机快速获取数字正射影像,并通过坐标系统转换,高精度拟合 CAD 图纸,基于正射影像为底图进行施工测量、场地规划、方案设计等工作,更加精细化地辅助施工设计决策,节省大量人工现场踏勘测量的人力、物力和时间成本,为工程建设增值,真正实现更新速度快、精度高、反复使用、应用真实和动态管理,精益求精。

参考文献:

- [1] 林素妆.AutoCAD 加载正射影像的实现[J].地理空间信息,2009,7(5):57-59.
- [2] 詹艳春.基于 TFW 影像坐标信息在 CAD 中插入正射影像的方法探讨[J].城市勘测,2017,4(2):144-146.
- [3] 莫龙.低空航测技术在城乡规划中的实践和应用[J].城市勘测,2013,6(3):96-100.
- [4] 雷带珍.无人机测绘技术在建筑工程测量中的应用分析[J].科技风,2020(31):102-103.
- [5] 刘望明,王栋,刘军峰,等.基于 Pix4D 软件的无人机影像成图研究[J].科技风,2020(19):99-100.