

倾斜摄影技术在京杭运河徐州段 三维建模中的应用研究

徐良格,尹 萌,薛振宁,左 曦

(徐州市水务局,江苏 徐州 221000)

摘要:结合京杭运河徐州段主河道及其支流开展的倾斜摄影与三维建模项目进行研究,提出了倾斜摄影与三维建模技术的优势与需求,并通过实际应用介绍了流域性河道开展倾斜摄影、三维建模与修饰的操作流程与关键步骤,为推进数字流域建设提供技术参考。

关键词:数字孪生;数据底板;倾斜摄影;三维建模;应用研究

中图分类号:TP399

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2024)05-0041-0004

Application research on oblique photography technology in three-dimensional modeling of Xuzhou section of Beijing-Hangzhou Canal

XU Liangge, YIN Meng, XUE Zhenning, ZUO Xi

(Xuzhou Water Affairs Bureau, Xuzhou 221000, China)

Abstract: In this paper, the oblique photography and 3D modeling project in Xuzhou section of Beijing-Hangzhou Canal and its tributaries were studied, and the advantages and requirements of oblique photography and 3D modeling were put forward, and the operation process and key steps of oblique photography, 3D modeling and decoration in river basins were introduced through practical application, which provided technical reference for promoting the construction of digital river basins.

Key words: digital twin; data backplane; oblique photography; three-dimensional modeling; application research

1 概 述

近年来,水利部印发了《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等文件,提出以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,以构建数字孪生流域为核心,加快构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧水利体系^[1-2]。徐州市京杭运河流域面积广阔、地形环境复杂,传统测量技术对现实流域可视化难

度较高。因此,利用倾斜摄影与实景三维等技术,真实还原复杂流域的现实全景,为智慧水利建设提供数字孪生数据底板,进而实现河道数字化管理、立体查询与实时数据的高度融合,从而将河湖水系数化管理由二维引向三维。

无人机倾斜摄影技术是一种利用无人机搭载倾斜摄影机器进行图像采集、处理的测绘技术。通过从1个垂直、4个倾斜、5个不同的视角同步采集影像,获取到丰富的建筑物顶面及侧视的高分辨率

收稿日期:2024-01-22

作者简介:徐良格(1980—),男,工程师,本科,主要从事河湖管理与河湖长制工作。E-mail:561258567@qq.com

纹理。不仅能够真实地反映地物情况,高精度地获取地物方纹理信息,还可通过先进的定位、融合、建模等技术,生成真实的三维河网模型,具有作业效率高、数据精度高、操作灵活便捷等优势。

该技术突破了传统航测单相机只能从垂直角度拍摄获取正射影像的局限,可以获取详细的地物纹理细节,更加真实地反映地物的实际情况。而且通过无人机搭载倾斜摄影相机进行地形测绘,配合自动化的影像匹配、建模系统可以减少人工干预,大幅提升工作效率。同时缩短了测绘外业的协同工作,节省测量人员的劳动时间,降低了外业劳动强度。倾斜影像与三维模型也能为用户提供丰富的地理信息产品,实现数据的叠加和展示,为相关数字孪生系统提供辅助决策分析^[3]。

2 倾斜摄影与三维建模的技术要求

2.1 航摄影像精度

无人机航摄原始影像应满足倾斜航空摄影测量与生产倾斜实景真三维地图数据的要求,同时满足国内主流摄影测量工作站后期生产需求。对照《数字航空摄影规范第1部分:框幅式数字航空摄影》GB/T27920.1—2011对飞行质量和影像要求的有关规定并结合项目要求,京杭大运河地面分辨率应优于0.028 m,设计地面分辨率为0.025 m;城区段主要支流地面分辨率应优于0.1 m,设计地面分辨率为0.1 m。为减小航飞时无人机姿态对重叠度的影响,设计垂直影像航向重叠度75%,旁向重叠度70%。

2.2 航高计算

为保证安全飞行,无人机最低安全飞行高度需高于摄区内最高点。对照成图比例尺要求,选择合适的地面采样距离,利用相机的焦距和像元尺寸,测算出摄影相对航高。京杭大运河航摄镜头焦距为25 mm,垂直影像地面分辨率为0.025 m,计算得到本次航摄设计相对航高为165 m。城区段主要支流航摄镜头焦距为25 mm,垂直影像地面分辨率为0.1 m,计算得到本次航摄设计相对航高为600 m。

2.3 像控点布设

像控点选择遵循“精度优先、兼顾保留”原则,采用区域网布点法布设,小面积测区像控点数量不少于5个,大面积按间距400~700 m一个。像控点标识可使用直角模具涂刷方式,使用木制L形工具喷涂,长度不小于0.3 m,宽度不小于0.1 m,并用喷漆喷上点号,确保形状轮廓清晰、拐角明显。像控

点的测量按照《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T18314—2009执行,统一测量L型标志的内侧拐角。

2.4 三维模型生产

三维建模方案采用实景 MESH 三维建模技术,通过计算机视觉原理对影像进行密集匹配,进而自动构建 TIN 网模型,然后使用软件进行纹理映射得到实景三维模型,最后采用人工方式对实景三维模型进行修整,以达到较好的视觉效果。三维模型精细度应统一标准,全部为真实、完整、可测量的真三维模型,倾斜和垂直影像上的像素点具有真实的三维坐标。对地理要素的结构能够正确、一致表现,地物纹理采用真实纹理,外立面纹理能精确反映物体色调、饱和度、明暗度等特征,路面、水面、广场等地物表面无明显的高程异常。倾斜摄影与三维建模生产技术路,见图1。

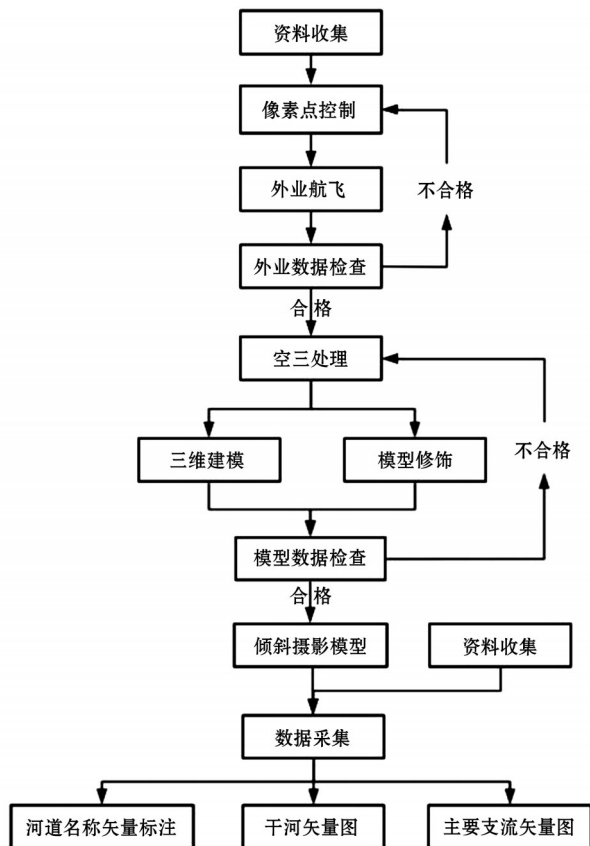


图1 倾斜摄影与三维建模生产技术路线

3 倾斜摄影技术应用

3.1 空域申请

在利用无人机开展航测飞行前,按照《通用航空飞行任务审批与管理规定》,应提前向当地空域管理部门申请飞行空域。遵守军民航有关制度规

定,与管制部门建立通报关系,严格执行调配指令,按要求承办飞行计划申请、批复及动态通报等事宜。空域申请流程见图2。

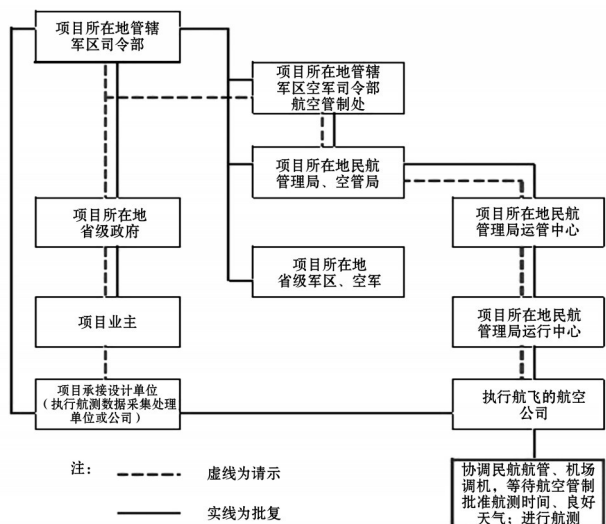


图2 空域申请流程

3.2 前期准备工作

首先要制定科学可行的航摄设计方案。对照航摄内容和技术要求,结合空域协调、测区天气条件、航高限制以及项目进度等进行规划,做到整体技术路线正确,飞行方案完整,航摄分区规范,时间安排合理,重点难点技术分析操作性强,且明确人员负责飞行指挥、天气预警以及其他涉及空域安全的问题。

其次要对航测设备提前进行调试、发运和作业准备。飞机、相机、RTK需要经过完善的性能测试和功能调试后,方能装箱运输。飞机主要检查机身、飞控、舵机、电台、数据链、载荷等是否能正常运行,相机应确保机身、快门、镜头、电池等工作正常,RTK应确保机身完好、CORS账号登录正常、搜星及信号接收等功能正常等。

然后要收集分析作业区域数据资料,主要包括天气风力状况、航测区域位置、控制网资料、基准点资料、遥感历史数据等,同时对起降点周边进行现场勘查,主要包括环境、地形、交通、居民分布等,并预选起降场地,预规划飞行航线,保障飞行任务顺利开展。

3.3 无人机航摄

本项目航飞数据采集主要采用MD-25无人机与M300RTK+赛尔五镜头倾斜航测系统组合方式。MD-25垂起固定翼无人机主要负责项目作业区大范围数据采集工作,M300RTK旋翼无人机主要负责

高楼及特殊建筑群区域的航摄补充。为安全、高效、准确完成作业任务,确保数量、质量、进度等满足项目要求,起飞前应按照《MD-25飞行前检查单》与《多旋翼无人机检查单》分别对固定翼与多旋翼进行检查。进入航线时,要及时观看地面站参数来判断飞行状态,主要包括飞行高度、空速、航向、数传信号、荷载、电压、传感器等,确保飞行安全和成片质量。飞机返回后,需要检查载荷照片质量和数量是否和pos匹配,内存是否足够下一次飞行所需,之后重复执行下一架次飞行任务。完成当天作业后,要将航片、POS、基站数据进行整理,拷贝到电脑或硬盘上,并填写《外业数据检查表》。随即对设备电池进行充电准备,并对第二天飞行进行规划。

3.4 像控点测量

外业像控点测量基于江苏CORS账号,利用网络RTK技术进行外业像控测量作业。RTK数据按2000国家大地坐标系数据进行采集和输出,采集数据导出后由江苏省基础地理信息中心采用似大地水准面精化模型进行高程异常改正,得到2000国家大地坐标系和1985国家高程基准的像控数据。

控制点测量采用华测i70H惯导版RTK,采用数据链双收通讯技术,利用似大地水准面精化模型高程异常改正求取像控点正常高程。每个像控点独立(关机或卫星失锁)至少观测2次,观测成果平面坐标较差应小于 ± 3 cm,垂直坐标分量较差不超过 ± 3 cm,超出时应增加测回数,取中数作为该点的最终成果。每测回的自动观测个数不少于10个有效观测值,观测时间可设为10 s,每次读数的坐标分量较差不大于10 mm,取平均值作为定位结果。

4 三维建模与修饰

4.1 实景三维建模技术

项目三维建模采用多节点并行运算的PIE-Smart软件,通过几何校正、多视影像联合平差、多视影像密集匹配以及构建TIN,最终获得三维成果数据^[4]。系统以一组对静态建模主体从不同角度拍摄的数码照片作为输入数据源,输出高分辨率带有真实纹理的三角网格模型,准确复原出建模主体的真实色泽、几何形态及细节构成。建模结束后,要对成果的数学精度、空间精度和模型效果进行检查,确保符合项目设计要求^[5]。实景三维建模技术流程,见图3。

4.2 实景三维修饰

通过实景三维建模软件直接生产出的模型,由

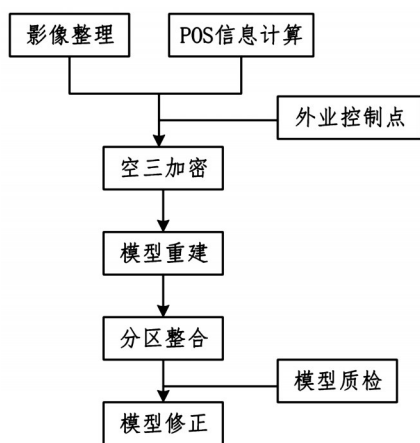


图3 实景三维建模技术流程

于受到软件算法影响、影像匹配错误以及无人机在空中遭遇气流发生姿态变化等因素影响,可能会出现建筑物变形,地物不完整,模型表面空洞,水面出现漏洞、褶皱、悬浮物等现象,因此需要对模型效果不达标的区域进行人工修饰,以满足项目需求。修饰内容包括对水面进行压平处理,对漏洞进行修复,对孤立、细碎的3D悬浮物进行删除等,最终形成符合位置精度、影像精度、结构精度和纹理精度要求的倾斜摄影三维模型成果。

5 结 语

随着数字孪生流域的建设与发展,无人机倾斜

摄影与三维建模技术得到更为广泛、系统的普及应用。与传统建模方法相比,倾斜摄影与三维实景模型的外部纹理特征、高度及定位信息能快速精确的获取,经过后期数据处理即可生成内容精细、形象直观、色彩丰富的实景三维模型,具备速度快、精度高、操作便捷的技术优势,节省了大量人力、物力与时间成本。利用倾斜摄影与实景三维技术还原京杭运河流域现实全景,既保障了现实数据的准确性和真实性,又保证了监管信息的可追溯性,同时以流域地形三维可视化为基础,建设河湖空间数据底板,有助于提高水资源、水岸线、水环境监管的工作质量,为流域管理决策提供高效的信息支撑和技术支持。

参考文献:

- [1] 娄保东,张峰,薛逸娇. 智慧水利数字孪生技术应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2021(9):6-12
- [2] 张绿原,胡露露,沈启航,等. 水利工程数字孪生技术研究与探索[J]. 中国农村水利水电,2021(11):58-62
- [3] 蒋亚东,石焱文. 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J]. 科技通报,2019,35(11):5-9.
- [4] 王伟,黄雯雯,镇姣. Pictometry 倾斜摄影技术及其在三维城市建模中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2011,34(3):181-183.
- [5] 孙宏伟. 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模[J]. 现代测绘,2014,37(1):18-21.

(上接第40页)

参考文献:

- [1] 杜军凯,游进军,仇亚琴,等. 面向“四预”的水资源智能业务应用体系研究[J]. 水利发展研究,2023,23(8):1-6.
- [2] 范子武,刘国庆,杨光,等. 城市防洪“四预”智能调度系统建设与应用[J]. 江苏水利,2022(增刊2):5-10.
- [3] 李琛亮,刘国庆,杨光,等. 基于“四预”的永定河洪水预报调度系统研究与应用[J]. 水利水运工程学报,2022(6):45-53.
- [4] 陈晓楠,靳燕国,许新勇,等. 南水北调中线干线智慧输水调度的思考[J]. 河海大学学报(自然科学版),2023,51(5):46-55.
- [5] 徐青,陆轶群,徐麟,等. 大中型闸站自动化、信息化和智能化建设的若干思考[J]. 江苏水利,2023(5):35-39.
- [6] 范林皓,陈祥,黄富佳. 南水北调洪泽泵站监控系统自动化改造应用[J]. 江苏水利,2023(4):62-66.
- [7] 朱梦珺,唐琦. 现代水利自动化工程存在问题的思考[J]. 黑龙江水利科技,2023,51(1):154-157.
- [8] 李县林. SCADA 系统在水闸联合调度及运行管理中的应用前景[J]. 陕西水利,2022(9):102-104.
- [9] 樊锦川,黄蔚,冯宛露,等. 基于工业互联网操作系统的泵站一体化运维平台建设[J]. 江苏水利,2022(8):40-44.
- [10] 丁书文. 电力系统远动原理及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2009.