

无人机实景三维模型在历史建筑保护测量中的应用

刘 勇

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]随着无人机技术的快速发展,基于无人机的倾斜摄影测量技术引入到历史建筑测绘领域之中,文中以大连市西岗区历史建筑为例,探索倾斜摄影测量在历史建筑数据采集、实景三维模型建立等方面的应用方法,分析其中存在的问题和不足,提出合理有效的解决方案,最大化地利用科学技术手段对历史建筑乃至城乡遗产进行保护。

[关键词]实景三维模型;倾斜摄影;历史建筑

DOI: 10.33142/aem.v6i6.12040

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Application of Drone Realistic 3D Model in Historical Building Protection Measurement

LIU Yong

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: With the rapid development of drone technology, oblique photogrammetry technology based on drones has been introduced into the field of historical building surveying. Taking the historical buildings in Xigang District, Dalian City as an example, this article explores the application methods of oblique photogrammetry in historical building data collection, three-dimensional model establishment of real scenes, analyzes the existing problems and shortcomings, proposes reasonable and effective solutions, and maximizes the use of scientific and technological means to protect historical buildings and even urban and rural heritage.

Keywords: real time 3D model; oblique photography; historical buildings

引言

历史建筑是中华优秀传统文化的重要载体之一,在经济社会、历史文化、科学技术、建筑艺术等方面具有显著价值,突出反映地方特色和时代特点。保护和利用好历史建筑,对保护传统风貌、延续历史文脉、留存城市记忆、提升城市品质意义重大。

大连市西岗区的历史建筑,年代均为近代建筑,建设年代多为上世纪30年代以前,建筑风格以日式建筑居多,少量俄式建筑。从测绘的复杂程度上衡量,日式建筑的独栋别墅相对简单,细部特征较少,但周围树木环绕,对建筑遮挡较多;日式的大型公建建筑和俄式建筑多为欧洲文艺复兴后期建筑风格,细部特征较为复杂,测绘难度较大。

对大连市西岗区东关街历史风情建筑保护建档,既有利于完备档案、记录历史,又可通过对东关街历史风情建筑进行测绘建档,异地重建,可以更加形象系统地对大连市城市形象进行宣传,通过网络等渠道使各地游客更为直接的了解大连,从而促进大连城市的宣传,加快旅游业发展。

1 总体流程

建筑三维模型采用无人机倾斜摄影制作 mesh 面模型和手工矢量模型制作两种方式进行。当历史建筑比较开阔,周边遮挡较少,利用无人机倾斜摄影技术对历史建筑外部结构进行实景三维建模;历史建筑周边遮挡严重无法进行有效倾斜摄影采集的历史建筑,采用常规人工建模方法进行建模,即利用测绘出的房屋结构图结合数码相机,利用3DMAX 软件进行三维建模。

2 实景三维建模

2.1 无人机航空摄影

通过前期收集的基础资料及历史建筑图上定位情况,逐一进行现场踏勘,调查历史建筑形状、数量、高度、建筑材质、占地面积、使用单位等现状信息,分析历史建筑周边自然环境、地势地貌、人文环境、空域环境、电磁环境等,进而通过相关调查信息和分析结论,根据各处历史建筑的具体情况制定无人机航飞行计划。

无人机数据采集是三维模型建立工作中不可或缺的一部分,航线规划则是数据采集中的重要组成,合理规划航线能有效的提高数据采集质量,保证建筑模型效果。

在大连市西岗区东关街历史风情建筑恢复性测量中,近景摄影测量采用索尼 A7 非量测相机,有效像素 3600 万像素,自重 465g;航空摄影测量采用智能鸟航拍飞行器,进行倾斜摄影测量。摄影测量用于采集建筑物的顶部纹理和结构,采用摄影测量传感器,采集到建筑物的侧面纹理,用于部分三维模型结构和纹理的自动重建。^[1]

2.2 航空摄影测量原则

①严格把握摄影时间:严格按照规范规定的太阳高度角要求选择摄影时间;

②飞行前,调试数字航摄仪,仔细检查数字航摄仪工作状态,确保数字航摄仪正常运行;

③飞行过程中,使用飞行管理系统 Data Graber,按航迹导航,保持好飞行姿态,确保各项技术指标符合要求;同时时刻注意飞行高度,飞机速度,航迹等各种参数,实

时掌握飞机的偏流修正值,确保像片主纵线与航迹线一致;

④飞行结束后,使用 FlightViewer 软件及时检查影像质量,包括航向重叠、旁向重叠、范围保证、基线保证等方面,作出详细的质检记录。如不符合要求,及时进行补摄或重摄;

⑤像片重叠度:航向重叠度不小于 80%,旁向重叠度不小于 70%;

⑥补摄与重摄:航摄过程中出现的漏洞及其他严重缺陷必须及时补摄,补摄航线的长度超出漏洞外四条基线。

2.3 实景三维模型重建

航空摄影完成后采用 ContextCapture 实景三维建模软件进行数据预处理、空三加密、模型重建、模型查看等制作过程。

(1) 数据预处理

航空摄影得到的数据包括航飞影像数据、机载 GPS 数据和像控点坐标数据,首先要进行数据的预处理,将不同相机拍摄的图片进行原始影像的矫正,并使曝光点的相片与对应的 GPS 数据相匹配。

(2) 空三加密

本项目拟采用 ContextCapture 软件进行空三加密。

空三加密作业:根据航线分布、数据提供先后进行空三区域的组织,区域接边处需设定锁定参数,进行测区接边。空三加密的目的是为数字立体模型定向提供数据,加密成果的精度直接影响三维模型的精度。

空三处理应保证自动匹配的连接点分布均匀可靠,匹配中误差不超过 1 个像素,像控点残差中误差小于 3cm。

空三质量检查合格后,开始进行三维模型的建立和生产。选择正确的坐标系及合理的输出范围,生成三维模型数据(OSGB 文件)及三维彩色点云数据(LAS 文件)。

历史建筑实景三维模型成果无漏洞,建筑主体部分没有明显拉花变形。

三维彩色点云点间距应不大于 5mm。

(3) 模型重建

空中三角测量解算结果合格后,按步骤正确地设置相关参数,进行影像三维模型重建。首先,应选取部分检核点处的地块模型进行生成,以进行模型精度检验,若模型成果不合格,则重新进行空中三角测量解算环节;若模型成果合格,则可以进行三维模型重建。^[2]

(4) 精度检查

对于已生成的三维模型,还需利用模型中的检核点与已知点进行对比,检验模型精度。当模型刚体具有较高的还原度,但部分检核点坐标有偏差时,考虑为空三解算中像控点录入未达标,需对像控点进行检查;当检核点整体坐标产生系统性偏差时,可通过更改 WKT 文件中的坐标参数,进行模型精度的优化。^[3]

作为影像三维建模作业流程链条中的最后一个作业环节,模型数据后处理的输出成果直接与后期系统平台对

接,模型后处理的作业质量,将直接影响模型成果数据在系统平台及浏览界面中的展示效果。

模型数据后处理的基本内容为对经过空三重建后的模型数据,以 OBJ 瓦块为数据转换格式在三维编辑软件平台中对瓦块数据中存在的漏洞、失真等情况进行裁剪、修补、替换等编辑,然后把修复后的数据与整体数据融合为完整的模型成果。

安排外业测量人员,使用野外碎部采集的方式,实地采集测区平面、高程、相对距离,与三维模型中采集的检查点坐标和高程值进行对比分析,模型采集的精度需达到技术设计的要求。如未达到标准,首先检查航飞外业和内业环节是否存在疏漏和错误,无法解决时需进行外业修测或采用全野外测量的方法进行补测。

(5) 模型查看

三维模型生成后需仔细检查,主要对模型的完整性、几何精度、属性精度、时间精度、逻辑精度进行抽样对比分析,保持模型数据与现实状态的一致性。将模型成果与实际地物进行对比。

纹理自然,颜色饱和,反差适中,色调一致,与实际一致,真实反映建模物体的颜色、质地和图案。

纹理影像中不应包含建筑以外的物体,物体外立面及屋顶主要变化细节应清晰可辨。

宜选择光线较为柔和、均匀的天气进行拍摄,避免逆光拍摄,光线较暗时应补光;

模型是小范围的单体建筑或建筑群,需对模型细节进行对比:

a 若整体破碎程度高,无法进行模型的辨认,需重新进行相片的拍摄,重复之前步骤;

b 若整体较为完整,但刚体模型相对形状发生较大变化或破损,如模型相对地面参考,整体角度发生改变,或部分区域散开等,认为是空中三角测量解算未达标,需重新进行空三解算;

c 若模型整体较为完整,细节部分缺失或破碎化严重,质检员根据其缺失程度进行人为判定,选择外业补飞重做或是手工建模修补模型;

d 若模型细节部分难以通过重建达到实景还原,则进行模型局部手工建模。



图1 三维模型(样例)

(6) 模型数据后处理

作为影像三维建模作业流程链条中的最后一个作业环节,模型数据后处理的输出成果直接与后期系统平台对接,模型后处理的作业质量,将直接影响模型成果数据在系统平台及浏览界面中的展示效果。

模型数据后处理的基本内容为对经过空三重建后的模型数据,以 OBJ 瓦块为数据转换格式在三维编辑软件平台中对瓦块数据中存在的漏洞、失真等情况进行裁剪、修补、替换等编辑,然后把修复后的数据与整体数据融合为完整的模型成果。

3 人工精细化三维模型

本项工作主要为利用建筑恢复性测量中获取的资料,使用 Autodesk 3ds Max 进行三维建模工作,输出大连市西岗区东关街历史风情建筑的三维模型。

建模前首先收集原始资料,根据资料确定建模的具体顺序和方法,分别对建筑物、道路、花草树木等进行建模。

3.1 收集资料

建模之前,根据实际情况和现有条件收集相关资料。建筑物建模主要利用建筑恢复性测量中获取的资料及相关实际图纸、照片采集等。

3.2 建筑物建模

建筑物建模主要为精细建模。3ds Max 建筑物建模时,先用二维线条绘制出建筑物外围轮廓,然后使用挤出命令生成三维形体,最后使用高级建模中的多边形建模塑造整个形体。

因本项目建模数目多,通过分析建筑物的结构和外观,确定建模规则为:相对简单的建筑物通过墙体的建立形成其主体;相对复杂的建筑物将其分解成墙体、屋顶、门窗等几部分,然后对每一部分具体建模,最后组成整体建筑;结构和外观相类似的建筑物结构单独设计组件,进行复制操作,并在不同的位置重新设定其尺寸数据,降低工作量。

根据以上建筑物的建模规则,先从形体简单和复杂两个方面对建筑物进行划分,然后分别构建各个建筑物模型。在建模过程中,除了找到每个建筑物的建模方法,还将各个建模方法的综合利用。这样不仅减少了建模的工作量,节省了时间,而且有利于模型库的构建。

其中建模时遵循以下几点:

(1) 建模过程中尽量简化模型;

(2) 为使模型达到更快的运行速度和更好的场景效果,对于复杂的对象,使用平面来代替,然后贴上贴图描述其外观和结构,例如建筑物上的浮雕、装饰灯。对于细长条的对象,因为其构建不仅增加场景中模型的数量,而且渲染时会出现锯齿、闪烁等现象,所以不构建其模型而用贴图的方式去表现;

(3) 为提高贴图的利用率及降低整个场景中的面数,从而提高整个系统的运行速度,建模时,将看不见的面进

行删除操作,例如贴靠墙壁的物体背面、箱子的底面等;

(4) 场景中模型的面和面距离过近,在运行时将会产生两个面交替出现现象,所以,建模时,面和面的最小间距是当前场景中最大尺度的二分之一。

3.3 烘焙

烘焙是指以贴图的方式把 3ds Max 中模型的光影导入到漫游交互场景中,来追求更好的真实感和艺术效果。模型不通过烘焙就直接导入到漫游交互场景中的话,得到的效果不真实,也没有层次感,这样给人的艺术效果很差。



图2 某历史建筑人工模型(样图)

3.4 实景三维模型整饰

由于 21 栋有代表性的建筑外立面及屋顶精细化三维模型仅对建筑物进行了建模,最终成果需完成整个区域模型的建立,因而需将精细化模型对实景三维模型的压叠部分进行替换,形成最终的含 21 栋有代表性的建筑外立面及屋顶精细化三维模型的实景三维模型。

4 精度检测

本项目建筑外立面及屋顶测量采用全站仪进行测量。全站仪观测时,完全对中置平,保证观测点平面坐标的精度,并控制在 ± 2 厘米以内。本工程共测量特征点 6146 个。

为保证特征点测量的精度与准确性能够满足项目要求,我单位随机均匀抽取部分特征点进行外业检查,检查亦采用等精度重复测量的方法。共抽取 319 个检测点,占总数的 5.19%。

经过对比计算,特征点点位中误差 $m_{cd} = \pm 1.37\text{cm}$, 高程 $m_{ch} = \pm 1.31\text{cm}$, 满足测量精度要求。

5 不足之处

5.1 茂盛树木对实景三维模型的影响及处理情况

本项目实景三维模型是通过无人机航拍获取影像后进行处理,因而受茂盛树木的树冠影响较大,导致了树冠下的信息缺失,本项目 1、7、16 号楼受其影响最为严重。考虑到整体区域成像效果、重点关注建筑模型的有限性等,对部分树冠模型进行整饰、去除,后期使用全站仪测量的方式对其进行修补,保证了重点关注建筑模型的准确性,但茂盛树木树冠难以恢复,因而在模型中将其忽略。7 号楼处产生的拉花、范围频闪现象即为处理后的残余问

题,该范围内地形模型不可作为实际地形参考。

5.2 一楼围挡对项目的影响及处理情况

因无人机航拍摄影测量无法精确表述檐下及重点关注建筑细节部分的实际情况,因而采用了地面测量的方式对重点关注建筑进行测量,然而在地面测量进场前,东关街区域相关建筑已被围挡围护起来,围挡高约2米,距围护建筑平均距离约1米左右,因而无法使用常规测量手段对一层相关数据进行采集。现场测量采用钢尺及手持测距仪以门顶、窗顶、地面等相关可直接测得的数据为基础对其相关特征点进行测量,量测精度略低于常规测量,门窗高度、地面高、局部突起等可能与实际存在差异,调用本资料时应予以注意。

6 结语

建筑整体建模以倾斜摄影测量手段为主,细部特征和遮挡部位的建模以三维激光扫描仪和全站仪测量手段为

主。利用不同测量设备的特点,进行有效的搭配和协同,确保测绘建档各环节的准确、真实。

【参考文献】

- [1]王建军.无人机航测数据与不同专业数据融合在不同行业中的应用[J].地矿测绘,2021,3(6):44-46.
- [2]刘庚余.地面三维激光扫描与倾斜摄影测量在福州古厝保护中的应用[J].福建建设科技,2022(6):132-135.
- [3]何聪祥,王聪华,雒伟群.三维激光扫描技术在民族建筑数字化保护中的应用——以咸阳清渭楼三维模型构建为例[J].西藏科技,2020(4):5.

作者简介:刘勇(1985.7—),毕业院校:西安科技大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:大连市勘察测绘研究院集团有限公司,职务:主任工程师,职称级别:高级工程师。