

# 三维数字城市建模倾斜摄影测量技术应用

孔繁杰<sup>1</sup> 李福星<sup>2</sup>

1 广东省国土资源测绘院 2 广东省测绘工程有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v5i5.1427

**[摘要]** 构建智慧城市是城市发展的必然趋势,三维数字城市建模则是建设智慧城市的重要前提条件之一。伴随着科技进步,也给三维数字城市建模提供了技术支持。文章主要基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模进行探讨,以期发挥倾斜摄影测量技术的优势,完善三维数字城市模型,进而提升数字化城市建设的效果。

**[关键词]** 三维数字; 城市建模; 倾斜摄影; 测量技术

**中图分类号:** F767.7 **文献标识码:** A

## Application of Measuring Technique of Tilt Photography in 3D Digital City Modeling

Fanjie Kong<sup>1</sup> Fuxing Li<sup>2</sup>

1 Guangdong Institute of Land and Resources Surveying and Mapping

2 Guangdong Surveying and Mapping Engineering Co., Ltd

**[Abstract]** The construction of smart city is an inevitable trend of urban development, and 3D digital city modeling is one of the important prerequisites for building a smart city. With the progress of science and technology, it provides technical support for 3D digital city modeling. This paper mainly discusses and analyzes the application of measuring technique of tilt photography in 3D digital city modeling, in order to give full play to the advantages of the tilt photography technology, improve the 3D digital city model, and improve the effect of the digital city construction.

**[Key words]** three-dimensional digital; city modeling; tilt photography; measuring technique

随着数字化城市理念的提出,人们对三维信息处理也有了更高的要求。但在传统城市模型建设中,所采用的测量建模方式对外业人员的专业技术水平有较高的要求,外业人员需要通过人工拍照的方式采集城市建筑物纹理及实际结构等信息,之后再具体收集的数据传输至内业人员进行处理,内业人员依据正射影像数据及被测区平面矢量图构建城市白模,最后将拍摄获取的纹理信息添加至白模中<sup>[1]</sup>。传统的建模方式虽然能帮助内外业人员合理控制建模的精细度,但整个建模过程耗时耗力,且无法保证最终模型的完整度,与当下人们对城市三维建模要求不相符。这样的情况下,应用倾斜摄影技术,可很好地避免正射影像的弊端,还能拓展拍摄范围,可从不同角度获取影像信息,从而为人们提供更加直观、真实的城市景观模型,人们可通过这一模型开展城市规划等工作,进而促进城市建设与发展。

### 1 三维数字建模

随着现代城市的快速发展,城市建设更加科学,通过建设模型分析,可为城市发展奠定良好的基础。所谓三维数字建模,就是将空间信息技术与仿真技术结合,由此建立起空间三维模型,可为城市测量工作的开展提供技术支持,这也是计算机技术

不断发展衍生的产物。当前在城市规划测量工作中,土建信息技术、二维数据信息技术和三维建模技术是主要应用的技术,这三种技术的结合应用,满足了信息系统规划及利用的需求,可在此基础上更好地开展信息查询、定位、统计、分析等相关工作。

### 2 倾斜摄影测量技术

倾斜摄影技术是科技进步的产物,属于新兴的测绘技术,传统的正射影像技术拍摄角度单一,仅能从垂直角度获取影像信息,但倾斜摄影技术除了能够从垂直角度拍摄影像信息以外,还能从四个倾斜角度拍摄影像信息,可保证获取的影像信息的完整度,也能给用户带来更为直观、真实的视觉体验。该技术具有全面、客观、真实、效率高等特点。

倾斜摄影测量技术具有较强的先进性,实际应用范围也较广,有助于拓展遥感影像使用范围,推动遥感影像行业的发展。该技术具有这几点优势:一是可通过配套软件实现单张影像测量及建筑长度、角度及面积等多方面的有效测量,可很大程度提升摄影测量有效性;二是可从多个角度反映地物的周边情况,包括垂直角度和四个倾斜角度,可帮助人们更加全面观察地物

情况,可很好地弥补传统正射影像技术拍摄角度单一的不足;三是倾斜摄影技术可通过构建三维模型的方式,全面采集建筑物细节、纹理等方面信息,随后依据采集的信息及建筑特征设计图像,完成三维城市建模,可很大程度降低三维建模的成本;四是对比传统摄影技术,倾斜摄影技术对数据量要求不高,在具体应用过程中,可通过数据格式的形式提高网络发布的速率,进而实现信息共享<sup>[2]</sup>。同时通过这一技术可保证获取影像的真实性、全面性,可从不同的角度记录建筑物的各细节部分,如此一来,人们便可通过浏览视图的方式观察建筑物的相关细节。

### 3 倾斜摄影测量技术在三维数字城市建模中应用的价值

#### 3.1 可增强环境体验的真实感

在三维数字城市建模中应用倾斜摄影测量技术,可使人们有真实的城市环境体验感。具体而言,当前我国城市化进程加快,城市中的建筑物数量也越来越多,传统的摄影测量技术只能通过细微角度观察城市建筑的面貌,而应用倾斜摄影测量技术进行三维数字城市建模,可实现对城市的整体面貌及具体的建筑景观的观察,实现对城市内部的虚拟模拟。在所构建的三维城市模型中,人们的感官体验犹如身临其境一般,同时在相关技术的作用下,对城市内真实环境进行虚拟化,可真实还原城市内环境,进而给人们带来极强的体验感。

#### 3.2 有助于优化智慧城市建设

在三维数字城市建模中应用倾斜摄影测量技术,还有助于优化改进智慧城市的建设。随着科技的进步,智慧城市的建设成为了城市发展的必然趋势,相关部门管理人员应明确这一发展趋势,并制定相应的措施推进智慧城市建设<sup>[3]</sup>。在这期间,就需要借助倾斜摄影测量技术进行三维数字城市建模,发挥出该技术的优势作用,归集城市内部各类数据,并通过电子信息系统进行整合形成三维模型图像,由此为建设智慧城市提供可靠、全面的数据支持。

#### 3.3 可优化城市电力线路的设计

当前城市发展速度不断加快,城市内部功能也不断增多,这期间也相应增加了城市电力建设的数量。而通过应用倾斜摄影测量技术,测量人员可快速测量城市内部的电缆线路,之后在通过三维建模技术完成建模工作。与此同时,通过倾斜摄影测量技术,可真实地反馈城市内部的地形地貌,掌握更为精准的城市地理信息,相关人员在结合电路信息的基础上,可更加高效地开展建模工作。另外,在开展电力系统建设过程中,如果遇到一些特殊区域如林区等需要躲避,此时工作人员可通过人工测量与无人机测量结合测量方式,提高测量工作的准确性。也可以在竣工测量环节应用倾斜摄影测量技术进行点对点检测,找出在电力项目实施阶段遇到的问题,经过专业的分析研究后制定有效的措施解决,保证电力项目顺利实施的同时,提高电力项目建设的质量,进而满足城市居民日益增长的电力需求。

## 4 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市应用实例

### 4.1 项目简介

随着科技的进步,清远市也加快了城市建设的步伐。为了更好地进行城市可视化规划,清远市在三维模型建设过程中,引入了无人机倾斜摄影测量技术,通过这一技术测量城市地理信息,并将测量获得信息更新至原有的地理三维数据信息库中,构建了新的城市三维模型,在该模型中,包括了清远市新开发的城区和道路等。

由于清远市的整体面积较大,如果采用传统的摄影测量技术,会产生较多的人力、物力、财力成本。而在应用无人机倾斜摄影测量技术后,可从多个角度拍摄城市地面物体信息,可获取较为精准的数据信息,提高三维建模工作效率,同时成本较低,可有效降低清远市三维建模过程中的成本,进而满足现代城市建设的需求。

#### 4.2 信息采集

在清远市地理信息测量采集环节,充分利用了无人机倾斜摄影技术。在此之前,需要相关工作人员明确这一类影像信息采集的流程。具体的流程为:首先,探测了解周边区域的环境情况,目的是为航测工作开展打下良好的基础<sup>[4]</sup>。在现场拍摄时,应充分保证测量数据的精准度,测量人员应合理布设控制点,并在航测期间加强飞行航线的控制。其次,为构建更为精准、适宜的城市三维模型,还需测量人员获取准确的地面地位信息,收集控制点信息时,可结合城市规划或GIS全球定位系统获取控制点的地面坐标,随后使用专业的测量仪器开展测量工作。针对清远市中一些较复杂的地形地貌纹理信息,这类信息收集难度较大,在采集过程中,采用数码相机现场拍照,后续再进行比对分析。最后,在采集地面高程、地面纹理类信息时,结合实际情况制度无人机飞行的高度和飞行路线,之后按照规划好的路线排水影像信息。整合拍摄的影像信息,确认影像信息符合要求后再对其进行预处理,从而获得准确的影像数据信息。

#### 4.3 航测路线规划

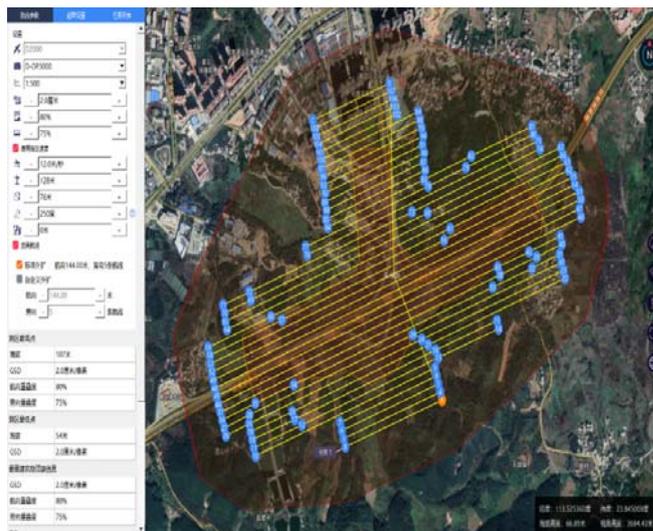


图1 航测路线的整体规划

在具体应用无人机倾斜摄影测量技术过程中,需要科学规划无人机的飞行路线。首先需从项目实际情况进行无人机选型,

## Geological and Mineral Surveying and Mapping

在本次航测中,所选用的无人机类型为多旋翼无人机,利用5个与倾斜摄影测量相关的镜头模块,设计的飞行高度约为128m,航向重叠度是80%,旁向重叠度是75%,影像分辨率是0.02m。受无人机电池续航时间的限制,总共飞行了三架次,第一架次的航测路线是18条,第二架次的航测路线是12条,第三架次的航测路线是10条,见图1。

## 4.4 数据处理

在此次飞行航测中,测量技术人员共收集到15100余张影像信息。在此基础上借助Smart3D等软件对收集的照片信息进行处理和拼接,从而获取不同角度的影像信息和展示不同种类的数据成果。另外,为确保数据整合的精准度,项目监管人员应加强数据整合过程的监管,对各个环节的数据处理方式给予高度关注,一旦发现数据采集或整理方面有不合理的地方,需立即查明原因后采取有效的措施解决,确保数据信息有效整合,为后期三维数字城市建模提供良好的数据支持。

## 4.5 三维景观建模的实现

首先,在提取数据过程中,结合对应的大比例数据进行景观信息的提取,big按照高度、地面边界、地面高程的顺序获取相应的数据,之后可通过DXF来呈现一部分信息<sup>[5]</sup>。其次,为确保主机信息能相互匹配,还需借助DXF文件进行修正,之后导入至数据中,以TAB的格式储存,最后以MIF的格式呈现内容。

## 4.6 纹理最优路径选择

在三维数字城市建模中,为有效发挥出倾斜摄影测量技术的优势,还需构建可真实反映城市面貌的可视化模型,而纹理选择是一个重要的前提。在选择纹理由路径时,应保证同一墙体纹理能在多个影像上体现,在其夹角小于 $90^\circ$ 时,可判断其墙体影像可见。具体的判断标准见下表1。

表1 纹理最优选择依据

夹角 $<90^\circ$	同一墙体纹理情况	纹理采集区选择
	2幅及以上	最大纹理区
	1幅	-
	0幅	遮挡物最小影响区

## 4.7 纹理采集与粘贴

在倾斜摄影测量技术具体应用过程中,纹理采集也是一项重要的工作内容,其主要是利用数码相机对某个物体的侧面纹理进行测量,以此获取数字化地形图和相应的平面坐标。在获取地面纹理信息时,可将航空摄影与激光扫描方式结合起来获取纹理信息。在纹理采集后,便是纹理粘贴,这一环节操作起来相对较复杂,既要考虑建筑物本身的体积面积,也要主要使用分块摄影的方式确保拍摄影像的饱和度,改善影像的质量。另外,应根据实际地形情况确定建模理念,以此为依据选择合理的软件使纹理粘贴工作更加有效。无论是纹理采集还是纹理粘贴,均需要充分考虑城市建模的实际需求,从而提升倾斜摄影测量技术的

针对性。

## 4.8 建模成果优化

值得一提的是,虽然无人机倾斜摄影测量技术的应用具有诸多优势,但在实际应用过程中,也容易受到各种因素的影响,包括拍摄的环境、设备应用、软件程序等,从而对无人机倾斜摄影技术视觉效果产生影响,进而对三维建模产生影响。比如,在拍摄过程中,天气环境变化使拍摄地点可见度较低,就会对三维建模及建模清晰度产生影响。对此,就需要科学选择控制点,在选择像控点时,应充分考虑现场的布点需求,尽量选择对空视角好、无明显阳光遮挡的点位,同时也要保证像控点在航向旁向重叠的公共区域内可公用。

还有在拍摄过程中,也要保证物体表面纹路的清晰度。但在一天中在不同时间拍摄,光线的不同也会影响拍摄的效果,可能会引起拍摄影像的纹路不清晰等诸多问题。对此,需技术人员合理优化模型构建,可对地面的参照物的三维数据模型进行替换或完善,从而保证模型中的物体表面纹理更加清晰。优化前后的图像可见下图2和图3。



图2 优化前的图像



图3 优化后的图像

通过辅助系统完善无人机倾斜摄影测量技术,在辅助系统中进行初始化模型建设,使模型中的物体纹理、漏洞等均能得到很好地修复,以提高无人机倾斜摄影测量技术的应用效果。

## 5 结语

综上, 倾斜摄影测量技术在我国数字城市建模中应用具有诸多优势, 且随着这一技术的不断发展和完善, 对促进我国城市建设与发展有重要的作用。文章简要介绍了倾斜摄影测量技术, 并结合实例分析了倾斜摄影测量技术的具体应用, 为三维数字城市建模提供了技术支持。

### [参考文献]

[1]周亿萍. 无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模及优化方法中的应用[J]. 数字技术与应用, 2022, 40(05): 124-126.

[2]胡海舟. 无人机倾斜摄影测量技术在三维数字城市建模中的应用研究[J]. 西部资源, 2022, (01): 87-89.

[3]陈福生. 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模[J].

江西建材, 2022, (01): 110-111.

[4]陈爱华. 倾斜摄影测量与BIM技术在城市三维建模中的应用与分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(8): 219-220+224.

[5]李芳, 刘洋洋, 李孙桂. 倾斜摄影测量技术在城市三维建模及三维数据更新中的应用探讨[J]. 中国标准化, 2019, (20): 49-50.

### 作者简介:

孔繁杰(1985--), 男, 汉族, 广东茂名, 学士, 测绘工程师, 研究方向: 摄影测量与遥感、地理信息系统。

李福星(1991--), 男, 汉族, 广东韶关, 本科, 测绘工程师, 研究方向: 界线与不动产。