

无人机倾斜摄影在城市测量中的应用

郑海芸

北京帝测科技股份有限公司

摘要：实景三维模型能够以时序化的形式，真实立体的反映人类生产生活及生存空间，是搭建智慧城市，开展智慧服务应用等工作所需的重要基础地理信息数据。作为新型测绘技术的重要支撑，无人机倾斜摄影测量技术可以实现实景三维模型的自动和智能搭建，由于工作高效、精度优良，在智慧城市的建设中应用广泛。本文通过阐释无人机倾斜摄影测量技术的原理、应用实例等，对无人机三维建模的工序、成果进行探讨，为相关应用提供参考。

关键词：无人机倾斜摄影测量技术；三维模型；智慧城市

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.160

引言

随着我国城市化进程的快速发展，“智慧城市”、“实景三维中国”等概念的提出以及相关项目的不断推进，对城市的管理也愈加朝向智能化发展。实景三维模型能够以时序化的形式，真实立体的反映人类生产生活及生存空间，是搭建智慧城市，开展智慧规划、智慧市政、智慧城管等工作所需的重要基础地理信息数据。在通过城市测量手段收集基础地理信息数据时，无人机倾斜摄影测量技术以其能够快速收集数据信息工作高效、精度优良，在智慧城市的建设中应用广泛。

一、无人机倾斜摄影测量技术方法

无人机倾斜摄影技术突破了传统正射影像仅可以从垂直角度对地物进行拍摄的局限，将多个传感器搭载于一个飞行平台上，从5个不同的角度（包括1个垂直、4个倾斜等）采集影像^[1]。目前，其应用领域进一步拓宽，该技术已经在城市管理、国土资源、房产税收、生态环保、应急指挥等行业广泛应用。

倾斜摄影测量数据处理的关键技术通常包括多幅影像联合平差处理、多基元影像密集匹配、DSM模型生成、正射影像纠正、实景三维建模等。

（一）多幅影像联合平差处理

倾斜摄影影像数据可采取多幅影像联合平差的方法来处理。在处理时需要注意结合线元素等多视影像外方位元素，为使同名点匹配结果更加优良准确，需要采取金字塔影像匹配策略，在不同分辨率层级影像上进行匹配和测量。为使空三结果更为准确，在与误差方程进行联合平差解算时，需充分结合控制点坐标、照片位置等数据。

（二）多基元影像密集匹配

现阶段，多基元影像密集匹配技术已实现建筑物立面特征的自动识别、建筑高度和外部轮廓的提取、墙面分类与扫描分割、立面结构等，在倾斜摄影中也得到了应用。

（三）DSM模型生成

根据倾斜摄影过程中传感器获取到的影像线元素和角元素等，选择合适的影像进行匹配。对高密度点云数据进行滤波抽稀处理、匹配单元融合，进而实现DSM模型的自动获取。

（四）正射影像纠正

利用DSM模型，应用联合平差以及密集匹配算法，使得物方与像方特征点一一对应，通过联合平差改正，获得真正射影像。应当注意的是，改正时应充分考虑到系统误差的干扰。

（五）实景三维建模

将采集到的影像数据导入专业建模软件，如Acute3D公司的Smart 3D Capture平台等软件，可以实现实景三维模型的构建。其建模速度快，模型精度高，在实际业务应用领域当中得到了广泛的应用。

二、应用实例

未来科学城时空信息一张图智能支撑平台建设项目是北京市试点建设项目，测区位于北京市昌平区未来科学城，一期测区面积为10平方公里。以该项目中采用无人机倾斜摄影的方式进行三维建模的实例，对该流程进行阐释。

（一）无人机倾斜摄影数据采集

无人机倾斜摄影一般通过资料收集、空域申请和现场踏勘设计航线和像控点布设测量。本项目采用FT5-1820型航摄仪进行航摄，相机焦距为35mm。飞行高度为140米，任务总时间约850分钟，50个架次，单相机产生约1.6万张照片，任务周期10天左右。详细信息如下：

表1 无人机倾斜摄影方案

相对飞行高度：140m	航线长度：355km
旁向重叠：75%	航带间距：36m
航向重叠：80%	拍摄间距：20m

（二）倾斜三维模型制作

本项目的倾斜摄影影像数据是基于Acute3D公司的ContextCapture平台实现实景三维模型构建的，制作流程主要包括数据预处理、新建工程、空三加密、三维重建、后处理等。航摄数据质量需进行检查后方可使用，用pix4D软件对航摄数据进行快速质量检查，通过导入原始影像以及POS数据等原始数据、建立工程并导入照片、设置影像属性（图像坐标系、地理定位和方向、相机型号）、快速处理检查、生成影像质量报告，判断是否需补飞或重飞。空三加密，即利用航空摄影的影像数据、IMU/GPS成果以及外业像控测量成果，采用高分辨率遥感影像一体化测图系统MapMatrix进行IMU/GPS辅助空中三角测量，可进一步提高数据处理效率，

缩短项目周期。其中，处理航摄影像成果时，由于不同架次飞行的原始影像数据会存在差异，使用INPHO的OrthoVista模块对原始航片的匀光匀色。利用IMU/GPS技术得出的精确外方位元素成果进行航带内及航带间的影像匹配，生成海量数据匹配点。影像匹配完成后，根据匹配的像点进行区域网相对定向平差，精度满足要求后进行光束法平差。

基于Reconstruction模块实现三维重建，基于Geomagic软件对模型悬浮物、漏洞等进行模型后处理，将修改后模型加载入Smart3Dcapture，重新提交建模任务，完成模型修复。通过模型修饰可提高三维模型精度，最终经检验后提交成果。



图1 未来科学城时空信息一张图智能支撑平台建设项目中影像分辨率优于5cm的三维模型

（三）模型精度检验

作为三维模型质量评价的重要指标之一——模型精度主要分为平面位置精度（ x ， y ）和高度精度（ z ），其显著影响着智慧城市及其相关应用的有效使用。因此，对模型精度评定分析是三维模型制作的重要环节。本次倾斜三维模型精度评价按照《数字测绘产品检查验收和质量评定标准》执行，在三维模型中均匀选取检测点，通过与实测检查点坐标对比的方式，计算模型的精度情况。本项目共选取了38处均匀分布于整个测区的检查点位，研究区域模型的精度统计结果为：X方向中误差为 -0.039m ；Y方向中误差为 0.009m ，平面中误差 0.035m ，（规范要求平面 0.3m 的限差）部分精度统计数据如表2所示。高程坐标中误差均值为 0.0074m ，高程中误差为 0.0858m ，小于大比例尺测图规范要求的 $1/3$ 等高距（ 0.5m ），即 0.166m 的限差。部分精度统计数据如表3所示。通过模型精度评价数据可直观了解到，采用无人机倾斜摄影手段进行三维建模，其模型精度分布均衡，满足相关行业及应用规范。

三、无人机倾斜摄影测量的优势

在城市测量工作当中，相对比传统的测量技术，无人机倾斜摄影测量有以下优势：第一，由于无人机倾斜摄影测量可以实现五个维度的信息采集，使得其获取的影像及数据信息更为准确，大大提高了测绘效率；第二，该技术仅仅需要少量的人工干预，大大提升了自动化水平，避免了人工操作处理中的误差，有效提升了测绘精准度；第三，无人机测量周期较短，相较于低于其

他测量技术，投资成本降低。第四，该技术能提供更丰富的建筑物立面信息，结合配套软件能够直接测量影像长宽高等，可采集其表面纹理，对于三维建模等方面影响深远。

四、无人机倾斜摄影测量技术在城市测量中的具体应用注意事项

无人机倾斜摄影测量技术具有诸多优势，但仍值得注意的是，在测绘过程中，无人机倾斜摄影测量也会受到外界和人为因素的干扰，因此在拍摄影像资料时，要根据现场实际情况规划出合理科学的飞行路线；测绘信息采集时，就现在的技术水平而言，无人机采集到的测绘信息不一定能够完全符合应用标准，还需采用人工的方式对数据进行补充，剔除不合格的信息作为测量的最终结果；测绘信息处理工作，不同于传统测绘工程测量，无人机在进行测量的过程中并不是按照直线飞行，而会根据实地地形特点做出相应角度的调整，当无人机转变方向时，采集到的图像就会产生重影，无法直接使用，还做进一步的处理。

五、无人机倾斜摄影测量技术的未来发展

推广应用无人机倾斜摄影测量技术，不仅能够有效的提高城市测量成果的准确性，又能够有效地推进城市数字化建设的进程，对于提高社会管理水平和城市治理能力也具备相当的促进功效。未来无人机倾斜摄影测量必将得到进一步的发展，并不仅仅应用于城市测量当中，还将在更多的测绘工作中发挥更多的作用。

结束语

无人机倾斜摄影测量技术具有信息处理快、机动性好、工作效率高等诸多优势，能够产生三维模型这一重要的测绘成果，因此无人机倾斜摄影测量技术在城市测量中的应用愈发广泛。“智慧城市”作为我国新型城镇化的产物，其建设过程已逐步推进深化，对利用智能化的手段对人、事、物的高效精细化管理提出更高的要求^[2]。本文通过对无人机倾斜摄影测量技术在未来科学城时空信息一张图智能支撑平台建设项目中的应用研究，得出如下结论：（1）采用无人机倾斜摄影测量技术能够高效、真实、准确的生成实景三维建模，还原城市和周边地物地貌，极大地提高了城市测绘工作效率。（2）在实景三维模型上均匀抽取了38个检查点，通过比较实景模型上检查点的三维坐标与实测坐标值，得到检查点的平面位置和高程中误差： $m_x=-0.0390\text{m}$ ； $m_y=0.0090\text{m}$ ； $m_z=0.0858\text{m}$ ，模型精度满足智慧城市建设项目要求。可以发现，采用无人机倾斜摄影测量技术应用在城市基础数据采集与建模当中，对于推动智慧城市建设、提高城市治理水平等方面均具有重要意义。

参考文献

- [1] 李镇洲，张学之. 基于倾斜摄影测量技术快速建立城市三维模型研究[J]. 测绘与空间地理信息，2012，35(4): 117-119.
- [2] 范印，李梁，高磊,等. 无人机倾斜摄影测量技术在智慧城市建设中的应用研究[J]. 无线互联科技，2021，18(13): 3.