倾斜摄影测量技术在城市地形测绘中的应用

李金源　罗怡静　雷良焰　贺宇晴

（西华大学 土木建筑与环境学院，四川 成都 610039）

摘　要　目前城市地形图的测绘已经成为城市地形信息采集的重要组成部分。开展地形图测绘的过程中会受到多种因素的影响，往往要面临不同的问题和挑战。应运而生的无人机航空摄影测量技术在实际应用中的优势十分突出，新技术不仅能够高效精准地获取地理数据信息，生成精准形象的图文信息并且降低了人员安全隐患以及减少了人工的任务量。本文将主要围绕无人机航空测量在城市地形测绘中如何应用进行讨论。

关键词　城市地形图测绘　无人机　倾斜摄影测量　三维重建

中图分类号：P23　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007-0745(2021)02-0016-02

1 倾斜摄影测量原理

航测中倾斜摄影测量技术颠覆了以往正射影像只能从垂直角度拍摄的局限。其原理是通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，同时从一个垂直、四个倾斜共五个不同的角度采集影像，将用户引入了符合人眼视觉的真实直观世界。基本原理为：影像纠正——获取特征点——三维建模——物体测量。作业流程如图 1 所示。

倾斜摄影测量的数据本质上来看是网格面模型，它是点云通过一些算法构成的。内业软件基于几何校正、联合平差等处理流程，可计算出基于影像的超高密度点云。点云再构建不规则三角网模型最后经过纹理映射构建出真实三维模型。

2 倾斜摄影测量相比于传统测量的优势

传统测量的工作内容包含控制测量、外业采集碎部点、内业成图、外业调绘等。无人机航测的工作内容为像控点的布设、外业航飞及影像处理、三维建模、内业编辑以及外业调绘。以 20 平方公里测区为例（成图比例尺 1：2000）来具体比较两者间的差异可得出后者的优点。

2.1 受环境因素影响小，响应准确快速

传统测量需要 2 个内业作业员以及 16 个外业作业员共八组，且作业过程受到天气、信号以及地面情况的影响。倾斜摄影测量需要内业 10 个外业作业员，8 个内业作业员共四组。可以看到倾斜摄影测量的外业工作量小于传统测量，且在操控和运输的过程中不受设备负担的影响，能携带不同的相机满足高效获取图形的需求。[1] 在低空飞行中，倾斜摄影测量对起降场地的优势体现为对起降场地的要求不多，且在低空飞行中基本不会受到气候的影响（除少数极端恶劣天气）。在实际应用中对低空空域的工作申请可行性较高，且准备工作简单，升空 20 分钟后即可进行工作，工作过程中可以根据具体的工作要求灵活而及时的进行调节，控制系统可快速响应做出移动。相比之下传统测量非常依靠协调工作，不能满足及时做出响应的需求。

2.2 性价比突出，获取资料成本低、数据准确、操作灵活

传统测量需要 63 天（1134 工天），外业人员测图，内业人员绘图每小组 0.04 平方公里 / 天。而航测仅需 12 天（98 工天），具体为航飞加上布设四角控制点需要 0.5 天，空三加密需要 1 天（大约 1000 张影像），DLG 采集需要 6 天（每人 0.33 平方公里 / 天），外业调绘需要 4.2 天（每个小组 1.2 平方公里 / 天）。前者（硬件成本 1 万，软件成本 0.5 万，人工成本 56 万），而后者总成本仅为 13.9 万（硬件 5 万，软件 4 万，人工成本 4.9 万），抛开时间成本不谈，仅财力方面的消耗就节省了 52%。[2]

除此之外，倾斜摄影测量方式完美融合了分层显示及纹理映射两项技术，为数据获取及后期建模奠定基础。对于技术上的追求也不可以拘泥应将更多的高新技术与之合理、有效的结合，发挥出更加强大的作用。如无人机与红外线遥感、多光谱遥感、雷达测绘等多种遥感测绘技术的完美结合，一定会更好地拓展倾斜摄影测量技术的应用领域，为测量技术开创一个全新的时代。

3 无人机航空测量在城市地形图测绘中的应用

传统的测量一般是通过采取地形地物顶部的方式来获取高程信息以及地貌信息，这种方式对具有明显轮廓的地形地物具有较好的测量结果。但传统摄影测量无法获取目标垂直方向的纹理信息，对于不规整的地物难以获取立体结构数据，同时也存在着一定的限制（例如飘楼）。而随着相关理论技术的发展，航空摄影测量从原本的垂直相机工作转变为同时搭载多个倾斜相机的组合，好处之一是能够直接获取侧面纹理，直接降低成本。

3.1 城市管理及竣工验收

三维模型的优点是可以真实地还原地物原本面貌，比如对于违章建筑物的排查、危险地形三维形变检测等。[3] 采用传统的人工调查、人工测量的方式耗时耗力，倾斜摄影测量的三维重建技术在效率上远超传统的人工手段，便于城市管理人员及时了解城市地貌地物等的变化情况，并及

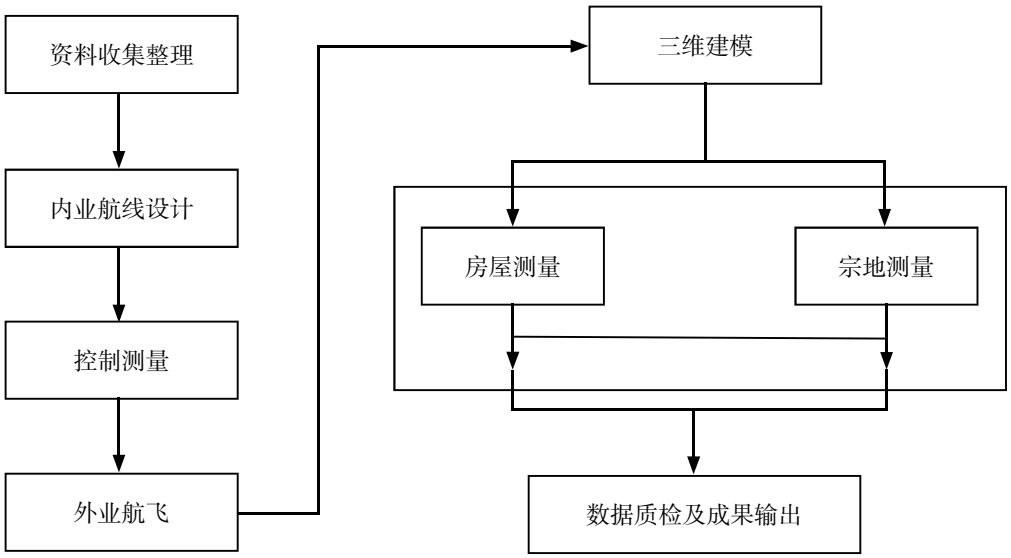

图 1

时制定相应的举措。同样对于建设中的竣工阶段，传统手段提交的多为平面图或者文档等二维资料。对于不规则的建筑物无法有效核实，通过倾斜摄影测量构建的三维模型能有效的弥补这一缺点，减少竣工验收的工作量。

3.2 倾斜摄影测量与 BIM 模型融合

倾斜摄影三维建模软件 (Skyline PhotoMesh) 是基于倾斜摄影技术和图形运算单元 GPU 技术进行自动批量建模的应用软件，通过对多视角倾斜影像、真实街景数据、正射影像等不同数据源数据进行同名点分析与提取、多视匹配融合、自动纹理匹配和贴合等操作，在无需人工干预的情况下，自动批量处理原始影像数据，构建出全要素的、精细的、带有纹理的真实三维模型。[4]Skyline PhotoMesh 软件具有图形处理性能高、模型精度高、交互性强、支持多源数据和多元输出等特点，利用 Skyline PhotoMesh 软件建模与传统建模方法相比，减少了人工成本和建模时间，提高了模型精度和建模效率。

基于 Skyline 软件对 BIM 模型和倾斜摄影测量的模型进行融合，利用 Skyline 可以将 BIM 模型、手工模型、真彩色模型等转换到三维立体数据库，然后利用 Spatial Framework Services 进行发布，辅助不同领域进行施工决策。将两种模型融合到一起既保留了建筑的固有信息，又增加了外部真实的纹理信息。[5] 实现了 BIM 设计模型的一体化与可视化，对项目的施工方案设计、完成进度展示以及工程造价等方面都具有较好的辅助作用。[6]

3.3 相片控制

使用无人机倾斜摄影测量的技术手段能有效推进城市地形图测绘工作稳步有效的行进。对于测绘人员而言它一是可以帮助测绘人员全面立体掌握城市地形图的信息，二是能够为全球定位系统提供一定量上的信息补充。通过把地面测绘得到的信息与无人机航空摄影所拍摄到的信息进行交换整合有利于提高工作人员航空摄影测量的准确度。与此同时也可以通过优化布置点位以及放置特殊控制点的手段结合全球定位系统，有效提升航测的可操作空间，此举可以极大程度上减少外部因素对于航空摄影测量的影响从而使准确度得到保障。[7]

4 结语

经济社会的高速发展为我国无人机测量技术的推广以及升级提供了保障。轻松的数据采集，高度的建模自动化同时减少人工干预，相比于传统测量，无人机航空测量技术由于其灵活性强、适用范围广等特点，在城市地形的测绘中发挥了重要的作用。[8] 新的测量技术必然会催生新的应用模式，未来倾斜摄影测量技术必然会成为测绘的主要方式之一。

参考文献：

[1] 张奇，徐斌，张冬，徐以泱．倾斜摄影测量三维重建在城市规划管理中的应用 [J]. 智能城市 ,2021,07(04):12-14.
[2] 冀晓辉．航空测量在地形测绘中的应用分析 [J]. 华北自然资源 ,2020(05):89-90.
[3] 李璇琼，熊启源，何应鹏．航空摄影测量在数字化测图中的应用 [J]. 科技资讯 ,2021,19(02):4-8.
[4] 安可，张顺喜．倾斜摄影测量技术应用及展望 [J]. 经纬天地 ,2019(04):102-103,112.
[5] 李兴久．浅谈无人机倾斜摄影技术在城市实景三维建模中的应用 [J]. 测绘标准化 ,2021,37(01):75-78.
[6] 张玲，张鹏．浅谈三维倾斜摄影测量 [J]. 科技传播 ,2018,10(24):61-62.
[7] 张理想．一体化三维场景模型融合及单体信息添加方法研究 [D]. 河南：郑州大学 ,2018.
[8] 王恺，张驰，周洋．城市地形图测绘中航空摄影测量的应用 [J]. 冶金与材料 ,2020,40(04):131-132.