 DOI: https://doi.org/10.12345/xdchgc.v7i4.17440

Advantages and Application of Tilt Photogrammetry in Large Scale Topographic Map Mapping

Yongming Luo Youqing Feng Zhiyong Deng

Architectural Design Institute, Chinese Academy of Engineering Physics, Mianyang, Sichuan, 621000, China

Abstract

Tilting photogrammetry technology is highly flexible, and can build high precision digital model, form diversified mapping results, reduce mapping costs, and further improve the level of large scale topographic map mapping. Based on this, the application process of tilt photogrammetry technology should be optimized to ensure the reasonable control of topographic data collection, construction of 3D model, data element collection, supplementary measurement and mapping, so as to ensure the efficient development of surveying and mapping work. This paper mainly on tilt photogrammetry technology in large scale topographic surveying and mapping application advantages, and comprehensive exploration optimization application process and technical points, to ensure the promotion of large scale topographic map surveying and mapping level, strengthen the measurement results accuracy, provide detailed data for subsequent engineering construction.

Keywords

tilt photogrammetry technology; large scale topographic; map mapping advantage; application

倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的优势与应用研究

罗永明 冯游清 邓智勇

中国工程物理研究院建筑设计院，中国 · 四川 绵阳 621000

摘 要

倾斜摄影测量技术的灵活度较高，且可以构建精度较高的数字模型，形成多样化的测绘成果，减少测绘成本，进一步提高大比例尺地形图测绘水平。基于此，要对倾斜摄影测量技术应用流程进行优化，确保收集地形数据、构建三维模型、数据要素采集、补测和调绘等工作进行合理控制，保障测绘工作的高效性开展。论文主要对倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘工作中的应用优势进行分析，并综合性探究优化应用流程和技术要点，从而保障大比例尺地形图测绘水平的提升，强化测量结果精度，为后续工程建设的开展提供详细的数据依据。

关键词

倾斜摄影测量技术；大比例尺地形图；测绘优势；应用

1 引言

随着社会经济的发展，工程测量技术水平提升，尤其是倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的广泛应用，可以实现多元化地形数据的优化采集，并构建精准度的三维模型。通过对各类地形数据进行优化编制，做好补测和调绘工作，保障大比例尺地形图测绘工作的高质量进行，以便对地物特征进行立体化、全方位还原，提升测绘效率，减少外业工作量，保障地形数据的高效化采集和产品精度。

【作者简介】罗永明（1987–），男，中国四川遂宁人，本科，工程师，从事工程测量、航空摄影测量、地下管线测绘及三维建模等研究。

2 倾斜摄影测量技术原理和优势

倾斜摄影测量技术，主要原理是通过无人机飞行器，搭载多角度类型的数码相机开展同步的垂直性、倾斜性等摄影测量，获得摄影测量区域多方位角度的影像资料，同时可根据要求调整航高设计保障影像资料具有较高的分辨率。通过计算机视觉和图像处理技术实现地物图像特征匹配，引入少量像控点并利用立体模型之间的重叠部分进行连接实现影像的相对定向和绝对定向。同时，采用空中三角测量可以短时间内生产相关地形数据、加密控制点等。结合外业测量数据成果，构建三维模型、数字正射影像模型。该技术较为灵活，且方便操作，可以提高测量效率，增加产品类型，形成 DSM、DEM、DOM 等多类产品，保障大比例尺测图效果的提升。

该技术测量中具有较大的视场角，且可以获得多重分辨率影像。在该技术应用中，需要对影像预处理、区域网联合平差、多视影像匹配、DSM 生成、真正射纠正、三维建模等关键技术进行优化应用 [1]。其具体应用优势特点体现在：①提高数字建模精度。基于倾斜航空摄影空中三角测量，相比常规航空摄影测量而言精度有明显提升，原因是影像重叠大，同名点所在像片多，区域网更加稳固。在倾斜摄影模型构建过程中，可以对地物信息的多角度采集，同时可以全面真实地呈现被测目标的颜色、纹理，以便对地物状态进行真实性体现。通过信息采集工作的开展，为三维测量、数字建模提供更加详细的数据支持。在建模软件生产模型成果中，控制点平面高程精度基本在 1 个像素左右，检查点在 1.5 个像素左右。结合规范的作业流程可有效提高数据成果精度，保障测量效率的提升，减少现场勘察工作量。②减少测量成本。该测量技术的自动化水平较高，可以减少人员工作量，强化整体工作效率，尤其可以在复杂地形中发挥良好作用，短时间内对大面积内的信息进行全面性采集，同时利用倾斜摄影三维模型测图的方式，能够将大量外业工作放到内业进行，与计算机设备进行连接，对采集数据进行快速分析和建模，有效控制测量成本。③产生多样化产品。在该技术应用中，可以保障地形数据的精确性，在各个领域优化应用，同时能够生成数字实景模型，在相关软件的联合应用下，对地形数据进行筛选使用，生成不同类型的应用产品，为后续工程项目的有序实施提供依据。随着科学技术的发展，无人机倾斜摄影测量机技术在各个领域获得了良好应用，如地形、地貌、建筑物、道路等方面进行精准测量，在智慧城市，市政规划、国土资源管理、环境监测中发挥重要作用。

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用流程如图 1 所示。

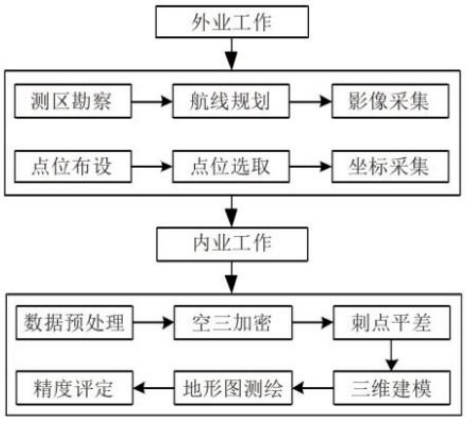

图 1 倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用流程

3 倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用

3.1 倾斜数据采集

在地形数据采集前，需要提前分析被测区域的地形地貌情况，详细收集各类资料信息，以便对现场航摄区、无人机起降场地等进行科学规划，同时要对现场像控点进行优化布置，精准计算航高、分辨率，保障地形数据采集工作的高效开展。在此基础上，需要优化无人机飞行航线，并搭载多传感器开展垂直、倾斜等多角度的影像数据采集工作。同时在航拍环节中，要调试飞行平台系统可行性，同时要优化架设地面基站，测试风力风向，掌握精准的信号频率和信号强度，保障地形测绘工作的安全开展。在测绘环节中，需要充分发挥该类技术的优势特点，结合测区面积、测量时间等，优化配置现场人员、设备，有效控制测量成本。

3.2 构建三维模型

构建三维模型是倾斜摄影测量技术的关键环节，在实际生产中，需要对 Smart 3D Capture 数据处理模块进行优化应用，并利用图形运算单元，短时间内运算三维场景信息，同时联合使用激光点云扫描系统、定位定向系统，快速获得详细的数据信息，并形成连续性的影像图，通过对这些影像数据的分析和运算，形成实景三维场景模型，对地物原貌仿真模拟，保障地形图绘制工作的有序开展 [2]。在真实影像基础上，可以构成超高密度点云，在真实影像纹理作用下，形成高分辨率的实景三维模型，在此基础上绘制精度较高的地形图。在具体应用中，需要结合工程特点，导入相关数据，并对控制点影像数据进行有效性关联，做好空三加密处理工作，优化平差，提交重建任务，形成精度较高的成果产品。

3.3 要素矢量采集与数据编辑

这是倾斜摄影测量技术的应用重点，在实际作业中，要构建实景三维模型，并把三维模型与点云数据导入到矢量采集软件，确保被测目标数据的全面性采集。为了提高数据采集效率和精度，需要选择性能较好的空间数据处理软件，从而强化数据采集效果。具体采集作业中，要结合相关技术规范标准要求，保障数据采集工作的合理性开展和科学性处理，为大比例尺地形图的精准测绘创建良好条件。

3.4 补绘与调绘

在数据采集过程中，业内采集人员要结合模型、点云等进行矢量化处理，同时要把需要补测的问题提交到外业人员进行调绘和补绘，通过这种方式可以保障上下工序的协调性连接，进一步提高地形图绘制质量。在具体的数据采集和地形图绘制工作中，要结合相关原则进行规范性开展，即模型定位、外业定性等原则，并做好地形图修饰整改工作，保障地图绘制质量 [3]。

3.5 地形图编辑

在具体作业中，要结合比例尺地形图的规范要求，利用标准化的符号、表示方法对地物、地貌平面位置、高程进行详细化、精准化描绘。同时，在三维模型矢量化基础上，绘制数字线划图，对各类要素空间拓扑关系及属性信息进行精准呈现，如交通、植被、地貌、高程等，生成精准的地形图。

3.6 精度检测

在测量数据精度检测中，需要利用全站仪、GPS-RTK 等仪器设备，对被测区域的明显地物特征点数据进行检测分析，如房角、道路拐角、井盖等，获得三维坐标数据，并在模型上量取相同点点位坐标，以便对三维模型和矢量化地形图的精度进行检测。

4 倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测量中的关键技术

4.1 空三加密

空三加密算法的应用，可以加强影像同名点匹配，进一步提高影像数据精度。其中空三测量方法包含模拟法、解析法、数字法等方式，其中数字化为新型的空三方法，可以通过数字图像处理和计算机技术的联合应用，保障整体测量精度的提升 [4]。优化空三加密算法，能够提高影像匹配速度，保障整体测量精度和效率的提升。但是在空三软件处理数据时，往往会出现高程精度超出限差的问题，基于此需要强化高程数据处理和校正工作，从而提升测量数据精确性。在空三测量中，要精准定位控制点位，从而实现影像精准匹配，保障测量精度。

4.2 影像匹配

在该环节中，需要对同名点进行提取和匹配，并在多幅影像上匹配相同地物点。在具体操作中，要利用影像匹配算法实现同名点匹配，从而控制作业质量，保障测量精度。此外还需要对影像资料进行空三加密，从而获得外方位元素，同时利用多视匹配方法对高密度、高精度三维点云数据进行全面性采集。通过该技术的应用，能够精准化、全面化地还原地物真实形态、空间位置，构建数字地图和三维模型。其中影像匹配算法包含基于特征的匹配（提取图像特征点，比较分析所有特征点的相似性）、基于灰度的匹配（比较图像灰度值）、基于模型的匹配（利用已知模型信息匹配图像）、基于变换域的匹配（变换图像实现精准匹配）。其中，空三加流程如图 2 所示。

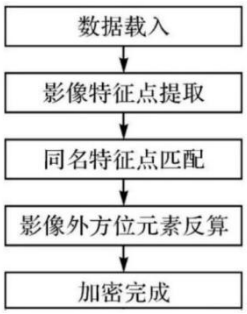

图 2 空三加密流程图

4.3 误差分析

测量误差的出现会严重影响大比例尺地形图测绘精度。其中测量环境是引起摄影测量误差的关键因素，如强风、降雨、大雾等恶劣天气，会影响无人机飞行稳定性，导致摄影测量信息缺乏精确度。此外，光照条件也会影响测量数据精度，加大数据偏差，致使测量结果存在较大的不确定性；仪器误差也是引起测量误差的重要来源，如无人机配件组装不准确，容易引起数据误差问题，基于此需要做好设备检校工作，及时定标、校准无人机，保障仪器测量精准度；还需要提升测量人员的综合素养，强化技术水平，端正工作态度，保障测量工作的规范性操作，减少人员因素引起的测量误差。

4.4 差分 RTK 辅助空中三角测量

在空中三角测量中，要通过连续像片的同名点、少量地面控制点，对被测地面空间坐标位置数据进行全面性采集，从而获得更加精准全面的地物位置信息。其中，差分 RTK 辅助空中三角测量，即在倾斜摄影测量系统中安装 GPS 数据接收机模块，同时在地面上设置 RTK 基准站，利用载波相位差分技术对拍摄曝光时的准确瞬时位置进行精准计算，同时利用惯导系统对相机瞬时姿态进行精准记录。同时需要对以往信息进行汇总收集，形成 POS 数据，实现数据平差解算，这样可以进一步强化无人机定位精度 [5]。在差分计算环节中，要对卫星与基站和机载 RTK 设备中的相关数据进行精准计算和详细分析，这样可以对卫星误差、大气扰动误差、相对误差等进行有效性消除，强化无人机定位精度。其中地面基准站属于静态定位，测量值精度较高。此外，还需要注重强化无人机外方位元素精度，有效减少外业控制点的布设，避免出现较大误差，保障整体测量数据的精度。

5 结语

倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘工作中的有效应用，可以提高测量精度，获得分辨率较高的影像数据，并减少外业工作量，有效控制测量成本，尤其通过优化航线规划，规范数据采集、构建三维模型、数据编辑、补绘与调绘等工作，为大比例尺地形图测绘工作的高效化、灵活性开展奠定良好基础。

参考文献

[1] 张海文.浅谈倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019(6):167-168.

[2] 黄金鑫.倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J].科技与创新,2022(7):161-163+167.

[3] 周金宝.倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].科学技术创新,2022(4):21-24.

[4] 王旭.关于倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用思考[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2020(3):130-131.

[5] 曹理想.基于倾斜摄影测量技术的大比例尺地形图质量检验[J].城市勘测,2021(3):4.