

倾斜三维实景模拟在大比例尺地形图测绘中的应用分析

庄惠

海南省水利水电勘测设计研究院有限公司, 海南 海口 570100

摘 要 : 倾斜三维实景模拟技术在大比例尺地形图测绘中的应用, 主要通过无人机航测系统拍摄测区的倾斜影像, 生成实景三维模型和点云数据。这种技术的应用, 不仅提高了测绘的效率和精度, 还大大降低了传统测绘方式中设备昂贵、流程复杂的问题。倾斜摄影技术能够同时获得同一位置多个不同角度的高分辨率影像, 采集丰富的地物侧面纹理及位置信息, 为大比例尺地形图的测绘提供了详尽的数据支持。

关 键 词 : 无人机; 倾斜摄影; 三维实景模拟; 大比例尺; 地形图

Application Analysis of Tilted 3D Real Scene Simulation in Large Scale Topographic Map Mapping

Zhuang Hui

Hainan Province Water Conservancy & Hydropower Survey, Design & Research Institute Co., Ltd., Hainan, Haikou 570100

Abstract : The application of tilting 3D reality simulation technology in large-scale topographic map surveying and mapping is mainly through the UAV aerial survey system to capture the tilting image of the survey area and generate the real 3D model and point cloud data. The application of this technology not only improves the efficiency and accuracy of surveying and mapping, but also greatly reduces the problems of expensive equipment and complex flow in traditional surveying and mapping. The oblique photography technique can obtain high-resolution images from different angles at the same location at the same time, collect rich information of surface texture and location, and provide detailed data support for large-scale topographic mapping.

Key words : UAV; oblique photography; 3D real scene simulation; large scale; topographic map

引言:

随着科学技术的不断发展, 无人机倾斜摄影技术在测绘中的应用越来越广泛, 并取得了良好的效果。但是在在大比例尺地形图测绘中, 无人机倾斜摄影技术并不能满足大比例尺地形图测绘要求。因此, 在实际操作中, 需要采取有效的技术手段解决该问题, 通过“倾斜摄影+地面激光雷达”的实景融合建模法, 可以保证三维建模的效率, 同时修正无人机单独建模时可能出现的地物扭曲、空洞等问题, 从而提高模型的精度以及大比例尺地形图测绘质量和效率。基于此, 开展倾斜三维实景模拟在大比例尺地形图测绘中应用的分析研究就显得尤为必要。

一、A测区概述

某水库工程项目, 为满足建设和后期运维发展的要求, 需要制作出实景三维模型和相应的地形图, 测区总面积为2.45km², 测区地形地貌复杂多变, 地表覆盖大量树木及河流, 测绘难度比较大, 传统测绘技术难以满足本水库对实景图和数据精度的要求。采用了倾斜三维实景模拟, 要求地形图测绘比例尺为1:1000, 平面精度中误差不超过±0.8m, 高程精度中误差则



>图1 测区范围图

不能超过±1.0m。测区范围如图1所示:

二、倾斜三维实景模拟技术相关概述

倾斜三维实景模拟技术是一种通过多角度摄影获取影像数据来构建三维模型的技术。这项技术主要利用搭载有多个摄像头的无人机或其他飞行平台, 从不同的角度(通常包括1个垂直和4个倾斜角度)采集影像。与传统的正射影像技术相比, 倾斜摄影技术能够提供更加真实和直观的三维视图。与传统的航摄技术相比, 倾斜摄影技术具有以下特点: 一是传统的航摄技术只能拍摄一张照片, 而倾斜摄影技术可以拍摄多张照片, 从而有效提高航摄效率。二是倾斜摄影技术可以拍摄出真实、立体的影像。三是

无人机搭载航摄系统可实现自动飞行，这能够有效提高数据处理效率和质量。

三、倾斜三维实景模拟的实际应用

（一）设备仪器和软件的选择

设备和仪器选择：1）无人机：选择搭载多镜头（至少五个，包括一个垂直和四个倾斜）的无人机，以获取多角度影像。2）相机：高质量的相机能够提供清晰的影像，对于后续处理至关重要。需要选择具有高分辨率和较大画幅的相机。3）定位系统：精确的定位系统（如 RTK GPS）用于确保影像的地理位置准确。4 测量仪器：使用专业的测量仪器来辅助地面控制点的布设和测量，以提高数据的准确性。

软件选择：1）支持点云和模型的软件：选择的矢量化采集软件应能够支持点云数据和三维模型的导入与编辑，本测区采用 Context Capture 软件来构建倾斜三维实景模型。2）数据处理能力：软件需要具备高效的数据处理能力，能够处理大量的影像数据，并生成准确的三维模型。3）兼容性：软件应具有良好的兼容性，能够与其他常用的 GIS 和 CAD 软件进行数据交换。4）用户界面和操作性：软件的用户界面应直观易用，以便于操作人员快速掌握和应用。

（二）技术路线的选择

在大比例尺地形图测绘中，倾斜三维实景模拟技术的应用已成为一项前沿技术。这项技术以其独特的优势，极大地提升了地形图测绘的效率和精度。要实施这项技术，需要遵循一系列严谨的技术路线，这些路线主要涵盖了以下四个方面。

1. 利用无人机技术获取测区的垂直与倾斜影像。无人机凭借其灵活性和高效性，能够迅速捕捉到测区的各个角度和细节。垂直影像提供了地形的整体结构，而倾斜影像则能够捕捉到地形的侧面信息，为后续的模式构建提供了丰富的数据源。

2. 需要通过像素工厂基于垂直影像获取立体像对。像素工厂作为一种先进的图像处理软件，能够对垂直影像进行精确地处理和分析，生成高质量的立体像对。同时采用 Context Capture 软件，结合垂直影像和倾斜影像，生成实景三维模型。这个模型能够真实、准确地还原测区的三维形态，为后续的地形图要素采集提供了强大的支持^[1]。

3. 在得到立体像对和实景三维模型后，进一步利用这些数据点进行 1:1000 地形图要素的采集。这一过程涉及地形图的各个要素，如地貌、道路、建筑等。借助先进的技术手段和软件工具，可以从这些模型中提取出详细的地形信息，并进行精确的测绘和标注。

4. 需要对生产的地形图进行精度分析。这一步骤至关重要，它能够确保地形图的准确性和可靠性。通过对比实际地形和地形图数据，可以评估出测绘结果的精度和误差，进而进行必要的调整和优化。

（三）无人机航摄与像控点布设

在本次大比例尺地形图测绘中，为获得准确、全方位的地形

数据信息，采用了先进的航飞技术，并基于谷歌影像作为背景资料，对目标区域进行了详尽的测绘。此次测绘工作选用了 M300 旋翼机作为数据采集的主要工具，该旋翼机具有高效、灵活的特点，非常适合在大范围区域内进行地形数据采集。在测绘过程中将无人机的风机高度定为相对航高 200m，并严控航向重叠度和旁向重叠度分别为 80% 和 70%，以确保测绘数据的完整性和准确性。同时，还特别注重地面分辨率的优化，使其优于 8cm 以内，以确保获取到的地形数据具有足够的精度。经过旋翼机的努力采集，共获得了 4235 张正射影像和 3165 张倾斜影像，为后续的地形分析和建模提供了丰富的数据基础。

此外，为了进一步提高数据处理的精度和效率，本测区还采用了区域网布点方式进行像控布设。在目标区域内，共布设了 45 个像控点，这些点的分布经过精心策划，旨在最大限度地覆盖整个区域，并确保数据的一致性和准确性。在像控点的测量过程中，采用了 RTK（实时动态差分）技术，该技术具有高精度、高效率的特点，能够实时提供像控点的平面坐标和高程信息^[2]。为了确保数据的统一性和可比性选择了国家 2000 坐标系作为平面坐标系，而高程基准则采用了 1985 年国家高程基准。通过本次测绘工作，不仅获得了丰富的地形数据信息，还验证了旋翼机航飞技术在大型测绘项目中的可行性。这些数据将为本工程的规划设计、施工建设、运行维护、环境保护、灾害预警等领域提供重要的决策支持。本测区部分像控点布置示意图如图所示：



>图2 测区部分像控点布置示意图

（四）倾斜三维实景模型构建

本测区大比例尺地形图测绘中采用了 Context Capture 软件作为倾斜三维实景构建的软件，利用其高效的数据处理能力，实现了高质量的三维模型生产。Context Capture 以其简捷高效的特点，极大地减少了人工干预的需求，从而能够迅速生成高分辨率的实景三维模型。三维模型的生产过程涵盖了多个关键步骤。

第一步，多视影像联合平差及密集匹配。此阶段的主要工作内容是利用 Context Capture 软件对采集到的多视角影像进行精准对齐，通过复杂的算法，将各视角的影像进行联合平差处理，确保各影像间的精确对齐。同时，软件还会进行密集匹配，从各个影像中提取出丰富的三维信息。

第二步，构建三维 TIN（不规则三角网）并生成白模。在这一步，软件根据密集匹配得到的三维信息，构建出不规则三角网，形成初步的三维模型。这一过程中，软件会自动识别和处理各种地形地貌特征，确保模型的准确性和真实性^[3]。

第三步，纹理映射。软件会将原始影像的纹理信息映射到生成的三维模型上，使模型表面呈现出丰富的细节和色彩。通过纹理映射，三维模型不仅具有精确的几何形态，还能呈现出真实世界的质感和外观。

在本次生产中，共有 35 个点参与平差计算，其中 12 个点作为

检查点。空三检查结果显示,检查点平面中误差绝对值为5cm,高程中误差绝对值为10cm。这一精度指标符合《数字摄影测量空中三角测量》规范的要求,证明了本次生产的三维模型具有较高的精度和可靠性。查看空三关系模型无明显错误后,就可以通过基于空中三角测量成果,计算生成了OSGB格式的实景三维模型。OSGB格式是一种高效的三维模型格式,具有广泛的应用范围。倾斜摄影实景三维模型局部绘图如图所示:



图3 倾斜摄影实景三维模型局部绘图

(五) 采集地形要素

在现代的地形测绘工作中,实景三维模型技术已成为一种重要的手段。它以其直观、精确的特点,极大地提升了地形测绘的效率和精度。其中,清华山维EPS三维测图软件作为业界领先的软件之一,以其强大的功能和易用性,在三维地形要素采集方面发挥了重要作用。

该软件能够轻松加载OSGB格式的三维模型数据,使得测绘人员可以通过裸眼测图的方式进行作业。这种方式在采集房屋主体结构时表现出色,不仅能迅速识别房屋层数并进行标注,还能精准分辨各类坎,对裸露地表进行精确采集。这种高效、准确的采集方式,大大降低了对作业员的专业技能要求,使得更多测绘人员能够胜任此项工作。然而,任何技术都有其局限性。虽然EPS软件在大部分情况下都能提供出色的测绘效果,但在某些特定情况下,其效果并不理想^[4]。比如:这种生产方式对航摄的要求较高,如果航摄质量不佳,将会直接影响到三维模型的精度和完整性。本测区上的地物主要包括地形地貌、道路、水系以及少量房屋,测区内地物并不复杂,采用该软件可清晰直观地看出测区内的地物情况,为地形图测绘提供有针对性的参考和指导。

(六) 精度分析

在本次大比例尺地形图测绘中采用了倾斜三维实景模拟技术,为验证地形图测绘的精度是否满足要求,还通过实地采集特征的方法进行验证。主要是通过现场采集房屋角点、道路交叉点等数据来计算平面精度,共计采集了40个平面测点,获得平面中误差为0.465m。通过实地采集高程点,来计算高程精度,获得的高程中误差为0.40m。而利用倾斜三维实景模拟测绘的大比例尺地形图,平面中误差为0.342m,高程中误差则为0.31m。全部都满足了本采取1:1000比例尺对测图精度的要求。

四、A应用倾斜三维实景模拟技术时面临的挑战和解决方法

应用倾斜三维实景模拟技术进行大比例尺地形图测绘时,面临的主要技术挑战包括数据采集的精度和效率、多源数据融合的复杂性以及三维模型的构建和处理。解决方案涉及采用高精度的传感器和无人机技术、利用先进的数据处理软件以及采用多源数据融合技术。

数据采集的精度是关键挑战之一。通过倾斜摄影技术采集的数据可以建立大比例尺3D数字地形图的三维模型,其精度检测均方误差为0.202m,高程均方误差为0.257m。这表明,为了提高测绘的精度,需要采用更高精度的传感器和无人机技术进行数据采集^[5]。

多源数据融合的复杂性也是一个重要挑战。在“地形级”实景三维模型建设中,利用激光雷达和倾斜摄影技术探索三维数据快速获取和处理、多源数据融合是必要的步骤。这意味着,需要采用先进的数据处理软件来实现不同来源数据的有效融合。

三维模型的构建和处理是另一个挑战。SuperMap新一代三维GIS技术白皮书提到,支持输出DSM、DOM及2.5D测绘产品,提高倾斜摄影模型的增值性应用。这表明,通过采用特定的技术和工具,可以有效地构建和处理三维模型,从而提高其应用价值。

结束语

综上所述,利用无人机倾斜摄影技术可以对大比例尺地形图进行采集和绘制,获取高质量的三维模型,为地形图的绘制提供真实的信息。利用无人机倾斜摄影技术可以对地形进行立体采集,并获得高质量的三维模型;利用该技术对地形进行三维实景模拟,可以对地形进行可视化表现;在地形和建筑物模型中,可以应用倾斜摄影技术获取地面建筑物信息和地物信息,以满足大比例尺地形图测绘需求。通过倾斜摄影技术获取的地形、建筑物和地物信息可以直接用于大比例尺地形图测绘。在今后的工作中,还需要不断地对倾斜摄影技术进行优化和改进,以满足大比例尺地形图测绘需求。

参考文献:

- [1] 周攀.无人机倾斜摄影在矿山大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].世界有色金属,2022,(23):25-27.
- [2] 黄磊,陈尔东,何超.基于LiDAR的大比例尺地形图快速检验[J].测绘通报,2022,(S2):218-221.
- [3] 王鸿鹄.倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用——以汾西矿业集团地形图更新项目为例[J].华北自然资源,2022,(05):96-98.
- [4] 雷宇宏,俞倩.无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用探讨[J].科技创新与应用,2022,12(24):178-180+184.
- [5] 孙德厚,黄昌胜,周海旭.浅析无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测量中的应用[J].科学技术创新,2022,(19):56-59.