

## 倾斜三维模型大比例尺城市地形图测绘的应用

刘勇 侯世峰 霍晓龙 史晓琳

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

**[摘要]**传统的城市地形测绘往往依赖于航空摄影、激光雷达等技术手段,虽然可以获取大范围的地形数据,但在地形细节和建筑物表面质地等方面存在一定的局限性。而倾斜摄影测量技术的出现,为解决这一问题提供了新的思路,通过倾斜摄影系统,可以在航拍过程中获取多个视角的高分辨率影像,结合后续的数据处理和建模技术,实现对城市地形和建筑物的精细化测绘和三维重建。目前已得到广泛应用,取得了很好的经济效益和社会效益。

**[关键词]**倾斜三维模型;大比例尺地形图;测绘技术

DOI: 10.33142/ec.v7i6.12104

中图分类号: P231

文献标识码: A

### The Application of Large Scale Urban Topographic Mapping with Tilted 3D Models

LIU Yong, HOU Shifeng, HUO Xiaolong, SHI Xiaolin

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

**Abstract:** Traditional urban terrain surveying often relies on techniques such as aerial photography and LiDAR. Although it can obtain large-scale terrain data, there are certain limitations in terms of terrain details and building surface texture. The emergence of oblique photogrammetry technology provides new ideas for solving this problem. Through oblique photogrammetry systems, high-resolution images from multiple perspectives can be obtained during aerial photography. Combined with subsequent data processing and modeling techniques, precise surveying and 3D reconstruction of urban terrain and buildings can be achieved. At present, it has been widely applied and has achieved good economic and social benefits.

**Keywords:** tilted 3D models; large scale topographic mapping; surveying and mapping technology

#### 引言

随着科技的不断进步和创新,倾斜摄影测量技术在城市地形测绘领域日益受到关注和应用。倾斜三维模型作为倾斜摄影测量的重要成果之一,具有高精度、高分辨率、真实感强等特点,为城市地形图的测绘与应用提供了全新的解决方案。本文将探讨倾斜三维模型在大比例尺城市地形图测绘中的应用及优势,并深入分析其在城市规划与设计、土地管理与资源评估等领域的重要作用和应用价值。

#### 1 倾斜三维模型在城市地形测绘中的基本原理

##### 1.1 倾斜摄影测量原理

倾斜摄影测量是一种通过倾斜角度进行航拍的技术,能够捕捉到建筑物、地形等目标的侧面信息,从而生成具有立体感的三维模型,基本原理在于使用倾斜摄影设备(如倾斜摄影机或无人机)从不同角度和高度拍摄目标区域,产生一系列具有高分辨率的斜角影像。这些斜角影像具有丰富的立体信息,通过后续的图像处理 and 三维重建算法,可以构建出准确的倾斜三维模型。在倾斜摄影测量中,摄影设备通常以一定的角度倾斜,并通过连续拍摄多张影像来覆盖目标区域。这些影像可以在不同位置和角度捕捉到地面的细节和高程信息,因此能够提供比传统正射影像更为丰富的数据。通过对这些影像进行匹配和配准,可以建立起准确的立体影像对,从而实现对地表物体的三维重

建。倾斜摄影测量的优势在于能够捕捉到地表目标的立体信息,使得生成的三维模型更加真实、精细。这种技术在城市地形测绘中具有广泛的应用,可用于城市规划设计、建筑物立面测绘、地形地貌分析等领域。通过倾斜摄影测量,可以提高地图数据的准确性和可视化效果,为城市管理和规划提供重要支持。

##### 1.2 大比例尺城市地形测绘的特点

大比例尺城市地形测绘具有几个显著特点:首先,大比例尺城市地形测绘需要获取高精度的地形数据,相比于小比例尺地图,大比例尺地形图要求更高的精度,以满足城市规划、土地管理等领域对地形数据精度的要求。因此,在测绘过程中需要使用精密的测量设备和高分辨率的影像数据。其次,大比例尺城市地形测绘需要考虑城市环境复杂性,城市地形通常具有复杂的地貌和建筑物分布,因此在测绘过程中需要克服建筑物、树木等遮挡物的影响,确保获取到完整、准确的地形数据。另外,大比例尺城市地形测绘要求对地表特征进行更为细致的刻画,由于比例尺较大,地图上展现的细节更加丰富,因此需要对地表特征如道路、建筑物、地形起伏等进行更加精细的测绘和表达。此外,大比例尺城市地形测绘还需要考虑数据处理和管理的效率和可操作性,由于获取的数据量较大,需要进行高效的数据处理和管理,以便及时提供给相关部门和用

户使用。

## 2 倾斜三维模型生产的关键技术

### 2.1 数据预处理

数据预处理在倾斜三维模型生产中扮演着至关重要的角色,这一步骤旨在清理、校正和优化原始数据,以确保后续处理的准确性和有效性。首先,相机标定和畸变校正是数据预处理的基础,倾斜摄影系统中的相机需要进行精确的标定,以确定其内部参数(如焦距、主点位置等)和外部参数(如姿态、位置等),同时需要校正镜头畸变,以确保影像的几何精度。其次,影像配准是数据预处理的关键步骤之一,由于倾斜摄影系统在不同时间、不同位置拍摄的影像可能存在位置、姿态等方面的差异,因此需要将这些影像配准到同一坐标系下,以确保它们具有一致的空间参考。第三,航摄影像的几何校正是数据预处理的另一个重要环节,这包括对影像进行去畸变、去辐射校正,以及进行边缘匹配、辐射均匀性校正等操作,以消除影像中的几何和辐射畸变,提高影像的几何精度和质量。此外,数字高程模型(DEM)和数字地面模型(DSM)的生成也是数据预处理的关键内容。通过对航摄影像进行影像匹配和三角测量,可以得到高质量的DEM和DSM数据,为后续的三维模型构建提供高精度的高程信息。最后,数据预处理还包括对影像质量进行控制和评估,以确保处理后的影像数据质量符合要求。这涉及到对影像的分辨率、光照、对比度等方面进行检查和调整,以保证影像数据的准确性和可用性。

### 2.2 空中三角测量

空中三角测量是倾斜三维模型生产中的重要步骤之一,它通过匹配航拍影像中的同名点,利用三角测量原理确定地面上的点的空间坐标,从而实现对地表的三维重建。空中三角测量的基本原理是利用航拍影像的立体视差信息,通过三角测量的方法计算地表上物体的位置和高度。首先,对航拍影像进行特征点提取和匹配,确定影像中同名点的对应关系。然后利用这些同名点之间的视差信息,结合摄影测量学的几何关系,推导出地面点的空间坐标。在实际操作中,空中三角测量需要考虑到相机的内外参数、影像的像点坐标、航摄的飞行高度和角度等因素。相机的内参数包括焦距、主点位置等,而外参数则包括相机的位置和姿态。这些参数的精确度直接影响到空中三角测量的精度和准确性。为了提高空中三角测量的精度,通常采用辅助数据和方法。例如,可以利用全球定位系统(GPS)获取相机的位置信息,使用惯性导航系统(INS)获取相机的姿态信息,以提高外参数的精度<sup>[1]</sup>。此外,还可以借助地面控制点的观测数据进行相机定位和校正,进一步提高空中三角测量的精度和可靠性。空中三角测量在倾斜三维模型生产中具有重要作用,它为后续的点云生成和三维模型构建提供了准确的地面坐标数据。通过精确的空中三

角测量,可以实现对地表物体的高精度三维重建,为城市规划、土地管理评估等领域提供可靠的地形数据支持。

### 2.3 密集点云匹配

密集点云匹配是倾斜三维模型生产中的关键步骤之一,将来自不同视角的点云数据进行匹配,以获取地表上各个点的准确三维坐标。密集点云匹配的基本原理是通过比较来自不同视角的点云数据,找到它们之间的相似性和对应关系。这通常包括两个主要步骤:特征提取和特征匹配。首先,特征提取是指从每个点云中提取出具有代表性的特征点或特征描述子,这些特征点可以是局部表面特征(如角点、边缘点等)或全局形状特征(如曲率、法线方向等)。特征提取的目的是将复杂的点云数据简化成具有代表性的特征,以便后续的匹配和比较。其次,特征匹配是指对提取的特征进行匹配,找到不同视角之间的对应关系。这通常通过比较特征之间的相似性度量来实现,如特征间的距离、角度、相似性等。常用的匹配算法包括最近邻搜索、迭代最近点(ICP)算法等。在实际操作中,密集点云匹配需要考虑到数据规模、噪声、遮挡等因素。由于点云数据量庞大,传统的匹配方法可能效率低下,因此通常采用并行计算和分布式处理等技术来提高匹配效率。此外,噪声和遮挡也会影响匹配的准确性,因此需要在匹配过程中进行噪声滤波和遮挡检测等处理,以提高匹配的鲁棒性和准确性。

### 2.4 纹理模型映射

纹理模型映射是倾斜三维模型生产中的关键步骤之一,它的主要任务是将高分辨率的航空影像纹理映射到生成的三维模型表面上,以增强模型的真实感和可视化效果。首先,纹理映射的基本原理是将航空影像中的像素坐标映射到三维模型表面上,这一过程需要考虑到影像和模型之间的坐标转换关系,并保持两者之间的几何一致性。在映射过程中,需要将每个像素的颜色信息与对应的三维模型表面上的点进行关联以实现纹理的贴合。其次,纹理映射涉及到纹理坐标的计算和映射,纹理坐标通常使用UV坐标来表示,它描述了纹理图像中的位置和方向。在映射过程中,需要根据三维模型的几何形状和纹理图像的像素信息,计算出每个模型表面点对应的纹理坐标,以确定纹理的贴合位置。第三,纹理映射还需要考虑到纹理图像的变形和拉伸问题,由于三维模型表面的几何形状可能与纹理图像的分辨率和比例不匹配,因此在映射过程中可能会出现纹理图像的变形和拉伸现象。为了解决这一问题,可以采用纹理坐标的变换和纹理采样的插值等方法,以确保纹理的贴合和平滑过渡。此外,纹理映射还需要考虑到纹理的重叠和重复利用问题,在三维模型的不同部分可能需要使用同一张或不同的纹理图像,因此需要合理地管理纹理资源,并确保纹理的重叠和重复利用,以节省内存和提高渲染效率。

### 3 倾斜三维模型在大比例尺城市地形图中优势

#### 3.1 生产流程相较于传统正射影像的优势

利用倾斜摄影的方式进行的测区航空摄影,相较于传统正射航摄,从信息采集量、地物信息完整度及丰富程度、采集数据的应用性等均有倍数级提升。优势一是自动化程度高,只需将完成的航线设计导入至相机控制系统,即可配合搭载飞机进行自动采集;优势二是采集信息丰富,倾斜摄影不仅可以采集地物正射视角信息,还可通过倾斜镜头采集地物侧立面信息,大大提高了待测地物的信息完整度;优势三是实景三维模型中包含的丰富地物信息,使后续测区内业采集作业过程中的定位、定性均更加方便直观,同时也为外业调绘工作排出了大量的工作量,大大提高了项目效率,节省了人力物力成本;优势四是原始数据利用率高,通过一次倾斜航空摄影,其所采集的原始航片不仅可以传统方式生产传统正射影像图,还可通过实景三维建模软件自动化生产包含数字正射影像图在内的多种数字化测绘产品,如DEM、DSM、点云、实景三维模型、像对等。

#### 3.2 基于实景三维模型的DLG生产的优势

将测区实景三维模型导入至EPS测图软件中,进行地形图修补测内业采集工作,由于实景三维模型本身即为三维立体模型,因此整个测图立体环境均为裸眼真立体环境,不需要生产立体像对,内业采集作业员也不需要借助立体眼镜、手盘、脚盘等立体设备,不需要作业员必须拥有传统立体采集良好的视觉立体感。作业数据环境更加简洁直观,人员培训更加简单。

在内业采集过程中,实景三维模型与真正射影像二三维联动结合使用,随时随意切换组合使用,直观地掌握目标区域内地形地貌与所有建筑物的细节特征,无需进行屋檐改正,极大地优化了作业流程,大大提高了内业采集过程中的采集效率和准确度。

### 4 倾斜三维模型大比例尺城市地形图的应用

#### 4.1 城市规划与设计

倾斜三维模型在大比例尺城市地形图的应用中,在城市规划与设计方面具有重要价值。这些模型提供了高分辨率的地形数据和真实的城市环境场景,为城市规划师和设计者提供了强大的工具和参考依据。首先,倾斜三维模型可以提供准确的地形信息,包括地形起伏、地貌特征、水系分布等,这些信息可以用于城市规划中的地形分析和土地利用评估,帮助规划师了解城市地形的特点和限制,合理规划城市用地布局和交通网络。其次,倾斜三维模型还可以提供详细的建筑物信息和城市景观特征,通过模型中的立体建筑物和真实的纹理贴图,规划师可以直观地了解城市建筑物的分布、密度和高度,以及不同区域的景观特征和文化遗产。另外,倾斜三维模型还可以进行可视化模

拟和场景漫游,帮助规划师和设计者更直观地展示规划方案和设计理念,通过模拟不同规划方案下的城市景观变化 and 环境影响,可以帮助决策者做出更科学、更合理的规划决策。

#### 4.2 土地管理与资源评估

倾斜三维模型在土地管理与资源评估方面的应用,为城市管理者 and 决策者提供了重要的支持和参考依据。首先,倾斜三维模型可以提供高精度的地形和地物信息,包括土地利用情况、地表覆盖类型、土地所有权界线等。这些信息对于土地管理部门进行土地调查、登记和监管具有重要意义,有助于提高土地管理的效率和精度<sup>[2]</sup>。其次,倾斜三维模型可以用于土地资源评估和规划,通过模型中的地形和地物信息,可以对城市土地资源进行量化分析和评估,包括土地的质量、可利用性和开发潜力等。这有助于合理规划土地利用、优化资源配置,实现土地资源的可持续利用和保护。另外,倾斜三维模型还可以结合地理信息系统(GIS)等技术,实现对土地资源的空间分析和整合和管理。通过将模型中的地理信息与其他相关数据进行整合和分析,可以帮助土地管理部门更好地了解土地资源的分布 and 变化趋势,制定相应的管理政策和措施。

### 5 结语

在倾斜三维模型大比例尺城市地形图测绘的应用中,解决了传统测图方法步骤杂、限制大、周期长、成本高、效率低等一系列缺陷问题,我们深入探讨了在城市规划与设计、土地管理与资源评估、紧急救援与应急管理、文化遗产保护与旅游开发等领域的重要作用和应用价值。这些应用不仅丰富了城市地理信息的应用领域,还为城市管理、应急响应、文化保护和旅游发展等方面提供了重要支持和创新思路。在未来的发展中,倾斜三维模型技术将继续不断创新和完善,应用领域也将不断拓展和深化。我们期待这一技术能够更广泛地服务于城市建设、环境保护、文化传承和旅游发展等各个领域,为人类社会的可持续发展做出更大的贡献。

#### [参考文献]

- [1]孙进冬,杨红军,庆成,等.倾斜摄影三维模型优化方法探索[J].城市勘测,2024(1):91-94.
  - [2]王莹,谢飞,吴弦骏,等.倾斜三维实景模型在大比例尺地形图测绘中的应用[J].测绘通报,2019(1):290-294.
  - [3]沈茗戈.倾斜三维模型大比例尺城市地形图测绘的应用[J].现代信息技术,2020,4(13):114-116.
- 作者简介:刘勇(1985.7—),毕业院校:西安科技大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:大连市勘察测绘研究院集团有限公司,职务:主任工程师,职称级别:高级工程师。