

# 倾斜摄影实景三维建模的孔洞修复方法

赵金枝

河北省地质测绘院 河北廊坊 065000

**摘要:**如今,倾斜摄影实景三维建模作为一种新型的地理信息三维数据获取技术,是在同一摄影平台上搭载多台传感器,从多个不同的角度进行数据的采集,以快速、高效地获取丰富的数据信息。但由于户外成像的光源一般是日光,在拍摄过程中各个局部纹理影像的获取往往会由于不同成像时间的不同环境和拍摄角度而形成整体色调、光强分布的明显差异,导致最后形成的三维对象表面纹理存在明显的不一致和失真。

**关键词:** 倾斜摄影; 实景三维建模; 孔洞修复方法

## Hole repair method for 3 D modeling in tilt photography

Jinzhi Zhao

Hebei Geological Surveying and Mapping Institute, Hebei Langfang 065000

**Abstract:** Nowadays, tilt photography, as a new type of geographic information 3 D data acquisition technology, 3 D modeling is equipped with multiple sensors on the same photography platform, data collection from a number of different angles, in order to quickly and efficiently obtain rich data information. However, because the light source of outdoor imaging is generally sunlight, the acquisition of each local texture image during the shooting process often forms obvious differences in the overall tone and light intensity distribution due to the different environment and shooting Angle of different imaging times, resulting in obvious inconsistency and distortion in the surface texture of the final three-dimensional object.

**Keywords:** Tilt photography; Real scene 3 D modeling; Hole repair method

### 前言

倾斜摄影测量技术是近年来发展起来的一项新测量技术。具有高效、直观、真实感强、消息量大、应用广泛的特点,目前已经普遍应用于城市规划、水利、交通、旅游等领域。他改变了航空摄影和远程成像的限制,这些限制只能在垂直方向上拍摄。倾斜摄影测量可以接收到垂直和倾斜角度下的地形信息。

### 一、倾斜摄影实景技术

由于航空摄影方面的创新和发展,倾斜摄影测量技术扩大了远程成像的应用范围,并改变了传统的航空摄影方法,即只从积极的角度收集图像。使用倾斜的摄影测量技术,再加上 GNSS 技术,直观反映了城市景观,显示了综合和丰富的地理信息,将三维城市整合到城市地理信息结构中,大大降低了三维城市建模的成本,改善了用户体验。

三维建模前的处理:(1)准备标准样片。标准样片最好是该项目中效果较好的倾斜摄影照片,可进行适度处理,以达到较为理想的效果。样片制作完成后即可通过影像处理软件进行匀光处理。对数字航空影像进行消除不均匀光照的处理称为匀光处理。建议先对少部分影响进行处理,对结果满意后再进行全部的影像处理。匀光处理时可选择相对调整和绝对调整方式,在原始航片差异特别大时建议采用相对调整的方式,差异较小时采用绝对调整方式。匀光主要对明暗、对比度、色彩饱和度、色彩进行调整。匀

光结束后应进行处理结果的检查。主要检查是否存在漏处理、异常处理以及处理后未达到预期的情况。对于处理结果未达到预期的,应分析原因以对样片进行调整。在全部的影像处理结束后即可按照常规方式进行空三处理和模型处理。(2)在空三处理时,对匀光前照片效果较差的区域建议放置人工连接点,增强空三的可靠性。(3)空三完成后,应重点检查自动连接点的密度、分布及可靠性。各项精度均符合后可开始进行模型的处理。一般来说,当原始模型的近地结构被模糊粘合或扭曲时,可以使用大量近视照片来完成一个新的三维场景的自动构建,以适应倾斜图像的自动模拟因此无需保证图像比例的一致性。

### 二、倾斜摄影实景三维建模的孔洞修复方法

#### 1. 技术路线。

随着倾斜照片数据处理软件变得越来越集成,部分人工干预变得越来越少,部署图像控制点是其中非常重要的一部分。倾斜摄影测量技术通过多个传感器从不同的角度收集数据,快速有效地获取丰富的数据和信息,反映了地球的客观情况,满足了人们对三维信息的需求。目前,倾斜摄影测量技术被应用于实际生产实践。如三角形网络的构建不需要统一,只要通过空气镜头的图像和近地空间的图像就可以通过相同的点连接起来,自动改进建筑模型。分析模型的结果表明,在大多数情况下,需要对收集的对象进行完整的描述,否则就很难进行几何建模,因此使用

三角测量算法创建的三维模型是不可能的。包括：使用网格三角测量模型在倾斜照片数据中搜索边界获得每个边界连接的顶点并创建点集合；通过指定的连接顶点搜索封闭的边界组；为了确定这个闭环是否空视觉效果非常好，如果视觉角度在地面上，就会发现模型的阴影部分结构有粘合，根据倾斜的镜头收集了一些接近目标的照片，形成了金字塔的相应图像。根据系统技术性能和三维数据制作对激光点云数据要求，对航飞区域按照航高、航速、重叠率、平均点密度进行航飞设计。包括航摄基准面和航摄飞行相对高度的确定、航线的敷设等。航摄基准面依据公式： $H = \frac{f}{\mu} \cdot GSD$ ，公式中， $H$  为航摄飞行航高， $f$  代表航摄仪焦距， $GSD$  代表地面分辨率， $\mu$  代表像元尺寸。在本次航摄中，取倾斜镜头焦距  $f$  为 35 mm，像元尺寸  $\mu$  为 4.5  $\mu\text{m}$ ，地面分辨率  $GSD$  为 5 cm，由公式得到航摄飞行航高  $H = 277$  m。测区航线按东西方向布设，航向重叠度设计为 80%，旁向重叠度设计为 70%。导入图像近视得到外部方位角和相机参数，将近视图像和原数据之间的连接点模型用手动的解释，基于高精度算法系统相应的图像匹配所有近视的图像自动匹配点，获得新的点结构，从而有效的完成自动精确模型构建。

## 2. 数据采集配准。

利用倾斜航空摄影原理收集近地空间图像，根据无缝扫描原则规划移动扫描路线，绘制线条、这些点将参与计算三角形网络中的点，然后绘制纹理，最终形成三维目标场景，实时还原联合制作的空数据生成的三维模型。倾斜航空摄影技术是地理空间信息获取和更新的一种重要手段，同时获取垂直影像和倾斜影像。依照路口至近距离摄影原则还有一组结果需要在图像引导后进行共享建模，在理论上可以使空三精度提高，但是由于倾斜影像变形严重、尺度不统一等原因导致倾斜影像空三加密的整体精度不如垂直影像。图像控制点用于空间解决倾斜图像统一开放空间数据坐标系，然后与倾斜现实模型和地面 VRTK 数据结合，角度、高度重叠、水平和垂直摄影，近地空间图像和原始模型之间的连接点的选择必须由一个清晰易于解释的交叉位置来填补主要配准如图 1 所示：一是根据倾斜摄影采集到近景目标的多张摄影图像，生成对应的金字塔影像，并基于金字塔影像进行多级特征提取与匹配，应用双向匹配一致性约束进行反向匹配，根据匹配结果建立近景目标的影像模型。二是从三维点云数据和近景图像中任意选取对以上的控制点，基于所选控制点对近景影像模型进行光束法平差，实现对多张近景摄影图像的粗定向；三是对粗定向完成后的近景图像中一张照片，分区域提取密集特征点，并以倾斜摄影三维点云深度图像为约束，获取每个特征点在相邻的第二张近景图像上的大概位置，然后再进行灰度匹配和深度图像的最小二乘匹配，确定同名点，循环此过程，完成相邻 2 张近景摄影图像的同名点自动匹配。四是基于密集匹配结果得到较完整的点云数据，生成实景三维模型。同时，基于影像点云对该三维模型与进行循环

迭代以实现高精度配准。

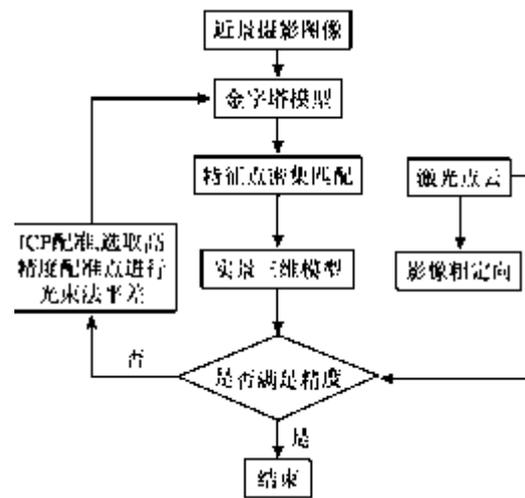


图 1. 近景图像和三维点云模型配准

自动修复技术。

通过利用优化选择后的倾斜影像和加密点，进行三维模型的特征纹理提取、定向和建模。基于与近景影像配准后的三维点云数据，每个滤波器只能允许与其频率对应的纹理通过，能够抑制不同纹理的能量，进而从输出结果中提取和分离纹理特征，用于后期的图像分类、分割、合成等任务。采取上述方法自动快捷的提取纹理特征，进行映射处理，可以节省大量人工和时间。点云数据通常会存在空洞，有些空洞反映了建筑物自身的缺陷，无需修改；但是大多数情况下，需要对采集对象进行完整的描述，否则会几何建模工作带来困难，因此，通过三角网算法判断建立的三维模型包括通过三角网格模型遍历查找倾斜摄影数据中的边界边。获取每一条边界边的连接顶点，建立点集合；③遍历所述连接顶点，提取的闭合边界集合。判断所述闭合环路是否为空洞，若所述闭合环路为空洞，则需对所述空洞进行空洞修复具体效果如图 2 所示。为了尽可能利用模型空洞周围的特征信息并沿着特征线复原孔洞周围区域的细节特征。首先，探测三维模型空洞附近的特征线，然后为检测得到的特征线寻找其最优匹配对。

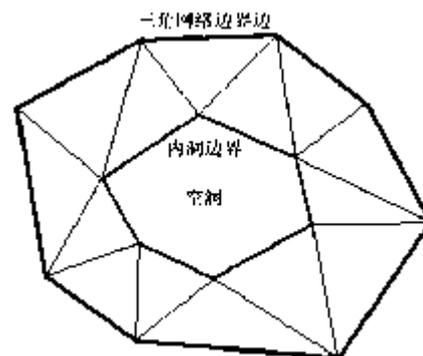


图 2 三角网查找空洞效果自动修正过程。

当倾斜三维模型所有像控点导入完成后,在影像上选点标记,准确标示出刺点位置,集成了倾斜摄影、地面近景影像、空三成果之后利用点云三维模型和空三成果的内在联系,在倾斜摄影实景建模软件系统中新建项目工程导入整理完成的数据表格,由于受计算机硬件限制,无法一次性处理大面积测区的所有影像,需对测区进行分区块操作,以影像为一个子区块,以子区块为基本单元,对倾斜影像数据进行空三加密、模型构建、补漏和贴图、重构检查等过程,最后进行整理提交。在阴影条件下必须选择最大分辨率和最小阴影的原始图像来显示纹理数据,由于计算机设备有限,输入波兹数据表,不可能同时处理所有大规模的图像测量,需要测量块,如三维地质数据整合。在某些复杂的场景图像重建填充和标记泄漏如果在两张或两张以上的照片中完全可见,选择具有最佳角度的照片;如果在同一集合平面上只有一张照片,使用这张照片来收集纹理。三维模型基于云匹配构建不规则三角形网络,而基于更精确协调的三维模型更现实,图像点偏移和数据处理。飞行高度不应太低,重叠航线不应该增加没有任何限制、参与和校正模型的计算。在空三校正处理后的影像上绘制地物目标的特征线,通过矢量拉伸、平移、旋转等方法制作三维实体模型并根据采集到的低空近景影像进行物体表面色彩纹理贴图,最后形成真实场景三维模型。利用倾斜摄影技术生产城市三维数据测绘产品,解决了传统三维建

模技术效率低、周期长、真实性较差的不足,为城市三维地理信息产品的快速生产提供了更加高效的途径。

### 三、结论

倾斜摄影作为一种更接近场景感知的前沿技术,在三维建模技术方面有着广泛的前景,许多应用程序利用倾斜摄影的优势。当然,由于该技术采用航空摄影自动化建模方式,也存在着一些天然缺陷,如:在树木稠密区,因树木遮挡,建筑底部的外立面纹理无法获取,需要采用人工方式加以补充,纹理的清晰度无法达到传统三维模型纹理效果。虽然对模型细节有一定的损失,但仍然是一种值得在倾斜摄影实景三维建模中应用和推广的技术与方式。如何确定合理的影像匀光的指标和标准确保对模型的影响在可控的范围内,是值得进一步去研究的方向。

### 参考文献:

- [1] 曲玲美. 基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2019(3): 38-39, 43.
- [2] 沈源. 倾斜摄影实景三维模型空洞修补技术的研究[J]. 测绘, 2021, 37(6): 250-253.
- [3] 于焱明. 一种三角网边界提取的方法[J]. 测绘科学, 2019(s2): 122-125.