

# 提高倾斜摄影测量成果精度的研究

郭长和

黑龙江省路畅工程设计有限公司 黑龙江 佳木斯 156100

**摘要：**倾斜摄影测量技术作为一种高效、高精度的三维空间信息采集手段，在城市规划、环境监测、古建筑保护等多个领域展现出广泛的应用前景。然而，在实际应用中，如何提高倾斜摄影测量的成果精度仍是一个关键问题。本文将从多个方面探讨提高倾斜摄影测量成果精度的策略和方法，包括增加地面控制点、优化图像处理算法、引入激光扫描数据、采用多视角拍摄、调整模型参数、人工校正等。

**关键词：**提高倾斜摄影测量；策略方法；解决方案

## 引言

倾斜摄影测量技术通过无人机搭载倾斜摄影相机，从多个角度获取地面目标的影像数据，进而生成高精度三维模型。这一技术以其高效率、高精度和低成本的优势，在多个领域得到了广泛应用。然而，在实际应用中，如何提高倾斜摄影测量的成果精度仍是一个亟待解决的问题。

### 1 提高倾斜摄影测量成果精度的策略和方法

#### 1.1 增加地面控制点

地面控制点（Ground Control Points, GCPs）在倾斜摄影测量中扮演着至关重要的角色。它们是已知地理坐标的特定地点，用于校正和验证倾斜摄影图像中的误差。通过增加地面控制点的数量，可以显著提高倾斜摄影图像的精度，进而提升三维模型的数据质量。在实际应用中，合理布设地面控制点是确保测量精度的关键。首先，地面控制点的数量应足够多，以覆盖整个测量区域，并确保在每个关键位置都有控制点。这样可以最大限度地减少因控制点不足而导致的误差累积。其次，地面控制点的位置应准确且稳定。它们应选择在不免受外界因素（如风、雨、雪等）影响的地点，并确保其地理坐标的精确性。这可以通过使用高精度的GPS设备或其他测量手段来实现。此外，为了提高地面控制点的有效性，还可以采用一些先进的技术和方法。例如，可以利用无人机或其他遥感平台在测量区域上空进行高精度的定位测量，以获取更准确的地面控制点坐标。同时，还可以结合地理信息系统（GIS）和遥感技术，对地面控制点进行精确的配准和校正，以进一步提高倾斜摄影测量的精度。增加地面控制点不仅可以提高倾斜摄影图像的精度，还可以增强三维模型的可靠性和准确性。通过合理布设和精确测量地面控制点，可以有效地校正图像中的误差，提高三维模型的数据质量，为后续的工程应

用提供更为可靠的数据支持。因此，在实际应用中，应充分重视地面控制点的布设和测量工作，确保其数量足够、位置准确且稳定可靠<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 优化图像处理算法

图像处理算法在倾斜摄影测量中起着至关重要的作用，直接影响三维模型的精度和准确性。为了提高模型的精度，可以对图像处理算法进行优化和改进。一方面，采用更先进的特征点提取和匹配算法可以显著提高图像配准的精度。这些算法能够更准确地识别和匹配图像中的特征点，从而减少配准误差。例如，可以引入基于深度学习的特征提取方法，利用卷积神经网络等先进技术来提取更具区分性的特征点。另一方面，图像畸变校正也是提高模型精度的关键步骤。由于摄影镜头的固有畸变（如径向畸变和切向畸变），拍摄的图像可能会产生变形。因此，需要采用更精确的图像畸变校正方法，以消除这些畸变对三维重建的影响。例如，可以利用已知的相机参数和畸变模型来进行校正，或者通过拍摄多组校正图像来求解畸变参数。此外，还可以考虑引入其他图像处理技术来进一步提高模型的精度。例如，采用多尺度图像融合技术，将不同分辨率的图像进行融合，以获取更多的细节信息；或者利用图像分割技术，将图像中的不同物体或区域进行分离，以便更准确地进行三维重建。

#### 1.3 引入激光扫描数据

激光扫描技术，特别是地面激光扫描（TLS）和机载激光扫描（ALS），能够获取高精度、高密度的三维点云数据。这些数据与倾斜摄影测量数据相结合，可以显著提高三维模型的精度和准确性。激光扫描数据的主要优势在于其高精度的距离测量能力和对复杂结构的精细捕捉能力。在实际应用中，激光扫描数据可以用于辅助倾斜摄影图像的配准和三维重建过程。首先，激光点云数

据可以提供精确的地表三维信息，这些信息可以用来校正倾斜摄影图像中的几何畸变，提高图像配准的精度。其次，激光点云数据的高密度和精细性使得它能够捕捉到更多的细节信息，如建筑物的边缘、角落和纹理等，这些信息在倾斜摄影图像中可能由于视角、光照或遮挡等因素而丢失或模糊。因此，将激光扫描数据与倾斜摄影数据融合，可以生成更加完整、准确的三维模型。

#### 1.4 采用多视角拍摄

多视角拍摄是倾斜摄影测量中提高三维模型精度和完整性的有效手段。通过在不同角度和高度拍摄倾斜摄影图像，可以获取更多的地表信息，减少遮挡和阴影的影响，提高图像配准和三维重建的准确性。在实际应用中，应合理规划航拍路线，确保影像数据的完整性和重叠度。首先，航拍路线应覆盖整个测量区域，并考虑地形、建筑物分布和光照条件等因素，以选择最佳的拍摄角度和高度。其次，应确保相邻影像之间有足够重叠度，以便在后续处理中进行精确的图像配准和三维重建。此外，还可以采用多架次、多时段的拍摄策略，以获取更丰富的数据并减少天气和光照等外部因素的影响。多视角拍摄不仅可以提高三维模型的精度和完整性，还可以为模型提供更多的纹理信息。由于不同角度和光照条件下的图像可以捕捉到不同的纹理特征，因此将这些图像融合到三维模型中，可以生成更加真实、细致的纹理表面。

#### 1.5 调整模型参数

在三维模型的建模和合并过程中，调整模型参数是至关重要的一步。通过精细调整这些参数，可以显著提升三维模型的数据质量，进而提高其精度和实用性。纹理映射是三维建模中的一个关键环节。正确的纹理映射能够为模型提供逼真的外观，增强模型的可视化效果。在进行纹理映射时，需要确保纹理图像的分辨率和清晰度，以及纹理坐标的准确性。通过调整纹理的缩放、旋转和偏移等参数，可以实现纹理与模型表面的精确对齐，从而减少纹理失真和错位的问题。网格简化是优化三维模型性能的另一种重要手段。复杂的模型往往包含大量的几何细节和冗余数据，这会导致处理速度变慢和存储成本增加。通过网格简化算法，可以在保持模型形状和关键特征的同时，减少多边形数量，从而降低模型的复杂度和计算需求。合理的网格简化不仅能够提高模型的加载和渲染速度，还能够减少噪声和不必要的细节，使模型更加清晰和易于理解。模型剖分是处理大型或复杂三维模型时的一种有效方法。通过将模型分割成更小的、更易于管理的部分，可以更方便地进行编辑、

优化和渲染。模型剖分还可以帮助解决由于模型过大而导致的内存不足或处理速度过慢的问题<sup>[2]</sup>。在进行模型剖分时，需要确保剖面的选择和剖分后的模型完整性，以避免引入额外的误差或不一致性。

#### 1.6 人工校正

尽管自动处理算法在三维建模中发挥着重要作用，但在处理复杂场景时，这些算法可能会遇到限制或产生不准确的结果。在这种情况下，人工校正成为提高三维模型精度和准确性的必要手段。人工校正可以针对自动处理算法产生的错误或不足进行修正。例如，在图像配准过程中，可能会出现由于特征点匹配错误而导致的模型扭曲或变形。通过人工检查和校正这些错误，可以恢复模型的正确形状和结构。此外，对于模型中的噪点、冗余数据或不一致性问题，也可以通过人工编辑和清理来进行修正。人工校正还可以根据实际需求对模型进行精细调整。例如，在古建筑保护中，可能需要恢复或重建某些受损或缺失的结构部分。通过人工校正，可以根据历史资料或现场调查数据，对这些部分进行精确的建模和修复，从而保持模型的完整性和真实性。

### 2 影响精度的其他因素及解决方案

#### 2.1 摄影时机问题

在倾斜摄影测量中，摄影时机的选择对照片质量和三维模型的几何精度具有至关重要的影响。拍摄时的天气条件，包括风速、风向、云层厚度以及光照条件等，都会直接或间接地影响照片的清晰度、对比度和色彩准确性。例如，强风可能导致飞行器或相机的不稳定，进而影响图像的稳定性；云层过厚或光照不足则可能导致图像曝光不足或色彩失真。这些问题在后续的三维重建过程中都可能引入误差，降低模型的几何精度和可视化效果。因此，在航拍前，必须充分掌握当前的天气状况，并据此选择最佳的拍摄时机。这包括选择风速适中、风向稳定的时段进行拍摄，以确保图像的稳定性；同时，也要关注云层和光照条件，选择光照充足且云层较薄的时段进行拍摄，以获得清晰度和色彩准确性都较高的照片。通过这些措施，可以最大限度地减少天气条件对照片质量和三维模型精度的影响。

#### 2.2 相机内外参数问题

相机的内外参数是影响倾斜摄影测量精度的另一个关键因素。相机内部参数，如焦距、光圈和畸变等，与相机自身的性能和特性密切相关。这些参数的不准确会导致图像失真或变形，进而影响后续的三维重建过程。相机外部参数，如相机所处位置和方向（即姿态），则与拍摄环境相关。如果相机姿态不准确，那么拍摄到的

图像将无法准确反映实际场景的空间位置和关系,从而导致三维模型的几何误差。为了解决这个问题,在航拍前必须对相机进行仔细的校准,确保其内外参数的准确性。对于内部参数,可以通过实验室校准或使用专业的校准工具来进行调整和优化<sup>[1]</sup>。对于外部参数,则需要利用高精度的定位系统和姿态传感器来实时获取相机的位置和姿态信息,并进行精确的校准和修正。通过这些措施,可以最大限度地减少相机内外参数对三维模型精度的影响,提高倾斜摄影测量的准确性和可靠性。摄影时机的选择和相机内外参数的校准是影响倾斜摄影测量精度的两个重要因素。在实际应用中,必须充分考虑这两个因素,并采取相应的措施来减少它们对三维模型精度的影响。只有这样,才能获得高质量、高精度的三维模型,为后续的工程应用提供可靠的数据支持。

### 2.3 数字图像处理过程中的噪声与误差

在倾斜摄影测量的数字图像处理流程中,特征点提取、匹配以及点云生成等核心环节均不可避免地伴随着一定程度的误差。这些误差可能源于图像本身的噪声、光照条件的变化、相机参数的不准确性,以及算法本身的局限性。特征点提取时,可能会因为图像质量不佳或噪声干扰而导致提取的特征点不准确或数量不足;在特征点匹配阶段,由于视角变化、遮挡或相似纹理的干扰,可能会出现误匹配的情况;而点云生成过程中,则可能因为匹配误差的累积,导致点云数据出现偏差或失真。这些误差最终都会反映在三维模型上,影响其面片数量、几何精度以及整体的可视化效果。为了降低这些误差的影响,图像处理过程中需要采用更为先进的算法和技术。例如,可以利用深度学习技术来提高特征点提取的准确性和鲁棒性,通过训练模型来自动识别和过滤掉噪声和干扰,从而提取出更为稳定和可靠的特征点。在特征点匹配阶段,可以采用更为精细的匹配策略,如利用多视图几何约束、上下文信息或深度学习匹配网络来提高匹配的准确性和可靠性。此外,对于点云生成过程中的误差,可以通过点云滤波、平滑和重采样等技术来进行修正和优化,以确保点云数据的准确性和完整性。

### 2.4 贴图映射问题

贴图映射是将二维图像纹理映射到三维模型表面的

过程,是倾斜摄影测量中不可或缺的一环。然而,由于图像在拍摄过程中可能受到各种因素的影响,如视角变化、镜头畸变、光照条件等,导致图像出现扭曲、重叠和缝合等问题。这些问题在贴图映射过程中会导致纹理失真、纹理错位等现象,严重影响三维模型的可视化效果和真实感。为了解决这些问题,在贴图映射过程中需要采用更为精确的方法和技术。首先,需要对图像进行精确的配准和校正,以确保图像之间的相对位置和角度准确无误。这可以通过利用多视图几何约束、特征点匹配和图像拼接等技术来实现。其次,在贴图映射过程中,需要采用先进的纹理映射算法和技术,如基于网格的参数化方法、纹理合成和优化技术等,以确保纹理能够准确地映射到模型表面,并保持纹理的连续性和一致性。此外,对于复杂的场景和模型,还需要结合人工编辑和调整来提高贴图的精度和可视化效果,例如通过手动调整纹理的坐标、缩放和旋转等参数来优化贴图效果。针对数字图像处理过程中的噪声与误差以及贴图映射问题,需要采用更为先进的算法和技术来降低误差的影响,并结合人工编辑和调整来提高三维模型的精度和可视化效果。这些措施在实际应用中具有重要意义,能够显著提高倾斜摄影测量的精度和可靠性。

### 结束语

提高倾斜摄影测量成果精度需要从多个方面入手,包括增加地面控制点、优化图像处理算法、引入激光扫描数据、采用多视角拍摄、调整模型参数、人工校正等。同时,还需要注意摄影时机、相机内外参数、数据处理过程中的噪声与误差、贴图映射问题等因素对精度的影响,并采取相应的解决方案。通过综合运用这些方法和技术,可以显著提高倾斜摄影测量的成果精度,为相关领域的应用提供更可靠的数据支持。

### 参考文献

- [1]孙丽红.基于倾斜摄影测量的废弃矿山生态修复应用研究[D].昆明理工大学,2021.DOI:10.
- [2]曾丽华.倾斜摄影测量技术在农村房地一体确权中的应用[J].四川水泥,2022,(09):40-41+52.
- [3]田文斌,季志强.无人机倾斜摄影测量在地震勘探中应用探讨[J].物探装备,2023,33(03):181-184.