

# 无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用

朱 锋

中交第一航务工程局有限公司 天津 300457

**摘要:** 随着无人机技术和倾斜摄影技术的迅速发展,其在高速公路施工中的应用越来越广泛。无人机倾斜摄影测量技术能够提供高精度的三维地形数据,相比传统的地面测量方法,具有作业效率高、成本低、数据获取全面和高精度等优点,为高速公路施工提供了新的解决方案。本文将介绍无人机倾斜摄影测量技术的原理、优势、应用方法和实践效果,并探讨其在高速公路施工中的应用前景。

**关键词:** 无人机测量; 倾斜摄影; 高速公路施工; 施工监测; 进度评估; 质量控制

## 1 无人机倾斜摄影测量技术的原理和优势

1.1 原理:无人机倾斜摄影测量技术是利用无人机搭载多角度相机,从多个角度对目标进行拍摄,获取地形表面的三维坐标信息。通过将拍摄到的图像传输到计算机进行处理,可以生成高精度的三维地形模型。

1.2 优势:无人机倾斜摄影测量技术相比传统的测量方法具有以下优势:

(1) 高效率:无人机倾斜摄影测量技术可以快速获取大量的地形数据,减少了传统测量方法中的人工操作和数据处理时间,提高了工作效率。

(2) 高精度:无人机倾斜摄影测量技术使用高精度相机和先进的图像处理技术,可以获得高精度的三维地形模型,提高了测量精度。

(3) 灵活性:无人机倾斜摄影测量技术具有灵活的飞行路径和拍摄角度,可以适应各种复杂的地形和施工环境,方便快捷地进行测量。

(4) 低成本:无人机倾斜摄影测量技术使用的设备相对简单,操作方便,降低了测量成本。

## 2 无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用方法

### 2.1 准备工作

在进行无人机倾斜摄影测量前,需要进行以下准备工作:

(1) 确定测量范围和目标:根据高速公路施工的需要,确定需要测量的范围和目标,如桥梁、隧道等关键部位的施工现状等。

(2) 收集地形数据:收集施工区域的地形数据,包括地形图、卫星图像等。

(3) 选择合适的无人机和相机:根据测量范围和目标,选择适合的无人机和相机型号。同时,需要对无人机的飞行路径和拍摄角度进行规划。

### 2.2 飞行路径和拍摄角度规划

在确定无人机的飞行路径和拍摄角度时,需要考虑以下因素:

(1) 地形特点:根据施工区域的地形特点,选择适合的飞行路径和拍摄角度,以保证获取全面的地形数据。

(2) 施工要求:根据高速公路施工的要求,确定需要重点关注的部位和需要采集的数据类型。例如,对于高边坡土石方施工,需要重点采集高边坡原始地表高程数据。

(3) 飞行高度和拍摄角度调整:根据需要采集的数据类型和地形特点,调整无人机的飞行高度和拍摄角度。同时,需要进行试飞,以确定最佳的飞行路径和拍摄角度。

### 2.3 数据采集和处理

在进行数据采集时,需要注意以下几点:

保证拍摄质量:在拍摄过程中要保证相机的稳定性和拍摄质量,避免出现模糊或失真的图像。同时,需要对拍摄的图像进行实时传输和处理。

在采集前,仔细规划飞行路径和高度,以确保所需区域内的足够覆盖和重叠。通常情况下,照片的前后重叠率应达到80%左右,而侧向重叠率应达到60%左右。

使用具有高分辨率和光学性能的相机,确保能拍摄到清晰的图片。

摄影头应正确地安装和校准,以减少镜头畸变对测量结果的影响。

为了获得最佳的图像质量,最好在天气晴朗、光线良好的条件下进行飞行,避免在雨天或强风条件下采集数据。

注意阳光方向和阴影区域,阴影可能会遮挡地面物体,导致数据缺失。

使用地面控制点可以大幅提高测量的绝对精度。在操作前应在采集区域设置足够的地面控制点,并精确测

量它们的位置。

防止数据损失，采集结束后要及时备份原始图像。

#### 2.4 数据处理和模型建立

在完成数据采集后，需要对拍摄的图像进行处理，以获取地形表面的三维坐标信息。一般采用专业的图像处理软件进行处理，如cc、Inpho、PhotoScan、大疆智图等。处理过程中需要进行坐标转换、几何校正、数字高程模型（DEM）生成等操作，最终得到精度较高的三维地形模型。

#### 2.5 模型应用和分析

得到三维地形模型后，可以将其应用于高速公路施工的各个环节中。例如，在高边坡土石方施工中，可以利用模型进行边坡线开挖定位和施工效果模拟，对上山便道方案设计、选择提供可视化方案，以评估施工方案的可行性和优化施工工艺。同时，可以利用模型进行土方量计算、施工进度监测等工作，以提高施工效率和质量控制。

### 3 无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用实践

平南高速公路项目在施工过程中采用了无人机倾斜摄影测量技术，取得了良好的应用效果。该项目大量采用大疆精灵4 RTK无人机进行倾斜摄影测量，Phantom 4 RTK是一款小型多旋翼高精度航测无人机，面向低空摄影测量应用，可以大幅降低航空摄影测量使用复杂度。通过规划合理的飞行路径和拍摄角度，采集了施工区域内的地形数据。经过数据处理和模型建立，得到了高精度的三维地形模型。

#### 3.1 无人机倾斜摄影测量技术在高速公路项目前期的应用

利用无人机倾斜摄影测量技术，为项目团队在前期征拆（征地拆迁）调查中的应用提供了一种高效、精确且经济的方式来支持调查活动。无人机倾斜摄影技术在项目前期征拆主要用于以下方面：

3.1.1 制作高层级地图：使用无人机倾斜摄影得到的高清正射影像图，导出到第三方地图软件，如奥维地图和图新地图，能够得到层级22的高清地图，方便现场工程师实地调查踏勘。

3.1.2 区域地形测绘：使用无人机获取当前地形的高清航拍图像，并通过摄影测量方法生成地形图和三维模型。这可以帮助项目工程师了解地形的具体状况和可能的建设难度和规划建设场地布置。

3.1.3 环境影响评估：通过无人机拍摄的图像可以评估高速公路建设可能对周围环境（如植被、水系、野生动

植物栖息地）造成的影响，从而在规划阶段就采取相应的保护和补偿措施。

3.1.4 现状建筑与设施登记：无人机可以用于快速记录并登记高速公路沿线现有的房屋、建筑物和其他设施，有效地辅助完成征拆范围内的资产清查工作。

3.1.5 产权调查：为了征地拆迁方案的制定，需要明确地块的产权界限。无人机所提供的高分辨率图像可以帮助辨识地块界限和占用情况，有助于解决产权纠纷。

3.1.6 社会影响评估：无人机拍摄的图像可以帮助了解建设项目对周边社区的潜在影响，比如迁移路线可能对居民的日常生活和社会功能的影响。

#### 3.2 无人机倾斜摄影测量技术在高速项目高边坡施工中的应用

平南高速为属于喀斯特地貌，山高且陡峭，施工难度大，测量人员作业风险高，利用无人机摄影测量技术能够加强施工期间的监督与管理，提高作业安全和效率。以下是无人机摄影测量技术在高边坡土石方施工中的一一些具体应用：

3.2.1 施工规划与设计审核：在施工前，无人机可以对预定施工区域进行摄影测量，生成高精度的数字地形模型（DTM）或数字地表模型（DSM），为施工规划提供详细的地形信息。利用这些信息有助于施工方案设计审核，确保规划的合理性和可行性。特别是在高边坡上山零时便道修建，和开挖方案提供可视化的技术支持。

3.2.2 边坡稳定性监测：对于高速公路的高边坡，其稳定性至关重要。无人机通过定期拍摄坡面图片，通过对比分析可以监测土石方施工过程中边坡的变化，及时发现滑坡和落石等安全隐患。

3.2.3 工程量计算：无人机的摄影测量数据可用于计算开挖或填埋中的土石方量。传统方法依赖人工测量可能既耗时又不精确，而无人机摄影测量可提供更快速、更精确的体积计算。

3.2.4 施工进度监控：定期使用无人机进行拍摄可记录施工进度，帮助项目工程师远程掌握工程进展情况，确保工程按计划进行。

3.2.5 后期施工效果评估：无人机摄影测量后得到的高解析度图像和3D模型可以用来评估完成的工程效果，实现与设计方案的比对分析。

3.2.6 安全隐患排查：高边坡施工中可能出现的各种安全隐患（如裂缝、滑移等）可以通过无人机及时发现，避免意外损失。

#### 3.3 无人机倾斜摄影测量技术在高速项目边坡绿化施工中的应用

无人机摄影测量技术在平南高速公路项目边坡的绿化施工中也有着相当重要的应用，它为绿化工程的策划、实施和维护提供有效的手段。以下是无人机摄影测量技术在这一领域应用的几个方面：

3.3.1 地形测绘与分析：无人机可以快速对高边坡进行摄影测量，生成边坡的高精度三维模型。这对于绿化前的边坡地形分析和绿化设计至关重要。了解地形有助于设计合理的植被覆盖方案，以适应不同坡度、不同曝气条件的特定区域。

3.3.2 绿化面积的收方和结算：利用无人机对高边坡进行摄影测量技术，可以快速得到高精度的数字地形模型（DTM）或数字地表模型（DSM）数据，能够准确的得到绿化的表面积，准确、高效的对绿化工程进行实体收方和结算，严格控制项目成本。

3.3.3 植被种植规划：分析从无人机获得的影像数据，规划适合的植物种植位置和类型。例如，根据坡面的日照和排水条件，决定在哪些区域种植深根系植物，哪些区域适合低维护的覆盖植物。

3.3.4 生态环境监测：通过无人机监测，可以对边坡上现存的自然状况进行快速评估，比如了解植被覆盖状况，监测边坡疏林区、灌木区和草本层的分布面积情况。

3.3.5 绿化进度和质量监控：绿化施工期间，无人机可以用来监测绿化进度，确保绿化工作按计划进行。同时，对施工质量进行抽查，比如监测生态袋或草皮覆盖的完整性。

3.3.6 坡面稳定性评估：使用无人机根据植被生长情况间接评估边坡的稳定性，例如根系发展情况与土壤固结能力的关系。

3.3.7 灾害评价与应急反应：无人机可以在极端天气后迅速对边坡植被受损情况和坡面稳定性进行评估，以便快速采取应急措施，防止或减轻灾害发生。

3.3.8 维护与管理：边坡绿化后的长期维护工作也需要无人机监测辅助。可定期拍摄边坡情况，监控植被活力和覆盖度，发现病虫害等生态问题。

无人机提供的高分辨率图像和详细的地形数据有助于决策者和管理者更加精细地控制施工质量，更加精确地监测边坡变化，并更有效地规划和维护绿化工程。

实践结果表明，无人机倾斜摄影测量技术能够快速、准确地获取施工区域内的地形数据，建立高精度的三维地形模型，为高速公路施工提供了有力的支持和帮助。同时，该技术的应用也提高了施工效率和质量控制水平，降低了施工成本。

## 4 结论

本文介绍了无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用方法和实践效果。通过对比传统测量方法和无人机倾斜摄影测量技术的优劣，发现无人机倾斜摄影测量技术具有高效率、高精度、灵活性和低成本等优点。在高速公路施工中应用无人机倾斜摄影测量技术，可以快速获取施工区域内的地形数据，建立高精度的三维地形模型，为施工方案的设计、优化和施工过程的监测提供有力的支持和帮助。随着无人机技术的不断发展，相信无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用将会越来越广泛。

## 5 前景展望

随着无人机技术的不断进步和普及，无人机倾斜摄影测量技术在高速公路施工中的应用前景十分广阔。未来，该技术将会在以下几个方面得到进一步的发展和應用：

自动化和智能化：随着人工智能和机器学习技术的发展，无人机倾斜摄影测量技术将会实现更多的自动化和智能化功能。例如，自动规划飞行路径、自动调整拍摄角度、自动处理图像等，以提高测量效率和精度。

高效化和实时化：为了满足高速公路施工中对效率和实时性的要求，未来的无人机倾斜摄影测量技术将会实现更高效和实时的数据采集和处理。例如，通过使用更高性能的无人机和相机、更先进的图像处理算法等，提高数据采集和处理的速度。

多源数据融合：将无人机倾斜摄影测量技术与其他测量方法（如GPS、LiDAR等）的数据进行融合，可以获得更加全面和准确的地形数据。同时，也可以将不同来源的数据进行融合，如施工图纸、设计模型等，以提高施工过程的准确性和效率。

模型分析和应用扩展：未来的无人机倾斜摄影测量技术将会更加注重模型的分析和应用扩展。例如，通过使用GIS、BIM等技术，将三维地形模型与施工过程和管理相结合，实现施工过程的可视化、施工进度实时监测、施工质量的管理等，进一步提高高速公路施工的效率和质量。

## 参考文献

- [1]杨师章.无人机航测技术在高速公路勘察中的应用分析[J].科学与信息化,2023(4):169-171.
- [2]连浩东.无人机航测在高速公路横断面测量中的应用[J].运输经理世界,2021(9):31-32.
- [3]陈彬.基于无人机航测技术在高速公路领域的应用分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(8):183-184.