

## 4.2 空间分析

在空间分析方面，GIS技术的强大功能使得叠加分析、缓冲区分析和邻近分析等多种分析方法得以广泛应用。叠加分析是将不同类型的地理信息进行叠加，以识别其相互关系和影响。例如，在分析某区域的土地利用变化时，可以将土地利用现状图、生态敏感区图和基础设施分布图进行叠加，从而识别出哪些区域的土地利用变化对生态环境造成了影响。缓冲区分析则是通过在特定对象周围设定一定范围的缓冲区，以评估其影响范围。例如，在城市规划中，可以对公园、河流等重要设施设置缓冲区，分析周边土地的利用情况，保障生态环境和居民生活质量。邻近分析则主要用于确定某一特定地点与其他地点之间的空间关系，这在土地开发、资源配置等方面具有重要意义。

## 4.3 可视化展示

在可视化展示方面，GIS技术通过地图制作和动态监测平台的构建，将复杂的空间数据和分析结果以直观的形式呈现出来。地图制作不仅包括静态地图的设计，还包括动态地图的生成，这使得用户能够实时查看土地利用的变化情况。动态监测平台可以集成多种数据源，实时更新土地利用状态，支持用户对变化情况的跟踪和分析。此外，这种可视化展示方式能够帮助非专业人员更容易地理解土地利用的动态变化，促进公众参与土地管理决策。通过图层叠加、动画演示等手段，用户可以直观地看到不同时间段的土地利用变化，从而更好地理解土地利用的趋势和规律。

# 5 遥感与GIS在执法监察中的应用

## 5.1 违法用地监测

谈到违法用地监测，遥感技术的高频次和广覆盖特性使其成为监测违法用地的理想工具。通过卫星影像和航空摄影，我们能够对地表的变化进行实时监测，及时发现非法占地和违规建设的行为。例如，当某个区域出现新的建筑物时，遥感影像可以提供详细的空间信息，帮助执法人员判断该建设是否符合规划要求。这种监测方式不仅能够覆盖大面积的区域，还能够精确到具体的建筑，极大提高了执法的准确性和及时性。此外，GIS技术则可以将遥感数据与已有的土地利用、规划信息进行整合，形成可视化的地图，这样一来，执法人员不仅可以一目了然地看到违法用地的分布情况，还

能分析出其与周边环境的关系，从而为后续的执法行动提供依据。

## 5.2 执法决策支持

在执法决策支持方面，GIS的空间信息分析能力为执法人员提供了更为科学的决策依据。通过对违法用地的空间数据进行分析，我们能够识别出高风险区域和违法行为的规律。例如，某些地区由于建设用地紧张，容易发生非法占地，利用GIS技术，我们可以对这些区域进行重点监测，制定相应的执法策略。此外，GIS还可以帮助执法人员进行执法路径的优化。在处理违法用地的执法过程中，选择合理的执法路径不仅可以节省时间，还能提高执法的效率。通过对地理信息的分析，执法人员可以找到最优的行进路线，避免不必要的绕行，从而迅速到达现场进行执法。这种基于空间信息的分析和优化，显著提高了执法的及时性和有效性。

## 5.3 执法过程记录

在执法过程记录方面，遥感技术同样发挥着不可或缺的作用。执法过程中，影像证据的采集是确保执法公正和透明的重要环节。借助无人机等现代影像采集设备，执法人员可以在现场快速获取高分辨率的影像资料，这些资料不仅可以作为违法用地的直接证据，还能为后续的法律程序提供支持。此外，GIS技术在执法过程中的应用，能够将影像数据与其他相关信息进行整合，形成完整的执法记录。这种记录不仅便于后续的查询和审查，还为后续的法律诉讼提供了有力的证据支持。

## 6 总结

总的来看，遥感与GIS技术在土地利用动态监测及执法监察中的应用，为土地管理提供了新的思路和方法。随着技术的不断发展和成熟，这些工具的应用将越来越广泛，必将为实现可持续的土地利用管理目标提供强有力的支持。

## 参考文献

- [1] 胡黎明,苏达,王树文.遥感与GIS技术在土地利用动态监测及执法监察中的应用[J].影像技术,2012,24(3):3638.
- [2] 韩龙,徐超.遥感与GIS技术在土地利用动态监测及执法监察中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2016(11):262262.
- [3] 王唯真.数字遥感技术在土地利用动态监测中的应用[J].中国高科技,2024(5):9092.

# Research on the application of UAV aerial survey technology in complex topographic mapping

Ming Zhou

Zhongji Petrochemical Engineering Design Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

## Abstract

With the progress of science and technology, the application of UAV aerial survey technology in topographic mapping is increasingly extensive, especially in the survey of complex terrain areas has shown significant advantages. Compared with traditional measurement methods, UAV aerial survey has the characteristics of high efficiency, speed, precision and low cost, and is especially suitable for areas with complex terrain, harsh environment or insufficient human resources. This paper first introduces the basic principles and development process of UAV aerial survey technology, and focuses on its application in complex terrain, including mapping practices in mountainous, hilly, forest and other areas. Through the analysis of various cases, the advantages and challenges of UAV aerial survey technology in practical application are expounded, and combined with the characteristics of different terrain, the measurement accuracy, data processing methods and their limitations of UAV in these environments are analyzed. Finally, the development trend of UAV aerial survey technology in the future mapping field is discussed, and the direction of further optimizing the technology and enhancing its application ability is proposed.

## Keywords

UAV aerial survey technology; complex terrain; mapping application; precision control; data processing

# 无人机航测技术在复杂地形测绘中的应用研究

周明

中冀石化工程设计股份有限公司, 中国·河北保定 071000

## 摘要

随着科技的进步, 无人机航测技术在地形测绘中的应用日益广泛, 特别是在复杂地形区域的测量中展现出了显著的优势。相比传统测量方法, 无人机航测具有高效、快速、精准、低成本等特点, 尤其适用于地形复杂、环境恶劣或人力资源不足的地区。本文首先介绍了无人机航测技术的基本原理与发展历程, 重点探讨了其在复杂地形中的应用, 包括山地、丘陵、森林等区域的测绘实践。通过对多种案例的分析, 阐述了无人机航测技术在实际应用中的优势与挑战, 结合不同地形的特点, 分析了无人机在这些环境下的测量精度、数据处理方法及其局限性。最后, 展望了无人机航测技术在未来测绘领域中的发展趋势, 提出了进一步优化技术和增强其应用能力的方向。

## 关键词

无人机航测技术; 复杂地形; 测绘应用; 精度控制; 数据处理

## 1 引言

近年来, 随着无人机技术的迅猛发展, 特别是在航测领域, 无人机航测技术逐渐成为一种新型的地形测绘工具。传统的地形测量方法, 尽管在过去几十年中取得了显著成就, 但在复杂地形测绘中仍面临着许多挑战。特别是在山地、丘陵、森林等高低起伏、环境恶劣的区域, 传统测量技术往往受到地理环境、人工操作、时间和成本等因素的制约, 难以实现高效、精准的测量。而无人机航测技术通过搭载高分辨率的摄像设备、激光雷达和 GPS 系统等, 能够迅速获取

目标区域的大量高精度数据, 为复杂地形的测绘提供了新的解决方案。

无人机航测技术不仅可以显著提高测绘效率, 降低成本, 还能够克服传统测量方法无法应对的诸多困难。然而, 无人机航测技术在复杂地形测绘中的应用仍面临诸如飞行稳定性、数据精度、环境适应性等一系列挑战。因此, 本文将深入探讨无人机航测技术在复杂地形中的应用, 分析其优势与不足, 并提出相应的优化策略, 以期为未来的地形测绘工作提供参考。

## 2 无人机航测技术概述

### 2.1 无人机航测的基本原理

无人机航测技术利用无人驾驶航空器 (UAV) 搭载各

【作者简介】周明 (1988-), 男, 中国河北涿州人, 本科, 工程师, 从事工程测绘研究。

种传感器、相机、激光雷达等设备,进行高精度的地面物体测量、数据采集与处理。与传统的地面测量方法相比,无人机航测技术具有更高的效率和更强的灵活性。无人机可通过精确控制飞行路径来覆盖复杂区域,实时采集所需的地形数据。

无人机航测技术的核心在于搭载的高精度传感器,能够迅速收集大范围的地形信息。这些信息通过实时数据传输与地面控制站连接,以实现飞行器的精确控制和监测。数据采集完成后,通过图像处理、激光扫描和地理信息系统(GIS)等技术进行数据分析,最终生成数字高程模型(DEM)、数字表面模型(DSM)、三维点云等成果。这些成果不仅具有高精度,还能为后续的城市规划、资源管理等提供科学依据,进一步推动相关领域的应用发展。

## 2.2 无人机航测技术的发展历程

无人机航测技术从早期的简单遥感图像采集发展到现代集成化传感技术、自动化飞行控制和数据处理的高精度技术。最初,无人机航测主要依赖低空飞行,使用基础的图像采集设备进行数据收集。随着激光雷达(LiDAR)、热成像技术及高精度全球定位系统(GPS)的引入,无人机航测的精度大幅提升,应用范围也得到扩展。

近年来,随着大数据、云计算和人工智能等技术的迅速发展,无人机航测技术的应用逐步向高效、精确和智能化方向迈进。无人机的长时间续航、高稳定性以及强大的承载能力,使得无人机在复杂地形和高需求的测量任务中展现出独特的优势。无人机航测不仅能够完成传统地形测绘,还能适应环境变化较大、测量要求较高的领域,例如山地、森林等自然环境,甚至是一些特殊的城市空间应用,推动了测绘技术的革新[1]。

## 2.3 无人机航测在地形测绘中的应用

无人机航测技术在复杂地形的应用表现尤为突出,特别适用于山地、丘陵、森林、城市等地理环境的高精度数据采集。通过搭载高分辨率的摄像设备、激光雷达和GPS,无人机能够生成数字高程模型(DEM)、三维点云、纹理图等精确的地形数据,这些数据被广泛应用于地质勘探、资源管理、环境监测和城市规划等领域。

在山地和丘陵等复杂区域,传统的地面测量方法往往由于地形起伏、环境复杂等原因难以进行有效的测量,而无人机则能迅速而精准地完成测量任务。无人机航测不仅能够显著提高工作效率,还能减少人工操作的风险,特别是在高危环境中的应用,展现出强大的优势。通过无人机搭载的传感器,能够精确地捕捉复杂地形中的每个细节,为后续的数据分析、决策支持提供高质量的数据依据。随着无人机技术的不断发展,未来其在更多复杂环境中的应用将进一步扩展,带来更广泛的测绘技术革新和实际应用突破。

## 3 无人机航测在复杂地形中的应用

### 3.1 山地测绘中的应用

山地地区因地形起伏大、植被覆盖多,常规的地面测量方法往往无法高效、精确地完成地形数据的获取。无人机航测技术在这些区域的应用,突破了地形的限制,通过飞行器进行空中拍摄和数据采集,从而快速、准确地获取复杂地面的信息。在实际应用中,飞行器搭载的激光雷达(LiDAR)系统能够精确测量地面的高程,并生成数字高程模型(DEM)。此外,激光雷达可以根据不同地形类型自动进行数据处理,消除地形差异对测量精度的影响。

通过无人机航测,在山地地区实现了从空中到地面的全方位数据采集。与传统的地面测量方法相比,无人机航测能够更快速地完成数据采集,降低了地面作业的风险。特别是在险峻的山地环境下,人工操作的难度和安全隐患大大减少,为复杂环境下的地形测绘提供了新的解决方案。无人机航测技术不仅提升了测量的效率,还显著提高了数据采集的精度,使得测绘任务更加高效、安全[2]。

### 3.2 丘陵与森林区域测绘

丘陵和森林区域的测量面临着植被密集、地面复杂等问题,传统测量方法往往受到地形和环境的限制,难以准确地完成地形数据的采集。无人机航测技术通过搭载高清相机和激光雷达系统,能够有效穿越树冠,获取被植被遮挡的地面信息。激光雷达的高穿透能力使其能够精准测量森林覆盖下的地面高度,避免了人工测量中常出现的误差和数据偏差。此外,激光雷达能够准确地测量森林区域的地面形态,提供比传统测量方法更高的精度。

无人机的多旋翼飞行模式使得其具备更高的飞行稳定性,能够进行高精度的垂直起降和悬停,从而确保在复杂地形中进行高效的飞行控制和数据采集。尤其是在难以接近的区域,如森林深处和丘陵地区,利用无人机进行精确测量具有不可替代的优势。这些优势使得无人机航测成为丘陵和森林区域测绘的理想选择[3]。

### 3.3 数据处理与精度控制

无人机航测技术在复杂地形中应用时,精度控制是至关重要的。由于飞行高度、天气条件、传感器性能以及环境因素的影响,获取的测量数据可能存在一定的误差。因此,在数据处理过程中,采用多种技术手段进行精度校正显得尤为重要。常用的精度控制方法包括差分GPS技术、基站实时定位、图像匹配算法等,这些技术能够有效提高数据的准确性和可靠性。

在数据处理阶段,使用专门的数据处理软件对点云数据、影像数据等进行优化,生成数字高程模型、三维模型以及精确的地形图。这些处理方法不仅能够消除因飞行过程中各种环境因素造成的误差,还能够优化数据的质量,确保最终测绘结果的高精度。通过合理的数据处理与精度控制,能