

基于 RTK 技术的无人机高精度地形绘方法研究

寇永涛

鄯善县土地勘测规划队, 新疆 吐鲁番 838200

[摘要] 无人机技术以及实时动态差分定位技术 RTK 的飞速进步, 使得依托 RTK 技术的高精度地形绘制手段, 已然成为工程测量、地理信息系统 (GIS) 以及农业监测等行业领域不可或缺的核心技术之一。采用 RTK 技术进行差分修正, 显著提升无人机定位的精确度, 确保厘米级精度, 该技术在地形描绘与数据搜集领域展现出关键性的功能。研究聚焦于 RTK 技术主导的无人机高精度地形绘制, 深入剖析了 RTK 技术运作机制及其应用领域, 评估了无人机在复杂地形条件下的测绘效能, 提出了 RTK 定位精度提升的解决方案, 并通过具体案例实证了该技术在多样化场景中的实际应用成效。研究表明, 采用 RTK 技术的无人机在执行地形绘制任务时, 显著提升了数据的精确度和处理效率, 特别是在进行高精度测量与广阔区域数据搜集方面, 展现出巨大的应用潜力。

[关键词] RTK 技术; 无人机; 高精度地形绘制; 差分定位; 测绘精度; 地理信息系统; 优化策略

DOI: 10.33142/sca.v8i7.17156

中图分类号: TN967

文献标识码: A

Research on High-precision Terrain Mapping Method for Unmanned Aerial Vehicles Based on RTK Technology

KOU Yongtao

Shanshan Land Survey and Planning Team, Turpan, Xinjiang, 838200, China

Abstract: The rapid advancement of unmanned aerial vehicle technology and real-time dynamic differential positioning technology RTK has made high-precision terrain mapping methods relying on RTK technology an indispensable core technology in industries such as engineering surveying, geographic information systems (GIS), and agricultural monitoring. By using RTK technology for differential correction, the accuracy of drone positioning is significantly improved, ensuring centimeter level precision. This technology has demonstrated critical functions in terrain depiction and data collection. The research focuses on the high-precision terrain mapping of unmanned aerial vehicles led by RTK technology, deeply analyzes the operation mechanism and application fields of RTK technology, evaluates the surveying efficiency of unmanned aerial vehicles under complex terrain conditions, proposes solutions to improve RTK positioning accuracy, and verifies the practical application effectiveness of this technology in diverse scenarios through specific cases. Research has shown that unmanned aerial vehicles using RTK technology significantly improve the accuracy and processing efficiency of data when performing terrain mapping tasks, especially in high-precision measurements and wide area data collection, demonstrating enormous potential for application.

Keywords: RTK technology; unmanned aerial vehicle; high-precision terrain mapping; differential positioning; surveying accuracy; geographic information system; optimization strategy

引言

在传统的地形测量中, 使用地面测量仪器获取数据, 精度高但工作效率低, 且测量过程烦琐。地理数据采集与地形测量领域, 无人机技术日益成熟, 已成为关键设备。在 RTK 技术的辅助下, 测绘工作得以实现厘米级的实时定位, 显著提升了数据的精确度与采集效能, 基于地面基站差分修正的 RTK 技术, 有效消除了 GNSS 系统因电离层、大气层等因素造成的误差, 显著提升了定位的精确度。采用该技术的高精度无人机地形绘制方法, 可迅速搜集大范围、高精度的地形信息, 并在建筑工程、城市规划、农业监测等多个领域得到广泛应用。

1 RTK 技术原理与无人机高精度定位

RTK (实时动态差分定位) 技术是一种通过差分基站

与移动站之间的数据交换来实时修正 GNSS (全球导航卫星系统) 信号误差的定位技术。RTK 技术主要依赖基准站和流动站之间的差分数据, 基准站通过接收卫星信号并将测得的位置与已知位置进行比对, 从而产生误差信号; 流动站则是无人机的载体, 接收卫星信号并计算出其相对位置。基准站将误差信息通过无线电或网络实时传输给流动站, 流动站根据这些误差信息修正自身的位置坐标, 从而实现厘米级的精度定位^[1]。

定位精度显著提升得益于 RTK 技术, 该技术核心优势表现为误差修正的高效性与实时性的结合。RTK 技术, 凭借其精确的定位能力, 确保了无人机在复杂多变的地形与环境中, 能实现高精度地形数据的搜集工作。GNSS 定位系统误差在多路径效应、卫星信号遮挡以及气候变化等

因素的交织影响下,往往更为凸显。尤其是在复杂地形如城市、山区等,RTK 技术凭借实时差分修正功能显著降低误差,确保无人机在飞行中实现高精度定位及可靠导航。RTK 技术装备的无人机,在获取更精确的三维定位数据的基础上,得以绘制出高精度的地形图。在 RTK 技术精准定位的助力下,无人机展现出卓越的机动性,为地形测绘、农业监测以及环境保护等领域输送了高效、精准的数据服务。

2 基于 RTK 的无人机高精度地形绘制方法

基于 RTK 技术的无人机高精度地形绘制方法是一种结合现代测绘技术与无人机飞行的创新性技术手段。运用搭载 RTK 定位系统的无人机,凭借实时差分修正技术的辅助,实现精确的空间定位,持续捕捉地面的物体位置、形态及其空间属性,进而绘制出详尽的高精度地形图。在飞行过程中,无人机通过 RTK 系统即时捕捉卫星所发出的信号,以此进行精确定位调整。RTK 技术精控无人机飞行路径与高度,确保各数据点位置误差维持厘米级标准。在相应阶段,对地面上的建筑物、道路以及植被等特征进行详尽拍摄与留存,并利用激光雷达、相机及红外探测等传感器,搜集各类地形特征信息。具备广泛覆盖能力与适应多地形特征的无人机,能实时高效地传输与采集数据,进而保障了数据信息的即时性与精确度。

完成数据采集后,点云与图像数据经软件加工,运用高精度算法对地形数据实施三维模型构建。高质量建模结果的实现得益于 RTK 技术的精准定位,数据处理软件则依据精确的定位信息,精准地复现地形三维图像,确保了模型精度与整体完备性。采用基于实时动态定位系统(RTK)的无人机技术,能够高效完成地形图的精确绘制及三维模型的构建,此成果广泛适用于地理信息系统(GIS)、城市规划、农业监测、环境保护等众多领域^[2]。

3 优化 RTK 定位精度的策略

3.1 信号增强技术

无人机 RTK 定位领域,信号增强技术扮演着举足轻重的角色,其显著提升信号强度与稳定性,进而大幅增强定位的精确性与信赖度。在城市高楼林立、山区或森林等信号遮挡较为显著的地区,无人机运行环境尤为复杂,卫星信号受阻,进而导致定位误差的显著提升。无人机要想获取精准实时定位,依赖信号增强技术,该技术旨在多途径提升信号传输质量。

常见的信号增强技术包括多天线系统、双频接收机和高增益天线等。无人机装备的多天线系统,凭借从多颗卫星接收信号的能力,确保其在各个角度和方位均能获取到有效信号,进而有效减少因单一信号源受干扰导致的精度损耗问题。卫星信号接收设备,即双频接收机,通过捕捉 L1 与 L2 两个频段的信号,确保数据的精确性,进而增强系统的抗干扰效能与信号传输的稳定性。在城市信号较弱区域,高增益天线通过信号聚焦,显著增强接收信号强度,

从而显著提升信号质量与定位精确度。实施信号增强技术时,务必融合 RTK 差分修正,以基站至移动站间的实时差分数据交换,对卫星信号误差进行即时校准,进而显著提高定位的准确性与可信度。技术进步不断,信号增强技术日渐广泛地融入无人机 RTK 定位领域,为高精度地形测量带来了更加坚实的支撑。

3.2 后处理与误差修正

后处理与误差修正技术是提高无人机 RTK 定位精度的另一个关键环节。在信号遮挡、设备故障等特殊环境条件下,即便 RTK 定位技术实施实时差分修正,其误差降低效果也可能并不尽如人意。对已采集数据实施后处理技术,显著提升测量精度,进而保障测绘成果的精确度。在数据采集完毕后,后处理技术针对卫星信号的原始数据进行分析,旨在消除由多路径效应和卫星几何分布不理想等因素引起的定位误差。误差校正等步骤构成了后处理过程,其中涉及差分数据计算等关键环节,流动站的误差得以通过对对比基准站数据得到有效校正,从而显著减少环境因素对测量结果的影响^[3]。

在数据融合过程中,后处理技术得以与高精度算法巧妙融合,通过整合多种测量设备,诸如激光雷达、光学成像、IMU 等传感器所采集的数据,进行深度综合处理,能够显著校正单一设备带来的误差,进而大幅提升定位的精确度与系统的稳定性。在误差修正过程中,确保测量数据可靠性是关键所在,此举措旨在规避因设备误差与信号不良等因素所引发的偏差。RTK 应用领域下,无人机普遍采用卡尔曼滤波算法等数据融合技术以及 GNSS 数据差分处理等误差修正手段。运用所述技术途径,无人机定位的精确度得以提升至厘米级别,从而确保了测量数据的高精确度和可靠性,尤其是在地形复杂和极端环境情境下。

3.3 避免多路径效应与环境干扰

多路径效应和环境干扰是影响无人机 RTK(实时动态定位)精度的两大关键因素。在传输过程中,卫星信号受多种因素影响,其接收质量欠佳,进而对定位的精确度带来负面影响。在传播路径中,卫星信号经地面、建筑与树木等实体反射或折射,导致其传输轨迹发生改变,进而引发接收信号与原信号在时间与相位上的差异,从而造成定位上的误差。在天气、气候、磁场等因素作用下,环境干扰产生,对卫星信号的传播带来显著影响,特别是在地形复杂的都市环境下,信号传播遭遇阻碍,进而显著提升了定位误差的生成可能性。在城市、高楼林立以及山区、森林等复杂地形区域,无人机 RTK 定位技术所面临的多路径效应与环境干扰问题尤为显著,因而,如何高效规避及校正这些效应与干扰,已经成为该技术领域内亟待攻克的关键难题^[4]。

为了避免多路径效应带来的定位误差,常用的技术手段包括优化天线设计、选择合适的天线安装位置和角度,

以及采用多频段接收技术等。天线设计的优化是减少多路径效应的关键。通过提高天线的接收灵敏度、选择性和方向性,可以最大限度地减少接收信号中的反射成分。例如,采用高增益天线和定向天线设计,可以在信号来源的方向上增强信号接收,抑制来自其他方向的反射信号,从而减少由于多路径效应带来的误差。

确定恰当的天线布局及倾斜度,亦为减轻多径效应的良策。高楼林立的城市,天线安装位置的选择尤为关键,障碍物遮挡或反射天线,将使接收信号品质受损,进而影响定位的精确度。为了降低反射信号对通信质量的影响,天线布置需优先考虑开阔地带,同时确保与建筑物及地面反射源保持足够距离。在应对多路径效应的诸多技术手段中,多频段接收机表现出了其显著的缓解作用。具备多频段接收功能的设备,能够捕捉 L1、L2 等不同频段的卫星信号,然而,这些信号在传输过程中会受到多路径效应的各异影响。为在信号处理环节精确辨识出直达信号与反射信号,运用差分修正与多路径分离算法成为关键,此举可大幅减少多路径效应所引发的误差。在 RTK 定位系统中,通过基准站与移动站的差异,对信号的多路径效应实施差分修正,以此显著提升定位的精确度^[5]。

在无人机 RTK 定位精度的影响因素中,环境干扰发挥着不容忽视的作用,其多路径效应亦不容小觑。天气变迁、气候状况、磁场扰动与电磁波干扰等诸多因素,均构成对卫星信号传播特性的直接影响,形成环境干扰的主要来源。在雨雪、雾霾、强风等恶劣气象条件下,信号传播的速度与衰减程度发生改变,从而降低了接收信号的品质,进而影响了定位的精确度。高楼林立的城市中心,电磁环境对 GNSS 信号的传播构成了显著干扰,其影响尤为严重。在现代无人机 RTK 系统的解决方案中,普遍应用多天线接收技术,该技术通过同时捕捉多个方向卫星的信号,旨在有效减轻环境干扰对定位精度的潜在负面影响,定位精度得以稳固,得益于多天线系统对信号多向比与融合,从而剔除干扰,精准剔除受干扰信号。面对繁复环境,实施多天线系统技术,通过对比多元天线接收信号,实现误差的精准修正,显著增强定位的精确度。环境干扰的应对策略中,高精度的差分修正技术与误差检测算法扮演着关键角色。基准站与移动站间实时数据交互,运用差分修正技术,有效校准因天气等环境因素造成的信号误差。电磁干扰侵袭信号时,依托基准站的实时差分修正能力,得以校正信号失真,从而降低干扰对定位精度的负面影响。运用高精度滤波算法、卡尔曼滤波以及自适应算法等技术,对各类来源的干扰信号进行识别与排除,进而显著增强数据的可靠程度^[6]。

无人机 RTK 定位技术,若要克服多路径效应与环境干扰的根源,需在硬件与软件层面持续优化,为确保复杂

环境下的卫星信号接收质量,需研发更高效率的信号接收器、更强的抗干扰天线以及更精确的差分修正装置。在工作环境的多样化考量下,对天线的设计与布置实施个性化选配,旨在增强信号的接收稳定性与可靠性。重点于软件层面,展望未来,引入更为先进的信号处理与误差修正算法,诸如机器学习与人工智能技术,这些技术能自动识别并处理信号干扰,从而显著提高 RTK 定位系统的智能化程度。在实时动态定位环节,这些技术实现了误差的精准剖析,并自主采纳调整措施,显著提升了定位的精确性与可信度。为确保无人机 RTK 定位系统的精确度与稳定性,需多维度考虑,包括硬件的优化与软件的更新,并融入信号增强、差分校正及数据融合等前沿技术,以克服多路径效应与环境干扰的双重挑战。随着技术的不断发展和完善,未来的无人机 RTK 定位技术将能够在更复杂和更严苛的环境中实现高精度的定位,推动其在工程测量、航拍、农业监测等多个领域的广泛应用。

4 结语

总体而言,基于 RTK 技术的无人机高精度地形绘制方法,为传统地形测绘领域带来了革命性的变革。尽管在信号干扰、环境复杂度等方面存在挑战,但随着技术的不断创新与优化,未来的无人机 RTK 系统将在更复杂的环境中展现更强的适应性和稳定性,推动测绘精度和效率的进一步提升。基于 RTK 技术的无人机高精度地形绘制方法不仅为工程测量提供了更高效、精确的解决方案,也为智能化、自动化测绘的未来发展铺平了道路。

[参考文献]

- [1]李晓强,许健.基于无人机遥感技术的高精度地理空间数据获取[J].海河水利,2024(9):68-73.
 - [2]武静,郑惠娟.基于无人机贴近摄影测量技术的城市高精度三维实景模型建模研究[J].价值工程,2023,42(12):123-125.
 - [3]任智龙,李风贤,柴生亮,等.RTK和PPK融合差分技术的无人机摄影测量免像控测图精度实证[J].北京测绘,2022,36(9):1225-1230.
 - [4]李明,饶弘.基于北斗的无人机高精度自主导航与监控技术分析[J].电子元器件与信息技术,2022,6(1):164-166.
 - [5]余力,王晨,刘洪飞,等.基于RTK和PPK技术的无人机航空摄影测量精度分析[J].经纬天地,2021(6):30-32.
 - [6]李天.基于RTK技术的无人机在大比例尺地形图测绘中的精度分析[J].测绘与空间地理信息,2019,42(3):166-168.
- 作者简介:寇永涛(1979.10—)毕业院校:中国地质大学(武汉),所学专业:测绘工程,当前就职单位名称:鄞善县土地勘测规划队,就职单位职务:办公室主任,职称级别:工程师(中级)。