

无人机 RTK 定位技术在工程测量中的精度与可靠性研究

寇永涛

鄯善县土地勘测规划队, 新疆 吐鲁番 838200

[摘要]随着无人机技术和定位技术的不断发展, RTK(实时动态定位)技术在无人机测量中的应用越来越广泛。RTK 定位技术搭载于无人机,能够产出精确至地面测量数据,为工程测量领域带来了创新性的解决方案。工程测量领域,无人机搭载的 RTK 定位技术展现出其精度与可靠性。文章开始对 RTK 定位技术的原理及其应用场景做了详尽的阐述。随后,深入剖析了该技术在多种测量环境下的精度表现。文章重点聚焦于信号干扰、环境因素及系统误差等要素对定位精度所产生的影响,揭示了其内在关联与作用机制。文章通过案例研究,对无人机 RTK 技术在工程测量领域的实际运用成效进行了系统评估,并针对性地探讨了提升该技术精度与信赖度的改良措施。最后,文章总结了无人机 RTK 技术在工程测量中的优势与挑战,为未来的技术发展与实际应用提供了参考。

[关键词]无人机; RTK 定位技术; 工程测量; 精度; 可靠性

DOI: 10.33142/aem.v6i12.14885

中图分类号: U612

文献标识码: A

Research on the Accuracy and Reliability of Unmanned Aerial Vehicle RTK Positioning Technology in Engineering Surveying

KOU Yongtao

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

Abstract: With the continuous development of drone technology and positioning technology, RTK (Real Time Kinematic) technology is becoming increasingly widely used in drone measurement. RTK positioning technology is carried on unmanned aerial vehicle and can produce precise ground measurement data, bringing innovative solutions to the field of engineering surveying. In the field of engineering surveying, RTK positioning technology carried by unmanned aerial vehicle has demonstrated its accuracy and reliability. The article begins with a detailed explanation of the principles and application scenarios of RTK positioning technology. Subsequently, an in-depth analysis was conducted on the accuracy performance of this technology in various measurement environments. The article focuses on the impact of factors such as signal interference, environmental factors, and system errors on positioning accuracy, revealing their inherent correlation and mechanism of action. The article systematically evaluates the practical application effectiveness of unmanned aerial vehicle RTK technology in the field of engineering surveying through case studies, and explores targeted improvement measures to enhance the accuracy and reliability of this technology. Finally, the article summarizes the advantages and challenges of unmanned aerial vehicle RTK technology in engineering surveying, providing reference for future technological development and practical applications.

Keywords: unmanned aerial vehicle; RTK positioning technology; engineering surveying; accuracy; reliability

引言

随着科技的发展,无人机(UAV)技术在各行各业得到了广泛应用,尤其是在工程测量领域。在传统人工测量方法效率低、精度不足背景下,无人机的应用显著提升了测量工作的效率,并能在复杂及风险环境中出色地完成测量职责,大规模工程项目因 RTK(实时动态定位)技术的运用,其无人机在测量定位方面得以显著提升精度,从而获得稳定可靠的技术保障。运用 RTK 技术,借助差分信号对卫星导航系统实施实时误差修正,从而显著提升定位精度,常规应用中精度可至厘米量级,无人机搭载 RTK 技术,在空中迅速且精确地采集地面信息,此技术广泛应用于土地测量、建筑施工及交通规划等众多领域,在工程测量领域,无人机 RTK 定位技术虽彰显显著效能,然现

实应用尚存环境干扰、信号遮挡与设备技术局限等挑战,确保其定位精度与可靠性乃当务之急。下文就是针对无人机 RTK 定位技术在现代工程测量中的精度与可靠性进行分析与探讨,希望能够促进无人机 RTK 定位技术的广泛应用,同时促进工程测量的精准性与可靠性。

1 RTK 定位技术原理与应用

RTK(实时动态定位)技术是一种通过差分信号实时修正 GPS 或其他卫星导航系统的定位误差的技术。传统的 GPS 定位精度通常在米级范围,而 RTK 技术能够利用基站与流动站之间的实时数据交换,消除大气、地形、建筑物等因素带来的误差,从而将定位精度提升至厘米级。RTK 定位技术的核心原理是基于实时差分技术。通过设置一个基准站接收卫星信号,并计算出其精确位置,将这些数据

与流动站（如无人机或移动设备）的定位数据进行对比，实时进行差分修正，保证测量的高精度^[1]。

RTK 定位技术，搭载于无人机之上，能实时获取高精度位置数据，其应用领域广泛，涉及土地测绘、地形勘查、建筑物高精度定位以及农业作业等多个方面。运用无人机装备 RTK 技术，相较于传统人工及常规 GPS 测法，大幅提升了测量作业的效率，并在险峻或繁杂的地理环境中实现了高精度的数据采集。在高精度工程测量领域，无人机的运用因其机动性与高效性而日益广泛，而 RTK 定位技术的引入则大幅提升了测量精度，促使无人机技术逐渐成为主流。

2 无人机 RTK 定位技术的精度

无人机 RTK 定位技术的精度是其广泛应用的关键因素之一。工程项目对于无人机借助 RTK 技术所达到的厘米级定位精度，有着至关重要的依赖。在涉及土地测绘、建筑物结构设计、道路规划等众多工程项目中，精准的定位数据对后续作业构筑了牢不可破的数据基础。定位精度的高低，深受卫星信号强度与稳定性的直接影响。在山谷、密林等复杂地形中，高楼大厦频现，往往导致信号受阻，进而引发定位精度的显著降低^[2]。

基于 RTK 技术，基站与流动站间的差分数据用于校正定位误差，而基站与流动站之间的距离、相对高度差异以及信号传输的时延等因素均对定位精度产生显著影响。在一般情况下，流动站与基站之间的距离缩小，所获得的修正精度便显著提升。在电离层等大气层结构中，任何变动均可能对 GPS 卫星信号的传播速率产生显著影响，进而导致定位精度误差。在极端天气或地理条件下，即便采用高精度 RTK 系统，信号实时差分修正仍可能难以完全消除误差，从而对测量精度产生不利影响。借助多频段接收、差分 GPS 等技术，后处理技术得到应用，显著提升了无人机 RTK 定位的精确度，确保了其在多元复杂环境中的使用效能。

3 无人机 RTK 定位技术的可靠性

无人机 RTK 定位技术的可靠性是其在工程测量中能否成功应用的关键因素之一。在实际应用中，无人机 RTK 技术虽能输出高精度测量数据，然而保障其稳定运行与信赖度依旧构成一大难题。环境因素对无人机定位精度的制约显著，定位数据的准确性可能受到城市高楼、山区复杂地形以及天气变化的干扰，这些因素可能导致信号遮挡或多路径效应的产生。确保飞行过程可靠性，需实施科学合理的航线规划，规避高干扰地带，并采纳高端的抗干扰技术与多频段信号接收技术。为确保无人机 RTK 定位系统的设备持续保持其正常运行状态，该系统亟需定期施行校准与维护作业。硬件性能、天线质量、接收机精度等因素，共同影响着无人机 RTK 系统的可靠性。

实时数据传输与修正构成了无人机 RTK 定位系统的基础，然而，传输过程中若出现延时、丢包或误差，这些因素将不可避免地结果的可靠性产生不利影响。在确保

数据可靠性的过程中，除采纳 RTK 实时修正技术外，还需融合误差后处理技术，以进一步增强数据的稳定性与精确度。适应性强的无人机 RTK 系统，能够针对各类测量需求及环境状况灵活做出调整。在系统设计与应用过程中，需高度重视复杂环境下的信号接收稳定性以及高精度要求下的数据可靠性保障。无人机 RTK 技术虽然能实现高精度定位，但其可靠性受制于诸多要素。无人机 RTK 定位技术，依托于 RTK 系统，其抗干扰能力及设备稳定性将因技术革新而显著增强，同时数据修正手段亦得到加强，从而极大提升了定位技术的可靠性，为工程测量领域提供了更为坚实的技术保障^[3]。

4 提升无人机 RTK 定位精度与可靠性的优化策略

4.1 信号优化与增强技术

信号优化与增强技术是提升无人机 RTK 定位精度和可靠性的关键技术之一。无人机 RTK 系统在定位过程中，卫星信号易受多因素干扰，诸如天气、大气、电离层效应、地形及建筑物遮挡等，由此引发信号衰减、多路径效应以及信号遮挡等问题，这些因素对无人机 RTK 系统的定位精度与可靠性构成直接影响。在 RTK 系统性能提升的关键节点，对信号进行优化与增强，成效显著，信号优化领域，多频段接收技术占据着关键位置。作为一项至关重要的手段，在传统定位技术中，RTK 系统多借助单一频段的 GPS 信号进行定位，然而，现代导航系统，诸如北斗、GLONASS 以及 Galileo 等，则广泛采用多个频段提供的信号源。采用多频段信号接收技术，能显著降低信号干扰，特别是在大气层和电离层等产生的误差方面，通过组合与调整不同频段的信号，显著提升定位的精确度。在实践操作层面，通过运用多频段接收技术，无人机 RTK 系统的定位稳定性得到显著增强，尤其是在面对城市复杂环境或信号受阻的区域。

提升定位精度，关键在于提高信号的质量与强度。采用增益更高的天线设计，显著提升了信号的捕获效能，尤其在广阔的开放空间或信号传输距离较长时，天线本身的品质及其设计对其信号接收品质的提升起着至关重要的作用。借助卫星增强信号系统，例如 WAAS、EGNOS 等，RTK 定位的精准度与信赖度得以显著提升。借助卫星增强技术，得以优化定位系统在偏远或信号波动区域的表现，从而确保无人机在各种应用场合的稳定运行。在无人机与卫星定位系统广泛应用的当下，信号干扰现象在城市复杂环境中的严重程度日益加剧，其他无线电频段所发出的信号及噪声等干扰源，可能引发定位上的误差。实施信号加密技术、频谱分析与选择性滤波等抗干扰手段，显著减少干扰对无人机 RTK 系统信号品质的负面影响，增强其在复杂环境中的适应能力^[4]。

4.2 高精度测量设备与系统设计

高精度测量设备与系统设计是确保无人机 RTK 定位技术在工程测量中取得最佳效果的基础。RTK 测量系统，作为无人机技术的核心组成部分，依托高精度 GNSS 接收

机、惯性导航系统(INS)、精密传感器及高性能处理单元,构建起了一套精确测量的技术体系。系统的设计,需全面考量硬件性能的卓越、数据传输的稳定性、环境适应的能力以及操作的便捷性,诸多要素均需满足严格的要求。无人机 RTK 系统中,GNSS 接收机扮演着至关重要的角色,其性能直接关乎整个系统的定位准确性与稳定度。为获取更为精确的定位信息,必须选用具有高精度的全球导航卫星系统接收设备,支持多颗卫星信号接收的这些设备,兼容 GPS、北斗、GLONASS 等多种卫星系统,并能实施实时差分修正,旨在提供精确至厘米的定位精度。在城市峡谷、山区等信号微弱区域,高精度 GNSS 接收机展现出卓越的抗干扰性能,确保其在复杂环境中稳定运行,提高测量精度的关键在于选用适宜的 GNSS 接收机。GNSS 接收机与惯性导航系统相结合,显著增强了定位的精确度,借助加速度计、陀螺仪等传感器,系统对无人机姿态与运动进行实时监测,并补充提供精准位置信息。GNSS 接收机所输出的定位数据在多数情形下准确无误,然而,在遭遇信号暂时中断的特定时段,其定位精度有所减退,无人机在卫星信号缺失的情况下,借助 INS 补充的定位信息,得以维持高精度导航^[5]。

在特定环境条件下,精密传感器,诸如气压计与温湿度传感器等,亦能有效提升测量的精确度。无人机的高度调整依赖于气压计对气压波动的捕捉,而温湿度传感器的应用则对大气误差的校正起到关键作用。GNSS 信号存在不足,然而局部作用的这些传感器在一定程度上能够加以补充,从而显著增强无人机定位系统的精确度和可靠性。无人机 RTK 系统的性能,其关键在于数据处理单元的设计,确保系统在飞行过程中对环境变化作出即时响应,实现高效、快速的数据处理与修正,进而进行实时数据分析与调整。在数据量庞大、计算需求高的背景下,对数据处理单元的稳定性与高速处理能力提出了严苛要求。确保其性能始终高效而稳定,工程测量的无人机 RTK 定位技术的成功与否,攸关于高精度测量设备与系统设计的精良程度^[6]。

4.3 后处理技术与误差修正

后处理技术与误差修正是提高无人机 RTK 定位系统精度和可靠性的重要手段。尽管实时差分修正的 RTK 技术能够实现厘米级的精确定位,然而,而在应用环节,诸如卫星信号遮蔽、大气效应等环境要素,仍有可能导致定位误差的产生。在提升无人机 RTK 定位精度的过程中,后处理技术与误差修正环节显得尤为关键。对实时获取的定位数据,后处理技术能够实施高精度校正,带来显著成效。实施于无人机之上的 RTK 系统,通常需借助基站与流动站的实时差分修正技术来实现精确定位功能。在实时修正环节,因信号干扰及测量环境原因误差微存,以致定位成果未能令人满意。将即时获取的数据与后续修正的数据整合,后处理技术得以有效减少误差,进而显著提升定位的精确度。

在完成测量操作后,相关软件将对流动站与基站的数据定位进行详尽分析与细致比对。借助高精度差分数据修正算法,精确消除误差。

误差修正技术主要包括大气修正、坐标转换、轨迹修正等几种方法。对大气层进行修正时,卫星信号的传播速度因受电离层与对流层影响而出现速度偏差,对电离层与对流层实施实时监测,并对误差进行修正,以保障定位的精确度。计算不同坐标系间的差异,实现坐标转换,以消除误差。通过对无人机飞行轨迹进行重新分析,旨在修正飞行姿态误差,确保轨迹数据精确无误。在误差修正领域,针对多路径效应及信号遮挡现象的修正技术亦占有重要一席之地,复杂环境下,地面物体对卫星信号的反射作用,可能导致多路径效应的产生,进而触发定位误差问题。通过对信号接收路径实施分析与调整,以此消除误差,显著提高测量准确度。在无人机 RTK 定位系统的精度与可靠性提升过程中,后处理技术与误差修正手段发挥着至关重要的作用。通过对实时数据进行进一步的修正与优化,可以有效消除误差,确保无人机在各种复杂环境的高精度定位^[7]。

5 结语

尽管无人机 RTK 定位技术在工程测量中存在一些挑战,但通过不断优化技术手段和实施有效的误差修正措施,该技术在提高测量精度、增强系统可靠性、提升工作效率方面展现出巨大的潜力。随着技术的发展,预计无人机 RTK 定位将在工程测量领域发挥更大的作用,并成为工程测量行业未来发展的重要趋势。

[参考文献]

- [1]韩钧宇.工程测量工作中的 GNSS-RTK 技术实践[J].中华建设,2024(11):148-150.
 - [2]谢助兵.GNSS 测量技术在工程测量中的应用[J].价值工程,2024,43(25):115-118.
 - [3]贾秀芳.RTK 定位系统中 GPS 测量技术在水利水电工程测量中的应用研究[J].水利科技与经济,2024,30(2):57-61.
 - [4]王玉晴.GPS 测量技术在工程测量中的应用[J].产业创新研究,2021(20):142-144.
 - [5]谢梓楠.水利工程测量实时动态定位技术的应用研究[J].珠江水运,2021(11):93-94.
 - [6]苏宇.GNSS 卫星定位技术及其在工程测量教学中的应用策略[J].现代物业(中旬刊),2020(6):186-187.
 - [7]曹龔.RTK 测量技术在城乡测量工程中的应用[J].江西建材,2020(4):87-88.
- 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:鄯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)。