

提高无人机航测 RTK 定位技术在石化系统应用效率的方法

冯聚明

北京东方新星勘察设计有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1942

[摘要] 本文研究了石油化工系统中无人机RTK定位技术的应用效率提高方法,并对RTK定位技术原理、应用场景及面临的挑战进行了分析。进一步提高了定位精度和实时反馈能力,通过对基准站和流动站进行优化配置,提高了卫星信号质量和抗干扰能力,改进了数据处理和算法。结合石油化工行业的实际需求,对RTK技术在复杂环境下的优化效果进行了探讨。结果显示,通过合理的系统优化、智能检测和管理对石化行业提供技术支持,可以有效提高作业效率、降低成本。

[关键词] 无人机; RTK定位技术; 石化系统; 信号优化; 数据处理

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Methods to improve the application efficiency of RTK positioning technology of UAV aerial survey in petrochemical system

Juming Feng

Beijing Oriental Xinxing Survey and Design Co., Ltd.

[Abstract] This paper studies the method to improve the application efficiency of RTK positioning technology for unmanned aerial vehicles in petrochemical system, and analyzes the principle, application scenarios and challenges of RTK positioning technology. The positioning accuracy and real-time feedback ability are further improved. By optimizing the configuration of reference station and rover station, the satellite signal quality and anti-interference ability are improved, and the data processing and algorithm are improved. Combined with the actual demand of petrochemical industry, the optimization effect of RTK technology in complex environment is discussed. The results show that providing technical support to petrochemical industry through reasonable system optimization, intelligent detection and management can effectively improve operation efficiency and reduce costs.

[Key words] UAV; RTK positioning technology; Petrochemical system; Signal optimization; data processing

引言

随着无人机技术的迅猛发展,航空测绘已成为各行业中不可或缺的技术手段。RTK(实时动态差分定位)技术作为提升无人机定位度的核心技术,在航测领域得到了广泛应用。尤其在石化行业,精准的定位与测量数据对生产安全、设施管理与环境监测具有至关重要的作用。由于石化环境的复杂性,如管道铺设的广泛性、设备的多样性以及潜在的信号干扰问题,传统测量手段无法满足高效、精准的要求。RTK技术凭借其毫米级的定位精度,能够有效克服这些挑战。然而,在复杂地形和环境条件下,如何提升RTK定位技术的效率和精度,仍然是一个亟待解决的问题。本文将探讨提升无人机RTK定位技术在石化系统中的应用效率的优化方法,并通过实际案例分析,展示优化后的效果与应用前景。

1 RTK定位技术原理与应用挑战

1.1 RTK定位技术的基本原理

RTK(Real-Time Kinematic)定位技术基于差分定位原理,通过基准站和流动站的协同工作,实现对定位精度的实时修正。RTK系统由基准站、流动站和数据传输链路组成。基准站设置在已知坐标点上,实时接收卫星信号,并将卫星信号的误差信息发送给流动站,流动站接收基准站发送的修正信号后,对本身的定位结果进行精度修正。在RTK技术中,信号的传播与修正过程至关重要。伪距修正和载波相位修正是两种核心的计算方法。伪距修正通过测量信号传输的时间差来估算距离,受卫星轨道和大气层折射的影响较大,因此需要借助基准站的数据进行校正。载波相位修正则利用载波的相位信息进行更加精确的定位,这种方法能够显著提高定位精度,特别是在短时间内的精密测量中。

1.2 RTK定位技术在无人机航测中的应用

在无人机航测过程中,RTK定位技术的应用是关键,可以显著优化测量精度,并保证实时控制飞行轨迹。搭载RTK设备的无人机多以单频RTK和双频RTK系统为常见配置。适合简单应用场景的主要是使用L1频段信号的单频RTK系统,但可能会因信号干扰而影响定位精度。双频RTK系统则同时利用L1和L2频段的信号,可以有效减少电离层误差,提升定位精度和抗干扰能力,尤其适用于复杂的环境下,如工业区、城市高楼等信号干扰严重的区域。

多种因素影响无人机RTK定位的精度,包括卫星信号质量、基准站选择和飞行环境中的干扰。在选择基准站时,避免高楼或植被等物体遮挡其周围环境开阔性至关重要。电磁波、无线电频率拥堵等环境干扰亦可能增加信号不稳定和定位误差。具体数据如下表1所示。

表1 无人机RTK定位精度对比(基于不同频段与环境因素)

测量条件	单频RTK精度	双频RTK精度	影响因素
开阔地区(无干扰)	±3 cm	±1 cm	信号接收质量、卫星可见度
城市环境(建筑物干扰)	±10 cm	±3 cm	电磁干扰、建筑物遮挡
高山地形(视距差)	±5 cm	±2 cm	地形变化、信号衰减

1.3 RTK定位技术面临的主要挑战

RTK技术虽然精度高、可靠性高,但在实际应用中还是遇到了一定的技术难关。在城市建筑群、森林、山区等复杂环境下,卫星信号易受遮挡、反射,造成信号多径作用,定位精度明显降低。如高层建筑附近信号反射,可能造成定位误差增大,甚至定位失效。为了解决这一问题,为了提高抗干扰能力,通常需要采用增加基准站数量的方法,使用多频段RTK系统。依靠网络的稳定性和带宽,需要依靠基准站和流动站之间的实时数据传输。实时差分校正效率会受到影响,导致定位更新频率降低,从而影响实时控制飞行轨迹,当网络延迟较大或不稳定时。在无人机飞行过程中,动态误差会对定位精度造成不利影响,原因包括飞行速度、气流变化、机械震动等。这些动态因素通常很难完全消除,需要实时修正误差,例如卡尔曼滤波算法。虽然RTK定位能够提供高精度的数据,但是在实时数据和更新频率之间的传输还是有一定的延迟性。实时性在飞行控制中显得尤为重要,特别是路径规划、障碍物回避等在如实执行动态任务时显得尤为重要。如果更新数据的频率太低,就有可能造成无人机的飞行路径偏离实际位置,甚至操作失误。

2 提高无人机RTK定位效率的优化方法

2.1 基准站与流动站配置优化

RTK定位精度受到基准站位置的直接影响。理想的基准站定位要设在不受遮挡的开阔区,避免对卫星信号的接收质量造成不良影响的高楼、密集建筑、山脉或其他大范围的遮挡物等。为了保证其能够有效地进行差分校正,并提供准确的数据,基准站

需要接收比较稳定的、强度适中的卫星信号。在实际应用中,应根据区域内测量任务合理规划基准站的布置,以保证基准站能够覆盖无人机的飞行区域。在飞行过程中,飞行路径的规划和高度控制直接影响到RTK定位的精度。在设计飞行路线时,尽量避免由于飞行线路过于复杂或出现较大转弯而导致无人机接收基准站信号角度不理想,进而影响定位精度等原因造成的。

2.2 卫星信号质量与环境干扰的改善

在无人机航测过程中,采用多路径信号处理技术能够有效提高信号质量,减少多路径效应的干扰。多路径效应指的是卫星信号通过建筑物、山脉或其他反射物体反射后到达接收器,导致定位误差。双频RTK系统通过同时接收L1与L2频段的信号,相比于单频系统,能够有效减小电离层误差,提升抗干扰能力,尤其在复杂环境下,如城市高楼或工业区,电磁干扰和遮挡较为严重的地方,双频RTK系统能够保持更高的精度和稳定性。由于L2频段的信号较少受到电离层影响,双频RTK系统可以在这些环境中取得更可靠的定位结果。环境中的电磁干扰、信号阻塞以及反射效应会影响卫星信号的质量。为了提高系统的抗干扰能力,可以通过加装抗干扰设备来屏蔽外部干扰信号,如使用高性能的天线设计或射频隔离技术。

2.3 数据处理与算法优化

实时的数据传输和处理可以减少数据延迟,提高定位更新频率,从而保证无人机在飞行过程中的实时定位精确度。为此,确保大规模数据传输的稳定性和实时性,需要采用高效的数据传输协议和处理机制。在一些高动态、高速飞行的任务中,减少数据延迟不仅有助于提高定位精度,而且可以增强飞行控制系统的实时反应能力,在执行任务时,数据延迟的降低对定位精度的提高作为常见的差分修正算法,卡尔曼滤波能够在进一步提高定位精度和稳定性的RTK系统中实时估计和修正误差。通过系统动态模型的预测和测量值的更新,卡尔曼滤波可以有效地过滤掉噪音和动态误差,从而使差分修正过程达到最优化的目的。多点数据采集和冗余计算,数据冗余和误差修正技术能够降低系统误差。安装多个传感器,在不同的位置进行多点数据的收集,单点失效所带来的风险可以得到有效的降低。

2.4 RTK定位系统与无人机飞行控制系统的协同优化

推进无人机航测精度和效率的核心是RTK定位系统和无人机飞行控制系统的紧密集成。以RTK为主的飞行路径规划与控制可以动态地通过实时定位数据加以调整,从而使无人机可以按照预定路线精确飞行,从而避免飞行过程中可能出现的偏移。飞行控制系统需要根据定位数据实时反馈和调整,这样才能保证UAV始终处于理想的航行轨道上。无人机航测任务的实时反馈与调整,也需要依靠RTK系统所提供的定位信息来进行实时反馈。飞行管制系统在执行任务的时候,可以动态地根据实时定位数据对飞行路径进行调整,这样可以保证精确完成航测任务。飞行路径的实时调整可以大大减少时间和资源浪费,不管是进行区域内的巡视,还是执行某些精确的测绘任务航的轨进行定位跟踪航的空间随、轨实时以及和航跟踪的定位。

3 无人机RTK定位技术在石化系统中的应用案例

3.1 石化系统中的测量需求与挑战

石化系统的运行中涉及大量复杂设施的监控与测量任务，尤其是管道的监测、智能化管道建设和环境评估等。管道的监测任务要求对长距离、复杂结构的管道进行定期巡检，确保没有泄漏、腐蚀或其他潜在的安全隐患。设备巡检则涵盖了对各类工业设备、储罐和反应器的定期检查，目的是确保其正常运行并延长设备使用寿命。石化企业的环境通常是高度复杂的，地形多变且存在大量高塔、设备和管道设施，这对无人机的飞行路径规划和信号接收提出了较高要求。电磁干扰和环境遮挡是RTK定位技术的另一大挑战。石化厂区的钢铁结构、油罐、管道等大规模金属设施以及密集的设备布局往往会导致卫星信号无法直接到达接收装置，从而影响定位精度。

3.2 应用案例分析：无人机RTK定位技术在石化系统中的优化应用

无人机RTK技术是某石化厂普遍用于管道巡检及器材检测的。该厂采用的是由无人机所配套的RTK定位系统来定时检查厂区内管道网络，用于厂区内管道的网络。相对于手工的传统巡检方式而言，UAV的应用使得操作效率和精确度的提高是非常大的。通过RTK技术，使巡检人员能够准确定位潜在的泄漏点或装置的故障部位，从而实时地为千分定位精度提供无人机。石化厂通过对RTK技术的应用来减少约30%的巡检时间，同时使巡检的精确度和覆盖面都得到了很好的提高。无人机的高效率劳动，在不占用大量的人工巡检的情况下，在很广的区域内，劳动者可以将更多的精力放在处理较复杂的问题上来。

3.3 数据应用与实际效果评估

表2 无人机RTK定位技术应用效果评估数据

项目	传统方法	RTK优化后	提升百分比
巡检时间(小时)	10	7.5	0.25
定位精度(米)	5	0.02	0.99
巡检覆盖率(%)	85	100	0.15
故障发现率(%)	75	95	0.2
设备停机时间(小时)	120	80	0.33

石化系统中，无人机RTK定位系统数据采集与处理过程经历了精细的优化，实时性和准确性得以保障。无人机收集的信息不断被系统回馈给控制中心实时处理，传输延迟大幅度降低。有了这些实时获取的数据，生产环境调整和优化会很轻松的完成。数据评估显示，应用RTK技术后，定位精度相比传统方法提升了约25%，作业效率提高了20%以上。具体的实际效果评估数据如下表2所示。

从上面表格可以看出，RTK技术在提升定位精度、减少巡检时间、提高故障发现率等方面表现出了明显优势。

4 结论

本文通过探讨在石油化工系统中应用无人机RTK定位技术，提高测量精度、作业效率及装备巡检的优越性。RTK定位系统的整体性能是通过基准站配置、卫星信号质量、环境干扰、资料处理算法和飞行控制系统的优化而得到提升的。RTK技术在石化厂的实际应用案例中显著提高了定位精度，减少了巡视时间，提高了故障发现率，为石化企业安全生产、设备管理带来了显著的效益。虽然石化环境中复杂的地形、信号干扰仍是挑战，但通过基准站的合理配置、抗干扰能力的增强以及数据的传输和处理的优化，这些都能够有效地克服这些问题。无人机RTK技术的应用不仅使石化系统自动化、智能化水平得到提高，而且为今后广泛应用于更多复杂环境下提供了宝贵的经验。

[参考文献]

- [1]俞炜平,刘志鹏,高亚洲,等.无人机实时动态精准定位技术研究[J].自动化技术与应用,1-5[2024-12-01].
- [2]周平,陈祺,林辉,等.基于无人机的卫星干扰源时频差定位技术[J].中国无线电,2024,(09):48-50.
- [3]郭智鹏,周升舟,陈汝.基于无人机识别定位技术的钢网架屋面智能吊装施工技术[J].住宅产业,2024,(05):78-81.
- [4]黄成贵.水运工程中无人机摄影测量与RTK的应用探讨[J].珠江水运,2024,(08):51-53.

作者简介:

冯聚明(1987--),男,汉族,河北省石家庄市人,工程师,本科,研究方向:无人机航测应用。