

北斗导航系统在工程测量中的定位精度与误差修正研究

寇永涛

鄯善县土地勘测规划队, 新疆 吐鲁番 838200

[摘要] 随着现代工程建设对精度要求的不断提高, 北斗导航系统在工程测量中的应用越来越广泛。在我国国内工程测量领域, 北斗导航系统凭借其卓越的独立自主定位技能, 能在错综复杂的情境中实施精确的定位作业, 展现出明显的技术优势。在北斗导航系统的应用实践中, 定位精度的不理想和误差修正难题仍旧突出, 特别是在对高精度工程测量以及复杂地形进行定位时, 如何提升定位精度和校正误差变得尤为关键。在工程测量领域, 北斗导航系统的定位精度备受关注, 文章剖析了影响其精度的多元因素, 并针对误差问题, 提出了差分技术修正、信号融合修正及数据处理优化等策略。实施有效的误差修正策略, 对于提升北斗导航系统在工程测量领域的定位准确度, 从而增强工程测量的全面品质与效能具有显著作用。

[关键词] 北斗导航系统; 工程测量; 定位精度; 误差修正; 差分技术; 信号融合

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16349

中图分类号: TN967.2

文献标识码: A

Research on Positioning Accuracy and Error Correction of Beidou Navigation System in Engineering Surveying

KOU Yongtao

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

Abstract: With the continuous improvement of precision requirements in modern engineering construction, the application of Beidou Navigation System in engineering surveying is becoming increasingly widespread. In the field of engineering surveying in China, the Beidou Navigation System, with its excellent independent positioning skills, can implement precise positioning operations in complex situations, demonstrating significant technological advantages. In the application practice of the Beidou Navigation System, the problem of poor positioning accuracy and error correction is still prominent, especially in high-precision engineering surveying and complex terrain positioning. How to improve positioning accuracy and correct errors has become particularly crucial. In the field of engineering surveying, the positioning accuracy of the Beidou Navigation System has attracted much attention. This article analyzes the multiple factors that affect its accuracy, and proposes strategies such as differential technology correction, signal fusion correction, and data processing optimization to address error issues. Implementing effective error correction strategies plays a significant role in improving the positioning accuracy of the Beidou Navigation System in the field of engineering surveying, thereby enhancing the overall quality and efficiency of engineering surveying.

Keywords: Beidou Navigation System; engineering surveying; positioning accuracy; error correction; different technology; signal fusion

引言

随着国家基础设施建设和工程项目的快速发展, 精确的工程测量数据成为工程设计和施工的重要依据。尽管全站仪与水平仪等传统测量工具在实际领域被广泛应用, 然其操作流程繁杂且测量精度有所局限, 工程测量领域因全球导航卫星系统, 如 GPS、GLONASS 与北斗导航系统的崛起, 而经历了翻天覆地的革命性转变。在国内, 北斗导航系统凭借其自主可控性、广泛覆盖范围和较高精度等显著优势, 已在工程测量领域中得到了广泛运用^[1]。尽管北斗导航系统在测量领域展现出卓越性能, 然而在高精度测量环节, 其定位精度仍有待提高。误差修正问题对定位精度的影响, 不仅源于卫星信号质量、测量环境、设备精度等要素, 亦深涉于各类误差的调整与校准过程。在当前工程测量领域中, 亟待解决的是如何提升北斗导航系统在复杂环境中的定位精度, 并降低系统误差。以北斗导航系统在

工程测量领域的应用现状为切入点, 探讨影响定位精度的关键要素, 并研究误差修正的策略, 旨在为提升北斗导航系统在工程测量领域的应用效果提供理论支撑与技术保障。

1 北斗导航系统概述

北斗导航系统是由中国自主研发并建设的全球卫星导航系统 (GNSS), 其核心功能是通过卫星向地面用户提供精确的定位、导航和授时服务。自 2000 年起, 北斗系统的建设工作逐步推进, 经历了从区域系统到全球系统的多阶段发展。北斗系统由空间段、地面段和用户段组成, 其中空间段包括了多个卫星星座, 地面段则负责卫星的监控和管理, 而用户段则是指接收卫星信号的终端设备, 如导航仪、智能手机、无人机等。

北斗导航系统的优势, 在于其独立自主的控制能力, 能有效避免对别国导航系统的依赖可能引发的风险。覆盖全球范围的北斗系统, 不仅为中国本土用户提供服务, 亦

正逐步向全球用户扩展其高精度定位及全天候服务的覆盖面。在全球卫星导航系统中,北斗的比重日益凸显,尤其在亚洲区域,其导航系统的覆盖范围已高达 99%,显著增强了该区域内定位的准确性与可信度^[2]。

在应用方面,北斗导航系统已经广泛融入交通、农业、渔业、灾害监测、环境监控等多个领域。大规模基础设施建设、城市规划、土地测量等领域,得益于北斗系统提供的高精度定位服务,得以获得显著支撑。采用差分技术(RTK)、PPP(精密单点定位)等手段,北斗系统确保了厘米级的高精度定位,为高精度工程测量提供了可靠支持。在全球科技舞台上,我国北斗导航系统的构建显著增强了我方的话语权,同时,为国内外广大用户带来了稳定可靠的定位支持。

2 北斗导航系统在工程测量中的定位精度

2.1 卫星信号质量

卫星信号质量是影响北斗导航系统定位精度的关键因素之一。传播路径上的卫星信号,其传输稳定性易受大气折射、天线性能、卫星稳定性等多重因素影响,大气层中的电离层与对流层,它们对卫星信号的折射效应引发了信号的时延与失真,进而对定位的精确度产生了影响。在高纬度地带,电离层的效应尤为突出,进而可能增大定位误差的幅度,北斗系统在追求定位精度的提升上,通常运用双频技术手段,借助捕获两个不同频段的信号,从而有效削弱电离层效应对定位精度的干扰作用^[3]。

信号质量的高低,在很大程度上受到卫星健康状况的制约。传输质量作为卫星信号的关键属性,其优劣程度与卫星的地理位置、运动速度以及运行稳定性紧密相扣,轨道出现故障或偏差,卫星的状况直接作用于地面接收终端,进而影响信号品质。对于北斗系统而言,卫星的实时监测与管理至为关键,依托地面控制站提供的精准数据反馈,能够迅速调整卫星轨道,进而保障其信号的精确与稳定。在诸多影响信号品质的要素中,信号传播路径的复杂性亦不容忽视。尤其是在复杂地形如城市峡谷与山区,其建筑物、山脉或树木等障碍物,常常成为遮挡卫星信号的罪魁祸首,使得信号路径复杂化,形成多路径效应。信号或被反射或被折射至各异接收点,进而放大定位误差。

2.2 测量环境与地形因素

北斗导航系统的定位精度,深受测量环境与地形因素的深刻影响。不同地形的高低起伏、建筑物密度的差异以及各种天气状况均能在一定程度上干扰信号传输与接收,进而对定位的精确度带来影响。城市环境中由于建筑物的阻挡,卫星信号往往会受到较大干扰。尤其是在高楼林立的城市峡谷中,信号的多路径效应非常明显,造成接收信号的不稳定和误差增大。因此,在这些区域进行高精度的工程测量时,必须采用差分技术或地面基站来进行误差修正,以提高定位精度。

地形复杂区域,如山区,卫星信号受遮挡影响更为显

著。地形的高低错落,使得卫星信号频遭山脉的遮挡,由此导致接收到的信号强度大幅减弱,有时甚至完全中断联系。在山区,气候变化显著,雾霾、降雨、强风等自然现象亦可能干扰卫星信号,进而对定位的准确性构成影响。在开阔地带,定位工作者需采取多频策略,以减弱信号衰减及反射,进而确保定位精确度的提升。卫星信号的传输品质深受天气状况之影响,成为不可忽视的关键要素。在遭受剧烈电磁干扰或遭遇雷电侵袭的恶劣天气条件下,卫星的常规运作可能会遭遇阻碍,进而引发信号在短时间内出现丢失或品质下滑的现象^[4]。

2.3 测量设备与技术

测量设备和技术对北斗导航系统的定位精度具有直接影响。测量设备与技术伴随北斗系统的进步而持续迭代,旨在满足日益提升的测量精度要求。在定位精度方面,测量设备的硬件质量扮演着至关重要的基础角色,天线与高精度接收机的巧妙组合,显著增强了信号接收的灵敏性与稳定性,有效降低了信号衰减与多径效应导致的定位误差。利用高性能的实时动态定位接收机,大幅提升定位的准确度,确保达到厘米级别的精确定位效果。确保高精度定位,选择恰当的测量技术至关重要。基于差分技术(RTK/DGNSS),北斗系统得以实施定位误差的修正,从而显著提升定位的准确性。在已知基站坐标与移动站间,差分技术实时传输数据,供应定位误差修正信号,以此消除大气层、电离层、卫星轨道等因素导致的误差。

在定位精度的提升过程中,数据处理与优化技术的运用发挥着关键作用。实施对卫星信号的多轮测量与数据整合,显著增强定位的稳定性与可信度。全球定位系统如北斗,融合了包括 GPS 与 GLONASS 在内的多频信号,借助先进技术显著增强了定位的精确度与抗干扰性能。工程测量领域逐渐融入了地理信息系统与数据优化平台。依托云计算、大数据技术的助力,这些系统与平台得以实现测量数据的实时分析与处理,从而对测量数据实施高效优化与修正,最终显著提升测量的准确性与效能^[5]。

3 误差修正技术的研究与应用

在北斗导航系统的应用过程中,定位误差是影响工程测量精度的关键因素。为了解决这一问题,误差修正技术被广泛研究并应用于实际工程测量中。误差修正技术主要包括差分定位技术、实时动态定位(RTK)技术、精密单点定位(PPP)技术等,这些技术能够有效地减少由大气、信号干扰以及卫星轨道误差等因素引起的误差,从而提高定位精度。在众多定位修正手段中,差分定位技术(简称 DGPS)尤为普遍,其作为修正技术的佼佼者,发挥着举足轻重的作用。误差修正,借助差分技术,通过已知基站与移动站间的实时信号传输,有效抵消大气层及地球曲率等因素对卫星信号的干扰,确保实现更高的定位精度的目标。厘米级精度的定位,得益于差分技术的应用,此技术在大

范围、高精度的工程测量领域展现其显著优势。在执行建筑工程的场地测绘及高精度地形绘制过程中,差分定位技术能够确保提供更精确的地理坐标。

RTK 技术,通过基站与流动接收机实时数据交互,显著提升了定位的准确度。采用实时修正技术,RTK 对基站发射的卫星信号进行即时处理,确保接收设备获取的坐标精确至毫米级别。在工程测量的范畴内,RTK 技术特别适宜执行诸如工程控制点确立、土地测绘等精确作业,确保产出地理信息的超高精确度。在北斗导航系统的误差修正过程中,精密单点定位技术扮演着至关重要的角色。卫星轨道和钟差模型辅助下,PPP 技术依托地面监测数据,对信号实施实时校准,从而大幅提升定位精确度。基于无需基站支持,这项技术在偏远区域与高空设施部署中尤为适用,诸如航空、航天测量等领域^[6]。北斗导航系统的精度因误差修正技术的应用而显著提升,该技术亦在众多工程测量领域得以普遍采纳。误差修正技术在大型工程建设中扮演着关键角色,它确保了施工的精确度,为建筑结构设计、工程布局和地形测量等领域提供了精确的数据支持。

4 北斗导航系统在工程测量中的应用实例与误差修正效果

我国自主研发的北斗导航系统,作为全球卫星导航领域的一员,已在众多工程测量项目中展现出其广泛应用的价值。误差修正技术被应用于北斗导航系统,显著提升了其定位服务的精度,进而大幅提高了工程测量的效率和准确度。在城市规划与建筑工程测量的领域,北斗导航系统的应用显著提升了测量工作的效率和准确度。在城市基础设施建设的大规模实践中,施工环节对多个关键控制点的精确坐标测定至关重要。运用北斗系统与 RTK 技术,实现实时精确定位,确保施工过程中每个测量点坐标的精确性,有效规避误差累积引发的工程质量疑虑。在大型商业综合体建设过程中,借助北斗系统实施精准的现场定位与测量,能即时锁定建筑物的精确坐标,进而保证其平面布局及垂直高度与设计图完美吻合。

土地测量与边界确定领域,北斗导航系统扮演了至关重要的角色。为确保土地边界精准划设,土地测量过程必须依赖高精度坐标数据,从而实现土地资源的有效配置。人工与手动测量相结合的传统土地测度技术,其精度不高,效能亦不尽人意。依托北斗导航系统,融合差分定位技术(DGPS)对误差进行修正,显著提高测量精度,从而确保土地边界线得以精确划设。在北斗系统与差分定位技术的协同作用下,该省土地勘测项目得以高效推进,数百平方公里土地的测量任务在较短周期内得以圆满完成。道路与桥梁建设领域,北斗导航系统的运用成效斐然。在工程测

量领域,施工单位必须对道路桥梁的高程、坡度、中心线等关键参数进行精准测定,此项工作的完成对于保障交通线路的畅通无阻及行车安全具有极为重要的意义。在上述某市道路建设项目中,RTK 技术与精密单点定位技术相结合,由北斗系统主导,确保了项目施工过程中的全程精确监控,对测量数据进行误差修正后,其精度实现了毫米级别,从而有效阻断了因测量误差造成的施工误差问题^[7]。

在工程测量领域,北斗导航系统的应用显著提高了定位的准确性,同时减少了测量所需的时间,并减轻了人工测量的劳动强度。在误差修正技术的助力下,特别是 RTK、DGPS 及 PPP 技术的应用,北斗系统展现出了更为卓越的效果,它能够有效消除传统测量方法中常见的误差,从而确保工程质量与施工进度的稳步推进。随着技术的不断进步,北斗导航系统在工程测量中的应用将更加广泛,为工程建设提供更加可靠的数据支持。

5 结语

北斗导航系统通过与多种误差修正技术的结合,在工程测量领域取得了显著的成效。随着技术的不断优化和发展,北斗系统的定位精度将不断提高,应用场景也将进一步拓展。未来,随着大数据、云计算、人工智能等技术的融合,北斗导航系统在工程测量中的应用将更加智能化、精准化,为各类工程项目的顺利开展提供更为可靠的数据保障。

【参考文献】

- [1] 万万. 发展北斗卫星技术在土木工程中的应用与展望[J]. 铁道建筑技术, 2024(9): 41-44.
 - [2] 李辉. 浅析北斗卫星导航系统在测绘行业中的应用[J]. 经纬天地, 2024(3): 19-22.
 - [3] 赵留峰. 北斗卫星导航定位系统在大地测量工程中的应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(35): 189-192.
 - [4] 杨磊. 北斗卫星导航系统在工程测绘中的运用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(1): 105-107.
 - [5] 余博斌. 浅谈卫星导航定位系统在工程测量中的应用[J]. 智能城市, 2020, 6(11): 46-47.
 - [6] 田瑜基. 北斗导航系统在测绘工程中的应用[J]. 技术与市场, 2020, 27(5): 37-38.
 - [7] 孙树芳, 许云燕, 王峰. 北斗卫星导航系统在土地测绘坐标系选择中的应用研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(11): 96-101.
- 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)。