

# 大地测量工程中北斗卫星导航定位系统的应用探讨

刘路杨 郭常军

山东省国土测绘院

**摘要:**随着大地测量工程需求的日益增长,北斗卫星导航定位系统的应用受到广泛关注。本文围绕北斗系统在大地测量中的应用进行深入探讨,分析了北斗系统的技术特性、在地籍测量、工程测量及特殊场合应用的实践成效,并针对面临的技术挑战提出了创新解决方案与实施策略。通过对北斗系统应用成效的评估,本文进一步阐述了北斗系统在提升大地测量精度和效率方面的重要作用,展望了北斗系统在未来大地测量工程中的应用前景,旨在为相关领域的科技进步和社会发展贡献力量。

**关键词:**北斗卫星导航系统;大地测量;技术挑战;创新解决方案

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.120

## 一、引言

在社会经济持续发展的当下,大地测量工程的规模和复杂性不断提升,这不仅推动了测绘技术的进步,同时也对其提出了更高的要求。大地测量作为一门综合性科学,它通过测量和分析地球的形状、大小及重力场等特性,为地理信息系统、土地管理、城市规划等多个领域提供了基础数据。在这一背景下,北斗卫星导航定位系统(BDS)凭借其高精度、高可靠性和广泛的服务覆盖,成为大地测量工程中不可或缺的工具。

## 二、北斗卫星导航定位系统概述

北斗卫星导航定位系统(BDS)作为中国自主研发的全球卫星导航系统,已经成为全球四大卫星导航系统之一。其系统架构与工作原理的独特性,不仅展现了卫星导航技术的最新成就,同时也体现了北斗系统在全球导航领域的重要地位。

### (一) 系统架构与工作原理

北斗系统的架构主要由空间段、地面控制段和用户终端三部分组成。空间段包括多颗运行在不同轨道上的卫星,能够覆盖全球范围,为用户提供连续、稳定的导航和定位服务。地面控制段负责监测卫星的健康状态,维护卫星运行轨道和时间系统的准确性,确保服务的高精度和高可靠性。用户终端则是接收卫星信号,根据不同卫星接收到的信号计算出精确位置的装置。工作原理方面,北斗系统通过空间段中的卫星向地球表面广播定位信号,用户终端接收来自不同卫星的信号后,利用三角测量原理计算出用户的精确位置<sup>[1]</sup>。此外,北斗系统还能提供速度测量、时间同步和短消息通信等服务。

### (二) 技术特点与优势

北斗系统最显著的技术特点包括其高定位精度、高时间精度以及独特的短消息服务。首先,北斗系统能够

提供10米以内的定位精度和纳秒级的时间精度,满足了各类应用对高精度定位和时间同步的需求。其次,北斗的短消息服务能够在无网络覆盖的区域,实现简单的文本通信,这一功能在遥远地区或应急救援中具有重要价值。此外,北斗系统具备强大的抗干扰能力和高可靠性,确保在各种环境下均能提供稳定的服务。

### (三) 应用范围

北斗系统的应用范围极为广泛,覆盖交通运输、海洋渔业、公共安全、灾害预防与救援、精准农业、城市管理等多个领域。在交通运输领域,北斗系统能够为车辆提供精确的导航定位服务,优化物流配送路线,提高运输效率。在海洋渔业中,通过北斗定位服务,不仅可以提高船只的航行安全,还能有效管理渔业资源。公共安全方面,北斗系统的应用大大增强了应急管理的时效性和准确性。此外,随着北斗系统技术的不断完善和应用领域的不断拓展,其在全球范围内的影响力将持续增强,为全球用户提供更加全面、高效的服务。

## 三、北斗卫星导航定位系统在大地测量工程中的应用

北斗卫星导航定位系统在大地测量工程中的应用不仅体现了现代测绘技术的进步,也为大地测量的精确性和效率提供了重要保障。

### (一) 应用于地籍测量

地籍测量作为确立土地权属、编制土地利用总体规划和进行土地管理的基础工作,其精确度直接关系到土地资源的合理规划和有效管理。北斗系统在地籍测量中的应用,通过其高精度定位功能,极大提高了地籍测量的准确性和效率。利用北斗系统进行地籍测量,不仅可以减少人为误差,缩短作业时间,还能在复杂地形和遥远地区实现高效测量,特别是在山区、丘陵和林区等GPS信号可能受到遮挡的地方,北斗系统的优势更加明显<sup>[2]</sup>。

在实际操作中,北斗接收机通过捕获卫星信号,快速确定测量点的精确坐标,与传统测量方法相比,大大减少了测量周期,提高了数据的实时性和可靠性。此外,北斗系统还能通过其短消息通信服务,实时传输测量数据,为土地资源管理部门提供即时、准确的地理信息,从而提升土地管理的科学性和有效性。

### (二) 应用于工程测量

在工程测量领域,北斗系统的应用同样显示出其显著优势。工程测量作为工程建设的重要环节,涉及建筑物定位、道路规划、桥梁建设等多个方面,对测量数据的精度和实时性要求极高。北斗系统能够提供高精度的定位服务,确保了工程建设的准确性和安全性。在基础

设施建设中,利用北斗系统进行控制测量和施工布置,可以有效避免工程偏差,保障建设质量<sup>[3]</sup>。

特别是在大型工程项目和复杂环境下的测量工作中,北斗系统展现了其独特的技术优势。例如,在高速公路、铁路建设中,通过北斗系统实时监测工程进度和地形变化,可以及时调整施工方案,优化工程布局。此外,北斗系统还可以与无人机等现代测绘技术结合使用,进行大范围的地形测绘和施工监测,进一步提升工程测量的效率和精度。

### (三) 特殊场合的应用

除了在地籍测量和工程测量中发挥重要作用外,北斗系统还在多种特殊场合中显示出其独到的应用价值。在灾害预警与救援、环境监测等领域,北斗系统通过其高精度定位和短消息通信服务,为快速响应和有效管理提供了强有力的技术支撑。灾害发生时,北斗系统能够快速定位受灾地区,实时传输灾情信息,为救援决策提供准确的地理位置信息。这对于提高灾害应对的速度和效率具有重要意义。特别是在偏远地区或通信设施受损严重的情况下,北斗系统的短消息通信功能能够保障救援指挥中心与现场救援队伍之间的有效通信,确保救援行动的顺利进行。

在环境监测领域,北斗系统也展现出了其独特的应用优势。通过在关键区域部署搭载北斗接收器的监测设备,可以实时采集并传输环境数据,如水质监测、大气污染监测、森林火险预警等,这些数据对于环境保护部门快速响应和科学管理具有重要价值。北斗系统的高精度定位功能确保了监测数据的准确性,而其短消息服务则保障了数据传输的可靠性,即使在极端环境下也能稳定工作。

此外,北斗系统在农业、林业等领域的精准作业中也发挥了巨大作用。例如,在精准农业中,利用北斗系统进行土地测绘、作物生长监测、精准施肥和灌溉等,不仅提高了农业生产效率,还有助于资源的合理利用和环境保护。在林业管理中,利用北斗系统进行林区定位和森林资源调查,可以有效地进行森林资源管理和保护。

## 四、北斗系统在大地测量工程中的技术挑战与解决方案

北斗卫星导航定位系统在大地测量工程中的广泛应用,虽然极大地提升了测量的精确度和效率,但在实际应用过程中,仍然面临着一系列技术挑战。

### (一) 面临的主要技术挑战

首先,信号遮挡和多路径效应是北斗系统在特定环境下面临的主要技术挑战之一。在城市峡谷、山区或森林等环境中,高大建筑物或自然地形容易造成信号遮挡,导致定位信号衰减,从而影响定位精度。同时,信号在反射表面发生反射后到达接收器,会产生多路径效应,进一步降低定位的准确性。

其次,大气层延迟效应也是一个不容忽视的问题。卫星信号在通过电离层和对流层时会发生延迟,这种延

迟效应会对定位精度产生影响,尤其是在高精度测量要求的工程项目中,这一问题尤为突出。

此外,系统兼容性和集成问题也是当前面临的一大挑战。随着现代测绘技术的发展,多种测量设备和系统的集成应用成为趋势。如何有效集成北斗系统与其他测绘技术,提高系统间的兼容性,是提升测量工程效率和精度的关键。

### (二) 创新解决方案与应用策略

针对信号遮挡和多路径效应的挑战,研究人员和工程师提出了多种解决方案。一种有效的策略是采用多系统融合定位技术,通过结合GPS、北斗等多个卫星导航系统,可以显著提高在复杂环境下的定位可靠性和精度。此外,采用高性能的抗多路径效应天线和信号处理算法,也能有效减轻多路径效应对定位精度的影响。

针对大气层延迟效应,差分定位技术(DGPS或RTK)提供了一种有效的解决途径。通过建立地面基站,实时监测大气延迟参数,并将这些参数作为校正信息广播给周围的用户终端,可以实现厘米级甚至毫米级的高精度定位<sup>[4]</sup>。

在系统兼容性和集成方面,开发统一的数据交换和处理标准,以及提高系统间的互操作性是关键。通过建立开放的平台和接口,实现不同系统和设备之间的无缝连接和数据共享,可以大大提升大地测量工程的整体效率和精度。

一个实际案例是在某城市轨道交通工程中,通过采用北斗与GPS双模系统,有效解决了城市峡谷区域的信号遮挡问题,保证了轨道线路测量的高精度和高效率。在另一项涉及长距离管道测量的工程项目中,通过使用北斗差分定位技术,成功克服了由于大气层延迟效应带来的精度降低问题,实现了高精度的管道布设,有效提升了工程质量和安全性。

为了进一步提升北斗系统在大地测量工程中的应用效果,还可以采用以下创新解决方案与应用策略:

(1) 增强型北斗系统的应用:随着北斗全球导航系统的不断完善,增强型服务(如北斗全球高精度服务)为大地测量提供了更高精度的定位服务。通过利用这些增强服务,可以有效提高在复杂环境下的定位精度和可靠性。

(2) 融合辅助技术:将北斗系统与惯性导航系统(INS)、地面雷达等辅助技术结合使用,通过互补融合提高整体的定位和测量性能。这种融合技术在特定条件下,如隧道、地下工程测量中显示出其独特的优势。

(3) 智能算法的应用:利用机器学习和深度学习等智能算法对北斗接收的信号进行处理,可以有效提高信号处理的效率和精度,尤其是在处理多路径效应和信号遮挡问题时,能够显著提高定位的准确性。

(4) 云计算与大数据技术的结合:通过云计算平台,可以实现大规模的数据处理和存储,为大地测量工程提供强大的数据支持。结合大数据分析技术,能够从海量的测量数据中提取有价值的信息,优化测量方案和

工程决策。

这些创新解决方案和应用策略的实施，需要相关技术人员不断探索和实践，同时也需要政策支持和行业标准的制定，以促进北斗系统在大地测量领域的深入应用和发展。

### 五、北斗系统应用的实践策略与效果评估

在北斗卫星导航定位系统的应用过程中，采取恰当的 implementation 策略并对其应用效果进行系统评估，对于确保技术应用的成功和持续优化至关重要。

#### （一）实施策略

实施策略的核心在于确保北斗系统的应用能够充分发挥其技术优势，同时解决可能遇到的实际问题。首先，进行全面的需求分析和技术评估是基础。这涉及对大地测量工程的具体需求进行深入理解，包括精度要求、作业环境、预期成果等，以及北斗系统在此基础上的适应性评估。其次，技术方案的选择和优化至关重要。这包括选择合适的北斗硬件设备、开发或选择适合的数据处理软件，以及根据工程特点优化测量和数据处理流程。此外，人员培训和技术支持也是实施策略的重要组成部分。通过组织专业培训，确保操作人员能够熟练掌握北斗系统的使用方法和相关技术，同时建立技术支持机制，以应对实际应用中可能遇到的技术问题。

#### （二）成效与评估

对北斗系统在大地测量工程中的应用成效进行评估，是验证实施策略有效性的重要环节。成效评估通常包括但不限于精度评估、效率提升、成本效益分析及用户满意度调查。

（1）精度评估：通过与传统测量方法的比较，以及采用科学的统计分析方法，评估北斗系统应用后的测量精度变化。例如，在某项土地测绘项目中，通过使用北斗系统，测量精度从原先的±30厘米提高到±10厘米，明显提高了地图编制的准确性。

（2）效率提升：评估北斗系统的应用是否缩短了工程周期，提高了工作效率。在实际案例中，由于北斗系统的高效性，原本需要数周才能完成的测量任务，现在可以在几天内完成，极大提高了工程进度。

（3）成本效益分析：从经济角度评估北斗系统的应用效益，包括成本节约、投资回报率等指标。通过对比使用北斗系统前后的总成本，可以客观评估其经济效益。

（4）用户满意度调查：通过调查使用北斗系统的用户满意度，可以从用户体验角度评估技术应用的成效。用户反馈不仅包括对精度和效率的满意程度，还包括对设备操作便捷性、系统稳定性等方面的评价。

通过上述评估方法，可以全面了解北斗系统在大地测量工程中应用的实际成效，为进一步优化技术方案和提升用户体验提供依据。例如，某大型基建项目采用北斗系统进行地形测量，通过成效评估发现，项目的整体测量精度和工作效率均有显著提升，但在用户满意

度调查中发现，操作人员对于某些高级功能的使用存在困难，指出了培训和技术支持方面的改进空间。这种反馈促使项目管理部门加强了对操作人员的培训力度，同时优化了技术支持流程，确保了北斗系统的高效运用和更广泛的接受度。

此外，通过对比分析，北斗系统的引入对于降低项目总成本也起到了积极作用。尽管初期投资相对较高，但由于工作效率的显著提升和测量精度的改进，使得项目整体的时间成本和人力成本大幅度降低，从而实现了良好的投资回报率。

### 六、北斗系统在大地测量中的未来展望

北斗卫星导航定位系统在大地测量领域的应用展现了显著的成效，随着技术进步和应用深入，其未来展望备受期待。首先，随着北斗系统精度和稳定性的持续提高，预计将在更多高精度测量领域得到广泛应用，尤其是在城市规划、灾害监测与管理等对精度要求极高的领域。其次，北斗系统的融合应用将成为趋势，通过与其他定位技术、地理信息系统（GIS）、遥感技术等结合，可实现数据采集和处理的更高效率和更广泛的应用范围。此外，随着物联网（IoT）技术的发展，北斗系统在智能交通、智慧城市等新兴领域的应用将进一步扩大。通过北斗系统提供的高精度定位服务，能够有效支撑智能设备的定位需求，推动智能化应用的发展。同时，北斗系统的国际化进程预计将加速，通过与国际标准的对接和合作，推动北斗系统在全球范围内的应用，增强其国际竞争力。

### 七、结束语

随着全球化和信息化时代的深入发展，大地测量工程对精度和效率的要求不断提高，北斗卫星导航定位系统以其独特的技术优势和广泛的应用前景，为满足这一需求提供了重要的技术支持。本研究通过对北斗系统在大地测量中的应用、面临的技术挑战以及创新解决方案的详细探讨，展示了北斗系统在提高测量精度、工作效率以及促进大地测量技术进步方面的重要作用。随着北斗系统技术的持续优化和应用实践的不断深入，其在大地测量及其他领域的应用潜力将进一步被挖掘和实现。面向未来，鼓励持续探索北斗系统与新兴技术的融合应用，以推动大地测量学科以及相关领域的创新发展，为建设更加精准、智能的地理信息世界贡献力量。

#### 参考文献

- [1]于素君, 易昌华, 李春芬等. 北斗卫星导航系统定位原理及其应用综述[J]. 物探装备, 2020, 30(01): 59-63.
- [2]王禹. 大地测量中北斗卫星导航定位系统的运用分析[J]. 科技创新与应用, 2018(26): 175-176.
- [3]严勇, 姚亮亮, 李朝辉. 北斗卫星导航系统现状及测量中的应用[J]. 经纬天地, 2018(05): 29-32.
- [4]王新钟. 北斗导航载波相位差分定位技术分析[J]. 电子测试, 2021(22): 84-86.