

北斗定位技术在沙戈荒地区定点中的应用

金 翠, 张斐然

内蒙古电力经济技术研究院 内蒙古呼和浩特

【摘要】本文深入研究了北斗定位技术在沙戈荒地区定点应用中的关键技术、实现方法及应用效果。沙戈荒地区因其独特的地理环境和恶劣的自然条件,对定位技术的精度和稳定性提出了更高要求。北斗卫星导航系统,凭借其全球覆盖、高精度、高可靠性和独特的短报文通信功能,在沙戈荒地区定点应用中展现出显著优势。本文首先概述了北斗定位技术的基本原理和系统组成,其次,详细分析了其在沙戈荒地区定点应用中的技术流程,包括卫星信号接收、距离计算、定位解算及误差修正等关键环节。通过实地测试与数据分析,验证了北斗定位技术在提高定位精度、增强系统稳定性及促进沙戈荒地区治理方面的有效性。最后,本文总结了研究成果,并展望了北斗定位技术在未来沙戈荒地区应用中的发展前景。

【关键词】北斗定位技术;沙戈荒地区;定点

【收稿日期】2024年5月1日

【出刊日期】2024年6月12日

【DOI】10.12208/j.aics.20240010

Application of Beidou positioning technology in fixed-point areas of Shagehuang

Jin Cui, Feiran Zhang

Inner Mongolia Electric Power Economics and Technology Research Institute, Hohhot, Inner Mongolia

【Abstract】This paper deeply studies the key technology, realization method and application effect of Beidou positioning technology in the fixed point application in the desert area. Because of its unique geographical environment and harsh natural conditions, the accuracy and stability of positioning technology are required to be higher. The Beidou navigation satellite system, with its global coverage, high precision, high reliability and unique short message communication function, has shown significant advantages in fixed-point applications in desert areas. In this paper, the basic principle and system composition of the Beidou positioning technology are summarized. Secondly, the technical process of its fixed-point application in the desert area is analyzed in detail, including the key links of satellite signal reception, distance calculation, positioning solution and error correction. Through field test and data analysis, the effectiveness of Beidou positioning technology in improving positioning accuracy, enhancing system stability and promoting the treatment of desert desert area is verified. Finally, this paper summarizes the research results and looks forward to the future application of Beidou positioning technology in the desert area.

【Keywords】Beidou positioning technology; Desert areas; Fixed point

1 引言

在全球资源环境压力日益加大的背景下,沙戈荒地区的科学治理与合理开发显得尤为重要。然而,该地区特殊的地形地貌、气候条件和生态系统对定位技术的精准度和稳定性提出了严苛要求。传统定位技术受限于此,难以满足高精度、实时性的需求。北斗卫星导航系统作为具有全球影响力的导航定位手段,其在沙戈荒地区定点中的应用,不仅能够提升定位的精确性和实时性,还能够结合其短报文通信功能,实现数据传

输与远程控制的一体化,为沙戈荒地区的环境监测、资源勘探、生态保护等工作提供有力支持^[1]。因此,本研究旨在深入探究北斗定位技术在沙戈荒地区定点中的具体应用及其优势,为该地区的发展提供科技助力。

2 北斗定位相关理论基础

2.1 系统组成

北斗卫星导航系统由三大段组成:空间段、地面段和用户段。空间段是北斗系统的核心部分,主要由若干地球静止轨道(GEO)卫星、倾斜地球同步轨道(IGSO)

卫星和中圆地球轨道 (MEO) 卫星组成。这些卫星在地球的不同轨道上运行, 共同构成一个覆盖全球的卫星网络。地面段是北斗系统的控制和监测部分, 主要包括主控站、时间同步/注入站和监测站等若干地面站, 以及星间链路运行管理设施。用户段是北斗系统的终端应用部分, 包括北斗及兼容其他卫星导航系统的芯片、模块、天线等基础产品, 以及终端设备、应用系统与应用服务等。用户通过终端设备接收卫星发射的导航信号, 实现定位、导航和授时等功能^[2]。

2.2 定位原理

北斗定位技术是基于卫星导航系统的空间位置测量技术, 其基本原理是通过测量用户接收机与多颗北斗导航卫星之间的距离, 结合卫星的已知位置信息, 利用空间几何方法计算出用户接收机的三维坐标位置^[3]。该过程主要依赖于卫星与接收机之间的信号传播时间测量, 以及卫星的精密星历数据。

在沙戈荒地区定点应用中, 北斗定位技术充分利用了其全球覆盖、高精度和高可靠性的特点。由于沙戈荒地区往往地形复杂、环境恶劣, 传统的定位手段往往难以达到理想的精度和稳定性, 而北斗定位技术则能够有效克服这些困难, 为定点作业提供强有力的支持^[4]。

3 北斗定位技术在化探定点中的应用

3.1 误差来源及消除措施

3.1.1 误差来源

北斗卫星导航系统的高精度定位过程, 其误差源广泛分布于定位流程的各阶段与环节, 可系统划分为三大类别: 一是地面接收机相关误差, 二是北斗卫星自身误差, 三是信号空间传播误差^[5]。为确保北斗定位技术在沙戈荒地区实现高精度定位, 需深入剖析上述误差源, 采取科学的分析与修正方法, 力求最大限度地减少误差项, 提升北斗定位技术的整体精度。

与地面接收机有关的误差:

(1) 接收机钟差: 接收机内部时钟不稳定所导致的信号传播时间测量偏差。北斗接收机采用高精度石英钟作为时间基准, 但其固有的稳定性不足与快速时变特性, 使得 $1 \mu\text{s}$ 钟差即可导致数百米的定位误差, 直接削弱定位精度^[6]。此外, 复杂多变的沙戈荒环境会进一步加剧时钟偏差, 对高精度定位构成挑战。

(2) 接收设备延迟误差: 北斗定位应用于沙戈荒定点时, 接收设备在分析内部与卫星信号过程中产生延迟误差。此误差在位置解算中虽经校正, 但残余部分贯穿全程, 称为接收设备延迟误差。此误差直接影响定位精度, 是技术应用中的关键考量。

(3) 观测误差: 观测误差源于接收机天线相位中心与几何中心的不完全重合。理想状态下, 两者一致可避免此类误差, 但实践中天线内部结构及信号强度差异导致相位中心偏移, 进而产生观测误差。尽管此偏差对定位影响有限, 但在北斗定位技术应用于沙戈荒地区定点时, 仍需精细评估其影响, 确保定位精度满足要求。

与卫星有关的误差:

(1) 卫星星历误差: 卫星星历误差, 即卫星轨道偏差, 是北斗定位技术应用于沙戈荒地区定点时, 卫星星历虽详尽记录卫星飞行速度与空间位置关系, 但卫星实际运行中受诸多不可控外力作用, 导致其实际轨道与星历预测轨道间存在难以预测的偏差。此误差对定位精度构成严重威胁, 且其大小难以直接估量。卫星轨道误差与基线长度密切相关, 具体影响 Δc 可以用经验公式表达为:

$$\Delta c = \frac{l}{R} \cdot \Delta R$$

式中, l 为基线长度, R 为卫星与地面间距离, 即卫星的轨道误差。

(2) 星钟误差: 在北斗卫星系统中, 卫星时钟差是普遍存在的误差根源, 涵盖自身钟差与频漂所致误差。尽管当前卫星普遍装备铷钟、铯钟及氢钟等高精度原子钟, 显著提升了星载时钟的精确度, 但在实际定位任务执行过程中, 卫星时钟与北斗标准时间之间仍存在时间偏移现象, 且此偏移量随时间的延长而逐渐累积。

与信号在空间传播有关的误差:

电离层延迟误差: 电离层延迟误差作为北斗定位技术应用于沙戈荒地区定点时的重要误差源, 源于电离层对卫星信号的折射效应。

对流层延迟误差: 对流层作为最接近地表的大气层, 其内部气候、湿度与温度等环境因素均显著加剧无线电信号在此层的折射效应, 且信号受大气压力波动影响, 使得对流层误差分析相较于电离层更为复杂。随着卫星仰角的减小, 信号穿越对流层的路径延长, 导致延迟增加, 误差随之扩大。相反, 当卫星接近天顶方向时, 传播路径最短, 距离误差相应达到最小值。

3.1.2 消除措施

上述误差均能影响精确定位的结果, 为了获得更高的精度, 每一种误差都有相应的措施来降低对定位的影响, 具体措施如下表 1。在北斗定位技术应用于沙戈荒地区定点的实践中, 上述各类误差因素均有可能

对实现精确定位造成不利影响。为了显著提升定位精度, 针对每一种潜在的误差源, 均制定了相应的策略与

措施, 以有效降低其对定位精度的干扰。具体措施如下表 1:

表 1 北斗定位误差来源及消除措施

精确定位误差来源	误差纠正措施
接收机误差	外接原子钟、建立时间平差模型
观测误差	延长观测时间、差分模型观测
卫星星历误差	建立卫星跟踪网、采用轨道改进法
星钟误差	精密星历
电离层误差	双频观测模型、电离层改正模型
对流层误差	对流层改正模型、同步观测求差模型

3.2 确定大地测量控制点

采用北斗定位技术进行沙戈荒地区的化探定点时, 同样应严格遵循由已知推及未知、由简至繁的科学原则。在化探工作区域内, 预先设立大地测量控制点, 作为化探定点作业的起始基准。首先选定高精度北斗定位控制点作为采样标志点。其次, 利用北斗技术修正系统误差, 确保定位精准。最后, 验证化探采样点位的精度, 以保障后续工作的可靠性^[7]。

3.3 确定采样点的位置

3.3.1 前期准备

基于 1:5 万比例尺地形图, 首先通过精密计算, 将每日预设的采样点位及工作区域内已知三角点的经纬度坐标准确提取并记录在油气化探野外采样原始记录卡上, 以供现场作业时比对与校验^[8]。

3.3.2 作业工具

为确保野外作业的高效与精准, 需配备以下专业工具与设备: 北斗接收机作为核心定位设备, 用于实时测定采样点精确位置; 越野车作为交通工具, 支持快速移动至各采样点; 经纬仪用于辅助校正和验证定位精度, 在必要时提供额外的空间位置信息; 地质罗盘、三角尺、量角器等测量工具则用于现场地形地貌的初步判读与角度测量; 计算器用于数据处理与坐标转换; 无线电对讲机则作为通讯设备, 保障作业队伍间的即时联络与指令传达^[9]。

3.3.3 作业方式

双线作业: 在平坦戈壁区(硬戈壁区)实施的双线独立作业模式。北斗定点车与采样车分离作业。于已知三角点或预设采样点精确安置经纬仪, 并利用地质罗盘确保其方向准确无误。以经纬仪为导向, 引导北斗定点车沿既定路径行进, 利用汽车里程表初步估算采样点距离。当接近目标点时, 启动北斗接收机进行高精度

定位, 实测并确认采样点坐标。通知采样车前往定点采样作业。

单车作业: 即将北斗定位系统集成于采样车作业。此模式适用于地形复杂的小沙丘、冲沟、洼地以及软戈壁区。作业初始阶段利用地质罗盘辅助确定北斗定位系统的基本行进方向, 并借助汽车里程表的读数对目标采样点进行初步的距离估算。启动集成于采样车上的北斗接收机, 依托其高精度卫星导航技术, 对采样点进行实时的实地测量与定位。

3.3.4 定点精度

本单位通过对 2300 个化探点进行 4%比例的随机抽查, 运用北斗定位技术实现的定点精度表现出色, 所有抽查点的误差均严格控制在 3%以内。显著优于地质矿产部门所规定的油气化探野外定点误差不超过 10%的精度标准, 充分验证了北斗定位技术在沙戈荒地区定点作业中的高精度优势与可靠性。

4 效益及效果

随着北斗定位技术的不断成熟与完善, 其在沙戈荒等偏远、复杂地区定点作业中的应用将更加广泛与深入, 为地质勘探、资源调查等领域带来更加精准、高效、经济的解决方案。

效益: 一是技术效益。北斗定位技术以其高精度、全天候、抗干扰等特性, 在沙戈荒地区复杂多变的地理环境中实现了稳定可靠的定点, 极大提升了定点作业的精度与效率, 为地质勘探、资源调查等提供了坚实的技术保障。二是经济效益: 通过缩短勘探周期、减少重复作业与资源浪费, 北斗定位技术有效降低了野外工作成本, 提高了经济效益。同时, 其精准定位也为后续的资源开发与利用提供了科学依据, 促进了区域经济的可持续发展。三是社会效益: 北斗定位技术的应用, 促进了沙戈荒地区环境保护与防灾减灾工作的科学化、

精准化,增强了社会对自然环境变化的应对能力,提升了区域社会稳定与居民生活质量^[10]。

效果:一是精准定位,提升作业精度。北斗定位技术实现了对沙戈荒地区的高精度定点,为地质勘探提供了准确的位置信息。二是缩短周期,提高作业效率。相较于传统定位方式,北斗定位技术显著缩短了勘探周期,提高了工作效率^[11]。三是降低成本,增加经济效益。通过减少人力物力投入,降低作业成本,实现了经济效益的最大化。四是促进资源开发与利用。北斗精准定位为沙戈荒地区的资源开发与利用提供了科学依据,促进了资源的合理开发与可持续利用。

5 结语

本文深入探讨了北斗定位技术在沙戈荒地区定点应用的实效,展现了其在复杂环境中的高精度、高效率与低成本优势。北斗定位技术的成功应用,不仅为地质勘探和资源开发提供了强有力的技术支持,也彰显了我国自主卫星导航系统的实力。展望未来,北斗定位技术有望在更多领域发挥关键作用,推动科技进步与社会发展,为国家的繁荣富强贡献力量。

参考文献

- [1] 李冬航,数字经济时代的“北斗”应用发展与产业生态演进[J].中国航天,2024(5):50-56.
- [2] 田润,崔志颖,张爽娜,等.基于低轨通信星座的导航增强技术发展概述[J].导航定位与授时,2021,8(1):66-81.
- [3] 夏禹,北斗卫星导航系统发展与应用[J].电子技术与软件工程,2021,(16):25-26.

- [4] 张正烜,高亢,郭广阔,等.北斗卫星导航系统应用产业化发展探讨[J].卫星应用,2019,27(11):58-64.
- [5] 李卫锋,北斗系统 GEO 卫星伪距多路径误差改正[J].北京测绘,2024,38(7):1053-1057.
- [6] 侯雪,张献志,叶远斌.基于 GDCORS 的北斗终端高精度定位算法实现及性能分析[J].地理空间信息,2024,22(8):72-75.
- [7] 孟磊,林一鸣,张冀辉.基于 BDS-2/BDS-3 的精密单点定位方法与结果分析[J].测绘与空间地理信息,2024,47(z1):154-157.
- [8] 侯雪,张献志,叶远斌.基于 GDCORS 的北斗终端高精度定位算法实现及性能分析[J].地理空间信息,2024,22(08):72-75.
- [9] 卢有勋.基于“北斗+”的千寻星基增强技术在甘肃省级基础测绘中的应用分析[J].测绘,2024,47(4):174-177.
- [10] 贾洁琼,廖鑫,王立娟,等.基于“天空地”一体化和“北斗+”的灾害事故监测预警技术研究及应用[J].中国金属通报,2024(7):89-91.
- [11] 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.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS