

北斗高精度定位技术在工程测量中的应用研究

邓雪光 430902199510275518

摘要

随着我国基础设施建设规模不断扩大，工程测量对定位精度、作业效率的要求持续提升，传统测量技术已经难以满足现代工程建设的实际需求。北斗卫星导航系统是我国自主研发的全球卫星导航系统，其高精度定位技术凭借独立自主、精度稳定、抗干扰能力强等优势，逐步在工程测量领域得到广泛应用。本文首先介绍北斗高精度定位技术的基本原理与技术优势，然后分析其在控制测量、地形测量、变形监测、工程放样等典型工程测量场景中的具体应用，最后探讨当前应用中存在的问题与未来发展方向，为北斗高精度定位技术在工程测量领域的进一步推广应用提供参考。

关键词：北斗系统；高精度定位；工程测量；应用研究

一、北斗高精度定位技术概述

北斗卫星导航系统（BDS）是我国着眼于国家安全和经济社会发展需要，自主建设、独立运行的全球卫星导航系统，能够为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务。相较于传统的 GPS 等国外卫星导航系统，北斗系统采用了空间星座段由中圆地球轨道卫星、地球静止轨道卫星和倾斜地球同步轨道卫星组成的混合星座布局，在亚太地区能够提供更多可见卫星，信号遮挡情况下的定位稳定性更优。

北斗高精度定位技术主要依靠差分定位原理实现，通过基准站接收北斗卫星信号，计算出定位改正数并发送给流动站，流动站结合自身接收的卫星观测值与改正数，消除卫星钟差、电离层延迟、对流层延迟等系统误差，最终获得厘米级甚至毫米级的定位精度。当前主流的北斗高精度定位技术包括实时动态差分定位（RTK）、静态相对定位、网络 RTK（CORS）等，其中网络 RTK 技术依托区域连续运行基准站网，不需要用户自行架设基准站，作业范围更广、灵活性更强，已经成为工程测量中应用最广泛的技术形式。

二、北斗高精度定位技术在工程测量中的具体应用

（一）工程控制测量

工程控制测量是工程建设的基础，直接决定后续所有测量工作的精度。传统工程控制测量多采用三角网、导线网等方法，作业过程繁琐，需要大量的野外工作量，且精度受作业人员技术水平、环境因素影响较大。应用北斗高精度静态定位技术开展工程控制网布设，只需要在测区范围内均匀布设控制点，架设接收机进行静态观测，即可通过后处理获得控制点的高精度三维坐标，平面精度和高程精度都能达到厘米级，完全满足各类大型工程的控制测量要求。

在大型高速公路、高速铁路工程建设中，应用北斗 CORS 网络 RTK 技术，测量人员可以直接在野外完成控制点的加密工作，不需要传统的逐级加密方式，作业效率提升一倍以上，同时精度稳定性更好，避免了误差积累问题。相关实践数据显示，在平原地区布设的 100 公里等级公路控制网中，北斗高精度定位得到的相邻控制点相对误差可以控制在 1 厘米以内，完全符合一级控制网的精度要求。

（二）工程放样

工程放样是将设计图纸上的建筑物、构筑物位置标注到实地的过程，是施工阶段最核心的测量工作。传统工程放样多采用全站仪放样，需要提前布设控制点，每次作业都需要进行后视定向，遇到地形复杂、通视条件差的区域，还需要搭建中转平台，作业效率低，且容易出现人为误差。应用北斗 RTK 技术进行工程放样，只需要将设计坐标导入流动站接收机，测量人员就可以直接在实地寻找对应位置，实时获得当前位置与设计位置的偏差，引导作业人员完成点位标定，整个过程只需要一名作业人员就可以完成，通视条件差的区域也不需要额外处理，作业效率比全站仪放样提升 3 倍以上。

（三）地形测量

地形测量是获取测区地形地貌信息，绘制地形图的基础工作，传统地形测量多采用全站仪结合水准测量的方法，需要逐点采集数据，作业速度慢，在山区、密林等复杂地形区域作业难度极大。应用北斗高精度定位技术配合测图软件，作业人员只需要携带流动站沿地形特征点行走，就可以实时采集点位的三维坐标，自动存储到测图软件中，内业只需要简单处理就可以生成数字地形图。对于大面积的地形测图，采用北斗 RTK 配合无人机航测，可以快速完成外业控制点布设，提升航测成图的精度，大幅缩短地形测量的周期。

在矿山地形测量中，矿区地形复杂、通视条件差，传统测量方法危险性高、精度低，应用北斗高精度定位技术，测量人员可以快速完成矿区边界、开采工作面、排土场的地形数据采集，高程测量精度可以达到 3 厘米以内，完全满足矿山生产和生态恢复的测量要求。

（四）工程变形监测

大型工程结构如大坝、桥梁、高层建筑、边坡等在运营过程中，受荷载、地质条件等因素影响，会产生不均匀沉降或位移变形，变形超过预警值就会引发安全事故，因此需要开展长期连续的变形监测。传统变形监测多采用水准测量、全站仪监测等方法，监测周期长、工作量大，无法实现实时连续监测。应用北斗高精度定位技术，可以在监测点布置接收机，实现 24 小时连续自动监测，实时获得监测点的三维位移数据，精度可以达到毫米级，一旦变形超过预警值可以立即发出警报，有效保障工程运营安全。

三、北斗高精度定位技术应用中存在的问题

当前北斗高精度定位技术在工程测量应用中，仍然存在一些需要解决的问题。第一，在遮挡严重的区域，如城市高层建筑群、深山密林、隧道内部等，卫星信号容易被遮挡，无法获得固定解，定位精度下降甚至无法定位，需要结合惯性导航、全站仪等技术进行补测。第二，部分中小工程单位对北斗高精度技术的认识不足，设备投入成本较高，部分老旧测量设备仍然在使用，影响了技术的推广普及。第三，北斗高精度定位的高程测量精度仍然受区域对流层模型误差影响，在地形起伏较大的山区，高程精度略低于平面精度，需要进一步优化改正模型。

四、北斗高精度定位技术应用发展前景

随着北斗三号全球组网完成，北斗卫星的信号覆盖能力和定位精度持续提升，加上北斗地基增强系统的不断完善，北斗高精度定位技术的应用成本正在逐步下降，未来将会进一步普及到各类工程测量场景中。结合人工智能、物联网等技术，北斗高精度定位将会实现与测量机器人、无人机、无人船等设备的深度融合，推动工程测量向自动化、智能化方向发展，进一步降低人工工作量，提升测量精度和效率。同时，针对信号遮挡区域的多源融合定位技术也在不断发展，北斗将结合 5G 通信、惯性导航、视觉定位等技术，实现全场景连续高精度定位，解决隧道、地下工程等特殊场景的测量难题。

五、结语

北斗高精度定位技术凭借独立自主、精度高、效率高、稳定性强等优势，已经在工程测量的各个领域得到广泛应用，大幅改变了传统工程测量的作业模式，提升了工程测量的精度和效率，降低了作业成本。随着技术的不断完善和推广，北斗高精度定位技术必将成为我国工程测量领域的核心技术，为我国基础设施建设和工程建设高质量发展提供有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 王坚, 刘超, 李增科. 北斗卫星导航系统高精度定位技术及应用[J]. 测绘学报, 2020, 49(8): 961-974.
- [2] 姚宜斌, 张顺, 孔建. 北斗三号系统高精度定位性能分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(10): 1494-1501.
- [3] 李国元, 陈秀忠, 邹友峰. 工程测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 2018.