

Research on the application technology of global navigation Satellite System in Urban Engineering mapping

Hejun Wang Hongyan Sui Mengxiao Zhou

North China Geological Exploration Bureau Wuyi 9 Brigade (Hebei Jihua Exploration and Mapping Co., Ltd.), Baoding, Hebei, 071051, China

Abstract

Urban engineering surveying and mapping is an important part of urban construction, and accurate and fast measurement data is the key to ensure the efficient operation of urban engineering. This study systematically discusses the application technology of global navigation satellite system (GNSS) in urban engineering mapping, and first analyzes the basic principle of global navigation satellite system and its application status in urban engineering mapping. In addition, according to the technical characteristics of GNSS and the requirements of engineering mapping, a GNSS application technology scheme of urban engineering mapping is proposed. Experimental research shows that the application of GNSS in urban engineering surveying and mapping can achieve high precision and efficient data acquisition, and has strong anti-interference ability and stability. It lays a solid technical foundation for the application of global navigation satellite system in urban engineering surveying and mapping, and helps to promote the scientific and efficient development of urban engineering surveying and mapping.

Keywords

global navigation satellite system; urban engineering surveying and mapping; GNSS application technology

全球导航卫星系统在城市工程测绘中的应用技术研究

王合军 隋宏岩 周梦晓

华北地质勘查局五一九大队（河北九华勘查测绘有限责任公司），中国·河北保定 071051

摘要

城市工程测绘是城市建设的重要组成部分，准确、快速的测量数据是保障城市工程高效运行的关键。本研究针对全球导航卫星系统（GNSS）在城市工程测绘中的应用技术进行了系统的探讨，首先分析了全球导航卫星系统的基本原理及其在城市工程测绘中的应用现状。此外，根据GNSS技术特点，结合工程测绘需求，提出了一种城市工程测绘的GNSS应用技术方。实验研究表明，GNSS在城市工程测绘的应用能够实现高精度、高效率的数据获取，并且具有较强的抗干扰能力和稳定性，扎实打下了全球导航卫星系统在城市工程测绘应用的技术基础，有助于促进城市工程测绘的科学和高效发展。

关键词

全球导航卫星系统；城市工程测绘；GNSS应用技术

1 引言

城市工程测绘是城市建设和管理的重要基础之一，也是建筑机械化施工的关键支撑。无论是在城市规划、道路建设，还是在防洪排水、公园绿化等多个领域，它都有着重要的支撑作用。目前，城市工程测绘主要采用全球导航卫星系统（GNSS）技术，这种技术准确、高效，能够在短时间内获取大量精确的测量数据，从而保证城市工程的高效运行。然而，尽管全球导航卫星系统已被广泛应用于城市工程测绘中，但其使用过程中存在的问题及应用技术的开发仍然是需要解决和探索的问题。因此，本研究围绕全球导航卫星系统

在城市工程测绘中的应用技术展开，主要分析其基本原理，应用现状，然后提出了创新的应用技术方案，最后通过实验验证，希望为全球导航卫星系统在城市工程测绘中的应用提供一个参考性的模型。

2 城市工程测绘概述

2.1 城市工程测绘的定义与重要性

城市工程测绘是城市建设与规划的重要组成部分，是确保城市空间秩序和工程实施科学性与精准性的关键手段^[1]。其核心在于利用测绘技术获取地形、地貌和空间数据，为城市规划、基建施工、设施管理等环节提供基础性数据支持。城市工程测绘的定义包括对城市区域内的各种地理信息进行精确测量和分析，以辅助工程与建筑活动的高效开展。其重要性体现在多方面：在城市规划中，以测绘成果为依据

【作者简介】王合军（1981-），男，中国陕西渭南人，工程师，从事测绘工程研究。

进行土地利用优化布局，合理配置资源；在工程建设中，通过精准数据保证施工的安全性及质量；在城市管理中，依靠测绘数据实现基础设施及地理环境的实时监测与维护。

2.2 城市工程测绘的传统方法与挑战

表 1 城市工程测绘传统方法及其挑战

类别	传统方法	面临的挑战
测绘工具	经纬仪、水准仪等光学仪器	复杂地形和多种干扰环境下精度受影响
		数据采集效率较低
操作方式	人工操作	对熟练技术人员依赖较强
		对远距离、高动态环境适应能力较弱
总体评价	为城市建设提供多年技术支持	无法满足城市建设高效推进的需求
	在技术体系中奠定坚实基础	制约城市工程测绘的发展与升级

2.3 GNSS 技术在城市工程测绘中的优势

GNSS 技术在城市工程测绘中具有显著优势，主要表现在高精度、高效率的数据获取能力以及较强的抗干扰能力。通过卫星定位与导航技术，GNSS 能够在复杂的城市环境中实现实时、稳定的测量数据传输，大幅提升测绘数据的准确性与可靠性。GNSS 相较传统测绘工具，具有无需视线通畅的特点，可有效解决高楼林立区域视线受阻的问题。其设备便携性与操作简便性使其适合多种测绘场景，为城市建设提供了高效、精准的数据支持。这些特点为解决城市工程测绘中的难点提供了突破性技术手段。

3 GNSS 的组成与工作原理

全球导航卫星系统 (GNSS) 是一种基于卫星定位技术的空间信息获取系统，其主要由空间段、地面控制段和用户段三部分组成。空间段由多个导航卫星组成，分布于中高轨道，负责向地面用户持续发出包含时间信息与轨道参数的信号；地面控制段由监测站、主控站和地面天线构成，承担着导航卫星的轨道维护、轨道参数计算和信号更新任务，以确保系统的正常运行；用户段由接收机及相关应用设备组成，通过接收并处理卫星信号实现位置、速度及时间等信息的计算。

GNSS 系统的工作原理基于电磁波信号的传输时间差计算定位。接收机通过捕获多个导航卫星信号，并利用信号的时间延迟计算到各卫星的距离，结合卫星的精确轨道信息，通过多边测量公式确定用户的三维坐标和时间基准。该技术以高精度时钟和精确轨道计算为基础，其精度对导航卫星的布局、信号质量以及观测条件具有高度依赖性。通过不断发展，GNSS 已经能够实现全球范围的定位、导航与授时服务。

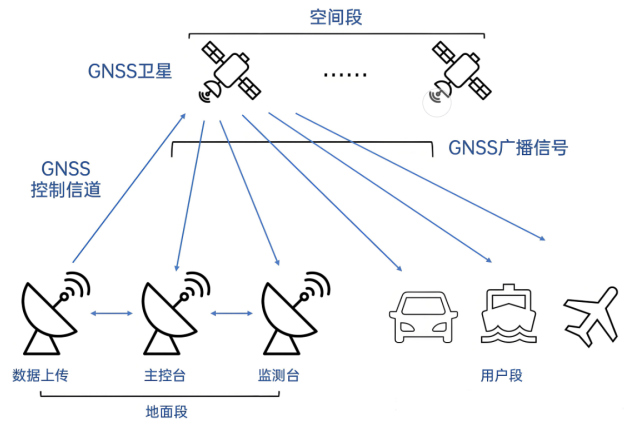


图 1 GNSS 的工作原理示意图

4 GNSS 应用技术方案

4.1 GNSS 技术应用方案的设计原则

GNSS 技术应用方案的设计原则主要围绕城市工程测绘的需求展开，从技术精度、可靠性、适应性和经济性等多个层面进行综合考量。高精度是方案设计的核心目标之一，为确保测量数据的准确性，需选择能提供厘米级定位精度的 GNSS 技术，并优化卫星信号接收和处理的相关算法。可靠性方面，方案应加强抗干扰能力设计，通过多频段信号接收和误差修正技术减少环境因子对测量结果的影响。适应性是另一重要原则，方案需根据城市建筑密集区的特殊地理环境，增强 GNSS 系统的信号捕获能力，优化数据传输方式，确保技术适应复杂环境条件。经济性要求在保证技术性能的基础上控制成本，通过采用模块化设计和分步实施策略实现资金投入的合理分配。设计原则还应充分考虑与城市工程测绘其他技术的协同作用，确保 GNSS 技术能够与传统测绘方法形成完整解决体系，为提升城市工程测绘效率和质量提供技术支持^[2]。

4.2 GNSS 技术在城市工程测绘中的优化策略

在城市工程测绘中，优化全球导航卫星系统 (GNSS) 技术需结合测绘任务特点和实际应用环境，重点关注提升定位精度、抗干扰能力及数据处理效率。针对城市复杂环境中的信号遮挡与多路径效应问题，可以通过多频段接收机的使用提升定位精度，并结合辅助定位技术，如地基增强系统 (GBAS) 与实时动态定位 (RTK)，实现更高精度的测绘结果。为应对城市区域无线电干扰，需在设备中集成抗干扰滤波器，通过选用高信噪比天线改善信号接收质量。数据处理方面，需要优化 GNSS 数据解算算法，确保在多源信息融合过程中能够迅速获取可靠的测绘数据。通过构建高精度数值地图与配套数据库，可以有效支持 GNSS 测绘数据的校正与管理，为城市工程测绘提供精准的空间信息服务。上述优化策略的实施，有助于全面提升 GNSS 技术在城市工程测绘中的应用效果与技术可靠性。

4.3 GNSS 技术方案的实施流程

GNSS 技术方案的实施流程包括设备选型与安装、测量参数设置和数据采集与处理。在实施过程中,通过选用合适的 GNSS 接收设备,合理规划测绘区域,精细化设置测量参数,按标准化步骤完成数据采集,并对采集的数据进行精度校验和优化处理,以保障测量工作的高效性与可靠性。

5 GNSS 应用技术的效果评估

5.1 GNSS 测量数据的精度与效率分析

GNSS 技术在城市工程测绘中的应用表现出卓越的数据精度和测量效率。在精度方面,GNSS 通过多频段信号接收和差分技术实现了亚米级甚至厘米级的测量精度,能够满足城市工程测绘对高精度数据的需求。特别是在复杂的城市环境中,GNSS 利用精密单点定位 (PPP) 和实时动态 (RTK) 技术,显著减少多路径干扰和信号遮挡对测量结果的影响,为城市工程的精细化设计和施工提供了可靠的数据支撑。

在效率方面,GNSS 显著提高了测绘工作的自动化和数据获取速度。基于 GNSS 技术的测绘设备无需复杂的地面测量布设,能够快速完成大范围地理信息的采集。与传统测绘方法相比,GNSS 的应用减少了测绘人员的劳动强度,并有效缩短了项目周期,为城市规划和建设的高效推进提供了技术支持。

基于精度与效率的优势,GNSS 在城市工程测绘中的应用不仅优化了测量流程,也为关键工程数据的获取提供了强有力的保障,展现出广阔的技术前景。

5.2 GNSS 技术应用的抗干扰能力评估

GNSS 技术在城市工程测绘中的应用具有显著的抗干扰能力,这一属性对保障测绘数据的可靠性和稳定性至关重要。在实际应用中,GNSS 技术依赖多星座、多频率的信号接收,可以有效减少单一信号源受到干扰的影响。通过采用先进的抗干扰算法,GNSS 能够识别并过滤出环境中的伪信号和多路径干扰,从而提高测量数据的准确性。高灵敏度的接收器和差分技术的结合,进一步增强了 GNSS 在复杂城市环境中的抗干扰性能,使其能够应对高楼遮挡、电磁干扰等不利条件。这些技术特点使 GNSS 在城市工程测绘中表现出优异稳定性,为实现高精度的测绘目标提供了强有力的

技术支持。

5.3 GNSS 应用技术对城市工程测绘的贡献

GNSS 应用技术在城市工程测绘中显著提升了数据获取的精度与效率,为复杂城市环境下的工程测绘提供了可靠的数据支持。通过精准的定位和导航能力,该技术有效解决了传统测绘手段在高楼密集区、遮挡区域中的测量难题,增强了数据的稳定性与连续性,优化了测绘流程。其抗干扰能力进一步保障了测量工作的顺利进行,减少了外界环境对数据采集的影响。在城市规划、基础设施建设等领域,该技术为科学决策提供了重要支撑,推动了城市工程测绘技术的更新与发展。

6 结语

本研究着眼于市政工程中不容忽视的一环——城市工程测绘,通过系统深入探讨全球导航卫星系统 (GNSS) 在该领域的应用技术,展示了 GNSS 技术的强大潜力。通过实验研究,证明了采用 GNSS 进行城市工程测绘可以有效提高数据采集的准确性和效率,同时具备显著的抗干扰能力和稳定性。然而,研究也发现,在繁杂的城市环境中,GNSS 信号受建筑物阻挡、多路径效应等问题的影响,仍存在定位精度和可靠性的挑战。此外,当前城市工程测绘的理论研究与实际应用还存在一定的间隙,亟需进一步的技术优化和方案创新。未来的工作应着重于优化 GNSS 系统的抗干扰技术,减少多路径和遮挡引起的误差,以提高在复杂城市地形中的定位精度。同时,探索结合 GNSS 与其他辅助测量技术 (如地面激光扫描、无人机航测等) 的综合应用方案,以充分利用各自优势,进一步提高城市工程测绘的效率和精确度。本研究所提供的应用技术方案及其实证成果,为城市工程测绘科技进步奠定了基础,并期望对未来相关领域的研究和实践具有启发和引导作用。

参考文献

- [1] 董洲洋,朱兆涵,徐健.全球导航卫星系统时间精度分析[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):17-19.
- [2] 龚燃.美国“气旋全球导航卫星系统”与应用[J].国际太空,2020,(01):61-64.
- [3] 张梓巍,白玉星,李晨曦.全球导航卫星系统的发展综述[J].科技与创新,2023,(09):150-152.