

GNSS 技术在大型土木工程施工测量中的应用

王兴晨

中国葛洲坝集团市政工程有限责任公司, 湖北 宜昌 443002

摘要： 全球导航卫星系统 (GNSS) 技术, 利用一系列卫星发射的信号来提供地面或近地面对象的位置、速度和时间信息。这种技术在建筑测量领域尤为重要, 因为它提供了精确的定位数据, 是进行大型土木工程施工前准备和执行过程中不可或缺的工具。本文探讨了 GNSS 技术在大型土木工程施工测量中的应用, 详细阐述了土地平整与基础设施布局、实时监控测量、地基施工中的定位与导航以及线路校准与检测等方面的技术实践, 展示了 GNSS 技术如何提升工程测量的精确性与效率。

关键词： GNSS 技术; 土木工程; 施工测量

Application of GNSS Technology in Construction Survey of Large Civil Engineering

Wang Xingchen

China Gezhouba Group Municipal Engineering Co., LTD., Yichang, Hubei 443002

Abstract : The Global Navigation Satellite System (GNSS) technology uses a series of satellite-launched signals to provide information on the position, speed, and time of ground or near ground objects. This technology is particularly important in the field of building surveying because it provides precise positioning data and is an indispensable tool in the preparation and implementation of large civil engineering construction. This paper discusses the application of GNSS technology in the construction survey of large-scale civil engineering, expounds the technical practice of land leveling and infrastructure layout, real-time monitoring and measurement, positioning and navigation in foundation construction, and line calibration and detection, and shows how GNSS technology can improve the accuracy and efficiency of engineering measurement.

Keywords : GNSS technology; civil engineering; construction survey

引言

在现代土木工程领域, 精确的施工测量不仅是工程设计与实施的基础, 也是保障工程质量和安全的关键因素。随着全球导航卫星系统 (GNSS) 技术的快速发展与广泛应用, 其在大型土木工程施工测量中的作用日益显著。GNSS 技术, 通过利用地球同步轨道上的卫星群发出的信号, 能够为工程测量提供高精度的地理位置信息, 极大地提高了测量数据的精确度和可靠性。在施工测量中, GNSS 技术的应用不仅限于初期的地形勘测和现场布置, 还涵盖了从地基施工到结构物的建造, 以及后期的结构监测和评估等多个阶段。

一、GNSS 技术原理

全球导航卫星系统 (GNSS) 技术是一种基于卫星的导航系统, 它提供全球范围内的地理位置和时间信息服务。该系统包括多个由不同国家运营的卫星导航系统, 如美国的全球定位系统 (GPS)、俄罗斯的全球导航卫星系统 (GLONASS)、欧洲的伽利略定位系统和中国的北斗卫星导航系统。GNSS 技术的核心在于利用这些卫星群发出的信号, 经由接收器计算出用户的三维位置 (纬度、经度、高度) 及时间。工程测量中的 GNSS 技术运

用, 特别是在大型土木工程施工测量中, 依赖于高精度的时间同步和位置确定能力, 以确保施工测量的准确性和效率。

GNSS 技术的工作原理基于从四颗或更多卫星接收信号来确定接收器的位置。每颗卫星都会发送包含其位置和发送时间的信号, 接收器通过计算这些信号的传播时间来估算出距离每颗卫星的距离, 进而利用三角测量的方法计算出精确位置。这一过程中, 信号的传播速度受到大气层的影响, 因此, 高级 GNSS 设备会采用双频接收机来纠正电离层和对流层造成的误差, 从而提高测量的精确度。在土木工程施工测量中, 这种高精度的地理位置

作者简介: 王兴晨 (1995.12-), 男, 河北省沧州市青县, 汉, 大专, 助理工程师, 测绘工程。

信息是不可或缺的，它直接影响到工程项目的设计、施工和最终的质量控制。GNSS 技术在大型土木工程施工测量中的应用，不仅提高了测量数据的准确性，也大幅提升了工程测量的效率和安全性。通过持续的技术创新和应用实践，GNSS 技术正成为现代土木工程不可或缺的高科技工具，为工程项目的成功实施提供了坚实的技术支持^[1]。

二、GNSS 技术在建筑测量中的优势

GNSS 技术在建筑测量领域展现了明显优势，尤其是在大型土木工程施工测量中的应用显得尤为重要。GNSS 提供的高精度定位功能极大提高了施工测量的准确性，这对于确保大型结构如高层建筑、桥梁和隧道等工程的准确实施至关重要。通过接收卫星信号，GNSS 系统能够实现毫米级的测量精度，这种高精度使得工程师能够进行精确的地形分析和土地利用规划，优化设计方案，降低潜在的结构风险。GNSS 技术还支持全天候操作，不受天气条件的限制，这对于那些需要在复杂或恶劣气候条件下进行的项目尤为重要。此外，GNSS 技术的实时数据传输功能使得工程管理更为高效。实时监测施工进度和即时调整施工策略成为可能，有助于管理者及时发现问题并作出快速响应，从而避免错误累积导致的成本增加和时间延误。这一点在大型土木工程中尤为关键，因为项目规模大、涉及人员多、工期长，实时信息流大大提升了项目管理的效率和效果。同时，GNSS 技术的广泛应用还减少了人力资源需求，通过自动化测量减轻了测量人员的工作负担，降低了人为错误的可能性，这对于保证项目质量和安全具有重要意义^[2]。

GNSS 技术在施工测量中的另一大优势是其多功能性。除了提供位置信息外，许多 GNSS 设备还整合了其他功能，如倾斜传感、图像捕获和环境监测，这些功能的结合提供了一个全面的解决方案，以应对工程测量中遇到的各种挑战。例如，在进行地基施工的定位和导航时，GNSS 设备不仅可以指导挖掘机准确挖掘，还可以监测土壤的移动和沉降，确保施工安全。

三、GNSS 技术在大型土木工程施工测量中的应用

(一) 土地平整与基础设施布局

在大型土木工程施工测量中，全球导航卫星系统（GNSS）技术在土地平整与基础设施布局阶段发挥着至关重要的作用。这一阶段的主要任务是通过高精度的测量来确保施工地的地形与设计图纸的完美对应，从而为后续施工活动提供坚实的基础。利用 GNSS 技术进行土地平整与基础设施布局，可以显著提高测量数据的准确性和工作效率，同时降低人力资源和时间成本^[3]。在土地平整阶段，GNSS 技术通过其高精度和高效率的特性，为工程师提供了实时、连续的地形数据。例如，在进行大面积土地平整时，GNSS 接收器可以精确地测定土地的原始高程和平整后的高程，确保每个区域达到设计要求。此外，GNSS 技术在基础设施布局中也显示出其独特的优势。在布置道路、管线和建筑基础等基础

设施时，GNSS 接收器能够提供精确的位置数据，确保所有基础设施的位置精确对应于设计图纸，如表 1。

表 1 应用数据

项目阶段	GNSS 任务	平均精度 (厘米)	数据点收集数量	覆盖面积 (平方公里)	节省时间 (小时)
初始测量	地形测绘	2.0	150,000	2.5	40
设计对准	布局规划	1.5	200,000	3.0	55
挖掘	深度控制	1.0	120,000	2.0	30
填充	体积计算	1.0	180,000	2.8	45
最终测量	精度验证	0.5	160,000	3.1	25

通过这些数据可以看出，GNSS 技术在确保工程测量的精确性和效率方面提供了显著的优势。这种技术的应用不仅加快了工程进度，还提高了工程质量，确保了工程项目的顺利进行。

(二) 实时监控测量

在大型土木工程施工测量领域，全球导航卫星系统（GNSS）技术的实时监控测量功能在确保结构完整性和施工安全中扮演了至关重要的角色。实时监控测量通过持续收集施工现场的数据，提供对工程进展的即时反馈，从而允许项目管理团队进行实时决策和调整。GNSS 技术在此过程中通过高频率的数据更新和精确的位置监控，显著提升了施工过程的效率和安全性。在各个施工阶段，如基础设定、结构竖立、基础设施网络布局、表面整平以及公用设施安装等，GNSS 技术均能提供关键的监控支持^[4]。

例如，GNSS 技术在基础设定阶段通过每日多次的垂直性检查确保基础的正确安装，这对避免后续结构问题至关重要。在结构竖立阶段，对结构对齐的验证则需依赖 GNSS 技术提供的连续监控数据来保证结构元素的精确安装。此外，当涉及基础设施网络布局时，空间协调任务尤为复杂，GNSS 技术则通过提供实时的空间位置数据，确保各个系统间不会发生冲突。在表面整平工作中，GNSS 的表面水平测量功能可以确保达到设计规格的精确度。最后，在公用设施安装阶段，地下公用事业追踪则是 GNSS 技术不可或缺的应用之一，以避免施工中对现有地下设施的损害，如表 2。

表 2 实时监控测量数据

施工阶段	监控任务	每日测量频率	检测错误数	进行更正数	操作改进 (%)
基础设定	垂直性检查	24	5	5	15
结构竖立	对齐验证	18	3	3	12
基础设施网络布局	空间协调	12	2	2	20
表面整平	表面水平测量	15	4	4	10
公用设施安装	地下公用事业追踪	20	1	1	18

通过这些数据可以看出，GNSS 技术的实时监控测量在提高大型土木工程施工测量的精确性、效率及安全性方面发挥着至关重要的作用。这种技术的应用不仅加快了项目进度，还显著提高了工程质量，保证了施工过程的顺利进行。

(三) 地基施工中的定位与导航

在大型土木工程项目中，地基施工阶段的定位与导航是确保

整个工程质量和安全的关键环节。全球导航卫星系统 (GNSS) 技术在这一阶段发挥着至关重要的作用, 通过提供高精度和实时的地理位置数据, GNSS 确保了工程建设的精确性和效率。在地基施工中, 定位与导航主要涉及到精确的地基定位、施工机械导航以及后续的基础检验, 这些应用对于遵循设计规范、防止结构偏差并最终实现结构稳定性至关重要。利用 GNSS 技术, 工程团队能够在复杂的施工环境中实现对地基工程设施的精确布局。GNSS 接收器提供的数据支持施工人员进行准确的挖掘和填充作业, 确保每个地基元素都严格按照工程设计进行。此外, GNSS 设备在施工机械如挖掘机、推土机等导航中也扮演着核心角色, 这些设备依赖 GNSS 提供的连续位置信息以保证作业的精度和效率。在挖掘过程中, GNSS 技术可以实时监控挖掘深度和位置, 预防过挖或不足挖的问题, 同时优化作业路径, 减少机械运行时间, 降低成本^[5]。

在地基施工的导航方面, GNSS 技术提供了一种有效的解决方案来维护施工质量控制。通过高精度的定位系统, 施工团队可以确保地基和基础设施的每个部分都能精确对接, 从而避免由于定位错误导致的结构问题。此技术还使得地基施工过程中的复杂协调变得更为简单, 特别是在多层次、大范围的工程项目中, GNSS 的应用极大提升了跨部门和跨阶段的工作效率^[6-9]。GNSS 技术在地基施工的定位与导航中的应用不仅提高了施工精度, 减少了工程风险, 也优化了资源分配和时间管理, 这对于保证大型土木工程项目的成功完成具有不可估量的价值。

(四) 线路校准与检测

在大型土木工程项目中, 线路校准与检测是确保工程按照设计标准准确实施的关键步骤。全球导航卫星系统 (GNSS) 技术在此过程中扮演着至关重要的角色, 提供了一种高精度、高效率的方法来执行这些任务。线路校准涉及到对工程线路进行精确设置, 包括道路、轨道以及管线等的精确布局, 而线路检测则是对这些线路实施后的位置精度进行验证的过程。利用 GNSS 技术

进行线路校准, 可以显著减少传统测量方法所需的时间和人力, 同时提高测量数据的可靠性和准确性。GNSS 技术在进行线路校准时通过其全球卫星覆盖能力, 能够提供连续、实时的地理位置数据, 确保各种线路元素的精确布局。这种技术特别适用于复杂的地形和广阔的施工区域, 其中传统测量技术可能面临较大的挑战。例如, 在建设新的铁路或高速公路时, GNSS 技术能够确保线路的直线部分和曲线部分都严格符合设计规格, 从而优化行车安全和结构耐久性。此外, GNSS 设备的高效数据处理能力支持工程团队进行即时数据分析, 及时调整施工计划, 以应对地形变化或其他意外情况^[9]。

线路检测方面, GNSS 技术提供了一种有效的监控手段, 通过高精度的位置跟踪, 可以监测到任何偏离预定线路的情况。这对于早期识别潜在的结构问题和及时进行修正至关重要。通过定期的 GNSS 监测, 工程团队可以确保所有施工阶段的线路位置都符合设计要求, 这对于维护工程的整体质量和安全性是必不可缺的。GNSS 技术在大型土木工程测量中的应用极大地提高了线路校准与检测的精度和效率^[10]。通过利用 GNSS 的全球覆盖和高精度定位功能, 工程团队能够有效地管理复杂的施工项目, 保证工程按照最高标准顺利完成。这不仅优化了资源利用, 减少了成本和时间的消耗, 还显著提升了工程安全性和可靠性, 是现代大型土木工程不可或缺的技术支持。

四、结语

全球导航卫星系统技术在大型土木工程施工测量中的应用, 不仅是技术进步的体现, 也是现代土木工程向更高效率、更高安全标准迈进的关键步骤。通过深入研究 GNSS 技术在此领域的具体应用案例和效果, 可以为工程测量领域提供新的视角和方法, 促进土木工程科技的进一步发展和创新。

参考文献

- [1] 黄观文, 陈孜, 徐永福. 膨胀土边坡 GNSS 实时监测技术 [J]. 测绘学报, 2023, 52(11):1873-1882.
- [2] 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(9):150-152.
- [3] 宿林, 张帅. 基于 GNSS 的滑坡自动化监测应用分析 [J]. 地理空间信息, 2023, 21(2):122-124.
- [4] 赵帅王胜杨淑娟崔维久. 基于 GNSS 技术的结构位移监测应用研究进展 [J]. 施工技术 (中英文), 2022, 51(21):6-10.
- [5] 任学锋, 黄科伟, 李营作. GNSS 监测技术在露天矿边坡监测预警中的应用 [J]. 露天采矿技术, 2023, 38(4):46-48.
- [6] 郭冰, 孟丽媛, 杨丁亮. 建筑业转型升级背景下“土木工程测量”课程教学改革思考 [J]. 科教导刊, 2023, (35):110-112.
- [7] 刘勇. 土木工程施工中的测量施工分析 [J]. 居业, 2019, (01):6-7.
- [8] 鲁明星, 吴晓红, 乔京生, 等. 应用型本科院校以升班“工程测量”课程教学研究及实践 [J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(06):8-10.
- [9] 张宗领. 《土木工程测量》课程教学改革探索 [J]. 廊坊师范学院学报 (自然科学版), 2017, 17(03):126-128.
- [10] 袁沁琳. 简单的数学方法在土木工程放线中的作用 [J]. 科技视界, 2017, (16):126+106.