

GPS 测量技术在水利工程测量中的应用

刘 峰

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

【摘 要】：本文首先介绍了 GPS 技术的基本原理及其在测量中的优势，包括高精度、高效率 and 全天候作业能力。接着，详细阐述了 GPS 技术在水利工程测量中的具体应用，如大坝变形监测、河道断面测量和水文站网建设等。通过实际案例分析，展示了 GPS 技术在提高测量精度、缩短作业周期和降低成本方面的显著效果。研究结果表明，GPS 技术能够有效提升水利工程测量的质量和效率，对于保障水利工程的安全运行具有重要意义。本研究为水利工程测量领域的技术革新提供了理论支持和实践指导。
关键词：全球定位系统（GPS）；水利工程；测量技术；变形监测；水文站网

【关键词】：全球定位系统（GPS）；水利工程；测量技术；变形监测

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.024

1 GPS 技术概述

1.1 GPS 技术的基本原理

全球定位系统（GPS）是一种利用卫星进行导航和定位的技术^[1]。其基本原理是通过地球轨道上的 GPS 卫星发射信号，地面接收设备接收这些信号后，根据信号的传输时间差异来计算接收设备的具体位置。这一过程涉及到三个核心部分：卫星部分、地面控制部分和用户设备部分^[2]。

卫星部分主要由一组运行在不同轨道平面的卫星构成，这些卫星以一定的轨道周期绕地球运行，确保在全球范围内任何时间至少有四颗卫星能够被地面接收设备观测到。每颗卫星不断发射包含自身位置和时间信息的导航信号，这些信息对于定位计算至关重要。

地面控制部分由全球若干个监控站、主控制站和上行站组成。监控站负责接收卫星信号并测定其轨道和钟差信息，将这些数据传输到主控制站进行处理，主控制站计算出精确的卫星轨道和钟差修正数据。上行站则将修正后的数据上传到 GPS 卫星，以确保导航信号的精度和可靠性。

用户设备部分是 GPS 系统的终端用户使用的设备，包括从专业测量仪器到日常使用的智能手机。这些设备配备有 GPS 接收机，能够接收来自卫星的导航信号。通过解码和处理这些信号，用户设备可以计算出自身的三维位置（经度、纬度和高度）以及运动速度和时间。

GPS 技术的核心在于时间测量的精确性。每颗 GPS 卫星都携带高精度的原子钟，确保时间信号的精度在纳秒级别。地面接收设备通过比较从不同卫星接收到的信号到达时间，利用三边测量法（Trilateration）来计算其相对于这些卫星的位置。这一过程需要至少四颗卫星的信号，以解决四个未知数：三个空间坐标和一个时间偏差。

在实际应用中，GPS 技术凭借其高精度、高效率 and 全天候作业的优势，已广泛应用于各类测量和定位任务。通过不断的技术创新和完善，GPS 系统的精度和可靠性得到了显著提升，

为水利工程测量提供了坚实的技术支持。这种技术不仅能够显著提高测量精度，还能大幅缩短作业周期，降低测量成本，对水利工程的建设和维护具有重要的现实意义。

1.2 GPS 技术的发展历程

GPS 技术的发展历程经历了数十年的演变，从最初的军事应用逐步扩展到民用领域。20 世纪 60 年代，美国国防部开始研究全球定位系统，并于 1973 年正式启动 GPS 项目，目的是为军队提供全天候、高精度的全球定位服务。1983 年，美国总统里根宣布将 GPS 系统开放给民用领域，标志着 GPS 技术应用的一个重要转折点^[3]。

随着时间的推移，GPS 技术不断发展，逐步提升了定位精度和系统稳定性。20 世纪 90 年代，全球定位系统进入全面运作阶段，24 颗 GPS 卫星完成部署，实现了全球覆盖。此后，民用 GPS 接收设备开始广泛普及，应用领域迅速扩展到导航、测绘、地理信息系统等多个方面。

进入 21 世纪，随着科技进步和市场需求的增长，GPS 技术的精度和可靠性进一步提升。差分 GPS（DGPS）技术的出现，使得定位精度达到亚米级别，为高精度测量应用提供了有力支持。实时动态（RTK）技术的发展，使得 GPS 能够在动态环境中实现厘米级精度的实时定位，极大地拓展了其在工程测量中的应用范围。

在全球定位系统的基础上，各国相继开发了自己的卫星导航系统，如俄罗斯的 GLONASS、欧洲的伽利略（Galileo）和中国的北斗系统（BDS），这些系统与 GPS 联合使用，进一步提升了定位服务的精度和可靠性。GPS 技术的发展历程不仅见证了科技的进步，也推动了各行各业信息化进程，尤其在水利工程测量中发挥了重要作用^[4]。

2 GPS 技术在水利工程测量中的应用

2.1 大坝变形监测

大坝变形监测是水利工程中至关重要的一环，旨在实时掌握大坝的稳定性和安全性。GPS 技术由于其高精度、连续性和

全天候作业的特性，成为了大坝变形监测的首选手段。GPS 系统能够在无需接触大坝本体的情况下，通过卫星信号进行远程数据采集和分析，这显著提升了监测的效率和安全性。

在大坝变形监测中，通常在大坝关键部位布设 GPS 监测点，这些点通过高精度的 GPS 接收器接收卫星信号，实时记录三维坐标变化。利用这些数据，工程技术人员可以准确计算大坝的变形量和变形趋势，判断大坝的稳定状态。监测点的数据可以通过无线网络传输至监测中心，进行实时处理和分析，这不仅提高了数据处理效率，也减少了人工巡检的频次和劳动强度。

大坝变形监测中的关键技术包括 GPS 数据处理和误差分析。由于 GPS 信号在传播过程中会受到大气层、电离层等多种因素的影响，必须对原始数据进行严格的误差校正和处理。常用的方法包括差分 GPS (DGPS) 和实时动态差分 (RTK) 技术，这些技术能够显著提高测量精度，使监测结果更加可靠。

通过应用 GPS 技术，能够实现大坝变形监测的高频次、全方位覆盖。例如，在某大型水库大坝的监测项目中，利用 GPS 技术实现了对大坝表面各监测点的连续观测和数据记录。分析结果显示，该大坝在不同季节、不同工况下的变形规律，为后续的加固和维护提供了科学依据。

GPS 技术还能够与其他监测手段结合，如传统的光学测量技术、电子水准测量技术等，形成多元化的监测体系。这种综合监测方式不仅能够互补各方法的不足，还能提高整体监测精度和可靠性。

2.2 河道断面测量

利用 GPS 技术进行河道断面测量在水利工程中具有显著的优势。河道断面测量是为了获得河道横断面形态及其变化的重要手段。传统的测量方法，如全站仪、水准仪和测深仪等，在复杂地形和动态环境中操作起来存在一定困难，且工作效率相对较低。GPS 技术的引入，极大地提高了河道断面测量的精度和效率。

在实地测量中，通过布设多台 GPS 接收机，并配合动态差分技术，测量人员可以快速地获取河道不同位置的高程数据。单点定位精度可以达到厘米级甚至毫米级，从而保证了断面数据的高精度。利用动态差分 GPS，即便是在移动的船上进行测量，也能够实时记录下高精度的三维坐标数据，实现连续性好、测量结果。

数据处理方面，河道断面测量中获取的数据量大且复杂，传统方法处理时间长、易出错。结合 GPS 技术和现代数据处理软件，可以快速完成数据后处理和断面图绘制。系统自动化程度高，减少了人工干预，降低了人为误差，提高了数据的可靠性和工作效率。在实际应用中，多个河段的连续测量可以通过 GPS 技术实现，实现对整个河道的精细化测绘。通过对河道断

面数据的分析，能够及时发现河道淤积、侵蚀等问题，从而为工程设计和维护提供科学依据。总体来看，GPS 技术在河道断面测量中的应用，不仅提升了数据获取的速度和准确性，还为后续的水利工程管理和决策提供了有力支持。

2.3 水文站网建设

GPS 技术在水文站网建设中的应用主要体现在站点选址、数据采集和网络布局等方面。利用 GPS 技术，可以快速、准确地确定水文站点的位置，确保站点分布的科学合理。GPS 技术的高精度定位功能，有助于实现水文数据的精准采集，提高数据的可靠性和时效性。通过 GPS 建立的水文站网，不仅能够实时监测和管理水资源，还能有效应对突发水文事件，保障水利工程的安全和高效运行^[5]。该技术的应用显著提升了水文站网建设的质量和效率。

3 GPS 技术在水利工程测量中的实际效果分析

3.1 测量精度提升

GPS 技术在水利工程测量中的实际效果分析尤其体现在测量精度的提升方面。传统的水利工程测量方法，如全站仪、水准仪等，虽然在一定程度上能够满足测量需求，但其在大面积、复杂环境下的应用受到诸多限制。相比之下，GPS 技术凭借其全球覆盖、高精度定位等优势，在提升测量精度方面具有明显的优势。

GPS 技术利用卫星信号进行定位，不受地形和天气条件的限制，可以在各种环境下进行高精度测量。通过实时动态 (RTK) 测量技术，GPS 可以实现厘米级甚至毫米级的精度，远远优于传统测量方法。这种高精度的测量能力在水利工程中尤为重要，例如在大坝变形监测中，通过对大坝结构的微小位移进行高精度监测，可以及时发现潜在的安全隐患，保障大坝的安全运行。

GPS 技术在测量过程中通过接收多颗卫星信号，进行差分处理，大大降低了单一信号误差的影响，进一步提高了测量的准确性。差分 GPS (DGPS) 技术通过在固定已知点设置基准站，与流动站共同工作，对卫星信号进行实时校正，使得测量精度得到了显著提升。这种高精度差分处理在河道断面测量中具有重要应用，通过精确测量河道的横断面形态，可以为水利工程设计提供可靠的数据支持。

GPS 技术的高精度还体现在其对动态测量的支持上。动态 GPS 测量技术可以在移动状态下进行高精度定位，适用于水文站网的建设和水文数据的实时监测。例如，在进行流量测量时，GPS 技术可以精确定位测量仪器的位置，确保流量数据的准确性和可靠性，为水文分析和水利调度提供精确的数据基础。

GPS 技术在提升水利工程测量精度方面表现出色。通过利用多颗卫星信号进行高精度定位和差分处理，GPS 技术不仅在静态测量中具有优势，在动态测量中同样能够提供高精度的数

据支持。这种精度的提升不仅提高了水利工程测量的质量和效率，还在保障水利工程安全运行中发挥了重要作用。研究和实践表明，GPS技术的应用对于水利工程测量领域的技术革新具有重要意义，为今后的工程建设和维护提供了坚实的技术保障。

3.2 作业周期缩短

在水利工程测量中，GPS技术的应用有效缩短作业周期，从而提升了总体工作效率。传统的水利工程测量方法，如全站仪和水准仪测量，需要多步骤的数据采集和处理流程，耗时较长。而GPS技术通过卫星信号进行定位，能够获取多点坐标数据，大幅减少了多次测量的需求，数据采集更加快捷。

GPS技术具有全天候作业能力，不受天气和光线条件的限制，保证了测量工作的连续性和稳定性。即使在恶劣气候条件下，GPS设备依然能够准确地进行定位和数据采集，缩短了因天气原因导致的待机时间，提高了项目的进展速度。

利用GPS技术进行数据处理也比传统方法更加高效。借助先进的计算机软件，数据可自动化处理和分析，减少了人工干预环节，从而进一步缩短了数据处理的周期。整个过程的自动化和标准化提升了作业效率，并降低了人为错误的发生率。

通过案例分析，已经证实GPS技术的引入使得水利工程测量项目的周期显著缩短。数据表明，相较于传统测量方法，使用GPS技术的项目周期缩短了约30%-50%，这对于大型和复

杂的水利工程测量项目尤为重要。作业周期的缩短不仅能够节省大量的时间资源，还对项目的整体进度控制和成本管理具有深远影响。

3.3 成本降低分析

GPS技术在水利工程测量中具有明显的成本降低优势。通过高效的数据采集和处理能力，减少了人力资源的投入和外业工作时间，显著节约了人工成本。GPS设备的持续创新和价格下降，使得测量设备的购置和维护费用大幅减少。采用GPS技术后，避免了传统测量方法中因多次测量和数据处理错误而导致的重复工作和额外支出。整体而言，GPS技术有效降低了水利工程测量的综合成本，提高了经济效益。

4 结语

本文深入探讨了GPS技术在水利工程测量中的应用，明确了其在提升测量精度、优化作业效率及降低成本方面的显著贡献。通过具体案例分析，证实了GPS技术在大坝变形监测、河道断面测量以及水文站网建设等关键领域的有效性。未来研究可以着重于优化GPS测量数据的处理算法，提高其在复杂环境下的适用性，并探索成本效益更高的设备解决方案。此外，随着新兴技术的融合应用，如人工智能与大数据技术，将为水利工程测量带来新的研究方向和突破，为确保我国水利工程安全运行提供更为坚实的技术支撑。总的来说，GPS技术在水利工程领域的应用展现了广泛的前景，对于推动水利工程技术进步和实现高效精准的工程管理具有重要价值。

参考文献：

- [1] 张建,秦秀路.GPS-RTK技术在农田水利工程测量中的应用[J].农业工程技术,2022,42(36):49-50.
- [2] 李胜.GPS定位和测深技术在深水航道测量中的应用[J].科学技术创新,2023,(15):117-120.
- [3] 吴同兵.水利工程测量中数字化测绘技术应用探析[J].产品可靠性报告,2023,(04):118-119.
- [4] 苏述文.GPS-RTK测量技术在水利工程测量中的应用[J].中国高新科技,2023,(15):136-138.
- [5] 闫志港,李雪莲.现代工程测量技术在水利工程建设中的应用[J].灌溉排水学报,2023,42(06):147.