

GPS高程测量在水利测绘工程中的运用

唐 样

天津华北地质勘查局核工业二四七大队 天津 301800

摘要：本文探讨了GPS高程测量技术在水利工程测绘领域中的广泛应用及其重要性。GPS技术以其高精度、高效率、全天候等特点，在水利工程中发挥了不可替代的作用。从基本原理出发，GPS通过卫星信号实现精确定位，并可通过多种方法如等值线图法、大地水准面模型法和拟合法来确定高程。在水利工程中，GPS高程测量技术被广泛应用于变形观测、堤防工程测量、截流施工、工程监测网络拓展以及水下地形测量等方面。

关键词：GPS高程测量；水利测绘工程；运用

引言：水利工程作为国民经济的基础设施，其建设质量和运行安全直接关系到国家和人民的利益。然而，水利工程往往面临复杂多变的自然环境和严格的运行要求，因此对其测绘和监测工作提出了极高的要求。传统测绘方法存在精度低、效率低、受环境限制大等问题，难以满足现代水利工程的需求。而GPS高程测量技术以其高精度、高效率、全天候等优点，逐渐成为水利工程测绘领域的重要工具。本文旨在探讨GPS高程测量技术在水利工程测绘中的具体应用及其优势，为水利工程的测绘和监测工作提供参考。

1 GPS 基本原理

GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 作为现代导航与定位技术的基石，其运作机制之精妙，远不止于表面所见。该系统以卫星导航为核心，通过一系列复杂而精密的计算与信号处理，实现了对地球上任意位置的精准定位。其基本原理基于物理学中的时间差测量与空间几何定位理论，具体而言，是通过测量卫星信号从发射到接收的时间差，结合卫星的精确位置信息，利用三角定位原理，计算出接收机的三维坐标。

1.1 空间部分：GPS的空间部分由一组高轨道卫星组成，这些卫星均匀分布在六个轨道面上，每个轨道面约有四颗卫星，确保全球任何地点、任何时间至少能接收到四颗卫星的信号。这些卫星不仅携带高精度的原子钟以维持时间同步，还不断向地面广播包含自身位置、速度、时间等信息的导航电文^[1]。

1.2 地面控制部分：地面控制部分由主控站、监测站和信息注入站组成，它们共同负责监控卫星的运行状态，计算卫星的精确轨道参数和钟差，并将这些信息上传至卫星，供用户设备使用。这一环节是确保GPS系统高精度定位的关键所在。

1.3 用户设备：即GPS接收机，是用户与GPS系统交

互的接口。接收机通过捕获并解析卫星信号，利用信号传播时间差和卫星位置信息，通过复杂的算法计算出自身的三维坐标（经度、纬度、高度）以及时间信息。随着技术的进步，现代GPS接收机不仅体积更小、功耗更低，而且定位速度和精度都有了显著提升。

2 GPS 测高方法

2.1 等值线图法：作为GPS测高中的一种间接方法，其基础在于对高程异常图或大地水准面差距图的精确解读。这些图件通常基于历史测量数据、重力场模型或卫星遥感技术编制而成，直观展示了地表高程异常的分布情况。用户通过查询图件上对应点的数据，并应用特定的计算公式，如重力归算、高程异常改正等，间接推算出地面点的正常高或正高。该方法的优势在于直观易懂，便于非专业人员操作，但其精度受限于图件的编制精度和坐标系统的统一性。因此，在实际应用中，需选用高质量的图件，并确保其与GPS接收机采用的坐标系统严格匹配，以减小误差。

2.2 大地水准面模型法：大地水准面模型法则是直接利用全球或区域性的高精度大地水准面模型进行高程计算。这些模型基于大量的重力测量数据、地形数据以及地球物理模型构建而成，能够精细地反映地球表面的重力场变化。通过输入地面点的大地坐标（经度、纬度），模型能够直接输出该点的高程信息，具有极高的理论精度。然而，该方法在实际应用中面临诸多挑战，如模型参数的准确性、地面点坐标的精确获取以及模型在不同区域的适用性等问题。因此，需要不断优化模型算法，提高模型参数的精度，并加强区域性的模型验证与校准工作^[2]。

2.3 拟合法：拟合法是一种基于数学统计原理的测高方法，它充分利用了已知点的高程信息来预测未知点的高程。高程拟合法适用于高程异常变化较为平缓的地

区,如平原或丘陵地带。通过选择合适的拟合模型(如多项式模型、曲面模型等)和合理的拟合参数(如阶数、权重等),可以实现对未知点高程的精确估计。而分区拟合法则进一步考虑了高程异常的空间变化特性,将研究区域划分为多个子区域,分别利用各区域内的已知点进行拟合,以提高整体的测量精度。该方法的关键在于准确识别高程异常的空间分布规律,并据此合理划分拟合区域和选择拟合模型。此外,还需注意拟合过程中的过拟合问题,避免引入不必要的误差。

3 GPS 高程测量主要特点

3.1 高精度:GPS高程测量的高精度特性是其最为显著的优势之一。在配备高精度接收机和采用先进数据处理算法的支持下,GPS系统能够实现毫米级甚至厘米级的高程测量精度。这一精度水平对于众多工程领域而言具有极其重要的意义,如水利工程中的大坝变形监测、交通建设中的桥梁与隧道高程控制、以及地质勘探中的地形地貌精确测绘等。高精度的GPS高程数据为工程设计与施工提供了可靠的基础数据支持,确保了工程的安全性与稳定性。

3.2 高效性:传统的高程测量方法往往受到地形和地貌的严重限制,需要耗费大量的人力、物力和时间。而GPS高程测量则打破了这一瓶颈,其高效性特点得到了充分体现。GPS接收机能够在复杂环境中快速完成高程测量任务,无需复杂的布网与观测过程,大大缩短了测量周期。同时,由于减少了人力和物力的投入,也显著降低了测量成本。这种高效性不仅提高了工程测量的效率,也为工程的快速推进提供了有力保障。

3.3 实时性:GPS高程测量的实时性特点为工程项目的动态监测提供了强大支持。通过实时差分定位技术,GPS系统能够实时获取并处理高程数据,为工程管理人员提供了及时、准确的决策依据。在水利工程的变形监测中,实时性高程数据能够帮助工程师及时发现并处理潜在的安全隐患;在交通建设领域,实时性高程数据则有助于确保施工过程中的高程控制精度。这种实时性特点确保了工程项目的安全性和可靠性,为工程的顺利进行提供了有力保障。

3.4 易于操作:随着技术的不断进步和普及,现代GPS接收机已经变得非常易于操作。用户无需具备专业的测量知识和技能,只需按照简单的指示进行操作即可完成高程测量任务。这种易于操作的特点大大降低了测量工作的门槛和成本,使得GPS高程测量技术得以在更广泛的领域得到应用和推广。同时,易于操作的特点也促进了GPS高程测量技术的普及和发展,为测绘技术的整体进

步注入了新的活力^[3]。

3.5 全天候:GPS高程测量的全天候特点使其在恶劣环境下依然能够稳定工作。无论是烈日炎炎的夏日还是寒风凛冽的冬日,无论是晴朗的天空还是阴雨绵绵的天气,GPS系统都能够保持高精度和高效率的工作状态。这种全天候特性为需要在恶劣环境下进行测量的工程项目提供了极大的便利和保障。例如,在山区、沙漠、海洋等复杂环境中进行高程测量时,GPS系统能够克服自然条件的限制,确保测量任务的顺利完成。

4 GPS 高程测量技术在水利工程测绘领域的具体应用

4.1 变形观测中的有效应用

在水利工程的日常运营与维护中,坝体、堤防等关键结构物的变形监测是确保工程安全的核心环节。传统的变形监测手段,如全站仪、水准仪等,不仅操作复杂、耗时较长,且易受环境因素影响,难以达到高精度、实时性的要求。而GPS高程测量技术的引入,彻底改变了这一现状。GPS高程测量以其独特的优势,如全天候作业能力、不受通视条件限制、高精度三维定位等,成为变形观测的理想选择。在水利工程中,通过在坝体、堤防等结构物的关键位置布设GPS接收机,可以实时、连续地获取结构物的三维坐标和高程数据。这些数据经过专业软件处理,能够直观展示结构物的变形趋势和异常现象,为工程管理人员提供及时、准确的决策依据。此外,GPS高程测量技术还能帮助建立稳定的变形分析基准,通过长时间序列的数据积累,可以揭示结构物的变形规律和潜在风险,为工程的安全评估和加固设计提供有力支持。

4.2 在堤防工程测量中的有效应用

堤防作为水利工程的重要组成部分,其稳定性和安全性直接关系到周边区域的生命财产安全。传统的堤防工程测量技术往往存在测量精度低、作业效率低等问题,难以满足现代水利工程对高精度、高效率测量的需求。而GPS高程测量技术的应用,则为堤防工程测量带来了革命性的变化。在堤防工程测量中,GPS高程测量技术可以快速、准确地获取堤防的高程数据,为堤防的设计、施工和监测提供可靠依据。通过布设GPS接收机网络,可以实现对堤防整体高程的精确测量,及时发现并处理堤防的沉降和变形问题。同时,GPS高程测量技术还能与无人机、激光雷达等现代测绘技术相结合,形成多维度的测量体系,进一步提升堤防工程测量的精度和效率^[4]。

4.3 截流施工中GPS高程测量的应用

截流施工是水利工程建设中的关键环节之一,其施

工质量和进度直接关系到整个工程的顺利进行。在截流施工中,水下地形的精确测量和建模是制定合理施工方案的重要前提。传统的水下地形测量方法存在测量精度低、作业难度大等问题,难以满足截流施工对高精度测量的需求。而GPS高程测量技术结合多波束测深仪等水下测量设备,可以实现对水下地形的精确测量和建模。通过GPS差分定位技术,可以确保测量数据的高精度和连续性;而多波束测深仪则能够同时发射多个声波束,覆盖更宽的水域范围,提高测量效率。两者相结合,可以绘制出高精度的水下地形图,为截流施工方案的制定提供重要依据。在截流施工过程中,GPS高程测量技术还能实时监测水位和截流体的位置变化,为施工人员提供及时、准确的信息反馈。通过数据分析,可以预测截流体的移动趋势和可能的风险点,为施工方案的调整和优化提供有力支持。

4.4 拓展工程监测网络应用范围

随着GPS高程测量技术的不断发展,其在水利工程监测网络中的应用范围也在不断拓展。通过与其他监测技术的集成,GPS高程测量技术能够构建出更加全面、多维度的工程监测体系。一方面,GPS高程测量技术可以与倾斜仪、应变计、渗压计等监测设备相结合,形成综合监测网络。这些设备各自负责不同的监测参数,如倾斜、应力、渗流等,而GPS则负责提供精确的位置和高程信息。通过数据集成和分析,可以全面了解工程结构的运行状态和健康状况,及时发现并处理潜在的安全隐患。另一方面,GPS高程测量技术还可以与自动化监测系统相结合,实现远程、实时的工程监测。通过布设多个GPS接收机作为监测点,可以实时传输监测数据到中央控制室。中央控制室利用专业软件对数据进行处理和分析,一旦发现异常情况立即发出预警信号,以便及时采取措施进行处理。这种自动化监测系统的应用不仅提高了监测效率还降低了人力成本。

4.5 水下地形测量

在水下地形测量中,GPS高程测量技术结合测深仪的应用,展现出了巨大的优势。传统的水下地形测量方式受限于水深、环境复杂度和测量工具的局限性,难以高

效、准确地获取水下地形数据。而GPS高程测量技术则通过卫星信号与地面接收机的实时通信,实现了对测量船或无人测量平台的高精度定位。在具体操作中,GPS流动站接收机与测深仪的换能器被安置在同一平面位置,并同时布置在测量船上。测深仪利用超声波原理,发射声波并接收其从水底反射回来的信号,从而计算出水深。与此同时,GPS系统实时提供测量船的平面坐标信息。这两组数据被同步传输至计算机,经过专业软件的处理,即可生成高精度的水下地形图。这种方法不仅简化了测量流程,还显著提高了测量精度和效率。特别是在水深较大、水下地形复杂的水域,GPS高程测量技术能够实现对水下地形的全面、细致扫描,避免了传统测量方式中的盲区和误差。此外,该技术还具备全天候作业能力,不受天气和光线条件的影响,进一步提高了测量的灵活性和可靠性。综上所述,GPS高程测量技术在水下地形测量中的应用,为水利工程的建设和管理提供了强有力的技术支持。

结论:GPS高程测量技术在水利工程测绘领域的应用极大地提高了测量精度和效率,为水利工程的设计、施工、监测和管理提供了强有力的技术支持。通过GPS高程测量技术的应用,可以实现对水利工程结构物的实时、高精度监测,及时发现并处理潜在的安全隐患;同时,还可以拓展工程监测网络的应用范围,实现更加全面、多维度的工程监测。随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,GPS高程测量技术将在水利工程中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]李正威,李昆.GPS高程测量在水利测绘工程中的运用[J].长江技术经济,2020,4(S1):72-75.
- [2]杨春,刘远征,蔡文生.GPS高程测量及在水利测绘工程中的应用[J].工程技术研究,2020(06):83-84.
- [3]胡勤涛.GPS高程测量及在水利测绘工程中的应用[J].居舍,2020(34):173.
- [4]赵日瑕,王成华,和耐秋.GPS高程测量及在水利测绘工程中的应用[J].山东水利,2020(04):13-14+16.