

# GPS高程测量在水利测绘工程中的运用

赵兵<sup>1</sup> 叶子昂<sup>2</sup> 姜帅<sup>1</sup>

1. 浙江广川工程咨询有限公司 浙江 杭州 310000

2. 浙江湾北工程勘察设计有限公司 浙江 嘉兴 314300

**摘要:** GPS高程测量技术在水利测绘工程中展现出广泛应用与显著优势。该技术通过高精度测定地形地貌、施工定位与放样、变形监测与预警以及水资源管理与调度中的高程信息,为水利工程的规划、设计、施工、运营及管理提供了精确的数据支持。其实时性、高效性和多源数据融合能力,有效提升了水利测绘工程的精度与效率,确保了水利工程的安全性与可持续性。

**关键词:** GPS高程测量;水利测绘工程;运用

引言:随着水利工程的不断发展,对测绘技术的精度和效率提出了更高要求。GPS高程测量技术以其高精度、实时性和广泛应用性,在水利测绘工程中扮演着越来越重要的角色。该技术不仅能够准确测定地形地貌,为工程规划提供基础数据,还能在施工、变形监测及水资源管理中发挥关键作用,为水利工程的安全、高效运行提供有力保障。因此,探讨GPS高程测量在水利测绘工程中的运用具有重要意义。

## 1 GPS高程测量在水利测绘中的优势

GPS高程测量在水利测绘领域展现出了显著的优势,其作为现代测绘技术的重要组成部分,不仅极大地提升了测绘工作的精度与效率,还以其独特的优势为水利工程的规划、设计与实施提供了强有力的技术支撑。第一, GPS高程测量具有极高的精度。其通过多颗卫星的同步观测,能够实时、准确地获取地面点的三维坐标信息,包括高程信息。这种高精度的测量能力,为水利测绘工程提供了可靠的数据支持,确保了工程设计的准确性和安全性。第二, GPS高程测量具有广泛的适应性。无论是在复杂的地形地貌条件下,还是在恶劣的气候环境中, GPS都能稳定地工作,不受天气、时间等因素的影响。这种全天候、无间断的测量能力,大大提高了水利测绘工作的效率和灵活性。第三, GPS高程测量还具备高效性。相比传统的水准测量方法, GPS高程测量无需大量的人力物力投入,且测量速度更快,能在短时间内完成大面积区域的高程测量工作。这不仅降低了测绘成本,还缩短了工程周期,为水利工程的快速推进提供了有力保障。第四, GPS高程测量还具备自动化和智能化的特点<sup>[1]</sup>。现代GPS接收机大多配备有先进的软件和算法,能够自动处理测量数据,生成高精度的测量结果。同时,通过与GIS等技术的结合, GPS高程测量还能实现测绘数据的实时共享和动态更新,

为水利工程的智能化管理提供了可能。

## 2 GPS高程测量的关键技术

### 2.1 卫星信号接收与处理技术

在GPS高程测量中,卫星信号接收与处理技术是关键环节之一,其深度涉及多个复杂的技术层面。这一技术不仅要求接收机能够稳定、高效地捕获来自多颗GPS卫星的微弱信号,还需要对这些信号进行精确的解码、处理和误差校正,以确保高程测量的高精度和可靠性。(1) 卫星信号的接收是整个技术流程的基础。GPS接收机通过其内置的高灵敏度天线,全天候地搜索并捕获来自卫星的导航信号。这些信号在穿越大气层时,会受到电离层、对流层等多种因素的干扰,导致信号衰减和延迟。因此,接收机需要具备强大的信号放大和滤波能力,以有效提取出有用的信号成分。(2) 信号处理技术对于提高测量精度至关重要。在接收到卫星信号后,接收机需要对信号进行精确的解码和跟踪。这包括相位测量、伪距测量等多种技术手段。相位测量通过测量卫星信号与接收机本地信号之间的相位差,可以获得更高精度的距离信息。而伪距测量则通过测量信号传播时间来估算距离,虽然精度相对较低,但在多路径效应等复杂环境下仍具有应用价值。(3) 为了进一步提高测量精度,还需要对卫星信号进行误差校正。这些误差包括卫星轨道误差、卫星钟差、大气延迟误差、多路径误差等。其中,大气延迟误差是影响高程测量精度的主要因素之一。为了消除或减弱这些误差的影响,接收机通常采用差分定位技术。差分定位通过比较基准站和流动站之间的观测数据,可以消除或减弱大部分公共误差,从而提高测量精度。

### 2.2 高程异常计算与拟合技术

在GPS高程测量中,高程异常计算与拟合技术是一

项至关重要的关键技术，它直接关系到测量结果从大地高向正常高的精确转换。这一技术深度涉及复杂的数学模型、数据处理方法以及地形因素的考量。高程异常是指某点的大地高（基于椭球面）与其正常高（基于似大地水准面）之间的差值。这一差值受多种因素影响，包括地球曲率、大气压力、重力场分布等。因此，在计算高程异常时，需要综合考虑这些因素，并借助精密的数学模型和算法进行精确求解。另外，高程异常的拟合技术是将有限数量的已知高程异常点扩展到整个测区，以获取未知点高程异常值的关键步骤。这一技术通常采用数学插值或逼近的方法，如多项式拟合、曲面拟合、多面函数拟合等。不同的拟合方法适用于不同的地形条件和测量需求。例如，在平原地区，由于高程异常变化较为平缓，可以采用较为简单的多项式拟合；而在山区等复杂地形中，则需要采用更为复杂的曲面拟合或多面函数拟合等方法，以更准确地反映高程异常的变化趋势<sup>[2]</sup>。最后，高程异常计算与拟合技术的精度还受到已知点数量、分布以及测量精度等因素的影响。为了确保拟合结果的准确性和可靠性，需要在测区内均匀布设足够数量的已知高程异常点，并采用高精度的测量方法进行观测。同时，在拟合过程中还需要对拟合结果进行严格的检验和评估，以确保其满足测量精度要求。

### 2.3 差分GPS技术

差分GPS技术的基本原理是利用已知精确三维坐标的基准站，实时或事后计算并发送伪距修正量或位置修正量给用户GPS接收机。用户接收机接收到这些修正量后，对自身的测量数据进行相应的修正，从而消除或减弱卫星轨道误差、大气延迟误差、多路径效应等多种误差源的影响，实现高精度的定位和高程测量。差分GPS技术能够显著提高GPS高程测量的精度，特别是在长距离、大范围测量中，其优势更加明显。通过基准站与用户站之间的差分处理，可以消除或减弱多种公共误差，使得测量结果更加接近真实值。可以实现实时数据处理和修正，用户可以在短时间内获得高精度的测量结果。这对于需要即时反馈和快速响应的应用场景尤为重要，如水利工程中的实时监测和预警。通过引入基准站的概念，增强了系统的可靠性。即使单个用户站出现故障或受到干扰，也可以通过基准站的数据进行修正和补偿，确保整个系统的稳定运行<sup>[3]</sup>。还可以根据实际需求灵活配置基准站的数量和位置。在水利测绘中，可以根据测区的地形特点和测量需求，合理设置基准站，以获得最佳的测量效果。

## 3 GPS 高程测量在水利测绘工程中的运用

### 3.1 地形地貌测绘与建模

在水利测绘工程中，地形地貌的准确测绘与建模是后续工程规划、设计、施工及管理的基石。GPS高程测量技术以其高精度、高效率的特点，在这一环节发挥着至关重要的作用。GPS高程测量技术通过接收多颗GPS卫星的信号，并经过复杂的数据处理算法，能够精确测定地面点的高程信息。相较于传统的高程测量方法，如水准测量或三角高程测量，GPS高程测量不仅减少了人为误差和劳动强度，还大大提高了测量效率和精度。这使得在广阔的水利工程区域内，可以快速获取大量高精度的地形高程数据。另外，基于这些高程数据，结合GPS平面坐标信息，可以构建出三维数字高程模型（DEM）。DEM模型不仅直观展示了工程区域的地形起伏、地貌特征，还能够通过三维可视化技术，为工程人员提供沉浸式的地形体验。这对于理解工程区域的地质结构、水流特性以及潜在的工程风险具有重要意义。除此之外，GPS高程测量技术在地形地貌测绘与建模中的应用，还促进了测绘数据的共享与集成。通过标准化的数据格式和接口，不同来源、不同精度的测绘数据可以无缝集成到统一的地理信息系统中。这不仅有助于提高数据的管理和利用效率，还为多源数据的融合分析提供了可能。在水利测绘工程中，多源数据的融合分析可以更加全面地揭示地形地貌的复杂性和多样性，为工程规划、设计和施工提供更加科学、合理的依据。

### 3.2 施工定位与放样

GPS高程测量技术以其高精度、实时性和灵活性，在这一阶段发挥着不可替代的作用。（1）GPS高程测量技术为施工定位提供了更高精度。通过接收多颗GPS卫星的信号，并经过精密的数据处理，可以实时获取施工点的三维坐标（包括经度、纬度和高程）。这种定位方式不仅快速准确，而且不受地形、天气等外界因素的限制，确保了施工定位的精确性。在水利工程中，如大坝、堤防、水闸等关键结构物的施工定位，对高程精度的要求极高，GPS高程测量技术正好满足了这一需求。（2）GPS高程测量技术简化了施工放样的流程。传统的施工放样方法往往需要借助大量的测量仪器和人工计算，不仅耗时费力，而且容易出错。而GPS高程测量技术则可以通过软件自动完成放样计算，并将放样结果直接传输到施工设备上，实现了放样的自动化和智能化。这不仅大大提高了放样的效率，还减少了人为误差，确保了放样的准确性。（3）GPS高程测量技术还具有实时性强的特点。在施工过程中，地形、地貌等条件可能会发生变化，这些变化需要及时反映到施工定位与放样中。GPS高

程测量技术可以实时接收卫星信号，并实时更新施工点的三维坐标和高程信息，为施工团队提供了实时的定位与放样支持。这有助于施工团队及时调整施工方案，确保工程按照设计要求顺利进行。

### 3.3 变形监测与预警

在水利工程的长期运营过程中，大坝、堤防、水闸等重要结构物可能会受到水流冲刷、地基沉降、温度变化等多种因素的影响而发生变形。这些变形如果得不到及时监测和预警，可能会对工程的安全性和稳定性造成严重影响。因此，GPS高程测量技术在水利测绘工程中的变形监测与预警方面发挥着至关重要的作用。（1）GPS高程测量技术能够实现高精度的变形监测。通过定期或连续地测量结构物上关键点的高程变化，可以精确地捕捉到结构物的微小变形。这种高精度监测不仅有助于及时发现潜在的变形风险，还能为后续的变形分析和预警提供可靠的数据支持。（2）GPS高程测量技术具有实时性强的特点。在水利工程中，一些突发性的变形事件可能会在短时间内对工程造成严重影响。因此，实时监测和预警显得尤为重要。GPS高程测量技术可以实时接收卫星信号，并实时计算结构物的高程变化，为工程管理人员提供及时的变形信息。一旦监测到异常变形，系统可以立即发出预警信号，以便工程管理人员迅速采取措施，防止事态进一步恶化。（3）GPS高程测量技术还能与其他监测手段相结合，形成多源数据融合的变形监测系统。通过整合不同来源的监测数据，可以更加全面地了解结构物的变形情况，提高预警的准确性和可靠性。例如，可以将GPS高程测量数据与倾斜仪、应变计等监测数据相结合，通过综合分析来评估结构物的整体稳定性和安全性。

### 3.4 水资源管理与调度

GPS高程测量技术以其独特的优势，在水利测绘工程中为水资源管理与调度提供了强有力的支持。首先，GPS高程测量技术通过精确测定水体（如水库、湖泊、河流

等）的高程变化，为水资源的量化和监测提供了重要依据。通过定期或连续的GPS高程测量，可以实时掌握水体的水位、库容等关键参数，为水资源的合理配置和调度提供精确的数据支持。这些数据不仅有助于评估水资源的现状，还能为预测未来的水资源变化趋势提供重要参考。另外，GPS高程测量技术在防洪减灾中发挥着重要作用。在洪水季节，通过实时监测河流、湖泊等水体的水位变化，结合气象、水文等多源数据，可以构建洪水预警模型，提前预测洪水发生的时间和规模，为防洪减灾工作提供及时、准确的信息。同时，GPS高程测量技术还能为防洪工程（如堤防、分洪区等）的设计、施工和监测提供高程数据支持，确保防洪工程的安全性和有效性。最后，GPS高程测量技术还能辅助进行水资源优化配置。通过构建三维数字高程模型（DEM）和地理信息系统（GIS），可以综合分析地形地貌、水文地质、水资源分布等因素，制定科学合理的水资源分配方案。同时，结合实时监测的水位、水质等数据，可以动态调整水资源分配计划，确保水资源的可持续利用和最大化效益。

### 结束语

总之，GPS高程测量技术在水利测绘工程中的应用极大地提升了测绘的精度与效率，为工程规划、施工、监测及水资源管理提供了全面而精确的数据支持。其独特的技术优势，不仅保障了水利工程的安全性和稳定性，还促进了水资源的合理调配与高效利用。随着技术的不断进步，GPS高程测量在水利测绘工程中的应用前景将更加广阔，为水利事业的发展贡献更大力量。

### 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]刘伯函.GPS高程测量技术在水利工程测量中的应用[J].住宅与房地产,2019(9):248-249.
- [3]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,2020,3(6):83-84.