基于 RTK 测量新技术在水利水电工程中的应用分析

林智鸿　吴仰锋

广东珠荣工程设计有限公司　广东广州　510000

摘　要：本文围绕实时运动定位（RTK）技术在水利水电工程中的应用进行探讨。首先详细介绍了 RTK 技术的原理、优势以及在水利水电工程中的多方面应用，包括河流水位观测、堤坝形变监控、水文监测、河流地形测绘以及精细控制点测量等。RTK 技术的高精度定位和实时性特点，使其在复杂地形和环境下的应用展现出显著的高效性和广泛的适用性，以期对相关人员有所帮助。

关键词：RTK；测量技术；水利水电工程

前言

随着全球卫星导航系统的不断发展和完善，高精度定位技术在水利水电工程中的应用日益广泛。实时运动定位（RTK）作为全球卫星导航系统（GNSS）的一种高精度定位技术，具有定位精度高、实时性强等优点，在水利水电工程中得到了广泛应用。本文将围绕 RTK 技术在水利水电工程中的应用展开分析，旨在探讨其在该领域中的作用和发展前景。

一、RTK 技术概述

（一）RTK 技术概念及原理

RTK 是一种利用全球卫星导航系统（GNSS）实现高精度定位的技术。其原理是通过基准站和移动站之间的实时差分校正，消除了大气延迟、钟差等误差，从而实现了厘米级甚至毫米级的定位精度。其原理基于差分 GPS 技术，通过在移动站和参考站之间实时比较接收到的卫星信号，消除大气延迟、钟差等误差，从而实现了厘米级甚至毫米级的定位精度[1]。RTK 技术利用移动站接收到的卫星信号与参考站接收到的信号之间的相位差来进行精确测量，然后通过差分校正来消除误差，最终实现高精度的定位。

（二）技术优势

此项技术的具体优势体现在以下几方面，高精度定位：RTK 技术能够实现厘米级甚至毫米级的定位精度，为水利水电工程的施工、监测和运营提供了高精度的定位数据支持。实时性强：RTK 技术能够实现实时运算和实时校正，可以在几秒内提供高精度的定位结果，满足水利水电工程对实时数据的需求。适用性广：RTK 技术不受地理环境和气候条件的限制，可以在城市、山区、丛林等复杂地形和环境下进行定位，适用性广泛。高效节省成本：相比传统的测量方法，RTK 技术能够提高施工测量的效率和精度，减少人力资源和时间成本，从而节省工程成本。实时监测能力：RTK 技术可以实现对水文要素、地质灾害等的实时监测和预警，为水利水电工程的安全运行提供可靠的数据支持。灵活性和可移动性：RTK 设备小巧轻便，易于携带和部署，可以在不同工程现场进行灵活应用，为工程施工和监测提供便利。

二、基于 RTK 测量技术在水利工程中的应用

2.1 河流水位观测

在河流水位的精准测量过程中，使用 RTK 测量方法能够提供高度精确的水位数据。通过在河流两侧各部署一台 RTK 接收器，设定一台作为固定基站，另一台作为移动站，RTK 技术能够对移动站的水位进行快速而精确地测定。在河流水位的实时监控方面，RTK 测量法可用于流速仪和水位仪等仪器的实时位置定位与监控。将这些仪器配置为移动站，并在河流两岸设置固定基站，RTK 技术便可实施实时的监控和定位作业[2]。在对河流水位变动进行分析时，RTK 测量技术也适用于水位数据的长期追踪与分析。通过在河流两岸安装 RTK 接收器，可以持续记录和测量水位高程。通过分析水位数据的变化，可以掌握河流水位的变化趋势，从而为水资源的开发与管理提供关键的数据支持。

2.2 堤坝形变监控

利用 RTK 测量方法，通过在堤坝表面部署 RTK 接收器，可以实施对堤坝形变的精确监控。在 RTK 监控活动中，采用固定基站与移动站的配置来捕捉堤坝的形变信息。在进行监控的过程中，基站通常设立在堤坝旁的稳固位置上，而移动站则可沿堤坝进行流动测量。通过 RTK 测量获得的数据，可以传输至计算机中进行进一步的处理分析。常见的数据处理技术包括差分法和平差法。差分法能有效消除来自 GPS 的误差，从而提升数据的准确性；平差法则允许将不同时间点收集的数据相比较，分析堤坝在不同时间段的形变状况。

2.3 水文监测

RTK 测量方法在水文监测领域得到了广泛应用，适用于进行水面高度、流速及水流量的测定。该技术通过在水域附近设置 RTK 接收器，可以进行水面高度的即时监控。在进行水面高度监控时，采用固定基站与移动站的组合来采集水面数据。RTK 测量技术还能通过安装水上浮标等测量工具，监测浮标在水中的移动速度，从而推算出水流的速度。结合流速测定，RTK 技术能够通过计算水面截面面积及水流速度来估算水流量。

2.4 河流地形测绘

在过去的水下地形测绘中，操作人员常用各类设备如全站仪、声呐以及六分仪进行测量。然而，由于需要测量的河流具有较大的宽度、深度和长度，传统的测量方法导致工作量庞大，人力和资源

成本较高，且数据的精确性难以保证。采用 RTK 技术进行河流地貌的测量工作，主要流程包括：首先将计算机与水下探测器、RTK 卫星接收器等设备相连接，利用专业的测量软件进行定位和标定测量点，接着根据软件设定的路径在特定区域内进行移动并采集数据，之后将这些数据输送至计算机中，使用专业软件进行数据的分析处理，最终生成河流地形的测绘模型[3]。

2.5 精细控制点测量

在水利工程的测绘过程中，操作人员通常需要先对工作区域进行预测，并在实际的测绘活动中对密集控制点进行精确测量以确保作业的准确性。然而，由于测绘区域通常位于偏僻地带，地形复杂，无法安装高程动态控制点进行密集测量，因此不得不依赖于传统的测量设备。这不仅大幅增加了工作量，而且很难保证测量的精度，在地形极为复杂的区域无法部署设备时只能进行近似测量。采用 RTK 技术进行测绘时，仅需在作业区设置三个或更多的精细测量点，就能收集到高精度的数据，这样不仅极大减轻了测绘的难度，还显著提高了数据的精确度。

三、工程案例分析

工程概况：某项目的地理位置位于经度 109° 37′ 至 109° 46′，纬度 23° 21′ 至 23° 30′ 之间。该项目的水道系统位于一个长 6.23 公里、宽 4.72 公里的矩形区域中。该区域距城市中心约 16 公里，位于低矮的丘陵地带，海拔最高点为 316 米，最低点为 117 米。该水利项目区域内植被浓密，视线受阻，拥有发达的水域网络，且频繁遭遇山洪灾害和有毒蛇的威胁，这些因素极大地增加了测量和建设的复杂性。

3.1 构建控制网络

（1）在测绘区域内部署控制网络需遵循 D 类标准，确保点位连续性，努力实现点位分布均匀且视线无阻。（2）在设定 GPS 网络时，应优先构造封闭的形状，并在配置完成后进行与国家高级控制点的联合校验。（3）在设计 GPS 网络时应考虑到水利工程区的地理形状，保持网络的高效使用，即使邻近的节点视线被阻挡也应如此。（4）充分利用区域内的现有标记进行作业。（5）D 类的 GPS 网络设计规定封闭环的边数不得超过 8，而本次设计的环边数为 3。（6）网络布设完成后，必须与区域内已存在的 GPS 点联合测量，确保点数超过 3 个[4]。

3.2RTK 定位精度

平面精度：GPS-RTK 技术可以达到厘米级的平面精度，通常在 ±（10mm+1ppm × D）的范围内，其中 D 是从基站到测量点的距离。

高程精度：高程精度一般在 ±（20mm+1ppm × D）。这种高精度对于测量水利项目的不同高程是至关重要的，特别是在该区域海拔变化显著时。

3.3 选点

选择观测点时需遵循以下标准：（1）符合技术规范，便于执行测量任务。（2）选择的位置需易于安装和操作测量设备，并且能够长期保持稳定，不易遭受破坏。（3）所选位置应具备宽阔的视野，水平视角需大于 15° 。（4）观测点附近不应存在大功率发射台或高压电线。（5）整个水利工程区内设置有 9 个 D 级标识石与 3 个 C 级 GPS 点相连，同时对区域内的 GPS 点进行适当编号。

3.4 外业测量数据采集

外场数据采集过程中，观测任务将使用 7 个中海达 V30 型接收机与一个中海达 V98 型接收机进行外场静态观测，这些设备的静态平面精度为 ±（2.5mm+lppm × D），高程精度为 ±（5mm+1ppm × D）。地质调查采用 GPS-RTK 技术，其中 RTK 的定位精度为静态平面（10mm+1ppm × D），高程为 ±（20mm+1ppm × D），并采用 HGO 软件进行数据分析。在 ZYJL、H1 至 H7 的标石点安装接收机进行数据收集，其中 V98 型接收机放置在 H7 位置。观测开始于 2022 年 5 月 17 日，每个观测周期间隔至少 20 分钟，并且详细记录各项观测数据。5 月 21 日，额外增设一个 V30 型与一个 V98 型接收机用于静态测量，保留在 H2、H6 和 H7 的三个接收机不变，将其他接收机转移到新的观测点 H8 至 H12 以及 SGZ、BTK 位置。新加的 V98 接收机设置在 H12 测站进行观测，每个观测周期不少于 120 分钟。整个观测过程涵盖 15 个测点，整体设站及观测持续 2 天[5]。

3.5 内部数据处理分析

激活 HGO 软件，设定测量规范和控制层级，配置所需的处理参数，接着进入文件导入界面，选取来自卫星的原始数据文件后确认导入。在处理数据时，须调整高度角和历元数量，复选框默认为选中状态，完成后进行保存。在打开文件的界面中，可以单选或复选需要处理的静态数据文件，点击执行按钮进行所有基线的处理，这将生成经过初步处理的 GPS 网络图，显示不符合标准的基线为红色，红色标识用于指示问题基线。数据被导入软件之后，接下来进行 GPS 网络的简化操作，简化基线计算过程，优化结构，并增强网络结构的视觉效果，确保计算结果的准确性。

结束语

RTK 技术作为一种高精度定位技术，在水利水电工程中具有重要的应用价值。通过对其在水利水电工程中的应用进行分析，可以发现其在河流水位观测、堤坝形变监控、水文监测、河流地形测绘等方面都具有重要的作用。虽然 RTK 技术在应用过程中存在一些问题和挑战，但随着技术的不断发展和完善，相信其在水利水电工程中的应用前景将会更加广阔。

参考文献：

[1]贾秀芳.RTK 定位系统中 GPS 测量技术在水利水电工程测量中的应用研究[J].水利科技与经济，2024，30（02）：57-61+67.

[2]王超.某工程征地测量中 GPS（RTK）技术的应用[J].河南水利与南水北调，2023，52（05）：128-129.

[3]姜景鑫.RTK 动态测量在水利工程测量中的应用[J].科技资讯，2023，21（05）：82-85.

[4]王波，王伟娜，陆威.GPS-RTK 测量技术在水利工程测绘中的应用[J].冶金管理，2020，（23）：99-100.

[5]郭凯.GNSS-RTK 坐标转换参数与转换精度分析[J].经纬天地，2020，（02）：25-27+50.