

GNSS-RTK 与全站仪联合测量在河道断面监测中的精度优化研究

彭李阳

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：本文针对河道断面监测工作中传统测量手段存在效率与精度受限的状况，深入钻研了全球导航卫星系统实时动态定位技术与全站仪联合测量技术的集成应用及精度改良。文章开篇阐明了两种技术的关键工作机理及其互补特性；进而研究了该联合技术应用到河道断面监测在提高数据可靠性、作业成效与应对复杂情形方面的多方面意义；通过谋划联合测量的协同作业架构、创立数据融合与质量把控模型，探究了提升整体测量精度的关键技术途径。GNSS-RTK 与全站仪的协同运用，能够切实弥补单一技术的缺陷，大幅提高河道断面监测成果的精准度与可信度，为水文剖析、防洪整治及河道管控提供更优良的数据支撑。

关键词：GNSS-RTK；全站仪；联合测量；河道断面监测；精度优化；数据融合

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.030

引言

河道断面监测作为水文观测、河床演变剖析、防洪工程规划与水资源管控的基础工作，其测量数据的精准度与可信度直接影响相关决策的科学性。惯用的断面测量方式，如单纯采用全站仪，在通视状况优良区域精准度高，然而存在作业效能欠佳、对复杂地貌适应能力不够等弊端。而以 GNSS - RTK 为典型代表的卫星定位技术，虽说可以高效地得到绝对坐标，但在信号遮挡状况严重的河道陡岸、桥下或是林木密集区域，其准确性与稳定性会明显下滑。因此，探寻使 GNSS - RTK 与全站仪实现有机结合，全面发挥彼此长处，成为增强河道断面监测总体性能的有效办法。本研究着眼于深度钻研两种技术的联合应用原理，剖析它们的协同效益，并着重聚焦精度优化这一核心目的，为实际工程项目提供全面的技术借鉴与理论支撑。

1 GNSS-RTK 与全站仪联合测量的技术原理

1.1 GNSS-RTK 技术的基本原理

GNSS-RTK 技术凭借载波相位差分原理来实现，它利用基准站接收卫星信号，求解载波相位观测值跟已知坐标之间的误差修正信息，再经数据链实时传送给流动站。流动站一边接收卫星发出的信号，一边接收修正数据，实施实时差分运算，进而在动态状况下达成厘米级乃至毫米级的平面与高程定位精度。该技术的关键长处在于能够自主、快捷地获取测点在统一大地坐标系下的

三维坐标，不需要点与点之间通视。

1.2 全站仪技术的基本原理

全站仪是一种融合光电测距与电子测角功能的地面上测量器具，其工作机制是借助发出并接纳反射回来的光波（红外或激光）来测定斜距。同时利用精密光栅或编码器度量水平角和垂直角，利用测站点既定的坐标及方位，整合观测得到的角度与距离，就能够算出目标点的三维坐标^[1]。全站仪的测量精度达到极高水准，特别是高程方向上的相对精度展现出明显优势，然而其作业过程对测站与目标点之间的光学通视存在严格依赖。

1.3 联合测量的协同工作机理

联合测量的协同原理呈现为优势互补与准则统一，首先凭借 GNSS-RTK 技术迅速、无妨碍地布置控制网并获取测站点在统一坐标系中的高精度坐标，在 GNSS 信号欠佳的局部地段。将这些已测定好坐标的点作为全站仪测站或后视方向的基准，借助全站仪开展碎部断面点的测量。通过共享同一空间参照，把全站仪测得的相对坐标成果顺畅转换到绝对坐标系当中，以此实现全域无盲区、高成效、高精准的数据覆盖。

2 联合测量技术在河道断面监测中的应用意义

2.1 显著提升数据获取的可靠性与完整性

河道地貌繁复，往往同时具备宽阔水面与植被葱郁、陡立的岸坡，联合技术方案支持在开阔区域借助

GNSS-RTK 迅速测定水面边界与滩涂，在遮蔽地带换用全站仪进行精准测量。这种动态的转换保证了不论环境怎样变动，皆可选用当前最恰当的测量办法，进而保证了整个断面数据收集的完整性和不同区段数据精准度的可靠性，防止了因信号中断或视线受阻造成的数据丢失。

2.2 有效提高外业作业的整体效率

传统全站仪断面测量要多次移站且需维持烦琐的通视条件。在复合测量时，GNSS-RTK 可快速构建稀疏的控制体系，全站仪能够在该框架内自主设站，不必与远处控制点实现通视，显著简化了测量流程^[2]。GNSS-RTK 可以自主完成大部分空旷区域的测量任务，降低了全站仪的设站频次，两者同步或交替作业，能够极大缩减外业工期，降低工作强度。

2.3 增强对复杂监测环境的适应性

河道监测往往面临着动态水流、变化气候以及复杂地貌的考验，联合技术强化了系统的抗干扰性。当微风引起水面小幅晃动、干扰全站仪对准棱镜时，可以采用 GNSS-RTK 开展水面点测量；当河岸树木对卫星信号形成部分遮挡时，可借助全站仪从附近开辟测站实施补充测量。这种彼此备份、灵动组合的能力，让测量工作得以坦然面对各类不利环境状况，确保项目按质按时完成。

3 河道断面监测中联合测量的精度优化研究

3.1 优化联合测量的协同作业模式设计

河道地形测量精度保障工作，发端于一套严密、合理的实地测量方案设计。在正式测量工作开启前，务必开展周全的实地勘察，全方位考量河道地形的复杂状况（例如陡岸、浅滩）、两岸植被的疏密与高低对信号造成的遮挡情形，以及或许存在的多路径效应干扰区域。凭借踏勘的结果，应预先筹划两种核心测量技术的最优布局方案：针对 GNSS-RTK 技术而言，应在地势偏高、视野宽广且远离强反射界面的稳固之处建立基准站，还需用心设计流动站的行驶轨迹，争取以最大效能覆盖尽量多的可测区域，并且在地图上确切标定受桥梁、密林等作用的 GNSS 信号“盲区”范围。针对全站仪测量而言，需要在它的可视范围之内，挑选能最大程度覆盖上述 GNSS 盲区的若干关键测站位置。

该设计遵循的核心准则是达成两种技术的长处互补与顺畅衔接，全站仪测站的布置必须保证让 GNSS 盲

区获得有效的、无缺漏的测量覆盖，而且相邻测站之间要规划充足的重叠测量范围，从而借助重复观测开展数据自我核验，及时找出粗差^[3]。最为关键之处在于，在 GNSS-RTK 与全站仪这两种测量手段的范围重合区域里，一定要硬性要求采集一定数量（通常不少于总测量点数的 5%）的公共特征点。这些公共点形成了后期把两套独立坐标系下的观测数据进行高精度整合与归一的“控制骨架”，还是客观评估与审定整个测区最终成果精度的直接凭据，借助这种具备前瞻性、突出冗余与校验的作业安排，从根源上为获取高精准度、高稳定性河道地形数据筑牢了稳固根基。

3.2 建立严密的数据融合与处理模型

数据融合是聚合多源观测成果、创建高精度无缝地形模型的关键技术步骤。其首要的操作是达成坐标系的统一，鉴于全站仪测量所得的是以测站为原点的局部极坐标系数据，需借助其测站点和后视定向点这两个在全局坐标系中已由 GNSS-RTK 精准测定的控制点，实施严格的三维坐标转换，把全站仪的全部局部点成果整体、严谨地换算到与 GNSS-RTK 数据相符的全球或地方坐标系下，这是保障所有数据空间基准一致的基础。

当坐标系完成统一后，融合的关键方向转变为消除残存的系统性偏差。借助于在重叠地带布置的公共点阵列（例如，在河岸硬质堤坡上布置的 20 个标记点），能够精准算出两套数据在这些点上的平面坐标差值和高程差值，对这些偏差数值开展统计剖析。要是能够甄别出显著的趋势性误差，就能够搭建一个小范围的网格修正模型，对全站仪数据区域开展更进一步的精准校准。针对水位波动剧烈的河道水面地段，应当考量 GNSS-RTK 测量水面点和全站仪测量水边线时因时间差引发的水位变动。需要引入同步或准同步的水文观测站水位资料，依照测量时间戳，对水面点的高程开展动态校正，把不同时刻测量的水面高程归并到同一基准水位面上。凭借这一系列从全局到细节、从静态到动态的缜密数据处理，才可以最大程度地消除因测量手段、观测时段不同而产生的系统误差与矛盾，最终融合生成一个高精度、高一致性的完整河道数字地形模型。

3.3 实施全程动态的质量控制与精度评定

设立并施行一个贯穿测量全过程的、可溯源的质量把控体系，是保证并改善河道地形测量精确性的基础。

在数据收集的现场阶段,质量把控必须为实时并主动的。针对GNSS-RTK流动站而言,工作者需始终监控接收机的固定解情形、卫星数目,一旦察觉到精度指标超出范围或出现浮点解。该测点必须马上重新测量,针对全站仪而言,应在现场对关键地物点实施多测回观测,同时即时算出测回差,要是超出限差,同样要现场重新作业,这种“边测边检”的做法,可在源头消除大量粗差。

在室内资料处理与成果评判阶段,质量把控变得更为系统与深入。除了运用预设好的公共点来进行两套数据融合的内部符合精度查验外,应当在测区内额外布置一定数量(通常占总点数的5%—10%)、未参与任何计算流程的独立检查点。这些检查点得采用精度更优的办法(例如更高层级的RTK测量或精密水准)进行测定,用于对最终融合后的地形数据成果实施外部检验^[4]。最终的精度评定报告书,切不可仅仅局限于给出仪器标称精度,而是要依据所有检查点的实测值和成果值之间的偏差,统计运算出体现整个测区成果实际可靠性的整体精度指标,如平面点位中误差。只有借助这种从实时流程监控到最终成果校验的闭环质量保证,所有的技术革新与数据融合程序才具有现实意义,所提交的测量成果的精准度才具备客观的、量化的可靠性。

4 总结

两种技术的结合实际上是卫星绝对定位技术与地面相对极坐标测量技术的优势互济,其协作工作原理为创建全域高精度、高效率的测量体系筑牢了理论根基。从应用价值角度而言,该联合技术极大提高了数据稳定性、作业成效与环境适应能力,是化解复杂河道监测难题的有效办法。在精度提升维度,研究表明需凭借科学的协同作业模式规划、严谨的数据融合处理架构以及全程动态的质量管控机制,才能够把技术联合的长处转变为最终成果精度的切实提高。在未来,伴随装备智能化与数据处理自动化程度的更深层次提升,GNSS-RTK与全站仪的结合会更为紧密且高效,在智慧水文、数字孪生河道等新兴领域展现出更大的效能。

参考文献

- [1] 陈洪良.全站仪和GNSS-RTK联合在数字测图中的应用[J].测绘与空间地理信息,2016,39(3):3.
- [2] 杨志文.全站仪和GNSS-RTK联合在数字测图中的应用初探[J].机械管理开发,2018,33(4):3.
- [3] 康蛇龙.GNSS-RTK联合数字测深仪在河道地形测量中的应用[J].水科学与工程技术,2022(5):77-79.
- [4] 许天一.GNSS定位技术在水下测绘中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(5):3.