

工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用关键分析

王贤宝 许欣

陕西嘉明空间信息技术有限公司, 陕西西安, 710000;

摘要: RTK (实时动态差分) 测量技术以其高精度、实时性和高效性在工程测绘中展现了显著的技术优势。该技术通过实时接收基准站和移动站的差分信号,能够在厘米级精度范围内实现快速定位,广泛应用于地形测量、道路放样、建筑定位等场景。RTK 技术不仅提高了测量效率,还减少了传统测量方法中因搬站和通视条件限制带来的误差。本文详细分析了 RTK 技术的特点及其在工程测绘中的具体应用,旨在为工程测绘领域的技术选择与实践提供参考。

关键词: 工程测绘; RTK 测量技术; 应用

DOI: 10.64216/3080-1508.25.06.033

1 RTK 定位原理

RTK (RealTime Kinematic) 定位是一种基于 GPS 卫星信号进行实时动态定位及导航的技术。RTK 定位基本原理就是利用 GPS 卫星发射的信号,当接收机接收到这些信号时就可以测到它们从卫星上发出的时间以及到达接收机上的时间并以此求得该点与卫星间的距离;然后根据几个卫星所发信号的到达时刻及其相对方位角可得到若干个球面方程组解之即可获得待定点的空间坐标 (X, Y, Z), 这就是传统的伪距单点定位法^[1]。要达到较高的定位精度就必须有两台或多台接收机,其中一台作为基准站接收机 (Baseline Receiver), 另外几台则作为流动站接收机 (Moving Receiver); 基准接收机首先将观测数据经由电台传送给流动站接收机,再结合自己已知的准确空间位置,运用载波相位观测量对流动站接收机实施静态或者动态的修正,使流动站接收机可以及时地改正距离误差,从而实现高精度的实时定位。具体原理如图 1 所示。

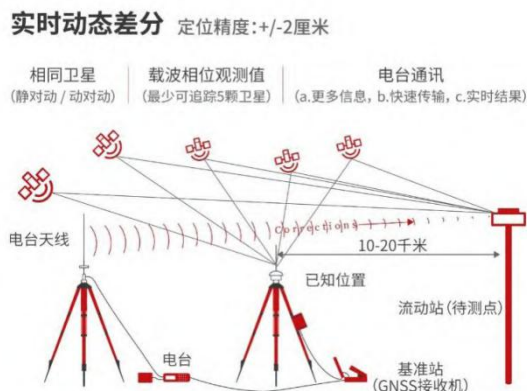


图 1 RTK 定位原理图

2 工程测绘中 RTK 测量技术特点

2.1 便携性

RTK 测量技术具备较强的便携性能是该技术能够在

工程测绘工作中广泛运用的原因之一。与传统测量方式不同的是,在采用 RTK 测量技术时,并不需建立繁杂的测量装置及配套设施,仅需配备一些简易的测量仪器以及轻巧便捷的接收机便可完成测量工作。RTK 测量技术中的接收机与数据采集器均体型较小且质量较轻,便于搬运和移动;此外,在具体的测量作业中也可随时开展并实施,不受测区位置的影响,对野外测量或室外施工等情况而言尤为适用,充分体现了 RTK 测量技术的便携性能^[2]。

2.2 实时性

RTK 测量技术是实时性的,能够实现在实时监测条件下开展高精度测量工作以适应快速发展的社会要求;RTK 技术采用 GPS 卫星实时发射的无线电波信息作为载波,通过基准站与移动站之间的实时通信来实现移动站坐标位置的实时计算及数据处理。在工程建设类项目上应用 RTK 技术时,可使测绘作业者能随时了解自己所测的数据情况,并根据获取到的信息迅速判断出该组数据是否有效或可靠以及如何处理后续问题等等,对于工程项目实施中的实时监督和控制有着十分重大的意义;除此之外,RTK 测量技术的实时性还在不同的环境中起到关键的作用:比如在救灾抢险或者突发天气状况下,RTK 技术可以通过获取实时数据来指导救援和预警等工作,大大提高了工作效率。

2.3 高精度

RTK 测量技术有很高的精密度,这也是它能在工程测绘领域得到广泛运用的一个重要原因。RTK 测量技术是以 GPS 卫星定位为基础的一种动态实时差分定位方法,可达到亚米级甚至厘米级的精度水平;RTK 测量技术有较好的重复性,同一测点能多次观测,且精度稳定;RTK 测量技术使用多晶体振荡器,产生超高频率的高质量信号源;RTK 测量技术使用的接收机灵敏度较高,并具

有良好的选择性能,在很大程度上消除了多路径效应及各种外界干扰,使所采集的数据更加精确:RTK 测量技术测量过程自动化程度高,数据传输速度快等特点有效降低了人工操作所带来的误差发生率。

2.4 适用性广

RTK 测量应用范围很广,不仅适用于一般地形图测绘、房屋与构筑物(如桥梁)平面位置及高度测定;还适合于农田基本建设规划、林区规划设计、河道整治设计以及各种大型工程建设的设计与施工控制网建立等工作^[3]。例如:在公路工程施工过程中利用 RTK 技术对路线里程桩号、纵坡度、横断面数据采集,可精确得到线路中心线坐标点,并能方便快捷计算出其长度、超高值及其纵横断面标高等相关参数指标。

3 RTK 测量技术在工程测绘中的应用

3.1 室内部分的准备工作

(1) 必须更改坐标测量项目的原有名称;(2) 事先已设定好的需要重新转换的测量参数可通过手动方式将其录入到书中,然而在实操过程中大多数情况下其坐标的转换参数却是全然不知的;(3) 对测区内所有的控制点及其相关的地质资料进行归类整理(即按类别划分),并对这些资料进行综合性的分析处理,并以此为基础对其进行归纳总结从而获取较为全面的信息;同时保证该区域内全部地质资料中能够反映出相应的控制点信息分布相对比较均匀;(4) 数据放样的过程中,需对数据进行实时坐标的更新,以便于更好地提高野外采集放样时的数据点位置精确定位能力。

3.2 对坐标具有的转换参数进行确定

对于一般的大型工程项目或测绘部门来说,要完成上述的基础性的工作任务必须依靠多名专业技术工作人员的合作才能得以实现,并且在这一过程中还经常涉及大量的空间坐标的信息变化等技术问题,因此与传统的测量相比 RTK 具有很大的优越性;同时在测绘行业中重新建立新的基准坐标的转换过程中的技术要求比较高一些,它是一个比较复杂的过程,主要分为以下三个环节:第一步,确定转换参数。这是坐标转换的基础,需要高精度采集转换点坐标。测绘人员要用全球导航卫星系统(GNSS)、全站仪等设备,对多个分布合理的转换点进行多时段、多次观测,获取它们在新旧基准下的三维坐标数据。为了保证数据准确,测绘人员要严格控制观测环境,避开电磁干扰、大气折射等影响因素,再通过平差计算修正观测误差。最后,测绘人员运用最小二乘法、布尔莎-沃尔夫模型等数学方法,对转换点坐标数据进行拟合分析,算出新旧基准间的平移、旋转和尺度参数。这些参数决定了后续坐标转换的准确性。第

二步,计算初步测量成果。在转换参数确定后,测绘人员需要用实测数据进行验证计算。此阶段要求至少选取两个已知精确坐标的控制点,利用 GNSS 接收机、水准仪等设备重新测量其空间位置,获取这些点在新基准下的原始观测数据。然后,测绘人员把这些数据和转换参数结合起来,通过坐标转换公式反复计算,求出坐标偏移量、角度旋转值等测量参数。计算时,测绘人员要用数学模型预估和修正测量误差,经过多次计算对比,得出初步的坐标转换结果。这些初步成果虽已具备一定精度,但仍需进一步验证和优化。第三步,保证测量成果精度。为了让转换后的测量成果达到高精度要求,测绘人员要对实测数据做深度处理和验证。一方面,测绘人员从大量实测数据中挑选出有代表性的数据,结合观测点的空间关系、地形特点和误差分布规律,建立合适的平差计算模型。例如,用条件平差或间接平差方法,综合考虑控制点和碎部点的关系,对初步结果进行二次修正。另一方面,测绘人员引入航空摄影测量数据、激光雷达点云数据等外部高精度数据进行交叉验证,通过计算中误差、相对误差等指标,全面评估和优化坐标转换结果。经过反复验证调整,最终得到满足工程需求的高精度坐标转换成果,为后续测绘工作提供可靠的数据支持。

3.3 科学、合理选择观测基准点

在 RTK 测量技术的实际应用过程中,首先应合理地选取测量参考点,而测量参考点参数的选择与合理性将会直接影响着数据通讯的有效性;选取设置观测参考点应该符合下列条件:(1) 可以采用多个未确定位置的测站点来代替一个已知位置的测站点或者是在附近寻找一些已知位置的测站点来进行测定工作;而在实际工作中利用地面观测站和仪器设备采集有关参考点的相关地面数据资料,此时认为该已知点为地面观测站的最佳选择点。(2) 通过遥感卫星向地球发送信号,再经过相应的通信技术收集参考点以及其周边地区的一些相关信息,但因发射及接收过程中的客观原因影响,卫星传送来的部分信号还是会被一些不可控的因素给拦截或者是遮挡掉(如:障碍物、高度差异较大、运行卫星数量等),这些都会对卫星传递过来的部分信息产生一定的影响作用并最终反映在被观察者身上从而导致误差的发生,所以要想正确地定位出合适的卫星观测位置上的参考点,以及坐标系就需要根据实际情况尽量选择那些具有相同性质且相互独立的卫星作为参考点,确保至少拥有 5 个以上的卫星或是更多的卫星参与,并且在此基础上还需尽量去选择那些距离较近的卫星以减少由不同卫星之间的相互干涉所产生的误差。

4 工程测量领域中 RTK 测量新技术的工程实践

应用

4.1 建筑工程测量

目前在我国建筑工程行业中,传统测量方法存在明显不足:根据中国勘察设计协会2022年的统计数据显示,采用全站仪等传统测量方法进行场地测绘,平均每万平方米需要耗费12—15个工日,且数据误差率达到3—5%;而相比之下,RTK测量技术的应用可以显著提升作业效率。中国建筑科学研究院2023年的实测数据表明,RTK技术可将外业测量效率提高80%以上,单点测量时间从传统方法的5~10分钟缩短至30秒内,平面定位精度达到 $\pm(10\text{mm}+1\text{ppm})$,高程精度 $\pm(20\text{mm}+1\text{ppm})$ 。自然资源部2023年行业报告指出,RTK技术因其实时性好(数据更新频率达10Hz)、测量准确(95%置信区间误差小于2cm)、适用范围广(覆盖半径可达10—15km)等技术优势,已在85%以上的大中型建设工程勘察项目中得到应用。

4.2 水利工程测量

首先利用当代RTK工程现场测量新的应用技术手段,完成水利水电工程施工现场平面图绘制和平面布置施工图纸编制;完成施工现场的全面控制工程测量。由于水利工程控制网具有覆盖面广泛,地形条件更为复杂多变的特点,因此过去的控制网点布设方案一般采用GPS静态测量或GPS快速静态测量的方法;为使各控制点之间的站间信息实现实时动态传输并达到相对理想的性能指标,在充分保证控制点所处区域有较好的地面气象、地质地貌条件的基础上还应具备良好的环境适应性。然而传统测绘技术已无法提供足够高的精度以满足现有技术发展的实际需求,需重新对其进行规划设计,并将首次引进的RTK水下测量系统应用于水下的精确导航定位上。这样既可确保水上船只的正常运行,又实现了安全高效的水下航道作业,从而大大降低了海水中的工潜式勘探作业的成本费用。此外,RTK水下测量系统等新技术亦可用于水下测量。地下工程地形参数定位测量作为我国地下(含河床)、岛屿海岸带等海洋工程、地理资源勘测和地质工程坐标系建立工作中极其重要的一环,它属于一种基于坐标体系的测量方式,它的观测内容主要是坐标定位和深度测量两方面。相对于传统的定位定向测量来说,RTK测量的坐标技术可以不用再考虑必须同视于正北方向的问题,不受地形起伏状况的影响,也不受天气情况的影响,可用于快速做到三维高精度定位。

4.3 水利工程测量

水利工程是对水资源开发利用以及防治洪水等各

项专业工程设施所构成的整体^[1]。由于水利工程项目的特殊性,其工程建设过程中需要完成一系列的测绘工作来保证工程质量及人身财产安全;而RTK因其具有精度高、实时性强的特点,已被广泛应用到水利工程项目测量当中。目前,RTK应用于水利工程测量的主要内容包括:水库大坝是大型蓄水枢纽的重要组成部分之一,也是水利工程的核心项目之一。根据国家规定,水库应按照规定标准设置各种监测仪器(如渗压计)并建立相应的监测系统,及时掌握水库库容的变化情况。水库大坝是否发生变形,关系到整个水库的安全问题,所以要定期对水库大坝的水平位移量、沉降值、倾斜角度进行测量,并绘制相关图形曲线,以便于分析水库大坝的状态。水库水位升降变化直接影响到下游地区人民的生命财产安全。如果不能准确地知道某时刻水体的实际高度,则无法控制泄洪闸门的高度,也就无法预测未来几小时甚至几天内水库水位升高或下降的情况,这样就有可能造成严重损失。RTK测量技术可以很好地解决这个问题,通过对水库大坝周围水域水面高度的实时定位,获取了大量高精度的水位信息,这些信息可用于计算当前时间点至下一次检测期间的平均上升速度。除了上述提到的几种应用外,RTK测量还广泛应用于其他方面:如在水电站建设施工过程中利用RTK测量可以精确测定各种建筑物(包括大坝)的铅直位移量、平面坐标以及其顶面或底面的高程。

5 结束语

RTK测量技术以其高精度、实时性和高效性,在工程测绘领域展现了不可替代的技术优势。通过对RTK技术特点的深入分析及其在工程测绘中具体应用场景的探讨,可以看出,该技术不仅显著提升了测量效率和精度,还为复杂地形和大规模工程的测量工作提供了科学、便捷的解决方案。未来,随着GNSS技术的进一步发展和多源数据融合应用的深化,RTK技术将在工程测绘中发挥更加重要的作用,为工程建设的高质量发展提供强有力的技术支撑。同时,如何进一步优化RTK技术的稳定性、适应性和应用范围,将是未来研究和实践的重要方向。

参考文献

- [1]肖彪.GPS-RTK测量技术在漠阳江出海口综合整治工程中应用[J].黑龙江水利科技,2022,50(12):130-134.
- [2]李根桥.GPS-RTK测量技术在水利工程测量中应用[J].内蒙古水利,2022(09):73-76.
- [3]李彤.工程测绘中RTK测量技术特点与具体应用研究[J].居舍,2022(18):62-65.