

GPS RTK 在工程测量中应用及其技术特点

陶小保

中国有色桂林矿产地质研究院有限公司

DOI:10.18686/gmsm.v1i1.9

[摘要] 随着社会、经济的发展,各工程项目建设中,对工程测量精度的要求越来越高,如何在提升工程测量效率的同时,确保能够达到理想的测量精度,一直是业界关注的热点问题。GPS RTK 技术的应用能够在确保测量精度的同时,提高测量作业效率。因此,本文结合 GPS RTK 技术的原理、技术特点等方面的内容,对 GPS RTK 技术在工程测量中的几种应用模式进行阐述,总结出工程测量中该技术的应用方法,以供参考。

[关键词] GPS; RTK; 技术特点; 工程测量; 应用

GPS 的出现,使得工程测量方式出现了极大的变化。GPS 以其全球性、全天候、实时性以及连续性等特点,为工程测量提供了有力的技术支持。随着社会的发展,技术的进步,传统 GPS 测量方式开始出现局限性,新的仪器、设备、方法取代了传统的测量方法。特别是 GPS RTK 技术已经成为业界的主流测绘手段。工程测量在各项目工程中占据着重要地位,因此本文结合 GPS RTK 技术进行分析,探讨其技术特点和在工程测量中的应用。

1 GPS RTK 技术概述

1.1 技术简介

1.1.1 GPS

GPS(Global Positioning System 全球定位系统),起源于 1958 年美军的一个项目,1964 年投入使用,1994 年完成 24 颗卫星星座的布设,可为全球 98% 的地表位置提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。该系统空间星座部分的 24 颗卫星均匀分布于 6 个轨道平面,其中 21 颗为工作卫星,3 颗备用;地面监控部分包含一个主控站(MCS),4 个地面天线站和 6 个监测站;用户端设备为 GPS 接收机,包含测地型、全站型、导航型、授时型等,用于从 GPS 卫星接收信号,并利用这些信号计算用户的三维位置及时间。由于 GPS 起步早,覆盖面广,定位精确度高等特点,该技术被广泛用于定位、导航、精确定时、勘探测绘、工程测量等领域。

1.1.2 GPS RTK

RTK(Real time kinematic)实时动态差分法,该技术是 GPS 测量方法当中的一种新式技术,传统的 GPS 测量方法中静态、快速静态、动态测量都需要在观测后经过解算才能获得较为精确的定位坐标。而 RTK 技术可在野外直接获得实时的精确定位坐标,基于载波相位动态实时差分法的新的 GPS 测量方法,是 GPS 应用中里程碑式的技术突破,为工程放样、地形测绘、控制测量带来了新曙光,可极大提高外勤作业的效率。

1.2 应用现状

目前 RTK 技术已在多个领域得到了应用,特别是 CORS 系统(连续运行跟踪站)的相继建立,以及我国北斗卫星定位系

统的不断完善,RTK 技术可更好地服务于城市规划、城乡建设、国土管理、基础测绘、交通管理、环境保护、灾害监测、科学研究等。主要应用领域如表 1 所示。

表 1 RTK 技术主要应用领域及要求

应用领域	主要用途	精度需求 (m)	实时性
工程测绘	图纸测绘, 施工控制	$\pm 0.01 \sim \pm 0.1$	实时或事后
更新地理信息	城市规划及管理	$\pm 0.1 \sim \pm 0.5$	实时
工程施工	放样、施工、管理	$\pm 0.01 \sim \pm 0.1$	实时
线路测绘及施工	通信、电力等	$\pm 0.1 \sim \pm 5$	实时
形态监测	安全监测	$\pm 0.001 \sim \pm 0.005$	实时或事后
交通监控(地面)	自主导航	$\pm 1.0 \sim \pm 10.0$	延时 3s
交通监控(空中)	飞机进场与着陆	$\pm 0.5 \sim \pm 6.0$	延时 1s
公共安全	事态应急监控等	$\pm 1.0 \sim \pm 10$	延时 3s
农业管理	精细农业	$\pm 0.1 \sim \pm 0.3$	延时 5s
海空港管理	调度船只、飞机等	$\pm 0.5 \sim \pm 1.0$	延时 3s
气象	气象预报	$\pm 0.005 \sim \pm 0.008$	实时

现阶段,全球有二十多个国家和地区,如德国、美国、日本等先后建立起 CORS 系统,国内对空间位置信息变化的实时性要求越来越高。近年来,国内也陆续建立起专业的基于 GPS 的连续运行跟踪网(CGPS),比较典型的有地壳运动监测网、沿海差分系统、电离层监测网、连续运行参考框架网、连续跟踪站网等。GPS 参考站系统也陆续在国内成都、深圳、武汉等城市投入运营。

2 GPS RTK 技术特点分析

2.1 误差来源

2.1.1 设备与干扰

天线的机械和相位中心通常都没有重合,而且受信号频率、高度角、方位角等因素的影响,相位中心时刻在变化,这种变化通常会使坐标点产生 3~5cm 的误差,可通过检验校正天线确保 RTK 观测精度。

RTK 观测中多路径误差是最为严重的误差,由于天线周边环境的影响,可能出现 5~10cm 的测量误差,若周边为高反射环境误差可能达到 10cm 以上。这就要求在测量时,尽量选择没有反射面且地形开阔的点,有条件的情况下或必要时,

可利用吸收电波材料铺设于基准站附近, 减弱或消除多路径误差。

信号和气象因素的干扰也会使 RTK 产生误差, 主要干扰源包括雷达设备、高压线、无线电发射源等, 快速运动的气象锋面会使 RTK 产生 1~2cm 的误差。因此, 需要尽量远离有信号干扰源的地段布置基准站, 一般基准站需离无线电发射台超过 200m, 离高压线超过 50m, 可有效减小误差, 同时尽量避免在天气变化剧烈时进行观测。

2.1.2 距离

基线长度较低时, 可不考虑轨道误差, 但达到 30km 以上的基线长度则需重视轨道误差。

电离层中的电子密度、电磁波延迟度直接关系着 RTK 测量时的误差大小, 双频接收机以线性组合的方式确定观测值, 可消除电离层的影响, 这也是主流的消除误差方法。但在特殊情况下, 不宜进行 RTK 测量, 如太阳黑子爆发期这样的特殊情况。

基于载波相位测量的实时差分法, 可有效降低残余误差, 提高测量精度, 通常都可获得厘米级的测量精度, 数据接收半径时, 可有效确保平面精度, 当半径时, 能够明显发现误差在增大。同时, 接收机锁定的卫星数量也会使测量精度产生波动, 卫星数量越少, 误差越大。因此, 在进行 RTK 测量时需尽量保证能够获得 4 颗以上卫星传输的信号。

2.2 RTK 特点

(1) 成本降低, 参考站范围的用户, 无需另行假设参考站, 基于 3G、4G 网络的数据传输方式, 大大降低了 GPS RTK 的通信成本。

(2) 测量基站之间无需进行相互通视, 在确定点位时, 可直接根据实际情况进行选点, 更加灵活方便。

(3) 短时间内即可完成观测工作, 在 GPS 测量技术的发展中, 软硬件的不断更新, 使得测量所需时间不断缩短。每一个站点在进行静态相对定位时所需的时间仅为 20min 左右, 动态实时定位仅需几秒钟的时间。

(4) 操作简单, 随着相关仪器自动化程度越来越高, 操作更加智能化, 操作人员只需开机设置好参数, 做好对中、整平、量取天线高的操作, 即可实现仪器自动观测并记录。与传统测量方法相比, 有着极高的精度均匀性, 在参考站范围内, 始终能够保持 1~2cm 的精度, 同时还受通信距离的限制。

(5) 可进行全天候工作, GPS 作为起步最早的全球卫星定位系统, 卫星分布均匀, 数目多, 可保证在任何地点、时间进行观测, 通常受天气状况的影响较小。

(6) 可实时获得测量数据, 并通过快速成图的方式, 可随时查看定位坐标精度。

3 GPS RTK 在工程测量中的应用

3.1 应用模式

3.1.1 常规 RTK

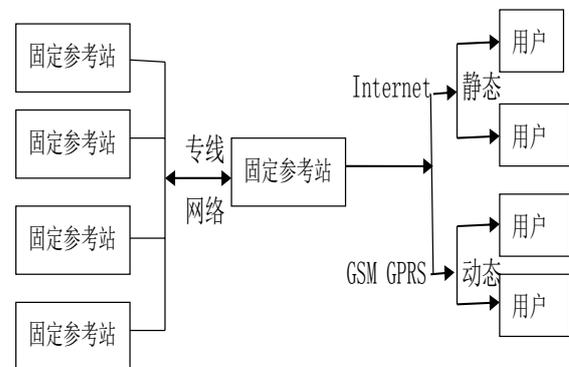
(1) 工作流程主要有三个步骤: 一是基准站收集用户设

定的坐标信息和 GPS 的观测数据, 整合后通过数据链发送给流动站。二是流动站接受来自基准站的信息的同时, 采集 GPS 的数据。三是, 流动站通过实时处理采集到的信息, 组成差分观测值, 求出结果, 获得厘米级的定位坐标精度。

(2) 工作方式: 利用 2 台以上接收机接收卫星信号, 其中一台作为基准站, 需具备开阔的视野、坐标已知且精度高, 另一台作为流动站测量未知坐标。常规 RTK 出现初期以无线电传输数据为主, 但限制较大。因此改为 GSM/GPRS/CDMA 网络通信模式, 提高了测量范围, 限制基准站设置因素逐渐减小, 但容易受到电磁信号的干扰, 这是网络 RTK 技术的雏形。

3.1.2 网络 RTK

网络 RTK 模式的关键就在于 CORS 系统, 该系统由三个部分组成: 控制中心、固定参考站、用户部分。工作流程如图 1 所示。



CORS 技术有两种代表性的模式: 虚拟参考站 (VRS) 和主辅站 (MAC), 两种模式都分别由上述的三个部分组成。控制中心主要用于接收基准站数据, 并进行数据处理, 由计算机主机、网络服务器、数据库组成, 作为数据中心。固定参考站作为固定的 GPS 接收系统, 分布于整个网络, 实现连续不间断地采集 GPS 数据, 由接收机、天线、UPS、通信设备、防电涌设备、观测墩等设施组成。用户部分主要以用户端接收机和网络通信调制解调器构成, 通过接收机获取控制中心的信号, 生成厘米级的定位坐标。值得注意的是, VRS 模式中, 用户端需要向控制中心发送初始位置的坐标信息。

3.2 应用方法

3.2.1 控制测量

在工程建设、管理与维护中, 控制测量是非常重要的基础, 因此需要在实际工程测量中, 根据工程的性质、规模, 制定合理的控制网和精度。城市控制网具有精度高、应用频繁、覆盖面积大等特点, 但由于较快的城市化建设速度, 容易在施工中破坏控制网, 影响到测量质量和进度。一般性的工程, 为获得较高的控制精度, GPS RTK 技术在应用时, 可将基准站架设在测量区, 并使用流动站直接测量每一个控制点的水平坐标和高程, 若有不易设置的控制点, 可使用间接测量法如交会法等实施控制测量。

3.2.2 碎部测量

传统的碎部测量方式,需要站点与测点通视,要实现测量还需二至三人协同完成。RTK技术的应用改变了这种方式,无需布设控制点,可由一人携带设备前往碎部地点,向仪器输入特征编码(坐标及其属性信息),并利用测图软件,绘制出该位置地形图,采集速度快,难度低,而且能够获得较好的测量质量。

3.2.3 施工放样

施工放样时,利用GPS RTK进行放样,只需向RTK控制器输入曲线转角半径、放样起点与终点坐标等参数,即可进行精确的施工放样。这样的方式灵活可靠,支持坐标放样和桩号放样,能够有效控制误差,确保放样精度。

3.2.4 变形监测

在工程测量中,RTK技术可实现对工程建筑物地基沉降、位移、倾斜等状况的监测。这种监测的精度要求很高,往往需要达到毫米级。由于需要监测的侧体一般体积大,环境复杂,精度要求高,为确保满足变形监测的精度需要,可将监测时间分段,并使用强制对中措施,将测量基线的长度控制在4km以内,可获得足够的监测精度。

3.2.5 应用实例

某隧道工程需补测1:500的西洞口地形图,该测区海拔高3500m,地形较为复杂,植被茂盛,通视条件差,使用常规测量方法显然无法保证效率,因此采用GPS RTK技术进行补测作业。成立4人的测绘小组,其中一人负责基准站,其余三人负责流动站,最终消耗三天时间,测绘出2.5平方公里测区的1:500地形图,同时对线路中的控制桩进行检测,并记录下测量数据,如表2所示。

表2 线路部分控制桩坐标差值

桩号	平面坐标差值		高程差值
	$\Delta X(mm)$	$\Delta Y(mm)$	$\Delta H(mm)$
K4+649.4	5	-10	25
K4+700	32	-8	-10
K4+710	15	-9	-17
K4+750	9	-27	31

表2所表示的差值为RTK实测平面、高程数据与实际控制桩平面、高程的差值,这些数据表明,在该工程补测作业满足精度要求,而且具备较好的测量精度。

4 结束语

随着社会、经济的发展,各工程项目建设中,对工程测量精度的要求越来越高,如何在提升工程测量效率的同时,确保能够达到理想的测量精度,一直是业界关注的热点问题。传统的GPS测量方法,要获得足够的精度,对测区环境、通视情况等的要求较高,而且需要较长的观测时间,并需要利用观测到数据组成方程进行计算来确定坐标点,一般用于高等级或首级控制测量以及国家控制点联测,有很大的局限性。基于载波相位测量的RTK技术的出现解决了这一问题,其以高精度、高效率、操作简单等优点被广泛应用于工程测量中。RTK技术出现初期,受数据传输方式的限制,在测量时会受到距离的限制,一般极限距离为15km,要获得足够的精度,只能在3~5km的距离上进行测量。基于CORS系统的网络RTK技术,突破了这一限制,在各个领域被广泛应用,在工程测量中,可以提供足够的控制测量、碎部测量、施工放样、变形监测的精度,并且效率极高。随着4G网络,WIFI的普及,原本基于GPRS/GSM/CDMA/3G网络的RTK技术,必将迎来更进一步的发展,使其获得更高的效率和测量精度。

[参考文献]

- [1]黄燕明.GPS-RTK技术在工程测量中的应用研究[J].中国新技术新产品,2012(05):1-2.
- [2]曹鸽,王玉柱.GPS、RTK、网络RTK技术在工程测量中的应用[J].北京测绘,2012(05):83-85.
- [3]鄯明敏.浅谈GPS RTK技术在工程测量中的应用[J].科技视界,2016(06):130.