

星站差分 GPS 系统在水运工程测量中的应用

刘 亮

(交通运输部天津水运工程科学研究院, 天津 300456)

摘要: 星站差分 GPS 系统具有全球性、全天候、连续性和实用性的特点, 无需架设本地基准站, 单机作业范围广, 工作效率高, 并能提供优于分米级的实时定位精度。首先介绍星站差分 GPS 定位技术, 再结合我国水运工程测量的现状, 对比分析星站差分 GPS 与传统差分 GPS 的特点, 重点分类探讨星站差分 GPS 系统在水运工程测量中的应用及优势。

关键词: 水运工程; 星站差分; RTK; DGPS

中图分类号: U 69

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)04-0048-04

Application of satellite difference GPS in water transport engineering surveying

LIU Liang

(Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: Satellite Difference GPS can work continuously and practically in all weather all around the world without the need to construct local base station. In this system, single station can cover wide area and work efficiently, providing accuracy of real-time positioning better than decimeter. This paper first introduces Satellite Difference GPS, then compares it with traditional DGPS in terms of the status of water transport engineering surveying in China and discusses advantages of Satellite Difference GPS application of this field.

Key words: water transport engineering; satellite difference; RTK; DGPS

随着差分 GPS 技术的发展, 现有已较成熟的伪距差分 RTD (Real Time Dynamic) 技术和载波相位差分 RTK (Real Time Kinematic) 技术, 而近些年发展十分迅速的星站差分 GPS 技术, 因其独特优势将提供新的高精度实时定位方式。该技术已被国内外有关单位应用在农业、林业、水利以及国土等领域中, 并取得了良好的工程效果和经济效益。目前, 星站差分 GPS 在水运工程测量中的应用还处于摸索阶段, 缺少系统性的探讨分析。本文将对星站差分 GPS 系统进行介绍, 并探讨其在水运工程测量中的可用性及优越性, 希望能为星站差分 GPS 技术在水运工程测量中的应用提供参考。

1 星站差分 GPS 简介

1.1 星站差分 GPS 系统

星站差分 GPS 属于广域差分 GPS 范畴, 最初主要用于农耕地绘制农产产能分布图。目前应用比较广泛的星站差分系统主要有 Navcom 公司的 StarFire™ 系统、Fugro 公司的 OminiSTAR 系统以及 Subsea7 公司的 Veripos 系统。本文以 StarFire™ 系统为代表进行说明。

星站差分系统 StarFire™ 是 Navcom 公司建立的一个全球双频 GPS 差分定位系统, 也是世界上第一个可以提供优于分米级实时定位精度的全球星基增强系统 GSBAS (Global Satellite-based Augmentation

收稿日期: 2013-08-29

作者简介: 刘亮 (1989—), 男, 助理工程师, 主要从事水运工程测量工作。

System)。其GPS改正信号通过3颗Inmarsat地球同步卫星进行实时传播,无须建立当地基准站或进行后处理。由于地球同步卫星轨道较高,可以覆盖地球南北纬 76° 之间的所有范围,在其覆盖范围的任何地球表面,都能提供同样高精度、同等可靠性的实时差分定位服务^[1-3]。

星站差分系统StarFire™主要由GPS卫星系统、3颗L波段通讯卫星和一个遍布全球的GNSS参考站网络构成,其工作原理见图1。首先,地面参考站网络由40多个遍布全世界的高性能双频GPS接收机构成,24h不间断采集GPS卫星信号,进行解码,并实时将高质量的双频伪距和载波相位观测值数据发送至2个数据处理中心(分别位于美国加利福尼亚的RedondoBeach和伊利诺伊的Moline)。然后,处理中心利用WCT广域差分转换(wide area correction transform)技术,计算出特定区域内的GPS卫星轨道改正和钟差改正数,数据处理中心将这些改正数发送到3个地面卫星注入站(分别位于英格兰Goonhilly、加拿大Laurentides和新西兰Auckland)。再由地面注入站发送给由NavCom公司从Inmarsat租用的3颗L波段国际海事卫星,由这些卫星将差分改正信号向全球广播。星站差分系统StarFire™自1999年开始运行以来,拥有99.99%的联机可靠性。它在全球的全面测试数据证明,其系统具备提供相当高定位精度的能力^[1-3]。

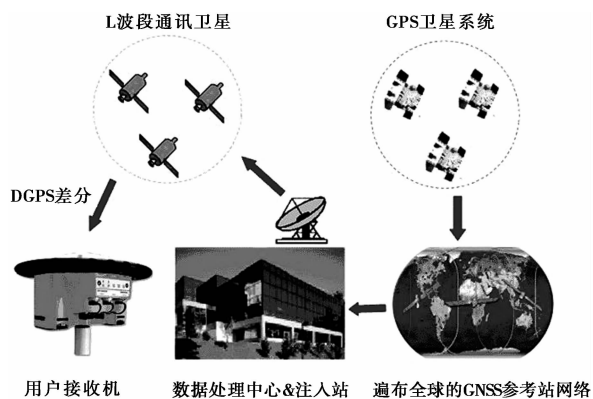


图1 星站差分系统StarFire™工作原理

1.2 星站差分GPS接收机

星站差分系统StarFire™接收机由2部分组成:

一部分是双频GNSS接收机,另一部分是L波段的通信接收机。双频接收机跟踪所有可见范围内的卫星(包括GPS和GLONASS),然后获取卫星的观测值。同时,L波段的接收机接收星站差分系统StarFire™广播的L波段卫星差分改正信号。再把接收到的差分改正数应用到GPS测量中,从而得到实时的高精度定位数据。

星站差分GPS接收机的价格与进口GPS RTK的价格相差不大。但StarFire™是有偿服务,用户根据自己工作时间需要来向NavCom公司购买,可以每季度、每半年或者每年1次向当地的代理商购买或者直接通过因特网向NavCom公司购买。

2 星站差分GPS在水运工程测量中的应用分析

2.1 水运工程测量的现状

水运工程主要包括港口、航道、防波堤(防砂堤)、护岸(海堤)、船闸(通航建筑物)、船坞等海岸、近海或内河工程。水运工程测量为水运工程建设和运营领域提供服务,其内涵丰富,几乎覆盖整个工程测量领域。根据裴文斌和牛桂芝在《我国水运工程测量技术现状及展望》一文中的归纳总结,可将水运工程测量内容分为5类17门^[4]。

2013年1月1日起施行的JTS 131—2012《水运工程测量规范》中并未提及星站差分GPS技术,说明当前此技术手段在水运工程测量领域的应用尚未成熟,还处于探究阶段。

2.2 星站差分GPS的优势

GPS伪距差分RTD和载波相位差分RTK技术均采用无线电发射和接收,建立数据链,移动的GPS接收机不断接收来自基准站的GPS实时差分改正信号。但是,GPS RTD因受设备体积和耗电量大、抗干扰性差以及受无线电频率限制等因素的影响,定位精度一般为米级,只能进行平面定位;GPS RTK用甚高频无线电发射和接收,定位精度可达厘米级,但同样由于抗干扰性差,特别是受作业距离的限制,不能满足作业区域离基准站较远的要求(根据工作经验,常规RTK测量中

电台的作用距离一般在 15 km 以内)。而星站差分 GPS, 既可以提供优于分米级的定位精度, 又不受移动台与基准站之间距离的限制, 因而具有独特

的市场优势。具体 RTD、RTK 及星站差分 GPS RTG (Real Time GIPSY) 技术实时定位精度对比见表 1。

表 1 RTD、RTK 及 RTG 实时定位精度对比

名称	仪器	实时水平精度(RMS)	实时垂直精度(RMS)	作业范围
RTD	中海达 K5	50 cm(CEP)		海上 500 km, 陆地 200 km
RTK	Trimble R8	$\pm 0.8 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$	$\pm 1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$	单基线 < 30 km
RTG	SF-3050	< 5 cm	< 10 cm	南北纬 76° 之间

注: 表中精度指标均来自各仪器厂商官方网站。

星站差分 GPS 与传统差分 GPS 相比, 其优势主要表现在:

1) 可单机作业。只需一人作业, 单机操作提高作业效率, 并且大大降低出现故障的可能性; 同时, 由于是被动接收信号, 接收机工作功率也非常低, 无需配置笨重的蓄电池, 一块 8 Ah 的接收机电池就能连续工作 10 h 左右, 减轻外业测量的负担。

2) 定位精度高。星站差分 GPS 初始化成功后, 定位精度可小于 10 cm, 而且随着时间的增长其定位精度可收敛至 5 cm^[2]。并且该系统从 1999 年开始运行以来, 具有 99.99% 的联机可靠性。作业成果误差均匀, 成果可靠性高。而且随着星站差分技术的发展, 其定位精度也不断提高, 如表 1, NavCom 公司最新的星站差分 GPS SF-3050 官网标称精度实时水平精度 RMS 可小于 5 cm, 实时垂直精度 RMS 可小于 10 cm, 而且随着时间的增长, 其定位精度将进一步提高。

3) 集成度高。一台主机和一个集成天线就组成一套系统。整套设备单一整合包装, 安装简单, 携带轻便, 只需一键开机, 全自动化操作, 且支持标准 NMEA 格式及 NCT 二进制格式的数据输出。

4) 作业覆盖范围广。无需电台发射差分数据, 借助于通讯卫星发射差分改正信号, 差分改正信号几乎覆盖全世界, 在南北纬 76° 之间的任何地球表面, 都能提供同样高精度、同等可靠性的实时差分定位服务, 摆脱了传统 GPS RTK 对离岸作业距离的限制。

5) 费用降低。不需架设基准站, 节省财力、人力、时间等, 提高工作效率。

6) 独有 RTK 和 RTG 联合工作模式 (NavCom 公司的 RTK Extend™ 技术)。RTG 与 RTK 组合差分定位模式可以发挥 RTG 与 RTK 各自的优点, 克服各自的缺点。当 RTK 通讯链因故障中断时, 在 15 min 内仍可以提供厘米级的水平和垂直精度。

2.3 在水运工程测量中的应用分析

根据水运工程测量的现状, 再结合星站差分 GPS 的特点及优势, 可分类分析其在水运工程测量中的应用与优势。

第一类陆域测量。根据工程精度的需要, 能绘制大、小比例尺地形图, 满足大中小型水运工程规划和可行性研究、初步设计、施工和运营阶段的测量工作。传统的测图方法, 必须遵循“从整体到局部, 先控制后碎部”的测量实施原则^[6]。首先要建立控制网, 然后才能进行碎部测量, 其工作量大, 作业过程繁琐, 速度慢, 工作周期长。如果用星站差分 GPS 进行地形测量, 观测精度已能保证, 能节省大量时间和人力, 外业过程“傻瓜化”, 对技术员的技术要求降低。其中小比例尺的碎部测量数据在室内即可由绘图软件直接成图。而且星站差分 GPS 是全球星基增强系统, 作业范围广, 不需要架设本地工作基准站, 所以用户不必考虑在合适的距离范围内进行测量, 不必担心差分数据的传输和定位精度的可靠性。星站差分 GPS 接收机内置了高频电台, 可以避免与外界的无线电信号产生冲突。更重要的是, 因为水运工

程测量的测区主要为港口、内河、滩涂及岸坡等,多为狭长地带,采用传统测量手段,费时费力费成本,而采用星站差分 GPS 进行测量,可以摆脱基准站的束缚,很大程度上提高工作效率,节省工作成本。还可以采用 RTK + RTG 联合工作模式对 RTK 无信号区域进行施工放线测量,当 RTK 通讯链因故障中断,整周模糊度失锁或通信线路不能保障时利用 RTG 功能,可利用 RTG 继续提供定位服务,在 15 min 内可保持厘米级精度。星站差分 GPS 同样可以胜任一定等级的静态控制、变形监测等精密测量工作。另外,现在仪器厂商推出的星站差分 GPS 一般都集成了 RTK、DGPS 功能(例如 SF-3050),其适用范围更加广阔。

第二类水深测量。星站差分 GPS 秉承了传统差分 GPS 的优势,使水下地形测量不再受天气和通视条件的限制,实现了从数据采集至最终数字地形图生成的自动化,大幅度减轻了测量人员的内、外业劳动强度,能充分发挥快速和高精度定位的优势。星站差分 GPS 可提供优于分米级定位精度,较传统 RTD 伪距差分 GPS 的亚米级精度大幅度提高,并且长时间观测可接近 RTK GPS 的厘米级精度,满足《水运工程测量规范》中对水深测量定位精度的要求,完全适用于不同比例尺的水下地形测量,对于小比例尺水深测量,也可采用其进行无验潮水深测量。更重要的是由于星站差分 GPS 作业范围广,可为远洋水深测量提供非常便捷的高精度定位服务。

第三类潮汐观测和水位控制和第四类水文测量。星站差分 GPS 在此两类中的应用还有待开发探究。随着星站差分 GPS 精度的不断提高,其在这两类中的应用价值将得到进一步提升。笔者认为目前主要可以替代 DGPS,提供更精确更便捷的导航定位功能。也可以利用车载星站差分 GPS 来确定海面地形和研究海浪。据资料了解,有香港

理工大学的陈武博士等将其应用于 GPS 浮标来监测海面变化。

第四类水上施工导航定位。本类主要包括为施工船只提供导航服务、对疏浚深度进行实时监测和对施工点放线定位等。此类定位精度要求不是很高,星站差分 GPS 完全可以满足精度需要。并且星站差分 GPS 可单机作业,不必建立本地基准站,即能提供南北纬 76°区域优于分米级的定位精度,大幅提高测量效率与精度,大量节省作业成本。

3 结语

星站差分 GPS 无需架设本地基站,即能提供南北纬 76°区域优于分米级的实时定位精度,具有比 RTD 更高的实时定位精度,比 RTK 和 RTD 更广的作业范围。较传统差分 GPS,其在水运工程测量中陆域测量和水深测量的应用优势明显,可为潮汐观测和水位控制、水文测量以及水上施工导航定位提供更高效、更便捷、更精确的定位方式,可成为水运工程测量中一个新的技术手段。

参考文献:

- [1] 杨怀春. 星站差分 GPS 定位技术介绍[J]. 物探装备, 2004, 14(3): 198-201.
- [2] 许捍卫, 何江, 杨艳飞. 星站差分 GPS 在水下地形测量中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2008, 28(2): 76-79.
- [3] 王君勤. 星站差分 GPS 在水利工程测量中的应用探讨[J]. 四川水利, 2009, 30(3): 46-48.
- [4] 裴文斌, 牛桂芝. 我国水运工程测量技术现状及展望[J]. 水道港口, 2007, 28(4): 292-296.
- [5] JTS 131—2012 水运工程测量规范[S].
- [6] 潘正风, 杨正尧, 程效军, 等. 数字测图原理与方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 172-247.

(本文编辑 郭雪珍)