

# 省级连续运行卫星定位服务系统的运行测试

付青松

(福建省测绘院 福建 福州 350003)

## Operation Test for Provincial Level CORS Location Service System

FU Qingsong

**摘要:** 对福建省连续运行卫星定位服务系统(FJCORS)进行介绍,阐述FJCORS系统测试的内容及其方法,并对系统测试数据处理中遇到的相关问题进行详细分析,获得FJCORS系统测试的结果。

**关键词:** FJCORS系统测试; 定位活动; 基准站; 坐标联测; 网络RTK

### 一、引言

随着GPS定位技术和信息技术的发展,以及二者的相互结合,GPS定位模式已经由传统的单机接收发展到了基于网络通信条件下的大区域实时动态定位模式。当前,利用多基站网络RTK技术建立的连续运行卫星定位服务系统(continuous operational reference system,CORS)已成为城市GPS应用的发展热点之一,是建立于现代GNSS技术、计算机网络技术、网络化实时定位服务技术、现代移动通信技术基础之上的大型城市定位与导航综合服务网络。它是城市空间数据基础设施最为重要的组成部分,也是数字城市多种空间数据采集的基准参考框架,是现代化城市采集和获取各类空间信息的位置、时间以及与之相关的动态变化的基础设施。

CORS系统是由分布于整个区域内的若干基准站子系统、系统控制中心子系统、用户数据中心子系统、用户应用子系统和数据通信子系统等组成。各种数据服务通过各种无线或有线公众数据网络完成(如因特网、手机通信网及广播网等)。整个体系是以管理中心为中心节点的星形网络。其系统组成如图1所示。

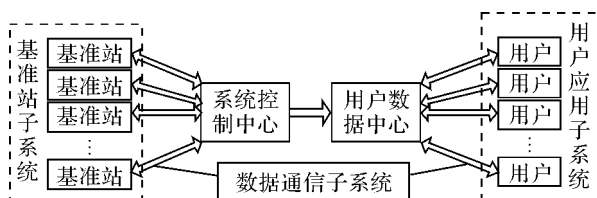


图1 系统组成

随着数字城市技术的日趋成熟,新时代信息环境下的福建,各中心城市的社会经济均处于飞速发展之中,人口、资源、生态、交通、环境、金融等都在快速的动态变化之中。而数据作为各种应用分析与决策的基础,需要不断地进行更新与充实,因此有必要建立一个覆盖全省的CORS系统(FJCORS),它将为全省的城市规划、国土测绘、城乡建设等众多信息化管理领域提供先进高效的空间框架支撑和及时准确的定位服务。

### 二、FJCORS系统概况

FJCORS系统建设由福建省测绘局组织实施,并和福建省气象局、福建省地震局,以及其他单位合作共同组建,系我国华东地区省级连续运行参考站网络系统之一。当前笔者单位承担的FJCORS参考站已全部建设完成,并于2010年6月完成了第1期坐标联测,共联测已建成的参考站30个,以及有联测需求的其他参考站16个,2010年8月由技术支持单位武汉大学计算出各参考站坐标并提供成果。目前,接入控制中心的参考站有30个,根据项目的进度安排,FJCORS具备对系统功能测试和部分地区定位测试的条件。

### 三、FJCORS系统测试内容、实施及结果

FJCORS系统测试的内容包括系统功能性测试和系统指标性测试两大部分。主要测试目的是为了客观评价系统性能、定位精度、流动站用户接收机的兼容性等指标,并同时具体的GPS品牌厂商设备进行系统的定位精度、空间可用性、时间可用性和系统对多种用户终端的兼容性等专项测试。

收稿日期: 2011-06-09; 修回日期: 2011-12-23

作者简介: 付青松(1969—),男,福建仙游人,高级工程师,主要从事航空摄影测量与GPS测量工作。

### 1. 系统的功能性测试

系统的功能性测试是对系统的软硬件构成、功能完备性的测试。主要包括 UPS 工作能力测试、系统的自运行能力测试、通信网络测试、远程监控能力测试,以及流动站兼容性测试。

1) UPS 工作能力测试:通过对参考站的 UPS 设备进行断电处理(切断交流电)查看 UPS 的自动切换能力,通过 UPS 远程查看 UPS 的时间可用性。

测试结果:实现市电与 UPS 电源的自动切换,市电断电后 UPS 自动复位;UPS 负载为 11%,供电时间为 14 h,超过 8 h,满足设计要求;具备自动报警功能,如电池电压过低不能提供后备电力,或电压处于不正确的运行状态(如电池电压过低,或处于过负载状态)时发出警告;可从 UPS 过载情况快速恢复(UPS 过载情况是 UPS 电压过高的一种不稳定状态)。

2) 系统的自运行能力测试:控制中心监视但不操作设备和软件,启动 5 台流动站进行拨号测试,检查是否在不操作软件的情况下自动接入、计算并向用户提供改正数据。

测试结果:中心人员并没有进行任何的操作,流动站可以正常运行并获得网络 RTK 的解。

3) 通信网络测试: CORS 数据通信网络,采用气象专网构成的一个 VPN 通信专网。该测试采用简单有效的 PING 命令方式测试,采用 ping IP 地址-t 站点名.txt,实现控制中心与基站的每条链路的测试。

测试结果:各节点间网络信号比较稳定,平均延时小于 50 ms,可以满足系统的设计要求。

4) 远程监控能力测试:包括系统控制中心通过 Web 浏览器实现对参考站接收机远程操作访问以及系统控制中心实现对参考站的 UPS 进行远程操作访问。

测试结果:软件可以通过无线的方式控制远程 GPS 接收机采集数据并传输至服务器,且可以对每个用户的权限进行精确控制。对基准站和移动站 GPS 的状态信息进行实时监控,可以显示当前移动站的状态以及位置。

5) 流动站兼容性测试:主要是指各品牌厂商提供的流动站接收机能否接入系统以及接入后的精度情况。指标性的内容是接收机的初始化时间和控制点上的精度比较。测试时采用的方法如下:记录初始化时间,采用连续采集模式,每个历元记录一个定位结果,记录 50 个历元,记录 5 组数据,内业处理时查看点位精度,如表 1 所示。

测试结果:由表 1 可知,各厂家设备都能在较短时间内获得初始化解,且精度可靠,表明系统的兼容性良好。

表 1 测试精度对照表 m

点号 仪器	0310		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$
天宝	0.013 5	0.013 9	0.013 3
徠卡	0.005 9	0.007 6	0.016 2
拓普康	0.010 8	0.006 4	0.028 1
南方	0.014 7	0.004 1	0.018 6
华测	0.006 3	0.013 9	0.020 1
中海达	0.005 6	0.010 3	0.009 8

### 2. 系统的指标性测试

系统指标性测试主要包括系统时间可用性测试、系统空间可用性测试、系统定位精度测试。

1) 时间可用性是指在实时定位及导航中,日可用性应达到 95%。

对于系统时间可用性的测试,采用系统的流动站完好性监测模块进行,具体操作方法如下:

a. 选择某一参考站作为固定流动站,进行连续 24 h 的实时 RTK 定位,数据采样率为 1 s,连续记录原始定位结果。

b. 根据监测站的已知坐标,计算各个历元定位结果的偏差值,以设计平面  $\pm 3$  cm 精度的 3 倍作为限差,统计偏差值超过限差的定位坐标个数和定位时间,计算超限定位观测数量占全部观测数量的百分比,取 3 次测试百分比的平均值作为最终测试指标,若小于 5%,即认为达到设计要求;否则认为不合格。

c. 启动系统的流动站完好性监测模块,进行相应的数据记录。

d. 根据已知点坐标,得到各历元定位结果的偏差值,以原设计精度的 3 倍为限差,统计超差观测值数量,计算超差观测值数量占全部观测值数量的比例,若小于或等于 5% 则为合格,否则为不合格,统计结果如表 2 所示。

表 2

测试 点名	原始观测 历元数	外符合精度	
		平面精度	高程精度
		$\leq \pm 0.09$ m 合格率 $\leq \pm 0.15$ m 合格率	
GZEQ	93 044	92 997 99.95%	93 001 99.95%

注:92 997 为平面精度  $\leq \pm 0.09$  m 的观测历元数,合格率 =  $92\ 997/93\ 044 \times 100\%$ ; 93 001 为高程精度  $\leq \pm 0.15$  m 的观测历元数,合格率 =  $93\ 001/93\ 044 \times 100\%$ 。

测试结果: 时间可用性指标平面为 99.95% , 高程为 99.95% 均优于系统设计的 95% 。系统时间可用性可靠。

2) 空间可用性即在达到精度指标要求的前提下, 系统可能的覆盖范围。

测试主要采用车载试验, 即将天线固定于车顶, 采样率设为 1 s, 车速 40 ~ 80 km/h, 记录最高等级的定位结果, 以此获得 FJCORS 的覆盖范围。按照设计方案要求, 测试地点为: 福州市区、厦门市、G104( 宁德-赛岐)、S302( 周宁)、S204( 川石-东峰)、X817-S205( 建阳-邵武)、X762( 泰宁-明溪)、S203( 永泰-苏岐江堤)、S305( 福清-江镜)、S308( 南安-安溪官桥)、S207( 长泰)、G324( 云霄-漳浦)、厦门。每处长度不小于 30 km。

测试结果: 测试过程中流动站设备能正常完成初始化, 并得到固定解。在一些遮挡严重地段( 高架桥、隧道等) 连接断开, 固定解丢失。走出该地段之后, 到达开阔的地方, 在不进行任何操作的情况下, 流动站在设备 40 s 内自动恢复得到固定解。

3) 系统定位精度测试选择高等级点进行测试, 主要选择 35 个系统联测时参与联测的 CGCS2000 控制点或 C 级点, 另外选择 12 个未联测的省 C 级点以及厦门市、泉州市 C 级点。具体的测试方法如下:

a. 在系统覆盖区域及周边选择高等级点位进行测试。

b. 在该测试点上使用 Trimble R8 流动站, 以连续地形测量模式, 按 1 s 采样率连续采集 200 ~ 300 个定位结果, 并记录初始化时间和卫星数等相关信息。下载数据, 进行数据处理, 统计各测试点在 CGCS2000 下的内符合精度。

c. 将各点位坐标与已知成果比较, 得到 CGCS2000 下的外符合精度。测试结果如图 2 和图 3 所示。

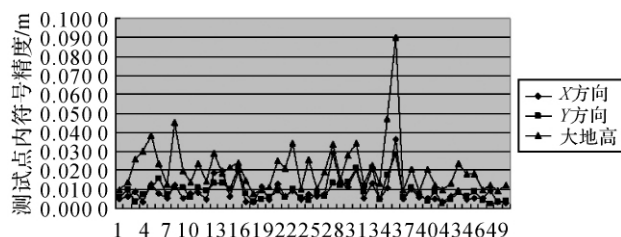


图 2 内符合精度各方向分量统计

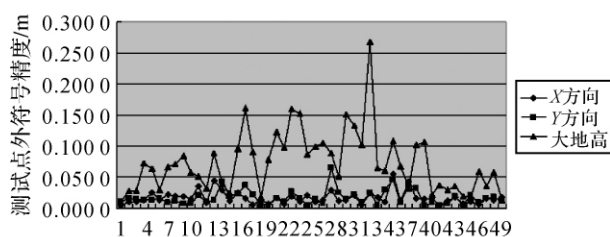


图 3 外符合精度各方向分量统计

从图 2 和图 3 可以看出, 除了系统覆盖范围外的测试点精度较差之外, 其他点位精度良好, 通过对平面 X 方向标准差、Y 方向标准差以及高程方向标准差的分析可以看出, 系统的内符合精度分布均匀, 外符合精度满足设计要求。

#### 四、结束语

FJCORS 目前已建成 1 个数据处理与控制中心以及已经接入中心的 30 个参考站, 系统运行、数据处理与控制中心软件运转正常, 在系统覆盖范围内可以投入试运行。在没有布设参考站点的区域, 虽然在靠近参考站点的一些地方也可以定位, 平面也能达到一定精度, 但初始化时间过长, 甚至有些时段无法初始化, 建议在这些区域内目前不宜利用 FJCORS 进行网络 RTK 作业; 其他区域均可以利用网络 RTK 作业, 但在部分地区由于大地高精度相对偏低, 外业作业时注意利用已知高程点进行检核。

#### 参考文献:

- [1] 刘经南, 刘晖. 连续运行卫星定位服务系统——城市空间数据的基础设施[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(3): 259-264.
- [2] 吴耀强, 吕弋培, 廖华, 等. GPS/VRS 卫星定位服务网络建设与精度评定[J]. 测绘科学, 2005, 30(3): 75-77.
- [3] 吴俐民, 陈云波, 丁仁军. 昆明市连续运行 GPS 参考站系统的建设及应用[J]. 城市勘测, 2005(5): 8-10.
- [4] 刘宇明. 北部湾(广西)经济区 CORS 系统应用分析[J]. 广西电力, 2008(9): 110-111.
- [5] 柏柳, 肖鸾, 胡友健. CORS 的精度及其稳定性研究[J]. 河南理工大学学报: 自然科学版, 2005, 24(4): 283-288.
- [6] 朱丽强, 陈中新. 基于 CORS 系统的 GPS 接收机检测技术[J]. 测绘工程, 2010, 19(5): 35-38.