

CORS 建设的新方法研究

史建青^{1,2}, 周立², 董春来²

(1. 武汉大学 测绘学院, 湖北 武汉 430079; 2. 淮海工学院 测绘工程学院, 江苏 连云港 222005)

Study on New Constructing Method of CORS

SHI Jianqing, ZHOU Li, DONG Chunlai

摘要: 以淮海工学院 CORS(包含 3 个参考站和 1 个系统控制中心)为基础,使用两台与原参考站不同型号的 GNSS 接收机,采用 3G 无线通信技术进行参考站与系统控制中心之间的数据通信,扩充两个基准站,构成一个新 CORS。从系统定位精度、时效性等方面对该构网方案的可行性进行实际 RTK 测试。最后得出结论,在 CORS 建设中,参考站使用不同型号的接收机和利用 3G 模块在参考站与系统控制中心之间进行数据传输完全可行。该研究为以后的 CORS 参考站建设开辟了一条新的途径。

关键词: CORS; GNSS 接收机; 基准站; 3G 模块; 数据传输

一、概述

CORS 是集卫星定位技术、计算机技术和网络通信等多种尖端技术于一体的空间信息服务系统,广泛应用于交通、运输、测绘、通信、军事、石油勘探、资源调查、农林渔业、时间比对、大气研究、气象预报、地质灾害的监测和预报等领域^[1]。基于以上 CORS 的诸多优点,国内许多省市都正在或计划新建或扩充本地的 CORS^[2-3],在该浪潮的推动下,2010—2011 年基于连云港市科技项目的支持,笔者利用国产 GNSS 接收机、3G 无线通信技术对淮海工学院(以下简称淮工) CORS 进行了扩充,增加了两个参考站构成一个新 CORS 的研究,以满足连云港高速发展的需要。

本文主要对 CORS 参考站使用不同型号接收机、利用 3G 无线通信模块在参考站与系统控制中心之间进行数据传输的理论和方法进行研究,并利用网络 RTK 从定位精度、时效性等方面对新 CORS 的可用性进行现场测试。

3G 是第 3 代移动通信技术的简称,是指将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统^[4]。它能够处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式,提供包括网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务。相对于第 1 代模拟制式手机(1G)和第 2 代 GSM、CDMA 等数字手机(2G),3G 能极大地增加系统容量、提高通信质量和数据传输速率。由于网络传输速度的提升,利用不同网络间的无缝漫游技术,可将无线通信系统和 Internet 连

接起来,使得语音通信在全球覆盖范围内变得更加缜密协调。同时,对携带大量数据信息的图片、音乐、视频资料等媒体能够提供稳定高效的接收处理功能^[5]。2009 年 1 月 7 日,工业和信息化部正式向中国电信三大运营商颁发了 3G 牌照,这意味着我国正式迈进 3G 时代^[6]。中国移动使用我国具有自主知识产权的 3G 标准 TD-SCDMA;中国电信采用 CDMA2000;中国联通采用 WCDMA 标准。目前中国 3 家电信运营商在全国范围内大规模升级或新建 3G 网络,并在多个大中城市正式对用户开通商用服务。

二、CORS 网的 3G 模块设计

WCDMA 是全球 3G 技术中用户最多、技术和商业应用最成熟的 3G 标准。中国联通经过两年多的 3G 网络建设,现在在国内很多城市或地区可以使用 3G 无线通信网络。

基于 WCDMA、HSDPA、HSUPA 以及将来 LTE 的网络需求,本 3G 通信模块的设计开发采用软硬件一体化设计技术(如图 1 所示)。硬件以 ADR-R6 单网口系列 WCDMA Router 路由器为基础,软件内核则采用嵌入式 Linux 操作系统,采用高性能的 32 位嵌入式处理器,内嵌完备的 TCP/IP 协议栈。同时,提供 RS232 和 10/100MB 以太网接口;具有 DTU 功能,支持全透明数据传输;支持专网、VPN、IPSEC, DHCP 等;支持短信远程控制上下线、定时上下线及数据触发上线;系统具有的自由扩展和拓扑功能,使设备的添加和管理更加简单、灵活;采用智能

收稿日期: 2011-07-29

作者简介: 史建青(1966—),男,河北邢台人,博士生,副教授,主要从事空间定位理论与技术、LiDAR 数据处理技术的教学科研工作。

QOS 分配技术,包括固定带宽分配、通信优先级管理、防丢包技术等,以确保系统资源的合理分配和数据的安全传输。



图1 3G 参考站通信模块

三、新 CORS 构网方案设计

为了适应连云港高速发展的需要,基于连云港科技项目的支持,决定在淮工 CORS 基础上进行扩充,建立新 CORS,但是原参考站的运行方式不变。淮工 CORS 由 3 个基准站和 1 个系统控制中心构成,3 个参考站选用 Leica GRX1200 Pro 专业型 GNSS 参考站接收机,它具有双电源接口能力,3 个 RS232 数据端口,1 个控制口,1 个天线接口,能同时连接两套数据链,并可以连接倾斜仪等外接设备。系统控制中心采用 Spider 软件进行系统管理,网络 RTK 采用主辅站技术(MAC),数据中心通信利用 TCP/IP 局域网资源,采用电信 DDN 专线、局域网(教育)相结合的方式,其他方面的配置均符合 CORS 建设的有关规定^[7]。

考虑到经费和技术等原因,决定在淮工 CORS 的基础上只增加两个参考站,以构建新 CORS。经过图上设计和现场踏勘,最后选定在赣榆县海洋与渔业局办公大楼楼顶和淮工墟沟校区图书馆楼顶各建立一个 CORS 参考站(如图 2 所示),两处均符合建站条件。新增的两个参考站采用南方 NET-S5 GNSS 参考站接收机,接收到的卫星数据经通信电缆与计算机相连,然后采用设计开发的中国联通沃 3G 参考站通信模块进行参考站与系统控制中心的无线数据传输。在系统控制中心采用 Spider 软件直接连接和控制参考站 GNSS 接收机,使其能自动采集记录原始数据文件;继续采用主辅站(MAC)技术进行数据处理,系统通过网络 RTK 播发(NTRIP)方式播发 RTCM 改正数,主要采用 Modem、Internet、GSM\CDMA 方式,为用户提供数据服务和用户管理;流动站用户也可采用 GPRS 无线上网技术接收

RTCM 改正数。



图2 新 CORS

四、新 CORS 准确性测试与可靠性分析

按照新 CORS 网的设计方案对淮工 CORS 进行了扩充建设,建成后,笔者对新 CORS 的定位精度、时效性、空间可用性、时间可用性、流动站兼容性、系统完备性等方面进行了实际测试。

1. 定位精度

为保证客观、全面地反映系统 RTK 定位内符合精度和外符合精度,本次 RTK 定位精度测试的选点原则有 3 条:① 测试点均匀分布在测试区域内;② 外符合测试点为已有的沿海岸带 E 级 GPS 点;③ 兼顾网内理论最弱点,在网内理论最弱点区域适当加大测试点密度。

(1) RTK 定位内符合精度测试

观测时采用三角架固定。网络 RTK 模式下,在一测试点上拨号,得到固定解后,自动采集 50 个单历元观测值,得到一组观测值。测试点总数为 10 个。数据处理时,首先计算各组观测值的平均值,再求出每个观测值相对于平均值的差值。测点内符合中误差可以反映系统实时定位的稳定性,可按式(1)求得。RTK 定位内符合测试精度统计如表 1 所示。

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n-1}} \quad (1)$$

式中 n 为观测值个数; Δ 为观测值与相应观测平均值的差值; m 为内符合精度。

表 1 RTK 定位内符合测试精度统计表 m

测点	中误差		
	X	Y	H
1	± 0.007	± 0.009	± 0.009
2	± 0.006	± 0.007	± 0.007
3	± 0.006	± 0.007	± 0.005

续表 1

m

测点	中误差		
	X	Y	H
4	±0.007	±0.009	±0.007
5	±0.004	±0.007	±0.006
6	±0.006	±0.008	±0.006
7	±0.005	±0.007	±0.004
8	±0.005	±0.007	±0.004
9	±0.004	±0.008	±0.005
10	±0.006	±0.007	±0.007

从表 2 可知,空间坐标的内符合精度较高,坐标各方向中误差均小于 ±1 cm。

(2) RTK 定位外符合精度测试

观测时采用三角架固定,并且严格对中整平和量测天线高。在网络 RTK 模式下,同一测试点上拨号两次,采集两次数据。拨号得到固定解后,手动采集 10 个历元的观测值,然后关机、开机,再手动采集 10 个历元的观测值,测试点总数为 14 个。数据处理时,首先计算每个测试点两次观测值的平均值,作为该点的最终观测值,再求出这个值与该点已知坐标的差值。可按式(2)求得测试点的外符合

中误差,外符合中误差可以反映系统实时定位的绝对准确性。RTK 定位外符合测试精度统计如表 2 所示。

$$r = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{N-1}} \quad (2)$$

式中, N 为测试点个数; Δ 为观测值与已知坐标的差值; r 为外符合精度。

表 2 RTK 定位外符合测试精度统计表

m

项目	X	Y	H
中误差	±0.011	±0.016	±0.026

按照快速或实时定位要求^[7]: 水平误差 ≤ 3 cm, 垂直误差 ≤ 5 cm。统计表 3 与此标准比较可知,该系统网络 RTK 的实时定位精度优于系统规定的相关技术指标。

2. 时效性

基线距离越远,初始化时间越长。新 CORS 测试证明,在 30 km 以内距离影响并不是很大,基本可以在 25 s 内完成初始化。在测试时与江苏省 CORS 进行了比较。系统时效性统计如表 3 所示。

表 3 时效性测试统计表

测站名	初始化时间				平均初始化时间/s		基线距离 /km
	第一次拨号/s		第二次拨号/s				
	新 CORS	JSCORS	新 CORS	JSCORS	新 CORS	JSCORS	
EH19	15	47	9	59	12	53	18.3
EH19N	13	14	12	12	12.5	13	21.3
EH25	15	13	130	10	62.5	11.5	42.7
EH28	40	23	89	13	64.5	18	56.7
EH23	47	14	19	23	33	18.5	36.96
EH22	23	11	20	6	21.5	8.5	28.6

3. 其他项目测试

对新 CORS 还进行了空间可用性、时间可用性、流动站兼容性、系统完备性等方面的测试,测试结果均达到了设计要求,限于篇幅不再一一列出。

五、结 论

笔者通过在淮工 CORS 基础上扩充构建新 CORS 的建设实践,并经过多方面的测试,得出以下结论:

1) 利用不同型号的 GNSS 参考站接收机构建 CORS 是可行的。

2) 使用现代最先进的无线通信技术——3G 技

术进行参考站与系统数据中心之间的数据传输是完全可行的。

3) 系统运行稳定,内外符合精度达到设计要求,网内精度分布均匀,初始化时间普遍小于 40 s。

4) 各种通信方式(GPRS,CDMA)都满足用户终端对通信能力的要求。整个测试表明,新 CORS 系统的精度水平、系统的空间可用性及时间可用性、定位服务的时效性等各项指标都达到了预期的目标。

5) 该项研究为以后的 CORS 建设探索出一条新的途径,有较高的理论和现实意义。

(下转第 14 页)

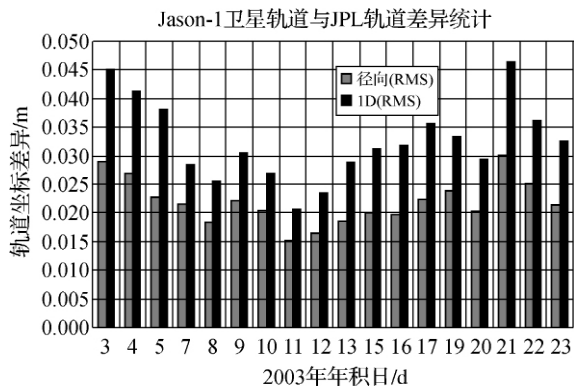


图3 Jason-1 卫星非差简化动力学定轨位置差异

通过与 JPL 公布的 Jason-1 卫星轨道进行比较, 其结果如下: Jason-1 卫星简化动力学轨道与 JPL 的简化动力学轨道位置在径向、沿迹向和法向差异的 RMS 均值为 0.022 m、0.047 m 和 0.022 m 左右; 而轨道位置在径向、沿迹向和法向差异的 RMS 的方差为 0.004 m、0.011 m 和 0.007 m 左右。但是, 2003 年 1 月 3 日和 4 日的简化动力学轨道相对于其他天的轨道精度略差, 主要是 2003 年 1 月 3 日和 4 日 Jason-1 卫星星载 GPS 观测数据存在大量的低高度角(小于零度)数据, 推断可能是由于该数据段 Jason-1 卫星姿态进行调整所致。此外, 2003 年 1 月 21 日和 22 日的简化动力学轨道精度也比较差, 主要是在该数据段上, GPS 部分卫星进行调整, 观测的 GPS 卫星数目比较少, 影响了该数据段上的轨道精度。各天轨道差异均反映出 Jason-1 卫星简化动力学轨道的沿迹向的轨道差异最大, 属于简化动力学定轨的本身的缺陷。以 JPL 的简化动力学轨道作为比较的基准轨道, 除部分存在问题的数据段外(2003 年 1 月 3 日、4 日、21 日、22 日), 基于本文的处理方法, Jason-1 卫星非差简化动力学轨道的径向精度优于 ± 2.5 cm 左右, 可以满足 Jason-1 最初的设计要求。

三、结束语

本文基于 Jason-1 卫星星载 GPS 实测数据, 采

用非差简化动力学定轨的方法, 计算了 Jason-1 卫星 2003 年 1 月 3 日至 23 日 Jason-1 的精密轨道, 并通过与 JPL 计算的精密轨道比对和残差分析两种手段分析了该精密轨道的精度。实际计算结果表明, 基于本文的定轨策略, 除了少数部分数据段由于 Jason-1 卫星或 GPS 卫星调整引起的数据质量较差外, 基于 Jason-1 星载 GPS 数据简化动力学定轨, 其径向轨道精度可以优于 ± 2.5 cm, 能满足 Jason-1 卫星的海洋计划。

参考文献:

- [1] 彭冬菊, 吴斌. 非差与单差 LEO 星载 GPS 精密定轨探讨[J]. 科学通报, 2007, 52(6): 715-719.
- [2] 韩保民. 基于星载 GPS 的低轨卫星几何法定轨理论研究[D]. 武汉: 中国科学院测量与地球物理研究所 2003.
- [3] 张飞鹏, 黄城, 廖新浩, 等. 综合多种观测技术精密确定海洋卫星 ERS-2 的轨道[J]. 科学通报, 2001, 46(14): 1227-1238.
- [4] BERTIGER W I, BAR-SEVER Y E, CHRISTENSEN E J, et al. GPS Precise Tracking of Topex/Poseidon: Results and Implication [J]. JGR Oceans Topex/Poseidon Special Issue, 1994, 99(C12): 24449-24464.
- [5] 赵齐乐. GPS 导航星座及低轨卫星的精密定轨理论和软件研究[D]. 武汉: 武汉大学 2004.
- [6] TAPLEY B D, SCHUTZ B E, BORN G H. Statistical Orbit Determination [M]. Amsterdam: Elsevier 2004.
- [7] 欧吉坤. 测量平差中不适定问题解的统一表达式与选权拟合法[J]. 测绘学报, 2004, 33(4): 283-288.
- [8] BEUTLER G. Methods of Celestial Mechanics [M]. New York: Springer Publishing Company 2005.
- [9] 袁运斌, 欧吉坤. GPS 观测数据中的仪器偏差对确定电离层延迟的影响及处理方法[J]. 测绘学报, 1999, 28(2): 110-114.
- [10] HAINES B, BERTIGER W, DESAI S, et al. Initial Orbit Determination Results for Jason-1: Towards a 1-cm Orbit [J]. Journal of Navigation, 2003, 50(3): 171-179.

(上接第 10 页)

参考文献:

- [1] 李征航, 黄劲松. GPS 测量与数据处理 [M]. 武汉: 武汉大学出版社 2005.
- [2] 严伟, 王庆, 宋玉兵, 等. 基于 GPRS 的 CORS 网络差分模块设计[J]. 现代测绘, 2008(5): 10-12.
- [3] 宋玉兵, 丁玉平, 沈飞. JSCORS 的建设和最新进

展[J]. 测绘通报, 2009(2): 73-74.

- [4] 查东辉. 3G 网络探索研究[J]. 科技管理研究, 2009(3): 259-260.
- [5] 王铮, 毕婧. 3G 和无线网络技术的展望[J]. 2011(3): 62-63.
- [6] 丁明雷. 我国 3G 发展现状与前景分析[J]. 软件导报, 2011(2): 127-129.
- [7] 邱蕾. GNSS 网络 RTK 的定位算法及应用研究[D]. 武汉: 武汉大学 2009.