

Design and Implementation of SOA Operational GNSS System

FENG Yikai, LIU Yanxiong, GAO Xingguo, ZHOU Xinghua

The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, China

e-mail: ykfeng@fio.org.cn

Abstract: The monitoring of mean-sea-level change and water vapor exchange from sea to land are quite important to respond to the global climate change. Therefore, it is necessary to establish the GNSS Continuously Operating Reference Stations (CORS) system along the coastal region in China. This paper introduces the program design, implementation and application of the GNSS CORS system built by SOA.

Keywords: GNSS; CORS; mean sea level; vertical crustal movement

国家海洋局 GNSS 业务化系统的设计与实现

冯义楷, 刘焱雄, 高兴国, 周兴华

国家海洋局第一海洋研究所, 青岛, 中国, 266061

e-mail: ykfeng@fio.org.cn

摘 要: 海平面变化和海陆水汽交换监测是应对全球气候变化的重要监测内容, 也为防灾减灾提供参考。因此, 有必要在沿海建设 GNSS 连续运行参考站系统。本文介绍了国家海洋局 GNSS 业务化系统的应用范围、方案设计及实现。

关键词: GNSS; 连续运行参考站; 海平面;

1 引言

为应对全球气候变化, 落实国务院关于节能减排及应对气候变化的有关文件和贯彻《全国海洋观测预报业务体系发展规划纲要》, 国家海洋局海洋环境保护司(现预报减灾司)2008 年度大力推进海洋站观测能力建设, 计划在沿海 57 个海洋站增加 GNSS 设备, 实现业务化运行。

2 国内外连续运行参考站的建设及应用状况

连续运行参考站网络系统是建立若干各连续运行的永久性基准站, 通过网络或者专线将观测数据发送到数据处理中心, 构成网络化的 GNSS 综合服务系统。上世纪 90 年代初, 国际 GNSS 服务组织(IGS)在全球建立 GPS 连续运行站网, 无偿向全球用户提供 GNSS 的各种信息^[1]。目前, IGS 在全球的永久性运行站超过 400 个。除了国际组织的永久跟踪站外, 各国和地区根据自身经济及地质环境状况建立了许多有专门用途的各种连续运行参考站网^[2]。

国外方面, 具有代表性的连续运行参考站系统有以下 3 个网络系统。

2.1 美国 CORS 系统

美国 CORS 系统始建于上世纪 90 年代初期, 最初由美国国家大地测量局(NGS)、美国海岸警备队、美国联邦航空局(FAA)和美国工程兵团的 137 个 GPS 基准站组成, 以后采取联合建站方式, 目前合作单位约 200 家左右。CORS 站数目达到 1500 个左右, 而且以每月 15 站的速度增长。

美国 CORS 系统可以分为国家 CORS 系统、合作式 CORS 系统和区域 CORS 系统, 另外还有少数在美国周边国家建立的 CORS 站。它主要作用是使美国国内用户利用该系统达到厘米级的定位和导航精度。此外, 还能利用该系统满足气象、地球动力学、地震监测、实时广域差分等多项任务。

2.2 欧洲连续运行参考系统

欧洲有代表性的为欧洲参考框架系统和德国 SAPOS (Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) 网, 前者建立于 1987 年, 是由多国参加用于实现精确地理参考的大地测量基础设施,

主要为解决欧洲参考框架定义、实现和维护,同时提供高精度坐标值和速度场及对流层大气延迟参数等;德国 SAPOS 网构成了德国国家动态大地测量框架,同时向用户提供卫星星号和改正数,使用户能得到厘米级定位和导航精度。

2.3 日本GeoNET网

日本位于亚欧板块和太平洋板块的消亡边界,火山地震频发。因此,日本从 1990 年代初就开始着手布设地壳应变监测网,并逐步发展称为日本 GPS 连续应变监测系统。日本的 CORS 系统除主要用于地震监测外,还在地壳运动监测、大气可降水量预测及精密导航定位方面有广泛应用。

2.4 国内状况

国内方面,CORS 系统建设始于 1990 年代初期,主要的建设单位有国家测绘局、总参测绘局、中国科学院、中国地震局、中国气象局等,用于建立国家大地基准、地球动力学研究及大气探测研究等。具有代表性的 GPS 连续运行系统有:国家测绘局自 1992 年开始建立的 8 个 GPS 连续运行站;地震局联合总参测绘局和中科院以及国家测绘局于 2000 年建设完成的中国地壳运动观测网络;2006 年开始,国家六部委联合建立的中国大陆环境构造监测网络。

由于 GPS 连续运行参考站建设成本下降及自身技术优势,2000 年以后众多省市测绘及城建等部门开始建设区域 CORS 系统,系统建设的主要目的是开展网络 RTK 服务,同时也作为地方测绘基准实现地方坐标系统的统一。

3 GNSS业务化系统建设的必要性及作用

海平面上升由全球气候变暖、极地冰川融化、上层海水变热膨胀等原因引起的全球性海平面上升现象。研究表明,近百年来全球海平面已上升了 10~20 厘米,并且未来还要加速上升。但世界某一地区的实际海平面变化,还受到当地陆地垂直运动—缓慢的地壳升降和局部地面沉降的影响,全球海平面上升加上当地陆地升降值之和,即为该地区相对海平面变化。因而,研究某一地区的海平面上升,只有研究其相对海平面上升才有意义。海平面上升对沿海地区社会经济、自然环境及生态系统等有着重大影响。首先,海平面的上升可淹没一些低洼的沿海地区,加强了的海洋动力因素向海滩推进,侵蚀海岸,从而变“桑田”为“沧海”;其次,海平面的上升会使风暴潮强度加剧,频次增多,不仅危及沿海地区人民生命财产,而且还

会使土地盐碱化。海平面随时都在上升化,海水内侵,造成农业减产,破坏生态环境。因此,有必要监测局部海平面变化趋势,为预报减灾提供准确的数据支撑。

传统方法是通过验潮方式来判断监测海平面变化,但是由于验潮站所在的陆地的垂直运动(构造运动,局部地面沉降等),使水尺参考零点绝对高程发生变化,这样测量的潮汐资料是不准确的。随着 GPS 定位精度的提高,我们有必要在沿海若干个均匀分布的验潮站附近建立 GPS 连续运行参考站,通过与国际 IGS 参考站进行联合数据处理,能提供一个准确的参考点来监测沿海陆地与海平面各自的垂直运动^[3]。

此外,陆地 86% 的水气来自于海洋,因此有必要监测沿海大气中水气含量,为天气预报及防灾减灾提供可靠的依据。利用 GPS 信号通过对流层时间延迟反演大气中水气含量技术已经相当成熟,预报的精度也相当高。建设 GPS 观测站可以实现及时提供沿海大气水汽含量变化信息,为气象预报服务。

当前,GPS 已经发展成为一种成熟的对地观测技术,在国家海洋局所属的长期海洋站增设 GPS 连续运行观测站,实现 GPS 观测业务化运行,将为海洋科研、海洋管理和海洋服务开拓新的数据来源和扩大公众服务范围。国家海洋局在沿海长期海洋站增添 GPS 业务化观测,将增加如下服务:

(1) 提供潮汐观测站站址的周、月、年变化率,监测海平面实际变化。

GPS 业务化观测,将提供沿海海洋站站址水平和垂直方向的周、月、年变化率,结合潮汐观测数据,能够准确地揭示沿海海平面的真实变化。

对海面变化的监测一直是国家海洋局重要的业务工作之一。目前,我国监测海平面变化以验潮资料为主,辅以卫星测高资料。通过增加 GPS 连续运行观测站,在海面变化监测中有三大优势:①将沿海海洋站资料纳入统一的参考框架中,综合分析区域性海面的整体变化趋势。②分离验潮站基岩的垂直运动,准确地揭示海面的真实变化规律。③在沿岸和近海提供厘米级的定位服务,标定 TOPEX/Poseidon 等测高卫星的系统性差异。

(2) 及时提供沿海大气水汽含量变化信息,为海洋气象预报服务。

GPS 业务化观测,将及时提供沿海各海洋站/GPS 站上空水汽含量,如果现有数据传输链路许可,GPS 观测数据能够实时传回 GPS 处理中心,GPS 数据处理中心每 15 分钟能够提供一次水汽变化信息,这对灾害海洋天气的监测和预报非常有益。如果观测站每

天或每小时传回 GPS 数据, 数据处理中心只能提供每小时或每天的水汽含量信息。

加强海洋天气的预测预报, 是减小台风、风暴潮等灾害损失的重要途径。目前, 短期天气预报的准确性受制于初始水汽场, 通过沿海 GPS 连续运行观测站的建设, 具有如下作用: ①增加了实时水汽含量观测值, 提供了新的海洋环境信息; ②基于海洋站观测到的水汽变化信息, 能准确地预报、监测和掌握灾害性天气的发生、发展和演化; ③为海洋气象预报实时提供初始的水汽场, 以提高预报的准确度。

(3) 在线提供空间位置基准, 为海岸带和近海海洋调查服务。

GPS 业务化观测, 将为近海用户及时提供观测站 GPS 数据 (GPS 数据延时长短, 取决于现有数据传输链路) 和观测站精准的坐标, 如果增加数据发布系统, 将提供实时精密定位服务。

任何海洋信息的描述离不开空间位置, 空间位置总是对应于某一个固定的参考框架, 而参考框架的建立就通过多个点的坐标来实现的。在海洋站上增设的 GPS 连续运行观测站, 构成了海洋的空间基准, 能够为近海调查提供精密定位服务, 也为海岛调查提供统一基准, 同时也为国内外海洋划界等勘测提供全球统一的参考框架。

(4) 为海底和近岸地震等灾害的监测和预报提供定量依据。

中国大陆沿海处于西太平洋地震带中。受到太平洋板块西移的冲压、消减的影响, 沿海地区出现 1-2 厘米/年的水平运动, 面临着海底和近岸地震灾害的潜在威胁, 也面临深海地震诱发海啸的直接侵害。由于地震与地壳运动有着密切的关系, 地壳运动的监测一直是地震预测预报研究的重要手段和依据。在沿海地区增设 GPS 连续运行观测站, 能够高精度、实时、连续地获取板块间相互作用引起的地壳运动, 为研究地震活动的时空迁移规律、预测未来地震的地点和强度等科学问题提供定量的依据, 这对于防灾减灾具有重要意义。

4 业务化网络总体设计方案

4.1 建设目标

基本目标: 在沿海和主要岛屿建立全国统一的、高精度的 GPS 业务观测网络, 实现对海面变化、水汽含量、沿海地壳运动的动态监测, 获取中国沿海海面变化与地壳运动特征以及水汽含量动态变化曲线, 主要服务于海平面变化、海洋气象预报和灾害天气监测, 同时兼顾各种海洋调查和军事应用。

远期目标: GPS 业务观测网络在完成上述基本目标的基础上, 最终建成我国近海卫星定位服务系统, 系统将以 GPS 为主, 辅以 GALILEO、GLONASS 和我国“北斗”定位系统, 通过增加信号发播功能, 实现第二岛链以内区域的实时精密定位服务。

4.2 总体方案设计

根据 GPS 业务观测工作的需求, GPS 观测系统需要建设 57 个 GPS 观测站、1 个数据分析处理中心。其中北海分局管辖区域建设 17 个站、东海分局管辖区域建设 20 个站、南海分局管辖区域建设 14 个站、海南海洋环境中心站管辖区域建设 6 个站, 数据处理中心建设在国家海洋局第一海洋研究所。GPS 站和数据分析中心之间依靠有线或无线通讯网络链接。系统的简明结构框图如图 1 所示, 整个系统的网络拓扑图如图 2 所示。

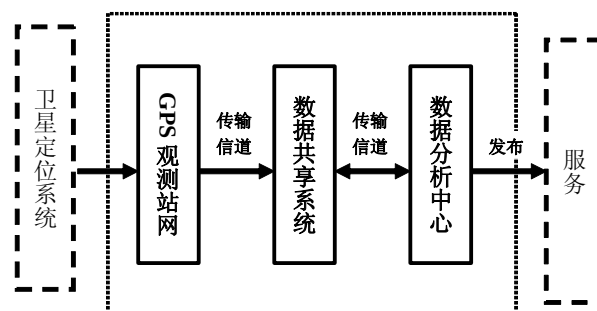


Figure 1. GPS observation system structure
图 1. GPS 观测系统结构图

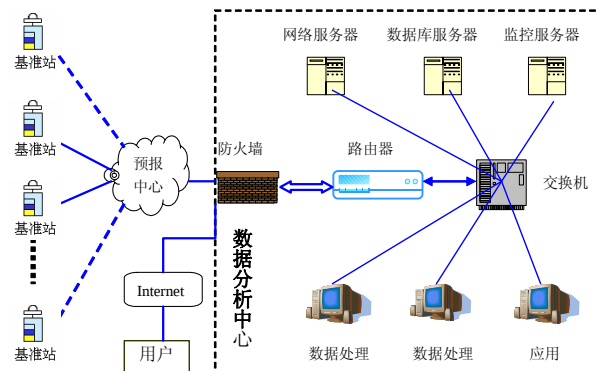


Figure 2. GPS observing system network topology
图 2. GPS 观测系统网络拓扑图

4.3 站址遴选

海洋局下属的海洋站远远多于 57 个, 同时每个海洋站周边环境也不相同, 为确定合理观测网型, 尽量保证各连续运行参考站达到规范要求, 这就涉及到站址遴选问题^[4]。遴选过程中, 尽量保证 GPS 站址与验潮站并址。具体到各个海洋站, 根据实际情况, 保证以下几点: ①观测环境: 距离易产生多路径效应的

地物的距离不小于 200m; 应保证 5 度以上地平高度角的卫星通视条件; 距电磁干扰区的距离不小于 200m; ②地质环境: 参考站应建立在稳定块体上, 避开地质构造不稳定地区; ③维持条件: 便于接入公共或专用通信网络; 具有稳定、安全可靠的电源; 交通便利, 便于人员往来和车辆运输; 尽量与海洋站并址, 便于维护管理。

勘选工作自 2008 年 3 月份开始, 到 6 月份结束。现场采用 ASH701945C_M NONE 型天线单站 24 小时采集数据, 用 TEQC 软件分析数据质量, 确定验潮站附近区域是否具备建立 CORS 站条件。本次勘选工作共计测量 70 余点, 从中挑选出 57 个站作为最后可以建设 CORS 站。其中, 建设基岩型观测墩为 33 个, 建设在屋顶的混凝土观测墩为 11 个, 钢架结构的观测墩为 13 个。大概站位分布图如下图 3。

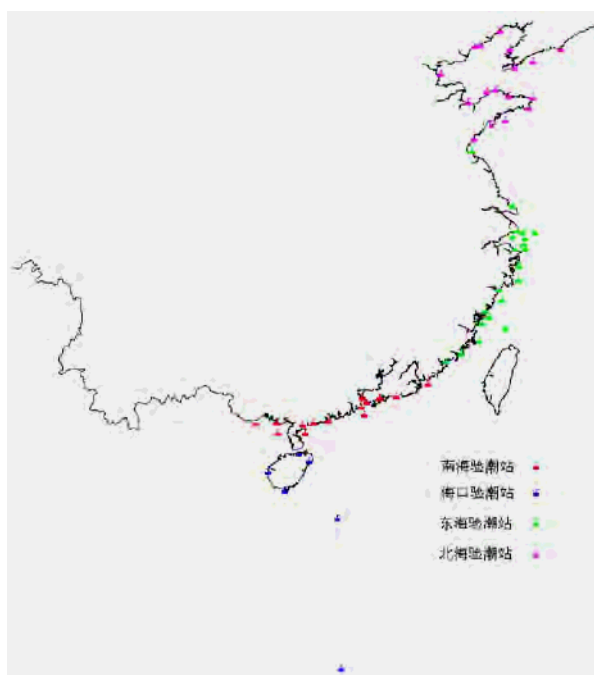


Figure 3. GPS business system network graph
图3. GPS业务化系统网型图

4.4 数据处理中心建设

数据分析中心建设在国家海洋局第一海洋研究所内, 它是整个 GPS 业务观测系统的核心单元。中心由计算机网络系统、软件系统等组成。作为整个系统的核心, 数据分析中心具备有以下功能^[5]: 系统运行监控、数据处理、信息服务、用户管理等。

数据处理中心采用瑞士伯尔尼大学天文研究所研制的高精度 GPS 定轨定位软件-BERNESE 5.0, 作为日常的数据处理软件平台。为了保证系统数据处理保持一定的冗余度, 数据处理中心采用 GAMIT 软件作为备用软件。

数据分析中心负责提供如下两类信息服务: (1) 对用户原始 GPS 数据服务。用户提出申请, 经确认后身份并签署数据安全协议, 可以自由下载 GPS 数据; 对于特许海洋局系统类的用户, 可以提供部分计算服务; (2) 对国家海洋局内的业务单位, 提供水汽含量信息、位置信息等数据产品。

5 结 论

GPS 建站和观测技术已经成熟, 并在地震、测绘、交通等领域得到广泛应用。在海洋局所属的长期海洋站增设 GPS 观测, 已经具备业务化观测条件。实现 GPS 观测业务化运行, 将为海洋服务、海洋管理和海洋科研提供新的数据来源, 特别是在海平面变化监测、海气相互、灾害海洋天气监测和预报、海底地震监测等方面将发挥重要作用。

References (参考文献)

- [1] Liu Jingnan, Liu Hui, Thought on Establishing a Continuous Operational Reference Station Network in China[J], Geomatics and Information Science of Wuhan Univ., 2003, 28(3): 27-31. (Ch).
刘经南, 刘晖, 建立我国卫星定位连续运行站网的若干思考[J], 武汉大学学报. 信息科学版, 2003, 28(3), P27-P31.
- [2] Guo Jingjun, Wang Li, Zhang Peng, The Application and Expectation of CORS in International and China[J], GNSS World of China, 2008(1):1-10.
过静君, 王丽, 张鹏, 国内外连续运行基准站网新进展和应用展望[J], 全球定位系统, 2008(1):1-10.
- [3] Hu Jianguo, Cheng Yingyan, Ding Jixin, et al, Establishment and Precision Analysis of Chinese High Precision Vertical Continent-ocean Movement GPS Monitoring Network [J]. Acta Geodetica et Cartographia Sinica. 2000, 29(4):289-292.
胡建国, 成英燕, 丁继新等, 我国高精度GPS陆海垂直运动监测网的建立与精度分析[J], 测绘学报, 2000, 29(4):289-292.
- [4] Li Jian, Lv Zhiping, Zhao Dongqing, Li Changgui, Establishment of Large-Scale Continuously Operating Reference Stations Based on Grid Computing[J], Journal of Geomatics Science and Technology, 2009, 26(1):41-44.
李健, 吕志平, 赵冬青, 李昌贵, 基于网格的大规模连续运行基准站网的构建[J], 测绘科学技术学报, 2009, 26(1):41-44.
- [5] Gu Guohua, Niu Hongye, Meng Guojie, et al, Data processing and analysis of the crustal movement observation network in China [J], Earthquake, 2000, 20(9):203-209.
顾国华, 牛红叶, 孟国杰等, 中国地壳运动观测网络数据处理与分析, 地震, 2000, 20(9):203-209.