

省级北斗地基增强系统建设与应用探讨

中国卫星导航定位协会

省级北斗地基增强系统建设与应用探讨

唐晓霏,孙小超,陈 豪,赵 鹏

(湖北省测绘工程院,湖北 武汉 430074)

摘 要:为推动北斗卫星导航系统在各个行业的深入应用,国内许多单位在开展北斗卫星导航系统的建设,本文以湖北省北斗地基增强系统为例对北斗地基增强系统的具体情况进行阐述,为北斗地基增强系统的建设和示范应用进行探索,以期对类似北斗地基增强系统的建设有所帮助。

关键词:北斗;地基增强系统;示范应用

1 引 言

北斗卫星导航系统是我国独立发展、自主运行的全球卫星导航系统,能够提供高精度、高可靠的导航、定位和授时服务,是我国重要的空间基础设施,在保障国家安全、转变经济发展方式、促进国家信息化建设、培育战略性新兴产业方面具有不可替代的作用。2012年底,我国建成了北斗二号系统,并向亚太地区提供服务;2020年前后,我国计划建成北斗全球系统,向全球提供服务。推广北斗产业化是国家战略的迫切要求,也是北斗卫星导航系统最有力的需求牵引。

“北斗地基增强系统”是由国家统一规划建设的以北斗卫星导航系统为主,兼容其他 GNSS 系统的地基增强系统,采用的地面基准站间距为 50~300 km,通过地面通信系统播发导航信号修正量和辅助定位信号,向用户提供厘米级至米级精密导航定位和大众终端辅助增强服务。卫星导航技术将通信、地理信息、对地观测有效地结合,正逐步发展为国家的战略性新兴产业,也是当前最具有创新性和生命力的新兴信息产业之一。

本文以湖北省北斗地基增强系统为例,探讨了北斗地基增强系统的建设流程和系统示范应用成果情况,随着系统的不断完善,将充分发挥北斗地基增强系统的作用,为北斗卫星导航产业和应用市场提供良好的基础平台,同时为其他省份和行业北斗地基增强系统的建设提供借鉴。

2 系统概况

2013年初,湖北省测绘地理信息局建成全国首个省级北斗地基增强示范系统。建设了30个北斗基准站覆盖湖北省中东部区域,突破了北斗实时厘米级差分定位等核心关键技术,全面验证了完全自主知识产权的软硬件产品,产生了巨大的影响,对于推动湖北省乃至全国北斗卫星导航产业发展具有重大意义。2015年,湖北省测绘地理信息局将北斗地基增强系统的全省覆盖列入湖北省基础测绘项目计划,由湖北省测绘工程院具体实施。

湖北省北斗地基增强系统是北斗地基增强系统湖北省示范的延续,在原有示范系统的基础上进一步加强北斗基准站的建设,在湖北省连续运行卫星定位服务系统(HBCORS)的基础上加装北斗设备,实现北斗高精度位置服务的全省覆盖。具体内容如下:

(1)升级/改造 HBCORS 50 个基准站,在原有设施的基础上加装北斗设备,实现北斗高精度定位服务的全省覆盖。

(2)在 HBCORS 基准站覆盖范围薄弱的区域加密新建 10 个北斗基准站,将原有 8 个基准站的 ADSL 网络升级至 SDH 专线网络。

(3)对原有系统控制中心和数据中心进行改建、加装,实现全省北斗基准站的数据接入、共享和服务。

(4)建立基于北斗的网络 RTK 和 DGNS 服务平台,利用 2G、3G、4G 等移动通信方式,向全省用户提供实时厘米级、亚米级及米级导航定位服务。

3 系统建设

湖北省北斗地基增强系统是以控制中心为核心、参考站为节点的星型结构,系统结构如图 1 所示。

湖北省北斗地基增强系统由如下 5 个部分组成:①参考站网子系统,简称 RSS,参考站简称 RS;②数据通信子系统,简称 CN;③系统控制中心,简称 SC;④数据中心,简称 DC;⑤用户应用子系统,简称 UT。

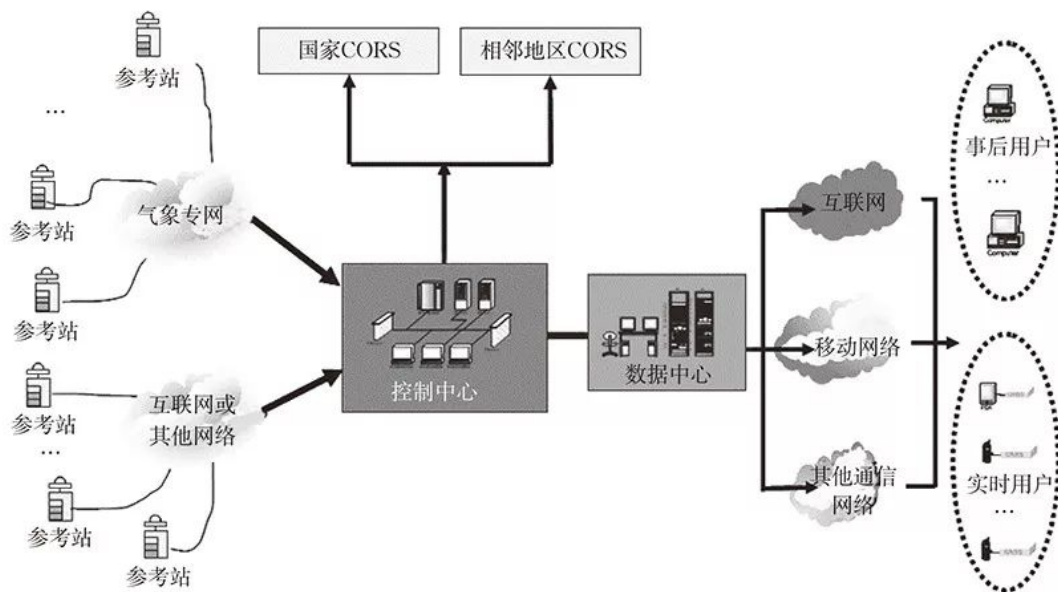


图 1 湖北省北斗地基增强系统结构

3.1 参考站网子系统

参考站网子系统是北斗地基增强系统的数据来源,该子系统的稳定性和可靠性将直接影响到系统的性能,是北斗地基增强系统提供覆盖全省范围内实时厘米级定位服务的基础保障。湖北省北斗地基增强系统在原有示范系统的基础上进一步加强北斗基准站的建设,在湖北省连续运行卫星定位服务系统(HBCORS)的基础上加装北斗设备,同时加密新建站点来实现,参考站子系统建设完成后的覆盖全省的 91 个北斗参考站及配套设备。建成后的系统依靠 HBCORS 原有网络及升级改造后的网络与系统控制中心通信。

根据技术设计要求并通过实际数据分析,湖北省北斗地基增强系统在原有站点及新建站点的基础上,在省内按照 40~70 km 间距布设,系统建成后形成具有 91 个连续运行基准站的系统,参考站分布如图 2 所示。

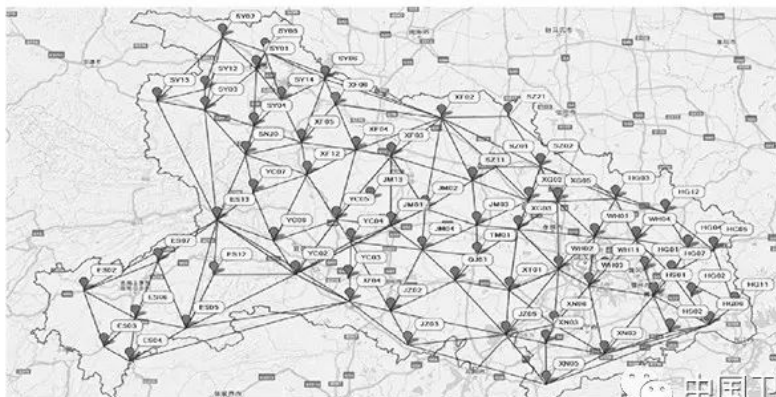


图 2 湖北省北斗地基增强系统参考站分布图

3.2 数据通信子系统

对于北斗地基增强系统而言,数据通信子系统的核心技术主要是:选择合适的通信模式,构建分布式的通信网络;实现对参考站资源集中管理,向用户提供各种数据;制定统一的技术标准,实现参考站节点设备的互换及自动运行。

实时数据功能的实现依靠 GPRS、CDMA 等通信方式,即控制中心开通 Internet IP 地址及端口用于用户设备的实时接入,用户接入后与通信服务器连接,经认证后,将数据发送给服务器,以得到系统的实时服务及数据下载功能。扩展能力主要体现在实时数据服务的通信兼容性问题,由于采用了基于 TCP/IP 的 Internet 方式,因此可兼容 2G、3G、4G 通信方式。同时,在系统控制中心的防火墙端,预留与其他系统通信的接口。

数据服务系统主要是由通信服务器和网站服务器组成。通信服务器负责实时数据的发播,网站服务器提供 ftp 数据下载。网络结构如图 3 所示。

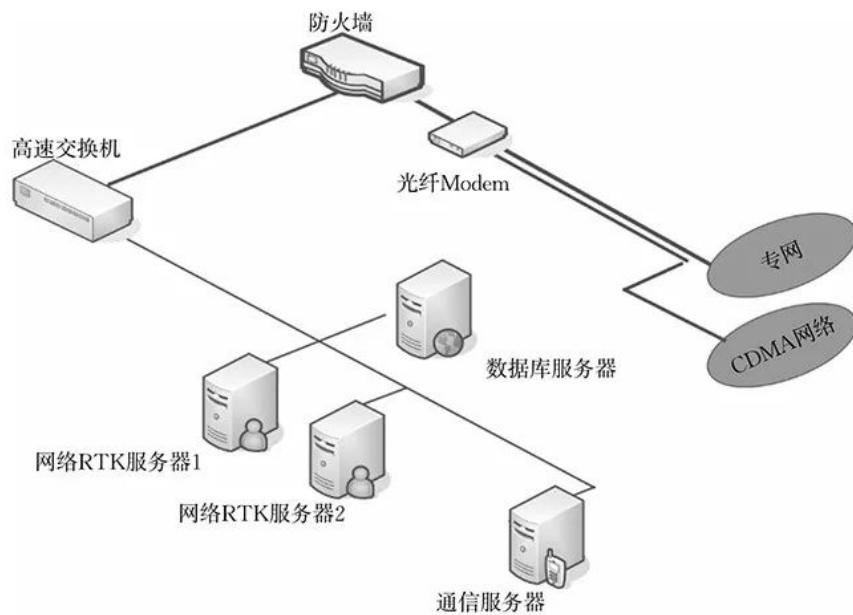


图 3 数据服务系统网络拓扑结构

3.3 系统控制中心

系统控制中心设于湖北省测绘地理信息发展大厦楼内,由机房和监控室组成,机房内配备服务器、磁盘阵列及网络设备等,服务器上装有核心软件实现各项功能。机房内配套设施完善,不间断电源保证服务器连续不间断运行,大功率空调调节室内温度和湿度,同时还配备具有报警功能的消防设备和监控设备。目前,运行控制系统经调试后已投入使用,具备数据处理、运行监控、信息服务、网络管理、用户管理等功能,达到了设计要求。

管理和计算软件是地基增强系统的核心软件,湖北省北斗地基增强系统采用的核心软件是 TrueNET 软件。该核心软件包括参考站管理、数据传输、数据处理、用户管理、数据发播、系统完备性监测和用户管理等多种功能,可以满足国家、省、市和行业等各种级别网络 RTK/RTD 系统及连续运行跟踪站系统(CORS)的站点管理和数据播发服务,支持 GPS、GLONASS、BDS 等卫星导航系统。TrueNET 软件技术创新点包括:利用分子网和 DELAUNAY 三角形自动构建三角形网相结合进行站点管理,实现了大范围多参考站(单台服务器支持超过 100 个参考站)的管理;改进的综合误差内插法(MCBI)模型简单,结合 DELAUNAY 三角形自动构建的三角网,流动站误差不仅精度高而且均匀,同时又容易支持单双向数据传输;网络 RTK 系统完备性;先进的虚拟参考站观测值生成方法;可定制终端用户服务(单基站或 VRS)等。软件架构如图 4 所示。

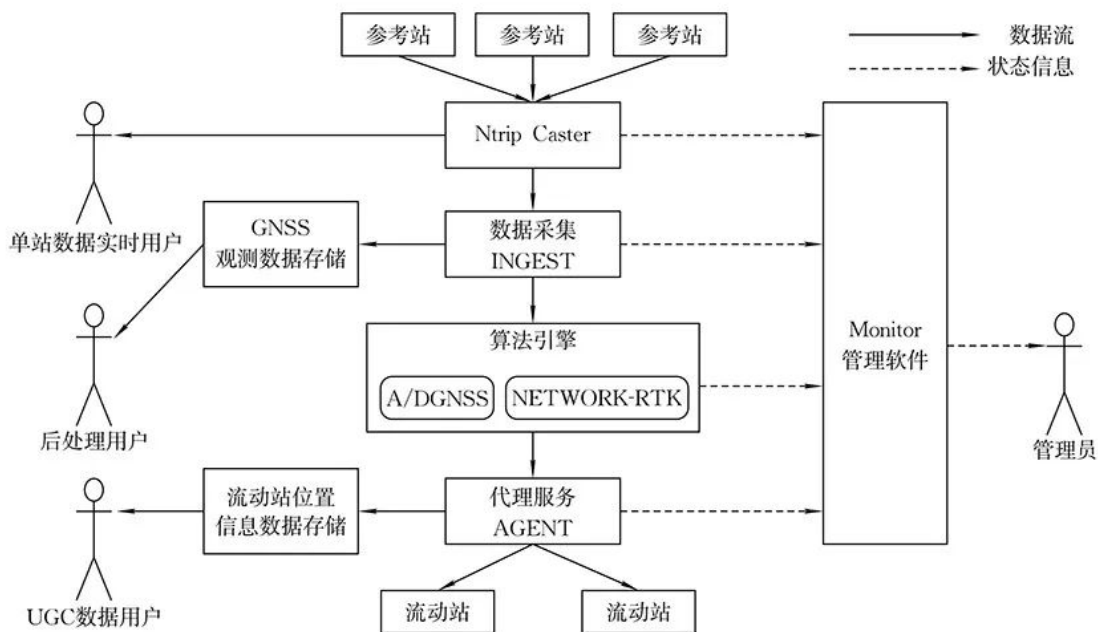


图4 软件架构示意图

3.4 数据中心

数据处理功能主要是对各参考站采集并传输过来的数据的质量进行分析和评价,并对这些数据进行多站数据综合和分流,形成以标准 Rinex 或 RTCM 统一格式的差分修正数据;另外,对各参考站数据按照文件/目录方式存储,并提供网络数据下载服务。该功能的实现主要是软件实现。经过数据中心处理后的数据输出结果包括4种:

- (1)RTCM 伪距差分修正信息:服务于米级定位导航的用户。
- (2)RTCM 相位差分修正信息:服务于厘米级、分米级定位的用户。
- (3)RINEX 原始观测数据:服务于事后毫米级定位的用户。
- (4)RAIM 系统完备性监测信息:服务于全体用户,提供系统完备性指标。

对于北斗地基增强系统而言,数据中心主要是集中进行各项数据处理,主要包括数据自动下载、数据预处理和质量评估、区域误差模型建立、质量控制及评估、数据自动播发等几个部分,数据中心数据处理方案如图5所示。

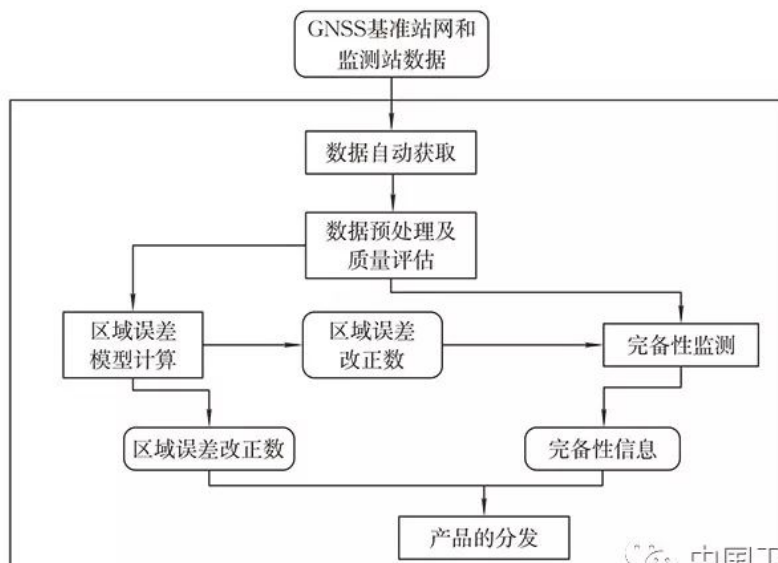


图5 数据中心数据处理方案

3.5 用户应用子系统

用户按照精度可以分为毫米级、厘米级、亚米级、米级等几类。按应用领域则可分为测绘与工程用户(厘米级)、车辆导航与定位用户(米级)、高精度用户(事后处理毫米级)等几类,各领域的用户使用不同精度的差分信息,表1是对用户群的基本分析。可以看出,通过系统的事后数据服务可达到毫米级定位精度,通过实时数据服务则可获得厘米级定位精度。虽然导航类用户的定位精度只需要达到米级,但由于GNSS标准定位服务SPP的精度远不能满足要求,因此向导航类用户提供码差分数据服务仍是系统重要的服务内容。目前系统的主要服务对象是实时厘米级的测绘类用户及导航类用户。

表1 用户群分析

域	主要用途	精度需求	可用性需求	实时性需求
测绘工程	测图、施工控制	$\pm 0.01\text{ m} \sim \pm 0.1\text{ m}$	12小时/365天	准实时或事后
地表及建筑物形变监测	安全监测	$\pm 0.001\text{ m} \sim \pm 0.005\text{ m}$	24小时/365天	准实时或事后
工程施工	施工、放样、管理	$\pm 0.01\text{ m} \sim \pm 0.1\text{ m}$	24小时/365天	准实时
地理信息更新	城市规划、管理	$\pm 0.1\text{ m} \sim \pm 5.0\text{ m}$	12小时/365天	准实时
线路施工及测绘	通信、电力、石油、化工、沟渠、施工及竣工测绘	$\pm 0.1\text{ m} \sim \pm 5.0\text{ m}$ (取决于比例尺等)	20小时/365天	准实时
地面交通监控	车、船管理、自主导航	$\pm 1\text{ m} \sim \pm 10\text{ m}$	24小时/365天	延时 $\leq 3\text{ s}$
空中交通监控	飞机进近与着陆	$\pm 0.5\text{ m} \sim \pm 6\text{ m}$	24小时/365天	延时 $\leq 1\text{ s}$
公共安全	特种车辆监控、事态应急	$\pm 1\text{ m} \sim \pm 10\text{ m}$	24小时/365天	延时 $\leq 3\text{ s}$
农业管理	精细农业、土地平整	$\pm 0.1\text{ m} \sim \pm 0.3\text{ m}$	20小时/365天	延时 $\leq 5\text{ s}$
海、空、港管理	船只、车辆、飞机进港后调度	$\pm 0.5\text{ m} \sim \pm 1\text{ m}$	24小时/365天	延时 $\leq 3\text{ s}$

用户系统的基本构成是接收数据链、北斗/GNSS OEM和中央处理器。按照不同应用的要求,可能要求具备电子手簿,电子地图、回传数据链等设备。在不同的应用中,由于要求的精度不同,对北斗/GNSS接收机的指标要求也就不同。厘米级和分米级的精度需采用相位差分的模式,要求选用较好性能的北斗/GNSS接收机;对于米级用户,可以选用一般的导航型北斗/GNSS接收机。

4 示范应用

北斗行业及区域应用示范项目是中国卫星导航系统管理办公室组织开展的第二代卫星导航系统社会化应用的重大专项,湖北省北斗导航应用示范项目属于区域示范,项目在总装备部和湖北省人民政府的统筹下,由湖北省测绘地理信息局牵头组织实施。项目以北斗高精度定位技术为特色,通过长江航道、现代农业、城市配送、农村客运、民生关爱等5个行业示范建设,搭建北斗高精度位置服务平台,推广42万台北斗终端,深入挖掘北斗高精度应用潜力,并形成相应的政策、标准和规范,持续促进湖北省北斗高精度芯片、终端制造和位置服务产业的综合发展。

北斗高精度位置服务平台是湖北省区别于其他应用示范的特点之一,也是湖北省应用示范项目的核心,平台的如期投入运行是关系整个示范项目进展的关键,而平台的核心功能北斗差分服务需要有覆盖全省的北斗地基增强系统基础设施的支撑,所以湖北省北斗地基增强系统不仅是湖北省内应用的必要前提,更是按期完成国家重大专项必不可少的基础。

作为新兴的国家重要基础设施,湖北省北斗地基增强系统借助于湖北省北斗导航应用示范项目的实施,已成功应用于智慧城市、测绘地理信息、现代气象预报、地壳运动研究、交通运输管理、城市综合执法、现代农业等领域,取得了良好的示范应用效果,示范应用单位应用情况如表2所示。

表 2 示范应用单位应用情况

单位名称	应用技术	起止时间	经济、社会效益
湖北省气象信息与技术保障中心	GNSS 水汽电离层监测	2017 年 5 月至今	湖北省北斗地基增强系统建成后,已成功将数据接入湖北省气象局 GNSS 水汽监测网络,进一步提高了水汽监测网络的时空分辨率,增强了区域 GNSS 反演大气水量和气压的能力
教育部中国大陆构造环境监测网络联合研究中心	GNSS 地壳运动监测	2017 年 5 月至今	利用湖北省北斗地基增强系统用于研究监测中国大陆地壳运动、重力场形态及变化,辅助地壳运动监测,为研究地壳运动的时空变化规律、构造变形的三维精细特征、地震短临阶段的地壳形变时空变化特征等科学研究提供基础资料和产品
长江水利委员会长江科学院	北斗三频+GPS 双频定位技术	2017 年 8 月至今	湖北省北斗地基增强系统提供了基于北斗的实时厘米级定位服务,已广泛应用于农村宅基地及集体建设用地确权登记、农村房地一体确权登记、地形图测绘等重大项目,有助于提升湖北省测绘工程院测绘基础保障服务水平
江苏北斗农机科技有限公司	北斗三频厘米级定位技术	2017 年 5 月至今	湖北省北斗地基增强系统应用于湖北现代农业等项目中,满足了农业机械化精细管理的需求,结合正在开展的湖北省北斗现代农业示范项目,基于北斗厘米级终端的农机自动驾驶精细耕种系统,最大的功效就是提高了作业效率和降低了生产成本,提升了农机管理的信息化水平,为开拓精准农业之路提供了有力支持
湖北地信科技股份有限公司	北斗单频米级导航定位技术	2017 年 5 月至今	北斗地基增强系统提供的米级导航服务,能够在时空信息云平台建设、公务车管理、城市综合执法等方面提供空间位置信息服务保障,提高了动态信息管理能力

5 结 语

湖北省北斗地基增强系统是全国最早建设完成的覆盖全省范围的北斗地基增强系统之一,是自主创新、促进北斗大众化应用和产业化服务的重要尝试,为北斗地基增强系统的快速建设推广提供了有效可行的模式和标准。湖北省北斗地基增强系统的建成加快推动了湖北省卫星导航应用技术创新及产业化研发,提升了湖北省北斗卫星导航产业竞争力,促进了湖北省乃至全国卫星导航产业化的快速发展。

参考文献:(略)

作者简介:唐晓霏,男,1985 年生,工程师,主要从事 CORS 运营管理和北斗地基增强系统建设等工作。


更多精彩内容:

- ◎ [工信部印发文件 解决5G基站与其他无线电台干扰问题](#)
- ◎ [小小垃圾车,为啥要用北斗导航](#)
- ◎ [中国卫星导航定位协会关于举办“北斗+5G”实用技术培训班的通知](#)

中位协专家顾问团

(排名不分先后)

王家耀	宁津生	邢建平	过静珺	刘先林
刘焱雄	刘经南	刘基余	许厚泽	孙家栋
李冬航	李建成	李清泉	李德仁	杨 慧
杨元喜	杨伯钢	肖雄兵	何积丰	沈荣骏
张 钹	张小红	陈秀万	陈俊勇	范本尧
郁文贤	周建华	施 闯	姜卫平	姚建铨
倪光南	徐冠华	郭仁忠	曹 冲	戚发轫
景贵飞	程鹏飞	蔚保国	谭述森	魏子卿
金双根	陈学庚	艾克拜尔·伊拉洪		

 中国卫星导航定位协会



中国卫星导航定位协会
官网：www.glac.org.cn
QQ 群：197642405



长按二维码关注

 点击“阅读原文”，了解更多资讯

阅读原文