引文格式：赵鹏,厉芳婷,魏以宽,等. 省级GNSS基准站普查方法探索与实践[J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 134-136. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.11.032

省级GNSS基准站普查方法探索与实践

赵　鹏[1]，厉芳婷[1]，魏以宽[1]，唐晓霏[1]，林晓静[1]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074）

摘　要：近年来，受城市周边建设发展导致的基准站环境变化搬迁、设备使用年限增长和恶劣天气影响，各省GNSS基准站信息发生很大变化。随着我国北斗卫星导航系统（BDS）的发展，需要全面了解基准站信息状况，及时更新维护现代测绘基准体系。以HBCORS为例，探索了GNSS基准站普查的目的、内容和方法，提出了普查的技术流程、关键问题和解决方法，并在湖北省GNSS基准站普查工作中进行了实践。结果表明，该方法可在其他地区推广，具有实践意义。

关键词：GNSS基准站；BDS；现代测绘基准
中图分类号：P228.4　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）11-0134-03

Research on Census Method of Provincial Level GNSS Reference Station

ZHAO Peng[1], LI Fangting[1], WEI Yikuan[1], TANG Xiaofei[1], LIN Xiaojing[1]
(1. Hubei Surveying and Mapping Engineering Institute, Wuhan 430074, China)

Abstract: In recent years, due to the environmental changes and relocation of reference stations caused by the construction and development around cities, the increase of equipment service life and the influence of bad weather, the information of GNSS reference stations in various provinces has changed greatly. With the development of BDS in China, it is necessary to fully understand the information status of reference stations and timely update and maintain the modern surveying and mapping benchmark system. Taking HBCORS for example, we explored the purpose, content and method of GNSS reference station census, put forward the technical process, key problems and solutions of census, and put it into practice in the GNSS reference station census in Hubei Province. The result shows that this method can be promoted in other areas and has practical significance.

Key words: GNSS reference station, BDS, modern surveying and mapping benchmark

随着我国卫星导航系统应用领域的不断拓展，卫星导航产业已形成较完备的产业体系，服务性能不断提升、应用范围不断扩大、市场规模快速增长。近年来高精度卫星导航定位技术也在物联网、地灾监测、自动驾驶、农业生产等领域得到应用和拓展[1-4]；随着新兴产业的不断发展，其作为物联网的关键技术之一，将与大数据、人工智能等进一步融合深化[5-6]。作为国家重要的空间基础设施，卫星导航定位基准站网对国家安全具有重要影响，对促进北斗卫星导航定位市场发展具有重要作用。我国属地壳活动活跃区，受地壳板块运动、地面沉降等因素影响，各基准站实际点位发生着不同程度的变化，随着时间的推移点位变化将越来越大[7-8]。我国从1992年开始建设卫星导航定位基准站，已经过30年的建设与发展；2006—2017年基准站建设与应用进入快速发展期，通过资源统筹、技术融合，构建了一个基准框架统一、功能完备、无缝衔接、服务高效的全国卫星导航定位基准服务系统，实现了2000国家大地坐标系地心坐标框架的维护与更新，构建了基于北斗卫星导航系统（BDS）的国家基准服务系统。2021年度现代测绘基准建设与维持项目数据处理报告显示，全国有省级卫星导航定位基准站含省（市）基准站2 545个、国家GNSS基准站395个、陆态网基准站260余个，共计约3 200个，平均站间距为40~70 km。

1　研究区概况

湖北省一直走在全国卫星导航应用领域的前列，2010年原湖北省测绘地理信息局、湖北省地震局和湖北省气象局共同建成湖北省连续运行卫星参考站（HBCORS），在全省范围建设了81个基准站，集成了

收稿日期：2022-07-22。
项目来源：湖北省自然资源厅科技资助项目（ZRZY2022KJ03）。
第一作者简介：赵鹏（1981—），硕士研究生，高级工程师，研究方向为GIS应用，E-mail：89455021@qq.com。

气象专网、地震行业网和公众ADSL网络，并建立了省级控制中心。2013年湖北省测绘工程院以HBCORS为基础，在湖北省中东部地区建设了30个BDS基准站，从技术层面验证了BDS的可用性。2014—2016年国家现代测绘基准体系基础设施建设一期工程在湖北省境内共建设了5个国家站，进一步完善和加密了HBCORS网，项目验收完成后纳入HBCORS网运行和管理。为进一步加强北斗地基增强系统在湖北省的覆盖能力，2015—2017年湖北省测绘工程院全面开展北斗地基增强系统的建设工作，通过近3年的努力，已完成了覆盖全省（81个站点）的北斗地基增强系统建设工作，部分站点设备和网络得以更新和升级，软硬件设施实现了国产化本地化，具有自主知识产权，完善了系统核心处理软件，北斗专业化和社会化服务能力得到不断提升。2019年湖北省通过网络专线与周边省市（重庆市、湖南省、江西省、安徽省、陕西省）实现共享实时数据，强化了省界边缘地区的网形强度，提升了省界接边地区的服务能力。湖北省北斗高精度位置服务平台建设完成，并纳入政府服务一网通办，确定为公益化导航定位基准信息公共服务。2020年完成了支持北斗三号系统的改造。湖北省已建成一个高精度、高时空分辨率、高效率、高覆盖率的GNSS综合信息服务网，是实现湖北省现代化、大众化、集约化、高质量地球空间信息服务的重要基础设施[9-10]。高精度位置服务平台为湖北省内的用户提供了从厘米级到亚米级的实时差分定位服务，在自然资源、测绘、工程施工、气象、地质研究等方面为社会大众提供了高效可靠的导航定位服务。湖北省GNSS基准站分布见图1，平均基线长约为54 km。

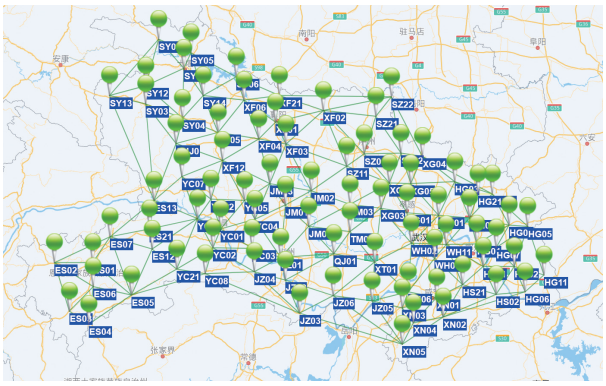


图1　湖北省GNSS基准站分布图

2　数据来源与预处理

本文采用的数据为已有历史建站、站点搬迁、设备更新、年度基准站巡检调查等资料。

工作开展前先组织相关调查人员学习相关文档，并准备好笔记本电脑、网线、插线板、网线测试仪、交换机、功分器、天线馈线、备用接收机、备用天线等相关设备；再申请车辆携带上述相关设备前往基准站站点开展工作。调查内容包括站点迁建、设备更新、站点托管人变更、点之记环境变化、供电供网、防雷、室内室外监控情况等。

3　普查方法和关键问题处理

3.1　普查内容

通过2022年的巡检工作确认站点室内外环境变化、搬迁情况以及系统运行和维护情况，对基准站硬件（GNSS接收机、GNSS天线、供电电源、网络通信设备、防雷设备、视频监控设备等）进行检查和维护，形成完整且时效性强的总体统计报告和单个站点的普查报告。总体统计报告内容包括所有基准站统计情况、更新全省站点分布图、站点维护和托管情况、站点运行现状、站点建设规划等。单个站点普查报告内容包括站点名称、站点编号编码、站点建设时间、站点设备登记明细表、站点托管人情况、站点各种设备现时照片等，若站点有迁建情况，则需补充站点迁建情况登记表。

3.2　主要技术流程

基准站站点巡检调查工作的主要内容和步骤为：①设计基准站普查实施方案；②收集整理已有资料，包括已有历史建站、站点搬迁、设备更新、2020—2021年基准站巡检调查等；③2022年基准站信息变更情况调查，包括站点迁建、设备更新、站点托管人变更、点之记环境变化、供电供网、防雷、室内室外监控情况等；④资料更新，对新建站点重新制作影像图和交通略图，填写设备更换和托管人变更信息表，更新周边环境变化区域照片，填写网络设备、防雷改造设施信息，更新室内室外监控变化信息；⑤成果生成。

每个基准站站点的工作完成后，需建立基准站点普查文件目录，目录名由站点所在行政区号和数字组成；及时填写基准站普查登记表（doc格式），分室内、室外和站点搬迁改造登记表等，内容包括站点编号编码、站点位置、站点建设单位和时间、站点设备明细、站点托管人、站点各种设备照片以及站点搬迁改造等。根据普查报告表制作基准站信息汇总表（xls

格式）；制作2013—2022年站点变化后年度分布图（jpg格式），填写站点点之记表（doc格式）；完成统计报告（doc格式）。

3.3 关键问题与处理原则

1）基准站站点建成时间不一，个别早期建设的基准站基础设施和设备由于外部环境变化（主要是网络、电力、观测室位置的变化）产生了一些新的问题，如气象局内部地沟存在局部坍塌、馈线长度不足、室内防雷体系不健全等。根据收集整理的资料，对比现场环境，记录站点迁建、周边环境发生变化的站点，拍摄站点室内外环境照片，记录站点位置，更新点之记内容。

2）系统中基准站遍布全省，由于观测条件恶劣、设备常年运行，系统设备老化问题日益严重，且因雷击等意外原因导致不同程度的损毁，基准站接收机超期运行现象普遍。检测GNSS接收机及其天线主要设备的完好性、线缆磨损情况、天线安置情况，对损坏接收机进行更换并做相应记录。

3）记录站点托管人变更、站点供电供网、防雷和室内外监控情况。

4）检测与维护基准站数据通信网络，检测网络设备工作状态、传输速率、误码率、延迟时间、丢包率、网络安全等；维护基准站机柜及其周边的环境卫生，并对设备做好防火、防潮、防盗等保护工作，消除安全隐患。

3.4 质量控制

为规范基准站普查工作的开展，保证整体工作质量，在项目开始实施前组织技术人员充分学习技术标准和实施方案，掌握普查技术要求，熟悉各站点的方位和设备配置，并检查准备的专业工具是否齐全。由于外业工作分布在全省，范围广、跨度大，大多数站点在气象局或地震局场站内，出发前一定要规划好线路，及时与共建方取得联系，合理安排好站点工作时间；同时要充分考虑天气因素，关注野外行车安全。工作中严格按照方案中要求的野外站工作内容和步骤实施，细致完成好现场的每一项工作内容，并及时做好记录。外业工作结束后，撤离前需与中心系统控制组及时回复各项检查维护情况，保证一切正常才能离开现场，并与托管人确认工作内容，现场无法解决的问题应及时向项目负责人汇报，调整解决方案尽量及时解决，并记录好解决的全过程。每个站点普查结束后，按要求及时完善站点普查报告。

项目质量检查组对汇编的普查报告进行100%的内查，并提出整改完善意见，监督作业员及时修改，院质量管理科对项目过程成果进行抽检。全省站点普查工作结束后，报院质量管理科对该项目进行最终检查和验收。检查内容包括：①成果完整性，成果数量是否与设计方案一致，内容是否缺失；②成果一致性，普查报告格式是否统一，其他成果是否与设计格式一致；③成果准确性，内容是否正确。

4 结 语

本次普查能详细掌握湖北省GNSS卫星导航基准站现状，为今后湖北省现代测绘基准体系建设和地理信息产业发展提供有力支撑，为我国卫星导航产业发展提供支撑。今后需继续完善湖北省高精度位置服务工作，向各专业领域提供稳定可靠的高精度位置服务，满足国土空间规划、自然生态修复、地灾监测预警等多方面需求；同时需不断适应新时期卫星导航定位服务社会化应用的新需求、新市场，努力做好社会化应用，逐步扩大用户群体，助推湖北省北斗产业发展。

参考文献

[1] 刘通,李仲林,孙长麟. 北斗卫星导航系统的应用分析[J]. 信息与电脑(理论版),2022,34(7):7-9

[2] 邓亚男,余妍霓,谢鑫. 北斗卫星导航系统在减灾救灾方面的应用[J]. 科技与创新,2020(22):117-119

[3] 郑巍,黄盛杰,陈智. 北斗卫星导航系统在农业领域上的发展现状分析[J]. 农业装备技术,2020,46(4):4-6

[4] 吴才聪,陈瑛,杨卫中,等. 基于北斗的农机作业大数据系统构建[J]. 农业工程学报,2022,38(5):1-8

[5] 谢军,张建军,武向军. 大数据时代“北斗”卫星导航系统发展研究[J]. 中国航天,2021(1):8-19

[6] 杨菠,王瑞巍. 浅谈北斗卫星导航与新一代信息技术融合[J]. 卫星应用,2021(9):64-66

[7] 刘艳春. 北斗观测数据高精度定位分析[J]. 地理空间信息,2021,19(7):46-48

[8] 刘平利,申晓丹,刘家橘,等. GPS技术在地面沉降监测中的应用[J]. 地理空间信息,2020,18(10):52-54

[9] 张霞,陈豪,李剑,等. 湖北省BDS高精度位置服务平台设计[J]. 导航定位学报,2016,4(4):77-80

[10] 蒋连江,汪陶胜. 北斗地基增强系统现状与发展思考[J]. 卫星应用,2021(11):8-12