

江苏 CORS 系统在白马湖湖泊普查中的应用

曹 杰¹, 林其军²

(1. 江苏省水文水资源勘测局淮安分局, 江苏 淮安 223005; 2. 江苏省淮沭新河管理处, 江苏 淮安 223005)

摘要: 江苏 CORS 系统以其动态、高精度定位的特点, 广泛应用于各个领域。在白马湖湖泊普查中, 提出应用江苏 CORS 网络 RTK 模式, 完成了控制测量和碎步测量工作任务, 成果精度经检校满足规范要求, 为类似项目提供高效、合理、低成本的应用方法和经验。

关键词: 测量; CORS 系统; 湖泊普查; RTK 测法; 控制网; 测深仪

中图分类号: TV882.9

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 01-0056-04

Application of Jiangsu CORS system in the census of Baima Lake

CAO Jie¹, LIN Qijun²

(1. Huai'an Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu
2. New Huaishu River Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu)

Abstract: With its dynamic, high-precision positioning characteristics, Jiangsu CORS system is widely used in various fields. In the census of Baima Lake, Jiangsu CORS network RTK mode is proposed to construct the control measurement and step-by-step measurement tasks. The accuracy of the results has met the regulatory requirements. Efficient, reasonable and low-cost application methods and experience are provided for similar projects.

Key words: measurement; Jiangsu CORS; lakes census; RTK method; control network; bathymeter

1 概述

为全面了解水利发展状况, 提高水利服务经济社会发展能力, 实现水资源可持续开发、利用和保护, 国务院于 2010 年至 2012 年开展第一次全国水利普查。江苏省于 2010 年 5 月成立全省水利普查领导小组, 同年在全省 3 市 8 县(区)先期开始水利普查试点工作。通过普查, 查清全省河湖基本情况, 掌握水资源开发、利用和保护现状, 摸清经济社会发展对水资源的需求, 了解水利行业能力建设状况, 建立全省基础水信息平台, 为江苏经济社会发展提供可靠的基础水信息支撑和保障。

对于常年水面面积大于 10 km² 的湖泊除需掌握其自然属性外, 还需开展湖泊形态特征普查, 包括 3

项特征值: 平均水深、最大水深、湖泊容积。作为重要的省管湖泊之一, 白马湖长期以来未进行过全面的地形测量, 而这 3 项特征值必须依靠外业测量才能得到, 为此需开展白马湖湖泊陆域及水下地形测量。

2 江苏 CORS 系统

2.1 基本情况

江苏省全球导航卫星连续运行参考站综合服务系统(JSCORS)是江苏省测绘地理信息局“十一五”期间的重点项目, 项目于 2006 年底建成并投入运行。通过在全省及周边范围内建设或共享 65 个 GNSS 连续运行参考站, 覆盖江苏全省陆地、海域及周边部分地区, 建立了一个全天候、高时空分辨

收稿日期: 2016-10-17

作者简介: 曹杰(1985-), 男, 本科, 工程师, 主要从事水文测验、水文水资源研究工作。

率、高精度、高覆盖率的全球导航卫星系统(GNSS)综合信息服务网,通过网络互联,构成了江苏省高精度、动态的现代网络化四维大地测量参考框架。其向用户提供实时网络差分定位服务,广泛应用于大地测量、工程测量、国土资源管理、公安消防、气象监测、地震监测、地面沉降监测、精确导航等领域。同时兼顾社会公共定位服务,以满足日益增长的城市综合管理与城市化建设的需求,取得了显著的社会效益和经济效益,它是卫星导航定位技术、测绘学、气象学、地理信息系统、计算机与现代通讯等技术的有机结合。该系统由基准站网、数据处理中心、数据传输系统、定位导航数据播发系统、用户应用系统5个部分组成,各基准站与监控分析中心间通过数据传输系统连成一体,形成专用网络。据统计,已有600多个用户注册加入JSCORS,注册账号1000多个,使用JSCORS的网络RTK服务。其中水利行业约占行业分布的15%,表明水利行业不局限于传统测量手段,更加注重新技术的应用。

2.2 系统优点

CORS系统彻底改变了传统RTK测量作业方式,其主要优势体现在:

- (1)改进了初始化时间、扩大了有效工作的范围;
- (2)采用连续基站,用户随时可以观测,使用方便,提高了工作效率;
- (3)拥有完善的数据监控系统,可以有效地消除系统误差和周跳,增强差分作业的可靠性;
- (4)用户不需架设参考站,真正实现单机作业,减少了费用;
- (5)使用固定可靠的数据链通讯方式,减少了噪声干扰;
- (6)提供远程INTERNET服务,实现了数据的共享;
- (7)扩大了GPS在动态领域的应用范围,更有利于车辆、飞机和船舶的精密导航;
- (8)为建设数字化城市提供了新的契机。

3 测量

3.1 项目概况及测量要求

白马湖古称马漈湖,位于江苏省淮安市境内,淮河流域下游,宝应湖、高邮湖之北。湖面形态酷似一匹白马,南北长17.8 km,东西平均宽6.4 km,湖底总体较为平坦。此次测量主要任务为白马湖防洪堤内114 km²的水域,传统测量一般采用GPS静态^[1]

做工程控制网,基站加流动站模式进行定位,水下地形外加测深仪测深的方法施测,该方法测量作业周期长,人力物力投入较大,作业效率不高。而该测区处于江苏CORS系统的覆盖范围内,利用其网络RTK模式^[2]代替传统测量,可提高工作效率,而江苏CORS的水平精度优于5 cm、高程精度优于10 cm的技术指标^[3-4]完全能够满足本项目测量要求。

根据测量的目的和精度要求,工程控制网拟采用GPS RTK测量技术要求布设,平面控制点精度等级为RTK一级,高程控制点等级为四等。考虑到与历史数据、资料成果的一致性和延续性,该项目采用如下大地基准:

(1)大地坐标系——1954年北京坐标系(高斯投影、3度分带、中央子午线120度);

(2)高程基准——1985国家高程基准。

3.2 控制网测量

3.2.1 测量方案

测区首级平面(高程)控制网采用越级布网的方式进行,即在江苏省CORS网下直接布设RTK一级点,RTK一级点采用网络RTK测量方式进行。RTK一级点为本次测量的首级平面(高程)控制。采用经检定的中海达GPS V30,其标称RTK定位精度为平面:±(10 mm + 1 ppm),高程:±(20 mm + 1 ppm)。

3.2.2 控制测量和数据处理

平面控制测量采用江苏CORS网的GPS进行网络RTK作业。为保证测量精度,外业数据采集时应做好以下要求:

- (1)对中整平采用对点器;
- (2)在整平对中后,应分3次量取仪器高,每次读数至0.001 m,取其平均值作为仪器高,3次丈量仪器高的最大差值不大于3 mm;
- (3)登陆JSCORS网,得到固定解后,开始数据观测。数据观测历元要大于120,数据收敛精度小于2 cm后才可记录测量数据,测量的经纬度记录至0.00001",平面和高程数据记录至0.001 m;
- (4)每个点观测5次,观测2~3次后要将仪器重新初始化,5次观测结果的两两相互差值最大不大于4 cm;
- (5)测量过程中,接收机附近不得使用手机、对讲机等无线电通讯设备。

外业测量完成后,将各个点的5次WGS-84测量数据进行算术平均,算术平均值作为WGS-84坐标观测成果。在所有的一级RTK点中,选取能均匀

控制整个测区的 6 个控制点坐标交由 JSCORS 中心解算成 1954 年北京坐标系下的平面坐标和 1985 国家高程基准下的高程(高程控制根据 JSCORS 中心开发的江苏省似大地水准面精化成果解算求取)。根据 6 个点的 WGS-84 坐标和 1954 年北京坐标和 1985 国家高程基准下的高程,求取白马湖湖区的转换参数。转换参数的转换残差应不大于 2 cm,若转换参数不满足要求,应对 6 个点中残差较大的点进行重测和筛选,直到满足要求为止。

根据该地区的转换参数,将本次首级控制测量的所有控制点进行转换,输出各点 5 次测量的平面坐标和高程。将各个点的平面坐标和高程进行算术平均后,作为首级控制点成果。

3.2.3 碎步测量

陆域部分修补测采用全野外数字化测绘方法进行,将收集到的测区原有 1:10000 地形图打印到现场进行比对检查,对有变化的部分使用江苏 CORS RTK 采集方式进行修补测。

水下地形点采用江苏 CORS RTK 配合测深仪的方法测量水下高程点。作业时,采用固定杆将中海达 GPS 接收机与海鹰加科测深仪换能器架设在同一铅垂线上,点位差应小于图上 0.1 mm。精确量取接收机天线相位中心至换能器探头底部的垂直距离,作为

GPS 天线高一栏的数值录入,在 RTK 固定解状态下获取某一特征位置的三维坐标值。通过南方自由行水上测量软件获取 GPS 定位信息,并使得显示的坐标信息与原先测量获取的坐标相一致。利用原先设计好的导航计划线,在固定解状态下采集三维坐标和水深,某一位置处的平面定位即 GPS 获取的平面坐标,水下地形点高程即 GPS 高程值减去测深仪水深数据。为保证测量精度,在开始作业前应进行测深校对、定位校对工作;作业过程中应密切关注 GPS 通讯信号灯和语音提示,务必保证信号稳定。水下地形测量公式可表示为 $H_{\text{地形点}} = H_{\text{GPS 相位中心}} - h_{\text{天线高}} - h_{\text{水深}}$,基本原理^[5]见图 1。而对于船只无法进入的围网区域,地形点的采集路线可根据实地船只只能通行的围网区域外围线路布设。围网内部区域可调查水深,水深的记录采用人工记录的方式;藕塘、鱼塘等作业人员能到达的,尽可能测量塘底高程。塘底高程可采用 RTK 测量池塘水位,然后以调查或者实测水深的方法进行。

3.3 质量控制

3.3.1 平面控制检校

因首级 GPS 平面控制解算成果采用江苏 CORS 中心提供的解算数据,检查内容主要是对项目部提交的观测记录进行内业检查,核对并重新计算外业

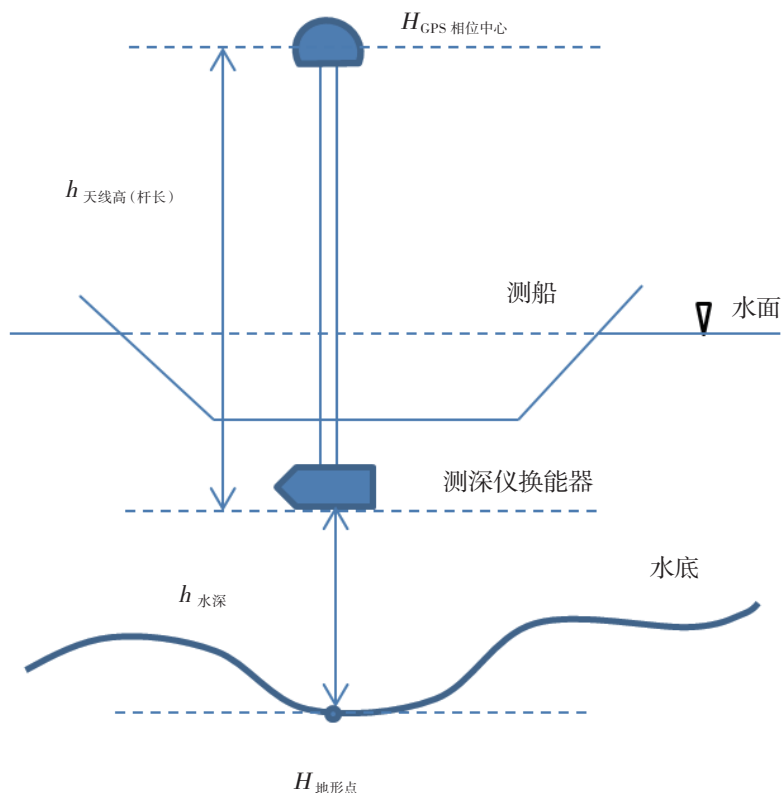


图 1 水下地形测量基本原理示意图

观测数据。经核对,所提交成果无误。

3.3.2 高程控制检校

因高程控制解算成果采用江苏 CORS 中心似大地水准面精化模型计算数据,为检校其数据质量,项目组织技术人员开展了四等长途水准测量工作,测量线路总长 109.81 km。测量的水准线路共形成 1 个闭合环、3 个附和线路,依据各段水准观测的高差和各段水准线长度为观测值,采用清华三维 NASEW2003 软件平差计算。经计算,闭合环闭合差为 -0.024 m,闭合环长 76.472 km;两条附和线路的附和差值分别为 -0.0415 m、 0.0165 m。平差成果:每公里观测中误差为 0.005 m,最弱点水准点高程中误差为 0.018 m,符合四等水准精度要求。

经比对,江苏省 CORS 中心提供的控制点高程值与四等水准测量值平均相差 1 cm,最大相差 2.5 cm。经评定,江苏 CORS 中心解算的控制点高程精度达到四等水准精度要求^[6-7]。

3.3.3 平面图检查

平面图检查按照检查内容分三部分进行。

第一部分:在计算机上逐一检查所有图的格网和图廓点定向精度、数据及结构的正确性。

第二部分:内业检查所有成果图的整饰质量。

第三部分:将抽取的样本图带到现场核查地理精度,并实测部分地物点和注记高程点进行精度统计。

在图中按一定间隔抽取了 3 幅图作为平面图样本进行野外实地核查和抽测,抽测的数目按照每幅地物点平面坐标 20 ~ 30 个,高程点 20 ~ 30 个。抽检的 3 幅图平面精度检测中误差为 0.75 m,高程精度检测中误差为 0.07 m,均满足规范中平面误差允许值 5 m 和高程误差允许值 0.35 m 的要求。

4 结语

因白马湖周边高等级平面控制点稀缺,首级平面控制测量采用在江苏省测绘工程院 CORS 中心控制网点下采用 GPS 网络 RTK 作业,并由省 CORS 中心提供解算成果,解决了因区域周边平面控制点稀缺造成的控制测量难以满足规范要求的问题。高程控制检校采用四等水准控制测量,采取清华三维平差软件进行计算,精度满足规范要求。另外,由省 CORS 中心根据江苏省似大地水准面精化模型提供了高程值,经四等水准校测,其求取的精准度达到厘米级,平均差值为 1 cm,最大相差 2.5 cm,完全可满足本次测量对高程精度的要求。对于类似项目,充分利用江苏省测绘工程院 CORS 中心研究的成果,可改变传统作业方法,减少人力、物力、财力的支出。

参考文献:

- [1] GB/T 18314-2009 全球定位系统(GPS)测量规范[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [2] CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范[S].北京:测绘出版社,2010.
- [3] DB32/T 1223-2008 GPS 高程测量规范[S].2008.
- [4] 颜煜,等.JSCORS 在溇湖水下地形测量中的应用[J].现代测绘,2009,32(6):17-18.
- [5] 李昱,等.基于JSCORS的无验潮水下地形测量研究[J].海洋测绘,2014,34(3):48-49.
- [6] 宋玉兵,等.江苏省域似大地水准面成果的应用分析[J].测绘通报,2003(12):6-8.
- [7] 陈为民,等.GPS 高程测量代替等级水准测量的应用研究[J].武汉大学学报,2013,38(7):828-831.

(责任编辑:徐丽娜)