

SDCORS 在济西水源地水文地质调查中的应用

魏善明¹,袁国霞²,裴树霞³,张民¹

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250013; 3. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘要:介绍了多基站网络 RTK 技术建立的连续运行卫星定位服务综合系统(CORS)的基本构成及其优势,结合工程实例,阐述了 SDCORS 在水文地质调查中的应用情况、可行性以及达到的精度,着重说明了采取何种措施才能达到其所需精度。通过 SDCORS 在济西水源地水文地质调查中的应用,证明用该方法能够获得满足供水水文地质精度要求的测量成果,与常规方法相比具有方法可靠、测得的结果准确度高等优点,指出了测量时应该注意的问题。

关键词:SDCORS;工程实例;水文地质调查;济西水源地

中图分类号:X21

文献标识码:B

高程和坐标测量是水文地质调查中一项不可或缺的基础性工作,居民井、泉、水文孔和地质孔等观测点均需施测,用以绘制调查范围内的等水位线图,从而了解该区域内地下水的走向、补给区域、径流范围及地下水与地表水的关系等^[1]。水文地质调查中的高程测量精度要求较高,一直以来,采用传统的高程测量方法——水准测量,此方法运用起来费时、费力,工作效率低。近年来,伴随着全球定位系统(GPS)技术的迅速发展,GPS-RTK(Real Time Kinematic)技术也日趋成熟,极大的提高了测绘成果的精确度、效率和实用性。但 RTK 也具有其自身的使用缺陷:因为作业模式是单基站,所以需要每次单独架设基准站,而且测量的精度和稳定性与作业半径成反比,随着半径的扩大,精度和稳定性都会变小,具有一定的局限性^[2]。为了克服 GPS-RTK 技术上的缺陷,一种全天候、覆盖面广、精度高、动态、实时定位的卫星导航系统——连续运行参考站系统(CORS)陆续在各地建立。

1 SDCORS 简介

CORS(Continuously Operating Reference Station System,简称 CORS)是指在一个城市、地区或国家范围内,依照一定间距建立若干个连续运行的卫星永久参考站,通过通信网络实时将每个站观测

的数据传送到数据中心,数据中心运行专业 GNSS 参考站网数据处理软件,对各个参考站进行远程监控管理,从而完成数据采集、备份、处理及分析,最后通过 CDMA,Internet 网和 GPRS 等通讯方式向各行各业用户提供基础空间信息服务^[3]。

山东连续运行参考站系统(Shan Dong Continuously Operating Reference Station System,简称 SDCORS)由山东省气象局和山东省国土资源厅共同开发建设^[4]。此系统由山东省国土资源厅主要负责,山东省地质测绘院具体组织实施,采用“共建共享”的方式,通过纳入行业和地市过去已经建好的 CORS 系统,从而在山东省境内实现定位服务;系统由参考站网子系统、系统控制中心子系统、数据通信子系统、用户服务子系统 4 个子系统组成,各子系统通过计算机网络连接,形成省、市系统数据共享、互相配合运行的多中心有机整体。

CORS 的出现彻底改变了传统 RTK 测量的作业方式,其主要优势体现在:①不需要单独架设、看守基准站,流动站可实现一人一机作业;②把作业范围的有效半径扩大了,同时消除了通常情况下 RTK 测量随着作业距离的增大精度减弱的缺点,在网络覆盖范围内可以达到均匀的精度;③将过去的“1+1”模式变成现在的 2 台 RTK,仪器使用率达到百分百;④配备有完善的数据监控系统,可以有效地消

收稿日期:2012-11-22;修订日期:2013-09-27;编辑:陶卫卫

作者简介:魏善明(1981—),男,山东蒙阴人,工程师,主要从事工程测量工作;E-mail:wsm0810@163.com。

除系统误差和周跳,增强差分作业的可靠性。

2 工程实例

济西水源地位于济南市长清区归德镇,水文地质调查工作范围南起区域地表分水岭,北到长清城区北部,东以马山断裂为界,西部大致以黄山岩脉和牛角店断层为界。南北长约 36 km,东西宽约 33 km,面积约 1 188 km²。共布设居民井、河流、水文孔、地质孔等观测点 149 个,研究区地处泰山山脉的西北麓,北跨黄河是鲁北平原的一部分,为鲁中山区与鲁北平原的结合部。地形、地貌的基本格局受地质构造的控制,纵向上东南高、西北低。由低山丘陵区过渡到山前倾斜平原和黄河冲积平原;横向上山体走向为 SW—NE,黄河流向与山体走向近于平行。工作区交通比较便利,黄河以南有京福高速、济荷高速、G220、S104,黄河以北有济邯高速、G309 及通往齐河、东阿的省道,各村镇间皆有柏油公路相连。

2.1 项目精度要求

根据项目要求,水源地排泄区域的高程中误差需要满足 ≤ 4 cm,径流区域需要满足 ≤ 8 cm,补给区域需要满足 ≤ 20 cm^[5]。为绘制准确的等水位线图,还需要对地质孔、水文孔等观测点进行坐标测量,以对精度要求最高的钻孔为例^[6],其在图上平面位置中误差为 0.15 mm,按水文调查最大比例尺 1:1 万,转换为实地 1.5 m,所以该项目平面坐标精度 ≤ 1.5 m 即可。

2.2 工作流程

2.2.1 接入 SDCORS

该项目选用天宝 R8GNSS GPS-RTK 双频接收机。其作业流程如下:TSC2 运行的软件为 Trimble Survey Controller,点[配置]-[测量形式],如图 1 所示:

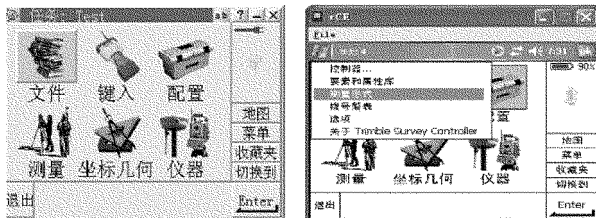


图 1 设置测量形式

在测量形式中一栏中出现默认的 4 种测量形式,点击 RTK,流动站选项里面测量类型为 RTK;播发格式选择 VRS(RTCM);点存储为矢量;截止

高度角 5°~15°;PDOP 限制默认是 6.0。如图 2 所示:

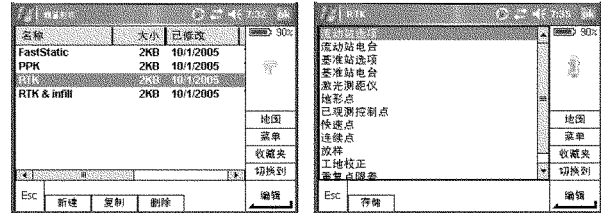


图 2 设置测量类型

选择拨号简表中的三角箭头按钮,从拨号简表界面选择要用的网络,点接受即可。建好拨号简表后选择接受,进行连接 VRS 测量。

2.2.2 收集基准点

平面控制基准点:利用了 B 级 GPS 点 1 个,C 级 GPS 点 5 个,分别为 B1546,P544,P570,P573,P601,C084 成果的平面坐标系为 1980 西安坐标系,中央子午线 1170。

高程控制基准点:利用了 II 等水准点 5 个,分别为 B1546,P544,P570,P573,P601,C084;成果的高程为 1985 国家高程基准。

以上资料经主管部门组织验收,点位保存完好可以作为该次高程点测量的首级高程控制资料使用。

2.2.3 观测井高程、坐标采集

天宝 R8GNSS GPS-RTK 双频接收机高程测量需要至少 4 个基准点校正,且 4 个点不能位于一条直线上,该次测量使用了 6 个基准点,经过校正后平面精度 ≤ 2 cm,高程精度 ≤ 3 cm,满足该项目相关要求。在移动站主机锁定卫星信号后,连接 SDCORS 控制中心,实时点位信息便显示在手簿上,待解类型收敛为固定解时,即可依次采集测区内各观测井的高程和坐标。在用 SDCORS RTK 进行测量时需注意的问题:①为保证测量结果的可靠性和精度,要求参与接收的卫星数保持 5 颗或 5 颗以上,且 PDOP 小于 6 时,才能够进行点位的采集;②移动站高级选项里差分电文格式需要设置为 RTCM3,数据链方式为内部 GPRS,发送 GGA 数据;③在初始化后观测多次,直到数据稳定后结束测量。

2.3 精度检核

为了确保 CORS 测量的准确性,在测量过程中,注意测量精度的检核,每天测量前,先将流动站架设在已知高程上进行检核。为复检所测高程的准确,从测区内选取 6 个观测井进行水准测量检核(表 1)。

表 1 水准结果和 CORS 结果对比

序号	点号	CORS	水准高	差值	高程中误差
		高程/m	程/m	$\Delta h/\text{mm}$	M_h/mm
1	C25	38.059	38.051	8	3.578
2	T103a	40.462	40.450	12	5.367
3	辛 1	38.135	38.145	-10	4.472
4	T103b	43.551	43.566	-15	6.708
5	CX36	34.658	34.669	-11	4.919
6	C17	36.435	36.431	4	1.788

其中高程中误差计算公式为： $M_h = \sqrt{\frac{[\Delta h_i \Delta h_i]}{n}}$

式中： M_h —高程中误差，mm； n —检查点个数； Δh —CORS 测量高程与直接水准高程的较差。

通过表 1 数据对比，可以看出 CORS 测量高程精度是符合要求的。

为验证 CORS 平面坐标测量精度，对测区范围内的 B、C 级 GPS 点进行测量；与已知坐标进行对比均小于 3 cm，满足测量技术设计要求(表 2)。

表 2 已知点坐标和 CORS 结果对比

点名	已知坐标		CORS 测量	
	X	Y	X	Y
B1546	4042847.050	4719116.939	4042847.038	4719116.925
P544	4052520.724	478970.243	4052520.719	478970.251
P570	4047456.374	478694.630	4047456.361	478694.642
P573	4046640.993	485573.882	4046640.875	485573.868
PE01	4039128.696	469871.485	4039128.705	469871.499

3 CORS 测量影响因素

外业测量中，CORS 受外界影响因素较多，如：

Application of SDCORS Technology in Hydrogeological Surveying in Jixi Water Source

WEI Shanming¹, YUAN Guoxia², PEI Shuxia³, ZHANG Min¹

(1. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 3. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Basic structure and its advantages of the satellite positioning service system (CORS) established on the basis of network RTK technology have been introduced in this paper. Combing with project examples, application, feasibility and accuracy approached of SDCORS in hydrogeological surveying have been pointed out, and the steps taken to make up the precision required have been introduced in emphasis. Through application of SDCORS in Jixi water source, it is proved that good measurement achievements which fit the precision demand can be gained by using this method. Comparing with conventional method, it is reliable and has higher accuracy. Problems which should be paid more attention in surveying have been pointed out as well.

Key words: SDCORS; project example; hydrogeological surveying

电离层延迟、载波相位整周模糊解算、太阳黑子爆发、大气传播延迟、多路径效应、潮汐、高压电线、用户时钟误差、外围建筑物、无线电等都会对测量产生较大的影响，因此需要对仪器加强保养维护，避免在天气恶劣、卫星星历误差高等情况下进行测量，通过多余观测来缩小误差^[7]。

由于 CORS 测量具有操作简便、精度高、成本低、覆盖率高等特点，广泛应用于各项测量工作中，但是由于受外界因素影响较大，因此在利用 CORS 测量时应根据相应的规范、规程、技术要求，并且严格控制好外界条件，根据测区的具体情况，在满足规范、项目精度要求的前提下，充分利用 CORS 来提高测量效率。

参考文献：

[1] 张书华. RTK 在供水水文地质勘察测量中的应用[J]. 山东国土资源, 2007, 23(3): 11 - 13.
 [2] 丰勇, 郭义. GPS 连续运行参考站系统(CORS)原理及应用[J]. 内蒙古科技大学学报, 2010, (29): 298 - 301.
 [3] 苏艳红, 刘沙. 单基站 CORS 系统在胜利油田石油天然气井位测量中的应用[J]. 山东国土资源, 2011, 27(5): 31 - 33.
 [4] 山东省国土测绘院卫星数据中心. 山东省卫星定位连续综合应用服务系统(SDCORS)移动站接入用户指南[S]. 2010.
 [5] 胡照普. 供水水文地质调查高程测量精度分析[J]. 地质测绘, 1989, (4): 43 - 48.
 [6] 地质矿产勘查测量规范(GB/T18341-2001)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
 [7] 段永亮. CORS 高程技术在工程测量中的应用[J]. 山西水利, 2011, (9): 46 - 47.