

黄河山东水文多基站CORS系统建设与应用

张亮 杨明晖

黄河水利委员会山东水文水资源局

摘要:为提高黄河下游河道测验的数字化和信息化水平,黄河水利委员会山东水文水资源局在黄河山东河段建立了由10座单基站CORS组成的多基站CORS系统,并在多基站CORS系统中引进了云服务器和云VPN技术,成功应用于黄河下游河道测验和水文测验工作中。

关键词:黄河下游河道测验;单基站CORS系统;多基站CORS系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.065

前言

黄河下游河道测验是服务于黄河治理的一项重要的人文测验任务,其测验成果在河道整治、汛期防洪以及河床演变规律的研究等治黄工作中发挥着重要作用。黄河下游河道测验工作主要包括河道断面地形测量、河道水下地形测量、水位测量、河床质取样及颗分、河势观测等。

GNSS-RTK是河道测验的主要技术手段,而常规RTK测量时需要架设基准站,这样的工作方式通信距离短、受客观环境影响大、对控制点密度要求高。为了解决以上问题,黄河水利委员会山东水文水资源局经过充分调研和论证,最早于2013年在济南泺口建立了一座单基站CORS系统,并成功应用于黄河河道测验中;后来又陆续在黄河下游山东河段建立了9座单基站CORS系统,组成了多基站CORS系统服务于黄河河道测验工作。多基站CORS系统的建成,提高了河道测验的工作效率,降低了测验人员的工作强度,同时也为黄河水文测验、工程测量、变形监测、车船定位等提供基准定位服务。

一、CORS系统简介

CORS(Continuously Operating Reference Station,连续运行基准站,简称CORS),可以定义为一个或若干个固定的、连续运行的GNSS参考站,利用现代计算机、数据通信和互联网技术组成的网络,实时地向不同类型、不同需求、不同层次的用户自动地提供经过检验的不同类型的GNSS观测值以及其他有关GNSS服务项目的系统。

(一) CORS的分类

1.单基站CORS:就是只有一个连续运行参考站,类似于一加一或一加多的RTK(Real-time kinematic,实时动态测量),只不过基准站由一个连续运行的基准站代替。它将尖端科技领域的卫星定位技术和地理信息技术、通信技术和先进的软件开发技术有机的结合在一起,为用户提供全新、透明、可视、实时的测量服务。

基站可通过软件实时查看卫星状态、存储静态数据、实时向Internet发送差分信息以及监控流动站作业情况。

2.多基站CORS:分布在一定区域内的多个单基站,他们都将数据发送到一个服务器。流动站作业时,系统自动将距离近的基站差分数据发送给流动站,这样就确保了流动站在多基站CORS覆盖区域移动作业时,系统总能提供距离流动站最近的参考站数据。本文所述“黄河山东水文多基站CORS系统”即为多基站CORS。

3.网络CORS:就是采用网络参考站系统软件,对分布在一定区域内的多台基准站的坐标和实时观测数据进行系统综合误差改正建模,尽可能消除区域内流动站观测数据的系统综合误差,从而获得高精度的实时定位结果。网络CORS技术目前在技术算法上主要分为:虚拟参考站(VRS)技术、基于全网整体解算模型的FKP技术、主辅站(MAC)技术、基于综合误差内插的CBI技术等。一般地方省市所建CORS多为网络CORS。

(二) 单基站CORS的特点

1.投入较少。成本低,只需投入较少资金即可建立一个单基站CORS系统。1.数据可靠、稳定、安全。基站连续观测,静态数据全天候采集,点位精度高,数据稳定。3.作业范围广。利用网络通信,单基站CORS系统的RTK作业半径可以扩大到35km,能够快速实现厘米级实时定位及事后差分。4.施工周期短。单基站CORS技术成熟,建设程序包括方案落实、位置查勘、设备采购、安装调试、静态观测等,施工周期可控。5.兼容性好。系统兼容性好,数学模型较成熟。6.精度高。由于CORS站与测区平面控制网整体平差,坐标系统的融合度较高,因此CORS RTK测量结果与测区控制点符合性较好,没有其他误差加入。

(三) 多基站CORS系统与单基站CORS的关系

1.多基站CORS系统与网络CORS不同,它是由多个单基站CORS组合而成的CORS系统,所有单基站的数据都发送到多基站管理中心的一个服务器。

2.每个单基站CORS即是多基站CORS中的一员,又是独立运行的,单基站之间在测量上不产生相互作用和影响。

3.各单基站使用同一个IP和端口对外播发基站信息,多基站根据流动站位置自动匹配最近的单基站。

二、单基站CORS系统的设计与建设

(一) 设计原则

(1)系统设计坚持因地制宜、质量第一、实用可靠的原则,同时兼顾系统的可扩展性和兼容性;(2)

在保证系统可靠性和稳定性的前提下，采用当前世界上先进的GNSS技术、通信技术、软件设计和开发技术，以保证系统的性能在较长的时间内不落后，并随着技术的不断发展随时进行更新；（3）站址符合规范要求，地平高度角 10° 以上卫星通视无障碍；（4）基准站无人值守，全天候24小时自动运行；（5）在定位信号的有效覆盖区域内，流动站接收机可随时进行定位测量，精度符合限差要求；（6）系统安全性良好，能够有效抵御天气等外界因素的影响；（7）站间距不超过70km，尽量选址在黄河水文站、黄河河务段驻地，以方便管理和维护（CORS站位置分布见图1）。

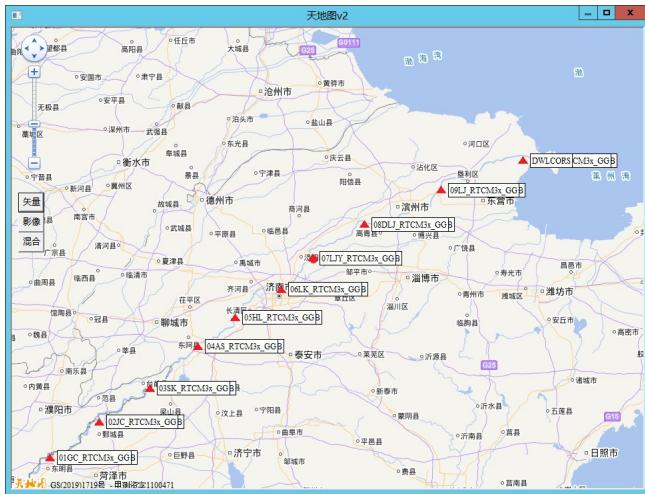


图1 CORS站位置布设图

（二）系统构成

单基站CORS系统主要由室外设备和室内设备组成，室外设备包括避雷针、GPS卫星天线等；室内设备主要是GPS接收机、网络通信设备、电源设备等。黄河山东水文建设的单基站CORS系统，GPS接收机均采用的Trimble 5700双频接收机，卫星天线采用的是Trimble Zephyr Geodetic 2大地测量型天线。

（三）传输协议

RTK技术具有速度快、精度高、全天候、操作简单、限制条件少等优点，在测绘上得到广泛应用。但RTK技术在采用传统的基站电台模式进行差分数据传输时，容易受地形、有效距离、电磁干扰、气象等因素的影响，从而限制RTK技术的应用。

NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, 基于网络的差分数据传输协议)，是德国联邦测绘局2004年制定的用于网络传输GNSS数据流的应用层协议，也是目前最先进的RTK差分数据传输协议，应用越来越广泛。NTRIP协议是在互联网上进行RTK数据传输的协议，所有的RTK数据格式(NCT, RTCM, CMR, CMR+等等)都能被传输。基于NTRIP协议传输的差分数据可有效地克服无线电传输的

弊端，黄河山东水文所建设的所有单基站CORS系统均采用NTRIP协议进行数据传输。

在单基站CORS系统中，NTRIP与以往的RTK直接传输方式不同，它是将参考站端的观测数据首先经Internet网络发送至控制中心服务器，然后再由移动通讯网，如GPRS、CDMA等网络，发送给的客户流动站。

由于通过移动通信网络来获取参考站的差分信息，所以流动站距基站的距离已不再是制约RTK流动站进行精确测量的重要因素。

（四）建设施工

以黄河山东河段上游第一个单基站高村单基站为例，该站选址位于黄河高村水文站院内，周围无强磁场或发射源，天线观测墩安装于办公楼顶中部，浇筑于建筑物承重墙上方。天线高度1.6m，其中基础部分尺寸 $0.4\text{m} \times \phi 0.5\text{m}$ ；避雷针安装于天线西北侧1m处，高度为3.4m，其中基础部分尺寸 $0.4\text{m} \times \phi 0.4\text{m}$ （见图2）。

基础浇筑前均清除了楼顶防水和保温层，基站GNSS接收机安装于办公楼二楼机房内。此站点建设完成后交由高村水文站进行管理维护。

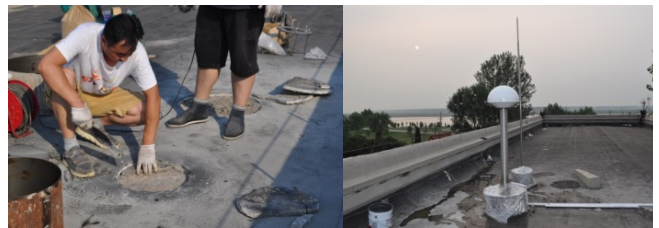


图2 高村单基站现场施工图

三、多基站CORS系统建设

（一）管理中心建设

多基站CORS系统由多个单基站CORS组成，通过管理中心服务器对单基站数据进行转发，服务器软件对单基站进行统一管理，根据流动站位置自动匹配最近的基站，实现单基站不能单独实现的功能，简化单基站建设必需的条件。

建设黄河山东水文多基站CORS系统，只需要建设一个管理中心，配置一台服务器，开通一处宽带专线，即可通过管理中心服务器软件，对所有单基站实行统一管理，为单基站的日常管理和正常运行提供保障。可极大地方便单基站的建设，缩短建设周期、简化建设程序、降低运行成本、提高其可靠性。

黄河山东水文多基站CORS系统管理中心设在山东水文水资源局沂口基地。管理中心机房配有大型UPS，可保证24小时不间断供电；安装了工业级空调，可确保环境温度恒定；申请了联通100M光纤专线网络，开通了多个公网IP；安装有防火墙，可保证网络安全。

（二）服务器管理与访问

多基站差分系统服务器由专人管理，通过机房KVM

切换器、办公室电脑及手机远程桌面连接等方式，实时地对服务器进行监控、管理，随时随地为多基站CORS系统应用提供服务。

四、新技术的应用

(一) 云服务器

服务器指的是网络环境下为客户机提供某种服务的专用计算机，其处理速度和系统可靠性都要比普通PC要高得多，因为服务器一般是连续不断工作的。

黄河山东河段多基站CORS系统，自2016年起一直采用物理服务器。近年来，因市政等工程施工挖断光纤造成服务器中断服务的事件时有发生，为了保证多基站系统在任何情况下都不间断运行、流动站在任何时间都能接收到基站信息，2019年底引用了华为弹性云服务器ECS服务。弹性云服务器(Elastic Cloud Server, 简称ECS)是由CPU、内存、操作系统、云硬盘组成的最基础的计算组件，是一种可随时自助获取、可弹性伸缩的云服务器，可为用户打造可靠、安全、灵活、高效的应用环境，确保服务持久稳定运行，提升运维效率。弹性云服务器就像使用自己的本地PC或物理服务器一样，在云上使用。

多基站CORS系统自开通云服务器后，真正实现了一年365天不间断运行，避免了物理服务器因断电尤其是断网带来的测量服务中止的状况。

(二) 云VPN技术

云VPN是一种全新的联网技术，只要2台或多台组网路由器，可以把多个不同地方的局域网互联在一起，搭建私有虚拟局域网，替代传统VPN网络，使得不同地区的网络可以互联共享、IP共享、数据互通。云VPN组网服务功能强大、便捷，组网快，网络兼容性强；支持集散网络(只与中心互通)与对等网络(所有成员可互访)；服务更具可靠性，当单个节点发生故障时，不会影响其他分点连接。

多基站CORS系统引用了云VPN技术，通过组网软件实现了所有单基站异地组网，彻底解决了用户因没有公网独立IP给单基站使用带来的影响，信号质量和测量速度较以前有所提升。实现了多种信号源同时播发，所有品牌、型号的GNSS接收机均能无障碍接入；实现了对所有单基站GNSS主机的监控，可随时对仪器进行设置、固件升级，记录和下载静态观测数据等。

五、应用总结

(一) 多基站CORS系统由多个单基站CORS组合而成，黄河山东水文多基站CORS系统建设有10座单基站，实现了站与站无缝对接、多基站CORS信号全覆盖。多基站CORS系统，只需建设一个管理中心、配置一台服务器、开通一处宽带专线，即可通过管理中心服务器软件，对所有单基站实行统一管理，为单基站的日常管理和正常运行提供保障。极大地方便了单基站的建设，缩

短了建设周期、简化了建设程序、降低了运行成本、提高了可靠性。

(二) 多基站CORS系统突破了传统基准站工作模式，解决了数据传输距离近、受客观因素影响大、工作效率低等弊端，解决了长距离、大范围的厘米级高精度实时定位问题；彻底改变了传统RTK测量作业方式，改进了初始化时间、扩大了有效工作范围；随时测量，不需架设参考站，真正实现一台GNSS接收机即可进行测量，减少了费用，提高了工作效率；使用固定可靠的数据链通讯方式，减少了噪声干扰，扩大了GNSS在动态领域的应用范围；由于采用网络通信方式，保证了差分信号的完整性和有效传输性，传输距离是常规RTK无可比拟的。

(三) 多基站CORS系统开通了云服务器，真正实现了一年365天不间断运行；引入了云VPN技术，实现了所有单基站异地组网和远程实时控制。增加了数据播发类型，各种格式差分电文信号均采用不同端口发射，减小了信号传输延时，信号质量和测量速度有所提升。

(四) 多基站CORS系统各单基站全部纳入测区控制网整体平差，坐标系统融合度高，测量结果与测区控制点符合性好。经对已知点对比测量分析，高程中误差0.024m、点位中误差0.019m，测量精度完全满足测量规范限差要求。

(五) 多基站CORS系统兼容性强，各种品牌和型号的GNSS接收机均可无障碍接入，且数量不受限制；通过管理中心服务器，差分服务器管理软件可对单基站和流动站进行管理，对单基站和流动站进行授权，权限通过账户和密码设定；通过管理软件和数据库可以查询和统计任何时间段基站和流动站的工作情况。

六、结束语

黄河山东水文多基站CORS系统建设项目，严格按照国家规范设计，方案科学、严谨、可行；通过管理中心服务器软件对所有单基站实行统一管理，方便了单基站的建设，同时可以缩短建设周期，降低运行成本，提高可靠性。多基站CORS系统建成后，已成功应用于黄河下游水文测验、河道测验工作中，进一步提升了黄河山东测区的测报能力，提高了测验的数字化和信息化水平。

参考文献

- [1] 魏瑞娟, 李学军, 任维成, 等. 单基站CORS系统的建设与应用研究[J]. 测绘通报, 2010(06): 23-25
- [2] 董学刚, 岳成鲲, 李玲, 等. 单基站CORS系统的建设与应用实践[J]. 水利技术监督, 2017(06): 47-48
- [3] 廖建昌, 莫勇, 黄鹰, 等. 县级单基站CORS系统的建立与应用[J]. 北京测绘, 2016(04): 151-152
- [4] 屈利娜. 单基站CORS的建设应用与管理[J]. 测绘通报, 2015(S1): 106-108