

大型桥梁监测工程中 CORS 系统的建设与运行管理

陈 向 阳,周 霁,张 飞,吴 有 清

(长江三峡勘测研究院有限公司(武汉),湖北 武汉 430074)

摘要:CORS(连续运行卫星定位系统)在大型桥梁建设中的应用日益广泛,但相应的建设运行实践经验还不够丰富。结合泉州湾跨海大桥工程,以 QZW-CORS 系统为例,从系统结构、参考站设计与建设、数据控制中心建设、系统测试、运行管理等方面对该工程 CORS 系统的建设进行了较为详细的介绍。相关建设运行经验可供类似大型桥梁建设中运用 CORS 系统参考。

关 键 词:CORS; 参考站; 数据控制中心; 系统测试; 跨海大桥

中图法分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:**10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.025

随着 GPS 技术的飞速发展,它在大型桥梁等工程建设中得到广泛应用,一方面可利用 GPS 常规静态定位方式为大桥建设布设首级控制网,作为大桥施工的测量基准;更重要的是,利用多基站网络 RTK 技术建立的连续运行卫星定位系统(Continuous Operational Reference System,简称 CORS)在桥梁建设中起到越来越重要的作用。

CORS 系统是集卫星定位、计算机网络、数字通讯等高新技术于一体的产物,目前国内建成的、在建的诸多大型桥梁工程如杭州湾、港珠澳、泉州湾、舟山六横大桥及虎门二桥等项目中均建设有相应的系统。大桥项目 CORS 一般由参考站、数据控制中心、用户等 3 部分组成。参考站的数据通过专用网络传输至控制中心,一方面为控制网复测和加密控制网的布设提供静态数据;另一方面实时传输的数据经控制中心处理,形成多基准站差分定位数据,并通过网络或电台进行全天候不间断的广播,直接用于大桥施工测量,在大桥建设、健康监测中起到不可替代的作用。笔者所在单位承接的泉州湾跨海大桥、广东省虎门二桥项目中均建设了相应的 CORS 系统,在大桥建设中起到了较好的效果,本文对该系统在泉州湾跨海大桥工程中的建设及运行管理加以介绍。

1 系统设计与建设

1.1 系统总体结构

泉州湾跨海大桥 CORS 系统(简称 QZW-CORS)由 2 个参考站和数据控制中心组成,虎门二桥采用单基站的形式,覆盖大桥施工区域以及周围 10 km 范围。其体系结构是以控制中心为中心节点的星型网络,网络协议采用 TCP/IP,服务器操作系统采用 Windows 2003 Server,工作站操作系统采用 Windows 2003 workstation 或 Windows XP。系统组成见图 1。

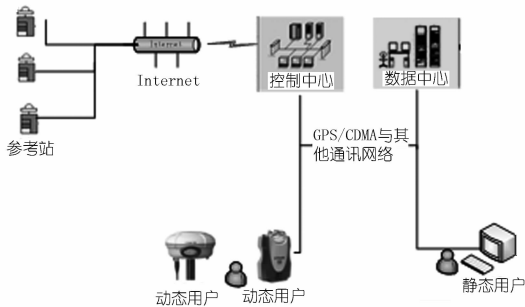


图 1 CORS 系统组成

1.2 参考站的设计与建设

参考站设计包括室外设备、室内设备^[1],其中室

外部分包含选址测试、观测墩及站室建设、防雷工程、GPS 天线及电台天线架设、网络及电力接入等;室内部分包含接收机选型与安装、不间断电源 UPS、通信链路设计及防护设计等,见图 2。

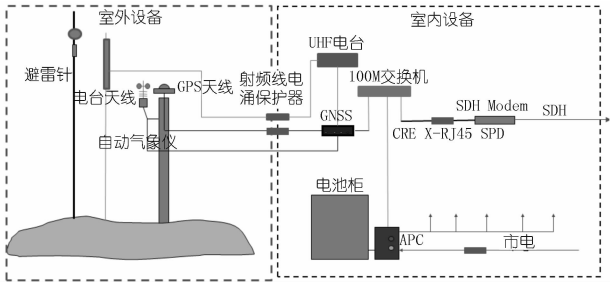


图 2 参考站示意

(1) 选址测试。拟选站址在满足相关规范要求的前提下,需对其进行现场测试,架设仪器 24 h 不间断采集静态数据,利用专业的 GNSS 数据分析软件如 TE-QC 测试分析信号接收、信噪比、多路径和数据完整性等情况,确认此处是否满足建站的各项条件。

(2) 土建施工。土建施工主要为站房和观测墩施工。观测墩一般为基岩墩,条件许可的话,也可考虑在框架结构的房顶上建造。观测墩采用直径为 60 cm 筒形钢筋混凝土方式建造,高出站房房顶不小于 1.5 m。野外站房可采用砖石结构,面积 3~4 m² 即可,房顶站房采用集成板房比较经济。如虎门二桥 GNSS 布设在区域内原小学教学楼楼顶,采用集成板房形式;QZW-CORS 两个站房一个布设在房顶、一个布设在野外。

(3) 电力及网络接入。站址应选取在电力及网络较方便接入的位置。电力接入需向当地电力部门申请;网络接入向当地电信或移动等部门申请,最好有光纤接入。

(4) 防雷工程。防雷施工包括站房防雷、防电涌设备安装、设备接地等,委托具有相应资质的公司施工,由气象部门检测并出具检定证书,其接地电阻应不大于 4Ω。

(5) 接收机选型与设备安装。目前 Trimble、Leica、Topcon 及国产基准站型接收机均可选用,一般根据工程实际需要而定。QZW-CORS 选用 Topcon Net-G3A 型,虎门二桥选用 Trimble R9 基准站型。主要设备包括接收机、服务器、交换机、防火墙、磁盘阵列等,应集中布置在机柜内,并进行连接;UPS 应确保停电情况下提供 24 h 用电。设备间的连接与通讯是参考站的核心部分,其可靠性和稳定性往往决定了整个系统的性能与可靠性,需要协调电信部门和仪器厂商的相关技术人员共同完成。

1.3 数据控制中心的设计与集成

数据控制中心的设计主要是网络设计和软件设

计,QZW-CORS 的设备配置方案见表 1,网络拓扑结构见图 3。

表 1 QZW-CORS 数据控制中心设备配置

项目	内容	说明
网络形式	100M TCP/IP 网络	电信
网络规模	2 台服务器(主服务器、备用服务器) 1 台数据存储器 PC 计算机、KVM 各 1 台	IBM 服务器 X3650M3 磁盘阵列,DS3400(172642X) 联想
网络元件	交换机 1 台 防火墙 1 台	H3C S5500-28C-EI H3C SecPath-F100A
资源申请	2M SDH 2 条 2M SDH 1 条	电信部门申请,通向 2 个参考站 固定 IP,联接电信网络
操作系统	服务器采用 Windows 2003 Server	

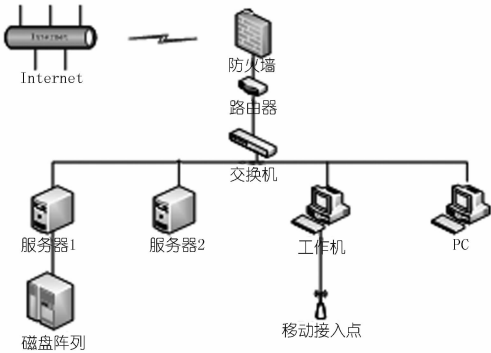


图 3 QZW-CORS 数据控制中心网络拓扑结构

2 坐标联测及数据处理

系统建设完成后,参考站接收机 24 h 不间断采集静态数据,并与国际 IGS 跟踪站联测,建立高精度、三维、统一的地心坐标基准。与此同时,按相应规范要求纳入首级施工控制网进行 GPS 测量和高程联测工作^[2-4]。

数据处理则采用 GAMIT/GLOBK 精处理软件进行基线解算^[5],使用 COSA GPS 平差软件进行平差计算。分别获取各首级控制网点及基准站点的高精度地心坐标和工程坐标系成果,并计算获取两坐标系的 7 个转换参数。参数转换的计算是通过选取一定数量、分布均匀、同时拥有地心坐标系和工程独立坐标系成果的重合控制网点,利用专用的软件采用 Bursa 7 参数坐标转换模型进行数据处理。转换所得参数用于各参建方 GPS RTK 流动站的设置,通过数据控制中心发布的高精度差分改正信息,GPS RTK 流动站实时获取测点的固定解坐标。

3 系统测试

系统测试内容包括 RTK 定位精度、时间可用性、空间可用性、RTK 时效性及系统兼容性等方面的测

试,确保系统满足工程建设需要。

(1) RTK 定位精度测试。选取区域内测量控制网点进行 RTK 测量,点位选取应考虑到整个工程区域,以求合理分布。获取全部测试点的测试数据后,进行内、外符合精度统计分析。

内符合精度是单次测量值均方根误差,可反映定位结果的收敛情况。内符合精度分 X 、 Y 方向进行统计计算。

外符合精度与原已知点精度、转换参数精度、系统定位精度三者有关,统计方法为对测试点的测量平均值与已知坐标进行比较,计算测试点的点位外符合中误差。

(2) 时间可用性测试。架设流动站,以 10 s 采样率采集 RTK 固定解,连续进行 24 h 的数据采集。根据应测历元数与实测历元数,统计丢失历元和丢失率,从而反映系统在时间上的可用性。

(3) 空间可用性测试。检测用户能够得到 RTK 固定解的区域范围,是否能覆盖大桥施工全区域。

(4) RTK 时效性测试。在大桥施工的不同区域、不同作业时间段,均匀选择一定数量的点位,测试网络 RTK 取得固定解的收敛时间。

(5) 系统兼容性测试。对不同品牌和类型的 GPS 接收机进行 RTK 测试,检验系统的兼容性。

4 CORS 的运行维护

该大桥 CORS 系统建成后,应保证在工程建设期内每天 24 h 不间断运行,为工程建设提供准确、可靠和稳定的测量定位信息。运行维护主要通过两种方式进行:① 通过远程网络监测实时掌握系统的运行状况;② 定期安排技术人员进行巡视检查,并定期进行静态数据的异地备份。

通过设置用户账号和密码,对用户进行管理。只

有通过验证的用户经账号登录,才能获取静态数据并开展网络 RTK 作业。

5 结语

大型桥梁工程 CORS 系统在大桥施工建设、运营阶段的健康监测等方面起到了非常重要的作用。泉州湾跨海大桥 CORS 系统的建设是长江三峡研究院有限责任公司(武汉)承担的首个大型跨海大桥 CORS 项目,为类似项目积累了丰富的经验,并已在广东省虎门二桥项目中得到进一步实践与丰富。

(1) 与传统的 GPS 作业相比,CORS 具有作用范围广、精度高、可野外单机作业等众多优点。

(2) 在框架结构屋顶设参考站较为经济,同时可考虑布设集成板房站室,减少建设成本。

(3) 参考站混凝土观测墩采用直径 60 cm 的 PVC 管进行浇筑,不仅方便施工,后期维护也比较简单。

(4) 系统设备间的连接与通讯是 CORS 建设的核心部分,其可靠性和稳定性往往决定了整个系统的性能与可靠性,需联系电信部门和仪器厂商的相关技术人员共同合作完成。

参考文献:

- [1] 国家测绘局. CH/T 2008-2005 全球导航卫星系统连续运行参考站网建设规范[S]. 北京:测绘出版社,2006.
- [2] 中华人民共和国交通部. JTG C10-2007 公路勘测规范[S]. 北京:人民交通出版社,2007.
- [3] 中华人民共和国交通部. JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [4] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12897-2006 国家一、二等水准测量规范[S]. 北京:测绘出版社,2006.
- [5] 李征航,黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.

(编辑:郑毅)

Establishment and operation of CORS system in monitoring project of large - scaled bridges

CHEN Xiangyang, ZHOU Ji, ZHANG Fei, WU Youqing

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: CORS (Continuous Operational Reference System) has been widely used in construction of large - scaled bridge; however the operational experiences are still insufficient. Aiming to the QZW - CORS system applied in the sea - crossing bridge of Quanzhou Bay, we give a detail introduction to the construction of CORS system from aspects of system structure, design and construction of reference station, establishment of data controlling center, data debugging, operation management. The experiences could be referred by CORS system construction in other large - scaled bridges.

Key words: CORS; reference station; data controlling center; system debugging; sea - crossing bridges