

GNSS 连续运行基准站建设主要技术方法

——以鹰潭市为例

陈颖颖¹ 田相磊²

1. 江西省国土空间调查规划研究院; 2. 江西省自然资源测绘与监测院

DOI:10.12238/ems.v6i9.8892

[摘要] 本文以鹰潭市 GNSS 连续运行基准站建设为例, 介绍了 GNSS 连续运行基准站建设的流程与技术方法, 对建设过程中出现的问题进行了探讨并提出了解决办法。

[关键词] GNSS 连续运行; 基准站

Main technical methods for the construction of GNSS continuous operation reference stations ——taking Yingtan City as an example

Chen Yingying¹ Tian Xianglei²

1. Jiangxi Provincial Institute of Land and Space Survey and Planning;

2. Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Monitoring

[Abstract] This article takes the construction of GNSS continuous operation reference station in Yingtan City as an example, introduces the process and technical methods of GNSS continuous operation reference station construction, discusses the problems that arise during the construction process, and proposes solutions.

[Keywords] GNSS continuous operation; Base station

1 建设流程与技术方法

建立鹰潭市 GNSS 连续运行基准站网在鹰潭市域范围内选址建立均匀分布、密度合理的基准站, 实现与江西省卫星定位连续运行基准站网组网和数据共享, 各基准站观测数据通过专用数据通信网传送至数据控制中心, 经过脱密软件脱密后进行数据处理、分流。通过因特网向用户发布 GNSS 测量数据及国际通用格式的差分数据, 从而为不同行业、不同用户提供实时定位服务。

1.1 基准站分布情况

鹰潭市域范围内有一座江西省卫星导航定位服务系统 (JXCORS) 的 GNSS 连续运行基准站, 位于市气象局内, 即鹰潭站; 鹰潭周边市县还有余干、万年、弋阳、资溪四个省级基准站和江西铅山一个国家基准站点。省级站均位于各县气象局内, 国家站位于铅山县紫溪乡一座山包上。

1.2 建设流程

鹰潭市 GNSS 连续运行基准站建设主要由站址设计、站址勘选、土建工程、防雷工程、设备工程和其他辅助工程等步骤组成。

1.2.1 布设原则

鹰潭市 GNSS 连续运行基准站网布设主要考虑鹰潭市现代测绘基准框架的维持, 同时兼顾基础测绘和地方经济建设发展的需要。布设原则为:

(1) 覆盖鹰潭市全域, 基本均匀分布, 有合理的分布密度;

(2) 基准站站址要求选择稳定的地质环境, 远离活动断层和密集断裂带 50km 以上, 避开地震活动带等不稳定区域;

(3) 充分利用省级已有的 GNSS 基准站;

(4) 基准站布设考虑选择与国家一、二等水准节点或路线点相邻, 建立 GNSS 基准站与国家高程控制网的联系;

(5) 基准站位置各方向视线高度角 15° 以上应无阻挡物;

(6) 无线电台、通信基站附近、雷击区及多路径效应严重的地点, 距高压线 100m 以内及其他强磁场影响地点, 以及位于地面微波通信通道上的地点不宜布设基准站;

(7) 基准站应建立在便于接入通信网络、具有稳定的供电条件及交通便利地区, 同时具有良好的安全保障环境, 便于站点长期连续运行;

(8) 应顾及未来的规划和建设, 选择周围环境变化较小的区域进行建设;

(9) 为保证信号接收质量, 观测点位距离观测室距离不宜超过 100m;

(10) 区域站按框架基准站要求或依据需求建立在稳定地质构造条件的板块上或结构稳定的屋顶上。

1.2.2 站址勘选

勘选人员应包括大地测量专业人员和熟悉当地情况的管理人员, 以便落实土地使用及供电、通信、站址安全保护等基础设施支撑条件。站址勘选工作开始前, 勘选人员应对点位设计、分布情况、所在地区情况进行充分的研究, 并制定选址工作计划, 勘选人员应配备必要的设备和资料。

(1) 实地勘选

勘选人员应进行实地站址勘选。基准站应选择交通便利

利、利于测量标志长期保存和观测的地点; 基准站观测墩建设类型(基岩或土层或屋顶)应实地确认, 明确环视条件、供电、通信条件; 基准站站址应具备满足站点正常运行的条件, 如安全、供电、通信、避雷等基础设施保障, 特别是应具有有良好的数据传输条件。

基准站站址选定后, 要进行站址照片拍摄。应设立一个注有站名、标石类型(基岩或土层或屋顶)的点位标识牌, 置于所选基准站位置。勘选中需拍摄6张照片, 其中面对东、南、西、北方向拍摄4张远景照片(照相机应尽可能与测试天线高度一致, 水平拍摄), 反映所选基准站的环视条件; 拍摄站址近景照片1张, 反映所选站信息(点位标识牌), 以及场地条件; 拍摄站址远景照片1张, 综合反映站址建设环境条件。

(2) 实地测试

1) 测试使用的仪器设备

- (a) 双频大地型 GNSS 接收机;
- (b) 大地型天线;
- (c) 后备电池或电瓶;
- (d) 计算机和相应的软件(包括数据下载、转换、检查等软件)等。

2) 测试要求

- (a) 接收 GNSS 卫星信号状况稳定后, 确定站址概略坐标, 将概略坐标填入点之记中;
- (b) 测试中应设置卫星截止高度角为 0° ;
- (c) 数据采样间隔 30s;
- (d) 连续测试时间应不少于 24h;
- (e) 下载测试观测数据并转换为标准的 RINEX 格式文件;
- (f) 采用 TEQC 软件对测试观测数据(RINEX 文件)进行处理分析;

(g) 测试结果中有效观测量应不少于 85%, 测距观测量 MP1 和 MP2 应小于 0.5m, 测试结果填入《站址实地测试结果》中;

(h) 测量站址周围障碍物高度角, 绘制站址环视图并详细注明障碍物位置与类型, 填入点之记中。

(3) 提交资料

- (a) 勘选点之记;
- (b) 勘选站址照片;
- (c) 站址实地测试结果(观测数据一并提交)。

1.2.3 土建工程

基准站土建工程主要包括 GNSS 观测墩(含水准标志)、线缆布设、防雷工程以及辅助工程等。

1.2.3.1 GNSS 观测墩

(1) 规格分类

依据基准站建站地理、地质环境, 观测墩可分为基岩观测墩、土层观测墩、屋顶水泥观测墩(水泥标)和屋顶钢标观测墩(钢标)。

(2) 建造要求

1) 基岩观测墩

(a) 必须清理基岩表面的风化层并从完整基岩面向下开凿 0.5m, 观测墩钢筋笼下部嵌入坑底不小于 0.2m, 并紧密浇筑;

(b) 基岩观测墩地下墩体应整体满灌浇筑, 机械捣固;

(c) 观测墩地上墩体应置模板浇筑, 其中直径 380mm 墩体采用统一模板浇筑, 机械捣固;

(d) 观测墩地下墩体顶部(地坪面)应分别于四角埋设水准标志。水准标志 顶部应高出地坪 15mm \pm 5mm, 并距地下

墩体顶部对应的两个外侧边不小于 100mm, 距观测墩墩体不小于 100mm;

(e) 观测墩顶部应浇筑安装强制对中标志, 并严格整平;

(f) 观测墩采用 C25 及以上规格强度的混凝土浇筑, 必须搅拌均匀, 现场浇灌, 并用电动振动棒充分捣固, 保证固结质量及外部光洁, 观测墩外表面不可做二次整饰。同时使用建筑专用水平尺保证墩体垂直, 垂直度不超过 5%;

(g) 基岩上埋设的观测墩至少需经过一个月, 方可进行观测。

2) 土层观测墩

(a) 观测墩地下部分按照《国家现代测绘基准体系基础设施建设技术规程》的具体要求建造;

(b) 建造时应保证墩体质心位于当地冻土线以下 0.5m, 观测墩基坑开挖时如遇软土、流沙、涌水等不良地层时, 应继续向下穿过该地层, 进入良好受力土层 深度不小于 0.5m;

(c) 观测墩地下墩体顶部(地坪面)应分别于四角埋设水准标志。水准标志 顶部应高出地坪 15mm \pm 5mm, 并距地下墩体顶部对应的两个外侧边不小于 100mm, 距观测墩墩体不小于 100mm;

(d) 土层观测墩地上部分建造按照基岩观测墩相关条款要求执行;

(e) 土层内埋设的观测墩, 至少需经过一个雨季, 方可进行观测。

3) 屋顶水泥观测墩(水泥标)

屋顶水泥观测墩(水泥标)建造要求如下:

(a) 水泥标所在建筑应为钢筋混凝土框架结构, 框架基准站建筑物高度不宜超过 5m, 区域站建筑物高度不宜超过 30m;

(b) 水泥标外观应平整、美观, 有 10° 以上高度角的开阔天空;

(c) 水泥标垂直倾斜小于 $8'$, 顶部预埋的强制对中器的水平偏差小于 $30''$;

(d) 基座内部钢筋应与房屋主承重结构钢筋焊接, 结合部分应不小于 0.1m;

(e) 对水泥标基座需进行防水处理并修复原建筑物的防水层, 并根据设计对基座进行外装饰;

(f) 水泥标到观测室的通信信号线需外套内径不小于 50mm 的不锈钢保护管;

(g) 预埋的避雷针地线与建筑物的地线连接完好, 基准站防雷地网接地电阻小于 10Ω 。电源避雷器和信号避雷器接地电阻应小于 4Ω , 接地电阻测试采用地阻测试仪;

(h) 水泥标的设计施工应考虑防风、防雨雪、防盐雾的要求, 接收机天线防护罩的安装应平整、稳固, 不增加信号的延迟和多路径效应。

4) 屋顶钢标观测墩(钢管标)

屋顶钢标观测墩(钢管标)建设应符合以下要求:

(a) 钢标所在建筑应为钢筋混凝土框架结构, 框架基准站建筑物高度不宜超过 5m, 区域站建筑物高度不宜超过 30m;

(b) 钢标外观应平整、美观, 有 10° 以上高度角的开阔天空;

(c) 开点位所在的水泥板尺寸应约为 600mm \times 600mm, 深约 100mm, 直至露出楼面钢筋;

(d) 基座内部钢筋应与房屋主承重结构钢筋焊接, 结合部分应不小于 0.1m;

(e) 需根据 GNSS 信号线设计的走线路径在基座的侧面

或后面预埋不锈钢线管(管内直径为50mm,拐弯处用两弯角为135°的接合头拼接成直角弯或用钝角接合头,并在线管内预留装信号线用的牵拉线);

(f)预埋的避雷针地线与建筑物的地线连接完好,基准站防雷地网接地电阻小于10Ω。电源避雷器和信号避雷器接地电阻应小于4Ω,接地电阻测试采用地阻测试仪;

(g)主支柱安装完成后,需利用水平仪调整顶部的强制对中器位置,使其水平偏差小于30";

(h)对钢标基座需进行防水处理并修复原建筑物的防水层,并根据设计对基座进行外装饰;

(i)钢标到观测室的通信信号线需外套内径不小于50mm的不锈钢保护管;

(j)钢标的设计施工应考虑防风、防雨雪(有盐雾的地区需考虑防盐雾)的要求,接收机天线防护罩的安装应平整、稳固,不增加信号的延迟和多路径效应。

1.2.3.2 设备工程

GNSS基准站主要设备由GNSS接收机、GNSS天线、电源设备、通信设备、计算机与软件和机柜等组成,采购的设备主要技术指标应满足以下要求:

(1) GNSS 接收机

- 1) 信号通道中并行通道不低于72个;
- 2) 观测频率:接收多卫星系统信号;
- 3) 至少可同时设置两种不同的采样率,最高采样率不小于20Hz,频率可调;
- 4) 观测值为伪距(C/A码,P码)、各频率全周载波相位及多普勒频移观测值;
- 5) 接收机钟漂小于 10^{-8} ;
- 6) 具备外接频标输入口,可配5MHz或10MHz的外接频标;
- 7) 可外接自动气象仪设备并存储数据;
- 8) 通信端口包括1个以太网端口(RJ45)(可同时设置多个独立IP地址)和至少两个RS232/USB串口(其中1个串口与数字气象仪连接);
- 9) 具有输出原始观测数据、导航定位数据、差分修正数据、1PPS脉冲的能力;
- 10) 数据存储采用内存或其他存储介质,可同时记录两种以上采样率的数据,数据存储量不小于4GB;
- 11) 接收机与扼流圈天线的整体功耗应在8W以内;
- 12) 远程控制通过远程软件升级、远程复位、远程参数设置来实现;
- 13) 工作温度,在 $-30^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 的环境下能长期连续正常工作;
- 14) 工作湿度,在相对湿度不大于95%的场合下能长期连续正常工作;
- 15) 接收机应全密封防水;
- 16) 电源,应具备两个外部电源端口,可用交流电及直流供电,直流供电电压9~18V,交流电工作压100~240V;

(2) GNSS 天线

- 1) 工作温度,在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$ 的环境下能长期连续正常工作;
- 2) 工作湿度,在相对湿度不大于100%的环境下能长期正常工作;
- 3) 抗多路径效应,天线应配备扼流圈(choking)以便能有效地削弱多路径效应,改善接收信号的质量;
- 4) 抗干扰能力,天线应有足够强的抗干扰能力,以确保

在电磁场影响下能正常工作;

5) 扼流圈天线相位中心偏差小于3mm,并有定向指北标志以满足高精度测量的要求;

6) 应配备卫星信号衰减减小、无反射天线罩,以便在雨雪天仍能正常工作;天线罩具有定向指北标志,天线电缆长度可定制。

(3) 通信设备

- 1) 具有长期、稳定、可靠、连续的工作能力;
- 2) 采用TCP/IP作为数据通信协议;
- 3) 通信链路可采用数据专线、无线扩频等通信方式,数据传输带宽不小于512kbit/s;
- 4) 通信链路的误码率应低于 10^{-8} ,链路可用性大于95%;
- 5) 各站宜敷设一条PSTN线路,作为语音调度使用,有条件时应采用两种相互独立的数字通信链路,互为备份,自动切换,以提高数据传输的可靠性。

(5) 机柜

- 1) 选用符合工业标准的机柜;
- 2) 具有散热通风能力;
- 3) 分层次安装机柜内各项设备;
- 4) 尺寸大小以合理布局设备为标准,便于工作人员操作;
- 5) 电力、通信和网络等线缆应安装捆扎到位,走线合理,机柜外壳应接地。

(6) 防雷设备

观测设备(GNSS接收机)的防雷设备应选用专业的馈线防雷器;数据传输防雷设备选用通信网络防雷器;室内机柜应配备防浪涌插座,并做接地保护。安装后需要详细填写《基准站雷电防护设备登记表》,其格式参见《国家现代测绘基准体系基础设施建设技术规程》。

2 质量检查与监理

主要对观测墩施工、防雷工程、隐蔽工程等施工过程和主要材料进场等进行现场监理和记录,主要包括以下内容:

- (1) 基坑或基座的深度和尺寸;
- (2) 钢筋主筋证明,需满足 $\phi 16$ 或以上规格;
- (3) 水泥合格证明,至少为P32.5;
- (4) 钢筋笼捆扎情况,包括钢筋长度,主筋个数及规格,箍筋间距及规格;
- (5) 观测墩墩体的尺寸和规格;
- (6) 观测墩墩体垂直度;
- (7) 强制对中标志安装是否居中、水平;
- (8) 水准测量标志是否按照设计要求安装;
- (9) 混凝土机械振捣过程,墩体表面光滑度、有无裂缝、蜂窝、麻面;
- (10) 避雷针是否在俯视 45° 范围内完全覆盖观测墩;
- (11) 线缆及线管的铺设是否合理、美观。

3 结束语

GNSS连续运行基准站网是建立和维持全球或区域坐标参考框架的重要基础设施,是新一代服务于位置和时间的空间数据基础设施最为重要的组成部分,本文所述的技术方法在实践中具有一定的代表性和实用性,对其他地区GNSS连续运行基准站网的建设具有一定的参考价值。

[参考文献]

- [1] 陈明 武军郦,国家GNSS连续运行基准站系统设计与建设[J].测绘通报,2016(12).
- [2] 武军郦 周建军,构建GNSS连续运行站网实现测绘基准现代化[J].测绘通报,2008(10):46-48.