

# A Fast Static Measurement Method Based on CORS to Solve the Problem of Unstable Accuracy of Network RTK Measurement Control Points

Lin Lv Wenxue Lv

Shenyang Research Institute of Surveying and Mapping Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110004, China

## Abstract

When plane and elevation control points are provided in engineering construction, the network RTK measurement method is basically adopted under the support of continuous running reference station system (CORS). Network RTK measurement is convenient and fast, but there is a problem of unstable accuracy of measurement results. A fast and static measurement method is used to solve the problem of unstable measurement accuracy of network RTK.

## Keywords

continuous operation reference station system (CORS); fast static (Fast Stasin); GNSS; geoid refinement

## 基于 CORS 的快速静态的测量方法解决网络 RTK 测量控制点精度不稳定问题

吕林 吕雯雪

沈阳市勘察测绘研究院有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110004

## 摘要

在工程建设中提供平面、高程控制点时,基本采用在连续运行参考站系统(CORS)的支持下网络RTK的测量方式。网络RTK测量方便、快捷,但存在测量成果精度不稳定的问题。用快速静态的测量方法,解决网络RTK测量精度不稳定的问题。

## 关键词

连续运行参考站系统(CORS);快速静态(Fast Stasin);GNSS;大地水准面精化

## 1 引言

我们为一般性的工程建设提供平面、高程控制点时,基本采用网络RTK方式。在工程建设中提供平面、高程控制点时,基本采用在连续运行参考站系统(CORS)的支持下网络RTK的测量方式。网络RTK测量方便、快捷,但存在测量成果精度不稳定的问题。虽然按照CJJ/T 73—2019《卫星定位城市测量技术标准》的规范要求,多测回、单测回次数进行规范操作,但由于连续运行参考站系统(CORS)本身存在的问题和在外环境因素对信号遮挡的情况下,会造成定位精度下降,高程不稳定,不同时期跳动达到分米。

**【作者简介】**吕林(1970-),男,中国山东平度人,本科,教授级高级工程师,从事控制测量、工程测量的数据采集与处理等研究。

## 2 存在的问题

连续运行参考站系统(CORS)可以定义为一个或若干个固定的、连续运行的GPS参考站,利用现代计算机、数据通信和互联网(LAN/WAN)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GPS观测值(载波相位,伪距),各种改正数、状态信息,以及其他有关GPS服务项目的系统<sup>[1]</sup>。

### 2.1 其本身存在的问题

①不同天的系统服务自带差异:一般情况在规范允许的范围之内。

②由于CORS站历经初建和之后的升级改造,现有CORS与之前的CORS站在点位数量、平均边长、服务能力等方面都有很大的差异。

③网络RTK的固有误差的影响;网络RTK的固有误差为平面优于3cm,高程优于5cm。

④卫星星座的影响:如由于北斗三号全面启用后,北斗二号基本全部关闭,CORS站不具备北斗三号的接收能力,

导致卫星数量急剧下降, VDOP 差(尤其是当有遮挡的市区误差更大); GLONASS 质量下降厉害、GPS 卫星政策原因等。

⑤由不同的网络 RTK 测量方法造成的误差: 以往的测量形式有坐标转换、有在线播发, 个别还涉及坐标转换和高程转换。

⑥测绘基准体系不同: 现代测绘基准体系基准和早期控制网基准不一致。

## 2.2 外界影响的情况

大致分为树木的影响、建筑物的影响、高压线的影响、大面积反射面的影响、大功率信号发射塔的影响等, 具体情况如下:

①树木的影响: 在树木较为稀疏的情况下, 初始化一段时间内只能获得浮点解或者差分解, 平面、高程精度误差较大, 延长观测时间, 观测精度会逐渐提高, 在条件较好的情况下, 平面、观测误差能达到 3cm、5cm 左右, 能基本满足一般工程测量要求。在较密集的树林中, 很难测得固定解。主要为单点解, 平面误差上升至米级, 不能满足一般工程测量需求。

②建筑物的影响: 在一侧有建筑物的情况下, 接收机与建筑物顶所成仰角应大于  $10^\circ$ , 否则无法获得可靠观测解; 在两侧都有建筑物的情况下, 应保证接收机与两侧建筑物顶所成的仰角应大于  $15^\circ$ , 才能保证精度可靠稳定。

③高压线的影响: 在高压线下观测的固定解精度可以达到平面 3cm、高程 5cm 的精度要求, 高压线相对于建筑物、树木的影响较小, 虽然可以得到固定解, 但固定解精度是有高低之分的。要得到较高精度的固定解, 需要适当调整观测时间段, 可将中午时间段的观测改为早晚时间段观测, 能得到较好的观测成果。

④大面积反射面的影响: 在大面积水面旁观测, 可以得到平面 3cm、高程 5cm 的固定解, 由于多路径效应的影响, 成果精度的可靠性较差。

⑤大功率信号发射塔的影响: 在大功率的发射基站、微波站附近观测时, 对观测成果影响较大。由于其影响的程度、规律性都很难掌握, 所以不建议选大功率的发射基站、微波站附近进行观测。

由于以上原因, 有时网络 RTK 测量的精度指标好, 并不能代表观测环境好, 不能体现真实的观测精度。

## 3 用快速静态的测量方法, 解决网络 RTK 测量精度不稳定的问题

解决方法: 转为快速静态方式, 以快速静态方式替换传统的网络 RTK 方式。快速静态(FastStasin)是相对于传统静态观测而言, 根据需要设定卫星星座、天线高度和采样率等, 进行较短时间的静态观测。

对现场的环境做好充分的评估, 哪些有遮挡, 哪些需要引点; 接收机具备哪些能力; 选择数据存储在接收机端, 设定好接收的卫星星座、天线高度和采样率开始测量, 检查数据记录存储情况<sup>[2]</sup>。

①静态观测完毕后, 切换回网络 RTK 模式, 以网络 RTK 方式再行采集坐标, 用于与静态观测成果做比对, 分析偏差情况; 拍摄好现场周围的环视照片, 用于后续静态观测的处理。

②数据处理: 了解项目地点, 根据地点从 CORS 站中选择最近基准站, 最好选择多个基站数据。现场仅仅需要平面坐标的, 可以采用直接基准站计算或通过 CORS 生成虚拟观测基站的方式, 与点位静态观测成果进行基线计算; 需要高程的, 必须与最近的 CORS 基准站进行基线计算, 要注意测站与基准站的距离, 以不超过 15km 为好。

数据处理方法一: 根据网络 RTK 的坐标, 在测站周边虚拟生成一个基准站(如图 1 所示)。虚拟参考站(VRS, Virtual Reference Station)是由 Herbert Landau(兰道)博士提出的基于 VRS(Virtual Reference System)理论的虚拟参考站系统。利用多个基准站构成一个基准站网, 在系统内组成差分观测值, 借助广域差分 GPS 和具有多个基准站的局域差分 GPS 的基本原理和方法来减弱或消除各种误差的影响, 同时根据用户流动站的概略位置生成一个虚拟的参考站来改正流动站的各项误差, 并在动态环境下完成流动站模糊度的搜索求解, 在整周未知数固定后即可进行每个历元的实时处理, 只要能保持 4 颗以上卫星相位观测值的跟踪和必要的几何图形, 则流动站可实时达到厘米级的定位结果。

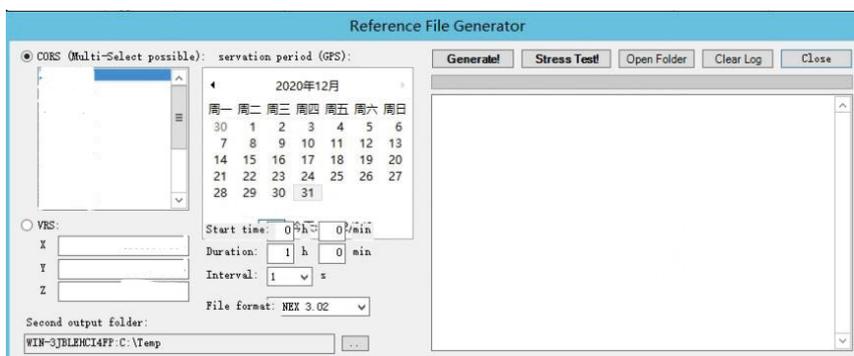


图 1 虚拟基准站

数据处理方法二：用 GNSS 解算软件进行测站点与 CORS 基准站的基线解算。需要结合最近站的分布和数量选取 CORS 的基准站原始观测数据，通过内插算法解算出 WGS84 大地坐标。内插算法的基本原理为：以单个已知点进行定位，得到流动站的近似三维坐标，再根据架设的基准站的坐标以及载波相位值，得到各个基准站的差分改正数，再通过内插得到载波相位的差分改正数，再由前面求得的流动站的近似三维坐标，就能得到流动站的准确坐标。通过多个基站的 GPS 的数据处理所用双差观测方程，消除电离层延迟引起的误差，对流层延迟引起的误差，偏离真实值的多路径误差，测量噪声等，以得到高精度的三维坐标成果。

③用商用软件从数据可用率、伪距多路径效应、周跳比、信噪等方面考虑对 GNSS 原始数据预处理。

使用 GNSS 解算软件，解算基线并对基线处理，如图 2 所示。例如，删除工作状态不好的卫星数据，删除某一时间段的卫星观测数据，选取观测质量好的卫星和观测数据。

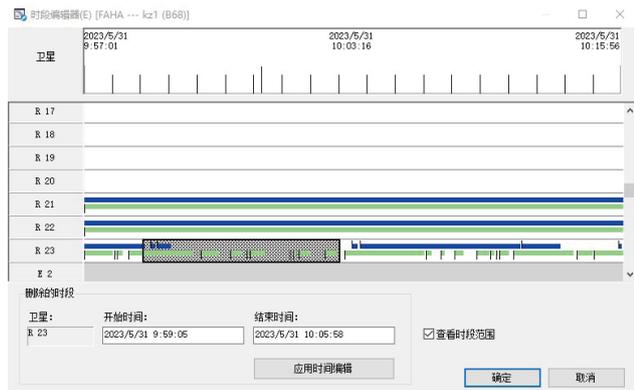


图 2 GNSS 解算软件

基线预处理的精度如下：基线解类型为固定解，水平精度比例（95%）时残差较大的为 0.051m；垂直精度比例（95%）时残差较大的为 0.063m；均方根时残差较大的为 0.029m。

基线经过各项改正处理后的精度如下：基线解类型为固定解，水平精度比例（1 西格玛）时残差较大的为 0.020m；垂直精度比例（1 西格玛）时残差较大的为 0.025m；均方根时残差较大的为 0.029m。处理结果见表 1。

可以看到精度明显提高。

用似大地水准面精化软件（求解高程）。我们通过建立似大地水准面模型，并通过区域大地水准面的精化来提高坐标转换参数精度，满足实时定位高程精度的设计要求。建立大地水准面后，可以在似大地水准面覆盖的范围内，通过 GPS 测量获得点位准确的 GPS 三维坐标，再通过点位的经纬度获得高程异常值，最后以高程值减去高程异常值获得准确正常高<sup>[3]</sup>。

表 1 处理结果

观测	解类型	水平精度 (1 西格玛)	垂直精度 (1 西格玛)	均方根
F—KZ2	固定	0.020	0.025	0.020
F—KZ1	固定	0.012	0.022	0.021
F—KZ3	固定	0.012	0.021	0.025
KZ2—KZ1	固定	0.003	0.005	0.011
KZ2—KZ3	固定	0.003	0.05	0.010
F—Y	固定	0.001	0.006	0.022
F—H	固定	0.001	0.006	0.023
Y—KZ2	固定	0.020	0.023	0.015
F—G	固定	0.007	0.017	0.026
Y—KZ1	固定	0.012	0.021	0.020
Y—KZ3	固定	0.008	0.013	0.016
H—KZ2	固定	0.005	0.009	0.016
H—KZ1	固定	0.006	0.011	0.013
G—KZ2	固定	0.015	0.025	0.029
H—KZ3	固定	0.005	0.008	0.014
G—KZ1	固定	0.020	0.023	0.029
G—KZ3	固定	0.020	0.025	0.029

## 4 两种方法的比较与复核

将快速静态观测方法的解算成果与网络 RTK 的测量结果进行比较：

网络 RTK 测量坐标与用快速静态方法解算的坐标的较差为：平面 ≤ 0.020m，高程 ≤ 0.030m。

用 2 秒级的全站仪及高精度的数字水准仪复测坐标、高程的成果，得出的结论为：采用快速静态观测方法解算出的成果精度优于网络 RTK 的测量结果精度，满足工程建设使用控制点的精度要求。

## 5 结论

以快速静态方式替换传统的网络 RTK 方式可以解决以下问题：

- ①快速静态的观测精度相比于网络 RTK 精度高且稳定；
- ②快速静态方式外业观测时间较短，且能够保证错误少；
- ③快速静态测量方式能够符合测量规范对测图、地籍、土地信息、房产、物探、勘测、建筑施工等的控制测量测量精度的要求；
- ④采用快速静态的测量方式精度将会显著提升高程精度，是获取高成果精度的首选观测方式。

## 参考文献

[1] 丁文利,王怀念,黄良.动态GPS(RTK)测量的精度分析[J].地矿测绘,2004,20(2):16-17.  
 [2] 刘大杰,施一民,过静君.全球定位系统的原理与数据处理[M].上海:同济大学出版社,1996.  
 [3] CJJ/T 73—2019 卫星定位城市测量技术标准[S].