

# 网络 RTK 测量成果质量控制方法的研究

朱照荣<sup>1</sup> 汪胜国<sup>2</sup>

(1. 北京市测绘设计研究院, 北京 100038; 2. 中兵勘察设计院, 北京 100053)

**【摘要】** 随着 GPS 技术、计算机技术、网络技术的发展, 网络 RTK 技术得到快速的发展和應用。介绍了网络 RTK 定位的质量控制的重要性, 影响网络 RTK 定位结果的因素, 质量控制的方法等内容。通过全面的质量保证措施, 能够得到稳定、可靠的、实时高精度定位成果。

**【关键词】** 网络 RTK; 连续运行参考站; 流动站; 水平精度; 垂直精度; 质量控制

**【中图分类号】** P 221

## Method of Achievements in Quality Control of Network RTK

Zhu Zhaorong<sup>1</sup> Wang Shengguo<sup>2</sup>

(1. Beijing institute of Surveying and Mapping, Beijing 100038; 2. China Ordnance Industry Institute of Geotechnical Survey and Design, Beijing 100053 China)

**【Abstract】** Along with the development of reference station technology of GPS and Computer technology and network technology, the Network RTK is developed and applied quickly. It explains the construction of continuously operating GPS reference station and the principle of Network RTK operation, also explains the importance of quality control, affect the Network RTK operation factor, methods of quality control and so on. Through appropriate equipment of Network RTK and operational mode, using all methods of quality control, can obtain stable, reliable, real-time and precise result.

**【Key Words】** Network RTK; CORS; rover; horizontal precision; vertical precision; quality control

## 0 引言

连续运行的 GPS 参考站系统是利用 GNSS 卫星导航定位技术, 在一个城市、一个地区或一个国家根据需求按一定距离建立长年连续运行的若干个固定 GPS 参考站, 利用计算机、数据通信设备和互联网络技术将各个参考站与数据中心组成网络, 由数据中心从参考站采集数据, 利用参考站网软件进行处理, 然后向各种用户自动地发布不同类型的 GPS 原始数据和各种类型 RTK 改正数据。这种系统能够全年 365 d, 每天 24 h 连续不断地运行, 连续运行 GNSS 卫星定位网不但可以构成国家动态大地测量控制网框架体系, 也是建立城市地区动态控制网的重要方法。

目前国内已建成的连续运行卫星定位服务系统的城市有北京、深圳、上海、昆明、武汉、天津、重庆、成都等综合服务系统。系统可提供毫米级、厘米级、分米级、米级等不同精度的三维定位和时间信息服务, 以满足城市规划、城市建设、城市管理、灾害监测、科学研究等多方面的需求。因此城市连续观测的 GNSS 网是多用途的网, 是城市数字化建设的基础工程。

由于网络 RTK 覆盖范围广、费用相对较低、不需要架设基准站、作业方便、精度相对稳定等优点, 在城市测绘生产中的应用越来越广泛。在常规测量中有角度、距离、相对关系、图形关系、多余观测等等条件对作业的可靠性进行检查, 有效地保证了作业质量。网络 RTK 作业时, 一台流动站经过注册、认证、登陆后就可以进行野外作业, 其“数据质量的可靠性、有效性如何, 成果质量如何保证”是我们重点研究的问题。

### 1 质量控制的重要性<sup>[1]</sup>

研究表明, 网络 RTK 确定整周模糊度的可靠性为 95%~99%, 网络 RTK 的误差来源于以下因素: 参考站自身所提供固定解的可靠性、电离层误差、对流层误差、多路径误差以及数据控制中心与流动站之间数据通信包的可靠性和数据链传输误差等。同时, 网络 RTK 作业时为保证效率, 在通常情况下不可能采用快速静态或传统静态测量事后处理的方法, 如: 卫星高度角的截取、不健康卫星的剔除、不同时间段的截取的数据处理方法以及重复基线、

同步环、异步环等质量检验手段来进行质量控制。因此,在利用网络 RTK 技术进行野外测量时往往会出现粗差,所以利用网络 RTK 技术从事测量时必须进行质量控制。

## 2 影响定位的因素

### 2.1 参考站的稳定性

参考站坐标是整个系统的坐标框架体系,坐标的稳定性至关重要,而参考站一般建在屋顶、地面和基岩上,由于外界条件的不同,变化情况并不一样,对坐标会有一些影响,因此需要每隔一段时间应对参考站的数据进行处理,处理时一般以建在基岩上的参考站作为基准,在数据处理、统计、分析、归纳、总结过程中,如果发现参考站坐标相对基岩参考站坐标超过 5 cm 时,需要重新更改该参考站的坐标。

### 2.2 网络 RTK 定位的误差来源

在 VRS 网络中,各固定参考站的原始观测数据,首先通过数据通讯线路直接到数据控制中心;再由 VRS 处理软件对参考站的原始观测数据进行整体解算,可以有效地消除或削弱各种误差的影响。由于各参考站间距较远,影响网络 RTK 定位的误差源主要是电离层误差和对流层误差,在低纬度地区一般下午两点钟左右电离层运动比较活跃。因此网络 RTK 作业时应该避开这个时间段。

### 2.3 流动站 GPS 接收机的稳定性

在进行网络 RTK 作业时,流动站接收机除了选用经检定合格的 GPS 接收机外,还应选用经过市场长期检验稳定、可靠的 GPS 接收机,并支持网络 RTK 技术的双频 GPS 接收机。以保证数据解算的快速、稳定,质量可靠。

### 2.4 外界观测条件<sup>[2]</sup>

GPS 点位宜选择在视野开阔的地方,应远离高大的建筑物楼群、树木、大面积水面、远离大功率无线电发射源(如电视台、微波站等),其距离不得小于 200 m,并应远离高压输电线其距离不得小于 50 m。

### 2.5 通讯条件

网络 RTK 作业时一般采用 GPRS、CDMA 两种通讯方式,当数据处理中心与流动站的通讯状态是稳定、可靠时,获得网络 RTK 固定解的质量一般较高。不同的城市通讯网的覆盖情况不一样,在北京地区 GPRS 覆盖的范围较广,但有延迟现象;而 CDMA 覆盖的范围较小,在覆盖的范围内数据链比较稳定,质量高。用户应根据实际情况选用合适的通讯手段。

### 2.6 观测要求

1) 观测精度指标设置: 单次观测的平面收敛精

度应小于 2 cm, 高程收敛精度应小于 3 cm。

2) 观测开始前应重新对仪器进行初始化。

3) 观测时选用带有支架的对中杆, 在 RTK 固定解稳定收敛至 mm 级后, 开始记录观测数据。

4) 每次观测读数的坐标分量内符合精度应小于 10 mm, 取 5 次读数的平均值作为定位结果。

## 3. 质量控制的方法

### 3.1 外业质量控制

由于网络 RTK 作业成果的可靠性只有 95%~99%, 所以在网络 RTK 作业过程中不可避免地存在着粗差, 因此在外业数据采集过程中, 有必要采取一些有效的方法可以及时发现粗差并剔除。从而保证外业数据质量的可靠性, 数据成果的正确性, 其质量控制方法如下:

#### 3.1.1 已知点检核比较法

利用网络 RTK 技术测量的控制点均为已知点(静态 GPS 控制点或高等级控制点), 然后将网络 RTK 测设点的坐标与已知点坐标进行比较检核, 可以立即发现问题即采取措施改正。这种方法虽然能够 100% 地检查出粗差, 但是在测绘生产中意义不大, 在实际生产作业中可采用全站仪对网络 RTK 测设的点进行验边长和验角度, 就可以达到控制粗差的目的, 保证了外业数据的质量。

#### 3.1.2 多测回法

在网络 RTK 作业时, 对同一个点进行多测回观测(一测回观测即 GPS 接收机重新初始化一次后的观测), 各测回间的坐标分量较差应小于 20 mm, 同时要求每次观测记录与下一次观测记录的时间间隔不应小于 1 min。这样做一方面可以保证外业数据精度, 另一方面也可以保证数据质量, 当然测回数不宜太多, 否则会影响 RTK 作业的效率, 失去 RTK 作业的意义, 一般要求同一个点的测回数不少于 2 测回。

#### 3.1.3 观测多余点法

在利用网络 RTK 技术布设控制点时, 尽量多布设 1~2 个多余点, 给后续测量人员有一定的选择余地, 当利用这些点进行测量时, 可以先采用全站仪测边检查, 如果发现粗差点则剔除不用, 选用相关性好的 RTK 点进行作业。这样可以提高工作效率, 避免了返工, 同时保证了成果的可靠性。

### 3.2 获取高精度的坐标转换参数<sup>[3]</sup>

网络 RTK 在作业时直接获取的是 WGS84 坐标系统, 而在实际工作中所需的往往是北京 54 坐标系、西安 80 坐标系或地方坐标系下的坐标, 因此在

作业时必须进行坐标系的转换。通过大量的实践,网络 RTK 作业所使用的坐标转换参数应该由覆盖整个 GPS 参考站网且分布均匀的控制点求得,通常采用严密的 Bursa 七参数坐标转换模型。条件许可的情况下,参考站网应与当地的 GPS A、B、C 级网进行联测和城市首级坐标一起求解整个城市的转换参数,以保证转换的精度均匀性和城市坐标系统的一致性,确保测量成果的准确性。北京市的七参数就是通过使用这种方法获取的。如果在测区内不能提供足够的点用于转换参数的求解,在保证精度的前提下,可以临时使用四参数法求解转换参数,转换参数确定后必须利用一部分已知点来检验其精确度。以保证测量成果的质量。

### 3.3 内业数据处理

外业人员在野外进行数据采集时,能够将各种观测信息(如:名称、三维坐标、天线高度、水平精度、垂直精度、卫星数、PDOP 值、解的类型、观测时间等)保存下来,内业通过对这些数据进行处理、筛选、分析,可以提取相关的质量信息,对数据进行质量控制。为了验证这种方法的可用性和普遍性,选用了多个仪器厂商的 GPS 双频接收机:天宝系列的 5700、5800、R8,泰雷兹系列的 Z-MAX,徕卡系列的 GX1230,拓普康 HiperXT、南方灵锐 S82 和中海达 HD6000,选择的点位分布在全北京市域内的平原和山区,所有的点均在北京市全球卫星定位综合服务系统覆盖范围内。

本次试验收集的网络 RTK 数据共 1 515 个点,观测的次数为 4 289 次(即一个点有 2 个以上测回数)。对所有的观测记录的水平精度、垂直精度进行分析、统计,其区间精度分布见表 1,区间精致分布百分比见表 2。

表 1 区间精度分布

区间	0~1cm	1~2cm	2~3.5cm	3.5~5cm	5~10cm	共计
水平/点	1 730	1 859	641	46	13	4 289
垂直/点	664	2 230	1 171	135	89	4 289

表 2 区间精度分布百分比

区间	0~1cm	1~2cm	2~3.5cm	3.5~5cm	5~10cm	共计
水平/%	40.3	43.4	14.9	1.1	0.3	100
垂直/%	15.5	52.0	27.3	3.1	2.1	100

根据上表统计的结果显示有 98.6% 的点位水平精度小于 3.5 cm; 94.8% 的点位垂直精度小于 3.5 cm。绝大部分的点位质量比较可靠,而对于一部分水平精度、垂直精度较大的点位需要进一步研究。挑选了水平精度大于 5 cm 的点位进行研究分析,如果该点有已知坐标,直接将网络 RTK 测定的坐标与已知坐标相比较;如果该点没有已知坐标,根据星历预报选择良好的观测时段重新进行网络 RTK 测量,再进行比较。经过研究发现在测试点中 X 方向最大为 0.443 m, Y 方向最大为 0.424 m, 平面最大为 0.613 m, 很明显出现了粗差。

在测试过程中对网络 RTK 初始化时间也作了记录,以研究初始化时间对精度、质量的影响。对记录的初始化时间进行统计,最短初始化时间为 3 s, 最长初始化时间为 475 s, 平均初始化时间为 25 s。经研究发现一般初始化时间较短时,精度相应很高,数据质量也很可靠。

## 4 结论

由于影响网络 RTK 定位质量的因素很多,在作业过程中很难判断是哪一个环节影响了定位结果,因此在网络 RTK 作业时应将几种质量控制方法因地制宜地结合起来使用,效果会好一些。选择稳定的网络 RTK 仪器、快速的初始化时间和良好的作业习惯,能够有效提高数据质量,同时通过全面的质量保证措施,能够得到更加稳定可靠的作业成果。随着 GPS 参考站技术的不断向前发展,网络 RTK 将在多个方面替代传统 GPS 作业,因此传统的作业模式、作业方法将会发生根本性的变化,作业效率将会大大提高。随着 GPS 参考站的技术的发展和运用,网络 RTK 技术将会在多个领域发挥更大的作用。

## 参 考 文 献

- [1] 李征航,黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 湖北武汉:武汉大学出版社,2005:38-39.
- [2] CJJ73-97 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [3] 孔祥元,梅是义. 控制测量学[M]. 湖北武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996:117-119.

收稿日期:2008-09-17