

VRS RTK 在地籍测量中应用

马振利, 吉长东, 白建军

(辽宁工程技术大学 测量工程系, 辽宁 阜新 123000)

摘 要: 为了解决地籍测量外业要求时间短、精度较高等技术问题, 在理论研究的基础上, 在某市城区采用了 VRS RTK 技术建立测量控制网。通过成果分析得知, 由于基于载波相位的 GPS 相对定位具有较高精度, 只要控制网变形可以忽略或者进行建模, 则不需要进行相邻控制点的联测, 因此布设 VRS RTK 是非常适合的, 减少了传统控制网埋石造标工作量。在 RTK 多测站解算中, 建立了由电离层、对流层和卫星轨道引起的 GPS 观测误差在空间和时间的相关模型, 得出在人口密集或重要经济地区布设局域 GPS 网的设计与测量模式。

关键词: 地籍测量; GPS 定位; VRS RTK 控制网; 观测误差; 精度

中图分类号: P 228

文献标识码: A

Application of RTK GPS network in cadastral surveys

MA Zhen-li, JI Chang-dong, BAI Jian-jun

(Department of Surveying Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: It is very important to establish and maintain the geodetic networks in cadastral surveys, while the relative carrier phase-based GPS measurements can be tied to the reference station with precise coordinates. The connection is not required as long as network distortions can be either neglected or modeled. Therefore, it is very suitable to establish RTK GPS framework and the cost of classical monumented networks can be reduced. For those applications requiring sub-decimeter-level accuracy in real time, the working radius of a field station is limited to less than 10 km. To solve this problem, the spatial and temporal correlations of GPS measurement errors introduced by ionosphere, troposphere, and satellite orbit need to be modeled in a real time multi-station solution. Aiming at this issue, an analysis on establishment and results of the GPS network in some city is undertaken and some proposals are given.

Key words: cadastral survey; GPS positioning; VRS RTK framework; observation error; accuracy

0 引 言

近年来, GPS 技术在测量领域得到了越来越广泛的应用, 成为建立和加密大地测量控制网最经济和可靠的一项手段。只要测站点间距离适当, 采用静态 GPS 观测方法, 一般几十分钟外业观测, 再经内业处理就得到理想的成果^[1]。而地籍测量观测的特点是野外测定点位的时间要短, 因此只有在大区域测量作业中, 应用 GPS 观测取代常规测量方法才能显示其优势。从单一基准站定位技术开始, RTK 系统逐渐应用于细部测量中, 但是单一基准站作业比较困难, 仅几千米长度的基线限制了其应用范围^[2]。而 VRS RTK (Virtual Reference Station, Real-Time Kinematic GPS, 即虚拟参考站 GPS 动态实时定位)

可以在大区域内提供精密的实时定位, 如果其布设为大地测量控制网的一部分, 则所有 GPS 用户都可以共享其控制基准数据来进行联测。

1 VRS RTK 网设计

1.1 GPS 测量误差来源

由于大气相关性和卫星轨道误差随着基准站和流动站间距增大而减少, 标准 RTK 模式的距离受到限制。在 VRS RTK 网中, 距离的比例误差的时间和空间相关性可以根据若干个具有精确坐标的 GPS 基准站的观测值来确定^[3]。这些测站的残差一般源于内插模型, 该模型用来在控制网内依次对任意流动站点位进行改正, 这样快速求解和改正整

周模糊度,所以流动站坐标可以不考虑至下一个基准站的距离来精确测定。

1.2 误差参数模型

对于参数估计模型,每个误差分量是各自对每个卫星和每个星历为基础进行建模。在式(1)中,轨道误差分量、卫星钟误差和电离层与对流层延迟估值描述为误差向量,也可以认为是状态向量^[4],因此这个模型也表示为状态空间逼近。

$$x = [X_j, N_j^i, \delta_j^i, \delta\sigma^i, \delta T_j^i, \delta I_j^i, \delta M_j^i]^T \quad (1)$$

在同一控制网中,全球和区域状态参数不必重复估算,在全球 GPS 控制网测定的精确星历,也可以在其他 GPS 测量中采用。按照传统大地控制网逐级布网的概念,建立一个一等 GPS 控制网和几个二等控制网(图1)。一等控制网基准站间隔的选择,要以尽短时间内整周模糊度确定为前提。当这个网全球状态参数估算后,再传送到人口密集和重要经济区域的二等网。通过全球和区域状态参数的结合,求得控制网改正数。

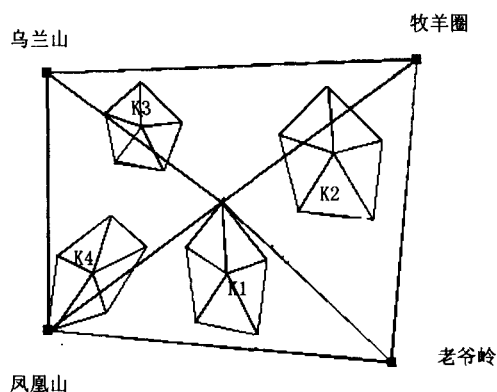


图1 一等网和区域二等网的联测

Fig.1 tying in national and regional RTK networks

1.3 现有 GPS 基准网的利用

VRS RTK 网不仅可以实施精密实时定位,也可作为各种测量工作的基础控制,应用 GPS 改正数,可以直接与 VRS RTK 基准站坐标进行联测。由于控制点埋石与造标的成本很高,在地籍测量中,如果直接联测到 VRS RTK 网,除设立边界标志外,可以省去其他点埋石造标的费用。

对于中国这样幅员辽阔的国家,大地控制网完全可由 VRS RTK 基准网来取代。虽然现在已经有了比较合适的转换方法,但是将各种已有控制网转

换到新的同类 GPS 控制网的工作非常繁琐。现有控制网对各专业领域在 GPS 方面的应用,如:GIS、农村土地管理、农业、土木工程、城镇规划、能源资源、地质勘探、水道测量和海洋测量等都有特殊价值。除了测量专业人员之外,其他用户一般对基准网的类别和控制网的概念了解不多,所以单一型控制网更具有实用意义^[5-6]。

2 VRS RTK 基准网的建立

2.1 概况

在某市城区于2001年10月用3周时间布设了精确实时定位的基准网。该地区人口比较密集,城区有一条河流通过,三面由丘陵环绕,适合 GPS 测量。高建筑物上建立了4个 GPS 基准站(图2),中心基准站-主楼设在某大学最高建筑物上,除了北山站外,其他 GPS 天线安置在混凝土标石点上,图书馆站和所有流动站都使用脚架。图书馆站位于附近的一个原有控制网中,设置在大学图书馆顶楼上,也作为基准站。

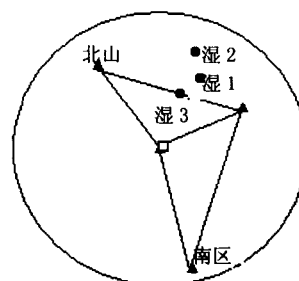


图2 新建 RTK GPS 控制网

Fig.2 new RTK GPS framework

2.2 数据处理流程

中心站-主楼计算的改正数和通过 UHF 无线接收到的差分改正数利用软件进行实时多测站运算处理。首先,在双频平差中求解整周模糊度与所有状态向量之前,必须探测和修复周跳。在状态空间确定后,通过简单的数学方法表示误差状态,控制网系数的差分改正数通过 VHF 无线电传送。因为 VHF 无线电传输器位置较高且地形平坦,几乎在所有测试区都能收到差分改正数。使用 VHF 直线波,可以达到 70 km 的距离,所以大学建筑物是对永久 GPS 传送改正数的理想位置。

与以前描述的装置相比,以被动模式在这样小型控制网中运行外围基准站也是很普遍的。从接收

机串行接口读取 GPS 数据并通过电话或网络直接传输到数据处理中心,不需要计算机和无线电传输器,因此硬件成本减少。

3 VRS RTK 的应用分析

3.1 VRS RTK 的应用

VRS RTK 精密的实时定位是地籍测量与基准控制网联测的有效方法,并为光电测距或全站仪提供局域测量控制数据。如果不考虑信号遮挡的话,在农村或多数城郊施测时, GPS 也可用于直接细部测量,如边界标记和地形目标观测。表 1 中,列出了常见的土地测量类型及快速静态、实时 GPS 的适用情况。只要精度和可靠性要求适当, VRS RTK 在各种应用中都具有优势。

表 1 典型测量工作适应的 GPS 定位方法

Tab.1 suitable GPS positioning methods for typical surveys

应用领域	快速静态	RTK	VRS RTK
大地测量	很适合	不适合	很适合
控制网加密	很适合	部分适合	很适合
地籍测量	不适合	部分适合	很适合
大比例尺测图	不适合	部分适合	很适合
建筑测量(配合测距仪)	不适合	部分适合	很适合
放样测设	不适合	部分适合	很适合

由于地籍测量中容易发生建筑物、桥梁、街道等阻挡 GPS 信号,应该采用 GPS 结合常规测量方法进行,不能全部取代常规大地测量方法。对于测设点位的坐标,如果整周模糊度求解适合的话,可以仅采用 GPS 施测,然后在野外进行即时检核。

实时方法对厘米级精度的高程传输也是适合的。在基准站和流动站采用校准的天线或者相同类型天线的是前提条件,而天线设置(包括天线高量取)应该特别注意。精度要求较高时,必须进行长时间的静态 GPS 观测和数据处理。使用 GPS,仅仅可以测定椭球高和高差。为了获得相对于重力场的高程,则需要一个精化大地水准面模型。

3.2 多测站 RTK 精度分析

该 RTK GPS 网中,测站-主楼是由大厦、北山和南区计 3 个测站所构成控制网的永久流动站(图 2)。如果地籍测量允许误差为 ± 2 cm,全部解算值均满足 95%置信度。水平分量的合成情况,多数残差小于 ± 1 cm,并且 90%在 ± 2 cm 之内。该成果证

明,即使在电离层折射不利情况下,多测站 RTK 方式对地籍测量也是非常适合的 GPS 定位方法^[7]。高程分量的残差分布在各个观测值中。尽管采用校准的天线,高程残差仅 50%小于 ± 2 cm,但是至少 90%小于 ± 10 cm,大于 ± 10 cm 的粗差少于 1%^[7-8]。

4 结 论

地籍和其他细部测量需要精确、可靠、快速的定位求解方法,而 GPS 是非常适合的方式。依据现有控制测量基准,不到 1min 就可以对几十千米距离的定位提供厘米级精度测量成果。对于中国这样领土幅员辽阔的国家,在全国各地都提供 VRS RTK 服务是不可能的,因此在人口密集和重要经济地区建立 GPS 基准网,更具有实用意义。

在地籍测量 VRS RTK 技术与 GPS 控制网设计中,提出如下建议:

(1) GPS 网联测或使用原有控制点应不少于 3 个。

(2) GPS 布网时,尽量利用原有控制点,以便对原有控制网成果进行改算。

(3) 关于 RTK 控制网改正的标准和某些技术问题的研究,尤其有关改正数存储问题,应该进一步探讨。

(4) 监测系统不可缺少,需可靠地来探测系统故障和失误,及时发送警告。

参考文献:

- [1] 刘基余,李征航.全球定位系统原理及其应用[M].北京:测绘出版社,1993.
- [2] 周忠谟,易杰军. GPS 卫星测量原理与应用[M].北京:测绘出版社,1992.
- [3] 乔仰文,赵长胜. GPS 卫星定位原理及其在测绘中的应用[M].北京:教育科学出版社,2003.
- [4] 夏汉林. 建立国家空间大地网的研究[J]. 测绘科技, 1995 (1): 6-8.
- [5] 乔仰文. GPS 快速静态定位的理论和方法[J]. 辽宁工程技术大学学报,1997, 16(3):15-18.
- [6] AUGATH, W. Stand und Entwicklungstendenzen des GPS-Einsatzes in der Landesvermessung [J]. ZfV 1994: 119, 233-240.
- [7] 包家骥, 赵长胜. 似大地水准面的模拟与 GPS 高程转换[J]. 辽宁工程技术大学学报,1999,18(6):607-608.
- [8] 王建敏, 石金峰. GPS 网的优化设计与粗差剔除[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2003,22(2):192-195