

复杂条件下提高 RTK 观测高程精度的研究与分析

吉长东¹, 乔仰文¹, 王国清²

(1. 辽宁工程技术大学 测量工程系, 辽宁 阜新 123000; 2. 山西焦煤集团 煤炭销售总公司, 山西 太原 030053)

Study and Analysis of Precision Promotion of RTK Elevation in Complicated Conditions

Ji Chang-dong, Qiao Yang-wen, Wang Guo-qing

摘要: 贵阳二戈寨测区 1:2 000 像控点联测, 在不增加其他设备的情况下, 从影响 RTK 高程精度的因素分析入手, 通过对该地区部分像控点的观测数据的试验, 按 1:500 像控点联测高程的精度要求, 在山地和林区等复杂观测条件下, 提出提高 RTK 观测高程精度的措施, 得出有益的结论。

关键词: 高程; RTK; GPS

一、引言

全球卫星定位系统(GPS)采用实时动态载波相位差分技术(RTK), 具有观测速度快、精度高、应用广的特点。它由 1 台基准站、多台流动站组成, 通过数据链连接成一个有机的整体。基准站把接收到的伪距、载波相位观测值和基准站的坐标、天线高等数据通过数据链传送到流动站; 流动站在接收卫星数据的同时, 也接收基准站传送的观测数据, 在流动站完成初始化后, 把接收到的基准站信息传到控制器内, 并将基准站的载波信号与本身接收到的载波观测信号进行差分处理, 即可实时求得两站间的基线值。经过点校正, 求出 GPS 坐标系统与地面控制测量坐标系统之间的转换参数, 实时求得实用的测点坐标。

我们应用 Trimble5700 双频 GPS 接收机, 采用 RTK 技术, 于 2002 年 9 月在贵阳市做 1:2 000 像控点联测。测区属山区, 林地茂盛, 平均高程 1 175 m。根据在胶州等平坦地区 1:1 000 像控点联测实践得知, 其平面和高程精度完全可以满足要求, 但在贵阳这样复杂的条件下 RTK 是否满足 1:500 像控点联测对高程的要求? 我们在工程实践中进行了深入的研究与分析, 找出了影响 RTK 高程精度的因素, 采取了相应措施, 取得了好的效果。

二、影响 RTK 高程精度的因素和所采取的相应措施

山地和林区环境对 RTK 高程精度的影响有两

个因素: 一是其遮挡 RTK 电台信号, 使基准站信息不能被流动站接收, 从而不能实现实时差分定位; 二是其遮挡 GPS 卫星信号, 使得接收机不能接收到至少 5 颗卫星的信号, 从而不能实时定位。

RTK 系统主要由参考站、流动站、电台 3 部分组成, 按上述影响因素, 提高 RTK 高程精度的措施首先应从以下几方面分析入手。

1. 参考站部分

参考站的选址要有一定的高度, 且要远离干扰源。GPS 卫星距离地面高度 20 197 km, 以 20 W 的功率发射信号, 这样地面接收的信号很弱, 远离电磁干扰才能保证信号的接收效果。

2. 电台部分

电台的设置一定要符合规范。由于参考站电台选择高频发射, 信号近似直线传播, 为了避开遮挡信号的障碍物, 尤其在山地和林区, 参考站发射电台的天线要尽可能地高于接收机。

Trimble5700-RTK 系统的电台有 2 W, 10 W 和 25 W 3 个档次可供选择。在功率大于 10 W 时, 电台的发射天线距 GPS 信号接受天线至少 2 m, 最好 6 m, 避免它们之间的互相干扰。在实际操作中, 最容易被忽视的重要因素是供电电缆、数据电缆造成的干扰。一般这些电缆的配置稍长, 多数人乐意将它们卷起, 殊不知这样的通电线圈又形成了新的干扰源。

此外, 电台的电源一般选择 60 Ah 的电瓶供电, 在复杂的环境(如山地和林区)一般采用大功率发射, 质量比较好的电瓶可以供电 12 h, 但是一般都在

12 h以内。这样在工作 4~5 h以后,虽然没有提示电压低的信息,但是信号的传播距离明显缩短了,所以最好选择120 Ah的电瓶,可以完全保证工作期间的观测精度。

3. 流动站部分

Trimble5700-RTK 的流动站一般设置在未知点上,这样在最佳观测距离(一般5 km)的范围内,作为点校正的点就应该有所选择,为了保证高程的精度,应该把高程变化比较大(一般20 m左右)的点全部采集进来,均匀地分布并控制整个测区。

4. 卫星部分

由于 GPS-RTK 观测比 GPS 静态观测的要求高,需要观测至少 5 颗卫星,所以应利用选星计划选择 PDOP 比较小和卫星数目多于 5 颗的时间段去观测,以提高 RTK 高程的精度。

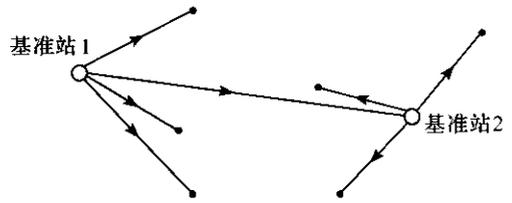


图 2 有效基准站

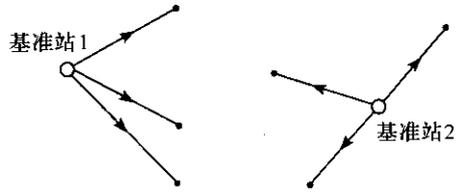


图 3 无效基准站

三、注意校正点的控制范围是提高 RTK 高程精度的重要措施

1. 校正点控制范围

为了实现像控点联测,对 Trimble5700-RTK 应利用若干个点点校正,以便求得转换参数,这样在选择校正点时一定要注意使其把所有像控点包含在它的范围之内,即像控点不要超出校正点所控制的范围(以下简称为“不超控”,否则为“超控”)。

在图 1 中,校正点(1,2,3,4,5,6)所围成的范围对 B 区域像控点联测有效,对 C 区域无效。但观测点有可能超出闭合区域的控制范围,在平原地区一般问题不大,但山区高程变化较大,最好不要超出控制范围,一旦超出控制范围,必须在下次设站时对其进行检核。

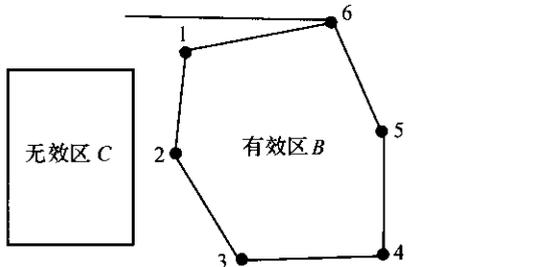


图 1 校正点控制范围

2. 有效和无效基准站

按 Trimble5700 手簿上“F1”的对应键,让仪器自动测得基准站的 WGS84 坐标,建立基准站 1(如图 2),基准站 2 必须建立在基准站 1 测得的基线向量上,才为有效基准站,否则为无效基准站,如图 3。图 3 基准站 1 和基准站 2 不能用于点校正。

3. 实例比较

实例数据采用的是贵阳二戈寨地区的数据,在控制范围边界外采集了 30 个点,超控的距离均在 2 km 以内,方案 1 是像控点超出校正点的控制范围进行观测,方案 2 是重新选择校正点把所有的待测点都包围起来,即在原有的校正点的基础上再加入可以把超控点包围起来的校正点,来重新观测像控点。两种方案其高程比较见表 1。

表 1 方案 1 和方案 2 的高程比较 m

点号	水准	方案 1	方案 2
1	139.746	139.750	139.741
2	99.420	99.383	99.451
3	119.265	119.169	119.291
4	118.900	118.953	119.021
5	118.754	118.746	118.750
6	78.747	78.781	78.755
7	119.912	111.912	111.912
8	88.973	88.990	88.991
9	79.171	79.178	79.170
10	64.490	64.479	64.485
11	98.666	98.652	98.680
12	129.800	129.762	129.821
13	95.925	95.921	95.930
14	115.608	115.653	115.629
15	113.334	113.330	113.352
16	106.418	106.429	106.410
17	129.999	129.950	130.021
18	75.549	74.567	74.543
19	86.519	86.498	86.512
20	120.388	120.372	120.393
21	126.000	126.019	125.978
22	64.365	64.365	64.365
23	104.884	104.881	104.888
24	146.463	146.463	146.464
方案 1: $m_h = 0.022$ m		方案 2: $m_h = 0.010$ m	

LoD 是可交互的、动态的。即所谓的“在线综合”,它对算法和交互中的实时响应有很高的要求。

从技术上来看,实现视觉 LoD 交互的功能,实现地图信息内容的任意比例尺无级操作(数据库和可视化软件都必须具有真实的 LoD(细节分层水平)功能,以求信息随比例尺缩放的交互而有不同详细程度细部的表现,而不是像现在大多数软件在处理比例尺缩放时只有像素尺寸的改变而无内容的详略变化这样一种初级水平。这就迫使我们采用适合视觉与认知要求的原则,研究阅读地图的视觉载负量问题和数据压缩的有效算法、地形地物细节分层(LoD)算法,从而建立动态的、可视的电子地图的多尺度表达,满足动态阅读中的视觉 LoD 的真正要求,使地图设计制作和使用者在同一专题或目的上的认识尽可能一致。电子地图集阅读中的视觉 LoD 不仅包括显示内容数量上的层次性,还应该包括图形要素轮廓表达的层次性以及支持显示算法的实时性、有效性和快捷性。从这点来看,它与图形认知理论要求对可视化图形、图像实施概括与简化的要求是一致的、同向的。因此,动态电子地图中视觉的 LoD 技术,实质上是一种空间数据的实时综合。该图集在内容要素的多尺度显示上,采用地图面积载负量和心理物理学的实验相结合的方法来控制内容详略程度即内容显示的定额指标。具体的算法实现可参阅文献[3]。随着研究的深入和需求的增强,我们正在通过分析研究影响视觉载负量的各个因子,建立不同要素层及同一要素层之间的视觉载负量的计算公式,来较好地解决这一问题。

三、结束语

本文结合某地图集电子版设计,针对电子地图集设计过程中遇到的几个相关技术问题做了分析和试验,为今后电子地图集的设计与制作在理论

和方法上提供参考。

怎样的电子地图集更符合人们的视觉感受,达到最佳的传输效果?怎样才能定量地描述电子地图的内容 LoD 即建立视觉载负量的计算公式?电子地图集的阅读,视觉已经不再是惟一的感受通道,那么其他感受通道对地图集的设计有什么影响?怎样才能将电子地图集与地理信息系统有效地结合起来,为用户构建一个高效的、空间知识发现与发掘的工具?网络无疑是信息传递最快的地方,怎样可以使用户不受时间和空间的限制在网上使用电子地图集?等等。数字环境下地图集的设计还有许多理论与技术需要进一步研究和解决。

参考文献:

- [1] 高俊.地理空间数据的可视化[J].测绘工程,2000,(3).
- [2] 刘芳.《军官地图集》电子版自动分幅系统及专题地图制图系统的设计与实现[D].郑州:信息工程大学测绘学院,2003.
- [3] 贾奋励.电子地图多尺度表达的理论与方法的研究[D].郑州:信息工程大学测绘学院,2002.
- [4] 王家耀,等.普通地图制图综合原理[M].北京:测绘出版社,1993.
- [5] 王家耀,武芳.数字地图制图综合原理与方法[M].北京:解放军出版社,1998.
- [6] 陈刚,贾奋励.超大数据量矢量电子地图显示的方法研究及实践[J].测绘通报,2000(2).
- [7] 王家耀.《军官地图集》的设计特色[A].第四届全国地图学学术讨论会论文集[C].北京:中国地图出版社,1992.
- [8] 郭国锋.多媒体电子地图集集成工具的系统设计与实现[D].武汉:武汉测绘科技大学,2000.
- [9] 李爱勤.无缝空间数据组织及其多比例尺表达与处理[D].武汉:武汉大学,2001.

(上接第 17 页)

四、结论

在实践中,通过对影响 RTK 系统高程精度因素的深入研究和分析,并经过实际验证,提出了在复杂条件下提高 RTK 高程精度的几条经验和措施:

1. 参考站的选址要有一定的高度,且要远离干扰源,这样才可以在相对高度的范围内更好地接收卫星信号,并且能够保证接收效果。
2. 电台的设置按照一定的规范要求,并尽量提高天线的高度,注意电缆卷起形成新的干扰源的影响。

3. 利用选星计划来选取 PDOP 比较小和卫星数目比较多的时间段进行测量。

4. 对超控点,一定再加入新的校正点,来重新观测,以便保证测量点的精度。

5. 参考站一定要设置在有联系的基线上。

参考文献:

- [1] 吉长东,赵长胜.航测像片连测中几种特殊情况的处理[J].矿山测量,2003(1):40-41.
- [2] 周忠谟,易杰军,周琪.GPS 卫星测量原理与应用[M].北京:测绘出版社,1997.