

不同类型 GPS 接收机天线观测结果分析

王小瑞,程传录

(国家测绘局大地测量数据处理中心,陕西 西安 710054)

摘要: 针对不同类型 GPS 仪器和天线,通过实测数据的计算、比较、分析,研究不同类型仪器对定位结果的影响,为更好地发挥 GPS 仪器作用提供参考。

关键词: GPS 接收机及天线;天线相位中心变化(PCV);IGS

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2013)06-0054-04

0 引言

随着 GPS 定位精度的提高和技术的完善, GPS 技术已成为大地坐标系建立与维护及基础地理信息获取与更新的主要技术手段。国内外 GPS 测量仪器种类不断增加,目前有 TRIMBLE、LEICA、TOPCON、ASHTech、NOVATEL、THALES、SOKKIA、南方、中海达、华测及合众思壮等 GPS 测量仪器, GPS 测量仪器种类的增加推动了 GPS 技术的广泛应用,同时,由于 GPS 天线相位中心不一致性,造成不同仪器定位结果的差异,给广大用户带来了很大困难。针对不同类型 GPS 仪器和天线,通过实测数据的计算、比较、分析,研究不同类型仪器对定位结果的影响,为更好地发挥 GPS 仪器作用提供参考。

1 天线相位中心及改正模型

无线电天线发射或接收信号的那一点被称为天线相位中心, GPS 接收机所采集到的观测值就是相对于这一点。天线相位中心并非固定不变,而是随所接收信号的高度角、方位角和信号强度等的变化而变化,被称为天线相位中心变化(PCV)^[1-2]。天线相位中心变化通常为数个毫米,对于某些类型的天线,可能达到数厘米。天线相位中心变化对基线解算结果所产生的影响,可以采用模型改正的方

法来加以消除^[1]。

虽然天线相位中心与信号的高度角、方位角和信号强度都有关,但由于其它因素的影响不太明显,并且测试成本比较高,因此,现有的改正模型仅考虑了高度角因素。测定相位中心变化的方法是:采用多项式对 L1 和 L2 的单残差进行拟合,得出由于相位中心随高度角变化而引起的观测值的变化^[1]。利用此方法所确定出的天线相位中心变化被称为相对的相位中心变化。所以,常用的天线相位中心改正模型由两部分改正构成:天线平均相位中心位置(也常被称为天线相位中心偏移^[4],该参数由天线生产厂商提供);与信号高度角有关的相位中心变化而引起的载波相位观测值的改正。

目前,比较常用的天线相位中心改正模型是由 IGS 所发布。对于不同的 GPS 天线,其相位中心改正模型不同。IGS 给出了国外主要 GPS 厂商生产的天线相位中心改正模型,而国产天线的相位中心改正没有经过专门部门的检测和公布,所以缺少改正模型。这也导致了使用国产天线观测结果与国外天线观测结果在垂直方向上存在一定差异。

列出 IGS 公布的 GPS 天线 TRM39105.00 (TRMZEP)的天线相位中心改正模型,该数据来自 GAMIT 软件的天线相位中心改正模型文件 antmod.dat^[2]。

```
# Elev ang 0 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
# ANTYP freq Up North East Model azinc elinc sign
TRMZEP L1 71.2 0.0 0.2 N3_NGS03 360 5 1.0 TRM39105.00 Trimble Zephyr without Ground Plane
NGS ( 4) 01/04/11
0.0 0.0 -2.5 1.4 4.3 6.5 8.0 8.9 9.3 9.2 8.7 8.0 7.0 5.8 4.6 3.4 2.2 1.0 0.0
TRMZEP L2 67.4 -0.7 0.9 N3_NGS03 360 5 1.0 TRM39105.00 Trimble Zephyr without Ground
Plane NGS ( 4) 01/04/11
0.0 0.0 -4.0 -1.5 0.6 2.1 3.3 4.1 4.4 4.4 4.0 3.5 2.8 1.9 1.1 0.4 -0.1 -0.3 0.0
```

前两行为注释行,第一行表明:天线高度角改正正在 0°到 90°之间,步长为 5°;第二行表明:天线名称、载波名称、U 方向、N 方向、E 方向等信息;下面四行为改正模型参数,第三行表明:L1 载波的 U、N、E 方向的改正量;第四行为高度角 0 至 90°的以 5°为步长的相位中心改正。

能,使用国外天线:天宝 5700(EPHYR GEODETIC、EPHYR)、天宝 R8 MODEL 2、天宝 R6、天宝 R4、拓普康 Hiper Ga 和国产天线:南方灵锐 S82、达恒 LV2、华测 X91 仪器及对应天线在 8 个测站点上于 2011 年 1 月 19、27、28、29 日进行了 GPS 观测,每天观测两个时段,时段长度 2.5~3.5 h 左右。表 1 示出了不同天线在不同点位的观测时段数。

2 不同仪器结果与分析

为了比较分析不同类型 GPS 接收机天线的性

表 1 测站点观测时段统计 (# 代表测站号)

GPS 接收机天线	测站点号/时段数							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
天宝 5700 EPHYR GEODETIC		2	1		2	2	1	
天宝 5700 EPHYR	2		1	3	3	2	3	
天宝 R8 MODEL	2	1	1			2	1	4
天宝 R6			1				1	
天宝 R4	1		1	1			1	
拓普康 Hiper Ga			1	2	1			
灵锐 S82	2	2	1	2	2	1		
达恒 LV22								2
华测 X91		1						

1) 数据处理方案

数据处理采用 GAMIT/GLOBK 软件。利用国际 GPS 服务跟踪 (IGS) 精密星历,估计卫星钟差、接收机钟差、电离层与对流层延迟、卫星和接收机天线相位中心等各种改正^[2-3],以北京房山、西安、郑州、盐池 4 个 IGS 站为框架点,选择 ITRF97 参考框架、2000.0 参考历元进行数据处理。

主要参数设置:卫星轨道:IGS 精密星历,且固定;卫星截至高度角:10°;数据采样间隔:15 s;

对流层改正模型:采用 Saastamoinen 模型进行标准气象改正^[2];观测值:采用消除电离层后的组合观测值^[2];坐标约束:GPS 连续运行参考站水平方向给予 5 cm、垂直方向给予 10 cm 的约束,其它 GPS 站给予 10 m 的约束;数据解算模式:周跳自动修复技术^[2]。

2) 不同类型 GPS 接收机天线观测结果精度

统计

按照以上处理方案,对各种天线观测数据进行处理。对同一天线在同一点位的多时段解进行综合平差,得到平差之后的点位坐标及其点位精度。如表 2 所示。(平差过程和文件配置参照参考文献 [3])

表 2 不同天线观测结果精度统计

仪器名称	Nrms	Erms	Urms	观测站 个数
	/(mm)	/(mm)	/(mm)	
天宝 5700 EPHYR	2.0	1.8	10.3	6
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	2.0	1.8	11.1	5
天宝 R8 MODEL 2	2.1	2.2	11.1	6
天宝 R6	2.0	1.8	11.0	2
天宝 R4	2.0	1.7	10.6	4
拓普康 Hiper Ga	2.0	1.8	10.2	3
达恒 LV2	2.5	2.0	11.3	1
灵锐 S82	2.1	2.4	9.4	6
华测 X91	1.9	1.7	8.4	1

由表 2 可知,使用不同类型 GPS 接收机天线进行观测,对观测结果精度影响不明显,测站点平面精度较好,高程精度较弱。

3) 不同类型 GPS 接收机天线观测结果比较

为了便于分析,首先选择国外的天线的观测结果作为基准进行比较。由于天宝 R8 MODEL 2 和

天宝 5700 EPHYR 两种仪器上站次数较多,并且其天线相位中心改正模型完善,所以以这两种仪器结果为基准,其它天线在同一点位的观测结果分别与这两种天线的观测结果在 N、E、U 三个分量上比较,其差异结果如表 3、表 4 所示。

表 3 不同天线观测结果与‘天宝 R8 MODEL 2’比较

天线型号	测站号	$\Delta N/mm$	$\Delta E/mm$	$\Delta U/mm$
天宝 5700 EPHYR	1#	0.2	1.7	-17.4
天宝 R4	1#	0.7	-2.8	1.3
灵锐 S82	1#	-3	4.0	37.2
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	2#	0.9	-0.5	9.5
灵锐 S82	2#	6.0	0.9	44.8
华测 X91	2#	2.0	4.6	90.9
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	3#	11.8	-8.8	-14.7
天宝 5700 EPHYR	3#	13.1	-3.5	-6.2
天宝 R6	3#	12.9	-14.6	-8.6
天宝 R4	3#	11.9	-8.0	3.9
拓普康 Hiper Ga	3#	16.1	-7.9	-16.0
灵锐 S82	3#	16.8	-10.8	52.2
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	6#	0.4	0.9	2.0
天宝 5700 EPHYR	6#	-1.9	3.4	-8.2
灵锐 S82	6#	-10.5	6.9	55.0
天宝 R4	7#	0.8	-3.7	-1.9
天宝 R6	7#	-2.7	-6.8	2.9
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	7#	3.1	-2.4	14.9
天宝 5700 EPHYR	7#	-0.7	-3.6	2.7
达恒 LV2	8#	-0.9	-5.6	50.4

表 4 不同天线观测结果与‘天宝 5700 EPHYR’比较

天线型号	测站号	$\Delta N/mm$	$\Delta E/mm$	$\Delta U/mm$
拓普康 Hiper Ga	4#	2.4	-3	2
天宝 R4	4#	4.4	-3	23.4
灵锐 S82	4#	-10.9	1.5	56.9
天宝 5700 EPHYR GEODETIC	5#	0.8	-1.7	-1.2
拓普康 Hiper Ga	5#	3.6	1.5	-7.6
灵锐 S82	5#	-4.8	3.4	60.2

由表 3 和表 4 可知:不同类型 GPS 接收机天线观测结果,平面差异较小,高程差异较大;国外天线在 U 方向差异较小,基本都在 2 cm 之内;国内天线在 U 方向上与该两种天线差异较大,基本都在 4 cm 以上。

国内外仪器在 U 方向差异的主要原因是由于国产 GPS 天线没有相位中心改正模型,在数据处理过程中国内仪器没有附加天线相位中心改正,这

种相位中心的改正的缺失就在 U 方向上体现出差异。所以,影响高程差异的主要原因是不同 GPS 接收机天线相位中心改正模型不同。

为了进一步比较各种天线之间的观测差异情况,对各个不同天线在同一点位的结果进行了比较,由于数据量太多,在此不再赘述。其差异情况与以上比较的结果趋势相同:国外天线在高程方向的差异较小,国产天线与国外天线的差异较大。

3 结 论

通过以上比较分析,得出结论:

1) 使用不同的 GPS 接收机天线进行观测,对观测结果精度影响不明显,平面精度比高程精度稍好;

不同 GPS 接收机天线观测结果,平面差异较小,高程差异较大,影响高程差异的主要原因是不同的 GPS 接收机天线相位中心改正模型不同;

2) 国产 GPS 接收机天线相位中心改正模型目前还没有,在数据处理时无法进行改正。

3) 为了避免不同 GPS 接收机天线对观测结果高程方向的影响,在同一个网中最好使用相同的 GPS 接收机天线进行观测,这样可以消除天线相位中心改正的影响。

参考文献

- [1] 李征航,黄劲松, GPS 测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
- [2] HERRING T A, KIN R W, MCCIUSKY S C. Documentation for the GAMIT GPS analysis software [R]. 2006.
- [3] MIT. Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program(GLOBK), ver 10.0 [R]. 2000.
- [4] DACH R, HUGENTOBLE U, FRIDEZ P, *et al.* Bernese GPS software version 5.0 [R]. 2007.

作者简介

王小瑞 (1965—),女,陕西渭南人,高级工程师,主要从事大地测量数据处理和分析工作。

Analysis of the Results from Different Types Of GPS Receiver and Antenna

WANG Xiaorui, CHENG Chuanlu

(Geodetic Data Processing Center of National Bureau of Surveying and
Mapping, Xi'an Shannxi 710054, China)

Abstract: This paper tests with different antennas, and calculating, comparing, analyzing and researching on different data from different antennas, study on the influence of different antennas to the positioning, and provides a well basic for the using of GPS instrument.

Key words: GPS receiver and antenna; Phase Center Variation(PCV); IGS

(上接第 35 页)

The Application of Kalman Filter in Single Point Position Using GPS C/A Code

ZHANG Yuechao¹, CHEN Yi^{1,2}, HU Chuan^{1,2}

(1. College of Surveying and Geo-informatics, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Key Laboratory of Modern Engineering Surveying, SBSM, Shanghai 200092, China)

Abstract: The method of Point Position using GPS makes use of GPS satellites' position and distances of antennas of satellites and antenna of receiver. Single point position just make use of C/A code or P code in GPS signal as observations to calculate the position of target and receiver clock-offsets. The basic theory of single point position using GPS C/A code is introduced, and the application of LS and Kalman Filter in thus field is discussed. Finally the numerical example has proved that Kalman Filter could smooth results in different epoch and make results more stable.

Key words: Single point position; GPS; Kalman filter; single epoch