

GPS 接收机天线相位中心在垂直方向上偏差的检测与分析

徐绍铨 田则海 耿涛 林竹

(武汉大学 测绘学院 湖北, 武汉 430079)

E-mail: xsq39@263.net

摘要: 本文先介绍了在野外检测两个 GPS 天线相位中心在垂直方向上偏差之差的方法, 经对三种 GPS 接收机、五种不同型号天线的检测, 分析了不同 GPS 天线的相位中心, 在垂直方向上偏差之差的变化规律。最后, 对开展高精度 GPS 高程测量工作提出了一些建议。

关键词: 高差比较法; 天线相位中心偏差; GPS 高程

目前, 有的 GPS 接收机已标称其 GPS 接收机天线相位中心偏差为 0(即 0 相位中心偏差), 但由于种种原因, 实际观测时天线相位中心偏差不为 0。经我们检测和研究表明, GPS 接收机天线相位中心在垂直方向上的偏差远大于在水平方向上的偏差, 且随着天线型号、解算时采用的频率不同而不同, 实测时的相位中心高与 GPS 接收机厂家标称值之差, 最大可达厘米级, 这对于高精度的 GPS 变形监测是不能忽视的。GPS 天线相位中心偏差及相位中心稳定性是制约 GPS 测高精度提高的因素之一。本文, 给出一种在野外检测两个 GPS 天线相位中心在垂直方向上偏差的方法, 并通过野外实测资料的分析, 提出在 GPS 高程测量时应采取的措施。

1. 野外检测原理

目前, GPS 接收机天线相位中心稳定性的检测方法有两种。一种是室内检测法, 即在室内用微波天线测量设备测定, 因设备复杂昂贵, 一般 GPS 检测部门无此设备。另一种方法是, 旋转天线法, 即在野外 GPS 接收机基线检测场上, 利用接收到的 GPS 卫星的信号, 通过基线比对来测定, 亦称基线测量相对测定法。这也是我国行业标准 CH8016—95 规定所采用的方法, 操作简单、方便、成本低。但这种方法只能有效地检测出天线相位中心偏差的水平分量, 而垂直偏差分量却不能精确测定出。

为了检测天线相位中心在垂直方向上的偏差, 我们采用“高差比较法”。其基本原理如图 1 所示:

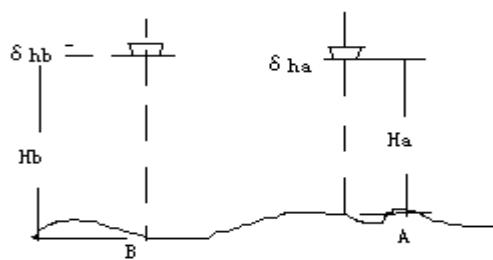


图 1 检测原理示意图

在相距几米附有强制对中装置的观测墩 A 和 B 上, 各安装一台 GPS 接收机, 设 A 和 B 的大地高分别为 H_a 和 H_b , 天线高分别为 h_a 和 h_b , U_a 和 U_b 为在 A 和 B 进行 GPS 观测后求出的

大地高观测值，设安置在 A 和 B 点上 GPS 天线相位中心在垂直分量上偏差为 δh_a 和 δh_b 。则有：

$$\Delta H_{ab} = H_b - H_a = (U_b - \delta h_b - h_b) - (U_a - \delta h_a - h_a) \quad (1)$$

可得出两台 GPS 天线相位中心垂直偏差之差 δh_{ab}

$$\delta h_{ab} = \delta h_b - \delta h_a = (U_b - U_a) - \Delta H_{ab} - (h_b - h_a) = \Delta h - \Delta H_{ab} \quad (2)$$

式(2)中 Δh 为测站 A 和测站 B 之间的 GPS 观测的大地高之高差， ΔH_{ab} 可由精密水准测量测得，若 GPS 天线相位中心高无偏差，则 $\Delta h - \Delta H_{ab}$ 应为零。所以，当已知其中一个天线相位中心在垂直方向上的偏差（例如，由微波天线测量设备测定），便可以测定另一天线相位中心在垂直方向上的偏差。若两 GPS 天线相位中心偏差都未正确测定，则可测定一对 GPS 天线相位中心在垂直方向上偏差之差 δh_{ab} 。这个 δh_{ab} 就是我们在进行 GPS 相对定位时，求定两点之高差所需要的 GPS 天线相位中心在垂直方向上的改正。

2. 检测与试验

检测在武汉大学测绘学院，教学楼的楼顶检测场两个观测墩上进行。两个观测墩都建有强制对中装置，A 位于南、B 位于北，相距为 7.29m。检测时选用三种双频 GPS 接收机（为目前我国各测绘单位广泛应用的三种 GPS 接收机，以下用甲、乙、丙来代表），其中甲种双频 GPS 接收机又选用该 GPS 接收机的三种型号的天线（其中两种为 chokering 天线），由此组成以下七种不同组合的检测方案：

第一种检测方案：A 站安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站也安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线）；

第二种检测方案：A 站安置甲种型号 GPS 接收机（1 型 chokering 天线），B 站安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线）；

第三种检测方案：A 站安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站安置甲种型号 GPS 接收机（2 型 chokering 天线）；

第四种检测方案：A 站安置乙种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站也安置乙种型号 GPS 接收机（普通天线）；

第五种检测方案：A 站安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站安置乙种型号 GPS 接收机（普通天线）；

第六种检测方案：A 站安置丙种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站安置甲种型号 GPS 接收机（普通天线）；

第七种检测方案：A 站安置乙种型号 GPS 接收机（普通天线），B 站安置丙种型号 GPS 接收机（普通天线）；

GPS 数据采集采用静态相对定位方法，采样率为 15 秒，截止高度角为 15 度，每种方案连续观测时间 6-24 小时。每种方案检测开始前和结束后，从墩面三个方向（相隔 120 度）用经检定的直尺量取安置 GPS 天线基座高（±1mm 量测精度），加上天线上标称的天线底面至相位中心的高，即式(2)中的 h_a 和 h_b （天线高）。式(2)中的 ΔH_{ab} ，即 A、B 观测墩面之高差，在检测前一天用精密几何水准方法测定。

3. 数据处理及结果分析

数据处理时以 B 站点为起算点, 其 WGS—84 坐标经与武汉 IGS 站联测获得。基线解算时将连续观测 6~24 小时的时间, 分解成一个小时为一个时段, 并分别用 L1、L1 与 L2 组合(此时应查取该接收机 L2 的天线相位中心至天线底面的高。GPS 接收机天线上标注的天线相位中心至天线底面的高, 一般是指采用 L1 时的高), 用双差观测值计算(用甲、乙两种型号 GPS 接收机的随机软件, 进行检核验算, 数据剔除率控制在 10% 以内), 按(2)解求两个 GPS 天线相位中心偏差之差 δh_{ab} , 并计算检测的精度, 结果列于表 1。 δh_{ab} 的变化见图 1~图 4。

表 1 两个 GPS 天线相位中心垂直方向偏差之差 δh_{ab} 表

方案	L1 (mm)	中误差(mm)	L1+L2 (mm)	中误差(mm)	备注
方案一	-0.3	±0.9	-0.1	±0.6	检测 24 小时
方案二	-7.7	±0.2	-3.4	±0.3	检测 6 小时
方案三	+11.6	±1.1	-2.7	±0.7	检测 12 小时
方案四	+0.8	±0.8	+1.0	±0.4	检测 24 小时
方案五	+7.5	±0.9	+3.6	±0.5	检测 20 小时
方案六	+6.1	±0.2	+2.9	±0.2	检测 12 小时
方案七	+6.6	±0.7	-0.3	±0.4	检测 23 小时

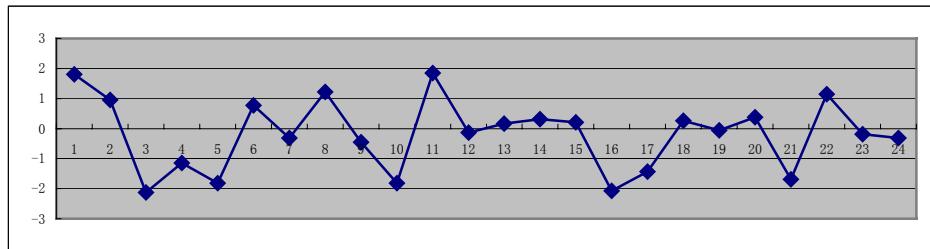


图 1 方案一 δh_{ab} 分布图 (L1 处理)

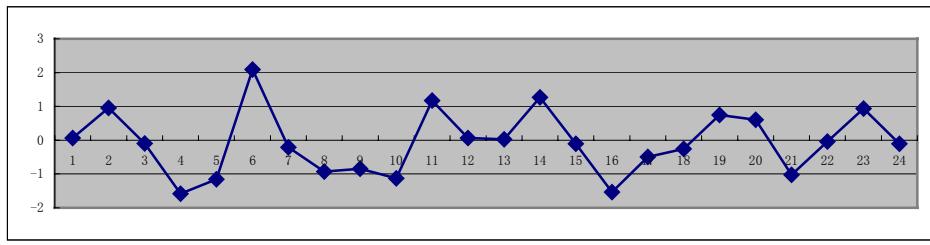
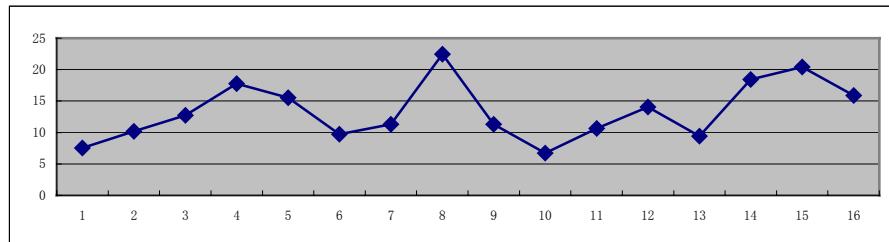
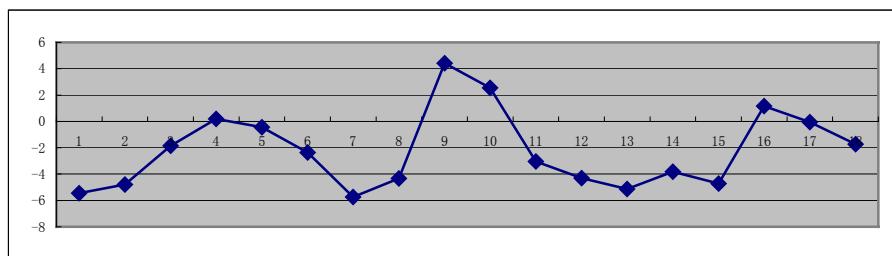


图 2 方案一 δh_{ab} 分布图 (L1, L2 联合处理)

图 3 方案七 δh_{ab} 分布图 (L1 处理)图 4 方案七 δh_{ab} 分布图 (L1, L2 联合处理)

从表一和图 1~图 4 可看出：

- 1、采用同型号 GPS 接收机及天线， δh_{ab} 值接近于零，如表中方案一与方案四所示。
- 2、采用不同型号 GPS 接收机时， δh_{ab} 值可达 6~8mm。如表中方案五、六、七所示。
- 3、采用同型号 GPS 接收机、但天线型号不同时， δh_{ab} 值可达 8~12mm。如表中方案二与方案三。
- 4、采用双频解算时， δh_{ab} 值都比仅用 L1 小。
- 5、从图 1 和图 2 可看出， δh_{ab} 值随时间变化，若时段长度在 6 个小时以上，可有效地减弱影响。从图 3 和图 4 可看出，当用不同型号仪器观测，用 L1 解算时， δh_{ab} 有系统性偏差；当用双频来解算时， δh_{ab} 有较大改善。

4. 结论与建议

通过以上讨论和分析，我们可得出：

- 1、用“高差比较法”来测定一对 GPS 天线相位中心在垂直方向上的偏差方法是可行的。
- 2、GPS 天线相位中心在垂直方向上的偏差，是影响 GPS 测高精度提高的因素之一，应引起我们的重视。
- 3、在高精度 GPS 测量时，同一工程应采用相同型号的 GPS 接收机及天线。
- 4、在进行高精度变形监测时，每一监测点的各期监测，最好用同一个 GPS 天线。这样，可有效地减弱 GPS 天线相位中心在垂直方向上偏差对高差的影响。
- 5、当采用不同型号 GPS 接收机，或同型号 GPS 接收机而不同类型天线，做高精度 GPS 高程测量时，应选用双频 GPS 接收机，且用双频组合来解算，观测时间应多于 6 小时。若用单频 GPS 接收机，则应检测天线相位中心在垂直方向上的偏差，并在高差中加以改正。

参考文献

1. 蔡宏翔。GPS 接收机天线相位中心三维位置偏差野外测定方法。测绘技术装备。2000 年。第三期：23 页。
2. 姜光晨，张丽娜，吕振勇。GPS 接收机天线相位中心稳定性及高程零位检测方法的新探索。测绘标准化。51 期。第 17 卷：6 页。
3. 徐绍铨，张华海等。GPS 测量原理及应用。武汉大学出版社。2003 年 1 月修订版。
4. 陈逸群 刘大杰。GPS 接收机天线相位中心偏差的一种检定与计算方法。《测绘通报》2000 年第 12 期：12 页。
5. GPS Antenna Design and Performance Advancements :The Trimble Zephyr 。www.trimble.com

作者介绍:徐绍铨、武汉大学测绘学院、教授、博士生导师、主要从事大地测量学、GPS 测量原理及应用等领域的教学和科学的研究工作。

The Checking and The Difference of the Antenna Phase Center

Deflection in the Vertical direction of GPS Receive

XU shaoquan Tian zehai Geng tao Lin zhu

(School of Geodesy and Geomatics,Wuhan University,129 Luoyu Road,Wuhan,China,430079)

Abstract: This paper first introduces the method of The Checking of the Antenna Phase Center Deflection in the Vertical direction of two GPS Receiver. The Difference the chang rule of the Antenna Phase Center Deflection in the Vertical direction through the checking for three GPS Receiver and five Antenna of GPS and make a suggestion of GPS height survering.

KeyWords: Comparison method of the difference in altitude the Antenna Phase Center Deflection GPS height survering

返 回

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>