GPS 接收机的校准及校准结果的不确定度评估

贺　浩，方郧龙
（湖北省测绘产品质量监督检验站，湖北 武汉 430071）

摘　要：根据实际校准 GPS 接收机的经验，通过对 GPS 接收机的校准方法进行深入研究，结合实例，对校准过程中遇到的各种问题进行了分析探讨。

关键词：GPS 接收机；校准；测量误差；不确定度
中图分类号：P245　　**文献标志码**：B　　**文章编号**：1672-4623（2011）03-0168-02

1　全球定位系统简介

全球定位系统（GPS）主要由三大部分组成，即空间星座部分、地面监控部分、用户设备部分-GPS 信号接收机。空间星座部分和地面监控部分是用户应用该系统进行导航和定位的基础。用户只有通过用户设备（GPS 接收机）才能实现应用 GPS 进行测量和导航、定位的目的。根据使用目的的不同，用户要求的 GPS 接收机也各有差异。目前 GPS 接收机按用途分为测地型、导航型和授时型。

2　GPS 接收机校准方法

对 GPS 接收机进行计量校准，是测绘部门为经济建设提供可靠测绘保障不可缺少的一项重要工作。在 GPS 接收机校准过程中，主要按照《〈全球定位系统〉（GPS）接收机（测地型和导航型）校准规范》（以下简称《校准规范》）JJF1118-2004 执行的。以下以徕卡 4 台套 GS15 测地型 GPS 接收机为案例，对如何校准静态测量 GPS 接收机进行技术探讨。

2.1　工作准备

按照《校准规范》要求，客户校准仪器必须携带有关电缆（数据传输线、天线电缆、手簿线）、软件及软件狗、电池、充电器等附件。内业检查时，首先要调整好每一台接收机的基座，充好电池，按规定设定好 GPS 接收机的卫星高度角、采样率等参数。

2.2　野外数据的采集

室内检查是基础，外业 GPS 数据采集就是整个仪器校准工作的关键，数据的精度就直接是衡量接收机精度的指标。因此，外业数据采集必须严格按《校准规范》要求执行。外业数据采集又分以下两步进行：天线相位中心一致性检定和短基线及中长基线测量误差检定。

1）天线相位中心一致性检定。天线相位中心（Antenna Phase Center）是指微波天线的电气中心，其理论设计应与天线几何中心一致。天线相位中心一致性的检测主要是在湖北庙岭测绘仪器检定场的微网场地进行，将一台接收机放在超短基线网中心 J09 号观测墩上，其余 3 台放在边上任意 3 个观测墩上。首先，将 4 台 GPS 接收机的天线全部指北，观测一个时段；然后，固定中间的 W007，另外 3 台接收机依次旋转 90 °、180 °、270 °，观测 3 个时段；最后，将外面 3 个 GPS 接收机天线的指北标志指北，再依次旋转 J09 观测墩的天线指向东、南、西方向分别观测 3 个时段。整个过程观测 7 个时段，每个时段观测 1 个小时。每个天线在不同方位下测定同一基线的变化指标△d，按规范要求△d 应小于 GPS 接收机标称的固定误差。在外业检定工作中，检定人员必须严格记录测站点的相关信息，如接收机的天线号码、天线高、观测点名称、观测时段的起止时间、以及参考天线等。

2）短基线及中长基线测量误差测量误差检定。短基线及中长基线测量误差测量误差检定采用基线比较法进行。用强制对中连接杆将仪器架在观测墩上，整平仪器，天线指北，用量高尺量取天线高，记录天线编号和观测墩的编号，短基线同步观测 1 h，中长基线根据距离长短同步观测 2.5 h-4 h。在 GPS 数据采集前，必须保证仪器天线指向标准指北；观测过程要观察仪器电池的使用情况；另外，禁止在接收机附近使用手机。外业检定计划中，尽可能地避免在中午 12 点到下午 2 点这一太阳活动高峰期进行中长基线观测，这对后面内业的基线解算很有帮助。

3）内业数据处理。数据采集完成后，使用随机软件将数据传输到电脑，在随机软件平台上进行 GPS 数

收稿日期：2010-03-24

据处理。通过剔除观测时间过短的卫星、剔除周跳多的卫星，截去周跳多的时间段、剔除受多路径影响严重的观测值等方式解算得到最佳基线解。

①天线相位中心一致性检定结果如表 1 所示。被检测仪器的标称精度为 3 mm+0.5 × 10-6，天线相位中心一致性检定结果的最大变化量△d 为 1.8 mm，小于接收机的固定误差，该项检定合格。

表 1　天线相位中心一致性检定结果表/mm

基线边	△d
J09-----W01	0.8
J09-----W02	1.2
J09-----W03	1.8
J09-----W04	1.4
W01-----J09	0.9

②短基线（24 m≤D ＜ 2 000 m）及中长基线（2 000 m ＜ D≤300 000 m）测量误差检定结果如表 2 所示。中长基线各边的测量误差应满足：当基线长度 D≤5 km 时△d≤σ；当基线长度 D ＞ 5 km 时△d≤2σ；短基线边的测量误差应满足△d≤σ，D 不足 500 m 按 500 m 计算。由表 2 可知此项目合格。

$$\sigma=\sqrt{a^2+(bxD)^2}$$

式中，σ为标准差，mm；a 为固定误差，mm；b 为比例误差，mm；D 为所测距离，km。

表 2　中长基线误差表

基线边	D/ km	△di /mm	限差σ/mm
J09-----LJ19	11.975	1.9	2σ=13.24
J01-----LJ19	11.751	2.2	2σ=13.18
J08-----LJ19	10.266	-1.1	2σ=11.90
J01-----J09	0.467	0.8	σ=3.01
J01-----J08	1.104	1.3	σ=3.05
J08-----J09	0.637	0.4	σ=3.02

③校准结果不确定度的简略评定如下：

不确定度分量及计算：标准装置误差引入的不确定度分量 u1=1.0 mm；GPS 接收机安置误差引入的不确定度分量 u2=0.06 mm；GPS 接收机分辨力引入的不确定度分量 u3=0.29 mm；测量误差引入的不确定度分量 u4。

u4 的计算按测距误差 Xi 计算出算术平均值标准偏差 $m=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(d_i-\bar{d})}$

u4=m/2= 0.60

式中，d_i 为各边的测量值与已知值之差；x_i 为测量误差值的平均值；n 为测定边数。

合成标准不确定度

$Uc=\sqrt{U_1^2+U_2^2+U_3^2+U_4^2}$ = 1.2 mm

取 $t_p=t_{95}(\infty)$ =1.96

$U_{95}=t_{95}(\infty)$ x U_c =2.35 mm

根据上面的公式最后算得本次校准结果的扩展不确定度为 2.35 mm。

4）出具校准证书。仪器检定合格后，即可给用户出具校准证书。校准证书经批准人、校准员、核验员三人签字后盖上校准专用章证即生效。

3　结　语

GPS 接收机校准过程中，检定人员应注意如下关键问题：

1）出野外采集数据前，一定要充好电或准备备用电池，检查机内数据和内存剩余量，同时检查要同步观测仪器的参数是否一致。

2）严格记录开机时间，精确量取天线高，随时检查仪器工作状态，观测结束后要严格按照操作关机，每次观测完后应及时下载数据。

3）内业数据处理时为保证基线解算结果的复现，要严格记录下使用的软件及版本、每个时段的起止时间以及处理中使用的参数以及其他人工干预信息。

4）测量结果的质量（品质）是量度测量结果可信程度的最重要的依据。测量不确定度就是对测量结果质量的定量表征，测量结果的可用性很大程度上取决于其不确定度的大小。所以，测量结果表述必须同时包含赋予被测量的值及与该值相关的测量不确定度，才是完整并有意义的。

参考文献

[1] GB/T 18314-2001 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
[2] JJF 1118-2004 全球定位系统(GPS)接收机(测地型和导航型)校准规范[S].
[3] JJF1059-1999 测量不确定度评定与表示[S].
[4] 李文辉. 测量不确定度在工作中的应用[J]. 地理空间信息，2007(5)5 95-97
[5] 胡景海. 测绘行业的质量管理[J]. 地理空间信息，2007(5)6：113-114

第一作者简介：贺浩，工程师，研究方向为测绘仪器检定测试。