



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1118—2004

全球定位系统（GPS）接收机 （测地型和导航型）校准规范

Calibration Specification for Global
Positioning System (GPS) Receiver

2004 - 06 - 08 发布

2004 - 09 - 01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

全球定位系统（GPS）接收机 （测地型和导航型）校准规范

JJF 1118—2004

Calibration Specification for
Global Positioning System (GPS) Receiver

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 06 月 08 日批准，并自 2004 年 09 月 01 日起施行。

归口单位：全国几何量角度计量技术委员会

主要起草单位：中国地震局地震研究所
湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：武汉大学 GPS 工程技术研究中心

本规范委托归口单位负责解释

本规范主要起草人：

付辉清 （中国地震局地震研究所）
凌 模 （中国地震局地震研究所）
何幼平 （湖北省计量测试技术研究院）

参加起草人：

张志峰 （中国地震局地震研究所）
陈建强 （湖北省计量测试技术研究院）
周 强 （湖北省计量测试技术研究院）
高振东 （武汉大学 GPS 工程技术研究中心）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 外观及各部件的相互作用	(2)
5.2 数据后处理软件及功能	(2)
5.3 测地型 GPS 接收机天线相位中心一致性	(2)
5.4 测地型 GPS 接收机的测量误差	(2)
5.5 导航型 GPS 接收机的定位误差	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准用标准器及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 外观及各部件的相互作用	(4)
7.2 数据后处理软件的功能	(4)
7.3 测地型 GPS 接收机天线相位中心一致性	(4)
7.4 测地型 GPS 接收机的测量误差	(4)
7.5 导航型 GPS 接收机的定位误差	(5)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A WGS-84 大地坐标系的有关说明	(6)
附录 B 测量型 GPS 接收机定位误差的测量不确定度分析	(7)
附录 C 校准结果格式	(9)

全球定位系统（GPS）接收机（测地型和导航型）校准规范

1 范围

本规范适用于各种准确度的测地型和导航型全球定位系统（GPS）接收机（以下简称 GPS 接收机）的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

GB/T 18314—2001 全球定位系统（GPS）测量规范

GB/T 18214.1—2001 全球导航卫星系统（GNSS）第 1 部分：全球定位系统（GPS）

接收设备性能标准、测试方法和要求的测试结果

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语

3.1 观测时段（observation session）

测站开始接收卫星信号到停止接收，连续观测的时间间隔称为观测时段，简称时段。

3.2 几何精度因子 [geometrical dilution of precision (GDOP)]

因用户和所选星座间的几何关系引起定位误差的放大因子。GDOP 值越小，定位精度越高。

3.3 超短基线（mini-baseline）

指标准值在 0.2m ~ 24m 范围内的标准长度。

3.4 RTD 测量（real time differential）

实时伪距差分测量。

3.5 RTK 测量（real time kinematic）

实时动态测量。

3.6 天线相位中心（antenna phasic center）

天线相位中心（平均天线相位中心 average of antenna phasic 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。天线相位中心与几何中心之差称为天线相位中心偏差。

3.7 世界大地坐标系 1984 [world geodetic system 1984 (WGS-84)]

由美国国防部在与 WGS72 相应的精密星历 NSW-92-2 基础上，采用 1980 大地参考数和 BIH1984.0 系统定向所建立的一种地心坐标系。

GPS 卫星星历是以 WGS-84 大地坐标系为根据建立的，GPS 单点定位的坐标和相对

定位中解算的基线向量属于 WGS-84 大地坐标系 (WGS-84 大地坐标系的有关说明见附录 A)。为了避免坐标系之间变换而带入误差, 本规范所有检测数据的比对均应使用 WGS-84 坐标。

4 概述

全球定位系统 (GPS) 主要由三大部分组成。即空间星座部分、地面监控部分和用户部分。全球定位系统 (GPS) 的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 (即 GPS 接收机) 才能实现应用 GPS 进行测量和导航、定位的目的。

GPS 接收机一般由天线、接收机和控制器组成。主要任务是接收 GPS 卫星发射的信号, 以获得必要的导航和定位信息等观测数据, 并经数据处理而完成测量和导航、定位的工作。

GPS 接收机按用途可分为测地型、导航型和时钟型。

5 计量特性

5.1 外观及各部件的相互作用

5.1.1 天线、基座水准器应正确, 光学对中器的对中误差小于 1mm。

5.1.2 锁定卫星能力不大于 15min, RTK 与 RTD 初始化时间不大于 3min。

5.2 数据后处理软件及功能

5.2.1 软件应能正常安装、使用。

5.2.2 数据后处理软件的功能应有:

- a) 通讯与数据传输;
- b) 预报与观测计划;
- c) 静态定位与基线向量的解算;
- d) 网平差与坐标转换;
- e) RTK 或 RTD 解算。

5.3 测地型 GPS 接收机天线相位中心一致性

天线在不同方位下测定同一基线的变化值 Δd 应小于 GPS 接收机标称的固定误差。

5.4 测地型 GPS 接收机的测量误差

5.4.1 短基线测量

短基线测量的测量误差应小于 GPS 接收机的标称标准差。

GPS 接收机标称标准差为 $(a + b \times D)$, 则 GPS 接收机测量结果标准差 σ 用式 (1) 计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times D)^2} \quad (1)$$

式中: σ ——标准差, mm;

a ——固定标准差, mm;

b ——比例标准差, 为 1×10^{-6} ;

D ——所测距离, km (不足 500m 按 500m 计算)。

5.4.2 中、长基线测量

5.4.2.1 基线比对测试

中、长距离测量的误差 Δd 应符合下列要求：

观测距离 $D \leq 5\text{km}$ 时, $\Delta d_1 \leq \sigma$

观测距离 $D > 5\text{km}$ 时, $\Delta d_2 \leq 2\sigma$

式中: $\Delta d_1, \Delta d_2$ ——基线向量与已知长度值之差, mm;

σ ——GPS 接收机标准差, mm。按公式 (1) 计算;

5.4.2.2 RTK 与 RTD 坐标比对测试

RTK 与 RTD 坐标比对测量误差 $\Delta d_x, \Delta d_y$ 应 $\leq 2\sigma$ 。

$\Delta d_x, \Delta d_y$ 为解算出的坐标与已知坐标之差, 单位 mm。

5.5 导航型 GPS 接收机的定位误差

标准点坐标和 GPS 接收机所测得的坐标应在同一坐标系下用直角坐标进行比较, 其定位误差不大于 GPS 接收机出厂的标称值。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 GPS 接收机校准场应选择在地地质构造坚固稳定, 利于长期保存, 交通方便, 便于使用的地方建设。

6.1.2 各点位应埋设成强制归心的观测墩, 周围无强电磁信号干扰, 点位环视高度角 15° 以上应无障碍物。

6.1.3 校准场点位布置应含有超短距离、短距离和中长距离, 组成网形以便进行闭合差检验。

6.2 校准用标准器及其他设备

6.2.1 校准场标准长度的分类

表 1

基线长度分类	长度范围 D
超短基线	200mm ~ 24m
短基线	$24\text{m} \leq D < 2000\text{m}$
中、长基线	$2000\text{m} < D \leq 30000\text{m}$

6.2.2 校准场各种基线的组成数量

6.2.2.1 超短基线可由 4 个以上观测墩组成, 观测墩面在同一高程平面上。

6.2.2.2 短基线的长度可在 2000m 内任意选取, 但不得少于 6 段距离。

6.2.2.3 中、长基线分 10km, 15km, 20km, 25km, 30km 等长度, 可与超短基线、短基线的点相关连组成网, 所组成各种长度不少于 2 段。

6.2.3 校准场各种距离的标准 (偏) 差

6.2.3.1 超短基线标准 [偏] 差不得大于 1mm

6.2.3.2 短基线和中、长基线标准 [偏] 差 ($a + b \times D$) 应满足表 2 的要求:

表 2

基线分类	固定误差 a/mm	比例误差系数 b
短基线	≤ 1	≤ 1
中、长基线	≤ 3	≤ 0.01

6.2.4 动态校准和定位准确度校准用小网

在能满足 GPS 仪器观测条件的任意场地上, 建立 10~15 个地面点 (无须强制对中点), 点位之间距离在几十米至数百米范围分布, 用高准确度全站仪进行距离和坐标的确定。标准 [偏] 差按上述指标控制。

7 校准项目和校准方法

在使用 GPS 仪器进行测量时, 应按仪器操作要求和 GPS 测量规范 (GB/T18314—2002) 的要求进行工作。一般情况下将仪器的采样率设置为 15"、高度角设置为 15°。

当开机工作后, 应记录开机时间, 观察仪器的显示, 检视仪器的工作状况。正常锁住卫星的时间不大于 15min。RTK 和 RTD 初始化时间不大于 3min。

7.1 外观及各部件的相互作用

目测及试验。

7.2 数据后处理软件的功能

通过目测及实例计算进行检验。

7.3 测地型 GPS 接收机天线相位中心一致性 (天线任意指向)

用相对定位法检定天线相位中心一致性时, 在超短基线或短基线上先将 GPS 接收机、天线按 GB/18314 要求正确安置, 按统一约定的方向指向北, 观测一个时段。然后固定一个天线, 其余天线依次转动 90°, 180°, 270°, 各观测一个时段。分别求出各时段基线向量, 最大值与最小值之差应小于 GPS 接收机的标称固定标准差。

7.4 测地型 GPS 接收机的测量误差

在 GPS 校准场上进行, 分短基线测量和中、长基线测量。

7.4.1 短基线测量

在 GPS 检定场的短基线上进行。按 GPS 仪器的正确操作方法工作, 调整基座使 GPS 接收机天线严格整平居中, 天线按约定统一指向正北方向, 天线高量取至 1mm。每台 GPS 接收机必须保证同步观测时间在 1 h 以上, 两台套的测试结果不得少于 3 条边长。经随机软件解算出的基线与已知基线值比较, 其差值应小于 GPS 接收机的标称标准差。若 GPS 接收机标称值为 $(a + b \times D)$, 则 GPS 接收机测量误差的最大允许误差 σ 按式 (1) 计算。

7.4.2 中、长距离测量

7.4.2.1 已知长度比较测量

在已知中、长距离上按静态测量模式进行观测, 最短观测时间见表 3。

表 3

基线长度分类	最短观测时间 (h)
$D \leq 5\text{km}$	1.5
$5\text{km} < D \leq 15\text{km}$	2.0
$15\text{km} < D \leq 30\text{km}$	2.5
$D > 30\text{km}$	4.0

观测数据用随机处理软件进行解算，所解得的基线向量与已知基线值之差作为校准结果。

7.4.2.2 已知坐标比较测量

GPS 接收机安放在标准检定场的已知坐标点上，按测量规范规定进行观测。所解算出的坐标与已知坐标之差作为校准结果。

7.5 导航型 GPS 接收机的定位误差

在 GPS 校准场上进行。按仪器操作要求正确安置和操作仪器，记录测量数据，经解算 GPS 接收机所得点位坐标与标准点的坐标在同一坐标系下用直角坐标进行比较，定位误差 δ 由式 (2) 计算：

$$\delta = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \quad (2)$$

式中： δ ——定位误差，m；

X_i ——测试数据 X 轴方向分量；

Y_i ——测试数据 Y 轴方向分量；

X_0 ——标准点 X 轴方向分量；

Y_0 ——标准点 Y 轴方向分量。

8 校准结果表达

经校准的 GPS 接收机，填发校准证书并给出校准结果及测量不确定度的值。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由送校单位根据实际使用情况确定，建议为 1 年。

附录 A

WGS-84 大地坐标系的有关说明

A.1 地球椭球基本参数

长半径 $a = 6\,378\,137\text{m}$

地球引力常数 (含大气层) $GM = 3\,986\,005 \times 10^8 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$

正常化二阶带谐系数 $C_{2,0} = -484.166\,85 \times 10^{-6}$

地球自转角速度 $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

A.2 主要几何和物理常数

短半径 $b = 6\,356\,752.3142 \text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.257\,223\,563$

第一偏心率平方 $e^2 = 0.006\,694\,379\,990\,13$

第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006\,739\,496\,742\,227$

椭球正常重力位 $U_0 = 62\,636\,860.849\,7 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

赤道正常重力加速度 $\gamma_0 = 9.970\,326\,771\,4 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

A.3 WGS-84 (G730) 大地坐标系 $GM = 3\,986\,004.418 \times 10^8 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$, 其他地球椭球基本参数及主要几何和物理常数同 A.1, A.2 规定。

附录 B

测量型 GPS 接收机定位误差的测量不确定度分析

测量型 GPS 接收机定位误差通过和已知边长比对测试予以确定。

B.1 与已知基线比对数学模型

$$\Delta d = D - d \quad (\text{B.1})$$

式中: Δd ——定位误差;

D ——GPS 接收机解算值;

d ——基线长度值。

B.2 不确定度来源

标准装置误差引入的不确定度分量: u_1 ·

GPS 接收机安置误差引入的不确定度分量: u_2

GPS 接收机分辨力引入的不确定度分量: u_3

因此

$$u_c^2(\Delta d) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 \quad (\text{B.2})$$

式中: $c_1 = c_2 = c_3 = 1$

B.3 标准不确定度的评定

B.3.1 基线长度误差的不确定度分量 u_1

按 GB/T18314—2001《全球定位系统 (GPS) 测量规范》要求, AA 级基线长度误差 (精度) 用下式表示:

$$\sigma = \sqrt{3^2 + (0.01c \times 10^{-6})^2} (\text{mm})$$

式中: c ——相邻点距离, mm。

估计基线长度误差在 $\pm \sigma$ 范围内按正态分布变化, 故

$$c < 50000 \text{mm 时, } \sigma = 3.00 \text{mm}$$

$$u_1 = \sigma/3 = 3.00 \text{mm}/3 = 1.00 \text{mm}$$

估计其相对不确定度为 10%, 故自由度

$$\nu_1 = 50$$

B.3.2 GPS 接收机安置误差的不确定度分量 u_2

GPS 接收机安置采用强制归心孔, 其安置误差可控制在 $\pm 0.1 \text{mm}$ 范围内, 安置误差按对称区间均匀分布, 故

$$u_2 = 0.1 \text{mm}/\sqrt{3} = 0.06 \text{mm}$$

估计其相对不确定度为 20%, 则自由度

$$\nu_2 = 12$$

B.3.3 GPS 接收机分辨力的不确定度分量 u_3

GPS 接收机分辨力为 1mm, 故

$$u_3 = 0.29\delta_s = 0.29 \times 1 \text{mm} = 0.29 \text{mm}$$

$$\nu_3 = \infty$$

B.4 合成标准不确定度及有效自由度

按式 (B.2) 计算:

$$u_c(\Delta d) = \sqrt{1.00^2 + 0.06^2 + 0.29^2} = 1.04\text{mm}$$

依韦尔奇 - 萨特思韦特公式计算:

$$\nu_{\text{eff}} = 57$$

B.5 扩展不确定度

取置信概率为 99%,

$$k_{99} = t_{99}(57) = 2.68$$

$$U_{99} = k_{99} \times u_c(\Delta d) = 2.68 \times 1.04 = 2.8\text{mm}$$

附录 C

校准结果格式

校 准 结 果

序号	主要校准项目	校准结果
1	外观及各部件相互作用	
2	数据后处理软件及功能	
3	测地型 GPS 接收机天线相位中心一致性	
4	测地型 GPS 接收机的测量误差	
5	导航型 GPS 接收机的定位误差	