

中华人民共和国测绘行业标准

全球定位系统(GPS)测量型 接收机检定规程

CH 8016—95

Specification for check off and test
of GPS receiver of surveying model

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了全球定位系统测量型接收机(以下简称测量型 GPS 接收机)的检定目的、检定项目和检定方法。

1.2 适用范围

GPS 接收机检验的目的是了解仪器性能、工作特性及其可能达到的精度水平。它是制定 GPS 作业计划的依据,也是 GPS 定位测量顺利完成的重要保证。本规程适用于各种精度测量型 GPS 接收机的验收与作业前的检验。作业单位可根据具体要求参照本规程有关条款执行。A 级 $[\pm(5\text{ mm}+0.5\text{ ppm})]$ 以上高精度 GPS 测量型接收机的检验亦可参照执行。

2 引用标准

ZB A75 001 测绘技术设计规定

ZB A75 002 测绘产品检查验收规定

CH 2001—92 全球定位系统(GPS)测量规范

3 术语

3.1 零基线 Zero Baseline

二台或多台接收机通过多路功分器接收来自同一天线的卫星信号,由此构成的基线。其理论值为零。

3.2 超短基线 Mini-Baseline

指边长 5~10 m 的基线。

3.3 天线相位中心 Antenna Phase Center

天线相位中心(平均天线相位中心 Average of 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。天线相位中心与几何中心之差称为天线相位中心偏差。天线视在相位中心与天线相位中心之差称为天线相位中心的变化。

3.4 接收机的内部噪声水平 Receiver Interior Noise Level

接收机的内部噪声是接收机通道间的偏差,延迟锁相环、码跟踪环的偏差,以及钟差等引起的测距和测相误差的综合反映。

4 GPS 接收机的检验项目和检定周期

4.1 检定分类:

国家测绘局 1995-01-03 批准

1995-07-01 实施

a) 新购置的和修理后的 GPS 接收机的检定；

b) 使用中的 GPS 接收机的定期检定。

4.2 对于不同的类别,检定的项目有所不同,见表 1。对于 a 类接收机,应检定表 1 中的所有项目。

表 1

| 章 条 | 检 定 项 目 | 检定类别 | |
|---------|-----------------------|------|---|
| | | a | b |
| 5.1.1 | 接收机系统检视 | + | + |
| 5.1.2 | 接收机通电检验 | + | + |
| 5.1.3a) | 内部噪声水平测试 | + | + |
| 5.1.3b) | 接收机天线相位中心稳定性测试 | + | — |
| 5.1.3c) | 接收机野外作业性能及不同测程精度指标的测试 | + | — |
| 5.1.3d) | 接收机频标稳定性检验和数据质量的评价 | + | + |
| 5.1.3e) | 接收机高低温性能测试 | + | — |
| 5.2 | GPS 接收机附件检验 | + | + |
| 5.3 | 数据后处理软件验收和测试 | + | — |
| 5.4 | 接收机综合性能的评价 | + | — |

注：表 1 中“+”代表必检项目；“—”代表可检可不检项目。

4.3 表 1 中 b 类各项的检定周期一般不超过一年。

5 GPS 接收机检验的内容

5.1 GPS 接收机的检验

5.1.1 GPS 接收机检视项目

- a) GPS 接收机及天线外观是否良好,型号是否正确,主机与配件是否齐全；
- b) 需固紧的部件是否有松动和脱落；
- c) 设备使用手册和后处理软件手册是否齐全；
- d) 后处理软盘数是否齐全。

5.1.2 GPS 接收机通电检验

GPS 接收机与电源正确连接,然后进行以下检验：

- a) 电源信号灯工作是否正常；
- b) 按键和显示系统工作是否正常；
- c) 利用自测试命令检测仪器工作是否正常；
- d) 检验接收机锁定卫星时间的快慢,接收信号的信噪比及信号失锁情况。

5.1.3 GPS 接收机实测检验项目

- a) GPS 接收机内部噪声水平测试；
- b) 接收机天线相位中心稳定性测试；
- c) 接收机野外作业性能及不同测程精度指标的测试；
- d) 接收机频标稳定性检验和数据质量的评价；
- e) 接收机高低温性能测试。

5.2 GPS 接收机附件检验项目

5.2.1 电池、电缆和充电机的检验

- a) 电池电容量的检验；
- b) 电缆型号及接头是否配套和完好；
- c) 充电机功能是否完好。

5.2.2 天线连接件及天线高量尺的检验

- a) 天线与基座连接件是否完好及配套;
- b) 基座光学对中器的检验;
- c) 天线或基座圆水准器的检验;
- d) 天线高量尺是否完好及尺长精度。

5.2.3 数据转录设备及软件

GPS 接收机数据传输接口配件及软件是否齐全,数据传输性能是否完好。

5.2.4 气象测试仪表检验内容

气象仪表的检验,一般应送气象部门检验,其检验内容应包括:

- a) 通风干湿表的检验,见全球定位系统(GPS)测量规范附录 C;
- b) 空盒气压表的检验,见全球定位系统(GPS)测量规范附录 C。

5.3 数据后处理软件验收和测试

5.3.1 数据后处理软件检查验收项目

- a) 基线处理软件(盘)及软件说明书,网平差软件(盘)及软件说明书,软盘活动加密卡及功能;
- b) 数据后处理软件所需要的支撑系统(如 DOS, WINDOWS 等);
- c) 软件功能测试和评价。

5.3.2 接收机所配备商用软件测试及评价

接收机软件所具备的功能应通过实例计算进行验收,一般测量型接收机基本测试内容应包括:

- a) 预报与观测计划软件测试;
- b) 静态定位软件测试;
- c) 网平差软件测试。

对具有准动态定位功能;往返式重复测量功能;连续动态及快速静态定位功能的接收机应补充相应软件的检验与测试内容。

5.3.3 软件的评价

- a) 数据处理的精度;
- b) 软件使用的方便性;
- c) 自动批处理功能是否齐全;
- d) 数据删选、人工修复功能是否灵活,周跳判断与修复、整周模糊度解算能力、相位残差图形化处理功能是否强;
- e) 网平差软件使用灵活性、实用性及最多可平差网点数。

5.4 GPS 接收机综合性能的评价

- a) 接收机快速响应特性,即捕获卫星信号、锁定卫星、开始记录数据的速度;
- b) 仪器操作方便性和灵活性;
- c) 接收机体积、重量和功耗;
- d) 接收机观测数据噪声水平;
- e) GPS 接收机测量成果的精度和可靠性,以及数据剔除率;
- f) 天线相位中心稳定性;
- g) 接收机后处理软件的功能和精度。

6 GPS 接收机检验的方法和技术要求

6.1 接收机系统内部噪声水平测试

此项测试可根据具体情况采用以下两种方法之一进行。并尽可能采用零基线测试方法。

6.1.1 零基线测试方法

用零基线测试比对时,对 1.5 h 观测值,基线分量及长度应在 1 mm 以内,接收机内部噪声水平应

满足厂商的指标。详见附录 A。

6.1.2 超短基线测试方法

用超短基线测试时,对 1.5h 观测值,基线分量与地面测量值之差应小于仪器固定误差,接收机内部噪声水平应满足厂商的指标。详见附录 B。

6.2 天线相位中心稳定性测试

天线相位中心稳定性测试是测定天线相位中心与厂家提供的天线相位中心位置(天线几何对称轴线上的位置)之差。可采用以下二种方法之一进行。

6.2.1 相对测定法(详见附录 C)

天线在不同方位下测定的基线变化应小于 2 倍固定误差。

6.2.2 旋转天线法

较为严格测定相位中心的方法为“旋转天线法”(详见附录 D),该法需要在专门的微波暗室内利用固定的微波反射源测定天线相位方向图,从而确定天线平均相位中心,以及天线(视在)相位中心随卫星(信号源)高度和方位变化的规律。

天线相位中心的偏差应小于仪器固定误差。

6.3 GPS 接收机野外作业性能及不同测程精度指标的测试

此项检验可分为短基线检验和中长基线检验。

6.3.1 短基线直接比较法检验

该法在标准检定场上进行,天线应严格整平对中,对中误差应小于 1 mm,天线指向正北,天线高量取至 1 mm。二台或多台仪器同步观测 1.5 h。内业计算采用单双频分别计算。测试结果与基线长比较应小于仪器标准误差。

仪器标称精度为 $\pm(a+b \times d)$, 仪器标准误差以下式计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$$

式中: σ ——标准差,单位为 mm;

a ——固定误差,单位为 mm;

b ——比例误差系数,单位为 ppm;

d ——相邻点间距离,单位为 km。

6.3.2 中长边检验

在有检定场的情况下中长边测试应采用基线比对法。如无检定场,则可采用重复边检验和异步环检验。

a) 基线比对法

在中长边基线场上对于 40~50 km 以上边长应同步观测 4 h,解算结果与已知基线之差应符合下列规定:

$$\omega_s \leq 2\sigma \qquad \omega_x, \omega_y, \omega_z \leq 2\sigma$$

式中: ω_s ——解算之边长与已知基线边长之差;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ ——坐标增量与已知基线坐标增量之差;

σ ——相应级别规定的标准误差。

b) 重复边检验要求至少观测两个时段,对于 40~50 km 以上边长,每时段应同步观测 4 h,两个时段的互差应符合下列规定:

$$\omega_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$$

$$\omega_x, \omega_y, \omega_z \leq 3\sqrt{2}\sigma$$

式中: ω_s ——边长互差;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ ——坐标增量之差;

σ ——相应级别规定的标准误差。

c) 对于构成多边形的各独立观测基线,应进行异步环检验。对于边长大于 40~50 km 的基线,应观测 4h。各坐标分量闭合差应符合下式规定:

$$\omega_x \leq 3 \sqrt{n} \sigma$$

$$\omega_y \leq 3 \sqrt{n} \sigma$$

式中: σ ——相应级别规定精度(即标准差);

n ——闭合环中的边数;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ ——坐标分量闭合差。

检测时,观测时段参照表 2 执行(表中数字以小时为单位)。

表 2

| 卫星数 \ 基线长 | 4 | 5 | 6 |
|-----------|-----|-----|-----|
| <5 km | 2.0 | 1.5 | 1.5 |
| 5~15 km | 2.5 | 2.0 | 2.0 |
| 15~30 km | 3.0 | 2.5 | 2.5 |
| 30~40 km | 3.5 | 3.0 | 3.0 |
| >40 km | 4.0 | 3.5 | 3.5 |

6.4 GPS 接收机频标稳定性检验和数据质量的评价

GPS 接收机频标的稳定性(主要是短期频率稳定特性),对观测数据的质量有着重大的影响,主要表现为观测值残差大小和噪声水平,小周跳,特别是半周周跳出现的频率。它是考核接收机性能和潜在的可达到的精度水平的一个重要的指标。对于高精度 GPS 测量和地球动力学研究方面的应用,频标稳定性及其对观测值噪声的影响分析将具有更为重要的意义。

考核的主要指标为:

- 数据的噪声水平;
- 周跳出现的频率;
- 低仰角情况下(例如:15°~25°),数据质量的变化;
- 低仰角情况下,多路径效应的影响。

检验方法:

通过对较长观测时间段、不同测程的观测数据的结果作残差统计分析,以确定数据的平均噪声水平,周跳出现的频率,以及低仰角条件下观测数据质量的变化和多路径效应的影响。在没有专门的标准测试软件之前,暂时可用高精度 GPS 分析软件做此项工作。

6.5 GPS 接收机高低温性能的测试

此项测试可以在野外不同气候条件下进行,亦可以在专用的高低温试验箱中进行。在高低温试验箱中测试时,其温度均匀度应 $\leq \pm 2^\circ\text{C}$,其波动度应 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。在高温为 $+30^\circ\text{C}$ 及低温 -10°C 之间进行接收机内噪声水平测试。其作业方法及限差要求见 6.1。

7 对 GPS 接收机验收、检定场地的要求

- GPS 接收机检定场应尽可能选择在交通方便、便于使用的地方布设;
- 检定场点位布设应含有短边、中长边基线,以供不同测程检定使用;
- 基线点应选择在地质构造坚固、稳定、利于长期保存,交通方便,周围没有强无线电信号源干扰,全方位高度角 10° 以上无障碍物的地点;
- 中长边基线应组成网形以便于进行闭合差检验;
- 基线场精度,对中长边(40 km)应达到 10^{-7} 对中短边应达到毫米量级。

附录 A
用零基线检验接收机内部噪声水平
(补充件)

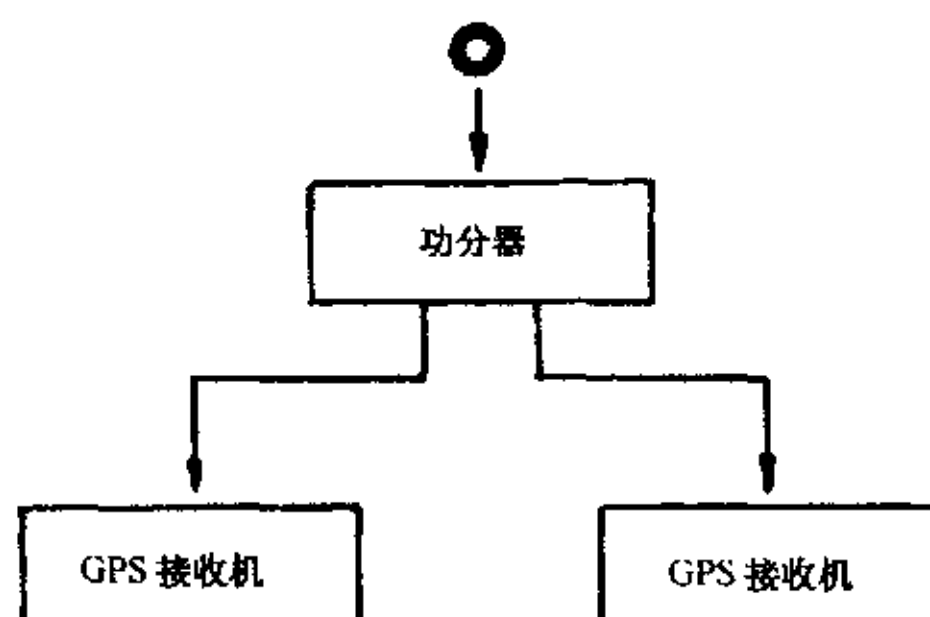
A1 零基线是检验接收机钟差、信号通道时延、延迟锁相环误差及机内噪声等电性能所引起的定位误差的一种有效方法。它是采用“功率分配器”(简称功分器)将同一天线输出信号分成功率、相位相同的二路或多路信号送到接收机,然后,将观测数据进行双差处理求得坐标增量,以检验仪器固有误差。由于这种方法可以消除卫星几何图形的影响;天线相位中心偏移;大气传播时延误差;信号多路径效应误差及仪器对中误差等等。所以是检验接收机内部噪声的一种可靠方法。

A2 功分器的设计与要求

功分器是用微带电路设计而成,在设计中应考虑二路信号对称性,即功率相同,相位相同。在零基线测试前应对新的功分器进行功率、相位测试。二路相位差应小于 2° 。对于适用双频 GPS 接收机的功分器,应对 L1、L2 二个频率测试相位延迟误差。

A3 零基线测试方法

a) 选择周围高度角 10° 以上无障碍物的地方安放天线,按图连接功分器;



b) 连接电源;

c) 二台仪器同步接收 4 颗以上卫星 1.5h;

d) 交换接收机天线接口,同 c)项要求再观测一个时段;

e) 用静态定位软件计算坐标增量和基线长度,坐标增量及其误差应小于 1 mm。用双差观测值(或原始载波相位观测值)表示的接收机内部噪声水平应小于厂商给出的精度指标。对 Trimble 和 Ashtech C/A 码接收机,原始载波相位观测值的内部噪声水平应小于 2 mm。

附录 B
用超短基线检验接收机内部噪声水平
(补充件)

B1 在无功分器的条件下可采用超短基线检验接收机内部噪声水平。

B2 超短基线应选择在地面平坦、周围高度角 10° 以上无障碍物、无强电磁波干扰及地面反射系数较小的地方。基线长度约 5~10 m。用鉴定后的钢尺量距。两台仪器的天线应严格对中、整平,满足 6.3.1 节的技术指标。天线定向标志指向北方向。同时开机,同步接收 4 颗以上卫星观测 1.5 h。用静态定位软件计算,其基线值与地面测量值之差应小于仪器固定误差。接收机内部噪声水平应满足厂商的指标。

附录 C

相对定位法进行天线中心稳定性检验

(补充件)

C1 相对定位法测定天线相位中心稳定性应在超短基线上进行。

C2 测试时将 GPS 接收机天线分别安置在基线点上,精确对中、整平,天线定向标志指向正北。观测一个时段(1.5h)。然后固定一个天线不动,其它天线依次旋转 90° 、 180° 、 270° ,再测三个时段。最后,原固定不动的天线相对任意一个天线依次旋转 90° ,再测三个时段。分别求出各时段基线值,其最大互差不能超过二倍固定误差。

附录 D

旋转天线法测定天线相位中心偏移

(补充件)

D1 旋转天线法测定天线相位中心是在微波暗室中采用专用微波天线测量设备,通过测定天线全方位波形图,通过分析和计算,确定天线(平均)相位中心相对天线几何中心之偏移量,以及天线(视在)相位中心随信号源(卫星)方位和高度变化的规律。

D2 测试设备

D2.1 定向微波发射天线,发射频率可调

1~2 GHz

D2.2 可编程微波接收机,频率范围

1.0~18.0GHz

D2.3 方向图绘图仪

D2.4 微波暗室

a) 微波暗室是一个全封闭式锥形暗室,其锥顶角比较小($<26^\circ$)可避免来自暗室侧墙、地板和天花板大角度镜像反射干扰;

b) 暗室内布满黑橡胶空心圆锥体,外涂有吸收材料,它可吸收厘米波段微波,垂直衰减量为 30~40dB;

c) 天线布设见下图,待测天线安放在可作水平和垂直旋转的旋转台上,该台位于微波暗室的静区(即受各种杂散波干扰最小的区域),静区直径应大于待测天线口径 D。

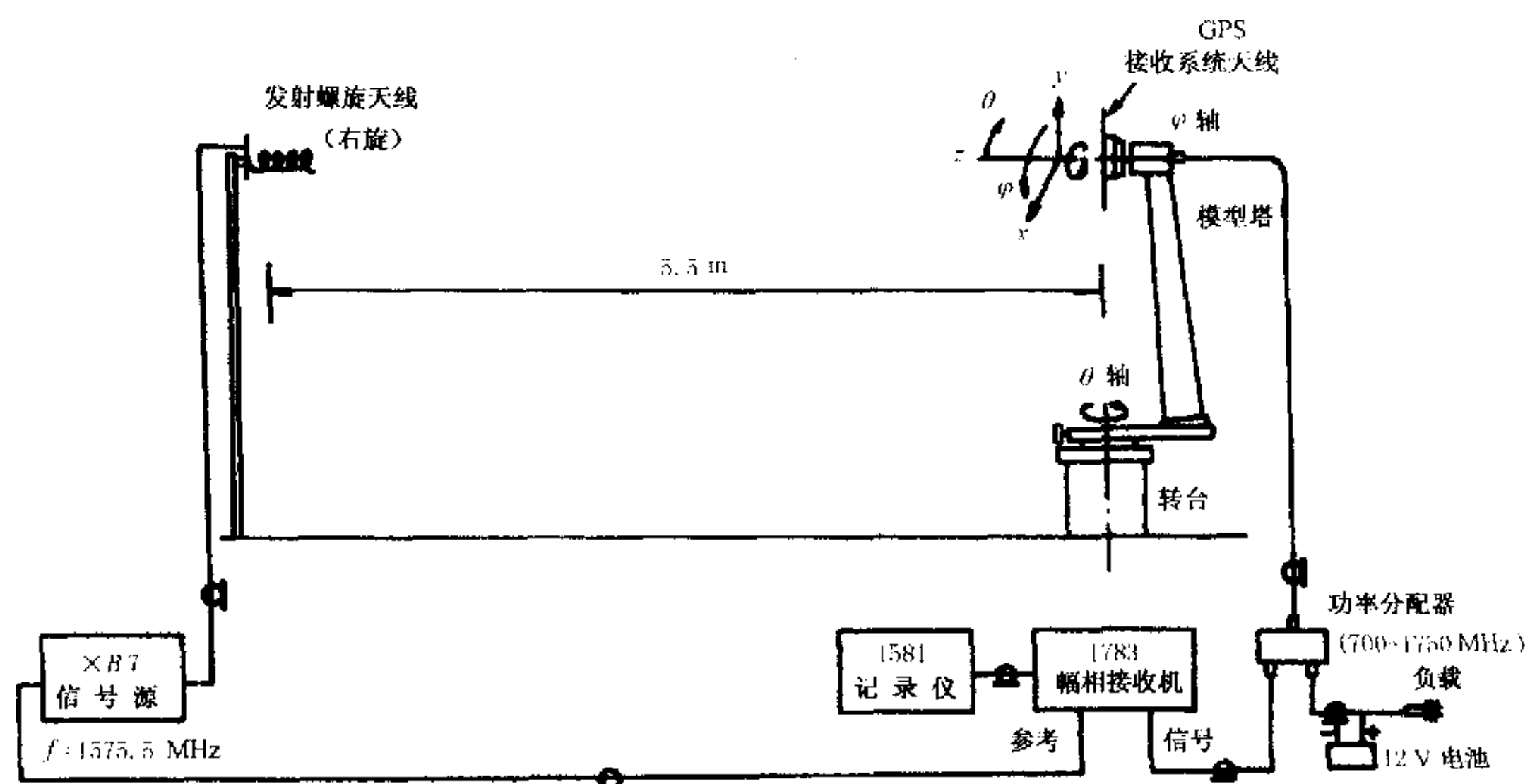
D3 天线相位中心测试方法

a) 将 GPS 天线安置在旋转台上,使 GPS 天线几何对称轴与微波暗室纵轴一致,并使天线几何中心与旋转台旋转轴一致。该位置为零位,此时天线可以绕转台纵轴旋转,也可以在平行和垂直于暗室纵轴线方向上平移。

b) 由微波发射天线发射频率为 L1(或 L2)信号,GPS 接收天线接收后由高频电缆将信号送往微波接收机,与提供给发射天线的基准信号进行相位比较。比较后的相对相位值送绘图仪绘制相对相位方向图。利用相位方向图微调 GPS 天线,直到天线相位中心位于转台轴上,所测相位方向图相位对称。然后用游标卡尺测量天线中心相对于仪器零位的位移量 x, z_1 值。

c) 然后将天线定向箭头向上转 90° (指天顶方向)并将被测天线恢复零位,再按步骤测试为 y 和 z_2 的值。天线相位中心偏移值为: $x, y, (z_1 + z_2)/2$ 。

d) 根据相位方向图,计算和分析天线(视在)相位中心随信号源(即卫星)方向与高度变化的规律。



GPS 天线测试装置和布局图

附加说明:

本标准由国家测绘局提出并归口。

本标准由中国测绘科学研究院、清华大学、中国测绘工程规划设计中心负责起草。

本标准主要起草人:李毓麟、过静珩、程鹏飞、卫治华、李俊杰、傅京。