

ICS 19.020

M50

中关村空间信息产业技术联盟团体标准

T/ZKJXX 00004-2018

全球卫星导航系统测试用电磁环境技术规范

General Specification of Electromagnetic Environment for Test of Global Navigation
Satellite System

2018-11-09 发布

2018-12-01 实施

中关村空间信息产业技术联盟 发布

目次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	1
5 总则.....	1
5.1 规范性.....	1
5.2 可靠性.....	2
5.3 扩展性.....	2
5.4 操作性.....	2
6 一般要求.....	2
6.1 组成.....	2
6.2 接口要求.....	2
7 技术要求.....	2
7.1 功能要求.....	2
7.2 性能要求.....	3
7.3 标校性能.....	5
7.4 环境适应性.....	5
7.5 电磁兼容性.....	5
8 检验.....	5
8.1 检验类型.....	5
8.2 检验条件.....	5
8.3 检验项目.....	6
8.4 检验方法.....	6
附录 A 电磁环境功能指标检验方法.....	7
附录 B 电磁环境性能指标检验方法.....	8
附录 C 信号功率和时延标校方法.....	14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由北京华力创通科技股份有限公司提出。

本标准由中关村空间信息产业技术联盟归口。

本标准起草单位：北京华力创通科技股份有限公司、北京市计量检测科学研究院、大连东信微波技术有限公司。

本标准主要起草人：孙东、方党恩、李腾宇、张志孔、梁炜、许原、李刚、石敬君。

全球卫星导航系统测试用电磁环境技术规范

1 范围

本标准规定了全球卫星导航系统测试用电磁环境的一般要求、技术要求、检验等内容。
本标准适用于全球卫星导航系统测试用电磁环境系统设计、制造、检验、验收和使用维护等过程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 4824—2013 工业科学和医疗射频设备骚扰特性限值和测量方法

GB/T 19391—2003 全球定位系统(GPS)术语及定义

GB/T 1.1—2009 标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写

GB/T 12190—2006 高性能屏蔽室屏蔽效能的测量方法

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验第 2 部分：试验方法试验 A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验第 2 部分：试验方法试验 B：高温

GB/T 12499—1990 铷原子频率标准测试方法

BD41001—2015 北斗/全球卫星导航系统接收机数据自主交换格式

BD41004—2015 北斗/全球卫星导航系统接收机导航定位数据输出格式

BD420012—2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）信号模拟器性能要求与测试方法

3 术语和定义

GB/T 19391 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

定位精度 accuracy of positioning

卫星导航接收机通过对卫星信号测量值解算出的定位位置值与真实值的偏差。

3.2

测速精度 accuracy of velocity measurement

卫星导航接收机通过对卫星信号测量值解算出的速度值与真实速度的偏差。

3.3

干信比 jamming to signal ratio(JSR)

干扰信号功率和卫星信号功率的比值，常用分贝表示。

4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

BDS——BeiDou Navigation Satellite System，北斗卫星导航系统；

Galileo——Galileo Navigation Satellite System，伽利略卫星导航系统；

GLONASS——Global Navigation Satellite System，格洛纳斯卫星导航系统；

GNSS——Global Navigation Satellite System，全球卫星导航系统；

GPS——Global Positioning System，全球定位系统；

pps——Pulse Per Second，秒脉冲。

5 总则

5.1 规范性

卫星导航测试用电磁环境所涉及的控制协议、传输协议、接口协议等应符合 BD41001-2015 北斗/

全球卫星导航系统接收机数据自主交换格式、BD41004-2015 北斗/全球卫星导航系统接收机导航定位数据输出格式相关部分的规定。

5.2 可靠性

卫星导航测试用电磁环境应采用成熟的技术和设备，关键设备、关键数据、关键程序模块应具有较强的容错和系统的自恢复和被恢复能力，能够持续稳定运行。

5.3 扩展性

在设计卫星导航测试用电磁环境时应采取模块化设计，以便于系统在规模和功能上升级扩充。

5.4 操作性

测试用电磁环境应提供清晰、简洁、友好的人机交互界面、操作应简便、灵活、易学易用。

6 一般要求

6.1 组成

卫星导航测试用电磁环境一般由信号源、测试环境、测试评估、时频基准、信号检测设备组成。信号源包括卫星导航信号模拟源、干扰信号模拟源等，为测试环境提供多种射频信号；信号分配设备实现导航信号、干扰信号、时频信号等信号的合路、分路、切换与分配；测试环境实现不同入射方向的卫星星座信号和干扰信号的发射，模拟测试用电磁环境。测试环境包括微波暗室、发射天线、测试转台等设备；测试评估设备接收测试环境中被测接收机的定位结果，对被测接收机的性能进行测试评估；时频基准为电磁环境提供时频信号，对系统设备进行同步；信号检测设备对测试环境中的信号进行检测，监测测试用信号的质量。卫星导航测试用电磁环境组成如图 1 所示。

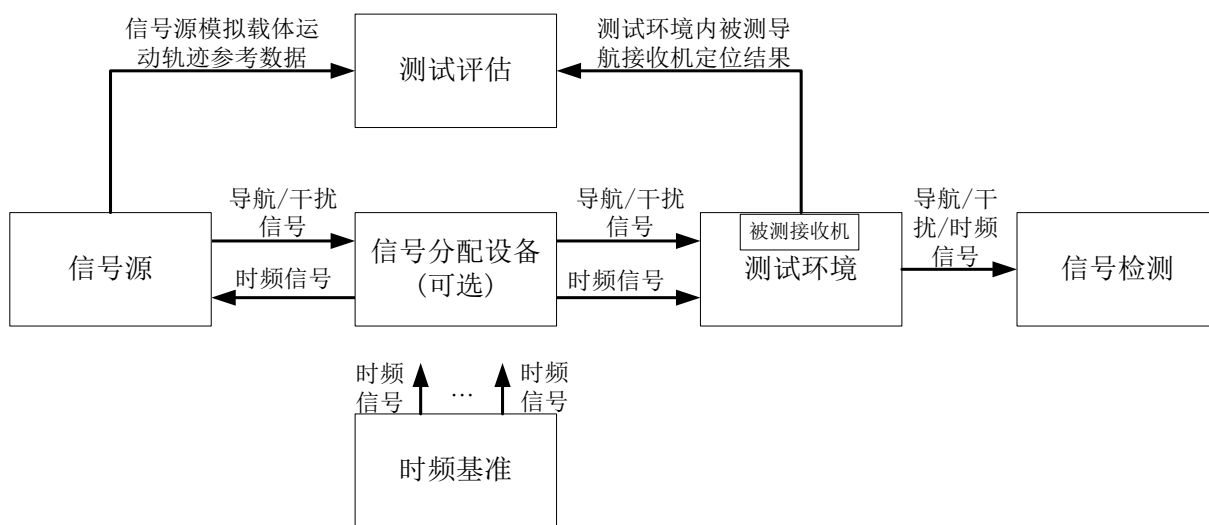


图 1 全球卫星导航系统测试用电磁环境组成框图

6.2 接口要求

卫星导航测试用电磁环境所涉及的控制协议、传输协议、接口协议等应符合 BD41001-2015 北斗/全球卫星导航系统接收机数据自主交换格式、BD41004-2015 北斗/全球卫星导航系统接收机导航定位数据输出格式相关部分的规定；可直接通过计算机与仪器仪表进行信号和信息检测与监测。

7 技术要求

7.1 功能要求

7.1.1 数学仿真功能

1) 星座模拟功能

具备 BDS、GPS、GLONASS、Galileo 等导航系统时间基准、空间基准、星座卫星运动、卫星钟差、

卫星设备时延、卫星健康状态仿真功能。

2) 空间环境模拟功能

具备电离层延迟效应、对流层延迟效应、多径效应模拟功能，支持电离层模型、对流层模型选择与参数配置；

3) 用户轨迹模拟功能

(1)具备静态、动态轨迹模拟功能，其中动态轨迹运动载体包括汽车、飞机、卫星等；

(2)具备欺骗干扰动态轨迹模拟功能。

4) 惯性导航仿真功能

可以根据不同精度陀螺仪和加速度计的误差特性，模拟产生陀螺和加速度计等惯性器件的测量数据。

5) 故障异常仿真功能

具备卫星星历异常、伪距异常、功率异常、信号畸变、星钟异常仿真功能。

7.1.2 信号生成与分配功能

1)导航信号模拟功能

(1)具备 GPS、GLONASS、BDS、Galileo 导航系统信号模拟功能；

(2)具备信号调制模式、信号功率、闰秒等参数调整功能。

2)干扰信号模拟功能

具备压制式和欺骗式干扰信号模拟功能。压制式干扰信号包括连续波、扫频、调频、脉冲、窄带噪声、宽带噪声等信号类型；欺骗式干扰包括转发式、生成式等信号类型。

3)时频信号生成功能

具备 1pps、10MHz 等时频基准信号的生成功能。

4)信号分配功能

具备按照测试需求进行导航信号、干扰信号、时频信号的合路、分路、切换、分配等控制功能。

7.1.3 信号检测功能

具备导航信号、干扰信号、时频信号等测试信号的功率、频率等参数的检测、监测功能，实时监测信号状态。

7.1.4 测试评估功能

卫星导航测试用电磁环境应具备自动化测试评估功能，测试评估项目至少包括：

(1)定位精度；

(2)测速精度；

(3)首次定位时间；

(4)捕获灵敏度；

(5)跟踪灵敏度；

(6)定时精度。

7.2 性能要求

7.2.1 信号数量

1) 导航信号射频通道数：不少于 8 路；

2) 干扰信号射频通道数：不少于 4 路。

7.2.2 信号入射方向

信号满足远场测试要求，导航信号与干扰信号入射方向最小夹角不大于 15°。

7.2.3 信号频率

- 1) 导航信号频率覆盖 GPS、GLONASS、BDS、Galileo 等 4 个导航系统信号;
- 2) 干扰信号频率覆盖 1~3GHz。

7.2.4 信号精度

- 1) 伪距控制精度: 优于 0.05m;
- 2) 伪距变化率控制精度: 优于 0.01m/s。

7.2.5 信号质量

- 1) 杂波功率(最大): -50dBc;
- 2) 谐波功率(最大): -40dBc;
- 3) 相位噪声:
 - ≤-75dBc/Hz@100Hz;
 - ≤-80dBc/Hz@1kHz;
 - ≤-85dBc/Hz@10kHz;
 - ≤-90dBc/Hz@100kHz。

7.2.6 信号功率

- 1) 导航信号: 至少包括-130dBm±20dB(接收天线口面);
- 2) 干扰信号: 相对于-130dBm 导航信号, 干扰信号与导航信号的最大干信比不小于 80dB;
- 3) 功率分辨率: 优于 0.2dB;
- 4) 功率准确度: 优于 0.5dB。

7.2.7 信号动态

- 1) 速度范围: 下限: ≤-36,000m/s; 上限: ≥36,000m/s;
- 2) 速度精度: 优于 0.05m/s;
- 3) 加速度范围: 下限: ≤-1,500m/s²; 上限: ≥1,500m/s²;
- 4) 加速度精度: 优于 0.05m/s²;
- 5) 加加速度范围: 下限: ≤-3,000m/s³; 上限: ≥3,000m/s³;
- 6) 加加速度精度: 优于 0.05m/s³。

7.2.8 微波暗室

- 1) 满足远场测试要求;
- 2) 工作频率: 至少包括 1~3GHz;
- 3) 屏蔽效能: 优于 100dB;
- 4) 静区反射电平: 优于-35dB;
- 5) 静区场幅度均匀性: 横向≤±0.5dB, 纵向≤±2.5dB。

7.2.9 时频基准

1) 10MHz 信号

相位噪声:

- ≤-90dBc/Hz@10Hz;
- ≤-120dBc/Hz@100Hz;
- ≤-130dBc/Hz@1kHz;
- ≤-140dBc/Hz@10kHz。

频率稳定度: 优于 $5 \times 10^{-11}/s$ 。

2) 1pps 信号

TTL 电平;

上升沿宽度: <10ns;

上升沿抖动(1σ): <1ns;

7.2.10 转台

转动范围: 方位角 0°~360°; 俯仰角 0°~90°。

7.3 标校性能

具备信号功率等环境参数的在线检测功能和自动/手动标校功能；

信号功率标校误差：优于 0.5dB；

信号时延标校误差：优于 0.3ns。

7.4 环境适应性

温度：10℃~25℃；

湿度：10%~80%。

7.5 电磁兼容性

电磁环境设备符合 GB4824-2013 1 组 B 类设备要求。

8 检验

8.1 检验类型

首次检验：电磁环境建成正式运行之前进行首次检验；

周期检验：电磁环境建成正式运行之后每年进行 1 次周期检验。

8.2 检验条件

1)大气条件：温度：10℃~25℃；湿度：10%~80%；

2)检验仪器设备应在计量部门检定合格，并在有效期内；

3)检验仪器设备的精度应符合检验要求；

4)检验前需连续运行 1 小时以上。

8.3 检验项目

序号	检验项目	首次检验	周期检验	检验方法
1	数字仿真	+	-	A.1
2	射频信号生成与分配	+	-	A.2
3	信号检测	+	-	A.3
4	测试评估	+	-	A.4
5	信号数量	+	-	B.1
6	信号入射方向	+	-	B.2
7	信号频率	+	+	B.3
8	信号精度	+	+	B.4; B.5
9	信号质量	+	+	B.6; B.7
10	信号功率	+	+	B.8; B.9
11	信号动态	+	-	B.10; B.11; B.12
12	微波暗室屏蔽性能	+	-	B.13
13	微波暗室静区反射电平	+	-	B.14
14	微波暗室静区场幅度均匀性	+	-	B.15
15	时频基准	+	+	B.16
16	转台	+	-	B.17
17	标校性能	+	+	8.5.3
18	环境适应性	+	-	8.5.4
19	电磁兼容性	+	-	8.5.5

注：“+”为应检项目；“-”为可不检项目。

8.4 检验方法

8.4.1 功能检验

功能检验包括数学仿真、信号生成与分配、信号检测、测试评估等功能的检验，检验方法参考附录 A 进行。

8.4.2 性能检验

性能检验包括信号数量、信号入射方向、信号频率、信号精度、信号质量、信号功率、信号动态、微波暗室性能指标、时频基准性能指标、转台性能指标等性能的检验，检验方法参考附录 B 进行。

8.4.3 标校性能检验

标校性能检验包括信号功率和时延的检验，检验方法参考附录 C 进行。

8.4.4 环境适应性

按照 GB/T2423.1-2008《电工电子产品环境试验》第 2 部分：试验方法试验 A：低温和 GB/T2423.2-2008《电工电子产品环境试验》第 2 部分：试验方法试验 B：高温方法进行。

8.4.5 电磁兼容性

按照 GB4824-2004 试验方法要求进行检验。

附录 A 电磁环境功能指标检验方法

(资料性附录)

A.1 数学仿真功能

卫星信号模拟器能够加载星历和历书完成 GPS、GLONASS、BDS 和 Galileo 卫星星座的构建，能够完成各个导航卫星位置、速度、加速度的计算；设置各种大气传播延时误差项，检验是否具有电离层、对流层等误差仿真功能；设置用户载体运动参数，包括静态、匀速、匀加速等，检验是否具有载体轨迹仿真功能。

A.2 信号生成与分配功能

按产品详细技术规范进行检验。

A.3 信号检测功能

按产品详细技术规范进行检验。

A.4 测试评估功能

按产品详细技术规范进行检验。

附录 B 电磁环境性能指标检验方法

(资料性附录)

B.1 信号数量

设计保证满足本规范 7.2.1 节要求。

B.2 信号入射方向

设计保证满足本规范 7.2.2 节要求。

B.3 导航信号频率

使用仿真控制软件依次输出各个频点单星单载波信号，用频谱仪观察中心频率和信号带宽。

B.4 伪距控制精度

利用高采样示波器及示波器自带的时延统计功能在模拟器射频输出进行时域观测，在静态情况下，模拟器仅输出一个频点一颗卫星信号，调制方式为单载波，观察单载波相位与模拟器 1pps 的相位差，记录其均值，然后调整卫星的径向距离，使其变化 0.05m，使用高分辨率采样示波器，可以完成该项测试。

表 B.1 伪距控制精度测试场景列表

序号	场景编号	场景描述
1	Sim1.1	伪距=0, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 指定单频点、单星、BPSK 信号输出, 信号功率电平不低于-20dBm。
2	Sim1.2	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 指定单频点、单星、BPSK 信号输出, 信号功率电平不低于-20dBm。
3	Sim1.3	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后设置伪距=9000.04、速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。
4	Sim1.4	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后设置伪距=9000.05、速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。
5	Sim1.5	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后设置伪距=9000.06、速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。

B.5 伪距变化率精度

利用示波器在射频进行时域观测，载入特殊场景，测试中需要针对伪距变化 0.005m/s-10s、20s 进行测量，场景描述见场景 Sim2.1 和 Sim2.2，输出单频点的单颗卫星信号，调制方式为单载波，分别观察各频点单载波相位在伪距变化前和变化后与模拟器 1pps 的相位差，记录其均值。

表 B.2 伪距变化率精度测试场景列表

序号	场景编号	场景描述
1	Sim2.1	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后置速度=0.001m/s、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 10s 后置伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。
2	Sim2.2	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后置速度=0.001m/s、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 20s 后置伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。

B.6 谐波功率和杂波功率

模拟器输出设置为单颗静止状态，产生待测星座、待测频点的信号，调制方式设置为单载波，场景描述见 Sim3.1，输出射频信号为测试单载波；用频谱分析仪观测信号发射带宽内的最大杂波功率和二次谐波点的谐波功率。

表 B.3 谐波、杂波、相位噪声测试场景列表

序号	场景编号	场景描述
1	Sim3.1	伪距=9000m, 伪距速度=0 m/s、伪距加速度=0 m/s ² 和伪距加加速度=0 m/s ³ , 单频点、单星、单载波信号输出。

B.7 相位噪声

设置卫星导航模拟器输出信号为单颗静止状态, 产生待测星座、待测频点的信号, 调制方式设置为测试单载波, 与所模拟用户接收机位置的径向距离为固定值, 场景描述见 Sim3.1, 输出射频信号设为最大功率, 将模拟源标校端口输出的射频信号输入频谱分析仪进行相位噪声测试。

B.8 功率分辨率

场景描述见 Sim3.1, 设置输出为单星单载波, 信号的输出功率为-50dBm; 以 0.2dB 分辨率指标作为步进, 设置模拟器显控软件输出功率依次增大或减小 5 次, 记录频谱分析仪测得的实际输出功率 P_i ($i=1,2,\dots,5$); 计算功率分辨率 $P=P_i-P_{i-1}$, ($i=2,\dots,5$), 结果保留两位小数。

B.9 功率准确度

场景描述见 Sim3.1, 设置输出为单星单载波, 信号的输出功率 P 为-50dBm; 测试得到实际输出功率 P_i 与理论功率值 P 相比较, 得到功率准确度。

B.10 速度范围与精度

利用频率计数器对模拟器频率进行测试。模拟器运行特殊场景 Sim4.1, 载体速度设置为 36000m/s 匀速运动, 通过频率计数器测量检测仪输出射频信号的多普勒频偏 f_d , 利用速度与 f_d 的关系:

$$v = \frac{f_d}{f_0} \cdot c \quad (c \text{ 为光速}), \text{ 计算模拟器最大速度。最大速度计算值与理论值的差值为速度精度。}$$

表 B.4 动态性能测试场景列表

序号	场景编号	场景描述
1	Sim4.1	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后置速度=0.001m/s、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 10s 后置伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。
2	Sim4.2	伪距=9000, 伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 120s 后置速度=0.001m/s、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 运行 20s 后置伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0。
3	Sim4.3	伪距=9000m, 伪距速度=0 m/s、伪距加速度=0 m/s ² 和伪距加加速度=0 m/s ³ , 置伪距速度=0 m/s、伪距加速度=0m/s ² 和伪距加加速度=3000 m/s ³ 运行 1s 后, 置伪距速度=0、伪距加速度=0 和伪距加加速度=0, 指定单频点、单星、单载波信号输出。

B.11 加速度范围与精度

利用频率计数器对模拟器频率进行测试。模拟器运行特殊场景 Sim4.2, 载体初速度为 0, 以固定加速度 1500m/s² 运动 1 秒后作匀速运动, 通过频率计数器测量检测仪输出射频信号的多普勒频偏 f_d , 利用速度与 f_d 的关系:

$$a = \frac{f_d}{f_0} \cdot \frac{c}{t} \quad (c \text{ 为光速}, t = 1s), \text{ 计算最大加速度。最大加速度计算值与理论值的}$$

差值为加速度精度。

B.12 加加速度范围与精度

利用频率计数器对模拟器频率进行测试。模拟器运行特殊场景 Sim4.3, 载体初速度为 0, 以固定加加速度 3000m/s³ 运动 1 秒后作匀速运动, 通过频率计数器测量检测仪输出射频信号的多普勒频偏 f_d ,

利用速度与 f_d 的关系： $j = 2 \frac{f_d}{f_0} \cdot \frac{c}{t^2}$ (c 为光速, $t = 1s$, j 为加加速度), 计算最大加加速度。最大加

加速度计算值与理论值的差值为加加速度精度。

B.13 屏蔽性能

屏蔽效能测试参考 GB/T12190-2006 高性能屏蔽室屏蔽效能的测量方法, 在吸波材料安装以前进行, 测试示意图如图 B.2 所示。主要测试部位包括屏蔽门、滤波器、波导管、信号接口板等, 测试频率: 0.5GHz、3GHz。其中 d_1 : 发射天线与接收天线间距离; d_2 : 发射天线距屏蔽体的距离 d_3 : 接收天线距屏蔽体的距离 t : 屏蔽体厚度 2mm。测试距离见表 B.5 所示。

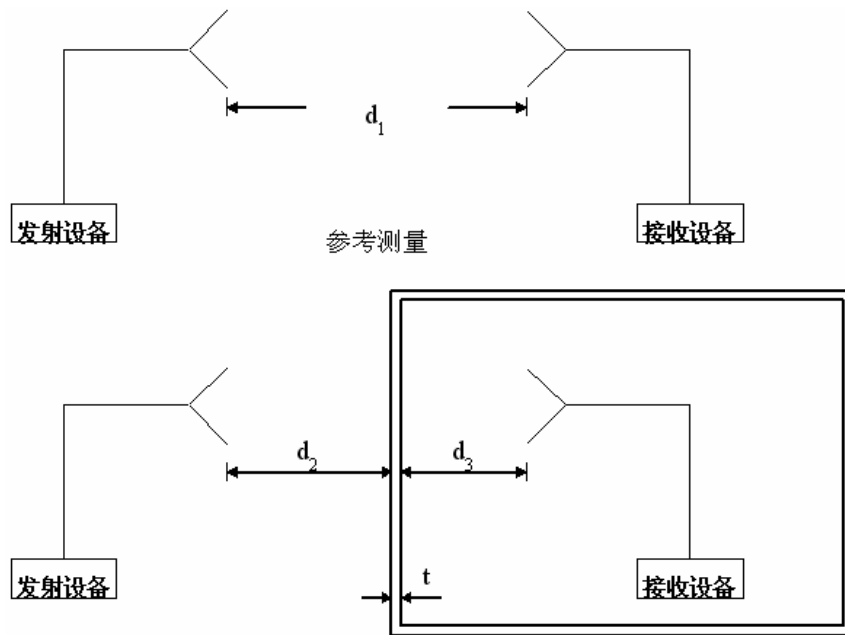


图 B.2 屏蔽效能测试配置示意图

表 B.5 标准测试距离

测量频段	$d_1(m)$	$d_2(m)$	$d_3(m)$
0.5GHz~1GHz	2.02	1.0	1.0
1GHz~3GHz	2.02	1.68	0.3

测试步骤:

1) 按照图 B.2 屏蔽效能检测示意图连接仪器设备, 在没有屏蔽体的空间, 根据表 B.5 标准测试距离进行参考测量, 记下每个频率的发射功率和接收到的参考测量值。

2) 将接收系统与发射系统分别放在屏蔽体 (门、波导窗、滤波器、接口板等) 内外, 保持信号源发射功率不变, 记下接收到测量值。

3) 根据屏蔽效能计算公式 $SE=E_1-E_2$ 计算出屏蔽体的屏蔽效能。

B.14 静区反射电平

静区反射电平测试在暗室内设备安装前测试，保证暗室设计静区符合设计要求。测试连接示意图如图 B.3 所示。测试频率至少包括 0.5GHz、1GHz、2GHz、3GHz。

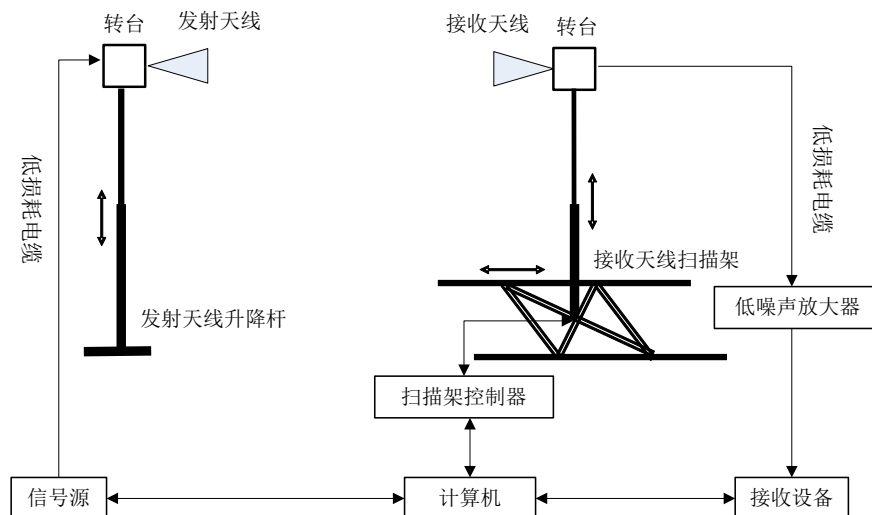


图 B.3 静区反射电平测试连接示意图

1) 行程线选取

微波暗室的静区一般是位于纵轴上一个圆柱体，近似用长方体来描述其边界。以一个典型静区来说明行程线的选取。

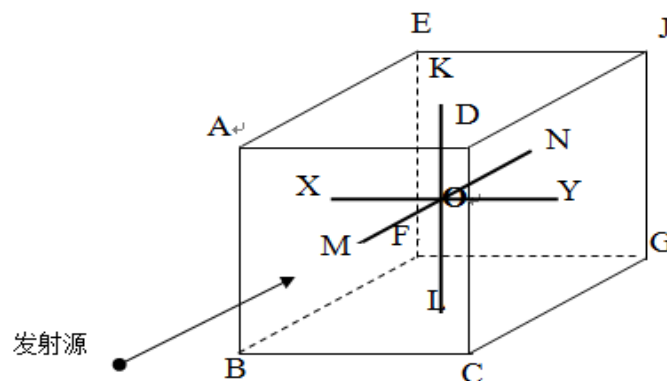


图 B.4 VSWR 法行程线示意图

如图 B.4 所示，以长方体 ABCDEFGJ 来表示待测的微波暗室静区，静区中心为 O。通过静区中心的三条典型线 XY、KL、MN。其中平行于微波暗室轴线方向的线称为纵向线（如 MN）；平行于地面且垂直于纵向线的线称为横向线（如 XY）；垂直于地面且垂直于纵向线的线称为垂直线（如 KL）。

可选择三条典型线行程线（XY、KL、MN）。

2) 探测方向选取

对于纵向线探测方向的选取，如图 B.5 所示。从微波暗室上方俯视，面对发射源，平行于微波暗室纵向轴线的方向定为 0° 方向。以顺时针方向依次定义圆周 360° 各方向。在实际测试中纵向线的探测方位角以 30° 间隔选取。选择以下特定角度：0°、150°、180°、210°。其中每条纵向线的 0° 方向测得的信号可作为这条行程线其它角度测试的参考电平，这时主要测量后墙的反射。

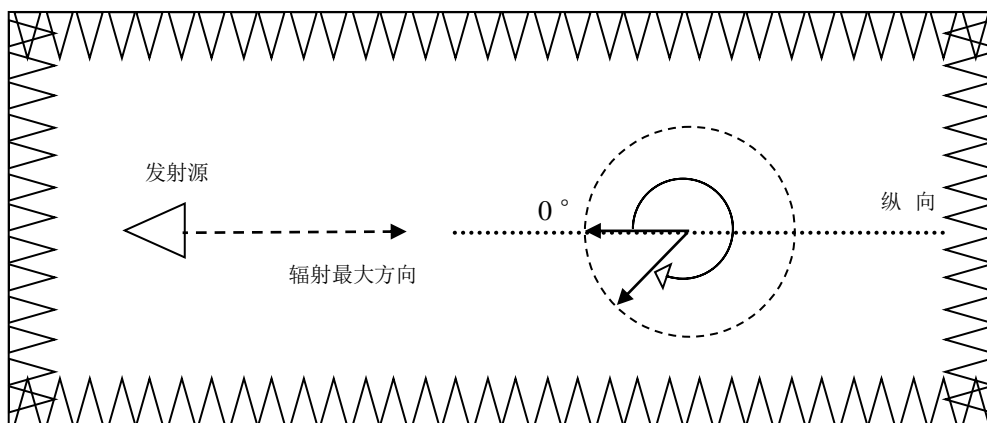


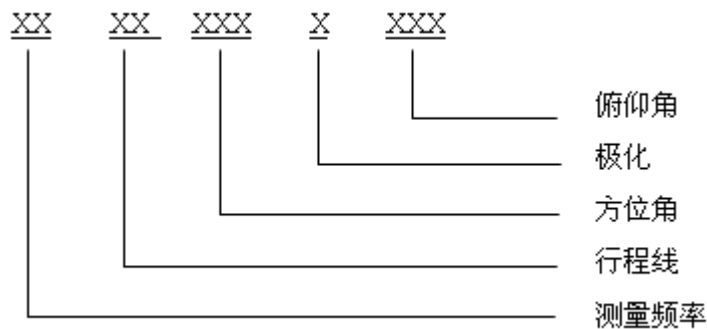
图 B.5 纵向线探测方向选取示意图

对于横向线探测方向的选取，如图 B.5 所示。以顺时针方向依次定义圆周 360° 各方向。在实际测试中垂直线的探测方位角也以 30° 间隔选取，选择以下特定角度：0°、60°、90°、120°、240°、270°、300°。其中每条水平横向线的 0° 方向测得的信号可作为这条行程线其它角度测试的参考电平，这时主要测量侧墙反射。

在垂直线方向采用相同原理测量暗室顶部和地面的反射电平。

3) 行程线的命名

便于区别探测天线在不同频率、不同行程线、不同探测方向、不同极化时的采集曲线，特作如下命名：



其中，“测量频率”用数字表示，单位一般为 GHz。“行程线”用上述定义的英文字母表示。“方位角”和“俯仰角”用数字表示，单位是度。“极化”用 H 和 V 表示，“H”表示水平极化，“V”表示垂直极化。如：03KL000H +45 表示测量频率为 3GHz，行程线为 KL，方位角 0°，极化为水平，仰角为 45°。

4) 测试步骤

(1)按图 B.3 连接好测试系统，发射天线放置在某个测试位置上。

(2)先测纵向线的反射电平。调整好探测（接收）天线在参考电平方向，沿待测的行程线移动探测天线并记录接收信号曲线，测试曲线作为这条纵向线的参考电平线。

(3)将接收天线方向在 0°~360° 范围内以规定间隔角度改变探测方向，接收天线沿这条测量行程线移动，并记录空间驻波曲线。

(4)再测横向线的反射电平。调整好探测（接收）天线在参考电平方向，沿待测的行程线移动探测

天线并记录接收信号曲线，测试曲线作为这条横向线的参考电平线。

(5)将接收天线方向在 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 范围内以规定间隔角度改变探测方向，接收天线沿这条测量行程线移动，并记录空间驻波曲线。

(6)最后测垂直线的反射电平。调整好探测（接收）天线在参考电平方向，沿待测的行程线移动探测天线并记录接收信号曲线，测试曲线作为这条垂直线的参考电平线。

(7)将接收天线以规定俯仰角度改变方向，接收天线沿测量行程线移动并记录空间驻波曲线。

(8)改变极化，重复(2)~(7)的测量。

(9)改变频率、行程线和发射天线位置等条件重复上述(2)~(8)测量。

(10)处理以上记录的数据，计算出各条行程线反映出的静区反射电平值。

5) 数据处理

以接收天线指向为零度参考方向时扫描得到的接收电平的最大值作为参考零进行过归一化数据处理，在接收天线指向不处于零度方向角时，接收到的驻波曲线电平对于零度参考曲线一个偏离量 A 。已知偏离量 A 和最大包络宽度 D ，反射能量与入射能量的相对幅度（即反射电平）可由以下方程计算：

$$R(dB) = 20 \log \frac{E_R}{E_D} = A(dB) + 20 \log \frac{10^{0.05D} - 1}{10^{0.05D} + 1}$$

B.15 静区场幅度均匀性

具体测试方法如下：

1) 测试频率：0.5GHz、1GHz、2GHz、3GHz。

2) 测试步骤

(1)与静区反射电平的测试方法类似，放置好发射天线。

(2)接收天线在通过静区中心的横向线上移动，方位角保持 0° ，其接收信号电平就可得到横向场幅度均匀性。

(3)接收天线在通过静区中心的纵向线移动，方位角保持 0° ，其接收信号电平就可得到纵向场幅度均匀性。

(4)改变频率重复(2)、(3)操作。

3) 数据处理

幅度均匀性可用以下的公式求得：

$$K_h = \pm \frac{Max(M(L)) - Min(M(L))}{2}$$

$$K_z = Max(M(L)) - Min(M(L))$$

式中： K_h 表示横向场幅度均匀性， K_z 表示纵向场幅度均匀性； $M(L)$ 表示接收信号电平，它与接收天线的位置有关。

B.16 时频基准

相位噪声按照 B.7 方法进行检验。

频率稳定度按 GB/T12499—90 规定进行检验。

B.17 转台

按产品详细技术规范进行检验。

附录 C 信号功率和时延标校方法

(资料性附录)

信号功率与时延标校原理如图 C.1 所示。首先确定标校线缆的插损、时延以及标校接收天线的增益。用矢量网络信号分析仪测试链路插损及时延。

标校步骤：

1) 将发射天线通过电缆接到矢量网络分析仪的 Port1 端口，接收天线通过电缆接到矢量网络分析仪的 Port2 端口，天线通过抗干扰测试转台旋转对准发射天线；

2) 设置矢量网络分析仪的“ S_{21} ”参数，测试发射天线到接收天线的损耗及延时，读取数值并记录；

3) 依次连接发射天线 1、发射天线 2、发射天线 3、...、发射天线 N 到矢量网络分析仪的 Port1 端口，接收天线通过电缆接到矢量网络分析仪的 Port2 端口，读取“ S_{21} ”参数，得到发射天线 1、发射天线 2、发射天线 3、...、发射天线 N 到接收天线的链路损耗及延时，读取数值并记录。

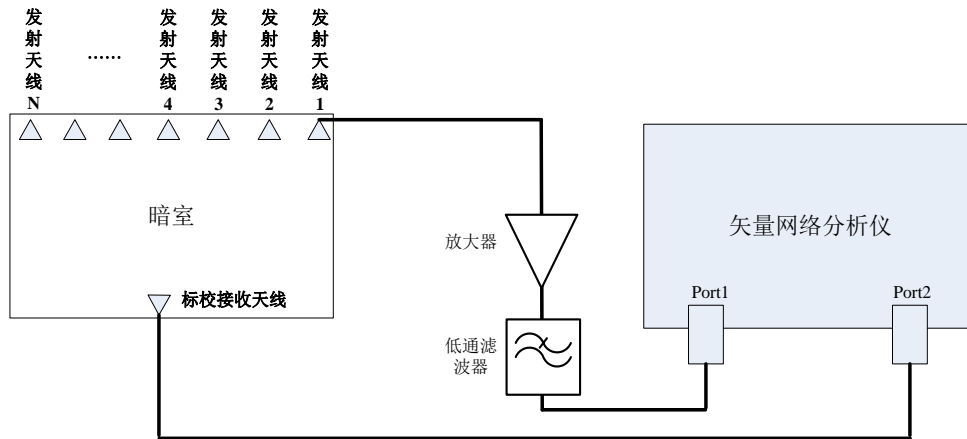


图 C.1 信号功率与时延标校原理图