

BD

中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 420004—2015

北斗/全球卫星导航系统（GNSS） 导航型天线性能要求及测试方法

Performance requirements and test methods for
BeiDou/Global Navigation Satellite Systems (GNSS) navigation antenna



2015-10-19 发布

2015-11-01 实施

中国卫星导航系统管理办公室 批准

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	3
4 要求	3
4.1 总则	3
4.2 外观	3
4.3 无源天线性能	4
4.4 有源天线性能	4
4.5 环境适应性	4
4.6 防护要求	6
5 测试方法	6
5.1 测试环境	6
5.2 测试场地	6
5.3 测试设备	6
5.4 测试项目	7
5.5 外观	7
5.6 无源天线性能的测试	8
5.7 有源天线性能的测试	18
5.8 环境适应性	20
5.9 防护	23

前 言

为适应我国卫星导航发展对标准的需要，由全国北斗卫星导航标准化技术委员会组织制定北斗专项标准，推荐有关方面参考采用。

本标准由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本标准由全国北斗卫星导航标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：嘉兴佳利电子有限公司、中国卫星导航工程中心、陕西海通天线有限责任公司、国家无线电监测中心检测中心、深圳市兴嘉林电子科技有限公司、深圳市众鸿科技股份有限公司、北京遥测技术研究所、中国航天标准化研究所。

本标准主要起草人：陈学友、吴海玲、王如龙、葛伟平、许赛卿、方明、闫文力、陈金虎、黄庆武、毛琼、刘巍、蔡文正、唐志波、刘庆辉、泉浩芳、许冬彦。

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）

导航型天线性能要求及测试方法

1 范围

本标准规定了支持北斗卫星导航系统的GNSS导航型圆极化无源天线、有源天线的性能要求和测试方法。

本标准适用于车载、船载及移动终端用GNSS导航型圆极化微带天线的研制、生产和检验，其它的GNSS导航型天线可参照使用。

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/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验 A：低温试验方法
- GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验 B：高温试验方法
- GB/T 2423.3-2006 电工电子产品环境试验 第2部分 试验Cab：恒定湿热试验方法
- GB/T 2423.5-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验Ea：冲击
- GB/T 2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.38-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验 R：水试验方法和导则
- GB 4208-2008 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 17626.2-2006 电磁兼容试验和测试技术 静电放电抗扰度试验
- BD 110001-2015 北斗卫星导航术语

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

BD 110001-2015界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

天线 antenna

无线发射或接收系统中，用以辐射或接收电磁波的装置。

3.1.2

无源天线 passive antenna

不含低噪声放大器（LNA）电路、无需外加电源就能工作的天线组件。

3.1.3

有源天线 active antenna

包含无源天线和低噪声放大器的天线组件，需外加电源才能工作。

3.1.4

内置天线 internal antenna

装配在接收机整机内的天线。

3.1.5

外置天线 external antenna

装配在接收机整机外，自带外罩和射频接口的天线。

3.1.6

天线增益 antenna gain

天线在给定方向的辐射强度与在输入功率相同的情况下全向天线的辐射强度之比，通常以分贝表示。

3.1.7

极化 polarization

沿着传播方向，电场矢量的末端随时间变化所描述出的轨迹，用来描述辐射电磁波的电场矢量的方向和相对幅度的时变特性，包括圆极化和线极化。

3.1.8

轴比 axial ratio

椭圆极化波的长轴和短轴之比。

3.1.9

天线方向图 antenna radiation pattern

表征天线产生的电磁场特征量的空间分布图。常用特征量有功率密度、辐射强度、方向性系数、相位、极化和场强。当不特别指明时，方向图指功率方向图。

3.1.10

法向极化增益 Normal polarization gain

在相同输入功率条件下，天线在法向辐射电磁波的功率密度与各向同性圆极化天线在法向的辐射功率密度之比。

3.1.11

极化增益前后比 front-to-rear ratio

天线法向极化增益与背向 $\pm 30^\circ$ 内的极化增益最大值之差。

3.1.12

20°仰角极化增益不圆度 out-of-roundness at 20 degrees elevation

在仰角20°上，方位 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围内天线极化增益的最大起伏。

3.1.13

20°仰角平均增益 average gain at 20 degrees elevation

在仰角20°上，方位0~360°范围内天线极化增益的平均值。

3.1.14

电压驻波比 voltage stand wave ratio (VSWR)

用来衡量阻抗失配的程度，表述天线反射信号的强度，其定义为沿线电压相邻的最大值与最小值之比。

3.1.15

噪声系数 noise figure

在标准信号源激励下输入信噪比与输出信噪比之比，用来表述一个器件对系统的噪声贡献。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

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；

RHCP——Right Hand Circular Polarization，右旋圆极化；

VSWR——Voltage Standing Wave Ratio，电压驻波比。

4 要求

4.1 总则

4.1.1 GNSS 导航型天线至少应能接收 BDS 播发的公开服务信号，也可同时接收其它的 GNSS 导航信号。

4.1.2 天线的输出阻抗推荐为 50Ω。

4.1.3 天线的输出连接方式由制造商或订购商确定，但应在产品规范中加以说明。

4.1.4 不同应用需求的产品分别对应 A 级、B 级的限值要求，应由天线制造商在产品说明书或者技术规格书中明确天线所能承受的具体等级。

4.2 外观

天线表面应光洁，不应有凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷。金属零件表面应有防锈、防腐蚀涂层，金属零件不应有锈蚀。

4.3 无源天线性能

4.3.1 电压驻波比

在工作频带范围内，天线输出电压驻波比应不大于3.0。

4.3.2 极化特性与法向轴比

天线极化方向应为右旋圆极化，在工作频带范围内，天线的法向轴比应不大于15dB。

4.3.3 法向极化增益

法向极化增益应不小于-3dBic。

4.3.4 前后极化增益比

前后极化增益比应不小于3.0dB。

4.3.5 20°仰角极化增益不圆度

20°仰角极化增益不圆度应不大于5.0 dB。

4.3.6 20°仰角平均极化增益

20°仰角平均极化增益应不小于-10.0 dBic。

4.4 有源天线性能

4.4.1 概述

有源天线所使用的无源天线部分的性能指标参照4.3。

4.4.2 供电特性

天线的工作电压应为3VDC~5VDC，工作电流应小于20mA。具体的工作电压和工作电流值应在产品说明书或者技术规格书中明确列出。

4.4.3 电压驻波比

在工作频带范围内，天线输出端口的电压驻波比应不大于2.0。

4.4.4 噪声系数

在工作频带范围内，低噪声放大器噪声系数值应不大于2.0dB，具体数值应在产品说明书或者技术规格书中明确列出。

4.4.5 低噪声放大器增益

在工作频带范围内，低噪声放大器增益典型值为28dB±3dB，具体增益值应在产品说明书或者技术规格书中明确列出。

4.5 环境适应性

4.5.1 工作温度

在表1温度环境时，天线应能正常工作，保持结构完好。

表1 工作温度限值

工作状态	温度限值 ℃	
	A级	B级
高温工作	70	85
低温工作	-20	-30

4.5.2 存储温度

在表2温度环境下存储一定时间后，天线应能正常工作，保持结构完好。

表2 存储温度限值

存储状态	温度限值 ℃
高温存储	85
低温存储	-40

4.5.3 恒定湿热

在温度为40℃、相对湿度为93%的环境下，天线应能正常工作。

4.5.4 振动

在表3规定的振动条件时，天线应能正常工作，保持结构完好。

表3 振动条件表

频率范围 Hz	振幅 mm	加速度 m/s ²	交越频率 Hz
10~55~10	3.5	10	10

4.5.5 冲击

在表4冲击条件时，天线应能正常工作，保持结构完好。

表4 冲击条件表

次数	X、Y、Z每方向各3次
峰值加速度	490 m/s ²
脉冲持续时间	11 ms
方向	X、Y、Z三方向

4.5.6 静电放电抗扰度

天线应能承受表5中给出的静电放电抗扰度。

表5 静电放电等级

放电类型	严酷等级 kV	
	A级	B级
接触放电	±4	±6
空气放电	±4	±8

4.6 防护要求

4.6.1 淋雨

天线应具有防水能力，外壳防护等级至少应满足GB 4208-2008中IP56的要求。

4.6.2 盐雾

天线应能承受表6抗盐雾腐蚀能力。

表6 盐雾腐蚀条件表

温度	盐溶液浓度	盐溶液的PH值
(35±2) °C	(5±1) %	6.5~7.2

5 测试方法

5.1 测试环境

除另有规定外，测试应在标准大气条件下进行：

- a) 温度：15°C~35°C；
- b) 相对湿度：20%~80%；
- c) 气压：试验现场的大气压。

5.2 测试场地

测试暗室为无回波暗室，屏蔽性能优于90dB。被测天线应置于测试暗室静区的中心位置，在测试系统工作频段内，静区反射电平优于-45dB，静区尺寸应远大于天线最大外形尺寸。

5.3 测试设备

所有测试用仪器、设备应有足够的测量范围、分辨力、准确度和稳定度，其性能应满足被测性能指标的要求；测试所用仪器设备应经过计量部门检定或校准，符合性能指标要求，并在检定或校准有效期内。

测试仪器、仪表及相关附件的特征阻抗应为50Ω。

5.4 测试项目

产品测试项目如表7所示。

表7 测试项目

测试项目	无源天线	有源天线		技术要求	试验方法	
		内置	外置			
外观	●	●	●	4.2	5.5	
无源天线电压驻波比	●	—	—	4.3.1	5.6.2.1	
极化特性与法向轴比	●	—	—	4.3.2	5.6.2.2 (或 5.6.3.2、5.6.4.2)	
法向极化增益	●	—	—	4.3.3	5.6.2.3 (或 5.6.3.3、5.6.4.3)	
前后极化增益比	●	—	—	4.3.4	5.6.2.4 (或 5.6.3.4、5.6.4.3)	
20°仰角极化增益不圆度	●	—	—	4.3.5	5.6.2.5 (或 5.6.3.5、5.6.4.3)	
20°仰角平均极化增益	●	—	—	4.3.6	5.6.2.6 (或 5.6.3.6、5.6.4.3)	
供电特性	—	●	●	4.4.2	5.7.2	
有源天线电压驻波比	—	●	●	4.4.3	5.7.3	
噪声系数	—	●	●	4.4.4	5.7.4	
低噪声放大器增益	—	●	●	4.4.5	5.7.5	
环境适应性	高温工作	—	●	●	4.5.1	5.8.1.1
	低温工作	—	●	●	4.5.1	5.8.1.2
	高温存储	—	●	●	4.5.2	5.8.2.1
	低温存储	—	●	●	4.5.2	5.8.2.2
	恒定湿热	—	●	●	4.5.3	5.8.3
	振动	●	●	●	4.5.4	5.8.4
	冲击	●	●	●	4.5.5	5.8.5
	静电放电抗扰度	—	●	●	4.5.6	5.8.6
防护	淋雨	—	—	●	4.6.1	5.9.1
	盐雾	—	—	●	4.6.2	5.9.2

注：●表示“要求的”项目；—表示“不要求的”项目。

5.5 外观

在环境照度为300lx条件下，距300mm~500mm情况下，目视检查外观，应满足4.2的要求。

5.6 无源天线性能的测试

5.6.1 概述

内置无源天线性能需在制造商提供的被测天线实际使用的设备结构的配合下进行测试。

无源天线性能指标通常有多探头球面近场测试法、单探头球面近场测试法和远场测试法，宜优先采用多探头球面近场测试法。

5.6.2 无源天线性能的多探头球面近场测试法

5.6.2.1 电压驻波比

5.6.2.1.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 矢量网络分析仪；
- b) 射频稳相电缆；
- c) 无回波暗室；
- d) 标准校准器。

5.6.2.1.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 如图 1 所示，打开矢量网络分析仪，预热 30 分钟；
- b) 根据被测天线的频率，设置矢量网络分析仪的测试频率带宽，连接射频稳相电缆；
- c) 射频稳相电缆输出端口用标准校准器进行矢量网络分析仪的校准，存储校准状态；
- d) 将被测天线放置在不回波暗室的测试架上，与射频稳相电缆可靠连接；
- e) 在相对应的工作频率范围内对天线进行电压驻波比测试，读取频带内电压驻波比数值。

测试结果应满足 4.3.1 的要求。

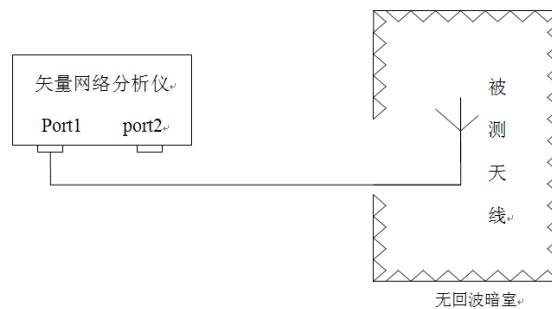


图1 电压驻波比测试框图

5.6.2.2 极化特性与法向轴比

5.6.2.2.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 多探头球面近场测试系统；
- a) 标准增益天线；
- b) 测试工装。

5.6.2.2.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按图 2 的测试框图安装标准增益天线（或被测天线）。
- b) 系统增益标定
 - 1) 安装标准增益天线，使标准增益天线几何中心与系统几何中心一致；
 - 2) 根据被测天线频率范围，设定测试系统的测试频带；
 - 3) 计算增益校准数据，将校准数据存储于测试系统。
- c) 天线测试
 - 1) 将被测天线安装在测试工装上，调整被测天线，使被测天线几何中心与系统几何中心重合；
 - 2) 连接测试电缆，设置测试频点，开始测试；
 - 3) 测试过程中，系统配套软件自动完成被测天线幅度和相位数据的采集、存储和计算；
 - 4) 导出天线的法向右旋极化增益 G_{rc} 和法向左旋极化增益 G_{lc} 。

G_{rc} ——被测天线法向右旋极化增益，单位为 dB

G_{lc} ——被测天线法向左旋极化增益，单位为 dB

若 $G_{rc} - G_{lc} > 0$ ，则天线为右旋极化；若 $G_{rc} - G_{lc} < 0$ ，则天线为左旋极化； $G_{rc} - G_{lc} = 0$ ，则天线非圆极化。

导出被测天线各频点的法向轴比，结果应满足 4.3.2 的要求。

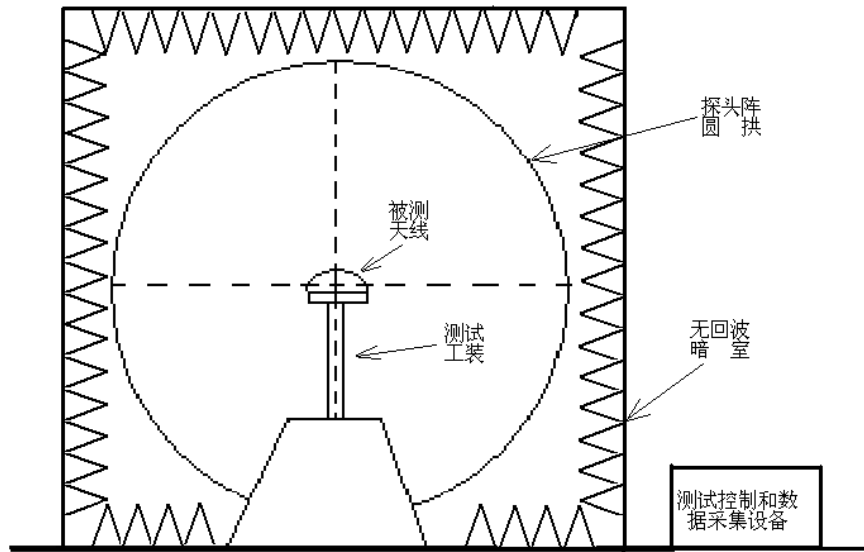


图2 多探头球面近场测试系统框图

5.6.2.3 法向极化增益

5.6.2.3.1 测试设备

与5.6.2.2.1相同。

5.6.2.3.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤与 5.6.2.2.2 相同。

导出被测天线各频点的法向主极化增益，结果应满足 4.3.3 的要求。

5.6.2.4 前后极化增益比

5.6.2.4.1 测试设备

与 5.6.2.2.1 相同。

5.6.2.4.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 测试方法和步骤与 5.6.2.2.2 相同；
- b) 导出被测天线各频点过天线法线方向的主极化增益方向图；
- c) 在各个方向图数据中分别找出法向主极化增益 G_f 和背向 $\pm 30^\circ$ 范围内主极化增益最大值 $G_{\pm 30}$ ；
- d) 前后极化增益比： $G_{FVSB} = G_f - G_{\pm 30}$

式中： G_f ——被测天线法向主极化增益，单位为 dB；

$G_{\pm 30}$ ——被测天线背向 $\pm 30^\circ$ 范围内主极化增益最大值，单位为 dB。

结果应满足 4.3.4 的要求。

5.6.2.5 20°仰角极化增益不圆度

5.6.2.5.1 测试设备

与 5.6.2.2.1 相同。

5.6.2.5.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 测试方法和步骤与 5.6.2.2.2 相同。
- b) 导出被测天线各频点仰角 20°主极化增益方向图。
- c) 在方向图数据中分别找出最大值 G_{\max} 和最小值 G_{\min} 。
- d) 20°仰角极化增益不圆度：

$$P_{p2p} = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{2}$$

式中： P_{p2p} ——被测天线仰角 20°不圆度；

G_{\max} ——被测天线仰角 20°极化增益最大值，单位为 dB；

G_{\min} ——被测天线仰角 20°极化增益最小值，单位为 dB。

结果应满足 4.3.5 的要求。

5.6.2.6 20°仰角平均极化增益

5.6.2.6.1 测试设备

与 5.6.2.2.1 相同。

5.6.2.6.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 测试方法和步骤与 5.6.2.2.2 相同；
- b) 导出被测天线各频点仰角 20°主极化增益方向图；
- c) 在方向图数据中分别找出最大值 G_{\max} 和最小值 G_{\min} ；
- d) 20°仰角平均极化增益： $G_{20} = \frac{G_{\max} + G_{\min}}{2}$ 。

测试结果应满足 4.3.6 的要求。

5.6.3 无源天线性能的单探头球面测试法

5.6.3.1 电压驻波比

测试方法详见 5.6.2.1。

5.6.3.2 极化特性与法向轴比

5.6.3.2.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 单探头球面近场测试系统；
- b) 标准增益天线。

5.6.3.2.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按图 3 的测试框图安装测试系统；
- b) 将标准天线安装在天线测试转台上，通过近场测试系统对标准天线进行测试，得到天线测试数据文件；
- c) 通过近场测试软件对数据文件进行处理，得到标准天线的归一化方向图和轴向最大电平 P_{bz} ；
- d) 查询标准天线手册，得到标准天线轴向增益 G_{bz} ；
- e) 将标准天线替换为被测天线，通过近场测试系统对被测天线进行测试；
- f) 通过近场测试软件数据处理得到被测天线的轴向最大电平 P_h 。 P_h 、 P_{bz} 一般为负值。

P_{bz} ：标准天线轴向最大电平，单位为 dBm；

G_{bz} ：标准天线轴向增益标称值，单位为 dB；

P_h ：被测天线的轴向最大电平，单位为 dBm。

得到天线测试数据文件后，通过测试软件对数据进行处理，得到天线的主极化与交叉极化方向图，其中，增益明显大的方向图为主极化方向，主极化方向即为天线的极化方式。

完成天线方向图后，通过近场测试软件得到法向轴比，结果应满足 4.3.2 的要求。

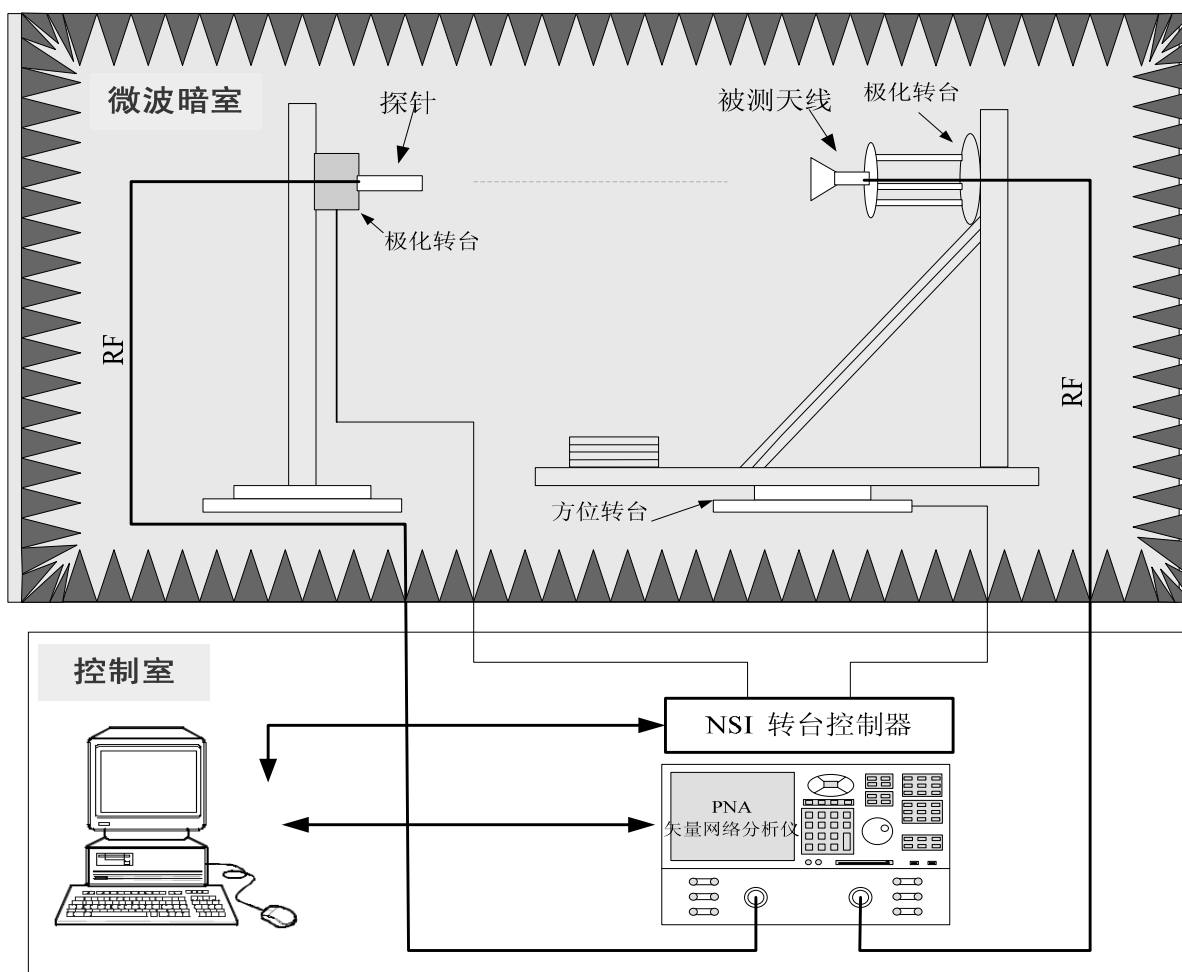


图 3 单探头球面近场测试系统框图

5.6.3.3 法向极化增益

5.6.3.3.1 测试设备

与 5.6.3.2.1 相同。

5.6.3.3.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

a) 测试方法和步骤与 5.6.3.2.2 相同。

b) 天线法向极化增益： $G_h = G_{bc} + P_h - P_{bc}$

式中： G_h 为被测天线的法向极化增益，单位为 dB。

测试结果应满足 4.3.3 的要求。

5.6.3.4 前后极化增益比

5.6.3.4.1 测试设备

与5.6.3.2.1相同。

5.6.3.4.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按照 5.6.3.2.2 的测试方法和步骤。
- b) 测试出天线背向 $\pm 30^\circ$ 的方向图，记录下电平最大值 $P_{\pm 30}$ 。
- c) 前后极化增益比： $G_{FVSB} = P_h - P_{\pm 30}$

式中： G_{FVSB} ——被测天线前后极化增益比；

$P_{\pm 30}$ ——被测天线背向 $\pm 30^\circ$ 电平最大值，单位为dBm。

结果应满足 4.3.4 的要求。

5.6.3.5 20°仰角极化增益不圆度

5.6.3.5.1 测试设备

与5.6.3.2.1相同。

5.6.3.5.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按照 5.6.3.2.2 的测试方法和步骤。
- b) 测试出被测天线仰角 20° 的方向图，记录最小电平值 P_{\min} 及最大电平值 P_{\max} ， 20° 仰角极化增益不圆度：

$$P_{p2p} = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2}$$

式中： P_{\max} ——被测天线仰角 20° 电平最大值，单位为 dBm；

P_{\min} ——被测天线仰角 20° 电平最小值，单位为 dBm；

P_{p2p} ——被测天线仰角 20° 不圆度。

结果应满足 4.3.5 的要求。

5.6.3.6 20°仰角平均极化增益

5.6.3.6.1 测试设备

与 5.6.3.2.1 相同。

5.6.3.6.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按照 5.6.3.2.2 的测试方法和步骤。
- b) 测试出天线仰角 20°的方向图，记录被测天线最大电平值 P_{\max} 和最小电平值 P_{\min} ，计算平均值：

$$P_{20} = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2}$$

式中： P_{20} ——被测天线仰角 20°最大最小电平值的平均，单位为 dBm。

- c) 20°仰角平均极化增益： $G_{20} = G_{bz} + P_{20} - P_{bz}$

式中： G_{20} ——被测天线仰角 20°平均增益，单位为 dB。

结果应满足 4.3.6 的要求。

5.6.4 无源天线性能的远场测试法

5.6.4.1 电压驻波比

测试方法详见 5.6.2.1。

5.6.4.2 极化特性与法向轴比

5.6.4.2.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 信号源；
- b) 接收机或频谱仪；
- c) 圆极化发射天线。

5.6.4.2.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 分别用已知左旋和右旋的圆极化天线作为源天线发射信号（两者增益相等，轴比不大于 1.2dB），待测天线接收信号显著增大时的源天线旋向即为待测天线的极化特性，测试结果应满足 4.3.2 的要求。
- b) 待测天线瞄准发射天线后固定，按照图 4 所示，发射天线接信号源，待测天线接接收机；
- c) 将信号源和接收机频率设置为测试频点；
- d) 发射天线绕待测天线轴线旋转 360°，记录接收信号电平，其最大电平与最小电平之差即为待测天线的法向轴比，测试结果应满足 4.3.2 的要求。

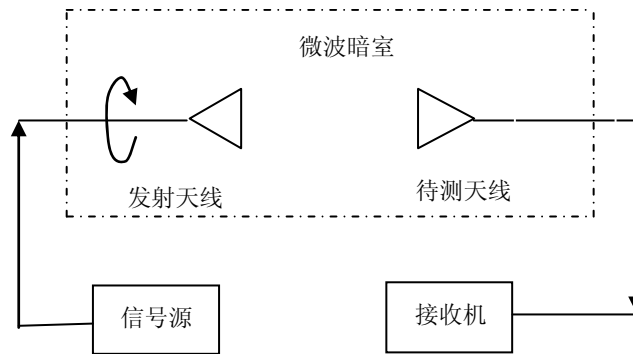


图 4 天线轴比测试框图

5.6.4.3 法向极化增益、前后极化增益比、20°仰角极化增益不圆度、20°仰角平均极化增益

5.6.4.3.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 信号源；
- b) 接收机或频谱仪；
- c) 线性极化发射天线；
- d) 标准增益天线。

5.6.4.3.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 待测天线对准发射天线后固定，按照图 5 所示，发射天线接信号源，待测天线接接收机；
- b) 将信号源和接收机频率设置为测试频点；
- c) 将待测天线沿垂直轴旋转 360°，记录不同角度上的电平，将 0°电平记作 A_h ；
- d) 将发射天线绕水平轴旋转 90°，将待测天线绕垂直轴旋转 360°，记录不同角度上的电平，将 0°电平记作 A_e ；
- e) 将待测圆极化天线取下，换上标准增益天线，使它的极化与发射天线的极化方向平行，将标准增益天线绕垂直轴旋转 360°，记录 0°电平 S_e ；
- f) 把标准增益天线和发射天线均绕水平轴反向旋转 90°后，将标准增益天线绕垂直轴旋转 360°，记录 0°电平 S_h ；
- g) 根据公式（1）和（2）求出待测天线线极化增益 G_h 、 G_e ；
- h) 根据公式（3）求得待测圆极化天线的增益 G_c 。

$$G_h = G_s + (A_h - S_h) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

G_h ——待测天线垂直极化增益，单位为dB；

G_s ——标准天线增益，单位为dB；

A_h——待测天线水平极化接收电平，单位为dBm；

S_h——标准天线水平极化接收电平，单位为dBm；

$$G_e = G_s + (A_e - S_e) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

G_e——待测天线水平极化增益，单位为dB；

A_e——待测天线垂直极化接收电平，单位为dBm；

S_e——标准天线垂直极化接收电平，单位为dBm。

$$G_c = 10 \times \log(10^{G_h/10} + 10^{G_e/10}) \dots \dots \dots (3)$$

式中：

G_c——待测天线圆极化增益，单位为dB；

G_h——待测天线垂直极化增益，单位为dB；

G_e——待测天线水平极化增益，单位为dB。

i) 数据读取：

1) 法向极化增益：当仰角90°时，方位角φ从0°到360°变化时，增益的最小值为天线的法向极化增益；

2) 前后极化增益比：由于各φ切面的不均匀性，一般取φ在0°、45°、90°、135°四个面的前后比的最小值；

3) 20°仰角极化增益不圆度：当仰角20°时，方位角φ从0°到360°变化时，增益的最大值和最小值差值的二分之一为不圆度；

4) 20°仰角极化平均增益：当仰角20°时，方位角φ从0°到360°变化时，极化增益的平均值；

测试结果分别满足4.3.3、4.3.4、4.3.5、4.3.6的要求。

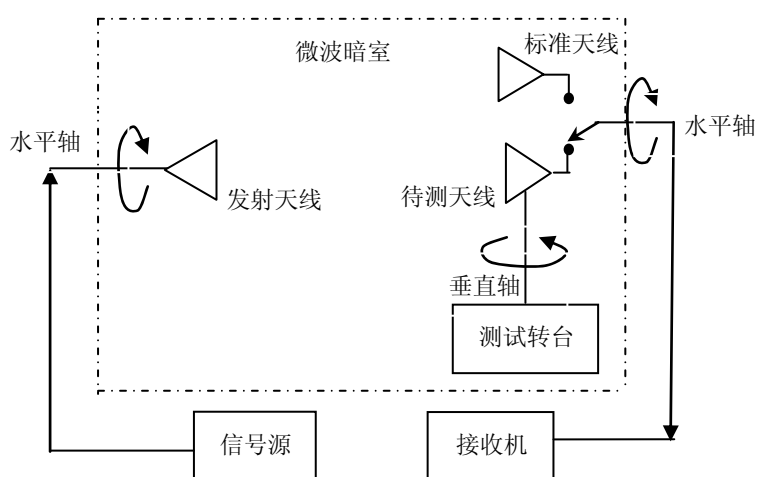


图 5 天线方向图、增益测试框图

5.7 有源天线性能的测试

5.7.1 概述

有源天线整体性能指标只测试供电特性和电压驻波比。

如需测试极化特性与法向轴比、法向极化增益、前后极化增益比、 20° 仰角极化增益不圆度、 20° 仰角平均极化增益性能指标，建议对有源天线的无源天线部分进行测试，测试方法参照5.6。

如需测试噪声系数和放大器增益，建议对有源天线的低噪声放大器进行单独测试。

5.7.2 供电特性

5.7.2.1 测试设备

测试设备包括：直流稳压电源、直流电流表。

5.7.2.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按照图 6 连接直流稳压电源、直流电流表和被测天线；
- b) 按天线的工作电压给天线供电，记录天线的工作电流。
- c) 电流值应满足 4.4.2 要求。

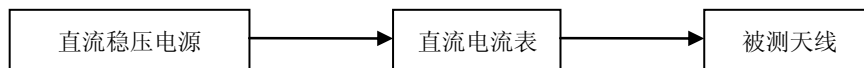


图 6 供电特性测试框图

5.7.3 电压驻波比

5.7.3.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 矢量网络分析仪；
- b) 直流稳压电源。

5.7.3.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按所需频段校准矢量网络分析仪；
- b) 连接矢量网络分析仪、直流稳压电源和被测天线，如图 7 所示。

从矢量网络分析仪读取被测天线的电压驻波比，结果应满足 4.4.3 的要求。

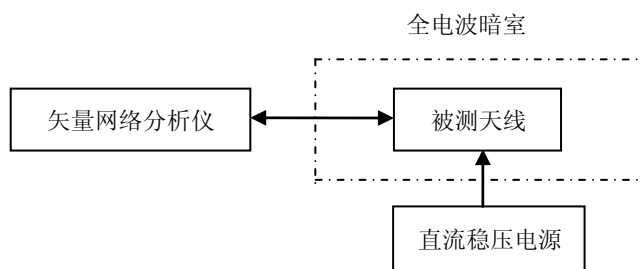


图 7 有源天线电压驻波比测试框图

5.7.4 噪声系数

5.7.4.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 噪声源；
- b) 噪声系数分析仪；
- c) 直流稳压电源。

5.7.4.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 将噪声源输入连接至噪声系数分析仪输出端口，并将输出连接至噪声系数分析仪输入端口，设置测量频率参数，校准噪声系数分析仪；
- b) 按照图 8 连接直流稳压电源和待测低噪声放大器，加电工作；
- c) 将噪声源输出与低噪声放大器输入连接，并将低噪声放大器输出与噪声系数分析仪输入连接，从噪声系数分析仪显示器中读取测试结果。
- d) 测试结果应满足 4.4.4 的要求。

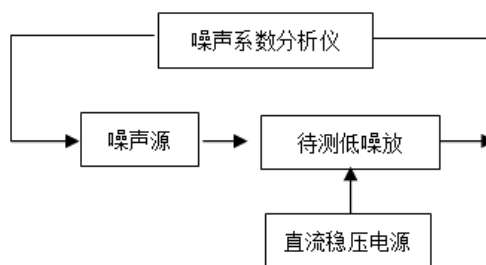


图 8 低噪声放大器噪声系数测试框图

5.7.5 低噪声放大器增益

5.7.5.1 测试设备

测试设备包括：

- a) 矢量网络分析仪；
- b) 直流稳压电源。

5.7.5.2 测试方法和步骤

测试方法和步骤如下：

- a) 按所需频段对矢量网络分析仪进行传输模式校准，矢量网络分析仪输出功率设置为-50dBm；
- b) 按照图 9 连接直流稳压电源和待测低噪声放大器，加电工作；
- c) 连接矢量网络分析仪和待测低噪声放大器，测量并记录带宽范围内的最大增益 G_h 和最小增益 G_l ；
- d) 测试结果应满足 4.4.5 的要求。

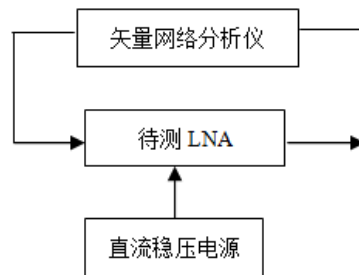


图 9 低噪声放大器增益测试框图

5.8 环境适应性

5.8.1 工作温度

5.8.1.1 高温工作

有源天线高温工作试验按GB/T 2423.2-2008中5.4的规定进行，具体要求如下：

- a) 被测天线放入温度为室温的试验箱中，通电工作；
- b) 在表1高温工作的温度限值环境下连续放置72h，其间被测天线1h接通电源，1h断开电源，连续通、断电循环直至试验结束；
- c) 试验过程中，按照5.7.3的方法测试电压驻波比；检查被测天线的外观结构，应满足4.2的要求。
- d) 试验过程中，如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.8.1.2 低温工作

有源天线低温工作试验按GB/T 2423.1-2008中5.4的规定进行，具体要求如下：

- a) 被测天线放入温度为室温的试验箱中，通电工作；
- b) 在表1低温工作的温度限值环境下连续放置72h，其间被测天线1h接通电源，1h断开电源，连续通、断电循环直至试验结束；
- c) 试验过程中，按照5.7.3的方法测试电压驻波比；检查被测天线的外观结构，应满足4.2的要求。
- d) 试验过程中，如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.8.2 存储温度

5.8.2.1 高温存储

有源天线高温存储试验按GB/T 2423.2-2008中5.2的规定进行，具体要求如下：

- a) 被测天线放入温度为室温的试验箱中，被测天线不工作；
- b) 调节试验箱温度为表2高温存储温度限值，待试验箱温度稳定后，被测天线放置8h；
- c) 试验结束后，将被测天线从高温试验箱中取出，恢复到常温后，按照5.7.3的方法测试电压驻波比；检查被测天线的外观结构，应满足4.2的要求。
- d) 试验结束后，如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.8.2.2 低温存储

有源天线低温存储试验按GB/T 2423.1-2008中5.2的规定进行，具体要求如下：

- a) 被测天线放入温度为室温的试验箱中，被测天线不工作；
- b) 调节试验箱温度为表2低温存储温度限值，在试验箱温度稳定后，被测天线放置8h；
- c) 试验结束后，低温试验箱温度恢复到环境温度后，将被测天线从低温试验箱中取出，按照5.7.3的方法测试电压驻波比；检查被测天线的外观结构，应满足4.2的要求。
- d) 试验结束后，如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.8.3 恒定湿热

有源天线恒定湿热试验按GB/T 2423.3-2006中7的规定进行，具体要求如下：

- a) 被测天线放入温度为室温的试验箱中，被测天线不工作；
- b) 调节试验箱温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $93\%\pm 3\%$ ，温度和湿度稳定后，试验时间持续24h；

- c) 试验结束后, 将被测天线从试验箱中取出, 恢复到常温后, 按照5.7.3的方法测试电压驻波比; 检查被测天线的外观结构, 应满足4.2的要求。

5.8.4 振动

振动试验按 GB/T 2423.10-2008 规定的方法进行, 具体要求如下:

- a) 将被测天线放置于振动试验台上;
- b) 被测天线不通电;
- c) 按照表 3 振动试验条件;
- d) X、Y、Z 三个互相垂直轴上各扫频循环振动 20 次。

试验结束后, 检查被测天线的外观结构, 应满足4.2的要求; 无源天线按照5.6的方法测试; 有源天线按照5.7的方法测试。

5.8.5 冲击

冲击试验按 GB/T 2423.5-2006 规定的方法进行, 具体要求如下:

- a) 将被测天线放置于冲击试验台上;
- b) 被测天线不通电;
- c) 按照表 4 冲击试验条件;
- d) X、Y、Z 三个互相垂直轴上各冲击 20 次。

试验结束后, 检查被测天线的外观结构, 应满足4.2的要求; 无源天线按照5.6的方法测试; 有源天线按照5.7的方法测试。

5.8.6 静电放电抗扰度

5.8.6.1 接触放电抗扰度

有源天线按 GB/T 17626.2-2006 规定的方法进行, 具体要求如下:

- a) 将被测天线放置于静电放电抗扰度试验台上;
- b) 被测天线通电工作;
- c) 按照表 5 接触放电抗扰度试验条件;
- d) 试验 10 次;
- e) 试验施加过程中, 允许试验结果存在变化。

试验结束后, 按照5.7.3的方法测试电压驻波比; 如需测试噪声系数和低噪声放大器增益, 按照5.7.4的方法测试噪声系数, 按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.8.6.2 空气放电抗扰度

有源天线按 GB/T 17626.2-2006 规定的方法, 具体要求如下:

- a) 将被测天线放置于静电放电抗扰度试验台上；
- b) 被测天线通电工作；
- c) 按照表 5 空气放电抗扰度试验条件；
- d) 试验 10 次；
- e) 试验施加过程中，允许试验结果存在变化。

试验结束后，按照5.7.3的方法测试电压驻波比；如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.9 防护

5.9.1 淋雨

有源天线按GB/T 2423.38-2008中6.2.2的规定进行，应满足4.6.1的要求。

试验结束后，被测天线内部不应进水；按照5.7.3的方法测试电压驻波比；如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。

5.9.2 盐雾

有源天线盐雾试验按 GB/T 2423.17-2008 规定的方法进行，具体要求如下：

- a) 将被测天线放置于盐雾试验设备中；
- b) 被测天线不通电；
- c) 按照表 6 盐雾腐蚀试验条件；
- d) 试验持续时间：48h。

试验结束后，检查被测天线的外观结构，应满足4.2的要求；按照5.7.3的方法测试电压驻波比；如需测试噪声系数和低噪声放大器增益，按照5.7.4的方法测试噪声系数，按照5.7.5的方法测试低噪声放大器增益。
