

北斗卫星导航系统民用全球信号多模多频 高精度天线产品 技术要求和测试方法

**Technical requirements and test methods for BeiDou Navigation Satellite System
basic products of multi-mode and multi-frequency high-precision antenna**



中国卫星导航系统管理办公室

二〇二一年一月

目次

| | |
|------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 产品描述 | 1 |
| 4 要求 | 1 |
| 4.1 总则 | 1 |
| 4.2 天线尺寸 | 2 |
| 4.3 工作频段 | 2 |
| 4.4 天线增益 | 2 |
| 4.5 不圆度 | 2 |
| 4.6 极化特性和轴比 | 2 |
| 4.7 滚降系数 | 2 |
| 4.8 极化增益前后比 | 2 |
| 4.9 天线电压驻波比 | 3 |
| 4.10 LNA 增益 | 3 |
| 4.11 LNA 电压驻波比 | 3 |
| 4.12 噪声系数 | 3 |
| 4.13 带外抑制 | 3 |
| 4.14 带内平坦度 | 3 |
| 4.15 1dB 压缩点输出功率 | 3 |
| 4.16 相位中心一致性 | 3 |
| 4.17 工作温度 | 3 |
| 4.18 存储温度 | 3 |
| 4.19 防静电 | 3 |
| 5 质量保证规定 | 3 |
| 5.1 检验分类 | 3 |
| 5.2 鉴定检验 | 3 |
| 5.3 质量一致性检验 | 5 |
| 附录 A 功能性能测试方法 | 7 |

前言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国卫星导航系统管理办公室归口。

本文件主要起草单位：中国卫星导航工程中心、中国网络安全审查技术与认证中心、北京东方计量测试研究所、中国航天标准化与产品保证研究院等。

本文件主要参与单位：深圳市华信天线技术有限公司、北京合众思壮科技股份有限公司、上海司南卫星导航技术股份有限公司、上海海积信息科技股份有限公司、广州市中海达测绘仪器有限公司、嘉兴佳利电子有限公司等。

本文件附录A为规范性附录。

北斗卫星导航系统民用全球信号多模多频高精度天线产品

技术要求和测试方法

1 范围

本文件规定了多模多频高精度天线（包括扁平状天线、柱状天线）产品技术要求和测试方法。

本文件适用于多模多频高精度天线（包括扁平状天线、柱状天线）产品的检测、认证，多模多频高精度天线（包括扁平状天线、柱状天线）产品的设计、研发、生产也可以参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

BD110001-2015 北斗卫星导航术语

BD 4200032015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型天线性能要求及测试方法

GB/T 2423.1-2008 电子电工产品实验环境第 2 部分：试验方法试验 A：低温

GB/T2423.2-2008 电子电工产品实验环境第 2 部分：试验方法试验 B：高温

GB/T 9410 移动通信天线通用技术规范

GB/T 14733.10-2008 电信术语天线

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容试验和测试技术静电放电抗扰度试验

GB/T 19391-2003 全球定位系统（GPS）术语和定义

GB 50826-2012 电磁波暗室工程技术规范

GJB 2436-1995 天线术语

GJB 6564-2008 全球定位系统（GPS）接收机检定规程

3 产品描述

多模多频高精度天线支持包括北斗系统在内的四大主流卫星导航系统所有民用频点信号的射频信号接收，实现了高精度接收天线的小型化、低成本，面向移动 GIS、车道级导航、精准农业、定位定向等低成本高精度应用领域。

4 要求

4.1 总则

天线种类包括扁平天线与柱状天线两种，分别对应不同的技术指标要求；

两种天线均为有源天线，由无源天线和低噪声放大器（LNA）组成，无源天线指标要求包括无源天线增益（顶点增益和仰角 20 度增益）、极化方式、轴比、前后比、滚降系数、不圆度、电压驻波比等，LNA 指标要求包括电压驻波比、增益、噪声系数、带外抑制、带内平坦度、1dB 压缩点输出功率等，整机指标包括相位中心和尺寸。

除另行规定外，所有测试应在以下条件下进行：

- a) 温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $20\% \sim 80\%$ 。

4.2 天线尺寸

扁平天线尺寸 $\leq \phi 80*14\text{mm}$;
柱状天线尺寸 $\leq \phi 30*60\text{mm}$ 。

4.3 工作频段

天线带宽应涵盖以下工作频段。

- 1176.45 \pm 10.23MHz (B2a、L5、E5a)
- 1227.60 \pm 10.23MHz (L2P/Y、L2C)
- 1268.52 \pm 10.23MHz (B3I)
- 1561.098 \pm 10.23MHz (B1I)
- 1575.42 \pm 10.23MHz (B1C、L1C、L1C/A、E10S)
- 1207.14 \pm 10.23 (B2b、E5b)
- 1246.0 \pm 5MHz (G2)
- 1525 ~ 1560MHz (L-band)
- 1602 \pm 5MHz (G1)

4.4 天线增益

扁平天线:

工作频带内的最大增益: $\geq 2.5\text{dBi}$ (仰角 90°), $\geq -4\text{dBi}$ (仰角 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$);
在各接收频点范围内: $\geq -1\text{dBi}$ (仰角 90°), $\geq -7\text{dBi}$ (仰角 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$)。

柱状天线:

工作频带内的最大增益: $\geq 2.0\text{dBi}$ (仰角 90°), $\geq -4\text{dBi}$ (仰角 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$);
在各接收频点范围内: $\geq -2\text{dBi}$ (仰角 90°), $\geq -7\text{dBi}$ (仰角 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$)。

4.5 不圆度

在各接收频点范围内, 20° 仰角不圆度应不大于 $\pm 1.5\text{dB}$ 。

4.6 极化特性和轴比

在各接收频点范围内, 天线的极化特性为右旋圆极化;

轴比满足: $\leq 3\text{dB}$ (仰角 90°), $\leq 8\text{dB}$ (仰角 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$)。

4.7 滚降系数

扁平天线: 在各接收频点范围内, 滚降系数 $\geq 7\text{dB}$;

柱状天线: 在各接收频点范围内, 滚降系数 $\geq 5\text{dB}$ 。

4.8 极化增益前后比

扁平天线: 在各接收频点范围内, 极化增益前后比不小于 13dB 。

柱状天线: 在各接收频点范围内, 极化增益前后比不小于 11dB 。

4.9 天线电压驻波比

在各接收频点范围内，对 50Ω 传输线天线电压驻波比应不超过 2.0。

4.10 LNA 增益

在各接收频点范围内，LNA 增益值应满足 $40 \pm 2\text{dB}$ 。

4.11 LNA 电压驻波比

在各接收频点范围内，对 50Ω 传输线 LNA 电压驻波比应不超过 2.0。

4.12 噪声系数

在各接收频点范围内，噪声系数应 $\leq 1.5\text{dB}$ 。

4.13 带外抑制

接收信号边频 $\pm 100\text{MHz}$ 处，带外抑制应 $\geq 40\text{dB}$ 。

4.14 带内平坦度

在各接收频点范围内，平坦度值应不超过 $\pm 1.5\text{dB}$ 。

4.15 1dB 压缩点输出功率

1dB 压缩点输出功率应不小于 0dBm。

4.16 相位中心一致性

相位中心偏差不能超过 3mm。

4.17 工作温度

扁平天线在低温为 -40°C 时，应能正常工作，在高温为 $+70^\circ\text{C}$ 时，应能正常工作；

柱状天线在低温为 -40°C 时，应能正常工作，在高温为 $+70^\circ\text{C}$ 时，应能正常工作。

4.18 存储温度

天线在低温为 -45°C ，存储 16 小时，恢复常温后，应能正常工作；

天线在高温为 $+85^\circ\text{C}$ ，存储 16 小时，恢复常温后，应能正常工作。

4.19 防静电

天线应能承受一定的静电冲击，在接触放电 2kV、空气放电 4kV 各 5 次后，应能正常工作。

5 质量保证规定

5.1 检验分类

检验包括：鉴定检验、质量一致性检验。

5.2 鉴定检验

5.2.1 检验时机

有下列情况之一时应进行鉴定检验：

- 1) 设计定型和生产定型时；
- 2) 在设计有重大改进、重要的原材料和元器件及工艺有重大变化使原来的鉴定结论不再有效时；
- 3) 长期停产后恢复生产时；
- 4) 易地生产时。

5.2.2 检验项目和顺序

鉴定检验的项目应按表 1 的规定进行。按尺寸、性能、环境适应性的顺序进行测试。

表 1 检验项目表

| 序号 | 检验项目 | 鉴定 检验 | 质量一致性检验 | | | 要求的 章节号 | 检验方法的 章节号 | |
|----|------|----------------|---------|------|----------|------------|--------------|--------|
| | | | 逐批检验 | | 周期 检验 | | | |
| | | | 逐台检验 | 抽样检验 | | | | |
| 1 | 尺寸 | ● | ● | ● | ● | 4.2 | A.4.2 | |
| 2 | 性能 | 极化增益 | ● | ● | ● | ● | 4.4 | A.4.3 |
| 3 | | 不圆度 | ● | ● | ● | ● | 4.5 | A.4.4 |
| 4 | | 极化方式及轴比 | ● | ● | ● | ● | 4.6 | A.4.5 |
| 5 | | 滚降系数 | ● | ● | ● | ● | 4.7 | A.4.6 |
| 6 | | 前后增益比 | ● | ● | ● | ● | 4.8 | A.4.7 |
| 7 | | 天线电压驻波比及 带宽 | ● | ● | ● | ● | 4.9 | A.4.8 |
| 8 | | LNA 增益 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.10 | A.4.9 |
| 9 | | LNA 电压驻波比 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.11 | A.4.10 |
| 10 | | 噪声系数 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.12 | A.4.11 |
| 11 | | 带外抑制 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.13 | A.4.12 |
| 12 | | 带内平坦度 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.14 | A.4.13 |
| 13 | | 输出 1dB 压缩点 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.15 | A.4.14 |
| 14 | | 相位中心误差 | ● | ● | ● | ● | 4.16 | A.4.15 |
| 15 | | 环境 适应性 | 低温工作 | ● | ○ | ○ | ○ | 4.17 |
| 16 | 低温存储 | | ● | ○ | ○ | ○ | 4.18 | A.4.17 |
| 17 | 高温工作 | | ● | ○ | ○ | ○ | 4.17 | A.4.18 |
| 18 | 高温存储 | | ● | ○ | ○ | ○ | 4.18 | A.4.19 |
| 19 | 防静电 | | ● | ○ | ○ | ○ | 4.19 | A.4.20 |

注：●必检项目；○订购方和承制方协商检验项目；—表示不做项。

5.2.3 受检样品数

检验样品递交 4 套，由测试单位随机抽取 1 套进行尺寸、性能测试，1 套用于环境适应性测试。

5.2.4 合格判据

表 1 规定的所有检验项目均符合要求判定鉴定检验合格。可有一次对不合格项进行重检，重检仍未通过的，并确认属该产品自身质量方面的原因，则判定鉴定检验不合格。

5.3 质量一致性检验

5.3.1 检验分类

质量一致性检验分为逐批检验和周期检验。

5.3.2 检验批的形成与提出

检验批的形成与提出应符合 GB/T 2828.1-2012 中 6.2 的规定。

5.3.3 不合格的分类

按产品的质量特性及其不符合的严重程度分为 A 类、B 类、C 类不合格，见表 2。

当有一个或一个以上不合格项目的单位产品称为不合格品。按不合格品分类可分为 A 类、B 类、C 类不合格品。

表 2 不合格品分类

| 不合格分类 | 不合格项目 |
|-------|---|
| A 类 | 增益、20° 仰角不圆度、极化特性和轴比、滚降系数、极化增益前后比、电压驻波比、相位中心一致性 |
| B 类 | LNA 增益、LNA 电压驻波比、噪声系数、带外抑制、带内平坦度、1dB 压缩点输出功率 |
| C 类 | 工作温度、存储温度、防静电 |

5.3.4 检验项目和顺序

质量一致性检验的项目应按表 2 的规定进行。按尺寸、性能、环境适应性的顺序进行测试。

5.3.5 逐批检验

5.3.5.1 检验分类

逐批检验分为逐台检验和抽样检验。

5.3.5.2 逐台检验

5.3.5.2.1 抽样方案

对生产方提交检验批的产品百分之百地进行检验。

5.3.5.2.2 合格判据

根据检验结果对逐台检验作出如下判定：

注 1：当发现 A 类不合格项时，应判该台产品检验不合格；

注 2：当发现 B 类，C 类不合格项小于或等于规定值，则判该台产品检验合格，否则不合格。具体数值由产品规范规定。

5.3.5.3 抽样检验

5.3.5.3.1 抽样方案

从交验的合格批中，随机抽取样本。除非另有规定，抽样方案按 GB/T 2828.1-2012 中规定的一般检验水平 I，正常检验一次抽样方案，其接收质量限 (AQL) 规定为：

A类不合格品：AQL为0.65；

B类不合格品：AQL为6.5；

C类不合格品：AQL为15。

5.3.5.3.2 合格判据

根据检验结果，若发现的三类不合格品数均不大于规定的合格判定数，则判该批产品抽样检验合格。

5.3.5.4 重新检验

若抽样检验不合格，生产方应对该批产品进行分析，找出原因并采取纠正措施后，可重新提交检验。重新提交检验批的抽样检验应按GB/T 2828.1-2012中13.3转移规则进行处理。若重新检验合格，仍判该批产品抽样检验合格；若重新检验仍不合格，仍判该批产品抽样检验不合格，不合格品应予剔除。

5.3.6 周期检验

5.3.6.1 检验时机

周期检验是生产方周期性地从逐台检验和抽样检验合格的某个批或产品中随机抽取样本进行的检验，以判断在规定周期内生产过程的稳定性是否符合规定的质量指标。对连续生产的产品每两年应至少进行一次周期检验。

5.3.6.2 抽样方案

除非另有规定，抽样方案按GB/T 2829-2002判别水平III的一次抽样方案进行，不合格质量水平(RQL)和判定数组见表3。

表3 不合格质量水平(RQL)和判定数组

| 不合格品 | 样本数量 | RQL | 判定数组 |
|------|------|-----|------------|
| A类 | 6 | 40 | Ac=0, Re=1 |
| B类 | 6 | 65 | Ac=1, Re=2 |
| C类 | 6 | 80 | Ac=2, Re=3 |

注：Ac——合格判定数，Re——不合格判定数。

5.3.6.3 合格判据

根据检验的不合格品数，按抽样方案中的判定数组要求，判定周期检验合格或不合格。若有一组不合格则应暂停交货，分析原因，采取改进措施，重新进行周期检验。周期检验合格后，产品方可交货。经受环境适应性试验的样品不应作为合格品交付。当周期检验不合格，对已生产的产品和已交付的产品由生产方采取纠正措施。

附录 A
(规范性附录)
功能性能测试方法

A.1 测试环境条件

除另行规定外，所有测试应在以下条件下进行：

- a) 温度： 15℃ ~ 35℃；
- b) 相对湿度： 20% ~ 80%。

A.2 标准测试信号和测试设备

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。

测试过程中所有悬空的测试端口都需要加 50 欧姆负载。

A.3 测试场地

辐射特性参数内场测试场地要求：在微波暗室中测试，暗室屏蔽性能应优于 90dB。在测试系统工作频段内，静区反射电平优于-40dB，静区尺寸应大于天线最大外形尺寸。

相位中心外场测试场地要求：天空视野开阔，在水平面上方 10° 以上没有明显遮挡物，测试点无强电磁场干扰和多径反射。拥有可旋转强制对中基座，且强制对中杆自转的同心度在 0.2mm 内。

A.4 测试方法

A.4.1 测试项目

表A-1测试项目

| 序号 | 测试项目 | 性能要求 | 测试方法 |
|----|------------|------|--------|
| 1 | 尺寸 | 4.2 | A.4.2 |
| 2 | 极化增益 | 4.4 | A.4.3 |
| 3 | 不圆度 | 4.5 | A.4.4 |
| 4 | 极化方式及轴比 | 4.6 | A.4.5 |
| 5 | 滚降系数 | 4.7 | A.4.6 |
| 6 | 前后增益比 | 4.8 | A.4.7 |
| 7 | 天线电压驻波比及带宽 | 4.9 | A.4.8 |
| 8 | LNA 增益 | 4.10 | A.4.9 |
| 9 | LNA 电压驻波比 | 4.11 | A.4.10 |
| 10 | 噪声系数 | 4.12 | A.4.11 |

| | | | |
|----|------------|------|--------|
| 11 | 带外抑制 | 4.13 | A.4.12 |
| 12 | 带内平坦度 | 4.14 | A.4.13 |
| 13 | 输出 1dB 压缩点 | 4.15 | A.4.14 |
| 14 | 相位中心误差 | 4.16 | A.4.15 |
| 15 | 低温工作 | 4.17 | A.4.16 |
| 16 | 低温存储 | 4.18 | A.4.17 |
| 17 | 高温工作 | 4.17 | A.4.18 |
| 18 | 高温存储 | 4.18 | A.4.19 |
| 19 | 防静电 | 4.19 | A.4.20 |

A.4.2 天线尺寸

使用卡尺测量天线的直径与高度，应满足 4.2 要求。

A.4.3 极化增益

A.4.3.1 指标描述

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。

A.4.3.2 测试方法与步骤

- (1) 按图 A-1 所示，将待测天线瞄准发射天线固定，发射天线和待测天线分别接网络分析仪；
- (2) 设置网络分析仪工作频点为 $1575.42\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ，对测试系统链路进行校准；
- (3) 在仰角 90° 下，待测天线绕水平轴旋转 360° （对应极化角 ϕ 变化），测得仰角 90° 下增益；然后绕垂直轴（对应方位角 θ 变化）以 10° 的步进旋转直至 70° 结束，重复（3）步骤，测得仰角为 $20^\circ - 90^\circ$ 下的增益；
- (4) 分别设置网络分析仪工作频点为： $1561.098\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1227.60\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1268.52\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1176.45\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1602\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1246.0\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1207.14\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1542.5\text{MHz} \pm 17.5\text{MHz}$ ，分别重复步骤（1）-（3），测试天线极化增益。

A.4.3.3 评估方法

每个频段取频段上限点、中心频点、频段下限点三个点的测试值，做平均后得到该频段的测试值。测试结果应满足 4.4 要求；

A.4.4 不圆度

A.4.4.1 指标描述

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。

A.4.4.2 测试方法及步骤

(1) 测试方法同“极化增益测试”，设置网络分析仪工作频点为 $1575.42\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ，对测试系统链路进行校准；

(2) 在仰角 20° （方位角 $\theta = 70^\circ$ ）下，待测天线绕水平轴旋转 360° （极化角 ϕ ），记录不同角度下测得的增益值；

(3) 分别设置网络分析仪工作频点为： $1561.098\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1227.60\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1268.52\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1176.45\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1602\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1246.0\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1207.14\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1542.5\text{MHz} \pm 17.5\text{MHz}$ ，分别重复步骤（1）-（2）。

A.4.4.3 评估方法

当仰角 20° 时，方位角 ϕ 从 0° 到 360° 变化时，增益的最大值与最小值之差的一半，记为天线的圆度。

每个频段取频段上限点、中心频点、频段下限点三个点的测试值，做平均后得到该频段的测试值。

测试结果应满足 4.5 要求。

A.4.5 极化方式及轴比

A.4.5.1 指标描述

极化方式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，轴比是椭圆极化波的长轴和短轴之比。

A.4.5.2 测试方法及步骤

(1) 按图 A-1 所示，将待测天线瞄准发射天线固定，发射天线和待测天线分别接网络分析仪；

(2) 设置网络分析仪工作频点为 1575.42MHz ， $1575.42-10.23\text{MHz}$ ， $1575.42+10.23\text{MHz}$ 三个点；

(3) 待测天线绕水平轴线旋转 360° ，记录接收信号电平最大值 G_{\max} 与最小值 G_{\min} ，两者之差即为天线仰角 90° 下的轴比；

(4) 待测天线绕垂直轴线旋转 10° ，然后待测天线绕水平轴线旋转 360° ，记录接收信号电平最大值 H_{\max} 与最小值 H_{\min} ，两者之差即为天线仰角 80° 下的轴比，然后待测天线绕垂直轴线以 10° 的步进旋转，重复（4）步骤，依次测得天线在仰角 $20^\circ \sim 80^\circ$ 下的轴比；

(5) 分别设置网络分析仪工作频点为： $1561.098\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1227.60\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1268.52\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1176.45\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1602\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1246.0\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1207.14\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1542.5\text{MHz} \pm 17.5\text{MHz}$ ，分别重复步骤（1）-（4），测试天线轴比，在轴比测试过程中判断天线极化方式。

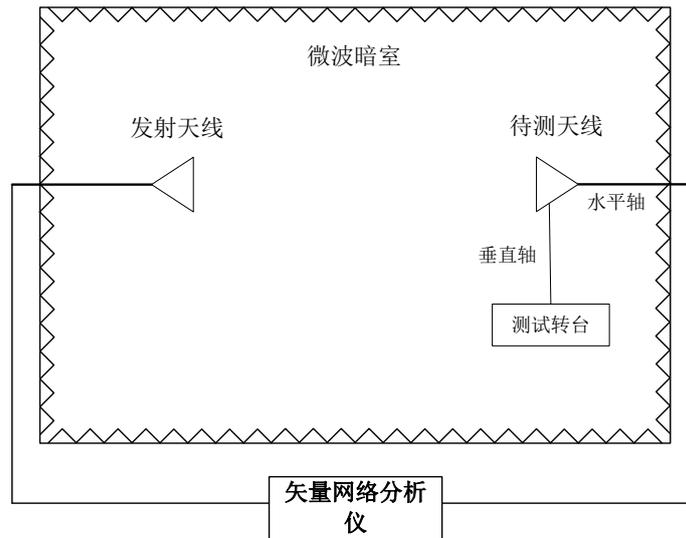


图 A-1 轴比测试示意图

A.4.5.3 评估方法

在对应角度下接收信号电平最大值减去最小值即为该角度轴比，轴比要求满足 4.6 要求。

每个频段取频段上限点、中心频点、频段下限点三个点的测试值，做平均后得到该频段的测试值。

A.4.6 滚降系数

A.4.6.1 指标描述

法向极化增益与水平方向极化增益之差。

A.4.6.2 测试方法及步骤

(1) 测试方法同“前后增益比测试”，设置网络分析仪工作频点为 $1575.42\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ，对测试系统链路进行校准；

(2) 测试法向极化增益、水平方向极化增益，两者做差得到滚降系数；

(3) 分别设置网络分析仪工作频点为： $1561.098\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1227.60\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1268.52\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1176.45\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1602\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1246.0\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1207.14\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1542.5\text{MHz} \pm 17.5\text{MHz}$ ，分别重复步骤 (1) - (2)。

A.4.6.3 评估方法

法向极化增益与水平方向极化增益做差得到滚降系数。

每个频段取频段上限点、中心频点、频段下限点三个点的测试值，做平均后得到该频段的测试值。

测试结果应满足 4.7 要求。

A.4.7 前后增益比

A.4.7.1 指标描述

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。

A.4.7.2 测试方法及步骤

(1) 测试方法同“极化增益测试”，设置网络分析仪工作频点为 $1575.42\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ，对测试系统链路进行校准；

(2) 测试法向极化增益、背向 $\pm 30^\circ$ 内的极化增益，计算法向极化增益与背向 $\pm 30^\circ$ 内的极化增益最大值之差，记为天线的先后增益比；

(3) 分别设置网络分析仪工作频点为： $1561.098\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1227.60\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1268.52\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1176.45\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1602\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1246.0\text{MHz} \pm 5\text{MHz}$ ； $1207.14\text{MHz} \pm 10.23\text{MHz}$ ； $1542.5\text{MHz} \pm 17.5\text{MHz}$ ，分别重复步骤(1) - (2)，测试天线前后增益比。

A.4.7.3 评估方法

每个频段取频段上限点、中心频点、频段下限点三个点的测试值，做平均后得到该频段的测试值。

天线前后增益比应满足 4.8 要求。

A.4.8 天线电压驻波比及带宽

A.4.8.1 指标描述

考核天线在规定的频点和带宽范围内的输入电压驻波比指标。

A.4.8.2 测试方法及步骤

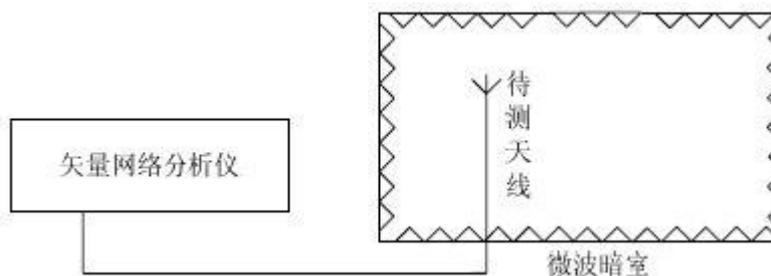


图 A-2 带宽测试示意图

(1) 设置网络分析仪中心频率为 1575.42MHz ，带宽为 10.23MHz ，对网络分析仪进行校准。

(2) 按图 A-2 连接网络分析仪和被测天线。

(3) 在中心频率为 1575.42MHz ，带宽为 10.23MHz 下，测量天线输入电压驻波比，记录带宽内最大值作为测试结果。

(4) 分别改变中心频率为： 1561.098MHz ，带宽为 10.23MHz ； 1227.60MHz ，带宽为 10.23MHz ； 1268.52MHz ，带宽为 10.23MHz ； 1176.45MHz ，带宽为 10.23MHz ； 1602MHz ，带宽为 5MHz ； 1246.0MHz ，带宽为 5MHz ； 1207.14MHz ，带宽为 10.23MHz ； 1542.5MHz ，带宽为 17.5MHz ，分别重复步骤(1) ~ (3)，测试天线电压驻波比。

A.4.8.3 评估方法

在规定的中心频率和带宽下，天线输入电压驻波比应满足 4.9 要求。

A.4.9 LNA 增益

A.4.9.1 指标描述

低噪放在线性工作状态下，输出信号功率与输入信号功率的比值。

A.4.9.2 测试方法及步骤

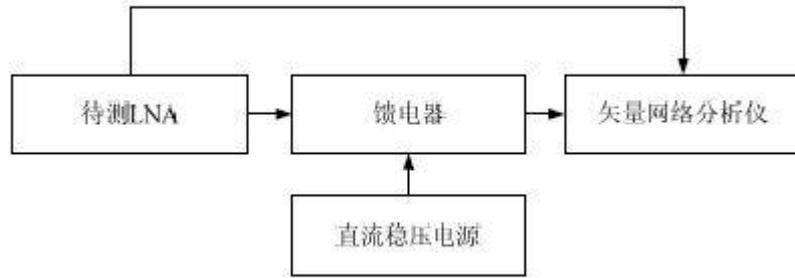


图 A-3 低噪放增益测试示意图

(1) 设置测试频点为 1575.42MHz，带宽为 10.23MHz，校准网络分析仪，网络分析仪输出功率设置为-50dBm，以保证低噪放增益没有出现压缩；

(2) 按图 A-3 所示，将直流稳压电源和待测低噪放通过锁电器相连，加电工作；

(3) 连接网络分析仪和待测低噪放，测量并记录带宽范围内的最大增益 G_{max} 、最小增益 G_{min} 和中心频点处增益值；

(4) 分别改变测试频率为：1561.098MHz \pm 10.23MHz；1227.60MHz \pm 10.23MHz；1268.52MHz \pm 10.23MHz；1176.45MHz \pm 10.23MHz；1602MHz \pm 5MHz；1246.0MHz \pm 5MHz；1207.14MHz \pm 10.23MHz；1542.5 MHz \pm 17.5 MHz，分别重复步骤 (1) - (3)，测试低噪放增益。

A.4.9.3 评估方法

记录中心频点处增益值、最大增益 G_{max} 及最小增益 G_{min} ，然后将该三个增益取平均值作为测试结果。

低噪放增益应满足 4.10 要求。

A.4.10 LNA 电压驻波比

A.4.10.1 指标描述

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

A.4.10.2 测试方法及步骤

(1) 设置网络分析仪中心频率为 1575.42MHz，带宽为 10.23MHz，对网络分析仪进行校准；

(2) 按图 A-4 连接网络分析仪和低噪放；

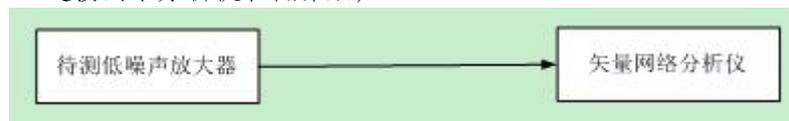


图 A-4 电压驻波比测试示意图

(3) 在中心频率为 1575.42MHz，带宽为 10.23MHz 下，测量低噪放电压驻波比，记录带宽内最大值作为测试结果；

(4) 分别改变中心频率为：1561.098MHz \pm 10.23MHz；1227.60MHz \pm 10.23MHz；1268.52MHz \pm 10.23MHz；1176.45MHz \pm 10.23MHz；1602MHz \pm 5MHz；1246.0MHz \pm 5MHz；

1207.14MHz±10.23MHz; 1542.5 MHz±17.5 MHz, 分别重复步骤(1)-(3), 测试低噪放电压驻波比。

A.4.10.3 评估方法

低噪放电压驻波比测试结果应满足 4.11 要求。

A.4.11 噪声系数

A.4.11.1 指标描述

在标准信号源激励下输入信噪比与输出信噪比之比, 用来表述低噪放对系统的噪声贡献, 是输入信噪比与输出信噪比之比。

A.4.11.2 测试方法及步骤

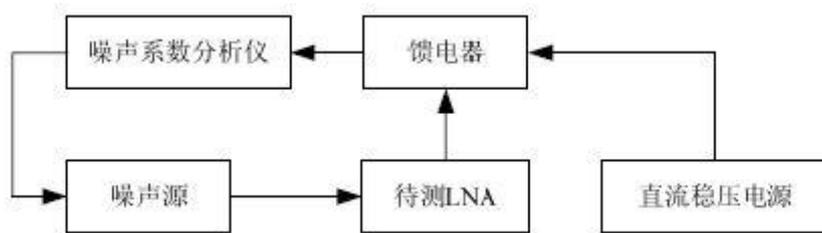


图 A-5 噪声系数测试示意图

(1)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, 设置测试频点为 1575.42MHz, 带宽为 10.23MHz, 校准噪声系数分析仪;

(2)按照图 A-5 所示, 将噪声源与待测 LNA 连接, 在噪声系数分析仪显示器中显示噪声系数测试结果;

(3)分别改变测试频率为: 1561.098MHz±10.23MHz; 1227.60MHz±10.23MHz; 1268.52MHz±10.23MHz; 1176.45MHz±10.23MHz; 1602MHz±5MHz; 1246.0MHz±5MHz; 1207.14MHz±10.23MHz; 1542.5 MHz±17.5 MHz, 分别重复步骤(1)-(2), 测试低噪放噪声系数。

A.4.11.3 评估方法

记录频段内噪声系数最大值。

测试结果应满足 4.12 要求。

A.4.12 带外抑制

A.4.12.1 指标描述

表述低噪放对通带以外信号的抑制程度。

A.4.12.2 测试方法及步骤

(1)根据 LNA 支持的工作频段选择 GNSS L1 频段的频率下限 FL1 (1525MHz) 和频率上限 FH1 (1607MHz), GNSS L2 频段的频率下限 FL2 (1166.22MHz) 和频率上限 FH2 (1278.75MHz);

设置测试频点分别为 FL1-100MHz、FL1、FH1、FH1+100MHz, FL2-100MHz、FL2、FH2、FH2+100MHz; 校准网络分析仪, 网络分析仪输出功率设置为-50dBm, 以保证低噪放增益没有出现压缩;

(2)按图 A-3 所示, 将直流稳压电源和待测低噪放通过馈电器相连, 加电工作;

(3)连接网络分析仪和待测低噪放, 测量并记录各测试点的增益值。

A.4.12.3 评估方法

带外抑制 (L1 下边频) = $G(FL1) - G(FL1 - 100\text{MHz})$;

带外抑制 (L1 上边频) = $G(FH1) - G(FH1 + 100\text{MHz})$;

带外抑制 (L2 下边频) = $G(FL2) - G(FL2 - 100\text{MHz})$;

带外抑制 (L2 上边频) = $G(FH2) - G(FH2 + 100\text{MHz})$ 。

带外抑制应满足 4.13 要求。

A.4.13 带内平坦度

A.4.13.1 指标描述

表述低噪放在给定带宽范围内的增益“剧烈增加”和“快速下降”的数值。

A.4.13.2 测试方法及步骤

同“增益”测试方法。

A.4.13.3 评估方法

带宽内最大增益与最小增益之差的一半作为带内平坦度测试结果。

测试结果应满足 4.14 要求。

A.4.14 输出 1dB 压缩点

A.4.14.1 指标描述

低噪放在非线性区工作时,随着输入功率的增大,输出功率的增加值相比于线性增益低 1dB 时的输入/输出功率值。

A.4.14.2 测试方法及步骤

(1) 将矢量网络分析仪设置为传输模式,将中心频率设置为 1575.42MHz,并打开功率扫描选项;

(2) 按照图 A-3 连接直流稳压电源和待测 LNA,加电工作;

(3) 将矢量网络分析仪与待测 LNA 连接,功率扫描下限设置为-50dBm,此时矢量网络分析仪显示一条直线,表示在此范围内增益没有出现压缩;

(4) 逐渐增大功率,直至直线末端出现下弯,记录下降 1dB 时的输出功率值;

(5) 分别改变测试频率为: 1561.098MHz、1227.60MHz、1268.52MHz、1176.45MHz、1602MHz; 1246.0MHz; 1207.14MHz, 1542.5MHz, 分别重复步骤 (1) - (4), 测试低噪放输出 1dB 压缩点。

A.4.14.3 评估方法

输出 1dB 压缩点应满足 4.15 要求。

A.4.15 相位中心偏差

A.4.15.1 指标描述

天线平均相位中心与天线参考点之间的偏差。

A.4.15.2 测试方法及步骤

(1) 相位中心误差在外场测试,将参考天线及待测天线安置在强制对中观测墩上,参考天线及待测天线同时指向北方向,用射频电缆连接待测天线和 GNSS 接收机,设置截止高度角 20°,采样间隔 5s,观测不少于 1h;

(2) 固定参考天线保持不动，待测天线顺时针旋转 90° 进行第二时段观测，不少于 1h；

(3) 重复步骤 (2)，将待测天线旋转到 180° 和 270°，进行第三时段和第四时段观测。

A.4.15.3 评估方法

使用静态基线解算软件分别求出各时段基线向量，取基线长度最大值与最小值之差的 1/2 作为天线相位中心误差测试结果，相位中心误差应 4.16 要求。

A.4.16 低温工作

按 GB/T 2423.1-2008 中的试验方法进行，应满足 4.17 要求；

具体如下：

- a) 试验温度：-40℃；
- b) 温度稳定时间：1h；
- c) 持续试验时间：2h；
- d) 低温过程中检测：电压驻波比应满足 ≤ 2 ；
- e) 恢复时间：1h；
- f) 恢复过程中应对天线进行风干或烘干，保证天线及 LNA 内部无残留水渍。
- g) 恢复常温后检测：电压驻波比应满足 ≤ 2 。

A.4.17 低温存储

按 GB/T 2423.1-2008 规定的方法，应满足 4.18 要求；

具体应如下：

- a) 将被测天线放置于低温试验箱中；试验温度：-45℃；
- b) 被测天线不通电；
- c) 试验箱温度稳定后，持续试验时间：16h；
- h) 试验结束后，将被测天线从低温试验箱中取出恢复常温；
- i) 恢复常温后应对天线进行风干或烘干，保证天线及 LNA 内部无残留水渍；
- j) 测试电压驻波比应满足 ≤ 2 。

A.4.18 高温工作

按 GB/T 2423.2-2008 中的试验方法进行，应满足 4.17 要求；

具体如下：

- a) 试验温度：+70℃；
- b) 温度稳定时间：1h；
- c) 持续试验时间：2h；
- d) 高温过程中检测：电压驻波比应满足 ≤ 2 ；
- e) 恢复时间：1h；

恢复常温后检测：电压驻波比应满足 ≤ 2 。

A.4.19 高温存储

按 GB/T 2423.2-2008 规定的方法，应满足 4.18 要求；

具体应如下：

- a) 先测试天线相对增益，并记录增益值；
- b) 将被测天线放置于高温试验箱中；试验温度：+85℃；
- c) 被测天线不通电；试验箱温度稳定后，持续试验时间：16h；

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，测试电压驻波比应满足 ≤ 2 。

A.4.20 防静电

按 GB/T 17626.2-2006 规定的方法，应满足 4.19 的要求；

具体应如下：

- a) 空气放电：4kV；
- b) 接触放电：2kV；
- c) 放电次数：各 5 次；
- d) 最后检测：电压驻波比应 ≤ 2 。