

# BD

## 中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 220013-2022

---

### 北斗导航卫星 L 波段氮化镓固态功率 放大器规范

Specification for L band GaN solid state power amplifier of  
BeiDou Navigation Satellite



2022-08-01 发布

2022-09-01 实施

---

中国卫星导航系统管理办公室 批准



## 目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 要求.....	1
3.1 功能与组成.....	1
3.2 电性能.....	2
3.3 接口.....	3
3.4 功耗.....	4
3.5 重量.....	4
3.6 尺寸.....	4
3.7 元器件和材料.....	4
3.8 环境适应性.....	4
3.9 电磁兼容性.....	7
3.10 剩磁.....	7
3.11 老炼.....	7
3.12 寿命.....	7
3.13 可靠性.....	7
3.14 安全性.....	7
3.15 外观.....	8
3.16 标志.....	8
4 质量保证规定.....	8
4.1 检验分类.....	8
4.2 检验条件.....	8
4.3 鉴定检验.....	8
4.4 交收检验.....	10
4.5 检验方法.....	10
5 交货准备.....	13
5.1 包装.....	13
5.2 标志.....	13
5.3 运输.....	13
5.4 贮存.....	13
6 说明事项.....	14
6.1 预定用途.....	14
6.2 分类.....	14

6.3 术语和定义..... 14

## 前 言

本规范由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本规范由全国北斗卫星导航标准化技术委员会（SAC/TC 544）归口。

本规范起草单位：中国电子科技集团公司第二十九研究所、上海微小卫星工程中心、西安空间无线电技术研究所、电子科技大学。

本规范主要起草人：敬小东、王海龙、任前义、官朝晖、韩红波、薛 波、陈 林、杨 光、刘禹圻、游 飞、于慧慧、邱 钢、魏彦江、张人天、郭 峥、郭少彬、周 祎、杨 溢。



# 北斗导航卫星 L 波段氮化镓固态功率放大器规范

## 1 范围

本规范规定了北斗导航卫星 L 波段氮化镓固态功率放大器的技术要求、质量保证规定和交货准备等。

本规范适用于北斗导航卫星 L 波段氮化镓固态功率放大器（以下简称“固态功率放大器”）的研制、生产和检验。

## 2 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 191 包装储运图示标志
- GB/T 39267 北斗卫星导航术语
- GJB 145 防护包装规范
- GJB 150.15A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第 15 部分：加速度试验
- GJB 150.16A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第 16 部分：振动试验
- GJB 150.18A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第 18 部分：冲击试验
- GJB 151B-2013 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量
- GJB 1027A-2005 运载器、上面级和航天器试验要求
- GJB 2502.3 航天器热控涂层试验方法 第 3 部分：发射率测试
- GJB 2998 卫星产品标志
- GJB 3007 防静电工作区技术要求
- GJB 3492-1998 微波固体功率放大器通用规范
- GJB 3590 航天系统电磁兼容性要求
- GJB 5313 电磁辐射暴露限值和测量方法
- GJB 7679 航天器磁设计及磁试验方法
- GJB 8125-2013 微波电路放大器测试方法
- GJB/Z 35 元器件降额准则
- QJ 908 电子产品老炼试验方法
- QJ 2630.1 卫星组件空间环境试验方法 热真空试验
- QJ 3065.4 元器件筛选与复验管理要求
- QJ 3138 航天产品环境应力筛选指南
- QJ 20325.2 航天器射频部件与设备测试方法 第 2 部分：微放电

## 3 要求

### 3.1 功能与组成

固态功率放大器（SSPA）主要功能是将前级单级生成的导航信号进行功率放大后输出至卫星发射天线。一般包含射频电路、二次电源（EPC）、自动电平控制（ALC）环路、接口电路和控制电路等。其中射频电路一般包括小信号放大器、电调衰减器、驱动放大器、末级放大器、耦合器、隔离器等，末级功率放大器采用氮化镓（GaN）微波功率管。

固态功率放大器典型组成框图见图 1。

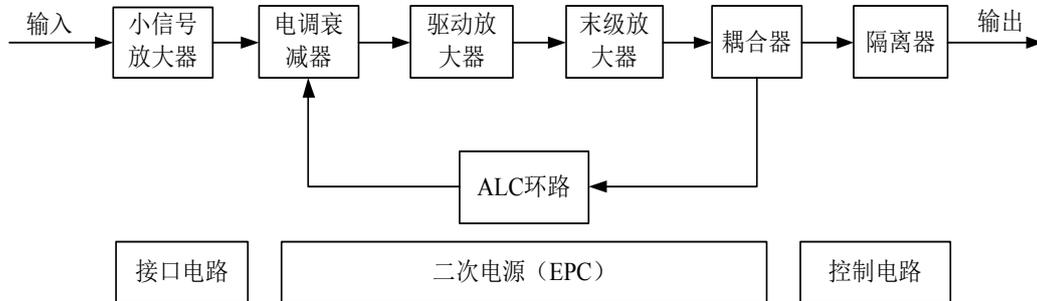


图 1 固态功率放大器典型组成框图

## 3.2 电性能

### 3.2.1 工作频率

工作频率为 L 波段，中心频率：1191MHz、1268MHz、1575MHz。

### 3.2.2 工作带宽

工作带宽：40MHz~100MHz。

### 3.2.3 额定输出功率

额定输出功率大于 100W。

### 3.2.4 功率附加效率

额定输出功率条件下，功率附加效率不小于 47%。

### 3.2.5 功率增益

额定输出功率条件下，功率增益不小于 50dB。

### 3.2.6 功率增益平坦度

额定输出功率条件下，功率增益平坦度不大于 1dB。

### 3.2.7 杂散抑制制度

额定输出功率条件下，杂散抑制制度不大于-60dBc。

### 3.2.8 谐波抑制制度

额定输出功率条件下，二次谐波抑制制度不大于 45dBc，三次谐波抑制制度不大于-35dBc。

### 3.2.9 三阶互调失真

输入功率比单载波额定输入功率回退 3dB，三阶互调失真不大于-13dBc。

### 3.2.10 相对相移

输入功率回退 15dB，相对相移不大于 30°。

### 3.2.11 AM/PM 变换系数

额定输出功率条件下，AM/PM 变换系数不大于 4°/dB。

### 3.2.12 群时延平坦度

额定输出功率条件下，群时延平坦度不大于 2.5ns。

### 3.2.13 群时延稳定度

额定输出功率条件下，工作温度任意变化 30℃，群时延稳定度不大于 0.5ns。

### 3.2.14 输出功率稳定度

A LC 工作模式下，工作温度任意变化 30℃，输出功率稳定度不大于 0.4dB。

### 3.2.15 输入电压驻波比

输入电压驻波比不大于 1.5。

## 3.3 接口

### 3.3.1 电接口

#### 3.3.1.1 电源接口

一次电源母线的标称电压一般为 28V、42V 或 100V。

#### 3.3.1.2 遥控、遥测接口

##### 3.3.1.2.1 遥控指令

遥控指令一般包含：

- a) 开/关机控制指令，一般为 OC 指令；
- b) A LC 使能控制，一般为数字信号。

##### 3.3.1.2.2 遥测参数

遥测参数一般包含：

- a) 温度遥测参数（热敏电阻）；
- b) 输出功率遥测（模拟量）；
- c) 二次电源电压遥测（模拟量）；
- d) 母线电流遥测（模拟量）。

##### 3.3.1.2.3 遥控、遥测接口电平和阻抗

遥控、遥测接口电平和阻抗要求如下：

- a) OC 指令：指令电压为 28V，脉宽要求为 160ms±80ms，低电平导通，导通电平相对于配电  
器接地点不大于 1.5V，电流驱动能力不小于 200mA；
- b) 数字信号：采用集电极开路 TTL 标准，上拉电阻及其电源设在输入端，逻辑“0”电平为  
0V~0.5V，逻辑“1”电平为 3.5V~5.5V，输入阻抗不小于 1MΩ，输出阻抗不大于 10KΩ；
- c) 模拟量遥测：采用单端测量，各设备将需要测量的模拟量以二次电源输出地为基准变换为  
0V~5V 的标准电压，输出阻抗不大于 5kΩ；
- d) 热敏电阻遥测：由热敏电阻和基准电阻对 5V 电源的串联分压值作为热敏电阻遥测参数，  
热敏电阻位于用户设备内或结构上，其余部分在遥测单元。

#### 3.3.1.3 射频接口

射频输入连接器采用 SMA 系列，输出连接器采用 TNC 系列。

#### 3.3.1.4 低频接口

低频电连接器采用 D-SUB、J7、J36A 及 J14 系列。

### 3.3.2 机械接口

### 3.3.2.1 安装面

安装面要求如下：

- a) 安装面平面度应不大于 0.1mm/(100mm×100mm)；
- b) 安装面粗糙度应不大于 3.2 μm。

### 3.3.2.2 透气孔

机壳上应有一个或多个不超过 φ2mm 的透气孔。透气孔的位置、数目及大小根据发射上升阶段的气压变化率、电磁兼容、射频泄露和热控措施等要求进行选择。

### 3.3.3 热接口

热耗、散热面和工作温度应符合专用技术文件的要求。表面进行热控处理，要求热控涂层的半球发射率不小于 0.85，安装面除外。

### 3.4 功耗

功耗应符合专用技术文件的规定。

### 3.5 重量

重量应符合专用技术文件的规定。

### 3.6 尺寸

本体尺寸、最大包络尺寸及安装尺寸应符合专用技术文件的规定。

### 3.7 元器件和材料

#### 3.7.1 元器件

元器件要求如下：

- a) 元器件应优先在专用技术文件规定的元器件选用目录内选用，并按 QJ 3065.4 和专用技术文件的规定进行筛选；
- b) 选用元器件的参数及其允许使用环境时，应考虑在任何情况下不超过其极限值或最大规定值，并应符合 GJB/Z 35 中的 I 级降额要求；
- c) 进口元器件应采购高可靠的宇航器件，如不能满足等级要求，应按专用技术文件的规定进行筛选。

#### 3.7.2 材料

材料要求如下：

- a) 优先选用有成功飞行经验且满足卫星飞行寿命要求的材料，如选用无飞行经验的材料，应进行材料鉴定；
- b) 材料的总质损和可凝挥发物应符合专用技术文件的规定；
- c) 外壳一般采用质量轻的铝合金或符合材料。

### 3.8 环境适应性

#### 3.8.1 通用要求

固态功率放大器的环境适应性试验一般包括加速度、正弦振动、随机振动、冲击、热循环、热真空、微放电等，各项试验条件允许的偏差一般按专用技术文件的规定执行，推荐偏差见表 1。

表1 试验条件的允许偏差表

环境条件名称	允许偏差	备注
--------	------	----

环境条件名称	允许偏差		备注
温度	高温端	$(T_0^{+4})$ °C	-
	低温端	$(T_0^{-4})$ °C	
相对湿度	±5%		-
大气压力	高于 $1.33 \times 10^2$ Pa	±10%	-
	$1.33 \times 10^2$ Pa~ $1.33 \times 10^1$ Pa	±25%	-
	低于 $1.33 \times 10^1$ Pa	±80%	-
加速度	±10%		-
振动频率	高于 25Hz	±2%	-
	等于或低于 25Hz	±0.5Hz	-
正弦振动加速度幅值	高于 200Hz	±10%	-
	等于或低于 200Hz	±10%	-
随机振动加速度功率谱密度	50~500 Hz (分析带宽 25Hz 或更窄)	±1.5dB	-
	500~2000 Hz (分析带宽 50Hz 或更窄)	±3.0dB	-
	总均方根值	+1.5dB	-
冲击加速度响应谱 (Q=10)	等于或低于 3000 Hz	±6dB	至少有 50% 的谱值大于额定规范值
	高于 3000Hz	-6dB~+9dB	至少有 50% 的谱值大于额定规范值
静载荷和压力	0~5%		-
磁矩测量	$5\%P \pm 5mPm^2$		-

### 3.8.2 力学试验

#### 3.8.2.1 加速度试验

加速度试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件见表 2。试验前和试验后对产品的电性能指标进行检测，电性能应满足 3.2 的要求。

表2 加速度试验条件

试验类别	纵向加速度 (g)	横向加速度 (g)	试验时间 (min)	加载速率 (g/min)
鉴定检验	12	12	2	5
交收检验	8	8	2	5

#### 3.8.2.2 正弦振动试验

正弦振动试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件见表 3 和表 4。试验前和试验后对产品的电性能指标进行检测，电性能应满足 3.2 的要求。

表3 鉴定检验正弦试验条件

参数名称	试验参数	
频率范围 (Hz)	5~15	15~100
振动量级 (0-P) g	16.7mm	15g
扫频方向	X、Y、Z 向	
加载速率	2oct/min	

表4 交收检验正弦试验条件

参数名称	试验参数
------	------

频率范围 (Hz)	5~15	15~100
振动量级 (0-P) g	11.0mm	10g
扫频方向	X、Y、Z 向	
加载速率	4oct/min	

### 3.8.2.3 随机振动试验

随机振动试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件见表 5。试验前和试验后对产品的电性能指标进行检测，电性能应满足 3.2 的要求。

表5 随机振动试验条件

试验级别	频率范围 (Hz)	加速度 功率谱密度	总均方根值 (grms)	方向	振动时间
鉴定检验	10~150	+6dB/oct.	12.69	X、Y、Z	120s/向
	150~800	0.1125g <sup>2</sup> /Hz			
	800~2000	-3dB/oct.			
交收检验	10~150	+6dB/oct.	8.46	X、Y、Z	60s/向
	150~800	0.05g <sup>2</sup> /Hz			
	800~2000	-3dB/oct.			

### 3.8.2.4 冲击试验

冲击试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件见表 6。试验前和试验后对产品的电性能指标进行检测，电性能应满足 3.2 的要求。

表6 冲击试验条件

频率范围 (Hz)	鉴定检验
100~400	9dB/oct
400~3500	1000g
加载方向	X、Y、Z 三个方向
每轴向次数	2

### 3.8.3 热试验

#### 3.8.3.1 热循环试验

热循环试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件如下：

- 试验温度：鉴定检验试验温度为-35℃~+70℃，交收检验试验温度为-25℃~+60℃；
- 循环次数：交收检验不少于 12.5 次，鉴定检验不少于 25.5 次；
- 平均变温率：交收检验不少于 2℃/min，鉴定检验不少于 3℃/min；
- 极端温度停留时间：在极端温度下模拟在轨工作模式连续工作不少于 4 小时。

#### 3.8.3.2 热真空试验

热真空试验一般按专用技术文件的规定执行，推荐试验条件如下：

- 试验温度：鉴定检验试验温度为-35℃~+70℃，交收检验试验温度为-25℃~+60℃；
- 压力：不高于  $6.5 \times 10^{-3}$  Pa；
- 循环次数：交收检验至少 3.5 次，鉴定检验至少 6.5 次；
- 平均变温率： $\geq 1^\circ\text{C}/\text{min}$ ，至少应  $\geq 0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ ；
- 极端温度停留时间：每次循环的极端温度以设备冷透热透为原则，在极端温度下模拟在轨工作模式连续工作不少于 4 小时。

### 3.8.4 微放电试验

微放电试验一般按专用技术文件的规定执行，一般情况下固态功率放大器所采用大功率无源微波器件（如输出隔离器、输出射频连接器等）应完成微放电试验，试验前和试验后对产品的电性能指标进行检测，电性能应满足 3.2 的要求，微放电试验条件推荐如下：

- a) 试验容器真空度：不高于  $6.5 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ；
- b) 试验温度：同热真空试验温度，可只在高温条件下考核；
- c) 试验时间：保证单机有足够测试时间，且每个工况试验时间不低于 30 分钟；
- d) 平均功率：产品进行微放电试验的平均功率等于产品的额定输出功率；
- e) 脉冲功率：鉴定检验的脉冲峰值功率为产品额定输出功率的 6dB，交收检验的脉冲峰值功率为产品额定输出功率的 3dB。

### 3.8.5 抗辐照

抗辐照要求如下：

- a) 采用元器件的抗总剂量指标应不小于 100Krad (Si)；
- b) 对不满足抗辐照指标要求的元器件应进行抗辐照加固。

### 3.9 电磁兼容性

电磁兼容性应符合 GJB 151B-2013、GJB 3590 或专用技术文件的要求。

推荐试验项目包含：CE102、CE106、CE107，CS101、CS103、CS103、CS104、CS105、CS106、CS114、CS115、CS116，RE102、RE103。

### 3.10 剩磁

除另有规定外，剩磁矩应不大于  $200 \text{mA} \cdot \text{m}^2$ 。

### 3.11 老炼

老炼试验一般按专用技术文件的规定进行，推荐试验温度  $-25^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$ ，累计工作时间（含热循环、热真空、常温测试）不低于 300h，累计循环次数（含热循环、热真空）不低于 20 次。

### 3.12 寿命

在轨工作寿命不小于 15a。

### 3.13 可靠性

在卫星任务规定的寿命周期内，可靠度不小于 0.9 或符合专用技术文件的规定。

### 3.14 安全性

安全性要求如下：

- a) 固态功率放大器工作时有微波辐射，必须采取相应的防护措施。正确地安装好固态功率放大器的射频连接器，以避免损坏固态功率放大器及防止射频能量泄漏，并应符合 GJB 5313 的规定；
- b) 固态功率放大器的外露部分在任何时候均应保证零电位；
- c) 固态功率放大器为静电敏感产品，使用中应注意静电保护；

- d) 固态功率放大器自身故障不应影响星上的其他设备。

### 3.15 外观

表面应无划伤、裂纹、温控漆涂层脱落等机械损伤。

### 3.16 标志

标志要求如下：

- a) 每台固态功率放大器应有永久标志，标志应符合 GJB 2998 或专用技术文件的规定；
- b) 标志至少应包含产品代号、序列号及接口标识等信息；

## 4 质量保证规定

### 4.1 检验分类

本规范规定的检验分类如下：

- a) 鉴定检验；
- b) 交收检验。

### 4.2 检验条件

#### 4.2.1 环境条件

除另有规定外，检验应在下述环境条件下进行：

- a) 温度：15℃~35℃；
- b) 相对湿度：30%~60%；
- c) 气压：试验室气压；
- d) 洁净度：优于100000级；
- e) 防静电：应符合GJB 3007的要求。

#### 4.2.2 检验仪器和设备

检验仪器及设备一般要求如下：

- a) 检验用仪器及设备应经计量部门检验合格，并在有效期内使用；
- b) 检验用仪器及设备的测试范围和精度应满足测试要求；
- c) 专用测试仪器及设备应预先校准，检验合格。

### 4.3 鉴定检验

#### 4.3.1 检验时机

新研制的产品或图样、材料、加工工艺、元器件和装配发生变化需要重新生产的产品应进行鉴定检验。

#### 4.3.2 检验项目和顺序

鉴定检验的项目应按表7的规定进行，检验顺序一般为电性能检验、力学检验、热环境检验，具体检验顺序按专用技术文件的规定执行。

#### 4.3.3 受检样品数

鉴定检验的数量不少于1个。

表7 检验项目

序号	检验项目		鉴定检验	交收检验	要求章条号	检验方法章条号	
1	电性能	工作频率	●	●	3.2.1	4.5.1.1	
2		工作带宽	●	●	3.2.2	4.5.1.1	
3		额定输出功率	●	●	3.2.3	4.5.1.2	
4		功率附加效率	●	●	3.2.4	4.5.1.3	
5		功率增益	●	●	3.2.5	4.5.1.4	
6		功率增益平坦度	●	●	3.2.6	4.5.1.5	
7		杂散抑制度	●	●	3.2.7	4.5.1.6	
8		谐波抑制度	●	●	3.2.8	4.5.1.7	
9		三阶互调失真	●	●	3.2.9	4.5.1.8	
10		相对相移	●	●	3.2.10	4.5.1.9	
11		AM/PM 变换系数	●	●	3.2.11	4.5.1.10	
12		群时延平坦度	●	●	3.2.12	4.5.1.11	
13		群时延稳定度	●	●	3.2.13	4.5.1.11	
14		输出功率稳定度	●	●	3.2.14	4.5.1.12	
15		输入电压驻波比	●	●	3.2.15	4.5.2	
16	接口	电接口	电源接口	●	●	3.3.1.1	4.5.3.1.1
17			遥控、遥测接口	●	●	3.3.1.2	4.5.3.1.2
18			射频接口	●	●	3.3.1.3	4.5.3.1.3
19			低频接口	●	●	3.3.1.4	4.5.3.1.4
20		机械接口	安装面	●	●	3.3.2.1	4.5.3.2.1
21			透气孔	●	●	3.3.2.2	4.5.3.2.2
22		热接口	●	●	3.3.3	4.5.3.3	
23	功耗		●	●	3.4	4.5.4	
24	重量		●	●	3.5	4.5.5	
25	尺寸		●	●	3.6	4.5.6	
26	元器件和材料		●	●	3.7	4.5.7	
27	环境适应性	力学试验	加速度试验	●	—	3.8.2.1	4.5.8.1
28			正弦振动试验	●	●	3.8.2.2	4.5.8.2
29			随机振动试验	●	●	3.8.2.3	4.5.8.3
30			冲击试验	●	—	3.8.2.4	4.5.8.4
31		热试验	热循环试验	●	●	3.8.3.1	4.5.8.5
32			热真空试验	●	●	3.8.3.2	4.5.8.6
33		微放电试验	●	—	3.8.4	4.5.8.7	
34	抗辐照		●	—	3.8.5	4.5.9	
35	电磁兼容性		●	—	3.9	4.5.10	
36	剩磁		●	—	3.10	4.5.11	
37	老炼		—	●	3.11	4.5.12	
38	寿命		●	●	3.12	4.5.13	
39	可靠性		●	●	3.13	4.5.14	
40	安全性		●	●	3.14	4.5.15	
41	外观		●	●	3.15	4.5.16	
42	标志		●	●	3.16	4.5.17	
注：● 表示“要求的”项目；— 表示“不要求的”项目。							

## 4.3.4 合格判据

表7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，并确认属于产品自身质量方面的原因，则判定鉴定检验不合格，应查明原因并采取设计或工艺纠正措施，重新提交鉴定检验。

#### 4.4 交收检验

##### 4.4.1 检验项目和顺序

交收检验的项目应按表7的规定进行，检验顺序按专用技术文件的规定执行。

##### 4.4.2 受检样品数

所有交付使用的产品（含备份件）都应进行交收检验。

##### 4.4.3 合格判据

表7规定的所有检验项目应均符合要求，判定该产品合格。允许有一次对不合格项进行重检，重检仍未通过的，并确认属于产品自身质量方面的原因，则判定该产品不合格。

#### 4.5 检验方法

##### 4.5.1 电性能

###### 4.5.1.1 工作频率及工作带宽

电性能测试时，工作频率和工作带宽作为输入条件，在有关项目测试中通过设置信号源或矢量网络分析仪的输出频率和扫频范围内予以检验。

###### 4.5.1.2 额定输出功率

额定输出功率测试按 GJB 8125-2013 的 5.1 执行。

###### 4.5.1.3 功率附加效率

功率附加效率测试按 GJB 8125-2013 的 5.19 执行。

###### 4.5.1.4 功率增益

功率增益测试按 GJB 8125-2013 的 5.2 执行。

###### 4.5.1.5 功率增益平坦度

功率增益平坦度测试按 GJB 8125-2013 的 5.3 执行。

###### 4.5.1.6 杂散抑制度

杂散抑制度测试按 GJB 8125-2013 的 5.11 执行。

###### 4.5.1.7 谐波抑制度

谐波抑制度测试按 GJB 8125-2013 的 5.11 执行。

###### 4.5.1.8 三阶互调失真

三阶互调失真的测试按 GJB 8125-2013 的 5.9 执行。

###### 4.5.1.9 相对相移

相对相移测试按 GJB 3492-1998 的 4.7.11.4 执行。

###### 4.5.1.10 AM/PM 变换系数

AM/PM 变换系数测试按 GJB 8125-2013 的 5.15 执行。

###### 4.5.1.11 群时延平坦度及群时延稳定度

###### 4.5.1.11.1 测试示意框图

群时延平坦度及群时延稳定度测试框图如图 2 所示。

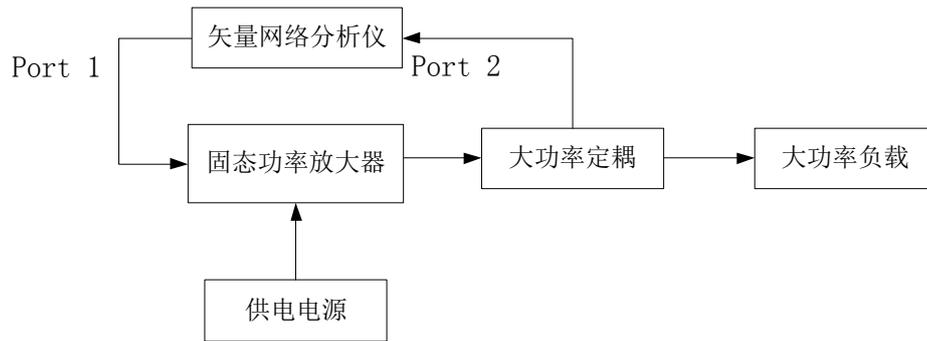


图2 群时延平坦度及群时延稳定度测试框图

#### 4.5.1.11.2 测试步骤

测试步骤如下：

- 校准测试连接通路；
- 按正常加电程序，固态功率放大器开机；
- 开启矢量网络分析仪，并设置扫频范围和输出电平，使固态功率放大器的输入功率为额定输入功率；
- 设置矢量网络分析仪的扫描方式为线性频率扫描，测试参量为 S21，S21 的输出方式为群时延；
- 开启矢量网络分析仪的信号输出，记录各频点的群时延值；
- 按专用技术文件的规定改变固态功率放大器的工作温度，重复 b) ~e) 条测试步骤，测出不同温度条件下的群时延值。

#### 4.5.1.11.3 数据处理

群时延在规定的带宽内发生的最大变化值即为群时延平坦度。按公式（1）和公式（2）计算群时延稳定度：

$$St_{gd,i} = \max(t_{gd,ik}) - \min(t_{gd,ik}) \dots\dots\dots (1)$$

$$St_{gd} = \max(St_{gd,i}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$t_{gd,ik}$  ——k 温度（℃）条件下 i 频点的群时延，ns；

$St_{gd,i}$  ——i 频点下群时延随温度的最大变化值，ns；

$St_{gd}$  ——群时延稳定度，ns；

#### 4.5.1.12 输出功率稳定度

在 ALC 工作模式下，按专用技术文件的规定改变固态功率放大器的工作温度，记录不同温度下的输出功率值。按公式（3）和公式（4）计算输出功率稳定度：

$$SP_o,i = \max(P_{o,ik}) - \min(P_{o,ik}) \dots\dots\dots (3)$$

$$SP_o = \max(SP_o,i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$P_{o,ik}$  ——k 温度（℃）条件下 i 频点的输出功率，dBm；

$SP_o,i$  ——i 频点的输出功率随温度的变化，dB；

$SP_o$  ——输出功率稳定度，dB。

#### 4.5.2 输入电压驻波比

输入电压驻波比测试按 GJB 8125-2013 的规定执行。

#### 4.5.3 接口

##### 4.5.3.1 电接口

###### 4.5.3.1.1 电源接口

在规定电压范围的高、中、低端分别测试固态功率放大器的电性能指标，电性能满足 3.2 的要求。

###### 4.5.3.1.2 遥控、遥测接口

通过专用设备进行遥控、遥测项目的功能测试。

通过在遥控、遥测节点与相应回线之间外加串联合适电阻和电压源，在相应节点用检测电压的方法检验输入阻抗和输出阻抗。

通过万用表或专用设备测试遥测输出电平。

###### 4.5.3.1.3 射频接口

目视法检查射频连接器型号和安装。

###### 4.5.3.1.4 低频接口

目视法检查低频连接器型号和安装。

##### 4.5.3.2 机械接口

###### 4.5.3.2.1 安装面

用塞尺或刀口尺对固态功率放大器的安装面进行检查。

###### 4.5.3.2.2 透气孔

通过审查固态功率放大器设计图纸和目测法检查透气孔的大小和数量。

###### 4.5.3.3 热接口

通过审查固态功率放大器热设计报告和专用技术文件检查热耗、散热面和工作温度范围。

通过测试同批次喷涂的热控涂层半球发射率，检验产品的热控涂层特性。半球发射率按 GJB 2502.3 规定的方法进行测试。

##### 4.5.4 功耗

固态功率放大器在各种工况下的最大功耗。

##### 4.5.5 重量

用衡器称重固态功率放大器的重量。

##### 4.5.6 尺寸

用量具测量固态功率放大器的本体尺寸、最大包络尺寸及安装尺寸。

##### 4.5.7 元器件和材料

检查元器件和材料的合格证，并审查是否在有效期内。

##### 4.5.8 环境适应性

###### 4.5.8.1 加速度试验

加速度试验按 GJB 150.15A-2009 或专用技术文件的规定执行。

###### 4.5.8.2 正弦振动试验

正弦振动试验按 GJB 150.16A-2009 或专用技术文件的规定执行。

###### 4.5.8.3 随机振动试验

随机振动试验按 GJB 150.16A-2009 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.8.4 冲击试验

冲击试验按 GJB 150.18A-2009 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.8.5 热循环试验

热循环试验按 QJ 3138 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.8.6 热真空试验

热真空试验按 QJ 2630.1 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.8.7 微放电试验

微放电试验按 QJ 20325.2 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.9 抗辐照

检查抗辐照设计报告。

#### 4.5.10 电磁兼容性

电磁兼容性试验按 GJB 151B-2013 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.11 剩磁

剩磁测试按 GJB 7679 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.12 老炼

老炼试验按 QJ 908 或专用技术文件的规定执行。

#### 4.5.13 寿命

检查固态功率放大器可靠性设计与分析报告。

#### 4.5.14 可靠性

检查固态功率放大器可靠性设计与分析报告。

#### 4.5.15 安全性

检查固态功率放大器安全性设计与分析报告。

#### 4.5.16 外观

用目视法检查固态功率放大器的外观。

#### 4.5.17 标志

用目视法检查固态功率放大器的标志。

### 5 交货准备

#### 5.1 包装

交付的产品应有完好的包装箱，箱内应有减振、防潮、防静电措施，并符合GJB 145的规定。

#### 5.2 标志

包装储运图示标志应符合GB/T 191的规定，包装箱外应标明产品名称、代号、箱体体积、毛重、制造厂家和出厂日期。

#### 5.3 运输

产品包装后应能承受汽车、火车、飞机等交通工具的运输。在运输过程中应轻拿、轻放，避免碰撞、敲击、日晒、雨淋和腐蚀。

#### 5.4 贮存

##### 5.4.1 贮存环境

贮存环境条件如下：

- a) 温度：-15℃~45℃；
- b) 相对湿度：30%~60%；
- c) 洁净度：优于100000级；
- d) 通风良好，库房中无酸、碱或其他腐蚀性气体。

#### 5.4.2 贮存期

从验收合格之日起，贮存期一般不超过3年。

在贮存期内，每隔半年应对产品电性能进行一次复检。

### 6 说明事项

#### 6.1 预定用途

本规范规定的固态功率放大器预定用于北斗导航卫星有效载荷L波段发射系统中。

#### 6.2 分类

固态功率放大器按导航频段可分为：

- a) B1 频段固态功率放大器（简称“B1 固态功放”）；
- b) B2 频段固态功率放大器（简称“B2 固态功放”）；
- c) B3 频段固态功率放大器（简称“B3 固态功放”）。

#### 6.3 术语和定义

GB/T 39267、GJB 3492-1998、GJB 8125-2013 确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

##### 6.3.1 群时延 group delay time

相移随角频率的变化量。

##### 6.3.2 群时延稳定度 group delay stability

群时延在规定的带宽内随温度发生的最大变化值。

##### 6.3.3 群时延平坦度 group delay flatness

群时延在规定的带宽内发生的最大变化值。

##### 6.3.4 输出功率稳定度 out power stability

输出功率在规定的带宽内随温度发生的最大变化值。