

QJ

中华人民共和国航空航天工业部航天工业标准

QJ 2492-93

微波倍频器通用技术条件

1993-03-30 发布

1993-12-01 实施

中华人民共和国航空航天工业部 发布

微波倍频器通用技术条件

1 主题内容与适用范围

本标准规定了微波倍频器的技术要求、试验方法和检验规则。

本标准适用于航天工业用微波倍频器的研制、生产和使用。

2 引用标准

GB 191 包装储运图示标志

GB 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

GB 11321 波导元件模数尺寸选择指南

GB 11449.1 波导法兰盘 第一部分：一般要求

GB 11449.2 波导法兰盘 第二部分：普通矩形波导法兰盘规范

GB 11449.3 波导法兰盘 第三部分：扁矩形波导法兰盘规范

GB 11449.4 波导法兰盘 第四部分：圆形波导法兰盘规范

GB 11449.5 波导法兰盘 第六部分：中等扁矩形波导法兰盘规范

GB 11449.6 波导法兰盘 第七部分：方形波导法兰盘规范

GJB 151 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求

GJB 152 军用设备和分系统电磁发射和敏感度测量

GJB 179 计数抽样检查程序及表

GJB 360.2 电子及电气元件试验方法 盐雾试验

GJB 360.5 电子及电气元件试验方法 低气压试验

GJB 360.6 电子及电气元件试验方法 耐湿试验

GJB 360.7 电子及电气元件试验方法 温度冲击试验

GJB 360.8 电子及电气元件试验方法 高温寿命试验

GJB 360.13 电子及电气元件试验方法 低频振动试验

GJB 360.17 电子及电气元件试验方法 强碰撞冲击试验

航空航天工业部 1993-03-30 批准

1993-12-01 实施

- GJB 360.22 电子及电气元件试验方法 加速度试验
GJB 360.24 电子及电气元件试验方法 随机振动试验
GJB 681 射频同轴连接器总规范
GJB 1027 卫星环境试验要求
QJ 908 电子设备老练技术条件
QJ 1511 半导体器件验收规范
QJ 1996 微波器件测试方法

3 技术要求

微波倍频器技术要求应符合下列规定以及产品标准的有关规定。

3.1 电性能

微波倍频器的电性能技术参数应符合下列规定。

3.1.1 输入频率范围

微波倍频器的输入频率范围应覆盖产品标准规定的输入频率范围。

3.1.2 输出频率范围

微波倍频器的输出频率范围应覆盖产品标准规定的输出频率范围。

3.1.3 倍频效率 η (倍频损耗 L)

微波倍频器的倍频效率 η 在输入、输出频率范围内应不小于产品标准规定值 (倍频损耗 L 应不大于产品标准规定的分贝数)。

3.1.4 饱和输出功率

微波倍频器的饱和输出功率在输出频率范围内应不小于产品标准规定值。

3.1.5 1dB 压缩点输出功率

微波倍频器的 1dB 压缩点输出功率在输出频率范围内应不小于产品标准规定值。

3.1.6 最大容许输入功率

微波倍频器最大容许输入功率在输入频率范围内应不小于产品标准规定值。

3.1.7 输出功率平坦度 (输出功率频响)

微波倍频器的输出功率平坦度 (输出功率频响) 在输出频率范围内应不大于产品标准规定的输出功率起伏值范围 (或平坦度的分贝数)。

3.1.8 最小激励功率

微波倍频器最小激励输入功率在输入频率范围内应不大于产品标准规定值。

3.1.9 谐波、分谐波和杂波抑制

微波倍频器的谐波、分谐波及杂波抑制在输出频率范围内应不大于产品标准规定值。

3.1.10 附加单边带相位噪声

微波倍频器的附加单边带相位噪声在输出频率范围内应不大于产品标准规定值。

3.1.11 输入、输出端连接器

微波倍频器的输入和输出端连接器应符合产品标准规定的型号。

3.1.12 输入、输出端阻抗

微波倍频器的输入和输出阻抗应符合产品标准规定值。

3.1.13 输入端电压驻波比

微波倍频器输入端电压驻波比在输入频率范围内应不大于产品标准规定值。

3.2 结构和设计

3.2.1 微波倍频器的结构应符合产品标准的规定。

3.2.2 微波倍频器的连接器和波导法兰盘的型号、尺寸等应符合 GJB 681 和 GB 11449.1~11449.6 的有关规定。

3.2.3 微波倍频器的波导尺寸模数设计应符合 GJB 11321 的有关规定。

3.3 制造

微波倍频器的制造应按产品工艺文件的规定执行。

微波倍频器应按 QJ 908 的有关规定进行老炼。

3.4 外观质量

微波倍频器应装配齐全、牢固，涂覆完好，表面清洁，铭牌标志准确无误、清晰可辨。

3.5 环境适应性

3.5.1 微波倍频器在规定的高温寿命、温度冲击和耐湿试验后，应符合本标准 3.1 条的要求。

3.5.2 微波倍频器在规定的盐雾（有规定时）、低频振动、随机振动和强碰撞冲击试验后，应符合本标准 3.1 条的要求。

3.5.3 特殊环境使用的微波倍频器在热真空、紫外辐照、粒子辐照、低气压和加速度试验后，应符合本标准 3.1 条的要求。

3.6 电磁兼容性

微波倍频器按 GJB 151 的规定试验时，不应出现任何不希望响应。

3.7 可靠性和工作寿命

微波倍频器的平均故障间隔时间应不小于 1000 h，或按产品标准的规定。

3.8 材料和电子元器件

3.8.1 微波倍频器所使用的材料应按有关规定进行检验，合格的方可使用。

3.8.2 微波倍频器所使用的电子元器件应按规定的电子产品目录选用，并应按照 QJ 1511 的有关规定进行验收。

4 试验方法

4.1 结构、外形尺寸检查

微波倍频器应按产品标准有关规定进行结构、外形尺寸检查，用精度不低于0.05mm的量具测量。

4.2 外观质量检查

微波倍频器外观质量检查通常用目检法，或按产品标准规定的方法进行检查。

4.3 电性能测试

4.3.1 测试条件

4.3.1.1 除非另有规定，电性能测试在下列正常试验大气条件下进行：

温度 15~35℃；

相对湿度 20%~80%；

气压 86~106kPa。

4.3.1.2 测试环境应无影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

4.3.1.3 测试所用仪器设备应具有规定的准确度，并经过计量部门检定合格，在检定周期内使用。

4.3.2 频率范围

4.3.2.1 测试设备

相应频段的微波信号发生器、频率计（或微波计数器）。

4.3.2.2 测试方法

按图1连接测试设备。

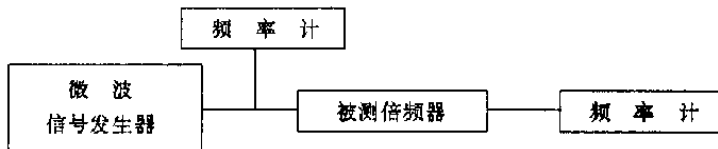


图1 频率范围测试框图

在微波倍频器的输入端加输入频率范围内（宽频带倍频器应包括最低和最高频率不少于10个频率点）合适功率，用频率计测量微波倍频器的输入和输出频率。

4.3.3 倍频效率 η （倍频损耗 L ）

4.3.3.1 测试设备

相应频段的微波信号发生器、隔离器和功率计。

4.3.3.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

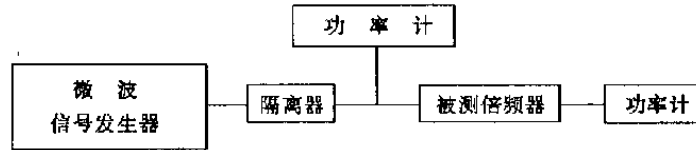


图 2 倍频效率 η (倍频损耗 L) 测试框图

在微波倍频器的输出频率高、中、低 (或按规定的频率点) 处测试, 在倍频器正常工作的输入和输出功率下测试倍频效率 η (或倍频损耗 L , 用分贝表示), 按公式 1 计算倍频效率 η 。

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

按公式 2 计算倍频损耗 L (dB)。

$$L = 10 \lg \frac{P_i}{P_o} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: P_o —倍频器的输出功率, mW;
 P_i —倍频器的输入功率, mW。

4.3.4 饱和输出功率

4.3.4.1 测试设备

同 4.3.3.1 条。

4.3.4.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

在微波倍频器的输出频率高、中、低 (或按规定的频率点) 处测试饱和输出功率值 (输入功率不得超过规定的最大容许输入功率)。

4.3.5 1dB 压缩点输出功率

4.3.5.1 测试设备

同 4.3.3.1 条。

4.3.5.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

在微波倍频器的输出频率高、中、低（或按规定的频率点）处，在不同的输入功率电平下测倍频损耗 L ，测出其倍频损耗值比正常值大 1dB 时的输出功率值，即为 1dB 压缩点输出功率值。

4.3.6 最大容许输入功率

4.3.6.1 测试设备

同 4.3.3.1 条。

4.3.6.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

在微波倍频器的输入频率高、中、低（或按规定的频率点）处，输入端加规定的最大容许输入功率时，测量倍频器的输出功率不低于正常值。

4.3.7 输出功率平坦度（输出功率频响）

4.3.7.1 测试设备

同 4.3.3.1 条。

4.3.7.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

在微波倍频器的输入频率范围内保持功率为规定的恒定值，在其输出频率范围内测量输出功率最大值和最小值，其比值的分贝数（或分贝毫瓦数的差值）为输出功率的平坦度（输出功率频响）。

4.3.8 最小激励功率

4.3.8.1 测试设备

同 4.3.3.1 条。

4.3.8.2 测试方法

按图 2 连接测试设备。

在微波倍频器的输入频率高、中、低（或按规定的频率点）处，输入端加规定的最小激励输入功率时，测量倍频器的输出功率应不低于产品标准规定值。

4.3.9 谐波、分谐波及杂波抑制

4.3.9.1 测试设备

相应频段的微波信号发生器、隔离器和频谱分析仪，微波信号发生器的频谱纯度（谐波、非谐波和杂波）应优于被测倍频器 10dB。

4.3.9.2 测试方法

按图 3 连接测试设备。

在微波倍频器的输出频率高、中、低（或按规定的频率点）处测试，用频谱分析仪测

量谐波、分谐波及杂波相对于载波的相对衰减值，即为微波倍频器的谐波、分谐波及杂波抑制的分贝数。测试时应注意识别因微波信号发生器及频谱分析仪引起的假信号。



图3 谐波、分谐波及杂波抑制测试框图

4.3.10 附加单边带相位噪声

4.3.10.1 测试设备

相应频段的微波合成信号发生器（其单边带相位噪声应优于被测倍频器 10dB）、相应频段的隔离器、放大器、功分器、可变移相器、鉴相器、低通滤波器、正交指示器、低噪声放大器和频谱分析仪。

4.3.10.2 频谱分析仪法

按图4连接测试设备。

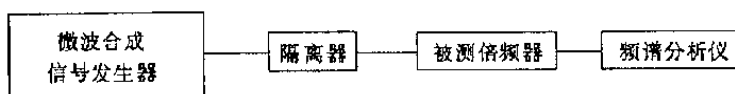


图4 附加单边带相位噪声测试框图（I）

在微波倍频器的输出频率高、中、低（或按规定的频率点）处测试，用频谱分析仪测量偏离载波频率为 f 处的相位噪声值，按公式3计算被测微波倍频器的附加单边带相位噪声。

$$\mathcal{L}(f) = P_{\text{ssb}} - 10\lg B_w + C \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\mathcal{L}(f)$ —附加单边带相位噪声，dBc/Hz；

P_{ssb} —频谱分析仪读出在偏离载波为 f 处相对载波频率的相位噪声值，dBc；

B_w —频谱分析仪的等效分辨率带宽，一般频谱分析仪为 1.2 倍的标称值带宽，Hz；

C —频谱分析仪用于测相位噪声时的修正因子，一般模拟式频谱分析仪为 2.5dB。

数字式频谱分析仪为 0dB。

对毫米波倍频器也可采用混频移频法用低频频谱分析仪测附加单边带相位噪声。

4. 3. 10. 3 正交检相法

按图 5 连接测试设备。

在微波倍频器的输出频率高、中、低（或按规定的频率点）处测试，调节移相器使正交指示器上指示值（通常用数字电压表）为最大值 K_{ϕ} ，接着调节移相器使正交指示器上读数为正负最大值之间的最小值（正交点），保持正交状态下，用频谱分析仪测量各付氏频率点的电压值 V_n ，按公式 4 计算被测微波倍频器的附加单边带相位噪声。

$$\mathcal{L}(f) = 20\lg V_n - 20\lg M - 20\lg K_{\phi} - 20\lg K_{LNA} - 10\lg B_w - 3 + C \dots\dots (4)$$

式中： V_n —频谱分析仪读出的单边带噪声电压有效值，V；

K_{ϕ} —鉴相器的鉴相灵敏度，V/rad；

K_{LNA} —低噪声放大器的放大倍数；

M —倍频次数；

$\mathcal{L}(f)$ 、 B_w 、 C —同公式 3。

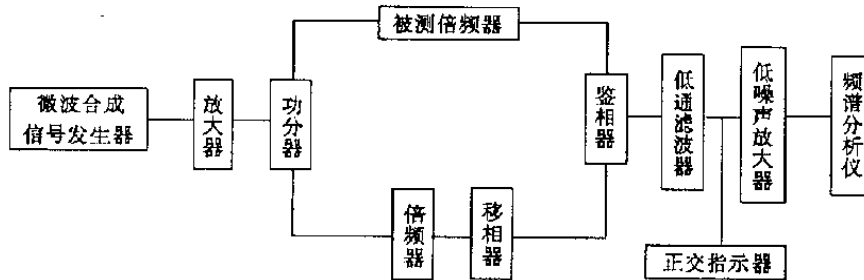


图 5 附加单边带相位噪声测试框图（II）

4. 3. 11 输入端电压驻波比

4. 3. 11. 1 测试设备

相应频段的微波信号发生器、隔离器、负载（电压驻波比不大于 1.05）、定向耦合器（方向性满足要求）、短路器（反射系数不小于 0.95）、频谱分析仪；其余设备要求按 QJ 1996 的有关条款。

4. 3. 11. 2 测量线法

按 QJ 1996 的 6.1 条进行。

4. 3. 11. 3 网络分析仪法

按 QJ 1996 的 9.2 条或 9.3 条进行。

4.3.11.4 频谱分析仪法

按图 6 连接测试设备。

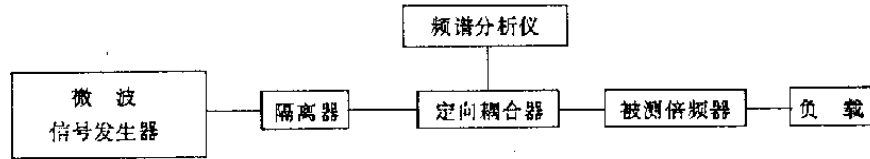


图 6 输入端电压驻波比测试框图

在微波倍频器的输出频率高、中、低（或按规定的频率点）处测试。首先将短路器接于定向耦合器的输出端口上，频谱分析仪的垂直刻度显示为对数方式（5dB/格），在频谱分析仪上建立一个参考电平，然后将被测倍频器的输入端与定向耦合器连接，用频谱分析仪测量反射功率电平，与建立的参考电平之差为被测倍频器的回波损失（dB），按公式 5 计算反射系数的模值 $|\Gamma|$ ；用公式 6 计算出被测倍频器输入端的电压驻波比 ρ 。

$$|\Gamma| = 10^{-A/20} \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (6)$$

式中： A —被测倍频器的回波损失测量值，dB。

4.4 环境试验

4.4.1 环境试验的项目和方法

微波倍频器的环境试验项目和方法见表 1；特殊环境使用的微波倍频器的环境试验项目和方法见表 1 和表 2。严酷等级按产品标准的有关规定。

微波倍频器容许参加高一级组件的环境试验。

4.4.2 环境试验前后倍频器的性能测试及要求

微波倍频器在环境试验前后应在正常环境条件下按本标准第 4.3 条进行对比测试，试验前后的变化应符合产品标准的规定，并应满足 3.1 条的要求。应详细记录测试数据和损坏情况，并完成测试报告，给出被试倍频器是否通过该项试验的结论。

4.5 电磁兼容性

微波倍频器按 GJB 151 的要求进行试验，试验方法按 GJB 152 的有关规定。

表1 微波倍频器的环境试验项目和试验方法

序号	试验项目	试验方法
1	高温寿命试验	GJB 360.8
2	温度冲击试验	GJB 360.7
3	耐湿试验	GJB 360.6
4	盐雾试验	GJB 360.2
5	低频振动试验	GJB 360.13
6	随机振动试验	GJB 360.24
7	强碰撞冲击试验	GJB 360.17

表2 微波倍频器的特殊环境试验项目和试验方法

序号	试验项目	试验方法
1	热真空试验	GJB 1027 第6.3.9条
2	紫外辐照试验	GJB 1027 第6.3.15条
3	粒子辐照试验	GJB 1027 第6.3.16条
4	低气压试验	GJB 360.5
5	加速度试验	GJB 360.22

4.6 可靠性试验

微波倍频器应进行平均故障间隔时间试验，试验方法按 GB 5080.7 的有关规定进行。

5 检验规则

5.1 检验职责

除非另有规定，承制方负责对微波倍频器进行本标准规定的全部检验。

检验时所用的仪器和设备必须具有规定的准确度，并经有关计量部门检定合格，在检定周期内使用。

订货方或鉴定机构可派代表参加检验工作，并保留复验的权利。

5.2 检验的分类

检验分类为:

- a. 鉴定检验;
- b. 交收检验;
- c. 例行检验.

5.3 鉴定检验

鉴定检验应在有关部门允许的试验室里进行, 所采用的样本应是在生产中正常使用的设备和程序所生产出来的产品.

5.3.1 样本大小

对于每种要求鉴定的微波倍频器, 应取四个微波倍频器进行鉴定检验.

5.3.2 检验项目和方法

鉴定检验项目和方法见表 3.

表 3 鉴定检验项目和方法

项 目	要 求	方 法
外观检查	第 3.2、3.3、3.4、3.8 条	第 4.1 条和 4.2 条
电性能测试	第 3.1 条	第 4.3 条
电磁兼容性	第 3.6 条	第 4.5 条
可靠性试验	第 3.7 条	第 4.6 条
环境试验	第 3.5 条	第 4.4 条

5.3.3 判定规则

一个或一个以上的失效, 应是拒绝鉴定批准的理由.

5.4 交收检验

5.4.1 检验项目和方法

除非另有规定, 微波倍频器应 100% 进行交收检验.

交收检验项目和方法见表 4.

表 4 交收检验项目和方法

项 目	要 求	方 法
外观检查	第 3.2、3.3、3.4、3.8 条	第 4.1 条和 4.2 条
电性能测试	第 3.1 条	第 4.3 条

5.4.2 重新检验规定

如果某个产品某项检验不合格，承制方可以返修该产品以纠正其缺陷，并将故障情况、故障分析和采取的措施报告订货方，经同意后，可提交第二次检验，如第二次检验仍不合格，则该产品为不合格。

5.4.3 资料要求

提交交收的微波倍频器应有下列文件（或按合同规定）：

- a. 产品证明书；
- b. 产品技术说明书和使用说明书；
- c. 电性能测试报告和测试细则；
- d. 交收检验报告。

5.5 例行检验

5.5.1 抽样方案

若无另外规定，正常情况下，应以 12 个月为一个周期，从交收检验合格的产品中随机抽取样品，按 GJB 179 一次正常抽样方案进行。检验水平及可接收质量水平（AQL）按专用技术条件的规定。

5.5.2 检验项目和方法

例行检验项目和方法见表 5。

表 5 例行检验项目和方法

项 目	要 求	方 法
电磁兼容性	第 3.6 条	第 4.5 条
环境试验	第 3.5 条	第 4.4 条

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 标志

标志应醒目、清晰牢固，并标有制造单位的名称、产品型号和生产日期。应把标志直接标在器件上或附装的铭牌上。

6.2 包装和运输

包装应使产品在任何运输条件下不受损伤，包装箱应有注意事项及说明。箱内应有产品合格证，主要性能测试数据、电路图和使用说明书等。包装储运图示标志应符合 GB 191 的规定。

6.3 贮存

贮存产品的库房温度应为 $-10\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 80%、通风、无腐蚀气体和

强电磁场。

除非另有规定，微波倍频器的贮存期为 8~10a。

附加说明：

本标准由航空航天工业部七〇八所提出。

本标准由航空航天工业部二〇三所负责起草。

本标准主要起草人：宋振国。