

# 387XX 固态功率放大器系列

## 用户使用说明书



中电科仪器仪表有限公司

二零一八年五月



## 前 言

非常感谢您选择、使用中电科仪器仪表有限公司生产的 387XX 固态功率放大器系列！本产品系列由工作于不同频段的多个放大器整机组成。

我们将以最大限度满足您的需求为己任，为您提供高品质的测量仪器，同时带给您一流的售后服务。我们的一贯宗旨是“质量优良，服务周到”，提供满意的产品和服务是我们对用户的承诺。我们竭诚欢迎您的垂询，联系方式：

**服务咨询 0532-86889847**

**技术支持 0532-86891085**

**质量监督 0532-86886614**

**传 真 0532-86889056**

**网 址 <http://www.ceyear.com>**

**电子信箱 [5117@ceyear.com](mailto:5117@ceyear.com)**

**地 址 山东省青岛经济技术开发区香江路 98 号**

**邮 编 266555**

本说明书介绍了中电科仪器仪表有限公司研制、生产的 387XX 型固态功率放大器系列的用途、使用方法、基本工作原理、性能特性、一般维修方法、使用注意事项等内容，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。为方便您熟练使用该仪器，请仔细阅读本说明书，并正确按照书中指导操作。

由于时间紧迫和笔者水平有限，文字中疏漏和不当之处，恳请各位用户批评指正！由于我们的工作失误给您造成的不便我们深表歉意。

---

# K

## 声明：

本说明书是 387XX 型固态功率放大器系列用户说明书第一版。

本说明书内容及所用术语最终解释权属于中电科仪器仪表有限公司。

本说明书版权属于中电科仪器仪表有限公司，任何单位或个人非经本公司授权，不得对本说明书内容进行修改或篡改，并且不得以赢利为目的对本说明书进行复制、传播，中电科仪器仪表有限公司保留对侵权者追究法律责任的权利。

---

编 者

2018 年 5 月



## 目 录

第一章 概述-----	1
第二章 开箱-----	2
第三章 操作指导-----	3
第一节 前面板特征-----	3
第二节 后面板特征-----	5
第四章 工作原理-----	6
第五章 技术指标和指标测试-----	7
第一节 技术指标和性能特性-----	7
第二节 指标测试-----	11
第六章 维护和维修-----	16
第一节 定期维护-----	16
第二节 一般维修-----	16



## 第一章 概述

387XX 型固态功率放大器系列是一个新型的微波毫米波放大器产品系列。它携带方便、操作简单。宽频带、高增益及大功率是它的最大特点。该产品系列由工作于不同频段的多个放大器组成，他们的型号及对应的工作频率参见第五章技术指标。

387XX 型固态功率放大器系列包含 3871XX 及 38701X 两个产品系列，是大功率测试系统、微波毫米波通信系统及电磁兼容测试等多个领域的重要组成部分，是为解决目前微波毫米波通用信号源输出功率小、无法满足大功率信号需要等问题而研发生产的测试仪器。

387XX 型固态功率放大器系列产品重点突破宽带大功率信号的放大与合成技术，预定用于我军雷达、卫星及宽带通信、电子对抗等电子武器装备的研制、制造、维修和保障中。作为通用的高性能宽带大功率放大器还可广泛应用于电磁兼容测试、大功率电真空器件测试、大功率元器件的非线性测试等诸多领域，是宽带大功率测试系统中不可缺少的重要仪器，在军事领域内的电子测量应用中具有广阔的前景。

本说明书介绍了中电科仪器仪表有限公司生产的 387XX 型固态功率放大器系列的用途、性能特性、基本工作原理、使用方法等，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。请仔细阅读本书，并正确按照书中指导操作。

本说明书共分六章。

第一章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的特点和用途。

第二章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的开箱检验及开机前注意事项。

第三章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的前、后面板特征和操作指导。

第四章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的基本工作原理。

第五章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的主要技术指标和性能特性，并详细介绍了对仪器指标的测试方法。

第六章介绍 387XX 型固态功率放大器系列的维护和简单的维修方法。

我们衷心希望中电科仪器仪表有限公司能为您的工作带来方便和快捷。使用中如有任何问题，欢迎您与我们联系。

## 第二章 开箱

### 1 型号确认

当您打开包装箱后，您会看到以下物品：

固态功率放大器整机	1 台
三芯电源线	1 根
用户手册	1 份
装箱清单	1 份

请您根据订货合同和装箱清单仔细核对以上物品是否有误，如有问题，请根据前言中的联系方式与我公司经营中心联系，我们将尽快予以解决。

### 2 外观检查

仔细观察仪器在运输过程中是否有损伤，当仪器有明显损伤时，严禁通电开机！请根据前言中的联系方式与我公司经营中心联系。我们将根据情况进行迅速的维修或调换。

### 3 运行环境

参考本说明书技术指标部分的环境适应性部分。另外需特别注意以下要求：

电源：220V（±10%），50Hz（±5%）。

电源插座：使用三芯电源插座，必须严格接地。

仪器电源线：使用装箱三芯电源线。

为确保用户安全，防静电附件必须提供至少1MΩ的与地隔离电阻。



**警告：**

在将固态功率放大器与电源相连之前，请先仔细验证供电电源电压是否正常，放大器输出端连接器是否连接好大功率负载，否则极有可能造成仪器损坏！

---

### 4 静电防护

静电对电子元器件和设备存在极大的破坏性，所需防静电工作必须在防静电工作台上完成，通常我们使用两种防静电措施：导电桌垫与手腕组合；导电地垫与脚腕组合。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少 1MΩ 的与地隔离电阻。

请正确应用以下防静电措施来减少静电损坏：保证所有仪器正确接地，防止静电生成；工作人员在接触接头、芯线或做任何装配操作以前，必须佩带防静电手腕。



**警告：**

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合！

---

## 第三章 操作指导

3871XX 系列固态功率放大器频率范围覆盖 9kHz-110GHz，单机输出功率范围 0.1W-400W，它采用当前国际上最先进的宽带空间功率合成技术，具有完全自主知识产权，外形结构为标准台式仪器。

仪器界面简洁友好，操作简单方便。其面板共分为五个部分，分别是射频输入端口、射频输出端口、功能设置按键、增益调节旋钮和功率显示界面。功能设置按键可以设置功率放大器的不同工作状态，增益调节旋钮可以设置功率放大器的增益和输出功率。显示界面分为两个部分，一个是工作状态显示界面，另一个是功能设置界面。工作状态显示界面，可以显示输出功率和反射功率。当前工作频率在显示屏的上方，显示屏的下方是状态栏，显示当前工作是在本地状态或是在远程控制状态，是在开环状态或是在稳幅状态。仪器具有输出功率显示功能，以及开环和内稳幅两种工作状态。在开环状态下，调节增益控制旋钮，可以实现不同的输出功率和增益。

在保护性设计方面，仪器具有多项报警与保护功能。首先，仪器具有风冷报警与保护、过温报警与保护、失配报警与保护。过温报警与失配报警的阈值可以根据客户需要灵活设置。当报警出现时也可以选择采取不同的处理措施，比如将增益调至最小，或者切断射频。仪器另一项保护功能就是工作状态锁定功能。当设置为工作状态锁定时，如果旋转增益旋钮，也不会改变当前的增益和输出功率。该项功能可以有效防止由于客户误操作或不小心的功率改变，从而保证了被测件的安全。

人性化设计方面，首先是射频输入端口和射频输出端口分居前面板左右两侧，便于客户连接电缆或被测件。其次是显示界面不但显示输出功率，同时也显示反射功率。显示单位也分别采用 W 和 dBm。另外，也可以选择显示反射功率只显示输出功率。

仪器还具有如下几项功能：开环工作状态与内稳幅工作状态可选择、本地与远程控制工作状态可选择、中英文工作界面可选择、报警处理方式可选择以及增益旋钮调节方向可选择。这些功能增加了用户对工作状态的选择性，满足了用户的不同需求，提高了使用的便捷性。

### 第一节 前面板特征

387XX 型固态功率放大器系列前面板的设计简洁明了。该产品系列根据不同的工作频段以及不同的输出功率，整机外形尺寸以及前后面板略有不同，但是不影响用户的使用。以 3871KA 为例，其前面板的配置示意图如图 3-1 所示。



图 3-1 387XX 型固态功率放大器系列前面板图

### 1 输出功率显示窗口

387XX 型固态功率放大器系列整机前面板配有液晶功率显示屏，实现对放大器输出功率的显示功能。

### 2 射频输入连接器

射频输入连接器用于接入固态功率放大器的射频输入信号。

### 3 射频输出连接器

射频输出连接器用于输出固态功率放大器的射频输出信号。

### 4 增益(功率)调节旋钮

387XX 型固态功率放大器系列整机前面板配有增益(功率)调节旋钮，可根据需要调节放大器增益或输出功率。

### 5 设置向导按键

387XX 型固态功率放大器系列整机前面板配有设置向导按键，可通过设置显示屏上的显示频率为实际工作频率以实现功率显示的频率补偿功能，使显示功率更加准确。使用方法是：首先按下“确认”键，显示屏出现频率选择界面，然后通过导航键，将显示频率设定为目前放大器工作频率，然后再次按下“确认”键即可。

### 6 报警指示

387XX 型固态功率放大器系列整机前面板配有失配报警、过温报警及风冷报警指示，可实现对输出端口失配、放大器内部温度过高及风冷风扇不正常工作的报警功能。

### 7 工作开关按钮

工作开关按钮用于控制固态功率放大器的待机和工作两种状态，在后面板电源开关开启后，前面板工作开关默认处于待机状态，按键后切换为工作状态。

## 第二节 后面板特征

3871XX 型固态功率放大器后面板的配置如图 3-2 所示。



图 3-2 387XX 型固态功率放大器系列后面板图

### 1 电源开关

电源开关位于仪器的后面板，开启后仪器接通电源，处于待机工作状态。

### 2 交流电源输入

该连接器用于输入  $220V \pm 10\%$ 、50Hz 的交流电压。

### 3 网口

目前，3871XX 型固态功率放大器系列支持通过后面板右上侧网口实现远程功率控制，（38701X 型固态功率放大器系列暂不支持程控功能）。

## 第四章 工作原理

固态功率放大器把输入信号功率放大产生输出信号功率,电源模块提供 387XX 型固态功率放大器系列所要求的直流电压,偏置板为固态功率放大器提供偏压,功率测量单元把来自固态功率放大器的耦合检波输出电压信号转换成用 dBm 及 Watt 显示的射频输出功率,并且显示在前面板的液晶屏上。放大器整机工作原理框图如图 4-1 所示。

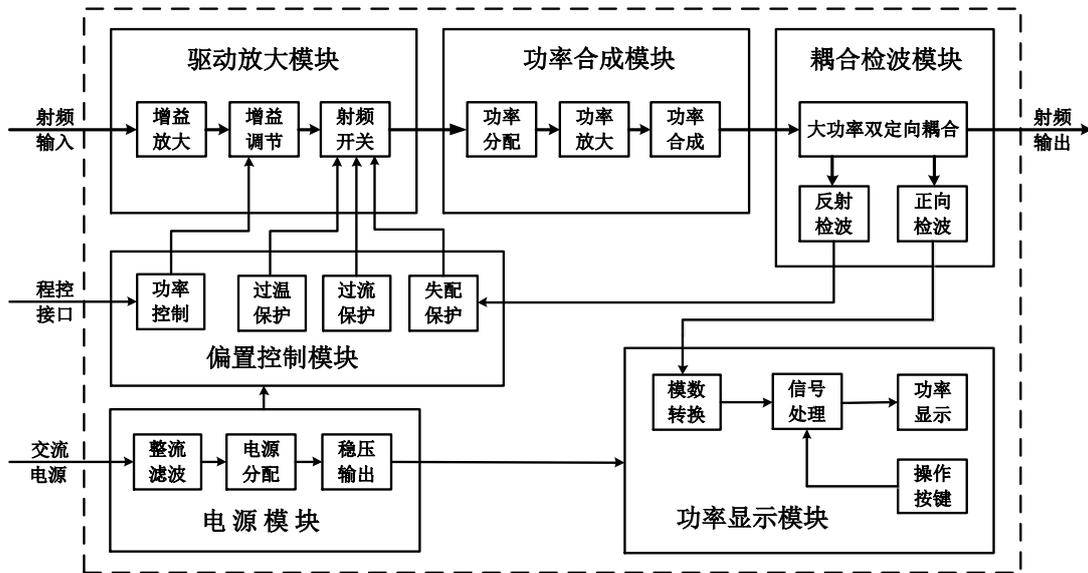


图 4-1 387XX 型固态功率放大器系列工作原理框图

387XX 型固态功率放大器系列可以有以下两种工作方式：

### 1 开环工作方式

通过操作仪器前面板的设置向导,将工作状态设置成“开环”状态,此时,从放大器的射频输入端输入微波信号,微波信号经过放大器放大,通过定向耦合器的主路输出。其中输出功率的一部分通过定向耦合器的耦合送到检波器,检波器把微波信号转变成电压信号再经过处理,最后在前面板显示出实际的输出功率值。

### 2 内稳幅工作方式

通过操作仪器前面板的设置向导,将工作状态设置成“内稳幅”状态,此时,输出通路中定向耦合器耦合端口将输出耦合信号送至检波器,转化为检波电压,检波电压经过放大后,送到放大器内部的内稳幅环路中。内稳幅工作方式可以改善输出功率平坦度。

## 第五章 技术指标和指标测试

### 第一节 技术指标和性能特性

#### 1 387XX 型固态功率放大器系列的技术指标

(1) 各型号及对应的主要技术指标如下表所示:

序号	型号	频率范围 (GHz)	增益 (dB Min. )	P1dB (dBm Typ. )	Psat (dBm Typ. )	谐波抑制 (dBc Typ. )
1	38701E	0.8~3	45	37	45	10
2	38701F	0.5~6	46	37	43	10
3	38701D	2~6	46	37	43	10
4	3871AD	9kHz~250MHz	54	50	51	10
5	3871AE	9kHz~250MHz	56	52	53	10
6	3871AH	80MHz~1GHz	54	50	51	10
7	3871AK	80MHz~1GHz	56	52	53	10
8	3871AA	1~2.5	53	47	50	10
9	3871AP	1~2.5	55	49	52	10
10	3871AB	1~6	48	37	45	10
11	3871AS	0.5~6	50	40	47	10
12	3871AT	0.5~6	53	43	50	10
13	3871AU	0.5~6	55	45	52	10
14	3871DA	6~18	46	41	43	10
15	3871DB	6~18	50	40	47	10
16	3871DC	6~18	53	42	50	10
17	3871DD	6~18	56	43	53	10
18	3871DE	2~18	53	43	50	10
19	3871EA	18~26.5	44	38	41	10
20	3871EB	18~26.5	49	38	46	10
21	3871EC	18~26.5	53	42	50	10
22	3871FA	26~32	43	36	40	-

23	3871FB	32~40	43	36	40	-
24	3871FC	24~30	50	37	46	-
25	3871FD	37~43	50	37	46	-
26	3871FE	26.5~40	43	33	40	-
27	3871FF	26.5~40	49	36	46	-
28	3871FG	26.5~40	53	40	50	-
29	3871HA	40~47	40	35	37	-
30	3871LA	40~60	36	27	33	-

(2) 其余技术指标中公共部分:

P1dB 功率平坦度:  $\pm 3\text{dB}$  Typ.

非谐波抑制@P1dB: 40 dBc Typ. (适用于 67GHz 以下频率整机)

输入端口驻波比: 2.0 Typ. (适用于 67GHz 以下频率整机)

射频输入输出连接器类型: N 型阴 (适用于 18GHz 以下频率整机);

3.5mm 阳 (适用于 18GHz 至 26.5GHz 之间频率的整机);

2.4mm 阳 (适用于 26GHz 至 47GHz 之间频率的整机);

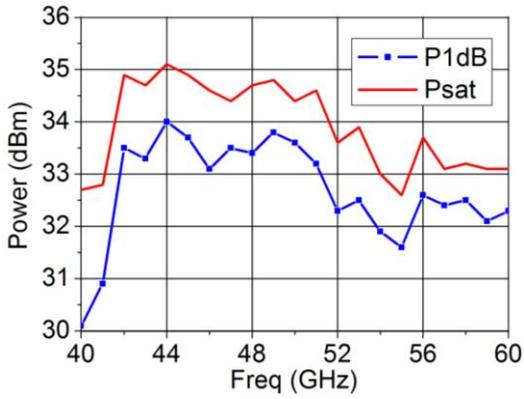
1.85mm 阳 (适用于 40GHz 至 67GHz 之间频率的整机);

WR15 波导 UG-385/U 法兰 (适用于 3871NC 整机);

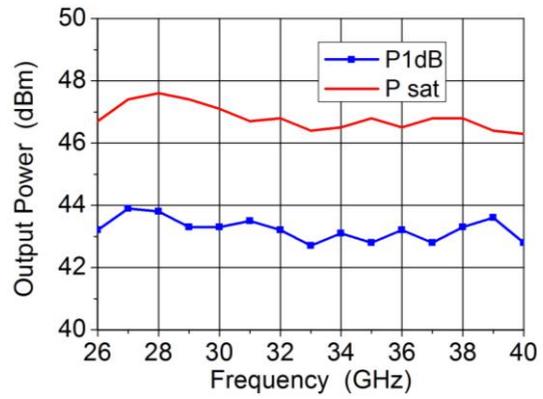
WR12 波导 UG-387/U 法兰 (适用于 3871ND 整机);

WR10 波导 UG-387/U-M 法兰 (适用于 3871PB 整机)。

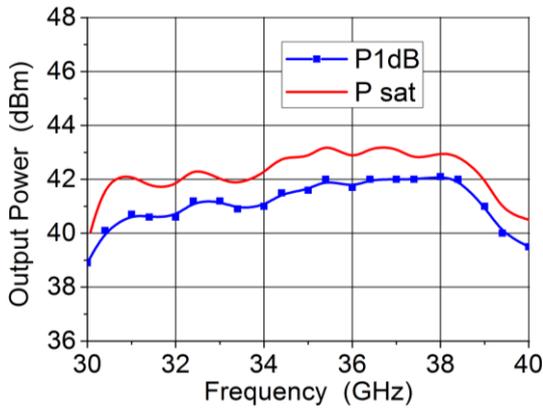
(3) 387XX 型固态功率放大器系列常温输出功率典型曲线 (仅供参考):



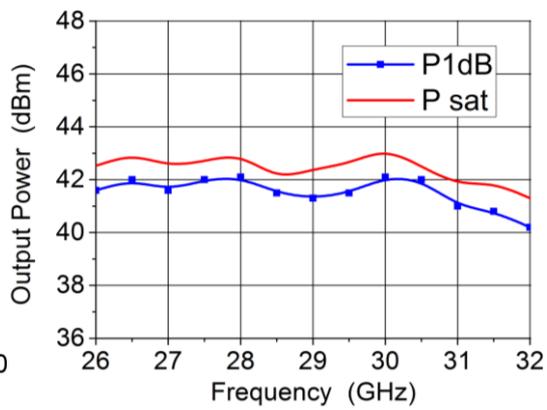
3871LA 输出功率 VS 频率



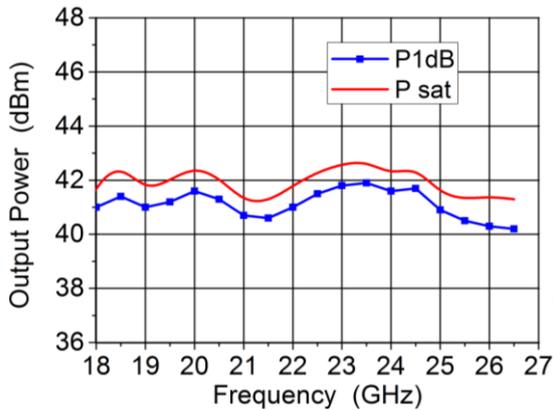
3871FG 输出功率 VS 频率



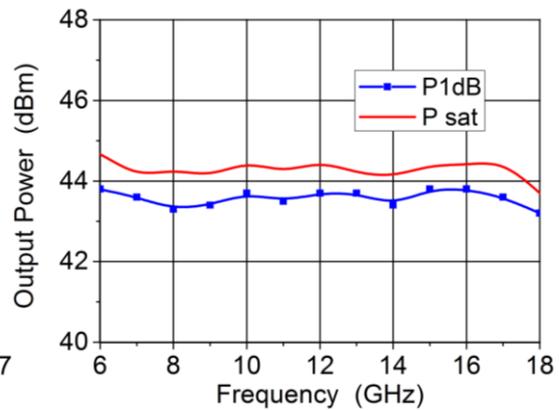
3871FB 输出功率 VS 频率



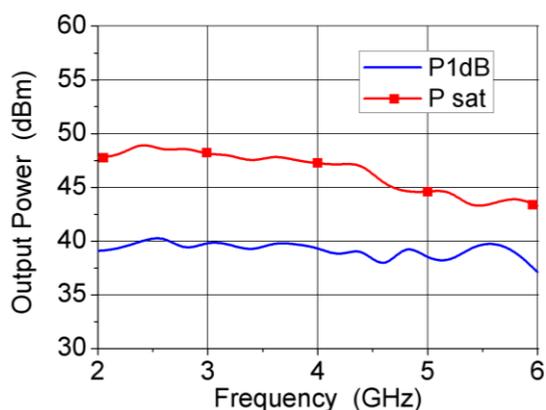
3871FA 输出功率 VS 频率



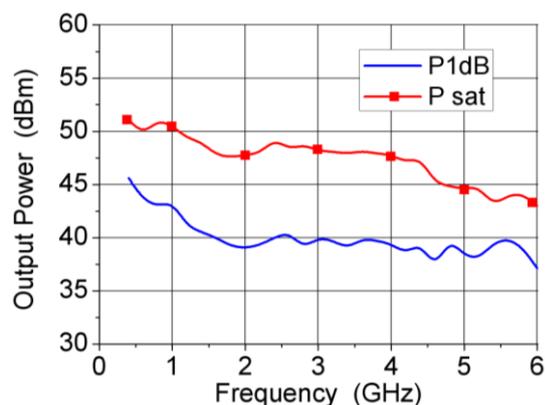
3871EA 输出功率 VS 频率



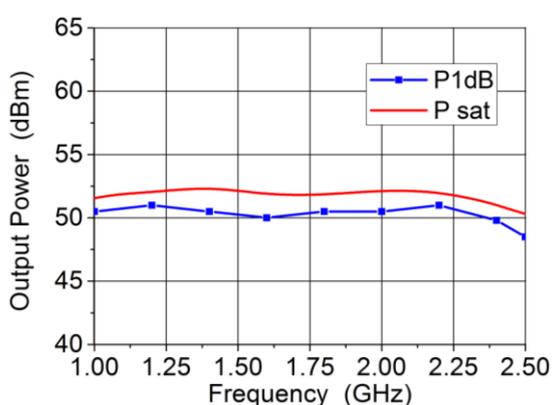
3871DA 输出功率 VS 频率



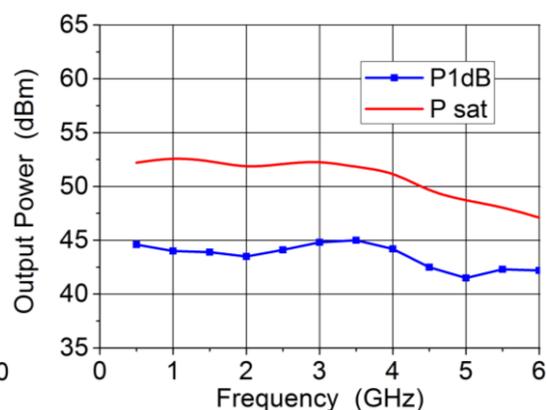
38701D 输出功率 VS 频率



38701F 输出功率 VS 频率



3871AA 输出功率 VS 频率



3871AB 输出功率 VS 频率

## 2 一般特性

### 2.1 环境要求

工作温度范围：  $0^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$

储存温度范围：  $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$

2.2 电源条件 交流  $220\text{V} \pm 10\%$  ,  $50\text{Hz} \pm 5\%$ 。

### 2.3 物理特征

外形尺寸 (宽×高×深):

426mm×176mm×450mm (适用于 38701X 系列及 26.5GHz 以上频段的 3871XX 系列)

426mm×176mm×500mm (适用于 26.5GHz 以下频段的 3871XX 系列)

外形尺寸不包括把手和防护底角。

重量:  $\leq 20\text{kg}$  (适用于 38701X 系列及 26.5GHz 以上频段的 3871XX 系列)

$\leq 28\text{kg}$  (适用于 26.5GHz 以下频段的 3871XX 系列)

### 2.4 预热时间

387XX 型固态功率放大器系列开机预热时间为 30 分钟。

## 第二节 指标测试

以下以 3871FB 固态功率放大器指标测试为例，其它型号的固态功率放大器可以参照测试。

### 1 测试用的仪器装备

所需主要测试仪器设备如下表所示：

序号	仪器名称	主要技术指标	推荐型号
1	矢量网络分析仪	频率范围：0.5GHz~40GHz	3629
2	信号源	频率范围：0.5GHz~40GHz	1487
3	功率计	频率范围：0.5GHz~40GHz	2434
4	功率探头	频率范围：0.5GHz~40GHz	71712
5	频谱分析仪	频率范围：0.5GHz~40GHz	4036
6	衰减器	频率范围：0.5GHz~40GHz	89-30-21

注：可用满足指标测试的其它仪器替代。

### 2 指标测试方法

#### 2.1 功能正常性检查

将3871FB固态功率放大器系列接上电源，将后面板电源开关置于“—”位置（“开”位置），前面板待机电源指示灯亮。开启前面板工作开关，机箱后面板及两侧风扇转动，前面板工作开关附近工作指示灯发亮，输出功率显示屏有显示，按键操作灵活。

#### 2.2 性能特性的测试

下列各个指标测试时的具体操作步骤是根据图示中的测试仪器编写的，当采用同等性能特性的其它测试仪器测试时，具体操作方法应参照该仪器的使用说明书进行。也可采用如图5-2所示的信号源与功率计来测试增益。

##### 2.2.1 增益测试

a) 测试设备：

矢量网络分析仪：	3629	1台
大功率衰减器：	89-30-21	1个
校准电缆：		2根
2.4mm 校准件：	85056A	1套

b) 测试框图:

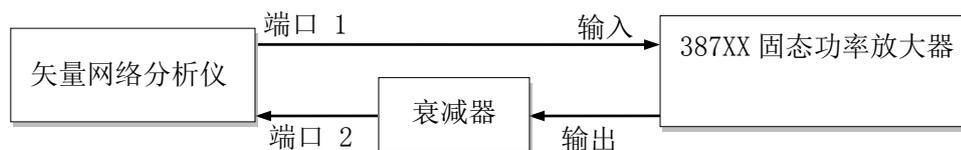


图 5-1 增益及驻波测试框图

c) 增益测试步骤:

- 1) 打开放大器和 3629 的电源，进行预热，预热时间 30 分钟。
- 2) 3629 设置为[测试]，[S21]，[格式]，[对数幅度]，功率-40dBm，频率 32GHz~40GHz，扫频时间 1s，测量点数 101 点。
- 3) 将 3629 端口 2 的测试电缆与衰减器相连接，然后再对 3629 进行连接衰减器后的双端口校准。衰减器采用大于 30dB 衰减值的大功率固定衰减器，连续波承载功率须大于 10W，推荐使用型号为 Weinschel 公司生产的 89-30-21。
- 4) 将 3871FB 固态功率放大器前面板增益调节旋钮顺时针旋转到底，如图 5-1 所示连接系统进行增益测试，记录 S21 值即为放大器的增益值。

### 2.2.2 输入端口电压驻波比测试

a) 测试设备:

矢量网络分析仪:	3629	1 台
大功率衰减器:	89-30-21	1 个
校准电缆:		2 根
2.4mm 校准件:	85056A	1 套

b) 输入端口驻波比测试步骤:

- 1) 打开放大器和 3629 的电源，进行预热，预热时间 30 分钟。
- 2) 3629 设置为[测试]，[S11]，[格式]，[驻波比]，功率-40dBm，频率 32GHz~40GHz，扫频时间 1s，测量点数 101 点。
- 3) 对 3629 进行双端口校准。
- 4) 将 3871FB 固态功率放大器前面板增益调节旋钮顺时针旋转到底，如图 5-1 所示连接系统进行输入端口驻波测试，记录驻波比数值。

## 2.2.3 最大输出功率、最大输入功率及输出功率平坦度测试

a) 测试设备:

信号源:	1487	1 台
功率计:	2434	1 台
功率探头:	71712	1 台
大功率衰减器:	89-30-21	1 个

b) 测试框图:

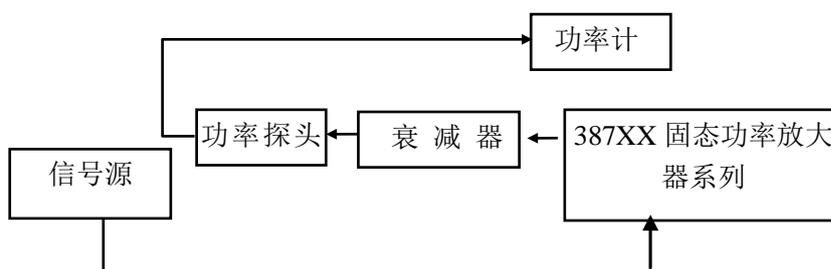


图 5-2 最大输出功率、最大输入功率、1dB 压缩点、增益及功率平坦度测试框图

c) 最大输出功率、最大输入功率及输出功率平坦度测试步骤:

- 1) 最大输出功率测试: 如图 5-2 所示连接装置, 将信号源工作频率范围设置为 32GHz~40GHz, 步进 0.5GHz, 将连接到放大器输入端口的信号源输出功率设为 0dBm 或其他使得放大器处于饱和输出工作状态的数值, 记录功率计在每个测试频点的读数, 计算最大输出功率度数与衰减器的衰减值之和, 即为最大输出功率。
- 2) 最大输入功率测试: 观察放大器在最大输入功率下的工作状态, 要求放大器在每个测试频点均能正常工作而不损坏, 在低于最大输入功率时, 可恢复到原来的工作状态。
- 3) 输出功率平坦度测试: 将仪器后面板的内稳幅按钮置于“内稳幅开”工作状态, 测试记录各测试频点的 1dB 压缩点输出功率, 计算输出功率最大值与最小值的平均值, 输出功率的最大值及最小值均不应超出平坦度要求, 即应满足在平均值之上 3dB 与平均值之下 3dB 的范围内。

### 2.2.4 1dB 压缩点输出功率测试

a) 测试设备:

信号源:	1487	1 台
功率计:	2434	1 台
功率探头:	71712	1 台
大功率衰减器:	89-30-21	1 个

b) 1dB 压缩点输出功率测试步骤:

如图 5-2 所示连接装置, 将信号源工作频率范围设置为 32GHz~40GHz, 步进 0.5GHz, 将连接到放大器输入端口的信号源输出功率设为-30dBm 或其他使得放大器处于线性放大工作状态的数值, 逐渐增大信号源输出功率, 记录功率计在增益压缩 1dB 时的读数, 计算该数值与衰减器的衰减值之和, 即为 1dB 压缩点输出功率。

### 2.2.5 非谐波抑制测试

a) 测试设备:

信号源:	1487	1 台
频谱仪:	4036	1 台
大功率衰减器:	89-30-21	1 个

b) 测试框图

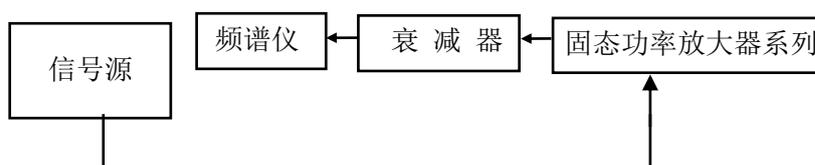


图 5-3 非谐波抑制测试框图

c) 非谐波抑制测试步骤:

- 1) 如图 5-3 所示连接装置, 打开信号源、放大器与频谱仪的电源, 进行预热。
- 2) 将频谱仪的工作范围设置为 30GHz~50GHz, 将信号源起始工作频率设置为 32GHz, 步进 1GHz, 按照放大器输出功率 1dB 压缩点的测试方法, 依次将放大器调至各个工

作频点的 1dB 压缩点输出功率状态，记录频谱仪在 30GHz~50GHz 内的基波与非谐波的峰值之差，此值应在多数工作频点上满足指标要求。

## 第六章 维护和维修

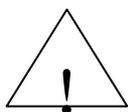
### 第一节 定期维护

#### 1 测试与校准

387XX 型固态功率放大器系列应定期的进行测试和校准，测试应一年进行一次，如果仪器工作在恶劣的环境下，则测试的周期要相应的缩短。

#### 2 外部清洁

应用蘸有中性的清洁剂的布擦拭前面板和机壳，擦拭完后再用干布擦干。



**请注意：** 千万不能用腐蚀性的清洁剂和化学药剂擦拭。

---

### 第二节 一般维修

#### 1 预先发现故障

如果 387XX 型固态功率放大器系列功能失常，首先确定问题是否由固态功率放大器本身引起的。在测试之前检查与固态功率放大器系列相连接的附属设备及它们之间的接口是否正常，确保不是配置的错误。如果确属功率放大器故障，请与中电科仪器仪表有限公司经营中心联系，地址：青岛市经济技术开发区香江路 98 号，邮编：266555，电话：0532-86889847。

#### 2 一般故障

a) 如果前面板无显示，观察机箱与电源线之间的连线是否松动或脱落，若连接正常，但前面板的待机灯仍不亮，则需测试电源开关是否接触良好，若接触良好，请送交中电科仪器仪表有限公司维修。

b) 如果供电及前面板显示均正常，而功率放大器仍没有放大输出，或饱和输出功率低于标称值的一半，请寄回中电科仪器仪表有限公司经营中心联系维修。

---