

Ceyear 思仪

# 82401/06 系列 倍频源模块 用户手册



中电科思仪科技股份有限公司

该手册适用下列型号倍频源模块，基于固件版本 Version 1.0 及以上。

- 82401 系列倍频源模块
- 82406 系列倍频源模块

除标准配件外的选件如下：

- 稳幅选件：用于输出频率范围内任意频点的指定功率信号。

版    本：	A.1  2021年5月，中电科思仪科技股份有限公司
地    址：	山东省青岛市黄岛区香江路98号
服务咨询：	0532-86889847    400-1684191
技术支持：	0532-86880796
质量监督：	0532-86886614
传    真：	0532-86889056
网    址：	<a href="http://www.ceyear.com">www.ceyear.com</a>
电子信箱：	<a href="mailto:techbb@ceyear.com">techbb@ceyear.com</a>
邮    编：	266555

# 前 言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技股份有限公司研制、生产的 82401/06 系列倍频源模块！该产品集高、精、尖于一体，在同类产品中有较高的性价比。

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。

## 手册编号

YQ2.983.1255SS

## 版本

A.1 2021.11

中电科思仪科技股份有限公司

## 手册授权

本手册中的内容如有变更，恕不另行通知。本手册内容及所用术语最终解释权属于中电科思仪科技股份有限公司。

本手册版权属于中电科思仪科技股份有限公司，任何单位或个人非经本公司授权，不得对本手册内容进行修改或篡改，并且不得以赢利为目的对本手册进行复制、传播，中电科思仪科技股份有限公司保留对侵权者追究法律责任的权利。

## 产品质保

本产品从出厂之日起保修期为 18 个月。质保期内仪器生产厂家会根据用户要求及实际情况维修或替换损坏部件。具体维修操作事宜以合同为准。

## 产品质量证明

本产品从出厂之日起确保满足手册中的指标。校准测量由具备国家资质的计量单位予以完成，并提供相关资料以备用户查阅。

## 质量/环境管理

本产品从研发、制造和测试过程中均遵守质量和环境管理体系。中电科思仪科技股份有限公司已经具备资质并通过 ISO 9001 和 ISO 14001 管理体系。

## 安全事项



警告标识表示存在危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能造成人身伤害。在完全理解和满足所指出的警告条件之后，才可继续下一步。



注意标识代表重要的信息提示，但不会导致危险。它提示用户注意某一操作过程、操作方法或者类似情况。若不能遵守规则或者正确操作，则可能引起的仪器损坏或丢失重要数据。在完全理解和满足所指出的小心条件之后，才可继续下一步。



# 目 录

1 手册导航.....	1
1.1 关于手册.....	1
1.2 关联文档.....	2
2 概述.....	3
2.1 产品综述.....	3
2.2 安全使用指南.....	4
3 使用说明.....	10
3.1 准备使用.....	10
3.2 前、后面板说明.....	16
3.3 操作指导.....	19
4 技术说明.....	24
4.1 工作原理.....	24
4.2 主要技术指标及性能测试.....	25
5 维修说明.....	29
5.1 故障信息说明及返修方法.....	29



## 1 手册导航

本章介绍了 82401/06 系列倍频源模块的用户手册功能、章节构成和主要内容，并介绍了提供给用户使用的仪器关联文档。

- 关于手册 .....1
- 关联文档 .....2

### 1.1 关于手册

本手册介绍了中电科思仪科技股份有限公司所生产的 82401/06 系列倍频源模块的基本功能和操作使用方法。描述了仪器产品特点、基本使用方法、维护及技术指标和测试方法等内容，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，请在操作仪器前，仔细阅读本手册，然后按手册指导正确操作。

用户手册共包含的章节如下：

- **概述**

概括地讲述了82401/06系列倍频源模块的一些基本情况，包括82401/06系列倍频源模块采用的一些先进技术；具备的或可以实现的各种功能；同时也对本手册进行了概括的说明。

- **使用说明**

包括如何打开并检查一台新到的倍频源模块、倍频源模块的使用注意事项以及日常维护方法；前、后面板的接头说明；82401/06系列倍频源模块的基本操作方法：介绍了倍频源模块的基本操作方法，包括稳幅功率输出模式操作指导和饱和功率输出模式操作指导两部分。

- **技术说明**

包括手册第七、八章。详细叙述了82401/06系列倍频源模块的工作原理和关键技术；给出了82401/06系列倍频源模块主要技术指标、性能特性测试方法等内容。

- **故障诊断与返修**

包括故障查询步骤及出错信息说明和返修方法。

## 1.2 关联文档

82401/06 系列倍频源模块的产品文档包括：

- 用户手册
- 快速使用指南

### 用户手册

本手册详细介绍了仪器的功能和操作使用方法，包括：配置、测量、程控和维护等信息。目的是：指导用户如何全面的理解产品功能特点及掌握常用的仪器测试方法。包含的主要章节是：

- 手册导航
- 概述
- 使用说明
- 技术说明
- 维修说明

### 快速使用指南

本手册介绍了仪器的配置和启动测量的基本操作方法，目的是：使用户快速了解仪器的特点、掌握基本设置和基础的操作方法。包含的主要章节是：

- 准备使用
- 典型应用
- 获取帮助



## 2 概述

本章介绍了 82401/06 系列倍频源模块的主要性能特点、主要用途范围及主要技术指标。同时说明了如何正确操作仪器及用电安全等注意事项。

- 产品综述.....3
- 安全使用指南.....4

### 2.1 产品综述

适用于毫米波雷达、通信、RCS测试中高频段高质量激励信号的提供。

- 产品特点.....3
- 典型应用.....4

#### 2.1.1 产品特点

##### 2.1.1.1 基本功能

82401/06 系列倍频源模块的主要功能是：

- 1) 该系列产品型号丰富、配置灵活。包括 82406 /82401N /82406A / 82401QA /82406B /82406C /82401SA /82406D /82401TA /82406E 共计 10 个型号的产品，分别以标准波导口输出(50~75)GHz /(60~90)GHz /(75~110)GHz /(90~140)GHz /(110~170)GHz /(170~220)GHz / (170~260)GHz /(220~325)GHz /(260~400)GHz /(325~500)GHz 的信号
- 2) 82406 /82401N /82406A / 82401QA /82406B 五种型号可添加稳幅选件功能，可以实现输出功率调节；
- 3) 通过 USB 与信号发生器连接，实现对倍频源模块的识别。

##### 2.1.1.2 高性能

###### 1) 输出大功率信号

82401/06 系列倍频源模块所产生的射频信号，饱和输出功率大，在各个标准波导的全频带内均可提供稳定的高功率输出信号。

###### 2) 纯净的信号质量

82401/06 系列倍频源模块可为您在 50GHz~500GHz 的频率范围内提供高质量的测试信号，工作频带内杂散抑制 20dBc。出色的谐波、杂散性能，可满足雷达系统开发、卫星通信中对纯净激励信号的测试需要。

应用于实现微波信号源的频率扩展，分段实现 50GHz~500GHz 信号的产生，可满足毫米波雷达、通信、RCS 对高频信号的测试需求。

2.2 安全使用指南

请认真阅读并严格遵守以下注意事项！

我们将不遗余力的保证所有生产环节符合最新的安全标准，为用户提供最高安全保障。我们的产品及其所用辅助性设备的设计与测试均符合相关安全标准，并且建立了质量保证体系对产品质量进行监控，确保产品始终符合此类标准。为使设备状态保持完好，确保操作的安全，请遵守本手册中所提出的注意事项。如有疑问，欢迎随时向我们进行咨询。

另外，正确的使用本产品也是您的责任。在开始使用本仪器之前，请仔细阅读并遵守安全说明。本产品适合在工业和实验室环境或现场测量使用，切记按照产品的限制条件正确使用，以免造成人员伤亡或财产损害。如果产品使用不当或者不按要求使用，出现的问题将由您负责，我们将不负任何责任。**因此，为了防止危险情况造成人身伤害或财产损坏，请务必遵守安全使用说明。**请妥善保管基本安全说明和产品文档，并交付到最终用户手中。

- 安全标识.....4
- 操作状态和位置.....6
- 用电安全.....6
- 操作注意事项.....7
- 维护.....8
- 电池与电源模块.....8
- 运输.....9
- 废弃处理/环境保护.....9

2.2.1 安全标识

2.2.1.1 产品相关

产品上的安全警告标识如下（表 2.1）：

表2.1 产品安全标识

符号	意义	符号	意义
	注意，特别提醒用户注意的信息。提醒用户应注意的操作信息或说明。		开/关 电源
	注意，搬运重型设备。		待机指示
	危险！小心电击。		直流电（DC）
	警告！小心表面热。		交流电（AC）
	防护导电端		直流/交流电（DC/AC）
	地		仪器加固绝缘保护
	接地端		电池和蓄电池的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”中的第1项。
	注意，小心处理经典敏感器件。		单独收集电子器件的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”中的第2项。
	警告！辐射。 具体说明请参考本节“2.2.4 操作注意事项”中的第7项。		

为提醒用户安全操作仪器及关注相关信息，产品手册中使用了以下安全警告标识，说明如下：



危险标识，若不可避免，会带来人身和设备伤害。



警告标识，若不可避免，会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不可避免，会导致轻度或中度的人身和设备伤害。



注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。



提示标识，仪器及操作仪器的信息。

### 2.2.2 操作状态和位置

操作仪器前请注意：

- 1) 除非特别声明，1443 系列矢量信号发生器的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器时所处的海拔高度最大不超过 4600 米，运输仪器时，海拔高度最大不超过 4500 米。实际供电电压允许在标注电压的 $\pm 10\%$ 范围内变化，供电频率允许在标注频率的 $\pm 5\%$ 范围内变化。
- 2) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，请勿将仪器放置在有水的表面、车辆、橱柜和桌子等不固定及不满足载重条件的物品上。请将仪器稳妥放置并加固在结实的物品表面（例如：防静电工作台）。
- 3) 请勿将仪器放置在容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。
- 4) 请勿将仪器放置在散热的物品表面（例如：散热器）。操作环境温度不要超过产品相关指标说明部分，产品过热会导致电击、火灾等危险。
- 5) 请勿随便通过仪器外壳上的开口向仪器内部塞入任何物体，或者遮蔽仪器上的槽口或开口，因为它们的作用在于使仪器内部通风、防止仪器变得过热。

### 2.2.3 用电安全

仪器的用电注意事项：

- 1) 仪器加电前，需保证实际供电电压需与仪器标注的供电电压匹配。若供电电压改变，需同步更换仪器保险丝型号。

## 2.2 安全使用指南

- 2) 参照仪器后面板电源要求，采用三芯电源线，使用时保证电源地线可靠接地，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。
- 3) 请勿破坏电源线，否则会导致漏电，损坏仪器，甚至对操作人员造成伤害。若使用外加电源线或接线板，使用前需检查以保证用电安全。
- 4) 若供电插座未提供开/关电开关，若需对仪器断电，可直接拔掉电源插头，为此需保证电源插头可方便的实现插拔。
- 5) 请勿使用损坏的电源线，仪器连接电源线前，需检查电源线的完整性和安全性，并合理放置电源线，避免人为因素带来的影响，例如：电源线过长绊倒操作人员。
- 6) 仪器需使用 TN/TT 电源网络，其保险丝最大额定电流 16A（若使用更大额定电流的保险丝需与厂家商讨确定）。
- 7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。
- 8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。
- 9) 若在电压  $V_{rms} > 30\text{ V}$  的电路中测试，为避免仪器损伤，应采取适当保护措施（例如：使用合适的测试仪器、加装保险丝、限定电流值、电隔离与绝缘等）。
- 10) 仪器需符合 IEC60950-1/EN60950-1 或 IEC61010-1/EN 61010-1 标准，以满足连接 PC 机或工控机。
- 11) 除非经过特别允许，不能随意打开仪器外壳，这样会暴露内部电路和器件，引起不必要的损伤。
- 12) 若仪器需要固定在测试地点，那么首先需要具备资质的电工安装测试地点与仪器间的保护地线。
- 13) 采取合适的过载保护，以防过载电压（例如由闪电引起）损伤仪器，或者带来人员伤害。
- 14) 仪器机壳打开时，不属于仪器内部的物体，不要放置在机箱内，否则容易引起短路，损伤仪器，甚至带来人员伤害。
- 15) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，因此仪器不要接触液体，以防损伤仪器，甚至带来人员伤害。
- 16) 仪器不要处于容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

### 2.2.4 操作注意事项

- 1) 仪器操作人员需要具备一定的专业技术知识，以及良好的心理素质，并具备一定的应急处理反映能力。
- 2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。

### 2.2 安全使用指南

- 3) 仪器生产过程中不可避免的使用可能会引起人员过敏的物质（例如：镍），若仪器操作人员在操作过程中出现过敏症状（例如：皮疹、频繁打喷嚏、红眼或呼吸困难等），请及时就医查询原因，解决症状。
- 4) 拆卸仪器做报废处理前，请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”的相关说明。
- 5) 射频类仪器会产生较高的电磁辐射，此时，孕妇和带有心脏起搏器的操作人员需要加以特别防护，若辐射程度较高，可采取相应措施移除辐射源以防人员伤害。
- 6) 若发生火灾，损坏的仪器会释放有毒物质，为此操作人员需具备合适的防护设备（例如：防护面罩和防护衣），以防万一。
- 7) 激光产品上需根据激光类别标识警告标志，因为激光的辐射特性及此类设备都具备高强度的电磁功率特性，会对人体产生伤害。若该产品集成了其它激光产品（例如：CD/DVD 光驱），为防止激光束对人体的伤害，除产品手册描述的设置和功能外，不会提供其他功能。
- 8) 电磁兼容等级（符合 EN 55011/CISPR 11、EN 55022/CISPR 22 及 EN 55032/CISPR 32 标准）
  - A 级设备：  
除住宅区和低压供电环境外，该设备均可使用。  
注：A 级设备适用于工业操作环境，因其对住宅区产生无线通信扰动，为此操作人员需采取相关措施减少这种扰动影响。
  - B 级设备：  
适用于住宅区和低压供电环境的设备。

#### 2.2.5 维护

- 1) 只有授权的且经过专门技术培训的操作人员才可以打开仪器机箱。进行此类操作前，需断开电源线的连接，以防损伤仪器，甚至人员伤害。
- 2) 仪器的修理、替换及维修时，需由厂家专门的电子工程师操作完成，且替换维修的部分需经过安全测试以保证产品的后续安全使用。

#### 2.2.6 电池与电源模块

电池与电源模块使用前，需仔细阅读相关信息，以免发生爆炸、火灾甚至人身伤害。某些情况下，废弃的碱性电池（例如：锂电池）需按照 **EN 62133** 标准进行处理。关于电池的使用注意事项如下：

- 1) 请勿损坏电池。
- 2) 勿将电池和电源模块暴露在明火等热源下；存储时，避免阳光直射，保持清洁干燥；并使用干净干燥的柔软棉布清洁电池或电源模块的连接端口。
- 3) 请勿短路电池或电源模块。由于彼此接触或其它导体接触易引起短路，请勿将多块电池或电源模块放置在纸盒或者抽屉中存储；电池和电源模块使用前请勿拆除原外包装。

- 4) 电池和电源模块请勿遭受机械冲撞。
- 5) 若电池泄露液体，请勿接触皮肤和眼睛，若有接触请用大量的清水冲洗后，及时就医。
- 6) 请使用厂家标配的电池和电源模块，任何不正确的替换和充电碱性电池（例如：锂电池），都易引起爆炸。
- 7) 废弃的电池和电源模块需回收并与其它废弃物品分开处理。因电池内部的有毒物质，需根据当地规定合理丢弃或循环利用。

### 2.2.7 运输

- 1) 若仪器较重请小心搬放，必要时借助工具（例如：起重机）移动仪器，以免损伤身体。
- 2) 仪器把手适用于个人搬运仪器时使用，运输仪器时不能用于固定在运输设备上。为防止财产和人身伤害，请按照厂家有关运输仪器的安全规定进行操作。
- 3) 在运输车辆上操作仪器，司机需小心驾驶保证运输安全，厂家不负责运输过程中的突发事件。所以请勿在运输过程中使用仪器，且应做好加固防范措施，保证产品运输安全。

### 2.2.8 废弃处理/环境保护

- 1) 请勿将标注有电池或者蓄电池的设备随未分类垃圾一起处理，应单独收集，且在合适的收集地点或通过厂家的客户服务中心进行废弃处理。
- 2) 请勿将废弃的电子设备随未分类垃圾一起处理，应单独收集。厂家有权利和责任帮助最终用户处置废弃产品，需要时，请联系厂家的客户服务中心做相应处理以免破坏环境。
- 3) 产品或其内部器件进行机械或热再加工处理时，或许会释放有毒物质（重金属灰尘例如：铅、铍、镍等），为此，需要经过特殊训练具备相关经验的技术人员进行拆卸，以免造成人身伤害。

再加工过程中，产品释放出来的有毒物质或燃油，请参考生产厂家建议的安全操作规则，采用特定的方法进行处理，以免造成人身伤害。

3 使用说明

本章介绍了 82401/06 系列倍的使用前注意事项；使用注意事项以及日常维护方法；前、后面板的接头说明；82401/06 系列倍频源模块的基本操作方法：介绍了倍频源模块的基本操作方法，包括稳幅功率输出模式操作指导和饱和功率输出模式操作指导两部分。以使用户初步了解仪器本身和测量过程。该章节包含的内容与快速入门手册相关章节一致。

- 准备使用.....10
- 前、后面板说明.....16
- 操作指导.....19

3.1 准备使用

- 操作前准备.....10
- 例行维护.....15

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 82401/06 系列倍频源模块初次设置使用前的注意事项。

警告

防止损伤仪器

为避免电击、火灾和人身伤害：

- 请勿擅自打开机箱。
- 请勿试图拆开或改装本手册未说明的任何部分。若自行拆卸，可能会导致电磁屏蔽效能下降、机内部件损坏等现象，影响产品可靠性。若产品处于保修期内，我方不再提供无偿维修。
- 认真阅读本手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容，及下面的操作安全注意事项，同时还需注意数据页中涉及的有关特定操作环境要求。

注意

静电防护

注意工作场所的防静电措施，以避免对仪器带来的损害。具体请参考手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容。



## 注 意

### 操作仪器时请注意：

不恰当的操作位置或测量设置会损伤仪器或其连接的仪器。仪器加电前请注意：

- 为保证风扇叶片未受阻及散热孔通畅，仪器距离墙壁至少 10cm，并确保所有风扇通风口均畅通无阻；
- 保持仪器干燥；
- 平放、合理摆放仪器；
- 环境温度符合数据页中标注的要求；
- 端口输入信号功率符合标注范围；
- 信号输出端口正确连接，不要过载。

## 提 示

### 电磁干扰（EMI）的影响：

电磁干扰会影响测量结果，为此：

- 选择合适的屏蔽电缆。例如，使用双屏蔽射频/网络连接电缆；
- 请及时关闭已打开且暂时不用的电缆连接端口或连接匹配负载到连接端口；
- 参考注意数据页中的电磁兼容（EMC）级别标注。

● 开箱.....	12
● 环境要求.....	12
● 用户检查.....	14

3.1 准备使用

3.1.1.1 开箱

1) 型号确认

当您打开包装箱后，您会看到以下物品：

表 3.1 82401/06 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
<b>主机：</b>		
✧82401/06 倍频源模块	1	—
<b>标配：</b>		
✧三芯电源线	1	—
✧15V 适配器	1	—
✧USB 电缆	1	—
✧铝质金属箱	1	—
✧装箱清单	1	—
✧产品合格证	1	—
<b>选件：</b>		
✧稳幅选件	1	用于输出特定功率信号
✧BNC 电缆	1	—

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，请通过前言中的服务咨询热线与本公司服务咨询中心联系，我们将尽快予以解决。

2) 外观检查

- 步骤 1.** 检查外包装箱和仪器防震包装是否破损，若有破损保存外包装以备用，并按照下面的步骤继续检查。
- 步骤 2.** 开箱，检查主机和随箱物品是否有破损；
- 步骤 3.** 按照表 3.1 仔细核对以上物品是否有误；
- 步骤 4.** 若外包装破损、仪器或随箱物品破损或有误，严禁通电开机！请根据封面中的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

注 意

**搬移：**精密仪器，轻拿轻放。

3.1.1.2 环境要求

82401/06 系列倍频源模块的操作场所应满足下面的环境要求：

1) 操作环境

操作环境应满足下面的要求：

表 3.2 82401/06 操作环境要求

温 度	10°C ~ 40°C
误差调整时温度范围	23°C ± 5°C (误差调整时允许温度偏差 <1°C)
湿 度	<+29 °C 时, 湿度计测量值范围: 20% ~ 80% (未冷凝)
海拔高度	0 ~ 2,000 米 (0 ~ 6,561 英尺)
振 动	最大 0.21 G, 5 Hz ~ 500 Hz

**注 意**

上述环境要求只针对仪器的操作环境因素, 而不属于技术指标范围。

**2) 散热要求**

为了保证仪器的工作环境温度在操作环境要求的温度范围内, 应满足仪器的散热空间要求如下:

表 3.3 82401/06 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥180 mm
左右侧	≥60 mm

**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:

表 3.4 82401/06 操作环境要求

电 源	220V (±10%), 50Hz (±5%), 50W
电源插座	使用三芯电源插座。必须接地良好
仪器电源线	使用装箱三芯电源线
电源适配器	+15V ~ +16V 直流

**注 意**

**搬移:** 为防止或减小由于多台设备通过电源产生的相互干扰, 特别是大功率设备产生的尖峰脉冲干扰可能导致倍频源模块内部硬件损坏, 请最好用 220V 交流稳压电源加 15V 适配器为倍频源模块供电。

### 警告

电源接地不良或错误可能导致仪器损坏，甚至造成人身伤害。在连接倍频源模块电源之前，一定要确保电源地线与供电电源的地线良好接触！

必须使用有保护地的电源插座，不要用外部电缆代替接地保护线

#### 4) 静电防护

静电对电子元器件和设备有极大的破坏性，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。两者同时使用时可提供良好的防静电保障。若单独使用，只有前者可以提供保障。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少  $1\text{M}\Omega$  的对地隔离电阻。

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；
- 将同轴电缆与仪器连接之前，应将电缆的内外导体分别与地短暂接触；
- 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或采取其他防静电措施。

### 警告

#### 电压范围

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合。

#### 5) 预热

为保证测量精度，使用倍频源模块进行测试前请开机预热至少 30 分钟。

#### 3.1.1.5 用户检查

82401/06 系列倍频源模块初次加电后，需要检查仪器是否工作正常，以备后续测量操作。

##### 1) 初步检查

请用户首先检查使用环境以及用于向倍频源模块输入射频信号的微波信号源工作状态是否正常。然后将倍频源模块连接至微波信号源（具体连接方法见“4.1 工作原理”）。

##### 2) 详细检查

###### a) 功率饱和输出模式

未加装稳幅选件的倍频源模块，用 USB 连接电缆将倍频源模块通过后部 USB 端口和信号发生器主机前面板的 USB 端口连接，将适配器插头连接至倍频源模块的【直流输入】接口，然后分别开启倍频源模块电源开关和合成信号源，进行倍频源模块与信号发生器主机的联接操作，具体连接方法见“4.1 工作原理”。

### b) 功率可调节模式（稳幅选件）

用 BNC 连接电缆将倍频源模块和微波信号源对应数据交换端口连接,用 USB 连接电缆将倍频源模块通过后部 USB 端口和信号发生器主机前面板的 USB 端口连接,将适配器插头连接至倍频源模块的【直流输入】接口,然后分别开启倍频源模块电源开关和合成信号源,进行倍频源模块与信号发生器主机的联接操作,具体连接方法见“4.1 工作原理”。

### 3.1.2 例行维护

该节介绍了 82401/06 系列倍频源模块的日常维护方法。

- 清洁方法.....15
- 测试端口维护.....15

#### 3.1.3.1 清洁方法

##### 1) 仪器的清洗

清洁仪器表面时,请按照下面的步骤操作:

- 步骤 1.** 关闭倍频源模块电源,将 USB 电缆、射频电缆等拔除;
- 步骤 2.** 用干净柔软的棉布蘸上精密仪器专用清洁剂,轻轻擦拭倍频源模块;
- 步骤 3.** 再用干净柔软的棉布将表面擦干;
- 步骤 4.** 待仪器表面晾干后方可接上接口电缆和电源适配器,开机继续使用。

### 注 意

切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洗剂。切勿将清洗剂直接喷到倍频源模块上,否则可能渗入模块内部,损坏仪器。

输出端口为金属,切勿沾水,避免锈蚀。

#### 3.1.3.2 测试端口维护

82401/06系列倍频源模块前面板有一个射频输出端口,后面板有一个射频输入端口。接头损伤或内部存在灰尘会影响射频波段测试结果,请按照的下面的方法维护该类接头:

- 接头应远离灰尘,保持干净;
- 为防止静电泄露(ESD),不要直接接触接头表面;
- 不要使用损伤的接头;
- 请使用电吹风清洁接头,不要使用例如砂纸之类的工具研磨接头表面。

## 3.2 前、后面板说明

该章节介绍了 82401/06 系列倍频源模块的前、后面板的元素组成及其功能。

- 前面板说明.....16
- 后面板说明.....16

### 3.2.1 前面板说明

本节介绍了 82401/06 系列倍频源模块的前面板组成及功能，前面板如下（图 3.1），



图 3.1 前面板示意图

82401/06 系列倍频源模块的射频输出端口用于输出 50GHz~500GHz 相应频段的毫米波太赫兹信号。

### 3.2.2 后面板说明

82401/06 系列倍频源模块的后面板如图 3.2 所示，由电源开关、LED 指示灯、射频输入端口、电源输入端口和控制接口组成。其中射频输入接口为微波信号源输出至倍频源模块的激励信号的输入端口；检波输出端口为使用稳幅功能选件时检波信号输出接口；控制接口为自动识别电缆连接接口。倍频源模块有源微波部件所需的直流电，通过外接电源适配器提供。



图 3.2 后面板示意图

本节包括：

- 电源开关 ..... 17
- 射频输入 ..... 18
- 电源输入 ..... 18
- USB接口 ..... 18
- 检波输出 ..... 19
- 控制接口 ..... 19

3.2.2.1 电源开关

电源开关如图 3.3 所示，82401/06 系列倍频源模块的电源用于控制倍频源模块的开启/关闭。



图 3.3 电源开关

电源开关内置电源指示灯，其颜色为绿色，对应仪器的物理状态如表 3.5 所示：

表 3.5 指示灯状态说明

仪器状态	指示灯状态	倍频源模块物理状态
关机状态	不亮	a) 已接上 AC~DC 适配器，未接入电源。 b) 未接上 AC~DC 适配器，未接入电源。
开机状态	绿色常亮	已接上 AC~DC 适配器，并接入电源。

3.2 前、后面板说明

3.2.2.2 射频输入

射频输入端口如图 3.4 所示，为微波信号源激励信号的输入端口。对应型号的输入频率范围如表 3.6 所示：

表 3.6 射频端口输入频率范围

型号	射频端口输入频率范围
82406	12.5GHz~18.75GHz
82401N	10.0GHz~15.0GHz
82406A	12.5GHz~18.33GHz
82401QA	15.0GHz~23.33GHz
82406B	9.16GHz~14.17GHz
82406C	14.16GHz~18.33GHz
82401SA	14.16GHz~21.67GHz
82406D	12.22GHz~18.06GHz
82401TA	14.44GHz~22.23GHz
82406E	9.02GHz~13.89GHz



图 3.4 射频输入端口

3.2.2.3 电源输入

电源输入端口如图 3.5 所示，倍频源模块需直流供电，采用交流供电时必须使用随机配备的 AC~DC 适配器。适配器的输入为 85~264V、50/60Hz 交流电，电流不得超过 2.5A。



图 3.5 电源输入端口

3.2.2.4 USB 接口

USB 接口如图 3.6 所示，倍频源模块与信号发生器主机需要通过 USB 电缆进行数据通信。





图 3.6 USB 接口

### 3.2.2.5 检波输出

检波输出端口如图 3.7 所示，当倍频源模块加装了稳幅选件时，检波信号由此端口通过 BNC 电缆与信号发生器主机联接。

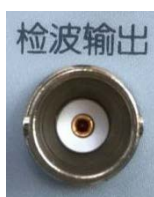


图 3.7 检波输出接口

### 3.2.2.6 控制接口

控制接口如图 3.8 所示，用于倍频源模块和信号发生器主机间自动识别电缆的连接（只适配本公司 1464 系列信号发生器主机）。



图 3.8 控制接口

## 3.3 操作指导

### 提示

#### 前面板硬按键和菜单软按键说明

前面板硬按键和菜单软按键，在以下内容中的描述形式为：

- 1) 硬键描述形式：【XXX】，XXX 为硬键名称；
- 2) 软键描述形式：[XXX]，XXX 为软键名称。

若软键数值对应多种状态，那么被选中的数值的字体颜色改变且背景色加深的选项表示其状态有效。例如：[扫描时间 手动 自动]，表示扫描时间手动选项有效。

## 3.3 操作指导

- 功率饱和输出模式操作指导.....20
- 稳幅选件操作指导.....21
- 退出倍频模式.....23

## 3.3.1 功率饱和输出模式操作指导

标准型倍频源模块未加装稳幅选件，当电源、驱动信号等满足要求时，可实现频率扩展，输出功率为饱和输出，具体操作步骤如下：

## 3.3.1.1 与 1465 系列信号发生器主机连接使用

## 1) 线缆连接

将射频电缆一端与倍频源模块【射频输入】端口连接，另一端通过转接器与信号发生器主机【射频输出】连接。用 USB 电缆将倍频源模块 USB 端口与信号发生器主机前面板下部的 USB 端口连接。将 15V 适配器插头连接至倍频源模块的【直流输入】接口。

## 2) 打开开关

所有电缆连接完毕后，分别开启倍频源模块和信号发生器主机电源开关

## 3) USB 连接

点击信号发生器主机前部面板左侧【系统  
本地】按钮，在“端口设置”栏中点击 USB 接口，选择 USB 倍频源，在弹出的“倍频源选择”窗口中点击“搜索设备”，在“启动连接”栏中点击“连接”，此时，屏幕上部中心显示内容由“连续波”变化为“倍频源”，信号发生器主机状态切换为倍频模式。同时，频率一栏显示连接成功的倍频源模块的中心频率，功率值显示信号发生器主机的最小功率值。此时表示倍频源模块与信号发生器主机联接成功。

## 4) 射频输出

在信号发生器主机右侧键盘区点击【功率】，在屏幕“功率”一栏键入信号发生器主机的输出功率值后单击“dBm”虚拟键（如无特殊说明，倍频源模块需要的驱动功率为（+5～+10）dBm，**推荐设置为+6dBm**），倍频源模块的初始设置完成。打开射频开/关按钮，在信号发生器主机右侧键盘区点击【频率】，在面板上设置需要的频率即可在倍频源模块前面板中心输出端口得到设定频率下的信号。

### 3.3.1.2 与 1465 系列信号发生器主机连接使用，没有 USB 电缆时

可通过手动设置，正常实现倍频源模块的扩频功能：

#### 1) 线缆连接

将射频电缆一端用转接器与信号发生器主机【射频输出】连接，另一端与倍频源模块【射频输入】端口连接。将适配器插头连接至倍频源模块的【直流输入】接口。

#### 2) 打开开关

所有电缆连接完毕后，分别开启倍频源模块和信号发生器主机电源开关

#### 3) 倍频设置

在信号发生器主机右侧键盘区点击【频率】，在屏幕“频率倍乘”一栏输入对应的倍频系数数值后单击“确定”虚拟键，然后在信号发生器主机右侧键盘区点击【功率】，在屏幕“功率”一栏键入信号发生器主机的输出功率值后单击“dBm”虚拟键（如无特殊说明，倍频源模块需要的驱动功率为（5-10）dBm，**推荐设置为+5dBm**），倍频源模块的初始设置完成。

#### 4) 射频输出

打开射频开/关按钮，在信号发生器主机右侧键盘区点击【频率】，在面板上设置需要的频率即可在倍频源模块前面板中心输出端口得到设定频率下的信号。

### 3.3.1.3 与其他系列信号发生器主机连接使用，不支持 USB 电缆识别时

请参考 3.3.1.2 进行倍频系数和驱动功率的设定，通过手动设置倍频系数和驱动功率，给倍频源模块提供满足要求的驱动频率和合适的驱动功率，仍可正常实现倍频源模块的扩频功能。

## 3.3.2 稳幅选件操作指导

加装稳幅选件后，倍频源模块既可以实现输出功率调节，又可以实现功率饱和输出，两种工作模式可以任意切换。目前只有 82406/82401N/82406A/82401QA/82406B 五个型号与本公司 1465 系列信号发生器主机适配时，才可选择加装稳幅选件功能，具有输出功率可调、输出功率平坦的优点。

### 3.3.2.1 操作步骤

#### 1) 线缆连接

将射频电缆一端与倍频源模块【射频输入】端口连接，另一端通过转接器与信号发生器主机【射频输出】连接。用 USB 电缆将倍频源模块 USB 端口与信号发生器主机前面板下部的 USB 端口连接。将 15V 适配器插头连接至倍频源模块的【直流输入】接口。用 BNC 电缆将倍频源模块【检波输出】端口与信号发生器主机前面板右下部的【外检波输入】端口连接。只有加装了稳幅选件时才会配置 BNC 电缆。

#### 2) 打开开关

所有电缆连接完毕后，分别开启倍频源模块和信号发生器主机电源开关。

#### 3) USB 连接

点击信号发生器主机前部面板左侧【 $\frac{\text{系统}}{\text{本地}}$ 】按钮，在“端口设置”栏中点击 USB 接口，选择“USB 倍频源”，在屏幕上弹出的“倍频源选择”窗口中点击“搜索设备”，搜索完成后，屏幕显示倍频源模块的型号、频率范围、串口号、倍频系数、稳幅方式等信息。随后，点击屏幕上“启动连接”栏中的“连接”按钮，此时，屏幕上部中心显示内容由“连续波”切换为“倍频源”，频率一栏显示该倍频源模块的中心频率，功率值显示为 0.00dBm，功率栏窗口上方提示“外检波”，同时，屏幕下方中心位置显示“仪器就绪”，表示倍频源模块与信号发生器主机连接成功，外检波稳幅环路已经开启工作。

#### 4) 输出功率设置

在信号发生器主机右侧键盘区点击【频率】按钮，在屏幕“频率配置窗口—频率设置—连续波”栏输入您需要的频率，在信号发生器主机右侧键盘区点击【功率】按钮，在屏幕“功率配置窗口—功率设置—功率”栏输入您需要的功率，打开射频开关，即可在倍频源模块输出端口得到相应频率和功率的信号。

#### 5) 射频输出

通过“1)~4)” 四步操作后，倍频源模块处于输出功率可调模式，当需要**功率饱和输出**时，在信号发生器主机右侧键盘区点击【功率】按钮，在屏幕“功率配置窗口—功率设置—功率”栏输入+5 dBm ~+10dBm 范围内的数值，推荐设置为+6dBm。随后，在屏幕“功率配置窗口”选择“稳幅方式”对话框，在“稳幅方式”栏中将稳幅方式由“外部”更改为“内部”，此时，稳幅环路关闭，通过更改您需要的频率即可在倍频源模块输出端口得到功率饱和输出的信号。

由饱和输出模式切换回功率可调模式，只需在“功率配置窗口--稳幅方式”栏中将稳

幅方式由“内部”更改为“外部”，频率、功率设置同步骤 2）。

## 注 意

- 1、请完成所有电缆的连接后再开启电源。
  - 2、模块连接成功后，默认为输出功率可调模式。
  - 3、倍频源模块连接成功后，系统内部自动设置倍频系数，“频率配置窗口—频率设置—频率倍乘”栏显示数值为“1”且不可更改。
  - 4、该模式下，功率调节范围为 0dBm ~ 10dBm，为保证稳幅环路工作状态，“功率配置窗口—功率设置—功率”栏最大输入值限定为+13dBm；不建议使用 0dBm ~ 10dBm 范围以外的功率设置。
- 功率饱和输出和功率可调的切换通过更改稳幅方式来实现，由功率可调模式切换到饱和输出模式时，为避免驱动功率过大或者过小影响倍频源模块工作状态，请先将信号发生器主机输出功率设置为+6dBm。

### 3.3.3 退出倍频模式

通过 USB 电缆与信号发生器主机连接使用时，当使用完倍频源模块，如要使用信号发生器主机非倍频模式时，点击信号发生器主机前面板左侧【 $\frac{\text{系统}}{\text{本地}}$ 】按钮，在“端口设置”栏中点击 USB 接口，选择“USB 倍频源”，点击屏幕上“启动连接”栏中的“断开”按钮，此时，屏幕上部中心显示内容由“倍频源”变化为“连续波”，信号发生器主机状态切换为连续波模式。

通过“3.3.1 功率饱和输出模式操作指导”小节中 3.3.1.2、3.3.1.3 手动设置倍频系数等操作，当使用完倍频源模块，如要使用信号发生器主机非倍频模式时，只需将倍频次数改变回“1”即可。

## 注 意

若将本系列产品与其他公司产品连接使用，请参考“3.3.1 功率饱和输出模式操作指导”小节中“3.3.1.3”。

## 注 意

操作断开倍频源模块和信号发生器主机间的射频电缆及 BNC 连接电缆等电缆时，应保证所有相连仪器处在关机状态下。

4 技术说明

- 工作原理.....24
- 主要技术指标及性能测试.....25

4.1 工作原理

标准毫米波太赫兹倍频源模块原理如图 4.1（a）所示。微波合成信号源通过 USB 电缆对毫米波太赫兹倍频源模块进行软件控制，实现信号发生器主机对倍频源模块频段等信息的识别和工作模式设定；通过射频电缆将射频信号输出到毫米波太赫兹倍频源模块的输入端。倍频源模块所需的直流电源由专用适配器提供。

带有稳幅选件的毫米波太赫兹倍频源模块原理如图 4.1（b）所示。微波合成信号源通过 USB 电缆对毫米波太赫兹倍频源模块进行软件控制，实现信号发生器主机对倍频源模块频段等信息的识别和工作模式设定；通过射频电缆将射频信号输出到毫米波太赫兹倍频源模块的输入端；通过 BNC 连接电缆实现与倍频源模块的控制电平传输。倍频源模块所需的直流电源由专用适配器提供。

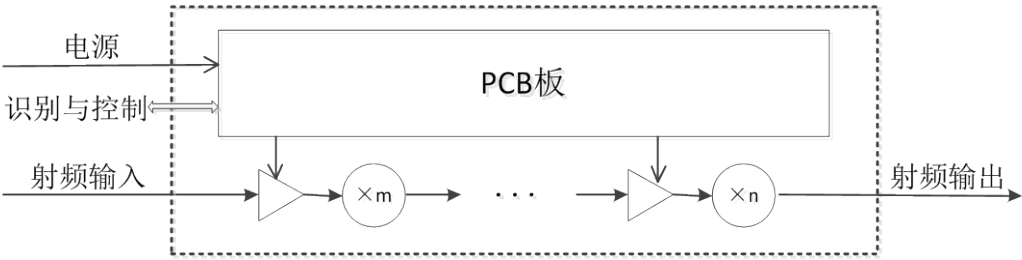


图 4.1（a） 标准毫米波太赫兹倍频源模块原理图

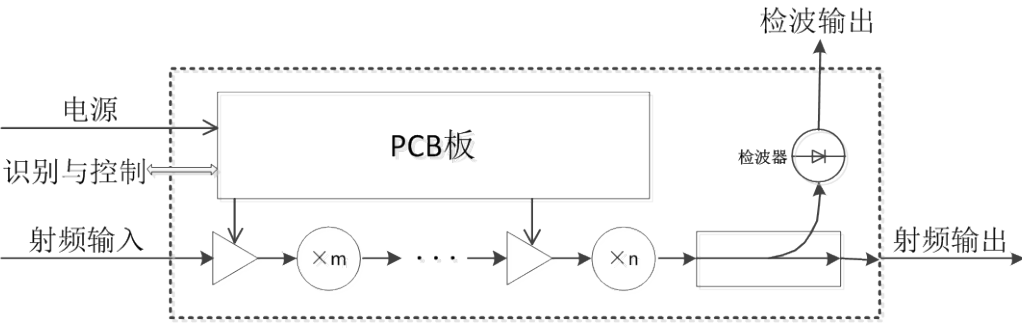


图 4.1（b） 带有稳幅选件的毫米波太赫兹倍频源模块原理图

82401/06 系列倍频源模块采用毫米波太赫兹功率放大和基于肖特基二极管的毫米波太赫兹倍频等技术，将微波信号合成源产生的低频段信号进行多级放大、倍频，进而得到满足功率需要的毫米波太赫兹频段的信号。直流电源通过倍频源模块内部的 PCB 电路板为微波毫米波太赫兹放大器提供偏置电压。PCB 电路板中还存储有倍频源模块频段等基本信息，以

实现稳幅选件功能和本公司生产的信号发生器主机对倍频源模块的自动识别。

4.2 主要技术指标及性能测试

82401/06 系列产品可与 1465 系列合成扫频信号发生器连接组成信号发生系统，示意如图 4.2 所示：



图 4.2 毫米波太赫兹信号发生系统

本节详细介绍 82401/06 系列倍频源模块主要技术指标及性能测试方法。

- 主要技术指标.....26
- 性能特性测试.....27



4.2 主要技术指标及性能测试

4.2.1 主要技术指标

倍频源模块的主要技术指标如表 4.1 所示。

表 4.1 倍频源模块的性能指标

型 号	82406	82401N	82406A	82401QA	82406B
输出频率范围 (GHz)	50~75	60~90	75~110	90~140	110~170
输出功率 (dBm)	$\geq +13$	$\geq +11$	$\geq +10$	$\geq +5$	$\geq +2$
	15 (typ.)	13 (typ.)	13 (typ.)	10 (typ.)	10 (typ.)
倍频系数	4	6	6	6	12
稳幅选件	有	有	有	有	有
输入频率范围 (GHz)	12.5~18.75	10~15	12.5~18.33	15~23.33	9.17~14.17
外形尺寸 (宽×高×深 无护角, mm)	120×85×240				
电源输入形式	15V-16V 适配器				
功耗	<20W				
RF 输入端口接口	3.5mm 阴头连接器				
输出端口接口	WR15	WR12	WR10	WR8.0	WR6.5
输入功率范围 (dBm, Typ.)	5~10	5~10	5~10	5~10	5~10

表 4.1 (续)

型 号	82406C	82401SA	82406D	82401TA	82406E
输出频率范围 (GHz)	170~220	170~260	220~325	260~400	325~500
输出功率 (dBm)	$\geq -2$	$\geq -6$	$\geq -8$	$\geq -12$	$\geq -18$
	2 (typ.)	0 (typ.)	-3 (typ.)	-7 (typ.)	-10 (typ.)
倍频系数	12	12	18	18	36
稳幅选件	无	无	无	无	无
输入频率范围 (GHz)	14.17~18.33	14.17~21.67	12.2~18.06	14.44~22.22	9.02~13.89
外形尺寸 (宽×高×深 无护角, mm)	120×85×240				
电源输入形式	15V-16V 适配器				
功耗	<20W				
RF 输入端口接口	3.5mm 阴头连接器				
输出端口接口	WR5.1	WR4.3	WR3.4	WR2.8	WR2.2
输入功率范围 (dBm, Typ.)	5~10	5~10	5~10	5~10	5~10



4.2.2 性能特性测试

注 意

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时，具体操作方法应参照该仪器的使用说明书进行。测试步骤中提到的复位仪器，均指厂家复位模式，如设备处于用户定义复位状态，应改为厂家复位状态并进行再次复位，以保证设备初始状态处于已知状态。

4.2.2.1 测试说明

用以测试 82401/06 系列倍频源模块的输出功率指标，指标要求为：

82406	输出功率：	$\geq +13\text{dBm}$	(50GHz~75GHz)
82401N	输出功率：	$\geq +11\text{dBm}$	(60GHz~90GHz)
82406A	输出功率：	$\geq +10\text{dBm}$	(75GHz~110GHz)
82401QA	输出功率：	$\geq +5\text{dBm}$	(90GHz~140GHz)
82406B	输出功率：	$\geq +2\text{dBm}$	(110GHz~170GHz)
82406C	输出功率：	$\geq -2\text{dBm}$	(170GHz~220GHz)
82401SA	输出功率：	$\geq -6\text{dBm}$	(170GHz~260GHz)
82406D	输出功率：	$\geq -8\text{dBm}$	(220GHz~325GHz)
82401TA	输出功率：	$\geq -12\text{dBm}$	(260GHz~400GHz)
82406E	输出功率：	$\geq -18\text{dBm}$	(325GHz~500GHz)

4.2.2.2 测试框图

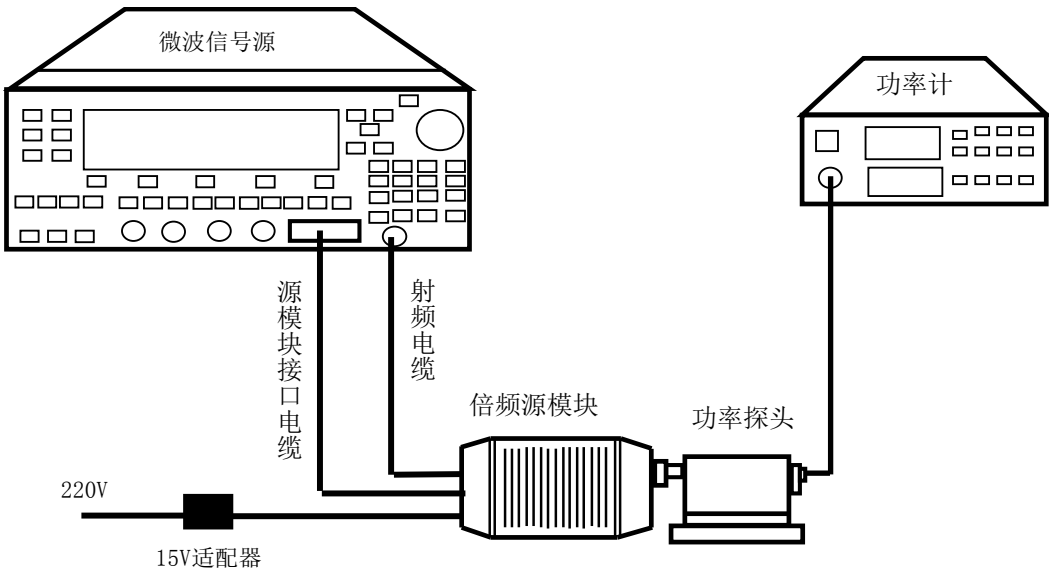


图 4.3 倍频源模块输出功率测试

4.2 主要技术指标及性能测试

4.2.2.3 测试设备

- 1) 合成源                    1465 系列信号合成源
- 2) 功率计：

频率范围：50GHz~75GHz	71716+2436/2438
频率范围：60GHz~90GHz	87115N+2436/2438
频率范围：75GHz~110GHz	71717+2436/2438
频率范围：90GHz~140GHz	87115QA+2436/2438
频率范围：110GHz~170GHz	71718+2436/2438
频率范围：170GHz~220GHz	87106A+2436/2438
频率范围：170GHz~260GHz	87115SA+2436/2438
频率范围：220GHz~325GHz	87106B+2436/2438
频率范围：260GHz~400GHz	87115TA+2436/2438
频率范围：325GHz~500GHz	87108B+2436/2438
- 3) 转接波导

4.2.2.4 测试步骤

- 1) 如图 4.3 所示连接各仪器设备；
- 2) 先开启倍频源模块（LED 指示灯已点亮，风扇转动工作），后开启信号发生器主机，所有仪器预热 30min；
- 3) 关闭信号源的射频输出，对功率计进行校零；
- 4) 将信号发生器主机输出功率值设置成 6dBm（信号发生器主机输出功率值推荐设置大于 5dBm -10dBm，最大不超过 15dBm，可根据倍频源模块是否为饱和输出在此范围内调整该值），然后从该型倍频源模块标准工作频段的起始频率开始，以 1GHz 为频率步进，分别设置信号发生器主机的频率为点频。
- 5) 打开信号源的射频输出，等待功率计显示值稳定下来，此时功率计测得的功率即为倍频源模块在相应频点的最大输出功率；
- 6) 记录倍频源模块在各个频率点的输出功率；

注 意

具体操作步骤可参考“3.3 操作指导”。

## 5 维修说明

- 故障信息说明及返修方法.....29

### 5.1 故障信息说明及返修方法

本章将告诉您如何发现问题并接受售后服务。其中也包括对信号源内部出错信息进行解释。

如果您购买了 82401/06 系列倍频源模块，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买信号源相关部件或附件，本公司将提供完善的售后服务。

通常情况下，产生问题的原因来自硬件、软件或用户使用不当，一旦出现问题请您及时与我们联系。如果您所购买的信号源尚处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的信号源进行免费维修；如果超过保修期，我们也只收取成本费。

- 故障查询及错误信息说明.....29
- 返修方法.....30

#### 5.1.1 故障查询及错误信息说明

##### 注 意

本部分是指导您当 82401/06 系列倍频源模块出现故障时如何进行简单的判断和处理，如果必要请您尽可能准确的把问题反馈给厂家，以便我们尽快为您解决。

##### 5.1.1.1 待机灯不亮

电源插座是否通电，电源是否符合倍频源模块工作要求。

若仍不能排除异常，则联系售后服务或者联系厂家进行返修。

##### 5.1.1.2 开机风扇不转

若开机风扇不转，请检查风扇是否有物体阻挡或是灰尘太多，此时应关机除掉障碍物或清理风扇。然后重新开机，如果风扇还不转就需返回厂家维修或更换风扇。

##### 5.1.1.3 指标异常

如果测试模块指标全部异常，请按下面所列步骤进行检查：

- 1) 检查射频输入电缆是否连接正确，接头连接是否松动。
- 2) 检查射频的输入功率是否达到要求。
- 3) 检查功率计探头与源模块是否连接正确，是否松动。

### 5.1 故障信息说明及返修方法

若仍不能排除异常，则联系售后服务或者联系厂家进行返修。

#### 5.1.2 返修方法

如果仪器需送返我所进行维修，请根据前言中的联系方式与我所服务咨询中心联系。并将仪器故障现象和错误信息的详细资料或将仪器测试报告的复印件附送给我们，请用原仪器的包装箱打包运送。

如果没有原包装箱，您可以用以下所列举的，商业上一些通用步骤对仪器进行再包装：

- a) 为仪器附贴完整的服务标记。
  - b) 为仪器装上面板保护罩，如果没有面板保护罩，用厚纸板保护控制面板。
  - c) 为防止静电损坏，将仪器装入防静电袋内。
  - d) 使用坚固的运输箱，如双层褶皱硬纸板箱。纸箱必须足够大、足够结实，纸箱与仪器的各面至少要留有 3~4 英寸的空隙来填充包装材料。
  - e) 用强力尼龙胶带加固运输箱。在箱体上标明“易碎！勿碰！小心轻放”等字样。
  - f) 保留所有运输单据的副本。
-