Ceyear 思仪

2439D

微波功率计

用户手册



中电科思仪科技股份有限公司

该手册适用 2439D 微波功率计配接下列型号功率探头，基于固件版本 Version 1.0 及以上。

- 87233 系列 USB 连续波功率探头，频率范围 8kHz~67GHz，功率范围-70dBm~+20dBm。
- 87234 系列 USB 峰值/平均功率计，频率范围 50MHz~67GHz，峰值功率范围-35dBm~+20dBm，平均功率范围-45dBm~+20dBm。
- 87235 系列 USB 平均功率探头，频率范围 8kHz~67GHz，功率范围-70dBm~+44dBm。
- 87236 系列 USB 峰值/平均功率探头，频率范围 50MHz~67GHz，功率范围-45dBm~+20dBm。
- 87237 系列 USB 热电偶功率探头，频率范围 DC~110GHz，功率范围-35dBm~+20dBm。

版　　本: B.1　2025年11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: 400-1684191
质量监督: 0532-86886614
网　　址: www.ceyear.com
电子信箱: techbb@ceyear.com
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 2439D 微波功率计！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

YQ2.715.1172SSCN

版本

B.1　2025.11

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

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

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……3
3 操作指南……10
3.1 准备使用……10
3.2 前、后面板说明……20
3.3 基本测量方法……22
3.4 数据管理……57
4 菜单……63
4.1 菜单结构……63
4.2 菜单说明……63
5 远程控制……77
5.1 远程控制基础……77
5.2 仪器程控端口与配置……93
5.3 VISA 接口基本编程方法……96

目 录

5.4 I/O 库……99

6 故障诊断与返修……103

6.1 工作原理……103

6.2 故障诊断与排除……104

6.3 错误信息……105

6.4 返修方法……105

7 技术指标……107

7.1 声明……107

7.2 主要功能……107

7.3 技术指标……107

7.4 选件信息……109

1 手册导航

本章介绍了2439D微波功率计的用户手册功能、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2439D微波功率计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、测量配置操作指南、菜单、远程控制、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**

概括地介绍了2439D微波功率计的主要性能特点、典型应用示例及操作仪器的安全指导事项。目的使用户初步了解仪器的主要性能特点，并指导用户安全操作仪器。

- **操作指南**

详细介绍仪器各种配置功能的操作方法，包括：配置仪器、启动配置过程和获取配置结果等。针对不熟悉2439D微波功率计使用方法的用户，系统、详细地介绍、列举每种功能，使用户理解掌握2439D微波功率计的一些基本用法，如设置触发、水平刻度、频率等。针对已具备基本的2439D微波功率计使用常识，但对一些特殊用法不够熟悉的用户，介绍相对复杂的测试过程、高阶的使用技巧、指导用户实施测量过程。例如：脉冲调制信号的测量、门的使用等。

- **菜单**

按照功能分类介绍菜单结构和菜单项说明，方便用户查询参考。

- **远程控制**

概述了仪器远程控制操作方法，目的使用户可以对远程控制操作快速上手。分四部分介绍：程控基础，介绍与程控有关的概念、软件配置、程控端口、SCPI命令等；仪器端口配置方法，介绍2439D微波功率计程控端口的连接方法和软件配置方法；VISA接口基本编程方法，以文字说明和示例代码的方式给出基本编程示例，使用户快速掌握程控编程方法；I/O函数库，介绍仪器驱动器基本概念及IVI-COM/IVI-C驱动的基本安装配置说明。

- **故障诊断和返修**

包括整机工作原理介绍、故障判断和解决方法、错误信息说明及返修方法。

- **技术指标**

介绍了2439D微波功率计的产品特征和主要技术指标。

1.2 关联文档

2439D 微波功率计的产品文档包括：

- 用户手册
- 程控手册

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
- 操作指南
- 菜单
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 技术指标与测试方法
- 附录

程控手册

本手册详细介绍了远程编程基础、SCPI 基础、SCPI 命令、编程示例和 I/O 驱动函数库等。目的是：指导用户如何快速、全面的掌握仪器的程控命令和程控方法。包含的主要章节是：

- 远程控制
- 程控命令
- 编程示例
- 错误说明
- 附录

2 概述

本章介绍了2439D微波功率计的主要性能特点、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.....3

2.1 产品综述

2439D微波功率计频率范围覆盖DC ~ 110GHz，功率动态范围-70dBm ~ +44dBm，具有体积小、重量轻、携带方便、支持热插拔的特点，可广泛应用于航空、航天、雷达、通信、电子对抗、导航等领域对微波信号平均功率、峰值功率等参数的测试。2439D微波功率计主要性能特点如下:

1) 准确的平均功率测量: 2439D 微波功率计配接不同的功率探头可以实现最高 0.2dB 的平均功率准确度测量，采用最高 80MS/s 的连续采样率，具有很高的测量速度和可重复性，具有高达 110GHz 的频率范围和低至-70dBm 的功率测量能力，可覆盖绝大多数测试应用。

2) 内部校零功能：2439D 微波功率计配接不同的功率探头可通过开关控制实现内部校零，因此在使用过程中不需要断开功率计与被测设备的连接，加快测量速度，减小连接器磨损，降低测量不确定度。

3) 外部触发功能：外部触发能够精确的触发接近噪声下限的小信号，2439D 微波功率计具有内置的触发输入，可以通过标准 BNC 电缆将被测设备连接到外部触发 2439D 微波功率计，实现对所接功率探头的统一触发，也可通过标准 BNC 到 MMCX 电缆将被测设备的外部触发分别连接到功率探头实现独立触发。

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，以免造成人员伤害或财产损害。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.....5

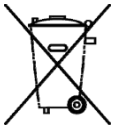
- 用电安全 6
- 操作注意事项 7
- 维护 7
- 电池与电源模块 8
- 运输 8
- 废弃处理/环境保护 8

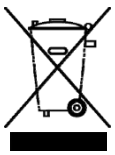
2.2.1 安全标识

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。

符号	意义	符号	意义
	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。		

2.2.1.2 手册相关

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，若不避免，会带来人身和设备伤害。



警告标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不避免，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，2439D 微波功率计的操作环境需满足：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。实际供电电压允许在标注电压的±10%范围内变化，供电频率允许在标注频率的±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) 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 Vrms> 30 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。

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：

9) 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。

4) 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 操作指南

本章介绍了2439D微波功率计的使用前注意事项、前后面板说明、基本测量方法及数据文件管理等。以便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 20
- 基本测量方法 22
- 数据管理 57

3.1 准备使用

- 操作前准备 10
- 例行维护 19

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 2439D 微波功率计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：

- 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.....11
- 环境要求.....12
- 开/关电.....13
- 正确使用连接器.....16
- 用户检查.....19

3.1.1.1 开箱

1） **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 2439D 微波功率计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：因仪器和包装箱较重，移动时，应由两人合力搬移，并轻放。

2) 型号确认

表 3.1 2439D 微波功率计随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机:		
✧ 2439D 微波功率计	1	—
标配:		
✧ 用户手册	1	—
✧ 编程手册	1	—
✧ 电源线	1	标准三芯电源线
✧ 产品合格证	1	—
选件:		
✧ 2439D-H05	—	安全仪器运输箱
✧ 2439D-H06	—	上架套件
✧ 2439D-H12	—	英文选件
✧ 2439D-H13	—	电池选件
✧ 2439D-JL	—	计量服务
✧ 2439D-EWT1	—	保修期以外延长保修 1 年

3.1.1.2 环境要求

2439D 微波功率计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 2439D 微波功率计操作环境要求

操作温度范围	-10℃ ~ 50℃
存储温度范围	-40℃ ~ 70℃

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 2439D 微波功率计散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥180 mm
左右侧	≥60 mm

3) **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 1MΩ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。

3.1.1.3 开/关电

1) **加电前注意事项**

仪器加电前应注意检查如下事项：

a) 确认供电电源参数

2439D 微波功率计内部电源模块配备 110V/220V 自适应交流电源模块。110V/220V 自适应交流电源模块的仪器可以使用 110V 交流或 220V 交流电源供电，此时内部交流电源模块采用自适应工作方式，根据外部交流供电电源的电压自动切换工作状态。

表 3.4 列出了 2439D 微波功率计正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4 2439D 微波功率计工作电源参数要求

电源参数	适应范围			
电压、频率	220V±10%，50 ~ 60Hz		110V±10%，50 ~ 60Hz	
额定输出电流	>1A		>1A	
功耗(开机)	基本配置	全部配置	基本配置	全部配置
	< 25W	< 70W	< 25W	< 70W
功耗(待机)	< 10W		< 10W	

提 示

防止电源互扰

为防止由于多台设备之间通过电源产生相互干扰，特别是大功率设备产生的尖峰脉冲干扰对硬件的毁坏，建议使用 220V 或 110V 的交流稳压电源为 2439D 微波功率计供电。

b) 确认及连接电源线

2439D 微波功率计采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在 2439D 微波功率计加电前，必须确认 2439D 微波功率计的电源线中的**保护地线已可靠接地**，浮地或接地不良都可能导致 2439D 微波功率计被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。严禁使用不带保护地的电源线。当接上合适电源插座时，电源线将 2439D 微波功率计的机壳接地。电源线的额定电压值应大于等于 250V，额定电流应大于等于 6A。

2439D 微波功率计接电源线时：

步骤 1. 确认工作电源线未损坏；

步骤 2. 使用电源线连接 2439D 微波功率计后面板供电插头和接地良好的三芯电源插座。

警 告

接地

接地不良或接地错误很可能导致 2439D 微波功率计损坏，甚至对人身造成伤害。在给微波功率计加电开机之前，一定要确保地线与供电电源的地线良好接触。

请使用有保护地的电源插座。不要用外部电缆、电源线和不具有接地保护的自耦变压器代替接地保护线。如果一定需要使用自耦变压器，必须把公共端连接到电源接头的保护地上。

2) 初次加电

2439D 微波功率计开/关电方法和注意事项如下:

a) 连接电源

初次加电前，请确认供电电源参数及电源线，具体可参考用户手册中的章节"3.1.1.3 加电前注意事项"部分。

步骤 1. 连接电源线: 用包装箱内与 2439D 微波功率计配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端接入 2439D 微波功率计的后面板电源插座（如图 3.1），电源线的另一端连接符合要求的交流电源；观察前面板电源开关（如图 3.2）待机指示灯变亮为黄色。

步骤 2. 打开前面板电源开关：如图 3.2，若一切正常，可以开机，开机后前面板电源开关上方的指示灯会变为绿色。



图 3.1 2439D 微波功率计电源插座



图 3.2 2439D 微波功率计前面板电源开关

b) 开/关电

i. 开机

步骤 1. 打开前面板右下角电源开关，此时电源开关电源指示灯颜色由黄色变为绿色。

步骤 2. 2439D 微波功率计前面板的用户界面将逐步显示启动过程的相关信息

步骤 3. 系统自动运行 2439D 微波功率计的初始化程序，显示 2439D 微波功率计的操作主界面。

2439D 微波功率计进入可操作状态。

ii. 关机

关闭前面板右下角电源开关，2439D 微波功率计断电，此时电源开关电源指示灯颜色由绿色变为黄色；
2439D 微波功率计进入关机状态。

c) **切断电源**

非正常情况下，为了避免人身伤害，需要2439D微波功率计紧急断电。此时，只需拔掉电源线（从交流电插座或从2439D微波功率计后面板电源插座）。为此，操作2439D微波功率计时应当预留足够的操作空间，以满足必要时直接切断电源的操作。

3.1.1.4 正确使用连接器

在 2439D 微波功率计进行各项测试过程中，经常会用到连接器，连接器的使用寿命都是有限的。正常使用时不可避免地存在磨损，导致连接器的性能指标下降甚至不能满足测量要求，因此正确的进行连接器的维护和测量连接不但可以获得精确的、可重复的测量结果，还可以延长连接器的使用寿命，降低测量成本，在实际使用过程中需注意以下几个方面：

1) **连接器的检查**

在进行连接器检查时，应该佩带防静电腕带，建议使用放大镜检查以下各项：

1) 电镀的表面是否磨损，是否有深的划痕；
2) 螺纹是否变形；
3) 连接器的螺纹和接合表面上是否有金属微粒；
4) 内导体是否弯曲、断裂；
5) 连接器的螺套是否旋转不良。



连接器检查防止损坏 2439D 微波功率计端口

任何已损坏的连接器即使在第一次测量连接时也可能损坏与之连接的良好连接器，为保护 2439D 微波功率计本身的各个接口，在进行连接器操作前务必进行连接器的检查。

2) **连接方法**

测量连接前应该对连接器进行检查和清洁，确保连接器干净、无损。连接时应佩带防静电腕带，正确的连接方法和步骤如下：

步骤 1. 如图 3.3，对准两个互连器件的轴心，保证阳头连接器的插针同心地滑移进阴头连接器的接插孔内。



图 3.3　互连器件的轴心在一条直线上

步骤 2. 如图 3.4，将两个连接器平直地移到一起，使它们能平滑接合，旋转连接器的螺套（注意不是旋转连接器本身）直至拧紧，连接过程中连接器间不能有相对的旋转运动。

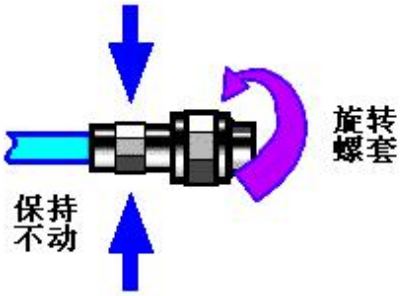


图 3.4　连接方法

步骤 3. 如图 3.5，使用力矩扳手拧紧完成最后的连接，注意力矩扳手不要超过起始的折点，可使用辅助的扳手防止连接器转动。

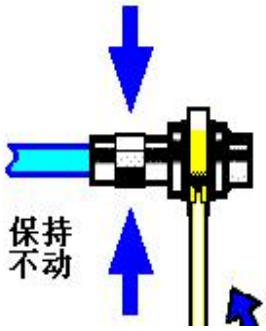


图 3.5　使用力矩扳手完成最后连接

3)　断开连接的方法

步骤 1. 支撑住连接器以防对任何一个连接器施加扭曲、摇动或弯曲的力量；
步骤 2. 可使用一支开口扳手防止连接器主体旋转；
步骤 3. 利用另一支扳手拧松连接器的螺套；

步骤 4. 用手旋转连接器的螺套，完成最后的断开连接；
步骤 5. 将两个连接器平直拉开分离。

4) 力矩扳手的使用方法

力矩扳手的使用方法如图 3.6 所示，使用时应注意以下几点：

- 使用前确认力矩扳手的力矩设置正确；
- 加力之前确保力矩扳手和另一支扳手（用来支撑连接器或电缆）相互间夹角在 90° 以内；
- 轻抓住力矩扳手手柄的末端，在垂直于手柄的方向上加力直至达到扳手的折点。

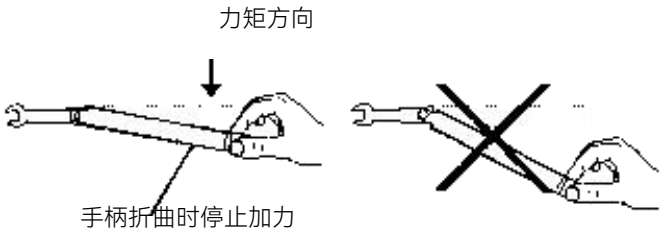


图 3.6 力矩扳手的使用方法

5) 连接器的使用和保存

1) 连接器不用时应加上保护护套；
2) 不要将各种连接器散乱的放在一个盒子内，这是引起连接器损坏的一个最常见原因；
3) 不要接触连接器的接合平面，皮肤的油脂和灰尘微粒很难从接合平面上去除；
4) 不要将连接器的接触面向下放到坚硬的台面上，与任何坚硬的表面接触都可能损坏连接器的电镀层和接合表面；
5) 佩带防静电腕带并在接地的导电工作台垫上工作，这可以保护 2439D 微波功率计、功率探头和连接器免受静电释放的影响。

6) 连接器的清洁

清洁连接器时应该佩带防静电腕带，按以下步骤清洁连接器：

1) 使用清洁的低压空气清除连接器螺纹和接合平面上的松散颗粒，对连接器进行彻底检查，如果需要进一步的清洁处理，按以下步骤进行；
2) 用异丙基酒精浸湿（但不浸透）不起毛的棉签；
3) 使用棉签清除连接器接合表面和螺纹上的污物和碎屑。当清洁内表面时，注意不要对中心的内导体施加外力，不要使棉签的纤维留在连接器的中心导体上；
4) 让酒精挥发，然后使用压缩空气将表面吹干净；
5) 检查连接器，确认没有颗粒和残留物；
6) 如果经过清洁后连接器的缺陷仍明显可见，表明连接器可能已经损坏，不应该再使

用，并在进行测量连接前确认连接器损坏的原因。

7) 连接器的接合平面

微波功率测量中参考平面是一个重要的概念，对与微波功率计、功率探头来讲，它是保证准确测量的基准，良好连接取决于连接器间在接合面的各点上是否可以完全平直的接触。

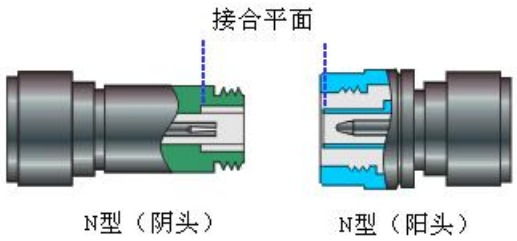


图 3.7　接合平面

3.1.1.5 用户检查

将 2439D 微波功率计开机并预热至少 30min，将功率探头通过电缆连接 2439D 微波功率计并预热至少 30min，进行如下设置：

步骤 1. 观察显示区功率噪声跳动，表明 2439D 微波功率计正常工作。

步骤 2. 按前面板【校零】按键，进入校零菜单，点击校零，注意观测 2439D 微波功率计告警警示区，若无任何告警指示，表明 2439D 微波功率计工作正常；若有告警信息，表明 2439D 微波功率计工作不正常，此时，请根据本手册中的封面二或者“6.4 返修方法”中提供的联系方式与我公司服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

3.1.2 例行维护

该节介绍了 2439D 微波功率计的日常维护方法。

- 清洁方法.....19
- 测试端口维护.....20

3.1.2.1 清洁方法

1) 清洁 2439D 微波功率计表面

清洁 2439D 微波功率计表面时，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与 2439D 微波功率计连接的电源线；

步骤 2. 用干的或稍微湿润的软布轻轻擦拭表面，禁止擦拭 2439D 微波功率计内部；

步骤 3. 请勿使用化学清洁剂，例如：酒精、丙酮或可稀释的清洁剂等。

2) **清洁显示器**

使用一段时间后，需要清洁显示 LCD 显示器。请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与 2439D 微波功率计连接的电源线；

步骤 2. 用干净柔软的棉布蘸上清洁剂，轻轻擦试显示面板；

步骤 3. 再用干净柔软的棉布将显示擦干；

步骤 4. 待清洗剂干透后方可接上电源线。

注 意

显示器清洁

显示屏表面有一层防静电涂层，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显示面板上，否则可能渗入机器内部，损坏 2439D 微波功率计。

3.1.2.2 测试端口维护

2439D微波功率计功率输入接头损伤或内部存在灰尘会影响功率测试结果，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 2439D 微波功率计的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明.....20
- 后面板说明.....21

3.2.1 前面板说明

该章节介绍了 2439D 微波功率计的外观组成及其功能。外观图如图 3.8，列项说明如表 3.5。



图 3.8　2439D 微波功率计前面板

表 3.5　前面板说明

序号	名 称	说 明
1	电源开关键	开关键位于前面板的右下角，它用于启动和关闭 2439D 微波功率计。
2	参考源输出接口	N型接口，参考源输出50MHz、0dBm的功率参考。
3	A、B 通道输入接口	与功率探头连接的多芯接口，A、B 通道输入。
4	按键区	2439D 微波功率计包括 6 个功能按键和 4 个方向按键。
5	显示区	显示 2439D 微波功率计当前状态和测试结果，并进行相关设置，支持触摸操作。
6	USB 主口	支持通过电缆连接功率探头使用，通道编号 C。

3.2.2 后面板说明

2439D 微波功率计的后面板组成及功能，后面板如下图 3.9，具体列项说明如表 3.6。



图 3.9　2439D 微波功率计后面板

表 3.6　后面板说明

序号	名 称	说 明
1	220VAC 接口	交流电源接口。
2	C、D 通道输入接口	与功率探头连接的多芯接口，C、D 通道输入。
3	电池选装口	拆掉盖板，由此处插入电池。
4	从口 U 口	程控用 U 口。
5	USB 主口	支持通过电缆连接功率探头使用，通道编号 D 。
6	网口	程控用网口。
7	GPIB 口	程控用 GPIB 口。
8	模拟输出	输出与某一通道功率测量结果相关的模拟电压信号。
9	触发输入	外触发信号的输入接口。
10	接地螺钉	用于外壳接地。

3.3 基本测量方法

本节总体介绍如何使用 2439D 微波功率计，内容包括窗口显示区信息、如何通过前面板按键和其它交互式操作使用 2439D 微波功率计。

- 界面介绍 22
- 操作示例 24

3.3.1 界面介绍

图 3.10 显示的是 2439D 微波功率计接功率探头数值显示的测量界面。各个信息区域都做了标记，操作界面说明如表 3.7 所示，下面对它们进行详细介绍。

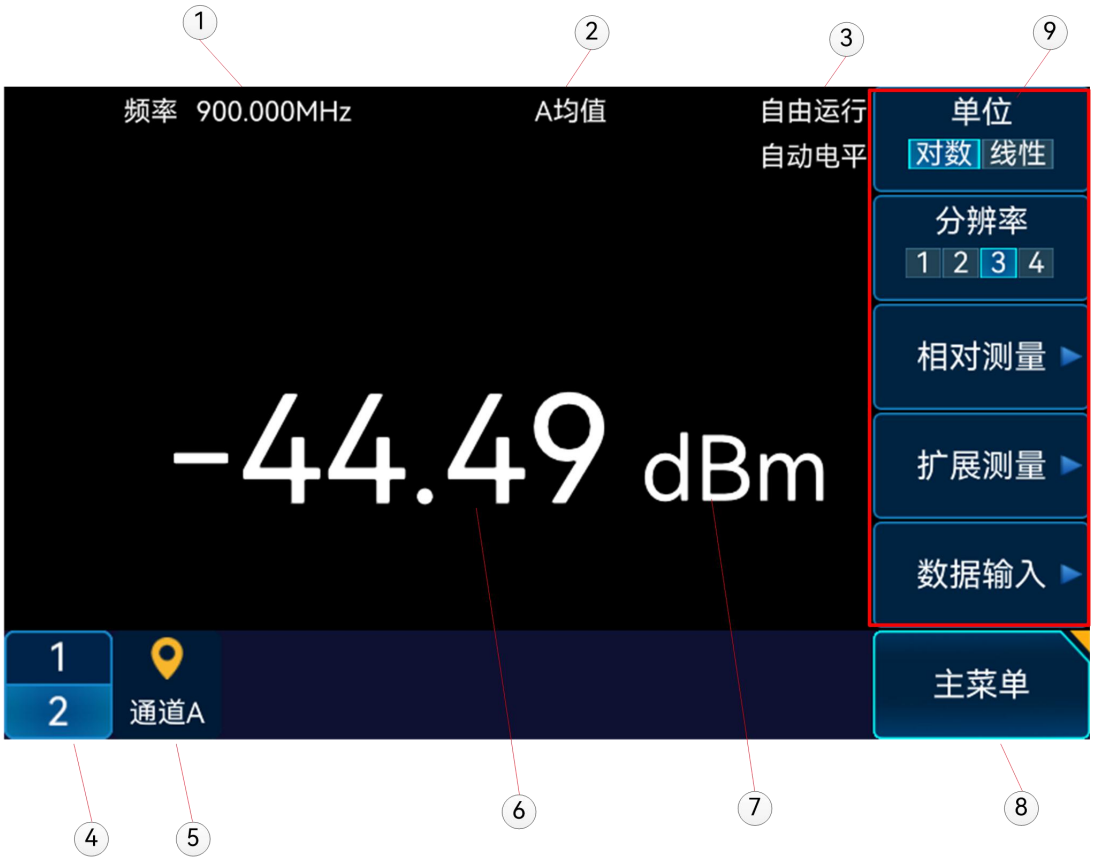


图 3.10 功率探头数值显示界面

表 3.7 数值显示界面说明

序号	名 称	说 明
1	频率值	当前被测信号的载波频率值，需要用户手动设置。
2	数据输入	支持当前显示的数据的来源，图中表示当前结果取自通道 A 的均值。
3	触发方式	触发方式。设置当前测量的触发方式，有 3 种选择，分别为“自由运行”、“连续触发”、“单次触发”，具体见 4.2.3 触发章节。
4	窗口	图中表示显示 1 个窗口，最多支持同时显示 4 个窗口。
5	通道指示	说明当前数据来自哪一通道。
6	测量值	功率测量值。
7	测量单位	支持对数和线性转换。
8	主菜单	用于进行显示模式、通道、触发和系统等功能的设置。
9	软键区	根据当前显示模式的不同，配置不同的功能。

2439D 微波功率计接峰值功率探头时，可以同时显示波形和一些关键的参数，如下图所示为同时显示波形和功率参数的显示界面。

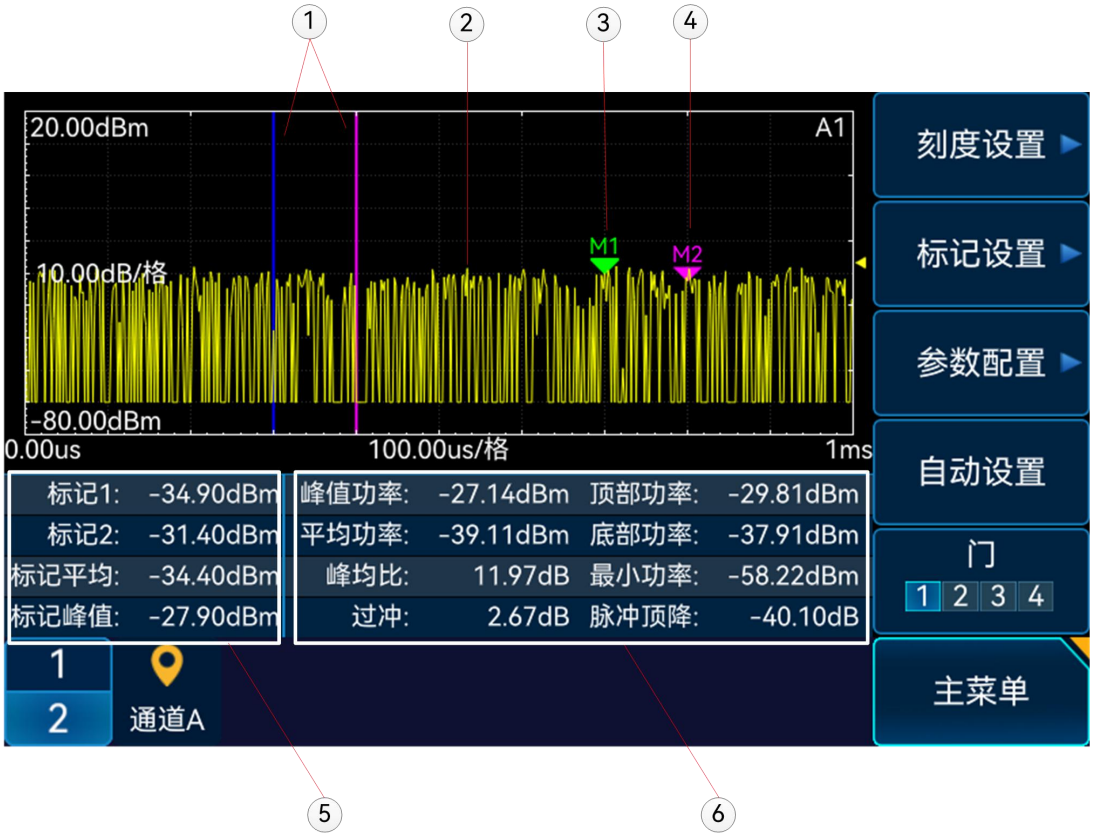


图 3.11　迹线显示界面

表 3.8　迹线显示界面说明

序号	名 称	说 明
1	门显示	指示当前门的起止位置，具体门设置见 4.2.2 通道章节。
2	迹线	显示信号的脉冲包络。
3	标记 1	通过【标记设置】可设置其位置，具体设置见 4.2.6 迹线章节。
4	标记 2	通过【标记设置】可设置其位置，具体设置见 4.2.6 迹线章节。
5	标记信息	指示标记位置的测量结果，可通过【标记设置】切换功率或时间参数。
6	脉冲参数显示区	最多支持 8 个参数同时显示，可通过【参数配置】进行选择，包括 8 个功率参数和 8 个时间参数。

3.3.2 操作示例

本节通过示例按步骤详细介绍了 2439D 微波功率计的一些常用且重要的基本设置和功能，目的是使用户快速了解 2439D 微波功率计的特点、掌握基本测量方法。

首先，2439D 微波功率计按照下面的步骤完成操作前预准备工作：

步骤 1. 加电开机；

步骤 2. 进入系统后启动应用程序；

步骤 3. 前面板操作主界面无任何错误信息提示后，再开始下面的操作。

- 显示布局 25
- 测显示模式 26
- 校零 28
- 平均功率测量 29
- 峰值功率测量 30
- 数据输入和门的使用 41
- 触发功能的使用 47
- 大周期脉冲信号稳定测量方法 53
- 功率测量统计分析CCDF 54
- web远控 55
- 模拟输出 56

3.3.2.1 显示布局

可以将测量显示最多分割为 4 个窗口，每个窗口对应一个测量。

1） 点击【返回】键至顶层界面。

2） 点击左下角的布局缩略图，弹出测量窗口选择界面如下图所示:

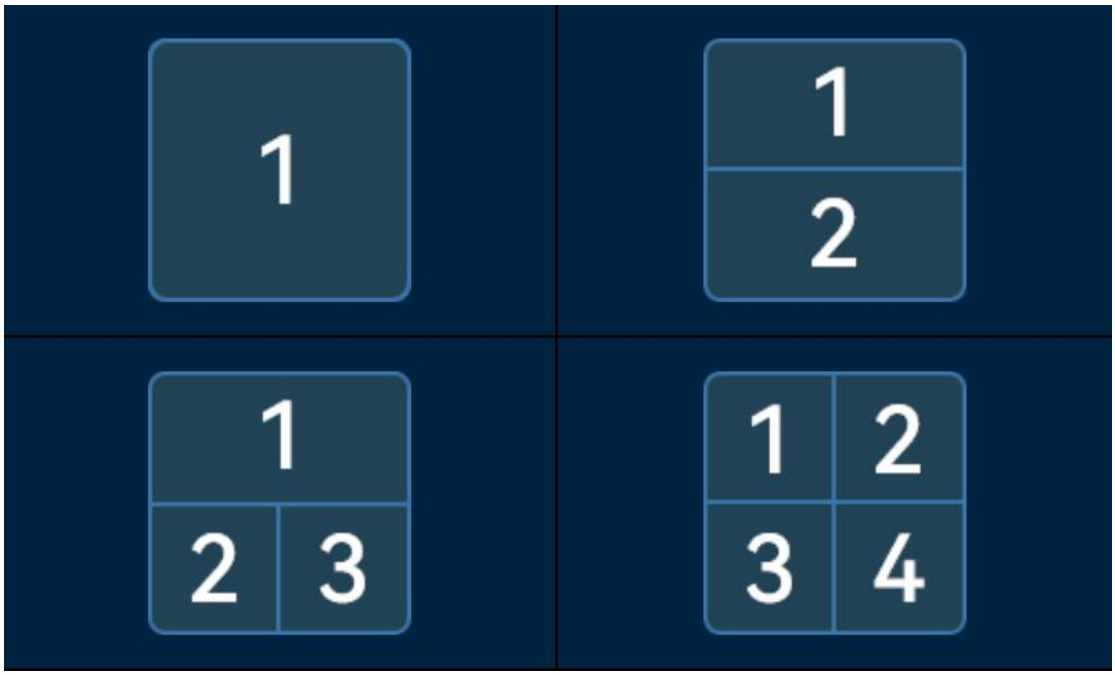


图 3.12　窗口选择

3） 选择需要显示的测量窗口数量。例如，当选择 2 个窗口时，测量显示界面将呈现如下布局:



图 3.13　2 个窗口界面布局

3.3.2.2 显示模式

可以选择当前窗口的通道输入以及显示模式，显示模式支持迹线、数值和统计。下面以显示窗口为 1 个时进行举例。

1） 点击【主菜单】>【显示模式】，进入到显示模式界面。

2） 选择该窗口的通道输入。例如，2439D 微波功率计通道 A 和通道 B 连接功率探头时，【通道 A】和【通道 B】处于可选中状态，此时【通道 A】处于高亮状态，表示该窗口输入为通道 A。如下图所示：



图 3.14 显示模式

3）选择该窗口的显示模式。例如，选择该窗口为通道 A 迹线，如图 3.15 所示；选择该窗口为通道 B 数值，如图 3.16 所示；选择该窗口为通道 B 统计，如图 3.17 所示。

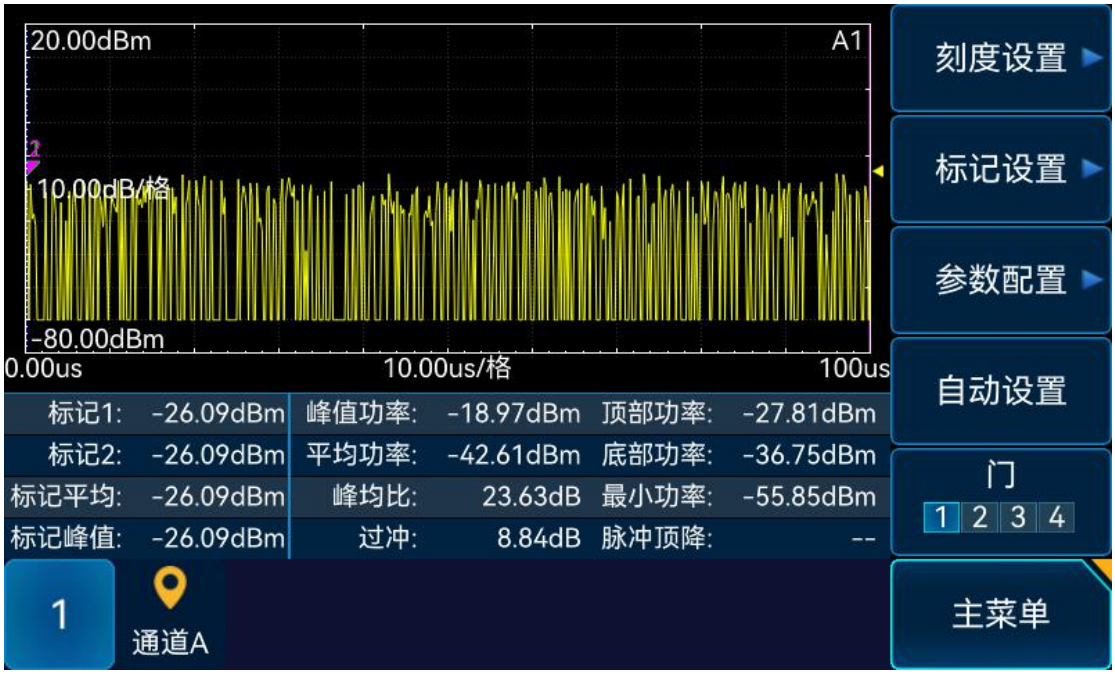


图 3.15 迹线显示



图 3.16　数值显示

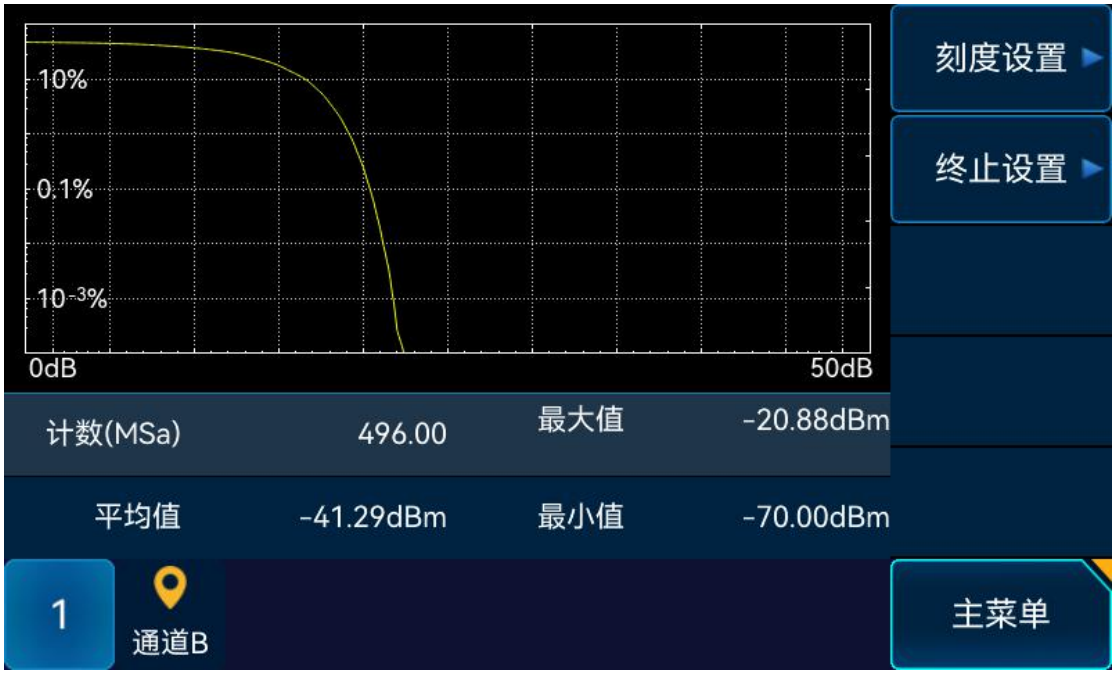


图 3.17　统计显示

3.3.2.3 校零

3.3.2.3.1 需要校零的场景

为了提高功率测量准确度，在进行功率测量时，需要对功率探头进行校零。

在以下情况下，建议对功率探头进行校零操作：

1） 每次更换功率探头之后。功率探头需要预热 15 分钟达到稳定状态。

2） 如果功率探头周围的环境温度变化过大（大于 5 摄氏度）。

3） 如果被测对象功率比较小，需关闭被测设备输出，对功率探头进行校零操作，消除 2439D 微波功率计和被测设备之间由于接地噪声造成的误差。

3.3.2.3.2 校零操作

校零操作是为了把当前的噪底记录，然后在后续测量中扣除噪底，以保证测量结果的准确性。特别地，当校零类型选择为外部时，需要关闭外部信号输入，再进行校零操作。具体步骤如下：

1） 点击【校零】，点击【通道 X】，选择要校零的通道。

2） 在【校零类型】中选择“外部”，点击【校零】。

3） 当校零进度条结束后，校零操作完成，如下图所示。

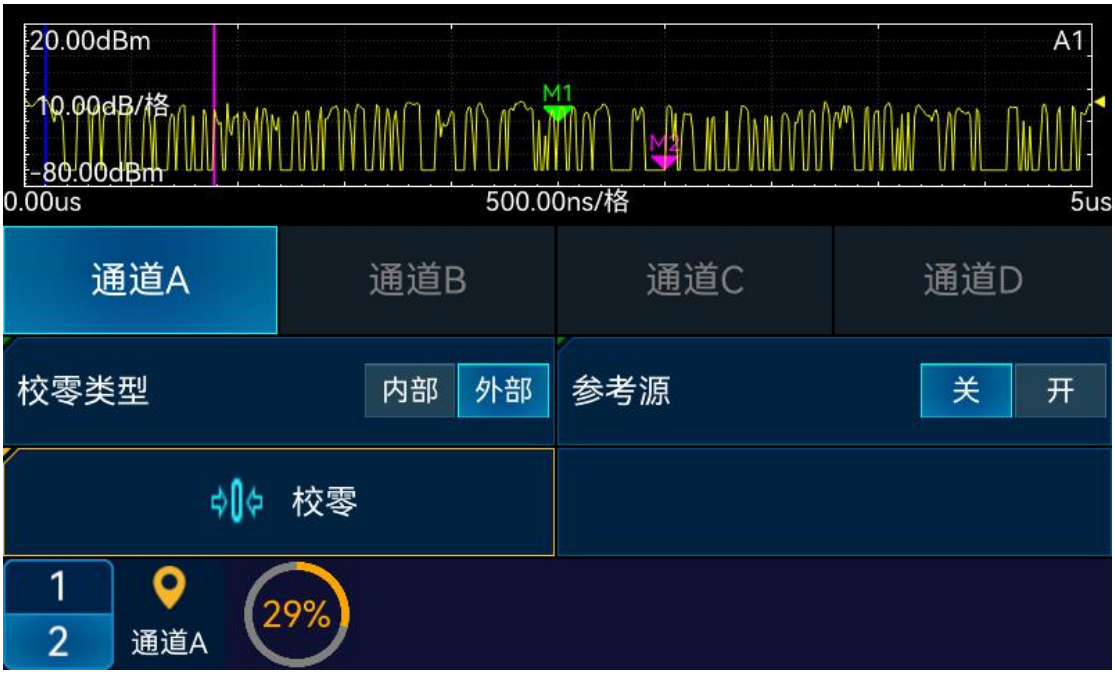


图 3.18　校零操作

3.3.2.4 平均功率测量

使用功率计最常见的测量任务是测量信号的平均功率。

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何进行平均功率测量。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为+10dBm。

具体操作步骤如下：

1） 点击【主菜单】>【通道】>【通道 A】>【通用设置】>【模式】，设置为“仅平均”。

2） 点击【频率】>【通道 A】设置频率为 10GHz。

这时，在屏幕上可以观测到测得的准确功率值。如下图所示。



图 3.19 平均功率测量

3.3.2.5 峰值功率测量

2439D 微波功率计在配接峰值功率探头之后，能够测量脉冲调制信号的峰值功率，并以包络图形的形式显示出来。可以实现峰值功率、平均功率、过冲、上升/下降时间、顶部功率、底部功率、脉冲宽度、脉冲周期、占空比、关闭时间、脉冲重复频率等多种脉冲调制信号包络参数的测量。

3.3.2.5.1 脉冲测量参数定义

本节详细介绍了 2439D 微波功率计中脉冲参数的定义。

如下图所示为脉冲包络示意图，以图形方式描述了脉冲包络的参数。表 3.9 介绍了 IEEE 194-1977 标准脉冲术语和定义，表 3.10 介绍了各种脉冲参数的详细定义。

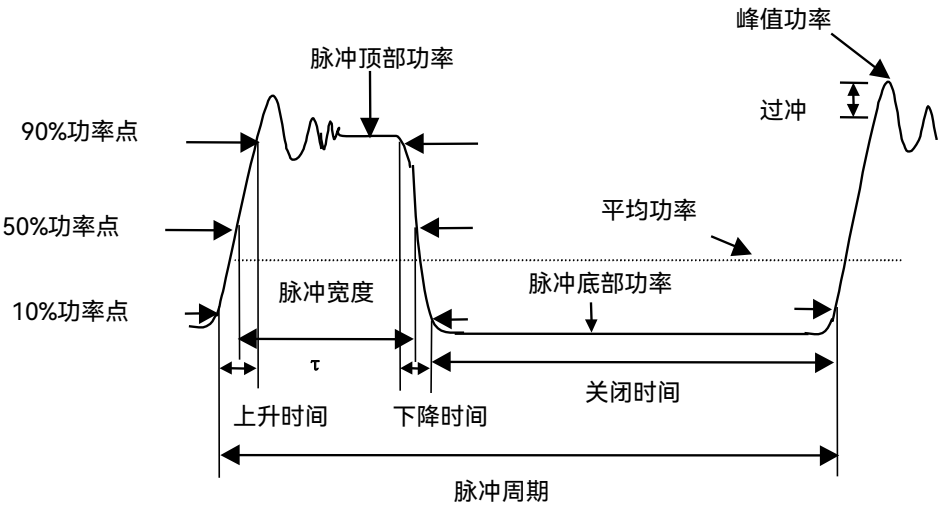


图 3.20　脉冲包络幅度和时域参数定义示意图

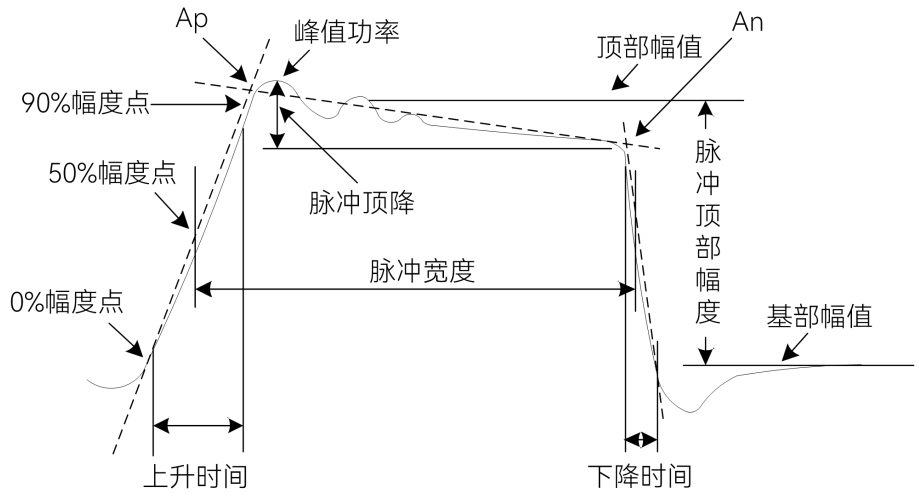
表 3.9　IEEE 脉冲术语

英文术语	中文术语	定义
Base Line	基线	标准的脉冲波形由两个常态组成——高电平和低电平。 基线表示低电平的那个常态所处的电平，表现为一条等值参考线。
Top Line	顶线	同基线定义类似，顶线表示高电平的那个常态所处的电平，也表现为一条等值参考线。 在实际应用中，基线和顶线是采用直方图的方法定义。 具体为：以上升沿中间点功率和下降沿中间点功率为基准，之间出现功率点数最多的功率值，定义为基线。
First Transition	上升沿	波形在基线和顶线之间的主要过渡区。
Last Transition	下降沿	波形在顶线和基线之间的主要过渡区。
Proximal Line	近点	位于基线附近大小为脉冲幅度某一百分比值（通常为 10%）的一条等值参考线。
Distal Line	远点	位于顶线附近大小为脉冲幅度某一百分比值（通常为 90%）的一条等值参考线。
Mesial Line	中点	位于脉冲中部大小为脉冲幅度某一百分比值（通常为 50%）的一条等值参考线。

2439D 微波功率计能够自动测量脉冲功率包络的 16 个参数，包括时间参数和功率参数两大类，具体含义见表 3.10。

表 3.10　脉冲测量参数定义

术语		定义
时间参数	脉冲宽度	脉冲上升沿中点与脉冲下降沿中点之间的时间间隔。通常定义为脉冲上升沿50%功率点与脉冲下降沿 50%功率点之间的时间间隔。 **注意：如果波形显示不到一个脉冲宽度，则在中、大窗口下自动测量无法显示“脉冲宽度”值。**
	脉冲周期	两个连续脉冲之间的时间间隔，即脉冲重复频率的倒数。 **注意：如果波形显示不全一个脉冲周期，则在中、大窗口下自动测量无法显示“脉冲周期”值。**
	脉冲重复频率	一秒钟内重复性信号发生的次数。 **注意：如果波形显示不全一个脉冲周期，则在中、大窗口下自动测量无法显示“脉冲重复频率”值。**
	上升时间	脉冲上升沿近点和远点之间的时间间隔。近点通常定义为脉冲功率的 10%，远点通常定义为脉冲功率的 90%，用户也可以自己定义。 **注意：“上升时间”的自动测量，必须是窗口中显示的是波形的上升沿。**
	下降时间	脉冲下降沿近点和远点之间的时间间隔，定义方式与“上升时间”相同。 **注意：“下降时间”的自动测量，必须是窗口中显示的是波形的下降沿。**
	占空比	脉冲宽度与脉冲周期的比值。 **注意：如果波形显示不到一个脉冲周期，则在中、大窗口下自动测量无法显示“占空比”值。**
	关闭时间	周期性脉冲关闭的时间，等于脉冲周期减去脉冲宽度。 **注意：如果波形显示不到一个脉冲周期，则在中、大窗口下自动测量无法显示“关闭时间”值。**
	边沿延时	在脉冲中线上，自左向右，从屏幕最左端至波形第一个上升沿或下降沿之间的时间间隔。
功率参数	平均功率	显示窗口内脉冲波形功率的平均值。 **注意：在迹线显示窗口下，“平均功率”能够测量的前提是波形显示必须大于一个脉冲周期，如果如果波形显示小于一个脉冲周期，则平均功率不能自动测量。**
	峰值功率	显示窗口中脉冲波形中的功率最大值。
	峰均比	显示窗口中峰值功率和平均功率的比值,对数显示为峰值功率减去平均功率。
	过冲	峰值功率与顶部功率的差值。
	顶部功率	脉冲功率顶部的功率值。 脉冲功率顶部功率定义通过统计方法完成，以峰值功率为基准，在峰值以下 5dB 范围内统计出现频率最高的点，定义为顶部功率。
	底部功率	脉冲功率底部功率值。 与“顶部功率”计算方法一致，以脉冲功率最小功率为基准，在最小功率以上

		12dB 范围之内统计出现概率最高的点，定义为底部功率。
	脉冲功率	在脉冲宽度内的功率平均。 即脉冲中上升沿 50%功率点至下降沿 50%功率点之间功率的平均。
	脉冲顶降	脉冲顶部平滑曲线（除去起始“尖峰”或“过冲”）外推线在通过为脉冲上升直线上交点的幅度（Ap）和下降直线上的交点的幅度（An）之差与 Ap 的百分比。  **注意：波形至少要显示一个脉冲宽度，并且脉冲宽度要大于 1 个时基才进行脉冲顶降的计算。**

3.3.2.5.2 刻度设置

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过刻度设置迅速地观测脉冲包络信号。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为+10dBm、脉冲周期 200us、脉冲宽度 100us。

具体操作步骤如下：

1）设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将波形显示出来，如下图所示。此时默认水平起始为 0ns，水平刻度为 10us，垂直中心为-30dBm，垂直刻度为 10dB/格，不能完整观测包络信号。

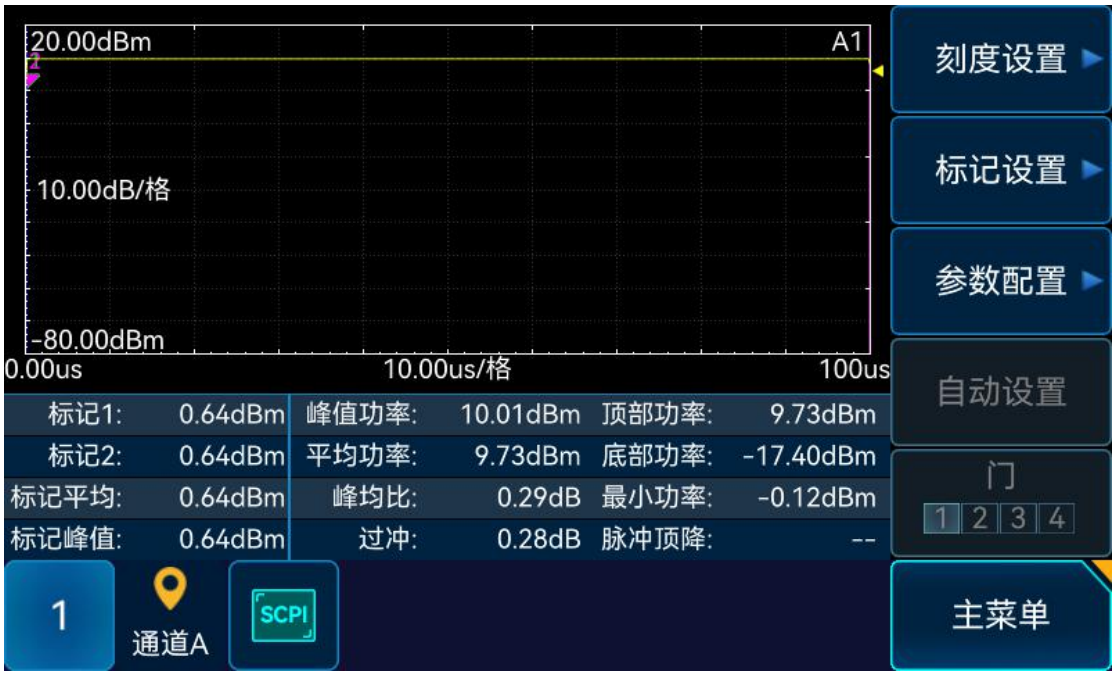


图 3.21　迹线显示

2）设置【刻度设置】。设置【水平刻度】为 100us/格，【垂直中心】为-10dBm，【垂直刻度】为 10dB/格，如下图所示。



图 3.22　刻度设置

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示，得到多个波形显示和功率参数自动测量，如下图所示。

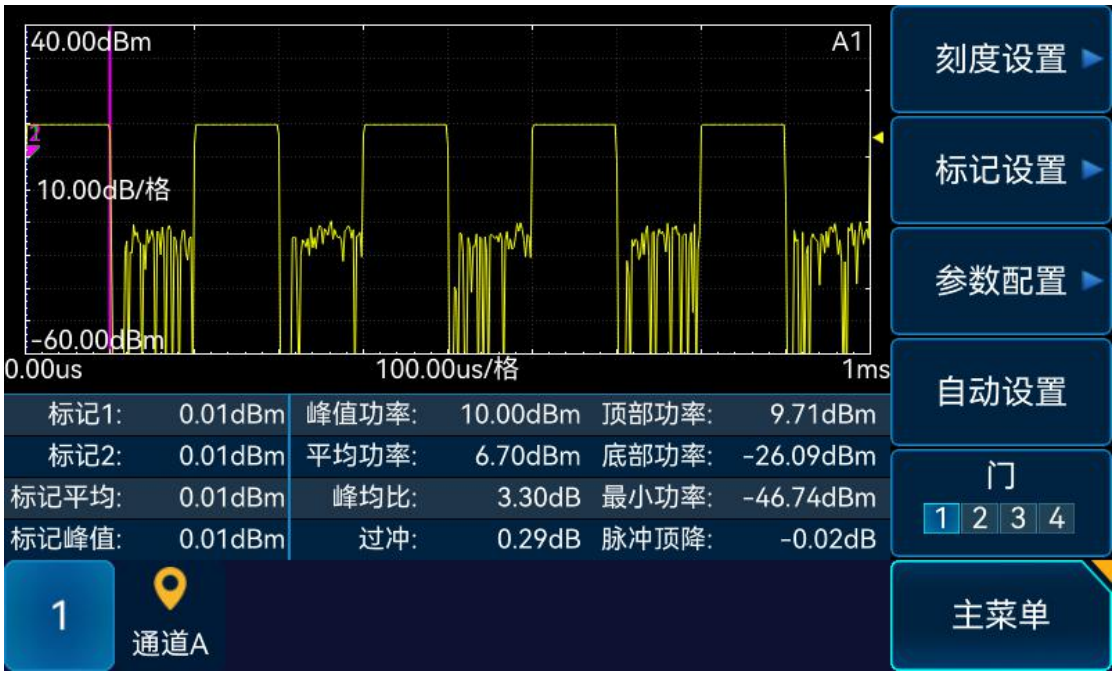


图 3.23　多个周期自动测量功率参数

3.3.2.5.3 自动设置

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过自动设置迅速地观测脉冲包络信号。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为+10dBm、脉冲周期 200us、脉冲宽度 100us。

具体操作步骤如下：

1）设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将波形显示出来，如下图所示。此时默认水平起始为 0ns，水平刻度为 10us，垂直中心为-30dBm，垂直刻度为 10dB/格，不能完整观测包络信号。

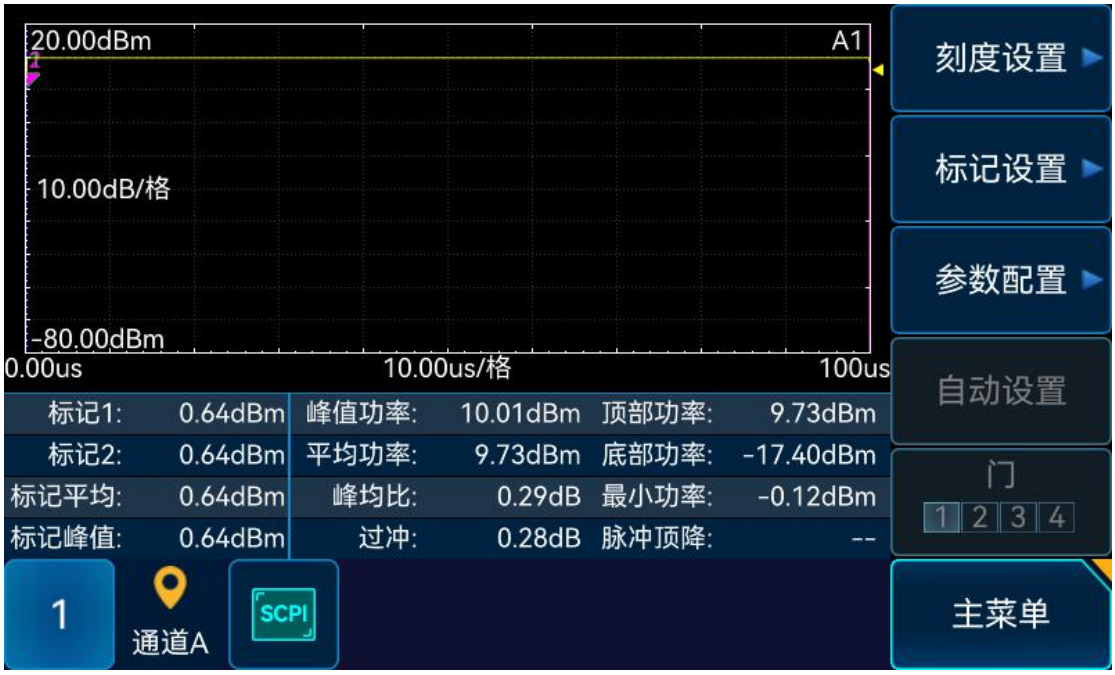


图 3.24　迹线显示

2）设置【自动设置】，状态栏出现自动设置进度条，如下图所示。

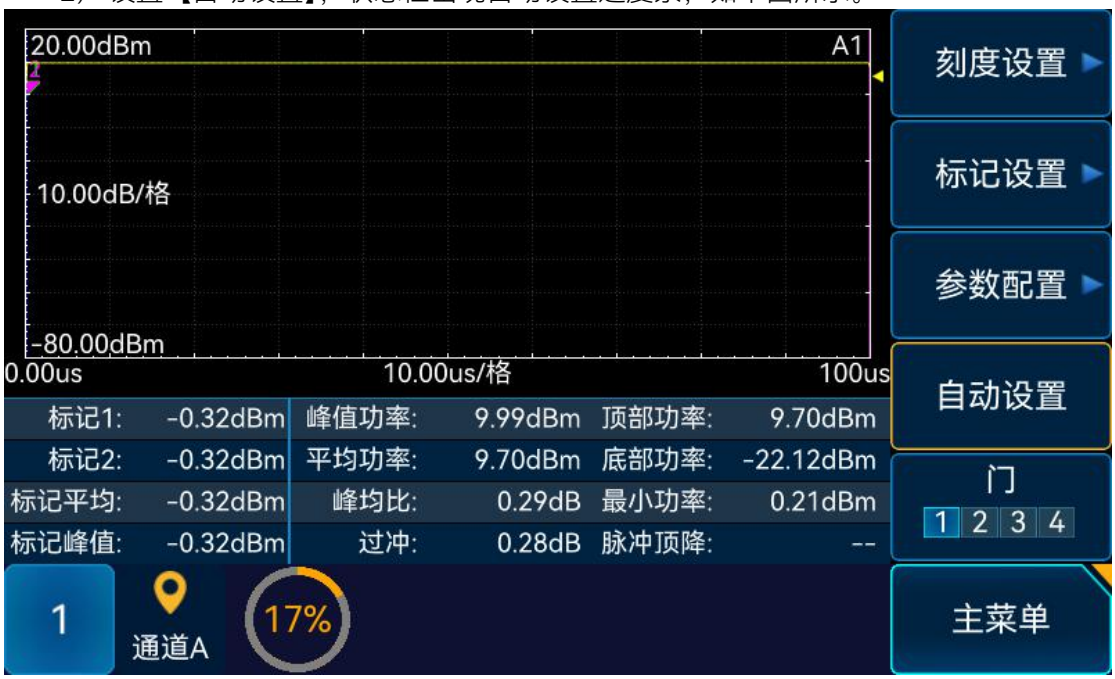


图 3.25　自动设置

3）当自动设置进度条结束后，自动设置完成。将得到多个波形显示和功率参数自动测量，如下图所示。

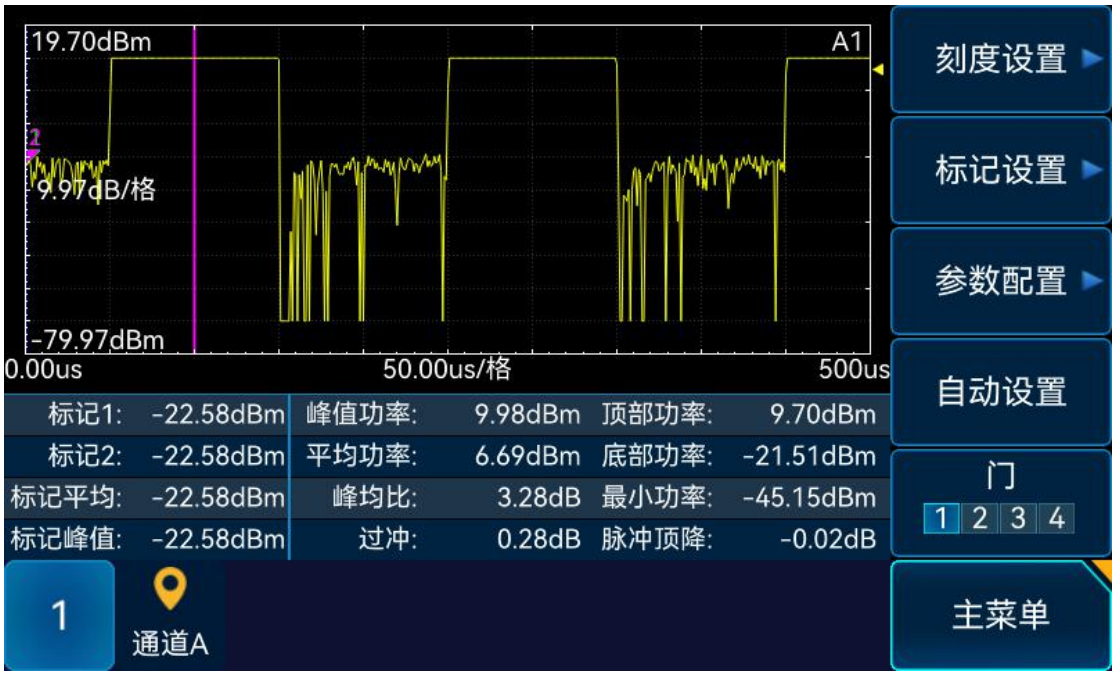


图 3.26　多个周期自动测量功率参数

3.3.2.5.4 参数配置

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过参数配置获得测脉冲包络信号参数。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为+10dBm、脉冲周期 200us、脉冲宽度 100us。

具体操作步骤如下：

1）设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将波形显示出来。

2）设置【刻度设置】，设置【水平刻度】为 100us/格，【垂直中心】为-10dBm，【垂直刻度】为 10dB/格。

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。此时脉冲迹线右下方显示 8 个脉冲参数，默认为 8 个功率参数，如下图所示。

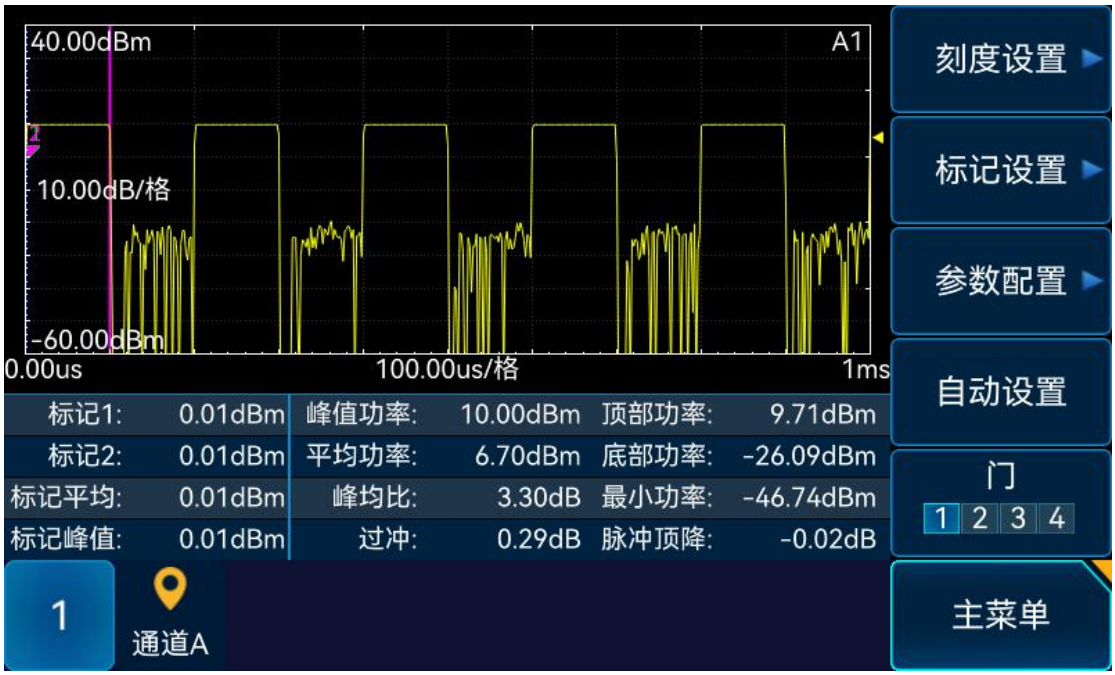


图 3.27　多个周期自动测量功率参数

4）设置【参数配置】，如图 3.28 所示。可以最多选择 8 个参数进行显示，点击【确定】完成配置，此时迹线界面将给出 8 个用户所选参数的测量结果，如图 3.29 所示。



图 3.28　参数配置

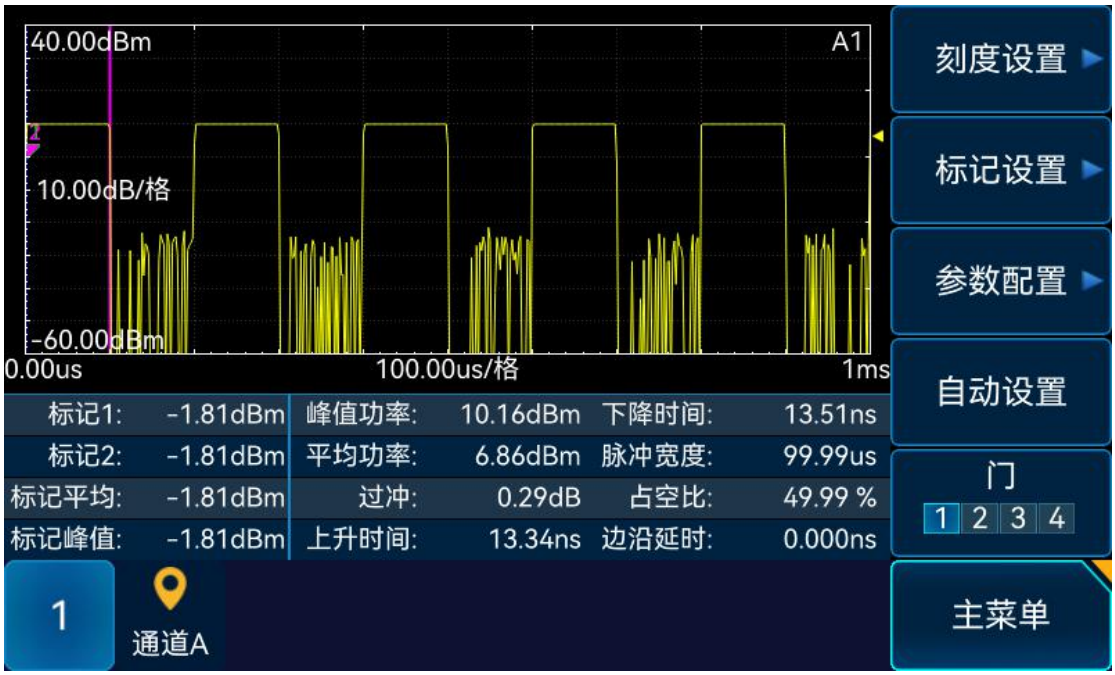


图 3.29　多参数测试

3.3.2.5.5 标记设置

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过标记设置获得标记参数。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为+10dBm、脉冲周期 200us、脉冲宽度 100us。

具体操作步骤如下：

1）设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将波形显示出来。

2）设置【刻度设置】，设置【水平刻度】为 100us/格，【垂直中心】为-10dBm，【垂直刻度】为 10dB/格，得到多个波形显示。

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。此时脉冲迹线左下方显示 4 个标记功率参数，包括标记 1 功率、标记 2 功率、标记间平均功率、标记间峰值功率如下图所示。

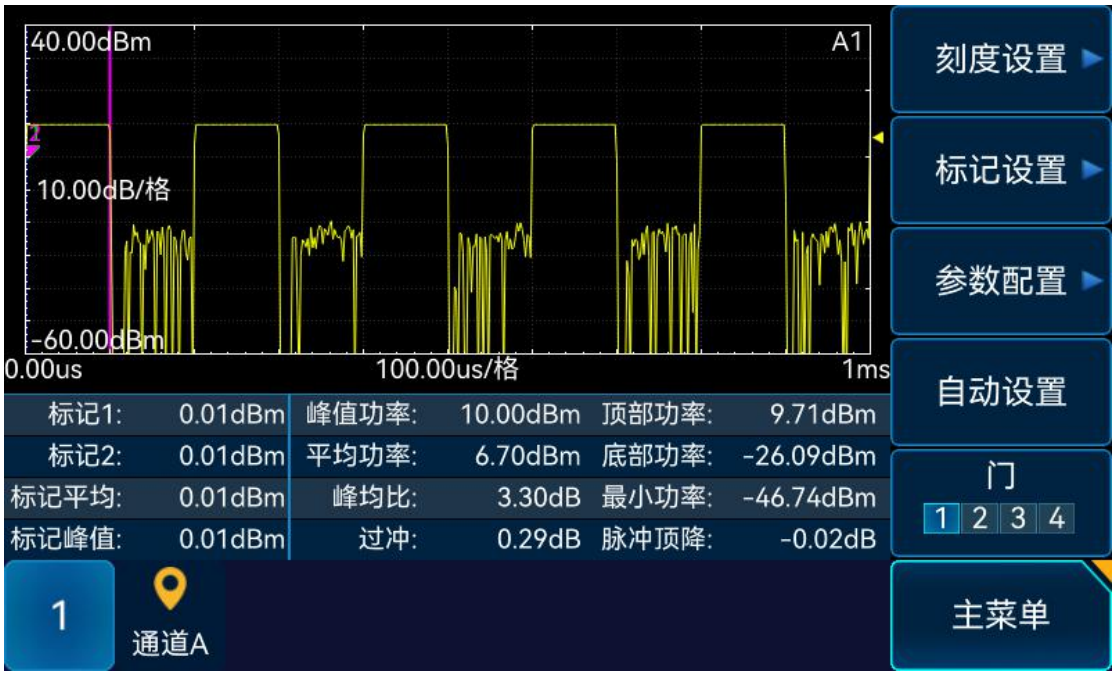


图 3.30　多个周期自动测量功率参数

4）设置【标记设置】，进入到标记设置界面，设置【标记 1】为 210us，【标记 2】为 410us，如下图所示。



图 3.31　标记设置

5）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。此时可在脉冲迹线左下方查看标记功率参数，如下图所示。

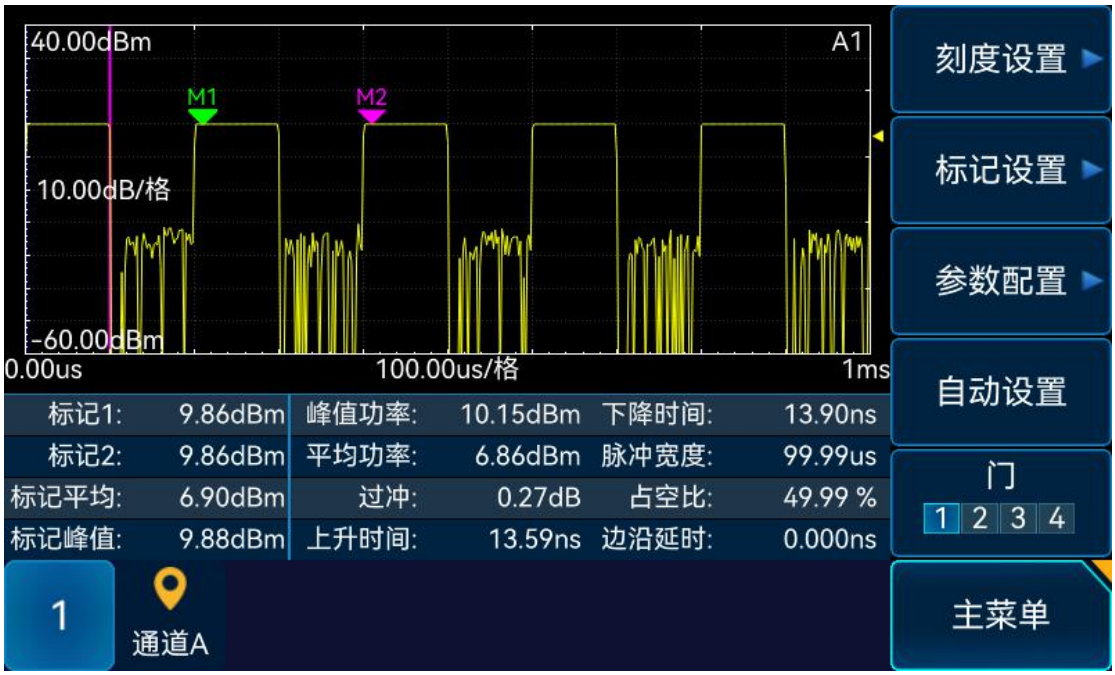


图 3.32　标记参数

6）设置【标记设置】>【标记类型】，设置为“时间”，可在脉冲迹线左下方查看标记时间参数，如下图所示。

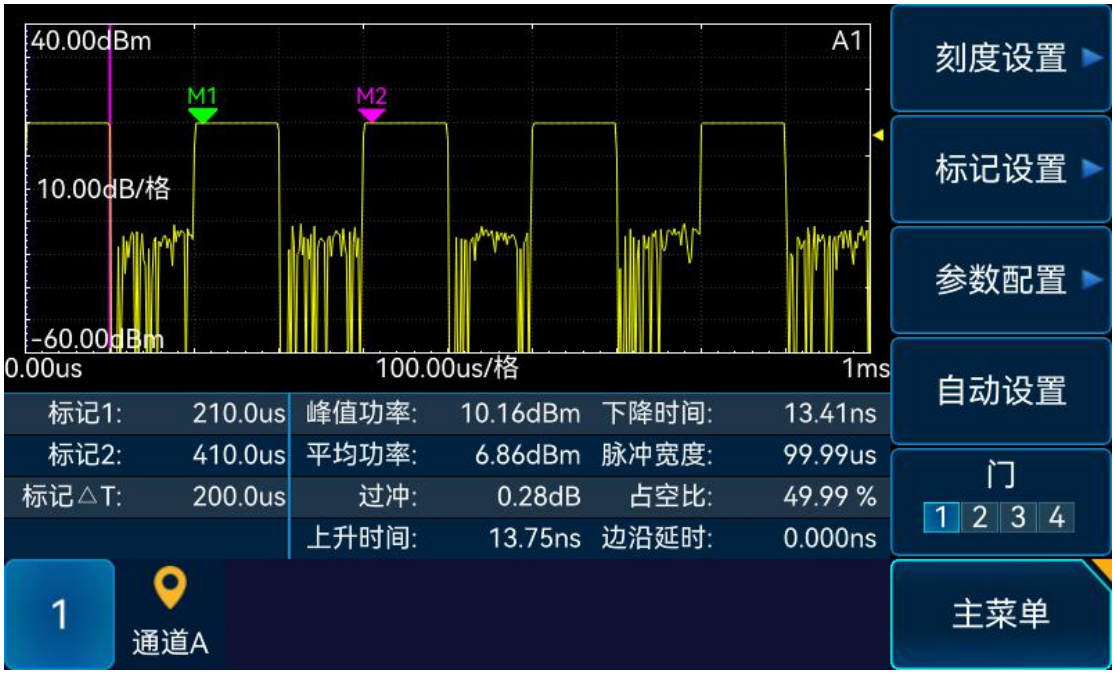


图 3.33　标记时间参数

3.2.3.6 数据输入和门的使用

在 2439D 微波功率计中，“门”是重要的辅助测量手段。“数据输入”配合“门”使用，可以很方便地完成许多脉冲参数的测试。

3.2.3.6.1 测量门的基本概念

“门”功能仅用于使用峰值功率探头的测量。测量门是相对于触发位置的，用于显示迹线在特定时间段内的测量信息。每个峰值测量通道最多可设置 4 个门，每个门可以定义 4 种测量类型，分别为“平均功率”、“峰值功率”、“峰均比”、“最小功率”。

具体定义如下：

平均功率：当前门内功率的平均值。

峰值功率：当前门内功率的最大值。

峰均比：当前门内功率的峰值功率和平均功率的比值。

最小功率：当前门内功率的最小值。

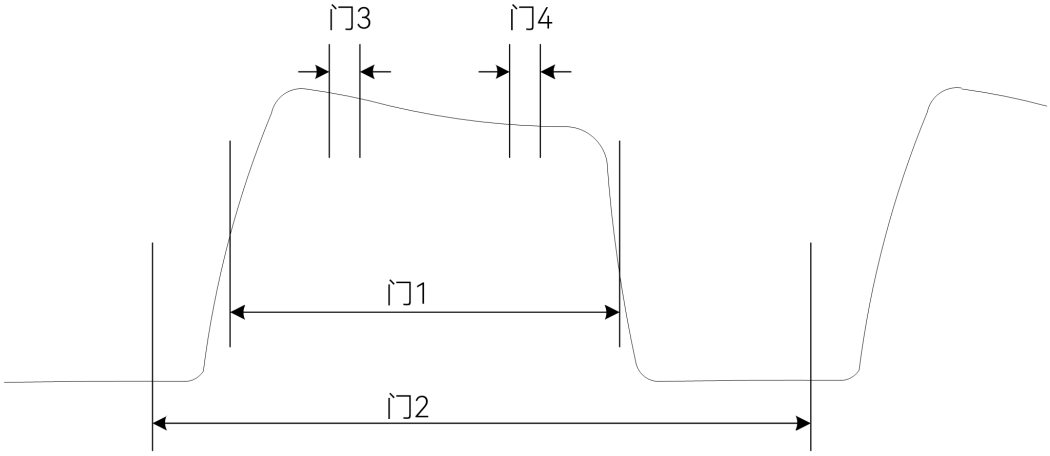


图 3.34　测量门

例如，如上图设置测量门，可以进行以下测量：

1） 脉冲功率：门 1 内平均功率。

2） 脉冲的平均功率：门 2 内平均功率。

2）峰均比：门 2 内峰值功率/平均功率。

3）脉冲跌落：门 3 平均功率/门 4 平均功率。

3.2.3.6.2 数据输入的使用

2439D 微波功率计可以通过显示布局功能，最多配置出 4 个窗口，每个窗口都可以配置数据输入，下面以 1 个窗口为例说明数据输入的使用。

1） 点击第 1 个窗口，进入到该窗口。点击【数据输入】，进入到数据输入界面，如下图所示。由于功率探头此时处于“仅平均”状态，【门】和【类型】处于不可设置状态。



图 3.35 “仅平均”状态下数据输入

2） 【主菜单】>【通道】>【通道 A】>【通用设置】>【模式】，设置为“正常”。再点击【数据输入】，进入到数据输入界面，如下图所示所有功能均可设置。



图 3.36 “正常”状态下数据输入

3） 【输入 1】包括【通道】、【门】、【类型】和【操作】。其中，【通道】可设置当前测量属于某一通道；【门】可设置当前测量所属门；【类型】可设置当前测量是门内“均值”、“”峰值、“峰均比”或“最小值”；【操作】可设置为“无”、“差”或“比”，当设置为“无”时【输入 2】不可设置，当设置为“差”或“比”时，【输入 2】可设置，如下图所示，【输入 2】包括【通道】、【门】和【类型】。



图 3.37　数据输入中输入 2

3.2.3.6.3 脉冲功率测量

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道、配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过门测量脉冲功率。

设置信号发生器频率为 1GHz，功率为 10dBm，周期为 100us，脉冲宽度为 70us。

具体操作步骤如下：

1）点击左下角的布局缩略图，弹出测量窗口选择界面，选择 2 个窗口。

2）点击第 1 个窗口，进入到该窗口。设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将迹线显示出来。

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。设置【刻度设置】>【水平刻度】，设置为 30us。

4）设置【主菜单】>【通道 A】>【门设置】。【门】设置为 1，【门起始】设置为 100us，【门长度】设置为 70us。

5）按【返回】键至最顶层界面，点击第 2 个窗口，进入到该窗口。

6）设置【数据输入】>【输入 1】，【通道】设置为 A，【门】设置为 1，【类型】设置为“均值”，【操作】设置为“无”。

7）按【返回】键至最顶层界面，此时窗口 2 测量结果为门 1 的平均功率，即信号的脉冲功率，如下图所示。

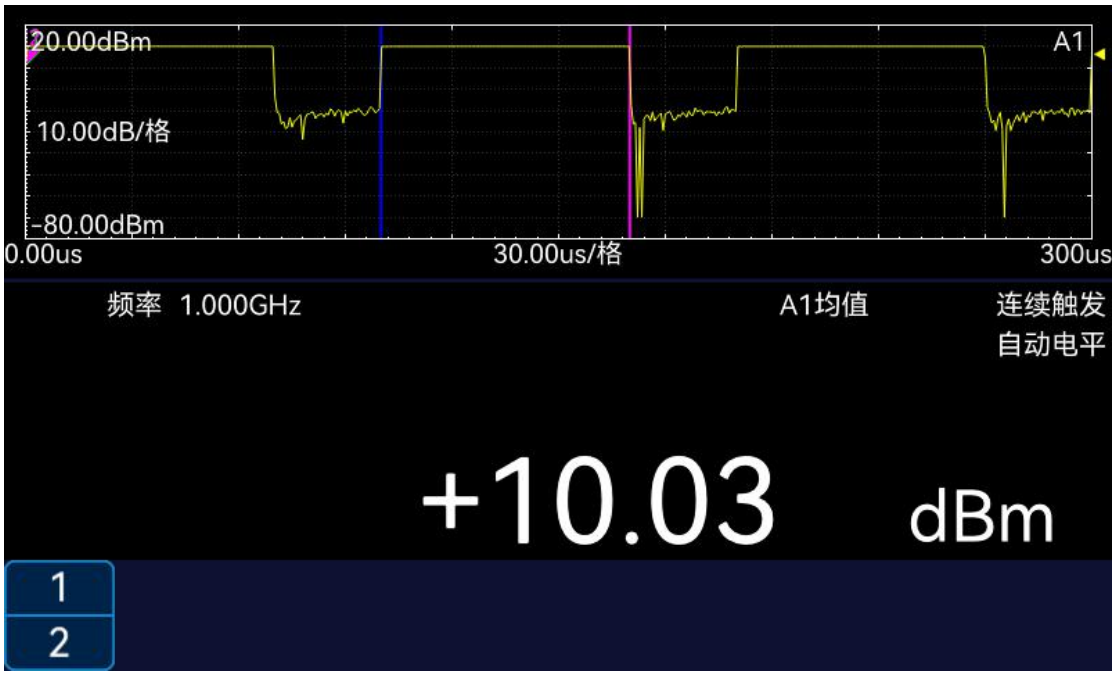


图3.38　脉冲功率测量结果

3.2.3.6.4 峰均比测量

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道、配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过门测量脉冲功率。

设置信号发生器频率为 1GHz，功率为 10dBm，周期为 100us，脉冲宽度为 70us。

具体操作步骤如下:

1）点击左下角的布局缩略图，弹出测量窗口选择界面，选择 2 个窗口。

2）点击第 1 个窗口，进入到该窗口。设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将迹线显示出来。

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。设置【刻度设置】>【水平刻度】，设置为 30us，【门】设置为 2。

4）设置门。设置【主菜单】>【通道 A】>【门设置】。【门】设置为 2，【门起始】设置为 100us，【门长度】设置为 100us。

5）按【返回】键至最顶层界面，点击第 2 个窗口，进入到该窗口。

6）设置【数据输入】>【输入 1】，【通道】设置为 A，【门】设置为 2，【类型】设置为“峰值”，【操作】设置为“比。

7）设置【输入 2】，【通道】设置为 A，【门】设置为 2，【类型】设置为“”均值。

8）按【返回】键至最顶层界面，此时窗口 2 测量结果为门 2 的峰值功率/平均功率，即信号的峰均比，如下图所示。

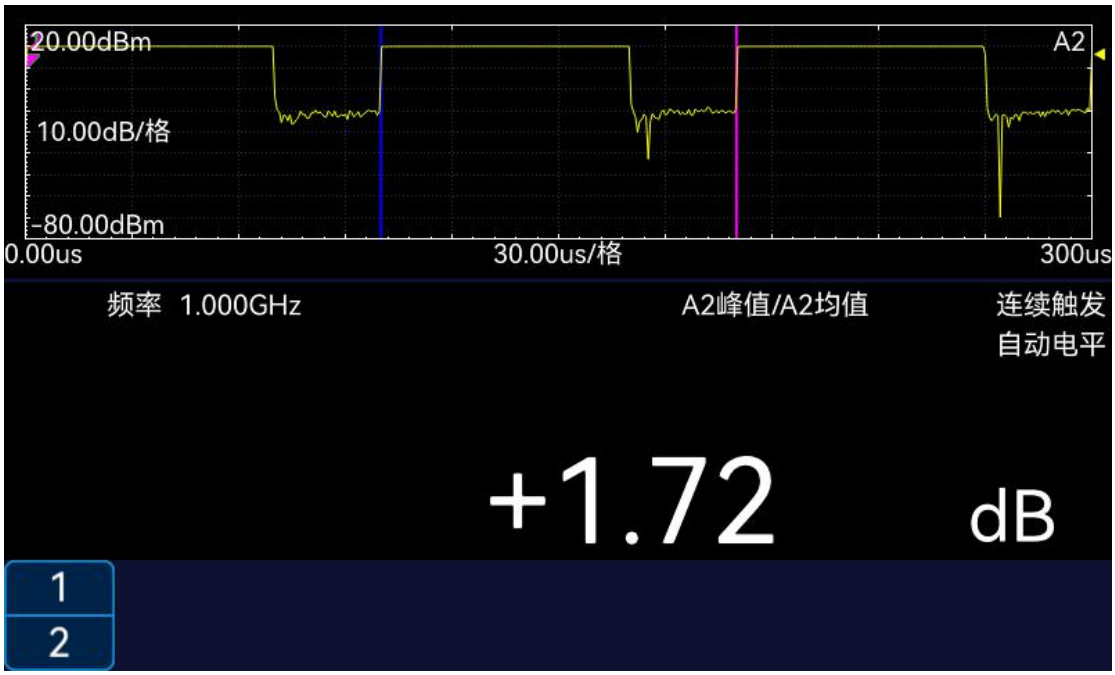


图3.39 峰均比测量结果

3.2.3.6.5 脉冲跌落测量

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道、配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何通过门测量脉冲跌落。

设置信号发生器频率为 1GHz，功率为 10dBm，周期为 100us，脉冲宽度为 70us。

具体操作步骤如下：

1）点击左下角的布局缩略图，弹出测量窗口选择界面，选择 2 个窗口。

2）点击第 1 个窗口，进入到该窗口。设置【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【迹线】，将迹线显示出来。

3）点击波形区域，由小窗口显示转换为中窗口显示。设置【刻度设置】>【水平刻度】，设置为 30us。

4）设置门 3。设置【主菜单】>【通道 A】>【门设置】。【门】设置为 3，【门起始】设置为 107us，【门长度】设置为 1us。

5）设置门 4。设置【主菜单】>【通道 A】>【门设置】。【门】设置为 4，【门起始】设置为 162us，【门长度】设置为 1us。

6）按【返回】键至最顶层界面，点击第 2 个窗口，进入到该窗口。

7）设置【数据输入】>【输入 1】，【通道】设置为 A，【门】设置为 3，【类型】设置为“均值”，【操作】设置为“比”。

8）设置【输入 2】，【通道】设置为 A，【门】设置为 4，【类型】设置为“均值”。

9）按【返回】键至最顶层界面，此时窗口 2 测量结果为门 3 平均功率/门 4 平均功率，即信号的脉冲跌落，如下图所示。

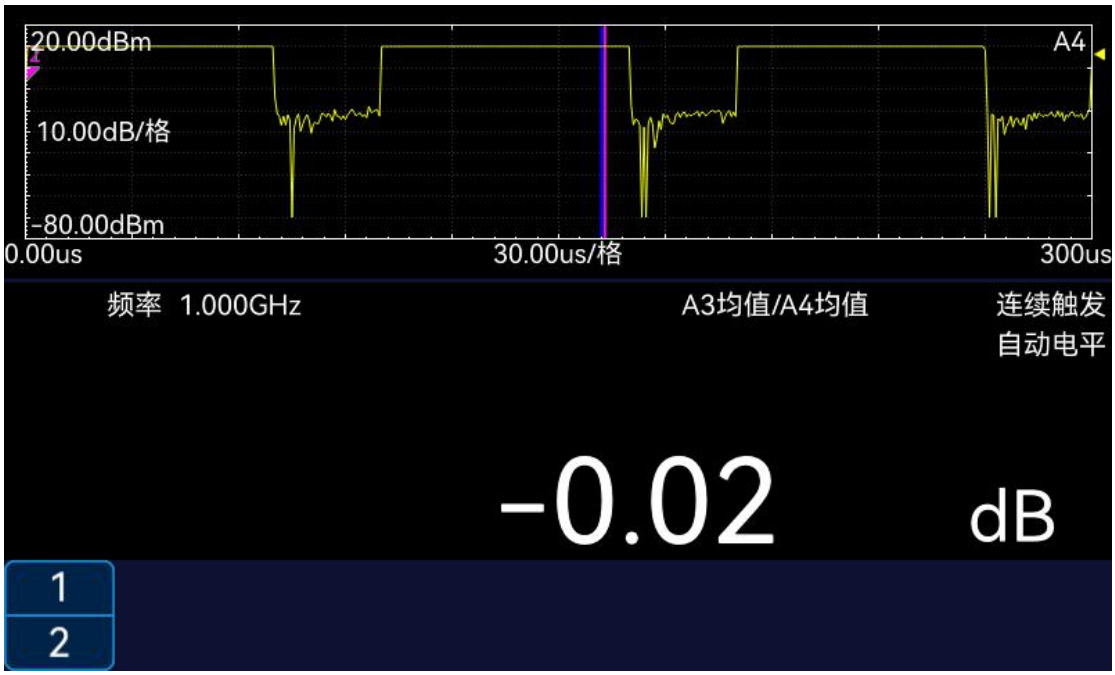


图3.40　脉冲跌落测量结果

3.3.2.7 触发功能的使用

2439D微波功率计可实现对包括脉冲调制在内的多种调制信号的包络参数测量，对信号的功率包络波形进行显示并给出相应的幅度参数和时间参数，直观地为用户提供被测信号功率变化。其中，触发功能是脉冲信号能够稳定测量的基础，无论是稳定的波形显示还是准确的幅度和时间测量都是基于稳定的触发。

2439D微波功率计的触发模式按触发来源分为内部触发和外部触发两种，内部触发即内触发，其触发信号是峰值功率计自身以其实际测量数据的分析而产生，波形显示和参数计算都是以此触发信号作为参考；外部触发是指峰值功率计使用外部信号作为触发信号进行数据处理，通常是信号发生装置提供的与被测信号同步的电平信号，为TTL电平形式。

3.3.2.7.1 触发菜单的使用

触发菜单可通过【主菜单】进入，按通道划分，一个通道对应一组触发功能设置参数，可通过触摸点击标签页在通道A~通道D中切换。下面以通道A为例进行使用说明：

当触发菜单中【触发方式】处于“自由运行”状态时，由于“自由运行”状态是功率计按照固定速率进行采样，采样不受触发影响，因此无需配置其他触发功能，触发菜单中其他设置均不可用；同时在数值窗口右上角显示“自由运行”字样。需要注意的是，由于“自由运行”状态下不支持迹线测量功能，若此时屏幕中为迹线窗口则在窗口右上角显示“停止”字样。



图3.41 “自由运行”状态下触发菜单

当触发菜单中【触发方式】处于“连续触发/单次触发”状态时，功率计的采样受触发信号控制，需要进行合理地配置触发参数才能实现准确的测量；同时在数值窗口的右上方会显示“连续触发”或“单次触发”字样，与当前设置一致。此时配合通道菜单中【通用设置】>【模式】可实现不同的测量方案：

- 【模式】为“仅平均”，此时仅【扩展触发】及其下级菜单中【触发沿】、【触发源】、【触发延时】、【触发释抑】等项可用，此时可结合外触发实现对小功率信号的测量，具体测量方法见**3.3.2.7.2 触发输入功能的使用**。需要注意的是，此时仍不支持迹线测量功能，若此时屏幕中为迹线窗口，则在窗口右上角显示“停止”字样。



图3.42 仅平均模式与“连续/单次触发”状态下触发菜单



图3.43 仅平均模式与“连续/单次触发”状态下触发菜单-扩展触发菜单

- 【模式】为“正常”，此时触发菜单均可用，可实现对脉冲信号的波形显示，同时获取功率幅度参数和时间参数，具体测量方法可见3.3.2.5 峰值功率测量。



图3.44 正常模式与“连续/单次触发”状态下触发菜单



图3.45 正常模式与“连续/单次触发”状态下触发菜单-扩展触发菜单

连续触发和单次触发的区别在于，设置“单次触发”后，在有触发信号情况下，每按一次【单次触发】或按两次2439D微波功率计前面板的【运行/停止】按钮，会进行一次采样，完成一次测量后返回测量结果，而后保持“停止”等待下一次操作；在等待过程中屏幕中窗口的右上角始终显示“停止”字样。如果无触发信号，按【单次触发】无响应，此时【运行/停止】按钮仅切换功率探头的运行和停止状态。

【触发电平】用于选择触发信号的门限电平，在脉冲调制信号测量时，触发电平必须处于顶部功率和底部功率之间才能实现有效的触发。【触发模式】用于控制【触发电平】，当触发模式为“自动电平”时，触发电平不可输入，此时功率计根据被测脉冲的幅度值，自动设置触发电平值为比顶部功率低3dB，并在【触发电平】一项中刷新显示；当触发模式为“正常/自动”时，需要手动输入触发电平，一般的，触发电平设置要求比被测信号峰值功率低3~5dB，确保稳定触发。

3.3.2.7.2 触发输入功能的使用

2439D微波功率计配接功率探头测量脉冲调制信号时，如果被测信号功率比较小，而内部触发偏小，无法触发，可以将与被测信号同步的脉冲包络信号通过触发输入接口接入到2439D微波功率计内部，通过选择外触发作为触发源，从而稳定触发，实现对脉冲包络信号的测量。

2439D微波功率计的触发输入端口共有两个，二者功能一致，可通过点击【触发设置】>【扩展触发】>【触发源】来进行切换，为用户提供更加灵活的操作方案。触发输入端口一个位于2439D微波功率计的后面板，对应【触发源】中的“主机外部”选项；另一个在功率探头的电缆接口一侧，对应【触发源】中的“探头外部”选项。

3.3.2.7.2.1 外触发下脉冲信号的迹线测量

2439D微波功率计配接87236系列USB峰值/平均功率探头时可实现对脉冲信号的迹线测量，若被测信号功率比较小，而内部触发偏小无法触发，则需要使用配合触发输入功能实现测量。

下面以2439D微波功率计的通道A配接87236D USB峰值/平均功率探头为例进行功能介绍。设置信号发生器为脉冲调制模式，幅度为-20dBm，频率为1GHz，脉冲周期100us，脉冲宽度50us，功率计具体操作如下：

1）将 87236D USB 峰值/平均功率探头连接至 2439D 微波功率计的通道 A 上，将自动识别并连接功率探头。
2）设置通道 A 功率探头的频率：点击 2439D 微波功率计右侧软按键【频率】，选择【通道 A】，设置频率为 1GHz。
3）设置通道 A 功率探头的模式：点击【主菜单】>【通道】>【通道 A】>【通用设置】，【模式】选择“正常”。
4）设置通道 A 功率探头的触发方式和触发源：点击【主菜单】>【触发】>【通道 A】，【触发方式】选择“连续”，再点击【扩展设置】，【触发源】选择“主机外部”。
5）设置通道 A 功率探头的显示模式：点击【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】，显示模式选择“迹线”。
6）设置迹线的刻度设置：点击迹线窗口，右侧显示快捷菜单栏，点击【刻度设置】，修改【水平刻度】为 20us/格，【垂直中心】为-30dBm，【垂直刻度】为 10dB/格。
7）将功率探头连接到信号发生器的输出端口，信号发生器的脉冲同步连接到 2439D 微波功率计后面板的触发输入端口。
8）打开信号发生器输出，此时脉冲包络信号稳定的显示在迹线窗口中。

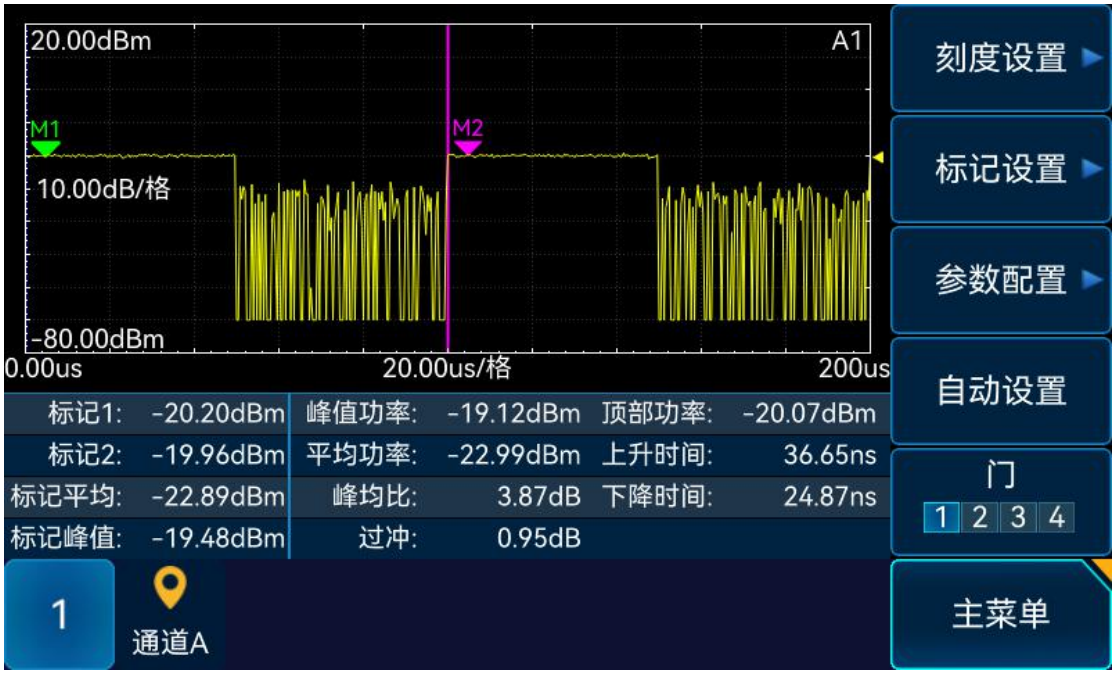


图3.46 外触发下脉冲信号的迹线测量

3.3.2.7.2.2 外触发下脉冲信号的平均功率测量

2439D微波功率计配接功率探头可以通过触发输入功能和孔径参数来测量脉冲调制信号的平均功率，即从触发上升沿开始一段时间内的平均功率，这段时间长度与孔径相关。

下面以2439D微波功率计的通道A配接87235D USB平均功率探头为例进行功能介绍。设置信号发生器为脉冲调制模式，幅度为-40dBm，频率为1GHz，脉冲周期100ms，脉冲宽度50ms，功率计具体操作如下：

1）将 87235D USB 平均功率探头连接至 2439D 微波功率计的通道 A 上，将自动识别并连接功率探头。
2）设置功率探头的频率：点击 2439D 微波功率计右侧软按键【频率】，选择【通道 A】，设置频率为 1GHz。
3）设置通道 A 功率探头的模式和孔径：点击【主菜单】>【通道】>【通道 A】>【通用设置】，【模式】选择“仅平均”，【孔径】设置为 50ms。
4）设置通道 A 功率探头的触发方式和触发源：点击【主菜单】>【触发】>【通道 A】，【触发方式】选择“连续”，再点击【扩展设置】，【触发源】选择“主机外部”。
5）将 87235D USB 平均功率探头连接到信号发生器的输出端口，信号发生器的脉冲同步连接到 2439D 微波功率计后面板的触发输入端口。
6）打开信号发生器输出，此时可在数值窗口中观测到被测信号功率值，此时功率值为触发上升沿开始 50ms（孔径）内平均功率。

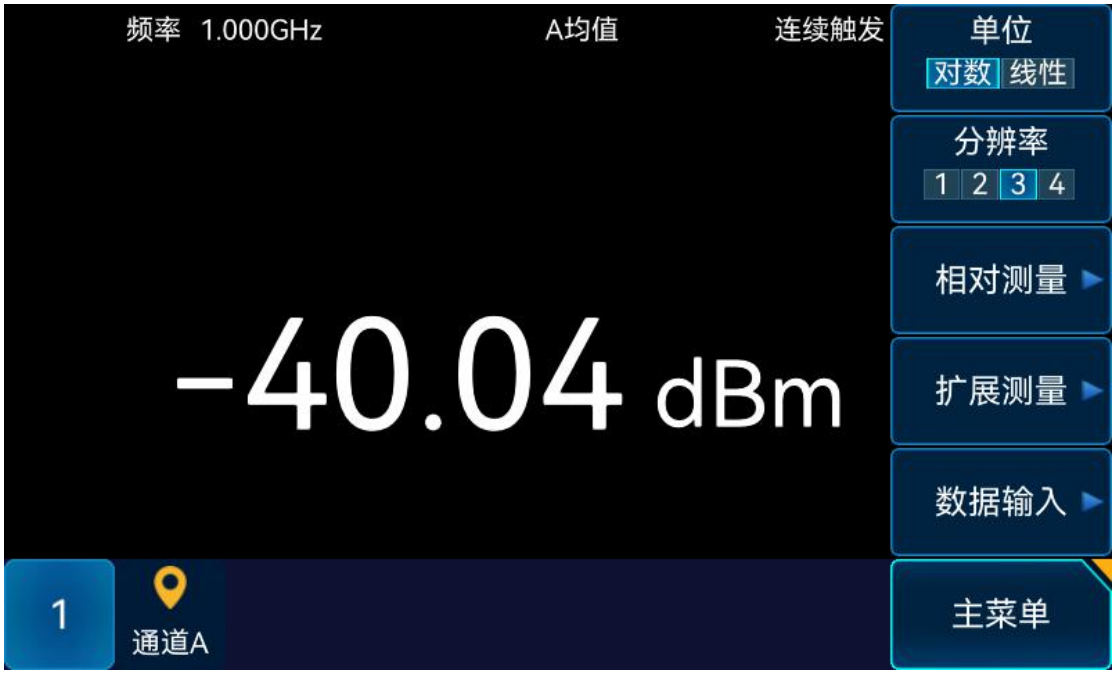


图3.47 外触发下脉冲信号的平均功率测量

3.3.2.8 大周期脉冲信号的稳定测量方法

2439D微波功率计配接87236系列USB峰值/平均功率探头时可实现对大周期脉冲信号的测量。受限于功率计一次采样的时间长度，若被测脉冲信号的周期在100ms以上，功率计需要手动设置触发电平才能保证稳定触发，使脉冲包络信号稳定显示。

下面以2439D微波功率计的通道A配接87236D USB峰值/平均功率探头为例进行功能介绍。设置信号发生器为脉冲调制模式，幅度为0dBm，频率为1GHz，脉冲周期200ms，脉冲宽度10ms，功率计具体操作如下：

1）将 87236D USB 峰值/平均功率探头连接至 2439D 微波功率计的通道 A 上，将自动识别并连接功率探头。
2）设置通道 A 功率探头的频率：点击 2439D 微波功率计右侧软按键【频率】，选择【通道 A】，设置频率为 1GHz。
3）设置通道 A 功率探头的模式：点击【主菜单】>【通道】>【通道 A】>【通用设置】，【模式】选择“正常”。
4）设置通道 A 功率探头的触发方式和触发源：点击【主菜单】>【触发】>【通道 A】，【触发方式】选择“连续”，【触发模式】选择“正常”，【触发电平】设置为-3dBm。
5）设置通道 A 功率探头的显示模式：点击【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】，显示模式选择“迹线”。
6）设置迹线的刻度设置：点击迹线窗口，右侧显示快捷菜单栏，点击【刻度设置】，修改【水平刻度】为 20ms/格，【垂直中心】为-20dBm，【垂直刻度】为 10dB/格。
7）将功率探头连接到信号发生器的输出端口，打开信号发生器输出，此时脉冲包络信号稳定的显示在迹线窗口中。

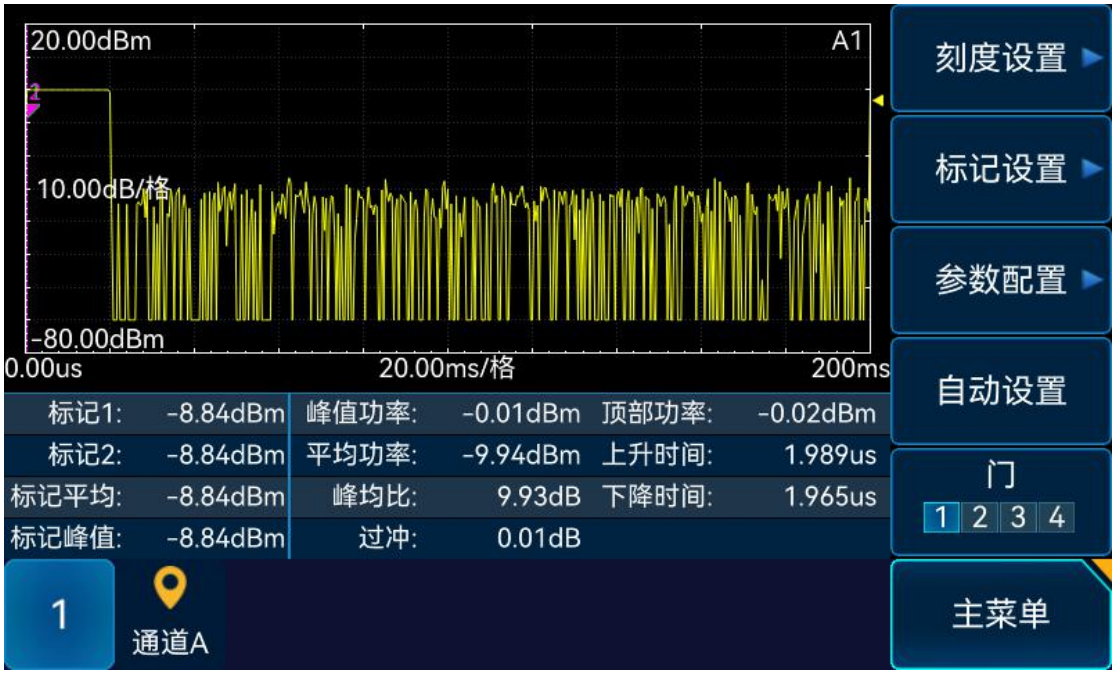


图3.48 大周期脉冲信号的稳定测量

3.3.2.9 功率测量统计分析 CCDF

CCDF 表示特定样本中功率电平大于或等于某个特定值的采样点在整个样本中所占的百分比。在 CCDF 图形中，**X 轴表示峰均功率比值，单位为 dB；Y 轴表示大于等于某一 dB 值的功率电平所出现的概率，**例如，当横坐标指示位置为 2dB，其出现的概率为 50.00%，其代表的含义是峰均功率比值大于 2dB 出现的概率为 50.00%。CCDF 主要应用于通信系统的信号混合、功率放大和信号解码，可用于查看调制方式的效果、信号混合、评估扩频系统、设计和制造射频微波部件。

以通道 A 为例介绍了 CCDF 波形显示的具体操作步骤，具体操作说明如下：

1） 点击【主菜单】>【显示模式】>【通道 A】>【统计】，进入 CCDF 统计测量窗口；
2） 刻度设置。点击【刻度设置】>【水平长度】，设置为 12，即水平长度为 12dB；
3） 终止操作设置。设定完成规定时间或规定统计样本后的操作，点击【终止设置】>【终止操作】，设置为“清除”。
4） 终止计数。点击【终止设置】>【终止计数】，设置为 1000MSa，即计数至 1000MSa 时执行【终止操作】的设置，此时为“清除”。

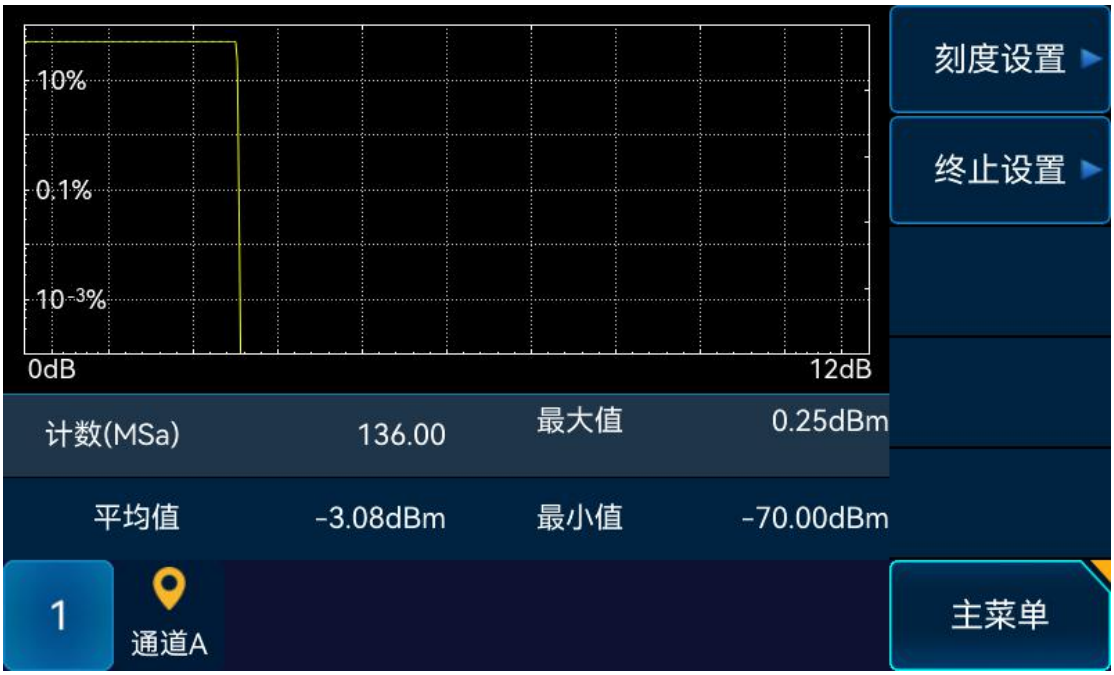


图 3.49　统计测量

3.3.2.10 web 远控

2439D 微波功率计支持在网页端远程访问其界面。

具体操作步骤如下：

1）点击【主菜单】>【系统】>【服务】>【下一页】>【web 远控】，设置为“开”；

2）使用网线连接上位机和 2439D 微波功率计。

3）在网页端输入 2439D 微波功率计的 ip 地址，进入到欢迎界面如图所示。默认 ip 地址为 192.168.1.101。

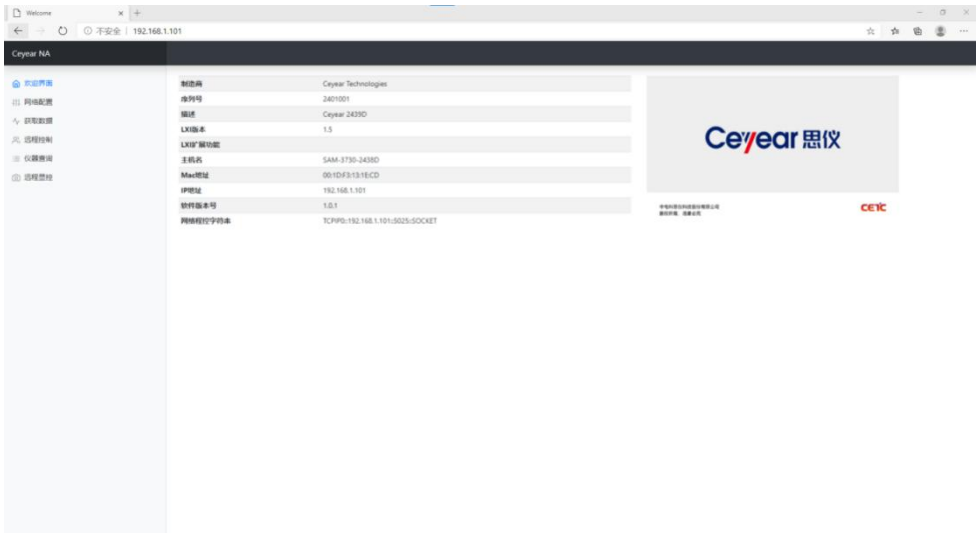


图 3.50　web 远控欢迎界面

4）在网页端点击【远程显控】>【显控】进入显控界面，可实时显示 2439D 微波功率

计界面，并可通过鼠标操作界面，如图所示

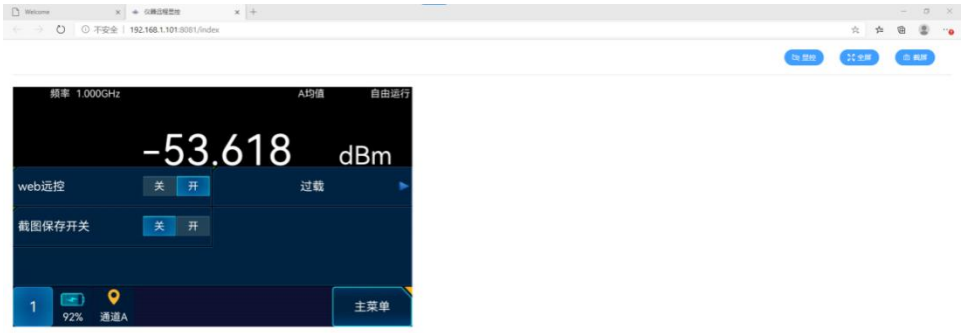


图 3.51　显控界面

3.3.2.11 模拟输出

通过设置，模拟输出接口将产生一个与功率探头所测功率值相对应的模拟电压信号输出，通常上限功率对应 5V，下限功率对应 0V，之间的功率值线性映射 0~5V 电压值。该信号可用于信号发生器等其他仪器的稳幅参考。

本节以 2439D 微波功率计的 A 通道配接 87236D USB 峰值/平均功率探头为例，详细讲述一下如何使用模拟输出。

设置信号发生器频率为 10GHz、功率为 0dBm。

具体操作步骤如下：

1） 点击第 1 个窗口，进入到该窗口。点击【扩展测量】，进入到扩展测量界面，点击【模拟输出】，把状态设置为“开”，设置【上限】为 10dBm，【下限】为-5dBm 如图所示。



图 3.52　模拟输出

2）当信号发生器输出大于等于 10dBm 时，模拟输出接口输出 5V；当信号发生器输出小于等于-5dBm 时，模拟输出接口输出 0V；当信号发生器输出等于 7dBm 时，模拟输出接口输出约为 2.5V。

3.4 数据管理

本节介绍了 2439D 微波功率计的工作状态存储/调用、程控录制文件输出。

- 存储/调用工作状态 57
- 程控录制文件输出 60

3.4.1 存储/调用工作状态

- 复位状态 57
- 存储/调用用户状态 58

3.4.1.1 复位状态

2439D微波功率计提供给用户加电复位状态的选项，作为开机测量时初始状态。通常2439D微波功率计测量出错时，通过复位2439D微波功率计状态还原其正常工作时初始状态。2439D微波功率计复位状态的设置如下：

步骤 1.：打开复位配置界面：

按前面板【复位】，进入复位配置界面。

步骤 2. 执行复位操作：

按【复位】执行复位操作。



图 3.53　复位配置界面

3.4.1.2 存储/调用用户状态

2439D 微波功率计提供存储和调用其测量状态功能，方便用户还原需要的测量状态，以便进一步分析。

步骤 1.：打开 存储/调用 配置界面：

按前面板【复位】，存储/调用 配置界面。

步骤 2. 设置当前存储/调用表：

按【存储调用表选择】，进入存储调用表选择界面，如图 3.54，可选择当前存储/调用表，按【State2】，选择当前存储/调用表为“State2”，如图 3.55。

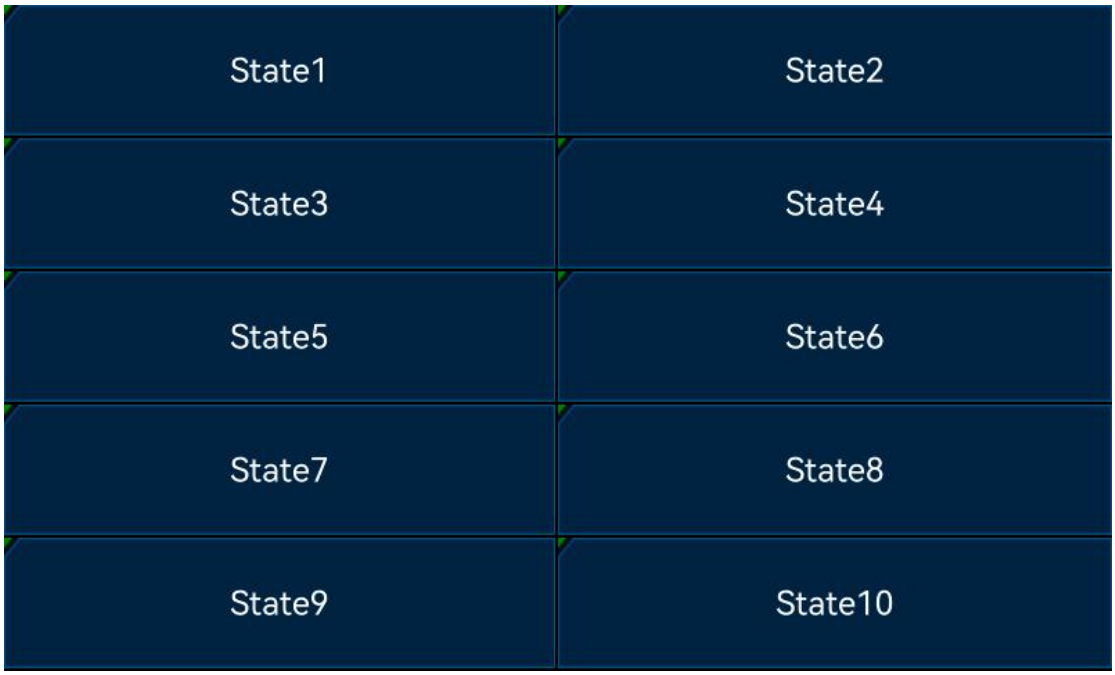


图 3.54　存储/调用表选择



图 3.55　当前存储/调用表

步骤 2. 存储/调用/清除当前存储/调用表:

按【存储】，可将 2439D 微波功率计当前测量状态存储至当前存储/调用表，此时【调用】和【清除】按键变为可设置状态，如图 3.56。按【调用】可调用当前存储/调用表的量状态。按【清除】可清除当前存储/调用表的量状态。



图 3.56　存储/调用表存储

3.4.2 程控录制文件输出

2439D 微波功率计提供程控录制文件输出功能，方便用户将程控录制的程控命令保存至 U 盘，方便用户分析使用。

步骤 1. 打开 程控录制配置界面:

按【主菜单】>[系统]>[服务]>[程控录制]，进入程控录制配置界面。

步骤 2. 打开程控录制功能并录制程控命令:

按

，打开程控录制功能，此时用户对 2439D 微波功率计的操作将以程控命令的形式录制下来，并显示至程控录制配置界面，如图 3.57。

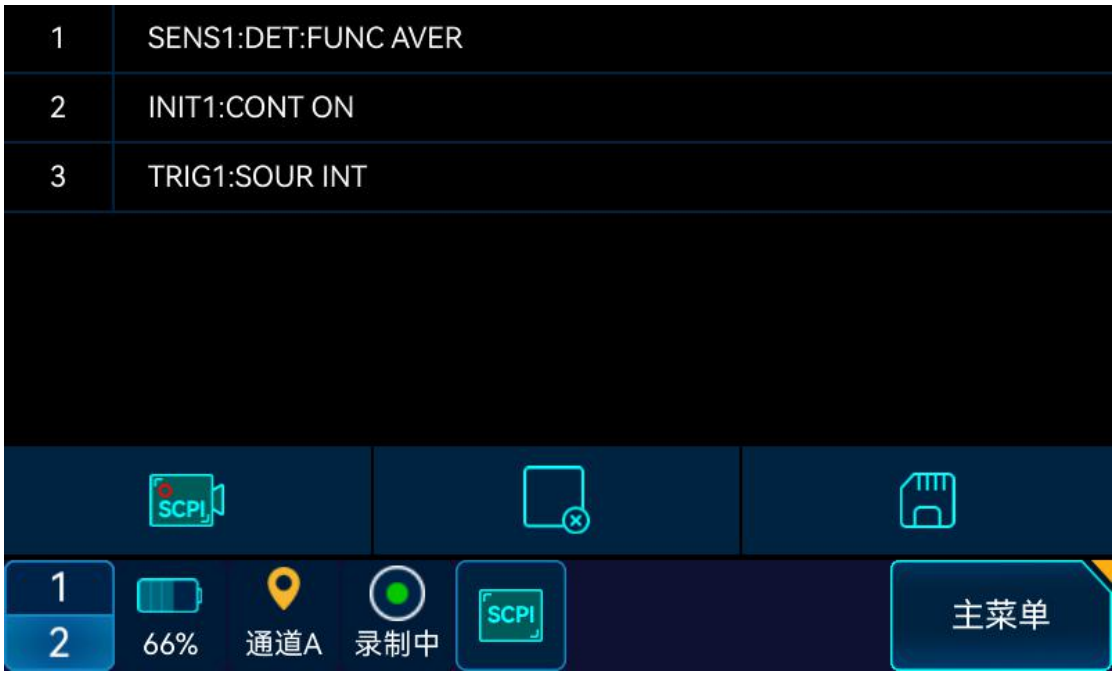


图 3.57　程控录制配置

步骤 3. 保存录制的程控命令至 U 盘:

按可清除当前程控录制命令。按可将当前程控录制命令保存至 U 盘。

4 菜单

2439D 微波功率计菜单包括：显示模式、通道、触发、系统、数值、迹线、统计、校零、频率、复位。下面将依次列出 2439D 微波功率计包含的所有菜单结构及其详细菜单说明。

- 菜单结构 63
- 菜单说明 63

4.1 菜单结构

- 显示模式 63
- 通道 64
- 触发 67
- 系统 68
- 数值 71
- 迹线 72
- 统计 73
- 校零 74
- 频率 74
- 复位 75

4.2 菜单说明

本节详细介绍菜单项功能，参数等信息。

- 显示模式 63
- 通道 64
- 触发 67
- 系统 68
- 数值 71
- 迹线 72
- 统计 73
- 校零 74
- 频率 74
- 复位 75

4.2.1 显示模式

按【主菜单】>[显示模式]，弹出显示模式菜单，用于设置当前窗口显示模式，具体包括：

通道、迹线、数值、统计。操作界面如图 4.1，菜单项说明如表 4.1：



图 4.1 显示模式设置

表 4.1 显示模式菜单

显示模式	
通道	设置当前窗口显示所属通道，包括【通道 A】、【通道 B】、【通道 C】、【通道 D】。
迹线	设置当前窗口显示为脉冲迹线。
数值	设置当前窗口显示为功率数值。
统计	设置当前窗口显示为统计迹线。

注 意

只有通道连接功率探头才可进行通道设置。

4.2.2 通道

按【主菜单】>【通道】，弹出通道菜单，该菜单用于设置 2439D 微波功率计的通道。具体菜单包括通用设置、迹线设置、门设置、偏置。菜单如表 4.2、表 4.3、表 4.4，菜单项说明如表 4.5、表 4.6、表 4.7、表 4.8 和表 4.9。

表 4.2 通道设置

菜 单	子菜单
✧ 通道	
✧ 通用设置>>	模式
	孔径
	步进检测
	平均状态
	平均次数
	平均复位
✧ 迹线设置>>	迹线单位
	迹线平均状态
	迹线平均
	视频带宽
	脉冲定义>>
✧ 门设置>>	门
	门起始
	门长度
	自动门
	门左参考
	门右参考
✧ 偏置>>	通道偏置状态
	通道偏置
	频响偏置>>

表 4.3 通道设置-脉冲定义

菜 单	子菜单
✧ 脉冲定义>>	脉冲定义
	近点
	中点
	远点

表 4.4 通道设置-频响偏置

菜 单	子菜单
✧ 频响偏置>>	频响偏置
	频响偏置表选择
	频响偏置表名称
	编辑>>

表 4.5 通道设置菜单说明

通道	
通道	设置通道设置所属通道，包括【通道 A】、【通道 B】、【通道 C】、【通道 D】。

表 4.6 通用设置菜单说明

通道设置	
模式	设置检波测量模式为正常模式或仅平均模式。
孔径	设置孔径大小（即测量的时间长度）。
步进检测	被测功率出现较大变化时，初始化滤波器提高测量速度。
平均状态	关闭、自动或手动设置平均次数
平均次数	设置范围为 1 ~ 262144。增大测量平均次数可以降低测量噪声，但会增加测量时间。
平均复位	平均复位可以清除缓冲区内的测量结果，重新缓存并计算，在平均次数较多时可有效减小测量时间。

表 4.7 迹线设置菜单说明

迹线设置	
迹线单位	设置迹线单位，分别为对数和线性。
迹线平均状态	开、关。控制迹线平均功能开关。
迹线平均	已触发信号的平均次数，对显示迹线平滑处理，降低噪声。
视频带宽	采用数字滤波实现不同的视频带宽。
脉冲定义	设置定义模式为功率或电压。
远点	设置远点值。
中点	设置中点值
近点	设置近点值。

表 4.8 门设置菜单说明

门设置	
门选择	选中当前门，并设置当前门的起始时间和长度。
门起始	当前门的起始时间。
门长度	当前门的长度。
自动门	打开或关闭当前门的自动门。
门左参考	当前门的左参考百分比，仅自动门打开时可用。
门右参考	当前门的左参考百分比，仅自动门打开时可用。

表 4.9 偏置设置菜单说明

偏置设置	
通道偏置状态	打开或关闭通道偏置。
通道偏置	在数学运算之前，设置应用于被测功率的通道偏差。
频响偏置开关	当前门的起始时间。
频响偏置选择	打开或关闭频响偏置。
频响偏置表名称	编辑当前频响偏置表名称。
编辑	编辑当前频响偏置表，可插入频率和增益。

4.2.3 触发

按【主菜单】>【触发】，弹出触发菜单。触发是脉冲信号能够被稳定测量的基础，脉冲包络经过整形产生与被测信号同步的触发信号，将触发信号的上升沿或者下降沿，作为触发位置，从而获得准确的功率测量值和稳定的迹线波形。

本节主要介绍了 2439D 微波功率计的触发设置菜单，主要包括触发方式、触发模式、触发电平、触发沿、触发源、触发延时、触发释抑、触发迟滞和触发输出使能。菜单如表 4.10，菜单项说明如表 4.11。

表 4.10 触发设置

菜 单	子菜单
✧ **通道**	
✧ **触发方式**	
✧ **触发模式**	
✧ **触发电平**	
✧ **扩展触发>>**	触发沿
	触发源
	触发延时
	触发释抑
	触发迟滞
	触发输出使能

表 4.11 触发设置菜单说明

触发设置	
通道	设置触发设置所属通道，包括【通道 A】、【通道 B】、【通道 C】、【通道 D】。

触发方式	设置自由运行、连续触发或单次触发模式。 自由运行：按照固定速率进行采样，采样不受触发影响。 连续触发：采样受触发信号控制。当测量脉冲调制信号时，通过设置合适的触发电平，可以产生与脉冲调制包络同步的触发信号，从而获取准确稳定的测量结果。 单次触发：在有触发信号情况下，每按一次[单次触发]，进行一次采样；如果无触发信号，按[单次触发]无变化。
触发模式	设置为自动电平、正常或自动。
触发电平	正常和自动触发模式下，手动设置触发电平。
触发沿	设置在信号的上升沿或者下降沿进行触发。
触发源	设置内部触发或者外部触发。
触发延时	设置触发事件和门控起始事件之间的延迟时间，应用于所有门控。
触发释抑	设置触发释抑时间，在此时间内禁止触发。
触发迟滞	设置触发迟滞值。
触发输出使能	使能与输入信号同步的 TTL 电平。

4.2.4 系统

按【主菜单】>【系统】，弹出系统菜单，该菜单用于 2439D 微波功率计系统相关设置。具体远程接口、错误列表、关于、服务、中英文切换和探头信息。菜单如表 4.12~表 4.17，菜单项说明如表 4.18~表 4.25。

表 4.12 系统设置

菜 单	子菜单
✧ **远程接口>>**	GPIB
	地址方式
	IP 地址
	子网掩码
	默认网关
	接口信息
✧ **错误列表>>**	本地错误
	程控错误
✧ **关于**	
✧ **服务>>**	时间>>
	主机软件更新
	调试模式>>
	程控录制>>

	版本信息>>
	下一页>>
✧ 中英文切换	
✧ 探头信息	

表 4.13 系统设置-服务-时间

菜 单	子菜单
✧ 时间>>	本次运行时间
	累计运行时间
	本次清零

表 4.14 系统设置-服务-程控录制

菜 单	子菜单
✧ 程控录制>>	录制开关
	清除
	保存至 U 盘

表 4.15 系统设置-服务-版本信息

菜 单	子菜单
✧ 版本信息>>	硬件版本信息
	软件版本信息
	CPU 板版本信息

表 4.16 系统设置-服务-下一页

菜 单	子菜单
✧ 下一页>>	web 远控
	过载>>

表 4.17 系统设置-服务-下一页-过载

菜 单	子菜单
✧ 过载>>	过载开关
	过载列表

表 4.18 系统菜单说明

系统	
关于	用于显示 2439D 微波功率计基本信息，包括型号、版本号、厂商和联系方式等。
中英文切换	设置 2439D 微波功率计的中英文显示
探头信息	用于显示 2439D 微波功率计各个通道连接情况，包括功率探头型号、序列号和版本号。

表 4.19 远程接口菜单说明

远程接口	
GPIB	设置 2439D 微波功率计 GPIB 地址。
地址方式	设置 2439D 微波功率计 ip 地址获取方式为静态或动态。
IP 地址	设置 2439D 微波功率计 ip 地址。
子网掩码	设置 2439D 微波功率计子网掩码。
默认网关	设置 2439D 微波功率计默认网关。
接口信息	用于显示 2439D 微波功率计接口信息，包括 Socket、HISLIP、 VXI-11、USBTMC、GPIB。

表 4.20 错误列表菜单说明

错误列表	
本地错误	用于显示 2439D 微波功率计本地错误。
程控错误	用于显示 2439D 微波功率计程控产生的错误。

表 4.21 服务列表菜单说明

服务	
主机软件更新	通过 U 盘更新 2439D 微波功率计软件。
调试模式	进入 2439D 微波功率计调试菜单，不对用户开放。

表 4.22 时间设置菜单说明

时间	
本次运行时间	用于显示 2439D 微波功率计本次开机后运行时间。
累计运行时间	用于显示 2439D 微波功率计出场后累计运行时间。
本次清零	清除 2439D 微波功率计本次开机后运行时间。

表 4.23 程控录制菜单说明

程控录制	
录制开关	设置 2439D 微波功率计程控录制功能打开或关闭。
清除	清除 2439D 微波功率计本次录制的程控命令。
保存至 U 盘	将 2439D 微波功率计本次录制的程控命令保存至 U 盘。

表 4.24 版本信息菜单说明

版本信息	
硬件版本信息	显示 2439D 微波功率计硬件相关信息，包括 CPU 板、键盘板和后面板。
软件版本信息	显示 2439D 微波功率计软件相关信息，包括软件名称、序列号和版本号。

CPU 板版本信息	显示 2439D 微波功率计 CPU 板相关信息，包括 FPGA 版本号。

表 4.25 下一页菜单说明

下一页	
web 远控	设置 2439D 微波功率计 web 远控功能打开或关闭。
过载开关	设置 2439D 微波功率计过载功能打开或关闭。
过载列表	显示 2439D 微波功率计过载相关信息。

4.2.5 数值

按【主菜单】>【显示模式】>【数值】，将当前窗口切换为数值显示，数值菜单位于数值显示窗口右侧。该菜单用于设置数值显示窗口，如数值窗口中切换功率单位等；主要包括测量单位、分辨率、相对测量、扩展测量和数据输入。菜单如表 4.26，菜单项说明如表 4.27。

表 4.26 数值测量设置

菜 单	子菜单
✧ 单位	
✧ 分辨率	
✧ 相对测量>>	相对测量开关
	相对功率
✧ 扩展测量>>	测量极限开关
	测量极限上限
	测量极限下限
	模拟输出开关
	模拟输出上限
	模拟输出下限
✧ 数据输入	输入 1
	输入 1 通道
	输入 1 门
	输入 1 类型
	输入 1 操作
	输入 2
	输入 2 通道
	输入 2 门
	输入 2 类型

表 4.27 数值测量设置菜单说明

测量设置	
单位	设置当前测量为对数或线性测量单位。
分辨率	设置当前测量的测量结果显示分辨率。
相对测量开关	启用当前测量的相对模式。
相对功率	点击相对功率，计算当前测量值与参考值的相对测量结果。
测量极限开关	设置当前测量的测量极限的开关。
极限上限	设置当前测量的上限值。
极限下限	设置当前测量的下限值。
模拟输出开关	设置当前测量的模拟输出的开关。
模拟输出上限	设置当前测量的模拟输出上限值。
模拟输出下限	设置当前测量的模拟输出下限值。
输入 1	切换输入 1 显示，包括通道、门、类型和操作。
输入 1 通道	设置输入 1 通道，包括通道 A、通道 B、通道 C 和通道 D。只有通道连接功率探头才有效。
输入 1 门	设置输入 1 门，包括门 1~4。
输入 1 类型	设置输入 1 类型，包括均值、峰值、峰均比和最小值。
输入 1 操作	设置输入 1 操作，包括无、差和比。
输入 2	切换输入 1 显示，包括通道、门和类型。
输入 2 通道	设置输入 2 通道，包括通道 A、通道 B、通道 C 和通道 D。（不支持设置）
输入 2 门	设置输入 2 门，包括门 1~4。
输入 2 类型	设置输入 2 类型，包括均值、峰值、峰均比和最小值。

4.2.6 迹线

按【主菜单】>【显示模式】>【迹线】，当前窗口切换为迹线显示，迹线菜单位于迹线显示窗口右侧。该菜单用于设置脉冲迹线的显示方式等；主要包括刻度设置、标记设置、参数配置、自动设置和当前门。菜单如表 4.28，菜单项说明如表 4.29。

表 4.28 迹线设置

菜 单	子菜单
✧ 刻度设置>>	水平起始
	水平刻度
	垂直中心
	垂直刻度
✧ 标记设置>>	标记 1

	标记 2
	标记类型
✧ 参数配置	
✧ 自动设置	
✧ 门	

表 4.29 迹线设置菜单说明

迹线设置	
水平起始	设置迹线窗口最左侧的起始时间。
水平刻度	设置迹线窗口水平方向每格代表的时间。
垂直中心	设置迹线窗口垂直方向上的中心代表的功率值。
垂直刻度	设置迹线窗口垂直方向每格代表的功率。
标记 1	设置标记 1 的水平位置。
标记 2	设置标记 2 的水平位置。
标记类型	设置标记信息显示区标记时间参数或标记功率参数。
参数配置	设置脉冲参数显示区显示脉冲参数类型，最多选择 8 个。
自动设置	自动设置脉冲迹线的水平起始、水平刻度、垂直中心和垂直刻度。
门	设置脉冲迹线当前显示的门。

4.2.7 统计

按【主菜单】>【显示模式】>【统计】，将当前窗口切换为迹线显示，迹线菜单位于迹线显示窗口右侧。该菜单用于设置脉冲迹线的显示方式等；主要包括刻度设置、标记设置、参数配置、自动设置和当前门。菜单如表 4.30，菜单项说明如表 4.31。

表 4.30 统计设置

菜 单	子菜单
✧ 刻度设置>>	水平长度
✧ 终止设置>>	捕获设置
	终止操作
	终止计数

表 4.31 统计设置菜单说明

统计设置	
水平长度	设置统计迹线显示水平长度。
捕获设置	设置运行或停止当前捕获。
终止操作	设置当前捕获完成后状态。
终止计数	设置当前捕获终止计数条件。

4.2.8 校零

按前面板[校零]，弹出校零菜单，该菜单用于设置 2439D 微波功率计的校零。具体菜单包括通道、校零类型、参考源、校零。菜单如表 4.32，菜单项说明如表 4.33。

表 4.32 校零设置

菜 单	子菜单
✧ 通道	
✧ 校零类型	
✧ 参考源	
✧ 校零	

表 4.33 校零设置菜单说明

校零设置	
通道	设置当前校零设置所属通道，包括【通道 A】、【通道 B】、【通道 C】、【通道 D】。
校零类型	校零类型分为内部和外部。内部：采用内部开关，不需要关闭信号发生器输出即可实现校零操作。外部：必须关闭信号发生器输出才能实现校零操作。另外，尤其在小信号测量时需要进行外部校零。
参考源	打开参考源开关，输出 0dBm,50MHz 信号。
校零	执行一次校零操作。

4.2.9 频率

按前面板【频率】，弹出频率菜单，该菜单用于设置 2439D 微波功率计的频率。具体菜单包括通道和频率。菜单如表 4.34，菜单项说明如表 4.35。

表 4.34 频率设置

菜 单	子菜单
✧ 通道	
✧ 频率	

表 4.35 频率设置菜单说明

频率设置	
通道	设置当前校零设置所属通道，包括【通道 A】、【通道 B】、【通道 C】、【通道 D】。
频率	设置测量频率。

4.2.10 复位

按前面板【复位】，弹出复位菜单，复位菜单位于 2439D 微波功率计的复位和存储调用功能。主要包括复位、预置、存储调用表选择、存储调用表编辑、存储、调用、清除。菜单如表 4.36，菜单项说明如表 4.37。

表 4.36 复位设置

菜 单	子菜单
✧ 复位	
✧ 预置	
✧ 存储调用表选择	
✧ 存储调用表编辑	
✧ 存储	
✧ 调用	
✧ 清除	

表 4.37 复位设置菜单说明

迹线设置	
复位	将 2439D 微波功率计测量复位至出厂设置。
预置	预置包含 24 个选项，可根据测试对象，选择合适的预置状态，可以快速配置“显示类型”、“水平刻度”、“垂直刻度”、“测量门”、“频率”等参数，可方便准确迅速的实现各种功率参数、时间参数的准确测量。
存储调用表选择	选择当前存储调用表，共 10 个可供选择。
存储调用表编辑	编辑当前存储调用表的名字。
存储	将 2439D 微波功率计当前状态存储至当前存储调用表。

调用	调用当前存储调用表状态至 2439D 微波功率计。
清除	清空当前存储调用表的存储状态。

5 远程控制

本章介绍了 2439D 微波功率计的程控基础、程控接口与配置方法，并简要的介绍了 I/O 仪器驱动库的概念及分类。以方便用户起步实现远程控制操作。具体内容包括：

- 远程控制基础.....77
- 仪器程控端口与配置.....93
- VISA接口基本编程方法.....96
- I/O库.....99

5.1 远程控制基础

5.1.1 程控接口

具备远程控制功能的仪器一般支持三种程控接口：LAN、GPIB、USB，具体型号仪器支持的端口类型由仪器本身功能决定。

表 5.1 远程控制接口类型和 VISA 寻址字符串

程控接口	VISA 地址字符串（注释 1）	说 明
LAN (Local Area Network)	● VXI-11协议 TCPIP::host address[::LAN device name][::INSTR] VISA ● HISLIP协议 TCPIP::host address::hislip0[::INSTR] VISA ● 原始套接字协议 TCPIP::host address[::LAN device name]::<port>::SOCKET	通过仪器后面板网络端口连接仪器实现远程控制。具体协议请参考：“5.1.1.1 LAN 接口”。
GPIB (IEC/IEEE Bus Interface)	GPIB::primary address[::INSTR]	通过仪器后面板端口连接仪器实现远程控制。遵守IEC 625.1/IEEE 418总线接口标准。具体请参考：“5.1.1.2 GPIB 接口”。
USB (Universal Serial Bus)	USB::<vendor ID>::<product_ID>::<serial_number>[::INSTR]	仪器后面板端口。具体请参考：“5.1.1.3 USB 接口”

注释 1：VISA 即虚拟仪器软件结构(Virtual Instrumentation Software Architecture)，是一套标准的软件接口函数库，用户可以使用该函数库通过 GPIB、LAN、USB 等接口控制

仪器。用户应首先在控制计算机上安装 VISA 库，使用 VISA 库实现远程仪器控制，具体请参考所安装 VISA 库的用户手册。

5.1.1.1 LAN 接口

通过 10Base-T 和 100Base-T 局域网内计算机进行远程控制，各种仪器在局域网内组合成系统，并统一由网内计算机控制。2439D 微波功率计为实现局域网内远程控制，需事先安装端口连接器、网卡和相关网络协议，并配置相关的网络服务，同时网内控者计算机也需事先安装仪器控制软件和 VISA 库。网卡的三种工作模式是：

- 10Mbit/s 以太网 IEEE802.3；
- 100Mbit/s 以太网 IEEE802.3u；
- 1Gbit/s 以太网 IEEE802.3ab。

控者计算机和 2439D 微波功率计需通过网口连接到共同的 TCP/IP 协议网络上。连接计算机和 2439D 微波功率计之间的电缆是商用 RJ45 电缆（带屏蔽或无屏蔽的 5 类双绞线）。数据传输时，采用数据分组传输方式，LAN 传输速度较快。通常，计算机和 2439D 微波功率计之间的电缆长度不应超过 100 米（100Base-T 和 10Base-T）。关于 LAN 通信的更多信息，请参考：http://www.ieee.org。下面介绍 LAN 接口相关知识：

1) IP 地址

通过局域网对 2439D 微波功率计进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。例如：主控计算机的 IP 地址是 192.168.1.10，则 2439D 微波功率计的 IP 地址应设为 192.168.1.XXX，其中 XXX 为 1 ~ 255 之间的数值。

建立网络连接时只需 IP 地址，VISA 寻址字符串形式如下：

TCPIP::host address[::LAN device name][::INSTR]

其中：

- TCPIP 表示使用的网络协议；
- host address 表示仪器的 IP 地址或者主机名称，用于识别和控制被控仪器；
- LAN device name 定义了协议和子设备的句柄号（该项可选）；
- INSTR 表示仪器资源类型（该项可选）；

VXI-11

TCPIP::<IP 地址或主机名>[::inst0][::INSTR]

inst0：LAN 设备名称，表示使用 VXI-11 协议（可选）。

HISLIP

TCPIP::<IP 地址或主机名>::hislip0[::INSTR]

hislip0：HISLIP 设备名称，表示使用 HISLIP 接口协议（强制）。

SOCKET

TCPIP::<IP 地址或主机名>::port::SOCKET

- port 标识套接字端口号;
- SOCKET 表示原始网络套接字资源类。

套接字（SOCKET）通信需要指定端口（通常称为端口号）和"SOCKET"，套接字通信的默认端口号是 5025。

举例:

仪器的 IP 地址是 192.168.1.101，主机名是 2439D-00001

- VXI-11协议的有效资源字符串是:
  TCPIP::192.168.1.101
  TCPIP::192.168.1.101::INSTR
  TCPIP::192.168.1.101::inst0
  TCPIP::192.168.1.101::inst0::INSTR
  TCPIP::2439D-00001.local
  TCPIP::2439D-00001.local::INSTR
  TCPIP::2439D-00001.local::inst0
  TCPIP::2439D-00001.local::inst0::INSTR
- HISLIP协议的有效资源字符串是:
  TCPIP::192.168.1.101::hislip0
  TCPIP::192.168.1.101::hislip0::INSTR
  TCPIP::2439D-00001.local::hislip0
  TCPIP::2439D-00001.local::hislip0::INSTR
- 原始套接字(SOCKET)连接时的有效资源字符串是:
  TCPIP::192.168.1.101::5025::SOCKET
  TCPIP::2439D-00001.local::5025::SOCKET

提 示

程控系统中多仪器识别方法

若网络中连接多台仪器，采用仪器单独的IP地址和关联的资源字符串区分。主控计算机使用各自的VISA资源字符串识别仪器。

2) VXI-11 协议

VXI-11 标准基于 ONC RPC(Open Network Computing Remote Procedure Call)协议，它是 TCP/IP 协议的网络/传输层。TCP/IP 网络协议和相关的网络服务被预先配置好，通信时，这种面向连接的通讯，即遵循按序交换并能识别连接的中断，保证了不丢失信息。

3) HISLIP 协议

HISLIP（高速局域网仪器协议）是 IVI 组织指定的基于 TCP 仪器的 VXI-11 后继协议。该协议为单个连接使用两个 TCP 套接字:

1）第一个用于快速数据传输。

2）第二个用于非顺序控制命令（如设备清除或者 SRQ）。

HISLIP 具有以下特点：

- 与原始的套接字（socket）网络连接一样具有高性能。
- 兼容 IEEE 488.2 支持消息交换协议，设备清除串行轮询，远程/本地，触发器和服务请求。
- 用单 IANA 寄存器端口（4880），简化了防火墙的配置。
- 通过提供通用的锁定机制，支持多个用户同时访问。
- 可用 IPV6 和 IPV4 网络。

4） 套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接 2439D 微波功率计。套接字是计算机网络编程中使用的一个基本方法，它使用不同硬件和操作系统的应用程序得以在网络中进行通信。这种方法通过端口（port）使 2439D 微波功率计与计算机实现双向通信。

套接字是专门编写的一个软件类，里面定义了 IP 地址、设备端口号等网络通信所必需的信息，整合了网络编程中的一些基本操作。在操作系统中安装了打包的库就可以使用套接字。两个常用的套接字库是 UNIX 中应用的伯克利（Berkeley）套接字库和 Windows 中应用的 Winsock 库。

2439D 微波功率计中的套接字通过应用程序接口（API）兼容 Berkeley socket 和 Winsock。此外，还兼容其他标准套接字 API。通过 SCPI 命令控制 2439D 微波功率计时，程序中建立的套接字程序发出命令。在使用局域网套接字之前，必须先设置 2439D 微波功率计的套接字端口号。2439D 微波功率计的套接字端口号为 5025。

5.1.1.2 GPIB 接口

GPIB 接口是目前仍被广泛使用的仪器程控接口，通过 GPIB 电缆连接不同种类仪器，与主控计算机组建测试系统。为实现远程控制，主控计算机需要事先安装 GPIB 总线卡，驱动程序以及 VISA 库。通信时，主控计算机首先通过 GPIB 总线地址寻址被控仪器，用户可设置 GPIB 地址和 ID 查询字符串，GPIB 通信语言可默认为 SCPI 命令形式。

GPIB 及其相关接口操作在 ANSI/IEEE 标准 488.1-1987 和 ANSI/IEEE 标准 488.2-1992 中有详细的定义和描述。具体标准细节请参考 IEEE 网站：http://www.ieee.org。

GPIB 以字节为单位来处理信息，数据传输速率能够达到 8MBps，因此 GPIB 的数据传输比较快。因数据传输速度受限于设备/系统与计算机之间的距离，GPIB 连接时，需注意以下几点：

- 通过 GPIB 接口最多可组建 15 台仪器。
- 传输电缆总长度不超过 15 米，或者不超过系统中仪器数量的两倍。通常，设备间传输电缆最大长度不能超过 2 米。
- 若并行连接多台仪器，需要使用“或”连接线。
- IEC 总线电缆的终端应该连接仪器或控者计算机。

5.1.1.3 USB 接口

为实现 USB 程控，需要通过 USB B 型口连接计算机和 2439D 微波功率计，并事先安装 VISA 库，VISA 自动检测和配置仪器以建立 USB 连接，而不需要输入仪器地址字符串或安装单独的驱动程序。

USB 地址：

寻址字符串格式：USB::<vendor ID>::<product ID>::<serial number>[::INSTR]

其中：

- <vendor ID>　代表生产厂家代号；
- <product ID>　代表仪器代号；
- <serial number>　代表仪器序列号；

示例：

USB::0x0AAD::0x00C6::100001::INSTR

0x0AAD：生产厂家代号；

0xC6：　仪器代号；

100001：　是仪器的序列号。

5.1.2 消息

数据线上传输的消息分为以下两类：

1）　接口消息

仪器与主控计算机间通信时，首先需要拉低attention线，然后接口消息才能通过数据线传送给仪器。只有具备GPIB总线功能的仪器才能发送接口消息。

2）　仪器消息

有关仪器消息的结构和语法，具体请参考章节“5.1.4 SCPI命令”。根据传输方向的不同，仪器消息可分为命令和仪器响应。如不特别声明，所有程控接口使用仪器消息的方法相同。

a）　命令：

命令（编程消息）是主控计算机发送给仪器的消息，用于远程控制仪器功能并查询状态信息。命令被划分为以下两类：

- 根据对仪器的影响：
  - 设置命令：改变仪器设置状态，例如：复位或设置频率等。
  - 查询命令：查询并返回数据，例如：识别仪器或查询参数值。查询命令以后缀问号结束。
- 根据标准中的定义：
  - 通用命令：由IEEE488.2定义功能和语法，适用所有类型仪器（若实现）用于实现：管理标准状态寄存器、复位和自检测等。
  - 仪器控制命令：仪器特性命令，用于实现仪器功能。例如：设置频率。语法同样遵循SCPI规范。

b）　仪器响应：

仪器响应（响应消息和服务请求）是仪器发送给计算机的查询结果信息。该信息包括测

量结果、仪器状态等。

5.1.3 SCPI 命令

- SCPI命令简介.....82
- SCPI命令说明.....82

5.1.3.1 SCPI 命令简介

SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments——可程控设备的标准命令)是一个基于标准 IEEE488.2 建立的，适合所有仪器的命令集。其主要目的是为了使相同功能具有相同的程控命令，以实现程控命令的通用性。

SCPI 命令由命令头和一个或多个参数组成，命令头和参数之间由空格分开，命令头包含一个或多个关键字段。命令直接后缀问号即为查询命令。命令分为通用命令和仪器专用命令，它们的语法结构不同。SCPI 命令具备以下特点：

1) 程控命令面向测试功能，而不是描述仪器操作。
2) 程控命令减少了类似测试功能实现过程的重复，保证了编程的兼容性。
3) 程控消息定义在与通信物理层硬件无关的分层中。
4) 程控命令与编程方法和语言无关，SCPI 测试程序易移植。
5) 程控命令具有可伸缩性，可适应不同规模的测量控制。
6) SCPI 的可扩展性，使其成为“活”标准。

如果有兴趣了解更多关于 SCPI 的内容，可参考：

IEEE Standard 488.1-1987, IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation. New York, NY, 1998。

IEEE Standard 488.2-1987, IEEE Standard Codes, Formats, Protocols and Comment。Commands for Use with ANSI/IEEE Std488.1-1987. New York, NY, 1998。

Standard Commands for Programmable Instruments(SCPI) VERSION 1999.0.

2439D微波功率计的程控命令集合、分类及说明，具体请参考：

1) 本手册“附录 B SCPI 命令速查表”。
2) 程控手册“3 程控命令”。
3) 程控手册“附录 A SCPI 命令按子系统分类速查表”。
4) 程控手册“附录 B SCPI 命令按菜单分类速查表”。

5.1.3.2 SCPI 命令说明

- 通用术语.....83
- 命令类型.....84
- 仪器专用命令语法.....84
- 命令树.....85
- 命令参数和响应.....86
- 命令中数值的进制.....89

- 命令行结构.....90

1） 通用术语

下面这些术语适用本节内容。为了更好的理解章节内容，您需要了解这些术语的确切定义。

控制器

控制器是任何用来与 SCPI 设备通讯的计算机。控制器可能是个人计算机、小型计算机或者卡笼上的插卡。一些人工智能的设备也可作为控制器使用。

设备

设备是任何支持 SCPI 的装置。大部分的设备是电子测量或者激励设备，并使用 GPIB 接口通讯。

程控消息

程控消息是一个或者多个正确格式化过的 SCPI 命令的组合。程控消息告诉设备怎样去测量和输出信号。

响应消息

响应消息是指定 SCPI 格式的数据集合。响应消息总是从设备到控制器或者侦听设备。响应消息告诉控制器关于设备的内部状态或测量值。

命令

命令是指满足 SCPI 标准的指令。控制设备命令的组合形成消息。通常来说，命令包括关键字、参数和标点符号。

事件命令

事件型程控命令不能被查询。一个事件命令一般没有与之相对应的前面板按键设置，它的功能就是在某个特定的时刻触发一个事件。

查询

查询是一种特殊类型的命令。查询控制设备时，返回适合控制器语法要求的响应消息。查询语句总是以问号结束。

2) 命令类型

SCPI 命令分为两种类型：通用命令和仪器专用命令。图 5.1 显示了两种命令的差异。通用命令由 IEEE 488.2 定义，用来管理宏、状态寄存器、同步和数据存储。因通用命令均以一个星号打头，因此很容易辨认。例如*IDN？、*OPC、*RST 都是通用命令。通用命令不属于任何仪器专用命令，仪器采用同一种方法解释该类命令，而不用考虑命令的当前路径设置。

仪器专用命令因包含冒号（:），因此容易辨认。冒号用在命令表达式的开头和关键字的中间，例如：FREQuency[:CW？]。根据仪器内部功能模块，将仪器专用命令划分为对应的子系统命令子集合。例如，功率子系统（:POWer）包含功率相关命令，而状态子系统（:STATus）包含状态控制寄存器的命令。

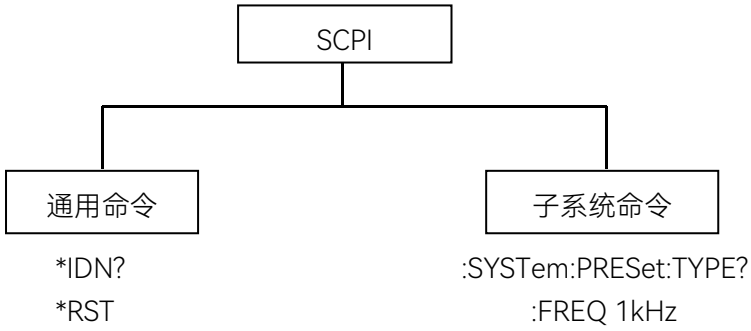


图 5.1 SCPI 命令类型

3) 仪器专用命令语法

表 5.2 命令语法中的特殊字符

符号	含义	举例
|	在关键字和参数之间的竖号代表多种选项。	[:SENSe]:BANDwidth|BWIDth HIGH|LOWer BANDwidth 和 BWIDth 是选项，HIGH 和 LOWer 是选项。
[]	方括号表示被包含的关键字或者参数在构成命令时是可选的。这些暗含的关键字或者参数甚至在它们被忽略时命令也会被执行。	[:SENSe]:BANDwidth? SENSe 是可选项。
< >	尖括号内的部分表示在命令中并不是按照字面的含义使用。它们代表必需包含的部分。	[:SENSe]:FREQency[:CW|FIXed] <val>[unit] 该命令中，<val>必须用实际的频率替代。 [unit]是可省略的单位。 例如：FREQ 3.5GHz

		FREQ 3.5e+009
{ }	大括号内的部分表示其中的参数可选。	MEMory:TABLe:FREQuency <val>{,<val>} 例如：MEM:TABL:FREQ 5e7

表 5.3 命令语法

字符、关键字和语法	举例
大写的字符代表执行命令所需要的最小字符集合。	[:SENSe]:FREQuency[:CW|FIXed]?, FREQ 是命令的短格式部分。
命令的小写字符部分是可选择的；这种灵活性的格式被称为“灵活地听”。更多信息请参照“命令参数和响应”部分。	:FREQuency :FREQ,:FREQuency 或者:FREQUENCY, 其中任意一个都是正确的。
当一个冒号在两个命令助记符之间，它将命令树中的当前路径下移一层。更多消息请参照“命令树”的命令路径部分。	:TRIGger:MODE? TRIGger 是这个命令的最顶层关键字。
如果命令包含多个参数，相邻的参数间由逗号分隔。参数不属于命令路径部分，因此它不影响路径层。	MEMory:TABLe:FREQuency <val>{,<val>}
分号分隔相邻的 2 条命令，但不影响当前命令路径。	:FREQ 2.5GHZ;:POW 10DBM
空白字符，例如<space>或者<tab>，只要不出现在关键字之间或者关键字之中，通常是被忽略的。然而，你必须用空白字符将命令和参数分隔开来，且不影响当前路径。	:FREQ uency 或者:POWer :LEVel6.2 是不允许的。 在:LEVel 和 6.2 之间必须由空格隔开。 即 :POWer:LEVel 6.2

一个典型的命令是由前缀为冒号的关键字构成。关键字后面跟着参数。下面是一个语法声明的例子。

[:SOURce]:POWer[:LEVel] MAXimum|MINimum

在上面的例子中，命令中的[:LEVel]部分紧跟着:POWer，中间没有空格。紧跟着[:LEVel]的部分：MINimum|MAXimum 是参数部分。在命令与参数之间有一个空格。语法表达式的其它部分说明见表 5.2 和 5.3。

4) 命令树

大部分远程控制编程会使用仪器专用命令。解析该类命令时，SCPI 使用一个类似于文件系统的结构，这种命令结构被称为命令树，如图 5.2 所示：

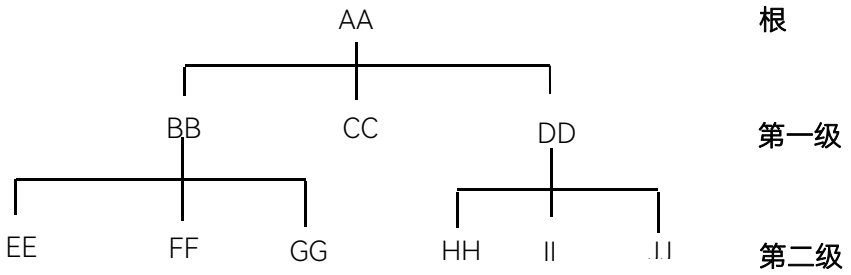


图 5.2　简化的命令树示意图

顶端命令是根命令，简称“根”。命令解析时，依据树结构遵循特定的路径到达下一层命令。例如：:POWer:ALC:SOURce?，其中，:POWer 代表 AA，:ALC 代表 BB，:SOURce 代表 GG，整个命令路径是（:AA:BB:GG）。

仪器软件中的一个软件模块——**命令解释器**，专门负责解析每一条接收的 SCPI 命令。命令解释器利用一系列的分辨命令树路径的规则，将命令分成单独的命令元。解析完当前命令后，保持当前命令路径不变，这样做的好处是，因为同样的命令关键字可能出现在不同的路径中，更加快速有效的解析后续命令。开机或*RST（复位）仪器后，重置当前命令路径为根。

5)　命令参数和响应

表 5.4 SCPI 命令参数和响应类型

参数类型	响应数据类型
数值型	实数或者整数
扩展数值型	整数
离散型	离散型
布尔型	数字布尔型
字符串	字符串
块	确定长度的块
	不确定长度的块
非十进制的数值类型	十六进制
	八进制
	二进制

SCPI 定义了不同的数据格式在程控和响应消息的使用中以符合“灵活地听”和“精确地讲”的原则。更多的信息请参照 IEEE488.2。“灵活地听”指的是命令和参数的格式是灵活的。

例如功率探头设置频率偏移状态命令 :FREQuency:OFFSet:STATe ON|OFF|1|0，

以下命令格式都是设置频率偏移功能开：

:FREQuency:OFFSet:STATe ON，:FREQuency:OFFSet:STATe 1，

:FREQ:OFFS:STAT ON，:FREQ:OFFS:STAT 1

不同参数类型都有一个或多个对应的响应数据类型。查询时，数值类型的参数将返回一

种数据类型，响应数据是精确的，严格的，被称为“精确地讲”。

例如，查询功率状态（:POWer:ALC:STATe?），当其为开时，不管之前发送的设置命令是:POWer:ALC:STATe 1 或者 :POWer:ALC:STATe ON，查询时，返回的响应数据总是 1。

a) 数值参数

仪器专用命令和通用命令中都可使用数值参数。数值参数接收所有的常用十进制计数法，包括正负号、小数点和科学记数法。如果某一设备只接收指定的数值类型，例如整数，那么它自动将接收的数值参数取整。

以下是数值类型的例子:

0	无小数点
100	可选小数点
1.23	带符号位
4.56e<space>3	指数标记符 e 后可以带空格
-7.89E-01	指数标记符 e 可以大写或小写
+256	允许前面加正号
5	小数点可先行

b) 扩展的数值参数

大部分与仪器专用命令有关的测量都使用扩展数值参数来指定物理量。扩展数值参数接收所有的数值参数和另外的特殊值。所有的扩展数值参数都接收 MAXimum 和 MINimum 作为参数值。其它特殊值，例如：UP 和 DOWN 是否接收由仪器解析能力决定，其 SCPI 命令表中会列出所有有效的参数。

注意：扩展数值参数不适用于通用命令或是 STATus 子系统命令。

扩展数值参数举例:

101	数值参数
1.2GHz	GHz 可以被用作指数（E009）
200MHz	MHz 可以被用作指数（E006）
-100mV	-100 毫伏
10DEG	10 度
MAXimum	最大的有效设置
MINimum	最小的有效设置
UP	增加一个步进
DOWN	减少一个步进

c) 离散型参数

当需要设置的参数值为有限个时，使用离散参数来标识。离散参数使用助记符来表示每一个有效的设置。像程控命令助记符一样，离散参数助记符有长短两种格式，并可使用大小写混合的方式。

下面的例子，离散参数和命令一起使用。

:TRIGger[:SEQuence]:SOURce BUS|IMMediate|EXTernal
BUS GPIB,LAN,RS-232 触发
IMMediate 立刻触发
EXTernal 外部触发

d) 布尔型参数

布尔参数代表一个真或假的二元条件，它只能有四个可能的值。
布尔参数举例：
ON 逻辑真
OFF 逻辑假
1 逻辑真
0 逻辑假

e) 字符串型参数

字符串型参数允许 ASCII 字符串作为参数发送。单引号和双引号被用作分隔符。
下面是字符串型参数的例子。
'This is Valid' "This is also Valid" 'SO IS THIS'

f) 实型响应数据

大部分的测试数据是实数型，其格式可以为基本的十进制计数法或科学计数法，大部分的高级程控语言均支持这两种格式。
实数响应数据举例：
1.23E+0
-1.0E+2
+1.0E+2
0.5E+0
0.23
-100.0
+100.0
0.5

g) 整型响应数据

整数响应数据是包括符号位的整数数值的十进制表达式。当对状态寄存器进行查询时，大多返回整数型响应数据。
整数响应数据事例：
0 符号位可选
+100 允许先行正号
-100 允许先行负号

256　　没有小数点

h) 离散响应数据

离散型响应数据和离散型参数基本一样，主要区别是离散型响应数据的返回格式只为大写的短格式。

离散响应数据示例：

INTernal　　稳幅方式为内部
EXTernal　　稳幅方式为外部
MMHead　　稳幅方式为毫米波源模块

i) 数字布尔型响应数据

布尔型的响应数据返回一个二进制的数值 1 或者 0。

j) 字符串型响应数据

字符串响应数据和字符串参数是同样的。主要区别是字符串响应数据的分隔符使用双引号，而不是单引号。字符串响应数据还可嵌入双引号，并且双引号间可以无字符。下面是一些字符串型响应数据的例子：

“This is a string”
“one double quote inside brackets: (“”)”

6) 命令中数值的进制

命令的值可以用二进制，十进制，十六进制或者八进制的格式输入。当用二进制，十六进制或者八进制时，数值前面需要一个合适的标识符。十进制（默认格式）不需要标识符，当输入一个数值前面没有表示符时，设备会确保其是十进制格式。下面的列表显示了各个格式需要的表示符：

#B 表示这个数字是一个二进制数值；
#H 表示这个数字是一个十六进制数值；
#Q 表示这个数字是一个八进制数值。

下面是 SCPI 命令中十进制数 45 的各种表示：

#B101101
#H2D
#Q55

下面的例子用十六进制数值 000A 设置 RF 输出功率为 10dBm（或者当前选择单位的等数值的值，如 DBUV 或者 DBUVEMF）。

:POW #H000A

在使用非十进制格式时，一个测量单位，如 dBm 或者 mV，并没有和数值一起使用。

7) 命令行结构

一条命令行或许包含多条 SCPI 命令，为表示当前命令行结束，可采用下面的方法：

- 回车；
- 回车与 EOI；
- EOI 与最后一个数据字节。

命令行中的命令由分号隔开，属于不同子系统的命令以冒号开头。例如：

MMEM:COPY "Test1", "MeasurementXY";:HCOP:ITEM ALL

该命令行包含两条命令，第一条命令属于 MMEM 子系统，第二条命令属于 HCOP 子系统。若相邻的命令属于同一个子系统，命令路径部分重复，命令可缩写。例如：

HCOP:ITEM ALL;:HCOP:IMM

该命令行包含两条命令，两条命令均属于 HCOP 子系统，一级相同。所以第二条命令可从 HCOP 的下级开始，并可省略命令开始的冒号。可以缩写为如下命令行：

HCOP:ITEM ALL;IMM

5.1.4 命令序列与同步

IEEE488.2 定义了交迭命令和连续命令之间的区别：

- 连续命令是指连续执行的命令序列。通常各条命令执行速度较快。
- 交迭命令是指下条命令执行前，前条命令未自动执行完成。通常交迭命令的处理时间较长并允许程序在此期间可同步处理其它事件。

即使一条命令行中的多条设置命令，也不一定按照接收的顺序依次执行。为了保证命令按照一定的顺序执行，每条命令必须以单独的命令行发送。

举例：命令行包含设置和查询命令

一条命令行的多条命令若包含查询命令，查询结果不可预知。下面的命令返回固定值：

:FREQ:STAR 1GHZ;SPAN 100;:FREQ:STAR?

返回值：1000000000（1GHz）

下面的命令返回值不固定：

:FREQ:STAR 1GHz;STAR?;SPAN 1000000

返回结果可能是该条命令发送前仪器当前的起始频率值，因为主机程序会接收完毕命令消息后，才逐条执行命令。若主机程序接收命令后执行，返回结果也可能是1GHz。

提 示

设置命令与查询命令分开发送

一般规则：为保证查询命令的返回结果正确，设置命令和查询命令应在不同的程控消息中发送。

5.1.4.1 防止命令交迭执行

为了防止命令的交迭执行，可采用多线程或者命令：*OPC、*OPC?或者*WAI，只有硬件设置完成后，才执行这三种命令。 编程时，计算机可强制等待一段时间以同步某些事件。下面分别予以说明：

- **控者程序使用多线程**
  多线程被用于实现等待命令完成和用户界面及程控的同步，即单独的线程中等待*OPC? 完成，而不会阻塞GUI 或程控线程的执行。
- **三种命令在同步执行中的用法如下表**：

表 5.5 命令语法

方法	执行动作	编程方法
*OPC	命令执行完后，置位 ESR 寄存器中的操作完成位。	置位 ESE BIT0； 置位 SRE BIT5； 发送交迭命令和*OPC； 等待服务请求信号（SRQ） 服务请求信号代表交迭命令执行完成。
*OPC?	停止执行当前命令，直到返回 1。只有 ESR 寄存器中的操作完成位置位时，该命令才返回，表明前面命令处理完成。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。
*WAI	执行*WAI 前，等待发送完所有命令，再继续处理未完成的命令。	执行其它命令前终止当前命令的处理，在当前命令后直接发送该命令。

5.1.5 状态报告系统

状态报告系统存储当前仪器所有的操作状态信息及错误信息。它们分别存储在状态寄存器和错误队列中，并可通过程控接口查询。

5.1.5.1 状态寄存器组织结构

寄存器分类说明如下：

1) STB, SRE

状态字节（STB）寄存器和与之关联的屏蔽寄存器——服务请求使能寄存器（SRE）组成了状态报告系统的最高层寄存器。STB通过收集低层寄存器信息，保存了仪器的大致工作状态。

2) ESR, SCPI 状态寄存器

STB接收下列寄存器的信息：

- 事件状态寄存器（ESR）与事件状态使能（ESE）屏蔽寄存器两者相与的值；
- SCPI状态寄存器包括：STATus:OPERation 与 STATus:QUEStionable 寄存器（SCPI定义），它们包含仪器的具体操作信息。所有的SCPI状态寄存器具备相同的内部结构（具体请参考程控手册"2.1.5.2 SCPI状态寄存器结构"章节部分）。

3) IST,PPE

类似SRQ，IST标志（"Individual STatus"）单独的一位，由仪器全部状态组合而成。关联的并行查询使能寄存器（PPE（parallel poll enable register））决定了STB的哪些数据位作用于IST标志。

4) 输出缓冲区

存储了仪器返回给控者的消息。它不属于状态报告系统，但是决定了STB的MAV位的值。

以上寄存器具体说明请参考程控手册"2.1.5状态报告系统"章节部分。

请参考图5.1的状态寄存器的等级结构图。

提 示

SRE, ESE

服务请求使能寄存器 SRE 可被用作 STB 的使能部分。同理，ESE 可被用作 ESR 的使能部分。

5.1.5.2 状态报告系统的应用

状态报告系统用于监测测试系统中的一个或多个仪器状态。为了正确实现状态报告系统的功能，测试系统中的控者必须接收并评估所有仪器的信息，使用的标准方法包括：

1) 仪器发起的服务请求（SRQ）。
2) 串行查询总线系统中的所有的仪器，由系统中的控者发起，目的是找到服务请求发起者及原因。
3) 并行查询所有仪器。
4) 程控命令查询特定仪器状态。

具体使用方法请参考程控手册"2.1.5状态报告系统"章节部分。

5.1.6 编程注意事项

1) 改变设置前请初始化仪器状态

远程控制设置仪器时，首先需要初始化仪器状态（例如发送"*RST"）,然后再实现

需要的状态设置。

2) 命令序列

一般来说，需要分开发送设置命令和查询命令。否则，查询命令的返回值会根据当前仪器操作顺序而变化。

3) 故障反应

服务请求只能由仪器自己发起。测试系统中的控者程序应指导仪器在出现错误时主动发起服务请求，进而进入相应的中断服务程序中进行处理。

4) 错误队列

控者程序每次处理服务请求时，应查询仪器的错误队列而不是状态寄存器，来获取更加精确的错误原因。尤其在控者程序的测试阶段，应经常查询错误队列以获取控者发送给仪器的错误命令。

5.2 仪器程控端口与配置

- LAN 93
- GPIB 94
- USB 95

5.2.1 LAN

LAN（Local Area Network）程控系统采用SICL-LAN控制2439D微波功率计。

- 建立连接 93
- 接口配置 93

5.2.1.1 建立连接

使用网线将 2439D 微波功率计与外部控者（计算机）连接到局域网，特别需要注意的是 IP 地址的设置可能会引起地址冲突，在设置之前请与网络管理员确认防止冲突的发生。

5.2.1.2 接口配置

通过局域网对 2439D 微波功率计进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。按【系统】>【远程接口】，进入图 5.3 所示的菜单，当地址方式选为静态时，将其中“IP 地址”，“子网掩码”，“默认网关”设置到主控制器所在的子网内即可。当地址方式为动态时，2439D 微波功率计会动态获取“IP 地址”，“子网掩码”和“默认网关”，并将其显示在界面上。



图 5.3　LAN 接口设置

5.2.2 GPIB

- 建立连接.....94
- 接口配置.....94

5.2.2.1 建立连接

使用 GPIB 电缆连接 2439D 微波功率计与外部控者（计算机）。

5.2.2.2 接口配置

用户在利用 2439D 微波功率计搭建系统时，可能需要修改 GPIB 地址，本机的 GPIB 地址默认为 28。更改 GPIB 地址的方法如下:

按【系统】>【远程接口】，进入如图 5.4 所示的界面，按【GPIB】输入框就可以修改本机 GPIB 地址。



图 5.4　GPIB 接口设置

5.2.3 USB

USB程控系统采用USBTMC协议控制2439D微波功率计。

注 意

前面板 USB 主控端口连接器的使用

前面板的 Type-A 连接器是 USB 主控端口连接器，在 2439D 微波功率计中，该端口用来连接 USB 1.1 接口的闪存盘，以实现 2439D 微波功率计驻机软件的升级，也可以连接 USB 键盘和鼠标对 2439D 微波功率计进行控制。不能通过该端口程控 2439D 微波功率计。

- 建立连接.....95
- 接口配置.....96

5.2.3.1 建立连接

使用 USB 电缆连接 2439D 微波功率计与外部控者（计算机）。

5.2.3.2 接口配置

2439D微波功率计的VID和PID分别为0x3399、0x3900，序列号标注在界面上。这三项接口信息是固定的，用户不可配置。

5.3 VISA 接口基本编程方法

下面举例说明如何使用VISA库实现仪器程控编程的基本方法。以C++语言为例。

5.3.1 安装 VISA 库

VISA是标准的I/O函数库及其相关规范的总称。其中，VISA 库函数是一套可方便调用的函数，其核心函数能够控制各种类型器件，无需考虑器件的接口类型和不同I/O接口软件的使用方法。这些库函数用于编写仪器的驱动程序，完成计算机与仪器间的命令和数据传输，以实现对仪器的程控。通过初始化寻址字符串（“VISA 资源字符串”），可建立具备程控端口（LAN、USB、GPIB及RS-232等）的仪器的连接。

为实现远程控制首先需要安装VISA库。其中，VISA库封装了底层的VXI、GPIB、LAN及USB接口的底层传输函数，方便用户直接调用。2439D微波功率计支持的编程接口为：GPIB、LAN和USB。这些接口与VISA库和编程语言结合使用可以远程控制2439D微波功率计。目前常使用Agilent 公司为用户提供的 Agilent I/O Library 作为底层 I/O 库。

5.3.2 生成全局变量

首先生成其它程序模块需要调用的全局变量，例如：仪器句柄变量。以下示例程序需要包含下面的全局变量：

```
ViSession iDevHandle;
ViSession iDefaultRM;
const char rgcDevRsc[MAX_RSC_LEN] = "USB0::04B4::1010::2019001::0::INSTR";
const int iTmo = 5000;
```

其中，常量rgcDevRsc代表仪器描述符，“USB0”代表控者，“04B4”代表仪器的厂商ID，1010为产品ID，2020001为产品串号。

若通过GPIB接口控制仪器，GPIB地址是“20”，那么该变量值是：

```
const char rgcDevRsc[MAX_RSC_LEN] = "GPIB0::20::INSTR";
```

若通过LAN Socket接口控制仪器，IP地址为192.168.1.1，端口号为5025，则那么该变量值是：

```
const char rgcDevRsc[MAX_RSC_LEN] = "TCPIP0::192.168.1.1::5025::SOCKET";
```

若通过LAN接口控制仪器，IP地址为192.168.1.1，则那么该变量值是：

```
const char rgcDevRsc[MAX_RSC_LEN] = "TCPIP0::192.168.1.1::INSTR";
```

5.3.2 初始化控者

```
/*****************************************************************************
下面的示例说明了如何打开并建立VISA库与仪器（仪器描述符指定）的通信连接。
初始化控者：打开默认资源管理器并且返回仪器句柄iDevHandle。
*****************************************************************************/
void InitController()
{
    ViStatus iStatus;
    iStatus = viOpenDefaultRM(&iDefaultRM);
    iStatus = viOpen(iDefaultRM, rgcDevRsc, VI_NULL, VI_NULL, &iDevHandle);
}
```

5.3.3 初始化仪器

```
/*****************************************************************************/
下面的示例初始化仪器默认状态，并且清空状态寄存器。
/*****************************************************************************/
void InitDevice()
{
    ViStatus iStatus;
    ViUInt32 uiRetCnt;
    iStatus = viWrite(iDevHandle, "*CLS\n", strlen("*CLS\n"), &uiRetCnt); //状态复位
    iStatus = viWrite(iDevHandle, "*RST\n", strlen("*RST\n"), &uiRetCnt); //仪器复位
}
```

5.3.4 发送设置命令

```
/*****************************************************************************/
下面的示例说明如何设置2439D微波功率计的频率。
/*****************************************************************************/
void SimpleSettings()
{
    ViStatus iStatus;
    ViUInt32 uiRetCnt;
    //设置频率128MHz
    iStatus = viWrite(iDevHandle, "FREQ 1.2e8\n", strlen("FREQ 1.2e8\n"),
    &uiRetCnt);
}
```

5.3.5 读取测量仪器状态

```
/*****************************************************************************/
下面的示例说明了如何读取仪器的设置状态。
/*****************************************************************************/
void ReadSettings()
{
    ViStatus iStatus; //状态
    ViUInt32 uiRetCnt; //读返回的字节数
    char rgcBuf[256]; //临时缓冲区
    char* pcCmd = NULL; //命令指针

    //查询频率
    pcCmd = "FREQ?\n";
    iStatus = viWrite(iDevHandle, pcCmd, strlen(pcCmd), &uiRetCnt);
    Sleep(10);
    iStatus = viRead(iDevHandle, rgcBuf, sizeof(rgcBuf), &uiRetCnt);
    //打印调试信息
    printf("频率为%s", rgcBuf);
}
```

5.3.6 命令同步

```
/*****************************************************************************/
下面以扫描过程为例说明了命令同步的方法。
/*****************************************************************************/
void SweepSync()
{
    ViStatus iStatus; //状态
    ViUInt32 uiRetCnt; //读返回的字节数
    ViEventType eType; //事件类型
    ViEvent eEvent; //事件
    int iStat; //状态字
    char rgcOpcOk[256]; //OPC串
    char* pcCmd = NULL; //命令指针

    /*************************************************************************/
    /* 命令INITiate[:IMMediate]启动单次扫描（连续扫描关闭时INIT:CONT OFF）*/
    /* 单次扫描结束时，才能执行命令缓冲区中的下一条命令。                    */
    /*************************************************************************/
    pcCmd = "INIT:CONT OFF\n";
```

```
        iStatus = viWrite(iDevHandle, " pcCmd ", strlen(pcCmd), &uiRetCnt);
        //等待扫描结束的方法1：使用 *WAI
        pcCmd = "ABOR;INIT:IMM;*WAI\n";
        iStatus = viWrite(iDevHandle, " pcCmd ", strlen(pcCmd), &uiRetCnt);
        //等待扫描结束的方法2：使用 *OPC?
        pcCmd = "ABOR;INIT:IMM; *OPC?\n";
        iStatus = viWrite(iDevHandle, " pcCmd ", strlen(pcCmd), &uiRetCnt);
        iStatus = viRead(iDevHandle, rgcOpcOk, 2, &uiRetCnt); //等待*OPC返回“1”
        //主程序继续……
}
```

5.4 I/O 库

- I/O库概述……99
- I/O库安装与配置……100

5.4.1 I/O 库概述

I/O 库是为仪器预先编写的一些软件程序库被称为仪器驱动程序，即：仪器驱动器（Instrument driver），它是介于计算机与仪器硬件设备之间的软件中间层，由函数库、实用程序、工具套件等组成，是一系列软件代码模块的集合，该集合对应于一个计划的操作，如配置仪器、从仪器读取、向仪器写入和触发仪器等。它驻留在计算机中，是连接计算机和仪器的桥梁和纽带。通过提供方便编程的高层次模块化库，用户不再需要学习复杂的针对某个仪器专用的低层编程协议，采用仪器驱动器是快速开发测试测量应用的关键。

从功能上看，一个通用的仪器驱动器一般由功能体、交互式开发者接口、编程开发者接口、子程序接口和 I/O 接口五部分组成，如图 5.5 所示。

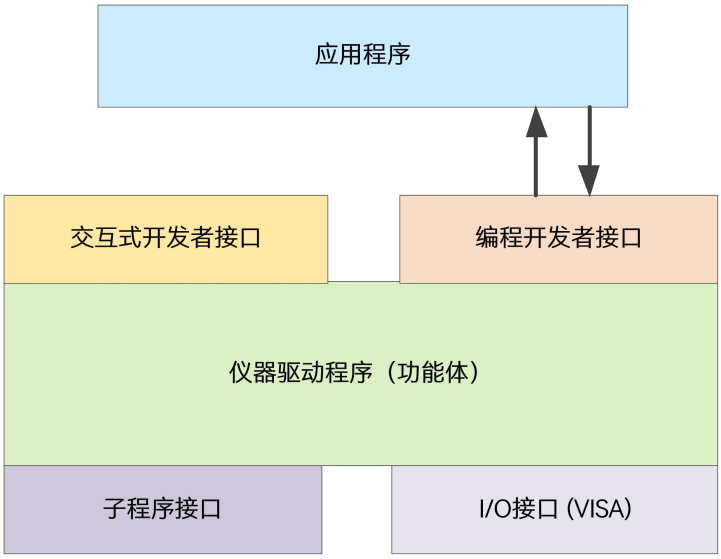


图 5.5　仪器驱动器结构模型

具体说明如下:

1) 功能体。这是仪器驱动器的主功能部分，可以理解为仪器驱动器的框架程序。。
2) 交互开发者接口。为方便用户使用，支持仪器驱动器开发的应用开发环境通常提供图形化的交互开发接口。例如，Labwindows/CVI 中，函数面板就是一种交互开发接口。函数面板中，仪器驱动器函数的各个参数都是以图形化的控件形式表示。
3) 编程开发者接口。它是应用程序调用仪器驱动器函数的软件接口，例如 Windows 系统下仪器驱动器的动态链接库文件.dll。
4) I/O 接口。它完成仪器驱动器与仪器间的实际通信。可以使用总线专用 I/O 软件，如 GPIB、RS-232；也可以使用跨多个总线使用的通用的标准 I/O 软件：VISA I/O。
5) 子程序接口。它是仪器驱动器访问其它一些支持库的软件接口，例如数据库、FFT 函数等。当仪器驱动器为完成其任务而需调用其它软件模块、操作系统、程控代码库及分析函数库时，将用到子程序接口。

5.4.2 I/O 库安装与配置

伴随着测试领域的应用经历了从传统仪器到虚拟仪器等不同的发展阶段，并且为了解决自动测试系统中仪器可互换性和测试程序的可重用性，仪器驱动程序经历了不同的发展过程。目前比较流行通用的驱动器是 IVI（Interchangeable Virtual Instruments）仪器驱动器，它基于 IVI 规范，定义了新的仪器编程接口，以及插入类驱动程序和 VPP 架构到 VISA 上，使测试应用程序与仪器硬件完全独立，并增加了独有的仪器仿真、范围检测、状态缓存等功能，提高了系统运行的效率与真正实现了仪器互换。

IVI 驱动分为两种类型：IVI-C 与 IVI-COM，IVI-COM 基于微软组件对象模型（COM）技术，采用 COM API 的形式；IVI-C 基于 ANSI C，采用 C API 的方式。这两种驱动类型都是遵照 IVI 规范定义的仪器类来设计的，它们的应用开发环境也都相同，包括 Visual Studio，Visual Basic，Agilent VEE，LabVIEW，CVI/LabWindows 等。

为满足不同用户在不同开发环境下的需求，目前需要提供两种驱动形式。2439D 微波功率计的 IVI 驱动利用 Nimbus Driver Studio 开发，直接生成 IVI-COM 与 IVI-C 驱动及程序安装包，具体安装配置请参阅您所选择的控制卡及 I/O 库的随机文档资料。

安装后的 IVI 驱动分为：IVI 固有功能组与仪器类功能组（基本功能组和扩展功能组）。具体功能分类、函数和属性说明可参考驱动自带的帮助文档。

提 示

配置端口以及安装 IO 库

在使用计算机控制 2439D 微波功率计之前，请确认您已正确安装且配置必要的端口和 I/O 库。

提 示

I/O 库的使用

安装随机的 IVI-COM/C 驱动程序安装包，会自动安装驱动函数面板、帮助文档及驱动函数的示例程序，方便用户开发集成程控功能。

6 故障诊断与返修

本章将告诉您如何发现问题并接受售后服务。并说明本产品出错信息。

如果您购买的 2439D 微波功率计，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买相关部件或附件，本单位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。如果您所购买的产品处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的 2439D 微波功率计进行免费维修；如果超过保修期，具体维修费用按照合同要求收取。

- 工作原理.....103
- 故障诊断与排除.....104
- 错误信息.....105
- 返修方法.....105

6.1 工作原理

为了便于用户了解 2439D 微波功率计的功能，更好地解决操作过程中遇到的问题，本节介绍 2439D 微波功率计的基本工作原理及硬件原理框图。

本项目研制的 2439D 微波功率计原理框图如图 6.1 所示。

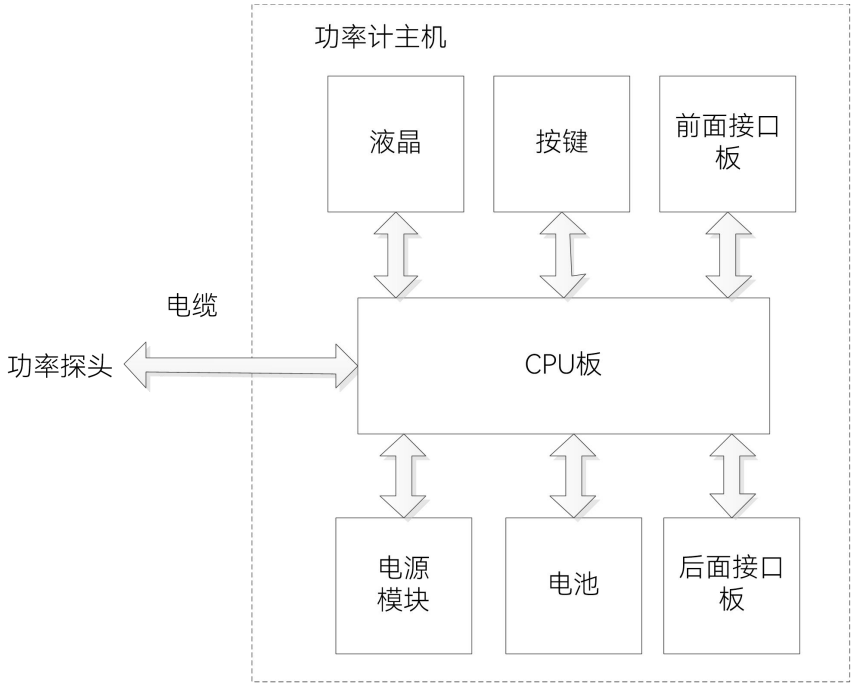


图 6.1 2439D 微波功率计原理框图

2439D 微波功率计的功能主要是将功率探头的测量结果进行显示，并可通过 2439D 微波功率计对功率探头的设置进行操作。2439D 微波功率计主要包括 CPU 板、前面接口板、液晶、按键、后面接口板、电源模块、电池等单元模块。2439D 微波功率计硬件原理如图

6.1 所示。功率探头完成对信号的功率参数和时间参数的测量，2439D 微波功率计通过电缆将所要显示的测量结果进行读取，因此，本项目中的 2439D 微波功率计主要是对功率探头的供电及读写与显示，不参与功率结果的计算。

6.2 故障诊断与排除

提 示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 2439D 微波功率计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。

下面按照功能类型，分类列出故障现象和排除方法。

6.2.1 找不到功率探头

如果加电后在 2439D 微波功率计中找不到功率探头，请按下面所列步骤进行检查:

步骤 1. 请确认电缆无损坏，2439D 微波功率计 USB 接口无损坏;

步骤 2. 请确认电缆连接正常;

步骤 3. 请确认功率探头指示灯是否闪亮。

6.2.2 状态指示灯不亮

检查 2439D 微波功率计通道接口是否正常，更换其它通道连接功率探头，观察指示灯是否工作，或者将功率探头通过电缆连接至正常的计算机 U 口。如果不正常，则是功率探头问题，请返修功率探头；若正常，建议更换其他电缆，测试功率探头是否正常，若正常，则为电缆问题，若依旧不正常，则为 2439D 微波功率计问题。请将问题产品发回厂家维修。

6.2.3 意外现象

在使用过程中，产生意外现象的原因很多。可以参照下面的检测步骤，确定仪器产生问题的原因，通常这些检测方法能解决问题或判断清楚产生问题的原因。

- 检查电缆机械连接是否正确，电气特性是否兼容;
- 当做了某些设置后出现问题时，请检查所做的操作，确定所有的设置都正确。如果测试完成，请检查测量结果是否与被测信号相符，是否符合仪器的性能指标;
- 当仪器出现意外结果时，如果不能确定所做的设置是否正确，重新插拔后再根据被测信号和测试需求进行设置。

6.3 错误信息

在实际使用过程中，如果操作不当或配置不正确，系统会自动提供错误信息。用户可根据错误提示大致判断问题类型，并采取相应措施排除故障或决定返修。

在 2439D 微波功率计的界面中，单击【主菜单】>【系统】>【错误列表】，可以查看最近的出错信息。

6.4 返修方法

6.4.1 联系我们

若2439D微波功率计出现问题，首先观察错误信息并保存，分析可能的原因并参考“6.2 故障诊断与排除”中提供的方法，予以先期排查解决问题。若未解决，请根据下面的联系方式与我所服务咨询中心联系并提供收集的错误信息，我们将以最快的速度协助您解决问题。

联系方式:

服务咨询: 400-1684191

网　　址: www.ceyear.com

电子信箱: techbb@ceyear.com

邮　　编: 266555

地　　址: **中国山东省青岛市黄岛区香江路98号**

6.4.2 包装与邮寄

当您的 2439D 微波功率计出现难以解决的问题时，可通过电话或传真与我们联系。如果经联系确认是 2439D 微波功率计需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装 2439D 微波功率计，并按下面的步骤进行包装:

1) 写一份有关功率计故障现象的详细说明，与功率计一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将功率计包装好，以减少可能的损坏。
3) 在外包装纸箱四角摆放好衬垫，将仪器放入外包装箱。
4) 用胶带密封好包装箱口，并用尼龙带加固包装箱。
5) 在箱体上标明“易碎！勿碰！小心轻放！”字样。
6) 请按精密仪器进行托运。
7) 保留所有运输单据的副本。

注 意

包装 2439D 微波功率计需注意

使用其它材料包装 2439D 微波功率计，可能会损坏仪器。禁止使用聚苯乙烯小球作为包装材料，它们不能充分地保护仪器，对仪器造成损坏。

提 示

仪器的包装和运输

运输或者搬运本仪器（例如，因发货期间的损坏）时，请严格遵守章节“3.1.1.1开箱”中描述的注意事项。

7 技术指标

本章介绍 2439D 微波功率计的技术指标和主要测试方法。

- 声明.....107
- 产品特征.....107
- 技术指标.....107

7.1 声明

除非特别声明，所有的指标测试条件是：温度范围是：23℃±5℃（开机半小时后）。仪器补充信息是帮助用户更加了解仪器性能，而不属于技术指标范围内的信息。重要词条说明如下：

技术指标（spec): 除非另行说明，已校准的仪器在-10℃ 至 50℃ 的工作温度范围内放置至少两小时，再经过 30 分钟预热之后，可保证性能（其中包括测量的不确定度）。对于本文中的数据，如无另行说明均为技术指标。

典型值（typ): 表示 80%的仪器均可达到的典型性能，该数据并非保证数据，并且不包括测量过程中的不确定性因素，只在室温（约 25℃）条件下有效。

额定值（nom): 表示预期的平均性能、设计的性能特征或受限测试手段无法测试的性能，比如 50 Ω连接器等。标注为额定值的产品性能不包含在产品质量保证范围内，在室温（大约 25℃）条件下测得。

测量值（meas): 表示为了和预期性能进行比较，在设计阶段所测得的性能特征，比如幅度漂移随时间的变化。需要注意的是，该数据并非保证数据，并且是在室温（约 25℃）条件下测得。

7.2 主要功能

a) 探头识别功能；
b) 脉冲迹线显示功能；
c) 平均功率测量功能；
d) USB、LAN、GPIB 程控功能；
e) 触发输入功能；
f) 模拟输出功能。

7.3 技术指标

表7.1　2439D微波功率计技术指标

产品型号	2439D
通道数	4
频率范围 [1]	DC~110GHz（取决于所配的功率探头）
功率范围 [2]	-70dBm~+44dBm（取决于所配的功率探头）
最高测量显示分辨率	对数模式：0.001dB；线性模式：4 位
通道偏置范围	±100.00dB
水平刻度范围	2ns/格 ~ 3600s/格
参考源频率	50MHz±0.5MHz（23℃±5℃）
参考源功率	1.000mW（1±1.0%）（23℃±5℃）
显示	5 吋彩色 LCD，显示分辨率：800 x 480
电源	100VAC~240VAC　50Hz~60Hz
功耗	＜25W（配接 2 个功率探头，无电池）
电池	标称电压：14.4V，标称容量：91.76Wh 续航时间：＞5h（配接 2 个功率探头）
尺寸（宽×高×深）	外形尺寸：（231.0±2.5）mm×（105.6±1.5）mm×（251.0±2.5)mm 公称尺寸：（213.0±1.2）mm×（88.1±0.8）mm×（213.5±1.2)mm，不含护套
重量	＜2.4kg（不含电池），＜3.0kg（含电池）
温度	工作温度：-10℃ ~ 50℃；贮存温度：-40℃ ~ 70℃
通信接口	USB 接口：A 型主口，前面板 1 个，后面板 1 个； USB 接口：B 型从口，后面板 1 个，用于远程控制； LAN 接口：RJ45，用于远程控制； GPIB 接口：IEEE-488 总线连接器，用于远程控制。
其他接口	触发输入接口：BNC（f），用于连接外部触发信号； 模拟输出接口：BNC（f），用于输出跟随功率变化的模拟电压。

说明：

1. **2439D 微波功率计频率范围，取决于配接探头所能覆盖的频率范围，配接 87237P USB 热电偶功率探头，频率范围覆盖 DC~110GHz。**
2. **2439D 微波功率计功率范围，取决于配接功率探头。例如同时配接 87235D、87235DG 功率探头时，两个功率探头功率范围可覆盖-70dBm~+44dBm。**

表7.2　适配探头技术指标

探头名称	探头型号	基本指标
USB 连续波功率探头	87233C	频率范围：8kHz ~ 12GHz，功率范围：-60dBm ~ +20dBm
	87233D	频率范围：10MHz ~ 18GHz，功率范围：-70dBm ~ +20dBm
	87233E	频率范围：50MHz ~ 26.5GHz，功率范围：-70dBm ~ +20dBm
	87233F	频率范围：50MHz ~ 40GHz，功率范围：-70dBm ~ +20dBm
	87233L	频率范围：50MHz ~ 67GHz，功率范围：-55dBm ~ +20dBm
USB 平均功率探头	87235B	频率范围：8kHz ~ 8GHz，功率范围：-70dBm ~ +26dBm
	87235C	频率范围：10MHz ~ 8GHz，功率范围：-60dBm ~ +23dBm
	87235D	频率范围：10MHz ~ 18GHz，功率范围：-70dBm ~ +26dBm
	87235F	频率范围：10MHz ~ 33GHz，功率范围：-65dBm ~ +26dBm
	87235FA	频率范围：10MHz ~ 40GHz，功率范围：-65dBm ~ +26dBm
	87235H	频率范围：10MHz ~ 50GHz，功率范围：-65dBm ~ +23dBm
	87235L	频率范围：50MHz ~ 67GHz，功率范围：-60dBm ~ +23dBm
	87235DG	频率范围：10MHz ~ 18GHz，功率范围：-50dBm ~ +44dBm
USB 峰值/平均功率探头	87236D	频率范围：50MHz ~ 18GHz，功率范围：-45dBm ~ +20dBm
	87236E	频率范围：50MHz ~ 26.5GHz，功率范围：-45dBm ~ +20dBm
	87236F	频率范围：50MHz ~ 40GHz，功率范围：-45dBm ~ +20dBm
	87236L	频率范围：500MHz ~ 67GHz，功率范围：-45dBm ~ +20dBm
USB 热电偶功率探头	87237D	频率范围：DC ~ 18GHz，功率范围：-35dBm ~ +20dBm
	87237L	频率范围：DC ~ 67GHz，功率范围：-35dBm ~ +20dBm
	87237P	频率范围：DC ~ 110GHz，功率范围：-30dBm ~ +20dBm

7.4 选件信息

序号	选件编号	选件名称	功能
1	2439D-H05	安全仪器运输箱	便携包装箱，带提把，可携带两套探头
2	2439D-H06	上架套件	上机柜选件
3	2439D-H12	英文选件	英文面板、标牌、手册、软件等
4	2439D-H13	电池选件	锂电池选件，标称电压：14.4V，标称容量：91.76Wh
5	2439D-JL	计量服务	提供计量校准服务，提供计量报告
6	2439D-EWT1	保修期以外延长保修 1 年	保修期以外延长保修 1 年，2 年延保可选 2 项，以此类推，服务不含校准，仅含单程货品运费