

Ceyear

2438 系列 微波功率计 用户手册



中电科仪器仪表有限公司

该手册适用下列型号微波功率计：

- 2438CA 微波功率计（连续波单通道）。
- 2438CB 微波功率计（连续波双通道）。
- 2438PA 微波功率计（连续波/峰值单通道）。
- 2438PB 微波功率计（连续波/峰值双通道）。

2438 系列微波功率计除标准配件外的选件如下：

- 2438-001, 71710A 连续波功率探头, 频率范围 9kHz~12GHz, 功率范围-60dBm~+20dBm。
- 2438-002, 71710D 连续波功率探头, 频率范围 10MHz~18GHz, 功率范围-70dBm~+20dBm。
- 2438-003, 71710E 连续波功率探头, 频率范围 50MHz~26.5GHz, 功率范围-70dBm~+20dBm。
- 2438-004, 71710F 连续波功率探头, 频率范围 50MHz~40GHz, 功率范围-70dBm~+20dBm。
- 2438-005, 71710L 连续波功率探头, 频率范围 50MHz~67GHz, 功率范围-70dBm~+20dBm。
- 2438-006, 81702D 峰值功率探头, 频率范围 50MHz~18GHz, 脉冲功率范围-20dBm~+20dBm, 上升时间≤10ns。
- 2438-007, 81702E 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~26.5GHz, 脉冲功率范围-20dBm~+20dBm, 上升时间≤10ns。
- 2438-008, 81702F 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~40GHz, 脉冲功率范围-20dBm~+20dBm, 上升时间≤10ns。
- 2438-009, 81702L 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~67GHz, 脉冲功率范围-20dBm~+20dBm, 上升时间≤10ns。
- 2438-010, 81703D, 峰值功率探头, 频率范围 50MHz~18GHz, 脉冲功率范围-40dBm~+20dBm, 上升时间≤100ns。
- 2438-011, 81703E 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~26.5GHz, 脉冲功率范围-40dBm~+20dBm, 上升时间≤100ns。
- 2438-012, 81703F 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~40GHz, 脉冲功率范围-40dBm~+20dBm, 上升时间≤100ns。
- 2438-013, 81703L 峰值功率探头, 频率范围 500MHz~67GHz, 脉冲功率范围-40dBm~+20dBm, 上升时间≤100ns。
- 2438-030, 71716 毫米波功率探头, 频率范围 50GHz~75GHz, 功率范围-30dBm~+20dBm。
- 2438-031, 71717 毫米波功率探头, 频率范围 75GHz~110GHz, 功率范围-30dBm~+20dBm。
- 2438-032, 71718 毫米波(THz)功率探头, 频率范围 110GHz~170GHz, 功率范围-30dBm~+20dBm。
- 2438-033, 87106A 毫米波(THz)功率探头, 频率范围 170GHz~220GHz, 功率范围-30dBm~+20dBm。
- 2438-034, 87106B 毫米波(THz)功率探头, 频率范围 220GHz~325GHz, 功率范围-30dBm~+20dBm。

- 2438-035, 87108B 毫米波(THz)功率探头, 频率范围 325GHz~500GHz, 功率范围 -30dBm~+20dBm。
- 2438-021, 2U-213 上架成套件, 上机柜选件。
- 2438-022, 后面板配接探头输入测量选件。
- 2438-023, 英文套件: 英文面板、英文操作界面、英文说明书、英文编程手册。
- 2438-024, 多芯电缆: 连接功率计主机与探头。
- 2438-025, 铝合金箱。

说明: 2438CA/CB 微波功率计只能配接连续波和毫米波功率探头选件, 2438PA/PB 微波功率计可配接所有功率探头选件。

版本: A.1 2017年12月, 中电科仪器仪表有限公司
地 址: 中国山东青岛经济技术开发区香江路98号
免费客服电话: 800-868-7041
技术支持: 0532-86889847 86897262
传 真: 0532-86889056 86897258
网 址: www.ceyear.com
电子信箱: ceyearqd@ceyear.com
邮 编: 266555

前言

非常感谢您选择使用中电科仪器仪表有限公司研制、生产的 2438 系列微波功率计！本公司产品集高、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

AV2.715.1009/1010/1015/1016SS

版本

A.1 2017.12

中电科仪器仪表有限公司

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仪器仪表有限公司。

本手册版权属于中电科仪器仪表有限公司，任何单位或个人非经本公司授权，不得对本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，中电科仪器仪表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。中电科仪器仪表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.....	3
2.2.1 安全标识.....	4
2.2.2 操作状态和位置.....	5
2.2.3 用电安全.....	5
2.2.4 操作注意事项.....	6
2.2.5 维护.....	7
2.2.6 运输.....	7
2.2.7 废弃处理/环境保护.....	8
3 使用入门.....	9
3.1 准备使用.....	9
3.1.1 操作前准备.....	9
3.1.2 操作系统配置.....	19
3.1.3 例行维护.....	20
3.2 前、后面板说明.....	21
3.2.1 前面板说明.....	21
3.2.2 后面板说明.....	22
3.3 基本测量方法.....	24
3.3.1 基本操作说明.....	24
3.3.2 操作示例.....	27
4 操作指南.....	31
4.1 功率探头的选型.....	31
4.2 测量之前的校零和校准.....	32
4.2.1 71710 系列连续波探头校零、校准.....	33
4.2.2 81702、81703 系列峰值探头校零、校准.....	33

目 录

4.3 连续波功率测量.....	34
4.4 峰值功率测量.....	34
4.4.1 脉冲测量参数定义	34
4.4.2 峰值功率测量与波形显示	37
4.5 显示窗口的切换.....	39
4.6 触发位置的设置.....	40
4.7 不同周期脉冲串稳定测试方法.....	43
4.8 “门”的设置和使用.....	44
4.8.1 测量门的基本概念	44
4.8.2 测量门的位置的设置	45
4.8.3 迹线显示下测量门的设置	45
4.8.4 数值显示下测量门的设置	45
4.9 “偏置”的设置和使用.....	46
4.9.1 设置通道偏置	46
4.9.2 设置显示偏置	47
4.9.3 设置频响偏置	47
4.10 功率测量的统计分析.....	48
4.10.1 CCDF 术语定义	48
4.10.2 CCDF 功率统计迹线操作	50
4.11 如何快速进入[迹线控制]菜单.....	50
4.12 小功率信号的测试.....	51
4.12.1 71710 系列连续波探头测量小功率信号	51
4.12.2 81702、81703 系列峰值探头测量小功率信号	51
4.13 文本显示模式.....	52
4.14 “预置”说明.....	52
4.15 如何修改探头校准因子.....	53
5 菜 单.....	55
5.1 菜单结构.....	55
5.1.1 主界面	55
5.1.2 菜单	56
5.1.3 测量	56
5.1.4 触发	57
5.1.5 显示	58

5.1.6 系统	59
5.1.7 通道	60
5.1.8 窗口	62
5.1.9 校准	62
5.1.10 频率	63
5.2 菜单说明	63
5.2.1 主界面	63
5.2.2 菜单	64
5.2.3 测量	64
5.2.4 触发	67
5.2.5 显示	68
5.2.6 系统	72
5.2.7 通道	74
5.2.8 窗口	79
5.2.9 校准	79
5.2.10 频率	79
6 远程控制	81
6.1 远程控制基础	81
6.1.1 程控接口	81
6.1.2 消息	84
6.1.3 SCPI 命令	84
6.1.4 命令序列与同步	91
6.1.5 状态报告系统	92
6.1.6 编程注意事项	95
6.2 仪器程控端口与配置	95
6.2.1 LAN	95
6.2.2 GPIB	96
6.3 VISA 接口基本编程方法	96
6.3.1 安装 VISA 库	97
6.3.2 初始化控制	97
6.3.3 初始化仪器	97
6.3.4 发送设置命令	97

目 录

6.3.5 读取测量仪器状态	98
6.3.6 命令同步	98
6.4 I/O 库	99
6.4.1 I/O 库概述	99
6.4.2 I/O 库安装与配置	100
7 故障诊断与返修	103
7.1 工作原理	103
7.2 故障诊断与排除	104
7.2.1 故障诊断基本流程	104
7.2.2 常见故障现象和排除方法	104
7.3 错误信息	105
7.4 返修方法	106
7.4.1 联系我们	106
7.4.2 包装与邮寄	106
8 技术指标与测试方法	107
8.1 声明	107
8.2 产品特征	107
8.3 技术指标	108
8.3.1 2438CA/CB 功率计主机主要技术指标	108
8.3.2 2438PA/PB 功率计主机主要技术指标	109
8.3.3 71710 系列连续波功率探头	110
8.3.4 81702/81703 系列峰值功率探头	111
8.3.5 毫米波 (THz) 探头	112
8.4 主要性能特性测试	113
8.4.1 推荐测试方法	113
8.4.2 微波功率计性能测试记录表	122
8.4.3 微波功率计性能测试辅助表格	126
8.4.4 性能特性测试推荐仪器	135

1 手册导航

本章介绍了 2438 系列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 2438 系列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、测量配置操作手册、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**

概括地讲述了 2438 系列微波功率计的主要性能特点、典型应用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。

- **使用入门**

本章介绍了 2438 系列微波功率计的操作前检查、仪器浏览、基本测量方法及数据管理等。以便用户初步了解仪器本身和测量过程，并为后续全面介绍仪器测量操作手册做好前期准备。该章节包含的内容与快速入门手册相关章节一致。

- **操作指南**

详细介绍仪器各种测量功能的操作方法，包括：配置仪器、启动测量过程和获取测量结果等。针对不熟悉 2438 系列微波功率计使用方法的用户，系统、详细地介绍、列举每种设置，使用户理解掌握 2438 系列微波功率计的一些基本用法，如设置频率、平均、显示等。同时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：峰值功率测量、触发位置的设置、“门”的设置和使用等。

- **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 2438 系列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。

- **故障诊断与返修**

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。

- **技术指标与测试方法**

介绍了 2438 系列微波功率计的产品特征和主要技术指标以及推荐用户使用的测试方法指导说明。

1.2 关联文档

2438 系列微波功率计的产品文档包括：

- 用户手册
- 程控手册
- 快速使用指南

用户手册

该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
- 使用入门
- 操作指南
- 菜单
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 技术指标和测试方法

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

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 2438 系列微波功率计的主要性能特点、主要用途范围，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

2438 系列微波功率计可覆盖 9kHz~500GHz 频率范围，可覆盖-70dBm~+50dBm 功率范围，具有良好的动态范围、功率准确度、测试速度，具有脉冲宽度、脉冲周期、顶部功率、底部功率、上升时间、下降时间等峰值功率各种脉冲参数测量功能，可为您提供可靠的高性能测试服务。2438 系列微波功率计可配接 71710 系列连续波功率探头、81702 系列、81703 系列峰值探头和 THz 功率探头，可为您提供最适合的选择。该仪器可广泛应用于航空、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。

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.....5
- 操作注意事项.....6
- 维护.....7
- 运输.....7
- 废弃处理/环境保护.....8

2 概述

2.2 安全使用指南

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“2.2.7 废弃处理/环境保护”中的第1项。
	注意，小心处理静电敏感器件。		单独收集电子器件的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.7 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 操作状态和环境要求

操作仪器前请注意：

- 1) 除非特别声明，2438 系列微波功率计的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器及运输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 $\pm 10\%$ 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地实现插拔。
- 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应能力。
- 2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.6 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“2.2.7 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 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。

2.2.7 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 使用入门

本章介绍了 2438 系列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.....9
- 前、后面板说明.....21
- 基本测量方法.....24

3.1 准备使用

- 操作前准备.....9
- 操作系统配置.....19
- 例行维护.....20

3.1.1 操作前准备

本节介绍了 2438 系列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：

- 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.....	10
● 环境要求.....	11
● 开/关电.....	12
● 正确使用连接器.....	15
● 用户检查.....	18

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，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公司服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

注意

搬运：仪器和包装箱移动时，请注意安全，并轻放。

2) 型号确认

表 3.1 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机:		
◇ 2438CA/CB/PA/PB	1	—
标配:		
◇ 三芯电源线	1	—
◇ 12 芯电缆	1 或 2	—
◇ 用户手册	1	—
◇ 程控手册	1	—
◇ 装箱清单	1	—
◇ 产品合格证	1	—
选件:		
◇ 各种功率探头	1 或 2	根据用户实际使用而定

3.1.1.2 环境要求

2438 系列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 操作环境要求

工作温度	0℃~50℃
相对湿度	$\geq +10^{\circ}\text{C}$ 时, 湿度为: (95%±5%)RH $\geq +30^{\circ}\text{C}$ 时, 湿度为: (75%±5%)RH $\geq +40^{\circ}\text{C}$ 时, 湿度为: (45%±5%)RH
海拔高度	0~4600 米

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 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。



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

2438 系列微波功率计配备 110V/220V 自适应交流电源模块（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 列出了微波功率计正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4 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/400Hz
功耗(开机)	<50W	<50W
功耗(待机)	<5W	<5W

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仪器硬件的毁坏,建议使用 220V 或 110V 的交流稳压电源为微波功率计供电。

b) 确认及连接电源线

2438 系列微波功率计采用三芯电源线接口,符合国家安全标准。在 2438 系列微波功率计加电前,必须确认电源线中的**保护地线已可靠接地**,浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏,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,电源线将仪器的机壳接地。电源线的额定电压值应大于等于 250V,额定电流应大于等于 2A。

仪器连接电源线时:

步骤 1. 确认工作电源线未损坏;

步骤 2. 使用电源线连接仪器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仪器损坏,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。

c) 保险丝

保险丝的值印在后面板电源插座上面,保险丝长 20mm,直径 5mm,额定电流 1A,额定电压 250V,快速熔断型。如果需要更换保险丝,请按照下面的步骤操作:

步骤 1. 关机;

步骤 2. 拔掉电源线;

步骤 3. 取出保险丝座;

步骤 4. 换保险丝;

步骤 5. 重新装入保险丝座;

步骤 6. 接上电源线。

警告

更换保险丝

替换保险丝时,请用同等型号和参数的保险丝(250V/F1A),以防引起火灾。

严禁使用其它材料或其它型号的保险丝。

3.1 准备使用

2) 初次加电

仪器开/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微波功率计的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座旁标注微波功率计要求的电压参数指标，提醒用户使用的电压应该符合要求。电源线的另一端连接符合要求的交流电源；

步骤 2. 观察前面板电源开关：（如图 3.2）电源开关键变为黄色；

步骤 3. 打开前面板电源开关：如图 3.2，开机前请先不要连接任何设备到微波功率计，若一切正常，可以开机，开机后电源开关键变为变为绿色。



图 3.1 2438 微波功率计后面板电源插座



图 3.2 2438 微波功率计前面板电源开关

b) 开/关电

i. 开机

步骤 1. 将电源线插头插到后面板电源插座，此时前面板电源开关处电源指示灯点亮为黄色，仪器处于待机状态；

步骤 2. 打开前面板右下角电源开关，此时电源开关处电源指示灯颜色由黄色变为绿色；

步骤 3. 微波功率计前面板用户界面将逐步显示仪器启动过程的相关信息：首先短暂显示制造厂商名称及标志，随后进入 WinCE 操作系统界面，启动仪器界面；

步骤 4. WinCE 启动成功后，系统自动运行微波功率计的初始化程序，显示微波功率计的操作主界面。

仪器处于可操作状态。

提示

预热

2438 系列微波功率计冷启动（仪器从完全关闭状态启动）时，为保证功率测量准确，需预热一段时间。测试指标时，仪器需预热 0.5 小时（具体请参考技术指标中相关说明）。

本仪器使用了 WinCE 的操作平台，在使用过程中，用户无需干预，勿中途断电。

ii. 关机

关闭前面板右下角电源开关，系统迅速关闭，仪器断电，此时电源开关处电源指示灯颜色由绿色变为黄色；

仪器进入关机状态。

注意

仪器断电

仪器在正常工作状态时，只能通过操作前面板电源开关实现关机。**不要直接断开与仪器的电源连接**，否则，仪器不能进入正常的关机状态，会损伤仪器，或丢失当前仪器状态/测量数据。请采用正确的方法关机。

c) 切断电源

非正常情况下，为了避免人身伤害，需要微波功率计紧急断电。此时，只需拔掉电源线（从交流电插座或从仪器后面板电源插座）。为此，操作仪器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

在微波功率计进行各项测试过程中，经常会用到连接器，将测试信号接到功率探头，连接器的使用需要注意以下事项：

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；

3.1 准备使用

- 5) 连接器的螺套是否旋转不良。

⚠ 小 心**连接器检查防止损坏仪器端口**

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。

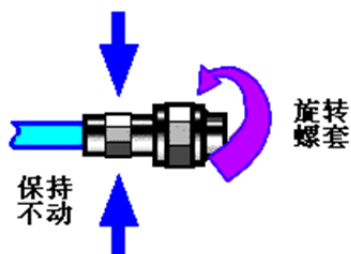


图 3.4 连接方法

- 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。

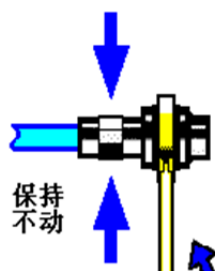


图 3.5 使用力矩扳手完成最后连接

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。

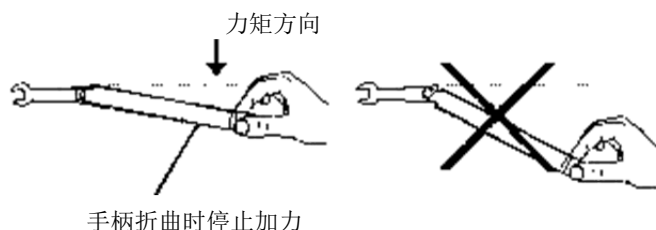


图 3.6 力矩扳手的使用方法

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、空气线和校准标准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) 使连接器和功率计保持相同的温度，用手握住连接器或用压缩空气清洁连接器都会显著改变其温度，应该等连接器的温度稳定下来后再使用它进行校准；
- 4) 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；
- 5) 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；
- 6) 佩带防静电腕带并在接地的导电工作台垫上工作，这可以保护功率计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

3.1 准备使用

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) 适配器的使用

当功率计的测量端口和使用的连接器类型不同时，必须使用适配器才能进行测量连接，另外即使功率计的测量端口和被测件端口的连接器类型相同，使用适配器也是一个不错的主意。这两种情况都可以保护测量端口，延长其使用寿命，降低维修成本。将适配器连接到功率计的测量端口前应对其进行仔细的检查 and 清洁，应该使用高质量的适配器，减小失配对测量精度的影响。

8) 连接器的接合平面

微波测量中的一个重要概念是参考平面，它是所有测量的基准参考面。在进行校准时，参考平面被定义为测量端口和校准标准接合的平面，良好连接和校准取决于连接器间在接合面的各点上完全平直的接触。

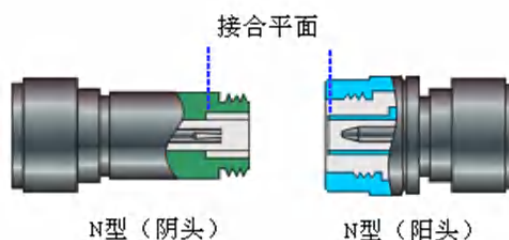


图 3.7 校准平面

3.1.1.5 用户检查

2438 系列微波功率计初次加电后，需要检查仪器是否工作正常，以备后续测量操作。

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，那么被选中的数值用长方形框起来，代表状态有效。例如：
[通道平均 开 关]，表示通道平均开有效。

1) 校零校准

首次使用仪器或者功率计主机更换探头后，建议对功率计进行校零校准。将功率探头通过多芯电缆接到功率计主机前面板的通道接口，将功率计连接电源，观察前面板右下角开关键为黄色，表示待机电源工作正常。按下前面板电源开关，观察开关键变为绿色，显示器背光灯点亮，显示启动过程大约需等待 40 秒，显示开机状态界面。

如下设置微波功率计：

步骤 1. 按前面板按键【校准】键，进入校准菜单，按[通道 A]>[校零+校准]，仪器开始进行校零校准，界面上会出现对话框，提示“正在校零校准，请稍等.....”，界面下方有进度条滚动。如果接 71710 系列连续波探头，校准需要将功率探头接到校准源上进行校准，而 81702、81703 系列峰值功率探头在探头内部带内置校准电路，不需要接到校准源进行校准。

步骤 2. 等待校准结束：对话框消失后校准操作结束，若屏幕下方没有错误提示，表明仪器工作正常；若屏幕右下角有错误提示，表明仪器工作不正常。此时，请根据本手册中的服务咨询热线与我单位服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

2) 自测试

并不需要在每次仪器开机时都进行自测试。只有怀疑仪器出现故障时，才需要进行自测试。

步骤 1. 按前面板按键【菜单】>[系统]>[服务]>[测试]，进入测试菜单；

步骤 2. 按前面板选中软菜单[自测试]键，进入自测试界面；

步骤 3. 启动自测试，测试完成后会将测试结果显示在界面中。观察测试结果：若全部通过则表明仪器工作正常；若某项失败，则表明仪器在该方面工作不正常，此时，请根据本手册中的服务咨询热线与我单位服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

上面三个步骤成功完成之后，仪器即为操作做好了准备。

3.1.2 操作系统配置

本节介绍了 2438 系列微波功率计的配置和维护等方法。为了保证仪器软件功能的正常运行，请参照下面有关微波功率计配置的注意事项。

- 仪器软件说明.....19
- 远程接口的配置.....20

3.1.2.1 仪器软件说明

2438 系列微波功率计的主机软件运行的操作系统是 WinCE，已经按照微波功率计的特性需求安装配置完成。

3.1.2.2 远程接口的配置

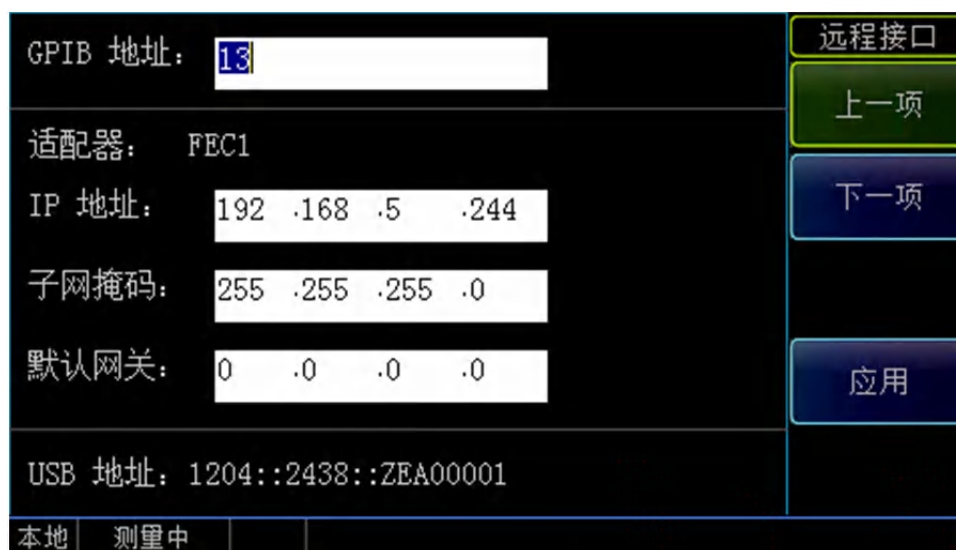
2438 系列微波功率计可以通过 GPIB、网络接口或者 USB 接口进行程控，具体配置操作如下：

步骤 1. 按前面板按键【菜单】>[系统]>[远程接口]，进入接口配置菜单，如图 3.8 所示；

步骤 2. 按通过[上一项]、[下一项]，或者面板上的【上】、【下】、【左】、【右】按键，选择要修改的选项；

步骤 3. 通过数字键修改参数设置；

步骤 4. 修改完成之后，按[应用]，将修改配置保存到微波功率计主机。



GPIB 地址: 13		远程接口
适配器: FEC1		上一项
IP 地址: 192 .168 .5 .244		下一项
子网掩码: 255 .255 .255 .0		
默认网关: 0 .0 .0 .0		应用
USB 地址: 1204::2438::ZEA00001		
本地	测量中	

图 3.8 远程接口配置界面

注意

2438 系列微波功率计主机的 GPIB 地址与组网中其他仪器的 GPIB 不能重复；

2438 系列微波功率计主机的 IP 地址，与组网系统中其他仪器的 IP 地址要在一个段内。

3.1.3 例行维护

该节介绍了 2438 系列微波功率计的日常维护方法。

1) 清洁仪器表面

清洁仪器表面时，请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干的或稍微湿润的软布轻轻擦拭表面，禁止擦拭仪器内部；

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，断开与仪器连接的电源线；
- 步骤 2. 用干净柔软的棉布蘸上清洁剂，轻轻擦拭显示面板；
- 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，损坏仪器。

3.2 前、后面板说明

该节介绍了 2438 系列微波功率计的前、后面板、操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明.....21
- 后面板说明.....22

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 2438 系列微波功率计的前面板组成及功能，前面板如图 3.9 所示。



图 3.9 仪器前面板

表 3.5 仪器前面板说明

序号	名 称	说 明
1	电源开关键	开关键位于前面板的右下角，它用于启动和关闭仪器。
2	校准源输出接口	N型接口，校准源输出50MHz、0dBm的功率参考
3	B 通道输入接口	与探头连接的多芯接口，B 通道输入。
4	A 通道输入接口	与探头连接的多芯接口，A 通道输入。
5	硬键区	2438 系列微波功率计包括 5 个硬键，是所有操作的入口，如表 3.6 所示。具体功能描述请参考本手册“5.2 菜单说明”。
6	软键区	2438 系列微波功率计的前面板显示屏幕右侧有五个没有标识的黑色按键，这些键被称为“软键”。这些软键对应的指令是动态的，所显示的功能依赖于当前所选模式和测量，并直接与最近所使用的按键相关。 “下一页”表示该菜单包含一次无法显示出来的多个软按键。按下菜单后，显示下一组软键；如果软键选项卡包含“ ”符号，这表示有一个更多软键的子菜单。按下该软键后，显示子菜单； 【返回】键用于切换到上一级菜单。
7	返回/本地键	按返回键，软菜单将返回到相应的上一级菜单。
8	方向键区	方向键区有四个方向键，分别为【上】、【下】、【左】、【右】，方向键主要有以下作用： 1) 接峰值功率探头，进行波形显示时，通过【左】、【右】键，移动标记线； 2) 打开对话框设置，通过四个方向键，将焦点移到要修改的选项中。
9	数字键区	通过数字键设置菜单或窗口下的参数，输入数字后，在窗口中有对应的单位软键，按下单位软键，将输入参数保存到功率计。

表 3.6 硬键区说明

按键名称	功能描述
菜单	菜单下面包括以下功能菜单：测量、触发、显示、系统、统计。上述菜单在功能上与硬键区【通道】、【窗口】、【校准】、【频率】并列，只是操作概率更低，因此放到【菜单】键下面。
通道	设置通道 A、通道 B 的通道平均、通道偏置、迹线控制、门设置、视频带宽、频响偏置、脉冲定义等与通道相关的参数。
窗口	按【窗口】键，可以切换显示窗口为小窗口、中窗口和大窗口显示。
校准	对通道A、通道B进行校零校准操作，设置校准源开关。
频率	设置通道A、通道B测量信号载波频率。

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 2438 系列微波功率计的后面板组成及功能，后面板如图 3.10 所示。

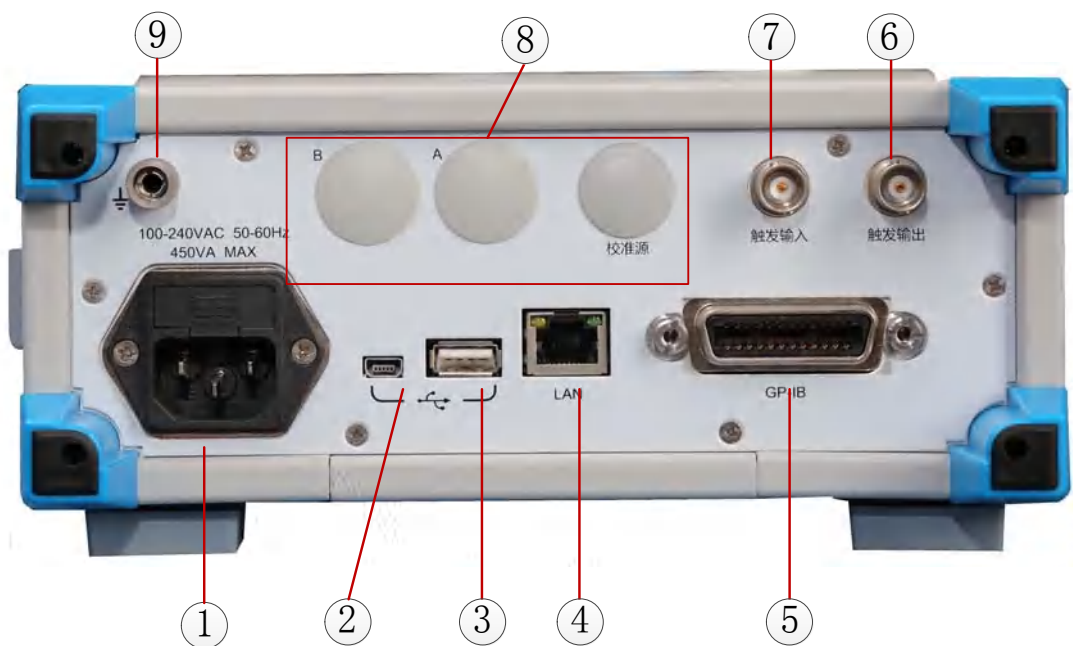


图 3.10 仪器后面板

表 3.7 仪器后面板说明

序号	名 称	说 明
1	电源输入接口	仪器交流电源输入。
2	USB 从口	计算机可以通过 USB 从口程控仪器。
3	USB 主口	接 USB 程序盘，升级仪器程序。
4	网口	计算机可通过网口程控仪器。
5	GPIB 接口	计算机可通过 GPIB 接口程控仪器。
6	触发输出接口	仪器配接峰值功率探头测量脉冲调制信号，可以输出与脉冲包络同步的 TTL 电平信号。
7	触发输入接口	仪器配接峰值功率探头测量脉冲调制信号，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仪器内部，通过选择外触发作为触发源，将脉冲包络信号稳定的显示在屏幕中。
8	后面板输入选项接口	预留“校准源”、“A 通道”、“B 通道”接口，可以在后面板配接探头进行测量，方便搭建系统使用。
9	接地端子	方便与其他设备共地连接。

3.3 基本测量方法

- 基本操作说明.....24
- 基本操作示例.....27

3.3.1 基本操作说明

本节总体介绍如何使用 2438 系列微波功率计，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 2438 系列微波功率计。

3.3.1.1 接峰值探头数值显示信息

图 3.11 显示的是 2438 系列微波功率计接峰值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 3.8 所示，下面对它们进行详细介绍。

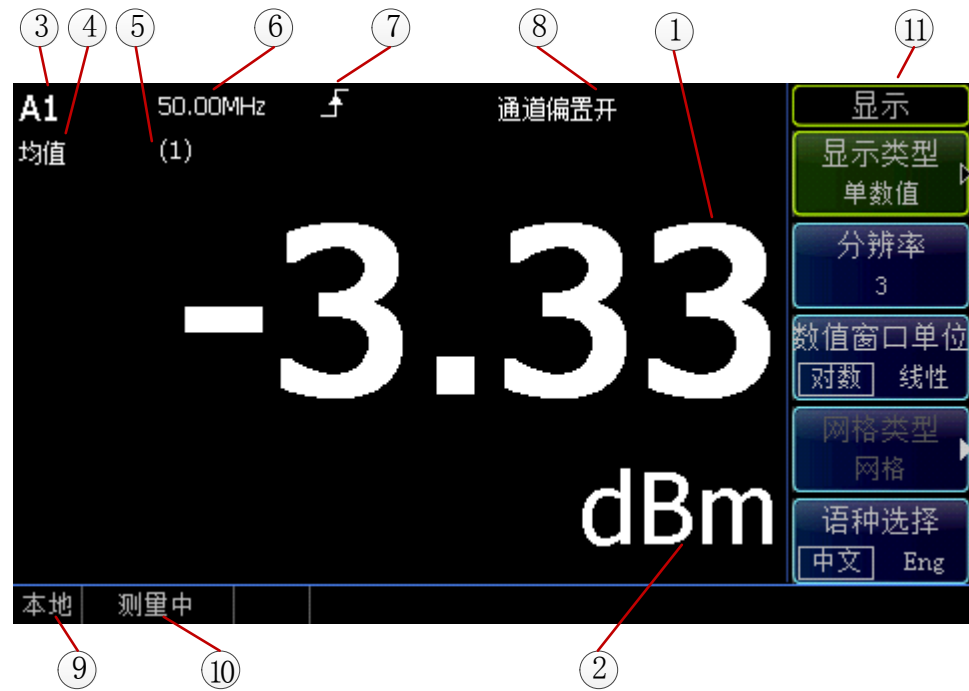


图 3.11 接峰值探头数值显示的测量界面

表 3.8 操作界面说明

图形编号	信息内容	代表含义
1	功率显示	显示当前测量功率值。
2	功率单位	显示当前功率单位，有 dBm 和 W。
3	当前前门	显示当前测量结果为哪一个门，A1 代表 A 通道的门 1。
4	数值测量类型	当前测量结果为门内的哪一种测量类型，有“平均功率”、“峰值功率”、“峰均比”、“最小功率”、“极值比”5 种类型。“均值”代表数值测量类型为“平均功率”。

5	频响偏置表	当前测量值调用的哪一个频响偏置表,有 10 个频响偏置表可供选择。频响偏置表是用户自己定义的频率因子修正表格。 (1) 代表调用第一个频响偏置表。
6	频率值	当前被测信号的载波频率值, 需要用户手动设置。
7	触发模式	触发模式。设置当前测量的触发模式,有 3 种选择,分别为“自由运行”、“连续触发”、“单次触发”。  代表“连续触发”。
8	偏置状态	偏置状态有 2 个, 如果打开显示偏置, 则显示“显示偏置开”, 如果打开通道偏置, 则显示“通道偏置开”, 如果 2 个偏置都打开, 则显示“两个偏置开”。显示偏置作用于当前窗口; 通道偏置作用于选择的通道。
9	仪器状态	显示当前仪器处于本地状态还是程控状态。
10	测量状态	提示当前测量的状态。“测量中”提示仪器处于正常测量中。
11	软键菜单	显示当前软键代表的菜单选项。

3.3.1.2 接峰值探头波形显示信息

2438系列微波功率计接峰值探头波形显示时,可以同时显示波形和一些关键的参数,如图3.12为同时显示波形和功率参数的显示界面。

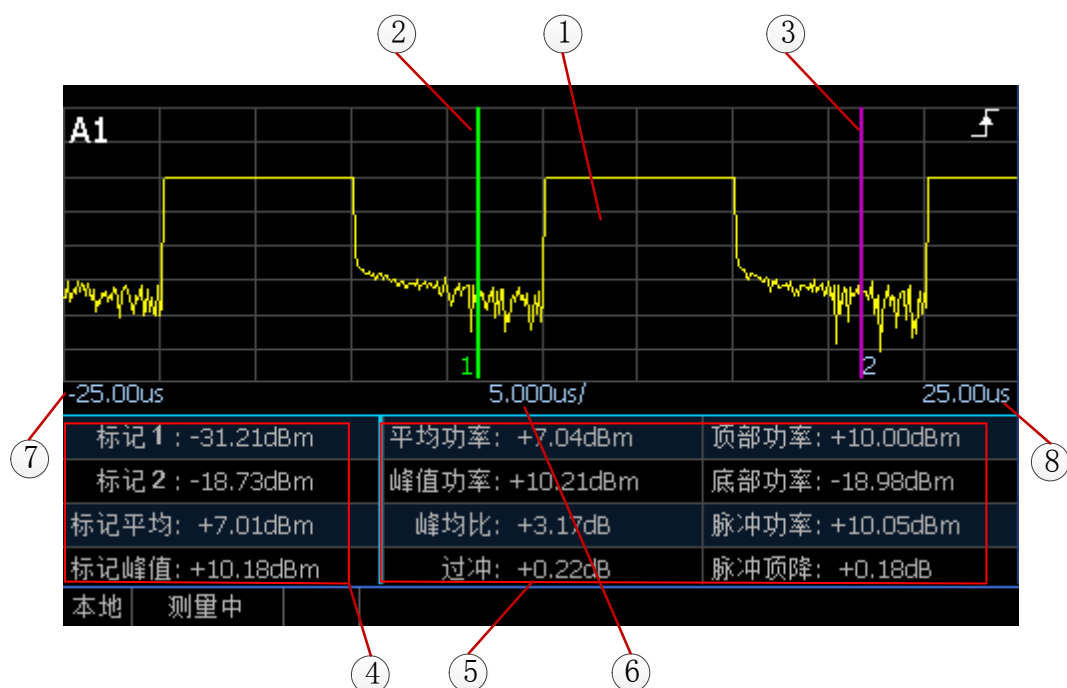


图 3.12 接峰值探头波形和功率参数显示的测量界面

表 3.9 操作界面说明

图形编号	信息内容	代表含义
1	显示波形	显示当前测量的脉冲波形。
2	标记 1	显示当前测量门对应时间的起始位置，在窗口显示为 1 条竖线，竖线下方显示数字“1”。
3	标记 2	显示当前测量门对应时间的结束位置，在窗口显示为 1 条竖线，竖线下方显示数字“2”。标记 1、标记 2 之间的时间为门的时间长度。
4	标记功率参数	显示当前标记 1、标记 2 的功率测量值，同时显示标记 1、标记 2 之间的平均功率和峰值功率。
5	窗口功率参数	显示当前窗口波形的功率参数。包括“平均功率”、“峰值功率”、“顶部功率”、“底部功率”、“峰均比”、“过冲”、“脉冲功率”、“脉冲顶降”。
6	水平刻度	设定波形显示的水平刻度值，“5.000us/”代表水平刻度每格的时间为 5us，窗口水平 10 格。
7	窗口左侧时间	波形显示窗口最左侧的时间。
8	窗口右侧时间	波形显示窗口最右侧的时间。

图3.13为同时显示波形和时间参数的显示界面。

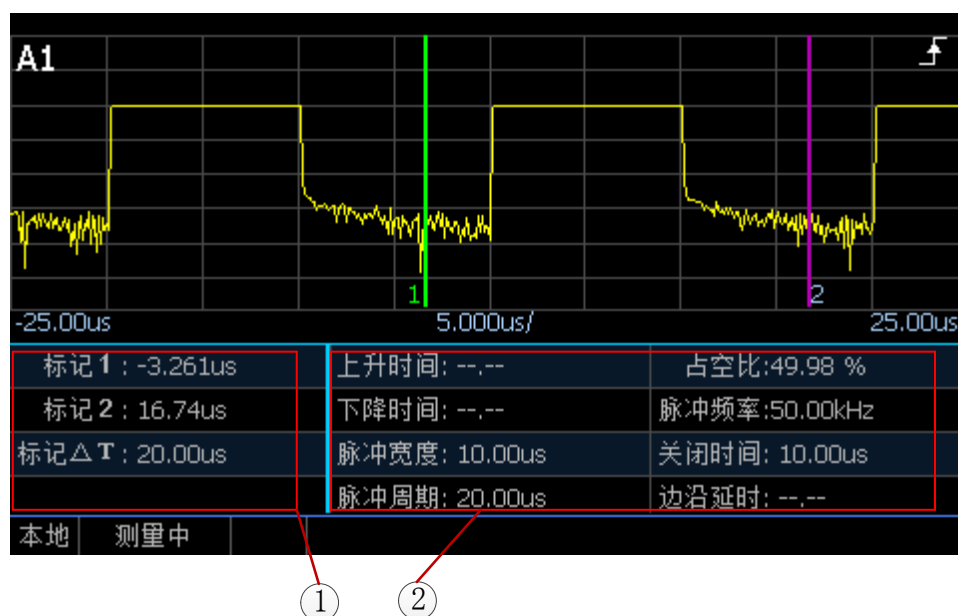


表 3.8 操作界面说明

图形编号	信息内容	代表含义
1	标记时间参数	显示当前标记 1、标记 2 的时间，同时显示标记 1、标记 2 之间的时间差。
2	窗口时间参数	显示当前窗口波形的时间参数。包括“上升时间”、“下降时间”、“脉冲宽度”、“脉冲周期”、“占空比”、“脉冲频率”、“关闭时间”、“边沿延时”。

3.3.2 操作示例

本节通过示例按步骤详细介绍了 2438 系列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仪器的特点、掌握基本测量方法。

首先，2438 系列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。

3.3.2.1 测量信号平均功率

使用功率计最常见的测量任务是确定信号的平均功率。在测量某个未知信号时，通常您可以利用[预置]按键，将仪器切换到预先设定的状态并开始测量。

注 意

如果信号电平有可能高于功率探头上限测量功率电平，在功率探头输入端必须加上功率衰减器，否则会损毁探头。

- 步骤 1. 仪器返回根菜单：多按几次【返回/本地】键，将仪器菜单返回到根菜单；
- 步骤 2. 预置仪器状态：按[预置]键，弹出状态选择窗口，选中“Default”，按[确定]键，将功率计设置到预置状态；
- 步骤 3. 设置频率：按【频率】>[通道 A 频率]，通过数字键输入被测信号频率。这时，在屏幕上可以观测到测得的准确功率值。如图 3.14 所示。



图 3.14 连续波测试

3.3.2.2 测量脉冲调制信号上升沿

脉冲调制信号包络的上升时间、下降时间是很多用户关心的参数，可以通过以下简单参数设置实现快速测量。

步骤 1. 设置触发模式：按【菜单】>[触发]>[A 触发方式]>[连续触发]，设置触发模式为“连续触发”；

步骤 2. 设置显示模式：按【菜单】>[显示]>[显示类型]>[迹线 A]，设置为波形显示；按【通道】>[迹线控制]> [迹线设置]> [水平刻度]，设置水平刻度为 20ns/格；

步骤 3. 设置触发电平：按【菜单】>[触发]>[触发设置]>[触发电平]，触发电平设置要求比被测信号峰值功率低 3dB，例如被测信号峰值功率为+10dBm，则触发电平设置到+7dBm 以下。

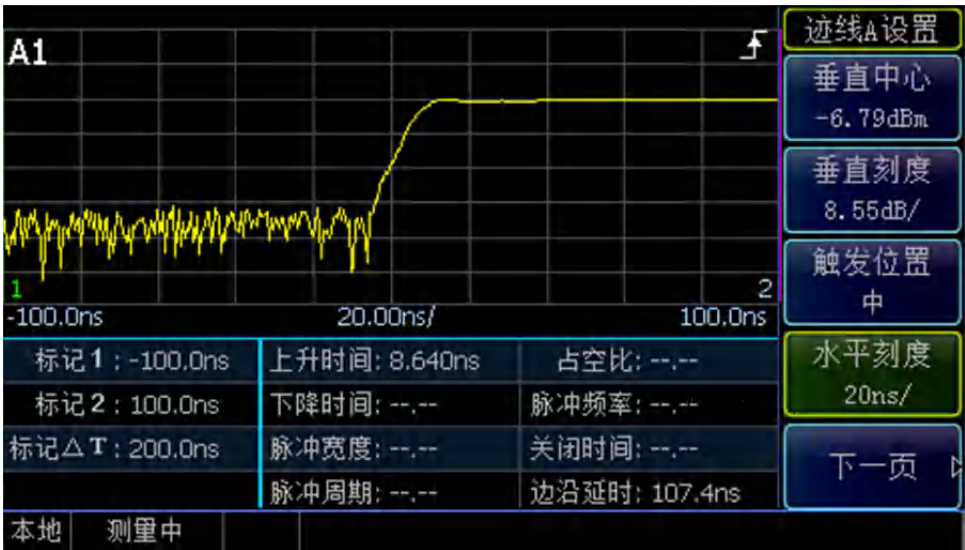


图 3.15 上升时间测试

这时，在屏幕上可以观测到测得的波形和自动测得的上升时间，如果测量下降时间，只需将[边沿触发]改为“-”。

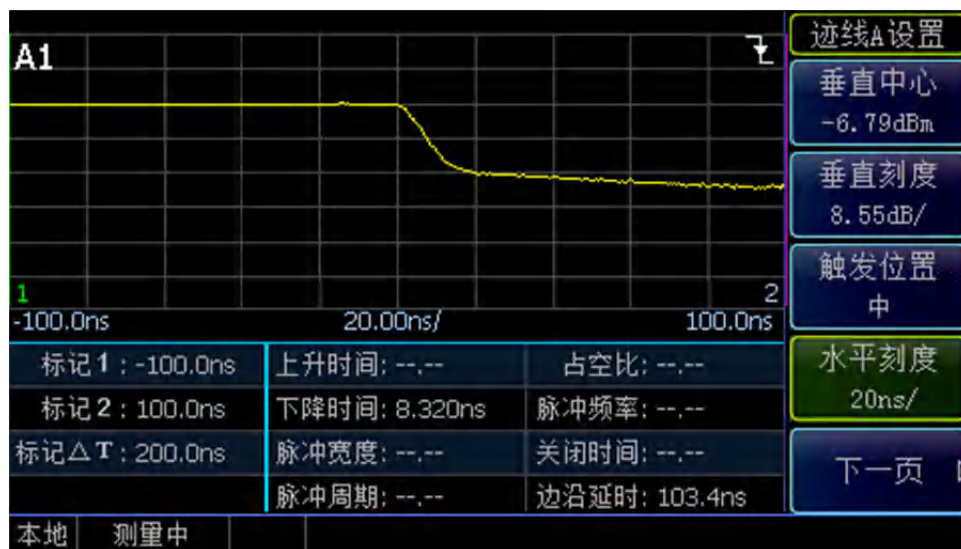


图 3.16 下降时间测试

4 操作指南

本章介绍了 2438 系列微波功率计的不同测量功能的操作方法，详细介绍了测量步骤。

● 功率探头的选型	31
● 测量之前的校零和校准	32
● 连续波功率测量	34
● 峰值功率测量	34
● 显示窗口的切换	39
● 触发位置的设置	40
● 不同周期脉冲串稳定测试方法	32
● “门”的设置和使用	44
● “偏置”的设置和使用	46
● “功率测量的统计分析	48
● 如何快速进入[迹线控制]菜单	50
● 小功率信号的测试	51
● 文本显示模式	52
● “预置”说明	52
● 如何修改探头校准因子	53

4.1 功率探头的选型

2438 系列微波功率计可以兼容 71710 系列、81702 系列、81703 系列功率探头和波导系列毫米波功率探头，具体型号和主要技术指标如表 4.1、表 4.2 所示。

2438 系列微波功率计包括 2438CA（连续波单通道）、2438CB（连续波双通道）、2438PA（连续波/峰值单通道）、2438PB（连续波/峰值双通道）4 个型号。其中 2438CA、2438CB 只能配接 71710 系列连续波功率探头和 THz 功率探头，而 2438PA、2438PB 所有探头都可以配接。

表 4.1 主机型号选择

序号	主机型号	型号说明	配接探头
1	2438CA	连续波单通道	71710 系列连续波功率探头 毫米波探头
2	2438CB	连续波双通道	
3	2438PA	连续波/峰值单通道	71710 系列连续波功率探头 81702/ 81703 系列峰值功率探头 毫米波探头
4	2438PB	连续波/峰值双通道	

表 4.2 2438 支持的功率探头型号选择

序号	探头型号	探头类型	频率范围	功率范围
1	71710A	连续波 功率探头	9kHz~12GHz	-60dBm~+20dBm
2	71710D		10MHz~18GHz	-70dBm~+20dBm
3	71710E		50MHz~26.5GHz	
4	71710F		50MHz~40GHz	
5	71710L		50MHz~67GHz	
6	81702D	宽带峰值 功率探头	50MHz~18GHz	-20dBm~+20dBm
7	81702E		500MHz~26.5GHz	
8	81702F		500MHz~40GHz	
9	81702L		500MHz~67GHz	
10	81703D	大动态范围 峰值功率探头	50MHz~18GHz	-40dBm~+20dBm
11	81703E		500MHz~26.5GHz	
12	81703F		500MHz~40GHz	
13	81703L		500MHz~67GHz	
14	71716	毫米波(THz)功 率探头	50GHz~75GHz	-30dBm~+20dBm
15	71717		75GHz~110GHz	
16	71718		110GHz~170GHz	
17	87106A		170GHz~220GHz	
18	87106B		220GHz~325GHz	
19	87108B		325GHz~500GHz	

用户可以根据所测信号的特性和测量要求，结合各探头的指标参数来选用合适的探头。主机型号和功率探头型号如表 4.1、表 4.2 所示，各探头具体指标说明请参考第八章“主要技术指标”。

4.2 测量之前的校零和校准

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和校准。

2438 系列微波功率计主机包含一个频率为 50MHz、功率为 0dBm 的校准源，校准源能够溯源于国家标准。

71710 系列连续波探头校准时用到了主机的校准源，81702 系列、81703 系列峰值功率

4.2 测量之前的校零和校准

探头内部自带校准功能，可以实现使用过程中的在线校准，无需接到校准源上进行校准。

当用户按照推荐的校准周期进行定期维护后，校准源可以使用户更准确的实现连续波功率准确测量。

在以下情况下，建议对功率探头进行校零校准操作：

- 1) 每次更换探头之后。在启动自动校准操作之前，探头需要预热 15 分钟达到稳定状态。
- 2) 当系统状态区显示“通道 A/B 需要校零校准”时；
- 3) 当屏幕的系统消息区显示温度漂移警告消息时。如果探头周围的环境温度变化过大，系统就会显示温度漂移过高消息，当温度恢复到规定的范围时系统会自动清除警告消息。
- 4) 如果被测对象功率比较小 ($< -40\text{dBm}$)，使用 71710 系列连续波探头进行测量时，将 71710 功率探头接到被测设备后，关闭被测设备输出，对 71710 功率探头进行校零操作，消除微波功率计和被测设备之间由于接地噪声造成的误差。
- 5) 81702 系列、81703 系列峰值功率探头内部自带校零校准，在接到被测设备后，无需关闭被测设备输出，可以在线进行校零校准操作。

注 意

当“必须校准”功能开启后，如果出现以上情况而用户不进行校准操作，则用户不能进行测量操作；只有进行校准后，才能正常测量。

4.2.1 71710 系列连续波探头校零、校准

71710 系列功率探头的校零操作是指测量并存储整个测量通道的噪声。在测量过程中，需要从实际测量值中扣除校零值，即扣除通道的噪声，此时的读数才是真实的通道输入信号电平。

71710 的校零操作如果接在被测设备端口，需要将被测设备功率输出关闭。

校零操作步骤如下：

- 1) 关闭被测设备信号输出；
- 2) 按【校准】>[通道 A]>[校零]；
- 3) 等待 30 秒，校零操作完成。

71710 系列功率探头的校准过程，需要将探头接到 2438 微波功率计的校准源端口，具体操作过程是：

- 1) 将 71710 系列功率探头接到校准源输出端口；
- 2) 按【校准】>[通道 A]>[校准]；
- 3) 等待 30 秒，校准操作完成。

也可以操作【校准】>[通道 A]>[校零+校准]，同时完成校零、校准操作。

4.2.2 81702、81703 系列峰值探头校零、校准

81702、81703 系列峰值探头内部自带校准电路，峰值探头的校准不需要接到 2438 微波功率计校准源输出端。

81702、81703 系列峰值探头的校零、校准过程，与 71710 系列功率探头的校零、校准

4.3 连续波功率测量

操作步骤相同，请参照与 71710 系列功率探头的校零、校准过程。

4.3 连续波功率测量

2438 系列微波功率计配接 71710 系列连续波功率探头连续波信号，实现平均功率的测量，功率测量动态范围从-70dBm 到+50dBm。

连续波功率测量分为以下三个步骤：

- 1) 校零和校准；
- 2) 设置待测信号的频率；
- 3) 利用连续波探头进行连续波功率测量。

以通道 A 为例，具体操作过程如下：

- 1) 将多芯电缆一端接入前面板的通道 A 端口，一端接入 71710 探头，然后开机；
- 2) 预热 15 分钟之后，将 71710 系列探头接到 2438 微波功率计校准源端口，设置【校准】>[通道 A]>[校零+校准]，等到 30 秒，完成校零校准操作；
- 3) 设置【频率】>[通道 A 频率]，输入被测信号的频率值保证系统调用正确的校准因子，确保测量准确度；
- 4) 将 71710 系列探头接到被测信号的输出端口，系统屏幕显示信号的平均功率电平；
- 5) 按【菜单】>[显示]>[数值窗口单位]，选择当前功率测量值单位为“对数”或者“线性”；
- 6) 按【窗口】功能键，显示切换到扩展窗口模式，再次按【窗口】键，切换到全屏显示模式。

在实际应用中，并非每次测量都需要校零校准，具体请参考本章 4.2 节“测量之前的校零和校准”。

注意

在测量较低电平信号，需要先进行校零，然后再进行测量，这样才能保证测量的准确度。

当功率低于-50dBm 时，需要将[步进检测]设置为“关”状态，并设置[通道平均]为“手动”，平均次数大于 200 次，如果功率低于-60dBm，平均次数大于 500 次。

4.4 峰值功率测量

2438 系列微波功率计在配接 81702 系列、81703 系列峰值功率探头之后，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。81702 系列功率探头脉冲功率范围为-20dBm~+20dBm，频率范围覆盖 50MHz~67GHz；81703 系列功率探头脉冲功率范围为-40dBm~+20dBm，频率范围覆盖 50MHz~67GHz。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。

下面首先介绍脉冲波形和自动测量参数的定义，然后介绍脉冲功率测量的详细步骤。

4.4.1 脉冲测量参数定义

本节详细介绍了 2438 系列微波功率计中脉冲参数的定义。

如图 4.1 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 4.3 介绍了 IEEE 194-1977 标准脉冲术语和定义，表 4.4 介绍了各种脉冲参数的详细定义。

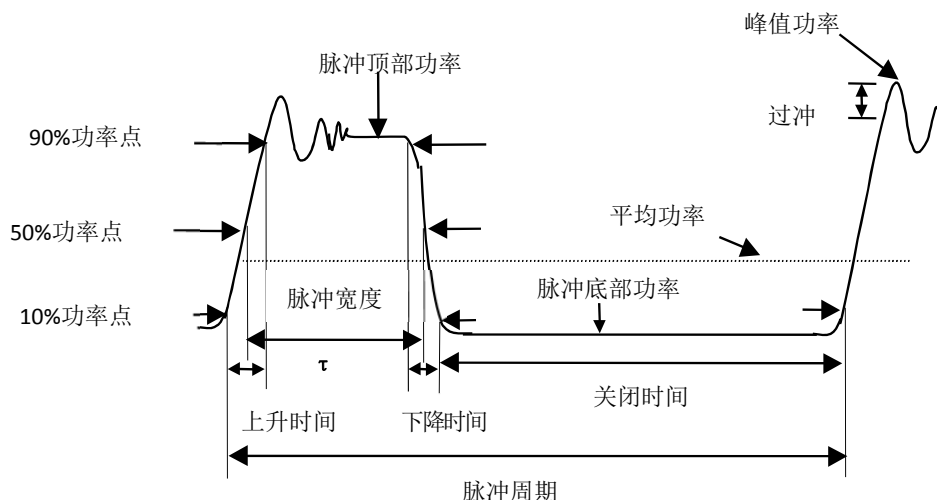


图 4.1 脉冲包络幅度和时域参数定义示意图

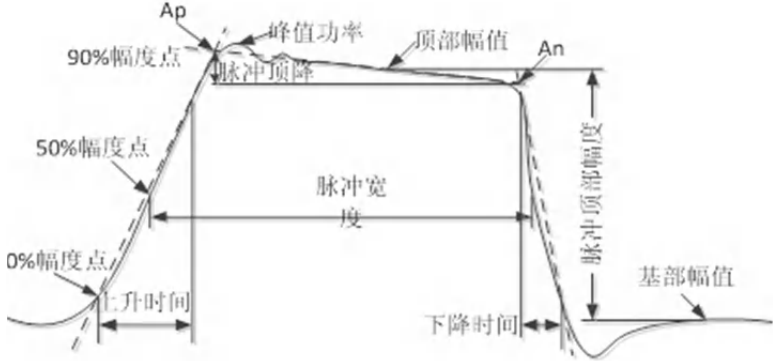
表 4.3 IEEE 脉冲术语

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，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，定义为顶线。
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。

2438PA/PB 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 4.4。

表 4.4 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（A_p）和下降直线上的交点的幅度（A_n）之差与 A_p 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。

注意

脉冲参数的测量，是基于窗口中显示波形的参数测量，在一种模式下可能无法全部显示所有的参数，在测试中请注意表 4.4 中的各种参数自动测量的条件限制，并参考“4.4.2 峰值功率测量与波形显示”一节中的相关设置，来完成各种脉冲参数的准确测试。

4.4.2 峰值功率测量与波形显示

本节以 2438 微波功率计的 A 通道、配接 81703D 功率探头为例，详细讲述一下如何测量脉冲信号，并且如何迅速地观测各种脉冲包络的参数。

设置信号发生器频率为 5GHz、功率为+10dBm、脉冲周期 20us、脉冲宽度 10us。

具体操作步骤如下：

- 1) 将 81703D 校零、校准后，接到信号发生器输出端；
- 2) 设置【菜单】>[显示]>[显示类型]>[迹线 A]，将波形显示出来；
- 3) 设置【菜单】>[触发]>[A 触发方式]>[连续触发]，[触发设置]>[触发源]>[通道 A]，[触发模式]>[自动]，[触发电平]>[0dBm]，[边沿触发]>[-]，完成触发菜单设置；
- 4) 设置【窗口】，由小窗口显示转换为中窗口显示；
- 5) 设置[迹线设置]>[垂直中心]>[-10dBm]，[垂直刻度]>[10dB/]，[触发位置]>[中]，[水平刻度]>[5us/]，完成多个波形的显示；

4.4 峰值功率测量

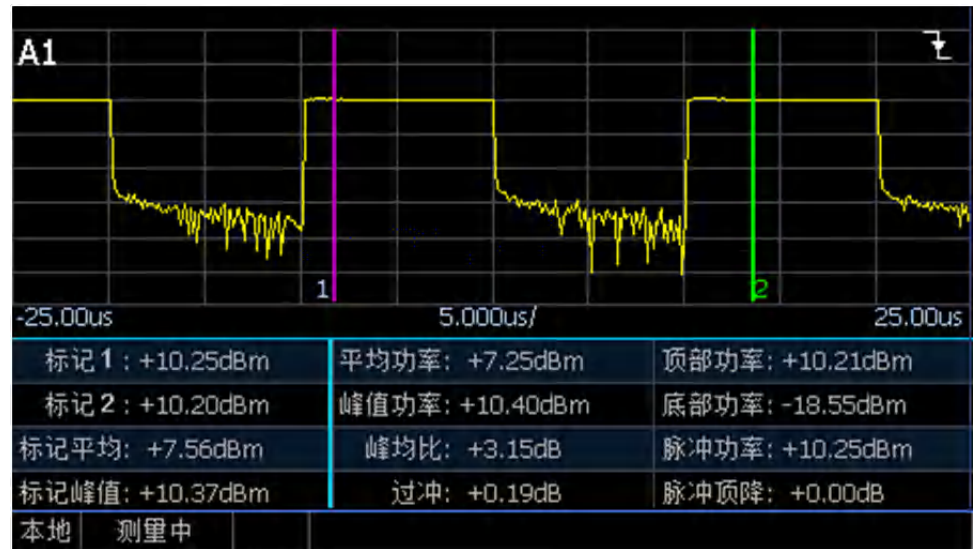


图 4.2 多个周期自动测量功率参数

- 6) 【通道】>[迹线控制], 进入迹线控制, [测量参数]>[功率], 如图 4.2 所示, 得到多个波形显示和功率参数自动测量;
- 7) 设置[测量参数] >[时间], 得到多个波形显示和时间参数自动测量, 如图 4.3 所示。在此由于水平刻度比较大, 无法观测上升时间和下降时间, 对于上升时间和下降时间测试, 则通过修改水平刻度和边沿触发得到;

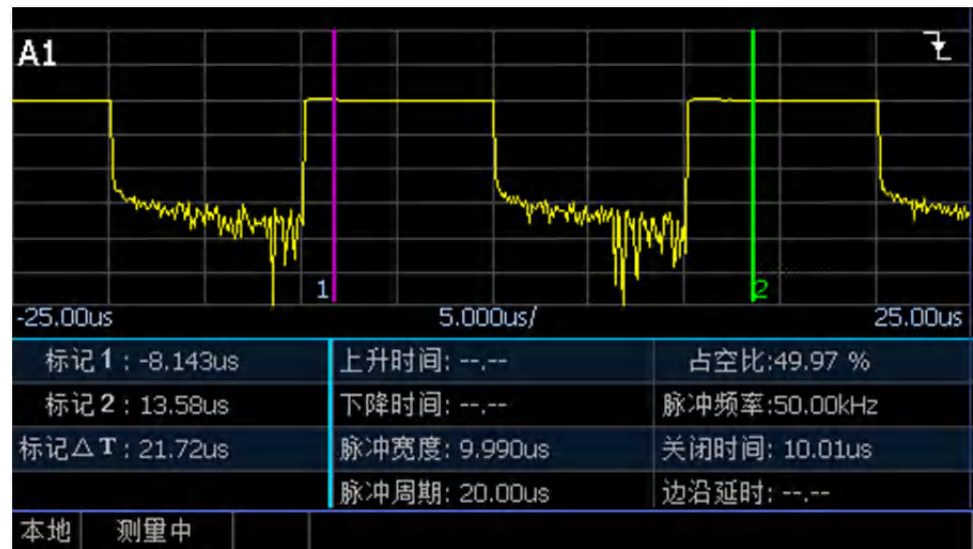


图 4.3 多个周期自动测量时间参数

- 8) [迹线设置]>[水平刻度]>[20ns/], 如图 4.4 所示, 得到脉冲信号的上升时间;
- 9) 【菜单】>[触发]>[触发设置]>[边沿触发]>[-], 采用下降沿触发, 得到脉冲信号的下降时间。

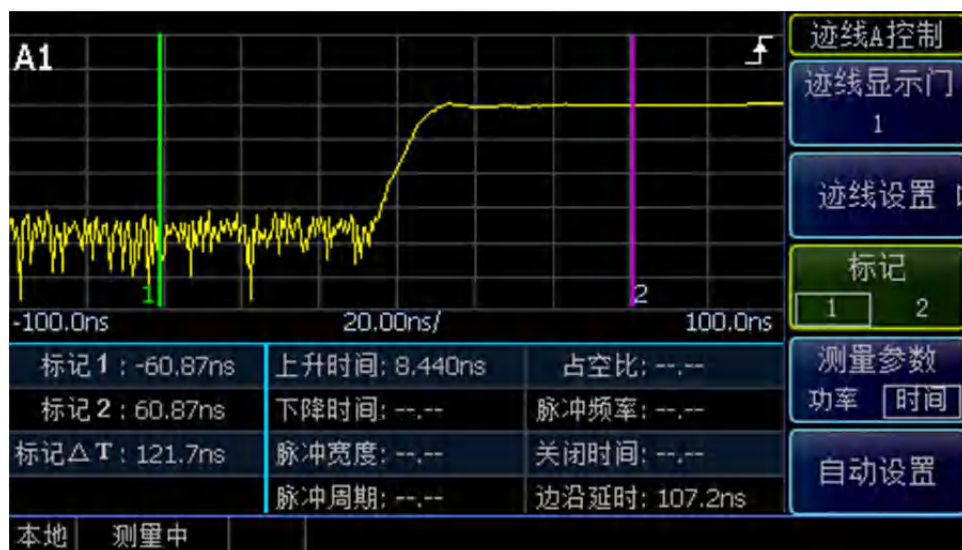


图 4.4 上升时间测试

4.5 显示窗口的切换

2438 系列微波功率计有 3 种窗口显示方式，小窗口显示、中窗口显示、大窗口显示。可以通过【窗口】按键进行切换。

如图 4.5 所示，为小窗口显示，小窗口分为上、下 2 个窗口，每个窗口显示独立的内容，小窗口可以同时显示 2 个窗口的内容，只能显示简单的内容，无法显示详细的脉冲包络。



图 4.5 小窗口显示

在小窗口模式下，通过“上”、“下”键选中当前窗口，背景色为蓝灰色表示选中当前窗口。按【窗口】按键，可以切换到中窗口显示，如图 4.6 所示。

4.6 触发位置的设置

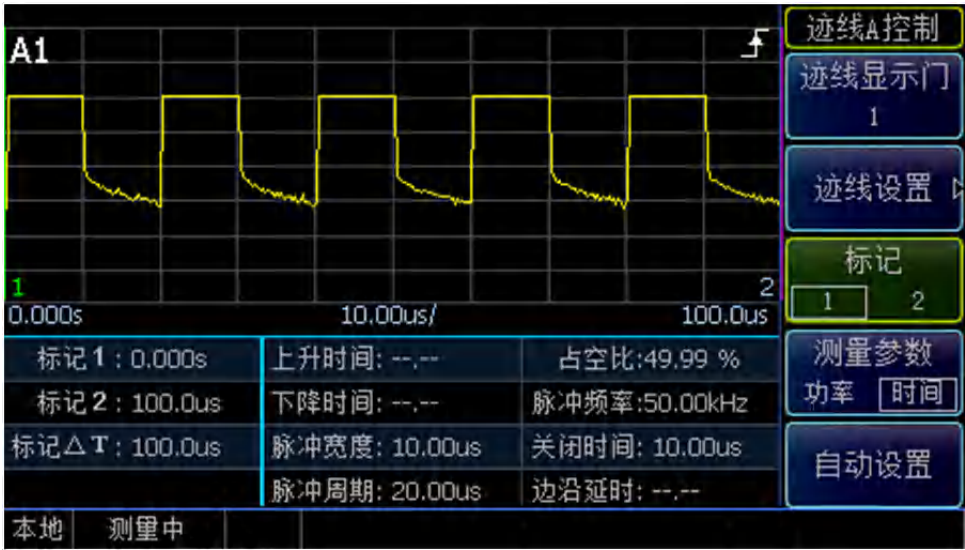


图 4.6 中窗口显示

中窗口上边窗口显示波形，下边显示波形参数，参数分为功率参数和时间参数，在[迹线控制]下，选择[测量参数]为“功率”或者“时间”。具体时间参数和功率参数的设置请参考“4.4 峰值功率测量”。

在中窗口，按【窗口】按键，转换到大窗口显示，大窗口显示内容与中窗口相同，只是将窗口放大，覆盖了右侧的软菜单，如图 4.7 所示。

通过【窗口】按键可以循环切换小窗口、中窗口、大窗口。

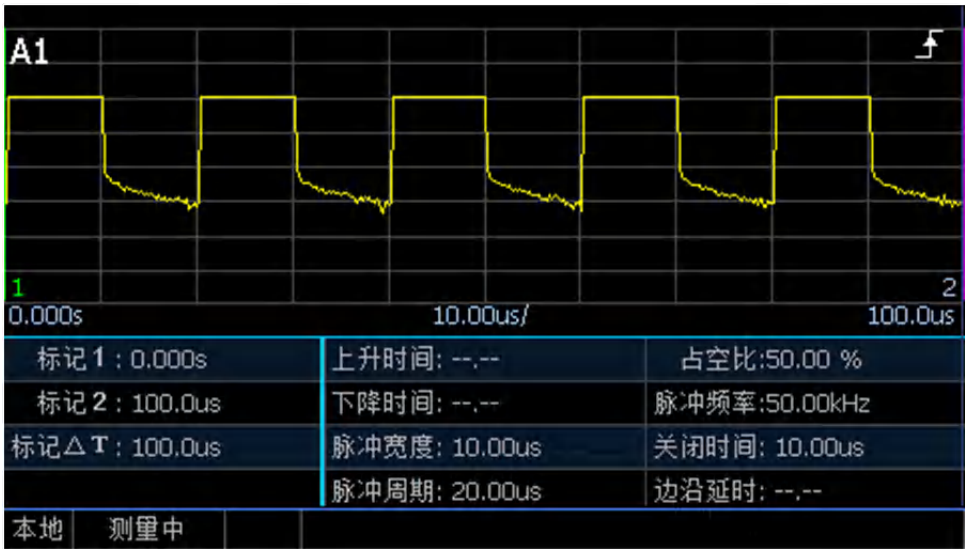


图 4.7 大窗口显示

4.6 触发位置的设置

触发是脉冲能够稳定测量的基础，脉冲包络经过整形产生与被测信号同步的触发信号，

4.6 触发位置的设置

将触发信号的上升沿或者下降沿，作为触发位置。触发位置是采样的基准，根据“触发位置”和“触发延时”，将波形在屏幕对应的位置显示。

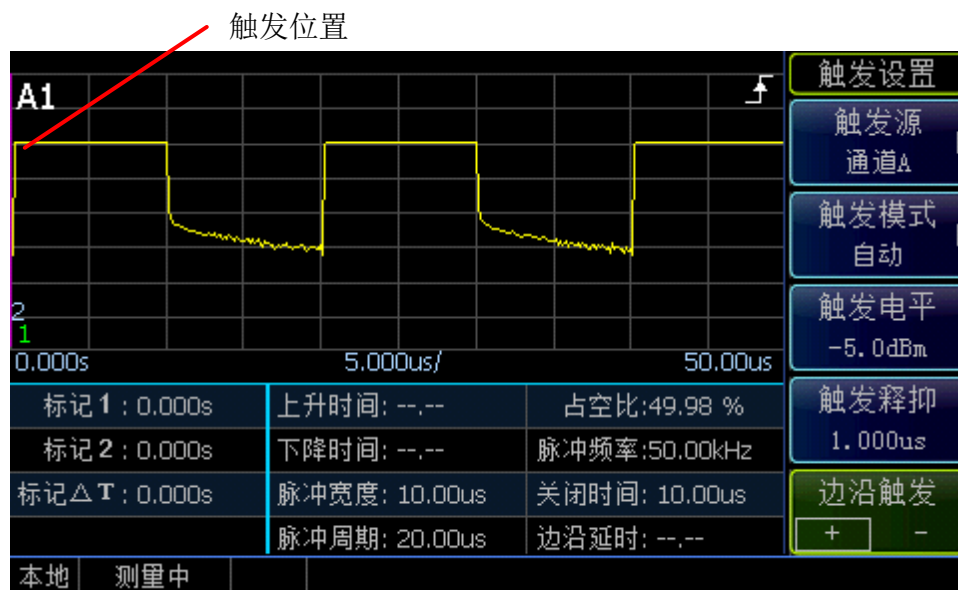


图 4.8 触发位置位于屏幕左侧

如图 4.8 所示为触发位置位于屏幕左侧的显示波形，触发位置的设定，可以通过[触发设置]和[迹线设置]完成。如图 4.8，触发位置位于屏幕中间，并使以上升沿作为触发位置，具体设置为：

- 1) 设置【菜单】>[触发]>[触发设置]>[边沿触发]>[+]；
- 2) 设置【通道】>[通道 A]>[迹线控制]>[迹线设置]>[触发位置]>[左]；

触发位置可以通过“触发位置”和“触发延时”来控制。

如图 4.9 所示为“触发位置”为“中”的显示波形。

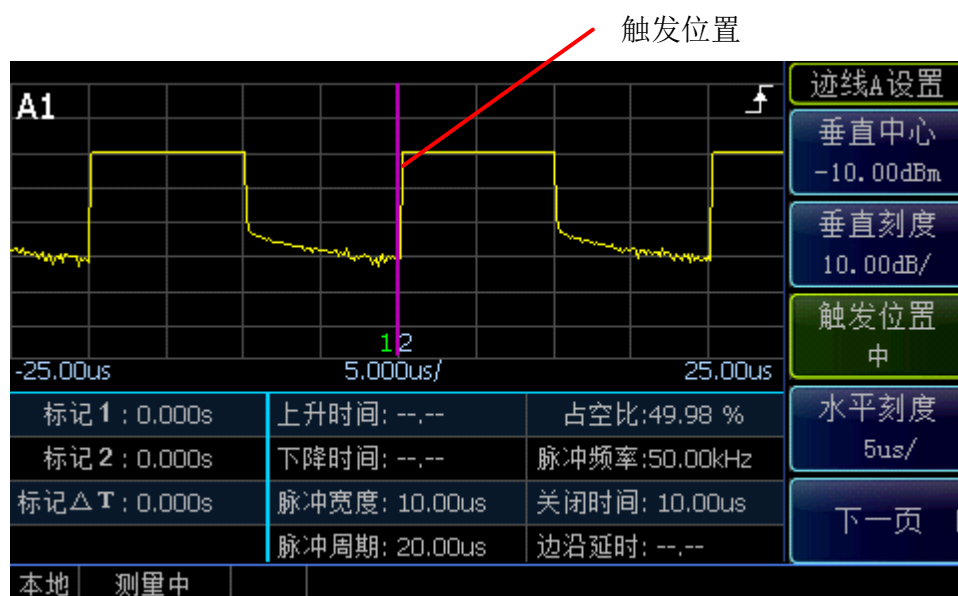


图 4.9 触发位置位于屏幕中间

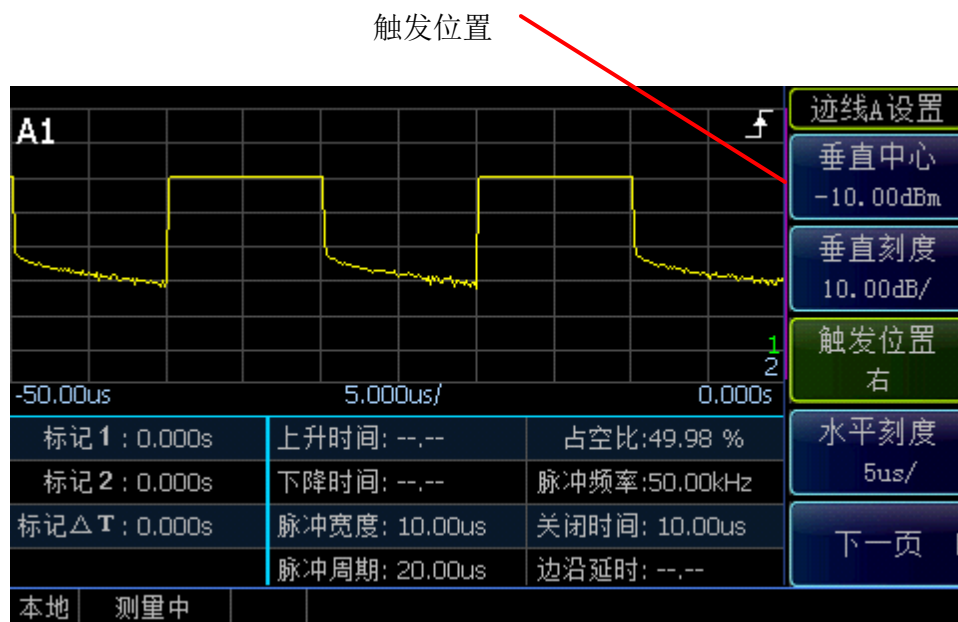


图 4.10 触发位置位于屏幕右侧

“触发延时”可以将触发位置设定于屏幕中的任何位置，甚至也可以将触发位置设定与显示屏幕之外，如图 4.11 为上升沿触发、[触发位置]设定为“中”，[触发延时]设定为“8us”，将波形相对于屏幕中心左移了 8us，同样，如果[触发延时]设定为负值，将波形相对于屏幕中心向右侧平移。

屏幕显示的波形也可以通过脉冲的下降沿触发，通过设置[边沿触发] >[-]，则采用下降沿触发。

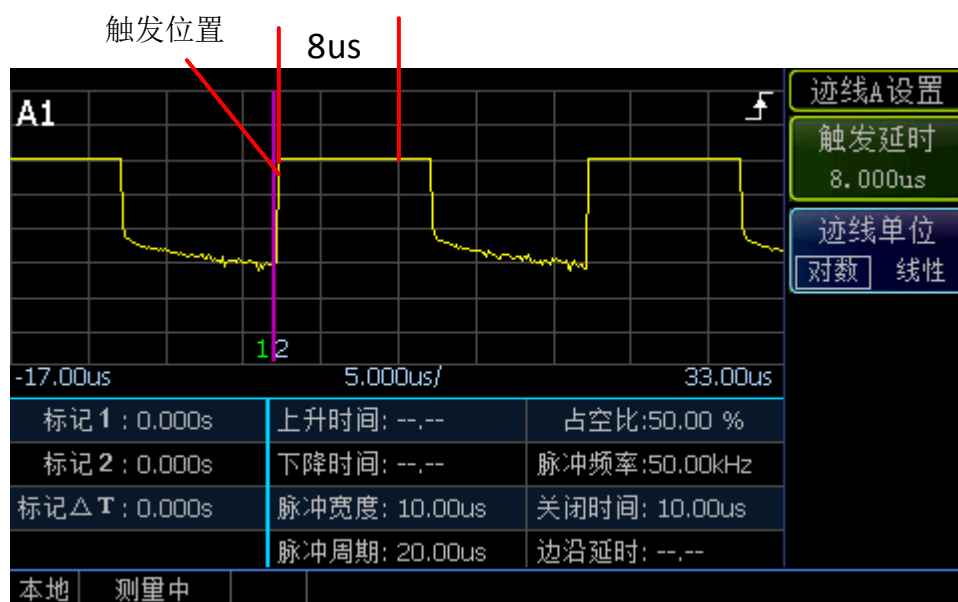


图 4.11 触发延时为 8us

4.7 不同周期脉冲串稳定测试方法

使用“触发释抑”可以进行脉冲串的测量。

在每次触发之后加入一定时间间隔，在这段时间内禁止脉冲触发，该时间段要小于脉冲串的周期，但是大于“除去脉冲串中最大脉冲的时间宽度”。例如脉冲串包括 5 个脉冲，脉冲周期分别为“2 μ s、4 μ s、6 μ s、8 μ s、10 μ s”，则“触发释抑”需要设置在 20.1 μ s~29.9 μ s，可以稳定触发脉冲序列。

本节以 2438 微波功率计的通道 A、配接 81702D 峰值功率探头为例，详细讲述如何使用触发释抑功能测量不同周期的脉冲串。

设置信号发生器频率为 1GHz、功率为 10dBm，脉冲调制模式，输出信号为脉冲序列，共 5 个脉冲，周期依次为 2 μ s、4 μ s、6 μ s、8 μ s 和 10 μ s，占空比为 50%。

具体设置为：

- 1) 将 81702D 校零、校准后，接到信号发生器输出端；
- 2) 设置【菜单】>[触发]>[触发设置]>[边沿触发]>[+]，[触发源 通道 A]，[触发电平 -5dBm]；
- 3) 设置[触发释抑 21 μ s]；
- 4) 设置【菜单】>[显示]>[显示类型]>[迹线 A]；
- 5) 设置【通道】>[迹线控制]>[迹线设置]>[水平刻度 10 μ s/]，[触发位置 中]，[垂直刻度 10.00dB/]；

通过上述步骤，可以将不同周期的脉冲串稳定显示在屏幕中。

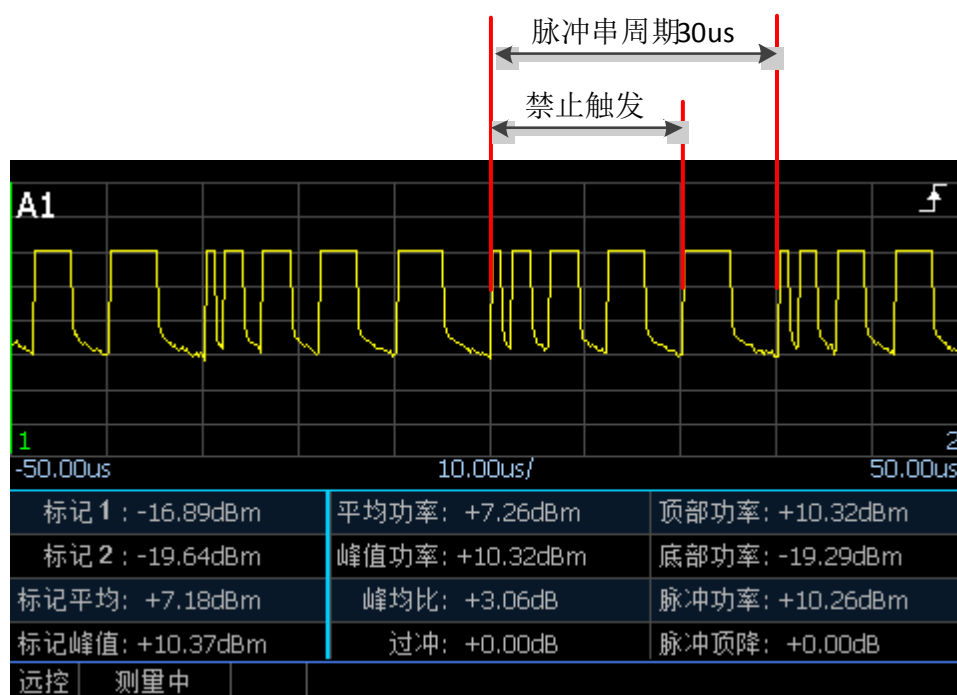


图 4.12 不同周期脉冲串稳定测试图

4.8 “门”的设置和使用

在 2438 系列微波功率计中，“门”是重要的辅助测量手段，熟悉“门”的设置，可以很方便地完成许多脉冲参数的测试。

4.8.1 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（“触发位置”的设置请见“4.6 触发位置的设置”），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 5 种测量类型，分别为“平均功率”、“峰值功率”、“峰均比”、“最小功率”、“极值比”。

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；

极值比：当前门内功率最大值和最小值的比值。

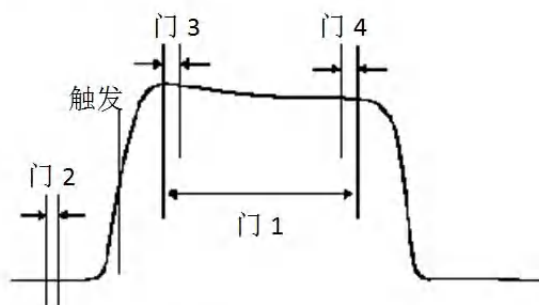


图 4.13 测量门图

例如，如图 4.13 设置测量门，可以进行以下测量：

- 1) 脉冲的平均功率：门 1 内平均值测量；
- 2) 峰值与平均值之比：门 1 内峰值-平均值测量；
- 3) 脉冲跌落：门 3 平均值测量减去门 4 平均值测量；
- 4) 噪声平均值：门 2 平均值的测量。

注 意

“门”的概念只适用于 81702、81703 系列峰值功率探头，71710 系列连续波探头无“门”相关的操作；

81702、81703 系列峰值功率探头采样模式为“自由运行”时，无“门”相关的操作，因此进行“门”设置时，请将触发模式设置为“连续触发”。

在用门测量时，“迹线显示”和“数值显示”输入方式不同！

如果采用迹线显示，则修改“门”只能通过[迹线控制]下的[迹线显示门]选择门；通过“门设置”或者【左】【右】键修改门的位置和长度；

在迹线显示下，只能测量 1 个门内的平均功率和峰值功率，对应着在中、大窗口显示下

自动测量的标记平均和标记峰值。

如果采用数值显示，门设置需要在【菜单】>[测量]>[数据输入]菜单下完成；

如果单通道，则不允许修改“通道”，默认为“通道 A”。数值显示模式下可以进行 2 个门的组合测试，有“比值”、“差值”2 种组合方式，用户可以自由定义门 1 测量类型、门 2 测量类型，并自由组合各种测量类型。

4.8.2 测量门的位置的设置

最大可设置 4 个门，门相对于触发位置的设置操作如下：

- 1) 设置【通道】>[通道 A]>[门设置]>[门编号]，可以选择门设置，共有 4 个门，如果选中“1”，则下面的设置是对于“门 1”的；
- 2) [起始位置]，设定门 1 的起始位置，在屏幕显示中对应“标记 1”的位置；
- 3) [长度]，设定门 1 的长度，即屏幕显示中对应“标记 1”和“标记 2”之间的时间长度，因而“标记 2”的位置是“标记 1”+“长度”；
- 4) 为了更直观的设置门，可以与“迹线显示门”配合使用，例如[门编号]为“1”，将[迹线显示门]也设置为“1”，则在波形中可以看到门对应的标记 1 和标记 2 相对于波形的的位置，根据标记 1、标记 2 的位置，直观的调节门的起始时间和长度；

在迹线显示窗口下，可以在[迹线控制]菜单下，选中[标记 1、2]，通过【左】、【右】按键移动。

注意

当水平刻度、触发延时等参数改变时，如果门超出了屏幕显示，系统会自动调节门设置到屏幕范围内，门参数的测量是基于当前标记之间测量！

4.8.3 迹线显示下测量门的设置

在迹线显示下，只能选择 1 个门，并且只能测量门内的平均功率和峰值功率，对应中、大窗口下波形下方自动测量的标记 1、标记 2 内的测量。

迹线显示下测量门的设置，步骤如下：

- 1) 设置 [迹线控制] >[迹线显示门] >[1]，选择当前迹线下标记对应的门为 1，在迹线显示窗口右上角对应显示 A1，如果选择迹线显示门为 2，则右上角显示 A2；
- 2) 设置[测量参数]>[功率]，设置功率测量参数，则在迹线显示下方左侧 1 列，显示出当前门对应的标记 1、标记 2 的功率值，并显示出标记平均、标记峰值功率；
- 3) 设置[测量参数]>[时间]，设置时间测量参数，则在迹线显示下方左侧 1 列，显示出当前门对应的标记 1、标记 2 的时间，并显示出标记 1、标记 2 之间的时间长度。

4.8.4 数值显示下测量门的设置

在数值显示下，显示的数值为测量门下的某一设置。数值显示下测量结果为 2 种：一是单独参数设置测量结果，例如一个门内的“平均功率”、“峰值功率”等；二是 2 个门结果的组合测量，例如“门 1 的平均功率”与“门 2 的平均功率”的比值等。

4.9 “偏置”的设置和使用

下面分别讲述一下数值显示下单独门设置和组合门设置的操作。

单独门设置步骤如下：

- 1) 设置【菜单】>[测量]>[数据输入]，如果为单通道测量，则默认为“通道 A”，如果是双通道，则可选择“通道 A”、“通道 B”，在此以[通道 A]为例说明；
- 2) 设置[组合形式]>[单独]，选择单独门测量模式；
- 3) 设置[测量门]>[1]，设置当前门为门 1，则在数值显示窗口右上角显示 A1，提示当前测量门为门 1；
- 4) 设置[测量类型]>[平均功率]，则数值显示窗口中显示的为门 1 内的平均功率；
- 5) 也可以设置[测量类型]为“峰值功率”、“峰均比”、“最小功率”、“极值比”，则数值显示窗口中显示的分别为各种类型的测量值。

组合门设置步骤如下：

- 1) 按照“单独门设置步骤”，设置“数据输入 1”为“通道 A”、“测量门 1”的“平均功率”；
- 2) 设置[组合形式]>[组合]，则[数据输入 2]变亮，允许[数据输入 2]操作；
- 3) 设置[数据输入 2]>[通道]>[通道 A]，[测量门]>[2]，设置“组合测量”的第 2 个数据为通道 A 的门 2；
- 4) 设置[组合形式]>[比值]，则在数值显示窗口右上角显示 A1/A2，提示测量结果为门 1 和门 2 的比值；
- 5) 设置[测量类型]>[平均功率]，设置“门 2”的测量类型为“平均功率”，则数值显示窗口中测量结果为“门 1 的平均功率”与“门 2 的平均功率”比值，单位为 dB；
- 6) 如果[组合形式]设置为[差值]，则在数值显示窗口右上角显示 A1-A2，则数值显示窗口中测量结果为“门 1 的平均功率”与“门 2 的平均功率”差值，单位为 dBm。

4.9 “偏置”的设置和使用

2438 系列微波功率计可以为测试路径中的信号衰减或增益进行补偿。在测量通道中的三个不同位置可以设置偏置，分别是“通道偏置”、“显示偏置”、“频响偏置”。其中，“通道偏置”、“频响偏置”作用于整个通道，可以独立的对通道 A 或通道 B 进行补偿；而“显示偏置”只作用于当前窗口，只对某个显示窗口的测量值进行偏移。

4.9.1 设置通道偏置

如果测量路径中包含放大或衰减电路，那么这个增益和衰减是测量通道所固有的。通道偏置以 dB 为单位，其范围为-100dB 到+100dB，其中，正值补偿衰减器的衰减量，负值补偿放大器的增益量。

通道偏置的设置步骤：

- 1) 选择【通道】>[通道 A]>[通道偏置]>[状态]>[开]，启动通道偏置功能，此时屏幕提示“偏置开”；
- 2) 设置[通道偏置]>[偏置大小]，输入偏置量。

如果输入的偏置大小为正值，则显示的是测量结果加上偏置值，如果输入的偏置大小为负值，则显示的是测量结果减去偏置值。

如果设置了通道偏置或显示偏置，系统都会显示“偏置开”。

4.9.2 设置显示偏置

显示偏置是对当前窗口的测量结果增加偏置，显示偏置只作用于当前窗口，如果在小窗口显示时，可以通过“上”、“下”键选中窗口，然后再更改显示偏置。显示偏置以 dB 为单位，其范围为-100dB 到+100dB，其中，正值补偿衰减，负值补偿增益。

显示偏置的设置步骤：

- 1) 选择【菜单】>[测量]>[显示偏置]>[状态]>[开]，启动显示偏置功能，此时屏幕提示“偏置开”；
- 2) 设置[显示偏置]>[偏置大小]，输入偏置量。

如果输入的偏置大小为正值，则显示的是测量结果加上偏置值，如果输入的偏置大小为负值，则显示的是测量结果减去偏置值。

如果设置了通道偏置或显示偏置，系统都会显示“偏置开”。

4.9.3 设置频响偏置

频响偏置随频率的不同而不同，它为测试系统响应中的有关频率变化提供了一种快速有效的补偿方法，是作用于功率探头的。微波功率计可以存储 10 个频响偏置表，每个频响偏置表最多设定 80 个频率点。

在启动频响偏置功能后，在功率测量过程中，功率计自动根据探头校准表格和频响偏置表格设置校准因子，对测量结果进行修正，保证测量准确度。

频响偏置设置步骤：

- 1) 确定功率计/探头已经校零和校准；
- 2) 按【通道】>[通道 A]>[下一页]>[频响偏置]，进入频响偏置设置窗口；
- 3) 按【上】和【下】按键或者[上一项]、[下一项]软键，选择要设置的频响偏置表，选中的频响偏置表显示底色为深蓝色；
- 4) 按[状态]软键，打开频响偏置表；
- 5) 按[编辑]软键，进入频响偏置编辑菜单；
- 6) 按[插入]软键，弹出频率对话框，您可以通过数字键输入插入的频点，单位通过右侧软键设置；
- 7) 输入频率单位后，自动弹出偏置对话框，您可以通过数字键输入插入频点的偏置值，单位为 dB；
- 8) 通过【上】、【下】按键，可以选中需要修改的频点，选中后，按[编辑]软键，进行当前频点频响偏置的修改；
- 9) 如果删除某个频点的频响，可以通过[删除]软键实现；
- 10) 频响偏置表偏置量单位可以是对数或者是线性，对数单位为 dB，线性单位为%，按[编辑单位]软键，可实现单位的切换。

频响偏置表格生效，此时系统在所有采用该通道的测量窗口中显示(1)标记。

如果频响偏置表中键入的频率超出探头校准表格或频响偏置表中所定义的频率范围，微波功率计将用相应表中的最高或最低频率点设置校准因子和偏置。

在实际应用中，如果待测信号频率与探头校准表格和有效频响偏置中的频率点不同，微波功率计将利用线性插值法来计算该频率点上的校准因子和偏置。

如图 4.14 所示为频响偏置编辑窗口，您可以自己输入频点、偏置量等操作。

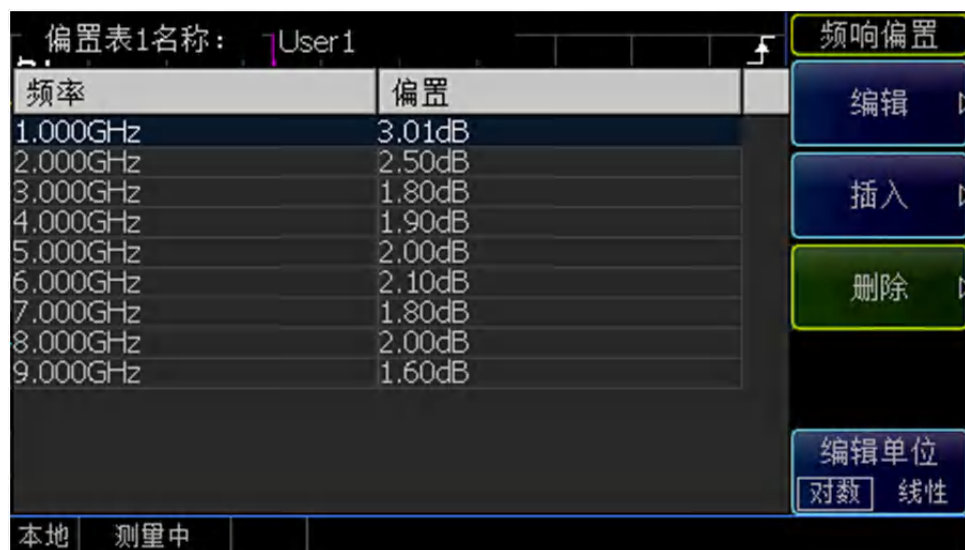


图 4.14 频响偏置编辑窗口

4.10 功率测量的统计分析

数字矢量调制方法将振幅调制和相位调制定义到一个多电平组织结构中，用来表示一个数据流的比特位，如 CDMA 等通信。无论在时域还是在频域，这些调制信号与噪声都非常相似。这引发了新的测量问题，特别是在数字通信系统的发射机端。由于调制信号的峰-均功率比是所传输数据的复函数，而不是调制信号幅度的函数，因此旧的调制深度和调制指数的定义已经没有意义。所用的编码和复用方法进一步提高了调制信号与噪声的相似性，所有这些问题都要求采用统计测量的方法来检测和控制发射机的设计参数。

2438PA/PB 微波功率计具有的 CCDF 功率统计分析功能可以满足这一要求。在统计测量模式下，仪器不需要触发事件进行测量，而是对信号进行连续采样测量。本节首先简要介绍功率统计分析功能，然后详细说明统计分析功能的操作。

4.10.1 CCDF 术语定义

将采集到的探头输入信号的峰-均功率比作为一个离散的随机变量 Y ，并据此生成该变量的概率密度函数 (PDF)，PDF 图形可以看作是功率直方图，它表示某个峰均值在整个功率读数样本上所占的百分比。

用于发射机等脉冲调制信号控制的另一手段是累积分布函数 (CDF) 图形和互补累积分布函数 (CCDF) 图形。CDF 表示特定样本中功率电平小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；而 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，也可表示为 $1 - \text{CDF}$ (1 减 CDF)。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。**CCDF 主要应用于通信系统的信号混合、功率放大和信号解码，可用于察看调制方式的效果、信号混合、评估扩频系统、设计和制造射频微波部件。

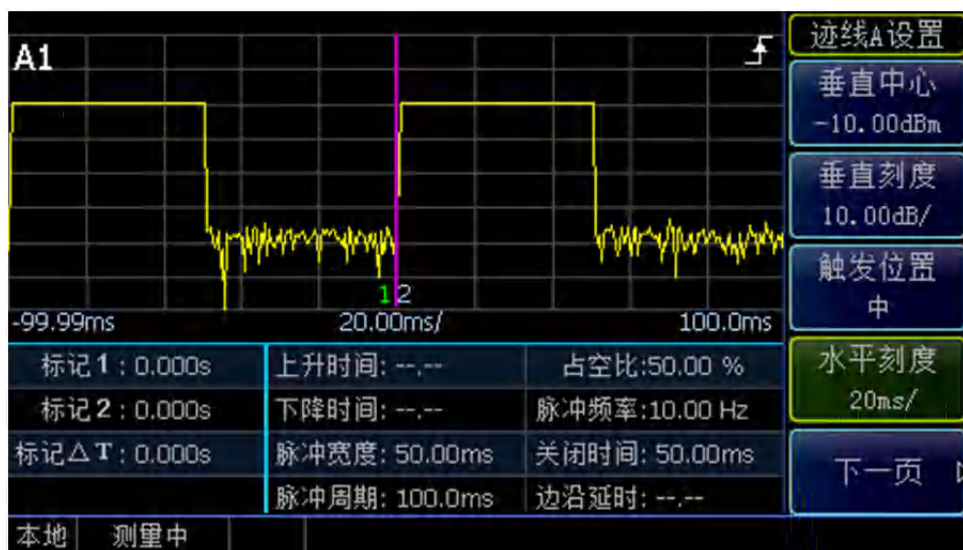


图 4.15 迹线显示图

如图 4.15 所示为周期为 100ms、脉冲宽度为 50ms、峰值功率为 16.5dBm 脉冲调制信号的迹线显示图。

如图 4.16 所示为典型 CCDF 测量图形。图中，曲线的纵坐标表示概率，单位为%；横坐标表示峰-均功率比，单位为 dB。粉红色曲线 Ref 表示参考曲线，Ref 曲线可以在[参考线设置]软菜单下，选择当前通道 A 或者通道 B 保存为参考曲线。蓝色曲线 Gauss 表示 Gauss 曲线，Gauss 曲线代表 Gauss 噪声的概率密度分布函数。

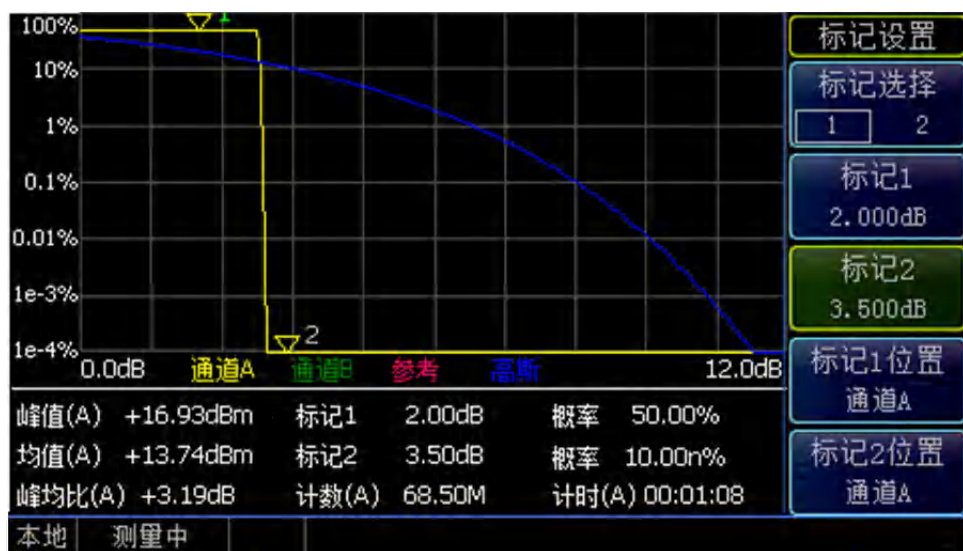


图 4.16 CCDF 显示图

黄色迹线为被测信号的 CCDF 统计图，标记 1、标记 2 分别指示出当前峰均比值对应出现的概率，如图 4.16 所示，标记 1 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-均比值大于 2dB 出现的概率为 50.00%；同样的标记 2 代表的含义是峰-比值大于 3.5dB 出现的概率为 10.00n%（“n”代表 10⁻⁹，出现的概率无限小）。由 CCDF 定义可知，大于峰值功率电平的采样点出现的个数 0，因此最大峰均比值出现在 0%处。

4.11 如何快速进入[迹线控制]菜单

4.10.2 CCDF 功率统计迹线操作

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

- 1) 将峰值探头用附带的 12 芯电缆与主机正确连接后，加电开机；
- 2) 按【校准】>[通道 A]>[校零+校准]，启动通道 A 自动校准程序；
- 3) 多次按【返回】键，按[预置]软键，选择“Default”，按[确定]退出预置界面；
- 4) 按【菜单】>[显示]>[显示类型]>[下一页]>[统计迹线]，系统进入 CCDF 统计测量窗口；
- 5) 刻度设置：按[刻度设置]>[水平刻度]，用数字键输入 1.2，设置水平刻度为 1.2dB/div；[最大概率]，设置纵轴方向的最大百分比刻度；按[刻度设置]>[100%]，[十进制位]，用数字键输入 6，设定纵坐标刻度从 1e-4%~100%之间；
- 6) 标记设置：按[标记设置]>[标记 1]，用数字键输入 2dB，[标记 2]，用数字键输入 3.5dB，或者在[标记选择]中选中标记 1 或者标记 2，用【左】、【右】按键移动标记；
- 7) 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，按[终止设置]>[终止操作 减半]，系统持续采集新的样本。

CCDF 统计列表的设置与迹线设置类似，按【菜单】>[显示]>[显示类型]>[下一页]>[统计列表]，系统进入 CCDF 统计列表，以列表的形式显示几个关键峰均比位置处的值，方便用户使用。

	通道A	通道B	统计列表
10%	3.30dB		功率设定 1.00dB
1%	3.37dB		概率设定 10.00 %
0.1%	3.37dB		终止设置
0.01%	3.37dB		
0.001%	3.37dB		
0.0001%	3.37dB		
> 10%	3.30dB		
> 1.00dB	49.9%		
平均功率	7.32dBm		
峰值功率	10.68dBm		
本地	测量中		

图 4.17 CCDF 统计列表示例

图 4.17 以统计列表的形式，给出了几个关键点的测量结果。

4.11 如何快速进入[迹线控制]菜单

在脉冲信号测量中，迹线显示可以很方便的观测脉冲包络的形状，可以通过设置迹线参数，快速的观察到需要的参数，而迹线显示的设置，主要位于[迹线控制]菜单下，因此，产品给出了多种方法快速进入[迹线控制]菜单，具体操作方法有以下：

- 1) 通过【窗口】切换进入：通过【上】、【下】按键选中迹线显示窗口，按【窗口】，将窗口切换到中窗口，显示右侧软键为[迹线控制]菜单。
- 2) 通过【通道】可以进入[迹线设置]菜单，是[迹线控制]菜单下的设置：按【通道】>[通道 A]>[迹线控制]>[迹线设置]，进入[迹线设置]菜单。

4.12 小功率信号的测试

2438 微波功率计接 71710 系列连续波功率探头和 81702、81703 系列峰值功率探头，测量小信号时候，需要进行额外的设置，才能保证功率测量准确。

4.12.1 71710 系列连续波探头测量小功率信号

当被测信号功率小于 -60dBm 时，采用 71710 系列连续波功率探头进行功率测量时，需要以下操作：

- 1) 仪器开机后预热至少 15 分钟，保证微波功率计主机和功率探头温度稳定；
- 2) 手动设定平均次数，按【通道】>[通道 A]>[通道 A 平均]>[手动]，[平均次数]设置 1000；
- 3) 设置[通道 A 设置]>[步进检测 关]；
- 4) 探头校零，将探头接到被测设备，关闭被测设备输出，按【校准】>[通道 A]>[校零]；
- 5) 校零后观测屏幕中显示功率，当显示噪声在 -75dBm 以下时，打开被测设备功率输出，等待约 20 秒钟，读取显示功率值。

如果长时间测量之后，建议按照上述步骤再一次进行校零操作。

4.12.2 81702、81703 系列峰值探头测量小功率信号

使用 81702 系列峰值探头测量脉冲信号，当功率小于 -10dBm 时，内部触发触发不到，这就需要采用外部触发；81703 系列峰值功率探头的内触发电平为 -25dBm。

下面用 81703 测量周期为 100us、脉冲宽度为 50us、峰值功率为 -26dBm 的脉冲信号为例，说明峰值小信号的测量过程。

- 1) 用 BNC 电缆将信号发生器的“脉冲同步输出”与仪器的“触发输入”连接；
- 2) 设置触发源为“外部触发”，按【菜单】>[触发]>[触发设置]>[触发源 外部触发]，设置[触发电平 1V]；
- 3) 设置[通道平均]状态为“开”，平均次数大于 50；
- 4) 设置通道迹线，按【通道】>[迹线控制]>[迹线设置]>[垂直中心 -26dBm]，[垂直刻度 5dB/]，[水平刻度 20us/]。

如图 4.18 所示为测试图。

4.13 文本显示模式

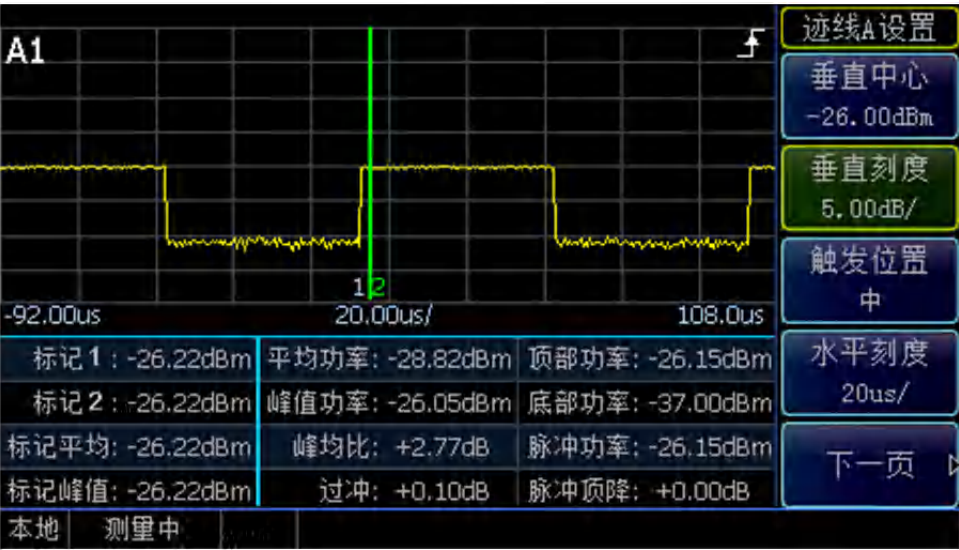


图 4.18 峰值小信号测量

4.13 文本显示模式

按【菜单】>[显示]>[显示类型]>[下一页]>[文本]，进入文本显示窗口。如图 4.19 所示为文本显示窗口，可以同时将脉冲功率测试的所有参数结果显示出来，方便观测。



图 4.19 文本显示窗口

4.14 “预置”说明

利用预置功能，可以直接调用对 GSM900、EDGE、NADC、iDEN、Bluetooth、cdmaOne、cdma2000 等常见无线通信格式的测量设置，减少用户设置时间。

在任意菜单下，多次按【返回】键，系统最终回到功率计主机的根菜单，按[预置]键，打开“预置状态选择”列表，如图 4.20 所示。



图 4.20 预置状态选择窗口

选择缺省状态，系统将把测量所需的部分参数恢复到出厂默认值， GPIB 配置、LAN 配置、频响偏置设置等参数不受影响。

选择其他测试配置，系统将自动对测量频率、水平刻度、垂直刻度、门、触发等参数进行自动设置。缺省设置和其他各种通信格式对应的详细配置，请参考《2438 系列微波功率计程控手册》的“:SYSTem:PRESet”命令。

4.15 如何修改探头校准因子

由于功率标准在传递过程中存在一定的误差,2438 微波功率计所配的 71710 系列、81702 系列、81703 系列功率探头，在某个频点的功率测量值可能与您的功率标准存在一定的偏差，为了方便您的使用，2438 微波功率计允许您手动修改功率探头的校准因子。

注 意

功率探头校准因子的修改，一定要慎重!!!

因为修改后的数据写入到探头内部，并覆盖掉出厂所做的校准因子，如果修改错误，请返回厂家维修，或者根据您的功率标准进行手动修改！

探头校准因子的修改步骤如下：

- 1) 【菜单】>[系统]>[服务]>[调试模式]，输入密码“412438”，进入校准因子修改界面；
- 2) 按[选择通道]，选择需要修改校准因子探头所在通道，如果选择 A，则修改 A 通道的校准因子，如果修改 B 通道校准因子，则选中“B”；
- 3) 通过“上”、“下”按键，将焦点移动到需要修改的频率点上，选择的频率点的底色变为蓝色；
- 4) 如果接 71710 系列连续波功率探头，校准因子在两个功率点下修改，分别为 0dBm 和+15dBm，“校准因子 1”代表的是 0dBm 功率点下的补偿值，“校准因子 2”代表的

4.15 如何修改探头校准因子

是+15dBm 功率点下的补偿值；

- 5) 如果接 81702 系列峰值功率探头, 校准因子在三个功率点下修改, 分别为-12dBm、0dBm 和+15dBm, “校准因子 1”代表的是-12dBm 功率点下的补偿值, “校准因子 2”代表的是 0dBm 功率点下的补偿值, “校准因子 3”代表的是+15dBm 功率点下的补偿值；
- 6) 如果是 81703 系列峰值功率探头, 校准因子在三个功率点下修改, 分别为-20dBm、0dBm 和+15dBm, “校准因子 1”代表的是-20dBm 功率点下的补偿值, “校准因子 2”代表的是 0dBm 功率点下的补偿值, “校准因子 3”代表的是+15dBm 功率点下的补偿值；
- 7) 假如 81702 峰值功率探头在 1GHz 频率点下, 测得的功率值为 0dBm, 而标准功率值为+0.5dBm, 则说明 2438 微波功率计所配 81702 功率探头在 1GHz、0dBm 下比标准值小 0.5dB, 需要加上 0.5dB；
- 8) 如果 81702 功率探头 1GHz 的频响为 0.05dB, 则需要在 0.05dB 基础上加 0.5dB, 即为 0.55dB, 按[校准因子 2]软菜单, 输入 0.55dB；
- 9) 同样的方法, 修改-12dBm、+15dBm 下的校准因子, 按[校准因子 1]、[校准因子 3]软菜单, 将-12dBm、+15dBm 下的修正数据写入；
- 10) 将被修改的功率探头所有需要修改的频率点修改完后, 按[写探头], 仪器弹出提示对话框, 如果确认写探头, 按[确定]；
- 11) 写探头过程需要 6s, 在写探头过程中, 严禁对仪器进行操作, 不允许关机、不允许插拔探头, 等提示对话框消失后, 写探头结束, 可以重启仪器, 进行验证。

5 菜单

2438 系列微波功率计菜单包括:菜单、通道、窗口、校准、频率等，下面将依次列出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55
- 菜单说明63

5.1 菜单结构

- 主界面55
- 菜单56
- 测量56
- 触发57
- 显示58
- 系统59
- 通道60
- 窗口62
- 校准62
- 频率63

5.1.1 主界面

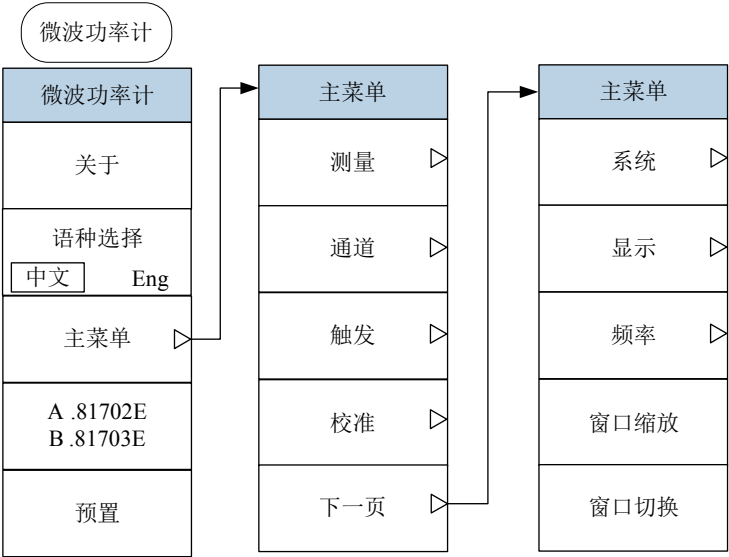


图 5.1 主界面菜单

说明：仪器开机后，进入主界面菜单，在[主菜单]下，对应着所有功能菜单，可以通过【菜单】、【通道】、【窗口】、【校准】、【频率】等按键找到。

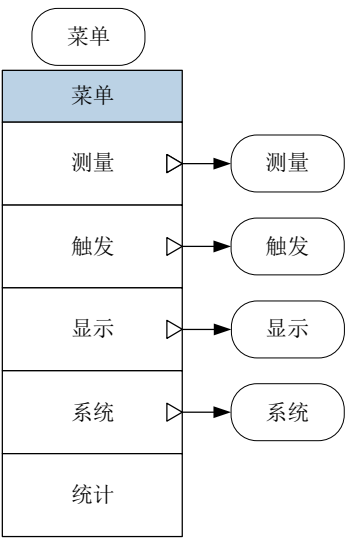
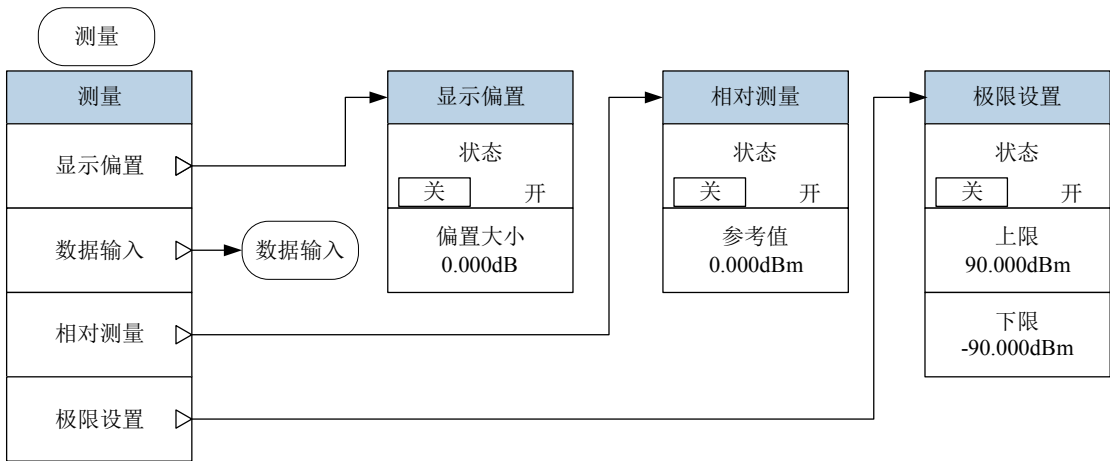


图 5.2 菜单

说明：【菜单】键下对应着[测量]、[触发]、[显示]、[系统]菜单，这些菜单可以实现某一方面的设置，因此本说明书中将[测量]、[触发]、[显示]、[系统]作为独立章节说明，与【通道】、【窗口】、【校准】、【频率】等按键说明并列。



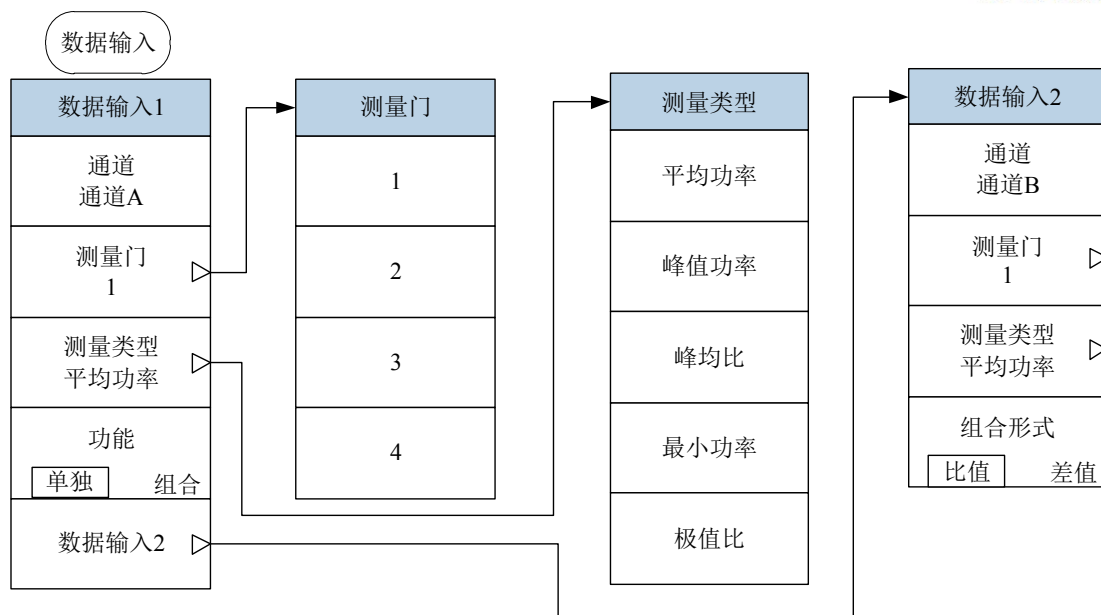


图 5.3 测量

5.1.4 触发

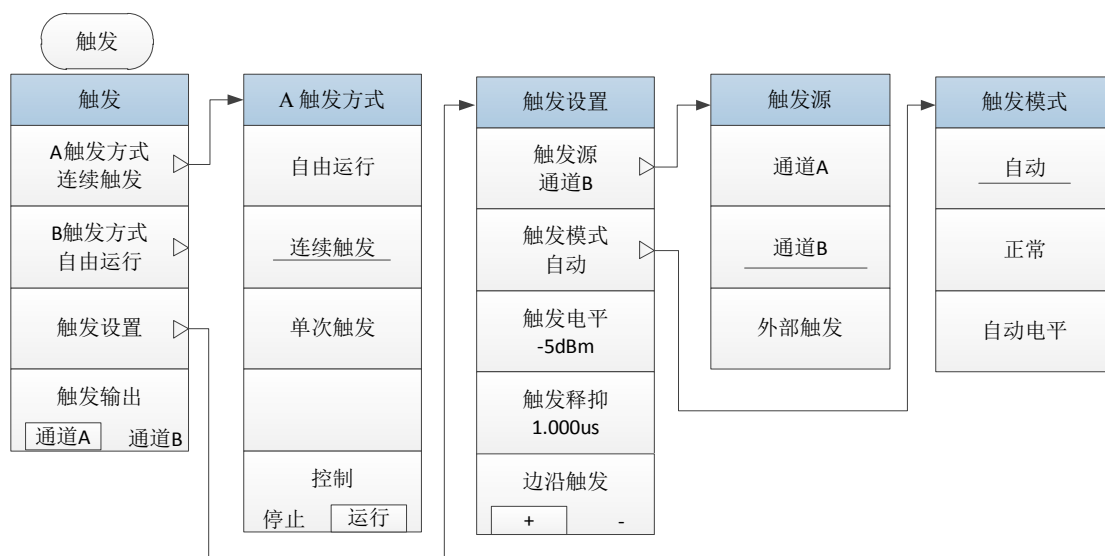
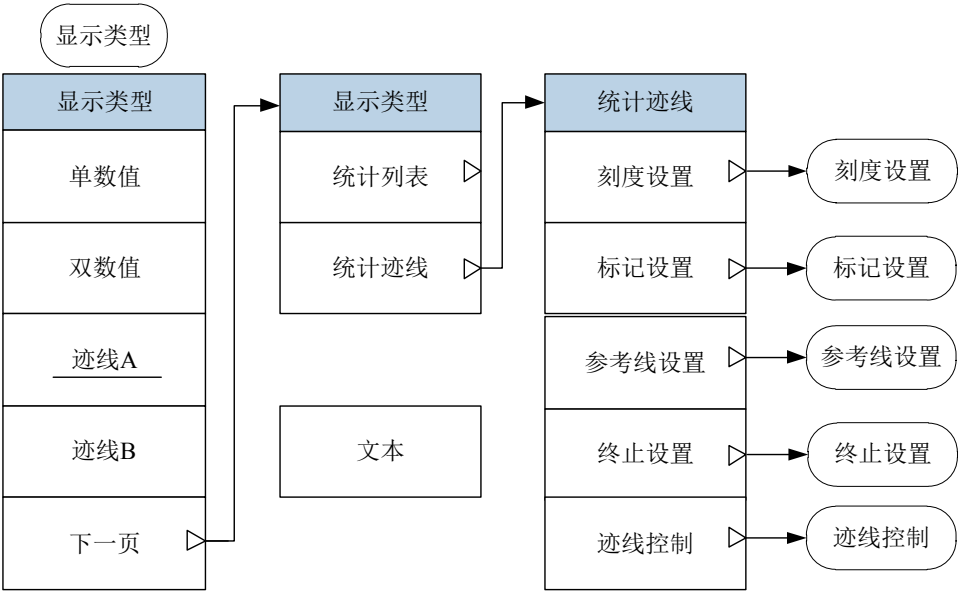
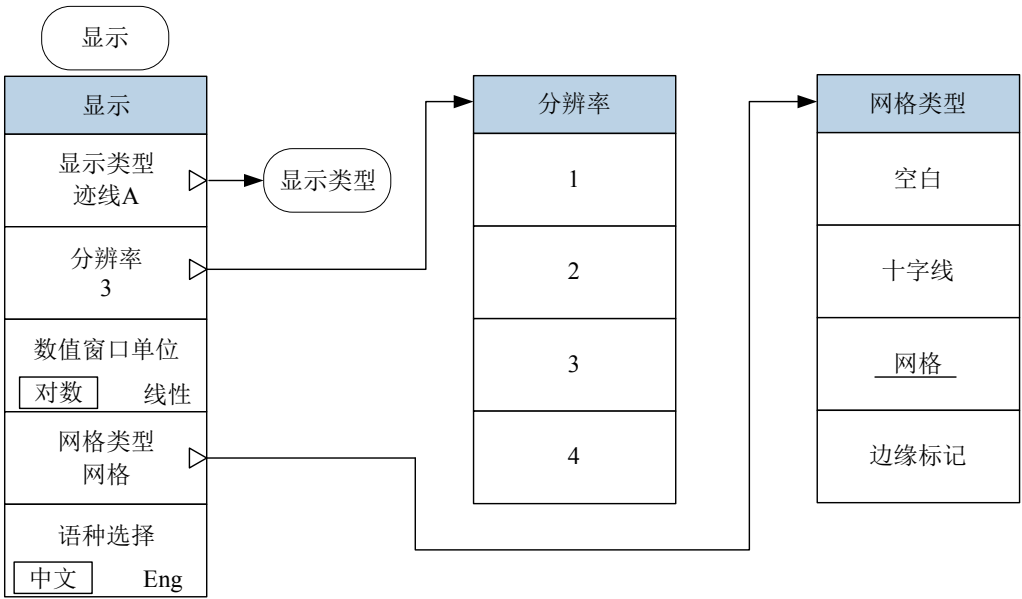


图 5.4 触发



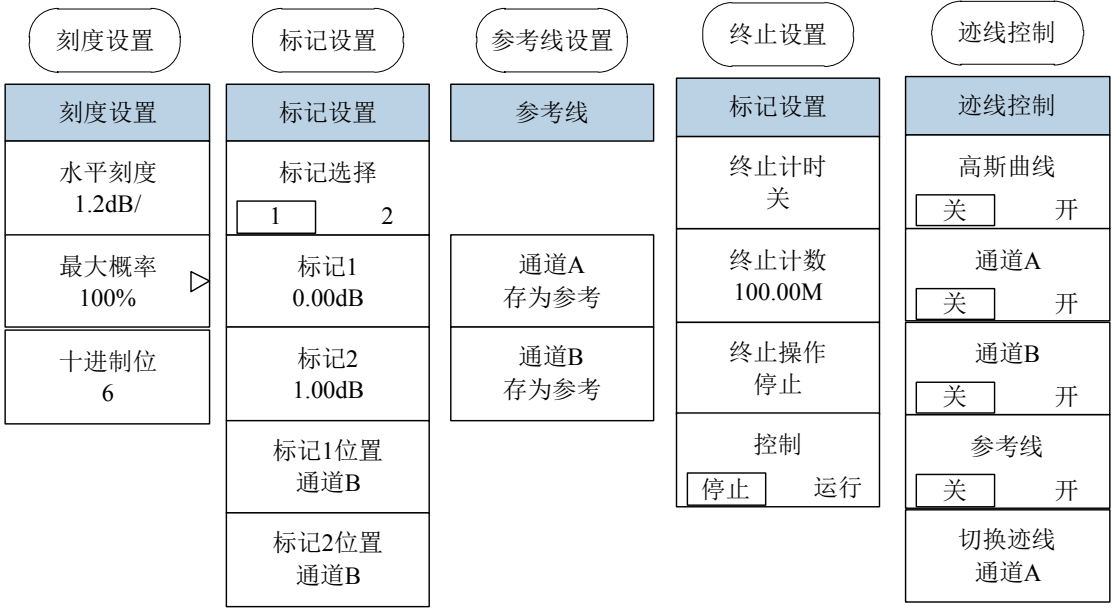
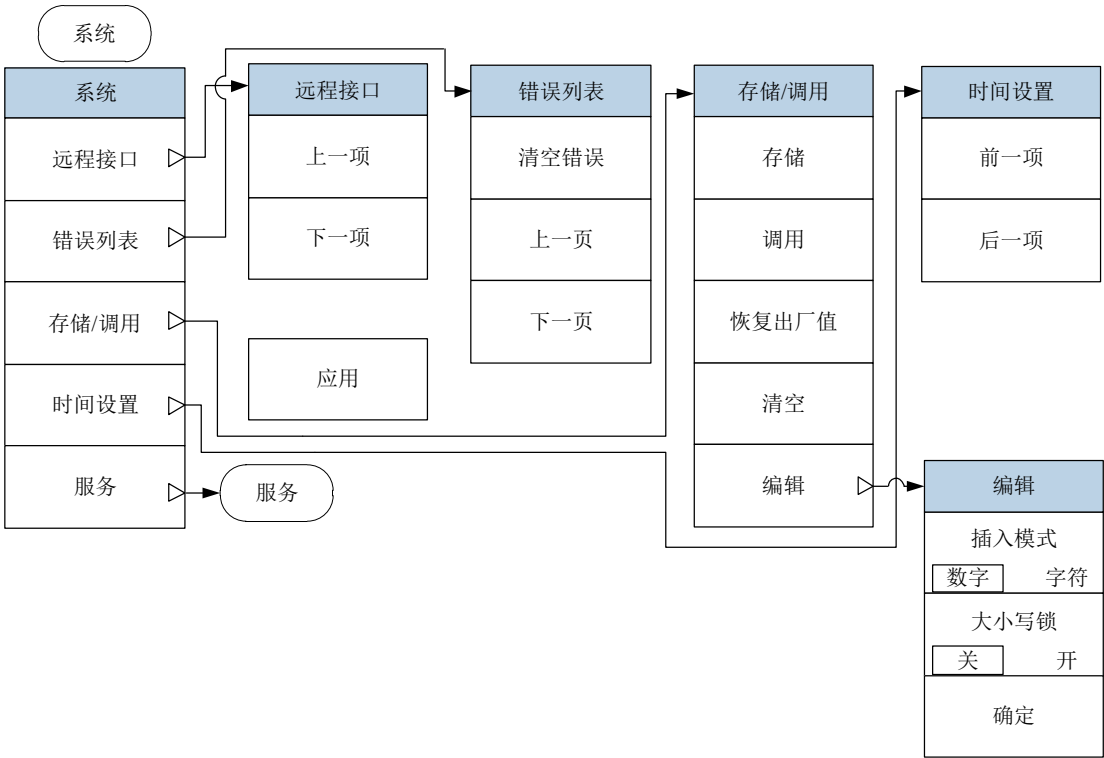


图 5.5 显示

5.1.6 系统



5.1 菜单结构

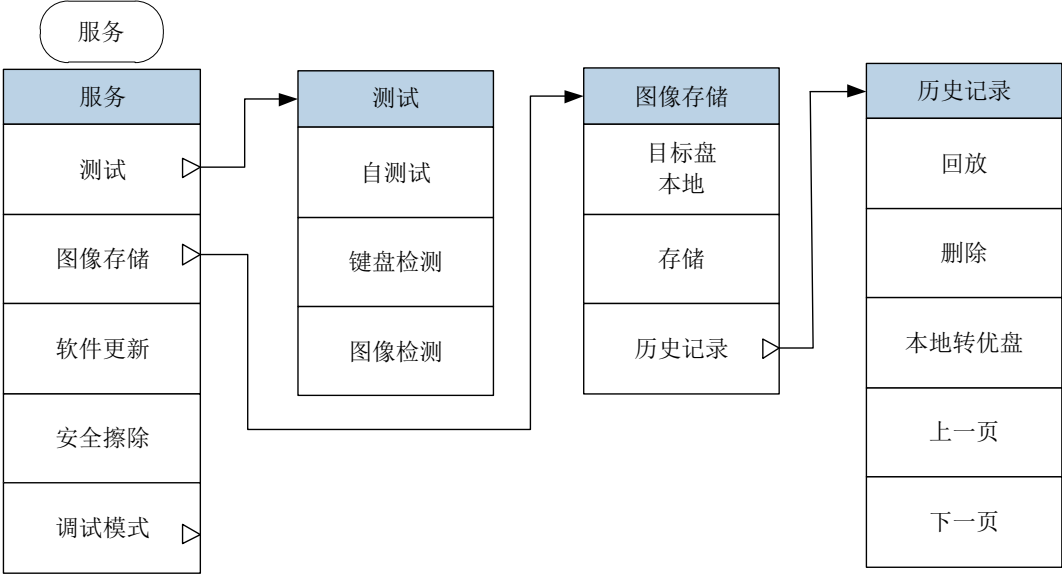
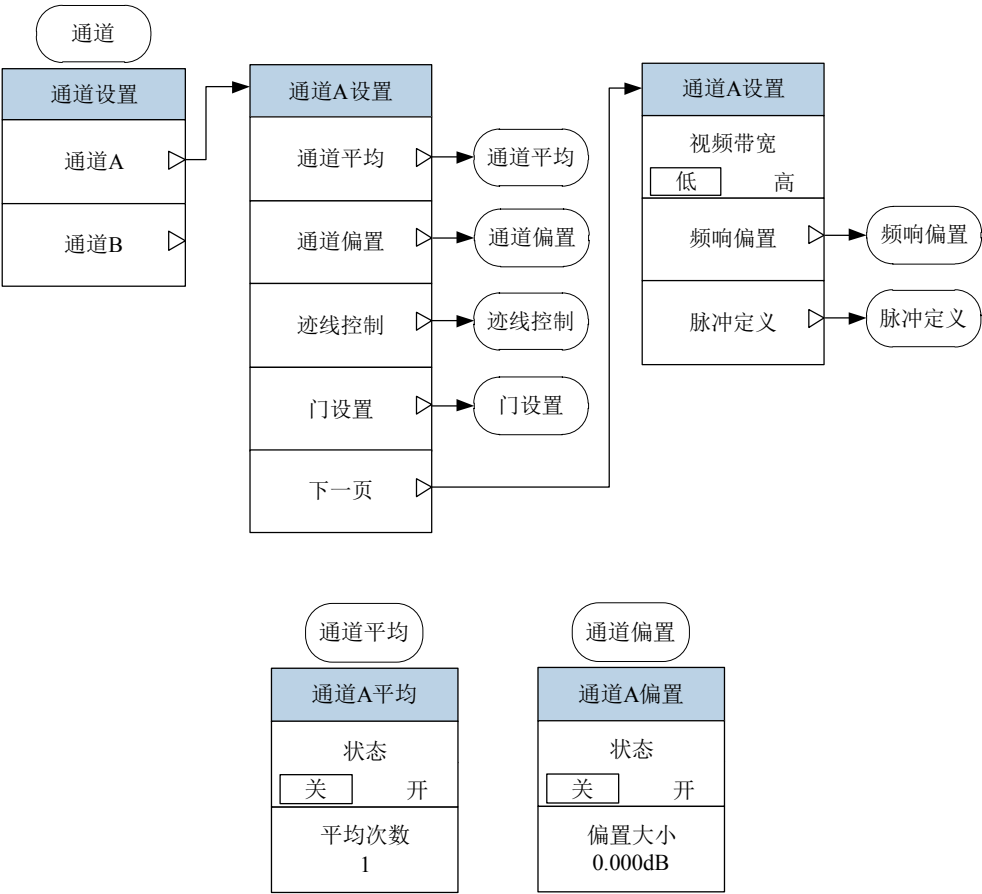
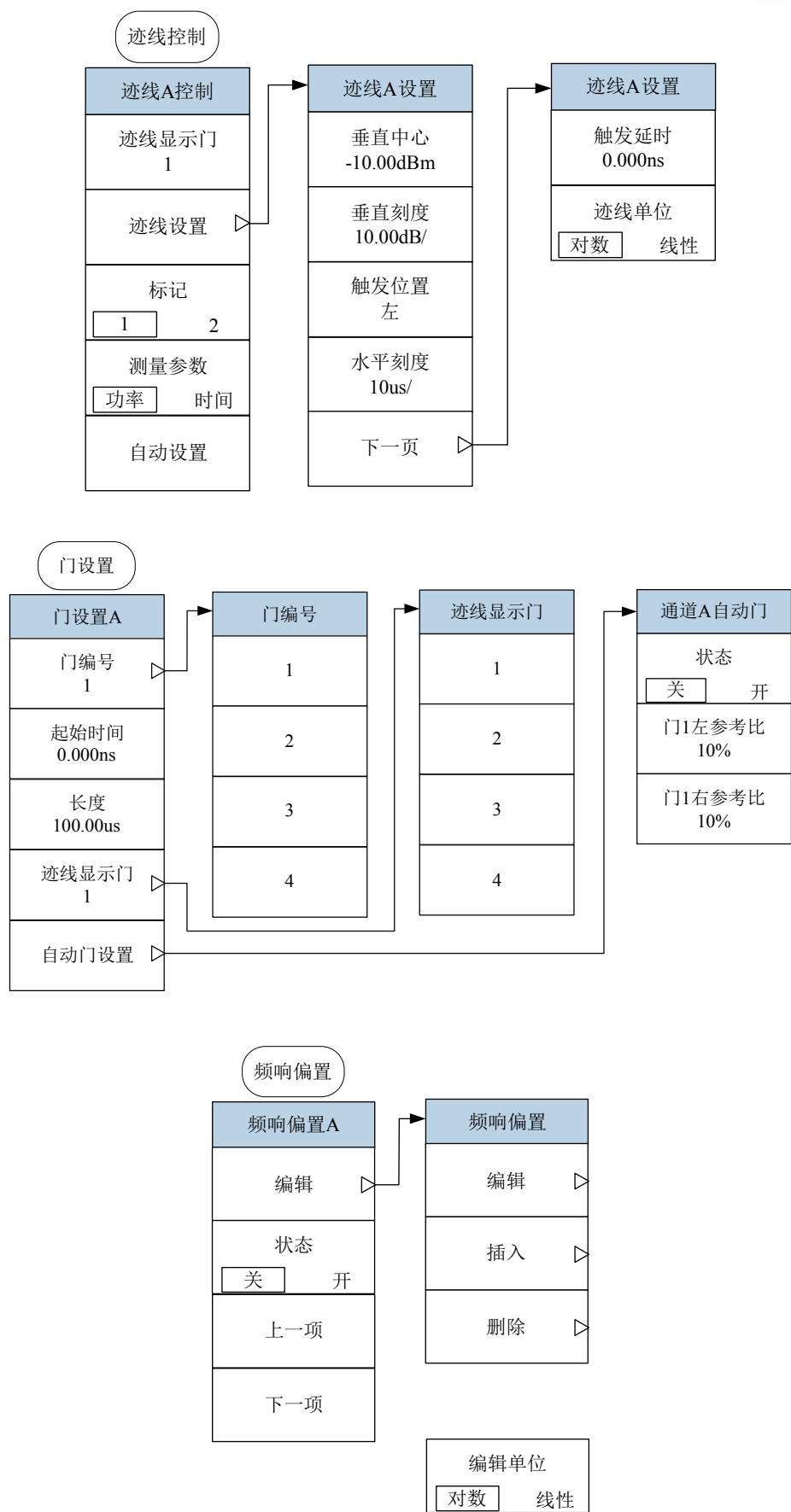


图 5.6 系统

5.1.7 通道





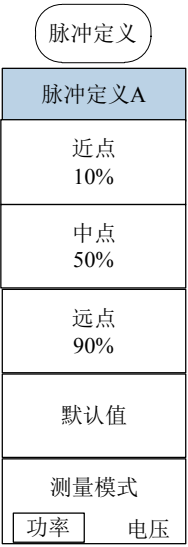


图 5.7 通道

5.1.8 窗口

5.1.9 校准

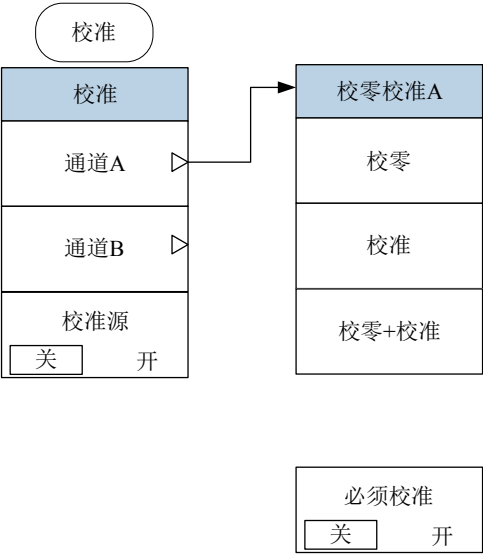


图 5.8 校准

5.1.10 频率

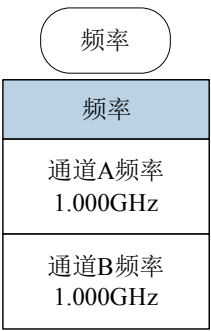


图 5.9 频率

5.2 菜单说明

本节详细介绍菜单项功能，参数等信息。

● 主界面	63
● 菜单	64
● 测量	64
● 触发	67
● 显示	68
● 系统	72
● 通道	74
● 窗口	79
● 校准	79
● 频率	79

5.2.1 主界面

仪器启动后，或者多次按【返回/本地】键，进入主界面,主界面菜单包括[关于]、[语种选择]、[主菜单▶]、[探头型号]、[预置]。

[关于]

弹出 2438 系列微波功率计主机的型号、软件版本、生产单位等信息。

按除[关于]外的任何一个按键，都退出[关于]界面。

[语种选择]

选择菜单显示的语种，可以选择“中文”或者“Eng”，选择“中文”，屏幕中的菜单、信息等均为中文显示；选择“Eng”，屏幕中的菜单、信息等均为英文显示。

[主菜单▶]

[主菜单▶]下对应着所有的主要功能菜单，包括[测量▶]、[通道▶]、[触发▶]、[校准▶]、[系统▶]、[显示▶]、[频率▶]、[窗口缩放]、[窗口切换]。

[主菜单▶]下的功能菜单，与【菜单】、【通道】、【窗口】、【校准】、【频率】菜单对应。

5.2 菜单说明

本说明书将[测量▶]、[通道▶]、[触发▶]、[校准▶]、[系统▶]、[显示▶]、[频率▶]等主要菜单在后面小节中介绍。

[探头型号]

显示通道 A 和通道 B 所接探头的类型，例如“A .81703E”、“B .81702D”，说明 A 通道接的探头型号为 81703E，通道 B 接的探头型号为 81702D。

如果只有通道 A 接 81703E，B 通道未接探头，则菜单显示“A .81703E”、“B 未接探头”。

[预置]

将仪器设置到某一固定状态。

在预置窗口中，可以通过【上】、【下】、【左】、【右】按键选择各种设置状态。

选择“Default”，将仪器设置到默认状态，如果仪器接 81702 系列、81703 系列峰值功率探头，选择“Default”，则默认设置包括：“触发/采样”为“连续触发”、“触发模式”为“自动”、“触发电平”为“-5dBm”、“显示类型”为“单数值”、“分辨率”为“3”、“数值窗口单位”为“对数”、“测量门”为“1”、“测量类型”为“平均功率”、“频率”设置为“1.000GHz”等。

2438 系列微波功率计接 71710 系列连续波功率探头，[预置]菜单下只有“Default”，按[确定]，可以将功率计设置到默认状态下，默认设置包括：“显示类型”为“单数值”、“分辨率”为“3”、“数值窗口单位”为“对数”、“频率”设置为“50MHz”等。

2438PA/PB 微波功率计接 81702 系列、81703 系列峰值功率探头，预置还有其他选项，您可根据测试对象，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，可方便您准确迅速的实现各种功率参数、时间参数的准确测量。

5.2.2 菜单

【菜单】键下对应着[测量]、[触发]、[显示]、[系统]菜单，这些菜单可以实现某一方面的设置，因此本说明书中将[测量]、[触发]、[显示]、[系统]作为独立章节说明，与【通道】、【窗口】、【校准】、【频率】等按键说明并列。

5.2.3 测量

按【菜单】>[测量]，进入测量菜单。[测量]菜单下的设置，只针对数值显示，在波形显示状态下，[测量]菜单下的设置不起作用。

[显示偏置]

设置当前测量窗口的偏置值，“显示偏置”只对当前的测量窗口有效，“显示偏置”开，在屏幕右上角提示“显示偏置开”。

“显示偏置”只对数值显示有效，当波形显示时，“显示偏置”不起作用。在波形显示情况下，[测量]菜单下的所有设置都不起作用。

【通道】中的[通道偏置]，对当前通道起作用。“通道偏置”和“显示偏置”的作用可以叠加，例如当前探头测量 0.0dBm 的信号，“通道偏置”设置 10.0dBm，“通道偏置”开，功率结果显示为 10.0dBm，“显示偏置”设置 10.0dBm，“显示偏置”开，则功率显示 20.0dBm。

[状态 关 开]

打开或者关闭当前测量窗口的显示偏置。

[偏置大小]

设置当前测量窗口显示偏置的大小。

要将测量结果变大，则“偏置大小”为正值，反之为负值。

[数据输入]

选择当前测量窗口显示结果为哪个通道，同时还显示“测量门”、“测量类型”、“组合形式”等。

[通道]

选择当前窗口对应的通道，按[通道]键，可以在通道 A 和通道 B 之间进行切换。

[测量门]

选择当前测量窗口所采用的门。按[测量门]，进入下一菜单，一共有 4 个测量门可供选择。测量门在测量窗口中有提示，例如选择 A 通道的测量门 1，则在数值显示窗口的左上角显示“A1”。

最多可提供 4 个不同的测量门，具体设置在【通道】>[通道 A]>[门设置]菜单下完成。

“门”是针对波形显示定义，可以设置相对于触发位置的一段时间内波形的各种功率参数。

[测量类型]

选择当前窗口显示结果为当前门对应的测量类型，共有 5 中选择，分别为“平均功率”、“峰值功率”、“峰均比”、“最小功率”、“极值比”，在当前数值显示窗口左上角标记为“均值”、“峰值”、“峰均比”、“最小值”、“极值比”。

[平均功率]

当前数值窗口显示结果为当前门内所有功率点的平均功率，测量结果为 dBm 或者 W。

[峰值功率]

当前数值窗口显示结果为当前门内所有功率点中的最大值，测量结果为 dBm 或者 W。

[峰均比]

当前数值窗口显示结果为当前门内所有功率点中最大功率和平均功率的比值，测量结果为 dB 或者%。

[最小功率]

当前数值窗口显示结果为当前门内所有功率点中的最小值，测量结果为 dBm 或者 W。

[极值比]

当前数值窗口显示结果为当前门内所有功率点中最大功率和最小功率的比值，测量结果为 dB 或者%。

[功能]

当前数值窗口显示结果为单一结果还是两个测量结果的运算结果。按[功能]菜单，可以在“单独”、“组合”之间切换。

选择“单独”模式，[数据输入 2]禁止操作，当前数值窗口显示结果为单一结果，为当前门对应测量类型的显示结果。

选择“组合”模式，[数据输入 2]允许操作，“数据输入 2”菜单下设置与“数据输入 1”菜单下设置相同，可以选择通道 A 或者通道 B、4 个测量门和 5 种测量类型。

在“组合”模式下，您可以任意选择 2 个通道、4 个门下的“平均功率”、“峰值功率”、“最小功率”进行比对计算。

在“组合”模式下，在前数值窗口右上角有提示，例如，设置 A 通道门 1 平均功率与 B 通道门 2 平均功率进行“比值”计算，则提示 A1/B2。

[数据输入 2]

5.2 菜单说明

[组合形式]选择“组合”，[数据输入 2]有效，启动组合测量模式。

[通道]

选择当前窗口对应的通道，按[通道]键，可以在通道 A 和通道 B 之间进行切换。

跟[数据输入 1]下的[通道] 菜单设置一致。

[测量门]

选择当前测量窗口所采用的门。

跟[数据输入 1]下的[测量门] 菜单设置一致。

[测量类型]

选择当前窗口显示结果为当前门对应的测量类型。

跟[数据输入 1]下的[测量类型] 菜单设置一致。

在“组合”测量模式下，“数据输入 1”和“数据输入 2”的测量类型要保持一致。例如“数据输入 1”的测量类型“平均功率”、“峰值功率”和“最小功率”，则“数据输入 2”的测量类型可以任意选择“平均功率”、“峰值功率”和“最小功率”，但不能选择“峰均比”和“极值比”。

而“数据输入 1”的测量模式为“峰均比”，则“数据输入 2”的测量模式也为“峰均比”；同样“极值比”在“数据输入 1”、“数据输入 2”中也严格对应。

[组合形式]

设置[数据输入 1]、[数据输入 2]运算的形式。连续按[组合形式]，可以在“比值”和“差值”之间切换。

如果测量类型为“平均功率”、“峰值功率”和“最小功率”，[组合形式]选择“比值”，其结果为“数据输入 1”和“数据输入 2”测量结果的比值。例如“数值窗口单位”设置为“对数”，则结果为 2 个门测量结果之比，单位为 dB，假如“数据输入 1”门 1 平均功率为 20dBm，“数据输入 2”门 1 平均功率为 10dBm，则比值结果 $A1/B1$ 为 10dB；“数值窗口单位”设置为“线性”，则结果为 2 个门测量结果之比，单位为 %。假如“数据输入 1”门 1 平均功率为 100mW，“数据输入 2”门 1 平均功率为 10mW，则比值结果 $A1/B1$ 为 1.0k%，即 1000%。

如果测量类型为“平均功率”、“峰值功率”和“最小功率”，[组合形式]选择“差值”，其结果为“数据输入 1”和“数据输入 2”测量结果的差值。例如“数值窗口单位”设置为“线性”，则结果为 2 个门测量结果之差，单位为 W，假如“数据输入 1”门 1 平均功率为 100mW，“数据输入 2”门 1 平均功率为 50mW，则比值结果 $A1-B1$ 为 50mW；如果将“数值窗口单位”设置为“对数”，则结果为 17dBm。如果 $A1$ 值大于 $B1$ ，假如 $A1$ 为 50mW， $B1$ 为 100mW，则 $A1-B1$ 结果为 -50mW，如果“数值窗口单位”设置为“对数”，则测量结果还是 17dBm。

如果“数据输入 2”的“测量类型”选择“峰均比”，则“数据输入 1”的“测量类型”会自动设置为“峰均比”，从而保证组合运算类型相同。同样的“极值比”的组合运算只能对应“极值比”。“峰均比”和“极值比”的运算形式只能是“比值”，不能选择差值。当“数值窗口单位”设置为“对数”时，其组合测量结果为 dB，如果“数值窗口单位”设置为“线性”时，其组合测量结果为 %。

[相对测量]

进行相对于当前测量值的相对测量的设置。

[状态]

连续按[状态]菜单，可关闭或者打开相对测量。如果打开相对测量，则在窗口右上角提示“相对测量”。

[参考值]

按一下[参考值]按键，则将当前测量结果保存在[参考值]菜单中，并且窗口功率显示为 0.00dB，即将当前测量值记为参考值，在窗口中将测量值减去参考值，单位为 dB。

[极限设置]

设置当前窗口的测量极限。当测量值超出设置的极限区域时，系统会在窗口右上角用红字提示“高于上限”或者“低于下限”。

[状态]

连续按[状态]菜单，可关闭或者打开极限设置。

[上限]

设置极限区域的的上限功率电平。当超出上限功率电平时，系统会在窗口右上角用红字提示“高于上限”。

[下限]

设置极限区域的的下限功率电平。当超出下限功率电平时，系统会在窗口右上角用红字提示“低于下限”。

5.2.4 触发

按【菜单】>[触发]，进入触发菜单。

[A 触发方式]

设置 A 通道的触发/采样模式。

[自由运行]

设置当前采样模式为“自由运行”。“自由运行”模式是按照固定速率进行采样，采样不受触发影响。

[连续触发]

设置当前采样模式为“连续触发”。“连续触发”模式是采样受触发信号控制。当 81702 系列、81703 系列峰值探头测量脉冲调制信号时，通过设置合适的触发电平，可以产生于脉冲调制包络同步的触发信号，当设置“连续触发”模式时，可以稳定的显示脉冲包络波形。连续触发在数值显示和迹线显示时，在屏幕中用  提示。当显示类型选择“单数值”时，在屏幕中间上方有  提示；当显示类型选择“迹线”，在屏幕右上角有  提示。

[单次触发]

设置当前采样模式为“单次触发”。设置“单次触发”后，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]，波形不变化。单次触发在数值显示和迹线显示时，在屏幕中用  提示。当显示类型选择“单数值”时，在屏幕中间上方有  提示；当显示类型选择“迹线”，在屏幕右上角有  提示。

[控制]

停止或者运行采样。按[控制]键，可以在“停止”和“运行”之间切换。设置为“停止”，停止采样，屏幕中数据或者波形不动；设置为“运行”，屏幕中数据和波形连续刷新。

[B 触发方式]

设置 B 通道的触发/采样模式。如果主机为单通道，则该菜单禁止操作。

[触发设置]

各种与触发相关的设置。

[触发源]

选择当前触发选择触发源，触发源有“通道 A”、“通道 B”、“外部触发”3 个选项。

[通道 A]

按[通道 A]菜单，选择当前触发信号由 A 通道的内部产生。当被测信号为脉冲调制信号，通过调节触发电平，可产生与 A 通道脉冲包络同步的触发信号。如果被测信号为连续波信

5.2 菜单说明

号，则触发信号为 3.3V 或者 0V 的直流电平。

[通道 B]

按[通道 B]菜单，选择当前触发信号由 B 通道的内部产生。其产生方法和信号与[通道 A]定义相同。

[外部触发]

按[外部触发]菜单，选择当前触发信号由外部接入。外部触发通过后面板的“触发输入”接口接入。

[触发模式]

触发/采样模式选择。

[自动]

选择当前触发/采样模式为“自动”。在“自动”触发模式下，在预定时间之内，如果没有触发信号，仪器自动进行采样，并将波形显示；如果在预定时间之内有触发，则稳定显示波形。

[正常]

选择当前触发/采样模式为“正常”。在“正常”触发模式下，等待触发信号进行采样，如果无触发信号，则一直等待下去直至触发信号到来。

[自动电平]

选择当前触发/采样模式为“自动电平”。在“自动电平”触发模式下，根据被测脉冲的幅度值，自动设置触发电平为比顶部功率低 3dB，从而保证波形能够稳定显示。

[触发电平]

选择触发信号的门限电平，该参数可在-40dBm 至+20dBm 之间连续变化。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。

在“自动电平”触发模式下，“触发电平”禁止操作，“触发电平”自动显示仪器计算的触发电平值。

[触发释抑]

触发释抑功能用于测试不同周期脉冲串。

在每次触发之后加入一定时间间隔，在这段时间内禁止脉冲触发，该时间段要小于脉冲串的周期，但是大于“除去脉冲串中最大脉冲的时间宽度”。例如脉冲串包括 5 个脉冲，脉冲周期分别为“2us、4us、6us、8us、10us”，则“触发释抑”需要设置在 20.1us~29.9us，可以稳定触发脉冲序列。

[边沿触发]

按[边沿触发]键，触发在“+”、“-”之间切换。

“+”代表上升沿触发，在触发位置为“中”、触发延时为 0 的情况下，脉冲波形的上升沿在屏幕中间位置；“-”代表下降沿触发，在触发位置为“中”、触发延时为 0 的情况下，脉冲波形的下降沿在屏幕中间位置；

[触发输出]

按[触发输出]键，可以选择 A 通道或者 B 通道的触发信号输出到后面板“触发输出”接口，触发输出为 TTL 电平的脉冲信号。

5.2.5 显示

按【菜单】>[显示]，进入显示菜单。

[显示类型]

选择功率测量结果的显示方式。可以是单数值、双数值、迹线、统计列表、统计迹线、文本显示。

[单数值]

在单数值显示模式下，小窗口显示时，数据显示占据半个显示屏幕；在中窗口、大窗口显示时，数据显示占据整个显示屏幕；

[双数值]

在双数值显示模式下，小窗口显示时，数据显示占据 1/4 个显示屏幕；在中窗口、大窗口显示时，数据显示占据整个显示屏幕；

[迹线 A]

A 通道迹线显示，按[迹线 A]，将显示变换为波形显示。

[统计列表]

以列表的形式显示 CCDF 统计测量结果，包括平均功率、峰值功率、峰均比和 0.0001%、0.001%、0.01%、0.1%、1%和 10% 6 种概率对应的功率参数，同时给出用户设定功率所对应概率以及用户设定概率所对应的功率值。

[功率设定]

用户设定某一功率，系统自动在列表下部标记箭头的一行中给出该功率在 CCDF 中所对应的概率。

[概率设定]

用户设定某一概率，系统自动在列表中下部标记箭头的一行中给出该功率在 CCDF 中所对应的功率。

[终止设置]

统计测量通常是一个独立的操作，有起始时间和结束时间。该菜单可以设置终止条件与终止时的操作。

[终止计时]

设定进行 CCDF 统计测量的时间，最长可以达 1 小时。

[终止计数]

设定进行 CCDF 统计测量的累积点数，最多可以是 4200.0M 个点。在同时设置终止计时和终止计数的情况下，以先到的为准。

[终止操作]

当统计测量达到预定的时间或点数后，停止 CCDF 统计测量所进行的操作。可以是停止统计、清除统计数据、数据减半。

停止统计，即 CCDF 统计波形停止采用新的测量数据；清除表示清除旧的 CCDF 波形，用新数据重新绘制 CCDF 波形；减半，表示将丢弃历史数据的后半部分，利用前半部分数据和新采集的数据，继续绘制 CCDF 波形，这样周而复始，一直持续下去。

[控制 停止 运行]

停止或者启动 CCDF 统计测量。

	通道A	通道B	统计列表
10%	3.30dB		功率设定
1%	3.37dB		1.00dB
0.1%	3.37dB		概率设定
0.01%	3.37dB		10.00 %
0.001%	3.37dB		终止设置
0.0001%	3.37dB		
> 10%	3.30dB		
> 1.00dB	49.9%		
平均功率	7.32dBm		
峰值功率	10.68dBm		
本地	测量中		

图 5.10 统计列表

[统计迹线]

以迹线方式显示 CCDF 测量结果。

[刻度设置]

设置统计迹线的水平刻度、垂直刻度和十进制位数。

[水平刻度]

设置统计迹线的水平刻度，最小可以设置为 0.1dB/格，最大可以设置为 5dB/格，以 0.1dB 为步进。

[最大概率]

设置统计迹线的垂直方向的最大比例刻度，点击对应软键，系统可以在 0.01%、0.1%、1%、10%和 100% 之间切换。

[十进制位]

设置垂直方向刻度的密度，可在 1~6 之间切换。

[标记设置]

提供 2 个标记，用于准确测量关键功率电平所对应的 CCDF 概率值。

[标记 1]

设定标记 1 所对应的峰均比。最小值为 0dB，最大值与水平刻度有关，为水平方向显示的最大刻度。

[标记 2]

设定标记 2 所对应的峰均比。最小值为 0dB，最大值与水平刻度有关，为水平方向显示的最大刻度。

[标记 1 位置]

确定标记 1 所属的迹线，可以是通道 A、通道 B、参考线或者高斯曲线。

[标记 2 位置]

确定标记 2 所属的迹线，可以是通道 A、通道 B、参考线或者高斯曲线。

[参考线设置]

存储参考线数据。

[通道 A]

将通道 A 统计测量结果保存在参考线。

[通道 B]

将通道 B 统计测量结果保存在参考线。

[终止设置]

统计测量通常是一个独立的操作，有起始时间和结束时间。该菜单可以设置终止条件与终止时的操作。

[终止计时]

设定进行 CCDF 统计测量的时间，最长可以达 1 小时。

[终止计数]

设定进行 CCDF 统计测量的累积点数，最多可以是 4200.0M 个点。在同时设置终止计时和终止计数的情况下，以先到的为准。

[终止操作]

当统计测量达到预定的时间或点数后，停止 CCDF 统计测量所进行的操作。可以是停止统计、清除统计数据、数据减半。

停止统计，即 CCDF 统计波形停止采用新的测量数据；清除表示清除旧的 CCDF 波形，用新数据重新绘制 CCDF 波形；减半，表示将丢弃历史数据的后半部分，利用前半部分数据和新采集的数据，继续绘制 CCDF 波形，这样周而复始，一直持续下去。

[控制]

停止或者启动 CCDF 统计测量。

[迹线控制]

打开或者关闭各个显示迹线，选择迹线

[高斯曲线]

在窗口中打开或者关闭高斯曲线。

[通道 A]

在窗口中打开或者关闭通道 A 的 CCDF 统计测量迹线。

[通道 B]

在窗口中打开或者关闭通道 B 的 CCDF 统计测量迹线。

[参考线]

在窗口中打开或者关闭保存的参考迹线。

[切换迹线]

选择当前迹线显示窗口下方参数所指向的对象，可以是通道 A、通道 B 或者参考迹线。

[文本]

以文本形式报告通道 A 和通道 B 的测量结果，如上升时间、脉冲宽度、脉冲周期、峰值功率等。

[分辨率]

设置数值显示窗口下数值显示分辨率，在 1~4 之间选择。

如果测量单位为 dBm 或 dB，那么分别为 1，0.1，0.01，0.001 dB；如果测量单位为 W 或 %，那么分别为有效数字 1，2，3 或 4。

[数值窗口单位]

设置当前窗口显示数值单位，包括“对数”和“线性”。如果设置“对数”，则单位为 dBm 或者 dB；如果设置“线性”，则单位为 W 或者 %。

5.2 菜单说明

[网格类型]

设置迹线显示模式下，波形显示的格线类型。用户可以在“空白”、“十字线”、“网格”、“边缘标记”之间选择。

[语种选择]

显示窗口显示的语言，有“中文”和“Eng”选择。选择“中文”，界面和菜单显示为中文显示；选择“Eng”，界面和菜单显示为英文显示。

5.2.6 系统

按【菜单】>[系统]键，进入[系统]菜单。

[远程接口]

配置仪器的 GPIB 地址、网络地址操作。

[上一项]

将焦点移动到上一个选项。

[下一项]

将焦点移动到下一个选项。

[应用]

应用更改设置。对于需要修改的选项，也可以通过【上】、【下】、【左】、【右】按键移动焦点，当焦点移动到需要修改的位置，直接输入数值即可。更改完成后，一定要按[应用]键，将更改有效。

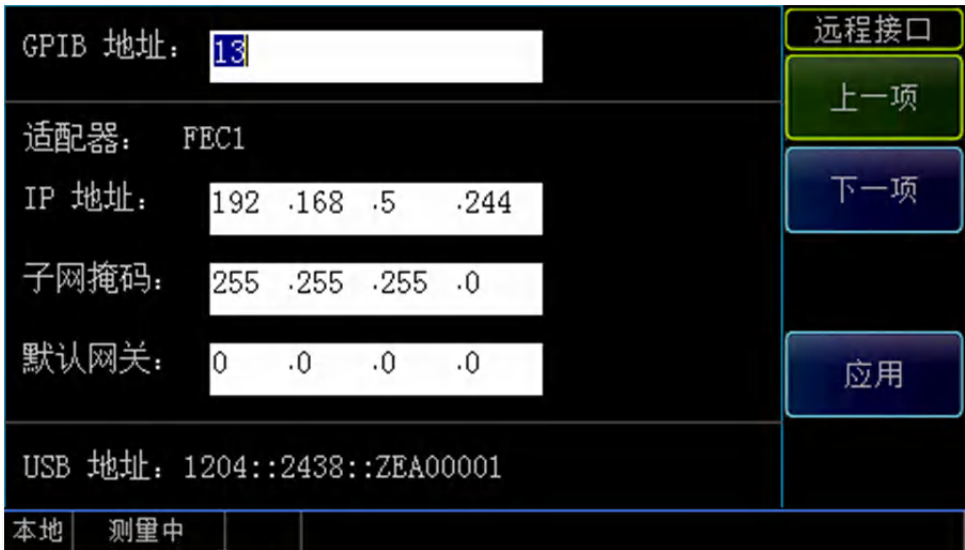


图 5.2 远程接口

[错误列表]

以表单形式显示出测量过程中出现的错误，根据错误提示标号，可以确定问题所在。

[清空错误]

清除当前显示的所有错误信息。

[上一页]

向上翻页，查看其它错误信息。

[下一页]

向下选择，查看其它错误信息。

[存储/调用]

存储和调用功率计当前的设置状态。

[存储]

将功率计当前状态存储在列表中的某一项中，通过【上】、【下】按键选择状态项，按[存储]按键后，将当前状态保存于当前项。

[调用]

调用功率计当前的设置状态。

[恢复出厂值]

将功率计的状态恢复为出厂时的默认设置。

[清空]

清空选中的存储状态。

[编辑]

编辑当前存储项的状态名称。

[插入模式]

设置状态名称插入字符还是数字，选择数字，按数字键输入数字，选择字符，按数字键会输入字符。

[大小写锁]

打开大写锁，输入的字符为大写。

[确定]

完成状态名称修改。

[时间设置]

设置仪器的系统时间。

[前一项]

将焦点移动到前一个选项。

[后一项]

将焦点移动到后一个选项。

[服务]

方便系统调试和故障定位，如电路自测试、键盘自测试、图像自测试和管理菜单。

[测试]

自动检测各主要电路功能、显示和键盘，方便故障定位。

[自测试]

自动检测各主要电路功能，方便故障定位。

[键盘检测]

检测各个按键是否有效，用户按下前面板按键，窗口即显示被按下的键。

[图像检测]

系统先后全屏幕显示红、绿、蓝三种颜色，方便检查显示坏点。显示完成后系统自动退出。

[软件更新]

升级软件程序。

将升级 U 盘插入后面板的 USB 接口，等待 5s 钟左右，[软件更新]菜单允许操作，按[软

5.2 菜单说明

件更新]键，系统提示“软件更新中，请等待……”，软件升级完成后，系统弹出“系统更新成功，请重启”，重启仪器，软件更新成功。

[调试模式]

密码进入对用户开放，输入密码“412438”，进入校准因子修改界面。

5.2.7 通道

按【通道】键，进入[通道]菜单。

[通道 A]

按[通道 A]，进入 A 通道相关设置。通道 A 和通道 B 的设置类似，下面以通道 A 进行说明

[通道 B]

进行通道 B 的相关配置。通道 A 和通道 B 的配置内容一致。

[通道平均]

设置当前通道的测量值的平均策略，可以关闭平均、自动平均或手动设置平均。如果配接 81702、81703 系列峰值功率探头，平均状态只能手动；如果配接 71710 系列连续波功率探头，则平均设置则有“自动”和“手动”2 种设置，在默认状态下，71710 系列连续波功率探头平均设置为“自动”，根据测得功率值，自动设置合适的平均次数。

[关]

关闭平均设置。

[自动]

71710 系列连续波功率探头具有自动平均次数设置，具体自动设置次数跟测得功率相关。

[手动]

手动进行平均设置。

[平均次数]

设置进行平均的点数，可以在 1~1024 之间设置。

[通道偏置]

通道偏置是指对功率测量设置一相对偏移量，可对功率探头与被测对象之间固定衰减或放大的一个测量补偿，以便真实反映被测信号的功率值，通道偏置对所有采用当前通道的测量窗口有效。

通常用于对探头和待测试设备之间的衰减器或放大器的补偿，衰减器可以衰减高功率电平的信号，而放大器可以提高小功率电平信号，从而使输入仪器的电平位于其规定范围之内。正的偏移量将使波形上移，负的偏移量将使波形下移。可使用任意一种数值输入方法修改该参数，变化范围为-100dB 至+100dB。

[状态]

按[状态]键，可以将通道偏置在“开”、“关”之间切换，通道偏置为“开”，在数值显示窗口右上角提示“通道偏置开”。

[偏置大小]

设置通道偏置大小，范围在-100dB 至+100dB 之间，偏置打开后，数值显示窗口设置为“对数”时，显示功率值为测量功率加上偏置功率，假如当前测量功率为 0dBm，通道偏置为+20dB，则测量结果为+20dBm；如果数值显示窗口设置为“线性”时，显示功率值为 1.0mW，通道偏置为+20dB，则测量结果为 100mW。

[迹线控制]

当配接 81702、81703 峰值功率探头时，并且显示为“迹线”时，[迹线控制]允许操作，可设置与迹线相关的参数。

[迹线显示门]

波形显示中两条竖线之间的采样点。迹线显示门包括 4 个选择门，按[迹线显示门]键，进入下一级菜单进行选择。迹线显示门的起始位置和长度可以在【通道】>[通道 A]>[门设置]菜单下进行设置，也可以用【左】、【右】进行设置，按住【左】、【右】键，当前显示门的标记会在屏幕中左右移动，您可根据需求，将显示门移动到需要的位置。

[迹线设置]

当前通道迹线显示的相关设置，按[迹线设置]键，进入详细设置菜单。

[垂直中心]

设置当前波形显示窗口竖直中心位置对应的功率值。例如设置“垂直中心”为 0dBm，则波形显示窗口中心线对应的功率为 0dBm。当输入脉冲调制信号峰值功率为 0dBm，则脉冲波形的顶部幅度处于波形显示窗口的中间位置；如果设置“垂直中心”为 10dBm，则脉冲波形的顶部幅度处于波形显示窗口的中间位置下面一格的位置；如果设置“垂直中心”为 -10dBm，则脉冲波形的顶部幅度处于波形显示窗口的中间位置上面一格的位置。

在对数显示方式下，垂直中心可在 -150dBm 至 210dBm 之间连续变化；在线性显示方式下，该参数可 0nW 至 10kW 之间连续变化。

在对数显示方式下，垂直中心可以直接输入数值，单位为 dBm；在线性显示方式下，按[垂直中心]键，进入下一级菜单，输入数值之后，还需要选择单位，线性单位有“uW”、“mW”、“W”等选项。

[垂直刻度]

设置当前波形显示窗口竖直方向每格代表的幅度。例如设置“垂直刻度”为 20.00dB/，说明垂直方向每格代表幅度为 20dBm。

在对数显示方式下，该参数可在 0.1dB/格至 20dB/格之间任意设置；在线性显示方式下，该参数可在 1nW/格至 50MW/格之间任意设置。

调整该参数可以调整显示图形的垂直幅度，使其更好的利用整个显示区域，或者放大您感兴趣的部分波形。较大的垂直刻度将缩减波形的高度，较小的垂直刻度将增加波形的高度。

[触发位置]

按[触发位置]键，可以在“左”、“中”、“右”3 个选项切换。

设置触发时刻在水平轴上的位置，可以是“左”、“中”、“右”三个选项，默认触发位置位于图形的中间。

选择左边触发观察紧跟在触发时刻之后的波形，选择右边可以观察触发发生之前的波形，选择中间可以观察触发前后的波形。

[水平刻度]

选择波形显示时每格所代表的时间（共 10 格），该参数可在 5ns/格至 3600s/格之间连续切换，以 1-2-5 步进。

当使用数字小键盘进行设置时，如果输入值不是标准的有效水平刻度，系统将自动修正到小于该输入值的第一个有效设置上。

[下一页]

按[下一页]键，进入下一级菜单。

[触发延时]

5.2 菜单说明

设置触发点在屏幕中的位置。正的触发延迟表示将触发点在屏幕中的位置向左移，显示更多的位于触发点之后的数据；负的触发延迟表示将触发点在屏幕中的位置向右移，显示更多的位于触发点之前的数据；

[迹线单位]

设置当前迹线的单位。按[迹线单位]键，在“对数”和“线性”之间切换。

[标记]

按[标记]键，选择当前门对应的标记 1 或者标记 2。当选中“标记 1”，则屏幕中紫色竖直线下方的“1”变为绿色，通过【左】、【右】键，可以在屏幕中移动标记 1 的位置；同样的也可以选中“标记 2”，改变当前门“标记 2”的位置。

[测量参数]

在中窗口显示下，设置下方参数显示的功率参数或者时间参数。

[自动设置]

系统根据显示的迹线，自动确定垂直中心、垂直刻度、水平刻度等参数，方便用户观察。

[迹线 B]

如果 B 通道接峰值功率探头，B 通道在迹线显示下的相关参数设置，具体设置与[迹线 A]设置相同，在此不展开介绍。

[步进检测]

当配接 71710 系列连续波功率探头时，当前菜单显示为[步进检测]。当连续波功率探头测量有平均设置时，“步进检测”状态为“开”，如果功率变化比较大，则将缓冲区内的数据全部清空，平均重新开始，则屏幕中显示的功率可迅速变化到新测量的功率值；当“步进检测”状态为“关”，则平均缓冲区中的数据不清空，如果功率变化比较大，则屏幕中显示功率是慢慢的变化到新测量的功率值。

在默认状态下，步进检测状态为“开”，只有当测量功率值比较小，例如测量小于-50dBm 的信号，则将平均次数加大，并将步进检测状态设置为“关”，经过较长的时间，可以稳定的测量小信号的功率值。

[探头量程]

当配接 71710 系列连续波功率探头时，该菜单为[探头量程]。71710 系列连续波功率探头有“高”、“低”2 个量程，当被测信号功率大于-14dBm，采用的是探头高量程，当被测信号功率小于-13dBm，采用的是探头低量程。

探头量程有 3 个设置选项：“低”、“高”、“自动”。探头量程设置为“低”，则强制探头为低量程，当输入功率大于低量程范围，则提示错误；探头量程设置为“高”，则强制探头为高量程，当输入功率小于低量程范围，则测量结果不能保证准确。在默认状态下，探头量程设置为“自动”，根据测得功率值，自动选择合适的量程。

[门设置]

当配接 81702、81703 系列峰值功率探头，最多可对 4 个门进行设置。

[门编号]

选择需要设置门的编号，每个通道共有 4 个门。

[起始时间]

设置当前选择的门相对于触发时刻的起始时间。例如当前迹线为中间位置触发，触发延时为 0，设置“起始时间”为 0，则当前门的标记 1 的竖线位于屏幕中间位置，改变触发位置，标记 1 的位置随着改变。

[长度]

设置当前门的时间长度，也是标记 1 与标记 2 之间的时间间隔。

当前门的长度不能超出屏幕之外，如果设置的长度超出显示屏幕，则设定值自动定义到屏幕最右侧的长度。

如果改变触发位置，门的“起始时间”和“长度”也随着改变，并且门的 2 个标记都不能超出屏幕之外。

请注意：门的“起始时间”和“长度”不具有记忆功能，改变之后不能恢复到设定值。

当前门的设定，也可以通过【左】、【右】方向键进行设置。

[迹线显示门]

设置当前迹线显示的门，共有 4 个选项，在迹线显示窗口右上角有提示，例如 A 通道设置为门 2，则显示为“A2”。

[自动门设置]

进入自动门设置菜单，可以为当前选定的门设置自动门，打开自动门后，不能更改该门的标记 1 和标记 2，标记 1、标记 2 的位置根据门左右参考比，自动将门设置到屏幕中显示第一个脉冲的相应位置。

例如门左右参考比设置为 10%，则将标记 1 设置到第一个脉冲的 10%的位置，将标记 2 设置到第一个脉冲 90%的位置。

[状态]

打开或者关闭自动门状态。自动门是根据脉冲信号持续时间，即根据脉冲宽度自动设置测量门的位置。当自动门打开时，标记 1 和标记 2 不能直接设置，只能通过左右参考比进行设置。

[门 1 左参考比]

设置门 1 自动门左侧相对于脉冲信号宽度的位置，系统自动根据脉冲宽度进行设置。当设置“门编号”为 2 时，当前菜单显示[门 2 左参考比]。

[门 1 右参考比]

设置门 1 自动门右侧相对于脉冲信号宽度的位置，系统自动根据脉冲宽度进行设置。当设置“门编号”为 2 时，当前菜单显示[门 2 左参考比]。

[下一页]

当接 81702、81703 系列峰值功率探头，该菜单为[下一页]，进入下一页进行峰值通道相关设置。如果接 71710 系列连续波探头，该菜单为[频响偏置]。

[视频带宽]

选择高低视频带宽，高带宽测量的上升时间更小，而低带宽测量的功率更稳定一些。

[频响偏置]

根据用户需要，设定在特定频率点的频率响应。

最多支持 10 个频响偏置表，每个频响偏置表最多可以设置 80 个点的偏置，每个通道每次只能打开一个频响偏置表，打开一个频响偏置表时，其他频响偏置表自动关闭。

[编辑]

编辑频响偏置表中频点的偏置量。

具体操作过程是：通过【上】、【下】键，选中需要修改偏置的频点，按[编辑]键，进入修改菜单，首先弹出当前点的频率值，如果频率值不变，则按当前频点对应的单位，例如修改 50MHz 频点的偏置值，弹出 50 对话框后，按一下[MHz]，进入“偏置”对话框，用界面上的数字输入新的偏置量。

如果输入新的频率值，则在频响偏置表中增加一个新的频点。

5.2 菜单说明

[插入]

插入频响偏置表中新频点和新偏置量。具体操作与[编辑]菜单相同。插入新的频点，自动按照从小到大的顺序排序。

[删除]

删除当前频响偏置表中的频点。通过【上】、【下】键选中需要删除的频点，按[删除]键，弹出提示窗口“删除当前 FDO 项是否继续？”，按[确定]键，完成删除；如果取消删除，则按【返回/本地】键。

[编辑单位]

设置当前频响偏置表单位是“线性”或者“对数”。如果设置单位为“线性”，单位为%，设置单位为“对数”，单位为 dB。

[状态]

当前频响偏置表的状态，如果状态为开，则当前频响偏置表的“启用状态”为“开”，其他频响偏置表均为“关”。

[上一项]

选择上一条。也可以用【上】键选择。

[下一项]

选择下一条。也可以用【下】键选择。

[视频带宽]

可设置 81702、81703 系列峰值功率探头的视频带宽。低的视频带宽可以降低射频噪声电平，高视频带宽用于测量具有快速上升和下降时间的脉冲波形。默认视频带宽设置为高。

[频响偏置]

与 71710 系列连续波探头[频响偏置表]设置方法相同。

[脉冲定义]

定义脉冲波形的近点、中点、远点等参数，用户可根据自己的需求进行定义。

[近点]

顶部和底部幅度之间的近点功率电平。用于定义脉冲的上升时间的起始电平和下降时间的结束电平，一般设置为功率电平幅度的 10%。

[中点]

顶部和底部幅度之间的中间点功率电平。用于定义脉冲宽度的功率电平，一般设置为功率电平幅度的 50%。

[远点]

顶部和底部幅度之间的远点功率电平。用于定义脉冲的上升时间的结束电平和下降时间的开始电平，一般设置为功率电平幅度的 90%。

[默认值]

选择近点、中点、远点的默认设置，分别为 10%、50%和 90%。

[测量模式]

定义脉冲定义的模式是“功率”或者“电压”。

如果定义脉冲模式是“功率”，则计算波形近点、远点为功率的 10%~90%，如果定义脉冲模式为“电压”，则计算波形近点、远点为电压的 10%~90%。

默认为“功率”模式。

5.2.8 窗口

按【窗口】键，将窗口在“小窗口”、“中窗口”、“大窗口”之间切换。“小窗口”模式下左侧显示上下 2 个窗口，右侧显示菜单栏；“中窗口”模式下左侧显示 1 个窗口，右侧显示菜单栏；“大窗口”模式下整个屏幕显示 1 个窗口，无菜单栏显示。

窗口切换可以通过【上】、【下】键完成，在“小窗口”模式下，选中的窗口背景色为蓝灰色，未选中窗口为黑色。

在“中窗口”、“大窗口”显示模式下，通过【上】、【下】键，可以将选中的窗口显示。

5.2.9 校准

按【校准】键，系统进入校准和校准源设置菜单，在该菜单下，可以进行各个通道的校零和校准，同时可以进行校准源的设置。

[通道 A]

进行有关通道 A 的校零和校准操作。

[校零]

对 A 通道进行校零操作，校零操作可以提高功率探头的灵敏度。

在以下情况下，建议进行校零操作：

- 1) 开机预热 15 分钟之后，达到温度平衡之后，建议校零操作一次；
- 2) 71710 系列连续波功率探头接到输出设备，在无信号输出情况下，建议校零一次，消除功率计和被测设备之间由于地电平不同造成的影响；
- 3) 71710 系列连续波功率探头测量功率小于-50dBm 时，建议关闭被测设备输出功率，校零一次，提高功率测量准确度。
- 4) 所有功率探头在长时间使用之后，如果测量功率偏小，例如 71710 系列测量功率小于-50dBm、81702 测量功率小于-15dBm、81703 系列测量功率小于-30dBm，建议校零一次，提高功率测量准确度。

[校准]

对 A 通道进行校准操作，71710 系列连续波功率探头的校准需要将探头接到 2438 功率计校准源，而 81702、81703 系列峰值探头内置校准电路，可以在测量过程中在线校准，不需要接到 2438 功率计的校准源。

[校零+校准]

对 A 通道进行校零+校准操作，71710 系列连续波功率探头的校零+校准需要将探头接到主机校准源，而 81702、81703 系列峰值探头可以在测量过程中校零+校准，不需要接到主机的校准源。

[必须校准]

必须校准为“开”时，每次开机启动功率计后，必须先进行校准操作，否则仪器无法进行功率测量。

[校准源]

2438 功率计提供 50MHz、0dBm 的绝对功率参考源。

5.2.10 频率

按【频率】键，系统进入频率设置菜单，在该菜单下，可以设置通道 A、通道 B 频率值。

5.2 菜单说明

按[通道 A 频率]，弹出对话框，通过数字键输入频率值，在右侧软键中选择单位，完成通道 A 频率设置。

通道 B 频率设置与通道 A 相同。

[通道 A 频率]

设置通道 A 的频率值。

[通道 B 频率]

设置通道 B 的频率值。

6 远程控制

本章介绍了 2438 系列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.....81
- 仪器程控端口与配置.....95
- VISA接口基本编程方法.....96
- I/O库.....99

6.1 远程控制基础

- 程控接口.....81
- 消息.....84
- SCPI命令.....84
- 命令序列与同步.....91
- 状态报告系统.....91
- 编程注意事项.....95

6.1.1 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 6.1 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)	原始套接字协议： TCPIP::host_address::port::SOCKET	控者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： 6.1.1.1 LAN 接口
GPIB (IEC/IEEE Bus Interface)	GPIB::primary address[::INSTR]	控者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： 6.1.1.2 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： 6.1.1.3 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、RS232、LAN、USB 等接口

6.1 远程控制基础

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。

- LAN接口82
- GPIB接口83
- USB接口83

6.1.1.1 LAN 接口

微波功率计可使用 RJ45 通信电缆（屏蔽或者非屏蔽的 5 类双绞线）接入 10Mbps/100Mbps/1000Mbps 以太网，通过局域网内控制计算机进行远程控制。微波功率计为实现局域网内远程控制，已经安装了接口适配器和 TCP/IP 网络协议，并配置了相应基于 TCP 协议的网络服务。

2438 系列微波功率计安装的网络接口适配器有三种工作模式，分别是：

- 10Mbps 以太网（IEEE802.3）；
- 100Mbps 以太网（IEEE802.3u）；
- 1000Mbps 以太网（IEEE802.3ab）。

接口适配器根据链路状况自动匹配合适的网络速度。通常，连接微波功率计的电缆长度不应超过 100 米。关于以太网的更多信息，请参考：<http://www.ieee.org>。

下面介绍 LAN 接口相关知识：

1) IP 地址

通过局域网对微波功率计进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过微波功率计的菜单“本机 IP”将地址设置到主控计算机所在的子网内，例如：主控计算机的 IP 地址是 192.168.12.0，则微波功率计的 IP 地址应设为 192.168.12.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::port::SOCKET

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；
- port 表示套接字端口号，2438 系列微波功率计的套接字端口号为 5000；
- SOCKET 表示原始网络套接字资源类。

举例：

建立原始套接字连接时可使用：

TCPIP::192.1.2.3::5000::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) 套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接微波功率计。套接字是计算机网络编程中使用的一个基本方法，它使得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。

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 命令控制微波功率计时，程序中建立的套接字程序发出命令。微波功率计的套接字端口号固定为 5000。

6.1.1.2 GPIB 接口

GPIB 是唯一专为仪器控制设计的总线，目前仍广泛应用于自动测试系统中，2438 系列微波功率计在后面板集成了 GPIB 接口。为实现远程控制，主控计算机需要首先安装 GPIB 总线卡，驱动程序以及 VISA 库。通信时，主控计算机通过 GPIB 地址寻址被控仪器，用户可更改被控仪器的 GPIB 地址，防止整个系统中由于地址冲突引起的通信失败。

GPIB 及其相关接口定义在 ANSI/IEEE 488.1-1987 标准和 ANSI/IEEE 488.2-1992 标准中有详细的描述。具体标准细节请参考 IEEE 网站：<http://www.ieee.org>。

GPIB 连接时，需注意以下几点：

- 通过 GPIB 总线组建的测试系统，最多含有 15 台设备；
- 传输电缆总长度不超过 20 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。

6.1.1.3 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::::<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；

6.1 远程控制基础

100001: 是仪器的序列号。

6.1.2 消息

数据线上传输的消息分为以下两类:

1) 接口消息

接口消息是 GPIB 总线特有的消息, 只有具备 GPIB 总线功能的仪器才响应接口消息。主控计算机向仪器发送接口消息时, 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。

2) 仪器消息

有关仪器消息的结构和语法, 具体请参考章节“6.1.3 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。

6.1.3 SCPI 命令

- SCPI命令简介84
- SCPI命令说明85

6.1.3.1 SCPI 命令简介

SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments——可编程设备的标准命令)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.

2438系列微波功率计的程控命令集合、分类及说明，具体请参考：

- 1) 程控手册“3 程控命令”章节。
- 2) 程控手册 6.1 附录 A SCPI 命令树。
- 3) 程控手册 6.2 附录 B SCPI 命令按子系统分类速查表。
- 4) 程控手册 6.3 附录 C SCPI 命令按菜单分类速查表。
- 5)

6.1.3.2 SCPI 命令说明

● 通用术语.....	85
● 命令类型.....	86
● 仪器专用命令语法.....	86
● 命令树.....	87
● 命令参数和响应.....	88
● 命令中数值的进制.....	90
● 命令行结构.....	91

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。

a) 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。

b) 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。

6.1 远程控制基础

c) 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。

d) 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。

e) 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。

f) 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。

g) 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。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。

3) 仪器专用命令语法

表 6.2 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	[:SENSe]:FREQuency[:CW FIXed

	含义使用。它们代表必需包含的部分。	] <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: <code>FREQ 3.5GHz</code> <code>FREQ 3.5e+009</code>
{ }	大括号内的部分表示其中的参数可选。	MEMory:TABLe:FREQuency <val>{,<val>} 例如: <code>MEM:TABL:FREQ 5e7</code>

表 6.3 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。	<code>[:SENSe]:FREQuency[:CW FIXed]?</code> , FREQ 是命令的短格式部分。
命令的小写字符部分是可选的; 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。	<code>:FREQuency</code> <code>:FREQ,:FREQuency</code> 或者 <code>:FREQUENCY</code> , 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。更多信息请参照“命令树”的命令路径部分。	<code>:TRIGger:MODE?</code> 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。	<code>MEMory:TABLe:FREQuency</code> <code><val>{,<val>}</code>
分号分隔相邻的 2 条命令, 但不影响当前命令路径。	<code>:FREQ 2.5GHz;:POW 10DBM</code>
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。	<code>:FREQ uency</code> 或者 <code>:POWer :LEVel6.2</code> 是不允许的。 在 <code>:LEVel</code> 和 <code>6.2</code> 之间必须由空格隔开。 即 <code>:POWer:LEVel 6.2</code>

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。

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 6.4 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。

例如微波功率计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
```

6.1 远程控制基础

-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。

整数响应数据示例：

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标识符时，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标识符：

- #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

6.1.4 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。

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 6.5 命令语法

方法	执行动作	编程方法
<i>*OPC</i>	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 <i>*OPC</i> ； 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。
<i>*OPC?</i>	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。
<i>*WAI</i>	执行 <i>*WAI</i> 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。

6.1.5 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。

- [状态寄存器组织结构.....92](#)
- [状态报告系统的应用.....94](#)

6.1.5.1 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6.1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。

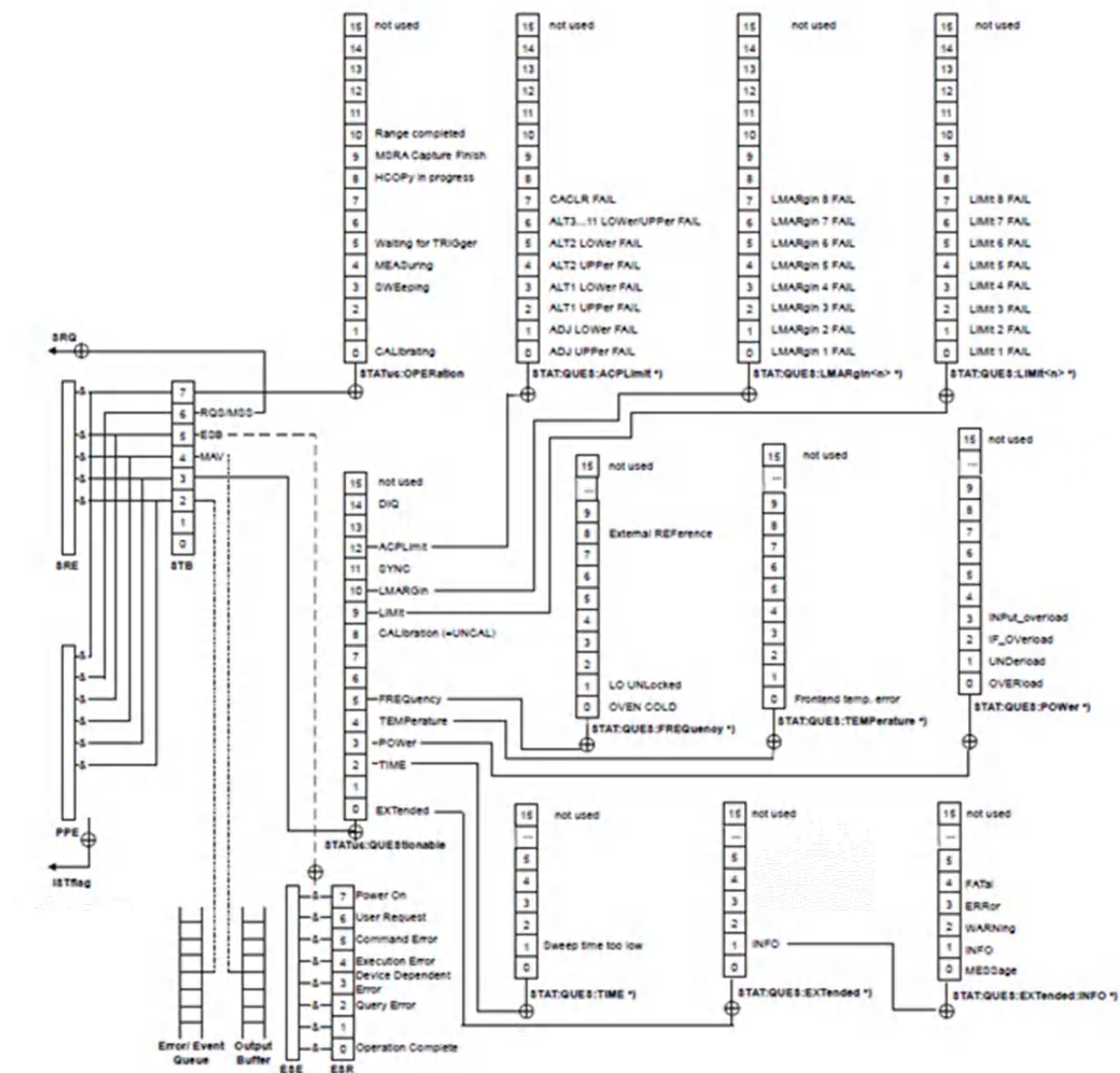


图 6.1 状态寄存器分层结构图

6.1.5.2 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“2.1.5.4 状态报告系统的应用”章节部分。

6.1.6 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。

6.2 仪器程控端口与配置

● LAN.....	95
● GPIB.....	96

6.2.1 LAN

● 建立连接.....	95
● 接口配置.....	95

6.2.1.1 建立连接

使用网线将2438系列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。

6.2.1.2 接口配置

通过局域网对微波功率计进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。由于不支持DHCP、域名访问以及广域网络连接，因此微波功率计的网络程控设置相对简单，按【系统】[接口配置▶]，通过图6.2所示的菜单，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。

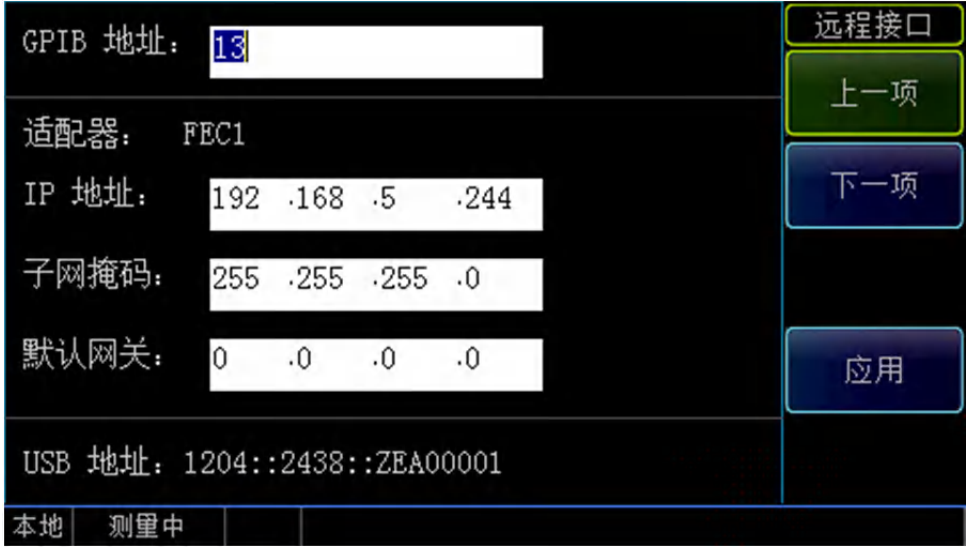


图 6.2 LAN 接口和 GPIB 接口设置

注意

确保微波功率计通过 10Base-T LAN 或 100Base-T LAN 电缆物理连接正常
由于该微波功率计只支持单一局域网控制系统的搭建，且只支持静态 IP 地址的设置，不支持 DHCP，也不支持通过 DNS 和域名服务器访问主机，因此不需要用户修改子网掩码，仪器内将其固定设置为：255.255.255.0。

6.2.2 GPIB

- 建立连接.....96
- 接口配置.....96

6.2.2.1 建立连接

使用GPIB电缆连接2438系列微波功率计与外部控者（计算机）。

6.2.2.2 接口配置

GPIB接口的设置，通过按【系统】[接口配置▶][GPIB地址]，进入如图6.2所示的界面，就可以利用前面板数字键在本机GPIB地址输入框进行更改。

6.3 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。

- 安装VISA库.....97
- 初始化控者.....97

● 初始化仪器	97
● 发送设置命令	97
● 读取测量仪器状态	98
● 命令同步	98

6.3.1 安装 VISA 库

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。微波功率计支持的编程接口为：GPIB、LAN和RS-232。这些接口与VISA库和编程语言结合使用可以远程控制微波功率计。

6.3.2 初始化控制

```

/*****

```

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。

```

//初始化者：打开默认资源管理器并且返回仪器句柄analyzer

```

```

/*****

```

```

void InitController()

```

```

{
    ViStatus iStatus;
    iStatus = viOpenDefaultRM(&defaultRM);
    iStatus = viOpen(defaultRM, analyzerString, VI_NULL, VI_NULL, &analyzer);
}

```

6.3.3 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;
    long retCnt;
    iStatus = viWrite(analyzer, "*CLS", 4, &retCnt); //复位状态寄存器
    iStatus = viWrite(analyzer, "*RST", 4, &retCnt); //复位仪器
}

```

6.3.4 发送设置命令

```

/*****

```

下面的示例说明如何设置2438系列微波功率计的中心频率。

```

/*****

```

```

void SimpleSettings()

```

```

{
    ViStatus iStatus;

```

6.3 VISA 接口基本编程方法

```

    long retCnt;
    //设置频率128MHz

    iStatus = viWrite(iDevHandle, "FREQ 1.28e8\n", strlen("FREQ 1.28e8\n"),
        &uiRetCnt);

}

```

6.3.5 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;
    long uiRetCnt;
    char rgcBuf[256];

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

```

6.3.6 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;
    long retCnt;
    ViEventType etype;
    ViEvent eevent;
    int stat;
    char OpcOk [2];

    /*****
    /* 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 */
/*****/

iStatus = viWrite(analyzer, ":INIT:CONT OFF", 13, &retCnt);
//等待扫描结束的方法1：使用 *WAI
iStatus = viWrite(analyzer, ":INIT", 18, &retCnt);
iStatus = viWrite(analyzer, "*WAI", 18, &retCnt);

//等待扫描结束的方法2：使用 *OPC?
iStatus = viWrite(analyzer, ":INIT", 20, &retCnt);
iStatus = viWrite(analyzer, "*OPC?", 18, &retCnt);
iStatus = viRead(analyzer, OpcOk, 2, &retCnt); //等待*OPC返回“1”

//等待扫描结束的方法3：使用 *OPC
//为了使用GPIB服务请求，设置"Disable Auto Serial Poll"为"yes"
iStatus = viWrite(analyzer, "*SRE 32", 7, &retCnt);
iStatus = viWrite(analyzer, "*ESE 1", 6, &retCnt); //使能服务请求ESR
//设置事件使能位，操作完成
iStatus = viEnableEvent(analyzer, VI_EVENT_SERVICE_REQ, VI_QUEUE,
VI_NULL);
//使能SRQ事件
iStatus = viWrite(analyzer, ":INIT ", 18, &retCnt);
iStatus = viWrite(analyzer, "*OPC", 18, &retCnt);

//与OPC同步启动扫描
iStatus = viWaitOnEvent(analyzer, VI_EVENT_SERVICE_REQ, 10000, &etype,
&eevent)
//等待服务请求
iStatus = viReadSTB(analyzer, &stat);
iStatus = viClose(eevent); //关闭事件句柄
//禁止SRQ事件
iStatus = viDisableEvent(analyzer, VI_EVENT_SERVICE_REQ, VI_QUEUE);
//主程序继续.....
}

```

6.4 I/O 库

- I/O库概述.....99
- I/O库安装与配置.....100

6.4.1 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

6.4 I/O 库

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6.3所示。

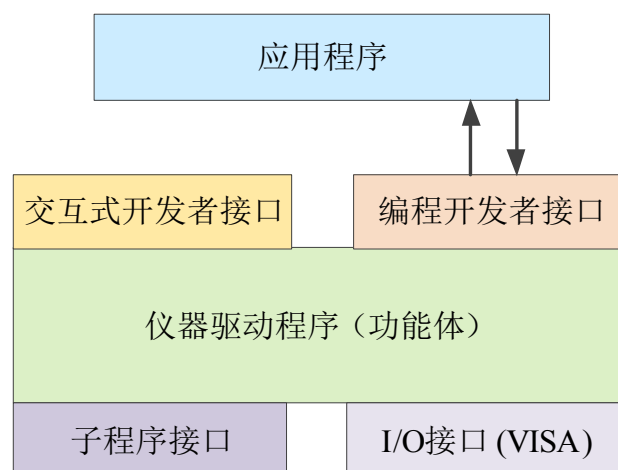


图 6.3 仪器驱动器结构模型

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；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。

6.4.2 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。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 I/O 库

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

7 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。并说明微波功率计出错信息。

如果您购买的 2438 系列微波功率计，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买微波功率计相关部件或附件，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。如果您所购买的微波功率计处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的仪器进行免费维修；如果超过保修期，我们也只收取成本费。

- 工作原理.....103
- 故障诊断与排除.....104
- 错误信息.....105
- 返修方法.....106

7.1 工作原理

为了便于用户了解 2438 系列微波功率计的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍微波功率计的基本工作原理及硬件原理框图。

2438 系列微波功率计的整机工作原理框图如图 7.1 所示。2438 系列微波功率计包括主机、系列连续波探头、系列峰值探头，主机由 CPU 板、通道板、DSP 板、液晶、按键/键盘板、电源模块、后面板等部分构成。

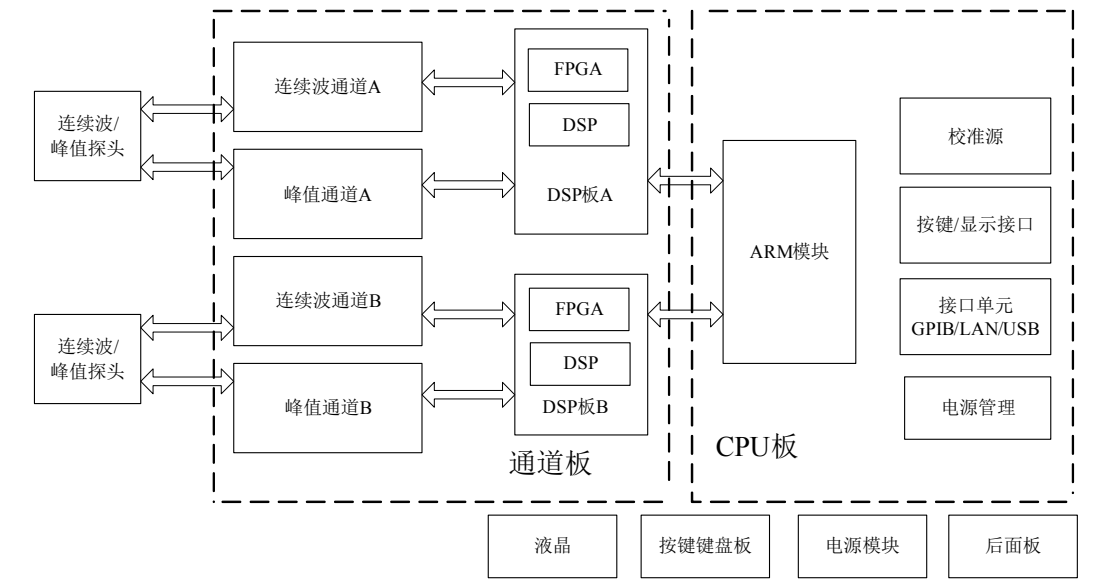


图 7.1 2438 系列微波功率计整机原理框图

当 2438 系列微波功率计配接系列连续波探头时，其信号处理的方式是一个标准的传统功率计，探头检波电压经斩波、弱信号放大之后，送入功率计主机进一步处理，处理后的数据经过各种补偿送到 CPU 进行显示处理。

当 2438 系列微波功率计配接系列峰值探头时，功率探头内平衡配置的双二极管探头将

7.2 故障诊断与排除

微波脉冲调制输入信号检波后转变为脉冲调制包络信号，探头内前置放大电路对脉冲调制包络信号经过滤波和前置放大，送入功率计通道处理单元进行基带放大并加以带宽控制，一路输入触发快速比较器电路，用于产生触发同步信号，一路输入到后置放大器放大，后置放大器放大输出到快速 ADC 进行模数变换，变换后的数据送往 DSP 进行运算处理，最后送至显示单元进行显示。

功率校准源部分提供一个功率为 1.000mW 的校准信号，校准源为微波功率计提供一绝对功率参考，使功率可溯源于厂家或国家标准。

CPU 控制单元由微处理器、系统 ROM、系统 RAM、逻辑控制电路等组成，除了对按键及 LCD 显示控制、对接口单元控制外，主要完成与 DSP 通讯、数据传输以及波形测量分析、显示处理、界面操作等功能。

7.2 故障诊断与排除

通常情况下，仪器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，请首先观察错误信息并保存，分析可能的原因并参考本章“7.2.1 故障诊断基本流程”及“7.2.2 常见故障现象和排除方法”中提供的方法，予以先期排查解决问题。也可联系我们客户服务中心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。具体请参考本手册提供的联系方式，或者网上查询网址：www.ceyear.com，以便查询到就近的技术支持联系方式。

提示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 2438 系列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。

7.2.1 故障诊断基本流程

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，仪器出现问题后，请首先进行以下检查：

- ✧ 电源插座是否通电，电源是否符合本仪器工作要求？
- ✧ 微波功率计是否已开启？检查电源开关旁边的绿色 LED 是否点亮。
- ✧ 如果有其它仪器、电缆和连接器与微波功率计配合使用，确保它们连接正确且工作正常。

7.2.2 常见故障现象和排除方法

下面按照功能类型，分类列出常见故障现象和排除方法。

- 屏幕无显示 104
- 意外现象 104
- 硬件故障 104

7.2.2.1 屏幕无显示

如果加电后按启动开关而屏幕不亮，请按下面所列步骤进行检查：

- ✧ 电源插座是否通电，电源是否符合本仪器工作要求。
- ✧ 检查电源开关键是否为黄色。如果市电有输入，而电源开关键不亮，则可能仪器电源坏。
- ✧ 是否有效按下电源开关，可尝试多次按电源开关。
- ✧ 检查电源开关键是否变绿色及风扇运转情况。如果电源开关键不变绿色且风扇不转，则可能是电源出了故障；如果电源开关键变绿色且风扇运转正常，屏幕呈白色，则可能是仪器控制器出故障，如果仍黑屏，则可能是控制器或者液晶显示控制电路出现故障。

7.2.2.2 意外现象

在使用过程中，产生意外现象的原因很多。用户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，如果确定是硬件问题，请参照“硬件故障”部分。

如果有其他设备、电缆或者连接器连接到功率计主机上，请检查这些组件的机械连接是否正确，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，是否符合功率计主机及配接探头的性能指标。

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，请按【菜单】>[系统]>[存储/调用]>[恢复出厂值]，然后再根据被测信号和测试需求进行设置。

7.2.2.3 硬件故障

2438系列微波功率计能够对自身各关键电路进行测试，检查仪器各整件工作是否正常，具体操作步骤如下：

- ✧ 按【菜单】>[系统]>[服务]>[测试]>[自测试]软键，系统开始自测试；
- ✧ 查看各自测试结果是否通过，如果显示失败，则表明该电路故障，需要返修；

按 [返回]软键，系统退出自测试窗口。

7.3 错误信息

在实际使用过程中，如果操作不当或配置不正确，功率计主机的下方会提示出错信息，说明2438系列微波功率计软件运行或硬件遇到问题。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。

按【菜单】>[系统]>[错误列表]软键，可以查看最近出错信息。按[清除错误]软键可以清除所有的错误记录。

有关错误信息的详细说明，请参考《2438系列微波功率计程控手册》。

7.4 返修方法

- 联系我们106
- 包装与邮寄106

7.4.1 联系我们

若2438系列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章节“7.2 故障诊断与排除”中提供的方法，予以先期排查解决问题。或者联系我们客户服务中心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。网上查询网址：www.ceyear.com，以便查询到就近的技术支持联系方式。

联系方式：

免费客服电话：800-868-7041

技术支持：0532-86889847 86897262

传 真：0532-86889056 86897258

网 址：www.ceyear.com

电子信箱：ceyearqd@ceyear.com

邮 编：266555

地 址：中国山东青岛经济技术开发区香江路98号

7.4.2 包装与邮寄

当您的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。如果经联系确认是微波功率计需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装微波功率计，并按下面的步骤进行包装：

- 1) 写一份有关微波功率计故障现象的详细说明，与微波功率计一同放入包装箱。
- 2) 用原包装材料将微波功率计包装好，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

包装微波功率计需注意

使用其它材料包装微波功率计，可能会损坏仪器。禁止使用聚苯乙烯小球作为包装材料，它们一方面不能充分保护仪器，另一方面会被产生的静电吸入仪器风扇中，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时，请严格遵守本手册章节“2.2.6 运输”中描述的注意事项。

8 技术指标与测试方法

本章介绍 2438 系列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.....108

8.1 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0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；其中包括测量的误差。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或设计的性能特征，比如 50 Ω 连接器等。测量值不是保证数据，在室温（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。该数据并非保证数据，并且是在室温（约 25℃）条件下测得。

8.2 产品特征

表 8.1 产品特征

一般技术指标		
温度范围		工作时：0~+50℃ 存储时：-40~+70℃
海拔高度		4,600 米
电磁兼容		仪器应符合 GJB 3947A-2009 中 3.9.1 的规定要求。
安全性		符合 GJB 3947A-2009 中 3.10 的安全认证要求。 a) 设备的电源输入端与机壳之间（电源开关置于接通位置）在试验用标准大气压下应不小于 100MΩ，在潮湿环境下应不小于 2MΩ。 b) 设备的电源输入端与机壳之间施加 1500V 交流电压，应无击穿、飞弧和闪烁等现象。 c) 设备工作期间，仪器外壳与地之间的泄露电流应不大于 3.5mA。
电源要求	电压和频率 (额定值)	100V~240V，50Hz~60 Hz；450VA MAX
	功耗	最大工作功耗：50W 最大待机功耗：5W

8.3 技术指标

显示屏	4.3"彩色液晶
重量	净重：低于 5kg； 包装运重量：8kg 额定值
最大外形尺寸	宽×高×深（mm）=220×100×350
质保	2438 系列微波功率计享有 18 个月的标准保修周期
可靠性	MTBF(θ_0)≥5000h
校准周期	推荐校准周期是一年，校准服务由专业校准机构提供。

8.3 技术指标

按照功能分类给出技术指标列表：描述/特征值。

- 2438CA/CB功率计主机技术指标 108
- 2438PA/PB功率计主机技术指标 108
- 71710系列连续波功率探头 110
- 81702/81703系列峰值功率探头 111
- 毫米波(THz)探头 111

8.3.1 2438CA/CB 功率计主机主要技术指标

2438CA/CB 功率计主机配接 71710 系列连续波功率探头和 71716、71717、71718、87106A、87106B、87108B 毫米波功率探头，其主要技术指标如下：

1) 频率范围

9kHz~500GHz（由配接的功率探头决定）

2) 平均功率测量范围

-70dBm~+50dBm（由配接的功率探头决定）

3) 最高显示分辨率

对数模式：0.001dB；线性模式：4 位

4) 校准源频率

50MHz±1MHz

5) 校准源功率（25℃±5℃）

1.000mW（1±1.0%）

6) 校准源驻波比（典型值）

≤1.10: 1

8.3.2 2438PA/PB 功率计主机主要技术指标

2438PA/PB 功率计主机配接 71710 系列连续波功率探头、81702 系列、81703 系列峰值功率探头和 71716、71717、71718、87106、87106B、87108B 毫米波功率探头，其主要技术指标如下：

1) 频率范围

9kHz~500GHz（由配接的功率探头决定）

2) 平均功率测量范围

-70dBm~+50dBm（由配接的功率探头决定）

3) 脉冲功率测量范围

-40dBm~+20dBm（由配接的功率探头决定）

4) 最高显示分辨率

对数模式：0.001dB；线性模式：4 位

5) 上升时间

≤13ns（载波频率大于 500MHz）

6) 视频带宽

≥30MHz

7) 最高可测重复频率

10MHz

8) 最小可测脉冲宽度

50ns

9) 水平刻度范围

2ns/格~3600s/格

10) 触发延时

触发延时范围：2ns/格~2us/格	-4ms~100ms
5us/格~20us/格	-4000 格~100ms
50us/格~5ms/格	-4000 格~4000 格
10ms/格~3600s/格	-40s~100s

8.3 技术指标

11) 内部触发电平范围

-20dBm~+20dBm

12) 校准源频率

50MHz±1MHz

13) 校准源功率（25℃±5℃）

1.000mW（1±1.0%）

14) 校准源驻波比（典型值）

≤1.10: 1

8.3.3 71710 系列连续波功率探头

1) 探头频率范围

71710A:	9kHz~12GHz
71710D:	10MHz~18GHz
71710E:	50MHz~26.5GHz
71710F:	50MHz~40GHz
71710L:	50MHz~67GHz

2) 探头功率范围

71710A:	-60dBm~+20dBm
71710D:	-70dBm~+20dBm
71710E:	-70dBm~+20dBm
71710F:	-70dBm~+20dBm
71710L:	-70dBm~+20dBm

3) 最大端口电压驻波比

71710A:	1.20	100kHz~12GHz
71710D:	1.35	10MHz~50MHz
	1.15	50MHz~2GHz
	1.20	2GHz~12.4GHz
	1.26	12.4GHz~18GHz
71710E:	1.15	50MHz~2GHz
	1.20	2GHz~12.4GHz
	1.26	12.4GHz~18GHz
	1.35	18GHz~26.5GHz

71710F: 1.15	50MHz~2GHz
1.20	2GHz~12.4GHz
1.26	12.4GHz~18GHz
1.35	18GHz~26.5GHz
1.50	26.5GHz~40GHz
71710L: 1.15	50MHz~2GHz
1.20	2GHz~12.4GHz
1.26	12.4GHz~18GHz
1.35	18GHz~26.5GHz
1.50	26.5GHz~40GHz
1.78	40GHz~67GHz

4) 校准因子不确定度 (0dBm)

71710A: $\pm 4.0\%$	
71710D: $\pm 4.5\%$	
71710E: $\pm 4.5\%$	50MHz~18GHz
$\pm 5.9\%$	18GHz~26.5GHz
71710F: $\pm 4.5\%$	50MHz~18GHz
$\pm 5.9\%$	18GHz~26.5GHz
$\pm 6.9\%$	26.5GHz~40GHz
71710L: $\pm 4.5\%$	50MHz~18GHz
$\pm 5.9\%$	18GHz~26.5GHz
$\pm 6.9\%$	26.5GHz~40GHz
$\pm 7.9\%$	40GHz~67GHz

5) 校零准确度

$\leq 100\text{pW}$

8.3.4 81702/81703 系列峰值功率探头

1) 探头频率范围

81702D/81703D:	50MHz~18GHz
81702E/81703E:	500MHz~26.5GHz
81702F/81703F:	500MHz~40GHz
81702L/81703L:	500MHz~67GHz

2) 探头脉冲功率范围

81702D/E/F/L:	-20dBm~+20dBm
81703D/E/F/L:	-40dBm~+20dBm

8.3 技术指标

3) 最大端口电压驻波比

81702D/81703D:	1.15	50MHz~2GHz
	1.26	2GHz~18GHz
81702E/81703E:	1.15	500MHz~2GHz
	1.26	2GHz~18GHz
	1.35	18GHz~26.5GHz
81702F/81703F:	1.15	500MHz~2GHz
	1.26	2GHz~18GHz
	1.35	18GHz~26.5GHz
	1.50	26.5GHz~40GHz
81702L/81703L:	1.15	500MHz~2GHz
	1.26	2GHz~18GHz
	1.35	18GHz~26.5GHz
	1.50	26.5GHz~40GHz
	1.78	40GHz~67GHz

4) 校准因子不确定度 (0dBm)

81702D/81703D:	±5.0%	
81702E/81703E:	±5.0%	500MHz~18GHz
	±6.0%	18GHz~26.5GHz
81702F/81703F:	±5.0%	500MHz~18GHz
	±6.0%	18GHz~26.5GHz
	±7.5%	26.5GHz~40GHz
81702L/81703L:	±5.0%	500MHz~18GHz
	±6.0%	18GHz~26.5GHz
	±7.5%	26.5GHz~40GHz
	±8.5%	40GHz~67GHz

5) 上升时间 (载波频率大于 500MHz, 10dBm)

81702D/E/F/L: ≤10ns (说明: 该探头配 2438 系列微波功率计时≤13ns)

81703D/E/F/L: ≤100ns

8.3.5 毫米波 (THz) 探头

1) 探头频率范围

71716:	50GHz~75GHz
71717:	75GHz~110GHz
71718:	110GHz~170GHz
87106A:	170GHz~220GHz
87106B:	220GHz~325GHz

87108B: 325GHz~500GHz

2) 探头功率范围

71716/71717/71718/87106A/87106B/87108B: -30dBm~+20dBm

3) 最大端口驻波比

71716: 1.35
71717: 1.35
71718: 1.45
87106A: 1.5
87106B: 1.5
87108B: 1.8

8.4 主要性能特性测试

- 推荐测试方法.....113
- 微波功率计性能测试记录表.....122
- 2438系列微波功率计性能测试辅助表格.....124
- 性能特性测试推荐仪器.....135

8.4.1 推荐测试方法

注 意

- 1、仪器在环境温度下存放 2h，预热并进行探头自动校准后进行测试。
- 2、规范中的峰值测量模式是配接峰值功率探头才允许设置的测量模式，设置方式为：在【触发】菜单下设置采样 A(或 B)为“连续触发”，在【显示】菜单下，设置显示方式“迹线 A（或 B）”。测试方法中不再详细解释设置。
- 3、毫米波系列探头随毫米波探头技术条件独立进行验收。
- 4、给出了主要技术指标的测试方法，非主要技术指标测试方法不在本手册给出。

8.4.1.1 微波功率计主机指标测试

8.4.1.1.1 频率范围

2438 系列微波功率计的频率范围取决于配接的功率探头。

8.4.1.1.2 平均功率测量范围

2438 系列微波功率计的平均功率测量范围取决于其配接的连续波功率探头，配接 71710

8.4 主要性能特性测试

系列连续波探头其功率测量范围覆盖-70dBm~+20dBm，外接 100W 大功率衰减器或定向耦合器可扩展测量范围至+50dBm。

8.4.1.1.3 脉冲功率测量范围

2438PA/PB 微波功率计的脉冲功率测量范围取决于其配接的峰值功率探头，配接 81703 系列峰值探头其脉冲功率测量范围覆盖-40dBm~+20dBm。具体测试方法见同 81703 系列峰值功率探头功率测量范围的测试。

8.4.1.1.4 上升时间

a) 测试项目说明

该指标描述的是 2438PA/PB 微波功率计主机能达到的上升时间测量能力。本测试配接峰值功率探头一起测试，利用带窄脉冲调制选项的合成信号发生器自身的脉冲调制功能产生脉冲调制信号，待测微波功率计测量脉冲调制信号的上升时间，不同功率下测得的最小上升时间即可认为是主机的上升时间指标。

b) 测试框图



图 8.1 主机上升时间测试框图

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟。2438PA/PB 微波功率计配接 81702 系列型号任一峰值探头进行自动校准后按图 8.1 连接设备。
- 2) 首先设置合成信号发生器为连续波点频工作模式，频率设置为 10GHz，打开射频输出并设置输出功率为 10dBm。然后对合成信号发生器进行脉冲调制，选择脉冲调制源为内部调制信号发生器，设置脉冲周期 10us，脉冲宽度 5us。
- 3) 设置待测微波功率计为峰值测量模式，校准因子频率为 10GHz，水平刻度设置为 10ns/格，触发源选择内部触发模式，上升沿触发且触发电平为 5dBm，记录脉冲上升时间测量值 t_1 。
- 4) 设置合成信号发生器的功率输出分别为 0dBm、-5dBm，设置待测微波功率计触发电平分别为 -5dBm、-8dBm，并分别记录脉冲上升时间测量值为 t_2 、 t_3 。
- 5) 微波功率计主机的实际上升时间用下式计算：

$$t_r^2 = t_R^2 - t_s^2$$

式中： t_r ——微波功率计主机的实际上升时间，单位为ns； t_R ——上升时间读数，单位为ns； t_s ——施加的快沿脉冲上升时间，为信号发生器的脉冲调制上升沿，单位为ns。

- 6) t_1 、 t_2 、 t_3 通过上式计算的最小 t_r 值即为微波功率计主机的上升时间。

8.4.1.1.5 视频带宽

此项指标是体现微波功率计峰值通道带宽能力。视频带宽与上升时间指标按公式 $f_{BW} = \frac{0.35}{t_s}$ 进行转换。本项通过测量上升时间，间接的对视频带宽指标进行测试。按照公式计算 30MHz 视频带宽对应上升时间约为 11.7ns，当上升时间测试值小于 11.7ns 时，视频带宽指标满足要求。

8.4.1.1.6 内部触发电平范围

a) 测试项目说明

此项指标体现了2438PA/PB微波功率计采用内部触发方式测量脉冲调制信号的能力。

b) 测试框图



图 8.2 内部触发电平的测试框图

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟。2438PA/PB 微波功率计配接 81703 系列型号任一峰值功率探头进行自动校准后按图 8.2 连接设备。
- 2) 如下设置合成信号发生器：频率 10GHz，打开脉冲调制模式，并选择为内部脉冲调制方式。设置内部脉冲周期 10us，脉冲宽度 5us。
- 3) 设置微波功率计为峰值测量模式，校准因子的频率设置为 10GHz，设置水平刻度为 2us/格，触发源选择内部触发模式，上升沿触发。
- 4) 设置信号发生器输出功率为+20dBm，微波功率计触发电平为+17dBm，仪器能够测量并稳定显示脉冲波形。
- 5) 设置信号发生器输出功率为-20dBm，微波功率计触发电平为-23dBm，仪器能够测量并稳定显示脉冲波形。

8.4.1.1.7 校准源频率

a) 测试项目说明

本次测试利用频率计测量50MHz校准源的输出频率范围是否满足指标要求。

b) 测试框图

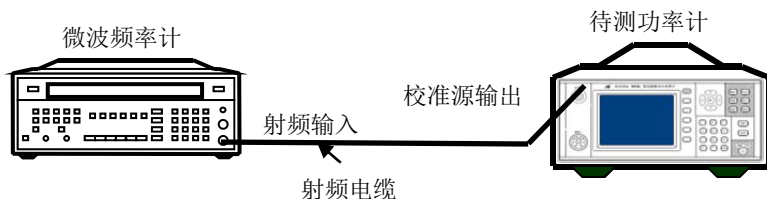


图 8.3 校准源输出频率准确度测试框图

c) 测试步骤

- 1) 按图 8.3 所示连接设备。开机预热至少 30 分钟。
- 2) 用 2438 系列微波功率计【校准】按键进入校准源菜单，打开校准源输出。
- 3) 读出微波频率计测量值并记录其频率值，此值应满足指标要求。
- 4) 关闭 2438 系列微波功率计的校准源输出。

8.4.1.1.8 校准源功率

a) 测试项目说明

本次测试利用标准功率计来测试仪器校准源输出功率准确度。

b) 测试框图

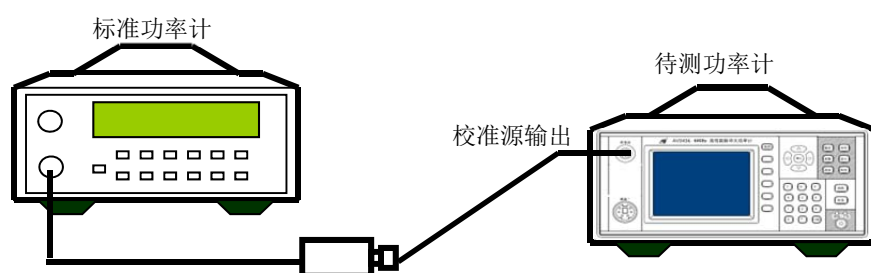


图 8.4 校准源输出功率准确度测试

c) 测试步骤

- 1) 按图 8.4 连接设备，开机预热至少 30 分钟。
- 2) 对标准微波功率计进行自动校准。设置标准功率计调用校准因子的频率为 50MHz。设置显示单位为线性单位，显示分辨率为 4 位。
- 3) 用 2438 系列微波功率计【校准】按键进入校准源菜单，打开校准源输出。
- 4) 记下此时标准功率计的读数，此值应满足技术指标的要求。
- 5) 关闭 2438 系列微波功率计的校准源输出。

8.4.1.2 连续波功率探头指标测试

8.4.1.2.1 频率范围

同轴连续波探头有 71710A/D/E/F/L 共 5 种，频率范围覆盖 9kHz~67GHz，在此频率范围内功率探头的校准因子不确定度应能分别满足要求。具体测试方法同“连续波功率探头校准因子不确定度”的测试。

8.4.1.2.2 功率范围

a) 测试项目说明

本测试利用标准功率计比对的测试方法验证功率探头功率测试范围指标是否满足要求。
+20dBm~+50dBm 的功率可利用大功率衰减器或定向耦合器进行扩展测量。

b) 测试框图

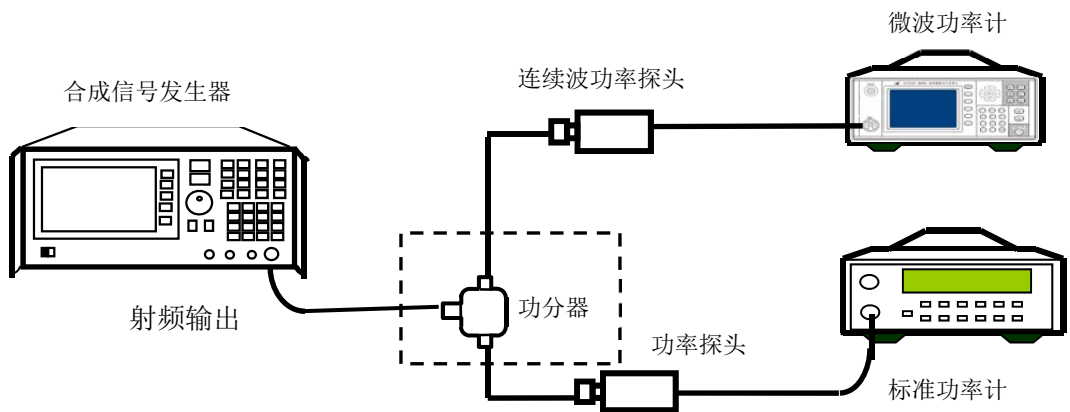


图 8.5 连续波功率探头功率测量范围的测试

- c) 测试步骤
- 1) 标准功率计配接功率测量范围-70~+20dBm 的功率探头，待测微波功率计配接待测 71710 系列功率探头，开机预热至少 30 分钟后分别自动校准，按照图 8.5 进行连接。
 - 2) 设置合成信号发生器的频率为 50MHz 连续波输出，功率按照表 B.1 连续波探头功率范围测试表格中要求进行设置。
 - 3) 分别用待测微波功率计和标准功率计进行测试。将待测微波功率计测量值 P1 和标准功率计的测量值 P0 记录下来。测量误差为 P1-P0，其值应满足表 B.1 中指标要求的允许误差值。

注：测量-40dBm以下功率时，步进检测关，进行校零，平均次数200次以上。

8.4.1.2.3 端口电压驻波比

- a) 测试项目说明
- 本测试是利用矢量网络分析仪来测试连续波功率探头的端口电压驻波比是否满足要求。
- b) 测试框图

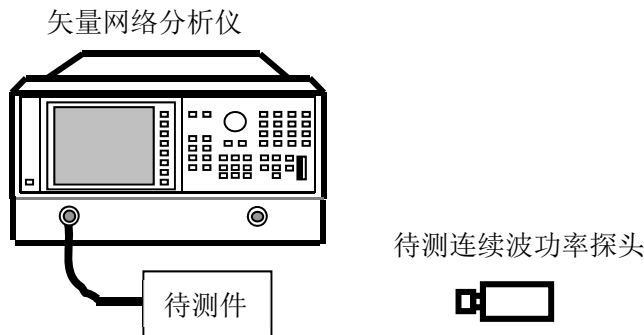


图 8.6 连续波功率探头端口驻波比的测试框图

- c) 测试步骤
- 1) 按照图 8.6 所示连接测试仪器。开机复位，预热至少 30min。

8.4 主要性能特性测试

- 2) 设置矢量网络分析仪端口 1 为 S11 方式, 根据所测探头的不同设置相应频率范围。
- 3) 按照矢量网络分析仪的用户手册来操作, 对矢量网络分析仪利用相应的校准件在相应的波段进行单端口 S11 驻波校准。
- 4) 此时, 矢网所显示 S11 曲线的绝对值即为连续波功率探头的输入端口电压驻波比。测试值应满足指标要求。

8.4.1.2.4 校准因子不确定度

a) 测试项目说明

本测试利用标准功率计比对的测试方法验证指标是否满足要求。

b) 测试框图

测试框图如图 8.5 所示。

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟, 将配接 71710A 连续波功率探头的微波功率计和标准功率计分别进行校准后, 按图 8.5 连接设备。
- 2) 设置合成信号发生器为 CW 模式, 功率 0dBm, 频率为 9kHz, 并相应设置微波功率计和标准功率计的频率校准因子。
- 3) 用标准功率计进行测量信号发生器输出, 记录测量值 P0, 用待测功率计进行测量, 记录测量值 P1, 计算偏差 $\Delta P = P1 - P0$ 。
- 4) 按照表 B.2 的测试频率点, 重复步骤 2) 和步骤 3), 记录并计算测量值。
- 5) 最终探头校准因子不确定度选取误差最大值, 该值应在指标要求内。
- 6) 71710D/71710E/71710F/71710L 连续波功率探头, 按照表 B.3-表 B.6 的测试点要求, 重复步骤 1) 到步骤 5) 进行测试。

注: 功率误差对数和线性转换公式为: $U = (10^{\frac{\Delta P}{10}} - 1) \times 100\%$, 其中 U 为线性误差, ΔP 为对数误差。

8.4.1.3 峰值功率探头指标测试

8.4.1.3.1 频率范围

2438PA/PB微波功率计的峰值探头有81702系列和81703系列共8种, 频率范围覆盖50MHz~67GHz, 在此频率范围内功率探头的校准因子不确定度应能分别满足要求。具体测试方法见“峰值功率探头校准因子不确定度”的测试。

8.4.1.3.2 脉冲功率范围

a) 测试项目说明

本测试利用标准功率计比对的测试方法验证峰值功率探头脉冲功率测试范围指标是否满足要求。

b) 测试框图

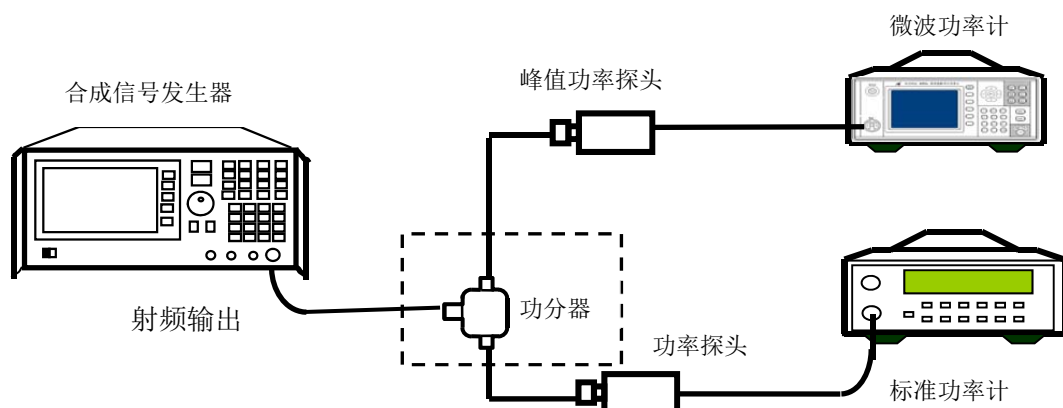


图 8.7 峰值功率探头脉冲功率测量范围的测试

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟，将配接 81702 系列或 81703 系列峰值功率探头的微波功率计和标准功率计分别进行校准后，按图 8.7 连接设备。
- 2) 设置合成信号发生器为 CW 模式，频率为 1GHz，根据表 B.7 或表 B.8 中测量点要求依次设置功率输出。
- 3) 设置标准功率计校准因子频率为 1GHz，依次记录测试值，记为 P0。
- 4) 设置合成信号发生器为脉冲调制模式，脉冲选择为内部脉冲方式（也可以采用外部脉冲调制方式），脉冲周期为 100us，脉冲宽度为 50us。
- 5) 设置微波功率计为峰值测量模式，将调用校准因子的频率设置为 1GHz，设置水平刻度为 10us/格，触发源选择内部触发模式，上升沿触发。
- 6) 将微波功率计的标记 1 移到 5us 处，标记 2 移到 45us 处，选择两标记之间数据处理模式为平均方式。
- 7) 根据表 B.7 或表 B.8 中测量点要求依次设置功率输出，根据测量功率的大小适当设置触发电平的值，将测试数据进行记录，记为 P1。对于 81702 系列峰值功率探头，当测量脉冲功率范围为 -5dBm~+20dBm 时采用内部触发模式进行测量，当测量脉冲功率范围为 -20dBm~-5dBm 时采用外部触发模式进行测量，并平均次数至少 200 次以上。对于 81703 系列峰值功率探头，当测量脉冲功率范围为 -20dBm~+20dBm 时采用内部触发模式进行测量，当测量脉冲功率范围为 -40dBm~-20dBm 时采用外部触发模式进行测量，并平均次数至少 200 次以上。
- 8) 测量误差为 P1-P0，其值应满足附表中指标要求的允许误差值。

8.4.1.3.3 输入端口驻波比

a) 测试项目说明

本测试是利用矢量网络分析仪来测试峰值功率探头的电压驻波比是否满足要求。

b) 测试框图

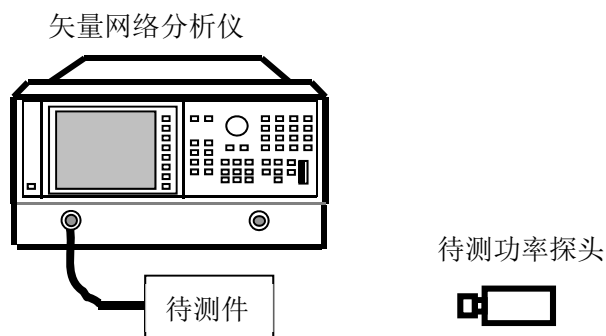


图 8.8 探头端口驻波比的测试框图

c) 测试步骤

- 1) 如图 8.8 连接设备，开机复位，预热至少 30min。
- 2) 设置矢量网络分析仪端口 1 为 S11 方式，根据所测探头的不同设置相应频率范围。
- 3) 按照矢量网络分析仪的用户手册来操作，对矢量网络分析仪利用相应的校准件在相应的波段进行单端口 S11 驻波校准。
- 4) 此时，矢网所显示 S11 曲线的绝对值即为峰值功率探头的输入端口驻波比。测试值应满足指标要求。

8.4.1.3.4 校准因子不确定度

a) 测试项目说明

本测试利用标准功率计比对的测试方法验证指标是否满足要求。

b) 测试框图

测试框图如图 8.7 所示。

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟，将配接 81702D 峰值功率探头的微波功率计和标准功率计分别进行校准后，按图 8.7 连接设备。
- 2) 设置合成信号发生器为 CW 模式，频率为测量表格中的测量频率点，并相应设置微波功率计和标准功率计的频率校准因子。
- 3) 用标准功率计进行测量信号发生器输出，记录测量值 P0，用待测功率计进行测量，记录测量值 P1，计算偏差 $\Delta P = P1 - P0$ 。
- 4) 按照表 B.9 的测试频率点，重复步骤 2) 和步骤 3)，记录并计算测量值。
- 5) 最终探头校准因子不确定度选取误差最大值，该值应在指标要求内。
- 6) 81702 系列和 81703 系列峰值功率探头，按照表 B.9 到表 B.12 的测试点要求，重复步骤 1) 到步骤 5) 进行测试。

8.4.1.3.5 上升时间

a) 测试项目说明

本测试是利用峰值功率探头测试合成信号发生器输出的脉冲调制信号检验峰值探头的上升时间指标是否满足要求。

b) 测试框图



图 8.9 峰值功率探头上升时间测试框图

c) 测试步骤

- 1) 开机预热至少 30 分钟，将配接 8170X 峰值探头微波功率计进行自动校准，按图 8.9 连接设备。
- 2) 设置合成信号发生器频率 10GHz，输出功率 10dBm。然后打开合成信号发生器的脉冲调制功能，设置脉冲信号的脉冲周期为 10us，脉冲宽度为 5us。
- 3) 设置微波功率计频率校准因子为 10GHz，水平刻度为 20ns/格，内部上升沿触发。
- 4) 适当调整触发电平和显示中心位置，记录仪器自动测量的脉冲上升沿测量值 t_R 。
- 5) 峰值功率探头的实际上升时间用下式计算：

$$t_r^2 = t_R^2 - t_s^2$$

式中： t_r ——探头实际上升时间，单位为ns；

t_R ——上升时间读数值，单位为ns；

t_s ——为信号发生器的脉冲调制实际上升时间，单位为 ns。

8.4.2 微波功率计性能测试记录表

2438 系列微波功率计主机检验记录

仪器编号: _____

测试人员: _____

测试条件: _____

测试日期: _____

序号	检验项目		单位	标准要求	检验结果	
					A 通道	B 通道
1	外观		/	外观与结构应符合 GJB 3947A-2009 中 3.3 的要求, 表面光洁、无毛刺、无明显机械损伤和涂覆破坏现象, 结构应完整, 控制件应安装正确、可靠、操作灵活, 各接头接插方便、到位。		
2	安全性	绝缘电阻	MΩ	设备的电源输入端与机壳之间的绝缘电阻在试验用标准大气条件下应不小于 100MΩ。		
				设备的电源输入端与机壳之间的绝缘电阻在潮湿环境条件下应不小于 2MΩ。		
		介电强度	/	AC 1.5kV/10mA/1min, 应无飞弧、无击穿。		
		泄漏电流	mA	电压 242V, 漏电流≤3.5mA, 1min		
3	功能正常性		/	微波峰值功率计开机后, 显示器进入仪器界面后, 应无错误提示, 按键应操作灵活。		
4	主要功能		/	a) 连续波信号绝对功率精确测量功能; b) 脉冲调制信号的幅度和时域参数测量功能; c) 自动校零校准功能; d) 通过 GPIB 接口和 LAN 接口, 可以进行程控操作。		
5	通道数		/	1 或者 2		
6	平均功率频率范围		Hz	9k~500G		
7	峰值功率频率范围		GHz	0.05~67		
8	峰值功率测量范围		dBm	-40~+20		
9	平均功率测量范围		dBm	-70~+50		
10	上升时间		ns	≤13		
11	视频带宽		MHz	≥30		
12	最小可测脉冲宽度		ns	50		
13	最大可测脉冲重复频率		MHz	10		
14	水平刻度范围		/格	2ns~3600s		
15	内部触发电平范围		dBm	-20~+20		
16	校准源频率准确度		MHz	50±1.0		
17	校准源功率准确度		mW	1.000 (1±1.0%)		

71710 系列连续波功率探头检验记录

序号	检验项目		单位	标准要求		检验结果	
1	71710A	频率范围	Hz	9k~12G			
2		功率范围	dBm	-60~+20			
3		输入端口驻波比	/	1.20			
4		校准因子不确定度	%	±4.0			
5		校零准确度	pW	≤100			
6	71710D	频率范围	Hz	10M~18G			
7		功率范围	dBm	-70~+20			
8		最大端口驻波比	/	10MHz~50MHz	1.35		
				50MHz~2GHz	1.15		
				2GHz~12.4GHz	1.20		
				12.4GHz~18GHz	1.26		
9		校准因子不确定度	%	±4.5			
10		校零准确度	pW	≤100			
11		71710E	频率范围	Hz	50M~26.5G		
12			功率范围	dBm	-70~+20		
13	最大端口驻波比		/	50MHz~2GHz	1.15		
				2GHz~12.4GHz	1.20		
				12.4GHz~18GHz	1.26		
				18GHz~26.5GHz	1.35		
14	校准因子不确定度		%	10MHz~18GHz	±4.5		
				18GHz~26.5GHz	±5.9		
15	校零准确度		pW	≤100			
16	71710F	频率范围	Hz	50M~40G			
17		功率范围	dBm	-70~+20			
18		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15		
				2GHz~12.4GHz	1.20		
				12.4GHz~18GHz	1.26		
				18GHz~26.5GHz	1.35		
				26.5GHz~40GHz	1.50		
19		校准因子不确定度	%	10MHz~18GHz	±4.5		
				18GHz~26.5GHz	±5.9		
				26.5GHz~40GHz	±7.9		
20		校零准确度	pW	≤100			
21	71710L	频率范围	Hz	50M~67G			
22		功率范围	dBm	-70~+20			

71710 系列连续波功率探头检验记录 (续)

序号	检验项目		单位	标准要求		检验结果
23	最大端口驻波比	/		50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~12.4GHz	1.20	
				12.4GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
				26.5GHz~40GHz	1.50	
				40GHz~67GHz	1.78	
24	校准因子不确定度	%		10MHz~18GHz	±4.5	
				18GHz~26.5GHz	±5.9	
				26.5GHz~40GHz	±6.9	
				40GHz~67GHz	±7.9	
25	校零准确度	pW		≤100		

81702/81703 系列峰值功率探头检验记录

序号	检验项目		单位	标准要求		检验结果
1	81702D	频率范围	Hz	50M~18G		
2		脉冲功率范围	dBm	-20~+20		
3		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
4		校准因子不确定度	%	±5.0		
5	上升时间	ns	≤10			
6	81702E	频率范围	Hz	500M~26.5G		
7		脉冲功率范围	dBm	-20~+20		
8		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
9		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
10	上升时间	ns	≤10			
11	81702F	频率范围	Hz	500M~40G		
12		脉冲功率范围	dBm	-20~+20		
13		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
	26.5GHz~40GHz			1.50		

81702/81703 系列峰值功率探头检验记录 (续 1)

序号	检验项目		单位	标准要求		检验结果
14		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
				26.5GHz~40GHz	±7.5	
15		上升时间	ns	≤10		
16	81702L	频率范围	Hz	500M~67G		
17		脉冲功率范围	dBm	-20~+20		
18		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
				26.5GHz~40GHz	1.50	
				40GHz~67GHz	1.78	
19		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
				26.5GHz~40GHz	±7.5	
				40GHz~67GHz	±8.5	
20			上升时间	ns	≤10	
21	81703D	频率范围	Hz	50M~18G		
22		脉冲功率范围	dBm	-40~+20		
23		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
24		校准因子不确定度	%	±5.0		
25		上升时间	ns	≤100		
26	81703E	频率范围	Hz	500M~26.5G		
27		脉冲功率范围	dBm	-40~+20		
28		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
29		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
30			上升时间	ns	≤100	
31	81703F	频率范围	Hz	500M~40G		
32		脉冲功率范围	dBm	-40~+20		
33		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
	26.5GHz~40GHz			1.50		

81702/81703 系列峰值功率探头检验记录 (续 2)

序号	检验项目		单位	标准要求		检验结果
34		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
				26.5GHz~40GHz	±7.5	
35		上升时间	ns	≤100		
36	81703L	频率范围	Hz	500M~67G		
37		脉冲功率范围	dBm	-40~+20		
38		最大端口驻波比	/	50MHz~2GHz	1.15	
				2GHz~18GHz	1.26	
				18GHz~26.5GHz	1.35	
				26.5GHz~40GHz	1.50	
				40GHz~67GHz	1.78	
39		校准因子不确定度	%	50MHz~18GHz	±5.0	
				18GHz~26.5GHz	±6.0	
				26.5GHz~40GHz	±7.5	
				40GHz~67GHz	±8.5	
40			上升时间	ns	≤100	

8.4.3 微波功率计性能测试辅助表格

2438 系列微波功率计性能测试辅助表格

仪器编号: _____
 测试条件: _____

测试人员: _____
 测试日期: _____

表 B.1 连续波探头功率范围测量表格

功率点 (dBm)	标准功率计 测量值P0(dBm)	被测功率计 测量值P1(dBm)	误差值ΔP(dB)	允许误差值 (dB)
+20				±0.25
0				±0.25
-20				±0.25
-40				±0.47
-70				±1.97

表 B.2 71710A 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP(dB)
连续波功率探头 71710A	9kHz	±0.17			
	1MHz	±0.17			
	100MHz	±0.17			
	1GHz	±0.17			
	2GHz	±0.17			
	4GHz	±0.17			
	6GHz	±0.17			
	8GHz	±0.17			
	10GHz	±0.17			
	12GHz	±0.17			
说明：±4.0%转换成对数为±0.17dB					

表 B.3 71710D 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP(dB)
连续波功率探头 71710D	10MHz	±0.19			
	500MHz	±0.19			
	1GHz	±0.19			
	2GHz	±0.19			
	4GHz	±0.19			
	6GHz	±0.19			
	8GHz	±0.19			
	10GHz	±0.19			
	12GHz	±0.19			
	14GHz	±0.19			
	16GHz	±0.19			
	18GHz	±0.19			
说明：±4.5%转换成对数为±0.19dB					

8.4 主要性能特性测试

表 B.4 71710E 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
连续波功 率探头 71710E	50MHz	± 0.19			
	500MHz	± 0.19			
	1GHz	± 0.19			
	2GHz	± 0.19			
	4GHz	± 0.19			
	6GHz	± 0.19			
	8GHz	± 0.19			
	10GHz	± 0.19			
	12GHz	± 0.19			
	14GHz	± 0.19			
	16GHz	± 0.19			
	18GHz	± 0.19			
	20GHz	± 0.25			
	22GHz	± 0.25			
	24GHz	± 0.25			
	26.5GHz	± 0.25			
说明： $\pm 4.5\%$ 转换成对数为 $\pm 0.19\text{dB}$ ， $\pm 5.9\%$ 转换成对数为 $\pm 0.25\text{dB}$ 。					

表 B.5 71710F 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
连续波功 率探头 71710F	50MHz	± 0.19			
	500MHz	± 0.19			
	1GHz	± 0.19			
	2GHz	± 0.19			
	4GHz	± 0.19			
	6GHz	± 0.19			
	8GHz	± 0.19			
	10GHz	± 0.19			
	12GHz	± 0.19			
	14GHz	± 0.19			

表 B.5 71710F 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格（续）

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP(dB)
连续波功率探头 71710F	14GHz	±0.19			
	16GHz	±0.19			
	18GHz	±0.19			
	20GHz	±0.25			
	22GHz	±0.25			
	24GHz	±0.25			
	26GHz	±0.25			
	28GHz	±0.29			
	30GHz	±0.29			
	32GHz	±0.29			
	34GHz	±0.29			
	36GHz	±0.29			
	38GHz	±0.29			
	40GHz	±0.29			
说明：±4.5%转换成对数为±0.19dB，±5.9%转换成对数为±0.25dB，±6.9%转换成对数为±0.29dB。					

表 B.6 71710L 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP(dB)
连续波功率探头 71710L	50MHz	±0.19			
	500MHz	±0.19			
	1GHz	±0.19			
	2GHz	±0.19			
	4GHz	±0.19			
	6GHz	±0.19			
	8GHz	±0.19			
	10GHz	±0.19			
	12GHz	±0.19			
	14GHz	±0.19			
	16GHz	±0.19			
	18GHz	±0.19			
	20GHz	±0.25			

表 B.6 71710L 连续波探头功率校准因子不确定度测量表格 (续)

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
连续波功 率探头 71710L	22GHz	± 0.25			
	24GHz	± 0.25			
	26GHz	± 0.25			
	28GHz	± 0.29			
	30GHz	± 0.29			
	32GHz	± 0.29			
	34GHz	± 0.29			
	36GHz	± 0.29			
	38GHz	± 0.29			
	40GHz	± 0.29			
	42GHz	± 0.33			
	44GHz	± 0.33			
	46GHz	± 0.33			
	48GHz	± 0.33			
	50GHz	± 0.33			
	52GHz	± 0.33			
	54GHz	± 0.33			
	56GHz	± 0.33			
	58GHz	± 0.33			
	60GHz	± 0.33			
	62GHz	± 0.33			
	64GHz	± 0.33			
	67GHz	± 0.33			
说明: $\pm 4.5\%$ 转换成对数为 $\pm 0.19\text{dB}$, $\pm 5.9\%$ 转换成对数为 $\pm 0.25\text{dB}$, $\pm 6.9\%$ 转换成对数为 $\pm 0.29\text{dB}$, $\pm 7.9\%$ 转换为对数为 $\pm 0.33\text{dB}$ 。					

表B.7 81702系列峰值功率探头脉冲功率范围测量表格

功率点 (dBm)	标准功率计 测量值P0(dBm)	被测功率计 测量值P1(dBm)	误差值ΔP(dB)	允许误差值 (dB)
+20				±0.29
+10				±0.29
0				±0.29
-10				±0.57
-20				±1.00
注：误差中应扣除信号发生器脉冲调制引起的功率差值。				

表B.8 81703系列峰值功率探头脉冲功率范围测量表格

功率点 (dBm)	标准功率计 测量值P0(dBm)	被测功率计 测量值P1(dBm)	误差值ΔP(dB)	允许误差值 (dB)
+20				±0.29
+10				±0.29
0				±0.29
-20				±0.57
-40				±1.97
注：误差中应扣除信号发生器脉冲调制引起的功率差值。				

表 B.9 81702D 和 81703D 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP(dB)
峰值功率 探头 81702D 81703D	50MHz	±0.21			
	500MHz	±0.21			
	1GHz	±0.21			
	2GHz	±0.21			
	4GHz	±0.21			
	6GHz	±0.21			
	8GHz	±0.21			
	10GHz	±0.21			
	12GHz	±0.21			
	14GHz	±0.21			
	16GHz	±0.21			
	18GHz	±0.21			
说明：±5.0%转换成对数为±0.21dB					

8.4 主要性能特性测试

表 B.10 81702E 和 81703E 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
峰值功率 探头 81702E 81703E	500MHz	± 0.21			
	1GHz	± 0.21			
	2GHz	± 0.21			
	4GHz	± 0.21			
	6GHz	± 0.21			
	8GHz	± 0.21			
	10GHz	± 0.21			
	12GHz	± 0.21			
	14GHz	± 0.21			
	16GHz	± 0.21			
	18GHz	± 0.21			
	20GHz	± 0.25			
	22GHz	± 0.25			
	24GHz	± 0.25			
	26.5GHz	± 0.25			
说明： $\pm 5.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.21\text{dB}$ ， $\pm 6.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.25\text{dB}$ 。					

表 B.11 81702F 和 81703F 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
峰值功率 探头 81702F 81703F	500MHz	± 0.21			
	1GHz	± 0.21			
	2GHz	± 0.21			
	4GHz	± 0.21			
	6GHz	± 0.21			
	8GHz	± 0.21			
	10GHz	± 0.21			
	12GHz	± 0.21			
	14GHz	± 0.21			
	16GHz	± 0.21			
	18GHz	± 0.21			
	20GHz	± 0.25			

表 B.11 81702F 和 81703F 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格 (续)

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
峰值功率 探头 81702F 81703F	22GHz	± 0.25			
	24GHz	± 0.25			
	26GHz	± 0.25			
	28GHz	± 0.31			
	30GHz	± 0.31			
	32GHz	± 0.31			
	34GHz	± 0.31			
	36GHz	± 0.31			
	38GHz	± 0.31			
	40GHz	± 0.31			
说明： $\pm 5.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.21\text{dB}$ ， $\pm 6.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.25\text{dB}$ ， $\pm 7.5\%$ 转换成对数为 $\pm 0.31\text{dB}$ 。					

表 B.12 81702L 和 81703L 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
峰值功率 探头 81702L 81703L	500MHz	± 0.21			
	1GHz	± 0.21			
	2GHz	± 0.21			
	4GHz	± 0.21			
	6GHz	± 0.21			
	8GHz	± 0.21			
	10GHz	± 0.21			
	12GHz	± 0.21			
	14GHz	± 0.21			
	16GHz	± 0.21			
	18GHz	± 0.21			
	20GHz	± 0.25			
	22GHz	± 0.25			
	24GHz	± 0.25			
	26GHz	± 0.25			
	28GHz	± 0.31			
	30GHz	± 0.31			

表 B.12 81702L 和 81703L 峰值探头功率校准因子不确定度测量表格 (续)

	测试频率点	允许误差值 (dB)	标准功率计 测量值P0(dBm)	测量值P1(dBm)	误差值 ΔP (dB)
峰值功率 探头 81702L 81703L	32GHz	± 0.31			
	34GHz	± 0.31			
	36GHz	± 0.31			
	38GHz	± 0.31			
	40GHz	± 0.31			
	42GHz	± 0.35			
	44GHz	± 0.35			
	46GHz	± 0.35			
	48GHz	± 0.35			
	50GHz	± 0.35			
	52GHz	± 0.35			
	54GHz	± 0.35			
	56GHz	± 0.35			
	58GHz	± 0.35			
	60GHz	± 0.35			
	62GHz	± 0.35			
	64GHz	± 0.35			
	67GHz	± 0.35			
说明: $\pm 5.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.21\text{dB}$, $\pm 6.0\%$ 转换成对数为 $\pm 0.25\text{dB}$, $\pm 7.5\%$ 转换成对数为 $\pm 0.31\text{dB}$, $\pm 8.5\%$ 转换为对数为 $\pm 0.35\text{dB}$ 。					

8.4.4 性能特性测试推荐仪器

表 B.13 性能特性测试推荐仪器

序号	仪器名称	主要技术指标	推荐型号
1	频率计	频率范围：0.01~20GHz 频率分辨率：1Hz	HP53150A
2	功率计	频率范围：0.01~67GHz 功率范围：-70~+20dBm	N1913A
3	功率探头	频率范围：0.01~50GHz/67GHz 功率范围：-30~+20dBm	N8487A/N8488A
4	功率探头	频率范围：0.01~18GHz 功率范围：-70~+20dBm	E4412A E9300A
5	微波合成信号发生器	频率范围：250kHz~67GHz 带快速窄脉冲调制、大功率选项	是德科技 E8257D
6	低频信号发生器	频率范围：9kHz~6GHz	是德科技 N5171B
7	脉冲信号发生器	频率范围：1mHz~80MHz 上升沿：<3ns	是德科技 81104A
8	一体化矢量网络分析仪	频率范围覆盖：100kHz~67GHz	3672E
9	功分器	频率范围：DC~40GHz	HP11667C
注：可用同等性能特性的测试设备代替。			