



3900D/E/F 无线电监测接收机

用户手册

中电科仪器仪表有限公司

前 言

非常感谢您，选择和使用中国电子科技集团公司第四十一研究所生产的 3900 系列无线电监测接收机。本所产品集高、精、尖于一体，在同类产品中质量性价比最高。生产过程中始终贯彻 ISO9000 的标准，做到以顾客为中心，视质量为生命的质量方针。为方便您使用，请仔细阅读本手册。我们将以最大限度满足您的需求为己任，为您提供性价比最高的控制设备，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您的承诺，我们衷心希望能为您的工作带来方便和快捷，竭诚欢迎您的垂询，垂询电话：

蚌埠

服务电话 0552-4071248
技术支持 0552-4072248
质量监督 0552-4078248
传 真 0552-4911181
网 址 www.ceyear.com
电子信箱 eibb@ceyear.com
地 址 安徽省蚌埠市华光大道 726 号
邮 编 233006

青岛

服务电话 0532-86889847
技术支持 0532-86880796
质量监督 0532-86886614
传 真 0532-86880796
网 址 www.ceyear.com
电子信箱 eiqd@ceyear.com
地 址 山东省青岛市黄岛区香江路 98 号
邮 编 266555

本手册介绍了 3900 系列无线电监测接收机的用途、性能特性、基本原理、使用方法、维修保养和注意事项，帮助您尽快熟悉和掌握控制器的操作方法和要点。为更好的使用本产品，为您创造更高的经济效益，请您仔细阅读本手册。

由于时间紧迫和笔者水平有限，本手册中存在错误和疏漏之处在所难免，恳请各位用户批评指正！我们工作的失误给您造成的不便，深表歉意。

声明：

本手册是 3900 系列 无线电监测接收机用户手册第二版，版本号是 B. 2。
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解释权属于中国电子科技集团公司第四十一研究所。
本手册版权属于中国电子科技集团公司第四十一研究所，任何单位或个人非经本所授权，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，违者中国电子科技集团公司第四十一研究所保留对侵权者追究法律责任的权利。

编者

2019 年 1 月 17 日

目 录

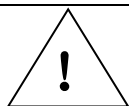
第一章 概述	1
第一节 产品综述.....	2
第二节 安全说明、注意事项及环境保护	3
第一篇 使用说明	5
第二章 用户必读	6
第一节 开箱检查.....	6
第二节 加电前的注意事项.....	7
第三节 开机和关机.....	9
第三章 基本操作	10
第一节 接口说明.....	10
第二节 外控软件界面.....	12
第四章 频域测量模式.....	20
第一节 频域测量原理.....	20
第二节 频域测量菜单结构.....	22
第三节 频域测量菜单说明.....	23
第五章 时域测量模式.....	24
第一节 时域测量原理.....	24
第二节 时域测量菜单结构.....	25
第三节 时域测量菜单说明.....	26
第六章 解调测量模式.....	27
第一节 解调测量原理.....	27
第二节 解调测量菜单结构.....	28
第三节 解调测量菜单说明.....	29
第七章 触发测量模式.....	30
第一节 触发测量原理.....	30
第二节 触发测量菜单结构.....	32
第三节 触发测量菜单说明.....	34
第二篇 技术说明	35
第八章 工作原理	36
第九章 主要技术指标.....	37
第十章 性能特性测试.....	40
第三篇 维修说明	56
第十一章 故障信息说明及返修方法.....	57

第一章 概述

本章对 3900D/E/F 无线电监测接收机的特点和使用时的注意事项进行了概括介绍，包括以下内容：

- 产品综述
- 安全说明、环境保护及注意事项

本手册使用下面这些安全符号，操作仪器前请先熟悉这些符号及其含义！



请注意：“请注意”提示重要的操作要领或注意事项等。



警告：“警告”提示有危险电压、会带来人身或仪器伤害、重要数据丢失等情况。



说明：“说明”是给予说明或提示。

第一节 产品综述

3900D/E/F 无线电监测接收机为新一代网格化电磁频谱监测分析设备，监测频率分别覆盖 20MHz 至 18GHz/26.5GHz/40GHz，监测灵敏度、实时带宽、扫描速度达到业内先进水平，性能指标优异。功能丰富，支持实时分析带宽内任意频点解调和多种高实时性触发功能。内置高精度北斗/GPS 时间同步模块，可以实现多台接收机的同步测量和高精度 TDOA 定位。整机结构紧凑轻便，环境适应性强，适用于高机动性、室外恶劣环境等多场景下电磁频谱监测需求；具有开放性接口，便于二次开发，可用于构建现场综合参数测试系统。

1 主要特点

- 宽频率覆盖范围
- 优良的监测性能
- 具备多种触发捕获功能
- 高精度时间同步功能
- IQ/FFT 数据流输出
- 大容量的数据记录空间
- 结构紧凑轻便，功耗低，环境适应性强
- 丰富的程控接口，包括网络管理、频时域测量等功能

2 典型应用

■ 网格化监测

无线电发射机正在朝着低功率、高频段、大带宽和复杂调制方式的方向发展，这就要求监测接收机能够尽可能的接近发射源，以便获得更高的信噪比，并降低多径效应的发生概率。通过在多点布设低成本的小型接收机将监测区域网格化，不但因靠近发射源而获得了更好的监测效果，而且不再需要专用监测场所的建设和维护费用。

■ 无线电发射源定位

利用时间同步和 TDOA 定位技术，监测网络可以迅速锁定发射源的位置，可用于排查干扰源及非法电台及探测敌舰敌机等敌方目标的方位。TDOA 定位不再需要专门的测向天线和设备，简化了系统组成并降低了成本，被动定位方式的隐蔽特性对于军事国防也具有重要意义。

■ 电磁环境检测

3900 系列接收机具有大带宽时域、频域等监测功能，具备幅度、频率、时间等多种触发捕获功能，支持远程控制及数据传输，结构紧凑轻便，功耗低，能够快速布设构建电磁环境检测系统，用于电磁环境检测、无线电干扰分析、电磁环境背景评估，为电子武器装备现场等重要场合提供保障。

■ 发射机现场测试

3900 系列接收机性能指标优异，结构小巧，提供全面丰富的程控接口，能够用于构建高性能、小型化的现场综合测试设备，用于发射机性能指标的现场测试。

第二节 安全说明、注意事项及环境保护

我们将不遗余力地使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。

1 安全说明

- 1) 搬运仪器及包装箱时请选取合适的搬运工具，并轻放，以免仪器跌落造成人身伤害。
- 2) 保证电源良好接地，接地不良或错误可能造成人身伤害。
- 3) 如果需要擦拭仪器，请断电操作，防止发生触电危险，可以用干的或稍微湿润的软布擦拭仪器外表，千万不要试图擦拭仪器内部。
- 4) 工作人员在使用产品之前需经过专门培训，使用过程中注意力要高度集中。必须由身体、心智适合的人员操作产品。否则会造成人身伤害或财产损失。
- 5) 禁止在电源线发生损坏的情况下使用本产品。应定期检查电源电缆是否正常。应采取适当的安全保护措施并且妥善放置电源线，以确保电源线不被损坏，人员不会被电源线绊倒或遭受电击。
- 6) 禁止在雷电等灾害性天气下在野外使用仪器，以免造成仪器和人身的伤害。
- 7) 禁止通过仪器外壳上的开口向仪器内塞入任何物体，严禁向仪器外壳表面或内部倾倒任何液体，以免导致产品内部发生短路和/或造成电击、火灾或人身伤害。
- 8) 与其他工业产品一样，过敏性材料（过敏源，例如铝）的使用无法避免。一旦出现过敏反应（例如皮疹、反复打喷嚏、眼部刺激或者呼吸困难等），请立即就诊以查明原因。请注意，一旦仪器着火，将可能释放出对人体有害的有毒气体或液体，此时应采取合理的灭火措施或远离操作工位。
- 9) 本产品电磁兼容性符合产品规范要求，但仍存在一定程度的电磁辐射。产品的使用人员需要确认工作环境中是否存在对此等辐射程度而言易受伤害的特殊人群，需要时采取对应的措施避免危险的发生。
- 10) 本产品只能由经过授权的人员打开。仪器在打开或进行其他操作之前，必须首先切断电源。仪器调整、零件更换、维护或维修工作只能由厂家的技术人员进行，需要更换涉及安全方面的零部件时，只能使用原厂零部件。
- 11) 请注意，一旦仪器着火，将可能释放出对人体有害的有毒气体或液体。

2 注意事项

- 1) 本产品的使用条件和环境必须符合规定。除非另有说明，否则产品需在下列条件下使用：
 - 仪器工作环境温度范围：-10℃~55℃；
 - 额定电压误差为±10%，额定频率误差为±5%。
 - 禁止在仪器上放置重物，以免对造成挤压损坏。
- 2) 仪器运输过程请使用指定包装箱，并且搬运过程避免跌落或剧烈碰撞造成仪器损伤。
- 3) 请选用随机配备的 AC-DC 适配器为仪器供电，使用不当的电源适配器会对仪器内部硬件造成毁坏。
- 4) 请选用 220V 交流三芯稳压电源为仪器设备供电，防止大功率尖峰脉冲干扰对仪器内部硬件造成毁坏。

- 5) 保证电源良好接地, 接地不良或错误可能导致仪器损坏。
- 6) 操作仪器时请采取佩戴静电手腕等防静电措施, 严防静电对仪器的损害。
- 7) 射频输入端口严禁大于 16V 的直流信号, 并防止信号功率大于+30dBm, 否则会引起仪器损坏。
- 8) 禁止遮盖产品上的槽口或开口, 因为它们的作用在于使产品内部通风, 防止产品变得过热。禁止将产品置于沙发、毛毯或封闭外壳内, 除非通风条件良好。
- 9) 禁止将产品置于暖气或暖风扇等发热的设备上, 环境温度不得超过本说明书中规定的最高温度。
- 10) 室外环境下需采取必要的防护措施, 如防雷击、防静电措施, 机器外壳应良好接地。

3 环境保护

1) 包装箱的处理

我单位承诺产品包装物为无害物, 请保留好包装箱和衬垫, 以备将来需要运输时使用, 也可以按照当地环境法规要求处理产生的包装物。

2) 报废处理

仪器在维修及升级过程中更换下来的零部件由中国电子科技集团公司第四十一研究所集中回收处理; 仪器报废后禁止随意丢弃或处置, 请通知中电科仪器仪表有限公司或交由具有资质的专业回收单位进行回收处理。

除非另有规定, 以上操作请按照国家《废弃电器电子产品回收处理管理条例》和当地环境法律法规处置。

第一篇 使用说明

第二章 用户必读

欢迎使用中国电子科技集团公司第四十一研究所生产的 3900 系列无线电监测接收机，使用前请仔细阅读本章内容，防止不当的操作造成分析仪的损坏或意外事故的发生，当发现问题时，请及时与我们联系，我们将尽快予以解决，本章包括以下内容：

- 开箱检查
- 加电前的注意事项
- 开机和关机

第一节 开箱检查

请按下面步骤检查包装箱、核对箱内物品：

- 1) 检查包装箱是否损坏。
- 2) 将仪器从包装箱中取出，检查仪器是否在运输过程中出现损坏。
- 3) 对照“装箱清单”核实所有附件及文件是否随仪器配齐。
- 4) 如果包装箱或箱内的减振材料有所损坏，首先检查箱内的仪器和附件是否完整，然后方可对分析仪进行电性能测试。

包装箱内必备的附件和文件包括：

- 1) 3900 系列无线电监测接收机 1 台
- 2) 电源适配器 1 个
- 3) 三芯电源线 1 根
- 4) 网线 1 根
- 5) 《3900D/E/F 无线电监测接收机快速使用指南》 1 本
- 6) 随机光盘 1 张
- 7) 产品合格证 1 张
- 8) “装箱清单” 1 份
- 9) 选件（根据订货信息选配） 若干

若仪器在运输过程中出现损坏或附件不全，请通知我们，我们将按您的要求尽快进行维修或调换，请保留运输材料以备将来装箱运输时使用。

第二节 加电前的注意事项

1 环境要求

为了保证 3900 系列无线电监测接收机的使用寿命及测量的有效性和准确性,请在以下环境条件下进行测试:

- 存储温度范围: $-50^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$
- 工作温度范围: $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$
- 低气压(海拔高度): $0\sim4600\text{m}$

2 电源线的选择

3900 系列无线电监测接收机采用符合国际安全标准的三芯电源线。使用时,插入带有保护地的合适电源插座,以便电源线将仪器的机壳接地。推荐使用随机携带的电源线。在更换电源线时,建议使用同类型的 250V/10A 电源线。

3 供电要求

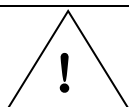
3900 系列无线电监测接收机可采取两种方式供电:

1) 交流电源、适配器供电

采用交流供电时必须使用随机配备的 AC-DC 适配器。适配器的输入为 $100\sim240\text{V}$ 、 $50/60\text{Hz}$ 交流电。使用时请确保供电电压在表 2-1 要求的范围以内。

表 2-1 电源要求

电源参数	适应范围
输入电压	$100\text{V}\sim240\text{VAC}$
额定输入电流	1.7A
工作频率	50/60Hz
输出电压/电流	15.0V/4.0A



请注意: 工作电压与频率范围以所配电源适配器铭牌标识为准。

2) 直流电源供电

电压: 15V

电流: 3A (最小)

4 静电防护

静电对电子元器件和设备存在极大的破坏性,所以仪器加电工作时必须在防静电工作台上操作。在使用仪器时,应注意静电防护。如条件允许,可采取如下静电防护措施:

- 1) 保证所有仪器正确接地,防止静电累积。
- 2) 工作人员在接触接头、芯线或做任何装配操作以前,必须佩带防静电腕带。
- 3) 将电缆连接到仪器进行测试之前,一定要使电缆的中心导体首先接地。可以通过以下步骤来实现:在电缆的一端连上短路器使电缆的中心导体和外导体短路,当佩带防静电腕带时,抓紧电缆连接器的外壳,连好电缆的另一端,然后去掉短路器。

5 输入/输出端口保护

3900 系列无线电监测接收机射频端口标准阻抗是 $50\ \Omega$ ，因此使用过程中应严格按照端口要求加入测试信号或者端接合适的负载阻抗，防止损坏后级电路。



警告： 在无线电监测接收机射频输入端有最大允许输入电平，严禁注入超限加入信号，否则会引起仪器损坏。

第三节 开机和关机

1 接收机开机

为适应应用场景要求，3900 系列无线电监测接收机设计采用加电自动运行的开机方式。连接适配器或直流电源后，间隔数秒后，应能听到仪器内部蜂鸣器响声，表示机器加电正常。加电后仪器内部执行程序加载和初始化过程，持续时间约 30 秒。加电完成后，通过网线连接仪器与外控计算机，在外控计算机中运行随机提供的外控软件，连接仪器成功，代表仪器开机正常。

2 接收机关机

断开适配器或外加直流电源即可完成接收机关机。关机前需停止接收机的采集进程。

第三章 基本操作

第一节 接口说明

3900 系列接收机外观及各接口如图 3-1 所示。接口均分布在接收机前面板，顶、底面为散热筋片及固定螺钉孔。



图 3-1 3900 系列无线电监测接收机外观图

1 射频输入端口



图 3-2 射频输入端口

根据接收机型号不同，射频输入端口在标配端口类型方面有所区别。

- 1) 3900D 标配为 1 个 N 型阴头连接器，支持射频输出频率范围 20MHz~18GHz；
- 2) 3900E 标配为 1 个 3.5mm 阴头连接器，支持射频输出频率范围 20MHz~26.5GHz；
- 3) 3900F 标配为 1 个 2.4mm 阴头连接器，支持射频输出频率范围 20MHz~40GHz。

通过配置相应选件，3900D/E/F 可扩展至最大 4 个射频输入端口，4 个射频输入端口具有相同的频率覆盖能力。

各射频端口最大允许输入电平+30dBm。

2 中频输出端口



图 3-3 中频输出端口

中频输出端口为 TNC 阴头连接器，输出 140MHz 模拟中频信号，典型信号幅度为-30dBm，输出阻抗 50 欧姆。

3 GPS 天线接口



图 3-4 GPS 天线接口

GPS 天线接口为 TNC 型阴头连接器，用于连接 GPS 天线。接收机内嵌 GPS 信号接收模块，可为接收机提供标准的 GPS 时钟信息。



请注意： 接收机加电并连接 GPS 天线后，内部的 GPS 接收模块会有一个解析过程，通过跟踪 GPS 卫星并对卫星信号进行解析来获取标准 UTC 时间信息，这个过程可能会持续 10 分钟左右，在此期间的数据时间戳是不准确的。

4 电源接口

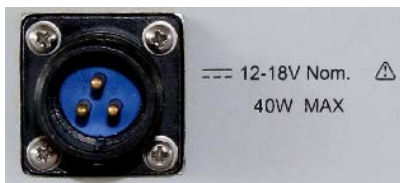


图 3-5 电源接口

电源接口为三芯防水接口，为了保证电源供电正常性和外壳的密闭性，请采用随机附带专用电源适配器进行连接。



说明： 如需采用直流电源供电形式，需选用适配的电源电缆，请和我们联系。

5 网络接口

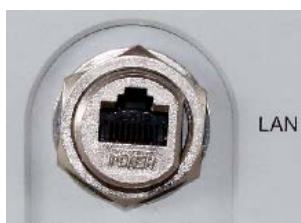


图 3-6 网络接口

网络接口为标准 RJ-45 接口，支持 10/100/1000BaseT 以太网。



说明： 如需保证网络接口防水能力，请使用随机附带专用网线或和我们联系。

6 接地点



图 3-7 接地点

M4-5.5 螺纹孔，如需将接收机外壳接地，可将接地电缆连接至接地点，M4 螺钉固定。

7 固定螺钉孔

接收机顶、底面各有 4 个 M6-8 固定螺纹孔，螺纹孔横向中心间距 278mm，纵向中心间距 140mm。

第二节 外控软件界面

3900 系列无线电监测接收机适用于分布式、网格化的电磁频谱监测分析应用，提供强大的远程控制能力和丰富的程控接口，不再提供屏幕和操作面板。随机光盘中提供外控软件，可以对仪器进行操作及全功能演示；如需进行集成开发或自定义测试任务，可调用随机光盘中提供的程控函数库，开发专用控制程序。本节主要介绍外控软件的基本操作，便于您了解后续的详细功能介绍。

1 准备工作

运行外控软件前需要执行以下准备工作。

- 1) 首先建立 PC 机的运行环境，外控软件需运行于 Windows XP 或 Windows7 操作系统环境，执行随机光盘中“3900 Monitoring Receiver_setup.exe”，安装外控软件“3900 Monitoring Receiver.exe”。
- 2) 通过网线连接外控计算机及接收机。修改外控计算机 IP 地址及子网掩码，使外控计算机 IP 地址与接收机 IP 地址处于同一网段。接收机默认出厂 IP 地址为 172.141.11.203，相应修改计算机 IP 地址为 172.141.11.XXX，子网掩码 255.255.255.0。
- 3) 运行外控软件“3900 Monitoring Receiver.exe”。外控软件初始状态如图 3-8 所示。

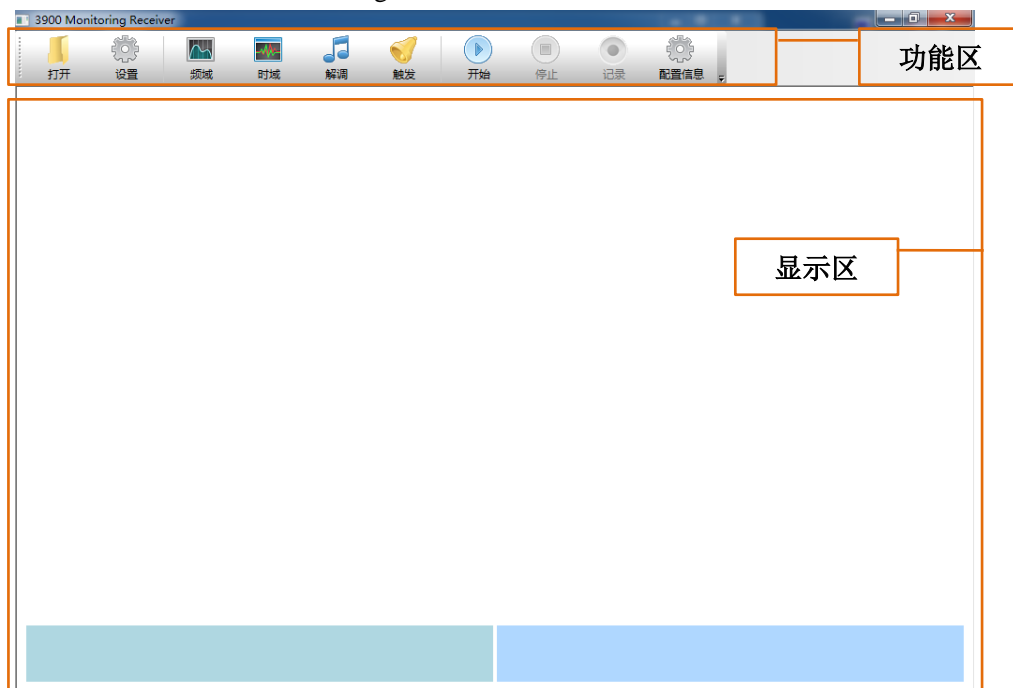


图 3-8 外控软件初始状态界面

外控软件包括功能区及显示区两部分。功能区是接收机的工作模式切换和设置参数输入区域，部分按键会有二级弹出菜单。显示区是测试迹线和其他测试参数的显示区域，根据测试任务的不同，会显示相应的测试迹线和测试参数。



说明：本手册中，功能区按键及设置参数用【XXX】表示，显示区显示参数用 [XXX] 表示，XXX 为按键或参数名称。

2 功能区

功能区位于外控软件界面上方，如图 3-9 所示。



图 3-9 功能区

【打开】

用于载入记录的测试数据。载入测试数据后，接收机切换至回放状态。点击功能区**【开始】**按键启动数据的回放，回放完毕或点击**【停止】**按键能够停止回放进程。如需切换接收机至监测状态，需点击功能区测量模式选择按键。

【设置】

用于输入各工作模式下的设置参数，点击该按键后弹出二级菜单，如图 3-10 所示。

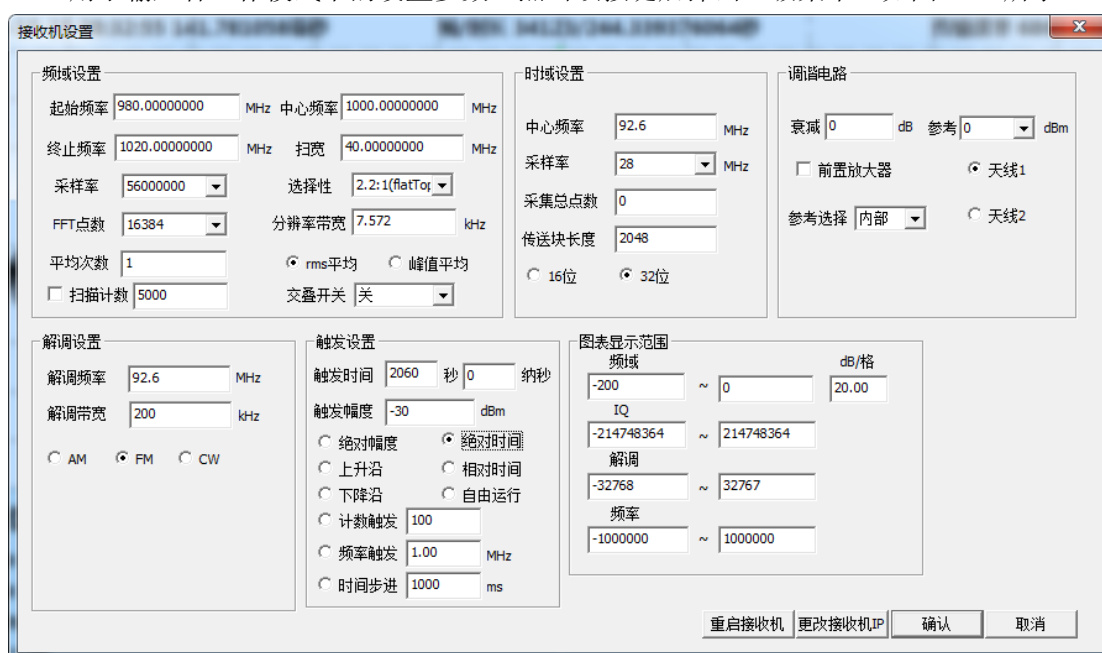


图 3-10 设置菜单

设置菜单包括**【频域设置】**、**【时域设置】**、**【解调设置】**、**【触发设置】**、**【调谐电路】**、**【图表显示范围】**共 6 个功能分区，分别对应接收机各工作模式下的设置参数及通用设置参数。各设置菜单详细介绍参见后续章节。

【频域】

用于切换接收机至频域测量模式。频域模式下接收机执行频谱分析功能，显示频谱迹线，通过程控接口能够获得 FFT 数据流。

【时域】

用于切换接收机至时域测量模式。时域模式下接收机执行连续 IQ 数据采集功能，显示 IQ 迹线，通过程控接口能够获得无缝 IQ 数据。

【解调】

用于切换接收机至解调模式。解调模式下接收机执行解调功能，显示调制信号迹线，通过程控接口能够获得连续解调数据。

【触发】

用于切换接收机至触发模式。触发模式下接收机首先工作在触发等待状态，直至监测信号满足触发条件，输出触发捕获的 IQ 数据，通过程控接口能够获得无缝 IQ 数据。

【开始】

用于启动监测任务或回放记录数据。通过**【设置】**菜单输入的各项设置参数在点击**【开始】**按键后生效。

【停止】

用于停止监测任务。

【记录】

用于记录当前监测数据，数据保存在外控软件安装目录下，默认最大记录文件容量为 1.2GB。

【配置信息】

用于显示接收机的各项软件及硬件信息，点击该按键后会弹出二级菜单，如图 3-11 所示。

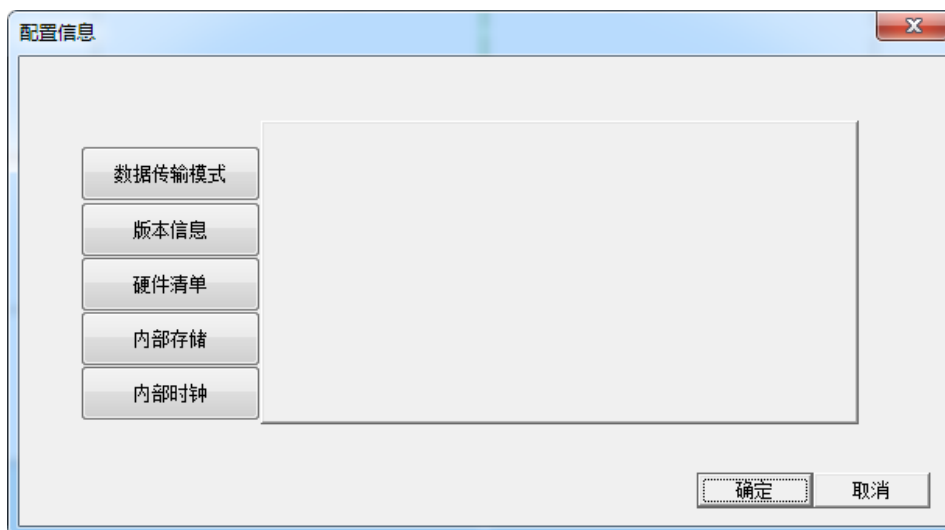


图 3-11 配置信息

【版本信息】显示接收机型号、整件编号、驻机软件版本、FPGA 版本等信息。

【硬件清单】显示接收机内部包含的硬件清单，包含标配组件和选配组件。

3 显示区

按照接收机的工作模式，显示区显示相应的监测数据迹线及监测信息，各工作模式下显示区如图 3-12、图 3-13、图 3-14 所示所示。其中，时域模式与触发模式的显示区相同。

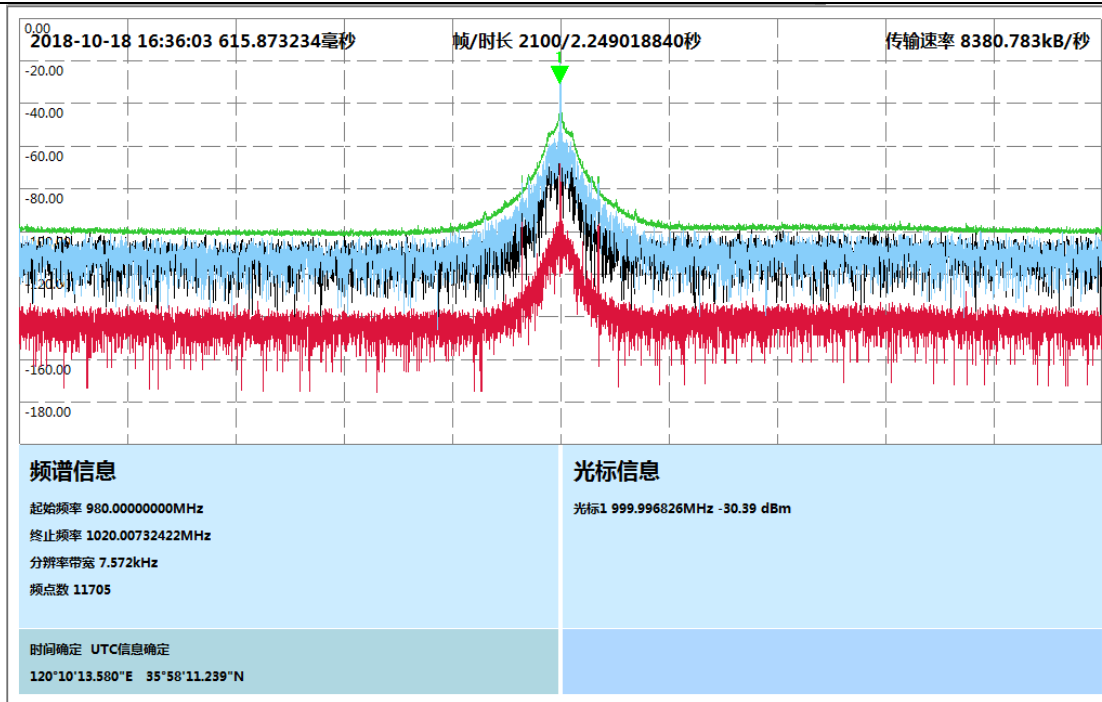


图 3-12 显示区（频域模式）

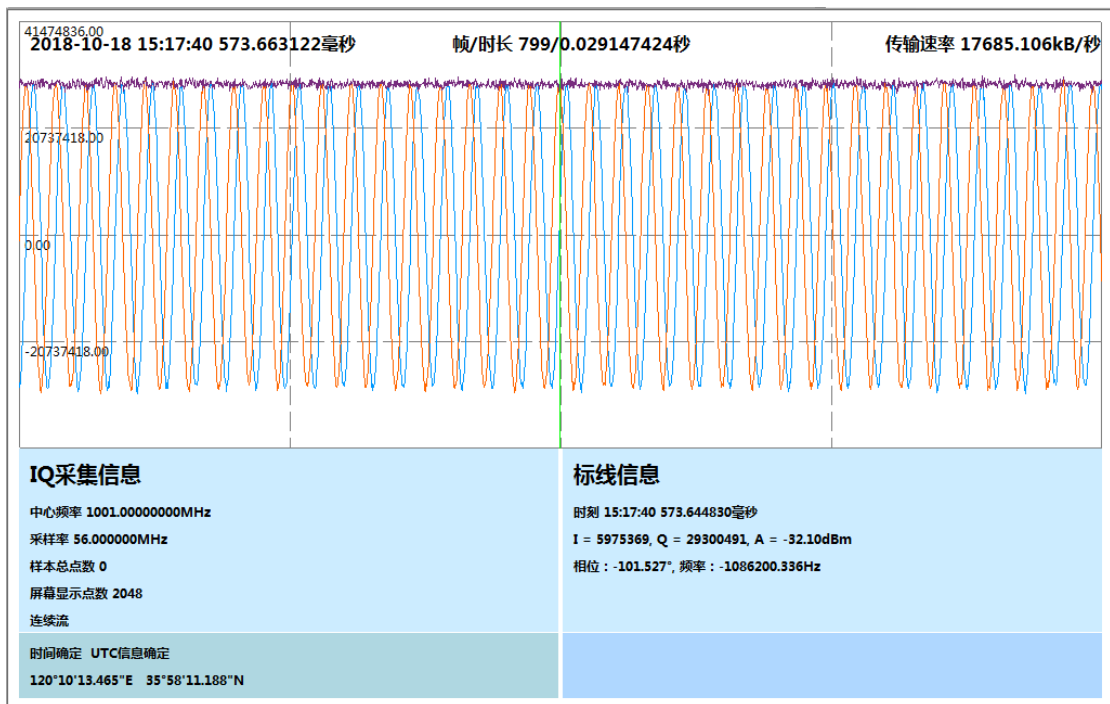


图 3-13 显示区（时域模式、触发模式）

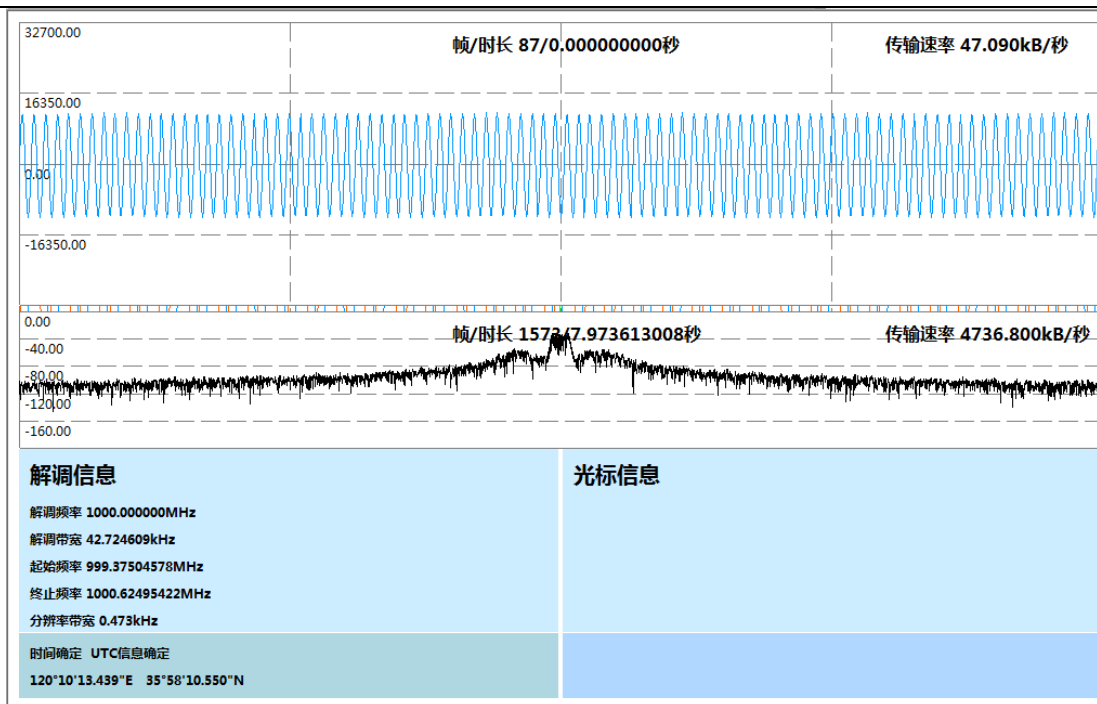


图 3-14 显示区（解调模式）

显示区由以下部分组成

- [数据迹线]
- [时间信息]
- [帧信息]
- [网络传输信息]
- [频谱信息] / [IQ 采集信息] / [解调信息]
- [光标信息] / [标线信息]
- [GPS 状态信息]
- [光标] / [标线]。

[数据迹线] 为显示区的核心区域，显示采集处理得到的监测数据。根据工作模式不同，频域模式下显示频谱迹线，最多可同时显示 4 条迹线。在显示区点击右键可弹出轨迹 1~轨迹 4 的设置菜单，迹线可分别设置刷新显示、最大保持、最小保持、显示保持等模式，设置菜单如图 3-15 所示。

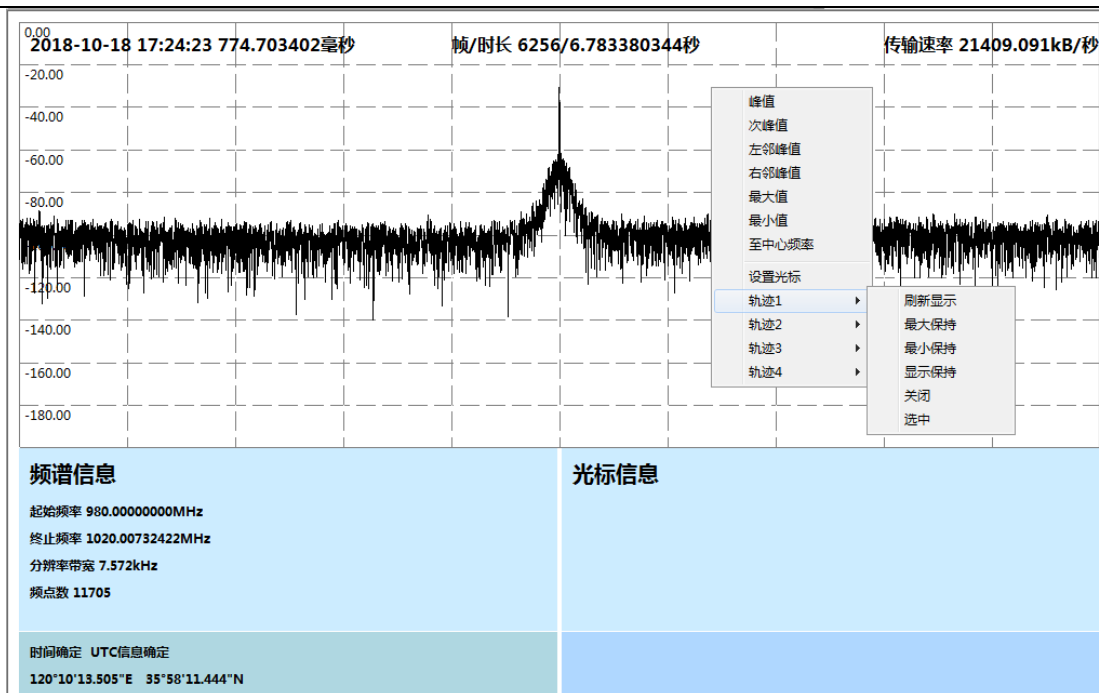


图 3-15 频谱迹线设置菜单

时域模式、触发模式下显示 IQ 数据迹线，在显示区点击右键可弹出迹线的设置菜单，选择打开或关闭 I 迹线、Q 迹线、幅度迹线、相位、频率等 5 种迹线，设置菜单如图 3-16 所示。

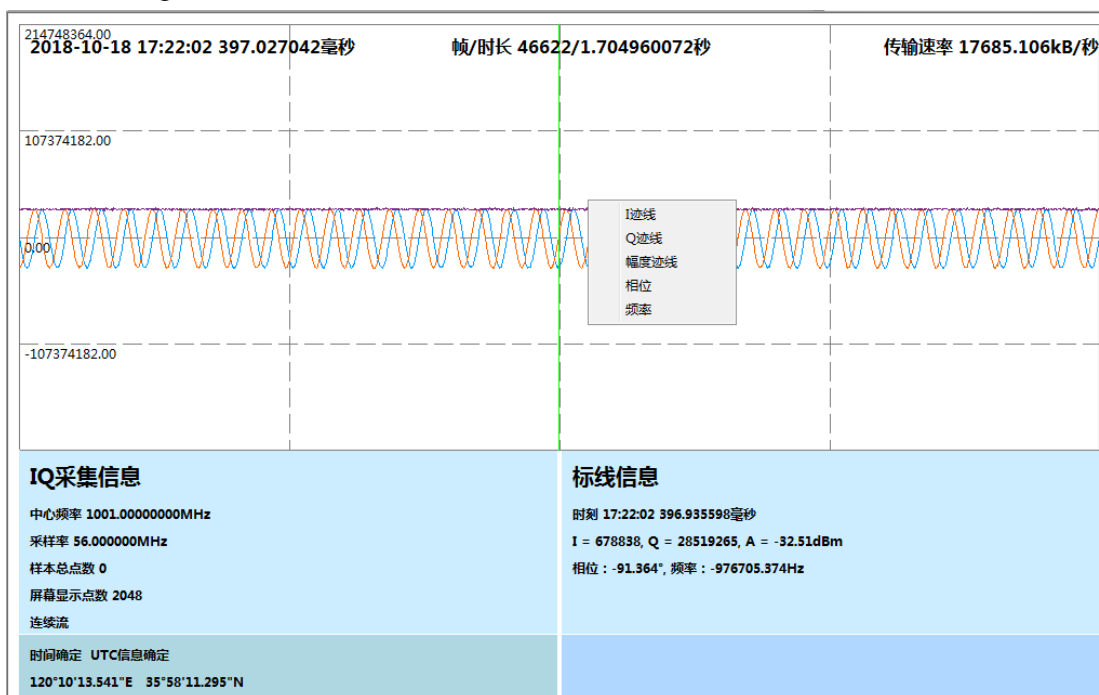


图 3-16 IQ 数据迹线设置菜单

解调模式下同时显示调制信号迹线及频谱迹线。

[时间信息] 显示监测数据的时间戳信息。时间戳为采集数据的绝对时间信息，时间信息通过对 GPS 授时信息解析得到。



说明:

正确显示时间信息需要连接 GPS 天线并正确解析 GPS 授时信号。如接收机未连接 GPS 天线，或 GPS 授时信号质量不佳，将影响时间信息显示。

[帧信息] 显示当前累计显示的监测数据帧数及时间长度。

[网络传输信息] 显示通过网络接口传输的数据速率。

[频谱信息] / **[IQ采集信息]** / **[解调信息]** 根据工作模式，显示相应的监测参数信息。其中频域模式下显示频谱信息，包括**起始频率、终止频率、分辨率带宽、频点数信息**；时域及触发模式下显示**IQ采集信息**，包括**中心频率、采样率、样本总点数、屏幕显示点数**；解调模式下显示解调信息，包括**解调频率、解调带宽、起始频率、终止频率、分辨率带宽**。

[光标信息] / **[标线信息]** 根据工作模式，显示相应的光标或标线信息。其中频域模式、解调模式下显示光标信息，包括**光标处频率、信号幅度**；时域、解调模式下显示标线信息，包括**标线对应时刻、I/Q电平值、信号幅度、相位、频率**。

[GPS状态信息] 显示当前接收机的时间同步状态及地理信息。接收机正确解析GPS的授时及地理信息后，时间同步状态显示为“时间确定”“UTC信息确定”，地理信息处显示当前接收机的经纬度等信息；否则时间同步状态显示为“时间未确定”“UTC信息未确定”，地理信息处显示经纬度信息为0°0'000"W和0°0'000"S。

[光标] / **[标线]** 为监测数据迹线的辅助显示信息，分别用于频域及时域模式。频域模式下通过在显示区点击鼠标右键，在弹出菜单中点击**[设置光标]**按键，弹出**[设置光标]**菜单，如图3-17所示。



图 3-17 设置光标

[光标 1] ~ **[光标 4]** 用于打开或关闭该光标。

[普通] 设置光标属性为普通光标，光标频率读数为绝对频率值，幅度读数为绝对幅度值。

[差值] 设置光标属性为差值光标，光标频率读数为相对普通光标的频率差值，幅度读数为相对普通光标的幅度差值。

[噪声光标] 用于打开或关闭光标幅度读数的归一化功能。



说明： 归一化为将幅度值归一化至 1Hz 噪声带宽，用于噪声密度计算。

[光标到] 设置光标的频率值，用于精确调整光标的频率坐标。普通光标下该频率值为绝对频率值，差值光标下为相对普通光标的频率差值。

光标支持手动拖动或通过【设置光标】设置光标频率坐标，同时支持峰值等搜索功能。在显示区点击鼠标右键，在弹出菜单中点击相应按键，可执行相应搜索功能，如图 3-18 所示。

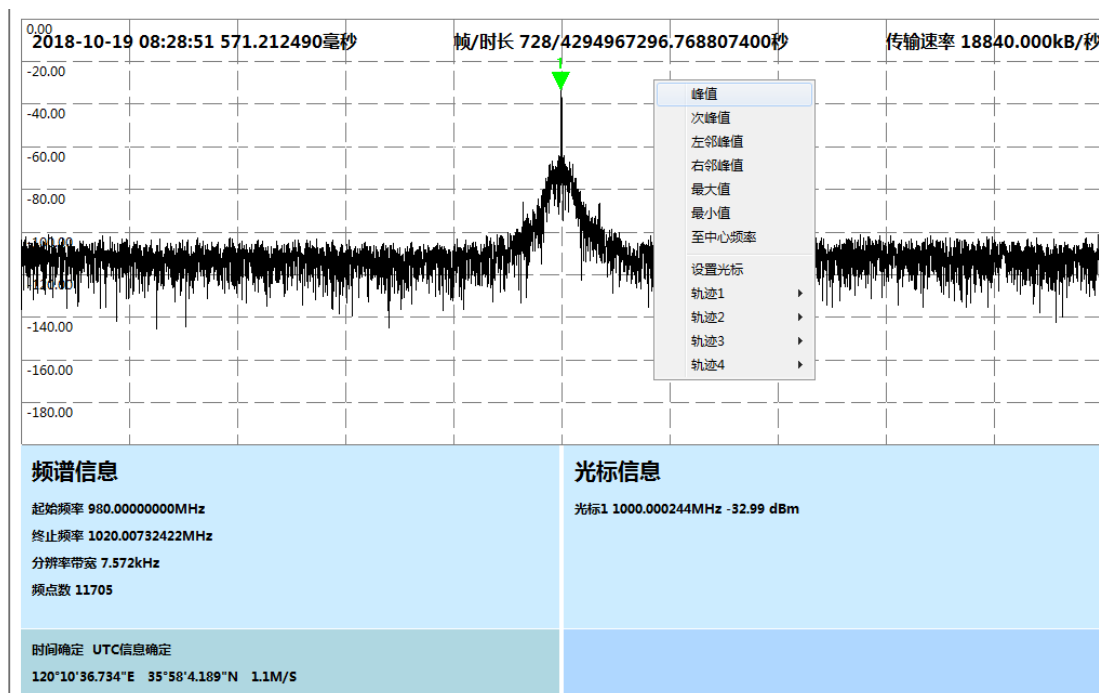


图 3-18 光标搜索菜单

【峰值】设置光标至当前频谱迹线的峰值处。

【次峰值】设置光标至相对当前光标的次峰值处。

【左邻峰值】设置光标至相对当前光标的左侧最近峰值处。

【右邻峰值】设置光标至相对当前光标的右侧最近峰值处。

上述搜索操作仅作用于当前选中光标，即优先级最高光标。如打开光标 1~光标 4 中的多个光标，可通过鼠标左键点击光标使其选中，选中光标默认颜色为绿色，其余光标默认颜色为黄色。如打开差值光标，则同一光标编号下差值光标优先级始终高于普通光标。例如打开光标 1 的差值光标功能后，如点击【峰值】，则设置差值光标至信号峰值处，普通光标位置不变。如需通过搜索功能调整普通光标位置，需要先关闭差值光标。

第四章 频域测量模式

本章主要介绍 3900 系列无线电监测接收机频域测量相关内容，包括测量原理和设置方法、菜单结构、菜单说明等内容。

第一节 频域测量原理

频域测量模式下，接收机工作于 FFT 模式，接收机根据设置的采样率及采样点数，采集若干点 I/Q 数据对，并依次进行数字下变频、抽取滤波及 FFT 变换运算，得到具有一定实时带宽的原始频谱数据。得到原始测量数据后，内部产生中断并将数据通过网口传输至上位机。

实时带宽（realtimeBandwidth）与采样率（sampleRate）参照下述公式

$$\text{realtimeBandwidth} = \frac{\text{sampleRate}}{1.4}$$

采样率通过【采样率】设置菜单进行设置，接收机支持最大采样率设置值为 112000000。

通过频域设置菜单中【起始频率】/【终止频率】或【中心频率】/【扫宽】设置菜单，可以设置整机扫描范围。如扫宽（span）大于当前设置下的实时带宽，则需采取多段拼接的形式，如图 4-1 所示。

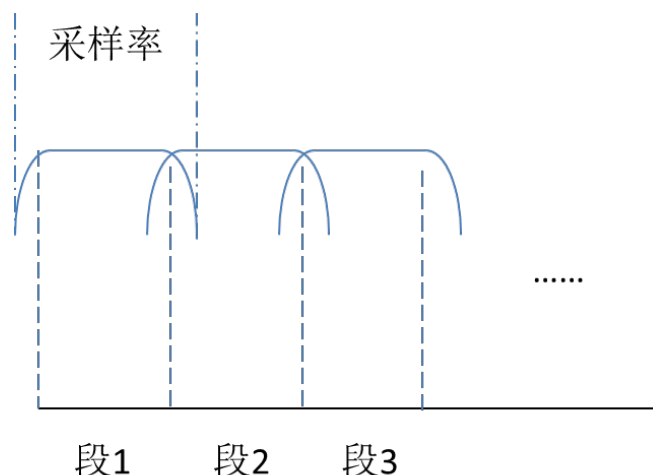


图 4-1 频段拼接示意图

实际返回的 FFT 点数按照下述公式进行计算

$$\text{ActualFftBins} = \text{span} / (\text{sampleRate} / \text{numFftPoints})$$

采样率通过抽取滤波实现降采样率运算，可根据需要进行设置，设置范围为 854.4921875sps~56Msps，步进系数为 2。

根据测试需要，可以调整频域模式下分辨率带宽（RBW）。分辨率带宽的计算公式如下所示

$$\text{RBW} = \text{enbw} \times \frac{\text{sampleRate}}{\text{numFftPoints}}$$

enbw 为等效噪声带宽，值与选择的窗函数相关。窗函数可以通过【选择性】菜单进行设置。其中 gauss 窗对应的 enbw 为 2.215349684，flatTop 窗对应 enbw 为 3.6250112，blackman 窗对应 enbw 为 1.6249856。

numFftPoints 为设置 FFT 点数，通过【**FFT 点数**】菜单进行设置，可设置范围为 16~16384，可设置分辨率带宽与之相对应。以 gauss 窗为例，可设置分辨率带宽范围为 0.9Hz~3.877MHz，步进系数为 2。

为兼顾测试速度和测试精度，提高接收机对应不同测试需求的满足程度，接收机调谐本振电路可分别工作在不同的模式，工作模式与采样率直接相关。具体对应关系如下：

- 1) 当采样率大于或等于 14Msps，接收机工作在高扫描速度模式，此时本振具有最快的调谐稳定速度，可用于瞬态信号等跳变信号测试；
- 2) 当采样率小于或等于 437.5ksps，接收机工作在高相噪模式，此时本振具有最好的相位噪声指标，可用于区分相邻大动态范围信号；
- 3) 当采样率介于 437.5ksps 和 14Msps 之间时，接收机工作于均衡模式，此时本振具有均衡的调谐稳定速度和相位噪声，可用于一般测试。

为平滑噪声曲线，提高小信号测试能力或噪声幅度的测试精度，可以设置对测试曲线进行平均处理，支持的平均次数 1~16384，平均次数通过【**平均次数**】菜单进行设置。

为调整接收机测试的最大输入电平，可以通过【**调谐电路**】菜单设置接收机的输入衰减及前置放大器的开关状态。输入衰减及前置放大器的开关状态可通过【**参考**】菜单或【**衰减**】菜单进行设置，其中更改参考电平，会自动按照之间的关联关系修改衰减及前置放大器设置。对应关系如表 4-1 所示。

如需手动控制扫描次数，可通过【**扫描计数**】功能设置所需执行的扫描次数，当扫描重复至所设置值后，扫描自动停止。

表 4-1 参考电平对应关系

序号	参考电平	衰减	前置放大器状态
1	30dBm	40dB	关
2	20dBm	30dB	关
3	10dBm	20dB	关
4	0dBm	10dB	关
5	-10dBm	0dB	关
6	-20dBm	0dB	关
7	-30dBm	10dB	开
8	-40dBm	0dB	开

整机具有内、外参考选择功能，可通过【**参考选择**】进行设置。内参考状态接收机时基为内部恒温晶振；外参考模式下内部晶振调谐同步至北斗/GPS 信号。

如接收机内置多天线端口输入选件，可通过【**天线选择**】菜单进行设置，选择相应的天线端口。

频谱显示迹线可以通过【**图表显示范围**】菜单中【**频域**】显示范围设置窗口改变显示范围，以改善对信号的显示效果。显示范围最大支持 20dB/格，最小支持 0.01dB/格。

第三节 频域测量菜单说明

1) 频域设置菜单中各菜单的说明如下。

【起始频率】文本框内输入频域扫描的起始频率，根据接收机型号不同，可输入范围为 20~40000，单位为 MHz。

【终止频率】文本框内输入频域扫描的终止频率，根据接收机型号不同，可输入范围为 20~40000，单位为 MHz。

【中心频率】文本框内输入频域扫描的中心频率，根据接收机型号不同，可输入范围为 20~40000，单位为 MHz。

【扫宽】文本框内输入频域扫描的频率范围，根据接收机型号不同，可输入范围为 0.000005~40000，单位为 MHz。

【采样率】通过下拉菜单形式选择所需设置的采样率，单位为 sps，可设置范围为 854.4921875~56000000。

【选择性】通过下拉菜单形式选择所需设置的窗函数，可设置为 Gauss、Flattop 或 Blackman。

【FFT 点数】通过下拉菜单形式选择所需设置的 FFT 点数，可设置范围为 16~16384。

【分辨率带宽】文本框内输入频域扫描的分辨率带宽，可输入范围为单位为 0.9Hz~3.877MHz。

【平均次数】文本框内输入频域扫描的平均次数，可输入范围为单位为 1~16384。

【扫描计数】文本框内输入频域扫描的扫描次数，可输入范围为单位为 1~2147483647。

【交叠开关】通过下拉菜单形式选择 FFT 交叠开关，可设置为开或关。

2) 调谐电路菜单中各级菜单说明如下。

【衰减】文本框内输入接收机衰减值，可输入范围为单位为 0dB~45dB，步进为 1dB。

【参考电平】通过下拉菜单形式选择接收机的参考电平，可设置为-40dBm~30dBm。

【参考选择】通过下拉菜单形式选择接收机的时基状态，可设置为内参考或外参考。

【天线】如接收机选装了多天线输入端口选件，可通过复选框形式选择输入天线端口，最大可设置为天线 1~天线 4。

第五章 时域测量模式

本章主要介绍 3900 系列无线电监测接收机时域测量相关内容，包括测量原理和设置方法、菜单结构、菜单说明等内容。

第一节 时域测量原理

时域测量模式下，接收机工作于 IQ 采集模式，接收机根据设置的采样率、采集总点数及传送块长度参数，采集总点数长度的 I/Q 数据对，以传送块长度为一帧，连续传输 I/Q 数据对，至完成规定长度的数据传输。相对 FFT 模式，该模式没有中断信号及中断响应进程切换，数据采集长度满足一帧后不会产生中断，保证了数据的连续无缝。基于该模式下获取的 I/Q 数据，可以进行高级测量功能的二次开发，如数字调制信号解调、TDOA 定位等。

时域模式可测量和显示的参数包括 I 路电平值、Q 路电平值、幅度值、相位、频率。如需打开或关闭迹线，可以在显示区点击右键选择相应迹线。其中，I、Q 电平值为经过 ADC 采样、抽取滤波及位宽调整后的数字量化值，该数值的范围与选择的数据位宽相关。如采用 32 位数据位宽，则 ADC 满偏对应的 I/Q 电平值为-1073741823、1073741823，如采用 16 位数据位宽，则 ADC 满偏对应的 I/Q 电平值为-32767、32767。幅度值通过对 I、Q 电平值经过取模运算及幅度修正得到。相位值通过对 I、Q 数据对进行反正切运算得到。频率通过相位值进一步求导运算得到，计算得到的频率信息反映输入信号相对中心频率的差值，可测量的频率值范围与当前的采样率相关，可保证的频率值测量范围为当前的实时带宽上、下限。

时域模式下可通过【中心频率】设置菜单设置接收机的调谐频率，可设置范围为 20MHz~40GHz。

I/Q 数据对的数据速率通过【采样率】设置菜单设置，可设置范围为 854.492sps~56Msps。

时域模式下实际可测试的频率范围由中心频率及采样率共同决定，即信号频率范围应处于以中心频率（CF）为中心的实时带宽范围内。可保证的实时带宽与采样率的关系如下所示

$$\text{realtimeBandwidth} = \frac{\text{sampleRate}}{1.4}$$

信号频率应满足 $\left[\text{CF} - \frac{\text{realtimeBandwidth}}{2}, \text{CF} + \frac{\text{realtimeBandwidth}}{2} \right]$ 范围要求。

传送块长度为 I/Q 数据对的帧长度单位，支持的块长度为 16~2048。

采集总点数为时域模式下一次扫描需连续采集的 I/Q 数据对总长度，设置值需大于或等于传送块长度或设置为 0。当设置值为 0 时，接收机启动采集后，将工作在连续采集状态，直至通过功能区的【停止】按键停止采集。当设置值不为 0 时，接收机启动采集并采集得到所设定总点数的 I/Q 数据对后，自动停止采集。

采集返回的 I/Q 数据对支持数据位宽选择，可设置为 16 位或 32 位。

时域模式下同样支持【调谐电路】菜单中接收机的输入衰减、参考选择、多天线输入端口等设置，具体设置可参考频域模式下的该部分内容。

为改善时域模式下采集得到的 I/Q 数据的显示效果，可通过【图表显示范围】菜单中 IQ 窗口设置显示范围。该范围设置可根据所选的数据位宽设置，如采用 16 位数据位宽，则 IQ 数据最大范围为-32767~32767；如采用 32 位数据位宽，则 IQ 数据最大范围为-1073741823~1073741823。

第二节 时域测量菜单结构

时域设置菜单结构如图 4-4 所示。

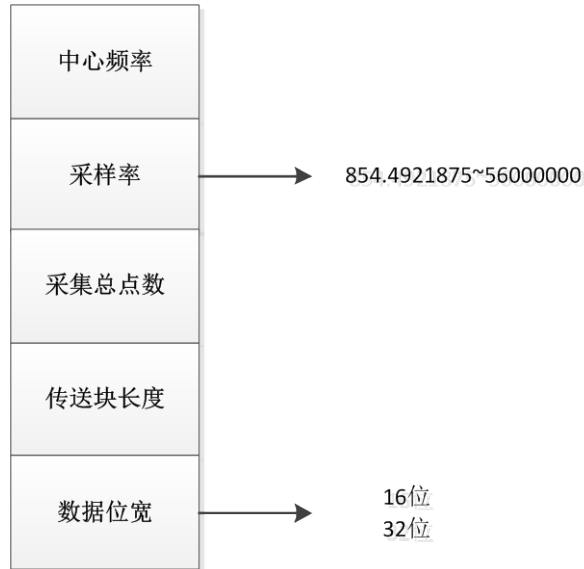


图 4-4 时域设置菜单结构

调谐电路菜单结构如图 4-5 所示。

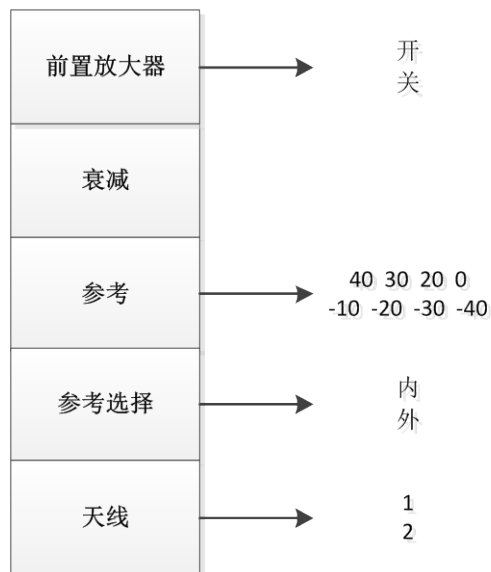


图 4-5 调谐电路菜单结构

第三节 时域测量菜单说明

1) 时域设置菜单中各菜单的说明如下。

【中心频率】文本框内输入时域扫描的中心频率,根据接收机型号不同,可输入范围为 20~40000,单位为 MHz。

【采样率】通过下拉菜单形式选择所需设置的采样率,单位为 sps,可设置范围为 854.4921875~56000000。

【采集总点数】文本框内输入所需采集的 I/Q 数据对长度,可设置值为 0 或不小于传送块长度的整数值。

【传送块长度】文本框内输入采集 I/Q 数据对的帧长度,可设置范围为 16~2048。

2) 调谐电路菜单中各级菜单说明如下。

【衰减】文本框内输入接收机衰减值,可输入范围为单位为 0dB~45dB,步进为 1dB。

【参考电平】通过下拉菜单形式选择接收机的参考电平,可设置为-40dBm~30dBm。

【参考选择】通过下拉菜单形式选择接收机的时基状态,可设置为内参考或外参考。

【天线】如接收机选装有多天线输入端口选件,可通过复选框形式选择输入天线端口,最大可设置为天线 1~天线 4。

第六章 解调测量模式

本章主要介绍 3900 系列无线电监测接收机解调测量相关内容，包括测量原理和设置方法、菜单结构、菜单说明等内容。

第一节 解调测量原理

解调测量模式下，接收机工作于解调模式，接收机根据【时域设置】的中心频率、采样率，连续采集 I/Q 数据对。采集得到的 I/Q 数据一路送入解调模块，经过数字下变频、解调带宽滤波、解调、音频滤波，输出调制信号。待解调信号的频率通过【解调设置】菜单中的【解调频率】设置，允许输入频率范围应位于以中心频率为中心的实时带宽内，实时带宽的计算过程可参照时域测量模式中相关内容。解调带宽通过【解调带宽】菜单设置，支持输入的范围为 0~10.9375MHz，接收机会根据输入至，就近向上选取实际可设置的解调带宽。接收机支持的解调带宽列表如下：2.670288125kHz、5.34057625kHz、10.6811525kHz、21.362305kHz、42.72461kHz、85.44922kHz、170.8984kHz、341.7969kHz、683.5938kHz、1.367188MHz、2.734375MHz、5.46875MHz、10.9375MHz。

解调单元支持的解调功能包括 AM、FM、CW 解调，可通过选择菜单进行选择。为改善解调返回的调制信号迹线显示效果，可通过【图表显示范围】菜单中解调窗口设置显示范围。

同时解调测量模式支持并行频域测量功能，即另一路 I/Q 数据经过抽取滤波、FFT 运算单元，返回频谱测量数据。但相对频域测量模式，该模式下不支持对频域设置中扫宽、采样率、FFT 点数、FFT 交叠、扫描次数等设置，采样率为时域设置中的采样率值，默认 FFT 点数为 8192，显示频率范围为当前的实时带宽。

解调模式下同样支持【调谐电路】菜单中接收机的输入衰减、参考选择、多天线输入端口等设置，具体设置可参考频域模式下的该部分内容。

第二节 解调测量菜单结构

支持的时域设置菜单结构如图 4-6 所示。

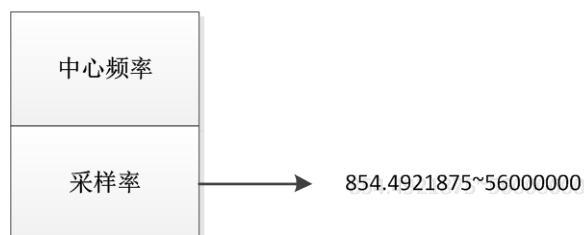


图 4-6 支持的时域设置菜单结构图

解调设置菜单结构如图 4-7 所示。

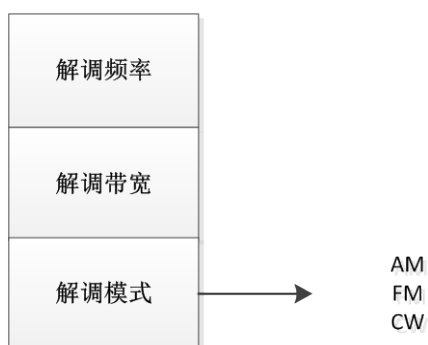


图 4-7 解调设置菜单结构图

调谐电路菜单结构如图 4-8 所示。

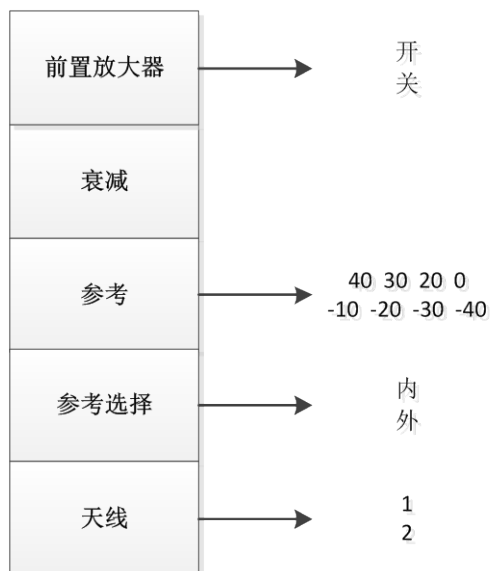


图 4-8 调谐电路菜单结构

第三节 解调测量菜单说明

1) 支持的时域设置菜单中各菜单的说明如下。

【中心频率】 文本框内输入接收机调谐的中心频率，根据接收机型号不同，可输入范围为20~40000，单位为 MHz。

【采样率】 通过下拉菜单形式选择所需设置的采样率，单位为 sps，可设置范围为854.4921875~56000000。

2) 解调设置菜单中各菜单的说明如下。

【解调频率】 文本框内输入接收机进行解调处理的信号中心频率，输入频率范围需满足以中心频率为中心的实时带宽范围，单位为 MHz。

【解调带宽】 文本框内输入解调滤波器的带宽，可输入范围为0~10937.5，单位为 kHz。接收机会根据输入参数，向上就近选择实际可设置的解调带宽，包括 2.670288125kHz、5.34057625kHz、10.6811525kHz、21.362305kHz、42.72461kHz、85.44922kHz、170.8984kHz、341.7969kHz、683.5938kHz、1.367188MHz、2.734375MHz、5.46875MHz、10.9375MHz。

【解调模式】 通过复选框形式选择所需执行的解调功能，包括 AM、FM、CW 解调功能。

3) 调谐电路菜单中各级菜单说明如下。

【衰减】 文本框内输入接收机衰减值，可输入范围为单位为 0dB~45dB，步进为 1dB。

【参考电平】 通过下拉菜单形式选择接收机的参考电平，可设置为-40dBm~30dBm。

【参考选择】 通过下拉菜单形式选择接收机的时基状态，可设置为内参考或外参考。

【天线】 如接收机选装有多天线输入端口选件，可通过复选框形式选择输入天线端口，最大可设置为天线 1~天线 4。

第七章 触发测量模式

本章主要介绍 3900 系列无线电监测接收机触发测量相关内容，包括测量原理和设置方法、菜单结构、菜单说明等内容。

第一节 触发测量原理

触发模式下，接收机根据设置的触发模式及触发条件，判断采集得到的 I/Q 数据在幅度、频率、时间等维度的特征是否满足所设置的触发条件，如满足触发条件，则将采集得到的数据输出，否则数据将被覆盖丢弃。上述触发操作均在高实时性的硬件电路中实现，提高接收机对特定信号的触发捕获能力。

接收机的触发判断及触发输出均为 I/Q 数据维度，需要通过时域设置菜单对接收机的中心频率、采样率、采集总点数等参数进行设置。其中【中心频率】为接收机的调谐频率，【采样率】为 I/Q 数据的采样速率，设置类似时域测量模式下该设置的作用，接收机在设置调谐频率下，连续采集设定采样率速率的 I/Q 数据，用于后续的触发判断。【采集总点数】用于设置触发生效后所需要输出的 I/Q 数据长度，如设置为 0，则触发生效后会连续输出 I/Q 数据对。【传送块长度】用于设置输出 I/Q 数据对的帧长度。输出 I/Q 数据可通过位宽菜单设置数据位宽为 16 位或 32 位。

接收机支持的各触发模式的测量原理如下：

1) 自由运行

该模式下接收机采集得到的 I/Q 数据始终满足触发条件，数据连续输出。

2) 幅度触发

该模式下接收机采集得到的 I/Q 数据，通过取模得到输入信号幅度，并根据设定进行触发判断。如设置为绝对幅度触发，输入信号幅度与设定触发幅度比较，大于触发幅度后触发生效；如设置为上升沿触发，触发判断单元应检测到输入信号幅度的跳变，同时跳变前信号幅度应小于设定触发幅度，跳变后应大于设定幅度；如设置下降沿触发，则与上升沿触发相反。

3) 时间触发

该模式下接收机采集得到的 I/Q 数据，数据中的时间戳信息被用于进行触发判断。如触发设置中选择绝对时间触发，则时间戳大于或等于设定的触发时间后，触发生效；如触发设置中选择相对时间触发，则触发判断单元检测时间戳信息的增量至设定值，触发生效。

4) 计数触发

该模式下接收机连续采集和输出 I/Q 数据，至数据帧的计数值达到设定值，触发条件生效，接收机停止采集和输出数据。

5) 时间步进

该模式下接收机连续采集 I/Q 数据，数据中的时间戳信息被用于进行触发判断。如时间戳增量满足设定时间步进时间，则触发条件生效，接收机按照设定的采集总点数输出采集得到的 I/Q 数据，并重复进行下一次触发判断，至时间戳增量再次满足设定时间。与相对时间触发模式相比，该模式会重复按照设定时间步进进行 I/Q 数据的输出。

6) 频率触发

该模式下接收机连续采集 I/Q 数据，分别计算得到当前输入信号的频率和幅度，进行触发判断。如输入信号频率满足设定的触发频率，且信号幅度大于或等于触发幅度设定的阈值，则触发生效。

触发模式下同样支持【**调谐电路**】菜单中接收机的输入衰减、参考选择、多天线输入端口等设置，具体设置可参考频域模式下的该部分内容。

为改善时域模式下采集得到的 I/Q 数据的显示效果，可通过【**图表显示范围**】菜单中 IQ 窗口设置显示范围。该范围设置可根据所选的数据位宽设置，如采用 16 位数据位宽，则 IQ 数据最大范围为-32767~32767；如采用 32 位数据位宽，则 IQ 数据最大范围为-1073741823~1073741823。

第二节 触发测量菜单结构

支持的时域设置菜单结构如图 4-9 所示。

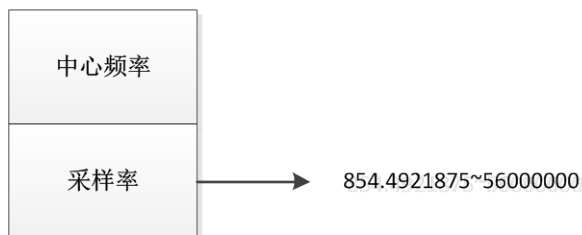


图 4-9 支持的时域设置菜单结构图

触发设置菜单结构如图 4-10 所示。

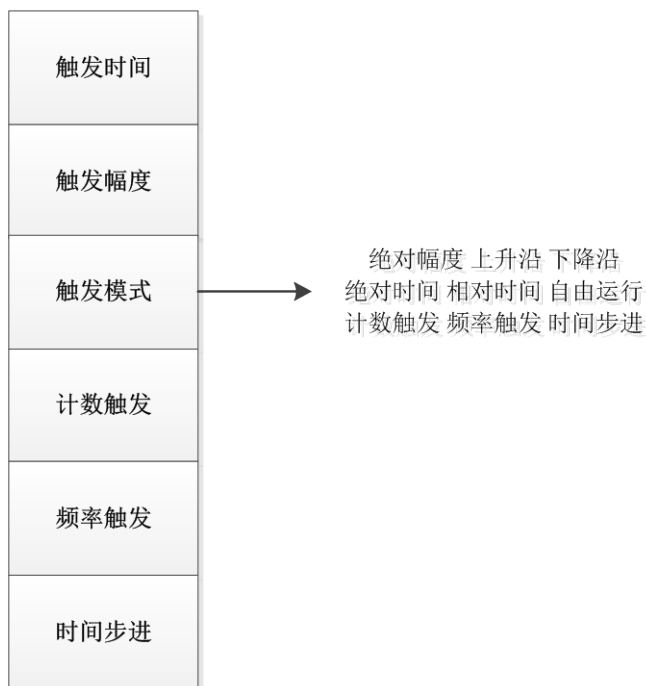


图 4-10 触发设置菜单结构图

调谐电路菜单结构如图 4-11 所示。

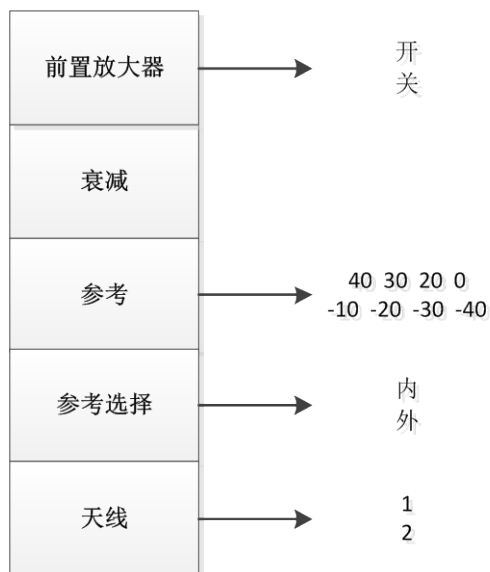


图 4-11 调谐电路菜单结构

第三节 触发测量菜单说明

1) 支持的时域设置菜单中各菜单的说明如下。

【中心频率】 文本框内输入接收机调谐的中心频率，根据接收机型号不同，可输入范围为20~40000，单位为MHz。

【采样率】 通过下拉菜单形式选择所需设置的采样率，单位为sps，可设置范围为854.4921875~56000000。

【采集总点数】 文本框内输入触发之后所需采集的I/Q数据对长度，可设置值为0或不小于传送块长度的整数值。

【传送块长度】 文本框内输入触发之后采集I/Q数据对的帧长度，可设置范围为16~2048。

2) 触发设置菜单中各菜单的说明如下。

【触发模式】 通过复选框形式选择所需设置的触发模式，包括绝对幅度触发、幅度上升沿触发、幅度下降沿触发、绝对时间触发、相对时间触发、自由运行、计数触发、频率触发、时间步进触发。

【触发时间】 文本框内输入触发时间，分为“秒”位及“纳秒”位。根据所选择的触发模式，如选择绝对时间触发，该设置为触发生效的绝对时间。为简化设置过程，打开设置菜单后程序会自动根据当前外控计算机的系统时间，按照“60×（当前分钟）+当前秒钟+10秒”的方式计算得到默认设置触发绝对时间。如选择相对时间触发，该设置为触发生效的相对时间。

【触发幅度】 文本框内输入触发的信号幅度。根据所选择的触发模式，如选择绝对幅度，该设置为触发生效的幅度阈值；如选择上升沿或下降沿触发，该设置为信号电平上升沿或下降沿的判断基准；如选择频率触发，该值为能够触发的输入信号的阈值电平。

【计数触发】 文本框内输入触发停止采集的计数次数。

【频率触发】 文本框内输入触发的信号频率，该值为期望触发信号的绝对频率值。但该值需满足以当前接收机调谐中心频率为中心的实时带宽范围才能触发生效。

【时间步进】 文本框内输入时间步进触发的时间间隔，支持的输入范围为5~2147483648ms。

3) 调谐电路菜单中各级菜单说明如下。

【衰减】 文本框内输入接收机衰减值，可输入范围为单位为0dB~45dB，步进为1dB。

【参考电平】 通过下拉菜单形式选择接收机的参考电平，可设置为-40dBm~30dBm。

【参考选择】 通过下拉菜单形式选择接收机的时基状态，可设置为内参考或外参考。

【天线】 如接收机选装有多天线输入端口选件，可通过复选框形式选择输入天线端口，最大可设置为天线1~天线4。

第二篇 技术说明

第八章 工作原理

3900 系列无线电监测接收机包含 20MHz~18GHz、20MHz~26.5GHz 和 20MHz~40GHz 等 3 种工作频段产品，具备频域、时域、解调、触发等多种测量功能。接收机的功能框图如图 9-1 所示。

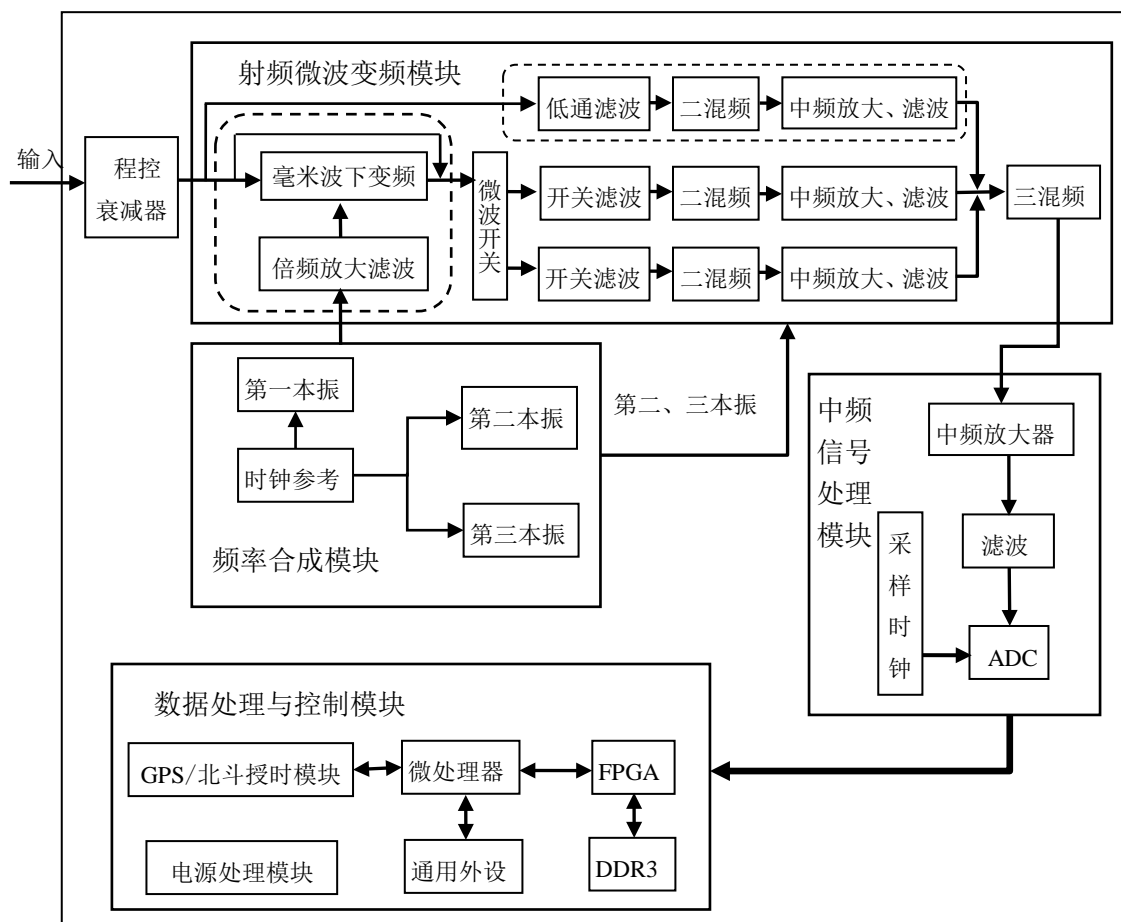


图 9-1 整机功能框图

整机由上腔体和下腔体两部分组成。其中，上腔体主要包含程控步进衰减器、射频微波变频模块、频率合成模块等整件及射频输入接口。下腔体主要包含中频信号处理模块、数据处理与控制模块，提供整机电源接口、网络接口、GPS 天线接口等接口。其中数据处理与控制模块又进一步细分为 CPU 核心模块、FPGA、DDR3 存储器、电源模块、网络接口、北斗/GPS 授时模块。

整机输入的射频微波信号，经过衰减器调整信号幅度，输入射频微波变频模块，并经过多级下变频，得到 140MHz 中频信号。射频微波模块中偏置板为微波模块提供所需的电源及控制信号。频率合成板产生下变频所需的本振信号。

140MHz 中频信号送入中频信号处理模块，先后经过抗混叠滤波及放大，并通过功分器功分，一路进入 ADC 经过带通采样，得到数字中频信号，另一路连接至整机的中频输出端口。数字中频信号通过扁平电缆连接至数据处理与控制模块中的 FPGA 电路，进行数字下变频、抽取滤波及后续的数字信号处理。CPU 板上核心模块接收上位机发送的控制信号，控制整机的各个整件，并将 FPGA 产生的 FFT/IQ 数据通过网络上传至上位机。北斗/GPS 模块通过天线接收授时卫星提供的授时信息，产生数据时间戳所需的时间信息。

第九章 主要技术指标

本章详细列出了 3900 系列无线电监测接收机的主要技术指标。通过对本章的阅读，用户可以对本产品的主要性能指标有一个较确切的了解。

第一节 产品特征

- 1) 温度范围
工作温度范围：-10℃~+55℃
贮存温度范围：-50℃~+70℃
- 2) 海拔高度
0~4600m
- 3) 电磁兼容
符合 GJB 3947A-2009 中 3.9.1 的规定。
- 4) 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。
- 5) 电源输入
 - a) 直流：12~18V；
 - b) 交流：100V~240V，50Hz~60Hz，适配器供电。
- 6) 最大功耗
40W
- 7) 外形尺寸（宽×高×深）
298mm×96mm×285mm
- 8) 最大重量
7.5kg

第二节 技术指标

- 1) 频率范围

3900D	20MHz~18GHz
3900E	20MHz~26.5GHz
3900F	20MHz~40GHz
- 2) 频率参考

频率准确度：	±（至上次校准日期×老化率+温度稳定度+校准准确度）
老化率：	±5×10 ⁻⁷ /年
温度稳定度：	±3×10 ⁻⁷ （-10℃~55℃，相对于 25℃±5℃）
初始校准准确度：□	±5×10 ⁻⁷

注：默认至上次校准时间为 1 年

- 3) 最大分析带宽 (3dB 带宽)
40MHz
- 4) 频率调谐分辨率
0.1Hz
- 5) 调谐建立时间
<0.5ms
- 6) 全景扫描速度 (15kHz 分辨率带宽)
 $\geq 30\text{GHz/s}$
- 7) 单边带相位噪声 (载波 1GHz)
 $\leq -102\text{dBc/Hz}@10\text{kHz}$
 $\leq -103\text{dBc/Hz}@100\text{kHz}$
- 8) 轨迹刷新速度 (扫宽 20MHz, 分辨率带宽 15kHz, 32 次平均, 重叠开)
>320 次/秒
- 9) 显示平均噪声电平 (输入端接 50 Ω 负载, 20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$)
前置放大器开:

$\leq -155\text{dBm/Hz}$	20MHz~20GHz
$\leq -154\text{dBm/Hz}$	20GHz~30GHz
$\leq -148\text{dBm/Hz}$	30GHz~40GHz

 前置放大器关:

$\leq -136\text{dBm/Hz}$	20MHz~20GHz
$\leq -132\text{dBm/Hz}$	20GHz~30GHz
$\leq -130\text{dBm/Hz}$	30GHz~40GHz
- 10) 幅度准确度 (20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$)
 $\pm 2.0\text{dB}$
- 11) 二阶截获点 (衰减置为 0dB, 20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$)
 $\geq 50\text{dBm}$
- 12) 三阶截获点 (衰减置为 0dB, 20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$)
 $\geq 10\text{dBm}$
- 13) 中频抑制
 $\geq 70\text{dB}$
- 14) 镜频抑制
 $\geq 70\text{dB}$
- 15) 剩余响应 (衰减置为 0dB, 前置放大器打开, 输入端接 50 Ω 负载, 20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$)

$\leq -95\text{dBm}$	20MHz~20GHz
$\leq -105\text{dBm}$	20GHz~40GHz
- 16) 端口驻波比
 $\leq 2.0:1$ 20MHz~20GHz

-
- | | |
|--------------|-------------|
| $\leq 2.5:1$ | 20GHz~40GHz |
|--------------|-------------|
- 17) 最大输入功率
+30dBm
- 18) 天线隔离度
- | | |
|--------|-------------|
| > 80dB | 20MHz~3GHz |
| > 75dB | 3GHz~6GHz |
| > 60dB | 6GHz~18GHz |
| > 55dB | 18GHz~40GHz |
- 注：需选配多端口射频输入选件。
- 19) 时间戳分辨率
 $\leq 8\text{ns}$
- 20) 时间戳精度
<100ns

第十章 性能特性测试

该部分内容提供了 3900 系列无线电监测接收机主要技术指标的推荐测试方法，这些指标能够全面反映接收机的性能和状况。待测的接收机需要在工作温度范围内至少存储 2 个小时，并且开机预热 15 分钟后，不出现错误提示后方能进行下面的指标测试。测试推荐使用的仪器设备如表 10-1 所示。

表 10-1 测试推荐使用的仪器设备列表

序号	仪器名称	主要技术指标	推荐型号
1	合成信号发生器	频率范围：20MHz~40GHz， 功率输出：-100dBm~+15dBm， 频率准确度：±0.02%， 功率电平可校准、存储， 具有内、外 AM 方式及低频输出功能	Ceyear 1464 或 Keysight E8257D
2	频谱分析仪	频率范围：3Hz~26.5GHz	Ceyear 4051 或 AV4036
3	功率计	功率范围：-70dBm~+44dBm 校准源频率：50MHz 校准源幅度：0dBm	Anritsu ML2437A 或 AV2434
4	功率探头	频率范围：20MHz~40GHz 功率范围：-30dBm~+20dBm	Anritsu MA2445D 或 AV71711
5	矢量网络分析仪	频率范围：20MHz~40GHz	Ceyear 3672
6	频率计数器	频率范围：DC~350MHz 灵敏度：40mVpp 最大显示分辨率：15 位	Keysight 53230A
7	示波器	模拟带宽：500MHz 输入通道数：4 最大采样率：2.5Gsps	Tektronix MDO4054
8	调制域分析仪	频率范围：10Hz~2.5GHz 最大测量速率：1.5MHz 时间分辨率：1us	Ceyear 4152 或 HP53310

1 频率范围

描述: 用一个频率为 20MHz 的信号和另一个频率为被测接收机频率上限的信号来测试接收机的频率测量范围。通过高频率稳定度的信号发生器产生被测接收机所标称的上下限频率范围内的信号，考察被测接收机的频率测量能力是否满足要求。考虑到被测接收机频率分辨率带宽限制等多种影响因素，测试结果在 $\pm 2\text{ppm}$ 以内满足要求。

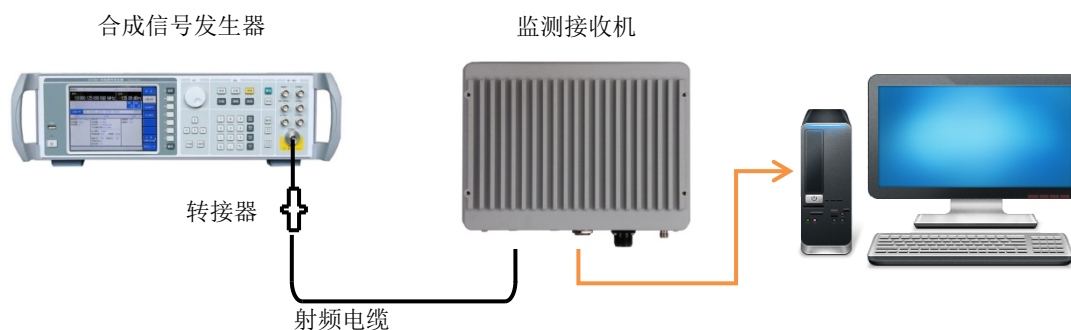


图 10-1 频率范围测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
外控计算机	联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 按照上图连接测试设备，合成信号发生器的输出端口接到被测接收机的信号输入端口 1。
- 2) 设置合成信号发生器的输出频率为 20MHz，幅度为 -10dBm，射频输出打开。
- 3) 设置被测接收机设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率为 20MHz，扫宽 10kHz，参考电平 0dBm，采样率 54.687ksps，点数 8192，频率参考为内部。在显示界面上打开【光标】菜单，按【峰值】，读出峰值光标的频率值记为频率范围的下限测量值。
- 4) 设置合成信号发生器的输出频率为被测接收机最大频率，其他不变。
- 5) 设置被测接收机的中心频率为其最大频率范围 f_0 ，扫宽 100kHz，采样率 437.5ksps，点数 8192，其余设置参照步骤 3，读出峰值光标的频率值记为频率范围的上限测量值。

2 最大分析带宽

描述: 表征被测接收机最大模拟中频带宽，在本振不变的情况下接收机能够分析处理的最大频率和最小频率信号的差值就是最大分析带宽。

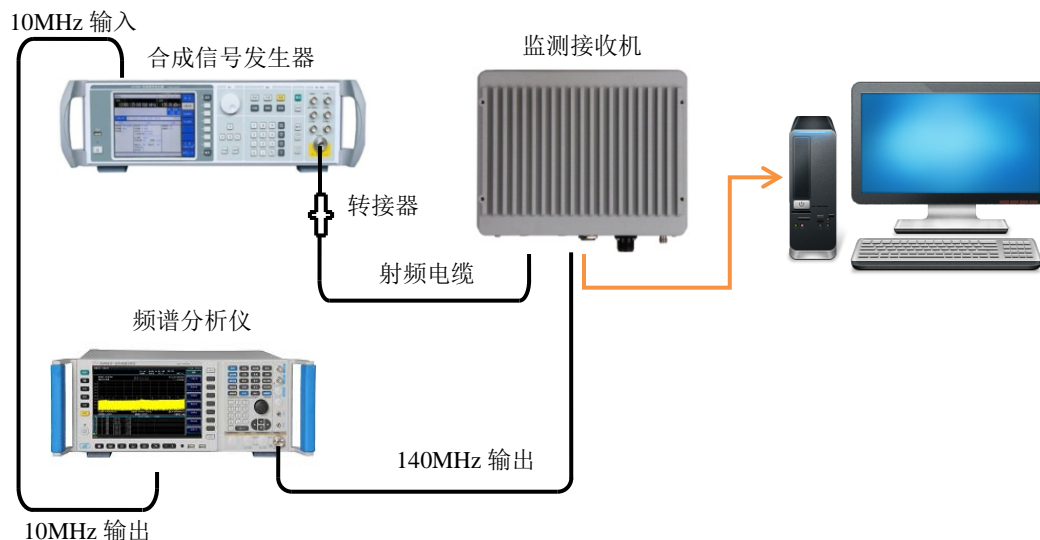


图 10-2 最大分析带宽测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
频谱分析仪	4051
外控计算机	联想电脑合成

b) 测试步骤

- 按照上图连接测试设备，合成信号发生器的输出端口接到被测接收机的信号输入端口 1，被测接收机中频输出端口连接至频谱分析仪的信号输入端口，频谱分析仪参考输出端口连接至合成信号发生器的参考输入端口。
- 设置合成信号发生器的输出频率为 1GHz，幅度为-10dBm，射频输出打开，频率参考为外部。
- 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率为 1GHz，扫宽 40MHz，参考电平 0dBm，采样率 56Msps，点数 8192，频率参考为内部。
- 设置频谱分析仪中心频率 140MHz，扫宽 50MHz，分辨率带宽自动，参考电平设置为 -10dBm。
- 打开频谱分析仪的光标功能，按下【峰值】使光标停留在信号峰值处。打开差值光标功能。
- 设置合成信号发生器的输出频率为 0.98GHz，其余设置同步骤 2。
- 设置频谱分析仪差值光标至当前信号峰值，微调合成信号发生器输出频率至频标差值幅度值等于-3dB，记录此时合成信号发生器输出频率值。
- 设置合成信号发生器的输出频率为 1.02GHz，重复步骤 7，记录此时合成信号发生器输出频率值。
- 计算 7、8 步得到的频率值之差 Δf ，记为最大分析带宽。

3 频率调谐分辨率

描述：参照频率调谐分辨率指标改变被测接收机中心频率，保持外加射频信号频率不变，通过频率计数器测试输出模拟中频信号频率变化是否与被测接收机中心频率变化一致。

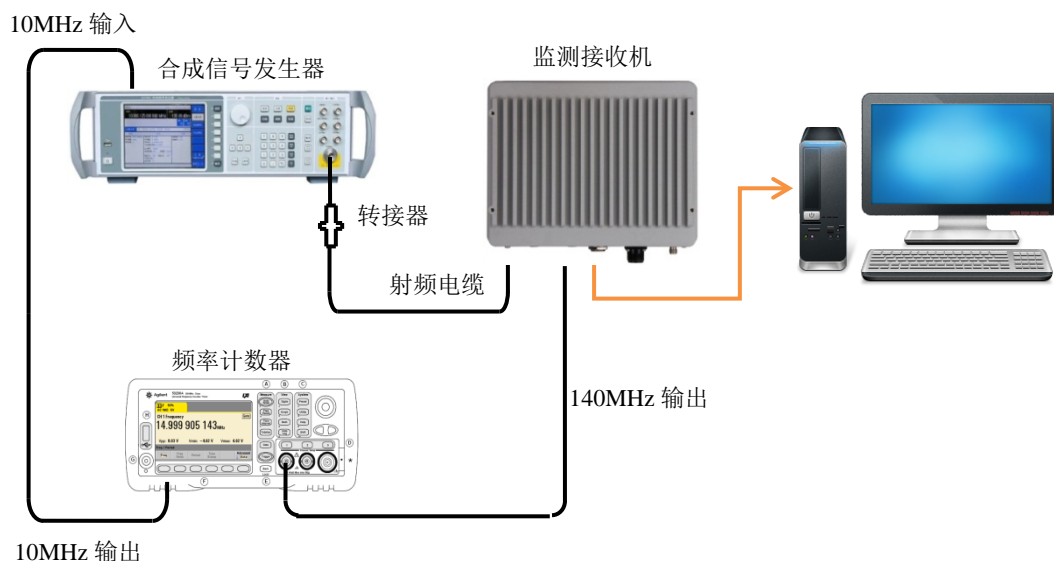


图 10-3 频率调谐分辨率测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
频率计数器	53230A
外控计算机	联想电脑合成

b) 测试步骤

- 1) 按照上图连接测试设备，合成信号发生器的输出端口接到被测接收机的信号输入端口 1，被测接收机中频输出端口连接至频率计数器的信号输入端口 1，被测接收机参考输出端口通过功分器分别连接至频率计数器参考输入端口及合成信号发生器的参考输入端口。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率为 20MHz，扫宽 100kHz，参考电平 0dBm，采样率 437.5ksps，FFT 点数 1024，频率参考为内部，设置扫描为停止状态。
- 3) 设置合成信号发生器的输出频率为 20MHz，幅度为-5dBm，射频输出打开，频率参考为外部。
- 4) 打开频率计数器通道 1 计数功能，交流耦合，阻抗 50 欧姆，电平范围 5V，带宽限制关闭；设置门控时间设置为 500ms，显示精度设置为 0.01Hz；触发源为内部。逐渐增大信号发生器功率至频率计数器显示稳定测量结果。打开函数菜单中统计功能，选择阿兰方差统计。重置统计数据，待计数次数为 10 次时，记录平均值作为当前模拟中频信号频率值 f_0 。
- 5) 设置被测接收机的中心频率为 20.0000001MHz，重复步骤 4，记录当前模拟中频信号频率值 f_1 。按照如下公式计算待测接收机频率调谐分辨率

$$\Delta f = |f_1 - f_0|$$

- 6) 重复步骤 4) ~步骤 5)，共计 5 次，取平均值记为频率调谐分辨率指标。

4 调谐建立时间

描述：表征射频前端频率切换过程建立稳定时间，通过调制域分析仪测试频率切换过程中输出模拟中频的建立稳定时间测试该指标。

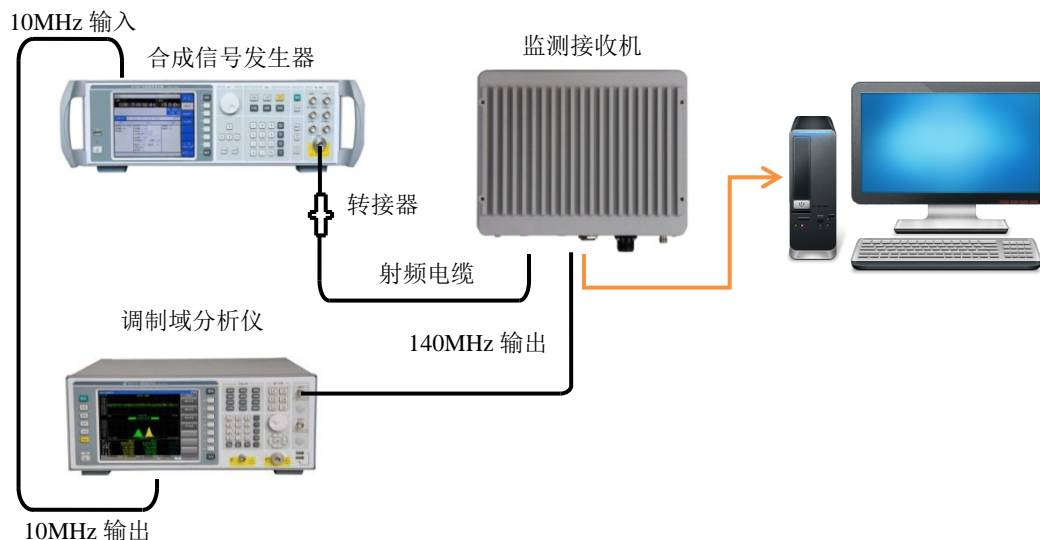


图 10-4 调谐建立时间测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
调制域分析仪	HP53310
外控计算机	联想电脑

b) 测试步骤

- 按照上图连接测试设备，合成信号发生器的输出端口接到被测接收机的信号输入端口 1，被测接收机中频输出端口连接至调制域分析仪的信号输入端口 C，调制域分析仪参考输出端口连接至合成信号发生器的参考输入端口。
- 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率为 0.995GHz，扫宽 40MHz，参考电平 0dBm，采样率 56Msps，点数 8192，频率参考为内部。
- 设置合成信号发生器的输出频率为 1GHz，幅度为 0dBm，射频输出打开，频率参考为外部。
- 打开调制域分析仪通道 C 频率测量功能；触发模式为数值触发，触发频率为 140MHz，触发方式为上边沿；采样间隔 50us/div，采样方式自动；纵轴显示频率范围设置为 130MHz~150MHz，其余设置默认。
- 设置被测接收机中心频率 1.005GHz，其余设置不变。此时调制域分析仪应触发并显示频率由 135MHz 切换至 145MHz。打开光标功能，测量频率切换时间，将上述结果记录在《测试记录表》对应测试项中。

5 全景扫描速度

描 述：扫描速度是指被测接收机在频率扫描状态下，达到规定的频率分辨率时，单位时间内完成扫频搜索的连续频带宽度。扫描速度应当包括所有频率切换时间、扫描结束时的回扫时间、本地振荡器稳定时间及所有计算时间产生的影响。测量扫描速度时，设置被测接收机工作在全景扫描状态下，通过频谱分析仪零扫宽模式测量模拟中频周期性出现的时间间隔表征被测接收机执行完整扫描的时间周期。为降低测量误差，采用测量 10 次完整扫描的时间周期后归一化的方式进行测量。扫频跨度与扫描时间周期之比记为扫描速度。

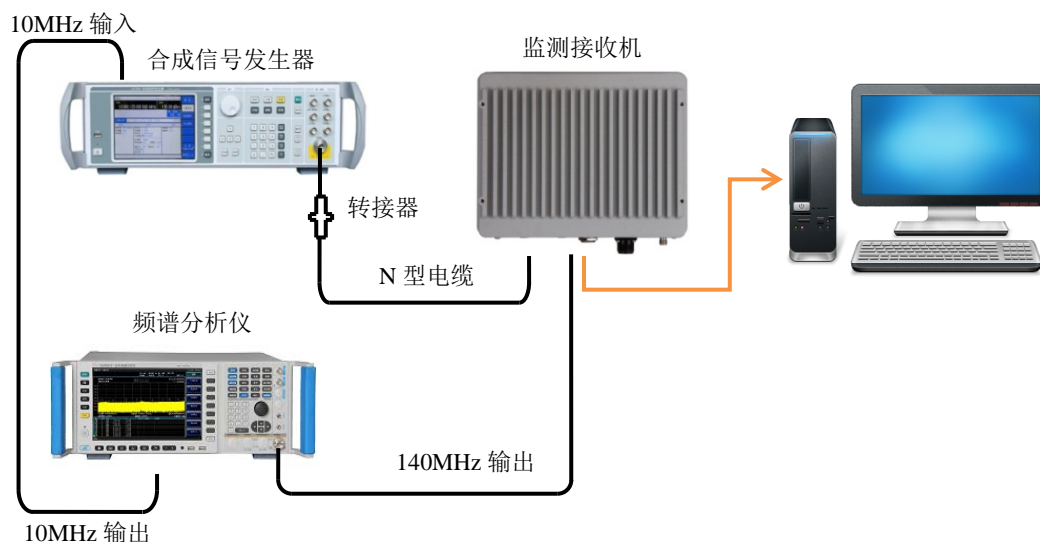


图 10-5 扫描速度测试

a) 测试设备

频谱分析仪	AV4051
外控计算机	联想电脑
合成信号发生器	AV1464

b) 转接器

3.5mm (f) 到 N (f) 转接器	1 个
TNC (m) 到 SMA (f) 转接器	1 个

c) 电缆

N (m-m) 电缆	1 根
SMA (m-m) 电缆	1 根
BNC (m-m) 电缆	1 根

d) 测试步骤

- 按照上图连接测试设备，合成信号发生器的输出端口接到被测接收机的信号输入端口 1，被测接收机中频输出端口连接至频谱分析仪的信号输入端口，频谱分析仪参考输出端口连接至合成信号发生器的参考输入端口。
- 设置信号发生器输出频率为 1GHz，输出功率为-10dBm，射频输出打开。
- 设置被测接收机工作模式为频域模式，起始频率 20MHz，终止频率设为最大频率范围 f_0 ，参考电平 0dBm，分辨率带宽 15kHz（采样率 56Mpsps，FFT 点数 8192），频率参考为内部。
- 设置频谱分析仪中心频率为 140MHz，扫宽为零频宽；扫描为单次。调整扫描时间至此此时频谱分析仪能显示足够数量的模拟中频信号，测量第 1 个及第 11 个模拟中频信号的时间差值，记为T，按照下述公式计算扫描速度。

$$V = \frac{f_0 - 0.02\text{GHz}}{T} \times 10$$

6 单边带相位噪声

描述: 表征被测接收机本振信号频率短期稳定度的指标。从偏离载波 10kHz、100kHz 处测量 1.0GHz、0dBm 信号的单边带相位噪声，打开平均功能对每个频率偏离点上的单边带相位噪声进行平均。如果在设定频偏处有寄生响应，应该将光标偏离寄生响应，保证测量的准确度。

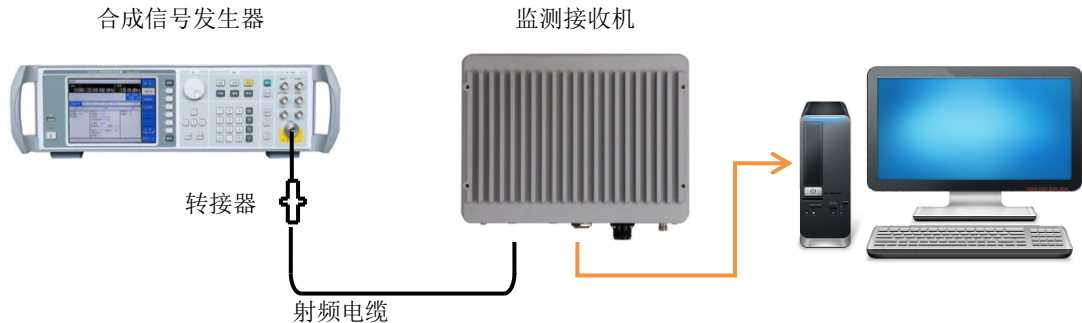


图 10-6 单边带相位噪声测试

a) 测试设备

合成信号发生器..... AV1464
外控计算机..... 联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置信号发生器输出频率为 1GHz，输出功率为-10dBm；
- 3) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 1GHz，扫宽 30kHz，参考电平 0dBm，采样率 54.6875ksps，FFT 点数 8192，频率参考为内部。
- 4) 被测接收机外控界面打开平均功能，并设置平均次数为 10。
- 5) 打开光标功能并设置光标至信号峰值，之后打开差值功能及噪声光标功能。
- 6) 依次设置光标频差为+10kHz 及-10kHz，读取±10kHz 处的边带相位噪声值，并取较大值记为当前频偏处单边带相位噪声。
- 7) 在外控软件上设置扫宽 300kHz，采样率 437.5ksps，FFT 点数 8192，重复步骤 4~6，测量频偏±100kHz 处的单边带相位噪声，并取较大值记为当前频偏处单边带相位噪声。

7 轨迹刷新速度

描述: 表征被测接收机扫描状态下单位时间内显示轨迹刷新的速度，为减少测量误差，采用长时间测量刷新次数后归一化方式计算该指标。



图 10-7 轨迹刷新速度测试

a) 测试设备

外控计算机.....联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 1GHz，扫宽 20MHz，采样率 28Msps，FFT 点数 4096 点，分辨率带宽 15kHz，参考电平 0dBm，平均次数 32 次，重叠功能打开，频率参考为内部。
- 3) 打开扫描计数功能，扫描次数 1000 次，点击开始按键，此时外控界面显示刷新轨迹，轨迹右上方显示轨迹刷新次数及消耗时间，至轨迹刷新次数至 1000 次扫描停止。记录此时显示消耗时间 t_0 。按照下述公式计算当前状态下轨迹刷新速度。

$$FPS = \frac{1000}{t_0}$$

8 显示平均噪声电平

描述：表征被测接收机在无外加噪声或信号的情况下，自身观察到的本底噪声。测量无线电监测接收机的显示平均噪声电平时，接收机的输入端接 50Ω匹配器。用光标来定位具有最大响应的频率点，然后读出窄扫宽下的平均噪声。如果在设定光标处有剩余响应，应该将光标偏离剩余响应，保证测量的准确度。通过打开噪声光标功能，对光标读数进行归一化。



图 10-8 显示平均噪声电平测试

a) 测试设备

匹配器..... 50Ω匹配负载

外控计算机.....联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，衰减 0dB，前置放大器开。
- 3) 设置被测接收机起始频率 20MHz，终止频率 20GHz，采样率 56Msps，FFT 点数 512，平均次数 10 次。
- 4) 打开光标功能及噪声光标功能，找到噪声电平最大值对应的频点，将其设为中心频率。测试过程中如存在剩余响应点，光标应规避该剩余响应点。
- 5) 降低扫宽至 1MHz，采样率设为 3.5Msps，FFT 点数设为 1024。

- 6) 设置平均次数为 100，等待测量完成。重新读取噪声电平最大值，记为该频段前置放大器开状态下显示平均噪声电平。
- 7) 按指标要求中不同频率范围对应的频段划分重新设置被测接收机的起始频率和终止频率，重复 4-7 步，测量规定频段的显示平均噪声电平。
- 8) 设置被测接收机衰减 0dB，前置放大器关，重复步骤 3~7，测量前置放大器关状态下各频段的显示平均噪声电平。

9 幅度准确度

描述: 表征被测接收机测量信号幅度的准确度，通过使用功率计与被测接收机测量相同信号幅度，计算测量结果差值测试该指标。

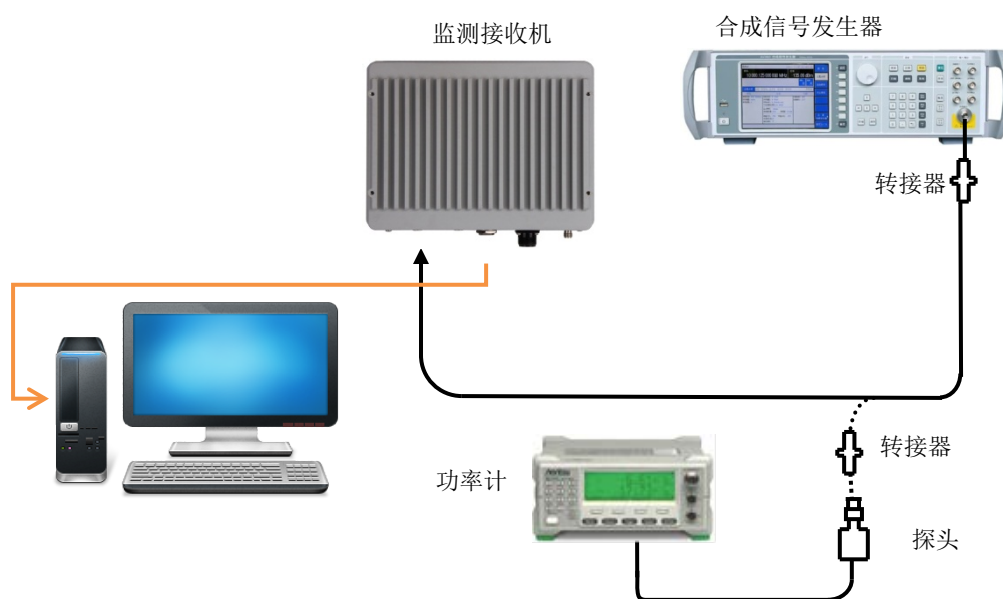


图 10-9 幅度准确度测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
功率计	ML2437A
功率探头	MA2445D
外控计算机	联想电脑

b) 测量步骤

- 1) 校准功率计。
- 2) 如图连接测试设备。
- 3) 将信号发生器复位后频率设为 101MHz，幅度为-10dBm。
- 4) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 101MHz，扫宽 20MHz，参考电平 0dBm，采样率 28Msps，FFT 点数 4096 点，频率参考为内部，打开平均功能，平均次数为 5 次。
- 5) 将信号发生器输出连接至功率计探头，输入功率因子，记录功率计显示电平

$L_{\text{功率计}(-10\text{dBm})}$ ，并将各个测试频点的 $L_{\text{功率计}(-10\text{dBm})}$ 至 $L_{\text{功率计}(-50\text{dBm})}$ 都测试完毕，将信号发生器输出从功率探头处拆下，连接至被测接收机射频输入端口。

- 6) 设置光标到峰值处, 读出光标所示的电平值 L , 计算此时的绝对幅度准确度

$$\Delta L = L - L_{\text{功率计}(-10\text{dBm})}$$

- 7) 根据“幅度准确度”典型测试频点设置信号发生器的频率和输出功率电平, 设置光标到峰值处, 读出光标所示的电平值 L , 计算此时的绝对幅度准确度, 直至信号发生器的功率电平为-50dBm。
- 8) 将通过计算得到的 ΔL 作为绝对幅度准确度的测试结果。

10 二阶截获点

描述: 表征被测接收机非线性度。由于信号输入到非线性器件(如混频器、放大器等)上, 非线性器件将产生该输入信号的各次谐波, 附加在信号上的无用的二次谐波分量。合成信号发生器经低通滤波器为接收机测量二阶截获点提供信号。低通滤波器消除来自于信号源的本身携带的高次谐波失真。

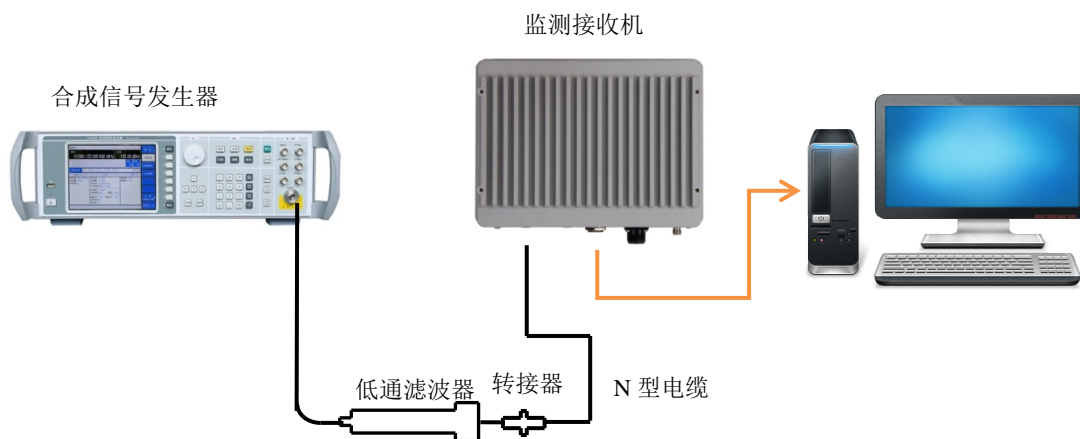


图 10-10 二阶截获点测试

a) 测试设备

合成信号发生器	1464
外控计算机	联想电脑
1.0GHz 低通滤波器	1 个

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备, 若信号发生器本身输出功率-10dBm 时, 二次谐波指标优于-60dB, 可不连接低通滤波器。
- 2) 设置信号发生器频率为 1GHz, 幅度为-10dBm, 射频输出打开。
- 3) 设置被测接收机工作模式为频域模式, 中心频率 1GHz, 记为 f_0 , 扫宽 20MHz, 参考电平-10dBm, 采样率 28Msps, FFT 点数 4096 点, 分辨率带宽 15kHz。
- 4) 在被测接收机外控界面中打开光标功能, 并将光标置于信号峰值。调整信号发生器功率电平使光标读数为-10dBm \pm 0.1dB。
- 5) 打开差值光标功能, 设置被测接收机中心频率为 $2*f_0$, 即 2GHz。
- 6) 完成一次新扫描后将光标置于信号峰值, 将差值光标读数取绝对值记为 Δ , Δ 即为二阶交调抑制制度, 按照下述公式计算二阶截获点

$$SHI = -10\text{dBm} + \Delta$$

- 7) 参照“二阶截获点”中典型测试频点更换相应的测试附件并重复上述步骤，测量各频点二阶截获点。

11 三阶截获点

描述：表征被测接收机非线性度。三阶截获点是源于器件的非线性，由两个或多个输入信号的频谱分量相互作用形成的无用频率分量。两台合成信号发生器为测量三阶截获点提供所需的信号。

如信号发生器#1 和信号发生器#2 的输出受负载牵引影响测试结果时，可在信号发生器#1、#2 的输出端各加一对应测量频段的隔离器，以减小对三阶截获点测试结果的影响。如信号发生器谐波指标对测试结果造成影响，可在信号发生器输出端口连接低通滤波器以提高测量准确度。

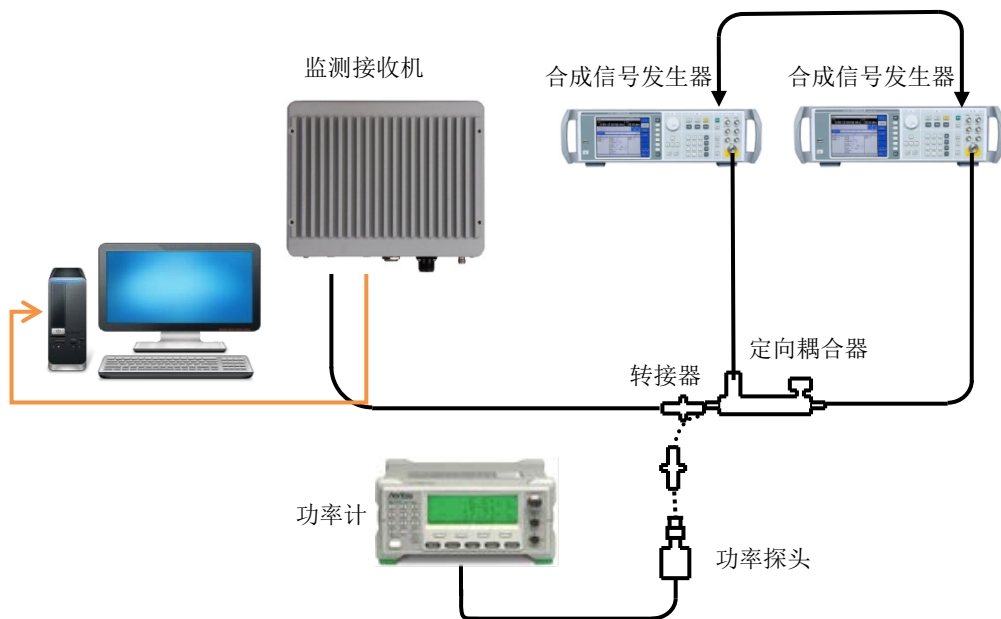


图 10-11 三阶截获点测试

a) 测试设备

功率计	ML2437A
功率探头	MA2445D
合成信号发生器#1	AV1464
合成信号发生器#2	AV1464
外控计算机	联想电脑
射频定向耦合器	1 个

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备，信号发生器#1 参考输出端口连接至信号发生器#2 的参考输入端口。
- 2) 设置合成信号发生器#1 的频率为 101MHz，记为 f_0 ，幅度为-14dBm，射频输出打开。
- 3) 合成信号发生器#2 复位后，设置频率为 101.1MHz，记为 f_1 ，双音信号频率间隔 100kHz，功率为-110dBm，射频输出关闭，参考选择为外部。
- 4) 将射频定向耦合器的直通输出端口连接至功率探头。调整合成信号发生器#1 的输出幅度使功率计的显示读数在-15dBm±0.1dB；关闭合成信号发生器#1 的射频输出，并设置

合成信号发生器#2 的射频输出打开，调整合成信号发生器#2 的输出幅度使功率计的显示读数在 $-15\text{dBm} \pm 0.1\text{dB}$ 。

- 5) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 101.05MHz ，即 $\frac{f_0+f_1}{2}$ ，扫宽 500kHz ，参考电平 -10dBm ，采样率 437.5kpsps ，FFT 点数 8192 点，频率参考为内部。
- 6) 将射频定向耦合器连接至被测接收机射频输入端口。
- 7) 同时打开两路信号发生器的输出。在被测接收机外控软件上打开平均功能，并设置平均次数为 10，等待新扫描完成。测量当前信号峰值，之后打开差值光标功能，测量双音信号与三阶交调产物 100.9MHz 和 101.2MHz 的幅度差值，取绝对值记为 $\Delta 1$ 和 $\Delta 2$ ，取较小值记为 Δ 。
- 8) 按照下述公式计算三阶截获点：

$$\text{TOI} = -15\text{dBm} + \frac{\Delta}{2}$$

- 9) 参照“三阶截获点”中典型测试频点更换相应的测试附件并重复上述步骤，测量各频点三阶截获点。

12 中频抑制

描述：表征被测接收机对输入中频信号的抑制能力。

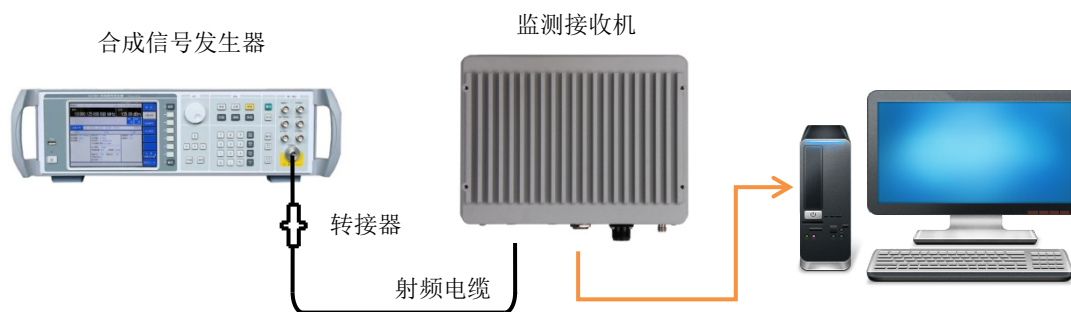


图 10-12 中频抑制测试

a) 测试设备

合成信号发生器……………AV1464
外控计算机……………联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 1GHz ，扫宽 50kHz ，参考电平 -10dBm ，采样率 109.375kHz ，FFT 点数 8192 点，频率参考为内部，打开平均功能，平均次数 10。
- 3) 设置信号发生器输出频率为 1GHz ，功率设为 -10dBm ，射频输出打开。
- 4) 在被测接收机外控界面上按打开光标功能，将光标置于信号峰值。打开差值光标功能。
- 5) 参照“中频抑制”中 1GHz 测试频点所对应的中频频率，依次设置信号发生器频率为 6540MHz 、 140MHz ，设置差值光标至当前信号峰值，读取幅度差值记为当前测试条件

下的中频抑制指标。如不能观测到明显的信号，则取与噪底的差值绝对值作为中频抑制指标。

- 6) 参照“中频抑制”中典型测试频点及中频频率设置，重复步骤 2~步骤 5，测量各频点测试中频抑制指标。

13 镜频抑制

描述：表征被测接收机对输入镜频信号的抑制能力。



图 10-13 镜像抑制测试

a) 测试设备

合成信号发生器..... AV1464
外控计算机..... 联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率 1GHz，扫宽 50kHz，参考电平-10dBm，采样率 109.375kHz，FFT 点数 8192 点，频率参考为内部，打开平均功能，平均次数 10。
- 3) 设置信号发生器输出频率为 1GHz，功率设为-10dBm，射频输出打开。
- 4) 在被测接收机外控界面上按打开光标功能，将光标置于信号峰值。打开差值光标功能。
- 5) 参照“镜频抑制”中 1GHz 测试频点所对应的镜频频率，依次设置信号发生器频率为 14080MHz、1280MHz、13800MHz，设置差值光标至当前信号峰值，读取幅度差值记为当前测试条件下的镜频抑制指标。如不能观测到明显的信号，则取与噪底的差值绝对值作为镜频抑制指标。
- 6) 参照“镜频抑制”中典型测试频点及镜频频率设置，重复步骤 2~步骤 5，测量各频点测试镜频抑制指标。

14 剩余响应

描述：表征被测接收机在未接输入信号的情况下，观测到的固定离散响应。测试监测接收机的剩余响应，射频输入端口连接 50 欧姆匹配负载。



图 10-14 剩余响应测试

a) 测试设备

匹配器..... 50Ω匹配负载
外控计算机..... 联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。在被测接收机的输入端口上连接 50Ω匹配负载。
- 2) 设置被测接收机工作模式为频域模式，衰减 0dB，前置放大器开；采样率 56Msps，FFT 点数 8192 点，分辨率带宽 15kHz，打开平均功能，平均次数 10 次，频率参考为内部。
- 3) 设置被测接收机起始频率为 20MHz，参照“剩余响应”中测量频率范围，设置终止频率。观察是否有剩余响应信号，如果存在剩余响应信号，读取并记录幅度最大的剩余响应幅度值。为降低扫描时间，可将要求测试的频率范围分为若干频率测试段，分多次进行测试。如剩余响应幅度较小，可降低分辨率带宽进行测试。

15 端口驻波比

描述：表征被测接收机的射频输入端口的阻抗匹配，通过矢量网络分析仪测试被测接收机输入端口的驻波比。



图 10-11 射频输入端口驻波比测试

a) 测试设备

网络分析仪..... AV3672
外控计算机..... 联想电脑

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置矢量网络分析仪测量参数为 S11，格式为驻波比，起始频率设为 20MHz，终止频率设为待测接收机对应型号的最高频率，源功率为-10dBm。

- 3) 在射频电缆悬空端口进行单端口测量校准（包括开路、短路、负载校准）。
- 4) 完成校准之后，取下校准件，将 N 型电缆悬空端口连接被测接收机的输入端口 1。
- 5) 设置被测接收机工作模式为频域模式，频率范围采用默认值，参考电平 0dBm，分辨率带宽自动，天线输入端口为端口 1。
- 6) 参照“端口驻波比”中频率范围要求，在矢量网络分析仪上用光标功能读出规定频率范围内的最大电压驻波比（VSWR）。
- 7) 依次将射频电缆连接至输入端口 2~4，相应设置被测接收机天线输入端口为端口 2~4，在矢量网络分析仪上用光标功能读出最大电压驻波比（VSWR），并与步骤 6 读出结果对比，取较大值作为最终测试结果。

注：步骤 7 仅适用于安装有多端口选件的情况。

16 天线隔离度

描 述：表征被测接收机两个输入端口之间相互隔离的程度。

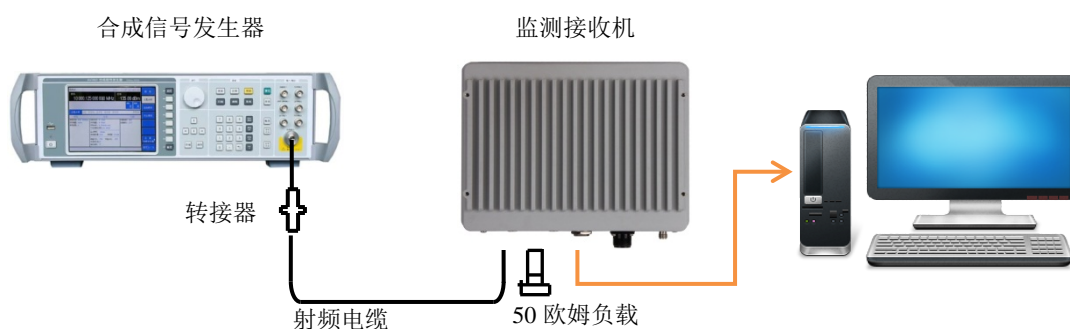


图 10-10 天线隔离度测试

a) 测试设备

信号发生器	1464
外控计算机	联想电脑
匹配器	50Ω匹配负载

b) 测试步骤

- 1) 如图连接测试设备。
- 2) 设置信号发生器输出频率为 590MHz，输出功率为-10dBm，射频输出打开。
- 3) N 型电缆一端连接信号发生器的输出端口，另一端连接到被测接收机的输入端口 1，被测接收机的输入端口 2 连接 50 欧姆匹配负载。
- 4) 设置被测接收机工作模式为频域模式，中心频率为当前信号发生器的输出频率，扫宽 100kHz，参考电平 0dBm，采样率 437.5ksps，FFT 点数 8192；平均次数 5 次；设置当前天线输入端口为端口 1；频率参考为内部。
- 5) 打开光标功能，并置于信号峰值。之后打开差值光标功能，依次设置天线输入端口为端口 2~4，读取当前的信号幅度差值，取其绝对值记为当前状态下端口 1 到端口 2~4 的天线隔离度。如不能观察到明显的被测信号，则取与噪底的幅度差值的绝对值记为天线隔离度。
- 6) 参照步骤 4~5，依次测量端口 2 到端口 3~4、端口 3 到端口 4 的天线隔离度。

- 7) 参照“天线隔离度”中其他测试频点，重复步骤 4~步骤 6，测量各频点的天线隔离度指标。

注：本指标仅适用于安装有多端口选件的情况。

第三篇 维修说明

第十一章 返修方法

当您的 3900 系列无线电监测接收机出现难以解决的问题时，可通过电话或传真与我们联系。若确认仪器需要返修，请按下面的步骤对仪器进行包装：

- 1) 撰写一份描述仪器故障现象的纸质文档，与测试仪一同放入包装箱；
- 2) 用原包装材料将仪器包装好，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) 按精密仪器进行托运，并保留所有运输单据的副本。



警告：

仪器内部没有用户可以调节的部件，当仪器出现故障，请向专业人员寻求帮助。不要自行打开机壳，以防电击。
