

Ceyear 思仪

1612A

无线信道仿真器

用户手册



中电科思仪科技股份有限公司

该手册适用下列型号信号发生器，基于软件版本 Version 1.1 及以上。

- 1612A 无线信道仿真器

除标准配件外的选件如下：

- MIMO 信道仿真软件：实现 MIMO 信道仿真。
- 标准信道模型 CDMA Standards：实现 CDMA 标准信道模型。
- 标准信道模型 GSM Standards：实现 GSM 标准信道模型。
- 标准信道模型 NADC Standards：实现 NADC 标准信道模型。
- 标准信道模型 FCN Standards：实现 FCN 标准信道模型。
- 标准信道模型 TETRA Standards：实现 TETRA 标准信道模型。
- 标准信道模型 3GPP Standards：实现 3GPP 标准信道模型。
- 标准信道模型 DAB Standards：实现 DAB 标准信道模型。
- 标准信道模型 WIMAX Standards：实现 WIMAX 标准信道模型。
- 标准信道模型 1xEVDO Standards：实现 1xEVDO 标准信道模型。
- 标准信道模型 3GPP/LT High Speed Train：实现 3GPP/LT High Speed Train 标准信道模型。

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

前言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技股份有限公司研制、生产的 1612A 无线信道仿真器！该产品集高、精、尖于一体，在同类产品中有较高的性价比。

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

手册编号

YQ2.829.1074

版本

A.2 2021.5

中电科思仪科技股份有限公司

手册授权

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

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

产品质保

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

产品质量证明

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

质量/环境管理

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

安全事项



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



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

目 录

1 手册导航.....	1
1.1 关于手册.....	1
1.2 关联文档.....	2
2 概述.....	3
2.1 产品综述.....	3
2.2 安全使用指南.....	9
3 操作指南.....	15
3.1 准备使用.....	15
3.2 前、后面板说明.....	28
3.3 基本测量方法.....	31
3.6 功能操作指南.....	32
4 故障诊断与返修	43
4.1 工作原理.....	43
4.2 故障诊断与排除.....	45
4.4 返修方法.....	45
5 技术指标与测试方法	47
5.1 声明.....	47
5.3 技术指标.....	47
5.4 测试方法.....	49

1 手册导航

本章介绍了 1612A 无线信道仿真器的用户手册功能、章节构成和主要内容，并介绍了提供给用户使用的仪器关联文档。

- [关于手册](#).....1
- [关联文档](#).....2

1.1 关于手册

本手册介绍了中电科思仪科技股份有限公司所生产的 1612A 无线信道仿真器的基本功能和操作使用方法。描述了仪器产品特点、基本使用方法、测量配置操作指南、菜单、远程控制、维护及技术指标和测试方法等内容，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。为方便您熟练使用该仪器，请在操作仪器前，仔细阅读本手册，然后按手册指导正确操作。

用户手册共包含的章节如下：

- **概述**

概括地讲述了1612A无线信道仿真器的主要性能特点、典型应用示例及操作仪器的安全指导事项。目的使用户初步了解仪器的主要性能特点，并指导用户安全操作仪器。

- **使用入门**

本章介绍了1612A无线信道仿真器的操作前检查、仪器浏览、基本测量方法、测量窗口使用说明等。以使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指南做好前期准备。该章节包含的部分内容与快速使用指南手册相关章节一致。

- **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、启动仿真过程和获取测量结果等。主要包括两部分：功能操作指南和高级操作指南。功能操作指南部分针对不熟悉1612A无线信道仿真器使用方法的用户，系统、详细地介绍、列举每种功能，使用户理解掌握无线信道仿真器的一些基本用法，如设置设置输入输出、功率、信道类型等。高级操作指导部分针对已具备基本的信号发生器使用常识，但对一些特殊用法不够熟悉的用户，介绍相对复杂的测试过程、高阶的使用技巧、指导用户实施测量过程。例如：动态信道参数的配置、恒定相位测试等。

- **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 1612A 无线信道仿真器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

1612A 无线信道仿真器的产品文档包括：

- 用户手册
- 在线帮助

用户手册

本手册详细介绍了仪器的功能和操作使用方法，包括：配置、仿真、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
- 故障诊断与返修
- 技术指标与测试方法

在线帮助

在线帮助集成在仪器产品中，提供快速的文本导航帮助，方便用户本地操作。仪器用户界面的【帮助】按钮激活该功能。包含的主要章节同用户手册。

2 概述

本章介绍了 1612A 无线信道仿真器的主要性能特点、主要用途范围及主要技术指标。同时说明了如何正确操作仪器及用电安全等注意事项。

- [产品综述](#).....3
- [安全使用指南](#).....9

2.1 产品综述

1612A 无线信道仿真器应用于无线接收机测试过程中重现 RF 衰退和干扰效果，准确的仿真复杂的宽带无线信道特征，它可实现 SISO、MIMO、动态信道的模拟仿真，可以实现动态滑动、生灭、动态环境仿真等各种复杂衰落信号的模拟，可以模拟恒定相位、纯多普勒、瑞利、莱斯和对数正态等衰落谱线，可根据实际需要编辑产生特定的衰落信号，以适用于更多的通信场景模拟。

- [产品特点](#).....3
- [典型应用](#).....8

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 基本功能

1612A 无线信道仿真器主要性能特点是：

- 1) 具有实时衰落模拟功能；
- 2) 具有动态环境仿真功能；
- 3) 具有全数字基带噪声生成器；
- 4) 具有 MIMO 信道仿真功能，最大支持 8×8 MIMO；
- 5) 具有多种预定义信道模型；
- 6) 独立收发本振，支持上下行链路仿真；
- 7) 自动软件升级。

2.1.1.2 高性能

1) 支持多种衰落类型

具有瑞利，莱斯，纯多普勒，恒定相位等多种衰落类型，支持经典3dB、经典6dB平坦、圆形、高斯等多种衰落谱类型。

2 概述

2.1 产品综述

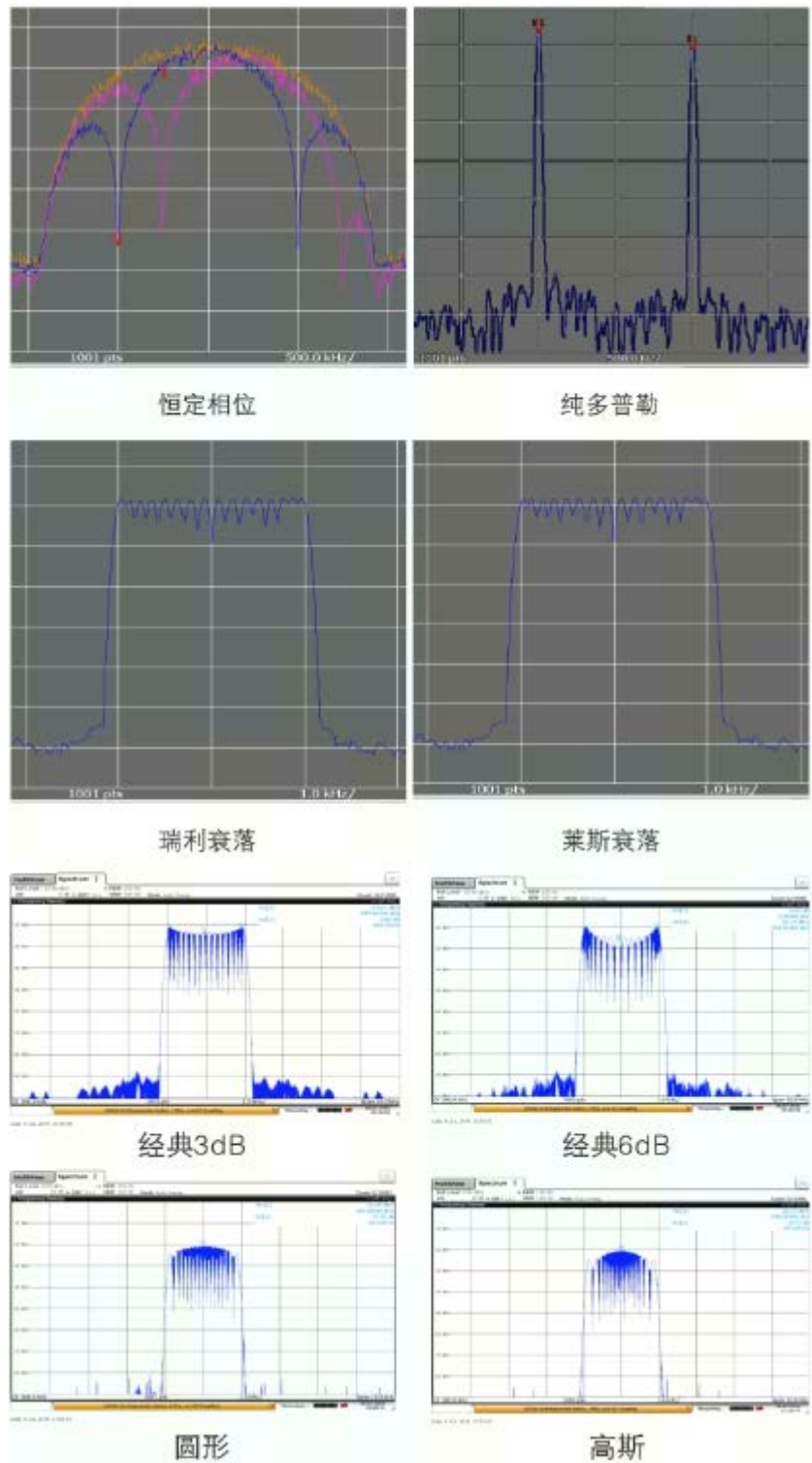


图 2.1 多种衰落谱类型

2) 大范围高分辨率延迟模拟

1612A无线信道仿真器可支持0~4ms的大范围相对路径延迟模拟，延迟分辨率达到0.1ns，延迟精度达到 $\pm(1ns+2\%)$ 。

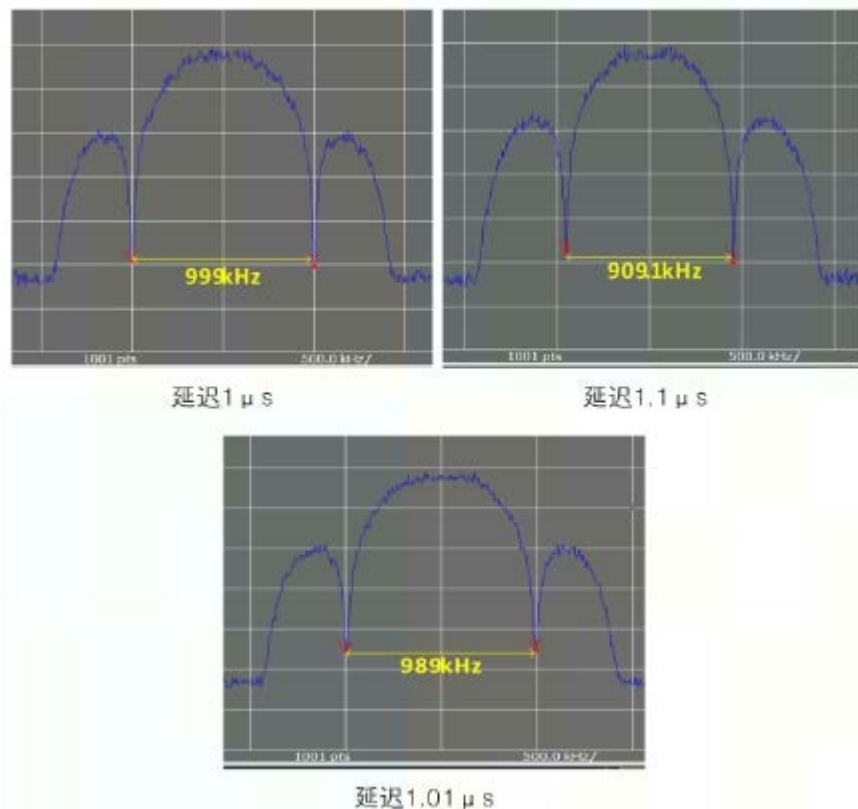


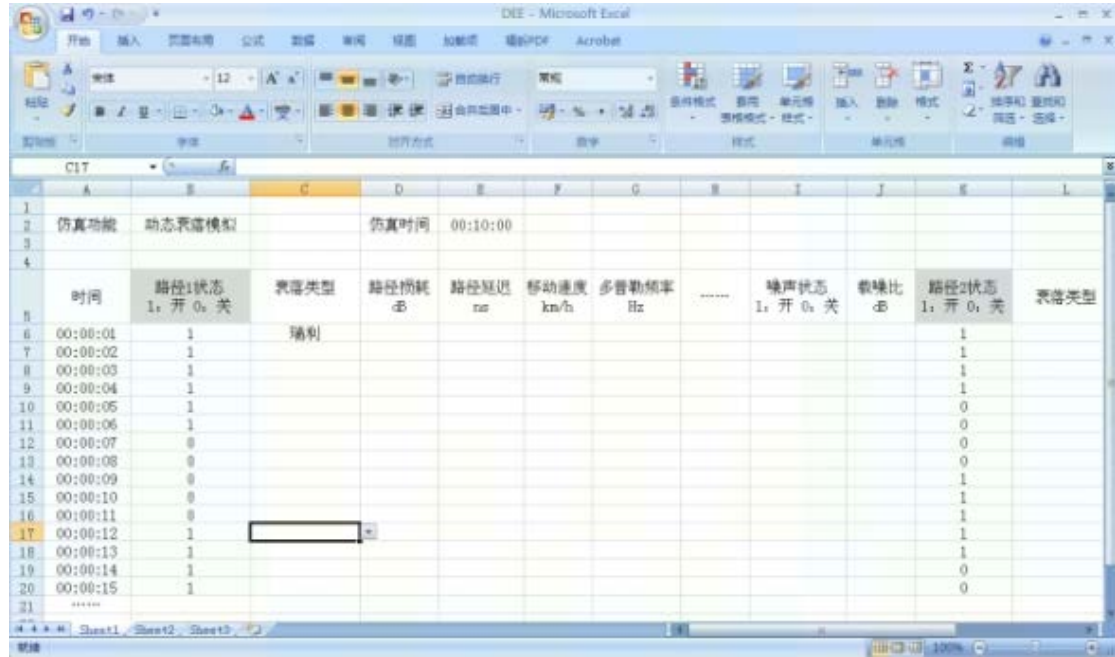
图 2.2 时延

3) 动态环境仿真

1612A 无线信道仿真器可针对动态场景变化适时更新信道模型参数, 包含路径数量、衰落类型、相对路径损耗、延迟等参数, 实现动态环境仿真, 仿真参数脚本可以利用 Excel 进行编辑, 方便快捷。同时支持滑动延迟、生灭模拟等多种动态变换场景。

2 概述

2.1 产品综述



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'DDE - Microsoft Excel'. The spreadsheet contains a table with the following data:

时间	路径1状态 1: 开 0: 关	衰落类型	路径损耗 dB	路径延迟 ms	移动速度 km/h	多普勒频率 Hz	噪声状态 1: 开 0: 关	载噪比 dB	路径2状态 1: 开 0: 关	衰落类型
00:00:01	1	莱斯							1	
00:00:02	1								1	
00:00:03	1								1	
00:00:04	1								1	
00:00:05	1								0	
00:00:06	1								0	
00:00:07	0								0	
00:00:08	0								0	
00:00:09	0								1	
00:00:10	0								1	
00:00:11	0								1	
00:00:12	1								1	
00:00:13	1								1	
00:00:14	1								0	
00:00:15	1								0	

图 2.3 动态环境仿真

4) 灵活配置的硬件平台

1612A 无线信道仿真器硬件平台采用模块化设计，前后插板，单个射频收发板卡与单个信号处理板卡组成一个 2×2 MIMO 单元，通过控制 MIMO、单元数量可以灵活配置 MIMO 规模。此外，预留一个信号汇聚板卡槽，方便多台整机的级联扩展。



图 2.4 仪器前后面板

2.1.1.3 灵活性

1) 直观灵活的用户操作界面

1612A 无线信道仿真器为全自主设计软件，采用大屏幕、中文操作界面，当前状态信息尽收眼底。操作界面也可根据需要改变主题颜色，方便您的使用。

2 概述

2.1 产品综述

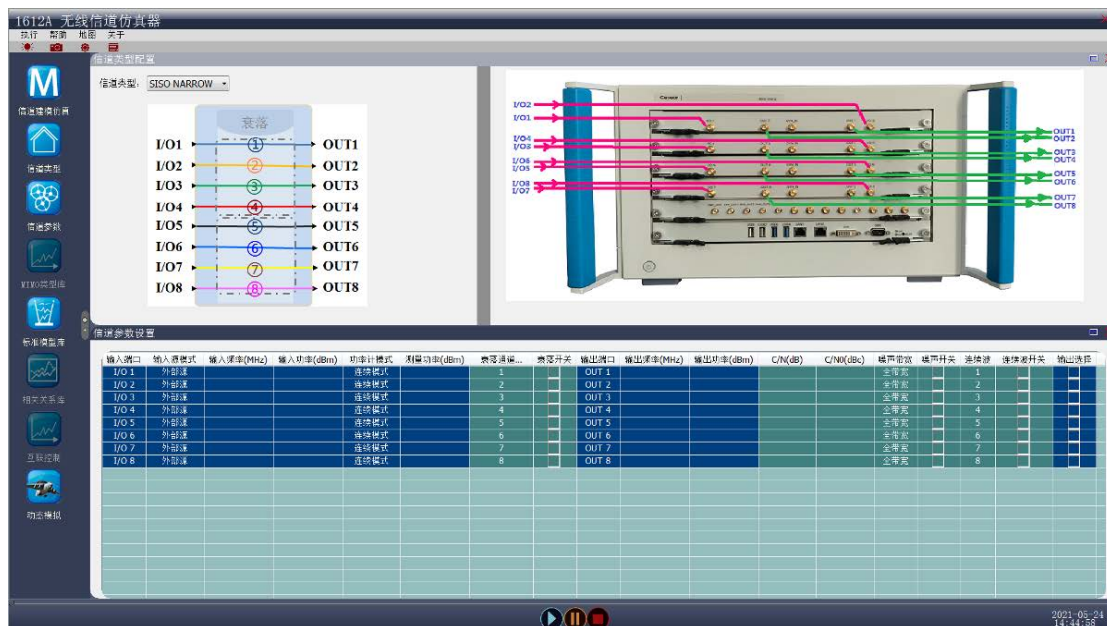


图 2.5 实际操作界面截图

2) U盘自动软件升级

全自主设计软件 1612A 无线信道仿真器提供了可用于软件智能升级及数据备份的 USB 接口，您可以方便地利用软件升级 U 盘对仪器进行软件升级及维护，简单快捷。

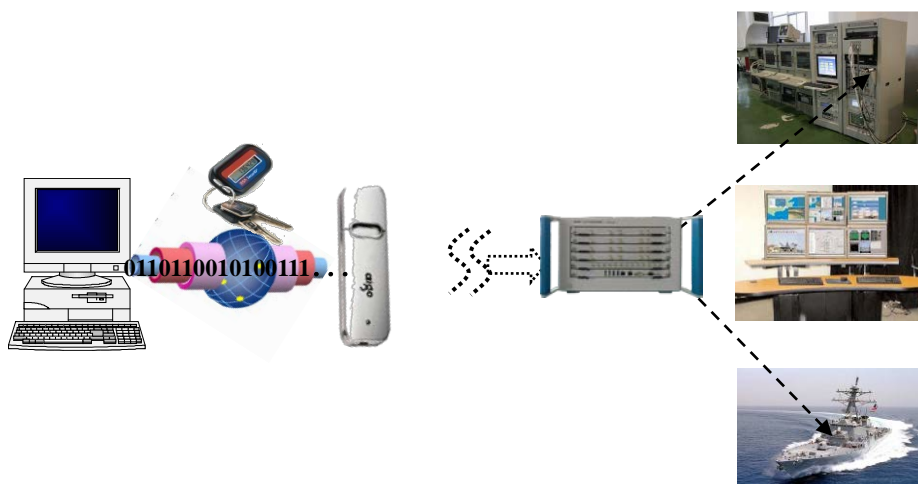


图 2.6 U 盘自动升级

2.1.2 典型应用

1) 通信系统性能综合评估

1612A 无线信道仿真器产品，模拟复杂的无线信号传播场景，用于通信系统综合性性能评估中，解决多通道衰落信号、MIMO 信道等系统指标测试问题。

2) 高性能接收机测试

1612A 无线信道仿真器具有大输出动态范围的路径损耗(40dB),时延分辨率 100ps,多种衰落类型,用于高性能接收机性能测试,解决无线通信中因多径产生的衰落效应、噪声引起的解调指标测试问题。

3) MIMO信道仿真功能

1612A 无线信道仿真器具有 SISO、MIMO 信道仿真能力,射频端口支持双向输入输出,各通道收发本振独立,可支持上下行链路仿真,根据用户的需要,可以产生 2×2、8×4、2×2 双向等 MIMO 信道仿真。

2.2 安全使用指南

请认真阅读并严格遵守以下注意事项!

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

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

● 安全标识	9
● 操作状态和位置	10
● 用电安全	10
● 操作注意事项	11
● 维护	12
● 电池与电源模块	12
● 运输	13
● 废弃处理/环境保护	13

2.2.1 安全标识

2.2.1.1 手册相关

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



危险标识,若不避免,会带来人身和设备伤害。



警告标识,若不避免,会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不可避免，会导致轻度或中度的人身和设备伤害。



注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。



提示标识，仪器及操作仪器的信息。

2.2.2 操作状态和位置

操作仪器前请注意：

- 1) 除非特别声明，1612A 无线信道仿真器的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器时所处的海拔高度最大不超过 4600 米，运输仪器时，海拔高度最大不超过 4500 米。实际供电电压允许在标注电压的 $\pm 10\%$ 范围内变化，供电频率允许在标注频率的 $\pm 5\%$ 范围内变化。
- 2) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，请勿将仪器放置在有水的表面、车辆、橱柜和桌子等不固定及不满足载重条件的物品上。请将仪器稳妥放置并加固在结实的物品表面（例如：防静电工作台）。
- 3) 请勿将仪器放置在容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。
- 4) 请勿将仪器放置在散热的物品表面（例如：散热器）。操作环境温度不要超过产品相关指标说明部分，产品过热会导致电击、火灾等危险。
- 5) 请勿随便通过仪器外壳上的开口向仪器内部塞入任何物体，或者遮蔽仪器上的槽口或开口，因为它们的作用在于使仪器内部通风、防止仪器变得过热。

2.2.3 用电安全

仪器的用电注意事项：

- 1) 仪器加电前，需保证实际供电电压需与仪器标注的供电电压匹配。若供电电压改变，需同步更换仪器保险丝型号。
- 2) 参照仪器后面板电源要求，采用三芯电源线，使用时保证电源地线可靠接地，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，甚至对操作人员造成伤害。
- 3) 请勿破坏电源线，否则会导致漏电，损坏仪器，甚至对操作人员造成伤害。若使用外加电源线或接线板，使用前需检查以保证用电安全。
- 4) 若供电插座未提供开/关电开关，若需对仪器断电，可直接拔掉电源插头，为此需保证电源插头可方便的实现插拔。

2.2 安全使用指南

- 5) 请勿使用损坏的电源线，仪器连接电源线前，需检查电源线的完整性和安全性，并合理放置电源线，避免人为因素带来的影响，例如：电源线过长绊倒操作人员。
- 6) 仪器需使用 TN/TT 电源网络，其保险丝最大额定电流 16A（若使用更大额定电流的保险丝需与厂家商讨确定）。
- 7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。
- 8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。
- 9) 若在电压 $V_{rms} > 30\text{ V}$ 的电路中测试，为避免仪器损伤，应采取适当保护措施（例如：使用合适的测试仪器、加装保险丝、限定电流值、电隔离与绝缘等）。
- 10) 仪器需符合 IEC60950-1/EN60950-1 或 IEC61010-1/EN 61010-1 标准，以满足连接 PC 机或工控机。
- 11) 除非经过特别允许，不能随意打开仪器外壳，这样会暴露内部电路和器件，引起不必要的损伤。
- 12) 若仪器需要固定在测试地点，那么首先需要具备资质的电工安装测试地点与仪器间的保护地线。
- 13) 采取合适的过载保护，以防过载电压（例如由闪电引起）损伤仪器，或者带来人员伤害。
- 14) 仪器机壳打开时，不属于仪器内部的物体，不要放置在机箱内，否则容易引起短路，损伤仪器，甚至带来人员伤害。
- 15) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，因此仪器不要接触液体，以防损伤仪器，甚至带来人员伤害。
- 16) 仪器不要处于容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

2.2.4 操作注意事项

- 1) 仪器操作人员需要具备一定的专业技术知识，以及良好的心理素质，并具备一定的应急处理反映能力。
- 2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。
- 3) 仪器生产过程中不可避免的使用可能会引起人员过敏的物质（例如：镍），若仪器操作人员在操作过程中出现过敏症状（例如：皮疹、频繁打喷嚏、红眼或呼吸困难等），请及时就医查询原因，解决症状。
- 4) 拆卸仪器做报废处理前，请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”的相关说明。
- 5) 射频类仪器会产生较高的电磁辐射，此时，孕妇和带有心脏起搏器的操作人员需要加以特别防护，若辐射程度较高，可采取相应措施移除辐射源以防人员伤害。

2 概述

2.2 安全使用指南

- 6) 若发生火灾,损坏的仪器会释放有毒物质,为此操作人员需具备合适的防护设备(例如:防护面罩和防护衣),以防万一。
- 7) 激光产品上需根据激光类别标识警告标志,因为激光的辐射特性及此类设备都具备高强度的电磁功率特性,会对人体产生伤害。若该产品集成了其它激光产品(例如:CD/DVD光驱),为防止激光束对人体的伤害,除产品手册描述的设置和功能外,不会提供其他功能。
- 8) 电磁兼容等级(符合EN 55011/CISPR 11、EN 55022/CISPR 22及EN 55032/CISPR 32标准)
 - A级设备:
除住宅区和低压供电环境外,该设备均可使用。
注:A级设备适用于工业操作环境,因其对住宅区产生无线通信扰动,为此操作人员需采取相关措施减少这种扰动影响。
 - B级设备:
适用于住宅区和低压供电环境的设备。

2.2.5 维护

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

2.2.6 电池与电源模块

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

- 1) 请勿损坏电池。
- 2) 勿将电池和电源模块暴露在明火等热源下;存储时,避免阳光直射,保持清洁干燥;并使用干净干燥的柔软棉布清洁电池或电源模块的连接端口。
- 3) 请勿短路电池或电源模块。由于彼此接触或其它导体接触易引起短路,请勿将多块电池或电源模块放置在纸盒或者抽屉中存储;电池和电源模块使用前请勿拆除原外包装。
- 4) 电池和电源模块请勿遭受机械冲撞。
- 5) 若电池泄露液体,请勿接触皮肤和眼睛,若有接触请用大量的清水冲洗后,及时就医。
- 6) 请使用厂家标配的电池和电源模块,任何不正确的替换和充电碱性电池(例如:锂电池),都易引起爆炸。

- 7) 废弃的电池和电源模块需回收并与其它废弃物品分开处理。因电池内部的有毒物质，需根据当地规定合理丢弃或循环利用。

2.2.7 运输

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

2.2.8 废弃处理/环境保护

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

3 操作指南

本章介绍了 1612A 无线信道仿真器的使用前注意事项、后后面板浏览、常用基本测量方法等。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.....15
- 前、后面板说明.....28
- 基本测量方法.....31

3.1 准备使用

- 操作前准备.....15
- 操作系统配置.....25
- 例行维护27

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1612A 无线信道仿真器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：

3.1 准备使用

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.....	16
● 环境要求.....	17
● 开/关电.....	18
● 正确使用连接器.....	21
● 用户检查.....	24

3.1.1.1 开箱

1) 外观检查

步骤 1. 检查外包装箱和仪器防震包装是否破损，若有破损保存外包装以备用，并按照下面的步骤继续检查。

步骤 2. 开箱，检查主机和随箱物品是否有破损；

步骤 3. 按照表 3.1 仔细核对以上物品是否有误；

步骤 4. 若外包装破损、仪器或随箱物品破损或有误，严禁通电开机！请根据封面中的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

注意

搬移：因仪器和包装箱较重，移动时，应由两人合力搬移，并轻放。

2) 型号确认

表 3.1 随箱物品清单

名称	数量	功能
主机:		
◇ 1612A	1	—
标配:		
◇ 三芯电源线	1	—
◇ 用户手册	1	—
◇ 装箱清单	1	—
◇ 产品合格证	1	—
选件:		
◇ MIMO 信道仿真软件	1	实现 MIMO 信道仿真
◇ 标准信道模型 CDMA Standards	1	实现 CDMA 标准信道模型
◇ 标准信道模型 GSM Standards	1	实现 GSM 标准信道模型
◇ 标准信道模型 NADC Standards	1	实现 NADC 标准信道模型
◇ 标准信道模型 FCN Standards	1	实现 FCN 标准信道模型
◇ 标准信道模型 TETRA Standards	1	实现 TETRA 标准信道模型
◇ 标准信道模型 3GPP Standards	1	实现 3GPP 标准信道模型
◇ 标准信道模型 DAB Standards	1	实现 DAB 标准信道模型
◇ 标准信道模型 WIMAX Standards	1	实现 WIMAX 标准信道模型
◇ 标准信道模型 1xEVDO Standards	1	实现 1xEVDO 标准信道模型
◇ 标准信道模型 3GPP/LT High Speed Train	1	实现 3GPP/LT High Speed Train 标准信道模型

3.1.1.2 环境要求

1612A 无线信道仿真器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

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

注意

上述环境要求只针对仪器的操作环境因素，而不属于技术指标范围。

2) 散热要求

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

表 3.3 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 $1M\Omega$ 的对地隔离电阻。

请正确应用以下防静电措施来减少静电损坏：

- 保证所有仪器正确接地，防止静电生成；
- 将同轴电缆与仪器连接之前，应将电缆的内外导体分别与地短暂接触；
- 工作人员在接触接头、芯线或做任何装配操作以前，必须佩带防静电手腕或采取其他防静电措施。

警告

电压范围

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合。

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

1612A 无线信道仿真器内部电源模块配备 220V 交流电源模块。220V 交流电源模块的仪器只能用 220V 交流电源供电。因此，请您在使用信号发生器前请仔细查看仪器后面板的电源要求。

表 3.4 列出了信道仿真器正常工作时的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	
额定输出电流	>5A	
功耗(开机)	基本配置	全部配置
	<500W	<800W

提示

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 的交流稳压电源为信道仿真器供电。

b) 确认及连接电源线

1612A 无线信道仿真器采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在信号发生器加电前，必须确认信号发生器的电源线中的**保护地线已可靠接地**，浮地或接地不良都可能导致仪器被毁坏，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 6A。

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。在给频谱分析仪加电开机之前，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 10A，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. 拧出保险丝座；

步骤 4. 换保险丝；

步骤 5. 重新装入保险丝座；

3.1 准备使用

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/F10A），以防引起火灾。
严禁使用其它材料或其它型号的保险丝。

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: 用包装箱内与信号发生器配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端接入信道仿真器的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座旁标注信号发生器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. 打开后面板电源开关: 如图 3.2，观察前面板电源开关（如图 3.3）上方待机指示灯变亮为黄色。

步骤 3. 打开前面板电源开关: 如图 3.3，开机前请先不要连接任何设备到信号发生器，若一切正常，可以开机，开机后面板电源开关上方的指示灯会变为绿色。



图3.1 电源插座



图3.2 后面板电源开关



图3.3 前面板电源开关

b) 开/关电

i. 开机

步骤 1. 打开后面板电源开关（“|”）。

步骤 2. 打开前面板左下角电源开关，此时电源开关上方电源指示灯颜色由黄色变为绿色。

步骤 3. 信道仿真器前面板用户界面将逐步显示仪器启动过程的相关信息，Windows 7 自动启动。

步骤 4. Windows 7 启动成功后，系统自动运行信道仿真器的初始化程序，显示信道仿真器的操作主界面。

仪器进入可操作状态。

提示

10MHz 时基及预热

1612A 无线信道仿真器冷启动时，为使信号发生器的 10MHz 时基处于操作温度，需预热一段时间。信号发生器从待机状态启动工作时，不需要预热时间。测试指标时，仪器需预热两小时。（具体请参考数据页中相关说明）。

注意

系统启动

本仪器使用了 Windows + x86 计算机的控制平台，在 BIOS 自检和 Windows 装载过程中，用户无需干预，勿中途断电，也勿修改 BIOS 中的设置选项。

ii. 关机

步骤 1. 关闭前面板左下角电源开关。此时，仪器进入关机过程（软硬件需要经过一些处理后才能关闭电源），经过十几秒后，仪器关闭。仪器断电，需长按电源键 3 秒，此时电源开关指示灯颜色由绿色变为黄色，散热风扇停止工作；

步骤 2. 关闭后面板电源开关（“O”），或者断开仪器电源连接。

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。**不要直接操作后面板电源开关或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，需要信号发生器紧急断电。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

在信号发生器进行各项测试过程中，经常会用到连接器，尽管校准件、测试电缆和分析仪测量端口的连接器都是按照最高的标准进行设计制造，但是所有这些连接器的使用寿命都是有限的。由于正常使用时不可避免的存在磨损，导致连接器的性能指标下降甚至不能满足测量要求，因此正确的进行连接器的维护和测量连接不但可以获得精确的、可重复的测量结果，还可以延长连接器的使用寿命，降低测量成本，在实际使用过程中需注意以下几个方面：

3.1 准备使用

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：

- a) 电镀的表面是否磨损，是否有深的划痕；
- b) 螺纹是否变形；
- c) 连接器的螺纹和接合表面上是否有金属微粒；
- d) 内导体是否弯曲、断裂；
- e) 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，为保护信号发生器本身的各个接口，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 3.4，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 3.4 互连器件的轴心在一条直线上

步骤 2. 如图 3.5，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。

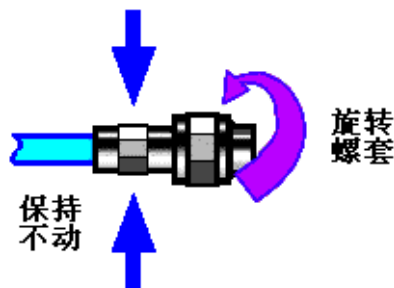


图 3.5 连接方法

步骤 3. 如图 3.6，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。

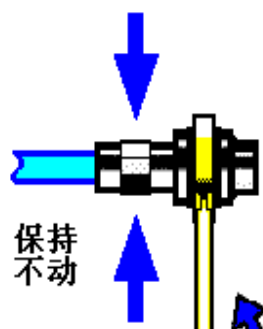


图 3.6 使用力矩扳手完成最后连接

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 3.7 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。

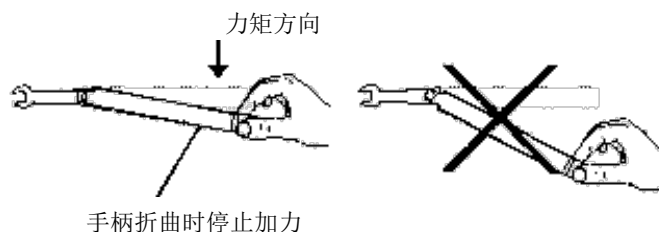


图 3.7 力矩扳手的使用方法

5) 连接器的使用和保存

- a) 连接器不用时应加上保护护套；
- b) 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；
- c) 使连接器和分析仪保持相同的温度，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；
- d) 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；
- e) 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；

3.1 准备使用

- f) 佩带防静电腕带并在接地的导电工作台垫上工作，这可以保护分析仪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：

- a) 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；
- b) 用异丙基酒精浸湿（但不浸透）不起毛的棉签；
- c) 使用棉签清除连接器接合表面和螺纹上的污物和碎屑。当清洁内表面时，注意不要对中心的内导体施加外力，不要使棉签的纤维留在连接器的中心导体上；
- d) 让酒精挥发，然后使用压缩空气将表面吹干净；
- e) 检查连接器，确认没有颗粒和残留物；
- f) 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

当信道仿真器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，另外即使信道仿真器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。将适配器连接到分析仪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，对于分析仪来说，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是否可以完全平直的接触。

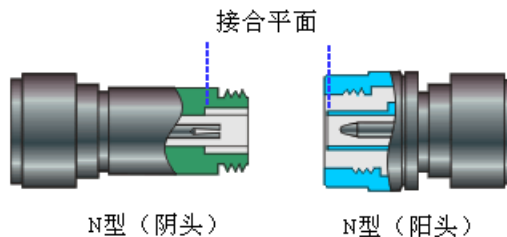


图 3.8 校准平面

3.1.1.5 用户检查

1612A 无线信道仿真器初次加电后，需要检查仪器是否工作正常，以备后续测量操作。

1) 开机自检

将 1612A 无线信道仿真器连接电源，观察前面板左下角电源开关上方的电源指示灯为黄色，表示待机电源工作正常。轻触前面板电源开关，观察前面板电源指示灯变为绿色，显示器背光灯点亮，显示启动过程，显示开机状态界面，显示“初始化成功”，表明仪器工作正常。若失败，显示“初始化失败”，表明仪器工作不正常，此时，请根据本手册中的封面二 或者“4.4 返修方法”中提供的联系方式与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

2) 功能验证

将 1612A 无线信道仿真器开机并预热至少 30 分钟，射频输入端 I/O1 接入信号发生器，射频输出端 OUT1 接入频谱分析仪。如下设置仪器：

步骤 1. 设置信号发生器的输出信号频率为 2GHz，输出信号功率为 0dBm，射频输出；

步骤 2. 设置频谱分析仪中心频率为 2GHz，参考电平为 0dBm，扫宽 10MHz；

步骤 3. 设置本仪器的输入端口 I/O1 【输入频率】2000MHz，【输入功率】0dBm，【输出功率】2000MHz，【输出功率】-20dBm，【输出选择】选通；

步骤 4. 按仪器控制软件中【开始】仿真按钮，若无任何告警指示，表明仪器工作正常；若有告警信息，表明仪器工作不正常，此时，请根据本手册中的封面二 或者“4.4 返修方法”中提供的联系方式与我所服务咨询中心联系，我们将根据情况迅速维修或调换。

3.1.2 操作系统配置

本章介绍了 1612A 无线信道仿真器的操作系统，及其配置和维护等方法。为了保证仪器软件功能的正常运行，请参照下面有关信号发生器操作系统的注意事项：

- [仪器软件说明](#).....25
- [Windows 7使用](#).....25
- [Windows 7配置](#).....26

3.1.2.1 仪器软件说明

1612A 无线信道仿真器的主机软件运行的操作系统是 Windows XP，已经按照信号发生器的特性需求安装配置完成。1612A 无线信道仿真器主机软件基于 Windows XP 操作系统，在仪器出厂前都已安装完毕。

3.1.2.2 Windows 7 使用

使用管理员帐户可以进行以下操作：

- 安装第三方软件；
- 配置网络和打印机；
- 读写硬盘上的任意文件；
- 增加、删除用户帐户和密码；
- 重新配置 Windows 设置；

3.1 准备使用

- 运行其它应用程序。

注意

第三方软件影响仪器性能

1612A 无线信道仿真器采用的是开放式的 Windows 环境，安装其它的第三方软件，可能会影响信道仿真器性能。只能运行经过厂家测试并与主机软件兼容的软件。

3.1.2.3 Windows 7 配置

在仪器出厂前，1612A 无线信道仿真器的操作系统已配置为最佳状态，任何操作系统设置更改都有可能造成仪器测量性能的下降。通常情况下，Windows 操作系统的设置不需要做任何更改。

注意

更改系统配置导致问题

一旦由于更改系统配置产生仪器使用问题或者系统崩溃，可以使用仪器的系统恢复工具恢复操作系统和应用软件，或者根据本手册前言部分的服务咨询热线与我所服务咨询中心联系，我们将尽快予以解决。

注意

BIOS 设置不可修改

BIOS 中已经对信道仿真器做了针对性设置，用户不要修改 BIOS 中的设置，否则会引起仪器启动和工作异常。

但是，为了方便用户的测量报表及系统集成，以下列出的各项，用户可以根据需要自行更改。

- [配置USB设备.....26](#)

1) 配置 USB 设备

1612A 无线信道仿真器的前面板和后面板提供 USB 接口，用户可直接连接 USB 设备。若端口数量不足，可通过 USB 接口外接 USB 集线器以满足需求。信道仿真器可连接的 USB 设备是：

- 可直接从计算机插拔的 USB 存储器，便于数据更新；
- CD-ROM 驱动器，便于安装固件程序；
- 键盘、鼠标，便于编辑数据、操作仪器；

Windows 7 操作系统支持即插即用设备，因此安装 USB 设备十分方便，当设备连接到 USB 端口时，Windows 7 会自动搜寻匹配的设备驱动程序。若未找到，系统会提示自行查找

驱动程序目录完成安装。

若 USB 设备从 USB 端口移除，Windows 7 会自动检测到硬件配置发生变化，并卸载相关驱动程序。USB 设备的插拔，不影响信道仿真器的工作状态。

连接 USB 设备的方法如下说明：

a) 连接存储器或 CD-ROM 驱动器

若存储器或 CD-ROM 驱动器安装成功，Windows XP 会提示：“设备安装成功，可以使用”，并自动显示路径名称和提示符（例如：“D:”）。

b) 连接键盘

Windows 7 系统会自动检测连接到仪器的 USB 键盘，输入语言默认为“中文(中国) - 简体中文 - 美式键盘”，可通过“开始 > 设置 > 控制面板 > 区域和语言选项 > 文字服务和输入语言”配置键盘属性。

c) 连接鼠标

Windows 7 系统会自动检测连接到仪器的鼠标，可通过“开始 > 设置 > 控制面板 > 鼠标”配置鼠标属性。

3.1.3 例行维护

本节介绍了 1612A 无线信道仿真器的日常维护方法。

- [清洁方法](#).....27
- [测试端口维护](#).....28

3.1.3.1 清洁方法

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。

3.1.3.2 测试端口维护

1612A无线信道仿真器前面板有一个SMA端口（阴头）。若该接头损伤或内部存在灰尘会影响射频波段测试结果，请按照的下面的方法维护该类接头：

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

注意

端口阻抗匹配

1612A无线信道仿真器前面的射频端口是50 Ω SMA型接头（阴头）。若连接不匹配阻抗连接器会损伤该接头。

3.2 前、后面板说明

该章节介绍了 1612A 无线信道仿真器的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1612A 无线信道仿真器的前面板组成及功能，前面板如下列项说明：
前面板示意图如下图所示。



图 3.9 无线信道仿真器前面板示意图

前面板共分 7 个区域：

- A) 仪器名称区：标注了仪器的型号和名称
本仪器名称为“1612A 无线信道仿真器”。
- B) 1 号射频通道接口区：从左至右，依次是 I/O1、OUT2、SYN_IN、OUT1、I/O2。
- C) 2 号射频通道接口区：从左至右，依次是 I/O3、OUT4、SYN_IN、OUT3、I/O4。
- D) 3 号射频通道接口区：从左至右，依次是 I/O5、OUT6、SYN_IN、OUT5、I/O6。
- E) 4 号射频通道接口区：从左至右，依次是 I/O7、OUT8、SYN_IN、OUT7、I/O8。
- F) 时钟板射频接口区：从左至右，依次是 REF_OUT、SYN_OUT1、SYN_OUT2、SYN_OUT3、SYN_OUT4、SYN_OUT5、SYN_OUT6、SYN_OUT7、SYN_OUT8、REF_IN、TRI_IN、TRI_OUT1、TRI_OUT2。
- G) 工控机接口区：从左至右，依次是 USB1、USB2、USB3、USB4、LAN1、LAN2、DVI、DB9。
- H) 工控机状态指示灯区：依次是硬盘指示灯、电源指示灯、复位指示灯。
- I) 【工作/待机】开关及状态指示灯区：



图 3.10 开关及指示灯

【工作/待机】开关用来开/关仪器。待机和待机指示灯表示了仪器是处于上电待机状态还是正常工作状态。当接好电源线，并打开后面板的总电源开关后，待机指示灯变为黄色高亮，表示此时仪器已通电，但没有工作，正处于待机模式。打开【工作/待机】开关后工作指示灯变为绿色高亮，同时待机指示灯熄灭，表示此时仪器进入正常开机工作状态。

3 操作指南

3.2 前、后面板说明

3.2.2 后面板说明



图 3.11 1612A 型无线信道仿真器后面板示意图

后面板如图 3.11 所示，主要是电源及各种信号线及控制线的接口，共计 2 个部分：

- A) 时钟板射频接口区：从左至右，依次是 REF_IN、EX_CLK_IN、REF_OUT、CLK_OUT
- B) 电源输入滤波器及开关：要求 220V、50Hz 交流电输入。接好电源线后，打开此开关，仪器进入上电待机状态，前面板的待机指示灯变亮，同时 10MHz 参考时基预热和部分电路加电。打开前面板的【工作/待机】开关后，仪器进入正常开机工作状态。

3.3 基本测量方法

本节介绍了1612A无线信道仿真器的基本的设置和测量方法，包括：

- [基本设置说明](#) 31

3.3.1 基本设置说明

本节介绍了 1612A 无线信道仿真器的用户操作界面主要特征及基本仿真设置方法，后续的不同测量任务都会用到这些基本的测量设置方法。本节包括：

- [操作界面主要特征](#) 31

3.3.1.1 操作界面主要特征

1612A无线信道仿真器采用新型直观的图形用户界面，能够清晰的显示信道仿真的整个过程。外接显示器推荐分辨率为1920*1080，接口为DVI接口，软件显示区主要分为以下几个部分：

- A) **标题栏：**
显示本软件的名称“1612A 无线信道仿真器”。
- B) **菜单栏：**
显示软件的菜单，包括文件、模式。执行、帮助。
- C) **工具栏：**
工具栏主要提供快捷工具，包括显示设置、截屏、设置和测试历史。
- D) **功能导航区：**
功能导航区提供功能的快捷进入按钮，包括信道类型、信道参数、标准模型库、配置、校准、远控等。
- E) **参数选择及设置区：**
此处主要用来设置通道射频参数及衰落信道参数等。
- F) **状态栏：**
该处主要用于显示设置信息、进度及信道仿真过程的开始结束暂停按钮等。

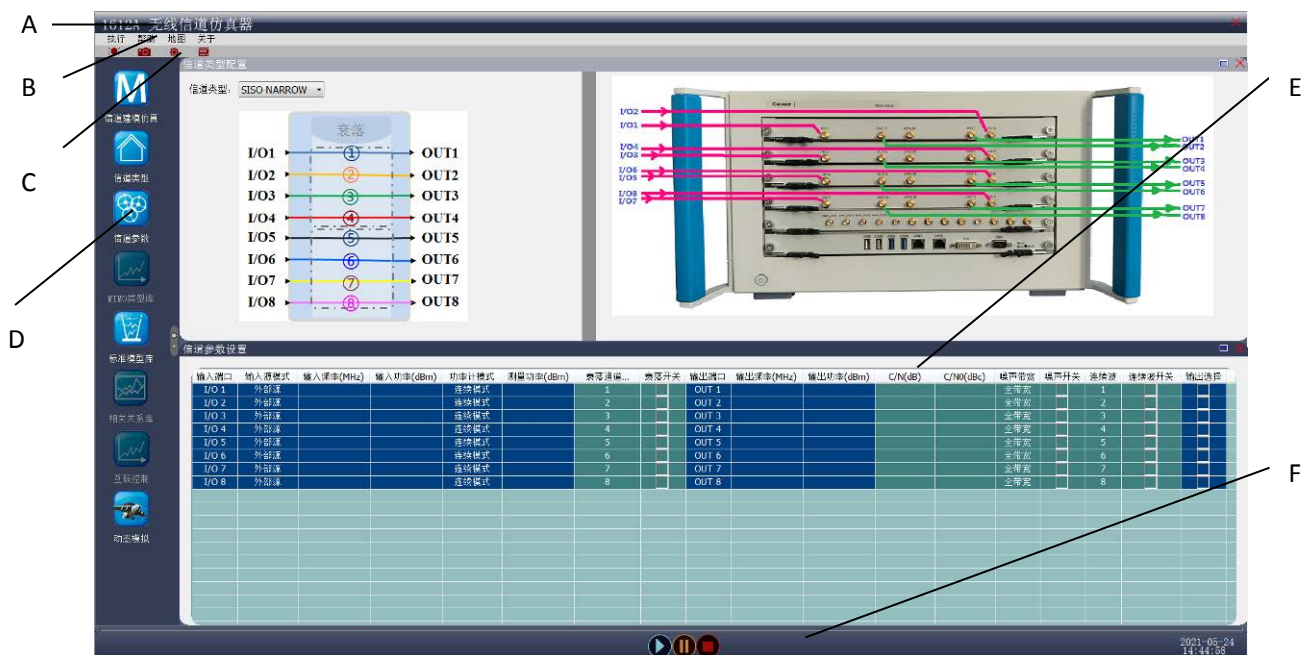


图 3.12 外接显示器显示区

3.6 功能操作指南

这部分介绍了 1612A 的基本设置功能的操作方法，包括：信道输入设置、衰落工作模式、噪声工作模式、输出信号设置、开始结束设置等。以示例具体说明设置步骤。

3.6.1 信道输入设置

无线信道仿真器共有四个输入信道，输入信道的设置是类似的，此处以信道 1 为例，进行说明。

点击用户功能导航区按钮【信道参数】，进入信道设置程序，如图 3.13 所示。信道输入设置包括输入源模式、输入频率、输入功率、功率计模式。

输入端口	输入源模式	输入频率(MHz)	输入功率(dBm)	功率计模式	测量功率(dBm)
I/O 1	外部源	2000.000	0.0	连续模式	无输入信号
I/O 2	外部源			连续模式	
I/O 3	外部源			连续模式	
I/O 4	外部源			连续模式	

图 3.13 信道输入设置

【输入源模式】包括外部源和内部源两种模式。外部源模式表示信道模拟过程中的输入信号来自于用户的信号发射机，内部源模式表示信道模拟过程中的输入信号由无线信道仿真器内部产生。输入源模式为外部源时，用户可以设置【输入频率】、【输入功率】及【功率计模式】，输入源模式为内部源时，【输入频率】、【输入功率】及【功率计模式】参数不可设置，用户通过内部源参数设置窗口，可设置内部信号源相关参数。其中，1612A 内部源工作模式为选件。

【输入频率】为用户接入无线信道仿真器的输入信号的中心频率。

【输入功率】为用户接入无线信道仿真器的输入信号的功率值。

【功率计模式】包括连续模式和触发模式。
【测量功率】用于显示仪器接收到的外部信号功率值。

3.6.2 衰落工作模式

衰落是完成 1612A 无线信道仿真器的信道衰落模拟，将输入信号进行衰落输出。
在衰落设置界面，信道模拟类型有单入单出模式、MIMO 模式以及动态信道模拟模式。动态信道模拟模式又分为动态滑动、动态生灭和动态环境仿真。

点击【信道类型】，弹出【信道类型配置】窗口，如下图所示。

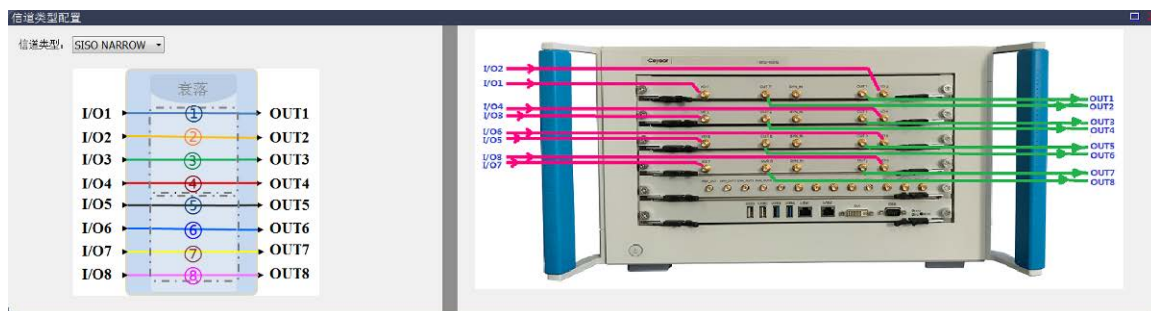


图 3.14 信道类型配置

单入单出：

这里给出单入单出衰落的菜单操作示例。

【信道类型】→【SISO NARROW】，如下图所示。

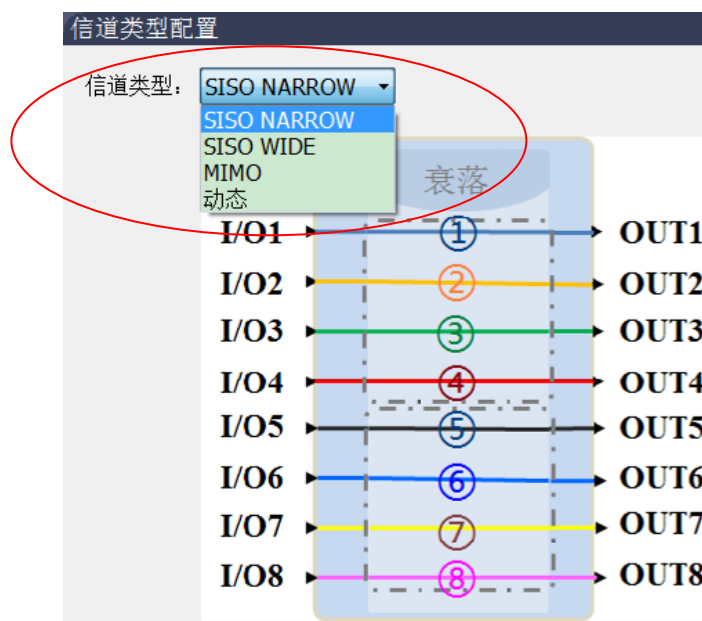


图 3.15 单入单出衰落

点击信道参数设置窗口的【衰落通道...】，如图 3.16 所示。弹出路径类型衰落路径设置，如图 3.17 所示。

输入端口	输入源模式	输入频率(MHz)	输入功率(dBm)	功率计模式	测量功率(dBm)	衰落通道...	衰落开关
I/O 1	外部源	30.000	15.0	连续模式	无输入信号	1	<input type="checkbox"/>
I/O 2	外部源			连续模式		2	<input type="checkbox"/>
I/O 3	外部源			连续模式		3	<input type="checkbox"/>
I/O 4	外部源			连续模式		4	<input type="checkbox"/>

图 3.16 衰落通道



图 3.17 衰落通道参数设置

在衰落通道参数设置窗口中，可通过【添加】按钮，添加衰落通道中的衰落路径，也可以通过【载入文件】导入预存的用户自定义模型或标准信道模型，如下图所示。

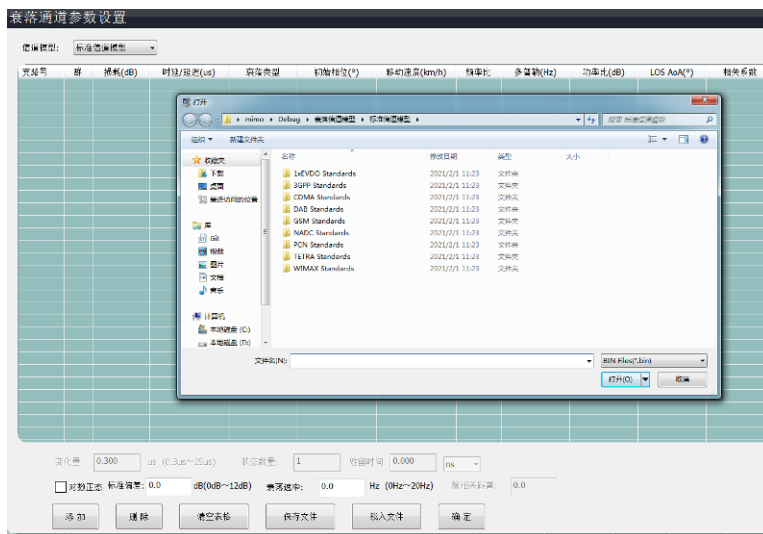


图 3.18 标准信道模型

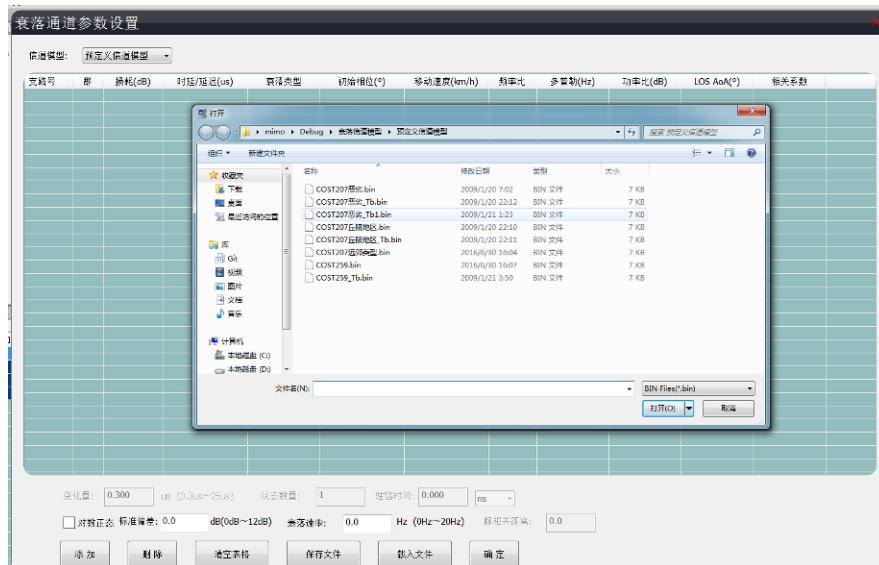


图 3.19 预定义信道模型

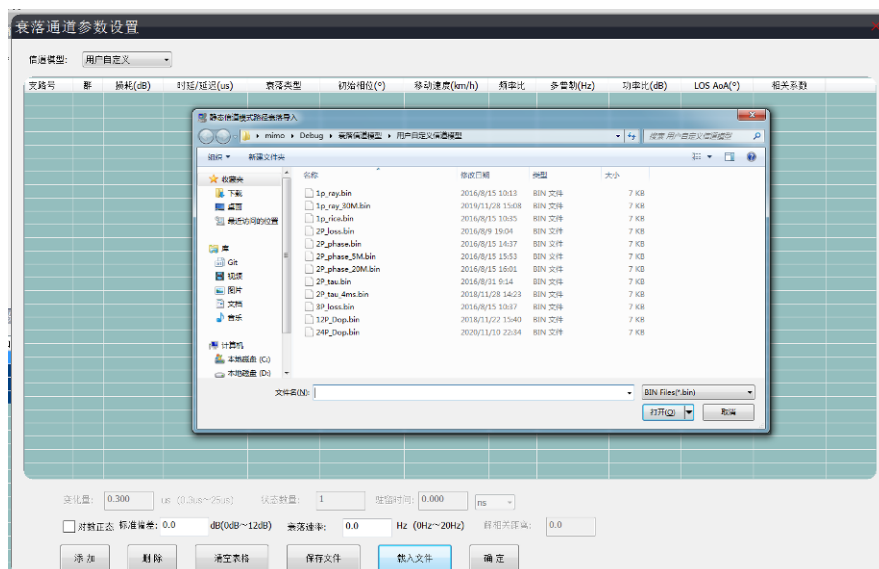


图 3.20 用户自定义信道模型

通过【载入文件】导入后，信道模型数据导入到【衰落通道参数设置】窗口，如下图所示。



图 3.21 24 径衰落

通过【删除】按钮可删除选择的衰落路径。通过【清空表格】可删除表格内的所有数据。通过【保存文件】可以保存当前的衰落通道参数。通过【确定】按钮，完成衰落通道参数的设置。完成参数设置后，勾选【衰落开关】，衰落参数在衰落通道中有效，如下图所示。



图 3.22 衰落开关

动态生灭：

这里给出动态生灭衰落的菜单操作示例。

【信道类型】，选择【动态】模式，【动态类型】选择【生灭】，如下图所示。



图 3.23 动态类型

点击【衰落路径】，弹出生灭路径类型衰落路径设置，如下图所示。



图 3.24 生灭路径衰落

动态滑动:

选择【动态】类型，选择【滑动】。点击【衰落路径】，弹出动态滑动路径衰落设置，如下图所示。设置方法与单入单出的设置类似，此处不再赘述。



图 3.25 动态滑动路径衰落设置

动态环境仿真：

选择【动态】类型，选择【动态环境仿真】。点击【衰落路径】，弹出动态仿真设置如图 3.26 所示。



图 3.26 动态仿真设置

点击【文件导入】，弹出动态环境仿真文件导入窗口，如图 3.27 所示。选择要导入的 excel 动态环境仿真文件，点击【打开】，导入动态环境参数文件。

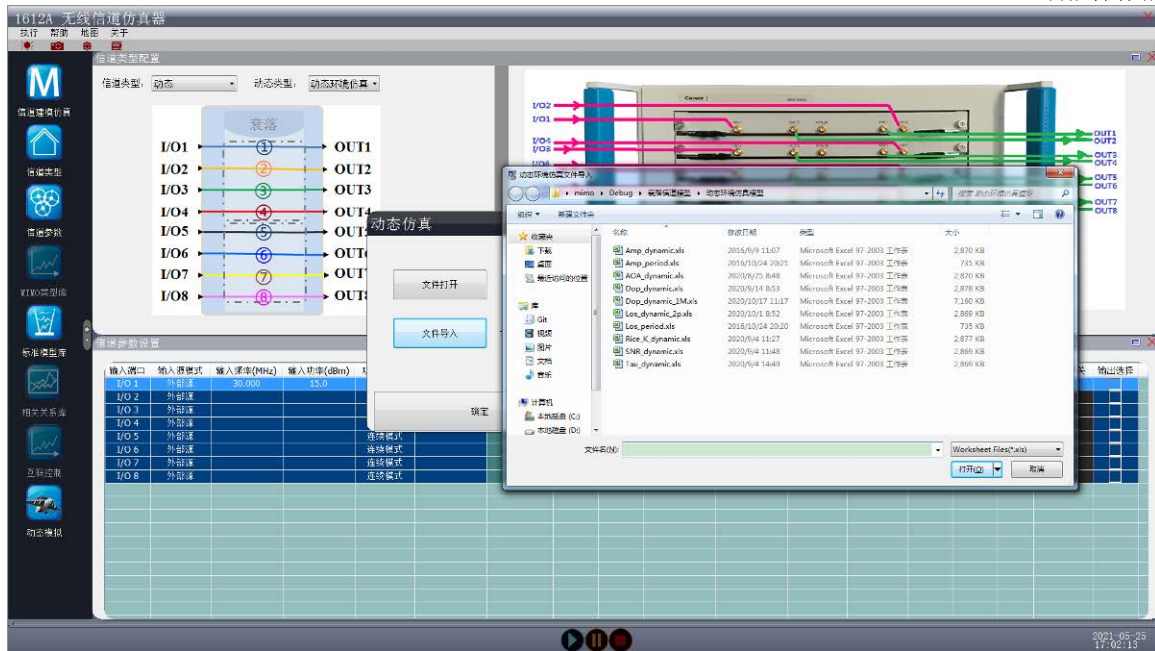


图 3.27 动态环境仿真衰落路径设置

点击【确定】，完成动态仿真设置，如图 3.28 所示。

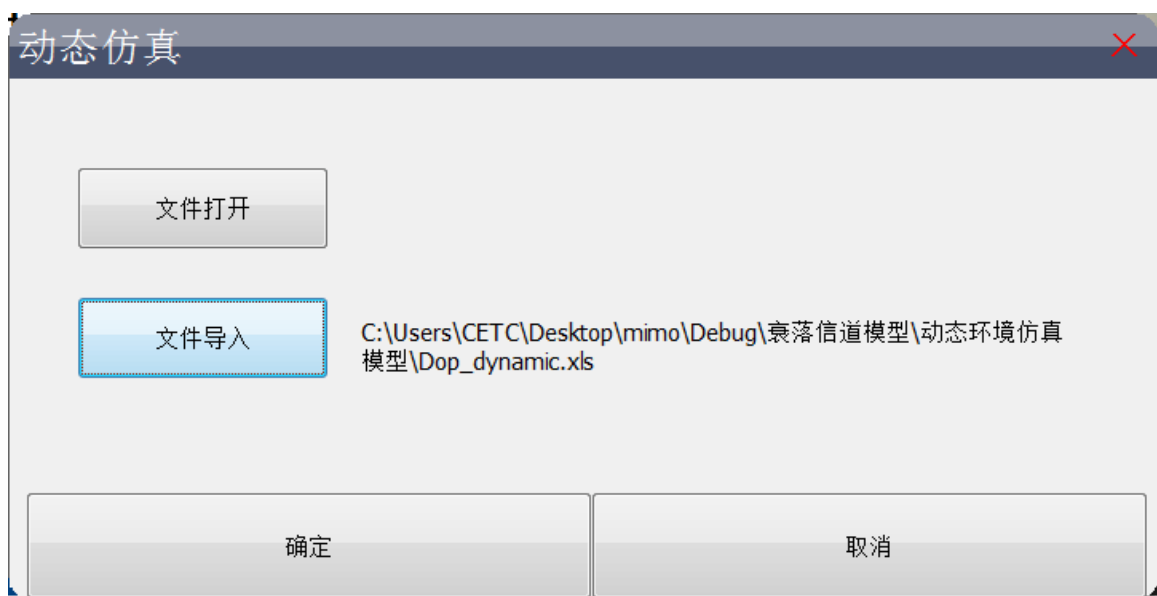


图 3.28 动态仿真

3.6.3 噪声工作模式

噪声是 1612A 无线信道仿真器的通道噪声，给信道添加噪声干扰。仪器共有四个通道，每个通道都可以独立的设置噪声参数，此处以通道 1 为例。点击通道噪声，弹出噪声设置界面，如图 3.29 所示。

【C/N】输入信噪比 → 【选择带宽】，带宽可以设置 1.25MHz、12.5MHz、50MHz、125MHz、200MHz、全带宽。设置完成后，勾选【噪声开关】选项。



图 3.29 噪声设置界面

3.6.4 输出信号设置

1612A 无线信道仿真器共有八个输出通道，每个通道可独立设置通道输出参数，包括频率和功率参数。此处说明以信道 1 为例，信道 1 的输出参数控制如图 3.30 所示。



图 3.30 输出参数设置

3.6.5 开始结束设置

1612A 无线信道仿真器输入、信道、噪声、输出参数设置完成并且勾选相应的选择框后，可以点击开始按钮开始信道仿真过程，点击结束按钮结束信道仿真过程，控制如图 3.31 所示。

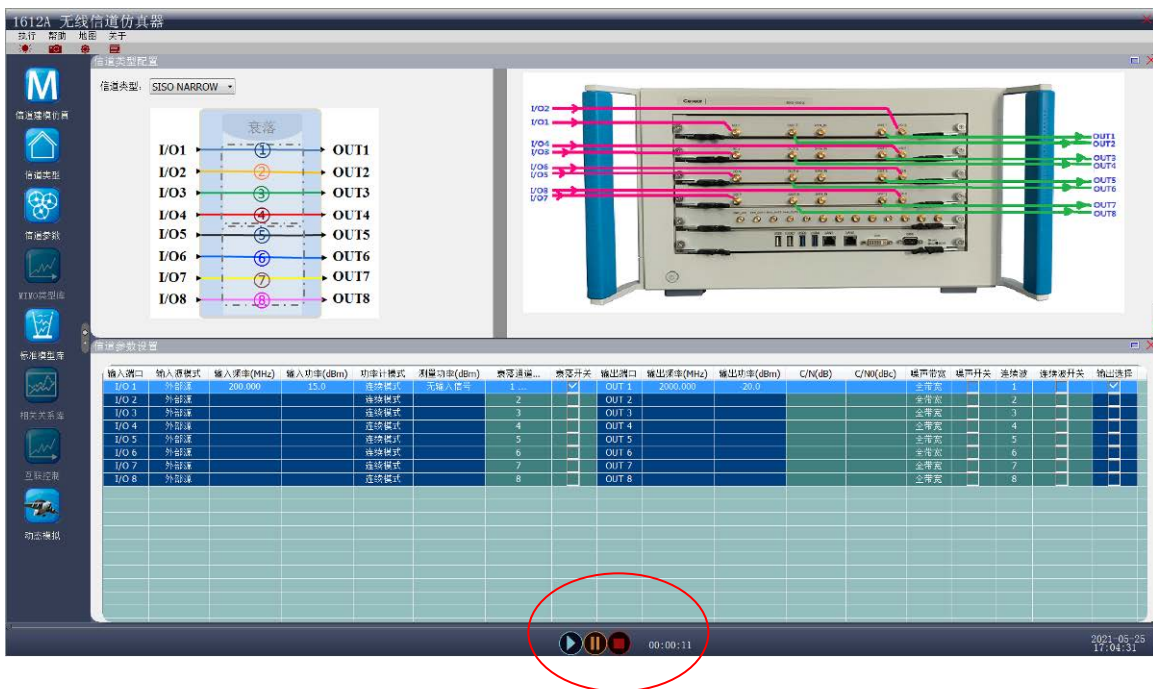


图 3.31 开始结束设置

4 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。并说明信号发生器出错信息。

如果您购买的 1612A 无线信道仿真器，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买信号发生器相关部件或附件，将提供完善的售后服务。

通常情况下，产生问题的原因来自硬件、软件或用户使用不当，一旦出现问题请您及时与我们联系。如果您所购买的信号发生器处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的信号源进行免费维修；如果超过保修期，具体维修费用按照合同要求收取。

- 工作原理 43
- 故障诊断与排除 43
- 返修方法 45

4.1 工作原理

为了便于用户了解 1612A 无线信道仿真器的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍信号发生器的基本工作原理及硬件原理框图。

4.1.1 整机工作原理和硬件原理框图

无线信道仿真器包含了多种衰落模拟功能，通用性强，可用于多种不同应用的测试需要。衰落模拟部分包括 SISO、MIMO、动态衰落、滑动衰落和生灭衰落等模式，主要由路径损耗、多径时延、多径衰落、阴影衰落和噪声模拟产生等组成。数模转换模块运用可变速率采样把数字信号变化成模拟信号；信号调理模块输出信号的设定幅度。各个分模块单元由一个主控软件控制，当主控软件调用该控制单元时，只需要设置相应的参数和初始化值，由下层软件执行并输出结果到主控软件，再由主控软件输送到相应的端口最终输出所需波形。图 7-1 表示了整机总体方案。

根据整机详细方案，项目关键技术主要分为两大部分，硬件模块和软件模块。硬件模块由系统电源、通讯接口、主控接口、射频时钟分配单元、数字信号处理单元、IQ 信号调理等模块组成。

电源模块中各路电源采用低纹波稳压电源，控制接口模块采用高速总线控制各功能模块，时钟分配模块可以内部产生相应高速时钟，也可以从外部输入时钟。

衰落模块分为单入单出衰落、动态衰落、生灭衰落与 MIMO 衰落等模块。主要功能是完成路径损耗、多径时延、多径衰落以及噪声产生等功能。

软件主要包括负责仪器状态管理、键盘输入处理和显示数据后级处理等任务的主 CPU 软件和负责对数据的存取和数据的处理的 FPGA 程序两大部分。

4 故障诊断与返修

4.1 工作原理

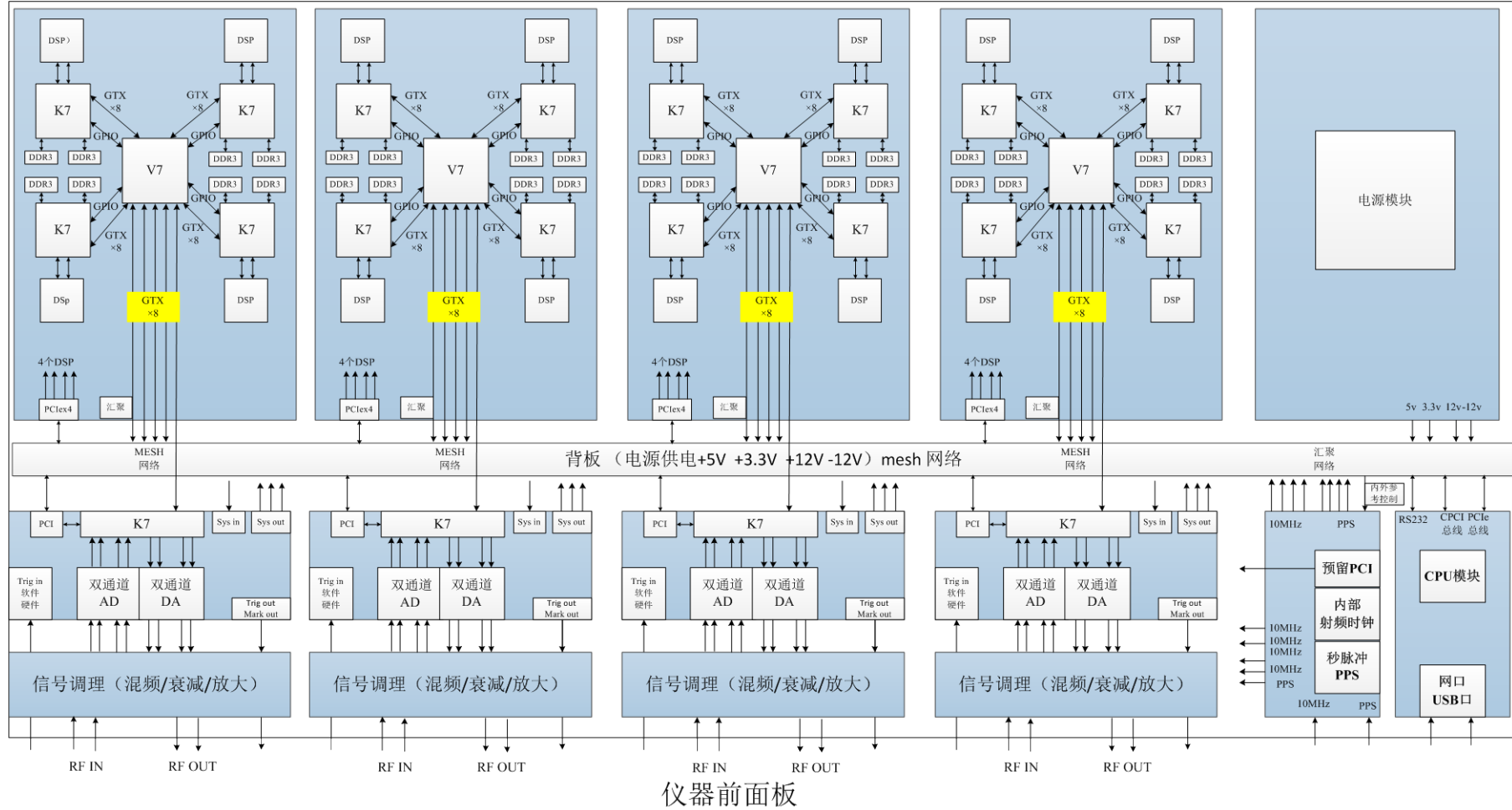


图 4.1 整机原理框图

4.2 故障诊断与排除

提示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 1612A 无线信道仿真器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。

若信号发生器用户界面的状态指示区出现错误信息提示，请查看菜单“系统→错误信息列表……”，以了解具体错误信息说明。

下面按照功能类型，分类列出故障现象和排除方法。

- [系统问题](#) 45

4.2.1 系统问题

- [待机灯不亮](#) 45
- [开机后风扇不转](#) 45

4.2.1.1 待机灯不亮

检查信号发生器 220V 交流电输入是否正常，最大允许偏差 $220V \pm 10\%$ ，如果太高或太低都可能使仪器不能正常工作。如果不正常，检查外部线路，找出故障，排除后，重新给仪器上电，开机。如果 220V 交流电输入正常，检查仪器保险丝，如需更换可参看第一章第四节保险丝一部分。如果是仪器本身电源引起的则需拿回厂家维修或更换电源。

4.2.1.2 开机后风扇不转

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

4.4 返修方法

- [联系我们](#) 45
- [包装与邮寄](#) 45

4.4.1 联系我们

若1612A无线信道仿真器出现问题，首先观察错误信息并保存，分析可能的原因并参考章节“4.2 故障诊断与排除”中提供的方法，予以先期排查解决问题。若未解决，请根据下面的联系方式与我公司服务咨询中心联系并提供收集的错误信息，我们将以最快的速度协助您解决问题。

联系方式:

4.4 返修方法

服务咨询: **0532-86889847 400-1684191**
技术支持: **0532-86880796**
传 真: **0532-86889056**
网 址: www.ceyear.com
电子信箱: techbb@ceyear.com
邮 编: **266555**
地 址: **中国山东省青岛市黄岛区香江路98号**

4.4.2 包装与邮寄

当您的信号发生器出现难以解决的问题时,可通过电话或传真与我们联系。如果经联系确认是信号发生器需要返修时,请您用原包装材料和包装箱包装信号发生器,并按下面的步骤进行包装:

- 1) 写一份有关信号发生器故障现象的详细说明,与信号发生器一同放入包装箱。
- 2) 用原包装材料将信号发生器包装好,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) 请按精密仪器进行托运。
- 7) 保留所有运输单据的副本。

注 意

包装信道仿真器需注意

使用其它材料包装信道仿真器,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,请严格遵守章节“2.1.1 开箱”中描述的注意事项。

5 技术指标与测试方法

本章介绍 1612A 无线信道仿真器的技术指标和主要测试方法。

● 声明	47
● 技术指标	47
● 补充信息	47

5.1 声明

除非特别声明，所有的指标测试条件是：温度范围是： $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，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°C 至 40°C 的工作温度范围内放置至少两小时，再经过 45 分钟预热之后，可保证性能；其中包括测量的不确定度。对于本文中的数据，如无另行说明均为技术指标。

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

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

5.3 技术指标

1612A 型无线信道仿真器在环境温度下存放 2 小时，预热 30 分钟后，在衰减器自动设置工作模式下(或内部稳幅电平大于 -5dBm)满足各项指标性能。以典型值方式给出的补充特性供用户参考，不作考核。基本性能特性及技术指标参考下面的说明。

5.3.1 彩色液晶显示

无线信道仿真器建议使用分辨率为 $1920*1080$ 的彩色液晶显示器，提高用户使用舒适度。

5.3.2 无线信道仿真器

1612A 型无线信道仿真器在环境温度下存放 2h，预热 30min 后满足各项指标性能。

- 1) RF

5.3 技术指标

- RF 输入：8；
- RF 输出：8；
- RF 配置：SISO；
- 带宽：最大 100MHz。
- 2) RF 输入
 - 频率范围：30MHz ~ 6000MHz；
 - 电平范围：-50dBm ~ +15dBm ($\leq 4\text{GHz}$)
-0dBm ~ +15dBm (4GHz ~ 6GHz)；
- 3) RF 输出
 - 电平范围：-110dBm ~ -20dBm (RMS, $\leq 4\text{GHz}$)
-110dBm ~ -30dBm (RMS, 4GHz ~ 6GHz)；
- 4) 数字功率计
 - 模式：连续模式，
用于选通信号的 RF 触发模式。
- 5) 独立路径数量
 - 最大 24 个。
- 6) 相对路径延迟
 - 范围：0 μs ~ 4000 μs ；
- 7) 相对路径损耗
 - 范围：0dB ~ 40dB；
- 8) 动态环境仿真
 - 可控制的参数：状态持续时间、信道输出电平、AWGN 开/关、载噪比、
路径状态(开/关)、相对路径功率和延时、LOS AoA、K factor、
频率变换和 Doppler 速度；
 - 信道更新速率：50 次/s。
- 9) 衰落
 - 类型：瑞利、莱斯、纯多普勒、频率变换、相位变换；
 - 多普勒：最大 4000Hz；
 - 重复间隔：>7days；
 - 相对相位：0° ~ 360°，分辨率：0.1°；
 - Rician K 因子：-30dB ~ +30dB；
 - 衰落功率谱：经典 6dB、平坦型、经典 3dB、圆拱型。
- 10) AWGN 选件
 - 载噪比：-40dB ~ 32dB；
 - 精度： $\pm 1\text{dB}$ ；
 - 带宽：最大 100MHz。
- 11) 控制接口
 - 以太网
- 12) 其他
 - 10MHz 内部参考精度：1ppm 可锁定至外部参照。

5.3.3 环境条件

按 GJB3947A-2009 军用电子测试设备通用规范中 4 级执行。

5.3.4 可靠性

MTBF(θ0) ≥ 5000h

5.4 测试方法

5.4.1 调试前准备

调试之前，请熟悉并掌握 1612A 型无线信道仿真器面板的各种标识符号，目测检查仪器外观结构应完整，无明显机械损伤和镀涂损坏现象，各控制件均需安装正确、牢固可靠、操作灵活，符合要求。开机使仪器在常温下预热至少 30 分钟以上。

5.4.2 功能调试

整机功能调试主要目的是确保整机功能全部正常，如遇功能不正常，请检查整件调试记录，确定故障环节，进行故障排除。

5.4.2.1 显示

观察显示屏工作是否正常，显示清晰，没有暗点，没有乱码。若仪器启动后显示屏为白色，检查显示器连接信号线是否连接好，供电电压是否正常，另外采用替换法更换一块显示屏，从而确认问题源头。若显示不能满屏，则检查 BIOS 里面的显示设置，类型置为 CRT+LVDS，分辨率应该为 WVGA1280×800。

5.4.2.2 风扇

把手放在机头两侧风扇的散热口，应能感觉到有温热的风吹出来，工作时的噪声应该很小；风扇如果不能正常工作，检查+12V 电源是否正常。

5.4.2.3 实时衰落引擎

如下图连接好测试仪器，设置信号发生器输出频率为 2GHz、功率为 0dBm 的正弦波，设置无线信道仿真器 RF 模式为【SISO】，选择【通道 1】，设置【输入频率】为 2GHz，【输入功率】为 0dBm，【输出频率】为 1.999GHz 衰落，【输出功率】为 -20dBm，衰落 1 添加一条衰落路径，设置【路径损耗】为 0dB，【时延】为 0us，衰落类型分别为瑞利、莱斯、纯多普勒、频率变换、相位变换，其他设置项为默认设置，打开运行开关，从示波器观察是否有衰落信号波形输出，如有相应的衰落信号，则功能正常。

5.4 测试方法



图 5.1 实时衰落引擎测试图

5.4.2.4 全数字基带 AWGN 生成器

如图连接好测试仪器，设置信号发生器输出频率为2GHz、功率为0dBm的正弦波，设置无线信道仿真器RF模式为【SISO】，选择【通道1】，设置【输入频率】为2GHz，【输入功率】为0dBm，【输出频率】为1.999GHz衰落，【输出功率】为-20dBm，衰落1添加一条衰落路径，设置【路径损耗】为0dB，【时延】为0us，【衰落类型】为相位变换，【相位】为0°，【噪声状态】设置为开，【载噪比】为10dB，【带宽】为20MHz，其他设置项为默认设置，打开运行开关，从示波器观察是否有叠加噪声的信号输出，如有叠加噪声的信号输出，则全数字基带AWGN生成器功能正常。

5.4.2.5 动态环境仿真功能

如下图连接好测试仪器，设置信号发生器输出频率为2GHz、功率为0dBm的正弦波，设置无线信道仿真器RF模式为【动态环境仿真】，选择【通道1】，设置【输入频率】为2GHz，【输入功率】为0dBm，【输出频率】为1.999GHz衰落，【输出功率】为-20dBm，载入动态环境仿真参数控制文件，其他设置项为默认设置，打开运行开关，从频谱仪观察是否动态环境仿真信号输出，如有动态环境仿真信号输出，则动态环境仿真功能正常。



图 5.2 动态环境仿真测试图

5.4.2.6 MIMO 信道仿真功能

如下图连接好测试仪器，设置信号发生器输出频率为2GHz、功率为0dBm的正弦波，设置无线信道仿真器RF模式为【MIMO 4x4】，设置【输入频率】为2GHz，【输入功率】为0dBm，【输出频率】为1.999GHz衰落，【输出功率】为-20dBm，各通道添加一条衰落路径，设置【路径损耗】为0dB，【时延】为0us，【衰落类型】为相位变换，【相位】为0°，其

5.4 测试方法

他设置项为默认设置，打开运行开关，从示波器观察4个输出通道是否有衰落信号输出，如有2个输出通道均有衰落信号输出，则MIMO信道仿真功能正常。



图 5.3 MIMO 信道仿真测试图

5.4.2.7 自动参数检查功能

- a) 对输入参数范围进行检查，超出范围时进行相应提示，则功能正常；
- b) 对关联参数进行检查，修改任一参数，其关联参数进行相应变化，则功能正常。

5.4.3 指标调试

无线信道仿真器在环境温度下存放 2h，预热 30min 后测试各项指标。

5.4.3.1 RF 测试

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪和示波器验证无线信道仿真器RF输入和输出的端口数量、RF配置、数字信道数量以及带宽是否满足要求。

5.4.3.1.1 RF 输入/输出测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器的RF输入和输出的端口数量及阻抗是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz

5.4 测试方法

- 【功率】 0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：
- 【RF 模式】 SISO
- 【输入频率】 2GHz
- 【输入电平】 0dBm
- 【输出频率】 2GHz
- 【输出电平】 -20dBm
- 【衰落 1】 1 条路径
- 【衰落类型】 相位变换
- 【相位】 0 °
- 【相对路径损耗】 0dBm
- 【相对路径延迟】 0μs
- 4) 如下设置频谱分析仪：
- 【中心频率】 2GHz
- 【带宽】 1MHz
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 6) 按上述步骤，信号发生器的输出端口分别连接本产品的输入端口 2、3、4、5、6、7、8，相应的本产品的输出端口 2、3、4、5、6、7、8 分别连接频谱分析仪，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.1 中记录测试结果。

5.4.3.1.2 数字信道

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器的数字信道数量是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示

c) 测试步骤

- 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 如下设置信号发生器：

【信号】 正弦波

【频率】 2GHz

【功率】 0dBm
- 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	MIMO 8×4
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0 μ s

4) 如下设置频谱分析仪:

【中心频率】	2GHz
【带宽】	1MHz

- 5) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符;
- 6) 将本产品的输出端口 2、3、4 分别连接频谱分析仪, 其他设置项保持不变, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 7) 按上述步骤, 将信号发生器输出端口分别连接本产品的输入端口 2、3、4、5、6、7、8, 同时将本产品的输出端口 1、2、3、4 分别连接频谱分析仪, 其他设置项保持不变, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

d. 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.1 中记录测试结果。

5.4.3.1.3 RF 配置测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和示波器验证 1612A 无线信道仿真器的 RF 配置是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
数字示波器	1 台
射频同轴电缆	4 根 (等长)

测试框图: SISO 配置测试如下图所示, 2×2 (双向) 配置测试如图 5.4 所示。



5.4 测试方法

图 5.4 2×2（双向）配置测试图

c) 测试步骤

- 1) SISO 配置测试步骤同 4.7.1.1。
- 2) 2×2（双向）配置测试如图 5.4 信号发生器输出端口连接本产品的 I/O 端口 1、2，本产品的 I/O 端口 3、4 连接示波器，，开机预热至少 30min；
- 3) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 4) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	2×2（双向）
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0μs
- 5) 打开运行开关, 观测示波器显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 6) 按上述步骤, 将信号发生器输出端口连接本产品的 I/O 端口 3、4, 同时将本产品的 I/O 端口 1、2 连接示波器, 其他设置项保持不变, 观测示波器显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表A.1中记录测试结果。

5.4.3.1.4 带宽测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器的带宽是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图: 如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1, 本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪, 开机预热至少 30min;
- 2) 如下设置信号发生器:

- | | |
|------|---------|
| 【信号】 | 正弦波 |
| 【频率】 | 1.95GHz |
| 【功率】 | 0dBm |
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器:
- | | |
|----------|-----------|
| 【RF 模式】 | SISO |
| 【输入频率】 | 2GHz |
| 【输入电平】 | 0dBm |
| 【输出频率】 | 2GHz |
| 【输出电平】 | -20dBm |
| 【衰落 1】 | 1 条路径 |
| 【衰落类型】 | 相位变换 |
| 【相位】 | 0 ° |
| 【相对路径损耗】 | 0dBm |
| 【相对路径延迟】 | 0 μ s |
- 4) 如下设置频谱分析仪:
- | | |
|--------|--------|
| 【中心频率】 | 2GHz |
| 【带宽】 | 200MHz |
- 5) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率、电平是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 6) 按上述步骤, 设置信号发生器信号频率为 2.05GHz, 其他设置项保持不变, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率、电平是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 7) 如果步骤 (5) 与步骤 (6) 观测信号频率相符, 则满足最大 100MHz 的带宽要求。
- d. 测试记录与数据处理
- 在性能特性记录表 A.1 中记录测试结果。

5.4.3.2 RF 输入测试

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪验证无线信道仿真器RF输入的频率范围、电平范围和分辨率是否满足要求。

5.4.3.2.1 频率范围测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器RF输入的频率范围是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根 (等长)

测试框图: 如图5.2所示

c) 测试步骤

- 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1, 本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪, 开机预热至少 30min;

5.4 测试方法

2) 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	1MHz
【功率】	0dBm

3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	1MHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1MHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0 μ s

4) 如下设置频谱分析仪:

【中心频率】	1MHz
【带宽】	1MHz

5) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

6) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 6GHz, 频谱分析仪中心频率为 6GHz, 无线信道仿真器输入输出频率为 6GHz, 其他设置项保持不变, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.2 中记录测试结果。

5.4.3.2.2 电平范围和分辨率测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪验证无线信道仿真器RF输入的电平范围和分辨率是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器		1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台	
射频同轴电缆		1 根

测试框图: 如图5.5所示



图 5.5 实时衰落引擎测试图

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.5 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1;
- 2) 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	30GHz
【功率】	+15dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	1MHz
【输入电平】	+15dBm
【功率计模式】	连续
- 4) 打开运行开关, 观测本机数字功率计显示的接收信号的功率是否与信号发生器输出信号的功率相符。
- 5) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 30GHz, 【功率】为-50dBm, 其他设置项保持不变, 观测本机数字功率计显示的接收信号的功率是否与信号发生器输出信号的功率相符。
- 6) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 6GHz, 【功率】分别为-40dBm、+15dBm, 其他设置项保持不变, 观测本机数字功率计显示的接收信号的功率是否与信号发生器输出信号的功率相符。
- 7) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 4GHz, 【功率】分别为-40dBm、+15dBm, 其他设置项保持不变, 观测本机数字功率计显示的接收信号的功率是否与信号发生器输出信号的功率相符。
- 8) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 2GHz, 【功率】分别为 0dBm、0.5dBm, 其他设置项保持不变, 观测本机数字功率计显示的接收信号的功率是否与信号发生器输出信号的功率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.2 中记录测试结果。

5.4.3.3 RF 输出测试

5.3.1 频率范围测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪验证无线信道仿真器RF输出频率范围是否满足要求。

5.4 测试方法

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根 (等长)

测试框图: 如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1, 本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪, 开机预热至少 30min;
- 2) 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1MHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0 μ s
- 4) 如下设置频谱分析仪:

【中心频率】	1MHz
【带宽】	1MHz
- 5) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与设置值相符。
- 6) 按上述步骤, 设置无线信道仿真器【输出频率】为 6GHz, 【输出电平】分别为-30dBm, 频谱分析仪【中心频率】为 6GHz, 其他设置项保持不变, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与设置值相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.3 中记录测试结果。

5.3.2 输出电平测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪验证无线信道仿真器RF输出的电平范围、分辨率以及精度是否满足要求, 为避免信号发生器输出信号的空间辐射对仪器输出信号功率的影响, 需要设置信道仿真器输入输出频率不同。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
-------	-----

频谱分析仪 Ceyear 4036G 1 台

射频同轴电缆 2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1MHz
【输出电平】	-110dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0μs
- 4) 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	1MHz
【带宽】	1MHz
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符。
- 6) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【输出电平】为-20dBm，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符，准确度是否满足要求。
- 7) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【输出频率】为 4GHz，【输出电平】分别为-110dBm、-30dBm，频谱分析仪【中心频率】为 4GH，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符，准确度是否满足要求。
- 8) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【输出频率】为 6GHz，【输出电平】分别为-110dBm、-30dBm，频谱分析仪【中心频率】为 6GH，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符，准确度是否满足要求。
- 9) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【输出频率】为 1.999GHz，【输出电平】分别为-110dBm、-70dBm、-60dBm、-20dBm，频谱分析仪【中心频率】为 1.999GH，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符，准确度是否满足要求。
- 10) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【输出频率】为 4.999GHz，【输出电平】分别为-110dBm、-70dBm、-60dBm、-20dBm，频谱分析仪【中心频率】为 4.999GH，其他

5.4 测试方法

设置项保持不变,观测频谱分析仪显示的接收信号的功率是否与无线信道仿真器输出电平设置值相符,准确度是否满足要求。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.3 中记录测试结果。

5.4.3.4 数字功率计测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器、频谱分析仪验证无线信道仿真器数字功率计的模式是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	1 根

测试框图: 如图5.6所示



图 5.6 数字功率计模式测试图

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.6 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1, 本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪, 开机预热至少 30min;
- 2) 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【数字功率计模式】	连续
- 4) 打开运行开关, 观测无线信道仿真器显示的接收信号的功率是否与信号发生器信号输出功率相符, 准确度是否满足 $\pm 3\text{dB}$ 要求。
- 5) 按上述步骤, 设置信号发生器【频率】为 2GHz, 【功率】分别为-50dBm、0dBm、+15dBm, 其他设置项保持不变, 观测无线信道仿真器显示的接收信号的功率是否与信号发生器信号输出功率相符, 准确度是否满足 $\pm 3\text{dB}$ 要求。
- 6) 按上述步骤, 设置无线信道仿真器【数字功率计模式】为触发, 其他设置项保持不变, 打开运行开关, 观测无线信道仿真器显示的接收信号的功率是否与信号发生器

信号输出功率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.1 和 A.2 中记录测试结果。

5.4.3.5 独立路径数量测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器独立路径数量是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

c) 测试步骤

1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；

2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm

3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	24 条路径
【衰落类型】	各路径均为纯多普勒
【多普勒频率】	各路径分别为-4000Hz~4000Hz(间隔 300Hz)
【相对路径损耗】	各路径均为 0dBm
【相对路径延迟】	各路径均为 0 μ s

4) 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	2GHz
【带宽】	10kHz

5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号路径数量与设定值是否相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A. 4 中记录测试结果。

5.4.3.6 相对路径延迟测试

a) 项目说明

5.4 测试方法

无线信号传输过程中，受环境因素影响，到达接收机有多条路径叠加而成，多径信号达到时间有先后，相对路径延迟是指信号经过多径传输到达接收端的多径信号之间的相对延迟量。本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的恒定相位衰落类型的频谱是否符合要求。

由于信号经过多径延迟会造成频域选择性衰落，对于宽带信号在频域会出现相应的凹点，信号延迟相同初始相位不同时，凹点会发生相应变化，根据凹点频率变化可以反推相应的相位变化。

对于信号 $f(t)$ ，其频谱表示为 $F(\omega)$ ，信号经过多径延迟以及相位变化后的信号表示为 $f(t) + f(t - \tau)e^{j\varphi}$ ，其频谱表示为 $F(\omega)(1 + e^{j(\omega\tau + \varphi)})$ ，对于 $1 + e^{j(\omega\tau + \varphi)}$ 变化规律如图 5.7 所示。当 $\varphi = 0$ 时，相邻两个零点之间的频率间隔为

$$\Delta f = 1/\tau \dots\dots\dots (1)$$

随着 φ 的变化，凹点频率也将随着变化。

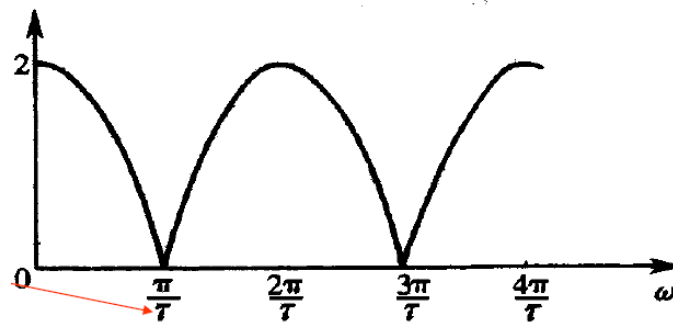


图 5.7 $1 + e^{j(\omega\tau + \varphi)}$ 变化图

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱仪	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图 5.2 所示。

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接示波器，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	数字调制
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
【调制方式】	QPSK
【数据源】	PN23
【码元速率】	1ksps
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz

【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	2 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	均为 0°
【相对路径损耗】	0dBm 0dBm
【相对路径延迟】	0μs 4000μs

- 4) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示信号相应凹点频差, 并根据公式 (1) 转换为相对路径延时变化量, 与设定值对比是否相符。若准确度在 $\pm(1ns+2\%$ 测量量)以内, 则判定合格。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A. 4 中记录测试结果。

5.4.3.7 相对路径损耗测试

a) 项目说明

本测试是利用信号发生器和频谱分析仪验证1612A无线信道仿真器相对路径损耗是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根 (等长)

测试框图: 如图5.2所示。

c) 测试步骤

- 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1, 本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪, 开机预热至少 30min;
- 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1.999GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	2 条路径
【衰落类型】	各路径均为纯多普勒
【多普勒频率】	各路径分别为 0Hz、1000Hz
【相对路径损耗】	各路径分别为 0dB、0dB
【相对路径延迟】	各路径均为 0μs
- 如下设置频谱分析仪:

【中心频率】	1.999GHz
【带宽】	10kHz

5.4 测试方法

- 5) 打开运行开关,观测频谱分析仪显示的接收各路径信号的功率差值与设定值是否相符。若准确度在 $\pm(0.5\text{dB}+2\%\text{测量量})$ 以内,则判定合格。
- 6) 按上述步骤,设置无线信道仿真器【相对路径损耗】分别为 0dB、40dB,其他设置项保持不变,打开运行开关,观测频谱分析仪显示的接收各路径信号的功率差值与设定值是否相符。若准确度在 $\pm(0.5\text{dB}+2%\text{测量量})$ 以内,则判定合格。

d. 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A. 4 中记录测试结果。

5.4.3.8 动态信道参数测试

5.4.3.8.1 滑动时延测试

a) 项目说明

本测试是利用示波器验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的滑动时延信道后的输出信号时延变化是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备:

信号发生器	1 台
数字示波器	1 台
射频同轴电缆	2 根(等长)

测试框图:如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1,本产品的输出端口 1 连接示波器,开机预热至少 30min;。

- 2) 如下设置信号发生器:

【信号】	数字调制
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
【调制方式】	ASK
【数据源】	1000...000 (15 个 0)
【码元宽度】	1 μ s

- 3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	滑动模拟
【衰落路径】	2 条
【相对路径损耗】	0dBm 6dBm
【相对路径延迟】	0 μ s 10 μ s
【延时变化量】	10us
【状态数量】	10

【驻留时间】 1s

- 4) 打开运行开关，观测数字存储示波器显示波形的路径数量、延时变化量、状态数量和驻留时间是否满足滑动时延模拟要求，状态数量乘以驻留时间用秒表测试。

d. 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.5 中记录测试结果。

5.4.3.8.2 生灭时延测试

a) 项目说明

本测试是利用示波器验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的生灭时延信道后的输出信号时延变化是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
数字示波器	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接示波器，开机预热至少 30min；。

- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	数字调制
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
【调制方式】	ASK
【数据源】	1000...000（15 个 0）
【码元宽度】	1 μ s

- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	生灭模拟
【衰落路径】	2 条
【相对路径损耗】	0dBm 6dBm
【最小延迟】	1 μ s
【最大延迟】	10 μ s
【延迟间隔】	1 μ s
【状态数量】	10
【驻留时间】	1s

- 4) 打开运行开关，观测数字存储示波器显示波形的延时变化量、状态数量和驻留时间是否满足生灭时延模拟要求。

5.4 测试方法

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.5 中记录测试结果。

5.4.3.9 动态环境仿真测试

a) 项目说明

本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的动态环境仿真信道后的输出信号参数变化是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接示波器，开机预热至少 30min；。
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	动态环境仿真
【载入动态仿真文件】	多普勒动态仿真文件
- 4) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示多普勒频率变换参数变化是否满足动态环境仿真要求。
- 5) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【载入动态仿真文件】分别为信道输出电平、AWGN 开/关、载噪比、路径状态（开/关）、相对路径功率和延时、LOS AoA、K factor 等相关的动态仿真文件，其他设置项保持不变，打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号的相关参数变化是否满足动态环境仿真要求。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.5 中记录测试结果。

5.4.3.10 衰落测试

5.4.3.10.1 瑞利测试

a) 项目说明

本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的瑞利衰落类

型、功率谱形状是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

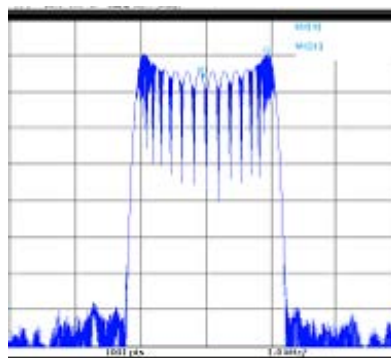
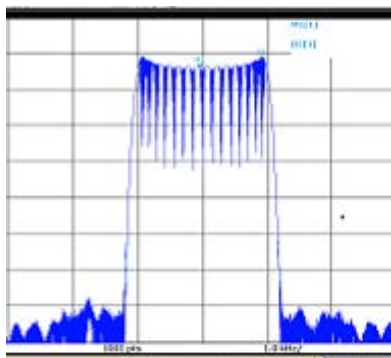
c) 测试步骤。

- 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1.999GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	瑞利
【多普勒频率】	1000Hz
【频谱形状】	经典 3dB
【相对路径损耗】	0dB
【相对路径延迟】	0 μ s
- 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	1.999GHz
【带宽】	10kHz
- 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱，查看信号的频谱展宽是否为 1000Hz。
- 按上述步骤，设置无线信道仿真器【频谱形状】分别为经典 6dB、平坦型、圆拱型，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱，查看信号的频谱展宽是否为 1000Hz。



5.4 测试方法

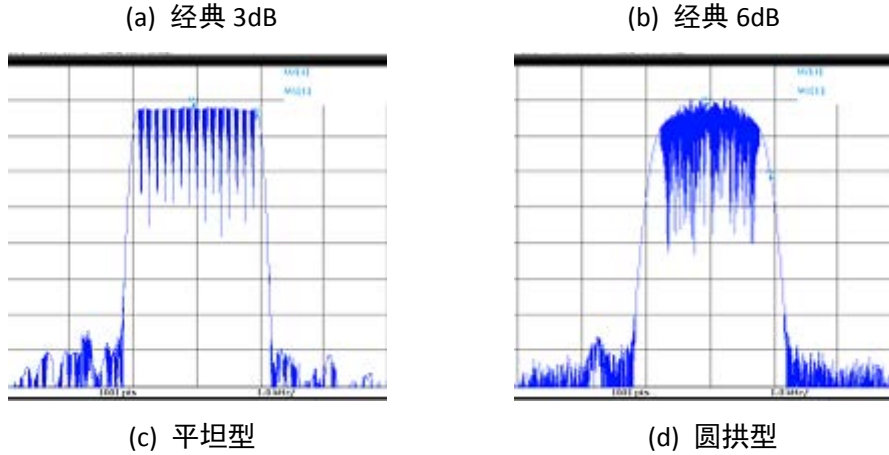


图 5.8 瑞利分布频谱图

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.6 中记录测试结果。

5.4.3.10.2 莱斯测试

a) 项目说明

本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的莱斯衰落类型、Rician K 因子等参数是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

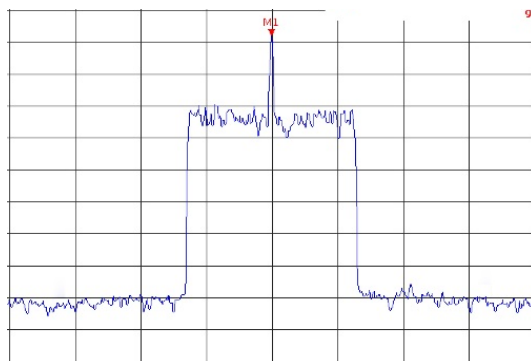
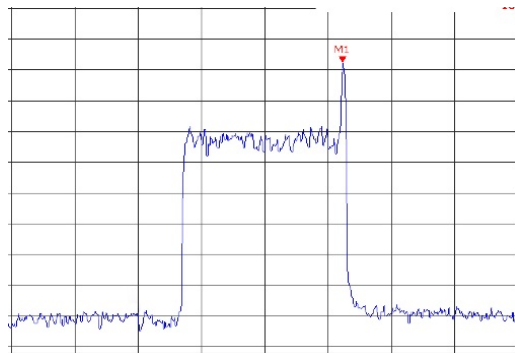
c) 测试步骤。

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热；至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1.999GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	莱斯
【多普勒频率】	1000Hz
【LoS AoA】	0 °

- | | |
|----------|-----------|
| 【K 因子】 | 30dB |
| 【频谱形状】 | 经典 3dB |
| 【相对路径损耗】 | 0dB |
| 【相对路径延迟】 | 0 μ s |
- 4) 如下设置频谱分析仪：
- | | |
|--------|----------|
| 【中心频率】 | 1.999GHz |
| 【带宽】 | 10kHz |
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱，查看信号的频谱展宽是否为 1000Hz，直射径频率是否为 1GHz+1kHz。
- 6) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【LoS AoA】为 90°，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱，查看信号的频谱展宽是否为 1000Hz 直射径频率是否为 1GHz。



(a) LoS AoA = 0°

(b) LoS AoA = 90°

图 5.9 莱斯分布频谱图

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.6 中记录测试结果。

5.4.3.10.3 纯多普勒和频率变换测试

a) 项目说明

本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的纯多普勒、频率变换衰落类型的频移是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

5.4 测试方法

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

c) 测试步骤。

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	1.999GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	纯多普勒
【多普勒频率】	0Hz
【相对路径损耗】	0dB
【相对路径延迟】	0 μ s
- 4) 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	1.999GHz
【带宽】	10kHz
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。
- 6) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【多普勒频率】分别为-4000Hz 和 4000Hz，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号频率是否与信号发生器输出信号的频率 \pm 4000Hz 相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.4 和 A.6 中记录测试结果。

5.4.3.10.4 恒定相位测试

a) 项目说明

本测试是利用频谱分析仪验证信号发生器输出信号经过无线信道仿真器的恒定相位衰落类型的频谱是否符合要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

c) 测试步骤。

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	数字调制
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
【调制方式】	QPSK
【数据源】	PRB11
【码元速率】	1Msym/s
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO	
【输入频率】	2GHz	
【输入电平】	0dBm	
【输出频率】	2GHz	
【输出电平】	-20dBm	
【衰落 1】	2 条路径	
【衰落类型】	恒定相位	
【多普勒频率】	0Hz	0Hz
【相对路径损耗】	0dB	0dB
【相对路径延迟】	0 μ s	1 μ s
【初始相位】	0 $^{\circ}$	0 $^{\circ}$
- 4) 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	2GHz
【带宽】	5MHz
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱凹点频率。
- 6) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【初始相位】分别为 0 $^{\circ}$ ，90 $^{\circ}$ ，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的接收信号频谱凹点频率。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.4 中记录测试结果。

5.4.3.11 MIMO 选件测试

本测试是利用信号发生器和示波器验证 1612A 无线信道仿真器的 MIMO 选件是否满足要求。

测试步骤同 3.1.3 中的 2 \times 2 双向测试，观测示波器显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。在性能特性记录表 A.6 中记录测试结果。

5.4.3.12 AWGN 选件测试

a) 项目说明

本测试是验证无线信道仿真器的高斯白噪声带宽、载噪比、单位等是否符合要求。

由于载噪比<0dB 时，无法用频谱仪进行测量，本项目设计中具有数字功率计功能，通

5.4 测试方法

通过对信号的功率统计，在带宽 100MHz 加上噪声的功率，

$$coef_{fix} = \sqrt{\frac{P_S \cdot 2^{14}}{10^{SNR/10} \cdot P_N}} \dots\dots\dots (2)$$

本项目要求载噪比的范围为-40dB 至+32dB，按上式的方法对其定点化后，用 32 位系数定点化保证 SNR 满足载噪比<0dB 的设计。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

信号发生器	1 台
频谱分析仪 Ceyear 4036G	1 台
射频同轴电缆	2 根（等长）

测试框图：如图5.2所示。

c) 测试步骤。

- 1) 按图 5.2 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，开机预热至少 30min；
- 2) 如下设置信号发生器：

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm
- 3) 如下设置被测无线信道仿真器：

【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	无
【噪声带宽】	100MHz
【载噪比】	32dB
- 4) 如下设置频谱分析仪：

【中心频率】	2GHz
【带宽】	200MHz
- 5) 打开运行开关，观测频谱分析仪显示的叠加噪声带宽及载噪比是否与满足要求。
- 6) 按上述步骤，设置无线信道仿真器【载噪比】为 0dB，其他设置项保持不变，观测频谱分析仪显示的叠加噪声带宽及载噪比是否与满足要求。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性记录表 A.4 和 A.6 中记录测试结果。

5.4.3.13 控制接口测试

a) 项目说明

本测试是验证器验证 1612A 无线信道仿真器的控制接口特性是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

计算机	1 台
-----	-----

- | | |
|-------|-----|
| 鼠标或键盘 | 1 套 |
| 网线 | 1 根 |
- 测试框图：如图5.10所示。



图 5.10 控制接口测试图

- c) 测试步骤
- 1) 按图 5.11 连接本产品，开机预热至少 30min；
 - 2) 通过网络接口计算机可以实现程控或文件数据的读写。
- d) 测试记录与数据处理
- 在性能特性记录表 A.7 中记录测试结果。

5.4.3.14 其他测试

a) 项目说明

本测试是验证器验证 1612A 无线信道仿真器的 10MHz 参考特性是否满足要求。

b) 测试设备及测试框图

测试设备：

- | | |
|--------------------|---------|
| 信号发生器 | 1 台 |
| 频谱分析仪 Ceyear 4036G | 1 台 |
| 射频同轴电缆 | 4 根（等长） |

测试框图：如图5.11所示



图 5.11 频率参考特征测试图

c) 测试步骤

- 1) 按图 5.11 信号发生器输出端口连接本产品的输入端口 1，参考输出端口连接本产品的参考输入端口，本产品的输出端口 1 连接频谱分析仪，参考输出端口连接连接频谱仪的参考输入端口，开机预热至少 30min；

5.4 测试方法

2) 如下设置信号发生器:

【信号】	正弦波
【频率】	2GHz
【功率】	0dBm

3) 如下设置被测无线信道仿真器:

【参考】	外参考
【RF 模式】	SISO
【输入频率】	2GHz
【输入电平】	0dBm
【输出频率】	2GHz
【输出电平】	-20dBm
【衰落 1】	1 条路径
【衰落类型】	相位变换
【相位】	0 °
【相对路径损耗】	0dBm
【相对路径延迟】	0 μ s

4) 如下设置频谱分析仪:

【中心频率】	2GHz
【带宽】	1MHz

5) 打开运行开关, 观测频谱分析仪显示的接收信号的频率是否与信号发生器输出信号的频率相符。

d) 测试记录与数据处理

在性能特性性能特性记录表 A. 7 中记录测试结果。

5.4.4 性能特性测试记录

表 A.1 1612A 型无线信道仿真器测试记录表

序号	检验项目	单位	标准要求	测试结果	结论	
1	设计与结构	/	目测检查仪器结构应完整，无明显机械损伤和镀涂损坏现象			
			目测并配合手动检查本产品结构应完整，按键、开关、插座和连接器等应牢固、端正、操作灵活，各控制件均安装正确，牢固可靠，操作灵活			
2	结构尺寸	mm	≤426（宽）×266（高）×550（深）			
3	重量	kg	≤40			
4	安全性	耐压	/	AC 1.5KV/1min/10mA 无飞弧、无击穿		
		泄漏电流	mA	≤3.5		
		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 100 MΩ。		
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。						
5	功能正常性	/	功能正常性			
			具有实时衰落引擎			
			全数字基带 AWGN 生成器			
			具有动态环境仿真功能			
			具有 MIMO 信道仿真功能			
			具有自动参数检查功能			
6	RF	个	RF 输入	8		
		个	RF 输出	8		
		/	RF 配置	SISO		
				2×2（双向）		
		MHz	带宽	100MHz		
7	输入数字功率计	/	模式	连续模式		
				用于选通信号的 RF 触发模式		

表 A.2 1612A 型 RF 输入测试记录表

序号	检验项目	标准要求	1612A 设置	测试结果	结论
1	频率范围	30MHz~6000MHz	30MHz		
			6000MHz		
2	电平范围	-50dBm~+15dBm (<4GHz) -40dBm~+15dBm (4GHz~6GHz)	-50 (@1MHz)		
			+15 (@1MHz)		

5 技术指标与测试方法

5.4 测试方法

			-40 (@4GHz)		
			+15 (@4GHz)		
			-40 (@6GHz)		
			+15 (@6GHz)		
3	电平分辨率	0.5dB	-0.5dB@2GHz		
			0dB@2GHz		
4	功率计精度	±3dB@2GHz	+15dB@2GHz		
			0dB@2GHz		
			-50dB@2GHz		

表 A.3 1612A 型 RF 输出测试记录表

序号	检验项目	标准要求	1612A 设置	测试结果	结论
1	频率范围	30MHz~6000MHz	30MHz		
			6000MHz		
2	电平范围	-110dBm~-20 dBm (<4GHz)	-110dBm (@30MHz)		
			-20dBm (@30MHz)		
		-110 dBm~-30 dBm (4GHz~6GHz)	-110dBm (@4GHz)		
			-30dBm (@4GHz)		
			-110dBm (@6GHz)		
			-30dBm (@6GHz)		
3	电平精度	精度: ±3dB(>-60dB, @1.999GHz), ±6dB(-60dB ~ -110dB, @1.999GHz)	-110dBm (@1.999GHz)		
			-70dBm (@1.999GHz)		
			-60dBm (@1.999GHz)		
			-20dBm (@1.999GHz)		
		精度: ±3dB(>-60dB, @4.999GHz), ±6dB(-60dB ~ -110dB, @4.999GHz)	-110dBm (@4.999GHz)		
			-70dBm (@4.999GHz)		
			-60dBm (@4.999GHz)		
			-30dBm (@4.999GHz)		

表 A.4 1612A 型衰落性能测试记录表

序号	检验项目	标准要求	1612A 设置	测试结果	结论
1	独立路径数量	最大 24 个	24		
2	相对路径延迟	范围: 0μs~4000μs	0μs		

5.4 测试方法

		精度: $\pm (1\text{ns}+2\%\text{测量量})$	4000 μs		
3	相对路径损耗	范围: 0 dB~40dB 精度: $\pm(0.5\text{dB}+2\%\text{测量量})$	0dB		
			40dB		
4	多普勒频率	最大 4000Hz	-4000Hz		
			0Hz		
			+4000Hz		
	相对相位	范围: $0^\circ \sim 360^\circ$ 分辨率: 0.1°	0°		
			90°		
			360°		
	Rician K 因子	-30dB~30dB	-30dB		
			30dB		
	AWGN 选件	载噪比: -40dB~32dB 精度: $\pm 1\text{dB}$	32dB		
			0dB		
			-40dB		
		带宽: 100MHz	100MHz		

表 A.5 1612A 型动态衰落功能测试记录表

序号	检验项目	标准要求	测试结果	结论	
1	动态信道参数	滑动时延			
		生灭时延			
2	动态环境仿真	可控制的参数	状态持续时间		
			信道输出电平		
			AWGN 开/关		
			载噪比		
			路径状态 (开/关)		
			相对路径功率		
			相对路径延时		
			LOS AoA		
			K factor		
			频率变换		
		Doppler 速度			
信道更新速率	50 次				

5 技术指标与测试方法

5.4 测试方法

表 A.6 1612A 型衰落功能测试记录表

序号	检验项目	标准要求	测试结果	结论
1	衰落类型	瑞利		
		莱斯		
		纯多普勒		
		频率变换		
		相位变换		
2	衰落功率谱	经典 6dB		
		平坦型		
		经典 3dB		
		圆拱型		
3	重复间隔	>7days		
4	MIMO 选件	基准 2×2 双向		
5	AWGN 可调模式	C/N、Eb/N0		

表 A.7 1612A 型其他项测试记录表

序号	检验项目	标准要求	测试结果	结论
1	控制接口	以太网		
2	10MHz 内部参考精度	1ppm, 可锁定至外部参照		