Ceyear 思仪

1653 系列

函数任意波形发生器

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函数任意波形发生器，基于固件版本 Version 1.0 及以上。

- 1653AB 函数任意波形发生器
- 1653AC 函数任意波形发生器
- 1653AD 函数任意波形发生器
- 1653AE 函数任意波形发生器
- 1653AF 函数任意波形发生器

除标准配件外的选件如下：

- 128M 样点/通道存储选件
- 256M 样点/通道存储选件
- 512M 样点/通道存储选件
- 1G 样点/通道存储选件

版　　本：　B.3　2025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：　400-1684191
质量监督：　0532-86886614
网　　址：　www.ceyear.com
电子信箱：　techbb@ceyear.com
邮　　编：　266555

前　言

非常感谢您选择使用中电科思仪科技股份有限公司研制、生产的 1653 系列函数任意波形发生器！该产品集成度高、存储深度大，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

YQ2.829.1270SSCN

版本

B.3　2025.5

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。

检定周期

本产品检定周期为 2 年。

目 录

1 手册导航 1
1.1 关于手册 1
1.2 关联文档 2
2 概述 3
2.1 产品综述 3
2.2 安全使用指南 4
3 操作指南 10
3.1 准备使用 10
3.2 前、后面板说明 24
3.3 基本测量方法 28
3.4 文件格式说明 36
4 远程控制 39
4.1 远程控制基础 39
4.2 仪器程控端口与配置 46
5 故障诊断与返修 48
5.1 工作原理 48
5.2 故障诊断与排除 49
5.3 错误信息 50

5.4 返修方法.....50

6 技术指标与测试方法.....52

6.1 声明.....52

6.2 产品特征.....52

6.3 技术指标.....53

6.4 测试方法.....56

1 手册导航

本章介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的用户手册功能、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 1653 系列函数任意波形发生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1653系列函数任意波形发生器的主要性能特点、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1653系列函数任意波形发生器的操作前检查、仪器浏览、基本测量方法、测量窗口使用说明及数据存储等。以便用户初步了解仪器本身和测量过程，并为后续全面介绍仪器测量操作指南做好前期准备。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、启动测量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1653系列函数任意波形发生器使用方法的用户，系统、详细地介绍、列举每种功能，使用户理解掌握波形发生器的一些基本用法，如设置波形、幅度、频率等。高级操作指导部分针对已具备基本的波形发生器使用常识，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：调制、扫频和任意波序列等。

- **菜单**

  按照功能分类介绍菜单结构和菜单项说明，方便用户查询参考。

- **远程控制**

  概述了仪器远程控制操作方法，目的使用户可以对远程控制操作快速上手。分四部分介绍：程控基础，介绍与程控有关的概念、软件配置、程控端口、SCPI 命令等；仪器端口配置方法，介绍 1653 系列函数任意波形发生器程控端口的连接方法和软件配置方法。

- **故障诊断与返修**

  包括整机工作原理介绍、故障判断和解决方法、错误信息说明及返修方法。

- **技术指标与测试方法**

  介绍了 1653 系列函数任意波形发生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。

- **附录**

  列出1653系列函数任意波形发生器的必要的参考信息，包括：术语说明、程控命令速查表、菜单速查表、错误信息速查表等。

1.2 关联文档

1653 系列函数任意波形发生器的产品文档包括：

- 用户手册
- 程控手册
- 快速使用指南
- 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、测量、程控和维护等信息。目的是：指导用户如何全面的理解产品功能特点及掌握常用的仪器测试方法。包含的主要章节是：

- 手册导航
- 概述
- 使用入门
- 操作指南
- 菜单
- 远程控制
- 故障诊断与返修
- 技术指标与测试方法

程控手册

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

- 远程控制
- 程控命令
- 编程示例

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，方便用户本地和远控操作。仪器前面板硬键或用户界面工具条都有对应的快捷键激活该功能。包含的主要章节同用户手册。

2 概述

本章介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的主要性能特点、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 …… 4

2.1 产品综述

1653系列函数任意波形发生器属于通用基础测试仪器。函数任意波形发生器最多4通道输出、最大带宽1GHz ,采样率2.5GSa/s、14bit垂直分辨率(500MHz带宽2.4GSa/s、16bit)，具备函数波形发生、脉冲波形发生、任意波形发生及噪声、调制信号发生等多种信号发生功能。1653系列函数任意波形发生器为标准2U半宽便携式外形，5寸电容式触摸液晶显示，携带、操作便捷。1653系列函数任意波形发生器将传统DDS技术与创新的低失真波形处理技术相结合，为用户提供低失真、低抖动、高灵活度的激励信号，可以满足教学、生产、科研、试验等多种领域中多场景、多类型、多通道、多种激励信号发生的需求

- 产品特点 …… 3
- 典型应用 …… 4

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 基本功能

1653 系列函数任意波形发生器主要性能特点是：

1) 可实现多通道、高速、高分辨率信号发生功能；
2) 具备产生正弦、三角、脉冲、锯齿等精确标准波形功能；
3) 具备用户可快速生成完全自定义的信号功能；
4) 具有 Mark 输出、同步参考时钟输出等功能；
5) 具有定时触发、单次触发、外部触发多种触发方式；
6) 具有校准功能：信号输出幅度和偏置校准（外接示波器、7 位半万用表）；

2.1.1.2 波形产生高度灵活

1653系列函数任意波形发生器提供内部文件接口和格式，用户可以方便地编辑自己的数据文件满足个性化波形定制需求。为拓展其应用范围，1653系列函数任意波形发生器提供可扩展的文件导入导出功能，能识别使用主流任意波形发生器产生的波形或数据文件。

2.1.2 典型应用

1) 集成电路性能性能测试

由于 1653 系列函数任意波形发生器集成多通道，可产生常规多通道激励信号测试集成电路的性能。

2) 雷达系统测试

1653 系列函数任意波形发生器提供多路精确同步且通道间延时可调的信号进行系统性能测试。

3) 通信测试

由于 1653 函数任意波形发生器支持多种调制方式，可用于通信测试。

4) 电磁环境搭建

1653 函数任意波形发生器模拟多种电磁环境信号、通信信号和噪声信号搭建一个复杂空间电磁环境。

2.2 安全使用指南

请认真阅读并严格遵守以下注意事项！

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

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

- 安全标识 5
- 操作状态和位置 6
- 用电安全 7
- 操作注意事项 8
- 维护 9
- 电池与电源模块 9
- 运输 9
- 废弃处理/环境保护 9

2.2.1 安全标识

2.2.1.1 产品相关

产品上的安全警告标识如下（表 2.1）：

表2.1　产品安全标识

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

符号	意义	符号	意义
	注意，小心处理经典敏感器件。		单独收集电子器件的EU标识。 具体说明请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”中的第2项。
	警告！辐射。 具体说明请参考本节“2.2.4 操作注意事项”中的第7项。		

2.2.1.2 手册相关

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



危险标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



警告标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。



小心标识，若不避免，会导致轻度或中度的人身和设备伤害。



注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。



提示标识，仪器及操作仪器的信息。

2.2.2 操作状态和位置

操作仪器前请注意：

1) 除非特别声明，1653 系列函数任意波形发生器的操作环境需满足：平稳放置仪器，室内操作。操作仪器时所处的海拔高度最大不超过 4600 米，运输仪器时，海拔高度最大不超过 4500 米。实际供电电压允许在标注电压的±10%范围内变化，供电频率允许在标注频率的±5%范围内变化。

2) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，请勿将仪器放置在有水的表面、车辆、橱柜和桌子等不固定及不满足载重条件的物品上。请将仪器稳妥放置并加固在结实的物品表面（例如：防静电工作台）。

3) 请勿将仪器放置在容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

4) 请勿将仪器放置在散热的物品表面（例如：散热器）。操作环境温度不要超过产品相关指标说明部分，产品过热会导致电击、火灾等危险。

5) 请勿随便通过仪器外壳上的开口向仪器内部塞入任何物体，或者遮蔽仪器上的槽口或开口，因为它们的作用在于使仪器内部通风、防止仪器变得过热。

2.2.3 用电安全

仪器的用电注意事项：

1) 仪器加电前，需保证实际供电电压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。

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 3A（若使用更大额定电流的保险丝需与厂家商讨确定）。

7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。

8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。

9) 若在电压 Vrms > 30 V 的电路中测试，为避免仪器损伤，应采取适当保护措施（例如：使用合适的测试仪器、加装保险丝、限定电流值、电隔离与绝缘等）。

10) 仪器需符合 IEC60950-1/EN60950-1 或 IEC61010-1/EN 61010-1 标准，以满足连接 PC 机或工控机。

11) 除非经过特别允许，不能随意打开仪器外壳，这样会暴露内部电路和器件，引起不必要的损伤。

12) 若仪器需要固定在测试地点，那么首先需要具备资质的电工安装测试地点与仪器间的保护地线。

13) 采取合适的过载保护，以防过载电压（例如由闪电引起）损伤仪器，或者带来人员伤害。

14) 仪器机壳打开时，不属于仪器内部的物体，不要放置在机箱内，否则容易引起短路，损伤仪器，甚至带来人员伤害。

15) 除非特别声明，仪器未做过防水处理，因此仪器不要接触液体，以防损伤仪器，甚至带来人员伤害。

16) 仪器不要处于容易形成雾气的环境，例如在冷热交替的环境移动仪器，仪器上形成的水珠易引起电击等危害。

2.2.4 操作注意事项

1) 仪器操作人员需要具备一定的专业技术知识，以及良好的心理素质，并具备一定的应急处理反映能力。

2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。

3) 仪器生产过程中不可避免的使用可能会引起人员过敏的物质（例如：镍），若仪器操作人员在操作过程中出现过敏症状（例如：皮疹、频繁打喷嚏、红眼或呼吸困难等），请及时就医查询原因，解决症状。

4) 拆卸仪器做报废处理前，请参考本节“2.2.8 废弃处理/环境保护”的相关说明。

5) 射频类仪器会产生较高的电磁辐射，此时，孕妇和带有心脏起搏器的操作人员需要加以特别防护，若辐射程度较高，可采取相应措施移除辐射源以防人员伤害。

6) 若发生火灾，损坏的仪器会释放有毒物质，为此操作人员需具备合适的防护设备(例如：防护面罩和防护衣)，以防万一。

7) 激光产品上需根据激光类别标识警告标志，因为激光的辐射特性及此类设备都具备高强度的电磁功率特性，会对人体产生伤害。若该产品集成了其它激光产品(例如：CD/DVD 光驱)，为防止激光束对人体的伤害，除产品手册描述的设置和功能外，不会提供其他功能。

8) 电磁兼容等级（符合 EN 55011/CISPR 11、EN 55022/CISPR 22 及 EN 55032/CISPR 32 标准）
   — A 级设备：
   除住宅区和低压供电环境外，该设备均可使用。
   注：A 级设备适用于工业操作环境，因其对住宅区产生无线通信扰动，为此操作人员需采取相关措施减少这种扰动影响。
   — B 级设备：
   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 1653 系列函数任意波形发生器的使用前注意事项、前后面板浏览、常用基本测量方法及数据文件管理等。以便用户初步了解仪器本身和测量过程。该章节包含的内容与快速入门手册相关章节一致。

- 准备使用 …… 10
- 前、后面板说明 …… 24
- 基本测量方法 …… 28
- 文件格式说明 …… 39

3.1 准备使用

- 操作前准备 …… 10
- 操作系统配置 …… 21
- 例行维护 …… 23

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1653 系列函数任意波形发生器初次设置使用前的注意事项。



防止损伤仪器

为避免电击、火灾和人身伤害：

- 请勿擅自打开机箱。
- 请勿试图拆开或改装本手册未说明的任何部分。若自行拆卸，可能会导致电磁屏蔽效能下降、机内部件损坏等现象，影响产品可靠性。若产品处于保修期内，我方不再提供无偿维修。

- 认真阅读本手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容，及下面的操作安全注意事项，同时还需注意数据页中涉及的有关特定操作环境要求。

注 意

静电防护

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

注 意

操作仪器时请注意：

不恰当的操作位置或测量设置会损伤仪器或其连接的仪器。仪器加电前请注意：

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

提 示

电磁干扰（EMI）的影响：

电磁干扰会影响测量结果，为此：

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

- 开箱 …… 12
- 环境要求 …… 13
- 开/关电 …… 14
- 正确使用连接器 …… 18
- 用户检查 …… 20

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 1653 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机：		
✧ 1653	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	—

3.1.1.2 环境要求

1653 系列函数任意波形发生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　1653 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　1653 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥100 mm
左右侧	≥200 mm

3) 静电防护

静电对电子元器件和设备有极大的破坏性，通常我们使用两种防静电措施：导电桌垫与手腕组合；导电地垫与脚腕组合。两者同时使用时可提供良好的防静电保障。若单独使用，只有前者可以提供保障。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少 1MΩ 的对地隔离电阻。

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

警 告

电压范围

上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合。

3.1.1.3 开/关电

1) 加电前注意事项

仪器加电前应注意检查如下事项：

a) 确认供电电源参数

1653 系列函数任意波形发生器内部电源模块默认配备 220V 交流电源模块。配备 220V 交流电源模块的仪器只能用 220V 交流电源供电。因此，请您在使用波形发生器前请仔细查看仪器后面板的电源要求。若选配 110V 电源则只能用 110V 电源供电。

表 3.4 列出了波形发生器正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4　1653 工作电源参数要求

电源参数	适应范围	
电压、频率	AC198V~242V（选件 AC99V~121V），50Hz/60Hz	
额定输出电流	>3A	
功耗（开机）	基本配置	全部配置
	<100W	<150W
功耗（待机）	<10W	

提 示

防止电源互扰

为防止由于多台设备之间通过电源产生相互干扰，特别是大功率设备产生的尖峰脉冲干扰对仪器硬件的毁坏，建议使用 220V 的交流稳压电源为波形发生器供电。

b) 确认及连接电源线

1653 系列函数任意波形发生器采用三芯电源线接口，符合国家安全标准。在波形发生器加电前，必须确认波形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 3A。

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 3A，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；
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/F3A），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：用包装箱内与波形发生器配套的电源线或符合要求的三芯电源线一端接入波形发生器的后面板电源插座（如图 3.1），电源插座旁标注波形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；观察前面板电源开关（如图 3.2）上方待机指示灯变亮为黄色。

步骤 2. 打开前面板电源开关：如图 3.2，开机前请先不要连接任何设备到波形发生器，若一切正常，可以开机，开机后前面板电源开关上方的指示灯会变为白色。



图3.1 1653电源插座



图3.2 1653前面板电源开关

开/关电

i. **开机**

步骤 1. 打开前面板右上角电源开关 ,此时电源开关上方电源指示灯颜色由黄色变为白色。

步骤 2. 波形发生器前面板用户界面将逐步显示仪器启动过程的相关信息 :首先短暂显示制造商信息，随后进入操作系统。

步骤 3. 系统自动运行波形发生器的初始化程序，显示波形发生器的操作主界面。**仪器进入可操作状态。**

提 示

时基预热

1653 系列函数任意波形发生器冷启动时，为使波形发生器的时基处于操作温度，需预热一段时间。波形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，仪器需预热半小时。（具体请参考数据页中相关说明）。

提 示

初始化

进入主机程序后，因初始化设置内部档位时，会产生继电器设置档位的声音，此时，不要误以为波形发生器出错。

注 意

系统启动

本仪器使用了 liunx 计算机的控制平台，在 BIOS 自检和 linux 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. 关闭前面板右上角电源开关。此时，仪器进入关机过程，经过几秒后，仪器断电，此时电源开关上方电源指示灯颜色由白色变为黄色；

步骤 2. 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。**

b) 切断电源

非正常情况下，为了避免人身伤害，需要波形发生器紧急断电。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

在波形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：

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



图 3.3 互连器件的轴心在一条直线上

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

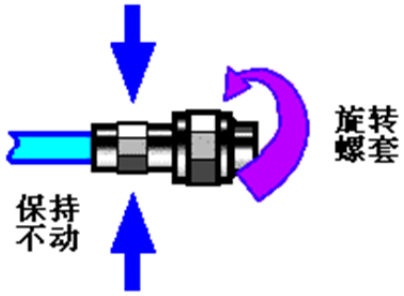

图 3.4 连接方法

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

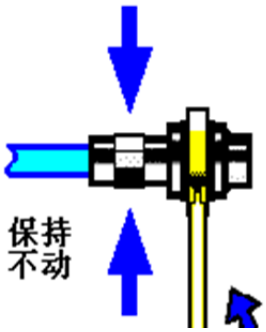

图 3.5　使用力矩扳手完成最后连接

3)　断开连接的方法

步骤 1.　支撑住连接器以防对任何一个连接器施加扭曲、摇动或弯曲的力量；
步骤 2.　可使用一支开口扳手防止连接器主体旋转；
步骤 3.　利用另一支扳手拧松连接器的螺套；
步骤 4.　用手旋转连接器的螺套，完成最后的断开连接；
步骤 5.　将两个连接器平直拉开分离。

4)　力矩扳手的使用方法

力矩扳手的使用方法如图 3.6 所示，使用时应注意以下几点：

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

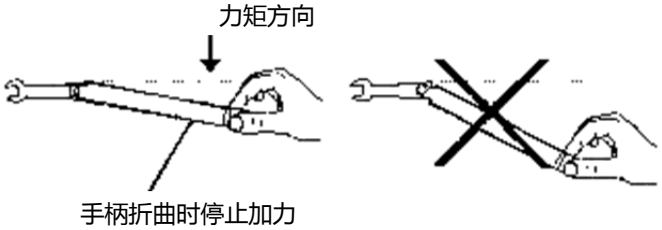

图 3.6　力矩扳手的使用方法

5)　连接器的使用和保存

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；

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。

3.1.1.5 用户检查

1653 系列函数任意波形发生器初次加电后，需要检查仪器是否工作正常，以备后续测量操作。

提 示

前面板硬按键和菜单软按键说明

前面板硬按键和菜单软按键，在以下内容中的描述形式为：

1) 硬键描述形式 ： 【XXX】，XXX 为硬键名称；

2) 软键描述形式 ： [XXX]， XXX 为软键名称。

若软键数值对应多种状态，那么被选中的数值的字体颜色改变且背景色加深的选项表示其状态有效。

1) 自测试

将 1653 系列函数任意波形发生器连接电源，观察前面板右上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白色，显示器背光灯点亮，显示启动过程大约需等待 30s，显示开机状态界面。

2) 功能验证

将 1653 系列函数任意波形发生器开机并预热至少 30min，连接输出端口到接收机，在初始化过程中，波形发生器会执行自检，如果自检发现有故障，会在软件界面的右上方信息框中显示错误信息。

3.1.2 操作系统配置

本章介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的操作系统，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，请参照下面有关波形发生器操作系统的注意事项：

3.1.2.1 仪器软件说明

1653 系列函数任意波形发生器的主机软件运行的操作系统是 linux ,已经按照 1653 的特性需求安装配置完成。1653 系列函数任意波形发生器主机软件基于 linux 操作系统，在仪器出厂前都已安装完毕。

3.1.2.2 Linux 使用

使用管理员帐户可以进行以下操作：

- 配置网络；
- 读写硬盘上的文件；

注 意

第三方软件影响仪器性能

1653 系列函数任意波形发生器采用的是 linux 环境 ,为保证仪不影响波形发生器性能。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 linux 配置

在仪器出厂前，1653 系列函数任意波形发生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，linux 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 中已经对波形发生器做了针对性设置，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。

- 配置网络 22

1) 配置网络

1653 系列函数任意波形发生器系统配置页的 LAN 属性部分提供了：本机 IP 地址、子网掩码输入框，均可进行手动更改。

步骤 1. 按【system】[LAN set]，进入如图 3.7 所示的远程端口配置页面，页面中显示当前 LAN IP 地址、子网掩码；

步骤 2. 编辑键入新的 IP 地址、子网掩码，并关闭当前对话框。

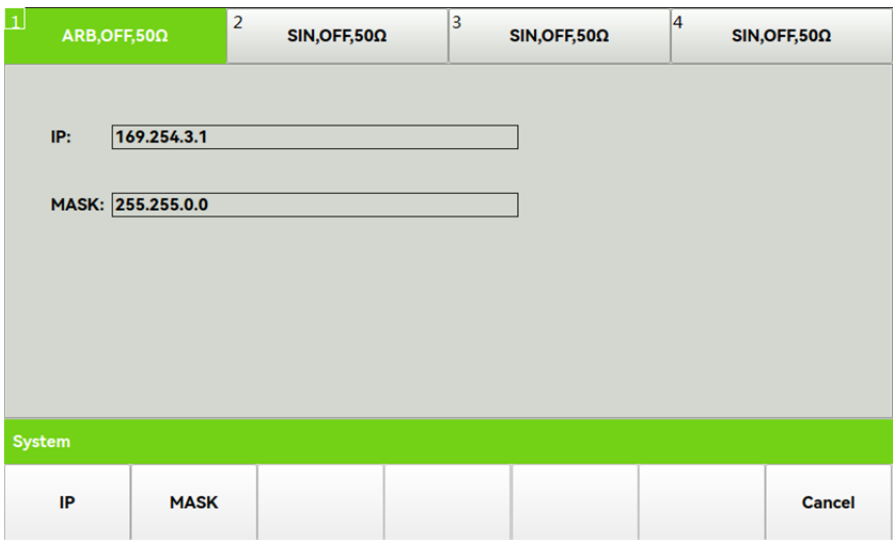

图 3.7　更改主机网络配置

3.1.2.4 linux 系统安全和维护

1)　防病毒软件

安装防病毒软件可能会对仪器性能产生一些负面影响 ,强烈建议用户不要将仪器做为浏览网页或者传递文件的普通计算机使用，以免感染病毒。

在使用各种 USB 移动存储设备之前，应首先基于安装了最新防病毒软件的计算机对这些移动设备进行杀毒处理，确保其不会成为病毒携带介质。

一旦波形发生器系统平台感染病毒，将会对其运行和用户的使用带来负面影响。

2)　硬盘分区和使用

硬盘只有 1 个分区，该硬盘包括操作系统和仪器应用程序。

3.1.3 例行维护

该节介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的日常维护方法。

- 清洁方法 …… 23
- 测试端口维护 …… 24

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 LCD 显示器。请按照下面的步骤操作：

步骤 1. 关机，断开与仪器连接的电源线；

步骤 2. 用干净柔软的棉布蘸上清洁剂，轻轻擦试显示面板；

步骤 3. 再用干净柔软的棉布将显示擦干；

步骤 4. 待清洗剂干透后方可接上电源线。

注 意

显示器清洁

显示屏表面有一层防静电涂层，切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洗剂。切勿将清洗剂直接喷到显示面板上，否则可能渗入机器内部，损坏仪器。

3.1.3.2 测试端口维护

1653系列函数任意波形发生器前面板有多个BNC型端口（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

1653系列函数任意波形发生器前面的射频端口可进行50Ω和高阻匹配，使用时请注意仪器设置阻抗与外部负载阻抗保值一致。

3.2 前、后面板说明

该章节介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的前、后面板及操作界面的元素组成及其功能。

- 前面板说明……24
- 后面板说明……27

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的前面板组成及功能 ,前面板如下(图 3.8), 列项说明如表 3.5：

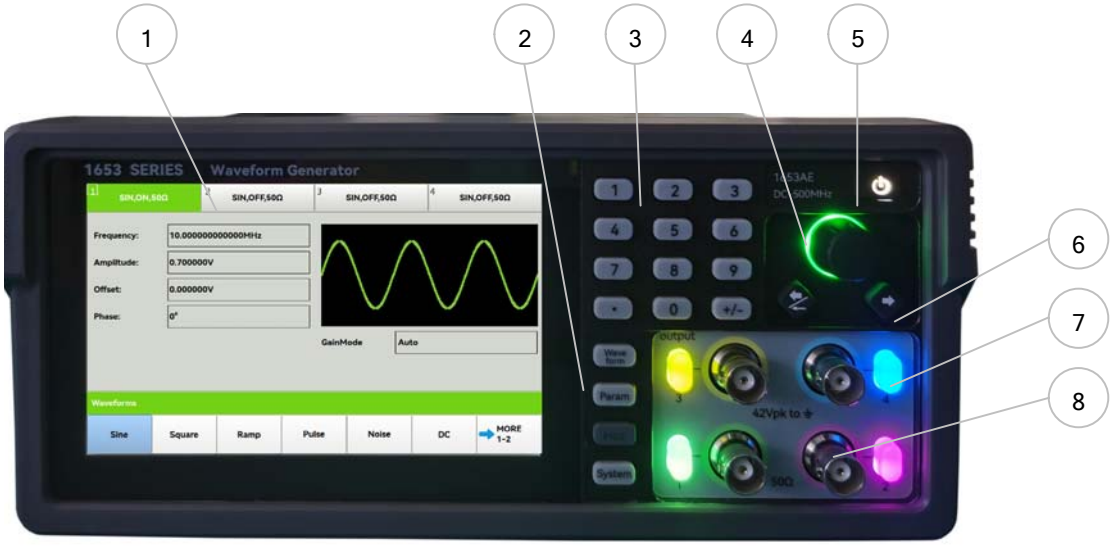

图 3.8-1　1653 系列函数任意波形发生器前面板

表 3.5　前面板说明

序号	名 称	说 明
1	显示区	LCD 显示器，用于显示所有通道状态和设置信息，并允许不同通道间的切换。并可触摸对应菜单实现相应设置。具体操作界面说明请参考章节“3.3.1.1 操作界面主要特征”。
2	功能按键区	当按下某一个键时，显示区将显示对应的菜单项。包含波形设置按键、参数设置按键、调制按键、系统按键。调制打开时调制按键背光点亮。
3	输入按键区	数字键、正负切换、小数点输入。
4	旋钮	旋钮输入功能。
5	开关	开机、关机按键。
6	左右方向键	左右方向按键，左方向键复用为退格键。
7	通道开关	打开、关闭信号输出，打开时背光点亮。
8	信号输出	BNC 阴头连接器。

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的后面板组成及功能，后面板如下图（图 3.9），具体列项说明如表 3.6。

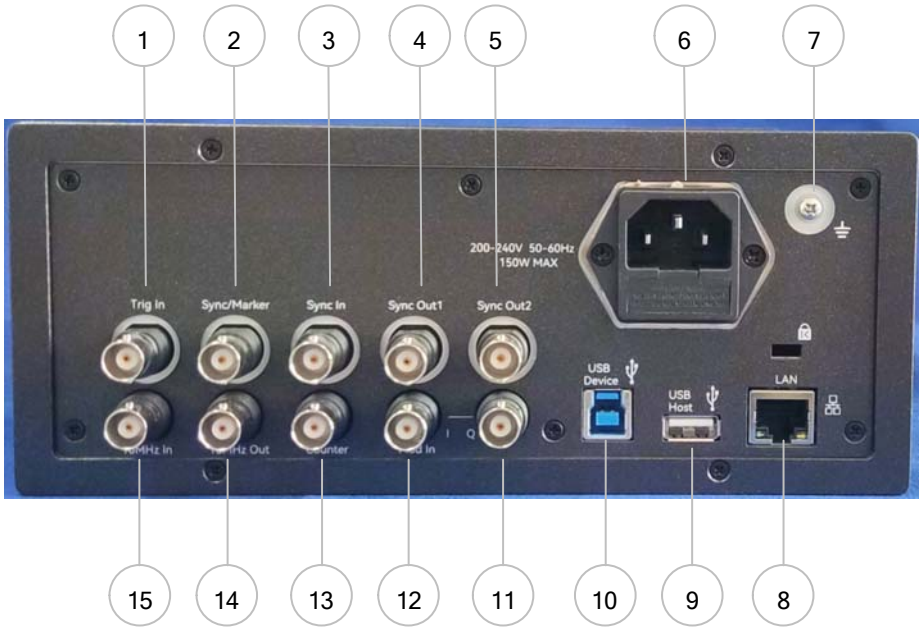

图 3.9　1653 后面板

1. 触发输入
2. Sync/Marker 输出
3. Sync 输入（暂无功能）
4. Sync 输出 1（暂无功能）
5. Sync 输出 2（暂无功能）
6. 电源输入
7. 接地螺柱
8. LAN
9. USB
10. USB-TypeB（暂无功能）
11. 调制输入 Q（暂无功能）
12. 调制输入 I
13. 计数器输入
14. 10MHz 参考输出
15. 10MHz/100MHz 输入

表 3.6　后面板说明

序号	名 称	说 明
1	触发输入	BNC 阴头，高电平 2 .5V～5V，低电平-0.2 V～0.7V，用于外部触发。损坏电平≥+5.5V，≤-0.5V。
2	Sync/Marker 输出	BNC阴头，3.3V CMOS。
3	Sync 输入	BNC 阴头，暂无功能。
4	Sync 输出 1	BNC 阴头，暂无功能。
5	Sync 输出 2	BNC 阴头，暂无功能。
6	电源输入	仪器电源插头，参数要求：220V（±10%），50Hz（±5%），150W。
7	接地螺柱	接地使用。
8	LAN	程控端口，及用于软件升级、控制等。
9	USB	用于连接鼠标、键盘、U 盘进行数据下载等。
10	USB-TypeB	暂无功能。
11	调制输入 Q	BNC 阴头，暂无功能。
12	调制输入 I	BNC 阴头。用来输入外调制信号。
13	计数器输入	BNC 阴头，输入阻抗 10KΩ，损坏电平≥+5.5V，≤-5.5V。
14	10MHz 输出	BNC 阴头。
15	10MHz/100MHz 输入	BNC 阴头。外时基接受 10MHz/100MHz 的频率参考信号。典型输入阻抗 50Ω，损坏电平≥5Vpp。

3.3 基本测量方法

本节介绍了1653系列函数任意波形发生器的基本的设置和测量方法。

3.3.1 基本设置说明

本节介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的用户操作界面主要特征及基本测量设置方法，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……28
- 公用测量设置方法……30

3.3.1.1 操作界面主要特征

1653系列函数任意波形发生器采用新型直观的图形用户界面，能够清晰的显示信号输出的整个过程。整个仪器操作界面按照功能模块划分为不同的区域，可同时操作多个通道，屏幕下侧为仪器菜单显示区域，用户可通过鼠标、按键或者触摸屏触摸进行操作。本节主要

介绍波形发生器用户操作界面的分区组成及功能。操作界面如下图（图3.10），列项说明如表3.7：

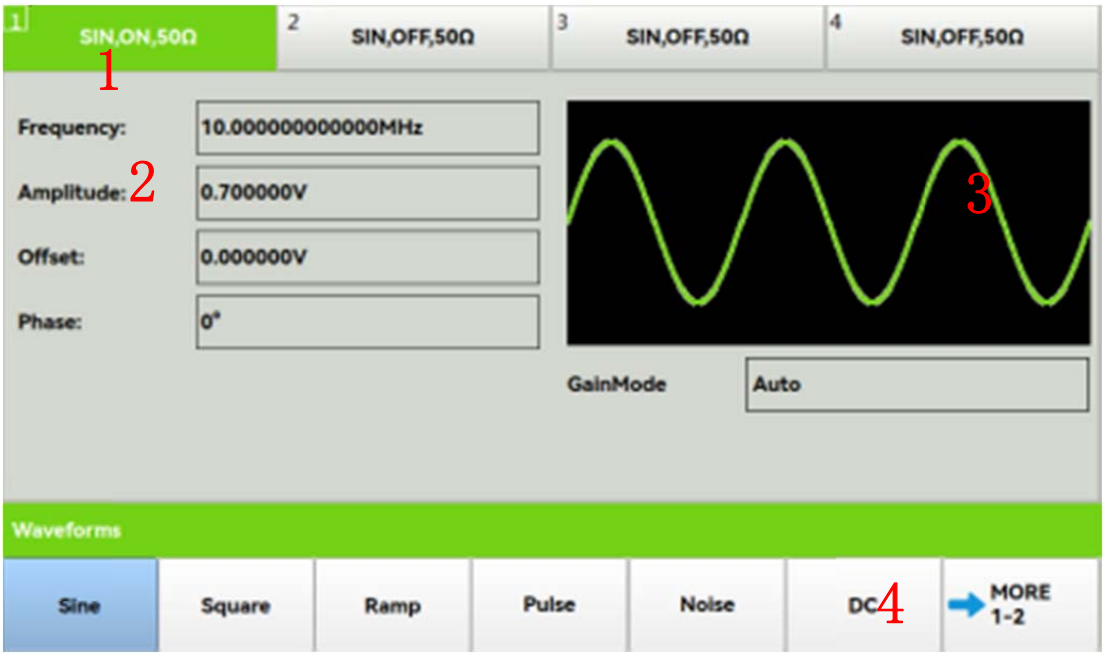

图 3.10　1653 主操作界面

表 3.7　操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	通道信息显示区	不同通道界面切换及基本信息显示
2	参数显示区	每个通道相关参数显示
3	波形显示区	生成波形示意图
4	多功能显示区	设置不同功能的参数，相应设置菜单

3.3.1.2 1653 系列函数任意波形发生器设置方法

1) 波形参数配置

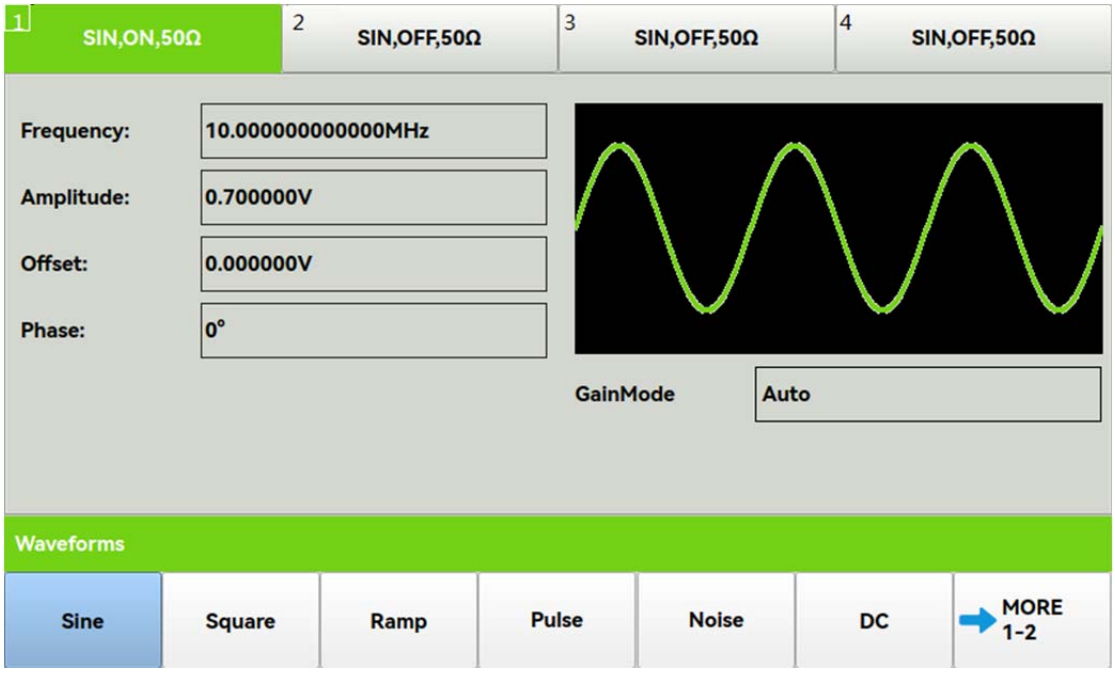

图 3.11 1653 波形设置界面

表 3.8 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	Frequency	波形的输出频率
2	Amplitude	波形的输出幅度
3	Phase	波形的初始相位
4	Offset	波形的偏置

2) 任意波形配置

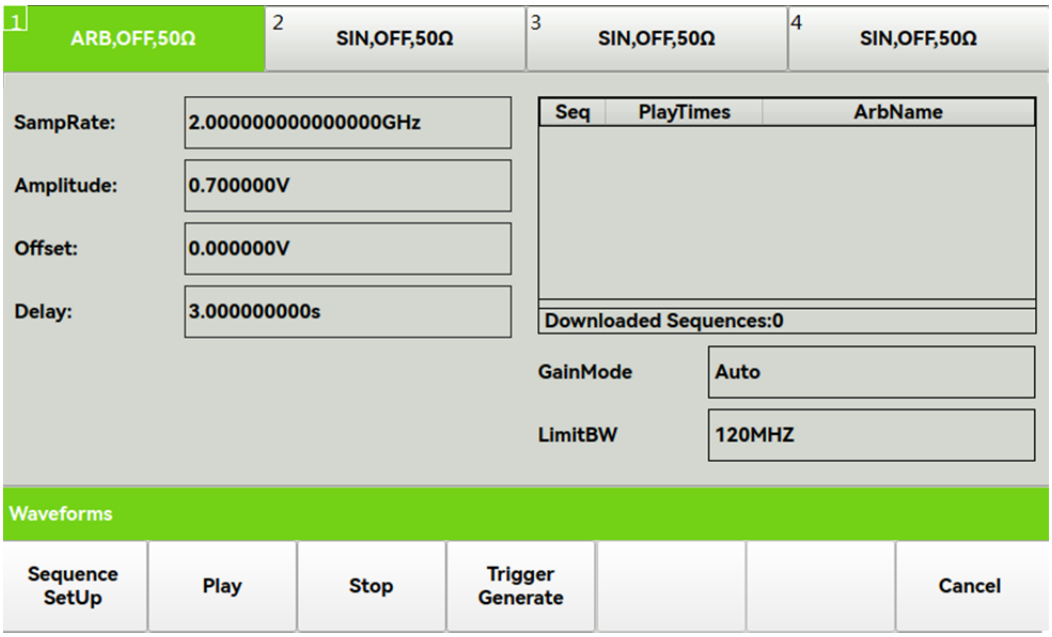

图 3.12　1653 任意波设置界面

表 3.9　操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	SampRate	ARB 采样率
2	Amplitude	波形幅度
3	Offset	波形偏置
4	Delay	波形输出延时
5	Sequence Setup	装载序列
5	Play	开始播放波形
6	Stop	停止播放波形

3) 参考配置

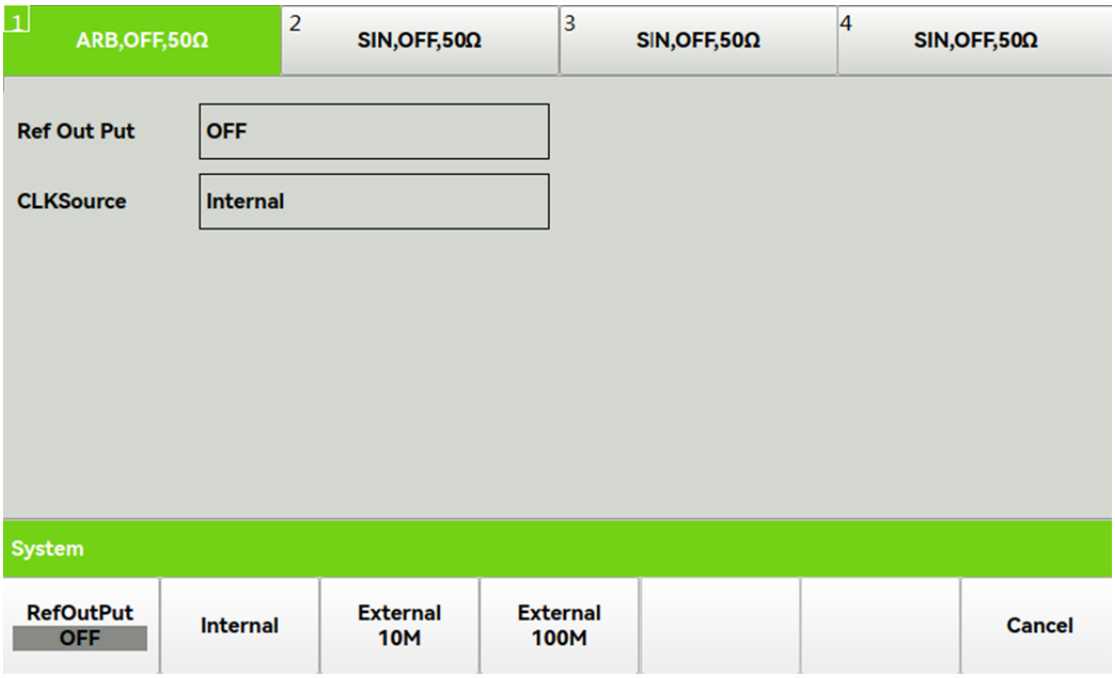

图 3.12 1653 参考设置界面

表 3.10 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	RefOutPut	参考输出开关
2	Internal	参考时钟选择内参考
3	External 10M	参考时钟选择外参考 10M
4	External 100M	参考时钟选择外参考 100M
5	Cancel	返回

4) 触发配置

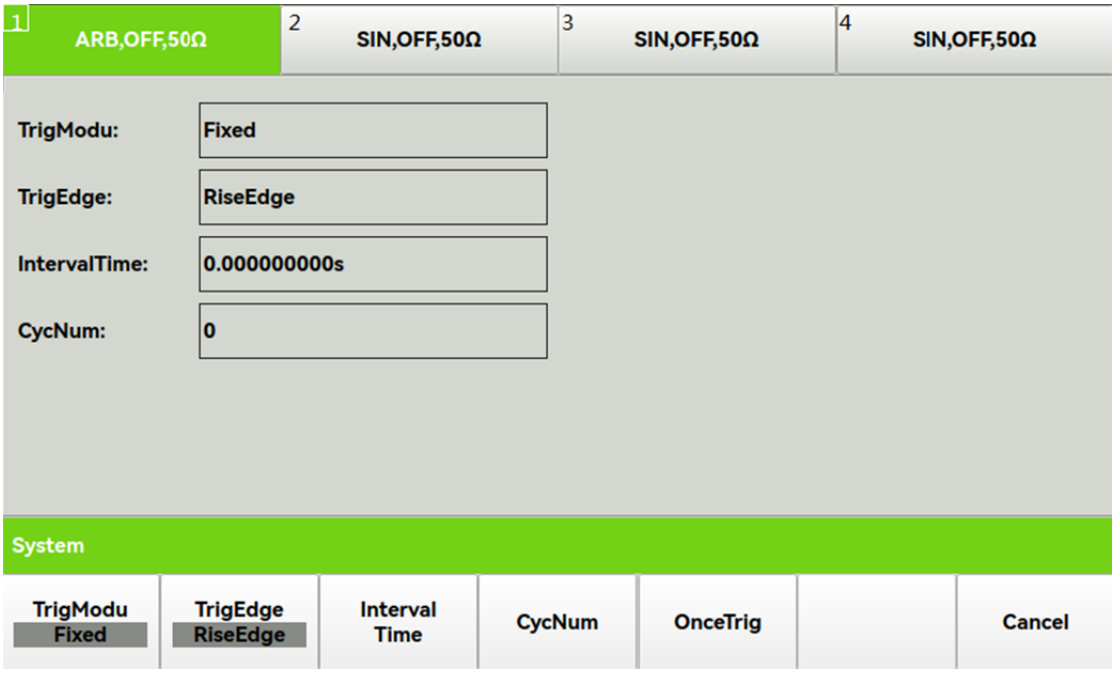

图 3.12 触发操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.11 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	TrigModu	触发方式选择，包括关闭、固定间隔、单次、外部
2	TrigEdge	触发边沿选择，包括上升沿、下降沿
3	Interval Time	设置触发方式为固定间隔时的固定间隔时间
4	CycNum	触发次数
5	OnceTrig	单次触发一次
6	Cancel	返回

5) 调制配置

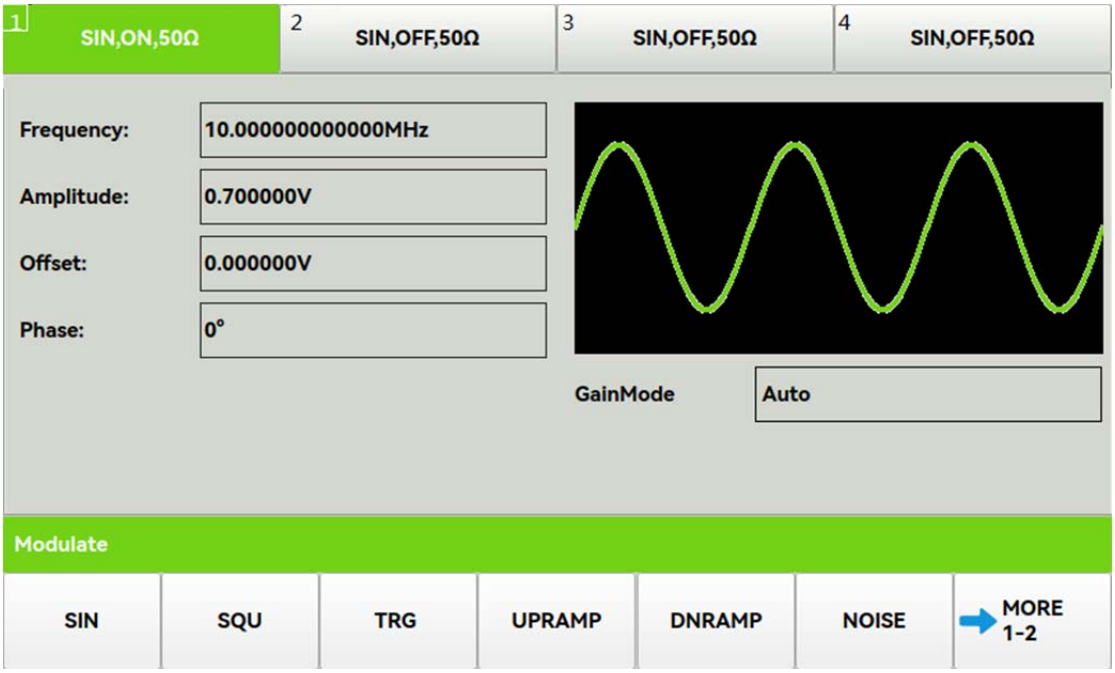

图 3.12 调制操作界面

点击 Mod 按键以后，会弹出相应配置对话框如上图。

表 3.12 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	Modulate ON/OFF	调制开关
2	Type	调制类型选择。1653Ax ：AM、FM、PM 、ASK、FSK、PSK、SUM、Sweep、Burst；
3	Shape	调制源波形，包括 sine、squar、trg、rampup、rampdn、Noise、PRBS、Arb、Ext、CH else
4	AM Depth	AM 调制时，AM 调制深度
5	AM Freq	AM 调制时，AM 调制源频率
6	Mod Phase	调制源相位

6) 通道配置

点击相应通道按键，会显示下图。

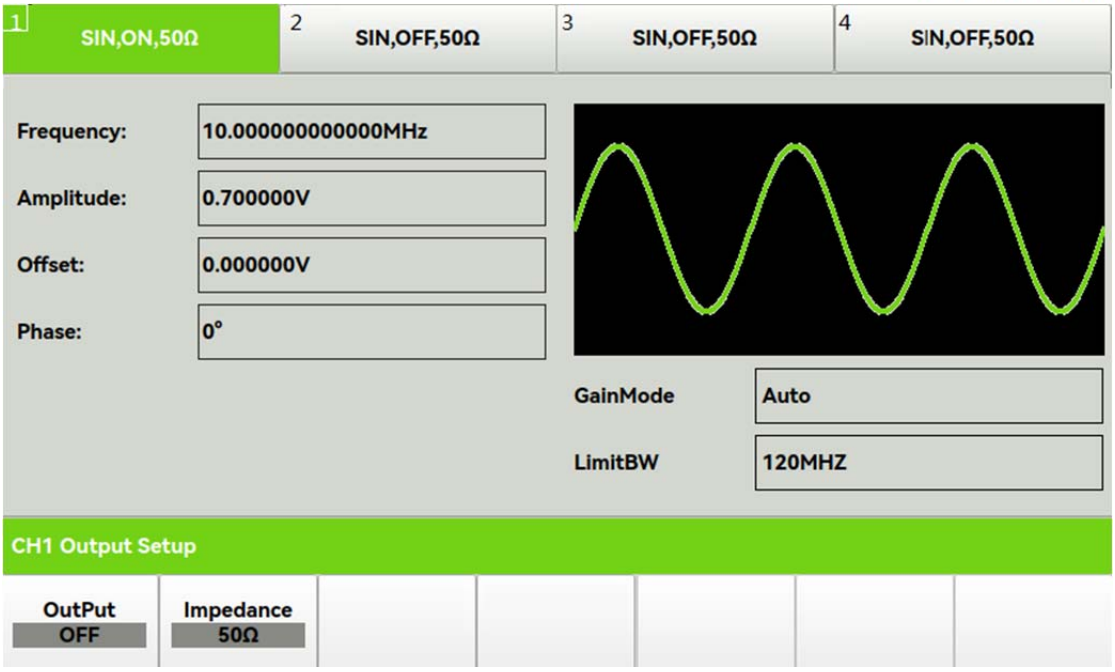

图 3.13　通道配置界面

表 3.13　操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	OutPut	通道输出开关
2	Impendance	通道输出负载 50 欧或 1M

7)　幅度/偏置校准

外接高分辨率多用表及四通道示波器可校准四个通道的输出幅度与直流偏置的准确度，低频及直流偏置用示波器校准时，误差较大，可采用【偏置精确校准】方式用高精度数字多用表来校准。

校准时，先要将本仪器与外接示波器的 IP 地址设到同一号段，子网掩码相同，并按提示设置外接示波器的端口号，按提示接线。

备注：

（1）示波器带宽必须大于 500MHz(1653AF 需示波器带宽大于 1GHz)且为四通道。目前支持泰克、是德部分型号示波器；

（2）校准完成以后，校准数据会自动保存并提示。

备注：

请采用指标良好的示波器，否则会导致高性能任意波波形发生器的输出幅度与偏置误差较大。由于校准仪器自身性能及兼容性原因，不建议用户自行校准。

8) 偏置精确校准

外接数字万用表可精确校准四个通道的直流偏置准确度。

校准时，先要将本仪器与外接示波器的 IP 地址设到同一号段，子网掩码相同，并按提示设置外接示波器的端口号，按提示接线。

校准时，每次只能校准一个通道，请按通道 1→通道 2→通道 3→通道 4 的顺序校准，在通道 4 校准完成以后，才自动保存校准数据。

备注：

（1）目前支持是德科技 7 位半数字万用表 34470A；

（2）通道 4 校准完成以后，校准数据会自动存储。

备注：

请采用指标良好的数字万用表，否则会导致任意波形发生器的输出偏置误差较大。由于校准器件自身性能及兼容性原因，不建议用户自行校准。

3.4 文件格式说明

awf 文件格式是 1653 中默认的任意波形数据文件格式。分为两个部分，即文件头和数据部分。

- 1653内部文件头格式……36
- awf数据部分说明……42

3.4.1 1653 内部文件头格式

本多通道任意波形发生器awf文件头大小为48Bytes，其具体结构如下。

表 3.15　awf 文件头结构信息

序号	名称	数值及其含义	备注
0	帧识别码 L	0xBBAA，固定值	2Bytes
1	帧识别码 H	0x3412，固定值	2Bytes
2	固件版本号	0x0001，表示当前固件版本号为 1	2Bytes
3	数据位宽	0x0002，表示文件数据部分为一个数据位宽为 2 字节	2Bytes，
4	数据长度	600，表示文件数据部分为数据的长度为 600 字节	8Bytes
5			
6			
7			
8	采样率	2500000000，表示采样率 2.5GSPS	8Bytes
9			
10			
11			
12	仪器型号	0x0001，表示仪器型号为 1652A 0x0002，表示仪器型号为 1652B； 0x0003，表示仪器型号为 1652BM 0x0004，表示仪器型号为 1652C 0x0005，表示仪器型号为 1653	2Bytes
13	文件格式（不同插件以及普通文件或未知文件之间的区分）	1653 不使用	2Bytes
14	文件数据存储标记	0x0000，表示文件数据部分为常规数据，用户自己用 Matlab 生成的； 0x0001，表示文件数据部分为单路 I 数据； 0x0002，表示文件数据部分为单路 Q 数据； 0x0003，表示文件数据部分为 IQ 数据；(一个 I 一个 Q 交叉存储） 0x0004，表示表示文件数据部分为 RF 数据；	2Bytes
15	_defaultInfo3		2Bytes ,预留
16	文件处理标记	0x0001：表示文件数据部分为基带数据 0x0002：表示文件数据部分为上变频 IQ 数据	2Bytes
17	_defaultInfo4		2Bytes ,预留
18	_defaultInfo5		2Bytes ,预留
19	_defaultInfo6		2Bytes ,预留
20	_defaultInfo7		2Bytes ,预留
21	_defaultInfo8		2Bytes ,预留
22	_defaultInfo9		2Bytes ,预留
23	_defaultInfo10		2Bytes ,预留

3.4.2 awf 数据部分说明

awf 文件的数据部分数据格式为 16 位无符号数，第 0 位为 Mark 标记位，有 Mark 该位值为 1，无 Mark 该位值为 0。高 15 为数据，Mark 信号和数据是“绑定”在一起，存储在 FPGA 中。

4 远程控制

本章简要的介绍了 1653 系列函数任意波形发生器的程控基础、程控接口与配置方法，并简要的介绍了 I/O 仪器驱动库的概念及分类。以方便用户起步实现远程控制操作。具体内容包括：

- 远程控制基础……39
- 仪器程控端口与配置……50

4.1 远程控制基础

- 程控接口……39
- 消息……40
- SCPI命令……41
- 命令序列与同步……49
- 编程注意事项……49

4.1.1 程控接口

1653 只支持 LAN 形式的程控接口。

表 4.1　远程控制接口类型和 VISA 寻址字符串

程控接口	VISA 寻址字符串	说 明
LAN (Local Area Network)	暂不支持 VISA 方式，只支持 socket 方式。	控者通过仪器前面板网络端口连接仪器实现远程控制。具体协议请参考：1653 远程控制端口号默认为 7110。

4.1.1.1 LAN 接口

1653 可通过 100Base-T 和 1000Base-T 局域网内计算机进行远程控制，各种仪器在局域网内组合成系统，并统一由网内计算机控制。1653 为实现局域网内远程控制，需事先安装端口连接器、网卡和相关网络协议，并配置相关的网络服务，同时网内控者计算机也需事先安装仪器控制软件和 VISA 库。网卡的三种工作模式是：

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

4.1 远程控制基础

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

1) IP 地址

通过局域网对 1653 进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。通过 1653 的菜单“Lan Set”将地址设置到主控计算机所在的子网内即可。例如：主控计算机的 IP 地址是 169.254.3.1，则 1653 的 IP 地址应设为 169.254.3.XXX，其中 XXX 为 2 ~ 255 之间的数值。端口号默认为 7110。

提 示

程控系统中多仪器识别方法

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

2) 套接字通信

TCP/IP 协议通过局域网套接字在网络中连接信号源。套接字是计算机网络编程中使用的一个基本方法，它使得使用不同硬件和操作系统的应用程序得以在网络中进行通信。这种方法通过端口（port）使 1653 与计算机实现双向通信。

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

1653 中的套接字通过应用程序接口（API）兼容 Berkeley socket 和 Winsock。此外，还兼容其他标准套接字 API。通过 SCPI 命令控制 1653 时，程序中建立的套接字程序发出命令。在使用局域网套接字之前，必须先设置 1653 的套接字端口号。1653 的套接字端口号为 7110。

4.1.2 消息

数据线上传输的消息分为以下两类：

1) 接口消息

仪器与主控计算机间通信时，首先需要拉低attention线，然后接口消息才能通过数据线传送给仪器。

2) 仪器消息

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

a) 命令：

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

- 根据对仪器的影响：
  - 设置命令：改变仪器设置状态，例如：复位或设置频率等。
  - 查询命令：查询并返回数据，例如：识别仪器或查询参数值。查询命令以后缀问号结束。
- 根据标准中的定义：
  - 通用命令：由IEEE488.2定义功能和语法，适用所有类型仪器（若实现）

    用于实现：管理标准状态寄存器、复位和自检测等。
  - 仪器控制命令：仪器特性命令，用于实现仪器功能。例如：设置频率。

    语法同样遵循SCPI规范。

b) 仪器响应：

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

4.1.3 SCPI 命令

- SCPI命令简介 41
- SCPI命令说明 42

4.1.3.1 SCPI 命令简介

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

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

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

如果有兴趣了解更多关于 SCPI 的内容，可参考：

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

IEEE Standard 488.2-1987, IEEE Standard Codes, Formats, Protocols and Comment

Commands for Use with ANSI/IEEE Std488.1-1987. New York, NY, 1998

Standard Commands for Programmable Instruments(SCPI) VERSION 1999.0.

1653 系列函数任意波形发生器的程控命令集合、分类及说明，具体请参考：

1) 程控手册“程控命令”；

4.1.3.2 SCPI 命令说明

- 通用术语 …… 42
- 命令类型 …… 43
- 仪器专用命令语法 …… 43
- 命令树 …… 44

1) 通用术语

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

控制器

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

设备

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

程控消息

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

响应消息

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

命令

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

事件命令

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

查询

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

2) 命令类型

SCPI 命令分为两种类型：通用命令和仪器专用命令。图 5.1 显示了两种命令的差异。通用命令由 IEEE 488.2 定义，用来管理宏、状态寄存器、同步和数据存储。因通用令均以一个星号打头，因此很容易辨认。例如*IDN？*RST 都是通用命令。通用命令不属于任何仪器专用命令，仪器采用同一种方法解释该类命令，而不用考虑命令的当前路径设置。
仪器专用命令因包含冒号(:),因此容易辨认。冒号用在命令表达式的开头和关键字的中间，例如： SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency。根据仪器内部功能模块，将仪器专用命令划分为对应的子系统命令子集合。

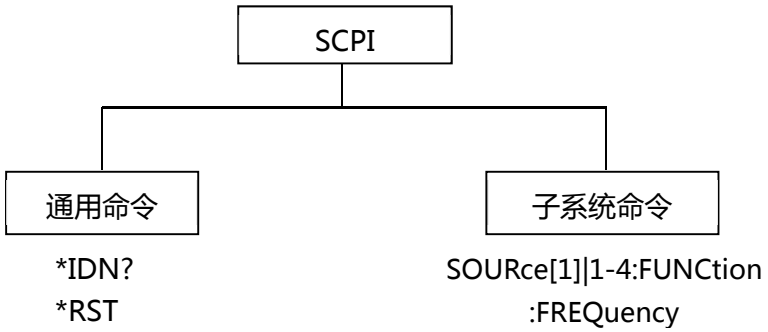

图 4.1 SCPI 命令类型

3) 仪器专用命令语法

一个典型的命令是由前缀为冒号的关键字构成。关键字后面跟着参数。下面是一个语法声明的例子。
SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency
在上面的例子中，命令中的[1]部分紧跟着 SOURce，中间没有空格。紧跟着 FREQuency 的部分是参数部分。在命令与参数之间有一个空格。语法表达式的其它部分说明见表 5.2 和 5.3。

表 4.2　命令语法中的特殊字符

符号	含义	举例
|	在关键字和参数之间的竖号代表多种选项。	SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency 1-4 是可输入选项
[]	方括号表示可输入参数	SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency

表 4.3　命令语法

字符、关键字和语法	举例
大写的字符代表执行命令所需要的最小字符集合。	SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency FREQ 是命令的短格式部分。
命令的小写字符部分是可选择的；这种灵活性的格式被称为“灵活地听”。更多信息请参照“命 令参数和响应”部分。	:FREQuency :FREQ,:FREQuency 或者:FREQUENCY， 其中任意一个都是正确的。
当一个冒号在两个命令助记符之间，它将命令树中的当前路径下移一层。更多消息请参照“命令树”的命令路径部分。	SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency SOURce 是这个命令的最顶层关键字。

4)　命令树

大部分远程控制编程会使用仪器专用命令。解析该类命令时，SCPI 使用一个类似于文件系统的结构，这种命令结构被称为命令树，如图 2.3 所示：

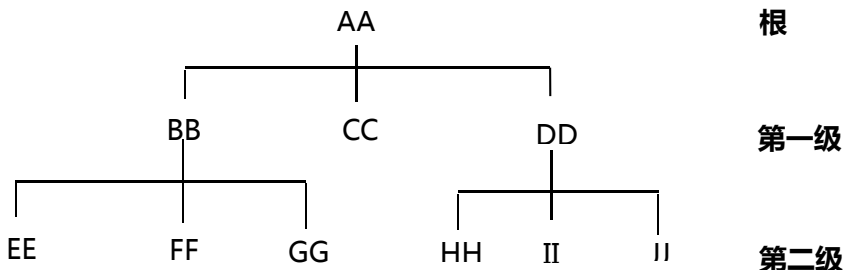

图 4.2　简化的命令树示意图

顶端命令是根命令，简称“根”。命令解析时，依据树结构遵循特定的路径到达下一层命令。例如： SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency，其中，：SOURce 代表 AA，：FUNCtion 代表 BB，：FREQuency 代表 GG，整个命令路径是（AA:BB:GG）。

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

4.1.4 命令序列与同步

IEEE488.2 定义了交迭命令和连续命令之间的区别：

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

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

举例：命令行包含设置和查询命令

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

SOURce[1]|1-4:FUNCtion:FREQuency ?

返回值：1000000000

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

提 示

设置命令与查询命令分开发送

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

4.1.6 编程注意事项

1) 改变设置前请初始化仪器状态

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

2) 命令序列

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

3) 故障反应

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

4) 错误队列

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

4.2 仪器程控端口与配置

- LAN 46

4.2.1 LAN

LAN（Local Area Network）程控系统采用SICL-LAN控制1653系列函数任意波形发生器。

注 意

后面板 USB 主控端口连接器的使用

后面板的 Type-A 连接器是 USB 主控端口连接器，在 1653 系列函数任意波形发生器中，该端口用来连接 USB 2.0 接口的闪存盘，以实现仪器驻机软件的升级、数据文件下载，也可以连接 USB 鼠标对波形发生器进行控制。不能通过该端口程控仪器。

- 建立连接 46
- 接口配置 47

4.2.1.1 建立连接

使用网线将1653系列函数任意波形发生器。与外部控者（计算机）连接到局域网，如图5.4所示：

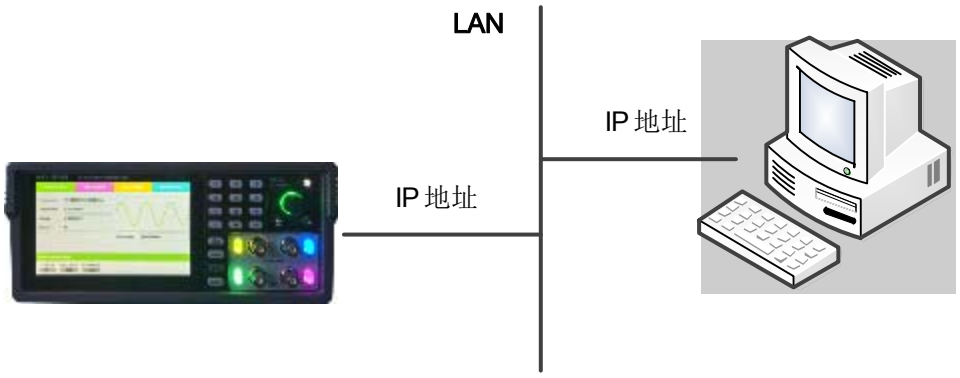

图 4.3　LAN 接口连接图

4.2.1.2 接口配置

通过局域网对波形发生器进行远程控制时，应保证网络的物理连接畅通。由于不支持 DHCP、域名访问以及广域网络连接，因此波形发生器的网络程控设置相对简单，将其中“IP 地址”，“子网掩码”设置到主控制器所在的子网内即可。

注 意

确保波形发生器通过 100Base-T LAN 或 1000Base-T LAN 电缆物理连接正常

由于该波形发生器只支持单一局域网络控制系统的搭建，且只支持静态 IP 地址的设置，不支持 DHCP，也不支持通过 DNS 和域名服务器访问主机，因此不需要用户修改子网掩码，仪器内将其固定设置为：255.255.0.0。

5 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。并说明波形发生器出错信息。

如果您购买的 1653 系列函数任意波形发生器，在操作过程中遇到一些问题，或您需要购买波形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。如果您所购买的波形发生器处于保修期，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 48
- 故障诊断与排除 49
- 错误信息 50
- 返修方法 50

5.1 工作原理

为了便于用户了解 1653 系列函数任意波形发生器的功能，更好的解决操作过程中遇到的问题，本节介绍波形发生器的基本工作原理及硬件原理框图。

5.1.1 整机工作原理和硬件原理框图

本系列产品采用基于现代计算机技术的智能化仪器硬件平台，选用 linux 操作系统，在设计中遵循模块化选项化的设计理念，把整机硬件和软件分成多个功能相对独立的模块。整机硬件总体方案框图如图所示。

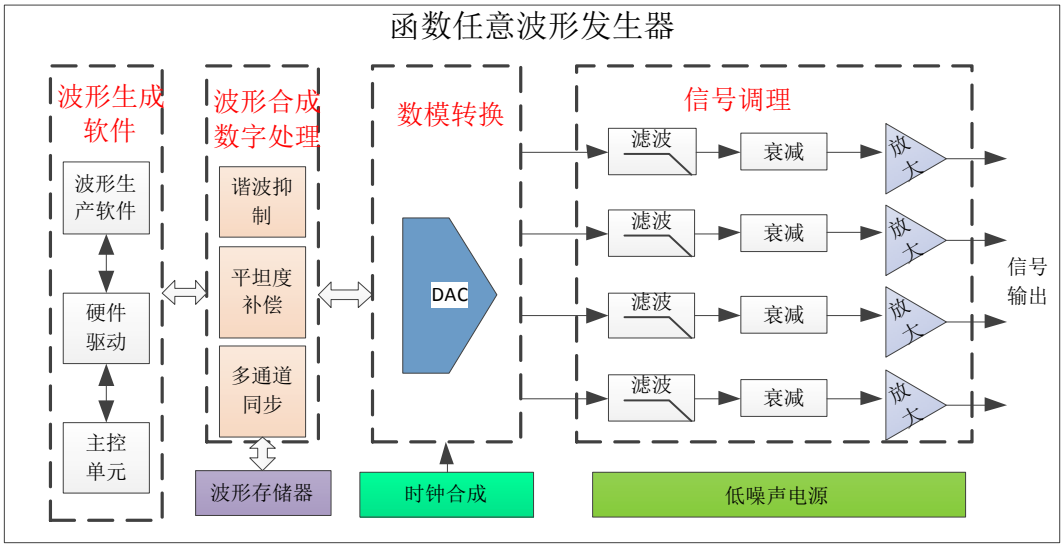

图 5.1　整机硬件总体方案框图

波形生成软件基于linux操作系统，可以生成多种波形，同时负责完成整机硬件的控制。数字信号处理由整机内部高性能处理器实现，完成复杂的数据处理、逻辑运算，处理后的波形数据传送到数模转换器，转换为模拟信号后经信号滤波、衰减、放大等处理后输出。

5.2 故障诊断与排除

提 示

故障诊断与指导

本部分是指导您当 1653 系列函数任意波形发生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。

若波形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 …… 49
- 软件界面按键不响应 …… 49
- 远程控制问题 …… 54

5.2.1 系统问题

- 待机灯不亮 …… 49
- 开机后风扇不转 …… 49

5.2.1.1 待机灯不亮

检查波形发生器交流电输入是否正常，电压输入范围 198V~242V，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、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。

5.2.1.2 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。

5.2.2 软件界面按键不响应

确认电源连接正确，或重启后再进行尝试，若问题仍然存在需返回厂家维修。

5.3 错误信息

1653 系列函数任意波形发生器中出现的错误：液晶屏显示错误信息。

5.4 返修方法

- 联系我们 50
- 包装与邮寄 50

5.4.1 联系我们

若1653系列函数任意波形发生器出现问题，首先观察错误信息并保存，分析可能的原因并参考章节“5.2 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：

服务咨询： **400-1684191**

网　　址： **www.ceyear.com**

电子信箱： **techbb@ceyear.com**

邮　　编： **266555**

地　　址： **中国山东省青岛市黄岛区香江路98号**

5.4.2 包装与邮寄

当您的波形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。如果经联系确认是波形发生器需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装波形发生器，并按下面的步骤进行包装：

1) 写一份有关波形发生器故障现象的详细说明，与波形发生器一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将波形发生器包装好，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

包装波形发生器需注意

使用其它材料包装波形发生器，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。

6 技术指标与测试方法

本章介绍 1653 系列函数任意波形发生器的技术指标和主要测试方法。

- 声明 52
- 产品特征 52
- 技术指标 53
- 测试方法 56

6.1 声明

除非特别声明，所有的指标测试条件是：温度范围是：23°C ± 5°C，放置至少两小时，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：

6.2 产品特征

表6.1　环境及尺寸

Description	Supplemental Information
Operating Environment	
Temperature	+10 °C to +40 °C
Humidity	20 % to 80 % at wet bulb temperature < +29 °C
Altitude	0 to 2,000 m (0 to 6,561 feet)
Vibration	0.21 G maximum, 5 Hz to 500 Hz
Non-Operating Storage Environment	
Temperature	−20 °C to +70 °C
Humidity	20 % to 90 % at wet bulb temperature < +40 °C
Altitude	0 to3,000 m (0 to 9,842 feet)
Vibration	0.5 G maximum, 5 Hz to 500 Hz
Dimensions	See Figure 10-5 through Figure 10-8.
Weight (Net)	<10 kg

表6.2　产品特征

一般特性		
远程控制	接 口	LAN 1000BaseT LAN 接口
	程控语言	SCPI
显示屏		TFT-LCD
操作界面语言		英文
电源要求		AC198V~242V（99V~121V选件），50/60 Hz ，150 W（最大）
操作温度范围		+10°C ~ +40°C
存储温度范围		-20°C ~ +70°C
工作湿度（额定值）		40°C 时，0 ~ 80% 相对湿度
海拔高度		0 ~ 3000 m
自检测		1653启动时，自动检测大部分模块。
最大重量		≤10kg
外形尺寸（宽×高×深）		213mm×88.1mm×303mm（不包括把手、接头和防护底角）
振动		随机振动 5 至 500 Hz，每轴 10 分钟，约 0.2 g rms
建议校准周期		36 个月

6.3 技术指标

表6.3　1653系列函数任意波形发生器

频率特性	
时基	
初始精度	±1ppm(±0.5 ppm，OCXO 选件) ，25℃
温度稳定度	±0.5 ppm (±0.1 ppm，OCXO 选件)， 0℃～40℃
老化率	±10ppb/天（±3ppb/天，OCXO 选件）
功能特性	
波形发生功能	函数波形发生：正弦、方波、脉冲、斜坡（含三角波、上锯齿、下锯齿）、噪声、直流；任意波形发生
外部参考功能	输入频率：10MHz/100MHz
参考输出功能	支持 10MHz 参考输出功能
外部触发功能	支持外部触发功能
Marker 输出功能	支持 Marker 信号输出功能
外调制输入功能	支持外调制输入功能
调制功能	支持 AM、DSB-AM、FM、PM、SUM、PWM、ASK、FSK、BPSK；支持 Sweep、Burst
计数器功能	100mHz～20kHz（DC 耦合）；20kHz～500MHz（AC 耦合）

表6.4　1653AB-1653AE函数任意波形发生器

输出特性（1653AB-1653AE）					
型号		1653AB	1653AC	1653AD	1653AE
通道数量		2 通道；4 通道（选件）			
最高采样率		1.2GSa/s（内插至 2.4 GSa/s）			
存储深度		64M 点/通道；可扩展到 512M 点/通道（选件）			
垂直分辨率		16bit			
最高输出频率		120MHz	250MHz	350MHz	500MHz
频率分辨率		1μHz			
直流输出范围		±10V（高阻负载）；±5V（50Ω负载）			
直流幅度精度		±(1%+2mV)，(@2V 偏置，高阻输出）			
正弦波	最大输出频率	120MHz	250MHz	350MHz	500MHz
	谐波失真（典型值）	≤-55dBc（≤60MHz）； ≤-50dBc（60MHz～100MHz）； ≤-45dBc（100MHz～300MHz）； ≤-55dBc（ >300MHz）；			
	非谐波失真（典型值）	≤-80dBc（@400mVpp，10MHz）； ≤-80dBc（@400mVpp，100MHz）			
	相位噪声	≤-135dBc/Hz (10MHz@10kHz 频偏，500mVpp）			
	幅度准确度	± (1%设置值+1mVpp)（1kHz 1Vpp 正弦，0V 偏置，高阻负载）			
	幅度平坦度	±0.6dB（≤100MHz）；±1.2dB（>100MHz）。（@400mVpp，50Ω负载，相对于 1MHz 正弦波）			
	最大输出幅度（50Ω负载，0V 偏置）	12Vpp（≤60MHz）； 5Vpp（60MHz～120MHz）； 3Vpp（120MHz～200MHz）； 2Vpp（200MHz～300MHz）； 1.5Vpp（300MHz～400MHz）； 1Vpp（400MHz～500MHz）；			
方波、脉冲	最大输出频率	方波 120MHz， 脉冲 150MHz（120MHz-1653AB）			
	最小上升/下降时间	≤2ns（@500mVpp，100kHz，1ns 沿）			
	过冲	≤3%（100kHz,1Vpp,50Ω负载,2ns 沿）			
	占空比	设置范围 0.01%-99.99%（受限于频率设置）			
	最小脉宽	≤4ns（5Vpp，50Ω负载，1ns 沿）；			
	抖动（rms）	≤20ps（@10MHz，500mVpp，50Ω负载，1k~100kHz 带宽）			
斜坡	最大输出频率	10MHz			
任意波 Sequence		支持多个序列段			
触发方式		固定间隔、单次、外触发			

表6.5　1653AF函数任意波形发生器

1653AF 输出特性		
型号		1653AF
通道数量		2 通道
最高采样率		2.5GSa/s
存储深度		64M 点/通道；可扩展到 1G 点/通道（选件）
垂直分辨率		14bit
最高输出频率		1GHz
频率分辨率		1μHz
直流输出范围		±10V（高阻负载）；±5V（50Ω负载）
直流幅度精度		±(1%+2mV)； 2V 偏置，高阻输出
正弦波	最大输出频率	1GHz
	谐波失真（典型值）	≤-55dBc（≤60MHz）； ≤-50dBc（60MHz～100MHz）； ≤-45dBc（100MHz～300MHz）； ≤-40dBc（ >300MHz,1653AF）；
	非谐波失真（典型值）	≤-50dBc（@400mVpp，10MHz）； ≤-45dBc（@400mVpp，400MHz）
	相位噪声	≤-135dBc/Hz (10MHz@10kHz 频偏，500mVpp）
	幅度准确度	± (1%设置值+1mVpp)（1kHz 1Vpp 正弦，0V 偏置，高阻负载）
	幅度平坦度	±0.6dB（≤100MHz）；±1.2dB（>100MHz）。（@400mVpp，50Ω负载，相对于 1MHz 正弦波）
	最大输出幅度(50Ω负载，0V 偏置）	12Vpp（≤60MHz）； 5Vpp（60MHz～120MHz）； 3Vpp（120MHz～200MHz）； 2Vpp（200MHz～300MHz）； 1.5Vpp（300MHz～400MHz）； 1Vpp（400MHz～500MHz）； 0.4Vpp（>500MHz）
方波、脉冲	最大输出频率	方波 240MHz， 脉冲 312.5MHz
	最小上升/下降时间	≤1ns（@500mVpp，100kHz，0.8ns 沿）
	过冲	≤3%（100kHz,1Vpp,50Ω负载，2ns 沿）
	占空比	设置范围 0.01%-99.99%（受限于频率设置）
	最小脉宽	≤2ns（5Vpp，50Ω负载，0.8ns 沿）；
	抖动（rms）	≤20ps（@10MHz，500mVpp，50Ω负载，1k~100kHz 带宽）
斜坡	最大输出频率	10MHz
任意波 Sequence		支持多个序列段
触发方式		固定间隔、单次、外触发

6.4 测试方法

6.4.1 测试仪器

表6.6 主要测试仪器

序号	仪器名称	主要技术指标	推荐型号
1	万用表	7 位半	Keysight 34470A
2	信号分析仪	频率范围：2Hz～50GHz	R&S FSW50
3	频率计	频率范围：10Hz～12.5GHz	53152A
4	示波器	带宽：2.5GHz 采样率：20GSa/s	MSOS254A
5	信号源分析仪		E5052B

6.4.2 波形发生功能

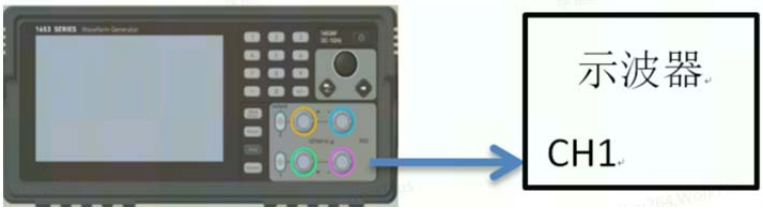

图 6.1 波形发生功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器；
2) 设置 1653 波形发生器通道 CH1 :点击“waveform”按键然后选择输出波形为正弦波，触摸频率输入框将频率设置为 10MHz ,触摸幅度输入框设置幅度 0.5Vpp ,点击通道 1 按键打开 CH1 输出开关，其他参数默认；
3) 用示波器测量 CH1 的信号，如输出正弦波正常，则信号输出功能正常；
4) （仅 1653Ax ）同理依次设置波形为方波、斜坡、直流等波形，如输出波形正常，则函数波形发生功能正常；设置为斜坡时默认为三角波，可点击“param”按键在“RampType”下修改为上锯齿和下锯齿；
5) （仅 1653Ax ）点击“waveform”按键设置波形为“ARB”，触摸“SequenceSetup”进入波形设置菜单，触摸“BuildIn Wave”，然后将“PlayTimes”中“Manual”参数设置为 1 ,触摸“Add Sequence”添加到波形序列 ,触摸“Return”后点击“Play”下载波形数据 ,检查“TriggerGenerae”内触发类型为 Timing、触发沿为 RiseEdge、间隔时间为 100us、触发次数为 0。用示波器测量 CH1 的信号，如输出为间隔 100us 的 1 个周期正弦波，则任意波形信号输出功能正常。

6.4.3 外部参考功能

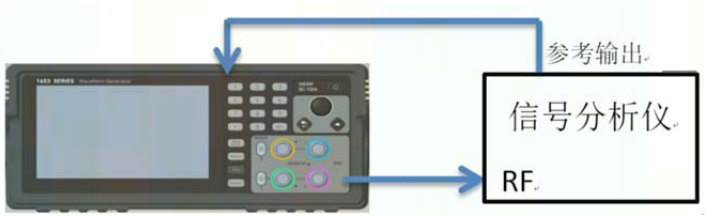

图 6.2　外部参考功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 10MHz/100MHz In 接口；
2) 设置 1653 的 CH1 输出波形为正弦波，频率 100MHz，打开信号输出开关，其余参数默认；
3) 打开信号分析仪，在信号分析仪上能够观察到对应输出信号；
4) 设置信号分析仪其后面板 100MHz 参考为输出状态；
5) 点击 1653 “System”按键进入“Ref Setup”菜单，触摸“External 100M”将 1653 波形发生器设为外参考 100MHz 模式；
6) 经过短暂的锁定过程后，信号分析仪上重新观察到正常的 100MHz 信号则外部 100MHz 参考功能正常；
7) 同理设置 1653 的外参考为 10MHz，在信号分析仪上观察 1653 输出波形，若波形正常，则表明外部参考 10MHz 功能正常。观测信号的信号分析仪也可由示波器、频率计等仪器替代。外部参考信号不应太小或太大，应在 700mVpp 以上，5Vpp 以下。

6.4.4 参考输出功能



图 6.3　参考输出功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 10MHz Out 接口；
2) 点击 1653 “System”按键进入“Ref Setup”菜单，将 1653 波形发生器参考输出设置为“ON”，打开参考输出；
3) 在信号分析仪上测量 10MHz 信号，若能观察到相应信号，则表明参考输出功能正常。

注：信号分析仪可用示波器或频率计替代。

6.4.5 外部触发功能

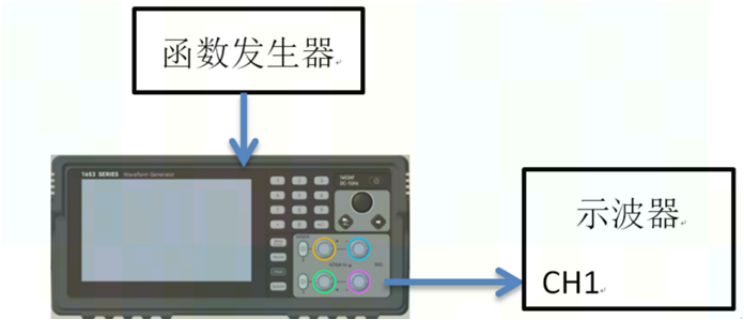

图 6.4　外部触发功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 Trig In 接口。
2) 设置函数发生器的输出频率为 20kHz，方波，输出电平分别设置为低电平 0V、高电平 3.3V，阻抗为高阻，打开通道输出；触发信号为 3.3V LVCMOS 电平，触发信号脉宽需不小于 30ns、频率不高于 5MHz。
3) 点击 1653 “System” 按键进入 “TriggerGenerae” 菜单 ,设置触发类型为 External；
4) 点击 1653 “waveform” 按键设置 CH1 波形为正弦波 10MHz，其他参数默认；
5) 点击 1653 “MOD” 按键进入调制界面，触摸 “Type” 设置调制方式为 Burst，“CycleCount” 周期数为 1，打开调制开关和 CH1 输出开关；Burst 功能支持设置计数范围 1～134000000 个周期。
6) 在示波器测量 CH1 输出的信号，若输出信号间隔与设置的外部触发间隔相同，则表明外部触发功能正常、Burst 功能正常。

注：外触发信号也可由示波器输出或其他能够符合要求的仪器信号替代，触发信号为 3.3V LVCMOS 电平，触发信号脉宽需不小于 30ns、频率不高于 5MHz。

6.4.6 Marker 输出功能

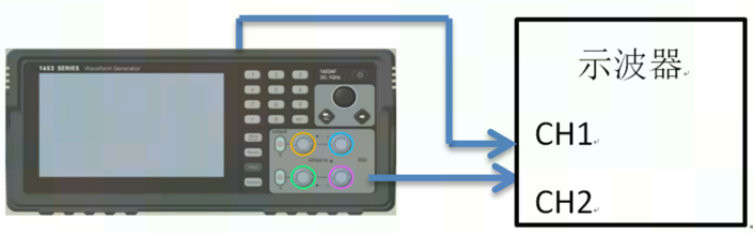

图 6.5　Mark 输出功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 Sync/Marker 接口；
2) 点击 1653 “waveform” 按键设置 CH1 波形为正弦波 10MHz，其他参数默认；
3) 点击 1653 “MOD” 按键进入调制界面，触摸 “Type” 设置调制方式为 Burst，

“CycleCount”周期数为 1，触发类型为固定间隔 100us 触发，打开调制开关和 CH1 输出开关；

4) 点击 1653 “System”按键并设置 Marker 为 CH1；
5) 使用示波器同时测量通道 1、通道 2，设置示波器触发源为通道 2，示波器通道 2 显示固定间隔的正弦信号，通道 1 有相应的 Marker 信号显示，则说明同步 Marker 输出功能正常。

注：Marker 信号为 3.3V LVCMOS 电平，能输出的最小脉宽小于 20ns。

6.4.7 外调制输入功能

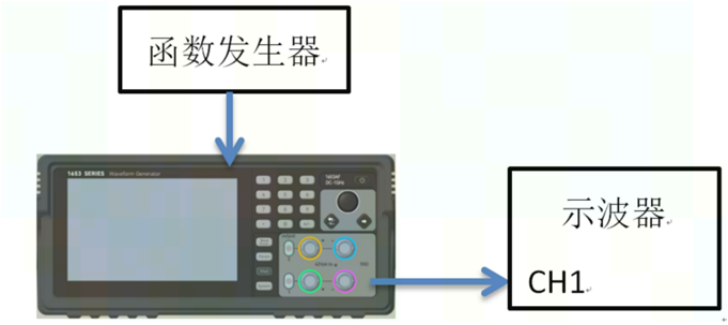

图 6.6 外调制输入功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 Mod In(I)接口。
2) 设置函数发生器的输出正弦信号频率为 1kHz，幅度为 5Vpp，阻抗为高阻，打开函数发生器输出开关。
3) 设置 1653 波形发生器 CH1 输出波形为正弦信号，频率 100MHz 其余参数默认；
4) 点击 1653 “MOD”按键进入调制界面，调制类型设置为 AM，调制深度 50%，调制源为外部，打开调制开关；
5) 打开 1653 波形发生器 CH1 通道输出，在示波器上能够观察到 1kHz 的调制信号，则外调制输入功能正常，并且 AM 调制功能正常。

注：1653Ax 输入信号需在±5V 范围内。

6.4.8 调制功能



图 6.7 调制功能 1

6.4.8.1 FM/PM/ASK/FSK/PSK/ Sweep

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 设置 1653 波形发生器 CH1 输出信号为正弦 100MHz，其余参数默认，打开 1653 波形发生器 CH1 通道输出。
3) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 FM，调制源为正弦信号，调制频率为 1MHz，其余参数默认，打开调制开关。
4) 设置信号分析仪为模拟解调模式（按 MODE 按键点击模拟解调进入），设置解调方式为 FM，若在信号分析仪上能够正确解调输出信号，则 FM 调制功能正常。
5) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 PM，调制源为正弦信号，调制频率为 1MHz，打开调制开关；
6) 设置信号分析仪为模拟解调模式,解调方式为 PM，若在信号分析仪上能够正确解调输出信号，则 PM 调制功能正常。
7) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 ASK，键控频率为 500kHz，打开调制开关；
8) 设置信号分析仪为数字解调（按 MODE 按键点击 VSA 进入），设置解调方式为 ASK（按 MEAS CONFIG 按键点击第一项进入），键控频率为 500kHz,若在信号分析仪上能够正确解调输出信号，则 ASK 调制功能正常。
9) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 PSK，键控频率为 500kHz，PSK 相位为 0 度，打开调制开关；
10) 设置信号分析仪为数字解调(按 MODE 按键点击 VSA 进入）,设置解调方式为 BPSK，键控频率为 500kHz，若在信号分析仪上能够正确解调输出信号，则 PSK 调制功能正常。
11) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 FSK，键控频率为 500kHz,跳频频率为 110MHz，打开调制开关；
12) 设置信号分析仪为数字解调（按 MODE 按键点击 VSA 进入），设置解调方式为 FSK，键控频率为 500kHz，中心频率为 105MHz，窗口切换为星座频率显示，若在信号分析仪上能够正确解调输出信号，则 FSK 调制功能正常。
13) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 Sweep，起始频率为 10MHz，终止频率为 100MHz，扫描时间 1s，保持时间 1s，返回时间 1s，打开调制开关；
14) 观察信号分析仪输出频谱，起始、终止频率分别设置为 1MHz、120MHz，若在信号分析仪上可以观察到相应的 10MHz-100MHz 的扫频信号，则 Sweep 功能正常。Sweep 功能可设置扫频类型为线性、对数；方向向上、向下（通过设置起始和终止频率实现，其实频率小于终止频率为向上，反之为向下）。扫频时间设置范围 1ms～250000s，设置分辨率 1ms；停留时间设置范围 1ms～10000s，设置分辨率 1ms；返回时间设置范围 1ms～250000s，设置分辨率 1ms。

注：解调时可适当调整信号分析仪的采样率来达到较好的解调效果。以上调制功能也可通过示波器进行观察测试。

6.4.8.2 SUM/DSB-AM/PWM

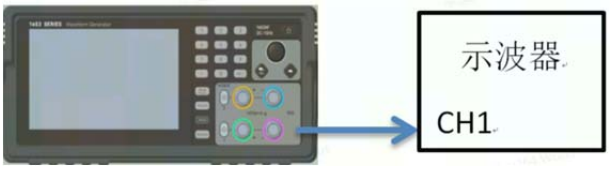

图 6.8 调制功能 2

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 设置 1653 波形发生器 CH1 输出信号为正弦 10MHz，其余参数默认，打开 1653 波形发生器 CH1 通道输出。
3) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 SUM，调制源为正弦信号，调制频率为 1MHz，打开调制开关；
4) 观察示波器信号，若在示波器上可以观察到相应的调制波形，则 SUM 调制功能正常。
5) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 DSB，调制源为正弦信号，调制频率为 1MHz，打开调制开关；
6) 观察示波器信号，若在示波器上可以观察到相应的调制波形，则 DSB 调制功能正常。
7) 设置 1653 波形发生器 CH1 输出信号为脉冲 10MHz，占空比 50%，其余参数默认，打开 1653 波形发生器 CH1 通道输出。
8) 按“MOD”按键进入调制界面，设置调制方式为 PWM，调制比例为 20%，调制源为正弦信号，调制频率为 1MHz，打开调制开关；
9) 观察示波器信号，若在示波器上可以观察到相应的调制波形，则 PWM 调制功能正常。

6.4.9 计数器功能



图 6.9 计数器功能

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，后面板连接 Counter 接口；
2) 设置函数发生器的输出阻抗为高阻波形为正弦波，输出 100MHz/1Vpp；

3) 点击 1653 波形发生器“System”按键进入“Counter”菜单，将计数器开关设置为“ON”，设置模式为 AC；
4) 观察计数器显示频率值；
5) 观察计数器显示频率值，若频率值在 100MHz±1MHz 之内，则计数器功能正常。

6.4.10 通道数量



图 6.10 通道数量

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击 1653“waveform”按键设置 CH1 波形为正弦波 10MHz，其他参数默认，打开信号输出开关；
3) 同理设置 1653 波形发生器 CH2-4（若波形发生器配备了相应通道）；
4) 观察示波器上能够显示相应通道对应的波形，则通道数量满足要求。

6.4.11 最高采样率、最大存储深度

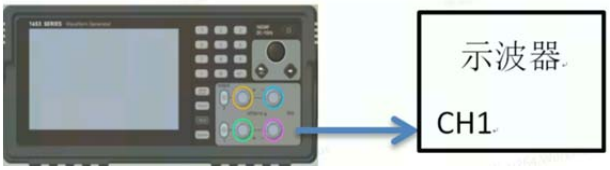

图 6.11 最高采样率、最大存储深度

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击“waveform”按键设置波形为“ARB”，触摸“SequenceSetup”进入波形设置菜单，触摸“Stored Wave”，选择波形文件为“sam_1200M_xxxSa”（1653AB-AE）、“sam_2500M_xxxSa”（1653AF），然后将“PlayTimes”参数设置为 infinite，触摸“Add Sequence”添加到波形序列，触摸“Return”返回上级菜单后点击“Play”下载波形数据，设置“TriggerGenerate”内触发类型为单次；
3) 打开通达波形输出开关，在触发界面触摸“OnceTrig”触发波形输出；
4) 若在示波器上显示完整的正弦波波形，测量正弦波的周期，若正弦波形周期正确则最高采样率、最大存储深度满足要求。

注：波形文件名中“xxx”表示存储深度即样点数，如 1.2G 采样率、512M 样点，周期=

样点数/采样率，则示波器测量周期为 426.666±4ms；2.5G 采样率、1G 样点，则示波器测量周期约为 400±4ms。因存储深度测试波形文件较大，可通过仪器后面板的 USB 接口接入内含波形文件的存储载体。

6.4.12 垂直分辨率

该指标设计保证。

6.4.13 直流输出范围

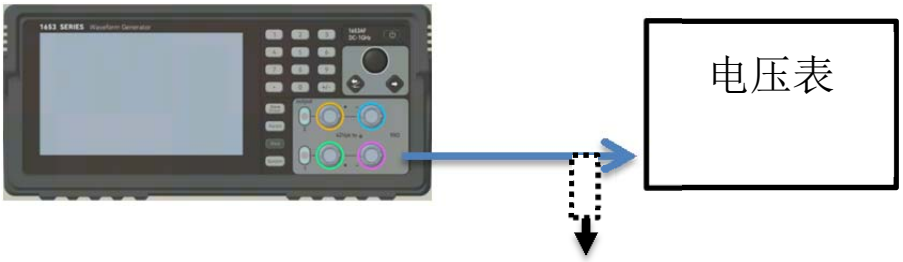

图 6.12　直流输出范围

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，阻抗为 50Ω时电压表侧增加 50 欧姆匹配器；
2) 点击“waveform”按键设置波形为 DC，输出阻抗设置为 1MΩ/50Ω，分别测试其最大、最小输出幅度，1MΩ时直流幅度设置为±10V，50Ω时直流幅度设置为±5V，打开通道输出开关；
3) 读取电压表显示平均值，若幅度值落在 9.85V～10.15V、-10.15V～-9.85V 4.925V～5.075V、-5.075V～-4.925V、之间，则直流输出范围满足要求。；

注：电压表可用满足精度要求的示波器替代。仪器内部幅度值可设最大值保留了裕量，用户可设置更高的值来达到输出要求，但精度不再保证。

6.4.14 直流幅度精度



图 6.13　直流幅度精度

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击“waveform”按键设置波形为 DC，输出阻抗设置为 1MΩ，直流幅度设置为+2V，

然后打开 CH1 信号输出开关。

3) 读取电压表上测量幅度值，若结果在±(1%幅度值+2mV)即在 2000.0±22.0mV 范围内，则幅度精度满足要求。

4) 同理测试其他通道的直流幅度精度。

6.4.15 正弦波

6.4.15.1 最大输出频率

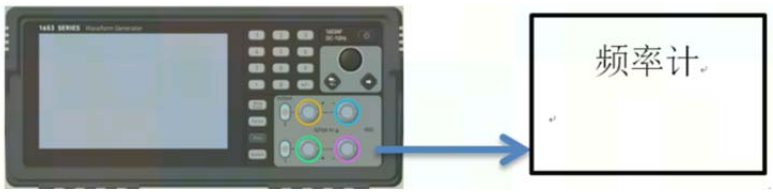

图 6.14 最大输出频率

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，其中频率计可用 FSW 替代。

2) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 波形为正弦波，输出阻抗为 50 欧姆，频率设置为 120MHz(1653AB)、250MHz(1653AC)、350MHz(1653AD)、500MHz (1653AE) 、1000MHz (1653AF) ，幅度设置为 400mVpp，其他参数默认，然后打开 CH1 信号输出开关。

3) 在频率计上读出频率值，然后在测试表格中记录测试结果，频率值若在设置值±1MHz 以内则符合要求。

注：频率计可用示波器或信号分析仪替代。

6.4.15.2 谐波失真



图 6.15 谐波失真

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。

2) 点击 1653 Ax 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 波形为正弦波，输出阻抗为 50 欧姆，，设置输出幅度 400mVpp，设置输出频率为 10MHz；

3) 设置信号分析仪为谐波分析模式，设置合适的参考电平，设置中心频率为 10MHz，记录谐波列表中除基波以外的最差谐波点；

4) 同理设置信号分析仪不同的中心频率，测试 1653 Ax 从 60MHz 开始以 10MHz 为间隔步进到 100MHz 的谐波失真最差点；测试 1653 Ax 从 100MHz 开始以 50MHz 为间隔步进到 300MHz 的谐波失真最差点(1653AB 测试 120MHz 频点) 测试 1653 Ax 从 300MHz 开始以 50MHz 为间隔步进到 500MHz 的谐波失真最差点 ;测试 1653 AF 从 500MHz 开始以 100MHz 为间隔步进到 1000MHz 的谐波失真最差点。
5) 同理测试 1653 Ax 其他通道的谐波失真。

6.4.15.3 非谐波失真



图 6.16 非谐波失真

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 波形为正弦波，输出阻抗为 50 欧姆，输出频率为 10MHz，设置输出幅度 400mVpp；
3) 设置信号分析仪的起始频率为 1MHz，截止频率为 100MHz，参考电平为+0dBm (不同的信号与频谱分析仪可切换最优的参考电平，根据谐波测量值来确定)，分辨率带宽为 5kHz；
4) 激活信号与频谱分析仪第二标记，按“峰值搜索”、“差值标记”、“次峰值”，测出杂波最差的点与基波的功率差值 (应该避开谐波)；
5) 同理测试出 400MHz (1653AE/AF) 的非谐波失真，截止频率分别设置为 500MHz (1653AE/AF)、1GHz (1653AF)；
6) 同理测试其他通道的非谐波失真。

6.4.15.4 相位噪声



图 6.17 相位噪声

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) b) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 波形为正弦波，输出阻抗

为 50 欧姆，设置频率为 10MHz，设置输出幅度 500mVpp；

3) 设置信号源分析仪为相噪测量模式，设置中心频率为 10MHz，设置中频增益为 50dB；
4) 设置信号源分析仪的频偏：10kHz；
5) 在测试表格中记录测量的相位噪声值。

6.4.15.5 幅度准确度

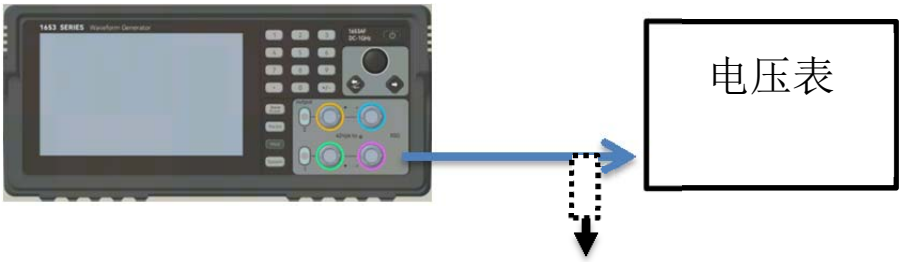

图 6.18　幅度精度

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，输出阻抗设置为 50Ω时电压表侧连接 50 欧姆匹配器。
2) 电压表设置为 AC 模式。点击 1653 “waveform” 按键设置波形为正弦，频率为 1kHz，偏置 0V，输出阻抗设置为 50Ω，幅度分别设置为 100mVpp、1Vpp、5Vpp、12Vpp，输出阻抗设置为 1MΩ时，幅度分别设置为 100mVpp、1Vpp、5Vpp、24Vpp 然后打开 CH1 信号输出开关。
3) 读取电压表上测量幅度值(有效值)，换算为峰峰值后若幅度值在±(1%设置值+1mVpp)范围内，则幅度精度满足要求。
4) 同理测试其他通道的幅度准确度。 ；

注：交流幅度峰峰值=2√2*有效值。

6.4.15.6 最大输出幅度

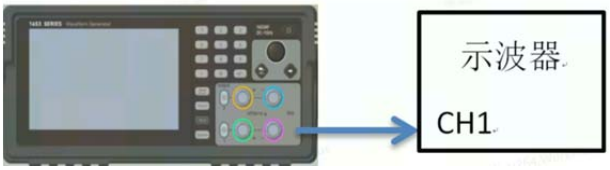

图 6.19　最大输出幅度

测试步骤（1653Ax）：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击 1653 波形发生器 “waveform” 按键并设置 CH1 波形为正弦波，设置频率为 10MHz，输出阻抗为 50 欧姆，偏置为 0V，设置输出幅度为 12Vpp，因幅度超出示波器量程，此时需在电缆与示波器之间接入衰减器；
3) 在测试表格中记录测量的输出幅度（需计算出衰减器衰减前的幅度进行记录），若幅度

在 11.10～12.90 Vpp 范围内则满足要求；

4) 去除连接的衰减器，设置为频率为 100MHz 幅度 5.5Vpp、200MHz（1653AC-AF）幅度 3.5Vpp，在测试表格中记录测量的输出幅度；

5) 去除连接的衰减器，设置为频率为 120MHz 幅度 5.0Vpp、200MHz 幅度 3.0Vpp、300MHz 幅度 2.0Vpp、400MHz 幅度 1.5Vpp、500MHz 幅度 1.0Vpp、1000MHz 幅度 0.4Vpp，在测试表格中记录测量的输出幅度，若幅度分别满足 4.65～5.35Vpp、2.80～3.20Vpp、1.87～2.13 Vpp、1.395～1.605 Vpp、0.92～1.08 Vpp、0.35～0.45Vpp 范围，则满足要求；

6) 同理测试其他通道信号。

注：仪器内部幅度值可设最大值保留了裕量，用户可设置更高的值来达到输出要求，但精度不再保证。

6.4.16 方波、脉冲波

6.4.16.1 最大输出频率



图 6.20 最大输出频率

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器；

2) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为方波，设置频率为 120MHz（1653AB-AE）、240MHz（1653AF），其余参数默认，然后打开 CH1 信号输出开关，频率值若在设置值±1MHz 以内则符合最大输出频率要求。

3) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为脉冲，设置频率为 150MHz（1653AB-AE）、312.5MHz（1653AF）其余参数默认，然后打开 CH1 信号输出开关，频率值若在设置值±1MHz 以内则符合最大输出频率要求。

注：频率计可用示波器或信号分析仪替代。

6.4.16.2 上升/下降时间

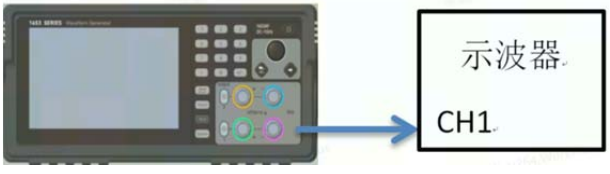

图 6.21 上升/下降时间

6.4 测试方法

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器；
2) 击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为方波，设置输出波形频率为 100kHz，输出阻抗为 50 欧姆，输出幅度为 0.5Vpp，设置脉冲边沿为 1ns（1653AB-AE）、0.8ns（1653AF），其余参数默认，然后打开 CH1 信号输出开关，频率值若在设置值±1MHz 以内则符合最大输出，然后打开 CH1 信号输出开关；
3) 示波器输入阻抗设为 50Ω，在示波器上添加上升、下降时间测量，在示波器上读出信号上升/下降沿时间的平均值；
4) 同理测试其他通道并记录测试结果。

注：该指标测量需要使用高带宽的示波器，至少需要 1GHz 带宽。

6.4.16.3 过冲

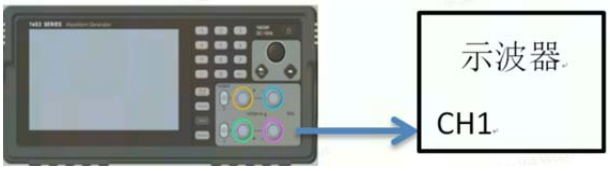

图 6.22　过冲

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为脉冲，设置输出波形频率均为 1kHz，输出幅度为 500mVpp，设置脉冲边沿为 2ns，然后打开 CH1 信号输出开关。
3) 示波器输入阻抗设为 50Ω，在示波器上添加过冲测量，在示波器上读出过冲测量结果；
4) 同理测试其他通道并记录测试结果。

6.4.16.4 占空比

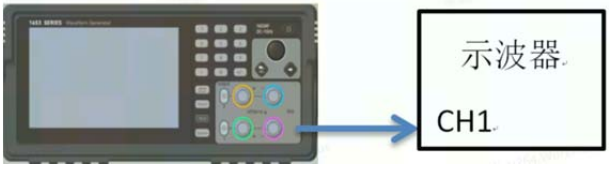

图 6.23　占空比

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，任意波发生器 CH1 信号输出接口连接示波器 CH1 接收接口。
2) 设置 1653 波形发生器 CH1 输出波形为脉冲，设置输出波形频率均为 1kHz，输出幅度为 500mVpp，设置脉冲边沿为 2ns，然后打开 CH1 信号输出开关，占空比分别设置为 0.01%和 99.99%。

3) 用数字存储示波器测量输出波形的占空比：示波器输入阻抗设为 50Ω，示波器显示占空比能对应 1653 设置值则占空比范围满足要求；
4) 1653 上占空比设置值可以按 0.01%改变，则占空比可设分辨率满足要求。

6.4.16.5 抖动（rms）



图 6.24 抖动

测试步骤：
1) 如上图连接相关测试仪器；
2) 击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为方波，输出幅度为 500mVpp，设置方波输出频率为 10MHz，然后打开 CH1 信号输出开关。
3) 打开信号分析仪的 MODE 下的 Phase Noise，中心频率设置为 10MHz，打开 MESA 下的 Residual Noise ,设置起始和终止偏移分别为 1kHz 和 100kHz ,直接读取 jitter，采用平均值，若测量结果小于 20ps，则满足要求。

6.4.16.6 最小脉宽

测试步骤：
1) 如图 23 连接相关测试仪器；
2) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为脉冲，输出幅度为 5Vpp，阻抗 50Ω，设置输出频率为 10MHz，边沿时间为 0.8ns（1653AF）/1ns（1653AB-AE），设置占空比为 1.5%（1653AF）/2.5%（1653AB-AE）或更小；
3) 示波器测量输出信号脉宽，触发电平设置为中间位置，若脉宽测量值在要求值以内则最小脉宽满足要求。

注：该指标测量时幅度值不再保证。

6.4.17 斜坡

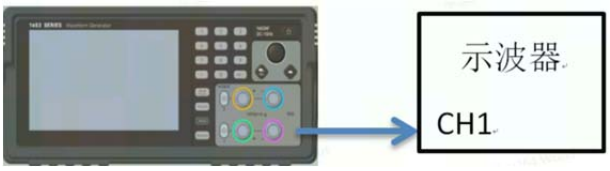

图 6.25 斜坡

测试步骤：
1) 如上图连接相关测试仪器；

2) 击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 输出波形为斜坡，设置输出波形频率为 10MHz，其余参数默认，然后打开 CH1 信号输出开关；
3) 在示波器上读出频率值，频率值若在设置值±1MHz 以内则斜坡最大输出频率符合要求。
4) 设置对称度参数，设置范围在 0%～100%，0.1%分辨率，则对称度符合要求。

6.4.18 任意波 Sequence

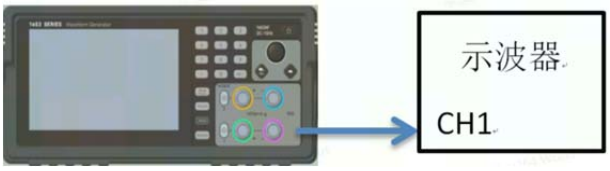

图 6.26 任意波 Sequence

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击“waveform”按键设置波形为“ARB”，触摸“SequenceSetup”进入波形设置菜单，触摸“BuildIn Wave”，设置频率为 50kHz、周期数 1、波形为正弦，“PlayTimes”中“Manual”参数设置为 1，触摸“Add Sequence”添加到波形序列；再次触摸“BuildIn Wave”，设置频率为 50kHz、周期数 2、波形为脉冲，“PlayTimes”中“Manual”参数设置为 1，触摸“Add Sequence”添加到波形序列；再次触摸“BuildIn Wave”，设置频率为 50kHz、周期数 3、波形为斜坡，“PlayTimes”中“Manual”参数设置为 1，触摸“Add Sequence”添加到波形序列；重复次数“PlayTimes”可设置 1-65530 或无限循环。
3) 触摸“Return”返回上级菜单后点击“Play”下载波形数据，检查“TriggerGenerae”内触发类型为 Timing、触发沿为 RiseEdge、间隔时间为 100us、触发次数为 0；打开 CH1 信号输出开关。
4) 在示波器上观察输出波形，如输出波形符合相应设置，则任意波 Sequence 满足要求。

注：配备多序列选件的机型可添加多个任意波形序列。

5) 采用平均值，将测试结果记入测试表格，通道间偏移通过手动调节后能够满足小于 50ps 即为符合要求。

6.4.19 频率分辨率

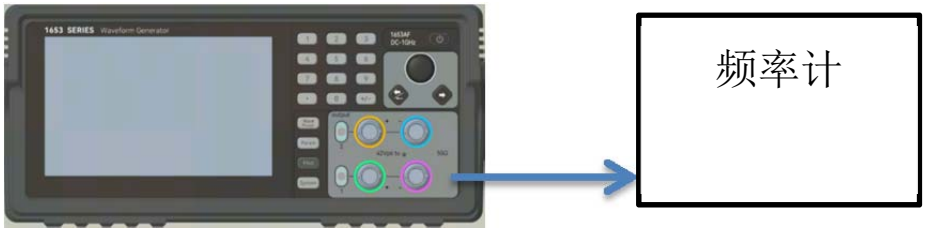

图 6.27 频率分辨率

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器。
2) 点击 1653 波形发生器“waveform”按键并设置 CH1 波形为方波，频率设置为 10kHz 或更小,记录频率计上的数值；
3) 1653 输出频率增加 1uHz，若频率计上的读数有变化，且变化趋势一致，则频率分辨率满足要求。

6.4.20 幅度平坦度



图 6.28　幅度平坦度

测试步骤：

1) 如上图连接相关测试仪器，信号分析仪可以用功率计或高频电压表替代。
2) 点击 1653“waveform”按键设置波形为正弦，频率为 1MHz，幅度为 0.4Vpp，输出阻抗设置为 50Ω，记录信号分析仪的幅度值；
3) 分别设置 1653 输出频率为 10MHz、20 MHz、50MHz、100MHz、120MHz ,1653AC 增加 250MHz，1653AD 增加 350MHz，1653AE 增加 500MHz，1653AF 增加 700MHz、 1GHz，测量其幅度值与 1MHz 幅度值的差值绝对值的最大值记录到表格中，若幅度值差值绝对值的最大值在指标要求范围内，则平坦度满足要求。

6.4.21 触发方式

测试步骤：

1) 外部触发功能测试已验证外部触发方式。
2) 波形发生功能中任意波形发生测试已验证固定间隔触发方式；
3) 最高采样率、最大存储深度测试，已验证单次触发方式。