Ceyear 思仪

1650E

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 1650E，基于固件版本 Version 1.0 及以上。

1650E 任意波形发生器除标准配件外的选件如下：

序号	选件编号	名称
1	1650E-H164	16GSa/s机型4通道选件
2	1650E-S160	真实16GSa/s采样模式
3	1650E-H200	2×10GSa/s采样率模式
4	1650E-H204	20GSa/s机型4通道选件
5	1650E-S200	真实20GSa/s采样模式
6	1650E-H240	2×12GSa/s采样率模式
7	1650E-H244	24GSa/s机型4通道选件
8	1650E-S240	真实24GSa/s采样模式
9	1650E-H250	2×12.8GSa/s采样率模式
10	1650E-H254	25.6GSa/s机型4通道选件
11	1650E-S250	真实25.6GSa/s采样模式
12	1650E-H812	双通道机型每通道波形存储扩容为4G采样点/通道@16bits，或8G采样点/通道@8bits。
13	1650E-H814	四通道机型每通道波形存储扩容为4G采样点/通道@16bits，或8G采样点/通道@8bits。
14	1650E-S901	所有通道开通 DUC 模式， 输出频率在 16bit 分辨率模式下拓展输出频率上限为采样率的0.8倍
15	1650E–H900	SMA 稳相电缆，任意波形发生器输出通道用 电缆，用于对输出群延迟较高的场景。 每个选件代表一条电缆。
16	1650E–H901	外接显示器，方便进行复杂波形编辑
17	1650E–H910	内置硬盘扩容为 1T Bytes
18	1650E-EWT1	保修期以外延长保修1年，服务不含校准，仅含单程货品运费。
19	1650E-JL	2 通道机计量校准服务，提供计量报告
20	1650E-4CH-JL	4 通道机计量校准服务，提供计量报告

版　　本：　A.2　2025年8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 1650E 任意波形发生器！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

YQ2.829.1288SS

版本

A.2　2025.08

中电科思仪科技股份有限公司

手册授权

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

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

产品质保

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

产品质量证明

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

质量/环境管理

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

安全事项

⚠ 警 告

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

注 意

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

检定周期

本产品检定周期为 1 年。

目 录

1 手册导航..... 1

1.1 关于手册..... 1

1.2 关联文档..... 1

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..... 21

3.3 基本测量方法..... 24

3.4 任意波序列编辑输出..... 41

3.5 文件格式说明..... 43

4 故障诊断与返修..... 51

4.1 工作原理..... 51

4.2 故障诊断与排除..... 52

4.3 错误信息..... 53

4.4 返修方法..... 53

5 技术指标与测试方法..... 55

5.1 声明..... 55

5.2 产品特征..... 55

目 录

5.3 技术指标..... 56

5.4 测试方法..... 66

附 录..... 88

附录 A 错误信息速查表 88

1 手册导航

本章介绍了 1650E 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。

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 1650E 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 1650E 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 1650E 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。

- 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 1650E 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 1650E 的一些基本用法，如设置点频、功率、调制等。高级操作指导部分针对已具备基本的 1650E 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。

- 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 1650E 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 1650E 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

1650E 任意波形发生器的产品文档包括：

- 用户手册

1.2 关联文档

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

- 手册导航
- 概述
- 操作指南
- 故障诊断与返修
- 技术指标与测试方法
- 附录

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1650E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。

2.1 产品综述

1650E任意波形发生器最高采样率25.6GSa/s ,最高垂直分辨率16bits ,最大带宽10GHz，最高输出频率10GHz，2或4通道可选，存储深度最大8GSa/通道。可以实现常规函数波形产生，提供任意波形编辑软件，可编辑常规通用信号、I/Q矢量基带信号、IF/RF信号、多音频信号、噪声信号、雷达信号等，支持定时播放、外触发播放、循环播放、单次播放等多种播放方式，每次播放的次数可自定义，并支持通道间同步、多台仪器间的同步等。主要用于宽带雷达、通信、导航等设备的测试与试验 ,亦可为相关电子设备的调试提供函数激励信号。

2.1.1 产品特点

2.1.1.1 基本功能

1650E任意波形发生器主要性能特点是：

- 函数波形生成：正弦、方波、脉冲、三角、直流等；
- 大带宽信号输出：最大带宽10.2GHz；
- 采用了宽带频响实时补偿技术：提高了宽带信号的输出平坦度；
- 支持同步Mark输出，Mark输出时有效位数15位；
- 通道间输出同步：同步精度可达±10ps；
- 多种播放方式：定时播放、外触发播放、循环播放、单次播放等多种播放方式；
- 单次播放次数可设：1～65530。

2.1.1.2 宽带任意波形生成

支持用户自定义输出波形的幅值、频率、相位、通道间相对延时以及其他特征参数。

支持最多4通道同步任意波形发生，具备同步Mark标记输出、多种触发以及播放方式。

2.1.1.3 优秀的带内平坦度

内置宽带频响实时补偿技术，实时修正实时带宽内的信号平坦度，典型宽带信号平坦度±0.4dB。

2.1.1.4 可任意编程的深存储波形回放

1650E支持采样率连续可变，在100Sa/s~25.6GSa/s的范围内保证波形细节的完整性，可完美解决用户在采集回放应用场景中的采样率匹配问题。

每通道最大8G采样点的存储深度，即使在最高25.6GSa/s采样率下也能支持长达312.5ms的波形回放，可实现长时高保真信号生成。

用户可通过外部编程工具生成数字波形文件，或直接使用任意波形编辑软件生成信号，装载到1650E中回放输出。

2.2 安全使用指南

1650E能提供强大的序列波形功能，可将存储的波形分为多个子序列段，对序列波段的播放顺序、重复次数等进行灵活配置，并支持用户根据需求直接调用或自定义编辑波形文件，从而快速适应各种测试任务。

2.1.1.5 灵活的波形编辑功能

1650E任意波形发生器支持2或4个输出通道，通道之间可独立输出，也可进行数学运算后输出，如通道间追踪CH2=CH1、CH4=CH3，通道间反向CH2=～CH1、CH4=～CH3、两通道波形相加后叠加到其中一个通道输出CH2=CH1+CH2、CH4=CH3+CH4等。

2.1.1.6 超快沿低抖动，脉冲信号“随心所欲”

得益于25.6GSa/s高采样率，1650E输出脉冲的上升时间低至46ps，单端直流耦合输出最大幅度1Vpp。与此同时，1650E采用基于专利保护的脉冲抖动抑制技术，在输出方波与脉冲信号时，可实现极低抖动，同时支持脉宽、上升/下降沿的精细调节，满足对高速数字信号、高精度脉冲的严格需求。

2.1.2 典型应用

1650E任意波形发生器广泛应用于宽带雷达、通信、电子对抗等设备的研制、生产、外场试验以及维护检测等，亦可用于芯片测试激励等。可输出最高10.2GHz频率范围内、最多4路独立或同步的射频信号，也可以与上变频器搭配使用，让1650E作为中频信号发生器，通过上变频实现10.2GHz以上更高频段的信号输出。

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。

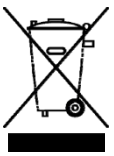
另外，正确的使用本产品也是您的责任。在开始使用本仪器之前，请仔细阅读并遵守安全说明。本产品适合在工业和实验室环境或现场测量使用，切记按照产品的限制条件正确使用，以免造成人员伤害或财产损害。如果产品使用不当或者不按要求使用，出现的问题将由您负责，我们将不负任何责任。因此，为了防止危险情况造成人身伤害或财产损坏，请务必遵守安全使用说明。请妥善保管基本安全说明和产品文档，并交付到最终用户手中。

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。
	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 危险标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。

警 告 警告标识，若不避免，会带来人身和设备伤害。

小 心 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 注意标识，代表重要的信息提示，但不会导致危险。

提 示 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：

除非特别声明，1650E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。

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)。

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。

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。

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 16A（若使用更大额定电流的保险丝需与厂家商讨确定)。

7) 保持插座整洁干净，插头与插座应接触良好、插牢。

8) 插座与电源线不应过载，否则会导致火灾或电击。

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.4 操作注意事项

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

2) 移动或运输仪器前，请参考本节“2.2.7 运输”的相关说明。

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

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

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

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

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

8） 电磁兼容等级（符合 EN 55011/CISPR 11、EN 55022/CISPR 22 及 EN 55032/CISPR 32 标准）

— A 级设备：

除住宅区和低压供电环境外，该设备均可使用。

注：A 级设备适用于工业操作环境，因其对住宅区产生无线通信扰动，为此操作人员需采取相关措施减少这种扰动影响。

— B 级设备：

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 1650E 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。

3.1 准备使用

3.1.1 操作前准备

本章介绍了 1650E 任意波形发生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：

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 15cm，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。

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 1650E 随箱物品清单

名 称	数 量	功 能
主机：		
✧ 1650E	1	—
标配：		
✧ 三芯电源线	1	—
✧ 用户手册	1	—
✧ 编程手册	1	—
✧ 装箱清单	1	—
✧ 产品合格证	1	—

3.1.1.2 环境要求

1650E 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 1650E 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

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 1650E 散热要求

仪器部位	散热距离
后侧	≥100 mm
左右侧	≥150 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**

1650E 任意波形发生器内部电源模块配备 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。请您在使用 1650E 前请仔细查看仪器后面板的电源要求。

表 3.4 列出了 1650E 正常工作时对外部供电电源的要求。

表 3.4 1650E 工作电源参数要求

电源参数	适应范围	
电压、频率	220V±10%，50Hz±5%	
额定输出电流	>3A	
功耗(开机)	双通道	四通道
	< 350W	< 450W
功耗(待机)	< 20W	

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 交流稳压电源为 1650E 供电。

b） **确认及连接电源线**

1650E 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 1650E 加电前，必须确认 1650E 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 6A，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. 拔出保险丝座；

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：用包装箱内与任意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 1650E 的后面板电源插座，电源插座旁标注 1650E 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：观察前面板电源开关上方待机指示灯变亮为黄色。

步骤 3. 打开前面板电源开关：开机前请先不要连接任何设备到 1650E，若一切正常，可以开机，开机后前面板电源开关上方的指示灯会变为绿色。

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，位于按下的位置（⏏），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. 1650E 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，随后进入操作系统选单。选单中有两个选项，正常使用时，用户无需操作选单，系统自动启动。

步骤 4. 系统启动成功后，将自动运行 1650E 的初始化程序，显示 1650E 的操作主界面。

仪器进入可操作状态。

提 示

100MHz 时基及预热

1650E 任意波形发生器冷启动时，为使 1650E 的 100MHz 时基处于操作温度，需预热一段时间。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）。

接收远程控制服务开启

进入主机程序后，1650E 任意波形发生器自动启动远程服务连接（等待客户端连接），若当前无 LAN 连接或没有检测到本地网卡则启动失败。

3.1 准备使用

系统启动

本仪器使用了 Windows7 + x64 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，位于弹出的位置（ ）。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，仪器断电，此时电源开关上方电源指示灯颜色由绿色变为黄色；

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 1650E 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

在任意波形发生器进行各项测试过程中，经常会用到连接器，尽管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 1650E 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。

3) **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 1650E 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。

4) **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

1650E 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。

1） **自测试**

将 1650E 任意波形发生器连接电源，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，显示启动过程大约需等待 30 秒，显示开机状态界面。

2） **功能验证**

将 1650E 任意波形发生器开机并预热至少 30 分钟，连接输出端口到测试设备，勾选软件界面的输出开关，观察输出的初始信号（与软件初始化设置对应）。

3.1.2 操作系统配置

本章介绍了 1650E 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 1650E 操作系统的注意事项：

3.1.2.1 仪器软件说明

1650E 任意波形发生器的主机软件运行的操作系统是 Windows 7，已经按照 1650E 的特性需求安装配置完成。1650E 任意波形发生器主机软件基于 Windows 7 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；
- 运行其它应用程序。

注 意

第三方软件影响仪器性能

1650E 任意波形发生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 1650E 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，1650E 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，Windows 操作系统的设置不需要做任何更改。

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。

BIOS 设置不可修改

BIOS 中已经对 1650E 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。

1） **配置网络**

1650E 任意波形发生器主机名称（计算机名）在出厂前已经被预置，为了避免出现网络重名现象，对于一个网络连接多台 1650E 的情况，用户可自行更改主机名。更改主机名称的具体操作步骤如下：（或 可以参考 Microsoft Windows 7 帮助文档。）

步骤 1. 关闭应用软件；

步骤 2. 设置本地 IP 地址；

步骤 3. 重新启动应用软件。

3.1.2.4 Windows 7 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 1650E 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，此时建议用户进行系统恢复操作。系统恢复操作参见本节“2）系统维护”的相关内容。

2） **系统维护**

a） **Windows 7 备份**

建议用户定期地进行系统备份工作，使用本仪器的“系统恢复工具”可以完整地备份仪器数据和系统，具体操作请参考章节“3.1.2.5 系统备份恢复”。

建议在将仪器用于常规用途之外的其它用途之前，比如长期接入 Internet、安装第三方软件等，为避免意外中毒和其它危害仪器系统的操作，仪器需要先进行系统备份。

Windows 7 操作系统同样具有数据备份功能，可以备份仪器上所有数据，并创建可以在出现严重故障的情况下用来还原 Windows 的系统磁盘。可以参考 Windows 7 的帮助和参

考来获得更多信息。同时，也可以使用第三方的备份软件，但是需要确保第三方备份软件与仪器系统软件互不冲突。建议将系统数据备份在外接的设备上，比如网络硬盘或者 USB 硬盘等。

b） **Windows 7 系统恢复**

Windows 7 具备系统恢复功能，可以将系统还原为此前某个时刻的状态。然而，Windows 自带的系统备份恢复并不总是能够成功，所以不推荐使用这种备份方案。

3） **硬盘分区和使用**

硬盘分为 2 个分区："C："和"D："。

C 盘包括 Windows 7 操作系统和仪器应用程序。也可以安装第三方软件到 C 盘。C 盘是备份程序和恢复的唯一盘符。

D 盘主要用作数据存储。包括用户存储的软件数据和 C 盘系统备份。可以把 D 盘上的备份数据拷贝至外接的存储介质上，这样即使需要更换硬盘，也只需要把备份数据恢复到新硬盘上即可。

3.1.2.5 系统备份恢复

任意波形发生器硬盘恢复系统用来修复 C 盘错误（可能是由于系统文件或者数据的丢失造成的），或者恢复原始的出厂数据。

3.1.3 例行维护

该节介绍了 1650E 任意波形发生器的日常维护方法。

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。

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

1650E任意波形发生器前面板有多个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。

端口阻抗匹配

1650E任意波形发生器前面的射频端口是50 Ω SMA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 1650E 任意波形发生器的前、后面板及操作界面的元素组成及其主要功能。

3.2.1 前面板说明

本节介绍了 1650E 任意波形发生器的前面板组成及功能，前面板如下（图 3.1），列项说明如表 3.5：

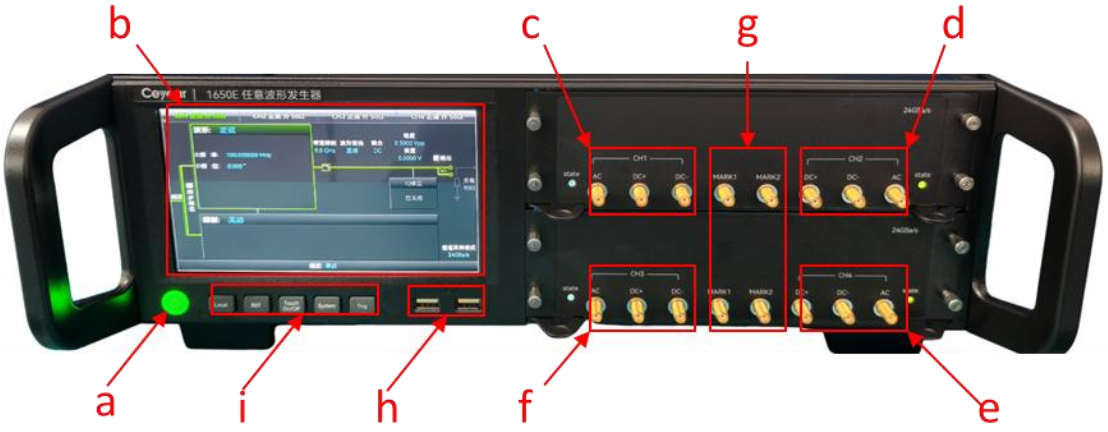


图 3.1 前面板

a、电源开关

b、液晶显示屏

3.2 前、后面板说明

c、通道 1 输出接口

d、通道 2 输出接口

e、通道 3 输出接口

f、通道 4 输出接口

g、Mark1、Mark2、Mark3、Mark4 输出接口

h、USB 接口

i、功能按键

表 3.5 前面板说明

序号	名 称	说 明
a	电源开关	电源开关。
b	液晶显示屏	液晶显示屏
c	通道 1 输出接口	通道 1 输出接口，包括 AC 耦合、DC 耦合，接口形式 SMA
d	通道 2 输出接口	通道 2 输出接口，包括 AC 耦合、DC 耦合，接口形式 SMA
e	通道 3 输出接口	通道 3 输出接口，包括 AC 耦合、DC 耦合，接口形式 SMA
f	通道 4 输出接口	通道 4 输出接口，包括 AC 耦合、DC 耦合，接口形式 SMA
g	Mark 输出接口	4 路 Mark 输出输出，接口形式 SMA
h	USB 接口	2 个 USB 接口
i	功能按键	功能按键：Local、REF、Touch On/Off、System、Trig

3.2.2 后面板说明

本节介绍了 1650E 任意波形发生器的后面板组成及功能，后面板如下图（图 3.2），具体列项说明如表 3.6。

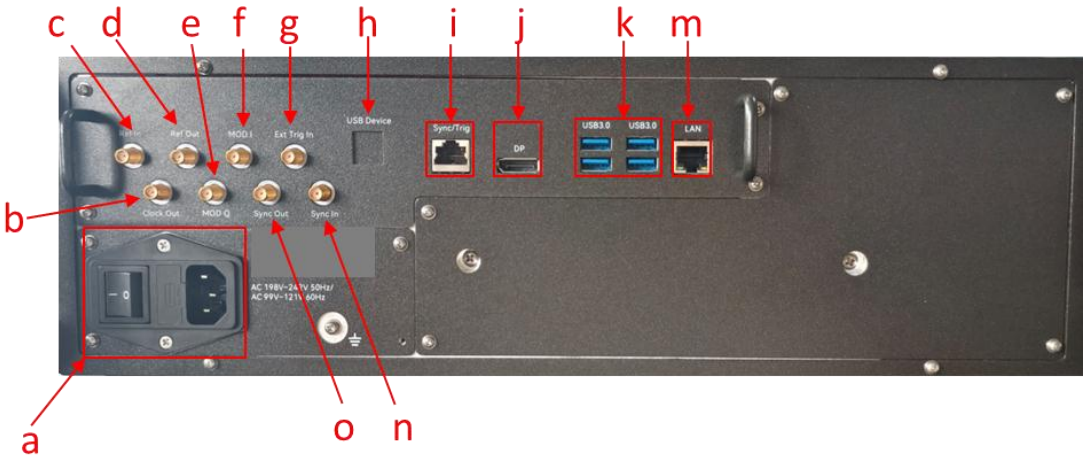


图 3.2 后面板

a、电源接口

b、时钟输出接口

c、参考输入接口

d、参考输出接口

e、模拟调制输入（Q）接口

f、模拟调制输入（I）接口

g、外触发输入接口

h、USB 设备接口

i、同步/触发输入接口（外接同步机）

j、DP 输出接口

k、USB 接口

m、LAN 接口

n、同步输入接口

o、同步输出接口

表 3.6 后面板说明

序号	名 称	说 明
a	电源接口	仪器总电源接线
b	时钟输出接口	输出可变时钟（待开放）
c	参考输入接口	本机可用外部输入的参考信号为时基
d	参考输出接口	可以将本机的参考信号输出到外部
e	模拟调制输入（Q）接口	支持模拟调制信号输入（待开放）
f	模拟调制输入（I）接口	支持模拟调制信号输入（待开放）
g	外触发输入接口	接外部触发信号，实现外部信号对触发的控制
h	USB 设备接口	USB 程控设备接口（待开放）
i	同步/触发输入接口	外接同步机的同步/触发信号（待开放）
j	DP 输出接口	外接 DP 接口显示器
k	USB 接口	后面板提供 4 个 USB 接口
m	LAN 接口	程控端口，用于软件升级、控制等
n	同步输入接口	整机同步信号输入（待开放）
o	同步输出接口	输出同步信号用于和其他整机同步（待开放）

3.3 基本测量方法

本节介绍了1650E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 1650E 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。

3.3.1.1 操作界面主要特征

1650E任意波形发生器采用新型直观的图形用户界面，本节主要介绍了1650E用户操作界面的分区组成及功能。操作界面如下图（图3.3）：



图 3.3 操作界面

应用软件界面区域说明：

表 3.7 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	通道选择区	切换不同通道
2	波形选择区	选择当前通道的输出波形类型
3	波形及通道配置区	调节波形输出带宽、波形变换、通道耦合方式选择、输出幅度设置、输出偏置设置、输出开关
4	调制配置区	配置调制参数
5	采样率配置区	配置不同采样率（需选件支持）
6	触发选择区	配置不同触发方式

3.3.1.2 公用测量设置方法

支持鼠标和触摸屏操作

1650E 任意波形发生器的图形用户界面支持鼠标操作和触摸屏操作，下面具体介绍 1650E 的公共设置操作。

输出开关的说明

控制硬件输出通道的通断状态和 FPGA 波形输出的使能。

【输出开/关】操作

鼠标单击或用手指触摸波形及通道配置区“输出”前的□ ,使□变为☑ ,即可打开通道输出，再次点击或触摸“输出”前的☑，使☑变为□，即可关闭通道输出。

3.3.2 任意波形发生器操作

本节介绍了 1650E 任意波形发生器的一些常用且重要的基本设置和功能，目的是使用户快速了解仪器的特点、掌握基本测量方法。

首先，1650E 按照下面的步骤完成操作前预准备工作：

步骤 1. 加电开机；

步骤 2. 进入系统后初始化设置；

步骤 3. 预热 10 分钟后；

步骤 4. 前面板操作主界面无任何错误信息提示后，再开始下面的操作。

3.3.2.1 波形发生配置

1650E 输出波形信号可选择正弦、方波、斜坡、脉冲、噪声、DC、随机码和任意波，其中波形信号配置界面如图 3.11- 3.14 所示。



图 3.4 正弦信号发生操作界面



图 3.5 方波信号发生操作界面

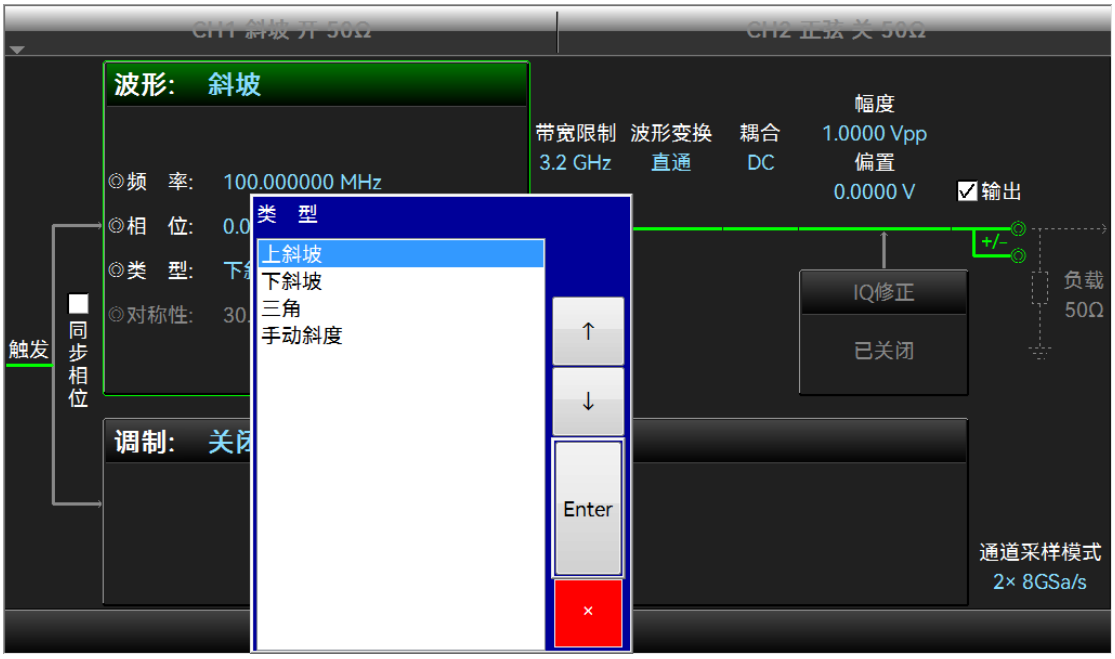


图 3.6 斜坡信号发生操作界面

3.3 基本测量方法



图 3.7 脉冲信号发生操作界面



图 3.8 随机序列信号发生操作界面

应用软件界面区域说明如表 3.8 所示。

表 3.8 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	波形	选择波形：正弦、脉冲、三角、噪声、任意波等
2	频率	波形的输出频率
3	相位	输出波形的初始相位
4	边沿	方波和脉冲波形时有效
5	占空比	脉冲波形时有效

3.3.2.2 波形序列（任意波形）配置

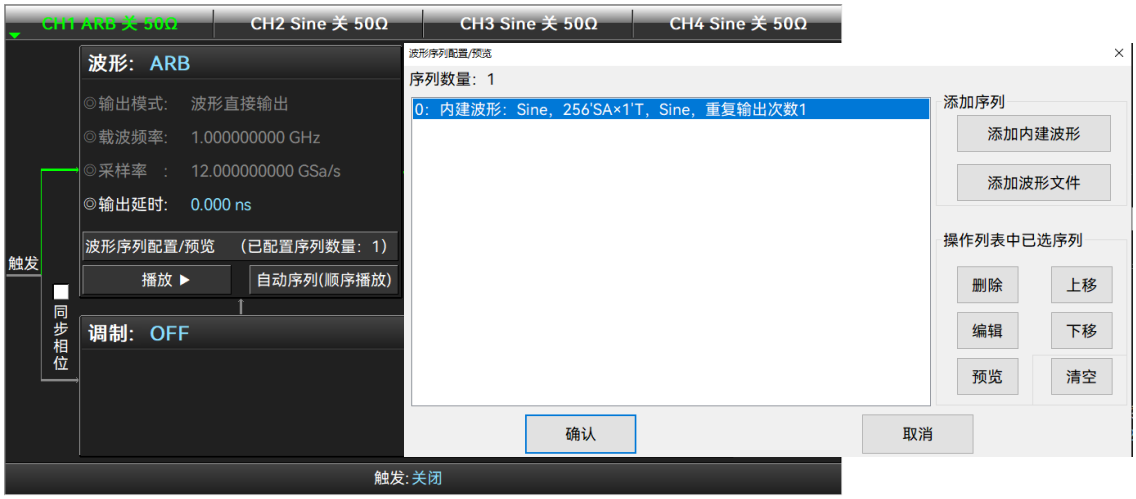


图 3.9 波形序列（任意波形）配置操作界面

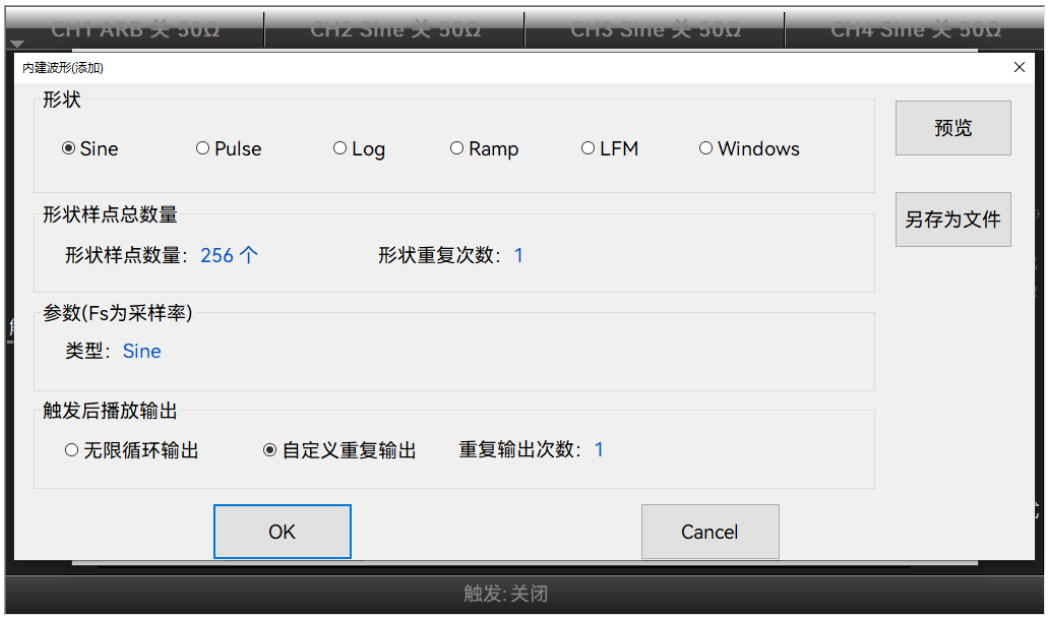


图 3.10 添加内建波形配置操作界面

3.3 基本测量方法

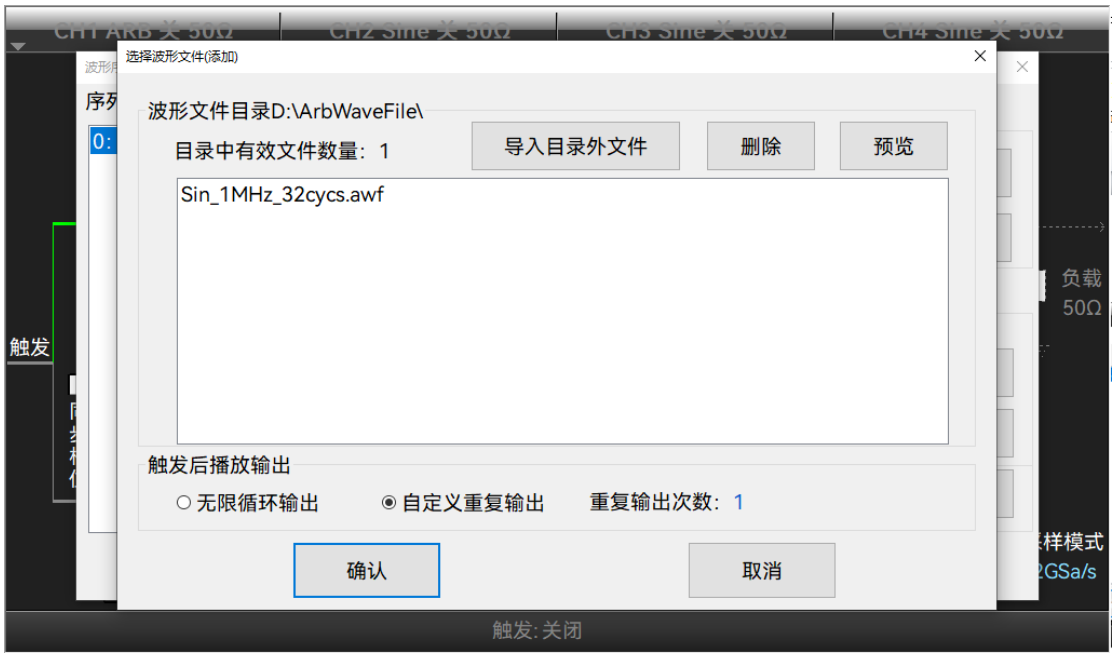


图 3.11 添加波形文件配置操作界面

应用软件界面区域说明如表 3.9 所示。

表 3.9 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	输出延时	可设置任意波形的输出延时。
2	添加内建波形	可添加任意波形状包括正弦、脉冲、对数、三角、线性调频信号以及加窗；可设置形状中样点数量和重复次数；可设置各形状波形的参数；可设置触发后的播放输出次数；同时可将设置好的波形另存为 awf 文件。
3	添加波形文件	可将已有的任意波文件添加到波形序列配置并设置触发后播放输出的次数。
4	操作列表中已选序列	可对列表中的各序列波形进行删除、编辑、预览、上移下移等操作。

3.3.2.3 触发接口



图 3.12 触发方式配置操作界面

可设置如下触发方式：定时触发、单次触发、同步机输入触发（需外接同步机）和后面板外触发（可设置触发边沿和触发电平）、后面板 SYNC IN（暂未对用户开放）。

3.3.2.4 输出参数设置

可在图 3.3 操作界面的“波形及通道配置区”设置输出参数，应用软件界面区域说明如表 3.10 所示。

表 3.10 操作界面说明

序号	名 称	说 明
1	带宽限制	根据不同采样率，可设置对应最大带宽。
2	波形变换	可设置直通波、与邻通道叠加、与邻通道相等和邻通道取反。
3	耦合	可设置 AC 耦合和 DC 耦合。
4	幅度	可设置输出波形的幅度。
5	偏置	可设置输出波形的偏置。

3.3.2.5 信号调制方式设置

输出参数设置如图 3.19 所示，对于函数波形，可选择调制方式包括调幅、调频、调相、sum 调制、振幅键控、频移键控、二进制相移键控、双边带调制、扫频和突发；对于任意

3.3 基本测量方法

波形，可选择调制方式包括调幅、sum 调制、双边带调制。同时可进行调制波形的选择、调制波形相位、深度和速率的设置。

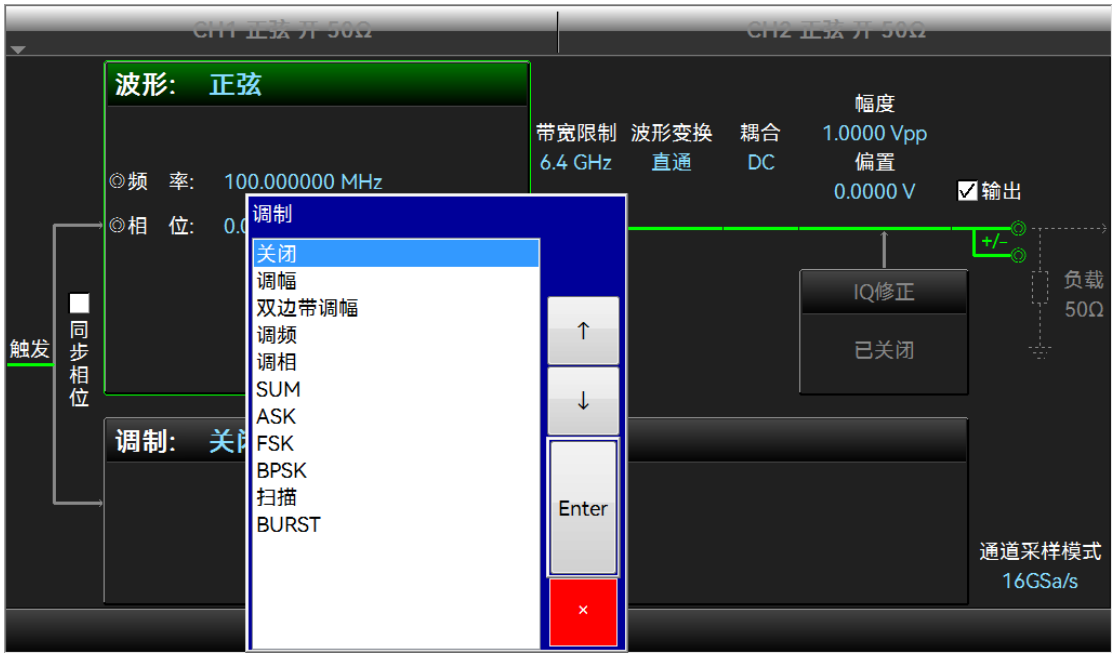


图 3.13 信号调制选择界面



图 3.14 调幅操作界面



图 3.15 调频操作界面



图 3.16 调相操作界面

3.3.2.6 系统界面设置



图 3.17 系统信息操作界面

在此界面，可进行任意波形发生器 ip 地址和子网掩码的设置、中英文切换的设置、开机状态的设置。校准和调试功能在出厂时已设置完成，暂未开放。

3.3.2.7 通道采样模式设置



图 3.18 同步模式设置界面

在此界面可设置用户选购的所有通道采样模式 ,包括 24GSa/s、2×12GSa/s、20GSa/s、2×10GSa/s、16GSa/s、2×8GSa/s 等。

3.3.2.8 参考选择



图 3.19 参考设置界面

在此界面可设置以下参考：内参考、外参考 10M（与外参考 100M 不兼容）、外参考 100M（与外参考 10M 不兼容）和同步机参考（需外接同步机），同时可输出参考时钟以便其他仪器作为外参考。

3.3.2.9 任意波形文件输出示例

说 明

任意波形数据文件

1650E 任意波形发生器预置部分波形文件，存储在“D:\ArbWaveFile”目录下，这部分文件不要随意删除。

1） **通道 1 输出内建波形**

步骤 1.切换到任意波界面

- 点击【波形】
- 点击【任意波】

3.3 基本测量方法



图 3.20 打开任意波界面

步骤 2.配置波形序列

- 点击“波形序列配置/预览”按钮，进入“波形序列配置/预览”界面；



图 3.21 “波形序列配置/预览”界面

- 点击“添加内建波形”按钮，进入“添加内建波形”界面；



图 3.22 “添加内建波形”界面

- 选择输出形状、样点数量、重复次数和触发后播放输出方式；
- 依次点击“确定”按钮，返回任意波界面。

步骤 3.装载并播放

单击“装载并播放”按钮，此时会弹出正在“正在装载”的窗口，窗口会在 3 秒后自动关闭，也可以手动关闭。装载完毕后，进入等待触发状态（默认触发方式为单次）。

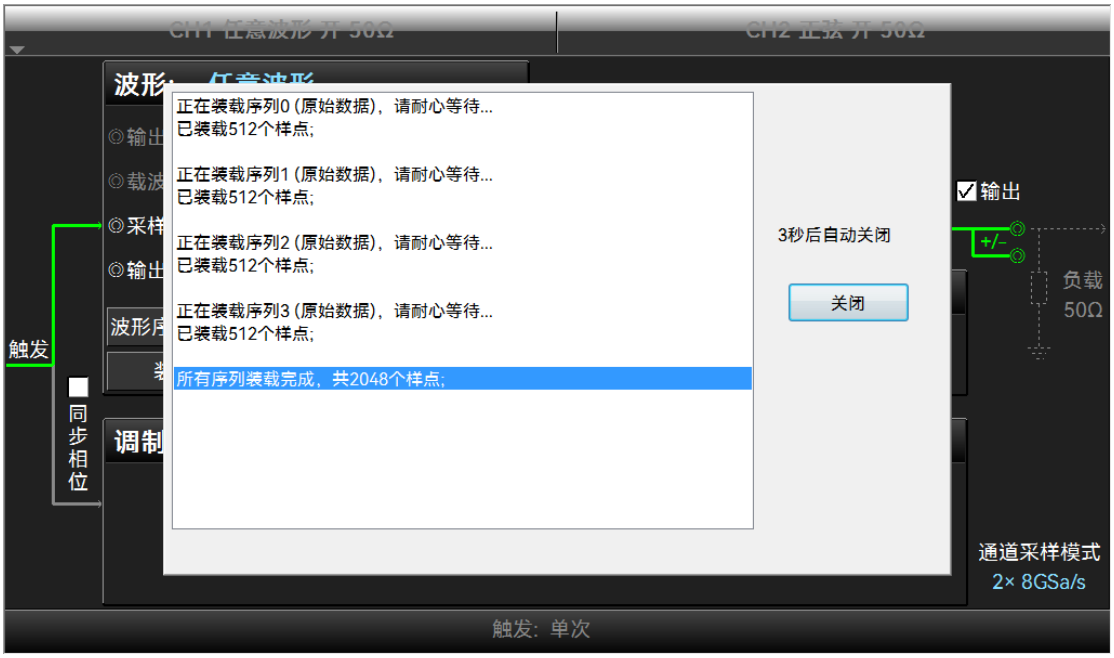


图 3.23 正在加载窗口

3.3 基本测量方法

步骤 4.设置触发方式

- 点击软件主界面下方的触发选择按钮，进入“触发”配置界面;



图 3.24 触发配置界面

- 点击默认的“单次”触发方式，进入触发选择界面；



图 3.25 触发选择界面

- 选择“定时”触发，输出方式为一直输出，定时间隔为 1ms，依次点击“确定”返回软件主界面，测试可在测试仪器上观察任意波的内建波形输出。



图 3.26 触发选择界面

2) **通道 1 输出“自定义”波形文件**

步骤 1.切换到任意波界面

- 点击【波形】；
- 点击【任意波】

步骤 2.配置波形序列

- 点击“波形序列配置/预览”按钮，进入“波形序列配置/预览”界面；



图 3.27 “波形序列配置/预览”界面

- 点击“添加波形文件”按钮，点击“导入目录外文件”，选择用户路径下的波形文件，点击“打开”，选择触发后输出方式，依次点击“确定”按钮，返回软件主界面；

其余操作可参考“通道 1 输出内建波形”章节的步骤 3、步骤 4。

3.3.3 输出幅度、偏置

提 示

幅度控制

幅度控制操作界面位于【波形及通道配置区】，在此选项界面下可以独立控制各输出通道信号输出幅度和直流偏移。

控制通道 1 输出峰峰值为 0.5Vpp，直流偏移为 0.2V。

步骤 1.输出正弦波信号

- 设置通道 1 输出正弦波，频率为 10MHz，参见“3.3.2.1”中正弦波输出

步骤 2.设置幅度、偏置和延时参数

- 耦合方式：DC
- 峰峰值：500mVpp；
- 直流偏移：0.2V；

步骤 3.打开输出开关

单击波形及通道配置区“输出”前的□，使□变为☑，即可打开通道输出。

3.3.4 触发控制

触发控制

1650E 任意波形发生器工作在【任意波】模式下，设置触发控制方有效，存储在 DDR 存储器中的波形依赖触发信号控制其输出时间和输出方式。

提 示

触发方式

触发方式有外部触发、定时触发和单次触发。定时触发方式下可以设置触发间隔时间，外部触发方式下可以设置触发沿和触发电平。外部触发方式下需要外接触发源提供触发信号，触发电平控制触发信号触发位置。

设置触发方式设置为外部触发，触发边沿为上升沿，外触发电平为 1V。

步骤 1.输出一个波形文件

- 输出一个任意波形文件，参见“3.3.2.1”中通道 1 输出内建波形

步骤 2.设置外触发

- 点击【触发】，进入触发配置界面
- 选择触发方式为【外部触发】
- 设置触发边沿为上升沿，外触发电平为 1V



图 3.28 设置外触发

提 示

外触发信号输入

1650E 的外触发信号通过后面板的 Ext Trig in 接口（SMA 形式）输入。

3.4 任意波序列编辑输出

本节介绍了 1650E 任意波形发生器具有任意波形合成序列编辑输出功能，每段序列都可以定义独立的子波形、子波形循环次数。

提 示

任意波序列输出

多波序列中每个子波形独立，如任意波序列中包含 4 个波形，第 1 个波形为正弦，循环 1 次；第 2 个为脉冲，循环 1 次；第 3 个为 Log 波，循环 1 次；第 4 个为 Ramp 波，循

环 1 次。触发方式为单次，当第 1 个触发信号来临时，输出 1 个周期的正弦；第 2 个触发信号来临时，输出 1 个周期的脉冲；第 3 个触发信号来临时，输出 1 个周期的 Log 波；第 4 个触发信号来临时，输出 1 个周期的 Ramp 波。

编辑 1 个任意波序列输出，序列中包含 4 个波形：第 1 个为正弦波，循环次数 1 次；第 2 个为脉冲，循环 1 次；第 3 个为 Log 波，循环 1 次；第 4 个为 Ramp 波，循环 1 次。触发方式为定时触发，定时时间为 10μs。

步骤 1. 打开波形序列配置界面

- 点击“波形序列配置/预览”按钮，进入“波形序列配置/预览”界面

步骤 2. 创建包含多个波形的任意波序列

- 参见“3.3.2.1”中通道 1 输出内建波形，创建包含 4 个波形的任意波序列



图 3.29　包含 4 个波形的任意波序列

步骤 3. 支持序列波形顺序调整

- 若需要调整序列顺序，可选择需要调正的序列，点击“下移”或“上移”来实现播放顺序调整；

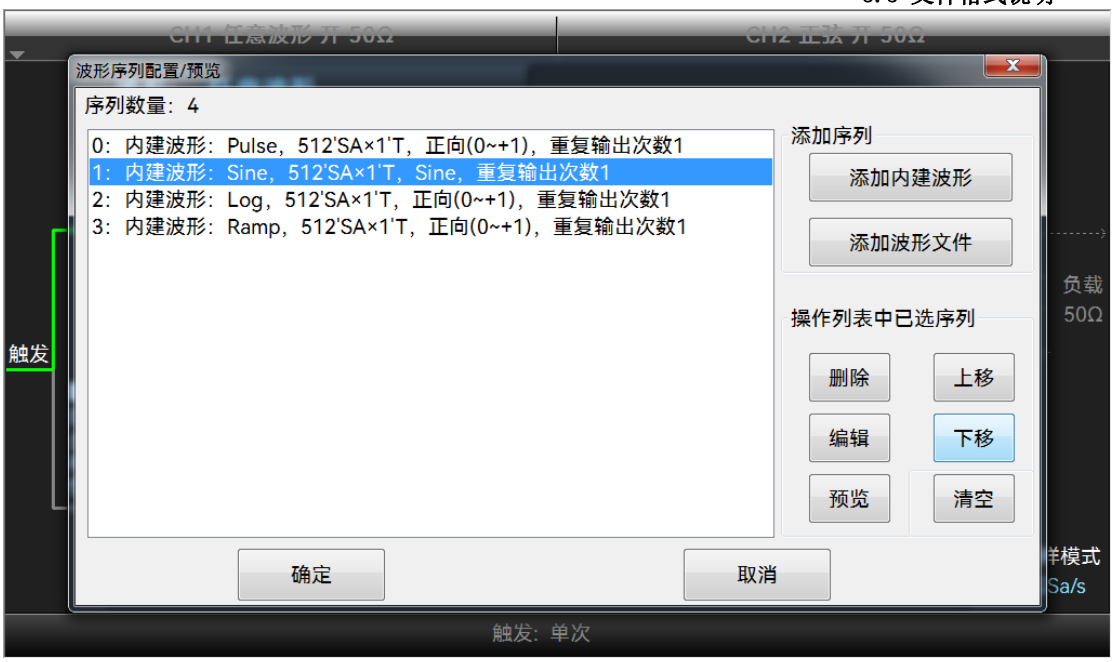


图 3.30 正弦波形下移

步骤 4. 支持序列波形编辑

- 若需要对序列中某个波形进行重新编辑，可选定该波形，然后点击“编辑”按钮，进行再次波形编辑，依次点击“确定”按钮，返回软件主界面

其余操作可参考 3.3.2.2 “通道 1 输出内建波形”章节的步骤 3、步骤 4（设置定时时间为 10μs）。

3.5 文件格式说明

awf 文件格式是 1650E 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。

3.5.1 1650E 内部文件头格式

本任意波形发生器 DAC 最高为 16 位，其中最低 1bit 为 Mark 标记位，无 Mark 时 16 位全为波形数据，有 Mark 时只有高 15 位波形数据有效。数据位为无符号数，awf 文件头大小为 48Bytes，其具体结构如下。

表 3.11 awf 文件头结构信息

序号	内容	标识	uint16	备注
0	帧识别码 L	FramHeadSynL	0xBBAA	2Bytes 固定不变
1	帧识别码 H	FramHeadSynH	0x3412	
2	固件版本号	Firmware version	0x0001	
3	上传的数据位宽	DataFormat	0x0002	2Bytes，1 个数据点位宽为 1

3.5 文件格式说明

				字节，固定不变
4	帧长度	FramLenLong64		8Bytes，文件中数据的长度，单位为字节。
5				
6				
7				
8	采样率	SampleRateLong64	2500000000	8Bytes，采样率单位 SPS
9				
10				
11				
12	仪器型号	识别码	0x0001 表示 1650E； 0x0002 表示 1650E； 0x0003 表示 1650EM； 0x0004 表示 1652C 0x0014 标识 1650E	0x0001
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）	识别码	0x0000 表示未知文件; 0x0001 表示通用数据； 0x0002 表示（IQ 插件）; 0x0003 表示 RF 数据（IF/RF 插件）; 0x0004 表示 OFDM 数据（OFDM 插件）; 0x0005 表示 Radar 数据（Radar 插件）; 0x0006 表示 GSM 数据（GSM 插件）; 0x0007 表示 Wifi 数据（Wifi 插件）; 0x0008 表示 WCDMA 数据（WCDMA 插件）; 0x0009 表示 UWB 数据（UWB 插件）; 0x1000 绘图文件(波形编辑下）	0x0000
14	文件数据存储标记	识别码	0x0000 表示常规数据，用户自己用 Matlab 生成的； 0x0001 表示单路 I 数据； 0x0002 表示单路 Q 数据； 0x0003 表示 IQ 数据 ;（一个 I 一个 Q 交叉存储） 0x0004 表示 RF 数据；	0x0000
15	_defaultInfo3	--		0x0000
16	文件处理标记	--	0x0001：Base（即基带数	0x0000

			据） 0x0002：Duc（即上变频 IQ 数据）	
17	_defaultInfo4	--	预留	0x0000
18	_defaultInfo5	--	预留	0x0000
19	_defaultInfo6	--	预留	0x0000
20	_defaultInfo7	--	预留	0x0000
21	_defaultInfo8	--	预留	0x0000
22	_defaultInfo9	--	预留	0x0000
23	_defaultInfo10	--	预留	0x0000

3.5.2 awf 数据部分说明

数据格式为 16 位无符号数 ,其中若文件为非 IQ 格式(IQ 格式文件播放需要设置 1650E 的 IQ 调制载波和载波频率)，其量化后范围为 0x0000～0xFFFF；若文件为 IQ 格式，其量化后范围为 0x4000～0xC000。

注意：16 位无符号数的最低 1 位为 Mark 标记为，Mark 信号和数据是“绑定”在一起，存储在 DDR 存储器中。可以用 Mark 来标记输出。

3.5.3 awf 文件示例

前 48 个字节为头信息部分。后面为波形数据部分。



图 3.31 awf 文件示例

3.5.4 Matlab 生成 awf 文件示例

3.5.4.1 正弦波常规数据生成

```
%  请先阅读此部分内容!!!
% 范围内的波形文件播放时均最高采样率 25.6GHz 播放
% 注意点_1：16bit 无符号波形数据最后两位[Bit_1][Bit_0]为 Mark 标记位，Mark 可用于触发
% 同步，仪器级联和同步等多种场景
% 注意点_2：SignalTypeUint16（信号插件识别码，文件来源）:
%                                          0x0001 表示 DDWS 生成的数据；
%                                          0x0002 表示 IQ 数据（IQ 插件下）;
%                                          0x0003 表示 IF/RF 数据（IF/RF 插件下）;
%                                          0x0004 表示 OFDM 数据（OFDM 插件下）;
%                                          0x0005 表示 Radar 数据（Radar 插件下）;
%                                          0x0006 表示 GSM 数据（GSM 插件下）;
%                                          0x0007 表示 Wifi 数据（Wifi 插件下）;
%                                          0x0008 表示 WCDMA 数据( WCDMA 插件下）;
%                                          0x0009 表示 UWB 数据（UWB 插件下）;
%                                          0x1000  绘图文件（波形编辑下）;
%注意点_4：  FileFormatUint16（文件存储格式识别码）:
%            0x0000 表示常规数据，用户用 Matlab 生成的，或者 DDWS 生成数据存储
%            0x0001 表示单路 I 数据；
%            0x0002 表示单路 Q 数据；
%            0x0003 表示 IQ 数据；( 一个 I 一个 Q 交叉存储）;
%            0x0004 表示 RF 数据；( 软件层面加载波调制处理后的数据）
%注意点_5  ：FileProcessUint16（文件播放时处理识别码）:
%             0x0001 表示直接播放（适用于绝大多数情况）
%             0x0002 表示上变频（仅仅限于 IQ 插件下 IQ 存储格式文件）
%    dec2bin(2,8)：10 进制转 2 进制
%    hex2dec('C000')：16 进制转 10 进制
%    bin2dec('0100100')：2 进制转 10 进制
%    bitand(7,6)：按位求与
%    bitor(7,6)：按位求或
%--------------------------------------------------------------------------
clc;
clear;
```

```
%% 参数配置
filename='sin1MHz_64.awf';
sampleRate=8e9;        % 采样率，范围见注意点_1！
freq=1e6;              % 正弦波输出频率
%% 计算波形起始和终止频率
point=sampleRate/freq;      % 1 个周期正弦波对应数据量，point 有可能不是整数，所以有时需要扩展数据量，即*cyc
cyc=64;                % 扩展数据量，存储几个周期的数据到 awf 文件,不影响输出频率，只影响生产 awf 文件的大小
count=cyc * point;      % 波形总数据量，注意：确保 count 为整数且能整除 32
startPhase=0;                % 正弦波初始相位
step=(2*pi*cyc-startPhase)/count;        % 相位步进
stopPhase=2*pi*cyc -step;              % 正弦波终止相位，注意终止相位不是 2*pi*cyc，以前确保相位连续，不会在交界处产生连个相位一样的点

%% 生成数据
x=0:step:stopPhase;
y=sin(x);              % 数值范围[-1,+1]
%% 将正弦波数据线性量化到[0,65535]，即 hex2dec('0000')～hex2dec('FFFF')
intputVmin= min(y); %输入最小值
inputVmax= max(y);  %输入最大值
outputVmin=hex2dec('0000');  %输出最小值
outPutVmax=hex2dec('FFFF');  %输出最大值
output=outputVmin +(outPutVmax - outputVmin)*(y-intputVmin)/(inputVmax -intputVmin);%[0,65535]
output=bitand(uint16(output),hex2dec('FFFC'));%最低 2 位设置为 0，滤除 Mark
%% 给正弦数据前 marklen 个数据加上 Mark 标记
mark1_len=uint32(length(output)/2);
mark2_len=uint32(length(output)/4);
output(1:mark1_len)=bitor(output(1:mark1_len),1);%初始化前 1/2 周期 Mark1 信号为高电平
output(1:mark2_len)=bitor(output(1:mark2_len),2);%初始化前 1/4 周期 Mark2 信号为高电平
%% 文件头
FramHeadSynLUint16 = 48042;       % BBAA（不要修改）
FramHeadSynHUint16 = 13330;       % 3412（不要修改）
FirmwareVersionUint16 = 1;            % 固件版本（不要修改）
```

3.5 文件格式说明

```
DataFormatUint16 = 2;                    % 数据位宽，一个点占多少字节（不要修改）
FramSizeUint64=length(output)*2;     % 波形数据长度，单位：字节
SampleRateInt64 = sampleRate;        % 采样率
InstrumentModelUint16 = 20           % 仪器型号 0x0014 表示 1650E
SignalTypeUint16 = 1;   % “1”表示这是 1 个通用数据文件，区别于插件生成的数据文件
FileFormatUint16 = 0;   % “0”表示这是常规数据，( 区别于 I 路数据，Q 路数据，IQ 数据和 RF 数据 )
FileProcessUint16 = 1;              % “1”标识 REAL 模式，不需要硬件上变频处理
ReservedUint16 = 0;                 %   预留
%% 存储文件头信息 共计 48 个字节
fid=fopen(filename, 'wb');
fwrite(fid, FramHeadSynLUint16, 'uint16');   %帧识别码 L
fwrite(fid, FramHeadSynHUint16, 'uint16');   %帧识别码 H
fwrite(fid, FirmwareVersionUint16, 'uint16');   %固件版本
fwrite(fid, DataFormatUint16, 'uint16') ;      %数据位宽
fwrite(fid, FramSizeUint64, 'uint64');         %帧长
fwrite(fid, SampleRateInt64, 'uint64');         %采样率
fwrite(fid, InstrumentModelUint16, 'uint16');%仪器识别码
fwrite(fid, SignalTypeUint16, 'uint16');   %信号插件识别码
fwrite(fid, FileFormatUint16, 'uint16');   %文件格式识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, FileProcessUint16, 'uint16'); %文件处理识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, output, 'uint16');
fclose(fid);
```

3.5.4.2 I、Q 波形常规数据生成

```
%生产 DUC 模式 IQ 数据
%注：1. SignalTypeUint16 ( 信号插件识别码，文件来源 ):
%               0x0001 表示 DDWS 生成的数据；
%               0x0002 表示 IQ 数据 ( IQ 插件下 );
```

```
%                0x0003 表示 IF/RF 数据（IF/RF 插件下）;
%                0x0004 表示 OFDM 数据（OFDM 插件下）;
%                0x0005 表示 Radar 数据（Radar 插件下）;
%                0x0006 表示 GSM 数据（GSM 插件下）;
%                0x0007 表示 Wifi 数据（Wifi 插件下）;
%                0x0008 表示 WCDMA 数据（WCDMA 插件下）;
%                0x0009 表示 UWB 数据（UWB 插件下）;
%                0x1000  绘图文件（波形编辑下）;
%    2.FileFormatUint16（文件存储格式识别码）:
%                0x0000 表示常规数据，用户用 Matlab 自己生成的，或者 DDWS 生成数据存
储
%                0x0001 表示单路 I 数据；
%                0x0002 表示单路 Q 数据；
%                0x0003 表示 IQ 数据；(一个 I 一个 Q 交叉存储)；
%                0x0004 表示 RF 数据；(软件层面加载波调制处理后的数据)
%    2.FileProcessUint16（文件播放时处理识别码）:
%                0x0001 表示直接播放（适用于绝大多数情况）
%                0x0002 表示上变频（仅仅限于 IQ 插件下 IQ 存储格式文件）
%     dec2bin(2,8)：10 进制转 2 进制
%     hex2dec('C000')：16 进制转 10 进制
%     bin2dec('0100100')：2 进制转 10 进制
%     bitand(7,6)：按位求与
sampleRate=5000000000.0;    %采样率
%% 数据头信息初始化
FramHeadSynLUint16 = 48042;    % BBAA
FramHeadSynHUint16 = 13330;    % 3412
FirmwareVersionUint16 = 1;      %固件版本
DataFormatUint16 = 2;            %数据位宽，一个点占多少字节
FramSizeUint64 = 0;               %裸数据长度，字节
SampleRateInt64 = sampleRate;%采样率
InstrumentModelUint16 = 2;      %仪器型号
SignalTypeUint16 = 2;            %信号插件识别码，详细定义见注 1
FileFormatUint16 = 3;            %文件格式识别码，详细定义见注 2
FileProcessUint16 = 2;            %文件处理识别码，详细定义见注 3
ReservedUint16 = 0;               %预留
%% 数据生成（1 个周期）
waveformname='MyIQFile_1M.awf';
```

3.5 文件格式说明

```
count=1000000;      %数据量（点） 1MSa
startPhase=0;       %正弦波初始相位
stopPhase=2*pi;     %正弦波终止相位
step=(stopPhase-startPhase)/count;%相位步进）
%% 生成数据 I 路为 cos，Q 路为全 0（注意：全 0 对应的是 0x8000 而不是 0x0000!）
x=0:step:stopPhase-step;%确保正弦波最后 1 个点和下次播放的第 1 个点相位连续☆
y=cos(x);%数值范围[-1,+1]
outi=QuanFunc(y,-1,1,hex2dec('4000'),hex2dec('C000'));
outi=uint16(outi);%16 位无符号数
outi=bitand(outi,hex2dec('FFFC'));
outq=ones(1,length(outi))*hex2dec('8000');
% 1 个 I 路数据，1 个 Q 路数据，依次间隔
%为提高.awf 文件加载效率，I 路为 32 位数据的高 16bit，Q 路数据为 32 位数据的低 16bit
outi=outi(:)';
outq=outq(:)';
interpData=[outi;outq];
out=interpData(:)';
%% 写数据文件
fid=fopen([waveformname,'_IQ.awf'], 'wb');
FramSizeUint64=length(out)*2;%1 个点占用 2 个字节
fwrite(fid, FramHeadSynLUint16, 'uint16');%帧识别码 L
fwrite(fid, FramHeadSynHUint16, 'uint16');%帧识别码 H
fwrite(fid, FirmwareVersionUint16, 'uint16');%固件版本
fwrite(fid, DataFormatUint16, 'uint16');%数据位宽
fwrite(fid, FramSizeUint64, 'uint64');   %帧长
fwrite(fid, SampleRateInt64, 'uint64'); %采样率
fwrite(fid, InstrumentModelUint16, 'uint16');%仪器识别码
fwrite(fid, SignalTypeUint16, 'uint16');%信号插件识别码
fwrite(fid, FileFormatUint16, 'uint16');%文件格式识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');   %预留 2 个字节
fwrite(fid, FileProcessUint16, 'uint16');%文件处理识别码
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');    %预留 2 个字节
```

```
fwrite(fid, ReservedUint16, 'uint16');     %预留 2 个字节
fwrite(fid, out, 'uint16');
fclose(fid);
```

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 1650E 出错信息。

如果您购买的 1650E 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 1650E 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 1650E 处于保修期，我们将按照保修单上的承诺对您的产品进行免费维修；如果超过保修期，具体维修费用按照合同要求收取。

4.1 工作原理

为了便于用户了解 1650E 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 1650E 的基本工作原理及硬件原理框图。

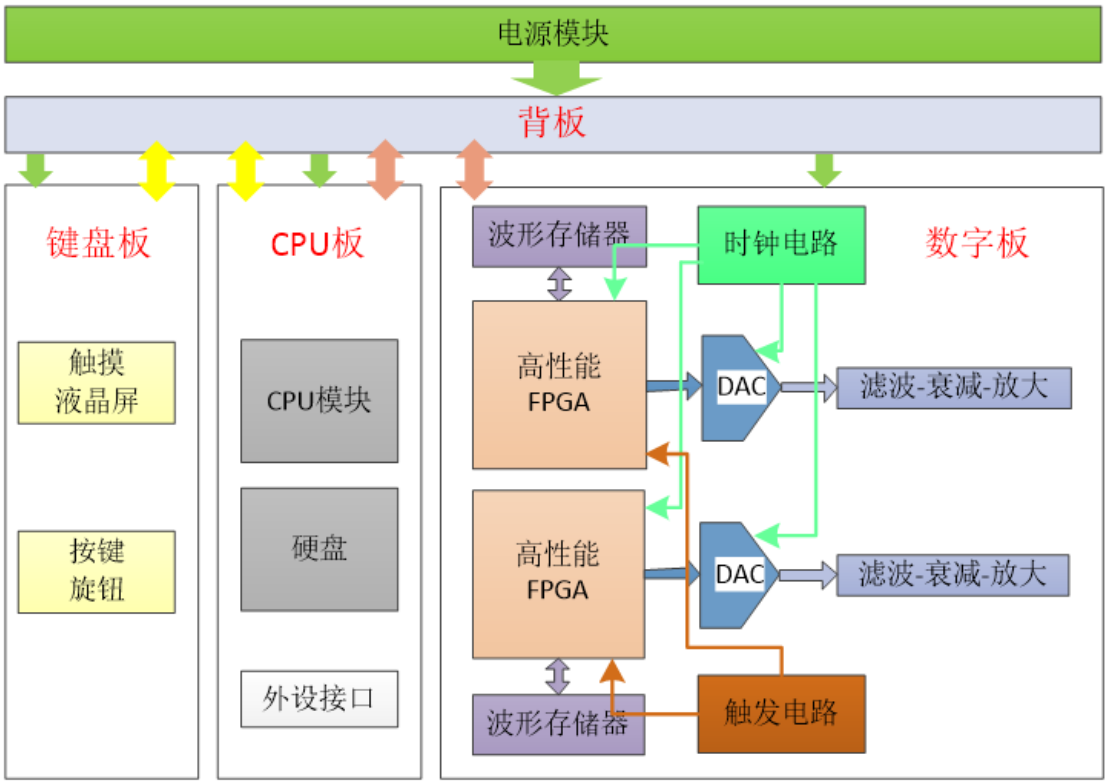


图 4.1 整机硬件总体方案框图

1650E 任意波形发生器产品采用基于现代计算机技术的智能化仪器硬件平台，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。波形生成软件基于 Windows 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 FPGA 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。

4.2 故障诊断与排除

提 示

本部分是指导您当 1650E 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 1650E 用户界面的右下角状态指示区出现错误信息提示，可点击错误信息查看，以了解具体错误信息说明。

4.2.1 系统问题

4.2.1.1 待机灯不亮

检查 1650E 的 220V 交流电输入是否正常，最大允许偏差 220V±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 3.1.1 章节保险丝部分。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。

4.2.2 前面板按键不响应

如果 1650E 对前面板按键不响应，检查 1650E 是否处于远程控制模式(在远程控制模式下，显示屏上会出现 LAN 远控指示)。要退出远控控制模式，按前面板【本地】键把 1650E 由远控状态切换到本地控制。

4.2.3 远程控制问题

远程控制模式下，若 1650E 接受一系列 SCPI 程控命令，执行失败超时，例如：触发扫描模式下，一直未接收到触发信号导致控者等待超时，控者与 1650E 之间的远控通道（LAN 或其它接口）阻塞，无法接收其它命令。此时，必须中断当前的远控测量过程，以使得控者重新获取远程通道的控制权。

4.3 错误信息

1650E 采用两种途径记录测量过程中出现的错误：前面板显示错误信息队列和 SCPI（远程控制模式）错误信息队列，两种错误信息队列分别存储管理。

4.3.1 错误信息文件

随机光盘存储文件errormessage.pdf，其中记录了完整的错误信息。错误列表以错误序号和错误说明组成。对于同一错误序号对应的多个错误信息，则采用字母顺序以区别不同错误信息。

4.3.2 错误信息说明

1650E测量过程中若检测到错误，软件界面右下角会显示告警或错误信息。

表4.1错误信息说明列表

错误关键字段	详细错误说明
ISA初始化失败	ISA总线不可用,前面板控制失效
PCIE初始化失败	PCIE总线不可用,通道板控制失效
母板未识别或初始化失败	母板未识别或初始化失败,时钟控制失败
DAC板卡未识别	数字板无法正常工作,时钟失锁或PCIE总线初始化失败导致
GTX同步失败	同步失败,输出信号无法同步
DDR存储器状态错误	DDR存储器无法工作,任意波模式无法输出波形

4.4 返修方法

4.4.1 联系我们

若1650E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附表A中的提示信息，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**

4.4.2 包装与邮寄

当您的 1650E 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 1650E 需要返修时，请您用原包装材料和包装箱包装 1650E，并按下面的步骤进行包装：

1) 写一份有关 1650E 故障现象的详细说明，与 1650E 一同放入包装箱。
2) 用原包装材料将 1650E 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 1650E 需注意

使用其它材料包装 1650E，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 1650E 任意波形发生器的技术指标和主要测试方法。

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°C ± 5°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 Ω 连接器等。标注为额定值的产品性能不包含在产品质量保证范围内，在室温（大约 25°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。

5.2 产品特征

表 5.1 环境及尺寸

描述	补充信息
操作环境	
温度	0 °C ~ +40 °C
湿度	20 % ~ 80 %湿球温度< +29 °C (非冷凝)
海拔高度	0 ~2,000 m (0 ~ 6,561 英尺)
振动	最大0.21 G, 5 Hz ~ 500 Hz
非工作存储环境	
温度	−40 °C ~ +70 °C
湿度	20 % ~ 90 % 湿球温度 < +40 °C (非冷凝)
海拔高度	0 ~ 4,572 m (0 ~ 15,000英尺)

5.3 技术指标

振动	最大0.5 G, 5 Hz ~ 500 Hz
重量	≤20 kg

表5.2 产品特征

一般特性		
远程控制	**接 口**	LAN 1000BaseT LAN 接口
	程控语言	SCPI 版本 1997.0
显示屏		TFT-LCD
操作界面语言		中文/英文
电源要求		220-240 VAC, 50/60 Hz 安全：EN 61010-1, UL 3111-1, CDA C22.2 No. 1010-1, IEC 1010-1
操作温度范围		0°C ~ +40°C
存储温度范围		-40°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		1650E启动时，自动检测大部分模块。
最大重量		≤20kg
建议校准周期		36 个月

5.3 技术指标

5.3.1 通道数

标配 2，可选 4

5.3.2 采样率

标配：2×8GSa/s（标配，8GSa/s 两倍内插至 16GSa/s，16bits）

选件：

（1） 16GSa/s(非插值，8bits)

（2） 2×10GSa/s（10GSa/s 两倍内插至 20GSa/s，16bits）

（3） 20GSa/s(非插值，8bits)

（4） 2×12GSa/s（12GSa/s 两倍内插至 24GSa/s，16bits）

（5） 24GSa/s(非插值，8bits)

（6） 2×12.8GSa/s（12.8GSa/s 两倍内插至 25.6GSa/s，16bits）

（7） 25.6GSa/s(非插值，8bits)

5.3.3 存储深度

8GSa/CH（非内插）、4GSa/CH（两倍内插）。

5.3.4 垂直分辨率

8bits（非内插）、16bits（两倍内插）

5.3.5 输出带宽（@100mV，AC 耦合）

表5.3 输出带宽

采样率	输出带宽	功率差
标配 2×8GSa/s	3.2GHz	≤2.00dBc
选件 16GSa/s	6.4GHz	≤3.00dBc
选件 2×10GSa/s	4GHz	≤1.00dBc
选件 20GSa/s	8GHz	≤6.00dBc
选件 2×12GSa/s	5GHz	≤2.00dBc
选件 24GSa/s	9GHz	≤6.00dBc
选件 2×12.8GSa/s	5.1GHz	≤2.00dBc
选件 25.6GSa/s	10.2GHz	≤6.00dBc

5.3.6 最大输出幅度（50Ω 负载）

表5.4 最大输出幅度

采样率	频率	AC 耦合输出功率/ dBm	DC 耦合输出功率/ dBm
标配 2×8GSa/s	20MHz	≥14.0	≥3.0
	100MHz	≥12.5	≥2.5
	1GHz	≥10.5	≥2.0
	3.2GHz	≥6.5	≥0.5
2×10GSa/s 选件	4GHz	≥6.5	≥0.5
2×12GSa/s 选件	5GHz	≥6.5	≥1.2
2×12.8GSa/s 选件	5.1GHz	≥6.5	≥1.0
16GSa/s 选件	6.4GHz	≥5.0	≥-2.5
20GSa/s 选件	8GHz	≥0.0	≥-12.0
24GSa/s 选件	9GHz	≥1.0	≥-16.0
25.6GSa/s 选件	10.2GHz	≥-9.0	≥--18.0

5.3.7 输出幅度精度

±(1%×|设置值|+10mVpp) （50Ω 负载，DC 耦合，1kHz 输出，200mVpp）。

5.3.8 输出直流偏置（50Ω 负载）

-（1±0.1）V～+（1±0.1）V（AC 耦合），-（500±20）mV～+（500±20）mV（DC 耦合）。

5.3.9 直流偏置精度

±(1%×|设置值|+10mV) （50Ω 负载，+200mV 偏置）。

5.3.10 非谐波失真（200mVpp）

输出频率频偏10MHz范围内杂散不做要求。

表5.5 非谐波失真（25.6GSa/s采样率）

25.6GSa/s	带内性能		邻带性能	
输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz -1GHz	≤-90.0	20MHz -10GHz	≤-81.0
100MHz -500MHz	20MHz -500MHz	≤-58.0	20MHz -1.5GHz	≤-58.0
500MHz -1GHz	20MHz -1GHz	≤-57.0	20MHz -3GHz	≤-49.0
1GHz -2GHz	20MHz -2GHz	≤-45.0	20MHz -6GHz	≤-45.0
2GHz-3GHz	20MHz -3GHz	≤-42.0	20MHz -6GHz	≤-42.0
3GHz -5GHz	20MHz -5GHz	≤-40.0	20MHz -6GHz	≤-40.0
5GHz-6GHz	5GHz-6GHz	≤-47.0	3GHz-9GHz	≤-33.0
6GHz-7GHz	6GHz-7GHz	≤-26.0	4GHz-10GHz	≤-26.0
7GHz-8GHz	7GHz-8GHz	≤-49.0	6GHz-12.5GHz	≤-36.0
8GHz-10.2GHz	8GHz-10.2GHz	≤-39.0	6GHz-12.5GHz	≤-35.0
2×12.8GSa/s	带内性能		邻带性能	
模拟通道输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz -1GHz	≤-90.0	20MHz -10GHz	≤-78.0
DC-500MHz	20MHz -500MHz	≤-84.0	20MHz -1.5GHz	≤-78.0
DC-1GHz	20MHz -1GHz	≤-78.0	20MHz -3GHz	≤-67.0
DC-2GHz	20MHz -2GHz	≤-63.0	20MHz -6GHz	≤-59.0
DC-3GHz	20MHz -3GHz	≤-53.0	20MHz -6GHz	≤-45.0
DC-5.1GHz	20MHz -5.1GHz	≤-49.0	20MHz -6GHz	≤-45.0
24GSa/s	带内性能		邻带性能	
输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc

100MHz	20MHz -1GHz	≤-82.0	20MHz -10GHz	≤-81.0
100MHz-500MHz	20MHz -500MHz	≤-82.0	20MHz -1.5GHz	≤-80.0
500MHz-1GHz	20MHz -1GHz	≤-52.0	20MHz -3GHz	≤-52.0
1GHz-2GHz	20MHz -2GHz	≤-46.0	20MHz -6GHz	≤-46.0
2GHz-3GHz	20MHz -3GHz	≤-44.0	20MHz -6GHz	≤-44.0
3GHz-5GHz	20MHz -5GHz	≤-44.0	20MHz -6GHz	≤-44.0
5GHz-6GHz	5GHz-6GHz	≤-43.0	3GHz-9GHz	≤-33.0
6GHz-7GHz	6GHz-7GHz	≤-40.0	4GHz-10GHz	≤-26.0
7GHz-8GHz	7GHz-8GHz	≤-50.0	6GHz-12.5GHz	≤-41.0
8GHz-9GHz	8GHz-9GHz	≤-45.0	6GHz-12.5GHz	≤-41.0
2×12GSa/s	带内性能		邻带性能	
输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz -1GHz	≤-89.0	20MHz -10GHz	≤-79.0
100MHz-500MHz	20MHz -500MHz	≤-82.0	20MHz -1.5GHz	≤-79.0
500MHz-1GHz	20MHz -1GHz	≤-71.0	20MHz -3GHz	≤-66.0
1GHz-2GHz	20MHz -2GHz	≤-64.0	20MHz -6GHz	≤-60.0
2GHz-3GHz	20MHz -3GHz	≤-53.0	20MHz -6GHz	≤-46.0
3GHz-5GHz	20MHz -5GHz	≤-49.0	20MHz -6GHz	≤-46.0
20GSa/s	带内性能		邻带性能	
输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz -1GHz	≤-90.0	20MHz-10GHz	≤-79.0
100MHz-500MHz	20MHz -500MHz	≤-50.0	20MHz-1.5GHz	≤-50.0
500MHz-1GHz	20MHz -1GHz	≤-50.0	20MHz-3GHz	≤-50.0
1GHz-2GHz	20MHz -2GHz	≤-47.0	20MHz-6GHz	≤-45.0
2GHz-3GHz	20MHz -3GHz	≤-43.0	20MHz-6GHz	≤-43.0
3GHz-5GHz	20MHz -5GHz	≤-42.0	20MHz-6GHz	≤-31.0
5GHz-6GHz	5GHz-6GHz	≤-45.0	3GHz-9GHz	≤-28.0
6GHz-7GHz	6GHz-7GHz	≤-40.0	4GHz-10GHz	≤-40.0
7GHz-8GHz	7GHz-8GHz	≤-47.0	6GHz-11GHz	≤-44.0
2×10GSa/s	带内性能		邻带性能	
输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz -1GHz	≤-90.0	20MHz-10GHz	≤-80.0
100MHz -500MHz	20MHz -500MHz	≤-81.0	20MHz-1.5GHz	≤-80.0
500MHz -1GHz	20MHz -1GHz	≤-68.0	20MHz-3GHz	≤-67.0
1GHz -2GHz	20MHz -2GHz	≤-58.0	20MHz-6GHz	≤-50.0
2GHz-3GHz	20MHz-3GHz	≤-48.0	20MHz-6GHz	≤-48.0
3GHz-4GHz	20MHz -4GHz	≤-48.0	20MHz-5.5GHz	≤-48.0
16GSa/s	带内性能		邻带性能	

5.3 技术指标

模拟通道输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz-1GHz	≤-90.0	20MHz-10GHz	≤-90.0
100MHz-500MHz	20MHz-500MHz	≤-55.0	20MHz-1.5GHz	≤-55.0
500MHz-1GHz	20MHz-1GHz	≤-50.0	20MHz-3GHz	≤-50.0
1GHz-2GHz	20MHz-2GHz	≤-43.0	20MHz-6GHz	≤-43.0
2GHz-3GHz	20MHz-3GHz	≤-36.0	20MHz-6GHz	≤-36.0
3GHz-5GHz	20MHz-5GHz	≤-30.0	20MHz-6GHz	≤-30.0
5GHz-6.4GHz	5GHz-6.4GHz	≤-41.0	4GHz-9GHz	≤-41.0
2×8GSa/s	带内性能		邻带性能	
模拟通道输出频率	测量频率	技术指标/dBc	测量频率	技术指标/dBc
100MHz	20MHz-1GHz	≤-90.0	20MHz-10GHz	≤-71.0
100MHz-500MHz	20MHz-500MHz	≤-85.0	20MHz-1.5GHz	≤-83.0
500MHz-1GHz	20MHz-1GHz	≤-68.0	20MHz-3GHz	≤-68.0
1GHz-2GHz	20MHz-2GHz	≤-59.0	20MHz-4.5GHz	≤-55.0
2GHz-3.2GHz	20MHz-3.2GHz	≤-53.0	20MHz-4.5GHz	≤-53.0

5.3.11 谐波失真（100mVpp）

表5.6 二次谐波失真

采样率	AC 耦合,100mVpp		DC 耦合，100mVpp	
25.6GSa/s 选件	100MHz	≤-57.0	100MHz	≤-58.0
	100MHz-1GHz	≤-55.0	100MHz -1GHz	≤-46.0
	1GHz-2GHz	≤-54.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-4GHz	≤-40.0	2GHz-4GHz	≤-43.0
	4GHz-8GHz	≤-45.0	4GHz-8GHz	≤-37.0
	8GHz-10.2GHz	≤-51.0	8GHz-10.2GHz	≤-43.0
2×12.8GSa/s 选件	100MHz	≤-58.0	100MHz	≤-57.0
	100MHz -1GHz	≤-57.0	100MHz -1GHz	≤-45.0
	1GHz-2GHz	≤-60.0	1GHz-2GHz	≤-42.0
	2GHz-4GHz	≤-41.0	2GHz-4GHz	≤-42.0
	4GHz-5.1GHz	≤-40.0	4GHz-5.1GHz	≤-44.0
24GSa/s 选件	100MHz	≤-59.0	100MHz	≤-59.0
	100MHz -1GHz	≤-54.0	100MHz -1GHz	≤-44.0
	1GHz-2GHz	≤-47.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-4GHz	≤-38.0	2GHz-4GHz	≤-38.0
	4GHz-9GHz	≤-53.0	4GHz-9GHz	≤-29.0
2×12GSa/s 选件	100MHz	≤-58.0	100MHz	≤-58.0
	100MHz -1GHz	≤-57.0	100MHz -1GHz	≤-46.0

	1GHz-2GHz	≤-61.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-5GHz	≤-38.0	2GHz-5GHz	≤-44.0
20GSa/s 选件	100MHz	≤-58.0	100MHz	≤-60.0
	100MHz -1GHz	≤-53.0	100MHz -1GHz	≤-45.0
	1GHz-2GHz	≤-51.0	1GHz-2GHz	≤-41.0
	2GHz-4GHz	≤-36.0	2GHz-4GHz	≤-42.0
	4GHz-8GHz	≤-45.0	4GHz-8GHz	≤-38.0
2×10GSa/s 选件	100MHz	≤-58.0	100MHz	≤-58.0
	100MHz -1GHz	≤-57.0	100MHz -1GHz	≤-46.0
	1GHz-2GHz	≤-62.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-4GHz	≤-38.0	2GHz-4GHz	≤-43.0
16GSa/s 选件	100MHz	≤-58.0	100MHz	≤-59.0
	100MHz -1GHz	≤-50.0	100MHz -1GHz	≤-46.0
	1GHz-2GHz	≤-51.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-4GHz	≤-33.0	2GHz-4GHz	≤-43.0
	4GHz-6.4GHz	≤-48.0	4GHz-6.4GHz	≤-44.0
标配 2×8GSa/s	100MHz	≤-59.0	100MHz	≤-59.0
	DC-1GHz	≤-58.0	DC-1GHz	≤-46.0
	1GHz-2GHz	≤-61.0	1GHz-2GHz	≤-43.0
	2GHz-3.2GHz	≤-42.0	2GHz-3.2GHz	≤-39.0

表5.7　三次谐波失真

采样率	AC 耦合,100mVpp		DC 耦合，100mVpp	
25.6GSa/s 选件	100MHz	≤-51.0	100MHz	≤-45.0
	100MHz -1GHz	≤-46.0	100MHz -1GHz	≤-42.0
	1GHz-2GHz	≤-51.0	1GHz-2GHz	≤-38.0
	2GHz-4GHz	≤-38.0	2GHz-4GHz	≤-37.0
	4GHz-8GHz	≤-56.0	4GHz-8GHz	≤-47.0
	8GHz-10.2GHz	≤-51.0	8GHz-10.2GHz	≤-50.0
2×12.8GSa/s 选件	100MHz	≤-68.0	100MHz	≤-49.0
	100MHz -1GHz	≤-57.0	100MHz -1GHz	≤-45.0
	1GHz-2GHz	≤-56.0	1GHz-2GHz	≤-46.0
	2GHz-4GHz	≤-43.0	2GHz-4GHz	≤-37.0
	4GHz-5.1GHz	≤-64.0	4GHz-5.1GHz	≤-45.0
24GSa/s 选件	100MHz	≤-57.0	100MHz	≤-48.0
	100MHz -1GHz	≤-45.0	100MHz -1GHz	≤-45.0
	1GHz-2GHz	≤-45.0	1GHz-2GHz	≤-40.0
	2GHz-4GHz	≤-43.0	2GHz-4GHz	≤-39.0
	4GHz-9GHz	≤-57.0	4GHz-9GHz	≤-37.0
2×12GSa/s 选件	100MHz	≤-68.0	100MHz	≤-49.0
	100MHz -1GHz	≤-57.0	100MHz -1GHz	≤-45.0

5.3 技术指标

	1GHz-2GHz	≤-57.0	1GHz-2GHz	≤-44.0
	2GHz-5GHz	≤-46.0	2GHz-5GHz	≤-39.0
20GSa/s 选件	100MHz	≤-55.0	100MHz	≤-49.0
	100MHz -1GHz	≤-48.0	100MHz -1GHz	≤-43.0
	1GHz-2GHz	≤-52.0	1GHz-2GHz	≤-38.0
	2GHz-4GHz	≤-45.0	2GHz-4GHz	≤-39.0
	4GHz-8GHz	≤-60.0	4GHz-8GHz	≤-47.0
2×10GSa/s 选件	100MHz	≤-70.0	100MHz	≤-50.0
	100MHz -1GHz	≤-58.0	100MHz -1GHz	≤-46.0
	1GHz-2GHz	≤-57.0	1GHz-2GHz	≤-44.0
	2GHz-4GHz	≤-46.0	2GHz-4GHz	≤-39.0
16GSa/s 选件	100MHz	≤-51.0	100MHz	≤-47.0
	100MHz -1GHz	≤-46.0	100MHz -1GHz	≤-40.0
	1GHz-2GHz	≤-43.0	1GHz-2GHz	≤-36.0
	2GHz-4GHz	≤-30.0	2GHz-4GHz	≤-24.0
	4GHz-6.4GHz	≤-72.0	4GHz-6.4GHz	≤-47.0
标配 2×8GSa/s	100MHz	≤-75.0	100MHz	≤-52.0
	100MHz -1GHz	≤-60.0	100MHz -1GHz	≤-49.0
	1GHz-2GHz	≤-45.0	1GHz-2GHz	≤-34.0
	2GHz-3.2GHz	≤-47.0	2GHz-3.2GHz	≤-39.0

5.3.12 相位噪声

100MHz，400mVpp： ≤-128dBc/Hz（1kHz 频偏）；

≤-138dBc/Hz（10kHz 频偏）；

≤-145dBc/Hz（100kHz 频偏）；

≤-150dBc/Hz (1MHz 频偏）；

5GHz，400mVpp（2×12GSa/s 采样率）：

≤-106dBc/Hz（1kHz 频偏）；

≤-113dBc/Hz（10kHz 频偏）；

≤-112dBc/Hz（100kHz 频偏）；

≤-117dBc/Hz (1MHz 频偏）；

10GHz，400mVpp（25.6GSa/s 采样率）：

≤-100dBc/Hz（1kHz 频偏）；

≤-106dBc/Hz（10kHz 频偏）；

≤-106dBc/Hz（100kHz 频偏）；

≤-111dBc/Hz (1MHz 频偏）。

5.3.13 上升/下降时间（20%~80%，DC 耦合，400mVpp）

表5.8 上升/下降时间

采样率	上升/下降时间
标配 2×8GSa/s	≤85.0ps
选件 16GSa/s	≤52.0ps
选件 2×10GSa/s	≤70.0ps
选件 20GSa/s	≤50.0ps
选件 2×12GSa/s	≤60.0ps
选件 24GSa/s	≤50.0ps
选件 2×12.8GSa/s	≤60.0ps
选件 25.6GSa/s	≤50.0ps

5.3.14 RMS 抖动

≤0.2ps（100MHz，400mVpp）。

5.3.15 通道间同步精度

≤10ps（任意波形方式输出）。

5.3.16 宽带信号幅度平坦度

表5.9 幅度平坦度

采样率	幅度平坦度
标配 2×8GSa/s	≤2.00dB
选件 16GSa/s	≤4.00dB
选件 2×10GSa/s	≤2.50dB
选件 20GSa/s	≤7.00dB
选件 2×12GSa/s	≤2.00dB
选件 24GSa/s	≤9.20dB

选件 2×12.8GSa/s	≤2.20dB
选件 25.6GSa/s	≤9.20dB

5.3.17 频率分辨率

（10±5）μHz（方波，1kHz）。

5.3.18 触发阈值电平

-（5±1.0）V~+（5±1.0）V。

5.3.19 三阶互调失真

表5.10 三阶互调失真

通道设置	测试点	三阶互调失真
AC 耦合，400mVpp	100MHz±1MHz	≤-75dBc
	1GHz±1MHz	≤-70dBc
DC 耦合，400mVpp	100MHz±1MHz	≤-51dBc
	1GHz±1MHz	≤-49dBc

5.3.20 最小脉冲宽度

表5.11 最小脉冲宽度

采样率	最小脉冲宽度
标配 2×8GSa/s	≤200ps
选件 16GSa/s	≤110ps
选件 2×10GSa/s	≤160ps
选件 20GSa/s	≤110ps
选件 2×12GSa/s	≤135ps
选件 24GSa/s	≤100ps
选件 2×12.8GSa/s	≤130ps
选件 25.6GSa/s	≤100ps

5.3.21 最大脉冲频率

表5.12 最大脉冲频率

采样率	最大脉冲频率
标配 2×8GSa/s	（1±0.05）GHz
16GSa/s 选件	（2±0.05）GHz
2×10GSa/s 选件	（1.25±0.05）GHz

20GSa/s 选件	（2.5±0.05）GHz
2×12GSa/s 选件	（1.5±0.05）GHz
24GSa/s 选件	（3±0.05）GHz
2×12.8GSa/s 选件	（1.6±0.05）GHz
25.6GSa/s 选件	（3.2±0.05）GHz

5.3.22 脉冲过冲

≤5%(标配“2×8GSa/s”采样率)。

5.3.23 最大比特率

（当前机型采样率/4±0.05）Gb/s （任意波形方式输出）。

5.3.24 频率准确度

±1ppm（@1MHz）。

5.3.4 接口

（1） 信号输出接口：SMA 连接器，每通道 1 个 AC 输出接口，2 个 DC 输出接口
（2） Maker 输出端口：SMA 连接器，每通道 1 个
（3） 外触发入端口：SMA 连接器 1 个
（4） 参考输入接口：SMA 连接器 1 个
（5） 参考输出接口：SMA 连接器 1 个
（6） USB 接口：前面板 2 个，后面板 4 个
（7） LAN 接口：1 个

5.5 测试方法

本节介绍 1650E 的主要指标测试方法。

表5.13 主要测试仪器

序号	设备名称	主要技术指标	推荐型号
1	万用表	6 位半以上	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：10GHz 采样率：50GSa/s	MSO64B✷
5	任意波形发生器	频率范围：DC～4GHz	AWG7002A✷
6	相噪分析仪	频率范围：10MHz～50GHz	R&S FSW50P✷
注✷：可用同等性能特性的测试设备代替。			

5.5.1 通道数量



图 5.1 通道数量

测试步骤：

a) 如图 5.1 所示，将 1650E 通道 1、2 的 DC+分别连接至示波器的 CH1 和 CH2；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 CH1 的“波形”选择输出波形为正弦，频率为 100MHz，幅度为 400mVpp，其他参数默认，打开通道输出；

c) 同理设置 1650E 波形发生器 CH2（若有 4 通道选件，则还需测试 CH3、CH4）；

d) 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。

5.5.2 采样率、存储深度



图 5.2 采样率、存储深度

测试步骤：

a) 如图 5.2 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至示波器的 CH1；

b) 将 1650E 工作模式配置为 2×8GSa/s 采样率（两倍内插），点击软件界面“波形”按键设置波形为“任意波形”，进入波形设置菜单，选择形状为正弦，设置形状样点总数量 4000000000 个，播放方式为无限循环输出，点击播放按钮，在触发方式中选择单次，并点击 Single；

c) 在示波器上能观测到一个正弦波，测量正弦波的周期，若周期在（理论周期±5）ms 范围内（8G 采样率、4G 样点，理论周期=样点数/采样率=500ms），则两倍内插模式下的采样率、存储深度满足要求；

d) 将 1650E 工作模式配置为 16GSa/s 采样率（非插值），点击“波形”按键设置波形为“任意波形”，进入波形设置菜单，选择形状为正弦，设置形状样点总数量 8000000000 个，其他设置默认；

e) 在示波器上能观测到一个正弦波，测量正弦波的周期，若周期在（理论周期±5）ms 范围内（16G 采样率、8G 样点，理论周期=样点数/采样率=500ms），则非插值模式下的采样率、存储深度满足要求；

f) 同理选择其他的采样率，配置对应的样点数量，若周期在理论范围内，则各模式下的采样率、存储深度满足要求。

5.5.3 垂直分辨率



图 5.3 垂直分辨率

测试步骤：

a) 如图 5.3 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至信号分析仪的射频输入接口；

b) 点击软件界面右下角“通道采样模式”，将 1650E 工作模式配置为当前机型采样率（两倍内插），设置 1650E 波形发生器输出波形为任意波形，添加波形文件为“分辨率_当前机型采样率_16 位_100MHz”，触发后播放输出选择“无限循环输出”，设置耦合方式为 DC 耦合，输出幅度为 1Vpp，打开通道输出开关，点击“播放”；

c) 在触发界面选择“单次”模式，点击“Apply”，点击“Single”按钮；

d) 用信号分析仪观测输出信号，中心频率设为 100MHz，SPAN 设置为 200kHz，若观测到相应频率的信号，且信号幅度 > -120dBm，则表明两倍内插模式下垂直分辨率为 16 bits；

e) 将 1650E“通道采样模式”配置为当前机型采样率（非插值），设置 1650E 波形发生器输出波形为任意波形，选择波形文件为“分辨率_当前机型采样率_8 位_100MHz”，具体操作步骤同上；

f) 用信号分析仪观测输出信号，中心频率设为 100MHz，SPAN 设置为 200kHz，若观测到相应频率的信号，且信号幅度 > -120dBm，则表明非内插模式下垂直分辨率为 8 bits。

注：波形文件“分辨率_当前机型采样率_16 位_100MHz”为占空比为 50%的脉冲信号，脉冲高电平为 0x8001，脉冲低电平为 0x8000。波形文件“分辨率_当前机型采样率_8 位_100MHz”为占空比为 50%的脉冲信号，脉冲高电平为 0x8100，脉冲低电平为 0x8000。

5.5.4 输出带宽



图 5.4 输出带宽

测试步骤：

a) 如图 5.4 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 端连接至信号分析仪的射频输入接口；

b) 按照下表，将 1650E 工作模式配置为不同采样率，设置 1650E 波形发生器 CH1 输出波形为正弦，并设置输出对应频率，设置通道耦合方式为 AC 耦合，输出幅度为 0.1Vpp，调制方式设置为扫描，起始频率 100MHz，终止频率 3.2GHz（其他采样率模式应设置为该采样率的最大输出频率），扫描时间和返回时间为 20s，保持时间为 1s，其他参数默认，打开通道波形输出开关；

表 5.14 输出带宽测试

采样率	设置的终止频率	功率差
标配 2×8GSa/s	3.2GHz	≤2.00dBc

选件 16GSa/s	6.4GHz	≤3.00dBc
选件 2×10GSa/s	4GHz	≤1.00dBc
选件 20GSa/s	8GHz	≤6.00dBc
选件 2×12GSa/s	5GHz	≤2.00dBc
选件 24GSa/s	9GHz	≤6.00dBc
选件 2×12.8GSa/s	5.1GHz	≤2.00dBc
选件 25.6GSa/s	10.2GHz	≤6.00dBc

c) 设置信号分析仪为扫频分析模式，起始频率 100MHz，终止频率 3.2GHz（其他采样率模式应设置为该采样率的最大输出频率），轨迹的刷新方式设置为最大保持，等待一段时间，待信号分析仪显示为一条线时对比终止频率和起始频率的功率差，若在指标范围内，表明对应采样率下输出带宽符合要求。

d) 同理测试其他通道不同采样率模式的输出带宽，记录在测试表格中。

5.5.5 最大输出幅度



图 5.5 最大输出幅度

测试步骤：

a) 如图 5.5 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 端连接至信号分析仪的射频输入接口；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”按键并设置 CH1 输出波形为正弦波，耦合方式为 AC 耦合，设置输出幅度为 3.5Vpp，输出频率为 20MHz,其他参数默认；

c) 在信号分析仪上读取测试的功率值并记录在测试表格中，若功率≥14dBm，则 AC 耦合的最大输出幅度满足要求；

d) 将 1650E 通道 1 耦合方式改为 DC 耦合 ,设置输出幅度为 1V ,输出频率为 20MHz, 其他参数默认；

e) 将 1650E 通道 1 的 DC+连接至信号分析仪的射频输入接口，在信号分析仪上读取测试的功率值并记录在测试表格中，若功率≥3dBm，则 DC 耦合的最大输出幅度满足要求；

f) 同理测试其他通道、其他输出频率的最大输出幅度，并记录在测试表格中。

g) 若最大输出幅度满足 3.7.5 要求，则最大输出幅度指标满足指标要求。

5.5.6 输出幅度精度



图 5.6 输出幅度精度

测试步骤：

a) 如图 5.6 所示，将 1650E 通道 1 端接 50 欧负载后，连接至电压表的输入端；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”按键并设置 CH1 输出波形为正弦波，耦合方式为 DC 耦合，设置频率为 1kHz，偏置为 0V，设置输出幅度为 200mVpp（有效值电压为 70.71mV$_{RMS}$）；

c) 点击电压表的“ACV”按钮，将电压表工作模式设置为交流测试模式，此时测量的电压值为输入电压的有效值，读取有效值电压并记录在测试表格中，若测试结果在（70.71±5）mV$_{RMS}$（等效峰峰值电压（200±12）mVpp）范围内，则输出幅度精度符合要求；

d) 同理测试其他通道输出幅度精度，并记录在测试表格中。

5.5.7 输出直流偏置



图 5.7 输出直流偏置

测试步骤：

a) 如图 5.7 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+接 50 欧负载后，连接至电压表的输入端；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”按键设置 CH1 波形为直流，耦合方式为 DC 耦合，设置直流幅度为-500mV，读取电压表显示的平均值 V1，设置直流幅度为 500mV，读取电压表显示的平均值 V2，将 V1~V2 记录在测试表格中；

c) 若 V1 在-520mV~-480mV 范围内且 V2 在+480mV~+520mV 范围内,则 DC 耦合输出直流偏置符合要求；

d) 将 1650E 通道 1 的 AC 端接 50 欧负载后，连接至电压表的输入端，将 1650E 耦合方式设置为 AC 耦合，打开通道输出开关，设置直流幅度为-1V，读取电压表显示的平均值 V3，设置直流幅度为+1V，读取电压表显示的平均值 V4，将 V3~V4 记录在测试表格中；

e) 若 V3 在-1.1V~-0.9V 范围内且 V4 在+0.9V~+1.1V 范围内,则 AC 耦合输出直流偏置符合要求。

f) 同理测试其他通道的输出直流偏置。

5.5.8 直流偏置精度



图 5.8 直流偏置精度

测试步骤：

a) 如图 5.8 所示 ,将 1650E 通道 1 的 DC+接 50 欧负载后 ,连接至电压表的输入端；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”按键设置 CH1 波形为 DC，耦合方式为 DC 耦合，直流幅度设置为+200mV，打开通道输出开关；

c) 读取电压表显示的平均值，若测量值落在+188mV～+212mV 之间，则 DC 耦合直流偏置精度满足要求；

d) 将 1650E 通道 1 的 AC 端接 50 欧负载后，连接至电压表的输入端，将 1650E 耦合方式改为 AC 耦合，直流幅度设置为+200mV，打开通道输出开关；

e) 读取电压表显示的平均值，若测量值落在+188mV～+212mV 之间，则 AC 耦合直流偏置精度满足要求；

f) 同理，测试其他通道的直流偏置精度。

5.5.9 非谐波失真



图 5.9 非谐波失真

测试步骤：

a) 如图 5.9 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至信号分析仪的射频输入接口；

b) 设置 1650E 工作在整机对应的采样率下，点击 1650E 波形发生器“波形”按键并设置 CH1 输出波形为正弦波，耦合方式选择 DC 耦合，输出频率为 100MHz，设置输出幅度 200mVpp；

c) 带内性能测试方法如下：设置信号分析仪的起始频率为 0，截止频率为 1GHz（不同测试点有差异），参考电平为-5dBm（不同的信号与频谱分析仪可切换最优的参考电平，根据实际测量值来确定），同时选择合适的分辨率带宽（例如 100Hz），激活信号与频谱分析仪标记功能，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（应避开谐波），参考表 A.1 选取其他测试点，对带内性能进行测试；

d) 邻带性能测试方法如下：设置信号分析仪的起始频率为 0，截止频率为 10GHz（不同测试点有差异），参考电平为-5dBm（不同的信号与频谱分析仪可切换最优的参

考电平，根据实际测量值来确定），同时选择合适的分辨率带宽（例如 1kHz），激活信号与频谱分析仪标记功能，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（应避开谐波），参考表 A.1 选取其他测试点，对邻带性能进行测试；

e) 参考表 A.1，测试对应采样率下各通道的非谐波失真，记录在测试表格中。

5.5.10 谐波失真



图 5.10 谐波失真

测试步骤：

a) 如图 5.10 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 输出端连接至信号分析仪的输入端；

b) 设置 1650E 工作在整机对应的采样率下，点击 1650E“波形”按键并设置 CH1 输出波形为正弦波，耦合方式选择 AC 耦合，设置输出幅度 100mVpp，设置输出频率为 100MHz；

c) 设置信号分析仪为谐波分析模式，自动搜索基波频率，记录二次谐波失真和三次谐波失真测试结果；

d) 参考表 A.1，测试对应采样率和耦合方式下各通道的谐波失真，记录在测试表格中。

5.5.11 相位噪声



图 5.11 相位噪声

测试步骤：

a) 如图 5.11 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 输出连接至相噪分析仪的输入接口。

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”按键并设置输出波形为正弦波，耦合方式为 AC 耦合，设置频率为 100MHz，设置输出幅度 400mVpp，打开输出开关；

c) 设置信号源分析仪为相噪测量模式，分别读取信号源分析仪的频偏 1kHz、10kHz 100kHz 和 1MHz 下的相位噪声，在测试表格中记录测量的相位噪声值；

d) 同理，分别设置并测量 1650E 输出 5GHz（2×12GSa/s 采样率）和 10GHz（25.6GSa/s 采样率）信号的相位噪声值，并记录在测试表格中；

e) 同理测试其他通道的相位噪声指标。

5.5.12 上升/下降时间



图 5.12 上升/下降时间

测试步骤：

a) 如图 5.12 所示，将 1650E 的通道 1 的 DC+连接至示波器的通道 1；

b) 设置 1650E 工作中 25.6GSa/s 采样率下，设置 CH1 输出波形为“任意波形”，点击“波形序列配置/预览”，选择“添加内建波形”，在“形状”选项中选择 Pulse，形状样点数量为 512，类型为正向（0~+1），占空比 50%，触发后播放输出方式选择“无限循环输出”，然后依次点击个设置界面“确定”按钮，返回到软件主界面；

c) 设置通道输出耦合方式为 DC 耦合，输出幅度为 400mVpp,勾选输出选择框，点击“装载并播放”；

d) 点击软解主界面下方的触发选项，触发方式选择单次，点击“Enter”，然后点击“应用”按钮，此时界面会出现一个“Single”触发按钮，单击此“Single”按钮后，按“确定”按钮返回软件主界面；

e) 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，测量范围为上升下降沿的 20%~80%，在示波器上读出信号上升/下降沿时间的平均值；

f) 同理测试其他通道并记录测试结果，若测试结果≤50ps，则此采样率下的上升/下降时间指标符合要求；

g) 同理测试其他采样率下的上升/下降时间指标，并记录在测试表中。

注：该指标测量需要使用高带宽的示波器，至少需要 10GHz 带宽。

5.5.13 RMS 抖动



图 5.13 RMS 抖动

测试步骤：

a) 如图 5.13 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 耦合输出接口连接至信号分析仪；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E“波形”设置 CH1 输出波形为正弦，频率为 100MHz，耦合方式为 AC 耦合，输出幅度为 400mVpp，然后打开 CH1 信号输出开关。

c) 打开信号分析仪相位噪声测试的对数曲线测量，载波频率设置为 100MHz，设置起始和终止偏移分别为 1kHz 和 100kHz，设置标记的标记功能为“抖动”，若测量结果≤0.2ps，则满足要求；

d) 同理测试其他通道 RMS 抖动指标并记录测试结果。

5.5.14 通道间同步精度



图 5.14 通道间同步精度

测试步骤：

a) 如图 5.14 所示，将 1650E 的通道 1、2 的 DC+分别接至示波器的通道 1 和通道 2；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击“波形”设置 CH1、CH2 输出波形为“任意波形”，输出波形选择 Pulse，形状样点数量为 512，并设置触发后重复输出次数 1 次，然后依次点击个设置界面“确定”按钮，返回到软件主界面；

c) 设置 1650E 的 CH1、CH2 耦合方式为 DC 耦合，幅度为 400mVpp，打开通道输出开关，点击“装载并播放”。

d) 点击软解主界面下方的触发选项，触发方式选择“定时”，设置定时为 1ms，按“确定”按钮返回软件主界面；

e) 设置示波器为边沿差值测试模式，测试出 1、2 通道输出信号边沿的时间差。（如果因电缆误差大等原因造成偏移较大，可在软件界面上设置输出信号 delay，精调两个通道间延时，使得两个测量通道的同步时间在 10ps 以内）；

f) 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≤10ps 即为符合要求。

5.5.15 宽带信号幅度平坦度



图 5.15 宽带信号幅度平坦度

测试步骤：

a) 如图 5.15 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至信号分析仪的射频输入接口；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击“波形”按键设置 CH1 波形为正弦波，频率默认，耦合方式为 DC 耦合，输出幅度 100mVpp，调制方式设置为扫描，起始频率 100MHz，终止频率 3.2GHz（其他采样率模式应设置为该采样率的最大输出频率），扫描时间和返回时间为 20s，保持时间为 1s，其他参数默认,打开通道波形输出开关；

c) 信号分析仪设置起始频率为 100MHz，截止频率为 3.2GHz（其他采样率模式应设置为该采样率的最大输出频率），轨迹的刷新方式设置为最大保持，等待一段时间，待轨迹为一条曲线时记录曲线最大值和最小值的差即为宽带信号幅度平坦度；

d) 同理测试其他通道不同采样率模式的信号幅度平坦度，记录在测试表格中。

5.5.16 频率分辨率



图 5.16 频率分辨率

测试步骤：

a) 如图 5.16 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至频率计的输入接口；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击 1650E 波形发生器“波形”按键并设置 CH1 波形为方波，耦合方式为 DC 耦合，频率设置为 1kHz,打开 CH1 的输出，记录频率计上的数值；

c) 1650E 输出频率增加 10uHz，若频率计上的读数有变化，且变化量在 5uHz~15uHz 之间，则频率分辨率满足要求。

5.5.17 触发阈值电平

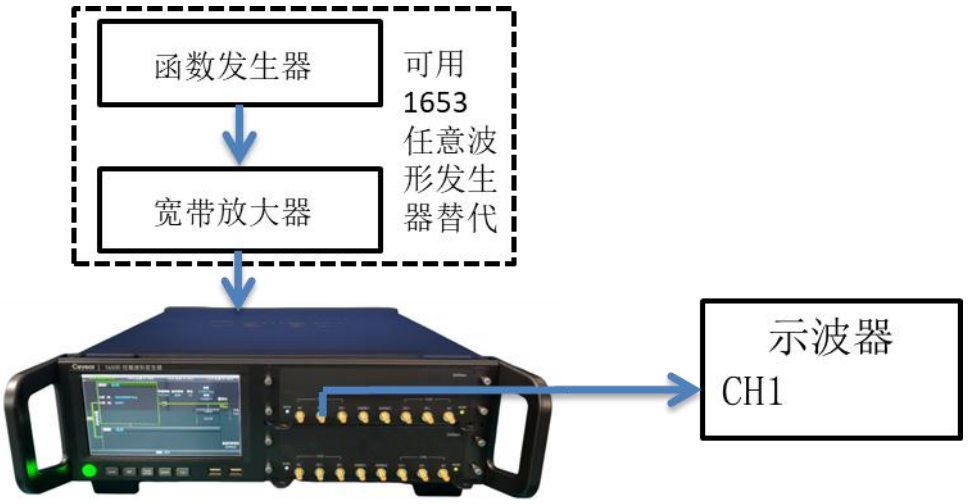


图 5.17 触发阈值电平

测试步骤：

a) 如图 5.17 所示，将 1653 输出连接至后面板的触发输入，1650E 通道 1 的 DC+连接至示波器；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率模式下，点击“波形”设置波形为任意波形，选择输出波形为内置波形的正弦波形，每次触发输出 1 个周期波形，触发方式选择外触发，设置触发电平为+5V，其他参数默认；

c) 设置 1650E 通道 1 耦合方式为 DC，输出幅度为 400mVpp，打开波形输出开关；

d) 当使用 1653 为 1650E 提供外部触发输入时，设置 1653 输出频率为 1kHz 的方波，输出电平分别设置为 5V、偏置 2V（低电平-0.5V，高电平 4.5V），此时示波器上无波形输出，以 0.1V 为步进增加 1653 的偏置，直至示波器上显示重复出现的 1 个周期正弦波形，在测试表格上记录此时 1653 的高电平；同理以 1653 输出电平 5V、偏置-2V（低电平-4.5V，高电平 0.5V）和偏置步进-0.1V 测量 1650 触发电平为-5V 的情况并记录在测试表格中；

e) 当采用函数发生器+放大器提供触发输入时，可参考步骤 c)做等效设置和操作。

5.5.18 三阶互调失真



图 5.18 三阶互调失真

测试步骤：

a) 如图 5.18 所示，将 1650E 通道 1 的 AC 输出端连接至信号分析仪的输入端；

b) 设置 1650E 工作在 2×8GSa/s 采样率下，点击“波形”按键并设置 CH1 输出波形为正弦波，波形变换选择“+邻通道”，耦合方式选择 AC 耦合，设置输出幅度 400mVpp，设置输出频率为 100MHz；

c) 点击“波形”按键并设置 CH2 输出波形为正弦波，波形变换为默认“直通”，耦合方式选择 AC 耦合，设置输出幅度 400mVpp，设置输出频率为 101MHz；

d) 设置信号分析仪的起始频率为 98MHz，截止频率为 103MHz，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，根据实际测量值来确定），分辨率带宽为 1kHz；

e) 定义三阶互调产物为两倍的 CH1 设置频率值减去 CH2 设置频率值（本次定义为 2*100-101=99MHz），激活信号与频谱分析仪标记功能，按“峰值搜索”、“差值标记”、“次峰值”，测出 CH1 设置频率值与三阶互调产物（本次为 99MHz）的功率差值即为互调失真；

f) 同理测试 1GHz 的互调失真；

g) 同理测试其他通道三阶互调失真。

5.5.19 最小脉冲宽度



图 5.19 最小脉冲宽度

测试步骤：

a) 如图 5.19 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+输出端连接至示波器通道 1；

b) 设置 1650E 工作在 25.6GSa/s 采样率下，点击软件界面的“波形”设置波形为“任意波形”，进入波形设置菜单，在“添加序列”菜单中点击“添加内建波形”，选择 Pulse，样点数 1000 个，占空比 0.1%，触发后无限循环输出，其他参数默认，点击“确认”即可完成一个波形序列的添加，点击确定返回软件主界面；

c) 设置 1650E 的 CH1 耦合方式为 DC，幅度为 1Vpp，打开通道输出开关，点击“装载并播放”。

d) 点击软解主界面下方的触发选项，触发方式选择“单次”，点击“应用”，然后点击 Single 按钮，最后按“确定”按钮返回软件主界面；

e) 调整示波器时间轴，在示波器上观察到一个单脉冲波形，添加脉宽测量选项，读取测量平均值，记录在测试表格中，若测量结果≤100ps，则最小脉冲宽度指标满足要求；

f) 同理测试其他采样率下最小脉冲宽度指标。

注：示波器带宽不小于 10GHz。

5.5.20 最大脉冲频率



图 5.20 最大脉冲频率

测试步骤：

a) 如图 5.20 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+输出端连接至示波器通道 1；

b) 设置 1650E 工作在当前机型采样率下，点击软件界面的“波形”设置波形为“任意波形”，进入波形设置菜单，在“添加序列”菜单中点击“添加内建波形”，选择 Pulse，样点数 8 个，形状重复次数 512，占空比 50%，触发后无限循环输出，其他参数默认，点击“确认”即可完成一个波形序列的添加，点击确定返回软件主界面；

c) 设置 1650E 的 CH1 耦合方式为 DC，幅度为 200mVpp，打开通道输出开关，点击“装载并播放”；

d) 点击软解主界面下方的触发选项，触发方式选择“单次”，点击“应用”，然后点击 Single 按钮，最后按“确定”按钮返回软件主界面；

e) 调整示波器时间轴，在示波器上观察到脉冲波形，添加频率测量选项，读取测量平均值，记录在测试表格中，若测量结果在（当前机型采样率/8）±0.05GHz 之间，则对应采样率下的最大脉冲频率满足要求；

f) 同理测试其他通道最大脉冲频率指标。

注：示波器带宽不小于 10GHz。

5.5.21 脉冲过冲



图 5.21 脉冲过冲

测试步骤：

a) 如图 5.21 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+输出端连接至示波器通道 1；

b) 设置 1650E 工作在标配“2×8GSa/s”采样率下，点击 1650E 软件界面的“波形”设置波形为“脉冲”，设置脉冲频率为 10MHz，占空比为 50%，边沿为 1ns；

c) 设置 1650E 的 CH1 耦合方式为 DC，幅度为 1Vpp，打开通道输出开关；

d) 调整示波器时间轴，在示波器上观察到脉冲波形，添加正过冲测量选项，读取测量平均值，记录在测试表格中，若测量结果≤5%，则脉冲过冲指标满足要求；

e) 同理测试其他通道脉冲过冲指标。

5.5.22 最大比特率



图 5.22 最大比特率

测试步骤：

a) 如图 5.22 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+输出端连接至示波器通道 1；

b) 设置 1650E 工作在当前机型采样率下，点击软件界面的“波形”设置波形为“任意波形”，进入波形设置菜单，在“添加序列”菜单中点击“添加内建波形”，选择 Pulse，样点数 8 个，形状重复次数 512，占空比 50%，触发后无限循环输出，其他参数默认，点击“确认”即可完成一个波形序列的添加，点击确定返回软件主界面；

c) 设置 1650E 的 CH1 耦合方式为 DC，幅度为 400mVpp，打开通道输出开关，点击“装载并播放”；

d) 点击软解主界面下方的触发选项，触发方式选择“单次”，点击“应用”，然后点击 Single 按钮，最后按“确定”按钮返回软件主界面；

e) 调整示波器时间轴，在示波器上观察到比特流波形，添加 Data Rate 测量选项，读取测量平均值，记录在测试表格中，若测量结果在（当前机型采样率/4）±0.05Gb/s 之间，则最大比特率指标满足要求；

f) 同理测试其他通道、其他采样率模式下最大比特率指标。

5.5.23 频率准确度



图 5.23 频率准确度

测试步骤：

a) 如图 5.23 所示，将 1650E 通道 1 的 DC+连接至频率计的输入接口；

b) 设置 1650E 工作在标配“2×8GSa/s”采样率下，点击 1650E 波形发生器“波形”按键并设置 CH1 波形为方波，耦合方式为 DC 耦合，频率设置为 1MHz,打开 CH1 的输出，记录频率计上的数值；

c) 若频率计上的数值与 1MHz 的差值小于 1Hz（相对误差小于 1ppm），则频率准确度指标满足要求。

附 录

附录 A 错误信息速查表

附表 A 本地错误信息表

错误关键字段	错误说明
通道1任意波未选择文件	通道1工作在任意波状态，播放通道1时发现通道1没有指定要播放的文件。
通道2任意波未选择文件	通道2工作在任意波状态，播放通道1时发现通道1没有指定要播放的文件。