

# **RIGOL**

## **用户手册**

### **DG4000 系列 函数/任意波形发生器**

2015 年 12 月

**RIGOL TECHNOLOGIES, INC.**



# 保证和声明

## 版权

© 2011 北京普源精电科技有限公司

## 商标信息

**RIGOL** 是北京普源精电科技有限公司的注册商标。

## 文档编号

UGB04012-1110

## 软件版本

00.01.12

软件升级可能更改或增加产品功能，请关注 **RIGOL** 网站获取最新版本手册或联系 **RIGOL** 升级软件。

## 声明

- 本公司产品受中国及其它国家和地区的专利（包括已取得的和正在申请的专利）保护。
- 本公司保留改变规格及价格的权利。
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。
- 本手册提供的信息如有变更，恕不另行通知。
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**RIGOL** 概不负责。
- 未经 **RIGOL** 事先书面许可，不得影印、复制或改编本手册的任何部分。

## 产品认证

**RIGOL** 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准及 ISO9001:2008 标准和 ISO14001:2004 标准，并进一步认证本产品符合其它国际标准组织成员的相关标准。

## 联系我们

如您在使用此产品或本手册的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

电子邮箱：service@rigol.com

网址：www.rigol.com

# 安全要求

## 一般安全概要

了解下列安全性预防措施，以避免受伤，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

### 使用正确的电源线。

只允许使用所在国家认可的本产品专用电源线。

### 将产品接地。

本产品通过电源电缆的保护接地线接地。为避免电击，在连接本产品的任何输入或输出端子之前，请确保本产品电源电缆的接地端子与保护接地端可靠连接。

### 正确连接探头。

如果使用探头，探头地线与地电势相同，请勿将地线连接至高电压。

### 查看所有终端额定值。

为避免起火和过大电流的冲击，请查看产品上所有的额定值和标记说明，请在连接产品前查阅产品手册以了解额定值的详细信息。

### 使用合适的过压保护。

确保没有过电压（如由雷电造成的电压）到达该产品。否则操作人员可能有遭受电击的危险。

### 请勿开盖操作。

请勿在仪器机箱打开时运行本产品。

### 请勿将异物插入风扇的排风口。

请勿将异物插入风扇的排风口以免损坏仪器。

### 使用合适的保险丝。

只允许使用本产品指定规格的保险丝。

**避免电路外露。**

电源接通后，请勿接触外露的接头和元件。

**怀疑产品出故障时，请勿进行操作。**

如果您怀疑本产品出现故障，请联络**RIGOL**授权的维修人员进行检测。任何维护、调整或零件更换必须由**RIGOL**授权的维修人员执行。

**保持适当的通风。**

通风不良会引起仪器温度升高，进而引起仪器损坏。使用时应保持良好的通风，定期检查通风口和风扇。

**请勿在潮湿环境下操作。**

为避免仪器内部电路短路或发生电击的危险，请勿在潮湿环境下操作仪器。

**请勿在易燃易爆的环境下操作。**

为避免仪器损坏或人身伤害，请勿在易燃易爆的环境下操作仪器。

**请保持产品表面的清洁和干燥。**

为避免灰尘或空气中的水分影响仪器性能，请保持产品表面的清洁和干燥。

**防静电保护。**

静电会造成仪器损坏，应尽可能在防静电区进行测试。在连接电缆到仪器前，应将其内外导体短暂接地以释放静电。

**正确使用电池。**

如果仪器提供电池，严禁将电池暴露于高温或火中。要让儿童远离电池。不正确地更换电池可能造成爆炸（警告：锂离子电池）。必须使用 **RIGOL** 指定的电池。

**注意搬运安全。**

为避免仪器在搬运过程中滑落，造成仪器面板上的按键、旋钮或接口等部件损坏，请注意搬运安全。

## 安全术语和符号

本手册中的安全术语。



### 警告

警告性声明指出可能会造成人身伤害或危及生命安全的情况或操作。



### 注意

注意性声明指出可能导致本产品损坏或数据丢失的情况或操作。

产品上的安全术语。

**DANGER** 表示您如果不进行此操作，可能会立即对您造成危害。

**WARNING** 表示您如果不进行此操作，可能会对您造成潜在的危害。

**CAUTION** 表示您如果不进行此操作，可能会对本产品或连接到本产品的其他设备造成损坏。

产品上的安全符号。



高电压



安全警告



保护性接地端



壳体接地端



测量接地端

## 保养与清洁

### 保养

请勿将仪器放置在长时间受到日照的地方。

### 清洁

请根据使用情况经常对仪器进行清洁。方法如下：

1. 断开电源。
2. 用柔和的清洁剂或清水浸湿软布擦拭仪器外部。清洁带有液晶显示屏的仪器时，请注意不要划伤 LCD 显示屏。



#### 注意

请勿使任何腐蚀性的液体沾到仪器上，以免损坏仪器。



#### 警告

重新通电之前，请确认仪器已经干透，避免因水分造成电气短路甚至人身伤害。

## 环境注意事项

以下符号表明本产品符合 WEEE Directive 2002/96/EC 所制定的要求。



### 设备回收

本产品中包含的某些物质可能会对环境或人体健康有害，为避免将有害物质释放到环境中或危害人体健康，建议采用适当的方法回收本产品，以确保大部分材料可正确地重复使用或回收。有关处理或回收的信息，请与当地权威机构联系。

## DG4000 系列函数/任意波形发生器简介

DG4000 系列集函数发生器、任意波形发生器、脉冲发生器、谐波发生器、模拟/数字调制器、频率计等功能于一身，是一款经济型、高性能、多功能的双通道函数/任意波发生器。该系列的所有型号均具有 2 个功能完全相同的通道。通道间相位可调。

### 主要特色：

- 采用 DDS 直接数字合成技术，可生成稳定、精确、纯净和低失真的输出信号
- 7 英寸 16M 真彩 TFT 液晶显示屏，同时显示双通道的波形参数和图形
- 200MHz、160MHz、100MHz、60MHz（对于正弦）四种最大输出频率，500MSa/s 采样率，14bits 垂直分辨率
- 可精确调节双通道的相位
- 支持具有在线配置功能的外部功率放大模块（选件）
- 可输出多达 150 种波形/函数：正弦波、方波、锯齿波、脉冲波、噪声、Sinc、指数上升、指数下降、心电图、高斯、半正矢、洛仑兹、双音频、谐波、视频信号、雷达信号和 DC 电压等
- 可编辑 16kpts 的任意波形，支持任意波逐点输出
- 脉冲信号的上升沿时间和下降沿时间可单独调节
- 可输出具有指定次数和幅度的谐波，最高可输出 16 次谐波
- 支持在基本波形上叠加高斯噪声
- 丰富的调制类型：AM、FM、PM、ASK、FSK、PSK、BPSK、QPSK、3FSK、4FSK、OSK 和 PWM
- 支持频率扫描和脉冲串输出
- 双通道可分别或同时：内部/外部调制、内部/外部/手动触发
- 双通道可分别或同时：输出同步信号
- 支持单独或同时打开频率耦合、相位耦合和幅度耦合
- 提供 7digits/s，200MHz 频率计，可测量外部输入信号的频率、周期、占空比、正脉宽和负脉宽等参数，并提供测量结果的统计功能
- 支持通道间的波形复制和状态复制功能
- 可存储和读取任意波形数据文件和仪器状态文件，支持多种文件类型
- 丰富的标准配置接口：USB Host、USB Device 和 LAN
- 丰富的输入/输出：波形输出、同步信号输出、调制源输入、10MHz 时钟源输入/输出和触发输入/输出
- 支持 FAT32 格式的 Flash 型 U 盘存储
- 支持 10/100M 以太网，用户可以通过 Web 远程控制仪器
- 符合 LXI Core 2011 Device 仪器标准



- 提供中英文帮助信息、提示消息和界面显示
- 配备功能强大的波形编辑 PC 软件 Ultra Station
- 提供防盗锁孔

# 文档概述

## 文档的主要内容

### 第 1 章 快速入门

介绍仪器的前后面板、用户界面、参数设置方法以及首次使用仪器的注意事项。

### 第 2 章 输出基本波形

介绍如何输出正弦波、方波等基本波形。

### 第 3 章 输出任意波

介绍如何输出仪器内建和用户自定义的任意波形。

### 第 4 章 输出谐波

介绍如何输出指定次数的谐波。

### 第 5 章 输出已调制波形

介绍如何输出已调制波形，如 AM、FSK、PWM 等。

### 第 6 章 输出扫频波形

介绍如何输出扫频波形。

### 第 7 章 输出脉冲串

介绍如何输出脉冲串。

### 第 8 章 频率计

介绍频率计功能及其参数设置方法。

### 第 9 章 存储与调用

介绍如何存储和调用波形数据或仪器状态设置等。

### 第 10 章 辅助功能与系统设置

介绍仪器的辅助功能与系统设置。

### 第 11 章 远程控制

介绍如何通过远程方式控制仪器。

### 第 12 章 故障处理

介绍仪器在使用过程中可能出现的故障及其处理方法，以及可能出现的提示消息。

### 第 13 章 技术参数

列举仪器的性能指标和一般技术规格。

## 第 14 章 附录

提供选件和附件信息，以及其他注意事项。

### 文档中的格式约定

#### 1. 按键：

本手册中通常用“文本框+文字（加粗）”表示前面板上的一个按键。例如：**Sine**

#### 2. 菜单：

本手册中通常用“字符底纹+文字（加粗）”表示一个菜单。例如：**频率**

#### 3. 连接器：

本手册中通常用“方括号+文字（加粗）”表示前面板或后面板上的一个连接器。例如：**[Sync]**

#### 4. 操作步骤：

本手册中通常用一个箭头“→”表示下一步操作。例如：**Sine** → **频率** 表示按下前面板上的 **Sine** 功能键后再按 **频率** 菜单软键。

### 文档中的内容约定

DG4000 系列函数/任意波形发生器包含以下型号。本手册以 DG4162 为例介绍 DG4000 系列函数/任意波形发生器，其中的说明涵盖其它型号的全部功能和性能。

型号	通道数	最高输出频率	采样率
DG4062	2	60MHz	500MSa/s
DG4102	2	100MHz	500MSa/s
DG4162	2	160MHz	500MSa/s
DG4202	2	200MHz	500MSa/s

# 目录

保证和声明.....	I
安全要求.....	II
一般安全概要.....	II
安全术语和符号.....	IV
保养与清洁.....	V
环境注意事项.....	V
DG4000 系列函数/任意波形发生器简介.....	VI
文档概述.....	VIII
<b>第 1 章 快速入门</b> .....	<b>1-1</b>
一般性检查.....	1-2
调整支撑脚.....	1-3
外观尺寸.....	1-4
前面板.....	1-6
后面板.....	1-12
连接电源.....	1-15
更换保险丝.....	1-16
用户界面.....	1-17
参数设置方法.....	1-20
数字键盘.....	1-20
方向键和旋钮.....	1-21
使用内置帮助系统.....	1-22
使用防盗锁.....	1-23
<b>第 2 章 输出基本波形</b> .....	<b>2-1</b>
选择通道.....	2-2
选择基本波形.....	2-3
设置频率.....	2-4
设置幅度.....	2-5
设置 DC 偏移电压.....	2-7
设置起始相位.....	2-8
同相位.....	2-9
设置占空比.....	2-10

设置对称性 .....	2-11
设置脉冲参数 .....	2-12
脉宽/占空比 .....	2-12
上升/下降边沿时间 .....	2-13
启用通道输出 .....	2-14
输出基本波形实例 .....	2-15
<b>第 3 章 输出任意波 .....</b>	<b>3-1</b>
启用任意波功能 .....	3-2
逐点输出模式 .....	3-3
选择任意波 .....	3-3
内建波形 .....	3-3
已存波形 .....	3-8
易失波形 .....	3-8
创建任意波 .....	3-9
实例：点编辑 .....	3-11
实例：块编辑 .....	3-13
编辑任意波 .....	3-15
<b>第 4 章 输出谐波 .....</b>	<b>4-1</b>
谐波功能概述 .....	4-2
设置基波参数 .....	4-2
设置谐波次数 .....	4-3
选择谐波类型 .....	4-3
设置谐波幅度 .....	4-4
设置谐波相位 .....	4-4
<b>第 5 章 输出已调制波形 .....</b>	<b>5-1</b>
幅度调制（AM） .....	5-2
选择 AM 调制 .....	5-2
选择载波波形 .....	5-2
设置载波频率 .....	5-2
选择调制源 .....	5-3
设置调制波频率 .....	5-4
设置调制深度 .....	5-4
载波抑制 .....	5-4
频率调制（FM） .....	5-5
选择 FM 调制 .....	5-5
选择载波波形 .....	5-5

设置载波频率 .....	5-5
选择调制源 .....	5-6
设置调制波频率 .....	5-7
设置频率偏移 .....	5-7
相位调制 (PM) .....	5-8
选择 PM 调制 .....	5-8
选择载波波形 .....	5-8
设置载波频率 .....	5-8
选择调制源 .....	5-9
设置调制波频率 .....	5-10
设置相位偏差 .....	5-10
幅移键控 (ASK) .....	5-11
选择 ASK 调制 .....	5-11
选择载波波形 .....	5-11
设置载波幅度 .....	5-11
选择调制源 .....	5-12
设置 ASK 速率 .....	5-12
设置调制幅度 .....	5-13
设置调制极性 .....	5-13
频移键控 (FSK) .....	5-14
选择 FSK 调制 .....	5-14
选择载波波形 .....	5-14
设置载波频率 .....	5-14
选择调制源 .....	5-15
设置 FSK 速率 .....	5-15
设置跳频频率 .....	5-16
设置调制极性 .....	5-16
相移键控 (PSK) .....	5-17
选择 PSK 调制 .....	5-17
选择载波波形 .....	5-17
设置载波相位 .....	5-17
选择调制源 .....	5-18
设置 PSK 速率 .....	5-18
设置 PSK 相位 .....	5-19
设置调制极性 .....	5-19
二相相移键控 (BPSK) .....	5-20
选择 BPSK 调制 .....	5-20

选择载波波形 .....	5-20
设置载波相位 .....	5-20
选择调制源 .....	5-20
设置 BPSK 速率 .....	5-21
设置 BPSK 相位 .....	5-21
四相相移键控 (QPSK) .....	5-22
选择 QPSK 调制 .....	5-22
选择载波波形 .....	5-22
设置载波相位 .....	5-22
选择调制源 .....	5-22
设置 QPSK 速率 .....	5-23
设置 QPSK 相位 .....	5-23
三进制频移键控 (3FSK) .....	5-24
选择 3FSK 调制 .....	5-24
选择载波波形 .....	5-24
设置载波频率 .....	5-24
调制源 .....	5-25
设置键控频率 .....	5-25
设置跳频频率 .....	5-25
四进制频移键控 (4FSK) .....	5-26
选择 4FSK 调制 .....	5-26
选择载波波形 .....	5-26
设置载波频率 .....	5-26
调制源 .....	5-27
设置键控频率 .....	5-27
设置跳频频率 .....	5-27
振荡键控 (OSK) .....	5-28
选择 OSK 调制 .....	5-28
选择载波波形 .....	5-28
设置载波频率 .....	5-29
选择调制源 .....	5-29
设置键控频率 .....	5-29
设置振荡周期 .....	5-30
脉宽调制 (PWM) .....	5-31
选择 PWM 调制 .....	5-31
选择载波波形 .....	5-31
设置脉宽/占空比 .....	5-31

选择调制源 .....	5-32
设置调制波频率 .....	5-32
设置宽度/占空比偏差 .....	5-33
<b>第 6 章 输出扫频波形 .....</b>	<b>6-1</b>
开启扫频功能 .....	6-2
起始频率和终止频率 .....	6-2
中心频率和频率跨度 .....	6-3
扫频方式 .....	6-4
线性扫频 .....	6-4
对数扫频 .....	6-5
步进扫频 .....	6-6
扫频时间 .....	6-7
返回时间 .....	6-7
标记频率 .....	6-7
起始保持 .....	6-8
终止保持 .....	6-8
扫频触发源 .....	6-8
触发输出边沿 .....	6-9
<b>第 7 章 输出脉冲串 .....</b>	<b>7-1</b>
开启脉冲串功能 .....	7-2
脉冲串类型 .....	7-2
N 循环脉冲串 .....	7-2
无限脉冲串 .....	7-3
门控脉冲串 .....	7-4
脉冲串相位 .....	7-5
脉冲串周期 .....	7-6
门控极性 .....	7-6
脉冲串延时 .....	7-6
脉冲串触发源 .....	7-7
触发输出边沿 .....	7-8
<b>第 8 章 频率计 .....</b>	<b>8-1</b>
启用频率计 .....	8-2
设置频率计 .....	8-3
统计功能 .....	8-5
<b>第 9 章 存储与调用 .....</b>	<b>9-1</b>



存储系统 .....	9-2
文件类型 .....	9-3
浏览器类型 .....	9-4
文件操作 .....	9-5
保存 .....	9-5
读取 .....	9-7
复制与粘贴 .....	9-7
删除 .....	9-8
新建文件夹 .....	9-8
与示波器无缝互联 .....	9-10
<b>第 10 章 辅助功能与系统设置.....</b>	<b>10-1</b>
概述 .....	10-2
通道设置 .....	10-3
同步 .....	10-3
同步极性.....	10-4
同步模式.....	10-4
输出极性.....	10-5
阻抗 .....	10-5
噪声叠加 .....	10-6
量程 .....	10-6
DDS 常开 .....	10-6
设置系统语言.....	10-7
配置远程接口 .....	10-8
设置网络参数 .....	10-8
选择 USB 设备类型.....	10-12
系统设置 .....	10-13
数字格式.....	10-13
开机设置.....	10-14
电源设置.....	10-14
时钟源 .....	10-14
亮度 .....	10-15
蜂鸣器 .....	10-15
屏保 .....	10-15
系统信息.....	10-16
打印 .....	10-17
检测校准 .....	10-18
耦合 .....	10-19

---

通道复制 .....	10-21
用户自定义波形键 .....	10-22
还原预设配置 .....	10-24
使用外部功率放大器（选件） .....	10-29
锁定按键 .....	10-33
<b>第 11 章 远程控制 .....</b>	<b>11-1</b>
通过 USB 控制 .....	11-2
通过 LAN 控制 .....	11-5
<b>第 12 章 故障处理 .....</b>	<b>12-1</b>
<b>第 13 章 技术参数 .....</b>	<b>13-1</b>
<b>第 14 章 附录 .....</b>	<b>14-1</b>
附录 A: 附件和选件 .....	14-1
附录 B: 功率放大器技术参数 .....	14-2
附录 C: 保修概要 .....	14-4
<b>索引 .....</b>	<b>1</b>

# 第1章 快速入门

介绍仪器的前后面板、用户界面、参数设置方法以及首次使用仪器的注意事项。

本章内容如下：

- 一般性检查
- 调整支撑脚
- 外观尺寸
- 前面板
- 后面板
- 连接电源
- 更换保险丝
- 用户界面
- 参数设置方法
- 使用内置帮助系统
- 使用防盗锁

## 一般性检查

### 1. 检查运输包装

如运输包装已损坏，请保留被损坏的包装或防震材料，直到货物经过完全检查且仪器通过电性和机械测试。

因运输造成仪器损坏，由发货方和承运方联系赔偿事宜。**RIGOL**公司恕不进行免费维修或更换。

### 2. 检查整机

若存在机械损坏或缺失，或者仪器未通过电性和机械测试，请联系您的 **RIGOL** 经销商。

### 3. 检查随机附件

请根据装箱单检查随机附件，如有损坏或缺失，请联系您的**RIGOL**经销商。

## 调整支撑脚

DG4000 允许用户在使用仪器时打开支撑脚以作为支架使仪器向上倾斜，便于操作和观察（如图 1-1 所示）。在不使用仪器时，用户可以合上支撑脚以方便放置或搬运（如图 1-2 所示）。

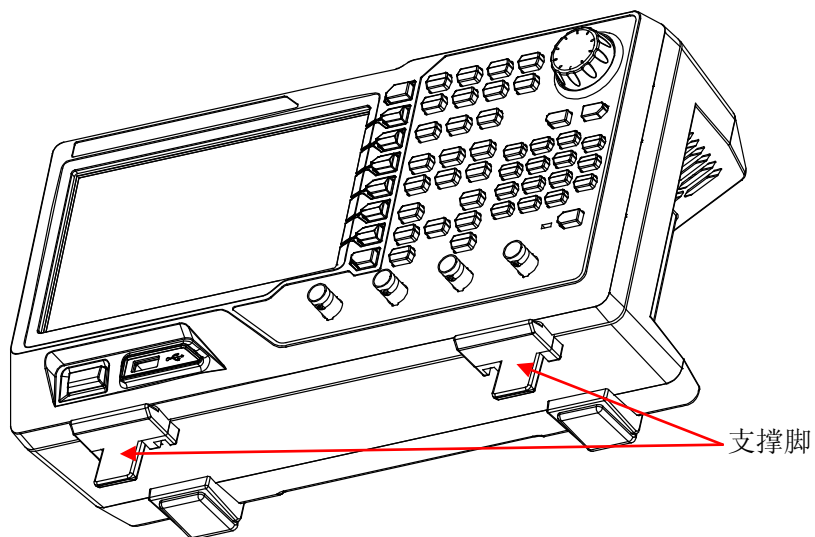


图 1-1 打开支撑脚

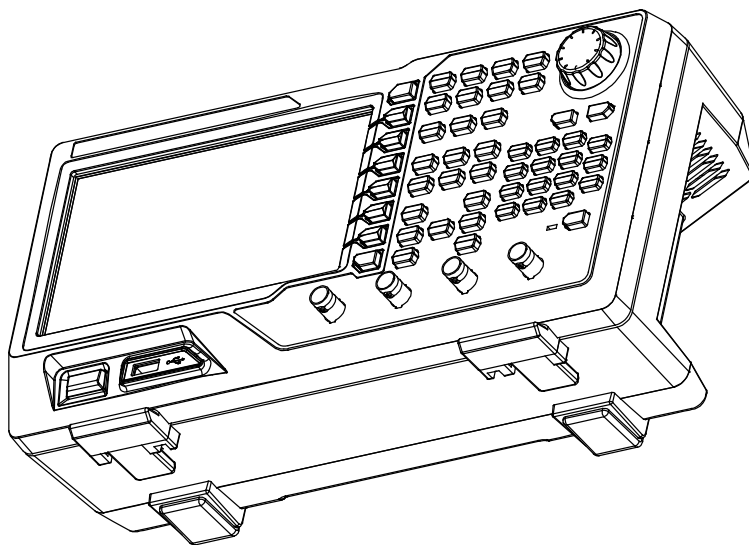


图 1-2 合上支撑脚

## 外观尺寸

DG4000 的外观与尺寸如图 1-3、图 1-4 所示。单位为 mm。

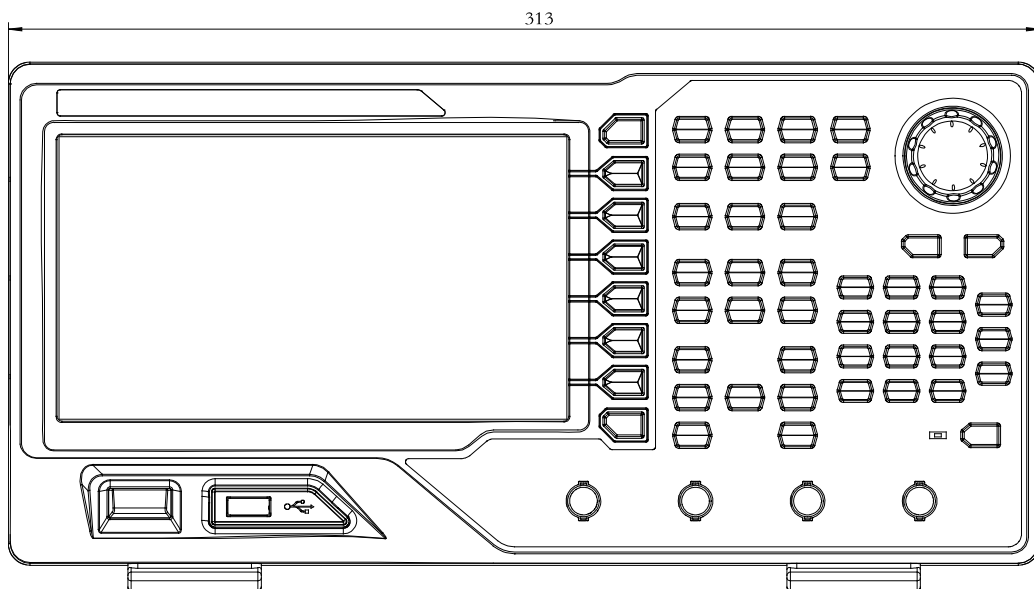


图 1-3 正视图

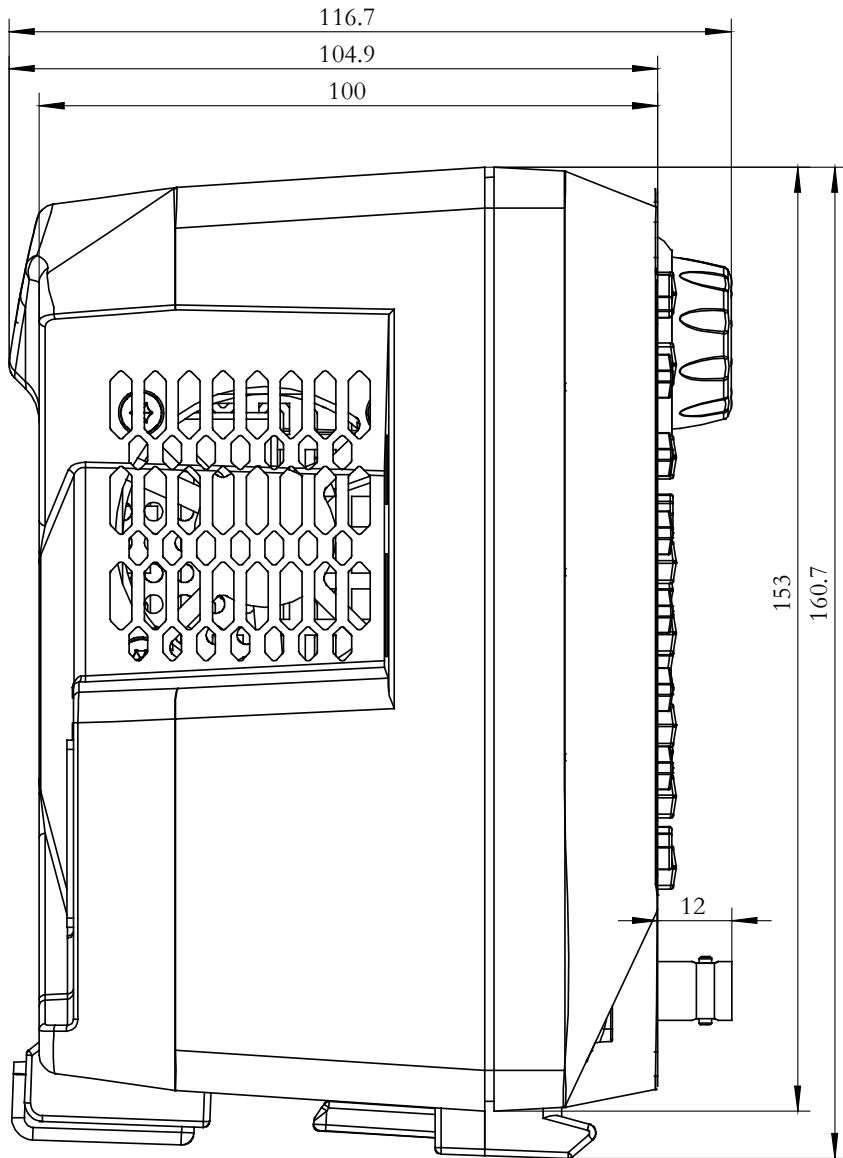


图 1-4 侧视图

# 前面板

DG4000 前面板布局如下图所示。

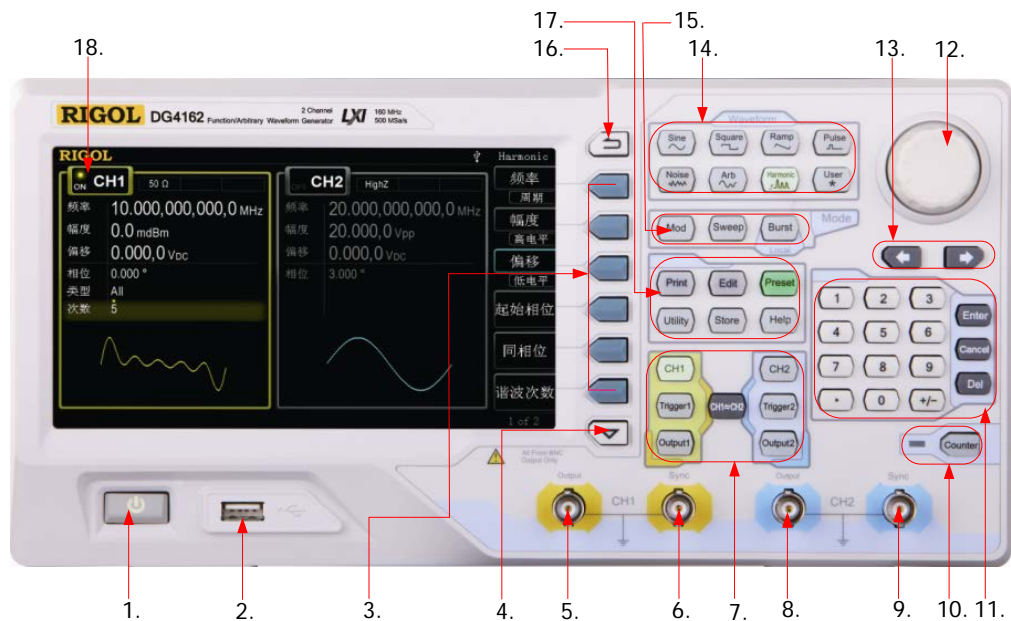


图 1-5 DG4000 前面板

## 1. 电源键

用于启动或关闭信号发生器。当电源键关闭时，信号发生器处于待机模式。只有拔下后面板的电源线，信号发生器才会处于断电状态。

您可以启用或禁用该按钮的功能。启用时，仪器上电后，需要手动按下该按钮启动仪器；禁用时，仪器上电后自动启动。

## 2. USB Host

支持 U 盘、RIGOL 数字示波器和功率放大器。

- U 盘：读取 U 盘中的波形或状态文件；将当前的仪器状态或编辑的任意波形数据存储到 U 盘中；将当前屏幕显示的内容以指定的图片格式（.Bmp 或 .Jpeg）存储到 U 盘中（在 U 盘中自动新建一个文件夹“Rigol”）。
- 数字示波器：与 RIGOL 的 DS1000E、DS6000、MSO/DS4000、MSO/DS2000、MSO/DS1000Z 系列数字示波器进行无缝互联，读取并存储示波器屏幕或内存中的波形，再无损的重现出来。



- 功率放大器（选件）：支持 **RIGOL** 的功率放大器（如：PA1011），对其进行在线配置，将信号功率放大后输出。

### 3. 菜单软键

与其左侧菜单一一对应，按下任一软键激活对应的菜单。

### 4. 菜单翻页

打开当前菜单的上一页或下一页。

### 5. CH1 输出端

BNC 连接器，标称输出阻抗为 50Ω。

当 **Output1** 打开时（背灯变亮），该连接器以 CH1 当前配置输出波形。

### 6. CH1 同步输出端

BNC 连接器，标称输出阻抗为 50Ω。

当 CH1 同步打开时，该连接器输出与 CH1 当前配置相匹配的同步信号（参考“同步”一节介绍）。

### 7. 通道控制区

**CH1**：选择通道 CH1。选择后，背灯变亮，用户可以设置 CH1 的波形、参数和配置。

**CH2**：选择通道 CH2。选择后，背灯变亮，用户可以设置 CH2 的波形、参数和配置。

**Trigger1**：CH1 手动触发按键，在扫频或脉冲串模式下，用于手动触发 CH1 产生一次扫频或脉冲串输出（仅当 **Output1** 打开时）。

**Trigger2**：CH2 手动触发按键，在扫频或脉冲串模式下，用于手动触发 CH2 产生一次扫频或脉冲串输出（仅当 **Output2** 打开时）。

**Output1**：开启或关闭 CH1 的输出。

**Output2**：开启或关闭 CH2 的输出。

**CH1=CH2**：执行通道复制功能（参考“通道复制”一节介绍）。

## 8. CH2 输出端

BNC 连接器，标称输出阻抗为 50Ω。

当 **Output2** 打开时（背灯变亮），该连接器以 CH2 当前配置输出波形。

## 9. CH2 同步输出端

BNC 连接器，标称输出阻抗为 50Ω。

当 CH2 同步打开时，该连接器输出与 CH2 当前配置相匹配的同步信号（参考“同步”一节介绍）。

## 10. 频率计

按下 **Counter** 按键，开启或关闭频率计功能。频率计功能开启时，**Counter** 按键背灯变亮，左侧指示灯闪烁。若屏幕当前处于频率计界面，再次按下该键关闭频率计功能；若屏幕当前处于非频率计界面，再次按下该键切换到频率计界面（参考“频率计”一节介绍）。

## 11. 数字键盘

用于输入参数，包括数字键 0 至 9、小数点“.”、符号键“+/-”、按键“Enter”、“Cancel”和“Del”。注意：要输入一个负数，需在输入数值前输入一个符号“-”。此外，小数点“.”还可以用于快速切换单位；符号键“+/-”用于切换大小写（关于如何使用数字键盘输入参数，请参考“参数设置方法”一节介绍）。

## 12. 旋钮

在参数设置时，用于增大（顺时针）或减小（逆时针）当前突出显示的数值。

在存储或读取文件时，用于选择文件保存的位置或用于选择需要读取的文件。

在输入文件名时，用于切换软键盘中的字符。

在定义 **User** 按键快捷波形时，用于选择内置波形。

## 13. 方向键

在使用旋钮和方向键设置参数时，用于切换数值的位。

在文件名输入时，用于移动光标的位置。

## 14. 波形选择区

### **Sine**——正弦波

提供频率从 1μHz 至 160MHz 的正弦波输出。

- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可以改变正弦波的“频率/周期”、“幅值/高电平”、“偏移/低电平”和“起始相位”。

**Square**——方波

提供频率从 1 $\mu$ Hz 至 50MHz 并具有可变占空比的方波输出。

- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可以改变方波的“频率/周期”、“幅值/高电平”、“偏移/低电平”、“占空比”和“起始相位”。

**Ramp**——锯齿波

提供频率从 1 $\mu$ Hz 至 4MHz 并具有可变对称性的锯齿波输出。

- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可以改变锯齿波的“频率/周期”、“幅值/高电平”、“偏移/低电平”、“对称性”和“起始相位”。

**Pulse**——脉冲波

提供频率从 1 $\mu$ Hz 至 40MHz 并具有可变脉冲宽度和边沿时间的脉冲波输出。

- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可以改变脉冲波的“频率/周期”、“幅值/高电平”、“偏移/低电平”、“脉宽/占空比”、“上升沿”、“下降沿”和“起始相位”。

**Noise**——噪声

提供带宽为 120MHz 的高斯噪声输出。

- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可以改变噪声的“幅值/高电平”和“偏移/低电平”。

**Arb**——任意波

提供频率从 1 $\mu$ Hz 至 40MHz 的任意波输出。

- 支持逐点输出模式。
- 可输出 150 种内建波形以及 U 盘中存储的任意波形。
- 还可以输出用户在线编辑（16kpts）或通过 PC 软件编辑后下载到仪器中的任意波。
- 选中该功能时，按键背灯将变亮。
- 可改变任意波的“频率/周期”、“幅值/高电平”、“偏移/低电平”和“起始相位”。

**Harmonic**——谐波

提供频率从 1 $\mu$ Hz 至 80MHz 的谐波输出。

- 可输出最高 16 次谐波。
- 可以设置谐波的“谐波次数”、“谐波类型”、“谐波幅度”和“谐波相位”。

**User**——用户自定义波形键

用户可以将该按键定义为最常用的内建波形或已存波形的快捷键 (**Utility** → **用户键**)，此后便可以在任意操作界面，按下该键快速打开所需的内建波形并设置其参数。

**15. 模式选择区****Mod**——调制

可输出经过调制的波形，提供多种模拟调制和数字调制方式，可产生 AM、FM、PM、ASK、FSK、PSK、BPSK、QPSK、3FSK、4FSK、OSK 和 PWM 调制信号。

- 支持“内部”和“外部”调制源。

**Sweep**——扫频

可产生“正弦波”、“方波”、“锯齿波”和“任意波（DC 除外）”的扫频信号。

- 支持“线性”、“对数”和“步进”3种扫频方式。
- 支持“内部”、“外部”和“手动”3种触发源。
- 提供“标记”功能。
- 选中该功能时，按键背灯将变亮。

**Burst**——脉冲串

可产生“正弦波”、“方波”、“锯齿波”、“脉冲波”和“任意波（DC 除外）”的脉冲串输出。

- 支持“N 循环”、“无限”和“门控”3种脉冲串模式。
- “噪声”也可用于产生门控脉冲串。
- 支持“内部”、“外部”和“手动”3种触发源。
- 选中该功能时，按键背灯将变亮。

注意：当仪器工作在远程模式时，该键用于返回本地模式。

**16. 返回上一级菜单**

该按键用于返回上一级菜单。

**17. 快捷键/辅助功能键****Print**——打印功能键

执行打印功能，将屏幕以图片形式保存到 U 盘。

**Edit**——编辑波形快捷键

该键是“**Arb** → **编辑波形**”的快捷键，用于快速打开任意波编辑界面。

**Preset**——恢复预设值

用于将仪器状态恢复到出厂默认值或用户自定义状态（请参考“还原预设配置”一节介绍）。

**Utility**——辅助功能与系统设置

用于设置辅助功能参数和系统参数。  
选中该功能时，按键背灯将变亮。

**Store**——存储功能键

可存储/调用仪器状态或者用户编辑的任意波数据。

- 支持常规文件操作。
- 内置一个非易失性存储器（C 盘），并可外接一个 U 盘（D 盘）。
- 选中该功能时，按键背灯将变亮。

**Help**——帮助

要获得任何前面板按键或菜单软键的上下文帮助信息，按下该键将其点亮后，再按下您需要获得其帮助信息的按键。

**18. LCD**

800×480 TFT 彩色液晶显示器，显示当前功能的菜单和参数设置、系统状态以及提示消息等内容。

**注意**

通道输出端设有过压保护功能，满足下列条件之一则产生过压保护。

- 仪器幅度设置大于 4Vpp，输入电压大于±11.25V (±0.1V)，频率小于 10kHz。
- 仪器幅度设置小于等于 4Vpp，输入电压大于±4.5V (±0.1V)，频率小于 10kHz。
- 产生过压保护时，仪器屏幕显示提示消息“过载保护，输出关闭!”。

## 后面板

DG4000 的后面板布局如下图所示。



图 1-6 DG4000 后面板

### 1. AC 电源输入

本信号发生器支持的交流电源规格为：100-240V，45-440Hz。

电源保险丝：250V，T2A。

### 2. LAN

通过该接口将信号发生器连接至局域网中，进行远程控制。本信号发生器符合 LXI Core 2011 Device 仪器标准，可与其他标准设备快速搭建测试系统，轻松实现系统集成。

### 3. 防盗锁孔

使用防盗锁（请用户自行购买）可将仪器锁定在固定位置。

### 4. USB Device

通过该接口可连接 PictBridge 打印机以打印屏幕图像，或连接 PC 以通过上位机

软件对信号发生器进行控制。

## 5. 10MHz 输入/输出端 (10MHz In/Out)

BNC 母头连接器，标称阻抗为  $50\Omega$ ，其功能由仪器使用的时钟类型决定。DG4000 可以使用内部时钟或外部时钟（参考“时钟源错误！未找到引用源。”一节介绍）。

- 若仪器使用内部时钟源，该连接器（用作 10MHz Out）可输出由仪器内部晶振产生的 10MHz 时钟信号。
- 若仪器使用外部时钟源，该连接器（用作 10MHz In）接收一个来自外部的 10MHz 时钟信号。
- 该连接器通常用于在多台仪器之间建立同步（参考“同步”一节的介绍）。

## 6. CH1 外调制/触发输入端 (CH1: Mod/FSK/Trig)

BNC 母头连接器，标称阻抗为  $50\Omega$ ，其功能由 CH1 当前的工作模式决定。

- **Mod:**  
若 CH1 开启 AM、FM、PM、PWM 或 OSK 且使用外部调制源，该连接器接收一个来自外部的调制信号。
- **FSK:**  
若 CH1 开启 ASK、FSK 或 PSK 且使用外部调制源，该连接器接收一个来自外部的调制信号（可设置该信号的极性）。
- **Trig In:**  
若 CH1 开启扫频或脉冲串功能且使用外部触发源，该连接器接收一个来自外部的触发信号（可设置该信号的极性）。
- **Trig Out:**  
若 CH1 开启扫频或脉冲串功能且使用内部或手动触发源，该连接器输出具有指定边沿的触发信号。

## 7. CH2 外调制/触发输入端 (CH2: Mod/FSK/Trig)

BNC 母头连接器，标称阻抗为  $50\Omega$ ，其功能由 CH2 当前的工作模式决定。

- **Mod:**  
若 CH2 开启 AM、FM、PM、PWM 或 OSK 且使用外部调制源，该连接器接收一个来自外部的调制信号。
- **FSK:**  
若 CH2 开启 ASK、FSK 或 PSK 且使用外部调制源，该连接器接收一个来自外部的调制信号（可设置该信号的极性）。
- **Trig In:**  
若 CH2 开启扫频或脉冲串功能且使用外部触发源，该连接器接收一个来自外

部的触发信号（可设置该信号的极性）。

- **Trig Out:**

若 CH2 开启扫频或脉冲串功能且使用内部或手动触发源，该连接器输出具有指定边沿的触发信号。

## 8. 外部信号输入端（Counter）

BNC 母头连接器，标称阻抗为  $50\Omega$ ，用于接收频率计测量的外部信号。



## 连接电源

DG4000 支持的交流电源规格为：100-240V，45-440Hz。请使用附件提供的电源线将仪器连接至交流电源中（如图 1-7 所示），此时，信号发生器已处于通电状态，前面板左下角的电源键呈呼吸状态。

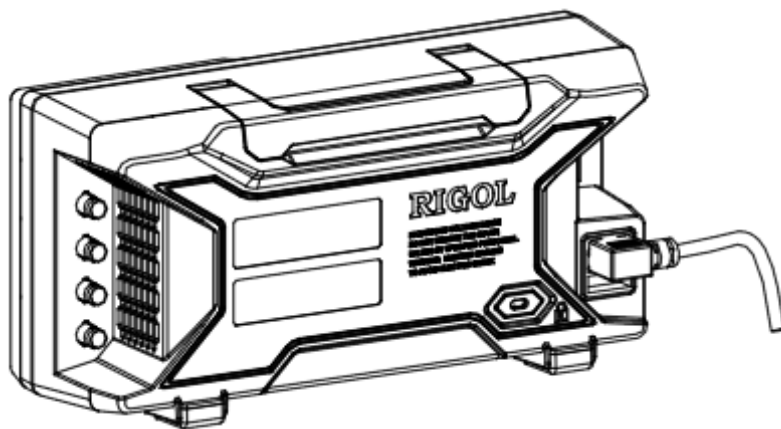


图 1-7 连接电源



### 注意

如需更换电源保险丝，请将仪器返厂，由 **RIGOL** 授权的维修人员进行更换。

## 更换保险丝

如需更换保险丝，请使用仪器指定规格的保险丝，按如下步骤更换：

1. 关闭仪器，断开电源，拔去电源线；
2. 使用小一字螺丝刀撬出保险丝座；
3. 取出保险丝；
4. 更换指定规格的保险丝；
5. 重新安装保险丝座。

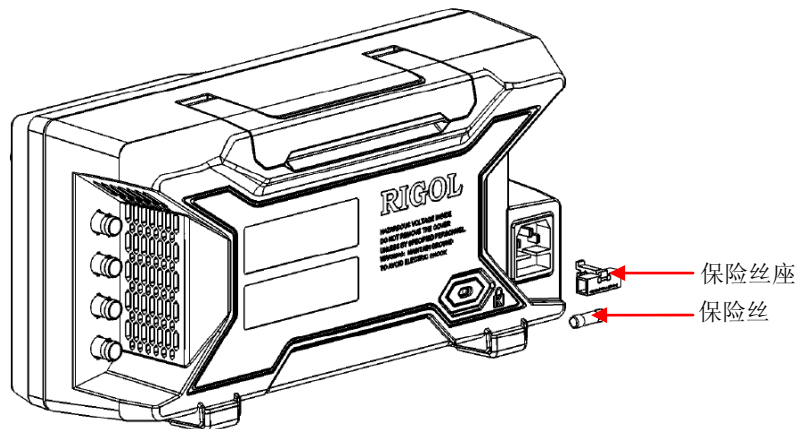


图 1-8 更换保险丝



### 警告

为避免电击，更换保险丝之前，请确保仪器已关闭并且已断开与电源的连接，且确保更换的保险丝规格符合要求。

## 用户界面

DG4000 用户界面同时显示两个通道的参数和波形。下图所示为 CH1 和 CH2 均选择正弦波时的界面。基于当前功能的不同，界面显示的内容会有所不同。

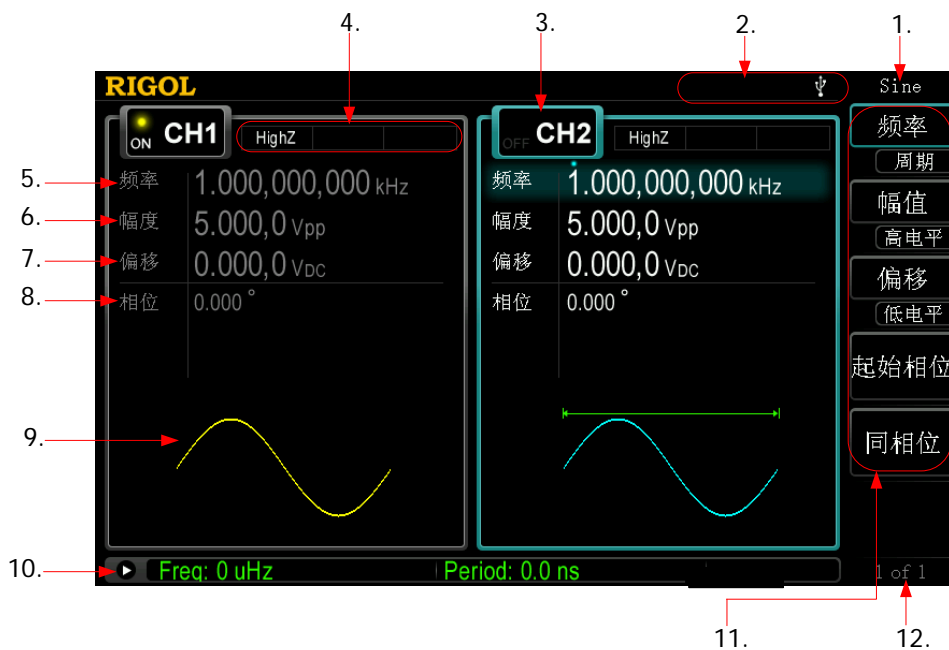


图 1-9 用户界面

### 1. 当前功能

显示当前已选中功能的名称。例如：“Sine”表示当前选中“正弦波”功能，“ArbEdit”表示当前选中“任意波编辑”功能。

### 2. 状态栏

基于当前的配置，状态栏将显示如下的指示符。



仪器正确连接至局域网时，点亮该标识。



仪器工作于远程模式时，点亮该标识。



仪器检测到 U 盘时，点亮该标识。

### 3. 通道状态

CH1 和 CH2 的显示区域，指示相应通道的选择状态和开关状态（ON/OFF）。

当前已选中通道的显示区域高亮显示；当前已打开通道的开关状态为“ON”。

#### 注意：

“选中”通道不同于“打开”通道。“选中 CH1”表示用户可以配置 CH1 的参数，此时 **CH1** 背灯变亮；“打开 CH1”表示 CH1 以当前配置输出波形，此时 **Output1** 背灯变亮。

### 4. 通道配置

显示各通道当前的输出配置，包括输出阻抗的类型、工作模式、调制或触发源的类型。

#### ● 输出阻抗

高阻：显示“HighZ”

负载：显示负载电阻值，默认为“50Ω”。

#### ● 工作模式

调制：显示“Mod”

扫频：显示“Sweep”

脉冲串：显示“Burst”

#### ● 调制类型/触发源

内部调制或内部触发源：显示“Internal”

外部调制或外部触发源：显示“External”

手动触发源：显示“Manual”

### 5. 频率

显示各通道当前波形的频率。按相应的 **频率** 菜单后，通过数字键盘或旋钮改变该参数。当前可设置的参数会突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。

### 6. 幅度

显示各通道当前波形的幅度。按相应的 **幅值** 菜单后，通过数字键盘或旋钮改变该参数。当前可设置的参数会突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。

### 7. 偏移

显示各通道当前波形的直流偏移。按相应的 **偏移** 菜单后，通过数字键盘或旋钮改变该参数。当前可设置的参数会突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。

## 8. 相位

显示各通道当前波形的相位。按相应的 **起始相位** 菜单后，通过数字键盘或旋钮改变该参数。当前可设置的参数会突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。

## 9. 波形

显示各通道当前选择的波形。

## 10. 频率计

仅在频率计功能打开且屏幕处于非频率计界面时显示频率计的简要信息。

- 统计功能关闭时：仅显示频率值和周期值。
- 统计功能打开时：显示当前选择的测量参数、统计功能的开/关状态、测量值和测量次数。

## 11. 菜单

显示当前已选中功能对应的操作菜单。例如：图中显示“正弦波”功能菜单。

## 12. 菜单页码

显示当前菜单的页数和页码，如“1 of 1”或“1 of 2”。

## 参数设置方法

参数设置可通过数字键盘或旋钮和方向键完成。

### 数字键盘



数字键盘由以下几部分组成：

- **数字键**  
数字键 0~9 用于直接输入所需的参数值。
- **小数点**  
按下该键，当前光标处插入一个小数点 “.”。
- **符号键**  
符号键 “+/-” 用于改变参数的符号。首次按下该键，参数符号为 “-”，再次按下该键，符号切换为 “+”。  
注意：在编辑文件名时时，符号键用于切换大小写。
- **Enter 键**  
用户输入参数过程中，按下该键将结束参数输入，并为参数添加默认的单位值。
- **Cancel 键**
  - (1) 参数输入过程中，按下该键将清除活动功能区的输入，同时退出参数输入状态。
  - (2) 关闭活动功能区显示。
- **Del 键**
  - (1) 参数输入过程中，按下该键将删除光标左边的字符。
  - (2) 在编辑文件名时，按下该键删除已输入的字符信息。

## 方向键和旋钮



方向键功能包括：

1. 在参数输入时，方向键用于移动光标以选择当前编辑的位。
2. 在编辑文件名时，方向键用于移动光标的位置。



旋钮功能包括：

- 在参数可编辑状态，旋转旋钮将以指定步进增大（顺时针）或减小（逆时针）参数。
- 在编辑文件名时，旋钮用于选中软键盘中不同的字符。
- 在 **Arb** → **选择波形** → **内建波形** 中和 **Utility** → **用户键** 中，旋钮用于选中不同的任意波。
- 在存储与调用功能中，旋钮用于选择文件保存的位置或用于选择需要读取的文件。

## 使用内置帮助系统

要获得任何前面板按键或菜单软键的帮助信息，首先按下 **Help** 键将其点亮，然后再按下你所需要获得帮助的按键。

连续按两次 **Help** 键打开如下常用帮助信息。

1. 查看显示的最后一条信息
2. 查看远程命令错误队列
3. 获得任意键的帮助
4. 基本波形输出
5. 任意波形输出
6. 调制波形输出
7. 扫频输出
8. 突发输出
9. 存储管理
10. 同步多台仪器
11. 与 DS 无缝互联
12. RIGOL 技术支持



## 使用防盗锁

使用防盗锁（选件）可将本仪器锁在固定位置。如下图所示，将锁对准仪器上的锁孔插入，顺时针转动钥匙以锁定仪器，然后拔出钥匙。



图 1-10 防盗锁孔



## 第2章 输出基本波形

DG4000 系列函数/任意波形发生器可从单通道或同时从双通道输出基本波形，包括正弦波、方波、锯齿波、脉冲和噪声。开机时，通道默认配置频率为 1kHz，幅度为 5Vpp 的正弦波。本章介绍如何配置仪器输出各类基本波形。

本章内容如下：

- 选择通道
- 选择基本波形
- 设置频率
- 设置幅度
- 设置 DC 偏移电压
- 设置起始相位
- 同相位
- 设置占空比
- 设置对称性
- 设置脉冲参数
- 启用通道输出
- 输出基本波形实例

## 选择通道

用户可以配置 DG4000 从单通道或同时从双通道输出基本波形。配置波形参数之前，请选择所需的通道。开机时，仪器默认选中 CH1。

按下前面板 **CH1** 或 **CH2** 按键，用户界面中对应的通道区域变亮。此时，您可以配置所选通道的波形和参数。

注意：CH1 与 CH2 不可同时被选中。您可以首先选中 CH1，完成波形和参数的配置后，再选中 CH2 进行配置。

## 选择基本波形

DG4000 可输出 5 种基本波形，包括正弦波、方波、锯齿波、脉冲和噪声。开机时，仪器默认选中正弦波。

### 1. 正弦波

按下前面板 **Sine** 按键选择正弦波，按键背灯变亮。此时，用户界面右侧显示“Sine”及正弦波的参数设置菜单。

### 2. 方波

按下前面板 **Square** 按键选择方波，按键背灯变亮。此时，用户界面右侧显示“Square”及方波的参数设置菜单。

### 3. 锯齿波

按下前面板 **Ramp** 按键选择锯齿波，按键背灯变亮。此时，用户界面右侧显示“Ramp”及锯齿波的参数设置菜单。

### 4. 脉冲

按下前面板 **Pulse** 按键选择脉冲，按键背灯变亮。此时，用户界面右侧显示“Pulse”及脉冲的参数设置菜单。

### 5. 噪声

按下前面板 **Noise** 按键选择噪声，按键背灯变亮。此时，用户界面右侧显示“Noise”及噪声的参数设置菜单。

## 设置频率

频率是基本波形最重要的参数之一。基于不同的型号和不同的波形，频率的可设置范围不同，请参考“**技术参数**”中“**频率特性**”的说明。默认值为 1kHz。

屏幕显示的频率为默认值或之前设置的频率。当仪器功能改变时，若该频率在新功能下有效，则仪器依然使用该频率；若该频率在新功能下无效，仪器则弹出提示消息，并自动将频率设置为新功能的频率上限值。

按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示。此时，使用数字键盘输入频率的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。

- 频率数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
- 可选的频率单位有：MHz、kHz、Hz、mHz 和  $\mu\text{Hz}$ 。
- 再次按下此软键将切换至周期设置，此时“周期”突出显示。
- 可选的周期单位有：sec、msec、 $\mu\text{sec}$  和 nsec。

## 设置幅度

幅度的可设置范围受“阻抗”和“频率/周期”设置的限制，请参考“**技术参数**”中“输出特性”的说明。默认值为 5Vpp。

屏幕显示的幅度为默认值或之前设置的幅度。当仪器配置改变时（如频率），若该幅度有效，则仪器依然使用该幅度。若该幅度无效，仪器则弹出提示消息，并自动将幅度设置为新配置的幅度上限值。您也可以使用“高电平”或“低电平”设置幅度。

按 **幅值/高电平** 软键使“幅值”突出显示。此时，使用数字键盘输入幅度的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。

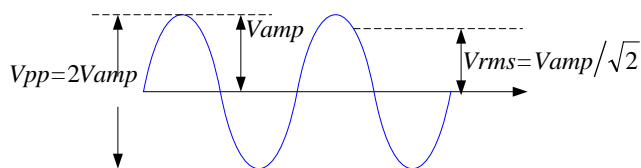
- 幅度数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
- 可选的幅度单位有：Vpp、mVpp、Vrms、mVrms 和 dBm（高阻时无效）。
- 再次按下此软键将切换至高电平设置，此时“高电平”突出显示。
- 可选的高电平单位有：V 和 mV。

### 说明：

#### 1. Vpp 与 Vrms 单位转换

幅度单位 Vpp 是表示信号峰峰值的单位，Vrms 是表示信号有效值的单位。仪器默认使用 Vpp。您可以从前面板快速切换当前幅度的单位。

对于不同的波形，Vpp 与 Vrms 之间的关系不同。以正弦波为例，二者之间的关系如下图所示。



根据上图，可以推导出 Vpp 与 Vrms 之间换算关系满足如下关系式：

$$V_{pp} = 2\sqrt{2}V_{rms}$$

例如：将 2Vpp 转换成以 Vrms 为单位对应的值。按数字键盘中的  键，选择 Vrms 菜单，则对于正弦波，转换后的值为 707.2mVrms。

## 2. 如何以 dBm 为单位设置波形的幅度?

方法（以 CH1 为例）:

- 1) 按 **CH1** 键选择 CH1。
- 2) 按 **Utility** → **CH1 设置** → **阻抗** 选择“负载”并使用数字键盘（或方向键和旋钮）设置合适的负载值。
- 3) 选择所需的波形，按 **幅值/高电平** 使“幅值”突出显示，通过数字键盘输入所需的数值，在弹出的菜单中选择单位 dBm 即可。

dBm 是表示信号功率绝对值的单位，dBm 与 Vrms 之间满足如下关系式：

$$dBm = 10 \lg \left( \frac{V_{rms}^2}{R} \times \frac{1}{0.001W} \right)$$

其中，R 表示通道的输出阻抗值，必须为确定的数值，因此，输出阻抗为高阻时，不可使用单位 dBm。

例如，当前输出阻抗为 50Ω，幅度为 1.768Vrms（即 5Vpp）时，按数字键盘中的 **.** 键选择 dBm 可将幅度转换为以 dBm 为单位对应的值（17.9601dBm）。



## 设置 DC 偏移电压

直流偏移电压的可设置范围受“阻抗”和“幅值/高电平”设置的限制，请参考“**技术参数**”中“输出特性”的说明。默认值为  $0V_{DC}$ 。

屏幕显示的 DC 偏移电压为默认值或之前设置的偏移。当仪器配置改变时（如阻抗），若该偏移有效，则仪器依然使用该偏移。若该偏移无效，仪器则弹出提示消息，并自动将偏移设置为新配置的偏移上限值。

按 **偏移/低电平** 软键使“偏移”突出显示。此时，使用数字键盘输入偏移的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。

- 偏移数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
- 可选的直流偏移电压单位有： $V_{DC}$  和  $mV_{DC}$ 。
- 再次按下此软键将切换至低电平设置，此时“低电平”突出显示。
- 可选的低电平单位有： $V$  和  $mV$ 。

## 设置起始相位

起始相位的可设置范围为  $0^{\circ}$  至  $360^{\circ}$ 。默认值为  $0^{\circ}$ 。

屏幕显示的起始相位为默认值或之前设置的相位。改变仪器功能时，新功能依然使用该相位。

按 **起始相位** 软键使其突出显示。此时，使用数字键盘输入相位的数值并在弹出的单位菜单中选择单位“°”或者使用方向键和旋钮修改当前值。相位数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。

## 同相位

DG4000 系列双通道函数/任意波形发生器提供同相位功能。按下 **同相位** 软键后，仪器将重新配置两个通道，使其按照设定的频率和相位输出。

对于同频率或频率呈倍数关系的两个信号，通过该操作可以使其相位对齐。假定 CH1 输出 1kHz, 5Vpp, 0°的正弦波, CH2 输出 1kHz, 5Vpp, 180°的正弦波。用示波器采集两个通道的波形, 并使其稳定显示, 可以发现示波器上显示的两个波形相位差不是 180°。此时, 按下信号发生器的 **同相位** 软键, 示波器中的波形将呈 180°相位差显示, 而不需人为调整信号源中的初始相位。

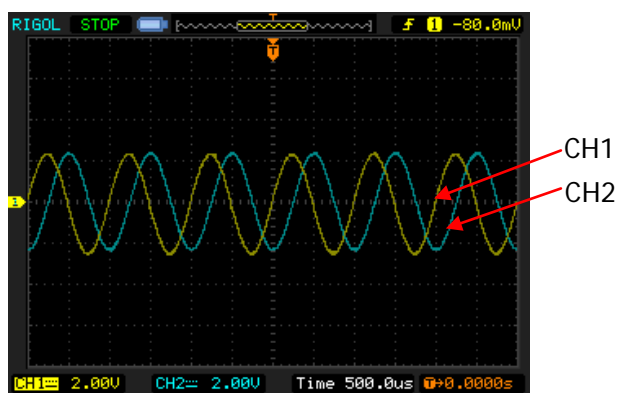


图 2-1 同相位前

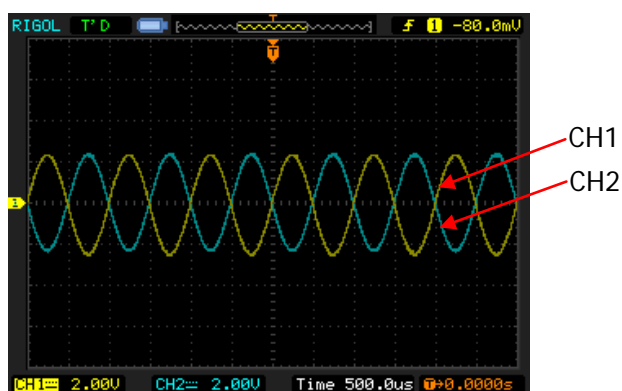
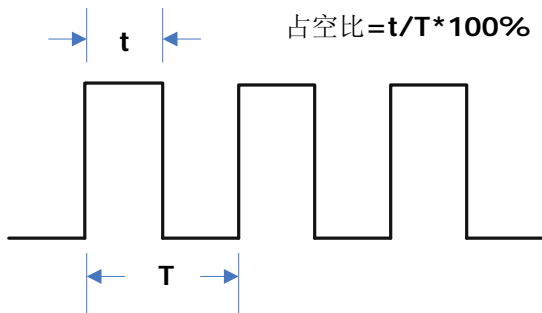


图 2-2 同相位后

**注意：**两个通道中任一通道处于调制模式时，**同相位** 菜单置灰禁用。

## 设置占空比

占空比定义为方波波形高电平持续的时间所占周期的百分比，如下图所示。

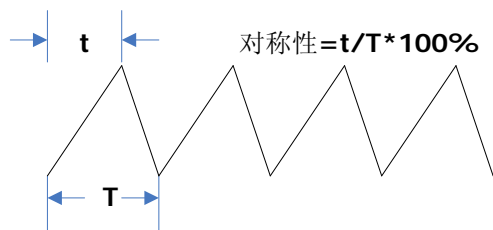


占空比的可设置范围受“频率/周期”设置的限制，请参考“**技术参数**”中“信号特性”的说明。默认值为 50%。

按 **占空比** 软键使其突出显示。此时，使用数字键盘输入数值并在弹出的单位菜单中选择单位“%”或者使用方向键和旋钮修改当前值。数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。

## 设置对称性

对称性定义为锯齿波波形处于上升期间所占周期的百分比，如下图所示。该参数仅在选中锯齿波时有效。

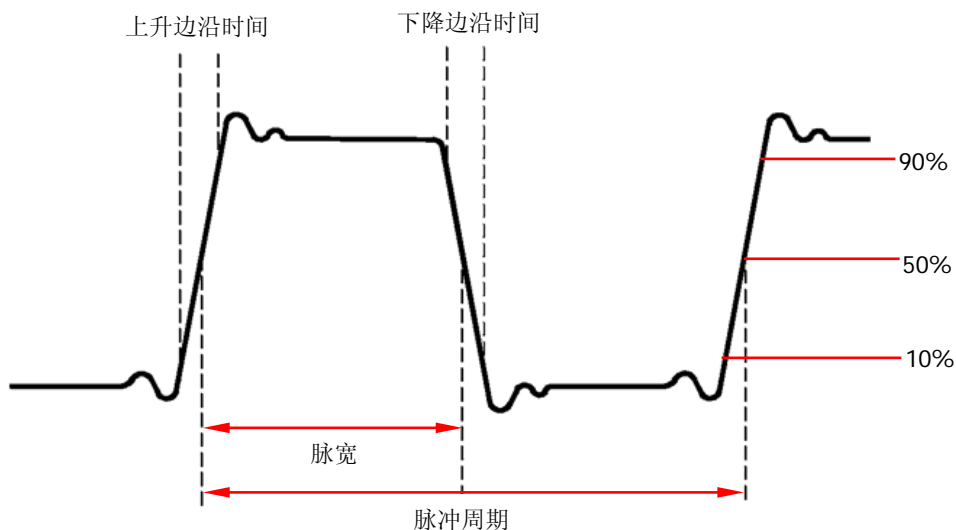


对称性的可设置范围为 0% 至 100%。默认值为 50%。

按 **对称性** 软键使其突出显示。此时，使用数字键盘输入数值并在弹出的单位菜单中选择单位“%”或者使用方向键和旋钮修改当前值。数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。

## 设置脉冲参数

欲输出脉冲波，除了配置前面介绍的基本参数（如频率、幅度、DC 偏移电压、起始相位、高电平、低电平和同相位）之外，您还需设置“脉宽/占空比”、“上升沿”和“下降沿”。



### 脉宽/占空比

脉宽定义为从脉冲上升沿幅度的 50% 阈值处到紧接着的下一个下降沿幅度的 50% 阈值处之间的时间间隔，如上图所示。

脉宽的可设置范围受“最小脉冲宽度”和“脉冲周期”的限制（关于“最小脉冲宽度”和“脉冲周期”的范围，请参考“**技术参数**”中“信号特性”的说明）。默认值为  $500\mu\text{s}$ 。

- 脉宽  $\geq$  最小脉冲宽度
- 脉宽  $\leq$  脉冲周期 -  $2 \times$  最小脉冲宽度

脉冲占空比定义为脉宽占脉冲周期的百分比。

脉冲占空比与脉宽相关联，修改其中一个参数将自动修改另一个参数。脉冲占空比受“最小脉冲宽度”和“脉冲周期”的限制。

- 脉冲占空比  $\geq$  最小脉冲宽度  $\div$  脉冲周期  $\times 100\%$

- 脉冲占空比  $\leq (1 - 2 \times \text{最小脉冲宽度} \div \text{脉冲周期}) \times 100\%$

按 **脉宽/占空比** 软键使“脉宽”突出显示。此时，使用数字键盘输入数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。

- 数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
- 可选的脉宽单位有：sec、msec、 $\mu\text{sec}$  和 nsec。
- 再次按下此软键可切换至占空比的设置。

## 上升/下降边沿时间

上升边沿时间定义为脉冲幅度从 10% 阈值上升至 90% 阈值所持续的时间；下降边沿时间定义为脉冲幅度从 90% 阈值下降至 10% 阈值所持续的时间，如上图所示。

上升/下降边沿时间的可设置范围受当前指定的脉宽限制，如下式所示。当所设置的数值超出限定值，DG4000 自动调整边沿时间以适应指定的脉宽。

$$\text{上升/下降边沿时间} \leq 0.625 \times \text{脉宽}$$

按 **上升沿** 软键或 **下降沿** 软键，使用数字键盘输入数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。

- 数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
- 可选的边沿时间单位有：sec、msec、 $\mu\text{sec}$  和 nsec。
- 上升边沿时间和下降边沿时间相互独立，允许用户单独设置。

## 启用通道输出

完成已选波形的参数设置之后，您需要开启通道以输出波形。

注意：开启通道之前，您还可以使用 **Utility** 功能键下的通道设置菜单（**CH1 设置** 或 **CH2 设置**）设置与相应通道输出相关的参数，如阻抗、极性等，请参考“通道设置”一节的介绍。

按下前面板 **Output1** 按键或/和 **Output2** 按键，按键背灯变亮，仪器从前面板 **[Output1]** 或/和 **[Output2]** 连接器输出已配置的波形。



## 输出基本波形实例

本节配置信号发生器从 CH1 输出一个脉冲波形，频率为 1.5MHz，幅度为 500mVpp，DC 偏移为 5mV<sub>DC</sub>，脉宽为 200ns，上升沿时间为 75ns，下降沿时间为 100ns。

1. 按前面板 **CH1** 按键，背灯变亮，选中 CH1。
2. 按前面板 **Pulse** 按键，背灯变亮，选中 Pulse 波形。
3. 按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位（见下图）。使用数字键盘输入频率的数值“1.5”，然后在弹出的菜单选择所需的单位“MHz”。

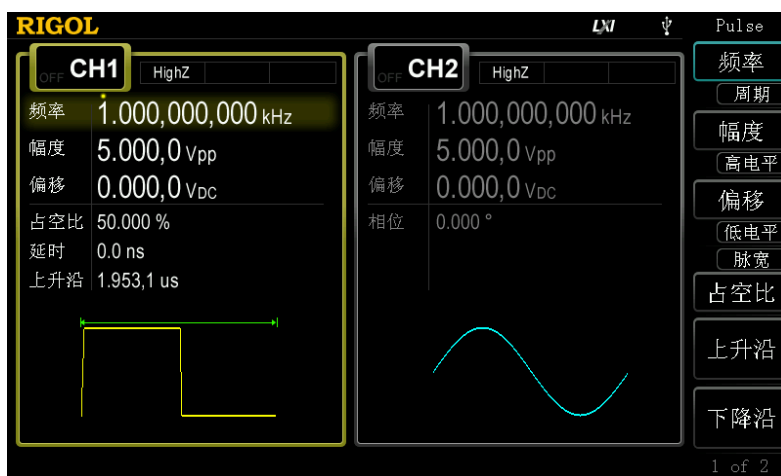


图 2-3 设置波形参数

4. 按 **幅值/高电平** 软键使“幅值”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。使用数字键盘输入幅度的数值“500”，然后在弹出的菜单选择所需的单位“mVpp”。
5. 按 **偏移/低电平** 软键使“偏移”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。使用数字键盘输入偏移的数值“5”，然后在弹出的菜单选择所需的单位“mV<sub>DC</sub>”。
6. 按 **脉宽/占空比** 软键使“脉宽”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前

位。使用数字键盘输入数值“200”，然后在弹出的菜单选择单位“nsec”。此时，脉冲占空比随之改变。

- 按 **上升沿** 软键使“上升沿”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。使用数字键盘输入数值“75”，然后在弹出的菜单选择单位“nsec”。按 **下降沿** 软键使“下降沿”突出显示，数字上方的亮点表示光标处于当前位。使用数字键盘输入数值“100”，然后在弹出的菜单选择单位“nsec”。
- 按前面板 **Output1** 按钮打开 CH1 的输出。此时，将根据当前配置从 CH1 输出指定的波形。将 CH1 输出端连接到示波器可以观察到如下图所示波形。

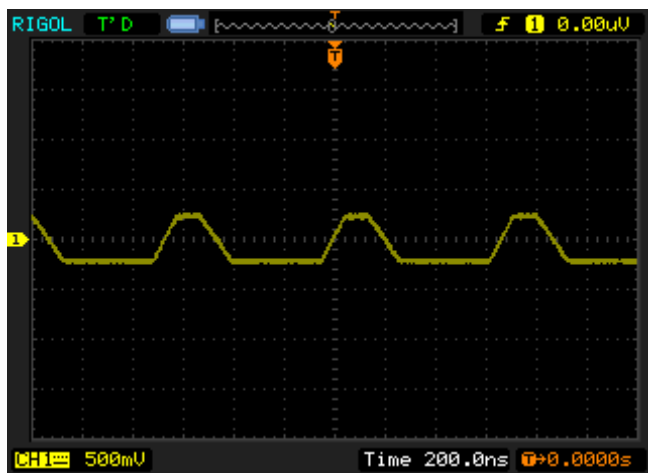


图 2-4 输出脉冲波形

## 第3章 输出任意波

DG4000 可以从单通道或同时从双通道输出仪器内建波形和用户自定义的任意波形。内建波形存储在仪器内部非易失性存储器中，多达 150 种。自定义任意波形可以包含 2 至 16384（16k）个数据点，即 2pts 至 16kpts。用户可以通过仪器编辑自定义任意波形或者通过 PC 软件编辑任意波后下载到仪器中。用户还可以将自定义任意波形存储至仪器内部非易失性存储器或外部存储器（U 盘）并在需要时调用。

本章介绍如何配置仪器输出任意波形。

本章内容如下：

- 启用任意波功能
- 逐点输出模式
- 选择任意波
- 创建任意波
- 编辑任意波

## 启用任意波功能

按 **Arb** 键启用任意波功能，仪器打开任意波操作菜单。

1. **频率/周期**：设置任意波的“频率/周期”。
2. **幅值/高电平**：设置任意波的“幅值/高电平”。
3. **偏移/低电平**：设置任意波的“偏移/低电平”。
4. **起始相位**：设置任意波的“起始相位”。
5. **同相位**：参考“同相位”中的介绍。
6. **逐点输出**：启用任意波逐点输出模式。
7. **选择波形**：选择内建波形、仪器内部或外部存储器中已存的用户自定义任意波、易失波形或直流。
8. **创建波形**：创建新的任意波形并覆盖当前易失性存储器中的波形。用户可自定义 2pts 至 16kpts 的任意波。
9. **编辑波形**：编辑当前易失性存储器中的波形。

请参考“输出基本波形”配置通道的参数和输出。本章将对“逐点输出”、“选择波形”、“创建波形”和“编辑波形”进行重点说明。

### 提示

**User** 键为您提供了一种调用仪器内建波形或仪器非易失性存储器中已存波形的快捷方式。定义该快捷键调用的波形后，按下该键将立即调用指定的波形。您可以按 **Utility** → **用户键** 修改该快捷键调用的波形（参考“用户自定义波形键”一节介绍）。

## 逐点输出模式

DG4000 支持逐点输出任意波形。按 **Arb** 键打开任意波设置菜单，按 **逐点输出** 软键打开任意波的逐点输出模式。

逐点输出模式下，信号发生器自动根据波形长度（16,384）和采样率计算输出信号的频率（30.517578125kHz）。信号发生器固定以该频率逐个输出波形点。逐点输出模式可以防止重要的波形点丢失。

## 选择任意波

DG4000 允许用户选择仪器内部或外部存储器中的任意波形进行输出。按 **Arb** → **选择波形** 软键选择“内建波形”、“已存波形”、“易失波形”或“直流”进行输出。

## 内建波形

选择 DG4000 内建的 150 种任意波形，如下表所示。按 **内建波形**，选择一个类别（“常用”、“工程”、“分段调制”、“生物电”、“医疗”、“标准”、“数学”、“三角函数”、“反三角”或“窗函数”），界面显示对应的波形，旋转旋钮选择所需的波形，按 **选择** 选中指定的波形。

表 3-1 内建波形表

名称	说明
常用	
DC	直流电压
AbsSine	正弦绝对值
AbsSineHalf	半正弦绝对值
AmpALT	增益振荡曲线
AttALT	衰减振荡曲线
GaussPulse	高斯脉冲
NegRamp	倒三角
NPulse	负脉冲
PPulse	正脉冲

SineTra	Sine-Tra 波形
SineVer	Sine-Ver 波形
StairDn	阶梯下降
StairUD	阶梯上升/下降
StairUp	阶梯上升
Trapezia	梯形
<b>工程</b>	
BandLimited	带限信号
BlaseiWave	爆破震动“时间-振速”曲线
Butterworth	巴特沃斯滤波器
Chebyshev1	I 型切比雪夫滤波器
Chebyshev2	II 型切比雪夫滤波器
Combin	组合函数
CPulse	C-Pulse 信号
CWPulse	CW 脉冲信号
DampedOsc	阻尼振荡“时间-位移”曲线
DualTone	双音频信号
Gamma	Gamma 信号
GateVibar	闸门自激振荡信号
LFMPulse	线性调频脉冲信号
MCNoise	机械施工噪声
Discharge	镍氢电池放电曲线
Pahcur	直流无刷电机电流波形
Quake	地震波
Radar	雷达信号
Ripple	电源纹波
RoundHalf	半球波
RoundsPM	RoundsPM 波形
StepResp	阶跃响应信号
SwingOsc	秋千振荡动能-时间曲线
TV	电视信号
Voice	语音信号
<b>分段调制</b>	
AM	正弦分段调幅波
FM	正弦分段调频波
PFM	脉冲分段调频波

PM	正弦分段调相波
PWM	脉宽分段调频波
<b>生物电</b>	
Cardiac	心电信号
EOG	眼电图
EEG	脑电图
EMG	肌电图
Pulseilogram	常人脉搏曲线
ResSpeed	常人呼吸流速曲线
<b>医疗</b>	
LFPulse	低频脉冲电疗波形
Tens1	神经电刺激疗法波形 1
Tens2	神经电刺激疗法波形 2
Tens3	神经电刺激疗法波形 3
<b>标准</b>	
Ignition	汽车内燃机点火波形
ISO16750-2 SP	具有振荡的汽车启动剖面图
ISO16750-2 VR	重新设置时, 汽车的工作电压剖面图
ISO7637-2 TP1	由于切断电源导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP2A	由于配线中的电感导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP2B	由于启动转换关闭导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP3A	由于转换导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP3B	由于转换导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP4	启动过程中的汽车工作剖面图
ISO7637-2 TP5A	由于切断电池电源导致的汽车瞬变现象
ISO7637-2 TP5B	由于切断电池电源导致的汽车瞬变现象
SCR	SCR 烧结温度发布图
Surge	浪涌信号
<b>数学</b>	
Airy	Airy 函数
Besselj	第 I 类贝塞尔函数
Bessely	第 II 类贝塞尔函数
Cauchy	柯西分布
Cubic	立方函数
Dirichlet	狄利克雷函数
Erf	误差函数

Erfc	补余误差函数
ErfcInv	反补余误差函数
ErfInv	反误差函数
ExpFall	指数下降函数
ExpRise	指数上上函数
Gauss	高斯分布, 或称正态分布
HaverSine	半正矢函数
Laguerre	四次拉盖尔多项式
Laplace	拉普拉斯分布
Legend	五次勒让德多项式
Log	以 10 为底的对数函数
LogNormal	对数正态分布
Lorentz	洛伦兹函数
Maxwell	麦克斯韦分布
Rayleigh	瑞利分布
Versiera	箕舌线
Weibull	韦伯分布
ARB_X2	平方函数
<b>三角函数</b>	
CosH	双曲余弦
CosInt	余弦积分
Cot	余切函数
CotHCon	凹陷的双曲余切
CotHPro	凸起的双曲余切
CscCon	凹陷的余割
CscPro	凸起的余割
CschCon	凹陷的双曲余割
CschPro	凸起的双曲余割
RecipCon	凹陷的倒数
RecipPro	凸起的倒数
SecCon	凹陷的正割
SecPro	凸起正割
SecH	双曲正割
Sinc	<b>Sinc</b> 函数
SinH	双曲正弦
SinInt	正弦积分



Sqrt	平方根函数
Tan	正切函数
TanH	双曲正切
<b>反三角</b>	
ACos	反余弦函数
ACosH	反双曲余弦函数
ACotCon	凹陷的反余切函数
ACotPro	凸起的反余切函数
ACotHCon	凹陷的反双曲余切函数
ACotHPro	凸起的反双曲余切函数
ACscCon	凹陷的反余割函数
ACscPro	凸起的反余割函数
ACscHCon	凹陷的反双曲余割函数
ACscHPro	凸起的反双曲余割函数
ASecCon	凹陷的反正割函数
ASecPro	凸起的反正割函数
ASecH	反双曲正割函数
ASin	反正弦函数
ASinH	反双曲正弦函数
ATan	反正切函数
ATanH	反双曲正切函数
<b>窗函数</b>	
Bartlett	巴特利特窗
BarthannWin	修正的巴特利特窗
Blackman	布莱克曼窗
BlackmanH	BlackmanH 窗
BohmanWin	BohmanWin 窗
Boxcar	矩形窗
ChebWin	切比雪夫窗
FlatTopWin	平顶窗
Hamming	汉明窗
Hanning	汉宁窗
Kaiser	凯塞窗
NuttallWin	最小四项布莱克曼-哈里斯窗
ParzenWin	Parzen 窗
TaylorWin	Taylor 窗

Triang	三角窗，也称 Fejer 窗
TukeyWin	Tukey 窗

## 已存波形

选择内部非易失存储器（C 盘）或外部存储器（D 盘）中的用户自定义任意波形。按下该软键后将打开存储与调用界面，同时前面板的 **Store** 键灯变亮。此时，请选择并读取所需的任意波文件，具体请参考“**存储与调用**”一章中的介绍。读取完毕后，当前易失性存储空间中的数据将改变，此时请按 **Arb** 键回到任意波设置界面。

## 易失波形


选择当前易失性存储空间中的波形数据。注意：如果当前易失性存储空间中没有数据，则该菜单不可用。此时，您可以通过如下方式填充易失性存储空间。

- 按 **Arb** → **创建波形** 创建一个任意波形。
- 按 **Arb** → **选择波形** → **已存波形** 选择一个已存波形。
- 按 **Arb** → **编辑波形** → **选择波形** 选择一个内建波形或已存波形。

选择“易失波形”后，用户还可以使用 **编辑波形** 菜单编辑易失波形。新的波形数据将覆盖易失性存储器中的原有数据。您也可以将其保存到非易失性存储器中。

注意：只有在按下 **Output1** 或/和 **Output2**，按键背灯变亮之后，仪器才会从对应的输出端输出指定的任意波。

## 创建任意波

按 **Arb** 键，使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，然后按 **创建波形** 软键打开任意波创建菜单。

### 1. 循环周期

按下该菜单软键后，可通过数字键盘或方向键和旋钮设置新波形的周期。可设置范围为 20.0ns 至 1Ms。

注意：在波形中，最后一个可定义点的时间值必须小于指定的循环周期。

### 2. 高电平

按下该菜单软键后，可通过数字键盘或方向键和旋钮设置新波形的高电平。高电平即编辑波形时可以设置的最大电压。高电平必须大于当前指定的“**低电平**”且小于或等于 +5V (50Ω)。

### 3. 低电平

按下该菜单软键后，可通过数字键盘或方向键和旋钮设置新波形的低电平。低电平即编辑波形时可以设置的最小电压。低电平必须大于或等于 -5V (50Ω) 且小于当前指定的“**高电平**”。

### 4. 点数

当创建新波形时，波形编辑器最初会自动建立一个具有两个点的波形。默认情况下，点 1 固定在 0s 处，点 2 的时间值略小于指定的周期，并且两个点的电平值都等于“**低电平**”。按下该菜单软键后，可通过数字键盘或方向键和旋钮设置新波形的初始化点数。DG4000 允许用户创建 2 至 16384 (16K) 点的任意波形。设定初始化点数之后，如有需要，您可以参考下文说明“**插入**”或“**删除**”点。

### 5. 插值

按下该菜单软键启用或禁用在波形的定义点之间的插值方式。

- **关闭**：波形编辑器将在两点之间保持恒定的电压电平并建立一个阶梯状的波形。
- **线性**：波形编辑器会用一条直线将两个定义的点连接起来。

### 6. 点编辑

通过为每个波形点指定时间和电压值来定义波形。按下该菜单软键进入“**点编辑**”

界面。

- **编辑点**：设置所需编辑点的 ID。默认编辑点 ID 为 1，用户可以通过数字键盘或方向键和旋钮修改该参数。
- **时间**：设置当前点在一个周期中的时间。该设置受前一个编辑点和后一个编辑点时间的限制。注意：点 1 的时间固定在 0s。
- **电压**：设置当前点的电压，单位为 mV 或 V。可设置的电压范围受“**高电平**”和“**低电平**”的限制。
- **插入**：在当前编辑点和下一编辑点的中点位置插入一个新的波形点。选择“关闭”插值方式时，插入点电压值与当前编辑点的电压值相同；选择“线性”插值方式时，插入点电压值为当前编辑点与下一编辑点电压值的中间值。
- **删除**：从波形中删除当前点，并将剩余点使用当前插值方式连接起来。注意：不能删除第一个波形点以及最后一个波形点。

## 7. 块编辑

通过编辑起始点和终止点的时间值和电压值，并通过线性插值自动设置中间各点来定义波形。按 **插值** 软键选择“线性插值”后，再按下该菜单软键进入“块编辑”界面。注意：当 **插值** 软键未选择“线性”时，该菜单置灰禁用。

- **X1**：设置块起始点的 ID（即块起始点的时间位置）。X1 应小于或等于初始化点数，且小于或等于 X2。
- **Y1**：设置块起始点的电压，单位为 mV 或 V。可设置的电压范围受“**高电平**”和“**低电平**”的限制。
- **X2**：设置块终止点的 ID（即块终止点的时间位置）。X2 应小于或等于初始化点数，且大于或等于 X1。
- **Y2**：设置块终止点的电压值，单位为 mV 或 V。可设置的电压范围受“**高电平**”和“**低电平**”的限制。
- **执行**：按照当前的设置自动编辑起始点和终止点之间的各个点。
- **删除**：从波形中删除 X1 与 X2 之间的可编辑点，并用插值方式连接起始和终止点。注意：不能删除第一个波形点以及最后一个波形点。

## 8. 保存

当前创建的波形默认存储在易失性存储空间中。如果该空间已存在波形数据，则将其覆盖。

按下 **保存** 软键进入文件保存界面，您可以将创建的波形保存到仪器内部非易失性存储器（C 盘）或外部存储器（D 盘）中（参考“**存储与调用**”一章）。

**提示**

用户还可以使用 PC 软件编辑任意波形，然后使用 SCPI 命令将其保存到仪器内部或外部存储器中（具体方法请参考《DG4000 编程手册》）：


- ✧ \*SAV ARB1|ARB2|ARB3|ARB4|ARB5|ARB6|ARB7|ARB8|ARB9|ARB10  
存储至仪器内部非易失性存储器中。
- ✧ :MMEMory:STORe <file\_name>  
存储至仪器外部存储器（U 盘）中。

**实例：点编辑**

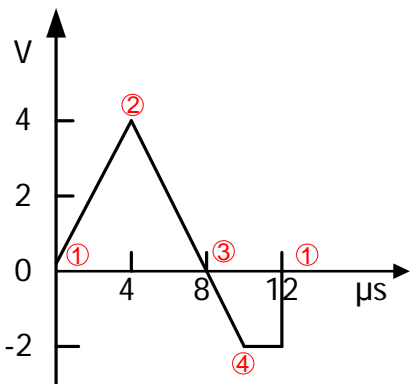
下面用实例介绍如何使用“点编辑”的方式创建满足如下条件的任意波。

参数	值
循环周期	12 $\mu$ s
高电平	4V
低电平	-2V
插值	线性插值
点 1	0s, 0V
点 2	4 $\mu$ s, 4V
点 3	8 $\mu$ s, 0V
点 4	10 $\mu$ s, -2V

**操作步骤：**

- 按 **Arb** 键并使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，然后按 **创建波形**  $\rightarrow$  **循环周期**，使用数字键盘输入“12”，并在弹出的菜单中选择单位“ $\mu$ sec”。
- 按 **高电平** 软键，使用数字键盘输入“4”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。
- 按 **低电平** 软键，使用数字键盘输入“-2”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。

4. 按 **点数** 软键，使用数字键盘输入“4”后按 **确认**。注意：此时出现一条-2 V 的电平线。
5. 按 **插值** 软键选择“线性”。
6. 按 **点编辑** 进入“点编辑”界面。
  - 1) 按 **编辑点** 软键，开始定义第一个点（时间默认为 0）。直接按 **电压** 软键，使用数字键盘输入“0”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。
  - 2) 再次按 **编辑点** 软键，使用数字键盘或旋钮选择点 2；按 **时间** 软键，输入 4 $\mu$ s；按 **电压** 软键，输入 4V。
  - 3) 参考步骤 2) 输入上表中的点 3 和点 4。
  - 4) 编辑完所有点后，按 **确认** 软键返回上一级菜单。此时，按 **保存** 软键进入文件保存界面（参考“**存储与调用**”），保存已编辑的任意波。
7. 观察已编辑的任意波。





**说明：**如上图所示，波形编辑器总是依次连接从点 1 至波形最后一个点的电压电平，然后保持该电平到循环周期结束以创建一个连续波形。

## 实例：块编辑

下面用实例介绍如何使用“块编辑”的方式创建满足如下条件的任意波。

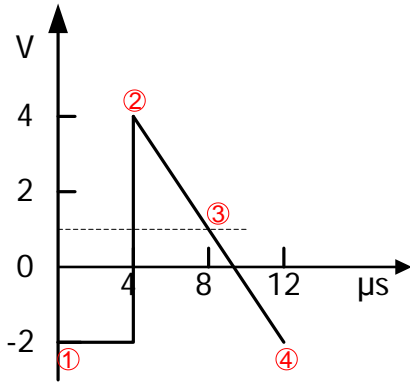
参数	值
循环周期	12 $\mu$ s
高电平	4V
低电平	-2V
插值	线性插值
起点	2, 4V
终点	4, -2V

### 操作步骤：

1. 按 **Arb** 键并使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，然后按 **创建波形**  $\rightarrow$  **循环周期**，使用数字键盘输入“12”，并在弹出的菜单中选择单位“ $\mu$ sec”。
2. 按 **高电平** 软键，使用数字键盘输入“4”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。
3. 按 **低电平** 软键，使用数字键盘输入“-2”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。
4. 按 **点数** 软键，使用数字键盘输入“4”后按 **确认**。注意：此时出现一条-2 V 的电平线。
5. 按 **插值** 软键选择“线性”。
6. 按 **块编辑** 进入“块编辑”界面。
  - 1) 按 **X1** 软键，使用数字键盘输入“2”后按 **确认**，再按 **Y1** 软键，输入“4”，并在弹出的菜单中选择单位“V”。用同样方法设置 X2 和 Y2。
  - 2) 按 **执行** 软键应用步骤 1) 的设置。波形编辑器会自动用直线将起始点（点 2，电平为 4 V）连接至终止点（点 4，电平为 -2 V）处，以及自动生成点 1 和点 3 创建连续波形。
  - 3) 编辑完所有点后，按  键返回上一级菜单。此时按 **保存** 软键进入文件

保存界面（参考“**存储与调用**”），保存已编辑的任意波。

### 7. 观察已编辑的任意波。




**说明：**如上图所示，波形编辑器在起始点（点 2）和终止点（点 4）按当前插值方式插入数值后会自动生成点 1 和点 3，以创建一个连续波形。



## 编辑任意波

用户可以选择存储在内部非易失性存储器或外部存储器中的任意波形进行编辑。

按 **Arb** 键并使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，然后按 **编辑波形** 软键打开任意波编辑菜单。您也可以按前面板 **Edit** 键快速打开该菜单。在该菜单中，除 **选择波形** 菜单外的其他菜单的功能和操作方法请参考“**创建任意波**”中的介绍。

按 **编辑波形** → **选择波形**，选择需要编辑的波形。

### 1. 编辑内建波形

选择内建波形中任一种并编辑后，您可以重新保存已编辑的波形。所选择的内建波形不会被覆盖。

### 2. 编辑已存波形

选择内部非易失存储器（C 盘）或者外部存储器（D 盘）中的波形并编辑后，您可以覆盖或重新保存所选择的波形。



## 第4章 输出谐波

DG4000 可作为一款谐波发生器，可以输出具有指定次数、幅度和相位的谐波，通常应用于谐波检测设备或谐波滤波设备的测试中。本章介绍如何配置仪器使之输出谐波。

本章内容如下：

- 谐波功能概述
- 设置基波参数
- 设置谐波次数
- 选择谐波类型
- 设置谐波幅度
- 设置谐波相位

## 谐波功能概述

由傅立叶变换理论可知，时域波形是一系列正弦波的叠加，用如下等式表示：

$$f(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) + A_3 \sin(2\pi f_3 t + \varphi_3) + \dots$$

通常，频率为  $f_1$  的分量称为基波， $f_1$  为基波频率， $A_1$  为基波幅度， $\varphi_1$  为基波相位。此外，各分量的频率通常为基波频率的整数倍，称为谐波。频率为基波频率的奇数倍的分量称为奇次谐波，频率为基波频率的偶数倍的分量称为偶次谐波。

DG4000 最高可输出 16 次谐波。选择 CH1 或 CH2 后，按前面板 **Harmonic** 按键进入谐波设置菜单。您可以设置基波的各项参数，选择输出谐波的类型，指定输出谐波的最高次数以及各次谐波的幅度和相位。

谐波参数设置完成后，按下 **Output1** 或/和 **Output2**，按键背灯变亮，仪器从相应的输出端输出具有指定参数的谐波。

## 设置基波参数

DG4000 允许用户设置基波的频率、周期、幅度、DC 偏移电压、高电平、低电平、起始相位等参数，同时支持同相位操作。请参考“**输出基本波形**”一章的介绍设置上述基波参数。

## 设置谐波次数

DG4000 可输出的最高谐波次数不可高于该设定值。

进入谐波设置菜单后，按 **谐波次数** 软键，此时，屏幕上“次数”突出显示，使用数字键盘或方向键和旋钮输入相应的数值。谐波次数的可设置范围受仪器最大输出频率和当前的基波频率限制。

- 范围：**2 至 仪器最大输出频率 ÷ 基波频率**，且为整数。
- 最大值为 16。

## 选择谐波类型

DG4000 可输出偶次谐波、奇次谐波、全部次数谐波或用户自定义次数谐波。进入谐波设置菜单，按 **谐波类型** 软键选择所需的谐波类型。

### 1. 偶次谐波

按下该软键，仪器输出基波和偶次谐波。

### 2. 奇次谐波

按下该软键，仪器输出基波和奇次谐波。

### 3. 顺序谐波

按下该软键，仪器按顺序输出基波和各次谐波。

### 4. 自定义

按下该软键，用户可自定义输出谐波的次数，最高次数为 16。

使用 16 位二进制数据分别代表 16 次谐波的输出状态，1 表示打开相应次谐波的输出，0 表示关闭相应次谐波的输出。用户只需使用数字键盘修改各数据位的数值即可（注意：最左侧的位表示基波，固定为 X，不允许修改）。例如：将 16 位数据设置为 X001 0000 0000 0001，表示输出基波、4 次谐波和 16 次谐波。

注意：实际输出的谐波受当前指定的“谐波次数”限制。

## 设置谐波幅度

进入谐波设置菜单，按 **谐波幅度** 软键可以设置各次谐波的幅度。

1. **序号**：按下该软键选择欲设置谐波的序号。
2. **谐波幅度**：按下该软键设置选中次谐波的幅度。使用数字键盘输入幅度的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或者使用方向键和旋钮修改当前值。
  - 幅度数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。
  - 可选的幅度单位有：Vpp、mVpp、Vrms、mVrms 和 dBm（高阻时无效）。

## 设置谐波相位

进入谐波设置菜单，按 **谐波相位** 软键可以设置各次谐波的相位。

1. **序号**：按下该软键选择欲设置谐波的序号。
2. **谐波相位**：按下该软键设置选中次谐波的相位。使用数字键盘输入相位的数值并在弹出的单位菜单中选择单位“°”或者使用方向键和旋钮修改当前值。相位数值的输入方法请参考“**参数设置方法**”中的介绍。

## 第5章 输出已调制波形

DG4000 支持的调制方式包括 AM、FM、PM、ASK、FSK、3FSK、4FSK、PSK、BPSK、QPSK、PWM 和 OSK。DG4000 可从单通道或同时从双通道输出已调制波形。已调制波形由载波和调制波构成。载波可以是正弦波、方波、锯齿波、任意波（DC 除外）或脉冲（仅 PWM）。调制波可以来自内部调制源或外部调制源。

本章内容如下：

- 幅度调制（AM）
- 频率调制（FM）
- 相位调制（PM）
- 幅移键控（ASK）
- 频移键控（FSK）
- 相移键控（PSK）
- 二相相移键控（BPSK）
- 四相相移键控（QPSK）
- 三进制频移键控（3FSK）
- 四进制频移键控（4FSK）
- 振荡键控（OSK）
- 脉宽调制（PWM）

## 幅度调制（AM）

已调制波形通常由载波和调制波组成。对于幅度调制（Amplitude Modulation, AM），载波的幅度随调制波的瞬时电压变化。

### 选择 AM 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **AM** 启用 AM 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 AM 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 AM 波形。

### 选择载波波形

AM 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1 $\mu$ Hz 至 160MHz
方波	1 $\mu$ Hz 至 50MHz
锯齿波	1 $\mu$ Hz 至 4MHz
任意波	1 $\mu$ Hz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。



## 选择调制源

DG4000 可以接收来自内部或外部调制源的调制波形。按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源后，按 **调制波形** 软键，可选择 Sine、Square、Triangle、UpRamp、DnRamp、Noise 或 Arb 作为调制源。默认为 Sine。

- Square: 占空比为 50%。
- Triangle: 对称性为 50%。
- UpRamp: 对称性为 100%。
- DnRamp: 对称性为 0%。
- Arb: 选择任意波形作为调制波形时，信号发生器自动通过抽点的方式将任意波长度限制为 2kpts。

注意：Noise 可以作为调制波，但不能作为载波。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源后，**调制波形** 菜单置灰禁用。信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外部调制信号。此时，AM 调制幅度受该连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。



## 设置调制波频率

选择“内部”调制源后，按 **调幅频率** 软键，可设置调制波的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 调制频率范围为 2mHz 至 50kHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置调制深度

调制深度表示幅度变化的程度，以百分比表示。AM 调制深度的可设置范围为 0%至 120%。按 **调制深度** 软键可设置 AM 调制深度。

- 在 0%调制时，输出幅度为指定值的一半。
- 在 100%调制时，输出幅度等于指定值。
- 在大于 100%调制时，仪器的输出幅度不会超过 10Vpp（负载为 50Ω）。

选择“外部”调制源时，仪器的输出幅度还受后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制，例如，将调制深度设置为 100%，则在调制信号为 +2.5V 时输出为最大振幅，在调制信号为 -2.5V 时输出为最小振幅。

## 载波抑制

DG4000 支持两种类型的幅度调制：常规的幅度调制和双边带抑制载波（Double Sideband Suppressed Carrier, DSB-SC）的幅度调制。在常规的幅度调制中，已调波中含有载波分量。由于载波分量不携带信息，因此，调制效率较低。为了提高调制效率，在常规的幅度调制的基础上将载波分量抑制。此时，全部已调波携带信息。这种方式称为抑制载波双边带调制。

按 **载波抑制** 软键打开或关闭抑制载波双边带调制，默认为常规的幅度调制。

## 频率调制（FM）

已调制波形通常由载波和调制波组成。对于频率调制（Frequency Modulation, FM），载波的频率随调制波的瞬时电压变化。

### 选择 FM 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **FM** 启用 FM 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 FM 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 FM 波形。

### 选择载波波形

FM 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1 $\mu$ Hz 至 160MHz
方波	1 $\mu$ Hz 至 50MHz
锯齿波	1 $\mu$ Hz 至 4MHz
任意波	1 $\mu$ Hz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。

## 选择调制源

DG4000 可以接收来自内部或外部调制源的调制波形。按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源后，按 **调制波形** 软键，可选择 Sine、Square、Triangle、UpRamp、DnRamp、Noise 或 Arb 作为调制源。默认为 Sine。

- Square: 占空比为 50%。
- Triangle: 对称性为 50%。
- UpRamp: 对称性为 100%。
- DnRamp: 对称性为 0%。
- Arb: 选择当前任意波形作为调制波形时，信号发生器自动通过抽点的方式将任意波长度限制为 2kpts。

注意：Noise 可以作为调制波，但不能作为载波。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源后，**调制波形** 菜单置灰禁用。信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外调制信号。此时，“**频率偏移**”由该连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。



## 设置调制波频率

选择“内部”调制源后，按 **调制频率** 软键，可设置调制波的频率。

- 使用数字键盘或旋钮输入所需的频率值。
- 调制频率范围为 2mHz 至 50kHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置频率偏移

频率偏移，指调制波形的频率相对于载波频率的偏差。按 **频率偏移** 软键，可设置 FM 频率偏差。

- 频率偏差必须小于或等于载波频率。
- 频率偏差与载波频率之和必须小于或等于当前载波频率上限与 1kHz 之和。

选择“外部”调制源时，频率偏移受后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。正信号电平对应频率增加，负信号电平对应于频率降低，较低的电平产生较少的偏移。例如，将频率偏移设置为 1kHz，则 +2.5V 信号电平对应于频率增加 1kHz，-2.5V 信号电平对应于频率降低 1kHz。

## 相位调制（PM）

已调制波形通常由载波和调制波形组成。对于相位调制（Phase Modulation, PM），载波的相位随调制波形的瞬时电压变化。

### 选择 PM 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **PM** 启用 PM 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 PM 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 PM 波形。

### 选择载波波形

PM 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1 $\mu$ Hz 至 160MHz
方波	1 $\mu$ Hz 至 50MHz
锯齿波	1 $\mu$ Hz 至 4MHz
任意波	1 $\mu$ Hz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或旋鈕输入所需的频率值。

## 选择调制源

DG4000 可以接收来自内部或外部调制源的调制波形。按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源后，按 **调制波形** 软键，可选择 Sine、Square、Triangle、UpRamp、DnRamp、Noise 或 Arb 作为调制源。默认为 Sine。

- Square: 占空比为 50%。
- Triangle: 对称性为 50%。
- UpRamp: 对称性为 100%。
- DnRamp: 对称性为 0%。
- Arb: 选择当前任意波形作为调制波形时，信号发生器自动通过抽点的方式将任意波长度限制为 2kpts。

注意：Noise 可以作为调制波，但不能作为载波。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源后，**调制波形** 菜单置灰禁用。信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器（如下图）输入的外调制信号。此时，“相位偏差”由该连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。



## 设置调制波频率

选择“内部”调制源后，按 **调相频率** 软键，可设置调制波的频率。

- 使用数字键盘或旋钮输入所需的频率值。
- 调制频率范围为 2mHz 至 50kHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置相位偏差

相位偏差指调制波形的相位相对于载波相位的变化。按 **相位偏差** 软键，可设置 PM 相位偏差。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位值。
- 相位偏移的设置范围为 0° 至 360°。

选择“外部”调制源时，相位偏差由后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。例如，将相位偏差设置为 180°，则 +2.5V 信号电平对应于相位改变 180°。较低的外部信号电平产生较少的偏差。



## 幅移键控（ASK）

使用 ASK（Amplitude Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在两个预置幅度（“载波幅度”和“调制幅度”）间“移动”其输出幅度。该输出以何种频率（ASK 速率）在这两个预置幅度间移动，由仪器内部或后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的信号电平决定。

### 选择 ASK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **ASK** 启用 ASK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 ASK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 ASK 波形。

### 选择载波波形

ASK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波幅度

选择载波波形后，按 **幅值/高电平** 软键使“幅值”突出显示，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的幅度。幅度范围受**阻抗**和**频率/周期**限制。请参考“**技术参数**”中“**输出特性**”的相关说明。

## 选择调制源

按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源，即选择占空比为 50% 的方波为调制波形。此时，输出幅度在“载波幅度”和“调制幅度”之间“移动”的频率由“ASK 频率”决定。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源时，信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外调制信号。



注意：**[Mod/FSK/Trig]** 连接器从外部控制 ASK 调制和控制 AM/FM/PM 调制时不同。在 ASK 调制中，**[Mod/FSK/Trig]** 连接器具有可调的边沿极性。

## 设置 ASK 速率

选择“内部”调制源后，按 **调制速率** 软键，可设置输出幅度在“载波幅度”和“调制幅度”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置调制幅度

按 **调制幅度** 软键，可设置调制幅度。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的幅度值。
- 幅度范围（高阻）为 0 至 10V，默认为 2V。

## 设置调制极性

按 **极性** 软键，选择由调制波的“正极性”或“负极性”控制幅度输出。

内部调制时，设定极性为“正极性”，则在调制波为逻辑高电平时输出载波幅度和调制幅度中的较大者，逻辑低电平时输出载波幅度和调制幅度中的较小者。极性为“负极性”时，情况相反。

外部调制时，设定极性为“正极性”，则在输入逻辑高电平时输出载波幅度和调制幅度中的较大者，在输入逻辑低电平时输出载波幅度和调制幅度中的较小者。极性为“负极性”时，情况相反。

## 频移键控（FSK）

使用 FSK（Frequency Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在两个预置频率（“载波频率”和“跳频频率”）间“移动”其输出频率。该输出以何种频率（FSK 速率）在这两个预置频率间移动，由仪器内部或后面板 [Mod/FSK/Trig] 连接器上的信号电平决定。

### 选择 FSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **FSK** 启用 FSK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 FSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 FSK 波形。

### 选择载波波形

FSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1μHz 至 160MHz
方波	1μHz 至 50MHz
锯齿波	1μHz 至 4MHz
任意波	1μHz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的频率值。

## 选择调制源

按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源，即选择占空比为 50% 的方波。此时，输出频率在“载波频率”和“跳频频率”之间“移动”的频率由“FSK 频率”决定。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源时，信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外调制信号。



注意：**[Mod/FSK/Trig]** 连接器从外部控制 FSK 调制和控制 AM/FM/PM 调制时不同。在 FSK 调制中，**[Mod/FSK/Trig]** 连接器具有可调的边沿极性。

## 设置 FSK 速率

选择“内部”调制源后，按 **FSK 速率** 软键，可设置输出频率在“载波频率”和“跳频频率”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置跳频频率

跳频频率（“跳跃”频率），即调制波的频率。跳频频率的范围取决于当前所选的载波波形。按 **跳频** 软键使其突出显示后，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的频率值。

- 正弦波：1 $\mu$ Hz 至 160MHz
- 方波：1 $\mu$ Hz 至 50MHz
- 锯齿波：1 $\mu$ Hz 至 4MHz
- 任意波：1 $\mu$ Hz 至 40MHz

## 设置调制极性

按 **极性** 软键，选择由调制波的“正极性”或“负极性”控制频率输出。

内部调制时，设定极性为“正极性”，则在调制波幅度为逻辑低电平时输出载波频率，逻辑高电平时输出跳频频率。极性为“负极性”时，情况相反。

外部调制时，设定极性为“正极性”，则在输入逻辑低电平时输出载波频率，在输入逻辑高电平时输出跳频频率。极性为“负极性”时，情况相反。

## 相移键控（PSK）

使用 PSK（Phase Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在两个预置相位（“载波相位”和“调制相位”）间“移动”其输出相位。该输出以何种频率（PSK 速率）在这两个预置相位间移动，由仪器内部或后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的信号电平决定。

### 选择 PSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **PSK** 启用 PSK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 PSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 PSK 波形。

### 选择载波波形

PSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波相位

选择载波波形后，按 **起始相位** 软键使其突出显示，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的相位。相位设置范围为  $0^{\circ}$  至  $360^{\circ}$ ，默认为  $0^{\circ}$ 。

## 选择调制源

按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源，即选择占空比为 50% 的方波。此时，输出相位在“载波相位”和“调制相位”之间“移动”的频率由“PSK 频率”决定。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源时，信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器（如下图）输入的外调制信号。



注意：**[Mod/FSK/Trig]** 连接器从外部控制 PSK 调制和控制 AM/FM/PM 调制时不同。在 PSK 调制中，**[Mod/FSK/Trig]** 连接器具有可调的边沿极性。

## 设置 PSK 速率

选择“内部”调制源后，按 **PSK 速率** 软键，可设置输出相位在“载波相位”和“调制相位”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。



## 设置 PSK 相位

PSK 相位即调制波的相位。按 **相位** 软键，可设置调制相位。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位值。
- 相位范围为  $0^{\circ}$  至  $360^{\circ}$ ，默认为  $180^{\circ}$ 。

## 设置调制极性

按 **极性** 软键，选择由调制波的“正极性”或“负极性”控制相位输出。

内部调制时，设定极性为“正极性”，则在调制波为逻辑低电平时输出载波相位，逻辑高电平时输出调制相位。极性为“负极性”时，情况相反。

外部调制时，设定极性为“正极性”，则在输入逻辑低电平时输出载波相位，在输入逻辑高电平时输出调制相位。极性为“负极性”时，情况相反。

## 二相相移键控 (BPSK)

使用 BPSK (Binary Phase Shift Keying) 调制时, 您可以配置信号发生器在两个预置相位 (“载波相位” 和 “调制相位”) 间 “移动” 其输出相位。该输出以何种频率 (BPSK 速率) 在这两个预置相位间移动, 由仪器内部信号电平决定。

### 选择 BPSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **BPSK** 启用 BPSK 功能。

- 启用 **Mod** 时, **Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭 (如果当前已打开)。
- 启用 BPSK 后, 信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 BPSK 波形。

### 选择载波波形

BPSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波 (DC 除外), 默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形** (或 **User** 键, 预定义的波形不可为 DC) 选择所需的载波波形。
- 脉冲、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波相位

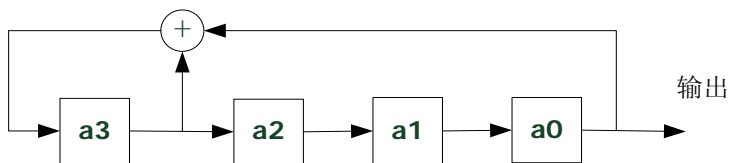
选择载波波形后, 按 **起始相位** 软键使其突出显示, 此时通过数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位。相位设置范围为  $0^\circ$  至  $360^\circ$ , 默认为  $0^\circ$ 。

### 选择调制源

BPSK 使用内部调制源, 按 **数据源** 软键, 可选择 PN15 码、PN21 码、01 码或 10 码作为调制源。默认为 PN15 码。

**说明：**

PN序列（Pseudo-noise Sequence，伪随机噪声序列）是一种周期性的二进制序列。它既有类似随机噪声的一些统计特性，又可以重复产生和处理。最常用的PN序列是m序列，通常由带线性反馈的移位寄存器产生。序列周期通常与线性反馈逻辑和各寄存器的初始状态有关。由n级移位寄存器产生的m序列，其周期为 $2^n-1$ 。下图所示为一个4级反馈移位寄存器，反馈逻辑为 $a_3 \oplus a_2$ 。对于PN15码和PN21码，15和21为移位寄存器的级数。



## 设置 BPSK 速率

BPSK 使用内部调制源，按 **码速率** 软键，可设置输出相位在“载波相位”和“调制相位”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

## 设置 BPSK 相位

BPSK 相位即调制波的相位。按 **相位** 软键，可设置调制相位。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位值。
- 相位范围为  $0^\circ$  至  $360^\circ$ ，默认为  $180^\circ$ 。

## 四相相移键控（QPSK）

使用 QPSK（Quadrature Phase Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在四个预置相位（“载波相位”和 3 个“调制相位”）间“移动”其输出相位。该输出以何种频率（QPSK 速率）在这四个预置相位间移动，由仪器内部信号电平决定。

### 选择 QPSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **QPSK** 启用 QPSK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 QPSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 QPSK 波形。

### 选择载波波形

QPSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲波（基本波）、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波相位

选择载波波形后，按 **起始相位** 软键使其突出显示，此时通过数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位。相位设置范围为  $0^\circ$  至  $360^\circ$ ，默认为  $0^\circ$ 。

### 选择调制源

QPSK 使用内部调制源，按 **数据源** 软键，可选择 PN15 码或 PN21 码作为调制源。默认为 PN15 码。

## 设置 QPSK 速率

QPSK 使用内部调制源，按 **码速率** 软键，可设置输出相位在“载波相位”和“调制相位”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

## 设置 QPSK 相位

QPSK 相位即调制波的相位。按 **相位 1**、**相位 2** 或 **相位 3** 软键，分别设置调制相位。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位值。
- 相位范围为 0° 至 360°。**相位 1**、**相位 2** 和 **相位 3** 的默认值分别为 45°，135° 和 225°。

## 三进制频移键控（3FSK）

使用 3FSK（3 Frequency Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在三个预置频率（“载波频率”和 2 个“跳频频率”）间“移动”其输出频率。该输出以何种频率（键控频率）在这两个预置频率间移动，由仪器内部信号电平决定。

### 选择 3FSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **3FSK** 启用 3FSK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 3FSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 3FSK 波形。

### 选择载波波形

3FSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲波（基本波）、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1 $\mu$ Hz 至 160MHz
方波	1 $\mu$ Hz 至 50MHz
锯齿波	1 $\mu$ Hz 至 4MHz
任意波	1 $\mu$ Hz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或旋鈕输入所需的频率值。

## 调制源

3FSK 使用内部调制源，调制波形为 Sine。

## 设置键控频率

3FSK 使用内部调制源，按 **键控频率** 软键，可设置输出频率在“载波频率”和 2 个“跳频频率”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

## 设置跳频频率

跳频频率（“跳跃”频率），即调制波的频率。跳频频率的范围取决于当前所选的载波波形。按 **跳频 1** 和 **跳频 2** 软键使其突出显示后，此时通过数字键盘或方向键和旋钮分别输入所需的频率值。

- 正弦波：1 $\mu$ Hz 至 160MHz
- 方波：1 $\mu$ Hz 至 50MHz
- 锯齿波：1 $\mu$ Hz 至 4MHz
- 任意波：1 $\mu$ Hz 至 40MHz

## 四进制频移键控（4FSK）

使用 4FSK（4 Frequency Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器在四个预置频率（“载波频率”和 3 个“跳频频率”）间“移动”其输出频率。该输出以何种频率（键控频率）在这四个预置频率间移动，由仪器内部信号电平决定。

### 选择 4FSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **4FSK** 启用 4FSK 功能。

- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 4FSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 4FSK 波形。

### 选择载波波形

4FSK 载波波形可以是正弦波、方波、锯齿波或任意波（DC 除外），默认为正弦波。

- 按前面板的 **Sine**、**Square**、**Ramp** 或 **Arb** → **选择波形**（或 **User** 键，预定义的波形不可为 DC）选择所需的载波波形。
- 脉冲波（基本波）、噪声和 DC 不能作为载波。

### 设置载波频率

不同的载波波形，载波频率的可设置范围不同，如下表所示。对于所有载波，默认值为 1kHz。

载波波形	频率范围
正弦波	1 $\mu$ Hz 至 160MHz
方波	1 $\mu$ Hz 至 50MHz
锯齿波	1 $\mu$ Hz 至 4MHz
任意波	1 $\mu$ Hz 至 40MHz

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或旋鈕输入所需的频率值。



## 调制源

4FSK 使用内部调制源，调制波形为 Sine。

## 设置键控频率

4FSK 使用内部调制源，按 **键控频率** 软键，可设置输出频率在“载波频率”和 3 个“跳频频率”之间“移动”的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 100Hz。

## 设置跳频频率

跳频频率（“跳跃”频率），即调制波的频率。跳频频率的范围取决于当前所选的载波波形。按 **跳频 1**、**跳频 2** 和 **跳频 3** 软键使其突出显示后，此时通过数字键盘或旋钮分别输入所需的频率值。

- 正弦波：1 $\mu$ Hz 至 160MHz
- 方波：1 $\mu$ Hz 至 50MHz
- 锯齿波：1 $\mu$ Hz 至 4MHz
- 任意波：1 $\mu$ Hz 至 40MHz

## 振荡键控（OSK）

使用 OSK（Oscillation Shift Keying）调制时，您可以配置信号发生器输出一个间歇振荡的正弦信号，如下图所示（载波频率为 100Hz，键控频率为 10kHz）。内部晶振的起振和停振，由内部或后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的信号电平控制。内部晶振起振时，仪器开始输出载波波形；内部晶振停振时，仪器停止输出。

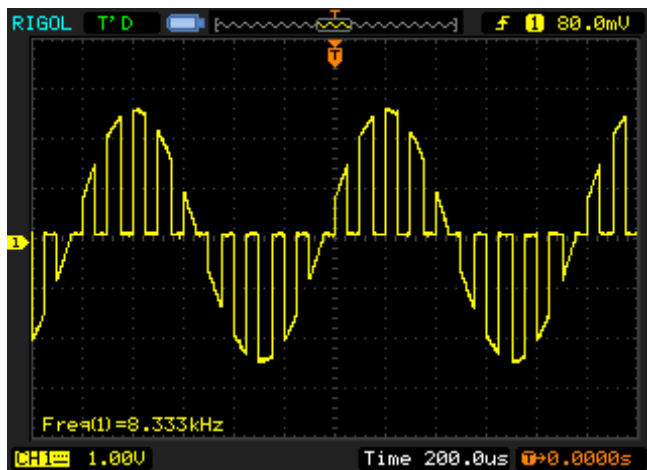


图 5-1 OSK 已调波形

### 选择 OSK 调制

按 **Mod** → **调制类型** → **OSK** 启用 OSK 功能。

- 当前未选中 **Sine** 功能键时，**调制类型** 中 OSK 不可选。
- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 OSK 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 OSK 波形。

### 选择载波波形

OSK 载波波形只可以是正弦波，按前面板的 **Sine** 键。

## 设置载波频率

选择载波波形后，按 **频率/周期** 软键使“频率”突出显示，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的频率值。可设置范围为 1 $\mu$ Hz 至 160MHz。

## 选择调制源

按 **Mod**  $\rightarrow$  **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源，即选择占空比为 50%的方波。此时，输出信号的间歇时间与振荡时间由“键控频率”决定。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源时，信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外调制信号。



## 设置键控频率

选择“内部”调制源之后，按 **键控频率** 软键，可设置键控频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 频率范围为 2mHz 至 1MHz，默认为 1kHz。

## 设置振荡周期

振荡周期，即内部晶振的振荡周期。振荡周期的可设范围与当前所选的键控频率有关。按 **振荡时间** 软键使其突出显示后，此时通过数字键盘或方向键和旋钮分别输入所需的周期值，默认可设置范围为 8ns 至 499.75 $\mu$ s。

## 脉宽调制（PWM）

PWM（Pulse Width Modulation）的已调制波形由载波和调制波形组成。载波的脉宽随调制波形的瞬时电压而变化。

### 选择 PWM 调制

PWM 只可用于调制脉冲波。欲选择 PWM 调制类型，需先选中前面板的 **Pulse** 功能键，然后按 **Mod** 启用 PWM 功能。

- 当前未选中 **Pulse** 功能键时，**调制类型** 中 PWM 不可选。
- 当前 **Mod** 已启用，但调制类型不是 PWM 时，启用 **Pulse** 功能键后，调制类型自动变为 PWM。
- 启用 **Mod** 时，**Sweep** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。
- 启用 PWM 后，信号发生器将以当前设置的载波和调制波输出 PWM 波形。

### 选择载波波形

如前所述，PWM 的载波波形只可以是脉冲波。欲选择脉冲波，按前面板的 **Pulse** 键。注意：**Arb** → **选择波形** → **内建波形** → **常用** 中的“NPulse”和“PPulse”不能作为 PWM 的载波。

### 设置脉宽/占空比

选择载波波形后，按 **脉宽/占空比** 软键使“脉宽”或“占空比”突出显示，此时通过数字键盘或旋钮输入所需的值。

## 选择调制源

按 **Mod** → **信号源** 选择“内部”或“外部”调制源。

### 1. 内部源

选择“内部”调制源后，按 **调制波形** 软键，可选择 Sine、Square、Triangle、UpRamp、DnRamp、Noise 或 Arb 作为调制源。默认为 Sine。

- Square: 占空比为 50%。
- Triangle: 对称性为 50%。
- UpRamp: 对称性为 100%。
- DnRamp: 对称性为 0%。
- Arb: 选择当前任意波形作为调制波形时，信号发生器自动通过抽点的方式将任意波长度限制为 2kpts。

注意：Noise 可以作为调制波，但不能作为载波。

### 2. 外部源

选择“外部”调制源后，**调制波形** 菜单置灰禁用。信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的外调制信号。此时，“宽度偏差”（或“占空比偏差”）由该连接器上的  $\pm 2.5V$  信号电平控制。



## 设置调制波频率

选择“内部”调制源后，按 **调制频率** 软键，可设置调制波的频率。

- 使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。
- 调制频率范围为 2mHz 至 50kHz，默认为 100Hz。

注意：选择“外部”调制源时，该菜单置灰禁用。

## 设置宽度/占空比偏差

按 **宽度偏差**（或“占空比偏差”）软键，使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的值。

- 宽度偏差表示已调波形相对于原始脉冲波形的脉冲宽度的变化（以秒表示）。  
脉宽偏差范围：0s 至 500ks。  
宽度偏差不能超过当前的脉冲宽度。  
宽度偏差受到最小脉冲宽度和当前边沿时间设置的限制。
- 占空比偏差表示已调波形相对于原始脉冲波形的占空比的变化（以%表示）。  
占空比偏差范围：0%至 50%。  
占空比偏差不能超过当前的脉冲占空比。  
占空比偏差受到最小占空比和当前边沿时间的限制。

选择“外部”调制源时，宽度偏差（或占空比偏差）由后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的 $\pm 2.5V$  信号电平控制。例如，将宽度偏差设置为 10s，则+2.5V 信号电平对应于宽度改变 10s。





## 第6章 输出扫频波形

DG4000 可从单通道或同时从双通道输出扫频波形。在扫频模式下，信号发生器在指定的扫描时间内从起始频率到终止频率变化输出。DG4000 支持线性、对数和步进三种扫频方式；允许用户设定“标记”频率；允许用户设置起始保持、终止保持和返回时间；支持内部、外部和手动触发源；对于正弦波、方波、锯齿波和任意波（DC 除外），均可以产生扫频输出。

本章内容如下：

- 开启扫频功能
- 起始频率和终止频率
- 中心频率和频率跨度
- 扫频方式
- 扫频时间
- 返回时间
- 标记频率
- 起始保持
- 终止保持
- 扫频触发源
- 触发输出边沿

## 开启扫频功能

按前面板的 **Sweep** 键启用扫频功能后（背灯变亮），**Mod** 或 **Burst** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。此时，信号发生器将按照当前的配置从相应的通道（如果当前已打开）输出扫频波形。您也可以重新设置扫频的功能菜单，详见下文的介绍。

## 起始频率和终止频率

起始频率和终止频率是频率扫描的频率上限和下限。信号发生器总是从起始频率扫频到终止频率，然后又回到起始频率。

- 当起始频率 < 终止频率，信号发生器从低频向高频扫描。
- 当起始频率 > 终止频率，信号发生器从高频向低频扫描。
- 当起始频率 = 终止频率，信号发生器以固定频率输出。

启用扫频模式后，按 **起始频率/中心频率** 软键使“起始频率”突出显示。注意：此时 **终止频率/频率跨度** 软键中的“终止频率”也突出显示。使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。默认情况下，起始频率为 100Hz，终止频率为 1kHz。不同扫频波形对应的起始和终止频率范围不同。

- 正弦波：1 $\mu$ Hz 至 160MHz
- 方波：1 $\mu$ Hz 至 50MHz
- 锯齿波：1 $\mu$ Hz 至 4MHz
- 任意波：1 $\mu$ Hz 至 40MHz

修改“起始频率”或“终止频率”后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

## 中心频率和频率跨度

您也可以通过中心频率和频率跨度设定频率扫描的边界。

- 中心频率 = (|起始频率 + 终止频率|)/2
- 频率跨度 = 终止频率 - 起始频率

启用扫频模式后，按 **起始频率/中心频率** 软键使“中心频率”突出显示。此时 **终止频率/频率跨度** 软键中的“频率跨度”也突出显示。使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率值。默认情况下，中心频率为 550Hz，频率跨度为 900Hz。不同扫频波形对应的中心频率和频率跨度范围不同，且中心频率与频率跨度相互影响。

定义当前选中波形的最小频率为  $F_{\min}$ ，最大频率为  $F_{\max}$ ， $F_m = (F_{\min} + F_{\max})/2$ 。

- 中心频率的可设置范围为  $F_{\min}$  至  $F_{\max}$ ，不同波形的参数分别如下：

正弦波：1 $\mu$ Hz 至 160MHz

方波：1 $\mu$ Hz 至 50MHz

锯齿波：1 $\mu$ Hz 至 4MHz

任意波：1 $\mu$ Hz 至 40MHz

- 频率跨度的范围受中心频率影响：
  - 中心频率 <  $F_m$  时，频率跨度的范围为  $\pm 2 \times (\text{中心频率} - F_{\min})$ ；
  - 中心频率  $\geq F_m$  时，频率跨度的范围为  $\pm 2 \times (F_{\max} - \text{中心频率})$ 。

以正弦波为例， $F_{\min}$  为 1 $\mu$ Hz， $F_{\max}$  为 160MHz， $F_m$  约为 80MHz。

若中心频率为 550Hz，则频率跨度的可设置范围为：

$$\pm 2 \times (550\text{Hz} - 1\mu\text{Hz}) = \pm 1.099\ 999\ 998\text{kHz};$$

若中心频率为 155MHz，则频率跨度的可设置范围为：

$$\pm 2 \times (160\text{MHz} - 155\text{MHz}) = \pm 10\text{MHz}.$$

修改“中心频率”或“频率跨度”后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

### 提示

大范围扫频时，输出信号的幅度特性可能会有变化。

## 扫频方式

DG4000 提供线性、对数和步进三种扫频方式，默认为线性扫频。

### 线性扫频

在线性扫频方式下，输出信号的频率以线性方式变化，即以“每秒若干赫兹”的方式改变输出频率，该变化由“起始频率”、“终止频率”和“扫频时间”控制。

启用 **Sweep** 功能键后，按 **类型** 软键选择“线性”。在屏幕的波形上，可以看到一条直线，表明输出频率以线性方式变化。



图 6-1 线性扫频

## 对数扫频

在对数扫频方式下，仪器输出信号的频率以对数方式变化，即以“每秒倍频程”或“每秒十倍”的方式改变输出频率，该变化由“起始频率”、“终止频率”和“扫频时间”控制。

启用对数扫频时，用户可以设置以下几个参数：起始频率  $F_{start}$ ，终止频率  $F_{stop}$  和扫频时间  $T_{sweep}$ 。对数扫频的函数原型为  $F_{current} = P^T$ ，参数 P 和 T 可用以上参数表示。

$$P = 10^{\lg(F_{stop} / F_{start}) / T_{sweep}}$$

$$T = t + \lg(F_{start}) / \lg(P)$$

其中，t 为从扫频开始所经历的时间，范围在 0 至  $T_{sweep}$  之间， $F_{current}$  为当前输出的瞬时频率。

启用 **Sweep** 功能键后，按 **类型** 软键选择“对数”。在屏幕的波形上，可以看到一条指数函数的曲线，表明输出频率以对数方式变化。



图 6-2 对数扫频

## 步进扫频

在步进扫频方式下，仪器输出信号的频率从“起始频率”到“终止频率”之间以阶梯式“步进”，输出信号在每个频点上停留的时间长短由“扫频时间”和“步进数”控制。

启用 **Sweep** 功能键后，按 **类型** 软键选择“步进”。在屏幕的波形上，可以看到一条阶梯波，表明输出频率以阶梯式“步进”。此时，按菜单翻页键 **▼** 打开第 2/2 页菜单，按 **步进数** 软键，使用数字键盘或旋钮设置步进数，默认值为 2，可设置范围为 2 至 2048。注意：“线性”和“对数”扫频类型模式下，**步进数** 菜单置灰禁用。



图 6-3 步进扫频

## 扫频时间

启用 **Sweep** 功能键后，按 **扫描时间** 软键，使用数字键盘或旋钮修改扫频时间，默认为 1s，可设置范围为 1ms 至 300s。修改扫频时间后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

## 返回时间

返回时间是指信号发生器从“起始频率”扫描到“终止频率”并且经过“终止保持”时间后，输出信号从“终止频率”复位至“起始频率”的时间。

启用 **Sweep** 功能键后，按 **返回时间** 软键，使用数字键盘或方向键和旋钮修改返回时间，默认为 0s，可设置范围为 0s 至 300s。

修改返回时间后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

## 标记频率

前面板上与通道对应的 **[Sync]** 连接器上的同步信号，总是在每次扫描的开始处由低电平变高电平。如果您禁用“标记”功能，同步信号将在扫描周期的中点位置变为低电平。如果您启用“标记”功能，同步信号将在输出频率达到指定的标记频率时，变为低电平。


启用 **Sweep** 功能键后，按 **标记频率** 软键选择“打开”，如下图所示，使用数字键盘或方向键和旋钮可以修改标记频率。该频率默认为 550Hz，可设置范围受“起始频率”和“终止频率”限制。

修改标记频率后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

注意：步进扫频方式下，该菜单置灰禁用。

## 起始保持


起始保持是指扫频开始后，输出信号保持以“起始频率”输出的时间。起始保持时间结束后，信号发生器将按当前的扫频类型改变频率继续输出。

启用 **Sweep** 功能键后，使用菜单翻页键  打开 2/2 页菜单，按 **起始保持** 软键，使用数字键盘或方向键和旋钮修改起始保持时间，默认为 0s，可设置范围为 0s 至 300s。

修改起始保持时间后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

## 终止保持

终止保持是指信号发生器从“起始频率”扫描到“终止频率”后，输出信号继续保持“终止频率”输出的时间。

启用 **Sweep** 功能键后，使用菜单翻页键  打开 2/2 页菜单，按 **终止保持** 软键，使用数字键盘或方向键和旋钮修改终止保持时间，默认为 0s，可设置范围为 0s 至 300s。

修改终止保持时间后，信号发生器将重新从指定的“起始频率”开始扫频输出。

## 扫频触发源

扫频的触发源可以是内部源、外部源或手动源。信号发生器在接收到一个触发信号时，产生一次扫描输出，然后等待下一个触发信号。

启用 **Sweep** 功能键后，使用菜单翻页键  打开 2/2 页菜单，按 **触发源** 软键，选择“内部”、“外部”或“手动”。默认为“内部”。

### 1. 内部触发

内部触发时，信号发生器输出连续的扫频波形。触发周期由指定的扫频时间、返



回时间、起始保持和终止保持时间决定。

## 2. 外部触发

外部触发时，信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的触发信号，每次接收到一个具有指定极性的 TTL 脉冲时，就启动一次扫频。欲指定 TTL 脉冲的极性，按 **触发输入** 软键选择“上升沿”或“下降沿”，默认为“上升沿”。

注意：在“内部触发”和“手动触发”时，对应位置为 **触发输出**。后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器用作触发信号输出端。



## 3. 手动触发

手动触发时，每按一次前面板的 **Trigger1** 或 **Trigger2** 键立即在相应通道启动一次扫频。

## 触发输出边沿

扫频模式下，当触发源为“内部”或“手动”时，信号发生器将从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个具有指定边沿的 TTL 兼容信号。



- 内部触发时，信号发生器在扫频开始时从 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个占空比为 50% 的方波。触发周期取决于指定的扫频时间、返回时间、起始保持和终止保持。
- 手动触发时，信号发生器在扫频开始时从 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个脉冲宽度大于 1 $\mu$ s 的脉冲。
- 外部触发时，**[Mod/FSK/Trig]** 连接器作为外部触发信号的输入端，没有触发输出。

“内部”或“手动”触发时，按 **触发输出** 软键可以设置触发输出信号的边沿，默认为“关闭”。

- 关闭：禁用触发输出信号。
- 上升沿：选择在上升沿输出触发信号。
- 下降沿：选择在下降沿输出触发信号。

## 第7章 输出脉冲串

DG4000 可从单通道或同时从双通道输出具有指定循环数目的波形（称为脉冲串，Burst）。DG4000 支持由内部、手动或外部触发源控制脉冲串输出；支持三种脉冲串类型，包括 N 循环、无限和门控。信号发生器可以使用正弦波、方波、锯齿波、脉冲、噪声（仅适用于门控脉冲串）或任意波（DC 除外）生成脉冲串。

本章内容如下：

- 开启脉冲串功能
- 脉冲串类型
- 脉冲串相位
- 脉冲串周期
- 门控极性
- 脉冲串延时
- 脉冲串触发源
- 触发输出边沿

## 开启脉冲串功能

按前面板的 **Burst** 键启用脉冲串功能后（背灯变亮），**Mod** 或 **Sweep** 功能将自动关闭（如果当前已打开）。此时，信号发生器将按照当前的配置从相应的通道（如果当前已打开）输出脉冲串波形。您也可以重新设置脉冲串的功能菜单，详见下文的介绍。

## 脉冲串类型

DG4000 可输出 N 循环、无限和门控三种类型的脉冲串，默认类型为 N 循环。

表 7-1 脉冲串类型、触源和波形的关系

脉冲串类型	触发信号源	载波波形
N 循环	内部/外部/手动	正弦波、方波、锯齿波、脉冲、任意波（DC 除外）
无限	外部/手动	正弦波、方波、锯齿波、脉冲、任意波（DC 除外）
门控	外部	正弦波、方波、锯齿波、脉冲、噪声、任意波（DC 除外）

## N 循环脉冲串

N 循环脉冲串模式下，信号发生器在接收到触发信号时，输出具有特定循环数目的波形。支持 N 循环脉冲串的波形函数有正弦波、方波、锯齿波、脉冲和任意波（DC 除外）。

对于 N 循环脉冲串，可以使用“内部”、“外部”或“手动”触发源触发输出。此外您还可以设置“起始相位”、“脉冲串周期”（内部触发）、“延时”、“触发输入”（外部触发）和“触发输出”（内部触发和手动触发）参数。

启用 **Burst** 功能后，按 **类型** 软键选择“N 循环”。屏幕中，“循环数”参数突出显示，处于可编辑状态，此时使用数字键盘或方向键和旋钮可改变循环次数，默认为 1，可设置范围为 1 至 1 000 000（外部触发或手动触发）或 1 至 500 000（内部触发）。



图 7-1 N 循环脉冲串

## 无限脉冲串

无限脉冲串相当于将波形循环次数设为无限大，信号发生器在接收到触发信号时，输出连续的波形。支持无限脉冲串的波形函数有正弦波、方波、锯齿波、脉冲和任意波（DC 除外）。

对于无限脉冲串，需要使用“外部”或“手动”触发源触发输出。此外您还可以设置“起始相位”、“延时”、“触发输入”（外部触发）和“触发输出”（手动触发）参数。

启用 **Burst** 功能后，按 **类型** 软键选择“无限”。屏幕显示一个无限循环的脉冲串示意图。



图 7-2 无限脉冲串

## 门控脉冲串

门控脉冲串模式下，信号发生器根据后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上输入的外部信号电平控制波形输出。支持门控脉冲串的波形函数有正弦波、方波、锯齿波、脉冲、噪声和任意波（DC 除外）。

信号发生器在门控信号为“真”时，输出一个连续波形，在门控信号为“假”时，首先完成当前的波形周期，然后停止，同时保持在所选波形的起始脉冲串相位对应的电压电平上。对于噪声波形，在门控信号变为“假”时立即停止输出。

对于门控脉冲串，只能使用“外部”触发源触发输出。此外，您还可以设置“起始相位”。

启用 **[Burst]** 功能后，按 **类型** 软键选择“门控”。然后按 **门控极性** 软键设定门控极

性为“正极性”（或“负极性”）。脉冲串在门控信号为“正”（或“负”）时才有波形输出。



图 7-3 门控脉冲串

## 脉冲串相位

脉冲串相位定义为脉冲串起始点的相位。

启用 **Burst** 功能后，按 **起始相位** 软键，使用数字键盘或旋钮输入所需的相位，默认为  $0^\circ$ ，可设置范围为  $0^\circ$  至  $360^\circ$ 。

- 对于正弦波、方波、锯齿波、脉冲， $0^\circ$  是波形正向通过  $0V$ （或 DC 偏移值）的点。
- 对于任意波形， $0^\circ$  是第一个波形点。
- 对于噪声，**起始相位** 设置无效。

## 脉冲串周期

脉冲串周期仅适用于内部触发 N 循环脉冲串模式，定义为从一个脉冲串开始到下一个脉冲串开始的时间。

- 脉冲串周期  $\geq 1\mu\text{s} + \text{波形周期} \times \text{脉冲串个数}$ 。此处，波形周期为脉冲串函数（正弦波、方波等）的周期。
- 如果设置的脉冲串周期过小，信号发生器将自动增加该周期以允许指定数量的循环输出。

启用 **Burst** 功能后，按 **类型** → “N 循环” → **触发源** → “内部” → **猝发周期**，使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的周期，默认为 10ms，可设置范围为 2 $\mu\text{s}$  至 500s。


## 门控极性

门控极性仅适用于门控脉冲串模式。仪器在后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器上的门控信号为“高电平”或“低电平”时输出脉冲串。

启用 **Burst** 功能后，按 **类型** → “门控” → **门控极性**，选择“正极性”或“负极性”，默认为“正极性”。

## 脉冲串延时

脉冲串延时仅适用于 N 循环和无限脉冲串模式，是指信号发生器从接收到触发信号到开始输出 N 循环（或无限）脉冲串之间的时间。

启用 **Burst** 功能后，按 **类型** → “N 循环”或“无限”，使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，按 **延时**，使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的延时。延迟时间大于等于 0s，小于等于 85s，默认值为 0s。



## 脉冲串触发源

脉冲串的触发源可以是内部源、外部源或手动源。信号发生器在接收到一个触发信号时，产生一次脉冲串输出，然后等待下一个触发信号。

启用 **Burst** 功能后，按 **触发源** 软键，选择“内部”、“外部”或“手动”。默认为“内部”。

### 1. 内部触发

内部触发时，信号发生器仅可输出 N 循环脉冲串，输出的脉冲串频率由“脉冲串周期”决定。

### 2. 外部触发

外部触发时，信号发生器可输出 N 循环、无限或门控脉冲串。信号发生器接收从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输入的触发信号，每次接收到一个具有指定极性的 TTL 脉冲时，就启动一次脉冲串输出。欲指定 TTL 脉冲的极性，按 **触发输入** 软键选择“上升沿”或“下降沿”，默认为“上升沿”。

注意：在“内部触发”和“手动触发”时，对应位置为 **触发输出**。后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器用作触发信号输出端。



### 3. 手动触发

手动触发时，信号发生器可输出 N 循环或无限脉冲串。每按一次前面板的 **Trigger1** 或 **Trigger2** 键立即在对应通道启动一次脉冲串输出（如果当前已打开）。如果对应的通道没有开启，触发将被忽略。

## 触发输出边沿

脉冲串模式下，当触发源为“内部”或“手动”时，信号发生器将从后面板 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个具有指定边沿的 TTL 兼容信号。



- 内部触发时，信号发生器在脉冲串开始时从 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个占空比可变（与载波周期和循环数有关）的方波。触发周期与指定的脉冲串周期相等。
- 手动触发时，信号发生器在脉冲串开始时从 **[Mod/FSK/Trig]** 连接器输出一个脉冲宽度大于  $1\mu\text{s}$  的脉冲。
- 外部触发时，**[Mod/FSK/Trig]** 连接器作为外部触发信号的输入端，没有触发输出。

“内部”或“手动”触发时，按 **触发输出** 软键可以指定触发输出信号的边沿，默认为“关闭”。

- 关闭：禁用触发输出信号。
- 上升沿：选择在上升沿输出触发信号。
- 下降沿：选择在下降沿输出触发信号。

## 第8章 频率计

DG4000 提供 7digits/s 频率计功能。该功能可以测量外部输入信号的频率、周期、占空比、正脉宽及负脉宽等参数，并支持对测量结果的统计。统计功能开启时，仪器自动计算测量值的最大值、最小值、平均值和标准差，并且可以以“数字”或“动态曲线”形式显示测量值的变化趋势。双通道输出可与频率计测量同时工作。

本章内容如下：

- 启用频率计
- 设置频率计
- 统计功能

## 启用频率计

按前面板的 **Counter** 按键，背灯变亮，打开频率计功能，同时进入频率计设置界面，如下图所示。

若当前频率计已打开，且屏幕处于频率计界面，再次按下 **Counter** 按键则关闭频率计功能；若当前频率计已打开，且屏幕处于非频率计界面，再次按下 **Counter** 键则跳转到频率计显示界面。

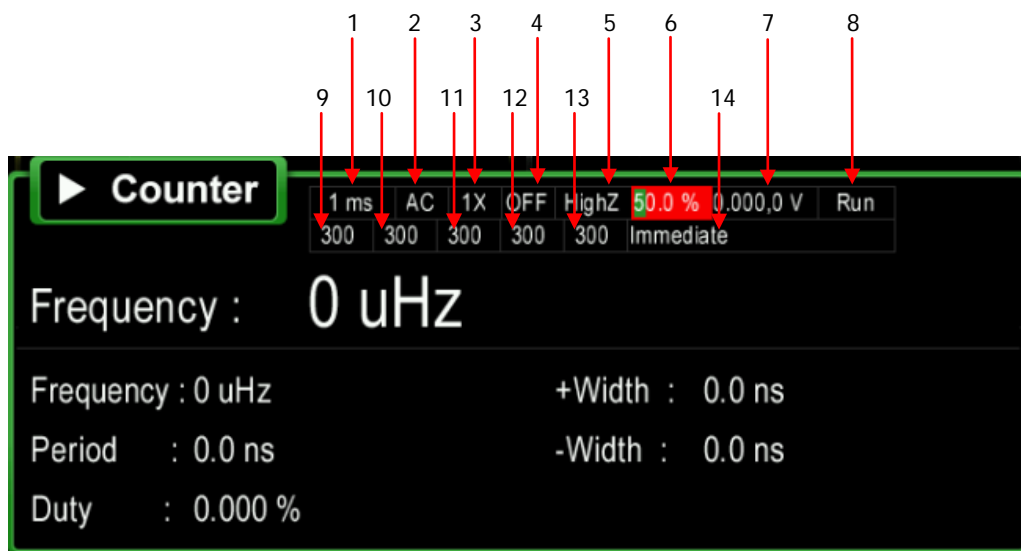


图 8-1 频率计参数设置界面

编号	描述	编号	描述
1	闸门时间	8	运行状态
2	耦合	9	统计长度（频率）
3	衰减	10	统计长度（周期）
4	高频抑制	11	统计长度（占空比）
5	输入阻抗	12	统计长度（正脉宽）
6	触发灵敏度	13	统计长度（负脉宽）
7	触发电平	14	统计触发条件

注意：频率计功能打开时，CH2 的同步输出将会关闭。

## 设置频率计

您需要为频率计配置合适的测量参数。

### 1. 灵敏度

设置频率计的触发灵敏度，默认为 50%，可设置范围为 0%至 100%。

按 **灵敏度** 软键，使用数字键盘输入所需的数值并在弹出的单位菜单中选择“%”或者使用方向键和旋钮修改当前值。

### 2. 触发电平

设置频率计的触发电平。当输入信号达到指定的触发电平时，系统触发并获取测量读数。默认值为 0V，可设置范围为-2.5V 至 2.5V。

按 **触发电平** 软键，使用数字键盘输入所需的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位（V 或 mV）或者使用方向键和旋钮修改当前值。

### 3. 输入阻抗

按 **输入阻抗** 软键设置频率计的输入阻抗为“50 欧姆”或“高阻”。默认为“高阻”。

### 4. 耦合

按 **耦合** 软键设置输入信号的耦合方式为“AC”或“DC”。默认为“AC”。

### 5. 衰减

按 **衰减** 软键设置输入信号的衰减系数为“X1”或“X10”。

### 6. 高频抑制

在测量低频信号时，高频抑制可用于滤除高频成分，提高测量精确度。

按 **高频抑制** 软键开启或关闭高频抑制功能。

注意：在测量频率小于 1kHz 的低频信号时，打开高频抑制，以滤除高频噪声干扰；在测量频率大于 1kHz 的高频信号时，关闭高频抑制。

## 7. 闸门时间

按 **闸门时间** 软键，选择测量系统的闸门时间。默认为“1 毫秒”。

闸门 1	1 毫秒
闸门 2	10 毫秒
闸门 3	100 毫秒
闸门 4	1 秒
闸门 5	10 秒
闸门 6	>10 秒

## 8. 测量参数

按 **测量参数** 软键，选择频率计测量的参数类型。频率计可以测量如下参数：频率、周期、占空比、正脉宽和负脉宽。默认为“频率”。

## 9. 统计设置

按 **统计设置** 软键对频率计的统计功能进行设置，详细介绍请参考“统计功能”一节。

## 10. 自动

按 **自动** 软键，仪器将根据被测信号的特征自动选择合适的闸门时间。

## 11. 状态

按 **状态** 软键设置频率计的运行状态为“运行”或“停止”。当按下前面板 **Counter** 键时，频率计自动进入“运行”状态，以当前的配置连续对输入信号进行测量。选择“停止”时，频率计完成正在进行的测量后进入“停止”状态。

## 12. 单次

按 **单次** 软键，频率计将进入“单次”状态，执行一次测量后进入“停止”状态。

## 统计功能

统计功能打开时，仪器自动计算测量值的最大值、最小值、平均值和标准差，并且可以以“数字”或“动态曲线”形式显示测量值的变化趋势。按 **统计设置** 软键进入统计功能设置菜单。

### 1. 打开或关闭统计功能

按 **统计** 软键打开或关闭统计功能。默认为“关闭”。

### 2. 设置统计参数

统计功能关闭时，允许设置统计参数相关信息。

按 **统计参数** 软键打开统计参数设置菜单。

- 按 **参数选择** 软键选择欲统计参数的类型，可以选择“频率”、“周期”、“占空比”、“正脉宽”和“负脉宽”，默认为“频率”。
- 按 **统计使能** 软键打开或关闭统计参数的统计功能。
- 按 **统计长度** 软键设置当前选择统计参数的统计长度，使用数字键盘输入所需的数值并按 **确认** 或使用方向键和旋钮修改当前值。
- 按 **触发条件** 软键设置统计参数的统计触发条件，可以选择“立刻”、“<限值”和“>=限值”。

立刻：打开统计功能时即开始统计。

<限值：当测量值小于设置的限值时开始统计。选择“<限值”后，使用数字键盘输入所需的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或使用方向键和旋钮修改当前值。

>=限值：当测量值大于或等于设置的限值时开始统计。选择“>=限值”后，使用数字键盘输入所需的数值并在弹出的单位菜单中选择所需的单位或使用方向键和旋钮修改当前值。

- 按 **类型** 软键设置统计参数的统计类型。

**循环统计**：当统计个数达到设置的统计长度时将重新开始统计。

**停止**：当统计个数达到设置的统计长度时将停止统计。

注意：统计功能打开时，**统计参数** 菜单置灰禁用。

### 3. 选择测量模式

按 **速度** 软键设置频率计的测量模式，可以选择“全速”和“正常”。

全速：频率计将精确的按照设置的闸门时间进行测量。

正常：受系统其他任务的影响，频率计将不能精确的按照设置的闸门时间进行测量。若待测信号变化较快，可能遗漏测量值。

#### 4. 选择显示形式

统计功能打开后，按 **显示形式** 软键可选择统计结果的显示形式为“数字”或“动态曲线”。如图 8-2 错误！未找到引用源。、图 8-3 错误！未找到引用源。所示。



图 8-2 统计结果数字显示界面

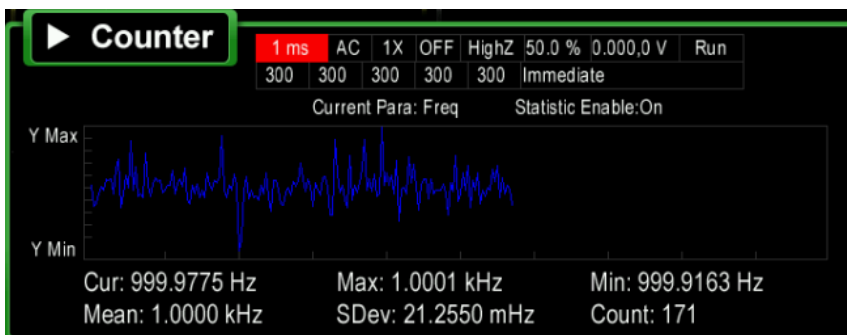


图 8-3 统计结果动态曲线显示界面

注意：统计功能关闭时，**显示形式** 菜单置灰禁用。

#### 5. 清除统计结果

统计功能打开后，按 **数据清除** 软键信号源清除当前的统计结果。

注意：统计功能关闭时，**数据清除** 菜单置灰禁用。

#### 6. 导出统计数据

当前存在统计数据且统计功能关闭时，按 **导出** 软键保存统计数据到 U 盘中（仅当检测到 U 盘时）。

注意：当前不存在统计数据或统计功能打开时，**导出** 菜单置灰禁用。



## 第9章 存储与调用

DG4000 允许用户将仪器当前的状态、用户编辑的任意波形数据存储到内部或外部存储器中并在需要进行调用。

本章内容如下：

- 存储系统
- 文件类型
- 浏览器类型
- 文件操作
- 与示波器无缝互联

## 存储系统

DG4000 允许用户将仪器当前的状态、用户编辑的任意波形数据存储到内部或外部存储器中并在需要时进行调用。

DG4000 提供一个内部非易失存储器和一个外部存储器。内部存储器为“C 盘”，外部存储器为“D 盘”。

- C 盘：提供 10 个状态文件存储位置（STATE 1 至 STATE 10）和 10 个任意波文件存储位置（ARB 1 至 ARB 10）。用户可以将仪器状态、任意波文件（由用户创建或通过远程命令下载）保存至 C 盘。
- D 盘：当前面板 USB Host 接口检测到 U 盘时可用。  
用户可将状态文件或任意波文件保存至 D 盘，还可以将 C 盘中的文件复制到 D 盘中，可存储文件的数量由 U 盘存储空间决定。还可读取 U 盘中存储的文本文件和 Csv 文件。

按前面板的 **Store** 键启用存储和调用功能，按键背灯变亮，打开如下图所示的存储和调用界面。



图 9-1 存储与调用界面

注意：DG4000 只能识别文件名为中文字符、英文字符、数字和下划线的文件。如果您使用其它字符来命名文件或文件夹，在存储和调用界面中可能无法正常显示。

## 文件类型

按 **Store** → **文件类型**，选择所需的文件类型。可选的文件类型包括：状态文件、任意波形（Arb）文件、文本文件、Csv 文件和所有文件。

### 1. 状态文件

将仪器的工作状态以“\*.RSF”格式存储在内部或外部存储器中。内部存储器最多可存储 10 个仪器状态文件。已存储的 10 个仪器状态文件对应于 **Utility** → **预设值** 中的“自定义 1”至“自定义 10”（参考“还原预设配置”）。

状态存储包含：两通道选定的波形、频率、振幅、DC 偏移、占空比、对称性、相位以及使用的调制、扫频、突发参数和频率计参数。

### 2. 任意波文件

将用户自定义的任意波形以“\*.RAF”格式存储在内部或外部存储器中。内部存储器最多可存储 10 个任意波文件。

### 3. 文本文件

读取外部存储器内 Txt 格式的数据文件，将文件内每行数字（不可超过 64 字符）作为任意波的一个点并进行归一化从而形成一个任意波。该任意波存储在易失性存储器中。读取完成后，仪器自动进入任意波功能界面。

注意：仅当选中 D 盘时，该菜单可用。

### 4. Csv 文件

读取外部存储器内 Csv 格式的数据文件。读取完成后，仪器自动进入任意波功能界面。已读取的任意波存储在易失性存储器中。

注意：仅当选中 D 盘时，该菜单可用。

### 5. 所有文件

显示当前选中目录下的所有文件和文件夹。选择该菜单时，保存操作不可用。

## 浏览器类型

按 **Store** → **浏览器**，切换至“目录”或“文件”。然后使用旋钮选择需要的目录或文件。

- 目录：选择该类型后，使用旋钮可以在 C、D（插入 U 盘时）盘之间切换。
- 文件：选择该类型后，使用旋钮可以在当前目录下切换文件或文件夹。

## 文件操作

浏览器类型选择“文件”后，用户可以对文件执行一系列的操作，包括：保存、读取、复制、粘贴、删除和新建。

### 保存

#### 1. 选择文件类型

请按“文件类型”中的介绍选择需要保存的文件类型。仅状态文件和任意波文件可以通过本地保存。

注意：

- 如果当前 **文件类型** 为“所有文件”，则不能进行保存操作。
- 对于任意波文件，您也可以参考“**创建任意波**”和“**编辑任意波**”中的介绍进行保存。

#### 2. 打开文件名输入界面

在存储和调用功能界面，将 **浏览器** 设置为“文件”后，按 **保存** 进入文件名输入界面，如下图所示。



图 9-2 文件名输入界面（英语）

### 3. 输入文件名

按 **输入法** 软键，选择“中文”或“英语”输入类型。文件或文件夹名称长度限制为 27 个字符。

- 英文输入（含数字输入）：  
按数字键盘上的 **+/-** 软键切换大小写。

使用旋钮在“虚拟软键盘”中选择所需的字符，然后按 **选择** 软键选中该字符，选中的字符将显示在“文件名输入区”。用同样方法输入文件名所需的所有字符。您也可以按 **删除** 软键删除“文件名输入区”中当前光标处的字符。

- 中文输入：  
按数字键盘上的 **+/-** 软键切换到小写状态。



图 9-3 文件名输入界面（中文）

使用旋钮在“虚拟软键盘”中选择所需的字符，然后按 **选择** 软键选中该字符，选中的字符将显示在“拼音输入区”。输入完一个汉字的拼音后，使用数字键盘选择“汉字显示区”中的所需汉字的数字编号（若当前没有所需的汉字，可以使用方向键翻页查找），选中的汉字将显示在“文件名输入区”。用同样方法输入文件名所需的所有汉字。您也可以按 **删除** 软键，先删除“拼音输入区”中的字符，后删除“文件名输入区”中光标处的汉字。

#### 4. 保存文件

在文件名输入界面完成文件名输入后，按 **保存** 软键，信号发生器将以指定的文件名和文件类型将文件保存到当前选中的目录下，并在保存成功后给出相应的提示消息。

## 读取

### 1. 选择文件类型

请按“**文件类型**”中的介绍选择需要读取的文件类型。

注意：

- 如果当前 **文件类型** 为“所有文件”，则将要读取的是当前选中的文件。
- 仅当当前选择“D 盘”时，**文本文件** 和 **Csv 文件** 菜单可用。

### 2. 选择需要读取的文件

将 **浏览器** 设置为“目录”，使用旋钮选择需要读取的文件所在的目录，然后将 **浏览器** 设置为“文件”，再使用旋钮选择需要读取的文件。

### 3. 读取文件

按 **读取** 软键，信号发生器将读取当前选中的文件，并在读取成功后给出相应的提示消息。

## 复制与粘贴

DG4000 允许用户将存储在内部存储器（C 盘）中的状态文件或任意波文件复制到外部存储器（U 盘）中。

### 1. 选择需要复制的文件

将 **浏览器** 设置为“目录”，使用旋钮选择“C 盘”，然后将 **浏览器** 设置为“文件”，再使用旋钮选择需要复制的文件。

### 2. 复制文件

按 **复制** 软键，信号发生器将复制当前选中的文件。

### 3. 选择粘贴的目的地

将 **浏览器** 设置为“目录”，使用旋钮选择“D 盘”。

### 4. 粘贴文件

按 **粘贴** 软键，信号发生器将已复制的文件粘贴到 U 盘中，粘贴完毕后将给出相应的提示信息。

## 删除

### 1. 选择需要删除的文件或文件夹

将 **浏览器** 设置为“目录”，使用旋钮选择需要删除的文件或文件夹所在的目录，然后将 **浏览器** 设置为“文件”，再使用旋钮选择需要删除的文件或文件夹。

### 2. 删除文件或文件夹

按 **删除** 软键，信号发生器将删除当前选中的文件或文件夹（空文件夹）。


## 新建文件夹

DG4000 允许用户在外部存储器（U 盘）内新建文件夹。请首先插入 U 盘并保证 U 盘已被识别。

### 1. 选择存储器

在存储和调用功能界面，将 **浏览器** 菜单设置为“目录”，然后使用旋钮选择“D 盘”。

### 2. 新建文件夹

再将 **浏览器** 菜单设置为“文件”，然后使用菜单翻页键  打开第 2/2 页菜单，按 **新建文件夹** 进入文件夹名称输入界面（同图 9-2 或图 9-3）。

注意：选择“C 盘”时，该菜单不可用。

### 3. 输入文件夹名称

请按“保存”中的介绍，输入新文件夹的名称。

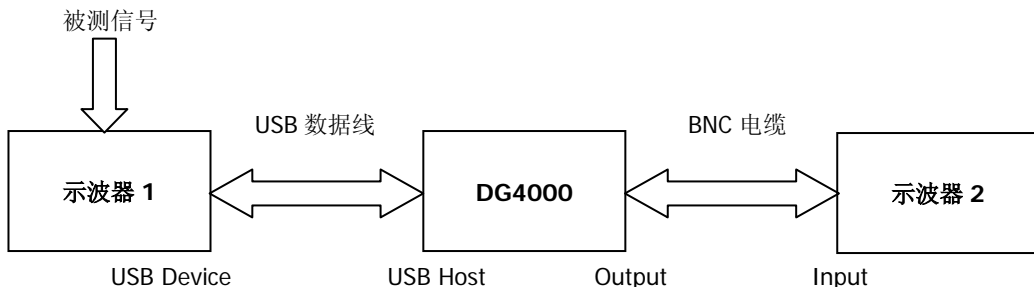


#### 4. 保存文件夹

在文件夹名称输入界面完成文件名输入后，按 **保存** 软键，信号发生器将在当前目录下新建一个空的文件夹。

## 与示波器无缝互联

DG4000 可与 **RIGOL** 的 DS1000E、DS6000、MSO/DS4000、MSO/DS2000、MSO/DS1000Z 系列数字示波器进行无缝互联，无损地再现和输出从示波器采集到的波形数据。仪器之间的连接方法如下图所示。



### 操作步骤:

1. 使被测信号稳定地显示于示波器 1 的显示屏中。
2. 使用 USB 数据线连接 DG4000 的 USB Host 接口与示波器 1 的 USB Device 接口。此时，示波器 1 会自动进入远程模式。
3. 使用 DG4000 读取示波器 1 当前输入的被测信号。
  - 按 DG4000 前面板的 **Store** 键进入存储与调用界面或按 DG4000 前面板的 **Arb** → **选择波形** → **已存波形** 进入存储与调用界面。此时，在“目录显示区”会出现示波器 1 的型号标识符。
  - 将 DG4000 的 **浏览器** 菜单设置为“目录”，使用旋钮将光标移动至示波器 1 的型号标识符上。此时，在 DG4000 “文件/文件夹显示区”会显示示波器 1 所有通道及各通道的开关状态。
  - 再将 DG4000 的 **浏览器** 菜单设置为“文件”，将光标移动到所需要读取的通道上，然后按 **读取** 软键。此时，示波器 1 会自动进入停止状态；DG4000 会自动切换至任意波 (**Arb**) 模式（若当前不是任意波模式），并将示波器 1 屏幕 (**数据选择** 菜单设置为“屏幕”时) 或内存 (**数据选择** 菜单设置为“内存”时) 中的波形读取至 DG4000 的内部易失性存储器中。

**注意：**当 **数据选择** 菜单设置为“内存”时，**数据位置** 菜单有效。此时，您可按 **数据位置** 菜单选择“数据头”、“触发位置”或“数据尾”，设置读取示波器内存数据的位置。

- 数据头：表示从示波器内存数据的起始位置向后读。
- 触发位置：表示从示波器内存数据的触发位置向后读。
- 数据尾：表示从示波器内存数据的终止位置向前读。

另外，读取示波器波形的同时，为了保护被测电路，DG4000 的输出会自动关闭，待用户确认当前输出不会损害被测设备后，打开 DG4000 的通道开关即可输出示波器 1 屏幕或内存中的波形。

4. 使用 BNC 电缆连接 DG4000 的输出端与示波器 2 的输入端，打开 DG4000 的通道开关以输出示波器 1 屏幕或内存中的波形。设置示波器 2 后可以观察到示波器 1 屏幕或内存中的波形。

**提示：**由于示波器采集到的波形数据是循环存储的，因此 DG4000 读回的波形数据也是有限的，必然存在相位的不连续。建议用户先将被测信号中所关心的一部分信号稳定显示在示波器的显示屏上，然后通过 DG4000 读回数据，再通过脉冲串（**Burst**）的方式输出。



## 第10章 辅助功能与系统设置

DG4000 允许用户配置双通道输出参数、配置远程接口、设置系统参数。

本章内容如下：

- 概述
- 通道设置
- 设置系统语言
- 配置远程接口
- 系统设置
- 打印
- 检测校准
- 耦合
- 通道复制
- 用户自定义波形键
- 还原预设配置
- 使用外部功率放大器（选件）
- 锁定按键

## 概述

按前面板的 **Utility** 键，打开下图所示的操作界面。该界面显示当前的通道输出配置、通道耦合配置和系统参数。

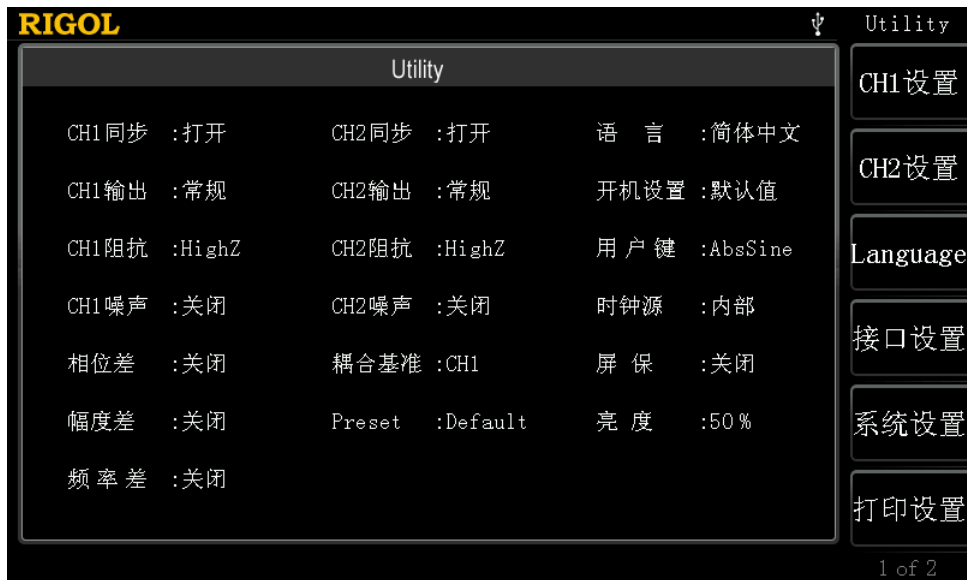


图 10-1 Utility 界面

1. **CH1 设置**: 配置 CH1 的输出参数。
2. **CH2 设置**: 配置 CH2 的输出参数。
3. **Language**: 设置语言类型。
4. **接口设置**: 设置远程接口参数。
5. **系统设置**: 设置系统相关参数。
6. **打印设置**: 设置屏幕打印相关参数。
7. **检测/校准**: 手动校准 DG4000。
8. **耦合设置**: 设置通道耦合参数。
9. **通道复制**: 设置通道复制参数。
10. **用户键**: 定义常用的内建波形的快捷键。
11. **预置值**: 将系统恢复到出厂默认状态或已存储状态。
12. **PA 设置**: 配置外部功率放大器的参数，仅连接外部功率放大器时可用。

## 通道设置

DG4000 的 CH2 与 CH1 的功能和设置方法完全相同，本节以 CH1 为例介绍通道设置方法。

### 同步

DG4000 可以从单通道或同时从双通道输出基本波形（噪声除外）、任意波形（DC 除外）、谐波、扫频波形、脉冲串波形、已调制波形的同步信号。该信号从前面板 **[Sync]** 连接器输出。

#### 1. 同步开关

启用或禁用 **[Sync]** 连接器上的同步信号。按 **Utility** → **CH1 设置** → **同步**，选择“打开”或“关闭”同步信号输出。默认情况为“打开”，即将同步信号发送到 **[Sync]** 连接器。在关闭同步信号时，**[Sync]** 连接器上的输出电平是逻辑低电平。

#### 2. 各种波形的同步信号

- 对于正弦波、方波、锯齿波和脉冲波，同步信号是占空比为 50% 的方波。在波形输出为正时，相对于 0V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL 高电平。在波形输出为负时，相对于 0V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL 低电平。
- 对于任意波形，同步信号是占空比可变的方波。在输出波形幅度达到一定值时，同步信号为 TTL 高电平。
- 对于谐波，同步信号以谐波次数为参考，是占空比可变的方波。在输出波形幅度为正时，同步信号为 TTL 高电平。
- 对于 AM、FM、PM、PWM，内部调制时，同步信号以调制频率为参考，同步信号是占空比为 50% 的方波。在调制波形前半周期，同步信号为 TTL 高电平。外部调制时，无同步信号输出。
- 对于 ASK、FSK、PSK、BPSK、QPSK、3FSK、4FSK，同步信号以键控频率为参考，同步信号是占空比为 50% 的方波。对于 ASK、FSK、PSK，外部调制时，无同步信号输出。
- 对于 OSK，同步信号以键控频率为参考，同步信号是占空比为 50% 的方波。内部晶振起振时，同步信号是 TTL 高电平。外部调制时，无同步信号输出。

- 对于关闭“标记”的频率扫描，同步信号是占空比为 50%的方波。在扫描开始时，同步信号为 TTL 高电平，在扫描中点变成低电平。同步波形的频率与指定的扫描时间、返回时间、起始保持和终止保持时间对应。对于打开“标记”的频率扫描，在扫描开始时，同步信号为 TTL 高电平，在标记频率处变为低电平。
- 对于 N 循环脉冲串，在脉冲串开始时，同步信号是 TTL 高电平。在指定循环数结束处，同步信号为 TTL 低电平（如果波形具有一个相关的起始相位，则可能不是零交叉点）。对于一个无限计数脉冲串，其同步信号与连续波形的同步信号相同。
- 对于外部门控脉冲串，同步信号遵循其门控信号。注意：该信号直到最后一个周期结束才会变为 TTL 低电平（如果该波形有一个相关起始相位，则可能不是零交叉点）。

## 同步极性

设置前面板 **[Sync]** 连接器上的同步信号为正常输出或者反相输出。

按 **Utility** → **CH1 设置** → **同步极性**，选择“正极性”或“负极性”。

- 正极性：输出正常同步信号。
- 负极性：输出反相同步信号。

注意：在波形反相时，与波形相关的同步信号并不反相。

## 同步模式

设置前面板 **[Sync]** 连接器上同步信号的输出模式为常规模式或者载波模式。

按 **Utility** → **CH1 设置** → **同步模式**，选择“常规”或“载波”。

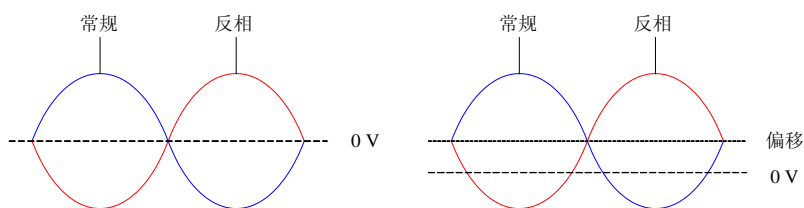
- 常规：**[Sync]** 输出具有默认行为，该行为因操作模式而异。
- 载波：仅在基本波模式（噪声和 DC 除外）和无限 **Burst** 模式下可用。同步极性为正极性时，**[Sync]** 输出在前半个周期为高电平，在后半个周期为低电平；同步极性为负极性时，**[Sync]** 输出与正极性时相反。



## 输出极性

设置 **[Output1]** 连接器上的信号为常规输出或者反相输出。波形反相是相对于偏移电压进行反相。

按 **[Utility]** → **CH1 设置** → **输出设置**，选择“常规”或“反相”。默认为“常规”。常规模式下，输出正常波形；反相模式下，将波形反相后输出。



波形反相后，需注意下列情况：

- 任何偏移电压都不变。
- 在图形模式下观察到的波形不反相。
- 与波形相关的同步信号也不反相。

## 阻抗

阻抗设置适用于输出振幅和 DC 偏移电压。对于前面板 **[Output1]** 连接器，DG4000 有一个  $50\Omega$  的固定串联输出阻抗。如果实际负载与指定的值不同，则显示的电压电平将不匹配被测部件的电压电平。要确保正确的电压电平，必须保证负载阻抗设置与实际负载匹配。

按 **[Utility]** → **CH1 设置** → **阻抗**，选择“高阻”或“负载”。默认为“高阻”。选择“负载”时，可以使用数字键盘或方向键和旋钮设置具体阻抗值。默认为  $50\Omega$ ，可设置范围为  $1\Omega$  至  $10k\Omega$ 。阻抗设置将显示在屏幕上，如下图所示，CH1 的阻抗设置为具体阻抗值“ $50\Omega$ ”，CH2 的阻抗设置为“HighZ”（高阻）。



图 10-2 阻抗设置

修改阻抗设置后，信号发生器将自动调整输出振幅和偏移电压。例如，当前振幅为“5Vpp”，此时将输出阻抗从“50Ω”改为“高阻”，屏幕显示的振幅将增加一倍，为“10Vpp”。反之，如果将输出阻抗从“高阻”改为“50Ω”，则振幅下降一半，为 2.5Vpp。注意：参数修改后仅显示发生改变，信号发生器的实际输出并不改变。

## 噪声叠加

DG4000 支持在其输出信号上叠加一个高斯噪声，称为噪声叠加功能。叠加了噪声的信号可用于测试仪器的抗噪声性能。

按 **Utility** → **CH1 设置** → **噪声叠加**，用户可以打开或关闭噪声叠加功能。默认为“关闭”。选择“打开”时，可以使用数字键盘或方向键和旋钮设置噪声比例。可设置范围为 0%至 50%，默认值为 10.0%。当 Mod、Sweep 或 Burst 开启时，**噪声叠加**菜单置灰禁用。

## 量程

按 **Utility** → **CH1 设置** → **量程**，选择“自动”或“保持”。默认为“自动”。

- 自动：信号发生器为输出放大器和衰减器选择最佳设置。
- 保持：禁用自动优化，可以消除改变振幅时由于继电器开关引起的波形不连续，但幅度范围可能会受影响。

## DDS 常开

按 **Utility** → **CH1 设置** → **DDS 常开**，选择“打开”或“关闭”。默认为“关闭”。

当CH1和CH2的“DDS常开”均设为“打开”时，在仪器不断电的情况下，执行一次同相位操作即可保证两个通道始终处于同相位状态（此时，打开或关闭任一通道的输出不影响两个通道的同相位状态）；当仅CH1（CH2）的“DDS常开”设为“打开”时，在仪器不断电且不关闭CH2（CH1）输出的情况下，执行一次同相位操作即可保证两个通道始终处于同相位状态（此时，打开或关闭CH1（CH2）的输出不影响两个

通道的同相位状态)。

## 设置系统语言

DG4000 支持多种语言菜单，并提供中英文帮助信息、提示消息以及界面显示。

按 **Utility** → **Language**，选择所需的语言类型。选择“简体中文”或“English”时，菜单、帮助信息、提示信息以及界面均显示为简体中文或英文。选择其它语言时，仅菜单显示为相应的语言，其它信息均显示为英文。

该设置保存在非易失性存储器中，不受“恢复出厂值”的影响。

## 配置远程接口

DG4000 标配 USB 和 LAN 接口，并支持用户配置用于远程通信的接口参数。

按 **Utility** → **接口设置**，打开接口设置菜单，设置用于远程通信的 LAN 接口参数，或选择 USB 接口连接的设备类型。

## 设置网络参数

按 **Utility** → **接口设置** → **局域网**，打开下图所示的局域网参数配置界面。您可以查看网络状态，配置网络参数。



图 10-3 LAN 设置界面

## 网络状态

信号发生器会根据当前网络的连接状态给出不同的提示：

- 网络已连接
- 网络已断开
- 正在初始化
- IP 冲突
- DHCP 失败

## MAC 地址

MAC (Media Access Control) 地址, 也称为硬件地址, 用于定义网络设备的位置。对于一台信号发生器, MAC 地址总是唯一的。为仪器分配 IP 地址时, 总是通过 MAC 地址来识别仪器。MAC 地址 (48 位, 即 6 个字节) 通常以十六进制表示, 如: 00-14-0E-42-12-CF。

## VISA 描述符

VISA (Virtual Instrument Software Architecture) 是美国国家仪器 NI (National Instrument) 公司开发的一种用来与各种仪器总线进行通信的高级应用编程接口, 它以相同的方法与仪器通信而不考虑仪器的接口类型 (GPIB、USB、LAN/以太网或者 RS232)。希望与之建立通信的 GPIB、USB、LAN/以太网或者 RS232 仪器, 称为“资源”。

VISA 描述符指资源名称, 描述了 VISA 资源的准确名称与位置。如当前使用 LAN 接口与仪器通信, VISA 描述符显示: TCPIP0::172.16.2.13::INSTR。

## IP 配置模式

IP 地址配置模式可以是动态配置 (DHCP)、自动设置或手动设置, 如果当前网络连接已断开, 则“IP 配置模式:”后无显示。不同的 IP 配置模式下, IP 地址等网络参数的配置方式不同。

### 1. DHCP

- 该模式下, 由当前网络中的 DHCP 服务器向信号发生器分配 IP 地址等网络参数。
- 按 **动态配置** 软键, 选择“打开”或“关闭”可以打开或关闭 DHCP 配置模式。

### 2. 自动设置

- 该模式下, 信号发生器根据当前网络配置自动获取从 169.254.0.1 到 169.254.255.254 的 IP 地址和子网掩码 255.255.0.0。
- 按 **自动设置** 软键, 选择“打开”或“关闭”可以打开或关闭自动 IP 配置模式。当同时打开动态配置和自动设置模式时, 仪器优先使用动态配置模式,

因此，欲启用该模式，需将 **动态配置** 设为“关闭”。

### 3. 手动设置

- 该模式下，由用户自定义信号发生器的 IP 地址等网络参数。
- 按 **手动设置** 软键，选择“打开”或“关闭”可以打开或关闭手动 IP 配置模式。三种 IP 配置模式均设为“打开”时，参数配置的优先级从高到低依次为“动态配置”、“自动设置”、“手动设置”，因此，欲启用该模式，需将 **动态配置** 和 **自动设置** 设为“关闭”。
- IP 地址的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，第一个 nnn 的范围为 1 至 223(127 除外)，其他三个 nnn 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的 IP 地址。
- 按 **IP 地址** 软键，使用数字键盘和方向键输入所需的 IP 地址。该设置将保存在非易失性存储器中，下次开机时，如果 **动态配置** 和 **自动设置** 设置为“关闭”，信号发生器将自动加载所设的 IP 地址。

#### 提示

- 三种 IP 配置模式均设为“打开”时，参数配置的优先级从高到低依次为“动态配置”、“自动配置”、“手动配置”。
- 三种 IP 配置模式不能同时设为“关闭”。

## 设置子网掩码

手动配置模式下，可以手动设置子网掩码。

- 子网掩码的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，nnn 的范围均为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的子网掩码。
- 按 **子网掩码** 软键，使用数字键盘和方向键输入所需的子网掩码。该设置保存在非易失性存储器中，下次开机时，如果 **动态配置** 和 **自动设置** 设置为“关闭”，信号发生器将自动加载所设的子网掩码。

## 设置默认网关

手动配置模式下，可以手动设置默认网关。

- 默认网关的格式为 nnn.nnn.nnn.nnn。其中，第一个 nnn 的范围为 1 至 223(127 除外)，其他三个 nnn 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用

的网关地址。

- 按 **默认网关** 软键，使用数字键盘和方向键输入所需的网关地址。该设置保存在非易失性存储器中，下次开机时，如果 **动态配置** 和 **自动设置** 设置为“关闭”，信号发生器将自动加载所设的网关地址。

## 设置 DNS 服务器

手动配置模式下，可以手动设置域名服务器的地址。

- 域名服务器的地址格式为 `nnn.nnn.nnn.nnn`。其中，第一个 `nnn` 的范围为 1 至 223（127 除外），其他三个 `nnn` 的范围为 0 至 255。建议向您的网络管理员咨询一个可用的地址。
- 按 **DNS 服务器** 软键，使用数字键盘和方向键输入所需的地址。该设置保存在非易失性存储器中，下次开机时，如果 **动态配置** 和 **自动设置** 设置为“关闭”，信号发生器将自动加载所设的服务器地址。

## 默认设置

按 **默认设置** 软键，将弹出提示消息“恢复网络设置到 LXI 预设值”，按 **确认** 将网络参数恢复到默认值。默认情况下，启用动态配置和自动配置，禁用手动配置。

## 当前设置

按 **当前设置** 软键，可以查看当前仪器的 MAC 地址、当前网络参数及网络状态信息。

## 应用设置

按 **应用** 软键，使当前设置的网络参数生效。

## 选择 USB 设备类型

DG4000 在其后面板提供一个 USB Device 接口。该接口可以连接计算机以实现远程控制或连接 PictBridge 打印机以打印屏幕显示的内容。

按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备**：

- 选择“计算机”：用户可以使用 PC 软件编辑任意波形并将其下载至信号发生器内部存储器，还可以使用 SCPI 命令编程控制信号发生器。
- 选择“打印机”：选择打印机后，按 **Utility** → **打印设置** → **打印路径** 选择“打印机”。用户可以按 **Print** 键打印当前界面显示的内容。



## 系统设置

### 数字格式

您可以设置数字参数中的小数点和千位分隔符在屏幕中的显示格式，该设置保存在非易失性存储器中。按 **Utility** → **系统设置** → **数字格式**，进入数字显示格式设置界面。

- 小数点：可设置为点号“.”或逗号“，”。默认为“.”。
- 分隔符：当小数点设为点号“.”时，分隔符可设置为逗号“，”、“空格”或“None”。当小数点设为逗号“，”时，分隔符可设置为点号“.”、“空格”或“None”。

数字显示格式共有 6 种组合，如下图所示：

频率	1.000,000,000 kHz	点号 + 逗号
频率	1.000 000 000 kHz	点号 + 空格
频率	1.000000000 kHz	点号 + None
频率	1,000.000.000 kHz	逗号 + 点号
频率	1,000 000 000 kHz	逗号 + 空格
频率	1,000000000 kHz	逗号 + None

注意：小数点和分隔符不能同时为点号或逗号。

## 开机设置

选择通电时将要使用的仪器配置为“默认值”或“上次值”。默认为“默认值”。

- 上次值：包括所有的系统参数，除输出配置，时钟源。
- 默认值：出厂默认值。个别参数（如：语言）除外。

按 **Utility** → **系统设置** → **开机设置**，选择所需的配置类型。该设置保存在非易失性存储器中，不受“恢复出厂值”的影响。

## 电源设置

选择仪器通电后的开机方式为“自动”或“手动”。默认为“自动”。

- 自动：通电后，仪器自动开机。
- 手动：通电后，需按下前面板上的电源开关，仪器才开机。

按 **Utility** → **系统设置** → **电源设置**，选择所需的类型。

## 时钟源

DG4000 提供内部 10MHz 的时钟源，也可接收从后面板 **[10MHz In/Out]** 输入的外部时钟源，还可以从 **[10MHz In/Out]** 连接器输出内部的时钟源，供其他设备使用。

按 **Utility** → **系统设置** → **时钟源**，选择“内部”或“外部”。默认选择“内部”。若选择“外部”，系统将检测后面板 **[10MHz In/Out]** 连接器是否有有效的外部时钟信号输入。若没有检测到有效的时钟源，则弹出提示消息“系统没有检测到有效的外部时钟！”，并将时钟源切换成“内部”。

您可以通过时钟源的设置使两台仪器或多台仪器之间同步。两台仪器同步时，不能使用“同相位”功能。“同相位”功能只适用于调整同一台仪器的两个输出通道之间的相位关系，不能改变两台仪器之间的输出通道的相位关系。当然，您可以通过改变每个输出通道的“起始相位”来改变两台仪器之间的相位关系。

### 两台仪器或多台仪器之间的同步方法：

- 两台仪器的同步：  
将仪器A（时钟源设为“内部时钟”）的 **[10MHz In/Out]** 连接到仪器B（时钟源设为“外部时钟”）的 **[10MHz In/Out]**，然后设置两台仪器的输出频率相同，即可实现两台仪器的同步。
- 多台仪器的同步：  
将一台仪器（时钟源为“内部时钟”）的 10MHz 时钟源分成多路，然后分别连接至多台仪器（时钟源为“外部时钟”）的 **[10MHz In/Out]**，最后设置每台仪器的输出频率相同，即可实现多台仪器的同步。

## 亮度

按 **Utility** → **系统设置** → **亮度**，使用数字键盘或旋钮设置信号发生器屏幕的显示亮度，可设置范围为 1%至 100%。该设置保存在非易失性存储器中，不受“恢复出厂值”的影响。

## 蜂鸣器

DG4000 内部蜂鸣器打开时，当前面板操作时或者远程控制产生错误时会发出提示声音。

按 **Utility** → **系统设置** → **蜂鸣器**，选择“打开”或“关闭”。默认选择“打开”。当前选择保存在非易失性存储器中，不受“恢复出厂值”的影响。

## 屏保

启用或禁用屏幕保护模式。

按 **Utility** → **系统设置** → **屏保**，选择“打开”或“关闭”。默认选择“打开”。当前选择保存在非易失性存储器中，不受“恢复出厂值”的影响。

## 系统信息

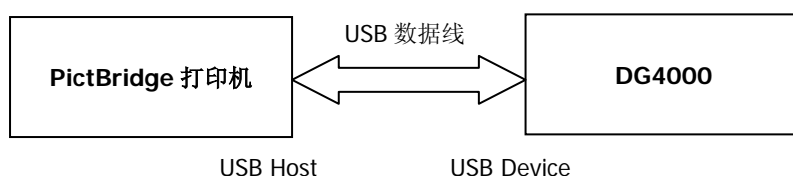
按 **Utility** → **系统设置** → **系统信息**，在系统信息界面可以查看当前仪器的型号、序列号以及版本号等信息。

# 打印

用户可以将屏幕显示的内容以图片形式存储到外部 U 盘或通过 PictBridge 打印机打印。按 **Utility** → **打印设置**，打开打印设置界面。

## 1. 使用 PictBridge 打印机打印屏幕


首先请连接 PictBridge 打印机。使用 USB 数据线将信号发生器的 USB Device 接口连接到打印机的 USB Host 接口（如下图）。



按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备**，将设备类型设置为“打印机”。按 **Utility** → **打印设置** → **打印路径** 选择“打印机”。然后按下 **打印机设置** 软键进入打印设置菜单：

- **打印份数**：按下该软键后，使用旋钮输入需要打印的份数。可设置范围为 1 至 1000。
- **色彩**：按下该软键后，设置图像的颜色为“灰度”或“彩色”。
- **反相**：按下该软键后，选择“打开”或“关闭”反相打印。

## 2. 将屏幕存储到 U 盘

首先请连接 U 盘。连接成功后，屏幕状态栏会显示  图标，同时屏幕上弹出相应的提示消息。

按 **Utility** → **打印设置** → **打印路径**，选择“U 盘”，然后按下 **打印格式** 软键选择以“Bmp”或“Jpeg”格式存储屏幕图片。


## 3. 执行打印

按下前面板 **Print** 键，系统将按照预设的配置通过 PictBridge 打印机打印屏幕或将屏幕以图片形式存储到 U 盘中名为“Rigol”的文件夹中（若当前不存在该文件夹则自动创建）。

注意：若信号发生器没有连接 PictBridge 打印机且没有检测到 U 盘，打印操作将

失败并弹出提示消息“Pictbridge 设备未连接。”或“没有检测到 U 盘，打印功能无效。”。

## 检测校准

按前面板的 **Utility**，使用菜单翻页键  选择 2/2 页菜单，按 **检测/校准**，打开检测校准界面，输入正确的校准密码后，可手动校准 DG4000。

### 1. 安全密码

按下该键后，使用数字键盘输入正确的校准密码。

### 2. 安全

该菜单默认为“打开”，只有输入正确的校准密码后，才可选择“关闭”。选择“关闭”时，仪器安全模式关闭。

### 3. 手动校准

仅当 **安全** 设为“关闭”时，该菜单有效。此时，可以执行手动校准操作。

### 4. 默认值

仅当 **安全** 设为“关闭”时，该菜单有效。按下该软键可将校准值恢复到出厂校准值状态。

注意：**RIGOL** 不推荐用户自行手动校准，如您有校准需求，请与 **RIGOL** 联系。

## 耦合

DG4000 支持频率、相位、幅度的单独耦合和同时耦合。耦合打开后，设定 CH1 或 CH2 中的一个通道为“基准”通道，并设定两个通道的频率差、相位差或幅度差，则当改变基准通道的频率、相位或幅度时，另一通道的频率、相位或幅度将自动调整，并总是与基准通道保持指定的频率差、相位差或幅度差。

按前面板的 **Utility**，使用菜单翻页键  选择 2/2 页菜单，按 **耦合设置** 软键，进入通道耦合设置界面。

### 1. 设置耦合基准

按 **耦合基准** 软键，可以选择“CH1”或“CH2”为耦合的基准源。此处选择“CH2”。  
注意：耦合功能打开时，不允许更改耦合基准，**耦合基准** 菜单置灰禁用。

### 2. 打开耦合功能

按 **耦合** 软键，可以同时“打开”或“关闭”频率、相位和幅度 3 种耦合功能。默认为“关闭”。

按 **频率耦合** 软键，可以选择“打开”或“关闭”频率耦合。频率耦合打开时，可以使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的频率差。此处设置为“100Hz”。

按 **相位耦合** 软键，可以选择“打开”或“关闭”相位耦合。相位耦合打开时，可以使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的相位差。此处设置为“10°”。

按 **幅度耦合** 软键，可以选择“打开”或“关闭”幅度耦合。幅度耦合打开时，使用数字键盘或方向键和旋钮输入所需的幅度差。此处设置为“1Vpp”。

耦合的基准源设为“CH2”时，CH1 与 CH2 的频率、相位、幅度关系分别如下所示：

$$F_{CH1} = F_{CH2} + 100\text{Hz} \quad P_{CH1} = P_{CH2} + 10^\circ \quad A_{CH1} = A_{CH2} + 1\text{Vpp}$$

在耦合基准源的频率、相位和幅度左侧会各自显示一个绿色“\*”标记。如下图所示（见下页），它表明当前处于频率、相位和幅度同时耦合状态。将 CH2 的频率、相位和幅度改为 100Hz、0°和 1Vpp 时，CH1 的参数将自动调整为 200Hz、10°和 2Vpp。

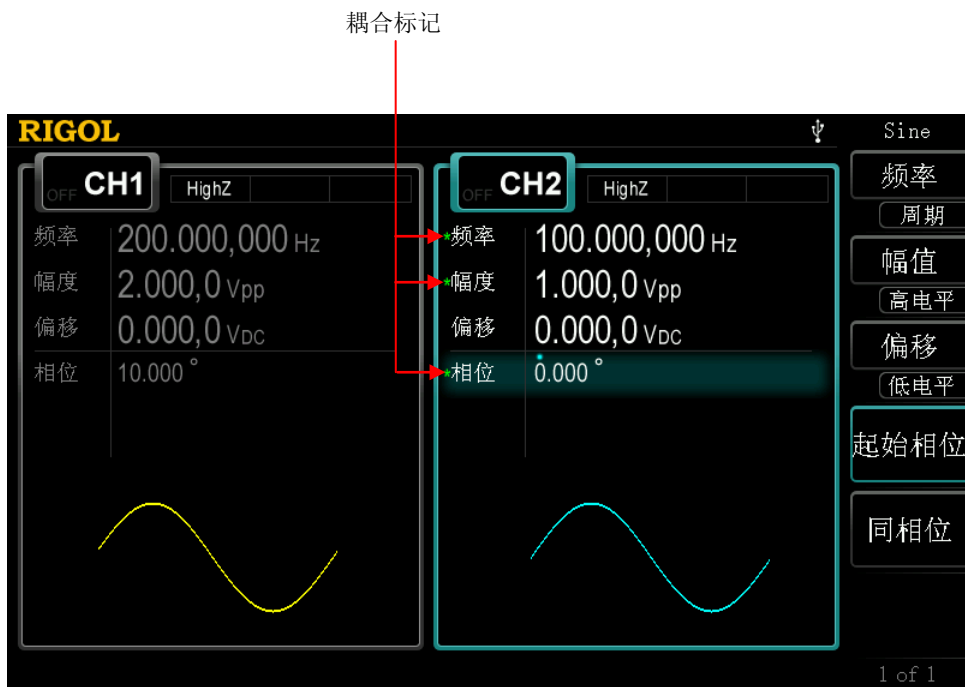


图 10-4 通道耦合

**要点说明：**

- 耦合功能仅在两通道均为基本波（正弦、方波、锯齿波或任意波）模式时有效，但任意波为“DC”时无效。
- 如果基准通道的频率、相位或幅度加上所设定的差值超过非基准通道的频率、相位或幅度上限，信号发生器将自动调整非基准通道的频率、相位或幅度以避免参数超限。
- 非基准源的通道的频率、相位或幅度不可以直接修改。
- 修改基准源通道的相位，非基准源通道的相位（界面上所显示的相位）将随之变化，此时，无需执行 **同相位** 操作就能使两通道真正同相位。
- 通道耦合与通道复制功能互斥，打开通道耦合时，若执行通道复制操作（按前面板 **CH1=CH2** 按键），将弹出提示消息“耦合情况下不允许通道复制。”



## 通道复制

DG4000 支持两个通道间的状态或波形复制功能，即将其中一个通道的状态（参数和输出配置）或任意波形参数复制到另一个通道，或交换两个通道的状态。

按前面板的 **Utility** → **通道复制**，即可设置通道复制相关参数。该设置不受恢复出厂值操作的影响。

### 1. 复制类型

按 **复制类型** 软键，选择通道复制的内容为“状态”或“波形”。

- 状态：包括通道的波形（易失波形除外）和波形参数（频率、幅度等）、功能（调制、扫频、脉冲串等）、输出配置（同步、阻抗、极性等）。
- 波形：指任意波数据（不包括波形的参数），仅在两个通道都选择任意波时有效。

### 2. 复制方向

按 **方向** 软键，选择通道复制的方向为“CH1->CH2”、“CH2->CH1”或“交换”（仅在复制类型为“状态”时，“交换”可用）。

之后，在任意界面下，只要按前面板 **CH1=CH2** 按键，即可执行复制操作。

注意：通道耦合与通道复制功能互斥，打开通道耦合功能时，不允许执行通道复制操作。

## 用户自定义波形键

DG4000 前面板上的 **User** 键为用户提供了一个快捷方式。您可以将该快捷键定义成所需的内建波形或仪器内部存储器中已存的任意波形，在任何操作界面下，只要按下该快捷键，即可立即调出所需的波形。

欲修改该快捷键所调用的波形，按 **Utility** → **用户键**，打开下图所示的快捷波形定义界面。按屏幕右侧的菜单软键选择一个类别后，使用旋钮选择所需的波形（如“AbsSine”），按 **选择** 键打开第 2/2 页菜单，按 **选择** 软键选中指定的波形。

注意：对于任意波形，仅当仪器内部存储器中指定的存储位置已存储任意波形时，才能在指定波形后使用 **User** 键成功调用所选的任意波形。

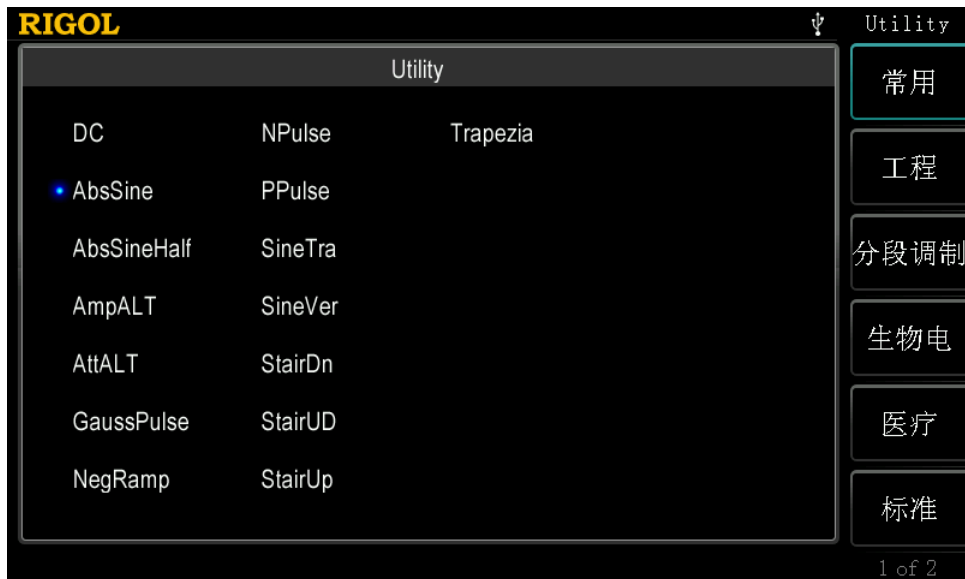
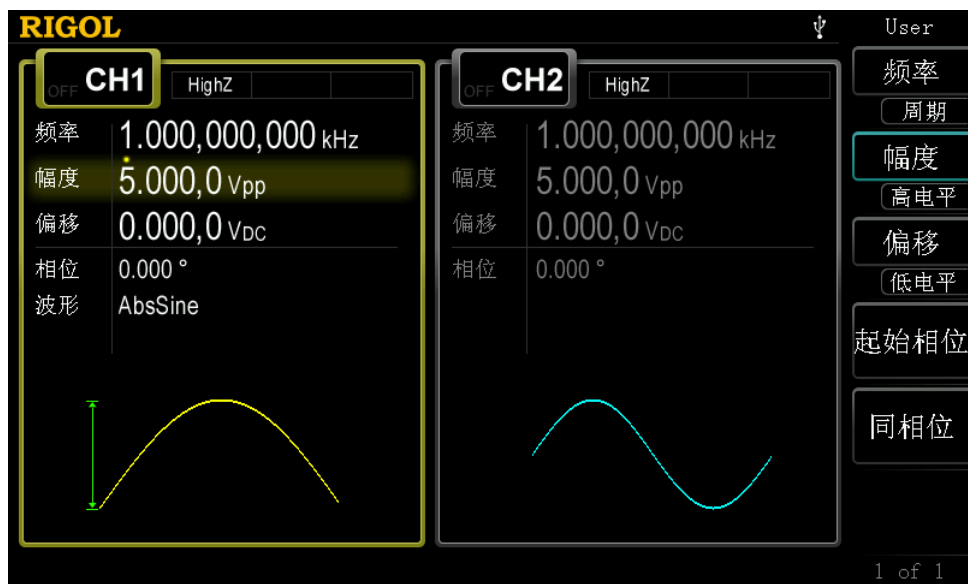


图 10-5 波形定义界面

之后，在任何界面下按 **User** 键，对应的通道（如果当前已打开）将输出所选的波形，您还可以更改波形参数。

图 10-6 按 **User** 键快速调用波形

## 还原预设配置

将系统恢复到出厂默认状态或已存储状态。

- 出厂默认状态：参数值如下表所示。注意：带“\*”的项目不受恢复出厂值操作的影响。
- 已存储状态：对应于用户存储在内部存储器的 10 个状态文件。

按 **Utility** → **预置值**，选择“默认值”或“自定义 1”至“自定义 10”。之后，在任意状态下，按下前面板 **Preset** 按键，仪器切换到指定的状态。注意：在选中“自定义 1”至“自定义 10”之前，请确保对应的存储位置已存有有效的状态文件。

表 10-1 出厂默认值

参数	出厂默认值
<b>通道参数</b>	
当前载波	Sine
输出阻抗	高阻
同步输出	打开
同步极性	正极性
输出极性	常规
噪声叠加	关闭
噪声比例	10%
耦合开关	关闭
耦合基准	CH1
相位差	0°
频率差	0μHz
幅度差	0Vpp
<b>基本波</b>	
频率	1kHz
幅度	5Vpp
幅度单位	Vpp
偏移	0V <sub>DC</sub>
起始相位	0°
方波占空比	50%
锯齿波对称性	50%

脉冲占空比	50%
脉冲宽度	500 $\mu$ s
脉冲上升沿	1.9531 $\mu$ s
脉冲下降沿	1.9531 $\mu$ s
<b>任意波</b>	
内建任意波	Sinc
逐点输出	关闭
<b>谐波</b>	
谐波次数	2
谐波类型	偶次谐波
谐波幅度	1.264,7Vpp
谐波相位	0°
<b>AM 调制</b>	
调制源	内部
调制波	正弦波
调幅频率	100Hz
调制深度	100%
<b>FM 调制</b>	
调制源	内部
调制波	正弦波
调频频率	100Hz
频率偏差	1kHz
<b>PM 调制</b>	
调制源	内部
调制波	正弦波
调相频率	100Hz
相位偏差	90°
<b>PWM 调制</b>	
调制源	内部
调制波	正弦波

调制频率	100Hz
宽度偏差	200 $\mu$ s
占空比偏差	20%
<b>ASK 调制</b>	
调制源	内部
ASK 速率	100Hz
调制幅度	2Vpp
ASK 极性	正极性
<b>FSK 调制</b>	
调制源	内部
FSK 速率	100Hz
跳频	10kHz
FSK 极性	正极性
<b>PSK 调制</b>	
调制源	内部
PSK 速率	100Hz
PSK 相位	180°
PSK 极性	正极性
<b>BPSK 调制</b>	
码速率	100Hz
相位	180°
数据源	PN15
<b>QPSK 调制</b>	
码速率	100Hz
相位 1	45°
相位 2	135°
相位 3	225°
数据源	PN15
<b>3FSK 调制</b>	
键控频率	100Hz

跳频 1	100Hz
跳频 2	100Hz
<b>4FSK 调制</b>	
键控频率	100Hz
跳频 1	100Hz
跳频 2	100Hz
跳频 3	100Hz
<b>OSK 调制</b>	
调制源	内部
键控频率	1kHz
振荡时间	100 $\mu$ s
<b>扫频</b>	
扫频类型	线性
步进数	2
扫频时间	1s
起始保持	0s
终止保持	0s
返回时间	0s
起始频率	100Hz
终止频率	1kHz
中心频率	550Hz
频率跨度	900Hz
标记频率	关闭
触发源	内部
触发输出	关闭
触发输入	上升沿
<b>脉冲串</b>	
脉冲串模式	N 循环
循环数	1
起始相位	0°
延时	0s
门控极性	正极性

触发源	内部
触发输出	关闭
触发输入	上升沿
脉冲周期	10ms
<b>系统参数</b>	
DHCP	打开
自动 IP	打开
手动 IP	关闭
蜂鸣器	打开
开机设置	默认值
屏幕保护	打开
时钟源	内部
小数点	点号
分隔符	逗号
亮度*	取决于出厂时的设置
语言*	取决于出厂时的设置
打印路径	U 盘
图片格式	Bmp
<b>频率计</b>	
灵敏度	50%
触发电平	0V
输入阻抗	高阻
耦合	AC
衰减	×1
高频抑制	关闭
闸门时间	1ms
测量项	频率
统计功能	关闭
显示形式	数字



## 使用外部功率放大器（选件）

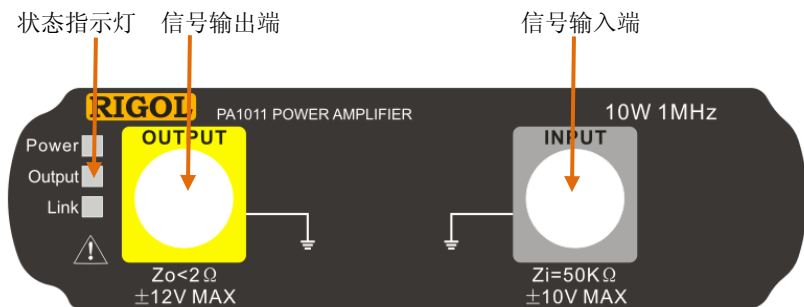
DG4000 可以连接外部功率放大器，并配置功率放大器的参数，将信号放大后再输出。欲使用外部功率放大器，请安装 PA1011 选件。

PA1011 是 **RIGOL** 公司 DG 系列函数/任意波形发生器的一款选配附件。它的全功率带宽高达 1MHz，输出摆率大于 80V/ $\mu$ s。它既可以和 DG 全系列产品连接从而快速地搭建测试平台，又可以作为单独的功率放大器配合其它的信号发生器使用。

### PA1011 主要特色：

- 通过 USB 接口与 **RIGOL** DG 系列信号发生器或 PC 通讯，操作灵活，简单。
- 通过 **RIGOL** DG 系列信号发生器或 PC 软件，用户可以灵活的设置放大器的增益（X1 或 X10）、极性（同相或反相）、输出偏移和输出开关。
- 具有 50k $\Omega$  的高输入阻抗。
- 完整的输出保护电路（输出过流保护、内部温度异常保护），确保仪器稳定、可靠、安全的工作。
- 体积小巧，便于携带，使用方便。

## 前面板:



## 状态指示灯

Power: 红灯亮, 表示电源连接成功。

Output: 绿灯亮, 表示输出开关已打开。

Link: 黄灯亮, 表示 USB 连接成功。

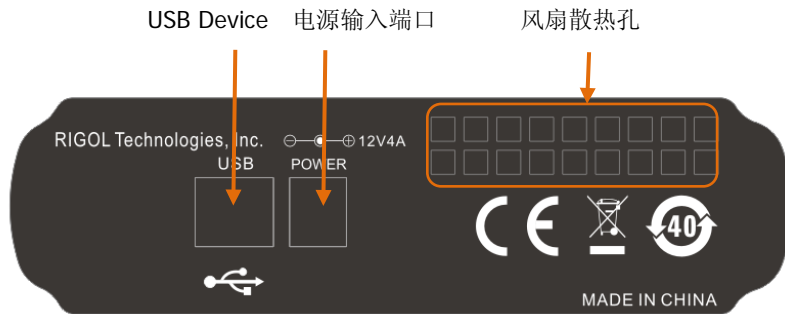
**注意**

仪器输入阻抗  $Z_i=50k\Omega$ 。电压增益为 X1 时输入电压范围为:  $-10V\sim+10V$ ;  
电压增益为 X10 时输入电压范围为:  $-1.25V\sim+1.25V$ , 超出此范围的输入  
可能损坏仪器或发生危险。

**注意**

仪器输出阻抗  $Z_o<2\Omega$ 。输出电压范围为  $-12V\sim+12V$ 。实际输出电压可以达到  $\pm 12.5V$ , 但波形的总谐波失真会增加。

## 后面板：

**注意**

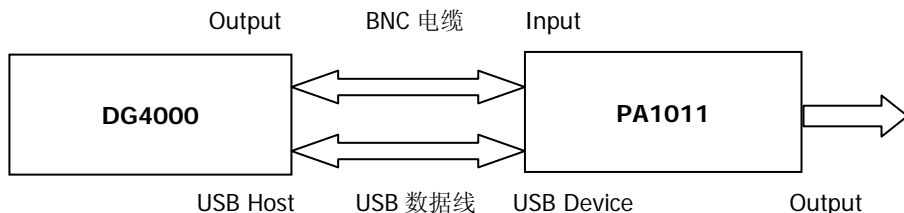
请勿使用其它输出类型的适配器给 PA1011 供电，否则会造成仪器性能下降或永久性损坏。

**注意**

在操作 PA1011 时，请确认没有遮挡物遮住 PA1011 侧面的通风孔和后面板的风扇散热孔，以免影响其正常工作。

## PA1011 附件：

名称	数量	说明
电源线	1	将交流电连接至电源适配器中。
电源适配器	1	输出 12V, 4A 的信号。
USB 数据线	1	连接 PA1011 与 DG4000。
BNC 电缆	1	连接 PA1011 与 DG4000。
光盘	1	提供 PA1011 的 PC 软件安装程序。

**连接 DG4000 与 PA1011:**

按上图所示成功连接 DG4000 与 PA1011 后，按 **Utility** → **PA 设置**，打开功率放大器参数设置界面。

**1. 开关**

按下该键后，可以“打开”或“关闭”外部功率放大器。打开时，PA 将输入信号（即信号发生器的输出信号）进行功率放大并输出，关闭时，PA 无输出。

**2. 增益**

按下该键后，选择在功率放大器输出端信号放大的增益为“X1”或“X10”，“X1”表示无增益输出，“X10”表示将信号放大 10 倍后输出。

**3. 输出**

按下该键后，选择在功率放大器的输出端信号是“常规”还是“反相”输出。请注意与 DG4000 本身的“输出极性”的区别。

**4. 偏置**

按下该键后，可以“打开”或“关闭”在功率放大器输出端的输出偏移量。选择“打开”时，可以使用数字键盘或方向键和旋钮设置偏移值，可设置范围为-12V 至 12V，默认为 0V。

**5. 存储**

按下该键后，可以将功率放大器当前的工作状态存储到其内部存储器中。下次“打开”功率放大器时，它将自动调用上次保存的工作状态。

**提示**

欲了解 PA1011 的技术参数，请参考“**附录 B: 功率放大器技术参数**”。

## 锁定按键

您可以使用按键锁定命令锁定前面板上的任一按键或全部按键（不包含电源键）。

### 1. 按键锁定命令介绍

```
:SYSTem:KLOCK <key>,{ON|OFF|0|1}          /*锁定或解锁指定按键*/
:SYSTem:KLOCK? <key>                        /*查询指定按键是否被锁定*/
```

其中，参数<key>用于指定按键，取值范围如下：

SINE SQUARE RAMP PULSE NOISE  ARB HARMONIC USER	/*波形选择键*/
MOD SWEEP BURST	/*模式选择键*/
UTILITY STORE HELP PRINT EDIT PRESET	/*快捷键/辅助功能键*/
M1 M2 M3 M4 M5 M6	/*菜单软键*/
RETURN	/*返回上一级菜单键*/
PAGE	/*菜单翻页键*/
OUTPUT1 OUTPUT2 CH1 CH2 TRIGGER1  TRIGGER2 CHCOPY	/*通道控制键*/
LEFT RIGHT KNOB	/*方向键和旋钮*/
NUM0 NUM1 NUM2 NUM3 NUM4 NUM5  NUM6 NUM7 NUM8 NUM9 DOT SIGN  ENTER CANCEL DELETE	/*数字键盘*/
COUNTER	/*频率计*/
ALL	/*前面板全部按键（不包含电源键）和旋钮*/

参数{ON|OFF|0|1}用于锁定或解锁按键，取值为 ON|1 时表示锁定指定的按键，取值为 OFF|0 时表示解除锁定指定的按键。

## 2. 锁定或解锁按键的 3 种方式

### (1) 通过 Ultra Sigma 发送命令锁定或解锁指定按键

- 建立信号发生器与计算机的通信。
- 运行 Ultra Sigma 并搜索仪器资源。
- 打开远程命令控制面板，发送命令即可。

### (2) 自编程发送命令锁定或解锁指定按键

- 建立信号发生器与计算机的通信。
- 使用 LabVIEW、C#等编程语言编程发送命令。

### (3) 通过读取 U 盘中的命令文件锁定或解锁指定按键

命令文件的内容和格式要求如下。



- 文件名后缀必须为 “.scpi”。
- 文件内容要求：
  - 第 1 行：锁定或解锁指定按键的命令；
  - 第 2 行：空行（不可省略）。

注意：命令文件的内容可以包含多行（如 N 行）。前 N-1 行为锁定或解锁指定按键的命令，第 N 行为空行。此时，通过仪器读取该文件可以执行 N-1 次锁定或解锁操作。

#### 步骤：

- 编辑符合上述要求的命令文件并保存到 U 盘中。
- 开机并插入 U 盘后，按 **Store** 键进入存储和读取界面。
- 在存储和读取界面中，参考“存储与调用”一节的内容按如下步骤完成命令文件的读取。

选择 D 盘 → 按 **文件类型** 选择“所有文件” → 选择上述文件 → 按 **读取** 软键。

## 第11章 远程控制

远程控制 DG4000 主要有以下两种方式：

### 用户自定义编程

用户可以通过标准 SCPI（Standard Commands for Programmable Instruments）命令对 DG4000 进行编程控制。有关命令和编程的详细说明请参考《DG4000 编程手册》。

### 使用 PC 软件

用户可以使用 PC 软件发送命令对 DG4000 进行远程控制。推荐使用 **RIGOL** 提供的 PC 软件 Ultra Sigma。您可以登录 **RIGOL** 官网（[www.rigol.com](http://www.rigol.com)）下载 Ultra Sigma 软件的最新版本。

DG4000 可以通过 USB、LAN 仪器总线与 PC 进行通信。本章将详细介绍如何使用 Ultra Sigma 通过各种接口对 DG4000 进行远程控制。

本章内容如下：

- 通过 USB 控制
- 通过 LAN 控制

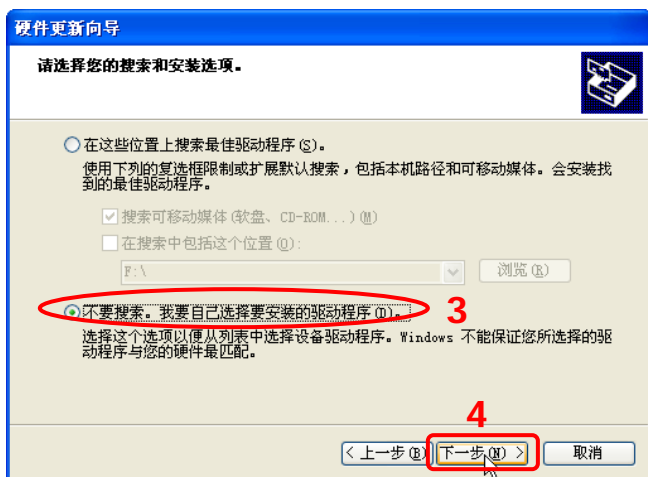
## 通过 USB 控制

### 1. 连接设备

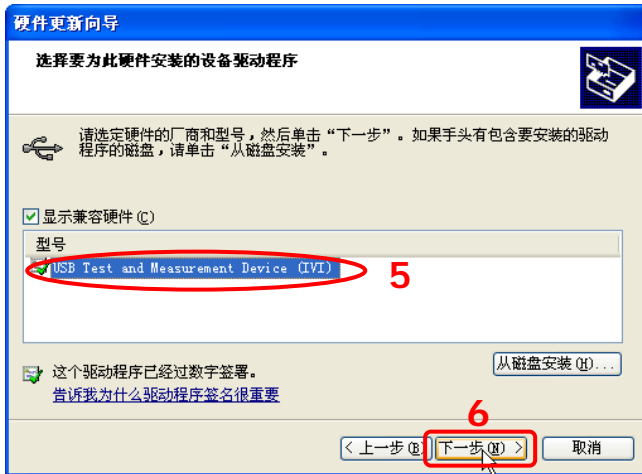
使用 USB 数据线将信号发生器（USB Device）与 PC 相连。

### 2. 安装 USB 驱动


本信号发生器为 USBTMC 设备。首次将信号发生器与 PC 正确连接并且开机后（信号发生器将自动配置为 USB 接口，请按 **Utility** → **接口设置** → **USB 设备** 确保当前选择“计算机”），PC 将弹出下图所示的硬件更新向导对话框，请按照向导的提示安装“USB Test and Measurement Device (IVI)” 驱动程序。步骤如下：







### 3. 搜索设备资源

打开 Ultra Sigma，软件将自动搜索当前通过 USB 接口连接至 PC 中的仪器资源，您也可以点击  进行搜索。

### 4. 查看设备资源

已搜索到的资源将出现在“RIGOL Online Resource”目录下，并且显示仪器的型号和 USB 接口信息。

例如：DG4162 (USB0::0x1AB1::0x0641::DG410520023::INSTR)。

### 5. 进行远程控制

右击资源名“DG4162 (USB0::0x1AB1::0x0641::DG410520023::INSTR)”，选择“SCPI Panel Control”，打开远程命令控制面板，即可通过该面板发送命令和读取数据。

## 通过 LAN 控制

### 1. 连接设备

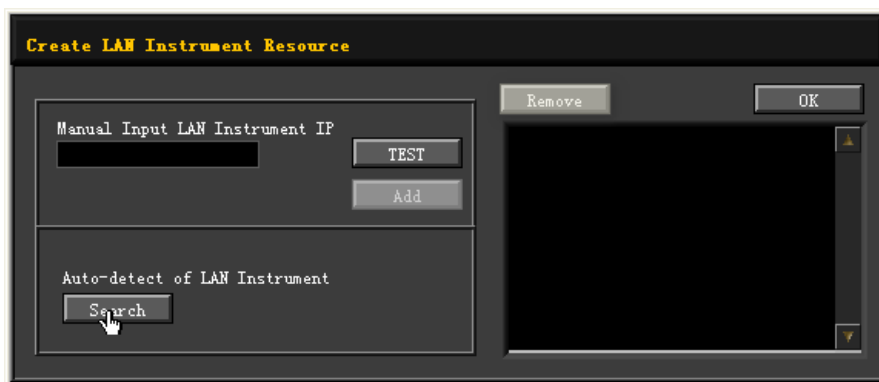
使用网线将信号发生器连接到您的局域网中。

### 2. 配置网络参数

根据“设置网络参数”一节中的说明设置信号发生器的网络参数。

### 3. 搜索设备资源

打开 Ultra Sigma，点击 **LAN**，打开下图所示面板。点击 **Search**，软件将自动搜索当前连接至局域网中的仪器资源，搜索到的仪器资源名会显示在面板右侧，点击 **OK** 即可完成添加。注意：如果您想要移除不需要的资源，请点击以选中相应资源名，然后点击 **Remove** 即可移除。



### 4. 查看设备资源

已搜索到的资源将出现在“RIGOL Online Resource”目录下。  
例如：DG4162 (TCPIP::172.16.3.190::INSTR)。

### 5. 进行远程控制

右击资源名“DG4162 (TCPIP::172.16.3.190::INSTR)”，选择“SCPI Panel Control”，打开远程命令控制面板，即可通过该面板发送命令和读取数据。

### 6. 加载 LXI 网页

本信号发生器符合 LXI Core 2011 Device 仪器标准，通过 Ultra Sigma（右击仪器资源名，选择“LXI-Web”）可以加载 LXI 网页。网页上显示仪器的各种重要信息，包括仪器型号、制造商、序列号、说明、MAC 地址和 IP 地址等。

在 LXI 网页中，点击网页左侧的“Network Settings”，然后在弹出的窗口中（用户名默认为空）输入初始密码“123456”（不含双引号）并确定即可查看或修改仪器当前的网络设置。此外，您还可以点击网页左侧的“Security”重置密码。

**提示**

您也可以通过在计算机浏览器的地址栏输入信号发生器的 IP 地址加载 LXI 网页。

## 第12章 故障处理

下面列举了 DG4000 在使用过程中可能出现的故障及排查方法。当您遇到这些故障时，请按照相应的步骤进行处理，如不能处理，请与 **RIGOL** 公司联系，同时请提供您仪器的设备信息（获取方法：**Utility** → **系统设置** → **系统信息**）。


### 1. 如果按下电源开关信号发生器仍然黑屏，没有任何显示：

- (1) 检查电源接头是否接好。
- (2) 检查电源开关是否按实。
- (3) 做完上述检查后，重新启动仪器。
- (4) 如果仍然无法正常使用本产品，请与 **RIGOL** 联系。

### 2. 屏幕显示太暗，看不清：

- (1) 检查屏幕的亮度设置值是否太小。
- (2) 按 **Utility** → **系统设置** → **亮度**，使用数字键盘或旋钮调节信号发生器屏幕的亮度至合适的状态。

### 3. 信号发生器被锁定：

- (1) 检查信号发生器是否工作在远程控制模式（用户界面状态栏显示  标志）。按 **Burst** 键可退出远程控制模式，解锁前面板。
- (2) 重新启动信号发生器的电源，也可解除锁定。
- (3) 检查信号发生器前面板按键是否被锁定。若被锁定，请参考“**锁定按键**”一节的内容解锁前面板按键。

### 4. 设置正确但无波形输出：

- (1) 检查 BNC 电缆是否与相应的通道输出端口（**[Output]**）紧固连接。
- (2) 检查 BNC 线是否有内部损伤。
- (3) 检查 BNC 线是否与测试仪器紧固连接。
- (4) 检查 **Output1** 或 **Output2** 键背灯是否点亮。如果未点亮，按下相应按键使其背灯点亮。
- (5) 做完上述检查后，将 **Utility** → **系统设置** → **开机设置** 设为“上次值”，然后重新启动仪器。
- (6) 如果仍然无法正常使用本产品，请与 **RIGOL** 联系。

## 5. U 盘不能被识别:

- (1) 检查 U 盘连接至其他仪器或计算机上是否可以正常工作。
- (2) 确认使用的为 FAT32 格式的 Flash 型 U 盘, 本仪器不支持硬盘型 U 盘。
- (3) 重新启动仪器后, 再插入 U 盘进行检查。
- (4) 如果仍然无法正常使用 U 盘, 请与 **RIGOL** 联系。

## 6. 如何以 dBm 为单位设置波形的幅度?

- (1) 按 **CH1** 或 **CH2** 键选择所需通道。
- (2) 检查 **Utility** → **CH1 设置** (或 **CH2 设置**) → **阻抗** 是否为“高阻”。若是, 此时无法以 dBm 为单位设置波形的幅度, 请按 **阻抗** 选择“负载”并使用数字键盘或方向键和旋钮设置合适的负载值。
- (3) 选择所需的波形, 按 **幅值/高电平** 使“幅值”突出显示, 通过数字键盘输入所需的数值, 在弹出的菜单中选择单位 dBm 即可。

## 7. 性能校验测试没有通过:

- (1) 检查信号发生器是否在校准周期内 (校准周期为 1 年)。
- (2) 确认是否在测试之前将信号发生器预热了至少 30 分钟。
- (3) 检查信号发生器是否处于规定环境温度下。
- (4) 检查测试是否处于强磁环境下进行。
- (5) 检查信号发生器以及测试系统的供电是否有强干扰。
- (6) 检查使用的测试设备的性能是否符合要求。
- (7) 检查使用的测试设备是否在校准周期内。
- (8) 检查使用的测试设备是否在其手册要求的工作条件下。
- (9) 检查所有的连接是否紧固。
- (10) 查看所有的线缆是否有内部损伤。
- (11) 确保操作符合性能校验手册要求的设置和流程。
- (12) 确认误差计算是否有失误。
- (13) 正确理解本产品对“典型值”的定义: 指产品在特定条件下的性能指标。

## 第13章 技术参数

除非另有说明，所有技术规格在以下两个条件成立时均能得到保证。

- 信号发生器处于校准周期内并执行过自校准。
- 信号发生器在规定的操作温度（18℃至 28℃）下连续运行 30 分钟以上。

除标有“典型”字样的规格以外，所用规格都有保证。

型号	DG4202	DG4162	DG4102	DG4062
通道	2	2	2	2
最高频率	200MHz	160MHz	100MHz	60MHz
采样率	500MSa/s			
<b>波形</b>				
标准波形	正弦波、方波、锯齿波、脉冲、噪声、谐波			
任意波	Sinc、指数上升、指数下降、心电图、高斯、半正矢、洛仑兹、双音频、DC 电压等 共计 150 种			
<b>频率特性</b>				
正弦波	1μHz 至 200MHz	1μHz 至 160MHz	1μHz 至 100MHz	1μHz 至 60MHz
方波	1μHz 至 60MHz	1μHz 至 50MHz	1μHz 至 40MHz	1μHz 至 25MHz
锯齿波	1μHz 至 5MHz	1μHz 至 4MHz	1μHz 至 3MHz	1μHz 至 1MHz
脉冲波	1μHz 至 50MHz	1μHz 至 40MHz	1μHz 至 25MHz	1μHz 至 15MHz
谐波	1μHz 至 100MHz	1μHz 至 80MHz	1μHz 至 50MHz	1μHz 至 30MHz
噪声(-3dB)	120MHz 带宽	120MHz 带宽	80MHz 带宽	60MHz 带宽
任意波	1μHz 至 50MHz	1μHz 至 40MHz	1μHz 至 25MHz	1μHz 至 15MHz
分辨率	1μHz			
准确度	±2ppm, 18℃至 28℃			
<b>正弦波频谱纯度</b>				
谐波失真	典型 (0dBm) DC-1MHz: <-60dBc 1MHz-10MHz: <-55dBc 10MHz-100MHz: <-50dBc 100MHz-160MHz: <-40dBc			
总谐波失真	<0.1% (10Hz-20kHz, 0dBm)			

寄生信号 (非谐波)	典型 (0dBm) ≤10MHz <-65dBc >10MHz <-65dBc+6dB/倍频程		
相位噪声	典型 (0dBm, 10kHz 偏移) 10MHz: ≤-115dBc/Hz		
<b>信号特性</b>			
<b>方波</b>			
上升/下降 时间	典型值 (1Vpp) <8ns	典型值 (1Vpp) <10ns	典型值 (1Vpp) <12ns
过冲	典型值 (100kHz, 1Vpp) <3%		
占空比	≤10MHz: 20.0%至 80.0% 10MHz-40MHz: 40.0%至 60.0% >40MHz: 50.0% (固定)		
不对称性	周期的 1%+5ns		
抖动 (rms)	典型值 (1MHz, 1Vpp, 50Ω) ≤5MHz 2ppm+500ps > 5MHz 500ps		
<b>锯齿波</b>			
线性度	≤峰值输出的 1% (典型值, 1kHz, 1VPP, 对称性 100%)		
对称性	0%至 100%		
<b>脉冲波</b>			
周期	25ns 至 1000000s	40ns 至 1000000s	66.7ns 至 1000000s
脉宽	≥10ns	≥12ns	≥18ns
上升/下降 沿	≥5ns	≥7ns	≥11ns
过冲	典型值 (1Vpp) <3%		
抖动 (rms)	典型值 (1Vpp) ≤5MHz 2ppm+500ps >5MHz 500ps		
<b>任意波</b>			
波形长度	16k 点		
垂直分辨率	14bits		



采样率	500MSa/s			
最小上升/ 下降时间	典型值 (1Vpp) <5ns			
抖动 (rms)	典型值 (1Vpp) ≤5MHz 2ppm+500ps > 5MHz 500ps			
插值方式	关闭、线性			
编辑方式	点编辑、块编辑			
<b>谐波输出</b>				
谐波次数	≤16 次			
谐波类型	偶次谐波、奇次谐波、顺序谐波、自定义			
谐波幅度	各次谐波幅度均可设置			
谐波相位	各次谐波相位均可设置			
<b>输出特性</b>				
<b>振幅 (以 50Ω 端接)</b>				
范围	≤20MHz: 1mVpp 至 10Vpp ≤70MHz: 1mVpp 至 5Vpp ≤120MHz: 1mVpp 至 2.5Vpp ≤160MHz: 1mVpp 至 1Vpp	≤20MHz: 1mVpp 至 10Vpp ≤70MHz: 1mVpp 至 5Vpp ≤100MHz: 1mVpp 至 2.5Vpp	≤20MHz: 1mVpp 至 10Vpp ≤60MHz: 1mVpp 至 5Vpp	
准确度	典型 (1kHz 正弦, 0V 偏移, >10mVpp, 自动) ±设置值的 1%±2mVpp			
平坦度 (相对于 1kHz 正弦 波, 500mVpp, 50Ω)	典型 ≤10MHz: ±0.1dB ≤60MHz: ±0.2dB ≤100MHz: ±0.4dB ≤160MHz: ±0.8dB ≤200MHz: ±1dB	典型 ≤10MHz: ±0.1dB ≤60MHz: ±0.2dB ≤100MHz: ±0.4dB ≤160MHz: ±0.8dB	典型 ≤10MHz: ±0.1dB ≤60MHz: ±0.2dB ≤100MHz: ±0.4dB	典型 ≤10MHz: ±0.1dB ≤60MHz: ±0.2dB
单位	Vpp、Vrms、dBm			
分辨率	1mV 或 3 位			
<b>偏移 (以 50Ω 端接)</b>				

范围	$\pm 5\text{Vpk ac} + \text{dc}$
准确度	$\pm$ (设置值的 1% + 5mV + 振幅的 0.5%)
<b>波形输出</b>	
输出阻抗	50 $\Omega$ (典型)
保护	短路保护, 过载自动禁用波形输出
<b>调制特性</b>	
调制类型	AM、FM、PM、ASK、FSK、PSK、BPSK、QPSK、3FSK、4FSK、OSK、PWM
<b>AM</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
调制深度	0%至 120%
调制频率	2mHz 至 50kHz
<b>FM</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
调制频率	2mHz 至 50kHz
<b>PM</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
相偏	0°至 360°
调制频率	2mHz 至 50kHz
<b>ASK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	50%占空比的方波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>FSK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	50%占空比的方波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>3FSK</b>	

载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部
调制波	50%占空比的方波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>4FSK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部
调制波	50%占空比的方波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>PSK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)
调制源	内部/外部
调制波	50%占空比的方波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>BPSK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波(DC 除外)
调制源	内部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>QPSK</b>	
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波(DC 除外)
调制源	内部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>OSK</b>	
载波	正弦波
调制源	内部/外部
振荡时间	8ns 至 499.75 $\mu$ s
键控频率	2mHz 至 1MHz
<b>PWM</b>	
载波	脉冲波
调制源	内部/外部
调制波	正弦波, 方波, 锯齿波, 噪声, 任意波
宽度偏差	脉冲宽度的 0%至 100%
调制频率	2mHz 至 50kHz
<b>外调输入</b>	

最大输入范围	75mVRMS 至 $\pm 2.5V_{ac} + dc$		
输入带宽	5MHz		
输入阻抗	1k $\Omega$		
<b>脉冲串特性</b>			
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 脉冲波, 噪声, 任意波 (DC 除外)		
载波频率	2mHz 至 100MHz	2mHz 至 100MHz	2mHz 至 60MHz
脉冲计数	1 至 1 000 000 或无限		
起始/停止相位	0° 至 360°		
内部周期	2 $\mu$ s 至 500s		
门控源	外部触发		
触发源	内部、外部、手动		
触发延迟	0ns 至 85s		
<b>扫频特性</b>			
载波	正弦波, 方波, 锯齿波, 任意波 (DC 除外)		
类型	线性、对数、步进		
方向	上/下		
起始/停止频率	1 $\mu$ Hz 至 160MHz	1 $\mu$ Hz 至 100MHz	1 $\mu$ Hz 至 60MHz
扫描时间	1ms 至 300s		
保持/返回时间	0ms 至 300s		
触发源	内部、外部、手动		
标记	同步信号的下降沿 (可编程)		
<b>频率计</b>			
测量功能	频率、周期、正/负脉冲宽度、占空比		
频率分辨率	7 位/秒 (闸门时间=1s)		
测频范围	1 $\mu$ Hz-200MHz		
周期测量	测量范围	5ns 至 16 天	
电压范围和灵敏度 (非调制信号)			
DC 耦合	直流偏移范围	$\pm 1.5V_{DC}$	输入衰减关闭
	1 $\mu$ Hz 至 100MHz	50mVRMS 至	

		$\pm 2.5V_{ac+dc}$	
	100MHz 至 200MHz	100mVRMS 至 $\pm 2.5V_{ac+dc}$	
AC 耦合	1 $\mu$ Hz 至 100MHz	50mVRMS 至 $\pm 2.5V_{pp}$	
	100MHz 至 200MHz	100mVRMS 至 $\pm 2.5V_{pp}$	
脉冲宽度和占空比测量			
频率与幅度范围	1 $\mu$ Hz 至 25MHz	50mVRMS 至 $\pm 2.5V_{ac+dc}$	DC 耦合 输入衰减关闭
脉冲宽度	最小脉宽	$\geq 20ns$	
	脉宽分辨率	2ns	
占空比	测量范围 (显示)	0%至 100%	
输入特性			
输入信号范围	破坏电压	$\pm 7V_{ac+dc}$ (衰减器 关闭)	输入阻抗=1M $\Omega$
		$\pm 70V_{ac+dc}$ (衰减 器打开)	
		5Vrms	输入阻抗=50 $\Omega$
输入调节	输入衰减	打开: 10 倍衰减; 关闭: 不衰减	
	输入阻抗	50 $\Omega$	1M $\Omega$
	耦合方式	AC	DC
	高频抑制	打开: 输入带宽=250KHz; 关闭: 输入带 宽=225MHz	
输入触发	触发电平范围	-2.5V 至 +2.5V	
	触发灵敏度范围	0%(140mV 迟滞电压) 至 100% (2mV 迟滞电压)	
闸门时间	GateTime1	1ms	
	GateTime2	10ms	
	GateTime3	100ms	
	GateTime4	1s	
	GateTime5	10s	
	GateTime6	>10s	

触发特性		
触发输入		
电平	TTL-兼容	
斜率	上升或下降（可选）	
脉冲宽度	>50ns	
反应时间	扫频：<100ns（典型） 脉冲串：<300ns（典型）	
触发输出		
电平	TTL-兼容	
脉冲宽度	>60ns（典型）	
最大频率	1MHz	
参考时钟		
相位偏移		
范围	0°至 360°	
分辨率	0.03°	
外部参考输入		
锁定范围	10MHz±50Hz	
电平	250mVpp 至 5Vpp	
锁定时间	<2s	
输入阻抗 （典型值）	1kΩ，交流耦合	
内部参考输出		
频率	10MHz ± 50Hz	
电平	3.3Vpp	
输出阻抗 （典型值）	50Ω，交流耦合	
同步输出		
电平	TTL-兼容	
阻抗	50Ω，标称值	
编程时间（典型）		
	USB 2.0	LAN
函数改变	500ms	510ms
频率改变	50ms	50ms

振幅改变	300ms	310ms
选择用户任意波	500ms	510ms
<b>一般技术规格</b>		
<b>电源</b>		
电源电压	100-240V, 45-440Hz	
功耗	小于 50W	
保险丝	250V, T2A	
<b>显示</b>		
类型	7 寸 TFT LCD	
分辨率	800 水平 × RGB × 480 垂直分辨率	
色彩	16M 色	
<b>环境</b>		
温度范围	操作: 10℃ 至 40℃ 非操作: -20℃ 至 60℃	
冷却方法	风扇强制冷却	
湿度范围	小于 35℃: ≤90%相对湿度 35℃ 至 40℃: ≤60%相对湿度	
海拔高度	操作: 3000 米以下 非操作: 15000 米以下	
<b>机械规格</b>		
尺寸 (宽×高×深)	313mm×160.7mm×116.7mm	
重量	不含包装: 3.2 kg      含包装: 4.5 kg	
<b>接口</b>		
USB Host, USB Device, LAN		
<b>IP 防护</b>		
IP2X		
<b>校准周期</b>		
建议校准间隔为一年		





## 第14章 附录

### 附录 A：附件和选件

	描述	订货号
型号	DG4202 (200MHz, 双通道)	DG4202
	DG4162 (160MHz, 双通道)	DG4162
	DG4102 (100MHz, 双通道)	DG4102
	DG4062 (60MHz, 双通道)	DG4062
标配附件	一根符合所在国标准的电源线	-
	一根 USB 数据线	CB-USBA-USBB-FF-150
	一根 BNC 电缆 (1 米)	CB-BNC-BNC-MM-100
	一本《快速指南》	-
	一份产品保修卡	-
选购附件	40dB衰减器	RA5040K
	机架安装套件	RM-DG4000
	10W功率放大器模块	PA1011
	DG4上位机软件 (高级功能软件)	Ultra Station-adv
	便携软包	BAG-G1

注意：所有附件和选件，请向当地的**RIGOL**办事处订购。

## 附录 B：功率放大器技术参数

除非另有说明，所有指标在下述两个条件下均能满足：

- 仪器必须在规定的操作温度下连续运行 30 分钟以上。
- 除标有“典型”字样的规格以外，所用规格都有保证。

信号输入	
输入阻抗	50k $\Omega$
内置偏压（输出端等效）	$\pm 12V$
外部输入	$\pm 10V_{max}$ （增益：X1） $\pm 1.25V_{max}$ （增益：X10）
放大器指标	
运行模式	恒定电压
增益	10V/1V、10V/10V 二档切换（直流增益误差：<5%）
极性切换	同相/反相
正弦输出功率有效值（ $R_L=7.5\Omega$ ）	10W（典型值，输入 Sine，100kHz，X10）
输出电压	12.5V $_{peak}$ （输入 Sine，100kHz）
输出电流	1.65A $_{peak}$ （输入 Sine，100kHz）
输出阻抗	<2 $\Omega$
全功率带宽 <sup>[1]</sup>	DC~1MHz
输出摆率 <sup>[2]</sup>	$\geq 80V/\mu s$ （典型值）
过冲	<7%
偏压指标	
偏置电压增益误差	5% $\pm 100mV$
其他	
电源	DC 12V $\pm 5\%$ , 4A $_{peak}$
输出保护	输出过流保护、内部温度异常保护
操作温度 <sup>[3]</sup>	0 $^{\circ}C$ ~+35 $^{\circ}C$
尺寸（宽 $\times$ 高 $\times$ 深）	142.2mm $\times$ 48.1mm $\times$ 215.4mm
净量	850g $\pm 20g$

注<sup>[1]</sup>：全功率带宽指的是放大器能够产生具有最大可能幅度的无失真交流输出时的最大频率。

$$\text{全功率带宽 } FPB = \frac{SR}{2\pi V_{\max}}$$

SR: Slew Rate (输出摆率)

Vmax: 放大器能够输出的最大无失真幅度

注<sup>[2]</sup>：输出摆率定义：给放大器输入一个大的阶跃信号，发现其信号输出斜率会在某处饱和成为一个固定常数，这个常数称为放大器的 Slew Rate。

注<sup>[3]</sup>：以上指标均为 25℃时的指标，PA1011 工作时的环境温度范围为 0℃至+35℃，当环境温度大于 35℃时建议用户降低输出功率和 PA1011 的工作频率。

## 附录 C：保修概要

北京普源精电科技有限公司及其授权生产的苏州普源精电科技有限公司（**RIGOL TECHNOLOGIES, INC.**）承诺其生产仪器的主机和附件，在产品保修期内无任何材料和工艺缺陷。

在保修期内，若产品被证明有缺陷，**RIGOL** 将为用户免费维修或更换。详细保修条例请参见 **RIGOL** 官方网站或产品保修卡的说明。欲获得维修服务或保修说明全文，请与 **RIGOL** 维修中心或各地办事处联系。

除本概要或其他适用的保修卡所提供的保证以外，**RIGOL** 公司不提供其他任何明示或暗示的保证，包括但不限于对产品可交易性和特殊用途适用性之任何暗示保证。在任何情况下，**RIGOL** 公司对间接的，特殊的或继起的损失不承担任何责任。

# 索引

3FSK .....	5-24	对称性.....	2-11
4FSK .....	5-26	对数扫频 .....	6-5
AC 电源输入 .....	1-12	用户自定义波形键 .....	10-22
AM.....	5-2	用户界面 .....	1-17
ASK .....	5-11	电源键.....	1-6
BPSK.....	5-20	创建任意波 .....	3-9
DDS 常开 .....	10-6	同步极性 .....	10-4
DHCP .....	10-9	同步输出 .....	10-3
DNS 服务器 .....	10-11	同步模式 .....	10-4
FM.....	5-5	同相位.....	2-9
FSK.....	5-14	后面板.....	1-12
MAC 地址 .....	10-9	扫频 .....	6-2
N 循环.....	7-2	扫频时间 .....	6-7
OSK .....	5-28	扫频触发源 .....	6-8
PictBridge.....	10-17	网络状态 .....	10-8
PM.....	5-8	自动 IP .....	10-9
PSK.....	5-17	块编辑.....	3-10
PWM.....	5-31	时钟源.....	10-14
QPSK .....	5-22	步进扫频 .....	6-6
USB Device.....	1-12	返回时间 .....	6-7
USB Host.....	1-6	阻抗 .....	10-5
VISA 描述符 .....	10-9	易失波形 .....	3-8
上升沿 .....	2-13	直流偏移 .....	2-7
下降沿 .....	2-13	线性 .....	3-9
子网掩码 .....	10-10	线性扫频 .....	6-4
门控脉冲串.....	7-4	终止保持 .....	6-8
中心频率 .....	6-3	终止频率 .....	6-2
内建波形.....	3-3	保存文件 .....	9-5
手动 IP.....	10-10	前面板.....	1-6
支撑脚 .....	1-3	复制与粘贴 .....	9-7
无限脉冲串.....	7-3	标记频率 .....	6-7
占空比 .....	2-10	点编辑.....	3-9
占空比偏差.....	5-33	相位偏差 .....	5-10
外部功率放大器 .....	10-29	相位耦合 .....	10-19

脉冲串 .....	7-2	谐波次数 .....	4-3
脉冲串延时 .....	7-6	谐波相位 .....	4-4
脉冲串极性 .....	7-6	谐波类型 .....	4-3
脉冲串周期 .....	7-6	谐波幅度 .....	4-4
脉冲串相位 .....	7-5	幅度 .....	2-5
脉宽 .....	2-12	幅度耦合 .....	10-19
宽度偏差 .....	5-33	编辑任意波 .....	3-15
振荡周期 .....	5-30	量程 .....	10-6
读取文件 .....	9-7	输出极性 .....	10-5
调制极性 .....	5-13	频率 .....	2-4
调制深度 .....	5-4	频率计 .....	8-1
起始保持 .....	6-8	频率偏移 .....	5-7
起始相位 .....	2-8	频率跨度 .....	6-3
起始频率 .....	6-2	频率耦合 .....	10-19
逐点输出 .....	3-3	耦合 .....	10-19
通道复制 .....	10-21	耦合基准 .....	10-19
检测校准 .....	10-18	噪声叠加 .....	10-6
谐波 .....	4-1	默认网关 .....	10-10