

User's Manual

8xxx 系列产品

使用手册

DC ELECTRONIC LOAD

可编程直流电子负载



引言	8
核实包装物品	8
安全信息	9
操作注意事项	11
第一章 负载尺寸以及安装.....	14
1.1 电子负载尺寸介绍.....	14
1.2 安装电子负载.....	15
1.3 安装电源线.....	15
第二章 快速入门.....	16
2.1 产品简介	16
2.2 产品特性.....	16
2.3 前面板介绍	18
2.4 LCD 状态栏功能描述.....	20
2.5 后面板介绍.....	21

2.6 开机自检.....	21
2.6.1 自检步骤.....	22
2.6.2 异常处理.....	22
第三章 功能和特性.....	24
3.1 定态操作模式功能.....	24
3.1.1 定电流操作模式(CC).....	24
3.1.2 定电压操作模式(CV).....	25
3.1.3 定电阻操作模式(CR).....	26
3.1.4 定功率操作模式(CW).....	27
3.2 顺序操作(LIST)功能.....	28
3.3 OCP 测试功能.....	31
3.4 负载效应(EFFT)功能.....	33
3.5 自动测试(AUTO)功能.....	34
3.6 动态测试功能.....	38
3.7 电池测试功能.....	42
3.8 短路模拟功能.....	44

3.9 LED 负载模拟功能	44
3.10 SWEEP 动态变频扫描	48
3.11 TIMING 时间测量	50
3.12 DCR 直流电阻测量功能	52
3.13 测量项	54
3.13.1 电压, 电流, 电阻, 功率测量	54
3.13.2 纹波测量	54
第四章 系统参数设置和存取操作	55
4.1 系统设置	55
4.1.1 开启/关闭 Von/Voff 功能	56
4.1.2 电源类型选择功能	57
4.2 参数设置	57
4.2.1 远端补偿模式	59
4.2.2 快捷调用模式	60
4.2.3 触发输出设置	61
4.3 存取操作	61

第五章 保护功能	63
5.1 过电压保护(OVP)	63
5.2 过电流保护(OCP)	64
5.3 过功率保护(OPP)	64
5.4 过温度保护(OTP)	65
5.5 输入极性反接保护(RV)	65
第六章 I/O 接口功能	66
6.1 I/O 端口简介	66
6.2 I/O 端口功能	67
第七章 技术规格	68
7.1 主要技术参数	68
第八章 通讯接口介绍	71
8.1 通讯模块简介	71
8.2 通讯口 DB9 的定义	71
8.3 通讯协议	72

8.4 SCPI 通讯指令	72
---------------------	----

引言

感谢您选择常州市和普电子科技有限公司制造的“8xxx 系列直流电子负载测试仪”。为了使您的仪器发挥最佳性能，请首先阅读本手册，并将它保留好，供将来参考使用。

注册商标

Windows 和 Excel 是微软公司在美国和/或其它国家的注册商标。

核实包装物品

接收到仪器时，请仔细检查，确保在运输途中仪器没有受损。此外，还需特别检查配件、面板开关和连接器。如果发现仪器损坏或仪器未能按说明书写的那样运行，请与经销商或和普电子科技代表处联系。

如要运输此仪器，应使用原包装，并用双层纸箱包装。运输途中的损坏不在保修范围内。

核实包装物品：

	项目	数量
1	电子负载	1
2	使用手册	1
3	CD	1
4	RS232 通讯线缆	1
5	测试线	1
6	电源线	1




安全信息

仪器的设计符合 IEC 61010 安全标准，装运前已经彻底通过安全试验。但如果使用时操作不当，可能造成伤亡事故，同时损坏仪器。使用前应确保通读理解本说明书及其规定的注意事项。对于非因仪器本身缺陷造成的事故和伤害，我公司不承担任何责任。

安全标志

本手册包含有安全操作仪器所必须的信息和警告，这些都是保证仪器处于安全操作状态所必需的。使用前，必须仔细阅读以下安全注意事项。



本手册中， 号所示为特别重要的信息，用户在使用机器前应仔细阅读。 号刷在仪器上，表示用户必须对照手册中相应主题（标有  号），然后才能使用相应功能。



表示 DC（直流）。



表示保险丝



表示接地端

手册中的以下符号，表示较重要的注意事项和警告。

▲ 危险	表示操作不当，极为危险，可导致用户重伤或死亡。
-------------	-------------------------

▲ 警告	表示操作不当，非常危险，可能导致用户重伤或死亡。
-------------	--------------------------

▲ 注意	表示操作不当，可能导致用户受伤或损坏仪器。
-------------	-----------------------

注记	表示与仪器的性能或正常操作方法有关的议项。
-----------	-----------------------

操作注意事项

操作温度和湿度：

0 至 40°C , 80%RH 以下（无凝结）

确保精度的温湿度范围：

23 ± 5°C , 80%RH 以下（无凝结）

为避免故障或损坏仪器，切勿将测试仪放置在以下场合：

- 阳光直射高温的场所
- 会喷溅到液体温度高，出现凝结的场所
- 暴露在灰尘较多的场所
- 腐蚀性或爆炸性气体充斥的场所
- 存在强电磁场，电磁辐射的场所
- 机械振动频繁的场所

预先检查

首次使用仪器前，核实操作是否正常，确保在仓储或运输途中没有损坏。如果发现任何损坏，请与经销商或和普电子科技代表处联系。

⚠ 警告	使用仪器前，确保测试线是否绝缘良好，导体是否暴露。如果发生类似情况，使用此仪器可能有电击危险，请与经销商或和普电子科技代表联系更换设备。
-------------	--

仪器的使用

⚠ 危险	<ul style="list-style-type: none">● 为了避免发生电击，不要拆卸仪器外壳。● 请勿使用已损坏的设备，或者尝试自行维修已损坏的设备。● 请勿在可拆卸的封盖被拆除或松动的情况下使用本设备。
-------------	---

⚠ 警告	<ul style="list-style-type: none">● 请注意您的电源供电是否满足设备的供电要求。● 在操作电子负载供应器之前，您应首先确定电子负载接地良好。● 请使用生产厂家所提供的电缆连接设备。● 使用具有适当额定负载的电线，所有负载电线的容量必须能够承受电源的最大短路输出电流而不会发生过热。● 如果有多个负载，则每对负载电线都必须能安全承载电源的满载额定短路输出电流。● 严禁将本设备使用于生命维持系统或其他任何有安全要求的设备上。
-------------	---

<p>⚠ 注意</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 在连接设备之前，请观察设备上的所有标记。 ● 若未按照制造商指定的方式使用设备，则可能会破坏该设备提供的保护。 ● 请使用干布清洁设备外壳，请勿清洁仪器内部。 ● 该负载是电能转换热的设备，堵塞设备的通风孔会导致严重后果。 ● 在搬动和操作仪器时，应防止物理撞击，并严格防止仪器掉落。
--------------------	--

<p>注记</p>	<p>仪器用完后，应关闭电源。</p>
------------------	---------------------

测量注意事项

<p>⚠ 危险</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 切勿测试 150 VDC 以上电压。 ● 切勿测试 160 VDC 以上对地电压。 ● 切勿测试交变电压。 ● 确保测试线连接正确。 ● 测量过程中应戴橡胶手套或类似橡胶材料的手套。
--------------------	---

<p>注记</p>	<p>为了保证测量精度，建议温机半小时后开始操作。</p>
------------------	-------------------------------

第一章 负载尺寸以及安装

1.1 电子负载尺寸介绍

8xxx 系列 600W-1200W 电子负载仪器详细尺寸。

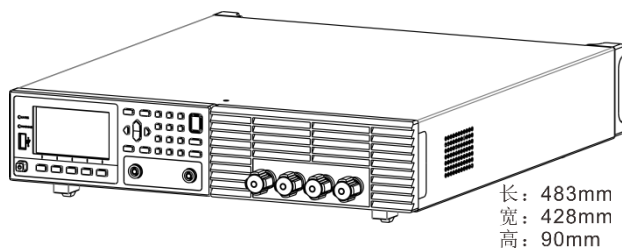


图 1.1 仪器尺寸

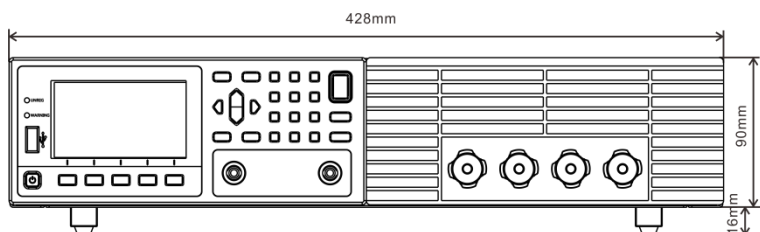


图 1.2 仪器详细尺寸 1

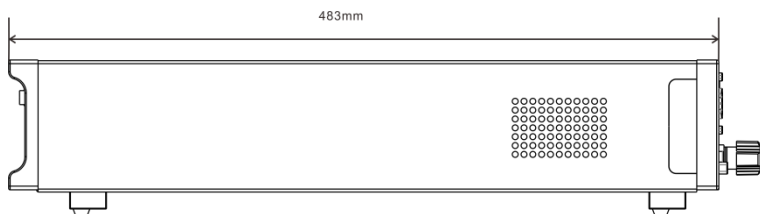


图 1.3 仪器详细尺寸 2

1.2 安装电子负载

本仪器需要安装在通风环境良好，尺寸合理的空间。请根据以下电子负载尺寸介绍选择合适的空间安装。

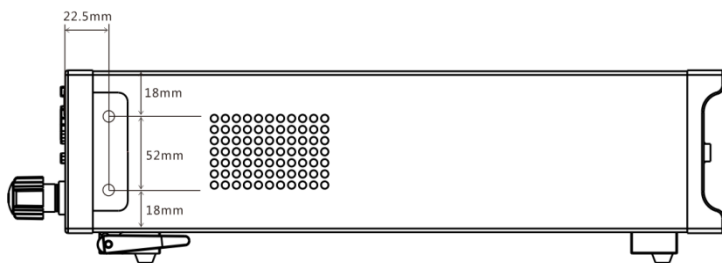
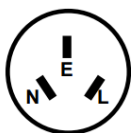


图 1.6 负载装配尺寸图

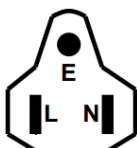
机器提供机柜安装孔，负载两侧外壳与面板连接处，沿缝隙拆卸后可看到上下各两个螺丝位置，拆下后即可用于机柜安装定位。

1.3 安装电源线

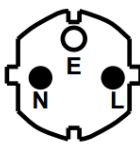
连接标准配件电源线，确保电子负载已经被正常供电。请从下面的电源线规格表中选择适合您所在地区电压的电源线型号。如果购买时型号不符合所在地区电压的要求，请联系经销商或厂家进行调换。



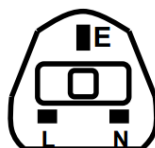
中国
IT-E171



美国，加拿大
IT-E172



欧洲
IT-E173



英国
IT-E174

第二章 快速入门

本章将介绍 8xxx 系列负载的通电检查步骤，确保负载在初始化状态下能正常启动和使用。以及 8xxx 系列负载的前面板、后面板、键盘按键功能以及 LCD 显示功能，确保在操作负载前，快速了解负载的外观、结构和按键使用功能，帮助您更好地使用本负载。

2.1 产品简介

8xxx 系列直流电子负载，是一种高精度，采用高性能微处理器控制的可编程直流电子负载。具有动态、自动测试、LED、List、OCP、EFFECT、Battery 和 Short 等多种测试功能，主要应用于电池、AC-DC、DC-DC 模块、充电器及电子元器件等产品性能测试，为设计研发和生产线测试提供最佳的解决方案。

该系列电子负载部分支持 RS232、RS485、以太网通讯接口，根据您的设计和测试的需求可提供多用途解决方案。

2.2 产品特性

- 1) 24 位真彩色液晶显示屏 (LCD) ,GUI 操作界面;
- 2) 500KHz 同步采样, 10Hz, 0.1mV/0.01mA 稳定解析度输出;
- 3) 四种基本功能模式:
 - CV 电压模式 (恒压模式)
 - CC 电流模式 (恒流模式)
 - CW 功率模式 (恒功率模式)
 - CR 电阻模式 (恒阻模式)
- 4) 多种扩展功能模式:
 - LIST 模式
可模拟多种带载状态变化。
 - OCP 模式

过流保护点测试模式。

- EFFECT 模式

负载效应测试模式。

- AUTO 模式

- 5) 真实 LED 模拟, 测试 LED 电源。
- 6) 电压/电流纹波及峰值, 谷值测试 (Vpp、Ipp) ;
- 7) 专业电池测试功能 (BATTERY) ;
- 8) 动态测试模式 (DYNA) ;
- 9) 高速动态变频扫描功能 (SWEEP)
- 10) 短路模式 (SHORT) ;
- 11) 快捷模式支持 10 组全局数据的存储与读取(SHORTCUT);
- 12) 空载模式 (OFF) ;
- 13) 支持 Von、Voff 功能;
- 14) 远端量测模式(REMOTE);
- 15) 记忆容量高达 200*8 组;
- 16) 根据温度变化, 无极伺服, 智能风扇系统;
- 17) 内建 Buzzer 作为预警提示;
- 18) 断电保持记忆功能;
- 19) USART 口升级程序;
- 20) 电气隔离通信 I/O 接口, RS232/485 , NET 网口;

2.3 前面板介绍

8xxx 系列电子负载型号前面板示意图和按键功能图。

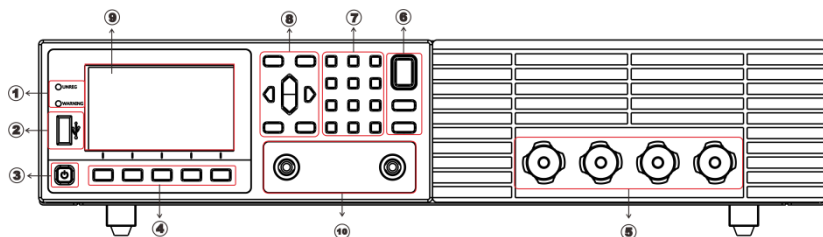




















图 2.1 前面板

- 1) LED 提示灯 (UNREG:无法带载到设定值、WARNING:报警提示) ;
- 2) USB 数据传输接口;
- 3) Power 按键开关;
- 4) 功能快捷按键;
- 5) 前端输入端子;
- 6) 操作按键;
- 7) 数字按键;
- 8) 操作按键。
- 9) LCD 显示面板;
- 10) SENSE 远端补偿端口;

按键说明表:

	电源软开关 (长按), 仪器关闭状态红色, 打开状态绿色。
   	工作模式键, CV/CC/CW/CR,分别对应恒压, 恒流, 恒功率, 恒电阻4种常用工作模式。

	在工作模式时，按SET键可以设置对应测试模式的参数。
	用来取消用户的设置，编辑框数字的取消或退回到测试界面。
	用于确认设置。
	在工作模式界面，调节光标的位置，或加载值的微调。在其它界面移动状态栏的位置。
	仪器在工作模式时，按下调出仪器模式选择按钮，选择相对应的工作模式。
	仪器在工作界面时，按下切换至MENU菜单，可选择系统设置，参数设置，存取操作，恢复出厂。
	0~9为数字输入键。  为删除退格键。
	控制电子负载的输入开关。
	长按打开/关闭键盘锁，当状态栏图标为  ，除了  其他键均无效。
	在相应的工作模式下面，触发仪器操作。

2.4 LCD 状态栏功能描述

8xxx 系列电子负载 LCD 显示界面,状态栏为最上面一行图标记。

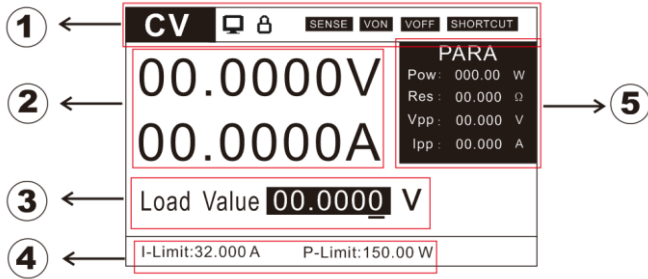







图 2.2LCD 显示界面

- ①：仪器工作模式和状态栏（下表说明）；
- ②：仪器回读值显示；
- ③：仪器当前加载值编辑框；
- ④：仪器保护限制设置；
- ⑤：仪器换算参数值显示；

状态栏图标说明：

SENSE	远端补偿功能打开，通过机器尾部 SENSE 端口采集电源输出端电压，补偿连接线损耗电压。
VON VOFF	VON 输入开启电压设置开启 VOFF 输入关闭电压设置开启
SHORTCUT	快捷键模式开启
	键盘锁，图标为时  ，键盘锁死，长按  解锁。
	当图标为  时电子负载与 PC 连接，在 PC 上发送命令进行电子负载的相关操作。

2.5 后面板介绍

8xxx 系列电子负载后面板示意图和按键功能图：

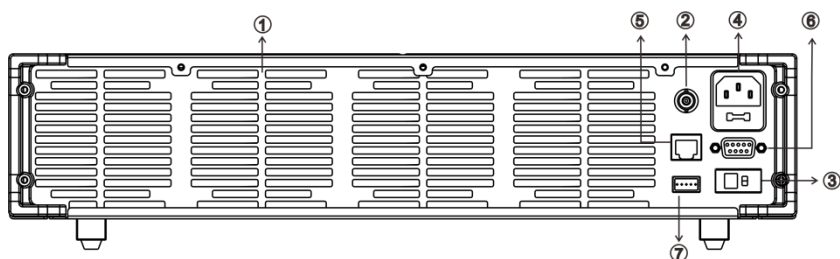


图 2.3 仪器后面板

- 1) 仪器散热孔；
- 2) 0-满量程电流，对应 0-10V 输出，可接示波器，看动态波形；
- 3) AC 110/220V 电源电压选择；
- 4) 电源插座（可接入交流 100~240V）；
- 5) WLAN 通信端口；
- 6) DB9 通信接口，RS232/485；
- 7) 触发输入输出接口，EOC 输出接口，外接电源接口；

2.6 开机自检

成功的自检过程表明用户所购买的负载产品符合出厂标准,可以供用户正常使用。在操作电子负载之前，请确保您已经了解安全须知内容。

注意

- 1) 请务必在开启电源前确认电源电压与供电电压是吻合的，否则会烧坏电子负载；
- 2) 请务必将主电源插头接入带保护接地的电源插座，没有

	保护请勿使用; 3) 接地的接线板。操作电子负载前, 您应首先确定电子负载接地良好; 4) 电子负载在接线前请注意正负极标识, 否则将烧坏电子负载。
--	--

2.6.1 自检步骤

电子负载正常自检过程如下:

- 1) 正确连接电源线, 打开电源开关, 仪器上电;
- 2) 电子负载初始化完成, LCD 显示屏显示工作模式信息。

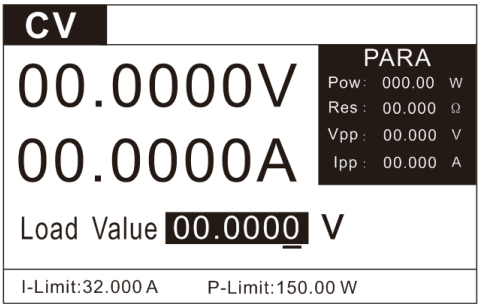


图 2.4 CV 工作模式界面

2.6.2 异常处理

当启动电子负载时, 电子负载无法正常启动, 请参见如下步骤进行检查并处理。

- 1) 检查电源线是否接入正确并确认电子负载处于被供电状态,
电源线接入良好 ——第 2 步;
电源接入错误 ——请重新连接电源线, 查看该异常是否清除。
- 2) 电源硬件是否打开。
是 ——第 3 步

否 —— 请按下 Power 键开启电源，查看该异常是否清除。

- 3) 检查电子负载的电源电压设定是否大于供电电源电压。

第三章 功能和特性

本章将详细描述电子负载的功能和特性。将会分为以下几个部分：

- 1) 定态操作功能；
- 2) LIST 顺序操作功能；
- 3) OCP 过流测试功能；
- 4) EFFT 负载效应测试功能；
- 5) AUTO 自动测试功能；
- 6) DYNA 动态测试功能；
- 7) BATT 电池测试功能；
- 8) SHORT 短路模拟功能；
- 9) LED 负载模拟功能；
- 10) SWEEP 动态变频扫描功能；
- 11) TIMEING 时间测量功能；
- 12) DCR 直流电阻测量功能；
- 13) 测量项。

3.1 定态操作模式功能

电子负载可以工作在下面四种定态操作模式中：

- 1) 定电流操作模式 (CC) ；
- 2) 定电压操作模式 (CV) ；
- 3) 定电阻操作模式 (CR) ；
- 4) 定功率操作模式 (CW) 。

3.1.1 定电流操作模式(CC)

用户选择功能键 CC，负载进入定电流模式，在定电流模式下，不管输入电压是否改变，电子负载消耗一个恒定的电流，电压与电流关系如下图所示。

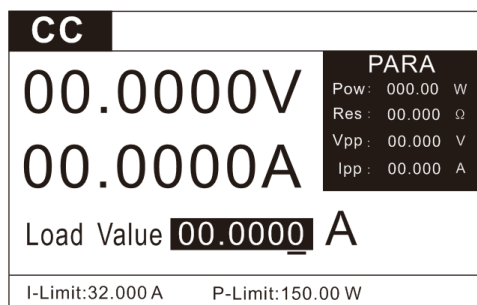
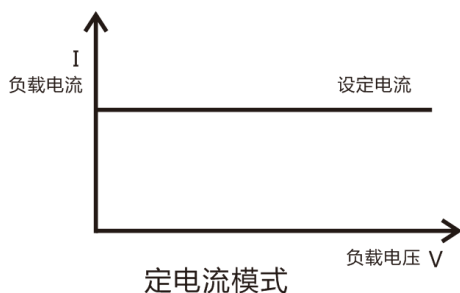






图 3.1 CC 模式测试界面

在定电流模式下，电子负载提供两种方法设置定电流值。

- 1) 在 CC 恒流模式下面，使用数字键输入电流值，按  键确认设置定电流值，按  开始/关闭带载测试。
- 2) 按  键移动光标位置，按  键调整对应位置上的值。

3.1.2 定电压操作模式(CV)

在定电压模式下，电子负载将消耗足够的电流来使输入电压维持在设定的电压上。

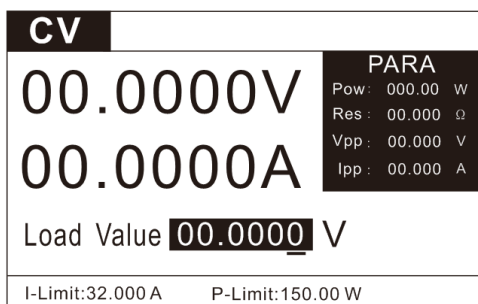
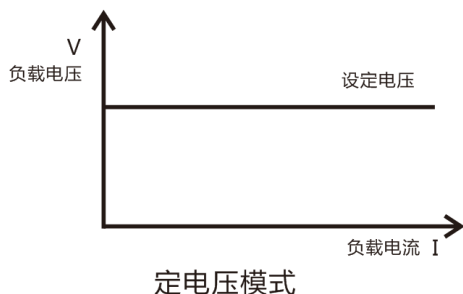





图 3.2 CV 模式测试界面

在定电压模式下，电子负载提供两种方法修改定电压值。

- 1) 在 CV 恒压模式下面，使用数字键输入电压值，按  键确认设置

定电压值；按  开始/关闭带载测试。

- 2) 按  键移动光标位置，按  键调整对应位置上的值。

3.1.3 定电阻操作模式(CR)

在定电阻模式下，电子负载被等效为一个恒定的电阻，如下图所示，电子负载会随着输入电压的改变来线性改变电流。

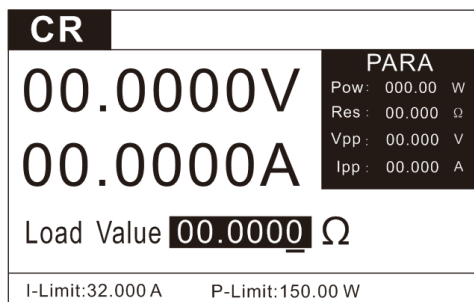
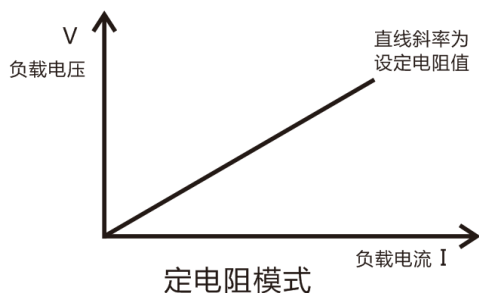


图 3.3 CR 模式测试界面

在定电阻模式下，电子负载提供两种方法修改定电阻值。

- 1) 在 CR 恒电阻模式下面，使用数字键输入电阻值，按 **ENTER** 键确认

设置定电阻值；按 **ON/OFF** 开始/关闭带载测试。

- 2) 按 **←** 键移动光标位置，按 **↑/↓** 键调整对应位置上的值。在恒电阻模式下面，可以修改仪器的工作环路（详见参数设置）。

3.1.4 定功率操作模式(CW)

在定功率模式下，电子负载将消耗一个恒定的功率，如下图所示，如果输入电压升高，则输入电流将减少，功率 $P(=V * I)$ 将维持在设定功率上。

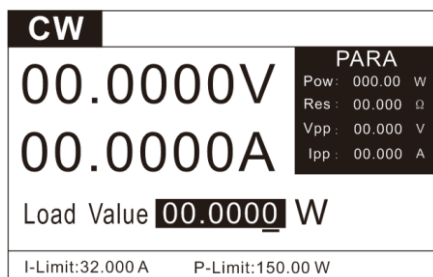
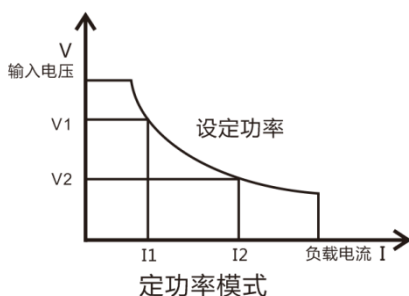


图 3.4 CW 模式测试界面

在定功率模式下，电子负载提供两种方法修改定功率值。

- 1) 在 CW 恒功率模式下面，使用数字键输入功率值，按 **ENTER** 键确认

设置定功率值；按 **ON/OFF** 开始/关闭带载测试。

- 2) 按 **←→** 键移动光标位置，按 **↑/↓** 键调整对应位置上的值。

在恒功率模式下面，可以修改仪器的工作环路（详见参数设置）。

3.2 顺序操作(List)功能

List 模式可以准确高速的完成复杂的任意电流变化模式，并且这个变化模式可与内部或者外部信号同步，完成多准位带载的精密测试。可以帮客户大大的节约成本。

LIST

00.0000V

00.0000A

文件：01 步数：001

PARA

Pow: 000.00 W
Res: 00.000 Ω
Vpp: 00.000 V
Ipp: 00.000 A

I-Limit:32.000 A P-Limit:152.00 W

SET

图 3.5 LIST 模式测试界面

在选择不同触发源的情况下，通过编辑每一步的步值、时间和斜率，LIST 功能生成多种复杂序列，满足复杂的测试需求。负载支持最多 8 个文件，每个文件最多支持 200 步，每步都可设置电流变化斜率（SR），单步时间(10uS~50S)及每一个单步的设定值和斜率。顺序文件可被储存在非易失性内存中，供使用时快速取出。

在 LIST 操作界面按 **SET** 进入 LIST 参数编辑界面。

LIST

文件 01 模式 CONT 计数值 0000000

NO.	Curr(A)	Time(ms)	Rate(A/uS)
001	1.0000	1.000	3.000
002	2.0000	1.000	3.000
003	3.0000	1.000	3.000
004	4.0000	1.000	3.000
005	5.0000	1.000	3.000

+

-

图 3.6 LIST 编辑界面

LIST 设置参数	
参数	说明
Curr	拉载电流
Time	持续时间，设置范围 10uS ~ 50S
Rate	电流变化速率 0.001-3 A/uS
List 工作模式设置：List 测试界面→SET	
CONT	连续模式，负载连续顺序带载

CNT	计数模式，每收到一次触发信号，负载顺序拉载，并重复“CNT”个周期，结束后停止带载。CNT 参数可设置范围为 1~9999999。
STEP	单步模式，每收到一次触发信号，负载按照文件中的下一步设置参数带载。
参数设置时，按 ADD 增加一步，按 DEL 删除一步，PAGE- 往上翻一页，PAGE+ 往下翻一页。	

用户最多可编辑 8 组顺序文件。在负载操作模式为顺序操作时，当按下 ON/OFF 后，负载将开始顺序操作，直到顺序操作完成或再次按下 ON/OFF 后负载停止工作。

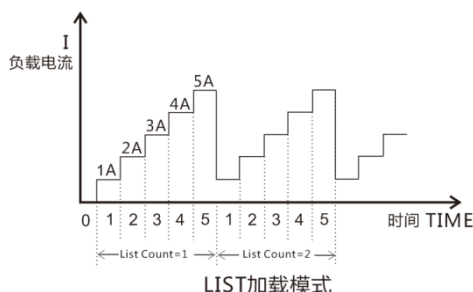


图 3.7 LIST 带载图示

测试案例：恒压源 24V，最大输出电流 5A，

测试：1A，2A，3A，4A，5A 这 5 个电压点的电流输出和电压波动情况。

设置步骤：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 LIST，按 **ENTER** 键进入 LIST 测试界面。
- 2、如图 3.5 在 list 界面下，按 **SET** 键进入设置界面，如图 3.6。
- 3、通过图 3.6 左下方的加、减按键选择需要的文件号为 1。
- 4、通过上下左右方向键选择模式为 CNT(计数功能只在 CNT 模式下有效)。
- 5、通过上下左右键设置第一步电流为 1A,带载时间为 1mS，电流速率为 3A/Us。
- 6、按 ADD 键增加步数，并设置每步参数，如图 3.6 所示。

- 7、设置完成后按 **ESC** 键退回到 list 测试界面,按 **ON/OFF** 键开始和关闭带载。
测试波形如图 3.7 所示。

3.3 OCP 测试功能

8xxx 系列电子负载具有过电流保护 (OCP) 测试功能, 在 OCP 测试模式下, 当输入电压达到 Von 值 (详见 4.1.1) 时, 电流开始工作, 每隔一定时间按步进值递增, 同时根据 OCP 电压值来检测判断电子负载输入电压是否高于 OCP 触发电平, 如果高于, 就往下运行, 并且根据截止电流值继续延时递增, 直到运行到截止电流为止。通过 OCP 电压值判断结束测试后, 再根据设置的过电流范围值来判断电流是否在范围内。

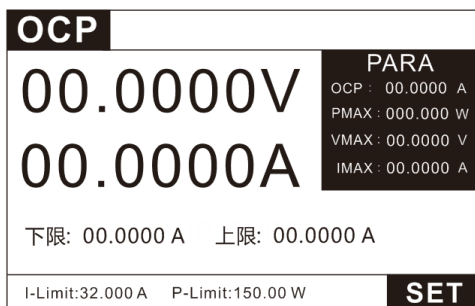
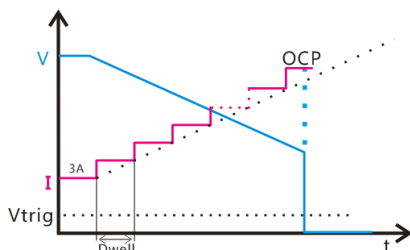


图 3.8 OCP 模式测试界面



OCP测试模式

图 3.9 OCP 带载图示

OCP	
开始电流 03.0000 A	终止电流 06.000 A
步数 00100	步进时间 0.010 S
过流上限 05.2000 A	过流下限 04.8000 A
触发电平 01.0000 V	

图 3.10 OCP 参数设置界面

OCP 参数表:

设置参数	
Istart	开始电流
Iend	终止电流
Steps	步数 (1~1000)
Dwell	步进时间 (0.01~999.99)
V trig	触发电平
Limit-L	过流下限
Limit-H	过流上限

测试案例：恒压源 24V，最大输出电流 5A。

测试：过流保护点的电流值是否在 4.8A 到 5.2A 之间。

设置步骤：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 OCP，按 **ENTER** 键进入 OCP 测试界面。
- 2、如图 3.8 在 OCP 界面下，按 **SET** 键进入设置界面，如图 3.10。
- 3、按上下左右键选择并输入如图 10 中参数。表示负载从 3A 开始带载到 6A 停止，分 100 步，每步步进 0.03A。每步延时 0.01S，当电源电压小于触发电压 1V 时，对应的电流值即为 OCP 电流值，判断电流值是否在电流上下限内。带载波形如上图 3.9。

3.4 负载效应(EFFT)功能

负载效应(EFFT)测试功能, 原理如下图所示, 负载将在 3 种不同的载荷 (I_{min} , I_{normal} , I_{max}) 下进行带载, 并分别持续预设的时间 (Delay), 然后记录下不同载荷的电压值, 最后按照下列公式, 计算出负载调整率 (Regulation)、最大压差(ΔV)、及电源内阻 (R_s)。

$\Delta V = V_{max} - V_{min}$; $R_s = \Delta V / (I_{max} - I_{min})$; $Regulation = \Delta V / V_{normal}$;

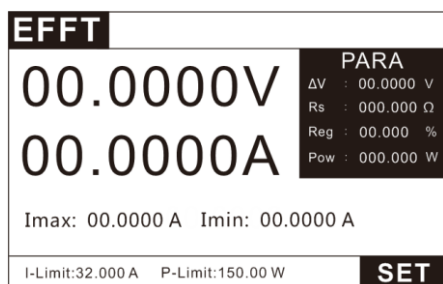


图 3.11 EFFT 模式测试界面



在 EFFT 测试界面按  进入 EFFT 参数编辑界面。

EFFT 参数设置:	
参数	说明
最小电流 (I_{min})	拉载最小工作电流
最大电流 (I_{max})	拉载最大工作电流
正常电流 (I_{nor})	拉载正常工作电流
测试时间 (Delay)	每步拉载电流持续时间

测试案例: 恒压源 24V, 输出电流 0-5A, 正常工作电流 3A.

测试: 负载调整率。

设置步骤:

- 1、按  键进入模式选择页面, 按上下键选择 EFFT, 按  键进入

EFFT 测试界面图 3.11。

- 2、如图 3.11 在 EFFT 界面下，按 **SET** 键进入设置界面。
- 3、设置最小电流 0A，最大电流 5A，正常电流 3A。测试时间 0.5S。
- 4、则负载会分别带载设置的 3 种电流，记录对应电压值，并计算 ΔV 、 R_s 、Reg。观察 Reg 测试值是否满足设计要求。

3.5 自动测试(AUTO)功能

自动测试功能被用于生产线的产品检验，负载按照文件中编辑的步骤，按顺序进行带载及测试，自动判定合格与否。负载支持最多 8 个文件，每个文件最多支持 50 步测试，每步测试可以设置带载条件 (Load)、检测类型 (SPEC) 及延时时间 (Delay)。其中延时时间可以设置为等待触发信号 (当时间大于 99.99S)，也可以是范围为 0.1S~99.99S 的任一时间。带载条件支持多种工作模式 (Mode)，不同工作模式支持的检测类型 (SPEC) 也不尽相同，详见下表描述，各模式下的带载参数也不尽相同，参见各模式相应章节介绍。



图 3.12 AUTO 自动测试界面

AUTO			
文件	01	步数	003
开始电压	05.0000 V	电压量程	HIGH
第 01 步	模式	CC	
带载值	03.0000 A		
比较类型	Volt	下限值	23.5000
		上限值	24.5000
带载时间	1.00 S	测试延时	0.50 S
		卸载时间	0.00 S
+		-	

图 3.13 AUTO 自动测试编辑界面

自动测试文件表：

AUTO 设置参数：	
文件	文件可选 1~8 个文件
步数	每个文件可以设置 0~50 个步骤
开始电压	自动开启测试的触发电压
电压量程	测试可根据情况选择大小电压量程
电流量程	测试可根据情况选择大小电流量程
第 N 步	选择指定的步骤进行参数设置
模式	说明
OFF	空载模式
CC	恒流模式
CV	恒压模式
CW	恒功率模式
CR	恒电阻模式
SHORT	短路模式
OCP	OCP 测试模式
Effect	负载效应测试模式
LED	LED 电源测试模式
比较类型设置：AUTO 参数编辑界面→比较类型	
Curr	拉载电流，在 CC, CV, CP, CR, LED 五种模式有效

Volt	输入电压, 在 CC, CV, CP, CR, LED 五种模式有效
Pow	拉载功率, 在 CC, CV, CP, CR, LED 五种模式有效
Res	等效电阻, 在 CC, CV, CP, CR, LED 五种模式有效
Vpp	纹波电压, 在 CC, CV, CP, CR, LED, DYNA 六种模式有效
Ipp	纹波电流, 在 CC, CV, CP, CR, LED, DYNA 六种模式有效
OCP	过流保护点, 在 OCP 模式中有效
Pmax	最大输出功率点, 在 OCP 模式中有效
Reg.	负载调整率, 在 Load Effect 模式中有效
ΔV	两种载荷下的电压差, 在 Load Effect 模式有效
Rs	电源串联内阻, 在 Load Effect 模式中有效
时间设置	不同模式有不同的测试时间设置
带载时间	按指定负载值带载的时间
测试延时	开始带载到读取测试值的时间
卸载时间	单步测试完成等待时间 (图 3.14)
触发输出和测试流程设置: 测试界面→按 MENU 键→系统设置→按 Enter 键→按上下键选择 输出栏目	
输出模式:	
电平 Level	电平触发 (低电平有效)
脉冲 Pulse	脉冲触发 (合格 5mS, 不合格 10mS)
输出条件:	
合格 Pass	当测试通过时, 启动触发输出(TRO)
失败 Fail	当测试失败时, 启动触发输出(TRO)
结束 End	当测试完成时, 启动触发输出(TRO)
关闭 Disable	禁止触发输出

失败动作:	
继续 Cont	当单步检测项判定不合格时, 继续完成所有测量
终止 Abort	当单步检测项判定不合格时, 立刻结束自动测试

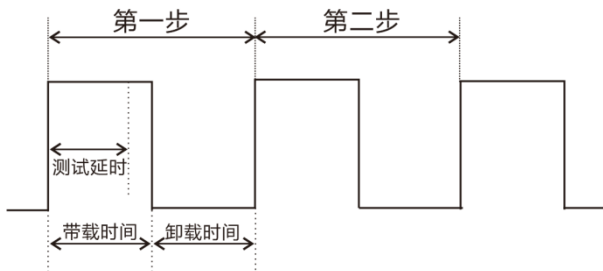


图 3.14 测试时间图

测试案例：恒压源 24V，电流输出范围 0-5A，正常工作电流 3A。






测试：电源功能综合测试。

- 1、带载能力测试：3A 正常电流，比较电压是否在 23.5~24.5 范围内。
- 2、过流保护测试：使用 OCP 模式测试电源过流点是否在 4.8~5.2A 范围内。
- 3、负载效应测试：使用 EFFT 模式测试电源的负载效应是否在 0.5%以内。
- 4、判断合格：在测试不合格时输出电平信号。

设置步骤：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 AUTO，按 **ENTER** 键进入 AUTO 测试界面，如图 3.12。
- 2、如图 3.12 在 AUTO 测试界面下，按 **SET** 键进入设置界面如图 3.13。
- 3、按上下左右键选择文件 1（按左下角的加减键可以选择不同文件），设置步数 3 步。
- 4、自动触发电平设置为 5V，第一次使用 ON/OFF 开始测试后，以后的每次开始测试当机器检测到大于 5V 的输入电压就会自动开启，提高测试效率。
- 5、选择第 N 步，数字键输入设置步骤，先设置第一步。
- 6、模式设置，选择 CC 模式，并设置带载值 3A。
- 7、比较类型选择比较电压 volt，上限设置 24.5V，下限设置 23.5V。
- 8、带载时间设置 1S，测试延时设置 0.5S，卸载时间设置为 0S，即不需要卸

载延时，可以直接开始下一步带载。

- 9、选择第 N 步，数字键输入设置步骤，设置第 2 步。
- 10、模式设置，选择 OCP 模式，设置开始电 3A 流和结束电流 6A，比较类型选择 OCP，上限值 5.2，下限值 4.8，步进时间设置 0.1S，触发电平设置 1V，具体设置可参考 3.3 章。
- 11、设置卸载时间，由于过流后电源保护，会停止输出。我们设置卸载时间为 1S（不同电源保护恢复时间不同可根据情况设置），等电源恢复输出再开始下一步测试。
- 12、选择第 N 步，数字键输入设置步骤，设置第 3 步。
- 13、模式设置，选择 EFFT 模式，设置最小电流 0A，最大电流 5A，正常工作电流 3A；比较类型选择 Reg. 上限值设置 1 下限值设置 0（即 0~1%）；设置测试时间为 1S，测试延时为 0.5S，卸载延时为 0（即每个电流带载时间为 1S，每步开始 0.5S 后测试并比较数据），具体设置可参考 3.4 章。
- 14、3 个测试步骤设置完成，按  键返回测试界面。
- 15、测试不合格输出电平信号。测试界面→按  键→系统设置→按  键→按上下键选择 输出栏目。详细设置参考 4.2 章参数设置。
- 16、设置输出模式为电平，输出条件为不合格，失败动作为停止。即当测试不合格时 TRO 端口输出低电平信号。当有一步测试失败时停止测试后续步骤。
- 17、以上设置完成按  返回测试界面，即可按  键开始测试，因为设置了开始测试电压为 5V，当下次装上产品，负载检测到 5V 以上电压即可自动开始测试（如果设置 0V 即表示此功能关闭）。
- 18、测试完成后，通过左右按键可以切换测试数据详细界面。观察不合格项目和具体测试数据。

3.6 动态测试功能

动态操作模式能够使负载在两种负载电流间反复切换，此功能可用来测试电源的动态特性，其原理如下图所示，负载以 I_b 载荷带载 T_b 时间间隔，再按照设定流下降率 \searrow Rate 跌落至 I_a 载荷，整个跌落时间与 I_b 载荷持续时间为 T_b ，再以设

定电流上升率↗Rate 爬升至 Ib 载荷，以这样的方式反复切换载荷，用以检测电源的动态特性。变化的负载会使电源出现过冲与跌落，负载会实时显示过冲的电压峰值 Vp+和跌落的电压谷值 Vp-。

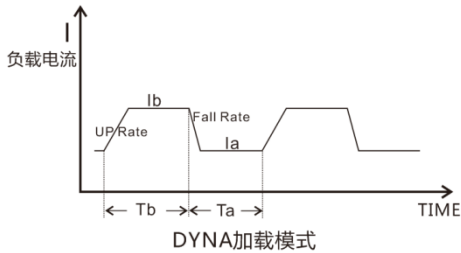


图 3.15 DYNA 带载图示

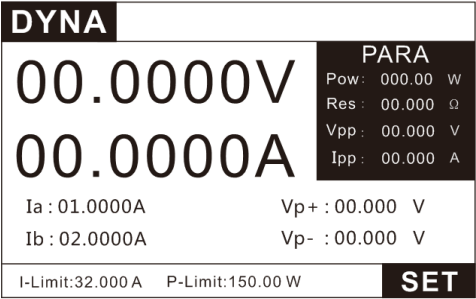


图 3.16 DYNA 测试界面

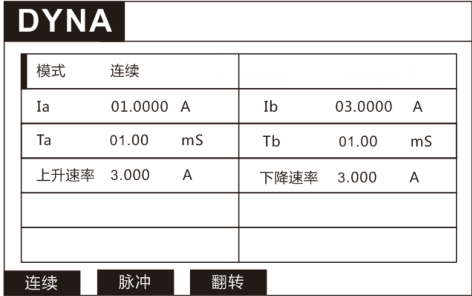


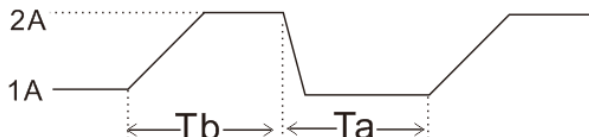
图 3.17 DYNA 设置界面

DYNA 模式设置	
连续 Continuous	连续模式，负载会按照设定的电流升级斜率、持续时间，连续的在高低拉载电流之间进行切换
脉冲 Pulse	脉冲模式，每收到一次触发信号，负载电流将会按设定电流上升率爬升到 I_b ，并维持 T_b 时间，再按照设定电流下降率，下降到 I_a
翻转 Toggle	翻转模式，每收到一次触发信号，负载电流将会按设定电流下降率下降到 I_a ，或按照设定电流上升率上升到 I_b

DYNA 设置参数	
参数	说明
I_a	低准位拉载电流
T_a	低准位电流持续时间，设置范围 10 μ S~50S
I_b	高准位拉载电流
T_b	高准位电流持续时间，设置范围 10 μ S~50S
\nearrow	电流上升率 A/ μ S
\searrow	电流下降率 A/ μ S
Mode	工作模式 (Continuous/ Pulse/ Toggle)

连续模式(Continuous)

在连续模式下，当动态测试操作使能后，负载会连续的在 A 值及 B 值之间切换。

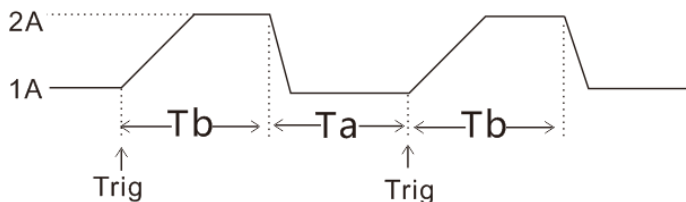


连续操作模式

图 3.18DYNA-连续模式

脉冲模式 (Pulse)

在脉冲模式下, 在动态测试操作使能后, 每接收到一个触发信号, 负载就会切换到 I_b 值, 在维持 T_b 脉宽时间后, 会切换回 I_a 值。

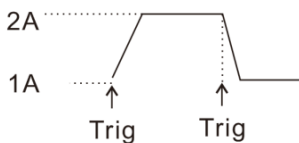


脉冲操作模式

图 3.19DYNA-脉冲模式

触发模式 (TRIGGER)

在触发模式下, 在动态测试操作使能后, 每接受到一个触发信号后, 负载就会在 I_a 值及 I_b 值之间切换。



触发操作模式

图 3.20DYNA-触发模式

触发控制

当动态测试模式设置为脉冲模式, 或触发模式时, 触发控制启动。触发方式为三种:

- 1) 按键触发:
依次按下 TR 按键时, 进行一次触发;
- 2) 外部硬件输入触发:
当负载后端 TRI 端子电平连续处于低电平 5mS 以上时, 进行一次触发。
- 3) 上位机软件控制触发。

测试案例：恒压源 24V，输出电流 0-5A，正常工作电流 3A.

测试：电源动态特性， V_p+ ， V_p- 。

设置步骤：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 DYNA，按 **ENTER** 键进入 DYNA 测试界面图 3.16。
- 2、如图 3.11 在 DYNA 界面下，按 **SET** 键进入设置界面图 3.17。
- 3、如图 3.17，设置测试模式为连续测试，高位电流 $I_b=3A$ ，高位时间 $T_b=1mS$ ，地位点流 $I_a=1A$ ，低位时间 $T_a=1mS$ 。上升，下降速率都设置为 $3A/uS$ 。
- 4、以上设置完成按 **ESC** 返回测试界面，即可按 **ON/OFF** 键开始测试。
- 5、测试观察测试过程中 V_p+ ， V_p- 的值。

3.7 电池测试功能

负载提供电池电量测试功能，放电条件支持 CC、CP 及 CR 三种模式，启动测试后，负载实时显示放电持续时间、累计 AH 电池容量和 WH 电池容量，在电池放电到设定终止条件时，负载完成测试并停止带载。

例如，关断电压作为终止条件，设置好关断电压后，当电池电压过低时，系统确定电池达到设定阈值或非安全状态前夕，自动中断测试。在测试过程中可以观测电池的电压，时间和电池已放电容量。

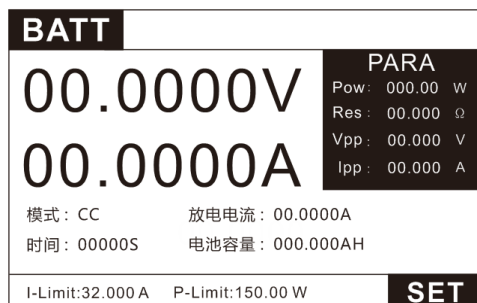


图 3.21 电池模式测试界面



BATT

模式	CC	放电电流	01.0000 A
停止时间	0000 S	容量单位	AH
停止电压	03.0000 V	停止容量	02.4000 AH

CC CW CR

图 3.22 电池模式设置界面




BATT 设置参数	
参数	说明
模式 (Mode)	放电模式 CC/CW/CR
拉载值 (Value)	不同放电模式下的拉载值
停止时间 (Stop Time)	放电停止时间
容量单位 (Unit)	容量单位 AH/WH
停止电压 (Stop Volt)	放电停止电压
停止容量 (Stop Cap)	放电停止容量



在以上操作完成后，可以直接按  键来开始测试，如果负载检测到设定条件已经到达，就会马上停止测试，输入 OFF。正常测试时，测试时间，已放电容量会实时显示在 LCD 上。停止放电测试按  键停止测试，ON/OFF 显示灯灭，停止电池放电（负载输入 OFF）。

测试案例：18650 电池标称电压 3.7V,容量 2400mAh。



测试：充满电后放电到最低电压时的电池容量是否有 2400mAh。

设置步骤：

- 1、按  键进入模式选择页面，按上下键选择 BATT，按  键进入 BATT 测试界面图 3.21。
- 2、如图 3.21 在 BATT 界面下，按  键进入设置界面图 3.22。

- 3、如图 3.22，设置放电模式为 CC 模式，电流 1A，停止时间设置 0S（当停止条件设置为 0 时，即不参与停止判断。），停止电压设为 3V，停止容量设置为 2.4Ah。
- 4、以上设置完成按  返回测试界面，即可按  键开始测试。
- 5、以上条件测试过程中当出现电池电压低于 3V,或者容量累计到 2.4Ah 时，立即停止测试。

3.8 短路模拟功能

电子负载可以在输入端模拟一个短路电路,用来测试当待测物输出端子发生短路时，待测物的保护功能是否可以正常运行。在电子负载前面板按  键，选择 SHORT 功能来切换短路状态。按  键开始/停止测试，电子负载短路时所消耗的实际电流值取决于当前负载的电流量程。最大短路电流为当前量程的 110%。短路测试界面如下：

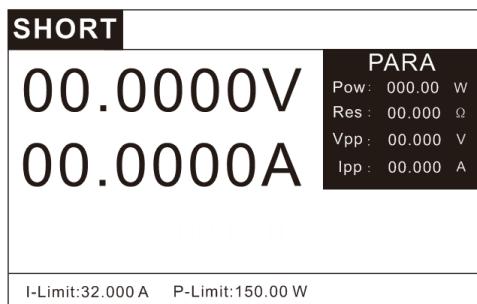



图 3.23 短路模式测试界面

3.9 LED 负载模拟功能

电子负载可以在输入端模拟 LED,在电子负载前面板按  键，选择 LED 功能来切换 LED 工作状态。LED 等效电路如下图：

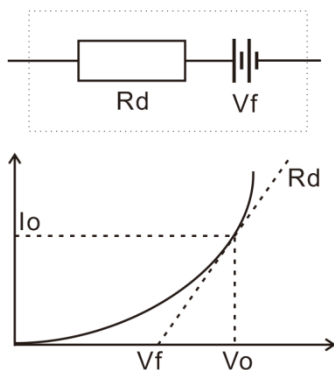


图 3.24 LED 等效曲线

I_o ——LED 额定工作点的电流：

为被测 LED 电源的额定输出电流。

V_o ——LED 额定工作点的电压：

为 LED 在顺向工作电流 I_o 时的顺向工作电压。

R_d ——LED 工作点阻抗：

工作点的阻抗，可以通过 V-I 特性曲线计算出来。

V_f ——LED 正向导通偏压：

该参数可由 R_d 参数计算出来，具体计算如下例子。

R_f ——工作点电阻系数：

该参数也可由 R_d 参数计算出来。

LED 等效于电阻 R_d 与电源 V_f 的串联，其 I-V 曲线等效于真实 LED 非线性 VI 曲线在工作点 (V_o, I_o) 处的切线。如图 3.24：

$$V_o = V_f + I_o \times R_d; \text{-----公式 3.1}$$

$$\text{令 } V_f = a \times V_o; \quad (a < 1)$$

$$V_o = a \times V_o + I_o \times R_d$$

$$R_d = (1-a) \times \frac{V_o}{I_o}$$

令阻抗系数 $\text{coeff} = R_f = 1-a$

$$\text{即 } R_d = R_f \times \frac{V_o}{I_o}$$

$$a = 1 - R_d \times \frac{I_o}{V_o}; \text{-----公式 3.2}$$

通过查 LED 规格书，可知 V_o 、 I_o 、 R_d ，由公式 3.2 计算出 a ；

$$R_f = 1-a = R_d \times \frac{I_o}{V_o}; \text{-----公式 3.3}$$

LED		
Led Vo	000.000	V
Led Io	00.0000	A
Led Rf	0.000	

图 3.25 LED 模式设置界面

LED 设置参数	
参数	说明
Led Vo	工作点电压
Led Io	工作点电流
Led Rf	Coeff 系数

由于 I_o 是 LED Drive 提供的，若实际输出与设置值有误差，想对应的 V_o 的带载值也会有所差异，例如： I_o 设定为 1A，电源实际输出电流为 1.1A，则实际输出的电压值也会偏高。

实际负载按下列公式进行加载：

$$V_x = (1 - \text{Coeff}) \times V_o + I_x \times \text{Coeff} \frac{V_o}{I_o};$$

V_x ——实际负载调整下的 LED 电源的输出电压。

I_x ——实际负载调整下的 LED 电源的输出电流。

设置不同的 V_o , I_o 和 R_f , 如上式计算会带载出不同的数据。

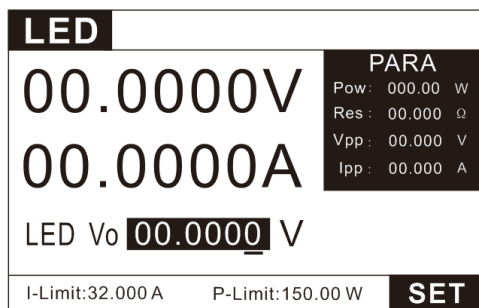


图 3.26 LED 模式测试界面

参数计算:

LED 模式用户需要设置 V_o , I_o , R_f 。

通过 LED 规格书中的 I-V 曲线中可以获得 V_o , I_o , 真实负载通常是 n 节 LED 的串联, 则 V_o 应设置为单节参数的 n 倍, 也可设定为 LED 电源输出电压范围内的任意值。不论串联几颗 LED, 其操作点阻抗 R_d 是由一个系数 R_f 即 Coeff ($\text{Coeff} < 1$) 乘上操作 V_o/I_o 的值。

因此用户可以依据 LED 电源的额定输出电流确定 I_o 参数, 再结合 LED 规格书上的 I-V 特性曲线算出 $R_d \text{Coeff}$ 参数, 然后在 LED 电源的输出电压范围内任意调节便可对 LED 电源进行真实 LED 模拟拉载测试。

测试案例: LED Drive 输出电流 I_o 为 350mA, 输出电压范围 20~50V。

LED light bar, 共有 10 颗 LED 灯, 单颗 LED 灯的 V-I 特性曲线如下图 3.27, 单一 LED 灯在 350mA 下的操作电压 V_o 为 3.44V。10 颗灯珠串联则为 34.4V。

测试: LED 电源参数。

设置步骤:

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面, 按上下键选择 LED, 按 **ENTER** 键进

入 LED 测试界面图 3.26。

- 2、在 LED 界面下,按 **SET** 键进入设置界面如图 3.25。设置 $V_o=34.4V$, $I_o=0.35A$, $R_f=0.173$ 。 R_f 计算如下:

根据下图 3.27 的 V-I 特性曲线,可知操作点的切线斜率即为操作点的阻抗 R_d 。

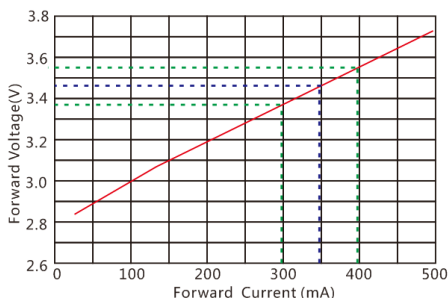


图 3.27 LED 灯珠 V-I 特性曲线


$$\text{实际单颗 LED 灯珠的 } R_d = \frac{3.52 - 3.35}{0.4 - 0.3} = 1.7 \Omega$$

$$\text{由公式 3.3 得 } R_f = R_d \times \frac{I_o}{V_o} = 1.7 \times \frac{0.35}{3.44} = 0.173.$$

设置完成后按 **ESC** 退出到测试界面, 按 **ON/OFF** 键开始/停止测试。

3.10 SWEEP 动态变频扫描

负载提供变频扫描功能, 用来捕捉被测电源在最恶劣的条件下的 V_{p+} 及 V_{p-} 。负载按照预设电流上升率及电流下降率, 在两个载荷间反复切换, 类似于 DYNA 模式, 所不同的是, 每个电流准位的持续时间将由扫描频率及占空比 (Duty) 决定, 同时, 扫描频率也将从起始扫描频率 (F_{start}) 逐步递增至截止扫描频率 (F_{end}), 步进频率为 (F_{step}), 每个频率点扫描持续时间为单频时间 (D_{well}), 在扫描过程中, 输入电压将伴随电流的瞬变, 产生过冲与跌落, 负载将实时显示过冲时的电压峰值 (V_{p+})、及跌落时的电压谷值 (V_{p-}), 最后显示 V_{p+} 最大值及 V_{p-} 最

小值，及各自发生的频率点。在电子负载前面板按  键，选择 SWEEP 功能来切换测试模式。

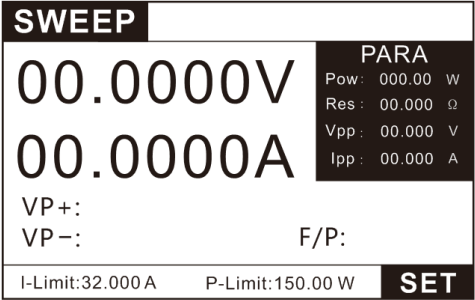


图 3.28 SWEEP 功能测试界面

SWEEP					
低位电流 01.0000 A			单频时间 0.100 S		
高位电流 03.0000 A			占空比 50 %		
起始频率 50.0 Hz			上升速率 3.000 A/uS		
截至频率 1000.0 Hz			下降速率 3.000 A/uS		
步进频率 10.00 Hz			工作模式 自动		

图 3.29 SWEEP 功能设置界面

SWEEP 设置参数	
参数	说明
低位电流 (Imin)	低准位拉载电流
高位电流 (Imax)	高准位拉载电流
起始频率 (Fstart)	起始扫描频率，0.01Hz~50KHz
截止频率 (Fend)	截止扫描频率，0.01Hz~50KHz
步进频率 (Fstep)	步进频率，0.01Hz~50KHz
单频时间 (Dwell)	单频率点持续时间，0.001S~99.999S
占空比 (Duty)	占空比，1%~99%

上升速率 ↗	电流上升率 0~3
下降速率 ↘	电流下降率 0~3
工作模式 (mode)	自动: 按设置自动执行 手动: 按上下键调节频率, 步进为 Fstep

测试案例: 恒压源 24V, 输出电流 0-5A, 正常工作电流 3A.

测试: 电源动态特性, V_p+ , V_p- .

设置步骤:

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面, 按上下键选择 SWEEP, 按 **ENTER** 键进入 SWEEP 测试界面图 3.28。
- 2、如图 3.28 在 SWEEP 界面下, 按 **SET** 键进入设置界面图 3.29。
- 3、按照图 3.29 所示的参数设置好负载。负载会从 50Hz 频率开始按 1A, 3A 的高低电平开始带载 0.1S, 然后根据步进 10Hz, 会切换到 60Hz 带载 0.1S。如此, 直到带载到 1000Hz 时停止。
- 4、设置完成后按 **ESC** 退出到测试界面, 按 **ON/OFF** 键开始/停止测试。

3.11 TIMING 时间测量

负载提供时间量测功能, 精度 0.1ms, 负载在预定带载条件下, 自动捕捉 2 个触发信号, 并计算其时间间隔。测试完成后, 负载会显示两次触发的时间间隔 (Time)。在电子负载前面板按 **MODE** 键, 选择 TIMING 功能来切换测试模式。

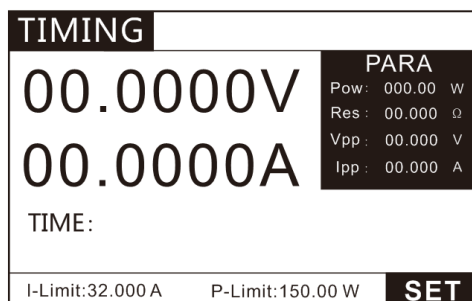


图 3.30 TIMING 模式测试界面

TIMING

带载模式 CC	带载值 03.0000			
起始触发设定	结束触发设定			
触发信号 VOLT	触发信号 VOLT			
触发模式 RISE	触发模式 RISE			
触发值 02.4000	触发值 021.600			
CV	CC	CW	CR	OFF

图 3.31 TIMING 模式设置界面

TIMING 功能参数表：

TIMING 参数设置	
参数	说明
带 载 模 式 （ Load mode)	可设定 (CC/CV/CP/CR/OFF)
带载值 (Load Val)	设定电流，电压等的带载值
开始触发设定 (TRIG.START)	
触发信号 (Signal)	VOLT/CURR/EXT(外部触发)
触发模式 (Edge)	上升 (RISE) /下降 (FALL)
触发值 (level)	到达电压、电流等触发设定值开始计时
结束触发设定 (TRIG.END)	
触发信号 (Signal)	VOLT/CURR/EXT(外部触发)
触发模式 (Edge)	上升 (RISE) /下降 (FALL)
触发值 (level)	到达电压、电流等触发设定值结束计时

测试案例：恒压源 24V，输出电流 0-5A，正常工作电流 3A.

测试：电源爬升时间，电源从 2.4V-21.6V 的时间。

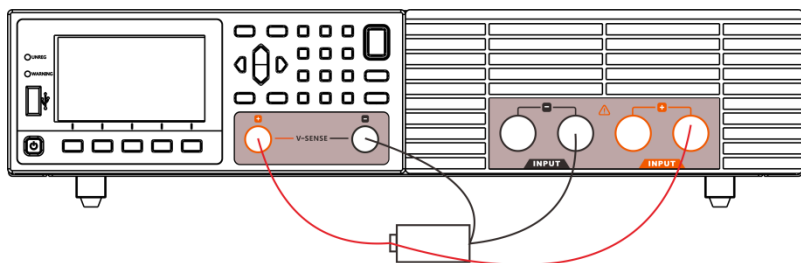
设置步骤：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 TIMING，按 **ENTER** 键进入 TIMING 测试界面图 3.30。

- 2、如图 3.30 在 TIMING 界面下，按 **SET** 键进入设置界面图 3.31。
- 3、按照图 3.31 所示的值设置负载参数。即从负载检测到 2.4V 上升沿开始计时，到负载检测到 21.6V 上升沿为止所等待的时间，即为电源的爬升时间。最小检测时间为 100uS。
- 4、设置完成后按 **ESC** 退出到测试界面，按 **ON/OFF** 键开始/停止测试。

3.12 DCR 直流电阻测量功能

负载提供 DCR 直流电阻测量功能。测试时需打开远端补偿模式，设置方法参见 4.2.1。测试采用四端连接法，所测值更加真实可靠。



如上图所示，连接好待测电池，开启远端补偿功能，再进入测试页面。
设置步骤如下：

- 1、按 **MODE** 键进入模式选择页面，按上下键选择 DCR，按 **ENTER** 键进入 DCR 测试界面图 3.32。

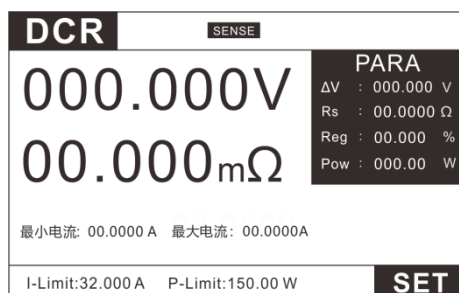



图 3.32 DCR 模式测试界面

2、如图 3.32 在 DCR 界面下，按  键进入设置界面图 3.33。

SET			
最小电流	00.0000 A	最大电流	00.0000 A
电压下限	00.0000 V	电压上限	00.0000 V
电阻下限	000.00 mΩ	电阻上限	000.00 mΩ
触发	手动	测试时间	0.00 s

图 3.33 DCR 模式设置界面

3、设置测试参数。

DCR 设置参数	
参数	说明
最小电流 (Imin)	电池最小放电电流
最大电流 (Imax)	电池最大放电电流
电压下限	电压比较下限
电压上限	电压比较上限
电阻下限	电阻比较下限
电阻上限	电阻比较上限
触发	自动、手动两种方式
测试时间	每步拉载电流持续时间

4、设置完成后按  退出到测试界面，按  键开始/停止测试。

3.13 测量项

负载支持电压 V , 电流 I , 负载电阻 Res 、负载功率 Pow 、纹波电压 V_{pp} , 纹波电流 I_{pp} 的测量。

3.13.1 电压，电流，电阻，功率测量

负载支持电压平均值，电流平均值测量并实时显示，最大测试带宽 250KHz，在大纹波条件下也可以实现准确测量。负载提供 2 种测试速率，快速和慢速两种速率。在恶劣的条件下，我们建议您使用慢速，这样可以实现更好的稳定读数，电压电流都设置有两个档位（具体档位设置见 4.1 章系统设置），在量程允许的情况下使用小的档位可以得到更好的测试精度。

电阻和功率为测试电压和电流的换算值可在 PARA 栏目直接读取。

3.13.2 纹波测量

负载支持电压纹波 (V_{pp})，电流纹波 (I_{pp}) 的测量并实时显示，在显示屏 PARA 栏目可直接显示如图

与传统示波器加电容的测量方法不同，负载的纹波测量，在测量带宽范围内，具有良好的平坦度，因此纹波测量更加精确，具有极高的重复性，而传统测量方法，会因为电解电容的原因，而导致开关纹波衰减，并因测量线缆及电容容量的差异，而导致不同程度的衰减，既有较大误差，重复性也比较差。

一般而言，纹波包含工频纹波与开关纹波两个不同频段的纹波，负载的纹波测量为这两种纹波叠加的综合量。

第四章 系统参数设置和存取操作

测试界面按 **MENU** 键进入系统参数设置和存取操作界面，如下图：



图 4.1 MENU 菜单界面

系统设置主要设置负载的基本测试参数，如量程，保护，Von，Voff 等。参数设置主要设置负载的人机交互，通讯和输出接口信号等。存取操作主要存储和调用常用功能界面及设置快速调用功能。

4.1 系统设置

在 MENU 界面，选择系统设置项，按 **ENTER** 键进入参数设置界面如下图

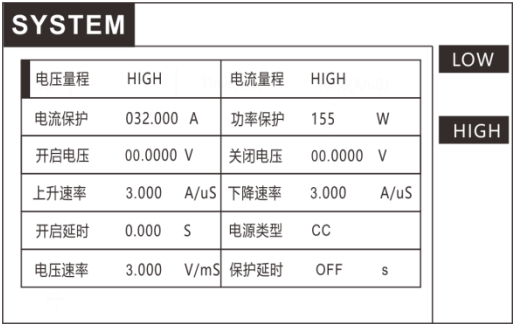



图 4.2 系统设置界面

系统设置表 (SYSTEM)		
电压量程(V-Range)	LOW	电压低量程 0~15.2V
	HIGH	电压高量程 0~152V
电流量程(I-Range)	LOW	电流低量程 0~3.2A
	HIGH	电流高量程 0~32A
电流保护(I-Prot)	超过设定值 0.0002~31.5A,负载保护	
功率保护(P-Prot)	超过设定值 0.001~157.5W, 负载保护	
开启电压 (Von)	设置 0V 表示功能关闭,	
	设置 0.0001~157.5V 表示 Von 功能开启	
关闭电压 (Voff)	设置 0V 表示功能关闭,	
	设置 0.0001~157.5V 表示 Voff 功能开启	
上升速率 (Rise Rate)	设置 0.001~3A/uS 的电流上升速率	
下降速率 (Fall Rate)	设置 0.001~3A/uS 的电流下降速率	
开启延时(Von Delay)	设置 0~9.999S 的 Von 延时时间	
电压速率 (V Slew)	设置 0.001V/mS	
电源类型 (Power Source)	AUTO,自动侦测电源类型	
	CC, 恒流电源如: LED 电源	
	CV, 恒压电源如: 大部分开关电源	
保护延时(delay)	设置 0.01~60s 的保护延时时间	

4.1.1 开启/关闭 Von/Voff 功能

在测试某些电压上升速度较慢的电源产品时,如先将电子负载的输入打开,再开启电源,可能会出现将电源拉保护的现象。为此,用户可以设置 VON 值,当电源电压高于此值时,电子负载才开始拉载。

 注意	<p>请确认是否需要设定带载电压,设置带载电压是为了方便用户限定工作电压值,如果不需要限定,请不要随意设定,以免造成不能带载的困扰。</p>
---	--

用户可以进入参数设置菜单下设置开启电压 V_{on} 的电压值，来控制电子负载的 ON/OFF 状态。根据 V_{on} 带载电压值。如果仪器出现不能带载的情况，请首先检查 V_{on} 功能是否有设定。如有设定，请将 V_{on} 值重新设置为最小值(可直接设置 0)。

当开启 V_{on} 功能时，待测电源电压上升且大于 V_{on} 带载电压时，负载开始带载测试。当待测电源电压下降且小于 V_{off} 卸载电压时，负载则卸载。如下图：

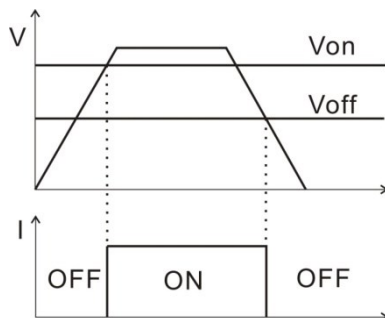


图 4.3 V_{on} 、 V_{off} 功能图示

开启延时(V_{on} Delay)设置后会在达到 V_{on} 后延时设定值后再带载。

4.1.2 电源类型选择功能

负载具有自动侦测电源类型的功能，对于恒压恒流源和一些特殊情况，如果因为电源类型问题，出现带载的结果不是您需求的带载结果，您可以根据您的电源类型设置对应的电源参数，负载则会根据您的电源类型进行带载。

在 MENU 界面，选择 系统设置 (SYSTEM) 按 **ENTER** 键进入参数设置界面，选择电源类型栏。则可设置您需要的电源类型

4.2 参数设置

在 MENU 界面，选择 系统设置 (CONFIG) 按 **ENTER** 键进入系统设置界面如下图：

CONFIG			
测试设定			
测试速度	快速	远端补偿	OFF
按键音	OFF	语言	CN
快捷调用	OFF		
通讯设定			
通讯模式	RS232	波特率	9600
通讯协议	SCPI	通讯地址	00
多机通讯	OFF		
输出			
输出模式	电平	输出条件	合格
失败动作	继续		
颜色			
窗口颜色	<input type="text" value="黄色"/>	背景颜色	<input type="text" value="灰色"/>

图 4.4 参数设置界面


参数设置表：

参数设置(CONFIG)		
测试设定 (MEASURE SET)		
测试速度 (Rate)	快速	实时显示并带载测试
	慢速	多次采样后显示和带载测试
远端补偿 (Remote Sense)	OFF	电压远端补偿关闭
	ON	电压远端补偿打开
按键音 (Key Sound)	OFF	蜂鸣器关闭
	ON	蜂鸣器打开
语言 (Language)	EN	英文显示
	CN	中文显示
快捷调用 (Shortcut Call)	OFF	快捷调用关闭
	ON	快捷调用打开
通信设置 (Com Set)		
通讯模式 (Com Mode)	RS232	RS232 通信
	RS485	RS485 通信
波特率	9600	

(Baud Rate)	19200	
	38400	
	57600	
通讯协议 (Proctocol)	SCPI	SCPI 通信协议
通讯地址 (Address)	地址范围(1~99)	
多机通讯 (Multi)	ON ： 一个接口加地址位控制多台机器	
	OFF ： 多个接口控制多台机器	
输出 (OUTPUT)		
输出模式 (Out Mode)	LEVEL:正常高电平, 有输出时变低电平	
	PLUSE: 正常高电平, 有输出时合格输出 5mS 脉冲, 不合格输出 10mS 脉冲	
输出条件 (Condition)	合格: 测试合格输出	
	失败: 测试不合格输出	
	结束: 测试结束输出	
	关闭: 不输出	
失败动作 (Fail Op.)	继续: 失败时继续测试	
	停止: 失败时停止测试	
颜色 (COLOR)		
窗口颜色 (WIN)	绿色: 绿色字体框架	
	黄色: 黄色字体框架	
	蓝色: 蓝色字体框架	
背景颜色 (Back Color)	浅灰: 浅灰色背景	
	深灰: 深灰色背景	
	纯黑: 纯黑色背景	

4.2.1 远端补偿模式

电子负载在测试较大电流时, 测试连接线上会产生压降, 造成电源输出电压比负载测得电压偏大, 为了保证负载电压反应电源实际输出电压, 负载提供远端补偿功能。远程量测操作步骤:

- 1) 按  键进入 参数设置 界面;

- 2) 移动光标到测试设定——远端补偿位置；
- 3) 按选择 ON/OFF,开启/关闭远端补偿功能，状态栏显示 SENSE。



图 4.5 远端补偿设置界面

远程量测接入，详细接线请见下图所示。

连接方式如下图：

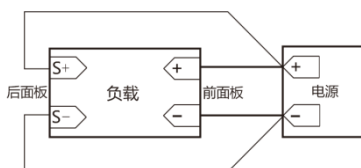


图 4.6 远端补偿设置界面

⚠ 注意	如果开启远端补偿，则接线必须如上图一致，否则会失去电压侦测能力。且显示屏状态栏会显示 SENSE 提示。
-------------	--

4.2.2 快捷调用模式

电子负载提供数字键快捷调用 (Shortcut Call) 功能，开启功能后，用户可以通过直接按 0~9 数字键快速调用已存储在 SAVE (见 4.3) 功能下的 10 组设置参数。

⚠ 注意	如果开启快捷调用，则数字按键 0~9
-------------	--------------------

	失去输入功能，只保留调用功能，且显示屏状态栏会显示 SHORTCUT，关闭后，数字键恢复正常。
--	---

4.2.3 触发输出设置

电子负载后面板有 TRO 信号输出端口，在有自动测试模式，过流保护模式下，需要输出信号的时候，可以设置输出信号，输出条件和测试失败后的动作。

例如：设置输出模式为电平，输出条件为合格，失败动作为停止

则会在测试合格的情况下 TRO 端口电平由高到低，并保持到下次测试开始。如果遇到失败的情况则一直输出高电平并停止测试。

更多具体设置参考 4.2 章参数设置表——输出栏和 6.1 章 I/O 口设置。

4.3 存取操作

负载提供 10 组全局数据快捷存取功能，包括系统设置参数和工作模式。方便用户使用。例如：先在 CC 模式界面设置好带载参数，在 MENU 下设置好量程后，进入 SAVE 界面存储，存取界面如下：

SAVE

存取操作

No.	Name
01	PANEL_01
02	PANEL_02
03	PANEL_03
04	PANEL_04
05	PANEL_05

模式

CC

电压量程

HIGH

电流量程

LOW

带载值

01.0000

保存

载入

清除

重命名

图 4.7 存取操作设置界面

按下保存键即可将上面设置的模式保存到光标所在的文件 1 位置，按需要可以重新命名。如需要调用已经保存好的测试模式，有两种方法：

- 1、按 **MENU** 键进入设置界面并选择存取操作，然后选择所需要的文件，按下载入键即可调用已经存储的测试模式。
- 2、负载提供快捷调用功能，即在 **MENU** 设置界面，选择 参数设置 (CONFIG) 界面——测试设定——快捷调用如下图 4.8，打开快捷调用后即可直接使用 0~9 数字按键，调用 SAVE 中保存的测试方案，1~9 对应 1~9 号文件，0 对应 10 号文件。此时数字键只有快捷调用功能，没有数据输入功能，如需恢复数据输入功能，关闭快捷调用即可。如下图：

CONFIG			
测试设定			
测试速度	快速	远端补偿	OFF
按键音	OFF	语言	CN
快捷调用	OFF		
通讯设定			
通讯模式	RS232	波特率	9600
OFF		ON	

图 4.8 快捷调用设置界面

第五章 保护功能

8000 系列电子负载包括如下几项自我保护功能:

- 1) 过压保护(OVP);
- 2) 过流保护(OCP);
- 3) 过功率保护(OPP);
- 4) 过温度保护(OTP);
- 5) 输入极性反接保护(LRV/RRV)。

如以上的任何一种保护被激活了, 电子负载进入相应的自我保护模式, 例如: 负载过温度保护, 负载会报警同时输入自动切换为 OFF 状态。工作界面显示保护界面, 并且 WARNING 指示灯亮。

5.1 过电压保护(OVP)

负载提供过压保护功能, 当输入电压高于保护电压时, 负载将显示“OVER VOLT”, 蜂鸣器鸣叫, 并将输入关闭, 按任意键解除报警。

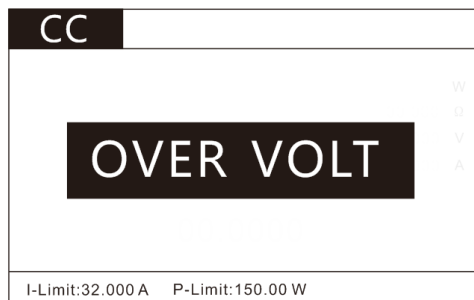


图 5.1 过电压保护界面

5.2 过电流保护(OCP)

负载提供过流保护功能，当输入电流大于设定保护电流（详见 4.1 章——系统设置——电流保护）时，负载将显示“OVER CURR”，蜂鸣器鸣叫，并将输入关闭，按任意键解除报警。

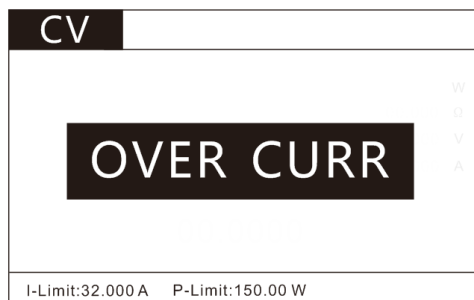


图 5.2 过流保护界面

5.3 过功率保护(OPP)

负载提供过功率保护功能，当输入功率大于设定保护功率（详见 4.1 章——系统设置——功率保护）时，负载将显示“OVER POW”，蜂鸣器鸣叫，并将输入关闭，按任意键解除报警。

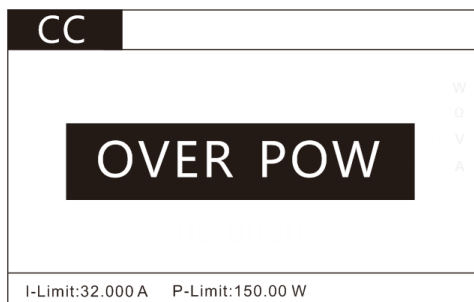


图 5.3 过功率保护界面

5.4 过温度保护(OTP)

负载实时检测内部功率部件的工作温度，一旦此温度上升到 80°C，负载将显示“OVER TEMP”，并持续鸣叫，同时，将强制关闭输入，按任意键解除报警。

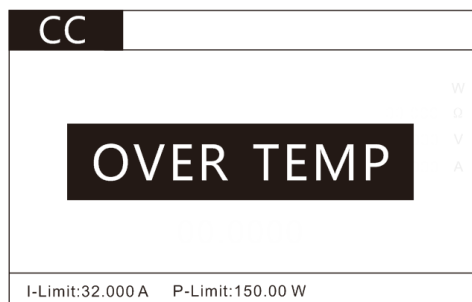


图 5.4 过温度保护界面

5.5 输入极性反接保护(RV)

当输入电压极性反接，负载会立即 OFF，蜂鸣器鸣叫，屏幕上会显示“REVERSE”，会一直保持，直到断开连接物，重新连接，按任意键解除报警。

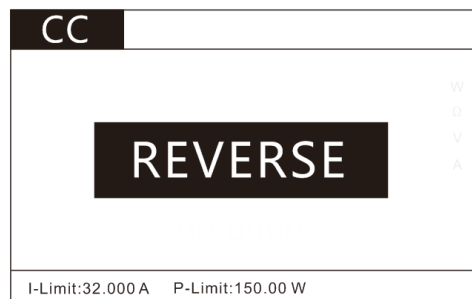


图 5.5 电压反接保护界面

第六章 I/O 接口功能

负载提供 I/O 接口功能，方便用户外接控制信号输出输出和其他控制单元对接，完成自动化测试。

6.1 I/O 端口简介

如图：

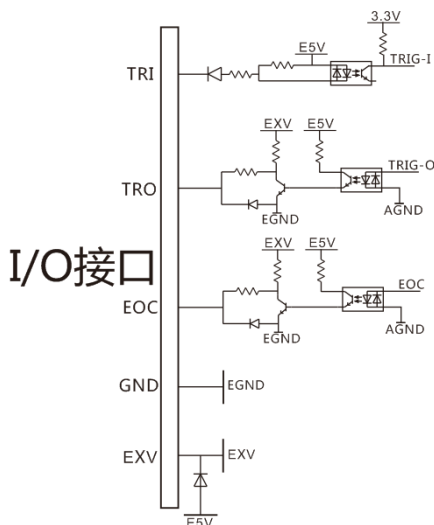



图 6.1: I/O 端口图示

- 1、EXV:外部电源接口
- 2、GND:地
- 3、EOC:测试完成信号输出
- 4、TRO:触发信号输出端口
- 5、TRI:触发信号输入端口

6.2 I/O 端口功能

端口电路图如下：



- 1、EXV 接口是外部电源输入接口，当需要使用用户指定电压时可接入，不接入外部电压时为内部隔离 E5V 供电。
- 2、GND 为隔离电源地。
- 3、EOC 接口为测试完成信号，测试中和等待测试时为高电平，测试完成输出低电平。
- 4、TRO 接口为触发输出接口，在 AUTO,OCP 等有判定的模式时可设置输出模式来输出用户需要的信号供用户连接其他设备。具体设置可参考 4.2 章的参数设置——输出栏。
- 5、TRI 接口为触发输入接口，当 TRI 端口接低电平（与 GND 短接）时，可开始或结束测试，在 LIST 的 STEP 单步模式和 DYNA 的翻转模式时，TRI 端口与按键  功能一致。

第七章 技术规格

我们采用 FS（满量程）来定义测量公差，含义如下：
FS（最大显示值或测量范围）：最大显示值或测量范围。通常为当前所选量程名。

7.1 主要技术参数

型 号	HP8601		HP8601B		HP8122		HP8122B	
输入电压	15V	150V	50V	500V	15V	150V	50V	500V
输入电流	12A	120A	3A	30A	24A	240A	6A	60A
输入功率	600W				1200W			
最小操作电压	1.5V@120A		4V@30A		1.5V@240A		4V@60A	
最小满量程电流爬升时间	60us							
定电压模式								
量程	15V	150V	50V	500V	15V	150V	50V	500V
分辨率	0.2mV	2mV	0.7mV	7mV	0.2mV	2mV	0.7mV	7mV
	V		V		V		V	
精度	±(0.05%+0.025%FS)							
定电流模式								

量程	12A	120A	3A	30A	24A	240A	6A	60A
分辨率	0.1mA A	1mA	0.04mA	0.4mA A	0.3mA A	3mA	0.09mA	0.9mA A
精度	±(0.05%+0.05%FS)				± (0.1%+0.1%FS)		± (0.05%+0.05%FS)	
定电阻模式								
量程	0.1Ω~7.5kΩ		0.1Ω~7.5kΩ		0.1Ω~7.5kΩ		0.1Ω~7.5kΩ	
分辨率	16Bits							
精度	±0.1%							
定功率模式								
量程	600W				1200W			
分辨率	16Bits							
精度	± (0.1%+0.1%FS)							
动态模式								
Ta & Tb	10uS~50s							
最小分辨率	10us							
最大上升/下降斜率	1.5A/us		0.5A/us		3.2A/us		0.8A/us	
电压回读值								
量程	15V	150V	50V	500V	15V	150V	50V	500V
分辨率	0.1mV V	1mV	0.3mV V	3mV	0.1mV V	1mV	0.3mV V	3mV
精度	±(0.025%+0.025%FS)							


电流回读值								
量程	12A	120A	3A	30A	24A	240A	6A	60A
分辨率	0.09 mA	0.9m A	0.02 mA	0.2m A	0.1m A	1mA	0.04 mA	0.4m A
精度	±(0.05%+0.05%FS)				±(0.05%+0.05%FS)			
纹波回读值								
范围 (R/I)	150V/120A		500V/30A		150V/240A		500V/60A	
带宽	10Hz~250kHz							
精度	±0.1%							
保护范围								
过功率 保护 带宽	630W		630W		1260W		1260W	
过电流 保护	126A		32A		252A		63A	
过电压 保护	158V		525V		158V		525V	
过温度 保护	≈85℃							
规格								
尺寸 (长* 宽* 高)	483mm*428mm*90mm (不含撑脚)							
重量 (Kg)	15Kg				19.5Kg			

第八章 通讯接口介绍

本章主要介绍仪器的通信模式，通信方法，及通讯协议。

8.1 通讯模块简介

8000 系列电子负载后面板的 DB9 为 RS232 口和 RS485 接口,和网络接口 NET, 选择什么通信模式可以通过系统参数界面选择。

- i. 在任意工作界面按  键进入参数设置界面;
- ii. 按左右键移动光标到通讯设定栏下的通讯模式框;
- iii. 选择屏幕下方的 RS232/RS485/LAN 通讯模式。

8.2 通讯口 DB9 的定义

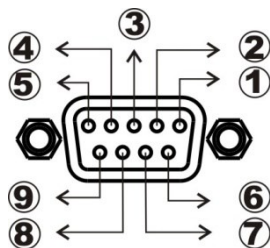




图 6.1 DB9 脚位说明

- ①.GND
- ②.RS232-TXD
- ③.RS232-RXD
- ④.NC

- ⑤.GND
- ⑥.NC
- ⑦.NC
- ⑧.485A
- ⑨.485B

8.3 通讯协议

8000 系列系列电子负载，支持 SCPI 应用协议。其数据帧结构包含 4 个部分：

- 1) 设置附加地址（多机通讯开启时设置，其他情况不用附加地址）
 - iv. 在任意工作界面按  键进入参数设置界面；
 - v. 按左右键移动光标到通讯设定栏下的地址 Address 框；
 - vi. 按数字键进行编辑，编辑之后按 ENTER 确认操作，请注意，这个地址应该是 0~99 之间的整数。
- 2) 选择通讯波特率
 - i. 在任意工作界面按  键进入参数设置界面；
 - ii. 按左右键移动光标到通讯设定栏下的波特率框；
 - iii. 选择自己需要的波特率。目前负载只支持、9600、19200、38400、57600、共 4 种波特率选择。

8.4 SCPI 通讯指令

1 *IDN?

查询版本号,返回 8811,V1.0

举例：查询版本号

发送：*IDN?

返回：8811,V1.0

2 *TRG,

触发测试,无返回

举例：触发测试

发送: *TRG

返回: 无

3 INPut

输入开启或关闭,0 关闭 1 开启

举例: 输入开启

发送: INPut 1

返回: 无

4 CURRent:RANGe

设置电流量程 LOW/HIGH(0/1)

举例: 设置电流量程为 LOW

发送: CURRent:RANGe 0

返回: 无

5 VOLTage:RANGe

设置电压量程 LOW/HIGH(0/1)

举例: 设置电流量程为 LOW

发送: VOLTage:RANGe 0

返回: 无

6 CURRent:SLEW

设置电流上升率和下降率

举例: 设置电流上升率和下降率为 3A/uS

发送: CURRent:SLEW 3

返回: 无

7 CURRent:SLEW:RISE

设置电流上升率

举例: 设置电流上升率 3A/uS

发送: CURRent:SLEW:RISE 3

返回: 无

- 8 CURRent:SLEW:FALL
 设置电流下降率
 举例：设置电流下降率为 3A/uS
 发送：CURRent:SLEW:FALL 3
 返回：无
- 9 CURRent:PROTection
 设置电流保护值
 举例：设置电流保护值为 3A/uS
 发送：CURRent:PROTection 3
 返回：无
- 10 POWER:PROTection
 设置功率保护值
 举例：设置功率保护值为 150W
 发送：POWER:PROTection 150
 返回：无
- 11 VOLTage:ON
 设置 Von 值
 举例：设置开启电压值为 10V
 发送：VOLTage:ON 10
 返回：无
- 12 VOLTage:OFF
 设置 Voff 值
 举例：设置关闭电压值为 5V
 发送：VOLTage:OFF 5
 返回：无
- 13 MODE

设置工作模式

举例：设置工作模式为 CC 模式

发送：MODE CURRent

返回：无

参数	工作模式
CURRent	定电流工作模式
VOLTage	定电压工作模式
POWER	定功率工作模式
RESistance	定电阻工作模式
DYNamic	动态工作模式
LED	LED 模式
OCP	OCP 模式
LIST	LIST 模式
SHORT	SHORT 短路模式
SWEEP	SWEEP 动态变频扫描模式
TIMing	TIMing 时间测量模式
AUTO	AUTO 自动测试模式
EFFT	EFFT 负载效应测试模式

14 CURRent

设置 CC 模式下的电流值

举例：设置 CC 工作模式电流为 1A

发送：CURRent 1

返回：无

15 VOLTage

设置 CV 模式下的电压值

举例：设置 CV 工作模式电压为 10V

发送：VOLTage 10

返回：无

16 POWER

设置 CW 模式下的功率值

举例：设置 CW 工作模式电压为 100W

发送：POWER 100

返回：无

17 RESistance

设置 CR 模式下的电阻值

举例：设置 CR 工作模式电压为 1000Ω

发送：RESistance 1000

返回：无

18 MEASure:VOLTage?

读取测试电压值

举例：读取测试电压值

发送：MEASure:VOLTage?

返回：00.0000

19 MEASure:CURREnt?

读取测试电流值

举例：读取测试电流值

发送：MEASure: CURREnt?

返回：00.0000

20 MEASure:POWer?

读取测试功率值

举例：读取测试功率值

发送：MEASure: POWer?

返回：000.000

21 MEASure:RESistance?

读取测试电阻值

举例：读取测试电阻值

发送: MEASure: RESistance?

返回: 00.0000

22 CURRent:RANGe?

读取电流档位

举例: 读取电流档位

发送: CURRent:RANGe?

返回: 0 或 1

23 VOLTage:RANGe?

读取电压档位

举例: 读取电压档位

发送: VOLTage:RANGe?

返回: 0 或 1

24 CURRent:SLEW:RISE?

读取电流上升率

举例: 读取电流上升率

发送: CURRent:SLEW:RISE?

返回: 00.0000

25 CURRent:SLEW:FALL?

读取电流下降率

举例: 读取电流下降率

发送: CURRent:SLEW:FALL?

返回: 00.0000

26 CURRent:PROTection?

读取电流保护值

举例: 读取电流保护值

发送: CURRent:PROTection?

返回: 00.0000

- 27 POWER:PROTection?
读取功率保护值
举例：读取功率保护值
发送：POWER:PROTection?
返回：00.0000
- 28 DYNAmic:HIGH
设置动态模式高位拉载电流
举例：设置动态模式高位拉载电流 3A
发送：DYNAmic:HIGH 3
返回：无
- 29 DYNAmic:HIGH:DWELL
设置动态模式高位拉载电流持续时间
举例：设置动态模式高位拉载电流持续时间 5mS
发送：DYNAmic:HIGH:DWELL 5
返回：无
- 30 DYNAmic:LOW
设置动态模式低位拉载电流
举例：设置动态模式低位拉载电流 1A
发送：DYNAmic:LOW 1A
返回：无
- 31 DYNAmic:LOW:DWELL
设置动态模式低位拉载电流持续时间
举例：设置动态模式低位拉载电流持续时间 5mS
发送：DYNAmic:LOW:DWELL 5
返回：无