

Henghui

用户手册

MEL8500 系列 可编程直流电子负载

深圳市恒惠源电子有限公司

公司名称：深圳市恒惠源电子有限公司
 东莞市倍达仪器有限公司

公司地址：深圳市龙华区大浪街道华荣路荣泰大厦 1013 室

工厂地址：东莞市东城街道牛山社区创富工业园 C 栋 3 楼

电 话：0769-26622069 15322936007

传 真：0769-26622069

www.sz-hhy.com

目录

第一章 概述.....	1
1.1 功能特点.....	1
1.2 产品型号.....	1
1.3 前面板描述.....	2
1.4 液晶屏显示信息.....	2
1.5 后面板描述.....	3
1.6 键盘功能描述.....	4
1.7 菜单描述.....	5
1.7.1 主菜单描述.....	5
1.7.2 基本模式和参数菜单描述.....	7
1.7.3 瞬态测试菜单描述.....	8
1.7.4 序列测试菜单描述.....	8
1.8 液晶显示信息描述.....	9
1.9 远程编程.....	9
第二章 功能与特性.....	10
2.1 本地和远程控制.....	10
2.2 主要功能.....	10
2.3 基本测试功能.....	10
2.3.1 定电流测试.....	10
2.3.1.1 电流设定范围.....	11
2.3.1.2 立即电流值.....	11
2.3.1.3 触发电流值.....	11
2.3.1.4 瞬态电流值.....	11
2.3.1.5 软件电流保护.....	11
2.3.2 定电压测试.....	11
2.3.2.1 电压设定范围.....	12
2.3.2.2 立即电压值.....	12
2.3.2.3 触发电压值.....	12
2.3.2.4 瞬态电压值.....	12
2.3.3 定电阻测试.....	12
2.3.3.1 电阻设定范围.....	13
2.3.3.2 立即电阻值.....	13
2.3.3.3 触发电阻值.....	13
2.3.3.4 瞬态电阻值.....	13
2.3.4 定功率测试.....	13
2.3.4.1 功率设定范围.....	14
2.3.4.2 立即功率值.....	14
2.3.4.3 触发功率值.....	14
2.4 瞬态测试.....	15
2.4.1 连续方式.....	15
2.4.2 脉冲方式.....	16
2.4.3 翻转方式.....	17

2.5 序列测试.....	18
2.6 电池放电容量测试.....	19
2.7 短路测试.....	19
2.8 触发功能.....	19
2.9 输入控制.....	20
2.9.1 负载打开与关闭.....	20
2.9.2 负载带载电压、卸载电压及带载电压锁定.....	20
2.9.3 定电压模式电流限制.....	21
2.9.4 电流上升速率.....	21
2.9.5 电流下降速率.....	22
2.10 测量功能.....	22
2.11 保存和调用.....	22
2.12 读取远程错误.....	24
2.13 状态报告.....	24
2.14 保护功能.....	24
2.14.1 清除异常锁定状态.....	24
2.14.2 过电压.....	24
2.14.3 过电流.....	24
2.14.4 过功率.....	25
2.14.5 过温度.....	25
2.14.6 极性反接.....	25
2.15 其他辅助功能.....	25
2.15.1 触发功能选择.....	25
2.15.2 旋钮使能.....	25
2.15.3 按键声音.....	25
2.15.4 LCD 对比度控制.....	25
2.15.5 LCD 背光控制.....	25
2.15.6 软件版本.....	26
2.15.7 数字快捷键功能设置（一键调取）.....	26
第三章 安装.....	26
3.1 初始检查.....	26
3.2 环境和安置.....	26
3.3 上电检测.....	26
3.4 后面板连接.....	26
3.5 前面板连接.....	27
3.6 使用连接.....	28
第四章 本地操作.....	29
4.1 本地控制描述.....	29
4.2 前面板主要操作.....	29
4.3 电子负载与电源连线.....	29
4.4 负载输入打开/关闭.....	29
4.5 基本测试.....	30
4.5.1 定电流测试.....	30
4.5.2 定电压测试.....	31

4.5.3 定电阻测试.....	32
4.5.4 定功率测试.....	33
4.6 短路测试.....	34
4.7 瞬态测试.....	35
4.7.1 连续方式瞬态测试.....	35
4.7.2 脉冲方式瞬态测试.....	36
4.7.3 翻转方式瞬态测试.....	37
4.8 序列测试.....	37
4.8.1 序列编辑.....	38
4.8.2 序列数据的修改, 增加, 插入, 删除操作.....	40
4.8.3 序列测试功能启动和停止.....	40
4.9 电池放电容量测试.....	41
4.10 负载保存和调用.....	42
4.11 负载保护状态清除.....	42
4.12 负载触发.....	43
4.13 电子负载主菜单.....	43
4.13.1 加载缺省值.....	43
4.13.2 短路测试.....	44
4.13.3 带载电压及带载电压锁定.....	44
4.13.4 定电压模式电流限制值.....	44
4.13.5 定电流模式电流上升速率及电流下降速率.....	45
4.13.6 触发功能选择.....	45
4.13.7 旋钮功能.....	46
4.13.8 按键声音.....	46
4.13.9 通信接口.....	46
第五章 远程操作.....	47
5.1 通信端口.....	47
5.1.1 RS232.....	47
5.2 远程控制指示灯.....	47
5.3 发送一个远程设置命令.....	47
5.4 返回数据.....	47
5.5 远程编程命令.....	47
5.5.1 基本测试模式.....	47
5.5.2 瞬态值.....	47
5.5.3 可编程电流保护.....	48
5.6 定电流模式的例子.....	48
5.7 定电压模式的例子.....	48
5.8 定电阻模式的例子.....	48
5.9 连续方式瞬态测试的例子.....	48
5.10 脉冲方式瞬态测试的例子.....	49
第六章 自动测试功能说明.....	50
6.1 主菜单描述.....	50
6.2 液晶显示信息描述.....	50
6.3 功能描述.....	50

6.4 本地操作.....	50
6.4.1 单路电源测试.....	50
6.4.2 多路电源测试.....	52
6.4.3 通过测试信号端子控制测试.....	54
主要技术参数.....	55

第一章 概述

本系列电子负载是新一代高性能可编程电子负载。本电子负载不但提供有强大的测试功能和友好的人机界面，配备通信接口，支持 SCPI 可编程仪器标准指令和 Labview 开发平台。广泛适用于航空航天、船舶制造、汽车电子、太阳能电池、燃料电池等科研和生产领域。

如无特殊说明，本手册中出现的“电子负载”或“负载”均表示本系列电子负载。

1.1 功能特点

本系列电子负载主要功能和特点如下：

- 定电流、定电压、定电阻、定功率四种基本测试功能，CCL、CCH、CVL、CVH、CRL、CRM、CRH、CPV、CPC九种基本工作模式。
- 采用16 bits D/A转换器和24 bits A/D转换器，极大地提高了设定和测量分辨率。40kHz 的D/A转换速率，全面提升高速性能。
- 超强保护功能，有效应对复杂的测试环境。
- 创新设计的定功率CPV和CPC模式，有效提高了定功率模式的实用性。
- 纯硬件电路实现定电阻功能，极大地提升了电阻模式的动态响应。
- 高速瞬态测试功能，最高测试频率可达2kHz。
- 强大的序列测试功能，最小步长10毫秒，最大步长99999秒，循环次数可自由设定，并可链接至其他序列，实现更为复杂的测试过程。
- 特制螺旋顶杆接线端子，操作方便，尤其适合大电流测试。
- 具备短路测试、电池放电容量测试等辅助功能。
- 高效智能散热系统，确保设备长时间满功率无故障连续工作。
- 自动打开/关闭功能，有效简化测试操作。
- 旋钮和数字键盘相结合，操作更方便。
- 存储/调用功能，可保存多组常用设置。
- 一键调取
- 支持SCPI可编程仪器标准指令，并提供上位机软件和对Labview的支持。

1.2 产品型号

序号	型号	功率	电压	电流
1	MEL8511	150W	150V	30A
2	MEL8512	300W	150V	30A
3	MEL8512C	300W	150V	60A
4	MEL8512B	300W	500V	15A
5	MEL8513	600W	150V	60A
6	MEL8513C	600W	150V	120A
7	MEL8513B	600W	500V	30A

1.3 前面板描述

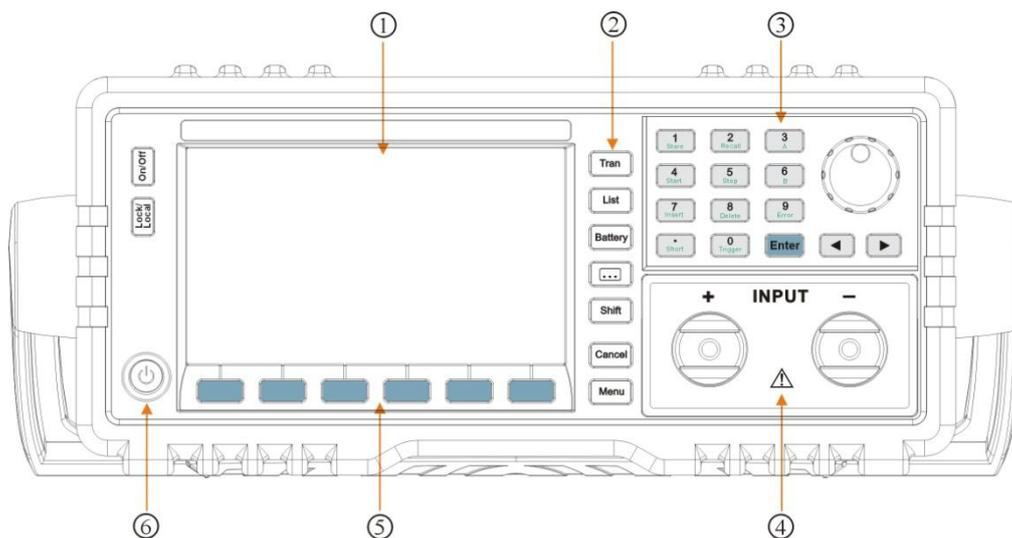


图 1-1 前面板图

- | | | |
|----------|----------|----------|
| 1. 液晶显示屏 | 2. 功能按键区 | 3. 参数输入区 |
| 4. 输入端子 | 5. 菜单软键区 | 6. 电源开关 |



1.4 液晶屏显示信息

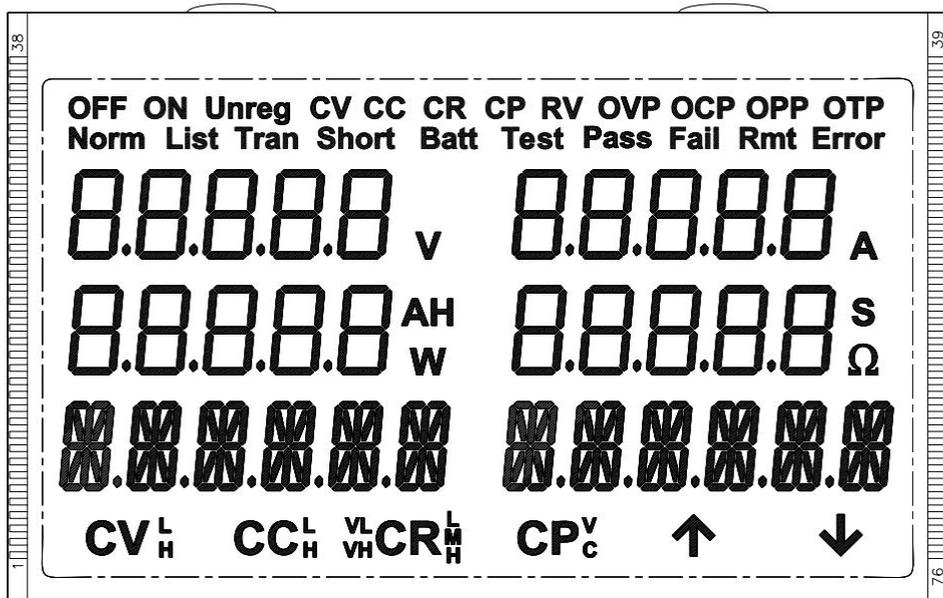


图 1-2 液晶屏显示信息

1.5 后面板描述

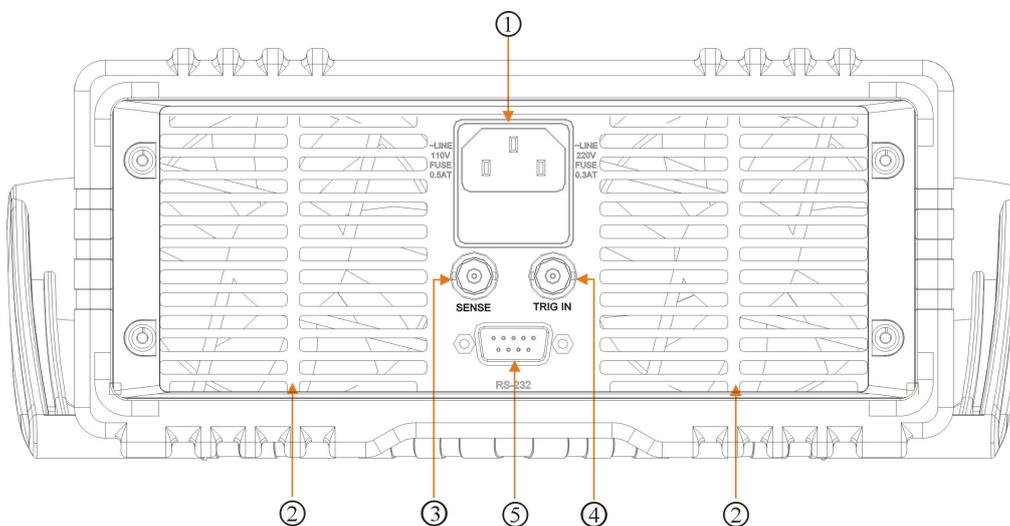


图 1-3 后面板图

- | | | |
|----------------|-------------|-----------|
| 1. 电源插座（含保险丝座） | 2. 风扇 | 3. 远程感应端子 |
| 4. 外触发输入端子 | 5. RS232 接口 | |

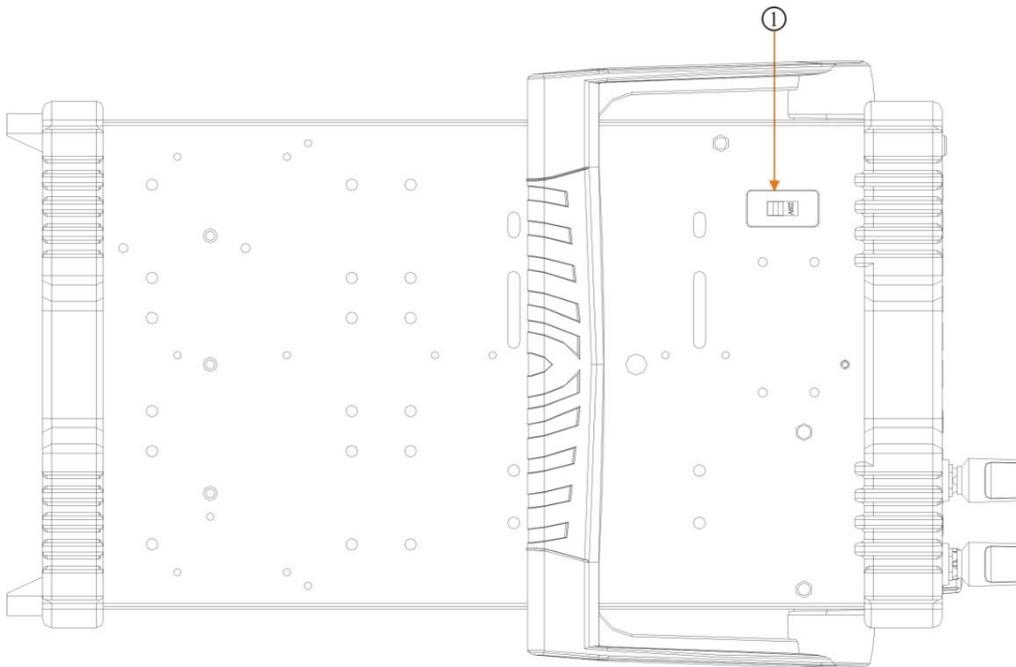


图 1-4 底面板图

1. 切换开关 110V/220V

1.6 键盘功能描述

键盘按键主要分为功能键及第二功能复合键和方向键三类。在复合键中，上方黑体字体为第一功能，下方绿色字体为第二功能。例如：按键“0_{Trigger}”的“0”为第一功能，“Trigger”为第二功能。如需使用其第二功能，应先按“Shift”键，然后再按相应的复合键。

表 1-1 按键说明：

键值	第一功能	第二键值	第二功能
0	数字 0	Trigger	触发键
1	数字 1	Store	保存键
2	数字 2	Recall	调用键
3	数字 3	A	A 点设置
4	数字 4	Start	序列启动键
5	数字 5	Stop	序列停止键
6	数字 6	B	B 点设置
7	数字 7	Insert	插入键
8	数字 8	Delete	删除键
9	数字 9	Error	错误代码显示键
.	小数点	Short	短路操作键
Enter	确认键		
◀	左移键		
▶	右移键		
Tran	瞬态操作键		
List	序列操作键		
Battery	电池容量测试键		
⋮	扩展功能键，自动测试功能		
Shift	第二功能切换键		
Cancel	清除或退出	Prot Clear	长按保护清除
Menu	主菜单键		
On/Off	控制负载的输入状态：开启/关闭		
Lock/Local	短按锁定，长按解锁		
V-set	选择定电压模式，设定电压输入值		
I-set	选择定电流模式，设定电流输入值		
R-set	选择定电阻模式，设定电阻输入值		
P-set	选择定功率模式，设定功率输入值		
↑	菜单向上翻页		
↓	菜单向下翻页		

1.7 菜单描述

1.7.1 主菜单描述

按下“Menu”键后进入菜单功能，此时 LCM 上显示出可选择菜单，可使用旋钮来选择菜单，将依序出现以下功能。此时按下“Enter”键，将会进入光标所在位置的功能选项，可使用“↑”、“↓”键来翻转 LCM 屏幕，此时按“↓”键就可以进入下一级子菜单。按“Cancel”键退出菜单设置。

表 1-2 菜单列表：

System Set		
	CC SET	CC 模式量程设置
	CV SET	CV 模式量程设置
	CR SET	CR 模式量程设置

	CP SET	CP 模式量程设置
	VON LAtch	带载电压锁定
	VON POint	设置带载电压
	VOFF Point	设置卸载电压
	CV CURr limit	定电压模式电流限制值
	CURR Rise rate	定电流模式电流上升速率
	CURR Fall rate	定电流模式电流下降速率
	SHORT	短路模式
	HOTKEY	热键
Config		
	LOAD Default	恢复所有配置为出厂设定值
	INPUT recall	设置负载上电时的输入状态为上次关机时的状态
	POWER on recall	设置负载上电时的相关参数为上次关机时的值
	KEYESC	设置旋钮使能状态
	KEY SOund	设置键盘声
	BAUD Rate	波特率设置
	ADDRESs	仪器编号或地址
	CONTRAST	显示屏的对比度
	LIGHT	背光板灯的亮度
	VER	软件版本
	PARITY check	奇偶校验
	DATA Bit	数据位
	STOP bit	停止位
	KNOB	设置旋钮使能状态
	SAVE	参数保存
	RECALL	参数调出
Protection		
	OCP STate	电流保护开关
	OCP LElvel	电流保护限制值
	OCP DELay	电流保护关断负载的延迟时间
	OVP LElvel	电压保护限制值
	OPP LElvel	功率保护限制值
	OPP DELay	功率保护关断负载的延迟时间
Trigger Set		
	FUNCTIon	触发功能选择
	SOURCE	触发源设置
	CURRENt	触发电流值
	VOLTAGe	触发电压值
	RESISTance	触发电阻值
	POWER	触发功率值
List		
	STATE	序列测试状态设置
	NO.	设定序列编号
	MEMO	序列注释
	DATA: <New/Edit>	选择序列数据的新建或编辑

	COUNT	循环次数
	CHAIN	选择链接
List data		
	NO.	数据编号
	MODE	模式
	LEVEL	设定值
	DELAY	时间
Battery		
	STATE	电池放电容量测试状态
	MIN Voltage	终止电压值
	IOFF Piont	终止电流值
	DISCUR (discharge current)	放电电流值
Transient		
	STATE	瞬态测试状态
	MODE	瞬态测试模式
	LEVELL	瞬态低值
	LEVELH	瞬态高值
	TIME L	低电平持续时间
	TIME H	高电平持续时间
	TIME R	上升沿持续时间
	TIME F	下降沿持续时间
Auto test		
	STATE	自动测试状态开关
	END SStep	结束步骤 (0-14)
	STEP	步骤选择 (0-14)
	MODE	模式设置
	LEVEL	设置值
	MIN	限制参数最小值
	MAX	限制参数最大值
	DELAY	测试时间

注：1、主菜单中Config、Protection、Trigger Set、 AUTO TEST参数修改后会自动保存。负载每次开机都会自动调用保存在位置0的参数。

2、菜单中大写字母显示在屏幕中(屏幕限制显示6个字符)。

1.7.2 基本模式和参数菜单描述

电子负载可以工作在下面四种模式中：

- 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 (CP)

在基本模式下，按参数，显示内容如下：

按键	功能及参数	说明
I-set	SCCL 01.000A	定电流模式：立即电流值
V-set	SCVL 80.00V	定电压模式：立即电压值
R-set	SVHCRL 02.000R	定电阻模式：立即电阻值
P-set	SCPV 10.000W	定功率模式：立即功率值

1.7.3 瞬态测试菜单描述

在基本模式、关闭输入下，按“Tran”键进入相应的瞬态测试，进入参数设定。

功能	说明
STATE	瞬态测试状态，使能开关
MODE	瞬态测试模式 0 COUNT (连续模式) 1 PULSE (脉冲模式) 2 TOGGLE (翻转模式)
LEVELL	瞬态低值
LEVELH	瞬态高值
TIME L	低电平持续时间(0-99999ms)，单位 ms(毫秒)
TIME H	高电平持续时间(0-99999ms)，单位 ms(毫秒)
TIME R	上升沿持续时间(0.25-99999ms)，单位 ms(毫秒)
TIME F	下降沿持续时间(0.25-99999ms)，单位 ms(毫秒)

注：瞬态测试功能在定电流、定电压、定电阻模式下有效。

1.7.4 序列测试菜单描述

在基本模式下，按“List”进入设定菜单，显示内容如下：

功能	说明
STATE	使能开关
NO.	序列编号 (0-7)
MEMO	序列注释 (10 个字符)
DATA: <New/Edit>	序列数据：新建/编辑
COUNT	循环次数 (0-65535) (0 表示无限循环)
CHANI: Off	链接 (0-7, off)

在序列测试菜单，按“↑”、“↓”键选择“Data: <New/Edit>”，通过旋钮选择数据新建 (0 New) 或编辑 (1 Edit)，按“Enter”键进入序列数据编辑状态，显示内容如下：

功能	说明
NO.	数据编号 (0-49)
MODE	模式
LEVEL	设定值
DELAY	时间 (0-99999s) 单位:s(秒)

按“Cancel”键，存储数据并退出。

1.8 液晶显示信息描述

①、定电流模式：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示设定 CC 模式，设置值。

②、定电压模式：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示设定 CV 模式，设置值。

③、定电阻模式：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示设定 CR 模式，设置值（CRL 为小电阻模式，CRM 为中电阻模式，CRH 为大电阻模式，VH 为电压高量程，VL 为电压低量程）。

④、定功率模式：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示设定 CP 模式，设置值（CPC 为定功率电流源模式，CPV 为定功率电压源模式）。

⑤、瞬态测试：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排无显示。

⑥、序列测试：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和时间，下排显示设定模式，设置值。

⑦、电池容量测试：

液晶屏显示实际电压、电流、电池容量及放电时间，下排无显示。

⑧、短路测试：

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示设定模式，设置值。

⑨、保护状态：

负载出现保护时，Cancel 灯亮，液晶屏上会显示相应的保护状态。

保护状态包括过电流（OCP）、过电压(OVP)、过功率(OPP)、过温度(OTP)、负载保护(PT)、极性反接(RV)。

⑩、输出指示：

当 On/Off 键灯亮时，处于 On 状态；当 On/Off 键灯灭时，处于 Off 状态。

1.9 远程编程

指令通过远程接口(RS232)发送到电子负载，经处理器解码并执行。如命令有误，处理器可判别命令错误以及辨别错误类型。处理器也能够维护状态寄存器。

仪器地址为 32-255 时，程控命令前要加地址值，当仪器地址设置 ≥ 256 时，地址无效，程控命令前不能加地址值。

第二章 功能与特性

本章对电子负载的功能与特性进行说明。阅读本章，你将对本系列有更深入的了解。

2.1 本地和远程控制

本系列电子负载可以由其自带的键盘和旋钮进行控制，也可以通过远程端口，由远程控制器进行控制。如需通过其自身的键盘和旋钮进行控制，负载必须处于本地控制状态。电子负载开机后即自动进入本地控制状态。当电子负载通过 RS232 接收到远程命令(SYSTem:REMOte)，Rmt 远程状态指示，Lock/Local 灯亮，负载进入远程控制状态。

在远程控制状态下，所有的键盘和旋钮操作均无效(“Lock/Local”键除外)，电子负载的一切操作均受远程控制器控制。在接收到返回本地控制的指令(例如 SYST:LOC)后，Rmt 远程状态指示熄灭，电子负载返回本地控制状态。在远程控制状态下，也可以通过长按“Lock/Local”键，让电子负载返回本地控制状态。

本地操作的细节在“本地操作”章节有详细描述。远程编程的基本原则在“远程操作”章节有说明，完整的 SCPI 编程细节在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》中有进一步的描述。

2.2 主要功能

电子负载的主要功能如下：

- 定电流测试 (CCL,CCH)
- 定电压测试 (CVL,CVH)
- 定电阻测试 (VL CRL,VL CRM,VL CRH, VH CRL,VH CRM,VH CRH)
- 定功率测试 (CPV,CPC)
- 瞬态测试 (Tran)
- 序列测试 (List)
- 电池放电容量测试 (Battery)
- 短路测试 (Short)

2.3 基本测试功能

本负载有定电流、定电压、定电阻、定功率四种基本测试功能，包括CCL、CCH、CVL、CVH、CRL、CRM、CRH、CPV、CPC九种测试模式。

可以通过前面板或者远程命令来设定测试模式和相关参数。除非用户改变设定，否则电子负载将始终保持在当前模式。如果负载输入处于打开状态，模式改变时，为避免可能发生的电流冲击，电子负载将自动关闭。

电子负载的设定值在负载打开时立即有效。假如输入的设定值超出了范围，它将被自动限制在最大值或最小值处。

2.3.1 定电流测试

定电流测试分为大电流模式(CCH)和小电流模式(CCL)。大电流模式提供了更大的测试范围，小电流模式则提供了更高的电流分辨率。在定电流状态下，不管输入电压如何改变，电子负载始终消耗一个恒定的电流，如图 2-1。在基本测试状态，按“I-set”键进入 CC 模式参数设定菜单，通过数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键来输入电流值，使用“Enter”键确认。定电流测试模式和参数也可以通过远程命令 (MODE CCL, MODE CCH, CURRent <NRf+>) 来设定。

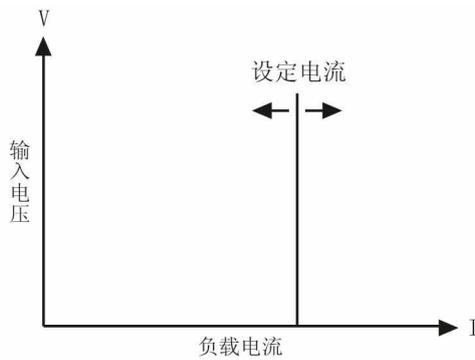


图 2-1 定电流模式

2.3.1.1 电流设定范围

在小电流模式（CCL）下，电流设定范围见“主要技术参数”；在大电流模式（CCH）下，电流设定范围见“主要技术参数”。如果负载输入处于打开状态，模式改变时负载输入会关闭。例如：从 CCL 转换至 CCH 时，负载输入会关闭。另外值得注意的是，改变电流模式量程，电流设定值可能也会发生改变以适应新的范围。例如：原先的设定为 CCH 20.000A，从 CCH 切换到 CCL 时，电流设定值会改变为 CCL 模式的设置值。

2.3.1.2 立即电流值

立即电流值就是在定电流模式下的电流设定值。立即电流值可以按“**I-set**”键参数设定菜单里设定，也可通过远程命令（**CRRRent <NRf+>**）设定。在定电流模式时，立即电流值还可以通过左右键（“◀”、“▶”）和旋钮直接进行修改。

2.3.1.3 触发电流值

触发电流值用于在电子负载里预置一个电流值，一旦接收到触发信号，负载就自动将这个预置的电流值设定成为立即电流值。如果当时负载输入已打开并且正处于定电流模式，负载输入会立即因此而改变；如果当时不处于定电流模式，这个电流值不会直接影响负载输入直到定电流模式有效。

触发电流值可通过按键或远程命令（**CURRent:TRIGgered <NRf+>**）来设置。一旦一个触发电流值被触发，随后的触发将会无效直至接收到新的触发电流值设置命令。触发源将会在后面的内容中描述。电子负载的状态寄存器可跟踪是否有触发或其它的操作条件。这个状态寄存器在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》中有详细描述。

2.3.1.4 瞬态电流值

瞬态电流测试时，负载在高（LevelH）、低（LevelL）两个瞬态电流值之间切换。瞬态电流值可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程命令（**CURRent:HLEV <NRf+>**, **CURRent:LLEV <NRf+>**）设定。

2.3.1.5 软件电流保护

电子负载允许用户可通过按键或远程命令（**CURRent:PROTection <NRf+>**）设定一个保护电流值。当电流超过保护电流值一个可编程的时间（0.001s-60s）后，电子负载会关闭，同时发出报警声音。注意：软件电流保护在任何一个模式（不仅仅是定电流模式）下都是有效的。

2.3.2 定电压测试

在定电压模式下，不管输入电流如何改变，电子负载将始终维持输入电压的恒定，如图 2-2。在基本测试状态，按“**V-set**”键选择 CV 模式参数设定菜单，通过数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电压值，使用“**Enter**”键确认。定电压模式和参数也可以通过远程命令（**MODE CVH**, **MODE CVL**, **VOLTage <NRf+>**）设

定。

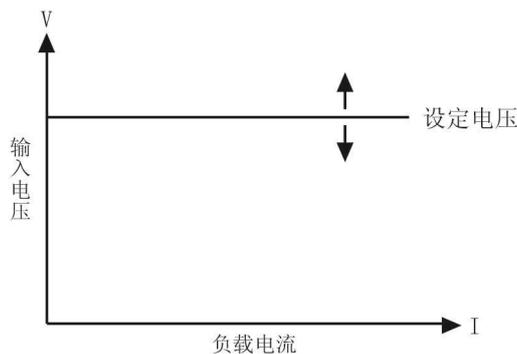


图 2-2 定电压模式

2.3.2.1 电压设定范围

定电压模式设定范围见“主要技术参数”。

2.3.2.2 立即电压值

立即电压值就是在定电压模式下的电压设定值。立即电压值可以按“V-Set”键进入参数设定菜单里设定，也可通过远程命令（VOLTage <NRf+>）设定。在定电压模式时，立即电压值还可以通过左右键（“◀”、“▶”）和旋钮直接进行修改。

2.3.2.3 触发电压值

触发电压值用于在电子负载里预置一个电压值，一旦接收到触发信号，负载就自动将这个预置的电压值设定成为立即电压值。如果当时负载输入已打开并且正处于定电压模式，负载输入会立即因此而改变；如果当时不处于定电压模式，这个电压值不会直接影响负载输入直到定电压模式有效。

触发电压值可通过按键或远程命令（VOLTage:TRIGgered <NRf+>）设置。一旦一个触发电压值被触发，随后的触发将会无效直至接收到新的触发电压值设置命令。触发源将会在后面的内容中描述。电子负载的状态寄存器可跟踪是否有触发或其它的操作条件。这个状态寄存器在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》中有详细描述。

2.3.2.4 瞬态电压值

瞬态电压测试时，负载在高（LevelH）、低（LevelL）两个瞬态电压值之间切换。瞬态电压值可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程命令（VOLTage:HLEVel <NRf+>, VOLTage:LLEVel <NRf+>）设定。

2.3.3 定电阻测试

定电阻测试分为低电压量程小电阻（VL CRL）、中电阻（VL CRM）、大电阻（VL CRH）和高电压量程小电阻（VH CRL）、中电阻（VH CRM）、大电阻（VH CRH）六种模式。在定电阻模式下，电子负载被等效为一个恒定的电阻，会随着输入电压的改变而线性调节输入电流，使得 $I = U / R$ ，如图 2-3。在基本测试状态，按“R-set”键进入 CR 模式参数设定菜单，通过数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键来输入电阻值，使用“Enter”键确认。定电阻测试模式和参数也可以通过远程命令（MODE VLCRL, MODE VLCRM, MODE VHCRH, RESistance <NRf+>）设定。

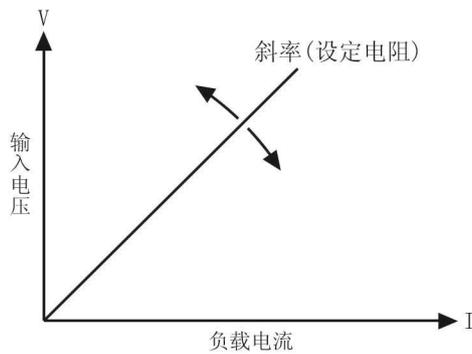


图 2-3 定电阻模式

2.3.3.1 电阻设定范围

在 CRL 模式下，电阻设定范围见“主要技术参数”；在 CRM 模式下，电阻设定范围见“主要技术参数”；在 CRH 模式下，电阻设定范围见“主要技术参数”。如果负载输入处于打开状态，模式的改变会引起负载输入关闭。例如：从 CRL 转换到 CRH 时，负载输入会关闭。另外值得注意的是，改变电阻模式，电阻设定值可能也会发生改变以适应新的范围。例如：原先的设定为 CRM 10.000Ω，从 CRM 转换到 CRL 时，电阻设定值会改变为 CRL 的最大值 1.50000Ω。

2.3.3.2 立即电阻值

立即电阻值就是在定电阻模式下的电阻设定值。立即电阻值可以按 R-Set 键进入参数设定菜单里设定，也可通过远程命令 (RESistance <NRf+>命令) 设定。在定电阻模式时，立即电阻值还可以通过左右键 (“◀”、“▶”) 和旋钮直接进行修改。

2.3.3.3 触发电阻值

触发电阻值用于在电子负载里预置一个电阻值，一旦接收到触发信号，负载就自动将这个预置的电阻值设定成为立即电阻值。如果当时负载输入已打开并且正处于定电阻模式，负载输入会立即因此而改变；如果当时不处于定电阻模式，这个电阻值不会直接影响负载输入直到定电阻模式有效。

触发电阻值可以通过按键或远程命令 (RESistance:TRIGgered <NRf+>) 设置。一旦一个触发电阻值被触发，随后的触发将会无效直至接收到新的触发电阻值设置命令。触发电源将会在后面的内容中描述。电子负载的状态寄存器可跟踪是否有触发或其它的操作条件。这个状态寄存器在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》中有详细描述。

2.3.3.4 瞬态电阻值

瞬态电阻测试时，负载在高 (LevelH)、低 (LevelL) 两个瞬态电阻值之间切换。瞬态电阻值可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程接口命令 (RESistance:HLEVel <NRf+>, RESistance:LLEVel <NRf+>) 来设定。

2.3.4 定功率测试

定功率模式分为定功率电压源模式(CPV)和定功率电流源模式(CPC)，分别适合于电压源和电流源的测试。在定功率工作模式下，不论外部电源的电压和电流如何变化，电子负载都将根据设定从电源吸收恒定的功率，使得电子负载的输入电压和电流满足 $U * I = P$ ，如图 2-4。在基本测试状态，按“P-set”键进入 CP 模式参数设定菜单，通过数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入功率值，使用“Enter”键确认。定功率测试模式和参数也可以通过远程命令(MODE CPV, MODE CPC, POWer <NRf+>)设定。

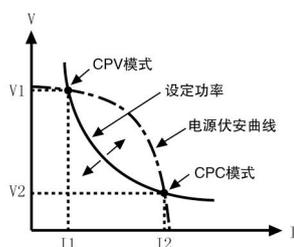


图 2-4 恒功率模式

图 2-5 是几种常见电源的伏安特性曲线，而恒功率曲线是一条位于第一象限的双曲线，在电源功率大于设定功率的情况下，恒功率曲线通常与电源的伏安曲线存在两个交点。在 CPV 点，电源表现出电压源的特征，即输出功率随电流的增大而增大；在 CPC 点，电源表现出电流源的特征，即输出功率随电压的增大而增大。本系列电子负载可以由用户设定使其工作在其中任一交点状态。

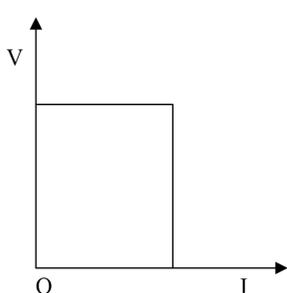


图 (2-4)

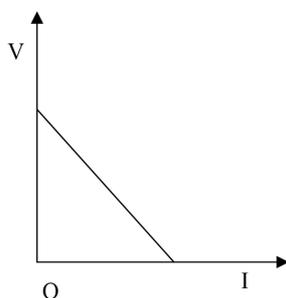


图 (2-5)

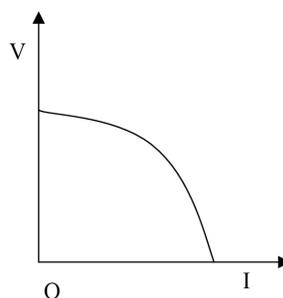


图 (2-6)

图 2-5 常见电源的伏安曲线

CPV 模式采用先进的斜率探测法，本电子负载只需测试电源伏安曲线的一部分即可判断恒功率曲线与电源伏安曲线是否相交，因此在设定功率大于电源的实际功率时，外部电源不会因功率不足而被负载拉至短路。电子负载在发现电源功率不足以后，会立即停止增大电流并重新开始尝试找寻恒功率点，直到设定功率被满足时为止。

CPC 模式先短路探测外部电源的恒流输出的电流值，并计算外部电源最大输出功率；如小于设定功率值，会立即关闭输入；如大于设定功率值，开始尝试找寻恒功率点，直到设定功率被满足时为止。

2.3.4.1 功率设定范围

不论是定功率电压源模式(CPV)还是定功率电流源模式(CPC)，功率设定范围见“主要技术参数”。

2.3.4.2 立即功率值

立即功率值就是在定功率模式下的功率设定值。立即功率值可以按 P-set 键进入参数设定菜单里设定，也可通过远程命令 (POWER <NRf+>) 设定。在定功率模式时，立即功率值还可以通过左右键 (“◀”、“▶”) 和旋钮直接进行修改。

2.3.4.3 触发功率值

触发功率值用于在电子负载里预置一个功率值，一旦接收到触发信号，负载就自动将这个预置的功率值设定成为立即功率值。如果当时负载输入已打开并且正处于定功率模式，负载输入会立即因此而改变；如果当时不处于定功率模式，这个功率值不会直接影响负载输入直到定功率模式有效。

触发功率值可以通过按键或远程命令 (POWER:TRIGgered <Nrf+>) 设置。一旦一个功率值被触发，随后的触发将会无效直至接收到新的触发功率值设置命令。触发源将会在后面的内容中描述。电子负载的

状态寄存器可跟踪是否有触发或其它的操作条件。这个状态寄存器在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》中有详细描述。

2.4 瞬态测试

瞬态测试允许负载在高 (LevelH)、低 (LevelL) 两个设定值之间切换。这可用于测试电源的动态特性。瞬态测试可以工作在定电流、定电压、定电阻模式下，具有连续 (Continuous)、脉冲 (Pulse)、翻转 (Toggle) 三种工作方式。瞬态测试开始之前，请确保序列测试功能已关闭。

瞬态测试设定参数有：瞬态低值(LevelL)、瞬态高值(LevelH)、低值时间(TimeL)、高值时间(TimeH)、上升沿时间(TimeR)、下降沿时间(TimeF)以及工作方式。

瞬态高、低值的设定范围与相应定电流、定电压、定电阻模式的设定范围相同。

瞬态测试功能的打开和关闭可以通过前面板上的“Tran”键或者远程命令(TRANSient ON/OFF)设定。打开瞬态测试功能前，请先设定基本测试模式为需要进行瞬态测试的模式。

注：瞬态测试时，应该考虑到启动电压和保护电流。这些功能有可能引起负载输入关闭，从而中断瞬态测试。

2.4.1 连续方式

在连续方式下，负载周期性地在高、低两个瞬态值之间切换。此方式不受触发信号的影响。瞬态低值 (LevelL)、瞬态高值(LevelH)、低值时间(TimeL)、高值时间(TimeH)、上升沿时间(TimeR)、下降沿时间(TimeF)以及连续方式等参数可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程命令 (CURRent:LLEVel <NRf+>, CURRent:HLEVel <NRf+>, VOLTage:LLEVel <NRf+>, VOLTage:HLEVel <NRf+>, RESistance:LLEVel <NRf+>, RESistance:HLEVel <NRf+>, TRANSient:LTIME <NRf+>, TRANSient:HTIME <NRf+>, TRANSient:RTIME <NRf+>, TRANSient:FTIME <NRf+>, TRANSient:MODE CONTInuous)设定。

例如：假定负载当前处于 CCH 模式，负载输入关闭，按如下操作设置瞬态参数：

按“Tran”键进入瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

State : On
Mode : Cont
LevelL : 5.000A
LevelH : 10.000A
TimeL : 0.50ms
TimeH : 0.50ms
TimeR : 0.25ms
TimeF : 0.25ms

然后按“Cancel”键退出瞬态测试菜单，按“On/Off”键打开负载输入；

也可通过远程命令设定：

SCPI 命令	描述
MODE CCH	设置工作模式
TRAN ON	打开瞬态测试功能
CURR:LLEV 5	设置瞬态电流低值为 5A
CURR:HLEV 10	设置瞬态电流高值为 10A
TRAN:LTIM 0.000500	设置瞬态低值时间为 500us
TRAN:HTIM 0.000500	设置瞬态高值时间为 500us
TRAN:RTIM 0.000250	设置瞬态上升沿时间为 250us

TRAN:FTIM 0.000250 设置瞬态下降沿时间为 250us
 TRAN:MODE CONT 选择连续方式
 INPUT ON 打开负载输入

图 2-6 显示出负载的电流波形：负载输入电流经过 250us 上升沿到达瞬态高值（10A），维持 500us，然后经过 250us 下降沿到达瞬态低值（5A），再维持 500us，如此循环往复。

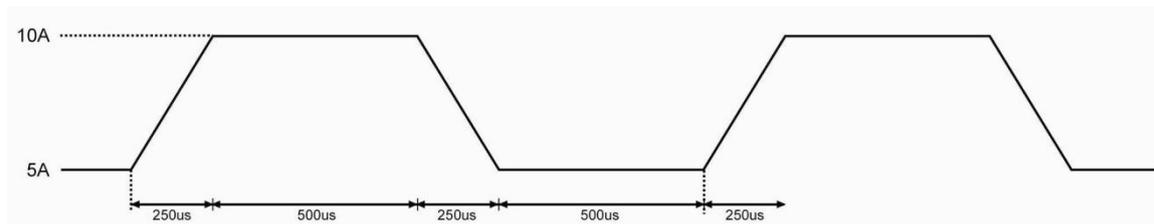


图 2-6 连续方式

2.4.2 脉冲方式

脉冲方式需要结合触发功能一起使用。未被触发时，负载维持在瞬态低值，触发以后，就会产生一个包括上升沿、瞬态高值、下降沿三个阶段的脉冲，最后再次返回到瞬态低值状态。瞬态低值(LevelL)、瞬态高值(LevelH)、高值时间(TimeH)、上升沿时间(TimeR)、下降沿时间(TimeF)以及脉冲方式等参数可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程命令（CURRent:LLEVel <NRf+>, CURRent:HLEVel <NRf+>, VOLTage:LLEVel <NRf+>, VOLTage:HLEVel <NRf+>, RESistance:LLEVel <NRf+>, RESistance:HLEVel <NRf+>, TRANsient:HTIME <NRf+>, TRANsient:RTIME <NRf+>, TRANsient:FTIME <NRf+>, TRANsient:MODE PULSe)设定。低值时间(TimeL)对于脉冲方式没有影响。

触发可以由外触发端子输入的信号或者前面板上的“Shift”+ “0_{Trigger}”按键产生，也可以由远程命令 *TRG 或者 TRIGger 产生。触发仅当负载处于瞬态低值期间有效，每一个触发引起一个脉冲。在脉冲持续的整个上升沿、瞬态高值、下降沿期间，任何触发都会被忽略。

例如：假定负载当前处于 CCH 模式，负载输入关闭，按如下操作设置瞬态参数：

按“Tran”键进入瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

State : On
 Mode : Puls
 LevelL : 5.000A
 LevelH : 10.000A
 TimeL : 0.50ms
 TimeH : 0.50ms
 TimeR : 0.5ms
 TimeF : 0.5ms

然后按“Cancel”键退出瞬态测试菜单，按“On/Off”键打开负载输入；

也可通过远程端口设定：

SCPI 命令	描述
TRIG:SOUR EXT	选择外部输入触发命令
TRAN ON	打开瞬态测试功能
CURR:LLEV 5	设置瞬态电流低值为 5A
CURR:HLEV 10	设置瞬态电流高值为 10A
TRAN:HTIM 0.000500	设置瞬态高值时间 500us
TRAN:RTIM 0.000500	设置瞬态上升沿时间 500us

TRAN:FTIM 0.000500 设置瞬态下降沿时间 500us
 TRAN:MODE PULS 设置脉冲触发操作
 INPUT ON 打开负载输入

从外触发端子输入触发信号。图 2-7 显示出触发前后负载的电流波形：负载输入打开后，电子负载开始工作在瞬态低值(5A)，每一次触发，负载电流都会经过 500us 上升沿后到达瞬态高值 (10A)，然后持续 500us，再经过 500us 下降沿返回到瞬态低值(5A)。

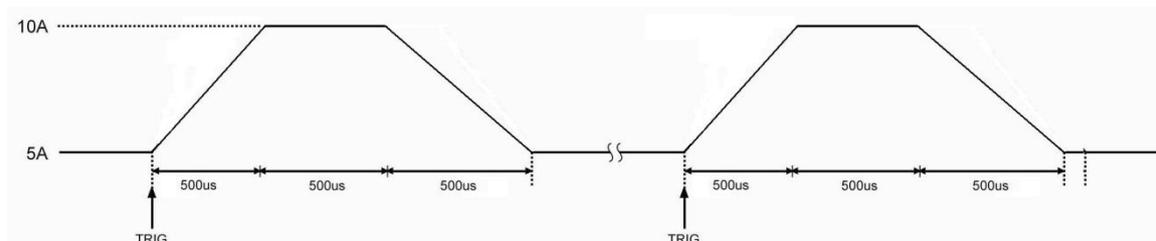


图 2-7 脉冲方式

2.4.3 翻转方式

翻转方式需要结合触发功能一起使用。未被触发时，负载维持在某一瞬态值，每一次触发以后，负载就会产生一个反转，经过上升沿或下降沿到达另一个瞬态值。瞬态低值(LevelL)、瞬态高值(LevelH)、上升沿时间(TimeR)、下降沿时间(TimeF)以及翻转方式等参数可以在瞬态测试菜单里设定，也可以通过远程命令 (CURRENT:LLEVel <NRf+>, CURRENT:HLEVel <NRf+>, VOLTage:LLEVel <NRf+>, VOLTage:HLEVel <NRf+>, RESistance:LLEVel <NRf+>, RESistance:HLEVel <NRf+>, TRANSient:RTIME <NRf+>, TRANSient:FTIME <NRf+>, TRANSient:MODE PULSe)来设定。低值时间(TimeL)和高值时间(TimeH)对于翻转方式没有影响。

触发可以由外触发端子输入的信号或者前面板上的“Trigger”按键产生，也可以由远程命令*TRG 或者 TRIGger 产生。

例如：假定负载当前处于 CCH 模式，负载输入关闭，按如下操作设置瞬态参数：

按“Tran”键进入瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

State : On
 Mode : Togg
 LevelL : 5.000A
 LevelH : 10.000A
 TimeL : 0.50ms
 TimeH : 0.50ms
 TimeR : 0.50ms
 TimeF : 0.50ms

然后按” Cancel”键退出瞬态测试菜单，按“On/Off”键打开负载输入；

也可通过远程端口设定：

SCPI 命令	描述
TRIG:SOUR EXT	选择外部输入触发命令
TRAN ON	打开瞬态测试功能
CURR:LLEV 5	设置瞬态电流低值为 5A
CURR:HLEV 10	设置瞬态电流高值为 10A
TRAN:LTIM 0.000500	设置瞬态低值时间 500us
TRAN:HTIM 0.000500	设置瞬态高值时间 500us

TRAN:RTIM 0.000500 设置瞬态上升沿时间 500us
 TRAN:FTIM 0.000500 设置瞬态下降沿时间 500us
 TRAN:MODE TOGG 选择翻转操作
 INPUT ON 打开负载输入

从外触发端子输入触发信号。图 2-8 显示出触发前后负载的电流波形：负载输入打开后，电子负载刚开始维持在瞬态低值(5A)，第一次触发，负载电流经过 500us 上升沿后到达并维持在瞬态高值 (10A)，第二次触发，负载电流经过 500us 下降沿后到达并维持在瞬态低值，依此类推，每一次触发，负载状态就发生一次翻转。

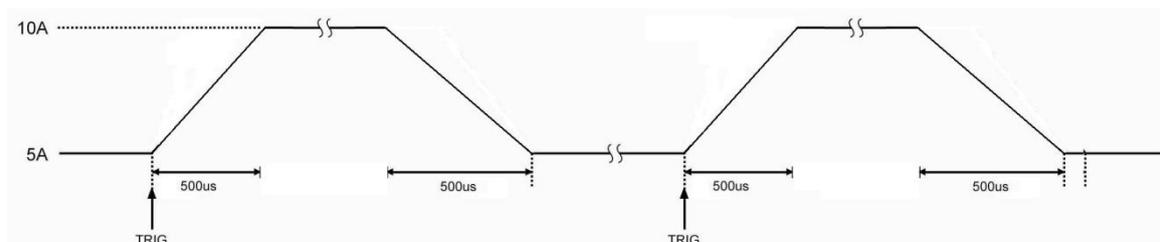


图 2-8 翻转方式

2.5 序列测试

除了瞬态测试功能外，电子负载还提供了更加灵活的序列测试功能。它可以使负载按照某一预先设定的测试序列进行工作。

序列测试功能允许用户自己定义一系列测试步骤，每一步的工作模式、负载值和工作时间均可设定。序列测试可以工作在定电压、定电流、定电阻模式下，每一步最短时间为 10ms(时间为 0 表示当前步无效)，最长时间 99999s；序列测试可以循环执行多次，用户可以指定循环次数；序列可以相互链接，每个序列执行完毕，还可以通过链接启动另一测试序列，进一步扩展序列测试的能力，完成更为复杂的测试任务；每个序列最多可包含 50 个测试步骤，电子负载可以保存 8 个测试序列。

序列测试的各项参数可以在序列测试菜单里进行编辑和设定，也可以通过相关的远程命令来进行。本负载提供有便捷的序列编辑功能，用户在输入/编辑序列测试步骤时，可以方便地查看前、后测试步骤，并可即时进行修改、插入和删除，有效降低了序列输入时的工作量。

序列每一步的设定值在退出测试步骤编辑菜单时自动保存。序列的其它参数在编辑后立即保存。

序列测试功能也可以通过远程命令实现。

启动序列测试功能之前，请确保瞬态测试功能已关闭。序列测试中，如果下一步的工作模式与当前步骤不同，为避免可能发生的电流冲击，当前步骤结束后，电子负载将自动插入一个 5ms 的延时，在此其间负载输入会被关闭。

图 2-9 为一个 5 步的测试序列运行图。详细操作步骤在第五章“序列操作”有详细解释。

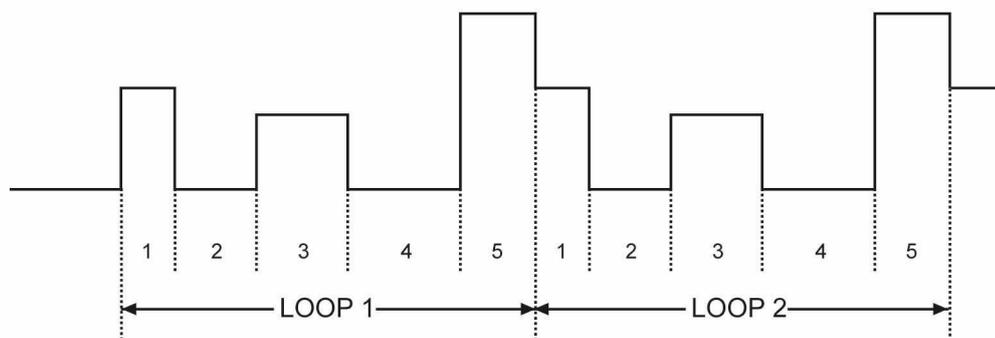


图 2-9 序列测试

注：序列测试时，应该考虑到启动电压和保护功能有可能引起负载输入关闭，从而中断序列测试。

2.6 电池放电容量测试

电子负载采用恒流放电来进行电池容量测试。用户可设置电池放电电流和电池放电终止电压、电池放电终止电流。开输入后，先按电池放电电流恒流放电测试，电池电压下降至终止电压时，自动切换到恒压放电测试，当电池放电电流小于电池放电终止电流时，停止电池放电测试。测试过程如图2-10所示。负载在放电过程中可以实时显示电池电压、放电电流、放电时间和放电容量。电池的最大放电时间为99小时99分99秒。

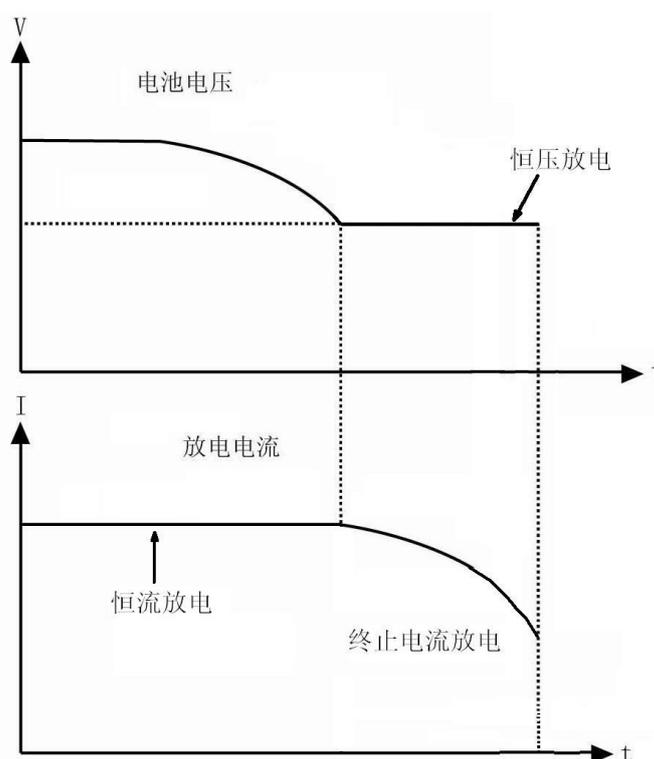


图 2-10 电池容量测试时电压、电流曲线

2.7 短路测试

电子负载可模拟短路，以测试被测设备的保护性能。短路功能的打开和关闭可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（INPut:SHORt ON/OFF）设定。当短路功能打开时，短路值取决当前的负载模式：详细参数见“主要技术参数”。

打开短路功能不会改变其它设定值。

注：短路测试时，应该考虑到启动电压和保护电流。这些功能有可能引起负载输入关闭，从而中断短路测试。

2.8 触发功能

触发功能主要用于使电子负载与其它测试仪器或者外部事件保持同步。本负载提供了多种触发方式，可以应用于下列场合：

- **触发一个预置值** 把所有未触发的触发值设定成为立即值。如果负载输入已打开，对于当前的模

式，新的值将会立即出现在负载输入端；对于其它模式，则要等到该模式有效才会影响负载输入。

- **触发一个瞬态脉冲** 当脉冲瞬态方式有效时，触发会使负载按照先前设定的瞬态参数产生一个测试脉冲。
- **触发一个瞬态翻转** 当翻转瞬态方式有效时，触发会使负载按照先前设定的瞬态参数在瞬态低值和瞬态高值之间产生一次瞬态翻转。
- **触发一个序列测试功能** 在序列测试时，触发会使负载启动当前的测试序列。

远程控制时有三种触发方式：`*TRG` 以及 `TRIGger` 命令。负载的后面板上的外触发输入端子以及“Shift”+“0Trigger”按键也可以用于触发。

电子负载有三个触发模式：总线（BUS）、外部（EXTERNAL）和保持（HOLD）。

- **总线（BUS）模式：** `*TRG` 作为触发源。
- **外部（EXTERNAL）模式：** 选择电子负载的触发输入端子或前面板按键“Trigger”作为触发源。触发端子输入信号为 TTL 电平，下降沿触发。
- **保持（HOLD）模式：** 使用 `TRIGger:IMMEDIATE` 命令作为触发源。此时其他的触发方式，包括 `*TRG`，都是无效的。

注：命令 `TRIGger:IMMEDIATE` 可作用于三个触发模式。只能通过远程命令（`TRIGger:SOURce BUS`；`TRIGger:SOURce EXTERNAL`；`TRIGger:SOURce HOLD`）选择触发模式。

2.9 输入控制

2.9.1 负载打开与关闭

负载输入的打开和关闭可以通过按“On/Off”键，也可以通过远程命令（`INPUT ON/OFF`）实现。在负载输入关闭状态，按“On/Off”键打开负载输入，按键灯亮；在负载输入打开状态，按“On/Off”键关闭输入，按键灯灭。打开和关闭负载输入不会影响负载设定。

在本地控制时，如果负载输入打开，基本测试、瞬态测试、序列测试、电池放电容量测试等状态是不能够互相直接转换的，仅在负载输入关闭时，才可以从某一测试状态转换至另一种测试状态。

在远程控制状态，最好养成如下习惯：`INPUT ON/OFF` 命令最后发送，最后打开负载。

2.9.2 负载带载电压、卸载电压及带载电压锁定

当待测电源上升速度或下降速度慢时，负载就有可能将待测电源保护。电子负载提供了 `Von`（带载电压）和 `Voff`（卸载电压）功能，当待测电源电压上升且大于 `Von` 带载电压时，负载开始带载测试。当待测电源电压超过 `Voff` 卸载电压后，下降且小于 `Voff` 卸载电压时，负载则卸载，输入状态为 `OFF`。

当外部输入电压低于带载电压（`Von Point`）时，即使负载输入已经打开，负载也不会启动。只有当外部输入电压达到或超过带载电压时，负载才开始工作。

带载电压锁定（`Von Latch`）用于锁定负载的启动状态。如果带载电压锁定功能（`Von Latch`）打开，一旦输入电压达到带载电压，负载输入打开以后，无论外部输入电压如何变化，即使后来输入电压低于带载电压，负载输入也不会关闭，如图 2-11；如果带载电压锁定功能（`Von Latch`）关闭，那么一旦输入电压达到带载电压，负载输入就自动打开，一旦低于卸载电压，负载输入就自动关闭，如图 2-12。通过设置带载电压、卸载电压和带载电压锁定，可以实现负载输入自动打开和关闭，有效简化测试操作。

带载电压可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（`INPut:VOLTage:ON <NRf+>`）设定。

卸载电压可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（`INPut:VOLTage:OFF<NRf+>`）设定。

带载电压锁定（`Von Latch`）可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（`INPut:VOLTage:ON:LATCh ON/OFF` 命令）设定。

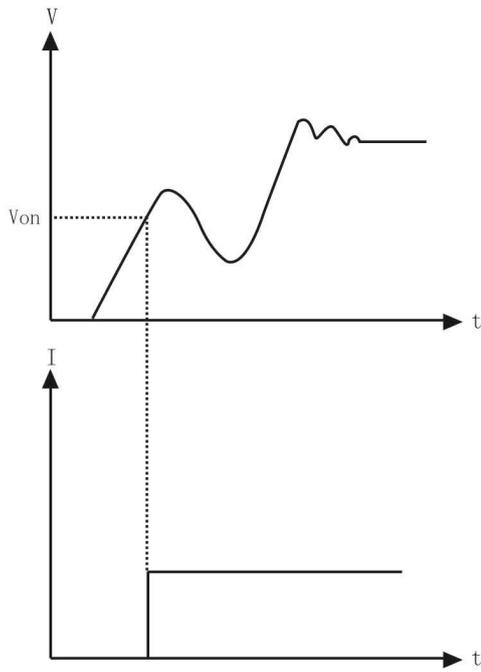


图 2-11 带载电压锁定(Von Latch)打开

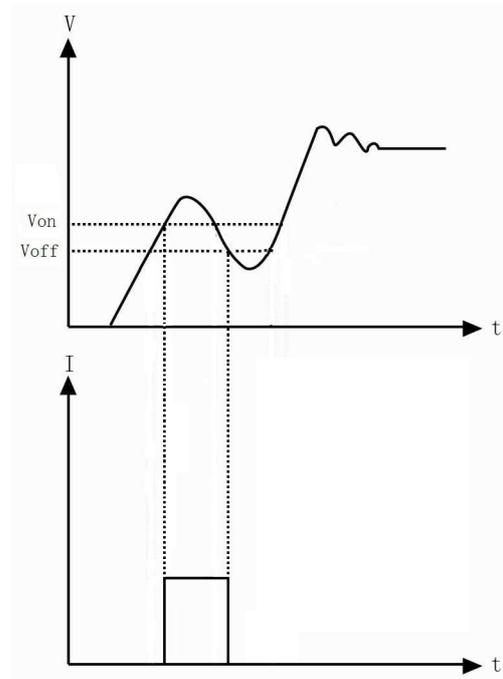


图 2-12 带载电压锁定(Von Latch)关闭

注：如果负载没有正常工作，请检查带载电压 Von、卸载电压 Voff 的设置。

2.9.3 定电压模式电流限制

定电压模式电流限制（CV Curr Limit）用于限制定电压模式下负载的最大输入电流，如果负载电流达到限制值时电压仍然高于设定值，负载将转换至定电流状态，如图 2-13。定电压模式电流限制不同于软件电流保护，不会关闭负载输入。

定电压模式电流限制值（CV Curr Limit）可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（CV:CURRent:LIMIt <NRf+>）设定。

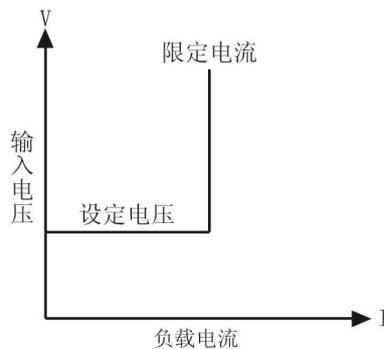


图 2-13 定电压电流限制功能示意图

2.9.4 电流上升速率

电流上升速率（Curr Rise Rate）用于设定定电流模式下的电流上升速率。该参数可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（CURRent:RISE:RATE <NRf+>）设定。

如果电流上升速率为 0.1A/us，电流设定值为 20A，那么负载输入打开时的电流上升速率如图：

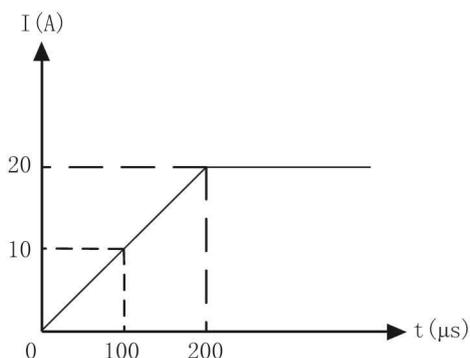


图 2-14 电流上升速率示意图

注：电流上升速率设定仅对 CCH 和 CCL 模式有效，且 CCL 模式下的最大电流上升速率是设定值的约为 1/10。

2.9.5 电流下降速率

电流下降速率（Curr Fall Rate）用于设定定电流模式下的电流下降速率。该参数可以在主菜单里设定，也可通过远程命令（CURRent:FALL:RATE <NRF+>）设定。

如果电流下降速率为 0.1A/us，电流设定值为 20A，那么负载输入关闭时的电流下降速率如图：

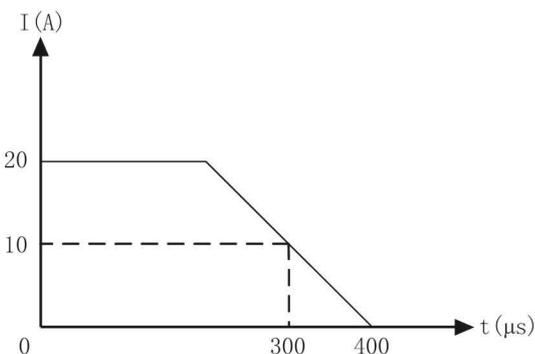


图 2-15 电流下降速率示意图

注：电流下降速率设定仅对 CCH 和 CCL 模式有效，且 CCL 模式下的实际电流下降速率是设定值的 1/10。

2.10 测量功能

电子负载具有高分辨率测量系统，可实时测量输入电流值，电压值。输入的功率值和电阻值是通过输入电压值和输入电流值计算得到的。每一个测量值可以通过液晶直接查看或者通过命令（MEASure 命令）读取。

2.11 保存和调用

电子负载带有 EEPROM 存储器，用于保存各项参数，包括模式、输入状态、电流、电压、电阻、瞬态设定、保护值等。本系列电子负载可以保存 10 组参数，表 2-1 中列出了保存和调用操作涉及到的所有参数。

可以通过“1_{Store}”和“2_{Recall}”按键，来保存和调用存储在位置 0~9 的 10 组参数；也可以通过远程命令（*SAV <NRI>和*RCL <NRI>命令）来保存和调用参数。

负载每次开机时都会自动调用位置‘0’所保存的参数。

表 2-1

功能	作用
Input	输入状态
Mode	工作模式
CCL Current level	CCL 立即电流值
CCH Current level	CCH 立即电流值
Current rise rate	电流上升速率
Current fall rate	电流下降速率
Current Hlevel	瞬态电流高值
Current Llevel	瞬态电流低值
Current protection level	电流保护限制值
Current protection delay	电流保护延时
Current protection State	启用/禁用电流保护
CVL Voltage level	CVL 立即电压值
CVH Voltage level	CVH 立即电压值
Voltage protection level	电压保护限制值
Power protection level	功率压保护限制值
CV current limit	定电压模式电流限制
Voltage Hlevel	瞬态电压高值
Voltage Llevel	瞬态电压低值
CRL Resistance level	CRL 立即电阻值
CRM Resistance level	CRM 立即电阻值
CRH Resistance level	CRH 立即电阻值
Resistance Hlevel	瞬态电阻高值
Resistance Llevel	瞬态电阻低值
CPV Power level	CPV 立即功率值
CPC Power level	CPC 立即功率值
Transient operation	瞬态测试
Transient mode	瞬态工作模式
Transient Htime	瞬态高值时间
Transient Ltime	瞬态低值时间
Transient Rtime	瞬态上升沿时间
Transient Ftime	瞬态下降沿时间
Trigger Function	触发功能选择
Trigger source	触发源
Battery Mode	电池放电容量测试
Battery mini voltage	电池放电终止电压
Battery discharge current	电池放电电流
Voltage on Latch	启动电压锁定
Voltage on	负载启动电压
Voltage off	负载卸载电压

2.12 读取远程错误

当远程控制发生错误时，错误状态指示灯会点亮。错误代码分为如下几类：

- -1xx 命令错误
- -2xx 执行错误
- -3xx 特定设备错误
- -4xx 查询错误

远程查询命令（`SYSTem:ERRor?`）可以在远程状态查询错误代码和信息。

所有错误是保存在一个错误队列之中。错误队列是一个先进先出结构的缓冲区，最多可存储 20 条错误信息。如果产生的错误超过 20 条，负载会将存储在队列中的最后一个错误替换为-350, “Queue overflow”除非错误信息被读取或者清除，否则负载将不再存储任何错误信息。一旦错误被读取，它将会被从错误队列中清除。

2.13 状态报告

电子负载有状态报告寄存器。电子负载的各种状态可以通过查询状态寄存器来获得。使用者可通过设置状态寄存器组中的使能寄存器来确定哪些事件被报告（在《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》会详细介绍）。

2.14 保护功能

电子负载具备以下几种保护功能：

- 过电压（OV）
- 过电流（OC）
- 过功率（OP）
- 过温度（OT）
- 极性反接（RV）

负载一旦出现异常，状态寄存器内相应的状态标志就会置位，负载输入关闭并发出声音报警，“Cancel”键指示灯亮，显示屏显示故障原因，负载进入异常锁定状态。除了特定的操作，负载不再响应其它指令。例如：当过温过高时，负载输入会关闭并发出声音报警，显示屏右上方会显示 OTP，不再响应其它操作指令。

2.14.1 清除异常锁定状态

当负载进入异常锁定状态后，不再响应其它指令，只有通过长按“Cancel”键或者远程命令（`INPut:PROTection:CLEar`）清除锁定状态，才可恢复正常操作。当然导致负载进入异常锁定状态的原因必须要解除，否则又会立即再次引起异常锁定。

另外，在软件电流保护功能打开时，如果过流时间还没超过设定的保护时间，负载“Cancel”指示灯亮，但并不关闭负载输入。此时通过长按“Cancel”键或者远程命令（`INPut:PROTection:CLEar`）可以清零过流时间。

2.14.2 过电压

当输入电压超过预设电压时，触发过压保护，负载输入关闭并显示 OVP。同时可疑状态寄存器中的 OV 和 VF 标志置位，并且一直保持到它们被复位且过电压状态解除。

2.14.3 过电流

电子负载允许用户定义一个电流保护限制值。当这个限制值被超过时，过流定时器开始计时，“Cancel”

指示灯亮，但负载输入并不立即关闭；当计时时间达到设定的延迟时间后，触发过电流保护，负载输入关闭并显示 OCP。同时可疑状态寄存器中的 OC 和 PS 标志置位，并且一直保持到它们被复位且过电流状态解除。电流保护限制功能可以本机设定电流保护或通过远程命令来设定：命令(CURRent:PROTection:STATe ON/OFF) 用于打开或关闭该功能，命令 (CURRent:PROTection < NRf+>) 设定电流限制值，命令 (CURRent:PROTection:DELay < NRf+>) 设定关断负载的延迟时间。

2.14.4 过功率

电子负载具备软件过功率保护功能。

一旦负载的输入功率超过其最大额定输入功率，通过计算，测量当前的实际功率。只要持续过功率时间超过一定限额，就会触发过功率保护。

过功率保护发生后，负载输入关闭并显示 OPP。同时可疑状态寄存器中的 OP 和 PS 标志置位，并且一直保持到它们被复位且过功率状态解除。

2.14.5 过温度

如果负载内部温度超出了安全极限，就会触发过温度保护，负载输入关闭并显示 OTP。同时可疑状态寄存器中的 OT 和 PS 标志置位，并且一直保持到它们被复位且过温度状态解除。在清除异常锁定状态时，必须等待负载温度降到正常范围。负载的散热风扇有助于尽快降低其内部温度。

2.14.6 极性反接

在输入端电源极性接反的情况下，触发极性反接保护，负载输入关闭，“Cancel”指示灯亮。同时可疑状态寄存器中的 RV 和 VF 标志置位，并且一直保持到它们被复位且极性反接状态解除。

2.15 其他辅助功能

按下“Menu”键后进入菜单功能，此时LCM上显示出可选择菜单，可使用旋钮来选择菜单，将依序出现以下功能，System Set Config Protection Trigger Set Auto test。此时按下“Enter”键，将会进入光标所在位置的功能选项，可使用“↑”、“↓”键来翻转LCM屏幕，此时按“↓”键就可以进入下一级子菜单。按“Cancel”键退出菜单设置。

2.15.1 触发功能选择

Trigger Set 菜单中的触发功能选择 (Trigger Function)，用于选择触发对象。选择 Tran 用于触发触发瞬态测试，选择 List 用于触发序列测试。

2.15.2 旋钮使能

Config 菜单中的旋钮使能 (KEYESC) 用来启用/禁用旋钮功能。选择 On 启用旋钮，选择 Off 禁用旋钮。

2.15.3 按键声音

Config 菜单中的按键声音 (Key Sound) 用于控制按键发音。选择 On 启用按键声音，选择 Off 禁止按键声音。

2.15.4 LCD 对比度控制

Config菜单中的对比度 (CONTRA) 用于调整显示屏的对比度，利用0~9数字键或旋钮来输入参数，再按下“Enter”键。

2.15.5 LCD 背光控制

Config菜单中的亮度 (LIGHT) 用于调整背光板灯的亮度，利用0~9数字键或旋钮来输入参数，再按

下“Enter”键。

2.15.6 软件版本

Config 菜单中的 (VER) 可查看仪器的软件版本。

2.15.7 数字快捷键功能设置 (一键调取)

Config 菜单中的热键 (HotKey) 用于数字快捷键功能, 利用旋钮来选择开启或关闭。此功能开启后, 只要按 0~9 数字键就可以调用出存储器中对应的第 0~9 组的设定。

在 HotKey 关闭状态下, 比如, 设置定电压 5.5V, 按“Shift”键, 启动第二功能复合键, 按“数字键 1 Store 保存键”启动保存功能, 按数字键 2, 再按下“Enter”键, 则“定电压 5.5V”保存到了数字键 2

在 HotKey 开启状态下, 按下数字键 2, 则一键调出“定电压 5.5V”

第三章 安装

3.1 初始检查

收到负载后, 请立即检查负载是否在运输过程中发生明显损坏。同时保存好包装材料, 以备将来送修时使用。

确认按键或旋钮没有破损, 机壳和面板表面没有凹陷和刮痕, 显示屏也没有破裂或刮痕。

3.2 环境和安置

负载在 0 °C 到 40 °C 的环境温度下可满功率运行。在 40 °C 到 55 °C 的环境中需降功率使用, 否则会因温度过高而引起过温保护。

负载要放置在通风良好的环境中, 同时远离电磁干扰环境, 环境中不许有易燃易爆物体。

安装在机架中时必须拆下橡皮缓冲垫。风扇从侧面抽进空气并通过后面板排出, 安装负载时应在其两侧及后面留出足够空间以便于空气流通。

3.3 上电检测

上电自检能够检测出负载基本的工作状况, 从而作为负载验收的初步操作手段。

首先, 检查交流电源电压, 确保负载电压选择开关与当地供电电压一致。

接好交流电源线, 按下前面板电源开关, 然后通电预热二十分钟左右, 进行下面测试:

连接一台电源的输出到本负载的输入端, 正负极性对应, 执行 CCH 5A 及 CVH 5V 操作, 负载应工作正常, 吸收 5A 的电流或调整输入电压为 5V, 且误差在手册规定的误差范围内。至此可判断负载基本工作正常。

3.4 后面板连接

后面板配置如图 3-1 所示, 主要包含交流输入部分、外触发输入端子、远端感应端子和通信接口部分。交流输入部分包括交流输入和保险丝插座。电压切换开关在底部。通信接口包括 RS-232 通信接口。

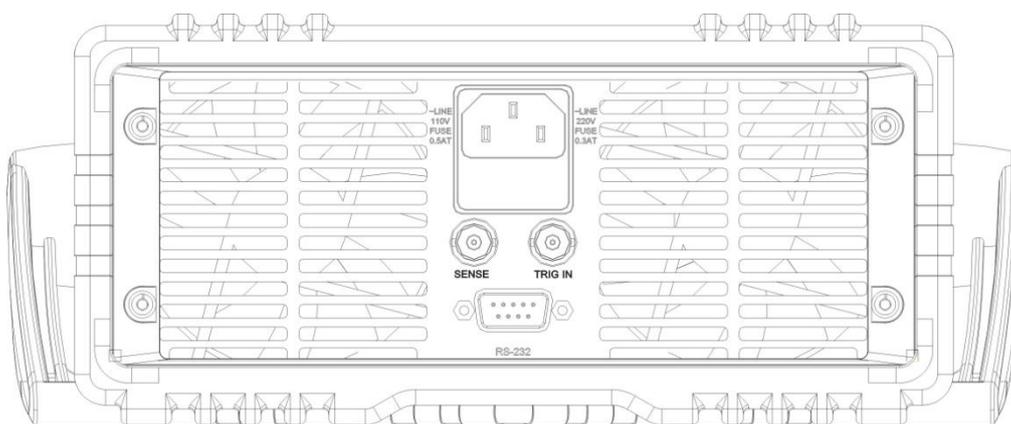


图 3-1

交流输入:

交流电源线缆类型要符合当地使用标准。

保险丝规格为 250V 315mA。

电压切换开关可以切换到 110V 或 220V 位置，选择的电压应与当地供电电压规格一致。

通信接口 RS-232 接口:

负载提供一个 RS-232 接口，这是一个标准的 DB9 针型连接器，使用 DTR 和 DSR 信号进行流控制，引脚定义如下所示。

Pin	Input/Output	描述
1	-	没有使用
2	Input	RXD 接收数据
3	Output	TXD 发送数据
4	-	没有使用
5	Common	GND 信号地
6	-	没有使用
7	-	没有使用
8	-	没有使用
9	-	没有使用

接口参数通过 Menu 菜单进行设置，用户使用 SCPI 命令语言编程和负载进行通讯。

TRIGGER 连接:

前面板外触发输入端子是一个 BNC 连接端子，中间为输入正端，外壳为输入负端。接收 5V TTL 兼容的下降沿触发信号。

远端电压检测

后面板提供的电压检测 BNC 端子，中间为 SENSE +，外壳为 SENSE -，用于远端电压检测，降低因连接电源与负载输入端的导线电阻对电压测量造成的影响，提高电压检测精度。本负载可自动检测电压输入信号，因此使用远端电压检测功能时无需修改参数设定或改变硬件接线。

3.5 前面板连接

前面板输入包括输入端子 (INPUT +和 INPUT -) 如图 3-2 所示。

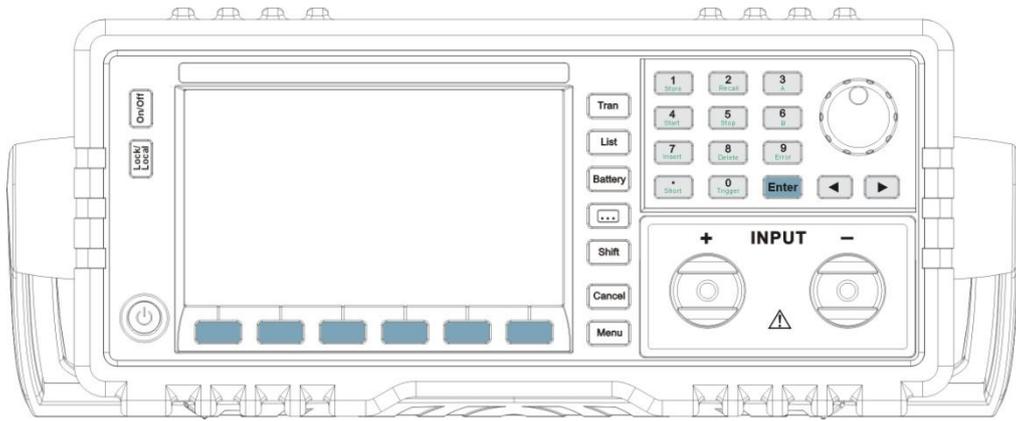


图 3-2

输入连接:

前面板提供了两个大型螺旋顶杆接线端子 (INPUT +, INPUT -), 用于输入连接, 连接线缆的最大直径为 4mm。进行大电流测试时, 为了提高测试的准确度, 减小测量误差, 应尽量使用较粗的线缆。

3.6 使用连接

Sense 连接

当需要进行精确电压测量时, 需要连接 Sense 输入, 负载自动切换到 Sense 测量。接线如图 3-3 所示。

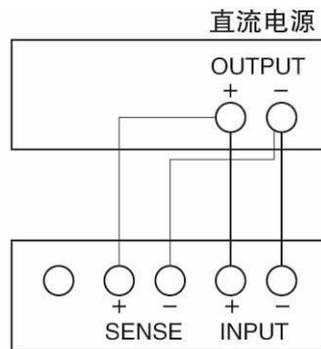


图 3-3

并行连接

当需要大功率或大电流测试时, 在 CC 或 CR 模式下, 可以将两台或更多的负载进行并联测试。接线如图 3-4 所示。

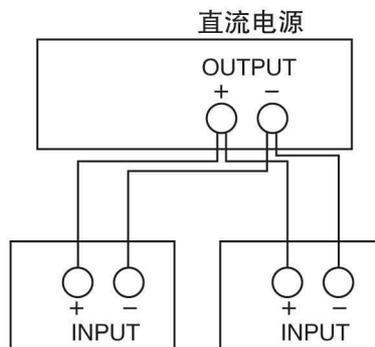


图 3-4

第四章 本地操作

第二章“功能与特性”对电子负载的本地操作进行了简要说明，本章将结合实例，更详细介绍的本系列电子负载的本地操作。

4.1 本地控制描述

如果需要通过前面板的键盘和旋钮操作电子负载，电子负载必须处于本地控制状态。电子负载开机后即处于本地控制（前面板）状态，同时自动调入先前保存在 EEPROM 位置 0 的相关参数。

在远程控制状态，所有的键盘和旋钮操作无效（“Lock/Local”键除外）。当电子负载通过 RS232 接收到远程命令（SYST:REM）时，Rmt 指示点亮，远程控制生效。在远程控制状态下，电子负载的一切操作均受远程控制器控制，在接收到返回本地控制的指令（例如 SYST:LOC）后，Rmt 指示熄灭，电子负载返回本地控制状态。在远程控制状态，即使没有接收到返回本地控制的指令，也可以通过长按“Lock/Local”键，让电子负载返回本地控制状态。

4.2 前面板主要操作

- 电子负载与电源连线
- 输入打开与关闭
- 定电流测试
- 定电压测试
- 定电阻测试
- 定功率测试
- 短路测试
- 连续方式瞬态测试
- 脉冲方式瞬态测试
- 翻转方式瞬态测试
- 序列测试
- 电池放电容量测试
- 参数保存与调用
- 保护状态清除
- 负载错误信息
- 负载触发
- 电子负载主菜单

4.3 电子负载与电源连线

电源正极连接电子负载输入（INPUT）的红色端口（“+”），电源负极连接电子负载输入（INPUT）的黑色端口（“-”）。如正负极接反，电子负载将处于 RV 保护状态。如果真出现电子负载处于 RV 保护状态，请重新连接电源与电子负载。

正确连接电源与电子负载后，如果想取消电子负载的 RV 保护状态，按长按“Cancel”键取消保护状态（详细介绍见下述的“负载保护状态清除”）或直接重新启动电子负载。

4.4 负载输入打开/关闭

按“On/Off”键启动或者关闭电子负载。

4.5 基本测试

基本测试操作步骤如下：

1. 按面板模式键进入模式菜单。
2. 使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入设定值，使用“Enter”键修改设定值，使用“Cancel”键退出模式选择和参数设定菜单。
3. 按“Enter”键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。
4. 按“On/Off”键打开负载。

4.5.1 定电流测试

定电流测试分为大电流模式(CCH)和小电流模式(CCL)。

例 1：在 CV 模式下，设置负载为大电流模式(CCH)，电流值为 5.12A。打开负载。查看当前功率。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set。	CC SET 0 Low
第三步	使用数字键或者旋钮选择 1 High，按“Enter”键确定。	CC Set 1 High
第四步	按“Cancel”键退出，返回基本模式	CVH 05.000V
第五步	按“I-Set”键进入参数设定菜单，使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电流值 5.12。	SCCH 05.120A
第六步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	CCH 05.120A
第七步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```

INPUT      Off          ; 关闭负载
MODE       CCH          ; 设定模式
CURR      5.12          ; 设定设定值
INPUT      ON           ; 打开负载
    
```

例 2：在 CCH 模式下，设置电流值为 5.8A。打开负载。有两种方法可以设定电流值。

方法一：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 I-set”键进入参数设定菜单。	SCCH 05.120A
第二步	使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电流值 5.8	SCCH 05.800A
第三步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	CCH 05.800A
第四步	按“On/Off”键打开负载。	

方法二：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	使用“◀”键将光标移动到百分位下。	CCH 05.120A
第二步	旋转旋钮设定百分位值为 0。 (旋转旋钮立即改变设定值。负载打开时，该设定	CCH 05.100A

	值立即在输入端生效。)	
第三步	使用“◀”键将光标移动到十分位下。	CCH 05.100A
第四步	旋转旋钮设定十分位值为 8。 (旋转旋钮立即改变设定值。负载打开时, 该设定值立即在输入端生效。)	CCH 05.800A
第五步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

MODE CCH ; 设定模式
CURR 5.8 ; 设定设定值
INPUT ON ; 打开负载

注: CCH 定电流模式下, 右下角显示 CCH 标志; CCL 定电流模式下, 右下角显示 CCL 标志。

4.5.2 定电压测试

例 1: 在 CCH 模式下, 设置负载为定电压模式(CVH), 电压值为 50V。打开负载。查看当前功率。步骤如下:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“V-set”键进入参数设定菜单, 使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电压值 50。	SCVH 50.000V
第二步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	CVH 50.000V
第三步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

MODE CVH ; 设定模式
VOLT 50 ; 设定设定值
INPUT ON ; 打开负载

例 2: 在 CV 模式下, 设置负载电压值为 60V。打开负载。有两种方法可以设定电压值。

方法一:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“V-Set”键进入参数设定菜单。	CVH 50.000V
第二步	使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电压值 60。	CVH 60.000V
第三步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	CVH 60.000V
第四步	按“On/Off”键打开负载。	

方法二:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	使用“◀”键将光标移动到十位下。	CVH 50.00V
第二步	旋转旋钮设定十位值为 6。 (旋转旋钮立即改变设定值。负载打开时, 该设定值立即在输入端生效。)	CVH 60.00V
第三步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

MODE CVH ; 设定模式

VOLT 60 ; 设定设定值
 INPUT ON ; 打开负载

注：定电压模式下，右下角显示 CVH 标志；

4.5.3 定电阻测试

定电阻测试分为电压高量程小电阻（VHCRL）、中电阻（VHCRM）、大电阻（VHCRH）和电压低量程小电阻（VLCRL）、中电阻（VLCRM）、大电阻（VLCRH）六种模式。

例 1：在设置负载为小电阻模式(VHCRL)，电阻值为 1.5Ω。打开负载。查看当前功率。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set。	CC Set 1 High
第三步	使用“↑”、“↓”选择 Syst CR Set。	CR Set 2 VH High
第四步	使用数字键或者旋钮选择 0 Low，按“Enter”键确定	CR Set 0 VH Low
第五步	按“Cancel”键退出，返回基本模式。	CVH 60.000V
第六步	按“R-Set”键进入参数设定菜单，使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电流值 1.5。	SVHCRL 1.5000R
第七步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	VHCRL 1.5000R
第八步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE VHCRL ; 设定模式
 RES 1.5 ; 设定设定值
 INPUT ON ; 打开负载

例 2：在 VH CRL 模式下，设置负载电阻值为 1.2Ω。打开负载。有两种方法可以设定电阻值。

方法一：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“R-Set”键进入参数设定菜单。	SVHCRL 1.5000R
第二步	使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电阻值 1.2。	SVHCRL 1.2000R
第三步	按“Enter”键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	VHCRL 1.2000R
第四步	按“On/Off”键打开负载。	

方法二：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	使用“◀”键将光标移动到十分位下。	VHCRL 1.5000R
第二步	旋转旋钮设定十分位值为 2。 (旋转旋钮立即改变设定值。负载打开时，该设定值立即在输入端生效。)	VHCRL 1.2000R
第三步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE VH CRL ; 设定模式
RES 1.2 ; 设定设定值
INPUT ON ; 打开负载

注：CRH 定电阻模式下，右下角显示 CRH 标志；CRM 定电阻模式下，右下角显示 CRM 标志。CRL 定电阻模式下，右下角显示 CRL 标志。

4.5.4 定功率测试

定功率测试分为定功率电压源模式(CPV)和定功率电流源模式(CPC)。

例 1：在 CRL 模式下，设置负载为定功率电压源模式(CPV)，功率值为 100W。打开负载。查看当前功率。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set。	CC Set 0 Low
第三步	使用“↑”、“↓”选择 Syst CP Set。	CP Set 1 CPC
第四步	使用数字键或者旋钮选择 0 CPV，按“Enter”键确定。	CP Set 0 CPV
第五步	按“Cancel”键退出，返回基本模式。	VHCRL 1.200R
第六步	按“P-Set”键进入参数设定菜单，使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入电流值 100。	SCPV 100.00W
第七步	按“Enter”键确定同时退出参数设定菜单。	CPV 100.00W
第八步	按“On/Off”键打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CPV ; 设定模式
POW 100 ; 设定设定值
INPUT ON ; 打开负载

例 2：在 CPV 模式下，设置负载功率值为 200W。打开负载。有两种方法可以设定功率值。方法一：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“P-set”键进入参数设定菜单。	SCPV 100.00W
第二步	使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入功率值 200。	SCPV 200.00W
第三步	按“Enter”键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	SCPV 200.00W
第四步	按“On/Off”键打开负载。	

方法二：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	使用“◀”键将光标移动到百位下。	CPV 100.00W
第二步	旋转旋钮设定百位值为 2。 (旋转旋钮立即改变设定值。负载打开时，该设定值立即在输入端生效。)	CPV 200.00W

第三步	按“On/Off”键打开负载。	
-----	-----------------	--

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CPV ; 设定模式
 POW 200 ; 设定设定值
 INPUT ON ; 打开负载

注：CPV 定功率模式下，右下角显示 CPV 标志；CPC 定功率模式下，右下角显示 CPC 标志。

4.6 短路测试

短路测试操作步骤如下：

1. 按“Menu”键进入选择菜单。
2. 使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set
3. 使用“↓”键选择菜单项 Short（短路）。
4. 以上步骤或按 “Shift”+“Short”选择菜单项 Short（短路）。
5. 使用数字键或旋钮设定 On，按“Enter”键确定。
6. 按“Cancel”键退出主菜单。在基本测试模式前，液晶显示 s 标志。
7. 选择某一基本测试模式，按“Enter”键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。
8. 按“On/Off”键，打开负载。

例 1：负载原先在 CVH 模式，负载关闭。设置负载为短路状态，工作模式为 CCH，负载打开。负载进行 CCH 短路测试。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按 “Enter”键确定同时进入 System Set	CC Set 0 Low
第三步	使用数字键或者旋钮选择 1 High，按“Enter”键确定	CC Set 1 High
第四步	使用“↓”键选择菜单项 Short。 以上步骤或按“Shift”+“Short” 选择菜单项 Short。	SHORT 0 Off
第五步	使用旋钮设定 On，按“Enter”键确定。	SHORT 1 On
第六步	按“Cancel”键退出主菜单。在 CVH 模式前，液晶显示 Short 标志。	CVH 0.000V
第七步	按“I-Set”键选择基本模式为 CCH，按“Cancel”键退出模式选择和参数设定菜单。	CCH 44.000A
第八步	按“On/Off”键，打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

INPUT:SHORT ON ; 设定负载短路
 MODE CCH ; 设定模式
 INPUT ON ; 打开负载

例 2：在上例基础上，退出短路测试功能，关闭负载。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。同时自动关闭负载。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键	CC Set 0 Low

	确定同时进入 System Set	
第三步	使用数字键或者旋钮选择 1 High, 按“Enter”键确定	CC Set 1 High
第四步	使用“↓”键选择菜单项 Short。	SHORT 0On
第五步	使用旋钮设定 Off, 按“Enter”键确定。	SHORT 1Off
第六步	按“Cancel”键退出主菜单。在 CCH 模式前, 液晶显示 s 标志消失。	CVH 0.000V

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

INPUT:SHORT OFF ; 设定负载退出短路

INPUT OFF ; 打开负载

4.7 瞬态测试

瞬态测试操作步骤如下:

1. 选择某一基本测试模式, 按“Enter”键确定同时参数设定菜单。
2. 按“Tran”键进入瞬态测试菜单。
3. 使用“↑”、“↓”键选择参数。
4. 使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 LevelL 值, LevelH 值, TimeL 值, TimeH 值, TimeR 值, TimeF 值。使用数字键或旋钮设 Mode 值。使用数字键或旋钮设 State 值为 On。
5. 按“Cancel”键退出瞬态测试菜单。
6. 按“On/Off”键, 打开负载。
7. 如果是脉冲方式瞬态测试或翻转方式瞬态测试, 按“Shift”+“0_{Trigger}”键或触发端子 (TRIG IN) 信号为低电平, 执行一次触发。

4.7.1 连续方式瞬态测试

例 1: 设置负载电压值在 1V 与 5V 之间来回切换, 上升沿时间值 10ms, 高电平时间值 200ms, 下降沿时间值 20ms, 低电平时间值 400ms, 工作方式连续方式。步骤如下:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“V-set”键选择 CVH 测试模式, 按“Cancel”键参数设定菜单。	CVH 04.000V
第二步	按“Tran”键进入瞬态测试菜单。	STATE 0OFF
第三步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 State 值为 1 On, 按“Enter”键确定。	STATE 1ON
第四步	使用数字键或旋钮键设定 Mode 值为 Cont, 按“Enter”键确定。	MODE 0Cont
第五步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 LevelL 值为 1, 按“Enter”键确定。	LEVELL 01.000V
第六步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 LevelH 值为 5, 按“Enter”键确定。	LEVELH 05.000V
第七步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 TimeL 值为 400ms, 按“Enter”键确定。	TIMEL 400.00M
第八步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 TimeH 值为 200ms, 按“Enter”键确定。	TIMEH 200.00M
第九步	使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键设定 TimeR 值	TIMER 010.00ms

	为 10ms，按“Enter”键确定。	
第十步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 TimeF 值为 20ms，按“Enter”键确定。	TIMER 020.00ms
第十一步	按“Cancel”键退出瞬态测试菜单。	
第十二步	按“On/Off”键，打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CVH ; 设定模式
 TRAN ON ; 打开瞬态
 VOLT:LLEV 1 ; 设置瞬态低值
 VOLT:HLEV 5 ; 设置瞬态高值
 TRAN:LTIME 0.400 ; 设置低电平持续时间 400ms
 TRAN:HTIME 0.200 ; 设置高电平持续时间 200ms
 TRAN:RTIME 0.025 ; 设置上升沿持续时间 25ms
 TRAN:FTIMR 0.025 ; 设置下降沿持续时间 25ms
 TRAN:MODE CONT ; 选择连续瞬态
 INPUT ON ; 打开负载

4.7.2 脉冲方式瞬态测试

例 1：假设负载是外部触发模式，设置负载电流在 1A 与 5A 之间来回切换，上升沿时间值 10ms，高电流时间值 200ms，下降沿时间值 10ms，工作方式为脉冲模式，同时执行一次触发。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“I-set”键选择 CCL 测试模式，按“Cancel”键参数设定菜单。	CCL 04.000A
第二步	按“Tran”键进入瞬态测试菜单。	STATE 1OFF
第三步	使用数字键或旋钮设定 State 值为 1 On，按“Enter”键确定。	STATE 1ON
第四步	使用数字键或旋钮设定 Mode 值为 Puls，按“Enter”键确定。	MODE 1PULS
第五步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 LevelL 值为 1，按“Enter”键确定。	LEVELL 01.000V
第六步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 LevelH 值为 5，按“Enter”键确定。	LEVELL 05.000V
第七步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 TimeH 值为 200ms，按“Enter”键确定。	TIMEH 200.00M
第八步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 TimeR 值为 10ms，按“Enter”键确定。	TIMER 040.00M
第九步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键设定 TimeF 值为 10ms，按“Enter”键确定。	TIMEF 040.00M
第十步	按“Cancel”键退出瞬态测试菜单。	
第十一步	按“On/Off”键，打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CCH ; 设定模式
 TRAN ON ; 打开瞬态

CURR:LLEV 1 ; 设置瞬态低值
 CURR:HLEV 5 ; 设置瞬态高值
 TRAN:HTIME 0.200 ; 设置高电平持续时间 200ms
 TRAN:RTIME 0.00025 ; 设置上升沿持续时间 250us
 TRAN:FTIME 0.00025 ; 设置下降沿持续时间 250us
 TRAN:MODE PULS ; 选择脉冲瞬态
 INPUT ON ; 打开负载
 .
 .
 Trig ; 执行一次脉冲

4.7.3 翻转方式瞬态测试

例 1: 假设负载是外部触发模式, 设置负载电阻在 200Ω 与 500Ω 之间来回切换, 上升沿时间值 10ms, 下降沿时间值 10ms, 工作方式为翻转模式, 同时执行一次触发。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“R-Set”键选择 CRH 测试模式, 按“Enter”键确定同时参数设定菜单。	VH CRH 100.000R
第二步	按“Tran”键进入瞬态测试菜单。	STATE 1OFF
第三步	使用旋钮设定 State 值为 1 On, 按“Enter”键确定。	STATE 1ON
第四步	使用旋钮设定 Mode 值为 Togg, 按“Enter”键确定。	MODE 2Togg
第五步	使用旋钮结合“◀”, “▶”键设定 LevelL 值为 200, 按“Enter”键确定。	LEVELL 200.00R
第六步	使用旋钮结合“◀”, “▶”键设定 LevelH 值为 500, 按“Enter”键确定。	LEVELH 500.00R
第七步	使用旋钮结合“◀”, “▶”键设定 TimeR 值为 10ms, 按“Enter”键确定。	TIMER 010.00M
第八步	使用旋钮结合“◀”, “▶”键设定 TimeF 值为 10ms, 按“Enter”键确定。	TIMEF 010.00M
第九步	按“Cancel”键退出瞬态测试菜单。	
第十步	按“On/Off”键, 打开负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

MODE CRH ; 设定模式
 TRAN ON ; 打开瞬态
 RES:LLEV 200 ; 设置瞬态低值
 RES:HLEV 500 ; 设置瞬态高值
 TRAN:RTIME 0.010 ; 设置上升沿持续时间 10ms
 TRAN:FTIME 0.010 ; 设置下降沿持续时间 10ms
 TRAN:MODE TOGG ; 选择翻转瞬态
 INPUT ON ; 打开负载
 Trig ; 执行一次翻转

4.8 序列测试

在序列参数编辑完后, 序列测试的启动和关闭操作步骤如下:

1. 按 List 键进入序列测试菜单。
2. 使用数字键或旋钮设定序列 State 为 On, 按“Enter”键确定。
3. 使用数字键或旋钮结合“↑”、“↓”键设定序列编号 (No.), 按“Enter”键确定。
4. 按“Cancel”键退出序列测试菜单。
5. 按“Shift”+“4_{Start}”键启动序列测试。
6. 按“Shift”+“5_{Stop}”键停止序列测试。

序列测试操作步骤如下:

1. 按 List 键进入序列测试菜单。
2. 使用数字键或旋钮设定序列 State 为 On, 按“Enter”键确定。
3. 使用数字键或旋钮选择序列编号 (No.), 按“Enter”键确定同时调用序列编号指定的 EEPROM 里的序列。
4. 使用“↓”键选择序列注释 (Memo)。
5. 使用旋钮结合“◀”, “▶”键设定注释值 (最长 10 个字符)。
6. 使用“↓”键选择序列数据 Data:<New/Edit>)。使用“◀”, “▶”键或旋钮选择序列数据的新建或编辑。
7. 选择新建 (New), 按“Enter”键进入序列数据清除界面。使用旋钮选择 Yes, 按“Enter”键确定, 序列数据清除同时进入步数编辑界面。使用“→”键或旋钮选择 No, 按“Enter”键确定同时返回序列测试菜单。
8. 选择新建 (Edit), 按“Enter”键进入步数编辑界面。
9. 使用“↑”、“↓”键选择参数。
10. 使用数字键或旋钮结合“◀”, “▶”键输入设定值, 按“Enter”键确定, 同时进入下一步。
11. 如需修改一步。使用“↑”、“↓”键选择该步。设置该步数据的方法同操作步骤第九步的方法。
12. 如需在最后一步增加一步。使用“↓”键选择到最后新的一步。设置该步数据的方法同操作步骤第九步的方法。
13. 如需在已编辑好的某一步插入一步。使用“↑”、“↓”键选择该步。此时液晶显示不闪动, 按“Shift”+“7_{Insert}”键可插入新的一步。设置该步数据的方法同操作步骤第九步的方法。
14. 如需删除已编辑好的某一步。使用“↑”、“↓”键选择该步。此时液晶显示不闪动, 按“Shift”+“8_{Delete}”键可删除当前步数。编辑好的步数仅有一步时, 退出步数编辑界面。
15. 按“Cancel”键退出步数编辑界面同时保存序列数据到序列编号指定的 EEPROM 里。
16. 使用“↓”键选择循环次数 (Count)。使用数字键或者旋钮结合“◀”, “▶”键输入设定值, 按“Enter”键确定同时保存循环次数到序列编号指定的 EEPROM 里。
17. 使用“↓”键选择链接 (Chain)。使用数字键 (数字键大于 7 为 OFF) 或者旋钮输入设定值, 按“Enter”键确定同时保存链接数到序列编号指定的 EEPROM 里。
18. 按“Cancel”键退出序列测试菜单。
19. 按“Shift”+“4_{Start}”键启动序列测试。
20. 按“Shift”+“5_{Stop}”键停止序列测试。

4.8.1 序列编辑

举例: 编辑一组新的序列。序列编号为 0。序列 Memo 为 Test Power。序列步数: 第一步为 CCL, 1A, 1s; 第二步为 CCH, 2A, 1s; 第三步为 CVH, 1V, 1s; 第四步为 CRL, 1Ω, 1s; 第五步为 CRH, 200Ω, 1s。序列操作循环次数 5 次。序列链接关闭。启动序列测试。停止序列测试

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“List”键进入序列测试菜单。	STATE 0 OFF
第二步	使用数字键或旋钮设定序列 State 为 On, 按“Enter”键确定。	STATE 0 ON
第三步	使用数字键或旋钮设定 No. 为 0, 按“Enter”键确定	NO. 0

	(调用序列编号指定的 EEPROM 里的序列)。	
第四步	使用“↑”、“↓”键选择 Memo。	MEMO Test P
第五步	旋转旋钮选择字母 T。	MEMO Test P
第六步	使用“▶”键将下标右移一位。	MEMO Test P
第七步	旋转旋钮选择字母 e。	MEMO Test Power
第八步	循环使用第五步、第六步方法，设定 Memo 为 Test Power，按“Enter”键确定。	MEMO Test Power
第九步	使用“↑”、“↓”键选择 Data。	DATA 0 New
第十步	使用旋钮选择 New，按“Enter”键确定。	DATA 0 New
第十一步	使用旋钮选择 Yes，按“Enter”键确定，序列数据清除同时进入步数编辑界面。	CLEAR 1 YES
第十二步	编辑第一步 CCL，1A，1s。使用“↑”、“↓”键选择数据编号，使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”输入 00，按“Enter”键确定。	NO 00.
第十三步	使用“↑”、“↓”键选择基本测试模式，使用数字键或旋钮选择工作模式 CCL，按“Enter”键确定。	MODE CCL
第十四步	使用“↑”、“↓”键选择设定值，使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键输入电流值 1A。按“Enter”键确定。	LEVEL 01.000A
第十五步	使用“↑”、“↓”键选择设定时间，使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键输入时间 1s。按“Enter”键确定。	DELAY 01.000S
第十六步	循环使用第十二步到第十四步，设定其余四步。	
第十七步	序列五步编辑完成，不需要编辑第六步。按“Cancel”键退出步数编辑界面同时保存序列数据到序列编号指定的 EEPROM 里。	SAVE
第十八步	使用“↑”、“↓”键选择 Count。使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入 5，按“Enter”键确定同时保存 Count 值到序列编号指定的 EEPROM 里。	COUNT 0005
第十九步	使用“↑”、“↓”键选择 Chain。使用数字键（数字键大于 8）或者旋钮输入 Off，按“Enter”键确定同时保存 Chain 值到序列编号指定的 EEPROM 里。	CHAIN 0
第二十步	按“Cancel”键退出序列测试菜单，进入序列运行界面。	
第二十一歩	按“Shift”+“4 _{Start} ”键启动序列测试。	
第二十二歩	按“Shift”+“5 _{Stop} ”键停止序列测试。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```

LIST:NUMBer 0 ; 调用序列编号为 0 的序列
LIST:MEMO "Test Power" ; 序列注释为 Test Power
LIST:ADD CCL,1,1
LIST:ADD CCH,2,1
LIST:ADD CVH,1,1
LIST:ADD CRL,1,1
LIST:ADD CRH,200,1 ; 以上 5 条命令为序列步数
LIST:SAVE ; 保存序列
LIST:COUNT 5 ; 本序列循环次数
LIST:CHAIN OFF ; 本序列链接序列关闭

```

LIST ON ; 启动序列测试
 LIST OFF ; 关闭序列测试

4.8.2 序列数据的修改，增加，插入，删除操作

举例：在 4.8.1 例子的基础上，第一步修改时间 2s。最后一步增加 CCH，5A,1s。第三步插入 CRL，1Ω,10s。第二步删除。序列链接自己序列，实现序列无穷执行。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 List 键进入序列测试菜单。	STATE 1 On
第二步	使用“↑”、“↓”键选择 Data:<New/Edit>。	DATA 0 New
第三步	使用旋钮选择 Edit，按“Enter”键确定。进入序列步数编辑界面。	DATA 1 Edit
第四步	使用“↓”键选择数据编号 00	NO 00
第五步	使用“↓”键选择数据时间，使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键输入时间 2s，按“Enter”键确定。	DELAY 02.000S
第六步	使用“↓”键选择数据编号 05。	NO 05
第七步	增加一步 CCH，5A，1s。使用数字键或旋钮结合“←”、“→”键输入时间 1s，按“Enter”键确定。	MODE CCH
第八步	使用“↓”键选择色设置值，使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键输入电流值 5A。按“Enter”键确定。	LEVEL 05.000A
第九步	使用数字键或旋钮结合“◀”，“▶”键输入时间 1s，按“Enter”键确定。	DELAY 01.000S
第十步	使用“↓”键选择数据编号 02	NO 02
第十一步	按“Shift”+“7 _{Insert} ”键，在第三步插入一步。	NO 02
第十二步	第三步插入一步 CRL，1Ω,10S。设置该步数据的方法同第七步到第九步的方法。	NO 02
第十三步	使用“↓”键选择数据编号 01	NO 01
第十四步	按“Shift”+“8 _{Delete} ”键，删除第二步。	NO 01
第十五步	按“Cancel”键退出步数编辑界面同时保存序列数据到序列编号指定的 EEPROM 里。	DATA 1 Edit
第十六步	使用“↑”、“↓”键选择 Chain。	CHAIN Off
第十七步	使用数字键或者旋钮输入 0（链接自己，无穷执行），按“Enter”键确定同时保存 Chain 值到序列编号指定的 EEPROM 里。	CHAIN 0
第十八步	按“Cancel”键退出序列测试菜单。	

4.8.3 序列测试功能启动和停止

举例：启动序列编号为 0 的序列。停止已启动的序列测试功能。

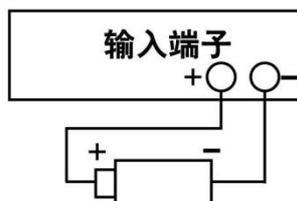
步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 List 键进入序列测试菜单。	STATE 1 On
第二步	使用“↓”键选择 No.，用数字键或旋钮设定 No.为 0，按“Enter”键确定（调用序列编号指定的 EEPROM 里的序列）。	No. 0
第三步	按“Cancel”键退出序列测试菜单。	
第四步	按“Shift”+“4 _{Start} ”键启动序列测试。（序列测试停止后，其他操作才有效）。	
第五步	按“Shift”+“5 _{Stop} ”键停止序列测试。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

LIST:NUMBer 0 ; 调用序列编号为 0 的序列
 LIST ON ; 启动序列测试
 LIST OFF ; 关闭序列测试

4.9 电池放电容量测试

电池放电容量测试连接示意图：



电池放电容量测试操作步骤如下：

1. 按“On/Off”键使负载输入关闭，连接好待测电池。
2. 按“Battery”键，设置State on，进入电池放电容量测试界面。
3. 使用“↑”、“↓”键选择参数。使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入 State、终止电压值、终止电流值和放电电流值。按“Enter”键确定。
4. 按“Cancel”键退出电池放电参数编辑界面。
5. 按“On/Off”键打开负载，开始电池放电容量测试。
6. 按“On/Off”键关闭负载，暂停电池放电容量测试。
7. 按“Cancel”键清除电池已放电时间和电池已放电容量。
8. 按其他功能键，按“Cancel”键退出电池放电容量测试。

举例：进入电池放电容量测试。设置电池终止电压15V，放电电流3A。打开负载，开始电池放电容量测试。关闭负载暂停电池放电容量测试。清除电池已放电时间和电池已放电容量。退出电池放电容量测试。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“On/Off”键使负载输入关闭，连接好待测电池。	
第二步	按“Battery”键进入电池放电容量参数编辑界面。	STATE 0 Off
第三步	使用数字键或旋钮设定序列 State 为 On，按“Enter”键确定。	STATE 1 On
第四步	使用“↑”、“↓”键选择参数输入终止电压 Mini Volt。使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入终止电压 15V，按“Enter”键确定。	MIN VO 15.000V
第五步	使用“↑”、“↓”键选择参数输入终止电流 IOFF Point。使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入终止电 1A，按“Enter”键确定。	IOFF P 01.000A
第六步	使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入放电电流 3A，按“Enter”键确定。	DISCUR 3.000A
第七步	按“Cancel”键退出电池放电参数编辑界面。	
第八步	按“On/Off”键打开负载，开始电池放电容量测试。	
第九步	按“On/Off”键关闭负载，暂停电池放电容量测试。	
第十步	按“Cancel”键清除电池已放电时间和电池已放电容量。	

第十一步	按模式快捷键，退出电池放电容量测试。	
------	--------------------	--

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```

INPUT          OFF    ; 关闭负载。
BATTERY        ON     ; 打开电池放电容量测试界面。
BATT:VOLT:OFF  15    ; 设定电池终止电压15v。
BATT:DISC:CURR 3     ; 设定电池放电电流3A。
INPUT          ON     ; 打开负载，开始放电容量测试。
INPUT          OFF    ; 关闭负载，暂停电池放电容量测试。
BATTERY        OFF    ; 退出电池放电容量测试。

```

4.10 负载保存和调用

负载保存和调用操作步骤如下：

1. 按“Shift”+“1_{Store}”键，进入电子负载保存菜单，或按“Shift”+“2_{Recall}”键，进入电子负载调用菜单。
2. 按数字键或旋钮，选择保存或调用位置。
3. 按“Enter”键确定同时退出电子负载保存菜单或电子负载调用菜单。如是保存，表 2-1 的参数值保存到该位置指定的 EEPROM 里。如是调用，表 2-1 的参数值为该位置指定的 EEPROM 里得值。

例 1: 设置电子负载为 CCL 模式，电流值为 2A。打开电子负载，保存该状态到位置 0 指定的 EEPROM 里，开机自动加载。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载为 CCL 模式，电流值为 2A，打开负载。 (详细操作参照 4.5.1 节)	
第二步	按“Shift”+“1 _{Save} ”键进入电子负载保存菜单。	SAVE 0
第三步	按数字键或旋钮，选择保存位置 0。	SAVE 0
第四步	按“Enter”键确定。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```

MODE          CCL    ; 设置负载 CCL 模式。
CURR          2     ; 设置电流值 2A。
*SAV          0     ; 保存当前状态到位置 0 指定的 EEPROM 里。

```

例 2: 在上例的基础上，设置电子负载为 CVH 模式，电压值为 40V。现在调用保存在位置 0 指定的 EEPROM 里的值。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载为 CVH 模式，设定电压值为 40V。(详细操作参照 4.5.2 节)	
第二步	按“Shift”+“2 _{Recall} ”键，进入电子负载调用菜单。	RECALL 0
第三步	按数字键或旋钮，选择调用位置 0。	RECALL 0
第四步	按“Enter”键确定。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```

MODE          CVH    ; 设置负载 CVH 模式。
VOLT          40    ; 设置电压值 40V。
*RCL          0     ; 调用位置 0 指定的 EEPROM 里的值。

```

4.11 负载保护状态清除

负载保护状态清除操作步骤如下：

1. 排除引起电子负载保护的原因。
2. 按“Cancel”键。

例 1：清除电子负载 RV 保护状态。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	重新正确连接电源与电子负载。	
第二步	按长按“Cancel”键。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

INP:PROT:CLE ; 清除负载保护状态。

4.12 负载触发

在触发模式为外部（EXternal）模式时，触发操作如下：

1. 设置好触发对象（详细内容见 2.8 节。）。
2. 按“Shift”+“0_{Trigger}”键或触发端子(TRIG IN) 接收到 TTL 低电平，触发一次触发对象。

例 1：在触发功能选择 List，触发一个序列测试。序列为 4.8.1 节例子的序列。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节
第一步	在主菜单中触发功能选择 List（详细操作参照 4.14.6 节）。
第二步	进入 LIST 运行界面（详细操作参照 4.8 节）。
第三步	按“Shift”+“0 _{Trigger} ”键或触发端子(TRIG IN) 接收到 TTL 低电平，负载输入根据序列参数进行改变。此时按“Shift”+“0 _{Trigger} ”键功能和按“Shift”+“4 _{Start} ”键功能相同。

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

TRIG:FUNC LIST ; 触发功能选择 LIST。

TRIG ; 执行一次触发。

4.13 电子负载主菜单

电子负载主菜单操作步骤如下：

1. 按“Menu”键进入主菜单。
2. 使用数字键或者旋钮键选择菜单项。
3. 使用“↑”、“↓”键选择参数，或使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入设定值。按“Cancel”键退出参数修改或退出主菜单。
4. 按“Enter”键确定。
5. 按“Cancel”键退出主菜单。

4.13.1 加载缺省值

举例：加载缺省值（Load Default）。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 1 Config，按“Enter”键确定时进入 Config	MENU 1 CONF
第三步	使用“↑”、“↓”键选择参数菜单项 Load Defa，使用数字键或者旋钮选择参数 Yes。	LOAD D 1 Yes
第四步	按“Enter”键确定并返回。	

4.13.2 短路测试

举例：CVL 短路测试(Short)。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set	CC Set 0 Low
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Short。	SHORT 0 Off
第四步	使用旋钮设定 On，按“Enter”键确定。	SHORT 1 On
第五步	按“Cancel”键退出主菜单。	
第六步	按“V-set”键选择 CVL 模式。按“Enter”键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	
第七步	按“On/Off”键启动电子负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```
INPUT:SHORT ON ; 设定负载短路
MODE CVL ; 设定模式
INPUT ON ; 打开负载
```

4.13.3 带载电压及带载电压锁定

举例：设置负载带载电压锁定(Von Latch)关闭，带载电压(Von Point)为 1V，打开电子负载。此例实现负载输入自动打开和关闭，有效简化测试操作。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set	CC SET 0 LOW
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Von Latch。使用旋钮键选择参数 Off。按“Enter”键确定。	VON LA 0 Off
第四步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Von Point。使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入电压值 1V。按“Enter”键确定。	VON PO 01.000V
第五步	按“Cancel”键退出主菜单。	
第六步	按“On/Off”键启动电子负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```
INP:VOLT:ON:LATCH OFF ; 负载启动电压锁定关闭。
INP:VOLT:ON 1 ; 启动电压为 1V。
INPUT ON ; 打开负载
```

4.13.4 定电压模式电流限制值

举例：设置电子负载为 CVL 模式，电压值为 2V，定电压模式电流限制值(CV Curr Limit)为 20A。负载打开。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载为 CVL 模式，电压值为 2V。 (详细操作参照 4.5.2 节)	
第二步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第三步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set	CC SET 0 LOW

第四步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 CV CUR。	CV CUR 120.000A
第五步	使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入电流值 20.000A。按“Enter”键确定。	CV CUR 20.000A
第六步	按“Cancel”键退出主菜单。	
第七步	按“On/Off”键启动电子负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CVL ; 设定模式。
VOLT 2 ; 设定电压值 2V。
CV:CURR:LIM 20 ; 设置定电压模式电流限制值 20A。
INPUT ON ; 打开负载。

4.13.5 定电流模式电流上升速率及电流下降速率

举例：设置电子负载为 CCH 模式，电流值为 2A，定电流模式电流上升速率(Curr Rise Rate)为 0.002A/us，电流下降速率(Curr Fall Rate) 为 0.005A/us。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载为 CCH 模式，电流值为 2A。 (详细操作参照 4.5.1 节)	
第二步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第三步	使用数字键或者旋钮选择 0 System Set，按“Enter”键确定同时进入 System Set	CC SET 0 LOW
第四步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Curr Rise；使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入电压值 0.002A。按“Enter”键确定。	CURR R 0.002A/us
第五步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Curr Fall；使用数字键或者旋钮结合“◀”，“▶”键输入电压值 0.005A。按“Enter”键确定。	CURR F 0.005A/us
第六步	按“Cancel”键退出主菜单。	
第七步	按“On/Off”键启动电子负载。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CCH ; 设定模式。
CURR 2 ; 设定电流值 2A。
CURR:RISE:RATE 0.002 ; 定电流模式电流上升速率为 0.002A/us。
CURR:FALL:RATE 0.005 ; 定电流模式电流上升速率为 0.005A/us。
INPUT ON ; 打开负载。
INPUT OFF ; 关闭负载。

4.13.6 触发功能选择

举例：设定触发功能选择(Trig Fonction)为 Tran。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	MENU 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 3 Trigger Set，按“Enter”键确定同时进入 Trigger Set	Menu 3 TRIG
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Function。使用旋钮键选择参数 Tran。按“Enter”键确定。	Trig Func 0 Tran
第四步	按“Cancel”键退出主菜单。	

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

TRIG:FUNC TRAN ; 触发功能选择瞬态测试。

4.13.7 旋钮功能

举例：设定旋钮功能(Knob)打开。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	Menu 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 1 Config, 按“Enter”键确定同时进入 Config	Menu 1 CONF
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Knob, 使用数字键或者旋钮选择参数 On。按“Enter”键确定。	KNOB 1 On
第四步	按“Cancel”键退出主菜单。	

4.13.8 按键声音

举例：设定按键声音(Key Sound)打开。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	Menu 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 1 Config, 按“Enter”键确定同时进入 Config	Menu 1 CONF
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Key Sound, 使用数字键或者旋钮选择参数 On。按“Enter”键确定。	KEY SO 1On
第四步	按“Cancel”键退出主菜单。	

4.13.9 通信接口

举例：选择 RS232 通信接口 (Interface)，设置波特率为 9600，奇偶检验为无，数据位为 8，停止位为 2，流控制为打开。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按“Menu”键进入选择菜单。	Menu 0 SYST
第二步	使用数字键或者旋钮选择 1 Config, 按“Enter”键确定同时进入 Config	Menu 1 CONF
第三步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Baud Rate。使用旋钮或“←”，“→”键选择参数 9600。按“Enter”键确定。	BAUD R 2 9600
第四步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Parity Check。使用旋钮键选择参数 None。按“Enter”键确定。	PARITY 0 None
第五步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Data Bit。使用旋钮键选择参数 8。按“Enter”键确定。	DATA B 0 8bit
第六步	使用“↑”、“↓”键选择菜单项 Stop Bit。使用旋钮键选择参数 2。按“Enter”键确定。	STOP B 1 2bit
第七步	按“Cancel”键退出主菜单。	

第五章 远程操作

本电子负载支持本地手动操作和计算机远程控制两种操作模式，如何使用仪器自带的按键或者旋钮操作电子负载在前面章节已经详细介绍，本章将要介绍如何使用远程端口对电子负载进行操作。在本地和远程编程的一些相似性随着你读这一段将会显现出来。本章首先帮助你快速熟悉电子负载的远程操作。编程的例子用的是 SCPI 最简形式。详细的 SCPI 语言在《电子负载 SCPI 编程参考手册》中有详细的介绍。

5.1 通信端口

5.1.1 RS232

RS232 串口通信端口是本负载的标准配置。用随机自带的串口交叉连接线将负载和计算机正确连接，并设置相应的波特率，奇偶校验位，数据位，停止位通信参数，计算机软件设置相同的参数，在计算机软件界面输入合法的 SCPI 命令即可操作电子负载。

5.2 远程控制指示灯

仪器显示屏有个名为 Rmt 的远程状态指示。当电子负载通过 RS232 接收到远程命令(SYSTEM:REMOte)接收到命令时，Rmt 远程状态指示点亮，负载进入远程控制状态。在远程控制状态下，所有的键盘和旋钮操作均无效(“Lock/Local”键除外)，电子负载的一切操作均受远程控制器控制。在接收到返回本地控制的指令(例如 SYST:LOC)后，Rmt 远程状态指示熄灭，电子负载返回本地控制状态。在远程控制状态下，也可以通过长按下“Lock/Local”键，让电子负载返回本地控制状态。

5.3 发送一个远程设置命令

像本地操作仪器一样，可以使用计算机远程设置仪器的工作模式，工作参数。

5.4 返回数据

电子负载可以返回参数设置值、输入电压值、输入电流值、输入功率值等参数到计算机，也可以返回关于它内部信息和仪器标识的信息。举个例子：“MEAS:CURR?”查询命令是要求电子负载返回在输入端实际的电流。查阅《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》可以得到更全面的关于查询命令的详细信息。电子负载的输出缓冲区一直保存这些反馈信息直到它被计算机读取或者新的消息替代。

5.5 远程编程命令

SCPI 命令中有许多为编程者提供的可选关键字，熟悉这些关键字会使您对编程有更加深刻的了解。大多数命令有一个查询语法，查询语法是用来把目前的参数设定值返回到控制器，详细内容参见《本系列电子负载 SCPI 编程参考手册》。电子负载的主要功能通过相关的一些命令可以远程编程。当你远程编程电流值，电阻值，电压值和功率值时，下面的一些点是很有必要去记住的。

5.5.1 基本测试模式

不管相应的基本测试模式是否处于工作状态，定电流，定电压，定电阻，定功率的值可以远程编程。假如输入打开，当相应的模式被选择，相应的编程值将会在输入端起效。

5.5.2 瞬态值

瞬态的定电压，定电流，定电阻高值必须大于各自的瞬态低值，否则瞬态测试关闭。

5.5.3 可编程电流保护

当可编程电流保护功能打开时，电流保护值和电流延迟时间都超过时，电子负载输入关闭。

5.6 定电流模式的例子

这个例子设置了电流值为 0.5A，然后读回实际的电流值。

```
1 "INPUT OFF"      ; 关闭电子负载输入
2 "MODE CCL"      ; 选择小电流定电流模式
3 "CURR 0.5"     ; 设置电流值为 0.5A
4 "INPUT ON"     ; 打开负载输入
5 "MEAS:CURR?"   ; 测量实际输入电流。
```

5.7 定电压模式的例子

这个例子预先设置了触发电压值为 5V，选择了外部触发源。

```
1 "INPUT OFF"      ; 关闭电子负载输入
2 "MODE CVL"      ; 选择定电压模式
3 "VOLT:TRIG 5"   ; 预先设置触发电压值 5V
4 "TRIG:SOUR EXT" ; 选择外部输入作为触发源
5 "INPUT ON"     ; 打开负载输入
```

在这个例子中，当电子负载接收到外部触发信号，输入电压值将会设置到 5V。

5.8 定电阻模式的例子

这个例子设置了电流保护限制值为 3A，电流保护延迟时间 10s，电阻值 10 欧姆以及返回计算的功率。

```
1 "INPUT OFF"      ; 关闭电子负载输入
2 "MODE CRM"      ; 选择中电阻模式
3 "CURR:PROT:LEV 3" ; 设置电流保护限制值 3A
4 "CURR:PROT:DEL 10" ; 设置电流保护延迟时间 10s
5 "CURR:PROT:STAT ON" ; 打开电流保护
6 "RES 10"        ; 设置电阻值 10 欧姆
7 "INPUT ON"     ; 打开电子负载输入
8 "MEAS:POW?"    ; 测量计算的输入功率值
```

5.9 连续方式瞬态测试的例子

这个例子设置了电压瞬态高值，电压瞬态低值，上升沿时间，下降沿时间，高值时间，低值时间及瞬态方式参数。

```
1 "INPUT OFF"      ; 关闭电子负载输入
2 "MODE CVH"      ; 选择定电压模式
3 "VOLT:LLEV 0.5" ; 设置瞬态低值为 0.5V
4 "VOLT:HLEV 1"   ; 设置瞬态高值为 1V
5 "TRAN:LTIM 0.010" ; 设置瞬态低值时间为 10ms
6 "TRAN:HTIM 0.010" ; 设置瞬态高值时间为 10ms
7 "TRAN:RTIM 0.010" ; 设置瞬态上升沿时间为 10ms
```

8 "TRAN:FTIM 0.010" ; 设置瞬态下降沿时间为 10ms
9 "TRAN:MODE CONT " ; 选择连续瞬态操作
10 "TRAN ON" ; 打开瞬态测试功能
11 "INPUT ON" ; 打开电子负载输入

5.10 脉冲方式瞬态测试的例子

这个例子选择了定电压脉冲方式瞬态测试，选择了总线作为触发源，设置了 1ms 高电平脉冲宽度。

1 "INPUT OFF" ; 关闭电子负载输入
2 "MODE CVH" ; 选择定电压模式
3 "TRIG:FUNC TRAN" ; 触发功能选择瞬态测试
4 "TRIG:SOUR BUS" ; 选择触发源为总线
5 "VOLT:LLEV 0.5" ; 设置瞬态低值为 0.5V
6 "VOLT:HLEV 1" ; 设置瞬态高值为 1V
7 "TRAN:HTIM 0.001" ; 设置瞬态高值时间为 1ms
8 "TRAN:RTIM 0.000250" ; 设置瞬态上升沿时间为 250us
9 "TRAN:FTIM 0.000250" ; 设置瞬态下降沿时间为 250us
10 "TRAN:MODE PULSE " ; 选择脉冲瞬态操作
11 "TRAN ON" ; 打开瞬态操作功能
12 "INPUT ON" ; 打开电子负载输入
13 "*TRG" ; *TRG 命令使电子负载输入端产生一个 1ms 高电平的脉冲

第六章 自动测试功能说明

6.1 主菜单描述

按下 $\boxed{\dots}$ 键后进入“Auto Test”菜单功能。此时按下“Enter”键，将会进入光标所在位置的功能选项，可使用“↑”、“↓”键来翻转 LCD 屏幕，此时按“↓”键就可以进入下一级子菜单。按“Cancel”键退出菜单设置。自动测试相关菜单列表：

Trigger set		
	Function	触发控制功能 0 input 输入 ON/OFF 控制 1 Level 调用触发值 2 List List 启动控制 3 Tran Tran 启动控制
	Source	触发源选择 0 External 按键触发(“Shift”+“0 _{Trigger} ”) 1 Pulse 后面板 TTL 信号触发 2 Bus *TRG 作为触发源 3 Hold TRIGger:IMMediate 命令作为触发源
Auto Test		
	State	自动测试状态开关
	End Step	结束步骤 (0-14)
	Step	步骤选择 (0-14)
	Mode	模式设置
	Level	设置值
	Min	限制参数最小值
	Max	限制参数最大值
	Delay	测试时间

6.2 液晶显示信息描述

液晶屏显示实际电压、电流、功率和电阻，下排显示测试状态和测试步骤。

6.3 功能描述

电子负载具有自动测试功能，用户可设置测试模式、模式设置值、极限值范围、测试时间、结束步骤。具有自动触发和外部 TTL 电平触发功能。自动触发时，只需输入端接入大于 V_{on} （带载电压）的电平即可触发开始测试，小于 V_{off} （卸载电压）时自动进入等待状态；外部 TTL 电平触发时，需要后面框 TTL TRIG IN 端短接即可触发，可多台电子负载同步测量多路电源。测试步骤达 15 步，设置步骤参数，打开自动测试状态，输入触发信号，即开始测试。测试会显示步骤、参数及测试状态，如测试错误，会关闭输入，并停留在当前步骤显示测量值，需要按“Clear”键清除错误状态。

6.4 本地操作

6.4.1 单路电源测试

举例：设置电子负载测试 5V2A 充电宝，接入电子负载输入自动启动测试。

测试步骤：

步骤	模式	设置值	最小值	最大值	说明
0	CCL	00.000A	4.500V	5.500V	测试空载的电压范围 4.8V-5.5V
1	CCL	02.000A	4.500V	5.500V	测试带载 2A 的电压范围 4.5V-5.5V
2	CVL	04.500V	01.000A	02.500A	测试 4.5V 输出的带载能力 1.0A-2.5A

具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载的触发模式为外部触发。 设置电子负载的 Von（带载电压）为 2.0V。 设置电子负载的 Voff（卸载电压）为 1.0V。 (参考用户手册操作)	SOURCE 0 EXTE VON PO 02 .000V VOFF P 01 .000V
第二步	按 $\boxed{\dots}$ 键进入 Auto Test 菜单。	STATE 1 On
第三步	进入 Auto Test 菜单后， $\boxed{\dots}$ 灯亮。	STATE 1 On
第四步	使用数字键或旋钮设定 State 为 On，按“Enter”键确定。	STATE 1 On
第五步	使用“↑”、“↓”键选择参数结束步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入结束步骤 2，按“Enter”键确定。	END ST 2
第六步	使用“↑”、“↓”键选择参数步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入步骤 0，按“Enter”键确定。 (测试空载时的电压值)	STEP 0
第七步	使用“↑”、“↓”键选择参数模式。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入模式 CCL，按“Enter”键确定。	MODE 0 CCL
第八步	使用“↑”、“↓”键选择参数设置值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入设置值 0.000A，按“Enter”键确定。	LEVEL 00.000A
第九步	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最小值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最小值 4.800V，按“Enter”键确定。	MIN 04.800V
第十步	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最大值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最大值 5.500V，按“Enter”键确定。	MAX 05.500V
第十一步	使用“↑”、“↓”键选择参数测量时间。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入测量时间 1s，按“Enter”键确定。	DELAY 00001s
第十二步	使用“↑”、“↓”键选择参数步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入步骤 1，按“Enter”键确定。 (测试带载 2A 时的电压值)	STEP 1
第十三步	使用“↑”、“↓”键选择参数模式。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入模式 CCL，按“Enter”键确定。	MODE 0 CCL
第十四步	使用“↑”、“↓”键选择参数设置值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入设置值 2.000A，按“Enter”键确定。	LEVEL 02.000A
第十五步	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最小值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最小值 4.500V，按“Enter”键确定。	MIN 04.500V
第十六步	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最大值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最大值 5.500V，按“Enter”键确定。	MAX 05.500V
第十七步	使用“↑”、“↓”键选择参数测量时间。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入测量时间 2s，按“Enter”键确定。	DELAY 00002s
第十八步	使用“↑”、“↓”键选择参数步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入步骤 2，按“Enter”键确定。 (测试 4.5V 恒压输出的电流)	STEP 2

第十九步	使用“↑”、“↓”键选择参数模式。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入模式 CVL ，按“Enter”键确定。	MODE 2 CVL
第二十步	使用“↑”、“↓”键选择参数设置值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入设置值 4.500V，按“Enter”键确定。	LEVEL 04.500V
第二十一部	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最小值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最小值 1.000A，按“Enter”键确定。	MIN 01.000A
第二十二步	使用“↑”、“↓”键选择参数极限值最大值。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入极限值最大值 2.500A，按“Enter”键确定。	MAX 02.500A
第二十三步	使用“↑”、“↓”键选择参数测量时间。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入测量时间 2s，按“Enter”键确定。	DELAY 00002s
第二十四步	按“Cancel”键退出自动测试参数编辑界面，进入自动测试等待界面。	

上述步骤设置完成后，只需把充电宝接入输入端即可自动测试，不需要按键操作。

6.4.2 多路电源测试

举例：设置电子负载测试多路开关电源 75W, 5V/6A，+15V/2.3A，-15V/0.5A。如下图 6-1 连接测试电源：

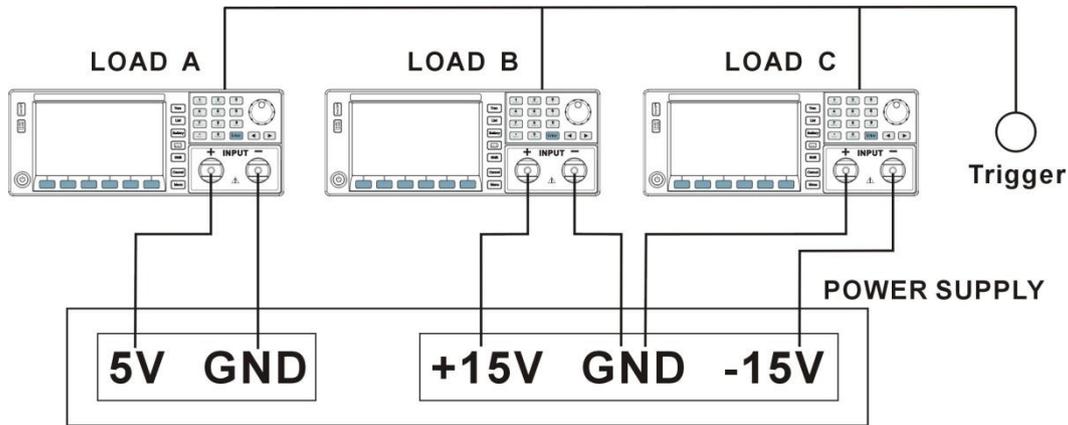


图 6-1

测试步骤：

步骤	LOAD 编号	Mode	Level	Min	Max	Delay	说明
0	A	CCL	0.000A	15.000V	16.000V	1s	测试空载
	B	CCL	0.000A	15.000V	16.000V	1s	
	C	CCL	0.000A	15.000V	16.000V	1s	
1	A	CCL	2.300A	14.500V	16.000V	2s	测试恒流带载能力
	B	CCL	2.300A	14.500V	16.000V	2s	
	C	CCL	0.500A	14.200V	16.000V	2s	
2	A	CVL	5.000V	6.000A	10.000A	2s	测试恒压带载能力
	B	CVL	15.000V	2.300A	5.400A	2s	
	C	CVL	14.500V	0.400A	0.600A	2s	

具体操作步骤如下：

(1) 电子负载 A，测试 5V/6A 设置：

步骤	操作细节	液晶显示
----	------	------

第一步	设置电子负载的触发模式为外部 TTL 触发。 设置电子负载的 Von（带载电压）为 2.0V。 设置电子负载的 Voff（卸载电压）为 1.0V。 (参考用户手册操作)	SOURCE 1 Pulse VON PO 02 .000V VOFF P 01 .000V
第二步	按 $\boxed{\dots}$ 键进入 Auto Test 菜单。	STATE 1 ON
第三步	进入 Auto Test 菜单后, $\boxed{\dots}$ 灯亮。	STATE 1 ON
第四步	使用数字键或旋钮设定 State 为 On, 按“Enter”键确定。	STATE 1 ON
第五步	使用“↑”、“↓”键选择参数结束步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入结束步骤 2, 按“Enter”键确定。	END ST 2
第六步	参考 6.4.1 设置: 按表 6-A 参数设置。	
第七步	按“Cancel”键退出自动测试参数编辑界面, 进入自动测试等待界面。	

5V/6A 设置参数:

Step	Mode	Level	Min	Max	Delay
0	CCL	0.000A	5.000V	5.500V	1s
1	CCL	6.000A	4.800V	5.500V	2s
2	CVL	5.000V	6.000A	10.000A	2s

表 6-A

(2) 电子负载 B, 测试+15V/2.3A 设置:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载为触发模式为外部 TTL 触发。	SOURCE 1 Pulse
第二步	按 $\boxed{\dots}$ 键进入 Auto Test 菜单。	MENU 0 SYST
第三步	进入 Auto Test 菜单后, $\boxed{\dots}$ 灯亮。	STATE 1 ON
第四步	使用数字键或旋钮设定 State 为 On, 按“Enter”键确定。	STATE 1 ON
第五步	使用“↑”、“↓”键选择参数结束步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入结束步骤 2, 按“Enter”键确定。	END ST 2
第六步	参考 6.4.1 设置: 按表 6-B 参数设置。	
第七步	按“Cancel”键退出自动测试参数编辑界面, 进入自动测试等待界面。	

+15V/2.3A 设置参数 :

Step	Mode	Level	Min	Max	Delay
0	CCL	0.000A	15.000V	16.000V	1s
1	CCL	2.300A	14.500V	16.000V	2s
2	CVL	15.000V	2.300A	5.400A	2s

表 6-B

(3) 电子负载 C, 测试-15V/0.5A 设置:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载的触发模式为外部 TTL 触发。	SOURCE 1 Pulse
第二步	按 $\boxed{\dots}$ 键进入 Auto Test 菜单。	STATE 1 ON

第三步	进入 Auto Test 菜单后，  灯亮。	STATE 1 ON
第四步	使用数字键或旋钮设定电池 State 为 On，按“Enter”键确定。	STATE 1 ON
第五步	使用“↑”、“↓”键选择参数结束步骤。使用数字键或者旋钮结合“◀”、“▶”键输入结束步骤 2，按“Enter”键确定。	END ST 2
第六步	参考 6.4.1 设置：按表 6-C 参数设置。	
第七步	按“Cancel”键退出自动测试参数编辑界面，进入自动测试等待界面。	

-15V/0.5A 设置参数：

Step	Mode	Level	Min	Max	Delay
0	CCL	0.000A	15.000V	16.000V	1s
1	CCL	0.500A	14.200V	16.000V	2s
2	CVL	14.500V	0.400A	0.600A	2s

表 6-C

上述步骤设置完成后，把电源按图 6-1 接入输入端，三台电子负载的触发信号都连接在一个按键上，按下触发按键即开始测量，第一步测量空载电压范围，第二步测量带载电压范围。测试完成，断开测试电源后进入等待状态。

6.4.3 通过测试信号端子控制测试

举例：通过测试信号端子控制测试启动。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	设置电子负载的触发模式为外部触发。	FUNCTI 0 Input SOURCE 1 Pluse
第二步	其他测试参考 5.1	

上述步骤设置完成后，把测试信号接入电子负载输入端，测试信号端子输入一个触发信号(触发信号接一个轻触开关到地，按一次触发一次)，启动自动测试；测试 PASS 时,PASS 信号输出高电平；测试 FAIL 时,FAIL 信号输出高电平；其他状态 PASS 信号与 FAIL 信号输出低电平。

主要技术参数

预热 30 分钟，环境温度 25℃±5℃

表一 (150W/300W)

型号	MEL8511	MEL8512	MEL8512C	MEL8512B
额定输入(0~40℃)				
电压	0~150V	0~150V	0~150V	0~500V
电流	1mA~30A	1mA~30A	1mA~60A	1mA~15A
功率*1	150W	300W	300W	300W
最小工作电压	1.5V	0.82V	1.2V	3.8V
定电压模式 CV				
低量程	0.1~30V	0.1~30V	0.1~30V	0.1~30V
分辨率	1mV	1mV	1mV	1mV
精度	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)
高量程	0.10~150V	0.10~150V	0.10~150V	0.10~500V
分辨率	10mV	10mV	10mV	10mV
精度	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)
定电流模式 CC				
低量程	0~3A	0~3A	0~6A	0~1.5A
分辨率	1mA	1mA	1mA	1mA
精度	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)
高量程	0~30A	0~30A	0~60A	0~15A
分辨率	10mA	10mA	10mA	10mA
精度	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)
定电阻模式 CR(当输入电压和电流值≥满量程的 10%)				
低量程(VH CRL)	≈0.06~6Ω	≈0.04~6Ω	≈0.025~3Ω	≈0.3~36Ω
分辨率	100uΩ	100uΩ	50uΩ	600uΩ
精度(阻抗)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)
中量程(VH CRM)	≈6~600Ω	≈6~600Ω	≈3~300Ω	≈36~3600Ω
分辨率	2.7uS	2.7uS	5.4uS	0.45uS
精度(导纳)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)
高量程(VH CRH)	≈60~4000Ω	≈60~4000Ω	≈30~4000Ω	≈360~4000Ω
分辨率*2	0.30uS	0.30uS	0.20uS	0.051uS
精度(导纳)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)
低量程(VL CRL)	≈0.06~1.12Ω	≈0.04~1.12Ω	≈0.025~0.6Ω	≈0.3~2.4Ω
分辨率	18uΩ	18uΩ	9.6uΩ	38uΩ
精度(阻抗)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)
中量程(VL CRM)	≈1.12~112Ω	≈1.12~112Ω	≈0.6~60Ω	≈2.4~240Ω
分辨率	15uS	15uS	27uS	6.8uS
精度(导纳)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)
高量程(VL CRH)	≈11.2~2000Ω	≈11.2~2000Ω	≈6.0~2000Ω	≈24~2000Ω
分辨率	1.6uS	1.6uS	3.0uS	0.78uS
精度(导纳)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)
定功率模式(当输入电压和电流值≥满量程的 10%)				
量程	0~100W	0~100W	0~100W	0~100W
分辨率	1mW	1mW	1mW	1mW
精度	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)
量程	100~150W	100~300W	100~300W	100~300W
分辨率	10mW	10mW	10mW	10mW
精度	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)

型号	MEL8511	MEL8512	MEL8512C	MEL8512B	
电流测量值					
低量程	0~3A	0~3A	0~6A	0~1.5A	
分辨率	1mA	1mA	1mA	1mA	
精度	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	
高量程	0~30A	0~30A	0~60A	0~15A	
分辨率	1mA	1mA	1mA	1mA	
精度	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	
电压测量值					
低量程	0~30V	0~30V	0~30V	0~30V	
分辨率	1mV	1mV	1mV	1mV	
精度	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	
高量程	0~150V	0~150V	0~150V	0~500V	
分辨率	10mV	10mV	10mV	10mV	
精度	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	
功率测量值(当输入电压和电流值≥满量程的10%)					
量程	0~100W	0~100W	0~100W	0~100W	
分辨率 @P<100W	1mW	1mW	1mW	1mW	
精度	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	
量程	100W~150W	100W~300W	100W~300W	100W~300W	
分辨率 @P<100W	10mW	10mW	10mW	10mW	
精度	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	
电流量率					
设定范围	CCH	0.1mA/us~1.5A/us	0.1mA/us~1.5A/us	0.1mA/us~3A/us	0.1mA/us~0.75A/us
	CCL*3	0.1mA/us~0.15A/us	0.1mA/us~0.15A/us	0.1mA/us~0.33A/us	0.1mA/us~0.075A/us
分辨率		0.1mA/us	0.1mA/us	0.1mA/us	0.1mA/us
精度*4		3%+10us	3%+10us	3%+10us	3%+10us
电池放电					
放电时间	1s~100h	1s~100h	1s~100h	1s~100h	
分辨率	1s	1s	1s	1s	
精度	0.2%+1s	0.2%+1s	0.2%+1s	0.2%+1s	
电池容量 100h*Imax	3000AH	3000AH	6000AH	1500AH	
分辨率	1mAh	1mAh	1mAh	1mAh	
精度	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah	
放电电压范围	0.1~150V	0.1~150V	0.1~150V	0.1~500V	
放电电流分辨率	10mA	10mA	10mA	10mA	
短路测试					
定电流低量程	3.6A	3.6A	7.2A	1.8A	
定电流高量程	33A	33A	66A	16.5A	
定电压模式	0V	0V	0V	0V	
定电阻低量程(VH*5)	0.044Ω	0.027Ω	0.022Ω	0.24Ω	
定电阻中量程(VH)	5.6Ω	5.6Ω	2.8Ω	31Ω	
定电阻高量程(VH)	58Ω	58Ω	29Ω	310Ω	
定电阻低量程(VL*6)	0.044Ω	0.027Ω	0.022Ω	0.24Ω	
定电阻中量程(VL)	1.1Ω	1.1Ω	0.53Ω	2Ω	
定电阻高量程(VL)	10Ω	10Ω	5.3Ω	20Ω	
定功率电压源模式(CPV)	165W	315W	315W	315W	
定功率电流源模式(CPC)	0W	0W	0W	0W	
最大速率					
电流	1.5A/us	1.5A/us	3A/us	0.75A/us	
电压	0.2V/us	0.2V/us	0.2V/us	0.02V/us	
开路电阻	≥20kΩ	≥20kΩ	≥20kΩ	≥20kΩ	

型号	MEL8511	MEL8512	MEL8512C	MEL8512B
最大直流输入				
电流	33A	33A	66A	16.5A
电压	175	175	175	550
纹波和噪声				
电流(rms/p-p)	3mA/30mA	3mA/30mA	6mA/60mA	5mA/50mA
电压(rms)	5mV	5mV	5mV	5mV
瞬态测试				
瞬态模式	连续, 脉冲, 翻转			
频率范围*7	0.01Hz~2kHz			
高/低值时间	0~99999ms			
分辨率	250us			
精度	0.2%+10us			
上升/下降沿时间	250us~99999ms			
分辨率	250us			
精度	0.2%+10us			
序列测试				
步长定时	10ms~99999s			
分辨率	10ms			
精度	0.2%+10us			
序列长度	1~50 步			
循环次数	0~65535			
存储容量	8 组			
扩展功能	Chain			
触发输入				
触发电平	TTL 下降沿			
触发脉冲宽度	≥20us			
保护功能	过流, 过压, 过温, 过功率, 极性反接			
工作环境				
温度	0~40°C			
相对湿度	≤85%			
远程接口	RS-232 接口			
编程语言	SCPI			
交流电压	AC110V 或 AC220V±10%			
交流频率	48 to 63Hz			
净重	5.2kg	6.7kg		
机器尺寸 (W*H*D)	215*89*412mm			

表二 (600W)

型号	MEL8513	MEL8513C	MEL8513B
额定输入(0~40°C)			
电压	0~150V	0~150V	0~500V
电流	1mA~60A	1mA~120A	1mA~30A
功率*1	600W	600W	600W
最小工作电压	0.90V	1.6V	4.2V
定电压模式 CV			
低量程	0.1~30V	0.1~30V	0.1~30V
分辨率	1mV	1mV	1mV
精度	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)	±(0.05%+0.02%FS)
高量程	0.10~150V	0.10~150V	0.10~500V
分辨率	10mV	10mV	10mV
精度	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)
定电流模式 CC			
低量程	0~6A	0~12A	0~3A
分辨率	1mA	1mA	1mA
精度	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)
高量程	0~60A	0~120A	0~30A
分辨率	10mA	10mA	10mA
精度	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)
定电阻模式 CR(当输入电压和电流值≥满量程的 10%)			
低量程(VH CRL)	≈0.02~3Ω	≈0.015~1.5Ω	≈0.15~18Ω
分辨率	50uΩ	25uΩ	300uΩ
精度(阻抗)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)
中量程(VH CRM)	≈3~300Ω	≈1.5~150Ω	≈18~1800Ω
分辨率	5.4uS	10uS	0.90uS
精度(导纳)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)
高量程(VH CRH)	≈30~4000Ω	≈150~4000Ω	≈180~4000Ω
分辨率*2	0.20uS	1.2uS	0.10uS
精度(导纳)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)
低量程(VL CRL)	≈0.02~0.6Ω	≈0.015~0.3Ω	≈0.15~1.2Ω
分辨率	9.6uΩ	4.8uΩ	19uΩ
精度(阻抗)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)	±(0.5%+0.5%FS)(Z)
中量程(VL CRM)	≈0.6~60Ω	≈0.3~30Ω	≈1.2~120Ω
分辨率	27uS	54uS	14uS
精度(导纳)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)	±(1%+1%FS)(Y)
高量程(VL CRH)	≈6.0~2000Ω	≈3.0~2000Ω	≈12~2000Ω
分辨率	3.0uS	6.1uS	1.5uS
精度(导纳)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)	±(1.5%+1.5%FS)(Y)
定功率模式(当输入电压和电流值≥满量程的 10%)			
量程	0~100W	0~100W	0~100W
分辨率	1mW	1mW	1mW
精度	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)
量程	100~600W	100~600W	100~600W
分辨率	10mW	10mW	10mW
精度	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)	±(1%+0.1%FS)
电流测量值			
低量程	0~6A	0~12A	0~3A
分辨率	1mA	1mA	1mA
精度	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)	±(0.1%+0.1%FS)
高量程	0~60A	0~120A	0~30A
分辨率	1mA	10mA	1mA
精度	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)	±(0.1%+0.15%FS)

型号	MEL8513	MEL8513C	MEL8513B	
电压测量值				
低量程	0~30V	0~30V	0~30V	
分辨率	1mV	1mV	1mV	
精度	±(0.05% +0.02%FS)	±(0.05% +0.02%FS)	±(0.05% +0.02%FS)	
高量程	0~150V	0~150V	0~500V	
分辨率	10mV	10mV	10mV	
精度	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	±(0.05%+0.025%FS)	
功率测量值(当输入电压和电流值≥满量程的 10%)				
量程	0~100W	0~100W	0~100W	
分辨率 @P<100W	1mW	1mW	1mW	
精度	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	
量程	100W~600W	100W~600W	100W~600W	
分辨率 @P<100W	100mW	100mW	100mW	
精度	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	1%+0.1%FS	
电流速率				
设定范围	CCH	0.1mA/us~3A/us	0.1mA/us~6A/us	0.1mA/us~1.5A/us
	CCL*3	0.1mA/us~0.33A/us	0.1mA/us~0.6A/us	0.1mA/us~0.15A/us
分辨率	0.1mA/us	0.1mA/us	0.1mA/us	
精度*4	3% + 10us	3% + 10us	3% + 10us	
电池放电				
放电时间	1s~100h	1s~100h	1s~100h	
分辨率	1s	1s	1s	
精度	0.2%+1s	0.2%+1s	0.2%+1s	
电池容量 100h*Imax	6000AH	12000AH	3000AH	
分辨率	1mAh	1mAh	1mAh	
精度	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah	
放电电压范围	0.1~150V	0.1~150V	0.1~500V	
放电电流分辨率	10mA	10mA	10mA	
短路测试				
定电流低量程	7.2A	14.6A	3.6A	
定电流高量程	66A	132A	33A	
定电压模式	0V	0V	0V	
定电阻低量程(VH*5)	0.015Ω	0.013Ω	0.13Ω	
定电阻中量程(VH)	2.8Ω	1.4Ω	16Ω	
定电阻高量程(VH)	29Ω	15Ω	160Ω	
定电阻低量程(VL*6)	0.015Ω	0.013Ω	0.13Ω	
定电阻中量程(VL)	0.53Ω	0.26Ω	1.0Ω	
定电阻高量程(VL)	5.3Ω	2.4Ω	10Ω	
定功率电压源模式(CPV)	630W	630W	630W	
定功率电流源模式(CPC)	0W	0W	0W	
最大速率				
电流	3A/us	6A/us	1.5A/us	
电压	0.2V/us	0.2V/us	0.02V/us	
开路电阻	≥20kΩ	≥20kΩ	≥20kΩ	
最大直流输入				
电流	66A	132A	33A	
电压	175	175	550	
纹波和噪声				
电流(rms/p-p)	6mA/60mA	12mA/120mA	5mA/50mA	
电压(rms)	5mV	5mV	5mV	

型号	MEL8513	MEL8513C	MEL8513B
瞬态测试			
瞬态模式	连续, 脉冲, 翻转		
频率范围*7	0.01Hz~2kHz		
高/低值时间	0~99999ms		
分辨率	250us		
精度	0.2%+10us		
上升/下降沿时间	250us~99999ms		
分辨率	250us		
精度	0.2%+10us		
序列测试			
步长定时	10ms~99999s		
分辨率	10ms		
精度	0.2%+10us		
序列长度	1~50 步		
循环次数	0~65535		
存储容量	8 组		
扩展功能	Chain		
触发输入			
触发电平	TTL 下降沿		
触发脉冲宽度	≥20us		
保护功能	过流, 过压, 过温, 过功率, 极性反接		
工作环境			
温度	0~40°C		
相对湿度	≤85%		
远程接口	RS-232 接口		
编程语言	SCPI		
交流电压	AC110V 或 AC220V±10%		
交流频率	48 to 63Hz		
净重	9kg		
机器尺寸 (W*H*D)	215*89*507mm		

*1、环境温度在40°C以下时仪器最大连续输入功率可达到额定功率, 40°C以上至50°C, 最大连续输入功率由额定功率的100%线性下降至75%。

*2、“S”为电导单位西门子, 电导是电阻的倒数。

*3、CCL 模式下的电流变化率是设定值的1/10。

*4、转变时间是指输入变化从10%到90%所需要的时间。

*5、VH 表示电压高量程。

*6、VL 表示电压低量程。

*7、瞬态测试频率由高/低值时间和上升/下降沿时间决定。

