

第一章 概述	1
1.1 功能特点	1
1.2 前面板描述	2
1.3 后面板描述	2
1.4 键盘功能描述	3
1.5 指示灯描述	4
1.6 菜单描述	4
1.6.1 主菜单描述	4
1.6.2 基本模式和参数菜单描述	5
1.6.3 瞬态测试菜单描述	5
1.6.4 序列测试菜单描述	6
1.7 液晶显示信息描述	6
1.8 远程编程	9
第二章 功能与特性	9
2.1 本地和远程控制	9
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	10
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	15
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	19
2.6 电池放电容量测试	19
2.7 短路测试	20

2.8	触发功能	20
2.9	输入控制	21
2.9.1	负载打开与关闭	21
2.9.2	负载启动电压及启动电压锁定	21
2.9.3	定电压模式电流限制	22
2.9.4	电流上升速率	23
2.9.5	电流下降速率	23
2.10	测量功能	23
2.11	保存和调用	23
2.12	读取远程错误	25
2.13	状态报告	25
2.14	保护功能	25
2.14.1	清除异常锁定状态	25
2.14.2	过电压	25
2.14.3	过电流	26
2.14.4	过功率	26
2.14.5	过温度	26
2.14.6	极性反接	26
2.15	其他辅助功能	26
2.15.1	触发功能选择	26
2.15.2	旋钮使能	26
2.15.3	按键声音	26
第三章	安装	27
3.1	初始检查	27
3.2	环境和安置	27
3.3	上电自检	27
3.4	后面板连接	27
3.5	前面板连接	28
3.6	使用连接	29
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	30
4.3	电子负载与电源连线	30
4.4	负载输入打开/关闭	30
4.5	基本测试	30
4.5.1	定电流测试	31
4.5.2	定电压测试	32
4.5.3	定电阻测试	33
4.5.4	定功率测试	34
4.5.5	连续方式瞬态测试	37
4.5.6	脉冲方式瞬态测试	38
4.5.7	翻转方式瞬态测试	40
4.6	序列测试	41
4.6.1	序列编辑	42

4.6.2 序列数据的修改, 增加, 插入, 删除操作.....	44
4.6.3 序列测试功能启动和停止.....	45
4.7 电池放电容量测试.....	46
4.8 载保存和调用.....	47
4.9 负载保护状态清除.....	48
4.10 负载错误信息.....	48
4.11 负载触发.....	49
4.12 电子负载主菜单.....	49
4.12.1 加载缺省值.....	50
4.12.2 短路测试.....	50
4.12.3 启动电压锁定及启动电压.....	50
4.12.4 定电压模式电流限制值.....	51
4.12.5 定电流模式电流上升速率及电流下降速率.....	51
4.12.6 触发功能选择.....	52
4.12.7 旋钮功能.....	52
4.12.8 按键声音.....	53
4.12.9 通信接口.....	53
第五章 远程操作.....	54
5.1 通信端口.....	54
5.1.1 RS232.....	54
5.1.2 USB.....	54
5.1.3 GPIB.....	55
5.2 流控制选择.....	55
5.3 远程控制指示灯.....	55
5.4 发送一个远程设置命令.....	55
5.5 返回数据.....	55
5.6 远程编程命令.....	55
5.6.1 基本测试模式.....	55
5.6.2 瞬态值.....	55
5.6.3 可编程电流保护.....	56
5.7 定电流模式的例子.....	56
5.8 定电压模式的例子.....	56
5.9 定电阻模式的例子.....	56
5.10 连续方式瞬态测试的例子.....	56
5.11 脉冲方式瞬态测试的例子.....	57
主要技术参数.....	57

# 第一章 概述

ARRAY 372X 系列电子负载是亚锐电子研制的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，而且还可配备 RS232、USB、GPIB 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 ARRAY 372X 系列电子负载。

## 1.1 功能特点

ARRAY372X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、CV、CRL、CRM、CRH、CPV、CPC八种**基本工作模式**。
- 采用17 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。100kHz的D/A转换速率，全面提升高速性能。
- 最低全电流工作电压小于0.6V，配合专用低电压测试选件，即使在0V输入电压下也可达到最大电流，尤其适用于燃料电池和太阳能电池等新能源的测试应用。
- 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50kHz。
- 强大的序列测试功能，最小步长10微秒，最大步长100000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。
- 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 前面板描述

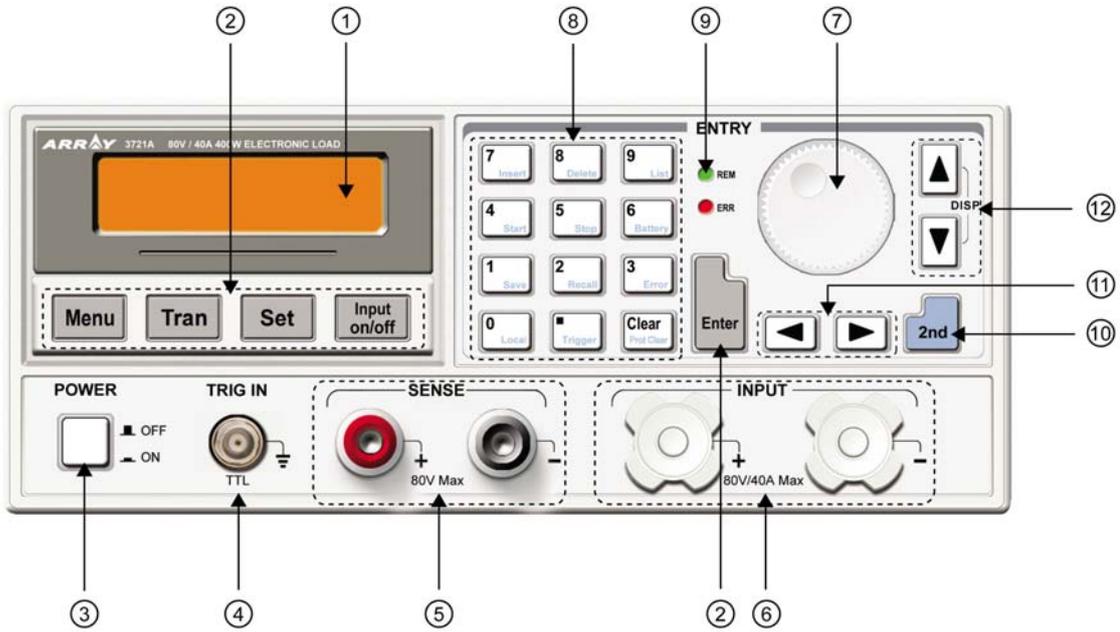


图 1-1 前面板图

- ① 液晶显示屏    ② 功能键    ③ 电源开关    ④ 外触发输入端子    ⑤ 电压检测端子
- ⑥ 输入端子    ⑦ 旋钮    ⑧ 数字及第二功能复合键    ⑨ 指示灯    ⑩ 第二功能切换键
- ⑪ 左、右键    ⑫ 上、下键

注：上、下键在基本测试模式可用于切换显示负载状态与实际功率。

## 1.3 后面板描述

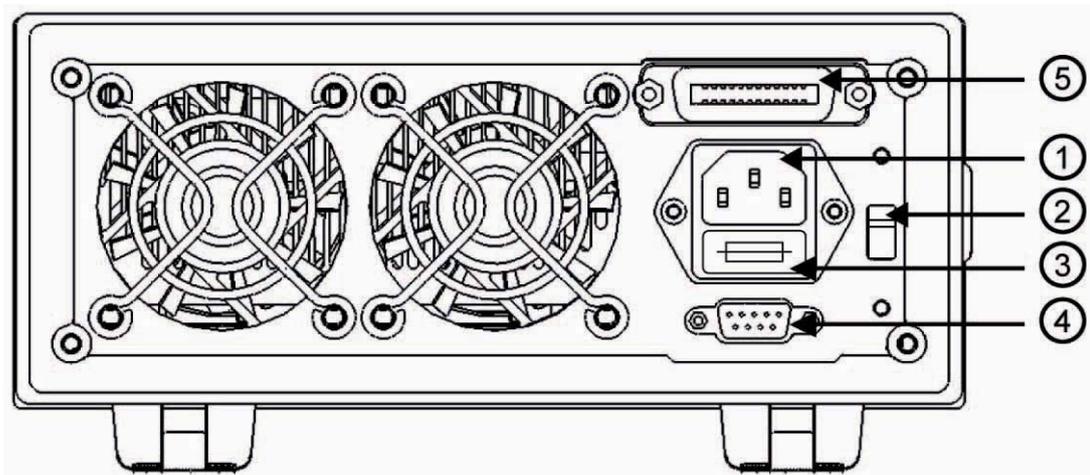


图 1-2 后面板图

- ① 交流输入插座    ② 110V/220V 切换开关    ③ 保险丝    ④ RS232 接口    ⑤ GPIB 或 USB（选配）

## 1.4 键盘功能描述

键盘按键主要分为功能键、数字及第二功能复合键和方向键三类。在复合键中，左上方黑体字体为第一功能，右下方蓝色字体为第二功能。例如：按键的“0”为第一功能，“Local”为第二功能。如需使用其第二功能，应先按键，然后再按相应的复合键。

表 1-1 按键说明:

	数字 0/本地键
	数字 1/保存键
	数字 2/调用键
	数字 3/错误代码显示键
	数字 4/序列启动键
	数字 5/序列停止键
	数字 6/电池容量测试键
	数字 7/插入键
	数字 8/删除键
	数字 9/序列操作键
	小数点/触发键
	清除或退出/保护清除键
	主菜单键
	瞬态操作键
	设置键
	输入打开/关闭键
	确认键
	左移键

	右移键
	上移键
	下移键
	第二功能切换键

## 1.5 指示灯描述

表 1-3 指示灯指示说明:

 REM	当用户设置负载为远程控制时常亮（绿色），本地控制时熄灭
 ERR	有错误发生时常亮（红色），否则熄灭

## 1.6 菜单描述

### 1.6.1 主菜单描述

按  键进入主菜单。主菜单内容见下表:

功能及参数	说明
Load Default Yes *No	恢复默认值 是 否
Short On *Off	短路模式 打开 关闭
Von Latch On *Off	带载电压锁定 打开 关闭
Von Point 0.000v	带载电压值设定 带载电压值
CV Curr Limit 40.00A	定电压模式电流限制值 电流限制值
Curr Rise Rate 4.000A/us	定电流模式电流上升速率 电流上升速率值
Curr Fall Rate 4.000A/us	定电流模式电流下降速率 电流下降速率值
Trig Function *Tran List	触发功能选择 瞬态测试 序列测试
Knob *On Off	旋钮功能 打开 关闭
Key Sound *On Off	按键声音 打开 关闭
Interface *RS232 USB GPIB	通讯端口选择 RS232 USB GPIB

<b>RS232 端口</b>	Baud Rate 2400 4800 *9600 19200 38400	波特率设置 2400 4800 9600 19200 38400
	Parity Check *None Even Odd	奇偶校验 无校验 偶校验 奇校验
	Data Bit *8 7	数据位 8位 7位
	Stop Bit *1 2	停止位 1位 2位
	Flow Control *On Off	流控制 打开 关闭
<b>USB 端口</b>		选择 USB
<b>GPIB 端口</b>	GPIB Address 5	GPIB 地址 地址值

注：主菜单中参数除旋钮（Knob）、按键声音、接口配置以外，其它参数关机时不做保存。

如需保存，请使用  键或 \*sav 命令。负载每次开机都会自动调用保存在位置 0 的参数。

## 1.6.2 基本模式和参数菜单描述

在基本模式下，按  键进入设定菜单，显示内容如下：

功能及参数	说明
MODE: CCL CURR: 0.000A	定电流低量程 立即电流值
MODE: CCH CURR: 0.000A	定电流高量程 立即电流值
MODE: CV VOLT: 80.00V	定电压模式 立即电压值
MODE: CRL RES: 2.000 Ω	定电阻低量程 立即电阻值
MODE: CRM RES: 20.000 Ω	定电阻中量程 立即电阻值
MODE: CRH RES: 20.000 Ω	定电阻高量程 立即电阻值
MODE: CPV POWR: 0.000W	定功率电压源模式 立即功率值
MODE: CPC POWR: 0.000W	定功率电流源模式 立即功率值

## 1.6.3 瞬态测试菜单描述

在基本模式下，按  键进入相应的瞬态测试，按  键进入设定菜单，显示内容如下：

功能	说明	参数举例
LevelL	瞬态低值	1.000A
LevelH	瞬态高值	2.000A
TimeL	瞬态低值时间	600.00ms
TimeH	瞬态高值时间	600.00ms
TimeR	瞬态上升沿时间	0.01ms
TimeF	瞬态下降沿时间	0.01ms
MODE	连续 (Cont) 脉冲 (Puls) 翻转 (Togg)	Cont

注：瞬态测试功能在定电流、定电压、定电阻模式下有效。

## 1.6.4 序列测试菜单描述

在基本模式下，按 **2nd**，再按 **9 List** 进入设定菜单，显示内容如下：

功能	说明
No.	序列编号 (0-6)
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 (1-65535)
Chain: Off	链接 (0-6, off)

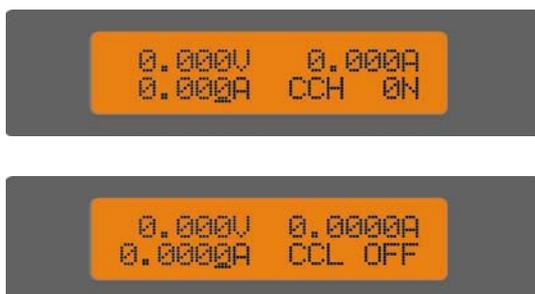
在序列测试菜单，按 **▲**、**▼** 键选择 “Data: <New/Edit>”，通过旋钮或者 **◀**、**▶** 键选

择数据新建 (New) 或编辑 (Edit)，按 **Enter** 键进入序列数据编辑状态，显示内容如下：

功能	说明
01. 10000.00000s	序号 时间
CCH 5.000A	模式 设定值

## 1.7 液晶显示信息描述

①、定电流模式：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示设定电流值、定电流模式 (CCH 为大电流

模式，CCL 为小电流模式）及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

②、定电压模式：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示设定电压值、定电压模式及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

③、定电阻模式：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示设定电阻值、定电阻模式（CRL 为小电阻模式，CRM 为中电阻模式，CRH 为大电阻模式）及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

④、定功率模式：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示设定功率值、定功率模式（CPC 为定功率电流源模式，CPV 为定功率电压源模式）及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

⑤、瞬态测试：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示 Tran 中的设定值、瞬态测试（tCCH 为大电

流模式瞬态测试，tCCL 为小电流模式瞬态测试，tCV 为定电压模式瞬态测试，tCRL 为小电阻瞬态测试，tCRM 为中电阻瞬态测试，tCRH 为大电阻瞬态测试。小写字母 t 表示瞬态测试) 及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

⑥、序列测试：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示 List 中的设定值、序列测试 (lCCH 为大电流模式序列测试，lCCL 为小电流模式序列测试，lCV 为定电压模式序列测试，lCRL 为小电阻序列测试，lCRM 为中电阻序列测试，lCRH 为大电阻序列测试。小写字母 L 表示序列测试) 及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

⑦、电池容量测试：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示电池容量及放电时间。

⑧、短路测试：



液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示短路设定值 (CCL 短路电流值为 4.4A, CCH 短路电流值为 44A, CV 短路电压值为 0V, CRL 短路电阻值为 0.018  $\Omega$ , CRM 短路电阻值为 1.8  $\Omega$ , CRH 短路电阻值为 18  $\Omega$ , CPV 短路功率值为 420W, CPC 短路功率值为 0W)、短路测试模式 (sCCL、sCCH、sCV、sCRL、sCRM、sCRH、sCPC、sCPV。小写字母 s 表示短路测试) 及负载输入状态(ON 为打开，OFF 为关闭)。

⑨、显示实际功率：



在基本测试模式，按 、 键可切换显示负载状态与实际功率。在实际功率显示界面，液晶屏上排显示实际电压和电流，下排显示设定值及实际功率值。

⑩、保护状态：

负载出现保护时，液晶屏上会显示相应的保护状态。下图为极性反接保护状态显示。



保护状态包括过电流 (OC)、过电压(OV)、过功率(OP)、过温度(OT)、负载保护(PT)、极性反接(RV)。

## 1.8 远程编程

指令通过远程接口( RS232、GPIB、USB)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。

## 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 ARRAY 372x 系列有更深入的了解。

### 2.1 本地和远程控制

ARRAY 372x 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)或者通过 GPIB 接收到命令时，REM 远程状态指示灯点亮，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(2nd、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，REM 远程状态指示灯熄灭，电子负载返回本地控制状态。在远程控制状态下，也可以通过按下2nd及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《Array 372x 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 (CV)
- 定电阻测试 (CRL, CRM, 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、CV、CRL、CRM、CRH、CPV、CPC八种测试模式。

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大约 5ms。

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 **Set** 键进入模式选择和参数设定菜单，通过 **▲**、**▼** 键选择 CCH 或 CCL 定电流模式，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。

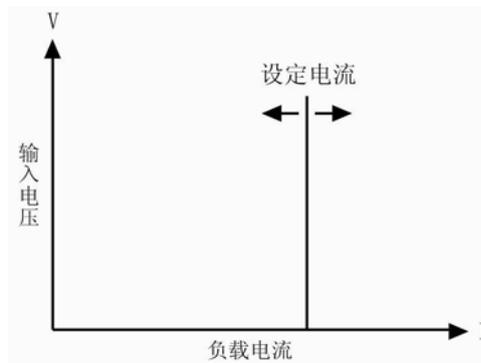


图 2-1 定电流模式

#### 2.3.1.1 电流设定范围

在小电流模式 (CCL) 下，电流设定范围是 0—4A；在大电流模式 (CCH) 下，电流设定

范围是 0—40A。如果负载输入处于打开状态，模式改变时负载输入会关闭大约 5ms。例如：从 CCL 转换至 CCH 时，负载输入会关闭大约 5ms。另外值得注意的是，改变电流模式，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 10.000A，从 CCH 切换到 CCL 时，电流设定值会改变为 CCL 模式的最大值 4.0000A。

### 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。立即电流值可以在模式选择和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。

触发电流值只能通过远程命令（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《Array 372x 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

电子负载允许用户通过远程命令（CURRent:PROTection <NRf+>）设定一个保护电流值(范围为 0-40A)。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  键进入模式选择和参数设定菜单，通过 、 键选择定电压模式，通过数字键或者旋钮结合 、 键输入电压值，使用  键确认。定电压模式和参数也可以通过远程命令（MODE CV, VOLTage <NRf+>）设定。

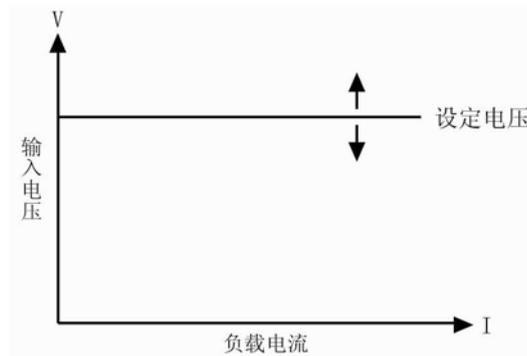


图 2-2 定电压模式

### 2.3.2.1 电压设定范围

定电压模式设定范围为 0-80V。

### 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。立即电压值可以在模式选择和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。

触发电压值只能通过远程命令（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《Array 372x 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

定电阻测试分为小电阻（CRL）、中电阻（CRM）和大电阻（CRH）三种模式。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 **Set** 键进入模式选择和参数设定菜单，通过 ▲、▼ 键选择定电阻模式，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 CRL, MODE CRM, MODE CRH, RESistance <NRf+>）设定。

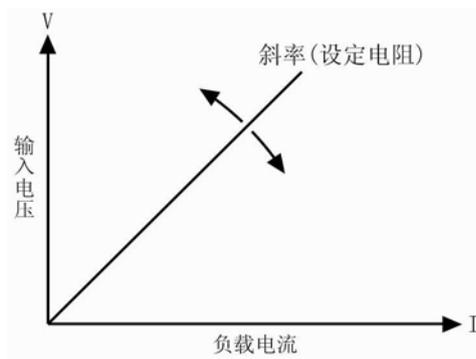


图 2-3 定电阻模式

### 2.3.3.1 电阻设定范围

在 CRL 模式下，电阻设定范围是  $0.02 - 2 \Omega$ ；在 CRM 模式下，电阻设定范围是  $2 - 200 \Omega$ ；在 CRH 模式下，电阻设定范围是  $20 - 2000 \Omega$ 。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大约 5ms。例如：从 CRL 转换到 CRH 时，负载输入会关闭大约 5ms。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  $10.000 \Omega$ ，从 CRM 转换到 CRL 时，电阻设定值会改变为 CRL 的最大值  $2.0000 \Omega$ 。

### 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。立即电阻值可以在模式选择和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。

触发电阻值只能通过远程命令（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《Array 372x 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 **Set** 键进入模式选择和参数设定菜单，通过 ▲、▼ 键选择定功率模式，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。

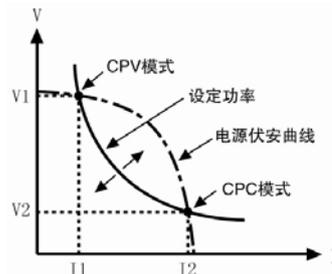


图 2-4 恒功率模式

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。Array 372x 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。

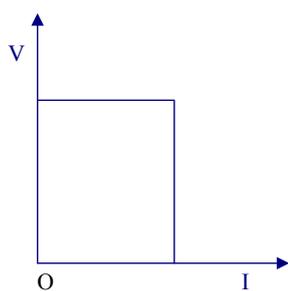


图 (2-4)

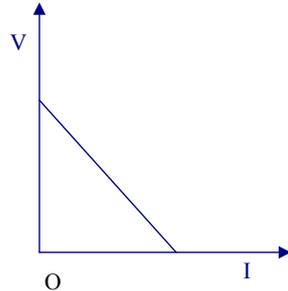


图 (2-5)

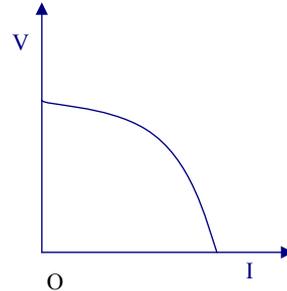


图 (2-6)

图

## 2-5 常见电源的伏安曲线

由于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。

### 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)，功率设定范围都是 0-400W。

### 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。立即功率值可以在模式选择和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。

触发功率值只能通过远程命令 (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《Array 372x 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。

高、低值时间的设定范围是 0 ~ 655.35ms；上升、下降沿时间的设定范围是 10us ~ 655.35ms；分辨率均为 10us。最高测试频率达 50kHz。

瞬态测试功能的打开和关闭可以通过前面板上的  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  键进入瞬态测试。

按  键打开瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

LevelL : 5.000A

LevelH : 10.000A

TimeL : 0.50ms

TimeH : 0.50ms

TimeR : 0.20ms  
TimeF : 0.20ms  
Mode : Cont

然后按  键打开负载输入；

也可通过远程命令设定：

SCPI 命令	描述
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 500us	设置瞬态低值时间为 500us
TRAN:HTIM 500us	设置瞬态高值时间为 500us
TRAN:RTIM 200us	设置瞬态上升沿时间为 200us
TRAN:FTIM 200us	设置瞬态下降沿时间为 200us
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 200us 上升沿到达瞬态高值（10A），维持 500us，然后经过 200us 下降沿到达瞬态低值（5A），再维持 500us，如此循环往复。

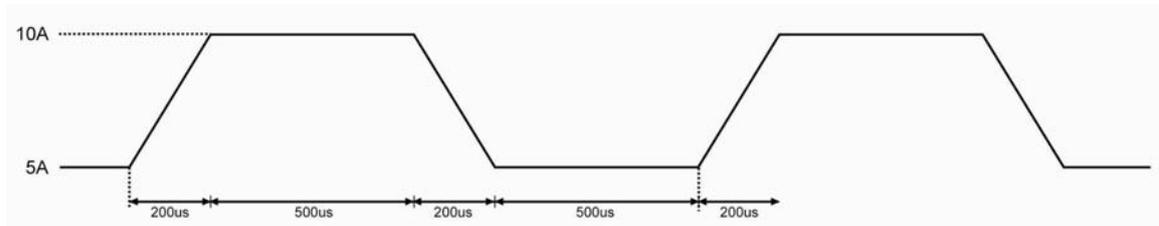


图 2-6 连续方式

### 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  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  键进入瞬态测试。

按  键打开瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

LevelL : 5.000A

LevelH : 10.000A

TimeL : 0.50ms

TimeH : 0.50ms

TimeR : 0.10ms

TimeF : 0.10ms

Mode : Puls

然后按  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

TRAN:LLEV 5	设置瞬态电流低值为 5A
TRAN:HLEV 10	设置瞬态电流高值为 10A
TRAN:HTIM 500us	设置瞬态高值时间 500us
TRAN:RTIM 100us	设置瞬态上升沿时间 100us
TRAN:FTIM 200us	设置瞬态下降沿时间 200us
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 100us 上升沿后到达瞬态高值(10A)，然后持续 500us，再经过 200us 下降沿返回到瞬态低值(5A)。

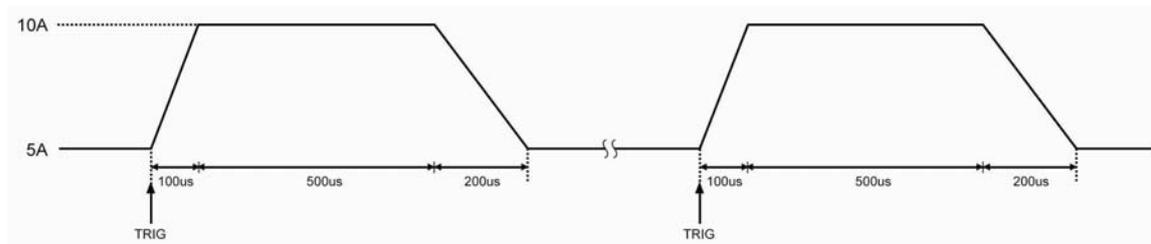


图 2-7 脉冲方式

### 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  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  键进入瞬态测试。

按  键打开瞬态测试菜单。

在瞬态测试菜单里设定下列参数：

LevelL : 5.000A

LevelH : 10.000A

TimeL : 0.50ms

TimeH : 0.50ms

TimeR : 0.10ms

TimeF : 0.20ms

Mode : Togg

然后按  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
TRAN:LLEV 5	设置瞬态电流低值为 5A
TRAN:HLEV 10	设置瞬态电流高值为 10A
TRAN:RTIM 100us	设置瞬态上升沿时间 100us
TRAN:FTIM 200us	设置瞬态下降沿时间 200us
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 100us 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 200us 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。

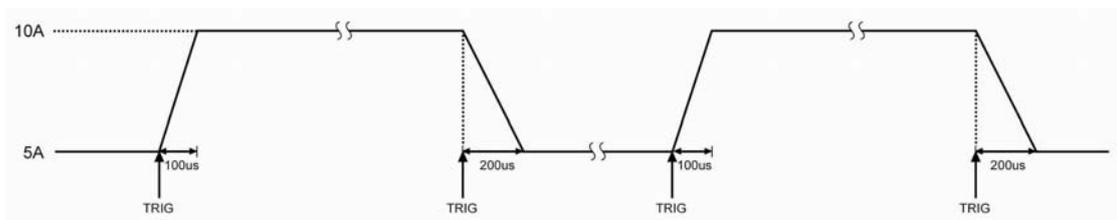


图 2-8 翻转方式

## 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 10 $\mu$ s，最长时间为 99999.99999s（约合 27.78 小时）；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 7 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。

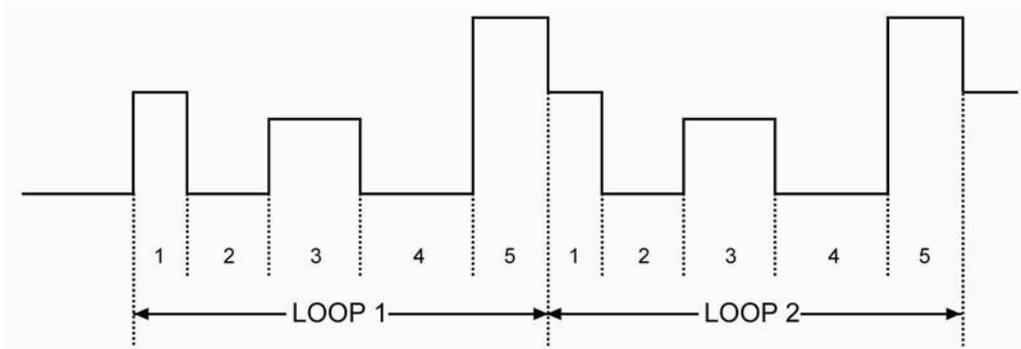


图 2-9 序列测试

注：序列测试时，应该考虑到启动电压和保护电流。这些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。当电池电压下降至终止电压时，自动停止放电测试。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，最大测试容量为4000AH。

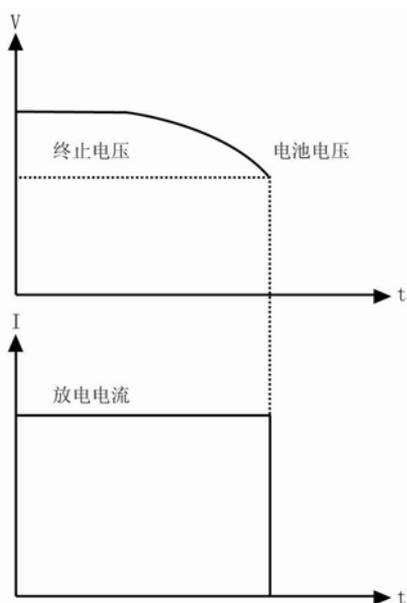


图 2-10 电池容量测试时电压、电流曲线

## 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，短路值取决于当前的负载模式：CCL 短路电流为 4.4A，CCH 短路电流为 44A，CV 短路电压值为 0V，CRL 短路电阻值 0.018 Ω，CRM 短路电阻值 1.8 Ω，CRH 短路电阻值 18 Ω，CPV 短路功率值为 420W，CPC 短路功率值为 0W。

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： GPIB 的<GET>信号，\*TRG 以及 TRIGger 命令。负载的前面板上的外触发输入端子以及  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：** GPIB 的<GET>信号或\*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，按键打开负载输入；在负载输入打开状态，按键关闭输入。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。

### 2.9.2 负载启动电压及启动电压锁定

当外部输入电压低于启动电压（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启动电压时，负载才开始工作。

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

启动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。

启动电压锁定 (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。

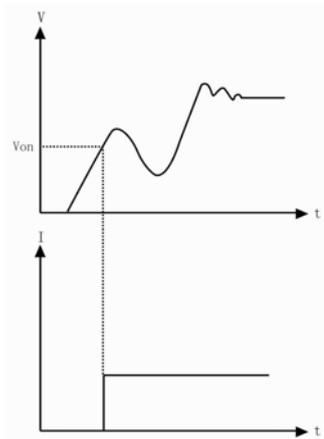


图 2-11 启动电压锁定(Von Latch)打开

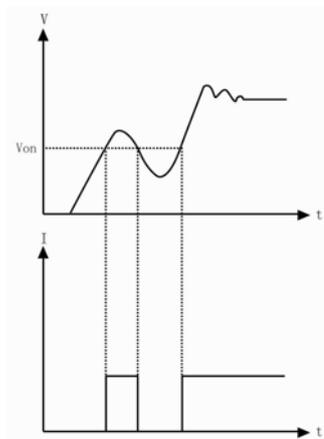


图 2-12 启动电压锁定(Von Latch)关闭

注：如果负载没有正常工作，请检查启动电压 Von 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。

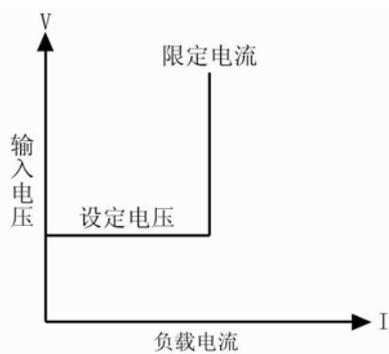


图 2-13 定电压电流限制功能示意图

### 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：

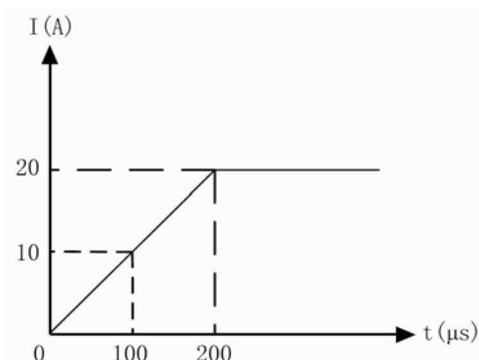


图 2-14 电流上升速率示意图

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

### 2.9.5 电流下降速率

电流下降速率 (Curr Rise 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：

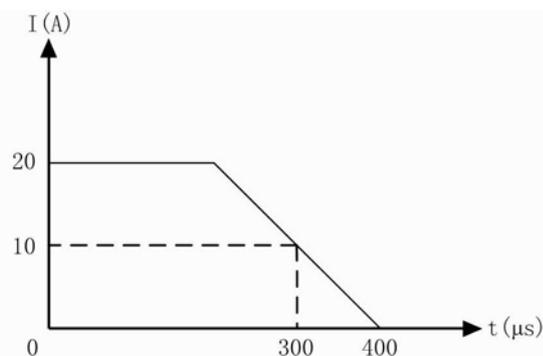


图 2-15 电流下降速率示意图

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。372X 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  和  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	默认值
Input	输入状态	Off
Mode	工作模式	CCH
Current level	立即电流值	0A
Current rise rate	电流上升速率	4A/us
Current fall rate	电流下降速率	4A/us
Current Hlevel	瞬态电流高值	0A
Current Llevel	瞬态电流低值	0A
*Current protection level	电流保护限制值	40A
*Current protection delay	电流保护延时	60s
*Current protection State	启用/禁用电流保护	off
Voltage level	立即电压值	80v
CV current limit	定电压模式电流限制	40A
Voltage Hlevel	瞬态电压高值	80v
Voltage Llevel	瞬态电压低值	80v
Resistance level	立即电阻值	2000 Ω
Resistance Hlevel	瞬态电阻高值	2000 Ω
Resistance Llevel	瞬态电阻低值	2000 Ω
Power level	立即功率值	0W
Transient operation	瞬态测试	off
Transient mode	瞬态工作模式	continuous
Transient Htime	瞬态高值时间	0ms
Transient Ltime	瞬态低值时间	0ms
Transient Rtime	瞬态上升沿时间	0.01ms
Transient Ftime	瞬态下降沿时间	0.01ms
Trigger Function	触发功能选择	Tran
*Trigger source	触发源	external
Battery Mode	电池放电容量测试	off
Battery mini voltage	电池放电终止电压	0V
Battery discharge current	电池放电电流	0A
Voltage on	负载启动电压	0V
Voltage on Latch	启动电压锁定	Off

\*仅仅在远程情况下可以编程

## 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

按 ，再按 可以在前面板查询错误代码。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，“Too many errors”，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《Array 372x 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，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，显示屏右下角会显示 OT，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，只有通过第二功能键 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，负载会显示保护状态 PT，但并不关闭负载输入。此时通过第二功能键 或者远程命令（INPut:PROTection:CLEar）可以清零过流时间。

### 2.14.2 过电压

过电压保护值是由厂家在生产时设定的，用户无法改变。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 OV。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，显示屏会显示保护状态 PT，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 OC。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。电流保护限制功能只能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

电子负载具备硬件恒功率和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，硬件恒功率电路就会立即启动，将输入功率限制在负载可承受的范围内。同时负载也通过计算，测量当前的实际功率。不论是硬件恒功率电路启动，还是通过软件测量计算，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 OP。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 OT。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，负载输入关闭并显示 RV。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

### 2.15.1 触发功能选择

主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

主菜单中的旋钮使能(Knob)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

主菜单中的按键声音(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。

## 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 上电自检

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，确保负载后面板上的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，负载上电进行自检。如自检异常，会有错误信息显示。错误信息列表如下表所示：

错误代码	错误说明
601	Lcd selftest error (液晶测试错误)
603	System ADC test failed (ADC 系统测试失败)
607	Rundown too noisy (信号太嘈杂)
608	Keypad selftest error (键盘测试错误)
609	EEPROM checksum failed (EEPROM 校验和错误)
630	Temperature test failed (温度检测错误)

若一切正常，则显示屏进入初始画面，显示 CCH 模式，负载输入关闭；若先前修改过参数并保存在参数位置 0，负载会自动调用该参数。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 CV 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。通信接口包括 RS-232 通信接口，以及用户选配的扩展接口 GPIB 或 USB。

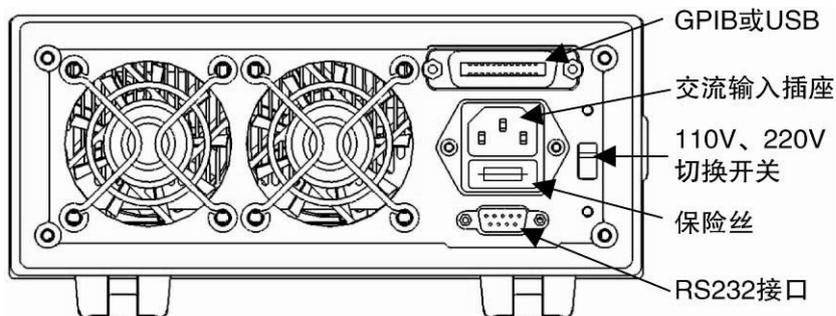


图 3-1

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	Output	DTR 邀接收端准备
5	Common	GND 信号地
6	Input	DSR 接收端准备好
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。

GPIB 接口：

负载可另外安装一个 GPIB 接口，其地址可以通过 MENU 菜单自行设置为从 0 到 30 之间的任意值，但在多台 GPIB 设备连接时，要保证每台 GPIB 接口地址是唯一的，并且不可被其它类型接口总线上的仪器使用。负载在出厂时的默认地址为 05，用户在接口设置时可以更改。

USB 接口

负载可另外安装一个 USB 接口，用户需在计算机上安装生产厂家提供的驱动程序与负载进行通信。

USB 接口与 GPIB 接口均需占用负载后面板的扩展槽，因此只能选择安装其中一种接口。在同一时刻，负载只能通过一种接口与外部通信。

### 3.5 前面板连接

前面板输入包括输入端子 (INPUT +和 INPUT -)，电压检测端子 (SENSE +和 SENSE -) 和外触发输入端子。如图 3-2 所示。

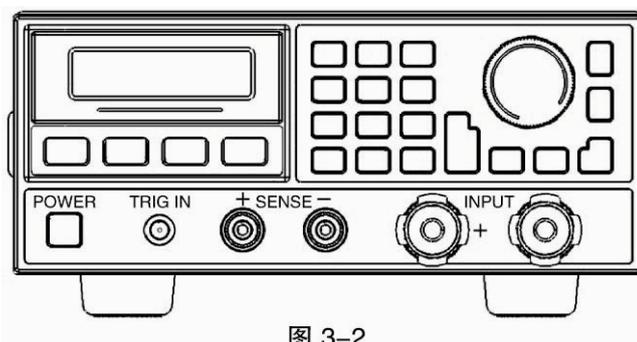


图 3-2

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 6mm。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。

### 远端电压检测

前面板提供的两个电压检测端子（SENSE +和 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。

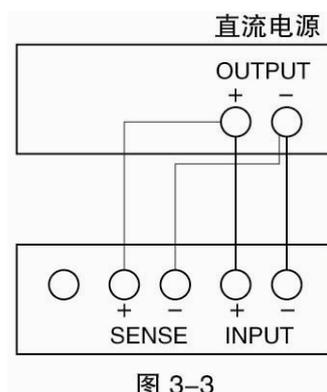
### TRIGGER 连接

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。

## 3.6 使用连接

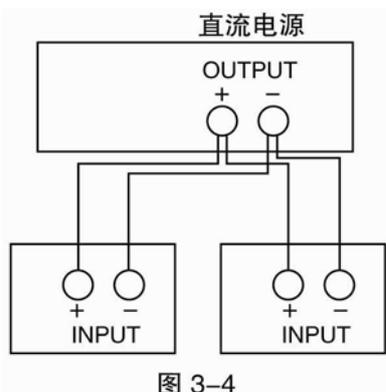
### Sense 连接

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。



### 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。



## 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 372X 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（**2nd**、**0 Local**键除外）。当电子负载通过 RS232

接收到远程命令 (SYST:REM) 或者通过 GPIB 接收到命令时, REM 指示灯点亮, 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, REM 指示灯熄灭, 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, 也可以通过按下 **2nd** 及 **0 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
- 电池放电容量测试功
- 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 **2nd** + **Clear Prot Clear** 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 **Input on/off** 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 **Set** 键进入模式选择和参数设定菜单。
2. 使用 **▲**、**▼** 键选择某一基本测试模式。

- 使用数字键或者旋钮结合 、 键输入设定值，使用  键修改设定值或退出模式选择和参数设定菜单。
- 按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。
- 按  键打开负载。

#### 4.5.1 定电流模式

定电流模式分为大电流模式(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。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按  键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CV CURR: 80.00 <u>0</u> A
第二步	使用  键选择 CCH 模式	MODE: CCH CURR: 0.00 <u>0</u> A
第三步	使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电流值 5.12	MODE: CCH CURR: 5.120A
第四步	按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 5.12 <u>0</u> A CCH OFF
第五步	按  键打开负载。	0.000V 0.000A 5.12 <u>0</u> A CCH ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

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

注：查看实际功率值可以通过 、 键查看，液晶的右下角显示实际功率值。

例 2：在负载打开，CCH 模式下，设置电流值为 5.8A。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  键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CCH CURR: 5.12 <u>0</u> A
第二步	使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电流值 5.8	MODE: CCH CURR: 5.800A
第三步	按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 5.80 <u>0</u> A CCH ON

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。	0.000V 0.000A 5.1 <u>2</u> 0A CCH ON
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，该设定值立即在输入端生效。)	0.000V 0.000A 5.1 <u>0</u> 0A CCH ON
第三步	使用  键将光标移动到十分位下。	0.000V 0.000A 5.1 <u>0</u> 0A CCH ON
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。)	0.000V 0.000A 5.8 <u>0</u> 0A CCH ON

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(CV)，电压值为 50V。打开负载。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按  键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CCH CURR: 3.80 <u>0</u> A
第二步	使用  键选择 CV 模式。	MODE: CV VOLT: 80.00 <u>0</u> V
第三步	使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电压值 50。	MODE: CV VOLT: 50.00 <u>0</u> V
第四步	按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 50.00 <u>0</u> V CV OFF
第五步	按  键打开负载。	0.000V 0.000A 50.00 <u>0</u> V CV ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

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

注：查看实际功率值可以通过 、 键查看，液晶的右下角显示实际功率值。

例 2：在负载打开，CV 模式下，设置负载电压值为 60V。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 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CV CURR: 50.00 <u>0</u> V
第二步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键输入电压值 60。	MODE: CV VOLT: 60.000V
第三步	按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 60.00 <u>0</u> V CV ON

方法二:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	使用 <b>◀</b> 键将光标移动到十位下。	0.000V 0.000A <u>5</u> 0.000V CV ON
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。)	0.000V 0.000A <u>6</u> 0.000V CV ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

```
MODE CV ; 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 CV 标志;

### 4.5.3 定电阻测试

定电阻测试分为小电阻 (CRL)、中电阻 (CRM) 和大电阻 (CRH) 三种模式。

例 1: 在 CV 模式下, 设置负载为小电阻模式(CRL), 电阻值为 1.5 Ω。打开负载。步骤如下:

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CV CURR: 50.00 <u>0</u> V
第二步	使用 <b>▼</b> 键选择 CRL 模式。	MODE: CRL RES : 0.020 <u>0</u> Ω
第三步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键输入电阻值 1.5	MODE: CRL RES : 1.5000 Ω
第四步	按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 1.500 <u>0</u> Ω CRL OFF
第五步	按 <b>input on/off</b> 键打开负载。	0.000V 0.000A 1.500 <u>0</u> Ω CRL ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为:

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

注：查看实际功率值可以通过▲、▼键查看，液晶的右下角显示实际功率值。

例 2：在负载打开，CRL 模式下，设置负载电阻值为 1.8Ω。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 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CRL RES : 1.500 <u>0</u> Ω
第二步	使用数字键或者旋钮结合 ◀、▶ 键输入电阻值 1.8。	MODE: CRL RES : 1.8000Ω
第三步	按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V      0.000A 1.800 <u>0</u> Ω    CRL ON

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	0.000V      0.000A 1. <u>5</u> 000Ω    CRL ON
第二步	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。)	0.000V      0.000A 1. <u>8</u> 000Ω    CRL ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```
MODE      CRL      ; 设定模式
RES       1.8      ; 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。

步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CRL RES : 1.800 <u>0</u> Ω
第二步	使用 ▼ 键选择 CPV 模式。	MODE: CPV POWR: 0.00 <u>0</u> W
第三步	使用数字键或者旋钮结合 ◀、▶ 键输入功率值 100。	MODE: CPV POWR: 100.00W
第四步	按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V      0.000A 100.0 <u>0</u> W    CPV OFF

	单。	
第五步	按  键打开负载。	0.000V      0.000A 100.0 <u>0</u> W   CPV   ON

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

注：查看实际功率值可以通过 、 键查看，液晶的右下角显示实际功率值。

例 2：在负载打开，CPV 模式下，设置负载功率值为 200W。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  键进入模式选择和参数设定菜单。	MODE: CPV POWR: 100.0 <u>0</u> W
第二步	使用数字键或者旋钮结合  、  键输入功率值 200。	MODE: CPV POWR: 200.00W
第三步	按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V      0.000A 200.0 <u>0</u> W   CPV   ON

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	0.000V      0.000A <u>1</u> 00.00W   CPV ON
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。)	0.000V      0.000A <u>2</u> 00.00W   CPV   ON

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 定电阻模式下，右下角显示 CPV 标志；CPC 定电阻模式下，右下角显示 CPC 标志。

## 4.6 短路测试

短路测试操作步骤如下：

- 按  键进入主菜单，使用  键选择菜单项 Short（短路）。
- 使用  键或旋钮设定 On，按  键确定。

- 按  键退出主菜单。在基本测试模式前，液晶显示 s 标志。
- 按  键进入模式选择和参数设定菜单，使用 、 键选择某一基本测试模式，按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。
- 按  键，打开负载。

例 1：负载原先在 CV 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  键进入主菜单，使用  键选择菜单项 Short。	Short: On *Off
第二步	使用  键或旋钮设定 On，按  键确定。	Short: *On Off
第三步	按  键退出主菜单。在 CV 模式前，液晶显示 s 标志。	0.000V 0.000A 0.000V sCV OFF
第四步	按  键进入模式选择和参数设定菜单，使用  键选择基本模式为 CCH，按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 44.000A sCCH OFF
第五步	按  键，打开负载。	0.000V 0.000A 44.000A sCCH ON

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  键进入主菜单，使用  键选择菜单项 Short。	Short: *On Off
第二步	使用  键或旋钮设定 Off，按  键确定。	Short: On *Off
第三步	按  键退出主菜单。在 CCH 模式前，液晶显示 s 标志消失。	0.000V 0.000A 0.000A CCH ON
第四步	按  键，关闭负载。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

```
INPUT:SHORT OFF ; 设定负载退出短路
INPUT OFF ; 关闭负载
```

## 4.7 瞬态测试

瞬态测试操作步骤如下：

1. 按 **Set** 键进入模式选择和参数设定菜单，使用 **▲**、**▼** 键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。
2. 按 **Tran** 键进入瞬态测试。在基本测试模式前，液晶显示 t 标志。
3. 按 **Set** 键进入瞬态测试菜单。
4. 使用 **▲**、**▼** 键选择参数。
5. 使用数字键或者旋钮结合 **◀**、**▶** 键设定 LevelL 值，LevelH 值，TimeL 值，TimeH 值，TimeR 值，TimeF 值。使用 **◀**、**▶** 键或旋钮设定 Mode 值。
6. 按 **Clear** / **Prst Clear** 键退出瞬态测试菜单。
7. 按 **Input on/off** 键，打开负载。
8. 如果是脉冲方式瞬态测试或翻转方式瞬态测试，按 **2nd** + **Trigger** 键或触发端子（TRIG IN）信号为低电平，执行一次触发。

### 4.5.5 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，工作方式为连续方式。步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单，使用 <b>▲</b> 、 <b>▼</b> 键选择 CV 模式，按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 0.000V CV OFF
第二步	按 <b>Tran</b> 键进入瞬态测试。在 CV 前，液晶显示 t 标志。	0.000V 0.000A 80.000V tCV OFF
第三步	按 <b>Set</b> 键,进入瞬态测试菜单。	▶ LevelL:80.000V LevelH:80.000V
第四步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelL 值为 1，按 <b>Enter</b> 键确定。	LevelL:1.000V ▶ LevelH:80.000V
第五步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelH 值为 5，	▶ TimeL :530.00ms TimeH :500.00ms

	按 <b>Enter</b> 键确定。	
第六步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeL 值为 400ms，按 <b>Enter</b> 键确定。	TimeL :400.00ms ▶TimeH :500.00ms
第七步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeH 值为 200ms，按 <b>Enter</b> 键确定。菜单自动到下一参数项。	▶TimeR: 100.00ms TimeF: 100.00ms
第八步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeR 值为 10ms，按 <b>Enter</b> 键确定。	TimeR: 10.00ms ▶TimeF: 100.00ms
第九步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeF 值为 20ms，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶Mode: ◀ Cont ▶
第十步	使用 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键或旋钮设定 Mode 值为 Cont，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶Mode: ◀ Cont ▶
第十一步	按 <b>Clear</b> / <b>Pre Clear</b> 键退出瞬态测试菜单。	0.000V 0.000A 1.000V iCV OFF
第十二步	按 <b>Input on/off</b> 键，打开负载。	0.000V 0.000A 1.000V iCV ON  0.000V 0.000A 5.000V iCV ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CV ; 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 400ms ; 设置低电平持续时间  
 TRAN:HTIME 200ms ; 设置高电平持续时间  
 TRAN:RTIME 10ms ; 设置上升沿持续时间  
 TRAN:FTIMR 20ms ; 设置下降沿持续时间  
 TRAN:MODE CONT ; 选择连续瞬态  
 INPUT ON ; 打开负载

#### 4.5.6 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 10us，高电流时间值 200ms，下降沿时间值 10us，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 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单，使用 <b>▲</b> 、 <b>▼</b> 键选择 CCH 模式，按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF
第二步	按 <b>Tran</b> 键进入瞬态测试。在 CCH 前，液晶显示 t 标志。	0.000V 0.000A 0.500A tCCH OFF
第三步	按 <b>Set</b> 键进入瞬态测试菜单。	▶LevelL: 0.500A LevelH:1.000A
第四步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelL 值为 1，按 <b>Enter</b> 键确定。	LevelL: 1.000A ▶LevelH: 1.000A
第五步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelH 值为 5，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶TimeL:400.00ms TimeH:400.00ms
第六步	按 <b>▼</b> 键选择 TimeH。使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeH 值 200ms，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶ TimeR:10.00ms TimeF:20.00ms
第七步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeR 值为 10us，按 <b>Enter</b> 键确定。	TimeR:10.00ms ▶TimeF:20.00ms
第八步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeF 值为 10us，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶Mode: ◀Cont ▶
第九步	使用 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键或旋钮设定 Mode 值为 <b>pulse</b> ，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶Mode: ◀ Puls ▶
第十步	按 <b>Clear</b> 键退出瞬态测试菜单。	0.000V 0.000A 1.000A tCCH OFF
第十一步	按 <b>Input on/off</b> 键，打开负载。	0.000V 0.000A 1.000A tCCH ON
第十二步	按 <b>2nd</b> + <b>Trigger</b> 键或触发端子（TRIG IN）信号为低电平，执行一次触发。	0.000V 0.000A 5.000A tCCH ON

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 200ms ; 设置高电平持续时间  
 TRAN:RTIME 10us ; 设置上升沿持续时间  
 TRAN:FTIME 10us ; 设置下降沿持续时间  
 TRAN:MODE PULS ; 选择脉冲瞬态  
 INPUT ON ; 打开负载  
 .  
 .  
 Trig ; 执行一次脉冲

#### 4.5.7 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  $200\ \Omega$  与  $500\ \Omega$  之间来回切换, 上升沿时间值  $10\ \mu\text{s}$ , 下降沿时间值  $10\ \mu\text{s}$ , 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 <b>Set</b> 键进入模式选择和参数设定菜单, 使用 <b>▲</b> 、 <b>▼</b> 键选择 CRH 模式, 按 <b>Enter</b> 键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 20.000 $\Omega$ CRH OFF
第二步	按 <b>Tran</b> 键进入瞬态测试。在 CRH 前, 液晶显示 t 标志。	0.000V 0.000A 2000.0 $\Omega$ tCRH OFF
第三步	按 <b>Set</b> 键进入瞬态测试菜单。	►LevelL: 2000.0 $\Omega$ LevelH: 2000.0 $\Omega$
第四步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelL 值为 200, 按 <b>Enter</b> 键确定。	LevelL: 200.00 $\Omega$ ►LevelH: 2000.0 $\Omega$
第五步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 LevelH 值为 500, 按 <b>Enter</b> 键确定。	►TimeL:400.00ms TimeH:200.00ms
第六步	按 <b>▼</b> 键选择 TimeR, 使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeR 值为 $10\ \mu\text{s}$ , 按 <b>Enter</b> 键确定。	TimeR:10.00ms ►TimeF:10.00ms
第七步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键设定 TimeF 值为 $10\ \mu\text{s}$ , 按 <b>Enter</b> 键确定。	►Mode: ◀ Puls ▶
第八步	使用 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键或旋钮来设定 Mode 值为 <b>Togg</b> , 按 <b>Enter</b> 键确定。	►Mode: ◀ Togg ▶
第九步	按 <b>Clear</b> / <b>Prot Clear</b> 键退出瞬态测试菜单。	0.000V 0.0000A 200.00 $\Omega$ tCRH OFF

第十步	按  键，打开负载。	0.000V 0.0000A 200.00 Ω tCRH ON
第十一步	按  +  键或触发端子（TRIG IN）信号为低电平，执行一次触发。	0.000V 0.0000A 500.00 Ω tCRH ON

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    10us        ; 设置上升沿持续时间
TRAN:FTIME    10us        ; 设置下降沿持续时间
TRAN:MODE     TOGG        ; 选择翻转瞬态
INPUT         ON           ; 打开负载
.
.
Trig          ; 执行一次翻转

```

#### 4.6 序列测试

在序列参数编辑完后，序列测试的启动和停止操作步骤如下：

1. 按  +  键进入序列测试菜单。
2. 使用数字键或旋钮选择序列编号（No.），按  键确定。
3. 按  键退出序列测试菜单。
4. 按  +  键启动序列测试。
5. 按  +  键停止序列测试。

序列测试步骤设定方法如下：

1. 按  +  键进入序列测试菜单。
2. 使用数字键或旋钮选择序列编号（No.），按  键确定。
3. 使用  键选择序列注释（Memo）。
4. 使用旋钮和 、 键输入序列注释（最长 10 个字符）。
5. 使用  键选择序列数据 Data:<New/Edit>）。
6. 使用 、 键或旋钮选择新建（New）或编辑（Edit），按  键确认。如果选择

编辑，负载将直接进入步数编辑界面。如果选择新建，负载会提示是否清除原有序列数据，使用◀、▶键或旋钮选 Yes，按Enter键确定清除，负载将进入步数编辑界面。如果选择 No，将返回序列测试菜单。

7. 使用◀、▶键选择参数。
8. 使用数字键或者旋钮结合◀、▶键输入设定值，或者使用旋钮或Set键选择某一测试模式，按Enter键确定。在设定完第三个参数，按Enter键确定同时进入下一步。
9. 如需修改一步。使用▲、▼键选择该步数据。设置该步数据的方法同操作步骤第八步的方法。
10. 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八步的方法。
11. 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2nd+7Insert键可插入新的一步。设置该步数据的方法同操作步骤第八步的方法。
12. 如需删除已编辑好的某一步。使用▲、▼键选择该步，按2nd+8Delete键可删除当前步数。如果序列数据仅有一步，删除后将退出步数编辑界面。
13. 按ClearProt Clear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。
14. 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。
15. 使用▼键选择链接（Chain）。使用数字键（数字键大于6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。
16. 按ClearProt Clear键退出序列测试菜单。
17. 按2nd+4Start键启动序列测试。
18. 按2nd+5Stop键停止序列测试。

#### 4.6.1 序列编辑

例 1：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 CV, 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  +  键进入序列测试菜单。	▶No.: 0 Memo:
第二步	使用数字键或旋钮设定 No.为 0, 按  键确定 (调用序列编号指定的 EEPROM 里的序列)。	▶No.: 0 Memo:
第三步	使用  键选择 Memo。	No.: 0 ▶Memo: _
第四步	旋转旋钮选择字母 T。	No.: 0 ▶Memo: T
第五步	使用  键将下标右移一位。	No.: 0 ▶Memo: T_
第六步	旋转旋钮选择字母 e。	No.: 0 ▶Memo: Te
第七步	循环使用第五步、第六步方法, 设定 Memo 为 Test Power, 按  键确定。	No.: 0 ▶Memo: Test Power
第八步	使用  键选择 Data:<New/Edit>。	▶Data:<New/Edit> Count: 1
第九步	使用  键或旋钮选择 New, 按  键确定。	Clear Data: Yes *No
第十步	使用  键或旋钮选择 Yes, 按  键确定, 序列数据清除同时进入步数编辑界面。	01. 0.0000s CCH 0.000A
第十一步	编辑第一步 CCL, 1A, 1S。右上角时间设定值跳动, 使用数字键或者旋钮结合 、 键输入时间 1s, 按  键确定。	01. 1.0000s CCH 0.000A
第十二步	左下角基本测试模式跳动, 使用旋钮或  键选择工作模式 CCL, 按  键确定。	01. 1.0000s CCL 0.000A
第十三步	右下角设定值跳动, 使用数字键或者旋钮结合 、 键输入电流值 1A。按  键确定同时进入下一步。	01. 1.0000s CCL 1.000A
第十四步	循环使用第十一步到第十三步, 设定其余四步。	
第十五步	序列五步编辑完成, 不需要编辑第六步。按  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。	06. 0.0000s CRH 20.000 Ω
第十六步	使用  键选择 Count。使用数字键或者旋钮结合 、 键输入 5, 按  键确定同时保存 Count 值到序列编号指定	Data:<New/Edit> Count: 5

	的 EEPROM 里。	
第十七步	使用  键选择 Chain。使用数字键（数字键大于 6）或者旋钮输入 Off，按  键确定同时保存 Chain 值到序列编号指定的 EEPROM 里。	►Chain:Off
第十八步	按  键退出序列测试菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF
第十九步	按  +  键启动序列测试。	0.000V 0.0000A 1.000A CCL ON
第二十步	按  +  键停止序列测试。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

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,1A,1S  
 LIST:ADD CCH,2A,1S  
 LIST:ADD CV,1V,1S  
 LIST:ADD CRL,1Ω,1S  
 LIST:ADD CRH,200Ω,1S ; 以上 5 条命令为序列步数  
 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

#### 4.6.2 序列数据的修改，增加，插入，删除操作

例 1：在 4.8.1 例 1 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  +  键进入序列测试菜单。	►No.: 0 Memo: Test Power
第二步	使用  键选择 Data:<New/Edit>。	►Data:<New/Edit> Count: 5
第三步	使用  键或旋钮选择 Edit，按  键确定。进入序列步数编辑界面。	01. 1.00000s CCL 1.0000A
第四步	使用  键选择时间参数，时间设定值跳动	01. 1.00000s CCL 1.0000A
第五步	使用数字键或者旋钮结合 、 键输入时间 2s，按  键确定。	01. 2.00000s CCL 1.0000A
第六步	使用  键选择到最后新的一步。（第六步）。	06. 0.00000s CRH 20.000 Ω

第七步	增加一步 CCH, 5A,1S。右上角时间设定值跳动, 使用数字键或者旋钮结合 ◀、▶ 键输入时间 1s, 按 Enter 键确定。	06. 1.0000s CRH 20.000 Ω
第八步	左下角基本模式跳动, 使用旋钮或 Set 键选择基本模式 CCH, 按 Enter 键确定	06. 1.0000s CCH 0.000A
第九步	右下角设定值跳动, 使用数字键或者旋钮结合 ◀、▶ 键输入电流值 5A。按 Enter 键确定并跳到序列数据下一步。	06. 1.0000s CCH 5.000A 07. 0.0000s CCH 0.000A
第十步	使用 ▲ 键选择第三步数据	03. 1.0000s CV 1.000V
第十一步	按 2nd + 7 Insert 键, 在第三步插入一步。	03. 0.0000s CV 0.000V
第十二步	第三步插入一步 CRL, 1 Ω, 10S。设置该步数据的方法同第七步到第九步的方法。	03. 10.0000s CRL 1.0000 Ω
第十三步	使用 ▲ 键选择第二步数据。	02. 1.0000s CCH 2.000A
第十四步	按 2nd + 8 Delete 键, 删除第二步。	02. 10.0000s CRL 1.0000 Ω
第十五步	按 Clear Prot Clear 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: <New/Edit> Count: 5
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 Clear Prot Clear 键退出序列测试菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

#### 4.6.3 序列测试功能启动和停止

例 1: 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 2nd + 9 List 键进入序列测试菜单。	►No.: 1 Memo:
第二步	使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 Memo: Test Power
第三步	按 Clear Prot Clear 键退出序列测试菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

第四步	按 <b>2nd</b> + <b>4</b> <b>Start</b> 键启动序列测试。	0.000V 0.0000A 1.0000A L CCL ON
第五步	按 <b>2nd</b> + <b>5</b> <b>Stop</b> 键停止序列测试。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

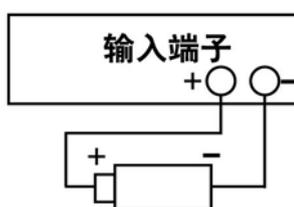
LIST:NUMBer 0 ; 调用序列编号为 0 的序列

LIST ON ; 启动序列测试

LIST OFF ; 关闭序列测试

## 4.7 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 **Input on/off** 键使负载输入关闭，连接好待测电池。
2. 按 **2nd** + **6** **Battery** 键进入电池放电容量测试界面。
3. 按 **Set** 键进入电池放电参数编辑界面。使用 **▲**、**▼** 键选择参数。使用数字键或者旋钮结合 **◀**、**▶** 键输入终止电压值和放电电流值。按 **Enter** 键确定。
4. 按 **Clear Prot Clear** 键退出电池放电参数编辑界面。
5. 按 **Input on/off** 键打开负载，开始电池放电容量测试。
6. 按 **Input on/off** 键关闭负载，暂停电池放电容量测试。
7. 按 **Clear Prot Clear** 键清除电池已放电时间和电池已放电容量。
8. 按 **2nd** + **6** **Battery** 键，退出电池放电容量测试。

例1：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 <b>Input on/off</b> 键使负载输入关闭，连接好待测电池。	20.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

第二步	按 <b>2nd</b> + <b>6</b> <b>Battery</b> 键进入电池放电容量测试界面。	20.000V 0.000A 0.000AH 00:00:00
第三步	按 <b>Set</b> 键进入电池放电参数编辑界面。使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键输入终止电压 15V，按 <b>Enter</b> 键确定。	▶MinVolt:0.000V DisCurr:2.000A
第四步	使用数字键或者旋钮结合 <b>◀</b> 、 <b>▶</b> 键输入放电电流 3A，按 <b>Enter</b> 键确定。	MinVolt:15.000V ▶DisCurr:3.000A
第五步	按 <b>Clear</b> <b>Prot Clear</b> 键退出电池放电参数编辑界面。	20.000V 0.000A 0.000AH 00:00:00
第六步	按 <b>Input</b> <b>on/off</b> 键打开负载，开始电池放电容量测试。	20.000V 3.000A 0.000AH 00:00:01
第七步	按 <b>Input</b> <b>on/off</b> 键关闭负载，暂停电池放电容量测试。	20.000V 0.000A 0.012AH 00:00:15
第八步	按 <b>Clear</b> <b>Prot Clear</b> 键清除电池已放电时间和电池已放电容量。	20.000V 0.000A 0.000AH 00:00:00
第九步	按 <b>2nd</b> + <b>6</b> <b>Battery</b> 键，退出电池放电容量测试。	20.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

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 15V ; 设定电池终止电压15v。  
 BATT:DIS:CURR 3A ; 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。

#### 4.8 载保存和调用

负载保存和调用操作步骤如下：

1. 按 **2nd** + **1** **Save** 键,进入电子负载保存菜单，或按 **2nd** + **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 4.4 节)	0.000V 0.000A 2.0000A CCL ON

第二步	按 <b>2nd</b> + <b>1</b> <b>Save</b> 键进入电子负载保存菜单。	Save File No. <u>1</u>
第三步	按数字键或旋钮，选择保存位置 0。	Save File No. <u>0</u>
第四步	按 <b>Enter</b> 键确定同时退出电子负载保存菜单。	0.000V 0.000A 2.0000A CCL ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CCH ; 设置负载 CCH 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 CV 模式，电压值为 40V。关闭电子负载。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 CV 模式，设定电压值为 40V。关闭电子负载。 (详细操作参照 4.4 节)	0.000V 0.000A 40.00 <u>0</u> V CV OFF
第二步	按 <b>2nd</b> + <b>2</b> <b>Recall</b> 键，进入电子负载调用菜单。	Recall File: No. <u>0</u>
第三步	按数字键或旋钮，选择调用位置 0。	Recall File: No. <u>0</u>
第四步	按 <b>Enter</b> 键确定并返回。	0.000V 0.000A 2.0000A CCL ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CV ; 设置负载 CV 模式。

VOLT 40 ; 设置电压值 40V。

\*RCL 0 ; 调用位置 0 指定的 EEPROM 里的值。

#### 4.9 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 **2nd** + **Clear Prot Clear** 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。	0.000V 0.0000A 2.000 <u>0</u> A RV OFF
第二步	按 <b>2nd</b> + <b>Clear Prot Clear</b> 键。	0.000V 0.0000A 2.000 <u>0</u> A CCL OFF

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

INP:PROT:CLE ; 清除负载保护状态。

#### 4.10 负载错误信息

当负载有错误发生时，操作步骤如下：

1. 按  +  键。液晶显示错误信息。

例 1：一个命令发错，错误指示灯亮(红色)。查看错误信息。具体操作步骤如下：

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按  +  键。液晶显示错误信息。	ERROR -103
第二步	有错误，重复第一步操作。	
第三步	没错误时，错误指示灯熄灭。重复第一步操作。液晶显示无错误	NO ERROR

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

SYST:ERR? ; 查询错误代码和信息。

#### 4.11 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 2.6.2 节。）
2. 按  +  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 1 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 4.13.5 节。）
第二步	按  +  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  +  键功能和按  +  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。

#### 4.12 电子负载主菜单

电子负载主菜单操作步骤如下：

1. 按  键进入主菜单。
2. 使用 、 键选择菜单项。
3. 使用旋钮或 、 键选择参数，或使用数字键或者旋钮结合 、 键输入设定值。按  键退出参数修改或退出主菜单。
4. 按  键确定。

5. 按  键退出主菜单。

#### 4.12.1 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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用旋钮或  键选择参数 Yes。按  键确定。	Load Default: *Yes No
第三步	按  键退出主菜单。	

#### 4.12.2 短路测试

举例：CV 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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Short。使用旋钮或  键选择参数 On。  按  键确定。	Short *On Off
第三步	按  键退出主菜单。	
第四步	按  键进入模式选择和参数设定菜单。使用  、  键选择 CV 模式。按  键确定同时退出模式选择和参数设定菜单。	0.000V 0.000A 0.000V sCV OFF
第五步	按  键启动电子负载。	0.000V 0.000A 0.000V sCV ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

INPUT:SHORT ON ; 设定负载短路

MODE CV ; 设定模式

INPUT ON ; 打开负载

#### 4.12.3 启动电压锁定及启动电压

举例：设置负载启动电压锁定(Von Latch)关闭，启动电压(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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Von Latch。使用旋钮或  键选择参数 Off。按  键确定。	Von Latch: *On Off

第三步	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  键确定。	Von Point: 1.00 <u>0</u> V
第四步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.00 <u>0</u> A CCH OFF
第五步	按  键启动电子负载。	0.000V 0.000A 0.00 <u>0</u> A CCH ON

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

#### 4.12.4 定电压模式电流限制值

举例：设置电子负载为 CV 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 CV 模式，电压值为 2V。 (详细操作参照 4.4 节)	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> V CV OFF
第二步	按  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第三步	使用  键选择菜单项 CV Curr Limit。使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电流值 20A。按  键确定。	CV Curr Limit: 20.000A
第四步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH OFF
第五步	按  键启动电子负载。	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH ON

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

MODE CV ; 设定模式。

VOLT 2 ; 设定电压值 2V。

CV:CURR:LIM 20A ; 设置定电压模式电流限制值 20A。

INPUT ON ; 打开负载。

#### 4.12.5 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。负载打开。负载关闭。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 4.4 节)	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH OFF
第二步	按  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No

第三步	使用  键选择菜单项 Curr Rise Rate。使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电流速率 0.002A/us。按  键确定。	Curr Rise Rate: 0.00 <u>2</u> A/us
第四步	使用  键选择菜单项 Curr Fall Rate。使用数字键或者旋钮结合  、  键输入电流速率 0.002A/us。按  键确定。	Curr Fall Rate: 0.00 <u>5</u> A/us
第五步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH OFF
第六步	按  键启动电子负载。	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH ON
第七步	按  键关闭电子负载。	0.000V 0.000A 2.00 <u>0</u> A CCH OFF

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 ; 定电流模式电流下降速率为 0.005A/us。  
 INPUT ON ; 打开负载。  
 INPUT OFF ; 关闭负载。

#### 4.12.6 触发功能选择

举例：设定触发功能选择(Trig Function)为 Tran。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Trig Function。使用旋钮或  键选择参数 Tran。按  键确定。	Trig Function: *Tran List
第三步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.00 <u>0</u> A CCH OFF

上述步骤对应的 SCPI 命令为：

TRIG:FUNC TRAN ; 触发功能选择瞬态测试。

#### 4.12.7 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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Knob。使用旋钮或  键选择参数 On。	Knob: *On Off

	按  键确定。	
第三步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.00 <u>0</u> A CCH OFF

#### 4.12.8 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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Key Sound。使用旋钮或  键选择参数 On。按  键确定。	Key Sound: *On Off
第三步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.00 <u>0</u> A CCH OFF

#### 4.12.9 通信接口

例 1：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  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Interface。使用旋钮或  键选择参数 RS232。按  键确定。	Interface: *RS232 USB GPIB
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  键确定。	Baud Rate: *9600 19200
第四步	使用  键选择菜单项 Parity Check。使用旋钮或  键选择参数 None。按  键确定。	Parity Check: *None Even Odd
第五步	使用  键选择菜单项 Data Bit。使用旋钮或  键选择参数 8。按  键确定。	Data Bit: *8 7
第六步	使用  键选择菜单项 Stop Bit。使用旋钮或  键选择参数 2。按  键确定。	Stop Bit: 1 *2

第七步	使用  键选择菜单项 Flow Control。使用旋钮或  键选择参数 On。按  键确定。	Flow Control: *On Off
第八步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

例 2: 选择 GPIB 通信接口, 设置地址为 18。

步骤	操作细节	液晶显示
第一步	按  键进入主菜单。	Load Default: Yes *No
第二步	使用  键选择菜单项 Interface。使用旋钮或  键选择参数 GPIB。按  键确定。	Interface: RS232 USB *GPIB
第三步	使用  键选择菜单项 GPIB Address。使用数字键或者旋钮结合  、  键输入参数 18。按  键确定。	GPIB Address: 18
第四步	按  键退出主菜单。	0.000V 0.000A 0.000A CCH OFF

## 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《亚锐电子负载 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。用随机自带的串口连接线将负载和计算机正确连接, 在仪器 MENU 菜单选择 RS232 通信端口, 并设置相应的波特率, 奇偶校验位, 数据位, 停止位, 流控制通信参数, 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。

#### 5.1.2 USB

USB 通信端口是仪器的选配端口。只有在负载装入 USB 通信模块和计算机上装入 USB 通信模块驱动才能使用该功能。用 USB 连接线将仪器和计算机正确连接, 在仪器 MENU 菜单里选中 USB 端口, 在计算机软件界面输入合法的 SCPI 命令即可操作电子负载。

### 5.1.3 GPIB

GPIB 通信端口是仪器的选配端口。只有在负载和计算机上装入相应的 GPIB 通信模块和计算机上装入相应的 GPIB 通信模块驱动才能使用该功能。用 GPIB 连接线将仪器和计算机正确连接，在仪器 MENU 菜单里选中 GPIB 端口，设置 GPIB 地址，计算机软件选择不同的 GPIB 地址，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 流控制选择

在使用 RS232 通信端口时，可选择有流控制或无流控制。仪器有两个选项，ON 和 OFF。ON 为打开流控制；OFF 为关闭流控制。当流控制选择为 OFF 时，应选择较低的波特率以确保通信正常。

### 5.3 远程控制指示灯

仪器面板有个名为 REM 的远程状态指示灯。当电子负载通过 RS232 接收到远程命令 (SYSTem:REMOte) 或者通过 GPIB 接收到命令时，REM 远程状态指示灯点亮，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(2nd、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，REM 远程状态指示灯熄灭，电子负载返回本地控制状态。在远程控制状态下，也可以通过按下 2nd 及 Local 键，让电子负载返回本地控制状态。

### 5.4 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。

### 5.5 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:CURRE?” 查询命令是要求电子负载返回在输入端实际的电流。查阅《Array 372x 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。

### 5.6 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《Array 372x 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。

#### 5.6.1 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。

#### 5.6.2 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。

### 5.6.3 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。

### 5.7 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

### 5.8 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 VOLT" ; 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。

### 5.9 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;DEL 10" ; 设置电流保护限制值 3A，延迟时间 10s
4. "CURR:PROT:STAT ON" ; 打开电流保护
5. "RES 10" ; 设置电阻值 10 欧姆
6. "INPUT ON" ; 打开电子负载输入
7. "MEAS:POW?" ; 测量计算的输入功率值

### 5.10 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 CV" ; 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 200us" ; 设置瞬态低值时间为 200us
- 6 "TRAN:HTIM 300us" ; 设置瞬态高值时间为 300us
- 7 "TRAN:RTIM 10us" ; 设置瞬态上升沿时间为 10us
- 8 "TRAN:FTIM 20us" ; 设置瞬态下降沿时间为 20us

- 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

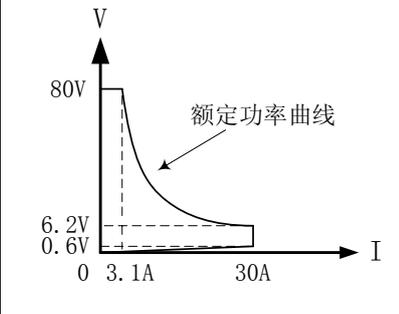
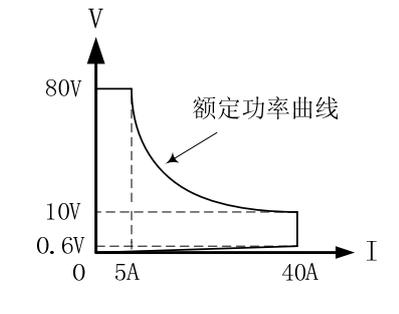
### 5.11 脉冲方式瞬态测试的例子

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

## 主要技术参数

(预热 30 分钟, 环境温度 25°C ± 5°C)

型号	3720A	3721A
<b>额定输入</b>		
电流	0~30A	0~40A
电压	0~80V	0~80V
功率*1	250W at 40°C	400W at 40°C
<b>输入特性</b>		
输入特性曲线		
最小工作电压 @最大电流	0.6V	0.6V

定电流模式		
低量程	0~3A	0~4A
分辨率	0.1mA	0.1mA
精度	0.1%+5mA	0.1%+5mA
高量程	0~30A	0~40A
分辨率	1mA	1mA
精度	0.1%+10mA	0.1%+10mA
定电压模式		
量程	0~80V	0~80V
分辨率	1mV	1mV
精度	0.1%+10mV	0.1%+10mV
定电阻模式		
低量程	0.02~2Ω	0.02~2Ω
分辨率	0.1mΩ	0.1mΩ
精度 @I>4A	0.5%+12mΩ	0.5%+12mΩ
中量程	2~200Ω	2~200Ω
分辨率	8.6μS <sup>*2</sup>	8.6μS
精度 @V>8V	0.3%+1.25mS	0.3%+1.25mS
高量程	20~2000Ω	20~2000Ω
分辨率	0.96μS	0.96μS
精度 @V>8V	0.3%+0.625mS	0.3%+0.625mS
定功率模式		
量程	0~250W	0~400W
分辨率 @P<100W	1mW	1mW
@P≥100W	10mW	10mW
精度	0.2%+600mW	0.2%+600mW
电流测量值		
低量程	0~3A	0~4A
分辨率	0.1mA	0.1mA
精度	0.05%+4mA	0.05%+4mA
高量程	0~30A	0~40A
分辨率	1mA	1mA
精度	0.05%+8mA	0.05%+8mA
电压测量值		
量程	0~80V	0~80V
分辨率	1mV	1mV
精度	0.1%+8mV	0.1%+8mV
功率测量值		
量程	0~250W	0~400W
分辨率 @P<100W	1mW	1mW
@P≥100W	10mW	10mW
精度	0.1%+600mW	0.1%+600mW

### 电流速率

设定范围 CCH CCL <sup>*3</sup>	1mA/us~3A/us 100uA/us~300mA/us	1mA/us~4A/us 100uA/us~400mA/us
分辨率	1mA/us	1mA/us
精度 <sup>*4</sup>	3% + 10us	3% + 10us

### 瞬态测试

瞬态模式	连续、脉冲、翻转	连续、脉冲、翻转
频率范围 <sup>*5</sup>	0.38Hz~50kHz	0.38Hz~50kHz
高/低值时间	0~655.35ms	0~655.35ms
分辨率	10us	10us
精度	0.2%+10us	0.2%+10us
上升/下降沿时间	10us~655.35ms	10us~655.35ms
分辨率	10us	10us
精度	0.2%+10us	0.2%+10us

### 序列测试

步长定时	10us~100000s	10us~100000s
分辨率	10us	10us
精度	0.2%+10us	0.2%+10us
序列长度	1~50 步	1~50 步
循环次数	1~65535	1~65535
存储容量	7 组	7 组
扩展功能	Chain	Chain

### 电池放电

放电时间	1s~100h	1s~100h
分辨率	1s	1s
精度	0.2%+1s	0.2%+1s
电池容量	1mAh~3000Ah	1mAh~4000Ah
分辨率	1mAh	1mAh
精度	0.3%+0.01Ah	0.3%+0.01Ah

### 短路测试

定电流低量程	3.3A	4.4A
定电流高量程	33A	44A
定电压模式	0V	0V
定电阻低量程	0.018Ω	0.018Ω
定电阻中量程	1.8Ω	1.8Ω
定电阻高量程	18Ω	18Ω
定功率电压源模式	270W	420W
定功率电流源模式	0W	0W

### 最大速率

电流	3A/us	4A/us
电压	0.6V/us	0.6V/us
开路电阻	≥20kΩ	≥20kΩ

<b>触发输入</b>		
触发电平 触发脉冲宽度	TTL 下降沿 ≥10us	TTL 下降沿 ≥10us
<b>最大直流输入</b>		
电流 电压	33A 84V	44A 84V
<b>保护功能</b>	过流, 过压, 过温, 过功率, 极性反转	过流, 过压, 过温, 过功率, 极性反转
<b>反向电流容量</b>		
输入 OFF 输入 ON	25A 40A	30A 50A
<b>纹波和噪声</b>		
电流 (rms/p-p) 电压 (rms)	3mA/30mA 5mV	3mA/30mA 5mV
<b>工作环境</b>		
温度 相对湿度	0~50°C ≤85%	0~50°C ≤85%
<b>远程接口</b> *6	RS232, GPIB, USB	RS232, GPIB, USB
<b>编程语言</b>	SCPI	SCPI
<b>交流输入</b>		
电压 频率	AC110V 或 AC220V ± 15 % 48 to 63Hz	AC110V 或 AC220V ± 15 % 48 to 63Hz
<b>净重</b>	5.8kg	5.8kg

\*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、瞬态测试频率由高/低值时间和上升/下降沿时间决定。

\*6、标准配备 RS232 接口，另可选配 GPIB 和 USB 接口。

