

使用PMS 2280S 精密测量电源 进行内阻测试和电容量测试

背景介绍

精密测量电源在提供稳定供电之余，还可以进行高精度的电压电流测量，因此可以用于完成多种相关参数的测试。以吉时利PMS 2280S精密测量电源为例，它可以在供电过程中对电压、电流数据进行高速连续采集，通过网络接口进行连续的数据回传。因此，使用者可以根据需要，对采集到的数据进行复杂处理，得到最终所需要的结果。这些处理可以包括乘、除运算得到功率或电阻信息，或者在时间轴进行积分，得到电量信息，甚至根据记录下来的充放电斜率，计算超级电容的电容量。

使用2280S 测量产品功率或内阻

工作状态下的产品内阻或直流功耗经常是客户关心的一项指标，以LED客户为例，其二极管导通、截至特性是衡量LED性能的重要指标。另外，LED的寿命和可靠性与LED的节点温度有密切的关系，而节点由于封装原因，其温度很难通过直接测量的手段获取。为表征LED的发热性能，通常使用热阻作为参数描述这一特性。而热阻的计算公式，也与电压，电流测量有直接的关系。

同样，继电器生产厂商也会测量继电器在导通状态下的内阻阻值，更小的内阻意味着更低的功率损耗和更长的工作寿命。在这些测试中，高精度的电压电流测试，以及稳定的直流供电都是工作条件下内阻测试的先决条件。

传统LED客户的内阻测试要求使用性能良好的电流源进行供电，并配合以高精度AD板卡或万用表采集电压。两台设备的连接相对复杂，总成本较高。PMS 2280S电源可以工作在恒流模式（CC mode），成为性能良好的电流源，同时，其内置6.5位数字万用表，在电压，电流测试时具备独特的优势，其电流测量精度可以达到微安级，分辨率高达10纳安，电压测量精度为毫伏级，分辨率为0.1mV。回读电压、电流读数后，经过 $R = V/I$ 的计算，就可以得到内阻数据。打开LXI网页界面上的Data logging功能，还可以对电压，电流数据进行长时间连续采集，有利于监测工作条件下的内阻随时间的变化。

另外一个在内阻测量时经常遇到的问题，是线电阻的影响。通常导通电阻阻值较小，使用 V/I 直接计算电阻时，电源的测量结果会把连接线上的线电阻计入在内，造成测量误差。对PMS 2280S电源，我们在电源后面板提供了四线连接方式。通过四线连接的供电方式，可以把电源回读的电压和电流值定位在待测件的输入端，而不是电源的输出端，这样可以完全消除线电阻的影响，测量到的内阻阻值更加精确，连接如下图所示。

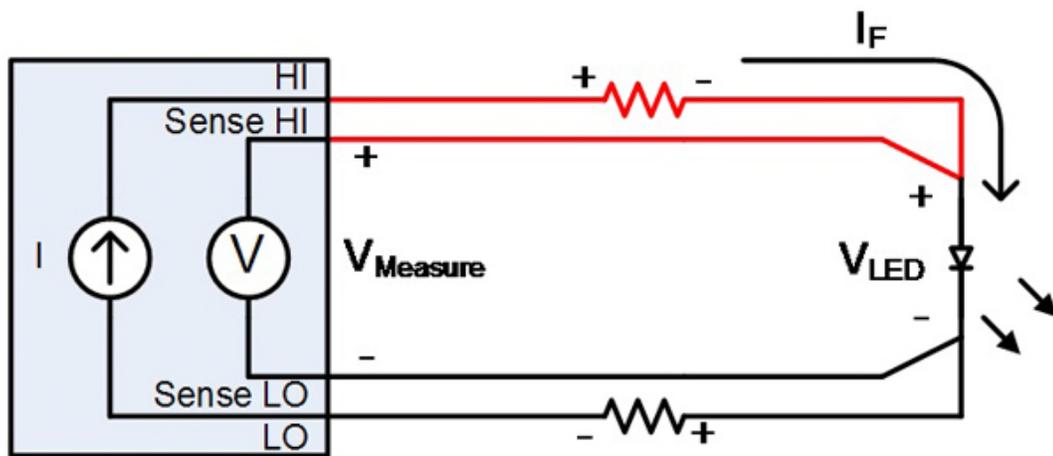


图1 2280S 四线远端连接

另外电源内置的Auto Zero（自归零）功能可以在每次电压或电流测量前，进行一次快速的自校准。测量由于内部热偏置或者残余电量累计造成的偏差，并在下一次测量中自动消除，进一步提高测量精度。

PMS2280S只能输出正相电源，当测试中需要为待测件施加反向电压时，我们可以使用外接的开关电路切换正负极实现反向电压。PMS 2280S输出正负端均与地隔离，因此正负极反向连接就可以实现输出负电压的功能。外界MOSFET或继电器开关的通断可以由PMS 2280S后面板的数字IO接口控制，通过指令设置高低电平即可控制开关的通断操作。开关的供电可由后面板的USB接口提供（如供电电流小于2mA，亦可使用数字IO口提供供电）。

使用2280S 测量锂离子电池的电量

随着电子产品功能的增强，电池容量也在不断增加，如何能准确了解电池容量成为电池测试的一项重要任务。电池电量的描述通常使用安时或瓦特时作为单位，表示从电池放空到充满的过程中进入电池的总电量。计算电池充电或放电电量，需要对电池的充放电电流或功率进行积分计算，其计算公式如下所示：

电池总容量 $C = \int_0^t I dt$ ，其中t为充电（放电）时间，I为充电（放电）电流

当使用测试仪表进行电量测试时，由于电流的采样点是离散的，我们将计算公式转化为：

电池总容量 $C = \sum_0^n I * \Delta t$ ，其中I是采样电流值， Δt 是采样间隔

这里要求测量仪表能精确记录充电或放电电流，并保证较高的连续采样率，同时可以将整个充放电过程的全部数据完整记录下来，才能确保计算结果足够准确。

PMS 2280S的数据记录功能可以提供最高3000次每秒的电压或电流采样率。并可以通过LAN接口将数据连续回传到电脑端。用户可以长时间对数据进行记录，并将所有数据导出到Excel表格中进行后续分析。下图是2280S为锂离子电池充电的电压电流曲线图，电池电压从11.8V充到12.6V，电流以2A开始充电，下降至20mA以下时充电结束。

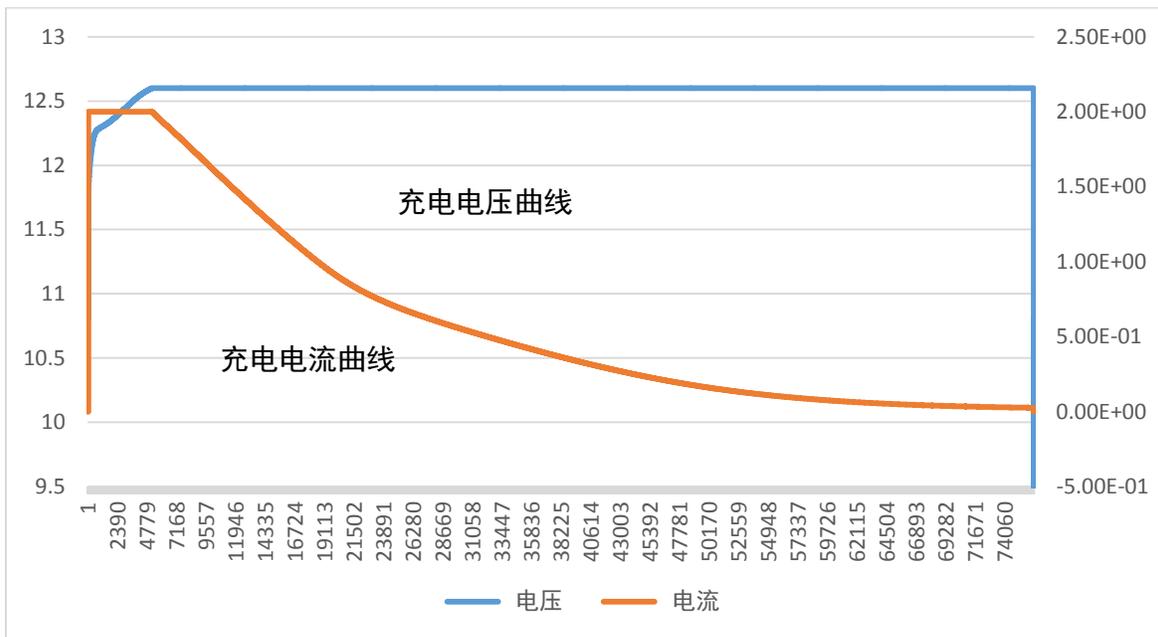


图2 2280S 电池充电曲线

当进行安时计算时，只需将电池与电源相连接，设置好充电的截至电压（Vset），以及充电电流（Iset），此时电源将自动开始为电池充电。初始阶段采用恒流充电（CC模式），当电压上升到充电截至电压时，将自动转入恒压充电（CV模式），直到电流减小到接近0为止。

除了对电池进行充电测试外，PMS 2280S还可以为电池进行放电测试。放电时由于电压电流均不可控，电源将以最大能力吸收电流（约为-450mA），并对放电过程中的电压和电流值进行连续记录。

充放电过程中的电压电流数据都可以通过电脑端进行连续记录，用户不需要编写任何软件。在电脑端的网页浏览器上输出电源的IP地址，选择屏幕左下角的Data logging功能后，使用仪表内置的网页界面就可以完成全部数据的记录。电池的充电或放电总量也会以毫安时的形式自动显示出来，如下图所示：

11364	CV	12.600316	V	1.8817985	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1013
11365	CV	12.600321	V	1.8817737	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1431
11366	CV	12.600314	V	1.8817452	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1848
11367	CV	12.600297	V	1.8817166	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.2266
11368	CV	12.600277	V	1.8816862	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.2684

Vmax	<input type="text" value="12.600394"/>	V	I _{max}	<input type="text" value="1.9998226"/>	A			
V _{min}	<input type="text" value="11.89879"/>	V	I _{min}	<input type="text" value="0.9998445"/>	A	Electric Charge	<input type="text" value="253.00612"/>	mAh
V _{avg}	<input type="text" value="12.543977"/>	V	I _{avg}	<input type="text" value="1.918472"/>	A			

图3 2280S data logging界面

使用2280S 测量超级电容的电容量

超级电容在新能源行业有着非常广泛的应用。由于其具有高功率密度，寿命长内阻小，可快速充电等优点，被认为可以取代电池作为下一代储能器件。大功率超级电容已经被广泛使用在电动汽车，光伏发电，风电等行业，作为能量存储或缓冲，超级电容未来的发展前景非常广阔。



图4 超级电容

对于超级电容的使用者，在长期使用过程中，希望通过测量电容量，了解电容的老化情况，以确保系统性能，在老化严重前及时更换器件。

准确测量电容量是一个相对复杂的操作，需要对兼容进行充电或放电，并根据充放电斜率进行计算。这需要使用者使用电源，电阻负载，数字万用表，以及其他数据采集设备进行测量。使用的测试公式是： $C = I * (\Delta T / \Delta V)$ 。

2280S的优势在于，使用一台设备，可以完成其中的绝大多数工作。2280S作为电源，除了输出功率之外，还具备一定的功率吸收功能，可以最高吸收400mA的电流，持续帮助电容放电，并记录放电时的电压电流数据。因此，常规容量的电容完全可以通过2280S的充放电操作，进行电容量测试。

我们以一块16.2V，58F的超级电容为例，使用2280S为其进行充放电测试。测试过程包括将电容从8.1V充电到16.2V，再放电恢复到8.1V的初始状态，计算并验证充电和放电过程下的的电容量。整个过程中打开LXI网页界面，并执行data logging功能，实时采集电源输出电压和电流数据，并将最后的结果粘帖到Excel表格中。

在Excel表格中根据电压电流数据绘图，可以得到下面的充放电过程图形。图中的左侧方框中记录了超级电容的充电过程（T1至T2），电源输出电流3.2A为电容恒流充电，电容电压逐渐升高直到达到16.2V为止。电容充满后进入放电路程（T3至T4），约以400mA放电，直到电流下降为8.1V结束。根据公式：

$$C = I * (\Delta T / \Delta V)$$

可知充电过程的电容量 $C1 = 3.2 * (T2 - T1) / (V2 - V1)$ ；其中T1是起始充电时间，T2是电压充满的时刻，V2是最高点电压，对应时间点T2；V1是充电起始电压，对应时间点T1。

放电过程的电容量 $C2 = 0.45 * (T4 - T3) / (V3 - V4)$ ；其中T3是起始放电时间，T4是放电结束时间，V3是起始放电电压，V4是终止放电电压。

通过斜率可以计算出超级电容的容量值，在这个实验中，我们计算得到的电容量值在充电过程中是61.3F，放电过程中是60.7F，与标称值基本一致。

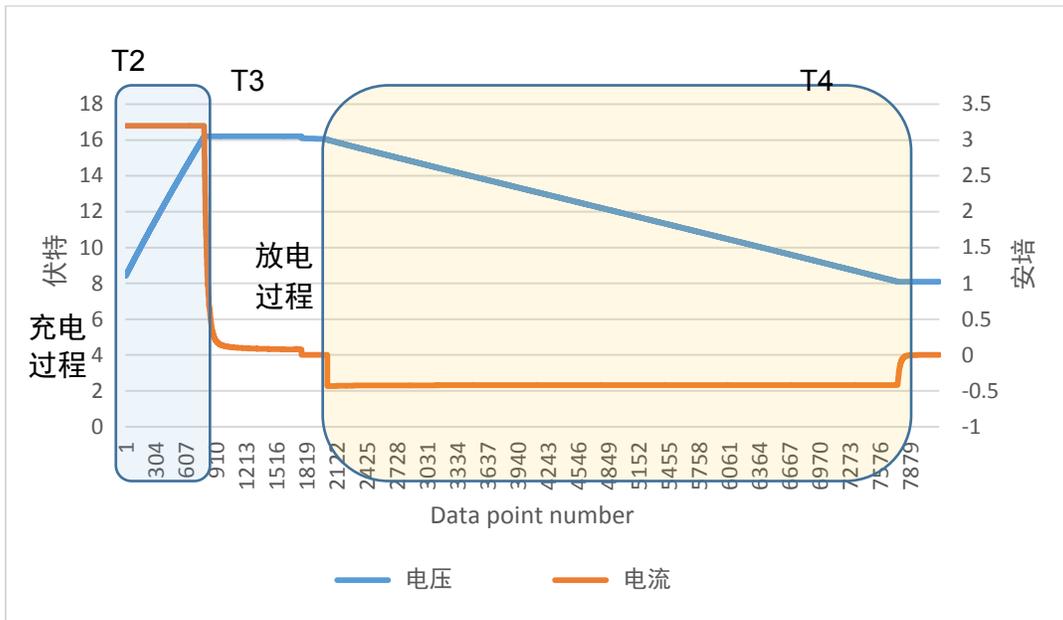


图5 超级电容充放电曲线

说明书如有变动不另行通知。所有吉时利的注册商标或 商标名称都是吉时利仪器的财产。
所有其它注册商标或商标名称都是相应公司的财产。



更自信的测试

吉时利仪器
全国免费电话：400-820-5835
Email: china@keithley.com
网址: www.keithley.com.cn

有关如何购买或寻找销售合作伙伴的更多信息，请访问<http://www.keithley.com.cn/company/bizcenter>。