

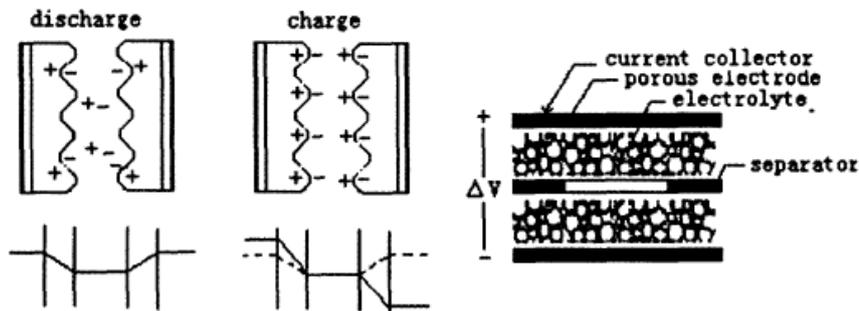


超级电容测试及应用

新型能源是当下的热门研究领域，而超级电容作为介于电容器和电池之间的一种新型储能器件，它既有电容器可以快速充放电的特点，又有电池的储能机理。

超级电容器早期有两个主要的应用领域，第一个是当主能源能量不足时，充当临时备用电源和短时间供电的应急电源。比如：主电源和备用电源切换时的续电（基站及服务器，网络机房，通讯等行业）；在快充快放环境是替代一些蓄电池和动力电池（电动工具行业，电动大巴等）。第二个主要用途就是充当峰值功率电源。在这些应用中，超级电容器为系统单独提供所需的峰值功率电源或与电池一起在连续工作时提供稳流低功率电源，而在峰值负载时提供一个高功率脉冲。在这里，超级电容器减弱了用电器对电池提供峰值功率的要求，这样就可以大大延长电池的寿命，并减小了电池的整体尺寸。近年来，超级电容器展现出更为广泛的应用前景，特别是在发展混合动力或纯电动汽车领域的应用。超级电容器与电池联合，可以提供高功率输出和高能量输出，既减小了电源的体积，又延长了电池的寿命。

超级电容，又叫双电层电容器或法拉第准电容器，他们可以被视为悬浮在电解质中的两个无反应活性的多孔电极板，在极板上加电，正极板吸引电解质中的负离子，负极板吸引正离子，实际上形成两个容性存储层，被分离开的正离子在负极板附近，负离子在正极板附近。



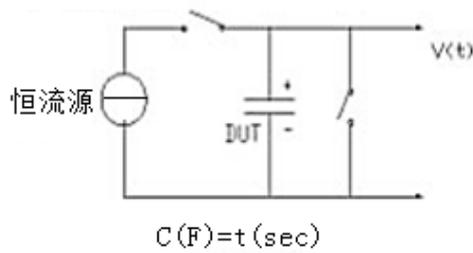
图一、工作原理及结构示意图

超级电容的“超级”在于其功率密度高，可达锂电池的 2~30 倍；充放电时间短，充电 10 秒~10 分钟可达到其额定容量的 95% 以上；循环寿命长，深度充放电可循环使用达数十万次；工作温度范围宽；充放电路简单；失效开路，过电压不击穿，安全可靠等，是兼备电容和电池特性的新型元件。可以应用在混合动力汽车、移动设备电源、太阳能、风能、燃料电池等发电的储存、紧急照明系统以及大功率电脉冲设备等。

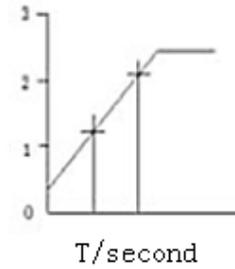
那么如何测量超级电容的参数？我们以实验室测量结合计算的方法，简单介绍一下。

容量测量：

如下图测试电路，核心是用一个具有恒流输出及电压限制的功率电源作为充电电源。电容两端的充电电压波形可以通过一个数字示波器进行记录。通过示波器的光标，可以很方便地读出电压从 1.5V 上升到 2.5V 所用的时间，基本的计算公式如下： $i=C(\Delta V/\Delta t)$ 公式变换为： $C=i(\Delta t/\Delta V)$ 。充电电流设定为 1A，电压变化范围 $\Delta V=2.5V-1.5V=1V$ 那么 $C=\Delta t$ ，在这个示例中，超级电容的容量在数字上与电容从 1.5V 充电到 2.5V 的时间相等。时间单位为秒。由于超级电容结构的特殊性，电容在测试前必须进行完全的放电。



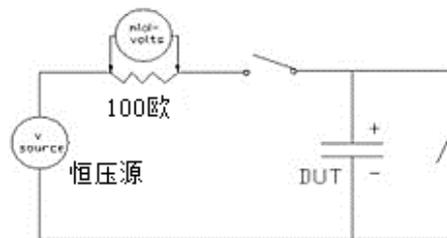
如果电容已充电，将电容正负极短路
至少15分钟，使电容完全放电



测量电压从1.5V-
2.5V的时间t

流入电流测量：

由于超级电容表现出明显的非传导性介质特性，所以测量实际的自放电或者自漏电数值是比较困难的。当一只超级电容被充电至工作电压的过程中，流入电流是很大的，并且逐步变小。此时流入电流是介质吸收电流与电容漏电流之和。介质吸收电流是作为能量储存，但深度存储需要比较长的时间，电容的流入电流与时间是对数关系，具体如下表所示。



一段时间后，
流入电流 $I(\mu A) = V(\mu V) / 100$

只有当介质吸收电流为0时，此时的流入电流才是漏电流，这大概需要连续充电100个小时才能达到，此时漏电流大概为几微安。在这个点以后，为了继续测量流入电流，需要使用一只准确的微伏表与一只比较大的电阻，数值参看上图。

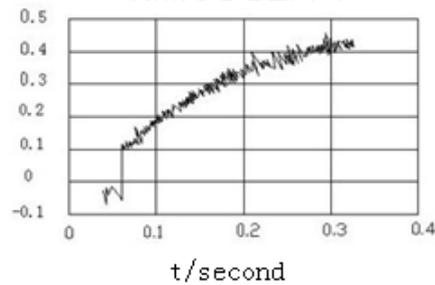
直流阻抗与交流阻抗测量：

串联等效阻抗或者交流阻抗可以通过 LCR 电桥在 1kHz 下进行测量。这种方法测量的结果是比较准确的。另外一种方法是测量所谓的直流阻抗，可以用同一种仪器，但这种方法测量的结果是不准确的，误差比较大。

下图是用电容容量测量电路获得的充电电压曲线，起始阶段的局部放大图如下图所示，当用 1A 的电流进行充电时，瞬间发生的电压阶跃可以被用来计算交流内阻，直流内阻或者 DC 阻抗等于阶跃电压值除以 1A 的电流，对于内阻很低的电容，可以用更大的电流进行测量。



初始充电电压曲线



在这个示例中，内部阻抗=初始电压阶跃/充电电流=0.15V/1A=0.15 Ω ，研究得出，直流阻抗是交流阻抗的 1.1 至 1.5 倍之间。

当然，要更深入的了解超级电容的性能，还必须配合一些高精度的电源、电子负载甚至一些智能化的测试系统做进一步的测试。例如，艾德克斯 ITS5300 电池测试系统集成了电源、电子负载、内阻分析仪、温度测试仪、双极性电源及专业的分析软件，可以自动完成单节超级电容的充放电循环测试、超级电容 PACK 的充放电循环测试、IT5102 多通道在线内阻分析仪采用 500Hz 或 1KHz 的交流小信号可以测量电容内阻（ESR，等效串联电阻）以及多节电容一致性的测试及筛选、结合 IT5601 温度测试仪，PACK 测试时单节的电压、内阻和温度的一致性测试等也可以轻松完成。

艾德克斯 ITECH 是专业生产电源及电子负载的厂家，始终致力于最新最前沿的测试测量解决方案的研究。欢迎关注更多测试测量动态。