

## 超级电容器：备用电源解决方案

需要瞬时备用电源的应用的增多促使对超级电容器的需求增加。超级电容器（supercapacitor，也称为 ultracapacitor），是具有比常规电容器存储更多能量的能力的电化学电容器。超级电容器可以比电池更快的充电和提供能量。图 1 比较了常规电容器、超级电容器、常规电池和燃料电池的功率和能量密度。

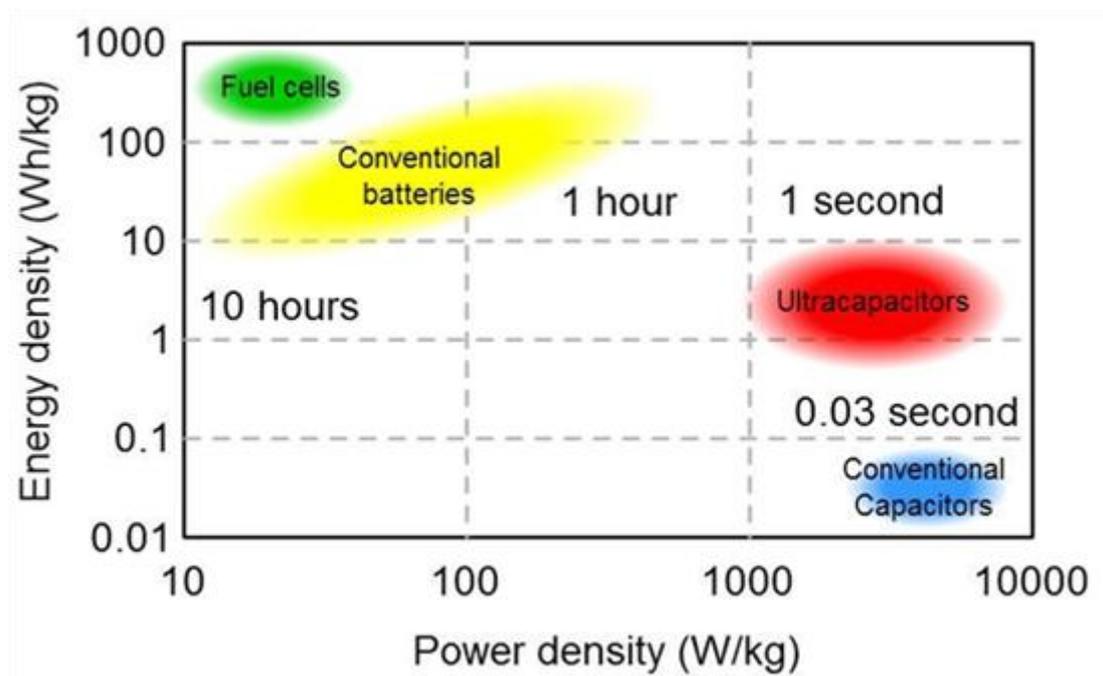


图 1：不同能量存储设备的能量与功率密度

超级电容器的显着优点是其在老化之前可以循环数千次，而电池则只能循环数百次。此外，与图 2 所示的电池相比，超级电容器具有深度放电的能力。然而，由于电解质的分解电压，大多数超级电容器的最大额定值为 2.7V-3V。图 2 比较了超级电容器和电池的充电/放电曲线。

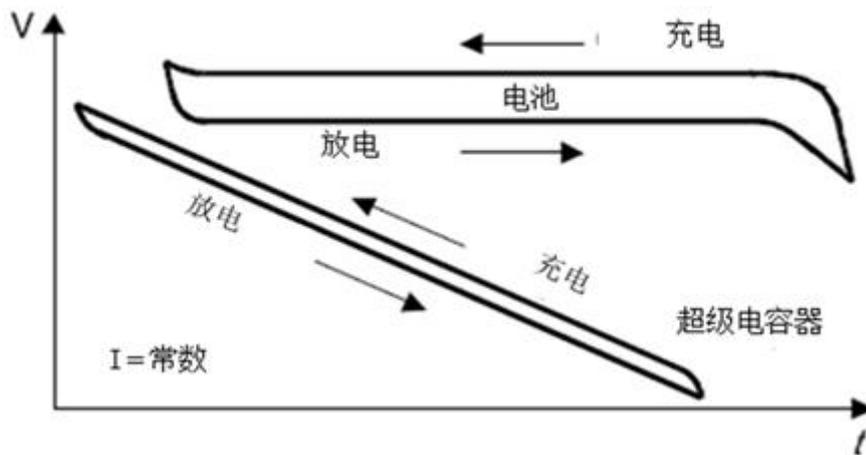


图 2：超级电容器和电池的充电/放电循环

超级电容器的最新发展已经引入可充电至较高电压（高达 4V）的锂离子混合电容器，该电容器自放电较少，因此具有较高的能量密度。这些超级电容器的缺点是不能放电到低于约 2.2V，否则将被损坏。

超级电容器的组成使得它们的自放电率明显高于电池。超级电容器的工作温度越高，充电的电压越高，老化越快；超级电容器的电容会减小，等效串联电阻（ESR）增加。这意味着超级电容器可以为应用提供的能量减少。超级电容器的能量可以用公式 1 表示：

$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

(1)

W 是超级电容器提供的能量，C 是超级电容器的电容，V 是超级电容器的电压。电容器的 ESR 增加了系统的功率损耗。

图 3 显示了温度和电压对超级电容器老化的影响。温度仅仅增加 10°可以将超级电容器的寿命减少一半。此外，通常的做法是将超级电容器充电至低于标称电压的电压，以增加其寿命。

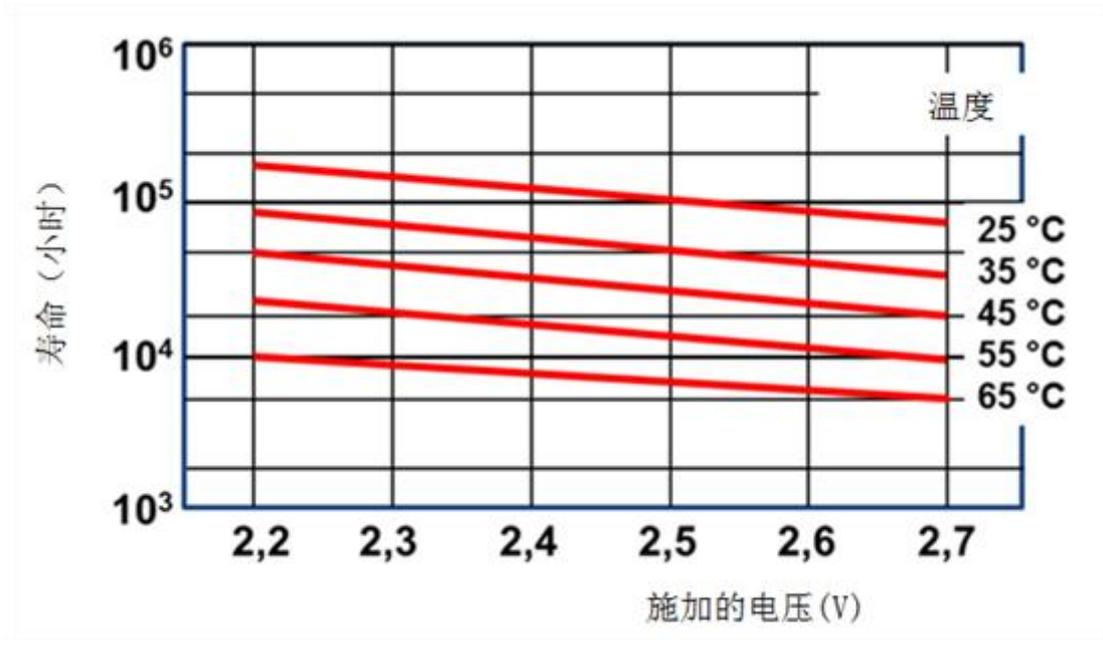


图 3: 超级电容器不同温度下的使用寿命与电容器电压

由于超级电容器充电的最大电压在 2.7V 和 3V 之间，因此，对于大多数应用来说有必要串联连接几个超级电容器。因此，必须平衡超级电容器；否则一个单元可能比另一个单元更多地充电，导致不相等的电容器老化，降低电容器组为应用提供所需能量的能力。

平衡超级电容器采用的方法包括：使用电阻器串的非源平衡，使用开关电阻器，使用齐纳二极管和有源平衡。前三种方法会导致电阻器中的功率损耗，第四种方法是最有效的，但也是最贵的。

当超级电容器用于备用电源应用时，必须监控其电容和 ESR，以确保能够提供应用所需的最低能量。