



## 锂电池充电

### ——如何充电才能延长电池使用寿命？

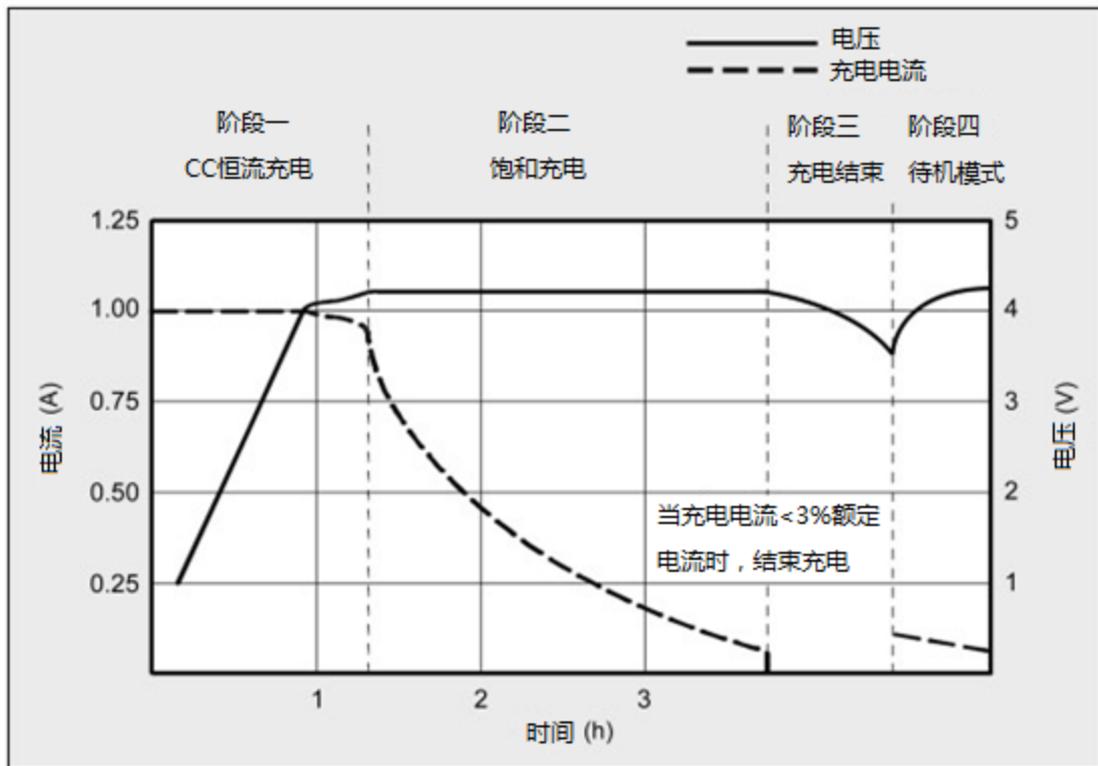
为什么手机电池要选择锂离子电池呢？和传统电池相比，锂离子电池充电更快，待机时间更长，重量更轻，功率密度更大，寿命更长。但我们需要知道一些有关知识才能让它更好地工作。

锂离子电池循环充放电会导致内部腐蚀和电解液及电极的退化变质。和铅酸系统类似，锂离子电池充电器大多为限电压充电器，区别在于锂离子电池有更严苛的电压容限，充满电后几乎没有涓流或浮充电流，而铅酸电池的截止电压更灵活。锂离子电池的生产厂家有更严格的充电标准，因为锂离子电池不能承受过电压。所谓的脉冲充电延长电池寿命或提高电池容量这一类神奇的充电器并不存在于锂离子电池的世界中，锂离子是非常“干净”的系统。

## 钴酸锂电池的充电

传统阴极材质为钴、镍、锰和铝的锂离子电芯可以充电至 4.2V， $\pm 50\text{mV}$  的容差。有些镍电极电池充电可至 4.1V，大容量锂电池可以充电至 4.3V 甚至更高。图一显示了锂离子电池充电状态从恒流充电到充满电的状态，当电流减少到 3%–5% 的额定电流时，认为电池已充满。

艾德克斯 ITS5300 电池测试系统可以按电池特性或客户需要进行电池的恒压、恒流、搁置、工况模拟等充放电工步，适合各类电池的老化、循环寿命的测试应用。



**阶段一：** 恒流充电，电压稳步上升      **阶段二：** 电压稳定在峰值，电流下降  
**阶段三：** 充电截止      **阶段四：** 偶尔浮充

图一、锂离子电池充电各阶段

钴酸锂电池如 18650 电芯的充电倍率为 0.5C-1C，完整的充电时间大约 2-3 小时。电池生产厂家建议以 0.8C 或更低速率充电以延长电池寿命，然而，大多数电池都可以毫无压力的以高 C 速率进行充电，充电效率达到 99%，同时电池在充电过程中保持低温。有些锂离子电池在充满电时温度会上升 5 °C 左右。这往往是保护板和电池内阻增加造成的。如果正常充电时，电池或充电器温度上升超过 10°C，请不要继续使用。

采用艾德克斯 ITS5300 电池测试系统，可以在充放电的过程中实时监控和记录上百个电池芯的温度，并具有过温度报警和自动保护的功能，避免人工监控的成本和不可靠性。

提高充电电流并不能显著加速整体充电状态，虽然电池能更快速地达到电压峰值，但饱和充电需要花费更长的时间。如图一所示，阶段一时间变短的同时阶段二时间变长了。然而高电流充电可以快速将电池充到 70%。比如苹果手机即采用前 80% 的电量采用快速大电流充电，之后切换为慢充电。这种混合充电模式不仅能快速充电，还可以延长电池寿命。

锂电池并不像铅酸电池那样需要完全被充满。事实上，最好不要充满电，因为高电压会对电池造成压力。选择较低截止电压或减少饱和充电过程可以延长电池寿命但却减少了待机时间，消费者市场的充电器只能将电池充满至最大容量，与此相比，延长电池寿命显得不那么重要。

有些低成本锂电池充电器采用一小时充电或更短时间，不让电池进入饱和充电过程（阶段二），剩余电量约 85%，对于很多用户来说都足够了。

一些工业充电器采用限制充电截止电压来延长电池使用寿命。表格二显示了电池充到截止电压对应电池电压的剩余容量、充电时间及饱和充电后的剩余容量的估算值。

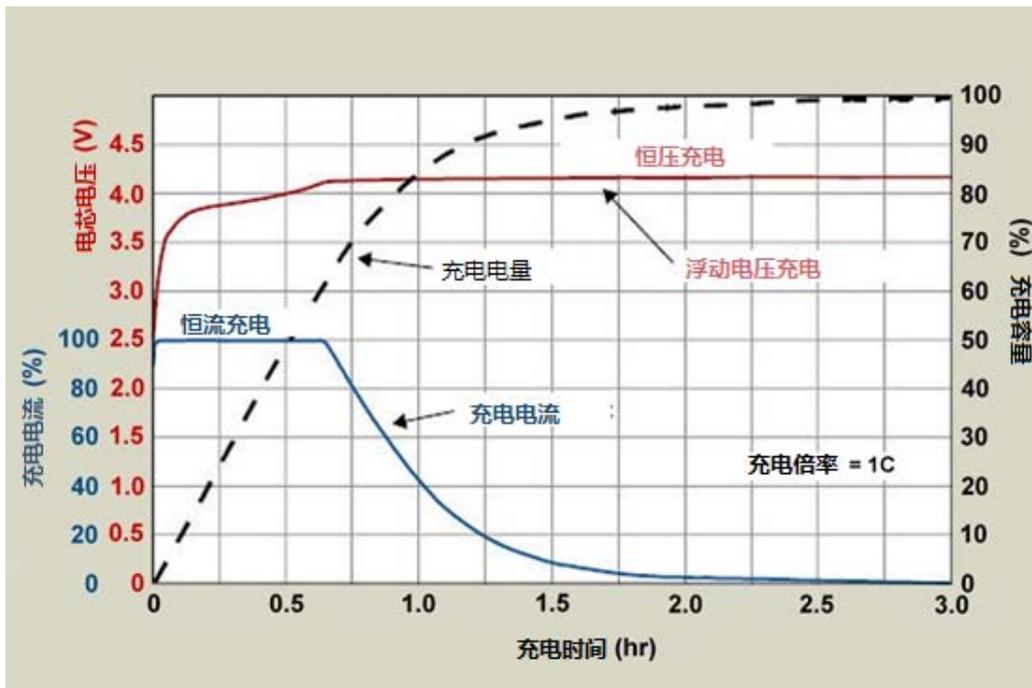
截止电压 V/节	截止电压对应的剩余容量	充电时间	充电后的剩余容量
----------	-------------	------	----------



3.80	60%	120 min	~65%
3.90	70%	135 min	~75%
4.00	75%	150 min	~80%
4.10	80%	165 min	~90%
4.20	85%	180 min	100%

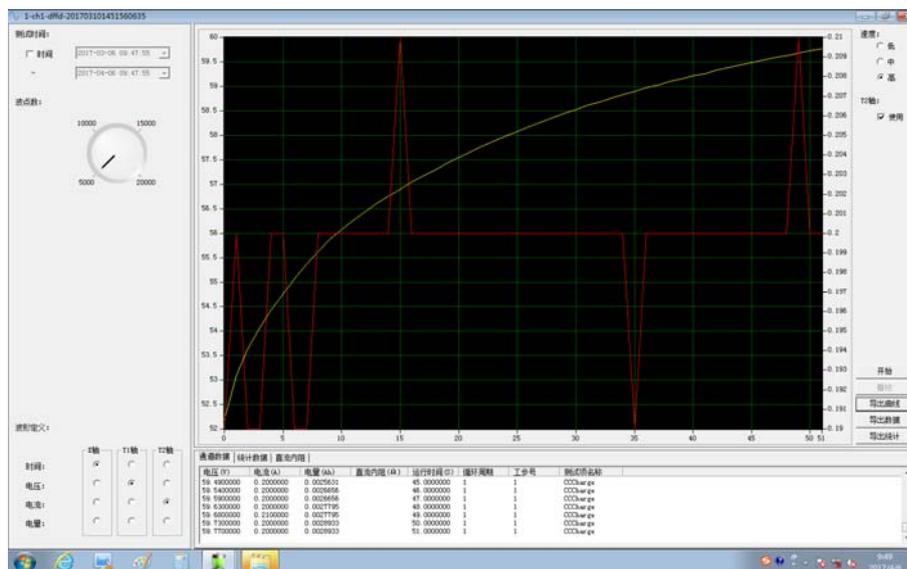
表格二、锂离子电池典型充电特性

如图三所示，第一次给锂电池充电，电压上升很快。电池容量会随着电池接近充满时最终跟上，这就像拿着橡皮筋举起重物，会有一些延时。这种充电特性适用于所有电池。充电电流越大，橡皮筋效应会越明显。低温或电池内阻较大时会加剧这种效应。



图三：锂电池充电时电压/电量随时间的变化

艾德克斯电子 ITS5300 充放电全程均可检测充电电压、电流及容量的变化，并可进行各参数的提取、分析及参数间关系曲线图的自动绘制，如图四所示。





#### 图四、ITS5300 电池测试系统数据分析

通过读取正在充电的电池电压预测 SoC（剩余电量）是不现实的，通过让电池休息几小时再测量电池开路电压会更准确。因为对于所有电池，温度影响着开路电压，锂离子电池也不例外。然而，智能手机、笔记本电脑和其他便携式电子设备的 SoC 是通过库伦计数法推算的。

库伦计数是通过测量输入或输出的电流，锂电池符合标准的库伦算法和较低的自放电率，老化和温度相关的自放电还是需要考虑到，因此定期校准对于化学电池转变为数字化电池非常有必要。艾德克斯 ITS5300 电池充放电系统可以在电池循环充放电过程中测试并记录电池充放电容量，帮助客户快速建立电池模型。

锂离子不能吸收过充，所以当电池充满后，充电电流必须被断开，持续地涓流充电会导致金属锂沉积在金属板上，降低安全性。为了降低电池压力，务必保持锂电池在满充电电压的停留时间越短越好。从图三中能看出，比如未饱和充电的电芯电压在 3.7V-3.9V 时，停留在高电压的时间比饱和充电的时间短很多。

便携式电子设备在充电时应该关闭，不然形成了寄生负载会改变充电循环并引发小循环，但是一边充电一边放电很多时候是无法避免的，比如笔记本电脑一边工作一边插在交流电网上，电池始终处于高压状态，往往温度也较高，大大缩短了电池寿命。

## 电池过充

当然，非钴酸锂电池的额定电压也并不都是 3.6V，比如 LiFePO 电压从 3.2V 到 3.65V，LTO（钛酸锂电池）电压从 2.4V 到 2.85V。将锂离子电池充电至高电压后，电池会变得不稳定。如果给 4.2V 的电池充电至 4.3V，会使得电池正极积淀金属锂，负极材料被氧化，失去稳定性的电池会产生 CO<sub>2</sub>。电池内压力升高，如果保持充电状态，内压达到 1000-1380kPa 时，保证电池安全的电流切断器（CID）即会切断电流。当压力持续升高到 3450kPa 时，隔膜爆开脱落，电池可能最终壳体泄漏，伴随燃烧。

一个满电量的电池具有更低的热失控温度，相比于低电量的电池，满电量的电池泄压也更快，因此锂离子电池在低电量状态时更加安全，这也是为何官方要求空运的锂电池 30%电量，而不是满电量。

艾德克斯 ITS5300 测试系统可以设定充、放电任意截止电压，截止充电容量和截止时间，适合电池出货及打包前的预充电。

除了内部电芯的保护，外部保护电路可以防止电芯充电电压超过 4.3V。此外，当电池表面温度超过 90° C 时，保险丝或继电器可以切换电流。此外，为了防止电池过放，当电芯电压低于 2.2V 时，控制电路也会切断电流回路。

一串电芯需要独立的电压监控，数量越多，保护越复杂。艾德克斯 ITS5300 可以同时检测多达二百个电芯的电压、交流电阻及温度，可以及时发现电芯间电压的不平衡，并进行自动均充均放，设置截止电压，防止电池的过充和过放。

## 总结

### 锂离子电池充电指南

- 充电时关闭电子设备或断开电池负载，保证电流在饱和充电状态时能顺利降低。



- 保证合适的充电温度，不要在 0℃ 下给锂电池充电
- 锂离子电池不需要被充满，部分充满对电池寿命更佳
- 当充电后电池过热时，请不要继续使用此充电器或电池
- 存储电池前给电池充一些电（40% -50%的剩余电量最佳）

#### 电池放电指南

- 高温可以提高电池容量但却缩短电池寿命，在 25 - 30° C 以上每升高 10℃，电池寿命减少 2%。请保持电池的低温。
- 防止过放，电池反极接入会导致电池短路
- 使用大电池可以减少由于重载或重复充分放电对电池造成的压力
- 当放电频率较高时，电池会表现出电容特性，这就允许拉载更高的峰值电流
- 镍或锂电池有快速的化学反应；铅酸电池较慢，重载往往需要几秒钟才能恢复过

并非只有锂离子电池在过充时存在安全隐患，铅基、镍基电池如果错误使用，同样也会融化、起火。艾德克斯 ITS5300 电池测试系统已获得多家国际知名公司的青睐，可根据客户需要进行全面的定制，全面的保护设计包括对温度的感测适用于几乎所有的电池系统，可以长时间稳定工作，具有断电保护及数据分析功能，是用户值得信赖的测试系统。