

【能源人都在看，点击右上角加'关注'】

### (1) 电极材料的理论容量

电极材料理论容量，即假定材料中锂离子全部参与电化学反应所能够提供的容量，其值通过下式计算：

其中，法拉第常数(F)代表每摩尔电子所携带的电荷，单位C/mol，它是阿伏伽德罗数 $N_A=6.02214 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ 与元电荷 $e=1.602176 \times 10^{-19} \text{C}$ 的积，其值为 $96485.3383 \pm 0.0083 \text{C/mol}$

故而，主流的材料理论容量计算公式如下：

LiFePO<sub>4</sub>摩尔质量157.756 g/mol，其理论容量为：

同理可得：三元材料NCM(1:1:1)(LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub>)  
摩尔质量为96.461g/mol，其理论容量为278 mAh/g, LiCoO<sub>2</sub>摩尔质量97.8698 g/mol，如果锂离子全部脱出，其理论克容量274 mAh/g.

石墨负极中，锂嵌入量最大时，形成锂碳层间化合物，化学式LiC<sub>6</sub>，即6个碳原子结合一个Li。6个C摩尔质量为72.066 g/mol，石墨的最大理论容量为：

对于硅负极，由 $5\text{Si}+22\text{Li}^++22\text{e}^- \rightarrow \text{Li}_{22}\text{Si}_5$ 可知，5个硅的摩尔质量为140.430 g/mol，5个硅原子结合22个Li，则硅负极的理论容量为：

这些计算值是理论的克容量，为保证材料结构可逆，实际锂离子脱嵌系数小于1，实际的材料的克容量为：材料实际克容量=锂离子脱嵌系数 × 理论容量

### (2) 电池设计容量

电池设计容量=涂层面密度×活物质比例×活物质克容量×极片涂层面积

其中，面密度是一个关键的设计参数，主要在涂布和辊压工序控制。压实密度不变时，涂层面密度增加意味着极片厚度增加，电子传输距离增大，电子电阻增加，但是增加程度有限。厚极片中，锂离子在电解液中的迁移阻抗增加是影响倍率特性的主要原因，考虑到孔隙率和孔隙的曲折连同，离子在孔隙内的迁移距离比极片厚度多出很多倍。

### (3) N/P比

负极活性物质克容量×负极面密度×负极活性物含量比÷（正极活性物质克容量×正极面密度×正极活性物含量比）

石墨负极类电池N/P要大于1.0，一般1.04~1.20，这主要是出于安全设计，主要为了防止负极析锂，设计时要考虑工序能力，如涂布偏差。但是，N/P过大时，电池不可逆容量损失，导致电池容量偏低，电池能量密度也会降低。

而对于钛酸锂负极，采用正极过量设计，电池容量由钛酸锂负极的容量确定。正极过量设计有利于提升电池的高温性能：高温气体主要来源于负极，在正极过量设计时，负极电位较低，更易于在钛酸锂表面形成SEI膜。

#### （4）涂层的压实密度及孔隙率

在生产过程中，电池极片的涂层压实密度计算公式：

而考虑到极片辊压时，金属箔材存在延展，辊压后涂层的面密度通过下式计算：

涂层由活物质相、碳胶相和孔隙组成，孔隙率计算公式：

其中，涂层的平均密度为：

#### （5）首效

首效=首次放电容量/首次充电容量

日常生产中，一般是先化成再进行分容，化成充入一部分电，分容补充电后再放电，故而：

首效=分容第一次放电容量/（化成充入容量+分容补充电容量）

#### （6）能量密度

体积能量密度(Wh/L)=电池容量(mAh)×3.6(V)/（厚度(cm)\*宽度(cm)\*长度(cm)）

质量能量密度(Wh/KG)=电池容量(mAh)×3.6(V)/电池重量

常用锂电术语中英对照

合浆

mixing

涂布

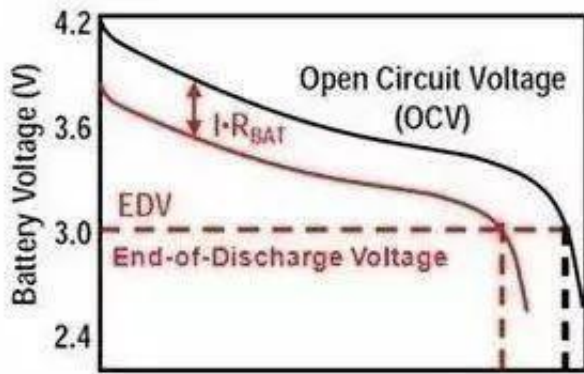
coating

辊压分切	rolling slitting
点焊	spotwelding
激光切	laser cutting
卷绕	winding
组装	assembly package
激光焊	laser welding
烘烤	baking
注液	injection
高温老化	higt temp-baking
化成	formation
二次注液	2rd injection
分容	grading
静置	static
IR、OCV测试	IR/OCV test
容量密度	capacity density
能量密度	energy desity
功率密度	power density
开路电压	open Circuit Voltage
标称电压	nominal voltage
额定容量	nominal capacity
实际容量	pratical capacity
放电速率	discharge rate
放电深度	depth of discharge

## 参数详解

### 能量密度 ( Wh/L&Wh/kg )

单位体积或单位质量电池释放的能量，如果是单位体积，即体积能量密度 ( Wh/L )，很多地方直接简称为能量密度；如果是单位质量，就是质量能量密度 ( Wh/kg )，很多地方也叫比能量。如一节锂电池重300g，额定电压为3.7V，容量为10Ah，则其比能量为123Wh/kg。



图示： $Q_{max}$ 为电池最大化学容量； $Q_{use}$ 为电池实际容量； $R_{bat}$ 表示电池的内阻；EDV为放电终止电压； $I$ 为放电电流。

从图中可以看出，电池实际容量 $Q_{use}$

由于电阻的存在，电池的实际容量会降低。我们也可以看到，电池实际容量 $Q_{use}$ 取决于两个因素：

放电电流  $I$  与电池内阻  $R$  的乘积，以及放电终止电压EDV是多少。

需要指出的是电池内阻 $R_{bat}$ 会随着电池的使用而逐渐增大。

内阻的单位一般是毫欧姆( $m\Omega$ )，内阻大的电池，在充放电的时候，内部功耗大，发热严重，会造成电池的加速老化和寿命衰减，同时也会限制大倍率的充放电应用。所以，内阻做的越小，电池的寿命和倍率性能就会越好。通常电池内阻的测量方法有交流和直流测试法。

## 电池自放电

指在开路静置过程中电压下降的现象，又称电池的荷电保持能

一般而言，电池自放电主要受制造工艺、材料、储存条件的影响。

自放电按照容量损失后是否可逆划分为两种：容量损失可逆，指经过再次充电过程容量可以恢复；容量损失不可逆，表示容量不能恢复。

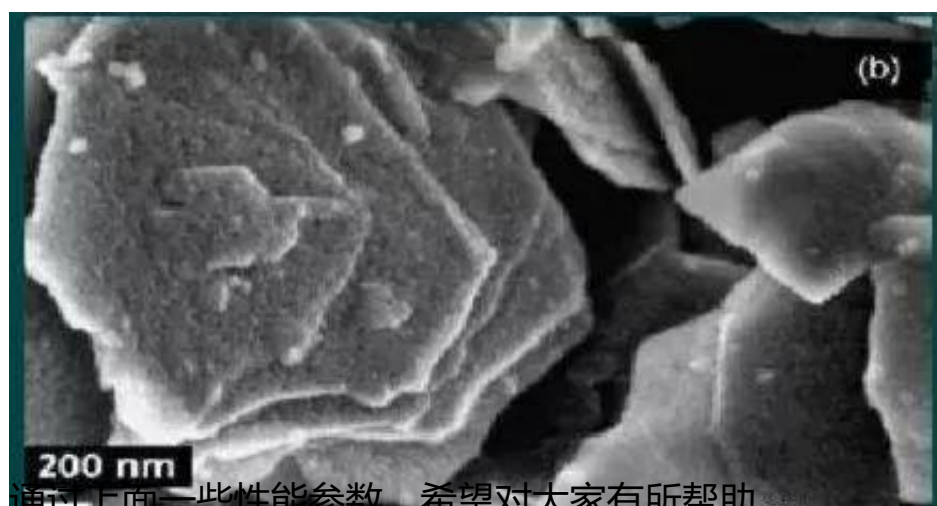
目前对电池自放电原因研究理论比较多，总结起来分为物理原因（存储环境，制造工艺，材料等）以及化学原因（电极在电解液中的不稳定性，内部发生化学反应，活性物质被消耗等），电池自放电将直接降低电池的容量和储存性能。

## 电池的寿命

分为循环寿命和日历寿命两个参数。循环寿命指的是电池可以循环充放电的次数。即在理想的温湿度下，以额定的充放电电流进行充放电，计算电池容量衰减到80%时所经历的循环次数。

日历寿命是指电池在使用环境条件下，经过特定的使用工况，达到寿命终止条件(容量衰减到80%)的时间跨度。日历寿命与具体的使用要求紧密结合的，通常需要规定具体的使用工况，环境条件，存储间隔等。

循环寿命是一个理论上的参数，而日历寿命更具有实际意义。但日历寿命的测算复杂，耗时长，所以一般电池厂家只给出循环寿命的数据。



通过上面一些性能参数，希望对大家有所帮助。

免责声明：以上内容转载自中国化学与物理电源行业协会，所发内容不代表本平台立场。

全国能源信息平台联系电话：010-65367702，邮箱：hz@people-energy.com.cn，地址：北京市朝阳区金台西路2号人民日报社