

# 锂离子电池原理及工艺流程

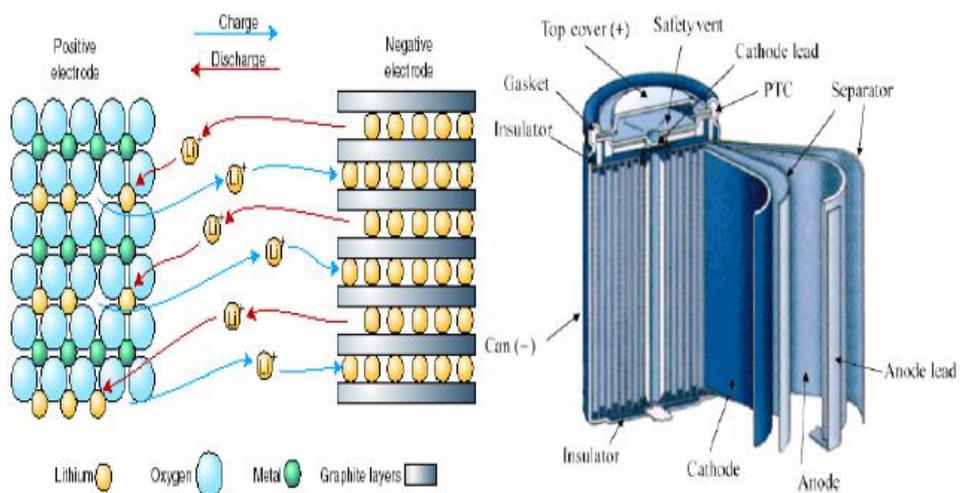
## 一、原理

### 1.0 正极构造

$\text{LiCoO}_2$  + 导电剂 + 粘合剂 (PVDF) + 集流体 (铝箔) 正极

### 2.0 负极构造

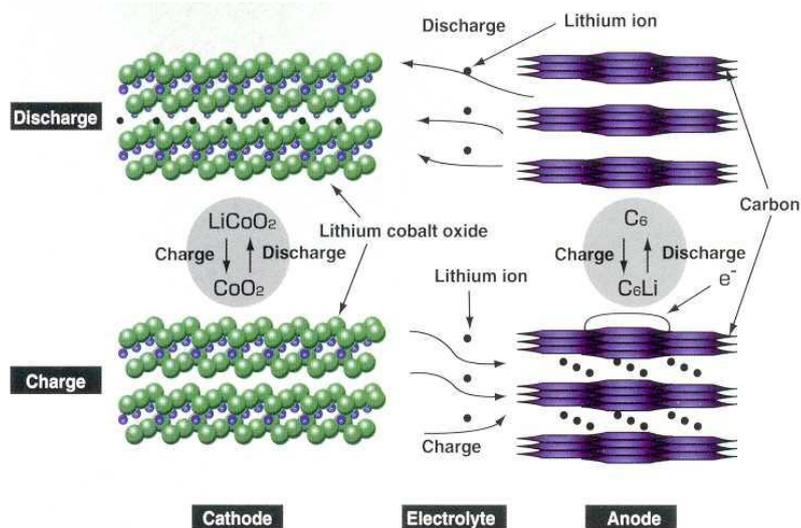
石墨 + 导电剂 + 增稠剂 (CMC) + 粘结剂 (SBR) + 集流体 (铜箔) 负极



## 3.0 工作原理

### 3.1 充电过程:

一个电源给电池充电, 此时正极上的电子  $e^-$  从通过外部电路跑到负极上, 正锂离子  $\text{Li}^+$  从正极“跳进”电解液里, “爬过”隔膜上弯弯曲曲的小洞, “游泳”到达负极, 与早就跑过来的电子结合在一起。



正极上发生的反应为



负极上发生的反应为



### 3.2 电池放电过程

放电有恒流放电和恒阻放电，恒流放电其实是在外电路加一个可以随电压变化而变化的可变电阻，恒阻放电的实质都是在电池正负极加一个电阻让电子通过。由此可知，只要负极上的电子不能从负极跑到正极，电池就不会放电。电子和  $\text{Li}^+$  都是同时行动的，方向相同但路不同，放电时，电子从负极经过电子导体跑到正极，锂离子  $\text{Li}^+$  从负极“跳进”电解液里，“爬过”隔膜上弯弯曲曲的小洞，“游泳”到达正极，与早就跑过来的电子结合在一起。

### 3.3 充放电特性

电芯正极采用  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_2$ ，其中  $\text{LiCoO}_2$  本是一种层结构很稳定的晶型，但当从  $\text{LiCoO}_2$  拿走  $x$  个  $\text{Li}$  离子后，其结构可能发生变化，但是否发生变化取决于  $x$  的大小。

通过研究发现当  $x > 0.5$  时， $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$  的结构表现为极其不稳定，会发生晶型坍塌，其外部表现为电芯的压倒终结。所以电芯在使用过程中应通过限制充电电压来控制  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$  中的  $x$  值，一般充电电压不大于  $4.2\text{V}$  那么  $x$  小于  $0.5$ ，这时  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$  的晶型仍是稳定的。

负极  $\text{C}_6$  其本身有自己的特点，当第一次化成后，正极  $\text{LiCoO}_2$  中的  $\text{Li}$  被充到负极  $\text{C}_6$  中，当放电时  $\text{Li}$  回到正极  $\text{LiCoO}_2$  中，但化成之后必须有一部分  $\text{Li}$  留在负极  $\text{C}_6$  中心，以保证下次充放电  $\text{Li}$  的正常嵌入，否则电芯的压倒很短，为了保证有一部分  $\text{Li}$  留在负极  $\text{C}_6$  中，一般通过限制放电下限电压来实现：安全充电上限电压  $\leq 4.2\text{V}$ ，放电下限电压  $\geq 2.5\text{V}$ 。

记忆效应的原理是结晶化，在锂电池中几乎不会产生这种反应。但是，锂离子电池在多次充放后容量仍然会下降，其原因是复杂而多样的。主要是正负极材料本身的变化，从分子层面来看，正负极上容纳锂离子的空穴结构会逐渐塌陷、堵塞；从化学角度来看，是正负极材料活性钝化，出现副反应生成稳定的其他化合物。物理上还会出现正极材料逐渐剥落等情况，总之最终降低了电池中可以自由在充放电过程中移动的锂离子数目。

过度充电和过度放电，将对锂离子电池的正负极造成永久的损坏，从分子层面看，可以直观的理解，过度放电将导致负极碳过度释出锂离子而使得其片层结构出现塌陷，过度充电将把太多的锂离子硬塞进负极碳结构里去，而使得其中一些锂离子再也无法释放出来。

不适合的温度，将引发锂离子电池内部其他化学反应生成我们不希望看到的化合物，所以在不少的锂离子电池正负极之间设有保护性的温控隔膜或电解质添加剂。在电池升温到一定的情况下，复合膜膜孔闭合或电解质变性，电池内阻增大直到断路，电池不再升温，确保电池充电温度正常。

## 二 锂电池的配方与工艺流程

### 1. 正负极配方

### 1.1 正极配方: LiCoO<sub>2</sub> + 导电剂 + 粘合剂 + 集流体 (铝箔)

**LiCoO<sub>2</sub> (10μm): 96.0%**

**导电剂 (Carbon ECP) 2.0%**

**粘合剂 (PVDF 761) 2.0%**

NMP (增加粘结性): 固体物质的重量比约为 810:1496

- 正极粘度控制 6000cps (温度 25 转子 3);
- NMP 重量须适当调节, 达到粘度要求为宜;
- 特别注意温度、湿度对黏度的影响

- 正极活性物质:

- ✓ 钴酸锂: 正极活性物质, 锂离子源, 为电池提高锂源。非极性物质, 不规则形状, 粒径 D50 一般为 6-8 μm, 含水量≤0.2%, 通常为碱性, pH 值为 10-11 左右。
- ✓ 锰酸锂: 非极性物质, 不规则形状, 粒径 D50 一般为 5-7 μm, 含水量≤0.2%, 通常为弱碱性, pH 值为 8 左右。

- 导电剂: 链状物, 含水量 < 1%, 粒径一般为 1-5 μm。通常使用导电性优异的超导碳黑, 如科琴炭黑 Carbon ECP 和 ECP600JD, 其作用:

- ✓ 提高正极材料的导电性, 补偿正极活性物质的电子导电性
- ✓ 提高正极片的电解液的吸液量, 增加反应界面, 减少极化。

- PVDF 粘合剂: 非极性物质, 链状物, 分子量从 300,000 到 3,000,000 不等; 吸水后分子量下降, 粘性变差。用于将钴酸锂、导电剂和铝箔或铝网粘合在一起。常用的品牌如 Kynar 761。

- NMP: 弱极性液体, 用来溶解/溶胀 PVDF, 同时用来稀释浆料。

- 集流体 (正极引线): 由铝箔或铝带制成。

### 1.2 负极配方: 石墨 + 导电剂 + 增稠剂 (CMC) + 粘结剂 (SBR) + 集流体 (铜箔)

**负极材料 (石墨): 94.5%**

**导电剂 (Carbon ECP): 1.0%** (科琴超导碳黑)

**粘结剂 (SBR): 2.25%** (SBR = 丁苯橡胶胶乳)

**增稠剂 (CMC): 2.25%** (CMC = 羧甲基纤维素钠)

水: 固体物质的重量比为 1600:1417.5

- 负极黏度控制 5000-6000cps (温度 25 转子 3)
- 水重量需要适当调节, 达到黏度要求为宜;
- 特别注意温度湿度对黏度的影响

## 2.正负极混料

- 石墨: 负极活性物质, 构成负极反应的主要物质; 主要分为天然石墨和人造石墨两大类。非极性物质, 易被非极性物质污染, 易在非极性物质中分散; 不易吸水, 也不易在水中分散。被污染的石墨, 在水中分散后, 容易重新团聚。一般粒径 D50 为 20μm 左右。颗粒形状多样且多不规则, 主要有球形、片状、纤维状等。
- 导电剂: 其作用为:

- ✓ 提高负极片的导电性，补偿负极活性物质的电子导电性。
- ✓ 提高反应深度及利用率。
- ✓ 防止枝晶的产生。
- ✓ 利用导电材料的吸液能力，提高反应界面，减少极化。  
(可根据石墨粒度分布选择加或不加)。
- 添加剂：降低不可逆反应，提高粘附力，提高浆料黏度，防止浆料沉淀
  - ✓ 增稠剂/防沉淀剂 (CMC)：高分子化合物，易溶于水和极性溶剂。
  - ✓ 异丙醇：弱极性物质，加入后可减小粘合剂溶液的极性，提高石墨和粘合剂溶液的相容性；具有强烈的消泡作用；易催化粘合剂网状交链，提高粘结强度。
  - ✓ 乙醇：弱极性物质，加入后可减小粘合剂溶液的极性，提高石墨和粘合剂溶液的相容性；具有强烈的消泡作用；易催化粘合剂线性交链，提高粘结强度  
(异丙醇和乙醇的作用从本质上讲是一样的，大批量生产时可考虑成本因素然后选择添加哪种)。
- 水性粘合剂 (SBR)：将石墨、导电剂、添加剂和铜箔或铜网粘合在一起。小分子线性链状乳液，极易溶于水和极性溶剂。
- 去离子水 (或蒸馏水)：稀释剂，酌量添加，改变浆料的流动性。
- 负极引线：由铜箔或镍带制成。

## 2.1 正极混料

### 2.1.1 原料的预处理

- 1) 钴酸锂：脱水。一般用 120 °C 常压烘烤 2 小时左右。
- 2) 导电剂：脱水。一般用 200 °C 常压烘烤 2 小时左右。
- 3) 粘合剂：脱水。一般用 120-140 °C 常压烘烤 2 小时左右，烘烤温度视分子量的大小决定。
- 4) NMP：脱水。使用干燥分子筛脱水或采用特殊取料设施，直接使用。

### 2.1.2 物料球磨：

- ◆ 4 小时结束，过筛分离出球磨；
- ◆ 将  $\text{LiCoO}_2$  和 Carbon ECP 倒入料桶，同时加入磨球（干料：磨球=1:1），在滚瓶及上进行球磨，转速控制在 60rpm 以上

### 2.1.3 原料的掺和：

- ✓ 粘合剂的溶解（按标准浓度）及热处理。
- ✓ 钴酸锂和导电剂球磨：使粉料初步混合，钴酸锂和导电剂粘合在一起，提高团聚作用和的导电性。配成浆料后不会单独分布于粘合剂中，球磨时间一般为 2 小时左右；为避免混入杂质，通常使用玛瑙球作为球磨介质。

### 2.1.4 干粉的分散、浸湿：

- 原理：固体粉末放置在空气中，随着时间的推移，将会吸附部分空气在固体的表面上，液体粘合剂加入后，液体与气体开始争夺固体表面；如果固体与气体吸附力比与液体的吸附力强，液体不能浸湿固体；如果固体与液体吸附力比与气体的吸附力强，液体可以浸湿固体，将气体挤出。  
当润湿角 $\leq 90^\circ$ ，固体浸湿。  
当润湿角 $> 90^\circ$ ，固体不浸湿。

正极材料中的所有组分都能被粘合剂溶液浸湿，所以正极粉料分散相对容易。

- 分散方法对分散的影响：
  - ✓ 静置法（时间长，效果差，但不损伤材料的原有结构）；
  - ✓ 搅拌法：自转或自转加公转（时间短，效果佳，但有可能损伤个别材料的自身结构）。
- 搅拌桨对分散速度的影响：搅拌桨大致包括蛇形、蝶形、球形、桨形、齿轮形等。一般蛇形、蝶形、桨型搅拌桨用来对付分散难度大的材料或配料的初始阶段；球形、齿轮形用于分散难度较低的状态，效果佳。
  - ✓ 搅拌速度对分散速度的影响。一般说来搅拌速度越高，分散速度越快，但对材料自身结构和对设备的损伤就越大。
  - ✓ 浓度对分散速度的影响。通常情况下浆料浓度越小，分散速度越快，但太稀将导致材料的浪费和浆料沉淀的加重。
  - ✓ 浓度对粘结强度的影响。浓度越大，柔制强度越大，粘接强度越大；浓度越低，粘接强度越小。
  - ✓ 真空度对分散速度的影响。高真空度有利于材料缝隙和表面的气体排出，降低液体吸附难度；材料在完全失重或重力减小的情况下分散均匀的难度将大大降低。
  - ✓ 温度对分散速度的影响。适宜的温度下，浆料流动性好、易分散。太热浆料容易结皮，太冷浆料的流动性将大打折扣。
- 稀释：将浆料调整为合适的浓度，便于涂布。

### 2.1.5 操作步骤

- a) 将 NMP 倒入动力混合机（100L）至 80°C，称取 PVDF 加入其中，开机；  
参数设置：转速 25±2 转/分，搅拌 115-125 分钟；
- b) 接通冷却系统，将已经磨号的正极干料平均分四次加入，每次间隔 28-32 分钟，第三次加料视材料需要添加 NMP，第四次加料后加入 NMP；  
动力混合机参数设置：转速为 20±2 转/分
- c) 第四次加料 30±2 分钟后进行高速搅拌，时间为 480±10 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 30±2 转/分，自转为 25±2 转/分；
- d) 真空混合：将动力混合机接上真空，保持真空度为-0.09Mpa，搅拌 30±2 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 10±2 分钟，自转为 8±2 转/分
- e) 取 250-300 毫升浆料，使用黏度计测量黏度；  
测试条件：转子号 5，转速 12 或 30rpm，温度范围 25°C；
- f) 将正极料从动力混合机中取出进行胶体磨、过筛，同时在不锈钢盆上贴上标识，与拉浆设备操作员交接后可流入拉浆作业工序。

### 2.1.6 注意事项

- a) 完成，清理机器设备及工作环境；
- b) 操作机器时，需注意安全，避免砸伤头部。

## 2.2 负极混料

### 2.2.1 原料的预处理：

- 1) 石墨：A、混合，使原料均匀化，提高一致性。B、300~400°C 常压烘烤，除去表面油

性物质，提高与水性粘合剂的相容能力，修圆石墨表面棱角（有些材料为保持表面特性，不允许烘烤，否则效能降低）。

- 2) 水性粘合剂：适当稀释，提高分散能力。

### 2.2.2 掺和、浸湿和分散：

- 1) 石墨与粘合剂溶液极性不同，不易分散。
- 2) 可先用醇水溶液将石墨初步润湿，再与粘合剂溶液混合。
- 3) 应适当降低搅拌浓度，提高分散性。
- 4) 分散过程为减少极性物与非极性物距离，提高势能或表面能，所以为吸热反应，搅拌时总体温度有所下降。如条件允许应该适当升高搅拌温度，使吸热变得容易，同时提高流动性，降低分散难度。
- 5) 搅拌过程如加入真空脱气过程，排除气体，促进固-液吸附，效果更佳。
- 6) 分散原理、分散方法同正极配料中的相关内容

### 2.2.3 稀释：

将浆料调整为合适的浓度，便于涂布。

### 2.2.4 物料球磨

- 1) 将负极和 Ketjenblack ECP 倒入料桶同时加入球磨（干料：磨球=1:1.2）在滚瓶及上进行球磨，转速控制在 60rpm 以上；
- 2) 4 小时结束，过筛分离出球磨；

### 2.2.5 操作步骤

- 1) 纯净水加热至至 80°C 倒入动力混合机（2L）
- 2) 加 CMC，搅拌 60±2 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 25±2 分钟，自转为 15±2 转/分；
- 3) 加入 SBR 和去离子水，搅拌 60±2 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 30±2 分钟，自转为 20±2 转/分；
- 4) 负极干料分四次平均顺序加入，加料的同时加入纯净水，每次间隔 28-32 分钟；动力混合机参数设置：公转为 20±2 转/分，自转为 15±2 转/分；
- 5) 第四次加料 30±2 分钟后进行高速搅拌，时间为 480±10 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 30±2 转/分，自转为 25±2 转/分；
- 6) 真空混合：将动力混合机接上真空，保持真空度为-0.09 到 0.10Mpa，搅拌 30±2 分钟；  
动力混合机参数设置：公转为 10±2 分钟，自转为 8±2 转/分
- 7) 取 500 毫升浆料，使用黏度计测量黏度；  
测试条件：转子号 5，转速 30rpm，温度范围 25°C；
- 8) 将负极料从动力混合机中取出进行磨料、过筛，同时在不锈钢盆上贴上标识，与拉浆设备操作员交接后可流入拉浆作业工序。

### 2.2.6 注意事项

- 1) 完成，清理机器设备及工作环境；
- 2) 操作机器时，需注意安全，避免砸伤头部。
  - 配料注意事项：

- ✓ 防止混入其它杂质；
- ✓ 防止浆料飞溅；
- ✓ 浆料的浓度（固含量）应从高往低逐渐调整，以免增加麻烦；
- ✓ 在搅拌的间歇过程中要注意刮边和刮底，确保分散均匀；
- ✓ 浆料不宜长时间搁置，以免沉淀或均匀性降低；
- ✓ 需烘烤的物料必须密封冷却之后方可以加入，以免组分材料性质变化；
- ✓ 搅拌时间的长短以设备性能、材料加入量为主；
- ✓ 搅拌浆的使用以浆料分散难度进行更换，无法更换的可将转速由慢到快进行调整，以免损伤设备；
- ✓ 出料前对浆料进行过筛，除去大颗粒以防涂布时造成断带；
- ✓ 对配料人员要加强培训，确保其掌握专业知识，以免酿成大祸；
- ✓ 配料的关键在于分散均匀，掌握该中心，其它方式可自行调整。

### 3. 电池的制作

#### 3.1 极片尺寸

#### 3.2 拉浆工艺

##### a) 集流体尺寸

正极（铝箔），间歇涂布

负极（铜箔），间歇涂布

##### b) 拉浆重量要求

电极 第一面双面      重量（g）    面密度（mg/cm<sup>2</sup>）    重量（g）    面密度（mg/cm<sup>2</sup>）

...

#### 3.3 裁片

##### a) 正极拉浆后进行以下工序：

裁大片    裁小片    称片（配片）    烘烤    轧片    极耳焊接

##### b) 负极拉浆后进行以下工序：

裁大片    裁小片    称片（配片）    烘烤    轧片    极耳焊接

#### 3.4 轧片要求

电极	压片后厚度（mm）	压片后长度（mm）
正极	0.125-0.145	362-365
负极	0.125-0.145	400-403

#### 3.5 配片方案

序号	正极重量（克）	负极重量（克）	备注
1	5.49-6.01	2.83-2.86	正极可以和重1-2个档次的负极进行配片
2	6.02-6.09	2.87-2.90	
3	6.10-6.17	2.91-2.94	
4	6.18-6.25	2.95-2.98	
5	6.26-6.33	2.99-3.01	
6	6.34-6.41	3.02-3.05	

#### 3.6 极片烘烤

电极	温度	时间（小时）	真空度
正极	120±5	6-10	≦-0.09Mpa
负极	110±5	6-10	≦-0.09Mpa

备注：真空系统的真空度为-0.095-0.10Mpa

保护气为高纯氮气，气体气压大于 0.5Mpa

### 3.7 极耳制作

正极：极耳 上盖组合 超声波焊接

铝条边缘与极片边缘平齐

负极：镍条直接用点焊机点焊，要求点焊数为 8 个点

镍条右侧与负极片右侧对齐，镍条末端与极片边缘平齐

### 3.8 隔膜尺寸

### 3.9 卷针宽度

### 3.10 压芯

电池卷绕后，先在电芯底部贴上 24mm 的透明胶带，再用压平机冷压 2 次；

### 3.11 电芯入壳前要求

胶纸 镍条…

### 3.12 装壳

### 3.13 负极极耳焊接

负极镍条与钢壳用点焊机焊接，要保证焊接强度，禁止虚焊

### 3.14 激光焊接

仔细上号夹具，电池壳与上盖配合良好后才能进行焊接，注意避免出现焊偏

### 3.15 电池真空烘烤

温度	时间	真空度
80±5°C	16-22 小时	≦-0.05Mpa

备注：

- 真空系统的真空度为-0.095~0.10Mpa
- 保护气为高纯氮气，气体气压大于 0.5Mpa
- 每小时抽一次真空注一次氮气；

### 3.16 注液量：2.9±0.1g

注液房相对湿度：小于 30%

温度：20±5°C

封口胶布：宽红色胶布。粘胶布时注意擦净注液口的电解液  
用 2 道橡皮筋将棉花固定在注液口处

### 3.17 化成制度

#### 3.17.1 开口化成工艺

a) 恒流充电：40mA\*4h 80mA\*6h

电压限制：4.00V

b) 全检电压，电压大于 3.90V 的电池进行封口，电压小于 3.90V 的电池接着用 60mA 恒流至 3.90-4.00 后封口，再打钢珠；

c) 电池清洗，清洗剂为醋酸+酒精

### 3.17.2 续化成制度

- a) 恒流充电（400mA，4.20V，10min）
- b) 休眠（2min）
- c) 恒流充电（400mA，4.20V，100min）
- d) 恒压充电（4.20V，20mA，150min）
- e) 休眠（30min）
- f) 恒流放电（750mA，2.75V，80min）
- g) 休眠（30min）
- h) 恒流充电（750mA，3.80V，90min）
- i) 恒压充电（3.80V，20mA，150min）

技术参数	镍镉电池	镍氢电池	锂离子电池
工作电压（V）	1.2	1.2	3.6
重量比能量(Wh/Kg)	50	60	105-140
体积比能量(Wh/l)	150	200	300
充放电寿命(次)	500	500	1000
自放电率（%/月）	25-30	30-35	6-9
有无记忆效应	有	有	无
有无污染	有	无	无

（注：充电速率均为 1C）

### ★ 锂离子电池安全特性是如何实现的？

为了确保锂离子电池安全可\*的使用，专家们进行了非常严格、周密的电池安全设计，以达到电池安全考核指标。

#### （1）隔膜 135°C 自动关断保护

采用国际先进的 Celgard 2300 PE-PP-PE 三层复合膜。在电池升温达到 120°C 的情况下，复合膜两侧的 PE 膜孔闭合，电池内阻增大，电池内部升温减缓，电池升温达到 135°C 时，PP 膜孔闭合，电池内部断路，电池不再升温，确保电池安全可\*。

#### （2）向电液中加入添加剂

在电池过充，电池电压高于 4.2v 的条件下，电液添加剂与电液中其他物质聚合，电池内阻大副增加，电池内部形成大面积断路，电池不再升温。

#### （3）电池盖复合结构

电池盖采用刻痕防爆结构，电池升温时，电池内部活化过程中所产生的部分气体膨胀，电池内压加大，压力达到一定程度刻痕破裂、放气。

#### （4）各种环境滥用试验

进行各项滥用试验，如外部短路、过充、针刺、平板冲击、焚烧等，考察电池的安

全性能。同时对电池进行温度冲击试验和振动、跌落、冲击等力学性能试验，考察电池在实际使用环境下的性能情况。

目前市场上的 18650 锂电池良莠不齐，从市场价格 7,8 元到 30 多元不等就可见一斑。

导致充电电压不尽相同（有的 18650 锂电池发现实际充电电压达到 4.4V 了）的原因有：

1. 材质不同（常见的正极材料有  $\text{LiCoO}_2$  和磷酸铁锂等，所能容纳锂离子嵌入的能力大小的负极材料，所以标称电压会出现 3.6V、3.7V 如果是同种材质的不管电池尺寸形状如何改变，开路电压是一样的）
2. 内置保护板设计不同，如比较好的就有：
  - ◆ 电池过充功能：P+与 P-之间加上充电器，对电池充电，电池电压充到过充检测电压（ $4.3\pm 0.04\text{V}$ ）时，保护电路动作，切断充电通路，实现过充保护
  - ◆ 电池过放保护功能：在 P+与 P-之间接上负载让电池放电，当电池电压下降到过放电压（ $2.5\pm 0.1$ ）时，保护电路动作，关断放电通路，实现过放保护
  - ◆ 短路保护功能：当 P+与 P-短路时，保护电路会在 5-50 $\mu\text{S}$  内迅速动作，切断通路，实现短路保护
  - ◆ 过流保护功能：当 V-端电压达（ $0.15\pm 0.02\text{V}$ ）时，保护电路会在 5-26ms 内迅速动作，切断通路，实现过流保护）
3. 材料以及电池的制作工艺，管理等的因素。

如韩国 LG ICR18650S3 锂电池，号称真正的原装 A 品的标准电压 3.7V，满电电压为：4.2V 容量：2400MA

产地：韩国 LG

型号：ICR18650S3

容量：2200mAh

电压：3.6V

充电方式：恒流-恒压

充电电压：4.2V

充电电流：1050mA

充电时间：2.5H

放电电流：1050mA

放电截至电压：3.0V

循环寿命：500

充电温度： $0^{\circ}\text{C}$  —  $+45^{\circ}\text{C}$

放电温度： $-20^{\circ}\text{C}$  —  $+60^{\circ}\text{C}$

储存温度： $0^{\circ}\text{C}$  —  $+60^{\circ}\text{C}$

尺寸：直径 18.4 毫米 × 高 65 毫米

重量：约 45 克

一般来讲，18650 锂电池的一些数据：容量 1800-2500mAh（0.5CA 放电）标称电压：有 3.6V/3.7V 电池内阻： $\leq 70\text{m}\Omega$ （带 PTC）放电终止电压：3.0V 充电上限电压： $4.20\pm 0.02\text{V}$  标准充电电流：0.5C A 快速充电电流：1C A 标准放电电流：0.5C A 快速放电电流：1C A 最大直径（ $\phi$ ）18.3 单位（mm）最大高度（H）65.0 最大放电电流：2C A 电池重量： $45\pm 6\text{g}$

在化成时，用稍高电压（锂离子电池最高可以到 4.22V，再高有可能爆壳，漏液），可以使电解液比较好的浸润电极，使锂离子激活更彻底一些，激活时间也会相应缩短节省这一步骤的时间，而反应热在不损害电池本身的情况下又可以给电池内部的反应提供一个能比较快速反应的环境（温度高反应速度加快）。

## 锂电池的一些标准如下:

### 电性能:

1. 额定容量: 0.5C 放电, 单体电池放电时间不低于 2h, 电池组放电时间不低于 1h54min (95%);
2. 1C 放电容量: 1C 放电, 单体电池放电时间不低于 57min (95%), 电池组放电时间不低于 54min (90%);
3. 低温放电容量: -20°C 下 0.5C 放电, 单体或电池组放电时间均不低于 1h12min (60%);
4. 高温放电容量: 55°C 下 0.5C 放电, 单体电池放电时间不低于 1h54min (95%), 电池组放电时间不低于 1h48min (90%);
5. 荷电保持及恢复能力: 满电常温下搁置 28 天, 荷电保持放电时间不低于 1h36min (80%), 荷电恢复放电时间不低于 1h48min (90%);
6. 储存性能: 进行贮存试验的单体电池或电池组应选自生产日期不足 3 个月的, 贮存前充 50%~60% 的容量, 在环境温度 40°C±5°C, 相对湿度 45%~75% 的环境贮存 90 天。贮存期满后取出电池组, 用 0.2C 充满电搁置 1h 后, 以 0.5C 恒流放电至终止电压, 上述试验可重复测试 3 次, 放电时间不低于 1h12min (60%);
7. 循环寿命: 电池或电池组采用 0.2C 充电, 0.5C 放电做循环, 当连续两次放电容量低于 72 min (60%) 时停止测试, 单体电池循环寿命不低于 600 次, 电池组循环寿命不低于 500 次;
8. 高温搁置寿命: 应选自生产日期不足三个月的单体电池的, 进行高温搁置寿命试验, 进行搁置前应充入 50%±5% 的容量, 然后在环境温度为 55°C±2°C 的条件下搁置 7 天。7 天后将电池取出, 在环境温度为 20°C±5°C 下搁置 2~5h。先以 0.5C 将电池放电至终止电压, 0.5h 后按 0.2C 进行充电, 静置 0.5h 后, 再以 0.5C 恒流放电至终止电压, 以此容量作为恢复容量。以上步骤为 1 周循环, 直至某周放电时间低于 72min (60%), 试验结束。搁置寿命不低于 56 天 (8 周循环)。

### 安全性能:

1. 持续充电: 将单体电池以 0.2ItA 恒流充电, 当单体电池端电压达到充电限制电压时, 改为恒压充电并保持 28d, 试验结束后, 应不泄漏、不泄气、不破裂、不起火、不爆炸 (相当于满电浮充)。
2. 过充电: 将单体电池用恒流稳压源以 3C 恒流充电, 电压达到 10V 后转为恒压充电, 直到电池爆炸或起火或充电时间为 90min 或电池表面温度稳定 (45min 内温差≤2°C) 时停止充电, 电池应不起火、不爆炸 (3C10V); 将电池组用稳压源以 0.5ItA 恒流充电, 电压达到 n×5V (n 为串联单体电池数) 后转为恒压充电, 直到电池组爆炸或起火或充电时间为 90min 或电池组表面温度稳定 (45min 内温差≤2°C) 时停止充电, 电池应不起火、不爆炸。
3. 强制放电 (反向充电): 将单体电池先以 0.2ItA 恒流放电至终止电压, 然后以 1ItA 电流对电池进行反向充电, 要求充电时间不低于 90min, 电池应不起火、不爆炸; 将电池组其中一只单体电池放电至终止电压, 其余均为充满电态的电池, 再以 1ItA 恒流放电至电池组的电压为 0V 时停止放电, 电池应不起火、不爆炸。
4. 短路测试: 将单体电池经外部短路 90min, 或电池表面温度稳定 (45min 内温差≤2°C) 时停止短路, 外部线路电阻应小于 50mΩ, 电池应不起火、不爆炸; 将电池组的正负极用小于电阻 0.1Ω 的铜导线连接直至电池组电压小于 0.2V 或电池组表面温度稳定 (45min 内温差≤2°C), 电池应不起火、不爆炸

### 机械性能:

1. 挤压: 将单体电池放置在两个挤压平面中间, 逐渐增加压力至 **13kN**, 圆柱形电池挤压方向垂直于圆柱轴的纵轴, 方形电池挤压电池的宽面和窄面。每只电池只能接受一次挤压。试验结果应符合 **4.1.2.1** 的规定。在电池组上放一直径为 **15cm** 的钢棒对电池组的宽面和窄面挤压电池组, 挤压至电池组原尺寸的 **85%**, 保持 **5min**, 每个电池组只接受一次挤压。
2. 针刺: 将单体电池放在一钢制的夹具中, 用  $\phi 3\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$  的钢钉从垂直于电池极板的方向贯穿 (钢针停留在电池中), 持续 **90min**, 或电池表面温度稳定 (**45min** 内温差  $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ) 时停止试验。
3. 重物冲击: 将单体电池放置于一刚性平面上, 用直径 **15.8mm** 的钢棒平放在电池中心, 钢棒的纵轴平行于平面, 让重量 **9.1kg** 的重物从 **610mm** 高度自由落到电池中心的钢棒上; 单体电池是圆柱形时, 撞击方向垂直于圆柱面的纵轴; 单体电池是方形时, 要撞击电池的宽面和窄面, 每只电池只能接受一次撞击。
4. 机械冲击: 将电池或电池组采用刚性固定的方法 (该方法能支撑电池或电池组的所有固定表面) 将电池或电池组固定在试验设备上。在三个互相垂直的方向上各承受一次等值的冲击。至少要保证一个方向与电池或电池组的宽面垂直, 每次冲击按下述方法进行: 在最初的 **3ms** 内, 最小平均加速度为 **735m/s<sup>2</sup>**, 峰值加速度应该在 **1225 m/s<sup>2</sup>** 和 **1715 m/s<sup>2</sup>** 之间。
5. 振动: 将电池或电池组直接安装或通过夹具安装在振动台面上进行振动试验。试验条件为频率 **10Hz~55Hz**, 加速度 **29.4 m/s<sup>2</sup>**, XYZ 每个方向扫频循环次数为 **10** 次, 扫频速率为 **1oct/min**。
6. 自由跌落: 将单体电池或电池组由高度 (最低点高度) 为 **600mm** 的位置自由跌落到水泥地面上的 **20mm** 厚的硬木板上, 从 XYZ 三个方向各一次。自由跌落结束后。

### 环境适应性:

1. 高温烘烤: 将单体电池放入高温防爆箱中, 以  $(5 \pm 2^{\circ}\text{C}) / \text{min}$  升温速率升温至 **130 $^{\circ}\text{C}$** , 在该温度下保温 **10min**。
2. 高温储存: 将单体电池或电池组放置在 **75 $\pm$ 2 $^{\circ}\text{C}$**  的烘箱中搁置 **48h**, 电池应, 应不泄漏、不泄气、不破裂、不起火、不爆炸。
3. 低气压: (UL 标准)。

### 对各组成部份物质的要求

#### 1. 对正负极物质的要求

- 正极电位超正, 负极电位越负
- 活性要高 (反应快, 得胜率高)
- 活性物质在电解液中要稳定, 自溶速度要小
- 活性物质要有良好的导电性能, 电阻小
- 便于生产, 资源丰富

#### 2. 导电剂的选择:

- 有优异的的导电性
- 化学成份稳定, 吸水性小, 易贮存
- 便于使用

目前市场上最好的导电剂是日本的 Ketjenblack（科琴超导碳黑）系列超级导电剂，如果 Ketjenblack ECP 和 Ketjenblack ECP600JD。日本的产家大都采用这种导电剂。科琴超导碳黑主要由上海翠科化工科技有限公司供应。

### 3. 对电解液的要求

- 电导率高，扩散效率好，粘度低
- 化学成份稳定，挥发性小，易贮存
- 正负极活性物质在电液中能长期保持稳定
- 便于使用

电解液目前存在的突出问题

- 与正负极的相容性。
- 随电压升高，电解质溶液分解产生气体，使内压增大，导致对电池空难性的破坏以及升高电池工作温度时溶剂的抗氧化能力较低。

### 4. 对隔膜要求

- 有良好的稳定性
- 具有一定的机械强度和抗弯曲能力，有抗拒枝晶穿透能力
- 吸水性良好，孔径、孔率符合要求
- 便于使用

### 5. 对外壳要求

- 有较高的机械强度，承受一般的冲击
- 具有耐工艺腐蚀的能力