

---

# 锂电池培训教材



- ✦ 电池基础
- ✦ 锂离子电池基础
- ✦ 锂离子电池相关检测
- ✦ 星恒的质量控制及安全保证、测试标准及结果
- ✦ 锂离子电池及电池组的性能
- ✦ 电池组的结构设计及接口
- ✦ 锂离子电池的储藏和运输
- ✦ 常见问题和解答

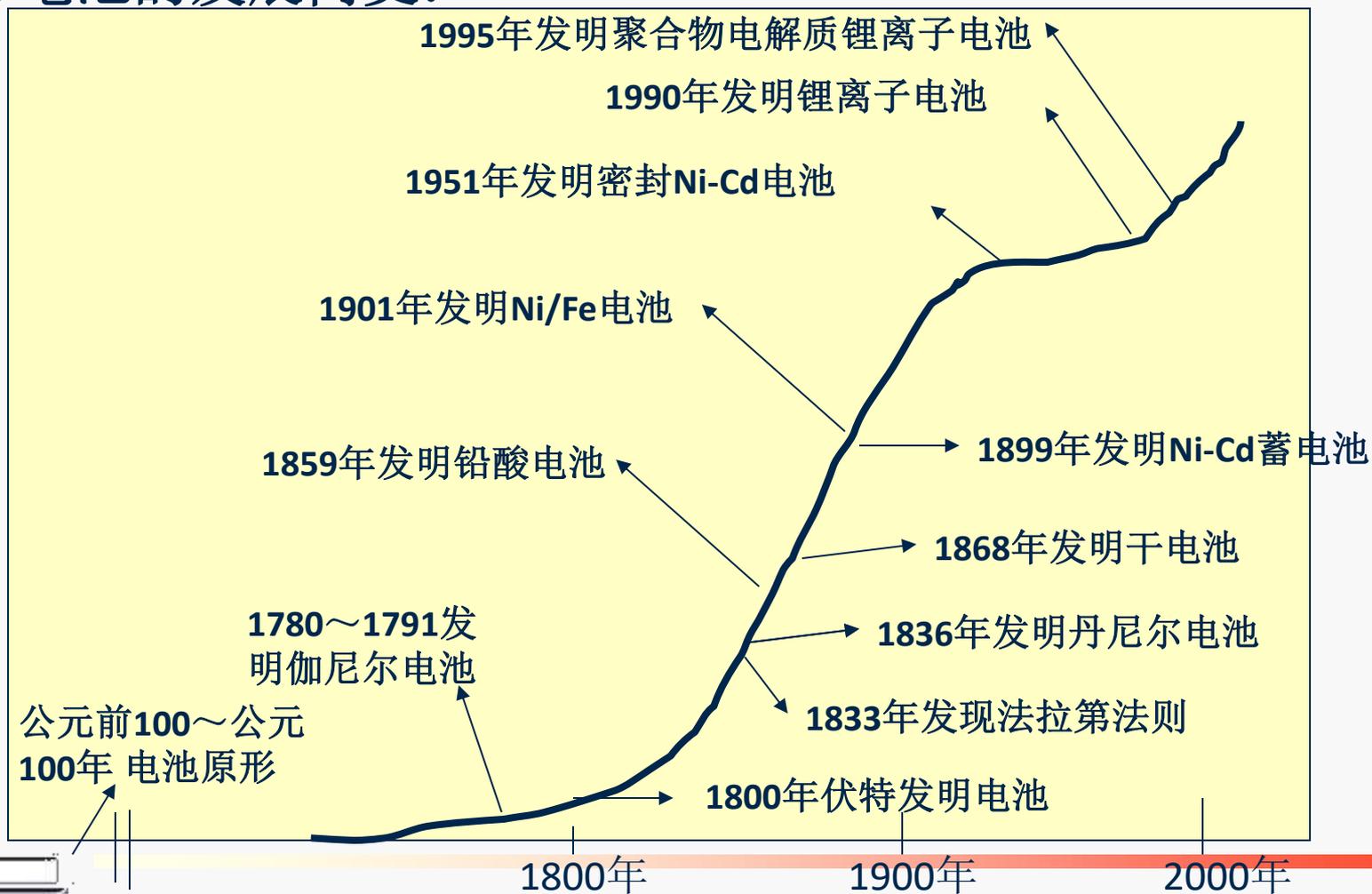


- 其 电池的历史
- 其 电池的构成
- 其 电池的分类
- 其 常见可充电电池性能比较
- 其 各类电池的市场份额和发展



# 电池基础知识

## 1 电池的发展简史:



# 电池基础知识

---

## 2 电池的要素和组成:

### ◆ 电极

**负极**: 通常将电池电极中电压较低的一极称为负极

**正极**: 通常将电池电极中电压较高的一极称为正极

◆ **隔膜**: 在电池中, 防止正负极间电子导通, 而又能让离子通过 (离子传导) 的隔离材料, 一般为多孔薄膜材料

◆ **电解质溶液** (电液): 在电池内正负极间提供离子传输作用

◆ **其他构件**: 如外壳, 极柱, 密封件等



# 电池基础知识

## 3 电池的分类:



另外还有燃料电池、太阳能电池等等



# 电池基础知识

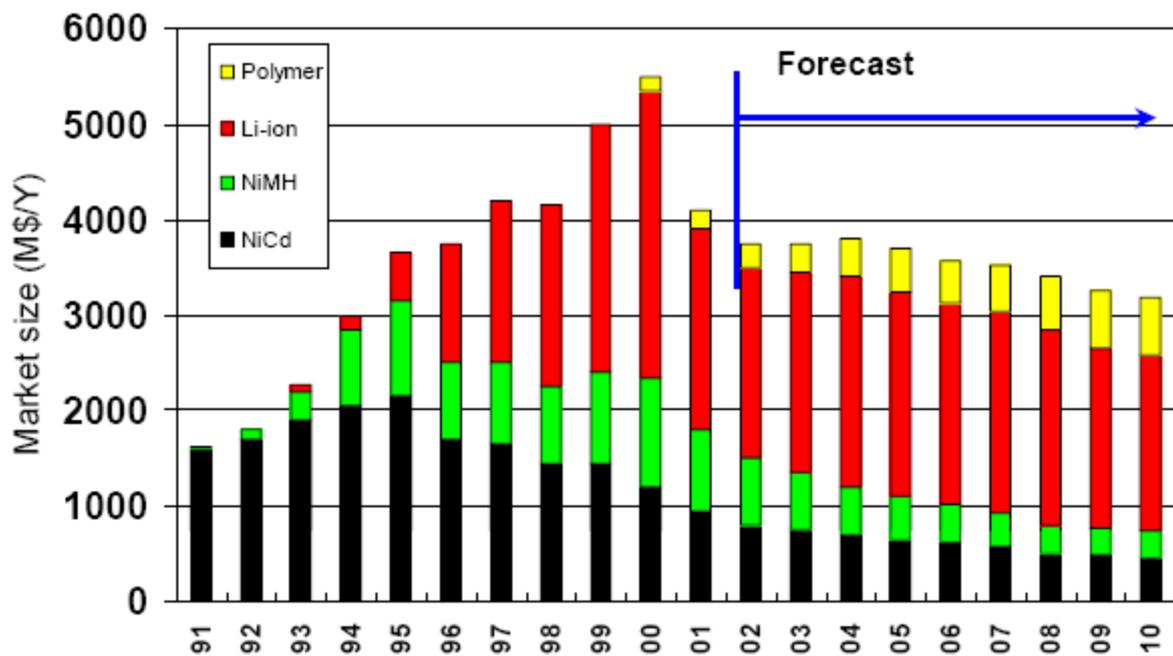
## 4 常见可充电电池性能比较:

电池体系	组成			环保性能	电池电压 (V)	能量密度		充电循环	自放电率
	负极	电解液	正极			Wh/kg	Wh/L		
锂离子电池	碳	LiPF <sub>6</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 或LiCoO <sub>2</sub>	绿色环保	3.6	130-150	350-400	≥1000	8%
铅酸电池	Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	PbO <sub>2</sub>	铅污染严重	2.0	30-50	50-80	300-500	20%
镍镉电池	Cd	KOH	NiOOH	镉污染严重	1.2	50-60	130-150	400-600	25%
镍氢电池	储氢材料	KOH	NiOOH	环保	1.2	60-70	190-200	≥500	10%



# 电池基础知识

## 5 各类二次电池的市场份额和发展:



From Hideo Takeshita, IIT Ltd (March 2002)

Defence Seminar 2002 - M.B. - 3/46



- ✦ 锂离子电池“前世今生”
- ✦ 锂离子电池工作原理
- ✦ 锂离子电池基本结构
- ✦ 锂离子电池的优点和缺点
- ✦ 锂离子电池应用领域
- ✦ 锂离子电池的进一步发展



# 锂离子电池基础知识

---

## 1 锂离子电池的“前世今生”：

锂离子电池是20世纪90年代开发成功的新型高能电池。

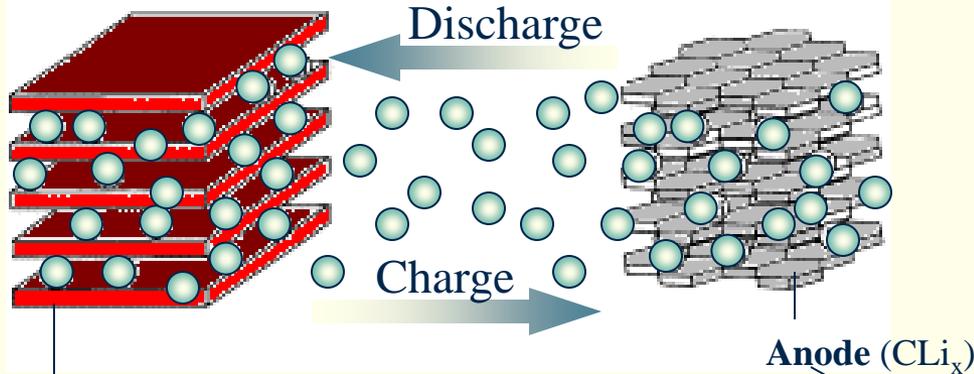
锂离子电池的“前世”：早期负极为金属锂的“锂电池”，但金属锂的化学活性太大，充电时产生的枝晶会使电池短路，目前尚未真正解决其安全问题。

锂离子电池的“今生”：锂离子电池名称开始于日本企业，针对含金属锂负极的锂二次电池而言，1991年由索尼公司率先实现商业化。采用可嵌锂碳材料为负极，正极采用含锂的过渡金属氧化物，利用溶有锂盐非水溶剂作为电介质。

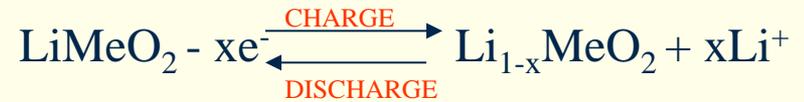


# Secondary (rechargeable) batteries

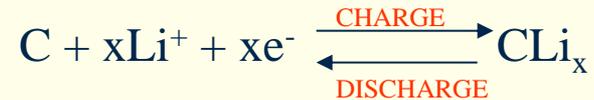
## *Lithium-ion battery*



Cathode:



Anode:

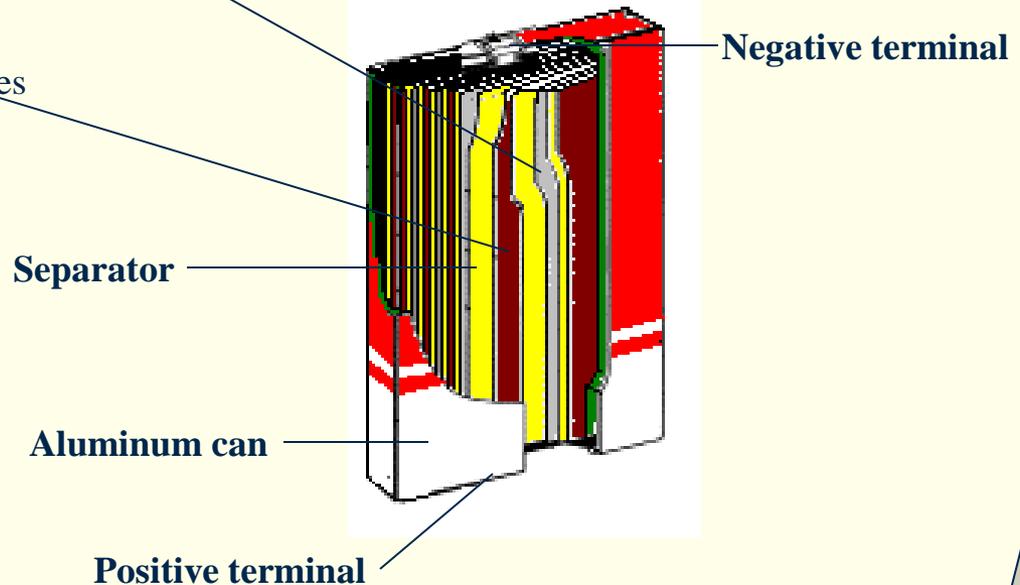


**Cathode** ( $\text{LiMe}_x\text{O}_y$ )

$\text{LiCoO}_2$  -utilized for commercial batteries

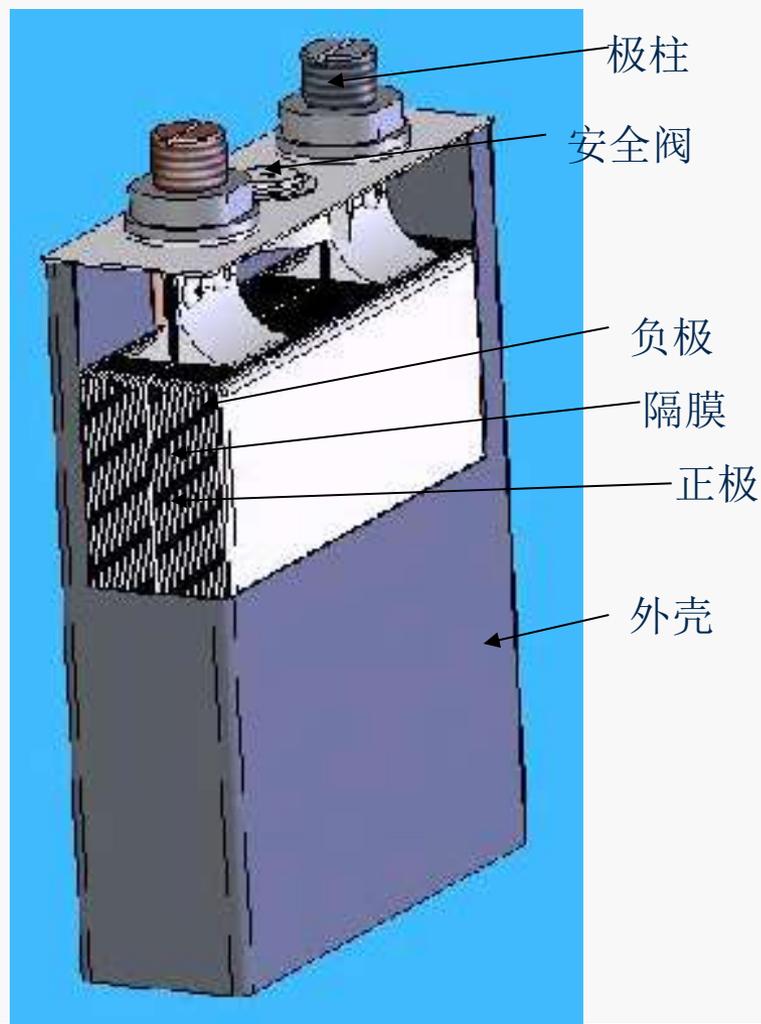
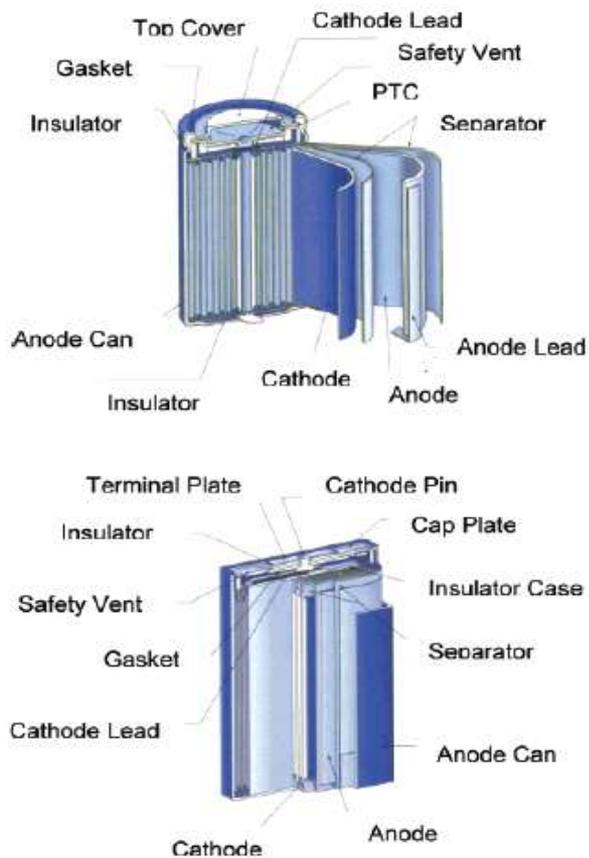
$\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ -prospective

**Anode** ( $\text{CLi}_x$ )

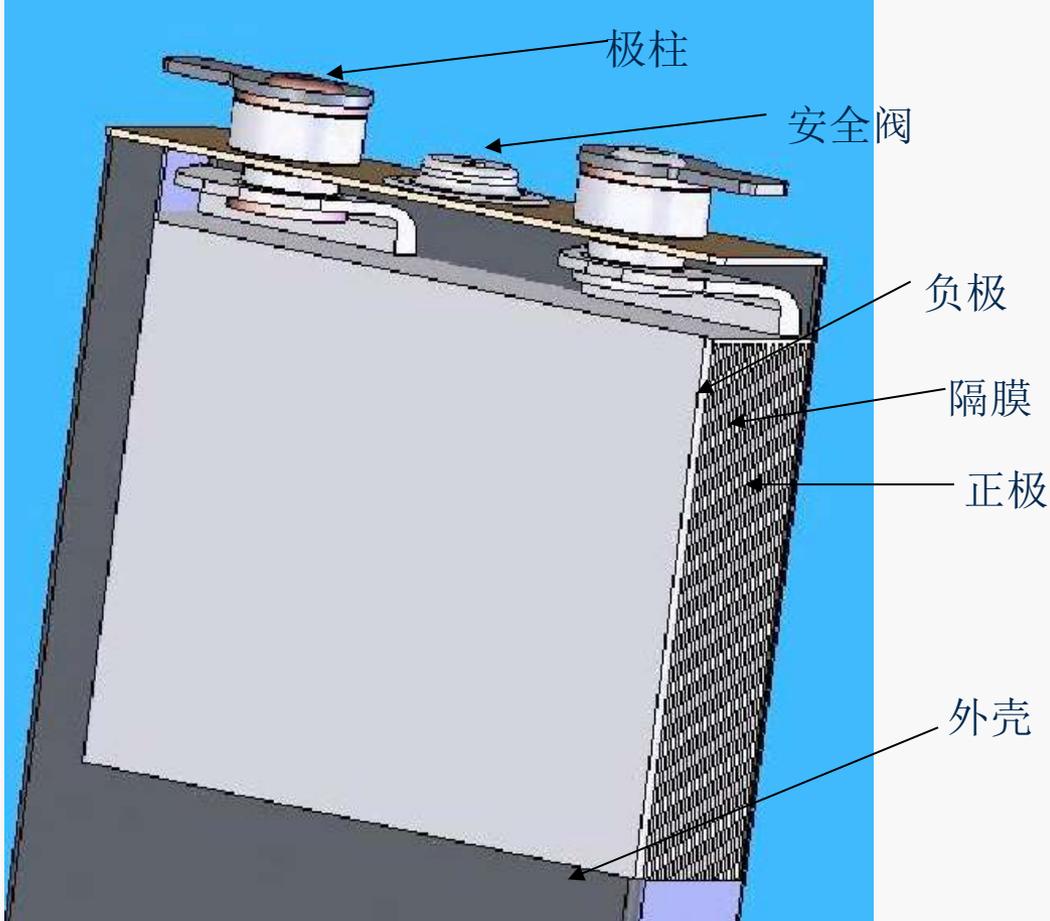
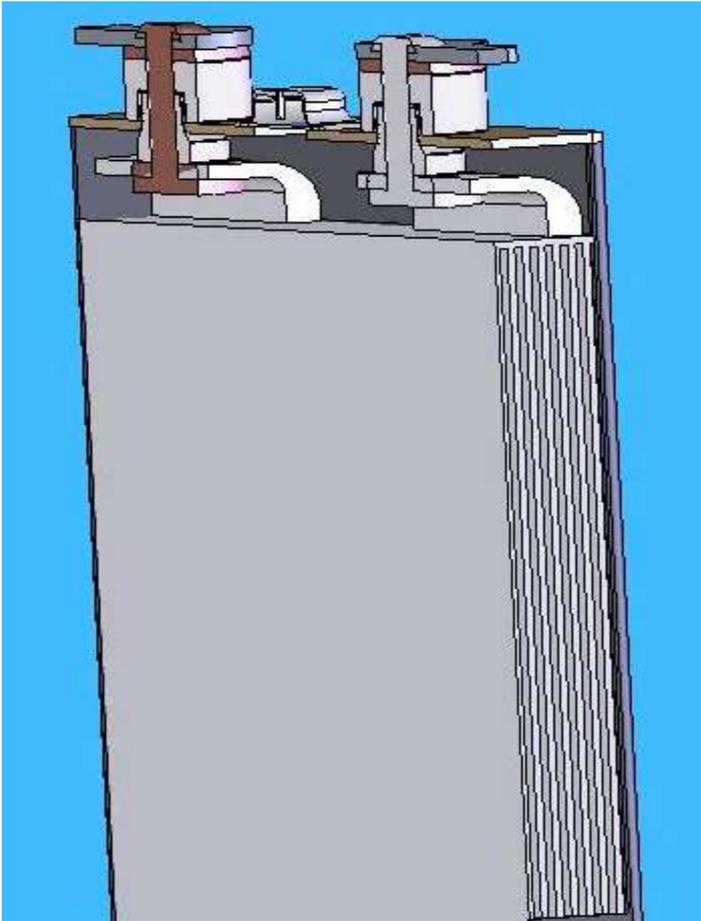


# 锂离子电池基础知识

## 3 锂离子电池基本结构:



# 电源10Ah电芯解剖示意图



# 锂离子电池基础知识

## 4 锂离子电池的优点和缺点：

锂离子电池重量轻、体积小，寿命长，没有记忆效应，具备良好的温度特性，同时由于没有重金属污染、没有毒性物质，是新一代环保型绿色电池。被业界称之为“终极电池”

	锂离子	铅酸	镍镉	镍氢
重量	5	1	1	3
寿命	5	2	3	4
环保	5	2	1	5
记忆	5	3	1	3
温度特性	5	2		3

缺点：锂离子电池价格相对昂贵，发展时间短，制造工艺的成熟性不如铅酸，镍镉及镍氢电池，但随着时间的推移，锂离子电池的制造工艺会越来越成熟，价格也会逐渐降低。



# 锂离子电池基础知识

---

## 5 液态锂离子电池与聚合物锂离子电池的异同：

◆相同点：正负极活性物质相同

电池工作原理相同

单体电池工作电压相同

◆不同点：液态锂离子电池的电解液是液态的有机电解液，聚合物锂离子电池的电解质是将液态的有机电解液吸附在一种聚合物基质上，所以被称为凝胶聚合物电解质。

◆优缺点比较：液态锂离子电池的功率较聚合物锂离子电池大的多，反映在电动自行车上，液态比聚合物有更强的爬坡能力；液态锂离子电池的价格较聚合物锂离子电池便宜。聚合物锂离子电池由于不存在游离的电解液，不存在漏液的情况。



# 锂离子电池基础知识

## 6 液态软包装、凝胶聚合物和液态锂离子电池的安全性：

◆目前市场上大量出现的是液态软包装电池，液态软包装电池内部电化学体系和金属壳包装电池一样。

◆优缺点比较：采用液体电解液，因此在大电流放电等性能上也不错。由于采用软包装，包装较易损坏，在一些振动频繁的应用领域，如电动自行车等，需要谨慎。

	金属壳液态	液态软包装	凝胶型
电解液	液态	液态	凝胶态
包装	金属	铝塑膜	铝塑膜
爬坡能力	很好	很好	差
安全性	锂离子电池的安全性需要从正极材料入手，光靠更换软包装无法从根本上解决。软包装的电池如果爆炸，不存在金属物射出物，然仍无法解决燃烧等危险。从电极材料和电解液入手，才是解决锂离子电池安全性的根本途径。		



# 锂离子电池基础知识

---

## 7 电池的一致性问题的:

单体电池不存在一致性问题，一致性问题主要集中在电池组中，影响电池组一致性的主要因素是电池的自放电，内阻，电池中电池的数量，有无均衡线路等。同样容量和电压的电池组，锂离子电池数量最少，对一致性要求越低。

星恒公司通过一系列严格的质量控制和工艺改进手段，极大地提高了电芯的一致性。目前生产的锂离子电池的月自放电均小于**10%**，且电池间的差异很小，通过采用独家均衡线路技术，更进一步提高了一致性。



# 锂离子电池基础知识

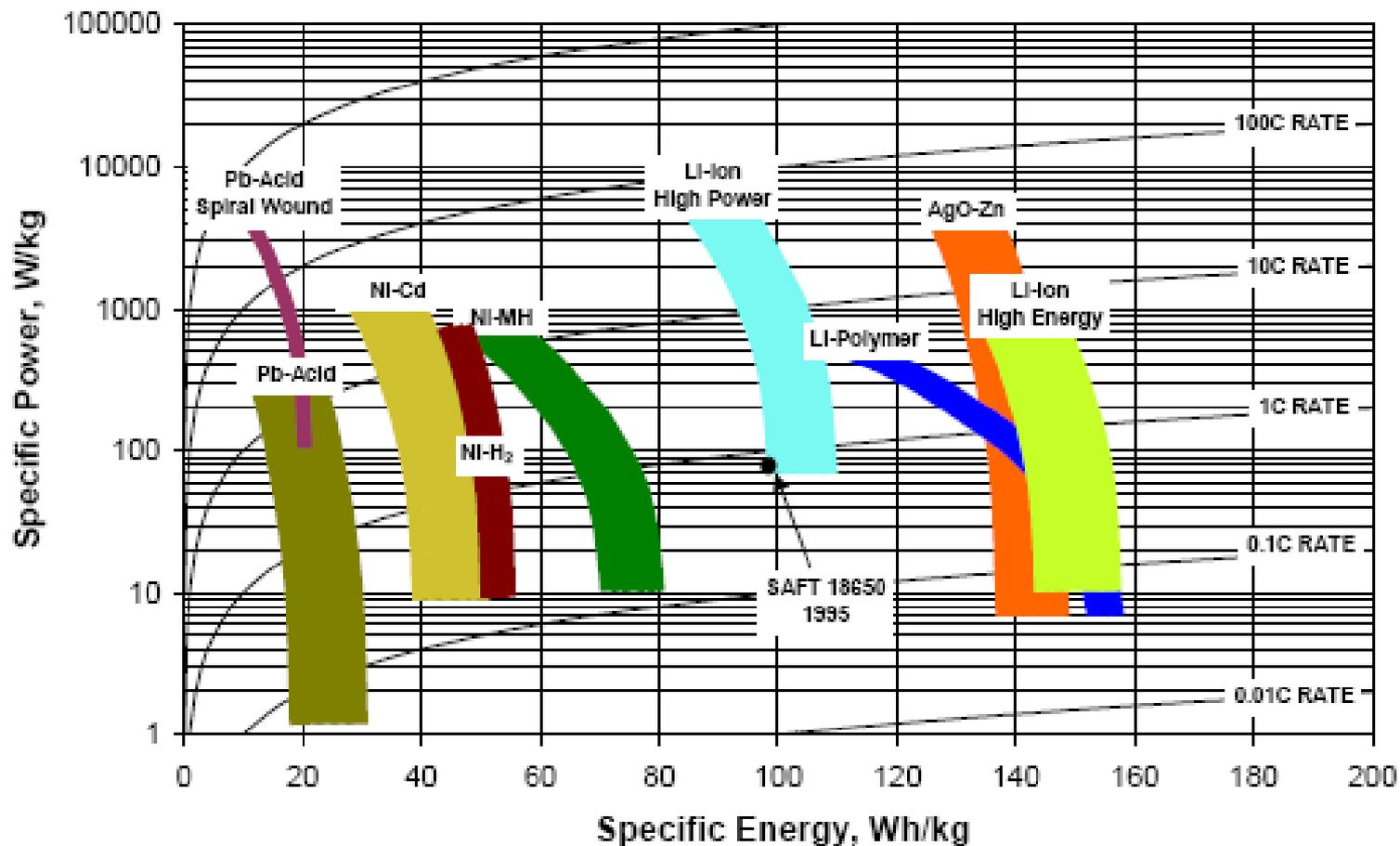
---

## 8 镍氢（Ni/MH）电池的简介：

镍氢电池的工作电压为**1.2V**，无铅酸，镉镍电池的重金属污染问题，也属于绿色环保型电池，但与锂离子电池相比，镍氢电池的工作电压只有锂离子电池的**1/3**，同样一个电池镍氢电池需要的单体电池的数量是锂离子电池的**3倍**，重量是锂离子电池的**2倍左右**，循环寿命也比锂离子电池短。另外镍氢电池充电过程中发热严重，无法长期在高温调节下使用。低温性能不如锂离子电池，高倍率放电性能不如镉镍电池和锂离子电池，而价格与锂离子电池相差无几。所以镍氢电池虽然发展时间较长，但其发展的速度和潜力已远远落后于锂离子电池。



## RAGONE CHART Rechargeable Batteries



# 锂离子电池基础知识

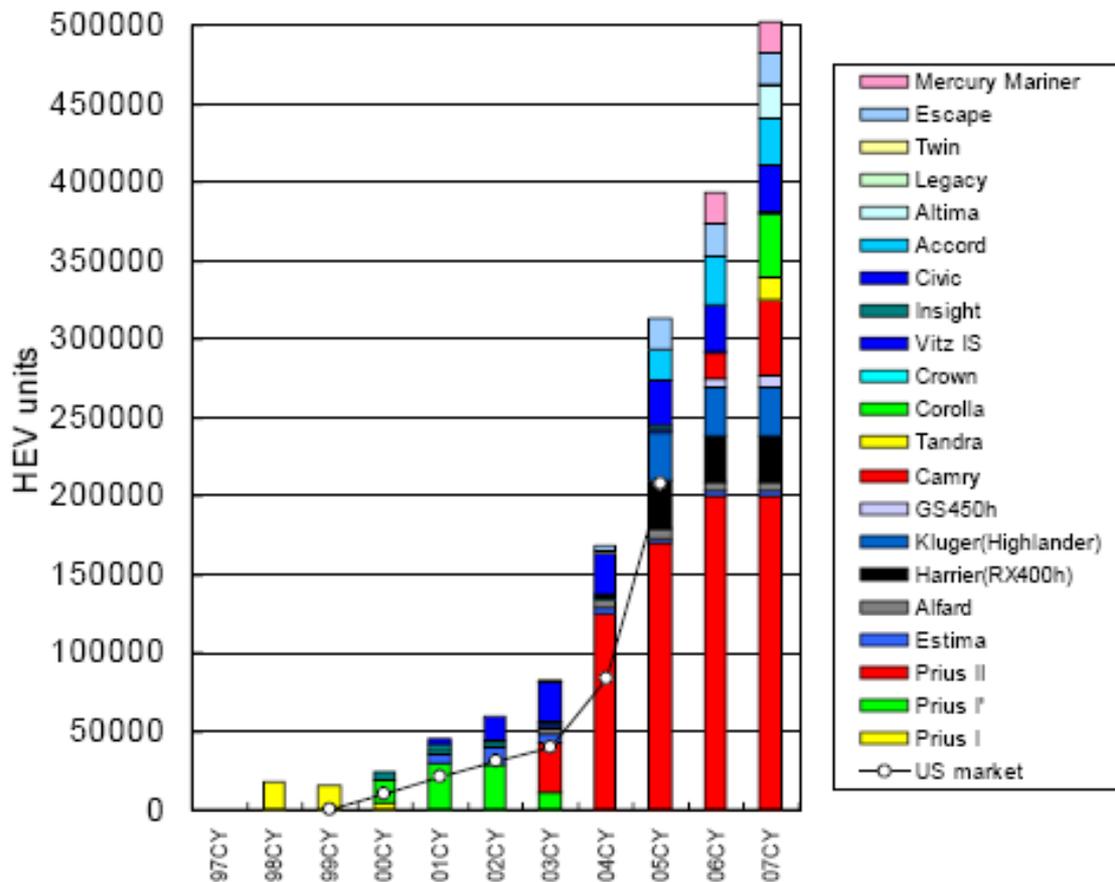
## 9 锂离子电池应用领域:

用电器	电池形态	容量	放电电流	正极材料	市场份额
手机, MP3/MP4数 码相机	液态/聚合物	~800mAh	~100mA	钴酸锂	98%以上
笔记本电脑, 摄像机、玩 具	液态/聚合物	~2Ah	~1000mA	钴酸锂	98%以上
电动自行车	液态/聚合物	10Ah	5~10A	锰酸锂	目前5%
电动(混动) 汽车	液态	7~15Ah	200~600A	锰酸锂	试验阶段
飞机、潜艇	液态	~15Ah	500A	锰酸锂	试验阶段
军用通信	液态	~8Ah	~1000mA	锰酸锂	试验阶段



# 锂离子电池基础知识

## 10 锂离子电池的进一步发展



# 锂离子电池相关检测标准

其 UL1642, 2054

其 IEC61960

其 国家标准

其 企标



QS 9000



ISO 9001 for Li-ion battery



ISO14001



UL 1642 for Li-ion Battery



## 锂离子电池相关检测标准

### 电芯测试汇总

测试项目	测试方法	测试要求	相关标准
常规测试:			
常温 0.2C 放电特性 (额定容量)	电池以 0.5C 充满后, 用 0.2C 放电	放电时间 $\geq 5h$	企标 IEC61960
低温 (-20) 放电特性	电池以 0.5C 充满后, 在 -20℃ 以 0.2C 放电	$\geq 70\%$ 额定容量	
高温 (55) 放电特性	电池以 0.5C 充满后, 在 55℃ 以 0.2C 放电	$\geq 95\%$ 额定容量	
振动	X、Y、Z 三个方向上从 10Hz~55Hz 循环扫频振动 30min, 扫频频率为 1oct/min; 位移振幅为 0.35mm, 0.2c 放电	$\geq 98\%$ 额定容量	UL1642 UL2054 企标
荷电保持能力	电池静置 28 天后, 以 0.2C 放电	$\geq 80\%$ 额定容量	企标 IEC61960
荷电恢复能力	荷电保持测试电池用 0.5C 充满, 0.2C 放电	$\geq 90\%$ 额定容量	
循环寿命	0.5C 循环, 放电容量小于 80% 额定容量, 循环结束	$\geq 300$ 次	



## 锂离子电池相关检测标准

### 电芯测试汇总

安全测试			
撞击	9.1KG 重物, 0.61m 高度落到电池上	不起火, 不爆炸	
高温	在 150℃ 环境下, 放置 10min	不起火, 不爆炸	UL1642
过充电	电流: 3C, 电压: 10V	不起火, 不爆炸	UL2054
短路	电阻小于 10m 欧姆导线, 短接电池正负极 10min	不起火, 不爆炸	企标
挤压	13KN, 方向 (方型电池垂直与长轴两个方向)	不起火, 不爆炸	UL1642 UL2054 企标
针刺	$\phi$ 3mm~ $\phi$ 8mm 的钢钉从垂直于蓄电池极板的方向迅速贯穿 (钢针停留在电池中)	不起火, 不爆炸	企标



## 锂离子电池相关检测标准

### 电池组测试汇总

测试项目	测试方法	测试要求	相关标准
常规测试:			
电压	用电压表测量电池组放电口电压	$(3.85 \sim 3.95) \text{ V} \times \text{串数}$	FQC 检验规范
内阻	用内阻仪 (3560) 测量电池组放电口内阻	$15 \text{ m}\Omega \times \text{串数} / \text{并数}$	FQC 检验规范
常温 0.2C 放电特性 (额定容量)	电池以 0.5C 充满后, 用 0.2C 放电	放电时间不低于 4.75h	企标 IEC61960
低温 (-20℃) 放电特性	电池以 0.5C 充满后, 在 -20℃ 以 0.2C 放电	放电时间不低于 4h, 电池组外观无变形, 无泄漏, 无爆炸。	企标 IEC61960
高温 (55℃) 放电特性	电池以 0.5C 充满后, 在 55℃ 以 0.2C 放电	放电时间不低于 4.75h, 电池组外观无变形, 无泄漏, 无爆炸。	企标
荷电保持能力	电池静置 28 天后, 以 0.2C 放电	荷电保持的放电时间不低于 4h,	企标 IEC61960
荷电恢复能力	荷电保持测试电池用 0.5C 充满, 0.2C 放电	容量恢复的放电时间不低于 4.5h	企标 IEC61960



## 锂离子电池相关检测标准

### 电池组测试汇总

循环寿命↻	0.5C 循环, 放电容量小于 70% 额定容量, 循环结束↻	≥300 次↻	企标↻ IEC61960↻
振动↻	X、Y、Z 三个方向上从 10Hz~55Hz 循环扫频振动 30min, 扫频频率为 1oct/min; 位移振幅为 0.35mm ↻	无明显损伤, 无漏液, 无冒烟, 无爆炸, 并能正常充放电↻	企标↻
跌落↻	500mm 的位置自由跌落到水泥地面上的 20mm 厚的硬木板上, 从 X,Y,Z 三个方向各一次。↻	无明显损伤, 无漏液, 无冒烟, 无爆炸, 并能正常充放电↻	企标↻
<b>安全性测试</b> ↻			
撞击↻	将一直径 15.8mm 的棒放在样品中心, 将 9.1Kg 的重锤自 610mm 高度自由落到棒上↻	不爆炸, 不起火, ↻	企标↻
高温↻	从常温以 5℃/min 速度升温到 130℃, 保持 30min。↻	不爆炸, 不起火, ↻	企标↻
过充电↻	5A 恒流, 60V 恒压↻	不起火, 不爆炸, 温度 <150℃ ↻	企标↻
短路↻	用电阻小于 100mΩ 导线连接电池组的两极 (带保护板, 保险丝)。↻	不起火, 不爆炸, 温度 <150℃ ↻	企标↻ UL2054↻
挤压↻	13KN 挤压力 ↻	不爆炸, 不起火↻	企标↻



# 电池质量控制及安全性保证

- ✦ 质量控制
- ✦ 质量管理认证
- ✦ 性能测试标准
- ✦ 安全保证
- ✦ 安全测试标准
- ✦ 电池安全测试结果及安全认证



# 几个层次的质量保证

---

- ✦ 材料选择
- ✦ 工艺选择
- ✦ 质量管理
- ✦ 质量控制
- ✦ 管理认证



# 电池质量控制

## ■ 质量控制

- 对原材料供应商进行严格的考核
- 开发部，品管部对样品的检测
- 小批量试生产，并对其进行跟踪监测管理
- 成品电池检验

## ■ 质量管理认证

通过DNV 对于ISO9001-2000的外部审核，在5月取得相应证书



# - 几个层次的质量保证

## ■ 材料选择

选择合格供应商

选择有相关认证的部品，如UL、CCC、CE等

## ■ 工艺选择

全自动设备与半机械化相结合

## ■ 质量管理、控制

对原材料供应商进行严格的考核

开发部，品管部对样品的检测

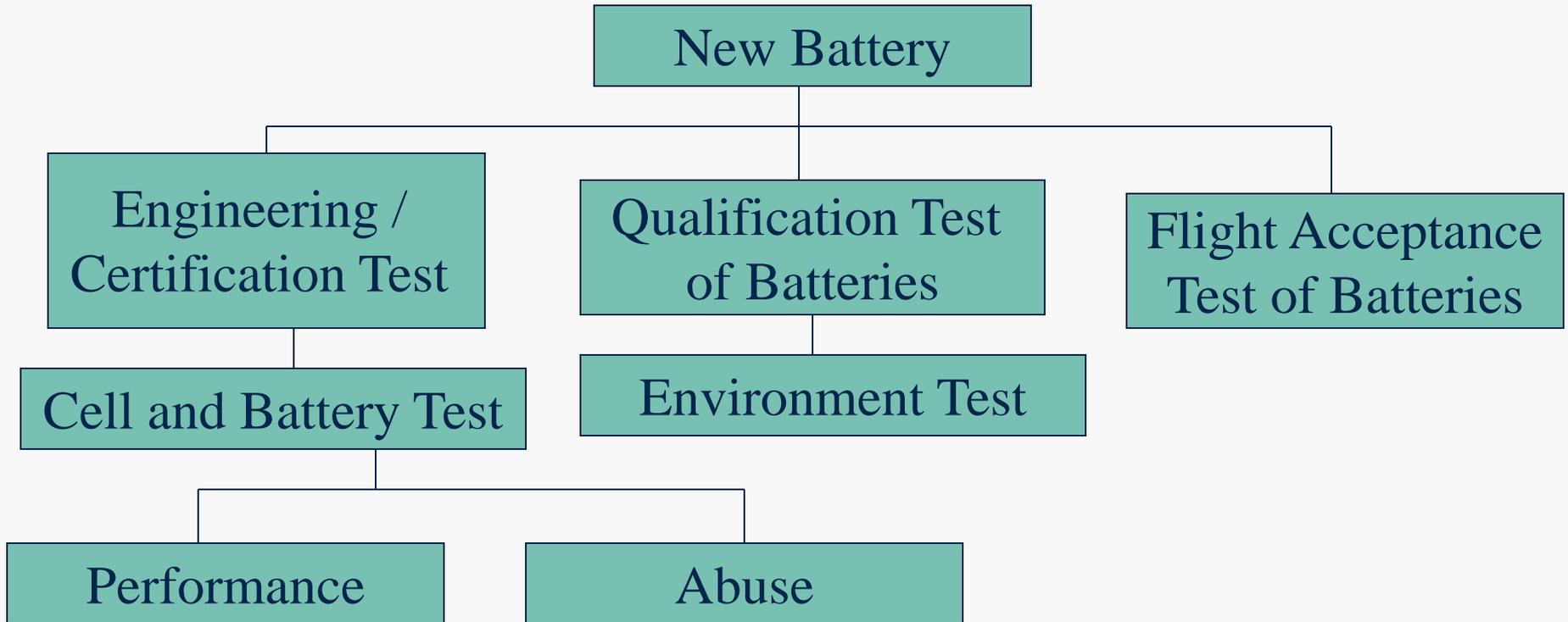
小批量试生产，并对其进行跟踪监测管理

成品电池检验（FQC检验规范）

## ■ 管理认证

2006年3月通过DNV 对于ISO9001-2000的外部审核





# 几个层次的安全性保证

---

- I. 材料的选择
- II. （正极、负极、电解液和隔膜）
- II. 电芯级的安全保证
- III. 电池组级的安全性保证
- IV. 安全性认证



# 锂电池的安全保证

---

## 1 安全隐患的来源:

- (1) 锂离子电池的核心元素：Li是非常活泼的金属元素。
- (2) 锂离子电池的电解液是电导性差，可燃性、氧化还原性溶液
- (3) 大容量对安全性要求更高
- (4) 大功率放电对安全性要求更高
- (5) 使用条件苛刻对安全性要求更高

因此，动力型锂离子电池的安全性问题比一般的小型锂离子电池更突出，要求更高。如何解决这一问题，得从材料、结构、保护电路入手。最后再通过科学的检测与权威的认证，如此才能把高效、安全的动力型锂离子电池，交到客户的手中。



# 锂电池的安全保证

## 2 解决安全性问题的途径

### 材料入手

- A 选用安全性更高的锰酸锂，磷酸铁锂等正极材料
- B 合理的负极材料
- C 选用更好温度特性的隔膜材料
- D 选用更好温度特性，更高耐压，导电更好的电解液配方
- E 合理的正负极材料比例

### 结构保证

- A 采用层叠的极片和隔膜组合方式
- B 采用更可靠的安全阀结构
- C 减少电芯串并联的级数

### 可靠的外围电路

- A 设计上保证外围电路的可靠性，作好失效分析，减少电芯极限条件工作的概率，使电芯工作在合理的条件下
- B 从工艺和材料上保证电路的可靠性

## 严格的检测和监控



# 锂电池的安全保证

## 3 电池安全性上所做的努力与成效

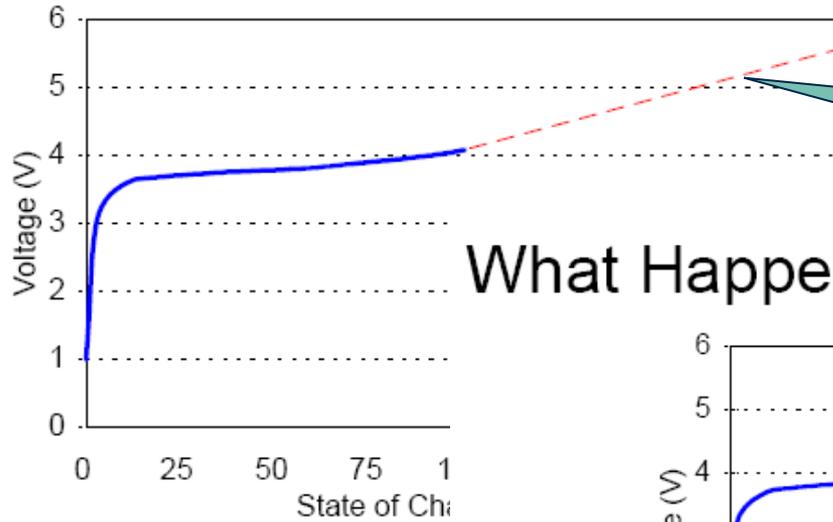
正极材料：选用安全性能更好的 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 作为正极材料，星自主研发的表面改性的 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 材料有效解决了锰酸锂正极材料过充分子结构塌陷的问题，同时提高了导电性，使之更适用于动力型的场合。正常充电结束后，所有的Li都已经从正极嵌入了负极。即使电池进入了过充状态，正极材料已没有Li可以脱嵌，因而完全避免了锂枝晶的形成，保证了安全性。

负极材料：选择了MCMB（中间相碳微球），是球形片层结构且表面光滑。MCMB的球形片层结构是种各向同性的结构（即球对称，对每一个方向而言都是一致、无差别的）。因此，Li可以从各个方向嵌入和脱嵌，解决了石墨类材料由于各向异性而引起的石墨片层过度溶胀、塌陷和不能大电流放电的问题。

隔膜：我们采用国际先进的Celgars2300 PP-PE-PP三层复合膜。在电池内部温度到 $130^\circ\text{C}$ 的情况下，PE膜孔闭合，电池内部断路，从而确保电池安全可靠。

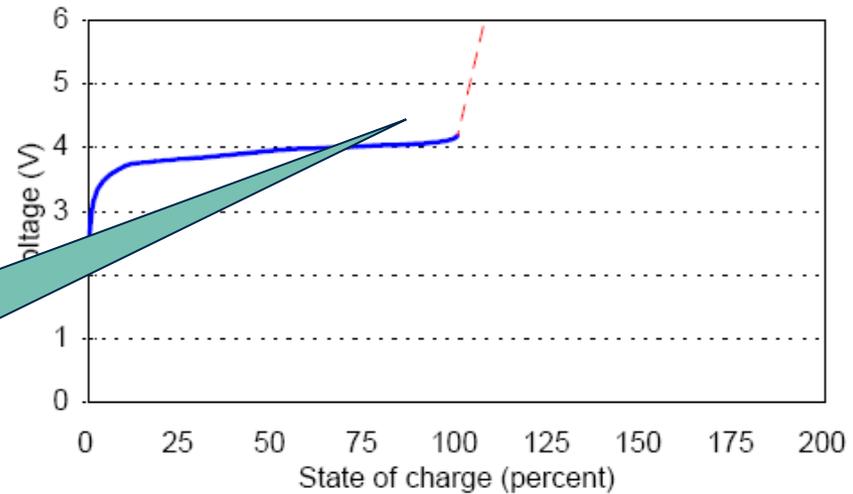


# Charge Characteristics - LiCoO<sub>2</sub>



过量的金属锂在负极还原，  
形成锂枝晶

# What Happens on Overcharge - LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>



过充时，无过量的金属锂在负  
极还原，不会形成锂枝晶

	<u>Discharged</u>		<u>C</u>
<u>Cathode</u>	2LiCoO <sub>2</sub>	⇌	2Li
<u>Anode</u>	C <sub>6</sub>	⇌	LiC <sub>6</sub>

	<u>Discharged</u>		<u>Charged</u>		<u>Overcharged</u>
<u>Cathode</u>	2LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	⇌	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	⇌	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
<u>Anode</u>	C <sub>6</sub>	⇌	LiC <sub>6</sub>	⇌	LiC <sub>6</sub>



## 几种锂离子电池正极材料的综合比较

	钴酸锂	锰酸锂	磷酸铁锂	镍钴锰酸锂
耐过充	×	√	√	×
氧化性	很强	一般	弱	强
过充极限	0.5C/6V	3C/10V	3C/10V	0.5C/6V
用作动力电池的安全性	很不安全	安全性能好	安全性能好	不安全
安全容量	1Ah	10~30Ah	可达100Ah	/
大功率能力	好	很好	一般	/
价格	昂贵	低廉	低廉	一般



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/978021026074006130>