**三元材料电池特性**

# 目录

[目录 2](#_Toc444847360)

[1 背景 3](#_Toc444847361)

[2 三元材料结构与化学反应原理 3](#_Toc444847362)

[3 特性曲线 4](#_Toc444847363)

[3.1充放电曲线 4](#_Toc444847364)

[3.2倍率特性 4](#_Toc444847365)

[3.3温度特性 5](#_Toc444847366)

[3.4开路电压特性 6](#_Toc444847367)

[4总结 7](#_Toc444847368)

**1 背景**

三元正极材料(包括镍钴锰系NCM和镍钴铝系NCA层状三元材料)因具有高能量密度、优低温特性和高一致性，能为电动汽车里程忧虑、安全性等核心问题提供更好的解决方案，相比于锰酸锂和磷酸铁锂等传统车用正极，正逐渐发展成当今和未来的主流技术路线。本文以市场上某品牌电池为研究对象，通过性能测试实验获取数据，然后归纳总结该电池特性，从而获得该类电池较全面的性能评价，作为该类电池管理的数据支持。

**2 三元材料结构与化学反应原理**

 以NCM为例，NCM化学组成为Li(Ni,Co,Mn)O2，其中各过渡金属离子作用各不相同。一般认为，Mn4+的作用在于降低材料成本、提高材料安全性和结构稳定性。但过高的Mn含量会破坏材料的层状结构，使材料的比容量降低。Co3+的作用在于不仅可以稳定材料的层状结构，而且可以提高材料的循环和倍率性能。而Ni2+的作用在于提高增加材料的体积能量密度。但镍含量高的三元材料也会导致锂镍混排，从而造成锂的析出，在材料表面形成无活性锂盐，容易分解及吸水，从而降低电池容量。常见的三元材料Ni、Co、Mn比例为1:1:1，结构示意图如图1所示。

****

图1 (a) LiNi1/3Co1/3Mn1/3O2结构示意图；(b)锂镍混排结构示意图

NCM在充放电过程中的电化学反应式为：

$LiNi\_{\frac{1}{3}}Co\_{\frac{1}{3}}Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}\begin{matrix}→\\←\end{matrix}Li\_{1-x}\left(Ni\_{\frac{1}{3}-x}^{2+}Ni\_{x}^{3+}\right)Co\_{\frac{1}{3}}Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}+xLi^{+}+xe^{-}$ (0≤x≤1/3 3.8～4.1V)

$Li\_{\frac{2}{3}}Ni\_{\frac{1}{3}}^{3+}Co\_{\frac{1}{3}}Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}\begin{matrix}→\\←\end{matrix}Li\_{1-x}\left(Ni\_{\frac{2}{3}-x}^{3+}Ni\_{x-\frac{1}{3}}^{4+}\right)Co\_{\frac{1}{3}}Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}+(x-\frac{1}{3})Li^{+}+(x-\frac{1}{3})e^{-}$ (1/3≤x≤2/3 3.8～4.1V)

$Li\_{\frac{1}{3}}Ni\_{\frac{1}{3}}^{4+}Co\_{\frac{1}{3}}Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}\begin{matrix}→\\←\end{matrix}Li\_{1-x}Ni\_{\frac{1}{3}}^{4+}\left(Co\_{1-x}^{2+}Co\_{x-\frac{2}{3}}^{3+}\right)Mn\_{\frac{1}{3}}O\_{2}+(x-\frac{2}{3})Li^{+}+(x-\frac{2}{3})e^{-}$ (2/3≤x≤1 ～4.5V)

电位为3.8～4.1 V区间内对应于Ni2+/Ni3+(0≤x≤1/3)和Ni3+/Ni4+(1/3≤x≤2/3)的转变；在4.5V左右对应于Co3+/Co4+ (2/3≤x≤1)转变，当Ni2+与Co3+被完全氧化至+4价时，其理论容量为278 mA h/g。

**3 特性曲线**

三元材料-石墨体系电池标称电压为3.6V，研究三元材料电池一般从充放电曲线、倍率特性、温度特性、开路电压特性、循环特性等不同角度来考虑，以下是相关的特性曲线。

3.1充放电曲线

从电池标准充放电曲线可以了解电池最基本的输入/输出电压、电量等特性，可以初步判断电池能否满足负载的需求。

以1/3C电流对电池进行室温下的标准充放电，充放电电压范围为2.8V～4.2V，所得充放电曲线如图2所示。



图2 电池标准充放电曲线

从图2可知电池1/3C电流下所得电池充电容量为7.3Ah，放电容量为7.2Ah，充放电库伦效率为99.51%，在3.6V～3.8V范围内出现电压平台。

3.2倍率特性

电池的倍率特性是指不同输入/输出电流下电池的电压、电量变化特征，主要用于判断电池能否满足负载功率需求。

电池分别以1/3C、1.5C、4.0C不同倍率进行放电，所得放电曲线如图3所示。电池放电平台随放电倍率增大依次下降，说明了电池内阻造成的电压极化。



图3 电池倍率放电曲线

不同倍率电池充电容量数据见表1，放电容量遵循随着放电倍率增大逐渐减小的趋势。在4.0C倍率，放电效率近90%，说明该电池持续输出功率高。

表1 电池倍率放电数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 放电倍率 | 1/3C | 1.5C | 4.0C |
| 容量(Ah) | 7.236 | 6.904 | 6.484 |
| 放电效率(以1/3C为基准，%) | 100.00 | 95.41 | 89.61 |

3.3温度特性

考查电池的温度特性是为了判定电池输入/输出是否满足不同工作环境下负载能量需求。

根据常见储能环境，选取-20℃、23℃、55℃三个温度点考察电池温度特性，充放电电流按照1/3C进行测试，其他遵循标准充放电条件。三种温度下的充电曲线见图4，充电数据见表2。



图4不同温度下电池放电曲线

从图4和表2可以看出，在-20℃低温环境下，放电电压平台急剧降低，约为3.0V～3.5V放电容量仅有23℃下的65.36%，说明电池极化严重。当温度达到55℃高温时，放电容量达到23℃的约1.04倍，升高了3.97%。

表2 不同温度下电池放电数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 温度 | -20℃ | 23℃ | 55℃ |
| 放电容量(Ah) | 4.778 | 7.310 | 7.600 |
| 容量保持率(以23℃为基准，%) | 65.36 | 100.00 | 103.97 |

综合以上数据可得，环境温度能影响电池输出能量，低温下电池能量输出能力低，高温下电池输出能量有所提高。

3.4开路电压特性

电池开路电压与与电池荷电状态(SOC)有关，诊断电池SOC有必要研究电池开路电压特性。

将电池以递增5%SOC的步长，进行0～100%SOC范围内的充放电测试，所得开路电压变化曲线如图5所示。图5中电池的开路电压随SOC变化趋势中平台区不明显，有利于开路电压法估算SOC。在-10℃～55℃温度范围内，不同温度下的开路电压曲线相似度较高，相同SOC下开路电压随温度升高而增大。

 

图5不同温度下电池开路电压随SOC变化曲线

**4总结**

三元材料电池作为车用动力电池，具有约3.6V的电压平台，所测试电池在4.0C以内有较优的充放电倍率特性，温度范围在-20℃～55℃输入/输出能量稳定。由此可见，三元材料电池整体性能优异，能够满足车用动力电池功率和能量需求。