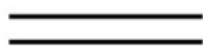


动力电池模型

模型种类



功能效果

不同的模型类型体现不同的功能效果：
如极化效果，开路电压，充放电差异。
不同的电池类型体现在模型参数差异

模型种类

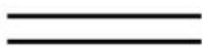


电池材料

电池材料有：三元锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池、铅酸电池，材料不同主要体现在模型参数的差异上。

动力电池模型

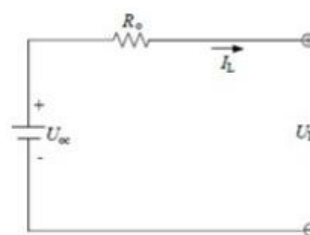
模型种类



功能效果

模型发展：

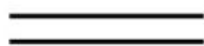
1. Rint模型
2. Thevenin模型
3. PNGV模型
4. DP模型



理想电压源+等效内阻，
不考虑瞬态效果，只为反
应电池正常使用区间

动力电池模型

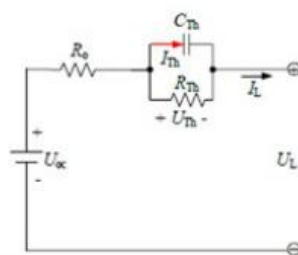
模型种类



功能效果

模型发展：

1. Rint模型
2. Thevenin模型
3. PNGV模型
4. DP模型



理想电压源+等效内阻+一阶RC电路, R_{th} : 极化内阻, U_{th} : 充放电差异

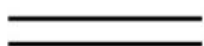


www.hirain.com

电压随着容量的减少会存在压降，加入一个电容体现充放电差异；内阻具有极化现象，加入极化内阻。因此人们加入了一阶 RC 电路。

动力电池模型

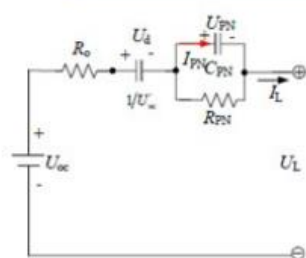
模型种类



功能效果

模型发展：

1. Rint模型
2. Thevenin模型
3. PNGV模型
4. DP模型



较Thevenin模型多串联一电容用于反映开路电压、端电压随电流变化的效果

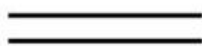


www.hirain.com

PNGV 模型是美国在 2010 年发现的。

动力电池模型

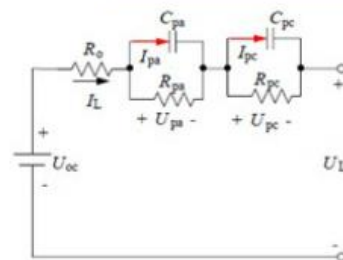
模型种类



功能效果

模型发展：

1. Rint模型
2. Thevenin模型
3. PNGV模型
4. DP模型



又称作二阶RC模型，两个RC电路分别表达电化学和浓差极化

www.hirain.com



如何建立动力电池模型？

传统建模

传统建模思路：

可读性差

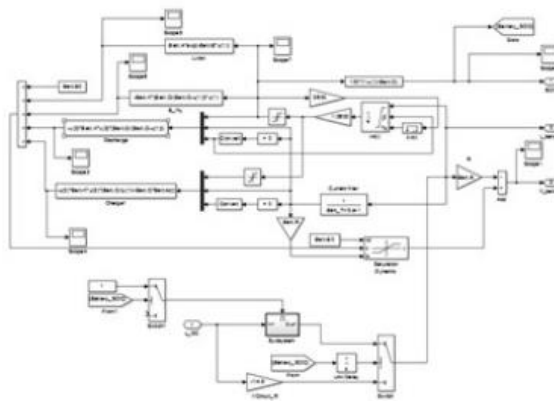
模型架构混乱

可扩展性差

可维护性差

➤ 只用与解决当下问题

➤ 不适合模型长期发展



动力电池模型



www.hirain.com

系统建模

定义问题

明确建模的目的

清晰架构

了解实际物理对象

合理分解

将模型合理的分割成若干个子模型

定义接口

定义各个子模型的接口传输量

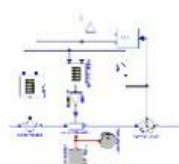
逐一建模

对各个子模型分别建模

组合模型

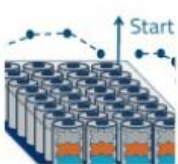
依据目的组建适当的模型

动力电池建模介绍



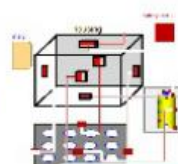
单体模型

- 效率
- 开路电压
- 容量...



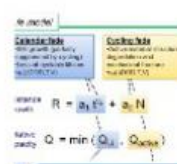
模组模型

- 串并联
- 不一致性



热模型

- 单体传热
- 热电耦合



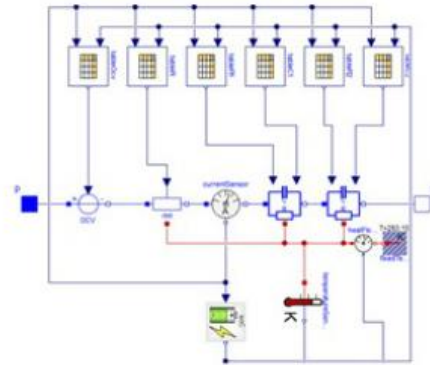
老化模型

- 时间
- 充放电

动力电池—单体模型

电池仿真特点：

1. 反映极化效果
2. 反映开路电压瞬态效果
3. 反映充放电效率变化
4. 反映负载变化
5. 反映生热影响及温度不一致性
6. 反映寿命影响及性能不一致性
7. 反映初始性能不一致性

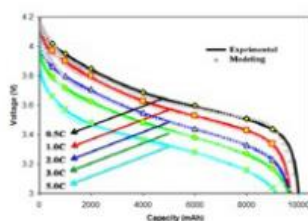


二阶RC模型

动力电池—参数获取

模型类型：Rint模型

实验数据要求：单体容量；不同温度（如果需要考虑温度）、不同电流下随DOD变化的端电压曲线

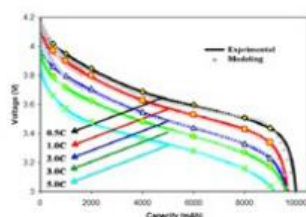


不同放电率下电压
与DOD的关系

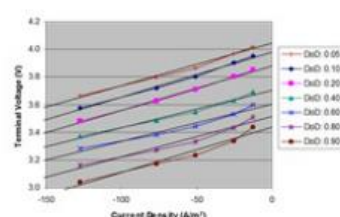
动力电池—参数获取

模型类型：Rint模型

实验数据要求：单体容量；不同温度（如果需要考虑温度）、不同电流下随DOD变化的端电压曲线



不同放电率下电压与DOD的关系



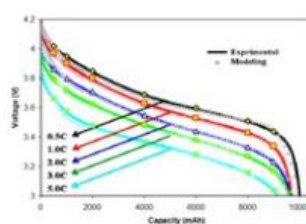
不同DOD下电压与电流的关系

www.hirain.com

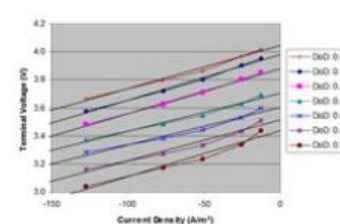
动力电池—参数获取

模型类型：Rint模型

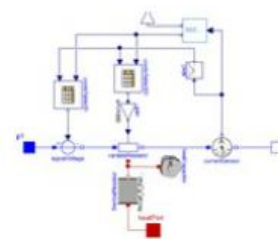
实验数据要求：单体容量；不同温度（如果需要考虑温度）、不同电流下随DOD变化的端电压曲线



不同放电率下电压与DOD的关系



不同DOD下电压与电流的关系

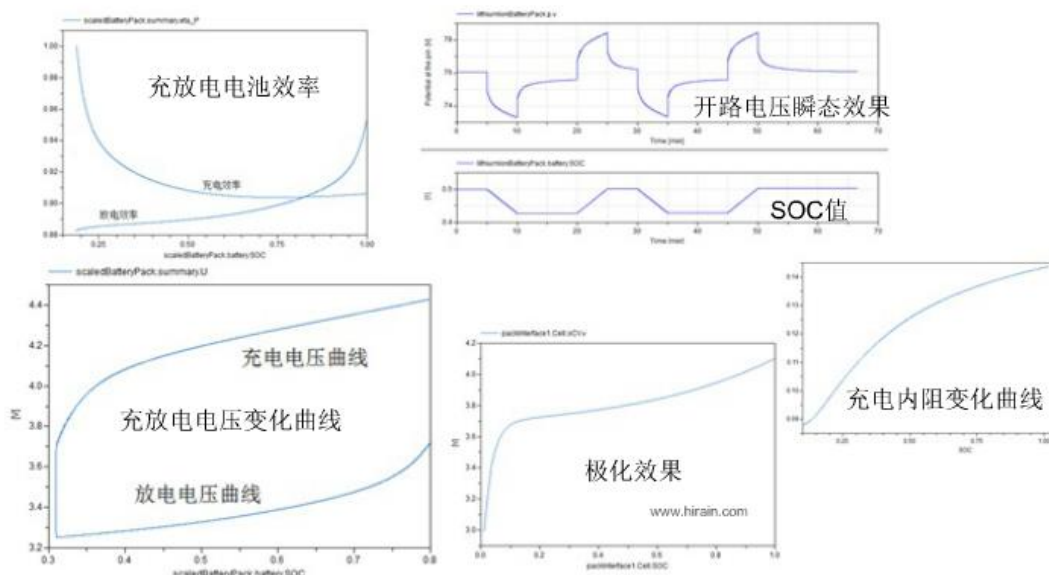


查表模型

www.hirain.com

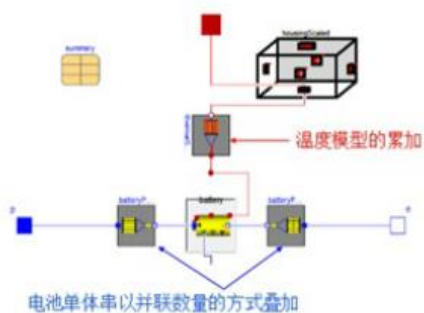
动力电池—单体模型

电池仿真效果展示



动力电池—模组模型

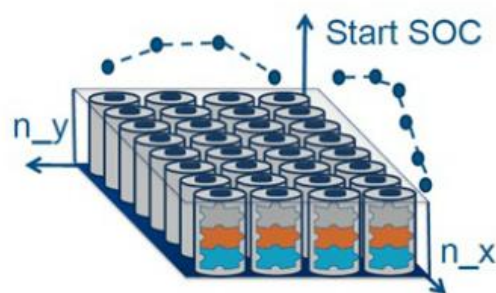
不考虑单体不一致性:



优势: 仿真速度更快

考虑单体SOC不一致性:

- ✓ 单体性能, 初始值成高斯分布区别设置



优势: 仿真精度较高

动力电池—寿命模型

电池寿命的决定因素



动力电池—寿命模型

老化体现：

时间寿命 + 循环寿命

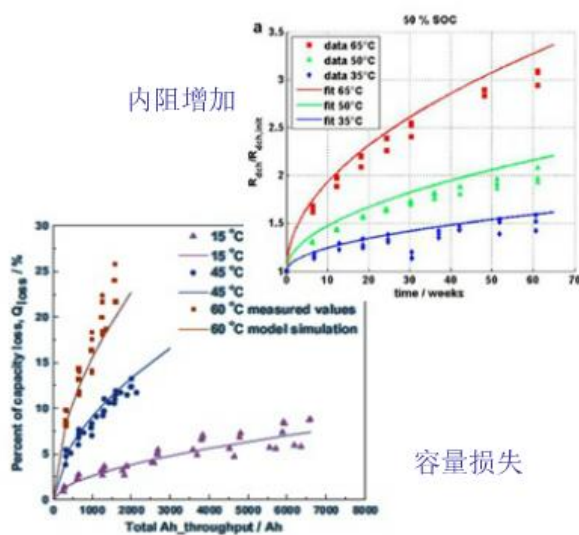
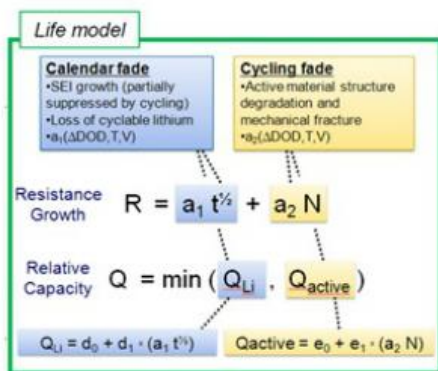


Fig. 7. Simulation of cycle-life prediction model (line) and experimental data (dots) at 15°C (▲), 45°C (◆), 60°C (■) and a Q2 discharge rate. (Data from each experimental DOD is included).

动力电池—寿命模型

建模步骤:

前处理

计算单体DOD, SOC, 开路电压

循环寿命

确定循环状态

时间寿命

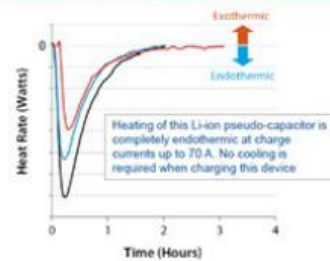
确定时间长短



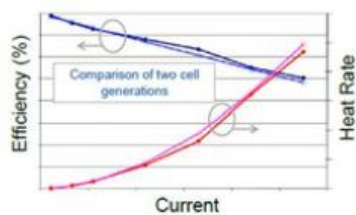
www.hirain.com

案例分析—性能评估

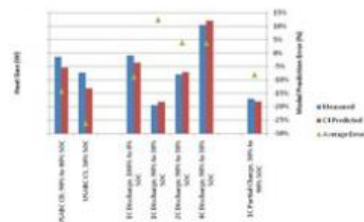
- 生热量-电流变化曲线
- 效率-电流变化曲线
- 生热量随时间变化曲线



充电时不同电流下的的放热变化曲线



两单体效率和热功率差异对比

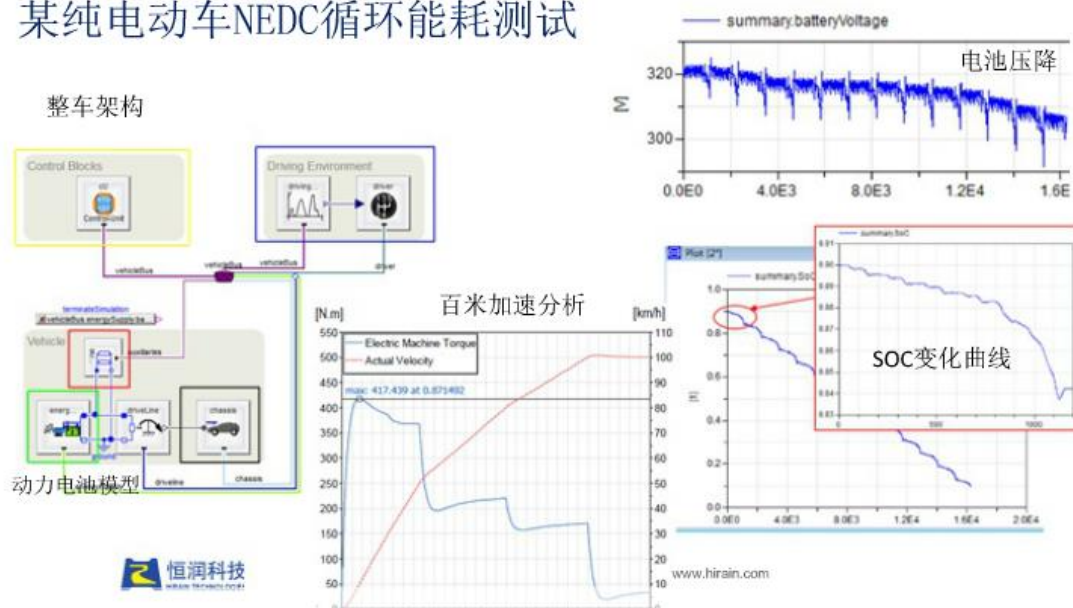


不同工况下的热功率实验对比

www.hirain.com

案例分析—整车能量管理

某纯电动车NEDC循环能耗测试



冷却系统

冷却系统拓扑图

