

COMSOL与MATLAB联合仿真用于数据自动化获取

苗雅文, 吉庭年, 黄璜璇, 竺玉强

仿真技术研究所, 中航锂电科技研究院有限公司, 常州市, 江苏省, 中国

简介: 采用COMSOL与MATLAB联合建模的方法, 建立了锂离子电池单体电化学-热耦合模型, 同时进行了电流MAP数据的扫描计算。通过COMSOL与MATLAB联合仿真技术自动化获取数据, 可以提高计算精度, 减少人为测试量, 减少开发成本。

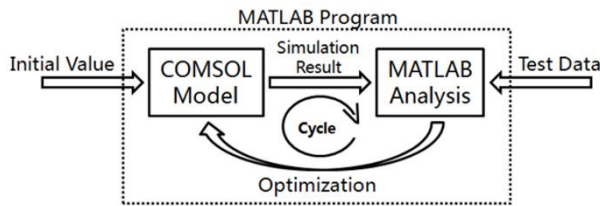


图 1. COMSOL与MATLAB联合仿真逻辑示意图

计算方法: (1) 通过实验数据对锂离子性能进行评估, 分析研究电池的基本特性。基于COMSOL Multiphysics软件中锂离子电池接口及固体传热模块, 搭建锂离子电池电化学-热耦合模型。(2) 将COMSOL模型适配为适用于MATLAB算法的目标函数和约束函数。(3) 在MATLAB软件上对一些关键性材料参数进行循环修正。(4) 将联合修正后的模型和实验数据进行对比以验证模型的准确性, 建立准确的模型是进行精准仿真的基础。(5) 在MATLAB软件上对极限电流的MAP数据进行自动化参数扫描计算。

模型求解过程中, 电芯产热与散热满足能量守恒:

$$\rho C_P \frac{dT}{dt} = q_v + \frac{\partial}{\partial x} (\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z})$$

在电化学-热耦合模型^[1]中, 电化学模型将计算的得到的发热功率 Q_h 传递给热模型, 热模型再将计算得到的温度 T 传递给电化学模型中受温度影响的各个参数, 从而再计算得到 Q_h , 往复迭代形成耦合^[2]。

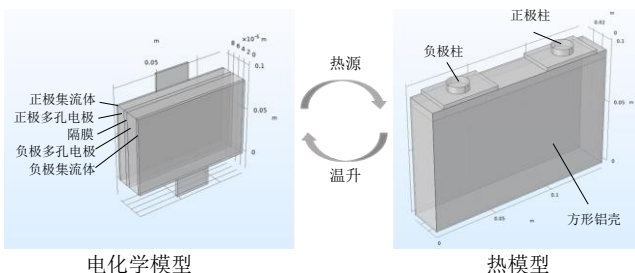


图 2. 电化学-热耦合模型示意图

结果: 常温高温充电通常是上限电压截止, 低温充电通常是析锂截止。

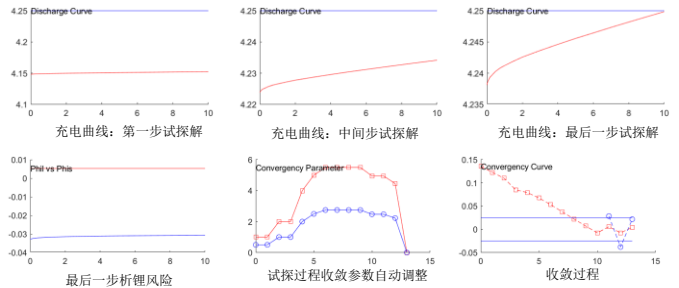


图 3. 常温高温充电通常是上限电压截止

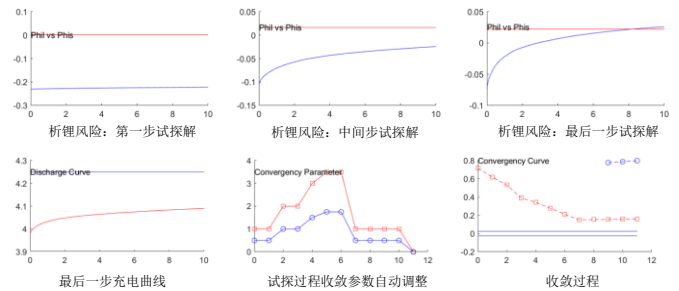


图 4. 低温充电通常是析锂截止

5sec Charge [A]									
T\SOC	0%	5%	20%	35%	50%	65%	80%	95%	100%
-25°C	180	87	51	47	45	31	29	26	--
0°C	437	230	178	163	159	158	147	124	--
10°C	827	603	484	432	423	276	256	231	--
60°C	1835	1733	1511	1452	1407	1231	1157	712	--

5sec Discharge [A]									
T\SOC	0%	5%	20%	35%	50%	65%	80%	95%	100%
-25°C	--	120	253	285	291	292	294	303	320
0°C	--	123	384	473	528	550	550	551	554
10°C	--	293	620	1302	1376	1415	1417	1453	1481
60°C	--	536	2087	2855	3288	3536	3538	3542	3687

图 5. 不同荷电态 (SOC) 和温度下的极限电流MAP

结论: 通过COMSOL与MATLAB联合仿真技术, 对一些关键性材料参数进行循环修正, 可以提高计算精度, 建立准确的模型是进行精准仿真的基础。同时, COMSOL与MATLAB联合自动化扫描计算, 可以用于配合车用BMS算法开发, 减少人为测试量, 减少开发成本。

参考文献:

- [1] Ye Y, Shi Y, Cai N, et al. Electro-thermal modeling and experimental validation for lithium ion battery[J]. Journal of Power Sources, 2012, 199: 227-238.
- [2] 陈少辉, 熊凯. 基于电化学-热耦合模型的动力电池组一致性研究[J]. 计量与测试技术, 2019(46):1004-6941.