



充电模式对锂离子电池热安全性的影响分析

张玥¹, 王青松^{1*}, 孔得朋²

1. 中国科学技术大学, 火灾科学国家重点实验室, 合肥, 安徽, 中国
2. 中国石油大学华东, 机电工程学院安全工程系, 青岛, 山东, 中国

01 简介:

电动汽车领域的发展让锂离子动力电池的充电模式成为焦点, 不同充电模式对锂离子电池的热安全性影响不同。借助COMSOL Multiphysics平台, 通过设置锂离子电池和传热接口建立了电化学-热耦合模型, 研究了常规充电模式中的恒流充电和恒流恒压充电模式、快充模式中的多阶段恒流和脉冲充电模式对锂离子电池热安全性的影响。



图 1. 电动汽车电池着火案例

02 理论基础:

- **快充充电模式:** 在较短时间内恢复完全充电状态时的充电。本文研究快充模式中的**脉冲充电模式 + 多阶段恒流充电模式**
- **马斯定律:** 充电电流随着充电的进行, 最佳充电电流随时间呈指数型下降。当充电电流高于最佳充电电流时, 电池将发生极化现象。

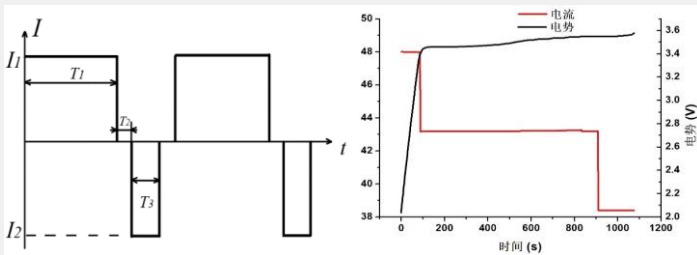


图 2. 脉冲充电示意图

图 3. 多阶段充电示意图

03 模型建立:

以18650磷酸铁锂电池为研究对象, 在COMSOL软件中建立电化学-热耦合模型来模拟电池生热和热传导过程。

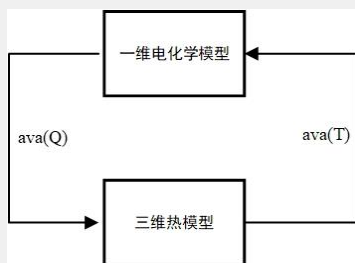


图 4. 电化学-热耦合原理

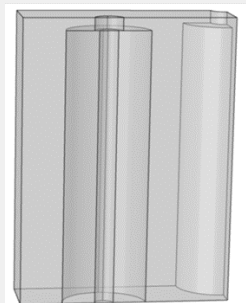


图 5. 几何模型

04 研究内容:

I 恒流充电模式与恒流恒压充电模式对比

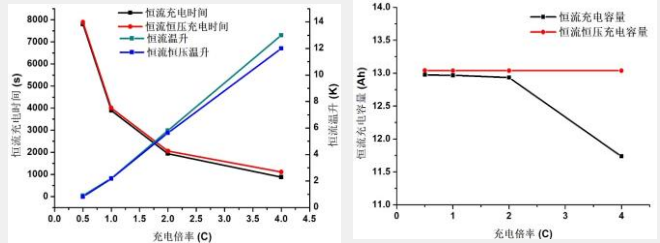


图 6(a). 不同倍率下电池充电特性 图 6(b). 不同倍率下电池容量性能

结论: 恒流恒压充电模式在电池热安全性上无明显优势, 但是在**大倍率快充时恒流恒压充电在充电容量方面优于恒流充电。**

II 多阶段恒流充电模式

表1. 充电倍率参数表

组数	充电倍率/C		
	第一阶段	第二阶段	第三阶段
1	1	0.75	0.25
2	1	0.75	0.5
3	1	0.8	0.25
4	1	0.8	0.5
5	1.2	0.75	0.25
6	1.2	0.75	0.5
7	1.5	0.55	0.25
8	1.5	0.75	0.25

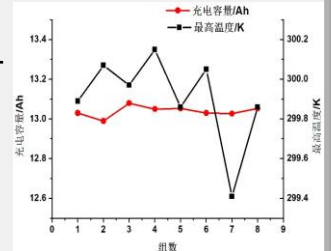


图 7. 不同倍率充电电池性能

结论: 增大第二或第三阶段充电倍率可**减少充电时间**, 但会均导致充电容量下降。但其他阶段充电倍率不变的前提下增大第一阶段充电倍率可略微**提高充电容量**。

III 特征参数对脉冲充电模式的影响

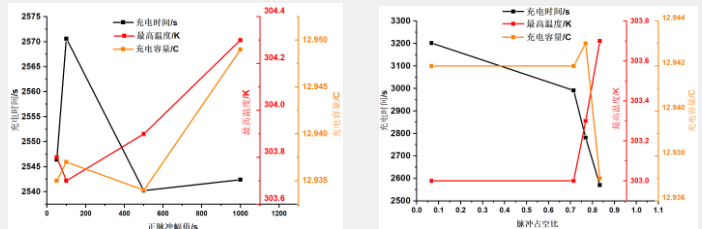


图 8(a). 正负脉冲宽度对电池性能影响 图 8(b). 脉冲占空比对电池性能影响

结论: 增大占空比和适当缩短脉冲宽度可提高充电性能和保证充电过程中锂离子电池的热安全性。

05 结论:

- 恒流恒压充电模式在各性能上优于恒流充电模式, 但并不符合快充需求。
- 提高多阶段恒流充电模式初期充电倍率的同时增加充电阶段可缩短充电时间、保证充电容量。
- 脉冲充电模式增大脉冲占空比和适当缩短脉冲宽度, 可提高充电性能和保证充电过程中锂离子电池的热安全性。

参考文献:

1. 杨帆, 乔艳龙, 甘德刚, 等. 不同充电模式对锂离子电池极化特性影响[J]. 电工技术学报, 2017, 32(12): 171-178.