

袁子贺¹, 李文华¹, 范文奕¹, 焦志鹏¹, 邵方旭¹

¹河北工业大学

Abstract

锂离子电池的充电性能受环境温度影响较大，低温条件下充电极化电压升高充电容量下降的问题一直限制了锂离子电池的发展。本文以电化学反应动力学、质量守恒、电荷守恒和能量守恒为理论基础，利用COMSOL软件建立基于LiFePO₄/石墨锂离子电池的电化学-热耦合瞬态计算模型，研究了-5°C、-10°C、-15°C三个低温条件下，锂离子电池充电过程中端电压和正极液相扩散极化电压随SOC的变化规律，并进一步通过提出表征这种极化的变量Pdpe，定量分析了低温条件对正极液相扩散极化的影响，最后通过电解质盐浓度和电解质电流密度分析极化变化的原因。结果表明低温条件会在一定程度上加重锂离子电池充电正极液相扩散极化，且温度越低这种极化作用越强；而正极电解质盐浓度和电解质电流密度能够较好的表征这一现象。

本文中的COMSOL模型由一维电化学组件和三维固体传热组件构成。一维电化学组件模拟锂离子电池电化学反应动力学、物质传递、电流平衡的过程，三维固体传热组件模拟电池温度场分布以及与外部环境的传热过程。模型将一维电化学组件的热量和三维传热组件的温度耦合，更加真实的反映了温度对锂离子电池充电过程的影响。

Figures used in the abstract

Figure 1: 这是锂离子电池电化学充电图。如图所示，锂电池负极集流体材料为金属铜，正极集流体材料为金属铝，负极活性材料为石墨（C6），电解液为LiPF₆溶液（3：7 EC/EMC溶剂），正极活性材料为磷酸铁锂（LFP）。模型假设电极活性材料由大小一致的理想球形颗粒组成，不考虑双电层效应，反应只在电极/电解质界面上发生，且反应过程没有副反应发生，没有气体生成。18650锂离子电池内部为多层卷绕结构，一维电化学组件依据电池实际充电过程中锂离子的主要移动方向，在模型上将电池简化为直线结构。