

锂离子电池热失控研究

王兵¹, 纪常伟¹, 牛会鹏¹, 潘帅¹, 孙洁洁¹
1.北京工业大学环境与能源工程学院, 北京市

简介:

锂离子电池热失控会对人造成极大的危害, 如何避免这些热失控的发生成为了学者们主要的研究课题, 为了对其进行研究, 必须要从电池内部结构和机理入手去分析, 需要从电化学原理到化学反应进行深入细致的分析, 需要对锂离子电池的生热机理有全面的认识。采用仿真技术对锂离子电池失控研究, 可以极大的减少研究成本, 并对失控过程进行有效的预测。

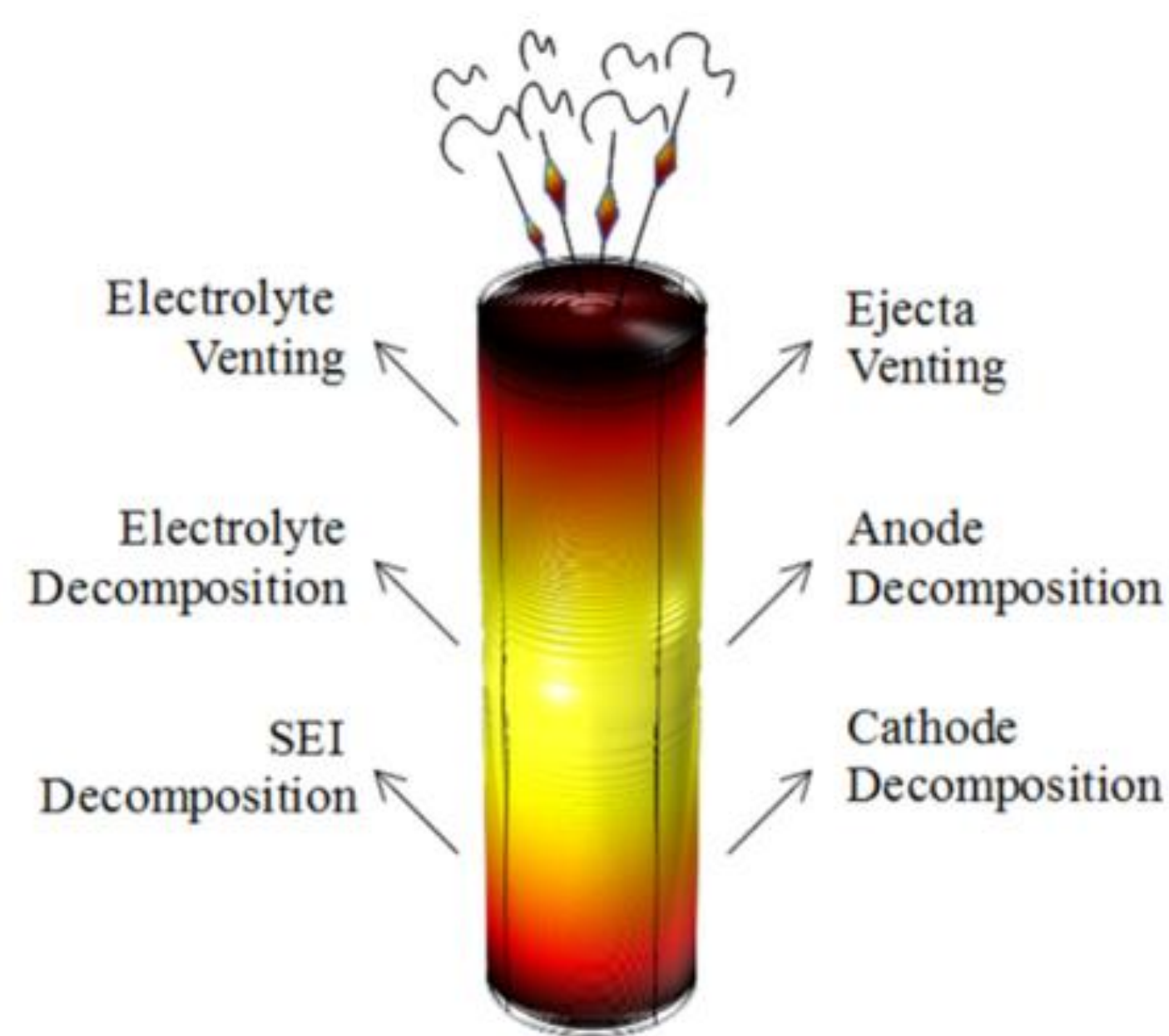


图 1. 锂离子电池热失控过程

计算方法:

通过COMSOL Multiphysics 5.3 内置的传热及常微分方程模块对该锂离子电池热失控过程进行模拟:

$$(\rho C_p)_{\text{eff}} \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(\lambda_{\text{eff}} \nabla T) = +Q_{\text{dec}} - Ah_{\text{conv}}(T - T_{\text{amb}}) - A\varepsilon(T^4 - T_{\text{amb}}^4)$$

$$R_x = -A_x \exp\left[-\frac{E_{a,x}}{RT}\right] c_x^{m_x}$$

$$Q_x = H_x W_x R_x$$

$$\frac{dc_x}{dt} = -R_x$$

图 2 中为 32650 的锂电池模型, 计算域分别为电池壳体及电池内部活性材料, 为了降低计算量, 采用对称的边界条件进行计算。本模型主要研究将电池放置于150℃的炉箱中进行加热的过程。随着温度的升高, 电池内部各种活性物质开始逐一发生分解, 当温度达到一定值时, 电池温度剧烈升高, 最终导致热失控的发生。

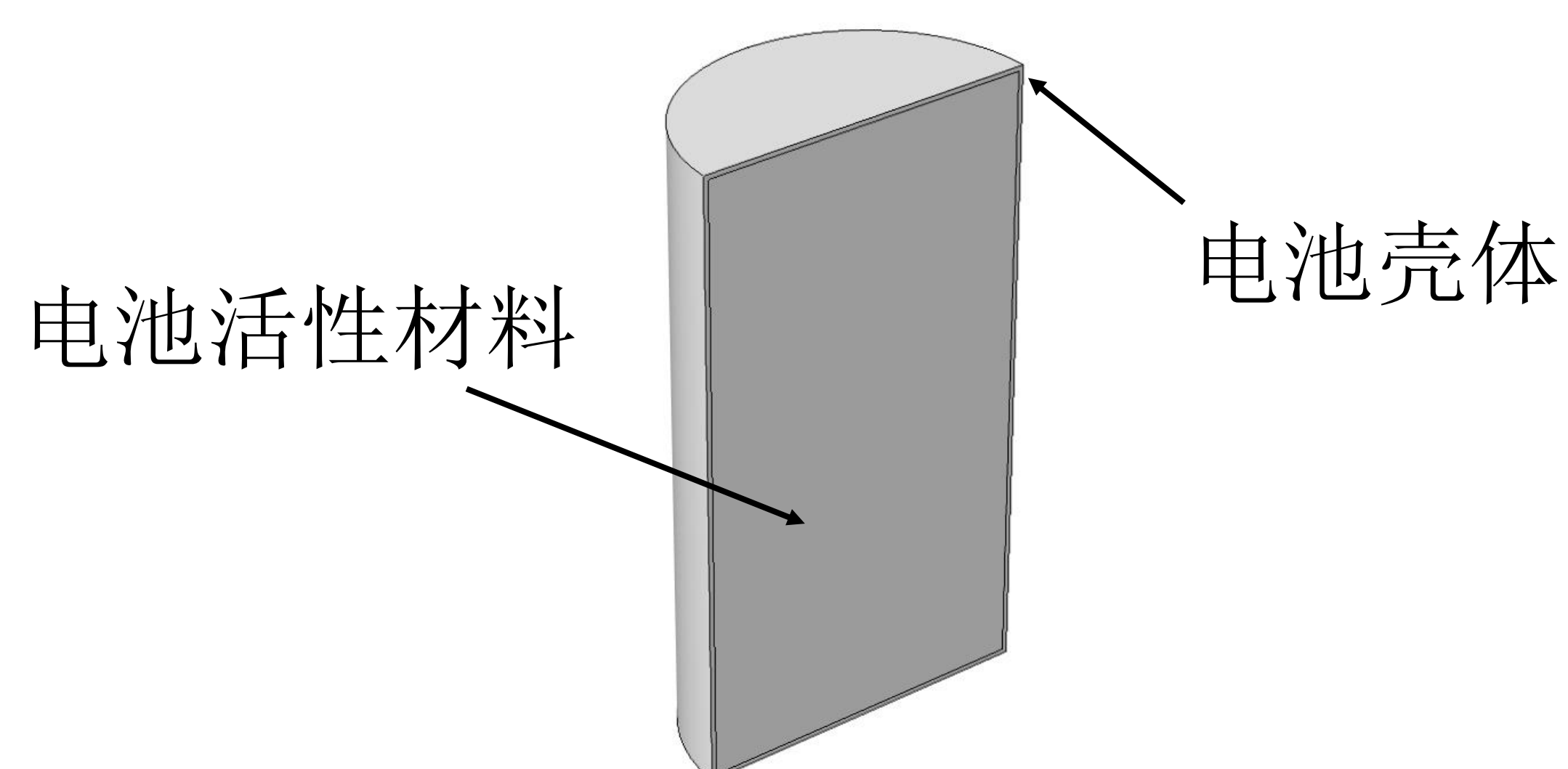


图 2. 几何模型

结果:

通过仿真结果可以看到, 锂电池热失控过程中, 各种物质依次分解, 产生大量的热量, 使得电池的最高温度可达到600℃左右。图3, 图4分别为不同时刻电池的温度分布; 图5, 为电池温度随时间的变化, 图6为电池内部各种活性材料质量分数随时间的变化。

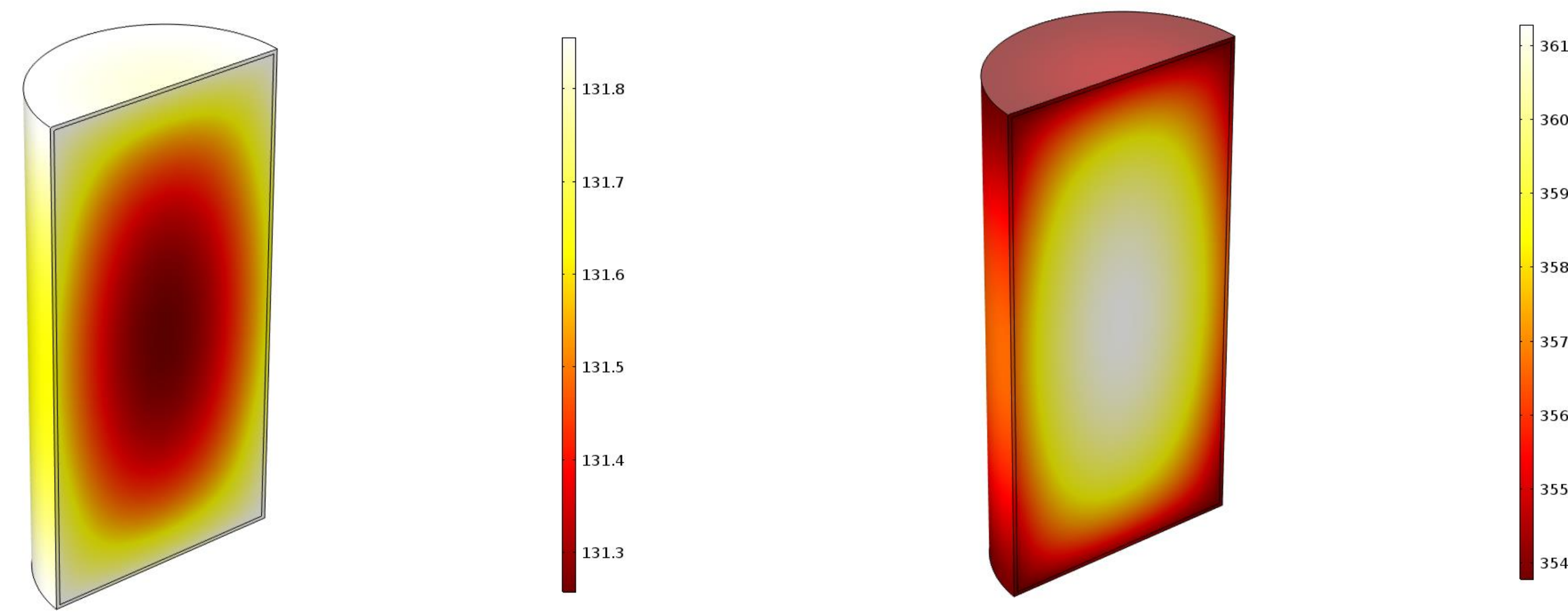


图 3. 4000s 电池温度分布 图 4. 8000s 电池温度分布

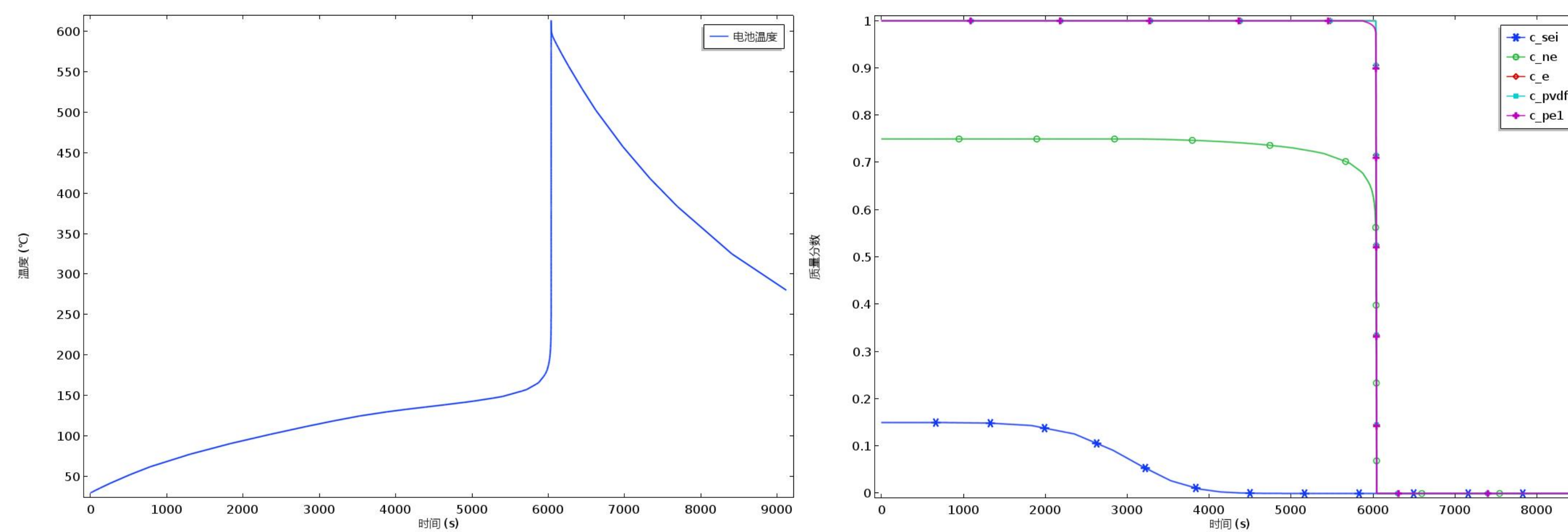


图 5. 电池温度变化 图 6. 活性材料质量分数变化

结论:

通过仿真结果可以看到, 锂电池热失控过程中最高温度可达到 600℃ 左右, 可见电池热失控所产生的热量有多高。因此防止电池热失控成为我们急需解决的问题, 也是电动车安全上需要重视的一点。

参考文献:

1. Spotnitz R, Franklin J. Abuse behavior of high-power, lithium-ion cells[J]. Journal of Power Sources, 2003, 113(1):81-100.
2. Gi-Heon Kim, Ahmad Pesaran, Robert Spotnitz, A three-dimensional thermal abuse model for lithium-ion cells[J]. Power Sources 170 (2007) 476-489.