



简介: 作为新能源汽车的主要动力源, 锂离子电池在狭小的电池箱内大倍率充放电时容易产生大量的热, 导致温度迅速升高, 可能引发热失控等一系列安全问题^[1], 此项仿真通过对电池建立精确的电化学热耦合模型, 得到整个电池箱内温度分布, 通过参数分析优化电池组散热结构。

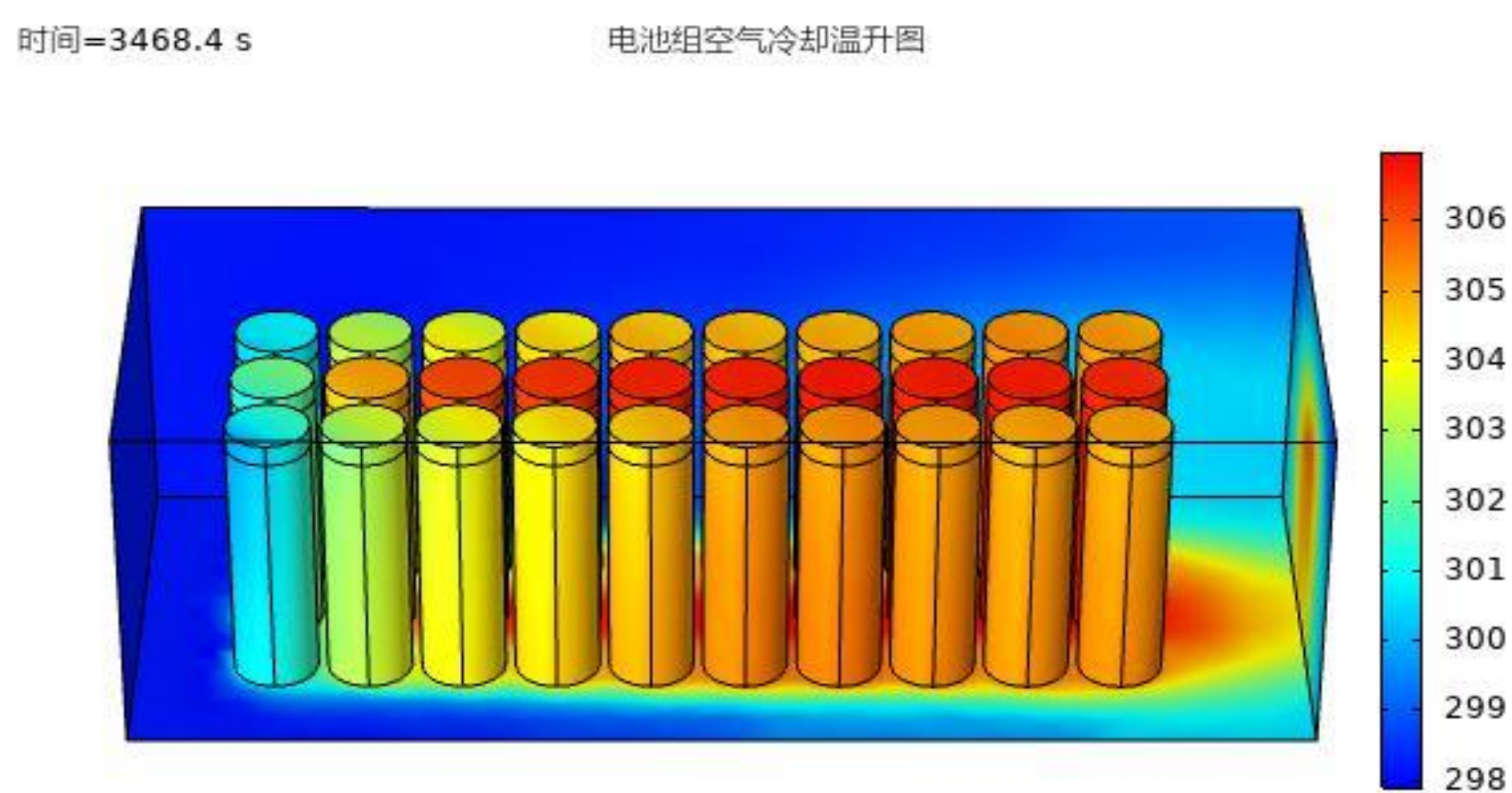


图1 1C放电倍率温度分布图
Figure 1 Temperature distribution of 1C discharge rate

计算方法: 此项仿真采用二维电化学模型和三维热模型耦合, 首先对18650电池单体进行仿真计算。^[2]主要用到电池接口的锂离子电池模块和固体流体传热模块, 求解的方程如下

$$\frac{\partial c_l}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{N}_l = R_l$$

$$\nabla \cdot \mathbf{i}_l = Q_l$$

$$\nabla \cdot \mathbf{i}_s = Q_s, \quad \mathbf{i}_s = -\sigma_s \nabla \phi_s$$

$$\mathbf{i}_l = (-\sigma_l \nabla \phi_l) + \frac{2\sigma_l RT}{F} \left(1 + \frac{\partial \ln f}{\partial \ln c_l} \right) (1 - t_+) \nabla \ln c_l$$

$$\mathbf{N}_l = -D_l \nabla c_l + \frac{\mathbf{i}_l t_+}{F}$$

$$\phi_l = \text{phil}, \quad \phi_s = \text{phis}, \quad c_l = \text{cl}$$

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \nabla \cdot [-\rho \mathbf{I} + \mathbf{K}] + \mathbf{F}$$

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

$$\mathbf{K} = \mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - \frac{2}{3} \mu(\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{I}$$

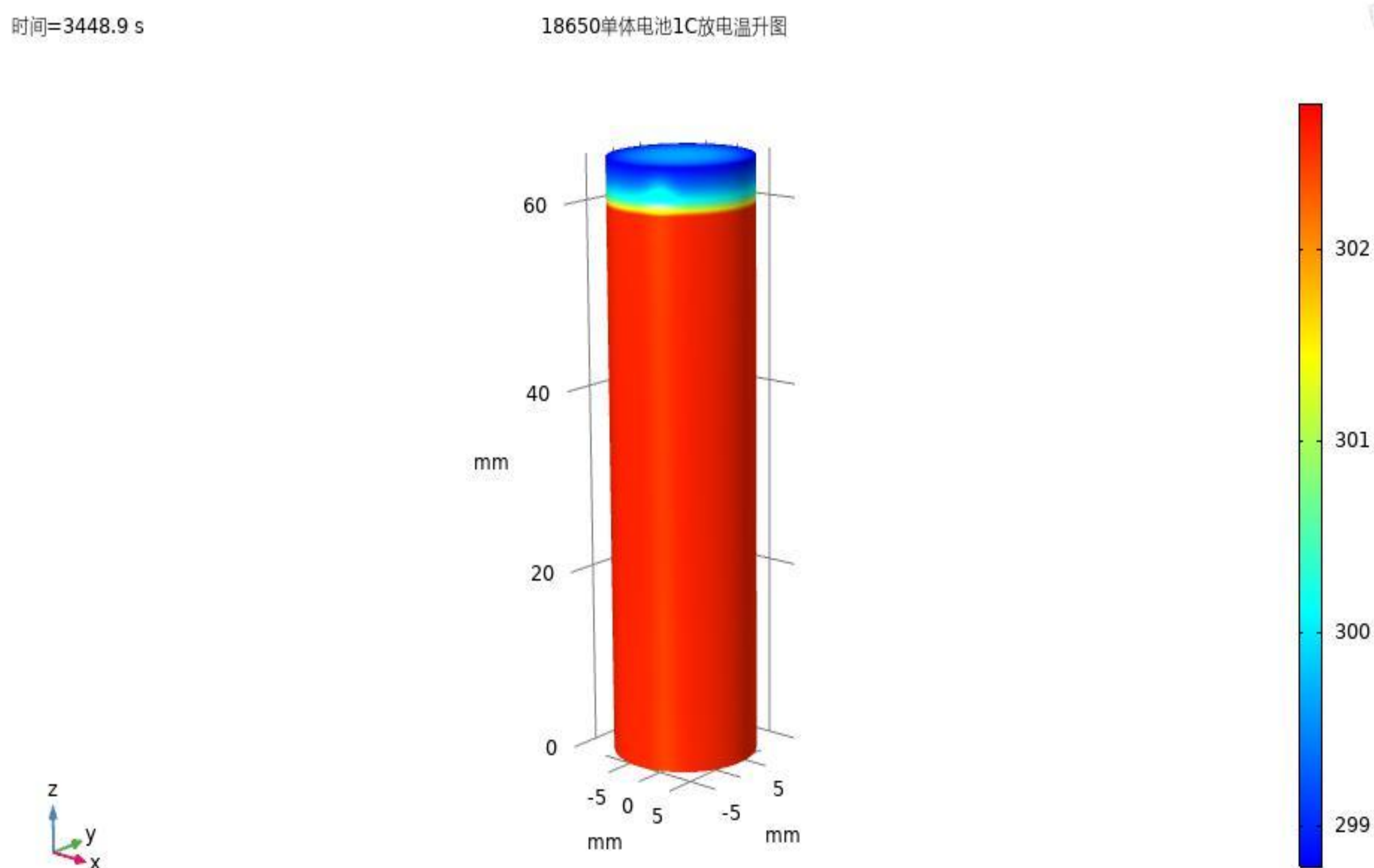


图2 电池单体1C放电温升图
Figure 2 Temperature rise of battery cell 1C discharge

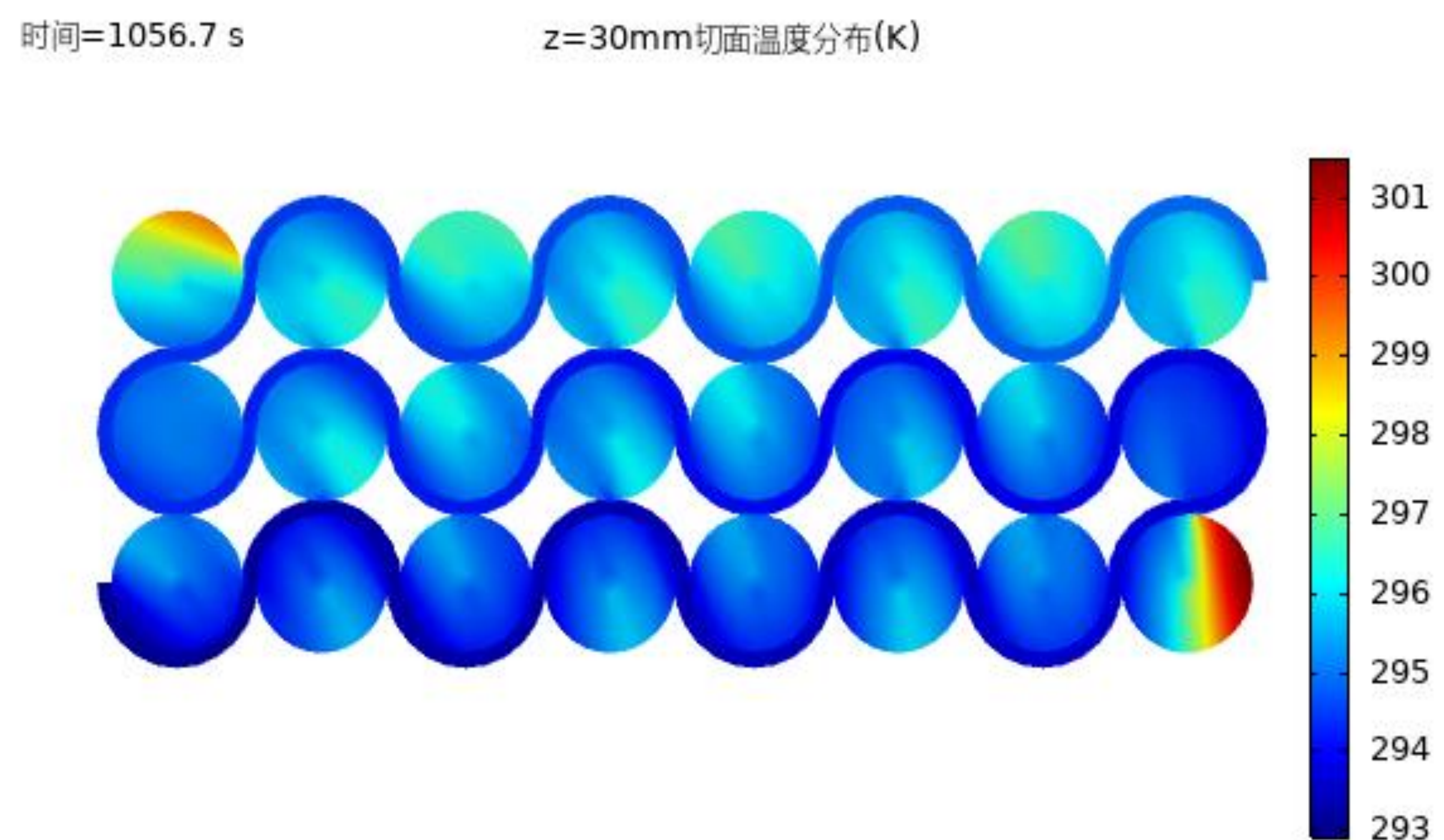


图3 3C放电倍率z=30mm切面温度分布
Figure 3 3C discharge rate z = 30mm temperature distribution of the cut surface

结果: 将单体电池在3C放电倍率下的总热源ht.Qtot导入电池模组, 采用蛇形管对电池组进行液冷散热, 得到了所有电池的温度分布如下

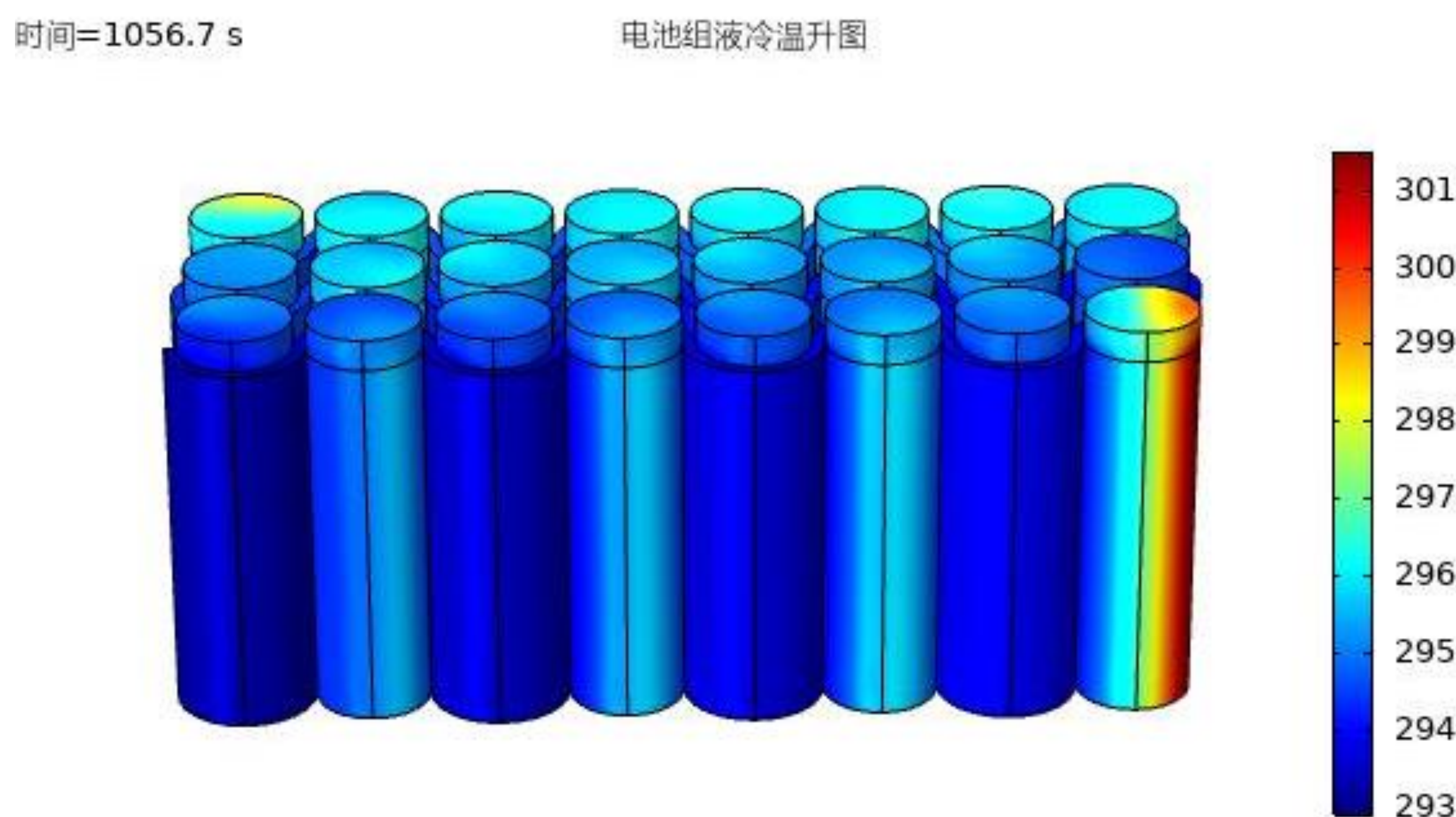


图4 3C放电倍率温度分布图
Figure 4 Temperature distribution of 3C discharge rate

结论: 采用COMSOL对动力电池组进行电化学热耦合模型能够得到精确的电池充放电曲线以及温度分布, 并揭示锂离子电池的产热机理, 为设计可靠高效的动力电池热管理系统提供了提供了保障, 在很大程度上节约了人力成本与时间成本, 极大地提高了研发效率。

参考文献:

1. 常国峰, 季运康, 魏慧利, 锂离子电池热模型研究现状及展望[J]. 电源技术, 2018, 42(8):12261229
2. 张立军, 李文博, 程洪正. 计及不均匀发热与温度分布的锂离子单电池电化学-热力学耦合三维有限元模型[J]. 汽车工程, 2015, 37(12):1382-1389.