

电池包热管理仿真分析

Simulation of Battery Pack Thermal Management

吴敏 王小碧 王伟民 史建鹏 刘晓康

(东风汽车公司技术中心, 武汉, 430056)

摘要: 利用 STAR-CCM+ 软件对某电动汽车的电池包进行了 CFD 仿真, 分析了其流场和温度场的分布情况。结果显示电池的温度分布满足设计要求, 但电池包风道存在不合理的地方, 有待进一步优化。

关键词: 电池包, 热管理, CFD 仿真

Abstract: STAR-CCM+ software was used to simulate a battery pack on a electric vehicle. The flow field and temperature distribution have been analyzed. The result shows that the temperature distribution of the battery pack meets the design requirement, but some unreasonable arrangements exist in the air duct of the battery pack. Further optimization needs to be carried out in the future.

Key words: Battery Pack, Thermal Management, CFD Simulation

1 前言

随着全球能源问题的日益突出, 石油价格屡创新高, 同时汽车尾气带来的污染及温室效应危害不断加剧, 大力发展新能源汽车已经成为各国政府和汽车厂家的共识。目前发展最快的主要是混合动力汽车 (HEV) 和纯电动汽车 (EV), 它们都需要蓄电池作为其动力源。蓄电池在工作过程中会产生大量的热量, 将导致电池温度升高, 进而带来充放电能力下降、寿命缩短等问题。电池热管理的目的就是使电池在各种工况下均保持在最佳温度和温差范围, 同时消耗尽可能少的成本。目前电池的冷却方式主要有风冷和水冷两种。无论哪种冷却方式, 电池包布置、冷却系统参数选取都直接影响到电池的冷却效果。本文通过对某纯电动汽车的电池包进行 CFD 仿真, 分析了其流场和温度场的分布情况, 并给出了改进建议。

2 电池包热管理仿真

由于受到安装空间的限制, 电池包布置起来较为困难。通过 CFD 仿真方法可以方便地观察到电池包内部流场和温度场的分布情况, 对设计能起到很好的指导作用。

2.1 建立仿真模型

图 1、2 所示为电池包模型。电池包分为前、后两个部分, 前部电池的气流经两侧风道流至出口附近。后部电池有两个气流入口, 气流流经后部电池表面后和来自前部的气流汇合再经出口流出。中部空间装有一些无需冷却的电池控制元件。两侧风道和两个后部电池入口

均各有一个风扇，出口处并排安装了四个风扇，总共有八个风扇。为了简化模型，将层叠放置的各个电池简化为一个整的电池模块，电池包内共有 17 个电池模块。为使计算收敛，入口和出口均沿其法向拉伸 100mm。电池、支架、上下外壳和气流区均划分实体网格，通过 interface 建立其相互联系，共同参与散热计算。模型采用 Trimmer 网格划分，网格总数约为 500 万。

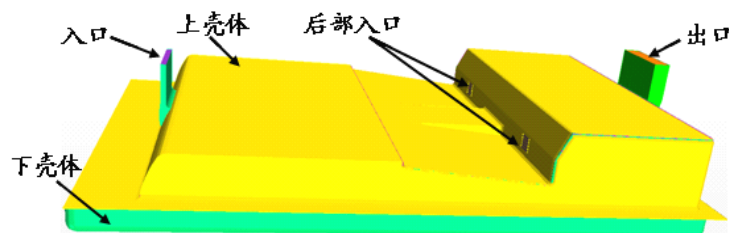


图 1 电池包外部结构图

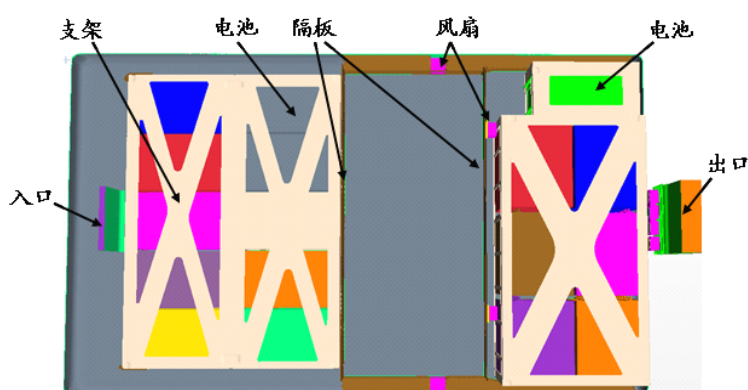


图 2 电池包内部结构图

2.2 边界条件和输入参数

电池包入口和出口均设置为压力出口（Pressure outlet）边界，压力设为一个大气压。分别输入电池、支架和上下外壳材料的密度、比热容和导热系数。上下外壳的外表面与大气的热交换方式为自然对流，需设定自然对流换热系数。由于温度变化很小，空气密度可视为常数。风扇通过供应商提供的压力—流量曲线和叶片角模拟。根据公式 $Q=I^2R$ ，代入电池放电电流和内阻即可求出电池的发热量。初始温度设为 22℃。

2.3 仿真结果分析

模型先采用稳态求解，不考虑能量方程。湍流模型选用 Realizable K-Epsilon 模型。图 3、4 为稳态计算结果。从图 3 可以看出，大部分气流通过前部电池外围流入两侧风道，不利于前部电池冷却，建议在入口附近增加隔板，使更多气流流经前部电池表面。图 4 显示大量气流从电池包中部凸起处流进中部空间，不利于后部电池冷却，建议将后隔板与上壳体封闭以避免回流。

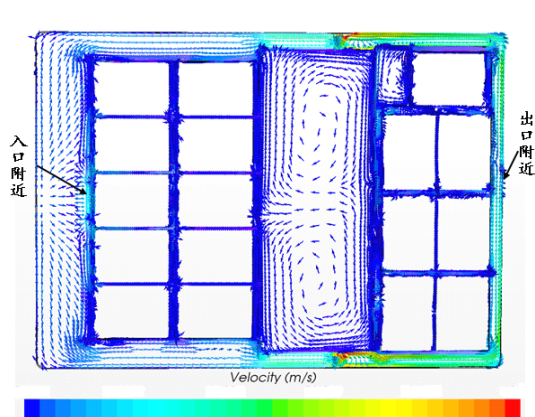


图3 电池包某横向截面流速图

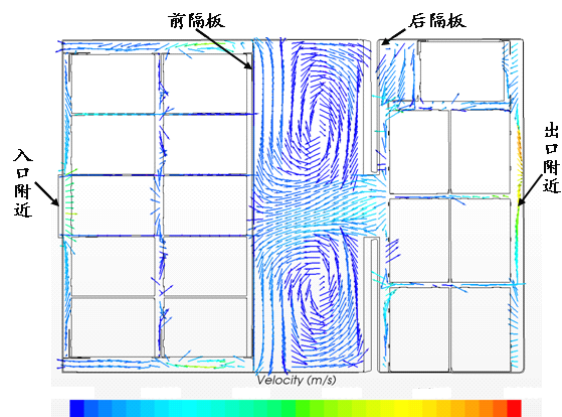


图4 电池包某横向截面流速图

待流场计算稳定后转为非稳态求解，加入能量方程，代入电池发热量随时间变化曲线。图5、6为一个电池循环工况（1830s）的非稳态计算结果。图5为电池包上下壳体温度分布图。可以看出，上壳体与电池之间由于有气流通过，因此温度较低；下壳体与电池底部直接接触，因此温度较高。图6为电池表面温度分布图。结果显示三个入口及出口附近因流速较大温度较低，前隔板中部三个电池模块因附近流速较低温度偏高。电池温度和温差范围均在设计范围之内，满足使用要求。

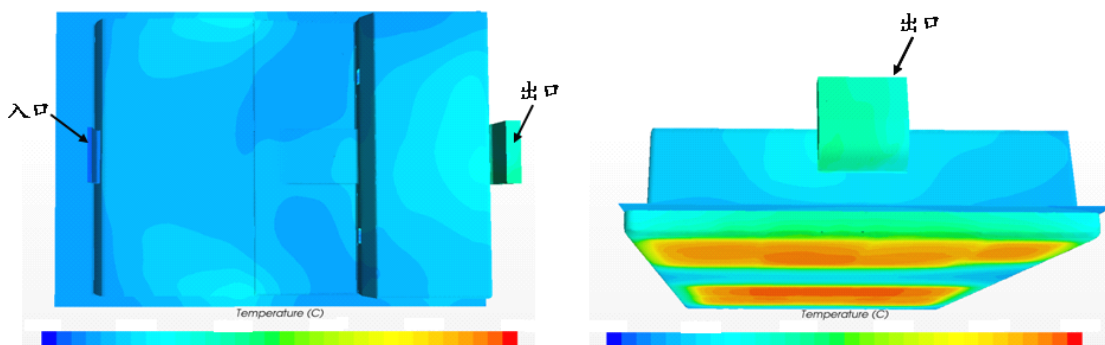


图5 电池包上下壳体温度分布图

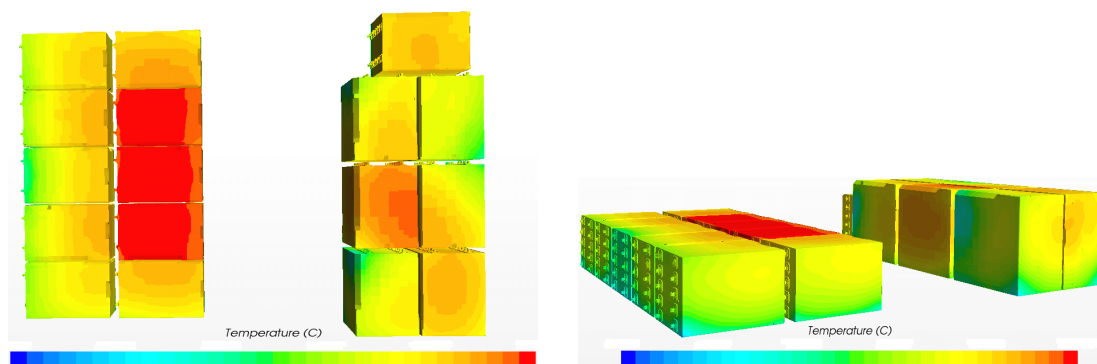


图6 电池表面温度分布图

3 总结

通过对上述电池包进行热管理仿真分析，得出以下结论：

- 1) 电池温度和温差范围满足设计要求；

2) 电池包风道设计存在不合理之处,有待进一步优化。

后续应根据 CFD 仿真结果对电池包风道进行修改,另外将电芯与电池外壳分别建模,并考虑极化等过程产生的热量,细化电池模型,进行新一轮分析。

4 参考文献

- [1] A. P. Ahmad. Battery Thermal Management in EVs and HEVs:Issues and Solutions. Advanced Automotive Battery Conference, Las Vegas, 2001
- [2] STAR-CCM+ User's Guide. CD-adapco inc., 2008
- [3] 陶文栓. 传热学. 西北工业大学出版社, 西安, 2006