

混合动力电池组冷却分析与优化

CFD Analysis of Cooling of Hybrid Battery

严旭 譙鑫 黄清秀

(长安汽车股份有限公司汽车工程研究院 CAE 所)

摘 要: 本文以长安某重度混合动力汽车电池组冷却系统为例, 通过利用 STAR-CCM+ 的包面、多面体网格生成及其求解等功能, 实现了对该电池组冷却系统的流道优化, 并对冷却风扇选型提供理论依据。

关键词: 混合动力 电池组 STAR-CCM+ 包面 多面体网格

Abstract: The paper introduced the process of CFD simulation and optimization of battery cooling of a Changan Hybrid vehicle by STAR-CCM+, using the function of wrap, polyhedra and its solver.

Key words: hybrid battery STAR-CCM+ wrap polyhedra

1 前言

随着石油能源稀缺和汽车尾气排放对环境造成污染等问题日益严重, 新能源汽车的研发聚集了更多的关注目光, 人们希望找到一种低成本、无污染、大功率、高效率的能源来驱动汽车, 包括氢燃料、纯电动、太阳能等能源都在研究过程中。但这一转变并非一朝一夕即能实现, 而是需要相当长一段时间, 在艰苦的研发过程中, 混合动力汽车作为过渡的中间产物应运而生。

混合动力汽车是指在一辆汽车中同时采用两种动力装置及储能装置 (通常为内燃机、电动机和电池), 通过先进的控制系统使动力装置和储能装置有机协调工作, 实现动力系统最佳的能量分配, 达到整车低能耗、低排放和高性能。

混合动力汽车有以下优点: 发动机在最佳经济区运行, 降低发动机排放和油耗; 在城市区域内行驶, 可用纯电动驱动, 实现零排放; 可配备较小排量的发动机; 能实现再生制动, 进一步降低汽车的油耗和排放。

油电混合动力汽车的电池组部分散热问题危及到电池的工作环境和使用寿命, 直接关系到用户的使用感受和满意程度, 因此在电池箱开发过程中, 电池方案除了考虑空间布置以外, 更需要着重考虑电池散热的需要。

本文利用 STAR-CCM+ 对长安某款在研重度混合动力汽车的电池箱体进行建模计算, 通过流

场和温度场的计算，找出散热通风管道的不合理性，并优化管道外形。在优化管道外形之后，再建立完整电池固体区域，用以计算电池表面最高温度并进行后续优化方案分析。

2 分析及优化过程

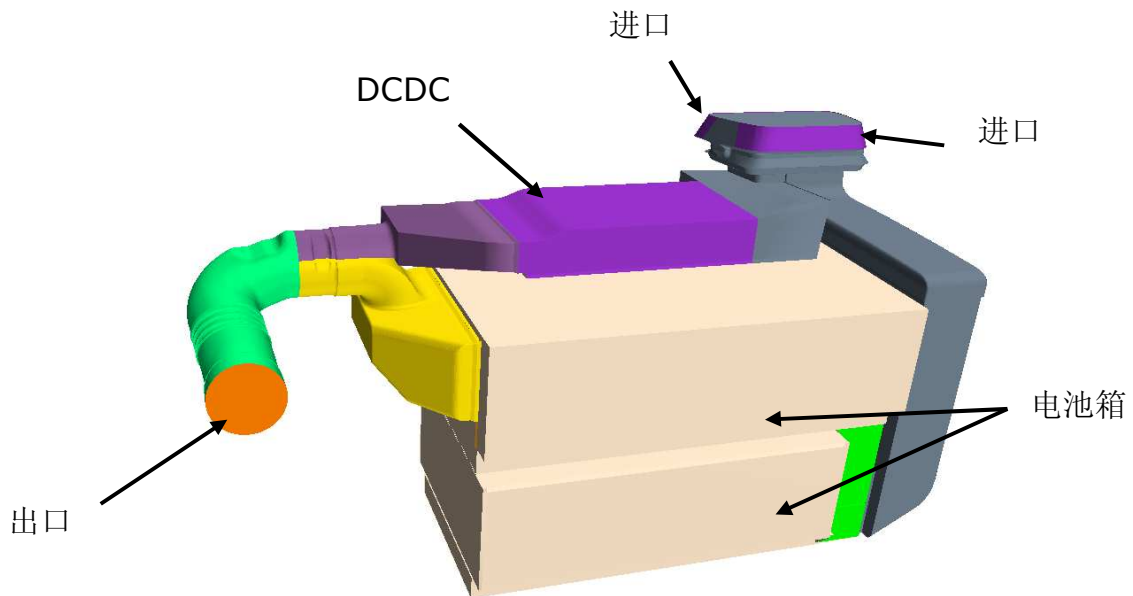


图1 电池箱及风道几何外形

电池冷却系统由进风管道、电池箱体、出风管道、DCDC、电池区域组成，如图1所示。该系统通过风扇引风，使空气从进口处流入电池箱体内部流经电池区域，从而实现对电池的冷却。

利用 STAR-CCM+对该系统进行包面处理，并生成多面体网格，如图2中的蓝色部分即为使用 STAR-CCM+生成的气体区域网格，黄色部分为全六面体网格，表示电池区域，三个区域通过电池区域上下表面的总共4个 interface 相连。

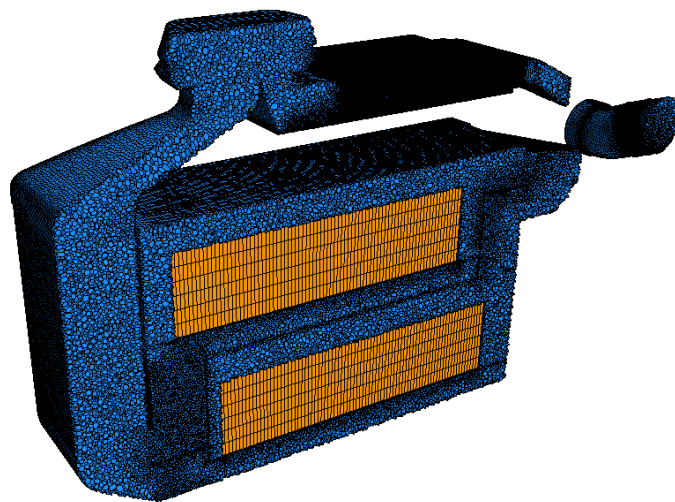


图2 计算网格

由于首先考虑风道合理性，因此电池区域未详细表达，只通过多孔介质体热源的方式来描述。经过计算，发现下部电池区域中出现局部高温区，如图 3 所示，说明气流均匀性在该处较差，通过图 4 所示的该截面速度分布图可以看出，出现局部高温区的位置气流流速明显低于周围。

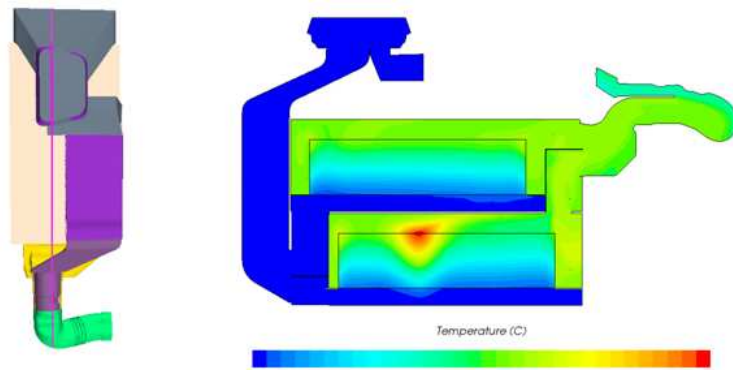


图 3 截面温度分布图

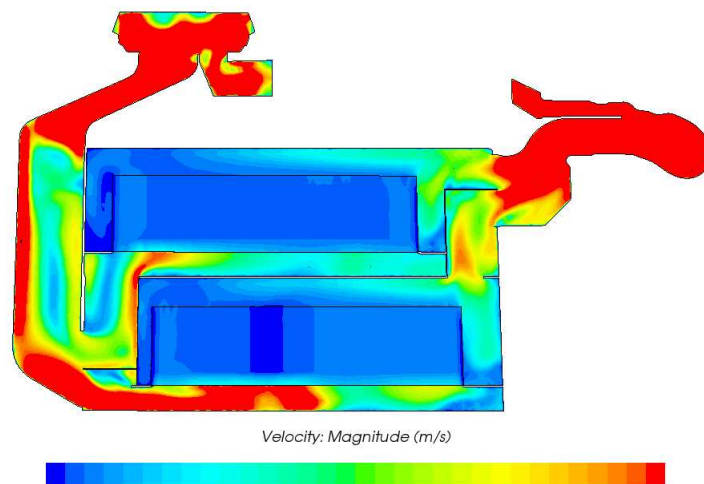


图 4 截面速度分布图

根据上面的图例分析，判断是由于气流从进风管道流入电池箱体底部后，产生旋涡，导致通过电池区域的流速局部不均，图 5 所示的是箱体底部横截面速度矢量图，从图中可以看出在电池箱体底部，气流在进入电池区域之前形成了一个较大的旋涡，而旋涡中心位置所对应的电池区域，正是图 4 中流速较低区域。

因此，消除电池箱体底部旋涡便成为提升电池冷却均匀性的关键，通过图 6 所示的全局流线图可以看出，气流之所以在底部形成涡流，主要是由于弯曲的进风管造成。

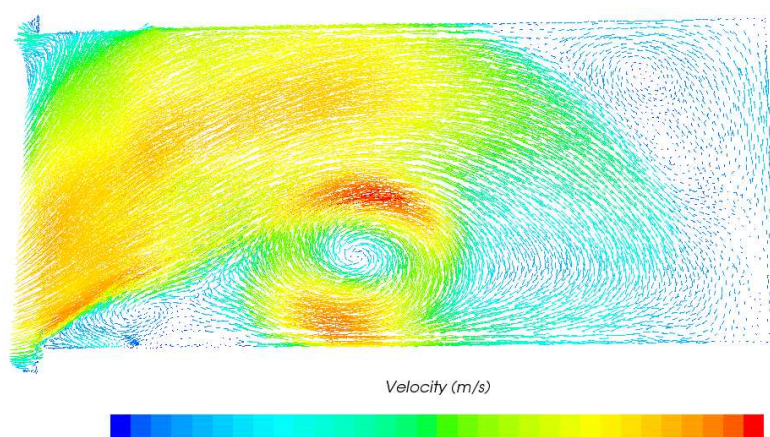


图 5 底部横截面速度矢量图

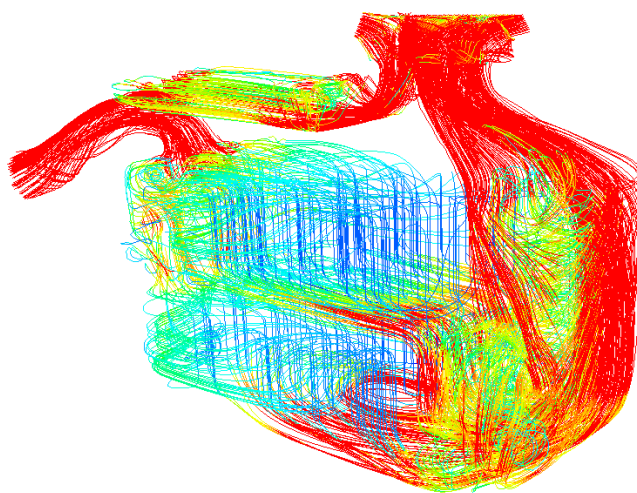


图 6 整体流线图

通过第一轮计算和分析，得出结论将弯曲的进风管道改为直管，如图 7 所示

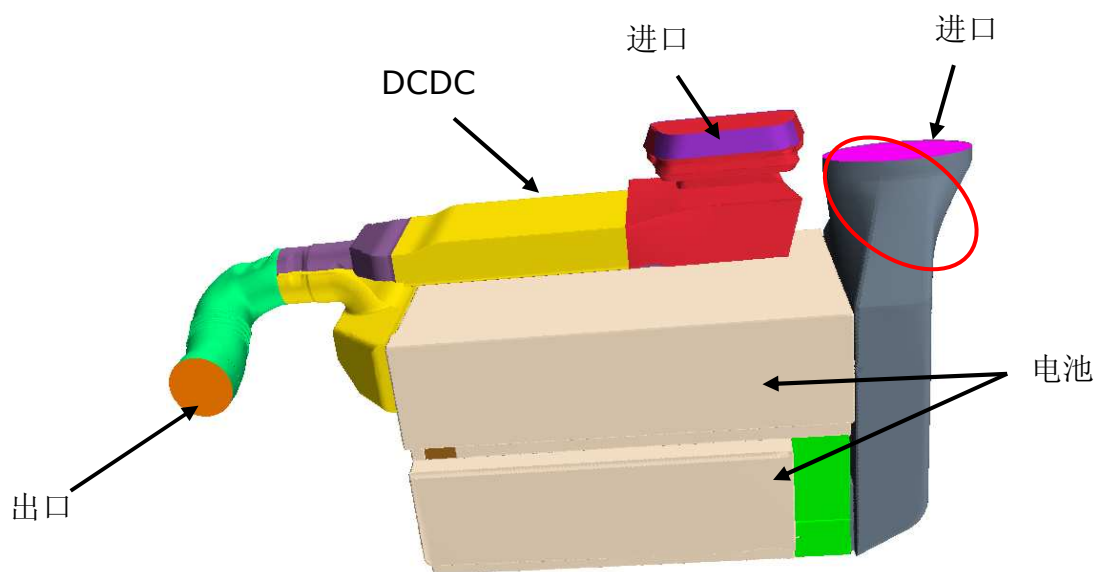


图 7 改进后电池箱及风道几何外形

注意到改进后的结构从原来电池箱和 DCDC 共用一个进口变为现在的两个独立式进口,所以建模时也由原来的三个区域增加到四个,如图 8 所示,四个区域通过两电池的上下表面用 interface 相连。

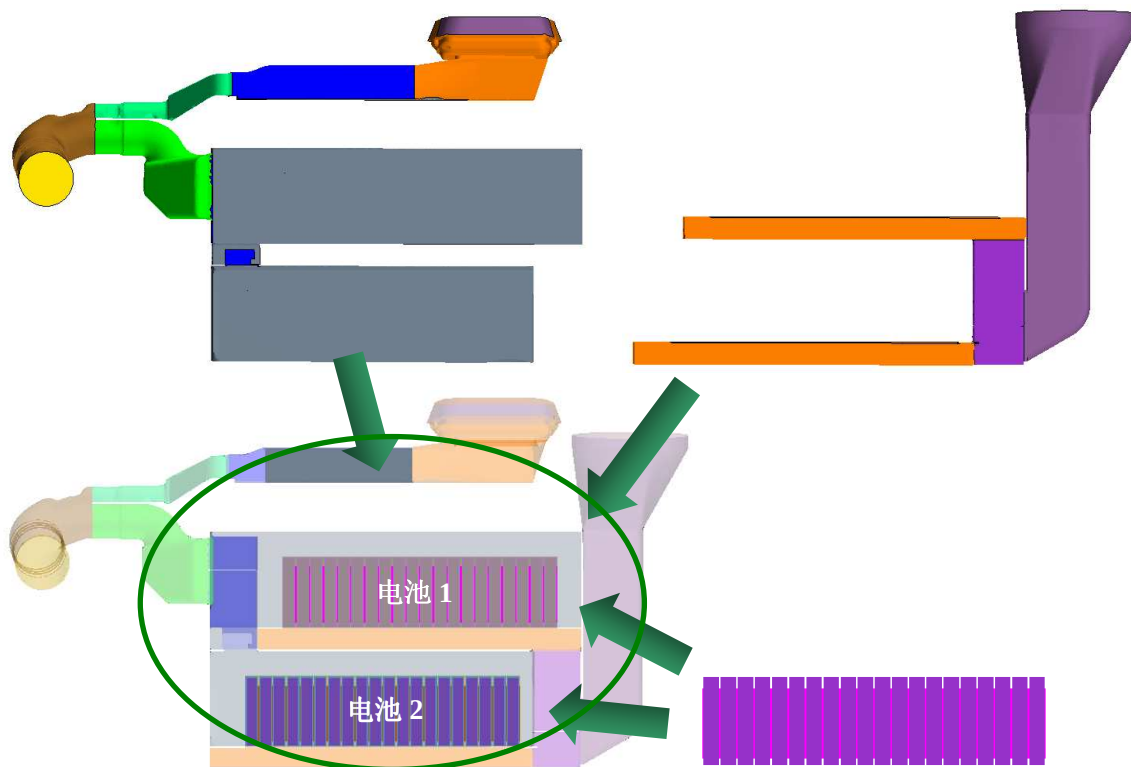


图 8 两气体区域和电池区域示意图

从图 9 可以看出,进风管道改为直管后,下部电池的流速区域消失了,图 10 中也可以看到,电池箱体下部的气流旋涡得到明显改善,改进后的流动平顺性提升较大。这对于电池冷却均匀性有重要作用。同时可以看到上下两电池通风量分别为 47.4%和 52.6%,均匀性较好。

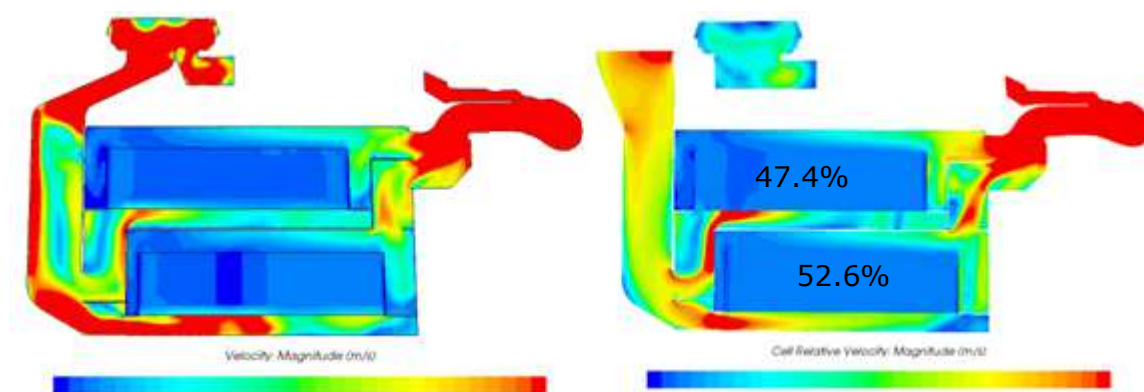


图 9 改进前后截面速度分布对比

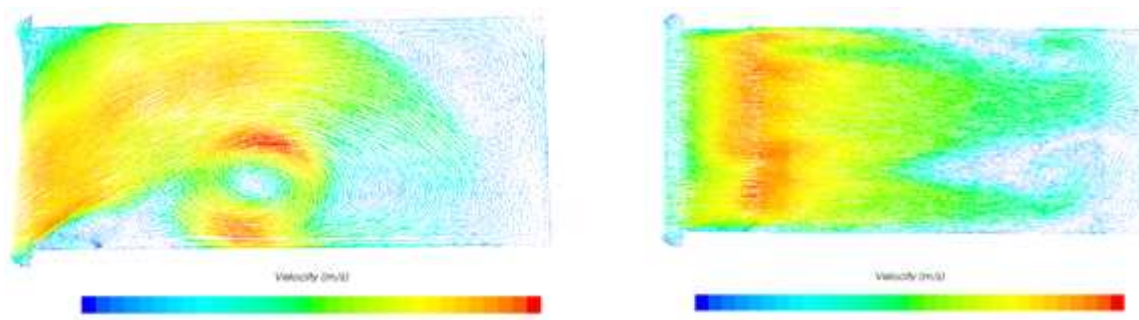


图 10 改进前后底部横截面矢量分布

将改进后的电池多孔介质区域改为电池数据（由电池内部电解液物质和外壳 PVC 膜组成），并定义电池发热功率，在环境温度为 35 度的情况下，计算整个系统流场及温度场。

如图 11，电池表面最高温度为 67 度，大大超出了电池最大允许温度（55 度），因此需要增加电池冷却风量。

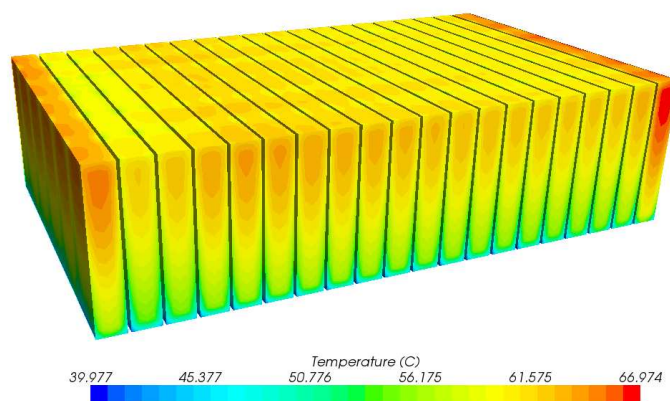


图 11 电池壁面温度分布图

在风扇型号既定的情况下，通过风扇并联的方式增大电池冷却风量。

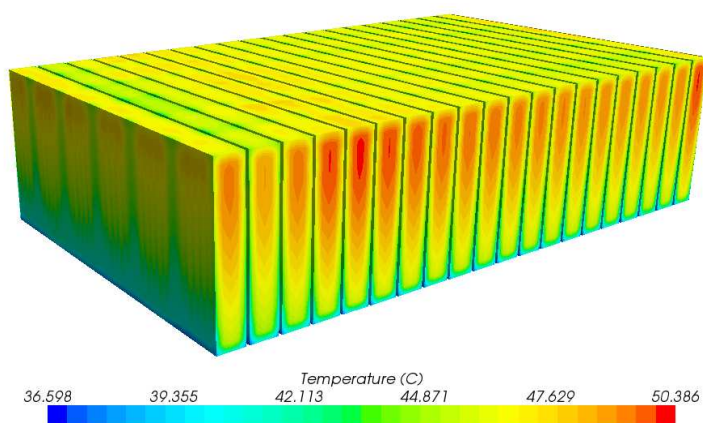


图 13 双风扇模型电池壁面温度分布图

计算结果表明，双风扇并联可使电池最高温度保持在 50 度左右，保障电池在较理想的环境

温度下工作,达到延长电池寿命,稳定电池性能的目的。

3 小结

Star CCM+软件的包面功能能够大大缩短建模时间,其独创的多面体网格拥有更强的贴体性,对几何保持较好,本文通过这两项功能的运用快速地生成电池箱箱冷却系统气体区域网格,并利用 interface 将气体网格与电池固体区域网格拼接,从而得到整个系统模型。通过计算,找出电池进风管的不合理性,并进行针对性的优化,避免了电池局部温度过高,提高了电池组温度分布均匀性,然后通过电池组详细温度场模拟,计算出使电池组最高温度低于额定温度所需的风量,最终通过双风扇的冷却方式实现了这一目标。

4 参考文献

- [1] 楼英莺,王文. 镍氢电池充放电传热过程模拟[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41 (3)