

# 基于机舱流场仿真分析的空调降温性能优化

詹佳, 刘芳, 朱贞英, 门永新, 赵福全

吉利汽车研究院有限公司 杭州萧山 311228

**【摘要】**结合CFD技术和试验手段,基于机舱流场仿真分析,优化空调降温性能。通过CFD技术,考察某车型机舱内冷凝器附近流场分布,确认冷凝器表面温度过高是由热气流回流引起的。提出的优化方案,经仿真分析与试验验证,改善了空调降温性能。

**【关键词】**发动机舱 冷凝器 CFD

## Optimization of A/C Cooling Performance Based on Simulation Analysis of Flow Filed in the Engine Room

Zhan Jia, Liu Fang, Zhu Zhenying, Men Yongxin, Zhao Fuquan

Geely Automobile Institute; Xiaoshan, Hangzhou 311228

**Abstract:** The A/C cooling performance is optimized based on the simulation analysis of flow field in the engine room in combination with the CFD technology and testing means. The flow field distribution around the condenser in the engine room on a specific car is observed. And the hot air reflow is identified to result in over temperature on the surface of condenser. The optimized solution is represented subject to simulation analysis and test validation, thus improving the A/C cooling performance.

**Keywords:** Engine Room, Condenser, CFD

### 1 前言

在汽车行业,发动机舱热管理一直是整车热防护研究的重点之一。发动机舱内空间小,散热器、发动机本身和排气歧管等多个高热源布置在一个狭小的空间内,散热比较困难,且对周边零件的辐射热量大。长期处于高温状态,不仅加快部件材料的热老化,也减少热敏感元件的使用寿命。在这样困难的情况下,如何合理组织流场,保证冷气流充分带走发动机及其它散热部件的热量,避免在发动机舱内形成热循环流动死区和局部高温区,成为机舱布置与优化的巨大挑战。

利用传统方式解决机舱热管理问题,主要依靠试验,费用高、周期长、需要大量的试验传感器等设备,丰富的理论与试验经验,因此测量判断难度较高[1]。运用 CFD 仿真和试验相结合优化机舱热管理性能。先从冷却系统匹配,机舱流场、压力及温度分布,合理优化机舱布置,再进行试验验证,解决局部专项散热问题。分析问题准确且有效,费用比较低,是目前国内外各大主机厂都推行的开发方法。

本文中某车型空调降温性能不佳,利用 CFD 仿真对搭载在实车上的冷凝器附近流场进行分析。结果发现怠速工况下存在热气流回流现象,影响空调降温效果。通过添加挡板,阻挡热回流,来改善空调降温效果。最后的试验结果验证了优化方案的可行性,同时也说明了仿真是除试验外,改善产品性能的有效手段。

## 2 问题分析

在某款车型的空调降温试验中发现，爬坡工况时空调性能表现正常，但在怠速工况下空调性能与设计目标相差比较大。经排查分析，调整空调相关部件，空调性能与目标值仍然有一些差距。最后发现，怠速工况下冷凝器表面温度过高（如图 1 所示），导致冷凝器换热效率低，直接降低空调降温效果。

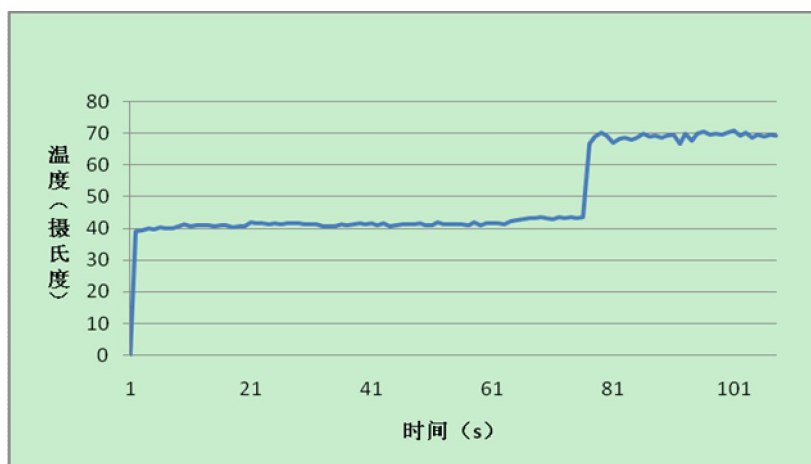


图 1 冷凝器表面温度曲线

对比两种工况，初步判断是怠速工况下机舱内部可能存在回流，导致冷凝器表面温度过高，进而造成空调性能不佳。需要进行机舱流场分析，并提出改进措施。

## 3 原方案分析

### 3.1 分析模型

整个空调冷凝器过热分析模型包括：整个车身外部、发动机舱、进气格栅、冷却系统模块、发动机、蓄电池和进排气系统等影响机舱空气流动的主要部件。特别是对冷凝器附近关键零部件进行了不同程度的细化[2]。具体模型如下：

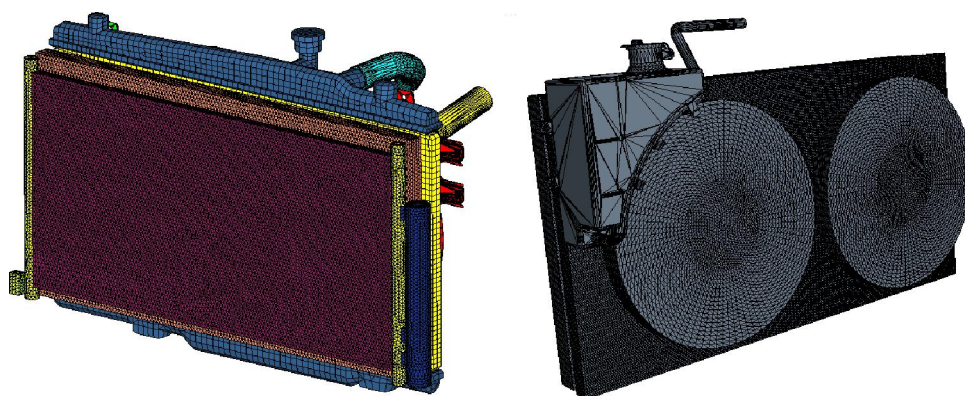


图 2 冷凝器和风扇模型

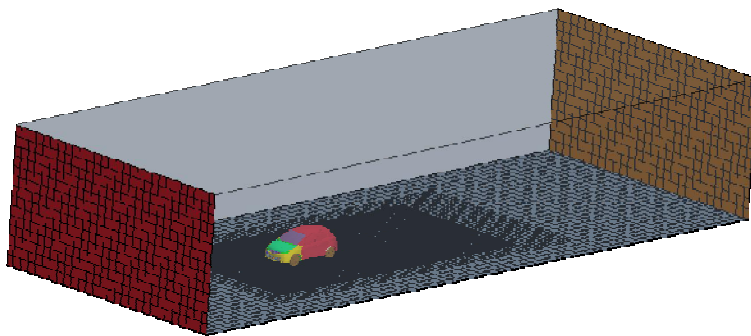


图3 整车分析模型

### 3.2 分析条件

针对冷凝器温度过高现象，本文采用了怠速和二档爬坡两种工况。散热器和冷凝器采用多孔介质模型来模拟气流在其厚度方向上的压力降。风扇采用简化风扇模型，定义试验性能曲线[2]。

### 3.3 分析结果

通过分析冷凝器周边流场分布，发现怠速工况下由于风扇的吸风作用，冷凝器后方气流的速度大于格栅进口处速度，引起热回流现象；而二档爬坡工况时由于格栅进口气流速度比较大，冷凝器后方的气流并未回流至冷凝器前方，只是在冷凝器后方形成涡流（如图4~图7）。

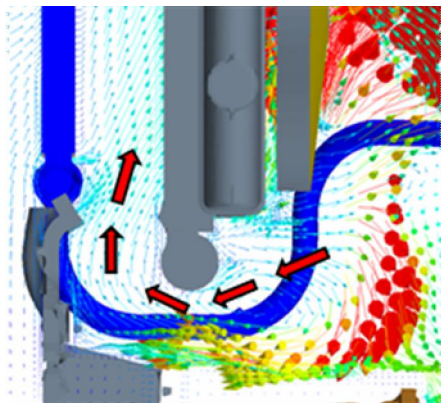


图4 怠速工况截面速度矢量图 a

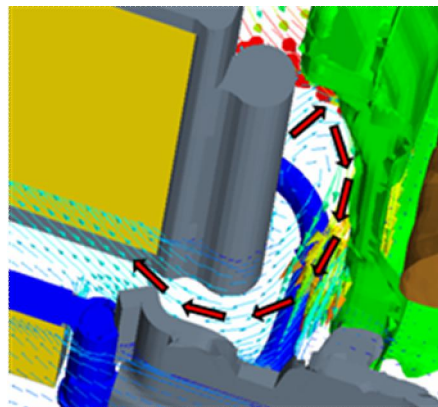


图5 怠速工况截面速度矢量图 b

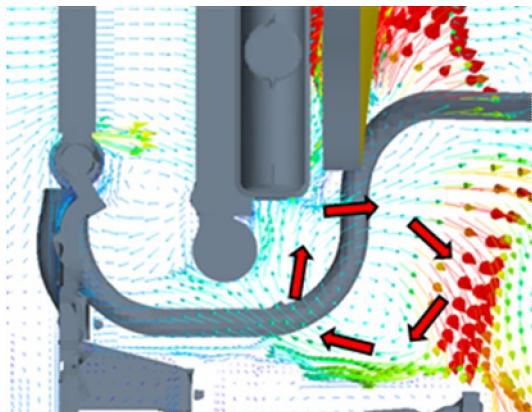


图6 爬坡工况截面速度矢量图

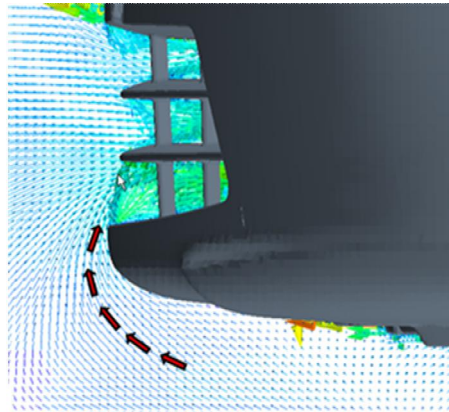


图7 怠速工况车底速度矢量图

## 4 改进方案分析

### 4.1 改进方案

针对怠速工况下冷凝器附近热气流回流现象，提出在冷凝器周围附近添加挡板的改进措施（如图 8），以阻止热气流回流，二次加热周边零件。



图 8 冷凝器挡板示意图

### 4.2 改进方案分析结果

对比更改前后冷凝器附近的气流分布发现，增加挡风板后，有效的抑制热气流回流现象（如图 9～图 10）。

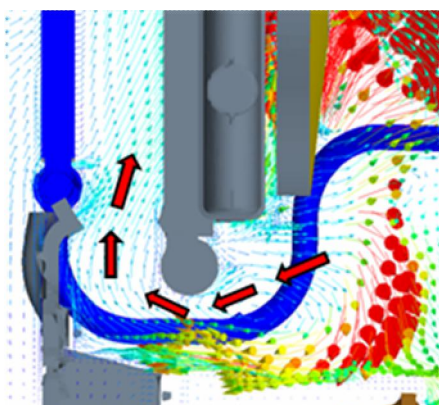


图 9 更改前截面速度矢量图

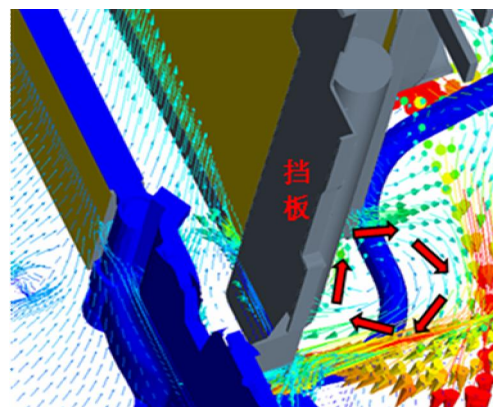


图 10 更改后截面速度矢量图

## 5 试验验证

通过制作挡风板手工样件，进行方案试验验证（如图 11）。在实验室里，针对添加挡风板和未添加挡风板进行对比试验。其中测点位置（如图 12～图 14 所示），分别布置在冷凝器上端和冷凝器下端，且距离冷凝器表面 20mm。1 和 2 表示改进方案状态，a 和 b 表示原方案状态。





图 11 挡风板位置图



图 12 测点位置图

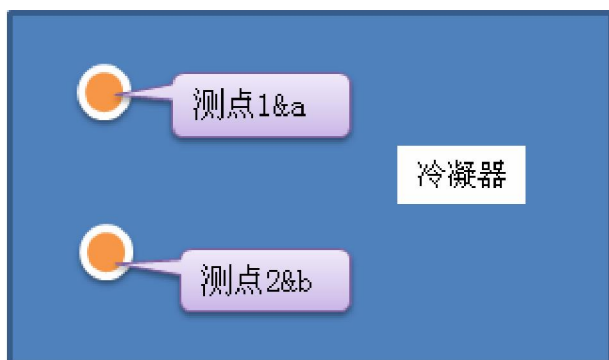


图 13 测点示意图 a

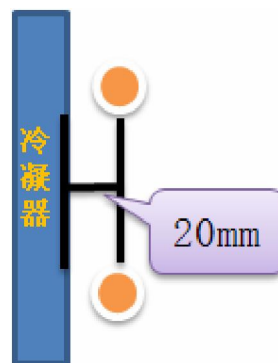


图 14 测点示意图 b

具体试验结果信息见图 15 和图 16，其中虚线表示原方案，实线表示改进方案。通过对比最后的试验结果，我们发现位置 1 处温度变化不大，但是位置 2 处的温度明显下降。位置 1 温度变化不大主要原因是此处位置靠上，热气流回流现象不明显。冷凝器下端表面温度明显下降，挡风板有效的抑制了热气流二次加热冷凝器。

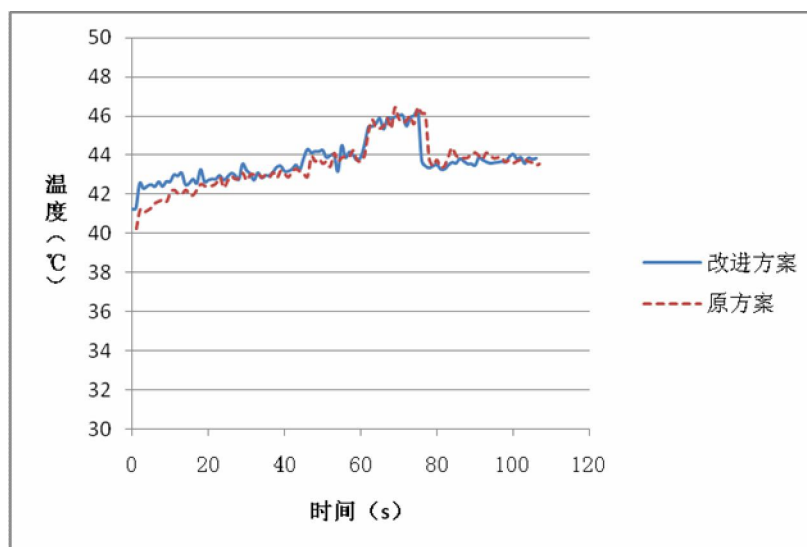


图 15 试验结果 a

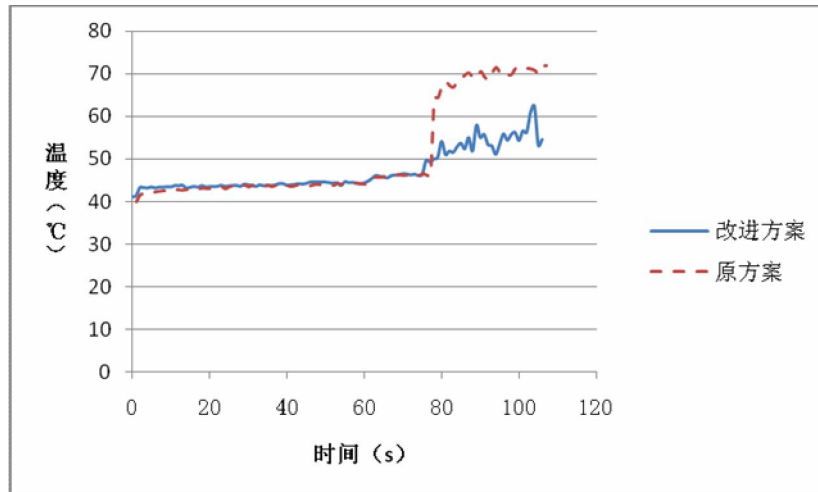


图 16 试验结果 b

## 6 结论

通过本案例，得出以下结论：

1、空调降温效果与空调匹配、发动机舱内热环境等相关。结合 CFD 技术与试验方法，找出产生问题的具体原因。本文详细分析并改进，怠速工况下冷凝器周围热回流引起表面温度过高的现象，从而改善空调降温性能问题；

2、通过 CFD 分析手段，对发动机舱内的流动现象进行详细而准确的描述，对寻找发动机舱内结构的合理性以及优化其中的流动具有指导性意义；

3、通过试验验证，仿真分析得出的增加挡风板优化措施，可以有效地防止冷凝器附近出现热回流，改善空调降温性能。说明机舱流场分析的判断准确性，且具有指导意义。

### 【参考文献】

[1]王小碧 某轿车发动机舱热管理模拟分析 CDAJ 年会论文 2010

[2]刘芳 詹佳 朱贞英 \*\*发动机舱流场分析报告 吉利汽车研究院 2010.10

[3]STAR-CCM+帮助文档