

基于 Star CCM+的某民用飞机风道性能分析

张 行

新乡航空工业（集团）有限公司

摘要：本文应用 STAR CCM+流体力学计算软件对某民用飞机风道建立物理模型，通过对风道的 CFD 分析，阐述了冷凝器故障的原因，并提出优化设计方案以改善风道内部气流变化，提高通过冷凝器芯体的风量来避免冷凝器故障。

关键词：STAR CCM+ 风道 流体仿真 冷凝器

1. 引言

我单位为某民用飞机配套的驾驶舱蒸发循环制冷装置在高度 600m、速度 350km/h 的空中使用时，压力传感器采集到的值达到设定报警值 3.2MPa，制冷装置自我保护。制冷装置地面通电检查压力传感器采集压力值在 1.2MPa 左右（环境温度 29℃），制冷装置在地面工作正常。在此后的地面检查过程中压力传感器压力值在 1.1MPa~1.3MPa。

本研究的目的是采用 Star CCM+流体力学计算软件对飞机在高速飞行过程中引发的气流变化进行仿真分析，阐述冷凝器故障发生的原因，并在此基础上进行优化设计，为产品的改进提供依据。

2. 仿真计算模型的建立

飞机风道的三维模型如图 1 所示，在机身的腹部开有两个风口，中间通过风道进行连接，冷凝器安装在风道的中部（图中未示出），通过冷凝风机的作用，使空气由前部的进口向后部的出口流动，以保证冷凝器正常的运行。

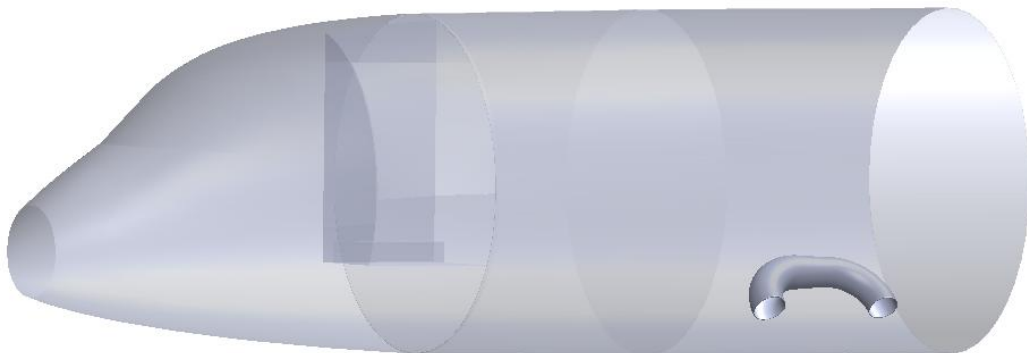


图 1 飞机风道示意图

将飞机风道三维模型导入 Star CCM+流体力学计算软件，为了准确计算飞机在高速分析时风道周围的气流变化，建立长×宽×高为 70m×30m×30m 的流体计算区域。利用 Star CCM+的表面包面（Surface Wrapper）对模型计算域进行拓扑封闭，并通过表面网格重画（Surface Remesh）以提高表面网格的质量。由于飞机风道几何形状比较复杂，所以采用多面体网格进行体网格划分。多面体网格具有良好的几何外形适应能力，能够较精确地反应格栅等细微区域的几何特征，利用 Star CCM+简明的用户界面，可以比较简单地从表面网格直接生成多面体。

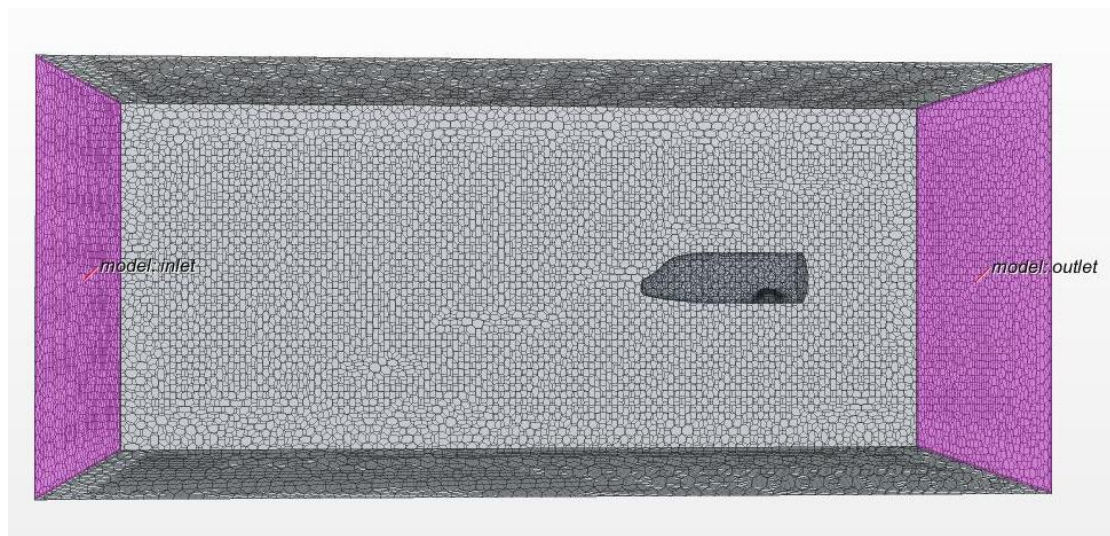


图 2 飞机风道多面体网格

体网格模型如图 2 所示，计算域前方为速度入口（Velocity inlet），后方为压力出口（Pressure outlet），边界条件依照飞机的实际飞行条件进行设定，入口速度为 350Km/h，出口压力设定为 0Pa。流动介质为空气。

3. 仿真分析结果

在 Star CCM+流体仿真软件中对模型进行仿真计算，风道部位的空气流动矢量计算结果如图 3 所示，空气流线计算结果如图 4 所示。

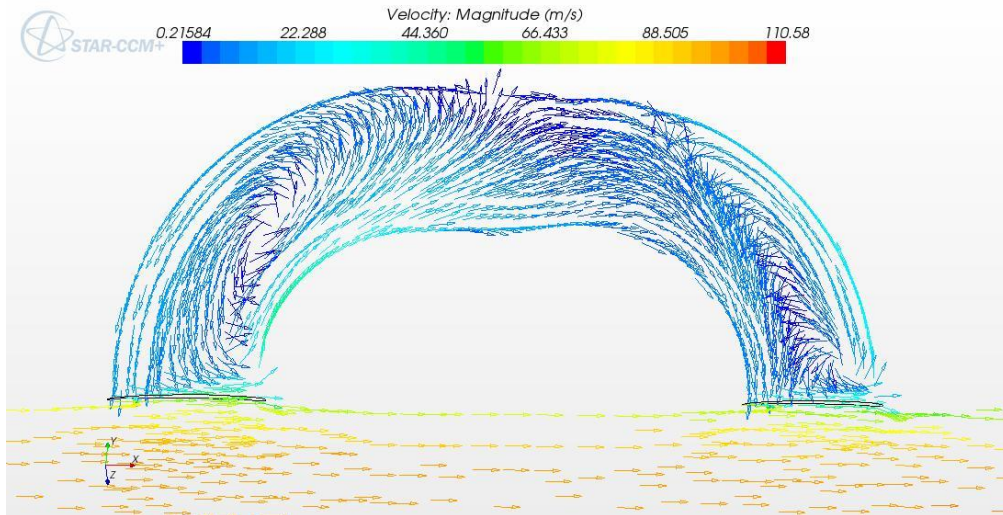


图 3 气流矢量图

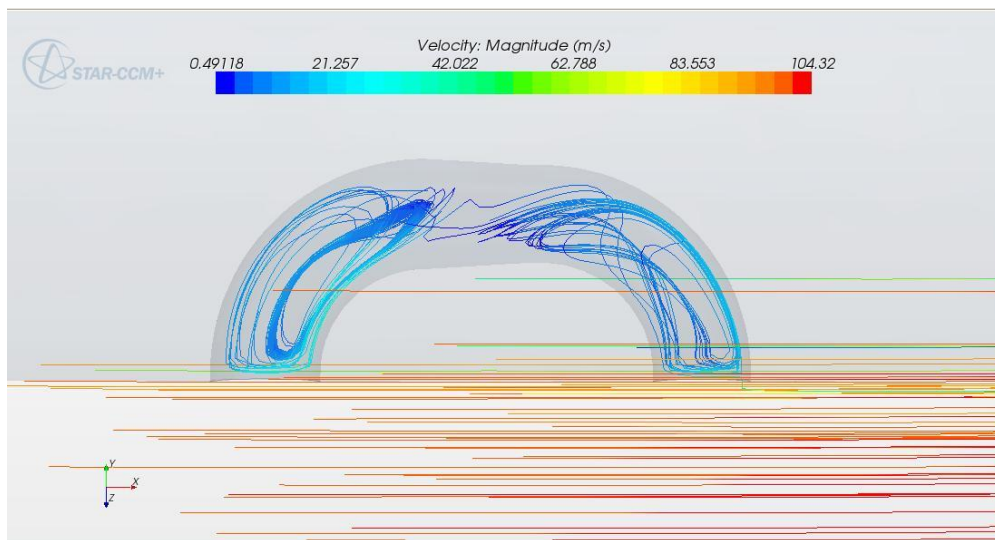


图 4 空气流线图

由图 3 气流矢量图可以看出,在飞机高速飞行时,所引发的高速气流在风道内的流动比较杂乱,在同一截面上同时存在方向相反的两股气流;由图 4 空气流线图可以看出,高速气流在风道内部形成了两个气流漩涡。在风道前部,高速气流由风道后侧流入风道,到达风道中部后部分气流迂回至风道进口;在风道后部,高速气流同样由风道后侧流入风道,到达风道中部后迂回至风道出口。

经过上述分析可以得出,在飞机高速飞行时,所引发的高速扰动气流在很大程度上影响了冷凝风机的性能,使得经过冷凝器芯体的风量下降,造成冷凝器的换热效率降低,冷凝压力升高从而发出报警。

4. 风道结构优化设计

为了减小飞机飞行时高速气流对风道的影响,需要对风道进出口的气流进行导流,因此

需要在风道进出口位置加装导流格栅。经过与相关单位的沟通与协调,设计风道进出口位置格栅如图 5 和图 6 所示。图中箭头方向为飞机航向。

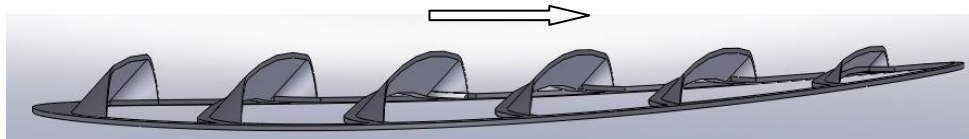


图 5 进风口格栅示意图

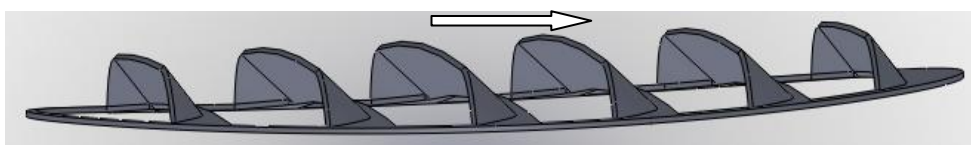


图 6 出风口格栅示意图

在风道进出口位置加装导流格栅后再次进行仿真计算,风道部位的空气流动矢量计算结果如图 7 所示,空气流线计算结果如图 8 所示。

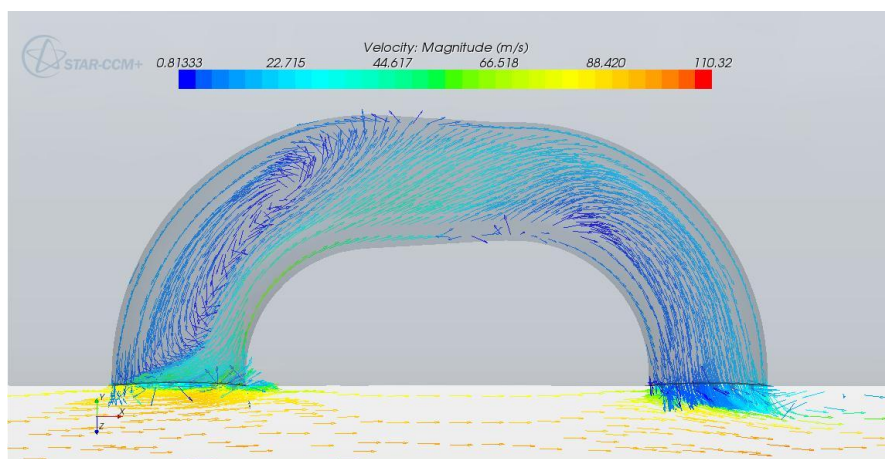


图 7 加装格栅后气流矢量图

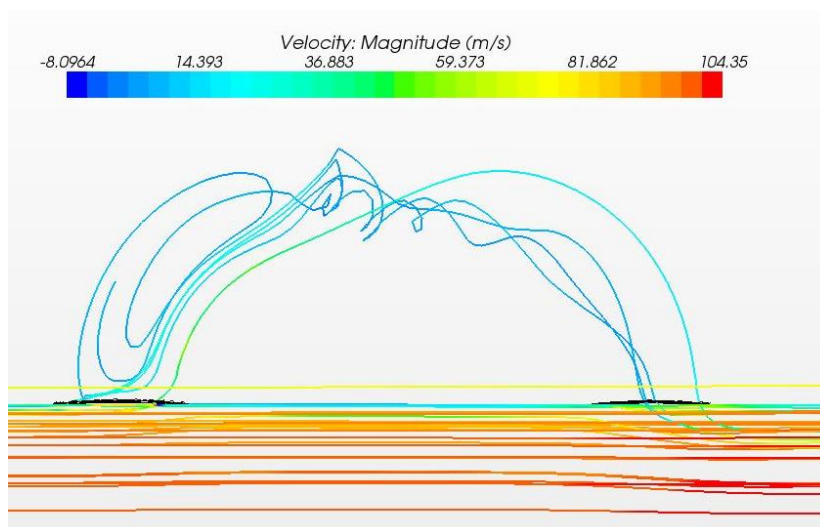


图 8 加装格栅后空气流线图

由图 7 气流矢量图可以看出, 加装风道格栅后, 由于格栅的导流作用, 高速气流在风道内部呈现出明显的规律性, 气流由风道前部入口进入, 经过风道由风道后部出口流出。由图 8 空气流线图可以看出, 高速气流在风道前部形成一个气流漩涡, 而风道后部的气流比较顺畅。在飞机高速飞行时, 高速气流经过风道格栅的导流作用进入风道, 到达风道中部后, 一部分气流流过风道由风道出口流出, 另一部分气流迂回至风道入口处, 在风道前部形成一个气流涡旋。由于出口格栅的导流作用, 高速气流无法从风道出口流入风道。

在加装风道格栅后, 风道内部气流呈现出较强的规律性, 流经风道中部冷凝器安装位置的风量明显增加, 从而改善了高速气流对冷凝风机性能的影响。

5. 结束语

通过应用 Star CCM+流体力学计算软件对飞机风道的流场仿真分析, 发现了飞机在高速飞行时风道内部气流的变化, 明确了冷凝器故障报警的原因, 根据仿真结果对原方案提出了优化方案, 并对优化方案进行了仿真验证。证明了 Star CCM+流体力学计算软件对改进产品设计质量和产品的优化设计具有重要的指导意义。

6. 参考文献

- [1] 孔珑《工程流体力学》[M]. 中国电力出版社. 2007 (2) .
- [2] Star CCM+使用技巧[J]. 计算机辅助工程. 2010 (6): 98-99.
- [3] Star CCM+用户帮助文档.