

某微车空滤器的 CFD 分析优化

CFD Simulation and Analysis of Air Filter

赵蕾 贾友昌 鲁建立

(长安汽车工程研究总院 重庆渝北空港大道 589号)

摘 要： 空滤器是进气系统的重要部分，其进气阻力大小对发动机性能和油耗均有影响。本文应用 star CCM软件，对某微车空滤器进行 CFD分析，对引气管进气和纵梁进气两种进气方案进行比较，并对纵梁进气方案进行优化，有效的降低了进气阻力，对空滤器的选型提供了参考性的意见。

关键词： 空滤器 Star CCM+ CFD 进气阻力

Abstract Air Filter is an important part of intake system and its resistance has significant effect on engine performance and fuel consumption. In this paper, the air filter resistance for two cases was simulated and compared using Star CCM+. And the design of case_2 was optimized according to CFD analysis. The result indicated that the resistance of air filter can be reduced much by optimization.

Key words: Air Filter; Stat CCM+; CFD; resistance

1 前言

空气滤清器是进系统的一个重要部分，它的作用是：过滤进气系统中的杂质颗粒，减少汽缸、活塞和活塞环等零件的磨损，延长发动机的使用寿命。降低发动机的进气噪声。

在满足以上条件的基础上，进气阻力的大小也是评价空滤器的一个重要指标。因为，空滤器的进气阻力，影响发动机的性能和油耗。现阶段，随着油耗要求越来越严格，若是能有效的降低进气阻力，对提高发动机性能以及降低油耗都是一个积极的措施。

微车空滤器由于发动机布置的原因，一般引气管比较长，这会对进气阻力，及其发动机舱的空间布置造成一定影响。为了节省空间，且不影响性能的前提下，也会考虑从纵梁引气。本文就是针对以上情况，进行了相关分析。应用 star CCM软件对比了管道进气和纵梁进气两种方案的进气阻力，并且在纵梁进气的基础上进行优化，有效的降低了空滤器的进气阻力。

2 空滤器的结构简介

空滤器主要由 dirty侧、clean侧、滤芯以及相关的消声元件四部分组成。其中

- | dirty侧主要包括引气管和本体的下壳体,对于微车而言,由于发动机布置原因,其引气管较长;
- | clean侧主要包括本体的上壳体 and 出气管;
- | 滤芯通常有滤纸和无纺布两种材料,作用主要是过滤杂质。在进行 CFD 计算时,将其简化为多孔介质模型。

如下图 1所示,为某微车的空滤器模型,图 1-a为引气管进气方式 (caes_1),图 1-b为纵梁进气方式 (case_2),纵梁中间存在一个隔板,主要是增加纵梁可靠性。

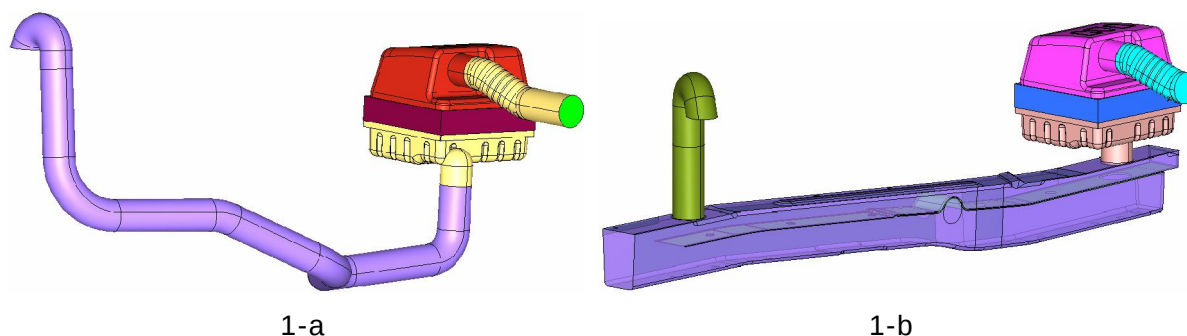


图 1 某微车空滤器模型

3 计算模型

3.1 计算网格划分

收集整理 CATIA 数模,在 Hypermesh 中修剪形成封闭的求解域并划分网格,导出 .nas 的格式后输入到 STAR-CCM+中。采用 Star CCM+中的 trimmer 网格进行网格划分,划分两层边界层。将空滤器分三部分进行网格划分,分别对 dirty侧、clean侧、滤芯进行网格划分。中间用两个 interface 将其连接起来。(interface 的连接如下图 2所示)。另外,为了保证计算的准确性,将出口部分延长出管直径的 3-5倍。

3.2 边界条件

计算中假定空气为不可压缩气体,湍流模型为 Standard K-epsilon 模型,空间离散采用二阶迎风差分格式,迭代方式选用 Simple 算法,计算边界条件如下所示:

- (1) 流量入口,常温,采用额定转速下对应的流量;
- (2) 压力出口,采用标准大气压;
- (3) 其他边界:壁面边界;
- (4) 初始条件:以进口条件给定;

(5) 滤芯参数根据试验值选取；

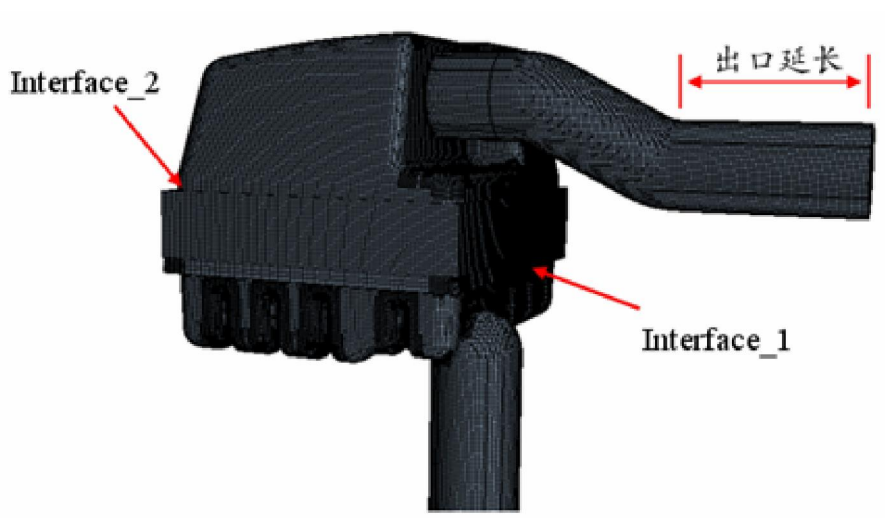


图 2 某微车空滤器网格模型

4 分析结果

首先查看进出口静压差，如下图 3 所示，为两者静压差，两者基本相同，差异较小；两者压力损失的主要差异存在于引气管部分；并且在本例中，引气管部分的压力损失是空滤器压力损失的主要部分，约占空滤器总的压力损失的 75%左右。

其次，比较空气通过滤芯的情况。如图 4 所示，为滤芯前端的速度分布。由于两种空滤器进入滤芯的方式不同，因此空气通过滤芯时，高速气流存在的位置不同，case_1 偏左下方位置，case_2 相对较好，高速区域存在于中心偏下位置；但是，由于局限于引气管进气方式的限制，滤芯前端的速度分布都不是很均匀，速度均匀性系数（UI）均偏低，但是，相对而言，管路进气方案的均匀性要好些，但是，两者差异很小。

通过对比两种方案，认为，两种方案的进气阻力相当，滤芯处进气均匀性差异较小，同时，纵梁进气方案，不需要占用额外机舱空间，较好布置，同时节省了管路的成本。建议可以采用纵梁进气。

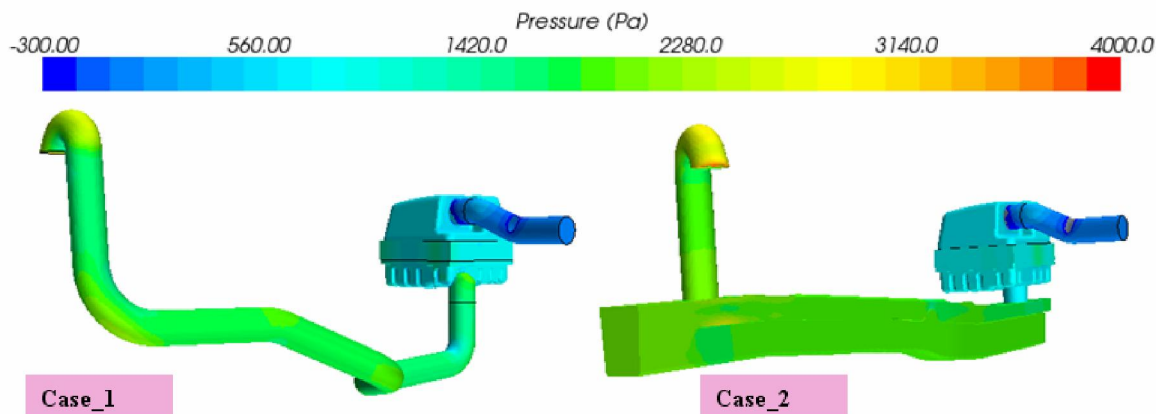


图 3 静压分布图

图 5 所示为纵梁进气方案 (case_2) 各部分的压力损失分布, 通过比较发现, 进气阻力在图中框中的部分, 进气阻力较大, 还有优化的空间。如图所示, 进口部分的压力损失约占 16.5%, 纵梁前端的进气阻力约占 16%。纵梁前端的压力损失较大, 主要是因为纵梁中的隔板阻挡了气流顺畅流动, 如图 5 中的速度矢量所示。

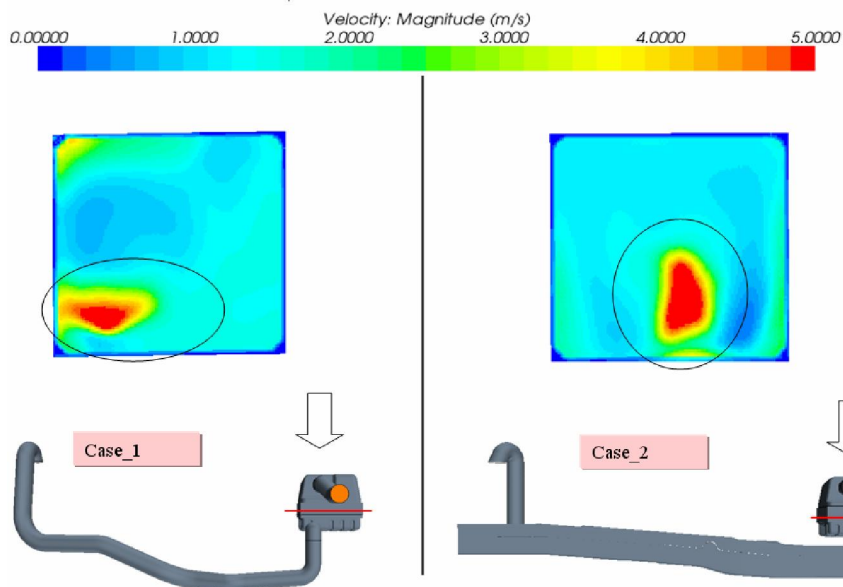


图 4 滤芯前端的速度分布

针对纵梁进气方案 (case_2) 进气阻力较大, 进行优化。通过比较各部分的压力分布, 以及查看流场, 发现, 纵梁进气方案 (case_2) 在图 5 所示的两个位置有较大的优化空间, 最终在不影响纵梁强度的基础上将纵梁中间的隔板缩短一定距离, 并将进口形状改成如图 6 所示; 同时, 考虑到滤芯前端的流场分布均匀性, 在不改变空滤器本体容积的基础上, 将滤芯向上平移一定距离。

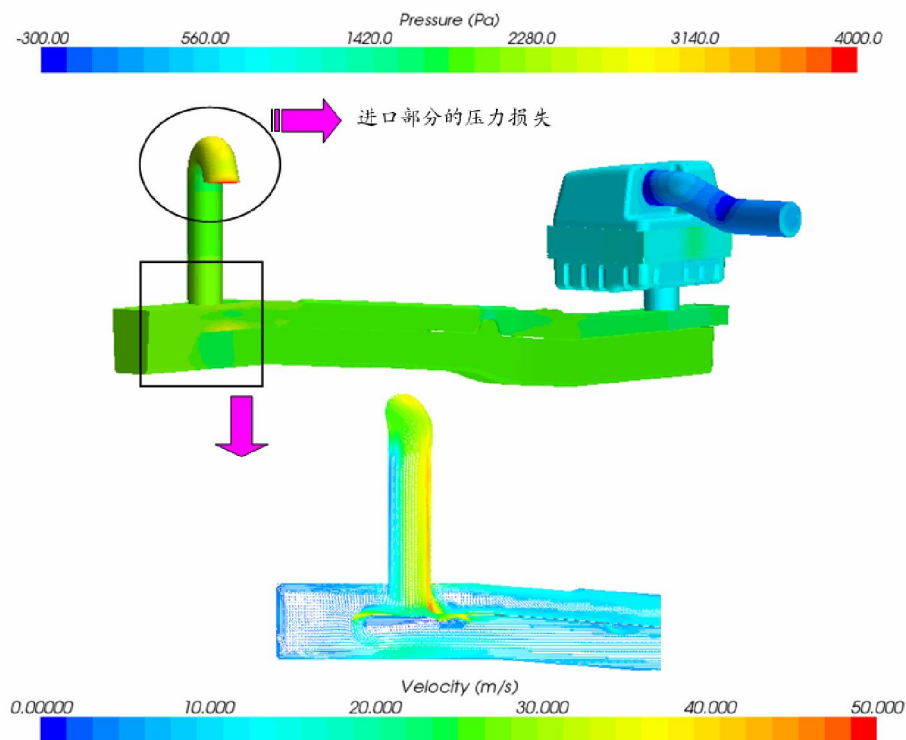


图 5 纵梁进气方案 (case_2) 压力损失分

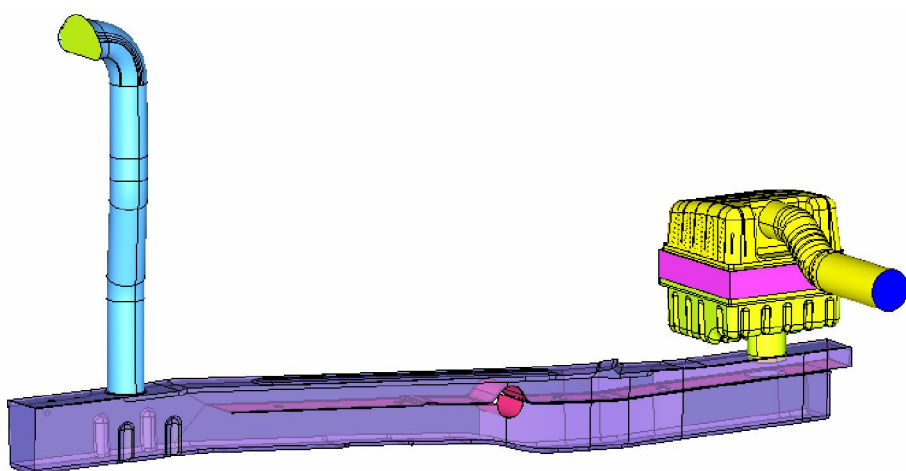


图 6 优化后的纵梁进气方案 (case_3)

最后比较优化后的纵梁方案 (case3) 和优化之前的纵梁方案 (case2), 发现, 进气阻力明显减小, 降低幅度为 21%, 且减小的部分都集中在 dirty 侧。同时, 滤芯前端的速度分布也有些许提高, 如图 7 所示。图 8 所示为 case3 的流线图, 从图中可以看出, 流线运动较为顺畅。

结论: 通过 CFD 分析对管道进气 (case_1) 和纵梁进气 (case_2) 两种进气方案进行了对比, 得出以下结论:

- I 两种进气方案的进气阻力基本相当;

- I 在纵梁进气方案的基础上，不影响空滤器其他性能的前提下进行优化，有效的减小了进气阻力，且提升了滤芯前端的进气均匀性，很好的为前期设计提供了依据；
- I 同时，在不影响发动机性能的前提下，降低了样件成本（节省了引气管部分的材料费用），优化了发动机舱内的空间布置。

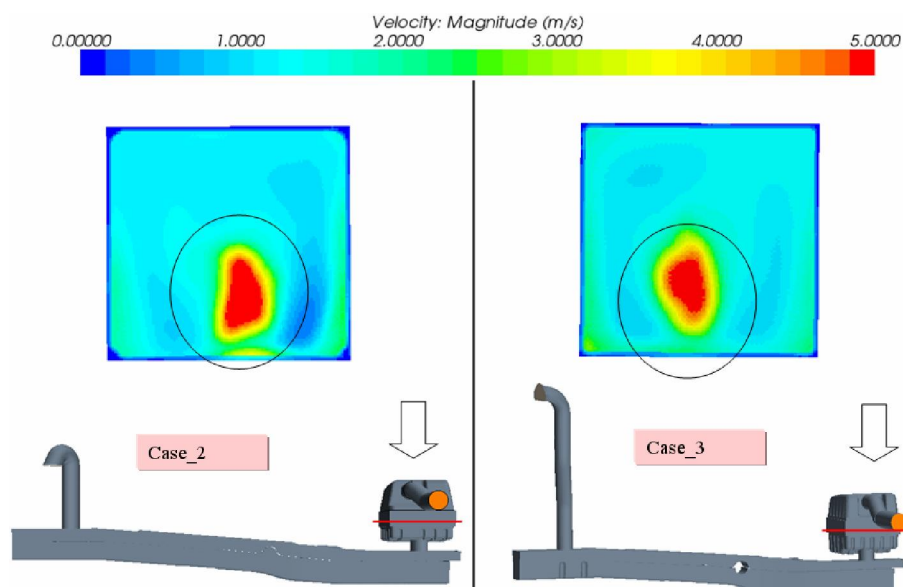


图 7 滤芯前端速度分布

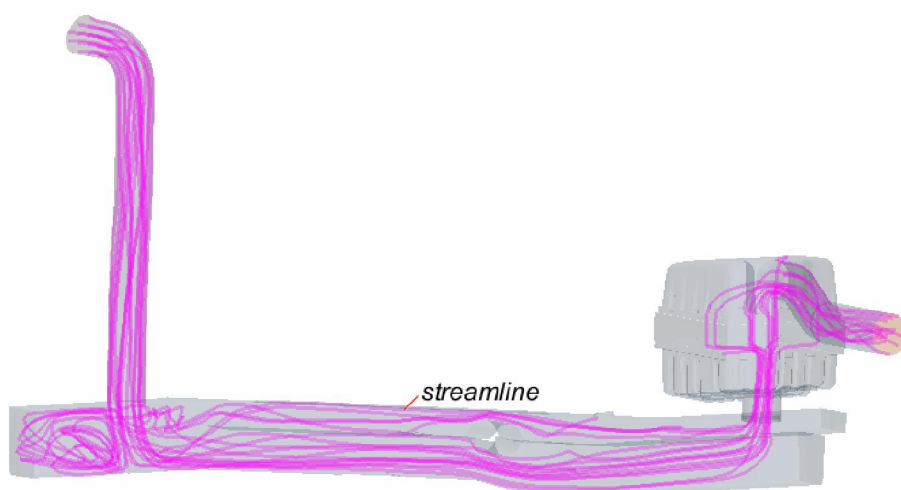


图 8 case3的流线图

5 参考文献

- [1] Star CCM帮助文档
- [2] Kouichi Oda and Minoru Honda, Development of a New Air Cleaner Filter, SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 2001-01-0371.