

基于 STRA-CCM+ 的汽车涉水分析

郑鑫, 乔鑫, 孔繁华, 李飞

(华晨汽车工程研究院工程分析室, 辽宁沈阳 110141)

[摘要] 大雨过后路面会存有大量积水, 车辆涉水行驶非常普遍, 汽车涉水能力的大小也是衡量汽车质量水平的重要指标。本文利用 STAR-CCM+ 对某型汽车做涉水分析, 观察水流对防火墙的冲刷情况, 并对此进行了改进, 避免防火墙直接被水冲刷, 解决了防火墙渗水的问题。

关键词: 汽车涉水; STAR-CCM+; 防火墙; 冲刷; 渗水

[Abstract] After the heavy rain, the road would have a lot of water, the vehicle driving very common wading. This paper introduces the process of vehicle wading simulation with STAR-CCM+, observing the situation of water erosion on the firewall, and this has been improved to avoid the firewall scoured directly by water, solving the problem of firewall seepage.

Keywords: Vehicle wading; STAR-CCM+; firewall; erosion; seepage

前言

当今全球气候变暖, 夏季雨量增大, 大雨过后路面会存有大量积水, 车辆涉水行驶非常普遍, 因此汽车涉水能力受到各汽车企业的重视。

车辆涉水严重, 主要会出现以下情况:

1) 现在车辆电子化程度越来越高, 线路特别繁杂, 车辆在涉水后很容易导致各电路接口和插口进水。涉水后的车辆一般当时看不出什么问题, 但进水的位置时间长了就会被氧化, 问题也会随之而来;

2) 车辆在过水路面时, 大量的积水会冲击到车内防火墙上, 由于水流急, 压力大, 时间过长, 防火墙会出现渗水现象;

3) 汽车涉水对发动机的影响比较大, 如环境水导致电器短路、水进入进气管导致气缸进水、进入机体而稀释润滑油、对机体具有冷却作用;

4) 发动机涉水时, 对润滑系统影响比较大。油底壳位于发动机底端, 涉水时首先与水接触, 随着涉水深度的提高, 油底壳部分或全部没于水面下, 高温润滑油通过壳壁与水发生热交换, 润滑油温度下降、黏度减小, 导致润滑不良, 摩擦损失增加, 燃油消耗率增加。

本文根据实际路试反馈信息, 发现在车辆涉水试验过程中, 防火墙出现渗水现象。为测出渗水的主要位置, 现运用 CFD 软件 STAR-CCM+ 进行车辆的涉水仿真。

1 计算模型的建立及方案确定

1.1 几何模型建立

根据某车型的三维 CAD 实体模型, 分别选择发动机舱内部各零部件、前格栅、车轮和车身的外表面生成模拟空间。考虑到汽车产品的复杂性, 为了节约时间和减少网格数量, 在不影响模拟精度的前提下, 把汽车底盘部分处理成一个平板。但对模拟的关键部件, 如前格栅、发动机舱内的散热器、风扇等部件则应尽量保留原样, 如图 1 所示。

由于 CFD 网格划分需要在一个封闭的空间内进行, 而 CAD 模型之间有一些缝隙和漏洞, 如果直接在 CAD 软件中进行模型的前处理, 需要花费大量的时间和精力, 因此, 我们采用先在 Hypermesh 中划分三角形的表面网格, 如图 2 所示, 这样表面的连接和修补相对容易, 然后输出为 Patran 格式。

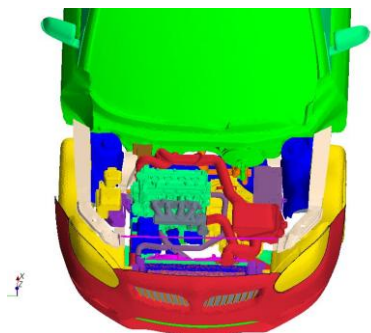


图 1 几何模型

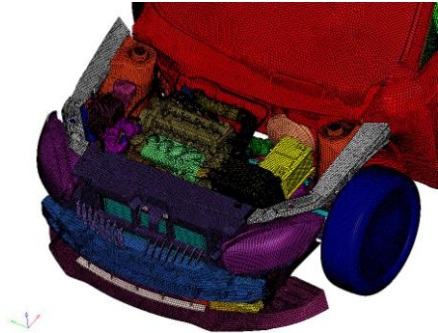


图 2 Hypermesh 表面网格

1.2 网格生成

在本次分析中，利用 STAR-CCM+先进的网格生成工具进行面网格重构和体网格的划分工作，其中中冷器、冷凝器和散热器采用多孔介质的计算模型。

计算区域取为长方体，长宽高分别为 $32\text{m} \times 6\text{m} \times 7\text{m}$ ，上游距前车轴 8m ，如图 3 所示。整个模型采用 12 面体网格划分，体网格总数为 3739120 个。图 4 为整车体网格图。

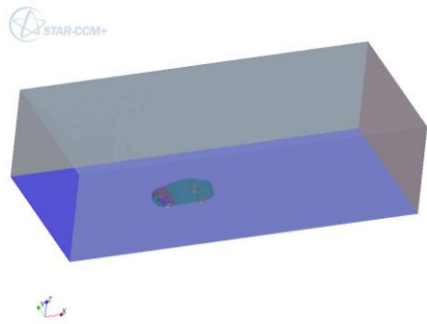


图 3 计算网格

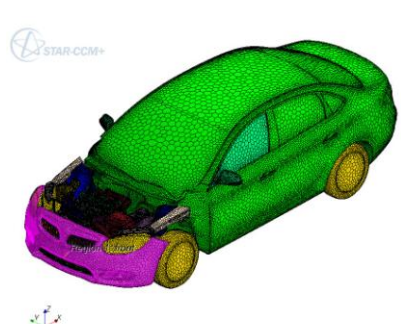


图 4 整车体网格

1.3 边界条件确定

分析中有水和空气两种流体介质，入口采用速度入口边界条件，入口速度根据实际路况速度设置，如表 1 所示，出口为压力出口边界条件。侧面及顶部采用滑移壁面边界条件，底部及车身表面采用无滑移壁面边界条件。紊流模型采用高雷诺数 $k-\epsilon$ 湍流模型。采用 SIMPLE 算法进行计算。

表 1 初始条件

方 案	(一)	(二)	(三)	(四)
涉水深度	100mm	100mm	200mm	200mm
行车速度	30kph	10kph	30kph	20kph

2 计算结果与分析

2.1 原始模型计算结果

不同涉水深度和不同车速下，防火墙上的压力分布情况，如图 5 所示。通过计算，我们可以看到，当车速越快，水越深时，冲击到防火墙上的压力就越大；相同速度时，随着水不断增深，压力

变化比较明显；所有方案都有一个共同点，压力最大值都发生在防火墙上，偏于副驾驶员侧；其中压力最大值的情况为车速 30kph，涉水深度为 200mm 时，压力值为 7500Pa。

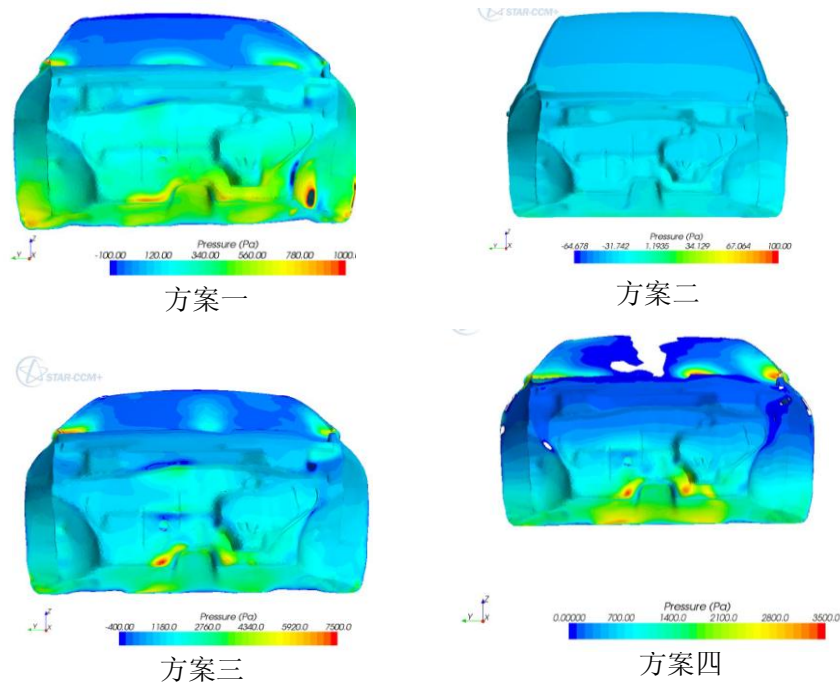


图5 不同涉水深度不同车速时防火墙上压力分布图

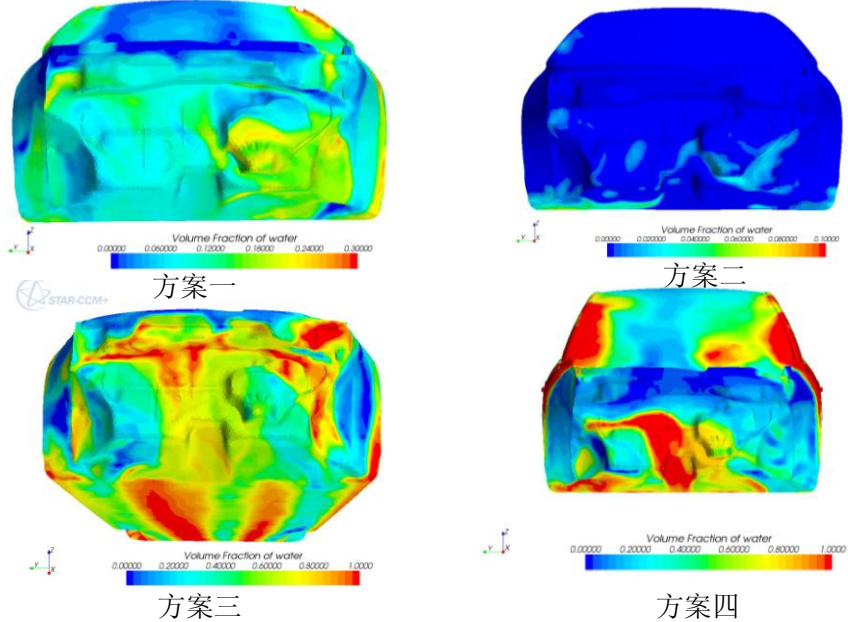


图6 不同涉水深度不同车速时防火墙上水的体积分数

水的体积分数大小表示水含量的多少，不同涉水深度、不同车速时，防火墙上水的体积分数，如图 6 所示。图中由方案一可知，驾驶员侧的防火墙溅到的水比较多；方案二与方案一相对比，由于车速的下降，飞溅到防火墙上水较少，但有水的区域是相同的。方案三，由于涉水较深，车速较快，水飞溅到防火墙上区域比较大，几乎遍布整个防火墙；相比方案三，方案四由于车速下降，由车底反噬的水被防火墙底部阻挡，只能沿着防火墙的形状贴伏在防火墙上，而不能飞溅，导致防火墙中底部到副驾驶员侧飞溅到的水量较大。

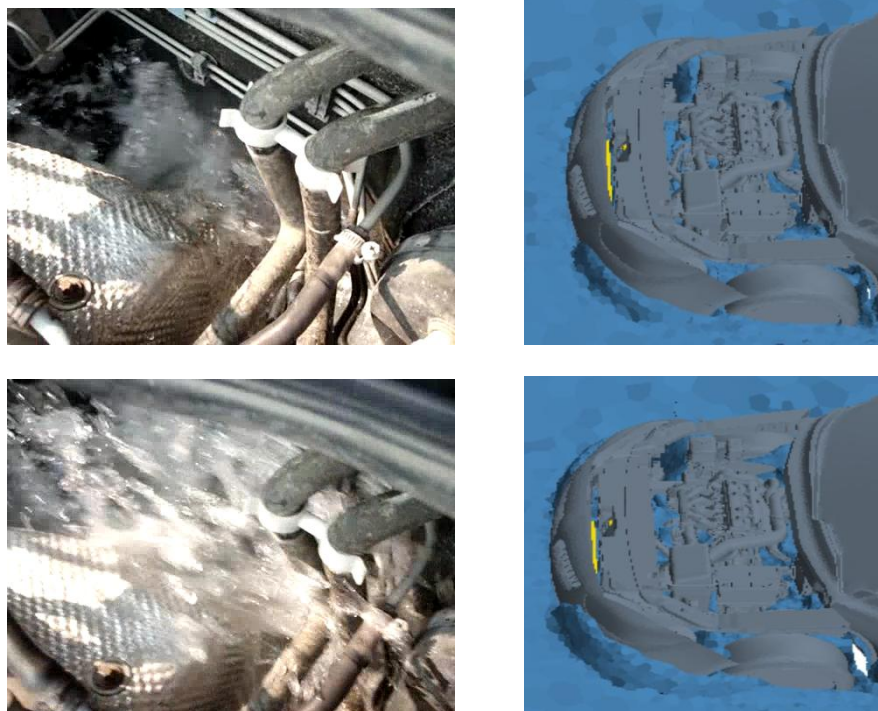


图 7 路试与方案四对比

路试的进水过程截图与方案四涉水分析结果对比可知，车辆涉水的过程比较相似，如图 7 所示。

综上所述，方案四（涉水深度 200mm，车速 20kph）在实际中是比较常见的，也是路试情况中最能反映实车性能的方案，因此方案四模拟的结果更具参考意义。

2.2 方案改进

由方案四可知，防火墙中部积了很多水，此处也是防火墙漏水的多发位置。针对此情况，设计人员在发动机底部加了一块护板，如图 8 所示，目的是为了挡住水由底部反噬，冲击防火墙。

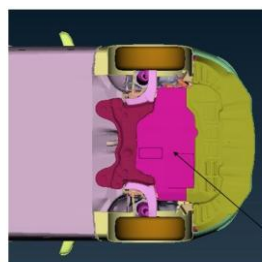


图 8 发动机底部护板 新加护板

基于方案四，做更改方案的涉水仿真，边界条件的参数设置与方案四相同（涉水深度为 200mm，车速为 20kph）。方案四和更改方案的涉水仿真对比，如图 9 所示。从方案四的模拟可以看出，进入发动机舱的水分两部分，一部分由格栅进入流经中冷器，冷凝器，散热器，风扇，冲击发动机本体，第二部分是由发动机舱底部冲刷，并经防火墙向上翻转，反面冲击发动机；由更改方案的模拟结果可观察到，由发动机舱底部冲刷防火墙的那部分水被新增的发动机底部护板阻挡，进而阻隔水流直接冲击防火墙。

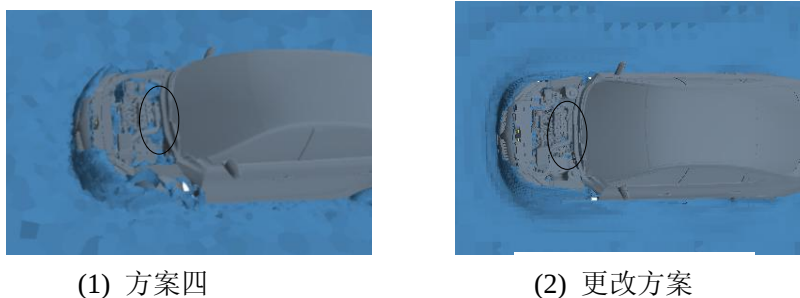


图 9 方案对比涉水仿真

从防火墙上水的体积分数可以看出，通过增加发动机底部护板，防火墙上水量有了明显的降低，更清晰的反映出了护板的隔水效用，进而验证了设计更改方案的可行性，如图 10 所示。防火墙底部的压力区域也有了明显的变化，整个防火墙的压力变得更加均匀，压强最大值发生在轮罩内部，原因是由于水流对车轮罩的直接冲刷导致的。

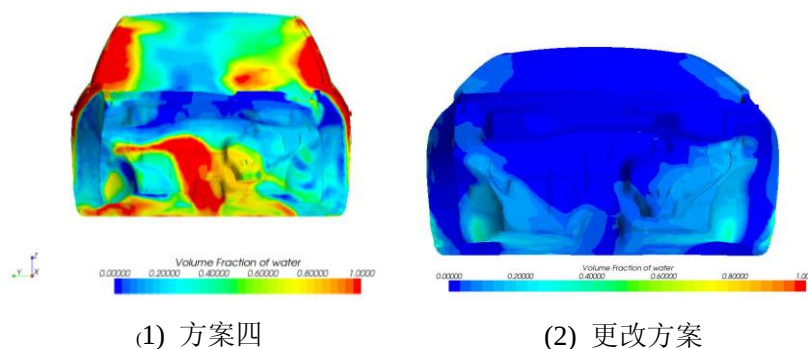


图 10 防火墙上水的体积分数

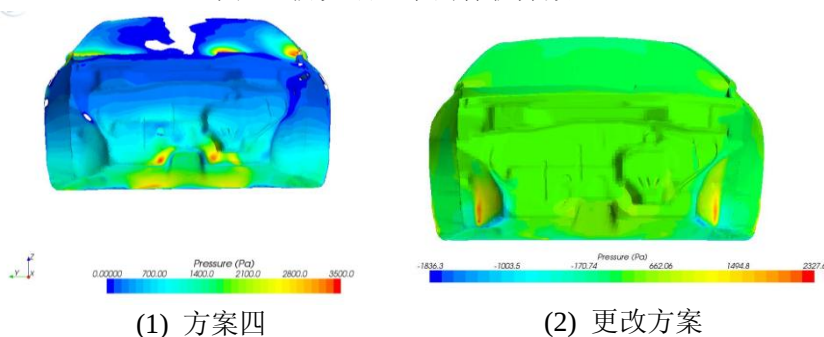


图 11 防火墙上压力分布

3 结论

(1) 应用 STAR-CCM+分析软件对某车型进行的涉水分析，可以较准确的得到汽车涉水的整个过程及各零部件上的压力分布及所沾水的体积分数。

(2) 更改方案的计算结果表明，通过增加发动机底部护板，可以很好的阻隔车底部水流对防火墙的直接冲刷，减低了防火墙出现渗水的可能，更改方案合理。

(3) 在产品开发时应用 CFD 方法，可以大大缩短开发周期，节省开发费用，分析结果对于设计开发人员优化产品设计具有重要参考价值。

4 参考文献

- [1] STAR-CCM+帮助文档.
- [2] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社.
- [3] 倪计民. 汽车内燃机原理[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.