

某 MPV 车型电泳仿真分析

黄萍

(东风柳州汽车有限公司, 广西 柳州 545005)

摘要: 介绍了 EcoatMaster 仿真软件对某 MPV 车型电泳状态进行仿真分析的全过程。整车宏观分析部分, 通过仿真结果与实车进行对比分析仿真与实车符合度的影响因素。腔体微观分析部分, 首先通过对电泳不良区域的结构进行电泳孔、孔径、孔间距及对穿孔分析, 提出结构优化方案。再结合实车解剖结果, 进一步说明电泳仿真对结构优化设计有较好的指导作用。

关键词: 电泳; 仿真; 汽车涂装; 工艺孔

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2025)02-0063-03

Electrophoresis Simulation Analysis of A MPV Vehicle

HUANG Ping

(Dongfeng Liuzhou Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545005, Guangxi, China)

Abstract: EcoatMaster simulation software was used to numerically simulate the electrophoretic state of a MPV vehicle. Firstly, through comparative analysis with the real car, the factors affecting the coincidence between the macro calculation and the real car are obtained. Based on the analysis of holes, pore size, hole's spacing and perforation of the unelectrophoretic region, suggestions for structural optimization are put forward. Finally, combined with the results of real vehicle anatomy, it is shown that electrophoretic simulation plays a good guiding role in structural optimization design.

Key words: electrophoresis; simulation; automobile painting; auxiliary hole

0 引言

面对与日俱增的市场竞争, 各汽车企业都致力于推出新产品来抢占市场。为获得更大的竞争优势, 缩短新产品开发周期、降低开发成本并且确保质量处于高水平是车企需要研究的重要课题。本文基于此, 采用 EcoatMaster 对某 MPV 车型进行电泳仿真分析, 介绍该款车型电泳仿真及问题验证的全过程, 从电泳孔、孔径、孔间距及对穿孔几个方向提出电泳不良区域的结构优化方案, 对新车型的开发起到很好的助力作用。EcoatMaster 操作简单, 基于其计算结果有较高的仿真精度, 因此在减少实车电泳不良处数、缩短新车型开发

周期及降低设变成本等方面均具有重要意义。

1 电泳仿真分析基本流程

在计算某条生产线的新车型时, 生产线模型、电泳涂料数据均无需再进行调整, 只需将白车身 CAD 数模清理后, 转成 EMT 软件所需的 STL 格式, 就可使用 EMT 软件划分整车网格, 得出的网格数据导入到 EcoatMaster 中进行宏观仿真计算。根据不同车型结构分析需求, 将已经转换好的整车 STL 数据进行切割, 获得需要进行仿真计算的腔体结构数据, 对此腔体结构数据进行清理后, 与宏观画网格相同, 使用 EMT 软件划分腔体网格, 再导入到 EcoatMaster 中逐一进行微观腔体仿真计算。在进行腔体计算前, 需要对整车进行宏观计算, 得到车身各区域电场分布, 利用整车计算获得的电场进行车身内部腔体仿真分析计算。在以上这些过程中, 涉及到的数模数据清理主要是删除一些外部支架、焊点、胶体等会影响到计算进程及对仿真结果

收稿日期: 2023-11-11

作者简介: 黄萍(1989—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事汽车前处理电泳涂装工艺管理及改善工作。E-mail: 463521704@qq.com。

无影响的零件。

2 宏观计算分析

2.1 整车宏观计算

在整车电泳宏观计算中,一般以电泳涂料性能试验数据和实际过线工况作为仿真计算中边界条件选择的基础。计算时电泳液流速的选择,根据电泳时车身周围电泳液的流速情况确定。将整车划分为高流速和低流速区域,通常高流速区域指的是车身外表面区域,流速选择 $900 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $1\,200 \text{ m}^3/\text{h}$ 流速;而低流速区域包括机舱内、乘员舱内区域,流速选择相对低 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 流速。实车电泳时车门需开启一定角度,因此建模时也需要根据实车状态开启相同的车门角度。槽液的仿真参数是根据前期收集到的数据校准而来,如涂料未进行变更,新车型导入时无需考虑,只需提取设定好的参数即可。车身尺寸对仿真模型有一定的影响,因此在具体进行计算之前,需进行行车轨迹的校验,如存在车身在槽内与阳极膜管干涉情况,需重新调整车身位置,否则会导致计算结果与实车结果出现偏差。

该车型数据在导入仿真模型进行计算中,计算过程中出现错误提示“TankWrap\ECoatMaster_bodies.plt can not be found”,计算中止。通过错误提示的“在槽体文件中找不到实体”反查原因,发现车身已超出槽体模型(见图1),车身后端、上部均超出槽体。由于车身超出槽体,计算时无法捕捉到仿真计算起点,导致无法启动求解器联动,最终计算中止。调整车身数模原点,使其原点与该生产线过往车型原点重合,从而确保进线起点位置一致,再次进线时,未出现超出槽体情况。

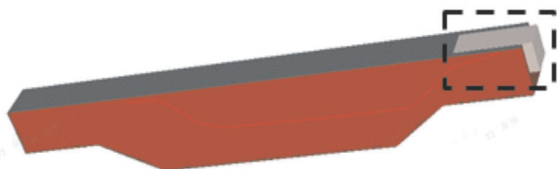


图1 车身模型超出槽体图示

在进行计算任务前,通过软件提示完成行车轨迹校验,校验中出现“ERROR”对话框提示,存在干涉的步骤。该车在行车时会与顶部阳极存在干涉(见图2),行车存在干涉不会造成计算中止,但计算结果可能会受到影响。

2.2 宏观结果分析

宏观计算结果分析,通过与实车进行电泳膜厚状态对比,发现外表面电泳膜厚仿真结果与实车拟合较好,而内表面差异较大,仿真出现的电泳不良区域,膜厚范围只有 $0\sim 2 \mu\text{m}$,实车则达到 $8\sim 10 \mu\text{m}$ 。

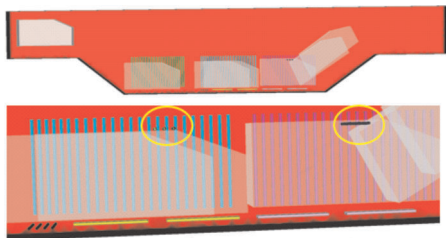


图2 车身与槽内阳极膜管干涉

将车身数模在槽内位置调低 200 mm ,重新进行网格划分后导入到 EcoatMaster 软件中进行仿真计算,行车轨迹校验过程不出现干涉错误提示,对比该仿真结果与实车,发现差异明显减小,膜厚差异缩小至 $2 \mu\text{m}$ 以内。说明车体在槽内存在干涉,对宏观仿真的结果存在较大影响。该款车型车内后上部仿真电泳膜厚偏小,可能是由于与顶部阳极干涉,顶部阳极未起作用的原因。由于 EcoatMaster 进行计算时,当存在干涉时不会导致计算中止,因此操作过程中往往会忽略此项因素,导致仿真结果存在偏差。综上,在提交整车宏观计算任务时,应先进行行车轨迹校验,根据校验结果进行车身数模位置的调整,确保无干涉再进行计算,才能保证计算结果与实车符合度。

3 微观腔体计算分析

根据车型结构,对 A 柱、B 柱、门槛、前门框、背门框几个腔体进行微观计算分析。首先使用 EMT 软件将腔体切割出来,对腔体数据进行清理,清理完成后将数据导入 EMT 进行网格划分,再使用 EcoatMaster 进行腔体微观计算分析。在腔体仿真结果分析时,主要从电泳不良区域的钣金间隙、孔及孔径大小、孔间距、对穿孔几个方面去进行结构分析,提出优化变更申请。

3.1 钣金间隙分析

核对腔体计算结果中不良区域的结构,使用 CATIA 检查车身数模,测量腔体两钣金间隙,可知钣金间隙是否满足电泳要求。一般要求两钣金间隙 $\geq 5 \text{ mm}$ 才能确保电场能够顺利通过。如出现钣金间隙小的情况,则针对间隙小部位对结构设计提出增加间隙的设计变更申请,由结构设计综合强度等其他性能去评估是否接受变更。

3.2 孔及孔径大小分析

腔体电泳不良是由于电场线被屏蔽无法进入腔体导致,开孔能够使腔体不再是一个封闭的区域,电场线可通过这些孔进入到腔体内部,使钣金上膜。而在有限的时间内,通过的电场线越多,上膜质量越好,因此除了开孔,孔径的大小也是在进行腔体结构分析时需要考虑的因素。

首次计算时,该车 A 柱加强板与外板之前腔体存

在大面积电泳不良,存在连续区域的电泳膜厚偏低至 $0\ \mu\text{m}$ 。经过结构分析,如图3中在三角窗附近区域零件上增加直径为 $20\ \text{mm}$ 的圆孔及X向 $30\ \text{mm}\times 10\ \text{mm}$ 长圆孔,再进行优化计算,开孔之后,电泳效果明显提升。针对开孔的形状及孔径大小,需要工程师结合不同的结构来确定,通常内板开孔直径为 $30\ \text{mm}$ 、加强板开孔直径为 $20\ \text{mm}$ 居多。

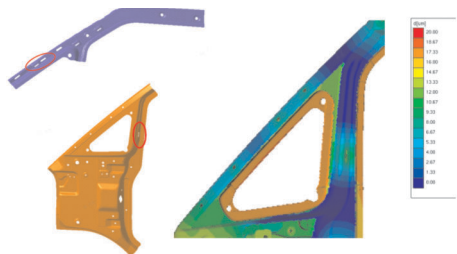


图3 增开孔后优化验证计算结果

3.3 孔间距及对穿孔分析

当分析电泳不良区域腔体结构时,发现钣金已开有电泳孔,此时需要分析开的电泳孔之间距离是否过大,孔间距判断基准为 $L \leq 10 \times (d_1 + d_2)$, L 为两孔距离, d_1 、 d_2 为两孔的直径,当两孔的间距大于10倍的两孔直径之和时,需要提出结构变更建议。此外,还需判断所开电泳孔的有效性。该车B柱外板与加强板之间腔体存在大区域电泳不良,膜厚偏薄,结构分析发现存在内板孔与加强板孔错位排布的情况(见图4)。三层板搭接部位存在两个腔体,由于通常情况下,外板无法开孔,电场线只能从内板孔进入腔体,因此对于该结构,内板与加强板之间的腔体是电场线进入的第一个腔,外板与加强板之间的腔体则是第二个。当两层板电泳孔错位排布时,电场线从内板进入第一个腔体后,无法直接通过加强板孔进入到第二个腔体,最终导致第二个腔体出现电泳不良。即此结构所开的电泳孔并未有效地削弱腔体屏蔽效应,对提升腔体电泳膜厚无作用。调整两板电泳孔位置,使之形成对穿孔,外板与加强板之间腔体的电泳膜厚明显增加。

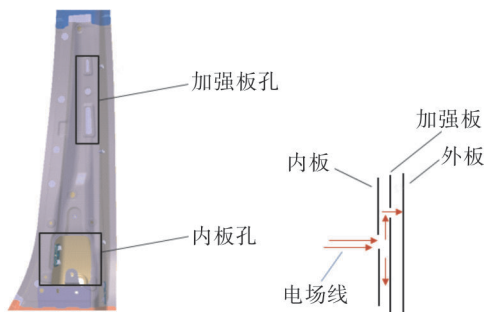


图4 加强板电泳孔与内板孔错开排布

3.4 仿真与实车解剖对比分析

将腔体微观仿真结果与实车解剖对比腔体内部电泳情况。经过数据对比,可以看出仿真与实车在电泳厚度方面存在一定偏差,但电泳趋势基本符合。仿真结果中膜厚为 $4\ \mu\text{m}$ 左右区域,实车电泳漆膜粗糙,无法测量具体数值,但未漏白件。而电泳膜厚为 $0\ \mu\text{m}$ 的区域,实车基本电泳不上,为漏白件,说明该车型仿真准确性较高。在数据阶段通过电泳仿真识别电泳不良,然后进行结构优化,即将电泳问题前置解决,可以很好地减少实车电泳不良发生。

4 结语

本文介绍了某款MVP车型电泳仿真过程的全过程,包括宏观计算分析中遇到的问题及解决方案,根据微观腔体计算结果分析车身结构中钣金间隙、孔及孔径、对穿孔等,得出结构优化方案。此外,通过与实车状态对比验证宏观计算、微观计算结果与实车符合度,车身在仿真模型中正常运行,不存在干涉,宏观仿真结果与实车的符合度才有保证。微观腔体仿真计算结果与实车虽然膜厚上会存在一定偏差,但电泳趋势基本吻合,从实车解剖结果进一步可说明电泳仿真结果对电泳结构优化上起到很好的指导意义。利用电泳仿真同步分析计算,能在设计阶段就暴露出电泳结构的设计缺陷,为结构优化指明方向,电泳不良问题在数据阶段解决,能够减少实车阶段的问题点整改数量,缩短整改及验证周期,加快产品开发迭代速度,并能保证产品质量。

参考文献:

- [1] 史述龙,廖敏,杨春伟,等.新车型电泳品质虚拟验证技术的应用及发展[J].现代涂料与涂装,2023(10):61-64.
- [2] 卢学茹,刘微,李耀芳,等.基于虚拟仿真分析对地板梁电泳结构设置的探讨[J].现代涂料与涂装,2022(1):30-32. ◆

欢迎关注

《现代涂料与涂装》微信公众号

