

某轿车组合前灯耐温分析与优化

Thermal Analysis and Optimization of a headlamp

鲁建立 赵蕾 贾友昌

长安汽车工程研究总院 CAE 工程所

摘要: 在组合前灯开发阶段,应用 CFD 软件 STAR-CCM+对车灯进行温度场分析,根据分析结果判断车灯各部件材料是否满足使用要求,本文在满足造型要求的前提下对初始模型进行了结构优化,优化后模型满足设计要求。

关键词: 前灯、CFD、部件、优化

Abstract: Thermal field of headlight is simulated by STAR-CCM+ while it is being developed, temperature distribution of different parts is get and be used to judge whether part is overheated, this paper optimizes the structure of the original model while keeping it's style, the results shows that no part is overheated for the optimized model.

Key words: headlight、CFD、part、optimize

1 引言

随着汽车行业的快速发展,人们对汽车整体性能提出了越来越高的要求,车灯作为一个重要的部件备受关注。车灯作为汽车的眼睛,在造型上提出了极高的要求,另外考虑行车安全性,对车灯性能也提出了更高的要求。现代车灯技术的发展越来越成熟,人们逐渐将各种功能灯集成在一起,形成目前广泛使用的组合灯,特别是现在的组合前灯集成了远光灯、近光灯、转向灯、位置灯,功能更强大,结构更紧凑。

车灯发展到现在,相对于旧式车灯,最明显的差异是结构复杂多样,灯泡多且聚集,这就导致车灯发热量增加,热量难以快速排出,灯内温度升高。车灯各部件所用材料有多种,每种材料都有各自的耐温值,当灯内温度高于材料耐温值时,车灯就会出问题,如产生裂纹、变形、软化、变色,这不仅影响了车灯的外观,也影响了车灯的照明效果,进而影响行车安全。以往的车灯设计以光学设计为主,但目前出现较多的车灯烤坏和起雾等问题使得各大厂商将精力越来越多的放在车灯内流场,温度场相关的热设计上来。

本文以某款轿车组合前灯为例,借助 CFD 分析软件 STAR-CCM+,对组合前灯进行稳态热流场分析,并且在考虑造型的前提下对车灯结构进行了优化,最终解决了问题。

2 理论基础

热能的传递有三种基本方式:热传导、热对流和热辐射。

热传导:物体各部分之间不发生相对位移时,依靠分子、原子及自由电子等微观粒子的热运动

而产生的热能传递，简称导热。

热对流:由于流动的宏观运动而引起的流体各部分之间发生相对位移，冷、热流体相互掺混所导致的热量传递过程。

热辐射:物体通过电磁波来传递能量的方式称为辐射。物体会因各种原因发出辐射能，其中因热的原因而发出辐射能的现象称为热辐射。

车灯点亮时在灯内形成复杂的能量传递，灯丝发出的强烈的光穿透灯泡壁直接辐射到配光镜、反射镜、装饰圈等部件上，经过一段时间的热传递，包括热传导、热对流和热辐射，在车灯空腔内部形成高温、稳定的气流，从而导致非均匀分布的温度场和高温点的出现，这种情况涉及到流固耦合换热。

车灯耐温试验主要包括低温工作试验、高温工作试验、高温放置试验等，一般在高低温湿环境试验箱中进行，高温工作试验一般将试件以正常安装状态放置在试验台架上，再置于环境试验箱进行试验，设置环境温度 60 摄氏度，调整电压到实际工作电压，点亮车灯内可以同时开启的所有灯泡，车灯耐温分析参照试验条件进行设定。

3 计算模型

车灯耐温分析属于流固耦合分析，计算域涉及固体区域和流体区域，前灯模型如图 1 所示。组合前灯结构主要包括灯壳、反射镜、装饰圈、配光镜、内配、PES 单元、近光灯、远光灯、位置灯和转向灯，其中近光灯位于 PES 单元内。

耐温分析主要关注车灯各部件材料是否满足使用要求，所分析的组合前灯灯壳材料为 PP-T40，配光镜为 PC，装饰圈材料 PBT_PET_20M，远光反射镜材料 BMC，转向反射镜和内配为 PC-HT。

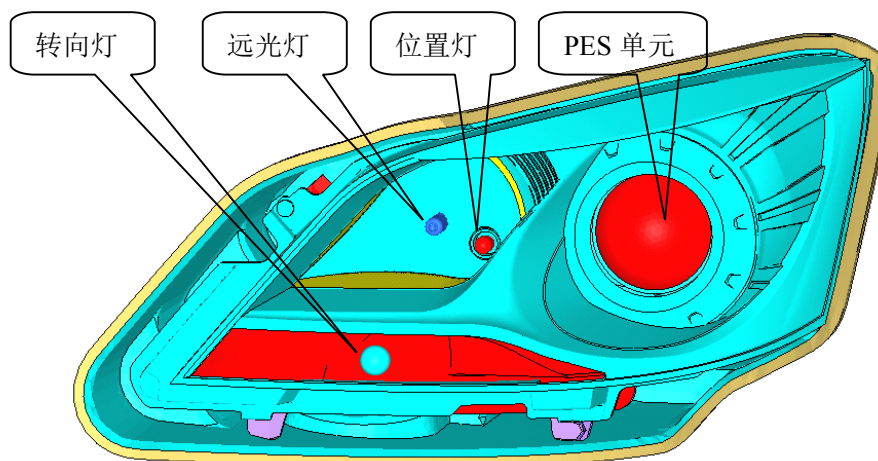


图 1 组合前灯结构图

本次分析远光灯、近光灯、位置灯、转向灯同时开启时的工况，其中转向灯为闪烁，气体模型假设为理想气体，所有固体模型根据材料的不同分别设定密度、导热系数、比热等参数，车灯外部模拟环境试验箱环境。

应用 STAR-CCM+生成 Trimmer 网格离散计算域,车灯热流场分析的计算域主要包括固体区域和流体区域,各区域间建立接触面边界,网格总数在 200 万以上,图 2 为体网格切面。

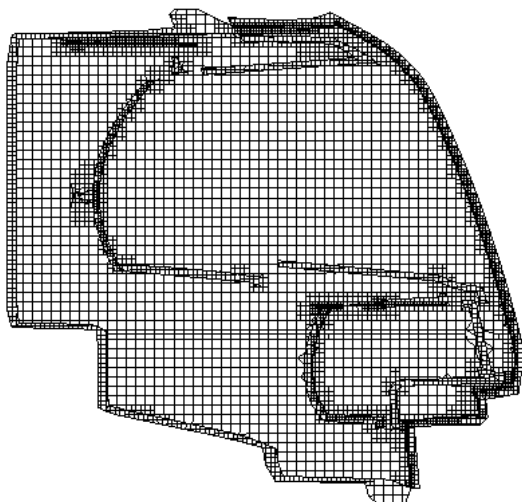


图 2 体网格切面

4 分析及优化

为保证组合前灯的设计质量,有效避免生产出的车灯产品出质量问题,先针对初始模型进行 CFD 分析,根据分析结果进行判断,对存在风险的部件进行优化。

4.1 初始模型分析

对初始模型进行计算,监测残差值及部件温度最大值,计算收敛后查看各部件温度场分布。分析发现远光反射镜温度最大值 210.3°C ,大于 BMC 材料的耐温值,装饰圈温度最大值 188.8°C ,大于 PBT_PET_20M 材料的最大耐温值,远光反射镜和装饰圈存在风险,温度云图分别为图 3、图 4。

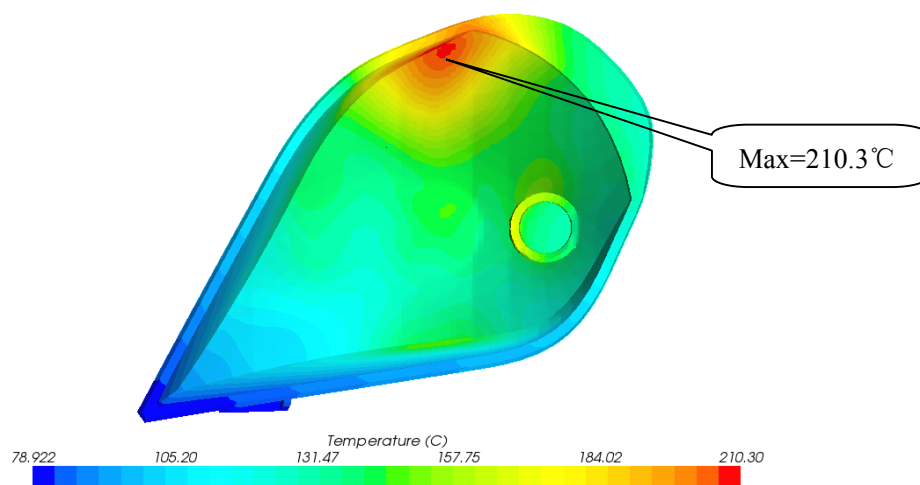


图 3 远光反射镜温度场分布

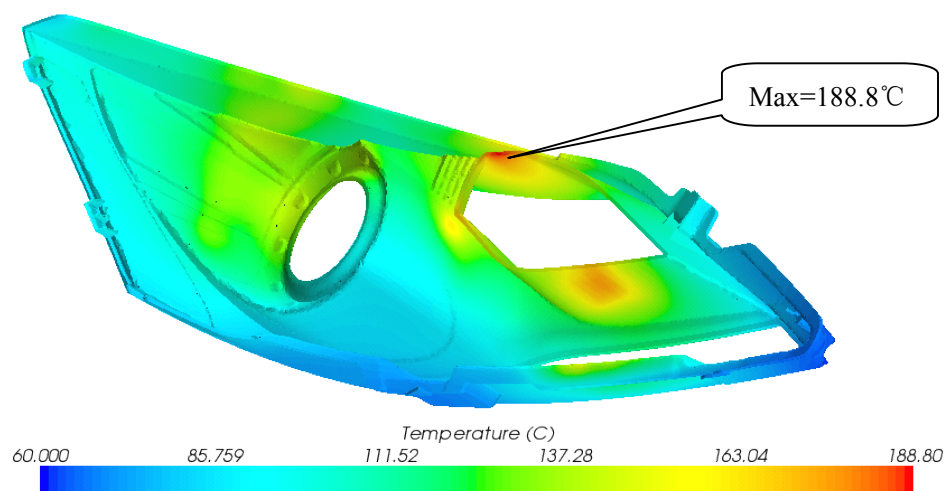


图4 装饰圈温度场分布

导致远光反射镜顶部温度过高的原因是远光灯和位置灯的热辐射及热气流上升，装饰圈高温点的产生也是由于远光灯和位置灯的热辐射，另外远光灯反射镜上方热气流向前流出也使得装饰圈温度升高。

4.2 组合前灯结构优化及分析

鉴于对初始模型的温度场分析，远光灯反射镜和装饰圈存在风险，为避免车灯产品发生烤坏的问题，在满足造型的基础上在远光灯反射镜顶部开孔，优化前后模型结构差异如图5所示：

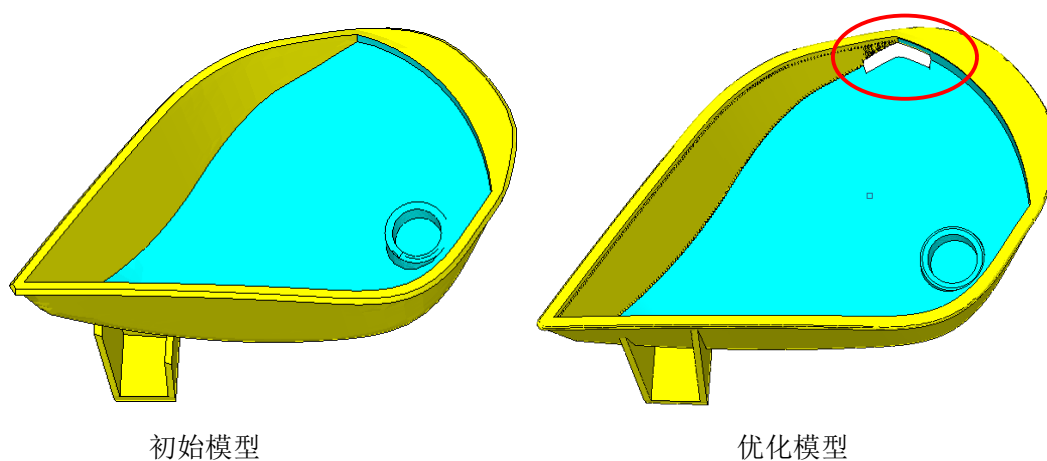


图5 优化前后模型结构差异

对优化模型进行建模分析，结果显示远光反射镜温度最大值 185.34℃，装饰圈的温度最大值 163.95℃，两个部件的材料都满足使用要求，远光灯反射镜和装饰圈温度云图如图6所示。

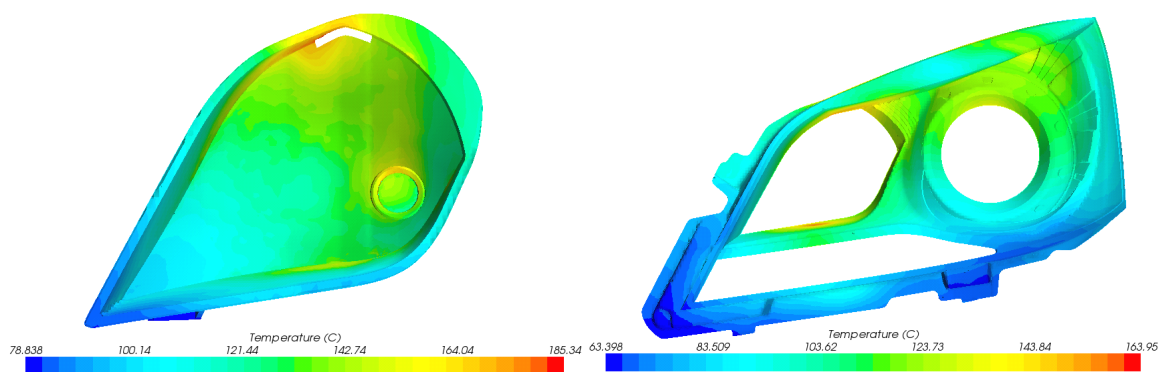


图6 远光灯反射镜和装饰圈温度场分布

远光灯反射镜和装饰圈处的风险消除，但分析结果显示灯壳温度最大值 159.4℃，超过了灯壳材料 PP-T40 的耐温值，灯壳存在风险，灯壳的温度云图如图 7 所示。

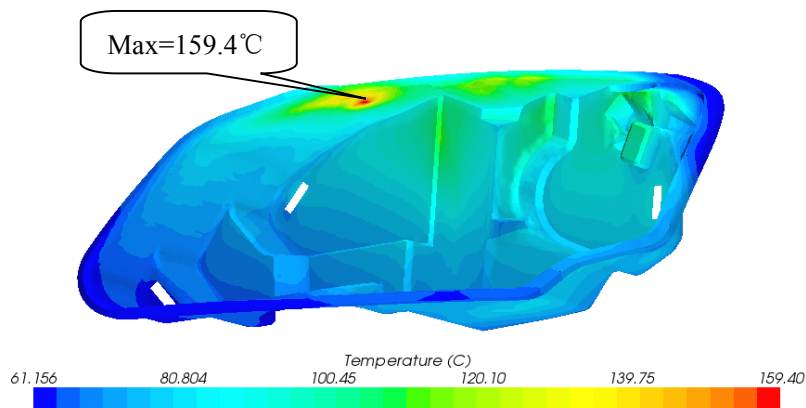
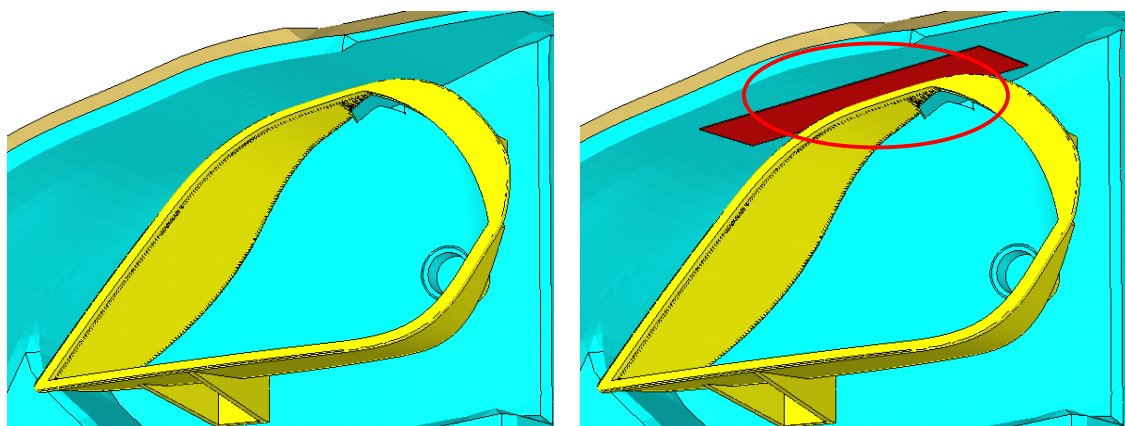


图7 灯壳温度场分布

优化模型的分析结果显示，远光灯反射镜结构的优化解决了远光灯反射镜和装饰圈的风险，但是在灯壳上产生了新的风险，在第一次优化结构的基础上，在远光灯反射镜孔上方添加隔热钢板，优化前后模型差异如图 8 所示。



第一次优化后模型

第二次优化后模型

图8 优化前后模型结构差异

对第二次优化后的模型进行建模分析,结果显示远光反射镜温度最大值 194.78℃,装饰圈的温度最大值 159.57℃,灯壳的温度最大值 122.28℃,隔热板的温度最大值 144.81℃,四个部件的材料都满足使用要求,其他部件材料都满足使用要求,远光灯反射镜和装饰圈的温度云图如图 9 所示。

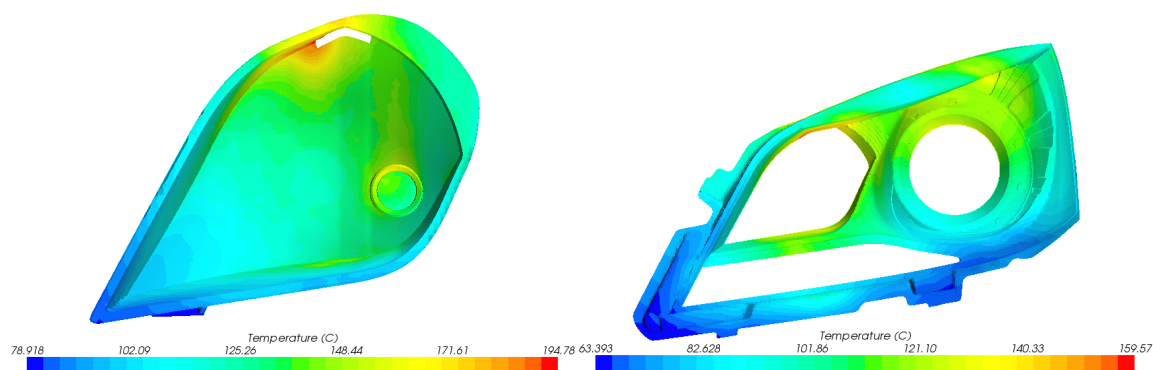


图 9 远光灯反射镜和装饰圈的温度场分布

灯壳和隔热板的温度云图如图 10 所示。

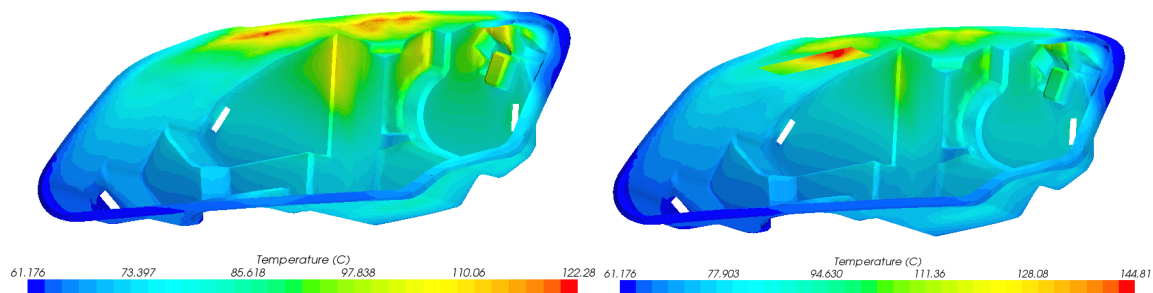


图 10 灯壳和隔热板的温度场分布

5 结论

(1) 应用 CFD 方法对某轿车组合前灯进行分析,分析结果显示远光灯反射镜和装饰圈上的最高温度超过了部件选用材料的耐温值,不满足设计要求;在满足造型要求的前提下,通过在远光灯反射镜顶部开孔和添加隔热板解决了前灯的耐温问题,优化后前灯满足设计要求。

(2) 在车灯开发阶段应用 CFD 手段分析和优化,为车灯设计人员提供参考,可以有效避免后期车灯烤坏问题的发生,缩短开发周期,节省开发费用。

(3) 优化方案已经过试验验证,满足设计要求。

6 参考文献

- [1] STAR-CCM+帮助文档
- [2] 杨世铭,陶文铨编 《传热学》高等教育出版社 1998