本文根据汽车当前前照灯设计趋势，介绍了竖直前照灯的模态支架设计过程，重点阐述了基于 6 sigma 设计方法的指导和优化，尺寸偏差分析工具应用，完成了汽车竖直式前照灯模态支架的设计方案确定的过程。本文可以指导汽车竖直前照灯模态支架的设计开发，提高设计和制造稳健性。

上汽通用东岳汽车有限公司 周锦波

基于 6sigma 设计的汽车竖直式前照灯模态支架开发

随着汽车产品日新月异的变化，造型作为购车选择理由的比率远高于其他因素。前照灯作为汽车的眼睛，和进气格栅一起定义了车辆的外观。竖直式前照灯就是时下流行的前照灯设计方案。竖直式前照灯的定义是将近光灯、远光灯、转向灯和日间行车灯分为两种不同的照明灯组，进行分区域布置。如图 1 中右图所示，大多数汽车制造商都将上部纤细的照明单元作为 LED 日间行车灯和转向灯，而将下部较大的单元作为远近光源的主照明灯。

图 1 前照灯

竖直式前照灯与水平横灯对比，需新设计前照灯模态支架

图 1 中左图为水平横灯，右图为竖直式前照灯，竖直式前照灯竖直段长度通常超过了水平段长度，由于远近光源的分区下移，相应的光学组件和电器模组也跟着下移，导致灯体的重心同步下移，同时由于灯体较大，整灯的质量往往在 8 kg 左右。根据 CAE 的模态分析结果，常规的水平横灯支架方案紧固后，并不能够满足该灯的模态要求，需要单独开发一个模态支架作为 5# 紧固点来改善该竖直式前照灯的模态，满足相应的整车要求。

如图 2 所示，左图为水平横灯。水平横灯是汽车前照灯多年来的主流设计，一般有 4 个紧固点，由于前照灯的光学组件和电子控制模块都集中在一起水平铺开，因此前照灯整体较为方正，4 个紧固点足以满足前照灯的定位和相应的子系统模态要求。

如图 2 所示，右图为竖直式前照灯。竖直式前照灯是近期汽车前照灯的设计趋势，由于前照灯的照明系统进行了分区布置，前照灯的体积和重心位置对比水平横灯都发生了巨大的变化，因此，原来的 4 个紧固点已经不能够满足前照灯的模态要求，需要增加设计一个 5# 支架来重点改善模态的相关要求。模态支架项目目标定义见表 1。

模态支架设计方案产生

通过整车集成分析，避让周边零件包络，通过性能、制造工艺、成本等要求评估，收集支架的可行性方案。

（1）支架布置位置

通过造型面数据和前照灯重心坐标和质量预估数据前照灯的定位点 1# ~ 4# 点，确定了 1# ~ 4# 定位支架的具体位置，定位支架布置完成后，经过评估，前照灯 5# 定位点的可用布置位置如图 3 所示。5# 支架位置 1：布置在灯下车外方向，整

39-53 设计与仿真.indd 39 2023/4/8 20:05:01

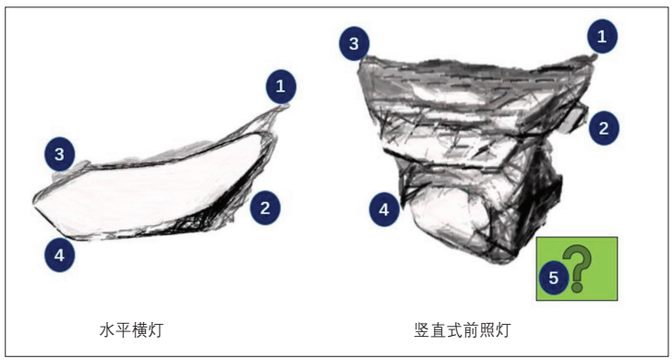


图 2 前照灯紧固点

表 1 模态支架项目目标定义

客户要求	工程指标	改进目标值
前照灯间隙均匀平整美观	5# 不影响 1#、2#、3#、4# 支架的定位	偏移量 0 mm
前照灯模态满足目标值	SSTS 前照灯模态	45Hz 以上
支架布置空间	支架布置空间足够 (BP)	零件周边满足 3 mm 间隙
制造工艺可以满足公差	制造公差可达 (参考量产项目)	面差 2.0 mm
紧固工具可达	紧固工具 loading OK（7mm 套筒包络）	满足动力工具包络 (CAE)
成本具有竞争力	成本低（参考目前 4# 支架价格 2.5 元）	单件 2.5 元
售后	支架维修方便	支架维修方便

车进出方向连接。

5# 支架位置 2：布置在灯下车后方向，整车前后方向连接。

5# 支架位置 3：布置在灯上车上方向，整车高低方向连接。

（2）支架与灯体的连接形式

1）一体式：灯壳与支架一体注塑出来，作为灯的支脚。

2）分体式：支架与灯体通过螺接紧固到一起。

（3）支架工艺

1）螺接支架到车身。

2）焊接支架到车身。

3）调节器。

（4）支架方案汇总评估

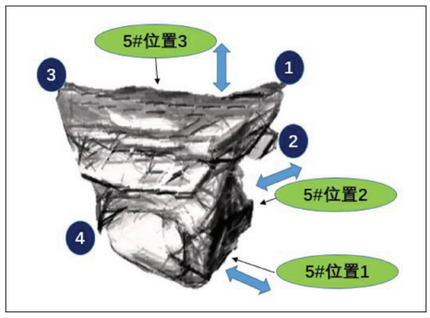


图 3 5# 定位点的可用位置

经过产品开发小组评估，5# 模态支架紧固点位置 1 因空间布置问题，只能在车身上高低向面提供一个螺纹紧固点，调节器方案需要较大布置空间，因此调节器方案无足够空间布置。

产品开发小组评估位置 1 只有如下两个方案：方案 a 和方案 b 如表 2 所示。

灯上紧固面与车身紧固面同向，5# 支架将起到定位支架作用，5# 紧固点影响 1#、2#、3# 和 4# 紧固点的风险，因此此处建立尺寸链，利用偏差分析工具特殊评估。

表 2 位置方案

序号	概念汇总
a	位置 1 一体式螺接
b	位置 1 分体式螺接

4# 为前照灯定位策略中的高低向定位点，高低向定位在前保中支架。

5# 为方案 a 和方案 b 下研究的模态紧固点，高低向螺接在散热器框架。

5# 点存在影响 4# 定位的风险，对 4# 和 5# 点的高低方向进行尺寸链分析。

VA 分析结果 4# 和 5# 高低向变差 ±1.5 mm，不能满足 0.5 mm 以内要求，因此位置 1 的方案 a 和方案 b 不可用。

排除位置 1 之后，位置 2 和位置 3 通过支架形式和工艺不同组合产生 8 种方案（见表 3）。

表 3 位置方案

序号	概念汇总
0	位置 2 一体式螺接
1	位置 2 分体式螺接
2	位置 2 分体式焊接
3	位置 2 分体式调节器
4	位置 3 一体式螺接
5	位置 3 分体式螺接
6	位置 3 分体式焊接
7	位置 3 分体式调节器

模态支架设计方案选择

因 CAE 模型搭建和计算过程复杂，因此模态要求作为最后确认校核项。

以方案 0 作为基准方案，进行 Pugh 分析，对比发现方案 5 比较好。

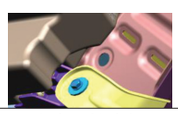
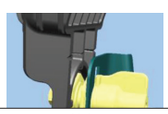
第一轮 Pugh 分析后，以方

39-53 设计与仿真.indd 40 2023/4/8 20:05:01

Concept / CTSs	5	0	1	2	3	4	6	7
5# 不影响1#,2#,3#,4#支架的定位	DATUM	-	-	-	S	-	-	S
支架布置空间足够(BP)		-	-	-	-	S	S	-
制造公差可达(图纸模板)		-	-	-	S	-	-	S
紧固工具loading OK（7mm 套筒包络）		S	S	S	-	S	S	-
成本低（目前4# 支架价格2.5RMB）		-	-	-	-	+	+	-
支架维修方便		S	S	-	-	S	-	-
Σ+		0	0	0	0	1	1	0
Σ–		4	4	5	4	2	3	4
ΣS		2	2	1	2	3	2	2

图 4 第二轮 Pugh 分析

表 4 模态支架设计方案总结

			
方案	螺接支架	车身焊接支架	调节螺母
工艺	总装车间安装，先预紧固，然后按照前照灯车身依次紧固	车身焊接支架到车身，总装车间直接紧固	调节螺母在总装车间进行安装
描述	一定范围内吸收制造公差	对车身尺寸要求较高，支架刚度受限	可以吸收制造公差前后均需要操作空间

案 5 作为基准方案，进行第二轮 Pugh 分析（图 4）。

对比发现方案 5（位置 3 分体式螺接）为最优方案。

方案 5（位置 3 分体式螺接）CAE 模态分析结果为 46Hz，满足项目目标。

模态支架设计方案确认，方案 5（位置 3 分体式螺接）目标确认。模态支架设计方案总结见表 4。

结束语

在竖直式前照灯 5# 模态支架开发过程中，围绕项目目标，对多种组合方案进行评估，最终通过 Pugh 分析决策最优方案。工程开发完成后，对方案进行了总结，用于指导后续竖灯项目模态支架设计。AI

中国汽车人的全媒体传播平台
AI汽车制造业