

基于有限元的轿车发动机罩轻量化分析

谢丽梅 门永新 汤志鸿 赵福全

浙江吉利汽车研究院有限公司

摘 要:对于汽车行业而言,轻量化技术的发展已是大势所趋。本文以吉利某款车型的发动机罩为例,利用 HyperMesh 建立有限元模型,通过 CAE 模拟分析,对结构进行轻量化设计,并验证对比轻量化前后结构的力学性能。从结构模态、覆盖件抗凹及行人保护性能三方面进行验证轻量化方案的可行性。

关键词: HyperMesh, 有限元, 发动机罩, 轻量化

1 概述

着眼于长远持续发展的需要,节约资源、减少环境污染成为世界汽车工业亟待解决两大问题。汽车每减重 10%,油耗可降低 6%-8%,由此可见,对于汽车行业而言,整车轻量化已是大势所趋。汽车车身质量占汽车总质量的 40%左右,车身的轻量化对于整车的轻量化起着举足轻重的作用。实现汽车车身轻量化主要有两种途径:结构优化、采用轻质的金属或非金属材料。

就车身系统而言,发动机罩的结构对车身本体刚度的影响很小。发动机罩总成属于车身覆盖件,是白车身中的活动部件之一,起着保护发动机,隔离噪声等作用,在实施轻量化中有很大的优化空间。本文从改变结构着手对发动机罩进行优化,在保证汽车整体质量和组件功能的前提下,最大限度地减轻各零部件的质量。

2 发动机罩轻量化方案

发动机罩由内、外板组合而成,外板为空间曲面板,要迎合整车造型的需求,体现轿车的外形风格,结构优化的空间不大。内板为薄钢板,筋条网格状布置,其主体结构可根据需要布置孔洞,以减轻自身重量,内板的作用还包括:加强结构刚度、达到足够的抗凹性能及满足碰撞(行人保护)法规要求,此外兼顾加工工艺、轻量化、车身的防腐蚀和最低成本原则等方面的需要。

某轿车轻量化前的发动机罩总成由图 2 所示部件组成,质量为 20.53kg。

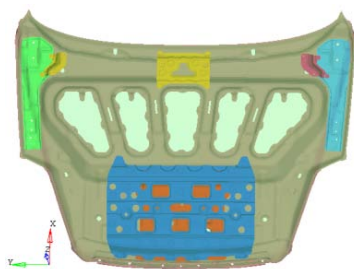


图 1 某轿车发动机罩总成

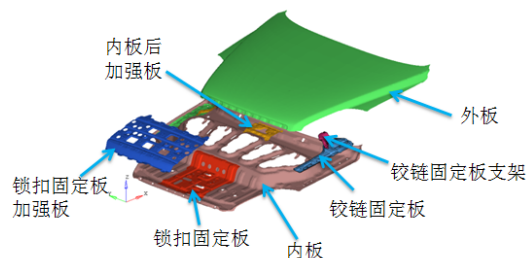


图 2 某轿车发动机罩结构示意图

由于发动机罩外板必须满足整车造型要求，因此应保持外板结构。轻量化主要从内板结构及内板加强件着手。轻量化后发动机罩模型如图 3



图 3 轻量化后发动机罩总成

对比图 3 与图 2 的结构可以对比看出：轻量化后的发动机罩减少了锁扣固定板加强板及内板后加强板，同时内板结构明显变化，采用交叉式设计。轻量化后发动机罩共减重 3.06kg。

3 有限元模型建立

前处理是发动机罩 CAE 分析过程中的关键一步，模型质量的好坏直接影响求解结果的可靠性。本文采用 HyperMesh 前处理软件建模，选用 Nastran 界面。发动机罩是一种典型的壳体类零部件，钢板采用壳单元建立，粘接采用六面体单元模拟，螺栓连接采用 RBE2 单元模拟，焊点采用 CWELD 单元模拟。模型网格质量应满足企业内部整车 CAE 建模标准《整车 CAE 建模规范》。

建模流程如图 4 所示：

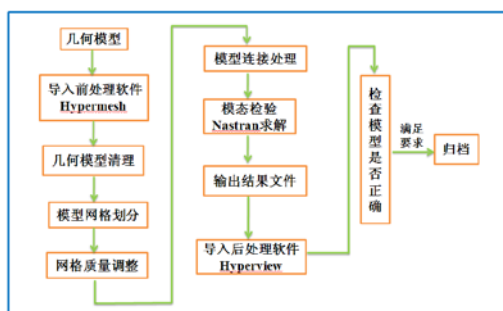


图 4 建模流程图

4 轻量化方案验证

4.1 模态和刚度

模态分析的目的是了解发动机罩自身的结构振动特性,并获取发动机罩不同阶次的固有振动频率,在实际设计中要注意各共振频率的合理配置和分布,从而获得良好的车身振动特性。

表 1 汇总了发动机罩的低阶振动模态和结构刚度(弯曲刚度和扭转刚度),对比了轻量化前后各标志性性能参数的变化情况。

表 1 发动机罩轻量化前后模态、刚度对比结果

模态分析	阶次	轻量化前		轻量化后		轻量化前后频率变化率
		频率(Hz)	振型	频率(Hz)	振型	
	1	44	第一阶扭转	38	第一阶扭转	-13%
	2	50	第一阶弯曲	52	第一阶弯曲	+4%
刚度分析	工况	刚度(N/mm)		刚度(N/mm)		轻量化前后刚度变化率
	弯曲刚度	114		136		+19%
	扭转刚度	49		52		+6%

从表 1 可以看出,轻量化前后的一阶模态固有频率值有所下降,但仍满足本车型 NVH 性能目标。弯曲刚度和扭转刚度比轻量化前有大幅提高。

4.2 结构抗凹特性

汽车在使用过程中车身覆盖件常常受到外载荷的作用(如触摸按压的静载荷及行驶过程中的振动等),往往使覆盖件形状发生凹陷弯曲及产生局部永久凹痕。在汽车制造领域,把覆盖件承受外部载荷作用,抵抗凹陷弯曲及局部凹痕变形、保持形状的能力称为抗凹性。

在外板薄弱区域内选取加载点,考察发动机罩在局部受压条件下的抗凹陷特性。加载点示意图 5

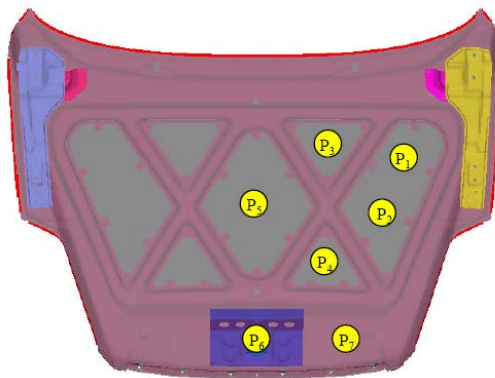


图 5 发动机罩加载点示意图

发动机罩轻量化后抗凹分析结果如表 2 所示：

表 2 发动机罩轻量化后抗凹分析结果

加载点	最大位移与目标值之差 (mm)
加载点P ₁	-4.2
加载点P ₂	+0.2
加载点P ₃	-5.8
加载点P ₄	-3.1
加载点P ₄	-0.5
加载点P ₆	-5.2
加载点P ₇	-0.6

从表 2 可以看出，除加载点 P2 的最大位移稍超标，其余都满足目标。可采用增加阻尼板来提升 P2 点处的抗凹性能，使其达到性能目标。

4.3 行人保护特性

汽车作为道路交通事故的直接参与者，其对行人的保护能力至关重要。运用有限元方法进行行人保护仿真，依照车型安全开发目标，分析车身结构设计能否满足既定的行人保护法规要求，针对相应的薄弱环节进行改进分析，为车身优化提供依据。

本文考察发动机罩对行人保护头部的影响，儿童头部撞击点及成人头部撞击点位置示意如下所示：

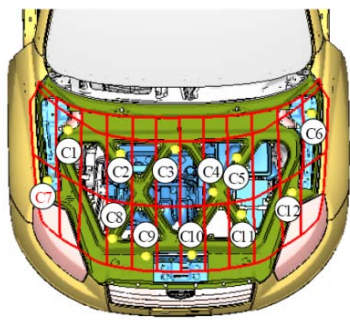


图 6 儿童头部撞击点位置点示意图

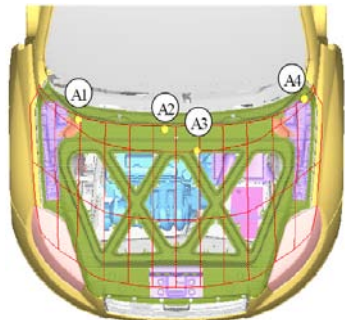
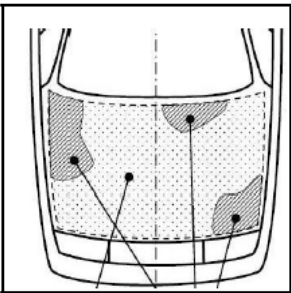


图 7 成人头部撞击点位置点示意图

考虑车身结构，根据儿童和成人身高特点和相关法规要求，在儿童头部碰撞分析时选取 12 个危险点区域进行撞击；成人头部碰撞分析选取了 4 个危险点区域进行撞击。

行人保护头部评价指标如下：

表 3 行人保护头部评价指标

	GTR	评定区域	界限
	成人头部 (发动机罩)	1/3区域 2/3区域	HIC < 1700 HIC < 1000
	儿童头部 (发动机罩)	1/3区域 2/3区域	HIC < 1700 HIC < 1000

行人保护头部分析结果如下：

表 4 儿童头部伤害值（HIC）

碰撞点	HIC	碰撞点	HIC
C1	509	C7	1030
C2	401	C8	608
C3	400	C9	676
C4	424	C10	613
C5	418	C11	480
C6	490	C12	426

表 5 成人头部伤害值（HIC）

碰撞点	HIC
A1	348
A2	250
A3	241
A4	753

从表 4 中可以看出，只有 C7 点的伤害值大于 1000，小于撞击点区域总数的 1/3，轻量化方案能够满足 GTR 法规对儿童头部的要求

从表 5 中可以看出，所有碰撞点的伤害均小于 1000，轻量化方案能够满足 GTR 法规对成人头部的要求。

5 总结

本文通过对发动机罩进行结构优化，减少部分加强件、并实现内板交叉式设计，通过 CAE 分析模拟，分别从模态刚度、结构抗凹及行人保护三个方面进行验证。确认了轻量化方案的可行性。应用 CAE 模拟分析在一定程度上缩短了设计周期，减少了试验成本，无形中减少了产品开发费用，在吉利产品开发中取得了良好效果。

6 参考文献

- [1] 刘君.当代汽车车身设计浅析.2007
- [2] 整车 CAE 建模规范. 吉利汽车研究院.2009.6
- [3] 曲翠翠. XX 车型发动机罩轻量化方案抗凹分析. 吉利汽车研究院.2009.8
- [4] 闫高峰. XX 车型发动机罩轻量化方案行人保护头部分析. 吉利汽车研究院.2009.8
- [5] 谢丽梅. XX 车型发动机罩轻量化方案模态刚度分析. 吉利汽车研究院.2009.8

Light Weight Analysis of Vehicle Hood Based on Finite Element Method

Abstract: Light-weight is one of the development trends in auto-industry. By means of CAE analysis, weight lighting of hood structure is conducted on a car developed by Geely. Practicability of Light-weight scheme is considered by structure modes, static stiffness, anti-dent of structure and pedestrian protection.

Key words: HyperMesh, finite element method; hood; light weight