

Study on Vehicle Safety Design

Yan Haiqi¹, Liu Weiguo², Qian Guoqiang³, Lin Gaoze⁴

(1,2,3,4. Geely Automobile Research Institute CO.LTD, Linhai, 317000, China)

Abstract: The vehicle should meet the requirements both of pedestrian protection and modeling. Having confirmed the modeling, it is important that meeting the pedestrian requirement by technical improvement. Based on a type of Geely's car, the author uses MADYMO simulation to optimize the crushing force of the wiper system. Finally, the HIC of head impacts have met to the regulation. This way of optimization can also be taken to wiper crushing optimization as a design reference.

Keywords: vehicle safety, pedestrian, wiper system, crush, optimization

某车型的雨刮压溃性能优化

颜海棋¹, 刘卫国², 钱国强³, 林高泽⁴

(1, 2, 3, 4. 吉利汽车研究院有限公司, 浙江省临海市 317000)

摘要: 车辆在满足行人保护性能的同时, 也必须考虑到造型的要求。在造型风格确定之后, 如何从技术层面上去满足车辆的行人保护性能要求显得极为重要。作者基于吉利某一车型在实际造型过程中所涉及到的行人保护问题, 重点分析雨刮器压溃性能, 运用 MADYMO 仿真手段对压溃力及压溃行程的不断优化, 最终使得头部碰撞点的伤害值达到了法规限值要求以内。这种优化思路 and 过程为雨刮器的压溃性能优化提供了一种设计参考。

关键词: 汽车安全, 行人保护, 雨刮, 压溃, 优化

1 引言

欧盟 70/156/EC 技术指令规定了在 2005 年 10 月 1 日起实施第一阶段要求, 更为严格的第二阶段将从 2010 年 9 月 1 日生效^[1]。无论是汽车制造商还是行人都提高了对车辆行人保护性能的认识, 而且汽车制造商也采取相应的技术改进措施使其性能得到改善。车辆的造型与车辆未来的销售业绩存在着一定的关系, 那么在造型风格确定之后, 如何从技术层面上去满足车辆的行人保护性能要求显得极为重要。某些车型在设计过程中, 雨刮器转轴会不能被排除在头部碰撞区域之外, 势必会影响到头部碰撞 HIC 伤害值, 本文通过对行人头部碰撞伤害机理进行分析, 运用 MADYMO 的仿真计算进行一系列的性能指标值的优化, 主要是雨刮器转轴压溃性能值的优化, 最终使得转轴及转轴周边处的头部伤害值小于法规限值; 同时也提出了相应的设计建议, 为雨刮器压溃性能优化提供了一种设计参考。

2 行人头部碰撞优化机理

碰撞过程是一个能量吸收的过程, 一般包括金属或其他材料零部件的变形。行人头部碰撞过程则一般有以下零部件的变形过程, 包括发动机罩内外板、机罩铰链安装支架、机罩缓冲垫、前舱导水主板、通风盖板、雨刮器等零部件。如头部撞击发动机罩, 即与发动机罩内外板的厚度及撞击位置十分相关^[2,3]。

2.1 头部碰撞机理

在行人保护试验方法确定之初, 欧盟行人保护工作组建议采用子系统的实验方式^[4], 且目前法规采用的也是子系统的试验方式, 即头部碰撞模块冲击模式。考察的是碰撞过程中的头部 HIC 伤害值, 计算公式如下:

$$HIC = [(t_2 - t_1) \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right)^{2.5}]_{\max} \quad (1)$$

a 代表头部重心的合成加速度, t_1 和 t_2 为时间积分的开始和结束时间。

从公式(1)中可以得出, 降低合成加速度多个峰值的同时可降低 HIC 伤害值。

头部碰撞是一个碰撞能量吸收的过程, 欧盟最新行人保护法规 78/2009 规定的儿童头部碰撞模块质量为 3.5kg, 其碰撞速度则为 35km/h^[5], 产生碰撞能量为 165.4J, 被碰撞体需要吸收等量能量。一般情况, 头部碰撞发动机罩主要依靠发动机罩本身变形及其支撑件变形来吸收能量, 碰撞雨刮区域相对略有不同。

2.2 雨刮压溃机理

雨刮压溃包括多种方式, 主要有以下两种, 一种是安装支架的压溃, 另一种则是转轴处压溃。通常来说, 两者都能实现头部碰撞雨刮时造成其被压溃; 但就可靠性来说, 安装支架被压溃的可靠性没有转轴处被压溃的可靠性高, 从而本文只介绍转轴处的压溃机理。

如图 1 所示的转轴处压溃部位, 通常采用轴套垫片压溃来实现雨刮压溃, 压溃曲线一般如图 2 所示。无论是零部件试验

验证或者整车行人头部碰撞验证，都具备相当高的一致性。

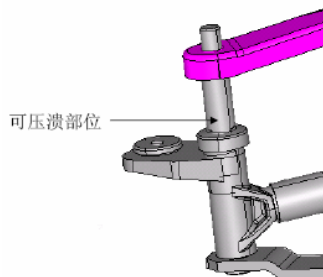
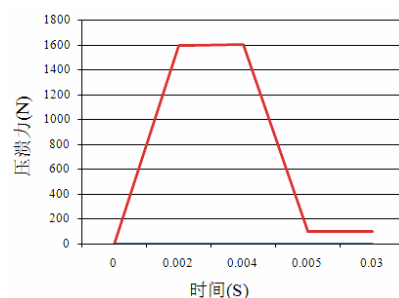


图1 雨刮压溃部位图



2 雨刮转轴压溃曲线

3 雨刮压溃性能优化

3.1 存在问题描述

由于该车型造型原因所致，头部能碰撞到雨刮器转轴，若采用常规雨刮器，则头部撞击到转轴这一硬点时，头部加速度将超过法规规定的限值，即 $HIC > 1700$ ，从而不能通过法规要求，具体撞击位置如图3所示。因此需要对雨刮进行相应的压溃性能设计，并进行优化。

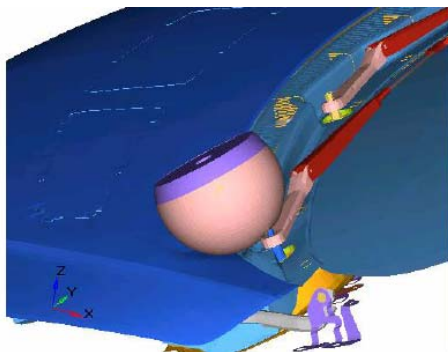


图3 头部撞击雨刮轴位置

3.2 优化过程描述

3.2.1 模型建立

本文采用 MADYMO 软件集成的行人保护头部碰撞有限元模型进行建模，由于行人保护头部碰撞涉及到零部件的变形如文章中第二节所示，所以对碰撞模型进行了简化，只考虑涉及到的零部件，忽略了碰撞过程中轮胎的细微变形以及省略了发动机舱零部件，其约束情况较整车严格（主要在机罩缓冲垫、铰链安装座、前舱倒水主板等位置设置了固定约束），从而仿真计算结果与整车模型相似性较高。这种模型的简化可以提高计算速度，同时也能保证精度。所建立模型如图4和5所示，对雨刮压溃的仿真采用软件自带的滑动铰功能进行设置，节点共83607个，单元共83500个。

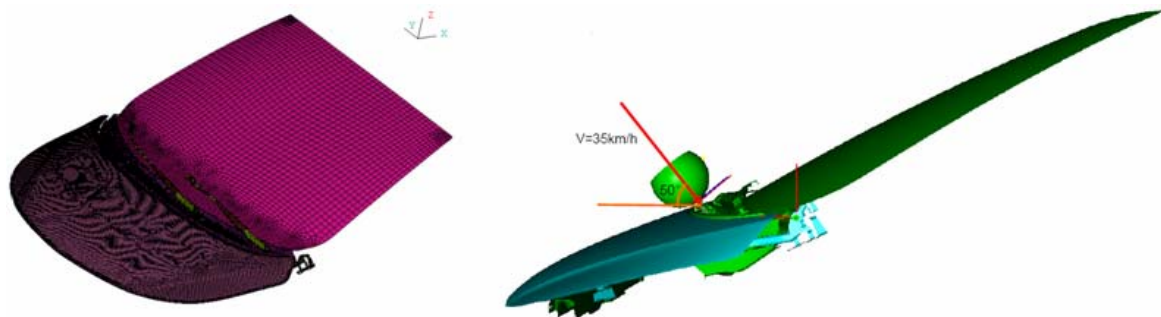


图4 头部碰撞整体模型建立

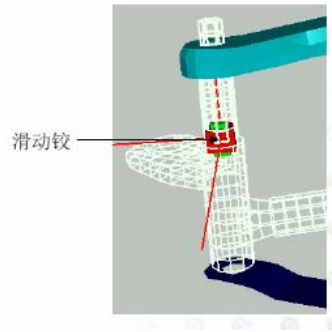


图5 雨刮压溃仿真模型设置

3.2.2 优化思路

头部碰撞模块冲击雨刮转轴时,需要通过周边零部件的变形以及雨刮压溃来吸收碰撞能量,从而本文通过对雨刮周边零部件材料厚度、雨刮轴轴向压溃力值以及刮臂高度进行参数优化,其优化参数如表 1 所示,其中 base 方案为通风盖板厚度料厚为 2.5mm 以及导水主板厚度为 2.0mm,其他 case 方案则通风盖板料厚为 2.0mm 以及导水主板厚度为 0.7mm。碰撞点位置如图 6 所示。

表 1 头部碰撞雨刮处优化参数及优化结果

Case No.	雨刮轴压	雨刮臂抬高	碰撞点	碰撞点	碰撞点
	溃力(N)	度(mm)	1-HIC	2-HIC	3-HIC
Base	1500	0	1337.6	1856.8	726.8
1	1500	0	1259.8	1511.0	753.1
2	1500	5	1166.5	1424.2	—
3	1500	10	1187.7	1360.7	—
4	1500	15	1185.9	1387.4	—
5	1500	20	1186.4	1525.4	—
6	1400	10	1184.7	1349.7	—
7	1600	10	1183.7	1382.8	—
8	1750	10	1181.4	1414.9	—

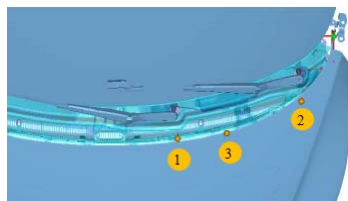


图6 碰撞点位置图示

3.2.3 优化结果分析

通过分析,碰撞点 2 为最严重的碰撞点。从分析计算结果上判断,在不改变雨刮臂高度时减薄导水主板和通风盖板料厚能急剧降低头部 *HIC* 伤害值,但仍然不能达到 80% 的法规限值,所以选取了 4 组不同刮臂高度(分别为 5mm、10mm、15mm、20mm)进行分析,得出 case3、case4 方案为最佳方案;由于刮臂高度直接影响雨刮电机功率选取,结合实际情况,从而确定刮臂高度 10mm 为最佳;在确定刮臂高度之后,重新对雨刮轴压溃力值进行优化,选取了 3 组不同的压溃力值(分别为 1400N、1600N、1750N)进行仿真分析,得出随着压溃力值递增,头部 *HIC* 伤害值也呈递增趋势增长,结合雨刮供应商的生产能力,确定雨刮压溃力值为 1500N。碰撞点 2 的头部加速度曲线如图 7 所示,从曲线中可以分析出,抬高雨刮臂高度,将使得加速度峰值出现时刻提前,且使得峰值增高;base、case1 以及 case2 头部 *HIC* 值高的原因主要是雨刮在压溃过程中吸能不充分,从而需要周边零部件在头部碰撞过程中继续吸收头部碰撞能量,从而在波峰出现之后的加速度曲线值较其他方案高。

因此,雨刮压溃性能优化主要优化方向是如何选取合适的峰值出现时刻及确定何种峰值为最优峰值,并且需要保证雨刮压溃过程吸收绝大部分头部碰撞能量。

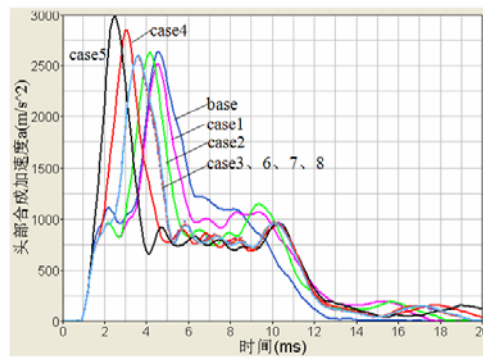


图7 碰撞点2的头部合成加速度曲线

4 结论

在车辆造型风格确定之后,不能通过更改造型来达到改善头部碰撞效果的情况下,雨刮处的头部碰撞可运用雨刮压溃来达到降低头部 *HIC* 伤害值。而雨刮压溃性能优化主要优化方向是如何选取合适的峰值出现时刻及确定何种峰值为最优峰值,并且需要保证雨刮压溃过程吸收绝大部分头部碰撞能量。这种优化思路为雨刮性能优化提供了一种设计参考,具有一定的参考意义。

参考文献

- [1] Official Journal of the European Union. Commission Decision of 23 December 2003 on the Technical Prescriptions for the Implementation of Article 3 of Directive 2003/102/EC of the European Parliament and of the Council[S], 2003.
- [2] 赵桂范,宋宏伟,杜星文.头颅撞击发动机罩板的危害性研究[J].汽车技术,2001(9):19-22.
- [3] 赵桂范,谭惠丰,杜星文.头部撞击发动机罩板的损伤模拟[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(6):719-722.
- [4] European Enhanced Vehicle-safety Committee(EEVC)Working Group 17 report, Proposals for Methods to Evaluate Pedestrian Protection afforded by Passenger Cars.1998.
- [5] Official Journal of the European Union. Regulation(EC) No 78/2009 of the European Parliament and of the Council of 14 January, 2009.2009.