

HyperWorks 在汽车与行人头部碰撞仿真中的应用

黎志伟

上海世科嘉车辆技术研发有限公司

摘 要: 行人保护是汽车安全研究领域的重要问题之一。本文利用有限元方法和碰撞仿真技术, 在 HyperWorks 软件平台上建立汽车与头部冲击器的有限元仿真模型, 在此模型基础上对汽车与头部碰撞过程进行仿真分析, 计算出头部冲击器在各个碰撞点的头部伤害值 HIC。

关键词: 汽车, 行人保护, 碰撞, 头部伤害值 HIC, HyperWorks

1 概述

交通事故伤害中, 约 65% 为易受伤害的道路使用者。行人作为道路使用者中的弱势群体, 属于交通事故中的高危人群, 死亡率极高。车辆与行人碰撞事故中, 人体的损伤部位可以覆盖全身, 行人头部和下肢损伤几率最大。研究表明, 行人头部和下肢损伤在汽车与行人碰撞造成的损伤中各占约 30%。

国外在行人保护方面做了大量的研究工作, 并将研究成果最终体现在行人保护法规的制定中。目前, 欧盟国家、美国、澳大利亚、加拿大、日本、韩国和中国都已制定或正在制定符合各国国情和交通状况的行人保护标准。各国行人保护法规的测试内容和评价标准略有不同, 但比较典型的行人保护试验方法均为汽车与行人碰撞安全性的部件冲击试验评价方法。试验主要包括以下几个方面:

- 1) 腿部模块和保险杠的碰撞试验。试验主要测量膝关节弯曲角度、膝关节剪切变形和小腿上部加速度等参数。
- 2) 大腿模块和发动机罩前缘的碰撞试验。试验主要测量碰撞力和弯矩。
- 3) 头部模块(包括成人头部和儿童头部)和发动机罩上表面的碰撞试验。试验主要测量头部伤害值 HIC。

利用各模块冲击器与汽车进行碰撞试验, 能够真实反映汽车的行人安全保护性能, 但是冲击器的制造和相关的试验需要很大的资金投入, 而且每次碰撞试验后冲击器的某些部件需要更换, 不能重复使用, 使研究费用进一步增多, 通过建立冲击器的碰撞模型, 并应用有限元仿真技术, 可以实现各模块冲击器与汽车碰撞过程的仿真。不仅可以对碰撞过程进行细致的动态演示, 还可以在新车开发阶段对整车的碰撞安全性能进行预测和改进优化。

本文结合 GTR 相关标准, 以头部冲击器为模拟对象, 利用前处理软件 HyperMesh 建立冲击器和整车的有限元模型, 用 LS-DYNA 求解器对碰撞过程进行计算, 并通过后处理软件 HyperView 处理分析结果。

2 有限元模型的建立

2.1 网格划分

成人头部与儿童头部冲击器的有限元模型及结构如图 1 与 2 所示。

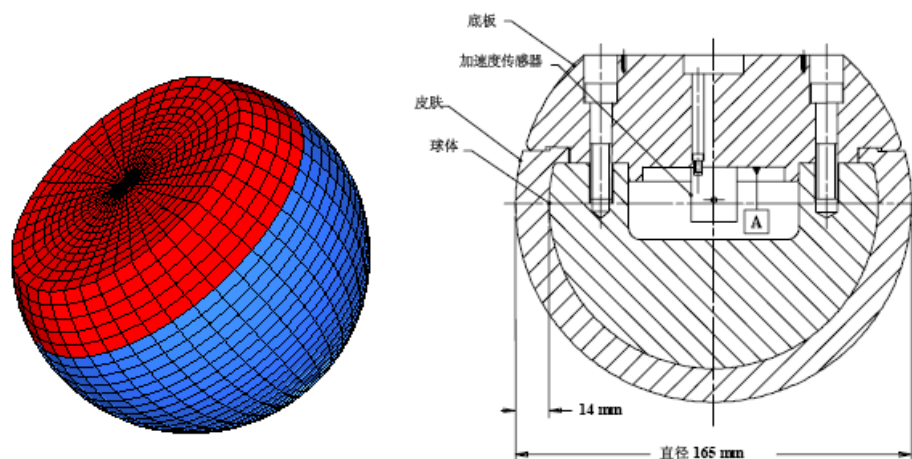


图 1 成人头部有限元模型及结构示意图

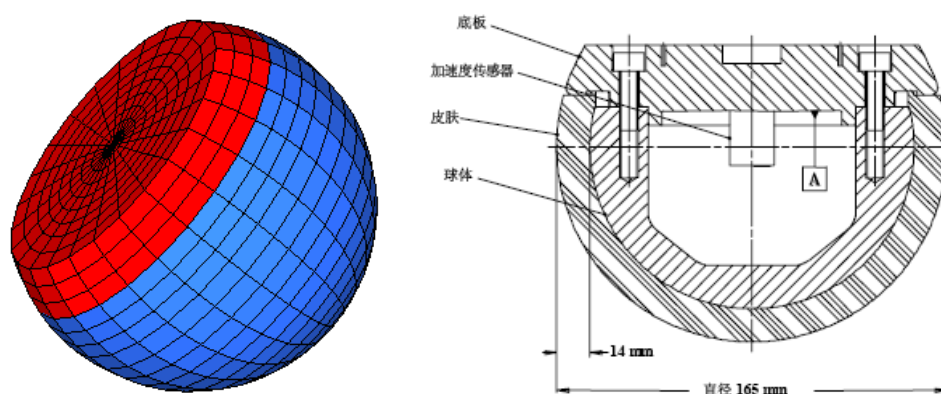


图 2 儿童头部有限元模型及结构示意图

成人头部冲击器为铝制，均质结构，球形。直径为 165mm，质量为 4.5kg，球体用 14mm 厚的合成皮肤覆盖，覆盖面积至少为球体的一半。

儿童头部冲击器为铝制，均质结构，球形。直径为 165mm，质量为 3.5kg，球体用 14mm 厚的合成皮肤覆盖，覆盖面积至少为球体的一半。

车体有限元模型如图 3 所示，模型中包括前舱、发盖及铰链、翼子板、风挡玻璃、A 柱、雨刮、电池、空滤、电气盒、大灯和部分顶盖。

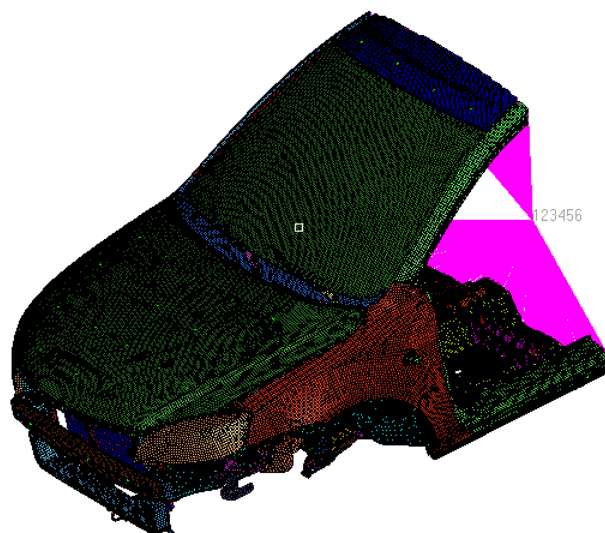


图3 某车型行人保护有限元模型

2.2 碰撞条件

1) 包络线

使用柔性卷尺在车辆纵向垂直平面内围绕车辆前部结构,柔性卷尺的一端在车辆前部结构外表面上所形成的几何轨迹即为包络线。在全部操作过程中,卷尺处于拉紧状态,卷尺的一端与地面基准平面接触,垂直地落在保险杠表面的下面,卷尺的另一端与车辆前部结构接触(见图4)。车辆处于正常行驶姿态。选择适当长度的卷尺来确定 1000mm (WAD1000) 包络线、1700mm (WAD1700) 包络线、2100mm (WAD2100) 包络线。

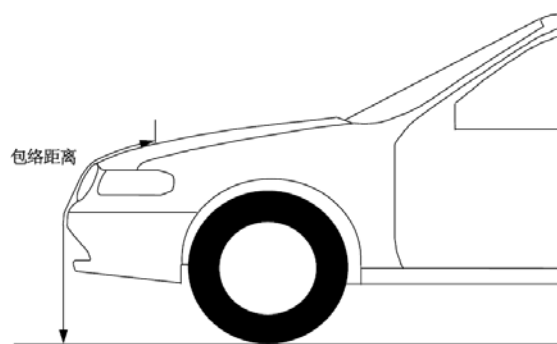


图4 确定包络线示意图

2) 碰撞工况

本文分析遵循 GTR 法规,定义成人头部冲击器的速度为 35km/h,碰撞角度为 65° ; 儿童头部冲击器的速度为 35km/h,碰撞角度为 50° ,如图5所示。

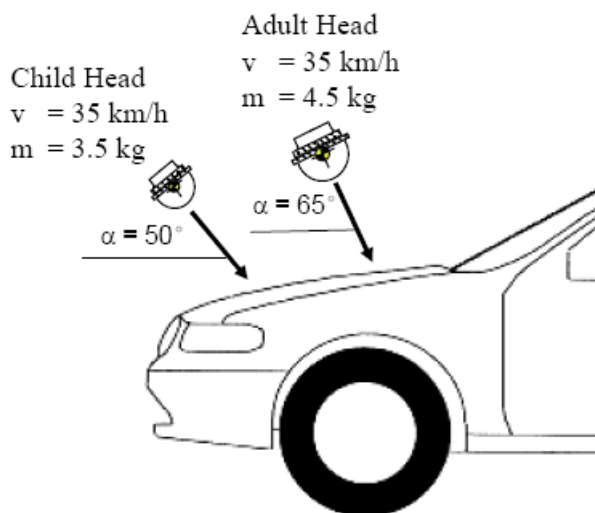


图 5 头部碰撞工况图

3) 碰撞位置

分析所取头部冲击器与汽车碰撞点如图 6 所示, A1-A11 为成人头部碰撞点, C1-C18 为儿童头部碰撞点。

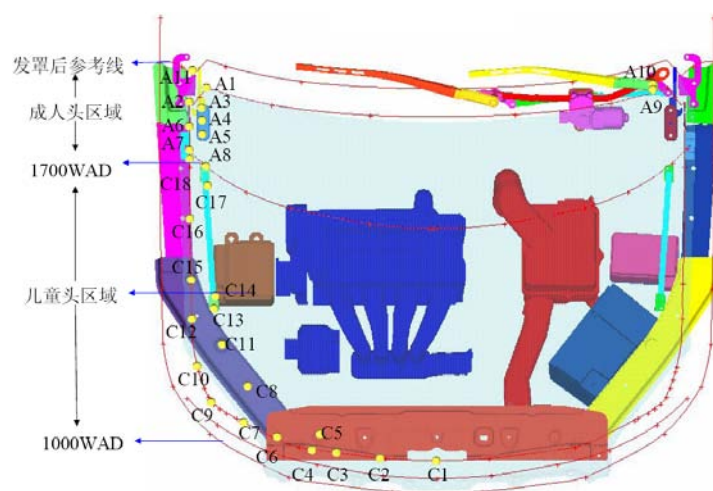


图 6 头部碰撞点位置图

3 结果分析

3.1 头部碰撞评价标准

1) 头部伤害指标 (HIC)

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

其中， a 为测量出的合成加速度，以 g 为单位； t_1 和 t_2 为在冲击过程中的两个时刻（以秒为单位），表示记录开始与记录结束两个时刻之间的某一段时间间隔，在该时间间隔内 HIC 取最大值（ $t_2 - t_1 \leq 15\text{ms}$ ）。

2) 评价标准

a) 同时具有儿童和成人头型区域：

至少一半的儿童头型试验区域 HIC 值不大于 1000；至少三分之二的成人头型和儿童头型合计试验区域 HIC 值不大于 1000，剩余区域的两个头型 HIC 值不大于 1700。

b) 只有儿童头型试验区域：

三分之二以上的试验区域 HIC 值不大于 1000，剩余区域的 HIC 值不大于 1700。

3.2 计算结果

本文利用 HyperView 软件对结果进行后处理。HyperView 是一个强大且全面的 CAE 仿真和试验的后处理可视化环境，具有直观的、高性能的图形界面，能够显著降低工程分析的时间和成本。

HyperView 可以直接给出头部伤害值 HIC，部分碰撞点头部伤害值如表 1 所示。

表 1 部分碰撞点 HIC 值

测量点	2	3	4	6	8
Adult(A)	783.2	819.9	858.7	1613.2	1197.3
Child(C)	659.2	719.9	760.4	812.3	615.5

从表 1 可以看出，除 A6、A8HIC 值大于 1000 外，其余碰撞点头部伤害值均小于 1000，满足 GTR 法规要求。

4 结论

由以上分析结果可见，HyperWorks 在汽车与行人头部碰撞仿真分析中发挥了极大的作用。本文在其软件支持下，应用有限元法和计算机仿真模拟技术，对头部冲击器与汽车碰撞过程进行模拟分析，为汽车与行人碰撞过程的研究提供了更有效更经济可行的方法。在新车开发设计阶段，能够正确预测整车的行人保护安全性能并为其性能优化提供参考依据。

5 参考文献

- [1] 于开平 周传月等 HyperMesh从入门到精通 北京 科学出版社 2005
- [2] 葛如海编 《汽车安全工程》 化学工业出版社 2005

HyperWorks Application in Research on Pedestrian Head Impacted by Car

Abstract: The pedestrian protection is one of important problems in passive vehicle safety area. Using finite element method and computer simulation technique, the FEA model of the car and the headform impactor is built on the HyperWorks platform. Based on the model, in this paper the process of the headform impactor impacted by the car is simulated and the Head Injury Criterion (HIC) is calculated.

Key words: Vehicle, Pedestrian protect, Impact, HIC, HyperWorks

1 作者: 黎志伟 E-MAIL: lizhiwei@sicar.cn

通讯地址: 上海市浦东新区民雷路 1178 号 201209