

主动弹起式发动机罩应用研究

章建军¹，王德宝²，许泽华³，孟献伟⁴，张雷⁵，方科鸿⁶，李训猛⁷

（观致汽车有限公司，上海，201201）

摘要：行人保护研究的重点是降低行人头部损伤程度，本文提出了一种新型主动式发动机罩系统，有效地降低了行人保护头部损伤。

关键词：行人保护；主动式发动机罩；发动机罩抬升系统

在行人与车的碰撞事故中，行人头部往往是最容易受到伤害的部位，而头部损伤又是行人致死的主要原因。与此同时，新的 C-NCAP 法规对行人保护提出了更高的要求，满足 5 星要求的车型行人保护得分率要大于 65%，满足 5+ 星则要大于 75%，因此行人保护开发已成为整车安全性能开发中的重点。

主动式发动机罩作为一种前沿的行人保护技术已经逐步被汽车厂商采用，本田、丰田、沃尔沃和宝马等。主动式发动机罩通过抬升发动机罩来增大其下方变形空间，能够有效地降低行人保护头部损伤，在不显著降低发动机罩刚度的前提下，大幅度地提高行人保护得分率。

1 主动式发动机罩技术分析

主动式发动机罩弹起系统一般分为火药驱动弹起式系统、弹簧弹起式系统和电动弹起式系统，其中火药驱动弹起式系统是利用气体发生器点爆瞬间产生高压气体来抬升发动机罩的，优点是反应迅速，缺点是成本高；弹簧弹起式系统是利用弹簧压缩后释放产生的势能来抬升发动机罩的，优点是成本低，具有可重复性，缺点是不易布置；电动弹起式系统是利用电动马达转动来抬升发动机罩，优点是结构简单，易控制，缺点是反应慢[1]。本文将以主流的火药驱动式弹起式系统来对其进行相关技术分析。

1.1 主动弹起式发动机罩工作原理

主动弹起式发动机罩系统，区别于传统发动机罩，是当前保险杠内的传感器感应到行人的撞击信号后，通过抬升器顶起铰链，进而机罩展开（一般 80mm 左右），增大头部可变形空间的整套系统，从而降低行人头部的伤害值，图 1 为主动机罩工作原理图，图 2 为行人保护作用原理图。

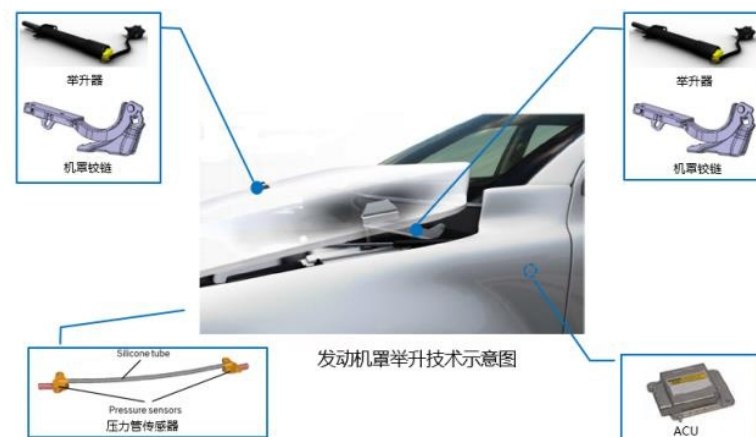


图 1 主动机罩-工作原理



图 2 主动机罩-行人保护作用原理

1.2 主动弹起式发动机罩抬升系统

本文采用的是火药驱动式弹起式系统，执行铰链机构为四连杆结构，通过火药点爆产生高压气体冲断插销，从而抬升发动机罩，整个弹起过程为 50ms，抬升高度为 80mm，图 3 为发动机罩为正常关闭状态，图 4 为弹起时的抬升状态。



图 3 主动弹起式发罩-关闭状态



图 4 主动弹起式发罩-弹起状态

2 仿真研究

本文基于 C-NCAP 2018 规则，在观致汽车 C21 项目上对该主动式发动机罩进行性能评估。

2.1 测试区域判定

图 5 所示为 C-NCAP 2018 规定的头部碰撞测试区域，其中 WAD1000-WAD1700 为儿童头部测试区域，WAD1700-WAD2100 为成人头部测试区域。对于主动式发动机罩，儿童头部测试区域通常又分为静态测试区域和动态测试区域，而静态测试区域和动态测试区域的划分是通过 HIT VS WAD 图确定的，其中 HIT 为行人头部撞击到发动机罩的第一时间。

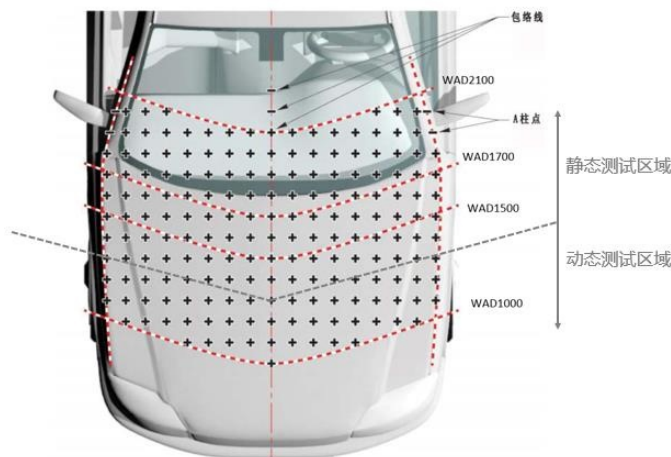


图 5 C-NCAP2018 规定的头部碰撞测试区域

要得到 HIT VS WAD 图，通常要进行入车运动仿真分析，如图 6 和图 7 所示，其中，车辆速度设定为 40km/h -45km/h，通过对不同类型假人的人车运动仿真得到图 8 所示的 HIT VS WAD 图。

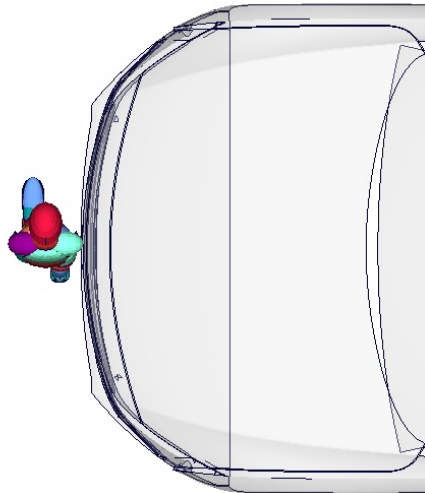


图 6 人车运动仿真分析-碰撞前

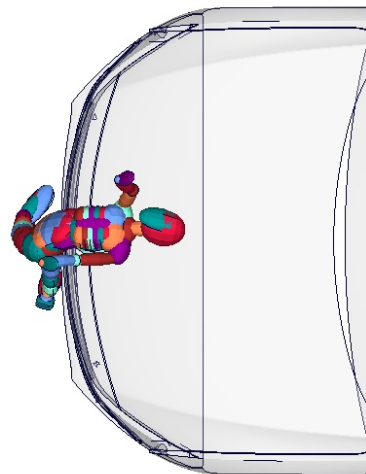


图 7 人车运动仿真分析-碰撞后

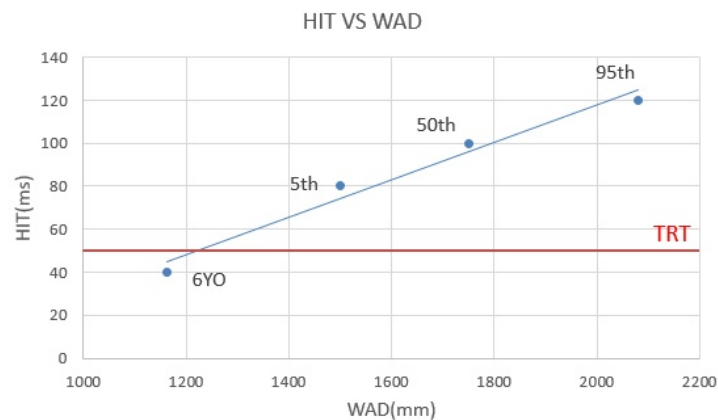


图 8 HIT VS WAD

由 HIT VS WAD 图就可以判定静态测试区域和动态测试区域。当 $HIT < TRT$ 时，该碰撞区域为静态测试区域；反之，当 $HIT > TRT$ 时，该碰撞区域为动态测试区域；特别地，对于机罩不能永久保持其展开状态的，所有区域应为动态测试区域，本主动式机罩展开后能自动锁死并永久保持其展开状态。其中 TRT 为主动机罩的总响应时间，TRT 等于 ST（碰撞传感器感应时间）加上 DT（机罩展开时间），如图 9 所示。

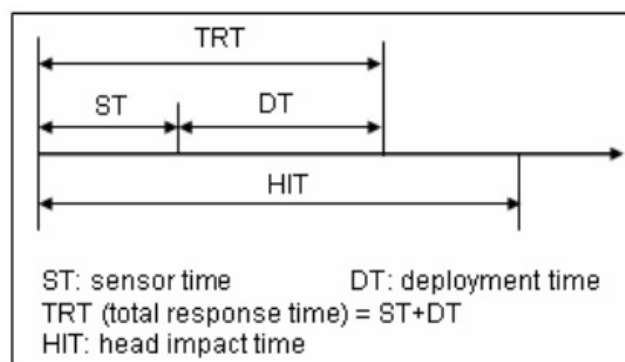


图 9 弹起式发动机罩的动作时序图

2.2 仿真研究

图 10 为 C-NCAP 2018 规定的测试方法，按照此方法搭建的 CAE 仿真模型如图 11 和 12 所示。

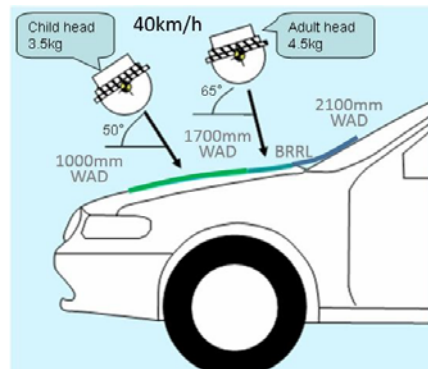


图 10 C-NCAP2018 头部碰撞测试方法

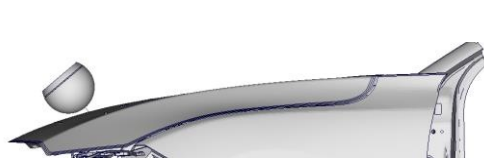


图 11 CAE 头部碰撞测试仿真模型-动态

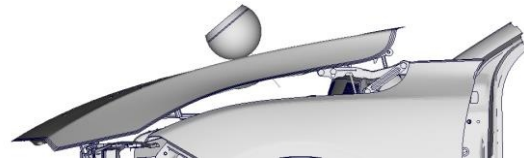


图 12 CAE 头部碰撞测试仿真模型-静态

图 13 至 16 为主动式发动机罩的行人头部撞击机盖后边缘区域的动态过程图，由图可以看出，由于机罩的抬升显著提高了机罩下方的变形空间，避免了机罩内板与空调通风板的接触，从而显著降低头部 HIC 值，如图 17 所示。



图 13 机盖后边缘撞击区域-0ms



图 14 机盖后边缘撞击区域-8ms



图 15 机盖后边缘撞击区域-12ms



图 16 机盖后边缘撞击区域-20ms

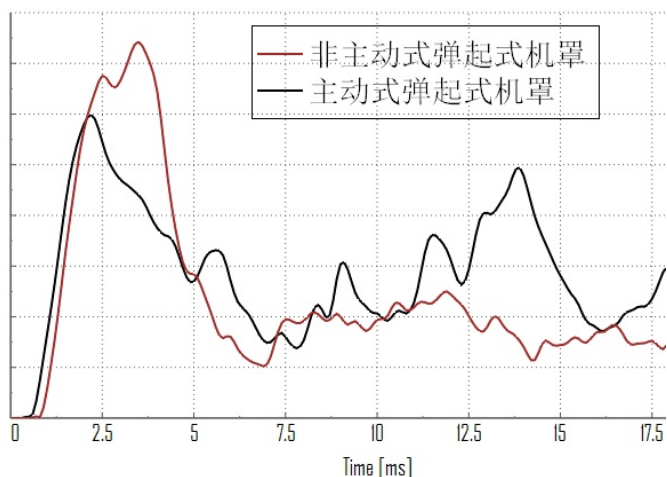


图 17 机盖后边缘撞击区域头部 HIC 值对比

图 18 至 21 为主动式发动机罩的行人头部撞击翼子板区域的动态过程图，由图可以看出，由于主动式发罩的抬升，避免了发罩边缘与翼子板以及头部与翼子板的接触，从而显著降低头部 HIC 值，如图 22 所示。

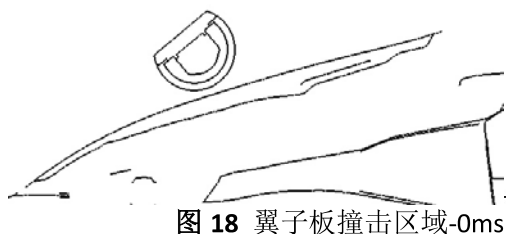


图 18 翼子板撞击区域-0ms



图 19 翼子板撞击区域-8ms

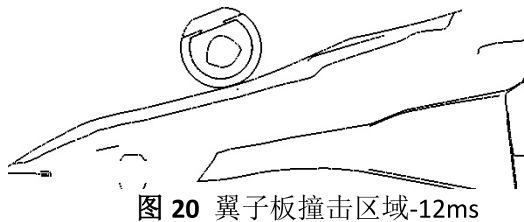


图 20 翼子板撞击区域-12ms

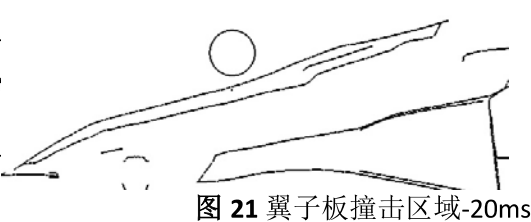


图 21 翼子板撞击区域-20ms

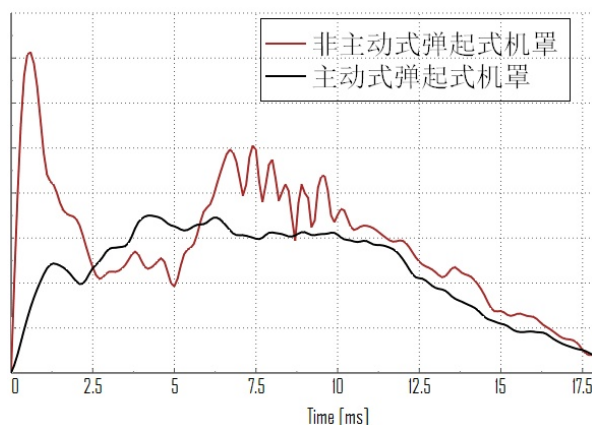


图 22 翼子板撞击区域头部 HIC 值对比

图 23 和 24 为非主动式发动机罩和主动式发动机罩得分对比图。其中，非主动式发动机罩得分为 7.31 分，主动式发动机罩得分为 8.47 分，提高 1.16 分，提升效果明显。

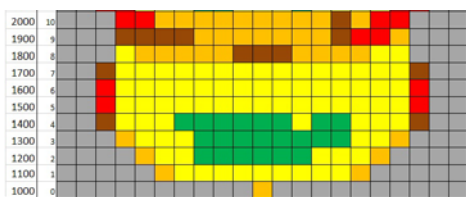


图 23 仿真结果-非主动式发盖

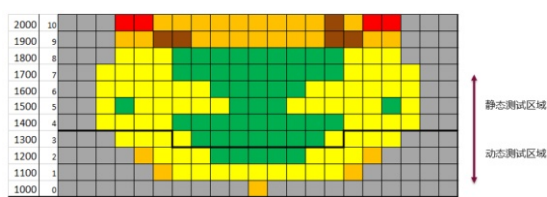


图 24 仿真结果-主动式发盖

3 非主动式发动机罩可选代替方案研究

主动式发盖确实能大幅度地提高行人保护得分值（提升约 1-1.5 分），但是开发周期长（约 18 个月），开发费用昂贵（约 600-1000 万），单车成本提升幅度大（约 500-800 元）。相关经验表明，在发动机罩下方变形空间充足的情况下，也可以通过采用溃缩式的结构来降低行人保护头部的伤害，比如单片溃缩式空调通风板、溃缩式机罩缓冲块支架和双片溃缩式玻璃涂胶面板等，这些溃缩结构的设计同样可以起到和主动式发动机罩相媲美的效果。

图 25 为采用传统空调通风板的 CAE 仿真结果图，图 26 为采用单片溃缩式空调通风板的 CAE 仿真结果图。由于溃缩式空调通风板在碰撞中更容易倒塌变形，使得发盖被撞后更容易下沉，从而使得发盖边缘附近点的 HIC 值有明显的降低，得分提高了 0.5 分。

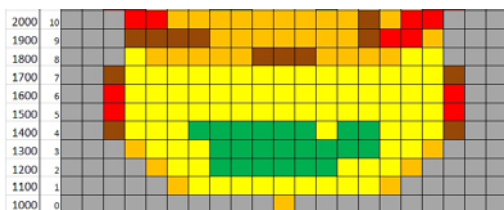


图 25 仿真结果-传统空调通风板结构

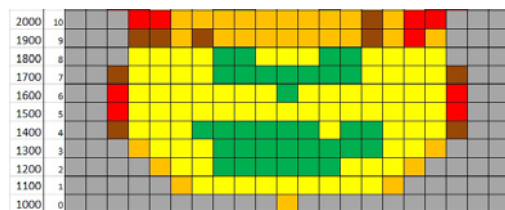


图 26 仿真结果-溃缩式空调通风板结构

图 27 为采用传统机罩缓冲块支架的 CAE 仿真结果图，图 28 为采用溃缩式机罩缓冲块支架的 CAE 仿真结果图。在碰撞中，溃缩式机罩缓冲块支架在受力达到一定限值时会突然断裂，使得发盖失去支撑而突然下沉，从而使得发盖缓冲块附近点的 HIC 值有明显的降低，得分提高了 0.47 分。

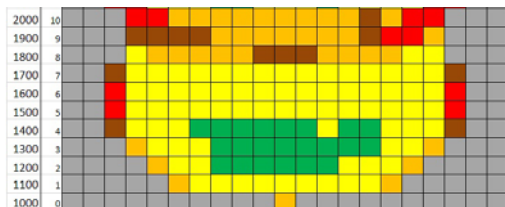


图 27 仿真结果-传统机罩缓冲块支架

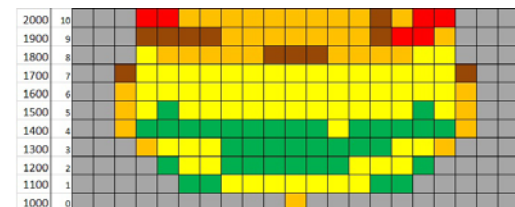


图 28 仿真结果-溃缩式机罩缓冲块支架

图 28 为采用传统玻璃涂胶面板的 CAE 仿真结果图，图 29 为采用双片溃缩式玻璃涂胶面板的 CAE 仿真结果图。在碰撞中，双片溃缩式玻璃涂胶面板很容易发生闭合变形而吸能，从而使得玻璃边缘附近点的 HIC 值有明显的降低，得分提高了 0.22 分。

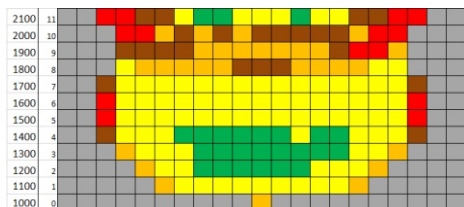


图 29 仿真结果-传统玻璃涂胶面板

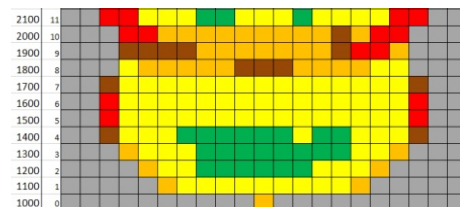


图 30 仿真结果-双片溃缩式玻璃涂胶面板

4 结论

1) 通过仿真分析表明，主动式发动机罩通过增大其下方变形空间来避开硬点，能够明显提升行人保护的得分值，尤其是车身两侧翼子板区域以及机罩后方边缘区域提升最为明显。

2) 在前方动态测试区域, 行人保护得分有所降低, 这点可以表明, 主动式发动机罩抬升过程中会增加对行人头部的伤害, 但不是很明显。

3) 在中部测试区域, 行人保护得分虽然没有改变, 但是 HIC 数值有所升高, 这点是由于引擎盖抬升之后限制了头部的转动造成的。

4) 相关经验表明, 在发动机罩下方变形空间充足的情况下, 也可以采用溃缩式的结构来降低行人保护头部的伤害, 比如溃缩式空调通风板、溃缩式机罩缓冲块支架和溃缩式玻璃安装板等, 这些溃缩结构的设计同样可以起到和主动式发动机罩相媲美的效果。

参考文献

- [1] 魏政君. 基于行人保护的弹起式发动机罩系统的应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [2] C-NCAP 管理规则. 天津: 中国汽车技术研究中心, 2018.