

当前 CAE 技术在车门性能分析方面已得到了业界的广泛认可，因其能够准确地识别车门强度的薄弱点，为车门轻量化设计提供了有效依据。本文主要阐述采用 CAE 技术，基于 Hypermesh 前处理软件对前车门进行下沉量强度校核。

□ 亚创上海工程技术有限公司 李明梁
□ 浙江吉利新能源商用车集团有限公司 田春林

车门系统有限元仿真分析

车门系统一般由本体、附件和饰板三部分组成。本体包括车门内板、车门外板、车门窗框、车门加强横梁和车门加强板。附件包括车门铰链、车门限位器、门锁机构、内外手柄、升降玻璃及密封条。饰板包括饰板本体、吸音棉、内饰蒙皮、扣手、扬声器面罩和卡扣等。

有限元分析求解过程

运用 CAE 技术解决工程实际问题，一般步骤主要如下：

- 1) 前处理阶段：在前处理软件中（Hypermesh）简化数据模型，进行网格划分和网格质量检查，添加材料和属性构建有限元分析模型。
- 2) 计算阶段：将有限元模型提交求解器计算。
- 3) 后处理阶段：在后处理软件（Hyperview）中提取结果（包括但不限于应力、应变和变形量），

参照企业标准，根据计算的性能参数，进行优化处理。

车门有限元分析实例

1. 车门有限元分析前处理

（1）几何清理

在对车门钣金件抽取中面过程中一般会造成几何缺陷，因此需要进行相关几何修复：改变几何拓扑关系、几何简化等，如图 1 所示。

（2）网格划分

车门主体用壳单元，单元长度选取 5 mm，单元类型为 S4 或 S3，铰链和胶接等处采用六面体单元，单元类型为 C3D8R。

（3）网格质量检查

本文选取网格质量评价标准见表 1。

（4）车门连接

1) 点焊连接：在车门总成中，例如玻璃后导轨及其连接板等需要点焊连接。在点焊时通常选取 30 ~ 60 mm 间距，但是实际距离按照零部件形状来调整，点焊的层数通常是两层与三层，在 Hypermesh 当中，利用 Bolt 对零部件间的点焊进行模拟，如图 2 所示。

表 1 网格质量评价标准

单元翘曲角 (Warpage)	$\leq 14^{\circ}$
长宽比 (Aspect Ratio)	$< 5:1$
雅可比 (Jacobian)	> 0.6
最小四边形内角 (Min Quad Angle Interior)	$> 45^{\circ}$
最大四边形内角 (Max Quad Angle Interior)	$< 135^{\circ}$
最小三角形内角 (Min Tria Angle Interior)	$> 15^{\circ}$
最大三角形内角 (Tria Angle Interior)	$< 135^{\circ}$
单元扭转角 (Skew)	$< 40^{\circ}$
三角形单元占全部单元比例 (% of Trias)	$< 7\%$

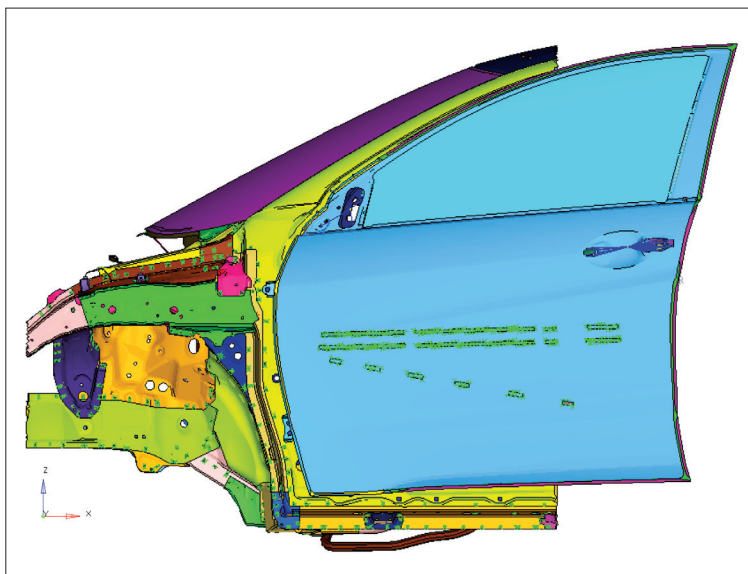


图 1 车门有限元网格

2) 缝焊连接: 缝焊主要是为了满足零部件连接在结构与强度上的要求, 比如说防撞梁就是以缝焊完成连接, 一般在零部件间留下 1 ~ 2 mm 间隙, 确保完成缝焊连接, 在 Hypermesh 当中, 使用 Seam 对零部件缝焊进行模拟。

3) 螺栓连接: 为了便于拆卸以及符合强度要求, 例如车门铰链安装板、窗框左侧立柱安装板等需要螺栓连接。因为螺栓具有较大刚度, 在 Hypermesh 当中, 以 RBE2 对螺栓连接进行模拟。

4) 涂胶连接: 能够替代焊接对特殊位置进行连接。密封胶主要用于车门各个零部件的缝焊与点焊连接处, 主要是提升其密封性, 避免腐蚀。Hypermesh 当中, 利用 Adhesives 对涂胶连接进行模拟。

2. 车门下沉量边界条件

根据整车强度耐久技术规范, 针对下沉量的边界条件, 即约束及加载情况做如下说明,

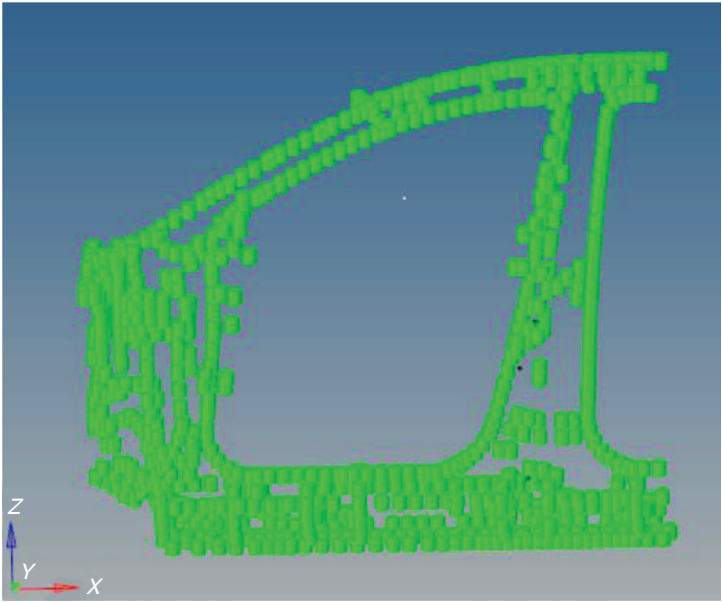


图2 前车门点焊

表2 车门边界条件

工况	截取部分白车身模型, 全开 70° 状态
约束	白车身截面处约束 1 ~ 6 自由度, 锁扣处约束 2 方向自由度 (局部坐标系)
加载	保持车门自身重力, 锁扣处沿负 Z 方向加 1000 N 集中力

见表 2。

3. 车门下沉量结果及分析

在 1000 N 加载下: 车门锁扣处 Z 方向实际变形量为 9.908 mm, 标准要求 < 10 mm; 卸载后残余变形量为 1.272 mm (图 3), 标准要求 1.5 mm; 车身最大应力为 525.3 MPa (图 4), 材料 HC420 抗拉强度 600 MPa, 车身最大塑性应变为 1.09%; 车门最大应力为 182.6 MPa (图 5), 材料 DC06 抗拉强度 320 MPa; 分析结果均符合设计要求, 可见车门强度有一定的设计余量, 可以适当进行相应的轻量化处理。

总结

车门作为车身系统的重要组成部分之一, 相对于车身其他部件具有一定的独立性, 车门质量的好坏对于汽车总体的舒适性及

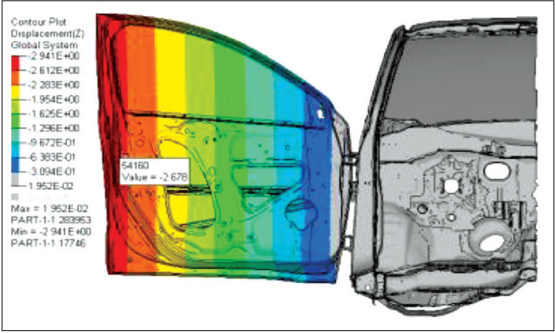


图3 卸载变形量 1.272 mm

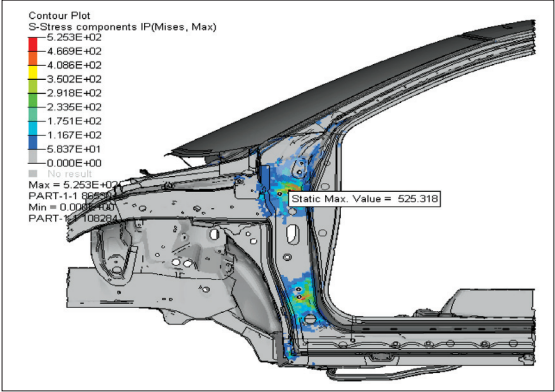


图4 车身最大应力: 525.3 MPa MAT: HC420

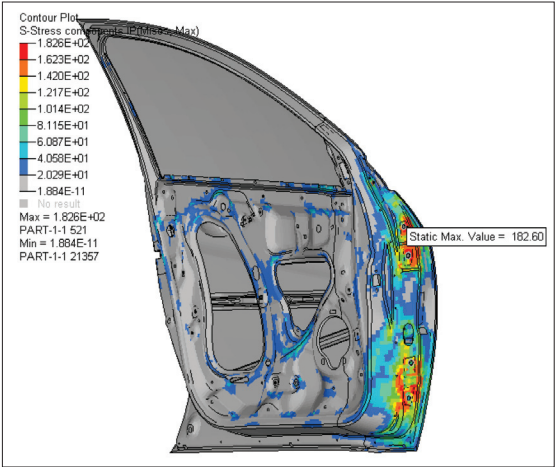


图5 车门最大应力: 182.6 MPa MAT: DC06

安全性产生直接的影响。

本文采用 CAE 技术对某款车门下沉量进行分析, 输出相关性能参数, 可作为设计部门轻量化设计的重要依据。AI