

基于整车正面碰撞仿真的动力电池下壳体结构优化

陈康伟 王鹏显 彭振

亿威汽车科技有限公司

摘要:以某款新能源乘用车型为研究对象,基于整车碰撞仿真结果对动力电池总成下壳体进行设计开发,目的是提高新能源汽车动力电池总成力学强度,避免电池受到外力碰撞而起火爆炸,该研究对整车安全具有重要意义。

关键词:动力电池;碰撞仿真;结构优化;仿真验证

0 前言

保证车辆安全行驶是车企产品设计开发的重要因素,根据中国新车评价规程标准,正面100%重叠碰撞在实际汽车碰撞中发生概率最大,故研究整车正面碰撞强度是整车设计重要方向,基于整车碰撞仿真进行结构优化设计,可以最大限度上在产品开发阶段识别风险,降低开发成本。

1 碰撞仿真模型建立

1.1 车体及电池包有限元模型的建立

在CATIA软件中建立整车3D模型,以stp形式保存后导入到hypermesh软件中进行仿真前处理,包括模型简化、几何清理和网格划分。车身大部分结构采用宽幅等壁厚钣金件,通常采用壳单元划分方法,其余结构较复杂零部件采用实体网格单元进行划分。本次仿真主要关注整车受正面碰撞时动力电池下壳体变形情况,以壳体内纵梁Y方向最大变形量作为结构强度评价依据,对结构强度进行优化提升,故对动力电池总成下壳体进行局部网格细化处理。考虑整车尾部结构质量对仿真结果影响较小,适当放大整车尾部各零部件网格尺寸进而提高计算求解效率。

对车身前部主要吸能零部件及动力电池下壳体纵梁控制网格尺寸为6 mm,其余非重要零部件根据结构不同,网格尺寸控制在10~15 mm范围内,保证仿真计算的准确性及可收敛性,其有限元模型如图1所示。有限元建模同样包括连接设置,除动力电池与整车固

定螺栓需建立详细模型外,车身其余螺栓连接均采用rigid刚性连接,整车模型如图2所示。

1.2 载荷与边界条件

整车碰撞根据碰撞法规要求选择50 FRB正碰模型,工况如下。

(1) 整车前设置刚性墙体,距离车辆前端100 mm,约束刚性墙体6个自由度。

(2) 确保整车模型在碰撞过程中可以自由移动。

(3) 设置沙漏黏性类型为1,能量系数为0.1。

(4) 电池包与整车通过螺栓固定,螺栓选择rbe2刚性连接替代有限元模型,默认螺栓在碰撞过程中不出现失效情况。

1.3 求解设置

(1) 定义汽车初始速度为50 km/h,方向为X轴正方向,车头正面100%垂直碰撞刚性墙壁。



图1 电池包有限元模型



图2 整车有限元模型

(2) 设置合理的求解时间, 本次设置 100 ms, 以确保碰撞过程完全结束, 重力加速度方向与 Z 轴负方向相同。

2 碰撞仿真结果分析

2.1 整车碰撞后电池包变形分析

根据碰撞经验, 整车前部撞击位置变形最明显, 本次重点关注动力电池变形情况, 故单独对电池包变形情况进行分析, 重点关注 X 向前端与电池包内部架构的变形, 如图 3 所示。电池包在整车正面碰撞时受到 X 向后的碰撞挤压力, 其内部纵梁结构起到受力抗变形作用, 纵梁变形程度极大程度上反映了电池包碰撞变形情况。同时, 纵梁变形还会对内部放置的单体电池及模组产生挤压, 单体电池受到挤压发生变形, 存在单体电池内部短路导致起火爆炸的风险。

2.2 电池包内纵梁变形情况分析

针对电池包碰撞后纵梁在 X、Y 两个方向的最大变形量, 可以判断电池包结构失效的风险。根据试验结果与仿真精度综合评估, 纵梁 Y 向最大变形量不超过 4 mm, X 向最大变形量不超过 8 mm 即视为风险较低。随后对壳体内纵梁最大变形量仿真结果进行读取分析。基于仿真结果分析, 单体电池与纵梁间装配间隙为 0.5 mm, 纵梁 X 向最大变形量超过设计评估上限, 存在挤压单体电池入侵量过大的可能, 仿真结果视为电池包存在失效风险, 电池包结构需要加强。

3 电池包结构优化方案确认

3.1 结构分析与改进

针对电池包内纵梁 Y 向变形明显, 分析原因为 X 向挤压变形过大, 结构吸能不足导致向 Y 向释放压力。

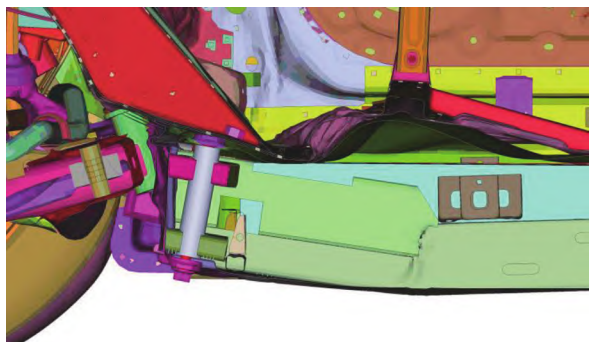


图3 电池包前部碰撞剖视

由于纵梁 Y 向空间布置单体电池模组, 没有空间进行结构加强, 故需加强纵梁 X 向的抗挤压强度, 增加 X 向吸能件来减小整个电池包的变形。纵梁内部新增加强件在不改变电池包内单体电池布置方案的前提下, 加强整包结构强度, 极大地减小了零部件结构变更产生的设计成本。在纵梁内部新增加强部件, 用来吸收整车碰撞时传递给电池包 X 向的能量, 减小整体结构 X 向的挤压变形。加强件长度应超过纵梁 Y 向最大变形区域, 保证纵梁在该区域的抗变形、抗弯扭强度, 提高结构能量吸收能力。

3.2 仿真验证

根据优化后的结构重新进行整车碰撞仿真, 得到优化后纵梁变形量结果, 在其他因素完全一致的条件下, 对电池包纵梁内部增加加强件对于提高整包结构强度具有明显作用, X 向变形量由 4.97 mm 减小到 2.29 mm, Y 向变形量由 4.91 mm 减小到 2.26 mm, 优化后结构满足设计要求。

4 结语

本文基于整车碰撞仿真对电池包结构的安全性能进行设计验证, 对于仿真结果进行评估分析, 并提出结构优化设计方案进行可行性仿真验证, 极大地缩短了产品设计开发周期, 更直观地判断碰撞性能与具体结构强度的关联, 有效保证电池包结构的防撞能力, 对于提升整车的安全可靠性能具有重要意义。

参考文献

- [1] 王开松, 彭新宇, 谢有浩. 基于 LS-DYNA 的整车正面碰撞仿真分析及优化 [J]. 安徽理工大学学报 (自然科学版), 2019, 39(1): 54-58.
- [2] 贺路, 张琰. 某乘用车的车身正面碰撞性能仿真分析 [J]. 汽车与驾驶维修 (维修版), 2021, (11): 32-34.
- [3] 张继游, 熊明. 整车碰撞焊点失效仿真方法研究及应用 [J]. 上海汽车, 2022, (7): 42-46.
- [4] 尹杨平, 刘文慧, 蒋兵. 整车正面碰撞安全 CAE 分析与试验对标 [J]. 军民两用技术与产品, 2018, (24): 63-64.
- [5] 张乐平. 某 SUV 正面碰撞仿真分析及其优化 [D]. 长沙: 湖南大学, 2014.