

小型纯电动汽车动力电池箱体设计

李东锋, 金利芳

(海马轿车有限公司, 郑州 450016)

摘要: 动力电池是目前纯电动汽车的唯一动力能量来源, 是影响纯电动汽车性能的重要因素之一。电池包的安全性直接影响到整车的安全性, 电池箱体作为电池组的载体, 对电池组安全工作和防护起着关键作用。电池箱体设计, 需要充分考虑多方面的因素。特别是小型纯电动汽车, 因空间非常有限, 电池箱体既要装入更多电量的电池, 又要与整车完美匹配, 所以对电池箱体设计要求会更高。

关键词: 纯电动汽车, 电池包, 电池箱体

Small pure electric vehicle power battery box design

Li Dongfeng, Jin Lifang

(HAIMA CAR CO.,LTD , Zhengzhou 450016)

Abstract: Power battery is only dynamic energy source of the pure electric vehicle and is one of the important factors which impact pure electric vehicle performance. The safety of the battery pack directly affect the safety of the vehicle, the battery box is the carrier of the battery, the battery box play a key role to safety work and protection of the battery,. The design of battery box need to fully consider the various factors. Especially for pure electric vehicle, because of space is very limited, the battery box not only to mount more battery, but also with the perfect matching of vehicle body design, the battery will be higher requirements.

Key words : Pure electric vehicles, battery pack, battery box

0 引言

随着电动汽车的发展, 动力电池包作为纯电动汽车的核心部件, 电池包的安全性逐渐凸显出来, 直接影响到整车的安全性。电池包的开发需要充分考虑多方面的因素, 需要学习吸收国内外先进技术经验, 对设计方案进行反复验证优化。因此就对电池箱体的强度、刚度、散热、防水、绝缘等设计要求很高, 所以电池箱体的设计就显得至关重要。小型纯电动汽车, 已成为国家产业化战略的主打车型之一, 其电池箱体的设计就需要既考虑安全性, 又要考虑空间局限, 以及对整车性能的影响。

1 设计要求

1.1 总体要求

电池箱体开发的目标是在满足强度刚度的前提下, 满足电气设备外壳防护等级 IP67 设计要求^[1], 包内电池组在底板生根, 线束走向合理、美观且固定可靠。

1.2 碰撞安全性能要求

电池箱体在车辆发生碰撞时, 应满足下列要求:

(1) 如果动力电池或电池组安装在乘客舱的外部, 动力电池、电池组或其部件 (电池模块、电解液) 不得穿入乘客舱内。

(2) 如果动力电池或电池组安装在乘客舱内, 电池箱体的任何移动应确保乘客的安全。一般建议人电分离, 即动力电池不放在乘客舱内。

(3) 发生碰撞时, 电池模块或单体不能由于碰撞而从电池箱体内散落, 尤其避免从车上

甩出。

(4) 发生碰撞时，必须第一时间保证电池组的过流断开装置切断连接，并防止动力电池组短路。

(5) 发生碰撞时，电池箱体的刚度应保证电池模块或电池单体因挤压发生的变形量在其安全的范围内。

1.3 绝缘与防水性能要求

纯电动汽车动力电池组输出电压高达 200 伏以上，电池箱体除保障容纳电池外，还必须有效隔绝操作人员和乘客与电池的接触；电池箱体必须密封防水，防止进水导致电路短路，电池箱体防护等级要求达到 IP67。设计要求如下：

(1) 电池的两极以及两极的连接板与电池箱体的最小距离必须大于 10mm，防止击穿放电。

(2) 电池箱体整体电泳喷涂，内部涂覆绝缘漆或加装绝缘板^[2]。

(3) 电池箱体影响密封的焊缝处必须涂密封胶，电池箱体上盖与下箱体配合处加密封材料，接插件固定处必须采取密封措施。

(4) 电池箱体的布置在避让车身和底盘部件的同时要尽量靠上，且其最低点不小于整车最小离地间隙，以满足不同路况的通过性及防止机械损伤。

(5) 电池箱体的进出风口和接插件安装孔尽量布置在电池箱体 1/2 高度以上。

1.4 通风与散热性能要求

汽车持续运行时，尤其是长时间大负荷高速行驶，电池放电会同时释放出大量热量；汽车大电流充电时，也会产生大量的热量。而为保证电池安全和使用寿命，电池箱体必须具备良好的散热能力。

(1) 在布置空间允许的情况下，电池模块之间应有适当的间隙，以满足电池自身散热和热膨胀的要求。

(2) 内置温度传感器或信息采集板，实时监控电池箱体内电池的温度。

(3) 根据电池箱体容量的大小和电池放热特性匹配散热风流量，并保留足够的安全系数。

(4) 电池箱体内部通过挡板等导流方式引导内部气流流向，保证每个单体电池充分散热^[3]。

(5) 如遇突发故障，必须保障电池电源切断后散热风扇才切断，有一个延迟的过程。

2 设计过程

2.1 方案布置

前舱、中央通道、车底油箱位置、地板下部和后备箱是可利用的电池组布置空间。将电池组布置在前舱和中央通道对整车轴荷分布及动力性能有利，但前舱内需布置动力、冷却和空调系统，且车辆发生正面碰撞的概率相对较大，易使前舱变形而产生电池组破损，甚至引发火灾事故，因此，不推荐将电池组布置在前舱位置。如布置在后备箱中，对乘员舱内的乘客存在潜在危险性，因此也不建议布置在后备箱中。另外还要根据车型的驱动形式，看中央通道是否布置有传动轴，从而决定电池组是否有布置空间。车底油箱位置及车身地板下部为不错的电池组布置空间。同时，电池组布置时在避让车身和底盘部件的同时要尽可能保证最大的离地间隙^[4]。

2.2 总体结构设计

电池组总体结构设计时，结构强度要保证有较高的安全系数，以保证车辆在发生碰撞时电池组整体结构不受破坏，电池模块不会进入乘员舱；在有限空间约束下，尽可能保证电池模块及单体实现均匀散热；保证电池组与车身连接紧固；保证电池组有足够高的密封性。

2.3 载荷分配校核

电池组及动力电缆、散热系统、控制器等的总质量很大，会影响整车载荷分配。完成电池组总体布置后，可在 CATIA 软件中检查各部件坐标，并根据部件质量估算整个电池包电池布局是否合理，整车载荷分配是否满足设计要求。

2.4 热管理设计

一般从成本、制造难度、质量、技术成熟度等方面综合分析电池组热管理系统是采用风冷或水冷方式。以采用风冷为例，从防水防尘角度，还要求电池组热管理系统必须引进洁净空气。空气的引入位置和热空气的排出位置可以根据整车的实际布置合理选择。空气由一侧管路进入电池组内，然后再将热空气由另一侧管路送入主风机完成散热。如果一辆车上安装不止一个电池组，则电池组之间也要设计管路进行连接。为保证各电池模块间散热均匀性，电池箱体内部需设计导风板，以引导气流根据需要有效通过。空气流速、风道尺寸和风机功率等热管理系统设计参数根据计算和有限元分析手段确定。有限元分析校核包括几何建模（CATIA）、网格划分（Hypermesh）和计算流体力学分析（Fluent）3 个主要部分。设计流程为估算散热量→初定风机功率→设计风道尺寸→计算压降、流速，确定风道界面尺寸→校核散热量→校核风道所需空间→试验验证^[5]。

2.5 结构设计

2.5.1 电池箱体上盖设计

箱体上盖主要起密封作用，受力不大，可以使用镀锌薄钢板冲压成型，为保证与下箱体接触面的强度和提提高密封性，可在翻边上冲压断续半圆筋，同时设置较小的该面平面度公差，并在制造过程中通过工装严格保证该面的平面度。整个上盖不宜是一个平面，强度不足且容易引发共振，疲劳寿命极低，在上盖上可在 X、Y 方向适当冲压出筋。

由于上盖和下箱体是通过螺栓连接，所用螺栓数目较多，因此保证孔的同轴度尤其重要，需在合理布置螺栓孔位置的同时，位置尺寸尽量圆整，且在 X、Y 向呈对称布置。连接螺栓数目的选择需根据密封性高低和拆装工作量大小两方面综合考虑。如果上盖采用拼焊工艺，则翻边部位宜采用高强度钢板以增加强度。考虑到整体电池箱体的轻量化，上盖也可使用工程塑料，但会影响电池系统的电磁屏蔽，不建议采用。

2.5.2 电池箱体下箱体设计

电池模块主要坐落在下箱体里面，因此电池箱体内部要有嵌槽、挡板等结构措施使电池模块在车辆行驶的状况下可靠固定，在前后、左右、上下各个方向上均不发生窜动，避免对侧壁和上盖造成冲击，影响电池箱体寿命。同时设计电池信息采集板等相关部件的固定位置，要求在复杂工况下，各部件都能够可靠固定，避免发生接触松动对电路造成威胁。下箱体可以采用拼焊工艺^[6]，底板可以选用高强度钢并冲压出加强筋，在与车身连接点位置做 X、Y 方向的井字形加强梁，提高下箱体的抗弯扭强度。

2.5.3 固定结构设计

固定结构要有足够的强度以支撑加速度很大情况下质量很大的电池组，箱体底部设计纵横梁，安装固定后与车身连成一起增加车身承载强度。选择车身上钢板等级和厚度较高部分作为基础，将电池组有效固定，通过受力和计算，确定纵横梁具体的结构、材料型号和厚度。对于纵横梁和车身的固定连接处，应通过增加加强板或改进结构等措施保证强度，使电池箱体在恶劣工况下此处不发生变形。如车身厚度不能满足相关焊接标准，可采用局部加厚车身方式保证焊接质量，使电池组固定结构有足够的系数。连接时选用螺栓紧固方式，通过综合考虑电池组质量、碰撞加速度与接合面摩擦系数确定螺栓规格型号。固定点的选取

原则是尽可能均匀对称布置，使各螺栓较平均地承受载荷，推荐安装固定点 6-10 个^[7]。螺栓紧固的主要优点是可靠性高，缺点是会增大电池组快速更换的难度。

2.5.4 空间位置校核

用 CATIA 软件装配模块的测量功能，对电池箱体与车身、后悬架、稳定杆等的间距，电池箱的离地间隙进行全面检查。不仅要保证电池箱上盖和车身间留至少 10mm 间隙，还要考虑电池箱体与后悬架及稳定杆等运动件的距离，离运动件至少保证 25mm 以上间隙。

2.5.5 结构有限元分析

利用 CATIA、Hypermesh 和 MSC.Patran 等有限元分析软件，对前面提到的受力工况进行电池组结构模态及静态特性分析和动态特性分析。定义各部分的材料和各部件的连接单元，将有限元模型导入 Hypermesh，定义加载和边界条件，可仿真得到电池组结构的应力分布，如图 1。利用 Abaqus 和 Hypermesh 等进行疲劳分析。先通过 Abaqus 对电池组进行非线性瞬态分析，获得一个周期内的应力场。然后将结果文件导入到 Hypermesh 中，输入材料的弹性模量和拉伸强度得到材料近似的 S-N 曲线，综合 Miner 线性叠加理论最后获得电池箱体的疲劳寿命^[8]。

查看分析结果，如电池箱体超过了材料的屈服极限或疲劳寿命不满足设计要求，需通过增加料厚、改进结构等措施进行优化。之后再次导入软件进行结构仿真分析，直至电池组结构满足设计要求。

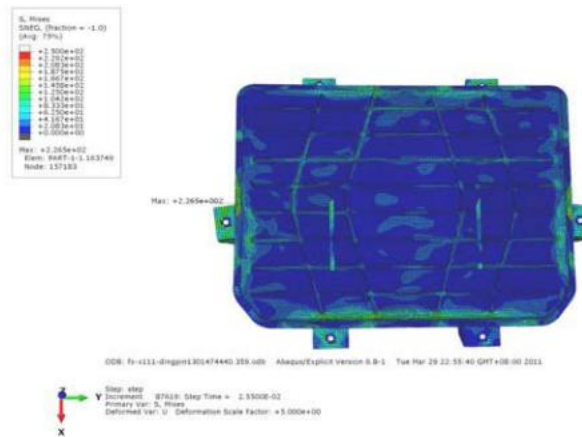


图 1 电池包有限元分析

3 试验检验

电池箱体与电池成组后成为电池包，将电池系统或电池模块固定在振动试验台上，并处于正常安装状态，按 QC/T 413-2002 汽车电气设备基本技术条件，进行振动试验。验证 CAE 分析数据的准确性和可靠性^[9]。

待试验基本满足要求后，要装入整车车身底板下，在试验场做 3 万公里可靠性试验，验证电池包的刚度、强度以及疲劳寿命是否满足要求。要是局部有损坏，还需要对局部进行优化处理。

4 结论

纯电动汽车动力电池箱体设计，对箱体内的电池组的安全至关重要。但电池包开发是一个曲折反复的过程，是在不断的完善和改进中逐步创新，摸索前进，同时还需主动学习国内外电动车先进技术，对设计方案进行反复验证优化，为电动汽车产业化做准备。

参考文献:

- [1] GB/T 18384.1-2001. 电动汽车 安全要求 第 1 部分: 车载储能装置[S] 2001
- [2] 王珂,乐玉汉,张浩.纯电动汽车动力电池特性及应用研究[D]. 武汉理工大学. 2011.6
- [3] 车杜兰,周荣,乔维高.电动汽车电池包散热加热设计[J]. 北京汽车.2010 .1 期
- [4] 王望予.汽车设计 (第 4 版) [M].机械工业出版社.2011.6
- [5] 王阳,宁国宝,郑辉.集中电机驱动纯电动汽车电池包设计[J].汽车技术 2011.7
- [6] 徐昌明.钣金展开加工工艺, 钣金展开加工技术[M]化学工业出版社 2011.1
- [7] 王宁侠.机械设计[M].西安电子科技大学出版社.2008
- [8] 李夕亮,郭世永.基于 NASTRAN 蓄电池箱有限元分析与实测研究[J].湖北汽车工业学院学报.2007 年 4 期
- [9] 巫建清.车载电池系统振动有限元分析[D].上海海事大学.上海 2001.3

作者简介:

李东锋, (1983.2), 男, 汉族, 河南西峡县, 助理工程师, 本科, 从事车身和电池包设计, 海马轿车有限公司, 郑州经济技术开发区航海东路 1689 号电动汽车事业部, 0371-68581207, ldfrrr@163.com。

金利芳, (1981.9), 女, 汉族, 河南兰考县, 助理工程师, 本科, 从事车身和电池包设计, 海马轿车有限公司, 郑州经济技术开发区航海东路 1689 号电动汽车事业部, 0371-68581207, jin-li-fang2005@163.com。

小型纯电动汽车动力电池箱体设计

作者: 李东锋, 金利芳
作者单位: 海马轿车有限公司, 郑州 450016

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7709377.aspx