

# 新能源汽车电池包箱体结构优化及底部碰撞研究

陈志灵

宁德时代新能源科技股份有限公司 福建 宁德 352100

**摘要：**新能源汽车电池包箱体结构优化旨在提升能量密度、增强安全性、优化散热效率及降低成本。通过拓朴优化、轻量化设计、模块化布局等手段，实现箱体减重与性能提升。同时针对底部碰撞进行深入研究，建立碰撞模型，进行仿真分析，探讨碰撞条件、结构设计对安全性能的影响，确保电池包在碰撞中保持稳定，减少短路与热失控风险。

**关键词：**新能源汽车；电池包箱体；结构优化；底部碰撞研究

## 1 新能源汽车电池包的重要性

新能源汽车电池包作为电动汽车的核心部件，其重要性不言而喻。它不仅是车辆动力系统的“心脏”，更是推动汽车行业绿色转型、实现节能减排目标的关键所在。第一，新能源汽车电池包直接决定了车辆的续航里程，随着电池技术的不断进步，电池包的能量密度不断提升，使得电动汽车能够拥有更长的行驶距离，有效缓解了用户的“里程焦虑”，为日常通勤、长途旅行提供了更多可能性。第二，电池包的性能直接影响到电动汽车的加速性能、动力响应及驾驶体验，高质量的电池包能够迅速释放并储存电能，确保车辆在各种工况下都能保持强劲的动力输出和平顺的驾驶感受，为用户带来媲美甚至超越传统燃油车的驾驶乐趣。第三，新能源汽车电池包的安全性至关重要，电池包内部集成了复杂的热管理系统、电气保护系统以及物理防护结构，以确保在各种极端条件下（如高温、低温、碰撞等）都能保持稳定运行，避免热失控、短路等安全隐患，保障驾乘人员的生命财产安全。第四，新能源汽车电池包还承载着推动能源结构转型和环境保护的重任，随着可再生能源的快速发展，电动汽车可以通过充电站、换电站等基础设施与电网实现互动，成为分布式储能单元，促进可再生能源的消纳和利用，减少化石燃料的依赖和温室气体排放，为实现碳中和目标贡献力量。

## 2 新能源汽车电池包箱体结构分析

### 2.1 电池包箱体组成与功能

新能源汽车电池包箱体，作为电池系统的保护外壳，其组成结构复杂而精密，旨在确保电池模块的安全、稳定与高效运行。一般来说，电池包箱体主要由上盖、下壳体、连接件、密封件及散热系统等几大部分构成。这些组成部分协同工作，共同实现电池包的防护、固定、散热及电气绝缘等功能<sup>[1]</sup>。上盖与下壳体通常采用

高强度、轻量化的金属材料（如铝合金）或复合材料制成，以承受车辆行驶过程中的振动、冲击及外部环境的侵蚀，保护内部电池模块免受物理损伤，它们还通过精密的设计和制造工艺，确保电池包内部结构的紧凑性和空间利用率。连接件则负责将上盖、下壳体以及电池模块等部件紧密连接在一起，形成一个稳固的整体结构。这些连接件不仅要求具备足够的强度和刚度，以承受电池包在使用过程中的各种载荷，还需要具备良好的导电性能和耐腐蚀性能，以保证电气连接的可靠性和安全性。密封件则是防止水分、灰尘等外界杂质侵入电池包内部的关键部件。它们通常被安装在箱体接缝处，通过挤压变形实现密封效果，有效隔绝外部环境对电池模块的潜在威胁。散热系统则是电池包箱体中不可或缺的组成部分。由于电池在充放电过程中会产生大量热量，如果不能及时散发出去，将会导致电池性能下降甚至引发安全事故。散热系统通过设计合理的风道、散热片等结构，将电池模块产生的热量高效传递至外部环境中，确保电池包在适宜的温度范围内运行。

### 2.2 阐述各组成部分的功能与作用

（1）上盖与下壳体：作为电池包箱体的主体结构，它们的主要功能是提供物理防护和支撑。通过高强度材料的应用和精密的制造工艺，确保电池模块在复杂多变的行驶环境中免受损伤，并保持结构的稳定性和耐久性。（2）连接件：连接件是电池包箱体中不可或缺的部件之一。它们通过精确的尺寸控制和可靠的连接方式，将各个部件紧密连接在一起，形成一个稳固的整体。这不仅提高电池包的刚度和强度，还确保电气连接的可靠性和安全性。（3）密封件：密封件在电池包箱体中扮演着“守门员”的角色。它们通过优异的密封性能，有效隔绝外部环境中的水分、灰尘等杂质，保护电池模块免受污染和侵蚀。这对于提高电池包的使用寿命和可靠性

具有重要意义。(4) 散热系统：散热系统是电池包箱体中至关重要的组成部分。它通过合理的设计和布局，将电池模块产生的热量高效传递至外部环境中，确保电池包在适宜的温度范围内运行。

### 3 电池包箱体结构优化设计

#### 3.1 优化目标确定

在新能源汽车领域，电池包箱体结构的优化设计是提升车辆性能、降低成本、增强安全性的关键环节。随着新能源汽车市场的快速发展，消费者对续航里程的需求日益增长。优化电池包箱体结构，减少非必要重量，增加有效电池容量，提高整体能量密度成为首要目标。电池包作为电动汽车的核心部件，其安全性直接关系到驾乘人员的生命安全。优化设计时需充分考虑碰撞、振动、短路、热失控等潜在风险，确保电池包在各种工况下都能保持稳定运行。电池在充放电过程中会产生大量热量，若不能及时散发，将严重影响电池性能和寿命，优化电池包箱体的散热结构，提高散热效率，是保障电池长期稳定运行的重要措施。在保证性能和安全的前提下，通过优化设计减少材料使用、简化生产工艺、提高生产效率等方式降低成本，有助于提升新能源汽车的市场竞争力<sup>[2]</sup>。随着电动汽车技术的不断发展，模块化设计已成为趋势。优化电池包箱体结构，提高模块的通用性和可替换性，以及便于维修和升级，是提升用户体验和降低维护成本的重要途径。

#### 3.2 优化设计方法

针对优化目标，可采用以下设计方法进行电池包箱体结构的优化：利用有限元分析软件对电池包箱体进行模拟仿真，评估其在各种工况下的应力、变形、温度分布等性能参数，为优化设计提供科学依据。基于有限元分析结果，采用拓扑优化技术调整电池包箱体的材料分布和结构形式，实现减重同时保持足够的强度和刚度。将电池包划分为多个独立的模块单元，每个模块内部集成电池组、BMS（电池管理系统）、热管理系统等组件，便于安装、维修和升级。采用高强度、轻量化的材料（如铝合金、复合材料）替代传统材料，减少箱体重量，提高能量密度。同时，通过结构优化减少冗余材料的使用。在优化设计过程中，结合仿真验证和试验验证的方法，确保设计方案的准确性和可靠性。

#### 3.3 优化方案实施

根据优化设计方法制定的优化方案，在优化目标和方法确定后，进行电池包箱体的详细设计。包括结构设计、材料选择、制造工艺规划等。根据详细设计方案制作电池包箱体样件。在制作过程中，需严格控制材料质

量、加工精度和装配质量，确保样件符合设计要求。对样件进行性能测试，包括力学性能测试、热性能测试、电气性能测试等。通过测试数据评估样件的性能指标是否满足设计要求。将样件置于各种极端环境条件下进行试验，如高温、低温、湿度变化、振动等。以评估样件的环境适应性和可靠性。根据性能测试和环境适应性试验结果，对设计方案进行反馈和优化。针对发现的问题和不足进行改进和完善。

#### 3.4 验证与评估

在优化方案实施完成后，需进行全面验证与评估以确保优化效果达到预期目标；通过对比优化前后的性能数据（如能量密度、安全性、散热效率等），验证优化方案的有效性。评估优化方案对成本的影响，包括材料成本、制造成本、维护成本等。同时分析优化带来的性能提升和市场竞争提升所带来的经济效益。通过用户调研、试乘试驾等方式收集用户对新能源汽车电池包箱体优化后的反馈意见，了解用户满意度和需求变化。基于验证与评估结果以及用户反馈意见，对电池包箱体结构进行持续改进和优化。不断探索新技术、新材料和新工艺的应用，提升新能源汽车的整体性能和用户体验。

## 4 电池包底部碰撞研究

### 4.1 碰撞模型建立

在新能源汽车电池包底部碰撞研究中，碰撞模型的建立是首要且关键的一步。要明确碰撞场景和条件，包括碰撞速度、碰撞角度、碰撞物体类型（如路缘石、坑洞、障碍物等）以及电池包在车辆中的安装位置和固定方式。这些参数将直接影响碰撞过程中的能量传递和电池包的响应特性。利用三维建模软件（如SolidWorks、CATIA等）构建电池包及其周围结构的几何模型，这包括电池包的外壳、内部电池模块、支撑结构、冷却系统等部件的详细几何描述。还需考虑车辆底盘、悬挂系统等其他相关部件对碰撞过程的影响，以构建完整的碰撞系统模型<sup>[3]</sup>。在模型构建过程中，还需对材料属性进行定义，包括电池包外壳材料的强度、刚度、韧性等力学性能参数，以及内部电池模块的化学性质、热稳定性等安全性能参数。这些参数将直接影响碰撞过程中电池包的变形、破裂、短路等安全风险。将几何模型和材料属性导入到碰撞仿真软件中（如LS-DYNA、Abaqus等），设置边界条件、接触算法、求解参数等，完成碰撞模型的建立。该模型将作为后续仿真分析和安全性评估的基础。

### 4.2 碰撞仿真分析

碰撞仿真分析是电池包底部碰撞研究的核心环节。在仿真过程中，首先根据碰撞模型设置仿真参数，如碰

撞速度、碰撞时间、仿真步长等。然后启动仿真计算,软件将自动求解碰撞过程中的物理方程,模拟电池包及其周围结构的动态行为。仿真结果将以可视化形式呈现,包括变形图、应力云图、能量曲线等。通过分析这些结果,可以深入了解电池包在碰撞过程中的受力情况、变形模式以及能量吸收机制,还可以评估电池包内部电池模块的受损情况,如是否发生短路、电解液泄漏等安全风险。还可以进行多次仿真分析,以研究不同碰撞条件(如不同速度、不同角度)对电池包安全性能的影响。

#### 4.3 碰撞影响因素分析

电池包底部碰撞的安全性受到多种因素的影响,包括碰撞条件、电池包结构设计、材料性能以及内部电池模块的布局等。碰撞条件是影响电池包安全性能的重要因素之一,不同的碰撞速度、碰撞角度和碰撞物体类型将导致不同的能量传递方式和碰撞响应特性,需要深入分析这些碰撞条件对电池包变形、应力分布和能量吸收等参数的影响规律<sup>[4]</sup>。电池包的结构设计也是影响安全性能的关键因素,合理的结构设计可以有效提高电池包的抗撞性能,减少碰撞过程中的变形和损伤。材料性能也是影响电池包安全性能的重要因素之一,高强度、高韧性的材料可以提高电池包的抗撞性能;而具有良好热稳定性和化学稳定性的材料则可以降低碰撞过程中电池模块受损的风险。内部电池模块的布局和固定方式也会对电池包的安全性能产生影响,合理的布局和固定方式可以确保电池模块在碰撞过程中保持相对稳定的位置和状态,减少因振动和冲击导致的短路和泄漏等安全风险。

#### 4.4 碰撞安全性评估

通过评估电池包在碰撞过程中的安全性能,可以判断其是否满足相关标准和法规的要求,以及是否具备足够的安全保障能力。在评估过程中,要确定评估标准和

指标,这些标准和指标通常包括电池包的变形量、应力水平、能量吸收能力、内部电池模块的受损情况等。根据这些标准和指标,可以对仿真分析的结果进行量化评分或评级。如果评估结果满足标准和法规的要求,则可以认为电池包在底部碰撞方面具备较高的安全性能;如果评估结果不满足要求,则需要进一步分析原因并采取相应的改进措施。还可以结合用户需求和实际使用场景进行碰撞安全性评估,根据评估结果和改进措施建议,对电池包进行优化设计或改进生产工艺等措施,以提升其在底部碰撞情况下的安全性能。

#### 结束语

新能源汽车电池包箱体结构优化与底部碰撞研究是提升车辆综合性能与安全性的关键环节。通过持续的技术创新与优化设计,不仅能提高电池包的能量密度与散热效率,还能在保障安全性的基础上降低制造成本。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,电池包箱体结构将更加高效、安全,为新能源汽车产业的蓬勃发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]孙昕辰,张凯,李祥,等.新能源汽车电池包箱体结构优化及底部碰撞研究[J].价值工程,2024,43(10):101-105. DOI:10.3969/j.issn.1006-4311.2024.10.031.
- [2]王顺俗.动力电池包结构轻量化优化设计[J].机电技术,2022,(6).DOI:10.19508/j.cnki.1672-4801.2022.06.017.
- [3]王品健,谢晖,王杭燕.纯电动汽车动力电池包结构轻量化设计[J].汽车技术,2019,(12).DOI:10.19620/j.cnki.1000-3703.20191095.
- [4]李垚坤,余万铨,贺东方,等.纯电动汽车电池箱体结构分析与轻量化设计[J].塑料工业,2020,(8).DOI:10.3969/j.issn.1005-5770.2020.08.020.