

# 纯电动汽车电池箱轻量化研究综述

乐启清 熊银花

(湖南汽车工程职业学院 湖南株洲 412001)

**摘要:** 电动汽车电池箱轻量化是实现电池包整体质量减轻的有效途径之一, 根据现有电池箱研究现状综述, 开展了电池箱材料选用(金属、合金、复合材料)、结构优化(尺寸优化、形状优化、形貌优化、拓扑优化、多目标优化)、制造技术(冲压、压铸、挤压)现状以及发展趋势的探讨。

**关键词:** 电池箱; 轻量化; 材料选用; 结构优化; 制造技术; 纯电动汽车

Review of research on lightweight battery box of pure electric vehicle

Yueqiqing Xiongyinhua

Hunan Automobile Engineering Vocational College Zhuzhou, Hunan 412001

[Abstract]The lightweight of electric vehicle battery box is one of the effective ways to reduce the overall weight of the battery pack. According to the overview of the current research status of the battery box, the current situation and development trend of battery box material selection (metal, alloy, composite), structure optimization (size optimization, shape optimization, shape optimization, topology optimization, multi-objective optimization), manufacturing technology (stamping, die-casting, extrusion) were discussed.

[Keyword]Battery box; Lightweight; Material selection; Structural optimization; Manufacturing technology; Blade Electric Vehicles

## 1 引言

纯电动汽车因其清洁、无污染的特征, 成为中国及世界各国汽车研究的主要方向。据华经产业研究院报告, 2021年, 中国产销纯电动汽车分别 294.2 万辆、291.6 万辆, 分别占据新能源汽车产销的 83%和 82.8%, 同时, 在 2019 年电动汽车百人会论坛上中国电动汽车百人会理事长陈清泰表示: 随着中国新能源汽车产业的发展, 到 2025 年电动车的性价比将超过传统燃油车, 到 2030 年, 中国电动车的产销量将超过 1500 万辆。有数据表明, 电动汽车质量减 10%能提高续航里程 5.5%<sup>[1]</sup>。

电池箱是电动汽车动力电池的承载和保护部件, 电动汽车电池箱轻量化可使其续航里程增加, 然而设计时还应考虑其结构强度、刚度及可靠性等性能。理想的电池箱应在满足强度、刚度等性能的同时实现轻量化。本文对纯电动汽车电池箱轻量化途径的研究成果进行梳理, 对电池箱轻量化材料选用、结构优化、先进制造技术(见图 1)进行阐述, 并分析相关技术研究重点和发展方向。

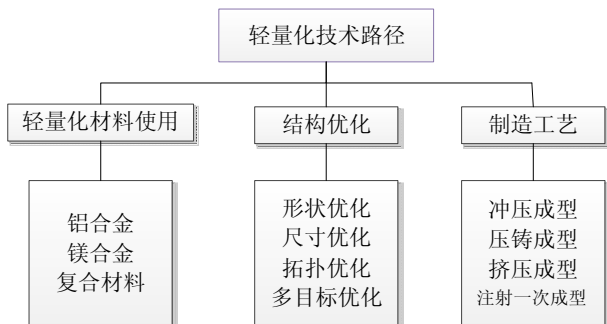


图 1 电池箱轻量化技术路径

## 2 电池箱体材料轻量化研究及进展

电动汽车电池箱材料主要分为金属材料 and 复合材料, 其中金属材料主要由钢板、铝板、铝合金; 复合材料主要由碳纤维复合材料、玻璃纤维增强复合材料和 SMC 复合材料等轻量化材料<sup>[2]</sup>。钢板材料成本低、导热性能好、抗冲击能力好、制造工艺简单等特点, 在汽车制造

领域得到广泛应用, 如本田 Fit EV、雪弗兰 Volt 采用的是钢板; 随着汽车电池箱轻量化设计理念的深入, 铝合金材料因其密度低、可塑性好、强度较低、冲击性好、耐腐蚀、导热和散热性好等优点, 逐渐成为实现汽车轻量化的主要材料, 目前利用铝合金材料制造出的电池箱, 主要有铝电池箱、铝板材电池箱和铝型材电池箱等产品, 如蔚来 ES8、BMW I3、Tesla Model3 采用铝板作为电池箱材料, 凯迪拉克 CT6、奥迪 Q7 e-tron 均采用铝合金材料; 复合材料具有质量轻、强度高和耐腐蚀、耐磨等优点, 在高档乘用车电池箱应用较多, 电池箱体使用的复合材料有碳纤维复合材料、玻璃纤维增强复合材料和 SMC 复合材料等轻量化材料, 由于碳纤维复合材料成本高, 目前主要以 SMC 复合材料作为轻量化材料制造电池箱体, 如帝豪 CSE、长安 C206 等。

综上所述, 在满足使用要求, 考虑成本情况下, 选择钢板作为电池箱材料, 考虑轻量化、有较好的使用性能时, 选择铝合金材料作为电池箱材料, 在满足使用要求情况下, 进一步减轻质量, 需选用复合材料作为电池箱材料。

表 1 部分乘用车电池箱材料

品牌型号	材料
本田 Fit EV	钢板
雪弗兰 Volt	钢板
BMW I3	铝板
Tesla Model3	铝板
凯迪拉克 CT6	铝合金
奥迪 Q7 e-tron	铝合金
帝豪 CSE	SMC
长安 C206	SMC

## 3 电池箱轻量化制造技术研究及进展

制造技术是决定电池箱体能否商业化的重要途径, 电池箱体成型技术是实现其轻量化的重要手段。从箱体的成型技术方面进行优化, 在一定程度上也能减轻电池箱的自重。

电池箱体的成型技术主要根据其选用的材料决定, 目前多以铝

板和纤维增强材料作为电池包箱体用材料,不同企业采用的成型技术也有所不同。

#### (1) 电池箱上箱体制造技术

电动汽车电池箱一般包括上箱体、下箱体和连接结构。上箱体位于电池上方,主要起密封作用,不承受底面及侧面的冲击,一般不做强度要求,通常采用金属材料。上箱体制造主要采用冲压制造,冲压制造可保证一次成型,成本相对较低,在设计电池箱时,需考虑可制造性,如材料延展性、冲压深度等。目前上箱体主要使用冲压钢板、冲压铝板作为上箱体。

#### (2) 电池箱下箱体制造技术

电池箱下箱体是电池系统的主要承载结构,承担着整个电池组及自身质量,并且抵挡外部的冲击和碰撞,其强度刚度决定电池箱的整体性能,是电动汽车重要的安全构件。电池箱下箱体制造技术主要有冲压、压铸、挤压成型制造技术【1】。以铝板或铝合金材料为例,三种制造成型工艺技术特点分析如表4所示:

①冲压铝板焊接电池箱,此种形式结构简单、制造成本低、强度及刚性好、轻量化效果好;缺点是电池包振动、冲击强度不足等

表 铝板为主成型工艺技术特点分析

加工工艺	年代	优点	缺点	使用场景	代表车型
冲压	早期	强度及刚性高,成本低	延伸度以及震动、冲击强度不足	钢制多,铝制冲压需要车企具备较强车身、底板集成设计能力	Tesla model3
压铸	中期	不需要进行进一步的焊接工序,综合力学性能强	易发生欠铸、裂纹、冷隔、凹陷、气孔等,碰撞易变形	小能量电池包	Nissan leaf、Volt(钢制)、Audi e-tron
挤压	当前主流	成本较低,能提供较大的强度及刚性	需要复杂的焊接工艺	目前主流用途	宝马ix3、大众ME8、北汽、比亚迪、长城、小鹏P7等主流电动品牌

综合分析,目前,铝挤压形成型材后再进行焊接是当前电池箱的主流工艺,因摩擦搅拌焊具有焊接接头力学性能好、焊接后变形小、密封性好、焊接成本低特点,因此目前电池箱下箱体主要制造工艺为铝挤压+摩擦搅拌焊。

#### 4 电池箱轻量化优化技术研究及进展

汽车结构优化是结构优化设计在汽车领域的应用,在满足给定

问题,需要车企具备较强的车身、底盘集成设计能力。

②压铸方式的铸铝电池托盘采用整体一次成型,减少了加工工艺,减低了零件重量,实现了成本降低,提升产品竞争力;缺点在于铝合金在铸造过程中易发生欠铸、裂纹、冷隔、凹陷、气孔等缺陷,浇铸后产品密封性较差,而且铸造铝合金的延伸率较低,在发生碰撞后易发生变形。

③挤压铝合金电池箱,通过型材的拼接及加工(主要为焊接)来满足不同的需求,具有高刚性、抗震动、挤压及冲击等性能。其具有设计灵活、加工方便、易于修改等优点。但是制造工序并比较多,焊接工艺复杂、焊接变形,焊接密封不严。

复合材料成型工艺众多,如热压罐、树脂传递模塑成型(Resin Transfer Molding, RTM)、真空导入、注射、挤压和喷射等<sup>[5]</sup>。生产和制造过程中,可根据零部件特征、成本和选用的复合材料类型选择最合适的制造工艺,目前常采用注射一次成型的方式生产纤维增强复合材料电池包箱体。碳纤维增强复合材料目前只在部分车型中使用,其材料和制造成本下降到一定程度后,碳纤维复合材料箱体将是未来新能源汽车电池包箱体的主流。

约束条件,保证结构的可靠性和安全性前提下,实现质量最轻的目标,从而达成汽车轻量化。电池箱的结构优化主要有拓扑优化、形貌优化、形状优化、复合材料织物铺成角度和铺成顺序优化组成。每种优化方法侧重点不同,在进行结构优化的过程中经常协同使用,力求优化结果达到最佳(见表)。相关优化方式、内容及应用如表5所示。

表 不同优化技术特点及应用

优化技术	内容	应用
多目标优化	拓扑、形貌、形状优化、尺寸两个及以上的优化目标	轻量化、提高碰撞安全性、稳健性及其他方面性能要求较高场合
拓扑优化	在给定空间寻找最优材料分布	对结构的材料分布或者传力路径进行优化设计
形貌优化	在钣金件上找到最佳的加强筋的位置和形状	薄壁结构优化
形状优化	基于有限元网格优化结构的位置和形状	壳单元厚度、梁单元的横截面、复合材料各铺层厚度
尺寸优化	寻找结构组件最佳的尺寸和最佳材料性能的组合关系	求解结构的疲劳问题以及应力集中问题

#### 5 结语

电池箱轻量化是减轻电池箱整体质量的关键,在电池箱材料选择方面,目前主要采用轻质材料代替,常见的轻质材料为铝合金、碳纤维复合材料、玻璃纤维增强复合材料和SMC复合材料,考虑到成本问题,主要以铝合金为主;电池箱轻量化制造技术方面,由于电池箱上、下箱体功能不同,制造工艺不同,上箱体制造主要采用冲压制造,下箱体主要采用挤压成型;电池箱轻量化优化方面,根据优化的目标不同,选择优化方式不同,其中多目标优化方式,在取得最优解的情况下,优化效果最为理想。

#### 参考文献:

- [1]宋孝炳,林志宏.动力电池包轻量化设计技术研究[J],科技视界,2020,(13):68
- [3]朱新春.电动汽车电池仓结构轻量化优化设计[D],吉林大学,2018(2):6-7.
- [4]蔡扬扬,殷莎,赵海斌,陈正伟.新能源汽车电池包箱体结构的轻量化研究现状[J],汽车技术,2022,(2)
- [5]新能源汽车电池盒:新赛道,新机遇,https://baijiahao.baidu.com/s?id=1702592656985307176&wfi=spider&for=pc,2021.6
- [5]汪泽霖.树脂基复合材料成型工艺读本[M].北京:化学工业出版社,2017.