

# 新能源汽车车身轻量化设计方法研究

马骁骁

数格科技(天津)有限公司 天津 300110

**摘要:** 随着新能源汽车产业的不断发展和壮大, 车身轻量化设计成为了业内的研究热点。基于此, 本文简要介绍了车身轻量化设计的重要性, 分析了新能源汽车车身轻量化设计的方法, 并对车身轻量化设计的材料选择与优化进行了探讨。

**关键词:** 新能源汽车; 车身; 轻量化设计; 研究

## 引言

随着全球能源危机和环境污染问题的日益严重, 新能源汽车的发展逐渐成为汽车工业的重要方向。车身作为新能源汽车的重要组成部分, 其轻量化设计对于提高整车的燃油经济性、续航里程和性能具有重要意义。因此, 研究新能源汽车车身轻量化设计的方法, 对于推动新能源汽车的发展具有实际应用价值。

### 1 车身轻量化设计的重要性

随着全球能源危机和环境污染问题的日益严重, 新能源汽车的发展已成为汽车工业的重要趋势。在新能源汽车的发展过程中, 车身轻量化设计具有至关重要的意义。第一, 车身轻量化设计对于提高新能源汽车的能源利用效率具有重要意义。车身重量减轻后, 原电量可以获得更好的行驶里程。同时, 减轻车身重量可以降低制动系统的负担, 减少行驶过程中的能量消耗, 进一步提高能源利用效率。第二, 车身轻量化设计有助于改善新能源汽车的各项性能指标。例如, 车身轻量化可以降低车身惯量, 提高车辆的加速度和制动性能。同时, 减轻车身重量也可以降低噪音和振动, 提高车辆的舒适性。第三, 车身轻量化设计可以降低新能源汽车的制造成本。一方面, 减轻车身重量可以减少对原材料的需求, 降低材料的采购成本。另一方面, 车重降低, 生产工艺也会简化。减少生产过程中的能源消耗和排放, 同时降低工人的劳动强度, 进一步提高生产效率。第四, 车身轻量化设计有助于实现绿色环保的目标。其中, 减轻车身重量可以降低车辆在使用过程中的能源消耗, 从而减少碳排放和其他污染物的排放。并且, 车身轻量化设计可以降低车辆生产和报废过程中的废弃物排放, 有利于资源的有效利用和环境保护。

### 2 新能源汽车车身轻量化设计的方法

#### 2.1 基于数值模拟的设计方法

基于数值模拟的设计方法是通过计算机仿真技术,

对车辆的行驶性能、结构强度、碰撞安全、NVH(噪声、振动与声振粗糙度)等性能进行预测、分析和优化设计, 以实现车身结构的轻量化。该方法可以在产品设计阶段预测产品的性能和质量, 从而避免了传统试制、试验带来的成本高、周期长等弊端。具体地, 基于数值模拟的设计方法包括以下内容: 第一, 利用CAD软件进行车辆三维建模, 然后将其导入有限元分析软件中, 建立车辆有限元模型。该模型包括车身结构、底盘、动力总成、座椅、转向器等各个部件, 并对各部件进行合理的简化, 以提高计算效率。第二, 根据车辆的实际使用工况, 在有限元模型中添加边界条件, 如车辆行驶时的加速度、速度、道路状况等<sup>[1]</sup>。这些边界条件用于模拟车辆的实际行驶状态。第三, 利用有限元分析软件对车辆的行驶性能、结构强度、碰撞安全、NVH等性能进行预测和分析。例如, 有限元模型可以模拟车辆在不同路况下的行驶状态, 包括平坦道路、坡道、弯道等, 而通过模拟车辆的动态响应, 如加速度、速度和位移, 可以评估车辆的平顺性和操稳性; 通过模拟车辆在不同车速下的振动和噪声情况, 可以预测车辆的NVH性能。第四, 根据性能预测和分析的结果, 对车辆的各个部件进行优化设计。例如, 通过改变车身结构或材料, 可以提高车身的抗撞性能; 通过优化动力总成和悬挂系统, 可以提高车辆的动力性能和操稳性能; 通过改进座椅和转向器等部件的结构或阻尼特性, 可以提高车辆的NVH性能。第五, 在优化设计后, 利用有限元分析软件对车辆的各个部件进行仿真验证。通过仿真实验来验证优化设计的效果, 并不断进行迭代和优化, 最终得到满足设计要求的车辆结构。

#### 2.2 基于拓扑优化的设计方法

拓扑优化是一种先进的优化设计技术, 它在新能源汽车车身轻量化设计中扮演着重要的角色。首先, 在新能源汽车车身轻量化设计中, 通过拓扑优化技术对车

身材料分布进行优化,可以在保证车身安全可靠性的基础上最大程度地减少材料的使用量,同时保证车身的安全性和可靠性。例如,对于车身的某些部位,可以采用“厚-薄”分布的设计方案,利用拓扑优化技术对设计方案进行验证和优化,以获得最佳的材料分布形式<sup>[2]</sup>。其次,车身结构的设计对于整车的性能、安全性和舒适性都有着重要的影响。通过拓扑优化技术对车身结构进行优化设计,可以有效地提高车身的结构效率,减少车身的重量。例如,通过有限元分析(FEA)构建一个引擎盖的模型,这个模型会模拟引擎盖在各种工况下的行为,如受到冲击、振动等。然后,应用拓扑优化算法对这个模型进行求解。这个过程通常会使用到一些特定的软件,如ANSYS或Abaqus等,这些软件具有强大的求解功能,可以处理这种复杂的问题。在求解过程中,软件会尝试不同的材料分布和结构形状,以找到一个能够在满足所有约束条件下,最大化结构效率(如最小化重量、最大化抗力等)的设计。最后,车身零部件的优化是车身轻量化的重要途径之一。通过拓扑优化技术对车身零部件进行优化设计,可以有效地减少零部件的数量和重量,提高零部件的性能和可靠性。例如,对于新能源汽车的电池箱体,可以采用拓扑优化技术对其结构形式进行优化,以提高电池箱体的承载能力和使用寿命。

### 2.3 基于结构功能一体化的设计方法

基于结构功能一体化的设计理念强调车身结构的整体性设计,将车身视作一个由多个子系统组成的复杂系统。在这个系统中,每个子系统都承担着特定的功能,同时又与其它子系统相互联系、相互影响。通过整体化的设计,使得车身结构在满足基本承载功能的同时,具备优良的空气动力学性能、声学性能、耐撞性能以及能量吸收性能等。其中,在概念设计阶段,设计师需要利用基于结构功能一体化的设计方法对车身的线型、轮廓、截面形状等进行初步设计。这些设计因素对车身的性能有着重要影响,如车身的空气动力学性能主要取决于车身的线型和车身底部的设计。因此,在概念设计阶段,设计师需要综合考虑车身的多种性能要求,通过改变车身的线型、轮廓、截面形状等参数,实现车身结构功能一体化的初步设计<sup>[3]</sup>。同时,概念设计阶段还需要对多种材料和复合材料进行选择 and 匹配,以便在满足性能要求的同时实现车身的轻量化。例如,采用高强度钢材料、铝合金材料、碳纤维复合材料等,结合结构设计进行轻量化设计,能够显著降低车身的重量。另外,在方案设计阶段,设计师需要利用基于结构功能一体化的设计方法对车身的结构形式进行深入研究。例如,采用承

载式车身结构可以提高车身的刚度和强度,从而提升车身的性能。同时,通过对结构进行优化设计和参数化分析,可以实现车身的轻量化。最后,在详细设计阶段,设计师需要利用基于结构功能一体化的设计方法对每个零部件进行详细的结构设计。例如,采用薄壁结构设计可以提高车身的刚度和强度,同时降低车身的重量。此外,设计师还需要对每个零部件的材料选择进行仔细考虑。例如,采用高强度钢材料、铝合金材料、碳纤维复合材料等轻量化材料可以显著降低车身的重量。

### 2.4 基于仿生学的设计方法

仿生学在车身轻量化设计中的应用原理主要是模仿自然生物的形态、结构和功能,将其应用于车身设计中,以实现车身的轻量化、高性能和低能耗。而自然生物的形态和结构是通过亿万年的进化形成的,具有优秀的力学性能和材料性能,将其应用于车身设计中可以提高车身的安全性和可靠性。第一,在车身轻量化设计中,模仿自然生物的形态和结构可以取得很好的效果。例如,模仿蜂巢结构的汽车顶部可以有效地提高车身的抗压能力和刚度,同时减轻车身的重量。模仿鱼类的流线型车身可以减少空气阻力和水流对车辆的影响,提高车辆的燃油经济性和操控稳定性,如图1。第二,自然生物所具有的一些特殊材料性能可以为车身轻量化设计提供很好的参考。例如,模仿蜘蛛丝的强度和韧性,将其应用于车身材料中可以提高车身的抗冲击能力和耐久性。第三,在车身轻量化设计中,模仿自然生物的功能也可以取得很好的效果。例如,模仿荷叶表面的超疏水性材料可以应用于汽车表面,提高汽车的抗尘能力和耐腐蚀性<sup>[4]</sup>。

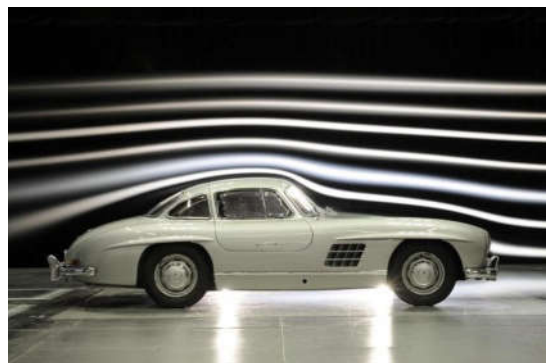


图1 流线型车身的气流

## 3 车身轻量化设计的材料选择与优化

### 3.1 高强度钢的设计与优化

首先,高强度钢的成分和力学性能对其在车身结构中的表现有重要影响。因此,需要根据车身不同部位和性能要求选择合适的高强度钢。例如,对于需要承受较

大载荷的部件,如车架、保险杠等,应选择抗拉强度较高的冷成型钢,以保证其具有足够的承载能力。对于需要兼顾强度和成本的部件,如门槛、前/后部结构等,可以选择高强度低合金钢,在保证强度的同时降低成本。其次,利用计算机辅助工程(CAE)仿真技术可以对车身结构进行模拟分析,从而发现潜在的问题并进行优化。具体而言,通过对车架的结构优化可以降低应力集中和局部屈曲的风险,提高其承载能力。同时,对座椅导轨的结构优化也可以提高其抗疲劳性能和耐久性。此外,结构设计优化还可以考虑轻量化设计原则,如采用薄壁结构设计、中空截面设计和蜂窝结构设计等,以进一步降低车身的质量。最后,先进的制造工艺可以提高高强度钢的连接质量和稳定性,从而保证车身结构的可靠性。例如,激光焊接、电阻点焊、气体保护焊接等焊接工艺可以用于高强度钢的连接,提高其连接强度和稳定性。同时,防腐涂层、阴极电泳等表面处理工艺可以提高高强度钢的耐腐蚀性能和使用寿命,从而延长整车的使用寿命。

### 3.2 铝合金的设计与优化

铝合金是一种金属合金,具有比重轻、强度高、耐腐蚀、易加工等特点。根据不同的合金元素和加工工艺,铝合金可以分为铸造铝合金和变形铝合金两大类。其中,铸造铝合金具有较好的铸造性和尺寸稳定性,主要用于生产较大的车身结构件和外观件;变形铝合金具有较好的加工性和强度,主要用于制造车身结构件和加强件。其优化方法如下:(1)铝合金材料的性能和加工工艺与其成分密切相关。为了提高铝合金的强度、硬度、耐腐蚀性和加工性能,可以对铝合金的成分进行优化。例如,添加适量的铜、镁、硅等合金元素可以提高铝合金的强度和硬度;加入少量的铬、铝等元素可以提高铝合金的耐腐蚀性能;采用先进的加工工艺可以提高铝合金的加工性能和尺寸稳定性。(2)铝合金材料在车身轻量化设计中需要将不同的铝合金部件连接在一起,因此,采用先进的连接技术可以提高铝合金部件的连接质量和稳定性。例如,采用搅拌摩擦焊、激光焊等先进的焊接工艺可以将铝合金部件牢固地连接在一起;采用铆接、螺丝连接等非焊接工艺也可以实现铝合金部件的有效连接。(3)铝合金材料在车身轻量化设计中需要对局部结构件进行加强,以提高整个车身的强度和稳定性。例如,在车身的ABC柱、门槛等关键部位可以采用

铝合金加强件,以提高这些部位的强度和抗冲击能力。

### 3.3 碳纤维复合材料的设计与优化

碳纤维复合材料是由碳纤维与树脂、金属、陶瓷等基体复合而成的先进复合材料。其中,碳纤维具有高强度、高刚度、比重轻、耐腐蚀等特点,而且具有优秀的能量吸收能力,可以有效地提高材料的整体性能。第一,为了提高碳纤维复合材料的性能,需要对原材料进行优化。例如,选用高强度、高刚度、耐腐蚀的碳纤维作为增强体,选用高性能的树脂作为基体,可以大幅提高碳纤维复合材料的性能。此外,采用先进的纤维编织技术,如三维编织技术、阵列编织技术等,可以进一步提高碳纤维复合材料的承载能力和刚度。第二,采用碳纤维复合材料制造车身部件时,结构设计也是优化重点之一。合理的结构设计可以进一步提高碳纤维复合材料的性能和使用寿命。例如,采用分层次、模块化的结构设计可以使得部件易于制造和维修,同时可以减少部件之间的装配和连接,提高整车的可靠性和安全性。第三,碳纤维复合材料的制造工艺包括纤维编织、树脂注入、热压成型等多个步骤。为了提高碳纤维复合材料的性能和稳定性,需要对制造工艺进行优化。例如,采用先进的注射成型技术和热压成型技术可以使得部件的尺寸更加准确和稳定,同时可以减少生产时间和成本。

### 结语

综上所述,新能源汽车车身轻量化设计是提高汽车性能、降低能耗和增强续航能力的重要手段。未来,随着科学技术的不断进步和新能源汽车的不断创新,车身轻量化设计也将面临更多的挑战和机遇。因此,需要进一步深入研究新型材料的选用和优化技术,提高制造工艺水平,实现新能源汽车车身轻量化设计的可持续发展。

### 参考文献

- [1]李聪,赵龙飞,乔建辉,等.车身轻量化设计及优化方法研究[J].汽车工程师,2020,156(4):9.
- [2]张云,陈勇.基于结构功能一体化的新能源汽车车身轻量化设计方法研究[J].机械工程学报,2021,15(4):6.
- [3]陈亮,张有驰,王建平,等.基于CAE仿真的高强度钢在新能源汽车车身轻量化设计中的应用研究[J].汽车工程学报,2020,14(5):19.
- [4]吴金龙,王涛.新能源汽车车身轻量化设计的研究[J].汽车工程学报,2021,11(1):1-8.