

新型材料在新能源汽车零部件轻量化设计中的应用研究

张容基

(宁德时代新能源科技股份有限公司,福建宁德 352100)

【摘要】新能源汽车轻量化是提高续航里程、降低能耗的关键技术手段。论述了新能源汽车轻量化设计的重要性,分析了高强度钢、铝合金和复合材料等新型轻量化材料的特点,并探讨了基于轻量化设计理念的新能源汽车车身设计方法,可供相关人员参考。

关键词:新能源汽车;轻量化设计;新型材料;高强度钢

中图分类号:TH122

文献标识码:B

DOI:10.13596/j.cnki.44-1542/th.2025.03.059

Research on the Application of New Materials in Lightweight Design of New Energy Vehicle Components

Zhang Rongji

(Ningde Times New Energy Technology Co., Ltd., Ningde, Fujian 352100, CHN)

【Abstract】Lightweight new energy vehicles are a key technological means to improve range and reduce energy consumption. This study discusses the importance of lightweight design for new energy vehicles, analyzes the characteristics of new lightweight materials such as high-strength steel, aluminum alloys, and composite materials, and explores new energy vehicle body design methods based on lightweight design concepts, which can be used as a reference for relevant personnel.

Key words:new energy vehicles; lightweight design; new materials; high strength steel

随着全球能源危机和环境问题的日益突出,新能源汽车作为一种重要的交通工具得到了快速发展,但新能源汽车的续航里程和能耗仍然是制约其发展的重要因素。轻量化设计是提高新能源汽车续航里程、降低能耗、提升性能的关键技术手段。通过减轻车身重量,可以降低车辆的惯性阻力,减少能量消耗,从而提高续航里程和燃油经济性。本文将重点研究新型材料在新能源汽车零部件轻量化设计中的应用,探讨其在提高车辆性能和降低能耗方面的作用。

1 轻量化材料特点

轻量化材料的核心在于其优异的力学性能与低密度之间的平衡,理想的轻量化材料应具备高强度和高刚度性能,材料在较低的密度下能够承受较大的载荷,并保持足够的刚度以抵抗变形,确保结构的稳定性和可靠性,对承受冲击和振动的汽车部件至关重要,能够保证

车辆的安全性和操控性^[1]。良好的加工性能是影响材料应用的关键因素,材料的可成型性、可焊接性及表面处理的易行性等,直接决定了生产效率和制造成本,选择易于加工的材料可以降低生产难度,缩短生产周期,最终降低车辆的制造成本。优异的耐腐蚀性和耐久性可延长部件使用寿命,汽车部件长期暴露在各种复杂的环境中,因此材料需要具备良好的耐腐蚀性能,以抵抗雨水、盐雾等环境因素的侵蚀,同时,材料也需要具备足够的耐久性,以抵抗长期载荷和疲劳损伤,保证车辆的安全可靠运行。良好的性价比也是选择轻量化材料的重要考虑因素,材料的性能与成本之间需要进行权衡,选择性价比最高的材料才能保证轻量化设计的经济性,需要考虑材料的采购成本、加工成本及后期维护成本等多方面因素。综合以上特点,轻量化材料的选用需要根据具体应用场景,对材料的强度、刚度、加工性能、耐腐蚀性、耐久性 & 成本等多个因素进行全面的考虑和权衡,以达到最佳的

轻量化效果。主要轻量化材料性能参数如表1所示。

表1 主要轻量化材料特性表

	铝合金	镁合金	塑料	高强度钢
密度(g/cm ³)	2.7	1.74	1.50~1.70	7.8
强度、硬度	较高	低	高	高

2 基于轻量化设计的新能源汽车车身设计理念

2.1 结构化设计理念

新能源汽车车身轻量化设计并非简单地减少材料用量,而应基于结构化设计理念,从整体结构出发,优化车身各个部件的布局 and 连接方式,最大限度地提高结构效率。需要工程师们对车身结构进行深入的分析,理解各个部件的受力特点,并根据这些特点进行合理的结构设计,例如,通过拓扑优化技术,可以去除车身结构中冗余的材料,保留关键的承载部件,从而在保证结构强度的同时,大幅度降低材料用量^[2]。形状优化则可以对车身部件的几何形状进行调整,使其更符合受力规律,提高结构的刚度和强度,此外,结构化设计还包括对车身连接方式的优化,例如采用轻量化连接件,减少连接件的重量和体积。

2.2 有限元理念

有限元分析(FEA)是现代工程设计中不可或缺的重要工具,工程师可以对车身结构进行精确的力学分析,预测其在各种工况下的强度、刚度和变形情况。在轻量化设计过程中,FEA可以帮助工程师评估不同设计方案的优劣,选择最优的设计方案,例如,工程师可以通过FEA模拟车身在碰撞试验中的变形情况,验证车身结构的安全性;也可以模拟车身在各种工况下的疲劳性能,预测其使用寿命。此外,FEA还可以用于优化车身结构的局部设计,例如对薄弱环节进行加强,或者对冗余材料进行去除,通过不断迭代和优化,工程师可以利用FEA技术找到最佳的轻量化设计方案。

3 基于轻量化设计的新能源汽车车身设计材料选择

3.1 高强度钢在车身轻量化设计中的应用

高强度钢具有更高的强度和屈服强度,在相同强度要求下可使用更薄的钢板,对高强度钢进行加工使其成为车身结构件,多用于承载能力要求较高的部件(如车门防撞梁、B柱、车顶横梁等),能够有效减轻车身重量。不同等级的高强度钢拥有不同的强度和成形性,工程师需要根据车身不同部位的受力情况和工艺要求选择合适的钢种,例如,在需要高强度和高屈服强度的部位,选

择更高等级的高强度钢,而在需要良好成形性的部位,则可以选择具有较好成形性的高强度钢。

3.2 铝合金在车身轻量化设计中的应用

铝合金因其低密度、高强度和良好的加工性能,成为车身轻量化设计中不可或缺的材料。铝合金的密度仅为钢材的三分之一左右,使用铝合金可以显著降低车身重量、提高燃油效率和减少二氧化碳排放^[3]。此外,铝合金还具有优良的耐腐蚀性能,无需进行复杂的防腐处理,可以延长部件使用寿命,铝合金的加工性能也非常好,易于进行冲压、挤压、铸造等加工工艺,可以制作形状复杂的部件,已经被广泛应用于车身内外板、车门、发动机罩、前后保险杠等部件的制造。铝合金也存在部分局限性,其强度相对钢材较低,需要通过增加壁厚或采用特殊的结构设计来保证其足够的强度和刚度,铝合金的连接工艺也相对复杂,需要采用特殊的铆接、胶接或焊接工艺,以保证连接部位的强度和可靠性,此外,铝合金的成本相对较高,这限制了其在部分成本敏感的部件上的应用。

3.3 复合材料在车身轻量化设计中的应用

复合材料,特别是碳纤维增强聚合物(CFRP)和玻璃纤维增强聚合物(GFRP),因其高比强度、高比刚度和良好的设计灵活性的特点,在新能源汽车车身轻量化设计中得到应用。CFRP具有极高的强度和刚度,其强度远高于钢材和铝合金,同时密度又很低,可作为车身结构件,特别是高强度、轻量化要求极高的部件(如车顶、车门、底盘等)的理想材料。GFRP的强度和刚度虽然低于CFRP,但其成本更低,在部分对强度和刚度要求相对较低的部件上得到应用,复合材料还具有良好的设计灵活性,可以根据需要设计出复杂的形状,以优化结构并提高效率。

4 基于轻量化设计的新能源汽车车身设计路径

新能源汽车轻量化是提高续航里程、降低能耗的关键技术路径,实现轻量化目标,并非简单的材料替换或减重,图1展示了汽车轻量化设计的3个主要途径,需要系统地整合结构优化、轻质材料选择和先进制造工艺,三者协同作用才能达到最佳效果,共同实现汽车轻量化的目标。

4.1 结构优化

结构优化并非仅仅是减少材料用量,而是通过先进的工程技术和分析方法,对车身结构进行系统性的优化,在满足甚至提升强度、刚度和安全性能的同时,最大限度地减轻重量。需要对车身结构进行全面的理解,准确把握各个部件的受力特性,并运用先进的计算工具进行精准的模拟和预测。拓扑优化是一种基于算法的优化方法,能够识别并去除结构中非承重的或承重效率低

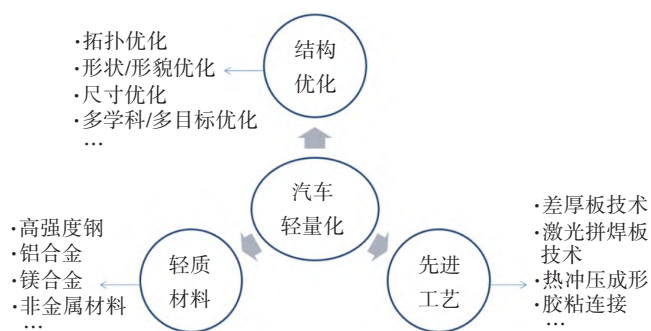


图1 汽车轻量化技术路线图

的材料,从而在满足强度和刚度要求的前提下,最大限度地减少材料用量,实现结构轻量化的最佳效果,拓扑优化通常采用有限元分析(FEA)作为基础,通过迭代算法,逐步寻找最佳的材料分布方案,最终生成具有最佳轻量化效果的结构。此方法在复杂结构的优化设计中展现出强大的优势,能够发现传统设计方法难以发现的轻量化潜力,然而,拓扑优化结果有时需要结合工程经验进行调整,以确保制造的可行性。形状优化关注的是车身部件的几何形状调整,目标是使其更符合受力规律,从而提高结构的刚度和强度,通过优化形状,可以减少材料的使用,同时提高部件的承载能力,形状优化技术通常结合有限元分析,通过迭代算法调整部件形状,直到达到预期的强度和刚度要求。例如,对车身板件进行形状优化,可以使之在承受相同载荷的情况下,减轻重量并提高抗弯能力。该方法的有效性依赖于对结构力学和有限元分析的深入理解。

4.2 轻质材料

新能源汽车轻量化设计中,轻质材料的选择并非简单的材料性能比较,而是性能、成本、加工工艺等多重因素权衡的结果。最佳材料并非总是性能最优者,而是综合考量后性价比最高的方案。高强度钢的选择使用存在着高强度与高加工成本的博弈,更薄的钢板即可满足强度要求,显著降低重量。然而,高强度钢的硬度也意味着更低的延展性和成形性,加工难度显著增加,需要更复杂的工艺。铝合金材料选择与应用之间存在轻量化与结构设计复杂度的平衡,铝合金以其低密度、良好的加工性能和耐腐蚀性成为车身内外板、车门等部件的

热门选择,铝合金的强度相对较低,需要通过更精巧的结构设计来补偿其强度不足,增加了设计复杂度,并可能提升制造成本,铝合金的应用需要在轻量化收益、结构设计复杂度和连接工艺成本之间进行权衡。镁合金选择与使用存在着极致轻量化与高成本、易燃性的妥协,镁合金拥有极低的密度,是追求极致轻量化的理想选择,常用于对重量极其敏感的部件,例如方向盘、座椅骨架等,其应用场景通常局限于对重量极其敏感且成本并非主要考量因素的特定部件。复合材料(CFRP & GFRP)选择与使用间存在着高性能与高成本的矛盾,CFRP和GFRP以其超高的比强度和比刚度著称,是追求高性能轻量化的理想选择,尤其适用于车身关键承重部件及底盘部件,目前CFRP和GFRP主要应用于高端车型或对性能要求极高的特定部件,其大规模应用受制于成本因素。

5 结束语

综上所述,新能源汽车轻量化设计需综合考虑结构优化、轻质材料选择和先进工艺三大策略。结构优化通过拓扑、形状、尺寸及多目标优化等方法,最大限度地提升结构效率;轻质材料则需权衡高强度钢、铝合金、镁合金及复合材料的性能与成本,选择最优性价比方案;先进工艺如热冲压、激光拼焊及胶粘连接等,则保障轻量化设计的高效实施。未来,轻量化设计将进一步融合多材料混合、智能化设计和数字化制造,推动新能源汽车技术持续进步,实现更轻、更强、更安全、更经济的车辆。

参 考 文 献

- [1] 黄博文,于晨斯,徐琼. 新能源轻量化材料在新能源汽车中的应用分析[J]. 汽车维修技师,2024,(24):114~115
- [2] 郑丽萍. 某新能源汽车电池箱体轻量化及安全性能分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版),2024,36(04):22~28
- [3] 庄建春. 新能源汽车轻量化技术研究[J]. 汽车维修技师,2024,(22):107~108

作者简介:张容基,男,1997年2月生,汉族,福建漳州人,本科,高级测试技术主管,研究方向:新能源领域测试技术研究,测试方法开发优化,机械结构开发优化。

(收稿日期:2024-12-27) DMM

声明:为实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入中国知网、万方数据、维普网等数据库。因此,向本刊投稿并录用的稿件,将一律由编辑部统一纳入以上系统提供信息服务。其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意,请在来稿时声明,谢谢合作与支持! 《模具制造》编辑部