

汽车侧门防撞梁的轻量化材料选择与应用

史云斌

杭州职业技术学院 浙江 杭州 310018

摘 要：本文探讨轻量化材料在汽车侧门防撞梁选用的重要性与优势，汽车制造商采用高强度钢材、铝合金等轻金属合金及复合材料，减轻车身重量，提升车辆安全性、燃油经济性与动力性能。文章还分析先进成型、连接与装配技术在轻量化材料应用中的作用，并列举国内外车企成功案例。展望未来，轻量化材料将向多元化、智能化发展，制造工艺更精细高效，在汽车制造中应用前景广阔，有望推动汽车产业可持续发展。

关键词：轻量化材料；汽车侧门防撞梁；安全性能

引言

现代汽车工程中，安全性能是车辆设计核心。汽车侧门防撞梁是车身重要部分，在侧面碰撞中作用关键，其设计与优化关乎车辆整体安全，是汽车被动安全系统重要一环。随着能源危机和环保意识增强，轻量化技术成汽车制造业发展趋势，应用轻量化材料可减重、降耗减排、控制成本。对侧门防撞梁而言，采用轻量化材料能减轻车身质量，提升燃油经济性与动力性能，且不牺牲安全性能。研究其轻量化材料选择与应用，对提升汽车安全性能、降耗减排、推动产业可持续发展意义重大，本文将深入探讨。

1 轻量化材料的选择

1.1 高强度钢材

高强度钢材因力学性能佳、成本效益高，在汽车制造业地位关键。它经合理合金配方与精密热处理，兼具高强度与韧性，受外力结构稳定且延展性好。在汽车侧门防撞梁设计与应用中，优势突出，能抵御侧面碰撞冲击，有序形变吸收、分散撞击能量，降低对乘员伤害，在家用轿车和高端车型中均受青睐。不过，追求极致轻量化时其减重效果有限，实际应用厚度常精确控制在 1-2 毫米，以平衡安全、成本与轻量化目标。

1.2 铝合金等轻金属合金

铝合金等轻金属合金因低密度、高比强度，在汽车轻量化领域潜力大。在汽车侧门防撞梁设计与应用中，铝合金能显著降低其重量，较传统钢材减重约 50%，对提升燃油经济性、增强动力性能及降低排放意义重大。其减重得益于密度低，但强度不足，常通过增加厚度（超 2mm）弥补，仍有轻量化优势。不过，铝合金加工难、成本高，随着技术进步，这些问题正

逐步解决，应用前景广阔。

1.3 复合材料

复合材料（如碳纤维、玻璃纤维）因高强度、高模量、耐热耐腐蚀，在高端汽车制造领域被广泛应用。其比强度和比刚度出色，能兼顾车辆安全与轻量化。在汽车侧门防撞梁设计与应用中，复合材料防撞梁轻质高强，质量可削减约 60%，对提升燃油效率、增强动力响应及优化驾驶性能意义重大。但受高昂成本及回收难题限制，目前多用于高端或特殊性能车型。不过，随着科研深入和技术进步，复合材料成本将降低、效率提高，回收技术也在推进，未来将在汽车轻量化设计中发挥更重要角色。

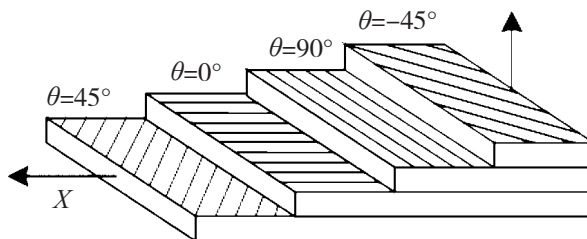
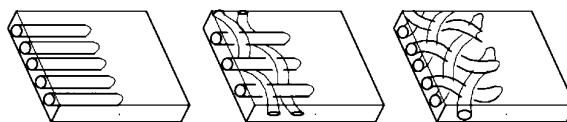


图 1 复合材料层合板结构图



a. 无纬铺层 b. 经纬交织 c. 斜向交织

图 2 铺层方式

1.4 其他轻量化材料

镁合金与塑料是汽车制造领域具潜力的轻量化材料。镁合金低密度、高比强度、减震好，有轻量化优势，但耐腐蚀性弱，需特殊处理增强抗腐蚀能力；塑料成

基金项目：浙江省 2024 年度高校国内访问工程师“校企合作项目“基于杭州新能智联科技有限公司制造工艺和流程改善的实践与应用”（课题编号：FG2024106）”

本低、加工便捷可回收,易加工成复杂形状,但强度和刚度不足,限制其单独用于高性能或安全关键部件,常需与其他材料复合。在汽车侧门防撞梁应用中,二者尚处研究发展阶段,科研人员正通过材料改性、结构优化及复合材料技术提升其适用性,如开发新型镁合金提高耐腐蚀性,或让塑料与纤维材料复合提升力学性能和能量吸收能力。

2 轻量化材料的应用

2.1 材料选择与结构设计

汽车侧门防撞梁设计与开发中,材料选择是核心,影响性能、重量和生产成本。设计师要综合车型定位、安全标准、成本预算和生产工艺等因素选材。经济型车型多选高强度钢材,成本低且能满足基本安全需求,利于控制成本;高端车型追求轻量化与卓越性能,常选铝合金等轻金属合金或碳纤维等复合材料,可提升燃油经济性、操控性和舒适性。防撞梁结构设计上,轻量化材料应用需结合先进成型和连接技术,如热成型技术提升高强度钢材性能,激光拼焊板技术优化结构、实现轻量化并控制成本。

2.2 连接与装配技术

先进的连接与装配技术是轻量化材料用于汽车侧门防撞梁制造的关键要素,能提升生产效率、降低成本,为大规模应用奠定基础。激光焊接技术精度、效率高,可精确焊接不同材质、厚度材料,减少热影响区,降低变形和残余应力,提升防撞梁尺寸精度和稳定性,保障车辆安全。铆接技术连接强度高、操作便捷、对材料损伤小,适用于铝合金等轻金属合金防撞梁连接,能确保连接点牢固可靠。粘接技术利用胶黏剂连接,强度高、密封性好,能减震降噪、提升乘坐舒适性,还可提升复合材料防撞梁的耐腐蚀性和使用寿命,保障车辆长久使用。

3 案例分析与实际应用

3.1 国内车企案例:吉利汽车

案例概述:吉利汽车在某旗舰车型中首次采用铝合金侧门防撞梁,展现创新精神。此设计减轻车身质量、提升安全性能,彰显其在汽车安全与轻量化设计领域的实力。

1) 材料选择:吉利汽车严谨筛选,选定高强度、高韧性且密度低的铝合金作为防撞梁核心材料,满足轻量化需求并确保保护作用。

2) 结构优化:设计师结合铝合金特性,优化防撞梁结构,通过科学截面形状和厚度分布设计,使其有效吸收分散冲击能量,保护乘员安全。

3) 制造工艺:吉利汽车采用激光焊接和铆接技术,

确保铝合金防撞梁与车身牢固精准连接,提升整体结构刚性和安全性,保障车辆耐用可靠。

铝合金防撞梁为车型安全性能注入新活力,侧面碰撞测试中表现出色,降低乘员受伤风险。轻量化设计提升燃油经济性,增强市场竞争力,赢得消费者青睐。吉利汽车此创新实践为自身树立新里程碑,也为汽车行业轻量化与安全设计提供借鉴。

3.2 国外车企案例:特斯拉

案例概述:特斯拉作为全球电动汽车领域的领先者,在其电动汽车产品中广泛采用碳纤维复合材料打造侧门防撞梁。这一创新设计减轻了车身质量,实现了轻量化目标,增强了车辆安全防护与操控响应性,赢得市场赞誉。

1) 材料选择:特斯拉独具慧眼,选用高强度、高模量的碳纤维复合材料。其卓越的力学性能和轻量化特性,满足了车辆轻量化设计需求,为安全性能奠定基础。

2) 成型技术:特斯拉采用热压罐成型、模压成型等顶尖碳纤维成型技术,确保防撞梁制造精确一致,实现高质量生产。这些技术还赋予防撞梁复杂形状设计,提升能量吸收分散能力。

3) 集成设计:特斯拉将碳纤维防撞梁与车身结构高度集成,使其成为车身结构的一部分。这种设计提高了整体结构刚性和稳定性,有效分散吸收冲击能量,保护乘员安全。

碳纤维防撞梁的应用增强了特斯拉电动汽车的安全性能,侧面碰撞测试中表现惊艳,降低乘员受伤风险。轻量化设计提升了操控性能,使驾驶更灵活迅速。这一创新设计提升了车辆安全性能和市场竞争力,为电动汽车行业发展树立新标杆。

3.3 综合分析

国内外车企在侧门防撞梁轻量化材料的选择与应用方面均取得了显著的成功。这些成功案例的关键在于对材料的深入研究和选择、对结构的优化设计和对制造工艺的精细控制。通过这些创新举措,车企不仅实现了防撞梁的轻量化,还提升了车辆的整体安全性能和操控性能。

此外,这些案例也展示了轻量化材料在汽车制造业中的广阔应用前景。随着技术的不断进步和成本的逐步降低,轻量化材料将在未来汽车制造中发挥更加重要的作用,为提升汽车的安全性能、燃油经济性和环保性能做出更大的贡献。

4 结语

轻量化材料在汽车侧门防撞梁选择与应用中作

用显著、优势突出。汽车制造商采用高强度钢材、铝合金等轻金属合金及复合材料等,减轻车身重量,提高燃油经济性与动力性能,还提升了车辆安全性能,这些材料力学性能和能量吸收能力优异,能保护乘员安全。

先进成型、连接与装配技术的应用,提升了轻量化材料在防撞梁中的使用效果和可靠性,为大规模应用提供支持。

轻量化材料发展趋势将更多元化和智能化。未来,更多优异性能新材料将被研发,如新型复合材料、纳米材料、智能材料等,为汽车轻量化提供更多可能;轻量化材料将实现智能化应用,如嵌入传感器和智能元件实时监测性能状态;制造工艺将更精细高效,激光焊接、3D 打印等技术广泛应用,实现精确制造和个性化定制。

随着技术成熟和成本降低,轻量化材料将在汽车制造中更广泛应用,渗透到车身结构、底盘系统、动力系统等领域,推动汽车制造业全面轻量化发展。总之,轻量化材料在汽车制造中应用前景广阔,将为提升汽车性能、降低能耗、减少排放及推动产业可持续发展做出重要贡献。

参考文献:

- [1] 彭宇琬,董晓传,姜淑巍,等.碳纤维复合材料汽车防撞梁研究现状[J/OL].机电工程技术,1-6[2024-11-10].
- [2] 康元春,徐辉,刘俊峰.车门材料及结构轻量化研究[J].机械设计,2024,41(2):111-115.
- [3] 康元春,刘智勇,刘俊峰.铝/碳纤维复合材料保险杠轻量化设计[J].现代制造工程,2023(4):76-80+50.
- [4] 高善平,王忠达.新能源汽车前防撞梁的抗撞性及轻量化设计[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2022,40(6):99-101.
- [5] 陈祖兴,王运辉,程一明,等.基于正面碰撞前防撞梁的DOE轻量化设计[J].机械工程师,2022,(9):88-92.
- [6] 汪永嘉,董红顺,张代胜,等.保险杠前防撞梁材料-结构一体化轻量化设计[J].重庆理工大学学报(自然科学),2022,36(7):86-93.
- [7] 陈静,崔晓凡,郑晋军,等.基于加点多目标粒子群算法的碳纤维防撞梁优化设计[J].湖南大学学报(自然科学版),2022,49(8):21-28.
- [8] 陈红辉.试论汽车前防撞梁低速碰撞性能分析及优化设计[J].时代汽车,2021,(24):134-135.
- [9] 邓利军,王书贤,杨芳庆.汽车前防撞梁的耐撞性与轻量化优化设计[J].现代制造工程,2021(8):64-69.
- [10] 陈士伟,于志新.防撞梁耐撞性及轻量化多目标优化设计[J].汽车实用技术,2021,46(9):43-46.
- [11] 任明伟,洪治国,周玉敬,等.复合材料防撞梁低速碰撞优化设计[J].复合材料学报,2022,39(2):854-862.
- [12] 路洪洲,赵岩,冯毅,等.铝微合金化热成形钢的最新进展[J].汽车工艺与材料,2021(4):23-32.
- [13] 段宏强,韩志勇,王斌.2000 MPa热成形车门防撞梁开发与性能研究[J].汽车工艺与材料,2021(4):33-39.
- [14] 曹广祥,芦强强,宋起峰,等.基于1800 MPa级热成形钢的车门防撞梁轻量化设计分析[J].汽车工艺与材料,2021(4):40-43.
- [15] 王雪梅,薛振国,刘一扬.基于碰撞安全性汽车前防撞梁总成轻量化设计[J].机械设计与制造,2021,(4):244-247.
- [16] 蒋荣超,张涛,孙海霞,等.基于熵权TOPSIS法的CFRP防撞梁轻量化研究[J].汽车工程,2021,43(3):421-428.
- [17] 王万泉,孙跃东,周萍.基于侧面碰撞安全性的汽车车门轻量化研究[J].农业装备与车辆工程,2021,59(1):139-143.
- [18] 肖金涛,张帅,徐锐良,等.碳纤维复合材料防撞梁与铝合金吸能盒低速碰撞轻量化设计优化[J].河南科技大学学报(自然科学版),2021,42(3):25-32+3-4.
- [19] 曹广祥,常悦彤,程效,等.1800 MPa级冷轧热成形钢的应用研究[J].汽车工艺与材料,2020(12):1-4.
- [20] 夏建华,张建明.镁合金汽车防撞梁设计及工艺研究[J].汽车实用技术,2020,45(16):232-235.