

复合材料在汽车车门防撞梁设计中的应用探讨

鲜 鹏

重庆同济汽车设计有限公司 重庆

【摘要】复合材料在汽车车门防撞梁中的应用正逐渐成为提高车辆安全性的关键技术。车门防撞梁作为汽车碰撞安全系统中的重要组成部分，其性能直接关系到驾驶员和乘客的生命安全。传统金属材料因重量大、耐撞击性不足等问题，逐渐被轻量化和高强度的复合材料所取代。本文重点探讨复合材料在车门防撞梁设计中的优势与挑战，包括材料选择、结构优化、生产工艺等方面。通过对比分析不同类型复合材料的力学性能，研究了其在车门防撞梁中的实际应用效果，并提出相应的设计建议。复合材料不仅能有效降低车门重量，还能在碰撞过程中提供更好的能量吸收效果，增强安全性能。

【关键词】复合材料；车门防撞梁；安全性能；轻量化；力学性能

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日

【出刊日期】2025 年 4 月 19 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250028

Exploration on the application of composite materials in the design of automobile door anti-collision beams

Peng Xian

Chongqing Tongji Automotive Design Co., Ltd., Chongqing

【Abstract】 The application of composite materials in automobile door anti-collision beams is gradually becoming a key technology to improve vehicle safety. As an important part of the automobile collision safety system, the performance of door anti-collision beams is directly related to the lives of drivers and passengers. Traditional metal materials are gradually being replaced by lightweight and high-strength composite materials due to problems such as heavy weight and insufficient impact resistance. This paper focuses on the advantages and challenges of composite materials in the design of door anti-collision beams, including material selection, structural optimization, and production processes. By comparing and analyzing the mechanical properties of different types of composite materials, the actual application effects in door anti-collision beams are studied, and corresponding design suggestions are put forward. Composite materials can not only effectively reduce the weight of the door but also provide better energy absorption effect during collisions, thereby enhancing safety performance.

【Keywords】 Composite materials; Door anti-collision beam; Safety performance; Lightweight; Mechanical properties

引言

汽车安全性一直是汽车设计的核心问题，其中车门防撞梁作为碰撞保护系统的关键部件，对保护乘员安全至关重要。传统金属材料由于重量大和抗冲击性能有限，已逐渐被复合材料所取代。复合材料凭借其轻量化、高强度和优异的能量吸收特性，在车门防撞梁设计中展现出巨大的优势。除了提升安全性外，复合材料的使用还能显著减轻车辆重量，促进燃油效率与环保目标的实现。复合材料在实际应用中仍面临诸如材料选择、加工工艺、成本控制等方面

的挑战。本文将深入分析复合材料在车门防撞梁设计中的应用现状，探讨其面临的问题，并提出相应的解决方案和优化措施，推动这一技术在汽车工业中的广泛应用。

1 复合材料在车门防撞梁设计中的应用背景与发展趋势

车门防撞梁是汽车碰撞安全系统中最关键的一部分，其主要作用是吸收碰撞能量，保护车内乘员在事故发生时免受严重伤害。随着汽车工业的发展，车门防撞梁的设计要求不断提高。传统金属材

料虽然具备良好的强度，但在碰撞中存在能量吸收不足、车重过大等缺点，不能完全满足现代汽车对安全性、轻量化及燃油经济性的需求。随着科技的不断进步，复合材料逐渐成为一种理想的替代选择。复合材料具有轻质、高强度和出色的能量吸收能力，能够有效降低车门防撞梁的重量，同时在碰撞时提供更好的缓冲效果，显著提升汽车的安全性。

在过去的几十年中，复合材料的研究和应用取得了显著进展，尤其在汽车行业中，已逐渐被应用于多个关键部件的设计和制造^[1]。车门防撞梁作为汽车安全设计中的重要元素，其采用复合材料能够解决传统金属材料带来的重量过大及碰撞能量分散不足等问题。复合材料不仅能够减少车门防撞梁的质量，还能提高结构的强度，使其在事故中起到更为有效的保护作用。随着生产工艺的不断优化，复合材料的成本也逐渐降低，使其在汽车制造中的应用前景更加广阔。

尽管复合材料在车门防撞梁中的应用具有诸多优势，如轻量化、高强度和优秀的能量吸收能力，但其广泛应用仍面临一定的挑战。在实际应用中，复合材料的选择需要考虑多种因素，包括力学性能、耐久性、成本和可加工性。复合材料的生产工艺复杂且要求较高，如何在确保产品质量的同时控制生产成本，依然是行业面临的重要难题。未来，随着技术的不断革新，复合材料的制造工艺将更加成熟，材料的选择将更为精准，从而进一步提升车门防撞梁的性能。通过持续优化和突破这些瓶颈，复合材料在车门防撞梁中的应用将发挥更大潜力，为汽车安全技术的进步做出更大贡献。

2 复合材料的材料选择与性能分析

复合材料在车门防撞梁中的应用，首先依赖于材料的选择。汽车安全性能的提高需要对复合材料的物理性能和力学性能进行全面分析。常用的复合材料包括玻璃纤维增强塑料、碳纤维增强塑料和天然纤维增强复合材料等。其中，玻璃纤维增强塑料因其具有较高的比强度和较低的成本，成为目前汽车工业中广泛应用的一种复合材料。碳纤维增强塑料则在轻量化要求较高的车型中得到了应用，其卓越的强度和刚性使其成为高性能车门防撞梁设计的理想材料。天然纤维增强复合材料则由于其环保性和可再生性，成为一种新兴的复合材料选择，逐渐受到关注。

玻璃纤维增强塑料在车门防撞梁中的应用，主要是因为其优良的抗冲击性和抗拉强度。这些特性

使得车门防撞梁在发生碰撞时能够有效吸收外力，减少撞击传递给车体的能量。碳纤维增强复合材料具有更高的比强度和刚性，使得它在车门防撞梁中能够提供更高的抗冲击能力和更好的碰撞后恢复性能。其高刚性使得车门防撞梁能够在较小的变形情况下吸收更多的碰撞能量，有效保护车内乘员的安全^[2]。对于天然纤维增强复合材料，尽管其在力学性能方面不如玻璃纤维和碳纤维，但由于其轻质、环保的特点，逐渐成为一些车门防撞梁设计中的备选材料。

不同复合材料的力学性能、耐久性和成本差异，要求设计人员根据车门防撞梁的具体需求选择合适的材料。为了优化车门防撞梁的性能，需要综合考虑材料的力学性能（如拉伸强度、冲击韧性、疲劳强度等）、耐温性、耐腐蚀性等多个因素。除此之外，生产成本也是决定材料选择的重要因素之一。随着复合材料技术的不断进步，越来越多的新型复合材料被研究和开发，这为汽车安全设计提供了更多的选择，也为车门防撞梁的性能提升奠定了基础。

3 复合材料车门防撞梁的结构优化设计

复合材料车门防撞梁的设计不仅仅依赖于材料的选择，还需要在结构优化上做出有效的调整。车门防撞梁的结构设计需要兼顾强度、重量和能量吸收能力等多个方面。为了提高车门防撞梁的抗撞击性能，设计人员通常会采用多层结构设计，将不同类型的复合材料分层使用，以达到不同层次的能量吸收效果。在外层使用高强度的材料来提供刚性支持，而内层则使用具有较好吸能性能的材料，以便在碰撞发生时有效吸收和分散碰撞能量。通过对车门防撞梁的形状和厚度进行优化设计，也能够进一步提高其碰撞吸能性能。通过合理选择外层和内层材料的搭配，结构设计不仅能满足安全性需求，还能实现减重目标，进而增强整体性能和提升车门防撞梁的可靠性。

结构优化设计还包括对车门防撞梁的几何形状进行合理调整。通过合理的几何形状设计，能够提高材料的抗弯曲性能和冲击能量吸收效率。使用蜂窝结构或中空结构可以在保持强度的前提下减少车门防撞梁的重量，同时增加材料的变形能力，提高能量吸收效果。蜂窝结构和中空结构在碰撞时可以有效地分散外力，并使结构在保持较强承载能力的能够吸收更多的冲击能量。这种优化设计不仅有助于减轻车门防撞梁的重量，降低车辆的整体质量，还能通过更好的变形性能和能量吸收效能，提高碰撞时对

乘员的保护。合理的设计还能够减少不必要的材料浪费,优化生产过程,降低成本。

复合材料车门防撞梁的结构优化设计还要考虑到车体其他部分的协同作用。在车门防撞梁的设计中,不仅需要考虑梁本身的性能,还要考虑与车门、车体其他部件的配合。通过合理的部件间配合,可以最大化车门防撞梁在碰撞时的效能。车门防撞梁的设计需要与车门的铰链、锁点、以及车体整体框架的配合进行优化,以确保碰撞时能形成协同效应,最大限度地减少撞击能量对车内乘员的传递^[3-7]。通过这种系统的考虑,车门防撞梁能够与整车碰撞安全系统形成完整的保护链。车门防撞梁的结构优化设计还要与生产工艺相适应,确保在大规模生产中能够实现成本控制和制造精度的平衡。只有在这些方面取得良好的优化,才能保证复合材料车门防撞梁在实际应用中的稳定性和可靠性。

4 复合材料在车门防撞梁中的生产工艺与应用挑战

复合材料在车门防撞梁中的应用不仅仅受到材料和结构设计的影响,生产工艺也是决定其性能和成本的重要因素之一。复合材料的制造工艺通常包括层压成型、树脂转移成型(RTM)、喷射成型等多种方法,每种方法都有其特点和适用范围。层压成型工艺因其简便性和较低的生产成本,广泛应用于汽车行业中。层压成型的效率较低,且工艺过程中的质量控制较为复杂,需要严格的温度、压力和时间控制,以确保最终产品的质量。树脂转移成型工艺则能提供更高的材料利用率和更好的力学性能,适用于高强度复合材料的制造,但其设备投资和操作难度较大。

复合材料的生产工艺中,材料的质量控制、工艺参数的调节以及设备的选择都直接影响最终产品的质量和性能。在生产过程中,材料的湿度、温度等环境因素会对复合材料的成型效果产生较大影响,因此需要在生产中对这些因素进行严格控制。复合材料生产过程中会产生一定的废料,这不仅增加了成本,还对环境造成一定的影响。如何提高材料的利用率,降低废料的产生,是当前复合材料生产工艺中亟待解决的问题。

虽然复合材料在车门防撞梁中的应用具有显著优势,但在实际生产过程中仍面临诸多挑战。复合材料的生产工艺较为复杂,且对设备要求较高,这使得生产成本相对较高^[8]。复合材料的回收利用问题也

是一个亟待解决的难题。尽管复合材料具有优异的性能,但其回收和再利用的技术仍不成熟,这限制了其在汽车工业中的广泛应用。未来需要继续推动复合材料回收技术的发展,以实现汽车产业的可持续发展。复合材料在车门防撞梁中的应用还面临着长期耐久性的问题,如何确保其在长时间使用中的性能稳定,也是一个需要进一步研究的课题。

5 结语

复合材料在车门防撞梁设计中的应用,凭借其轻量化、高强度和优异的能量吸收性能,正成为提升汽车安全性的关键技术。通过合理的材料选择、结构优化设计和生产工艺的改进,复合材料能够在提高车门防撞梁性能的同时降低车辆的整体重量,增强安全性并实现环保目标。尽管具有巨大的潜力,复合材料的应用仍面临诸如成本控制、生产工艺和耐久性等挑战。未来的研究应进一步优化复合材料的应用效果,提高其在汽车行业中的推广和应用水平,为车主提供更为安全、轻便的驾驶体验。

参考文献

- [1] 沈冰.基于热成型工艺的高强度汽车车门防撞梁性能优化研究[J].汽车测试报告,2025,(07):4-6.
- [2] 张宝青,郝瑞朝.基于车门防撞梁三点弯曲的热成形钢断裂失效模型分析[J].锻压技术,2025,50(01):239-248.
- [3] 郭聪,江晟达,何霖,等.碳纤维复合材料车门防撞梁多尺度高效变形模拟及实验验证[J].塑性工程学报,2024,31(01): 133-141.
- [4] 沈侠,迟晓妮,张洪利,等.基于多目标优化的电动汽车车门防撞梁通用化开发[J].汽车零部件,2023,(08):51-55.
- [5] 冯毅,黄光杰,路洪洲,等.微合金化超高强热成形车门防撞梁性能验证[J].汽车工艺与材料,2023,(08):29-37.
- [6] 何迅.热成型工艺中车门防撞梁成本优化[J].内燃机与配件,2022,(23):91-95.
- [7] 郑海.基于布置规律的车门防撞梁设计与性能分析[J].汽车零部件,2022,(09):20-23.
- [8] 任凯.高强度钢车门防撞梁结构参数优化[D].燕山大学,2021.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS