

高分子材料在新能源汽车轻量化中的应用及发展趋势

缪倩倩¹, 胡侨乐¹, 陈云霞², 徐广志¹

1. 奇瑞新能源汽车股份有限公司 安徽芜湖 241000;

2. 新能源汽车轻量化技术安徽省重点实验室 安徽芜湖 241000

摘要: 以新能源汽车轻量化需求为背景, 详细探讨常用高分子材料在汽车材料轻量化中的应用现状, 并对高分子材料未来发展进行展望。

关键词: 新能源汽车; 轻量化材料; 高分子复合材料; 发展趋势

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.10.004

随着全球对环境保护意识的日益增强和能源消耗问题的突出, 零排放、低能耗新能源汽车逐渐成为车坛新星, 挑战传统燃油车的地位。据中国汽车工业协会统计, 2023年我国新能源汽车产销突破900万辆, 渗透率达31.6%, 证明了新能源汽车的重大潜力^[1]。我国在《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》明确指出, 发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路, 是应对气候变化、推动绿色发展、实现“双碳”目标的战略举措。

然而, 要实现新能源汽车的大规模商业化应用, 除了提升电池技术和充电设施建设外, 轻量化技术也成为一个至关重要的战略。据相关研究表明, 汽车整备质量每降低10%, 能耗效率可提高6%~8%, 续航里程可增加5.5%, 加速性能提高8%~10%, 制动距离缩短2~7m, 能有效减少对有限资源的依赖和实现碳零排放^[2]。目前, 我国新能源汽车的质量普遍较国外产品大

10%~30%, 如何实现新能源汽车“减负”是发展我国新能源汽车发展的重中之重。

新能源汽车轻量化途径主要有三个: 制造工艺、材料轻量化以及结构优化。其中, 材料轻量化是最直接有效的减重途径。在材料轻量化技术中, 高分子材料因其良好的成型性、优异的力学性能和良好的抗腐蚀性等特点, 逐渐成为新能源汽车中不可或缺的材料选择, 被广泛应用于车身结构件、电池包壳体、内饰件以及各类功能件。

本文将深入探讨常用高分子材料在新能源汽车轻量化中的应用现状和发展趋势, 分析其在不同部件中的具体应用案例, 探讨性能优化与技术发展的最新进展, 并展望未来可能的研究方向和技术突破, 旨在为推动新能源汽车技术创新和产业升级提供理论支持和实践指导。

ABS材料

ABS是丙烯腈、丁二烯和苯乙烯三种单体共聚而成的热塑性聚合物树脂，具有良好流动性、韧性、尺寸稳定性和高耐热性，广泛应用于机械、汽车、纺织和建筑等领域。然而，ABS塑料存在耐候变色、易燃等缺点，在汽车上应用（见表1）主要以纤维或聚合物共混改性ABS为主，如ABS/PC、ABS/PA、ABS/PVC塑料合金等。

改性ABS可以提高塑料在不同维度的性能。如杜娟等^[3]研究了长玻纤（LGF）、短碳纤和PP含量对ABS性能的影响。结果表明：ABS/5PP/40LGF复合材料在拉伸、弯曲、冲击性能分别提高了225%、225.9%和13.2%。丁步鹏等^[4]制备了滑石粉和酸性润滑剂改性PC/ABS合金，发现酸性润滑剂可以促进滑石粉分散，改善滑石粉对PC的降解程度，提高了PC/ABS综合力学性能。

表1 常见的汽车内外饰用ABS及其合金应用情况

材料名称	性能特点	常用内饰零件	常用外饰零件
耐热ABS	变形温度在90℃-105℃，具有良好的耐热性、韧性和流动性。	门板，副仪表板，仪表板等装饰件	后视镜，尾灯壳体及其他信号灯
低气味ABS及合金	低VOC，减少车内空气污染，改善车内空气。	内饰零件，门板，副仪表板等	/
低光泽度ABS合金	低光泽度，常用作内饰件减少驾驶疲劳。常见的有低光泽度ABS合金树脂、PC/ABS和PC/ABS合金。	门板上装，手套箱，出风口，时钟罩等	/
吹塑型/吸塑性ABS	具有熔体强度高，延伸率大，以及横向和纵向延伸平衡性好的优点，能够满足大型工业中空吹塑制品的成型要求。	门内饰板，顶棚，行李箱等	尾翼
电镀级ABS	较好的改善了耐候性，同时可形成多样的外观，提升产品颜值	仪表板，出风口装饰圈，CD面板装饰圈，内门拉手等	保险杠，格栅，尾门拉手等

聚氨酯类（PU/TPU）材料

现今汽车工业正向轻质高强、绿色环保、舒适与安全方向发展。PU材料因其优异耐磨性能、耐低温性、耐化学性和加工方式多样性等优点，广泛应用于座椅、车内地毯、遮阳板及保险杠等部件，被认为是实现汽车材料轻量化的关键材料（见图1）。目前，汽车轻量化用PU材料主要为PU泡沫、TPU塑料合金。

闫红英^[5]通过调整喷涂发泡工艺参数，实现了优异性能的硬质聚氨酯泡沫制备。郭勇生等^[6]开发了一种低

气味、高阻燃客车座椅用聚氨酯泡沫产品。宋泽涛等^[7]制备了生物基聚氨酯泡沫材料，实现良好降噪效果。

热塑性聚酯（PBT、PET）材料

PBT材料是高性能聚酯材料，具有优异的尺寸稳定性、耐化学性、低水分吸收等特性，在汽车反射镜外壳、汽车保险杠、汽车门把手及顶棚等方面应用广泛（见表2）。纯PBT力学性能低、易翘曲变形，采用添加玻璃纤维和无机填料（滑石粉、云母、玻璃微珠

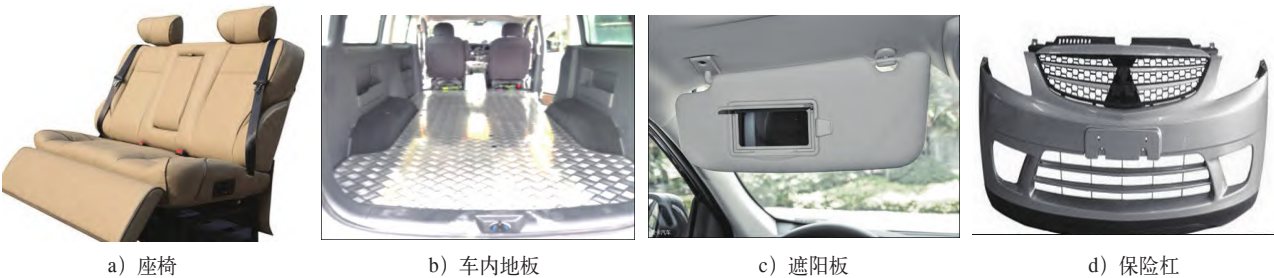


图1 聚氨酯类材料在汽车上应用情况

等)有助于提高其拉伸强度和改善材料翘曲变形^[8]。李陵洲等^[9]制备了PBT/PC合金材料,用于汽车电器盒。

表2 汽车用热塑性聚酯类材料应用情况

材料名称	型号	特性	应用
PET合金	PET/PBT G8230	合金增强、合金增强阻燃	汽车门把手、保险杠
	PET/PBT FR8230		
	PET/PC 4600	PET合金、合金玻纤增强	
	PET/PC G4620		
增强PET	PET 1200	玻纤增强	汽车空调出风

PET作为常用工程塑料,因加工条件、结晶速率慢的影响,导致其在汽车应用受到限制。为改善其特性,一般利用纤维增强或聚合物(PBT,PC)改善其性能。日本宝理塑料集团推出了用于汽车后视镜和雨刷臂/叶片的30%和40%玻纤含量的汽车外饰用玻纤增强PET塑料。许凌峰等^[10]利用PET/PC共混方式提高了材料耐溶剂性、喷漆龟裂、开裂等问题。

生物基高分子材料

生物基高分子材料的创新应用有助于推动汽车工业的“绿色制造”进程,减少传统石油基高分子材料带来的“白色污染”。目前,在汽车上使用的生物基材料(见图2)主要包含两类:植物纤维和生物塑料。

植物纤维主要以麻纤维、木纤维和竹纤维为代表的生物纤维复合材料主要用作汽车内外饰件。何莉萍等^[11]研究了改性麻纤维含量对麻纤维/PP复合材料力学性能、结晶行为、耐热性能的影响,在纤维含量为15%和20%时,复合材料热力学性能最佳。福特公司开发了用于汽车发动机防护罩的黄麻纤维增强PP复合材料,

实现减重30%。大众、宝马、日本三菱等汽车公司也将竹纤维、洋麻、稻壳及麦秆等生物纤维用于其汽车内饰、车门板、座椅靠背等部件,实现汽车零部件轻量化。

生物塑料是从生物原料中提取成为作为原来合成的材料,如聚乳酸(PLA)、生物基PA、生物基PP等。德国劳士领公司与科比恩公司合作开发玻纤或木纤维增强PLA复合材料,用于汽车导流罩、侧护板、副保险杠等零部件。绿城生物材料技术有限公司研发一种用于汽车进气格栅、三角窗框等零部件的高强度高韧性PLA复合材料。罗迪亚公司开发出蓖麻油基PA,用于汽车进气管、输油管等部件。凯赛生物通过生物法制备的绿色尼龙用于新能源汽车电池模组。

生物基虽然优势明显,但其存在的植物纤维差异化大、可控性差、生物基材料热稳定性差、加工技术不成熟及成本高等问题,制约了其在汽车的大规模应用。因此,后期需从原材料、加工技术等方面提高其在汽车应用综合性能。

智能高分子材料

在汽车轻量化、智能化及网联共享化发展的背景之下,智能材料具有广阔的应用前景。现在智能材料主要有压电材料、自修复材料、自变色材料等。

压电材料主要用于汽车悬架、轮胎、汽车废弃等方面能量的回收。Maurya等^[12]设计了一种可用于监测轮胎状态和为轮胎内部装置供电的压电装置。米其林在其轮胎内喷涂一层自修复高分子材料,实现轮胎防刺漏^[13]。智能变色材料可以减少喷漆过程、节约电源及降低成本等优势,是未来汽车智能化发展方向之一。中禾科技开发了EPC等可逆电控变色玻璃,实现对光线

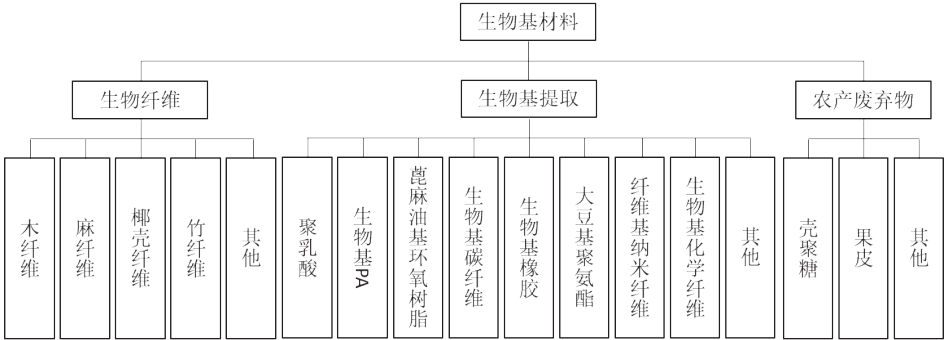


图2 汽车用生物基材料的分类

的阻挡和透射，成功应用于吉利、福特等汽车。

随着对智能材料的深入研究，其在汽车领域应用将日益深入，为实现商业化，仍需要解决产品成本、耐温性、耐久性及精度等问题。

再生高分子材料

随着高分子材料在汽车应用日益广泛，废弃的汽车制品成为一个严重的环境问题。如何回收废弃塑料制品对实现资源再生利用、保护环境、降低车用材料成本等方面具有重要的意义。

许欢等^[14]将废旧车门内板聚丙烯材料改性回收，实现了废旧材料非降级使用。王伟等^[19]制备了扩链改性回收尼龙6/碳纤维复合材料，并分析表征了再生材料的结构和性能。斯柯达与Sage Automotive Interiors合作开发一种羊毛与再生聚酯融合的材料，用于汽车座套和座椅加热器。梅赛德斯-奔驰概念车将回收PET瓶材料用于环保创新内饰。宝马利用化学回收，将再生高分子材料应用于BMW i循环概念车保险杠。雷诺汽车采用回收设计，将回收材料制应用于仪表盘、中控台和地毯等零部件。

尽管我国出台了报废汽车回收拆解、再生材料利用相关的政策，但回收网络不完善、回收技术不足、成本优势不明显，急需进一步完善政策指导、提高再生技术、建立数据追溯平台，实现材料—回收—再利用循环体系。

结语

汽车工业的迅猛发展带动了汽车工程材料的不断更新换代，智能化、轻量化高分子材料产业开始成为汽车制造业发展升级的核心力量和重要支撑，是未来汽车行业发展的推动力量，但距离在汽车上成熟化应用有许多问题亟待解决，如国内高分子材料研发技术不足、成本过高、无法规模化制备等问题。未来，应加快构建高分子材料体系数据库，开发新技术和新材料，尤其是低成本、高强度轻量化材料、智能材料和再生材料方面，为实现汽车的轻量化、绿色化、智能化做出更大的贡献。

参考文献：

[1] 中国工业汽车协会. 我国2023年汽车产销双破3000万辆新能源渗透率达31.6%. [EB/OL]. (2024-01-

17). <https://auto.cri.cn/20240111/ac5bbc84-4186-cc81-580d-72e1934143d9.html>.

- [2] 中国能源报. 轻量化材料成新能源汽车“减重”突破口[EB/OL]. (2020-11-18). <http://energy.people.com.cn/n1/2020/1118/c71661-31935009.html>.
- [3] 杜娟, 许阳, 李桐, 等. 纤维增强ABS复合材料的制备和力学性能研究[J]. 塑料科技, 2023, 51 (3): 29-32.
- [4] 丁步鹏, 纪效均, 沈圣翔. 高刚高韧PC/ABS合金的制备及性能[J]. 工程塑料应用, 2023, 51 (10): 55-61.
- [5] 闫红英. 硬质聚氨酯泡沫喷涂发泡工艺研究[J]. 科技资讯, 2023, 21 (23): 120-123, 131.
- [6] 郭勇生, 崔玉志, 徐西腾, 等. 一种客车座椅用低气味高阻燃聚氨酯泡沫的开发[J]. 聚氨酯工业, 2024, 39 (3): 29-32.
- [7] 宋泽涛. 降噪用软质聚氨酯泡沫制备和性能研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2023.
- [8] 卜和安, 刘世军, 吴文洋, 等. PBT工程塑料改性的研究现状及应用进展[J]. 塑料科技, 2023, 51 (2): 109-113.
- [9] 李陵洲, 刘诗, 朱永军, 等. 汽车电器盒用耐候PBT/PC合金的开发及应用[J]. 塑料工业, 2021, 49 (9): 44-48.
- [10] 许凌峰, 邵景昌, 付俊祺, 等. PC/PET合金的制备及其耐溶剂机理[J]. 工程塑料应用, 2020, 48 (5): 114-117, 128.
- [11] 何莉萍, 刘龙镇, 苏胜培, 等. 纤维含量对黄麻纤维增强树脂基复合材料力学与热性能的影响[J]. 复合材料学报, 2023, 40 (4): 2038-2048.
- [12] Maurya D, Kumar P, Khaleghian S, et al. Energy harvesting and strain sensing in smart tire for next generation autonomous vehicles[J]. Applied Energy, 2018 (232): 312-322.
- [13] 池瑜莉, 王童, 陈轶嵩, 等. 车用自修复材料现状及未来发展趋势[J]. 汽车文摘, 2021 (10): 20-25.
- [14] 许欢, 孟正华, 郭巍, 等. 废旧汽车门内饰板聚丙烯塑料同等性能再利用[J]. 工程塑料应用, 2017, 45 (9): 1-6. **AUTO1950**