

再生塑料在重型商用车行业的应用现状及展望

王丹 李超虎 毕宝鹏

陕西重型汽车有限公司

摘要:在“双碳”战略的推动下,再生塑料具有显著的减碳价值。本文基于开源数据,介绍了再生塑料技术、优势及其在重型商用车行业中的应用。根据再生塑料在本企业的应用情况给出了应用建议,为后续再生塑料在重型商用车上的应用提供参考。

关键词:再生塑料;重型商用车;应用

0 前言

根据中汽中心研究院的数据,汽车碳排放约占全国碳排放总量的7%~8%,而重型商用车油耗高、污染排放大,贡献了约五成的碳排放量。据世界铝业协会的报告,汽车自重每减少10%,燃油消耗可降低6%~8%,排放降低5%~6%。其中,燃油消耗每减少1 L,CO₂排放量可减少2.45 kg。降低燃油消耗量既可实现资源高效利用,又可显著降低有害气体排放。因此,汽车轻量化是实现节能减排的重要手段。

塑料材料具有较低的密度和较高的比强度,是实现汽车轻量化的有效途径。目前重型商用车上应用的塑料和复合材料已超过150 kg,这些塑料的应用也带来了环境问题。2019年塑料年产量近4亿t,而废弃塑料高达3.53亿t,近20%的塑料废弃物被随意丢弃,造成健康和环境风险。在国家“碳达峰”“碳中和”的战略推动下,提高低碳环保材料的应用比例,对实现减碳目标意义重大。2024年3月,国务院印发的《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》中,明确提出优化报废汽车回收拆解体系,推动再生塑料应用,因此,越来越多的汽车企业开始研究再生塑料在本企业的应用。

1 再生塑料

1.1 再生塑料介绍

再生塑料是通过闭环再生技术对废弃塑料实施重构,形成具备一定价值的可持续塑料原料。目前,再

生塑料按照原材料来源可分为两种:一种为PCR(Post Consumer Recycled),即消费后回收塑料;一种为PIR(Post Industrial Recycled),即工业后回收塑料。PCR是指通过回收消费后的终端塑料制品(如日化包装、电子外壳等),经过分选、熔融共混等工序重新造粒。PIR的来源一般是工厂注塑产品时产生的水口、副牌和残次品等,从工厂直接回收,加工后再次利用。相对PIR来说,PCR在减少废弃物、保护环境和减碳等方面有着更大的贡献。

1.2 再生塑料技术

目前,废旧塑料的再生方式分为物理再生和化学再生。物理再生技术通过预处理、粉碎净化以及形态重构等多阶段工艺处理,对废旧塑料进行闭环再生,其本质在于通过物理形态的改变而非化学键断裂实现再生。化学再生是通过分子链的定向结构与重组,将废旧塑料转化为基础原料或再生高分子材料。

但是上述处理方法未充分利用废旧塑料。经过一系列研究改进,又产生了物理改性、化学改性的再生利用新技术。物理改性有三种途径:一是活化无机粒子的填充改性,通过表面功能化处理无机粒子,增强其与基体材料的界面相容性,从而提升废旧塑料的力学及热学性能;二是增强改性,通过添加增强材料(玻璃纤维、碳纤维等)或填料(碳酸钙、滑石粉等),提升废旧塑料的力学性能;三是回收塑料的合金化,将2种或以上的树脂在熔融状态下进行共混,弥补单一回收塑料的缺陷,形成具有协同性能的新材料。

化学改性主要有两种途径:一是通过接枝、共聚等

方法在分子链中引入新的功能基团，提升废旧塑料性能或赋予新功能；二是通过成核剂、发泡剂等进行改性，使废旧塑料分子链间形成交联网络，增强结构稳定性。

1.3 再生塑料的优势

(1) 绿色环保优势

再生塑料通过闭环再生体系对废旧塑料实施定向转化，作为治理塑料垃圾的核心方案，能有效降低填埋和焚烧的需求，从而减轻对环境的污染。同时，再生塑料减少对石油等化石燃料的依赖，生产过程能耗更低，碳排放量显著减少。

(2) 经济优势

再生塑料产业遵循技术创新规律，早期受研发验证与基础设施制约，造成投入成本较高，但随着全球产业链协同提升达到经济拐点，成本将会大幅降低。随着环保意识的提高，车企对再生塑料的需求增加，推动了再生塑料市场快速发展。

(3) 可持续性优势

再生塑料具有可再生性，可多次循环利用，减少资源浪费。随着技术的进步，再生塑料的性能不断提升，推动其在更多领域推广应用。

2 再生塑料在重型商用车上的应用情况

随着环保法规升级及车企碳中和目标，再生塑料在重型商用车中的应用逐渐受到重视。

图1戴姆勒 Freightliner eCascadia（电动重型商用车）的再生塑料占整车塑料用量的40%。其中，座椅面料采用含50%再生聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）与20%生物基聚乳酸（PLA）的混纺材料，通过纳米静电纺丝技术形成微孔结构，透气率比传统织物高40%。

图2沃尔沃 FH 系列（氢燃料重型商用车）单车减少石油来源塑料200 kg，碳排放降低12%。其中，仪



图1 戴姆勒 Freightliner eCascadia（来源于戴姆勒官网）

表台骨架由100%再生铝合金+再生聚酰胺（PA6）混合而成，蜂窝结构拓扑优化实现18%轻量化，模态频率提升至42 Hz（NVH 优于钢制结构）。

图3一汽解放 J7 积极探索再生塑料在产品上的应用。其中，车门内板采用含30%回收渔网再生聚酰胺（PA6），经超临界发泡形成梯度密度结构，隔声量达38 dB。

3 再生塑料在本企业的应用研究

陕汽集团作为首批汽车产品生产者责任延伸试点企业，不断扩大再生塑料在零部件上的应用比例。在X5000车型上，后围护板由再生聚丙烯（PP）制成，再生PP占比达到65%。

3.1 外观

再生PP制成的后围护板外观上会有些许瑕疵，颜色均匀性与一致性较现有产品略差，如图4所示。

3.2 力学性能

从再生PP制成的后围护板取样，检测其力学性能，与现有PP力学性能的对比如表所示。

3.3 老化性能

参考 GB/T 16422.2，对再生PP老化性能进行测试，



图2 沃尔沃氢燃料重型商用车（来源于沃尔沃官网）



图3 一汽解放 J7（来源于一汽解放官网）



图4 再生聚丙烯 (PP) 后围护板

表 再生聚丙烯 (PP) 与现有聚丙烯 (PP) 力学性能对比

材料	拉伸强度 /MPa	断裂 伸长率 (%)	弯曲 强度 /MPa	悬臂梁缺口冲击 强度 / (KJ/m ²)
再生 PP	23.1	14.9	38.5	18
现有 PP	25.0	20.0	40.0	35

经过 1000 h 氙灯老化试验后, 灰度等级 4 级, 如图 5 所示。

3.4 耐溶剂性能

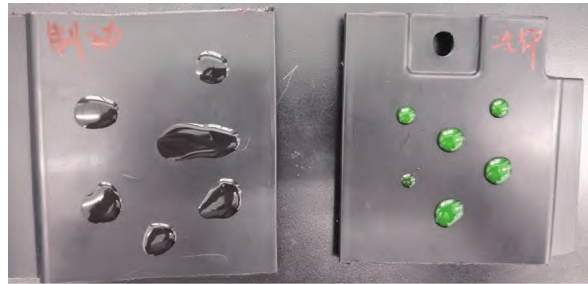
将 0.1 ml 试验溶剂 (冷却液、制动液) 滴到样板表面, 经 10 min 作用后, 在 60 ℃ 烘箱中对试样烘干 30 min 后取出试样, 表面无溶解、膨胀或变色等情况出现, 如图 6 所示。

4 结语

再生塑料由于原料来源复杂且现有表面改性技术的局限性导致再生塑料零部件外观较差, 表面出现斑



图5 再生聚丙烯 (PP) 材料 1000 h 氙灯老化后灰度等级



a) 试验前



b) 试验后

图6 再生聚丙烯 (PP) 材料耐溶剂性能测试

点, 若要将其应用于免喷涂件, 可进行皮纹处理提升零部件外观品质。再生塑料由于分子链断裂及结晶度变化而导致力学性能降低, 应用中可通过添加增强材料、开发“三明治”结构增强技术、拓扑结构优化等方式弥补其性能降低带来的影响。再生塑料老化性能和耐溶剂性能满足要求, 后续可尝试将其拓展应用到电池包支架等半结构件, 开发再生塑料、金属混合连接技术, 提升再生材料在整车应用比例。

目前, 再生塑料在重型商用车上主要应用于非关键零部件, 如仪表板、挡泥板和保险杠等, 随着技术的进步, 再生塑料的性能不断提升, 未来有望应用于关键零部件上。

在绿色汽车制造的大背景下, 重型商用车行业对绿色低碳材料的需求不断增加, 再生塑料作为一种低碳材料, 市场前景广阔。伴随政策支持和市场需求的推动, 再生塑料在重型商用车中的应用将不断扩大, 为实现绿色低碳交通提供有力支持。

参考文献

- [1] 王智文. 汽车轻量化技术发展现状初探 [J]. 汽车工艺与材料, 2009, 2(2): 1-5.
- [2] 裴建杰, 许志华. 汽车轻量化材料的应用 [J]. 内燃机与配件, 2011(10): 18-20.
- [3] PATIL A, PATEL A, PUROHIT R. An overview of polymeric materials for automotive applications[J]. Materials Today:Proceedings, 2017, 4(2):3807-3815.
- [4] 向晓峰, 魏丽霞, 马鸣图. 汽车轻量化技术的应用

- [J]. 汽车工程师, 2012(5): 57-59.
- [5] United Nations Environment Programme. Turning off the Tap. How the World can End Plastic Pollution and Create a Circular Economy. 2023
- [6] 黄河, 邹伟, 王荣吉. 废旧塑料鉴别与回收技术的研究进展 [J]. 现代塑料加工应用, 2022,34(2): 48-51.
- [7] 赵娟. 废塑料回收利用的研究进展 [J]. 现代塑料加工应用, 2020, 32(4): 60-63.
- [8] BIESSEY P, VOGEL J, SEITZ M, et al. Plastic waste utilization via chemical recycling: Approaches, limitations, and the challenges ahead [J]. Chemie Ingenieur Technik, 2023, 95(8): 1199-1214.
- [9] 刘雅文, 杨晓宇. 提升废塑料回收效率, 助力实现“双碳”目标: 防老化助剂为高性能聚烯烃保驾护航 [J]. 中国石油和化工, 2022(1): 71-72.
- [10] 陈晶晶. 塑料垃圾回收推动化工行业转型 [J]. 国际纺织导报, 2021, 49(2): 1-4, 9.
- [11] 佚名. 第二届 CHINAPLAS X CPRJ 塑料回收再生与循环经济论坛暨展示会 [J]. 再生资源与循环经济, 2021, 14(3): 8, 46.
- [12] 刘丛丛. 《塑料产品可回收再生设计指南》如何解决回收再生实际问题? [J]. 资源再生, 2021(12): 44-47.

(上接第 76 页)

品全生命周期角度, 制定针对性的减碳策略和实施规划, 推动汽车产业的低碳发展和绿色转型。

参考文献

- [1] 陆宣羽, 蒋艳. 全球气候变化治理问题与对策研究 [J]. 黑龙江环境通报, 2024, 7(37): 111-113.
- [2] ROGELJ J, DEN Elzen M, HOEHNEN, et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C [J]. Nature, 2016, 534(7609): 631-639.
- [3] 陈文婕, 孙瑾, 陈晓春. 社会—技术情景下的中国汽车产业低碳转型研究 [J]. 湘潭大学学报 (哲学社会科学版), 2023, 47(5): 70-77.
- [4] 欧阳明高. 汽车强国靠“四化”电动化、智能化、低碳化与全球化 [J]. 高科技与产业化, 2024, 03: 12-15.
- [5] 梁锐. 动力电池低碳化发展的挑战与对策 [J]. 电源技术, 2023(4): 417-420.
- [6] 赵福全, 刘斐齐, 刘宗巍, 等. 中国汽车产业低碳化评价指标体系研究 [J]. 中国工程科学, 2018, 20(1): 104-112.
- [7] 乔英俊, 延建林, 钟志华, 等. 我国汽车产业转型升级研究 [J]. Strategic Study of CAE, 2019, 21(3): 41-46.
- [8] 刘宗巍, 史天泽, 郝瀚, 等. 中国汽车技术的现状、发展需求与未来方向 [J]. 汽车技术, 2017 (1): 1-6.
- [9] 乔英俊, 赵世佳, 伍晨波. “双碳”目标下我国汽车产业低碳发展战略研究 [J]. 中国软科学, 2022(6): 31-40.
- [10] 赵世佳, 刘宗巍, 郝瀚. 中国 V2G 关键技术及其发展对策研究 [J]. 汽车技术, 2019(9): 1-5.