生物基改性聚丙烯材料在汽车内外饰中的应用

罗帅 滕腾 王宇晗 杨彬 史家宝 李军

（中国第一汽车股份有限公司研发总院，长春 130013）

摘要：为促进汽车产业绿色转型，探讨了生物基改性聚丙烯（Bio-PP）在汽车内外饰中的应用，分析了秸秆、椰壳纤维等生物质填料改性PP的工艺与性能。结果表明，Bio-PP部件在满足使用要求的同时，具有轻量化、低碳排放的优势，尽管面临成本与性能平衡等问题，仍有望成为汽车可持续材料的重要选择。

关键词：聚丙烯 生物基 汽车

中图分类号：U465 **文献标志码：**B **DOI:** 10.19710/J.cnki.1003-8817.20250224

Application of Bio-Based Polypropylene Materials in Interior and Exterior Decoration of Automobiles

Luo Shuai, Teng Teng, Wang Yuhan, Yang Bin, Shi Jiabao, Li Jun

(Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013)

Abstract: To facilitate the green transformation of the automotive industry, this study investigates the application of Biomass-modified Polypropylene (Bio-PP) in automotive interior and exterior components. It analyzes the processing techniques and material properties of PP modified with biomass fillers such as straw and coconut shell fibers. The results indicate that Bio-PP components offer advantages in lightweight design and reduced carbon emissions while meeting performance requirements. Despite challenges such as balancing cost and performance, Bio-PP holds promise as a key sustainable material for automotive applications.

Key words: Polypropylene, Bio-based, Automobile

1 前言

在全球环境压力与可持续发展需求驱动下，减少碳排放、降低对不可再生资源的依赖并推动绿色制造，已成为汽车行业的核心需求。传统石油基材料的不可再生性与高碳排放特征与可持续发展目标相悖。因此，开发应用环保型替代材料成为汽车工业的重要研究方向。

作为一种新型环保高分子材料，生物基改性聚丙烯（Bio-Based Modified Polypropylene，Bio-PP）因其原料来源可再生、生产过程碳排放较低以及具备优良的理化性能，逐渐受到关注[1]。Bio-PP以可再生生物质资源（如淀粉、纤维素、植物油等）为原料，通过化学或物理方法对传统聚丙烯进行改性制得。该材料在保留传统聚丙烯轻质、耐化学腐蚀、易加工等优点的同时，显著减少了对化石资源的依赖，降低了全生命周期碳足迹，为汽车工业在材料环节实现绿色转型提供了路径。在汽车工业中，轻量化、环保性与可回收性已成为材料选择的关键标准。Bio-PP凭借其综合性能优势，已在汽车内饰件与外饰件中得到初步应用，例如，仪表板、门饰板、保险杠面罩等部件已开始采用Bio-PP制造，这不仅有助于减轻整车质量、提升燃油经济性，也能显著降低汽车生命周期内对环境的影响。

作者简介：罗帅（1995—），男，工程师，硕士学位，研究方向为非金属材料技术研究。

参考文献引用格式：

罗帅，滕腾，王宇晗，等．生物基改性聚丙烯材料在汽车内外饰中的应用[J]. 汽车工艺与材料，2026(4): 39-43.

LUO S, TENG T, WANG Y H, et al. Application of Bio-Based Polypropylene Materials in Interior and Exterior Decoration of Automobiles[J]. Automobile Technology & Material, 2026(4): 39-43.

然而，Bio-PP在汽车领域的规模化应用仍面临若干问题，如生产成本较高、部分性能与传统石油基聚丙烯尚存差距等。因此，深入系统地研究Bio-PP的改性工艺、加工技术及其在汽车零部件中的应用表现，对推动其在汽车工业中的广泛应用具有重要意义。

本文综述Bio-PP在汽车领域的应用现状，分析其性能优势与局限性，并展望其未来发展方向，以期为汽车工业的绿色转型和可持续发展提供理论参考和技术支撑。

2 Bio-PP材料在汽车内饰中的应用

汽车内饰对于驾乘体验、品牌形象及车内环境健康至关重要，不仅需提供舒适的触感与合理的功能布局，还需体现设计风格与环保理念。

当前，低气味、低成本与轻量化已成为汽车内饰材料研发的主要目标。为获得一种低成本、低气味的汽车用聚丙烯（Polypropylene，PP）材料，广西鑫深科技有限公司[2]公开了一种利用生物基秸秆粉末替代传统矿物填料对PP进行改性的制备方法。该方法将熔融指数在1~5 g/min范围内的小本体PP、秸秆粉末、相同熔融指数范围的注塑级线性低密度聚乙烯（Linear Low-Density Polyethylene，LLDPE）以及特定份量的各类助剂，共同投入高速混合机中充分混合。其中，小本体PP成本较低，LLDPE则具有良好的强度与韧性，二者与秸秆粉末及助剂的协同作用为材料性能奠定了基础。混合均匀后，将混合物转移至密炼挤出机中，在165~170 ℃的温度条件下，经过3~5 min的密炼过程形成母粒。最后，将母粒投入双螺杆挤出机，利用其优异的混炼塑化能力与挤出稳定性，制备出最终的秸秆基PP复合材料。

该秸秆基PP复合材料表现出优异的综合性能。其密度仅为0.98 g/cm^3，能够有效满足汽车轻量化的需求；其悬臂梁缺口冲击强度达到12.3 kJ/m^2，拉伸强度为19 MPa，弯曲模量为2 043 MPa，力学性能满足汽车立柱、门饰板、座椅背板等内饰部件的使用要求；其气味等级仅为2.5级，符合内饰材料低气味的研发目标。与传统的滑石粉改性PP相比，该材料在力学性能上毫不逊色，同时具备更显著的成本优势。其制备工艺相对简单，易于推广生产。其轻量化特性有助于降低整车能耗，低气味特性提升了车内环境品质，而其环境友好的原料来源也顺应了汽车产业的绿色发展趋势，已在汽车内饰领域获得实际应用。

椰壳纤维作为一种天然环保材料，凭借其来源广泛、价格低廉的显著优势，成为复合材料领域备受关注的增强体。其独特的微观结构是关键：一束椰壳纤维通常包含30~300根甚至更多的纤维细胞，呈圆形分布，且其中结晶化的纤维素以螺旋状结构存在于无定形的木质素与半纤维素基质中，这种特殊结构为其在复合材料中作为增强相奠定了力学基础。高鹏堂[3]采用碱处理与偶联剂处理相结合的方式对椰壳纤维进行改性。该处理过程有效去除了纤维表面的杂质以及部分果胶、木质素等成分，不仅增加了纤维表面的粗糙度，同时也提高了其表面极性，从而显著改善了椰壳纤维与PP基体之间的界面相容性。随后，研究人员通过熔融共混、注射成型等工艺，将改性后的椰壳纤维作为填料添加到PP中，成功制备出椰壳纤维增强PP复合材料，其具体制备流程如图1所示。

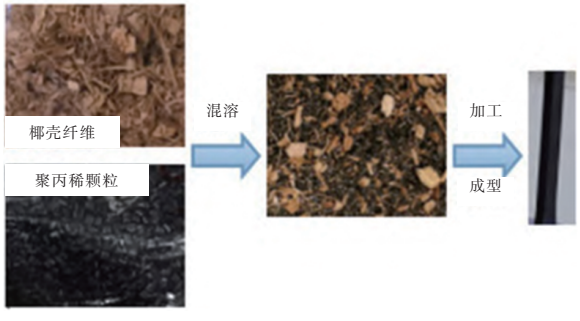


图1 椰壳纤维增强PP的试样样件制备过程[3]

性能测试结果显示，该复合材料性能提升明显。当椰壳纤维的添加量为8%时，复合材料的拉伸强度达到21.4 MPa，相比纯PP提高了16.9%；其弯曲强度达到31 MPa，较纯PP提升了13.5%，这得益于椰壳纤维自身优良的力学性能。此外，该复合材料还具备突出的环保与轻量化优势。椰壳纤维作为天然植物纤维，生物可降解性强，能有效减轻材料废弃后对环境造成的负担，完美契合可持续发展理念；同时，其低密度特性使复合材料在保证性能的前提下，整体质量显著减轻，有助于提升

燃油经济性,减少能源消耗,可应用于汽车副驾驶侧气囊盖板。车载气囊盖板是汽车被动安全系统的关键部件,在气囊爆破瞬间需要承受巨大冲击力,且必须尽可能减少碎片产生。经有限元软件安世(ANSYS)仿真分析,采用该复合材料制成的气囊盖板承受冲击时的最大应力可降至23.36 MPa,能够有效减少爆破时产生的碎屑数量,显著增强盖板的安全可靠性,在汽车工业中展现出广阔的应用前景。

灵芝作为传统名贵中药材,富含灵芝多糖、三萜类化合物等活性成分,兼具药用价值与生物活性。中国第一汽车股份有限公司[4]公开了一种灵芝改性PP材料及其制备方法与应用,为塑料材料的创新提供了新思路。该研究以经过系列加工改性处理后的灵芝作为生物基填料用于对PP进行改性,实现了材料性能的多重优化。

在性能优化维度,灵芝改性PP材料展现出多项优势。传统PP在加工及使用中易释放刺激性异味,影响用户体验。而灵芝改性PP利用灵芝成分的天然特性,既能高效吸附并中和异味分子,显著降低材料的刺鼻气味,又能释放出一种淡雅的天然植物气息,从而大幅提升材料的气味愉悦度。更关键的是,灵芝所含的天然抗菌活性成分使改性后的PP材料具备了持续、稳定的抗菌抑菌性能,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见致病菌均表现出一定的抑制作用,这赋予了通用塑料材料全新的健康、环保属性,显著拓展了其在健康领域的应用空间。

从环保性方面,灵芝改性PP材料的研发与应用深度契合全球绿色发展趋势。灵芝作为一种可再生的天然生物资源,来源相对广泛且易于人工培育,将其作为改性填料应用于PP材料,可大幅提升最终材料的生物基含量,使材料更易降解,同时也提高了材料的可回收性与再利用率。根据相关测算,与传统PP相比,灵芝改性PP材料的回收利用率提升30%以上,能够有效减少塑料废弃物对土壤和海洋生态环境的污染,为塑料行业的可持续发展提供了切实可行的技术方案。

在应用前景方面,灵芝改性PP材料在汽车内饰领域展现出尤为广阔的市场潜力。汽车内饰部件(如门饰板、仪表板、座椅背板等)长期处于相对密闭的车内环境,其材料性能直接影响车内空气质量与驾乘人员的健康体验。灵芝改性PP材料不仅能满足汽车内饰对材料力学性能、耐热性、耐老化性等基本技术指标的要求,其优异的气味改善效果与内在的抗菌性能可有效净化车内空气、抑制有害细菌滋生,为乘员营造一个更为健康、清新、舒适的驾乘环境,显著提升整车品质与健康水平,其材料性能检测结果如表1所示。因此,该材料的推广应用有望推动汽车内饰材料向健康、环保的方向升级,有利于促进汽车行业的绿色转型与可持续发展。

表1　灵芝生物基改性聚丙烯材料性能测试结果

测试项目	密度/g·cm^{-3}	拉伸强度/MPa	弯曲模量/MPa	冲击强度/kJ·m^{-2}	气味等级/分
试验结果	0.906	19.4	1 450	25	3.0

3　Bio-PP材料在汽车外饰中的应用

汽车外饰为车身提供基础防护,且直接影响汽车的空气动力学性能,同时也是构建汽车品牌辨识度的重要载体。

为提高汽车外饰的美观性和实用性,常州鑫凯车辆部件有限公司[5]公开了一种利用改性淀粉替代部分滑石粉对PP进行改性,并用于制备汽车保险杠面罩的方法,该方法在材料配方与工艺上进行了针对性设计,将PP、聚烯烃弹性体(Polyolefin Elastomer,POE)、接枝乙烯-醋酸乙烯共聚物(Grafted Ethylene-Vinyl Acetate,Grafted EVA)、硅酮粉、碳酸钙、改性淀粉、滑石粉及抗氧化剂等按照特定比例依次加入混合机中,待原料充分混合后,利用双螺杆挤出机进行熔融挤出,经空气冷却后切粒,得到淀粉改性PP材料。

该技术的核心优势在于通过引入改性淀粉替代部分传统填料滑石粉,有效改善了材料的成型收缩率。以滑石粉为主要填料的传统PP复合材料在注塑成型过程中易因收缩率较高而产生尺寸偏差,导致保险杠面罩与车身之间存在装配间隙或干涉问题。而改性淀粉凭借其与PP基体之间良好的相互作用,显著提升了材料的尺寸稳定性,减少

了因收缩不均导致的制件表面凹陷、翘曲变形等缺陷。该技术改进直接带来了外观品质与装配精度的提升：更低的收缩率使保险杠面罩成型后表面更为平整光滑，纹理清晰均匀，大幅提升了外观质感；更高的尺寸稳定性保障了与车身的匹配精度，避免了因间隙过大或过紧影响整车视觉效果与密封性能，从而提升了整车的品质一致性与可靠性。此外，从环保角度看，改性淀粉作为一种天然可再生资源，其使用增加了材料的生物基含量，降低了对不可再生矿产资源的依赖，同时使材料在废弃后具有更好的环境相容性，顺应了汽车行业绿色发展的趋势。该研究为汽车保险杠面罩材料的环保化升级提供了切实可行的技术路径，推动了汽车外饰行业的技术进步。

生物基填料还具有其他应用潜力。稻壳作为稻谷加工后的主要副产物，常被视为农业废弃物，但其表面富含二氧化硅，具备一定的硬度与耐划伤特性[6]，可作为无机填料的替代或补充。梅汇锋等[7]将稻壳在550~650 ℃高温环境下进行热解处理，得到含有一定比例硅、碳成分的稻壳粉末，并以此替代滑石粉对PP进行改性，制备出稻壳基硅碳改性PP复合材料，其注塑成型过程如图2所示。

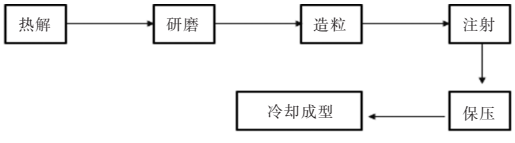


图2 硅炭填料改性聚丙烯注塑成型过程[7]

为验证该材料的实用性，研究人员将其应用于汽车挡泥板，并对材料及制成的部件性能进行了测试。结果表明，该材料及其制品的各项性能均能满足现有技术标准与使用要求。特别值得注意的是，其成型收缩率与传统的滑石粉改性PP基本一致。这意味着在现有生产中，无需为适配新材料而重新开发模具，显著降低了新材料的推广应用成本与门槛。实际测量数据显示，采用此材料制作的挡泥板单件质量可降低10.12%，制造成本可降低4.25元/件，其质量对比如图3所示。综上所述，稻壳基硅碳改性PP在汽车挡泥板的应用中同时实现了轻量化与降成本的目标，展现出良好的应用前景，为汽车外饰材料的创新与可持续发展提供了新思路。



（a）PP-TD20 （b）20%硅碳填料改性

图3 2种填料改性聚丙烯挡泥板质量变化[7]

4 结束语

尽管Bio-PP在汽车领域展现出巨大的应用潜力，但其规模化应用仍面临问题。首先，目前Bio-PP的生产成本普遍高于传统石油基聚丙烯，主要受限于生物基原料的加工处理成本及相对较小的生产规模。其次，在部分关键性能上，如长期耐热性、尺寸稳定性、阻燃性能以及与金属或其他塑料的连接兼容性等，仍需进一步改进以满足汽车外饰件标准。此外，为确保其全生命周期的环保优势，必须建立并完善针对Bio-PP材料的专项回收、分选与高值化循环利用体系，避免其与常规塑料流混合回收而降低性能。

未来，随着生物炼制技术的进步、高效改性方法的开发以及规模化生产效应的显现，Bio-PP的生产成本有望逐步降低，综合性能将得到持续提升，在汽车领域的应用也将更加广泛，有望成为推动汽车轻量化与绿色制造的关键材料之一。

Bio-PP的应用是汽车产业内饰领域绿色转型的重要路径，在降低产品碳足迹、实现轻量化以及提升车内健康属性（如低挥发、抗菌）、提高废弃后的环境相容性方面的优势显著。

参考文献：

[1] 钱伯章. 生物基塑料的应用发展现状[J]. 国外塑料, 2013, 31(11): 28-35.

[2] 广西鑫深科技有限公司. 利用生物基秸秆粉填充聚丙烯的汽车内饰材料: CN202310012404.1[P]. 2023-04-07[2025-08-21].

[3] 高鹏堂. 椰壳纤维/聚丙烯复合材料应用于车载气囊盖板的可靠性研究[J]. 装备维修技术, 2022(2): 62-68.

[4] 中国第一汽车股份有限公司. 一种灵芝生物基改性聚丙烯材料及其制备方法和应用: CN202310599725.6[P]. 2023-11-07[2025-08-21].

[5] 常州鑫凯车辆部件有限公司. 用于制备汽车保险杠的改性聚丙烯及其制备方法: CN202011583465.6[P]. 2021-05-18.

[6] 郭晓琳, 邢鹏飞. 稻壳在化工领域的应用研究进展[J]. 化工新型材料, 2020, 48(9): 218-221.

[7] 梅汇锋, 张彦彪, 张鹤, 等. 车用稻壳基碳硅填料改性聚丙烯开发及应用[C]// 2023 中国汽车工程学会年会论文集, 2023: 424-428.

AT&M