

Analysis and Research of Green Plastic Engineering Innovation Drive Based on the Strategy of the “New Normal” of Automobile Plastic Engineering

Yougen Zhang

Ningbo Haida Plastic Machinery Co., Ltd., Ningbo Zhejiang
Email: 13566350950@163.com

Received: Mar. 9th, 2015; accepted: Mar. 20th, 2015; published: Mar. 24th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

Abstract

Green plastic engineering innovation drive comprehensively deepens the scientific strategy of the “New Normal” of automobile plastic engineering, including “health and safety, ecological environmental protection, light energy conservation, beauty and personalization”. Green plastic engineering innovation drive of automobile was implemented in each link of the full set of solution of automobile plastic engineering technology. The science and technology system of green plastic engineering innovation drive based on the strategy of the “New Normal” of automobile plastic engineering was put forward. Each link of the full set of solution in the strategy of the “New Normal” and the development of it were researched. It was indicated that green plastic engineering innovation drive based on the strategy of the “New Normal” refers to the “Old Normal” with plastic instead of steel moving towards the “New Normal” with plastic over steel, to realize the historic leap in the field of plastics used in automobiles and the automobile revolution of low carbon emissions.

Keywords

Automobile, New Normal, Green Plastic Engineering Innovation Drive, Analysis and Research

基于“新常态”战略的汽车塑料工程绿塑创新驱动的分析研究

张友根

宁波海达塑料机械有限公司，浙江 宁波
Email: 13566350950@163.com

收稿日期：2015年3月9日；录用日期：2015年3月20日；发布日期：2015年3月24日

摘要

绿塑创新驱动全面深化“新常态”汽车塑料工程的“健康安全化、生态环保化、轻型节能化、美观个性化”的科学战略。汽车绿塑创新驱动实施于汽车塑料工程技术全套解决方案各个环节。提出了基于新常态战略的汽车塑料工程绿塑创新驱动的科学技术体系，研究了“新常态”全套解决方案各个环节的绿塑创新驱动及展望，指出基于新常态战略的绿塑创新驱动是“以塑代钢”“旧常态”走向“以塑胜钢”“新常态”，实现塑料应用于汽车领域的历史性跨越及汽车低碳排放的革命。

关键词

汽车，新常态，绿塑创新驱动，分析研究

1. 引言

汽车塑料工程的绿塑创新驱动全面深化“新常态”的“健康安全化、生态环保化、轻型节能化、美观个性化”的科学战略，创造经济活力增长点的新“红利”。近年来，国内汽车塑料工程发展取得了较为明显的成效，但受经济发展水平、经济发展惯性等因素的制约，汽车塑料工程技术全套解决方案的绿塑创新驱动滞后于国际同行。本文针对汽车的科学发展，提出了基于“新常态”战略的汽车工程绿塑创新驱动的科学技术体系，研究了汽车的热塑性塑料、生物基塑料、弹性体塑料、纤维复合材料塑料等四个方面塑料工程及废旧塑料回收利用的绿塑创新驱动，研究了汽车塑料工程清洁生产绿塑创新驱动的技术要素，提出了全套绿塑创新驱动的解决方案的科学发展观，指出基于新常态战略的绿塑创新驱动是“以塑代钢”“旧常态”走向“以塑胜钢”“新常态”，实现塑料应用于汽车领域的历史性跨越及汽车低碳排放的革命。

2. 基于新常态战略的汽车塑料工程绿塑创新驱动的科学技术体系

基于新常态战略的汽车塑料工程绿塑创新驱动是实现一种最佳的生态系统以支持生态的完整性、使人类的生存环境得以持续的生态环境保护的可持续发展的持续发展理念。

2.1. 汽车新常态绿塑创新驱动的科学发展原则

汽车新常态绿塑创新驱动的科学发展原则，整合生态环境保护原则与科学的有效的现代科学技术集成，在制品设计、原料、设备、成型工艺、物流、后处理、回收利用等生命周期的各个环节，根据生态环境价值并利用现代科技的全部潜力，以现代能源技术、材料技术、生物技术、污染治理技术、资源回收技术、环境监测技术、清洁生产技术、网络技术、数字技术等科学技术为指导，以先进的生态环境标准为准绳，预先防止对生态、环境、能耗、资源、清洁等产生负作用，作在线无缝结合的全套解决方案，实现从根本上保护生态环境、防止污染、节约资源和能源，最终达到对资源和能源的最大利用、环境污染和排放的最小化，实现汽车塑料工程与人、自然环境、社会环境的和谐关系，引领汽车“新常态”可持续发展。

2.2. 汽车新常态绿塑创新驱动的科学发展内涵

绿色经济、循环经济、低碳经济、生态经济、环境经济、能源经济等都属于汽车塑料工程的新常态绿塑创新驱动的科学发展内涵，具体表现为：

1) 新常态生态环境保护化

生态环境保护优先策略。塑料工程从原材料、成型加工、直至废弃物再生利用的整个制造工程中，直至最终处理的生命周期全过程，运用整体预防的环境战略，均不对环境产生污染和对生态环境的破坏，洁净人类生存环境的健康化，以期增加生态效率并降低人类和环境的风险。汽车塑料外饰件、外露件在生命周期内不得释放有损生态环境的有害物质。

2) 新常态清洁健康化

汽车塑料化进程中“汽车有毒”已是不容忽视的清洁健康化问题。据 Autonews 来自底特律的报道，美国非营利组织生态学中心(The Ecology Center)发布“2012 年消费者导购指南”报告，对 11 类汽车内饰件做了测试，包括方向盘、仪表板、脚垫、仪表盘、扶手、座位以及各种软硬装饰，一些知名度高的汽车其塑料内饰件材料含有有毒化学物质。

新常态绿塑创新驱动实现车内空气质量“汽车无毒”清洁健康化。车内空气质量问题引起中国汽车工业协会的重视。国家环保部去年开始启动《乘用车空气质量评价指南》强制性标准修订工作。环保部标准处发布了标准修订路线图，据悉新修订的车内空气质量标准将于 2015 年年底发布。中国环保产业协会也开启了绿色之星车内空气质量认证工作。汽车塑料乘员室塑料内饰件、内露件在生命周期内不得释放有害车内人员的健康的受禁物质、有害物质，不得迁徙有害安全健康的有毒物质，杜绝有损安全健康的接触危害。

3) 新常态资源利用率最大化

降低不可再生资源石油基塑料消耗，开拓可再生资源生物基塑料的应用。利用可再生的自然资源或以最少的不可再生的塑料原材料通过与可再生的自然资源进行改性、增强、共混等措施研发生产的新材料。提高对可再生资源的应用领域，进而从源头节约不可再生资源。

资源消耗主要包括：原材料消耗、制造中的物料消耗、包装消耗、运输消耗、使用消耗等。

4) 新常态低碳排放节能化

全套绿塑创新方案以降低和减少能耗为主线，达到降低碳排放。

绿色塑料工程能耗包括：使用原材料的能耗、制造过程的能耗、成型加工的能耗、回收处理的能耗、物流的能耗。降低成型加工能耗首先从原材料的流动性能、熔融性能做起，研发既达到成型件的性能要求，又具有流动性能好、熔融温度低的低能耗成型的绿色性能的原材料。

5) 新常态轻量化

轻量化贯彻生态环境保护唯一原则，无利于生态环境保护的塑化工程淡出汽车轻量化领域。

轻量化的深入发展的新障害是如何达到及超过金属件的力学性能的轻量化，从“以塑代钢”“旧常态”走向“以塑胜钢”“新常态”。力学性能包括：强度、刚度、摩擦磨损、应力、蠕变、润滑等。从塑料原材料研发抓起，通过填充、改性、复合等技术提高原材料的力学性能，通过 CAD 设计优化结构件力学性能，开发多元化多样化的成型工艺提高制品的力学性能，实现汽车轻量化的力学性能的变革，达到塑料件以优异力学性能优势占领汽车结构件、安全功能件等具有力学性能严格要求的应用领域，实现全塑化的轻量化。

6) 新常态人车安全和谐化

新常态绿塑创新驱动宗旨突出提高保护乘员特别是轿车驾驶员的安全功能和性能，提高汽车与人的

和谐关系。

目前，轿车的抗冲击性能较差，前端碰撞保护驾驶员的安全系数较低，塑料保险杠的装饰功能远大于碰撞的安全功能。事故统计表明，欧盟国家每年大约有 7000 多名行人在车辆前端碰撞事故中丧生，另有数十万人受伤。通过绿塑创新驱动，使汽车的安全防护性能发挥到新的水平。

7) 新常态成型加工清洁化

成型加工排放 VOC，污染生态环境。新常态清洁生产是对产品生产过程中产生的污染进行综合预防，以预防为主，使废物减至最少，有效的防治污染物的产生。从源头削减污染，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放。开发少废/无废清洁工艺、排放污染物处置及物料循环等的一项系统工程，重在预防和有效性。

8) 新常态成本绿色化

新常态汽车成本不仅要考虑设计、制造和销售成本的核算，还有考虑包括使用和废弃/回收再生过程中用户和社会所承担的成本、污染物的替代、产品拆卸、环境成本等。

9) 新常态资源循环永续化

新常态绿塑创新驱动以提高汽车塑料件回收利用率为前提，研发和选用成型的高分子原材料。我国规定 2016 年汽车的可回收利用率达到 95%、再利用率达到 85%。

扩大能够再生回收利用塑料件的比例，开发资源循环利用率最大化的技术。无再生利用的高分子材料逐步退出汽车塑料工程领域。报废件易于回收再生，多层复合件尽可能采用基于同一材料而具有不同性能的原料加工，便于资源再生回收利用。

3. 基于新常态战略的汽车热塑性塑料工程技术的绿塑创新驱动

热塑性塑料泛指石油基热塑性塑料。绿塑创新驱动对车用塑料也提出了更高的要求，使得车用塑料向成本更低、强度更高、冲击性能更好、可回收和可降解等复合材料及塑料合金方向发展。

汽车绿塑创新驱动内涵主要包括绿色热塑性工程塑料、塑料制品、成型加工及技术。

汽车设计师面临诸多挑战，包括成本压力、减轻重量、环保责任、外观、工程创新等。热塑性塑料在最大程度上将外形设计自由度和功能综合的完美结合，从而提供符合生态环保战略的绿塑创新驱动。

3.1. 绿色汽车热塑性工程塑料材料及其应用的绿塑创新驱动

现阶段，热塑性塑料是实现汽车轻量化的首选原料。在节能、安全、环保和成本等因素推动下，汽车热塑料工程及其复合材料技术一直在朝着高性能(高弹性模量、高强度、耐热、耐磨、耐火、抗老化)、清洁化、节能环保化的方向发展。

绿色循环经济的发展，对汽车用塑料赋予新的含义，不仅要达到回收的要求，而且必须能够再生利用。资源短缺的今天，对利用也赋予了更高的要求，不但要求利用率高，而且要达到资源的高附加值再生循环应用。

工程塑料通过共混改性可制备高性能的合金材料，用于制造汽车结构部件和动力部件，可以在满足强度等性能要求的同时，还可减少制品的厚度，以减轻制品质量和降低成本。还可通过工程塑料的共混改性改善工程塑料的加工性能，以利于制造大型的汽车部件，也可降低成本。

扩展材料的通用性 为了有效合理地利用能源及原材料、降低汽车成本，不同类型汽车部件采用统一的几种材料类型，不仅可以扩大原料的生产规模，降低成本，还更有利于提高材料质量，同时也有利于废旧车的回收处理。

3.1.1. 安全健康化热塑性工程塑料及其应用的绿塑创新驱动

绿色工程塑料的首要性能是安全健康化。安全健康化塑料指原料的合成、加工、制品的成型、应用、后处理、废弃物处理及利用的整个寿命周期不得释放有损生态环境、健康安全的物质。

上海锦湖日丽塑料有限公司已成功开发出了高光免喷涂“塑可丽™”特殊色彩效果树脂，其靓丽的色彩可以帮助客户应对多样化、差异化的市场需求，消除传统的涂装工艺的喷漆过程中的 VOC 排放，减低对环境和人体的影响。

汽车内饰件不同程度存在 VOC (挥发性有机化合物)排放，甚至豪车也存在 VOC 排放超标问题，影响乘员的健康。RTP Co.公司已开发出极长纤维增强聚丙烯(PP VLF)，旨在达到汽车 OEM 对于 VOC 低排放的要求，已通过德国汽车行业有关异味、起雾和总 VOC 排放的测试，用于车内汽车仪表盘、车门模块载体、控制台、座椅、货箱地板和其他内饰件的成型原料。

3.1.2. 节能成型降耗化热塑性工程塑料及其应用的科学发展

节能成型的关键首先是原材料具备低压、低温的成型特性。提高原料的熔融流动性、降低剪切粘度、降低熔融温度等是实现降耗塑化及注射的关键。法国 Rhodia 公司博学增强和无机填充的半结晶性 PA Techny Star 汽车塑料，采用独特的聚合和配技术，成型时同比普通的 PA 配混料，成型锁模力降低 50%、注射压力降低 30%、成型时间缩短 10%、成型温度大幅下降，在欧洲以越来越多用于成型汽车发动机罩、进气歧管、分配器和装饰件等。

拜耳材料科学公司开发出能吸收红外线的 PC 吸收剂，汽车零部件生产商伟巴斯特公司(Webasto)用才材料注塑成型第三代奔驰精灵车顶，只要汽车内部不会升温，基本上不太需要使用空调，从而降低油耗。PC 材料质量较轻，由 PC 制成的车顶相比玻璃车顶轻 50%，这对一辆小型汽车来说，也能进一步节省燃油。

3.1.3. 功能化增强热塑性工程塑料及其应用的绿塑创新驱动

汽车塑料化的发展，越来越体现出功能化增强热塑性工程塑料拓展了应用领域的发展前景。

陶氏汽车系统定位于专为中高量产汽车市场提供全面的解决方案，推出了旨在提供复合材料解决方案的产品系列，能够进一步促进轻量化复合材料技术在汽车市场的应用，即通过减轻汽车的重量来提高燃油效率，以满足日益严格的排放法规，对于 OEM 制造商和一级配套供应商客户具有相当的吸引力，打开了其应用到中高量产车型汽车市场的销路。

PP 经过增强为性价比高的高分子材料，由一般力学性能要求的饰件拓展到力学性能要求严格的结构件领域发展。巴斯夫股份公司与韩国汽车设计和 APSolutions 工程公司联合进行的当代汽车座椅设计，运用了巴斯夫材高流动性能的 PP，打造了更薄、更轻、更舒适的汽车座椅。

功能化增强尼龙在绿塑创新驱动中扮演越来越重要角色。高性能尼龙因为重量轻、成本低、并越来越可以与其它部件结合在一起，取代热固性塑料，提高汽车绿色化科技含量，制动和离合装置用材料也开始由金属和热固塑料转为高温尼龙。杜邦公司研发耐高温、耐化学、耐老化和耐油性能优异的 Zytel® PLUS 尼龙，广泛用于涡轮增压器、进气系统、油底壳等高温环境中，提高了燃油经济性和减少碳排放。杜邦公司的 Zytel HTN 材料就取代了密西根州的 Delphi Automotive Systems 开发的真空刹车调压系统中的 PPS 和热固塑料部件。

3.1.4. 功能化热塑性工程塑料合金及其应用的绿塑创新驱动

工程塑料通过共混改性可制造高性能的合金，用于制造汽车结构件和动力部件，同时还可减少制品厚度达到轻量化及提高资源利用率。通用塑料通过共混改性可提高强度和刚度，以及加工性能，拓宽应用范围，有利于降低制造成本。用于车身部件的 Bayblend® DP T90 MF-20 和 Bayblend® DP T95 MF 改性

塑料,通过 PC 共混物系中加入两种新型矿物填充 PC + ABS 等级材料,取代不易回收利用的片状模塑料(SMC₂),而且能生产出 A 级表面,这是 SMC₂ 经模压成型无法达到的表面质量。德国 EMS 化学公司研制成一种新配方尼龙,其在防烃气散失方面的能力比现有增塑尼龙 12 强 10 倍。杜邦公司最新开发的 Zytel® PLUS 尼龙,具有优异的耐化学、耐老化和耐油性能,广泛用于涡轮增压器、进气系统、油底壳等高温环境中,提高了燃油经济性和减少碳排放。

PC/PBT 或 PC/PET 合金材料既有 PC 的高耐热性和高抗冲击性,又有 PBT 或 PET 的耐化学药品性、耐磨性和成型加工性,是制造汽车外装件的理想材料。PPO/PS 合金适用于潮湿、有负荷和对电绝缘要求高、尺寸稳定性好的场合,适合制造汽车轮罩、前灯玻璃嵌槽及尾灯壳等零部件,也适合制造连接盒、保险丝盒及断路器外壳等汽车电气元件。PPO/PA 合金由于具有优良的力学性能、尺寸稳定性、耐油性、电绝缘性和抗冲击性等性能,可用于制作汽车外部件,如大型挡板、缓冲垫及后阻流板等。PPO/PBT 合金的热变形温度高,对水分敏感度小,是制造汽车外板的理想材料。

3.1.5. 纳米功能化热塑性工程塑料及其应用的科学发展

纳米复合技术改变了热塑性塑料的聚集态及结晶形态,纳米塑料具有优异的力学性能、耐热性能和阻燃性能及其抗菌、防辐射性能、耐老化等高附加功能,大大提高了材料的综合性能,拓展了汽车绿色石油基工程塑料工程应用的领域,同时提高了汽车轻量化和生态环境保护的科学发展水平。

纳米粒子的介入,不仅改善了聚合物的强度、刚性、韧性,而且还有利于提高聚合物的透光性、阻隔性、耐热性及防紫外线性能等功能。

纳米 PP 复合材料已经应用于汽车壳体类零件,解决了壳体类 PP 零件变形和刚性不足等问题。丰田公司将纳米 PP 复合材料用于汽车前后保险杠,使原保险杠厚度由 4 mm 减至 3 mm,重量减轻约 1/3。

UBE 公司开发出尼龙/粘土纳米复合材料(NCH)牌号,比未填充的 PA6 对汽油的阻隔性高 3 倍,满足越来越严格对汽车燃油挥发泄漏的标准。

TPO 基纳米复合材料,应用于汽车内、外装饰件,优点是质轻、尺寸稳定性提高、强度更高、低温抗冲击性能更好。TPO 系纳米复合材料做汽车脚踏板,已用于 GM 公司轿车,其具有较高的硬度、质量轻、低温下不发脆,而且容易回收。

Forte 品级纳米 PP 复合材料,具有质轻、优异的机械强度及表面性能,用于制作汽车内饰件,具有美观、舒适及高强度的特点。国际卡车与发动机公司的重型载货车,采用了芯模技术公司开发 SMC 纳米复合材料,制造的车身前部模块,它不仅表面光洁,而且较普通 SMC 材料制造的车身的重量减轻了 25%。这种新型纳米材料可使外装件的密度 1.85~1.95 g/cm³,降低到 1.45~1.55 g/cm³。日本 UBS 公司开发的尼龙/粘土纳米复合材料,同比未填充材料 PA 的燃油箱对汽油的阻隔性高 3 倍,满足越来越严格的汽车燃油箱泄漏的标准。

3.1.6. 绿色专用化热塑性工程塑料及其应用的绿塑创新驱动

新型绿色专用化工程塑料以其良好的性能,拓展汽车热塑料工程的科学发展,提高汽车的绿色塑料化率。

1) 汽车前大灯绿色专用化热塑性工程塑料

巴斯夫推出了 Ultradur®B4560(PBT),可直接镀金,无需进行底漆,这种树脂的表面质量极佳,光泽度尤其受好评。

2) 板材绿色专用化热塑性工程塑料

沙伯基础创新的 LexanULG10031120Q 聚碳酸酯(PC)板材,为各种汽车和运输应用提供出众的光学质量,集牢不可破和高光学质量于一体,如水晶般清澈透明,同时兼具轻巧的外观,及波动、失真和光

学缺陷最小化等高附加性能特点。

3) 汽车内饰件绿色专用化热塑性工程塑料

锦湖日丽与延锋伟世通合作，成功开发了有利于减少驾驶员的视觉疲劳的哑光级 PC/ABS 系列材料，不仅替代了原来钢铁的仪表板骨架，而且作为仪表板的下部材料直接外露无需喷漆，杜绝了喷涂污染。

4) 高温高荷载结构件绿色专用化热塑性工程塑料

制动和离合装置用材料也开始由金属和热固塑料转为采用高温尼龙。如，杜邦公司的 Zytel HTN 材料就取代了密西根州的 Delphi Automotive Systems 开发的真空刹车调压系统中的 PPS 和热固塑料部件。德古塞公司启动了新的 Trogamid 尼龙 63T，它将优秀的清晰性和卓越的抗化学腐蚀性揉和在一起，用于制造发动机箱内需要被看见的部件。罗地亚 TECHNYL STAR AFX，基于新型尼龙 66 的创新技术使其具备了易加工性、较高的刚度、抗蠕变性、高尺寸稳定性和长期耐久性，替代传统上用金属制造的高荷载部件的设计，典型的应用包括马达部件、轴承箱和皮带轮等。

5) 高强度薄壁专用化热塑性工程塑料

美利肯推出注射成型新型高密度聚乙烯新型成核剂 Hyperform HPN 210 M。通过独特的调整结晶取向特性，这款产品可显著提高 HDPE 的机械性能，根据美国材料试验学会 ASTM D790-00 标准进行的测试表明，成核后的高密度聚乙烯(HDPE)与普通材料相比，刚度(弹性模量)可提高多达 50%。刚度的改善使制品商可采用薄壁设计，从而减轻最终零件产品的重量。

3.2. 汽车热塑性工程塑料件绿色成型加工技术的绿塑创新驱动[1]

汽车塑料零部件具有较高的设计精度，使得对这些塑料件不能采用常规的成型技术，采用功能化注射成型工艺技术，对塑料材料、注塑设备与模具及注塑工艺不断进行改进。

汽车石油基工程塑料件绿色成型加工技术由通用化转移到功能化、专业化，实现低能耗、低污染、低排放、清洁化、高速高效化、资源节约化、智能化的绿色成型加工。

创新成型加工技术达到最佳的性能、最低的成本、最高的效率，满足汽车塑料件绿色化的发展。

3.2.1. 低应力注射成型技术的绿塑创新驱动

塑料件在成型过程中产生的内应力，在使用过程中缓慢释放，影响原有的精度，缩短了寿命系数。现在国家不再对汽车的寿命年限做强制规定，所以塑料件的寿命系数更显得重要，其中塑料件的低应力注射成型，成为注塑技术解决的重点之一。

低应力注射成型就是把注塑件应力扼杀在摇篮中，确保达到金属件同等的应力使用状态。

1) 结构件低应力的振动注射成型技术的绿塑创新驱动

振动型注射是把金属振动铸造工艺原理运用到塑料注射成型领域。振动注射使模腔内熔体产生振动剪切流动，从而增加剪切取向的作用和效果，达到提高其力学性能；振动注射产生周期性的压缩增压和释放压力膨胀的作用，有效地防止了缩孔、裂纹等缺陷，明显提高了熔接线的强度，降低了制品内应力。振动型注射主要有三种型式：两点进料振动注射，双螺杆推-拉振动注射，螺杆注射振动。

a) 两点进料振动型注射成型

两点进料振动型注射机的振动装置由两个油缸与其本体组成，本体进料为单一进料口，本体内部及出料(融熔料进入模具浇口)为双通道，每一个油缸活塞杆与一个出料通道联通。在喷嘴与模具之间安装振动装置。工作原理：融熔料在高压注射下经喷嘴进入振动装置进料口，融熔料在振动装置内部分两路进入模具型腔，在保压过程中，其两个油缸的活塞反复交替工作，把振动传入模腔内，引起模腔内的熔体产生振动剪切流动。

b) 双螺杆推-拉振动型注射成型的科学发展

双螺杆推-拉振动型注射的工作原理：双螺杆同时把熔融料分两个浇口进入模腔，在即将注满模腔时，A/B 螺杆继续向前注射，而 B/A 螺杆在熔融料压力下相应后退，这样，两根螺杆相应交替反复工作(如同两点进料振动注射)，在模腔内产生振动剪切流动场。研究表明，此种振动注射玻璃纤维增强的 LCP 制品，与常规的注射成型相比，其拉伸强度和弯曲模量分别提高了 420% 和 270%。

c) 螺杆注射振动成型技术的科学发展

螺杆注射振动成型的工作原理：给注射油缸提供脉动油压，使注射螺杆产生往复移动而实现注入模腔熔融料产生周期性振动，直至模具浇口封闭时为止。研究表明，螺杆振动注射的 PP、HDPE、PS 制品的拉伸强度分别提高了 18.3%、22%、16%。

2) 薄壁件的低应力的注射压缩成型技术的绿塑创新驱动

注射压缩成型特别适应壁厚 2 mm 至 5 mm 的大面积薄壁件的加工。

注射压缩成型不是依靠螺杆向型腔传递压力，而是通过压缩行为来压实制品，使得制品表面具有均匀的压力分布，制品内部分子取向分布均匀，保证了成型制品的尺寸精度高且稳定。

二板注塑机的液压合模机构是注射压缩成型的最佳合模机构。ENGEL 公司开发汽车塑料制品专用二板注塑机，开发了多种压缩成型工艺。

3.2.2. 多层阻隔异型中空管的 3D 挤吹成型技术的绿塑创新驱动

多层 3D 挤吹异型管成型设备是一种的挤出中空成型。主要具有以下优点：少废料或无飞边，实现资源节约、节能成型；壁厚、整体强度趋于一致，提高寿命周期；多层化，提高阻隔性能。

意大利 Uniloy Milacron 公司在 K 2010 展会上，推出了 UMA 12 全电动二层共挤出吹塑机，应用制造 3D 汽车通风管，为同行业首创。挤出塑化、型坯挤出均为交流伺服电动机驱动，配备了适合机械手取制品的无拉杆的 12 吨合模力的合模装置。机头配有 Radial Parision Variation 装置来控制非对称的型壁厚度。通过位置传感器和闭环运行的伺服电机，机头能够自动精密定位，生产高质量 3D 通风管。

3.2.3. 汽车歧管的可熔型芯的注射成型技术的绿塑创新驱动

汽车歧管，内腔结构复杂。传统的金属铸造件，内腔壁粗糙，导致阻力大、能耗大。

汽车歧管采用可熔型芯注射成型，利用低熔点的金属作为注射模具的型芯来，制件内壁光洁度高，不但有利于降低能耗，而且达到金属铸造件同等气阻/液阻的性能情况下，相对可减小成型件的内腔，有利于节约资源。3D 打印技术的发展，更有利于复杂结构的可熔型芯的制造。

德国福吕登伯格公司可熔型芯注射成型汽车发动机罩下(即发动机室内)BMC 材料的进气歧管，制件内表面十分光滑，有助于空气流入，发动机的效率比用金属铸件的歧管高 15%，且歧管重量减轻 1 公斤。

3.2.4. 汽车油箱防渗透的成型加工技术的绿塑创新驱动

整车 HC 化合物排放量中的 45% 来自于燃油系统，提高塑料燃油箱的阻隔性能已成为整车排放达标最直接、最有效和最重要的科学发展方向。多层阻隔油箱是塑料阻隔油箱的唯一选择。美国 90% 以上的汽车油箱采用多层共挤出中空塑料成型件。

国内汽车工业的发展促进了多层共挤燃油箱的技术进步。陕西秦川机械发展股份有限公司秦川塑料机械厂自主研发的 SCJC500×6 的六层共挤中空成型机，最大可成型 200 升六层塑料汽车燃油箱(标准型)，储料机头采用螺旋流道，不仅配备轴向型坯壁厚控制系统，还在国内首家配备径向壁厚控制系统；电气控制系统采用高功能 PLC 控制动作顺序，采用触摸式显示器进行画面显示及参数修改；液压系统采用比例伺服控制节能技术等。

3.2.5. 汽车塑料玻璃成型技术的绿塑创新驱动

轻量化的 PC 车窗玻璃是汽车玻璃发展的方向，对汽车的轻量化、节能、安全等有着重要的科技进

步作用，使车窗减重达 50%，有助于降低车辆重力中心，从而提高车辆的操控性和稳定性。轻量化也意味大幅度地降低了车辆行驶能耗及减少高速加速时所需的能量。如果现在欧洲路面上跑的汽车都采用 PC 材料替代车侧窗和后窗的玻璃，使汽车轻量化，仅此一项每年可节约 21 亿升燃油，每年可减少 1000 万吨二氧化碳排放。

PC 材料汽车玻璃注射成形设备，国际上只有极少数公司能制造，国内处于空白，对这一极有前途的专用化注射设备的研发，已成为当务之急。

单体 PC 汽车玻璃的注塑 - 压缩成型。Webasto 通过在回转压板注射成型机上完成双组分注射压缩成型工艺，制作车顶车窗玻璃。在第一次注射时，用注射压缩成型制成 PC 透明车窗玻璃整体，而在第二次注射时，用 Bayblend® DP T95 MF 来制作面积较大的框架结构，使制品具有非常低的内应力和低扭曲形变的特性。

单体 PC 汽车玻璃的表面处理。表面硬质涂层能够提供抗刮擦和紫外线防护功能，等离子涂层技术作为一种低温、无溶剂的工艺，相对于湿法涂层是一种进步，正在取代湿法涂层。PMMA 吹塑薄膜贴膜，防红外线和紫外线功能能够阻挡超过 99% 的紫外线，可以减少空调的使用从而节约能源，还能够降低汽车内饰件材料的成本。Visio.M 概念车配备 PC 材料的前方滑动侧窗，后角窗和后窗玻璃，这些车窗全部使用符合技术规定的 LEXAN 树脂和涂层技术制造而成，包括汽车 B 柱前方的车窗，这对于实现驾驶能见度是一个硬性要求。车窗所用 EXATEC.E900 先进等离子则是 SABIC 的专利技术，它既符合耐磨性要求，又提高了耐气候性。

三层 PC 材料汽车玻璃的共注成型。PC 具有优良的抗冲击强度，但其耐候性较差。而 PMMA 正好相反，同时起到缓冲的作用。将两种材料组合起来能够达到理想的效果。共注射成型以 PC 为芯层、PMMA 为外层的三层结构的车窗，分三次注射成型。通过控制界面间的粘接力，达到不同的抗冲击强度。共注射成型减少了生产工艺步骤，免除了与薄膜生产相关的处理成本，同时该方法还具有更大的设计自由度。保护窗体表面，提高抗刮擦性，同时提供一些附加功能，如阻隔热和光等。

3.2.6. 汽车车灯注塑成型技术的绿塑创新驱动

车灯的型式千变万化，更新速度很快，其使用的高分子材料也在不断发展，注塑工艺不断开拓，推动了功能化的车灯注塑机的多品种的科学发展。

力劲科技集团三色车灯专用注塑机 EFFCTAPT1300V，主要用途是加工 PC 的前灯罩和 PMMA 的后灯罩注塑件。鉴于车灯由透明、黄色和红色三种颜色组成，过去需要三次工序完成，而使用 PT1300V 则可以一套模具一次完成，大幅提高生产效率和产品质量。PT1300V 在多项技术上进行了创新和突破，譬如针对 PC 和 PMMA 的注射螺杆和机筒，研发出优良的相溶技术；设计专用的垂直旋转台，使中心转动系统成为一个关键部件；引进“一机双射台”理念设计了两个注射台，有助于单色或多色产品的转换生产等。

3.2.7. 表面处理绿色清洁注塑技术的绿塑创新驱动

表面处理绿色清洁成型加工技术实现注塑件表面不需进行二次涂装工艺，达到无废水、废气排放的清洁生产。

汽车涂装工艺是对环境造成主要污染因数。国内汽车涂装行业，涂装 1 m² 的面积，有机溶剂总挥发量达到 180 g 以上，将近高于国际先进水平的 5 倍，污染生态环境。

1) 表面镀铬装饰件的绿色复合注射成型的绿塑创新驱动

ABS 塑料件具有能被镀铬性能，广泛应用于需表面装饰的塑料件，例如门把手。ABS 塑料件由于电镀前期处理过程中，塑料变脆，强度下降，降低了力学性能。提高表面镀铬装饰件的力学性能，成为研

发的课题。表面镀铬装饰件为达到既具优异的力学性能又能电镀，采用复合组件，需电镀的表面为 ABS 材料，本体为不具电镀性能、对电镀液不敏感的高强度 PC 材料。根据制品需要，成型可采用双组分注射成型，也可采用模内贴标注射成型。

2) 免喷涂复合注塑技术的绿塑创新驱动

免喷涂作为一种无污染技术的全新解决方案广受关注，是目前国际上的热门技术，每年以 20% 速度在递增，已成为当今非常重要的课题。免喷涂干漆膜模内装饰注射成型，是一种组合注射成型新技术，正在进入制件外观装饰领域。制品成型原理：先把制品形状的装饰干漆膜放入模腔，然后在背部注射成型制品，可以达到 A 级表面光洁度。装饰膜由模具进行热压成型，此模具的形状应当与注塑成型模具完全匹配，以防止随后产生皱褶。免喷涂高光无痕注塑是又一种免喷涂绿色成型技术，制件为整体同一材料，对环保及降低成本极为有利，免喷涂高光注塑技术的实施离不开高光泽塑料材料、高光注塑模具、模温温控设备以及注塑机和注塑工艺的紧密配合。

3) 无油漆模内薄膜装饰的注塑技术的绿塑创新驱动

无油漆模内薄膜装饰正在进入外观和结构零件领域，目前的趋势是将干漆膜用于越来越大型的零件上。干漆膜比油漆具有更好的耐候性和耐化学品性能，而且不会碎裂。制品成型原理：先把制品形状的干漆膜放入模腔，然后在背部注射，成型制品，可以达到 A 级表面光洁度。注射成型用薄膜由模具进行热压成型，此模具的形状应当与注塑成型模具完全匹配，以防止随后产生皱褶。薄膜颜色、DOI 和光泽度方面可与车体漆相匹配，但是它比油漆更耐划伤和撞击。

SoliatLLC 公司研发的四层结构的 Fluorex 薄膜由可热压成型的面层(成型后剥离掉)、含氟聚合物透明层、颜料层和粘接层/底层构成。基材是 150 密耳厚的 TPO 片材，它由 Sparteck Plastics 公司用挤出层压法粘接在漆膜上。零件由位于密执安州 Grand Rapids 市的 Stac Pac 公司进行热压成型和计算机数字控制修边。

3.2.8. 特种功能件的 MuCell 微发泡注射成型的绿塑创新驱动

超临界微细发泡射出成型技术“MuCell”在汽车部件的轻量化方面进入增长期，对很多零部件的轻量化做出了贡献。模芯后退控制技术是在成型时使模芯及时后退的技术，利用该技术有望进一步实现轻量化；MuCell 与模具的快速加热和快速冷却技术组合可改善成型品外观。这些技术开发还在继续，此外还在推进新的应用开发，比如用于通过气体溶解效果降低了树脂粘度的薄壁件等。

MuCell 微发泡不同于反应发泡，主要采用物理介质，如超临界 CO₂，成核气泡为微泡沫。微发泡部件较轻、残余压力较少，尺寸精度和尺寸稳定性卓越，材料消耗可减少 30%，成型周期可缩短 20%，部件更容易回收利用。极宽温度范围内表现出极高的尺寸精度和尺寸稳定性，提高使用寿命周期。

日本马自达汽车公司开发超临界流体(SCF)发泡技术与核心反向扩展成型工艺相结合，可生产多层部件，并能更好地控制泡沫结构，改进塑料的热绝缘和声学性能。所用(SCF)可从惰性氮气或二氧化碳气体制取。

3.2.9. 结构件轻量化的结构泡沫注塑成型技术的绿塑创新驱动

面对日趋激烈的竞争，汽车制造商最希望得到的，是能够帮助他们提高生产效率、节约成本、缩短生产周期、减轻车体重量，同时又能改善车身强度的产品。

创新型的 BETAFOAM™ SR 结构泡沫是陶氏 BETAFOAM™ 聚氨酯泡沫材料家族的最新成员。通过在汽车车身空腔注入 BETAFOAM SR 结构泡沫，可起到隔热密封的效果，对于防止汽车碰撞受损、增强汽车牢固度、提高能源效率起到更好的保护作用，让汽车变得更结实安全。BETAFOAM SR 注入加工，只要采用市场上的胶枪，就可以随时随地为自己的车辆进行加固，就像创口贴一样简单易行，不再需要

任何金属模具。另外，BETAFOAM SR 还可以弥补设计缺陷，同时不会产生额外的模具成本。

巴斯夫座椅框架的设计体现出轻质结构材料在节省资源方面发挥的作用。它采用了可再生能源比例高达 60% 的 Uhramid Balance PA 以及其他热塑性塑料和吸能泡沫，尽可能降低车身的重量。

3.2.10. 饰件注塑成型技术的绿塑创新驱动

内饰件主要有仪表板、车门内板、副仪表板、杂物箱盖、座椅、后护板等，外装饰件主要有保险杠、挡泥板、车轮罩、导流板等。

全套内饰件的解决方案，绿色创新服务战略。湖南长丰汽车塑料制品有限公司设有为汽车仪表台总成及汽车内外塑料饰件的专业研发机构，配合整车制造企业同步设计及制造内饰件。公司还设有试验室，能进行多项塑料性能指标的检测，能够满足多项涂装性能指标进行验证。

专业及差异化成型设备，推动绿塑创新发展及提高市场竞争能力。恩格尔推出的用于制造汽车内外饰件的 Duo 600 pico 机器，其产品设计注重能耗及速度，不仅能缩短循环周期，相应提高产能；还能降低能耗，直接降低成本，保证了产品在市场上的竞争力。

3.2.11. 节能降耗热流道技术的绿塑创新驱动

热流道降低注塑的流长比，大幅降低锁模力及制件的内应力，达到降低成型能耗及提高制品质量，热流道技术特别在汽车大型薄壁复杂注塑件生产工程中的绿塑创新的作用越来越凸显。

圣万提的热流道系统为汽车照明市场中使用耐高温聚合物的工程部件以及与热塑性塑料配套使用以开发最新光学系统和光锥调整技术的部件提供高效解决方案。新型“即插即用”针阀式热流道系统配置带有气缸的螺纹/旋入式喷嘴，减少熔料从流道转向喷嘴所经过临界区域的热损耗，实现了产品外观的最优化且无需处理冷料柄，为客户节省了开支，有助于节能成型加工和最大限度地保证那些高要求应用部件的成型质量，提升了汽车照明灯的质量。

4. 基于新常态战略的汽车绿色生物基塑料工程技术的绿塑创新驱动

生物基高分子材料以可再生资源为主要原料，在减少塑料行业对石油化工产品消耗的同时，也减少了石油基原料生产过程中对环境的污染，是实现“节能减排”、发展“低碳经济”的重要手段之一，具有重要的实际价值和广阔的发展空间。

称作“绿色塑料”，符合资源可持续发展的战略，实现汽车更优异的生态环境保护性能。

近年来越来越多公司开始推出生物基塑料应用于汽车工业，展示出广阔的发展空间。

4.1. 生物基塑料应用于汽车领域的绿塑创新驱动

生物基塑料可以不同程度的进行生物降解，它为世界指明了一条不再依靠石油生产塑料的道路。近年来，生物基塑料的开发、物性的改进以及供应体制的完善，稳步推进应用于汽车工业及促进绿色汽车的发展。

4.1.1. 生物基塑料提高汽车节能降耗的绿塑创新驱动

汽车供应商佛吉亚(Faurecia SA)已开始在欧洲生产一种麻和聚丙烯结合的注塑生物复合材料，生产出更薄壁但结构能力不变的零部件。同时，该公司还在开发一种纯天然复合材料，将天然纤维和一种植物基树脂结合在一起。这两项开发都是为了帮助汽车业减重和规避传统材料的价格波动，为了实现到 2025 年达到每加仑 54.5 英里的美国燃油经济性标准。

佛吉亚已开发出采用一系列天然物质合成的全新注塑材料，并已在标致全新一代 308 车型的车门上有所应用，使每块车门板减重 400 克。佛吉亚公司、三菱化学株式会社、BioAmber 公司合力开发出 100%

源自天然材料合成的 BioMat 材料，并与普通材质相比，在重量减轻的同时，性能丝毫不会降低。

4.1.2. 生物基塑料提高汽车乘员室健康环境的绿色创新驱动

生物塑料不含聚氯乙烯、邻苯二甲酸酯等有毒物质。生物基塑料的内饰件，寿命周期不会释放 VOC，提高 LIAO1 汽车乘员室的健康环境。三菱化学和佛吉亚(Faurecia)成功开发出生物降解性树脂 PBS，用于汽车内饰材料。丰田汽车公司的混合动力车“SAI”的坐垫、地垫、行李舱托盘和行李舱内表面，三菱汽车公司的纯电动汽车“i-MiEV”的部分座席面等，均采用了生物基 PET。

4.1.3. 生物基塑料提高汽车的防护安全能力的绿塑创新驱动

Dytech 动力流体技术公司选择帝斯曼的高性能 EcoPaXX 生物基聚酰胺 410 系列产品应用于其所生产的法拉利与玛莎拉蒂跑车专用油气分离器。这一应用领域对阻燃性与耐化学性的完美结合有着较高的要求。因此，这项以无卤阻燃 EcoPaXXQ-KGS6 为特色的解决方案将有助于提高车辆防火性能。EcoPaXX 油气分离器表现了较低的 E10 渗透率——0.002 克/天。厚度为 0.7 毫米的 EcoPaXXQ-KGS6 的阻燃性等级为 UL94V-0。EcoPaXX 还具有另一显著优势——聚酰胺 410 材料 70% 的原材料来源于可再生资源。此外，在这款产品“从摇篮到坟墓”的整个生命周期中，温室气体排放量全部能够实现碳中和。

4.1.4. 生物基塑料拓展塑料的汽车应用领域的绿塑创新驱动

杜邦生物基热塑性弹性体 HytreIRS 可以使用注塑、吹塑、压延、滚塑、挤塑和熔铸成型等传统的热塑性加工工艺，其应用范围广泛，包括汽车和工业用软管和管道、等速万向节防尘罩、安全气囊盖和消能阻尼器。

日本三菱化学公司着眼于光学和能源、电子仪器、汽车、装修装饰领域，开发的透明生物工程塑料 PC (DURABIO) 的共聚单体以从葡萄糖中萃取的异山梨醇为原料，产品的透明性、光学性能及耐磨性等均优于传统的石油基 PC，其透明性使其易于着色，即使是较深的色调和金属效果漆。

杜邦公司从植物提炼出来的新型材料 Zytel610 尼龙树脂，具有极强的耐热、耐盐(氯化钙)腐蚀性能及持久性，创新应用于发动机周边关键零件。

荷兰化工巨头帝斯曼公司利用 70% 蓖麻油基材料，开发 EcoPaxx 产品可用于汽车引擎罩内的热塑性材料。

韩国仁川市的韩国端子工业株式会社(KET)选择杜邦最新开发的耐水解系列产品 CrastinHRHFS 用于制造 20A3P 和 200A2P 高电压屏蔽连接器(HVSC)。20 安培 3 针连接器用于连接汽车压缩机及电子控制单元电源，而更大的 200 安培连接器用于连接汽车电池组和逆变器。

大豆基聚氨酯正在被用作汽车座椅垫的填充材料，而混合大豆油树脂混合料也被包括福特在内的众多汽车制造商用在聚氨酯泡沫座位中，据估计，已有 150 多万辆汽车使用了大豆聚氨酯混合材料。蓖麻油也在以尼龙树脂混合料的形式被用于引擎罩下部件中崭露头角。

生物 PET 用作汽车的内装材料。丰田汽车公司的混合动力车“SAI”的坐垫、地垫、行李舱托盘和行李舱内表面，三菱汽车公司的纯电动汽车“i-MiEV”的部分座席面等，均采用了生物 PET。日本丰田通商公司预测，到 2015 年，生物 PET 的使用量将扩大到 300 万吨以上。

4.2. 生物基塑料的注塑技术的绿塑创新驱动

注射成型的生物塑料通常由 PLA、PHA 和淀粉基塑料构成。生物基塑料的熔点温度与降解温度非常接近，加工窗口很窄，如 PHBV，熔点 154℃，但其降解温度为 182℃，加工窗口就非常窄。一旦过热，就会造成凝胶、黑斑或者黄变。材料供应商为克服这一注塑成型的难题，开发出增大结晶和降解之间的温差的汽车用增强级塑料，从而改善了材料的注塑加工性能和终端使用性能，拓宽了材料加工窗口及应

用范围。汽车供应商佛吉亚(Faurecia SA)已在欧洲生产一种麻和聚丙烯结合的注塑生物复合材料,生产出更薄壁但结构能力不变的零部件,帮助汽车业减重和规避传统材料的价格波动,实现到 2025 年达到每加仑 54.5 英里的美国燃油经济性标准。

生物基塑料的注塑工艺要点。在注射成型中,这些材料出现的最大问题是由于过多的热量、剪切或停留时间所造成的热、湿气和降解。生物塑料一般具有较大的吸湿性及湿度敏感性,因此必须进行干燥,否则会造成材料的分子量和熔体粘度下降,同时产生飞边,并使制品变脆。在成型可再生生物基塑料,原料干燥至含水量不大于 0.1%。加工温度波动保持在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,以不破坏材料的热、剪切和水解稳定性。在薄壁产品中,流长比不能太大,而如果增加充模压力来解决,也会同时增加剪切,而这可能导致分解及制品变脆。为了避免熔融料停留时间过长导致分解,机筒容积为注射量的 3~4 倍,2 倍更好。Nypro 公司已经开发了自己的流动模拟软件包,以模拟生物塑料的成型行为,包括收缩和热变形行为。

PLA、PHA 生物聚合物注射成型。推荐使用压缩比为 3:1 和长径比为 20:1 的螺杆,这样,熔体不会受到过度的剪切。一般,进料口温度应该在 21°C 左右,推荐的熔融温度为 $180^{\circ}\text{C}\sim 210^{\circ}\text{C}$ 。螺杆转速应为 100~200 r/min,背压 0.3~0.7 MPa。计量段和喷嘴的温度应该在 $180.78^{\circ}\text{C}\sim 205^{\circ}\text{C}$ 之间,而模具应该保持冷却,温度在 25°C 左右,制品收缩率 0.004 cm/cm。

淀粉基生物聚合物注射成型。加工螺杆为渐变型、单螺纹螺杆,压缩比 2.5:1,长径比 25:1。其熔融温度为 $150^{\circ}\text{C}\sim 220^{\circ}\text{C}$ 。

4.3. 吹膜成型加工生物基塑料件技术的绿塑创新驱动[2]

淀粉基生物降解塑料的熔体强度一般低于传统的 LLDPE、LDPE 或 HDPE 吹膜牌号,在挤出吹膜加工的过程中,容易造成膜泡不稳、褶皱、产能偏低等一系列加工问题,导致吹膜产品的外观甚至物性的重大缺陷。熔体强度反映聚合物熔体的抗延伸性及抗熔垂性,它是决定产品成型时材料加工特性的一个非常重要的性质。特别是在吹膜加工中,在设备和工艺无异常和变化的情况下,聚合物原料的熔体强度是影响膜泡稳定性的最主要因素。原料的熔体强度越大,膜泡的稳定性越好。

熔体强度。熔体强度对薄膜的强度性能的影响最大。提高熔体强度,除了提高材料自身的支化度和分子量、降低熔体温度之外,在吹膜加工中最为有效的就是提高对熔体的冷却效果,其中以更改不同结构的风环最为有效。双风口风环对于淀粉基生物降解塑料的膜泡有很好的稳定作用,其冷却效果大大高于单风口风环。

吹胀比和牵引比。这两个关键工艺参数,对生物基降解塑料薄膜的纵横向拉伸强度、断裂伸长率和耐撕裂力等性能有影响。成型工艺中,科学确定两者之间的匹配关系,达到最佳的纵横向拉伸强度、断裂伸长率和耐撕裂力强度。

5. 基于新常态战略的汽车绿色弹性体塑料工程技术的绿塑创新驱动

弹性体塑料是介于橡胶与树脂之间的一种新型高分子合金材料,材料加工性类似热塑性塑料,生产效益很大,而实际应用中的作用又酷似橡胶。TPE 材料不仅可以降低系统成本,减小部件质量,提高部件性能,提高回收利用率,还可以改善汽车外观。安全无毒,无污染、环保可靠,完全符合欧盟 RoHS 指令;稳定性好,回弹性能好,优异的耐候性、耐擦刮性,良好的对化学物质,油品,溶剂和天气的抵抗能力,具有通用塑料制品的加工性能。由于不需再像橡胶那样经过热硫化,使橡胶工业生产流程缩短了 1/4,节约能耗 25%~40%,提高效率 10~20 倍。

5.1. 汽车绿色弹性体塑料工程提升汽车安全可靠及清洁绿色塑料工程的绿塑创新驱动

解决现有许多汽车安全问题的关键还是在于塑料。弹性体塑料能吸收大量的碰撞能量,对强烈撞击

有更大的缓冲作用，提高对车辆和乘员的安全可靠的保护性能。

弹性体塑料还具有更大的吸收和衰减振动与噪声的能力，提高乘坐室的清洁环境。

5.2. 汽车绿色弹性体塑料工程的应用领域的绿塑创新驱动

目前汽车上常用的热塑性弹性体主要分为四大类，分别是聚烯烃类 TPE (TPO 和 TPV)、聚酯类 TPE (TPEE)、聚氨酯类 TPE(TPU)和苯乙烯类热塑性弹性(TPS)。

TPO 主要用在汽车保险杠、内饰表皮材料、门窗密封条、档泥板、转向齿轮箱护套、燃油管等；TPV 主要用在高级乘用车的保险扣、角型防冲档、风档、空气阻流片及各种送风、输水胶管、门窗防水密封条、油封、垫片等；TPEE 主要用在等速万向节护套、手制动滚轮上、安全带部件、门闩、控制系统防护罩、齿轮和齿条护罩、支撑装置护罩、球形结合用的衬套和灰尘防护罩等。TPU 具有优良的耐磨性和耐弯曲疲劳性，可用于连接轴套、密封环及垫片 TPS 主要用于汽车胶管、密封垫和胶黏剂上。

Dupont 公司研制出了 MultibaseG-7000 苯乙烯类热塑性弹性(TPS)，它可在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ 的温度下使用，对热氧化破坏有很高的稳定性，耐紫外线和耐臭氧性都很好。DuPontTM ETPV 十分适合汽车工业应用，特别是其强化的耐热性和抗腐蚀性能，在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 160^{\circ}\text{C}$ 之间可抗油脂和耐化学品性，适合作汽车发动机罩下的零部件物料，如喉管、点火器、嵌缝、车身塞、液压喉及车内等角速万向节(CVJ)罩等。

AEM-TPV 和 TPSiV 具有很高的耐油性能，使用温度也能达到很多的工程应用领域的要求。所以这些材料可以应用在汽车引擎密封盖、保护靴及软管等领域。

TPV 材料经 500 万次的挠曲不破坏，而在相同条件下天然橡胶只能耐 10 万次左右。

TPV 的挡风玻璃刮水器密封具有良好的耐磨损性和抗扯性，即使在低温环境下仍具有较好弹性和耐老化性。

TPV 具有优良的化学稳定性，经二次注射成型的油箱密封可在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 范围内抵抗来自清洁剂、飞溅的汽油、涂料等的腐蚀，可赋予优越的密封性能。

5.3. 复合型 TPE 制品成型加工技术的绿塑创新驱动

TPE 成型加工技术的科学发展，提高 TPE 制品的功能机性能，拓展汽车领域的应用范围，实现汽车与时共进的节能、环保和安全的“现实需求”及“潜在需求”的科技水准的可持续发展。

5.3.1. 双组分注塑成型加工技术的绿塑创新驱动

通过双组分注塑的包覆成型技术，将弹性体 TPE 与刚性基材复合，不仅可以使制品表面充满柔感，还可以增加产品功能性与附加值，如减噪、减震、防水、防撞，防滑，舒适感等。模具是整项技术的灵魂。模具通过转动移位，达到同步注塑不同物料的效果。恩格尔的无拉杆多组分注塑机，适应多组分模具大而注塑件表面较小，所需锁模力也相对较小，模具可以超越模板安装边缘，因而，即使模具较大，也可以使用较小的机型以节省成本与能源，在 TPE 多组分汽车零件注塑成型加工中得到广泛应用。传统的单一塑料组成的操纵件，触感性及后装饰性能差。双组分成型加工技术的发展，实现在传统塑料操纵件表面注塑一层包裹的 TPE，发挥 TPE 制品表面触感性和 TPE 制品表面着色性极佳的两项性能，制品成型后可为用户实现个性化的装饰图案，具有对个性化需求欲望超强的客户的吸引力。KRAIBURG 新开发的两个 TPE 系列，与 PP、ABS、PC/PBT 进行双组分注塑成型操纵件，发挥了表层 TPE 抵抗日常使用产生的一切影响的性能，如手汗、酒精、紫外线、天气原因带来的影响，同时可满足对色彩的期望。

5.3.2. 多层无粘复合加工技术的绿塑创新驱动

多层无粘复合加工，由于省却了粘结剂，实现了清洁、节能复合。TPE 膜具有优异防泼水功、超强韧性，不含任何有害身心健康气味及重金属，不滋生细菌，营造健康绿色环境，很适宜做环保背胶面

料。TPE 复合膜具有超强的剥离强度。长期来车内软装饰件为软质 PVC，虽然在 PVC 料的增塑剂的环保性能方面做了大量的研究和应用，但只能减少而不能杜绝有害物质的排放、迁徙，装饰件的环保性能成为长期困扰的问题。以可热粘结的普通软质塑料材为基体与 TPE 薄膜实现无粘结剂的复合，降低成本，装饰件达到绿色化的性价比。复合汽车脚垫，表层为 TPE，采用高温复合，不用胶水粘连，避免胶水水中的甲醛对人体的伤害，真正做好了绿色环保，提高车内空气的质量。

5.3.3. 复合型背部注塑加工技术的绿塑创新驱动

实现汽车零件的干漆膜化，杜绝汽车零件由于涂装而产生的有害物质的排放。注塑机的移模位置的控制精度的提高，机械手的应用，使背部注塑技术得以实现及推广应用。背部注塑把 TPE 薄膜热压成型为零件的形状，放到注塑模具里，模具合紧后，在它的背面注塑熔融的物料，使两者结合为一体，特别适合于像保险杠面板那样较复杂零件。注塑成型的制品，不需要涂装，符合汽车免喷涂化的发展。免喷涂不仅可以大幅降低成本，而且可以减少喷漆过程造成的环境污染。

5.3.4. 橡塑复合挤出加工技术的绿塑创新驱动

橡塑复合连续精密挤出的发展，实现控制外层 TPE 达到最佳状态和完满的圆周及侧向材料分布，内芯/内层/主体的能不受材料分布的影响而加工变化广泛的 EPDM。橡塑复合密封条，内芯为橡胶、包裹外层为 TPE，有两种制造工艺：1) 橡塑复合连续挤出，在复合机头/口模处实现共挤包覆。复合机头需有多处控温又互不干扰，以适应 TPE 与橡胶的挤出温度相差很大的工艺要求，而此时为抗衡橡胶密封条在微波和热空气硫化槽中的硫化温度，使 TPE 材料性能不变，需采用特殊的耐高温的 TPE 材料；2) 在橡胶密封条硫化后，一边挤出 TPE 薄膜，一边在高温下与密封条包覆。

5.3.5. 发泡 TPE 制品成型技术的绿塑创新驱动

发泡成型加工技术提高 TPE 制品的轻量化、缓冲性、比强度的性能。

挤出发泡加工技术。TPE 挤出发泡材料兼顾热塑性弹性体和发泡塑料所具有的优良特性，可以用作用可吸收冲击能量和震动能量的座椅、头枕等制品，提高乘坐的舒适性及减轻碰撞时对人体伤害。TPE 因熔体强度较差等原因难以被加工成发泡级产品，山东道恩北化弹性体材料有限公司采用环保无害配方体系，开发出了具有发泡均匀、细密、泡体强度高特点的挤出发泡级 TPE。北京化工大学冯刚和苑会林，研究了发泡剂的用量、成核剂的种类和用量、交联剂，以及加工参数、螺杆结构对挤出成型工艺制备 TPE 挤出发泡材料性能的影响，为实现 TPE 发泡制品的应用提供了科学技术。目前，TPE 发泡材料汽车上应用还处于初始阶段，有待于应用开发，例如 TPE 发泡材料用作隔震垫片，能在高速的前提下，降低车轮及路面的动力效应，提高舒适、安全的性能。水发泡海绵状 TPE 在国外已研制成功，成为今后取代海绵橡胶制作汽车密封条的新趋向。

5.3.6. 高效节能的料斗加料干燥技术的绿塑创新驱动

弹性体塑料粒料往往含有不同程度的水分、熔剂及其它易挥发的低分子物，特别是具有吸湿倾向的弹性体塑料 TPR 含水量总是超过加工所允许的限度。因此，在加工前必须进行干燥处理，并测定含水量。在高温下 TPR 的水分含量要求在 5% 以下，甚至 2%~3%，因此常用真空干燥箱在 75℃~90℃ 干燥 2 小时。传统干燥机节能发热元件是电热管及陶瓷红外线等耗电高、寿命短之加热元件。采用可调高效率热风元件，利用鼓风机将热分子吹送到需热干燥的塑料原料上，发热元件所产生的热量 95%，由风扇的对流空气传达至被加热的物体上，节电可达 30% 以上。张家港市联达机械有限公司 LDYW-200 型红外线结晶除湿干燥系统，结晶 - 除湿 - 干燥三位一体一次完成，时间短、效率高、能耗低，几乎不破坏原料结构。

5.3.7. 高动态反映的阀控伺服注射技术的绿塑创新驱动

TPE 不同于普通塑料的注射性能,充满流道系统的最佳时间为 0.5~1.5 秒。普通的液压注射系统及伺服电机驱动的注射系统的动态性能难以达到。普通开关阀动态反映时间需约 250 ms,不可能实现瞬时高速注射,唯伺服阀控制系统才能达到。阀控伺服系统由电液伺服阀和执行机构构成闭环控制系统,瞬时高速注射时间在 0.5 s 时间内完成,注射速度可达 300 mm/s,实现双组分的 TPE 薄壁包覆制品的成型加工。

5.3.8. TPE 注塑螺杆及其注塑参数的绿塑创新驱动

注塑螺杆主要技术参数:压缩比 2,均化段长度 50% L,加料长度段 15% L,螺槽深度 0.05~0.06 D,螺距 1 D,螺棱宽度 0.1 D,止回环宽度/环径为 0.6~0.8。直通喷嘴。

注塑主要技术参数:螺杆转速 20~70 r/min;加热温度:喷嘴加热温度 170℃~180℃,机筒加热温度(前) 175℃~185℃,(中) 180℃~200℃,(后) 180℃~170℃;模具温度 20℃~40℃;注射压力 80~100 MPa;保压压力 30~40 MPa;行程/直径取 2~4。

5.4. 弹性体应用汽车绿色塑料工程的绿塑创新驱动[3]

热塑性弹性体因其弹性好、加工性能强等优势迅速占领了市场,极大地满足了我们的市场需求。同时,随着合金化技术的进步,尤其是相容化技术的出现,数量更大、品种更多、功能更齐全的热塑性弹性体陆续进入市场,其应用前景被人们广泛看好。TPE 的耐热性不如橡胶,随着温度上升而物性下降幅度较大,因而适用范围受到限制。同时,压缩变形、弹回性、耐久性等同橡胶相比较差,价格上也往往高于同类的橡胶。但总的说来,TPE 的优点仍十分突出,而缺点则在不断改进之中,作为一种节能环保的新型原料,发展前景十分看好。

6. 基于新常态战略的汽车复合材料工程技术的绿塑创新驱动

汽车高科技的发展离不开复合材料,复合材料对现代科学技术的发展,有着十分重要的作用。复合材料的研究深度和应用广度及其生产发展的速度和规模,已成为衡量一个国家科学技术先进水平的重要标志之一。

市场调研公司 Markets and Markets 发布了一份关于车用复合材料市场调查报告。这份研究报告分析了车用复合材料(包括聚合物基、金属基、陶瓷基)及其应用(内部部件、外部部件、底盘和传动部件及其他)的全球趋势及至 2019 年的预测。根据这份报告,全球车用复合材料市场将以 8.5% 的年均复合增长率,在 2019 年达到 71.42 亿美元。高端汽车上的金属部件逐步用复合材料替代。而且随着技术的进步,复合材料的价格还会继续下降,意味着汽车业对复合材料的需求也会继续增长。亚太地区是全球车用复合材料最大的市场。而中国是亚太地区的主要消费者。

汽车复合材料主要指由天然纤维、玻璃纤维、碳纤维与塑料组合而成的材料,发挥各种材料的优点,克服单一材料的缺陷,扩大材料的在汽车绿色塑料工程领域的应用范围

复合材料结构件可以满足汽车零部件在结构、尺寸及其他方面的性能需求,越来越显示其强大的生命力。

复合材料来制造工艺包括 RTM、SMC、NMT、GMT、LFT 等。从材料成本、工装模具成本、尺寸稳定性、可回收性、加工时间以及表面光洁度等方面来看,每种工艺都有其优势和劣势。但是让材料类型统一,从而实现循环再利用,则是一个较大的挑战。

复合材料的减重节能、低碳排放的绿色化效果是不可否认的。目前汽车的尾门和保险杠的位置普遍都使用的塑料制品,使用复合多层材料组织之后,后尾门比金属尾门重量减轻 30%。同时为汽车制造商

提供更符合空气动力学的设计，轻量化的同时更降低风阻，这进一步降低了燃油消耗和尾气排放。

复合材料的减重效果是不可否认的，如何通过经济有效的方式来发挥其减重效果则是推进复合材料在汽车上大量应用的关键。

6.1. 汽车天然纤维复合材料工程技术的绿塑创新驱动

天然纤维复合材料为植物基材料(如麻纤维、竹纤维、甘蔗渣纤维等)具有价廉、可回收、可降解、可再生、成本低、密度低、降噪声、在运行中又安全等绿色化性能，自最初用于车门内衬等少数隐藏零部件以来，已开始出现在与车主接触和互动的车辆部位中，近年来成为汽车材料研究开发的热点之一。

6.1.1. 天然纤维复合材料提高汽车资源节约型绿塑创新驱动

天然纤维复合材料可节约高分子材料，同时又有利于清洁生产和塑料产品性能的优化。纳入天然纤维增强复合塑料的来源有纤维素、木材、亚麻、黄麻、剑麻、大麻、龙舌兰叶纤维、椰子壳纤维，以及稻草与其他农作物废料等。用天然纤维如亚麻、剑麻增强塑料制造车身零件，在汽车行业已经得到认可。

汽车供应商佛吉亚(Faurecia SA)经测试，麻被证明是天然纤维填充增强 PP 复合材料最佳的天然原料，因为与聚丙烯化学属性最为契合。

6.1.2. 天然纤维填充增强复合材料推动汽车生态轻量化的绿塑创新驱动

天然纤维是环保材料，而且植物纤维比玻纤轻 40%，减轻车重可降低油耗。用亚麻增强 PP 制作车身底板，材料的拉伸强度比钢要高，刚度不低于玻纤增强材料，制件更易于回收。对操作工人，可免除因玻纤引起的皮疹和呼吸性疾病。

内饰专家们已推出了采用高光泽的天然纤维复合材料来生产可见新概念的饰件，这与木屑的传统利用方式颇为相似——不过天然纤维复合材料能兼顾装饰性和结构要素。

戴姆勒-克莱斯勒公司用亚麻/剑麻毡增强的环氧树脂复合材料应用在 E 系列轿车的车门、车内饰件，先前用的是木纤维复合材料，使得重量减轻了 20% 左右，而且机械性能、安全保护性能也得到了提高。05 款 A 级 2 门轿车用麻蕉纤维增强复合塑料大批量生产备胎罩，成型该零件较常规玻璃纤维增强复合塑料节能 60%，它是世界第一个天然纤维大批量应用于外装件的范例。

三菱汽车公司与 BASF INOAC Polyurethane 共同开发使用竹纤维、源自蓖麻籽油的多元醇以及椰子油甘油，并添加源自石油的多元醇以及石油类的二苯甲烷二异氰酸酯，制成竹纤维强化 PU，与聚丙烯(PP)制成的侧面车门装饰面板相比，整个生命周期(从原料采集到汽车报废)中的二氧化碳排放量削减约 3 成。

6.1.3. 天然纤维复合材料应用领域的绿塑创新驱动

天然纤维复合材料应用范围由汽车内饰件拓展到结构件的绿塑创新驱动。

英国生物塑料开发商 Net Composites 领军开发了一项名为 Combine 的研究计划，创新的结合 Combine 计划的目的是通过对自然纤维和生物塑料的创新结合来开发一种高性能的、以生物为原料的合成物，这种合成物可以用作结构部件。

丰田汽车公司采用聚乳酸和洋麻复合的材料，已研制开发了汽车轮胎罩和车垫，逐渐将以往丰田汽车中的一些通用塑料部件全部采用生物制件代替，已经将生物基塑料的使用范围除延伸到传动系统以外，还在混合动力车普瑞斯的车架中启用了基于玉米、甘蔗或洋麻的生物塑料。

福特汽车公司设在德国的材料工程部门在研究亚麻/PP 注射成型方面取得了相当的进展，在新型的福特车中这种材料将用于制造冷却器架和引擎挡板等部件。用这种材料制造的部件重量比用玻璃纤维增强的材料轻 25% 左右。

6.1.4. 天然纤维复合材料性能开发的绿色创新驱动

自然纤维有填充成型短纤维和压缩成型的垫子纤维两种，但这两种都不能提供足够的强度和硬度来制造结构部件。自然纤维纱通常都是拧在一起的，这使得向其中注入粘性热塑树脂变得很困难。在这个计划中，麻纤维和亚麻纤维要经过加工，将之纺成连续的纤维，再织成高性能的纺织物。把这些纺织物与自毁型生物塑料如聚乳酸结合，然后通过真空袋成型和压缩成型使之成型为各种部件，最后还要进行表面处理。材料结合和加工技术还有待于改进，同时也要考虑材料将来的环境退化、混合性和可回收性等因素。

汽车供应商佛吉亚(Faurecia SA) 已开始在欧洲生产一种麻和聚丙烯结合的注塑生物复合材料，同时寻找机会把此技术在北美推广。同时，该公司还在开发一种纯天然复合材料，将天然纤维和一种植物基树脂结合在一起。这两项开发都是为了帮助汽车业减重和规避传统材料的价格波动。

6.1.5. 国内天然纤维复合材料的绿塑创新驱动

我国是一个农业大国，天然纤维资源丰富，天然纤维复合材料开发及应用的空间很大，减少碳排放的时空广泛。以秸秆为例，我国每年可产生秸秆 7 亿多吨，而在理论上 4 吨秸秆就可做成一吨可降解塑料产品，可以省掉近两亿吨传统塑料，就可以节省 6 亿吨原油，减少 3.8 亿吨二氧化碳的排放。国内对秸秆复合材料的开发及应用，进展缓慢。亚洲是未来生物塑料的开发及应用的主要地区，中国是汽车生产大国，应起到引领的主导作用，绿塑创新汽车领域的应用。

国际上对秸秆复合材料的开发应用领先于我国。麦秆一直作为天然纤维增强件被用在塑料板材中，而福特、Schulman 公司及整个开发团队根据这一成果设计出了一种可供汽车业使用并扩充应用的产品。AgriPlas 所用的原料基本上是小麦生产中的废弃物，这一产品是由美国 A. Schulman Inc.公司和加拿大滑铁卢大学通过其安大略生物汽车计划共同开发的，采用聚丙烯和 20%麦秆混合制成的 AgriPlas 树脂现被用在 Flex 的第三排储物箱中，比全 PP 材质储物箱轻 10%，据福特估计，在储物箱中用麦秆代替树脂将每年减少 2 万磅的油耗，每年还可减少 3 万磅的二氧化碳排放。

6.2. 汽车玻璃纤维复合材料工程技术的绿塑创新驱动

玻纤增强塑料是在塑料的基体(常用的热塑性基体为 PP、PA6、PA66、PBT、PET、PEEK、等)，上，加入玻璃纤维和其它助剂而成的复合材料。玻璃纤维复合材料的质量只有钢材的四分之一左右，具有比强度和比刚度高、不生锈、结构整体性强、成本低、设计自由度大等优势，复合材料的种类、数量、纤维方向以及其他参数可以自由选择，力学性能可在大范围调节。在汽车行业中，应用越来越广泛，例如软质仪表板的支撑骨架、车门坎板、发动机罩、风扇叶轮、发动机和动力系统部件、节流体和流量计等。

玻璃纤维/热固性树脂复合材料已经以玻璃钢的身份在汽车领域取得了广泛的应用。

玻璃纤维/热塑性树脂复合材料一个重要特点是可回收利用，现已以批量生产的规模在汽车中进行试验，并已取得了良好的结果。

6.2.1. 汽车玻璃纤维复合材料应用技术全套解决方案的绿塑创新驱动

汽车玻璃纤维复合材料制品中，玻璃纤维的含量、长度、分散状况以及纤维与基体间的界面结合能力，都对最终制品的力学性能有重大影响，而这些因素又取决于体系组分配比，以及所用的加工设备和加工工艺。

汽车玻璃纤维复合材料的应用技术包括材料的研发、制品的设计、成型加工、后处理等全套解决方案，各个环节互相联合，才能取得绿塑创新驱动的成果。

通用电气公司塑料部与 CMI 国际公司联合研制玻璃增强的 PPS 注塑成型加工进气歧管，重量为

2.3~3.6 公斤，而压铸铝制歧管重 4.5~7.3 公斤，耐久性高于或等于铝制歧管，内表面光滑，可采用体积尺寸较小的歧管，降低了制造费用，而且由于塑料歧管导热性较低、低温空气密度较大，提高了空气燃料混合比，较大幅度提高发动机的效率。通用汽车公司同杰恩伯格工业公司合作研制一种玻璃纤维增强 PPS 复合材料与钢的复合型汽车凸轮轴，降低了发动机噪音低，改善了健康环境，而且生产时间由几小时削减为 40 秒，减少了生产的碳排放。

6.2.2. 汽车长玻璃纤维复合材料(LFT)的绿塑创新驱动[4]

长纤维增强热塑性塑料(LFT)是近年来取得突破进展的高性能新材料，具有高强度、高刚度、尺寸稳定、低翘曲度、使用寿命长、耐蠕变性能优良等显著特点，可以弥补或取代常规短纤维增强热塑性塑料(SFT)的许多不足和缺点。长玻璃纤维增强热塑性复合材料以其优异的性能成为汽车玻璃纤维复合材料的绿塑创新驱动的热点。

长纤维增强热塑性复合材料优良的综合性能主要得益于其材料中纤维的长度与分布。长纤维在树脂基体中沿轴向平行排列和分散，长度均匀统一，树脂充分浸渍增强纤维。长纤维含量可根据制件要求较大幅度从 30%至 80%调整。

长纤维增强热塑性复合材料弥补了热固性复合材料与短纤维增强热塑性复合材料的不足之处，与热固性增强复合材料相比有以下几方面突出的优点：基体树脂种类多，可选择性大；可热成型，成型周期短，生产效率高；韧性高，耐冲击性能好；预浸料保存期限几乎不受限制；制品可重复加工、废旧制品可再生利用；产品设计自由度大，可制成复杂形状、成型适应性广。

长纤维增强复合材料研发生产需解决三个方面的技术：是浸润设备的设计制造与浸渍工艺；长纤材料的选择和表面处理；是适合浸润的高分子聚合物的制备和改性。

6.2.3. 汽车玻璃纤维复合材料塑料应用领域的绿塑创新驱动

玻璃纤维复合材料结构件设计自由度大，外形多种多样，表面可制作具有特色的花纹。虽然玻纤含量高会对外观产生一定影响，但飞速发展的表面防护处理技术已经基本上弥补了这一缺陷，A 级表面是可以实现的。着色性好，可通过添加色母料或表面喷涂制成各种颜色的零件。

通过注塑和模压，可以实现各种不规则弧度，这是金属件难以达到的。

长期拒绝从金属转件化为塑料件的是节气阀盖，这个堡垒最后被巴斯夫公司 30%和 35%玻纤增强尼龙 66 攻破。它们被用在由法国的 MGI Coutier 公司设计的雷诺和标志车上，比同样的金属部件轻 50%。

1) 汽车仪表板骨架玻璃纤维复合材料的绿塑创新驱动

SMA/GF(玻璃纤维增强苯乙烯-马来酸酐共聚物材料)汽车仪表板骨架材料，尺寸稳定性，高刚性可以满足仪表板薄壁化设计的发展趋势，其壁厚一般在 2.2 mm 左右，相对于其他材料 3.0~3.5 mm 的壁厚设计，可以大幅度降低产品重量；独特的酸酐分子结构，副驾驶气囊爆破的同时不易飞溅发泡层及表皮，从而提高了被动安全性；良好的耐热性满足了汽车仪表板在 120℃，500 h 的热老化的要求。

2) 安全气囊壳体玻璃纤维复合材料的绿塑创新驱动

DSM 公司的玻纤增强的 AkulonK224-PG8PA6 已证明了其作为最好的安全气囊壳体材料之一，在很多方面不仅优于传统的金属材料，也优于其他塑料，可以提供极其优异的性能，同时还可以缩短生产周期，降低成本。它可以在-35℃的低温下正常工作，而不出现破裂或裂痕。在+85℃的高温下，它表现出了优良的抗蠕变性能，从而确保了此部件的固定点不会出现松动现象。全球已有大约 150 多种汽车的大约 1.2 亿个安全气囊使用了 AkulonK224-PG8PA6，而且最重要的是，失误为零。

3) 薄壁轻量化玻璃纤维复合材料的绿塑创新驱动

提高材料的流动性是实现薄壁去重化的性能关键。降低玻璃纤维复合材料熔融粘度，使包裹在其中

的玻璃纤维在注射成型过程中受到的螺杆推进剪切力较小，以减少玻璃纤维的长度剪切。DSM 公司开发的第二代 Akulon Ultraflow PA6，同比第一代产品，流动性提高 80%，甚至玻纤含量高达 60%，发动机罩的厚度从 3.2 mm 降低到 2.5 mm，节约了资源、降低了能耗。

4) GMT (热塑性玻璃纤维预浸料片材)应用技术的绿塑创新驱动

GMT 的材料具有重量轻、纤维分布均匀、强度重量比值高，可回收、制造工艺简单、投资成本低、产品重量和强度范围很宽，可以低压加工制品，产品制造周期短等特性，与热固性 SMC(片状模塑料)相比，具有成型周期短、冲击性能好，可再生利用和储存周期长等绿色化优点，广泛应用于汽车车身各部位。轻质高强度的 GMT 片材，通过结构优化设计，可取代部分金属材料，获得显著的减重效果，而且节省模具费用(仅为金属冲压模具的 10%~20%)，并有利于多种零件组合，形成模块化生产方式。用 GMT 片材可较原金属件减重 30%~80%，能耗仅为钢制品的 60%~80%，铝制品的 35%~50%，价格低于同体积的金属制品。GMT 片材在汽车工业中的应用，已达 40 多种，主要有座椅骨架、保险杠、仪表板、发动机罩、电池托架、脚踏板、前端、地板、护板、后牵门、车顶棚、行李托架、遮阳板、备用轮胎架等部件。

欧洲 GMT 制作汽车前端部件的用量约占汽车总用量的 28%，优点是可将包括车头灯、风机和散热器座、发动机罩搭扣以及保险杠固定点等功能集于一体，从而取代多个金属部件，与同等强度的钢部件相比，质量可减轻 20%，生产费用可下降 10%。与片状模塑料相比，GMT 前端部件在装配上和防震性上均具有优势。

在美国，GMT 已广泛用于模制汽车保险杠。而现在则发展为由数层单向 GMT (GMT-VD)组成性能更好的单向保险杠，这种保险杠在低温下也具有良好的刚度，能量吸收及故障自动保险性能优良，质量较轻，可按材料性能进行模制，可满足主要应力方向上的高刚度和高强度要求。

GMT 发动机隔噪声罩约占 GMT 在汽车总用量的 20%，主要是利用了 GMT 材料的抗冲击性能和耐低温性能。

GMT 回收利用性能。对回收的 GMT 部件进行加热，再模压成同等质量的同类部件或其它类型部件，可对其重复模压两次而不会明显降低性能。美国 GE Plastics 公司与 PPG 公司合资生产的 Azdel 牌玻璃纤维毡增强热塑性复合材料(GMT)已用于生产 Jaguar300 车保险杠，废弃的保险杠经过粉碎机粉碎后与 GMT 新料按 20:80 的比例掺混再复合成新的片材，其性能无明显下降。

6.2.4. 热塑性长玻璃纤维复合材料的注塑成型技术的绿塑创新驱动

长纤增强热塑性复合材料注塑成过程中纤维可以在成型模具中相对运动，纤维损伤小，纤维形成一定的网络结构，而且平均长度较大，力学性能及其它物理性能均优于短切纤维增强的复合材料，如比强度和比刚度、抗冲击性能、耐蠕变性能。尺寸稳定性等更优异，并且部件成型精度高、耐疲劳性能优良，在高温和潮湿环境中稳定性更好。

长纤维注塑技术降低成型能耗、提高批量生产能力、降低生产成本。注射绿塑创新驱动的主要目的发挥材料的最大力学性能的潜力、获得力学性能最优的制品。

长玻璃纤维复合材料的注塑粒料指的是纤维单向排布的 6 mm~20 mm 长的粒料，其纤维长度与粒料长度相等，一般大于 5 mm。

长玻璃纤维增复合材料比短玻璃纤维复合材料的翘曲程度更低，收缩率也更小。玻璃纤维比例增加，有利于减少制品裂纹，降低规划收缩率。长玻纤可提升部件的强度和硬度，但不会像短玻纤那样会牺牲冲击性能。除了较高的冲击强度，对 A 级表面应用来说还有一个技术突破表现在纤维分散性的提升。长玻璃纤维增强聚丙烯具有质量轻，强度高的优势，并易于制造和实现成本优化，目前正在逐渐取代工程

塑料和金属材料，成为汽车实现高强度、高刚度的轻量化最重要的材料之一。

差异化成型工艺开发。玻纤增强以后，由于玻纤的加入，所有材料的熔融粘度增大，流动性变差，注塑压力比不加玻纤的要增加很多；注塑温度要比不加玻纤以前提高 10℃~30℃；注塑时使用模温机加热模具，达到塑料熔体注射之前保持较高的模具温度，使熔体在高模温状态下注塑成型，提高其流动性和充模能力，保压阶段后期采用冷却介质快速降低塑件的温度，获得高质量表面、玻璃纤维去向均匀的增强塑件，提高成型效率。

设备清洁化生产设备技术。玻纤增强以后，玻纤是硬度很高的材料，助剂高温挥发后是腐蚀性很大的气体，对注塑机的螺杆和注塑模具的磨损和腐蚀很大，因此，生产使用这类材料的模具和注塑机时，要注意设备的表面防腐处理和表面硬度处理。

注塑制品中玻璃纤维的长度必须大于临界长度，当纤维长度小于此临界长度的纤维增强塑料受一定载荷时，纤维就会被拔出，纤维的强度就不能得到充分发挥。

在长玻璃纤维注塑工艺中，保护纤维免受损伤和均匀分布成为关键性的因素。纤维必须在聚合物中分布均匀，以达到增强制品力学性能的目的。

塑化和注射为一体化的螺杆特点：加深螺槽、加宽螺槽，优化设计螺杆头，多点热流道，使长玻纤得以平缓流动以降低剪切力，达到减少玻璃纤维长度受损的目的。

塑化和注射为一体化的在线混炼。德国阿博格公司(Arburg)长玻璃纤维注塑机，配备了从缠绕 LFT 的卷盘直接向加热筒供给纤维的装置，在树脂基本全部融化时、也就是在螺旋杆最后的尖端位置输送长玻璃纤维。成型品中长玻璃纤维长度为 8 mm 左右，强度得到大幅提高。主要用于尺寸较大的产品，比如汽车保险杠和车门模块等部件。

模具：长纤材料比短玻璃纤维材料对模具的磨损略轻一些，因为同样的填充含量接触模具的玻纤端头少一些。但要减少对玻纤的损害，浇口尽可能设计成圆形浇口，而且大一些更好。模具带加热及冷却系统，能够快速调节温度。

注塑工艺参数。注塑制品的力学性能直接与注塑加工工艺参数直接相关。以含 30%长玻璃纤维增强聚醚醚酮复合材料注塑成型[5]为例，当模具温度为 180℃，注塑机料筒温度为前段温度 375℃，中段温度 425℃，后段温度 425℃，成型射压为 120 MPa，保 100 MPa，背压 0.5 MPa，冷却速率为中速时，制品微观形貌断面规整，PEEK 与玻纤结构紧密，表面光滑，颜色正常，力学性能最佳。

6.2.5. 汽车玻璃纤维复合材料的快速热循环注塑成型技术(Rapid Heating Cycle Molding, RHCM)

快速热循环注塑成型技术是一种动态模温控制技术，在塑料熔体注射之前保持较高的模具温度，使熔体在高模温状态下注塑成型，提高其流动性和充模能力，保压阶段后期采用冷却介质快速降低塑件的温度，保证成型效率。

常规的短纤维增强复合材料注塑成型中，由于短纤维增强复合材料熔体内部纤维流动过程的复杂性，容易出现纤维取向不均、表面纤维浮出、制件各向异性等缺陷，制约了纤维增强复合材料的发展和应用。短玻璃纤维增强塑料快速热循环注塑成型技术可获得高质量的纤维增强塑件。

6.2.6. 汽车玻璃纤维复合材料的在线配混挤注成型技术

如何在注射成型加工中，充分发挥填充长玻纤增强的性能达到降低重量又提高制品的强度和刚度，成为新的注射成型的研发课题。在线配混复合材料的挤注复合塑化注射系统就是把常规的配混挤出造粒及制品的注射成形在两台设备上合为在同一设备上进行，不受到常规标准原料及供应数量的限制，可灵活开发具有特种性能和功能的复合材料的注射制品，特殊的塑化型式达到大大降低了填充长玻纤的剪断率，提高了制品的强度和刚度。

节能降耗绿塑创新驱动。常规的配混挤出造粒及制品的注射成形在两台设备上进行，已配混好的复合材料再一次经注射螺杆的剪切塑化，不但增加了一道粒料塑化加热的能耗，而且再次剪切塑化，损伤长玻璃纤维，不能保持长玻璃纤维的原来纤维长度，极大降低了制品的强度和刚度。在线配混高分子复合材料就是解决了以上的难题。在线配混就是把复合材料的挤出混炼和注射在一条生产线上一步完成。用户可以根据自己注射成形制品原材料的要求，直接把填充剂、添加剂和塑料原料一起喂入挤出机混炼塑化，注射成形制品。同时该工艺可以通过注塑工艺的调整来控制复合材料的模量，采用多重交叉喷嘴实现对复合材料的局部增强以及所需材料模量的控制。在线配混的挤注复合系统，将塑料复合材料的配混与注射在一条生产线上运行，挤出配混玻璃纤维、塑料及添加剂后直接塑化后柱塞注射，取消了传统工艺中挤出、熔融冷却、造粒、烘干等过程及设备，避免物料再次加热熔融以及分子量再次下降，节省了一次加热、塑化和冷却过程需要的能耗，挤注成型技术的最终制品的成本平均比 GMT 成型工艺 70%，比预制粒料的注塑工艺的低 50%。在线直接混合不易造成混合物成分的偏差，不易造成塑料降解和纤维损伤。工艺的核心是如何。从机械和工艺的角度确保混合物的均匀度，进而保证制品的质量。

在线配混挤注成型技术是在挤注联合成型技术基础上绿塑创新驱动的绿色技术，挤注联合成型技术把粒料塑化与熔融料注塑分别在两台设备上进行，联合为一体完成制品的注射成型。2000 年，法国 Faurecia 公司首家采用挤注联合成型技术(XRI)，为标致 Peugeot 307 车制作前端支架，每天可制作 2000 件。XRI 工艺将挤出的玻璃纤维复合材料的熔融料不断地收集在料筒中，而后机械手把熔融料从料筒中取出装进两个注射机筒。注射机筒装满后，两活塞同时移动，将复合料推入两个模腔。

Engel 公司以模块化方式把锁模力 10,000 kN 的 Duo 7050/1000 二模板大型注塑机与德国 Leistritz 的长径比为 36 的直径 50 mm 的螺杆同向混炼平行双螺杆挤出机组合成一套异轴在线配混的挤注复合系统，而且，每个组件的标准功能都保持完整无缺，如果有必要，每一个组件都能独立于其它组件而运转。模块化设计的挤出机塑化挤出配混熔融料，熔融料被挤入流道，流经打开的流道开关进入注射储料腔中，在达到设定注射量时，流道开关闭合，熔融料流动被中断，注射熔融料注射到模具中，并施加保持压力，在这段时间内，挤出机继续塑化挤出至熔融料储料腔中。

东华机械有限公司与华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心合作，应用华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心的动态振动的专利技术，开发出国内首台异轴在线配混动态注射成型设备，该设备锁模力 650 吨，注射量 3000 克，三螺杆挤出机的螺杆直径 50 mm，最高转速 300 rpm，最大挤出量达到 250 kg，采用熔体储料缸、多个熔体阀以及柱塞式注射。把自主创新的动态振动技术和挤注复合系统结合起来，使挤注复合系统的技术和应用提高到一个新的高度。动态注射减小了流动对玻璃纤维的剪切，有效提高复合材料流动性，降低了注射与保压压力。平行组合式的三螺杆塑化结构，实现在较小的螺杆长径比条件下就能达到传统双螺杆挤出机在较大长径比才能达到的混炼混合效果，具有独特的高填充、高分散、高产量、低能耗优势。通过一段时间对 PP + 玻纤、PP + 麻纤等多种物料体系的试模运行，与传统的配混造粒+注射成型的工艺相比，成型同样一个材料为 PP 加 30%玻纤的制品，能耗降低 45%、成型周期缩短 20%、制品的力学性能得到提高。可装配直径为 75 mm、65 mm、50 mm、35 mm 等不同直径的三螺杆挤出机，塑化能力可以根据生产制品重量的大小和生产效率分别调整。

6.3. 汽车绿色碳纤维复合材料塑料工程技术的绿塑创新驱动

碳纤维是一种以聚丙烯腈(PAN)、沥青、粘胶纤维等为原料，经预氧化、碳化、石墨化工艺而制得的含碳量大于 90%的特种纤维。碳纤维具有高强度、高模量、低密度、耐高温、耐腐蚀、耐摩擦、导电、导热、膨胀系数小、减震等优异性能。通过提高强度来减轻汽车重量方面，最佳选择是碳纤维复合材料(CFRP)。碳纤维复合材料是车用复合材料增长最快的部分，年均复合增长率达到了 22%。推动碳纤维复

合材料快速增长的动力是底盘和传动部件应用的需求。

碳纤维被国际上称之为“第三代材料”，因为用碳纤维制成的复合材料具有极高的强度，汽车应用工业级碳纤维复合材料是第三次工业革命在汽车上的体现。实现汽车的绿色塑料工程更多的靠塑料复合材料实现，玻纤增强复合材料不足以和金属匹敌，具有轻质高强度、高模量、耐高温、导电等一系列性优异的综合性能的碳纤维复合材料，实现“以塑胜钢”，引领汽车划时代的变革。

几十年前曾预言碳纤维复合材料会取代金属用来制造汽车底盘结构件。现在，这个预言变成现实并推向普及化。

6.3.1. 汽车碳纤维复合材料的绿色化性能

碳纤维是一种与人造丝、合成纤维丝一样的纤维状碳材料，是目前世界高科技领域中十分重要的新型工业材料，大幅提高汽车的绿色化性能。根据 2013 年全球 CRP 市场的统计(CCeV 和 AVK 发布)，碳纤维在汽车上的应用年增长速率预计为 34%，到 2020 年可能会达到 23,000 吨。

轻量节能资源化。碳纤维复合材料构件同比纯塑料构件轻 30%~40%，实现汽车减重化的革命，进一步达到节油、节电，降低对不可再生的石油资源的利用。巴西研发出利用甘蔗生产出生物碳纤维，更体现出碳纤维节约不可再生资源的绿色化特性。

安全寿命周期可靠化。碳纤维复合材料构件同比纯塑料构件强度同比钢件高 4~5 倍。常规的纯塑料成型加工的汽车保险杠，碰撞性能较弱，实际仅起到包装装饰的功能，没有达到人身保险的功能。碳纤维复合材料成型的保险杠的厚度如为 2 mm，强度不低于 8 mm 厚的钢板，大幅提高了保险杠的抗冲击性能，在高速撞击下保护乘员安全等众多方面有着与普通工程塑料、钢板件无与伦比的优势。普通汽车开到时速 150 公里如果发生碰撞，乘坐人员生还几率就基本为 0，碳纤维车架则大大提高了汽车的安全性。真实发生的事例就是，使用碳纤维车架的 F1 赛车在赛场上以 300 公里的时速发生碰撞，驾驶员还可以继续参赛。碳纤维和铝锡合金复合材料制造的制动器，耐高温干摩擦的性能及抗磨寿命大幅高于传统材料制造的制动器。

生态环保清洁化。碳纤维复合材料构件质轻、转动惯量小，有效降低噪声及减少震动阻尼，提高乘员的舒适度。碳纤维复合材料具有强度高、模量高、耐高温、抗蠕变、耐疲劳性好等优点，易实现自润滑的性能，在某些运动构件中，可少用或不用润滑油，有效降低环境污染、实现清洁运行。自润滑意味着提高汽车的使用寿命，减少对资源的利用。

车型个性化。碳纤维复合材料实现汽车外罩的个性化设计，进一步迎合市场的个性化发展的需求。

塑料应用拓展化。工程塑料填充碳纤维后，复合材料除持有原工程塑料性能外，提高了强度和刚度，更有利于以轻量化的特性取代汽车金属合金结构件，拓展塑料的应用领域。

6.3.2. 汽车行业应用碳纤维复合材料领域的绿塑创新驱动

节约不可再生能源和提高燃料效率的汽车轻量化解决方案正推动碳纤维应用快速增长。

碳纤维复合材料在汽车上主要可应用于发动机罩、翼子板、车顶、行李箱、门板、底盘等零部件中。为了确保足够的安全性能，在主承载车身结构件上汽车厂商通常要选择强度，刚性及耐冲击性能均很高的材料用于制造主承力结构件，这时环氧树脂碳纤维增强复合材料就成为理想的材料选择。车门、发动机罩、行李舱门、前后保险杠、翼子板、扰流板等次承力结构件，其结构大都为层合实体结构和复合材料三明治夹心结构，面板选用高强度高模量碳纤维复合材料制作，芯材选用一定刚度和强度的低密度材料如泡沫、蜂窝等，胶结层将面板和芯材连接在一起。

1) 由高端汽车向普及型汽车的应用领域发展的绿塑创新驱动

碳纤维发展之初由于原料制造成本过高、成型加工技术单一等因素，制约了碳纤维复合材料的应用

领域，最初仅在一些对性能有极高要求的高端的 F1 赛车、超级跑车上小批量车应用，如兰博基尼、柯尼塞格、雷克萨斯 LFA、GT-R、保时捷 911 GT3 承载式车身等。随着碳纤维制造成本的下降、复合材料制造工艺的成熟、绿色化环保标准的日趋严格，各大主机厂纷纷进行碳纤维复合材料的汽车零部件的开发，如今被广泛地应用于高价值的普及型民用轿车上，如宝马、德国 SGL 等。

宝马公司的 BMW i3 电动汽车，首次在国际上实现碳纤维复合材料车型的量产化，成为了汽车用碳纤维复合材料领域的标杆。LifeDrive 架构的乘员模块是铝质车架上安装碳纤维复合材料乘用舱，诸多套件、车身覆盖件也是全部采用了碳纤维复合材料制造，整车重量仅为 1.25 吨。BMW i3 选择在公司内生产碳纤维复合材料构件，以降低制造成本，并大力投资于专用技术的开发。宝马公司 2015 年 i8 插电式混合动力车也将上市，采用了以碳纤维材料打造的底盘，用以削减车身重量、提升燃油经济性。

沃尔玛公司最新大型 18 轮的运输卡车，采用碳纤维复合材料，燃油效率提高了 1 倍，降低了碳排放。主体由一块长 53 英尺的碳纤维面板代替传统的钢板件，是汽车重量减少了 1814 kg，降低了钢材资源的消耗；碳纤维结构件增加了设计和加工的灵活性，采用凸面结构的碳纤维车头更符合空气动力学的原理，并且可增加车载空间。

2) 由装饰件向结构件的应用领域发展的绿塑创新驱动

碳纤维复合材料起初仅应用汽车顶篷和车身的装饰部件，提高赛车、超级跑车的安全型。碳纤维原材料制造、成型加工技术的科技进步，碳纤维复合材料由贵族化走向大众化。2003 款戴姆勒克莱斯勒 Dodge Viper 运动车首次应用碳纤维复合材料会取代金属用来制造汽车底盘结构件。

用碳纤维增强塑料(CFRP)制造的板簧为 14 kg，减轻重量 76%。在美国、日本、欧洲都已使板簧、圆柱形螺旋弹簧实现了碳纤维增强塑料化，除具有明显的防振和降噪效果外，还达到轻量化的目的。

德国的知名轮毂制造专家 WWHEELSANDWORE 研发的“Megalight-Forged-Series”轮毂系列，采取两片式设计，外环为碳纤维材质打造，内毂为轻量化的合金，搭配不锈钢制的螺丝，较一般同尺码的轮毂可减重 40%左右。

奔驰、宝马、奥迪、大众、本田、日产等公司碳纤维制造汽车座椅加热垫，热效率高达 96%，并在加热垫中均匀密布，保证热量在座椅加热区域均匀释放；碳纤维适宜人体吸收人体的红外线波长，充分减少驾乘疲劳，增加舒适度。英国 Kahm 公司使用碳纤维复合材料制得的 RX-XR 型高级轿车专用车轮，重量仅为 6kg，可高速行驶，并可最大限度地降低车轮的径向惯性力。

英国 DYMAC 公司开发的世界最轻碳纤维/镁车轮由碳纤维轮网和镁刹车盘两部分组成，并用镀钛的特殊硬件连接起来。碳纤维制动盘能够承受 2500℃ 的高温，而且具有非常优秀的制动稳定性，广泛用于竞赛用汽车上。

插电式大众 XL1 的防滚架采用碳纤维增强复合材料制造。全新福特方程式赛车将采用新型的碳纤维材料单体底盘，从而达到其所制定的 F3 安全标准。碳纤维复合材料的低密度和高比模量综合效应，发动机转速可达到 10,000 r/min。碳纤维复合材料制造的发动机部件和传动系统部件具有减震吸能和降低噪声的功能，用其制成的保险杠等防撞系统则具有吸收冲击能的功能。

美国 Morison 公司为 Dcna 公司生产供通用汽车公司用的碳纤维复合材料的汽车传动轴，把两件合并成一个传动轴简化成单件，与钢材料相比，可减重 60%。

3) 实现汽车由燃油化向清洁能源化领域发展的绿塑创新驱动

碳纤维复合材料是汽车最理想的超轻量化的材料。清洁能源化汽车的关键是实现超轻量化，这一切离不开碳纤维复合材料的应用。

轻量化是实现电动车、混合动力车、生物燃料车以及太阳能车的技术关键。汽车进一步轻量化的解决的零部件的关键件是汽车的高强度、高刚度的零件及大型部件，增强改性工程塑料无法达到这些零部

件的力学性能的技术要求。碳纤维复合材料以优异的强度、刚度及轻量化的性能能满足工程塑料不能实现的“以塑代钢”的汽车领域，例如，底座、传动轴、轮毂等高强度、高刚度的零部件。碳纤维复合材料是清洁汽车实现最佳轻量化的最佳制造材料。

碳纤维复合材料太阳能汽车。日本帝人集团的 Toho Tena 公司在 2010 年联手 Sakai Ovex 公司成功研制出刚性极强的超轻量化的太阳能汽车车用碳纤维复合材料，联合在轻量化汽车设计、复合材料选择、结构评估等方面优势显著的日本帝人集团的 GHCraft 公司，联合打造全新太阳能汽车。国内在研发太阳能汽车领域，未能实现理想的轻量化，进展缓慢，日本的研发理念值得借鉴。

碳纤维复合材料电动汽车。国内第一台采用碳纤维复合材料制成车身的民用客车正式研制成功。这辆碳纤维复合车身的纯电动大巴，车身仅重 160 公斤，较传统客车总体减重可达 40%~60%，因此在同样油耗或电耗的情况下，车辆每小时可以多行驶 50 公里。2015 年 1 月 20 日上午，中国首辆碳纤维新能源汽车在江苏盐城正式下线，该车由盐城市国有资产投资集团全资子公司江苏奥新新能源汽车有限公司开展战略合作、实施强强联手、依靠创新驱动自主研发，下线的奥新 e25 紧凑型 A 级车，具有核心技术自主知识产权，在国内量产汽车上首次采用全碳纤维材质乘客舱设计，融合智能能源管理系统、碳纤维轻量化车身技术、轻质高强高韧铝合金底盘等核心技术，与同类汽车相比车重减轻 50%、零部件减少 40%，为电池腾出重量空间，降低单位里程能耗，提高了动力和续航里程。该车型百公里耗能低于 10 度电，续航里程最高可达 440 公里，中等距离城际间往返无需充电。成为中国第一个 2 万辆碳纤维纯电动汽车制造工厂。

压力储罐是燃气汽车、氢能汽车的关键部件，采用碳纤维复合材料成型压力储罐，不但满足性能要求，而且实现压力储罐的轻量化。越来越多的大型公交车和卡车也趋向于采用压缩天然气燃料。随着环保汽车的开发，以氢为燃料的燃料电池汽车已为市场所接受，氢气储罐使用碳纤维复合材料制作。美国福特汽车 Hummer H2H 越野车也开始使用氢燃料电池，预计 2015 年氢燃料电池汽车将会达到一定的市场规模。东丽的高强度碳纤维将用于 Mirai 的高压氢燃料储罐，确保达到此类储气瓶安全、高强度以及轻量化的要求。2020 年日本将有 500 万台汽车使用燃料电池。

汽车电动化必需实现电池轻量化，轻量化、功率密度高的锂电池是目前主要的选择，同时更能提高锂电池的寿命周期。碳纤维复合材料是制造锂电池组外壳的主要选择。插电式混合动力驱动使用锂电池组是应用的发展趋势。东丽公司为即将问世的丰田 Mirai 燃料电池车燃料电池组电极基板(Electrode Substrate)提供碳纤维复合材料纸，帮助电池组促进气体扩散，提高耐久性，增强电池性能，并有利于节省空间。

4) 实现汽车结构精简及易维修保养化的绿塑创新驱动

戴姆勒克莱斯勒公司开发适合批量生产的模压成型碳纤维复合材料(SMC)的大型底盘、车外左右防护板支架部件。Dodge Viper 运动车的整个防护板支架系统的两个较小的支架和两个大灯支座，这四个结构件应用碳纤维复合材料模压成型后，总重量只有 13.5 磅，但它们却取代了 15~20 个金属零件，使重量减轻了 40 磅；2 mm 壁厚的支架支承了整个车体的前端，并为 34 个部件提供了附着点，前端的刚度提高了 22%。美国 Morison 公司为 Dcna 公司生产汽车传动轴，采用碳纤维复合材料可使原来由两件合并成一个传动轴简化成单件，与钢材料相比，可减重 60%，供通用汽车公司用。

6.3.3. 碳纤维复合材料件的成型加工技术的绿塑创新驱动

成型加工技术是将原材料转化为结构件，碳纤维复合材料在汽车上的应用离不开成型加工技术的发展。不同的成型加工技术对构件的性能会带来较大的影响。

碳纤维复合材料构件的成型加工技术主要方向是实现高速高效化、节材批量化、清洁环保化。

1) 树脂传递模塑(RTM) 成型加工技术的绿塑创新驱动[6]

早期车用部件的生产采用手糊成型和喷射成型,但手糊和喷射工艺(开模模塑)严重污染环境,劳动强度大,制品的质量难以控制,主要用于生产汽车零件中形状简单的部件,难以满足汽车工业化生产和环保的要求。手糊成型是手工把纤维织物和树脂交替地铺层在已被覆好脱模剂和胶衣的模具上,然后用压辊滚压压实脱泡,最后在常温下固化成型。生产周期长,工作环境差,要求手艺娴熟,适合制作汽车样件或小批量构件生产。随着碳纤维复合材料件应用于汽车领域的拓展,手糊成型已不能适应大批量汽车生产及清洁化生产的要求。

树脂传递模塑(RTM)是取代手糊成型的绿色化加工技术,是世界上公认的低成本复合材料成型技术,已逐渐取代手糊工艺成为汽车零部件的重要成型方法。该工艺是将纤维经预成型及预编织处理,碳纤维铺放可按构件的力学要求采取不同的排放型式,铺放在模具型腔内;合模后,设备用压力将树脂注入模腔,浸润预编织的碳纤维,固化成型。一般采用多模、多工位机械注射模式,生产效率较高,适于批量生产方式。构件表面粗糙度接近于模具型腔粗糙度,尺寸精度高,内应力低,可做结构复杂零件及镶件,如汽车地板、车顶、发动机罩等。需要树脂灌注设备及多套模具。为适于高质量铺放,一般采用立式合模机构,上模为单模注射,下模为多个移动模。以双模二工位为例,注射结束,移出放有构件的下模,实现制品冷却;同时移入另一放有碳纤维预编织件的下模至注射工位,实现注塑。适用于小批量、多品种的汽车结构件,如发动机水箱、隔热罩、发动机罩等。Schuler 公司 36,000 kN 压力的 RTM 成型设备,1 个上模、2 个下模的双工位,合模面 3.6×2.4 m, 1 mm/s 的定位速度,4 m 对角线合模面上 0.05 mm 的平行度,上模的闭合的最高速度 1000 mm/s,气缸驱动下模双工位滑座的移动,位于四个台角的伺服气缸调整滑座的与上模的平行度,以达到可靠的抽真空的实现。

树脂传递模塑(RTM)在成型过程中,按设计要求可用模具先形成所需形状,再固化成型,所制结构件不但整体性好,而且减少了零部件的数量及接头等紧固件,节省了原材料、工时和模具费用,降低了制造成本,缩短了生产周期。

2) SMC 成型加工技术的绿塑创新驱动

SMC 经常被用作模压复合材料制品的半成品。SMC 成型工艺是将碳纤维片材按制品尺寸、形状及厚度等要求裁剪,然后将多层片材叠合后放入金属模具中进行加热、加压成型的方法。该工艺成型效率高、制品表面光洁、尺寸稳定性好,适于大批量生产,性价比较高。SMC 工艺的成功开发和机械化模压技术的应用使复合材料在汽车工业上的用量年增长率达到 25%。SMC 已被广泛应用于发动机罩、导风罩、气门罩壳、水箱部件、发动机隔音板、加热盖板、气缸盖、进气支管、出水口外壳、水泵和燃料泵等汽车制件。

戴姆勒克莱斯勒公司开发的采用重叠加料来“混合”碳纤维和玻纤 SMC 材料的技术。采用含有 55% 无规则短切碳纤维的乙烯基酯 SMC 的 2 mm 厚度的左右防护板支架,取代了 15~20 个金属零件,使重量减轻了 40 磅,前端的刚度提高了 22%。

麦格纳国际公司的分部麦格纳外壳公司开发了 CFS-Z 碳纤维片状模塑料,采用独特的配方和生产技术,麦格纳已能够将碳纤维加工和技术延伸到车身外部壁板。通过采用先进材料持续开发汽车零部件和系统,使麦格纳能够帮助其客户满足汽车和卡车燃油经济性和排放标准。麦格纳外壳公司于 2014 年 3 月 28 日宣布,将为二款 2016 年型的汽车提供由碳纤维复合材料制造的汽车车身壁板。

3) 碳纤维增强热塑性复合材料件的热压成型技术的绿塑创新驱动

通用公司与日本帝人合作开发热塑性碳纤维复合材料零部件 60 s 内热冲压成型技术,计划用于 2015 年以后上市的面向普通客户的主力车型。冲压成型的热可塑性树脂可采用 PP(聚丙烯)及 PA(聚酰胺)等。碳纤维含浸而成的中间材料的基材(基片)方面,准备了碳纤维单向定向排列的单向性基材、以及所有方向

的强度都相等的等向性基材 2 种。以往的热固性碳纤维增强热塑性复合材料件进行接合时,要使用螺栓。热塑性碳纤维增强热塑性复合材料件,通过加热即可使部件间相互熔接,解决了用螺栓接合时接合部位会产生振动以及龟裂的难题。成型的轻型车的车体骨架,重量降低到了采用钢板时的约 1/5。

中科院宁波材料技术与工程研究所、化学研究所等单位研制出具有完全自主知识产权的连续碳纤维复合材料快速热压成型成套装备,能够实现连续碳纤维复合材料汽车部件的自动化制备,效率达到 56 件/天,并分别采用 APA6 及 PCBT 热塑性单体经原位聚合成型制备出大尺寸复合材料汽车底板。该项目突破了碳纤维增强热塑性复合材料结构件成型关键技术,在复合材料体系、热压成型工艺、液态成型工艺、设计技术、连接技术以及关键装备等方面取得重要进展。2014 年 4 月 26 日,通过了由中国科学院科技发展促进局组织专家对中科院宁波材料技术与工程研究所、化学研究所等单位联合承担的中国科学院知识创新工程重要方向项目“碳纤维增强热塑性复合材料结构件成型技术研究”的现场技术验收。

4) 碳纤维复合材料注塑成型技术的绿塑创新驱动

注塑碳纤维复合材料的构件,同比玻璃纤维复合材料的重量可降低 25%,而强度可提高约 2 倍。碳纤维复合材料实现注塑成型是碳纤维复合材料的重大科技进步,也是实现某些碳纤维复合材料件低成本批量化、扩大应用范围的科学发展。

a) 注塑成型的碳纤维复合材料工程的绿塑创新驱动[7]

碳纤维复合材料的注塑成型取决于碳纤维复合材料注塑原料的开发。碳纤维熔点在 3000℃左右,本身不可注塑加工,只有碳纤维填充的塑料才可以注塑加工。碳纤维复合材料中碳纤维作为增强填充物,碳纤维的长度不超过 2 mm,可用成本较低的大丝束碳纤维,以降低原料成本。

目前,碳纤维价格昂贵,以科学经济的技术,加强碳纤维复合材料性能的研究,发挥碳纤维的最大效能,提高碳纤维复合材料件的力学性能,是碳纤维复合材料绿塑创新驱动的重点之一。按基体塑料的类型分为热塑性和热固性。

① 碳纤维增强热塑性碳纤维复合塑料

以热塑性塑料为基体、短碳纤维为增强分散质。碳纤维增强热塑性塑料易于成型加工及回收循环应用,强度与刚性高,蠕变小,热稳定性高,线膨胀系数小,减摩耐磨,不损伤磨件,阻尼特性优良。近年来,以热塑性树脂为基体的纤维增强热塑性复合材料发展迅猛,在世界范围内正掀起一股研究开发此类高性能复合材料的高潮。

典型的热塑性碳纤维复合材料的注塑原料为碳纤维 + PPS。美国复合材料生产商 RTP 公司成功推出一款新型碳纤维复合热塑性工程塑料,该复合工程塑料基体由 PEEK(聚醚醚酮)、高性能 PPA、PPS(聚苯硫醚)以及 PEI(聚醚酰亚胺)多种工程塑料树脂复合而成,碳纤维的含量为 20%~40%,将耐高温聚合物与纤维增强型材料有机结合,使新一代工程塑料的性能不但具备工程塑料所需的高抗冲击性的机械性能,还继承了碳纤维低密度、耐腐蚀、易成型的优良性能。2013 年 10 月,帝人公司宣布推出 P 系列热塑性颗粒材料适用于复杂部件的注塑成型。2013 年 10 月,东丽公司宣布推出新的碳纤维增强的聚苯硫醚(PPS)热塑性注塑颗粒材料,该材料改进了碳纤维和 PPS 塑料接触面的粘结性,提高了抗拉强度,使用该材料制备 CFRTP 部件,其抗拉强度与铝铸件相当,质量却轻了近 45%。

热塑性树脂具有树脂价格便宜且生产效率高的特点。热固性 CFRP 的代表性成型方法之一是 RTM (Resin Transfer Molding,树脂传递成型)法,这种方法的节拍时间最短也要几分钟。而对于热塑性 CFRP 的片材,只要事先预热,用 1 分钟左右的节拍时间即可冲压成型。由于汽车组装工厂的节拍时间约为 1 分钟,因此使用热塑性 CFRP 可实现同步生产。热塑性 CFRP 技术不仅可用于超级跑车等部分高档车,而且还可用于大量生产车型。

② 热固性碳纤维复合塑料

以热固性塑料为基体，短碳纤维为增强分散质以碳纤维及其织物为分散质的纤维增强塑料。碳纤维及其织物与环氧、酚醛等树脂制成的复合材料具有强度高、模量高、密度小、减摩耐磨、自润滑、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变、热膨胀系数小、导热率大，耐水性好等特点。聚丙烯腈基碳纤维增强热固性树脂复合材料指的是由碳纤维作增强体，热固性树脂作为基质的一类复合材料，是目前使用最为广泛的树脂基复合材料。

由于工装模具成本低，热固性材料系统对产量较低的应用来说具有一定的优势。这种常常是新级别车型、特种车辆或基于已有平台的改款车的首选。由于树脂固化时间长，整个周期时间也就相应延长，因此将其应用到高产量车辆上，其成本便会让人望而却步。

热固性碳纤维复合塑料制件回收应用的技术尚须创新。

③ 碳纤维复合材料性能研究的绿塑创新驱动

强碳纤维复合材料性能重点研究下述方面：

碳纤维复合材料性能与基体塑料之间的关系；碳纤维填充率与碳纤维复合材料性能之间的关系；碳纤维长度与碳纤维复合材料性能之间的关系；碳纤维分布率及去向与碳纤维复合材料性能之间的关系；成型工艺与碳纤维分布率及去向之间的关系；复合填充与碳纤维复合材料性能之间的关系。

b) 碳纤维复合材料注塑技术的绿塑创新驱动

制品设计。碳纤维复合材料的注塑制品二次加工比较困难，比如在成型产品上钻孔，普通的钻头，钻几个孔，钻头就磨损了。所以在注塑件设计时要避免二次机加工。

高耐磨注塑螺杆。碳纤维复合材料塑化对螺杆磨损增大，螺杆寿命有所减短。螺杆设计的剪切性能不要太强，防止破坏碳纤维的长度影响材料性能；螺杆的混炼性能应加强，以提高熔融质量。

成型模具。碳纤维成型时模具中使用的脱模剂，会使注塑时碳纤与塑料不能粘接，改良碳纤维成型的工艺，在碳纤维成型过程中，不使用脱模剂，使碳纤维复合塑料构件表面成型后无脱模剂残留。碳纤维复合塑料的流动性下降，在注塑时须相应提高注射温度。

c) 高光无痕注塑成型技术应用于碳纤维复合材料汽车件成型的绿塑创新驱动

提高碳纤维复合材料注塑构件的表面质量是注塑构件的技术重点。高光无痕模具是一种以高温蒸汽作为加热介质，通过急冷急热控制系统控制模具温度。普通的注塑成型技术，成型的碳纤维复合塑料构件的外观不是很好，而采用高光无痕注塑成型技术，由于模具表面高温，使成型材料表面结晶比率增加，提高表面效果非常好。

5) 3D 打印成型技术应用于碳纤维复合材料汽车件成型的绿塑创新驱动

3D 打印(3D printing)打印技术出现在 20 世纪 90 年代中期，是一种以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术，之前这项技术只用于军事、医疗等领域，而近些年，3D 打印技术已经走进了汽车领域。美国 Local Motors 公司与辛辛那提股份有限公司(Cincinnati Incorporated)、橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Laboratory)以及 SABIC 通力合作，携手研发了大尺寸增材制造(BAAM)机器加工 SABIC 材料并打印聚合物组件，SABIC 的创新材料和加工知识，融合先进增材制造技术，解决创新成本过高的难题，其速度不仅比现有的增材制造机器快 200~500 倍，制造出的零部件的尺寸同时也大了 10 倍。

3D 打印在汽车行业应用的价值主要还是体现在设计与研发阶段，能更好缩短设计与研发的过程，通过 3D 打印技术可以提高新车和零部件的设计与开发的效率，将设计师的理念更迅速转化成现实产品，特别是设计外观方面，至少比图纸来得直观、可以触碰，降低整体的开发成本；部分汽车零部件可以通过此类方式来降低损耗达到环保；整合汽车零部件数量，减少加工量，实现低碳排放型、清洁化制造加工。国际汽车制造巨头，诸如福特、本田、宝马、大众、现代等公司的研发设计部门都已经使用 3D 打

印机来打印相关的零件做验证甚至是打印一台完整的车来验证车辆的空气动力学特性等重要参数；利用3D打印来改善制造环节，例如缩短生产时间、加速开发新型方向盘和仪表盘、定制概念车。

实现从打印模型到打印产品实际的质的飞跃。“3D打印汽车之父”的美国人 JimKor，2013年初，世界首款3D打印混合动力汽车 Urbee 2 面世，绝大多数零部件来自3D打印。美国 Local Motors 公司与辛辛那提股份有限公司(Cincinnati Incorporated)、橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Laboratory)以及 SABIC 通力合作，携手研发 IMTS 2014 上全世界首款3D打印汽车 Strati 所需的技术和材料，在美国芝加哥 2014 年国际制造科技大展(IMTS)上推出了全球首款3D打印电动汽车“Strati”，车重1200磅，宽近2m，长1.9m，全身材质为碳纤维复合塑料、塑料，只有40多个零件，整个车体打印时间44h，从在展场打印到组装完工，仅需不到五天时间。依靠电动能源，充一次电花费3.5小时，可以行驶大约100公里，最高时速可以达到80公里每小时。

3D打印汽车实现汽车个性化。未来，汽车工业将进入“个性化生产”时代，即产品将按照个别消费者的需要和喜好而度身订造。传统的汽车制造，模具占汽车制造成本的很高比例，不可能实现个性化。3D打印汽车圆了时尚人的只能在哆啦A梦动画片里才能见到“特殊汽车”的梦。随着3D打印的发展，我们很快便可见到款式更多样化的汽车陆续在市场推出；塑料的多面性和灵活性，让汽车厂商能基于同一款车和同一套零部件，配以不同的汽车外壳，迎合消费者的个人口味，此举亦可同时减低厂商研发新型号汽车的成本。

3D打印汽车领域工业化应用，其中关键是涉及到高强度、高刚度的3D打印的碳纤维复合塑料原料的复合技术和应用技术的开发。

未来3D打印汽车还会在动力、工艺、续航里程、车型等细节上再次突破。Local Motors 公司正在研究用3D打印机打印出更大的汽车，到时候，3D打印版的SUV、MPV、跑车出现在人们的视野里也不是没有可能。

6) 碳纤维复合材料件的高速高效的浸渍成型技术的绿塑创新驱动

间隙浸渍成型技术。德国公司 BREYER 发布了一种带有新的模具技术的间隙浸渍机，这种新技术可以在15分钟内生产出CFRP汽车前箱盖板。Plasan Carbon Composites 公司是美国唯一的豪华轿车CFRP车体面板一级供应商，同时自身拥有可将CFRP部件的生产成型时间缩短至17min的技术。

预浸料压缩模塑法。日本三菱丽阳公司开发的预浸料压缩模塑法，采用热固性环氧树脂(固化时间2~5min)预浸料预先成型坯，在模具加热后用高压机(压力2.9~9.8MPa)进行成型的方法。成型周期约10min，面向汽车部件批量生产成为可能。另外，由于高温高压压力，所以制品表面平滑性很高，优美涂装是可能的，作为A级外板利用也是可行的。

7) 热固性碳纤维复合材料件的连接技术的绿塑创新驱动

材料连接：碳纤维复合材料属于脆性材料，机械连接会产生应力集中，造成多种形式的失效，需要充分考虑复合材料连接部位的力学分布情况，设计连接位置及强度，另外碳纤维具有导电性能，与金属部件连接会产生电化学腐蚀，造成结构失效，需要研究合适的胶接或机械连接材料，达到最好的装配性能。碳纤维复合材料件的连接需要充分考虑连接部位的力学分布情况，科学设计连接位置及型式，以保证成型件的强度不被破坏。

加热加压连接法。碳纤维具有导电性能，与金属部件连接会产生电化学腐蚀，造成结构失效，需要研究合适的胶接或机械连接材料，达到最好的装配性。研发集热板熔融、震动熔融、超音波熔融等为一体的加热和加压连接法，实现连接部位一体化的同时增加接合部的纤维体积分数，提高强度，避免容易对CFRTP材料产生结构损伤的钢焊接技术。

粘结剂。陶氏汽车系统创新 BETAFORCE 结构胶解决方案助力宝马 i3 打造全碳纤维复合材料车身，

保证胶层的连续发布，粘合面之间持续、紧密的结合，晾胶时间可根据安装需求进行调节。

连接结构。戴姆勒克莱斯勒公司在对各种重叠加料安排进行试验后，设计了一种结构完善的连接界面，即使一次 CF-SMC 加料的末端夹心在两次 CF-SMC 加料的末端之间，这很像一个舌榫接头。搭接的长度为 4 in，尺寸更小，重量减轻 6.5l b，同时又使门的凹弯处的刚度提高了 2 倍。

8) 碳纤维复合材料件的表面涂装技术的绿塑创新驱动

碳纤维复合材料件的表面的光洁度，需要涂装才能提高。澳大利亚公司 Quickstep 正在快速跟踪其一项专利的喷射树脂技术的商业化，该技术可以让碳纤维复合材料汽车面板在几分钟内就快速生产出来，并且成本低，从模具出来就具有较高的表面质量。

9) 碳纤维复合材料件的批量化高速成型技术的绿塑创新驱动

成本是碳纤维应用的最大阻碍，包括材料的成本、部件制造的成本、装配的成本、车辆装配因此改变而带来的成本，以及涂装系统因此改变而带来的成本。

碳纤维复合材料件批量化生产是走向低成本化的发展方向。批量化涉及到碳纤维复合材料的种类及技术，成型设备及技术的开发。奔驰与日本东丽成立合资公司，开发短循环 RTM 技术，为戴姆勒公司轿车提供大批量生产的 CFRP 部件。日本帝人公司正和通用汽车以及其他汽车生产商合作，开发快速批量化生产的碳纤维复合材料部件，且生产周期不到 1 分钟。日本三菱丽阳成立合资公司，采用碳纤维车量产 i3 身；福特与陶氏化学合作，计划 2015 年开始在福特新车上批量采用碳纤维零部件，2020 年起大面积使用，最大能够减轻车重 340 kg。

6.3.4. 碳纤维复合材料工程绿塑创新驱动的科学发展方向

随着汽车领域对碳纤维复合材料的不断研究和应用，轻质、高强的碳纤维复合材料应用成本下降，碳纤维复合材料零部件的应用会越来越广泛。

中国汽车制造业发展很快，但在应用碳纤维复合材料于汽车工业，远远落后于日本、欧美等工业发达国家，形成汽车“大国”，而非“强国”。汽车新一轮的革命，其中最突出的标志是碳纤维复合材料的应用。可以预测，谁引领碳纤维复合材料应用技术，谁就引领汽车的发展方向，谁就有汽车发展的话语权。

设计能力的绿塑创新：碳纤维复合材料可设计性强，零部件集成设计能力、碳纤维复合材料铺层设计能力(包括铺层数量、角度、层间结合方式)等都需要大量的经验积累，才能最大限度的发挥碳纤维复合材料的优势。

成型工艺的绿塑创新。碳纤维通常经过编织-铺贴-与树脂浸润-高温成型，耗费大量劳力且生产效率较低，还需进一步优化工艺或研究新的工艺，缩短加工周期。

碳纤维复合材料差异化。2013 年 10 月，帝人宣布推出全新品牌 CFRTPSerebo[®]，包括 3 种系列中间材料。其中 U 系列(单向中间材料)可提供高定向强度；I 系列(各向同性中间材料)可保证 CFRTP 制品形状的均一和多方向上的高强度；P 系列(热塑性颗粒材料)适用于复杂部件的注塑成型，为将来在汽车上的全面应用做铺垫。

碳纤维随着汽车制造商应用面和数量的产能增加，其生产成本预计在未来 3 至 5 年内显著降低，我们不能等其价格降低了而开发应用，现在应积极投入开发研究，才能不落后于国际汽车制造的同行。

低成本工业用普通模量级(12 K)碳纤维的开发。坚持自主创新是发展我国碳纤维的唯一出路。我国除了华皖碳纤维及少数科研院所具有完整的产业链外，绝大部分企业仅仅具有部分碳纤维及其制品的生产工艺。

6.3.5. 碳纤维复合材料汽车领域应用展望

目前，碳纤维的高价格阻碍了目前在汽车领域的大面积应用。在未来 10 年里，碳纤维复合材料构件

的成本有望下降 70%。

宝马和西格里将联合投资 1 亿欧元以上，用以将碳纤维的年产量由目前的 3000 吨倍增至 6000 吨。西格里公司一名高管认为，未来几年中用于汽车的碳纤维零部件的生产成本有望得到大幅缩减，使得该材料成为一种能够替代传统钢铁或铝材料的新的标准材料。西格里技术与创新负责人 Hubert Jaeger 认为，目前轻质碳纤维零部件的平均成本为 100 欧元/千克，其中每千克的材料成本与制造成本分别为 20 欧元和 80 欧元，未来碳纤维材料的制造成本有望被削减九成，从而将其整体成本降至 30 欧元/千克以下。陶氏化学公司正在研发使用聚烯烃(如聚乙烯、聚丙烯)作为前躯体生产碳纤维，因为聚烯烃有可能将转化率提高至 70%到 75%。如果物理性能能够达标，预计到 2017 年，在试线生产规模下成本可降至 11 美元/千克。

发展汽车碳纤维复合材料项目，不但可以提高碳纤维产品的附加值，还可通过延伸碳纤维产业链，实现碳纤维产品从上游到下游的生产、研发一体化，提高汽车产业链的竞争实力。

6.4. 纤维复合材料注塑工程技术的绿塑创新驱动的重点

纤维复合材料注塑应用越来越广泛。纤维在注塑成型过程中，纤维的取向、分布的均匀度、残余长度、熔接痕的形貌、表面浮纤等直接影响到制品的力学性能及表面质量，这些要素都与注塑技术相关。实现上述要素最佳的性能，绿塑创新注塑技术，达到降低玻璃纤维的填充率又得到制品理想的力学性能。

注塑技术研究重点：螺杆和喷嘴的构型、注塑技术参数与制品的纤维残余长度、分散性、以及制品力学性能之间的关系；成型过程中的纤维取向、熔接痕的形貌、表面浮纤等的变化规律；模具温度与制品的表面质量之间的关系。

加强注塑工艺与制品力学性能、表面质量之间内在要素的研究，提高绿塑创新的科技含量。例如，吴新明等[8]通过对长玻纤增强注塑聚醚醚酮复合材料加工工艺与力学性能的研究，得出冷却速率、成型压力、成型温度及模具温度对复合材料的力学性能及外观的影响非常重要。当模具温度为 180℃，注塑机料筒温度为前段温度 375℃，中段温度 425℃，后段温度 425℃，注射压力 120 MPa，保压 100 MPa，背压 0.5 MPa，冷却速率为中速时，PEEK 复合材料微观形貌断面规整，PEEK 与玻纤结构紧密，制品力学性能优良，表面光滑，颜色正常，其综合性能最佳。

提高设备的运行稳定性及控制精度，稳定制品质量。例如，注塑速率波动，长纤维在喷嘴和流道出的剪切速率发生变化，纤维平均长度发生变化，制品的弯曲、拉伸、冲击等力学性能发生变化。

注塑模拟软件开发及应用。模拟注塑参数对纤维的分布、长度等主要参数的变化趋势，预测制品的力学性能，提高生产效率。通过模拟注塑参数设定实际工艺参数，通过对制品的力学性能进行测试，修正实际工艺参数。

在线配混的挤注复合注射技术。挤出机的塑化混炼的优异性能，与注射结合起来，组成在线混炼挤注复合系统。在线配混注射，混炼螺杆挤出机在工作中是连续稳定运转的，克服了普通注塑机中由于螺杆的启停和有效长度的变化而引起物料塑化和混炼质量差异这一缺陷。纤维通过螺杆的旋转带入到均匀混合好的聚合物熔体中，不需要经历与固态塑料颗粒的摩擦和挤压过程，减少了纤维在固体输送和熔融过程中的损伤折断，使配混过程相对比较温和，保证了制品中的纤维最大长度，纤维的增强功能得到充分发挥。用户可以根据需求，配混纤维比率。有利于以较小的纤维的配混率达到制品的强度和刚度，节约价格昂贵的纤维，降低制品成本。

三菱重工塑料技术公司(Mitsubishi Heavy Industries Plastic Technology)在“2014 年日本国际塑料机械展览会(IPF Japan)”上宣布，开发出了在即将成型的瞬间添加玻璃纤维及碳纤维等纤维，能够以纤维长度较长的状态来成型的射出成型机。以前，要想以纤维较长的状态进行射出成型，一般会使用混入了较长

纤维的树脂颗粒作为成型材料。而三菱重工塑料此次开发的射出成型机则是使用没有添加强化纤维的树脂颗粒，在颗粒于成型机内熔化的阶段，添加作为强化纤维的纤维束。这样便可省去制造长纤维颗粒的工序，大幅削减材料成本。三菱重工塑料将在已有的射出成型机“eM”系列中增加混入纤维的机构，并备独创形状的螺杆。利用新开发的成型机制造的成型品的强度与原来使用长纤维颗粒时相比，为同等或以上水平。采用的树脂为聚丙烯和聚酰胺，纤维可使用玻璃纤维和碳纤维。设想用于汽车的后门内板、仪表板、油箱罩、翼子板及车顶等大型部件的成型用途。

6.5. 汽车复合材料结构件全套解决方案工程技术的绿塑创新驱动

复合材料结构件与传统金属件相比可以节省高达 50% 的重量，但是要想达到这样的减重效果，同时还要维持成本和性能不变，需要进行大量的绿塑创新驱动。汽车结构件复合材料化，不是简单地“以塑代刚”，而是根据结构件的功能和性能，集约复合材料结构件的设计、成型原料及成型工艺、寿命周期、后处理、回收利用等各个环节，全套方案解决，最终实现“以塑胜钢”，绿色成型驱动汽车绿色化革命。

汽车复合材料结构件取代金属材料结构件，两种材料的性能不同，所以并不是简单的替代，只由对原金属材料结构的基础上，根据复合材料及其所能达到的最优的性能，进行结构件的结构设计及成型工艺的创新，才能实现优于金属结构件的性能，显示出复合材料结构件的科学发展的优势。

复合材料结构件成型应用何种工艺，从材料成本、工装模具成本、尺寸稳定性、可回收性、加工时间以及表面光洁度等方面而定。

日产 2014 款 Rogue 车型提升式后车门为整体式玻璃纤维复合材料注塑件，从车门设计、制造等各方面，全方位研发解决方案。玻璃纤维复合材料车门与传统冲压钢车门相比重量减轻了 30%，外面板的原材料成本与 SMC 材料相比减少了 35%。

车门成型工艺设计。考虑到热塑性注塑工艺在周期时间、可回收性、表面光洁度以及成本等方面的优势，以及生态环境保护 and 年产量超过 13 万台的因数，采用免喷涂注塑工艺，生产复合材料后车门。

复合材料选用。在不牺牲强度和性能的情况下，减薄车门壁厚，提升车门的强度和硬度，提高车门的安全性能，采用材料供应商 Lyondell Basell 公司的高流动性、高强度的热塑性 30% 长玻璃纤维增强聚丙烯(PP-GF30)。这种材料不仅可以进一步减轻部件的重量，还可以缩短成型周期，提升了注塑成型的效率。

车门蠕变性能设计。复合材料件蠕变是不可避免的，如何使复合材料车门在寿命周期内，蠕变不影响应用，是设计中必须研究的课题。日产在车门设计中根据复合材料的蠕变动态参数，经过定量分析计算出随着时间推移整个蠕变的量，在设计和制造之时就除去蠕变的量，使刚生产出来的面板比长期蠕变后的面板小，随着时间的推移，面板就会蠕变成为正常的外形尺寸和造型，使车门、保险杠面板和钢制车身面板之间的间隙保持在正常的水平。考虑到全塑化车门的纵向和扭转刚度的减少，增加分型线间隙及辅助导向部件，确保车门关闭时不会对车门或周围的车身结构造成损坏。

车门结构联接设计。为了满足产量方面的需求，即创建多个点胶面板之间的连接单元，提升了产量，且不会牺牲胶粘剂固化所需的时间。

7. 基于新常态战略的汽车塑料件的回收利用绿色化工程技术的绿塑创新驱动

绿色汽车的生命周期是从“摇篮到再现”的过程，即绿色汽车的生命周期除设计、制造、使用，还包括废弃(或淘汰)产品的回收、重用及处理阶段，这种生命周期是一个闭环系统。

随着汽车工业的发展，新车开发周期的缩短，进入市场的速度加快，汽车保有量急速增加，也导致汽车报废数量逐年增多：如按汽车平均使用寿命 12 年计算，全国每年报废的汽车约 140 万辆，若排列起

来,可长达 5000 km。对大量的报废车的塑料件,若不及时进行分类处置和回收再利用,在日晒和风吹雨打的自然条件下,塑料件会很快降低循环再利用的价值,不仅浪费资源,而且对环境污染严重。

发达国家汽车塑料件的回收利用技术走在国际前列,而且有一套健全的法律法规,例如欧盟规定,到 2015 年,汽车塑料件的回收利用必须达到 85%。

报废汽车塑料零部件回收利用技术的发展,不仅可促进汽车再制造业的发展,同时是解决废旧汽车塑料带来的社会公害问题的重要途径,实现可持续的方式使用自然资源和环境成本,实现产业经济效益和生态效益的统一。“资源-产品-再生资源”的多重闭环反馈式循环过程,实现以环境友好方式开发和利用资源。

复合材料具有比强度高、比模量高、可设计性强、抗疲劳断裂性能好、耐化学腐蚀、耐候性好,其他材料不可比拟,极大地推动和扩大了其在汽车领域的应用,其用量也逐年递增,用量的上升必然导致其废弃物的不断增加,对环境构成了威胁,成为阻碍复合材料进一步应用和发展的瓶颈。同时,复合材料的强度高、耐腐蚀性能好等材料特性导致其废弃物的处理非常困难。因此,复合材料废弃物的节能减排与回收利用技术已成为研究热点之一。多型式、多品种汽车塑料件的迅猛发展给回收利用带来了新的课题,同时也给创新创造回收利用技术提供了机遇和良好的发展前景。

汽车塑料件的回收利用技术是汽车塑料件绿色技术的一个重要组成部分。绿色经济的发展给汽车塑料件的回收利用带来了新的含义,回收是一个方面,更重要的是利用,而利用必须有利于资源的第二次应用的绿色循环经济的发展。面对我国自然资源日益短缺和生态环境恶化的状况,回收利用应从绿色经济及可持续发展的角度出发,研究报废汽车典型塑料零部件的回收利用技术,对节约资源和保护环境,推动社会、经济、环境的协调发展具有重要的现实意义。发达国家汽车塑料件的回收利用技术走在国际前列,而且有一套健全的法律法规,例如欧盟规定,到 2015 年,汽车塑料件的回收利用必须达到 58%。

处理复合材料废弃物的方法不尽相同,但总的来说,可以大致分为以下三种方法:化学回收、能量回收和物理回收。我国的塑料报废件的回收利用技术严重落后,尚未建立完善的社会回收系统,而且没有一套比较完善的法律法规。目前,我国塑料报废件的回收利用基本上仍停留在回收率低、易产生二次污染的能量回收法和热解法。实行物理法回收利用是实现绿色循环经济的可持续发展的必须研发的技术,为创新创造物理法回收利用设备提供了广泛的发展空间。

7.1. 热塑性工程塑料的回收利用工程技术的绿塑创新驱动

汽车保险杠、散热格栅、照明灯、仪表板(含副仪表板)座椅、车门内板、顶棚、杂物箱、燃油箱等大型塑料零部件的回收利用的技术难度较高,而且随着复合化的发展,技术难度越来越高。其回收技术的难点的是去除表面的漆膜、分选组合件中的金属及玻璃,分拣复合件中的不同成分及类型的高分子材料。

7.1.1. 饰件表面漆膜脱除的清洁技术的绿塑创新驱动[8]

国内对废旧汽车保险杠之类的表面漆膜脱除处理,一般采用化学溶剂浸泡脱除表面的漆膜,产生的废液对生态环境危害较大。

物理法取代化学法脱除饰件表面的漆膜,实现清洁化回收。韩国现代汽车公司采用水射流冲击的方式去除保险杠表面的漆膜。日本 SINTOKOGIO 公司将保险杠粉碎至 0.8 mm 左右,然后高速喷丸,冲击塑料表面,将涂漆剥落,然清洁脱除汽车饰件表面的漆膜,然后清洗回收。Yamamoto 等人采用差速辊筒法去除漆膜。日本东京都立大学采用密度法,对水槽内塑料片施以强磁场,根据塑料带磁性能及浮沉深度不同而分离不同保险杠材料。

7.1.2. 组合复合件分选的清洁技术的绿塑创新驱动

汽车零部件的高分子材料和金属的组合型、多种不同高分子材料的复合型,给资源永续回收利用带

来了技术难题。国内对这些报废的零部件，回收利用主要采取能量回收和热解两种方法。能量回收法是指将废旧零部件与煤混合后在水泥窑中焚烧生热能，利用其产生的热量。热解法是指通过预处理、热裂、高温分解、冷却回收等流程处理报废塑料，获得热解燃油及燃气。这两种方法回收利用率较低，且回收过程中易产生二次污染。

1) 高分子材料和金属的组合型汽车零部件的分选的清洁技术的绿塑创新驱动

散热器格栅和车灯的主要材料是 ABS 和 PMMA，其回收技术的难点的是去除格栅表面的油漆，以及格栅和灯具中的金属、玻璃等。荷兰 Foma Engineering 公司开发了可用于 PMMA 和 ABS 的离心分离系统，利用该分离系统可以获得精细分离的塑料，为生产高附加值的制品创造了条件。比利时 K.Smolders 等通过采用流化床进行热分解的方法将 PMMA 分解成 MMA，使其回收率达到 90%~98%。韩国的 GARAMTECH 公司将回收的报废车灯整体粉碎后，去除金属成分同 ABS 新原料混合后用于制造新的灯壳。

2) 多种不同高分子材料的复合型汽车零部件的分选的清洁技术的绿塑创新驱动

G. Ragosta 等开发了一套针对具有多层结构的聚烯烃类仪表板回收再利用技术。该技术在再生过程中添加一种乙烯-丙烯共聚物和 PP 新料，使再生塑料的性能得到显著提高，可用于生产新的仪表板或相似的塑料部件。Botsch, M. 利用风选和电选分离由 ABS/PC、PU、PVC 构成的仪表板，先把仪表板粉碎，用风选分离出 PU 泡沫，然后用电选分离出 ABS/PC 和 PVC。Sims 等开发了废旧汽车座椅 PU 新的回收方法，其方法是将颗粒化的废旧 PU 泡沫与泡沫胶布板物混合，添加 MDf 预聚物，生产新的泡沫塑料。

比利时的菲利普公司开发成功从粉碎屑中回收有用物资的再生装置，核心技术是利用各种物质的软化粘附温度不同而在不同的温度区域分别粘附在所通过的双辊上而分离的(如 PP 在 170 时粘附)，可从粉碎屑中分选出有色金属、氨基甲酸乙酯和 PP 等 6 种有用物质。引起了国际汽车制造商的重视，包括本田汽车在内的不少日本汽车制造商亦纷纷前往参观并表示肯定。

3) ABS 塑料电镀件回收清洁技术的绿塑创新驱动

广州塑料再生研究中心针对 ABS 及 PC + ABS 合金表面上的铜、镍、铬镀层褪除环保回收开发了“塑料表面金属环保褪镀剂彩虹海离子 32”。这种褪镀剂不但能快速完整剥落表面镀层，而且对基材能进行全面保护，具有脱镀后能充分保持原色，后续的造粒及注塑工艺过程不变色，不变脆，基材物化指标不变等优势。无需浓硫酸或硝酸、作业过程无黄烟、无味、无毒；褪镀速度快，也可根据生产进度而定；不改变基材技术指标，洗后应用不变色、不发脆；废液回收提炼金属或硫酸盐等制品的工艺成本较低；回收处理过程无人身安全危害，不产生有毒气体，环保。该工艺技术可适用于各种 ABS、ABS+PC 合金表面镀铜、镍、铬的褪除。南通纵横化工有限公司发明了利用混酸空气催化分离塑料镀层的方法，并申请了专利。具体分离镀层的方法为：将 ABS 镀层塑料浸入混酸中，并通入空气反应，然后，取出已褪镀的塑料，取出已褪底的塑料后的溶液再用氨调 pH 至 2~3，过滤，滤液用氨调 pH 至 4.5~5.5，过滤洗涤，得滤渣碱式硫酸铜，滤液中通硫化氢，再过滤除去硫化铜，滤液用氨水调整 pH 至 7~7.5，再加入烧碱，并加热至 80℃~90℃，放出氨气(严重污染空气)并调 pH 至 9~12，过滤得到氢氧化镍(洗水用量大)，分离氢氧化镍后的母液加硫酸调 pH 至中性，经冷却结晶析出十水硫酸钠。该法可生产市场畅销的硫酸铜、氯化镍产品及去镀层 ABS 塑料，并能有效回收用于洗涤剂的十水硫酸钠，分离成本较低，但酸碱用量较大且有少许废气排放。

7.1.3. 共混增容改性回收利用技术的绿塑创新驱动[9]

共混增容改性回收利用技术是把废旧塑料与其他高分子材料共混，改善/提高废旧塑料的基本力学性能，制成达到或超过原塑料制品的性能。例如，把短玻璃纤维按 10%~40% 的比例增加废旧 PP，可以显

著提高废旧 PP 的拉伸强度，这种改性的 PP 材料可广泛用于汽车配件，如散热器零件、照明设备零件等。

7.1.4. 物理改性回收利用技术的绿塑创新驱动[9]

废旧塑料混有不相容的两相或多相塑料是不可避免的，如何使之共混整容是实现废旧塑料再生利用的技术关键。

相容剂的绿塑创新。相容剂起到不相容的聚合物之间的桥接作用，降低两相或多相之间的界面张力，或产生化学键，达到多元体系相容的目的。相容剂的提高了废旧塑料的附加值，可使废旧塑料成为新的塑料合金或新的改性塑料。荷兰国家矿业公司生产专用于回收废旧塑料再生的 BENNET 相容剂，可把多种不同品种、不同性质的废旧塑料实现共混再生。

7.1.5. 还原再生法的绿塑创新驱动

意大利的汽车生产大户菲亚特汽车亦开发成功独特的还原再生法，对废塑料的利用效果明显。针对塑料使用十年左右后易老化并引起各项性能下降的特点，为防止用废塑料制同样部件时产品性能难达到相关的质量和安全指标，该公司采取了将回收的废塑料用来制造强度和安全性低一等的部件。如十年后报废的防冲器和仪表板类废塑料可回收还原制造风管，再过十年后再回收还原制造地板或者用到其它工业品上，最后不便还原作材料利用时再改作燃料利用。如此不仅提高了废塑料和报废汽车的再生利用率，同时亦有利于降低汽车制造成本。该公司对其它材料制部件亦实施了还原再生法，但效果以废塑料的再生利用最佳。

7.2. 玻璃纤维复合材料废弃制品回收利用工程技术的绿塑创新驱动

世界正在经历一场低碳革命，玻璃纤维复合材料在减少温室气体排放方面的潜力是显而易见的。经济地提高附加值开发玻璃纤维复合材料废弃制品回收利用技术，成为“新常态”汽车玻璃纤维复合材料绿色创新驱动的重点课题。

7.2.1. 热塑性 GMT 废弃制品回收利用技术的绿塑创新驱动

GMT 作为一种汽车行业新型轻质高性能绿色材料，回收利用的研究越来越引起人们的重视。废弃 GMT 制品回收利用不仅可以最大限度地减少对环境的污染，而且还可以重复利用日益匮乏的资源。

物理粉碎直接回收利用。废弃的保险杠经过粉碎机粉碎后与 GMT 新料按 25:80 的比例掺混，再复合成新的片材，其性能无明显下降。

化学溶剂溶解分离回收利用。溶剂溶解聚丙烯基复合材料，制成聚丙烯溶液，其中玻璃纤维呈悬浮状态，而后对这种含有玻璃纤维悬浮物的 PP 溶液进行过滤以使两者分离，分别加以回收。回收的玻璃纤维与同种基体树脂再复合后材料的力学性能无明显变化。与未经回收处理的新料相比，经过一次回收再复合成新材料的拉伸模量和拉伸强度有明显增加，但是 Izod 冲击强度有所下降。

7.2.2. 热固性 SMC 复合材料热解法回收利用技术的绿塑创新驱动[10]

热解 SMC 回收利用由美国汽车协会和通用公司共同努力研发的技术。

热解法是借鉴塑料、橡胶高温分解回收法，将玻璃钢废弃物在无氧情况下，加热分解成为保存能量成份的热解气和热解油，以及以 Ca_2CO_3 、玻纤为主的固体副产物。热解法最大的优点在于可处理被油漆、粘接剂和其他材料污染的玻璃钢废弃物，而金属异物在热解后从固体副产物中除去。

热解产物随热解温度的不同而不同， $400^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}$ 以回收热解油为主，进一步分馏、改性，作燃料；在 $600^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ 以回收热解气为主，供热以能量，作燃料。在 $480^\circ\text{C}\sim 980^\circ\text{C}$ 所产生的热解气具有足够的能量供给热解使用，达到自给，多余部分可存储用作燃料。

热解产生的固体副产物用作 SMC、BMC 热固性塑料的填料及铺路材料。

7.2.3. 热固性 GRP 复合材料热解法回收利用技术的绿塑创新驱动

EuCIA (欧洲复合材料工业协会)指出, GRP 是“可回收的, 且符合欧盟法规”, 事实也的确如此。但目前只有德国的设备可以用于回收。

由 EuCIA 支持且在德国得以应用的回收工艺, 包括添加 GRP 废弃物到水泥窑里。这就增加了复合材料所有部件的价值, 并且通过采用叫作 Compocycle 的路线使其得到了更好的商业化, Compocycle 由 Zajons 操作, 然后将材料填进 Holcim 公司的水泥窑。但是该工艺仍然有一个显著的门槛费用。在德国, 没有关于垃圾填埋的法规, 因此 GRP 废料的量足以证明这样的工艺是有效的。像丹麦 Fiberline 公司这样的复合材料生产商已经支持这个工艺了, 并且在最大限度地利用它。但是这条路线降低了材料的价值, 使其相当于工业碳酸钙的价值, 目前与垃圾填埋场的填埋相比还不是特别经济。

法国的 Mixt 复合材料再利用公司(M-C-R), 制造模塑化合物, 并从其客户那里收回工艺废弃物, 然后再研磨, 并重新集成到制造汽车零部件的新化合物里。

在比利时, Reprocover 公司用研磨热固性的工业废物制造井盖、阀室和其他建筑产品, 包括从附近的玻璃纤维增强制造商 3B 玻璃纤维公司得到的 GRP 和清洁的废纤维。他们最近开发出了一种具有优良吸振特性的双块式轨枕来取代木制枕木。

7.3. 碳纤维复合材料废弃制品回收利用工程技术的绿塑创新驱动

尽管碳纤维有众多的优点, 但是仍有一个不可避免的问题——碳纤维不可降解。随着其应用量的增加, 随之而来的污染问题也日趋严重。碳纤维复合材料实现回收利用才能在汽车领域得到大规模的平民化应用, 实现“低碳经济”和“绿色生态环境”的循环利用。

碳纤维复合材料废弃制品回收处理得到碳纤维的成本低于碳纤维新材料的成本, 具有较大的经济效益, 所以碳纤维复合材料的回收利用是一个极具吸引力的市场, 它不仅以经济影响为导向, 同样由于其对环境的正面影响而受到关注。目前, 针对碳纤维复合材料废弃物的回用问题, 各工业大国都有自己的科研体系, 目的是创建最高效和最经济可行的碳纤维回用体系。到目前为止, 关于碳纤维回用的研究主要包括粉碎碳纤维增强塑料, 高温分解碳纤维复合材料, 催化分解或在真空环境下分解碳纤维复合材料, 流化床处理碳纤维复合材料等。

碳纤维复合材料废弃制品的分离回收利用就是把碳纤维从碳纤维复合材料件中分离出来, 最大限度的保持碳纤维的原有特性, 以提高回收利用价值。

碳纤维回收利用的成本低于使用新碳纤维的生产成本。再生碳纤维的成本低于新 CF 的生产成本, 据日本报道生产制造再生短 CF 能耗仅为新 CF 的 17%, 而 CO₂ 排放量仅为新 CF 的 14%。CF 本身优异的性能在回收再生后能被大部分保持, 可以重新应用在汽车部件。

7.3.1. 碳纤维复合材料的热分解分离回收利用技术的绿塑创新驱动[11]

日本三菱、东丽、东邦公司世界三大碳纤维生产商从 2006 年起在日本经济产业省的资助下, 共同协作进行的题为“碳纤维回收技术的研发示范”项目, 在日本福冈县大牟田市投资兴建 CF 及 CFRP 连续热分解回收中试生产线, 在高温常压下回收复合材料中的碳纤维, 规模可达到 1000 吨/年。使得日本生产商加速了对碳纤维复合材料在汽车领域应用的市场布局, 包括碳纤维丝束原材料、复合材料预浸料和注塑颗粒材料在内的产能投入。一个是英国 ELG Carbon Fibre Ltd.连续热分解回收技术, 在 West Midlands 建立 1200 吨/年的中试车间, 产品为短 CF 及粉末 CF。开发目标要使再生 CF 力学性能不低于 90%新 CF 力学性能, 且具有高表面活性、结合性和电气性能等。

7.3.2. 碳纤维复合材料的物理混合分离回收利用技术的绿塑创新驱动

英国的先进复合材料公司(Umeco 复合材料结构材料公司的一部分)、英国 Exel 复合材料公司、

NetComposites、Sigmalex、Tilsatec 和利兹大学组成碳纤维复合材料的回收利用的联合体，开发将聚对苯二甲酸乙二醇酯和碳纤维复合材料混合提取碳纤维的物理回收利用技术，制备成不同形式的材料，回收碳纤维生产的板材与原始碳纤维制备的复合材料相比，保持至少 90% 拉伸模量、50% 拉伸强度。

7.3.3. 碳纤维复合材料的高温分离回收利用技术的绿塑创新驱动

热固性碳纤维复合材料中，环氧树脂的熔融温度大大低于碳纤维的耐热温度。高温分离回收利用技术就是针对热固性碳纤维复合材料中两种组合物的不同温度特性，把碳纤维从复合物中分离出来，实现碳纤维的循环利用。高温分离回收利用技术的关键是如何保持碳纤维的原有长度。

英国碳纤维回收商——Milled Carbon 公司采用高温分解法，即长碳纤维复合材料中的环氧树脂在低氧燃烧过程中被高温降解，将高模量长碳纤维恢复到近乎原始的状态存进而可重新用于制造重要结构的材料。

7.3.4. 碳纤维复合材料的流化床法(Fluidised Bed Method)回收利用技术的绿塑创新驱动

预分散的废料被流经它下方的约高温 550℃ 液体或气体“流化”，随后进行热解和氧化，并最终逐步将其从复合物中分离开来。

7.3.5. 碳纤维复合材料的超临界水溶剂分解分离回收利用技术的绿塑创新驱动[11]

如何去除碳纤维复合材料中的基体相，有效回收碳纤维增强体？英国诺丁汉大学和法国 ICM-CB 化学研究所经过大量试验，开发了超临界水溶剂分解法，由于其具有广泛的适用性和回收产品的高性能品质而为碳纤维回收领域引领了一个新的方向。该方法的有效性已经被证实有目前正在为其产业化做进一步的研究。超临界水溶剂分解法的基本原理是，采用特制的高温高压反应器有当复合材料和水进入该系统后，其中的水将变为超临界水，在超临界水的作用下，复合材料中的基体部分，主要是环氧树脂被氧化形式气态产品，如氢气、甲烷、二氧化碳等，碳纤维因而被提取出来。此过程所获得的产品有气态的能量、水和固体(碳纤维织物)。利用这项技术可以减少废物污染，保护环境，同时回收的碳纤维具有较高的强度和刚度。

7.3.6. 热固性碳纤维复合材料回收利用的绿塑创新驱动

现有的热固性碳纤维复合材料回收技术普遍存在能耗大、二次污染和难以或无法得到连续而有序的碳纤维材料。

波音公司与华东理工大学材料科学与工程学院近日正式签署合作协议，开启了双方从碳纤维复合材料中回收碳纤维的实质性合作关系。本次合作旨在探索一条利用太阳能技术进行热固性碳纤维复合材料中回收碳纤维的新路线，希望开发出一条低(无)能耗、大尺寸碳纤维复合材料的高效的回收方法。

7.3.7. 碳纤维复合材料的分离回收利用技术的绿塑创新驱动的发展方向[12]

碳纤维复合材料的分离回收利用技术的科学发展方向：第一是如何提高改进现有的回收加工方法，最大限度降低废物污染，从碳纤维复合材料废弃物件中获得最有价值的碳纤维；第二是如何使用再生的碳纤维生产出的新产品仍旧具有最佳性能。

对于回用的碳纤维，目前常用的方法是制成短切纤维再利用，但是在性能上没有竞争优势，使用的领域也有局限性 因此，后续研究工作除了要继续加强对碳纤维提取的研究外，还应该根据市场需求，考虑将回用碳纤维重新纺成连续的碳纤维纱，或者直接做成其他更有优势的碳纤维增强体结构，使其拥有更具竞争力的性能优势；同时进一步扩大回用碳纤维的应用领域，提高回用碳纤维的使用比例。

有些回收方法虽然可以成功地将碳纤维从复合材料中分离出来，但是会导致碳纤维长度变短，纤维性能降低，而且这一过程产生的附加废料同样会造成环境污染。

目前还没有一套世界公认的完整的清洁化的碳纤维回收体系，这也是我们所面临的最大挑战。

8. 基于新常态战略的汽车塑料工程清洁生产工程技术绿塑创新驱动

汽车行业在国内率先提出清洁生产。汽车塑料工程清洁生产绿塑创新驱动遵循“安全、健康、节能、降耗、减污、减排、环保、增效”的十六字方针。成型加工技术由通用化转移到功能化、专业化，由粗放式转移到低能耗、低污染、低排放、清洁化、洁净化、高速高效化、资源节约化、控制智能化等绿色技术。绿塑创新驱动成型加工技术达到最佳的性能、最低的成本、最高的效率的新技术，满足汽车塑料件绿色化的持续发展。

8.1. 基于新常态战略的汽车塑料工程清洁生产工程技术绿塑创新驱动的主要特点

绿塑创新驱动清洁生产注重企业生产全过程的控制，它是将生产技术、生产过程、经营管理及产品等方面与物流、能量、信息等要素有机地结合起来，并优化运行方式，从而实现最小的环境影响、最少的资源、能源使用，最佳的管理模式以及最优化的经济增长水平。通过绿塑创新清洁生产手段来控制环境污染、减少碳排放是最佳选择。

贯彻环境保护综合预防策略。清洁生产从本质上来说，就是对生产过程与产品采取整体预防的环境策略——“预防为主”。将污染物消除在生产过程之中，实行工业生产全过程控制。预防优于治理，在污染前采取防治对策比在污染后采取措施治理更为节省。着眼于末端处理的办法，不仅需要投资，而且使些可以回收的资源(包含未反应的原料)得不到有效的回收利用而流失，致使企业原材料消耗增高，产品成本增加，经济效益下降，资源和能源不能在生产过程中得到充分利用。

绿塑创新驱动清洁生产实施对象是包括生产过程及产品和服务的人类社会的全部生产活动。

8.2. 设备清洁生产工程技术的绿塑创新驱动的要点

汽车塑料件成型加工设备已成为一类专业化设备。汽车塑料制品成型加工设备清洁化成为成型加工设备绿塑创新驱动的重要发展方向。

汽车绿色塑料工程成型加工设备绿塑创新驱动清洁化加工方案是实现汽车绿塑创新全套解决方案中重要的环节，绿塑创新驱动清洁化贯穿成型加工设备整个生命周期内的各个环节，持续提高节约能源能耗、减少污染、优化能源结构、降低资源消耗等科技含量，达到设备和成型两者之间科学发展的完美结合，实现人性化、科学化、合理化、可持续化的清洁注塑工程，有利于保护生态环境、建设绿色社会。

1) 创新清洁高效化机构。创造传动效率高效化的制造材料节约化的机构，实现资源节约化、能效高效化、成型高效化、运行高速精密清洁化，最大限度提高生态环境保护的性能。创新创造清洁化润滑结构，实现无润滑污染运转。提高传动及运行效率，降低无效能耗。

2) 成型功能模块化。成型功能模块化让用户在同一台设备上，通过不同功能模块的搭配得到自己需要的成型功能，实现专用化的成型工艺，满足个性化的需求；方便用户在使用过程中对设备进行局部维护或升级达到延长设备的使用寿命；在一种基本成型功能的注塑机上，为用户留出一定范围内的功能扩展空间，用户只要化少量的投资，就可进行成型功能扩展，以最小成本和最短时间适应加工任务及环境的变化。不但为用户降低设备投入的成本而实现最大的经济效益，而且降低了社会物质资源的消耗及制造能源消耗。

3) 清洁化表面处理。纳米喷涂表面装饰。纳米喷涂是一种绿色环保表面处理技术，具有优异的附着力、抗冲击力、耐腐蚀性、耐气候性、耐磨性、耐擦伤性、良好的防锈性能，工艺简单、绿色环保、用途广泛、是一种原料可回收利用的表面处理技术。设备装饰采用纳米喷涂设计，达到设备对环境、塑料

原料、塑料制品的污染及交叉污染，达到(防电磁波、屏蔽)EMC、EMI 技术规范，实现清洁、防电磁污染的环保要求。电气控制箱、操纵箱、行线槽等采用纳米喷涂，实现防电磁波、屏蔽的性能，提高了控制系统的可靠性。

4) 生态效益最好原则。不论是在产品制造过程中，还是在产品使用过程中，都要求产品对周围环境“零污染”。选择低污染的材料及零部件，避免选用有毒、有害和有辐射性的材料。选择能源消耗少的材料，减少材料对资源的需求。

5) 清洁化生产环境。汽车大灯散射罩、汽车车身表面部件，要求加工环境非常洁净。不仅在生产要求表面无瑕疵的制品有这种要求，而且在生产无杂质的纯塑料制品。加工环境清洁化的控制必须贯穿于加工的全过程，必须严格避免原材料和模具的污染，也就是原材料的生产必须在洁净环境下生产；同时，注塑后的制品在涂清漆之前也要确保不受污染，否则，即使在制品表面有微小的灰尘，在涂敷后都会变成很大的瑕疵。

8.3. 成型加工环境污染控制工程技术的绿塑创新驱动

加工设备绿塑创新驱动的污染物排放控制方案目的达到整个生产过程污染物排放达到清洁生产的标准。目前还未健全汽车绿色塑料工程的加工设备清洁生产污染物排放标准、检测、监测、评价等全套方案。

设备运行不影响室内空气质量，实现室内 PM2.5 的污染控制。

污染控制技术目的是防污染环境于未然，意味运用整体预防的环境战略，减少或者消除对人类及环境的可能危害，同时充分满足人类需要，使社会经济效益最大化的一种生产模式。

减少污染的措施不仅应该在技术上有效，同时还应具有成本效益。

8.3.1. 污染排放评估规范

英国标准协会(BSI)制定的《PAS2050-产品和服务生命周期温室气体排放评估规范》。

天津市 2014 年 8 月 1 日起，《工业企业挥发性有机物排放控制标准》正式发布实施，其中规定了塑料制品制造行业 VOC(挥发性有机物)有组织排放浓度及速率限值、厂界监控点浓度限值、管理规定及监测要求。

可以上述二个标准作为加工设备清洁生产设计指导、监测和检测的标准。

8.3.2. 污染控制技术的绿塑创新驱动的要点

大力开发低污染、低能耗、无公害的加工工艺，最大限度地利用原材料。减少制造过程中污染物的排放，有害排放物降到最低。

国内塑机的污染控制仅限于液压系统的漏、渗、跑，以及运转噪声等宏观领域，而对于微观领域的污染控制还没有放到议事日程上。微观污染是影响人类健康环境的主要清洁因素。

微观污染包括：成型原料污染；加热污染、原料热分解 VOC 污染、静电污染、润滑污染、空气微粒污染、电磁波污染、磨损污染、表面锈蚀交叉污染、涂装 VOC 污染。

污染控制：从控制局部污染向整机、周边区域的联防联控转变，从单纯防治一次污染物向既防治一次污染物又防治二次污染物转变，从单独控制个别污染物向多种污染物协同控制转变。

8.3.3. 清洁化加热技术的绿塑创新驱动

清洁化加热技术的科学发展方向是应用高效节能的加热技术，达到降低热污染，洁净周边环境。热能利用率提高 10%，就意味着热污染的 15%得到控制。

传统的电阻丝加热效率仅为 40%~60%，其余的能量以辐射的形式浪费到环境中去，不但浪费能量，

而且恶化周围工作环境，造成环境污染。

清洁电磁感应加热系统。加热效率能够达到 90%，降低二氧化碳的排放量。没有传统电阻发热圈加热方式辐射到空气中的能量，可显著降低环境温度。表面的温度在 50℃ 以下，人体完全可以安全触摸，完全避免传统加热方式带来的因表面高温而造成的烧伤、烫伤事故发生。

纳米红外加热系统。红外传热方式是在电热圈表面经过高分子远红外材料做特殊处理后，能够产生相对于辐射源特定的红外线，这就是传热过程热损耗降低到了最小，传热率高达 99%。超低表面温度。

8.3.4. 清洁化动力驱动系统的绿塑创新驱动

清洁化的“3R”原则的应用于动力驱动系统上，清洁技术的研发重点：

Reduce: 指对系统进行节能设计，降低能耗，减少环境污染。节能设计不但要保证系统的输出功率要求，还要保证尽可能经济、有效的利用能量，达到高效、可靠运行的目的。减少污染包括减少外界环境对动力驱动系统的污染和动力强度系统对外部环境的污染。交流伺服电机直接驱动执行机构运行系统，无液压驱动可能产生的油液污染、噪声污染，并且动态反映快、大幅度节能，被称谓绿色驱动技术。伺服电机采用水冷式，保证有效的热分散，杜绝由于局部高温而产生有害气体，为洁净室或高度清洁环境下推荐。

Recycle: 指元部件的可拆装设计。应尽可能提高动力驱动系统的集成度，采取原则是对多个元件的功能进行优化组合，实现系统的模块化，并尽可能使动力驱动系统布局紧凑，如减少元件间的连接，设计易于拆卸的元件等。

Reuse: 指能量的回收再利用。交流伺服电机驱动系统中，增加伺服驱动制动回收单元，达到存储伺服永磁同步电机在刹车制动过程中产生的电能，同时能够将此电能释放到工作过程中，实现储存能量和释放能量的双向作用，可提高能量利用率(3%~8%)。液压力强度系统中，充分发挥蓄能器的储能性能，降低设备的装载功率。

9. 基于新常态战略的全套绿塑创新驱动的工程技术的解决方案

汽车绿塑创新驱动是一个系统工程。全套绿塑创新驱动的解决方案包括从原材料、加工设备、成型工艺、产品检测、仓储、回收再生利用等整个生命周期的解决方案。以汽车基于生态环境保护原则的“潜在需求”为中心，创新创造新材料、新技术、新设备、新工艺、新检测仪器，提供从原料、设备、成型加工技术、技术培训等的成套技术服务的交钥匙工程的全套解决方案，获取最大的社会效益和持续的经济效益。

以制品为对象，绿塑创新全套解决方案。汽车塑料件的品种繁杂化、功能及性能的多样化、更新换代的快速化、应用的拓展化，促进汽车塑料制品成型加工设备向细分化的发展。国内外有关塑料机械制造公司积极从事绿色汽车注塑机的开发，并成立专业研究部门，与汽车行业密切配合，根据汽车塑料件、汽车塑料原料的发展，对设备、模具、成型工艺不断进行创新，实现汽车绿色化塑料件达到最佳生态环境保护的性能，研究和应用成果不断涌现。

9.1. 产业联盟实现全套绿塑创新驱动的工程技术解决方案

我国汽车塑料件研发落后大大落后于汽车制造强国，单台汽车塑料的平均用量不到发达国家的 2/3，基本上不能自主开发出高端塑料件，代表塑料件应用技术最高水平的跑车至今仍是一个梦。究其原因的一个重要方面，国内在汽车塑料件研发上，材料、制品开发、加工制造及成型设备、废弃物回收利用等研究机构各自为政，互不往来，没有一个创新的全套解决方案的理念。

我国汽车产业链的研究及制造单位，都是分散型组织，搞设备制造的不懂塑料原料及成型工艺，搞

原料研究的不懂设备，绿塑创新没有具体的对象及应用目标，难以独立担当“潜在需求”的全套解决方案。以“潜在需求”具体制品为目标，汽车研究机构、汽车制造商、汽车零件供应商、汽车塑料原料研究机构及制造商、汽车塑料制品模具制造商、汽车塑料成型加工设备制造商、汽车销售商等联合为一体，组成紧密的产业联盟，变各自为政为牵手共同开发，绿色创新从原料到制品回收利用的整个生命周期的全套解决方案。

9.2. 汽车塑料原料开发商主动成为全套绿塑创新驱动工程技术解决方案的先驱

汽车塑料化的持续发展首先取决于汽车高分子材料的发展。汽车高分子材料的绿塑创新驱动的灵感来自于汽车的持续发展。汽车塑料原料开发商与汽车制造商之间的紧密合作，主动为汽车制造商提供汽车高分子专用材料，为绿色创新驱动的解决方案提供实现的基础，同时也为本企业的发展取得了新的增长点。

原料供应商必须走功能化、专用化的生产途径，制定长远的发展目标和品牌战略，实现市场资源、技术资源以及企业间的整合，最终获得规模优势。例如杜邦工程塑料在汽车上的应用包括动力总成、燃油供给、底盘、车身内外饰件、空调、电子、电气等系统。拜耳材料科技自视为国际汽车产业的研发合作伙伴，汽车玻璃团队专家其服务范围包括整个汽车玻璃的整个加工链，以及汽车玻璃的风力载荷、碰撞等力学性能试验和研究，可独立为未来汽车提供创新动力。巴斯夫 Ultracom™ 成套技术解决方案，通过与汽车领域的客户合作，开发出用连续纤维增强热塑性复合材料生产车身和底盘的生产技术。该方案包括连续纤维增强热塑性塑料半成品，配混料以及工程技术支持。新方案核心是采用巴斯夫 Ultramid® 聚酰胺或 Ultradur® PBT 热塑性树脂浸润的机织布和单向带预浸料制成的层压材料。这些预浸料是通过与 TenCate 和欧文斯科宁共同合作开发的。Ultracom 方案的第二个组成部分是为这些层压产品所开发的覆膜材料(overmoulding materials)。这些材料是 Ultramid 和 Ultradur 系列的配混料。巴斯夫表示，通过与层压材料与预浸料带的配合使用，就可以注射成型具有高机械性能的复杂零部件(在指定的确切位置使用连续纤维)，同时通过覆膜成型让部件具备特种功能。

原料供应商主动式服务于汽车塑料工程，制定和实施全套解决方案，推广绿色创新驱动的新材料。日本碳纤维复合材料应用于汽车工业的绿塑创新驱动处于国际领先地位，形成产业联盟是关键。日本是世界上碳纤维开发最早、应用最成功、应用面最广的国家，其中主要的经验是，碳纤维生产企业以自己为价值链的联系纽带，实现从原丝到下游复合材料一体化的配套生产体制，组合碳纤维复合材料应用的企业、行业，注重与下游企业合作，共同对碳纤维复合材料“潜在需求”的构件，制定和实施全套解决方案，推动碳纤维复合材料在汽车领域的应用，不断开发新的市场，以下游应用带动上游的发展，是日本碳纤维企业选择的发展之道。日本碳纤维生产企业近几年积极在全球进行扩产计划与战略布局，与下游应用企业结成联盟，整合产业链，促进 CFRP 及其制品在全球汽车领域中的普及应用，力求使日本成为碳纤维领域的绝对领先者。日本碳纤维生产商和欧美的主要汽车生产商纷纷结成联盟，谋求共同发展。在参股 Plasan Carbon Composites 公司之前，东丽的主要汽车制造商合作对象是日本和欧洲公司，包括丰田、富士重工和德国戴姆勒公司。Plasan Carbon Composites 公司是美国唯一的豪华轿车 CFRP 车体面板一级供应商，同时自身拥有可将 CFRP 部件的生产成型时间缩短至 17 min 的技术。买入 Plasan Carbon Composites 公司股份，确保了东丽通往美国汽车制造商的分销渠道，进一步提高其在美国汽车市场的参与度。东邦与美国通用自 2011 年起就展开了稳定的合作关系，与东丽一样，东邦公司也在欧洲和美国建立了公司和销售中心，瞄准汽车市场投入大量资金，并出资建立了复合材料应用中心，对未来碳纤维及其 CFRP 在汽车上的应用充满信心。三菱阳则与宝马和西格里集团 3 方合作，宣布 2014 年宝马 i3 系列纯电动车 BMW Megacity Vehicle 在全球正式上市，为碳纤维产品在通用汽车领域的商业化普及应用迈

出了重要的一步。这款车的市场表现，将在很大程度上决定未来 10 年碳纤维复合材料在通用汽车领域的发展方向。

9.3. 设备研发服务于工程技术全套解决方案

汽车塑料制品成型加工设备的研发成为塑料制品成型加工设备制造企业新常态产品结构调整及实现新的经济增长点的发展方向。

9.3.1. 专业化工程技术解决方案

ENGEL 公司用于制造汽车内外饰件的 Duo 600 pico 机器，其产品设计注重能耗及速度，不仅能缩短循环周期，相应提高产能、降低能耗，直接减低成本，保证了产品在市场上的竞争力。震雄的捷霸伺服驱动大型注塑机系列，锁模力由 650 吨至 2600 吨，集合了成熟的大型注塑机制造经验，配置日本油研公司的 Yuken-ASR 伺服电机油泵的一体化组合系统，实现了节能环保、高响应速度、高重复精度等绿色性能，适用于汽车部件的前端模块、门板、仪表板、座椅底盘和座椅靠背等注塑大型制品。Engel 公司的把 MuCell 微孔发泡注塑技术运用于普通注塑机，开拓微发泡汽车注塑机，生产内饰件、发泡结构件、高度抛光组件，使得汽车内饰件注塑成型壁厚 1 mm 成为可能，同时可减少高达 20% 的组件重量，从而明显减少碳足迹。

9.3.2. 差异化工程技术解决方案

住友德马格专注于能发挥设备最大优势并给客户最大利益的汽车优势行业，专注于照明系统、发动机部件、内筋、外筋。创新的技术、优质的产品以及完善的系统化的全套解决方案，使住友德马格在汽车行业始终保持领先地位。持续发展液压节能技术的节能动力动态自适应调节模块 Active Drive，保证获得最佳效益并将能耗降到最低。

9.3.3. 专用化工程技术解决方案

余姚大今机械有限公司研发出汽车密封件专用接角的立式注塑机，立式锁模，立式射出，锁模射出部分全在上方，适合带长柄型镶嵌件的塑料制品成型。富强鑫公司开发了应用于包括中大型多数车灯一步成型的注塑机及 BMC 灯壳专用注塑机，单缸油压式自动供料装置，实现稳定的进料功能；最新开发 FCS-2100 型控制器，实现精确的料温及模温控制；配置双 ACC 蓄能器射出装置，实现瞬间高速能量和高速射出成型。

9.3.4. 成型生产线工程技术解决方案

泰瑞公司根据汽车零部件的型腔面十分复杂的特殊性，配置一些特殊的功能程序：如多组抽芯功能、时序控制功能、注塑机配套换模装置功能、配套取件机械手装置功能等等，这些特殊功能在生产汽车塑料零部件中优势十分明显。提供的汽车复杂塑料零部件专用注塑生产线，其产品设计注重能耗及速度，不仅能缩短循环周期、提高产能，还能降低能耗，直接减低成本，实现了节能环保、高响应速度、高重复精度等优点，保证了产品在市场上的竞争力。

9.3.5. 功能化工程技术解决方案

宁波永生塑料机械有限公司与比亚迪汽车股份有限公司合作，联合研发专用注塑设备。自主研发达到国际先进水平的玻璃纤维长度达 60 mm、含量高达 60% 的复合材料的注塑装备及注塑技术，成型制品厚度可达到 0.40 mm 的高标准，成型制品内含玻璃纤维的长度仍能保持 30 mm 长度，实现高强度、高刚度的高安全性的汽车保险杠的薄壁轻量化的绿塑创新，提高了人车安全的和谐度。高比例超长玻璃纤维复合材料注塑设备及技术填补了国内空白。

9.4. 基于新常态战略的智能化工程技术的绿塑创新驱动

设备智能化指以成型加工塑料制品的质量为目标,设备(生产线)具有感知、分析、推理、决策、控制功能的“人脑”智能,自动检测制品的质量、自动修正成型工艺参数、“智”适应成型加工环境,实现人为设定的预期目标,它是先进制造技术、信息技术、微电子技术、电子技术、网络技术、检测技术的集成和深度融合。

智能化系统是一种人机一体化的系统,它是一种混合型的智能系统,并不是单纯的人工智能,即来自人工智能又高于人工智能。在这个系统中人占据了核心地位,使人在智能化设备的配合下充分的发挥了人的潜力,也使得人的智能和设备的智能能够充分的结合起来,实现人工智能无法实现的智能。

9.4.1. 智能化控制工程技术的基本框架

智能系统基于网络技术及无线技术将设备系统的动态参数传递出去,与其余设备系统共享数据;实时采集数据、软件远程自动升级,实现运行、服务的新模式。

智能化控制系统包括控制器、传感器、变送器、执行机构、输入输出接口。控制器的输出经过输出接口、执行机构,加到被控系统上;控制系统的被控量,经过传感器,变送器,通过输入接口送到控制器。不同的控制系统,其传感器、变送器、执行机构也不同。

9.4.2. 智能化成型加工应用工程技术基本要素

智能化系统可以根据成型加工的各种需要自动的生成一种最佳的制造模式,以使得设备以最优的方式进行运转。智能化是存在虚拟性的,而智能制造系统的虚拟制造使得该系统又上升到了一个全新的界面。

智能系统通过技术与装备集成,实现新型塑料制品及塑料制品新型加工的方法与机理、加工工艺与技术的多技术交叉融合。基于温度、压力、流量、体积、流速、强度、应力等多工艺参数数据的深度融合,并及时对外部指令作出响应、完成指令动作,实现对设备自身状态的调节、控制、监控和诊断。

9.4.3. 智能化节能降耗控制工程技术

智能化控制技术与节能降耗技术相结合,达到更高水平的节约资源和能源的绿色化成效。德国倍福自动化有限公司的 EtherCAT 实时工业以太网技术,通过非常经济有效的标准网卡(NIC)进行管理;EL3403 测量模块具备完整的电网分析和能源管理功能,通过测量电网中所有相关的电气数据及计算每相的有功功率和能量消耗、视在功率 S 、无功功率 Q 、频率 F 等数据,对生产过程能耗进行优化,降低能耗,从而降低了生产成本,也使得整个生产过程更为环保。菲尼克斯公司的能量管理模块(EMM)具备获取能量数据和监视能量数据的作用,通过现场总线或以太网提供数据采集和传输,Inline I/O 模块之间的连接实现了一种从能量消耗点到控制系统的无缝信息流,实现能效智能化管理,降低电能消耗。

9.4.4. 智能化能量回收应用工程技术

智能化伺服电机制动能量回收应用技术。这项技术在全电动注塑机上得到开发和应用。Netstal 的 ELION 系列全电动注塑机,把伺服电机制动过程产生的能量直接进入过渡电路,储存在电容电路中,这意味着产生的制动能量不必转化成热量,尤其是在注射循环期间,可以成为总能耗的一个重要部分,与液压注塑机相比,ELION 系列注塑机能耗减少了 70%,比常规的全电动注塑机能耗低 10% 以上。

智能化塑化加热辐射能回收应用技术。把塑化机筒的电阻丝加热圈辐射散发的热量收集起来,送入干燥加料斗,转为烘料热量使用,节省干燥料斗原需电加热供给的烘料热能。整个系统为气体循环的封闭系统,采用独立式的双重过滤进气系统,机筒集风罩具有空气过滤功能,保证了能量交换媒体的热风空气的清洁度。系统根据设定的干燥温度及收集的散发热量进行分析对比,智能控制冷、热气体量的混

合比，标准原料的干燥度。

10. 结语

国内绿色汽车技术开发研究工作主要体现在能源和代用燃料方面，以达到汽车在使用过程中减少对环境的污染，而全面系统地研究开发绿色汽车的基础理论和新技术工作不多。要使汽车真正成为绿色汽车，必须对汽车全面而系统地进行绿色化技术的开发和研究的创新驱动，并实现产业化，才是汽车工业可持续发展的“新常态”战略。

塑料件成型技术与汽车绿塑创新驱动无缝结合，持续开发低能耗、低污染、低排放、清洁化、洁净化、高速高效化、资源节约化、控制智能化等达到最佳的性能、最低的成本、最高的效率的绿色新技术。

成型材料的纤维增强复合化、装饰件的清洁多元化、结构薄壁件的结构复杂化等汽车塑料件的绿色技术的发展，给绿塑创新驱动带来了新课题，同时也为绿塑创新驱动提供了发展平台。

随着技术进步和社会发展，基于新常态战略的汽车绿塑创新驱动的内涵与外延也在不断地动态变化和发展。特别是由于人们对环境的价值观不断进步，而以为之价值基础的绿色创新驱动也随之而变。

中国汽车工业实现突破，必须在新常态战略的绿塑创新驱动上有所创造。追求低价位的汽车制造“旧常态”和“非常态”必然走向死路，汽车业必须在节能、环保、安全和新能源方面绿塑创新驱动新材料、新技术、新设备，推动低碳循环经济的发展，驱动汽车第三次工业革命。

参考文献 (References)

- [1] 张友根. 汽车塑料件成型新技术. 第二届全国高分子材料科学与技术学术研讨会论文集, 133-139.
- [2] 李雅明 (2010) 全生物降解聚乳酸(PLA)吹膜基础研究. *塑料制造*, 7, 49-51.
- [3] 杨德存, 周赞斌, 王英 (2014) 热塑性弹性体(TPE)及其市场和产品研发. *中国科技纵横*, 11, 83-83.
- [4] 姜润喜 (2007) 长纤维增强热塑性复合材料的开发与应用. *合成技术及应用*, 1, 24-28.
- [5] 吴新明, 齐暑华, 贺捷, 等 (2009) 长玻纤增强注塑聚醚醚酮复合材料加工工艺与力学性能的研究. *航空材料学报*, 6, 98-101.
- [6] 李一军 (2012) 浅谈碳纤维复合材料成型工艺技术. *广东科技*, 21, 202.
- [7] 倪朝晖, 张军, 苏广均 (2012) 碳纤维/聚丙烯复合材料的注塑成型及性能研究. *广东化工*, 17, 27.
- [8] 吴新明, 齐暑华, 贺捷, 等 (2009) 长玻纤增强注塑聚醚醚酮复合材料加工工艺与力学性能的研究. *航空材料学报*, 6, 98-101.
- [9] 肖九梅 (2014) 废旧塑料包装改性共混再生节能减碳新主张. *塑料包装*, 6, 31-34.
- [10] 徐佳, 孙超明 (2009) 树脂基复合材料废弃物的回收利用技术. *玻璃钢/复合材料*, 4, 100-103.
- [11] 张洪申, 赵清华, 陈铭 (2011) 报废汽车典型塑料零部件回收利用技术现状. *制造技术与材料*, 2, 13-15.
- [12] 刘洁, 刘丽芳, 俞建勇 (2011) 碳纤维复合材料废弃物的回收利用形势. *产业用纺织品*, 6, 26-27.