全塑后背门是汽车轻量化的典型应用之一，本文从全塑后背门应用现状出发，以众泰某车型为例，从全塑后背门的整体设计、选材分析、工艺分析、结构分析等方面详细讲解了塑料后后背门的开发与设计过程，目的在于为全塑后背门的开发提供参考，为汽车轻量化发展提供助力。

汽车全塑后背门开发应用解析

☐ 众泰汽车工程研究院 / 武卫星 沈长海　宋海泉

随着能源短缺、环境污染等问题日益严重，节能减排也成为汽车行业发展的重要使命。据汽车工业不完全统计，汽车整备质量每降低10%，燃油效率能提高6%～8%。对应欧盟的CO_2排放指标，汽车的整备质量每降低100kg，CO_2排放降低10g/km。因此，汽车轻量化具有重大意义。轻量化的三种途径分别为：材料轻量化、结构轻量化和先进的制造工艺轻量化，其中材料轻量化被公认是最有效的方法。

全塑后背门是材料轻量化的典型应用之一。与传统背门相比，全塑后背门具有如下优点：质量减轻约20%～30%，降低油耗；集成度高，工艺简化，生产周期缩短；造型设计性强；耐腐蚀性提高；车门开关的轻快性加强，开关门时声音品质提升；复原性好，可降低用车成本。

塑料后背门应用现状

塑料后背门主要分为三大类：第一类是全热固性塑料后背门；第二类是热固性塑料内板和热塑性塑料外板/扰流板塑料后背门；第三类是全热塑性全塑后背门。

第一类塑料后背门的内外板均由SMC材料构成。代表车型有：雪铁龙BX、雷诺Espace、沃尔沃V70，梅甘娜II等。

第二类塑料后背门的内板由SMC材料模压成型，外板则采用改性聚丙烯（PP+EPDM-TX）材料注塑而成。目前市场上成熟的主要车型有：标志4008、标志5008、标志508旅行版、C4 毕加索、路虎揽胜、揽胜运动版、DS6及云100等。

第三类全塑后背门内板采用LGFPP材料注塑成型，外板用PP+EPDM-TX材料注塑而成。目前，采用这种方案的量产车型主要有：宝马i3、标志雪铁龙308S、新一代日产奇骏、奇瑞小蚂蚁等，同时还有很大一部分在研发中，将在2018年陆续上市。

全塑后背门整体设计

从设计角度分析，全塑后背门市场上主要有两种构成形式。第一种以新奇骏为例，如图1所示，由内板和外板构成，外板集成扰流板和背门外板一体设计；第二种以

308S为例，如图2所示，由内板、扰流板、外板下饰板和加强板构成。

目前某项目正向研发的全塑后背门由内板和外板粘合而成，如图3所示外板1集成了扰流板、外板上板、外板下板和左右灯盒一体设计，共集成五个零部件，从而有效提高了背门外板的精度；内板2集成背门内板、背门上护板、背门下护板、背门左右护板，很大程度减少了零部件的数量，提高背门整体精度，也为模块化提供很好的基础。

图1　新奇骏后背门

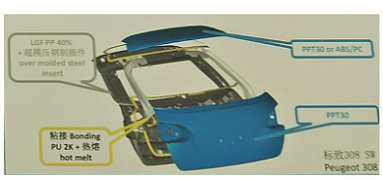


图2　308S后背门

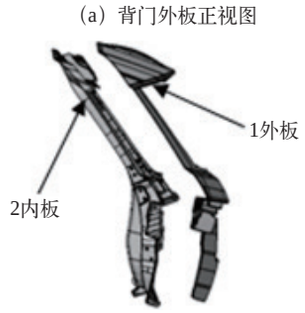
全塑后背门选材分析

1. 内外板选材

全塑后背门内板的主要作用是承载和提供强度与刚度支持。目前全塑后背门内板材料的选择方案主要有两种，其中PP-LGF40与PP-LGF30相比刚性更强，在实现可塑性的同时能够提供高强度的性能，且成功应用案例较多。故新开发车型内板选用PP-LGF40材料居多。

全塑后背门外板的主要作用是实现外观造型，改性聚丙烯材料的高流动性可以实现很多钣金不能实现的形状和结构，给造型提供极大的设计自由度。同时通过对市场上外板采用改性聚丙烯材料的车型的全塑后背门用材情况进行调研（调研结果见表1）发现：外板采用PP+EPDM-T30材料居多；因PP+EPDM-T30材料与PP+EPDM-T20相比，刚性强、尺寸稳定性好，故新开发车型外板选用PP+EPDM-T30材料居多。

（a）背门外板正视图



（b）背门分解图

图3　全塑后背门

2. 胶黏剂选材

目前全塑后背门用胶主要分为有底涂和无底涂两种，两者相比，有底涂胶水具有以下缺点：底涂成本高；工艺复杂，涂薄和涂厚都影响胶水粘结性能；生产效率降低，内外板表面火焰或等离子处理后，需要工人从机器人上取下内外板再涂底涂，而且要等底涂完全干燥后才能进行涂胶；增加人工成本。

涂胶厚度的设计和常温下产品长度（L_0）及内外板的材质都有很大的关系，胶厚度的设计可以根据延伸率（E_b）、高低温尺寸变化（Δl）和勾股定理计算得出，Δl为常温到高温的尺寸变化和高温到低

表1　部分车型用材情况

车型	外板		内板		胶水		是否上市
	材料	供应商/牌号	材料	供应商/牌号	牌号	是否底涂	
小蚂蚁	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	STAMAXTM 40YM240	6023	否	是
QX50	PP+EPDM-T20	CA610	PP-LGF30	LR23W	ZU811-1	是	是
新奇骏	PP+EPDM-T20	CA610	PP-LGF30	LR23W	ZU811-1	是	是
i3	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	不详	7570 L05	否	是
Rogue	PP+EPDM-T30	Basell Hifax TYC1175	PP-LGF30	Advanced Composites Inc	不详	不详	是
308S	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	40YM240	6023	否	是
D27	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	40YM240	不详	不详	否
C330	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	40YM240	6023	否	否
长安某车型	PP+EPDM-T30	EBP-830/9 C16	PP-LGF40	0455	6023	否	否

温的尺寸变化之和，公式如下，具体如图4所示。

$$\Delta l=L_0\times\Delta\alpha\times\Delta T$$

式中，$\Delta\alpha$为胶粘接的两种材质的线膨胀系数之差；ΔT为60K。

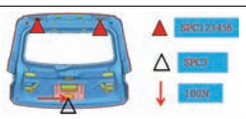
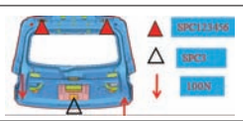
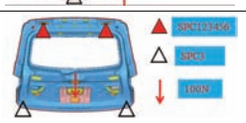
全塑后背门工艺分析

全塑后背门的内外板均采用注塑工艺成型，内外板通过双组份胶粘合成后背门总成。考虑到LGFPP材料各向异性的特点，必须在开模前进行充分的模流分析仿真，确定流道和冷却管路的布置，指导模具的开发和设计，并在模具上做适当的预变形处理，控制零件的尺寸和性能。背门尺寸较大，内板更容易翘曲变形导致和外板粘合困难，针对这些问题，应当在设计阶段通过仿真分析规避。

全塑后背门结构分析

塑料背门分析主要包含模态和刚度分析，某车型全塑后背门模态分析完全优于传统后背门模态。其中刚度分析分为整体刚度和安装点刚度两部分，整体刚度又包括抗扭刚度、弯曲刚度和侧向刚度；安装点刚度是铰链安装点、气弹簧安装点、电动机安装点、锁安装点、缓冲块安装点等处的刚度统称。

表2　约束加载条件

工况	约束	加载	图示(图中为参考车型，非分析车型)
弯曲刚度	铰链处约束车身侧SPC 1-6，缓冲块处约束SPC3	缓冲块处加载Z向载荷，F_z=100N	
扭转刚度	铰链处约束车身侧SPC 1-6，锁扣处约束SPC3	缓冲块处加载Z向载荷，F_z=100N	
侧向刚度	铰链处约束车身侧SPC 1-6，锁扣处约束SPC3	锁钩位置施加Y方向，F_z=100N	

某车型全塑后背门的整体刚度按照表2的约束加载条件进行分析，分析结果均满足全塑后背门整体刚度的目标值。

安装点刚度按照图4所示的约束条件和加载要求进行分析，每个安装点刚度亦均满足设定的目标值。

综上所述的所有分析结果均和某日产全塑后背门做了比对，分析值均高于某日产车型。

结语

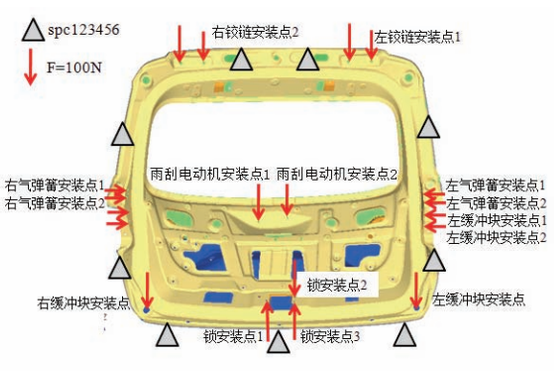
利用以塑代钢技术实现汽车轻量化，已是当前汽车新材料应用研究的主要方向之一，其中全塑后背门作为以塑代钢的典型案例，在欧美国家，已经有大量车型采用。然而国内全塑后背门开发则是刚刚起步。目前全塑后背门还存在以下缺点：

（1）成本高。

（2）国内市场接受程度低，顾客对塑料后背门全塑后背门的性能产生质疑。

（3）主机厂对全塑后背门开发缺少经验，缺少产品设计分析能力且试验标准不完善。

但是随着国家日益严格的节能减排要求和主机厂对全塑后背门研究成果不断提高，加之全塑后背门拥有可靠、高效、轻量化、外形美观等特点，相信全塑后背门必会获得广泛应用。AUTO1950



此模型非分析模型

图4 局部安装点位置及施加力方向大小

武卫星：众泰汽车工程研究院材料主管工程师，2012年西华大学材料加工工程硕士毕业；曾在吉利汽车技术中心工作，现主要负责材料数据库的建立、第三方检测机构体系管理、以塑代钢轻量化产品材料开发及应用等。