

汽车用聚丙烯开发应用

北京燕化石油化工股份有限公司树脂应用研究所 刘星 孙颜文

摘要: 聚丙烯(PP)能够满足汽车轻量化、低成本、环保的发展目标,是用量最大、发展速度最快的汽车用塑料。为实现轻量化、低成本、汽车塑料件壁厚有减薄的趋势,这要求PP具有高强度和高流动性。开发聚合新工艺、新型催化剂、发展共混改性技术是国内外石化行业不断追求的目标。

轻量化、安全化、舒适化和环保是世界汽车工业发展的主要趋势。塑料及其复合材料是重要的汽车用材料,采用塑料不仅可减轻零部件约40%的质量,而且可使采购成本降低40%左右^[1]。近年来,塑料在汽车中的用量迅速上升,平均每辆汽车的塑料用量已达105kg,约占汽车总质量的8%~12%^[2]。而在车用塑料中,聚丙烯(PP)以密度小、性价比高,具有优异的耐热性能、刚性、耐化学药品腐蚀性,易于加工成型和回收等特性在汽车上得到广泛的应用,成为车用塑料中用量最大、发展速度最快的品种。

一、车用PP概况

近年来,世界汽车业竞争日趋激烈,各国对发展车用塑料尤其是PP十分重视,国外车用PP的使用量也在稳步增长。日本车用塑料以PP为主,20世纪90年代初日本平均每辆汽车用PP为2kg,90年代末已增加到37kg,PP在车用塑料中的比例,由过去的28.8%上升到37%,占世界首位^[3]。PP也是美国车用塑料中消费量最大(约占20%)的品种。美国目前每辆车用PP为24kg,并以15%的速度增长。欧洲汽车用主要塑料的构成与日本相似,即以PP占首位,其用量占车用塑料总量的28.1%,并以10%速度增长。2005年,全球汽车用PP的消费量将达到2.8Mt。

目前,中国汽车工业开始步入了一个高速增长的发展时期,塑料在汽车上也得到广泛应用。我国每辆轿车中塑料用量在60~100kg,用量最大的4种塑料是PP、聚氨酯(PU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物(ABS)和聚氯乙烯(PVC)。国产车的PP单车用量在

10~20kg^[4]。中国第一汽车集团公司换代载货车的内饰除了顶棚外，大部分都使用改性的 PP，占其他材料的 60%以上。我国汽车生产使用塑料及 PP 情况见表 1。预计到达 2010 年，我国汽车工业需要塑料 700kt 左右。其中 PP 为 150kt。

表 1 我国塑料及 PP 在汽车生产中的用量

项目	2003 年	2004 年	2005 年
汽车产量/万辆	444	507	560~600
塑料总用量/kt	310	350	400
PP 用量/kt	87	100	114

二、PP 在汽车上的应用

汽车上以 PP 为材料的零部件数量依车型不同而有所差异，涉及品种达六、七十种^[6]。PP 在汽车上主要应用于：(1) 外饰件，包括汽车保险杠、挡泥板（轮罩壳）、侧护板、后导流板、灯壳等；(2) 内饰件，包括仪表板、门内板、杂物箱盖、门手柄、车顶蓬基材等；(3) 功能件，包括转向盘、空气过滤器外壳、风扇叶片等^[3,8]。为便于回收，近年来把汽车内饰和外装材料也统一到聚烯烃材料中。

通用 PP 材料存在收缩率大、低温韧性差及耐光、热老化性能差等缺点，实际应用于汽车零部件时，必须根据零部件的特殊使用要求进行改性。PP 材料的共混改性方法就是在 PP 材料中加入增韧体（增韧剂）可显著改善 PP 的冲击韧性及耐低温性，但弹性体的加入会带来材料强度和热变形温度的下降。为克服这一现象，在增韧体系中填充高耐热性、高刚性的无机物填料可显著提高材料的刚性、耐热性及尺寸稳定性。通过对 PP 基体、增韧剂、填充剂三者间配比的协调，可制造出一系列不同性能的材料，满足汽车不同部件的功能要求^[9]。随着 PP 改性技术的不断发展，PP 在汽车上的应用范围也不断扩大^[10]。（见表 2）

表 2 PP 在汽车上的应用^[8]

	零部件名称	材料	车型
外饰件	保险杠	弹性体改性 PP	桑塔纳、捷达、奥迪-100、别克、夏利、海狮、长安之星等
	挡泥板（轮罩，壳）	改生 PP	桑塔纳、富康等
	侧防撞板	弹性体改性 PP	捷达、奇瑞等
内饰件	仪表板	填充 PP	夏利、长安等以及轻、小型货车
	门内板	改性 PP 或抗冲共聚 PP（ICPP）	五十铃系列轻型汽车等

功能件	方向盘	改性 PP	CA141、EQ141 等
	转向柱套	改性 PP	小解放
	冷却风扇	玻璃纤维增强 PP (GF-PP)	CA41、捷达、桑塔纳等
	碳罐	改性 PP	各种轿车
	空滤器壳	GF-PP	捷达、桑塔纳等
	蓄电池壳	ICPP	各种车型

(一)、保险杠

汽车保险杠是汽车上表面积大、形状复杂的薄壁结构部件。美国汽车安全标准中规定在汽车以时速 50km 正面碰撞时，汽车保险杠应不被损坏^[11]。我国规定在时速 40km 冲撞时，应不被损坏。这就要求所用材料具有优异的抗高、低温冲击韧性，刚性以及良好的耐老化性能。

20 世纪 90 年代以来，日本和欧洲国家大约 80%以上保险杠是采用改性 PP 注塑成型的。目前，国内以改性 PP 为原料注塑成型加工保险杠也越来越普遍，如部分轻卡用改性 PP 保险杠替代原来的玻璃纤维增强热固性塑料保险杠。国内大部分引进车型如一汽大众、奥迪、神龙富康、上海桑塔纳、帕萨特、天津夏利、北京切诺基、索纳塔、广州本田、沈阳海狮、重庆长安以及微型车、经济型轿车等都是采用改性 PP 生产保险杠^[12]。

国外保险杠专用料通用的改性方法有：①PP/增韧剂共混改性，PP/增韧剂/无机填料共混改性。其中，PP 以抗冲共聚物为主，增韧剂包括二元乙丙橡胶 (EPR)、三元乙丙橡胶 (EPDM)、热塑性弹性体 (POE) 等，无机填料以滑石粉为主。②橡胶相含量高达 35%以上的耐冲击型 PP/EPR 反应器共混料。国内保险杠大多采用前一种方法^[13-15]。

目前，国内改性用共聚 PP 树脂大部分为进口料，主要有新加坡 TPC 公司的 AY564、AW564、AH561，Mytex 公司的 AP03B，韩国现代公司的 M1600，日本三菱化学公司的 BC03B 等。改性用 EPDM、POE 等增韧剂几乎全部依赖进口，主要为美国埃克森公司的 3708、杜邦公司的 3745、8150 和日本 JSR 公司的 EP57 等。另外，国内还进口一定量的保险杠成品料，如荷兰 DSM 公司的 KeltanTP 0552/2、TP 0550/2、TP 2636 及 86MF97；美国 Montell 公司的 TP0 Hifax CA187AC、PP CB259AC 等。已应用于汽车保险杠生产的国产共聚牌号有北京燕山石油化工有限公司（简称燕化公司）的 1340、1740、1947、K 8303、K 9020、K 9035、K 7726 等，齐鲁股份有限公司（简称齐鲁公司）的 EPS30R、EPF30R、SP179 和扬子石油化工有限公司（简称扬子子公司）的 K9015、K9927 等。2003 年保险杠专用料的用量约 18.3kt，根据 2004 年汽车产量，2004 年保险杠专用料需求量达到 21.0kt。

(二)、仪表板^[16, 17]

仪表板分为硬质、软质仪表板 2 种。硬质仪表板是整体一次注塑成型，所用材料有改性

聚苯醚、苯乙烯/马来酸酐共聚物和增韧增强性 PP 专用料。增韧增强改性 PP 专用料常用的增韧剂有 EPDM 和 POE, 无机填料或增强材料有滑石粉、云母和玻璃纤维等。软质仪表板由表皮、骨架、缓冲材料等构成, 通常采用金属或改性 PP、ABS 等塑料注射件作为骨架, 采用发泡 PU 或发泡 PP 作为缓冲材料, PVC 或热塑性聚烯烃弹性体作为软质表皮。为有利于材料的回收, 目前正在探索表皮、骨架、缓冲材料均采用 PP 的可能性。硬质仪表板主要应用在轻、小型货车和微型客车、普通轿车上, 高档汽车普遍使用软质仪表板。

2003 年, 国内仪表盘生产消耗 PP 树脂 10kt, 2004 年消耗 PP 树脂 12kt。预计 2005 年, 消费量为 14kt。

(三)、蓄电池槽

塑料蓄电池槽具有质轻、成型加工简单、环境污染小和外形美观等特点。目前, 85% 以上的蓄电池使用塑料槽。用于汽车上的多是启动型铅酸蓄电池, 蓄电池槽绝大多数采用 PP 为原料注塑成型。20 世纪 80 年代, 我国主要使用共混改性 PP 生产塑料蓄电池槽。20 世纪 90 年代逐渐被韩国现代公司的 M1250、韩国三星公司的 BJ340 等抗冲共聚 PP 所取代。近几年, 随着国产共聚 PP 产品性能的提高和产量的增加, 国产共聚 PP 逐步占领了这一市场, 国产料约占 80%。国产料的牌号主要有燕化公司的 1340、K8303, 齐鲁公司的 EPS30R, 盘锦乙烯有限责任公司的 J340 等。

2003 年, 全国蓄电池产量已近 1 亿只, 共消耗 PP39kt。2004 年消耗 PP42kt, 预计 2005 年蓄电池行业对 PP 的需求量在 44kt 左右。

三、国内外汽车用抗冲共聚 PP 树脂开发状况

(一) 国外汽车用高性能 PP 树脂开发

适应汽车轻量化、低成本的发展趋势, 开发高抗冲高流动性 PP、高结晶聚丙烯 (HCPP)、高熔体强度聚丙烯 (HMSPP) 等高性能的 PP 树脂, 对 PP 在汽车领域中的应用起着极大的促进作用^[18-21]。对于汽车塑料件的生产厂而言, 采用高流动性的改性材料既可缩短模塑周期, 又可改善制品外观; 对于汽车厂而言, 如果塑料制件采用高流动高强度材料成型, 可使制件的壁减薄, 从而实现汽车的轻量化。

近几年, 几乎世界所有的大型 PP 生产公司在反应器直接生产抗冲共聚物的技术方面都取得了明显的进展。一是进一步改进了抗冲共聚物的刚性、韧性和流动性的平衡, 出现更高流动性的共聚 PP 产品; 二是提高了抗冲共聚物的功能性, 制作可涂装性保险杠等。Montell、

Badell、BP 等许多公司已开发出高抗冲、高流动性 PP 系列产品，熔体流动速率 (MFR) 为 25~35g/10min 的 PP 共聚物已很普遍，并出现了 MFR 达 45g/10min 以上的高流动和超高流动抗冲共聚 PP 产品，这些产品已在汽车、家用制品、包装领域等获得应用。BASF 公司与 ICI 公司和 Quantum 公司联合开发的气相 PP 技术，可直接生产乙丙橡胶为 50% 的 PP 共聚物，该材料抗冲击性能优良、熔体流动性好，适于薄壁长流道注塑成型，可用于制作汽车保险杠外罩、阻流板和汽车防护器等。Dow 化学公司采用 Unipol™ 聚合工艺技术、特种催化剂生产抗冲共聚 PP，橡胶相含量达到 40%，具有良好的刚性与韧性平衡，抗低温冲击性能优异，在汽车领域得到广泛应用。

HCPP 较常规 PP 具有更好的韧性和冲击性平衡，且耐热、表面硬度高、抗划痕、高光泽、耐污染等，已成为家电、汽车领域和作为其改性基础树脂的新一代 PP 材料，在汽车领域主要应用在汽车装饰件、发动机罩下的功能性部件的生产。HCPP 在国外已工业化生产，如 Basell、BP、北欧化工、大韩油化、韩国三星等公司均有工业化产品。

PP 泡沫塑料具有质量轻、比强度高、隔热、吸音和吸收冲击能，优良的耐水性、耐化学药品腐蚀性、耐高温等优点，在汽车上适合于制作衬垫、保温隔热垫和减振防振材料等，已显示出了快速增长的势头。普通 PP 在高熔体强度方面存在缺陷，生产发泡制品时会出现气泡破裂等现象，限制了其在这一领域中的应用。HMSPP 于 1994 年由比利时 Montell 公司推出，其牌号为 Profax PF814。Profax PF814 是一种含长支链的 PP，长支链是在后聚合中引进接枝的，这种均聚物的熔体强度是具有相似流动特性的普通均聚 PP 的 9 倍。美国和日本及欧洲国家在 HMSPP 研究方面处于领先地位。用 HMSPP 生产的低发泡泡沫塑料刚性较大，主要用于要求强度的场合，其中以汽车的内装饰芯材为主；高发泡泡沫塑料主要用途是作为汽车减震器等的芯材。

(二)、我国汽车性用抗冲共聚 PP 树脂开发

我国汽车改性用 PP 基础树脂牌号较少，为了适应国内飞速发展的汽车工业的需要，近年来，国内各石化企业瞄准汽车专用料市场，加大了汽车用共聚 PP 专用料开发、生产力度。2003 年 4 月，天津石化乙烯厂在 PP 装置上利用国内单环管工艺开发了高流动性抗冲 PP 注塑专用料系列产品(牌号为 TJPP2027 和 TJPP2028)。扬子公司则已将汽车专用料的牌号拓展到 K9015、K9020、K9027、K9927、K9940。中国石化上海石油化工股份有限公司在液相本体法 PP 装置上开发了 M2101R (MFR 为 21g/10min)、M700R (MFR 为 7g/10min)、M800U (MFR 为 8g/10min)。燕化公司在稳定 K8303 的生产之外，逐渐加大高流动性共聚 PP 的开发，其中 K9920 (MFR 为 20g/10min)、K9020、K9035、K9935 (MFR 为 35g/10min) 等在汽车领域已得到广泛应用，2004

年初又成功开发了超高流动共聚 PP 产品 K7760 (MFR 为 60g/10min), 在汽车领域推广应用。

四、汽车用 PP 改性料开发状况

(一)、国外汽车用 PP 改性料开发进展

1. PP/无机纳米复合材料

PP/无机纳米复合材料在汽车工业中有重要的应用价值和广泛的应用前景, 已成为国外公司的研究单位竞相开发的新材料体系。从理论上讲采用无机纳米粒子进行 PP 增韧, 可使 PP 的韧性、刚性同时得到提高, 具有协同性^[22]。

美国通用汽车公司、Basell 公司和 Southern 粘土已用于 2002 年新车型的上车踏板, 利用了纳米 PP 的高刚性、质轻和低温下力学强度基本不降低的特性。纳米黏土质量分数为 2~3%, 可取代质量分数为 20~30%的滑石粉填充 PP, 收缩率更小, 低温韧性更佳。虽然这种应用不十分重要, 但被认为是开发在汽车外饰件应用的重大进展。

美国 Nanocor 公司^[24]开发出系列纳米蒙脱土及其聚烯烃母粒产品。母粒在均聚 PP 和共聚 PP 中应用, 均可使复合材料的刚性和耐热性明显增加, 而冲击韧性的下降并不明显。

Ford 公司^[23]致力于纳米复合材料在汽车工业上的应用, 主要包括仪表板和车身板。纳米复合材料能改进制件的耐划痕性。该公司开发了 2 种新技术生产纳米复合 PP。其中之一是采用超临界流体技术预加热纳米黏土, 改进各个片晶的分散与扩展; 另一技术是使用超声波能量在加工过程中提高纳米黏土片晶的分散、插入和层离。

Cascade 工程公司^[25]推出了 Forte 纳米 PP 复合物, 该类材料可以替代高填充材料 (诸如 PP), 已成功用于 Acura2004 旅行车的座椅后背。Forte 纳米 PP 复合物具有优良的力学性能, 制品外观好, 能明显地提高部件强度, 降低材料用量和成本。它的另一个优点是填料添加量少, 改进了材料回收性。

2. GF-PP

玻璃纤维增强热塑性塑料具有拉伸强度和弯曲模量高、抗蠕变及耐疲劳性能好等特点。在汽车中应用部位有保险杠、仪表板、行李仓底板、蓄电池槽、车门、座椅靠背、防撞部件、背胎架、发动机底座等。长玻璃纤维增强 PP 的刚性、强度和耐热性均优于短玻璃纤维增强 PP, 将成为增强型 PP 的发展趋势, 广泛应用于汽车结构件 (如汽车引擎罩发动机冷却风扇等)。近年来, 国外一些大型公司均推出了长玻璃纤维增强 PP, 如美国 Azdel 公司^[26]推出一种 Superlite Azdel 片材料, 为采用新工艺生产的玻璃纤维增强泡沫 PP, 可用于汽车车顶衬里、

车身地板、后壁板、尾厢地板、挡泥板等。

(二)、我国汽车用 PP 改性料生产状况

随着我国汽车集团化、规模化生产，使其配套的零部件生产厂与汽车件用改性料生产厂不断壮大，生产规模不断增加。国外一些大型石化公司也看到我国巨大的市场前景，纷纷在国内建立汽车改性料生产厂，并寻求原料的本地化，以降低成本。如日本三井化学公司已在上海建成生产能力万吨的汽车改性料厂，目前正在广东建设第二座改性料厂；日本三菱化学公司已在北京建成专门生产汽车用改性 PP 专用料的合资企业——北京聚菱燕塑料有限公司。国内已逐渐发展了一批生产能力超过 10kt/a 的改性料生产厂家，如广东金发科技股份有限公司、龙口兴隆道恩化学有限公司、温州俊尔高聚物有限公司等。

为了降低汽车件专用料的改性成本以及便于汽车塑料件的加工成型，近年来，改性料生产厂越来越多地采用高流动、高抗冲共聚 PP 作为基础树脂。尽管国内各石化企业在开发高性能 PP 方面做了很多工作，但共聚 PP 树脂，尤其是高流动共聚产品牌号还是较少，且在性能、生产数量等方面还不能完全满足汽车工业的需要。因此，汽车用改性 PP 的基础树脂进口料占 50% 以上。进口产品有：韩国晓星公司的 J742S、韩国三星公司 BJ730、日本三菱化学公司的 BX03G、日本三井公司的 P604、韩国现代公司的 M1600、新加坡 TPC 公司的 AW191、191A、AP03B、AW564、AZ564 等。

五、建议

随着我国汽车工业的发展，尽管与之相关的石化行业、汽车塑料业有了长足的发展，但与世界先进水平相比，还存在很大的差距。与进口产品相比，国内汽车用共聚 PP 树脂无论是在质量稳定性上，还是在数量上都有一定的不足。高性能的 PP 树脂，如具有高韧性、高刚性、高流动性的共聚 PP 仍依靠进口。因此，国产 PP 树脂产品要进入高端产品市场，尚需做大量的工作。

参考文献

1. 周一兵，我国汽车工业对塑料需求浅析 [J]，工程塑料应用，2004，32 (2): 75
2. 周一兵，汽车工业高速发展拉动塑料需求跃增 [J]，化工新型材料，2004，32 (2): 1~2
3. 李馥梅，唐小平，姚亮红等，汽车零部件用聚丙烯塑料的开发 [J]，塑料科技，2002，49 (3): 60
4. 吴德峰，徐鼎，史铁钧等，塑料在汽车工业中的应用 [J]，塑料科技，2001，44 (4): 34~36
5. 张微微，刘莉，杨彬等，聚丙烯 (PP) 在汽车部件上的应用 [J]，汽车工艺与材料，2003，(8): 36~

6. 季平, 改性 PP 的性能特点及在 178 车上的应用 [J], 汽车工艺与材料, 2002, (8): 88
7. 范忠庆, 改性聚丙烯在我国汽车中的应用 [J], 石化技术与应用, 1999, 17 (4): 236 ~ 239
8. 李尹熙, 中国汽车用塑料的现状和发展方向 [J], 汽车工艺与材料, 2000, (1): 5
9. 庚晋, 周洁, 白木等, 汽车用塑料市场现状与发展分析 [J], 国外塑料, 2003, 21 (5): 16 ~ 20
10. 吴三清, 汽车用改性聚丙烯 (PP) 材料的开发与应用 [J], 汽车工艺与材料, 2004, (2): 28
11. 崔丽梅, 刘新民, 邱桂学等, 我国 PP/POE 汽车保险杠的研究进展 [J], 塑料, 2003, 32 (5): 45 ~ 49
12. 赵文聘, 富康轿车保险杠 PP 改性专用料的研究 [J], 中国塑料, 2001, 15 (1): 27 ~ 28
13. 窦强, 聚丙烯汽车保险杠专用料的研制 [J], 塑料, 2004, 33 (1): 16 ~ 19
14. 李馥梅, 新型聚丙烯汽车保险杠专用料的研制 [J], 中国塑料, 1999, 13 (3): 38
15. 柴国梁, 中国合成树脂工业分析 [J] 上海化工, 2003, (8): 50
16. 朱芝培, 国内外汽车用塑料的现状和发展 [J], 化工新型材料, 2001, 29 (2): 2
17. 李尹熙, 热塑性塑料弹性体及其在汽车上的应用 [J], 汽车工艺与材料, 2000, (11): 2
18. 孟翠省, 聚丙烯改性技术进展及新产品开发 [J], 化工新型材料, 2003, 31 (12): 1 ~ 5
19. 陆嘉, 聚丙烯嵌段共聚物生产开发及市场需求 [J], 工程塑料应用, 1998, 26 (3): 25
20. 王火喜, 齐泮仑, 王鹤庆等, 国外聚丙烯新产品的开发 [J], 中国石油和化工, 2004, (5): 38 ~ 41
21. 张增民, 聚丙烯高性能化改性技术的新进展 [J], 塑料, 2001, 30 (3): 23 ~ 28
22. 裴运同, 纳米复合聚丙烯材料研究及应用 [J], 塑料科技, 2003, 57 (5): 56 ~ 57
23. Keren Sall. The automotive industry is driving the commercialization of nanocomposite grades [J], European Plastics News, 2002, 29 (3): 14
24. 兰铁, 美国纳科纳塑料添加剂 [M], 北京: Nanocor INC, 2002
25. 毅佳, 汽车用纳米复合材料上市 [J], 工程塑料应用, 2004, 32 (6): 29
26. 新型热塑性复合材料开发成功 [J], 化工科技市场, 2002, (7): 38

(本文摘自《合成树脂及塑料》2005 年第 3 期)