

## 【专论综述】

## 聚丙烯改性技术及新产品开发

崔小明 北京燕山石化公司研究院 北京 102550

**摘 要** 介绍了聚丙烯的改性技术以及高熔体强度聚丙烯、高透明聚丙烯、高流动共聚聚丙烯、高结晶聚丙烯等聚丙烯新产品的研究和开发情况。

**关键词** 聚丙烯 改性技术 新产品

聚丙烯(PP)是一种性能优良的热塑性合成树脂,具有比重小、无毒、易加工、抗冲击强度、抗扰曲性以电绝缘性好等优点,是通用树脂中耐热性最好的产品,在汽车工业、家用电器、电子、包装及建材家具等方面具有广泛的应用。但是聚丙烯也有一些不足的性能,如具有较大的成型收缩率、低温易脆裂、耐磨性不足,热变形温度不高,耐候性差等。所以,在实际生产中常采用改性的方法来赋予聚丙烯新的性能。另外,随着工艺的改进和新型催化剂(尤其是茂金属催化剂)的开发,市场上出现了全新的 PP 新产品品种。与传统 PP 相比,它们在抗冲击、刚性、透明性、光泽、阻隔性等方面的优势,不仅在传统 PP 应用领域发挥作用,而且也向其它应用领域渗透。目前,聚丙烯新产品的开发主要包括高透明、高熔体强度、高结晶度、高冲击强度、纳米复合聚丙烯等,这些产品广泛应用于包装、汽车、家电和建筑等产业。

## 1 聚丙烯的改性技术<sup>[1,2]</sup>

聚丙烯改性如聚乙烯一样,可以分为化学改性和物理改性两种方法。化学改性主要是共聚,接枝,交联等,是通过改变 PP 分子结构以达到改性的目的。物理改性主要是共混,增强,填充等加入添加剂以赋予 PP 新的性能。对 PP 最为突

出的改性目标是改善其耐寒性,低温干脆性,耐候性以及刚性不足,染色性能差等。

### 1.1 聚丙烯的化学改性

#### 1.1.1 共聚改性

以丙烯单体为主的共聚改性可在一定程度上增进均聚 PP 的冲击性、透明性和加工流动性,它是提高 PP 韧性,尤其是低温韧性的最有效的手段。

将丙烯、乙烯混合在一起聚合,其聚合物主链中无规则地分布着丙烯和乙烯链段,乙烯则起着阻止聚合物结晶的作用。当乙烯含量(质量分数)达到 20%时结晶便很困难,到 30%时就完全无定形,成为无规共聚物,其特点是结晶度低,透明性好,冲击强度增大等。将丙烯均聚后,再进行共聚,可获得丙烯、乙丙橡胶和乙烯组成的嵌段共聚物,其中乙丙橡胶在丙烯和乙烯相间起着相容剂的作用,控制三相比例,可获得刚性、冲击性能均衡的共聚物。

近年来,国外研究改性 PP 已经成为开发新的 PP 材料的热点,特别是 PP 嵌段共聚物的发展尤为迅速。嵌段共聚物与等规 PP 相比,低温性能优良,耐冲击性好;与等规 PP 和各种热塑性高聚物的共混物相比,刚性降低不大,脆性得到改善;与 HDPE 相比,耐热性高,抗应力开裂性

好, 表面硬度高, 收缩率低, 抗蠕变性较好。

### 1.1.2 接枝改性

PP 是非极性聚合物, 通过接枝改性可赋予 PP 以极性, 从而改进 PP 的粘接性、涂饰性、油墨印刷性。接枝后的 PP 可作为挤出复合膜的粘接层、热熔胶, 也可作为 PP 与各种极性聚合物如 PA 等共混用的相容剂。

将等规或无规 PP 悬浮在溶剂(或高温溶解的溶剂)中, 以有机过氧化物为引发剂, 与甲基丙烯酸(酯)或丙烯酸(酯)、苯乙烯、乙酸乙酯等单体进行接枝共聚。该聚合物是在 PP 主链的某些原子上接枝化学结构与主链不同的聚合物链段。随着接枝聚合物所用的 PP 种类、枝链段的种类、长短、数量以及接枝聚合物的相对分子质量及分布而有所不同。一是以提高 PP 的拉伸强度、冲击强度为目的; 二是以提高 PP 与其他材料的粘接性为目的。在 PP 分子链上接枝弹性链段有助于提高 PP 冲击强度和低温性能。如果接枝上适当的极性基团, 则可以改善 PP 的粘接特性。以 PP 为基材的极性支链接枝共聚物不仅在强度特性、耐药品性、耐候性等方面保持 PP 的基本特性, 而且在熔融后能牢固地与聚酰胺、乙烯-乙醇醇共聚物、金属、玻璃、木材、纸等粘接, 在老化、水浸渍、沸水处理、蒸煮处理方面, 可显示优良的耐持久性。

### 1.1.3 交联 PP

PP 的交联方法与 PE 基本上一样, 有化学交联和辐射交联。但对于 PP, 辐射交联的同时降解也十分严重, 因此辐射交联的效果很有限, 所以一般采用化学交联。通过交联可以提高 PP 的力学性能和耐热性能。

## 1.2 聚丙烯的物理改性

### 1.2.1 填充母料

以液相本体法 PP 粉料为载体, 采用双螺杆

配混工艺制备的 PPM 型填充母料是最适合于 PP 填充改性的第三代新型填充母料, 使用填充母料的制品的物理性能, 力学性能, 印刷性能及防滑性等都得到很大的改善。

### 1.2.2 填充(或增强)改性 PP

采用无机矿物质粉末如碳酸钙、滑石、硅灰石、云母以及玻璃纤维等对 PP 进行填充或增强改性是众所周知的 PP 改性方法, 其主要目的是提高材料的刚性、硬度和耐热性, 同时又可提高制品的尺寸稳定性和耐蠕变性, 并使成型收缩率减小。有研究表明, 经过适当表面处理的纳米碳酸钙粒子通过熔融共混法均匀分散在 PP 中, 可提高 PP 的缺口冲击强度。可采用一步法或二步法来制备 PP/纳米碳酸钙复合材料, 一步法是将表面预处理后的碳酸钙、PP、相容剂在双螺杆挤出机上直接共混, 二步法是先表面预处理后的碳酸钙同相容剂, 少量共聚 PP 在双螺杆挤出机上挤成高浓度母料, 再将母料同 PP 共混。其中滑石粉填充改性 PP 具有尺寸稳定性好, 不翘曲、热变形温度高, 模量和硬度大的优点。最近研究出一种 Celstran 长玻纤增强 PP 新品种, 长玻纤纤维能使 PP 的物理性能大大提高, 特别是压溃件。增强或填充改性 PP 生产工艺, 其主机都是混炼型挤出机, 可以根据不同的需要采用不同的螺杆形式。通常情况下多采用单螺杆挤出机或双波状螺杆挤出机或双波状螺杆挤出机, 只有在特殊专用料的生产上采用双螺杆机挤出机, 不过对用碳酸钙填充或滑石粉填充、选用单螺杆或双波状螺杆挤出设备完全可以实现。

### 1.2.3 共混改性

共混是一种简便而有效的物理改性方法, 将两种或两种以上的高聚物共混时, 可制得兼具有这些高聚物性质的混合物, 即共混物和合金。共混改性可以改进 PP 的抗冲击性能(尤其是抗低温冲击性能)、热稳定性和韧性, 扩展了 PP 的应

用领域。它主要包括 PP 与其它塑料树脂共混和 PP 与橡胶共混 2 大类。

采用 PP 与聚乙烯共混,可以改善 PP 的韧性,并提高低温落球冲击强度。PP 与高密度聚乙烯共混,可改善 PP 的拉伸性能和韧性。PP 也可以与低密度聚乙烯共混,采用螺杆挤出机的挤出方法,也可以采用滚筒炼胶机的配混方法,前者挤出方法温度段为 210℃、215℃、215℃、215℃、210℃和 210℃,后者炼胶方法的温度为 180℃,时间为 25min,PP 也可与线性低密度聚乙烯共混。

PP 与聚氯乙烯 (PVC) 共混,制成 PP/PVC 共混物。为了改善 PP 与 PVC 的相容作用,采用氯化聚乙烯 (CPE) 及丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 为相容剂。共混物有 4 种共混方法,第一种方法是在 170℃,PP 与炼胶机上塑化包辊,加入 CPE 共混,制成混炼胶,再投入 PVC 共混 5 分钟;第二种方法是在 170℃,PP 与炼胶机上塑化包辊,加入 PVC 粉料和 CPE,再共混 5 分钟;第三种方法是在 170℃,PP 于炼胶机上塑化包辊,加入 ABS 共混,制成混炼胶再投入 PVC 共混 5 分钟,第四种方法是在 170℃,PP 于炼胶机上塑化包辊,加入 PVC 粉料和 ABS,再共混 5 分钟。结果表明,采用第二种和第三种共混方法,共混物具有较高的拉伸强度。

PP 可以与聚苯乙烯 (PS) 共混,共混物的单螺杆机挤出条件预热区 3 段温度分别为 60℃、180℃、190℃,机头温度为 200℃。在 PS/PP (30/70) 共混物中混入质量分数为 0-30% 的长玻璃纤维,制成含玻璃纤维的 PS/PP 共混物。共混物中含有玻璃纤维后,改善了共混物中混入质量分数为 0-30% 的长玻璃纤维,制成含玻璃纤维的 PS/PP 共混物。共混物中含有玻璃纤维后,改善了共混物的模量,断裂应力以及冲击强度。在共混物中混入玻璃纤维的工艺方法,可先制成 PS/PP 共混物,再采用双螺杆或单螺杆挤出机将玻璃纤维混入共混物中或者将粉末塑料与玻璃纤维先行混

合成粉末状态混合物,再经螺杆挤出机熔融共混,共混物的混炼温度为 230℃。

PP 与乙烯-醋酸乙烯 (EVA) 共混,可以制成 PP/EVA 共混物。PP/EVA 共混物采用不同的加工方法进行共混,一种加工方法是采用双螺杆挤出机进行挤出共混,挤出机螺杆的长径比为 25:1,挤出温度为 225℃。另一种加工方法是先用炼胶机共混制备共混物,共混温度为 180℃,时间 10 分钟,最后再经螺杆挤出机挤出加工,挤出温度为 225℃。

PP 与聚酰胺 (PA) 共混,可以改善染色性,提高耐热性。与 PP 共混的聚酰胺,主要是尼龙 6 (PA6)。PA6 是一种强极性聚合物,而 PP 是非极性聚合物,为了改善两者的相容,可采用 PP 与马来酸酐接枝共聚物 (PP-g-MAH) 为相容剂,共混物也可采用 PP 与丙烯酸丁酯的接枝共聚物 (PP-g-BA) 为相容剂,共混物混炼温度为 190、220、235℃。

PP 可与聚碳酸酯 (PC) 共混,制成 PP/PC 共混物。PP/PC 共混物可采用 PP 与甲基丙烯酸缩水甘油酯 (GMA) 接枝共聚物 (PP-g-GMA) 为相容剂,于 250℃混炼。PP/PC 也可采用 PP 的苯乙烯与甲基丙烯酸丁酯 (St/nBuMA) 为相容剂,共混物的混炼条件为 220℃,时间 10 分钟。PP/PC 共混物也可采用 PP 与马来酸酐接枝共聚物 (PP-g-MAH) 为相容剂,经双螺杆挤出机共混。

PP 与橡胶共混,共混物具有热塑性和弹性,制备过程可不经硫化过程,也可利用静态或动态的硫化工艺,制成性能良好的热塑性弹性体共混物。

PP 与三元乙丙橡胶 (EPDM) 共混,制成的共混物是当前弹性体共混物的重要品种,这种共混物经动态硫化,制得的共混物,具有良好的物理力学性能和化学性能。EPDM/PP 热塑性弹性体共混物进行动态硫化的硫化体系可采用硫磺体系或有机过氧化物体系或酚醛树脂体系,他们对

EPDM/PP 共混物都具有良好的硫化效果。EPDM/PP 共混物制备工艺过程是将 EPDM 与 PP 共混,在共混过程完成共混物的动态硫化作用。具体的可将共混物的共混及动态硫化过程分成 2 种方式,一是共混物在共混过程同时完成动态硫化作用,二是先对 EPDM 胶进行动态硫化作用,制成硫化的 EPDM,它再与 PP 共混,制成共混物。实践表明,共混物的 2 种共混方法对硫化共混物的物理力学性能无人影响。为了使生产工艺方便,多采用共混后动态硫化的方法。

PP 与丁腈橡胶 (NBR) 共混,可以制成 PP/NBR 的弹性共混物。这类共混物的组分具有不相容性,需要添加第三组分相容剂。PP/NBR 共混物的配混设备可以采用密闭式炼胶机也可采用双螺杆挤出机。利用密闭式炼胶机制备 PP/NBR 共混物,可将 NBR 组分,PP 组分以及其他组分如 PP 的马来酸酐接枝物 (PP-g-MAH) 等同时混炼,混炼温度 180-190℃,密闭式炼胶机转子数 80r/min,混炼时间 8 分钟即可完成动态硫化和共混过程。

PP 与丁基橡胶 (IIR) 共混,制成 PP/IIR 共混物,PP/IIR 共混物可以采用静态和动态的硫化方式进行硫化,所采用的硫化剂是溴化酚醛树脂 (SP-1056),硫化剂混炼于 IIR 之中,混炼温度为 80℃。

### 1.3 纳米改性

近年来,随着填料粒子的表面处理技术,特别是填料粒子的超微细化开发和应用,聚合物的填充改性已经从最简单的增量增强转到增韧增强上来;从单纯注重力学性能的提高,转到开发功能性复合材料上来。

与传统的 PP 共混相比,纳米 PP 复合材料具有更好的刚性,保持了良好的低温冲击性能。填充 5% 的纳米填料与填充 25% 的滑石粉达到相当的刚性,而 PP 纳米复合材料还具有尺寸稳定性高,

较低的热膨胀率。用纳米硅基氧化物改性的 PP 可以代替 PA6,且其电阻率、吸水率、屈挠度、刚性均达到或超过 PA6 标准值。无机纳米粒子填充聚合物目前正成为各国研究开发的热点。

## 2 聚丙烯新产品开发<sup>[3-4]</sup>

### 2.1 高熔体强度聚丙烯

聚丙烯分子链基本为线性结构,加热软化点与熔点接近,熔体强度低、耐熔垂性差,限制了其在热成型、挤出涂布、发泡和吹塑等领域的应用,因此,提高聚丙烯熔体强度一直是聚丙烯新产品开发中的重要课题,提高聚丙烯熔体强度一般可以采用提高聚丙烯分子量及其分布和引入支链结构的办法,也可以采取在加工时与其他非晶或低结晶树脂、弹性体等共混,相应提高熔程与熔体强度的方法。

北欧化工用反应挤出的方法制备了牌号为 Daploy HMS 高熔体强度聚丙烯,该产品具有长链支化结构,加工性能好,适用于挤出发泡、热成型等制品。

Montell 公司在高熔体强度聚丙烯的研究开发方向处于国际先进水平,自 1994 年以来该公司推出的共聚型高熔体强度聚丙烯 Pro-fax SD613 (MI=0.3g/10min)、均聚型高熔体强度聚丙烯 Pro-fax PF613 (MI=0.3g/10min) 和 Pro-fax PF813 (MI=3g/10min) 已成功地应用于发泡材料等的生产。我国华北油田第一炼油厂也引进该产品的生产技术,但到目前为止还没有正式生产。

Dow 公司新开发的聚丙烯牌号的熔体强度比传统的聚丙烯高 20 倍。Inspire HMS (高熔体强度) 树脂可纺性比传统的聚丙烯高 3 倍。此外,还具有较好的低温抗冲击性能、较高的热变形温度和增加的刚性。

Inspire112 是熔体流动速率 (MFR) 为

0.4g/10min 的吹塑膜 HMS 牌号。用它生产的薄膜的落锤冲击强度为 150g, 2%正割模量为 861.2MPa。用于液体直立袋具有良好的透明度, 用于重物袋具有良好的耐穿刺性, 熔点在 160℃ 以上, 用于耐高压加热袋具有高耐热性。Inspire D114.01 是 MFR 为 0.5g/10min 的用于吹膜和片材挤出的新的 HMS 牌号。与聚乙烯薄膜相比, 它具有改进的刚性、耐热性、机械加工性、抗蠕变性、耐穿刺性和韧性。用其制得的厚度为 2mm 的薄膜的罗锤冲击强度为 120g, 拉伸模量为 1267.8MPa。Inspire D113.01 是 MFR 为 0.9g/10min 的抗冲击共聚物牌号, 具有优异的低温性能和对于异型压出(如光纤芯管)宽加工范围的稳定性、弯曲模量为 1019.7MPa。

韩国三星综合化学公司 2002 年开发成功系列 HMS 聚丙烯。均聚 HMS 聚丙烯牌号有 HMS200F、HM200S, 用于挤出发泡、热成型, HM200F 与 HIPP 相比具有更高的熔体强度和物理性能; 嵌段 HMS PP 牌号 BM200 用于吹塑和挤出发泡; 无规 HMSPP 牌号 RM200X。

除此之外, Chisso 公司、Exxon 公司、Rexene 公司、Quantum Chemical 公司、ICI 公司、Huntsman 公司也开发了不同牌号的高熔体强度聚丙烯产品。

## 2.2 高结晶聚丙烯

与聚乙烯相比, 聚丙烯的耐热性和刚性相对较好, 在片材、薄膜、注塑等领域都有很好的应用, 不过聚丙烯为半晶性聚合物, 一般情况下其结晶度在 60% 以下, 如果能提高聚丙烯的结晶度, 进而提高其强度、弹性模量和耐热性, 必将进一步拓宽其应用领域, 因此高结晶聚丙烯的制备也成为目前高分子材料研究中的一个热点问题。高结晶聚丙烯可以通过改进聚合催化剂和聚合技术, 提高聚丙烯的等规度和分子量分布的方法来制备, 也可以通过加入成核剂的方法来制备。通

过聚合方法得到的高结晶聚丙烯的结晶度可以达到 70%, 理论上可提高到 75%, 而通过加入成核剂的方法制备的高结晶聚丙烯可以更高, 且结晶细化, 材料的透明度也同时提高。

Atofina 公司用新的 Z-N 催化剂制备出具有较好加工能力、阻气性和刚性的高结晶吹塑膜均聚物, 牌号为 3270。这个新树脂的弯曲模量为 3858.4MPa。Sunoco Polymers 公司新开发了系列具有广泛市场前景的新产品。其中 F-350-HC、F-600-HC、F-1000-HC 是 3 个 MFR 范围在 35-100g/10min 的高结晶均聚物, 目标应用领域为注塑汽车部件和器具, 是弯曲模量在 2067MPa 以上的高刚性树脂。另外 3 种 MFR 为 1-2g/10min 的用于包装和汽车部件的吹塑和热成型牌号分别为 TR-3015-WV、TR-3020-F 和 TR-3020-C, 具有改进的加工性和良好的刚性/冲击平衡。H. Chisso 公司的高结晶聚丙烯 K5016 等可以生产具有高刚性的模塑制品, 能用于传统的聚丙烯纤维难以应用的领域。三井油化公司的高结晶聚丙烯系列产品 (CJ700、CJ800、CJ900) 的洛氏硬度达 110, 热变形温度为 140℃, 弯曲模量达 2300MPa 以上, 这样的性能与 20% 滑石粉填充聚丙烯材料的刚性相近, 在注塑、片材等很多领域可以替代 PS 或工程塑料使用。UBE 公司开发了高流动、高熔点、高结晶的聚丙烯材料, 其 MFR 可以达到 30 以上, 结晶温度可以达到 117℃ 以上, 而熔融热焓为 107mJ/mg 以上。BP 公司将其 Innovene 气相工艺与新的高活性催化剂技术相结合, 开发出两个新的高结晶聚丙烯共聚物, 刚性不传统的 PP 高 20%。牌号为 Accpro9433 的聚丙烯树脂的 MFR 为 12g/10min, 弯曲模量为 2411.5MPa, Izod 缺口冲击强度为 213.5J/m; Accpro9436 的聚丙烯树脂的 MFR 为 5g/10min, 弯曲模量为 2135.9MPa, Izod 缺口冲击强度为 320.3J/m。

### 2.3 高流动共聚聚丙烯

大型薄壁制品的注塑需要用到高流动、高抗冲树脂,国内外许多石化企业开发了高流动共聚聚丙烯,并成功地应用与洗衣机、汽车中一些大型部件的生产中。

Huntsman 公司采用新一代 Z-N 催化剂和三井公司的 Hypol 工艺开发出超高流动性的新型共聚物。这种共聚物具有高结晶度、优异的抗冲击强度和刚性平衡及较宽的加工范围。

AP5995HS 的 MFR 为 100g/10min, 是用于高速注塑的中抗冲击牌号。Izod 缺口冲击强度为 42.7J/m, 扰曲模量为 1584.MPa。AP5165 的 MFR 为 65g/10min, 是一个成核的用于汽车内部装饰的抗冲击共聚物。Izod 缺口冲击强度为 69.0J/m, 扰曲模量为 1205.8MPa。

韩国晓星公司开发的 TOPILENEJ742S 是一种具有较高刚性的抗冲共聚物, MFR 为 30g/10min, 热变形温度为 125℃, 主要用于注塑内外桶、外壳等洗衣机部件, 也可用于制造椅子、板条箱等用品。YUPLNEB380G 是 SK 公司开发的注塑用聚丙烯共聚物, MFR 为 30g/10min, 可用于制造洗衣机、电冰箱等家电的部件, 该公司的同系列产品 YUPLNEB391G 的 MFR 为 40g/10min, 通过了 FDA 认证, 也可生产家电零件和其他大型薄壁制品。Exxon 公司的中等抗冲聚丙烯树脂聚丙烯 7675K 的 MFR 为 40g/10min, 用作汽车用聚丙烯改性粒子的基础树脂。日本三菱 Amoco 化学公司采用 Z-I 催化剂, 推出聚丙烯共聚物 Acctuf3950, MFR 为 35g/10min, 主要用于汽车内装饰件。Himont 公司采用 Hivalloy 和 Catalloy 工艺开发出系列新的汽车专用料, 可用于保险杠、仪表板等。此外, Chisso 公司的聚丙烯 5384 (MFR=30g/10min 左右) 主要被用作汽车保险杠的基础树脂, 三星公司的 BJ730 (MFR=25g/10min)、三井油化公司的聚丙烯

J729M (MFR=33g/10min)、现代公司的聚丙烯 M1600 (MFR=27g/10min) 在家电制品中也有较好的应用。

### 2.4 高透明聚丙烯

高透明聚丙烯是近年来聚丙烯新产品开发的一个热点, 高透明聚丙烯主要是通过聚丙烯中添加透明成核剂的方法得到, 可以在聚合系统外添加, 也可以采用釜内就地成核法, 透明成核剂的加入细化了聚丙烯球晶, 减少了光散射, 因此提高了聚丙烯的透明性。茂金属催化剂由于能够提高聚丙烯分子结构和分子组成的选择性, 也能够生产高透明性聚丙烯产品。如果把 PET 的透明度定为 100%, 高结晶聚丙烯不到 50%, 加入透明剂的高透明可达到 80%以上。而 mPP 无规共聚物可以达到 96%。与普通聚丙烯相比, 高透明聚丙烯制品的外观得到改善, 同时材料结晶度和取向皮层厚度的提高, 也相应地提高了制品的耐热性和刚性, 因此逐步取代 PVC、PS、PET 等广泛用于家庭用品、包装制品、医疗器械的生产中, 极大地开拓了聚丙烯的应用领域。

Amoco 公司采用 Millad3988 作透明剂, 通过气相法工艺生产了 Acclear 系列高透明聚丙烯, 该产品基础树脂通常为无规共聚物, 其中 Acclear8649X 适合性注-拉-吹成型聚丙烯, 清晰度接近 PET 瓶, 用于瓶装水和啤酒市场, Acclear8249X 适用于挤出热成型和挤吹制品, 产品雾度仅为 6%-7%, Acelear8940X 为高流动级树脂 (MFR=55g/10min), 用于食品容器、VCD、磁带盒及其它硬包装材料的高速注塑成型。Montell 公司推出 Pro-faxSR832M, 最初用于家用器皿和仪器包装, 因其高透明, 耐冲击又成为 DVD 和 CD 的理想包装材料。Pro-faxSG853 流动性好 (MFR=55g/10min), 无微量过氧化物或其它添加剂, 低温冲击性能好, 可生产大型日用品。BASF 公司的无规共聚聚丙烯 Novolen3248TC, 透明度

达 90%，雾度为 10%，具有高流动性，低翘曲性能，特别适合薄壁制品。Quantum 公司推出一系列 MFR 各不相同的三元无规共聚物，其中 Petrothene 聚丙烯 8382-KW、聚丙烯 8372-KU 和聚丙烯 8312-KO 的雾度均低于 11%。

Basell 生产的 mPP 产品 MetoceneX 50089 具有无规共聚物的透明性和传统聚丙烯均聚物的硬度和加工特性，MetoceneX50081 透明度与 PS 相当，较 PS 具有更好的断裂强度，适用于薄壁制品，MetoceneX50109 为高流动均聚物 (MFR=60g/10min)，比普通高流动聚丙烯具有更高的刚性和透明性，MetoceneX50210 则具有突出的氧气阻隔性能、透明度与普通无规聚丙烯相当，可用于制作长时间储存物质的包装容器。Exxon Mobil 公司开发的 AchieveEX 聚丙烯-68 为一种均聚 mPP，具有综合的刚性/透明性和高流动性，用于薄壁注塑，另外该公司以 HAD（高级  $\alpha$ -烯烃）或 1-己烯为共聚单体的产品雾度也很低，刚性好，可与 PET 和 PC 竞争。

Equistar 公司开发了一种具有良好的透明度和机械性能平衡的透明无规共聚 PP33HF04，其 MFR 为 2g/10min，雾度为 3%-5%，用于饮料瓶的挤出或注射吹塑。

Huntsman 公司用 Rexene 工艺和第四代 Z-N 催化剂开发了新的无规共聚物牌号。Rexene13M11A 的 MFR 为 1g/10min，用于药物和电子产品包装，弯曲模量为 1033.5MPa，Izod 缺口冲击强度为 53.4J/m。23M2A、23M2ACS198 和 23M2ACS038 是 3 种注塑、挤出和拉伸吹塑的树脂，MFR 均为 2g/10min，弯曲模量为 1033.5MPa，加有不同的添加剂用于包装特殊的药品。这些树脂具有改进的刚性、颜色稳定性和耐热性、能够耐受高压灭菌。

## 2.5 其它聚丙烯新产品

Atofina 公司一直在致力于用茂金属催化剂开发间规聚丙烯 (sPP) 产品，与普通聚丙烯相比，sPP 具有突出的韧性、透明性、耐热性，可生产化妆品包装、文件夹等产品。

Borealis 公司生产了一种专用于窗异型材的聚丙烯树脂 WA522E，该材料密度为 1.02g/cm<sup>3</sup>，拉伸弹性模量为 2400MPa，23℃ 冲击强度为 24KJ/cm<sup>2</sup>，维卡软化点为 85℃，基本上满足对 PVC 窗异型材的标准要求。

Borealis 公司还推出了新一代的高分子量聚丙烯材料 Stiff 聚丙烯，它以高刚性、高结晶聚丙烯均聚物为基体，用多反应器技术加进分散良好的乙丙橡胶相，形成具有刚韧平衡性，耐化学性和优异长期使用性的材料，可以替代目前使用的材料制造薄壁管材。

Amoco 公司开发的 Accpro 等规聚丙烯含量达 99%，具有高刚性、耐高温的优点，韧性比一般的均聚聚丙烯高 20%。

Rexene 公司推出的 Rexflex 软聚丙烯，能控制结晶度，使全同立构。无规立构的比例控制在 80%-20%，具有高柔韧性，密度比 PVC 低 35%，可作为软 PVC、弹性体的替代品。

## 参考文献

- [1] 晋日亚, 贺增第. 聚丙烯改性, 现代塑料加工应用, 2001, 13 (1): 62-64
- [2] 于莉, 汪文俊. PP改性加工工艺的研究现状, 现代塑料加工应用, 2003, 15 (4): 59-61
- [3] 张雪珍. 聚丙烯及产品开发新进展, 石油化工, 2003, 32 (7): 615-619
- [4] 王焯, 齐洋仑, 王鹤庆. 国外聚丙烯新产品的开发, 中国石油和化工, 2004, 5, 38-41