

聚丙烯工业技术进展

聚丙烯（PP）是一种性能优良的热塑性合成树脂，产品具有密度小、生产成本低、透明度高、化学稳定性好、无毒、易加工、抗冲击强度、抗扰曲性以及电绝缘性好等优点，在汽车工业、家用电器、电子、农业、建筑包装以及建材家具等方面具有广泛的应用，已经成为世界 5 大合成树脂中发展速度最快的产品之一。近年来，新型催化剂以及聚合工艺的不断推陈出新，使聚丙烯新产品不断涌现，大大拓展了聚丙烯的应用领域。新的生产技术和产品应用又进一步推动了世界聚丙烯工业不断向前发展。

1 世界聚丙烯的工业现状

近年来，世界聚丙烯的生产发展很快，2005 年，世界聚丙烯的总生产能力达到 4283 万吨，产量为 4010 万吨，其中亚洲地区的生产能力为 1677 万吨/年，约占世界总生产能力的 39.2%；中东欧地区的生产能力为 201 万吨/年，约占总生产能力的 4.7%；中东地区的生产能力 221 万吨/年，约占总生产能力的 5.1%；北美地区的生产能力为 875 万吨/年，约占总生产能力的 20.4%；中南美地区的生产能力为 215 万吨/年，约占总生产能力的 5.0%；西欧地区的生产能力为 991 万吨/年，约占总生产能力的 23.1%；世界其他地区的生产能力为 103 万吨/年，约占总生产能力的 2.4%。近年来，世界聚丙烯的生产能力越来越集中在少数几家大的跨国大型生产企业之中。巴塞尔公司是目前世界上最大的聚丙烯生产厂家，生产能力约占世界总生产能力的 14.3%；其次是中国石油化工集团公司，生产能力约占总生产能力的 7.1%；再次是英国 BP 化学公司，生产能力约占总生产能力的 5.9%。预计在今后几年，世界聚丙烯的生产能力将以年均约 7.3% 的速度增长，到 2010 年总生产能力将达到约 6098 万吨。未来世界聚丙烯生产仍主要集中在亚洲、西欧和北美，但中东聚丙烯扩能将使得其产能大幅度增加，到 2010 年中东聚丙烯产能将增加到 795 万吨，成为世界第四大聚丙烯生产地区，年均增长幅度高达 29.2%，届时，中东地区将成为世界聚丙烯主要的出口地区。

2005 年世界聚丙烯的总消费量为 3988 万吨，比 2004 年增长了 3.5%，2000-2005 年需求量的年均增长率约为 5.7%。世界聚丙烯的主要用途是生产注塑制品，其中货物的周转箱、工业零部件仍是主要消费领域。由于其密度低，具有良好的机械性能，因此也大量用于制造汽

车配件，另外聚丙烯在纤维和薄膜方面所占的比例也较大。

世界主要的聚丙烯贸易地区为亚洲、北美和西欧，2005年这三个地区的进口量之和占世界进口总量的81.7%，其中亚洲占34.1%，北美占8.3%，西欧占39.3%。从近年来贸易趋势看，亚洲地区占世界贸易总量的比例呈逐年上升的趋势，而北美的贸易量则逐年下降。西欧和亚洲是主要的聚丙烯进口地区，占世界贸易量的70%以上，同时又是主要的出口地区。西欧地区进出口贸易量都居世界首位，但净出口量仅为27.7万吨，其中进口主要为意大利，占西欧总进口量的25.5%；出口主要为比荷卢联盟，占西欧总出口量的41.7%，占世界总出口量的16.9%。亚洲已经成为全球聚丙烯主要的生产和消费地区，也是全球聚丙烯市场竞争的焦点，国际聚丙烯产能过剩将对亚洲产生巨大的影响。

预计2005-2010年，世界聚丙烯的需求量将以年均约6.0%的速度增长，到2010年需求量将达到约5357万吨，其中需求增长最快的地区为亚洲，需求量的年均增长率将达到约6.9%，其占世界总消费量的比例将达到约53%。消费结构中吹塑制品对聚丙烯的消费量增长最快，年均增长幅度将达到7.0%；其次是纤维制品，年均增长率将达到6.9%。

2 催化剂技术进展

自20世纪50年代Ziegler-Natta(Z-N)催化剂问世以来，聚丙烯催化剂经过不断改进得到了很大的发展，目前已经从需要脱灰、脱无规物的第一代催化剂发展到高活性、高立构规整性的高效第五代催化剂。催化剂的活性已由最初的几十倍提高到几百万倍，聚丙烯等规指数已达98%以上，生产工艺得到了简化。目前，催化剂仍是推动聚丙烯技术发展的主要动力，Z-N催化剂和单活性中心催化剂都将继续发展。Z-N催化剂将在高活性、高定向性的基础上向系列化、高性能化发展，不断开发性能更好的新产品；茂金属和非茂单活性中心催化剂(SSC)在聚丙烯领域的应用得到深入发展，其发展目标是进一步实现技术的工业化和启动需求量较大的通用产品市场。

2.1 Z-N 催化剂

目前世界上聚丙烯生产所用的大多数催化剂仍是基于Ziegler-Natta催化体系，即 $TiCl_3$ 沉积于高比表面和结合Lewis碱的 $MgCl_2$ 结晶载体上，助催化剂是 $Al(C_2H_5)_2Cl$ 等烷基铝类化合物，其特点是高活性（通常在50kgPP/g催化剂左右）、高立构规整性、长寿命和产品结构的稳定性好。20世纪90年代以来，美国、西欧和日本等世界主要的聚丙烯生产商研究开发工作的重点主要集中于该类催化剂体系的改进上。

巴塞尔 (Basell) 公司开发出含内给电子体的 AvantZ-N 系列催化剂, 大大提高了催化剂的活性。目前, 全球近三分之一的聚丙烯生产装置使用该公司生产的催化剂。目前, 该系列催化剂有 4 种类型 (两种通用催化剂、两种专用催化剂), 其中以邻苯二甲酸酯和苯甲酸乙酯作为给电子体的第四代催化剂, 主要用于通用型产品的生产。以二醚和琥珀酸酯为给电子体的第五代催化剂则主要用于专用产品的生产。其中以二醚类作为内给电子体的第五代新型 Z-N 催化剂, 催化活性高达 100kg/g (以 1g 催化剂生产的 PP 质量计), 聚合物等规指数大于 99%。用这类催化剂生产的产品具有窄的分子量分布, 极好的氢调敏感性, 适用于纺粘和熔喷纤维以及用于洗衣机内桶专用料的生产。开发成功的用琥珀酸酯作为给电子体的新型 Z-N 负载催化剂, 与使用邻苯二甲酸盐为内给电子体的第四代催化剂相比, 产率可提高 40%-50%。用这种新催化剂生产的低熔体流动多相共聚物具有更高的高刚性和抗冲击性能, 并且可适用于本体(液相)法、气相(搅拌或流化)法、淤浆法和大部分本体-气相组合法工艺。

Dow 化学公司开发出主要用于 Unipol 聚丙烯生产工艺的 Z-N 催化剂 SHAC 330, 该催化剂可提高聚丙烯装置的生产能力, 降低生产成本, 生产高附加值的抗冲聚丙烯共聚产品。目前, Dow 化学公司正在进一步将这种新型催化剂用于聚丙烯均聚物的生产中, 以进一步提高的产品性能, 降低生产成本。

Borealis 公司开发出一种用于 Borstar 双峰工艺的专有催化剂 BCI。该催化剂以 Ti/Zr 为主体, 具有两种或更多种类型活性点的载体催化剂体系, 能够适应较高的聚合温度, 催化剂活性和等规指数随聚合温度的提高而增大。采用 BCI 催化剂, 既能生产分子量分布很窄的单峰产品, 也能生产很宽分子量分布的双峰产品 (包括均聚物和无规共聚物)。目前, 这种催化剂已经获得工业应用。第二代催化剂 (称为 BCI10) 也已经开发成功。此外, 该公司利用 Sirius 专用催化剂平台开发出的 RCE02P 催化剂, 具有非常均匀的粒子结构, 可大大改善低、中等刚性均聚和无规聚丙烯的性能, 用于生产薄膜和纤维级产品, 每吨催化剂的成本可降低约 20%, 而生产能力提高 10%。

近年来, 我国在 Z-N 型聚丙烯催化剂研究方面也做了大量的工作, 并取得了较大进展。北京化工研究院研究开发出 N 系列催化剂 (已开发了 N-1、N-2、N-3 等型号), 先后获得中、美、日、欧洲等国的专利授权, 并成功实现对外转让。目前在国内外分别建有 90 吨/年、80 吨/年两套生产装置。该催化剂的主要成分为钛、镁、氯和酯 (邻苯二甲酸二异丁酯或邻苯二甲酸二丁酯) 等, 具有活性高、寿命长、氢调敏感、生产的聚合物等规度高等特点。该催化剂可用于间歇本体法、釜式本体法、环管本体法及气相等聚合工艺装置上, 用其制备的聚丙烯粉料表面密度高、粒径分布较为集中, 具有良好的耐热和抗氧化性能, 所得产品的立构

规整性高、相对分子质量分布比较窄，在高速纺丝等制品的生产中具有较大的优势。该院还研制成功第 4 代 DQ 球形载体 Z-N 高效型催化剂。该催化剂主要用于环管工艺，具有流动性好，产品熔体流动指数易控，聚合物粒径分布集中，表观密度高等特点，活性比同类进口催化剂高。

中国科学院化学研究所研制成功 CS 系列催化剂（包括 CS-1 和 CS-2 两种型号）。CS-1 催化剂为 Z-N 第三代催化剂，主要应用于环管工艺、连续本体及小本体法装置的生产，可缩短了聚合反应时间，提高装置的生产能力，拓宽了产品的应用领域；CS-2 催化剂属于 Z-N 体系的第四代球形催化剂，具有较好的颗粒形状，聚合物等规度调节容易。

北京燕山石化高新技术股份有限公司开发出 YS 系列催化剂（YS-841 和 YS-842），该催化剂适宜于浆液法、间歇本体法等聚丙烯工艺流程，能生产均聚、嵌段共聚聚丙烯。该催化剂的特点是树脂相对分子质量容易调节，堆积密度高，粒度分布均匀。

中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院研制成功第四代丙烯合成用球形 Z-N 催化剂 HDC，现在已经建成 10 吨/年的生产装置。该催化剂制备工艺采用高剪切分散乳化、急冷成球法。将 $MgCl_2$ 醇合物在乳化剂中高剪切分散成乳化液，经急冷后形成粒径均匀的球形载体，然后载钛制备成 HDC 催化剂。该催化剂载体粒径可调，分布集中。目前该催化剂已经在国内一些间歇本体法聚丙烯生产装置和一套环管装置上进行了工业试验。

今后传统 Z-N 催化剂和茂金属的混合催化剂体系也将有所发展。混合催化剂体系生产的聚丙烯产品综合了传统聚丙烯的可加工性和茂金属聚丙烯的性能特点。这种混合催化剂体系可以采用双重反应器或双重工艺，两种催化剂可以用在一个反应器中或者用在相互串联或并联的不同反应器中。目前的一个主要进展是在单个反应器中生产双峰分布的聚丙烯树脂。Equistar 公司称用混合催化剂生产双峰或多峰树脂工艺更容易控制，分子量分布更稳定，共聚产品的柔韧性更大。

2.2 茂金属催化剂

茂金属催化剂具有单活性中心的特性，可以更精确地控制分子量、分子量分布、晶体结构以及共聚单体在聚合物分子链上的加入方式。采用该催化剂生产的聚丙烯产品（简称 mPP）具有分子量分布窄、结晶度很低、微晶较小、透明性和光泽度优良、与其它树脂的相容性好、耐冲击性能和韧性优异等特点。采用该催化剂可以合成出许多 Z-N 催化剂难于合成的新型丙烯共聚物，如丙烯-苯乙烯的无规和嵌段共聚物，丙烯与长链烯烃、环烯烃及二烯烃的共聚物等，因此用茂金属催化剂生产聚丙烯共聚物是近年来一个重要的发展方向。

Exxon 公司采用双茂金属催化剂在单反应器中制备了双峰分布的丙烯-乙烯共聚物，其加

工温度范围大约为 26℃，比常用的聚丙烯共聚物的加工温度范围(约 15℃)宽，克服了单峰茂金属聚丙烯树脂加工温度范围窄的缺点，在生产 BOPP 薄膜时拉伸更均匀且不易破裂，可以在低于传统聚丙烯的加工温度下生产性能良好的聚丙烯薄膜。

浙江大学合成了 3 种新型非桥联二茆锆茂催化剂，并研究了其催化丙烯聚合的规律。试验结果表明，所得聚合物的全同链段含量高，是一种接近于全同-无规多嵌段结构的聚丙烯。

中山大学利用高对称性茂环上烷基取代的 $Cp^*Ti(OBz)_3/MAO$ 体系合成了高相对分子质量无规聚丙烯，该催化剂体系通过茂环的取代及适当的配体，改善了中心金属电子和空间环境，从而抑制丙烯聚合过程中的链转移反应，该体系在氯苯或甲苯/己烷混合溶剂中聚合具有较高的活性，制得了高相对分子质量无规聚丙烯。 $CpTi(O-n-Pr)_3/MAO$ 催化体系在 $n(Al)/n(Zr)=200$ 时催化活性最高，达到 220000g/(moloh)，并能得到中等相对分子质量的无规聚丙烯弹性体。

北京化工研究院与南开大学合作，合成了新型桥联锆茂催化剂，该催化剂体系用于丙烯本体 50℃ 聚合时，PP 等规度为 99%，熔点达到 156℃，表观消费量为 0.33g/cm³，当 $n(Al)/n(Zr)$ 大于 1000 时，催化剂活性达到 15000000g/(moloh)。同时他们还研究了以球型 $MgCl_2$ 为载体的茂金属等规聚丙烯催化剂，有效地降低了 MAO 的用量，在较低 Al/Zr 比的情况下实现了催化剂活性的大幅度提高。

石油化工科学研究院合成了二苯基甲撑桥-环戊二烯基-苄基-二氯化锆茂金属加合物，该加合物以热处理的硅胶为载体进行负载化，负载后的催化剂体系保持了均相茂金属较好的间规选择性，在常压和高压聚合条件下，采用溶液和本体聚合均能获得合格的间规聚丙烯，其三单元间规立构规整度 (rr) 达 80-93%，聚合活性达到 4.0X10⁶g/(moloh)，制备的 PP 呈类球型颗粒，颗粒分布窄，表观密度达到 0.35-0.45g/ml。

目前，对于茂金属催化剂技术在聚丙烯生产中的应用，由于与之竞争的使用先进的 Z-N 催化剂生产的产品不断获得进展，因而茂金属聚丙烯 (mPP) 的发展相对缓慢，其对市场的渗透程度仍比较有限。

2.3 非茂单活性中心催化剂

近年来，非茂单中心催化剂（亦称后过渡金属催化剂）的开发也相当活跃。镍、钨等后过渡金属，镧系金属络合物，硼杂六元环和氮杂五元环等催化剂也表现出和茂金属催化剂类似的特点，在聚合物的分子量、分子量分布、支化度和组成方面可以进行精密控制和预设计，目前，非茂单活性中心催化剂主要包括镍-钨催化剂体系和铁-钨催化剂两大体系。

Sealed Air 公司以水杨醛-苯胺席夫碱为配体，镍和钨为中心原子，开发出一种新型单

活性中心后过渡金属烯烃聚合催化剂。这催化剂通常呈酸性,在催化丙烯聚合中显示出较高的催化活性,且活性中心存活时间长,无取代基水杨醛亚胺-Ni(II)配合物的催化活性寿命很短。BP公司近期的专利中披露了铁和钴非茂金属络合催化剂的使用方法,以及包含吡啶配体的镍和钨化合物助催化剂用于 α -烯烃聚合反应的方法,使用非芳香族硼化合物作为茂金属催化剂体系的活化剂,不必再使用昂贵的烷基铝氧烷和芳香族氟化物,使用氨基苯共聚物树脂作为茂金属催化剂的载体。DuPont公司已经获得用镍和钨二亚胺络合物制备烯烃聚合物(包括乙烯、 α -烯烃、环烯烃)的专利,最近又获得了铁和钨二亚胺络合物催化剂的专利。

由于非茂单活性中心催化剂具有合成相对简单,产率较高、有利于降低催化剂成本(催化剂成本低于茂金属催化剂,助催化剂用量较低)、可以生产多种聚烯烃产品的特点,预计在二十一世纪将成为烯烃聚合催化剂的又一发展热点,与传统Z-N催化剂和茂金属催化剂一起推动聚丙烯工业的发展。

3 生产工艺进展

目前,在全球聚丙烯生产工艺中,本体法工艺仍占主要地位,气相法生产工艺因其生产流程简单,单线生产能力大,投资省而备受青睐,发展迅速,而传统浆液法工艺的比例正在逐步减少。近年来,随着催化剂技术的进步和市场对新产品需求的不断增加,世界各大聚丙烯生产厂家除不断地改进已经工业化的生产工艺外,还开发出了一些创新性的新的生产工艺技术,目前主要有Basell公司开发的Spherizone工艺技术以及Borealis公司(北欧化工)开发的Borstar工艺。

3.1 Spherizone 工艺

Basell公司新近开发的一种多区循环反应器(MZCR)技术,即被人们称为的Spherizone工艺是目前聚丙烯生产工艺的关注热点。该工艺采用气相循环技术,采用Z-N催化剂,可生产出保持韧性和加工性能同时又具有高结晶度和刚性的更加均一的聚合物。它可在单一反应器中制得高度均一的多单体树脂或双峰均聚物。Spherizone循环反应器有两个互通的区域,不同的区域起到由其他工艺的多个气相和淤浆环管反应器所起的作用。这两个区域能产生具有不同相对分子质量和/或单体组成分布的树脂,扩大了聚丙烯的性能范围。

Basell公司称,用Spherizone工艺技术得到的聚合物材料同传统的多反应器工艺材料相比,更加均一且容易加工。树脂具有较少的凝胶,且挤出和造粒需要的能量减少。由于短链和长链能够更加紧密地结合到聚合物中,保持了树脂的均一性。这种独特的环状反应器能

生产聚丙烯共聚物、三元共聚物、双峰均聚物和具有改进的刚性/冲击性能平衡、耐热性、熔融强度和密封起始温度的后反应器共混物。该工艺反应器也能够在下游再连接 Basell 公司的气相反应器，生产与其他工艺相比具有更高冲击强度或较大柔性的多相共聚物。该技术容易进行产品改进，无论是传统市场应用的双向拉伸聚丙烯(BOPP)膜，普通包装、纤维、日用品和汽车工业应用，还是替代其它材料的新产品。Spherizone 工艺技术的投资和运转费用与 Spheripol 工艺相近，但是牌号切换较快，牌号切换费用较低。该技术生产聚丙烯的利润是传统方法的 2 倍。目前，全球已经有 5 套聚丙烯生产装置采用了该技术。

3.2 Borstar 生产工艺

Borealis 公司（北欧化工）的 Borstar 工艺源于北星双峰聚乙烯生产工艺，工艺采用与其相同的环管和气相反应器，设计基于 Z-N 催化剂，也能使用正在中试中的单活性中心催化剂。采用双反应器即环管反应器串联气相反应器生产均聚物和无规共聚物，再串联一台或两台气相反应器则可生产抗冲共聚物产品。

传统的聚丙烯工艺在丙烯的临界点以下进行聚合反应，为防止轻组分（如氢气、乙烯）和惰性组分生成气泡，聚合温度控制在 70-80℃。Borstar 聚丙烯工艺的环管反应器则可在高温（85-95℃）或超过丙烯超临界点的条件下操作，聚合温度和压力都很高，能够防止气泡的形成。其主要特点为：先进的催化剂技术，聚合反应条件宽，产品范围宽，产品性能优异。

(1) 采用更高活性的 MgCl₂ 载体催化剂 (BC1)。80℃时的活性为 60000kg 聚丙烯/kg cat，产品中的催化剂残余量非常低。另外，采用一种催化剂体系就可以生产所有类型的产品；

(2) 采用环管反应器和气相流化床反应器组合工艺路线，可以灵活地控制产品的相对分子质量分布 (MWD)、等规指数和共聚单体含量。高温或超临界操作环管反应器不仅提高了催化剂活性也提高了反应器的传热能力，使液体密度降低，固体浓度提高，提高了反应器的生产效率。环管反应器的出料直接加入气相反应器，不需要用蒸气气化单体，通过气相聚合反应热使液相单体气化，减少了蒸汽消耗量。反应的单程转化率高，可以达到 80%以上，单体的循环量少；

(3) 由于环管反应器在超临界条件下操作，可以加入的氢气浓度几乎没有限制，气相反应器也适宜高氢气浓度的操作。这种反应器的组合具有直接在反应器中产生很高熔体流动速

率和高共聚单体含量的产品的能力。目前已经开发出 MFR 超过 1000g/10min 的纤维级产品和乙烯含量为 6%（质量分数）的无规共聚物；

(4) 能够生产分子量分布很窄的单峰产品，也能生产分子量分布宽的双峰产品；

(5) 由于聚合温度较高，生产的聚合物有更高的结晶度和等规指数，二甲苯可溶物很低，约为 1%（质量分数）。在相同冲击强度下的刚性比传统的聚丙烯产品高 10%；

(6) 由于反应条件在临界点之上，只有很少的聚合物溶解于丙烯中，减少了无规共聚物含量高时出现的粘釜现象，共聚物中共聚单体的分布非常均匀，无规共聚物中的乙烯含量最高可以达到 10%（质量分数）；

(7) 使用一台共聚反应器最高可以生产 25% 橡胶相含量的抗冲共聚物（乙烯含量为 15%），使用两台共聚反应器最高可以生产 50% 橡胶相含量的抗冲共聚物（乙烯含量为 30%），所得产品均具有较好的综合性能；

(8) 开发应用了 BorAPC 技术。采用专有工艺控制器可进行各种方式的工艺控制，实现前瞻性控制和卡边操作，提高了产量 2%-3%，提高了反应条件控制的稳定性和产品质量的稳定性，缩短了产品过渡时间，减少了过渡料。

4 新产品的开发

近年来，随着聚丙烯生产技术的进步，世界各大公司不断加大应用研究力度，开发出一大批新的聚丙烯产品，大大拓宽了聚丙烯的应用范围，并开辟了新的应用领域。目前，开发的聚丙烯新产品主要包括高熔体强度、高透明、高结晶度、高流动性聚丙烯等，这些产品广泛应用于包装、汽车、家电和建筑等方面。

Dow 化学公司最近开发出两种具有高刚性的聚丙烯均聚物，商品名称为 Inspire213 和 Inspire215，前者主要用于热成型片材，片材不仅可减少厚度 10% 以上，而且还可以改进透明度和光泽度，对微波和热封具有优异的耐热性能；后者用于注塑薄膜食品容器，具有改进的光泽度、耐热性能以及优异的刚性强度。

Bsaell 公司利用其专有的 Catalloy 技术生产出乙烯-丙烯共聚物合金 Softell 系列产品，目前有 3 种牌号（CA02A、Q020F、C102M），均具有很好的刚性和韧性。C102 产品用于极软

薄膜、片材和压缩瓶的挤出、吹塑、压延；Q020F 产品具有高橡胶含量和高柔性的弹性热塑性聚烯烃（TPO）；C102M 产品用于韧性好的透明共挤出薄膜的流延膜。该公司开发的新功能性氧化聚丙烯是一种含有氧化基的极性聚丙烯树脂，提高了有机和无机物表面的浸润性，可用作阻燃分散剂，工程热塑性树脂共混物的交联剂/相溶剂和聚烯烃增强剂。该公司开发的 MetoceneX50182 茂聚丙烯，可在热填充的拉伸瓶和罐市场与 PET 和高密度聚乙烯（HDPE）相竞争，其透明性接近 PET，光泽度好于传统的聚丙烯。

Basell 公司开发出 2 种用于冰冻食品包装用的聚丙烯新产品，其中一种为高流动性、高抗冲的共聚物，商品牌号为 Pro-faxEP390S，主要用于不透明的薄膜注塑制品；另外一种产品的牌号为 Clyrell1EC140R，是一种加有成核剂的多相抗冲共聚物，用 Catalloy 工艺生产，主要用于透明的薄壁注塑制品，无论是在室温还是在 0℃ 以下的低温均具有很好的抗冲击强度和抗应力白化性。另外，该公司还开发出一种用于流延膜的新型茂金属聚丙烯（mPP）产品，商品名称为 MetoceneX1129-55-1，其是一种均聚物，MFR 为 9.5，可用于包装、糖果扭结膜、像册、层压膜、土工膜和纤维等，由于它同时具有非常窄的分子量分布和低熔点，因而具有极好的透明性和密封性。

Borealis 公司开发出了用于汽车部件和器具的 Borcom“微米复合材料”，以标准填料量的一半加入可以改进树脂的性能，使部件质量减轻 8%-24%；用于 BOPP 薄膜的乙烯-丙烯-丁烯三聚物，可以改进热稳定性和光泽度，降低雾度，减少发烟和模口附积；用于冷冻食品包装的透明聚丙烯，可将韧性与透明性结合；用于热水或冷水管的新型 BetaPPRA7050 无规共聚物，可以制成更薄的管子。

埃克森美孚公司开发出了 3 种用于汽车的新型填充抗冲击共聚物牌号：ExxtralBMT301，ExxtralBMT131，ExxtralBMT132。ExxtralBMT301 共聚物可提供汽车内部部件所需要的较高的耐刮擦性能，ExxtralBMT131 和 ExxtralBMT132 共聚物可用于汽车保险杠。该公司还开发出新型的 Achieve6936G1 茂聚丙烯产品，具有熔体流动指数高，相对分子质量分布窄等特点，能改善织物的性能，提高产量，可满足熔喷工艺中新一代产品的性能，给熔纺生产商带来新的机遇。

除了通过分子设计在反应器内实现聚丙烯的高性能化外，复合技术的进步也促进了高性能聚丙烯产品的开发。在聚丙烯中添加成核剂可增加透明性、耐热性，提高弯曲模量、耐冲击强度和结晶速率。如添加埃克森美孚公司开发的成核剂 PP5082KN 的均聚物，具有良好的透明性和刚性，可用于热成型杯子和容器。聚合物纳米复合材料因纳米粒子的纳米效应使其呈现出很多不同于传统复合材料的特性。纳米复合技术可提高聚合物的韧性、刚性和耐热性，

将成为聚丙烯高性能化的主要途径之一。根据预测，未来市场需求最大的聚合物纳米复合材料是聚烯烃系复合材料，到2010年美国纳米复合材料的需求量中，聚丙烯类将占到约41.3%，聚乙烯类将占到约10.8%，由此可见，聚丙烯纳米材料将成为未来高分子纳米复合材料的主要品种。

扬子石油化工公司先后开发成功建筑用管材专用料R18、汽车保险杠专用料K9015以及高流动性、高抗冲性、高附加值汽车专用料K9935；开发的嵌段共聚物K8003产品具有很高的抗冲击强度、低温度性能优越，产品的熔体流动指数低，用途广泛；上海石油化工公司成功开发出无规共聚管材专用料、涂覆专用料、医用专用料、高指数透明专用料、流延专用料等；北京燕山石油化工公司成功开发洗衣机专用料、农用棚膜专用料、汽车专用料和BOPP薄膜专用料等，特别是BOPP薄膜专用料光学性能好，鱼眼较小，可与进口产品相媲美；中国科学院长春应用化学研究所开发的聚丙烯纳米复合材料，各项指标均达到或超过进口的无规共聚聚丙烯管材料，用其生产的管材料，质地均匀，内外壁平整光滑，尺寸稳定，成型性良好，可广泛应用于建材、汽车和家电领域。另外，洛阳石油化工公司，中国石油独山子石油化工公司、抚顺石油化工公司等很多国内聚丙烯生产企业，结合本企业装置的特点，也都先后开发出了许多聚丙烯新产品，满足了市场需求，提高了经济效益。

5 结束语

世界各大公司为了提高聚丙烯产品在市场中的竞争力，都在致力于新生产工艺、新型催化剂和新产品的研究开发。未来聚丙烯技术的发展将更多地采用新的生产工艺和催化剂，多区循环反应器（MZCR）技术和双峰聚丙烯技术将成为的主要生产工艺，Z-N催化剂将不断向系列化、高性能化方向发展，茂金属-单活性中心催化剂（SCC）的应用将进一步得到发展，非茂单活性中心催化剂的开发将成为研究开发的热点。同时，新产品的开发将使其应用途径越来越广泛。近年来，尽管我国聚丙烯工业发展迅速，但是产量仍不能满足实际生产的需求，每年都得大量进口，因此，我们应积极跟踪世界聚丙烯生产新工艺和新型催化剂的发展方向，加大符合我国国情聚丙烯生产新工艺和新型催化剂的研究开发力度，同时积极开发生产新产品，以促进我国聚丙烯产业的快速发展。