

第一篇 绪 论

第一章 塑料材料的概况

第一节 塑料材料的发展

塑料是以树脂为主要成分，适当加入添加剂可在加工中塑化成型的一类高分子材料。塑料与树脂的主要区分为树脂为纯聚合物，而塑料为以树脂为主的聚合物制品，当塑料由纯树脂制成时两个概念通用。

最早的改性塑料为用硝酸处理的纤维素，称为硝酸纤维素，俗称“赛璐珞”；由美国的 Albang Dental Plate 公司于 1870 年开发。最早的合成塑料为酚醛树脂，由美国 Bakelite 公司于 1909 年实现工业化生产。

自 20 世纪初到 20 世纪 70 年代，塑料品种的增长速度很快，每年都有几十个品种诞生。而到 20 世纪 70 年代以后，塑料新品种的开发速度放慢，几年才有一个新品种诞生。特别是近年来，人们的着重点已从着力开发树脂新品种向对原有树脂的改性方向转。因为，大部分容易开发的树脂品种都已开发，剩下一些难开发的品种成本都比较高，即使开发成功，推广应用也比较难；而对原有树脂的改性，可获得全新的性能，并且改性成本较低；因此，近年来树脂的改性很活跃，新的改性品种不断出现，应用领域越来越广泛。

目前已见报道的树脂品种接近万种，其中有几百种获得工业化生产，获得应用的树脂品种已接近百种。一些获得普遍应用树脂品种的诞生年限如表 1-1 所示。本书中对大部分获得应用的树脂都做相应的介绍。

表 1-1 主要树脂的诞生年限

树脂	硝酸纤维素	乙酸纤维素	PF	UF	PS	PMMA
年限	1870	1905	1909	1926	1930	1933
树脂	PVC	MF	PA66	PU、PA6	SI	UP
年限	1935	1938	1939	1943	1944	1946
树脂	EP	F4	LDPE	PA610	PET	ABS
年限	1947	1949	1951	1952	1953	1954
树脂	HDPE	PP	PC	均 POM	PA1010	EVA
年限	1954	1957	1958	1959	1959	1960
树脂	PI	共 POM	PSF	TPX	PPO	PPS
年限	1961	1962	1965	1965	1965	1968
树脂	PBT	聚苯酯	PAR	PEEK	LLDPE	m-SPS
年限	1970	1970	1973	1977	1977	1986
树脂	m-P	m-PE				
年限	1988	1991				

到 2000 年，中国合成树脂的产量可达到 900 万 t。其中：LDPE79.5 万 t/a、LLDPE83.4 万 t/a、HDPE111.4 万 t/a、PP266.5 万 t/a、PVC230 万 t/a、PS 和 ABS150 万 t/a。但 2000 年中国树脂的需求量为 1700 万 t，因此还有 800 万 t 缺口需要进口。

第二节 塑料材料的分类

从上一节的介绍可以看出，塑料的种类接近上万种，如何对其进行科学系统的分类，是我们本节要讨论的问题。

1. 按树脂的受热变化分类

热固性塑料，指成型后不能再加热软化而重复加工的一类塑料。其树脂在加工前为线性预聚体，加工中发生化学交联反应使制品内部成为三维网状结构，具有不溶、不熔的特点。本书中介绍的这类树脂有酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂及不饱和树脂四种。

热塑性塑料，指成型后再加热可重新软化加工而化学组成不变的一类塑料。其树脂在加工前后都为线性结构，加工中不发生化学变化，具有可熔、可溶的特点。本书中介绍的这类树脂很多，具体如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺类、聚碳酸酯、聚甲醛、聚酯类、聚苯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、氟塑料类、聚苯硫醚、聚砜及聚酰亚胺等。

2. 按树脂的应用分类

通用塑料，指产量大、应用范围广、成型加工好、成本低的一类树脂，其产量可占整个树脂的 90% 以上。具体品种包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂、不饱和聚酯及环氧树脂等。通用塑料主要用于包装、建筑、农业及日用等领域。

工程塑料，指力学性能较好、尺寸稳定性高、在较高温度下可使用的一类塑料，其用量只占整个树脂的 5% 左右。它具有接近金属的性能，可用于结构制品如机械、电子、汽车及航空等领域。

③ 一般塑料，指用量不大、应用范围不广、性能一般的一类塑料。主要包括聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、氟塑料类及氯化聚醚等。

特种塑料，指具有独特性能、价格高、产量少、应用范围窄的一类塑料。主要包括耐热塑料、阻隔塑料及导电塑

等，具体品种有聚苯硫醚、聚砜、聚酰亚胺、聚苯胺及乙烯 / 乙烯醇共聚物等。

3. 按树脂的结构分类

此种分类方法是按树脂大分子链上官能团特性而分类，一般可分成如下几类。

聚烯烃类，指大分子主、侧链上都为烃类结构的一类树脂及其共聚物，包括聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯、苯乙烯 / 丁二烯 / 丙烯腈共聚物、丁二烯、聚甲基-1-戊烯、乙烯 / 乙烯醇共聚物及乙烯 / 乙酸乙烯共聚物等。

② 乙烯基类，指大分子主链为烃类结构、而侧链为非烷烃取代基的一类树脂及其共聚物，包括聚氯乙烯、聚四氟乙烯、聚三氟乙烯及聚全氟乙烯等。

聚酰胺类，指大分子链中含有酰胺基团的一类树脂，包括 PA6、PA66、PA610、PA46、PA1010、PA11、PA12 及 PI 等。

聚酯类，指大分子链中含有酯基结构的一类树脂，包括的种类很多，具体有 PET、PBT、UP、PMMA、PC、POM、PAR、PSF、PES、PPO 及 PPS 等。

其他种类还有纤维素类、聚氨酯类、酚醛类、氨基树脂类及环氧树脂类等。

第三节 塑料材料的应用

到 2000 年 世界塑料制品的产量可达到 15000 万 t 以上。其中中国塑料制品的产量可达 1800 万 t，可占世界的 13% 左右，居世界第二位，美国第一位（5000 万 t），日本第三位（1500 万 t）。中国塑料制品的应用分配为：包装材料 400 万 t，占 22%；日用 350 万 t，占 20%；农业 300 万 t，占 17%，工

业（电子、机械及汽车）300万t，占16%；建筑材料120万t，占7%；其他330万t，占18%。

下面具体介绍塑料在各个领域的应用。

（1）包装材料 包装材料为塑料的最大用途，占整个树脂的20%以上，主要产品如下。

膜类制品，轻重包装膜、阻隔膜、热收缩膜、自粘膜、防锈膜、撕裂膜、及气垫膜等。

②瓶类制品，食品包装瓶如油、啤酒、汽水、白酒、醋、酱油及牛奶等，以及化妆品瓶、药品瓶及化学试剂瓶等。

盒类制品，食品盒如饭盒、糕点盒、礼品盒及冰淇淋盒等，以及五金、工艺品、文教用品等盒类包装材料。

杯类制品，一次性饮料杯、牛奶杯及酸奶杯等。

箱类制品，啤酒箱、汽水箱、食品箱、工装周转箱、炮弹箱、水果箱、蔬菜箱及瓦楞箱等。

⑥袋类制品，手提袋及编织袋等。

（2）日用品 主要包括以下几种。

杂品类制品，盆、桶、盒、篓、盘、椅子、凳子、皮箱、暖瓶、丝及网等制品。

②文体用品，笔、尺、夹、刀、乒乓球、羽毛球及球拍等。

服装类制品，鞋底、人造革类、合成革类、钮扣、发夹、拉链、帽类、雨衣、皮带及项链等。

厨房用品，盆、碗、盘、桶、叉、勺、菜板、打火机及打火器等。

（3）农用材料 主要包括地膜、棚膜、育秧盘、灌溉管、滴灌管、喷雾器及鱼网等。

（4）建筑材料 建筑材料主要有以下几种。

管材，上水管、下水管、输气管、穿线管及供暖管等。

型材，门、窗、家具、楼梯扶手、装饰线及暖气罩等。

板材，装饰板、天花板、地板、外墙装饰铝塑复合板、阳光板、隔墙板及屋顶隔热板等。

其他，地毯、地板革、壁纸、人造大理石、人造玛瑙、整体浴室及防水材料等。

(5) 绝缘材料 高、中、低压绝缘电缆及护套电缆，电容器介质膜、接线盒、开关、继电器及空气开关等。

(6) 机械制品 各类壳体、泵类材料、拉杆、绳索、链条、链轮、齿轮、凸轮、轴承、导轨、密封件及垫片等。

(7) 汽车配件 仪表盘、保险杠、轮壳罩、方向盘、座椅、油箱、输油管、散热器格栅、烟灰缸、顶棚、扶手、镜架、灯罩及磨擦片等。

(8) 医学材料 人体器官材料如人造骨、气管、血管、皮肤、牙、肾及心脏瓣膜等，医疗器械类如一次性注射器、手术器械、输血管、内窥镜管及导尿管等。

(9) 光学材料 主要有光学透镜材料、光纤材料及光盘材料等。

第二篇 塑料材料的特性

本篇按塑料材料的应用方法分类介绍各类常用塑料的特性。具体可分为通用热塑性和热固性塑料、通用工程塑料、一般用途类塑料、特种用途类塑料 4 大类。每种塑料按一般概况、结构性能、成型加工、改性品种和应用范围 5 部分介绍。对每种塑料的特性不是泛泛而谈，而是重点介绍与下一篇塑料的选用相关连的内容。

第二章 通用热塑性塑料

通用热塑性塑料是指综合性能好、耐热温度在 100°C 以下、力学性能一般、产量很大、应用范围很广泛、价格很低的一类树脂。随着塑料改性技术的不断发展，改性的通用塑料与工程塑料的性能越来越接近，在有些领域可用做工程塑料，如增强 PP 和 SPS 等。通用热塑性塑料包括聚乙烯类、聚丙烯类、聚氯乙烯类和聚苯乙烯类 4 类，其产量可占整个树脂的 80% 以上。

通用热塑性塑料的发展历史比较早，加工工艺十分成熟，主要用于包装、农业、日用、绝缘和建筑等方面。

第一节 聚乙烯类塑料

一、聚乙烯类塑料简介

聚乙烯是指由乙烯单体自由基聚合而成的聚合物，英文名

称为 Polyethylene ,简称 PE。PE 的合成原料来自石油 ,因石油资源丰富 ,其产量自 1965 年一直高居第一。

聚乙烯是一种工业化年代较晚 ,但发展最快的塑料品种。最早实现工业化的品种为 LDPE ,于 1951 年首次实现万 t 级工业规模生产。目前 ,聚乙烯的产量占合成树脂总量的 20% 左右。到 2000 年 ,全世界聚乙烯的年产量为 4800 万 t ,中国聚乙烯的年生产能力 323 万 t ,实际生产 275 万 t/a。

目前 ,聚乙烯的主要品种有 : 低密度聚乙烯 (LDPE)、高密度聚乙烯 (HDPE)、线性低密度聚乙烯 (LLDPE)、高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 及茂金属聚乙烯。此外 ,还有其改性品种乙烯-乙酸乙烯酯 (EVA) 和氯化聚乙烯 (CPE) 等。

LDPE 的主要生产厂家有 : 兰州化学工业公司化工厂 (135kt/a)、北京燕山石化公司化工一厂 (180kt/a)、上海石化公司塑料厂 (148kt/a)、大庆石化公司塑料厂 (60kt/a)、广东茂名石化公司 (100kt/a)、山东齐鲁石化公司 (140 kt/a)、浙江宁波乙烯工程公司 (60kt/a)、江苏南通乙烯工程 (120kt/a)、石家庄炼油厂 (120kt/a) 等。到 2000 年 , LDPE 年总产量 93.6 万 t。

HDPE 的主要生产厂家有 : 北京助剂二厂 (18kt/a)、上海高桥石化公司化工厂 (6kt/a)、大连石化公司化工厂 (0.7kt/a)、辽阳石油化纤公司化工三厂 (35kt/a)、大庆石化总厂塑料厂 (240kt/a)、山东齐鲁石化公司塑料厂 (140 kt/a)、江苏扬子石化公司塑料厂 (360kt/a)、北京燕山石化公司化工一厂 (140kt/a) 上海石化股份有限公司 (100kt/a)、广东茂名石化公司 (140kt/a) 等。到 2000 年 , HDPE 的年总产量 109.3 万 t。

LLDPE 的主要生产厂家有 : 大庆石化总厂塑料厂 (60

kt/a)、山东齐鲁石化公司塑料厂 (60kt/a)、辽宁盘锦乙烯工业公司 (125kt/a)、兰州石化公司石油化工厂 (60kt/a)、辽宁抚顺石化公司化工厂 (80kt/a)、天津联合化学有限公司 (60kt/a)、新疆独山子乙烯化工厂 (120kt/a)、广东茂名石化公司 (140kt/a)、吉林化学工业公司 (100kt/a)、广州石化总厂 (100kt/a)、河南中原石化联合公司 (140kt/a)、广东惠州乙烯工程 (180kt/a)、巴陵乙烯工程 (120kt/a) 等。到 2000 年, LLDPE 的年总产量 120 万 t。

聚乙烯的应用情况如下: 薄膜占 65.5% (其中包装膜占 33.4%、棚地膜占 32.1%)、中空容器占 8.2%、管材 7.9%、单丝及编织袋占 7.1%、电缆料 3.9%、周转箱 3.9%、瓦楞箱 2.1%。

二、聚乙烯类塑料的结构性能

1. PE 的结构

PE 为线性聚合物, 具有同烷烃相似的结构, 属于高分子长链脂肪烃; 分子对称无极性, 分子间作用力小, 力学性能不高、电绝缘性好、熔点低、印刷性不好。

PE 分子链上含有短的甲基和长的烷基支链, 并含有少量的双键和醚基; 不同品种 PE 上支链数目的大小依次为 LDPE>LLDPE>HDPE, 支链越多其耐光降解和氧化能力越差。

普通 PE 的分子量的相对分子质量为 4~12 万, UHMW-PE 的相对分子质量为 100~400 万。分子量越高, 树脂的力学性能如拉伸强度、低温脆化性能、耐环境应力开裂性能等都好, 但加工性能变差。PE 分子量的大小常用熔体流动速率 (MFR) 来表示, 其定义为加热到 190 的 PE 熔体在 2160g 压力下从一定孔径模孔中每 10min 的挤出克数, 单位为 g/10min。PE 的 MFR 越大, 其流动性越好。常用的 LDPE 为

20~50g/10min, HDPE 为 4~15g/10min, LLDPE 为 3~10g/10min。

PE 的结构规整、线性度高, 因而易于结晶, 晶型属斜方晶系。不同类型聚乙烯的结晶度不同, LDPE 为 65% 左右, HDPE 为 80%~90% 左右, LLDPE 为 65%~75% 左右。随结晶度的提高, PE 制品的密度、刚性、硬度和强度等性能提高, 但其冲击性能下降。

2. PE 的性能

(1) 一般性能 PE 树脂为无味、无毒的白色粉末或颗粒, 外观呈乳白色, 有似蜡的手感, 吸水率低, 小于 0.01%。PE 的膜透明, 并随结晶度提高而下降。PE 膜的透水率低但透气性较大, 不适于保鲜包装而适于防潮包装。PE 易燃, 氧指数仅为 17.4, 燃烧时低烟, 有少量熔融落滴, 火焰上黄下蓝, 有石蜡气味。PE 的耐水性较好。制品表面无极性, 难以粘合和印刷, 经表面处理才可改善。

(2) 力学性能 PE 的力学性能一般, 其拉伸强度较低, 抗蠕变性不好, 只有耐冲击性能较好。三种 PE 比较而言, 冲击强度 LDPE > LLDPE > HDPE, 其他力学性能 LDPE < LLDPE < HDPE。PE 的力学性能受密度、结晶度和分子量的影响大, 随这几种指标提高, 其力学性能增大。PE 的耐环境应力开裂性不好, 但随分子量增大而改善。PE 的耐穿刺性好, 并以 LLDPE 最好。

(3) 热学性能 PE 的耐热性不高, 随分子量和结晶度的提高而改善。PE 的耐低温性好, 脆化温度一般可达 -50 以下; 随分子量的增大, 最低可达 -140℃。PE 的线膨胀系数大, 最高可达 $(20\sim24) \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$, 在塑料中数较大者, 不同品种 PE 的大小顺序为 LDPE > LLDPE > HDPE。PE 的热

导率属塑料中较高者，不同 PE 的大小顺序为 HDPE > LLDPE > LDPE。

(4) 电学性能 PE 无极性，因此电性能十分优异。介电损耗很低，且随温度和频率变化极小，可用于高频绝缘。PE 是少数耐电晕性好的塑料品种，介电强度又高，因而可用做高压绝缘材料。

(5) 环境性能 PE 属烷烃类惰性聚合物，具有良好的化学稳定性。PE 在常温下可耐酸、碱、盐类水溶液的腐蚀，具体有稀硫酸、稀硝酸、任何浓度的盐酸、氢氟酸、磷酸、甲酸及乙酸等，但不耐强氧化剂如发烟硫酸、浓硫酸和铬酸等。PE 在 60℃ 以下不溶于一般溶剂，但与脂肪烃、芳香烃、卤代烃等长期接触会溶胀或龟裂。温度超过 60 后，可少量溶于甲苯、乙酸戊酯、三氯乙烯、松结油、矿物油及石蜡中；温度超过 100℃ 后，可溶于四氢化萘。

因 PE 分子中含有少量双键和醚基，其耐候性不好，日晒、雨淋都引起老化，需加入抗氧剂和光稳定剂改善。PE 的具体性能见表 2-1 所示。

表 2-1 LDPE、LLDPE、HDPE 的具体性能

性 能	LDPE	LLDPE	HDPE
相对密度	0.91~0.93	0.92~0.925	0.92~0.97
吸水率/%	<0.01	<0.01	<0.01
成型收缩率/%	1.5~5.0	1.5~5.5	2.0~5.0
拉伸强度/MPa	7~15	15~25	21~37
断裂伸长率/%	>650	>880	>500
弯曲强度/MPa	34	—	11
压缩强度/MPa	28	—	10
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	80~90	>70	40~70
洛氏硬度	R45	—	R70

续表

性 能	LDPE	LLDPE	HDPE
热变形温度/℃ (1.82MPa)	50	75	78
脆化温度/℃	-80~-55	< -120	< -140~-120
线膨胀系数/ $(\times 10^{-5} \text{K}^{-1})$	20~24	—	12~13
热导率/ $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	0.35	—	0.44
体积电阻率/ $(\Omega\cdot\text{cm})$	6×10^{15}	—	6×10^{15}
介电常数(10^6Hz)	2.28~2.32	—	2.34~2.38
介电损耗角正切值(10^6Hz)	0.0003	—	0.0003
介电强度/(kV/mm)	>20	—	>20
耐电弧/s	115	—	115
氧指数/%	20	—	20

三、聚乙烯类塑料的成型加工

1. 加工特性

LDPE、HDPE 的流动性好，加工温度低，粘度大小适中，分解温度低，在惰性气体中高达 300℃ 也不分解，是一种加工性能很好的塑料。但 LLDPE 的粘度稍高，需相应增大电机功率 20%~30%；易发生熔体破裂，需增加口模间隙和加入加工助剂；加工温度稍高，可达 200~215℃。PE 的吸水率低，加工前不需要干燥处理。

PE 熔体属非牛顿流体，粘度随温度的变化波动较小，而随剪切速率的增加下降快，并呈线性关系，其中以 LLDPE 的下降速度最慢。

PE 制品在冷却过程中容易结晶，因此在加工过程中应注意模温，以控制制品的结晶度，使之具有不同的性能。PE 的成型收缩率大，在设计模具时一定要考虑。

在具体选用树脂时，不同 PE 制品与熔体流动速率的关系如表 2-2 所示。

表 2-2 PE 的熔体流动速率与制品种类的关系

用 途	熔体流动速率/(g/10min)		
	LDPE	LLDPE	HDPE
吹塑薄膜	0.3~8.0	0.3~3.3	0.5~8.0
重包装薄膜	0.1~1.0	0.1~1.6	3.0~6.0
挤出平膜	1.4~2.5	2.5~4.0	—
单丝、扁丝	—	1.0~2.0	0.25~1.2
管材、型材	0.1~5.0	0.2~2.0	0.1~5.0
中空吹塑容器	0.3~0.5	0.3~1.0	0.2~1.5
电缆绝缘层	0.2~0.4	0.4~1.0	0.5~8.0
注塑制品	1.5~50	2.3~50	2.0~20
涂覆	20~200	3.3~11	5.0~10
旋转型型	0.75~20	1.0~25	3.0~20

2. 加工方法

PE可用注塑、挤出、吹塑、压制等方法成型。

(1) 注塑 LDPE 的注塑工艺条件为：注塑温度 180~240℃、模具温度 50~70℃、注塑压力 80~100MPa。

HDPE 的注塑工艺条件为：注塑温度 180~250℃、模具温度 50~70℃ 注塑压力 80~100MPa。

LLDPE 的注塑工艺条件为：注塑温度 200~240℃、模具温度 50~70℃ 注塑压力 80~100MPa。

(2) 挤出 LDPE 的挤出温度随制品不同而变化，管材 150℃、薄膜 163℃、片材 177℃、电缆 218℃、挤出平膜 246℃。

HDPE 的挤出条件为温度 165~260℃，挤出压力 35~140MPa。

四、聚乙烯类塑料的应用范围

1. 薄膜类制品

薄膜类制品是 PE 的最主要用途。LDPE 树脂用于膜类制

品可占 50% 以上，可用于食品、日用、蔬菜、收缩、自粘、垃圾袋等轻质包装膜及农业用地膜、棚膜、保鲜膜等。HDPE 树脂用于膜类制品可占 10% 以上，因其薄膜强度高，主要用于重包装膜、撕裂膜及背心袋等。LLDPE 树脂用于薄膜类制品的比重比 LDPE 还要大，可占树脂的 70% 以上；LLDPE 膜具有延伸性好、较高的拉伸、耐穿刺、收缩膜、可制成超薄、耐环境应力开裂及低温冲击性好等优点，主要用于包装膜、垃圾袋、保鲜膜、自粘膜及超薄地膜等。

2. 注塑制品

PE 的加工性好而广泛用于注塑制品，其中 HDPE 占 30% 以上、LDPE 和 LLDPE 各占 10% 以上。主要产品为：日用品如盆、筒、篓、盒等，周转箱、瓦楞箱、暖瓶壳、杯、台灯罩和玩具等。

3. 中空制品

以 HDPE 树脂为主，可占树脂用量的 20%。其制品具有耐应力开裂性好、耐油性好、耐低温冲击性好等优点，可用于食品油、酒类、汽油及化学试剂等液体的包装，此外还有中空玩具等。

4. 管材类制品

以 HDPE 树脂为主，主要用于生活给水、煤气输送、农业灌溉、穿线波纹管、液体吸管及圆珠笔芯等；LDPE 管还可用于化妆品、药品、鞋油及牙膏等化学品的包装。

5. 丝类制品

圆丝用 HDPE 为原料，主要用于编织渔网、缆绳、工业滤网及民用纱窗网等。

扁丝以 HDPE 和 LLDPE 为原料，主要用于编织袋、编织布及撕裂膜等。

6. 电缆制品

PE广泛用于中高压电缆的绝缘和护套材料，其中以LDPE为主，最高耐压可达220kV。

7. 其他制品

HDPE、LLDPE可用于打包带。

LLDPE可用于型材。

五、其他品种

(一) 茂金属聚乙烯

茂金属聚乙烯为聚合反应所用催化剂非齐格勒-纳塔型而为茂金属型的一类聚合物，因其性能独特而单列，英文简称m-PE。

1980年德国Kaminsky教授发现由茂金属催化剂与甲基铝氧烷助催化剂组成的催化体系用于乙烯的聚合，聚烯烃产物获得许多传统聚乙烯从未有过的独特特性，如分子量高且分布窄、支链少而短、密度低、纯度高、高透明性、高拉伸强度、高冲击性、热封温度低且范围广、耐穿刺性及低热封温度（可下降8~14℃）等。这是由于茂金属催化剂有理想的单活性位点，从而能精密控制分子量、分子量分布、共聚单体含量及其在主链上的分布和结晶结构。茂金属聚乙烯具有高立构规整性高，分子量分布窄，属一类新型聚乙烯。

1991年美国Exxon公司首先制成商品名为Exact的茂金属聚乙烯（m-LLDPE）日本的出光石油化学公司1997年也投产m-LLDPE，此外美国的Dow公司、Phillips公司都有生产；目前世界上已有几十套装置，预计2005年需求量可达1180万t/a。

用茂金属聚乙烯制成的薄膜具有优异的薄膜强度和热封性。Exact共有27个牌号，相对密度范围在0.865~0.935范

围内，熔融指数为 1~100g/10min。其中相对密度 0.880~0.895 的几个牌号具有极低密度 LDPE 的性能，称为塑性体，具有超过常规的透明性和柔软性，集中了橡胶的柔性和塑料的加工性，在医用试管和电线电缆中取代 EPR。例如，茂金属聚乙烯 4021（用于挤出血管料）的相对密度为 0.885，拉伸强度 22.48MPa，伸长率为 800%，维卡软化点 70.1℃。

Mobil 公司制成 Super 茂金属 LLDPE，可制成高透明度的薄膜（浊度仅为 5%~7%），而且热封温度低。

三菱油化公司推出的茂金属聚乙烯，其热封温度比现有的 LLDPE 低 20℃。

下面以 m-LLDPE 和 LLDPE 的膜制品为例，进行性能比较如表 2-3 所示。

表 2-3 m-LLDPE 和 LLDPE 膜制品的性能比较

性 能	LLDPE	m-LLDPE	性 能	LLDPE	m-LLDPE
熔体流动指数 (g/10min)	1.0	0.9	纵向撕裂/g	277	209
			横向撕裂/g	475	419
相对密度	0.920	0.918	光泽度/%	62	133
落球冲击/g	120	>810	雾度/%	18.4	4.0

目前，由于茂金属聚乙烯的价格偏高，一时尚不能取代传统的聚烯烃，但可以同 EPR、EVA 等相竞争。其应用主要为膜类产品，如 LLDPE 中共混茂金属 HDPE，可用于生产阻油脂性重包装袋。

茂金属聚乙烯的加工性能差，需与 LDPE 共混加以改善。

（二）超高分子量聚乙烯

超高分子量聚乙烯为相对分子质量高达 100~400 万的聚乙烯类聚合物，英文名称为 Ultra-high molecular weight polyethylene，简称 UHMWPE。因 UHMWPE 分子量太高而

具有与普通 PE 不同的性能，所以单列为一个品种。1999 年 UHMWPE 年产 8 万 t，目前有美国蒙特尔（生产能力为 2 万 t/a）、德国赫司特、日本三井、荷兰 DMS 等外国公司生产，中国主要由北京助剂二厂生产，年产 1 万 t。

UHMWPE 为线型结构，但因分子量太大，结晶困难，相对密度不超过 0.94。

与普通 PE 相比，UHMWPE 具有耐磨性好（比 POM 大 15 倍）、低摩擦性（摩擦系数油润滑时为 0.05~0.08）、抗冲击性好、自润滑性好、生理相容性好及耐腐蚀等优点，但其硬度低、强度不高、耐热性差、加工困难及抗蠕变性差。UHMWPE 的具体性能如表 2-4 所示。

表 2-4 UHMWPE 和 HDPE 性能比较

性 能	UHMWPE	HDPE
相对密度	0.939	0.945
透明性	不透明	半透明~不透明
吸水率/%	<0.01	<0.01
熔体流动指数/(g/10min)	0	0.2~8
成型收缩率/%	2~3	2~5
拉伸强度/MPa	30~50	21~37
洛氏硬度	R38	R35
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	>100	40~70
热变形温度/℃	95	78
脆化温度/℃	<-137	-140~-100
熔点/℃	135~137	131~137
耐环境应力开裂/h	>4000	2000

UHMWPE 的加工性能不好，它虽属于热塑性树脂，但因熔体粘度太大，即使熔融也难以流动，熔体指数接近 0g/10min，这一点同 F4 相似。

UHMWPE 以前只能用烧结方法成型，现在开发了热塑性加工方法如挤出、注塑和吹塑等，从而扩大了其应用范围。