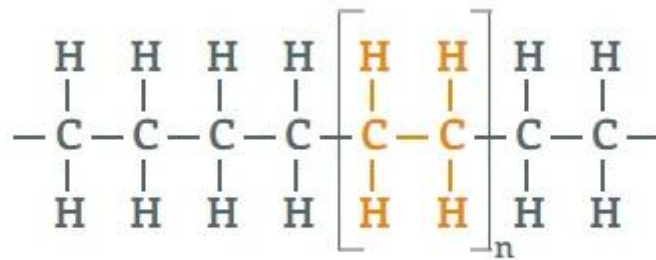


聚乙烯(PE)分类、性能及应用

聚乙烯 (PE) 是最受欢迎的热塑性材料之一。它有不同的晶体结构，称为 HDPE , LDPE 和 LLDPE。这种商品塑料是通过加成或自由基聚合生产的。它用于广泛的应用：塑料容器、瓶子、袋子、塑料玩具等。

什么是 PE ?

聚乙烯或聚乙炔是聚烯烃的一种。它通常缩写为 PE。PE 的化学式为 $(C_2H_4)_n$ 。它重量轻，耐用，是最常用的塑料之一。用于冷冻食品袋、瓶子、谷物衬垫、酸奶容器等。环顾四周，所有回收代码为 2 和 4 的塑料均由 PE 制成。这些塑料具有不同的晶体结构。



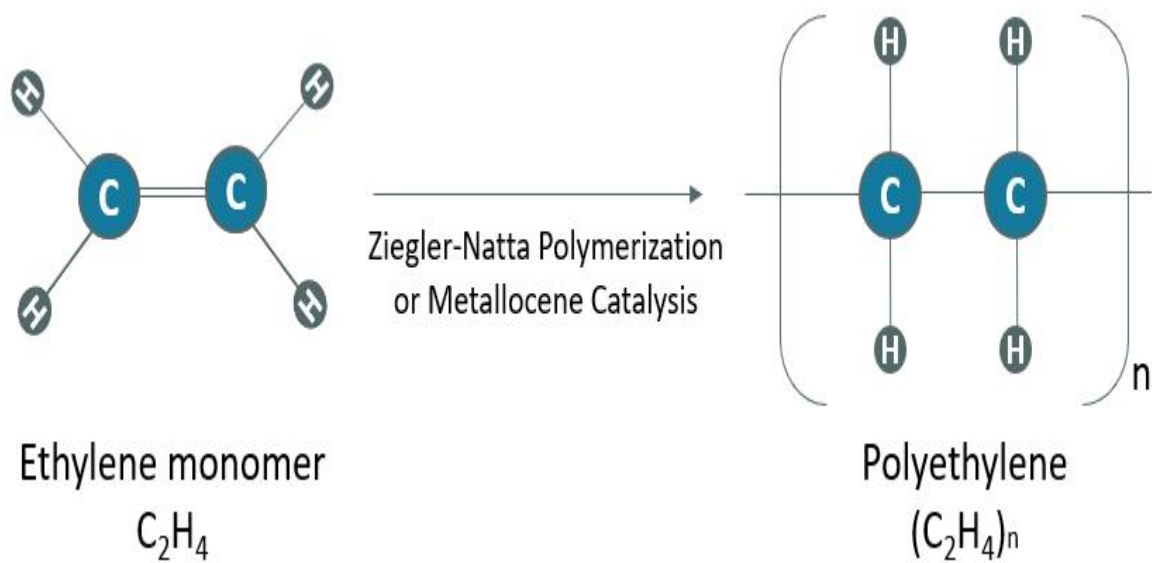
PE的分子结构

PE 是如何制成的 ?

聚乙烯由乙烯 (或乙炔) 单体聚合而成。PE 链是通过加成或自由基聚合产生的。可能的合成方法有：

齐格勒-纳塔聚合和

茂金属催化



PE 的常见类型有哪些？

根据其密度和分支，不同的 PE 等级可能具有非常不同的性能。因此，PE 等级分类如下。

分支版本

低密度聚乙烯

线性低密度聚乙烯（LLDPE）

线性版本

高密度聚乙烯

超高分子量聚乙烯

交联聚乙烯（PEX 或交联聚乙烯）

此外，还提供其他类型的 PE，例如：

中密度聚乙烯

超低密度聚乙烯

高分子量聚乙烯

茂金属聚乙烯

氯化聚乙烯

如何比较主要 PE 类型？

	低密度聚乙烯	线性聚乙烯	高密度聚乙烯
聚合物全名	低密度聚乙烯	线性低密度聚乙烯	高密度聚乙烯
结构	短链支化+长链支化程度高	短链支化程度高	线性（或低短链分支）
催化剂和工艺	使用管式法或高压釜法的自由基聚合	使用齐格勒-纳塔催化剂或茂金属催化剂	齐格勒-纳塔催化剂在： - 单级聚合 - 多级聚合或铬或菲利普斯型催化剂
性能	查看详细性能比较: LDPE 与线性低密度聚乙烯 vs. 高密度聚乙烯		
密度	0.910-0.925 克/厘米 ³	0.91-0.94 克/厘米 ³	0.941-0.965 克/厘米 ³
结晶	低结晶和高无定形（结晶小于 50-60%）	半晶系，水平在 35% 至 60% 之间	高结晶和低无定形（>90% 结晶）
特性	<ul style="list-style-type: none">柔韧性好，透明度好良好的防潮性能低温下具有高冲击强度对酸、碱和植物油具有出色的耐受性	与LDPE相比，它具有： <ul style="list-style-type: none">更高的抗拉强度更高的抗冲击性和抗穿刺性	<ul style="list-style-type: none">优异的耐化学性高抗拉强度优异的防潮性能硬到半柔性
回收守则			
一般应用	收缩包装、薄膜、可挤压瓶垃圾袋、挤出成型件和层压板	高性能袋、缓冲膜、轮胎分离膜、工业衬垫、弹性膜、冰袋、补充包装袋和垃圾袋	<ul style="list-style-type: none">分子量分布比较窄，在注塑成型或扁平纱中都有应用，后一种类型分子量分布宽，用于制造薄膜制品、中空塑料制品及管材
商业产品	低密度聚乙烯等级	LLDPE等级	高密度聚乙烯等级

什么是高密度聚乙烯（HDPE）？

高密度聚乙烯(HDPE)是一种具有线性结构的经济高效的热塑性塑料。它没有分支或分支程度低。它具有柔韧性、半透明/蜡状和耐候性。高密度聚乙烯的化学结构为：



HDPE 由于结晶度高 (>90%) 而更坚硬。这也意味着它的透明度低于 LDPE 和 LLDPE 版本。HDPE 在低温下也显示出韧性。

HDPE 在低温 (70-300°C) 和压力 (10-80 巴) 下制造。它源自：

要么改性天然气 (甲烷、乙烷、丙烷混合物)

或原油催化裂化成汽油

生产 HDPE 的两种主要技术：浆料聚合或气相聚合。

高密度聚乙烯的特性

- 1、高密度聚乙烯熔点：120-140°C
- 2、高密度聚乙烯密度：0.93 至 0.97 克/厘米³
- 3、高密度聚乙烯的耐化学性：
对大多数溶剂具有出色的耐受性
对醇、稀酸和碱具有极佳的耐受性
中等耐油性和耐油脂性

对碳氢化合物（脂肪族、芳族、卤族）的抵抗力差

4、连续温度：-50°C 至 +60°C，相对刚性的材料，具有有用的温度能力

5、与其他形式的 PE 相比，拉伸强度更高

6、低成本聚合物，具有良好的加工性能

7、良好的耐低温性 88

8、优异的电绝缘性能

9、吸水率极低

HDPE 的缺点是什么？

易受应力开裂

刚度低于聚丙烯

高成型收缩率

抗紫外线和耐热性差

高频焊接和连接不可能

但是，某些等级已巧妙升级，并提供了一些改进的性能配置文件。

高密度聚乙烯的应用

出色的性能组合使 HDPE 成为各行各业各种应用的理想材料。HDPE

的一些主要用途包括：



HDPE in Packaging and Consumer Good Applications

包装应用 – HDPE 用于多种包装应用，包括板条箱、托盘、牛奶和果汁瓶、食品包装盖、杰里罐、桶、工业散装容器等。在此类应用中，HDPE 为最终产品提供了合理的冲击强度。

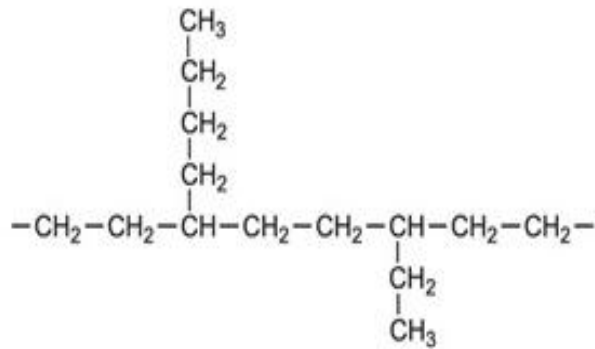
消费品 – 低成本和易于加工性使 HDPE 成为多种家庭/消费品（如垃圾箱，家庭用品，冰盒，玩具等）的首选材料。

纤维和纺织品 – 由于其高拉伸强度，HDPE 广泛用于农业应用，如绳索，渔网和运动网，网以及工业和装饰织物。

HDPE 的其他应用包括管道和配件（用于天然气，水，污水，排水，排污口，工业应用，电缆保护，钢管涂层，大型检查室和管道污水检修孔等的管道），由于其优异的耐化学性和耐水解性，汽车 - 油箱，布线和电缆 - 能源片，电信电缆。

什么是低密度聚乙烯（LDPE）？

低密度聚乙烯 (LDPE) 是一种结晶度低 (~50-60%) 的半刚性聚合物。LDPE 由 4,000-40,000 个碳原子组成，有许多短分支。与 HDPE 相比，它具有更高程度的短侧链和长侧链分支。LDPE 的化学结构为：



LDPE 是如何制造的？

LDPE 在高压（1000-3000 帕）和温度（80-300°C）下生产。它是通过自由基聚合过程衍生的。

生产 LDPE 的两个基本过程：

搅拌式高压釜反应釜

管式反应釜

管式反应器由于其较高的乙烯转化率而越来越优先于高压釜路线

LDPE 的特性是什么？

- 1、低密度聚乙烯熔点：105 至 115°C
- 2、低密度聚乙烯密度：0.910-0.940 克/厘米³
- 3、低密度聚乙烯的耐化学性：
 - 对醇、稀碱和酸具有良好的耐受性
 - 对脂肪族和芳香烃、矿物油、氧化剂和卤代烃的抵抗力有限
- 4、耐温连续可达 80°C，短时间耐 95°C。
- 5、低成本聚合物，具有良好的加工性能

6、低温冲击强度高，耐候性好

7 优异的电绝缘性能

8 吸水率极低

9 薄膜透明

LDPE 的缺点是什么？

聚合物链中存在更多的支化给 LDPE 性能带来了一定的缺点。如

易受应力开裂

强度低，刚度低，最高使用温度。这限制了其在需要极端温度的应用中的使用。

高透气性，尤其是二氧化碳

抗紫外线性差

高度易燃

高频焊接和连接不可能

为了克服这些挑战，已经开发了几种具有改进性能的 LDPE 牌号，例如紫外线稳定，高强度，抗粘连等。

LDPE 有哪些应用？

LDPE 主要用于制造容器，分配瓶，洗涤瓶，管道，计算机组件塑料袋以及各种成型实验室设备。LDPE 最流行的应用是塑料袋。



包装 – 由于其低成本和良好的灵活性，LDPE 在包装行业中用于药品和挤压瓶、瓶盖和封盖、防篡改、衬里、垃圾袋、食品包装薄膜（冷冻、干货等）、层压等。

管道和配件 – LDPE 由于其可塑性和低吸水性，用于制造管道和配件业的水管和软管。

其他应用包括消费品 - 家庭用品，柔性玩具，农用薄膜，电线和电缆 - 次导体绝缘体，电缆护套。

什么是线性低密度聚乙烯 (LLDPE) ?

线性低密度聚乙烯 (LLDPE) 的结构具有具有短而均匀分支的线性主链 (与 LDPE 的长分支不同)。这些短枝在伸长时能够

相互滑动，而不会像 LPDE 那样缠绕在一起。它在结构上类似于 LDPE。

LLDPE 是如何制造的？

LLDPE 由乙烯（或乙烷单体）与以下物质聚合而成：

1-丁烯，以及

少量的 1-己烯和 1-辛烯。

该过程使用齐格勒-纳塔或茂金属催化剂进行。在目前的情况下，由于以下特性，LLDPE 在取代 LDPE 方面非常成功。

LLDPE 的特性是什么？

非常灵活，冲击强度高

半透明和自然的乳白色

非常适合温和强力缓冲液，具有良好的耐化学性

良好的水蒸气和酒精阻隔性能

良好的抗应力开裂性和抗冲击性

LLDPE 有哪些应用？

LLDPE 适用于各种薄膜应用，例如：

通用薄膜，

拉伸膜，
服装包装，
农用薄膜等

什么是超高分子量聚乙烯（UHMWPE）？

超高分子量聚乙烯的分子量在 3.5 至 7.5 百万 amu 之间。这比 HDPE 树脂高约 10 倍。HDPE 和 UHMWPE 的外观相似。但 UHMWPE 是坚韧、耐磨且低成本的塑料。适用于可能涉及摩擦或磨损的工业或制造应用。

UHMWPE 是如何制造的？

UHMWPE 是使用茂金属催化剂和乙烷单元合成的。这些单元粘合在一起，形成 UHMWPE 结构。这种结构每个分子有 100,000 至 250,000 个单体单位。

UHMWPE 的特性是什么？

它具有优异的机械性能，例如高耐磨性，冲击强度和低摩擦系数。

该材料几乎完全是惰性的，因此在中等温度下用于最具腐蚀性或腐蚀性的环境。

即使在高温下，它也能抵抗多种溶剂，但芳香族、卤代烃和强氧化性材料（如硝酸）除外。

这些特殊性能使该产品可用于多种高性能应用。

UHMWPE 适用于高磨损应用，如管材、衬里、筒仓、容器和其他设备。

交联聚乙烯（PEX 或交联聚乙烯）

高密度交联 PE 是具有交联结构的聚乙烯的一种形式。它缩写为 PEX 或 XLPE。它专为关键应用而设计。



交联聚乙烯是如何制造的？

交联聚乙烯由聚乙烯在高压下与有机过氧化物制成。这会产生自由基，从而产生聚合物的交联。因此，树脂专为以下关键应用而设计：

化学品储存管道系统，
循环辐射加热和冷却系统，以及
高压电缆的绝缘。

交联聚乙烯有哪些特性？

高低温

耐水解性

高电气和绝缘性能

高耐磨性

饮用水认证

标准生产线上的高挤出速度

成本更低

机械更坚固

交联聚乙烯电缆的特点是什么？

交联聚乙烯电缆是迄今为止最受欢迎的电缆，交联聚乙烯在多种电气应用中提供了无限的好处，这要归功于其防潮性、抗应力性和比其他同类电力电缆更高的抗热变形保护。特别是在比较交联聚乙烯与聚氯乙烯电缆时，交联聚乙烯电源线具有：

更长的使用寿命

更好的耐热联聚乙烯电源线通常可以承受高达 260°C

具有更好的拉伸强度和抗冲击性

更高的额定电流应用资格

如何加工 PE 塑料？

各种形式的聚乙烯可用于注塑、吹塑、挤出等工艺和各种薄膜制作工艺，如压延或吹膜挤出。

HDPE 可以通过注塑，挤出（管材，吹膜和流延膜，电缆等），吹塑和滚塑成型轻松加工。作为注塑成型工艺的理想材料，主要用于批量和连续生产。

用于 LDPE 的最常见加工技术是挤出（管材，吹膜和流延膜，电缆等）。LDPE 也可以通过注塑或滚塑加工

UHMWPE 通过压缩成型，柱塞挤出，凝胶纺丝和烧结进行各种加工。常规方法如注塑、吹塑或挤出成型，因为这种材料即使在高于其熔点的温度下也不会流动。

PE (主要是 HDPE) 作为 3D 打印材料逐渐普及。它的强度、低密度和无毒使其成为各种 3D 打印物体的理想选择。此外，回收的 PE 等级和生物基 PE 也用于 3D 打印的加工。PE 的绝对可用性鼓励了将这种材料应用于增材制造的努力。

高密度聚乙烯	低密度聚乙烯
注塑	
<ul style="list-style-type: none"> 熔体温度：200-300°C 模具温度：10-80°C 如果储存得当，则无需干燥 高模具温度将改善零件的亮度和外观 模收缩率在 1.5% 到 3% 之间，具体取决于加工条件、聚合物的流变性和最终工件的厚度 	<ul style="list-style-type: none"> 熔体温度：160-260°C 模后收缩率在 1.5% 到 3.5% 之间 材料注射压力：高达 150 MPa
挤压	
<ul style="list-style-type: none"> 熔体温度：200-300°C 压缩比：3: 1 气缸温度：180-205°C 预干燥：否，在 3-105 C (110-221°F) 下进行 230 小时再研磨 	<ul style="list-style-type: none"> 熔体温度：180-240°C 挤出涂覆需要更高的熔体温度 (280-310°C) 建议使用L/D比约为25的三区螺杆 熔体温度：160-260°C 模后收缩率在 1.5% 到 3.5% 之间

哪种类型的 PE 是可回收的？

PE 的两种主要形式的树脂识别代码是：



LDPE 和 HDPE 本质上是不可生物降解的。它们对世界塑料废物做出了重大贡献。两种形式的 PE 都是可回收的。它们用于生产非食品瓶、户外应用塑料、堆肥箱等。

HDPE 管道用于非饮用水应用。对于饮用水，HDPE 可用于热水和冷水服务应用。

近年来，交联 PE 在饮用水中变得很流行，但 PEX 需要特殊的配件，并且不可回收。