

聚烯烃 PE、PPR 管材料生产工艺及市场发展前景分析

黄景环（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：近年来，随着基础设施建设的不断推进以及人们对生活品质要求的逐步提高，对优质管材的需求持续增长。聚烯烃中的 PE（聚乙烯）和 PPR（无规共聚聚丙烯）管材料凭借其优异的性能和广泛的应用领域，成为市场上的热门选择。聚烯烃 PE 和 PPR 管材料作为现代管道系统的重要组成部分，其生产工艺与市场发展前景备受关注。基于此，本文主要分析了聚烯烃 PE、PPR 管材料的定义、生产工艺、主要用途、其优缺点的对比，当前国内 PE、PPR 管材料的主要产能分布及生产牌号，分析价格走势及市场需求以及聚烯烃 PE、PPR 管材料未来的发展方向，以此为相关企业的生产决策和市场布局提供一定的参考价值。

关键词：聚烯烃 PE、PPR 管材料；生产工艺；市场前景

1 聚烯烃 PE、PPR 管材料的定义

聚烯烃是烯烃的聚合物，由乙烯、丙烯等烯烃类单体聚合而成。其中，聚乙烯（PE）是由乙烯单体聚合而成的聚合物。其分子链主要由碳—碳单键组成，分子链较为柔软。

根据聚合方法和分子结构的不同，可以分为低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）和线性低密度聚乙烯（LLDPE）等。LDPE 具有较低的密度，分子链上有较多的支链，具有较好的柔韧性、透明度和加工性能，常用于制造薄膜，如食品包装薄膜等，HDPE 分子链较为规整，结晶度高，密度较大，具有较高的强度、刚性和耐化学腐蚀性，常用于制造管材、注塑制品等。

LLDPE 综合了 LDPE 和 HDPE 的一些优点，其线性分子结构使其具有较好的拉伸性能和韧性，常用于生产农膜等需要较高强度和耐用性的薄膜制品。

聚烯烃 PPR 是由丙烯单体与少量乙烯单体在气相或液相中无规共聚而得的聚合物。乙烯单体的引入改变了聚丙烯（PP）的分子链结构，降低了其结晶度，提高了材料的柔韧性和抗冲击性能。

PPR 具有较好的耐热性，其长期使用温度可以达到 70℃左右，短期使用温度可更高，非常适合用于热水输送系统。有良好的卫生性能，无毒无味，符合饮用水输送的卫生标准，因此在家庭饮用水管道系统中得到广泛应用。

PPR 管材在管材领域有独特的优势。由于其良好的热熔连接性能，管道连接牢固且密封性好，能够有效防止漏水现象。而且，PPR 管材的内壁光滑，水流阻力小，有利于提高水的输送效率，减少能源消耗。

2 聚烯烃 PE、PPR 管材料生产工艺及主要用途

2.1 生产工艺

2.1.1 PE 管材料生产工艺

生产 PE 管材料要根据所需管材的性能，如强度、韧性等要求，选择不同密度（例如高密度聚乙烯 HDPE、低密度聚乙烯 LDPE 等）和分子结构的聚乙烯树脂，这些树脂通常以颗粒形式存在，要确保其纯度，避免杂质混入，因为杂质可能会影响管材的最终性能。

同时，为了改善管材的性能，会添加一些添加剂。比如抗氧化剂，防止 PE 管材在加工过程中以及使用过程中因氧化而老化，还可以添加紫外线吸收剂，对于可能暴露在阳光下的 PE 管材，这种添加剂能够减少紫外线对管材的破坏，延长管材的使用寿命。将准备好的原料放入螺杆挤出机的料斗中。螺杆挤出机内部的螺杆在电机的驱动下旋转，通过摩擦力和剪切力将原料向前推进。在推进过程中，原料会经过不同的加热区，温度逐渐升高，使聚乙烯树脂由固态转变为熔融态。

一般来说，对于常见的 PE 管材生产，加热温度范围在 150–250℃左右，不同类型的 PE 树脂可能会有所差异。熔融态的 PE 材料通过特定的模具，模具的形状决定了管材的外形尺寸，如管径、壁厚等。在模具内部，材料要均匀分布，以确保管材的圆周壁厚度均匀一致。从模具出来的 PE 管材处于熔融状态，需要立即进行冷却定型。在冷却过程中，牵引装置会以恒定的速度牵引管材，确保管材在冷却过程中能够保持笔直，并且按照设定的速度生产，避免管材出现拉伸变形或者堆积等情况。此外，根据预定的管材长度，使用切割装置对冷却定型后的 PE 管材进行切割，

切割后的管材会进行包装，一般采用捆扎或者装袋的方式^[1]。

2.1.2 PPR 管材料生产工艺

PPR 管材料的主要原料为丙烯单体，为达到一定的纯度标准，通常会采用高纯度的丙烯，纯度一般要求在 99% 以上。还会加入少量的乙烯单体，用于改变聚合物的分子结构，乙烯的含量通常在几个百分点左右。抗氧剂是必不可少的助剂，防止 PPR 在加工和使用过程中被氧化降解。采用气相聚合或液相聚合的方式。气相聚合是在气相状态下，在催化剂的作用下，丙烯和乙烯单体进行聚合反应，以此精确控制反应条件，如温度、压力等，反应温度一般在 60–80℃，压カ在 2–4MPa。液相聚合则是在液态介质中进行聚合，可以使反应更加均匀，但对反应设备的要求较高。然后将聚合得到的 PPR 物料送入双螺杆挤出机。双螺杆挤出机的螺杆转速一般在 100–300 转 / 分钟，挤出机的加热区温度一般在 180–240℃ 之间。在挤出机的口模处，PPR 物料被挤出形成管材的形状。此时需要进行真空定径，以确保管材的外径尺寸精度（真空度一般在 -0.06~0.08MPa）。冷却系统对挤出的管材进行冷却，使管材定型，再进行外观检测，检测合格的 PPR 管材进行包装。

2.2 主要用途

PE 管材料在市政工程方面用于输送饮用水，耐腐卫生，内壁光滑利于供水，还可以排放雨污水，抗压、适应环境且抗化学腐蚀。在建筑工程上供应冷热水，安装方便、连接可靠、适应布局，低温热水地板辐射采暖，保温性好传递热量且减少热损。此外，可用于农田灌溉（滴灌、喷灌、微灌），柔韧性好便于铺设且抗化学腐蚀。在燃气输送上由于密封性和抗气渗性好可以确保安全。

PPR 管材料可以用于住宅的输送生活冷热水方面，耐温性好能在不同水温下稳定工作。商业建筑上构建冷热水供应系统。还能用于地板采暖系统，作常用管道材料，均匀分配热水、方便铺设、减少接口、降低漏水风险。在传统散热器供暖系统方面，连接散热器与主管道，承受压力且内壁光滑助热水顺畅流动提高供暖效率。在工业方面满足一定要求时可用于耐腐蚀性和卫生性有要求的工业液体输送。

3 PE、PPR 管材料的优缺点对比分析

3.1 PE 管材料的优缺点

PE 管的柔韧性非常好，能够在一定程度上弯曲而

不破裂，在铺设过程中可以绕过一些障碍物，减少了管件的使用，降低了安装成本。PE 管具有良好的耐腐蚀性，无论是对土壤中的酸碱物质还是对水中的化学物质都有较好的耐受性，从而保证了管道的使用寿命。密度相对较低，重量较轻，便于运输和安装。

PE 管的硬度相对较低，在受到较大外力冲击时容易变形，在一些特殊的应用场景下可能出现问题。而且，PE 管的耐热性相对较差，在高温环境下其性能会有所下降，例如在输送热水时，其长期使用温度有一定限制。

3.2 PPR 管材料的优缺点

PPR 原料属聚烯烃，分子中仅有碳、氢元素，无毒、卫生、性能可靠。最高使用温度为 95℃，长期使用温度为 60℃，可满足建筑给排水设计规范中热水及采暖系统的需求，能节约大量能源。使用 PPR 管材及管件可免除管道结垢堵塞和水盆浴缸黄斑锈迹之忧。PPR 管材及管件的比重仅为普通金属管的八分之一，耐压カ试验强度达 5MPa (50kg/cm²) 以上，韧性好，耐冲击。管道系统在正常使用下寿命达 50–100 年。此外，PPR 管是可以回收利用的，比重仅为金属管的七分之一，重量轻，大大降低施工强度。产品内外壁光滑，流体阻力小，色泽柔和，造型美观。

当然 PPR 管材料也有一定的缺点。如果管道铺设距离长或者转角处多，在施工中就要用到大量接头。PPR 管材料不耐晒，尤其在太阳光强烈的夏季，经过一两个夏天的暴晒，白色的 PPR 管材就会发黄，甚至内壁结水垢，污染水质。在中国南方或许还用防冻，但在冬季温度动不动 -10℃ 以下的北方地区，就需要对 PPR 管材做好防冻保护措施，在水管外包裹保温棉。配件、阀门种类不全，存在与金属门连接不方便的问题，还对施工人员素质和施工管理的要求高^[2]。

4 国内 PE、PPR 管材料的主要产能分布及生产牌号

4.1 PE 管材料产能分布及生产牌号

在国内，PE 管材料的产能主要集中在东部沿海地区和一些石油化工产业发达的省份。例如，山东、江苏等地具有较多的大型石化企业，这些企业生产的 PE 管材料在国内市场占有较大份额。其中，中石化和中石油旗下的一些炼化企业是 PE 管材料的主要生产厂家。

常用的聚乙烯牌号有很多，例如 PE100，这是一种在 PE 管材料中广泛应用的牌号，具有较高的长期

静液压强度，能够承受较大的压力，适用于各种不同的管道应用场景，如城市供水管道、燃气管道等；PE80也是常见的牌号，在一些对压力要求相对较低的管道系统中有广泛应用，如农田灌溉管道等。这种牌号的PE管材料具有较好的柔韧性和耐环境应力开裂性能。还有一些特殊用途的牌号，如一些具有抗紫外线功能的PE管材料牌号，适用于户外露天管道的铺设，能够在长时间的阳光照射下保持良好的性能，延长管道的使用寿命。

4.2 PPR 管材料产能分布及生产牌号

国内PPR管材料的产能分布较为广泛，主要集中在沿海发达地区。这些地区的产能集中主要是由于经济发展水平较高，市场需求旺盛，同时也具备较为完善的产业链配套设施。国内PPR管材料的生产牌号众多，例如，国内燕山石化的PPR4220和大庆炼化的PA14D比较出名，用的液相本体法聚丙烯工艺技术Hypol和Spheripol。大韩油化用Amoco/Chisso淤浆法聚丙烯工艺技术生产RP2400，韩国晓星用液相本体法Hypol工艺技术生产的R200P以及北欧化工用超临界聚丙烯工艺技术Borstar生产的RA140E非常著名，在国内市场非常畅销。

5 PE、PPR管材料市场前景分析

5.1 PE管材料价格走势、市场需求及未来市场分析

PE管材料的价格受到多种因素的影响，从原材料方面来看，乙烯价格的波动对PE管材料价格有直接影响。近年来，随着国际原油价格的波动，乙烯价格也出现起伏，导致PE管材料价格不稳定。在市场需求旺季，如建筑行业施工高峰期，PE管材料的需求增加，价格往往会上涨，而在需求淡季，价格可能会有所回落。

2023年11月我国PE管材料产量在349005吨，环比下降5.87%，同比增加47.6%。1-11月我国PE管材料累计3605420吨，较2022年同期增加27.37%。

2025年1月份春节期间，国内PE管材工厂开工率处于年内低位，原料库存积累，供需矛盾为年内之最，虽目前PE管材料于低位运行，但供需压力下，仍有下跌空间。国内PE管材料产量预期小幅增加，国内石化PE管材料产量2025年1月份产量预估在36.59万吨左右，处于高位，较12月增加34.26%，较往年同期增加23.85%，国内供应压力预期小幅增加。

当前，全球范围内塑料管道工业的整体技术水平

呈现一些新的特点，新材料不断涌现，高性能材料的纷纷面市。

未来，新型的、功能化的品种将快速发展，高品质的塑料管道将成为市场需求主流。随着行业整合的持续进行，产品质量差、技术设备落后的企业将被淘汰，而产品质量好、规模大的企业将不断发展壮大，市场集中度可能会有所提高。

此外，塑料管材应用领域的不断扩大，塑料管材的品种也在不断增加，除了早期开发的供、排PVC管材、化工管材、农田排灌管材、燃气用聚乙烯管材外，近几年后增加了PVC芯层发泡管材、PVC、PE、双壁波纹管材、铝塑复合管材、交联PE管材、塑钢复合管材、聚乙烯硅芯管等。

5.2 PPR管材料价格走势、市场需求及未来市场分析

PPR管材料的价格走势受到多种因素的影响，包括原材料价格、市场供需状况、生产成本等。PPR管的主要原材料是聚丙烯树脂，其价格波动会直接影响PPR管的成本和价格。例如，2022年国内PPR管材市场均价约为1.74万元/吨，价格受到供需及原材料价格影响，近年来市场呈现波动下行态势。PPR管材料的市场需求主要来自建筑给排水、市政工程、家庭精装修、采暖等领域。当市场需求大于供应时，价格往往上涨；反之，价格可能下跌。

随着新材料技术和智能制造技术的应用，PPR水管能够提供更高效、更安全的解决方案。通过采用更先进的改性技术和更智能的连接技术来提高PPR水管的机械强度和连接可靠性，会影响未来的价格走势。同时，建筑行业的进一步发展以及用户对高效能和环保产品的需求增加，能够提供更个性化定制和更优质服务的PPR水管将更受欢迎。此外，采用环保材料和可持续生产方式的PPR水管也将占据市场优势。

6 结论

聚烯烃PE、PPR管材料的生产工艺通过不断发展和优化，适应市场需求和环保要求。加强产业链上下游的合作与整合，应对竞争和各种挑战，注重技术创新和产品质量提升，才能在多变的市场中占据有利地位，推动聚烯烃PE和PPR管材料行业持续健康发展。

参考文献：

- [1] 陈有伟.高性能聚烯烃下游应用市场需求分析与预测[J].上海塑料,2024(01):58-63.
- [2] 李晓莲.聚乙烯生产工艺技术及行业发展现状[J].化工管理,2022(32):150-152.