

# 气相聚丙烯 Horizone 和液相环管聚丙烯工艺 技术对比

邱学武

中国石化海南炼化化工有限公司 海南 洋浦 578101

**摘要：**从工艺特点、装置流程，催化剂种类及配置过程，产品牌号等方面，对气相聚丙烯 Horizone 和液相环管聚丙烯工艺进行了技术比较。结果表明：两种聚丙烯工艺各有各的优点，环管聚丙烯工艺产品牌号种类多，装置参数控制相对较稳，但是装置流程长，许多操作都需现场与中控协助操作。气相聚丙烯 Horizone 工艺装置流程简短，操作程序化程度高，安全性高，生产灵活性高，装置可实现快速开停工。

**关键词：**气相聚丙烯工艺；催化剂；环管聚丙烯工艺；工艺流程

气相聚丙烯 Horizone 工艺操作灵活性高、安全性能较高、设备投资费用较少、工艺流程简单使其受国内石化行业青睐<sup>[1]</sup>。液相环管聚丙烯工艺单线生产能力大、产品牌号种类多，装置平稳率高，已遍布国内各大石油石化行业。为满足国内企业对聚丙烯材料多样化及高性能需求，气相聚丙烯工艺近些年在国内得到快速发展。

聚丙烯工艺主要分为气相和环管聚丙烯工艺。中国石化海南炼化化工有限公司 100 万吨 / 年乙烯与炼油改扩建工程项目，建了 1 套 20 万吨 / 每年气相聚丙烯装置和一套采用“三代半技术”的 30 万吨 / 每年液相环管聚丙烯装置，本工作就气相聚丙烯 Horizone 和液相环管聚丙烯工艺异同点进行比较，可为新建的聚丙烯装置提供借鉴参考及让大家熟悉聚丙烯工艺特点。

## 1 技术概况

气相聚丙烯 Horizone 工艺：该技术最早由美国 AMOCO 公司和日本 CHISSO 公司联合开发。1995 年，两家公司结束合作关系，各自进行技术转让。2003 年，CHISSO 与 Japan Polychem 公司联合成立了 Japan Polypropylene Corporation (JPP) 公司，拥有该聚丙烯技术的转让权。国内采用该技术的有中韩石化、广州石化、恒力石化、海南炼化<sup>[2]</sup>。海南炼化乙烯项目 20 万吨 / 年 JPP 装置，采用日本聚丙烯公司 (JPP) 的 Horizone 气相工艺技术。

环管聚丙烯工艺：海南炼化乙烯项目环管聚丙烯工艺采用中国石化自主研发的多相结构聚丙烯釜内合金成套技术“三代半技术”。该技术催化剂体系包括 N、DQC、ND、H 系列催化剂体系，采用串联双环管反应器生产聚丙烯均聚物，无规共聚物、气相反应器生产抗冲共聚产品的工艺技术。

### 1.1 催化剂种类

由表 1 可见：两种工艺都具有独特的催化剂体系。气相聚丙烯 Horizone 工艺催化剂配置溶质采用己烷，环管聚丙烯工艺催化剂配置溶质采用白油和脂。环管工艺催化剂种类较多，主要采用北化院研发的催化剂；气相 Horizone 工艺使用日本东邦钛公司生产的 JHC、JHN、JHL 系列催化剂。近年来也采用了掺混部分国产催化剂进行使用，装置依然能平稳运行，但细粉较多，完全使用国产催化剂还在试用阶段。气相聚丙烯 Horizone 工艺催化剂配置溶质采用己烷，导致粉料中 VOC（挥

发性有机物）气味较浓。

表 1 两种工艺的催化剂种类

| 项目     | 气相聚丙烯工艺                         | 环管聚丙烯工艺                                 |
|--------|---------------------------------|---|
| 主催化剂种类 | JHN、JHC、JHL                     | N、DQC、ND、H 系列催化剂                        |
| 助催化剂种类 | TEAL 三乙基铝                       | TEAL 三乙基铝                               |
| 给电子体种类 | C 给电子体 (CHMMS) 和 D 给电子体 (DCPMS) | 二异丙基二甲氧基硅烷 (DIPDMS)、二异丁基二甲氧基硅烷 (DIBDMS) |

### 1.2 催化剂配制及使用过程：

气相聚丙烯 Horizone 工艺催化剂配置溶剂采用己烷，由己烷泵将己烷送至催化剂预聚罐输送，再分别往预聚罐加入三乙基铝和改性剂，通过氟利昂小冰机来维持预聚罐 20℃ 温度；现场接好催化剂桶往预聚罐加入主催化剂，搅拌均匀后，往预聚罐进丙烯预聚合，完成后老化，氮气置换。虽进行一系列操作，但现场操作人员只需启泵及开关几个阀即可，氮气置换、再次加入己烷控制催化剂浓度都可以通过程序顺控自动进行。配置好的催化剂通过计量泵直接送至反应器。环管聚丙烯工艺催化剂配置溶剂用白油 + 脂，将油和脂送至油脂混合罐中并通过蒸汽来维持混合罐的温度为 70℃。通过氮气分布器进行鼓泡以除去油和脂中的氧气和水分。配置催化剂时启泵将油脂加入催化剂计量罐；接好催化剂桶加主催入计量罐；通过真空泵抽出浆液中的轻质烃类及饱和水蒸气。当催化剂粉料已均匀分散在油脂中后，向计量罐夹套通循环冷冻水，将其冷却至 10℃。催化剂浆液配置完成通过注射器送至催化剂预聚罐与三乙基铝和给电子体混合，经过在线混合器后进入小环管与丙烯与聚合。使用时直接通过小环管与一环反应器连接管线送至反应器。由此看出环管聚丙烯工艺催化剂配置过程较繁琐，需人为干预较多。

使用过程：气相聚丙烯 Horizone 工艺，配置一次催化剂在 90% 负荷下大概可以用一周，期间只需要从侧部出料线切至底部。环管聚丙烯工艺在催化剂使用过程中需要多次反复压催化剂至催化剂计量系统进行使用。

## 2 工艺特点

环管聚丙烯具有以下工艺特点：双环管串联操作，设计压力：5.5MPa，停留时间：1.3 ~ 1.5h。优点：反应器时空产率高；液相丙烯单体和聚合物颗粒间传热效率高；催化剂体系分布均

作者简介：邱学武（1992—），男，汉族，海南儋州人，中国石化海南炼化化工有限公司，副操，助理工程师，硕士研究生，研究方向：聚丙烯方向。

匀；单体易冷凝回收；牌号切换快，过渡料少。可以生产橡胶含量大于30wt%的釜内合金产品；反应器顶部的沉降段设计，可降低上升流化气体的速度，有利于颗粒沉降，从而减少反应器顶部排出气体中细粉夹带量，延长共聚单元运行周期。

气相聚丙烯 Horizone 工艺特点：JPP 工艺具有独特的卧式釜设计，良好的径向混合性能和低的轴向扩散性，物料停留时间分布接近活塞流，活塞流反应器保证了聚合物粉料停留时间相同，所以抗冲共聚物内部的橡胶体分布均匀，具有最佳的刚韧平衡性能。活塞流反应器使催化剂均匀流经反应器，其利用率高且用量少。反应器中无液体和浆料存在，无反应器粘壁现象。两个工艺的相同点：环管聚丙烯工艺环管反应温度一般控 70℃（特殊牌号为 65℃），压力控 3.4~4.4MPa，70℃下对应的饱和蒸汽压力低于 3.4MPa，使丙烯不易气化，维持环管液相反应。气相聚丙烯 Horizone 工艺反应器压力一般控 2.45MPa，温度 63~70℃。70℃下饱和蒸汽压力高于 2.45MPa，使丙烯很容易气化，保持气相反应。两个聚丙烯工艺都是破坏饱和蒸汽压原理，打破不平衡条件来达到反应条件。气相聚丙烯开停工周期短，能实现快速开工和停工操作，主要是装置流程短、气相反应迅速。

表 2 两种工艺的特点

| 项目       | 气相聚丙烯工艺    | 环管聚丙烯工艺    |
|----------|------------|------------|
| 反应器      | 卧式釜式反应器    | 环管反应器      |
| 参与反应物质状态 | 气相         | 液相         |
| 反应器压力    | 2.0-2.6MPa | 3.4~4.4MPa |
| 反应器温度    | 63-70℃     | 68-72℃     |

### 3 产品牌号

气相聚丙烯 Horizone 工艺转让牌号共 55 个，其中均聚牌号 19 个，无规共聚 4 个，普通抗冲共聚牌号 23 个，NEWCON 产品 9 个。环管聚丙烯工艺可产均聚物、无规共聚物、抗冲共聚物、丙丁共聚物。环管聚丙烯工艺因增加共聚工段，可生产牌号达 100 来种。环管聚丙烯工艺切换牌号时，在环管及汽蒸干燥单元停留时间短，用时大概 2 小时可从聚合到挤压造粒后岗，产生过渡料少；气相聚丙烯 Horizone 工艺，为了保证脱 VOC 效果在脱气仓停留时间较长，因此从聚合至挤压造粒后岗历时大概 6 小时，产生的过渡料多。环管聚丙烯工艺可生产牌号多，过渡料少；生产稳定性能的通用抗冲牌号是气相聚丙烯 Horizone 工艺最大优势。

### 4 终止剂系统

气相聚丙烯 Horizone 工艺与环管聚丙烯工艺在终止剂系统上的异同，因所用主催化剂种类不同，使得终止剂种类不同。但同样都是使催化剂失活中毒，失去催化活性；气相聚丙烯 Horizone 工艺终止剂为氧气和氮气混合气，没有毒性，安全性较高；环管聚丙烯工艺终止剂为一氧化碳和氮气混合气，一氧化碳具有强毒性，使得在日常操作中风险性较高。两种工艺终止剂系统的异同如下表所示：

表 3 两种工艺的终止剂系统的异同

| 项目      | 气相聚丙烯工艺                               | 环管聚丙烯工艺                  |                         |                          |
|---------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 终止剂种类   | 4.5mol%O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> | 2.0vol%CO+N <sub>2</sub> | 10vol%CO+N <sub>2</sub> | 10vol%CO+N <sub>2</sub>  |
| 终止剂注入位置 | 一反、二反5路循环气总管进反应器处                     | 一环、二环6个腿部                | R-401共聚反应器底部            | SR-201丙烯安全过滤器进反应器的丙烯线总管上 |

### 5 工艺流程

两个工艺有相似的尾气回收系统、挤压造粒系统及风送掺

混区域。催化剂进料工段有所不同，气相聚丙烯 Horizone 工艺催化剂向反应器进料线一用三备，催化剂进反应器处加了一股冷丙烯，增量增速，同时抑制催化剂在喷嘴处反应防止管线堵塞。环管聚丙烯工艺催化剂浆料往预聚罐进料管线有且只有一条线，当管线堵塞时，因无备用管线将影响装置运行。脱挥脱活工段差异，有相似脱挥工段、脱活机理相同。气相聚丙烯工艺 Horizone：脱活脱挥在脱气仓 C302 中实现，C302 主要有两个作用，脱除粉料空隙内的烃类，并使粉料中残余的催化剂失活。通过使粉料接触含有水分的热氮气（“湿的”氮气）来实现脱活。水分会“杀死”催化剂，并与残余氯化物反应形成盐酸（HCl）。氮气起着汽提气体的作用，可以促进粉料中烃类的脱除。环管聚丙烯工艺脱活、干燥脱挥分别在汽蒸罐 C501、干燥器 DR502 实现。聚合物依靠重力流到汽蒸罐中。保证聚合物以柱塞流通过容器。蒸汽从 C501 底进入，分解催化剂和给电子体剩余物，并彻底分离出聚合物中残留的丙烯和丙烷。经汽蒸后的聚合物从汽蒸罐底部靠重力作用进入 DR502 中，进行干燥和脱挥发份。气相聚丙烯工艺脱气仓未能完全脱除己烷，使产品气味高<sup>[3]</sup>。环管聚丙烯工艺较流程长，增加了巡检难度，同时也增加了一些日常工作量。

气相聚丙烯 Horizone 工艺与环管聚丙烯工艺相比工艺流程较短，反应物在气相状态下反应，使得装置开停工周期短，能实现装置快速停工，同时短时间内可实现投三剂（主催化剂、助催化剂、改性剂）开车。

### 6 反应器下料系统

两个工艺反应器出料系统的异同：环管聚丙烯工艺二环出料线往聚合物脱气区域只有一条出料线，俗称“大闪线”，有一根液相丙烯保证出料管线出料量，进而保证流速，从环管出来的是浆料，浓度过大堵塞管线风险；环管聚丙烯工艺出料是连续出料，不存在频繁动作的阀门，因此阀门故障率不高。但只有一条出料线，若管线堵塞将影响反应器出料，将导致停工。气相聚丙烯 Horizone 工艺第二反应器出料线至脱气区域有两根出料线，一备一用。每条管线上有三个高频阀，出料是间断下料，导致阀门频繁动作，增加阀门故障风险，但有备用线，在阀门故障情况下可切至备用线出料。为不影响装置平稳运行，减少阀门故障带来的风险，装置定期切换二反出料线；若在用线阀门故障切至备用线，可在线处理阀门故障问题，不影响装置平稳运行。

### 7 结束语

- (1) 环管聚丙烯工艺产品切换快，过渡料少；产品脱活脱 VOC 组分效果好。
- (2) 气相聚丙烯 Horizone 工艺操作灵活性大，流程简短，现场工作量小。
- (3) 环管聚丙烯工艺单线生产能力强。
- (4) 气相聚丙烯 Horizone 工艺催化剂配置过程简单，程序化控制高，安全性较高。
- (5) 与环管聚丙烯工艺相比，气相聚丙烯开停工周期短，能实现快速停工和开工操作。

### 参考文献

[1] 刘江,董少永,曹杰等.气相聚丙烯生产工艺进展[J].化学工程与装备,2022,(12):40-42.  
 [2] 吕海龙,刘林朔.气相聚丙烯 Spherizone 工艺和 Horizone 工艺的技术对比[J].石化技术与应用,2020,38(04):280-283.  
 [3] 沈文利.新建聚丙烯装置工艺比选[J].化纤与纺织技术,2022,51(01):61-64+126.