

# Innovene与Novolen聚丙烯工艺反应器 特点介绍及运行分析

许宏亮

中海石油宁波大榭石化有限公司 浙江宁波 315812

**摘要:** 聚丙烯(简称PP)由单体丙烯与氢气,或加入乙烯等单体,在催化剂作用下聚合而成,是一种使用非常广泛,且性能良好的合成树脂。

目前较有特色的聚丙烯工艺有INOES公司Innovene与LUMMUS公司NOVOLEN聚丙烯工艺。关键设备反应器均为气相带搅拌反应器。Innovene聚丙烯工艺中反应器为两个卧式带搅拌的气相反应器,NOVOLEN聚丙烯工艺中的反应器为两个立式带搅拌的气相反应器。

机械搅拌会使聚丙烯粉料在反应器内分布更均匀,降低床层中局部热点的产生。机械搅拌会破碎丙烯进料喷嘴喷出的液相丙烯进入反应器引起的聚合物粘结。机械搅拌类型的反应器,反应器内通入的流化气体不需要很高的气速,容器内的粉料床层处于一种松散半流化状态,床层的控制上比较稳定,不容易出现床层分离。

本文对两种聚丙烯工艺的反应器特点以及运行中出现的问题进行总结。

**关键词:** 聚丙烯; 反应器; 搅拌器; 螺带; 桨叶

## Innovene and Novolen polypropylene process reactor characteristics and operation analysis

XU HongLiang

CNOOC Ningbo Daxie Petrochemical Co.,Ltd,Ningbo 315812,China

**Abstract:** Polypropylene (PP) is made by polymerization of monomer propylene and hydrogen, or adding ethylene and other monomers, under the action of catalyst. It is a kind of synthetic resin that is widely used and has good performance.

Innovene of INOES and NOVOLEN of LUMMUS are the most characteristic polypropylene processes at present. The key equipment of reactors are gas phase with agitation. Innovene polypropylene process has two horizontal gas-phase reactors with agitation, while Novolen polypropylene process has two vertical gas-phase reactors with agitation.

Mechanical stirring can make pp powder more evenly distributed in the reactor and reduce the generation of local hot spots in the reactor. Mechanical agitation will break the polymer bonding caused by the liquid phase propylene ejecting from the propylene feeding nozzle into the reactor. The fluidized gas flowing into the reactor does not need a high gas velocity. The powder bed in the container is in a loose semi-fluidized state. The control of the bed is relatively stable and the bed separation is not easy to occur.

In this article, the reactor characteristics and problems in operation of the two polypropylene processes are summarized.

**Keywords:** Polypropylene; Reactor; Blender; Ribbon; blade

---

**作者简介:** 许宏亮,男,汉,1990年10月12日,甘肃秦安,大学本科,初级助理工程师,中海石油宁波大榭石化有限公司,主要研究方向:聚丙烯设备管理工作。

## 1 Innovene聚丙烯工艺

### 1.1 工艺简述

INOES公司Innovene聚丙烯工艺反应器系统由两台卧式的气相聚合反应器串联操作,第一反应器可单独操作生产三元共聚物产品,一台这种反应器的性能相当于三台以上的串联返混式反应器(如流化床或液相本体反应器)<sup>[1]</sup>。

### 1.2 反应器系统说明

Innovene聚丙烯工艺反应器系统由反应器搅拌器,驱动单元,密封系统,浮动端润滑油系统,核料位计等组成。电机依靠液力耦合器连接行星齿轮箱,减速后通过齿形联轴器带动搅拌轴在容器内低速(16-18rpm)转动,搅拌轴前后均有密封防止容器内物料泄漏。齿轮箱配有一套润滑油系统强制润滑,驱动端与浮动端密封各配有一套丙烯吹扫系统,驱动端机械密封还配有一套密封油系统,浮动端密封则配有一套润滑脂系统。催化剂与各原料单体通过反应器容器上的喷嘴喷洒进入反应器内聚合反应。

Innovene工艺反应器为卧式圆筒形状的压力容器,第一反应器顶部设有双穹顶,第二反应器顶部为单穹顶。反应器内部是一根空心圆柱形的搅拌轴,搅拌轴两段或三段焊接而成。在搅拌轴的垂直方向设有连续的桨叶,第一反应器搅拌器为“T”型,第二反应器搅拌器为“门”型。

相比较于第一反应器搅拌器,第二反应器搅拌器轴本体为碳钢材质,搅拌轴外表有一层不锈钢包层,并且表面电镀抛光,用于减小表面积以处理粘性粉料。

电机驱动减速箱带动搅拌轴转动时,桨叶对反应器内的粉料进行搅拌,使得反应器没有死区。因桨叶对于粉料作用力方向为垂直方向,所以对粉料不产生水平推力,仅有搅拌作用。

催化剂从反应器一端进入,出料则在另一端,粉料在反应器内的流动方式较类似与平推流。这种设计不仅避免了催化剂的短路,提高其利用效率,而且使得聚丙烯粉料在反应器内的停留时间分布窄<sup>[2]</sup>。缓慢匀速的搅拌会避免聚合物粉料产生局部热点及局部反应器壁上的粘连。循环气通过反应器底部的循环气喷嘴进入反应器内维持床层的半流化状态。

### 1.3 设备运行中出现的问题

反应器桨叶变形:桨叶尖端与反应器内壁之间的间隙控制的非常小,这个间隙一般控制在10mm以内,因原料不合格、催化剂活性不稳定、床层料位控制太低等原因,会在反应器内形成条状、片状或者块料<sup>[3]</sup>。这些

块料堵塞在桨叶尖端与反应器内壁之间时,搅拌轴传递而来的巨大扭矩会导致桨叶弯曲变形。

温度测点失效:变形的桨叶有可能会与容器内部温度探头T插件碰撞,导致探头断裂,该处温度检测失效,影响反应器内温度控制。而变形后的桨叶尖端与内壁之间距离增大,桨叶对于器壁之间的刮粉料效果下降,会导致更多的片状料产生。

浮动端密封失效:反应器浮动端密封为带中间环的双唇形密封,且带丙烯吹扫。此处较为容易发生密封失效的情况。密封失效后聚丙烯细粉逐渐在封头处累积。当浮动端温度检测超过高报值时,反应器必须停工检修。

驱动端密封泄漏:驱动端采用双端面机械密封,在反应器运行过程中,必须时刻保持一定压力及流量的丙烯气吹扫,且配有密封油系统。不论是丙烯气的中断,亦或密封油的中断,均会导致驱动端密封的损伤,而这种情况在以往的项目上也发生过。

催化剂喷嘴堵塞:催化剂是一种粘稠的浆液,通过一定流量的丙烯稀释,保证其在催化剂管线内的流动速度,确保催化剂进入喷嘴喷洒在反应器内而不会堵塞喷嘴<sup>[4]</sup>。但是实际应用中,因催化剂温度控制不稳定,冲洗丙烯流量的波动等,均有可能堵塞催化剂喷嘴。

## 2 NOVOLEN聚丙烯工艺

### 2.1 工艺简介

LUMMUS公司Novolen聚丙烯工艺具有非常大的生产灵活性,两台立式带螺带搅拌器的反应器,催化剂由第一反应器顶部催化剂喷嘴进入,第二反应器则没有催化剂进入,反应是基于第一反应器残余催化剂的活性。反应器布置方式有很多种。根据不同产品的需求,两台反应器既可以串联,也可以并联,必要时第一反应器可单独操作<sup>[5]</sup>。用单反应器可生产均聚、无规共聚及三元共聚产品;串联时可生产嵌段共聚产品或抗冲产品;并联时可使均聚物的生产能力提高70-100%<sup>[6]</sup>。

### 2.2 反应器系统说明

Novolen聚丙烯工艺反应器系统由反应器搅拌器,驱动单元,密封系统,万向联轴节、核料位计等组成。

电机通过万向联轴节带动轮箱,减速后带动立式搅拌轴在容器内低速(3-26rpm)转动,搅拌轴底部有密封防止容器内物料泄漏。齿轮箱配有一套润滑油系统强制润滑,驱动端密封各有一套丙烯吹扫系统及密封油系统。催化剂与各原料单体通过反应器容器上的插管喷嘴喷洒进入反应器内聚合反应。

反应器为立式搅拌反应器,搅拌器如下图所示为螺带形,螺带式搅拌轴内部空心,整体螺带表面进行了打

磨、抛光,对于螺带的同心度目前要求最大15mm偏差范围内。且该工艺对反应器和搅拌器的配合度要求很高,螺带底部与反应器底部内壁间隙要求静载时控制在3mm以内。为了避免二者的匹配出现问题,一般会整体进行采购。

粉料随着螺带旋转沿反应器壁向上移动,但不形成流化状态,搅拌器使反应器内的粉料没有死区。螺带式搅拌器从顶部放入反应器,安装在锚式桨的轴上。

反应器液相丙烯进料口为一圈射流喷嘴,液相丙烯瞬间汽化带走反应产生的热量,射流方向与搅拌轴成锐角,保证单体射流倾斜向上<sup>[7]</sup>。

反应器底部机械密封是一个背靠背式双端面机械密封带丙烯强制冲洗,确保粉尘不会进入机械密封。配备的密封油系统则确保容器内丙烯不会泄漏至大气侧。

### 2.3 设备运行中出现的问题

**出料口堵塞:**与Innovene工艺一样,原料不合格等原因会导致反应器内块料的产生,这些块料会频繁的堵塞反应器出料口。

**丙烯喷洒嘴堵塞:**如下图所示,丙烯通过进料管上的喷嘴均匀的喷洒向反应器内,一但有活性的粉料在此处堆积反应,则可能堵塞喷嘴<sup>[8]</sup>。

**密封泄漏:**该工艺机械密封同样采用双端面机械密封,在反应器运行过程中,丙烯气与密封油也需一直保持一定的压力与流量,避免中断而导致机械密封的损坏。

### 3 反应器投运前控制要点

为保证反应器驱动端机械密封的完好性,丙烯吹扫气要保证其吹扫量及吹扫压力,且保证吹扫气不带液,吹扫管线需要伴热。

反应器机械密封的密封油系统在设备启动前保持投运状态,Innovene工艺设置了一套密封油系统,两台密封油互为主辅泵。Novolen工艺也设置了一套密封油系统供两台反应器使用,依靠各自的密封油增压罐确保密封油压力。

Innovene工艺聚丙烯搅拌器尾部轴承的润滑脂要确保填充适当,正常运行时也要定期加脂润滑,且密封吹扫气投运正常。

减速箱均配备了强制润滑油系统,设置两台润滑油泵互为主辅。

### 4 综述

机械搅拌会使聚丙烯粉料在反应器内分布更均匀,降低床层中局部热点的产生。机械搅拌会破碎丙烯进料喷嘴喷出的液相丙烯进入反应器引起的聚合物粘结。机

械搅拌类型的反应器,反应器内通入的流化气体不需要很高的气速,容器内的粉料床层处于一种松散非流化状态,床层的控制上比较稳定,不容易出现床层分离。

INOES公司为保证其工艺性能,反应器搅拌器的供货商强制独家由比利时COEK公司制造。目前Innovene聚丙烯工艺在中国国内不再转让,而与该工艺类似的JPP公司的Horizone聚丙烯工艺,反应器搅拌器与Innovene聚丙烯工艺的反应器搅拌器十分相似<sup>[9]</sup>,国际上仅COEK、神钢、台朔具备制造能力。

NOVOLEN聚丙烯工艺的反应器搅拌器螺带桨叶制造难度大,专利商指定EKATO、泽普林作为其供货商,虽然容器已经实现首台套国产化,但目前未投入使用,设备运行情况等待验证。

### 5 结束语

聚丙烯项目是我们经济发展中非常重要的化工项目,日常生活中塑料日用品的原材料之一。随着近几年各大化工项目均建造聚丙烯,而气相带搅拌的工艺因其优越的地方而被青睐。

国内对于不同聚丙烯的工艺研究较多,但是聚丙烯工艺的核心反应设备反应器的相关文献较少。本文着重介绍了最具特色的两种气相带搅拌的反应器搅拌器结构特点,总结了部分反应器搅拌器运行过程中出现的问题,为后续相同项目的应用和研究提供了参考。

### 参考文献:

- [1]苏既同,张彤辉,孙婧元,等.Innovene气相法聚丙烯工艺综述[J].山东化工,2021,50(8):3.
- [2]任春红.气相法聚丙烯主要生产工艺及催化剂技术[J].石化技术,2018,25(3):3.
- [3]程敏,马占亮.Innovene工艺聚丙烯块料产生的原因及解决措施[J].化工管理,2020(25):2.
- [4]陶龙.Innovene工艺聚丙烯装置反应器结块原因分析与控制[J].合成树脂及塑料,2020,37(2):4.
- [5]孟永智,李磊,田广华.Novolen气相聚丙烯装置概况及特点[J].塑料工业,2013,41(12):4.
- [6]孔爱平,董国亮,刘团练,等.Novolen聚丙烯技术工程设计[J].现代化工,2017,37(3):4.
- [7]张荣,蒋生祥,叶天洲,等.Novolen聚丙烯工艺中反应器的发展历程[J].广东化工,2021.
- [8]伍杰,陶龙.Novolen工艺聚丙烯装置的问题分析及对策[J].安徽化工,2013,39(5):6.
- [9]姜立良,李元凯.Innovene工艺与Horizone工艺的比较[J].合成树脂及塑料,2015,32(3):5.