

# Novolen 聚丙烯技术工程设计

孔爱平<sup>1\*</sup>,董国亮<sup>1</sup>,刘团练<sup>2</sup>,黄 虎<sup>1</sup>,柳宏伟<sup>1</sup>

(1. 华亭煤业集团有限责任公司聚丙烯项目筹建处,甘肃 平凉 744100;

2. 中国天辰工程有限公司,天津 300400)

**摘要:**对 Novolen 聚丙烯技术进行简要描述,依据华亭煤业集团有限责任公司年处理 60 万 t 甲醇制 20 万 t 聚丙烯(FMTP)科技示范项目中聚丙烯装置的工程设计经验,重点介绍了该聚丙烯技术在工程设计中的注意事项、常见问题以及解决方案。

**关键词:**聚丙烯;Novolen 工艺;工程设计

**中图分类号:**

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2017)03-0160-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.03.038

## Nnovolen polypropylene technology in engineering design

KONG Ai-ping<sup>1\*</sup>, DONG Guo-liang<sup>1</sup>, LIU Tuan-lian<sup>2</sup>, HUANG Hu<sup>1</sup>, LIU Hong-wei<sup>1</sup>

(1. HuaTing Coal Group Co., Ltd., PP Project, Pingliang 744100, China;

2. China Tianchen Engineering Corporation, Tianjin 300400, China)

**Abstract:** The novolen polypropylene technology is briefly described. Based on the experience of engineering design of polypropylene plant in Huating Coal Industry Group Co., Ltd, the considerations, common problems and solutions of novolen polypropylene technology in engineering design are highlighted.

**Key words:** polypropylene; Novolen technology; engineering design

聚丙烯是目前世界上应用最广泛、产量增长最快的树脂之一。聚丙烯具有相对密度小、来源广泛、质量轻、易回收、机械性能优越、耐高温、耐腐蚀以及电性能和化学稳定性好等特点。因此,聚丙烯工业得到了快速发展,应用领域也在进一步拓宽。近十几年来,我国聚丙烯工业高速发展,已成为我国生产能力和产量最大的合成树脂品种<sup>[1]</sup>。

聚丙烯生产工艺有多种,其中最具有前景、应用最广泛的是本体工艺和气相工艺 2 大类。本体工艺是在液体丙烯单体中进行丙烯的聚合反应,按反应器类型可分为本体环管反应器和搅拌釜反应器 2 类,本体环管反应器的代表是 Spheripol 工艺,而搅拌釜反应器的代表是 Hypol 工艺。气相聚丙烯工艺是由气相丙烯直接聚合成固体聚丙烯产品,所采用的反应器主要有 3 种:立式搅拌床、卧式搅拌床和流化床,分别以 Novolen 气相工艺、Innovene 气相工艺和 Unipol 气相工艺为代表<sup>[2-3]</sup>。

## 1 Novolen 聚丙烯技术特点及简介

Novolen 工艺被认为最适用于小规模多品种 PP

的生产,通常采用 1 个或 2 个反应器。

相比于其他工艺,Novolen 工艺主要有以下 2 个特点:①可以生产的聚丙烯产品范围广泛,包括均聚、无规共聚、抗冲共聚等产品;②反应器操作模式的灵活性。对于 2 个反应器的装置可以设计成“可切换”模式,即 2 个反应器可串联操作同时生产均聚物和无规共聚物,也可并联操作生产抗冲共聚物<sup>[3]</sup>。

华亭煤业集团有限责任公司年处理 60 万 t 甲醇制 20 万 t 聚丙烯(FMTP)科技示范项目(以下简称华亭 FMTP 项目)聚丙烯装置采用 Novolen 工艺,设计生产能力为 20 万 t/a。装置为 1 条生产线、2 台反应器(“可切换”模式),生产均聚物、无规共聚物和抗冲共聚物。从上游装置来的丙烯和乙烯进入装置后先经过原料精制单元,对原料中的微量杂质进行脱除提纯,之后进入反应器,同时还需要向反应器中加入氢气、给电子体硅烷、助催化剂三乙基铝及主催化剂等,在生产抗冲共聚物时还需要加入异丙醇。反应器的操作温度 75~85℃,操作压力 1.5~3.2 MPa,生成的聚丙烯粉料通过压差从反应

器输送到脱气罐,粉料经过脱气后进入净化料仓;未反应单体从反应器排出后部分冷凝,气体经压缩机、液体经泵加压又返回反应器回收利用。净化料仓中的粉料经过下料旋转阀后和一些改性助剂按比例加入挤压机中进行造粒成型。

## 2 设计过程注意事项及常见问题

本文中根据华亭 FMTP 项目聚丙烯装置内的不同区域,介绍设计过程中的注意事项、常见问题及解决方案等。

### 2.1 原料精制单元

原料精制单元的目的在于除去丙烯、乙烯原料中对聚合催化剂有失活效果的杂质,比如甲醇、水、硫、CO、CO<sub>2</sub>等。原料精制单元对项目报价、采购、设计均有影响,以下分别论述。

(1)原料精制单元所用的精制剂目前多为 BASF 或 GRACE 生产,价格昂贵,需要注意 2 个方面:①由于精制剂是人工装填到净化器中,在此过程中,难免会损失一定量的精制剂,经过与精制剂厂家的沟通交流,建议报价时考虑 3%~5% 的运输、装填损耗量;②包装及运输的方便性,需要和供货商协调解决。

(2)设计人员在确定装置的公用工程消耗时,必须考虑到精制剂在再生过程中需要的氮气、仪表空气用量。这些用量需要精制剂厂家来反馈,建议与供货商尽快确认。

### 2.2 TEA 区域

三乙基铝(TEA)作为聚合反应的助催化剂,化学性质活泼,在空气中自燃,遇水则发生爆炸性反应,进而引起爆炸燃烧。

考虑到 TEA 的危险特性,在管道布置、工艺设计、消防等方面有以下注意事项:①通常将 TEA 存放区域作为明火设施来考虑布置;②在 TEA 存放区域设置火坑(填埋沙土),TEA 储罐的排气口及安全阀出口需通入火坑中,不能排入火炬管线;③TEA 管线和阀门采用焊接或者法兰连接处密封焊处理;④TEA 管线和阀门必须用白油试压;⑤TEA 区域设置火焰探测器,消防灭火采用 D 类干粉和沙土掩埋双重措施,严禁使用水和泡沫灭火。

### 2.3 过氧化物储存间

根据 Novolen 工艺包提供的 MSDS,过氧化物存储条件比较苛刻,要求储存温度为 10~40℃,同时要保证温度尽可能稳定,储存温度在 10℃以上是为了避免过氧化物结冰,在 40℃以下是为了避免过氧

化物分解。

Novolen 工艺针对过氧化物的储存,通常采用 3 种预防措施。

(1)在储存间要求采暖的基础上,设置 1 开 1 备的冷暖空调,维持室内温度 20~25℃。

(2)在储存间内设置氧分析仪,避免在封闭厂房内造成人员窒息。

(3)在储存间内设置红外火灾探测器。

华亭 FMTP 项目中,项目现场的极端最高温度为 36.4℃,据此经过与工艺包专利商进行协商讨论,最后确定不需要备用空调。

### 2.4 催化剂制备和进料

Novolen 工艺使用干粉催化剂,需要以白油或丙烯为溶剂,配置成悬浮液<sup>[4]</sup>。溶剂的选择需要考虑以下 2 个方面。

(1)若以白油为溶剂,则整个催化剂进料系统均需采用电伴热保温措施,但在白油中催化剂的分布更为均匀,催化剂注入的稳定性将大大增加。

(2)若以丙烯为溶剂,不需要电伴热保温,不消耗白油,从经济上考虑更为合理。但需考虑原料丙烯的品质,因为丙烯中杂质含量会影响催化剂的活性。

在华亭 FMTP 项目中,依据原料规格,选用丙烯作为催化剂的溶剂。

### 2.5 反应器及其相关设施

Novolen 工艺的反应器为立式搅拌床,采用特殊



图 1 螺带式搅拌器



图 2 冲洗法兰

的螺带式搅拌器(见图 1),从底部插入反应器,在反应器底部入口处配置了冲洗法兰(见图 2)作为反应器的进料口。

反应器区域有以下几个方面需要注意。

(1)Novolen 工艺对反应器和搅拌器的配合度要求很高,为了避免交接中出现问题,建议将反应器和搅拌器作为一个整体进行采购。目前国内仅有一家将反应器和搅拌器分开采购,但最终导致整个项目延期 1 年。国外分开招标的案例也是屈指可数。

(2)反应器在首次开车时,需要进行粉料预装填。粉料从反应器顶部的人孔加入,但反应器顶部有太多的管口、管线、气动阀门等,空间狭小,因此需要管道专业在设备布置和配管时提前考虑粉料填装的操作空间。

(3)正常操作时,在搅拌器的作用下反应器内部气固两相形成流化状态,为了准确检测料位,需要使用放射性料位计。

(4)反应器排料管线和管件的特殊设计等。排料管线的弯头需大于  $20D$  ( $D$  为管线内径);专利商指定排料管线上气动阀门的品牌对启闭时间有严格要求;管线上使用特殊法兰,法兰之间配内环,避免粉料对法兰凹槽的磨蚀(见图 3);有 2 条排放管线,可实现同时排料和交替排料 2 种模式,排放频次通常为  $12 \sim 200$  次/h,频次可手动设定或与料位连锁。

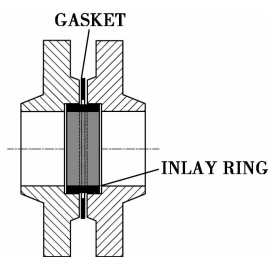
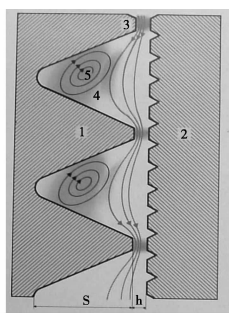


图 3 特殊法兰

## 2.6 载气压缩机

反应器排料管线排出的气固两相,固体在料仓中分离下来,气体则在载气压缩机中加压后返回反应器循环利用。考虑到气相中可能携带粉料,聚烯烃装置中载气压缩机均采用迷宫式压缩机,即活塞与气缸之间采用非接触式迷宫密封(见图 4)。此种压缩机主要有以下 3 个特点:①对介质的纯度要求不高,介质可以含有少量粉尘、颗粒等物质;②压缩容积部分不含润滑油,保证介质的纯净度;③气缸与活塞之间不接触,不需要活塞环,易损件少。



1—迷宫活塞;2—气缸壁;3—气流点;4—容积室;5—涡流

图 4 非接触式迷宫密封

由于工艺介质中可能含有三乙基铝,在机身和滑道润滑油的选型上必须提醒供货商,保证所选的润滑油与三乙基铝不会发生反应,否则反应生成的固体会导致活塞杆或滑道的严重损坏。

## 2.7 挤出造粒机组

在料仓中分离出的固体粉料,经旋转阀进入到挤出机。Novolen 工艺中对挤出造粒机组选型时主要考虑以下因素。

(1)设计的操作弹性为  $60\% \sim 125\%$ ,最大和最小操作能力均要得到保证。

(2)熔融指数的要求,最大操作能力对应的熔融指数  $MFR_{230/2.16} = 2 \sim 50$  g/10 min;正常操作能力对应的熔融指数  $MFR_{230/2.16} = 0.3 \sim 0.9$  g/10 min。

(3)颗粒质量的要求,98% 的颗粒需满足单颗粒  $(25 \pm 2.5)$  mg。

挤出造粒机组供货周期为  $14 \sim 15$  个月,在现场完成土建施工的前提下,安装调试周期  $4 \sim 6$  个月,因此考虑到该机组的周期可能对项目整体进度有影响,需要尽早完成技术协议和合同的签订。

## 2.8 挤出机固体添加剂系统

挤出机中需要加入 3 类的固体添加剂,对聚丙烯进行改性,以满足产品规格的要求。固体添加剂的用量要与聚丙烯粉料的进料量呈比例,为此固体添加剂常用失重称来控制进料量。

固体添加剂系统最为重要的是管道布置问题,以下从 2 个方面来讨论。

(1)管道坡度,工艺中要求添加剂的管道与水平方向的夹角都要大于  $70^\circ$ 。

(2)管道容积,工艺中要求从添加剂料斗出口的插板阀到失重称入口的插板阀之间的管道容积,与失重称的填充容积相匹配,这是为了满足失重称批次称重的要求。

这 2 个方面对管道、设备布置和楼层间距的确

定均有重要影响,需要管道专业加以重视。

## 2.9 风送系统

从挤出造粒机组排出的聚丙烯粒料经气力输送管线送至粒料料仓中,经过多次掺混后,再送往包装。

风送系统通常作为一个成套设备,在与供货商商谈技术协议时,需要注意以下问题。

(1) 粒料输送均采用稀相输送。

(2) 输送管线和法兰为薄壁管线和法兰(非标),材质常用不锈钢。

(3) 管道内壁采用一种 Shot-peened 的处理方式,使内表面产生一定的粗糙度。这么处理的原因是,当颗粒物料接触到光滑的管壁,摩擦力和温度的升高有可能导致粒子局部发生软化现象,由此将导致粒子产生出一些胶片形式的物料,并在管道和弯头处产生拉丝,这样将导致粒料的损失、规格不一甚至堵塞管道。

(4) 采用大半径的弯头,曲率半径通常为(5~10) $D$ 。

(5) 粒料料仓较为特殊,需重点关注4个方面。

① 材质为铝镁合金或不锈钢(考虑重量,常用铝镁合金),料仓壁厚从顶到底依次递增。

② 料仓筒体的连接形式有3种:法兰、焊接和混合式。法兰连接只用于体积小于 $500\text{ m}^3$ 的料仓;焊接应用广泛;混合式连接只能在德国进行,国内暂无

此技术。

③ 料仓料位的监测,有雷达料位计和称重模块2种方式。雷达料位计价格相对便宜,但容易误报,因此常与音叉式料位开关配合使用;称重模块安装在料仓与支撑之间,测量效果好,但造价较高。

④ 料仓排气中的颗粒物含量,《合成树脂工业污染物排放标准》(GB 31572—2015)中要求颗粒物含量 $\leq 30\text{ mg/m}^3$ ,若风送厂家无法满足此要求,需要将料仓排气口汇总后增加袋滤器,排放气经过滤达标后才能排入大气。

## 3 结语

根据华亭 FMP 项目聚丙烯装置的设计经验,对 Novolen 聚丙烯技术在工程设计中的注意事项、常见问题以及解决方案进行了简要总结,希望对今后聚丙烯装置的设计有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] 王忠. 当代聚丙烯技术及发展[J]. 当代化工, 2008, 37(4): 339-342.
- [2] 杨国建. 聚丙烯技术现状[J]. 广东化工, 2010, 37(9): 226-227.
- [3] 洪定一. 聚丙烯-原理、工艺与技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2011.
- [4] 张玉柱. Novolen 工艺丙烯配催化剂与白油配催化剂技术探讨[J]. 神华科技, 2013, 11(2): 75-78. ■

## 2016 石油和化工行业经济运行企稳

2016年,面对复杂严峻的宏观经济形势和行业发展中错综交织的深层次矛盾,石油和化工行业整体运行情况如何?2017年走势如何?在2016年2月16日中国石油和化学工业联合会组织的“中国石油和化工行业经济运行形势发布会”上,中国石油和化学工业联合会副会长付向生、中国石油和化学工业联合会信息部主任祝昉在报告中给出了权威的分析和预测。

### 1 去年石油和化工行业经济运行情况好于预期

鉴于国内、国际严峻的经济形势,2016年年初中国石化联合会慎重预测和制定了2017年行业全年任务指标:主营业务收入同比增长1.0%,利润同比下降3.0%。但通过大力推进产业结构调整、创新驱动和化解产能过剩,2016年行业经济运行情况好于预期。综合看,行业运行总体平稳,稳中有进,稳中向好。总体表现为:生产放缓,需求平稳,价格回升,效益好转,外贸不振,投资疲软。

根据统计局数据,2016年,石油和化学工业规模以上企业29624家,全行业增加值同比增长7.0%;实现主营业务收入13.29万亿元,增长1.7%;利润总额6444.4亿元,与上年基本持平,分别占全国规模以上主营业务收入和利润总额的11.5%和9.4%;完成固定资产投资2.15万亿元,下降5.9%,占全国工业投资总额的9.4%;资产总计12.54万亿元,增幅3.9%,占全国规模以上工业总资产的11.7%;进出口贸易总额4778.2亿美元,下降9.2%,占全国进出口贸易总额的13.0%,其中出口1708.7亿美元,降幅6.1%,占全国出口贸易总额的8.1%。

### 2 行业四大板块儿分化 效益向下游转移

石油和天然气开采业受油价影响经营惨淡:2016年,石油和天然气开采业规模以上企业293家,行业增加值同比下降3.6%;实现主营业务收入7854.9亿元,同比下降17.3%;利润净亏损543.6亿元,

上年为盈利857.8亿元;资产总计2.26万亿元,下降3.8%;完成固定资产投资2331.0亿元,下降31.9%。

石油加工业利润创历史新高:2016年,石油加工业规模以上企业1397家,行业增加值同比增长7.3%;实现主营业务收入2.88万亿元,下降2.0%;利润总额达1703.6亿元,创历史纪录,增幅120.4%;资产总计1.79万亿元,增长8.9%;完成固定资产投资2125.3亿元,增长7.3%。增长的主要原因:原油价格大幅下降。

化学工业进出口受挫 但整体效益有所增长:2016年,化学工业规模以上企业26409家,行业增加值增幅8.0%;实现主营业务收入9.21万亿元,同比增长5.3%;利润总额5073.2亿元,增幅11.7%;完成固定资产投资1.61万亿元,下降0.7%;资产总计8.04万亿元,增长5.2%;出口贸易总额1413.0亿美元,下降7.1%。

专用设备制造业受投资影响下滑:2016年,专用设备制造业规模以上企业1525家,实现主营业务收入4109.7亿元,同比下降4.1%;利润总额211.2亿元,降幅23.5%;资产总计4419.8亿元,增长3.6%;完成固定资产投资917.5亿元,下降23.9%。

### 3 2017 年行业经济运行有望企稳向好

新的一年,石油和化工行业面临更加复杂多变的内外部环境,各种不确定因素很多,宏观环境、国际油价、产业政策的变化,都将对行业经济运行带来深刻影响。综合考虑,石化行业将是稳中趋稳、稳中求进的一年,中国石油化学联合会预测2017年全行业工业增加值同比增长7.5%左右,主营业务收入同比增长6%~8%左右,约14万亿;利润增长7%~9%左右,约6900亿;进出口扭转负增长态势。其中,化工行业增加值同比增长8.5%左右,主营业务收入增长8%左右,约9.95万亿;利润增长10%左右,约5600亿。

(本刊记者:张立萍)