

# Novolen 聚丙烯装置高压氮气系统 工艺优化

柳宏伟\*,董国亮,杨德志,孔爱平,黄 虎

(华亭煤业集团有限责任公司聚丙烯项目筹建处,甘肃 华亭 744100)

**摘要:**在最不利工况下,华亭 Novolen 聚丙烯装置原设计高压氮气储量为 164 kg,而用户需求量为 321.76 kg,无法满足工艺需求。为解决该问题优化设计 1 台相同容积的缓冲罐与原缓冲罐串联使用,在最不利工况下,PP 装置可容纳 328 kg 高压氮气,可满足下游用户的工艺需求,避免了因高压氮气量不足给企业带来的巨大经济损失。

**关键词:**聚丙烯;鲁姆斯工艺;高压氮气;工艺优化

**中图分类号:**TQ325

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2019)10-0174-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.10.038

## Process optimization of high-pressure nitrogen system in Novolen polypropylene plant

LIU Hong-wei\*, DONG Guo-liang, YANG De-zhi, KONG Ai-ping, HUANG Hu

(PP Project, Huating Coal Corporation Co., Ltd., Huating 744100, China)

**Abstract:** Under the most adverse working conditions, the originally designed storage amount of high-pressure nitrogen is as low as 164 kg in Novolen polypropylene plant of Huating, which cannot meet user's 321.76 kg demand. In order to solve this problem, an additional buffer tank with the same volume as the original one is designed to be used in series with the original buffer tank, which can allow the polypropylene plant to hold 328 kg of high-pressure nitrogen under the most adverse conditions, meeting the process requirements of users and avoiding economic loss caused by insufficient high-pressure nitrogen.

**Key words:** polypropylene; Novolen process; high-pressure nitrogen; process optimization

Novolen 聚丙烯工艺由 BASF 最早开发成功。1962 年完成了 Novolen 气相搅拌床技术的开发,1967 年在 Ludwigshafen 建成中试装置,1969 年在德国 Wesseling 建成首套 2.5 万 t/a 的工业化 Novolen 聚丙烯装置。由于 Novolen 工艺在 20 世纪 90 年代以前长期使用第二代催化剂,导致发展缓慢。90 年代引进高效催化剂后,Novolen 聚丙烯工艺在全世界得到快速发展。目前,Novolen 聚丙烯工艺使用的进口催化剂主要包括 LYNX 和 NHP 系列催化剂,国产催化剂包括 PG 催化剂、BCND 催化剂和 C-MAX325 催化剂等<sup>[1]</sup>。

Novolen 气相工艺采用 2 台双螺带立式反应器,经过搅拌器的搅拌使反应器中气固两相分布比较均匀,聚合反应热靠液态丙烯气化撤出。Novolen 工艺的均聚和共聚产品都采用气相聚合,可生产所有牌号的均聚物、无规共聚物和抗冲共聚物,“并联”模

式下可生产均聚物和无规共聚物,“串联”模式下可生产无规共聚物和抗冲共聚物,在“串联”模式下生产无规共聚物在一定程度上影响了装置的产能<sup>[2]</sup>。聚合产品 MFR 的范围是 0.2~100 g/10 min,无规共聚产品的乙烯质量分数最高为 12%,抗冲共聚物的乙烯质量分数可达 30%(橡胶相质量分数 50%)。生产均聚物和无规共聚物的反应条件为 80℃、2.8~3.2 MPa,生产抗冲共聚物的反应条件为 70℃、1.6~2.0 MPa。

### 1 华亭 Novolen 聚丙烯工艺技术简介

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)科技示范项目的聚丙烯装置采用 Novolen 气相法丙烯聚合工艺,设计生产能力为 20 万 t/a。装置为 1 条生产线,2 台 50 m<sup>3</sup> 的立式螺带搅拌反应器,可并联或串联操

收稿日期:2019-01-08;修回日期:2019-08-01

作者简介:柳宏伟(1984-),男,硕士,工程师,从事煤制甲醇、甲醇制烯烃、丙烯聚合技术工艺设计、项目施工管理、生产准备、生产运行和工艺优化及改造等工作,通讯联系人,liuwei309250953@163.com。

作,能生产均聚物、无规共聚物和抗冲共聚物。上游 FMTP 装置罐区用泵加压至 3.8 MPa 的丙烯和乙烯进装置后先经过精制单元,对原料中的微量水、CO、CO<sub>2</sub>、醇以及氧气等杂质通过干燥、吸附和氧化还原等方式进行脱除,在具备一定条件后进入一釜(DC-310)和二釜(DC-320),发生聚合反应生成 PP 粉料,并联生产时需向每台反应器加入给电子体硅烷、助催化剂 TEA、氢气和催化剂,串联生产时除丙烯和乙烯进料外,仅向第二台反应器加入工艺条件需要的氢气和异丙醇。反应器聚合的粉料通过压差及输送载气送往脱气罐,脱除的丙烯气进入载气系统压后重新返回聚合系统,粉料靠重力进入净化料仓,再次脱除微量的丙烯气后同所需的助剂一同进入挤压机进行造粒,粒料由风机输送至掺混料仓掺混后,输送至包装料

仓进行包装<sup>[3]</sup>。

## 2 高压氮气工艺流程及氮气的核算

### 2.1 工艺流程简介

空分装置输送的 0.4 MPa 低压氮气进入系统后经往复式压缩机压缩,压缩的高压氮气进入缓冲罐 FA-160,当 FA-160 的压力达到 15 MPa 高报时,联锁停氮压缩机,当 FA-160 的压力达到 6 MPa 低报时,启动压缩机,压缩机为间歇式运行。

缓冲罐中的高压氮气分别减压为 3.6、4.5 MPa 的 2 股。3.6 MPa 高压氮气的下游用户主要包括反应器及机械密封系统、循环气压缩机干气密封系统、催化剂计量泵出口管线,4.5 MPa 高压氮气用于反应器出料管线堵塞的吹扫。高压氮气系统原设计工艺流程见图 1。

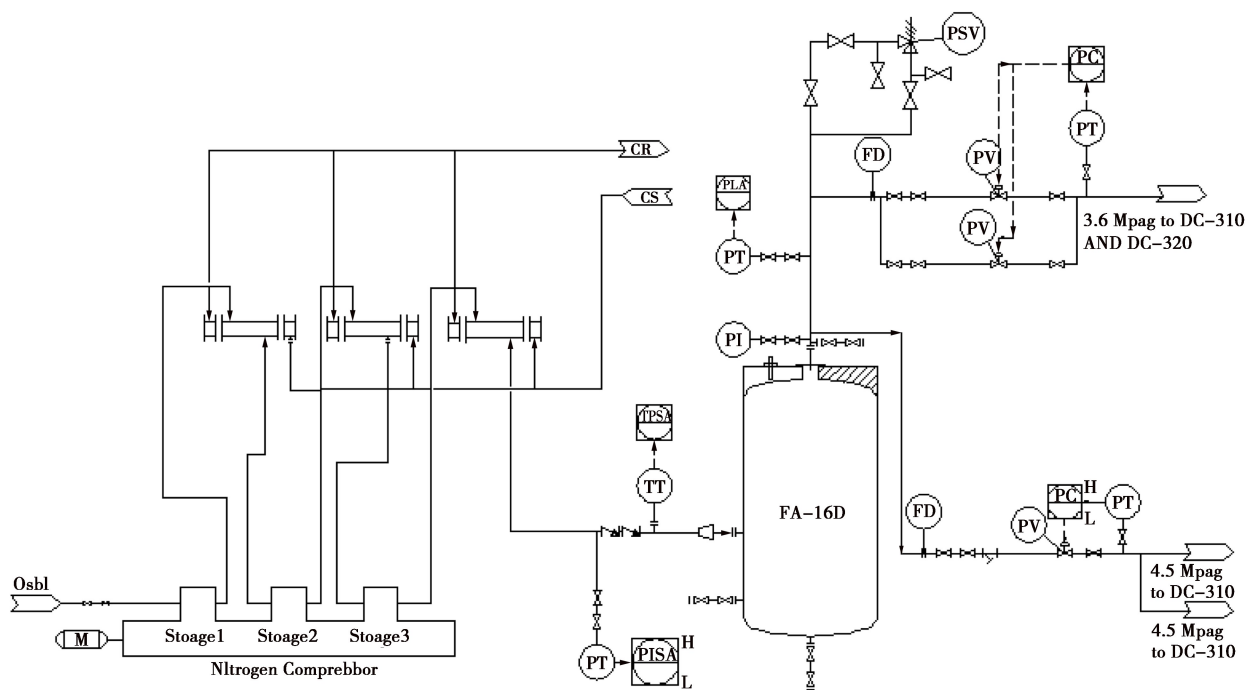


图 1 原设计工艺流程

### 2.2 原设计 PP 装置高压氮气的核算

根据工艺包及详细设计,高压氮气系统设计 1 个压缩能力为 500 kg/h 的往复式压缩机和 1 个容积 2.5 m<sup>3</sup> 的高压氮气缓冲罐,在 6.0 MPa、35℃ 条件下,系统高压氮气量通过理想气体状态方程进行核算:

$$PV_m = MRT$$

式中, $R$  为理想气体常数,等于 8.314 Pa·m<sup>3</sup>/(mol·K); $V$  为缓冲罐的容积,等于 2.5 m<sup>3</sup>; $T$  为该工况下的绝对温度,等于 308 K; $M$  为氮气的摩尔质量,等于

28 g/mol; $m$  为高压氮气的质量。

通过计算,在 6.0 MPa、35℃ 条件下,2.5 m<sup>3</sup> 缓冲罐能容纳 164 kg 的高压氮气。

## 3 高压氮气系统设计存在问题的分析

### 3.1 PP 装置正常工况下停车时高压氮气用量的分析

PP 装置因非停电原因造成停车的工况下,高压氮气主要用户包括 2 台反应器底部进料口和机械密封、4 台循环气压缩机(GB-310/PA-321/GB-620)

干气密封系统以及催化剂悬浮液计量泵出口管线等,高压氮气用量见表 1。

表 1 PP 装置停车时高压氮气需求量

高压氮气用户	流量/ (kg·h <sup>-1</sup> )	数量	使用时间/ min	用量/ kg
DC-310/320 狭缝	375.00	2	20	250.00
GD-310/320 机械密封	80.00	2	20	53.33
GB-310 隔离气(9#)	4.25	1	10	0.71
PA-321 隔离气(4#)	17.00	1	10	2.83
GB-620 隔离气(4#)	4.25	2	10	1.42
催化剂计量泵出口	62.50	4	1	4.17
催化剂制备罐	187.50	1	1	3.10
催化剂计量罐	187.50	2	1	6.20
总量				321.76

在该工况下分 2 种情况进行分析:反应器停车后低压氮气持续供应,可立即启动高压氮压缩机,在 20 min 内,压缩机可提供约 167 kg 的高压氮气,与高压氮气罐容纳的 164 kg 相加,系统可提供 331 kg 高压氮气,满足工艺需求;反应器停车后低压氮气供应中断,压缩机无法提供高压氮气,系统在 6.0 MPa、35℃ 条件下仅能容纳 164 kg 高压氮气,无法满足工艺需求。

### 3.2 PP 装置紧急工况下停车时高压氮气用量的分析

PP 装置因停电造成反应器停车的工况下,高压氮气用户及用量与非停电工况相同。由于在该工况下,氮压缩机无动力运行,系统在 6.0 MPa、35℃ 条件下仅能容纳 164 kg 高压氮气,同样无法满足工艺需求。通过上述分析,将全厂停电或非停电低压氮气供应中断 PP 装置停车时高压氮气系统在 6.0 MPa、35℃ 的工况简称为系统最不利工况。

### 3.3 高压氮气的量设计不足的影响

在系统最不利工况下,由于高压氮气设计量不足,将导致反应器机械密封、循环气压缩机干气密封损坏以及反应器主进料口、催化剂计量泵出口管线堵塞,致使聚合装置停车检修,给企业造成巨大经济损失。

## 4 具体优化措施及注意事项

### 4.1 优化措施

为了避免设备损坏和管道堵塞,杜绝因设备检修和停产对企业造成的经济损失,基于装置设计高压氮气的量与实际用户所需量的核算结果、节约投资

和装置现场布置空间等方面的考虑,通过优化增设高压氮气缓冲罐的措施以弥补 PP 装置高压氮气设计量的不足。

本着节约投资的考虑,项目组果断放弃采购新高压氮气缓冲罐替换原缓冲罐的方案,决定在有效利用原缓冲罐的基础上对高压氮气系统进行优化。依据核算结果,原系统可容纳 164 kg 的高压氮气,而实际需求量为 321.76 kg,PP 装置至少还需 158 kg 高压氮气。为了在最不利工况下满足工艺需求,优化设计 1 台新的高压氮气缓冲罐与原设计缓冲罐串联使用,容积与原缓冲罐相同都为 2.5 m<sup>3</sup>。在最不利工况下,2 台 2.5 m<sup>3</sup> 的高压氮气缓冲罐能容纳 328 kg 的高压氮气,可满足装置下游用户的需求。

布置方面由于聚合装置空间非常紧张,原缓冲罐布置在装置压缩机厂房的东北角,氮压缩机安装在压缩机厂房内部东北角。从设备布置、减小配管长度和安全等角度考虑,新设计缓冲罐(FA-160A)靠近压缩机和原设计缓冲罐(FA-160)布置,并与原缓冲罐串联设计使用。

### 4.2 注意事项

设计方面由于高压氮气缓冲罐的工作压力为 15 MPa,设计压力为 16.5 MPa,配套的管道、管件和阀门等设计参数务必与缓冲罐的设计相匹配。FA-160A 的主材质宜为 Q345R,法兰宜为带颈对焊钢制管法兰或整体钢制管法兰,垫片应使用金属环垫,其他设计也应满足工艺要求。

采购方面为了保证高压氮气系统投用后的操作安全,设备、管道和管件等的采购必须严格按照设计文件进行采购。设备、管道和阀门等的开箱检验工作务必仔细认真,所有参数必须与设计参数相符,且必须有出厂合格证、材质证明书、材料清单、无损检测报告、耐压试验报告、特种设备制造监督检验证书以及竣工图等资料。

施工方面由于设备、管道和阀门的正常工作压力非常高,施工期间要严格控制施工质量,管道焊接严格按照设计文件和标准 GB 50184—2011 或 GB 50235—2010 的要求进行施工,管道焊缝必须进行 100% 无损检测,之后进行水压试验、吹扫和气密等工作,完成后方可投入使用。

### 4.3 优化改造后高压氮气系统工艺流程简介

低压氮气经压缩机压缩将压力提高至 15 MPa,依次进入 FA-160A 和 FA-160,当 2 个缓冲罐的压

