

高密度聚乙烯装置精制系统改造及效果

潘洪启

(中国石化齐鲁分公司塑料厂,山东淄博 255400)

摘要: 针对中国石化齐鲁分公司塑料厂高密度聚乙烯装置精制系统存在的问题,提出了优化方案,优化改造后,取得了满意的效果。

关键词: 高密度聚乙烯 精制 换热 长周期

中图分类号: TQ320.5 文献标识码: B 文章编号: 1009-9859(2011)03-0211-04

中国石化齐鲁分公司塑料厂(简称齐鲁塑料厂)高密度聚乙烯装置是以乙烯为主要原料,以丙烯、丁烯-1或己烯为共聚单体,采用原美国联合碳化物公司(UCC)低压气相法聚合工艺生产高密度聚乙烯。装置由催化剂配制、原料精制、聚合反应、粉料贮存、混炼造粒、颗粒均化6个工段组成,有2条生产线,可生产23个牌号的高密度聚乙烯产品。目前形成规模生产的牌号有8个,广泛地用于农业、交通、建筑、轻工、重工、国防等领域。

1 存在的问题

(1) 齐鲁塑料厂高密度聚乙烯装置原设计能力140 kt/a,循环气冷却器进行扩能改造后,聚合生产能力达170 kt/a以上。聚合生产能力提高后,由于原料精制系统未进行相应的扩能改造,精制能力已达不到生产要求。原料分析结果见表1。

表1 原料乙烯分析结果		mL/m ³
项目	指标	分析数据
O ₂ 含量	≤0.1	0.2~0.3
H ₂ O含量	≤0.1	0.3~0.5

由表1知,乙烯中O₂、H₂O有害杂质含量超标,使催化剂活性降低,反应引发慢。过量催化剂注入流化床,不但增加了开车时间,浪费了催化剂,而且使流化床产生静电,床层中固体颗粒容易发生粘连产生结块,严重影响了聚合装置的长周

期稳定运行。装置运行周期大大缩短,已由原来的100 d左右缩短到45 d左右。

(2) 乙烯精制系统换热网络不合理,通过脱氧器后的乙烯温度达80℃左右,需经水冷却器降至40℃以下进入乙烯干燥器,这部分余热未能利用,造成了能源浪费。

2 精制系统的优化方案

2.1 精制系统扩能改造

齐鲁塑料厂线性低密度聚乙烯装置2004年进行冷凝态技术改造时,精制系统也进行了相应的扩能改造。由于其精制系统工艺与高密度聚乙烯装置基本相同,因此根据线性低密度聚乙烯装置精制系统设计参数,计算出了高密度聚乙烯装置扩能后设备的设计数据。

计算方法:首先依据理想气体状态方程 $PV=nRT^{[1]}$ 将线性低密度聚乙烯装置乙烯质量流量换算为体积流量,再根据空速=气体体积流量/催化剂体积^[2],得出低密度聚乙烯装置乙烯脱氧器及干燥器的标准空速;再依据高密度聚乙烯装置负荷与线性低密度聚乙烯装置乙烯负荷对比,推出高密度聚乙烯装置的空速,从而得出新增乙烯脱氧器及干燥器的催化剂装填量。计算结果分别见表2、3。

收稿日期:2011-06-14;修回日期:2011-07-19。

作者简介:潘洪启(1977—),男,工程师。2001年毕业于辽宁石油化工大学高分子化工专业,现为中国石化齐鲁分公司塑料厂技术管理部工艺员。电话:0533-7523446。

表 2 乙烯脱氧器扩能数据计算结果

项目	精制系统		线性低密度聚乙烯装置
	扩能前	扩能后	
装置负荷/(t·h ⁻¹)	26	26	14
流量/(m ³ ·h ⁻¹)	20 773	20 773	11 186
空速/h ⁻¹	3 897	2 410	2 542
脱氧催化剂体积/m ³	5.33	8.62	4.4

由表 2 可以看出,高密度聚乙烯装置原乙烯脱氧器催化剂装填量不足,空速过高,脱氧能力明显不足。对乙烯脱氧器进行扩能改造,脱氧催化剂的装填体积从 5.3 m³ 增至 8.62 m³,提高脱氧器脱氧能力,保证乙烯通过脱氧器后氧含量低于 0.1×10^{-6} 。根据现场情况,更新的乙烯脱氧器需布置在原位置,并利用原有设备基础;更新设备只增加直径、尽量保持原设备长度,设备裙座与筒体不同径,裙座直径、地脚螺栓数量和大小与原设备相同。

表 3 乙烯干燥器扩能数据计算结果

项目	精制系统		线性低密度聚乙烯装置
	扩能前	扩能后	
装置负荷/(t·h ⁻¹)	26	26	14
流量/(m ³ ·h ⁻¹)	20 773	20 773	11 186
空速/h ⁻¹	9 237	1 516	758
干燥催化剂体积/m ³	2.24	13.7	14.75

高密度聚乙烯装置目前有乙烯干燥器 2 台,一开一备。由表 3 可看出,乙烯干燥器催化剂装填量不足,空速过高,干燥能力明显不足。对乙烯干燥器进行扩能改造,每台干燥器催化剂装填体积从 2.24 m³ 增至 13.7 m³,提高干燥器脱水能力,保证乙烯通过干燥器后水含量低于 0.1×10^{-6} 。更新的乙烯干燥器布置在原位置,尽量保持原有钢结构框架不变,因改造后设备较大,设备基础需要重新制作。

2.2 乙烯精制系统换热网络优化

脱氧后的乙烯温度较高(80℃左右),经乙烯冷却器冷却到 40℃ 后进入到乙烯干燥器进行脱水,这部分余热未进行利用,造成能源浪费。根据乙烯精制系统的工艺情况,可增加 1 台换热器用于脱氧乙烯与加氢(脱炔)乙烯换热。利用脱氧乙烯预热脱炔乙烯,减少脱 CO 加热器的中压蒸汽消耗及脱氧乙烯冷却器的循环水消耗,降低装置能耗。换热物料均为可燃气体,且压力相对较

高,适合选用比较常用的列管式换热器。脱氧乙烯与脱炔乙烯热平衡如图 1 所示。



图 1 脱氧乙烯与脱炔乙烯热平衡示意

换热器换热面积可按压力 3.03 MPa、乙烯流量 25 t/h、脱炔乙烯进口温度 30℃、出口温度 70℃、脱氧乙烯进口温度 80℃ 进行计算。

计算过程:根据经验值,换热器中的气体总传热系数 $K=50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

假设换热器的热损失为传热量的 10%,即:加热脱炔乙烯从 30℃ 升到 70℃ 需热量 q ,则需脱氧乙烯提供 $1.1q$ 的热量。

根据图 1 所示的热量平衡关系,求脱氧乙烯的出口温度 T_2 。

$$Q = 1.1 \times W \times C_p \times (t_2 - t_1) = W \times C_p \times (T_1 - T_2) \quad [3]$$

式中: Q —— 换热器热负荷 kW;

W —— 乙烯的质量流量 25 t/h;

T_1 、 T_2 —— 脱氧乙烯的入口温度及出口温度,℃;

t_1 、 t_2 —— 脱炔乙烯的入口温度及出口温度,℃;

C_p —— 乙烯的比热容 $1.6 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

得出: $T_2 = 36^\circ\text{C}$

对数平均温度差 $\Delta T_m^{[3]}$:

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - T_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - T_2}{T_2 - t_1}} = 7.83^\circ\text{C}$$

换热器的换热面积 $A^{[3]}$:

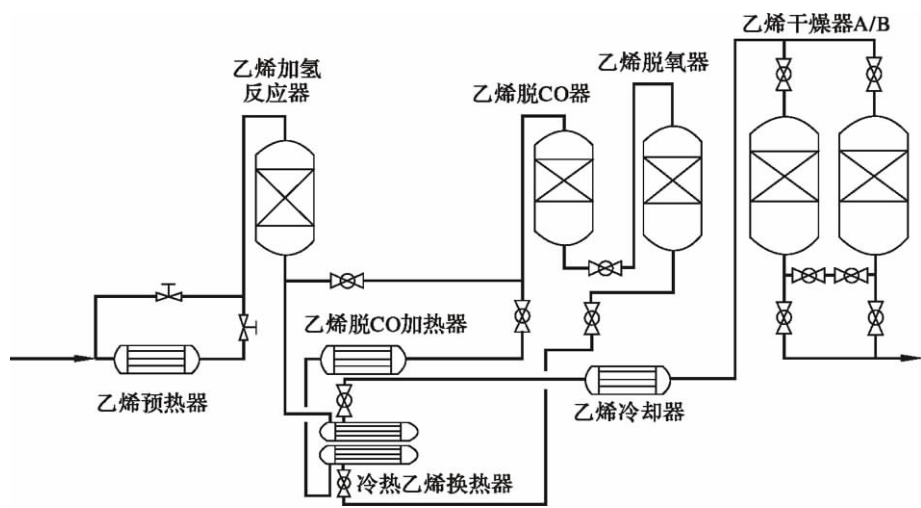
$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_m} = 1\,249 \text{ m}^2$$

新增 1 台列管式换热器,换热面积为 1 249 m²,对脱氧后的乙烯与脱炔乙烯进行换热,降低中压蒸汽的消耗。

3 改造后乙烯精制系统工艺流程

原料乙烯的预热、脱炔、加热、脱一氧化碳、脱氧、水冷、干燥等过程的工艺流程不变,进行乙烯

脱氧器及乙烯干燥器的扩能改造,并在乙烯加氢反应器后增加冷热乙烯换热器,让脱炔乙烯与脱氧乙烯进行换热,其他部分与原流程完全相同。改造后的乙烯精制系统工艺流程如图 2 所示。



4 改造后的效果

2009 年 5 月精制系统优化项目改造完成并投用。7 月 21—24 日在装置满负荷生产情况下对主要指标进行了 72 h 标定,结果列于表 4。

表 4 主要指标标定结果

时间	氧含量/ 10 ⁻⁶	水含量/ 10 ⁻⁶	换热器冷乙烯 入口温度/℃	换热器热乙烯 入口温度/℃	换热器冷乙烯 出口温度/℃	换热器热乙烯 出口温度/℃
21T09:00	0.09	0.06	30.1	80.4	70.5	36.3
21T13:00	0.08	0.06	30.5	80.1	70.2	36.5
21T17:00	0.09	0.08	30.4	80.0	70.1	36.5
21T21:00	0.07	0.07	30.2	80.3	70.1	36.2
22T01:00	0.09	0.06	30.2	80.2	70.2	36.3
22T05:00	0.09	0.07	30.4	80.1	70.2	36.1
22T09:00	0.07	0.07	30.4	80.0	70.6	36.2
22T13:00	0.07	0.07	30.5	80.2	70.1	36.3
22T17:00	0.08	0.06	30.2	80.2	70.2	36.4
22T21:00	0.08	0.08	30.4	80.1	70.3	36.2
23T01:00	0.09	0.07	30.3	80.4	70.4	36.3
23T05:00	0.08	0.06	30.2	80.3	70.4	36.1
23T09:00	0.07	0.07	30.2	80.2	70.6	36.2
23T13:00	0.08	0.08	30.4	80.1	70.3	36.3
23T17:00	0.08	0.07	30.4	80.1	70.1	36.5
23T21:00	0.09	0.06	30.5	80.3	70.5	36.2
24T01:00	0.08	0.07	30.4	80.2	70.6	36.3
24T05:00	0.07	0.07	30.2	80.1	70.6	36.4
24T09:00	0.07	0.06	30.2	80.3	70.4	36.2
平均值	0.08	0.07	30.4	80.3	70.3	36.3

由表 4 可看出: ①新乙烯脱氧器、乙烯干燥器投用后, 精制后的乙烯氧含量由改造前的 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.3 \times 10^{-6}$ 降到了 $0.07 \times 10^{-6} \sim 0.09 \times 10^{-6}$, 乙烯水含量由改造前的 $0.3 \times 10^{-6} \sim 0.5 \times 10^{-6}$ 降为 $0.06 \times 10^{-6} \sim 0.08 \times 10^{-6}$, 均达到了聚合单元对乙烯原料质量的要求; ②新增冷热乙烯换热器投用后, 换热器冷乙烯出口温度达到 70.3°C , 可节约中压蒸汽 0.8 t/h 以上。

5 经济效益

(1) 精制系统优化项目投用后, 聚合双线运行周期均在 100 d 以上, 比改造前提高了 55 d 多, 每年可至少减少停车 1 次。按照每次停车消耗乙烯 50 t、氮气 $12 \times 10^4 \text{ m}^3$, 减少产量 500 t, 乙烯单价 6 000 元/t, 氮气单价 0.5 元/ m^3 , 产品利润按 1 000 元/t 计算, 每年可增加经济效益 86 万元。

(2) 乙烯精制系统换热网络优化后, 可减少中压蒸汽用量 0.8 t/h , 按照中压蒸汽 120 元/t, 年操作时间 8 000 h 计算, 每年可增加经济效益 76.8

万元。

6 结论

(1) 针对精制能力不足的问题, 提出了对精制系统进行扩能改造的方案。改造后运行结果表明, 聚合双线运行周期大大延长, 确保了装置长周期稳定运行。

(2) 针对乙烯精制系统换热网络不合理的问题, 提出了对乙烯换热网络进行优化的方案。改造后运行数据表明, 乙烯精制系统运行稳定, 可减少中压蒸汽用量 0.8 t/h , 节能效果显著。

参考文献

- [1] 天津大学物理化学教研室. 物理化学[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2001: 8.
- [2] 朱炳辰. 化学反应工程[M]. 4 版. 北京: 化学工业出版社, 2007: 21.
- [3] 姚玉英. 化工原理[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2001: 237-238.

REVAMP AND EFFECT OF REFINING SYSTEM IN HDPE UNIT

Pan Hongqi

(Plastics Complex of Qilu Branch Co., SINOPEC, Zibo Shandong 255411)

Abstract: This work discussed the existing problems in the refining system of HDPE unit of Qilu Branch Company, proposed corresponding optimization scheme and got good results.

Key words: HDPE; refining; heat transfer; long cycle

台塑 150 kt/a SAN 项目在宁波启动

从宁波台塑工业园区获悉, 台化塑胶(宁波)有限公司 150 kt/a 苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN)工程目前已正式开工建设。2011 年将有一系列项目在年内陆续开工, 其中年产 60 kt 吸水树脂项目、年产 200 kt 聚乙烯醋酸乙烯酯、年产 300 kt 苯酚/18.5 t 丙酮等项目将在近期陆续开工。

2001 年, 台塑开始在宁波开发区投资兴建石化专业园区。2010 年, 台塑与宁波市政府再次签订投资协议, 计划在宁波开发区一期项目地块继续建设 15 个项目。其中 150 kt/a 聚氯乙烯、200 kt/a 氯化聚丙烯树脂、160 kt/a 丙烯酸和 200 kt/a 丙烯酸酯、1 500 kt/a 精对苯二甲酸、200 kt/a 聚苯乙烯等项目将在 2011—2012 年陆续开建, 预计到 2013 年年底可相继建成投产。

福橡化工合成橡胶项目试车成功

日前, 福建省泉港区福橡化工合成橡胶项目的 50 kt/a 顺丁橡胶装置一次性投料试车成功, 生产出第一块顺丁橡胶。该项目主要以福建联合石化公司每年提供的丁二烯等为原料, 年产 100 kt 丁苯橡胶和 50 kt 顺丁橡胶, 总投资约 12.4 亿元, 由福建石化集团公司与福建炼化公司合资建设。投产后年产值超 30 亿元, 可为福建省及华南地区轮胎、制鞋、塑胶制品等相关产业提供可靠原料。

(本刊摘编)