

丙烯冷凝器换热效果分析及对策探讨

陶旭阳 马建红

宁波富德能源有限公司 浙江 宁波 315200

摘要: 聚丙烯装置丙烯冷凝器换热效果差导致不凝气堆积, 氢气溶解在丙烯中量增多, 导致环管反应波动较大, 生产不稳, 细粉较多。经分析原因, 采取技术改革, 实现装置长周期运行, 提高经济效益。本文主要研究丙烯冷凝器换热效果差原因, 具体考察循环水水质、流量对丙烯冷凝器换热效果的影响, 结果表明: 循环水水质好, 流量大丙烯冷凝器换热效果好, 液位高, 出口温度稳定, 氢气溶解在丙烯中量少, 环管反应波动小, 产量高, 经济效益好。

关键词: 丙烯冷凝器; 换热效果差; 循环水水质; 流量; 反应波动

丙烯洗涤与回收核心设备丙烯冷凝器, 洗涤过的丙烯在冷凝器中冷凝不下来, 不凝气较多, 冷凝器壳层出口温度升高, 导致氢气溶解在丙烯中量增多, 反应波动较大^[1]。如果冷凝器换热效果差, 出口温度持续较高, 反应会剧烈到难以控制导致爆聚, 装置停车给生产带来较大经济损失。为减少损失, 采取了工艺优化、设备改造等措施, 成功解决了该问题。

1 丙烯洗涤及回收系统的简介

在生产均聚物时, 来自闪蒸罐D301顶部气相丙烯经A301进入丙烯洗涤塔T301予以回收。丙烯洗涤塔内装有塔盘, 向上气流与回流的液体丙烯在此逆向接触, 除掉从闪蒸罐中夹带的聚合物细粉, 并且分离出较重组分, 从塔底排出。洗涤过的气体丙烯从塔顶进入丙烯冷凝器, 在此大部分丙烯冷凝下来, 少量气体作为反吹气送到袋滤器F301。冷凝后的液体丙烯在T301液位控制下一部分作为回流返回到洗涤塔顶部, 其余丙烯由泵P302送到丙烯进料罐D302中, 以便在环管反应器系统里重新使用。

丙烯冷凝器的气相配有一根排放管线, 作用是根据进入D302回收丙烯的组成(来自在线分析仪AE331)调节排放气流量, 以将系统中过量丙烷排出界区。来自界区的新鲜丙烯和回收后的循环丙烯共同收集在丙烯进料罐D302中。

丙烯洗涤换热器丙烯冷凝器为本单元的核心设备, 是BES式换热器, 壳程走丙烯, 进口设计温度46.8℃, 出口温度设计43℃, 压力设计1.8MPa; 管程走冷却水, 进口设计温度33℃, 出口温度设计39℃, 压力设计0.45MPa。换热器直径1500mm, 高度7000mm, 热负荷5520KW, 换热面积973.4m²。

2 换热效果差带来的影响

(1) 丙烯冷凝器出口温度TI324温度过高达到47℃, 冷凝器液位较低, 气相多, 液相丙烯量较少, 经P302回

流到D302量少, 长时间易使P302抽空, 产生气缚, 损坏泵叶轮。

(2) P302回流到T301顶部量少, 液位波动较大, 不能充分洗涤丙烯中夹带的细粉, 带到后系统, 长时间堵塞后系统换热器。由于系统气相较多, T301压力较高, 导致D301压力较高, 环管出料不畅。

(3) 丙烯冷凝器温度高, 不凝气较多, 导致溶解在丙烯中氢气含量较正常生产多, 在线分析仪AIC201、AIC202实际测量值比设定值偏大较多。

(4) 氢气量控制不稳, 导致小环水阀开度较大, 环管反应较好, 大环反应较剧烈, 无法稳定控制。

(5) 催化剂冲程加不到位, D802料位保持较低, 产量波动较大, 从而导致挤压机负荷波动也较大, 对进刀压力, 模头, S803等都影响较大, 严重影响设备使用寿命。

(6) 小环水阀开度变大, 冰机负荷升高, 设备磨损较大; T301压力高, 出料阀开大, 丙烯回收量大, PK301高负荷运行, 导致电机过载。

3 换热效果差原因分析

3.1 系统带粉堵塞

丙烯洗涤系统带粉有两种情况, 一种动力分离器A301故障不能很好分离出丙烯气中夹带细粉, 使得细粉进入洗涤塔T301, 细粉在T301中不能很好的被P302打出的回流丙烯洗涤, 被丙烯气夹带着进入丙烯冷凝器。另一种情况压缩机PK301返回气中夹带着细粉, 进入T301没被洗涤下来, 进入丙烯冷凝器。

细粉在丙烯冷凝器中慢慢聚集, 包裹壳程, 导致冷凝器换热面积变小, 换热效果差, 不凝气在冷凝器中积聚, 氢气不能排出, 经P302回流到进料罐, 再经过进料泵返回到环管反应器中反应。两环管中设有氢气调节阀, 控制着氢气加入量, 本身系统有一定量氢气加入, 返回氢气也在环管积聚, 加剧反应。

氢气常用作链转移试剂调节聚丙烯分子量，同时也对聚合速率产生影响^[2]。许多学者报道，在氯化镁载体催化体系中，加氢对提高丙烯聚合速率有促进作用，甚至最高可以提高三倍。加氢主要提高初始聚合速率，有时也可以延缓催化剂活性衰减^[3]。

3.2 循环水水质差

丙烯冷凝器设计壳程介质丙烯，管程介质循环水。循环水流量少，温度高，不能把进入丙烯冷凝器气相丙烯冷凝成液相丙烯，导致丙烯冷凝器换热面积小，不凝气堆积，丙烯冷凝器物料侧出口温度高^[4]。水质差原因如下：

(1) 循环水中悬浮颗粒：如细小泥沙，尘土，不溶盐等流经换热器表面时形成污垢。

(2) 循环水中铁细菌将溶于水中的铁离子转化为不溶于水的三氧化二铁水合物，在水中形成沉淀。

(3) 蓝藻，绿藻，硅藻等在金属表面快速生长，堵塞换热器管道，减少水流量，从而降低换热效率。

(4) 循环水在系统中随着水分蒸发，水中溶解的盐类浓度会增高。部分因饱和而析出，又在换热器表面受热分解生成沉淀。

4 改善措施

4.1 工艺优化

(1) 调整洗涤塔T301工艺操作，摸索出最佳控制参数，T301回流泵P302A/B出口流量由原来17t/h降至12t/h，保证了P302入口温度，防止泵抽空气缚。同时流量没有降太低保证了T301洗涤效果，若降太低，会使聚合粉末随气体回流到丙烯进料罐中，造成设备堵塞和原料污染。

(2) 调整洗涤塔T301压力，由原来1.8MPa调整至1.860MPa，通过压力控制器PIC323控制丙烯冷凝器液位，从而控制整个聚合闪蒸及回收系统压力。调整进入E303工艺水量，关小FIC328阀开度由原来8%降至5%，流量由12t/h降至8t/h，使蒸发丙烯量减少，从而控制T301液位和压力，维持工况稳定。

(3) 调整丙烯冷凝器去火炬系统排放量，由原来450kg/h升至700kg/h，同时现场把FIC323旁路手阀开大了50%，尾气量由原来2600kg/h升至3000kg/h，通过上述方法保证了丙烯冷凝器出口温度。

(4) 调整一环氢气加入量，AIC201由原来300ppm降至275ppm，FIC201由0.45kg/h降至0.38kg/h，AIC202由原来2800ppm降至2700ppm，FIC202由3.80kg/h降至3.5kg/h，维持反应稳定，也保证产品质量。

4.2 改善循环水水质

首先根据生产工艺要求，协调水处理装置改善循环

水水质。循环水添加次氯酸钠和粘泥剥离剂，增加污水外排量，减少中水回用量，有效改善循环水水质。循环水水质改善前后浊度分析数据如下：

表一 循环水浊度监测数据

采样点	循环水水质浊度 (NTU) 数据		E301循环水水质浊度 (NTU) 数据	
	循环水入口总管	循环水出口总管	E-301循环水入口	E-301循环水出口
10.1.10: 00	46.50	46.40	46.80	45.80
10.5.10: 00	22.00	22.40	23.10	32.40
10.10.10: 00	14.1	14.2	12.60	11.90

如上表所示，改善水质后，循环水中污垢减少，多次调整循环水进出口阀开度，增加循环水流量。循环水总压力由最初0.45MPa升至0.5MPa，循环水进水阀开大10%，出口水阀开大5%，聚合反应正常，丙烯冷凝器运行工况明显好转，液位由原来15%上升至85%，换热效果提高，丙烯冷凝器物料侧出口温度由45℃降至32℃。

4.3 设备技改措施

(1) 经现场检查，数据分析以及换热器检修情况，制定技改方案。检修期间在换热器循环水侧入口管线接管，安装两阀门，对该换热器进行在线反冲洗，将入口侧杂物反冲洗出去，从而解决入口管堵塞问题。反冲过程：关1阀同时开3阀，直至1阀全关3阀全开，开始反冲2~3分钟，再将2阀全开全关，如此反复做3次，反冲10分钟后改正常流程。反冲洗技改简图如下：

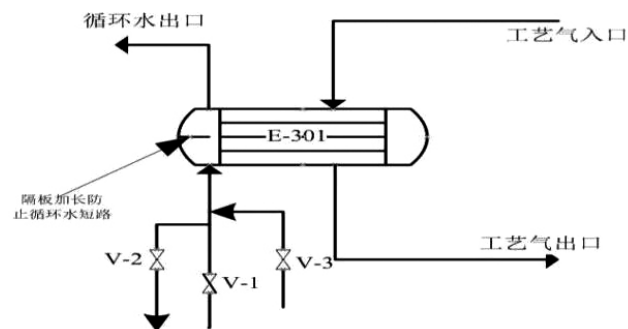


图3 E301技改反冲图

1阀为换热器循环水侧入口蝶阀，2、3阀为增加管线接的阀

表二 反冲前后数据对比

位号名称	液位	进水温度℃	回水温度℃	压力MPa	T1℃	T2℃
冲洗前	10%~20%	25℃	42℃	0.49MPa	86	47
反冲后	≥ 80%	25℃	52℃	0.49MPa	86	32

如上表所示，换热器反冲洗后效果非常明显，出口温度下降幅度非常大，丙烯冷凝器换热效果差问题得到圆满解决，大大提高换热效果。

(2) 正常循环水在流经换热器时，流向是从换热器

管箱下部进入换热器，然后从换热器管束流到内浮头侧折回，至换热器管箱上部流出。但是由于丙烯冷凝器管箱隔板短缺存在间隙，隔板缝隙处漏量，导致垫片横筋损坏，造成循环水流量短路现象，换热效果大幅度降低。

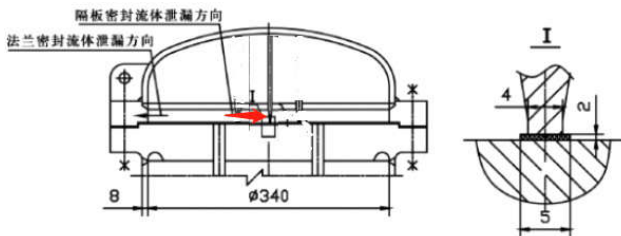


图4 隔板修复图

在检修期间，修补丙烯冷凝器换热器隔板，把管箱隔板割短，打磨平整，然后焊上短缺一段2~3cm（如图4），能和管束隔板平整的紧密贴合在一起，提高密封性，这样保证循环水流量，也能控制丙烯冷凝器液位，保证了换热效果^[5]，如下表所示：

表三 技改前后数据对比

时间	水入口温度	水出口温度	出入口水温差	E301液位	循环水出口压力	物料出口温度
技改前	25℃	42~44℃	17~19℃	10%~20%	0.498MPa	45~47℃
技改后	25℃	50~53℃	25~28℃	≥ 90%	0.468MPa	32~34℃

随着循环水流量增加，循环水进出口温差变大，丙烯冷凝器液位升高，换热效果变好。

5 实施效果

通过实施以上措施，丙烯冷凝器换热效果大大改善：

未采取措施前丙烯冷凝器均保持较低液位，最低液位29.2%；丙烯冷凝器出口温度最大值49.3℃；改善后丙烯冷凝器液位、出口温度呈现明显好转趋势，丙烯冷凝器液位最大值105%，出口温度逐步降低，保持30℃左右。丙烯冷凝器换热效果改善，提高反应产量，解决装置反应波动较大、氢气量难控制、提负荷困难生产瓶颈问题，进而保证装置平稳运行，实现经济效益，如下表：

表四 技改前后效果对比

位号	调整前	调整后
丙烯冷凝器出口温度℃	45~49	30~32
小环水阀开度（阀位）%	22~24	21~22
一环水阀开度（阀位）%	46~48	44~46
二环水阀开度（阀位）%	55~57	52~53
一环氢气量（ppm）	290~300	270~280
二环氢气量（ppm）	2700~2800	2600~2700
调整前负荷达不到设计值的110%，调整后达到了110%，产量增加了48t/d，效益增加了38.4万元每天。		

参考文献

[1]洪定一，等.聚丙烯-原理、工艺与技术[M].北京.中国石化出版社.2005-370-379
 [2]雷华,徐宏彬,冯连芳,杨爱武,翁志学,徐国斌.Ziegler-Natta催化丙烯聚合中氢气的作用.石油化工.2003.32[12].
 [3]柳翼.氢气对乙烯及丙烯聚合的不同作用机理.广东

化工.2013,40[21]:109-110

[4]曹凤玲,杨林,郑秀芳,等.管壳式换热器失效分析及解决措施[J].辽宁化工,2010,39[11]:1142-1144.

[5]王勇.换热器维修手册[M].化学工业出版社,2010:248-249.