



• 生产与实践 •

Aspen Plus 软件计算环己醇脱氢转化率对环己酮装置能耗的影响

李 珊¹, 邵寒梅², 吕克尧², 周从山^{1*}

(1. 湖南理工学院 化学化工学院, 湖南 岳阳 414000; 2. 百利工程科技股份有限公司, 湖南 岳阳 414000)

摘 要: 运用 ASPEN Plus 软件, 计算环己烷氧化法生产 10 万 t/a 环己酮装置, 环己醇脱氢转化率分别为 35%、40%、45%、50%、55% 和 60% 时, 醇酮精制工序和醇脱氢工序的能耗。计算结果表明: 随着环己醇脱氢的转化率升高, 环己醇的循环量变小, 蒸汽消耗量、循环冷却水消耗量及泵的有效功率也相应变小。在环己醇脱氢生产过程中, 为催化剂的选择及反应温度控制提供参考。

关键词: Aspen Plus; 环己醇脱氢; 环己酮; 能耗; 转化率

中图分类号: TQ050.2 文献标识码: B 文章编号: 1003-3467(2018)08-0033-03

DOI:10.14173/j.cnki.hnhg.2018.08.010

0 前言

环己酮是己内酰胺、己二酸、尼龙 66 等酰胺类产品的重要中间原料。目前国内普遍使用的生产环己酮的工艺有: 环己烷氧化法工艺和环己烯水合工艺^[1]。据调研: 国内已经投产的环己酮生产厂家中, 采用环己烷氧化法生产环己酮的约占 70%。目前国内生产环己酮仍以传统的环己烷氧化法为主。

环己醇脱氢工序是环己烷氧化法生产环己酮中的重要工序^[2]。目前, 国内外环己醇脱氢反应器大多采用 Cu-Zr 催化剂。生产过程中, 以下三个因素可使环己醇脱氢转化率发生变化: ①催化剂来源变化; ②调节反应温度来改变环己醇脱氢的转化率; ③同一温度下, 催化剂使用前期和后期的转化率也发生变化, 但环己醇脱氢的转化率一般控制在 35%~60%^[3-4]。环己醇脱氢转化率的变化对环己酮装置能耗影响大。

本文运用 ASPEN Plus 软件, 计算环己烷氧化法生产 10 万 t/a 环己酮装置, 环己醇脱氢转化率分别为 35%、40%、45%、50%、55% 和 60% 时, 醇酮精制工序和醇脱氢工序的能耗。为环己醇脱氢生产过程中, 催化剂的选择及反应温度控制提供参考。

1 环己烷氧化法制环己酮工艺

环己烷氧化法制环己酮工艺包括 5 个工序: ①氧化及分解工序; ②废碱分离及皂化工序; ③烷精馏工序; ④醇酮精制工序; ⑤醇脱氢工序。原料环己烷和压缩空气中氧气进行氧化反应, 反应生成环己基过氧化氢、有机酸、酯类等物质, 转化率 3%~5%。反应得到的氧化液用醋酸钴作催化剂, 在低温、碱性条件下使环己基过氧化氢分解为环己酮和环己醇。用醇脱氢工序来的粗醇酮吸收环己烷氧化尾气中的环己烷等有机物。

含碱分解液经废碱分离及皂化除去绝大部分的碱、酸、酯和水后送至烷精馏工序。烷精馏的环己烷回氧化过程循环使用, 粗醇酮送至醇酮精制工序分离提纯得环己醇和产品环己酮。环己醇则送至醇脱氢工序脱氢生成的环己酮和环己醇的混合物, 转化率 35%~60%。醇脱氢工序生成的粗醇酮再送至醇酮精制工序分离提纯。

2 计算基准

2.1 生产方法及产能

采用环己烷氧化法生产环己酮, 环己酮产量按 10 万 t/a(即 12 500 kg/h)。

收稿日期: 2018-05-30

作者简介: 李珊(1984-), 女, 注册化工工程师, 从事化工设计教学及节能减排的研究工作, E-mail: lishanh84@163.com, 电话: 13873030660; 联系人: 周从山(1975-), 男, 博士, 教授, 从事有机合成及手性识别的研究工作, E-mail: zhoucongsh@126.com。



2.2 进料组成、物性

本计算包含醇酮精制工序和醇脱氢工序两部分,从醇酮精制工序开始。醇酮精制工序进料组成见表1,进料物性见表2。

表1 进料组成表

组分	流量/kg·h ⁻¹	组分	流量/kg·h ⁻¹
环己烷	3 560.8	重组分	1 482.9
环己酮	7 961.6	水	2 023.4
环己醇	8 932.9	酯	0.3
轻组分	192	酸	3.2

表2 进料物性表

温度 ℃	相对压力 MPa	密度 kg/m ³	质量流量 kg/h	黏度 mPa·s	体积流量 m ³ /h
68.9	0.2	892.7	24 157.1	0.001	27.06

2.3 公用工程规格(见表3~4)

表3 蒸汽等级表

蒸汽等级	相对压力/MPa	温度/℃
高压蒸汽(SH)	3.5	410
中压蒸汽(SM)	1.2	200
低压蒸汽(SL)	0.5	160

表4 循环水(WC)规格表

循环水类型	相对压力/MPa	温度/℃
循环水供水(WCS)	0.6	32
循环水回水(WCR)	0.35	40

2.4 计算控制指标

干燥塔釜:粗醇酮含水量 $\leq 100 \times 10^{-6}$;轻塔塔顶:轻油含酮 $\leq 15\%$;酮塔塔顶:产品环己酮含酮 $\geq 99.88\%$;醇塔塔釜:X油含醇 $\leq 5\%$ 。

2.5 各塔的理论塔板数

干燥塔:12块理论板;轻塔:46块理论板;酮塔:52块理论板;醇塔:31块理论板。

3 计算过程

用 ASPEN Plus 软件,计算环己烷氧化法生产 10 万 t/a 环己酮装置,脱氢工序的转化率为 35%、40%、45%、50%、55% 和 60% 时,醇酮精制工序和醇脱氢工序的蒸汽消耗量、循环水冷却水消耗量及泵的有效功率以及为达到控制指标,各塔所需的回流量。模拟过程见图1。

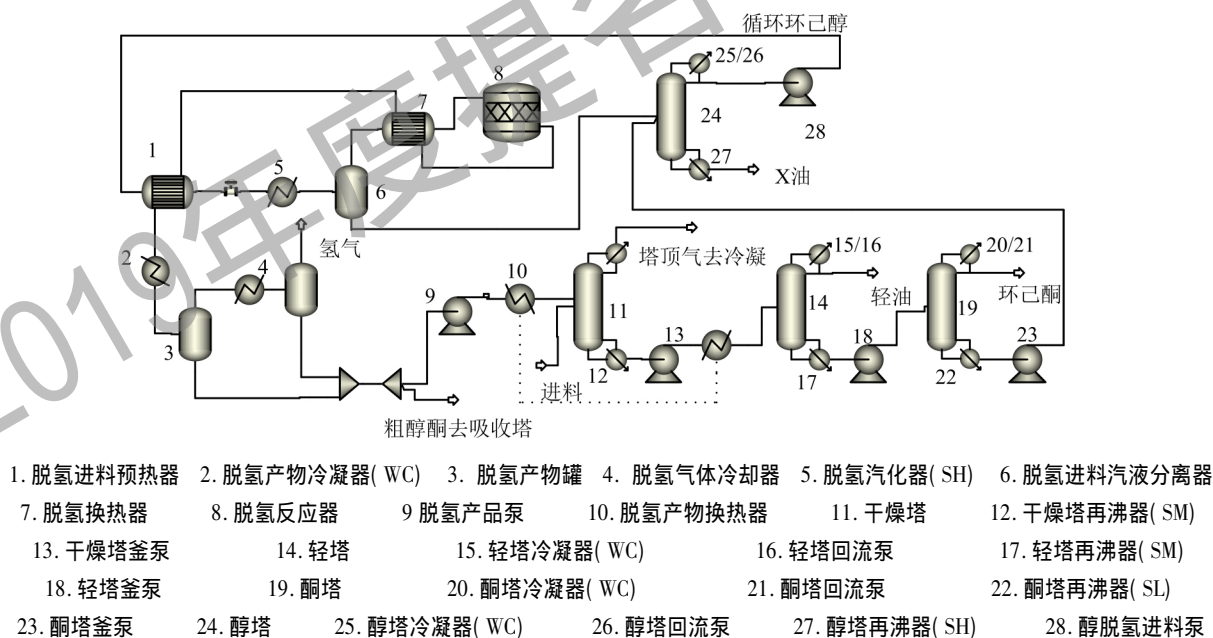


图1 环己酮装置脱氢及醇酮精制流程图

4 计算结果

根据 ASPEN Plus 软件计算,为保证轻塔塔顶轻油含酮 $\leq 15\%$ 、酮塔塔顶环己酮含酮 $\geq 99.88\%$ 、醇塔塔釜 X 油含醇 $\leq 5\%$,轻塔、酮塔、醇塔的回流比或回流量见表5。

表5 塔回流量一览表

转化率/%	轻塔回流比	酮塔回流量/kg·h ⁻¹	醇塔回流比
35	150	46 153	0.95
40	150	43 020	0.95
45	150	40 955	0.95
50	150	39 008	0.95
55	150	37 385	0.95
60	150	36 283	0.95



不同转化率下,换热器的蒸汽消耗见表 6。不同转化率下,泵的有效功率见表 7。不同转化率下,换热器的循环水消耗见表 8。

转化率对醇酮精制工序和醇脱氢工序蒸汽消耗

总量的影响如图 2 所示;转化率对醇酮精制工序和醇脱氢工序泵有效总功率的影响如图 3 所示;转化率对醇酮精制工序和醇脱氢工序循环水消耗总量的影响如图 4 所示。

表 6 换热器蒸汽消耗一览表

转化率 %	E-1 SH 量 kg/h	E-2 SM 量 kg/h	E-3 SM 量 kg/h	E-4 SL 量 kg/h	E-5 SH 量 kg/h	消耗总量 kg/h
35	4 690	6 312	9 542	9 443	9 884	39 871
40	4 222	6 166	9 019	9 215	8 721	37 343
45	3 858	6 052	8 572	9 065	8 067	35 614
50	3 574	5 962	8 440	8 898	7 475	34 349
55	3 304	5 881	8 258	8 626	6 913	32 982
60	3 108	5 821	8 219	8 528	6 507	32 183

注: E-1 为脱氢汽化器 E-2 为干燥塔再沸器 E-3 为轻塔再沸器 E-4 为酮塔再沸器 E-5 为醇塔再沸器。

表 7 泵的有效功率一览表

转化率 %	脱氢产品泵 kW	干燥塔釜泵 kW	轻塔釜泵 kW	轻塔回流泵 kW	酮塔釜泵 kW	酮塔回流泵 kW	醇塔回流泵 kW	醇脱氢进料泵 kW	有效功率总量 kW
35	3.99	6.88	6.83	7.58	5.35	18.90	12.88	4.14	66.6
40	3.63	6.54	6.49	7.58	4.95	18.04	11.81	3.82	62.9
45	3.35	6.27	6.23	7.58	4.64	17.48	9.05	3.57	58.2
50	3.13	6.07	6.02	7.58	4.40	16.94	8.51	3.37	56.0
55	2.93	5.88	5.83	7.58	4.17	16.49	8.01	3.19	54.1
60	2.77	5.73	5.69	7.58	4.00	16.19	7.64	3.05	52.7

表 8 换热器循环水消耗一览表

转化率 %	E-6WC 量 t/h	E-7WC 量 t/h	E-8WC 量 t/h	E-9WC 量 t/h	消耗总量 t/h
35	344	385	773	748	2 250
40	306	385	730	672	2 093
45	277	385	702	617	1 981
50	255	384	676	571	1 886
55	234	384	654	531	1 803
60	218	385	640	499	1 742

注: E-6 为脱氢产物冷凝器 E-7 为轻塔冷凝器 E-8 为酮塔冷凝器 E-9 为醇塔冷凝器。

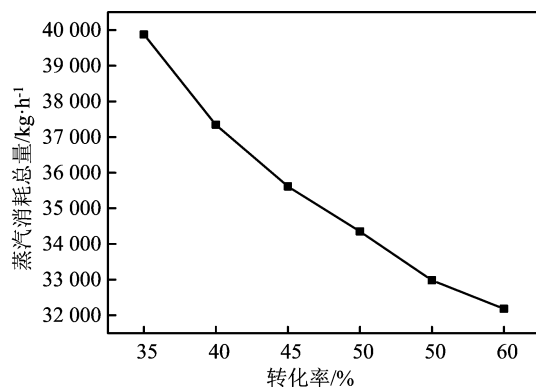


图 2 转化率对蒸汽消耗总量影响

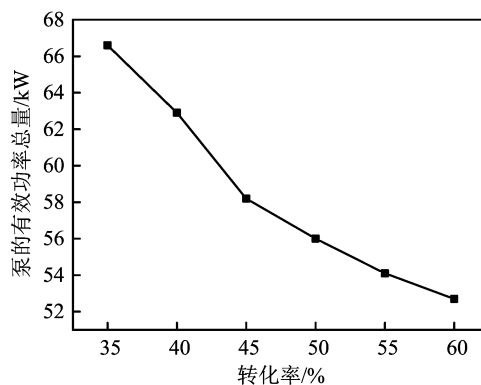


图 3 转化率对泵的有效功率总量影响

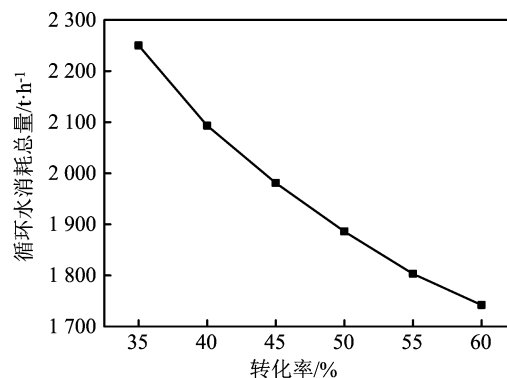


图 4 转化率对循环水消耗总量影响



聚甲醛后处理过程中影响产品质量的因素分析

白天强

(河南能源化工集团 开封龙宇化工有限公司, 河南 开封 475200)

摘要: 本文对聚甲醛当前情况及后处理工艺进行了介绍, 探讨了后处理过程中聚甲醛产品的内在质量和外在质量的影响因素, 并对各个因素影响聚甲醛的原因和机理进行了分析。最后, 提出了聚甲醛后处理过程中消除影响产品质量因素的控制方法和注意事项。

关键词: 聚甲醛; 影响; 质量; 因素

中图分类号: TQ075

文献标识码: B

文章编号: 1003-3467(2018)08-0036-03

DOI:10.14173/j.cnki.hnhg.2018.08.011

0 前言

聚甲醛具有十分优异的物理机械性能, 在很多场合可以替代钢铁、铜、锌、铝等金属材料, 广泛地应用于机械工业、轻工、电子电器、汽车工业、农用器械等领域, 有“塑料中的金属”之称^[1]。在很多新领域的应用, 如医疗技术、运动器械等方面, 聚甲醛也表现出较好的增长态势^[2]。开封龙宇聚甲醛生产工艺采用香港富艺公司技术, 设计为 10 万 t/a, 总投资概算 37 亿元, 分三期建设。其中, 一、二期 4 万 t/a 聚甲醛项目投资 16 亿元, 已于 2012 正式生产。受国产聚甲醛起步较晚、研发能力不足、核心技术缺乏、加工设备较差及产品本身的特殊性等诸多局限, 再加上我国广阔的聚甲醛市场吸引诸多国外公司的关注, 并期望占据我国市场份额, 所以不愿转让技

术, 故而国内方面下游需求并未随产能同步扩大, 很大一部分用量仍旧依赖进口。进口地域主要为: 韩国、马来西亚、泰国、日本、美国、荷兰等国家以及我国台湾, 占中国进口总量的 85% 以上。年均进口量在 20 万 ~ 25 万 t, 占国内用量 50% 左右^[3]。开封龙宇如何与国外厂家竞争, 从而占领市场, 不言而喻, 产品质量是保证。而产品质量包括内在质量和外在质量, 内在质量主要表现在熔融指数 (MI) 上, 而外在质量则表现在粒料的大小、均匀程度、颜色等。本文便是对聚甲醛后处理时影响产品质量的因素进行分析探讨。

1 后处理工艺

聚甲醛粉料通过定量加入抗氧剂、三聚氰胺、润滑剂等以后, 通过搅拌混合, 加入到双螺杆挤出机

5 计算结果分析

由图 2 ~ 4 可知: 随着环己醇脱氢的转化率升高, 环己醇的循环量变小, 蒸汽消耗量、循环冷却水消耗量及泵的有效功率也相应变小。使用同样的催化剂, 可控制环己醇脱氢的反应温度来提高其转化率, 但转化率升高后, 脱氢反应的副产物也会相应增多, 环己酮收率降低。在实际生产过程中, 根据市场行情选择合适的醇脱氢反应温度来控制其转化率。选择醇脱氢催化剂转化率高、副反应少的醇脱氢催化剂有利于降低装置能耗, 提高环己酮收率。

参考文献:

- [1] 田爱国. 苯部分加氢工艺生产环己醇 [J]. 化工进展, 2003, 22(5): 529-531.
- [2] 代士凯. 环己酮的化工工艺分析 [J]. 2015, 34(27): 174-175.
- [3] 孙烽, 孙中华, 吕锋. 几种环己醇脱氢催化剂性能的比较 [J]. 化学工业与工程技术, 2004, 25(5): 44-46.
- [4] 南化集团研究院新型环己醇脱氢催化剂获好评 [J]. 石油炼制与化工, 2017(8): 89.
- [5] 朱海峰, 蓝淼东, 吴婷婷, 等. 二次皂化工艺提升环己烷氧化生产的环己酮品质 [J]. 化工生产与技术, 2016, 23(3): 43-45.
- [6] 谢文莲, 李玲, 郭灿城. 环己烷氧化制环己酮工艺技术进展 [J]. 精细化工中间体, 2003, 33(1): 8-11.