

顺流多效精馏回收 DMAC

高晓新^{1,2}, 马正飞^{1*}, 杨德明²

(1. 南京工业大学化学化工学院, 江苏 南京 210009;
2. 常州大学石油化工学院, 江苏 常州 213164)

摘要:针对含 DMAC 废水回收工艺的高能耗问题,提出了分离 DMAC-水体系的顺流双效、三效和四效精馏工艺流程。利用 Aspen Plus 化工模拟软件中的 RADFRAC 严格精馏模块和 WILSON 热力学计算模型,利用 Matlab 程序对顺流双效精馏、三效精馏、四效精馏进行经济评估。以各效的设备费用和操作费用资金的相对值最低为目标,确定了回收 DMAC 最佳的方案为顺流三效精馏工艺。

关键词:DMAC 回收;顺流多效精馏;能耗;Matlab 程序;Aspen Plus 软件

中图分类号:TE624

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2013)03-0103-03

Technical research on recovery of DMAC by concurrent multi-effect distillation

GAO Xiao-xin^{1,2}, MA Zheng-fei^{1*}, YANG De-ming²

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;
2. College of Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: To solve the high energy consumption during recovery of DMAC, concurrent multi-effect distillation processes with two-tower, three-tower and four-tower are proposed. The RADFRAC block and WILSON thermal dynamic model are simulated by ASPEN PLUS software. The economic evaluation of multi-effect concurrent distillation is performed by using Matlab procedure. To obtain the relative lower equipment and operation cost, three-effect countercurrent distillation is determined as the optimal recovery technology in this study.

Key words: recovery of DMAC; concurrent multi-effect distillation; energy consumption; matlab procedure; Aspen Plus software

二甲基乙酰胺(DMAC)是一种强极性非质子化溶剂,由于工业化较晚而相对消耗较少,但目前应用逐渐扩大,已经广泛应用于石油加工和有机合成工业中。它对多种树脂尤其是聚氨酯树脂、聚酰胺树脂有良好的溶解性能,常用作耐热纤维、塑料薄膜、涂料、制药、催化剂和丙烯晴纺丝的溶剂等,使用过程中产生大量的含 DMAC 废水,因此对此类废水进行处理回收 DMAC 具有十分重要的意义^[1-4]。

据估计,90%~95%的产品提纯和回收由精馏来实现。然而,正是因为精馏的实现需要以能量作为过程进行的推动力,其能量消耗在整个过程工业中占有重要的地位。有人估计分离过程的能耗大约占整个化学工业用能的40%,而其中95%是蒸馏过程消耗的。美国曾经统计全国40 000多个精馏塔所消耗的能量相当于每天1.9亿L石油,几乎占全国能耗的3%^[5]。所以节约能源是精馏工艺的发展方向。多效精馏以系统内部热集成的方法减少能量的消耗,符合现在建设节约型社会的要求,有很广阔

的发展前景。

根据杨德明等^[6-7]利用 Aspen Plus 软件模拟出废水中 DMF 多效精馏与普通精馏在不同的进料浓度和效数间的耗能比较,Hilde 等^[8]对多效精馏在工业实例中的应用表明节能效果是非常明显的。

本文利用 Aspen Plus 化工模拟软件的优化计算功能,模拟了顺流多效精馏分离 DMAC-水体系工况,利用 Matlab 程序对顺流双效精馏、三效精馏、四效精馏进行经济评估,分别对各效的设备费用和操作费用进行了计算,从中筛选出最佳的工艺回收路线,为回收 DMAC 生产工艺的设计提供了基础数据。

1 顺流多效精馏分离 DMAC-水工艺方案与模拟规定

多效精馏是将精馏塔分成压力不同的多塔,压力较高的塔塔顶蒸汽向压力较低的塔的再沸器供热,同时塔顶蒸汽被冷凝。因此在多效精馏中只是

收稿日期:2012-10-18

作者简介:高晓新(1979-),男,博士生;马正飞(1960-),男,江苏苏州人,博士生导师,研究方向为化工分离过程以及化工过程的模拟与优化,通讯联系人,gxx@cczu.edu.cn。

第一个塔的塔釜需要加入热量,最后一个塔的塔顶蒸汽需要冷却介质进行冷凝,而其余各塔不再需要外界供热和冷却,所以具有非常明显的节能效果。以顺流三效分离流程为例,工艺流程见图 1。

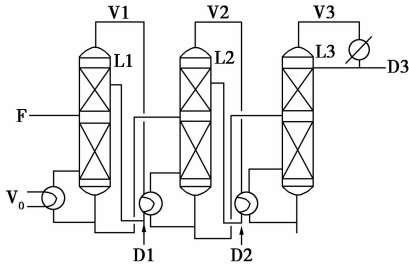


图 1 顺流三效工艺流程图

多效精馏分离 DMAC-水工艺的主要任务是通过优化计算,以确定各塔压力分布以及各塔冷凝器和再沸器的热负荷,保证相邻两塔塔顶和塔底的传热温差及热量匹配。因此利用 Aspen Plus 软件模拟计算时,对数据输入做出以下两点规定:

- (1) 高压塔塔顶蒸汽所释放的潜热应等于相邻低压塔塔底物料汽化所需的热量,考虑各效热损失为 2%,则有 $0.98Q_{c,i} = Q_{r,i+1}$ 。
- (2) 高、低压塔塔顶和塔底物流的传热温差应

满足 $t_{D,j} - t_{w,j+1} \geq \Delta t_m$ (Δt_m 取 10℃ 以上)。

2 模拟计算

2.1 模拟规定

拟分离的物料如下:进料量 2 万 t/a,常温常压,其中含 DMAC 质量分数(下同)为 35%,水 65%。规定分离得到的 DMAC 产品的含量 $\geq 99.9\%$,物性方法的选择将影响模拟结果准确性。对于极性体系,一般用 WILSON 方程、NRTL 方程及 UNQUIC 方程等计算相平衡数据。通过体系在 101.3 kPa 下的汽液平衡数据和文献[9]中提供的数据进行比较,发现用 Aspen Plus 数据库中的 WILSON 方程计算值与文献值基本一致,因而选用 WILSON 物性作为计算模型。

2.2 模拟结果

规定以上模拟条件后,利用 ASPEN 软件中的严格精馏模块(RADFRAC)和 WILSON 物性计算模型,利用 Matlab 程序对顺流双效精馏、三效精馏、四效精馏进行经济评估,分别对各效的设备费用和操作费用进行计算,得出顺流双效精馏、三效精馏、四效精馏的各效操作参数、整个多效分离体系的总资金模拟结果,见表 1。

表 1 顺流多效精馏与总资金计算结果

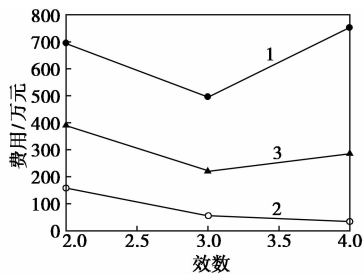
项目	双效精馏		三效精馏			四效精馏			
	T1	T2	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T4
塔板数/块	16	20	22	22	24	24	24	28	30
塔高 L/m	11.70	14.63	16.09	16.09	17.56	17.56	17.56	20.48	21.94
直径 D/m	0.8	2	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.6	1.4
塔器费用 Shell/万元	63.00	200.10	49.28	59.85	87.21	52.84	64.18	72.62	189.39
再沸器负荷 Q_r /MW	1.69	0.00	0.59	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00
冷凝器负荷 Q_c /MW	0.00	2.96	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.48
再沸器面积 A_r /m ²	85.53	0.00	29.95	0.00	0.00	18.46	0.00	0.00	0.00
冷凝器面积 A_c /m ²	0.00	249.63	0.00	0.00	56.69	0.00	0.00	0.00	40.41
预热器面积 A_p /m ²	4.81		4.81			4.81			
热交换器面积 A_e /m ²	256.90		25.70	198.90		68.60	78.60	169.60	
换热器费用 H_x /万元	264.95	166.21	92.57	143.40	63.42	115.13	78.42	129.29	50.89
能量消耗/万元	158.14	0.00	55.38	0.00	0.00	34.13	0.00	0.00	0.00
设备资金/万元	327.95	366.32	141.85	203.25	150.63	167.97	142.60	201.91	240.28
设备总资金/万元	694.27		495.72			752.76			
目标资金/万元	267.46	122.11	102.66	67.75	50.21	90.12	47.53	67.30	80.09
目标总资金/万元	389.57		220.62			285.05			

3 能耗分析

利用 Matlab 程序对双效、三效、四效进行经济

评估,以总资金的相对值最低为目标,即以总资金为考察变量,以效数为自变量,绘制效数与设备费用、操作费用及全年总费用(TAC)关系图,结果见图 2,

可见其三效精馏总费用最低,经济效益最佳。



1—设备费用;2—操作费用;3—TAC

图2 顺流精馏的效数与费用

确定最佳的工艺为热集成三效精馏工艺后,对采用的热集成技术进行了热量匹配分析。

表2 顺流三效精馏的热集成

项目	顺流三效精馏		
	T1	T2	T3
塔顶压力/kPa	180	78	6
塔顶温度/℃	117	92.8	36.16
塔釜温度/℃	122	106	83
冷凝器负荷/MW	-0.63	-0.65	-0.67
再沸器负荷/MW	0.60	0.60	0.63

从表2中看出,高压塔T1的冷凝器温度为117℃,中压塔的塔釜温度为106℃,温度差为11℃,因此能保障正常换热,高压塔冷凝器热负荷大于中压塔再沸器热负荷,故中压塔塔底再沸器的热量可以完全由高压塔塔顶蒸汽提供。中压塔和低压塔类似,均满足多效精馏的规定。

4 结论

(1)效数增加,冷凝器和再沸器的负荷减少,公用工程能耗减少,节能效果明显。

(2)全年总费用(TAC)既有能耗成本也有年度资金回收成本,效数增加能耗资金减少,但是TAC也增加,综合考虑顺流三效精馏最佳。

(3)效数增加,能耗减低,但此时设备投资随之增加。考虑综合经济效益(装置的总运行费用),研究结果表明,多效精馏工艺中以顺流三效精馏工艺最佳。

参考文献

- [1] 刘利,蒋进元,王俊钧,等.内电解法处理含N,N-二甲基乙酰胺工业废水[J].环境工程学报,2010,4(2):269-272.
- [2] 林泉,朱慎林,戴猷元.溶剂萃取法回收与处理含DMAC废水的研究[J].水处理技术,2002,28(4):196-199.
- [3] 宋珊珊,张林生.N,N-二甲基乙酰胺(DMF)废水处理研究进展[J].2007,20(3):67-70.
- [4] 刘治国.DMF废水资源化无害化处理研究[D].南京:南京工业大学,2005.
- [5] 陈建林.基于遗传算法的多效精馏节能技术研究[D].福州:福州大学,2005.
- [6] 杨德明,郭新连.多效精馏回收DMF工艺的研究[J].计算机与应用化学,2008,25(10):18-21.
- [7] 杨德明,孙磊.多效精馏分离甲醇-水体系的工艺研究[J].石油与天然气化工,2010,39(1):14-17.
- [8] Hilde K Engelién, Sigurd Skogestad. Multi-effect distillation applied to an industrial case study[J]. Chemical Engineering and Processing, 2005, 44(8): 819-826.
- [9] Perry R, Perry. Chemical Engineering Manual[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002. ■

国内最大排量抽稠泵试验成功

日前,由塔河油田采油二厂自主研发的83/44大排量抽稠泵在TH12150井经过试验获得成功。该抽稠泵与地面1000型皮带式抽油机配套,下井深2509m,最大理论排量可达179m³,该井日产混合液145t,日产原油90t,泵效达到100%。

该泵型是在原来改进后70/32大排量抽稠泵的基础上,进一步优化改进,一方面增大上柱塞直径,泵排量较常规70/44抽稠泵提高63%,较70/32大排量泵提高25%;另一方面采取侧向进油思路,降低稠油入泵阻力,提高泵充满程度。在现场试验过程中,技术人员集思广益,多次论证试验方案,进行了大型抽油机-两级杆柱组合-大排量泵的优化组合,83/44大排量泵为目前国内最大排量抽稠泵。

该厂自主研发的83/44大排量抽稠泵,自2013年2月6日,经过在塔河TH12150井近一个月试验确定获得成功。此抽稠泵以其排量大、抗稠油性能高等优势,既为今后该

油田替代120方排量电泵奠定了基础,同时也已成为塔河油田超稠油有杆泵举升工艺技术水平的一大进步。

美研制出可拉伸锂离子电池

美国西北大学和伊利诺伊大学的科研人员日前首次展示了可拉伸的锂离子电池。这种柔性器件能够为创新性电子设备提供动力,真正实现电子装置和电力来源的小型化、延伸性集成。

这款可拉伸电池的功率和电压都与同尺寸的传统锂电池无异,但它的柔韧特性使其能够拉伸至原有尺寸的3倍,而不影响自身的功能和运行,并能在之后恢复至原有大小。新型电池续航能力为8~9h,可无线充电。

近日,高芳烃含量催化柴油加氢转化技术开发与工业应用项目在广州石化正式启动。

该项目是广州石化、抚顺石油化工研究院、洛阳石化工程公司联合承担的中石化“十条龙”科技攻关项目。该项目将依托广州石化加氢二(A)装置,开发催化柴油加氢转化生产高附加值芳烃和/或高辛烷值汽油组分成套技术。