

76-30,75

我国甲醇生产主精馏塔现状分析

张文效 王殿忠
(化工部第二设计院)

70-223. (2/)

摘要 本文简述了我国甲醇工业生产中精馏部分的现状,对我国引进的第一套低压法甲醇装置中的主精馏塔作了介绍和分析,提出了今后主精馏塔优化设计的新课题。

主题词: 甲醇 精馏塔 塔板结构

前 言

甲醇是近年来发展较快的大宗化工产品,1990 年世界总产量约 2000 万吨,年均增长率 3%~4% 左右,我国的甲醇工业也在蓬勃发展,目前共有 50 多个生产厂,年产量 60 多万吨,年均增长率 8%~10%。“八五”期间国家正在规划几个 10 万吨/年和 30 万吨/年级的生产装置,估计今后 10 年,我国的甲醇工业无论是从产量上,还是技术上都会有较大进展,以适应和赶上世界甲醇工业发展的步伐。为此国务院重大办将 10 万吨/年甲醇生产装置列为“八五”攻关项目的一个子项,目前可行性研究正在审查之中,其中除原料气的制造、净化、合成等课题外,甲醇的精馏也是研究的对象。

甲醇精馏是甲醇生产中一个重要的化工单元操作,它关系到产品的质量、环境保护、能耗及成本等。目前仍然是甲醇工业不断研究与开发的课题。英国 ICI 公司近年来对两塔与三塔精馏流程进行了深入的研究,提出了用 Higeec 精馏填充床代替精馏塔的设计,

它既可以强化精馏过程还能减少投资。我国现有甲醇生产装置中精馏部分大体也分两塔和三塔流程。除山东齐鲁二化引进西德 Lurgi 公司 10 万吨/年使用三塔流程外,基本上均采用两塔流程。在两塔流程中主精馏塔的造型也各不相同,正在兴建的从苏联引进的哈尔滨煤气厂的 4 万吨/年装置中选用了改型的筛板塔,50 年代从苏联引进的 2.5 万吨/年装置中选用泡罩塔,国内少数厂选用浮动喷射塔,斜孔板塔,其余绝大多数的厂均选用浮阀塔。所以对浮阀塔的研究与开发是有其实际意义的。关于甲醇精馏装置的操作现状化工部科技研究总院曾作为一个专题进行过调研,结论是主精馏塔排放的残液普遍不符合环保标准,其中甲醇含量一般为 0.5%~2%(重)。因此,从提高产品质量,降低能耗,保护环境出发,有必要对精馏塔进行攻关研究。

我国引进英国 ICI 公司的川维 10 万吨/年生产装置即采用两塔精馏流程,按合同规定产品质量要达到美国标准 AA 级,残液中甲醇含量为 0.05%(重),在目前我国的两塔

精馏流程中是较为先进的技术。假若我们能对川维的精馏装置消化吸收,以此来改进现有的两塔流程,这将是具有现实意义的。化八院在泸天化的6000吨/年甲醇装置中,已做了一部分工作。至于三塔流程人们称它为节能型的,对它的研究与开发当然也是十分必要的。

主精馏塔的结构特点

现就川维主精馏塔的结构分析如下:

川维厂甲醇装置是我国引进的第一套低压法生产装置,采用了英国ICI公司的低压法合成,两塔精馏的技术专利,装置规模为10万吨/年精甲醇,产品质量按合同规定要达到美国AA级标准,残液中甲醇含量 $< 0.05\%$ (重),能耗 $1.78 \times 10^4 \text{ MJ/t}$,同高压法和中压法相比,其指标是较为先进的。

1. 主精馏塔的工艺和结构参数

主精馏塔是甲醇装置中关键设备之一,它的物料进出如图1所示。该塔的结构参数为:

直径: $\phi 2800 \text{ mm}$
 高度: $H 41700 \text{ mm}$
 浮阀规格: 44×44
 板间距: 460 mm
 塔板数: 80层

其中,提馏段1~25层,313个浮阀/层;加料段26~30层,175个浮阀/层,精馏段31~80层,588个浮阀/层,总计80层,39600个浮阀。

该塔的主要操作参数为:

塔顶操作温度: $72 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
 残液温度: $115 \sim 120 \text{ }^\circ\text{C}$
 塔顶压力: $< 0.05 \text{ MPa}$
 塔底压力: $< 0.12 \text{ MPa}$
 回流比: 3.5
 进料口: 30/18层, $75 \sim 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 残液 pH: $7 \sim 8$ 其中甲醇含量 $< 0.05\%$

(W)。

可以看出从塔底到塔顶各层塔板的操作条件(温度、压力)和物料组分与性质(密度、表面张力)等不同,各层塔板上气液负荷也不相同,设计中将塔分为精馏、加料、提馏三段,相应各段塔板数和浮阀数也有所差别。

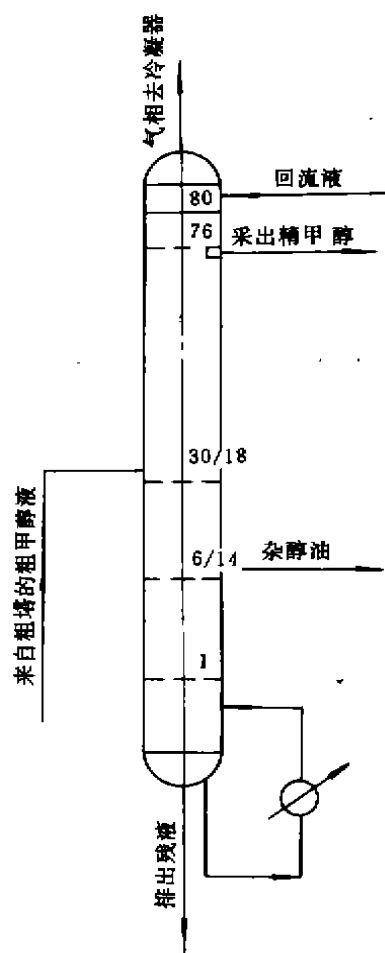


图 1

2. 精馏段塔板的工艺尺寸

根据上面的结构与工艺参数,计算出的精馏段塔板工艺尺寸如图2所示。

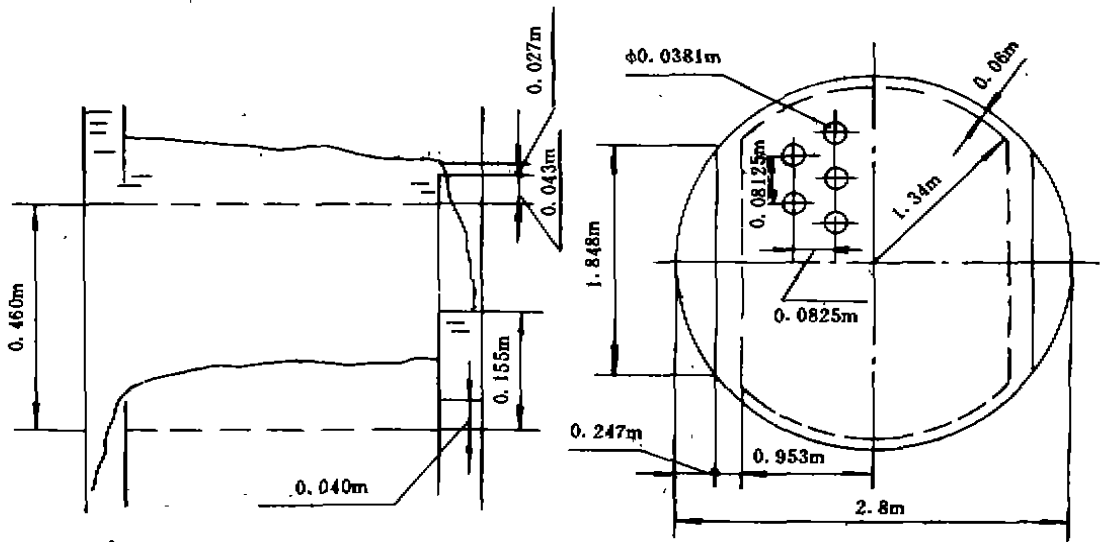


图 2 浮阀塔板结构参数

3. 塔板的负荷性能图

经塔板流体力学验算后,做出的塔板负荷性能图为图 3 所示。

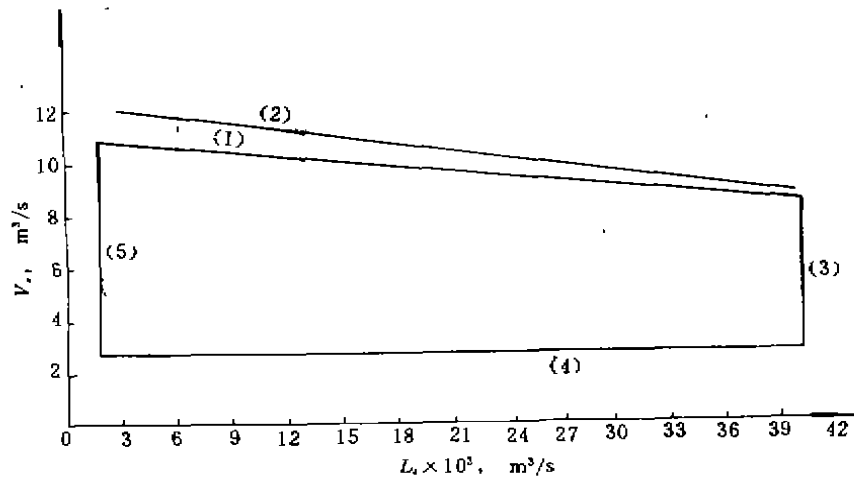


图 3

从图中可以看出:①在适宜的操作区内,塔板的气相负荷上限由雾沫夹带线控制,液泛线位于雾沫夹带线上方。②在规定的

气液负荷操作点 P(设计点)落于操作区的适中位置。③在固定的气液比,由本图查得气相负荷上下限: $V_{g,max} = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$, $V_{g,min} = 2.67 \text{ m}^3/\text{s}$ 。④塔的操作弹性 = 3.67,操作下限 = 35%,处理能力 = 1.27%(以设计点为 100%)。

4. 塔板工艺设计计算结果

塔板工艺设计计算结果见表 1

表 1

序号	项 目	数值及说明	备 注
1	塔径 D , m	2.8	
2	板间距 H_T , m	0.46	
3	塔板形式	单溢流弓形降液管	分块式塔板
4	空塔速度 u , m/s	1.256	
5	堰 长 l_w , m	1.848	
6	外堰高 h_e , m	0.043	
7	板上液压高度 A , m	0.070	
8	降液管底隙高度 h_0 , m	0.040	
9	浮阀数 N , 个	588	等腰三角形叉排
10	阀孔气速 u_0 , m/s	12	
11	阀孔动能因数 F_0	14	
12	临界阀孔气速 u_{0c} , m/s	8.2	
13	孔心距 t , mm	81.28	指同一横排的孔心距
14	排间距 e , mm	82.55	指相邻二横排的中心线距离
15	单板压降 ΔP_s , Pa	550	$1\text{mmH}_2\text{O}=9.8067\text{ Pa}$
16	液体在降液管内停留时间 θ , s	12.1	
17	降液管内清液层高度 H_d , m	0.155	
18	泛点率 %	63	
19	气相负荷上限 $(V_1)_{\max}$, m^3/s	9.8	零沫夹带线控制
20	气相负荷下限 $(V_1)_{\min}$, m^3/s	2.67	泄漏控制

5. 结果

川维厂装置经十几年的运行证明,该装置的生产能力可以达到设计要求,产品质量和各项技术经济指标均可达到合同规定值,设备和仪表运转正常。其中的主精馏塔操作稳定,证明该塔设计是成功的,同国内其它二塔流程中的主精馏塔相比是较为优化的。它为今后主精馏塔的优化设计提供了一个值得参考的生产现场。

同国内现有塔的比较

我国现有 50 多个甲醇生产厂,除齐鲁二化、川维、太化、吉化、兰化、吴泾等几个大厂外,万吨级以下的厂为多数。所以以 5000 吨/年级的主精馏塔作为比较对象。另外为了合

理利用资源,减少环境污染,泸天化兴建了一套年产 6000 吨的甲醇生产装置,这是我国自行设计的第一套低压法工艺,其中的精馏部分选用了两塔流程,设计中考虑了川维工艺的优点。现将这三种主精馏塔几项主要特性比较结果列于表 2 中。

由表 2 中的特性数据可以看出,我国自己设计的精馏塔同引进的 ICI 塔还存在以下差距:①在塔的结构上 ICI 塔考虑了各段负荷的差异,采取了各段塔板上选用不同数量的塔板数的措施,而我们没有采用此项措施,各板浮阀数平均分布。②工艺操作参数泸天化接近 ICI 的条件,而 5000 吨/年装置相差较大。③由于塔板结构参数的不同造成单板压降、操作弹性、负荷性能图等也有差别。④以上三个方面的差别,最终引起塔的分离效

率相差较大,得到的产品分别为一级、二级、三级;排出的残液中甲醇含量分别为 0.05% (W), 0.5% (W), 1% (W)。

由以上分析可以看出,主精馏塔是保证产品质量的关键设备,它的结构和工艺参数的选择合适与否直接影响塔的操作性能的好

坏,决定产品质量的优劣。当然精甲醇产品质量还同粗甲醇的组分有关,5000吨/年装置中由于合成工艺为高压法或联醇工艺,粗甲醇中杂质含量比低压法要高,也影响到最终产品的质量。

表 2 主精馏塔主要特性比较

序号	项 目		川 维	泸 天 化	5000t/a 装置
1	塔结构参数	直径,m	2.8	1.1	0.6
		高,m	41.790	41.000	26.1
		塔板数,层	80	80	76
		塔板间距,m	0.460	0.400	0.300
		每层浮阀数,个/层	分别为 313,475,586	83	22
2	主要工艺参数	塔顶压力,kPa	50	50	5.89
		塔顶温度,℃	72	75	62~64
		塔底压力,MPa	0.12	0.10~0.12	<0.05
		塔底温度,℃	115 120	123	104 110
		入料温度,℃	70 80	80~85	80~90
3*	单板压降,<9.8067Pa		549	392	490
4*	操作弹性		3.67	3.25	2.50
5*	操作下限		35%	67%	35%
6*	处理能力(以设计点为 100%)		127%	225%	130%
7	分离效率	产品等级**	美国 AA 级相当于 GB338-85 一级	GB338-76 一级品	GB338-64 一级品
		残液中甲醇含量	0.05% (重)	0.5% (重)	1% 以上 (重)

* 3~7 项是指精馏塔,泸天化可能设计是 10000—6000t/a,计算中用 6000t/a

** GB338-96 一级品相当于 GB338-85 的二级品,GB338-64 一级品介于 GB338-85 的二级品之间,有些指标还低于二级品。

结 束 语

目前多数甲醇厂面临着提高产品质量,减少环境污染的课题,解决主精馏塔的优化设计是完成这个课题的技术关键之一。今后 10 年我国正准备筹建中型、大型甲醇生产装置,研制优化的精馏塔,将其用计算机模拟放大,用于新建的装置中,将大大推进我国甲醇工业赶超世界先进水平的进程。

参 考 文 献

- [1] 化学经济,30,[5],59(1989).
- [2] 全国化工市场信息网 1989 年信息资料(内部资料).
- [3] 化二院,“八五”国家重大技术装备科技攻关项目可行性研究报告,低压合成甲醇成套设备子项技术攻关可行性研究报告(1990).
- [4] 周正明,C:化学与化工,[3](1989).

【下转第 75 页】

月),但却是比较认真和科学的。因此,可以作为工厂的能量分析的一种标定方法,是化学工程理论和软件在实际工业过程中见诸实效的应用。

参 考 文 献

- [1] 唐宏青,氮肥设计,[2],47(1989).
- [2] 唐宏青等,氮肥设计,[5/6],240(1990).
- [3] 唐宏青等,大氮肥,[5],441(1988).

【上接第 65 页】

造粒机内排除,不给造粒过程带来困难,推荐采用强制通风工艺。将气流速度提高到 1.0~1.2m/s,改善氨化造粒过程的操作条件。

5. 由于管道反应器允许原料磷酸含有较高的固相物,国外资料报道磷酸中允许固相物含量高达 20%。为此在选择磷酸泵及洗涤酸泵时,建议对该因素予以充分的考虑。

6. 管式反应器的主要优点之一是生产强度大,停留时间仅 1 秒钟左右。仪表必须与之匹配。

7. 管式反应器工艺操作十分方便,同时对产品品级的可调性适应性强。一般在生产颗粒状磷酸一铵时,磷酸的中和度(NH_3 :

H_3PO_4 分子比)控制在 0.7 左右;生产粉粒状磷酸一铵时,中和度控制在 0.9~1.01 左右;生产磷酸二铵或磷铵 NPK 时,中和度控制在 1.4~1.5 左右。为了满足生产的要求,在放大设计中需要综合考虑。

参 考 文 献

- [1] 刘国际,“磷铵管式反应器冷模试验研究”,郑州工学院研究生毕业论文(1987).
- [2] Frank P. Achorn 等,“TVA 转鼓氨化造粒机的最新发展”,陈靖宇译(1983).
- [3] 陈明浚、朱士亮,“垂直管内气液两相流流动研究的评述”,郑州工学院学报(1986).

【上接第 80 页】

- [5] 化工部科技研究总院,“甲醇精馏塔”研制专项,1991 年(内部).
- [6] 徐健民,化肥工业,[2],(1990).
- [7] 化二院资料,Ay 341
- [8] 晋安赴川实习队,“四川维尼纶厂甲醇生产实习报告”.

- [9] 化二院,“6000 吨/年装置的调查报告”.
- [10] 染正,“甲醇合成工艺”,(内部).
- [11] 冯元琦,“联醇生产”,(内部).
- [12] 天津大学化工原理教研室编,《化工原理》(下).