

换热器

再沸器

16

如何选择再沸器

67—70, 83

D. L. Love 著 肖强 译 汪洋 校
Love, DL

TQ 051.65

本文就再沸器的应用是选择标准釜式热交换器,还是选择热虹吸式热交换器作了说明,消除了有关的争论。

如何选择再沸器的设计方案取决于几个因素:1. 进料的流动方式及其蒸气的百分比; 2. 进料的粘度; 3. 再沸器送料塔的塔内液面高度。本文关于选择再沸器的说明就是基于这些因素。根据本文的阐述,设计者可将注意力集中在根据现有的工艺物料条件,选择可获得最佳热转换率的再沸器的设计方案上。

标准的釜式热交换器一直是最普遍,最常采用的再沸器设计方案。但是,由于热虹吸式再沸器有投资小、占地少的优点,因此它在单元组化项目中的运用日益普遍。在某些应用场合,选用热虹吸式再沸器并不适宜。如何决定选用立式或卧式热虹吸再沸器,可以参见本文有关说明(图1)。另外,本文还讨论了热虹吸式再沸器管口高度的设计问题。

独特的再沸器

热虹吸式再沸器有两种循环形式:单程式和自然循环式。前者的进料管口高于塔内液面;后者则位于塔的底部。釜式、单程式和强制循环式再沸器等有如一层理论塔盘,而自然循环热虹吸式再沸器则不然。作为补偿,采用自然循环热虹吸式再沸器时,塔内需要增加一至数层塔盘。

自然循环式再沸器受积垢的影响。多组分物料的重质尾部馏分实际上表明再沸器的温度要比塔底出口产品的温度高几度。如果物料有污染的倾向,自然循环热虹吸式再沸器将会形成污垢物的积聚。

不同类型再沸器的比较

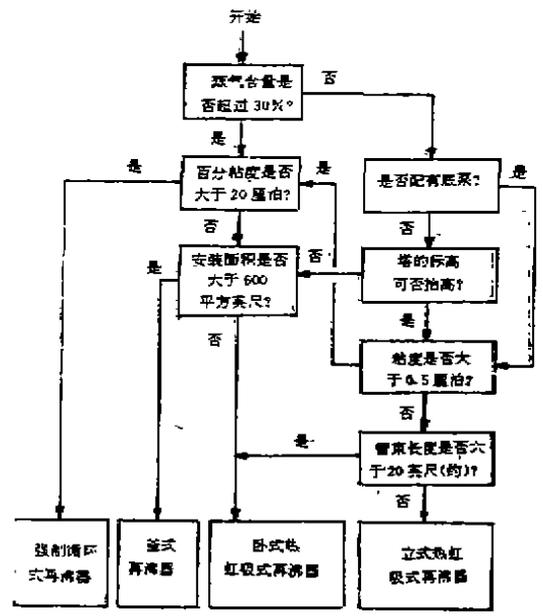


图1 再沸器设计选择依据

选择再沸器的决定程序首先要列出可供选择的各种再沸器的优缺点。除了要考成本因素外,还要比较其他一些因素,从而找出一种最适合工艺进料条件的、使用寿命长的再沸器。图2为可供选择的常用再沸器。其中包括:标准釜式再沸器;立式热虹吸式再沸器,单程循环;立式热虹吸式再沸器,自然循环;卧式热虹吸式再沸器,单程循环;卧式热虹吸再沸器,自然循环;强制循环式再沸器。

列出以上各种再沸器的优缺点可以进一步地简化选择程序。表1比较了这六种再沸器的成本、维修、蒸气载荷和进料粘度。概括起来形成下列三种结论:

1. 相当于一层理论塔板的是：
釜式再沸器；立式单程式再沸器；卧式单程再沸器；强制循环式再沸器。
2. 按投资大小来分类：
强制循环式再沸器一般投资最大；其次为釜式再沸器；热虹吸式再沸器投资最少。
3. 对于高粘度或含有固体颗粒的液态物料，要选用强制循环式再沸器。如果物料粘度不是太大，则可采用立式单程式再沸器。

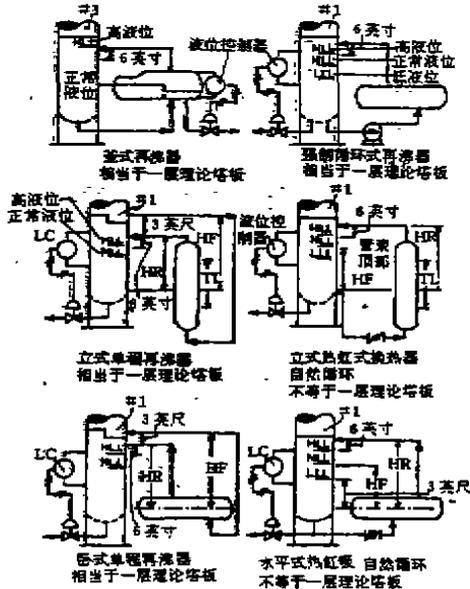


图2 再沸器设计

附注：HLL，高液位；NLL，正常液位；LLL，低液位；LC，液位控制器；HRR，回流嘴高度；HP，进料嘴高度

物流形式根据热虹吸式再沸器的气化率而定

对于回流线的垂直流动来说，随着蒸气百分数的增加，物流形式依次作泡状流动、粘滞流动、环状流动或雾状流动。大多数热虹吸式再沸器设计采用粘滞流动(有如咖啡壶的沸腾状态)。随着蒸气百分数的加大，流动形式成为环状或雾状流动。更多的蒸气量减弱了渗滤式反应。结果，蒸气得以更无阻碍地连续地通过。雾状流动降低了传热系数。大

表1 再沸器比较

型式	优点	缺点
釜式	相当于一层理论塔板 便于检修 便于蒸气分离 裙座低 可处理粘度大于0.5厘泊的物料 易于控制 对蒸气负载无限制	需要额外的管线和占地面积过大 投资大 物料杂质多时易结垢 在热区停留时间长使某些液料有降解倾向 在再沸器缓冲区的停留时间短
立式单程	相当于一层理论塔板 管线简单、紧凑 不易结垢 比釜式投资少	检修困难 裙座高 不能控制循环量 可控性中等
立式自然循环	可控制性能良好 管线简单紧凑 比釜式投资少	不等于一层理论塔板 进料管线中高沸点组份积聚也就是说，温度比塔底要稍高一点。 如果液位比设计液位高出太多，可能造成再沸器能力下降 更易结垢 难于检修 裙座高
卧式单程	相当于一层理论塔板 管线简单紧凑 不易结垢 比立式裙座低 比立式压降低 可有较长管束 检修方便 比釜式投资少	没有循环操作 可操作性中等 裙座高
卧式自然循环	检修方便 比立式裙座低 比立式压降低 可能有较长的管束 比釜式投资少	不等于一层理论塔板 比立式增加额外的空间和管线 进料管线中高沸点组份积聚也就是说，温度要比塔底稍高
强制循环	相当于一层理论塔板 可处理高粘度和固态物质含量高的液体物料 循环量可予控制 传热系数较高	投资最高，有附加管线和泵 操作费用高 需要增加工厂场地

多数设计师将气化率人为地规定为最多不超过大约30%(重),以避免在热虹吸式再沸器中出现雾状流动。釜式和强制循环式再沸器对于可能气化的液态物料的数量则没有限制。

作热虹吸式和非热虹吸式再沸器的对比时,另一需要考虑的方面为:是否可资利用塔的高位能以及底泵对于净吸入压头的要求。如果采用底泵,则以液柱高度计量的泵净吸入压头的要求可能会决定塔的液位高度的设计。如果不采用泵,那么塔的高程须予提高使能产生热虹吸式再沸器所需驱动力的高度。

粘度的限制

如果气化率低于30%,并且要选用立式热虹吸式再沸器,那么物料的粘度应该低于约0.50厘泊。否则,垂直管束中将出现流动困难。物料粘度大于0.50厘泊时,卧式热虹吸再沸器要优于立式热虹吸再沸器。

塔的高程

对于自然循环热虹吸式再沸器,塔的高程应足以克服进料管线、换热器和回流管线造成的压降。出于安全上的考虑,保守的设计都有很高的液位高度。过高的液位高度对换热器的操作可能是不利的。对于自然循环立式热交换器,经验设计方法中将管束顶部定在最低的设计液位高度上(LLL)。对于卧式换热器来说,LLL要比再沸器管束中心线高出三英尺。

液面高度

如果立式热交换器的液位压头加大,液体压头将使管束中的液面提高。由于管束中液体压头较高,对流传热占主导地位,同时泡核沸腾现象消失。由于泡核沸腾的液膜传热系数较高,随着管束中液面的提高,总传热系数将降低。

选择

通常在立式换热器的进口管线上要配置蝶阀(或其类似的阀),用来抵消过高的液位高度,但是必须非常注意,要防止限制物料的流动和在塔底出现液泛现象。

另外,如果液位太低,气化将加剧,物流形式可能变为雾状流动,从而降低传热系数。卧式热虹吸式热交换器的液位高度与立式的一样,也有一个有效的范围。但较不明显。

由于液体压头在总压差中占有很高的比例,因此,较低的塔压对液体压头的影响很大。较低的塔压使得气化率也较低,可为再沸器接受。根据经验法则,压力低于50磅/平方英寸(表压)时,热虹吸式再沸器推荐的最高气化率为15%。对于减压操作,很少推荐采用立式热虹吸式再沸器。

自然循环式与单程式再沸器

自然循环式再沸器的优点是液位高度可以较低。

作为一项规则,自然循环式再沸器的进料密度与混合物密度之比不能小于10.0。因此,在大多数情况下,单程式是最值得采用的方案。

改变气化率

即使初始气化率超过30%,自然循环热虹吸式再沸器仍可用来自代替釜式再沸器。通过增加再沸器循环进料中的重组分数,可以减少再沸器的蒸气百分数。换句话说,可以将再沸器出口处的液料与来自底层塔盘的液料相混合,再循环至再沸器,从而降低蒸气压力。

从再沸器出来的蒸气数量、组分和出口温度是不变的。再沸器出口的液料将保持相同的组分,但其数量将取决于循环量,且有所变化。将出口液料打回到再沸器的进料中去,可以改变进料的组分和数量。改变再循环物料的数量,可以提高再沸器进料的温度,同时

保持再沸器的负荷和出口温度。

在气化率较低的情况下,采用自然通风热虹吸再沸器来代替釜式再沸器,可以降低投资,减少占地面积。

再沸器的选择程序

图 1 为关于再沸器选择程序的示意图。蒸气量超过 30% 时,不推荐采用热虹吸式再沸器。采用卧式还是采用立式热虹吸式再沸器,主要取决于物料的粘度,以及可资利用的液面高程。

回流管口的位置

采用釜式或热虹吸式再沸器时,回流管口的位置对于再沸器的操作来说至关重要。如果液位高达到回流管口的位置,则再沸器将停止工作。回流管口应至少比设计中估计的最高液位(HLL)高出 6 英寸。

塔底的液位高度取决于预期的停留时间。推荐的停留时间为:

正常液位(NLL): 2—3 分钟

最高液位(HLL): 比正常液位延长 1—2 分钟,或至少比 NLL 高 6 英寸。

低液位(LL): 比 NLL 缩短 1—2 分钟,或至少比 NLL 低 6 英寸。

如果装有泵,低液位时应有足够的高程(包括泵中心线以上的裙座高度)以获得所需的净吸入压头,另外加上 1—2 英尺的安全系数。

回流管口至塔底的高度(H_R)可用下列公式计算:

$$H_R = 0.5 + (\text{加仑/分} \times (T_{NL}) \times 24.512) / D^2 \quad \text{..... (1)}$$

其中:

T_{NL} 为正常液位(NLL)时的停留时间(分),通常为 3.0 分钟;

T_{HL} 为高液位和正常液位之间的缓冲时间(分),通常为 1.5 分钟;

D 为塔内径(英寸)

当 T_{NL} 为 3.0, T_{HL} 为 1.5 时,回流管口高

度可用下列公式计算:

$$H_R = 0.5 + (\text{加仑/分} \times 110.3) / D^2 \quad \text{..... (2)}$$

再沸器进料管口的位置

釜式、自然循环热虹吸式和强制进料式再沸器的进料管口位于塔的底部。塔内驱动力为液面高度。在设计中,应采用低液位高度来确定再沸器的高程。

单程式再沸器的进料管口应高于液面和回流管口高度。在其设计中,进料管口和回流管口之间的高度差通常至少为三英尺。这个高度差一般是根据回流管口上方气液良好分离的物理性能要求来设计的。进料管口(或液面高度)与回流管口之间的高度差是物料通过再沸器的驱动压头。

自然循环所需的压头或单程式再沸器的进料管口位置一般采用下列公式来计算:

$$H_F = S_F \times 144 \times (PD_F + PD_E + PD_R) + \text{回流管口高程的势能} / (6F - 6M) \quad \text{..... (3)}$$

其中:

S_F 为安全系数,通常为 2.0;

PD_F 为热交换器压降,不超过 0.50 磅/平方英寸;

PD_R 为回流压降;

F 为进料密度(磅/立方英尺)

$6f, 6v$ 分别为液料和蒸气的密度(磅/立方英尺);

$6M$ 为混合回流密度(磅/立方英尺)

而且: $6M = 100 / (\% \text{液料} / 6f \pm \text{蒸气} / 6v)$

$$\text{..... (4)}$$

卧式热虹吸式再沸器

卧式单程热虹吸式再沸器的回流管口至少要比高液位高 6 英寸。单程式再沸器的进料管口应至少比回流管口高 3 英尺。自然循环式再沸器的液位压头应以所希望的最低液位高度为基准,并且至少比再沸器的中心线(下转第 83 页)

都有100~1000个单位电势,给水就是被送入这些交错叠置的薄膜室中。应用直流电可以将阳离子吸引到阴极上,而将阴离子吸引到阳极上。这样就交替地生产出浓缩了的(含杂质较多的)水和纯净的水,后者供重复使用。

单级装置可提供50%浓缩了的水和50%纯净的水。通常,用2~6级系列装置提高纯净水质量,并减少浓缩水。

一小时之内,要改变几次直流电的极性,以达到清洁、去垢的效果。这样可阻止溶解的盐和金属聚积在阴极和阳极上,而不需使用大量的酸或络合剂。

生产水的重复使用

因工艺水流的类别多种多样而且变化多端,个别工艺水流在炼厂用水总量中所占的百分比又很小,所以在考虑工艺水再利用方案时,趋向于将其放在炼厂总用水量一起进行平衡和考察。

一个完整的炼油厂水流重复使用计划需要了解各种生产水流和其杂质。针对这些杂质已提出了建议进行处理,以保证它们的含量可以减少到一个可以接受的范围之内。

[摘译自《油气杂志》Vol90 No40 1992年10月]

(上接第70页)高1英尺。卧式单程热虹吸式再沸器所需的液位压头($H_F - H_R$)可用下列公式计算:

$$\text{高度差} = [\text{SF} \times 144 \times (\text{PD}_F + \text{PD}_E + \text{PD}_R) + H_R(6M - 6F)] / 6F \quad (5)$$

进料管口位置计算公式为:

$$H_F = H_R + \text{高度差} \quad (6)$$

立式自然循环热虹吸式再沸器

立式自然循环热虹吸式再沸器的管板的顶部应位于塔内最低设计液位高度上(参见图2),以便在任何时候都能保持再沸器的液位压头。回流管口应至少比塔内最高设计液位高度高6英寸。液位高度由液料停留时间来确定。

立式自然循环热虹吸再沸器所需的液位压头可用下列公式来计算

$$\text{高度差} = [\text{SF} \times 144 \times (\text{PD}_F + \text{PD}_E + \text{PD}_R) + 6M \times (0.5 + \text{HLL} - \text{LLL}) + \text{TL}(6 \text{平均值} - 6F)] / 6F \quad (7)$$

其中:

高度差 = $\text{NLL} - \text{LLL}$ 或管束顶部以上的液料高度 (8)

$$6 \text{平均值} = (6F + 6M) / 2 \quad (9)$$

立式再沸器的回流管口高度 H_R 用公式1来计算:

$$H_R = 0.5 + [\text{加仑/分} \times (\text{T}_{\text{NL}} + \text{T}_{\text{ML}}) \times 24.512] / D^2 \quad (1)$$

单程立式热虹吸式再沸器

单程热虹吸式再沸器的出料管口通常直接与塔的回流管口连接在一起。不考虑出口管线的压降或回流线的势能,可将公式7简化为:

$$\text{高度差} = \text{SF} \times 144 \times (\text{PD}_E + \text{PD}_F) + \text{TL}(6 \text{平均值} - 6F) \quad (10)$$

其中:高度差 = $H_F - H_R$

最低进料管口位置用下列公式计算:

$$H_{\text{FM}} = H_R + 3.0 \quad (11)$$

设计进料管口位置取 H_F (公式10) 和 H_{FM} (公式11) 的较大值。

(原文尚有示例,从略——编者注)

[摘译自《烃加工》1992年10月号]