

《化工原理》课程设计

水吸收氨气过程填料塔的设计

学 院 _____
专 业 _____ 制药工程 _____
班 级 _____
姓 名 _____
学 号 _____
指导教师 _____

2013 年 1 月 15 日

目 录

设计任务书.....	4
第一节 前言.....	3
1.1 填料塔的有关介绍.....	4
1.2 塔内填料的有关介绍.....	错误！未定义书签。
第二节 填料塔主体设计方案的确定.....	5
2.1 装置流程的确定.....	5
2.2 吸收剂的选择.....	5
2.3 填料的类型与选择.....	7
2.4 液相物性数据.....	6
2.5 气相物性数据.....	8
2.6 气液相平衡数据.....	7
2.7 物料衡算.....	7
第三节 填料塔工艺尺寸的计算.....	8
3.1 塔径的计算.....	8
3.2 填料层高度的计算及分段.....	9
3.2.1 传质单元数的计算.....	10
3.2.2 传质单元高度的计算.....	10
3.2.3 填料层的分段.....	11
第四节 填料层压降的计算.....	12
第五节 填料塔内件的类型及设计.....	13
第六节 填料塔液体分布器的简要设计.....	13
参考文献	15
对本设计的评述及心得.....	15
附表:	
附表 1 填料塔设计结果一览表.....	15
附表 2 填料塔设计数据一览.....	15
附件一: 塔设备流程图.....	17

设计任务书

(一)、设计题目：水吸收氨气过程填料吸收塔的设计

试设计一座填料吸收塔，用于脱除混于空气中的氨气。混合气体的处理量为 7500 m³/h, 其中含氨气为 5% (体积分数), 要求塔顶排放气体中含氨低于 0.02% (体积分数)。采用清水进行吸收, 吸收剂的用量为最小用量的 1.5 倍。

(二)、操作条件

(1) 操作压力 常压

(2) 操作温度 20℃.

(三) 填料类型

选用聚丙烯阶梯环填料, 填料规格自选。

(四) 工作日

每年 300 天, 每天 24 小时连续进行。

(五) 厂址

厂址为衡阳地区

(六) 设计内容

1. 吸收塔的物料衡算;
2. 吸收塔的工艺尺寸计算;
3. 填料层压降的计算;
4. 液体分布器简要设计
5. 吸收塔接管尺寸计算;
6. 绘制吸收塔设计条件图;
7. 对设计过程的评述和有关问题的讨论。

(七) 操作条件

20℃氨气在水中的溶解度系数为 $H=0.725\text{kmol}/(\text{m}^3\cdot\text{kPa})$ 。

第一节 前言

1.1 填料塔的有关介绍

填料塔洗涤吸收净化工艺不单应用在化工领域 ,在低浓度工业废气净化方面也能很好地发挥作用。工程实践表明 ,合理的系统工艺和塔体设计 ,是保证净化效果的前提。本文简述聚丙烯阶梯填料应用于水吸收氨过程的工艺设计以及工程问题。

填料塔是以塔内的填料作为气液两相间接接触构件的传质设备,它是化工类企业中最常用的气液传质设备之一。

填料塔的主体结构如下图所示:

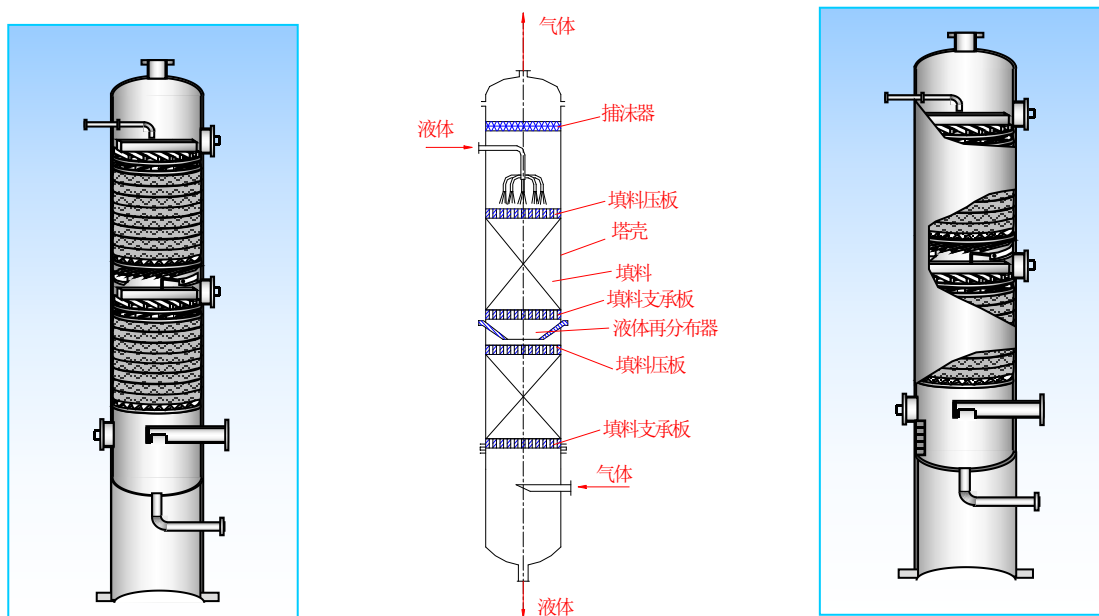


图 1 填料塔结构图

填料塔不但结构简单,且流体通过填料层的压降较小,易于用耐腐蚀材料制造,所以它特别适用于处理量小、有腐蚀性的物料及要求压降小的场合。液体自塔顶经液体分布器喷洒于填料顶部,并在填料的表面呈膜状流下,气体从塔底的气体口送入,流过填料的空隙,在填料层中与液体逆流接触进行传质。因气液两相组成沿塔高连续变化,所以填料塔属于连续接触式的气液传质设备。

1.2 塔内填料的有关介绍

聚丙烯材质填料作为塔填料的重要一类,在化工上应用较为广泛,与其他材质的填料相比,聚丙烯填料具有质轻、价廉、耐蚀、不易破碎及加工方便等优点,但其明显的缺点是表面润湿性能差。研究表明,聚丙烯填料的有效润湿面积仅为同类规格陶瓷填料

的 40 %，由于聚丙烯填料表面润湿性能差，故传质效率较低，使应用受到一定的限制。

聚丙烯阶梯环填料为外径是高度的两倍的圆环，在侧壁上开出两排长方形的窗孔，并在一端增加了一个锥形翻边，被切开的环壁的一侧仍与壁面相连，另一侧向环内弯曲，形成内伸的舌叶，各舌叶的侧边在环中心相搭。鲍尔环由于环壁开孔，大大提高了环内空间及环内表面的利用率，气流阻力小，液体分布均匀。阶梯环与鲍尔环相比，其高度减少了一半，并在一端增加了一个锥形翻边。

聚丙烯阶梯环的结构图如下：

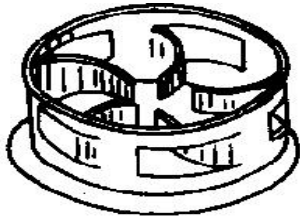


图 2 聚丙烯阶梯环结构图

第二节 精馏塔主体设计方案的确定

2.1 装置流程的确定

本次设计采用逆流操作：气相自塔底进入由塔顶排出，液相自塔顶进入由塔底排出，即逆流操作。

逆流操作的特点是：传质平均推动力大，传质速率快，分离效率高，吸收剂利用率高。工业生产中多采用逆流操作。

2.2 吸收剂的选择

因为用水做吸收剂，故采用纯溶剂。

表 1 工业常用吸收剂

溶质	溶剂	溶质	溶剂
氨	水、硫酸	丙酮蒸汽	水
氯化氢	水	二氧化碳	水、碱液
二氧化硫	水	硫化氢	碱液、有机溶剂
苯蒸汽	煤油、洗油	一氧化碳	铜氨液

2.3 填料的类型与选择

填料的种类很多，根据装填方式的不同，可分为散装填料和规整填料两大类。本次采用散装填料。

工业塔常用的散装填料主要有 Dn16\Dn25\Dn38\ Dn50\Dn76 等几种规格。同类填料，尺寸越小，分离效率越高，但阻力增加，通量减小，填料费用也增加很多。而大尺寸的填料应用于小直径塔中，又会产生液体分布不良及严重的壁流，使塔的分离效率降低。因此，对塔径与填料尺寸的比值要有一规定。

常用填料塔径与填料公称直径比值 D/d 的推荐值列于下表。

表 2：常用填料的 D/d 的推荐值

填料种类	D/d 的推荐值
拉西环	$D/d \geq 20 \sim 30$
鞍形环	$D/d \geq 15$
鲍尔环	$D/d \geq 10 \sim 15$
阶梯环	$D/d > 8$
环矩鞍	$D/d > 8$

工业上，填料的材质分为陶瓷、金属和塑料三大类。聚丙烯阶梯环即为塑料类填料。聚丙烯填料在低温（低于 0 度）时具有冷脆性，在低于 0 度的条件下使用要慎重，可选耐低温性能良好的聚氯乙烯填料。

本方案选用聚丙烯阶梯环作为填料设计填料塔，规格为 50mm×25 mm×1.5 mm，其主要参数如下：

表 3：聚丙烯阶梯环的特性数据

填料类型	公称直径 DN/mm	外径×高/壁厚	比表面积 a_t (m^2/m^3)	空隙率/%	个数 n/m^3	堆积密度 (kg/m^3)	干填料因子 m^{-1}
塑料阶梯环	50	50×25×1.5	114.2	92.7	10740	5408	143

2.4 液相物性数据

对低浓度吸收过程，溶液的物性数据可近似取纯水的物性数据。由手册查得 20 °C 水的有关物性数据如下：

1. $\rho_L = 998.2 kg / m^3$
2. 黏度： $\mu_L = 0.001 pa \bullet s = 3.6 kg / (m \bullet h)$

3. 表面张力为: $\sigma_z = 72.6 \text{ dyn/cm} = 940896 \text{ kg/h}^2$
4. $20^\circ\text{C } \text{NH}_3 : H = 0.725 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{kPa}$
5. $20^\circ\text{C } \text{NH}_3 : D_L = 7.34 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$
6. $20^\circ\text{C } \text{NH}_3 : D_V = 0.225 \text{ cm}^2/\text{s} = 0.081 \text{ m}^2/\text{h}$

2.5 气相物性数据

1. 混合气体的平均摩尔质量为:

$$M_{vm} = \sum y_i m_i = 0.05 \times 17.0304 + 0.95 \times 29 = 28.4015 \quad (2-1)$$

2. 混合气体的平均密度为:

$$\text{由 } \rho_{vm} = \frac{PM_{vm}}{RT} = \frac{101.3 \times 28.4015}{8.314 \times 293} = 1.1761 \text{ kg/m}^3 \quad (2-2)$$

$$R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

3. 混合气体黏度可近似取为空气黏度。查手册得 20°C 时, 空气的黏度

$$\mu_v = 1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 6516 \times 10^{-5} \text{ kg/(m} \cdot \text{h)}$$

$$\text{注: } 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg/(s}^2 \cdot \text{m)} \quad 1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$$

2.6 气液相平衡数据

由手册查得, 常压下, 20°C 时, NH_3 在水中的亨利系数为 $E = 76.3 \text{ kPa}$

20°C 时, NH_3 在水中的溶解度: $H = 0.725 \text{ kmol/m}$

$$\text{相平衡常数: } m = \frac{E}{P} = 0.7532 \quad (2-3)$$

$$\begin{aligned} \text{溶解度系数: } H &= \frac{\rho_L}{EM_s} = 998.2 / (76.3 \times 18.02) \\ &= 0.726 \text{ kmol/kPa} \cdot \text{m}^3 \end{aligned} \quad (2-4)$$

2.7 物料衡算

1. 进塔气相摩尔比为

$$Y_1 = \frac{y_1}{1 - y_1} = \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.05263 \quad (2-5)$$

2. 出塔气相摩尔比为

$$Y_2 = Y_1(1 - \varphi_A) = 0.05263 \times (1 - 0.996) = 0.002105 \quad (2-6)$$

$$3. \text{ 进塔惰性气体流量: } V = \frac{7500}{22.4} \times \frac{273}{273+20} (1-0.05) = 296.383 \text{ kmol/h} \quad (2-7)$$

因为该吸收过程为低浓度吸收，平衡关系为直线，最小液气比按下式计算。即：

$$\left(\frac{L}{V}\right)_{\min} = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1/m - X_2} \quad (2-8)$$

因为是纯溶剂吸收过程，进塔液相组成 $X_2 = 0$

$$\text{所以 } \left(\frac{L}{V}\right)_{\min} = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1/m - X_2} = \frac{0.05263 - 0.002105}{0.05263/0.7532} = 0.7229$$

$$\text{选择操作液气比为 } \frac{L}{V} = 1.5 \left(\frac{L}{V}\right)_{\min} = 1.0844 \quad (2-9)$$

吸收剂用量： $L = 1.0844 \times 296.383 = 321.398 \text{ kmol/h}$

因为 $V(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2)$ 故 $X_1 = 0.04659$

第三节 填料塔工艺尺寸的计算

填料塔工艺尺寸的计算包括塔径的计算、填料层高度的计算及分段

3.1 塔径的计算

1. 空塔气速的确定——泛点气速法

对于散装填料，其泛点率的经验值 $u/u_f = 0.5 \sim 0.85$

根据贝恩（Bain）—霍根（Hougen）关联式，即：

$$\lg \left[\frac{u_F^2}{g} \left(\frac{a_L}{\varepsilon^3} \right) \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right) \mu_L^{0.2} \right] = A - K \left(\frac{w_L}{w_V} \right)^{1/4} \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right)^{1/8} \quad (3-1)$$

$$\text{即: } \lg \left[\frac{u_F^2}{9.81} \left(\frac{11402}{0.927^3} \right) \left(\frac{1.1836}{998.2} \right) 0.001^{0.2} \right] = 0.204 - 1.75 \left(\frac{5791.592}{8861.415} \right)^{1/4} \left(\frac{1.1836}{998.2} \right)^{1/8}$$

解得： $u_F = 8.785 \text{ m/s}$

其中：

u_F ——泛点气速， m/s ；

g ——重力加速度， 9.81 m/s^2

a_t -- 填料总比表面积, m^2 / m^3

ε -- 填料层空隙率 m^3 / m^3

$\rho_L = 998.2 kg / m^3$ 液相密度。

$\rho_V = 1.1836 kg / m^3$ 气相密度

$W_L = 5791.592 kg/h$ $W_V = 8861.415 kg/h$

$A = 0.204$; $K = 1.75$;

取 $u/u_F = 0.7$ $u = 6.150 m/s$

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi u}} = \sqrt{\frac{4 \times 7500}{3.14 \times 6.150 \times 3600}} = 0.6569 m \quad (3-2)$$

圆整塔径后 $D = 0.7 m$

1. 泛点速率校核: $u = \frac{7500}{0.785 \times 0.7^2 \times 3600} = 5.416 m/s$

$$\frac{u}{u_F} = \frac{5.416}{8.785} = 0.617$$

则 $\frac{u}{u_F}$ 在允许范围内

2. 根据填料规格校核: $D/d = 700/50 = 14 > 8$, 根据表 2 可知符合要求

3. 液体喷淋密度的校核:

(1) 填料塔的液体喷淋密度是指单位时间、单位塔截面上液体的喷淋量。

(2) 最小润湿速率是指在塔的截面上, 单位长度的填料周边的最小液体体积流量。

对于直径不超过 75mm 的散装填料, 可取最小润湿速率 $(L_w)_{\min}$ 为 $0.08 m^3 / (m \cdot h)$ 。

$$U_{\min} = (L_w)_{\min} a_t = 0.08 \times 114.2 = 9.136 m^3 / (m^2 \cdot h) \quad (3-3)$$

$$U = \frac{w_L}{\rho_L \times 0.785 \times D^2} = \frac{5791.592}{998.2 \times 0.785 \times 0.7^2} = 15.08 m^3 / (m^2 \cdot h) > U_{\min} = 9.136$$

(3-4)

经过以上校验, 填料塔直径设计为 $D = 700 mm$ 合理。

3.2 填料层高度的计算及分段

$$Y_1^* = mX_1 = 0.04659 \times 0.7532 = 0.0351 \quad (3-5)$$

$$Y_2^* = mX_2 = 0 \quad (3-6)$$

3.2.1 传质单元数的计算

用对数平均推动力法求传质单元数

$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_M} \quad (3-7)$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_M &= \frac{(Y_1 - Y_1^*) - (Y_2 - Y_2^*)}{\ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}} \\ &= \frac{0.05263 - 0.0351 - 0.002105}{\ln \frac{0.01756}{0.002105}} \end{aligned} \quad (3-8)$$

$$= 0.007286$$

$$\text{则: } N_{OG} = \frac{0.05263 - 0.002105}{0.007286} = 6.93$$

3.2.2 传质单元高度的计算

气相总传质单元高度采用修正的恩田关联式计算:

$$\frac{a_w}{a_t} = 1 - \exp \left\{ -1.45 \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_L} \right)^{0.75} \left(\frac{U_L}{a_t \mu_L} \right)^{0.1} \left(\frac{U_L^2 a_t}{\rho_L^2 g} \right)^{-0.05} \left(U_L^2 / \rho_L \sigma_L a_t \right)^{0.2} \right\} \quad (3-9)$$

$$\text{即: } a_w / a_t = 0.4062 \quad \text{则 } a_w = 46.387$$

$$\text{液体质量通量为: } U_L = 5791.592 / (0.785 \times 0.7^2) = 15056.78 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

$$\text{气体质量通量为: } u_v = 8861.415 / (0.785 \times 0.7^2) = 23037.61 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

气膜吸收系数由下式计算:

$$k_G = 0.237 \left(\frac{U_v}{a_t \mu_v} \right)^{0.7} \left(\frac{\mu_v}{\rho_v \cdot D_v} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{a_t \cdot D_v}{RT} \right) \quad (3-10)$$

$$\text{代入数据解得: } k_G = 0.2197 \text{ m/s}$$

液膜吸收数据由下式计算:

$$K_L = 0.0095 \left(\frac{U_L}{a_w \mu_L} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu_L}{\rho_L D_L} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{\mu_L g}{\rho_L} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3-11)$$

代入数据解得： $K_L=0.6137 \text{ m/s}$

查表可知， $\psi=1.45$

$$K_G a = K_G a_w \psi^{1.1} = 0.2197 \times 46.387 \times 1.45^{1.1} = 15.34 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}) \quad (3-12)$$

$$K_L a = K_L a_w \psi^{0.4} = 0.6137 \times 46.387 \times 1.45^{0.4} = 33.03 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}) \quad (3-13)$$

因为： $u/u_F = 0.621$

所以需要以下式进行校正：

$$k'_G a = \left[1 + 9.5 \left(\frac{u}{u_F} - 0.5 \right)^{1.4} \right] k_G \cdot a \quad (3-14)$$

代入数据解得： $k'_G \cdot a = 22.92 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa})$

$$k'_L a = \left[1 + 2.6 \left(\frac{u}{u_F} - 0.5 \right)^{2.2} \right] k_L a \quad (3-15)$$

代入数据解得： $k'_L a = 36.04 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa})$

$$K_G a = \frac{1}{\frac{1}{k'_G a} + \frac{1}{H k'_L a}} \quad (3-16)$$

代入数据解得： $K_G a = 12.21 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa})$

$$H_{OG} = \frac{V}{K_G a \Omega} = \frac{V}{K_G a P \Omega} \quad (3-17)$$

代入数据解得： $H_{OG} = 0.623 \text{ m}$

$$Z = H_{OG} N_{OG} = 0.623 \times 12.21 = 4.317 \text{ m} \quad (3-18)$$

取上下活动系数为 1.5，

则 $Z' = 1.5 \times 4.317 = 6.476 \text{ m}$

3.2.3 填料层的分段

对于阶梯环散装填料的分段高度推荐值为 $h/D=8\sim 15$ 。

$h=8 \times 700 \sim 15 \times 700 = 5.6 \sim 10.5 \text{ m}$

计算得填料层高度为 7 m ，故不需分段

第四节 填料层压降的计算

根据 Eckert 图(通用压降关联图), 将操作气速 u 代替纵坐标中的 u_F 查表, Dn 50mm 聚丙烯阶梯环的压降填料因子 $\phi = 143$ 代替纵坐标中的 ϕ_p .

则纵标值为:

$$\frac{u_F^2 \phi_p \psi}{g} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_L} \cdot \mu_L^{0.2} = 0.1642 \quad (3-19)$$

$$\text{横坐标为: } \frac{W_L}{W_v} \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right)^{0.5} = 0.0225 \quad (3-20)$$

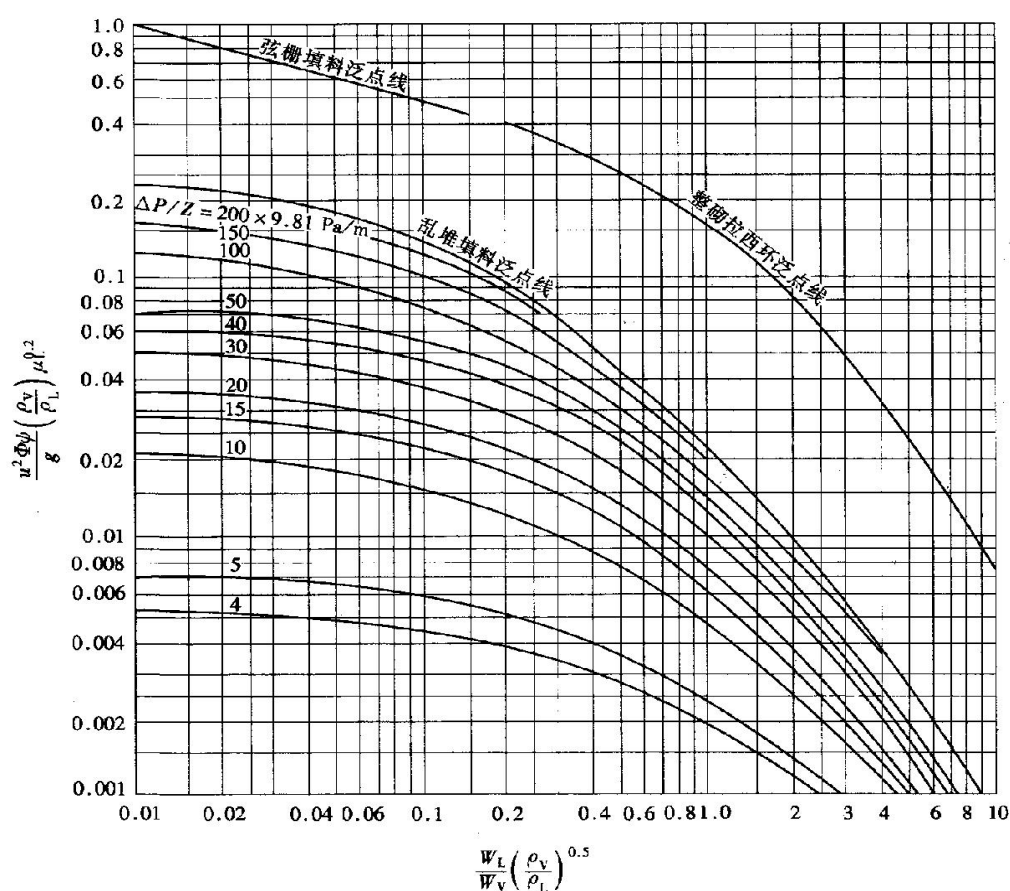


图 3: 通用压降关联图

查图得:

$$\frac{\Delta P}{\Delta Z} = 150 \times 9.81 = 1471.5 \text{ Pa/m} \quad (3-21)$$

则:全塔填料层压降 $\Delta P = 1471.5 \times 7 = 10300.5 \text{ Pa}$

至此, 吸收塔的物质衡算、塔径、填料层高度及填料层压降均已算出。

第五节 填料塔液体分布器的简要设计

5.1 液体分布器设计的基本要求：

(1) 液体分布均匀；(2) 操作弹性大；(3) 自由截面积大；(4) 其他

本设计任务液相负荷不大，可选用排管式液体分布器；且填料层不高，可不设液体再分布器。

5.2 分布点密度计算

按 Eckert 建议值, $D=700\text{mm}$ 时, 喷淋点密度为 $265 \text{ 点}/\text{m}^2$ 。本设计的塔径为 700mm , 根据需要取喷淋点密度为 $265 \text{ 点}/\text{m}^2$

布液点数为: $n=0.785 \times 0.7^2 \times 265 = 101.9 \approx 102 \text{ 点}$

第六节 吸收塔的主要接管尺寸的计算

6.1 气体进料管

由于常压下塔气体进出口管气速可取 $12 \sim 20 \text{ m/s}$, 故若取气体进出口流速近似为 18m/s , 则由公式 $q_v = \frac{\pi}{4} d^2 u$ 可求得气体进出口内径为

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi u}} = \sqrt{\frac{7500/3600}{0.785 \times 19}} = 0.374\text{mm}$$

采用直管进料, 由附表查得

选择 $\Phi 402\text{mm} \times 9\text{mm}$ 热轧无缝钢管, 则

$$u' = \frac{4q_v}{\pi d^2} = \frac{7500/3600}{0.785 \times (0.402 - 0.009 \times 2)^2} = 18.0\text{m/s} \quad (\text{在符合范围内})$$

气体进出口压降:

$$\text{进口: } \Delta p_1 = \frac{1}{2} \rho u^2 = \frac{1}{2} \times 1.1836 \times 18.0^2 = 191.6 (\text{Pa})$$

$$\text{出口: } \Delta p_2 = 0.5 \times \frac{1}{2} \rho u^2 = 0.5 \times \frac{1}{2} \times 1.1836 \times 18.0^2 = 95.8 (\text{Pa})$$

6.2 液体进料管

由于常压下塔液体进出口管速可取 $1 \sim 3 \text{ m/s}$, 故若取液体进出口流速近似为 2.6m/s , 则由公式 $q_v = \frac{\pi}{4} d^2 u$ 可求得液体进出口内径为

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi u}} = \sqrt{\frac{5791.6}{998.2 \times 3600 \times 0.785 \times 2.6}} = 0.028m$$

采用直管进料，由附表查得

选择 $\Phi 38mm \times 4mm$ 热轧无缝钢管，则

$$u' = \frac{4q_v}{\pi d^2} = \frac{5791.6 / (998.2 \times 3600)}{0.785 \times (0.038 - 0.004 \times 2)^2} = 2.28m/s \quad (\text{在符合范围内})$$

参考文献

- [1] 夏清. 化工原理（下）[M]. 天津: 天津大学出版社, 2005.
- [2] 贾绍义, 柴诚敬. 化工原理课程设计[M]. 天津: 天津大学出版社, 2002.
- [3] 华南理工大学化工原理教研室著. 化工过程及设备设计[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1986.
- [4] 周军. 张秋利 化工 AutoCAD 制图应用基础。北京. 化学工业出版社。

对本设计的评述及心得

经过了几天时间的努力，终于完成了这次的化工原理课程设计，现将在此过程中的一些心得述及如下：

在过去的一年里，我们学习了《化工原理》这一门课程。《化工原理》是化学类专业的一门重要的专业基础课，它的内容是讲述化工单元操作的基本原理、典型设备的结构原理、操作性能和设计计算。化工单元操作是组成各种化工生产过程、完成一定加工目的的基本过程，其特点是化工生产过程中以物理变化为主，包括流体流动过程、传热过程和传质过程。在这里面，我们主要学习了流体输送、流体流动、机械分离、传热、传质过程导论、吸收、蒸馏、气-液传质设备，以及干燥等。

这次我的课程设计题目是水吸收氨过程填料塔的设计，这是关于吸收中填料塔的设计。填料塔是以塔内装有大量的填料为相接触构件的气液传质设备。填料塔的结构较简单，压降低，填料易用耐腐蚀材料制造等优点。

通过这次的课程设计，让我从中体会到很多。课程设计是我们在校大学生必须经过的一个过程，通过课程设计的锻炼，可以为我们即将来的毕业设计打下坚实的基础！为此，我感觉能圆满完成这次课程设计任务，给我带来了很大的信心，让我对自己的将来充满了自信！将来一定是美好的

附表：

附表 1 填料塔设计结果一览表

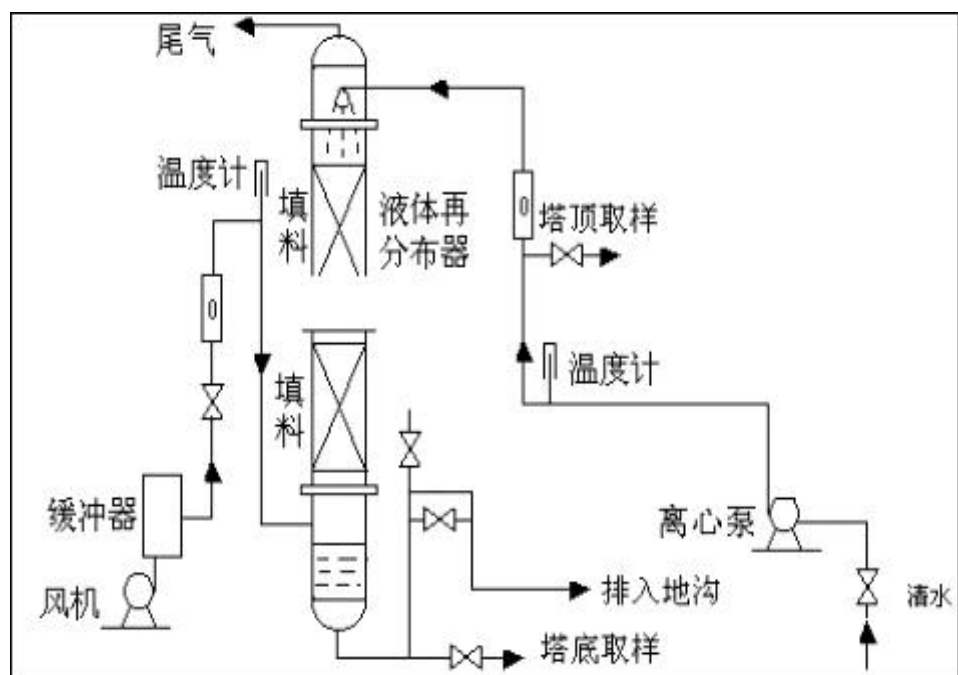
塔径	0. 7 m
填料层高度	7 m
填料规格	Dn50 mm 聚丙烯阶梯环
操作气液比	1. 0844
校正液体流速	6. 150 m/s
压降	10300. 5 Pa
惰性气体流量	296. 383 kmol/h

附表 2 填料塔设计数据一览

E—亨利系数，
u_v —气体的粘度， $1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa} / \text{s} = 6516 \times 10^{-5} \text{ kg} / \text{m} \bullet \text{h}$
m —平衡常数 0.7532
ψ —水的密度和液体的密度之比 1
g —重力加速度， $9.81 \text{ m}^2 / \text{s}$
$\rho_v; \rho_L$ —分别为气体和液体的密度， $\rho_v = 1.1836 \text{ kg} / \text{m}^3$ ； $\rho_L = 998.2 \text{ kg} / \text{m}^3$ ；
$W_L = 5791.592 \text{ kg/h}$ $W_v = 8861.415 \text{ kg/h}$ —分别为气体和液体的质量流量

$K_Y a$ —气相总体积传质系数, $kmol/(m^3 \cdot s)$
Z —填料层高度, m
Ω —塔截面积, $\Omega = \frac{\pi}{4} D^2$
H_{OG} —气相总传质单元高度, m
N_{OG} —气相总传质单元数
K_G —以分压差表示推动力的总传质系数, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot kPa)$
a_w —单位体积填料的润湿面积
a_t —填料总比表面积, m^2/m^3 114.2
ε —填料层空隙率 m^3/m^3 0.927
k_G —以分压差表示推动力的气膜传质系数, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot kPa)$
H —溶解度系数, 0.725 $kmol/(m^2 \cdot kPa)$
k_L —以摩尔浓度差表示推动力的液膜传质系数, m/s
R —气体常数, $8.314 kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
$D_V = 0.081 m^2/h; D_L = 7.34 \times 10^{-6} m^2/h$ —氨气在空气中中的扩散系数及氨气在水中的扩散系数;
σ_L —液体的表面张力, $940896 kg/h^2$
σ_c —填料材质的临界表面张力, $427680 kg/h^2$; ψ —填料形状系数 聚丙烯阶梯环=1.45
液体质量通量为: $U_L = 15056.78 kg/(m^2 \cdot h)$
气体质量通量为: $U_V = 23037.61 kg/(m^2 \cdot h)$

附件一：塔设备流程图



附件二：塔设备工艺设计图

