

---

# 《化工设备基础及设计》课程设计

## 蒸馏塔与裙座的机械设计

---

# 目录

## 板式塔设备机械设计任务书 1

1. 设计任务及操作条件 1

2. 设计内容 1

3. 设计要求 1

1、塔的设计条件及主要物性参数表 2

2、塔设备设计计算程序及步骤 3

按设计压力计算塔体和封头厚度 3

塔设备质量载荷计算 3

自振周期计算 5

地震载荷与地震弯矩计算 5

风载荷与风弯矩计算 7

偏心弯矩 9

最大弯矩 9

圆筒轴向应力校核和圆筒稳定校核 10

塔设备压力试验时的应力校核 11

裙座轴向应力校核 12

基础环设计 14

地脚螺栓计算 15

3、设计结果汇总表 16

4、设计评论 17

5、参考资料 18

## 板式塔设备机械设计任务书

### 1. 设计任务及操作条件：

试进行一蒸馏塔与裙座的机械设计。

已知条件为：塔体内径 $D_i = 1800\text{mm}$ ，塔高 40m，工作压力为 1.2MPa，设计温度为 350℃，介质为原油，安装在湛江郊区，地震强度为 7 度，塔内安装 45 层浮阀塔板，塔体材料选用 20R，裙座选用 Q235A。

### 2. 设计内容

- (1) 根据设计条件选材；
- (2) 按设计压力计算塔体和封头壁厚；
- (3) 塔设备质量载荷计算；
- (4) 风载荷与风弯矩计算；
- (5) 地震载荷与地震弯矩计算；
- (6) 偏心载荷与偏心弯矩计算；
- (7) 各种载荷引起的轴向应力；
- (8) 塔体和裙座危险截面的强度与稳定校核；
- (9) 塔体水压试验和吊装时的应力校核；
- (10) 基础环设计；
- (11) 地脚螺栓计算；
- (12) 板式塔结构设计。

### 3. 设计要求：

- (1) 进行塔体和裙座的机械设计计算；
- (2) 进行裙式支座校核计算；

(3) 进行地脚螺栓座校核计算；

(4) 绘制装备图 (2# 图纸)

### 1、塔的设计条件及主要物性参数表

将全塔分为 6 段，计算截面分别为 0-0、1-1、2-2、3-3、4-4、5-5。

表 1 设计条件及主要物性参数表

已知设计条件			分段示意图	
塔体内径 $D_i$	2000mm			
塔体高度 $H$	40000mm			
工作压力 $p_o$	1.2MPa			
设计压力 $p$	1.3MPa			
设计温度 $t$	350°C			
塔体	材料	20R		
	许用应力	$[\sigma]$		133MPa
		$[\sigma]^t$		86MPa
	设计温度下弹性模量 $E$	$1.73 \times 10^5$ MPa		
	常温屈服点 $\sigma_s$	235MPa		
	厚度附加量 $C$	1.8mm		
塔体焊接接头系数 $\varphi$	1.0			
介质密度 $\rho$	810kg/m <sup>3</sup>			
塔盘数 $N$	45			
每块塔盘存留介质层高度 $h_w$	100mm			
基本风压值 $q_0$	750N/m <sup>2</sup>			

地震设防烈度		7 度	
场地土类别		II类	
偏心质量 $m_e$		4000kg	
偏心矩 $e$		1800mm	
塔外保温层厚度 $\delta_s$		100mm	
保温材料密度 $\rho_s$		300kg/m <sup>3</sup>	
裙 座	材料		Q235-A
	许用应力		75MPa
	常温屈服点 $\sigma_s$		225MPa
	设计温度下弹性模量 $E_s$		
	厚度附加量 $C_s$		1.8mm
人孔、平台数		7	
地 脚 螺 栓	材料		Q235-A
	许用应力	$[\sigma]_{bt}$	147MPa
	腐蚀裕量 $C_2$		3mm
	个数 $n$		16

## 2、塔设备设计计算程序及步骤

按设计压力计算塔体和封头厚度

计算内容	计算公式及数据
液注静压力 $p_H$ /MPa	可忽略
计算压力 $p_c$ /MPa	$p_c = p + p_H = p = 1.3$

圆筒计算厚度 $\delta$ /mm	$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \phi - p_c} = \frac{1.3 \times 1800}{2 \times 86 \times 1.0 - 1.3} = 13.71$
圆筒设计厚度 $\delta_c$ /mm	$\delta_n = \delta + C = 13.71 + 1.8 = 15.51$
圆筒名义厚度 $\delta_n$ /mm	$\delta_n = 20$
圆筒有效厚度 $\delta_e$ /mm	$\delta_e = \delta_n - C = 20 - 1.8 = 18.2$
封头的计算厚度 $\delta_h$ /mm	$\delta_h = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \phi - 0.5 p_c} = \frac{1.3 \times 1800}{2 \times 86 \times 1.0 - 0.5 \times 1.3} = 13.66$
封头设计厚度 $\delta_{hc}$ /mm	$\delta_{hc} = \delta_h + C = 13.66 + 1.8 = 15.46$
封头名义厚度 $\delta_{hn}$ /mm	$\delta_{hn} = 20$
封头有效厚度 $\delta_{he}$ /mm	$\delta_{he} = \delta_{hn} - C = 20 - 1.8 = 18.2$

#### 塔设备质量载荷计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
塔段内直径 $D_i$ /mm	1800					
塔段名义厚度 $\delta_{ni}$ /mm	20					
塔段长度 $l_i$ /mm	1000	2000	7000	10000	10000	10000
塔体高度 $H_1$ /mm	40000					
筒体密度 $\rho$ /kg/m <sup>3</sup>	$7.85 \times 10^3$ [1]					
单位筒体质量 $m_{1m}$ /kg/m	898					
筒体高度 $H_1$ /mm	36350					
筒体质量 $m_1$ /kg	$m_1 = 898 \times 36.35 = 32642.30$					

封头质量 $m_2/\text{kg}$	$m_2 = 570.1 \times 2 = 1140.2$ [2]
裙座高度 $H_3/\text{mm}$	3000

塔设备质量载荷计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
裙座质量 $m_3/\text{kg}$	$m_3 = 898 \times 3 = 2694$					
塔体质量 $m_{01}/\text{kg}$	$m_{01} = m_1 + m_2 + m_3 = 32642.30 + 1140.2 + 2694 = 36476$					
	898	2366	6286	8980	8980	8966
塔段内件质量 $m_{02}/\text{kg}$	$m_{02} = \frac{\pi}{4} D_i^2 \times N \times q_N = \frac{\pi}{4} \times 1.8^2 \times 45 \times 75$ $= 8588$ (浮阀塔盘质量 $q_N = 75 \text{kg}/\text{m}^2$ ) [3]					
	-	-	1145	2672	2481	2290
保温层质量 $m_{03}/\text{kg}$	$m_{03} = \frac{\pi}{4} [(D_i + 2\delta_n + 2\delta_s)^2 - (D_i + 2\delta_n)^2] H_0 \rho_2 + 2m_{03}'$ $= \frac{\pi}{4} \times (2.04^2 - 1.84^2) \times 36.35 \times 300 + 2 \times (1.20 - 0.89) \times 300$ $= 6832$ $m_{03}'$ ——封头保温层质量, (kg) [4]					
	-	93	1280	1828	1828	1803
平台、扶梯质量 $m_{04}/\text{kg}$	平台质量 $q_p = 150 \text{kg}/\text{m}^2$ 笼式扶梯质量 $q_F = 40 \text{kg}/\text{m}$ 平台数量 $n = 7$ 笼式扶梯高度 $H_F = 39 \text{m}$					
	$m_{04} = \frac{\pi}{4} [(D_i + 2\delta_n + 2\delta + 2B)^2 - (D_i + 2\delta_n + 2\delta)^2] \times \frac{1}{2} n q_p + q_F \times H_F$ $= \frac{\pi}{4} \times [(1.8 + 2 \times 0.02 + 2 \times 0.1 + 2 \times 0.9)^2 - (1.8 + 2 \times 0.02 + 2 \times 0.1)^2]$ $\times 0.5 \times 7 \times 150 + 40 \times 39$ $= 5924$					

	40	80	903	1647	1647	1607
操作时塔内物料质量 $m_{05}/\text{kg}$	$m_{05} = \frac{\pi}{4} D_i^2 (h_w N + h_0) \rho_1 + V_f \rho_1$ $= \frac{\pi}{4} \times 1.8^2 \times (0.1 \times 45 + 1.8) \times 810 + 0.89 \times 810$ $= 13706$					
	-	721	4947	2886	2679	2473
人孔、接管、法兰等质量 $m_a/\text{kg}$	按经验取质量为： $m_a = 0.25m_{01} = 0.25 \times 36476 = 9119$					
	224	592	1571	2245	2245	2242
塔设备质量载荷计算						
计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
充液质量 $m_w/\text{kg}$	$m_w = \frac{\pi}{4} D_i^2 H_0 \rho_w + 2V_f \rho_w$ $= \frac{\pi}{4} \times 1.8^2 \times 36.35 \times 1000 + 2 \times 0.89 \times 810$ $= 94280$					
	-	890	17813	25447	25447	24683
偏心质量 $m_e/\text{kg}$	再沸器: $m_e = 4000$					
	-	-	4000	-	-	-
操作质量 $m_0/\text{kg}$	$m_0 = m_{01} + m_{02} + m_{03} + m_{04} + m_{05} + m_a + m_e$ $= 36476 + 8588 + 6832 + 5924 + 13706 + 9119 + 4000$ $= 84645$					
	1162	3852	20132	20258	19860	19381
最小质量 $m_{\min}/\text{kg}$	$m_{\min} = m_{01} + 0.2m_{02} + m_{03} + m_{04} + m_a + m_e$ $= 36476 + 0.2 \times 8588 + 6832 + 5924 + 9119 + 4000$ $= 64069$					
	1162	3131	14269	15235	15196	15076



最大质量 $m_{ma^*}/kg$	$m_{max} = m_{01} + m_{02} + m_{03} + m_{04} + m_w + m_a + m_e$ $= 36476 + 8588 + 6832 + 5924 + 94280 + 9119 + 4000$ $= 165219$					
	1162	4021	32998	42819	42628	41591

自振周期计算

计算内容	计算公式及数据
塔体内直径 $D_i/mm$	1800
塔体有效厚度 $\delta_e/mm$	18.2
塔设备高度 $H, mm$	40000
操作质量 $m_0/kg$	84645
塔设备的自振周期 $T_1/s$	$T_1 = 90.33H \sqrt{\frac{m_0 H}{E \delta_e D_i^3}} \times 10^{-3}$ $= 90.33 \times 40000 \times \sqrt{\frac{84645 \times 40000}{1.73 \times 10^5 \times 20 \times 1800^3}} \times 10^{-3}$ $= 1.55$

地震载荷与地震弯矩计算

各段操作质量 $m_i/kg$	1162	3852	20132	20258	19860	19381
各点距地面高度	500	2000	6500	15000	25000	35000

地震载荷与地震弯矩计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
$h_i^{1.5}$	1.12× 10 <sup>4</sup>	8.94× 10 <sup>4</sup>	5.24× 10 <sup>5</sup>	1.84× 10 <sup>6</sup>	3.95× 10 <sup>6</sup>	6.55× 10 <sup>6</sup>
$m_i h_i^{1.5}$	1.30× 10 <sup>7</sup>	3.44× 10 <sup>8</sup>	1.05× 10 <sup>10</sup>	3.73× 10 <sup>10</sup>	7.84× 10 <sup>10</sup>	1.27× 10 <sup>11</sup>

$A = \sum_{i=1}^6 m_i h_i^{1.5}$	2.536 × 10 <sup>11</sup>					
$h_i^3$	1.25 × 10 <sup>8</sup>	8.00 × 10 <sup>9</sup>	2.75 × 10 <sup>11</sup>	3.38 × 10 <sup>12</sup>	1.56 × 10 <sup>13</sup>	4.29 × 10 <sup>13</sup>
$m_i h_i^3$	1.45 × 10 <sup>11</sup>	3.08 × 10 <sup>13</sup>	5.54 × 10 <sup>15</sup>	6.85 × 10 <sup>16</sup>	3.10 × 10 <sup>17</sup>	8.31 × 10 <sup>17</sup>
$B = \sum_{i=1}^6 m_i h_i^3$	1.215 × 10 <sup>18</sup>					
A/B	2.09 × 10 <sup>-7</sup>					
基本振型参与系数 $\eta_{k1}$	$\eta_{k1} = \frac{A}{B} h_i^{1.5} = 2.09 \times 10^{-7} h_i^{1.5}$					
	0.0023 4	0.0187	0.11	0.385	0.826	1.37
综合影响系数 $C_Z$	取 $C_Z = 0.5$ 【5】					
地震影响系数最大值 $\alpha_{ma^*}$	$\alpha_{ma^*} = 0.23$ 【5】 (设计烈度为 7 度)					
各类场地土的特征周期 $T_g$	$T_g = 0.3$ 【5】 (II类场地土、近震时)					
地震影响系数 $\alpha_1$	$\alpha_1 = \left(\frac{T_g}{T_1}\right)^{0.9} \cdot \alpha_{max} = \left(\frac{0.3}{1.55}\right)^{0.9} \times 0.23 = 0.052 > 0.2\alpha_{max}$ $\alpha_1$ 不得小于 $0.2\alpha_{max} = 0.2 \times 0.23 = 0.46$					
水平地震力 $F_{k1}/N$	$F_{k1} = C_Z \alpha_1 \eta_{k1} m_k g$					
	0.694	18.37	564.84	1989.3 0	4184.1 0	6772.3 5

操作质量 $m_0/\text{kg}$	84645
底截面处地震弯矩 $M_{E1}^{0-0}/\text{N}\cdot\text{mm}$	$M_{E1}^{0-0} = \frac{16}{35} C_Z \alpha_1 m_0 g H$ $= \frac{16}{35} \times 0.5 \times 0.052 \times 84645 \times 9.81 \times 40000 = 3.9478 \times 10^8$

地震载荷与地震弯矩计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
底截面处地震弯矩 $M_E^{0-0}/\text{N}\cdot\text{mm}$	$M_E^{0-0} = 1.25 M_{E1}^{0-0}$ $= 1.25 \times 3.9478 \times 10^8$ $= 4.935 \times 10^8$					
截面 1-1 处地震弯矩 $M_E^{1-1}/\text{N}\cdot\text{mm}$	$M_E^{1-1} = 1.25 M_{E1}^{1-1}$ $= 1.25 \times \frac{8 C_Z \alpha_1 m_0 g}{175 H^{2.5}} (10 H^{3.5} - 14 H^{2.5} \cdot h + 4 h^{3.5})$ $= 1.25 \times \frac{8 \times 0.5 \times 0.052 \times 84645 \times 9.81}{175 \times 40000^{2.5}} (10 \times 40000^{3.5} - 14 \times 40000^{2.5} \times 1000 + 4 \times 1000^{3.5})$ $= 4.861 \times 10^8$					
截面 2-2 处地震弯矩 $M_E^{2-2}/\text{N}\cdot\text{mm}$	$M_E^{2-2} = 1.25 M_{E1}^{2-2}$ $= 1.25 \times \frac{8 C_Z \alpha_1 m_0 g}{175 H^{2.5}} (10 H^{3.5} - 14 H^{2.5} \cdot h + 4 h^{3.5})$ $= 1.25 \times \frac{8 \times 0.5 \times 0.052 \times 84645 \times 9.81}{175 \times 40000^{2.5}} (10 \times 40000^{3.5} - 14 \times 40000^{2.5} \times 3000 + 4 \times 3000^{3.5})$ $= 4.417 \times 10^8$					

风载荷与风弯矩计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
各计算段的外径 $D_{O_i}/\text{mm}$	$D_{O_i} = D_i + 2\delta_n = 1800 + 2 \times 20 = 1840$					

塔顶管线外径 $d_o/mm$	300					
第 $i$ 段保温层厚度 $\delta_{si}/mm$	100					
管线保温层厚度 $\delta_{ps}/mm$	100					
笼式扶梯当量宽度 $K_3$	400					
各计算段长度 $l_i/mm$	1000	2000	7000	10000	10000	10000
操作平台所在计算段的 长度 $l_0/mm$	1000	2000	7000	10000	10000	10000
平台数	0	0	1	2	2	2
各段平台构件的投影面 积 $\Sigma A/mm^2$	0	0	8.1× 10 <sup>5</sup>	2×8.1× 10 <sup>5</sup>	2×8.1× 10 <sup>5</sup>	2×8.1× 10 <sup>5</sup>

风载荷与风弯矩计算

计算内容	计算公式及数据					
	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~顶
操作平台当量宽度 $K_4/mm$	$K_4 = \frac{2 \sum A}{l_0}$					
操作平台当量宽度 $K_4/mm$	0	0	231.4	324	324	324
各计算段的有效直径 $D_{ei}/mm$	$D_{ei} = D_{oi} + 2\delta_{si} + K_4 + d_o + 2\delta_{ps}$					
	2540	2540	2771	2864	2864	2864
	$D_{ei} = D_{oi} + 2\delta_{si} + K_3 + K_4$					

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/416051030051010133>