

# 焊接结构生产 课程设计指导书

课程设计题目：压力容器筒体结构设计

指导老师：赵贺      设计人：王贵成

班级：焊接 182604

## 目录

### 一. 设计介绍

- 1.1 课程设计的主要内容和基本任务.....
- 1.2 熟悉焊接结构的结构特点.....
- 1.3 压力容器的结构特点.....

### 二. 设计参数的选取

- 2.1 设计压力.....
- 2.2 设计温度.....
- 2.3 材料的选择及使用应力的确定.....
- 2.4 焊缝系数的确定.....
- 2.5 厚度附加量确定.....

### 三. 几何参数的确定

- 3.1 设备的总体结构.....
- 3.2 罐体封头各参数.....
- 3.3 罐体的高度，体积和壁厚.....
- 3.4 人孔的设计参数.....
- 3.5 进水口以及出水口的参数设计.....

## 四. 罐底强度设计

4.1 筒体内压强度设计.....

4.2 封头内压设计强度设计.....

4.3 筒体外压稳定性设计.....

4.4 封封头外压稳定性设计.....

## 五. 开孔补强计算

5.1 容器补强原则.....

5.2 人口孔连接口补强面积计算.....

5.3 进料口，出料口补墙强面积计算.....

## 六. 鞍座设计

6.1 鞍座选型设计.....

6.2 鞍座安装位置设计.....

## 七. 强度校核

7.1 水压实验强度校核.....

## 八. 压力容器焊接工艺编写提纲

8.1 压力容器制造工艺流程.....

8.2 压力容器关键零件制作.....

8.3 压力容器装装配工艺.....

8.4 压力容器的焊接工艺.....

8.5 焊后热处理.....

8.6 压力容器的质量检测.....

8.7 压力容器的焊接返修.....

# 一.设计介绍

## 1.1 课程设计的主要内容和基本任务

了解焊接结构(压力容器)、工况环境、制造过程的特点,掌握焊接结构的整体设计、焊接工艺规程、焊接工艺卡的编制要领。最终能根据实际需要独立研究设计相应的焊接结构。

**1.2 熟悉焊接结构(压力容器)的结构特点**,了解焊接结构(压力容器)各部分的运行状态、结构特点以及影响制造工艺的因素并能按实际情况具体制定相应的工艺流程卡和工艺卡

## 1.3 压力容器的结构特点

压力容器一般由筒体(又称壳体)、封头(又称端盖)、法兰、密封元件、开孔与接管(人孔、手孔、视镜孔、物料进出口接管、液位计、流量计、测温管、安全阀等)和支座以及其他各种内件等组成。根据压力容器的支座型式,其结构可分为卧式容器、立式容器和悬挂式容器。

根据压力容器的封头形状,其结构特征可分为椭圆封头、蝶形封头、锥形封头、球形封头、半球形封头和平板封头。

根据压力容器的几何形状,其结构可分为圆柱形压力容器、球形容器和矩形容器。

## 二·设计参数的选取

### 2.1 设计压力

设计压力是指设定的容器顶部允许达到的最高表压力·对于装有安全的压力容器·

设计压力  $P$  等于或略高于安全的开启压力  $P_0$  而  $P_0$  大于或等于  $1.05\sim 1.10P$

取  $P = 1.1P_w$ ·其中  $P_w$  为工作压力。

求得容器的设计压力分别为：

罐内的设计压力：

$$P = 1.1P_w = 1.1 \times 0.25 = 0.275 \text{MPa}$$

### 2.2 设计温度

设计温度是指容器在正常工作中·在相应设计压力下·壳壁或元件金属可能达到的最高或最低温度。根据设计条件及上面计算结果可得：

罐内的工作温度为  $100^\circ\text{C}$

罐内饱和水蒸气的绝对压力  $P' = P/0.1 + 1 = 3.75 \text{kgf/cm}^2$  (其中  $1 \text{kgf/cm}^2 = 0.1 \text{Mpa}$ ·设计压力与绝对压力相差  $0.1 \text{Mpa}$ )

查表得： $t = 167.4\text{C}$ ·圆整后得到  $t = 200^\circ\text{C}$ 。

### 2.3 材料的选择及许用应力确定

此压力容器选择 Q-235B 号钢·该号钢材厚度为不大于  $16 \text{mm}$ ·钢板标准为 GB3274,  $\sigma_b = 375 \text{MPa}$ ,  $\sigma_s = 235 \text{MPa}$ ·此号钢板在  $100^\circ\text{C}$  时的许用应力  $\sigma_b = 113 \text{MPa}$ ·在  $200^\circ\text{C}$  时许用应力为  $\sigma = 105 \text{MPa}$ 。

### 2.4 焊缝系数确定

焊缝

系数表示由于焊接或焊缝中可能存在的缺陷对结构原有强度的削弱的程度。

此处针对的压力容器为钢制容器，采用的接头形式为双面焊或相当于双面焊全熔透的对接焊缝，查表可得焊缝系数为 1.0

## 2.5 厚度附加量确定

附加壁厚包括钢板负偏差  $C_1$ 、腐蚀裕度  $C_2$ 、加工减薄量  $C_3$ ，在压力容器设计中仅考  $C_1$  和  $C_2$ ，故厚度附加量  $C = C_1 + C_2$ 。腐蚀裕度取  $C_2 = 1\text{mm}$

## 3.几何参数的确定

### 3.1 设备的总体结构

该设备由罐体，封头两部分组成，并且在罐体上镶嵌出料孔，入料孔，人孔，罐体底部采用支撑式底座。罐底与封头采用圆弧过渡结构连接

### 3.2 罐体封头各参数

筒体直径为 1100mm，高度为 3500mm，容积为  $3.3\text{m}^3$ 。封头公称直径为 1100mm，曲面高度为 275mm，直边高度为 40mm，内表面积为  $1.45\text{m}^2$ ，容积为  $0.212\text{m}^3$ 。

公称直径 DN=Di/m m	曲面深度 Hi/mm	直边高度h (mm)					
		25		40		50	
		内表面积S/m <sup>2</sup> ,容积V/m <sup>3</sup>					
		S	V	S	V	S	V
300	75	0.12	0.005				
350	88	0.16	0.008				
400	100	0.20	0.012				
450	113	0.25	0.016				
500	125	0.31	0.021	0.33	0.024		
550	138	0.37	0.028	0.40	0.031		
600	150	0.44	0.035	0.47	0.040		
650	163	0.51	0.044	0.54	0.049		
700	175	0.59	0.055	0.62	0.060		
750	188	0.67	0.066	0.70	0.073		
800	200	0.76	0.080	0.79	0.087		
900	225	0.95	0.111	0.99	0.121		
1000	250	1.16	0.151	1.21	0.162		
1100	275	1.40	0.198	1.45	0.212		
1200	300	1.66	0.254	1.71	0.271		
1300	325	1.93	0.321	2.00	0.341		

### 3.3 罐体的高度，体积和壁厚

罐体的高度包括筒体和两个封头的高，即 4050mm，封头的高度为曲面高度  $h_1$  和直边高度  $h_0$  的和，即 315mm，所以罐体高 4365mm。罐体总体积等于筒体体积和两个封头体积，即  $3.724\text{m}^3$ 。壁厚计算得 3.4mm，所以取壁厚为 4mm。

### 3.4 人孔的设计参数

由于筒体直径大于 1000mm，所以需要设计人孔。查阅文献得知，容器直径大于 1000mm 时，取直径为  $d_1=450\text{mm}$ ，高为 160mm，采用石棉橡胶板垫片，标号为：人孔 ( A-XB350 ) 450HG/T21515-2005 的人孔。接管外径取 460mm，壁厚为 5mm。

### 3.5 进水口以及出水口的参数设计

根据罐体的直径为 1100mm，所以选定进水口和出水口的内径为 125mm，查阅后取接管外径为 130mm，壁厚为 2.5mm 根据 GB9119,2-88，选取法兰参数。

GB9119, 2-88							GB9119, 2-88					
i n	公称 口径	10kg=1.0MPa				公称通 径	16kg=1.6MPa					
		法 兰 外 径	螺 栓 孔 距	螺 栓 直 径	螺 栓 孔 数		法 兰 厚 度	法 兰 外 径	螺 栓 孔 距	螺 栓 直 径	螺 栓 孔 数	法 兰 厚 度
3 / 8	DN10	50	60	14	4	14	DN10	90	60	14	4	14
1 / 2	DN15	59	65	14	4	14	DN15	95	65	14	4	14
3 / 4	DN20	105	75	14	4	16	DN20	105	75	14	4	16
1	DN25	115	85	14	4	16	DN25	115	85	14	4	16
1 / 4	DN32	140	100	18	4	18	DN32	140	100	18	4	18
1 / 2	DN40	150	110	18	4	18	DN40	150	110	18	4	18
2	DN50	165	125	18	4	20	DN50	165	125	18	4	20
2 / 2	DN65	185	145	18	4	20	DN65	185	145	18	4	20
3	DN80	200	160	18	8	20	DN80	200	160	18	8	20
3 / 2	DN100	220	180	18	8	22	DN100	220	180	18	8	22
4	DN125	250	210	18	8	22	DN125	250	210	18	8	22
5	DN150	285	240	22	8	24	DN150	285	240	22	8	24
6	DN200	340	295	22	8	24	DN200	340	295	22	8	26
8	DN250	395	350	22	12	26	DN250	405	355	26	12	29
10	DN300	445	400	22	12	28	DN300	460	410	26	12	32
11	DN350	505	460	22	16	30	DN350	520	470	26	16	35

## 四.罐体强度设计

### 4.1 筒体内压强度设计

筒体壁厚计算： $\delta = P \cdot D / (2 \sigma_b \varphi - P) = 1.34 \text{mm}$

设计厚度： $\delta_d = \delta + C_2 = 1.34 + 1 = 2.34 \text{mm}$

名义厚度： $\delta_m = \delta_d + C_1 + \text{圆整值} = 2.34 + 0.5 + \text{圆整值} = 3 \text{mm}$

有效厚度： $\delta_s = \delta_m - C_1 - C_2 = 1.5 \text{mm}$

应力校核： $\sigma^s = 0.275 \cdot (1100 + 1.5) / (2 \cdot 1.5) = 100 \text{Mpa} < 113 \text{Mpa}$

故  $\delta_m = 3 \text{mm}$  符合要求

### 4.2 封头内压设计强度设计

计算壁厚： $\delta = 1 \cdot 0.275 \cdot 1100 / (2 \cdot 113 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.275) = 1.34 \text{mm}$

设计厚度： $\delta_d = \delta + C_2 = 1.34 + 1 = 2.34 \text{mm}$

名义厚度： $\delta_m = \delta_d + C_1 + \text{圆整值} = 2.34 + 0.5 + \text{圆整值} = 3 \text{mm}$

有效厚度： $\delta_s = \delta_m - C_1 - C_2 = 1.5 \text{mm}$

应力校核： $\sigma^s = 0.275 \cdot (1 \cdot 1100 + 0.5 \cdot 1.5) / (2 \cdot 1.5 \cdot 1) = 100.9 \text{Mpa} < 113 \text{Mpa}$

故  $\delta_m = 3 \text{mm}$  符合要求

### 4.3 筒体外压稳定性设计

假设筒体的名义厚度为  $\delta_m = 3 \text{mm}$ ，查表得钢板的负偏差  $C_1$  为  $0.5 \text{mm}$ ，腐蚀裕

度  $C_2$  为  $1 \text{mm}$ ，则筒体外径  $D = D_0 + 2\delta_m = 1100 + 2 \times 3 = 1106 \text{mm}$ 。

有效厚度： $\delta_s = \delta_m - C_1 - C_2 = 1.5 \text{mm}$

圆筒的长度为 3500mm。其中

$$L/D_0=3500/1106=3.16, D_0/\delta_m=1106/1.5=737>20,$$

查阅文献可得系数 A 为 0.000079；再根据图 14-4 的下方找到 A =0.000079 的点，此点落在设计温度下材料线的左方，故要选择公式  $[p]=2Ae\delta_m/3D_0$  来计算。

由 150°C 和 260°C 下的 E 值分别为  $2.00 \times 10^5 \text{MPa}$  和  $186 \times 10^5 \text{MPa}$ ，求得 200°C 下的 E 值为  $1.94 \times 10^5 \text{MPa}$ ，所以  $[p]=2 \times 0.000079 \times 1.94 \times 10^5 / 3 \times 737 = 0.0138 \text{MPa}$ ， $< 0.66 \text{MPa}$ ，故须重新假设壁厚  $\delta_m$

重新假设  $\delta_m=10\text{mm}$ ，重复上述计算步骤，得： $C_1=0.8\text{mm}$ ， $\delta_s=8.2\text{mm}$ ， $D_0=1100+20=1120\text{mm}$ 。

其中  $L/D_0=3500/1120=3.125$ ， $D_0/\delta_m=1120/8.2=136.58>20$ ，查表得：

$$A=0.0003794, B=48.2\text{MPa}$$

$$\text{故有 } [p]=B \cdot \delta_m / D_0 = 48.2 / 136.58 = 0.352 \text{MPa} < 0.66 \text{MPa}$$

还是不符合要求，考虑到经济成本条件，现在此基础上设置加强圈。

仍按名义厚度  $\delta_m=10\text{mm}$  设计，其中  $L=800\text{mm}$ ，

$$\text{其中 } L/D_0=800/1120=0.71, D_0/\delta_m=1120/8.2=136.58>20$$

$$\text{查表并用直线内插法计算得到 } A=0.00122, B=112\text{MPa}$$

故许用外压力  $[p]=B \cdot \delta_m / D_0 = 0.82 \text{MPa} > 0.66 \text{MPa}$ ，符合要求，两者较接近，故该外压筒体名义厚度按  $\delta_m=10\text{mm}$ ，并设置加强圈。

#### 4.4 封头外压稳定性设计

假设名义厚度  $\delta_m=10\text{mm}$  则  $\delta_s=8.2\text{mm}$ ， $D_0=1120\text{mm}$ ， $H_0=275+10=285\text{mm}$ ，

$D_0/2H_0=1.96$  查表得系数  $K_1=0.9$ ,  $R_0=K_1D_0=0.9 \times 1120=1008\text{mm}$ ,

$R_0/\delta_s=1008/8.2=122$ , 计算系数  $A=0.125/122=0.00102$

再查《化工容器及设备简明设计手册》图 14-4, 求得 200C 下  $B=106\text{MPa}$ , 故

$[p]=B/122=0.86\text{MPa} > 0.66\text{MPa}$ , 两者较接近, 故该外压球型封头名义厚度  $\delta_m=10\text{mm}$  符合要求。

综上所述可得: 罐体筒体名义厚度为  $\delta_m=10\text{mm}$ , 并设置加强圈; 罐体封头名义厚度  $\delta_m=10\text{mm}$ .

## 五.开孔补强计算

### 5.1 容器补强原则

在满足如下要求时可以不另行补强:

- ①设计压力  $< 2.5\text{MPa}$ 。
- ②两相邻开孔中心的间距(对曲面间距以弧长计算)应不小于两孔直径之和的两倍。
- ③接管公称外径  $< 89\text{mm}$ 。
- ④接管最小壁厚满足表 7.1 的要求。

表 7.1 接管最小壁厚条件 (mm)

综合上面给出条件并结合实际设计, 人孔、出水口和入水口须进行补强计算。

开孔补强的设计计算

在压力容器开孔补强的具体设计中，除应考虑选择补强方法、结构及形式外，还应计算  $A_1+A_2+A_3 \geq A$ 。若需要另补强，假设在有效补强范围内增加  $A_4$  后可使： $A_4+A_1+A_2+A_3 \geq A$  式中， $A$  壳体因开孔削弱需补强的面积； $A_1$  一壳体有效厚度减去计算厚度之外的多余面积； $A_2$  一接管有效厚度减去计算厚度之外的多余面积； $A_3$  一在补强区内焊缝金属的截面积。以此判定开孔是否需补强，同时开孔尺寸及补强材料性能等还要满足相应标准中所规定的要求。

## 5.2 人孔连接口补强面积计算

筒体名义厚度  $\delta_m = 10\text{mm}$ , Q-235B 钢板在  $100^\circ\text{C}$  时许用应力为  $\sigma = 113\text{MPa}$ 。

1. 因开孔而削弱的金属截面积 ( $A$ )

筒体计算壁厚  $\delta = 0.275 \times 1100 / (2 \times 113 \times 1 - 0.275) = 1.34\text{mm}$

接管直径： $d = d_1 + 2C_2 = 450 + 2 \times 1 = 452\text{mm}$

罐体内径  $D_i = 1100\text{mm}$ ，设计压力为  $0.275\text{Ma}$ ，工作温度为  $100^\circ\text{C}$ ，因壳体与接管采用相同的材料故  $f_1 = 1$ ，其中接管壁厚  $\delta' = 5\text{mm}$ 。

需要补强面积：

$$A = d\delta + 2\delta(\delta_m - C)(1 - f_1) = 452 \times 1.34 = 605.68\text{mm}^2$$

2. 补强面积：

筒体的富裕金属截面积  $A_1$

$$A_1 = (B - d)(\delta_m - C - \delta) = (2 \times 452 - 452)(5 - 1.8 - 1.34) = 840.72\text{mm}^2$$

接管的富裕金属截面积  $A_2$

$$\text{接管计算壁厚 } \delta_f = pd / (2\sigma\phi - p) = 0.275 \times 452 / (2 \times 113 \times 1 - 0.275) = 0.5\text{mm}$$

外侧有效高度： $h_1^2 = d\delta' = 452 \times 5 = 2260\text{mm}$ ，

内侧有效高度： $h_2 = 0$

$$A_2=2h_1(\delta'_1-\delta_1)f_1+2h_2(\delta_m-C_2)f_1=2*67*(5-1.5-0.5)=134*3=402\text{mm}^2,$$

$$\text{焊缝金属截面积 } A_3=5^2=25\text{mm}^2$$

$$\text{补强面积 } A_0 = A_1 + A_2 + A_3 = 840.72 + 402 + 25 = 1267.72\text{mm}^2$$

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/878041132062006053>