



安徽淮南洛河年产 3 万吨

硫酸钠深度脱硫项目



典型设备选型与设计说明书



安徽理工大学 <The Walker>

团队成员：任小华 张艺

汤文 李虎 蒋海生

目录

第一章 概述	1
第二章 反应器设计	3
2.2.1 釜体的设计	4
2.2.2 釜体筒体壁厚的设计	4
2.筒体壁厚的设计	5
2.2.3 釜体封头的设计	5
1.封头的选型;	5
2.封头的壁厚的设计;	5
3.封头的直边尺寸、体积及重量的确定;	6
2.2.4 筒体长度 H 的设计	6
2.2.5 外压筒体壁厚的设计	6
1.设计外压的确定;	6
2.试差法设计筒体的壁厚;	6
3.图算法设计筒体的壁厚	7
2.2.6 外压封头壁厚的设计	8
1.设计外压的确定;	8
2.封头壁厚的设计;	8
3.封头的结构及尺寸	8
2.3.1 夹套的 DN、PN 的确定	9
1. 夹套 DN 的确定;	9
2.夹套 PN 的确定	9
2.3.4 夹套筒体壁厚的设计	9
1.设计参数的确定;	9
2.夹套筒体壁厚的设计;	9

3.夹套筒体长度Hj的初步设计	9
2.3.5 夹套封头的设计	9
1.封头的选型;	9
2.设计参数的确定;	10
3.封头的壁厚的设计;	10
4.封头的直边尺寸、体积及重量的确定;	10
5.封头结构的设计;	10
6.带折边锥形封头壁厚的设计	10
2.4.1 釜体的水压试验	11
2.4.2 釜体的气压试验	12
2.4.3 夹套的液压试验	12
2.5.1 釜体法兰联接结构的设计	13
2.5.2 工艺接管的设计	15
2.5.3 管法兰尺寸的设计	16
2.5.4 垫片尺寸及材质	17
2.5.5 人孔的设计	18
2.5.5 视镜的选型	21
2.5.6 支座的选型及设计	22
2.6.1 搅拌轴直径的初步计算	23
2.6.2 搅拌轴临界转速校核计算	24
2.6.3 联轴器的型式及尺寸的设计	24
2.6.4 搅拌桨的结构	26
2.6.5 搅拌轴的结构及尺寸的设计	28
2.7.1 电动机的选型	29
2.7.2 减速机的选型	29
2.7.3 机架的设计	30
2.7.4 底座的设计	31

2.7.5 反应釜轴封装置的设计	31
2.8.1 釜体上主要的焊缝结构	32
2.8.1 封头开人孔后被削弱的金属面积 A 的计算	35
2.8.2 有效补强区内起补强作用的金属面积的计算	35
2.8.3 判断是否需要补强的依据	36
第三章 塔设备设计	38
3.2.1 塔设备简介	38
3.2.2 塔型选择原则	41
3.2.3 吸收塔设计	44
3.2.3 精馏塔设计	49
3.2.4 塔设备选型结果一览表	55
第四章 换热设备设计	56
4.4.1 换热器类型	59
4.4.2 设计余量	60
4.4.3 压力降	60
4.4.4 流速	60
4.4.5 物流的安排	61
4.4.6 换热管	61
4.6.1 类型选择	64
4.6.2 管壳程选择	64
4.6.4 压力	64
4.6.5 传热系数	64
4.6.6 尺寸	65
4.6.7 传热管排列方式及管心距	65
4.6.8 EDR 选型结果	65
4.6.9 换热器详细尺寸	66
4.6.10 换热器选型结果一览表	67

第五章 气液分离器	69
5.3.1X0201 气液分离器.....	69
5.4.2 X0301 气液分离器.....	74
第六章 泵	78
6.1.1 选型依据.....	78
6.1.2 化工装置对泵的要求.....	78
6.1.3 工业泵的特点和选用要求.....	79
6.1.4 选型原则.....	80
6.1.5 选型结果一览表.....	80
第七章 压缩机	83
7.2.1 选型原则.....	83
7.2.2 工艺参数和选型结果.....	84
第八章 储罐	85
8.1.1 选型依据.....	85
8.1.2 选型简述.....	85
8.1.3 选型原则.....	85
8.1.4 储罐设计.....	86

第一章 概述

(一) 过程设备的基本要求

过程设备最基本的要求是满足安全性与经济性。经济性包括经济的制造过程，经济的安装、使用与维护，以及设备的长期安全运行。在满足工艺要求的前提下，为了确保安全与经济，过程设备应满足以下基本要求。首先，结构合理，安全可靠。过程设备所有部件都必须具有足够的强度、刚度和稳定性，可靠的密封性和一定的耐久性。其次，设备必须具有先进的技术经济指标，技术经济指标是衡量过程设备优劣的重要参数。再次，运转性能好，操作简单，运转方便；最后，还要具有优良的环境性能。上述要求很难全部满足，设计选用时应针对具体问题具体分析，满足主要要求，兼顾次要要求。

(二) 过程设备设计的作用

设备工艺设计是工程设计的基础。化工设备从工艺设计的角度可以分为两类：一类是标准设备或定型设备，是成批、成系列生产的设备，可直接从设备生产厂家购买；另一类是非标设备或非定型设备，是根据工艺要求、通过工艺计算及设备专业设计人员设计的特殊设备，可由有资质的厂家制造。

(三) 设计与选型的主要内容

1) 确定单元操作所用设备的类型。

这项工作应与工艺流程设计结合进行。

2) 确定设备的材质。

根据工艺操作条件（温度、压力、介质性质）和工艺要求确定符合要求的设备材质。

3) 确定设备的设计参数。

设备的设计参数是由工艺流程设计、物料衡算、热量衡算、设备的工艺计算多项工作得到的。对塔设备，需要确定进出口物料的流量、组成、温度、压力、塔径与塔的材质、填料类型与填料高度或塔板类型与塔板数等，对于精馏塔还要确定塔顶冷凝器和塔底再沸器的热负荷、换热流体的种类等；对换热器，则需要知道热负荷、换热面积、冷热流体的种类及流量。

4) 确定定型设备（即标准设备）的型号或牌号以及数量。

对已有标准图纸的设备，确定标准图的图号和型号。对非标设备，向化工设备专业设计人员提出设计条件和设备草图，明确设备的型式、材质、基本设计参数、管口、维修安装要求、支承要求及其他要求（如防爆口、人孔、手孔、卸料口、液面计接口等）。

5) 编制工艺设备一览表。

在初步设计阶段，根据设备工艺设计的结果，编制工艺设备一览表，可按

非定型工艺设备和定型工艺设备两类编制。初步设计阶段的工艺设备一览表作为设计说明书的组成部分提供给有关部门进行设计审查。

第二章 反应器设计

2.1 反应器选型目标

反应器是工程设计中典型的非标设备，是整个项目的核心内容，故准确设计反应器尺寸等在工程设计中起着重要的作用，本次设计主要参考《化工工艺设计手册》、《压力容器手册》、《过程设备设计与选型基础》、《化工原理》等相关资料，对反应器进行了筒体壁厚、封头壁厚、管板厚度、法兰复核、内构件设计、管口设计以及强度校核，并且列出了反应器的设计压力、设计温度、设备直径及计算长度。

反应器为工艺流程中反应进行的场所，主要需要满足：

- 1) 反应器有良好的传热能力；
- 2) 反应器内温度分布均匀；
- 3) 反应器有足够的壁厚，能承受反应压力；
- 4) 反应器结构满足反应发生的要求，保证反应充分；
- 5) 反应器材料满足反应物腐蚀要求；
- 6) 保证原料有较高的转化率，反应有理想的收率；

降低反应过程中副反应发生的水平。反应器是工程设计中典型的非标设备，是整个项目的核心内容，故准确设计反应器尺寸等在工程设计中起着重要的作用，本次设计主要参考《化工工艺设计手册》、《压力容器手册》、《过程设备设计与选型基础》、《化工原理》等相关资料，对反应器进行了筒体壁厚、封头壁厚、管板厚度、法兰复核、内构件设计、管口设计以及强度校核，并且列出了反应器的设计压力、设计温度、设备直径及计算长度。

反应器为工艺流程中反应进行的场所，主要需要满足：

- 7) 反应器有良好的传热能力；
- 8) 反应器内温度分布均匀；
- 9) 反应器有足够的壁厚，能承受反应压力；
- 10) 反应器结构满足反应发生的要求，保证反应充分；
- 11) 反应器材料满足反应物腐蚀要求；
- 12) 保证原料有较高的转化率，反应有理想的收率；

2.2 亚硫酸根氧化反应器

2.2.1 釜体的设计

保持反应器总体积与 ASPEN 模拟参数一致， $V=13.9m^3$

设置长径比为 $L/D=2$

1. 釜体 DN 的确定

$$\text{由 } V = \frac{\pi}{4} D_i^2 \cdot L, \quad \frac{L}{D_i} = 2 \text{ 可知, } D_i = \sqrt[3]{\frac{4 \times 13.9}{2 \times 3.14}} = 2.069m$$

按标准圆整可得， $D_i = 2000mm$ ，所以 $DN = D_i = 2000mm$

2. 釜体 PN 的确定

由于操作压力 $p_w = 0.1MPa$ ，查阅文献《化工设备机械基础》知：
 $PN = 0.25MPa$

2.2.2 釜体筒体壁厚的设计

1. 设计参数的确定；

设计压力 p : $p = 1.1p_w = 1.1 \times 0.25MPa$

液柱静压 $p_L = 0$ 忽略不计

计算压力 p_c : $p_c = p + p_L = p = 1.1 \times 0.25MPa$;

设计温度 t : $100^\circ C$

焊缝系数 Φ : $\phi = 1.0$ (100%无损探伤);

许用应力 $[\sigma]^t$: 选用釜体材料 00Cr19Ni10、设计温度 $100^\circ C$ ，查文献[1]表 14-4

可得 $[\sigma]^t = 118MPa$;

钢板负偏差 $C_1 = 0.25mm$

腐蚀裕量 $C_2 = 1.0\text{mm}$

2. 筒体壁厚的设计

由公式 $S_n = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \phi - p_c} + C$

$$S_n = \frac{1.1 \times 0.25 \times 2000}{2 \times 118 \times 1 - 1.1 \times 0.25} + 0.25 + 1.0 = 3.58\text{mm}$$

圆整 $S_n = 4.0\text{mm}$

刚度校核：不锈钢的 $S_{\min} \geq 3\text{mm}$ ，故取筒体的壁厚 $S_n = 8\text{mm}$

2.2.3 釜体封头的设计

1. 封头的选型；

选用标准椭球形封头，代号 EHA。标准 JB/T4746-2002。

2. 设计参数的确定；

$$p = 1.1p_w = 1.1 \times 0.25\text{MPa};$$

$$p_c = p + p_L = p = 1.1 \times 0.25\text{MPa};$$

由于封头 $D_i = 2000\text{mm}$ ，故可用整板冲压成型， $\phi = 1.0$

$$C_1 = 0.25\text{mm}, C_2 = 1.0\text{mm}$$

2. 封头的壁厚的设计；

由公式 $S_n = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \phi - 0.5p_c} + C$ 得

$$S_n = \frac{1.1 \times 0.5 \times 2000}{2 \times 118 \times 1 - 0.5 \times 1.1 \times 0.25} + 0.25 + 1 = 3.60\text{mm}$$

圆整得 $S_n = 4.0\text{mm}$

根据规定，取封头壁厚与筒体壁厚一致 $S_n = 8\text{mm}$

3.封头的直边尺寸、体积及重量的确定；

根据 $DN=2000$ ，由《化工设备机械基础》可知：

直边高度 $h_0 = 25\text{mm}$

封头容积 $V_F = 1.1257\text{m}^3$

总深度 $h_1 = 525\text{mm}$

封头质量 $m = 345.3\text{Kg}$

2.2.4 筒体长度 H 的设计

$$V = V_T + V_F, \quad V_T = V - V_F, \quad \frac{\pi}{4} D_i^2 H = V - V_F$$

解得 $H=4.06\text{m}$

圆整得 $H=4060\text{mm}$

2.2.5 外压筒体壁厚的设计

1.设计外压的确定；

夹套内介质的压力为常压，取设计外压 $p=0.1\text{MPa}$

2.试差法设计筒体的壁厚；

设筒体壁厚 $S_n = 8\text{mm}$ ，则 $S_e = S_n - C = 8 - 1.25 = 6.75\text{mm}$ ，

$$D_0 = D_i + 2S_n = 2016\text{mm},$$

$$\text{由 } L_{cr} = 1.17D_0 \sqrt{\frac{D_0}{S_e}} \text{ 得: } L_{cr} = 1.17 \times 2016 \times \sqrt{\frac{2016}{6.75}} = 40763.3\text{mm}$$

$$\text{筒体的计算长度 } L' = H + h_0 + \frac{1}{3}h_2 - 150 = 4060 + 25 + 183 - 150 =$$

4118mm

式中 h_0 — 标准椭圆封头直边高度

h_2 — 标准椭圆封头曲面高度, $h_2 = h_1 + h_0$

$L_{cr} = 40763.3\text{mm} > L'$; 故该圆筒为短圆筒。

圆筒的临界压力为:

$$p_{cr} = \frac{2.59ES_e^2}{L'D_0\sqrt{\frac{D_0}{S_e}}} = \frac{2.59 \times 1.87 \times 10^5 \times 6.75^2}{4118 \times 2016 \times \sqrt{\frac{2016}{6.75}}} = 0.16\text{MPa}$$

由 $[p] = \frac{p_{cr}}{m}$, $m = 1$ 得 $[p] = 0.16\text{MPa}$

因 $p = 0.1\text{MPa} < [p] = 0.16\text{MPa}$; 所以 $S_n = 8\text{mm}$ 能满足稳定性要求

3. 图算法设计筒体的壁厚

设筒体的壁厚 $S_n = 8\text{mm}$, 则: $S_e = S_n - C = 8 - 1.25 = 6.75\text{mm}$

$$D_0 = D_i + 2S_n = 2016\text{mm}, \quad \frac{D_0}{S_e} = \frac{2016}{6.75} = 298.86$$

筒体的计算长度 $L' = H + h_1 + \frac{1}{3}h_0 - 150 = 4118\text{mm}$

$$\frac{L'}{D_0} = \frac{4118}{2016} = 2.04$$

由文献[2]图 5-5 的 L'/D_0 坐标上找到 4.091 的值, 由该点作水平线与对应的 $\frac{D_0}{S_e} = 230.86$ 线相交, 交点的对应值为: $A \approx 1.1 \times 10^{-3}$

由文献[2]图 5-12 知, 在水平坐标线中找到 $A = 1.1 \times 10^{-3}$, 查图得到系数 $B = 25\text{MPa}$, $E = 2.10 \times 10^5\text{MPa}$

根据 $[p] = \frac{B}{\frac{D_0}{S_e}}$ 得:

$$[p] = \frac{90}{298.86} = 0.30\text{MPa}$$

因为 $p = 0.1\text{MPa} < 0.39\text{MPa} = [p]$ ，所以假设 $S_n = 8\text{mm}$ 合理。

由文献[1]表 16-6 可知， $DN=2000\text{mm}$ ， $S_n = 8\text{mm}$ 的筒体单位高筒节钢板质量约为 397Kg ，则筒体质量为 $397 \times 4.20 = 1667.4\text{Kg}$

筒体既可能承受内压，也可能承受外压。综上所述，确定筒体的厚度为 8mm

2.2.6 外压封头壁厚的设计

1.设计外压的确定；

封头的设计外压与筒体相同，即 $p=0.1\text{MPa}$ 。

2.封头壁厚的设计；

设封头的壁厚 $S_n = 8\text{mm}$ ，则 $S_e = 6.75\text{mm}$ ，对于标准椭球形封头， $K=0.9$ ，

$$R_i = KD_i = 0.9 \times 2000 = 1800\text{mm}, \quad \frac{R_i}{S_e} = \frac{1800}{6.75}$$

$$\text{由 } A = \frac{0.125}{\frac{R_i}{S_e}} = \frac{0.125}{\frac{1800}{6.75}} = 4.68 \times 10^{-4}$$

继而查文献[2]图 5-12 得 $B=50\text{MPa}$

$$\text{由 } [p] = \frac{B}{\frac{R_i}{S_e}} \text{ 得: } [p] = \frac{50}{\frac{1800}{6.75}} = 0.187\text{MPa}$$

因为 $p = 0.1\text{MPa} < [p] = 0.187\text{MPa}$ ，所以假设偏大，考虑与筒体的焊缝，取封头的壁厚与筒体一致，故取 $S_n = 8\text{mm}$

3.封头的结构及尺寸

直边高度 $h_0 = 25\text{mm}$

封头容积 $V_F = 1.1257\text{m}^3$

总深度 $h_1 = 525\text{mm}$

封头重量 $m = 345.3\text{Kg}$

封头厚度 $S_n = 8\text{mm}$

2.3 反应釜夹套的设计

2.3.1 夹套的 DN、PN 的确定

1. 夹套 DN 的确定;

查表可知, 夹套筒体内径 $D_j = D_i + 200 = 2200\text{mm}$

故 $DN = 2200\text{mm}$

2. 夹套 PN 的确定

夹套内介质的工作压力为常压, 故取 $PN = 0.25\text{MPa}$

2.3.4 夹套筒体壁厚的设计

1. 设计参数的确定;

因为 p_w 为常压 $< 0.3\text{MPa}$, 所以需要根据刚度条件设计圆筒最小壁厚。

2. 夹套筒体壁厚的设计;

因 $D_j = 2200\text{mm} < 3800\text{mm}$, 取 $S_{\min} = 2D_i/1000$ 且不小于 3mm

另加 C_2 , 故 $S_{\min} = 2 \times \frac{2200}{1000} + 1 = 5.4\text{mm}$

对于碳钢制造的筒体壁厚取 $S_n = 10\text{mm}$

3. 夹套筒体长度 H_j 的初步设计

根据 $DN = 2200$, 由文献[1]表查得单位高的容积 $V_1 = 3.801\text{m}^3$, 则筒体高度的计算值为:

$$H_j \geq \frac{\eta V - V_F}{V_1} = \frac{0.6 \times 13.9 - 1.1257}{3.801} = 1.898\text{m}$$

圆整后 $H_j = 1890\text{mm}$

2.3.5 夹套封头的设计

1. 封头的选型;

查文献可知，夹套的下封头选标准椭圆形封头，内径与筒体相同 ($D_j = 2200\text{mm}$)，代号 EHA。

2.设计参数的确定：

封头 $DN = 2200$ ， $PN = 0.25$ ；

3.封头的壁厚的设计：

因为 p_w 为常压 $< 0.3\text{MPa}$ ，所以要根据刚度条件设计封头的最小壁厚。

又因为 $D_j = 2200\text{mm} < 3800\text{mm}$ ，取 $S_{\min} = 2D_i/1000$ 且不小于 3mm 另加 C_2 。

故 $S_{\min} = 5.4\text{mm}$ ，圆整 $S_n = 5.5\text{mm}$

对于碳钢制造的封头壁厚取 $S_n = 8\text{mm}$

4.封头的直边尺寸、体积及重量的确定：

根据 $DN = 2200\text{mm}$ ，查文献可得：

直边高度 $h_0 = 25\text{mm}$

容积 $V_F = 1.5459\text{m}^3$

总深度 $h_1 = 590\text{mm}$

内表面积 $A = 5.5229\text{m}^2$

质量 $m = 424.2\text{Kg}$

5.封头结构的设计：

放料口 $DN=100\text{mm}$ ，查文献可知，封头下部结构主要结构尺寸 $D_{\min} = 210\text{mm}$

6.带折边锥形封头壁厚的设计

考虑到封头的大端与夹套筒体对焊，小端与釜体筒体角焊，因此取封头的壁厚与筒体的壁厚一致，即 $S_n = 8\text{mm}$

$\alpha = 45^\circ$ ，

大端 $D_t = 2200\text{mm}$ ，小端 $D_m = 2012\text{mm}$ ，直边 $h_0 = 144$

2.4 反应器釜体及夹套的压力试验

2.4.1 釜体的水压试验

1. 水压试验压力的确定

反应釜材料选用 00 Cr19Ni10，查表可知 100°C 内对应的许用应力 $[\sigma] = [\sigma]^t = 118\text{MPa}$

则水压试验的压力： $p_T = 1.25p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \geq (p + 0.1)$ ，其中 $\frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \leq 1.8$

$$p_T = 1.25 \times 0.25 \times 1 = 0.3125\text{MPa}$$

2. 液压试验的强度校核；

由 $\sigma_{\max} = \frac{p_T(D_i + S_n - C)}{2(S_n - C)}$ 得

$$\sigma_{\max} = \frac{0.3125 \times (2000 + 8 - 1.25)}{2 \times (8 - 1.25)} = 46.4\text{MPa}$$

$$\text{因 } \sigma_{\max} = 46.4\text{MPa} < 0.9\sigma_s \phi = 0.9 \times 177 \times 1 = 159.3\text{MPa}$$

故液压强度足够。

3. 压力表的量程、水温及水中 Cl^- 浓度的要求；

压力表的量程： $p = 2p_T = 2 \times 0.3125 = 0.625\text{MPa}$

或 $p = 1.5p_T \sim 4p_T$ ，取 $p = 1.03\text{MPa} \sim 2.75\text{MPa}$

水温 $\geq 15^\circ\text{C}$ ，水中 Cl^- 浓度 $\leq 25\text{mg/L}$

4. 水压试验的操作过程

操作过程：在保持釜体表面干燥的条件下，首先用水将釜体内空气排空，再将水的压力缓慢升至 0.3125MPa，保压 30min，将压力降至 0.25MPa，保持足够长时间，对所有焊缝和连接部位进行检查，如有渗漏，修补后重新试验，直至合格为止。

2.4.2 釜体的气压试验

1. 气压试验压力的确定;

$$\text{气压试验的压力: } p_T = 1.15p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} = 1.15 \times 0.25 \times 1 = 0.2875\text{MPa}$$

2. 气压试验的强度校核;

$$\text{由 } \sigma_{\max} = \frac{p_T(D_i + S_n - C)}{2(S_n - C)} \text{ 得:}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0.3125 \times (2000 + 8 - 1.25)}{2 \times (8 - 1.25)} = 46.4\text{MPa}$$

$$\text{因 } \sigma_{\max} = 46.4\text{MPa} < 0.8\sigma_s \phi = 0.8 \times 177 \times 1 = 141.6\text{MPa}$$

故气压强度足够。

3. 气压试验的操作过程

试验时缓慢地将压力升至 0.03MPa，保压 5min，对所有焊缝和连接部位进行初次检查，合格后，将压力缓慢升至 0.1562MPa，以后按 0.1 p_T 的级差逐渐升至 p_T ，保压 30min，将压力降至 0.2718MPa，保持足够长的时间，对所有焊缝和连接部位进行检查，如有渗漏，修补后重新试验，直至合格为止。

2.4.3 夹套的液压试验

1. 水压试验压力的确定;

夹套的材料选用 16MnR，查表可得 100°C 内对应的许用应力 $[\sigma] = [\sigma]^t = 170\text{MPa}$

$$\text{水压试验的压力: } p_T = 1.25p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \geq (p + 0.1), \text{ 其中 } \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \leq 1.8$$

$$p_T = 1.25 \times 0.25 \times 1 = 0.3125\text{MPa}$$

2. 液压试验的强度校核;

$$\text{由 } \sigma_{\max} = \frac{p_T(D_i + S_n - C)}{2(S_n - C)} \text{ 得}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0.3125 \times (2200 + 8 - 1.25)}{2 \times (8 - 1.25)} = 51.08\text{MPa}$$

因 $\sigma_{\max} = 51.08\text{MPa} < 0.9\sigma_s\phi = 0.9 \times 345 \times 1 = 310.5\text{MPa}$

故液压强度足够。

3. 压力表的量程、水温的要求；

压力表的最大量程： $p = 2p_T = 2 \times 0.3125 = 0.625\text{MPa}$

或 $p = 1.5p_T \sim 4p_T$ ，取 $p = 0.469\text{MPa} \sim 1.25\text{MPa}$

水温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 。

4. 水压试验的操作过程

在保持釜体表面干燥的条件下，首先用水将釜体内空气排空，再将水的压力缓慢升至 0.3125MPa ，保压 30min ，将压力降至 0.25MPa ，保持足够长时间，对所有焊缝和连接部位进行检查，如有渗漏，修补后重新试验，直至合格为止。

2.5 反应器附件的选型及尺寸设计

2.5.1 釜体法兰联接结构的设计

1. 法兰的设计；

根据 $\text{DN}=20000$ ， $\text{PN}=0.25\text{MPa}$ ，由文献确定法兰类型为甲型平焊法兰。标准号为 JB/T 4702

使用法兰材料为 16MnR

查表得螺栓规格 M24，螺栓数量 40

详细数据信息见表 4-1:

公称直径 DN/ mm	法兰/mm							螺栓	
	D	D_1	D_2	D_3	D_4	δ	d	规格	数量
2000	2130	90	55	2041	2038	8	3	20	60

2.密封面形式的选型;

根据 PN=0.25MPa, DN=2000mm, 查文献可知密封面选用突面, 代号 RF

3.螺栓和螺母的尺寸规格;

本设计选用六角头螺栓 (C 级、JG/T 5780-2000)、I 型六角螺母 (C 级、JG/T 41-2000)

平垫圈 (100HV、JG/T 95-2002)

螺栓长度 L 的计算:

螺栓的长度由法兰的厚度 (δ)、垫片的厚度 (S)、螺母的厚度 (H)、垫圈厚度 (h)、螺栓伸出长度 ($0.3 - 0.5$) d 确定。

其中 $\delta = 58\text{mm}$, $S = 3\text{mm}$, $H = 36\text{mm}$, $h = 3\text{mm}$, 螺栓伸出长度取 $0.4 \times 27 = 10.8\text{mm}$

螺栓的长度 L 为: $L = 2\delta + S + H + 2h + 0.4d$

$= 171.8\text{mm}$, 取 $L = 200\text{mm}$ 。

4.法兰、垫片、螺栓、螺母、垫圈的材料

根据甲型平焊法兰、工作温度 $t < 100^\circ\text{C}$ 的条件, 由文献[3]附录 8 法兰、垫片、螺栓、螺母材料匹配表进行选材。

法兰、垫片、螺栓、螺母的材料

法 兰	垫 片	螺 栓	螺 母	垫 圈
16MnR	中压橡胶石 棉板	35	25	100HV

表 4-2

2.5.2 工艺接管的设计

在文献[2]表 8-2 对应无缝钢管的公称直径 DN 可查其外径 D_0 、壁厚 S_n 。

1. 水进口

采用 $\phi 57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，罐内的接管与夹套内表面磨平。配用突面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 25-0.1 RF 20。

2. O_2 (g) 进口

采用 $\phi 32\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，接管与封头内表面磨平。配用凸面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 25-0.6 RF 16MnR。

3. 工艺物料进口

采用 $\phi 57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，管的一端切成 45° ，伸入罐内一定长度。配用的凸面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 50-0.6 RF 16MnR。

4. 放料口

采用 $\phi 108\text{mm} \times 4\text{mm}$ 无缝钢管，接管与封头内表面磨平。配用突面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 100-0.6 RF 16MnR。与其配套的是手动下展式铸不锈钢放料阀，标记：放料阀 6-100 HG 5-11-81-3。

5. 水出口

采用 $\phi 57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，接管与封头内表面磨平。配用凸面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 50-0.1 RF 20。

6. 安全阀接口

采用 $\phi 32\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 无缝钢管，接管与封头内表面磨平。配用凸面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 25-0.6 RF 16MnR。

7. 冷凝器接口

采用 $\phi 108\text{mm} \times 4\text{mm}$ 无缝钢管，接管与封头内表面磨平。配用凸面板式平焊管法兰：HG 20592 法兰 PL 100-0.6 RF 16MnR。

2.5.3 管法兰尺寸的设计

由文献并根据 $PN=0.25\text{MPa}$ 和接管的 DN ，由板式平焊管法兰标准 (HG20592) 确定法兰的尺寸。管法兰的尺寸见下表。

接管名称	公称直径 DN	接管外径 A	连接尺寸					法兰厚度 C	密封面厚度 f	法兰内径 B
			D	K	L	n	Th			
水出口	50	57	140	110	4	4	M12	16	3	59
工艺物料进口	50	57	140	110	4	4	M12	16	3	59
水进口	50	57	140	110	4	4	M12	16	3	59

放料口	100	108	210	170	8	4	M16	8	3	110
冷凝器接口	100	108	210	170	8	4	M16	8	3	110
O ₂ 接口	25	32	100	75	11	4	M10	4	3	33
安全阀接口	32	38	120	90	14	4	M12	16	3	39

表 4-3 板式平焊管法兰的尺寸 (HG20592)

2.5.4 垫片尺寸及材质

1. 垫片的结构

工艺接管配用的突面板式平焊管法兰的垫片的结构如图所示, 查文献表 1 可确定其尺寸, 尺寸、材质表所示。

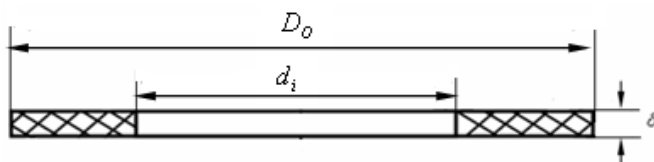


图 4-1 管道法兰用软垫片

2. 密封面形式及垫片尺寸

接管名称	密封面型式	垫片尺寸(mm)			垫片材质
		外径 D_o	内径 d_i	厚度 δ	
水出口	RF	107	57	2	耐油石棉橡胶板
工艺物料进口	RF	107	57	2	耐油石棉橡胶板
水进口	RF	107	57	2	耐油石棉橡胶板
放料口	RF	152	108	2	耐油石棉橡胶板
冷凝器接口	RF	152	108	2	耐油石棉橡胶板
O ₂ 接口	RF	71	32	2	耐油石棉橡胶板
安全阀接口	RF	82	38	2	耐油石棉橡胶板

表 4-4 密封面形式及垫片尺寸

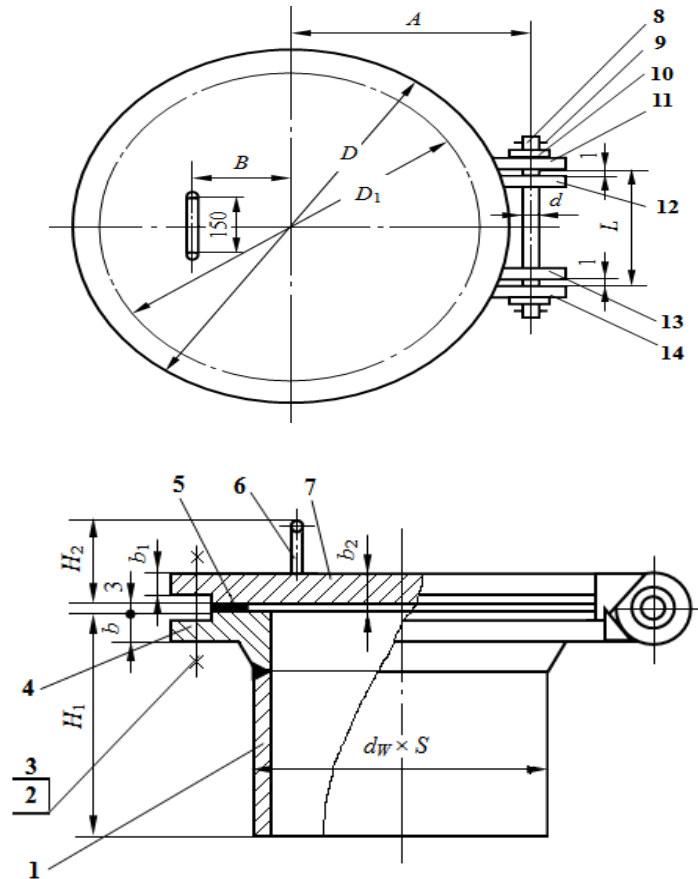
2.5.5 人孔的设计

1.人孔的结构

由于釜体的内径 $D_i = 2000\text{mm} > 900\text{mm}$ ，因此需要在釜体的封头上设置人孔，以便于安装、维修、检查釜体的内部结构，本设计选用PN = 0.6MPa，DN = 450mm不锈钢 A 型回转盖带颈平焊法兰人孔，其结构尺寸如图 4-1 所示。由文献查得其尺寸见表 4-5、材料见表 4-6。

图 4-2 A 型回转盖带颈平焊法兰人孔结构

1-人孔接管; 2-螺母; 3-螺栓; 4-法兰; 5-垫片; 6-手柄; 7-法兰盖; 8-销轴; 9-开口销; 10-垫圈; 11、12、13、14-轴耳



2. 人孔的尺寸;

公称压力(MPa)	密封面形式	公称直径DN	d w×S	D	1	A	B	螺栓	
								规格	数量
0.6	突面	450	480×6	990	50	325	150	M20×75	16
		L	H1	H2	b	b1	b2	d	重量(kg)
		200	220	102	28	22	26	20	88.9

表 4-5 回转盖带颈平焊法兰人孔的尺寸 (mm)

3.人孔的材料 :

件号	名称	数量	材料	件号	名称	数量	材料
1	人孔接管	1	0Cr18Ni10Ti	8	销轴	1	45
2	螺母	8	25	9	开口销	2	35
3	螺栓	8	35	10	垫圈	2	100HV
4	法兰	1	1Cr18Ni9Ti	11	轴耳	1	Q235-A
5	垫片	1	耐油石棉橡胶板	12	轴耳	1	Q235-A
6	手柄	1	Q235-A	13	轴耳	1	Q235-A
7	法兰盖	1	1Cr18Ni9Ti	14	轴耳	1	Q235-A

表 4-6 人孔 PN=0.6, DN=450 的明细表

2.5.5 视镜的选型

1. 视镜的选型

由于釜内介质压力较低 ($P_w = 0.1\text{MPa}$) 且考虑 $DN=2000\text{mm}$, 本设计选用两个 $DN=80\text{mm}$ 的不带颈视镜。该类视镜具有结构简单, 不易结料, 窥视范围大等优点, 其结构见图 4-3。

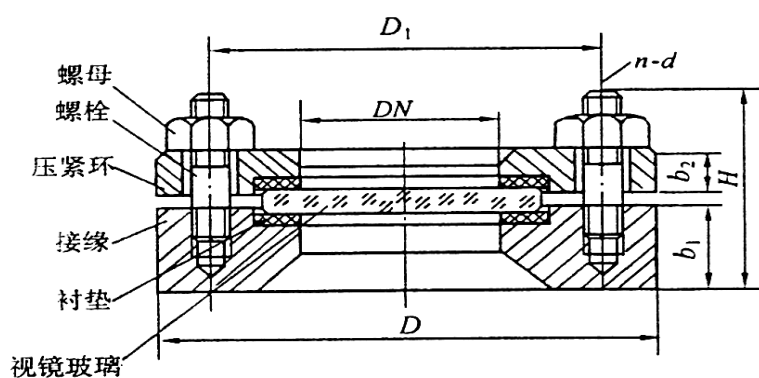


图 4-3 视镜的结构型式

查文献[4]可确定视镜的规定标记、标准图号, 查文献确定其尺寸, 尺寸见表, 查文献确定其材料, 材料见表, 视镜在封头上对称布置。

标 记: 视镜 II $PN 0.6, DN 80$

标准图号: HGJ 501-86-14。

质 量: 6.8kg

DN	视镜玻璃 $d_n \times S$	D	D_1	b_1	b_2	H_1	双头螺柱	
							数量	直径×长度
80	89×4	160	30	36	24	86	8	M12×40

表 4-7 视镜的尺寸

件号	名称	数量	材料	件号	名称	数量	材料
1	视镜玻璃	1	钢化硼硅玻璃 (HGJ501-86-0)	4	压紧环	1	Q235-A
2	衬垫	2	石棉橡胶板	5	双头螺柱	8	5
3	接缘	1	1Cr18Ni9Ti	6	螺母	8	25

表 4-8 视镜的材料

2.5.6 支座的选型及设计

1. 支座的选型及尺寸的初步设计

(1) 选型

设备外部不设保温层，所以选用耳式 A 型支座，支座数量为 4 个。

(2) 支座尺寸的初步设计

反应釜总质量估算： $m_F = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$

式中： m_1 ——釜体的质量 (Kg)， m_2 ——夹套的质量 (Kg)， m_3 ——搅拌装置的质量 (Kg)， m_4 ——附件的质量 (Kg)

则 $m_F = 1980.2 + 1248.24 + 310 + 1256 = 4794.44\text{Kg}$

物料总质量的估算： $m_W = m_j + m_d$

式中： m_j ——釜体介质的质量，Kg； m_d ——夹套内水的质量，Kg。

考虑到后期的水压试验，对物料总质量的计算以水装满釜体和夹套计算，估算结果为 2200Kg。

装置总质量： $m = m_F + m_W = 6994.44\text{Kg}$

根据 $DN=2000$ ， $Q=26.3\text{KN}$ ，由文献知初选 A 型鞍式支座。

系列参数如下表：

H	底板				筋板			垫板				螺栓间距	鞍座重量
	l_1	b_1	δ_1	S_1	l_2	b_2	δ_2	弧长	b_3	δ_3	e	l_3	kg
250	1420	220	12	70	331	190	8	2330	350	8	40	1260	152

表 4-9 A 型鞍式支座的尺寸

2.6 搅拌装置的选型与尺寸设计

2.6.1 搅拌轴直径的初步计算

1. 搅拌轴直径的设计：

电机的功率 $P=8.0\text{KW}$ ，搅拌轴的转速 $n=110\text{r/min}$ ，根据文献选择搅拌轴材料 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ ， $[\tau]=25\text{MPa}$ ，剪切弹性模量 $G=8\times 10^4\text{MPa}$ ，许用单位扭转角 $[\theta]=1.0^\circ/\text{m}$ 。

$$\text{由 } m = 9.553 \times 10^6 \frac{P}{n} \text{ 得： } m = 9.553 \times 10^6 \times \frac{8}{110} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{利用截面法得： } M_{T\max} = m = 9.553 \times 10^6 \times \frac{8}{110} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{由 } \tau_{\max} = \frac{M_T}{W_\rho} \leq [\tau] \quad \text{得： } W_\rho \geq 9.553 \times 10^6 \frac{P}{n[\tau]} = 9.553 \times 10^6 \times \frac{8}{110 \times 25}$$

搅拌轴为实心轴，由： $W_{\rho} \geq 0.2d^3 = 9.553 \times 10^6 \times \frac{8}{110 \times 25}$

解得 $d \geq 51.7\text{mm}$ ，取 $d = 52\text{mm}$

2. 搅拌轴刚度的校核

由 $\theta_{\max} = \frac{M_{T\max}}{GJ_{\rho}} \times \frac{180}{\pi} \times 10^3$ 得：

$$\theta_{\max} = \frac{9.553 \times 10^6}{8 \times 10^4 \times 0.1 \times 52^4} \times \frac{8}{110} \times \frac{180}{\pi} \times 10^3 = 0.64(^{\circ}/\text{m})$$

因为最大单位扭转角 $\theta_{\max} = 0.64^{\circ}/\text{m} < [\theta] = 1.0^{\circ}/\text{m}$

所以圆轴的刚度足够。考虑到搅拌轴与联轴器配合， $d = 52\text{mm}$ 可能需要进一步调整。

2.6.2 搅拌轴临界转速校核计算

由于反应釜的搅拌轴转速 $n = 110\text{r}/\text{min} < 200\text{r}/\text{min}$ ，故不作临界转速校核计算。

2.6.3 联轴器的型式及尺寸的设计

由于选用摆线针齿行星减速机，所以联轴器的型式选用立式夹壳联轴节（D型）。标记为：DN 50 HG 21570—95，结构如图。由文献可确定联轴节的尺寸，如表，由文献可查得零件及材料，如表所示。由于联轴节轴孔直径 DN=50mm 因此保持搅拌轴直径 $d = 52\text{mm}$ 。

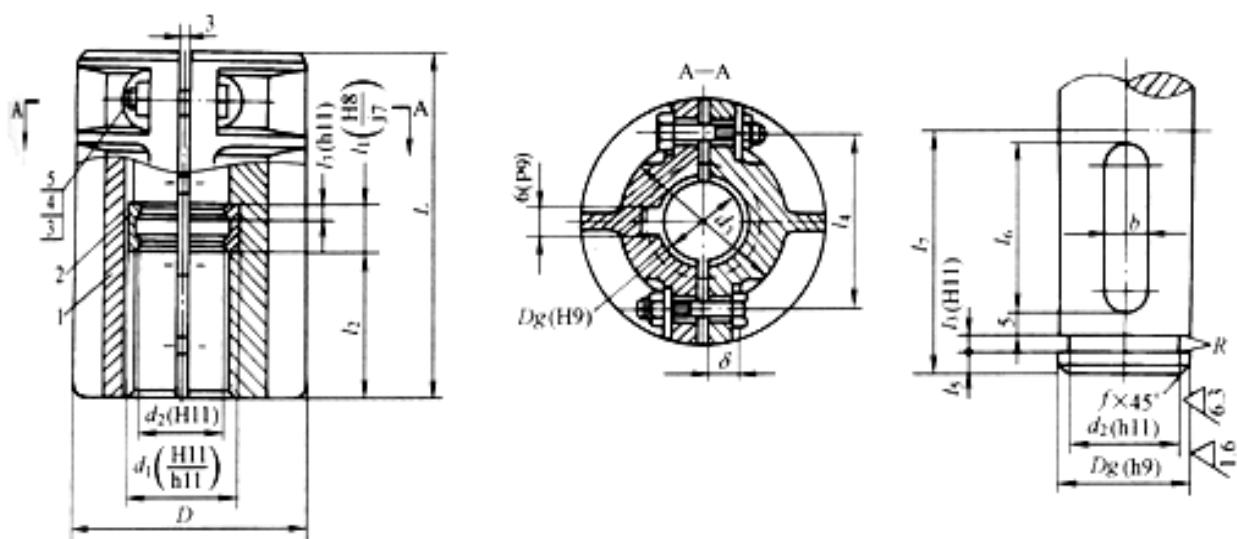


图 5-1 立式夹壳联轴节

1-夹壳；2-悬吊环；3-垫圈；4-螺母；5-螺栓

	D	d_1	d_2	d_3	L	l_1	l_2	l_3	螺栓	
									数量	规格
轴孔直径 DN 50	35	2	2	0	90	4	3	6	6	M12
	l_4	l_5	l_6	l_7	δ	b	f	R		
	94	5	70	100	18	16	0.6	0.4		

表 5-1 夹壳联轴节的尺寸

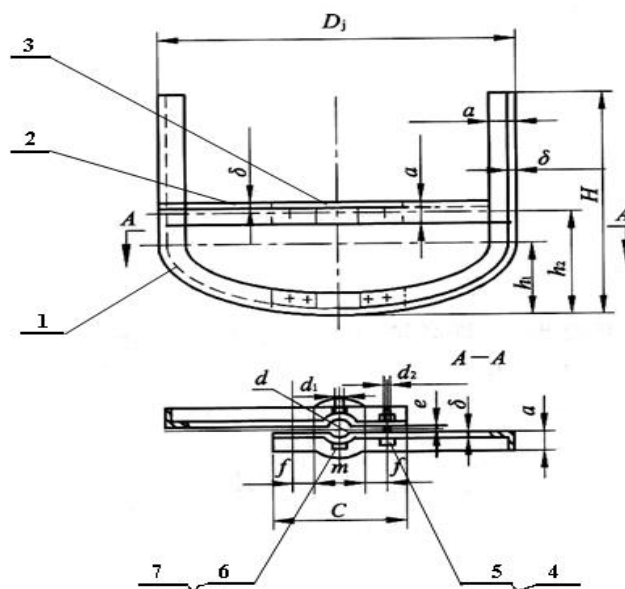
件号	名称	材料	件号	名称	材料
1	左、右夹壳	ZG-1Cr18Ni9Ti	4	螺母	0Cr18Ni9Ti
2	吊环	0Cr18Ni9Ti	5	螺栓	A2-70
3	垫圈	A-140			

表 5-2 夹壳联轴节的零件及材料

2.6.4 搅拌桨的结构

1. 框式搅拌桨的结构:

框式搅拌桨的结构如图所示。



1-桨叶;2-横梁;3-筋板;4-连接螺栓;5-螺母;6-穿轴螺栓;7-螺母

图 5-2 框式搅拌桨的结构

2. 搅拌桨的尺寸；

由文献[5]表 3-1-17 确定不锈钢框式搅拌桨的尺寸。

D_j	d	螺栓		螺孔	螺栓		螺孔	δ	a
		d_1	数量	d_2	d_3	数量	d_4		
950	50	M16	2	16.5	M12	8	13	4	63
b	h_1	h_2	c	e	m	f	f_1	重量	P/n
730	237	350	170	5	120	35	—	15	≤ 0.088

表 5-3 框式搅拌桨的尺寸 (HG/T2123—91)

3. 搅拌桨的零件明细表

由文献表 3-1-15 确定不锈钢框式搅拌桨的零件明细。

件号	名称	数量	材料	件号	名称	数量	材料
1	桨叶	2	1Cr18Ni9Ti	5	螺母	8	1Cr18Ni9Ti
2	横梁	2	1Cr18Ni9Ti	6	穿轴螺栓	2	1Cr18Ni9Ti
3	筋板	4	1Cr18Ni9Ti	7	螺母	4	1Cr18Ni9Ti
4	连接螺	8	1Cr				

	栓		18Ni9Ti				
--	---	--	---------	--	--	--	--

表 5-4 零件明细表

2.6.5 搅拌轴的结构及尺寸的设计

1. 搅拌轴长度的设计

搅拌轴的长度 L 近似由釜外长度 L_1 、釜内未浸入液体的长度 L_2 、浸入液体的长度 L_3 三部分构成。即 $L = L_1 + L_2 + L_3$

其中 $L_1 = H - M$ (H ——机架高; M ——减速机输出长度)

$$L_1 = 500 - 79 = 421\text{mm}$$

$L_2 = H_T + H_F - H_i$ (H_T ——釜体筒体的长度, H_F ——封头的深度, H_i ——液体装填高度)

液体装填高度 H_i 的确定:

$$(1) \text{ 釜体筒体的装填高度 } H_i = \frac{V_c - V_F}{\frac{\pi}{4} D_i^2}$$

式中 V_c —操作容积, m^3 ; V_F —釜体封头容积, m^3 ; D_i —筒体的内径, m 。

$$\text{故 } H_i = \frac{9.73 - 1.1257}{\frac{\pi}{4} \times 2.0^2} = 2.74\text{m}, \text{ 取 } H_i = 2740\text{mm}$$

$$\text{故液体的总装填高度 } H_i = H_1 + h_1 + h_0 = 2740 + 525 + 25 = 2820\text{mm}$$

$$L_2 = 4118 + 2 \times 525 - 2820 = 2348\text{mm}$$

浸入液体搅拌轴的长度 L_3 的确定:

搅拌桨的搅拌效果和搅拌效率与其在釜体的位置和液柱高度有关。搅拌桨浸入液体内的最佳深度为: $S = \frac{2}{3} D_i = \frac{2}{3} H_i$

当 $D_i = H_i$ 时为最佳装填高度; 当 $D_i < H_i$ 时, 需要设置两层搅拌桨。

由于 $H_i = 2820\text{mm} > D_i = 2000\text{mm}$, 本设计设置两层搅拌桨。

$$\text{搅拌桨浸入液体内的最佳深度为: } S = \frac{2}{3} H_i = 1827\text{mm}$$

$$\text{故浸入液体的长度: } L_3 = 1827\text{mm}$$

$$\text{搅拌轴长度 } L \text{ 为: } L = L_1 + L_2 + L_3 = 421 + 2348 + 1827 = 4596\text{mm}$$

2.7 传动装置的选型与设计

2.7.1 电动机的选型

由于进入的反应釜内生成的硫酸钠具有一定的腐蚀性，且为了安全起见，选用隔爆型三相异步电机（防爆标志 $d_{II} AT_4$ ）。根据电动机的功率 $P = 4.0KW$ 、转速 $n = 1500r/min$ ，由文献知选用的电机型号为 YB112M-4。

2.7.2 减速机的选型

1. 减速机的选型

根据电机的功率 $P = 8.0KW$ ，搅拌轴转速 $n = 110r/min$ 、传动比 $1500/110 = 13.63$ ，选用直联摆线针轮减速机（HG-745-78），标记 ZLD2.0-4A-17。由文献表确定其安装尺寸，直联摆线针轮减速机的外形见图、安装尺寸如表。

2. 减速机的外形安装尺寸

D_2	D_3	D_4	D	D_M	$n-d$	P
260	230	200	45	230	6-12	4
E	C_F	h	b	B	M	
15	161	48.5	14	400	79	

表 6—1 减速机的外形安装尺寸

2.7.3 机架的设计

由于反应釜传来的轴向力不大，减速机输出轴使用了带短节的夹壳联轴节，且反应釜使用不带内置轴承的机械密封，故选用 WJ 型无支点机架（HG21566—95）。由搅拌轴的直径 $d=52\text{mm}$ 可知，机架的公称直径 $DN=250$ ，由文献可查得其结构尺寸如图所示。

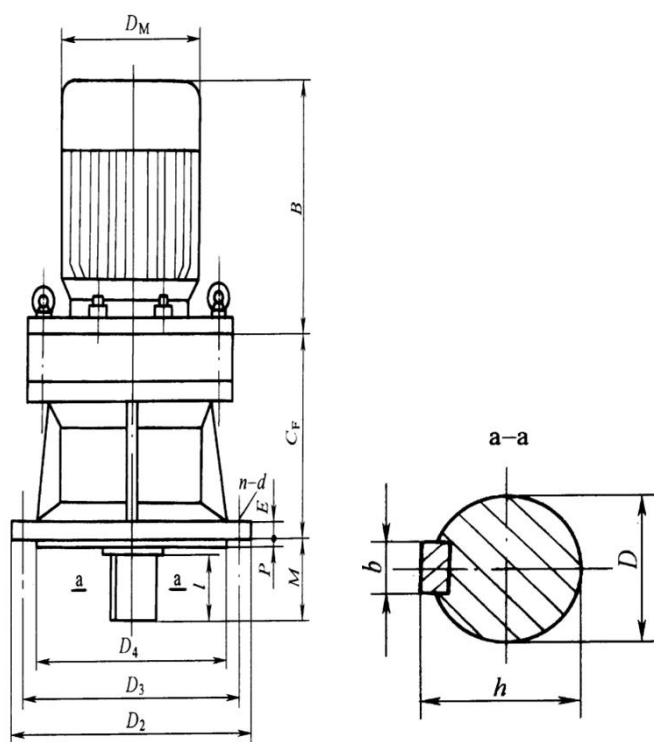


图 6-1 直连摆线针轮减速机

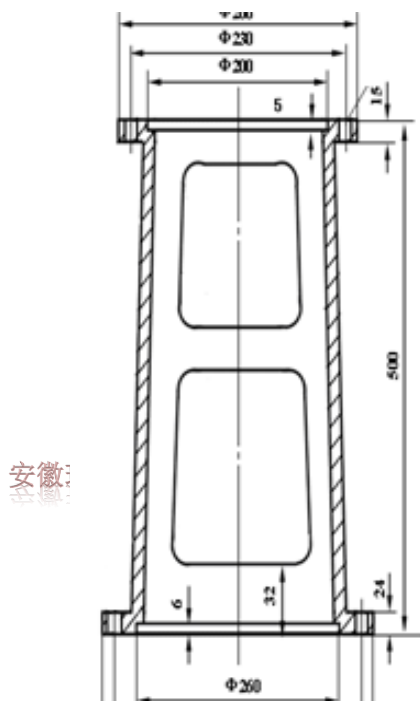


图 6—2 WJ 型无支点机架

2.7.4 底座的设计

对于不锈钢设备，本设计如下底座的结构，其上部与机架的输出端接口和轴封装置采用可拆相联，下部伸入釜内，结构与尺寸如图所示。

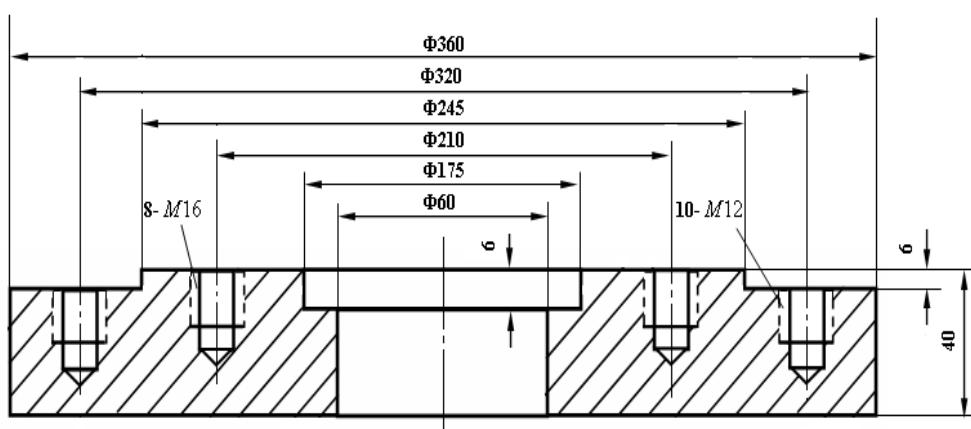


图 6-3 底座的结构

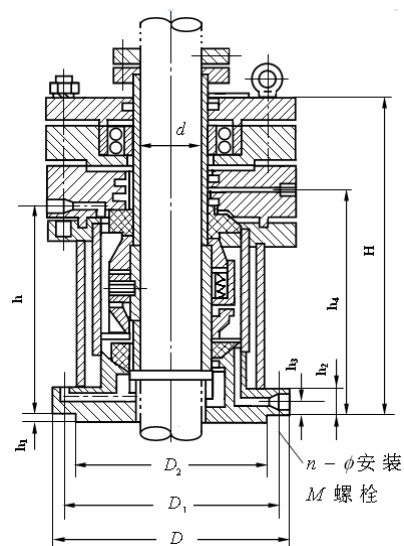
2.7.5 反应釜轴封装置的设计

1. 反应釜轴封装置的选型；

反应釜中应用的轴封结构主要有两大类，填料箱密封和机械密封。考虑到釜内的物料具有一定的腐蚀性，因此选用机械密封。

2. 轴封装置的结构及尺寸

根据 $p_w = 0.1\text{MPa}$, $t = 50^\circ\text{C}$, $n = 110\text{r/min}$, $d = 52\text{mm}$, 由文献选用 207 型釜用机械密封, 其结构及主要尺寸如图表。



径 d	D_1	D_2	D_3	L_1	L_2	封液 进 出 口	螺柱孔	
2	200	164	160	150	230	G1/2	8	0

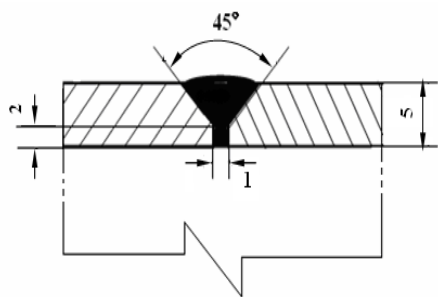
表 6-2 轴封装置的尺寸

2.8 焊缝结构的设计

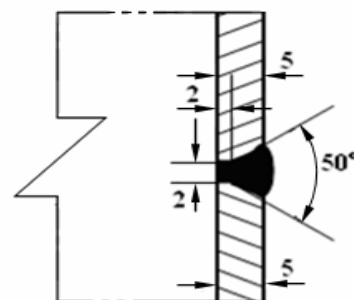
2.8.1 釜体上主要的焊缝结构

釜体上的主要焊缝结构及尺寸的设计要求:

(a) 筒体的纵向焊缝;

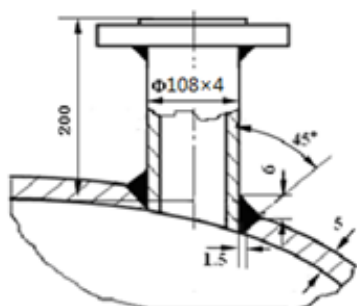


(b) 筒体与下封头的环向焊

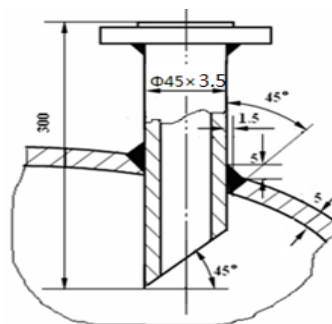


缝;

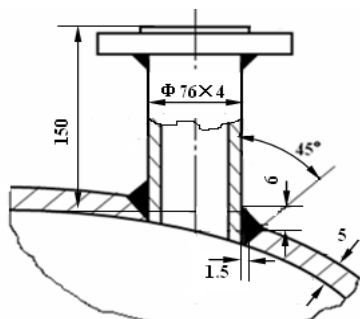
(c) 人孔接管与封头的焊缝;



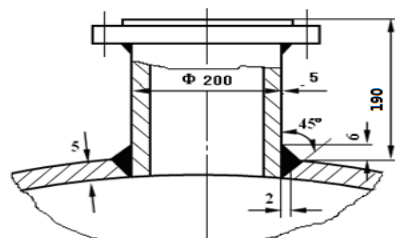
(d) 进料管与封头的焊缝



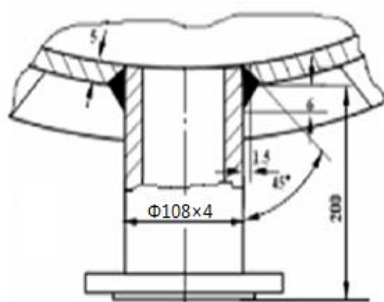
(e) 冷却器接管与封头的焊缝;



(f) 温度计接管与封头的焊



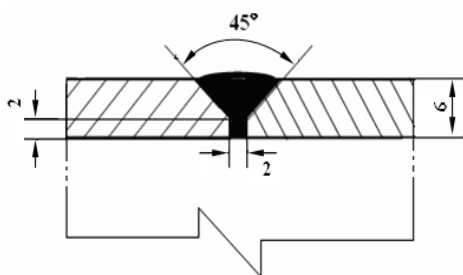
(h) 出料口接管与封头的焊缝。



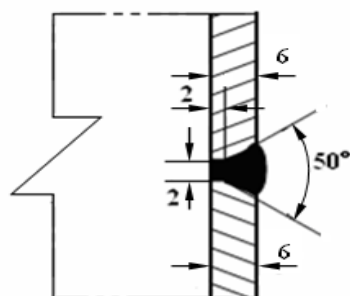
(2) 夹套上的焊缝结构的设计

夹套上的主要焊缝结构及尺寸的设计要求：

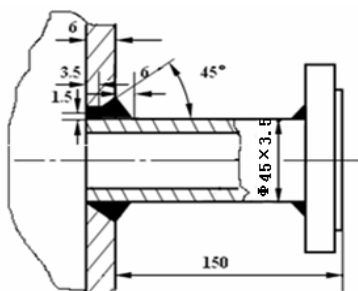
(a) 筒体的纵向焊缝；



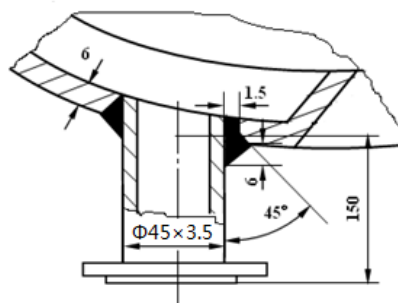
(b) 筒体与封头的横向焊缝；



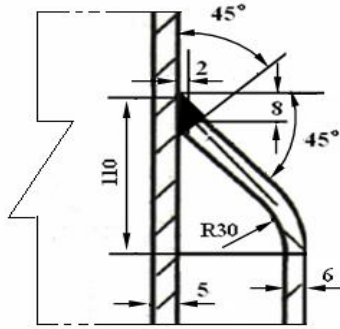
(c) 导热油进口接管与筒体的焊缝；



(e) 导热油出口接管与筒体的



(f) 釜体与夹套的焊缝



2.8 人孔的开孔及补强计算

2.8.1 封头开人孔后被削弱的金属面积 A 的计算

由于人孔的开孔直径较大，因此需要进行补强计算，本设计采用等面积的设计方法。釜体上封头开人孔后被削弱的金属面积 A 为：

$$A = dS_0 + 2S_0S_{et}(1 - f_r)$$

$$\text{式中： } d = d_i + 2C = 480 - 16 + 2 \times 1.25 = 466.5\text{mm}$$

$$S_0 = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \phi - 0.5 p_c} = \frac{1.1 \times 0.1 \times 2000}{2 \times 118 \times 1 - 0.5 \times 1.1 \times 0.1} = 0.93\text{mm}$$

$$f_r = \frac{[\sigma]^{et}}{[\sigma]^t} = 1$$

$$A = dS_0 + 2S_0S_{et}(1 - f_r) = 466.5 \times 0.93 = 433.845\text{mm}^2$$

2.8.2 有效补强区内起补强作用的金属面积的计算

1. 封头起补强作用金属面积 A_1 的计算；

$$A_1 = (B - d)(S_e - S_0) - 2S_{et}(S_e - S_0)(1 - f_r)$$

$$\text{式中 } B = 2d = 2 \times 466.5 = 933\text{mm}$$

$$B = d + 2S_n + 2S_{nt} = 466.5 + 2 \times 10 + 2 \times 8 = 502.5\text{mm}$$

取两者中的较大值

$$B = 933\text{mm}$$

$$S_e = S_n - C = 8 - 1.25 = 6.75\text{mm}$$

$$S_{et} = S_{nt} - C = 8 - 1.25 = 6.75\text{mm}$$

$$f_r = \frac{[\sigma]^{et}}{[\sigma]^t} = 1$$

$$A_1 = (933 - 466.5) \times (6.75 - 0.93) = 2715.03\text{mm}^2$$

2. 接管起补强作用金属面积 A_2 的计算;

$$A_2 = 2h_1(S_{et} - S_t)f_r + 2h_2(S_{rt} - C_2)f_r$$

$$\text{其中: } h_1 = \sqrt{466.5 \times 8} = 61\text{mm}, \quad h_2 = 230\text{mm}$$

取其中较小值 $h_1 = 61\text{mm}$

$$S_t = \frac{p_c d_i}{2[\sigma]^t \phi - p_c} = \frac{1.1 \times 0.1 \times 480}{2 \times 118 \times 1.0 - 1.1 \times 0.1} = 0.22\text{mm}$$

$$h_2 = 0, \quad C_2 = 0$$

$$A_2 = 2 \times 61 \times (6.75 - 0.22) \times 1 = 796.66\text{mm}^2$$

3. 焊缝起补强作用金属面积的 A_3 计算

$$A_3 = \frac{1}{2}K^2 = 18\text{mm}^2$$

2.8.3 判断是否需要补强的依据

有效补强区内起补强作用的金属面积为:

$$A_1 + A_2 + A_3 = 3529.69\text{mm}^2$$

被削弱的金属面积为: $A = 433.845\text{mm}^2$

$$\text{因为 } A = 433.845\text{mm}^2 < A_1 + A_2 + A_3 = 3529.69\text{mm}^2$$

所以不需要补强。

2.9 反应器选型结果一览表

带搅拌装置的釜式反应器

设计温度/°C	100	夹套直径/mm	2200
设计压力/MPa	0.25	釜体厚度/mm	8
釜体体积/m ³	13.9	封头类型	标准椭圆 (EHA)
釜体直径/mm	2000	筒体封头质量/Kg	353.3
釜体高度/mm	4060	夹套筒体质量/Kg	459.6
釜体质量/Kg	1667.4	封头厚度/mm	8
夹套体积/m ³	5.935	搅拌轴高度/mm	4596
夹套高度/mm	1890	釜体材料	00Cr19Ni10

第三章 塔设备设计

3.1 塔设备选型设计依据

- 《化工设备设计全书——塔设备》
- 《固定式压力容器》 GB 150-2011
- 《设备及管道保温设计导则》 GB 8175-1987
- 《压力容器封头 GB/T 25198-2010
- 《塔器设计技术规定》 HG 20652-1998
- 《钢制化工容器结构设计规定》 HG/T 20583-2011
- 《工艺系统工程设计技术规范》 HG/T 20570-1995
- 《塔顶吊柱》 HG/T 21639-2005
- 《不锈钢人、手孔 HG 21594-21604
- 《钢制人孔和手孔的类型与技术条件》 HG/T 21514-2005
- 《钢制塔式容器》 JB/T 4710-2005
- 《补强圈》 JB/T 4736-2002
- 《钢制压力容器用封头》 JB/T 4746-2002

3.2 塔设备选型

3.2.1 塔设备简介

塔设备的分类可以从不同的角度进行。例如：按操作压力分为加压塔、常压塔和减压塔；按单元操作分为精馏塔、吸收塔、解吸塔、萃取塔、反应塔和干燥塔；按形成相际接触界面的方式分为具有固定相界面的塔和流动过程中形成相界面的塔；也有按塔釜形式分类的，但是长期以来最常用的分类是按塔的内件结构分为板式塔和填料塔。

填料塔以填料作为气液接触元件，气液两相在填料层中逆向连续接触。它具有结构简单、压力降小、易于用耐腐蚀非金属材料制造等优点，对于气体吸收、真空蒸馏以及处理腐蚀性流体的操作，颇为适用。当塔径增大时，引起气

液分布不均、接触不良等，造成效率下降，即称为放大效应。同时，填料塔还有重量大、造价高、清理维修麻烦、填料损耗大等缺点，以致使填料塔在很长时期以来不及板式塔使用广泛。但是随着新型高效填料的出现，流体分布技术的改进，填料塔的效率有所提高，放大效应也在逐步得以解决。

板式塔是分级式接触型气液传质设备，种类繁多。板式塔为逐级接触式气液传质设备。在一个圆筒形的壳体内装有若干层按一定间距放置的水平塔板，塔板上开有很多筛孔，每层塔板靠塔壁处设有降液管。气液两相在塔板内进行逐级接触，两相的组成沿塔高呈阶梯式变化。板式塔的空塔气速很高，因而生产能力较大，塔板效率稳定，造价低，检修、清理方便。根据目前国内外实际使用的情况，主要的塔型是泡罩塔、筛板塔、浮阀塔、舌形塔、浮动喷射塔、等等。

表 1.1 板式塔和填料塔的比较

项目	填料塔		板式塔
	散堆填料	规整填料	
空塔气速	稍小	大	比散堆填料大
压降	小	更小	一般比填料塔大
塔效率	小塔效率高	高, 对大直径塔无放大效应	较稳定, 效率较高
液气比	对液体喷淋量有一定要求	范围大	适应范围大
持液量	较小	较小	较大
材质	可用非金属耐腐蚀材料	适应各类材料	金属材料
造价	小塔较低	较板式塔高	大直径塔较低
安装检修	较困难	适中	较容易

目前生产能力较大的塔，多采用板式塔，比较经济合理。而新型高效填料（例如金属丝网波纹填料），能显著降低塔高，其放大效应并不明显，只要有合宜的结构，在较大直径的塔内仍具有较高的效率，自然也是经济合理的。下面重点就板式塔进行介绍。

表 1.2 各种板式塔的优点及用途

塔盘型式		结构	优点	缺点	应用范围
泡罩塔	圆形泡罩	复杂	弹性好无泄漏	费用高板间距大压力降比较大	用于具有特定要求的场合
	S型泡罩塔板	稍简单	简化了泡罩的型式，因此性能相似	费用高板间距大压力降比较大	用于具有特定要求的场合
浮阀塔	条形浮阀	简单	操作弹性较好；塔板效率较高；处理能力较大	没有特别的缺点	适用于加压及常压下的气液传质过程
	重盘式浮阀	有简单的和稍复杂的			
	T型浮阀	简单			
穿流型	筛板 (溢流式)	简单	正常负荷下的效率高；费用最低；压力降小	稳定操作范围窄；要么扩大孔径，否则易堵物料；容易发生液体泄漏	适于处理量变动少且不析出固体的系统
	波纹筛板	简单	比筛板压力降稍高，但具有同样的优点；气液分布好		

	栅板	简单	处理能力大；压力降小；费用便宜		适用于粗蒸馏
--	----	----	-----------------	--	--------

表 1.3 各种塔盘的比较

塔盘型式	蒸汽量	液量	效率	操作弹性	压力降	价格	可靠性
泡罩	良	优	良	超	差	良	优
筛板	优	优	优	良	优	超	良
浮阀	优	优	优	优	良	优	优
穿流式	优	超	差	差	优	超	可

结论：浮阀塔盘在蒸汽负荷、操作弹性、效率和价格等方面都比泡罩塔盘优越；筛板塔盘造价低、压力降小，除操作弹性较差外，其他性能接近于浮阀塔盘。

3.2.2 塔型选择原则

塔型的合理选择是做好塔设备设计的首要环节。选择时考虑的因素有：物料性质、操作条件、塔设备性能，以及塔设备的制造、安装、运转和维修等。

（一）与物性有关的因素

（1）易起泡的物系，如处理量不大时，以选用填料塔为宜。因为填料能使泡沫破裂，在板式塔中则易引起液泛。

（2）具有腐蚀性的介质，可选用填料塔。如必须用板式塔，宜选用结构简单、造价便宜的筛板塔盘、穿流式塔盘或舌形塔盘，以便及时更换。

（3）具有热敏性的物料须减压操作，以防过热引起分解或聚合，故应选用压力降较小的塔型。如可采用装填规整填料的散堆填料等，当要求真空度较低时，也可用筛板塔和浮阀塔。

（4）黏性较大的物系，可以选用大尺寸填料，板式塔的传质效率较差。

（5）含有悬浮物的物料，应选择液流通道较大的塔型，以板式塔为宜。可选用泡罩塔、浮阀塔、栅板塔、舌形塔和孔径较大的筛板塔等。不宜使用填

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/345314020042012003>