

## 目录

1. 换热器选型和工艺设计 .....	3
1.1 设计条件 .....	3
1.2 换热器选型 .....	3
1.3 工艺设计 .....	3
1.3.1 传热管根数的确定 .....	4
1.3.2 传热管排列和分程方法 .....	4
1.3.3 壳体内径 .....	4
2 换热器结构与强度校核 .....	4
2.1 管板设计 .....	4
2.1.1 管板材料和选型 .....	5
2.1.2 管板结构尺寸 .....	5
2.1.3 管板质量计算 .....	6
2.2 法兰与垫片 .....	6
2.2.1 管箱法兰与管箱垫片 .....	7
2.3 接管 .....	8
2.3.1 接管的外伸长度 .....	9
2.3.2 接管位置设计 .....	9
2.3.3 接管法兰 .....	11
2.4 管箱设计 .....	12
2.4.1 管箱结构形式选择 .....	12
2.4.2 管箱最小长度 .....	12
2.5 换热管 .....	13
2.5.1 布管限定圆 .....	13
2.5.2 换热管与管板的连接 .....	13
2.6 拉杆与定距管 .....	14
2.6.1 拉杆的结构形式 .....	14
2.6.2 拉杆的直径、数量及布置 .....	14
2.6.3 定距管 .....	15

2.7 防冲板.....	15
2.7.1 防冲板选型.....	15
2.7.2 防冲板尺寸.....	16
2.8 折流板.....	16
2.8.1 折流板的型式和尺寸.....	16
2.8.2 折流板的布置.....	17
2.8.3 折流板重量计算.....	17
3. 强度计算.....	18
3.1 壳体和管箱厚度计算.....	18
3.1.1 壳体、管箱和换热管材料的选择.....	18
3.1.2 圆筒壳体厚度的计算.....	19
3.1.3 管箱厚度计算.....	19
3.2 开孔补强计算.....	20
3.2.1 壳体上开孔补强计算.....	21
3.3 水压试验.....	21
3.4 支座.....	22
3.4.1 支反力计算如下: .....	22
3.4.2 鞍座的型号及尺寸.....	23
4 焊接工艺设计.....	24
4.1 壳体与焊接.....	24
4.1.1 壳体焊接顺序.....	24
4.1.2 壳体的纵环焊缝.....	25
4.2 换热管与管板的焊接.....	25
4.2.1 焊接工艺.....	25
4.2.2 法兰与短节的焊接.....	26
4.2.3 管板与壳体、封头的焊接.....	27
4.2.4 接管与壳体焊接.....	27
总结.....	29
参考文献.....	29

## 1. 换热器选型和工艺设计

### 1.1 设计条件

项目	管程	壳程
工作压力 (MPa)	1.7	0.7
工作温度 (°C)	40~150	170~90
介质	净化煤气	水蒸气 / 冷凝水
换热管尺寸 (mm)	Φ 25 × 2.5	
换热面积 (m <sup>2</sup> )	90	
换热管长度 (m)	自选	
管程数	2	
结构型式	卧式	
使用寿命	10 年	

### 1.2 换热器选型

管程定性温度  $t = \frac{40 + 150}{2} = 95^{\circ}\text{C}$

壳程定性温度  $T = \frac{170 + 90}{2} = 130^{\circ}\text{C}$

管壳程温差  $\Delta t = T - t = 130 - 95 = 35^{\circ}\text{C} < 50^{\circ}\text{C}$

故初步选择不带膨胀节的固定管板式换热器（双管程）。

根据介质特性初步选择换热管材料为 20 号碳钢，壳体材料为 Q245R

### 1.3 工艺设计

### 1. 3. 1 传热管根数的确定

已知换热管外径  $d_o = 0.025\text{m}$ ，内径  $d_i = 0.02\text{m}$ ，换热面积  $S=90\text{ m}^2$ ，管程数为 2。

取换热管长  $l=6\text{m}$ ，由  $S = \pi d_o l N$  得

$$\text{换热管数 } N = \frac{S}{\pi d_o l} = \frac{90}{3.14 \times 0.025 \times 6} = 191$$

取  $N=192$  (根)

### 1. 3. 2 传热管排列和分程方法

由于设计要求为双管程换热器，故采用组合排列方法，即每程内均按正三角形排

列，隔板两侧采用正方形排列。取管心距  $a = 1.25d_o$  (焊接) 则

$$a = 1.25 \times 25 = 31.25 \quad \text{取 } a = 32\text{mm} \quad ; \quad \text{各程相邻管的管心距 } a_1 = 2\left(\frac{a}{2} + 6\right) = 44\text{mm}$$

横过管束中心线管数 (正三角形排列)  $n_c = 1.1\sqrt{N} = 1.1 \times \sqrt{192} = 15.2 \approx 16$  (根)

### 1. 3. 3 壳体内径

多管程结构取管板利用率  $\eta = 0.7$ ，则壳体内径为

$$D = 1.05a \sqrt{\frac{N}{\eta}} = 1.05 \times 32 \times \sqrt{\frac{192}{0.7}} = 556\text{mm}$$

取  $D=600\text{mm}$

### 1. 3. 4 折流板

由于壳程有水蒸气冷凝，所以选用垂直切口的弓形（圆缺形）折流板。

a. 圆缺高度  $h = 25\% D = 25\% \times 600 = 150\text{mm}$

b. 折流板间距  $B = \left(\frac{1}{5} \sim 1\right) D$ ，取  $B=300\text{mm}$

c. 折流板数  $N_B = \frac{\text{传热管长度}}{\text{折流板间距}} = \frac{6000}{300} = 19$  块

## 2 换热器结构与强度校核

### 2.1 管板设计

## 2. 1.1 管板材料和选型

管板是管壳式换热器最重要的零部件之一，用来排布换热管，将管程和壳程的流体分隔开来，避免冷、热流体混合，并同时受管程、壳程压力和温度的作用。管板的设计合理与否直接关系到换热器的制造成本的高低及综合性能的优劣。由于本设计中的流体只具有轻微的腐蚀性，故采用工程上常用的 Q2454R 板材。固定管板式换热器常采用管板兼作法兰，故采用兼作法兰的管板。

## 2. 1.2 管板结构尺寸

由壳程设计压力  $p_s = 1.0\text{MPa}$ ，管程设计压力  $p_t = 2.5\text{MPa}$ ；壳体公称直径  $\text{DN}=600$

查《换热器设计手册》P155 可得管板的结果尺寸如下

管板尺寸

$p_s$ MPa	$p_t$ MPa	DN	D	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	C	$d_2$	螺栓		$b_1$	b
											规格	数量 ( $n_2$ )		
1.0	2.5	600	760	715	676	597	663	600	12.5	27	M24	24	38	48

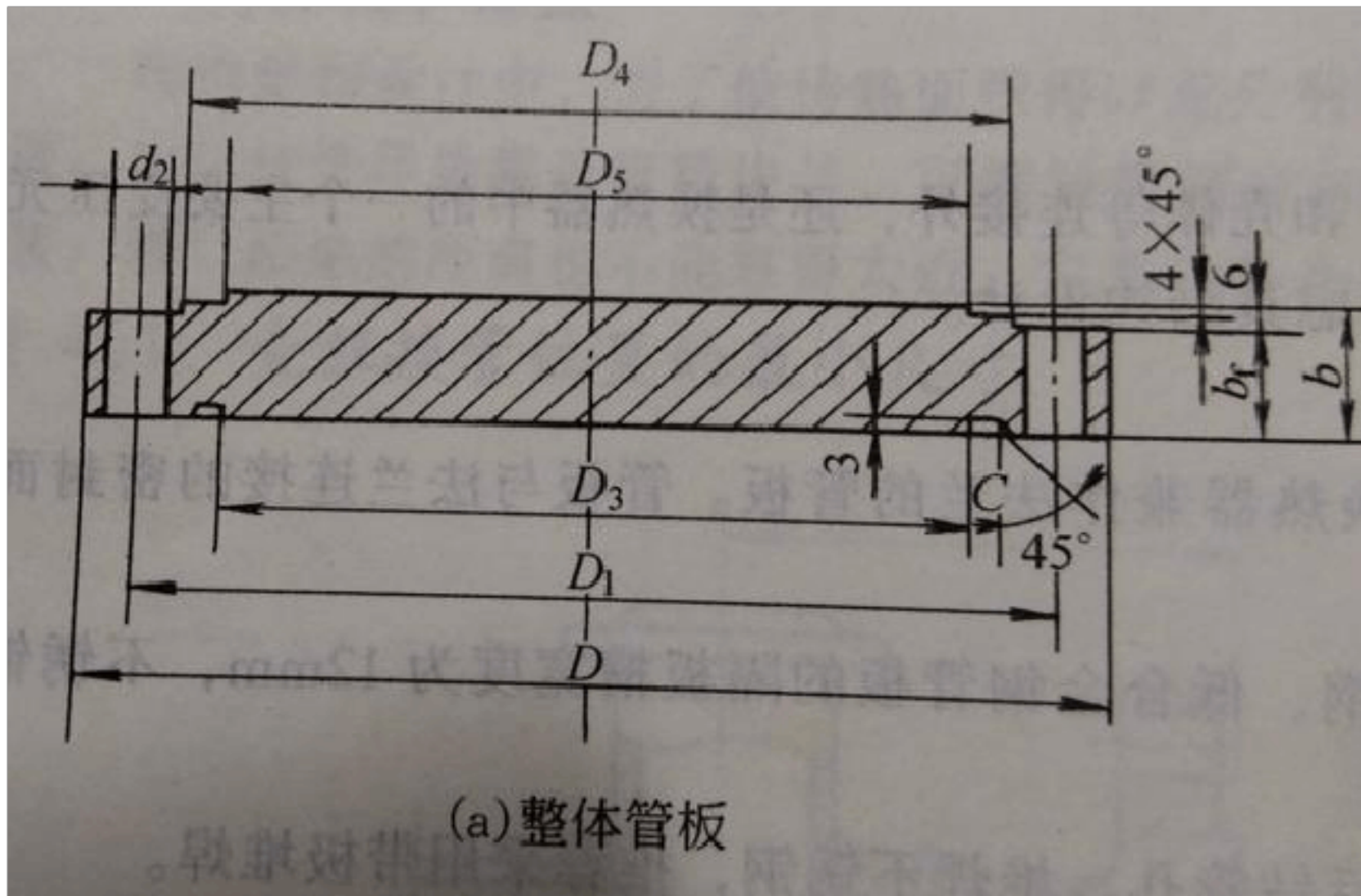


图 2-1 管板结构

2. 1. 3 管板质量计算

$d_o$ ——换热管外径 25；

$N$ ——换热管根数 192；

$\gamma$ ——Q245R 密度， $\gamma = 7850 \text{Kg/m}^3$

对上图所示的管板结构  $h$  取值为 0.

其它字母含义和数值见上图和管板尺寸表

$$Q = \frac{\pi}{4} \left[ (D^2 - d_2^2 \times n_2) \times b_f + D_4^2 \times 6 + D_5^2 \times 4 + D_3^2 \times h - d_o^2 \times b \times N \right] \times \gamma$$

$$= \frac{\pi}{4} \left[ (760^2 - 27^2 \times 24) \times 38 + 663^2 \times 6 + 600^2 \times 4 - 25^2 \times 48 \times 192 \right] \times 10^{-9} \times 7850 = 121 \text{Kg}$$

2.2 法兰与垫片

2. 2. 1 管箱法兰与管箱垫片

(1) 查 NB/T 47023-2012 压力容器法兰可选管箱法兰为长颈对焊法兰，  
 凹凸密封面，材料为锻件 Q245R，其具体尺寸如下：（单位为 mm）

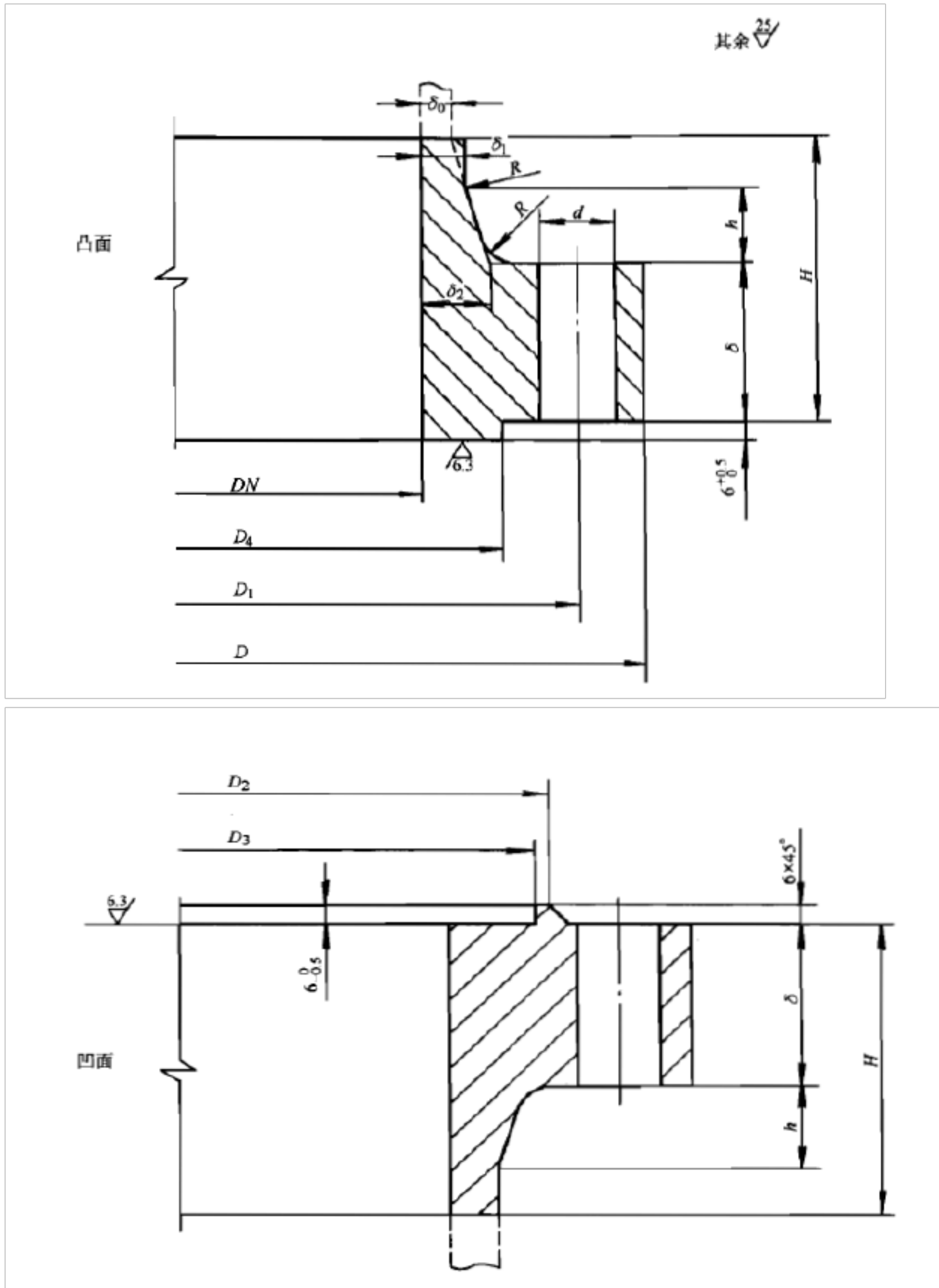


图 2-2 凹凸面法兰结构

DN600 长颈对焊法兰尺寸

DN	法兰														螺柱		对接筒体 最小厚度	
	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>		H	h	a	a <sub>1</sub>	1	2	R	d	规格	数量		
600	760	715	676	666	663		42	110	35	21	18	16	26	12	27	M24	24	10

(2) 此时查 NB/T4702 — 2012 压力容器法兰，根据设计温度可选择垫片型式为非金属包垫片，材料为石棉橡胶板，其尺寸为：

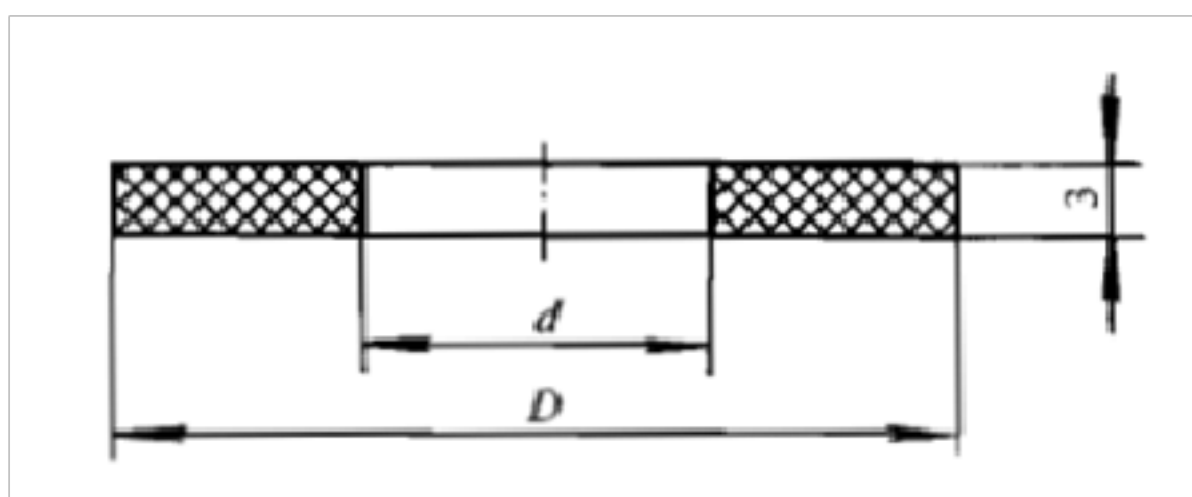


图 2—3 垫片结构

管箱垫片尺寸

PN ( Mpa )	DN (mm )	外径 D ( mm )	内径 d ( mm )	垫片厚度
2.5	600	665	615	3

## 2.3 接管

### (1) 选材

本次设计压力在低压范围内、工作温度不高、介质腐蚀性弱、接管与壳体焊接连接，为了减少焊接应力集中选择接管材料选用 20 号钢。

### (2) 接管尺寸规格



本次设计共有 8 个接管，由管口公称直径，查得接管的外径和厚度如下

符号	公称尺寸	用途	外径 mm	厚度 mm (sch20)
A	80	气体进口	89	4.6
B	80	气体出口	89	4.6
C	80	蒸气进口	89	4.6
D	50	冷凝水出口	60	3.5
E	25	排污口	34	3.5
F	25	排污口	34	3.5
G	25	排气口	34	3.5
H	25	排气口	34	3.5

### 2.3.1 接管的外伸长度

根据接管公称直径和厚度查《换热器设计手册》P142 表 1—6-6 可得，接管 A、B、C、D、E、F、G、H 伸出长度都可以取 150mm。

### 2.3.2 接管位置设计

在换热器设计中，为了使传热面积得以充分利用，壳程流体进、出口接管应尽量接近两端管板，而管箱进、出口接管尽量靠近管箱法兰，可缩短管箱、壳体长度，减轻设备重量。然而，为了保证设备的制造安装，管口距地的距离也不能靠得太近，它受到最小位置的限制。

#### (1) 壳程接管位置的最小尺寸

壳程接管位置最小尺寸即接管中心线到管板密封面的距离如图 2—3 所示。

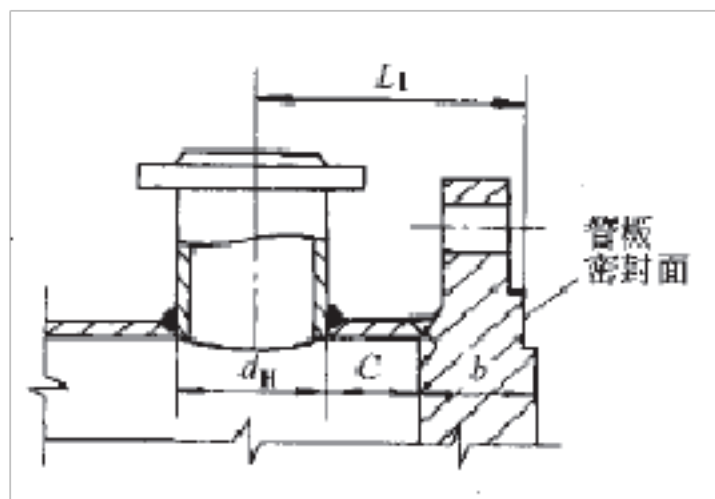


图 2—4 壳体接管的位置

对接管 C (蒸汽进口)，由于是无补强圈结构，可以按照下面的公式计算

$$L_1 \geq \frac{d_h}{2} + (b - 4) + C = \frac{89}{2} + (48 - 4) + 30 = 118.5\text{mm}$$

取  $L_1 = 120\text{mm}$ 。

由于壳体接管 F、H 外径都小于 89，其相应的  $L_1$  小于 118.5mm，故取接管 C、接

管 F、接管 H 的  $L_1 = 120$

$d_h = 89\text{mm}$ ，为接管外径；

b 为管板厚度；

C——管外壁至管板 (或法兰) 与壳体连接焊缝之间的距离，计算中取  $C \geq 4S$  (S

为壳体厚度，mm)，且 30 mm；

(2) 管箱接管位置的最小尺寸

管层接管位置  $L_2$  是指接管中心到法兰密封面的距离如图 3-4 所示

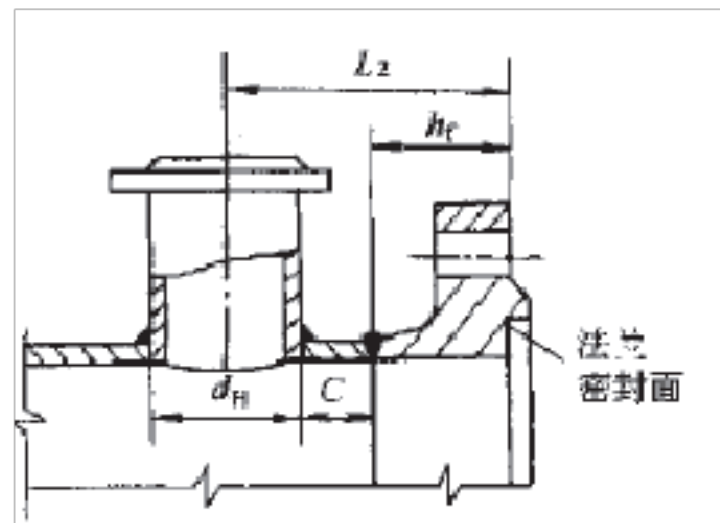


图 2—5 管箱接位置

无补强圈按下面公式计算

$$L_2 \geq \frac{d_h}{2} + h_f + C = \frac{89}{2} + 110 + 30 = 184.5\text{mm} ; \text{取 } L_2 = 185\text{mm} ;$$

同理，对管程接管 B、E、G，取  $L_2 = 185\text{mm}$

$h_f$  为法兰高度，由前可知  $h_f = H = 110\text{mm}$

### 2.3.3 接管法兰

#### (1) 接管法兰的材料

为取材方便, 选接管法兰材料为 Q245R

#### (2) 法兰类型和密封面形式

由 HG/T20592~20653-2009 钢制管法兰、垫片和紧固件可知,  $PN \leq 2.5\text{MPa}$ , 可

以选用板式平焊法兰 ( PL )、密封面形式选用全平面 ( FF ) 如图 2—6

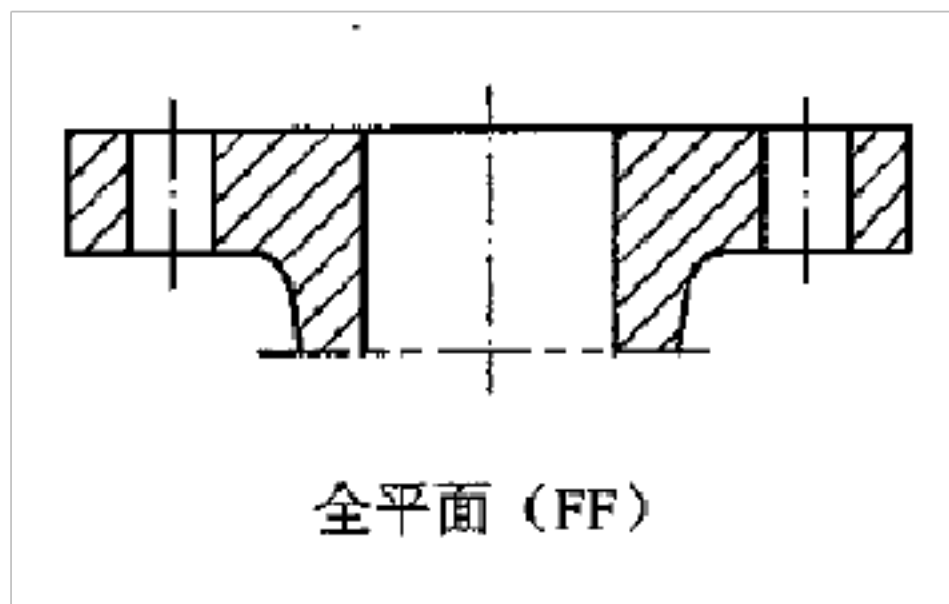


图 2—6 全平面管法兰

#### (3) 法兰结构尺寸

法兰结构图如图 2—7 所示

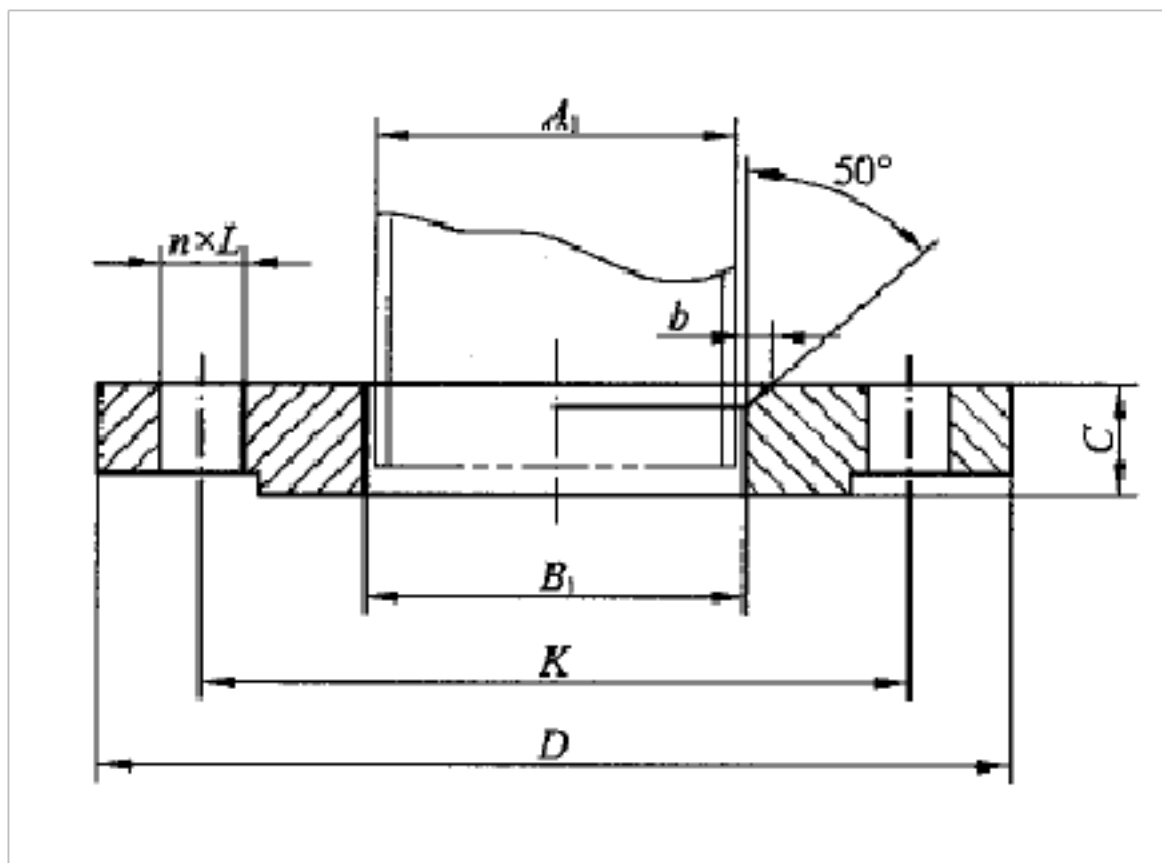


图 2—7 板式平焊管制法兰

$A_1$ 为接管外径

查得法兰的尺寸如下表

公称尺寸 DN	连接尺寸				法兰 厚度 C	法兰 内径 <sup>1</sup> (B)	
	法兰 外径 D	螺栓孔 心圆直径 K	螺栓孔 直径 L	螺栓 Th			螺栓孔 数量 N(个)
25	100	75	11	M10	4	14	33
50	140	110	14	M12	4	16	59
80	190	150	18	M16	4	18	91

## 2.4 管箱设计

### 2.4.1 管箱结构形式选择

B型封头管箱型，用于单程或多程管箱简单便与制造，适于高压清洁的介质，可省掉一块造价高的盲板、法兰和几十对螺栓，椭圆型封头受力情况比平端盖好得多。故选用此结构管箱。

管箱结构尺寸确定

### 2.4.2 管箱最小长度

前端管箱

由于换热器为二管程，其最小管箱长度可按相邻焊缝间距计算

$$L_{g \min} \geq L_2 + L_3 + L_4 = 185 + 100 + 183 = 468\text{mm}$$

$L_2$  在管箱接管最小位置一节已算 ~~185mm~~

$L_3$  为接管轴线到壳体与封头焊缝间距离，这里取  $100\text{mm}$ ；

$L_4$  为封头高度，根据  $DN=600$  查 GB/T25198-2010 《压力容器封头》可得

$$= h_1 + h_2 175\text{mm}$$

考虑封头厚度  $L_4 = h_1 + h_2 + S_p = 150 + 25 + 8 = 183\text{mm}$

$h_1$ 为封头曲面高度， $h_2$ 为封头直边高度， $S_p$ 为封头厚度（第三节强度计算中得出）

取管箱长度为 470mm；（后端管箱长度同前端管箱，见装配图）

则  $L_3$ 取 102mm；

管箱短节长度  $l_d = L_2 + L_3 = 185 + 102 = 287\text{mm}$ 。

由于是多管程换热器，故此处需要用到分程隔板。

查 GB151 — 2014 可知：分程隔板槽槽深 4mm，槽宽为 12mm，且分程隔板的最小厚度为 10mm

## 2.5 换热管

换热管的规格为  $\varnothing 25 \times 2.5$ ，材料选为 20 号碳钢。

### 2.5.1 布管限定圆

布管限定圆  $D_L$ 为管束最外层换热管中心圆直径，其由下式确定：

$$D_L = D_i - 2b_3$$

查 GB151 — 2014 可知， $d_3 \gg 0.25d = 6.25$ ，且  $b_3 \gg 8\text{mm}$

取  $b_3 = 10\text{mm}$ ，则

$$D_L = 600 - 2 \times 10 = 580\text{mm}。$$

### 2.5.2 换热管与管板的连接

换热管与管板的连接方式有强度焊、强度胀以及胀焊并用。

强度胀接主要适用于设计压力小  $\leq 2.5\text{Mpa}$ ；设计温度  $\leq 200\text{℃}$ ；操作中无剧烈振动、无过大的温度波动及无明显应力腐蚀等场合。除了有较大振动及有缝隙

腐蚀的场合，强度焊接只要材料可焊性好，它可用于其它任何场合。胀焊并用主要

用于密封性能要求较高；承受振动和疲劳载荷；有缝隙腐蚀；需采用复合管板等的场合。

在此，根据设计压力、设计温度及操作状况选择换热管与管板的连接方式为强度焊。这是因为强度焊加工简单、焊接结构强度高，抗拉脱力强，在高温高压下也能保证连接处的密封性能和抗拉脱能力。

## 2.6 拉杆与定距管

### 2.6.1 拉杆的结构形式

常用拉杆的形式有三种：

- 1) 拉杆定距管结构，适用于换热管外径大于或等于 19mm 的管束， $\frac{1}{2} L_a$  ( $L_a$  按 GB151-2014 规定)；
- 2) 拉杆与折流板点焊结构，适用于换热管外径小于或等于 14mm 的管束， $\frac{1}{1} d$ ；
- 3) 当管板比较薄时，也可采用其他的连接结构。

由于此时换热管的外径为 25mm，因此选用拉杆定距管结构。此结构拉杆一端用螺纹拧入管板，每两块折流板之间的距离用定距管固定，最后一块折流板用两个螺母拧紧固定。

### 2.6.2 拉杆的直径、数量及布置

其具体尺寸如下所示：

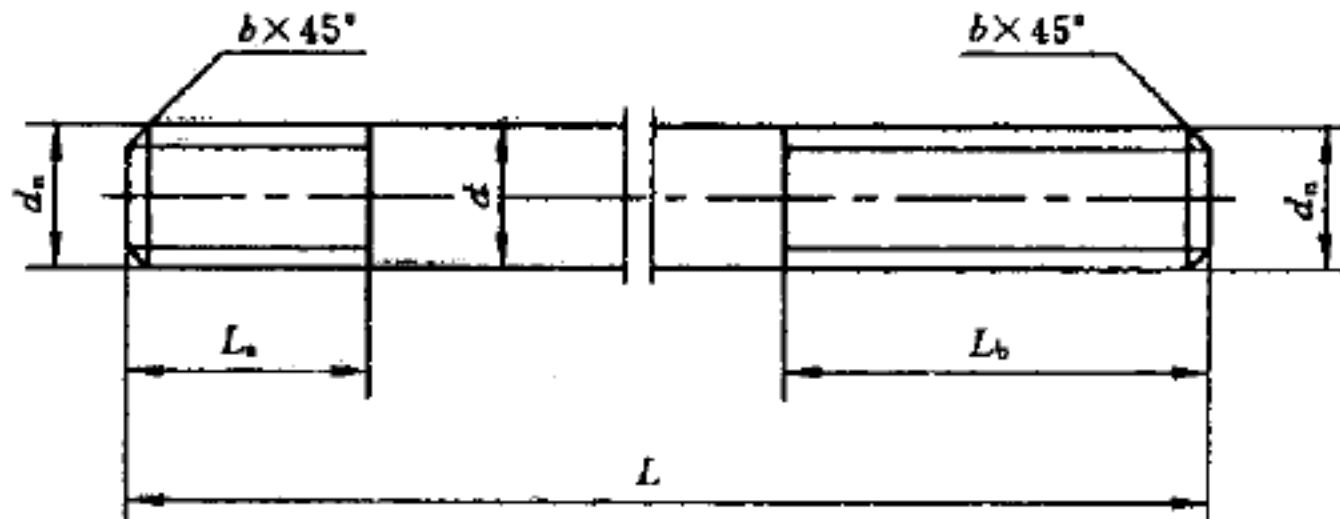


表 2-1 拉杆的参数

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/936010144152011024>