



中华人民共和国国家标准

GB 16409—1996

板式换热器

Plate heat exchanger

1996-05-28 发布

1996-10-01 实施

国家技术监督局 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 引用标准	1
3 总则	2
4 材料	9
5 设计.....	10
6 制造.....	14
7 检验与性能测定.....	15
8 标志、包装、运输、储存	16
附录 A(标准的附录) 板式换热器垫片	18
附录 B(提示的附录) 板式换热器产品热工性能和流体阻力特性的测定	21
附录 C(提示的附录) 板式换热器压紧板厚度	25

前 言

本标准的编制是根据国内板式换热器的发展和需求,在 ZB J74 001—87《可拆卸板式换热器技术条件》的基础上,增加了材料、设计、试验方法、垫片等内容,且保留了 ZB J74 001—87 中行之有效的条款。

本标准与 ZB J74 001—87 相比,主要增加了以下内容:

- 第 2 章 引用标准;
- 第 3 章 总则;
- 第 4 章 材料;
- 第 5 章 设计;
- 附录 A 板式换热器垫片;
- 附录 B 板式换热器产品热工性能与流体阻力特性的测定;
- 附录 C 板式换热器压紧板厚度。

本标准从生效之日起,同时代替 ZB J74 001—87。

附录 A 是标准的附录。

附录 B、附录 C 都是提示的附录。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会提出。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会换热设备分委员会归口。

本标准起草单位:机械工业部兰州石油机械研究所、哈尔滨建筑大学。

本标准主要起草人:王淑铭、周文学、陈旻、邹平华。

中华人民共和国国家标准

GB 16409—1996

板式换热器

Plate heat exchanger

1 范围

本标准规定了可拆卸板式换热器(简称板式换热器)的设计、制造、检验与验收要求。

本标准适用于设计压力不大于 2.5 MPa 的板式换热器,其设计温度范围应不超过垫片材料的允许使用温度。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB 699—88 优质碳素结构钢技术条件
- GB 700—88 碳素结构钢
- GB/T 983—1995 不锈钢焊条
- GB 1173—86 铸造铝合金技术条件
- GB 1220—92 不锈钢棒
- GB 2041—89 黄铜板
- GB 3077—88 合金结构钢技术条件
- GB 3274—88 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB 3280—92 不锈钢冷轧钢板
- GB 3621—83 钛及钛合金板材
- GB 3624—83 钛及钛合金无缝管
- GB 3625—83 热交换器及冷凝器用无缝钛管
- GB 4237—92 不锈钢热轧钢板
- GB/T 5117—1995 碳钢焊条
- GB 6654—1995 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板
- GB 8163—87 输送流体用无缝钢管
- GB 13296—91 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 14845—93 板式换热器用钛板
- GB/T 14976—94 流体输送用不锈钢无缝钢管
- JB 4726—94 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
- JB 4727—94 低温压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
- JB 4728—94 压力容器用不锈钢锻件
- JB 4730—94 压力容器无损检测

国家技术监督局 1996-05-28 批准

1996-10-01 实施

3 总则

3.1 板式换热器的设计、制造除应符合本标准和国家有关的法规外,制造还应符合图样要求。

3.2 定义

本标准采用下列定义。

3.2.1 单板计算换热面积

在垫片内侧参与换热部分的板片展开面积。按(1)式计算:

$$a = \phi \cdot a_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: a ——单板计算换热面积, m^2 ;

ϕ ——展开系数,板片展开面积与投影面积之比,按(2)式计算:

$$\phi = \frac{t'}{t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: t' ——波纹节距展开长度, mm ;

t ——波纹节距(如图1所示), mm ;

a_1 ——在垫片内侧参与换热部分的板片投影面积, m^2 。

注:若导流区与波纹区波纹节距相差较大时,应分别计算导流区与波纹区的换热面积,两者相加。

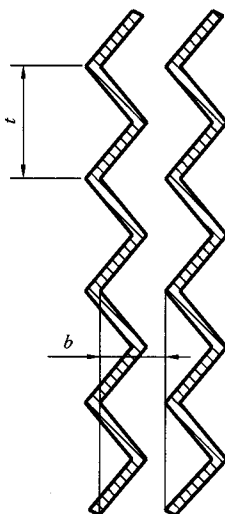


图 1

3.2.2 单板公称换热面积

经圆整后的单板计算换热面积。

3.2.3 板间距

板式换热器相邻两板片间的平均距离 b ,如图1所示。

3.2.4 当量直径 D_e

四倍的板间通道截面积与其湿润周边之比。

3.2.5 换热器换热面积

经圆整后的整台板式换热器中有效换热板片数(板片总数减2)与单板计算换热面积之积。

换热面积按(3)式计算:

$$A = a(N_p - 2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: A ——换热面积, m^2 ;

N_p ——板片总数。

3.2.6 压力 除注明者外,均为表压力。

3.2.7 工作压力

板式换热器在正常工作情况下,任何一侧可能出现的最高压力。

3.2.8 设计压力

在相应的设计温度下,用以保证板式换热器正常工作的压力,该压力值不得低于工作压力。

3.2.9 设计温度

板式换热器在正常工作情况和相应的设计压力下,设定的元件温度,其值不得低于元件表面在工作状态下可能达到的最高温度;对于 0℃ 以下工作的板式换热器,其设计温度不得高于元件表面可能达到的最低温度。在任何情况下,元件表面的温度不得超过元件材料的允许使用温度。

图样和铭牌上标注的设计温度为垫片的设计温度。

3.2.10 板片厚度

即在图样上标注的板材标准规格厚度。

3.2.11 流道

板式换热器内相邻板片组成的介质流动通道。

3.2.12 流程

板式换热器内介质向一个方向流动的一组流道。

3.2.13 流程组合

板式换热器内流程与流道的配置方式,表示为:

$$\frac{M_1 \times N_1 + M_2 \times N_2 + \cdots + M_i \times N_i}{m_1 \times n_1 + m_2 \times n_2 + \cdots + m_i \times n_i}$$

其中: $M_1, M_2, \cdots, M_i$ ——指从固定压紧板开始,热流体侧流道数相同的流程数;

$N_1, N_2, \cdots, N_i$ ——指 $M_1, M_2, \cdots, M_i$ 流程中对应的流道数;

$m_1, m_2, \cdots, m_i$ ——指从固定压紧板开始,冷流体侧流道数相同的流程数;

$n_1, n_2, \cdots, n_i$ ——指 $m_1, m_2, \cdots, m_i$ 流程中对应的流道数。

3.3 板式换热器主要零、部件名称

典型的板式换热器主要零、部件名称如图 2 所示。

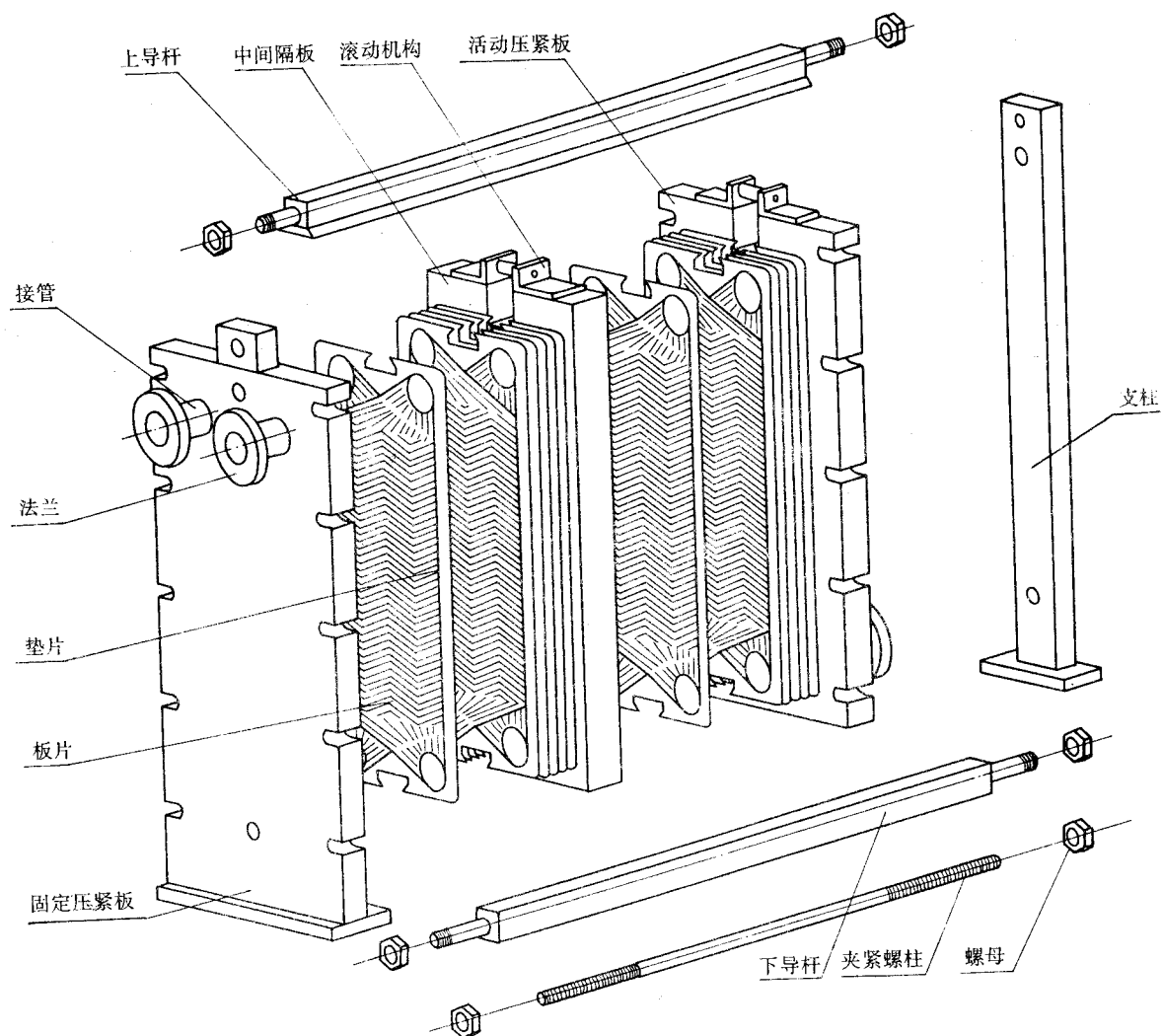


图 2

3.4 板式换热器分类及代号

3.4.1 板式换热器常用的板片波纹形式见表 1。

表 1

序 号	波 纹 形 式	代 号
1	人字形波纹(图 3、图 4)	R
2	水平平直波纹(图 5)	P
3	球形波纹(图 6)	Q
4	斜波纹(图 7)	X
5	竖直波纹(图 8)	S

注：流体在板面上可以是对角流，也可以是单边流。图 3、5、7、8 为对角流，图 4、6 为单边流。

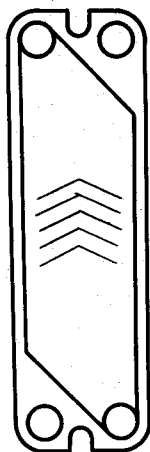


图 3

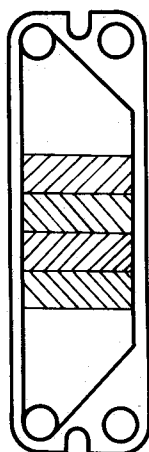


图 4

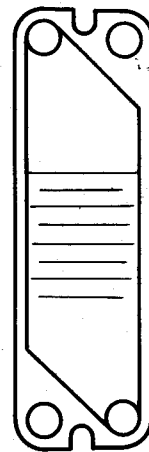


图 5

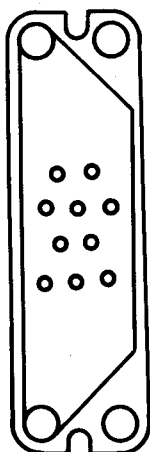


图 6

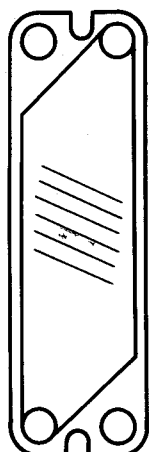


图 7

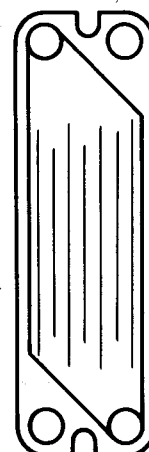


图 8

3.4.2 板式换热器框架形式见表 2。

表 2

序 号	框 架 形 式	代 号
1	双支撑框架式(图 9)	I
2	带中间隔板双支撑框架式(图 10)	Ⅱ
3	带中间隔板三支撑框架式(图 11)	Ⅲ
4	悬臂式(图 12)	Ⅳ
5	顶杆式(图 13)	V
6	带中间隔板顶杆式(图 14)	Ⅵ
7	活动压紧板落地式(图 15)	Ⅶ

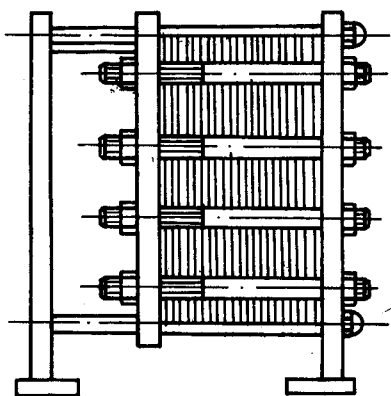


图 9

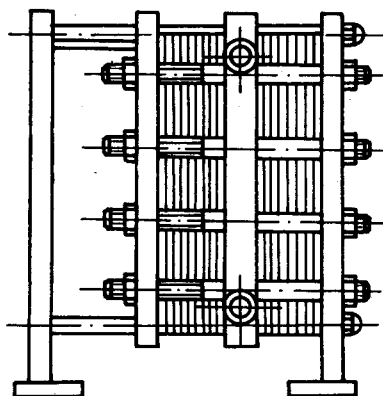


图 10

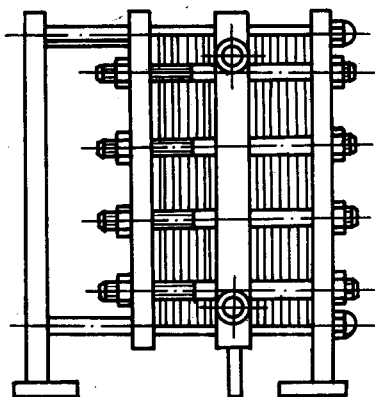


图 11

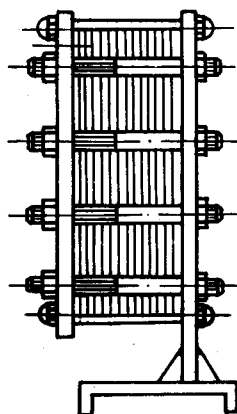


图 12

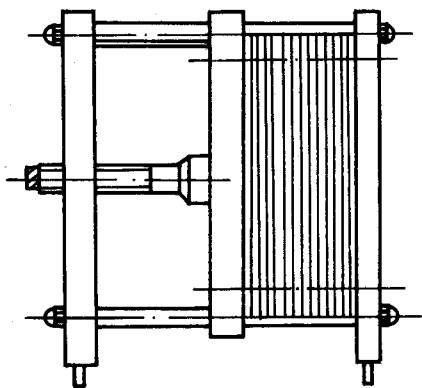


图 13

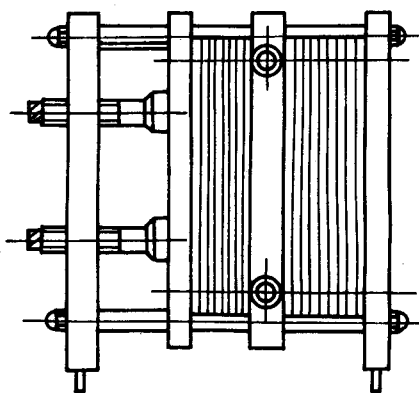


图 14

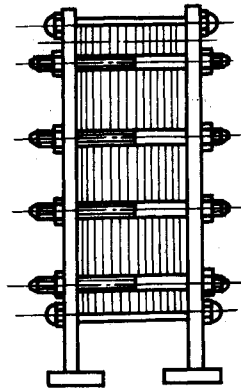
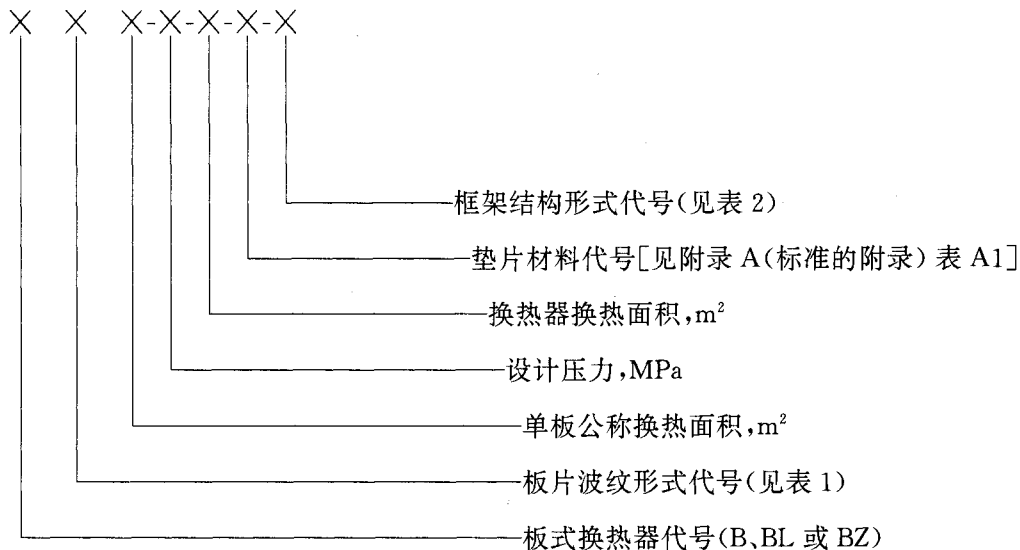


图 15

3.5 板式换热器型号表示方法



注

1 框架结构形式为 I 时, 框架结构形式代号可省略。

2 B—板式换热器代号; BL—板式冷凝器代号; BZ—板式蒸发器代号。

示例 1:

波纹形式为人字形, 单板公称换热面积为 0.3 m^2 , 设计压力为 1.6 MPa , 换热面积为 15 m^2 , 用丁腈垫片密封的双支撑框架结构的板式换热器, 其型号表示为:

BR0.3-1.6-15-N-I 或 BR0.3-1.6-15-N

示例 2:

波纹形式为水平平直波纹, 单板公称换热面积为 1.0 m^2 , 设计压力为 1.0 MPa , 换热面积为 100 m^2 , 用三元乙丙垫片密封的带中间隔板双支撑框架结构的板式换热器, 其型号表示为:

BP1.0-1.0-100-E-II

3.6 螺柱许用应力

螺柱在不同温度下的许用应力按表 3 选取。对表 3 以外的材料, 其许用应力按钢材设计温度下的屈服点 σ_s 除以表 4 中的安全系数 n_s 确定。

表 3

钢 号	钢材标准	钢材使用 状 态	螺柱规格 mm	常温强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力 [σ] _s ,MPa				
				σ _b MPa	σ _s MPa	≤20	100	150	200	250
Q235-A	GB 700	热轧	≤M20	375	235	87	78	74	69	62
35	GB 699	正火	≤M22	530	315	117	105	98	91	82
			M24~M27	510	295	118	106	100	92	84
45	GB 699	正火	≤M22	600	355	131	120	—	—	—
			M24~M48	—	335	134	126	—	—	—
40Cr	GB 3077	调质	≤M22	805	685	196	176	171	165	162
			M24~M36	765	635	212	189	183	180	176
30CrMoA	GB 3077	调质	≤M22	805	685	196	176	171	167	164
			M24~M48	765	635	212	191	185	180	178
			M52~M56	765	635	235	212	205	200	197
35CrMoA	GB 3077	调质	≤M22	835	735	210	190	185	179	176
			M24~M48	805	685	228	206	199	196	193
			M52~M80	805	685	254	229	221	218	214
			M85~M105	735	590	219	196	189	185	181
注										
1 中间温度的许用应力值,可用内插法求得。										
2 45 号钢只用于夹紧螺柱。										

表 4

材 料	螺 柱 直 径 mm	热处理状态	设计温度下屈服点 σ_s 的安全系数 n_s
碳素钢	$\leq M22$	热轧、正火	2.7
	M24~M48		2.5
低合金钢马氏体高合金钢	$\leq M22$ M24~M48 $\geq M52$	调质	3.5 3.0 2.7
奥氏体高合金钢	$\leq M22$	固溶	1.6
	M24~M48		1.5

3.7 液压试验

3.7.1 液压试验压力为设计压力的 1.25 倍。

3.7.2 液压试验按 6.3 条的要求进行。

4 材料

4.1 板式换热器主要零部件所用材料,必须考虑换热器的使用条件(如:设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等)、材料的焊接性能、加工性能及经济合理性。

4.2 板式换热器主要零部件的材料应符合表 5 的规定。采用表 5 以外的材料,其性能应不低于表 5 材料的性能,同时还应符合相应的标准。

4.3 板式换热器的板片、压紧板、螺柱、法兰、接管、垫片等所用的材料及焊接材料,必须具备材料质量证明书或其复印件。

4.4 板式换热器法兰采用碳素钢、低合金钢锻件及不锈钢锻件时,按 JB 4726、JB 4727、JB 4728 规定的Ⅱ级选用,并在图样上注明(在钢号后附上级别符号,如 20Ⅱ,0Cr18Ni9Ⅱ)。

4.5 板式换热器用焊接材料应符合 GB/T 983 或 GB/T 5117 的规定。

表 5

序 号	主要零部件名称	材料牌号或材料名称	材料标准
1	板片	1Cr18Ni9 0Cr18Ni9 00Cr19Ni10 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2	GB 3280
		TA1-A	GB/T 14845
		H68 HSn62-1	GB 2041
2	导杆	Q235-A·F Q235-A	GB 700
		45	GB 699
		2Cr13	GB 1220
3	压紧板	Q235-A·F Q235-A Q235-B	GB 700
		16MnR	GB 6654
		16Mn	GB 3274
4	中间隔板	钢材同压紧板	材料标准同压紧板
		ZL 101 ZL 102 ZL 103 ZL 201	GB 1173

表 5(完)

序 号	主要零部件名称	材料牌号或材料名称	材料标准
5	接管	10 20	GB 8163
		0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2	GB 13296 或 GB/T 14976
		1Cr18Ni9Ti	GB 13296
		TA1 TA2	GB 3624 或 GB 3625
6	法兰	Q235-A Q235-B	GB 700
		20、35、16Mn	JB 4726
		0Cr18Ni10Ti 0Cr18Ni9 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2	GB 4237 或 JB 4728
		TA1、TA2	GB 3621
		20D、16MD	JB 4727
7	夹紧螺柱	Q235-A 35 45	GB 700 或 GB 699
		40Cr 30CrMoA 35CrMoA	GB 3077
8	垫片	丁腈橡胶 氯丁橡胶 三元乙丙橡胶 硅橡胶 氟橡胶	按附录 A
		石棉纤维板	按定货合同要求
9	支柱	Q235-A · F Q235-A	GB 700

注：压紧板可采用 1Cr18Ni9, 0Cr18Ni9, 0Cr17Ni12Mo2 不锈钢包覆。

5 设计

5.1 符号

A_0 —预紧状态下,需要的最小夹紧螺柱总截面积,以螺纹小径计算或以无螺纹部分的最小直径计

算,取较小值,mm²;

A_b —实际使用的夹紧螺柱总截面积,以螺纹小径计算或以无螺纹部分的最小直径计算,取较小值,mm²;

A_m —需要的夹紧螺柱总截面积,mm²;

A_p —工作状态下,需要的最小夹紧螺柱总截面积,以螺纹小径计算或以无螺纹部分的最小直径计算,取较小值,mm²;

a_2 —被垫片槽中心线包容的板片投影面积,mm²;

B —垫片有效密封宽度(见图 17),mm;

b —板间距(见 3.2.3),mm;

b_1 —固定压紧板内侧至中间隔板自重作用点的距离,mm;

b_2 —固定压紧板内侧至活动压紧板自重作用点的距离,mm;

C_1 —中间隔板自重作用点至支柱内侧间的距离,mm;

C_2 —活动压紧板自重作用点至支柱内侧间的距离,mm;

d —夹紧螺柱小径或无螺纹部分的最小直径,取较小值,mm;

E —设计温度下,上导杆材料的弹性模量(见表 6),MPa;

表 6

MPa

材 料	在下列温度(°C)下的弹性模量,×10 ³					
	-20	20	100	150	200	250
碳素钢($c \leq 0.3\%$)	194	192	191	189	186	183
碳素钢($c > 0.3\%$)、碳锰钢	208	206	203	200	196	190
高铬钢(Cr13~Cr17)	203	201	198	195	191	187

F_0 —作用于 a_2 上的流体静压力,按(17)式计算,N;

F_p —工作状态下,需要的最小垫片压紧力,按(18)式计算,N;

F_1 —中间隔板自重,N;

F_2 —活动压紧板自重,N;

f —上导杆受载所引起跨度中点的挠度,mm;

f_1 —上导杆自重所引起的跨度中点的挠度,mm;

f_2 —板片及所充介质(水或其它流体取密度大者)重力所引起的上导杆跨度中点的挠度,mm;

f_3 —中间隔板自重所引起的上导杆跨度中点的挠度,mm;

f_4 —活动压紧板自重所引起的上导杆跨度中点的挠度,mm;

H —上下导杆内侧间的距离,mm;

J —上导杆惯性矩,mm⁴;

L —夹紧尺寸,固定压紧板内侧至活动压紧板内侧间的距离,mm,按(4)式计算:

$$L = (S_0 + b)N_p + n_1 S_2 \dots\dots\dots (4)$$

L_1 —导杆长度(固定压紧板内侧至支柱内侧间的距离),mm;

L_2 —夹紧螺柱长度,mm;

l —垫片中心线的展开长度,mm;

l_1 —板片长度,mm;

m —垫片系数,橡胶: $m=1$;石棉: $m=2$;

N_p —板片总数;

n —夹紧螺柱数量;

n_1 —中间隔板数量;

P —设计压力, MPa;

q_1 —上导杆自重均布载荷, N/mm;

q_2 —板片及所充介质(水或其它流体取密度大者)所引起的均布载荷, N/mm;

S_0 —板片厚度, mm;

S_1 —压紧板厚度, mm;

S_2 —中间隔板厚度, mm;

S_3 —垫片名义厚度(见图 17), mm;

W_a —预紧状态下, 需要的最小夹紧螺柱载荷(即预紧状态下, 需要的最小垫片压紧力), N;

W_p —工作状态下, 需要的最小夹紧螺柱载荷, N;

y —垫片比压力, 橡胶: $y=1.4$ MPa; 石棉: $y=11$ MPa;

$[\sigma]_b$ —常温下夹紧螺柱材料的许用应力(见表 3), MPa;

$[\sigma]_b^t$ —设计温度下夹紧螺柱材料的许用应力(见表 3), MPa;

δ —夹紧螺柱上的螺母与垫圈厚度之和, mm。

5.2 板片

5.2.1 板片厚度应不小于 0.5 mm。

5.2.2 板片两端应有对称的悬挂定位结构。

5.3 压紧板

5.3.1 压紧板要有足够的刚性, 压紧板厚度的选取见附录 C(提示的附录)。

5.3.2 单板公称换热面积 0.1 m² 以上的板式换热器, 在活动压紧板和中间隔板上宜设有滚动机构。

5.4 垫片

5.4.1 在垫片角孔一道密封与二道密封之间应设有 10~20 mm 长、深 $S_3/2$ 通向大气的泄漏信号槽。

5.4.2 垫片应有保证密封的压缩量。

5.5 导杆

5.5.1 导杆长度 L_1 按式(5)计算:

$$L_1 \geq S_1 + n_1 S_2 + (S_0 + S_3) N_p + \sqrt{L_1^2 - H^2} + 0.5 N_p \quad \dots\dots\dots (5)$$

5.5.2 上导杆挠度

工作状态下, 上导杆跨度中点的挠度 f 不得超过导杆长度 L_1 的 2/1 000, 且不大于 5 mm。

f 由公式(6)求得(受力简图见图 16):

$$f = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 \quad \dots\dots\dots (6)$$

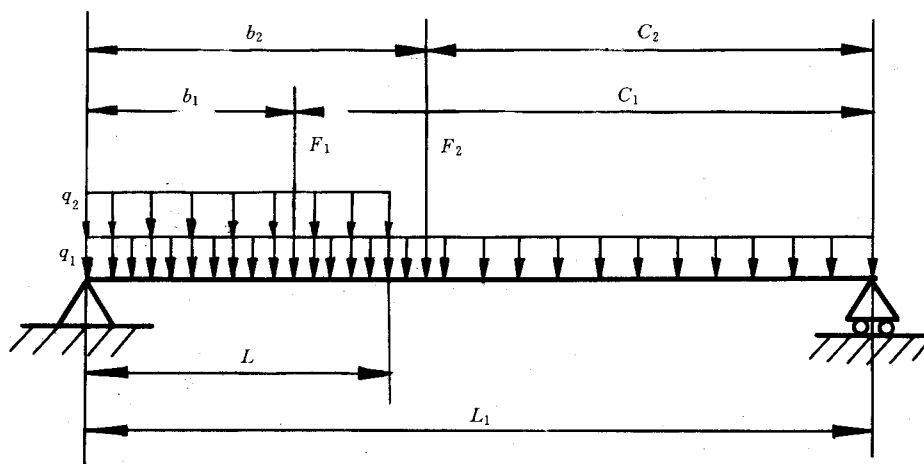


图 16

式中:

f_1 按式(7)计算:

$$f_1 = \frac{5q_1 L_1^4}{384EJ} \dots\dots\dots(7)$$

f_2 按式(8)或(9)计算:

当 $L \leq \frac{L_1}{2}$ 时:

$$f_2 = \frac{q_2 L^2}{48EJ} \left(\frac{3}{2} L_1^2 - L^2 \right) \dots\dots\dots(8)$$

当 $L > \frac{L_1}{2}$ 时:

$$f_2 = \frac{q_2}{48EJ} \left(\frac{L^4}{2} - 2L^3 L_1 + \frac{9}{4} L^2 L_1^2 - \frac{LL_1^3}{2} + \frac{L_1^4}{16} \right) \dots\dots\dots(9)$$

f_3 按式(10)或(11)计算:

当 $C_1 \geq b_1$ 时:

$$f_3 = \frac{F_1 b_1}{48EJ} (3L_1^2 - 4b_1^2) \dots\dots\dots(10)$$

当 $C_1 < b_1$ 时:

$$f_3 = \frac{F_1 C_1}{48EJ} (3L_1^2 - 4C_1^2) \dots\dots\dots(11)$$

f_4 按式(12)或(13)计算:

当 $C_2 \geq b_2$ 时:

$$f_4 = \frac{F_2 b_2}{48EJ} (3L_1^2 - 4b_2^2) \dots\dots\dots(12)$$

当 $C_2 < b_2$ 时:

$$f_4 = \frac{F_2 C_2}{48EJ} (3L_1^2 - 4C_2^2) \dots\dots\dots(13)$$

5.6 夹紧螺柱

5.6.1 夹紧螺柱长度 L_2 按式(14)计算:

$$L_2 \geq 2S_1 + n_1 S_2 + (S_0 + S_3) N_p + \delta + 1.5 N_p \dots\dots\dots(14)$$

5.6.2 夹紧螺柱光杆长度应不大于夹紧尺寸 L 。

5.6.3 夹紧螺柱载荷

a) 预紧状态下需要的最小夹紧螺柱载荷 W_a 按式(15)计算:

$$W_a = l \cdot B \cdot y \dots\dots\dots(15)$$

b) 工作状态下需要的最小夹紧螺柱载荷 W_p 按式(16)计算:

$$W_p = F_D + F_p \dots\dots\dots(16)$$

式中:

$$F_D = a_2 p \dots\dots\dots(17)$$

$$F_p = 2LBmP \dots\dots\dots(18)$$

c) 垫片有效密封宽度 B 应取垫片的最大宽度(见图 17)。