

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

板式换热器

Plate heat exchanger

GB 16409—1996

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

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。

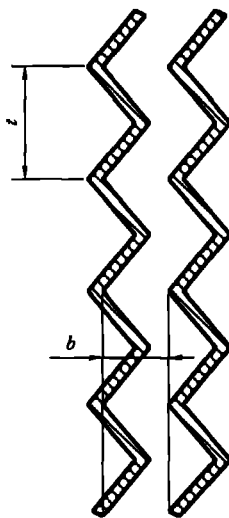


图 1

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:

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

其中: M_1, M_2, \dots, 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, \dots, N_i ——指 M_1, M_2, \dots, M_i 流程中对应的流道数;

m_1, m_2, \dots, 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, \dots, n_i ——指 m_1, m_2, \dots, 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。

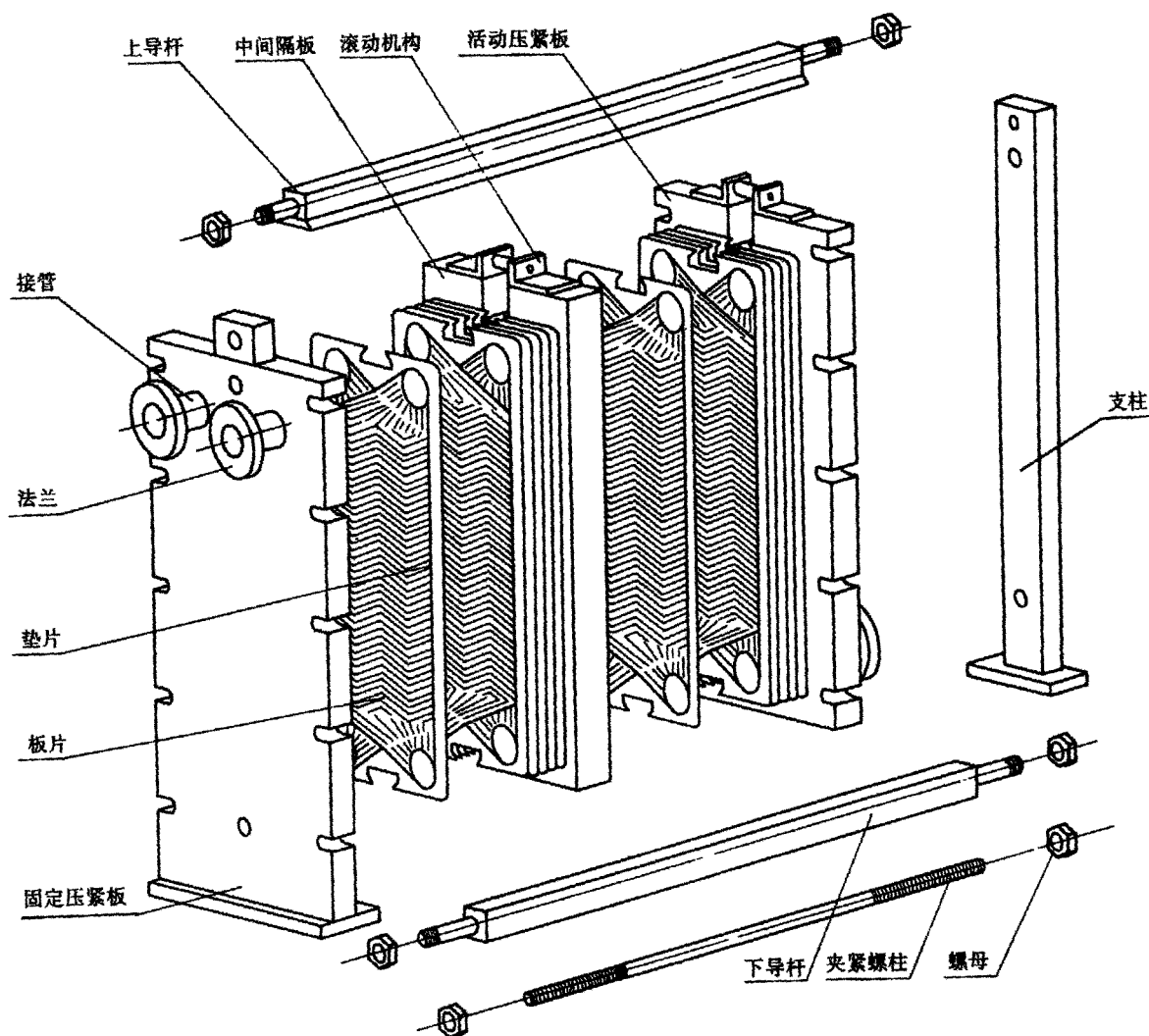


图 2

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。

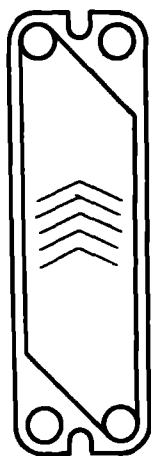


图 3

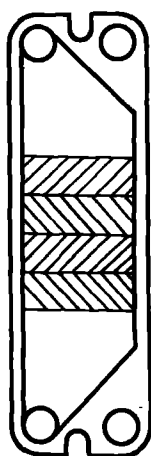


图 4

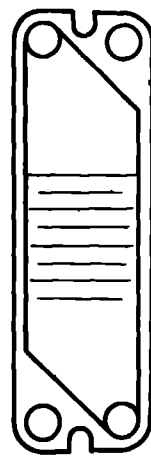


图 5

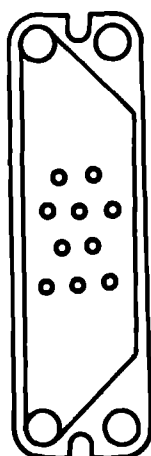


图 6

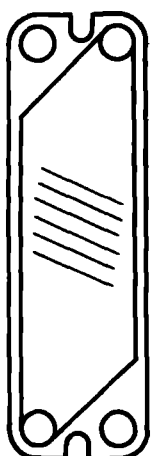


图 7

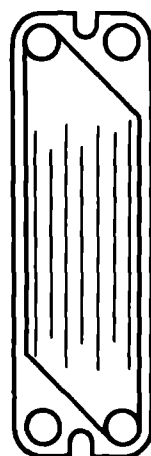


图 8

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

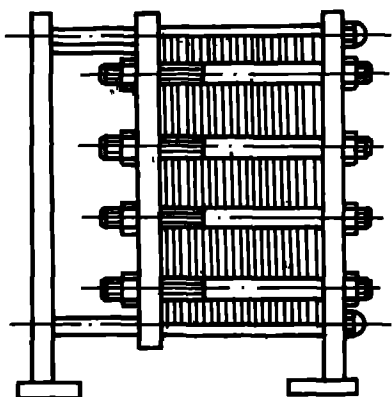


图 9

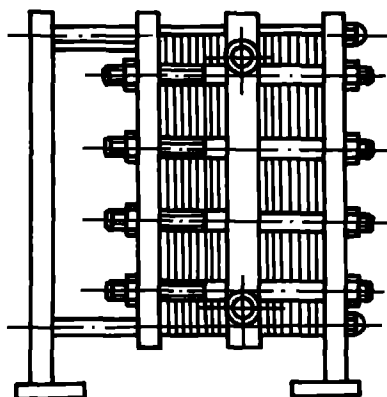


图 10

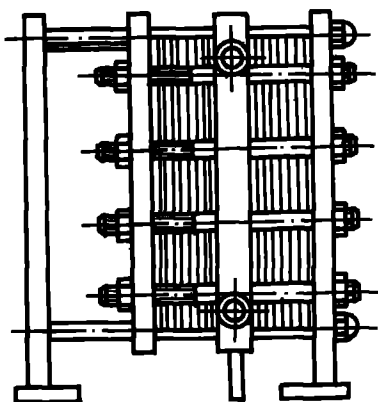


图 11

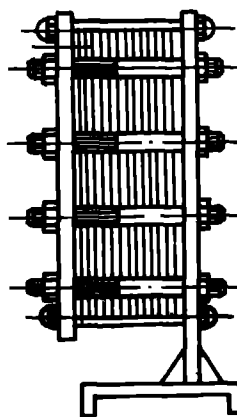


图 12

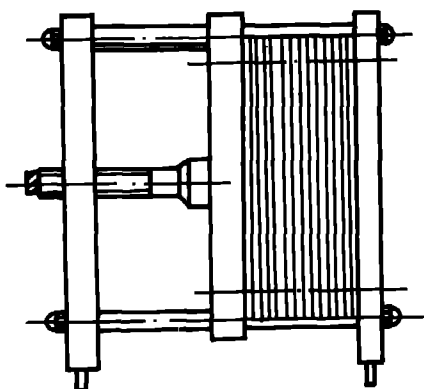


图 13

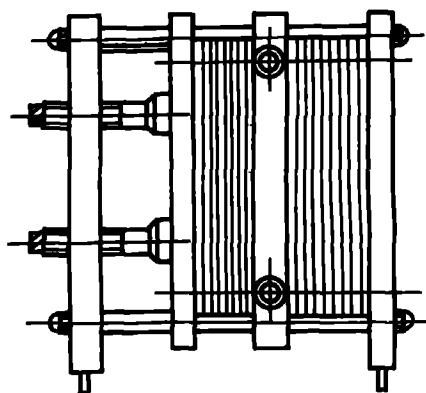


图 14

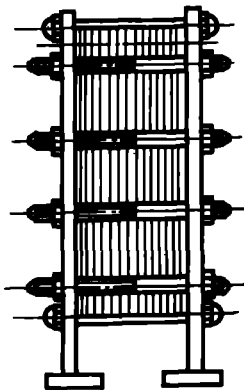
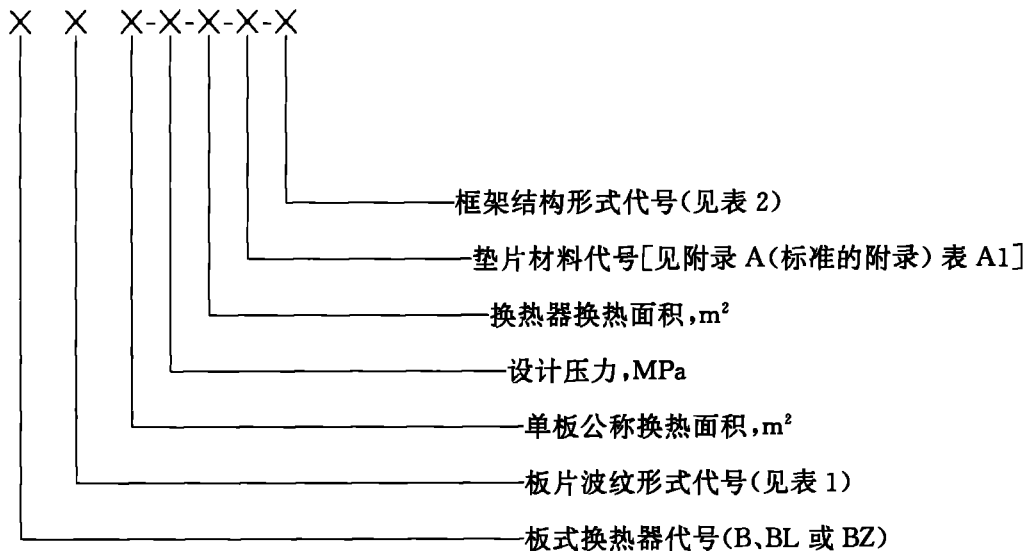


图 15

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]′,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	$\leq M22$	调质	3.5
	M24~M48		3.0
	$\geq M52$		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Ⅰ级选用,并在图样上注明(在钢号后附上级别符号,如 20Ⅰ,0Cr18Ni9Ⅰ)。

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(℃)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:

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

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;
 γ —垫片比压力,橡胶: $\gamma=1.4$ MPa;石棉: $\gamma=11$ MPa;
 $[\sigma]_b$ —常温下夹紧螺柱材料的许用应力(见表 3),MPa;
 $[\sigma]_t$ —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):

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

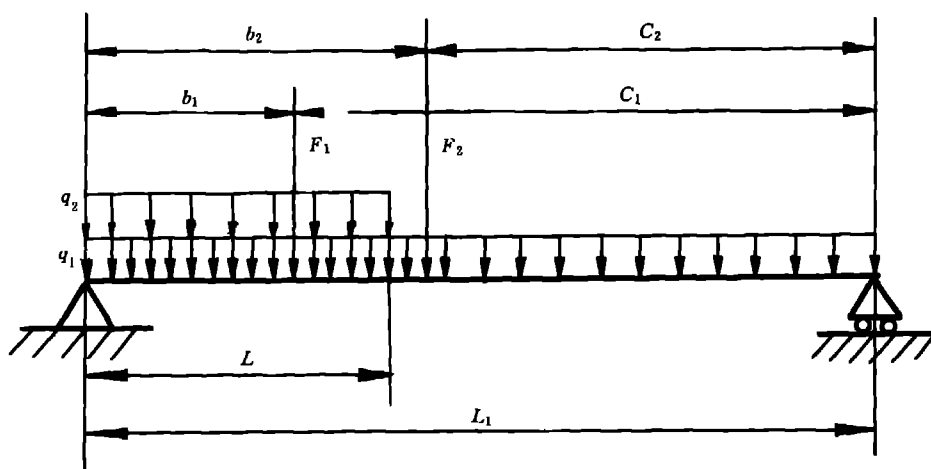


图 16

式中:

f_1 按式(7)计算:

$$f_1 = \frac{5q_1L_1^4}{384EJ} \quad \dots\dots\dots(7)$$

f_2 按式(8)或(9)计算:

当 $L \leq \frac{L_1}{2}$ 时:

$$f_2 = \frac{q_2L^2}{48EJ} \left(\frac{3}{2}L_1^2 - L^2 \right) \quad \dots\dots\dots(8)$$

当 $L > \frac{L_1}{2}$ 时:

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

f_3 按式(10)或(11)计算:

当 $C_1 \geq b_1$ 时:

$$f_3 = \frac{F_1b_1}{48EJ} (3L_1^2 - 4b_1^2) \quad \dots\dots\dots(10)$$

当 $C_1 < b_1$ 时:

$$f_3 = \frac{F_1C_1}{48EJ} (3L_1^2 - 4C_1^2) \quad \dots\dots\dots(11)$$

f_4 按式(12)或(13)计算:

当 $C_2 \geq b_2$ 时:

$$f_4 = \frac{F_2b_2}{48EJ} (3L_1^2 - 4b_2^2) \quad \dots\dots\dots(12)$$

当 $C_2 < b_2$ 时:

$$f_4 = \frac{F_2C_2}{48EJ} (3L_1^2 - 4C_2^2) \quad \dots\dots\dots(13)$$

5.6 夹紧螺柱

5.6.1 夹紧螺柱长度 L_2 按式(14)计算:

$$L_2 \geq 2S_1 + n_1S_2 + (S_0 + S_3)N_p + \delta + 1.5N_p \quad \dots\dots\dots(14)$$

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_s 按式(15)计算:

$$W_s = l \cdot B \cdot y \quad \dots\dots\dots(15)$$

b) 工作状态下需要的最小夹紧螺柱载荷 W_p 按式(16)计算:

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

式中:

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

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

c) 垫片有效密封宽度 B 应取垫片的最大宽度(见图 17)。

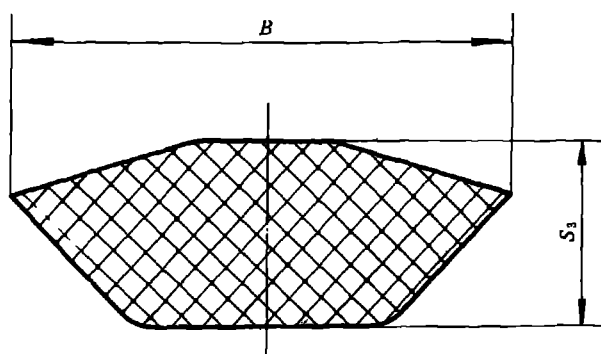


图 17

5.6.4 夹紧螺柱面积

a) 预紧状态下需要的最小夹紧螺柱总截面积 A_s 按式(19)计算:

$$A_s = \frac{W_s}{[\sigma]_b} \quad \dots\dots\dots (19)$$

b) 工作状态下需要的最小夹紧螺柱总面积 A_p 按式(20)计算:

$$A_p = \frac{W_p}{[\sigma]_b} \quad \dots\dots\dots (20)$$

c) 需要的夹紧螺柱总截面积 A_m 取 A_s 与 A_p 之大值。

d) 实际夹紧螺柱总截面积 A_b 应不小于需要的夹紧螺柱总截面积 A_m 。

5.6.5 夹紧螺柱最小直径按式(21)计算:

$$d = \sqrt{\frac{4A_m}{\pi n}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

5.7 板式换热器上宜设起吊结构。

6 制造

6.1 加工

6.1.1 当板片表面有超过板片厚度负偏差的凹坑、划伤、压痕等缺陷时应进行修磨。

6.1.2 板片最薄处的厚度应不小于板片厚度的 75%。

6.1.3 板片表面应清除冲切毛刺。

6.1.4 板片波纹深度偏差及垫片槽深度偏差应符合表 7 的规定。

表 7

mm

偏 差	单板公称换热面积, m ²		
	≤0.3	>0.3~1.0	>1.0
波 纹	±0.10	±0.15	±0.20
垫片槽			

6.1.5 垫片的制造要求见附录 A(标准的附录)。

6.2 组装

6.2.1 板式换热器应按流程组合设计图进行组装。

6.2.2 板片在装配前应进行清洗,垫片槽和波纹表面不应有污物。

6.2.3 当垫片用粘结剂粘贴在板片垫片槽内时,不应有扭曲与松脱;若采用其它非粘贴方法将垫片固

定在板片垫片槽内时,亦不应有扭曲和偏离板片垫片槽等情况。

6.2.4 组装时,宜均匀对称地拧紧夹紧螺柱(或顶杆),以保持板片的平行状态。组装后,当夹紧尺寸 L 小于 1 000 mm 时,两压紧板间的平行度偏差不应大于 2 mm;当夹紧尺寸 L 大于或等于 1 000 mm 时,两压紧板间的平行度偏差不应大于夹紧尺寸 L 的 3‰,且不大于 4 mm。

6.2.5 夹紧尺寸 L 的偏差应不大于 $\pm 0.2N_p$ mm。

6.2.6 压紧板接管法兰密封面与接管中心线的垂直度偏差不应大于法兰外径的 1%(法兰外径小于 100 mm 时,按 100 mm 计算),且不大于 3 mm。法兰或压紧板的螺柱(栓)孔应跨中布置(见图 18)。

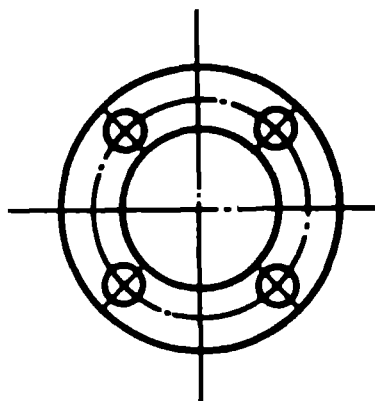


图 18

6.2.7 板式换热器的碳素钢零、部件外露表面应采取防锈措施,法兰密封面宜涂油(脂)防护。

6.2.8 板式换热器需涂漆的金属表面,应清除油污和影响涂漆质量的杂物,漆膜应均匀,不应有气泡、龟裂和剥落等缺陷。

6.2.9 组装后,板式换热器内腔应洁净、无杂物。

6.3 液压试验

板式换热器制成后必须逐台进行液压试验。

6.3.1 液压试验介质一般采用水,且水温应不低于 5℃;奥氏体不锈钢板片组装的板式换热器,用水进行液压试验时,应控制水的氯离子含量不超过 25×10^{-6} 。

6.3.2 液压试验时,应用两个精度不低于 1.5 级,且量程相同的并在有效检定期内的压力表,压力表的量程为试验压力的两倍左右为宜,但应不低于 1.5 倍和高于 4 倍的试验压力。

6.3.3 试验时应在适当位置设排气口,试验过程应保持换热器观察面的干燥。

6.3.4 板式换热器两侧应分别进行单侧液压试验。试验时,另一侧应同时处于无压力状态。

6.3.5 试验时应缓慢升压,达到规定的试验压力后,保压时间为 10~30 min,然后降至设计压力下保压,对所有密封面和受压焊接部位进行检查,且保压时间不少于 30 min。检查期间压力应保持不变,不应采用连续加压或拧紧夹紧螺柱以维持试验压力不变的做法。

6.3.6 液压试验合格后,应排放流道内的积水。

7 检验与性能测定

7.1 板片

7.1.1 板片垫片槽深度用千分表或深度千分尺进行检测,检测点应均匀分布,两端各四点,直线部分每侧四点。

7.1.2 板片波纹深度用千分表或深度千分尺进行检测,检测点的分布沿板片纵向分三排,每排四点。

7.1.3 每批板片抽 10% 进行板片垫片槽深度和波纹深度尺寸检测,如有一张不合格,应逐张检测,对不合格者进行再加工后重新组批进行检测。同一次装卡模具、同一炉批号材料压制的板片为一批。

7.1.4 有下列情况之一时,应抽一张板片用切割解剖法或无损测厚法对减薄较大处进行厚度检测:

- a) 用新模具压制的板片；
- b) 用新材料压制的板片；
- c) 模具更换镶块后压制的板片。

7.1.5 板片微裂纹检测

不锈钢和铜材板片每批抽 1%，且不少于三张；钛材板片每批抽 5%，且不少于十张进行微裂纹检测，如发现有微裂纹则应进行 100% 检测。特殊用途或用户有要求时，板片应进行 100% 检测。

7.1.6 板片微裂纹按 JB 4730 进行渗透检测。

7.2 接管

7.2.1 公称直径不小于 250 mm 的接管对接连接的焊接接头，应按 JB 4730 进行 100% 射线检测，Ⅱ级为合格。

7.2.2 公称直径小于 250 mm 的接管对接连接的焊接接头，需按图样规定的方法对其表面进行磁粉或渗透检测，按 JB 4730 进行，Ⅰ级为合格。

7.3 性能测定

每种型式的产品应进行热工性能和流体阻力特性测定，测定方法见附录 B(提示的附录)。

8 标志、包装、运输、储存

8.1 标志

8.1.1 每台板式换热器应有铭牌，其内容包括：

- a) 名称；
- b) 型号；
- c) 设计压力及试验压力(MPa)；
- d) 设计温度(℃)；
- e) 换热器换热面积(m²)；
- f) 质量(kg)；
- g) 流程组合；
- h) 产品制造日期(年、月)；
- i) 制造厂名及出厂编号。

8.1.2 每台板式换热器必须有介质进、出口标记。

8.2 包装

8.2.1 板式换热器宜用包装箱妥善包装，并固定可靠，接管开口用盲板或其它措施封闭。

8.2.2 随产品送发的文件、资料应用塑料袋包装。

8.2.3 随产品送发的文件、资料应包括以下内容：

- a) 装箱清单；
- b) 产品合格证；
- c) 产品使用说明书；
- d) 产品总装图或安装图；
- e) 板片组装流程图；

f) 产品质量文件，至少应包括：主要零部件材料的化学成分和力学性能；焊接质量；板片和垫片尺寸及板片微裂纹等检测结果；液压试验压力、保压时间及评定结果；无损检测依据标准和评定结果；制造厂质量检验负责人及检验专用章。

8.3 运输

板式换热器宜直立运输。

8.4 储存

8.4.1 板式换热器应在干燥通风的库房内存放,环境温度不得超过 40℃。

8.4.2 产品存放期超过半年时,应预先松开夹紧螺柱,使两压紧板间的尺寸不小于 $1.1L$,使用时再夹紧到 L 。

附 录 A
(标准的附录)
板式换热器垫片

A1 范围

A1.1 本附录规定了板式换热器密封垫片(简称垫片)的材料、制造、检验及验收技术要求。

A1.2 垫片除应符合本附录外,还应符合图样要求。

A2 引用标准

GB 528—82 硫化橡胶拉伸性能的测定

GB 531—83 橡胶邵尔 A 型硬度试验方法

GB 3985—83 石棉橡胶板

GB 4807—84 食品用橡胶垫片(圈)卫生标准

GB 7759—87 硫化橡胶在常温 and 高温下恒定形变压缩永久变形的测定

A3 材料

A3.1 垫片的材料及代号、物理性能应符合表 A1 的规定。

A3.2 选用表 A1 以外的材料时,其力学性能应不低于表 A1 中相应材料的要求,或由供需双方商定。

A3.3 食品、医药用垫片的卫生指标应符合 GB 4807 的规定。

A3.4 每批垫片应有质量证明书,食品、医药用垫片还应有卫生指标检验报告。

A4 加工要求

A4.1 垫片厚度应具有正偏差,其值应不大于 0.2 mm。

A4.2 垫片单边长度不应有正偏差,其负偏差绝对值不大于单边长度的 3%,且不大于 4 mm。

A4.3 垫片的横截面应色泽均一,不应有机械杂质、气泡等缺陷。

A5 外观要求

A5.1 垫片的上下主密封面应平整光滑,不应有任何气泡、凹坑、飞边及其他影响密封的缺陷。

A5.2 垫片的其余密封面缺陷尺寸不应超过表 A2 的规定。

表 A1

垫片材料 及代号 ¹⁾	丁腈橡胶	三元乙丙橡胶	氟橡胶	氯丁橡胶	硅橡胶	石棉纤维板 ⁴⁾
	N	E	F	C	Q	A
适用温度 ²⁾ C	-20~110	-50~150	0~180	-40~100	-65~230	20~250
扯断强度 MPa	≥10					—
扯断伸长率 %	≥120					—

表 A1(完)

垫片材料及代号 ¹⁾	丁腈橡胶	三元乙丙橡胶	氟橡胶	氯丁橡胶	硅橡胶	石棉纤维板 ⁴⁾
	N	E	F	C	Q	A
硬度 (邵尔 A 型)度	75±3	80±5	80±5	75±5	±60±2	—
压缩永久变形率 ³⁾ %	≤15					—

1) 食品、医药用垫片材料的代号:在相应垫片代号后面加 S。
 示例:丁腈橡胶垫片 N
 丁腈橡胶食品垫片 NS

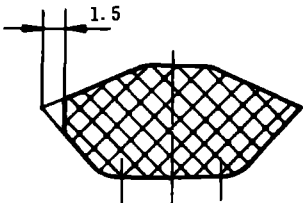
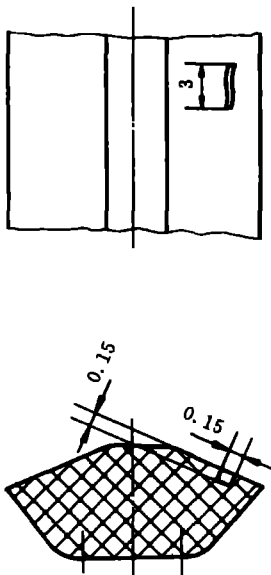
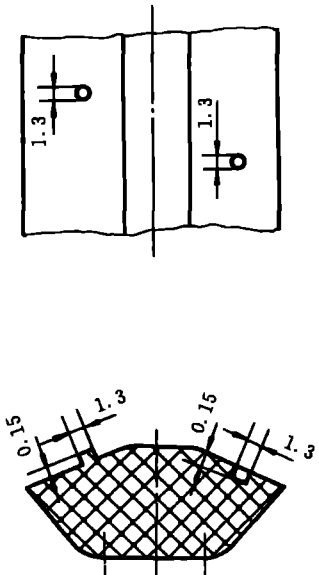
2) 垫片在超过适用温度范围时,应由供需双方商定。

3) 测定条件:室温×24 小时;压缩率 20%。

4) 物理性能指标参照 GB 3985,由供需双方商定。

表 A2

mm

缺陷名称	过渡修边	流 痕	凹 凸
最大允许缺陷尺寸			

A6 检验

A6.1 检验项目

- 垫片材料的物理性能;
- 垫片长度;
- 垫片横截面尺寸;
- 垫片外观质量。

A6.2 检验方法

A6.2.1 垫片材料的物理性能应按下列标准进行检验,检验结果应符合表 A1 的规定。

- a) 扯断强度和扯断伸长率应按 GB 528 进行检验;
- b) 压缩永久变形按 GB 7759 进行检验;
- c) 垫片硬度应按 GB 531 进行测定。垫片成品的检测点分布应与 A6.2.2 条相同。

A6.2.2 垫片厚度用测厚仪或千分尺测量,检测点应均匀分布,且不应少于 20 个测点,其中两端各四点;二道密封处各边两点;两侧直线部分各四点。

A6.2.3 垫片长度用游标卡尺检验。将垫片自然平放入垫片槽内,以游标卡尺测量超差尺寸。

A6.2.4 垫片外观质量应用目测观察,同时用游标卡尺、深度千分尺测量缺陷尺寸。

A6.2.5 食品用垫片的卫生指标应按 GB 4807 的规定进行检验,医药用垫片可参照 GB 4807 的规定进行检验。

A6.2.6 垫片截面用切割解剖法检验。

A6.3 抽样方法**A6.3.1 尺寸公差**

垫片厚度及长度尺寸公差的抽样方案按表 A3 进行,同一配方、同一次投料加工的同一规格的垫片为一批。

在检查结果中,若第一样本的不合格品条数小于或等于第一合格判定数时,则该批为合格批;若第一样本的不合格品条数大于或等于第一不合格判定数时,则该批为不合格批。

若第一样本的不合格品条数大于第一合格判定数同时又小于第一不合格判定数时,则应抽第二样本进行检查。

若第一和第二样本的不合格品条数总和小于或等于第二合格判定数,则该批为合格批。

若第一和第二样本的不合格品条数大于或等于第二不合格判定数时,则该批为不合格批。

表 A3

批量范围 (条数)	样 本	样本大小 (条)	累计抽样数 (条)	合格判定数	不合格判定数
≤ 150	第一	13	13	0	2
	第二	13	26	1	2
151~280	第一	20	20	0	3
	第二	20	40	3	4
281~500	第一	32	32	1	3
	第二	32	64	4	5
501~1 200	第一	50	50	2	5
	第二	50	100	6	7
1 201~3 200	第一	80	80	3	6
	第二	80	160	9	10

表 A3(完)

批量范围 (条数)	样 本	样本大小 (条)	累计抽样数 (条)	合格判定数	不合格判定数
3 201~10 000	第一	125	125	5	9
	第二	125	250	12	13

A6.3.2 垫片的外观质量应逐条检验。

A6.3.3 食品、医药用垫片的卫生指标检验不合格时,应取双倍试件进行复验,复验仍不合格,则为不合格品。

A6.3.4 每批垫片中抽一条检查横截面质量。

A7 标志、包装、运输、储存

A7.1 标志

A7.1.1 在每条垫片的泄漏信号槽中应有下列标志内容:

- a) 胶种代号;
- b) 垫片硫化日期(年、月);
- c) 制造厂代号。

A7.1.2 同一批垫片的包装箱或包装袋中必须有合格证明书。合格证明书应包括:垫片胶种、型号规格、投料批号、数量、生产单位、硫化日期、有效期限和检验结果等内容。

A7.2 包装

A7.2.1 不同投料批号、胶种、规格的垫片应分别进行包装,且不应拧捆包装。

A7.2.2 周长大于 6 m 的垫片应用木箱包装。

A7.2.3 应采用对垫片无损害、无污染的包装材料进行包装。

A7.3 运输

垫片在运输过程中,严禁与有腐蚀、有损于垫片的物质接触,避免雨雪的浸淋。

A7.4 储存

垫片应在阴凉、干燥、避光的环境中存放,其环境温度应不超过 40℃;不应与酸、碱、油类及有机溶剂接触,避免重压。

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

B1 范围

B1.1 本附录规定了板式换热器的热工性能和流体阻力特性的测定。

B1.2 本附录适用于试验流体为液体——液体的热工性能和流体阻力特性的测定。

B1.3 本附录仅考虑板式换热器的板片热阻,未考虑污垢热阻。

B1.4 按本附录测定的板片数宜不少于五片。

B2 符号

A—换热面积, m^2 ;

C_{ph} —热流体定压比热容, $J/(kg \cdot K)$;

C_{pc} —冷流体定压比热容, $J/(kg \cdot K)$;

G_h —热流体体积流量, m^3/s ;

G_c —冷流体体积流量, m^3/s ;

K —总传热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

Q_h —热流体的热流量, W ;

Q_c —冷流体的热流量, W ;

ΔQ —热平衡相对误差, %;

S —通道截面积, m^2 ;

t_{h1} —热流体进口温度, $^{\circ}C$;

t_{h2} —热流体出口温度, $^{\circ}C$;

t_{c1} —冷流体进口温度, $^{\circ}C$;

t_{c2} —冷流体出口温度, $^{\circ}C$;

Δt_m —对数平均温差, $^{\circ}C$;

v_h —热流体侧板间流速, m/s ;

v_c —冷流体侧板间流速, m/s ;

ρ_h —热流体密度, kg/m^3 ;

ρ_c —冷流体密度, kg/m^3 ;

P_{h1} —热流体进口的压力, MPa ;

P_{h2} —热流体出口的压力, MPa ;

P_{c1} —冷流体进口的压力, MPa ;

P_{c2} —冷流体出口的压力, MPa ;

ΔP_h —热流体侧压力降, MPa ;

ΔP_c —冷流体侧压力降, MPa ;

Eu —欧拉数;

Nu —努塞尔数;

Re —雷诺数。

B3 测定系统

测定系统由冷源、热源、被测定换热器、冷、热流体循环系统及测定仪表等组成。

测定系统示例见图 B1。

B4 测量仪表及测量方法

B4.1 测量仪表

B4.1.1 流量、温度、压力测量仪表的精度应符合表 B1 的规定。

表 B1

项 目	流 量	温 度	压 力
精度, %	± 0.5	± 0.25	± 0.25

B4.1.2 仪表检定

测定用的流量、温度、压力等测量仪表均应按有关规定送法定计量机构检定,并在检定的有效期内

使用。

B4.2 流量测量

B4.2.1 流量计应安装在水平直管段上,其上游直管段长度应不小于 20 倍管径,下游直管段长度不小于 15 倍管径。在流量计的上游直管段起始端应安装过滤器。

B4.2.2 流量测量应精确到 1%。

B4.3 温度测量

B4.3.1 测量元件的感温点应位于管道中心,其保护管的插入深度应按温度计使用说明书的规定。

B4.3.2 温度计的安装点与被测换热器进出口法兰密封面的距离应不大于 150 mm。

B4.3.3 在测温点的上、下游各 300 mm 范围内,保温层应尽可能加厚,换热器、测温点之间的全部管线应保温良好。

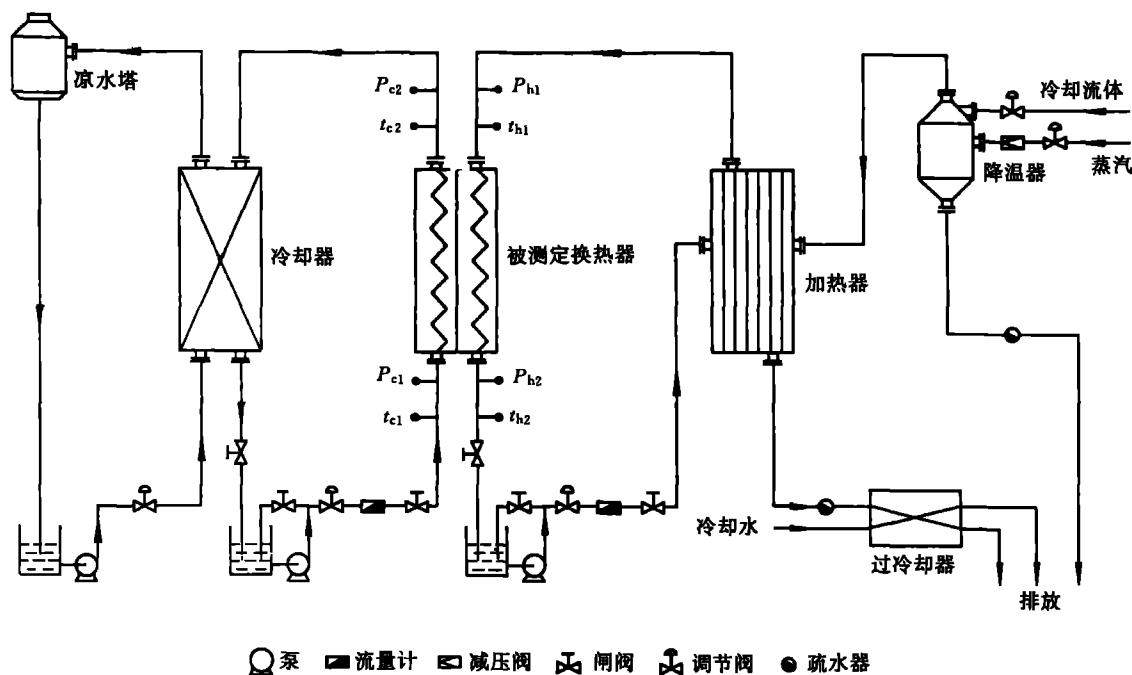


图 B1 板式换热器测定系统图

B4.3.4 测量层流状态的流体温度时,在测温点上游二至三倍管径处设置混合器。

B4.3.5 温度测量应精确到 1%。

B4.4 压力测量

B4.4.1 静压测孔应设置在距离任何扰动区(弯管、阀门等)下游至少五倍管径、上游至少二倍管径处。静压测管应与管壁面垂直。

B4.4.2 压力测量应精确到 1%。

B5 测定条件和性能确定

B5.1 测定条件

- 测定流体:液体-液体;
- 板间流速范围:0.1~1.0 m/s;
- 测定温度:20~70℃;
- 测定压力:0~1.0 MPa;
- 流程:单流程逆流。

B5.2 性能确定

B5.2.1 热工性能:确定总传热系数 K 与板间流速 v 之间的关系。

B5.2.1.1 给出总传热系数 K 与板间流速 v 之间的关系曲线。

B5.2.1.2 建立努塞尔数 Nu 与雷诺数 Re 间的准数方程。

B5.2.2 流体阻力特性:确定压力降 ΔP 与板间流速 v 之间的关系。

B5.2.2.1 给出压力降 ΔP 与板间流速 v 之间的关系曲线。

B5.2.2.2 建立欧拉数 Eu 与雷诺数 Re 间的准数方程。

B5.2.3 计算水—水逆流运行,热流体定性温度为 40°C ,冷、热流体侧的板间流速均为 0.5 m/s 时的总传热系数 K 和压力降 ΔP 。

B6 测定程序和测定方法**B6.1 测量项目**

- a) 冷、热流体的体积流量;
- b) 冷、热流体的进、出口温度;
- c) 冷、热流体的进、出口压力及压力降。

B6.2 测定前应检查设备、管线及测量仪表的可靠性。

B6.3 开始运行后,应及时排净设备内的气体,使设备在完全充满试验流体的条件下运行并调节至试验工况(或指定工况)。

B6.4 首先在两侧板间流速为 $0.1\sim 1\text{ m/s}$ 范围内等流速变化时测量数据,其流速变化间隔应不大于 0.1 m/s 。

B6.5 固定一侧(冷侧或热侧)板间流速,且固定点至少为一个,另一侧流体板间流速在 $0.1\sim 1\text{ m/s}$ 范围内变化,其变化间隔应不大于 0.1 m/s 。

B6.6 在每个测定工况(或指定工况)下,均应稳定运行 30 min 后,方可测定数据。

B6.7 在每个测定工况(或指定工况)下,热平衡的相对误差均不得大于 5% 。

B7 测定数据的计算及整理

B7.1 测定数据的计算应按表 B2 进行。

B7.2 测定数据的整理

B7.2.1 在同一座标中,作出两侧板间流速相等时的总传热系数 K 与板间流速 v 的关系曲线。

B7.2.2 在同一座标系中,分别作一侧板间流速固定时,总传热系数 K 与另一侧板间流速 v 的关系曲线。

B7.2.3 建立努塞尔数 Nu 与雷诺数 Re 的准数方程。

B7.2.4 在同一座标系中,分别作两侧压力降 ΔP 与板间流速 v 的关系曲线。

B7.2.5 建立欧拉数 Eu 与雷诺数 Re 的准数方程。

B8 误差

按本标准测定的总传热系数 K ,其误差应不超过 10% 。

B9 测定报告

B9.1 任务来源。

B9.2 测定目的。

B9.3 测定工况

B9.3.1 环境条件。

B9.3.2 被测定换热器的设计参数。

B9.3.3 测定系统图。

B9.3.4 测量仪表及其精度。

B9.4 测定起止时间及人员。

B9.5 测定数据的整理

B9.5.1 原始数据

a) 冷、热流体的名称及流量；

b) 冷、热流体的进、出口温度；

c) 冷、热流体的进、出口压力及压力降。

B9.5.2 计算方法。

B9.6 结论及分析

表 B2

序 号	名 称	符 号	计 算 公 式
1	冷流体流速	v_c	$v_c = G_c / S$
2	热流体流速	v_h	$v_h = G_h / S$
3	热流体热流量	Q_h	$Q_h = G_h \cdot \rho_h \cdot C_{ph} (t_{h1} - t_{h2})$
4	冷流体热流量	Q_c	$Q_c = G_c \cdot \rho_c \cdot C_{pc} (t_{c2} - t_{c1})$
5	热平衡相对误差	ΔQ	$\Delta Q = (Q_h - Q_c) / Q_c \times 100$
6	对数平均温差	Δt_m	当 $t_{h1} - t_{c2} > t_{h2} - t_{c1}$ 时 $\Delta t_m = \frac{(t_{h1} - t_{c2}) - (t_{h2} - t_{c1})}{\ln \frac{t_{h1} - t_{c2}}{t_{h2} - t_{c1}}}$ 当 $t_{h1} - t_{c2} = t_{h2} - t_{c1}$ 时 $\Delta t_m = t_{h1} - t_{c2}$ 当 $t_{h1} - t_{c2} < t_{h2} - t_{c1}$ 时 $\Delta t_m = \frac{(t_{h2} - t_{c1}) - (t_{h1} - t_{c2})}{\ln \frac{t_{h2} - t_{c1}}{t_{h1} - t_{c2}}}$
7	总传热系数	K	$K = Q_c / (A \cdot \Delta t_m)$

B9.6.1 热工性能确定。

B9.6.2 流体阻力特性确定。

B9.6.3 对测定结果进行误差分析,结果分析及必要的说明。

附 录 C

(提示的附录)

板式换热器压紧板厚度

本附录按单板公称换热面积的大小给出了对应产品压紧板厚度的常用数值。

mm

单板公称换热面积, m ²	在下列设计压力下的压紧板厚度				
	设计压力, MPa				
	≤0.6	1.0	1.6	2.0	2.5
0.1	25	25	30	30	35
0.3	35	40	50	50	55
0.5	45	50	55	55	60
0.7	50	55	60	60	—
0.8	55	60	65	—	—
1.0	60	65	70	—	—
2.0	80	80	80	—	—
注: 本表只适用于厚钢板制造的压紧板					

GB 16409—1996《板式换热器》第1号修改单

本修改单经国家技术监督局于1997年4月2日以技监国标函[1997]第27号文批准,自1997年8月1日起实施。

一、2引用标准中 GB/T 3280—92 改为 GB 3280—92; GB/T 4273—92 改为 GB 4273—92。

二、公式(17) $F_0 = a_2 p$ 改为 $F_0 = a_2 P$ 。

三、公式(18) $F_p = 2LBmP$ 改为 $F_p = 2lBmP$ 。

四、A6.3.1 条的最后一行“若第一和第二样本的不合格品条数……”更改为“若第一和第二样本的不合格品条数总和”。