

ICS 91.140.10

CCS P 46

团 体 标 准

T/CDHA XXXX-XXXX

供热用可拆卸板式热交换器

Plate heat exchangers for heating

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国城镇供热协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号	4
5 分类和标记	5
6 结构	5
7 要求	6
8 试验方法	18
9 检验规则	22
10 标识、包装、运输与贮存	24
附录 A (资料性附录) 板式热交换器化学清洗方法	27

前 言

本标准按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本标准由中国城镇供热协会提出。

本标准由中国城镇供热协会标准化委员会归口。

本标准起草单位：吉林省换热器协会、国家热交换产品质量检验检测中心、四平市巨元瀚洋板式换热器有限公司、吉林同达传热工程技术有限公司、兰州兰石换热设备有限责任公司、上海艾克森集团有限公司、郑州热力集团有限公司、承德热力集团有限责任公司、呼和浩特富泰热力股份有限公司、北京热力装备制造有限公司、天津市津能双鹤热力设备有限公司、河北海德换热设备有限公司、北京阿玛西换热设备制造有限公司、睿能太宇（沈阳）能源技术有限公司、四平市中保换热设备有限公司、四平市威德斯克热工设备有限公司、四平艾维能源科技有限公司、北京市京海换热设备制造有限公司、辽宁龙首精细化工有限公司、吉斯拉维密封技术（青岛）有限公司。

本标准主要起草人：刘凯、王乃晶、徐红伟、先川平、张涛、郝亮、路宇、庞印成、陈卓、谢琳、潘绪霞、董强林、王丽峰、严纲、王明月、王刚、董郝晶、庞磊、杨丰源、杨永杰。

供热用可拆卸板式热交换器

1 范围

本标准规定了供热用可拆卸板式热交换器（简称板式热交换器）的术语和定义、符号、分类和标记、结构、要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输与贮存。

本标准适用于下列热交换器的设计、制造、检验与产品标准核算及性能验证：

- a) 设计压力不大于 3.5Mpa 的垫片式板式热交换器；
- b) 设计压力不大于 6.0Mpa 的半焊式板式热交换器。

注：选用的设计温度范围应按垫片与其他元件材料允许的使用温度范围确定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 529 硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（梯形、直角形和新月形试样）
- GBT 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）
- GB/T 531.2 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 2 部分：便携式橡胶国际硬度计法
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1804-2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 2054 镍及镍合金板
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3103.1 紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3624 钛及钛合金无缝管
- GB/T 3625 换热器及冷凝器用钛及钛合金管
- GB/T 4156 金属材料 薄板和薄带 埃里克森杯突试验
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB 4806.11 食品安全国家标准 食品接触用橡胶材料及制品

- GB/T 6728 结构用冷弯空心型钢
- GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 14845 板式热交换器用钛板
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 26299 耐腐蚀用铜合金板、带材
- GB/T 38689 耐腐蚀合金冷轧薄板及带材
- JB/T 10379 换热器热工性能和流体阻力特性通用测定方法
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和低合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013.2-2015 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- NB/T 47013.5-2015 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- TSG R0010 热交换器能效测试与评价规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

板片 plate

经过压制形成有波纹的板。

3.2

单板换热面积 plate area

板片中参与换热的单侧表面积。

3.3

单板公称换热面积 the nominal plate area

圆整后的单板换热面积。

3.4

中间隔板 connector plate

将一台板式热交换器分成两个或两个以上换热段的隔板。

3.5

换热面积 heat transfer area

圆整后的整台板式热交换器中板片两侧都与介质相接触的所有单板换热面积之和。

3.6

框架 frame

提供板式热交换器结构支撑和压力密封的组件。

3.7

流程板 pass plate

在多流程热交换器中用于改变介质流动方向的板。

- 3.8
通道 channel
板式热交换器内相邻板片组成的介质流动通道。
- 3.9
流程 pass
板式热交换器内介质向同一方向流动的一组通道。
- 3.10
流程组合 pass and channel arrangement
板式热交换器内流程与通道的配置方式。
- 3.11
板间距 plate gap
板式热交换器相邻两板片间的平均距离。
- 3.12
波纹深度 chevron depth
板片波纹成形深度。
- 3.13
板片厚度 plate thickness
图样标注的板材标准规格厚度。
- 3.14
板片减薄量 plate thickness thinning
板片成形前与成形后厚度的最大差值。
- 3.15
角孔 port
板片上所开的介质进、出口孔。
- 3.16
板束 plate pack
框架中所含全部板片、密封垫片、中间隔板、流程板的集合。
- 3.17
半焊板片对 semi-welded plate pair
两张板片焊接在一起所组成的板片对。
- 3.18
板式热交换器 plate heat exchanger
由板片（或半焊板片对）、密封垫片与支撑框架等组成的整体设备。
- 3.19
工作压力 working pressure
工作压力指在正常工作情况下，板式热交换器任何一侧可能出现的最高压力。
- 3.20
设计压力 design pressure
设计压力指设定的板式热交换器任何一侧的最高压力，与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，其值不得低于工作压力。
- 3.21

设计温度 design temperature

板式热交换器在正常工作和相应的设计压力下，设定的元件温度。

3.22

密封垫片 material of gasket

由橡胶主体配以硫化剂、填充物均匀混合而成的用于制造垫片的混炼胶。

3.23

主密封区域 critical area of the gasket

密封垫片顶部密封区域或与流体接触的密封区域

3.24

非主密封区域 non-critical area of the gasket

不直接与流体接触的密封垫片区域

3.25

泄漏信号槽 venting slot

在密封垫片两道密封连接位置开设的用以引导泄漏介质通向大气的小槽。

3.26

单边错位 sectional deviation

密封垫片横截面在合模处的左右不齐。

3.27

表面缺陷 surface defects

垫片表面的局部隆起或凹陷。

4 符号

- a —— 单板换热面积；
- a_1 —— 板片中参与换热的投影面积；
- b —— 板间距；
- F —— 由管道所引起的力；
- H —— 上下导杆内侧间的距离；
- L —— 夹紧长度；
- L_1 —— 导杆长度；
- L_2 —— 夹紧螺柱长度；
- l —— 波纹截距长度；
- l_1 —— 板片纵向长度；
- l' —— 波纹截距表面长度；
- M —— 由管道所引起的力矩；
- M_1 —— 清洗前的试片质量；
- M_2 —— 清洗后的试片质量；
- N_g —— 中间隔板数；
- N_p —— 板片总数；
- p —— 设计压力；
- p_T —— 液压试验压力；

- r —— 腐蚀速率;
 S —— 腐蚀试片的面积;
 S_0 —— 板片厚度;
 S_1 —— 压紧板厚度;
 S_2 —— 中间隔板厚度;
 S_3 —— 密封垫片名义厚度;
 T —— 清洗时间;
 l —— 腐蚀总重量
 δ —— 夹紧螺栓上所有螺母与密封垫片厚度之和;
 η —— 换热效率, %;
 Δt_i —— 两侧进口温差;
 Δt_{io} —— 流量较小侧的进出口温差;
 φ —— 波纹展开系数。

5 分类和标记

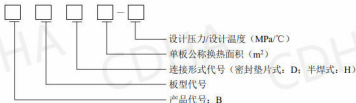
5.1 分类

- 5.1.1 按连接形式分为密封垫片式和半焊式板式热交换器。
 5.1.2 按板型分为 V 型 H 和 M 型。

5.2 标记

5.2.1 标记的构成及含义

标记的构成及含义应符合下列规定:

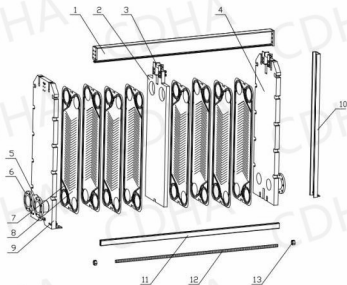


5.2.2 标记示例

设计温度为 $100^{\circ}C$, 设计压力为 $1.6MPa$, 板片单板公称换热面积为 $1.3m^2$, 连接形式为密封垫片式, 板型为 M 的板式热交换器标记为: BMD1.3-1.6/100。

6 结构

板式热交换器由板片(或半焊板片对)、密封垫片与支撑框架等组成。典型板式热交换器组成示意图 1。



标引序号说明:

- | | |
|----------|----------|
| 1—上导杆; | 8—板片; |
| 2—中间隔板; | 9—固定压紧板; |
| 3—滑动机构; | 10—支柱; |
| 4—滑动压紧板; | 11—下导杆; |
| 5—接管; | 12—压紧螺栓; |
| 6—法兰; | 13—螺母; |
| 7—密封垫片; | |

图1 典型板式热交换器组成示意

7 要求

7.1 板片

7.1.1 板片材料

7.1.1.1 板式热交换器所用材料的选择应考虑其使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性等)、材料性能(力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能)及制造工艺。板片材料应从表1中选取。

表1 板片材料

材料代号(牌号)	执行标准
S30408 (06Cr19Ni10)	GB/T 3280
S32168 (06Cr18Ni11Ti)	
S30403 (022Cr19Ni10)	

S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	
S31603 (022Cr17Ni12Mo2)	
S31782 (015Cr21Ni26Mo5Cu2)	
S22053 (022Cr23Ni5Mo3N)	
S25073 (022Cr25Ni7Mo4N)	
C68700 (HAI 77-2)	GB/T 26299
T70590 (BFe10-1-1)	
TA1	GB/T 14845
TA9-1	
N6	GB/T 2054
NS3303	GB/T 38689

7.1.1.2 当采用 C68700 (HAI 77-2)、T70590 (BFe10-1-1) 压制板片时,应符合 GB/T 4156 试验要求,其埃里克森杯突试验值不应小于 9.5mm。

7.1.2 外观

7.1.2.1 板片表面不应有超过板片厚度负偏差的凹坑、划伤、压痕等缺陷。

7.1.2.2 板片周边及角孔不应有冲切毛刺;

7.1.2.3 成型板片不应有裂纹和微裂纹,不应对应表面进行补焊;

7.1.2.4 板片成型后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,圆滑过渡,最终厚度应符合 7.1.4 的规定。

7.1.3 结构

7.1.3.1 板片两端应有对称的定位悬挂结构。

7.1.3.2 板片应有足够的刚度,除悬挂部位可以有加强零件外,其余部位不应有辅助的加强零件;

7.1.3.3 隔压换热站用板式换热器的板片悬挂结构应采用补强片进行补强;

7.1.3.4 板片结构的设计应能够承受当失去一侧流体的情况下引起的最大压差。

7.1.4 厚度

7.1.4.1 板片厚度应满足设计条件要求,板片设计可不考虑腐蚀裕量。

7.1.4.2 设计压力大于 2.0MPa 的隔压换热站用板式换热器,板片成型前厚度不应小于 0.6mm。

7.1.4.3 板片成型减薄量应小于板片实际厚度的 20%。

7.1.5 密封垫片槽深度偏差

密封垫片槽深度偏差应符合表 2 的规定。

表 2 板片波纹深度和密封垫片槽深度偏差

单板换热面积 a m ²	波纹深度和密封垫片槽深度偏差 mm
$a \leq 0.8$	+0.10
$0.8 < a \leq 2.4$	+0.15
$a > 2.4$	+0.20

7.1.6 波纹深度偏差

板片波纹深度偏差应符合表 2 的规定。

7.1.7 微裂纹

板片加工成型后不允许有微裂纹，且不得对板片表面进行补焊。

7.1.8 单板换热面积

板片加工成型后单板换热面积不应低于设计值的 95%。

7.2 压紧板和中间隔板

7.2.1 材料

7.2.1.1 压紧板和中间隔板材料应符合表 3 的规定。

表 3 压紧板和中间隔板材料

材料代号（牌号）	要求
Q235B	GB/T 700
Q235C	
Q345R	GB/T 713
Q355B	GB/T 1591
S30408 (06Cr19Ni10)	GB/T 4237
S31608 (0Cr17Ni12Mo2)	

7.2.1.2 压紧板、中间隔板可采用 S30408 (06Cr19Ni10)、S31608 (0Cr17Ni12Mo2) 等不锈钢材料包覆；

7.2.1.3 压紧板的设计要有足够的强度和刚度，以保证板式热交换器在试验和正常工作状态下不会发生泄漏。

7.2.1.4 隔压换热站用板式热交换器的活动压紧板下端应设置可调节的落地支撑结构。

7.2.2 外观

7.2.2.1 钢板表面不应存在裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、氧化铁皮、孔洞和锈蚀等对使用有害的缺陷，且钢板不得有目视可见的分层现象。

7.2.2.2 当外观存在条缺陷时，允许用修磨等方法清除，清理处应平滑无棱角，清理深度不应大于钢板厚度的负偏差，钢板厚度不应小于允许的最小厚度。

7.2.3 尺寸偏差

7.2.3.1 对不去除材料表面获得的平面，其平面度允差应小于或等于 2mm/m，且不大于 3mm。

7.2.3.2 当不去除材料表面获得的表面平面度允差大于 2mm/m 或总体大于 3mm 时，应对材料进行校正或者表面切削加工。

7.2.3.3 表面加工的线性尺寸偏差应符合 GB/T 1804-2000 中 m 级。

7.3 密封垫片

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 密封垫片除应符合本标准规定外，还应满足图样要求。

7.3.1.2 密封垫片的应用应考虑到密封垫片与流体介质、工况、板片材料等的兼容性。

7.3.2 材料

7.3.2.1 密封垫片材料应明确所适用的介质和温度。

7.3.2.2 密封垫片所用材料选择应考虑其使用条件（如设计温度、设计压力、介质特性等）、材料性能（力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能）、制造工艺。

7.3.2.3 密封垫片材料物理性能应符合表 4 的规定。

表4 密封垫片材料物理性能

项目	密封垫片材料		
	丁晴橡胶	乙丙橡胶	氟橡胶
适用温度（以蒸汽） ℃	-20~+130	-35~+150	-10~150
硬度，邵尔或 IRHD（方法 N）	75±5	80±5	90±5 ^a
断裂拉伸强度 Mpa	≥13	≥12	≥10
拉伸伸长率 %	≥200	≥150	≥120
撕裂强度（新月形，缺口1mm， 或直角形） N/mm	≥30	≥20	—
压缩永久变形 B %	≤25 压缩率：25% 热空气：110℃×24h	≤20 压缩率：25% 热空气：150℃×24h	≤30 压缩率：25% 热空气：180℃×24h
注：密封垫片材料性能超出本规定时，应由供需双方商定，且应满足企业标准的要求。			
^a 当设计压力超过 3.0Mpa 时，宜选用硬度 90±5 的密封垫。			

7.3.2.4 当选用表 4 以外的密封材料时，应有供需双方商定。

7.3.2.5 食品、医药密封垫片应符合 GB 4806.11 的规定。

7.3.2.6 使用同一配方，采用相同的橡胶、混合物原料及混炼工艺所生产的混炼胶视为同一种密封垫片材料，应有其相应的名称或代号及成品识别标识。

7.3.3 外观

7.3.3.1 密封垫片主密封面应平整光滑，应无任何杂质、气泡、凹陷等影响密封的缺陷和错边。

7.3.3.2 密封垫片横截面单边错位不应大于 0.2mm。

7.3.3.3 垫片表面缺陷的高度或深度不应大于 0.2mm，单边长度不应大于 2mm，宽度不应大于 1.5mm。

7.3.3.4 密封垫横截面色泽应均匀统一，应无机械杂质、气泡等缺陷。

7.3.3.5 用于传热板片的密封垫片应是一个整体件。

7.3.3.6 在密封垫片两道密封之间应设有通向大气的泄漏信号槽，信号槽深度不应小于密封垫片的压缩量。

7.3.3.7 密封垫片宜采用机械装卡方式固定到板片上。

7.3.3.8 在每条密封垫片泄漏信号槽或非主密封区域应标识下列内容：

- 密封垫片材料；
- 密封垫片硫化日期（年、季度或月）；
- 板片型号；
- 密封垫片制造单位标识；
- 对食品用密封垫片，应按图样要求有相应的标识。

7.3.4 尺寸偏差

7.3.4.1 密封垫片的形状应与板片垫片槽相吻合，密封垫片单边长度偏差应符合表 5 的规定。

表5 密封垫单边长度尺寸偏差

单位为毫米

单边长度	尺寸偏差
≤1000	-2.0~0
1000~1500	-2.5~0
>1500	-3.0~0

7.3.4.2 密封垫片厚度允许偏差值应符合表6的规定。

表6 密封垫片尺寸偏差

单位为毫米

单边长度	厚度	尺寸偏差
≤1000	≤4.0	0~+0.20
	>4.0	0~+0.25
>1000	≤6.3	0~+0.25
	>6.3	0~+0.30

7.4 导杆

7.4.1 载荷

上导杆应满足承受上导杆自重、活动压紧板、中间隔板及板片及所充介质（水或其他流体取密度大者）载荷的1.5倍以上。

7.4.2 材料

导杆材料应符合表7的规定。

表7 导杆材料

部件名称	材料代号（牌号）	执行标准
工字钢型上导杆	Q235-B	GB/T700 GB/T706
	06Cr19Ni10	GB/T4237 GB/T706
圆钢导杆	45	GB/T699
方管、矩形管下导杆	Q235-B	GB/T700 GB/T6728
	06Cr19Ni10	GB/T14976 GB/T6728

7.4.3 外观

7.4.3.1 导杆表面不应有裂纹、折叠、结疤、分层和夹杂。

7.4.3.2 导杆表面允许有局部发纹、凹坑、麻点、划痕等缺陷存在，但不应超出型钢尺寸的允许偏差。

7.4.4 尺寸及偏差

7.4.4.1 导杆长度应按式（1）计算：

$$L_1 \geq S_1 + N_g \times S_2 + (S_0 + S_3)N_p + \sqrt{H_1^2 - H^2} + 0.5N_p \dots\dots\dots (1)$$

式中：\$L_1\$——导杆长度（固定压紧板内侧至支柱内侧间的距离），单位为毫米（mm）；

\$S_0\$——板片厚度，单位为毫米（mm）；

\$S_1\$——压紧板厚度，单位为毫米（mm）；

\$S_2\$——中间隔板厚度，单位为毫米（mm）；

- S_3 ——密封垫片名义厚度，单位为毫米（mm）；
 N_f ——中间隔板数，个；
 N_p ——板片总数，个；
 l_i ——板片纵向长度，单位为毫米（mm）；
 H ——上下导杆内侧间的距离，单位为毫米（mm）。

7.4.4.2 导杆切削加工的未注尺寸偏差应符合 GB/T 1804 的有关规定。

7.5 夹紧螺柱

7.5.1 材料

7.5.1.1 夹紧螺柱材料应符合表 8 的规定。

表 8 夹紧螺柱材料

材料代号（牌号）	执行标准
20	GB/T 699
35	
45	
40Cr	GB/T 3077
30CrMoA	
35CrMoA	
S42020（20Cr13）	GB/T 1220
S30408（06Cr19Ni10）	
S32168（06Cr18Ni11Ti）	
S31608（06Cr17Ni12Mo2）	

7.5.1.2 在不同温度下夹紧螺柱的许用应力应按表 9 选取。对表 9 以外的材料或按 GB/T 3098.1 的性能等级进行设计制造时，其许用应力按钢材设计温度下的屈服点 R_{eL} 除以表 10 中的安全系数 n_s 确定。

表 9 螺柱许用应力

材料代号 (牌号)	钢材标准	热处理状态	螺柱规格 mm	常温强度指标 MPa		在下列温度下的许用应力/MPa	
				R_{m0}	R_{eL}	$\leq 20^\circ\text{C}$	100°C
20	GB/T 699	正火	$\leq M22$	410	245	91	81
			M24~M27	400	235	94	84
35	GB/T 699	正火	$\leq M22$	530	315	117	105
			M24~M27	510	295	118	106
45	GB/T 699	正火	$\leq M22$	600	355	131	120
			M24~M48	600	335	134	126
40Cr	GB/T 3077	调质	$\leq M22$	805	685	196	176
			M24~M36	765	635	212	189
30CrMoA	GB/T 3077	调质	$\leq M22$	700	550	157	141
			M24~M48	660	500	167	150
			M52~56	660	500	185	167
35CrMoA	GB/T 3077	调质	$\leq M22$	835	735	210	190
			M24~M48	805	685	228	206

			M52~M80	805	685	254	229
S42020	GB/T 1220	调质	≤M22	635	440	126	117
			M24~M27	635	440	147	137
S30408	GB/T 1220	固溶	≤M22	520	205	128	107
			M24~M48	520	205	137	114
S32168	GB/T 1220	固溶	≤M22	520	205	128	107
			M24~M48	520	205	137	114
S31608	GB/T 1220	固溶	≤M22	520	205	128	109
			M24~M48	520	205	137	117

注 1: 中间温度的许用应力值, 可按本表的数值用内插法求得。
注 2: 45 钢只用于夹紧螺栓。

表 10 设计温度下的屈服点的安全系数

材料	螺栓直径/mm	热处理状态	设计温度下屈服点 R_{eL}^t 的安全系数 n_s
碳素钢	≤M22	正火	2.7
	M24~M48		2.5
低合金钢, 马氏体高合金钢	≤M22	调质	3.5
	M24~M48		3.0
	≥M52		2.7
奥氏体高合金钢	≤M22	固溶	1.6
	M24~M48		1.5

7.5.2 外观

7.5.2.1 夹紧螺栓不应有毛刺、锈斑和阻碍量规通过的缺陷。

7.5.2.2 螺栓允许弯曲度不应大于 0.1mm/100mm。

7.5.2.3 夹紧螺栓表面应做防腐处理。

7.5.3 尺寸偏差

7.5.3.1 夹紧螺栓长度 L_2 按式 (2) 计算。

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

式中: L_2 ——夹紧螺栓长度, 单位为毫米 (mm);

S_0 ——板片厚度, 单位为毫米 (mm);

S_1 ——压紧板厚度, 单位为毫米 (mm);

S_2 ——中间隔板厚度, 单位为毫米 (mm);

S_3 ——密封垫片名义厚度, 单位为毫米 (mm)

N_g ——中间隔板数, 个;

N_p ——板片总数, 个;

δ ——夹紧螺栓上所有螺母与密封垫片厚度之和, 单位为毫米 (mm)。

7.5.3.2 夹紧螺栓光杆长度不应大于夹紧长度, 夹紧长度应按 (3) 计算。

$$L = N_p \times b + \sum S_2 \dots\dots\dots (3)$$

式中: L ——夹紧长度, 单位为毫米 (mm);

N_p ——板片总数, 个;

b ——板间距, 单位为毫米 (mm);

S_2 ——中间隔板厚度, 单位为毫米 (mm)。

7.5.3.3 夹紧螺栓的结构形式及尺寸偏差应按 GB/T 3103.1 的规定执行，螺纹尺寸偏差应按 GB/T 197 的规定执行，未注明尺寸偏差的应符合 GB/T 1804 的规定执行。

7.6 接管

7.6.1 材料

接管材料应根据接管内流体介质特性从表 11 中选取。

表 11 接管材料

材料代号（牌号）	执行标准
10	GB/T 8163
20	
S30408 (06Cr19Ni10)	GB/T 13296 GB/T 14976
S32168 (06Cr18Ni11Ti)	
S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	
S31603 (022Cr17Ni12Mo2)	
TA1	GB/T 3624
TA2	GB/T 3625

7.6.2 外观

接管表面存在的不超过其厚度负偏差的划伤、凹坑等缺陷应处理平滑。

7.6.3 结构

7.6.3.1 接管应是双头螺栓连接或法兰连接或活接连接，连接型式应在图样中明确。

7.6.3.2 法兰螺栓孔或压紧板上的螺栓孔应与铅垂线跨中布置。

7.6.3.3 用于连接双头螺栓所开的孔不应穿透压紧板体，孔内未穿透部分厚度不应少于压紧板厚度的 1/4，孔内螺纹最小长度应为双头螺栓直径值。

7.6.3.4 多流程板式热交换器流道布置应能通过接管排空。

7.6.3.5 法兰连接件伸出部分长度应使连接螺栓在法兰两侧都能安装和拆卸。

7.6.4 强度

接管应能承受由管道所引起的力和力矩。接管载荷应按下列规定确定：

a) 标准用途载荷应按式 (4) 和 (5) 计算，也可按表 12 选取。

$$F = \frac{7.5DN^{1.2} + 0.1PN \times DN^{1.2}}{5} \dots\dots\dots (4)$$

$$M = \frac{4(DN - 25)^{1.4} + PN \times DN^{2.7} \times 2 \times 10^{-5}}{5} \dots\dots\dots (5)$$

式中：F —— 由管道所引起的力，单位为牛（N）；

DN —— 公称管径，单位为米（m）；

PN —— 公称压力，单位为（N）；

M —— 由管道所引起的力矩，单位为牛每米（N·m）。

表 12 标准用途载荷

公称直径 DN mm	接管载荷					
	PN2.0 MPa		PN 5.0 MPa		PN 11.0 MPa	
	F N	M N·m	F N	M N·m	F N	M N·m

25	90	0	119	1	167	2
40	159	37	209	40	293	44
50	208	76	273	80	383	88
80	365	230	480	246	673	274
100	477	358	628	388	879	438
150	776	750	1 022	840	1 430	990
200	1 096	1 236	1 443	1 431	2 020	1 758
250	1 433	1 809	1 886	2 167	2 640	2 763
300	1 784	2 471	2 347	3 056	3 286	4 032
350	2 146	3 220	2 824	4 108	3 953	5 587
400	2 519	4 060	3 314	5 333	4 640	7 454
450	2 901	4 993	3 818	6 742	5 345	9 658
500	3 292	6 021	4 332	8 346	6 065	12 221

b) 苛刻用途载荷应按式(6)和(7)计算,也可按表13选取。

$$F = 7.5DN^{1.2} + 0.1PN \times DN^{1.2} \dots\dots\dots (6)$$

$$M = 4(DN - 25)^{1.4} + PN \times DN^{2.7} \times 2 \times 10^{-5} \dots\dots\dots (7)$$

式中: F ——由管道所引起的力,单位为牛(N);

DN ——公称管径,单位为米(m);

PN ——公称压力,单位为(N);

M ——由管道所引起的力矩,单位为牛每米(N·m)。

表13 苛刻用途载荷

公称直径 DN mm	接管载荷					
	PN 2.0 MPa		PN 5.0 MPa		PN 11.0 MPa	
	F N	M N·m	F N	M N·m	F N	M N·m
25	452	2	595	6	833	12
40	795	186	1 046	198	1 464	220
50	1 039	378	1 367	401	1 913	440
80	1 826	1 148	2 402	1 230	3 363	1 368
100	2 386	1 788	3 140	1 938	4 396	2 189
150	3 882	3 750	5 108	4 200	7 151	4 951
200	5 482	6 178	7 213	7 157	10 099	8 789
250	7 166	9 047	9 428	10 836	13 200	13 817
300	8 918	12 353	11 734	15 280	16 428	20 158
350	10 730	16 101	14 119	20 539	19 766	27 935
400	12 595	20 301	16 572	26 665	23 201	37 271
450	14 507	24 965	19 088	33 711	26 723	48 288
500	16 462	30 107	21 661	41 732	30 325	61 106

c) 当需方没有规定,可采用标准接管载荷,力与力矩的方向示意图2。

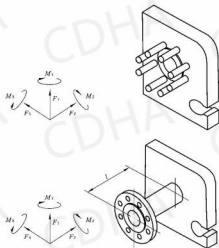


图2 力与力矩的方向示意

7.6.5 尺寸偏差

7.6.4.1 对有合金衬里的接管，衬里厚度不应小于板片厚度。

7.6.4.2 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100mm时，按100mm计算），且不应大于3mm。

7.7 法兰

7.7.1 材料

7.7.1.1 法兰材料应符合表14的规定。

表14 法兰材料

材料代号（牌号）	执行标准
Q235B	GB/T 3274
Q235C	
20	NB/T 4726
16Mn	
S30408 (06Cr19Ni10)	NB/T 4727
S32168 (06Cr18Ni11Ti)	
S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	
S31603 (022Cr17Ni12Mo2)	

7.7.1.2 当法兰采用碳素钢和低合金钢锻件及不锈钢锻件时，应符合 NB/T 47008、NB/T 47010 的规定，且锻件级别不应低于 II 级。

7.7.2 外观

法兰外观应按相应的法兰标准规定执行。

7.7.3 尺寸偏差

法兰的尺寸偏差应按相应的法兰标准规定执行。

7.8 起吊结构

板式热交换器应有起重吊耳、吊孔或类似的结构。

7.9 滚动机构

板式热交换器的活动压紧板和中间隔板上宜设置滚动机构，滚动机构应有足够的强度，应能保证活动压紧板平稳、安全的移动，方便拆装检查维修。

7.10 支柱

板式热交换器支柱可选用工字钢、槽钢和矩形管，支柱结构的强度应满足最大装机片数情况下支撑满水重量的要求，支柱安装后应无倾斜、无变形。

7.11 板式热交换器

7.11.1 焊接

7.11.1.1 当施焊环境出现下列任一情况，且无有效防护措施时，应禁止施焊：

- a) 相对湿度大于 90%；
- b) 环境风速大于 2m/s；
- c) 焊件温度低于 15℃。

7.11.1.2 焊接工艺应符合下列规定：

- a) 受压元件焊接工艺评定应按 NB/T47014 和图样要求制定；
- b) 半焊式板式热交换器板片对的焊接应采用激光焊或等离子弧焊。

7.11.1.3 焊接接头质量应符合下列规定：

- a) 接管对接焊接接头对口错边量不应大于对口处钢材厚度的 1/4；
- b) 焊接接头余高应符合图样要求；
- c) 焊接接头表面不得有裂纹、气孔、弧坑和飞溅物；
- d) 焊接接头表面应打磨平整、光滑；
- e) 压紧板金属衬环应平整，不应有影响密封的皱褶；
- f) 半焊式板式热交换器板片对焊接前，应对焊接接头 10mm 以内表面进行清洁；
- g) 不锈钢焊接接头表面应进行酸洗钝化处理。

7.11.1.4 焊接接头无损检测应符合下列规定：

- a) 当接口采用金属全衬层时，内衬管为焊接接管，内衬管焊后按 NB/T 47013.5 进行 100% 渗透检测，不低于 I 级为合格。
- b) 公称直径不小于 250mm 接管对接连接的焊接接头，应按 NB/T 47013.2 进行局部射线检测，不低于 III 级为合格。检测长度不得少于焊接接头长度的 20%，且不小于 250mm。
- c) 公称直径小于 250mm 接管对接连接的焊接接头，按 NB/T 47013.5 和图样规定方法对其表面进行 100% 渗透检测，不低于 I 级为合格。
- d) 所有接口金属衬层的连接焊接接头按 NB/T 47013.5 进行 100% 渗透检测，不低于 I 级为合格。

7.11.1.5 半焊式板式热交换器板片对焊接接头不应进行返修，其他焊接接头返修应符合下列规定：

- a) 当焊接接头需要返修时，其返修工艺应符合 7.11.1.2 的有关规定。
- b) 焊接接头同一部位的返修次数不宜超过 2 次。如超过 2 次，返修前均应经制造单位技术总负责人批准，返修次数、部位和返修情况应记入产品质量证明书中。

7.11.2 组装

7.11.2.1 板式热交换器应按产品图样和产品流程组合图进行组装。

7.11.2.2 板片、密封垫片槽和波纹表面不应有污物。

7.11.2.3 密封垫片安装在板片的密封垫片槽内，不应有扭曲和偏离板片的密封垫片槽等现象。

7.11.3 外观

7.11.3.1 组装后板片错边量不应大于 2mm，且板束不应有明显的波浪形。

7.11.3.2 板式热交换器需涂漆的金属表面，涂漆前应干燥；对油污、铁锈、焊接飞溅物和其他影响涂漆质量的杂物应予清除。表面漆膜应均匀，不应有气泡、龟裂和脱落等现象。

7.11.3.3 组装后，板式热交换器角孔内应洁净，无杂物。

7.11.3.4 板式热交换器的碳素钢零、部件外露表面应采取防锈措施；法兰密封面宜涂油（脂）防护。

7.11.3.5 板式热交换器所有铭牌应以适合使用环境的金属材料制作。

7.11.4 平行度偏差

板束夹紧时，应均匀对称地拧紧夹紧螺栓（或顶杆），以保持板片的平行状态。组装后，当夹紧尺寸 L 小于 1000mm 时，两压紧板间的平行度偏差不应大于 2mm；当夹紧尺寸 L 大于 1000mm 时，两压紧板间的平行度偏差不应大于夹紧尺寸 L 的 3%，且不应大于 4mm。

7.11.5 夹紧尺寸偏差

7.11.5.1 夹紧尺寸 L 的偏差不应大于 L 的 1%；当夹紧尺寸小于 30mm，偏差不应大于 1mm。

7.11.5.2 压紧板接管法兰密封面应垂直于接管中心线，偏差不应超过法兰外径的 1%（法兰外径小于 100mm 时，按 100mm 计算），且不大于 3mm（有特殊要求时应按图样规定）。

7.11.6 压力降

在设计流量下，板式热交换器的压力降宜小于或等于 50KPa。

7.11.7 强度

板式热交换器在标称的使用温度和压力下，应满足强度要求，不应损坏和泄漏。

7.11.8 换热效率

在设计工况下，隔压换热站用板式热交换器的换热效率应大于等于 90%，换热效率按照公式 (8) 计算。

$$\eta = \frac{\Delta t_{10}}{\Delta t_1} \dots \dots \dots (8)$$

式中： η —— 换热效率，%；

Δt_{10} —— 流量较小侧的进出口温差，单位为摄氏度（℃）；

Δt_1 —— 两侧进口温差，单位为摄氏度（℃）。

7.11.9 能效

板式热交换器能效值不能低于 TSG R0010 中规定的能效指标限值。

8 试验方法

8.1 板片

8.1.1 材料

板片材料检查质量证明文件。

8.1.2 外观

板片外观采用目测方法。

8.1.3 结构

板片结构检查设计计算书并目测。

8.1.4 厚度

8.1.4.1 板片成型前厚度采用千分尺测量平均分布的 8 个点，并取最小值。

8.1.4.2 板片减薄量选择至少 4 个最不利测量点，见图 3，计算减薄量，取最大值。



图 3 板片减薄量不利点示意

8.1.5 密封垫片槽深度偏差

板片密封垫片槽深度用百分表进行检测，检测点应均匀分布，两端各 4 点，每侧直线部分每米长度检测 3 点（直线长度小于 1m 时，按 1m 计算）。

8.1.6 波纹深度偏差

8.1.6.1 单板有效换热面积按 8.1.5.1 测量。

8.1.6.2 板片波纹深度用百分表进行检测。

8.1.6.2 检测点分布应符合下列规定：

a) 从板片水平对称中心线起，沿板片纵向每米长度不应少于 3 排点（含对称线点），纵向长度小于 1m 时，按 1m 计算；

b) 从板片纵向对称中心线起，沿板片横向检测点间距不应大于 200mm，且不少于 2 点（含对称线点）。

8.1.7 微裂纹

板片微裂纹检验按 NB/T 47013.5 的规定执行，可采用渗透或荧光紫外线进行检测。

8.1.8 单板换热面积

单板换热面积采用三维光学测量仪测量或通过式 (9) 和式 (10) 计算。

$$a = \varphi \times a_1 \dots\dots\dots (9)$$

$$\varphi = \frac{l}{l} \dots\dots\dots (10)$$

- 式中： a ——单板换热面积，单位为平方米（ m^2 ）；
 a_1 ——板片中参与换热的投影面积，单位为平方米（ m^2 ）；
 ϕ ——波纹展开系数；
 t ——波纹截距表面长度（如图4所示），单位为毫米（ mm ）；
 l ——波纹截距长度（如图4所示），单位为毫米（ mm ）。

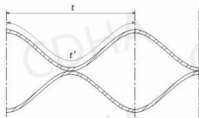


图4 单板换热面积测量示意

注：若板片不同区域的波纹节距相差较大时，应分别计算换热面积。

8.2 压紧板和中间隔板

8.2.1 材料

板片材料检查质量证明文件。

8.2.2 外观

钢板外观采用目测方法，修磨后的钢板厚度依据技术文件进行检查。

8.2.3 尺寸偏差

8.2.3.1 厚度采用游标卡尺测量，长度采用卷尺测量。

8.2.3.2 平面度采用钢直尺和塞尺测量。

8.3 密封垫片

8.3.1 材料

每批密封垫片材料应至少按下列标准进行物理性能检验：同一配方、同一次混炼加工的密封垫片材料为一批。

8.3.1.1 硬度试验按 GB/T 531.1 或 GB/T 531.2 执行。密封垫片硬度用硬度计在整条密封垫片上检测，检测点应均匀分布，其中两端各 4 点，二道密封处各 2 点，每侧直线部分每米长度检测 3 点（小于 1m 的直线，长度按 1m 计算）。

8.3.1.2 断裂拉伸强度和拉伸伸长率按 GB/T 528 的规定。

8.3.1.3 撕裂强度按 GB/T 529 的规定。

8.3.1.4 压缩永久变形按 GB/T 7759.1 的规定。

8.3.1.5 食品用密封垫片卫生指标按 GB 4806.11 的规定进行检验。

8.3.2 外观

8.3.2.1 密封垫片外观采用目测和量尺检查，有缺陷时，应用相应的量具进行测定，密封垫片外观质量应逐条进行检验。

8.3.2.2 密封垫片横截面质量及截面尺寸用切割剖割法进行检验，缺陷尺寸用投影仪测

量。

8.3.3 尺寸偏差

8.3.3.1 将密封垫片平放入对应的板片的密封垫片槽中，用游标卡尺测量其相对超差尺寸。

8.3.3.2 密封垫片厚度偏差用测厚仪进行检测，检测点应均匀分布，其中两端各4点；二道密封处各2点，每侧直线部分每米长度检测3点（直线长度小于1m时，按1m计算）。

8.4 导杆

8.4.1 载荷

导杆的载荷能力核查设计文件。

8.4.2 材料

导杆材料检查质量证明文件。

8.4.3 外观

外观采用目测和量尺检测。

8.4.4 尺寸偏差

导杆长度采用卷尺或直尺测量。

8.5 夹紧螺柱

8.5.1 材料

夹紧螺柱材料检查质量证明文件。

8.5.2 外观

外观采用目测和量尺检测。

8.5.3 尺寸偏差

夹紧螺柱长度采用卷尺测量，直径采用游标卡尺测量。夹紧螺柱螺纹采用螺纹环规测量。

8.6 接管

8.6.1 材料

接管材料检查质量证明文件。

8.6.2 外观

外观采用目测检测。

8.6.3 结构

8.6.3.1 采用目测检测。

8.6.3.2 法兰螺栓孔内螺纹最小长度及孔内未穿透部分厚度采用游标卡尺测量。

8.6.4 强度

接管强度核查设计文件。

8.6.5 尺寸偏差

8.6.5.1 衬里最小厚度采用游标卡尺测量。

8.6.5.2 接管法兰密封面与接管中心线的垂直度偏差采用角尺测量。

8.7 法兰

8.7.1 材料

法兰材料检查质量证明文件。

8.7.2 外观

外观采用目测方法。

8.8.3 尺寸偏差

尺寸采用游标卡尺测量。

8.8 起吊结构

起吊结构采用目测方法。

8.9 滚动机构

滚动机构与活动压紧板组装后，悬挂在导杆上，平行移动活动压紧板，目视检测。

8.10 支柱

型式试验时将组装后的板式热交换器放置在平整的地面上，充满水静置 24h 后目测无变形、无倾斜，出厂检验时可与液压试验同时进行。

8.11 板式热交换器

8.11.1 焊接

8.11.1.1 查验焊接记录及焊接材料质量证明文件。

8.11.1.2 施焊环境湿度采用湿度计测量，工件温度采用测温仪测量。

8.11.1.3 焊接接头宽度、焊脚高度、焊接接头余高、接管对接连接接头对口错边量采用焊缝检验尺测量。

8.11.2 组装

8.11.2.1 查验热交换器是否按产品流程图装配。

8.11.2.2 目测板片的密封垫片槽和波纹表面不应有污物。

8.11.2.3 目测密封垫片，不应有扭曲和偏离板片的密封垫片槽现象。

8.11.3 外观

外观采用目测和量尺检验。

8.11.4 平行度偏差

平行度偏差、夹紧尺寸偏差采用钢直尺或卷尺测量。

8.11.5 夹紧尺寸偏差

夹紧尺寸偏差采用钢直尺或卷尺测量。

8.11.6 压力降

根据标称的压力降，按 JB/T 10379 的规定进行试验。

8.11.7 强度

8.11.7.1 强度试验一般采用液压试验，液压试验压力的最低值按式 (11) 计算。

$$p_T = 1.3p \dots\dots\dots (11)$$

式中： p_T ——液压试验压力，单位为兆帕 (MPa)；

p ——设计压力，单位为兆帕 (MPa)。

8.11.7.2 液压试验介质一般采用水，奥氏体不锈钢板片组装的板式热交换器，用水进行液压试验后应将水渍清除干净，当无法达到这一要求时，应控制水的氯离子含量不超过 25

mg/L。

8.11.7.3 液压试验应用两个精度等级不低于 1.6 级、量程相同并经过校正的压力表。压力表的量程应为设计压力的 1.5 倍至 3 倍，表盘直径不应小于 100mm。

8.11.7.4 板式热交换器应两侧分别进行单侧液压试验。一侧进行液压试验时，另一侧应同时处于无压力状态下。

8.11.7.5 试验时应在适当位置设置排气口，充满水时应将板式热交换器内的空气排尽。试验过程中应保持板式热交换器观察面的干燥。

8.11.7.6 试验时应缓慢升压，达到规定的试验压力后，保压时间不少于 30min，并对所有密封面和受压焊接部位进行检查。检查期间压力应保持不变，不得采用连续加压或拧紧夹紧螺栓（或顶杆）以维持压力不变的做法。

8.13.9.7 板式热交换器液压试验合格后，应排放流道内的积水。

8.13.9.8 采用气压试验时，试验介质为干燥洁净的空气或氮气。试验时压力应缓慢上升，达到规定压力后保持足够长的时间，气压试验过程中，板式热交换器应无异常响声，经肥皂液或其他检漏检查无漏气，无可见变形。气压试验场地应有可靠的安全防护设施。

8.11.8 换热效率

8.11.8.1 测量温度计的测温范围应为被测温度的 0.7 倍~1 倍，温度传感器的准确度不应低于 0.5 级。

8.11.8.2 安装后按照设计工况运行，测量流量达到设计值，稳定运行 30min 后，每隔 5min 用温度传感器测量一次进出口温度，共测量 7 组，取平均值进行计算换热效率。

8.11.9 能效

板式热交换器的能效测试与评价应按 TSG R0010-2019 的规定执行。

9 检验规则

9.1 检验分类

9.1.1 板式热交换器的检验分为出厂检验和型式检验。

9.1.2 检验项目应按表 15 的规定执行。

表 15 检验项目

检验项目		出厂检验	型式检验	要求	试验方法	
部件	板片	材料 ^a	√	√	7.1.1	8.1.1
		外观	√	√	7.1.2	8.1.2
		结构 ^b	√	√	7.1.3	8.1.3
		厚度 ^b	√	√	7.1.4	8.1.4
		密封垫片槽深度偏差 ^b	√	√	7.1.5	8.1.5
		波纹深度偏差 ^b	√	√	7.1.6	8.1.6
		微裂纹 ^b	√	√	7.1.7	8.1.7
		单板换热面积 ^b	√	√	7.1.8	8.1.8
	压紧板和中间隔板	材料 ^a	√	√	7.2.1	8.2.1
		外观	√	√	7.2.2	8.2.2
尺寸偏差		√	√	7.2.3	8.2.3	
密封垫片	材料 ^{a,b}	√	√	7.3.2	8.3.1	
	外观	√	√	7.3.3	8.3.2	

	导杆	尺寸偏差 ^b	√	√	7.3.4	8.3.3
		荷载 ^b	√	√	7.4.1	8.4.1
		材料 ^a	√	√	7.4.2	8.4.2
		外观	√	√	7.4.3	8.4.3
	夹紧螺栓	尺寸偏差	√	√	7.4.4	8.4.4
		材料 ^a	√	√	7.5.1	8.5.1
		外观	√	√	7.5.2	8.5.2
	接管	尺寸偏差	√	√	7.5.3	8.5.3
		材料 ^a	√	√	7.6.1	8.6.1
		外观	√	√	7.6.2	8.6.2
		结构	√	√	7.6.3	8.6.3
		强度 ^a	√	√	7.6.4	8.6.4
	法兰	尺寸偏差	√	√	7.6.5	8.6.5
		材料 ^a	√	√	7.7.1	8.7.1
		外观	√	√	7.7.2	8.7.2
板式热交换器	尺寸偏差	√	√	7.7.3	8.7.3	
	起吊结构	√	√	7.8	8.8	
	滚动机构	√	√	7.9	8.9	
	支柱	√	√	7.10	8.10	
	焊接	√	√	7.11.1	8.11.1	
	组装	√	√	7.11.2	8.11.2	
	外观	√	√	7.11.3	8.11.3	
	平行度偏差	√	√	7.11.4	8.11.4	
	夹紧尺寸偏差	√	√	7.11.5	8.11.5	
	压力损失	—	√	7.11.6	8.11.6	
强度	√	√	7.11.7	8.11.7		
换热效率	—	√	7.11.8	8.11.8		
能效	—	√	7.11.9	8.11.9		
注：“√”表示应检项目；“—”表示不检项目。						
* 代表出厂检验只检查质量证明文件，型式试验检查质量证明文件和材料化学成分。						
^b 代表出厂检验采用抽样检验，其他为全部检验。						

9.2 出厂检验

9.2.1 每台板式热交换器在出厂前应按表 12 的规定进行检验，合格后方可出厂，出厂时应附合格证和检验报告。

9.2.2 有下列情况之一时，应按 7.1.4.3 规定的，抽取一张成型板片对减薄量进行检验：

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

9.2.3 出厂检验抽样与合格判定应符合下列规定：

a) 同一次装卡模具、同一炉批号材料压制的板片为一批。每批板片抽 3%且不少于 3 片，按 7.1.5 和 7.1.6 对板片的密封垫片槽深度和波纹深度尺寸进行检验。当发现有 1 张板片不合格时，应逐张进行检验。

b) 同一次装卡模具、同一炉批号材料压制的板片为一批。不锈钢板片每批抽取 3%且

不少于 2 片，其他材质板片每批抽取 1%，且不少于 3 片，按 8.1.7 对微裂纹进行检验。当 1 张板片不合格，应逐张进行检验。

c) 同一批密封垫片材料、在同一模腔连续硫化加工的同一规格的密封垫片为一批，每批次 300 条抽取 1 条，且不少于 1 条，按 8.3.1.4 对压缩永久变形进行检验。当不合格时应加倍抽样检验，当仍不合格时，则判定该批密封垫片为不合格。

d) 每批抽取 1%且不少于 1 条，按 7.3.4 对尺寸偏差进行检验。当出现不合格项时，应加倍抽样检验，当仍出现不合格时，则判定该批密封垫片为不合格。

9.3 型式检验

9.3.1 凡有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品的试制、定型鉴定时；
- b) 结构、材料、工艺有较大改变可能影响产品性能时；
- c) 模具更新或维修恢复使用时；
- d) 正式生产，每 4 年或压制 10 万片时；
- e) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时。

9.3.2 型式检验抽样方法应符合下列规定：

- a) 抽样可以在生产线终端经检验合格的产品中随机抽取，也可以在产品库中随机抽取，或者从已供给用户但未使用并保持出厂状态的产品中随机抽取；
- b) 每一个规格供抽样的基数不应少于 3 台，抽样 1 台。

9.3.3 合格判定应符合下列规定：

- a) 型式检验项目按表 7 的规定，所有样品全部检验项目符合要求时，判定产品合格；
- b) 当出现不合格项时，应加倍抽样复验不合格项。当复验符合要求时，则判定产品合格，当复验仍有不合格项时，则判定该批产品不合格。

10 标识、包装、运输与储存

10.1 标识

10.1.1 每台板式热交换器应有产品铭牌，产品铭牌应固定于产品明显位置。

10.1.2 产品铭牌至少应包含下列内容：

- a) 设备名称；
- b) 设备型号；
- c) 设计压力；
- d) 试验压力；
- e) 设计温度；
- f) 换热面积；
- g) 夹紧尺寸范围；
- h) 设备质量；
- i) 制造日期；
- j) 制造单位名称；
- k) 制造单位出厂编号；

1) 流程组合方式。

10.1.3 如产品有特殊警示说明，警示标志应可靠地固定于产品明显位置。

10.1.4 每台产品应有冷热介质进、出口标志。

10.2 包装

10.2.1 包装前板式热交换器应洁净，并封住所有开口。当需吹干及其他的特殊要求将由需方指定。

10.2.2 法兰密封面应带盖板进行防护。

10.2.3 密封垫片包装应符合下列规定：

- a) 应采用对密封垫片无损害、无污染的包装材料进行包装；
- b) 不同密封垫片材料、型号的密封垫片应分别进行包装；
- c) 包装应在包装被打开以后密封垫片能恢复原状；

10.2.4 密封垫片应每 10 条或者每 5 条单独捆扎，并有对应卡片标识，卡片应有下列内容：

- a) 密封垫片型号；
- b) 密封垫片材质；
- c) 硫化日期；
- d) 密封垫片批次号或制造日期；
- e) 数量；
- f) 订单信息；
- g) 密封垫片储存方法及储存期限；
- h) 制造商名称。

10.2.5 板式热交换器宜整体包装。

10.2.6 包装应附安装图、质量证明文件和产品安装使用说明书。

10.2.7 供方应提供每台板式热交换器安装图，并应包含下列内容：

- a) 用途、项目号、工程名称、档案号；
 - b) 设计压力、最大允许工作压力、试验压力、设计温度及板式热交换器试验和操作限制；
 - c) 框架、板片、垫片的预期设计使用寿命；
 - d) 产品型号、换热面积；
 - e) 支座尺寸与方位；
 - f) 外型尺寸；
 - g) 板束夹紧尺寸；
 - h) 板式热交换器净质量与充水质量；
 - i) 板式热交换器维修所需空间；
 - j) 板片与垫片数量以及框架允许的最大可装板片数；
 - k) 接管尺寸、法兰规格及方位、介质流向标志；
 - l) 所用标准、法规及规范；
 - m) 垫片材料及与板片的固定方式；
- 10.2.8 质量证明文件应包括下列内容：
- a) 产品合格证；
 - e) 产品技术特性；

- c) 板片、压紧板、夹紧螺柱、法兰、接管、垫片及承受内压焊接接头用焊接材料材料名称与规格；
 - d) 外观及几何尺寸检验结果；
 - e) 压力试验检验报告；
 - f) 无损检测检验报告（需方有要求时）；
 - g) 焊接质量检查结果（包括超过 2 次的返修记录）；
- 10.2.9 产品安装使用说明书应包括下列内容：
- a) 总装图；
 - b) 流程组合图；
 - c) 安装与维修推荐使用的工具；
 - d) 安装、组装注意事项；
 - e) 开、停车注意事项；
 - f) 拆卸注意事项；
 - g) 维修注意事项；
 - h) 板片清洗方法。板式热交换器化学清洗方法见附录 A。
- 10.2.10 供方应将板式热交换器的生产质量证明记录文件至少保存 5 年。

10.3 运输与储存

10.3.1 运输

板式热交换器在运输过程中不应与有腐蚀、有损害于密封垫片的物质接触，并应避免光照与雨雪浸淋。

10.3.2 储存

10.3.2.1 板式热交换器应存放在干燥通风的房间，不应与酸、碱、油类、有机溶剂及损害密封垫片的物质接触，避免重压，环境温度不应大于 40℃。

10.3.2.2 密封垫片储存还应符合下列规定：

- a) 在阴凉、干燥、避免阳光的环境中密封存放，不应发生水汽凝结。环境相对湿度宜小于 70%，温度应为 0℃~40℃。
- b) 密封垫片的存储年限可按表 16 的规定执行。

表 16 密封垫片存储年限

成型胶垫种类	存年限
乙丙橡胶	3 年
丁腈橡胶	2 年
氟橡胶	3 年

10.3.2.3 板式热交换器存放期超过半年时，应预先松开夹紧螺柱，使两压紧板间的尺寸达到 1.2L 为宜，使用时再夹紧到 L。

附录 A
(资料性附录)
板式热交换器化学清洗方法

A.1 清洗判定和清洗方式

A.1.1 板式热交换器的压力降大于正常运行时 1.5 倍或板片上的水垢达到 5Dmm 时应对照板片进行清洗。

A.1.2 热交换器板片可采用在线清洗或拆卸清洗。

A.2 资料收集

A.2.1 热交换器指标应收集下列资料：

- a) 密封板片材质；
- b) 板片的板片厚度、纹深度、波纹深度；
- c) 换热面积；
- d) 压力降；
- e) 热交换器冷热水的进出口连接方式及规格尺寸。

A.2.2 热交换器使用情况应收集下列资料：

- a) 热交换器的使用年限；
- b) 压力降；
- c) 热水侧和冷水侧供水温度；
- d) 热交换器有无泄露及泄露原因；
- e) 热交换器的历次清洗记录及方案；
- f) 密封垫片更换记录；
- g) 热交换器的运行水质报告；
- h) 热交换器进出口阀门严密性是否良好；
- i) 热交换器的出入口管道与阀门之间是否有排污阀门或压力表等。

A.2 清洗准备

A.2.1 选择清洗场地，确定放置清洗槽、清洗泵的位置。清洗操作区域附近不应有易燃易爆物品，不应有高压电。

A.2.2 热交换器的出入口到清洗设备放置区域之间的距离（为了测量临时管线的长度）。

A.2.3 热交换器的现场水源与清洗泵站之间的距离，现场水源供水量大小及水质情况。

A.2.4 选择清洗现场排污点或废液处理点的位置，确定排污容量、材质。

A.2.5 热交换器现场电源的容量、电压、功率，有无临时配电箱，电源位置与清洗泵站之间的距离。

A.2.6 热交换器现场有无热源，热源的位置。

A.2.7 热交换器离地面的高度超过 2m 时，应搭设脚手架。

A.2.8 热交换器的垫片有无备用垫片及备用数量。

A.3 在线清洗

A.3.1 设备系统隔离或拆除

将热交换器一次网、二次网系统进出口阀门关闭并加装盲板，确保系统无渗漏现象。

A.3.2 制作临时接头

A.3.2.1 拆除热交换器出入口阀门，热交换器侧加装盲板处开孔焊接短丝，加装弯头短接。

A.3.2.2 热交换器侧法兰处加装盲板，在阀门和热交换器之间的管道上焊接短丝。

A.3.2.3 短丝材质和厚度与管道材质和厚度一致，一般选用无缝钢管短丝。

A.3.3 临时接头的焊接方法

A.3.3.1 热交换器最低处的接头应在管道最下部并与水平管道成 90° 夹角开孔焊接，有利于排出设备内的溶液。

A.3.3.2 热交换器最高处的接头应在管道最上部并与水平管道成 90° 夹角开孔焊接，有利于排出 CO_2 、空气等气体，保证热交换器能注满清洗液。

A.3.4 清洗回路的选择

A.3.4.1 选择管道最下部的临时接头为清洗液或水的进液口。

A.3.4.2 选择管道最上部的临时接头为清洗液或水的回液口。

A.3.5 临时管线的连接

A.3.5.1 从热交换器的管道下部接口接临时管道至清洗泵站的出口阀门。

A.3.5.2 从热交换器的管道上部接口接临时管道至清洗泵站的入口阀门，高处阀门处加装排气阀，目的是排放清洗过程中产生的 CO_2 等气体。

A.3.6 清洗泵站的结构组成

A.3.6.1 清洗泵站一般由离心泵、出入口阀门、取药阀、清洗槽、临时管道、压力表、温度计、排污口等组成。

A.3.6.2 清洗泵宜选用 304 不锈钢材质的离心泵，泵的流量、扬程与需要清洗的热交换器的容量及高低位差而定，一般情况下选择流量为 $20\text{m}^3/\text{h}\sim 50\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程选择 $30\text{m}\sim 50\text{m}$ ，电压为 380V 的工业级防爆泵。

A.3.6.3 清洗泵站阀门宜选择 304 不锈钢球阀或闸板阀，排污阀宜选用 304 不锈钢截止阀，取药阀宜选用 DN25 的 304 不锈钢球阀。

A.3.6.4 压力表宜选用量程为 $0\sim 1.6\text{Mpa}$ 。

A.3.6.5 温度计宜选用热电阻，量程为 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 。

A.3.6.6 清洗泵与清洗槽之间的接口阀门宜选用 304 不锈钢球阀或截止阀，阀门尺寸应与清洗泵的出入口尺寸相匹配。

A.3.6.7 清洗槽宜选用 $0.5\text{m}^3\sim 5\text{m}^3$ 的不锈钢方型槽或 PE、PVC 材质的塑料槽，清洗槽的出口阀门应在距清洗槽底 10 公分处，在清洗槽最底部安装排空阀。

A.3.7 清洗泵站试运行

A.3.7.1 向清洗槽内注入水，启动清洗泵，清洗泵站运行，检查排除泄露点，确保临时管线无泄露，如有泄露进行维修处理，直到密封完好为止，并记录系统水容积，为配置清洗液浓度做计算。

A.3.8 清洗原材料的准备及选择

A.3.8.1 清洗剂宜选用 LSHG-1 型热交换器专用清洗剂或复合弱酸为主的清洗剂，清洗剂中氯离子含量小于 25mg/L ，严禁使用盐酸做为清洗剂，会对不锈钢板片造成应力腐蚀，损坏板片。

A.3.8.2 酸洗缓蚀剂宜选用 Lan-826 或 Lan-888。

A.3.8.3 钝化剂宜选用浓度大于 95% 的工业级磷酸三钠，浓度大于 95% 的工业级亚硝酸钠。

浓度大于94%的工业级氢氧化钠。

A.3.8.4 清洗用水，鉴于热交换器一般为不锈钢材质，清洗用水应采用去离子水或锅炉软化水，不能直接使用自来水和消防水。

A.3.9 清洗系统水冲洗

A.3.9.1 向清洗槽内徐徐注入合格的清洗用水，采用低进高回法将热交换器注满水，注意观察回水口的回水情况，保持水槽水位在1/2以上，关闭进水管阀门，将清洗泵站出入口阀门开到最大，进行循环冲洗30min~60min，回水清澈透明，结束水冲洗，排出系统水。

A.3.9.2 当冲洗水较为浑浊，则排出系统水，重复上述操作冲洗1次~2次，直至回水清澈透明为止。

A.3.10 清洗药液的配置

A.3.10.1 关闭清洗槽的排污阀门，打开注水阀门，向系统注入计量体积的水，启动清洗泵，采用低进高回法，向系统内注满水并循环，水量不宜少于清洗槽位的1/3。

A.3.10.2 向清洗槽中缓慢加入缓蚀剂，循环20min~30min。

A.3.10.3 向清洗槽中缓慢加入清洗剂，此期间系统一直循环不能停止，直到按计算量的清洗剂全部加入。

A.3.10.4 系统循环20min后，取清洗槽内的药液进行清洗剂浓度分析，化验此浓度为初始浓度。

A.3.11 清洗腐蚀的测试

A.3.11.1 在清洗槽内挂3片I型标准腐蚀试片，表面积为28cm²，该腐蚀试片应与热交换器板片材质相同，试片应没入清洗液100mm~200mm，试片不允许与槽体接触，也不允许暴露在空气中。

A.3.11.2 试片宜采用棉线或尼龙线悬挂于槽中，禁止使用铁丝、铝丝、铜丝等金属材料悬挂试片。

A.3.11.3 试片在挂入前应使用万分之一精度的天平称重，记录清洗前的试片质量，清洗结束后取出试片，按要求处理，并在万分之一精度的天平称重，记录清洗后的试片质量，记录试片挂入与取出的时间差。

A.3.12 循环清洗

A.3.12.1 按低进高出的原则进行正向循环清洗30min，然后静置浸泡30min后，继续循环清洗。

A.3.12.2 临时管线进药口和回药口反向连接，从高进低出进行反向循环清洗30min，然后静置浸泡30min后，继续循环，依次往复循环清洗，总清洗时间不宜超过12h。

A.3.13 清洗液有效浓度分析

A.3.13.1 清洗期间每隔1小时取样分析清洗液的有效浓度，如清洗液浓度低于2%时，应补加清洗剂，保持有效浓度在2%以上。

A.3.13.2 当清洗液浓度在2h内不再变化或没有气体排出时，可以确认清洗结束。

A.3.14 废液排放

A.3.14.1 关闭清洗泵，停止循环清洗，打开清洗泵站排污阀门，将系统内清洗废液排放至指定位置。

A.3.14.2 废液液应进行处理，合格后排放。

A.3.15 系统水冲洗

A.3.15.1 打开注水阀门，向清洗槽中注入清洗用水，当槽位达到2/3时，启动清洗泵，按

低进高出进行水冲洗。

A.3.15.2 当清洗槽液位上升至 80% 时，打开排污阀，排出清洗水，期间注水阀门保持开启，直至冲洗水 PH 值为 6~7 时，关闭注水阀门，打开排污阀门，排出系统内冲洗水，排净系统水后，结束水冲洗。

A.3.16 钝化处理

A.3.16.1 关闭排污阀门，打开注水阀门，向清洗槽中注入清洗用水，当槽位达到 1/2 时，启动清洗泵，按照低进高出继续向系统内注水，当槽位再次达到 1/3 时，关闭注水阀门，缓慢加入钝化剂至钝化剂完全溶解均匀后，正反向交替循环钝化 12h。

A.3.16.2 打开排污阀门，将钝化液排入指定位置，进行处理，合格排放。

A.3.17 钝化后水冲洗

按照上述 A.3.15 系统水冲洗进行操作，直至系统内 PH 值为 7~8 时结束水冲洗，排净系统内冲洗的水。

A.3.18 清洗效果检查

A.3.18.1 清洗效果应由业主方、监理方、施工方三方或业主方和施工方双方进行验收。

A.3.18.2 使用内窥镜仪器从热交换器出口仪表处插入探头，观察清洗效果，板片应清洁光亮，无异物，除垢率应达到 95% 以上。

A.3.18.3 清洗前记录的设备温度和清洗后的设备温度作对比，主要看一次网回水温度和二次网供水温度的温差，二次网供水温度与一次网供水温度一样或接近（3℃~5℃以内），二次网供水温度大于一次网供水温度，说明在线清洗合格。

A.3.18.4 将清洗完的热交换器拆开，用肉眼直观的检查热交换器的清洗效果，板片清洁光亮，无异物，清洗除垢率 95% 以上。

A.3.18.5 测试的腐蚀速率应小于 1g/m²·h，腐蚀总量应小于 20g/m²，腐蚀速率按式（A.1）计算，腐蚀总重量按式（A.2）计算。

$$r = \frac{M_1 - M_2}{S \times T} \quad \text{..... (A.1)}$$

$$t = \frac{M_1 - M_2}{S} \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：r —— 腐蚀速率，单位为克每分钟（g/min）；

t —— 腐蚀总重量，单位为克每平方米（g/m²）；

M₁ —— 清洗前的试片质量，单位为克（g）；

M₂ —— 清洗后的试片质量，单位为克（g）；

T —— 清洗时间，单位为分钟（min）；

S —— 腐蚀试片的面积，单位为平方米（m²）。

A.3.19 设备复位

A.3.19.1 拆除清洗泵站，将清洗临时管线拆除，清洗泵站撤出清洗现场。

A.3.19.2 拆除热交换器盲板，将原有阀门进行复位安装，在管道上焊接的短丝阀门加装与热交换器设计压力一致的不锈钢球阀。

A.3.19.3 开启热交换器热水侧和冷水侧阀门，设备交付使用。

A.4 拆卸清洗

A.4.1 拆卸清洗主要是利用清洗剂独特的湿润剂、穿透剂，将附着在机体表面的垢层剥离及分解。浸泡法比较简单，只要有一个一定容积的浸泡容器即可。对垢质较厚及年久未清洗

的热交换器片建议拆卸后浸泡清洗。清洗前用高压水冲洗热交换器片表面的污垢，既可以节省药剂又可以节省浸泡时间。

A.4.2 热交换器拆卸前，首先对保温棉保护壳进行拆卸。在拆卸保护壳时，每颗螺丝及其对应的螺孔都应做好编号，应方便安装时的复原。

A.4.3 拆下保护壳后，便开始拆卸保温棉。剥离保温棉开始前，施工人员需做好防护措施，戴好护目镜，防护手套，衣袖裤管需束紧。保温棉拆除应从上自下，由外而内顺序剥离，剥离下的保温棉及时装入专用的垃圾袋中，装满一袋后及时封口，以防飞散。

A.4.4 保温剥离干净后，需测量板束的压紧长度尺寸，做好记录（重装时应按此尺寸），松开压紧螺母，将活动压紧板匀速松开。

A.4.5 拆下活动压紧板后，开始拆卸板片。此时若发现密封垫片粘在两板片间的沟槽内，此时需用塑料材质的小刀小心地将其分开，塑料材质的小刀应先从易剥离的部位插入，然后沿其周边进行分离，切不可损坏热交换器板片和密封垫片。

A.4.6 检查热交换器板片是否有穿孔，有时也可用灯光或煤油渗透法等逐片检查。

A.4.7 清理介质出入口短管及通道的杂物堆积，若热交换器板片结垢厚度很薄而不溶于水时，逐片用有压力的水（0.1 MPa~0.2MPa）或用带水的低压进行喷射冲刷处理。对于用水很难冲刷的沉淀物，则可用刷子、鬃毛刷来洗刷。

A.4.8 热交换器板片表面，尤其是介质流动的死角处，有较硬的沉积物（氧化物或碳化物），用手工清洗法是很难解决的，可根据热交换器板片的材质而采取不同的化学溶剂来清洗。

A.4.9 化学清洗时，板片应横向立放于清洗槽中浸泡清洗，期间应搅拌清洗槽，使清洗槽中药剂浓度均匀。

A.4.10 悬挂与热交换器板片相同材质的腐蚀试片，参照热交换器在线清洗的腐蚀测试执行。

A.4.11 清洗过程中，每隔一段时间取出2个~3个板片检查板片污垢情况，当表面污垢彻底清除干净后，结束清洗。

A.4.12 热交换器板片用化学方法清洗后，必须用清水清洗干净，横向立放，板片腾空，放在清洁的地方备用。

A.4.13 检查密封垫片是否有老化、变质、裂纹等缺陷。若有老化、损坏的密封垫片需及时更换。更换时禁用硬的物品在表面上乱划。

A.4.14 仔细检查密封垫片与热交换器板片表面（沟槽内），严禁积存固体颗粒，如沙子、铁渣等。

A.4.15 检查热交换器板片是否有局部变形，超过允许值的，应进行修整或更换。

A.4.16 将清洗干净的板片正确地安装好，安装上活动压紧板。并按照记录的板片压紧尺寸将活动压紧板安装好。

A.4.17 板恢复原后，进行试压检测，确保无渗漏及内漏现象。

A.4.18 调试正常则将新保温棉包裹完好，并安装好保护壳。

A.5 耐压试验

A.5.1 打压前应按《板式热交换器质量检验计划》中有关停检点的要求进行实施。

A.5.2 检查压力表量程是否符合有关要求，是否在有效期内。

A.5.3 打压时要通知安全员等有关人员进入打压现场，有关人员未到场不得进行打压，与打压无关人员不得在打压现场停留。

A.5.4 板换回装各项检验合格后方可进行打压。板式热交换器各连接部位的紧固螺栓，必须装配齐全，紧固妥当。设备内外表面的检验区域内任何影响打压的油垢、油脂、油漆以及其它污垢都要去除干净，整个设备外表面应干燥。

A.5.5 试验时应用两个精度等级不低于 1.6 级、量程相同的并经过校正的压力表。

A.5.6 液压打压介质一般采用水，奥氏体不锈钢板片组装的板式热交换器，用水进行液压打压后应将水渍清除干净。

A.5.7 压力试验过程中，如发现有异常响动、压力下降或加压装置发生故障等异常现象时，应立即停止打压。设备打压过程中，严禁用锤子或其它重物击打破检验构件，不得带压紧固螺栓，所有工装螺栓必须全部紧固到位。

A.5.8 打压时应在适当的位置设排气口，打压过程中应保持热交换器观察面的干燥。

A.5.9 板式热交换器两侧应分别进行单侧压力试验，打压时另一侧应同时处于满水状态。

A.5.10 打压方法应符合下列规定：

a) 打压应按热交换器一次网打压，然后热交换器二次网打压的顺序。

b 采用液压打压时压力应缓慢上升，液压打压压力按运行压力的 1.3 倍，当压力升至试验压力，保压时间不少于 30min，对所有密封面和受压焊接部位进行检查，检查期间压力保持不变，不应采用连续加压或拧紧夹紧螺栓以维持试验压力不变的做法，保压 30min 后，设备无泄漏，压力表指示无变化为合格。

A.5.11 压力试验合格后应缓慢降压，并应填写检验记录。试验后应排净流道内积水。

A.5.12 如发现渗漏，应查明原因，采用相应的方法进行返修，如第 1 次打压不合格，需由施工队负责人、技术总负责人上报业主方后由业主方批准间隔 1 天~2 天可进行第 2 次打压，直至打压合格。

A.6 验收

A.6.1 由业主方、监理方、施工方三方或业主方和施工方双方进行验收。

A.6.2 清洗后用肉眼观察，板片应清洁光亮，无异物，清洗除垢率 95% 以上，且耐压试验合格。

A.6.3 测试的腐蚀速率和腐蚀总量应符合 A.3.18.4 的规定。