

全国锅炉压力容器 标准化技术委员会 热交换器分技术委员会文件

热交换器分会（2021）19号

关于对 NB/T ××××《板壳式热交换器》 行业标准征求意见的通知

各位委员及相关单位：

根据热交换器分技术委员会标准制修订工作计划，我分会已完成 NB/T ××××《板壳式热交换器》行业标准征求意见稿。按照标准制修订程序，现将标准征求意见稿发送各位委员、会员及相关单位，敬请提出修改意见（按附件 1 格式填写），修改意见请于 2021 年 9 月 7 日前发送邮件或寄送我分技术委员会秘书处。

标准征求意见稿已发至各委员、会员单位电子信箱，也可在 www.cscbpv.org.cn 或 www.lanpec.com 网站下载。

热交换器分会秘书处通讯地址：

上海市金山区吕巷镇汇丰东大街 588 号，邮编：201518。

联系人：陈战杨，电话：021-51219888 转 83026；

邢 玲，电话：021-51219888 转 88023。

Email: 13788908841@163.com, xingling@lanpec.com。

附件 1：行业标准征求意见表。

全国锅炉压力容器标准化技术委员会
热交换器分技术委员会

2021年9月6日
业务专用

主题词：板壳式热交换器 标准 意见征求

抄 报：全国锅炉压力容器标准化技术委员会

抄 送：热交换器分会委员、会员单位等

行业标准征求意见稿

NB/T ××××《板壳式热交换器》征求意见稿意见回函单	
发出日期：2021年07月06日	
截止日期：2021年09月07日	

归口单位：全国锅炉压力容器标准会技术委员会 组织起草单位：锅容标委热交换器分会 通讯地址：上海市金山区吕巷镇汇丰东大街588号 邮政编码：201518 联系人：陈战杨、邢玲 联系电话：021-51219888 转 83026、88023 E-mail：13788908841@163.com；xingling@lanpec.com	请在规定时间内将反馈意见寄至或发 E-mail 至通讯处
---	------------------------------

标准名称： NB/T ××××《板壳式热交换器》		
意见和理由：（必要时可另附页）		
序号	章节条款编号	修改意见说明
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
其它说明：		
单位名称：	签字或盖章：	
填写人：		
联系电话：		
电子邮件：		

请您留下尽可能详细的联系方式，以便我们与您取得联系，便于以后沟通。

《板壳式热交换器》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1 任务来源

根据国能综通科技〔2018〕100号“国家能源局综合司关于下达2018年能源领域行业标准制(修)订计划及英文版翻译出版计划的通知”安排,《板壳式热交换器》标准作为2018年能源领域行业标准制(修)订计划立项项目(计划编号:能源20180889)。

2 任务背景

板壳式热交换器是以波纹板片为传热元件的高效热交换器。国外在20世纪80年代起开始开发、研制,我国在1969年开始研发,1993年研制成功了首台工业应用的板壳式热交换器。进入21世纪后,大量的板壳式热交换器在技术水平上获得了快速提升,其技术储备、装备能力、制造水平都得到长足的进步。产品开发、产品制造、工程应用逐渐成熟稳定。与此同时,薄板焊接技术的进步使得全焊接板式热交换器在更多的工业场合得到广泛应用。

与产品应用的迅速发展相比,板壳式热交换器的基础研究并不深入、细致、精准,在炼油、化工行业苛刻环境的典型应用场合,面临新介质、相态、高参数、大型化条件下板式传热元件的传热机理、环境适应性研究较为匮乏,对其板型、性能以及参数匹配性缺乏共识,推广与使用依赖制造及使用单位经验。并且,产品标准的缺位,使得行业粗放发展,产品选材、设计及制造缺乏技术依据。

3 主要起草单位

本标准由上海蓝滨石化设备有限责任公司、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、洛阳石化工程设计有限公司、中国石化工程建设有限公司、中国石化上海高桥石油化工有限公司、中国石油工程建设有限公司华东设计分公司、中国石化集团上海工程有限公司、天津大学、西安交通大学、兰州兰石换热设备有限责任公司、传特板式换热器(北京)有限公司、上海艾克森股份有限公司等单位起草。

4 主要工作过程

(1) 启动阶段

2018年7月本标准制定工作开始启动。

(2) 资料收集和技术研究论证阶段

本阶段工作的主要目标是了解和掌握标准制定所需的信息,汲取业界近年来取得的科技成果和工程实践经验,并与我国承压设备标准和法规体系的最新变化相协调,确定适用范围、设计方法、检验指标和试验方法等。主要开展了以下几个方面的工作:

- 1) 应用场合信息收集;
- 2) 板片材料信息收集;
- 3) 板片检验、试验方法和评价指标收集;

- 4) 国内外相关标准或文献资料收集;
- 5) 国内外制造技术指标和评价方法收集;
- 6) 现场使用、检维修信息收集。

(3) 编制过程及后续计划

2018年7月成立了标准编制工作组,邀请相关企业、行业协会专家参与,制订工作要点、调研计划、目次初稿、工作分工与进度计划,明确了标准制订的原则、要求及后续工作愿景。2021年4月,板壳式热交换器制订启动会在洛阳召开,与会专家就制订要点、目次初稿进行了细致讨论,对编订工作进度计划各阶段安排逐条落实。2021年6月,完成标准草案讨论,形成征求意见稿。确保修订工作有序、按期完成,后续工作,后续主要工作节点计划如下:

- 1) 2021年7月,全国锅炉压力容器标准化技术委员会在网上公开征求意见,选择部分设计、制造、检验单位重点征求意见。
- 2) 2021年9月初,征求意见处理并形成送审稿。
- 3) 2021年9月底,委员会审查,意见处理。
- 4) 2021年10月底形成报批稿。

本标准的制定过程中,将广泛听取科研院所、高校、设计院、制造单位、用户等技术专家意见,实现标准编制的公开、公正和透明。

5 标准主要起草人及其所做的工作

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会热交换器分技术委员会组织编制;上海蓝滨石化设备有限责任公司和中国船舶重工集团公司第七一一研究所承担板壳式热交换器适用范围,设计方法,制造、检验和验收指标的研究、论证和确定。中国石化工程建设有限公司、洛阳石化工程设计有限公司和中国石化上海高桥石油化工有限公司承担标准材料、安装、使用和维护方面技术要求的研究、论证和确定。标准编制工作组的各单位均利用自己的技术优势和制造经验对于标准的制定做出了自己的贡献。

二、标准编制原则和主要修订内容

1 标准编制原则

作为国内外第一部板壳式热交换器产品标准,需充分调研国内外技术现状,结合产品发展历程中所面临的问题与挑战,在保证本质安全的前提下,以规范产品建造方法为目标,体现行业总体技术水平和建造能力。结合二十年来板壳式热交换器的建造技术发展状况、所累积的工程经验及近年来科技研究成果,本次标准编制的原则如下:

(1) 与承压设备技术标准的协调性

标准内容应充分考虑与ASME等先进标准的趋同性和相容性,标准技术指标与国际指标接轨,同步完成标准中英文版的制订,推进与国际标准互认,促进行业技术进步,提高本国产品贸易竞争力。考虑到产品应用的广泛性和应用场合的苛刻度,根据产品典型结构和失效危害,其承压部件的理论基础、安全系数、许用应力和材料选择、通用制造技术要求等方面与GB/T

150、GB/T 151 及 NB/T 47004.2 部分相协调。

(2) 单元过程设备标准框架

板壳式热交换器既是承压设备，又是单元过程设备，为体现安全与性能的相互协调，与节能减排降耗的基本国策相适应，提出工艺设计的原则性要求，在保证产品安全的基础上，满足传热、阻力降方面的工艺性能要求，体现单元工艺设备的技术标准特色。

(3) 标准适用性稳步推进

本标准对行业内在用板壳式热交换器的结构和技术特征进行归纳提炼，确定了参数适用范围、使用限制及不适用场合，适应工程实际需要。

(4) 采用成熟科技成果

板壳式热交换器已使用多年，实践已证明其技术要求及技术指标的可靠性。本次制订，参考国际先进标准和企业的技术内容，结合我国企业的技术水平和成熟经验，提出了标准部分设计方法、技术指标、质量评价基本方法，实现标准技术指标的稳步推进，体现产业技术进步。标准内容应充分考虑产品的技术难度，确保制造单位具备满足生产的技术能力与资源条件。

2 标准主要制定内容

本标准主要包括以下几个方面的内容：

(1) 范围

规定了板壳式热交换器适用范围，包括适用压力、适用温度和适用场合及不适用场合的要求。根据成熟技术产品的承载能力结合产品的适用场合，提出了不同形式及材料板束的设计压差范围。

(2) 规范性引用文件

本部分内容给出了在标准的编制过程中，所引用的相关标准，对于本标准的实施是必不可少的文件。

(3) 术语与定义

规定了 GB/T 150.1-2011、GB/T 151-2014 和 NB/T 47004.1 未界定或需要重新说明的术语和定义进行说明。

(4) 通用要求

本部分内容对通用要求、各责任方的职责、设计条件、载荷、设计压力、设计温度、许用应力、腐蚀裕量、焊接接头系数、耐压试验和泄漏试验等项目的通用要求进行说明。

(5) 材料

该部分规定了承压壳体、传热板片及其各部分元件用材料的引用标准，给出了材料选用的适用原则及要求。

(6) 设计

根据板壳式换热器主流结构形式给出了产品结构示意图，并定义了主要零部件名称。提出板壳式热交换器型式的基本表征方法和型号示例，涵盖设备关键技术信息，便于设计院、使

用单位识别产品技术信息，提高产品标识信息统一性。给出了主要部件的设计原则及强度计算方法。

(7) 制造检验与验收

提出制造、检验与验收的一般流程和关键工序控制；明确激光焊等先进技术方法的应用范围、限制条件、焊前准备、过程控制、焊后检测等技术要点。

(8) 安装、操作和维护

根据板壳式热交换器使用调研，操作失误、检维修事故是造成在役板壳式热交换器泄漏失效的主要原因。本标准有针对性的提出操作、使用的注意事项及控制指标，规范行业行为，提高板壳式热交换器服役周期。

三、与现行相关法律、法规、标准的协调性

本标准与现行法律、法规和强制性国家标准无冲突。引用和参考的相关的主要标准有GB150.1~150.4-2011《压力容器》、GB/T 151-2014《热交换器》、JB/T 4745《钛制焊接容器》、JB/T 4756《镍及镍合金制压力容器》等。总体内容全面，章节清晰重点突出，具有可操作性和适用性，与目前国家现行的法律、法规、政策及相关标准的规定和要求协调一致。

《板壳式热交换器》标准编制工作组

2021年7月2日

ICS 71.120.30

CCS J 75

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXX—XXXX

板壳式热交换器

Plate and shell heat exchangers

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家能源局发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	2
4 通用要求	3
5 材料	5
6 设计	8
7 制造、检验与验收	15
8 安装、操作和维护	22
附录 A（资料性） 热交换器数据表	24
附录 B（资料性） 铭牌样式	29
附录 C（资料性） 安装检查表	30

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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》的规定起草。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会热交换器分技术委员会（SAC/TC 262/SC 5）组织起草。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）负责解释。

本文件为首次颁布。

板壳式热交换器

1 范围

1.1 本标准规定了板壳式热交换器（以下简称“热交换器”）的材料、设计、制造、检验、验收及其安装、使用的要求。

1.2 本标准适用的设计压力和设计压差为：

- a) 承压壳体设计压力不大于 35MPa；
- b) 板束设计压差应满足：
 - 1) 奥氏体型不锈钢、双相不锈钢、镍及镍合金板片制圆形截面热交换器板束，不大于 8.0MPa；
 - 2) 奥氏体型不锈钢、双相不锈钢、镍及镍合金板片制矩形截面热交换器板束，不大于 4.0MPa；
 - 3) 钛及钛合金板片制板束，不超过 3.0MPa。

1.3 本标准适用的设计温度：

- a) 钢材不应超过 GB/T 150.2 列入材料的允许使用温度范围；
- b) 钛及钛合金板片，不应超过 JB/T 4745 列入材料的允许使用温度范围；
- c) 镍及镍合金板片，不应超过 JB/T 4756 列入材料的允许使用温度范围；
- d) 其他金属材料按相应引用标准中列入材料的允许使用温度确定。

1.4 本标准不适用于下列热交换器：

- a) 非回转壳的全焊接板式热交换器；
- b) 非金属制热交换器；
- c) 另有国家标准或行业标准的热交换器。

1.5 本标准不适用于下列场合：

- a) 载荷循环的场合；
- b) 介质易结垢、易堵塞的场合；
- c) 需要完全解体清洗板片通道的场合。

1.6 热交换器界定范围如下：

- a) 热交换器本体与其外部管道连接：
 - 1) 焊接连接的第一道环向接头坡口端面；
 - 2) 法兰连接的第一个法兰密封面；
 - 3) 螺纹连接的第一个螺纹接头端面；
 - 4) 专用连接件或管件连接的第一个密封面；
- b) 接管、人孔、手孔等的承压封头、平盖及其紧固件；
- c) 非受压元件与受压元件的连接焊缝；
- d) 连接在热交换器上的非受压元件，如支座、垫板等；
- e) 安装在热交换器上的超压泄放装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 150.1~.4—2011 压力容器

GB/T 151—2014 热交换器

GB/T 699 优质碳素结构钢

- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 2882 镍及镍合金管
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3621 钛及钛合金板材
- GB/T 3624 钛及钛合金无缝管
- GB/T 3625 热交换器及冷凝器用钛及钛合金管
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
- HG/T 20592 钢制管法兰（PN 系列）
- HG/T 20613 钢制管法兰用紧固件（PN 系列）
- HG/T 20615 钢制管法兰（Class 系列）
- HG/T 20634 钢制管法兰用紧固件（Class 系列）
- JB/T 4732-1995 钢制压力容器——分析设计标准（2005 年确认）
- JB/T 4745 钛制焊接容器
- JB/T 4756 镍及镍合金制压力容器
- NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装
- NB/T 47002.1~.4—2019 压力容器用复合板
- NB/T 47004.1—2017 板式热交换器 第 1 部分：可拆卸板式热交换器
- NB/T 47004.2—2021 板式热交换器 第 2 部分：焊接板式热交换器
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013（所有部分） 承压设备无损检测
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47015 压力容器焊接规程
- NB/T 47018（所有部分） 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47021 甲型平焊法兰
- NB/T 47022 乙型平焊法兰
- NB/T 47023 长颈对焊法兰
- NB/T 47027 压力容器法兰用紧固件
- ASME SA-240 压力容器和一般用途耐热铬及铬镍不锈钢板、薄板和带材（SPECIFICATION FOR CHROMIUM AND CHROMIUM-NICKEL STAINLESS STEEL PLATE, SHEET, AND STRIP FOR PRESSURE VESSELS AND FOR GENERAL APPLICATIONS）
- ASME SB-575 低碳镍—铬—钼、低碳镍—铬—钼—铜、低碳镍—铬—钼—钽、低碳镍—铬—钼—钨合金板材、薄板和带材（SPECIFICATION FOR LOW-CARBON NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM, LOW-CARBON NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM-COPPER, LOW-CARBON NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM-TANTALUM, LOW-CARBON NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM-TUNGSTEN, AND LOW-CARBON NICKEL-MOLYBDENUM-CHROMIUM ALLOY PLATE, SHEET, AND STRIP）

3 术语与定义

GB/T 150.1-2011、GB/T 151-2014 和 NB/T 47004 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

板片 Plate

经加工用于传热的平板或波纹板。

[来源：NB/T 47004.1-2017，3.1，有修改]

3.2

板片对 Plate Pair

两张板片焊接连接形成的一个介质通道组件。

[来源：NB/T 47004.2-2021，3.2，有修改]

3.3

板束 Plate Pack

板片或板片对与附属件焊接连接形成的组件。

[来源：NB/T 47004.2-2021，3.3，有修改]

3.4

板程和壳程 Plateside & shellside

a) 板程——介质流经板片对内的通道及与其相贯通部分。

b) 壳程——介质流经板片对外的通道及与其相贯通部分。

[来源：GB/T151-2014，3.4，有修改]

3.5

隔条 Partition Bar

板片间用于分隔不同换热介质的板条。

[来源：NB/T 47004.2-2021，3.4，有修改]

3.6

折流板 Baffle

分隔或改变介质流动方向的板条或类似结构。

[来源：NB/T 47004.2-2021，3.5，有修改]

3.7

板壳式热交换器 Plate and Shell Heat Exchanger

外部采用回转壳，内部采用板束的板式热交换器的统称。

4 通用要求

4.1 总则

4.1.1 热交换器的材料、设计、制造、检验与验收除符合本文件的规定外，还应遵守国家颁布的有关法律、法规和安全技术规范的规定。

4.1.2 对于不能按照本文件进行设计计算的热交换器或受压元件，可按 GB/T 150.1—2011 中 4.1.6 规定的方法进行设计。

4.1.3 热交换器的制造单位应建立健全的质量管理体系并有效运行。

4.2 职责

4.2.1 用户或设计委托方

4.2.1.1 热交换器的用户或设计委托方应当以书面形式向制造单位提出设计条件（UDS—User's Design Specification）并对设计条件的正确性和完整性负责。

4.2.1.2 用户或设计委托方可使用附录 A 的样式表格提出热交换器的设计条件。

4.2.2 制造单位

制造单位应承担以下职责：

- a) 按照工艺设计条件进行热交换器选型和工艺计算，对工艺设计的正确性和完整性负责；
- b) 按照机械设计条件进行机械设计计算、施工图设计，对机械设计的正确性和完整性负责；
- c) 制定产品质量计划，其内容应包括热交换器或元件的制造质量控制点、检验项目和合格指标；
- d) 按照产品标准、设计文件、质量计划的规定，进行检验和试验，出具质量检查报告，对报告的真实性和完整性负责；
- e) 产品制造完成检验合格后，应出具产品质量合格证；
- f) 制造单位应保留下列技术文件，保存期限不少于产品设计使用年限：
 - 1) 工艺设计文件；
 - 2) 机械设计文件；
 - 3) 质量计划；
 - 4) 质量记录（焊接、检查、检验、试验记录）；
 - 5) 竣工资料。

4.3 设计条件

4.3.1 工艺设计的条件至少应包含以下内容：

- a) 不同工况下的操作数据，包括流量、气相分率、温度、压力、热负荷等；
- b) 介质组分或物性数据；
- c) 允许阻力降；
- d) 其他，包括操作工况、操作弹性等。

4.3.2 机械设计的条件至少应包含以下内容：

- a) 设计所依据的主要标准和规范；
- b) 载荷数据（包括工作压力、工作温度范围、接管载荷等）；
- c) 介质组分与特性；
- d) 预期使用年限；
- e) 几何参数和管口方位；
- f) 使用地及其自然条件（包括月平均最低气温的最低值、抗震设防烈度、基本风压值、场地类别等）。

4.4 载荷

4.4.1 设计时应考虑以下载荷：

- a) 内压、外压或最大压差；
- b) 液柱静压力，当液柱静压力小于设计压力的 5%时可忽略不计。

4.4.2 需要时，还应考虑下列载荷：

- a) 热交换器自重及正常工作条件下或耐压试验状态下内装介质的重力载荷；
- b) 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力载荷；
- c) 风载荷、地震载荷；
- d) 支座及其他型式支承件的反作用力；
- e) 连接管道和其他部件的作用力；
- f) 温度梯度引起的温差应力；
- g) 冲击载荷，包括压力急剧波动引起的冲击载荷，流体冲击引起的反力等；
- h) 制造、运输或吊装时的作用力。

4.5 设计压力或计算压力

设计压力或计算压力的确定应符合以下规定：

- a) 热交换器上装有超压泄放装置时，应按 GB/T 150.1 - 2011 附录 B 的规定确定设计压力；
- b) 热交换器不同换热介质侧的设计压力应按各自最苛刻的工作工况分别确定；冷、热侧设计压力应不低于换热介质作用于壳体的最高工作压力；
- c) 对于同时受两侧换热介质压力作用的元件，只有在全寿命周期内均能保证不超过设计压差时，才可以按压差设计；否则应考虑最苛刻的压力组合；按压差设计时，压差的取值还应考虑在耐压试验过程中可能出现的最大压差值，并应在设计文件、竣工资料、铭牌中明确设计压差，同时应提出在耐压试验过程中保证压差的要求；
- d) 若热交换器存在负压操作，确定元件计算压力时还应考虑在正常工作情况下可能出现的最大压差。
- e) 真空侧的设计压力按承受外压考虑；当装有安全控制装置（如真空泄放阀）时，设计压力取 1.25 倍的最大内外压力差，或 0.1MPa 两者中的较低值；当无安全控制装置时，取 0.1MPa。

4.6 设计温度的确定

设计温度的确定应符合以下规定：

- a) 热交换器不同换热介质侧的设计温度应按各自最苛刻的工作工况分别确定，各部分在工作状态下的金属温度不同时，可分别设定设计温度；
- b) 冷、热侧设计温度应不低于元件金属在工作状态可能达到的最高温度；金属温度低于 0℃ 时，设计温度不应高于元件金属可能达到的最低温度；
- c) 对于同时受两侧介质温度作用的元件，应按金属温度确定设计温度，元件的金属温度通过以下方法确定：
 - 1) 传热计算求得；
 - 2) 在已使用的同类热交换器上测定；
 - 3) 根据介质温度并结合外部条件确定。
- d) 任何情况下，元件金属的表面温度不应超过材料的允许使用温度。

4.7 许用应力

4.7.1 金属材料的许用应力按照 GB/T 150.1 - 2011 中表 1、表 2 的规定确定。

4.7.2 钢材的许用应力按照 GB/T 150.2 选取。镍、钛及其合金的许用应力按照相应引用标准选取。

4.7.3 复合钢板的许用应力可按照 GB/T 150.1 - 2011 中 4.4.3 的规定确定。

4.7.4 金属材料采用境外牌号时，其许用应力的取值按相应标准的规定确定。

4.8 腐蚀裕量

4.8.1 板片可不考虑腐蚀裕量。

4.8.2 奥氏体型不锈钢、双相不锈钢、镍及镍合金、钛及钛合金制元件可不考虑腐蚀裕量。

4.8.3 对于采用碳素钢、低合金钢制元件，为防止由于腐蚀、机械磨损而导致厚度均匀减薄，下列部位应考虑腐蚀裕量：

- a) 受两侧介质作用元件的两侧应同时考虑；
- b) 与介质接触的壳体内表面。

4.9 焊接接头分类及焊接接头系数

承压壳体和集箱的焊接接头应符合 GB/T 151 - 2014 中 4.6 的要求。

4.10 耐压试验

4.10.1 耐压试验的要求和试验压力应符合 GB/T 151 - 2014 中 4.7 的要求。

4.10.2 耐压试验的种类、试验压力和要求应在图样上注明。

4.10.3 按压差设计的热交换器，应在图样上提出耐压试验时升、降压的具体要求和允许压差值，在铭牌上标明允许压差值。

4.11 泄漏试验

4.11.1 泄漏试验应符合 GB/T 151 - 2014 中 4.8 的要求。

4.11.2 需进行泄漏试验时，试验种类和要求应在图样上注明。

5 材料

5.1 总则

5.1.1 热交换器用材料应考虑其使用条件（如：温度、压力、介质特性）、材料的焊接性能、加工性能及经济合理性。

5.1.2 热交换器用材料应符合相应引用标准及表 1 和表 2 的规定；应优先选用列入国家标准、行业标准材料；选用表 1 和表 2 以外的境外牌号材料时，应符合相应材料规范和标准的规定，其使用范围不应超出该规范和标准的规定。

5.1.2.1 热交换器用钢材的钢号及其标准、技术要求、限定范围（压力和温度等）及许用应力应符合 GB/T 150.2 - 2011 及其附录 A、附录 D 的规定，高温性能参考值参见 GB/T 150.2 - 2011 附录 B。

5.1.2.2 钛及钛合金、镍及镍基合金材料，其技术要求、限定范围（牌号、压力和温度等）及许用应力，应分别符合 JB/T 4745 和 JB/T 4756 的规定。

5.1.2.3 热交换器所采用复合钢板应符合 NB/T 47002.1~4 - 2019 中 B1 级的要求。复合钢板应经热处理后交货，热处理工艺应在保证基材力学性能和覆材耐蚀性能，具体热处理工艺由复合钢板供应商确定。

5.1.2.4 受压元件用焊接材料的选用应符合 NB/T 47015 和 NB/T 47018 的规定。焊接材料选用应考虑与母材相匹配，焊接接头的力学性能和耐蚀性应与母材匹配。

5.1.2.5 表 1、表 2 以外的材料应符合相应材料规范和标准的规定及图样的技术要求。

5.1.3 热交换器制造单位应对所取得材料及材料质量证明书的真实性和一致性负责。材料质量证明书内容应当齐全、清晰并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章。从非材料制造单位取得材料时，应取得材料制造单位提供的材料质量证明书原件或加盖了材料经营单位公章和经办负责人签字（章）的复印件。

5.1.4 当热交换器的工况属于低温工况时，受压元件所用材料的标准、使用状态及冲击试验等，应符合 GB/T 150.2 及有关钢材标准的规定。

5.2 板片、隔条及侧板

5.2.1 热交换器的板片、隔条及侧板宜选用表 1 所列的材料。

5.2.2 板片材料应为冷轧状态。

5.2.3 板片的表面质量按相应材料标准的规定。

5.2.4 与板片焊接的隔条与侧板，其化学成分和力学性能应与板片材料相当。

表 1 板片、隔条及侧板常用材料

	材料类型及牌号		材料标准
	统一数字代号	材料牌号（公称成分）	
奥氏体型	S30408	06Cr19Ni10	GB/T 3280 GB/T 24511
	S30403	022Cr19Ni10	
	S31608	06Cr17Ni12Mo2	
	S31603	022Cr17Ni12Mo2	
	S32168	06Cr18Ni11Ti	
	S31252	015Cr20Ni18Mo6CuN	

	S31782	015Cr21Ni26Mo5Cu2	
	S31254	20Cr-18Ni-6Mo	ASME SA-240
奥氏体—铁素体型	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	GB/T 3280
	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	GB/T 24511
钛及钛合金		TA1	GB/T 14845
		TA9-1	GB/T 14845
镍及镍基合金		N6	GB/T 2054
		NS3303	YB/T 5354
		NS3304	YB/T 5354
	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	ASME SB-575

表 2 其他零部件常用材料

序号	零部件名称	材料类型及牌号		材料标准
1	压紧板 圆筒 平盖 设备法兰	碳素钢	Q235B	GB/T 700
			Q235C	
			20	NB/T 47008
		低合金钢	Q345R	GB/T 713
			Q355	GB/T 1591
			16Mn	NB/T 47008
			16MnD	NB/T 47009
			16MnDR	GB/T 3531
		不锈钢	S30408	GB/T 24511
			S30403	
S31603				
S31608				
2	拉杆 拉筋 折流板 支持板	碳素钢	Q235B	GB/T 700
			Q235C	
			35	GB/T 699
		低合金钢	Q345R	GB/T 713
			Q355	GB/T 1591
			16MnDR	GB/T 3531
		不锈钢	S30408	GB/T 3280 GB/T 24511
			S30403	
S31603				
S31608				
3	接管	碳素钢	10	GB/T 6479
			20	GB/T 8163 GB/T 9948
			Q345B	GB/T 6479
			Q345C	
			Q345D	
			Q345E	
		不锈钢	S30408	GB/T 13296

			S32168	GB/T 14976	
			S31608		
			S31603		
		钛	TA1	GB/T 3624	
			TA2	GB/T 3625	
		镍	N6	GB/T 2882	
4	接管法兰	碳素钢	Q235B	GB/T 3274	
			Q235C		
		低合金钢	20	NB/T 47008	
			16Mn		
		低合金钢	16MnD	NB/T 47009	
			不锈钢	S30408	NB/T 47010
				S32168	
		S31608			
		钛	S31603	GB/T 3621	
			TA1		
5	螺柱	碳素钢	TA2	GB/T 699	
			20		
			35		
		低合金钢	45	GB/T 3077	
			40Cr		
			30CrMoA		
		35CrMoA	GB/T 1220		
不锈钢	S30408				

5.3 压紧板

5.3.1 压紧板用材料应符合表 2 的规定。与板片焊接的压紧板可采用堆焊复合板，当采用爆炸焊接复合板时，复合板材料应符合 NB/T 47002.1~4 - 2019 中 B1 级的要求。

5.3.2 不与板片焊接但接触介质的压紧板，应按介质匹配性选材，所选材料应符合本文件引用标准或 GB/T 150.2 的规定。

5.4 管箱、壳体、集箱、折流板与支持板

5.4.1 与介质接触的管箱、壳体、集箱、折流板及支持板，应符合 GB/T 150.2 或相应材料引用标准的规定。

5.4.2 与介质接触的管箱、壳体和集箱可采用爆炸、堆焊复合结构。

5.5 连接板

5.5.1 与板片焊接的连接板，其化学成分和力学性能应与板片材料相当。

5.5.2 当热交换器存在真空场合时，连接板应与箱板可靠连接。

5.6 紧固件

5.6.1 螺柱和螺母用钢棒的标准、钢号、使用状态、许用应力及力学性能试验等，应符合 GB/T 150.2 - 2011 第 7 章的规定。

5.6.2 紧固件按 NB/T 47027、HG/T 20613、HG/T 20634 选用。

5.7 支座

5.7.1 采用鞍式支座、支耳等支撑结构时，垫板材料宜选用与壳体相同的材料。

5.7.2 采用裙座支撑结构时，与壳体相焊的裙座段宜选用与壳体相同的材料。

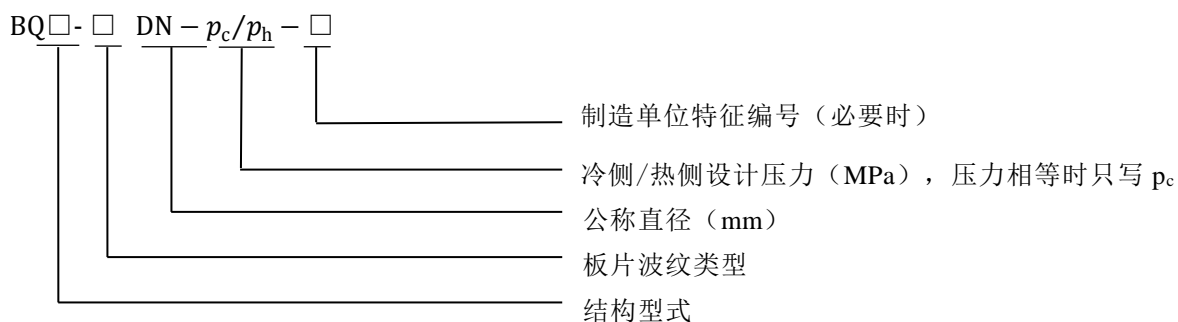
6 设计

6.1 总则

热交换器应根据设计条件，进行工艺设计和机械设计。

6.2 型号表示

6.2.1 热交换器型号由结构型式、公称直径、设计压力等字母代号合表示。型号之后可后缀制造单位特征编号。示例如下：



6.2.2 常见的结构型式代号见表 3。

表 3 结构型式代号

代号	结构型式说明
J	板束截面形状为矩形的板壳式热交换器
Y	板束截面形状为圆形的板壳式热交换器

6.2.3 常见的板片波纹类型代号可按表 4 编排，超出表 4 时制造单位可自行命名。

表 4 板片波纹类型代号

代号	板片波纹类型	代号	板片波纹类型
R	人字形	G	鼓泡形
P	平板		

6.2.4 示例

1) 示例 1:

矩形截面热交换器

公称直径 1000mm，鼓泡板型，冷侧设计压力 1.6MPa，热侧设计压力 1.0MPa，制造单位名称代号 A，其型号为：

BQJ-G1000-1.6/1.0 - A

2) 示例 2:

圆形截面热交换器

公称直径 800mm，人字形板型，冷侧和热侧设计压力均为 1.6MPa，其型号为：

6.3 工艺设计

6.3.1 热交换器的工艺设计应考虑下列因素：

- a) 热交换器的型式、板片波纹类型及基本参数，满足安全可靠性及工艺性能；
- b) 考虑制造工艺及经济性，合理选材；
- c) 满足热交换器安装、操作、维修等要求。

6.3.2 热交换器工艺计算应在满足工艺设计条件下进行优化设计，以提高换热效率。

6.3.3 热交换器的设计条件，工艺设计数据、机械设计数据可按照附录 A 的表 A.1 和表 A.2 填写。

6.4 主要零部件及名称

6.4.1 矩形截面热交换器如图 1 和图 2 所示。主要零部件及名称见表 5。

表 5 矩形截面热交换器主要零部件及名称

序号	名称	序号	名称
1	板片	10	壳程接管法兰
2	隔条	11	圆筒
3	侧板	12	设备法兰
4	压紧板	13	支座
5	折流板或支持板	14	壳体（部件）
6	支撑件	15	管板
7	集箱	16	管箱（部件）
8	膨胀节	17	分程隔板
9	板程接管法兰		

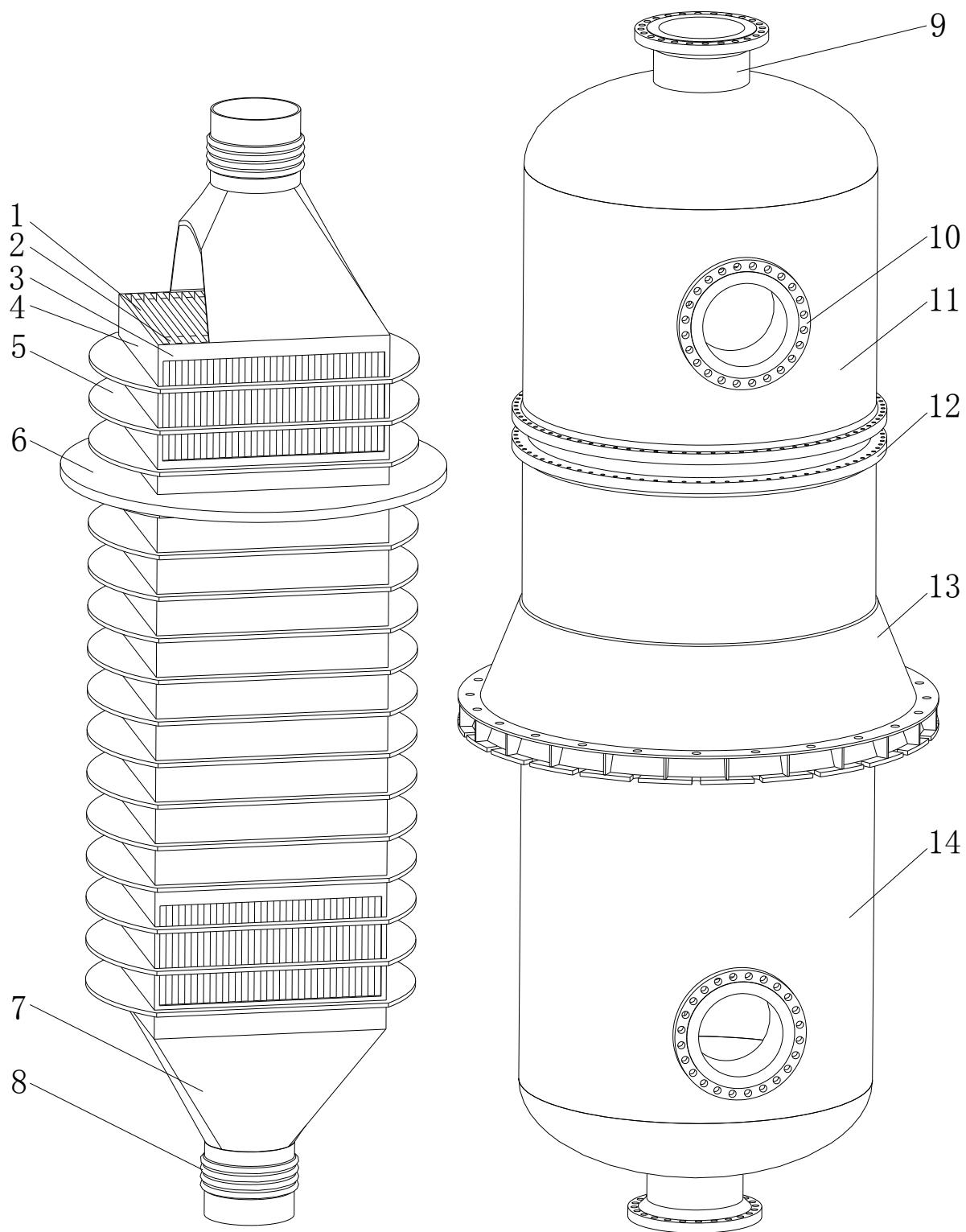


图 1 立式矩形截面热交换器

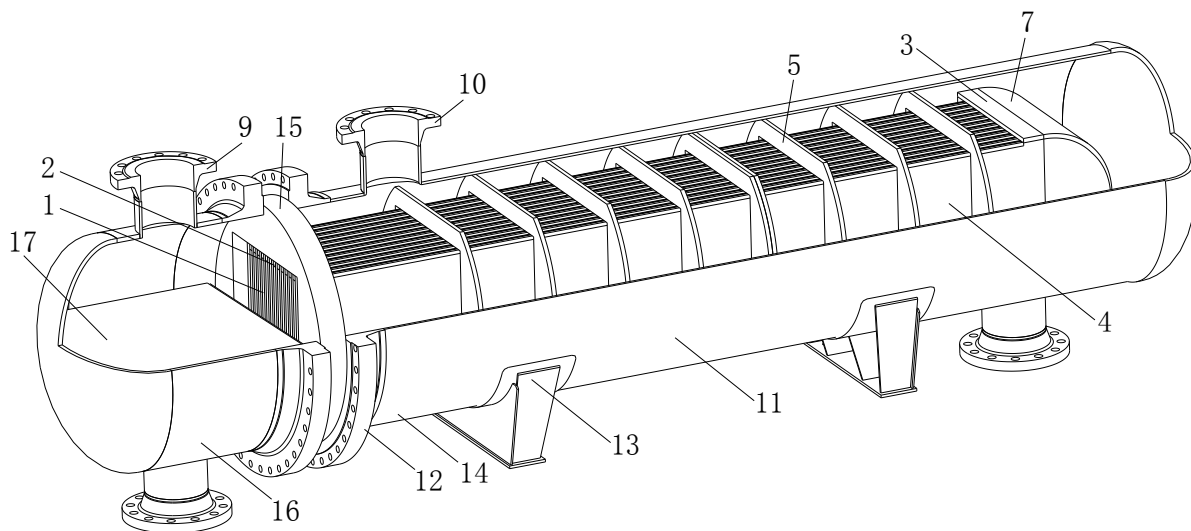


图 2 卧式矩形截面热交换器

6.4.2 圆形截面热交换器分为不可拆和可拆结构,分别如图3和图4所示。主要零部件及名称见表6。

表 6 圆形截面热交换器主要零部件名称

序号	名称	序号	名称
1	板程接管封头	8	旁路挡板
2	平盖封头	9	固定鞍座(滑动鞍座)
3	连接板	10	板程接管法兰
4	壳程接管法兰	11	折流板
5	板片	12	壳体法兰
6	圆筒	13	平盖
7	侧板		

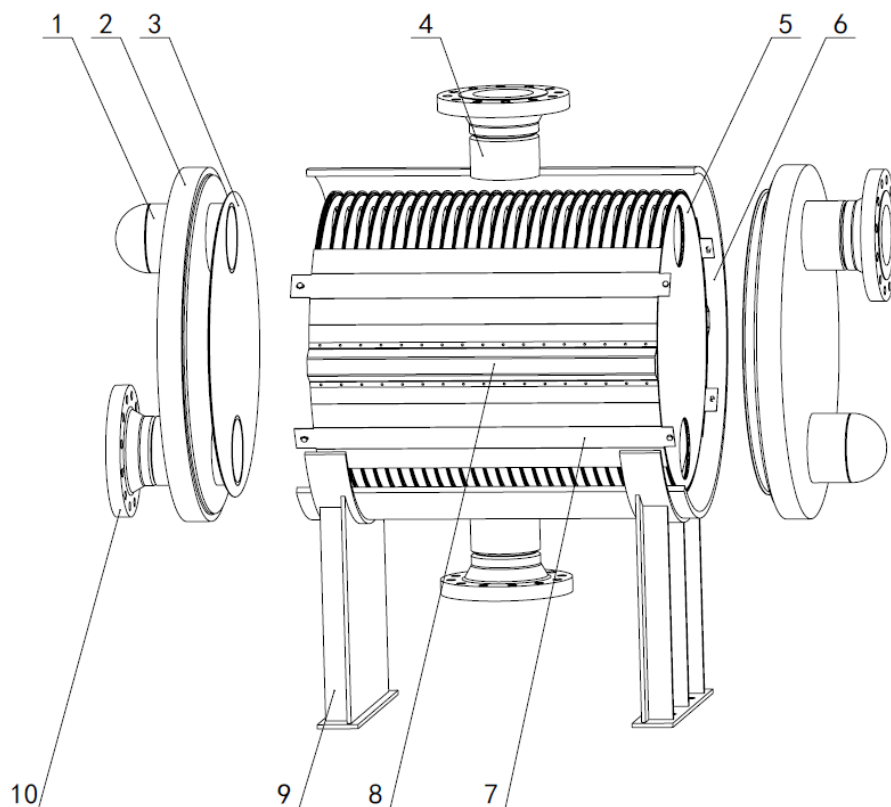


图3 圆形截面不可拆热交换器

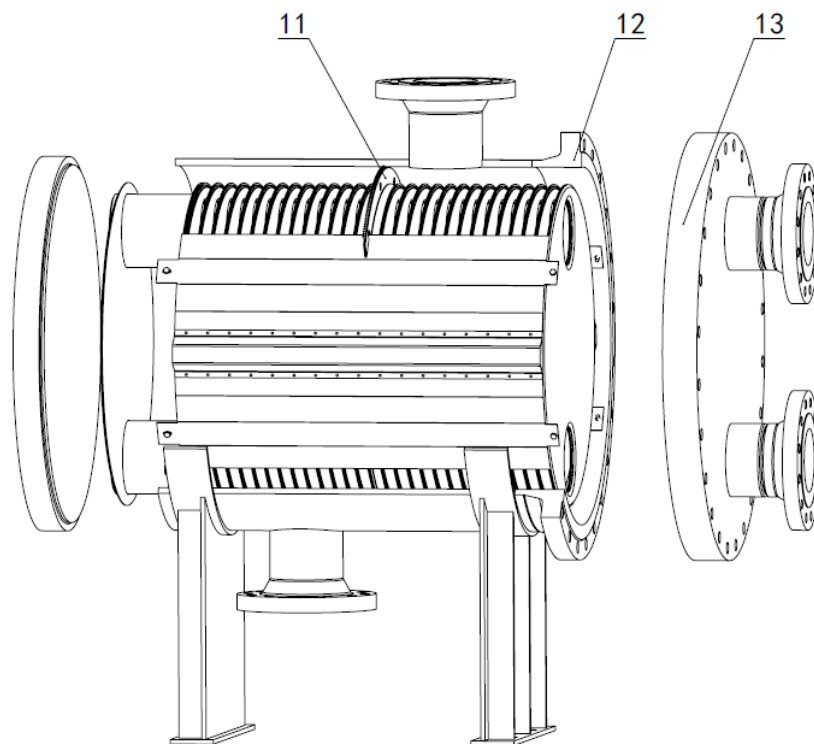


图4 圆形截面可拆热交换器

6.5 机械设计

6.5.1 板片

6.5.1.1 板片的板型应满足工艺性能和承受压力载荷的需求。对于需要机械清理板间流道的场合，板型应为贯通流道。

6.5.1.2 板片的厚度应满足设计条件的要求，板片材料名义厚度应不小于 0.6mm，厚度负偏差不大于 0.04mm。

6.5.1.3 板片不允许拼接。

6.5.1.4 板片承受载荷的能力可按照 JB 4732 的规定进行应力分析确定。

6.5.2 圆筒

6.5.2.1 圆筒承压部件的机械设计应符合 GB/T 150.3 设计中的规定。

6.5.2.2 圆筒最小厚度应符合 GB/T 151 的规定。

6.5.3 接管及其他管口

6.5.3.1 内伸接管不应妨碍板束的拆装。

6.5.3.2 接管与壳体的连接结构设计可按 GB/T 150.3-2011 中附录 D.3 “接管、凸缘与壳体的连接”的形式。

6.5.3.3 当不能利用接管（或接口）进行放气或排液时，应在最高点设置放气口，在最低点设置排液口。

6.5.3.4 采用压差设计的板束应在两程介质间加装压差计接口，接口可设置在接管上。

6.5.4 设备法兰及接管法兰

6.5.4.1 设备法兰优先采用 NB/T 47021~47023 中的法兰。

6.5.4.2 接管法兰优先采用 HG/T 20592、HG/T 20615 中的法兰。

6.5.4.3 非标法兰应按 GB/T 150.3 的规定进行设计。

6.5.4.4 下列情况，应采用带颈对焊法兰：

- a) 毒性危害程度为中度以上介质；
- b) 易燃易爆介质；
- c) 强渗透性中度危害介质。

6.5.5 支座

6.5.5.1 热交换器应根据布置要求选择支座型式，标准支座优先采用 NB/T 47065.1~5 中的支座。

6.5.5.2 采用裙式支座可参照 NB/T 47041 进行设计。

6.5.5.3 其他结构支座应按相关标准进行结构强度校核，满足强度及稳定性要求。

6.5.5.4 立式布置的热交换器应计算径向热膨胀或收缩量，需要时，地脚螺栓孔应设置为径向长圆孔。

6.5.5.5 热交换器支座底板温度与基础间存在较大差异时，应在支座底板与基础间设置隔热或隔冷垫板，垫板应具有足够的强度和刚度。

6.5.6 板束

6.5.6.1 矩形截面板束

6.5.6.1.1 压紧板的设计应符合下列要求：

a) 压紧板与板片焊接处宜采用同种材料。当压紧板采用多块拼接时，拼接焊缝应采用全熔透，且压紧板与板片接触侧焊缝应磨平，最小拼板长度应不小于 300mm。

b) 压紧板的强度计算可参照 NB/T 47002.2 计算，为提高压紧板的承压能力可设置加强筋，加强筋与压紧板的连接可采用连续或间断焊接，采用间断焊时应符合 GB/T 150.3 - 2011 中 A.5.1.1 的要求。

c) 压紧板中心的挠度不大于板片宽度的 2‰。

d) 压紧板端部与板片焊接时，应考虑压紧板与板片的热膨胀差，必要时压紧板可采用断开结构。

6.5.6.1.2 侧板的设计应符合下列要求：

a) 与隔条焊接连接的侧板宜与板片采用同种材料，且不允许拼接。

b) 应满足强度、刚度的要求，可按 GB/T 150.3-2011 中附录 A 或 JB 4732 进行设计。

6.5.6.1.3 集箱的设计应符合下列要求:

- a) 可采用矩形、半圆拱、天圆地方等结构。
- b) 应满足强度、刚度的要求,可按 GB/T 150.3-2011 中附录 A 或 JB 4732 进行设计。
- c) 设计应考虑板束入口处介质的均匀分布,必要时可设置导流结构。

6.5.6.1.4 折流板与支持板的设计应符合下列要求:

- a) 介质需流过折流板或支持板时,应设置弓形缺口,弓形缺口应满足流通面积的需求。
- b) 折流板(支持板)可作为板束外部加强圈,压紧板强度计算时可考虑折流板(支持板)与压紧板的组合惯性矩。

6.5.6.1.5 支撑件的设计应符合下列要求:

- a) 支撑件与壳体的连接方式可参照 GB/T 151-2014 中 7.4.1.1 的形式,当采用其他连接方式时,应保证支撑件与壳体间形成有效的密封。
- b) 支撑件可设置排净孔,排净孔直径宜为 4mm~8mm。

6.5.6.1.6 膨胀节

- a) 应考虑板束与壳体间轴向、径向热膨胀差的影响,必要时宜设置膨胀节补偿。
- b) 当存在热冲击载荷时,板束与集箱的热膨胀差可采用矩形膨胀节补偿。

6.5.6.2 圆形截面板束

6.5.6.2.1 侧板和连接板的设计要求:

- a) 应选择满足介质要求的耐腐蚀材料。
- b) 满足芯体装配及吊运过程中的机械强度要求,必要时可设置拉杆、拉筋等结构。
- c) 应满足强度、刚度的要求,可依据 JB 4732 进行设计。

6.5.6.2.2 折流板和旁路挡板的设计要求:

- a) 应选择满足介质要求的耐腐蚀材料。
- b) 折流板结构应合理可靠,避免脱落或变形失效。
- c) 旁路挡板的旁流面积不超过总流通面积的 2%。

6.5.7 其他要求

6.5.7.1 介质进口或出口区域应有足够的流通面积或内侧深度,沿板片对叠擦方向介质应均匀流入板束。

6.5.7.2 矩形板束截面对角线与壳体间隙应有足够空间保证介质的分布与流通。

6.5.7.3 需要防短路的场合,应设置防短路结构。在介质短路对传热影响较大的场合,防短路结构宜采用密封连接,防短路结构设置方式应不影响板束的自由膨胀。

6.5.7.4 带外部加强结构的可抽板束应设置滑道,滑道可采用板式、滚轮和圆钢条等形式。

6.6 振动

6.6.1 当板束间介质为气体流体时,宜考虑板间流速过大造成板束的振动失效。

6.6.2 板束振动失效模式主要是颤振失稳,应控制板片间的流速小于颤振的临界流速。

6.6.3 临界流速的计算可参考平板颤振的临界流速计算方法,或采用数值模拟计算方法。

7 制造、检验与验收

7.1 总则

7.1.1 热交换器的制造、检验与验收除应符合本文件的要求外,还应符合 GB/T 151、GB/T 150.1 和 GB/T 150.4 的有关规定。

7.1.2 热交换器所有受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、受压元件母材表面堆焊与补焊,以及上述焊缝的返修焊缝都应有相应的焊接工艺评定。

7.1.3 热交换器的承压焊缝焊接应由持有相应资格证书的作业人员担任。

7.1.4 热交换器的无损检测,应由持有相应类别的无损检测人员资格证的人员担任。

7.1.5 热交换器制造前,应制定质量计划,包括材料检验、零件检验、组装、检验与试验等要求。

7.1.6 热交换器制造完成后，应形成完整的质量记录、质量报告、竣工资料。

7.1.7 制造单位对原设计的修改以及对受压元件的材料代用，应当事先取得原设计单位的书面批准，并在竣工图上做详细记录。

7.2 材料复验

7.2.1 材料复验应符合 GB/T 150.4—2011 中 5.1 的规定。

7.2.2 对于采购的第 III 类压力容器用 IV 级锻件，应按炉号复验化学成分，按批号复验锻件的力学性能，其中人孔法兰、人孔法兰盖及设备法兰逐件取样进行力学性能复验。

7.2.3 材料复验结果应符合相应材料标准的规定或设计文件的要求。

7.3 主要零件加工

7.3.1 壳体

7.3.1.1 壳体圆筒加工制造应符合 GB/T 150.4 和 GB/T 151 的相关规定并符合设计文件要求。

7.3.1.2 封头加工制造应符合 GB/T 150.4 的相关规定并符合设计文件要求。

7.3.2 板束

7.3.2.1 板片

7.3.2.1.1 板片波纹深度偏差应符合表 7 的要求。

表 7 波纹深度允许偏差

mm

板片宽度	波纹深度允许偏差
≤1 000	±0.10
> 1 000~2 000	±0.15

7.3.2.1.2 板片成形减薄量应小于板片材料实际厚度的 20%。

7.3.2.1.3 每批板片抽 3%，且不少于 3 片进行板片波纹深度尺寸检测。如发现有一张板片不合格，应逐张检测，对不合格者进行再加工后重新组批进行检测。同一生产班次、同一次装卡模具、同一炉批号材料压制的板片为一批。矩形截面板片的检测点按 NB/T 47004.2-2021 中 7.3.2 执行；圆形截面板片以板片为中心，圆周方向 6 等分，每个等分间隔测量 3 点。

7.3.2.1.4 有下列情况之一时，应抽取一张板片对减薄较大处进行厚度检测：

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

7.3.2.1.5 每批板片的前 3 张应逐张检查尺寸偏差，同一次装配模具、同一轧制批号材料成形的板片组可为一批，每批应抽 3%，且不少于 3 片。板片外形尺寸偏差应符合下列要求：

- 长度及对角线偏差为 ±2mm；
- 宽度偏差为 ±0.50mm；
- 长边直线度偏差不大于长边长度的 1.5%，且不大于 2mm；

7.3.2.2 板片对

7.3.2.2.1 单板片对焊缝允许错边量应符合表 8 的规定：

表 8 错边量允许偏差

检验项目	合格指标
搭接接头 端接接头	错边量不大于 1 倍板片名义厚度，且不大于 1mm。
对接接头	错边量不大于 0.2 倍的板片名义厚度。

7.3.2.2.2 单板片对焊缝应符合下列要求：

- a) 单板片对焊缝应进行焊接工艺评定，评定时应参照 NB/T 47004.2-2021 附录 B；
- b) 单板片对可进行气密性试验，试验压力不小于 0.1MPa。

7.3.3 管板

7.3.3.1 热交换器的管板不宜拼接。

7.3.3.2 管板的拼接和表面堆焊应参照 GB/T 151-2014 中 8.4.2 和 8.4.3 的要求。

7.3.4 隔条、侧板、压紧板

7.3.4.1 侧板和压紧板允许拼接，焊接接头外表面在成形后应打磨至与母材齐平，并进行校平。

7.3.4.2 隔条所有尖角应倒钝。

7.3.5 折流板、支持板

7.3.5.1 折流板、支持板允许剖分后组装，剖分处应开焊接坡口，且应保证全焊透结构。

7.3.5.2 折流板、支持板的外径尺寸及偏差应符合设计图纸的规定，外圆面的尖角尖棱应倒钝。

7.3.6 集箱

集箱允许拼接，但应采用全焊透对接结构，并按照图样的要求进行无损检测。

7.3.7 滑道和吊耳

滑道、吊耳结构的尺寸及安装方位应符合设计图样的要求。

7.4 板束组对

7.4.1 装配前板片表面不应有污物。

7.4.2 板束组对应在专用平台上进行。

7.4.3 叠摺板束时，应防止吊装对板片的扭曲变形和损伤。

7.4.4 板束组对后应检查板片对错边量，错边量允许偏差应符合 7.3.2.2.1 的规定：

7.4.5 板片对叠摺并压紧后，板束两端面、两侧面的平行度及垂直度偏差应不大于 3mm。

7.4.6 管板与侧板、压紧板的垂直度偏差不应大于 2mm。

7.4.7 所有支持板间距及缺口方位应符合设计图样的要求，组焊完成后，单个支持板圆度偏差不应大于 3mm，所有支持板的同轴度偏差不应大于 6mm。

7.5 焊接

7.5.1 通用要求

7.5.1.1 热交换器壳体部分焊接工艺评定应符合 NB/T 47014 的要求；板片焊接工艺评定可按照 NB/T 47004.2-2021 附录 B 的规则进行。有下列情况之一者，应对热交换器板片焊接接头重新进行焊接工艺评定：

- a) 材料首次使用；
- b) 采用新焊接结构；
- c) 用户要求时。

7.5.1.2 焊接工艺评定技术档案应保存至该工艺评定失效为止，焊接工艺评定试样保存期不少于 5 年。

7.5.1.3 焊条、焊剂及其他焊接材料的存储库房应保持干燥，相对湿度不应大于 60%。

7.5.1.4 受压元件用焊接材料应符合 NB/T 47015 和 NB/T 47018 的规定，当采用境外牌号材料时，焊接材料应符合相应标准的规定，首次使用前应按照 NB/T 47014 进行焊接工艺评定。

7.5.1.5 当施焊环境出现下列任一情况，且无有效防护措施时，禁止施焊：

- a) 手工焊时风速大于 10m/s；
- b) 气体保护焊时风速大于 2m/s；
- c) 相对湿度大于 80%；

- d) 环境风速大于 2m/s;
- e) 雨、雪环境;
- f) 焊件表面温度低于-20℃。

7.5.1.6 当焊件温度低于 0℃但不低于-20℃时, 应在施焊处 100mm 范围内预热至 15℃以上。

7.5.2 板束焊接

7.5.2.1 板束所有部件焊接前, 应去除材料表面的油污以及影响焊接质量的毛刺、杂质等。

7.5.2.2 典型板片对的焊接结构可采用搭接、对接、端接结构, 见图 5。根据设计条件、板型、产品结构选择适宜的焊接方法; 激光焊接方法不应用于双相不锈钢。

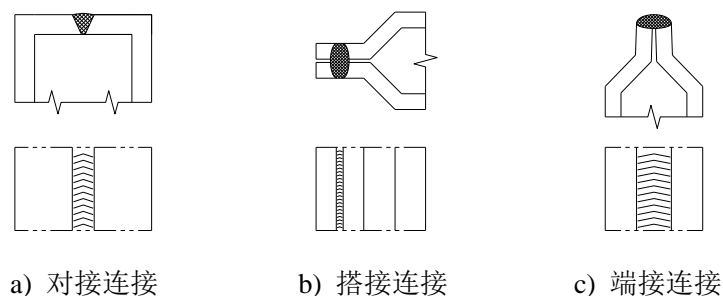


图 5 板片周边连接结构

7.5.2.3 依据合格的焊接工艺评定编制相应的焊接工艺规程, 焊接工艺规程应至少包含焊接方法、机械化程度、焊接位置、接头形式、焊接规范、焊接材料、施焊技术要求等内容。

7.5.2.4 焊缝外观应符合以下规定:

a) 焊缝表面不应有裂纹、未熔合、气孔、夹钨、弧坑和飞溅物等缺陷。焊缝表面的咬边深度不应大于 0.1mm, 咬边连续长度不应大于 20mm; 焊缝两侧咬边的总长不应超过该焊缝长度的 5%, 焊缝总长度小于 400mm 时, 不应超过该焊缝长度的 10%;

b) 钛板片在焊接过程中, 应进行焊缝表面颜色检查, 焊缝及热影响区的表面颜色呈银白色或金黄色为合格。

7.5.3 壳体焊接

7.5.3.1 热交换器壳体焊接前, 应依据合格的焊接工艺评定编制相应的焊接工艺规程。

7.5.3.2 壳体的焊接应符合 GB/T 150.4 及 NB/T 47015 的有关规定。

7.5.3.3 壳体焊接接头的形式应符合 GB/T 150.3-2011 附录 D 及相应材料引用标准的规定。

7.5.3.4 焊缝表面除符合 GB/T 150.4-2011 的 7.3.4 条规定外, 还应符合以下规定:

- a) 壳体焊缝表面不应有裂纹、未焊透、未熔合、气孔、弧坑和飞溅物等缺陷;
- b) 所有焊缝应与母材圆滑过渡;
- c) 壳体内壁所有影响板束穿装的焊缝余高均应打磨至与母材齐平。

7.5.4 焊接返修

焊缝返修应符合以下要求:

- a) 应制定焊缝返修工艺，返修后检验按原要求进行；
- b) 返修时应彻底清理不合格的焊缝金属；
- c) 其他要求应符合 GB/T 150.4-2011 中 7.4 的有关规定。

7.6 承压壳体的热处理

7.6.1 通用要求

承压壳体的热处理应符合以下规定：

- a) 热处理类型包含恢复性能热处理和焊后热处理两种类型；
- b) 制造单位应按照标准和设计文件要求编制热处理工艺文件并严格实施；
- c) 焊接工作全部完成并经检验合格后方可进行焊后热处理；
- d) 所有形式热处理均应当在耐压试验前进行；
- e) 热处理装置应配有自动记录曲线的测温仪表，并且可自动绘制热处理时间与温度关系曲线。

7.6.2 恢复性能热处理

7.6.2.1 壳体圆筒、封头、锥体等部件采用热成形时，若热成形改变了材料供货热处理状态，应重新进行热处理，恢复成形部件材料的供货热处理状态。

7.6.2.2 冷成形受压元件的恢复性能热处理应符合 GB/T 150.4 的有关规定。

7.6.3 焊后热处理

7.6.3.1 板片对及板束焊缝一般不进行焊后热处理。

7.6.3.2 焊后热处理可分为整体焊后热处理、分段焊后热处理和局部焊后热处理三种方式，在条件许可时应优先采用炉内整体热处理方式。

7.6.3.3 焊件分段加热时，加热各段重叠部分长度至少为 1500mm，非加热部分的焊件（含其管接头）应采取隔热措施，防止产生影响材料组织和性能有害温度梯度。

7.6.3.4 局部焊后热处理应符合以下规定：

- a) 在条件许可下，焊件背面也应布置加热器和绝缘材料；
- b) 均温带的最小宽度为焊缝最大宽度两侧各加焊接接头厚度或 50mm，取两者较小值；在返修焊缝两端各加焊接接头厚度或 50mm，取两者较小值；
- c) 壳体环缝局部焊后热处理时，加热带应环绕包括均温带在内的筒体全圆周。如不产生有害的温度梯度，在离开均温带较远处，可减少加热带的宽度或降低其温度；
- d) 接管与壳体焊缝局部焊后热处理时，应环绕包括接管在内的筒体全圆周加热，且在垂直于焊缝方向上自焊缝边缘加焊接接头厚度或 50mm，取两者较小值；
- e) 热处理过程中，均温带内任意一点温度都应符合焊后热处理工艺的规定，加热带应保证均温带范围内的温度值，隔热带则应保证热能效率，并防止产生影响材料组织和性能有害温度梯度。

7.7.3.5 焊后热处理的保温时间，可以在一次热处理过程中完成；也可以是在相同保温温度下，多次热处理过程的累计。

7.7.3.6 在热处理保温过程中，除另有规定外，各测温点的温度允许在热处理工艺规定温度的 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 内，但不能超出规定限值。

7.7.3.7 承压壳体焊后热处理工艺及要求还应符合 GB/T 150.4 和 GB/T 30583 的有关规定。

7.8 无损检测

7.8.1 壳体

热交换器壳体无损检测应符合 GB/T 150.4 - 2011 中第 10 条的相关要求。

7.8.2 板束

7.8.2.1 板片成形后应进行微裂纹检验，检验方法按 NB/T 47013.5 的规定进行；如发现一张不合格，抽样比例应加倍。抽样比例应符合下列规定：

- a) 不锈钢板片每批抽 3‰，且不少于 2 片；
- b) 钛材及其他特殊材质板片每批抽 1‰，且不少于 3 片；
- c) 用户规定。

7.8.2.2 压紧板、侧板、集箱等拼接接头应采用全焊透对接结构，并按照图样的要求进行无损检测。

7.9 组装

7.9.1 热交换器板束、壳体等零部件尺寸应符合设计图样要求。组装前，应进行检查和清理，表面不应留有焊疤、焊接飞溅物、油污、浮锈及其它杂物等。

7.9.2 吊装板束时，应防止板束变形和损伤；组装板束时不应损伤壳体圆筒内表面。

7.9.3 板束采用滑道（滑轮）时，确保滑道（滑轮）跨中。

7.9.4 板束与壳体的同轴度不大于 5mm。

7.9.5 组装后，热交换器内部应洁净，无杂物。

7.10 耐压试验

7.10.1 制造完工的热交换器应进行耐压试验。

7.10.2 耐压试验方法及要求应符合 GB/T 150.4 的规定。

7.10.3 试验介质用水的氯离子含量不超过 25mg/L，或符合设计图样要求。

7.10.4 热交换器耐压试验合格后，应将试验介质排尽，并用压缩空气将内部吹干。

7.10.5 非压差设计的热交换器耐压试验顺序：

- a) 壳程压力试验；
- b) 板程压力试验。

7.10.6 按压差设计的热交换器耐压试验要有控制压差的措施，保证整个试压期间（包括升压和降压）不超过压差，耐压试验顺序：

- a) 壳程试验（按图样规定的最大试验压力差值）；
- b) 板程试压（按图样规定的最大试验压力差值）；
- c) 板程和壳程步进试压（按图样规定的试验压力和步进程序）。

7.11 泄漏试验

7.11.1 热交换器经耐压试验合格后方可进行泄漏试验。

7.11.2 泄漏试验应按设计文件规定的方法和要求进行。泄漏试验可采用气密性试验、氨检漏试验、卤素检漏试验和氦检漏试验。

7.11.3 气密性试验应符合下列要求：

- a) 所用气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体；
 - b) 气密性试验压力为热交换器的设计压力，对于板束按压差设计的热交换器，试验过程中应保证板束的试验压差不大于最大试验压力差值；
 - c) 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，对所有焊接接头和连接部位进行泄漏检查；
 - d) 试验过程中，无泄漏合格；如有泄漏，应在修补后重新进行试验。
 - e) 热交换器可浸入水中检查。
- 7.11.4 气密性试验的其他要求按相关标准规定。
- 7.11.5 其他泄漏试验方法和要求应符合相关标准规定。
- 7.11.6 对有缺陷无法补焊板片对的热交换器，允许封堵板片对。堵封的板片对数量不宜超过总数 2%，且不超过 2 张，并保证封堵损失面积不大于热交换器换热面积设计裕量的 50%，堵封时应符合以下规定：
- a) 板片对封堵应征得用户同意；
 - b) 板片对封堵焊接应符合 7.5 的要求；
 - c) 出厂资料应标记出板片对封堵位置，并提供给用户。

7.12 出厂要求

7.12.1 出厂资料

7.12.1.1 制造单位应向热交换器采购方提供出厂资料。

7.12.1.2 热交换器出厂资料应满足 GB/T 150.4-2011 中的要求。

7.12.1.3 出厂资料至少包含下列内容：

- a) 热交换器竣工总图；
- b) 热交换器产品合格证（含产品数据表）；
- c) 产品质量证明文件（含主要受压元件材质证明书、材料清单、封头和锻件等外购件的质量证明文件、质量计划或检验报告、结构尺寸检查报告、焊接记录、无损检测报告、热处理报告及自动记录曲线、耐压试验报告及泄露试验报告、与风险预防和控制相关的制造文件、现场组焊热交换器的组焊和质量检验技术资料等）；
- d) 产品铭牌的拓印件或者复印件；
- e) 特种设备制造监督检验证书（对需监督检验的热交换器）；
- f) 热交换器设计文件（含强度计算书或者应力分析报告、按相关规定要求的风险评估报告，以及其他必要的设计文件）。

7.12.2 铭牌

7.12.2.1 铭牌应固定于明显的位置，铭牌托架的高度应大于绝热层厚度。

7.12.2.2 铭牌的材料应耐大气腐蚀，应在易于观察到的位置设置产品铭牌，产品铭牌的样式见附录 B。

7.12.2.3 铭牌至少包含如下内容：

- a) 产品名称；
- b) 制造单位名称；
- c) 制造单位许可证编号/级别；
- d) 产品标准；
- e) 板片/壳体材质；
- f) 介质名称；
- g) 设计温度；
- h) 设计压力或最高允许工作压力（必要时）；

- i) 耐压试验压力;
- j) 产品编号;
- k) 设备代码;
- l) 制造日期;
- m) 热交换器类别;
- n) 自重和容积。

7.12.3 涂敷与运输包装

7.12.3.1 热交换器的涂敷与包装应符合 NB/T 10558 或采购方的相关资料要求。

7.12.3.2 所有开口接管应采用临时盲板法兰封闭。

7.12.3.3 下列情况，运输、储存时应充氮保护：

- a) 使用条件为洁净场合;
- b) 海上船运;
- c) 用户要求。

8 安装、操作和维护

8.1 总则

8.1.1 制造单位应提供包含安装、操作维护和故障处理的使用说明书。

8.1.2 安装单位应根据使用说明书的要求制定安装方案。

8.1.3 使用单位应根据使用说明书的要求制定操作、维护规程，按章作业。

8.1.4 禁止违规作业，严禁超温超压或超压差使用。

8.2 安装

8.2.1 应根据设备的结构特点、工艺操作和维修要求进行布置设计：

- a) 应充分考虑人孔拆装及整体拆装的检修空间;
- b) 热交换器的入口宜设置过滤器;
- c) 宜就近在管道上安装温度计和压力表接口;
- d) 管路配置应避免流体冲击或机械振动传递到设备上;
- e) 当设备有排气口时，排气口应接入低压排放系统;
- f) 管路配置应使热交换器在使用过程中作用于进出口管嘴上的力和力矩不大于所允许承受的力和力矩。

8.2.2 热交换器安装前应进行外观检查，检查项目及要求参见附录 C。

8.2.3 立式安装的热交换器应使用设备上部起吊吊耳及下部的直立尾耳进行吊装。

8.2.4 对于充氮保护的热交换器，泄压完成后需对热交换器内部进行目视检查。

8.2.5 设备的基础和地脚螺栓应根据热交换器的重量、热膨胀等要求进行设计、施工，并留有足够的裕量。

8.2.6 热交换器应按设计文件或规范要求调整、检查水平度和垂直度。

8.2.7 换热器安装就位后应拆除板束固定件及膨胀节保护套等临时部件。

8.2.8 安装管道时，应从热交换器开始向外安装，不应强力装配。

8.3 试车和操作

8.3.1 试车前使用单位应根据使用说明书编制试车方案或设备操作规程。

8.3.2 试车前对设备所在装置进行烘炉时，确保最高操作温度不大于设备设计温度，确保升、降温速率不大于 55℃/h，并且连续均匀变化。烘炉完成后，进行板程气密性检漏，试验压力为 0.3MPa，或按

使用说明书进行气密性检漏。在烘炉过程中，如发现板程及壳程压降异常变化，应停工并对设备内部进行检查。

8.3.3 试车前应清洗整个系统，包括所有输入管道，防止杂物进入热交换器。

8.3.4 在开车过程中，板、壳程应均衡平稳升压，板束按照压差设计的设备，开车、操作、停车过程中应保证板束的内外压力差不超过设计压差。

8.3.5 设备启用时一般先使冷侧介质流满热交换器，排出腔内气体。冷侧运行后，逐步通入热侧介质。设备停用时宜先关闭热侧，冷侧仍保持运行。待设备温度降至冷侧温度后可停止通入冷侧介质。

8.3.6 设备启用及停用操作过程中应缓慢升温或降温，确保升、降温速率不大于 55℃/h，并且连续均匀变化，避免造成热冲击。禁止冷态时快速导入热介质、或热态时快速导入冷介质。连续操作条件的热端温差极限值不超过 60℃，短时操作条件的热端温差极限值不超过 100℃。

8.3.7 设备长时间停用时，需排净内部残存工艺介质；对于有腐蚀防护要求的热交换器，还应充氮保护。

8.3.8 试车（投用）前放尽换热器底部存油（或其他存液），以防板束产生液击。

8.4 维护

8.4.1 热交换器宜在工艺设计文件规定的负荷下运行；运行期间应监测、记录热交换器的运行参数，评定热交换器的工艺性能和结垢程度。

8.4.2 当设备传热与阻力降偏离设计值过大，或不能满足工艺系统要求时，应根据介质特性和热交换器的结构，选择适当的清洗方法进行清洗，恢复热交换器的工艺性能。

8.4.3 应监视热交换器的热膨胀，防止异常的热应力作用到热交换器上。

8.4.4 应监视热交换器的振动和噪声，防止流体诱发振动引起的失效。

8.4.5 采用化学清洗方法时，应根据设备材质选择对设备无害的清洗剂，并制定正确的清洗方案。

8.4.6 定期检查换热器各接口是否有泄漏。

8.4.7 设备运行产品故障，可按照表 9 进行判断处理。

表 9 性能故障判断及处置

故障现象		可能原因	解决措施	预防措施	备注
性能故障	板程压降升高	1.板片结焦 2.板片结垢	1. 化学清洗板片	1. 开车前吹扫介质入口管线； 2. 调整工艺参数，防止结胶、结垢	
	壳程压降升高	1.板片结焦 2.板片结垢 3.催化剂堵塞	1.化学清洗 2.机械清理	1. 调整工艺参数，防止结焦、结垢 2. 防止催化剂泄漏	
	热端温差升高	1.板片结焦 2.板片结垢 3.热交换器负荷偏离设计值	1.化学清洗 2.调整操作参数	1.调整工艺参数，防止结胶、结垢 2.尽可能在设计工况下运行	
	产品质量下降	1.设备板束串漏 2.反应系统异常 3.膨胀节损坏	1.设备检查 2.系统检查	1.开车前检查设备完好 2.按照操作规程操作 3.尽可能在设计工况下运行	
机械故障	设备法兰密封面泄漏	1.螺栓松动 2.密封面缺陷	停车处理	1.开车及进料前紧固螺栓 2.停车期间检查螺栓紧固情况	

接管密封面泄漏	1.螺栓松动 2.垫片安装质量问题 3.管线载荷过大	1.停车处理 2.设计核算	1.开车及进料前紧固螺栓 2.及时更换临时垫片 3.设计核算	
壳体泄漏	1.制造缺陷 2.腐蚀	停车处理	控制制造质量	

8.4.8 为保证设备的安全可靠运行，应进行定期检查，按表 10 进行，如有必要，可由用户自行增加检查内容与周期。

表 10 检查项目表

	检查内容	检查周期	备注
板束	单板片对焊缝、板片对之间焊缝（目测检查或者摄像检查）	3 年（按周期运行）	
	板束板、壳程出入口（目测检查或者摄像检查）	3 年 （按周期运行）	
壳体	设备法兰密封面	3 年 （按周期运行）	
	从内部检查壳体内壁和焊缝	按固容规要求	
	从外部检查壳体外壁和焊缝	按固容规要求	
其他	膨胀节检查	按周期运行	
	使用说明书中的特殊要求	按周期运行	

8.4.9 根据装置工艺条件需要可进行耐压试验、气密性试验。耐压试验及气密性试验应依据用户提供的操作手册进行。耐压试验完成后应干燥并充氮保护（需要时）。

附录 A
(资料性附录)
热交换器数据表

A.1 供需双方可采用本附录的热交换器数据表(见表 A.1 和表 A.2)规范记录热交换器的技术数据。

A.2 提供准确、确定的设计条件数据是需方的责任;与技术方案有关的技术数据由供方确定,供需双方协商确认。

表 A.1 工艺数据表

(制造单位名称)	板壳式热交换器 工艺数据表		(工程承包商)	
订单号:	文件号:	页码:		
用户:	制造单位:			
工程项目:	订单号:			
地址:	型号:			
项目号:	系列号:			
用途:				
01	板程		壳程	
02 介质				
03 总流量 (kg/s)				
04 每台流量 (kg/s)				
05 设计温度 (°C)				
06 最低设计金属温度 (°C)				
07 设计压力[MPa (G)]				
08 板间流速 (m/s)				
10 允许压降/计算压降 (kPa)				
11 壁温最小/最大 (°C)				
11 设计裕度 ^a (百分比)				
12 操作数据	进口	出口	进口	出口
13 液体流量 (kg/s)				
14 气体流量 (kg/s)				
15 不凝性气体流量 (kg/s)				

表 A.1 (续)

16 操作温度 (°C)									
17 操作压力[MPa (G)]									
18 液体物性									
19 密度 (kg/m ³)									
20 比热[kJ/ (kg·K)]									
21 黏度 (mPa·s)									
22 导热系数[W/ (m·K)]									
23 表面张力 (N/m)									
24 气体物性									
25 密度 (kg/m ³)									
26 比热[kJ/ (kg·K)]									
27 黏度 (mPa·s)									
28 导热系数[W/ (m·K)]									
29 分子量 (kg/kmol)									
30 不凝性气体分子量 (kg/kmol)									
31 露点/沸点 (°C)	板程 (热侧)		壳程 (冷侧)						
32 颗粒最大尺寸 (mm)									
33 颗粒百分比含量									
34 潜热 (kJ/kg)									
35 临界压力[kPa (A)]									
36 临界温度 (°C)									
37 总换热量 (kW)									
38 总传热系数 ^a [W/ (m ² ·K)]	洁净工况：		结垢工况：						
39 LMTD (°C)									
40 换热面积 (m ²)									
41 单侧表面传热系数[W/ (m ² ·K)]									
^a 设计裕度= ($U_{\text{clean}}/U_{\text{service}} - 1$) ×100，式中， U_{clean} 为洁净工况总传热系数， U_{service} 为结垢工况总传热系数。									
版本号		修订说明		日期		设计		审核	

表 A.2 机械数据表

(制造单位名称)		板壳式热交换器 机械数据表		(工程承包商)	
订单号：		文件号：		页码：	
01 板壳式热交换器型号					
02 热交换器和板片的配置					
03 并联数量				单台传热面积 (m ²)	
04 串联数量				单板换热面积 (m ²)	
05 板程流程数				壳程流程数	
06 流动方向		□顺流 □逆流 □交错流		每台热交换器板片数	
07 板间距 (mm)				板片厚度 (mm)	
08 设计数据					
09 设计规范					
10		板程		壳程	
11 设计压力/试验压力 [MPa (G)]					
12 设计压差/试验压差 [MPa (G)]					
13 设计温度 (°C)					
14 腐蚀裕量 (mm)					
15 容积 (m ³)					
16 长/宽/高 (mm)					
17 净重量/充水重量 (kg)				/	
18 接管		进口	出口	进口	出口
19 接管尺寸					
20 法兰压力等级/类型		/	/	/	/
21 零部件		材料			
22 板片					
23 管板					
24 壳体					
25 平盖					
26 折流板/支持板					
27 垫片					
28 接管/法兰					
29 双头螺栓/螺母					

表 A.2 (续)

30 油漆要求	<input type="checkbox"/> 制造单位标准		<input type="checkbox"/> 用户规定	
31 绝热要求	<input type="checkbox"/> 要	<input type="checkbox"/> 不要	<input type="checkbox"/> 其他	
32 载荷				
33 接管载荷/力矩	<input type="checkbox"/> 标准	<input type="checkbox"/> 苛刻	<input type="checkbox"/> 用户规定	
34 风载荷				
35 地震载荷				
36 冲击载荷				
37 海上运输载荷				
38 检验与试验				
39 规定干燥程序	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 没有		
40 空气吹干	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 没有		
41 规范以外的无损检测				
42 检验要求	<input type="checkbox"/> 用户		<input type="checkbox"/> 第三方	
版本号	修订说明	日期	设计	审核

附录 B
(资料性附录)
铭牌样式

除非另有规定，铭牌宜选用图 B.1 所示样式。


用户名称	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
产品名称	<input style="width: 60%;" type="text"/>	 监检标记		
产品型号	<input style="width: 60%;" type="text"/>			
		板程	壳程	
设备位号	<input style="width: 15%;" type="text"/>	设计压力	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
产品编号	<input style="width: 15%;" type="text"/>	耐压试验 压力	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
压力容器 类别	<input style="width: 15%;" type="text"/>	设计压差 耐压试验 压差	<input style="width: 100%;" type="text"/>	
产品标准	<input style="width: 15%;" type="text"/>	最高允许 工作压力	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
设备自重	<input style="width: 15%;" type="text"/>	设计温度	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
换热面积	<input style="width: 15%;" type="text"/>	工作介质	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
制造许可 级别	<input style="width: 15%;" type="text"/>	容积	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
		主体材料	<input style="width: 20%;" type="text"/>	<input style="width: 20%;" type="text"/>
制造日期	<input style="width: 15%;" type="text"/>	制造许可 证编号	<input style="width: 100%;" type="text"/>	
制造单位	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
设备代码	<input style="width: 100%;" type="text"/>			
铭牌的拓印件或者复印件存于压力容器产品质量证明文件中				

图 B.1 铭牌样式

附录 C
(资料性附录)
安装检查表

板壳式热交换器安装检查表见表 C.1。

表 C.1 板壳式热交换器安装检查表

序号	内容	要求	检测结果	日期
1	壳体的外观检查	应无焊接、无撞击痕迹		
2	起吊热交换器	使用合适的设备，使用指定的吊耳		
3	热交换器卸压	热交换器在运输和储存期间应充氮保护		
4	拆卸氮气管线			
5	拆卸工艺管嘴上的运输盲板	法兰面的外观检查，安装工作密封垫		
6	拆卸排液口、排气口盲板	法兰面的外观检查，安装工作密封垫		
7	安装排液口、排气口正式垫片	检查临时垫片是否更换为正式垫片		
8	检查设备法兰螺栓	检查螺栓是否松动，若松动，按要求预紧力上紧		
9	打开人孔	目视检查法兰面 进入前检测氧气和氮气浓度 检查壳体内部的清洁度		
10	内部宏观检查	由用户决定		
11	连接工艺管线	管线进行清理，用干燥空气（或氮气）进行吹扫。		
12	热交换器若较长时间不使用，应有隔离保护措施，建议充氮气直至投用	氮气压力= 0.02~0.03MPa（20℃）。存放期间检查周期为 15 天，停用期间检查周期为 7 天		
<p>注：1.本表应在设备安装后并于装置开车前通过传真或邮寄的方式反馈给热交换器供货商。</p> <p>2. 序号 1~6 为安装前检查项，序号 7~12 为吊装后检查项。</p>				