

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 6299-2024

螺旋盘管式焦炉上升管荒煤气
显热回收换热器

Waste heat recovery's spiral coiled exchanger of coke oven raw gas in riser pipe

2024-10-24发布

2025-05-01实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型式与基本参数	2
4.1 分类	2
4.2 型式	2
4.3 基本参数	2
4.3.1 外形尺寸参数	2
4.3.2 换热器性能参数	3
5 型号	4
5.1 表示方法	4
5.2 标记示例	4
6 技术要求	4
6.1 基本要求	4
6.2 材料	5
6.3 制造	5
6.4 焊接及无损检测	5
6.5 主要部件	5
6.5.1 筒体及其附件	5
6.5.2 换热螺旋盘管	6
6.6 安全、节能和环保要求	6
6.7 涂覆	6
6.8 外观	6
7 试验方法	7
7.1 外观检验	7
7.2 结构尺寸检验	7
7.3 壳体渗漏检验	7
7.4 无损检测	7
7.5 耐压试验	8
7.6 涂层脱离底材抗性试验	8
7.7 漆膜厚度测定	8
8 检验规则	9
8.1 一般要求	9
8.2 检验类别	9
8.3 出厂检验	9
8.4 型式检验	9
9 出厂资料	9
10 标志、包装、运输及贮存	9
10.1 标志	9
10.2 包装运输	10
10.3 贮存	10

前 言

本文件按照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》的规定起草。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由冶金机电标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：苏州航明环保节能科技有限公司、常州江南冶金科技有限公司。

本文件主要起草人：张臣堂、戴登跃、韩培、雷勇、马庆磊、陈歆。

本文件为首次发布。

螺旋盘管式焦炉上升管荒煤气显热回收换热器

1 范围

本文件规定了螺旋盘管式焦炉上升管荒煤气显热回收换热器的术语和定义、型式与基本参数、型号、技术要求、试验方法、检验规则、出厂资料、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于以水为热媒体，蒸汽设计压力 $\leq 6.4\text{MPa}$ 、温度 $\leq 450^\circ\text{C}$ 的螺旋盘管式焦炉上升管荒煤气显热回收换热器(以下简称“换热器”)，其他热媒体焦炉上升管荒煤气显热回收换热器亦可参照使用。

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 压力容器第1部分：通用要求

GB/T 150.2 压力容器第2部分：材料

GB/T 150.3 压力容器第3部分：设计

GB/T 150.4 压力容器第4部分：制造、检验和验收

GB/T 151 热交换器

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口(GB/T 985.1-2008,ISO 9692-1:2003,MOD)

GB/T 1184-1996 形状和位置公差未注公差值

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 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB/T8163 输送流体用无缝钢管

GB/T 8923.1-2011 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级(ISO 8501-1:2007,IDT)

GB/T 8923.3-2009 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级(ISO 8501-3:2006,IDT)

GB/T9286-2021 色漆和清漆划格试验(ISO 2409:2020,IDT)

GB 12710 焦化安全规程

GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 13306 标牌

GB/T 13452.2 色漆和清漆漆膜厚度的测定(GB/T 13452.2-2008,ISO 2808:2007,IDT)

GB/T 32818-2016 冶炼设备术语

NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装

NB/T 47003.1-2022 压力容器第一部分：钢制焊接压力容器

NB/T47013.2-2015 承压设备无损检测第2部分：射线检测

NB/T 47013.3-2015 承压设备无损检测第3部分：超声检测

NB/T47013.7 承压设备无损检测第7部分：目视检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焦炉 coke oven;cokemaking oven;furnace oven

炼焦炉

用煤炼制冶金焦炭的窑炉。

[来源: GB/T 32818-2016,2.1]

3.2

螺旋盘管式焦炉上升管荒煤气显热回收换热器 waste heat recovery's spiral coiled exchanger of coke oven raw gas in riser pipe

通过除盐水与焦炉上升管内的高温荒煤气换热,将荒煤气的部分显热换取出来的螺旋盘管式换热器。由换热器的外壳体(或外保护管),导热填料(或炉衬材料),水(或蒸汽)管道,连接法兰及外保温层等部分组成。

4 型式与基本参数

4.1 分类

按照换热器用途分类:分为饱和蒸汽换热器和过热蒸汽换热器。

按照换热器型式分类:分为内盘管换热器和外盘管换热器。

按照换热器螺旋盘管的程数分类:分为单程盘管换热器、双程盘管换热器及多程盘管换热器。

注: 换热器螺旋盘管的程数是指螺旋盘管的并联根数。

4.2 型式

换热器的型式为立式结构。

4.3 基本参数

4.3.1 外形尺寸参数

换热器结构型式见图1、图2,外形及尺寸参数见表1。

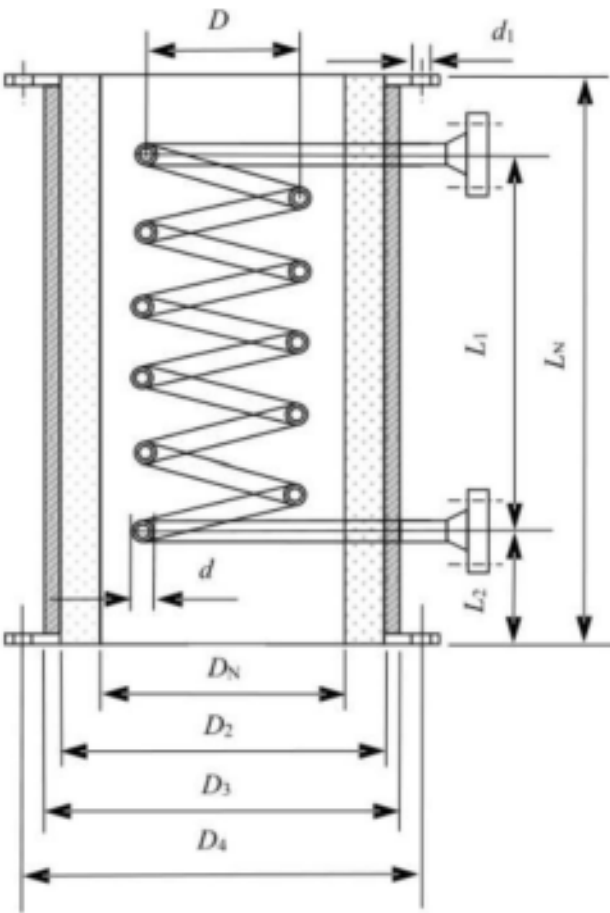


图1 单程内盘管换热器结构示意图

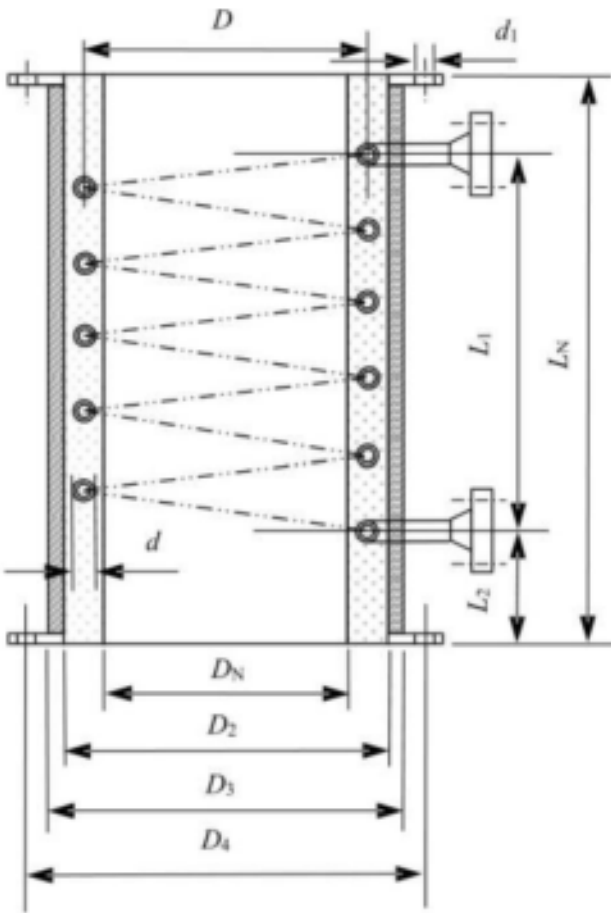


图2 单程外盘管换热器结构示意图

表1 上升管换热器外形尺寸参数

焦炉炭化室高度h/m	≥4.3~6	≥6~7	≥7
换热器高度Ln/mm	与焦炉设计要求一致		
出入管法兰间定位尺寸Li/mm	2100~3000	2500~3300	2800~3800
下法兰定位尺寸L2/mm	100~150		
换热盘管直径D/mm	φ 250~φ 800		
换热管直径d/mm	DN 20~DN50		
公称直径DN/mm	与焦炉设计要求一致		
换热器内径D2/mm	与焦炉设计要求一致		
换热器外径D3/mm	φ 640~φ 780	φ 680~φ 760	φ 740~φ 880
法兰安装孔分布圆直径D4/mm	与焦炉设计要求一致		
安装孔直径di/mm	与焦炉设计要求一致		
安装孔数量/n	与焦炉设计要求一致		

4.3.2 换热器性能参数

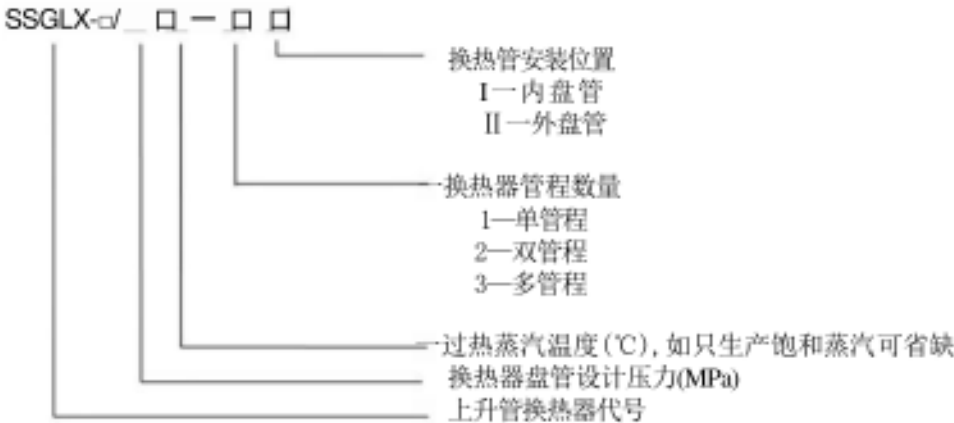
上升管换热器主要性能参数见表2。

表2 上升管换热器主要性能参数

技术参数	饱和蒸汽换热器			过热蒸汽换热器		
焦炉炭化室高度/m	≥4.3~6	≥6~7	≥7	≥4.3~6	≥6~7	≥7
荒煤气进口压力/Pa	与焦炉设计一致					
荒煤气进口温度/℃	650~950					
荒煤气出口温度/℃	480~600					
蒸汽温度/℃	165~280			350~450		
蒸汽压力/MPa	0.6~6.4					
吨焦产汽量/(kg/h·t)	60~110					
设计使用年限/a	10年以上					

5 型号

5.1 表示方法



5.2 标记示例

示例1:

上升管螺旋式换热器, 设计压力为1.6MPa, 生产饱和蒸汽, 换热器采用双管程, 安装在焦炉上升烟道管内, 其型号标记为: SSGLX-1.6-2I

示例2:

上升管螺旋式换热器, 设计压力为2.5 MPa, 过热蒸汽温度为350℃, 换热器采用单管程, 安装在焦炉上升烟道管外, 其型号标记为: SSGLX-2.5/350-1 II

6 技术要求

6.1 基本要求

- 6.1.1 换热器应符合本文件的规定, 并应按规定程序批准的图纸和技术文件制造。
- 6.1.2 换热器应具有足够的强度、刚度、稳定性及耐腐蚀性。
- 6.1.3 受压元件的强度、刚度和稳定性计算按GB/T 150.3的规定。
- 6.1.4 非受压元件的强度、刚度和稳定性按NB/T 47003.1及本文件的有关规定进行设计。
- 6.1.5 材料、外购配件进厂时, 应审核其质量证明书和标记, 符合相应标准后方可投入使用。

6.1.6 换热器的连续抗干烧时间不少于48h,且保证在干烧后可以正常稳定工作。

6.1.7 换热器所处系统应设置热媒水/蒸汽的温度、压力监测仪表和设备,保证在预期的运行工况下换热器系统工作可靠,保证水/蒸汽动力特性稳定,防止传热恶化。

6.1.8 换热器所处系统应设置荒煤气温度监测仪表和设备,与热媒水/蒸汽监测系统联动,以保证焦炉荒煤气进出口温度稳定以防止焦油凝析或结焦现象的发生。

6.1.9 换热器应保证各元件壁温不超过其材料的许用温度,应根据内外壁温度及接触介质特性,均应考虑腐蚀、结垢等因素,采取抗氧化、抗腐蚀、自清洁等措施。

6.1.10 筒体内壁、换热盘管荒煤气侧壁表面应光滑、无死角,换热盘管内壁应光滑、无凸起、无死角,水路通畅。

6.2 材料

选用材料时应考虑换热器的运行条件(压力、温度以及其他环境因素)、材料的性能(力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能等)、制造单位的加工工艺和装备,选用原则如下:

- a) 受压元件用材料的选用原则、标准、热处理状态及许用应力值等均应符合GB/T 150.2及GB/T 151的规定;
- b) 常压壳体元件用材料选用原则、标准、热处理状态及许用应力值等均应符合NB/T 47003.1的规定;
- c) 焊接材料的选用应当满足相应焊材标准和产品标准的要求,并且附有质量证明书和清晰、牢固的标志。

6.3 制造

- a) 受压元件的制造应采用适宜的工艺和方法,不应产生影响安全和使用的附加应力、有害缺陷;
- b) 螺旋盘管弯制时宜进行工艺试验,以验证所采用的弯管工艺满足产品技术要求;
- c) 换热器的制造、检验与验收应符合本文件规定外,还应符合设计图纸及GB/T 150.1、GB/T 150.4和NB/T 47003.1的规定;
- d) 制造单位应按照设计文件要求进行制造,如需要对原设计进行修改,应取得原设计单位出具的设计变更文件,制造单位应将设计改动内容在竣工图上做详细记载。

6.4 焊接及无损检测

6.4.1 换热器受压元件的焊接应采用经评定合格的焊接工艺,焊接工艺评定应符合NB/T 47014的规定。

6.4.2 换热器的对接接头应采用气体保护焊。

6.4.3 换热器受压元件焊接应符合NB/T 47015的规定。

6.4.4 除另有规定,受压元件对接焊接接头需进行100%的射线或超声检测,要求如下:

- a) 焊接接头的射线检测技术等级不应低于NB/T 47013.2-2015的AB级,焊接接头质量等级不低于III级;
- b) 焊接接头的超声检测技术等级不应低于NB/T 47013.3-2015的B级,焊接接头质量等级不低于II级。

6.5 主要部件

6.5.1 筒体及其附件

6.5.1.1 常压筒体及其附件的设计、制造、检验与验收按NB/T 47003.1的规定执行。

6.5.1.2 常压筒体外形尺寸未注线性和角度公差按GB/T 1804-2000中m级、形状和位置公差按GB/T 1184-1996中K级规定执行。

6.5.1.3 换热器筒体制造完成后,应按图纸要求进行煤油渗漏试验。

6.5.2 换热螺旋盘管

6.5.2.1 换热螺旋盘管采用无缝钢管，根据工况、工艺选择牌号。无缝钢管应符合GB/T8163、GB/T 5310、GB/T 13296等标准的要求。

6.5.2.2 螺旋盘管允许弯管前拼接，采用气体保护焊，焊接坡口按GB/T 985.1的规定执行；对接焊缝高度应不低于母材表面，焊缝与母材应平滑过渡，焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑、气孔、咬边等情况。

6.5.2.3 螺旋盘管对焊接头应按照6.4.4的规定进行无损检测。

6.5.2.4 换热螺旋盘管成型后外表面不允许有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤等。

6.5.2.5 换热螺旋盘管的允许偏差(见图3)应符合下列规定：

a) $a = \pm 5 \text{ mm}$;

b) $m \leq 1 \text{ mm}$, 局部不得大于 4 mm , $n \leq 3 \text{ mm}$ 。

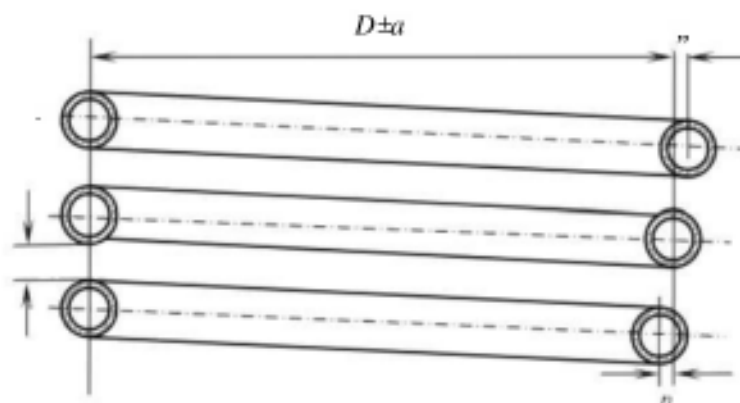


图3 换热盘管的允许偏差

6.5.2.6 换热盘管在弯管前拼接焊接后及弯管成型后，应分别进行通球试验，以钢球通过为合格。

6.5.2.7 换热盘管整型后装配前，应单独进行水压试验，试验压力为设计压力的1.5倍，保压30 min，金属壁和各焊接接头上无渗透、无可见的变形和异常声响为合格。

6.6 安全、节能和环保要求

6.6.1 换热器的安全要求应符合GB 12710的要求。

6.6.2 换热器所处系统应设置有效的检测仪表和设备，当换热盘管出现泄漏时，能自动切断换热器的进水(汽)口阀门和出水(汽)口阀门。

6.6.3 对换热器进行优化设计，提高换热效率，满足能效要求。

6.6.4 换热器的节能环保应当符合法律、法规及相关标准的要求。

6.7 涂敷

6.7.1 涂敷前应清除毛刺、焊渣、飞溅物、积灰和疏松的氧化铁皮、铁锈以及可见的油脂和污垢。

6.7.2 涂敷前进行喷(抛)丸除锈处理，应达到GB/T 8923.1-2011中的Sa21/2、St2及GB/T 8923.3-2009中的P2级。

6.7.3 涂料耐热温度 $\geq 300^\circ\text{C}$ ，推荐的漆膜总厚度为 $75 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 。

6.7.4 涂层脱离底材的抗性应符合GB/T 9286-2021规定的2级质量要求。

6.7.5 涂敷及涂敷质量按NB/T 10558的规定执行。

6.8 外观

制造完工后的每台换热器的外观应符合下列规定：

- a) 换热器受压元件焊接接头(包括非受压元件与受压元件焊接的接头)应当进行外观检查,并且至少满足以下要求:
 - 1) 焊缝外形尺寸应符合设计图纸和工艺文件的要求;
 - 2) 对接焊缝高度不应低于母材表面,焊缝与母材应当平滑过渡,焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑、未熔合和气孔。
- b) 外观应符合设计图纸的规定,设备表面应光滑,不得有裂纹、重皮、夹渣和深度超过0.5mm的凹坑以及深度超过0.3mm的划伤、腐蚀等缺陷。

7 试验方法

7.1 外观检验

外观检验按NB/T 47013.7执行。

7.2 结构尺寸检验

7.2.1 换热器的连接、外形尺寸、壁厚等采用相应精度等级的量具进行检测。

7.2.2 通球检查

7.2.2.1 螺旋盘管的对接接头或弯管应进行通球检查,通球检查应采用钢球,通球直径 d_0 按表3、表4的规定。

7.2.2.2 既有弯管又有对接接头的管子,通球直径应选用表3和表4规定中的较小值。

7.2.2.3 通球用钢球的制造直径偏差为 -0.2mm ,即实际选用钢球直径允许比通球直径小 0.2mm 。

7.2.2.4 为保证管子内部清洁度而进行的通球检查可采用海绵球,试验用压缩空气的压力约 0.4MPa 。

表3 对接接头通球直径

单位为毫米

d	$d \leq 25$	$25 < d \leq 40$	$40 < d \leq 50$
d_b	$\geq 0.75d$	$\geq 0.80d$	$\geq 0.85d$
注: d ——管子的公称内径。			

表4 弯管通球直径

单位为毫米

R/D	$R/D < 1.0$	$1.0 \leq R/D < 1.4$	$1.4 \leq R/D < 1.8$	$1.8 \leq R/D < 2.5$	$2.5 \leq R/D < 3.5$	$R/D \geq 3.5$
d_b	$\geq 0.65d$	$\geq 0.70d$	$\geq 0.75d$	$\geq 0.80d$	$\geq 0.85d$	$\geq 0.90d$
注: R ——管子弯曲半径; D ——管子的公称外径; d ——管子的公称内径。						

7.3 壳体渗漏检验

将焊接接头能够检查的一面清理干净,涂以白粉浆,晾干后,在焊接接头另一面涂以煤油,使表面得到足够的浸润,经 0.5h 后以白粉上没有油渍为合格。

7.4 无损检测

7.4.1 焊接接头的无损检测应当在形状、尺寸和外观质量检查合格后进行。

7.4.2 射线检测方法应符合设计图纸及NB/T 47013.2的规定；超声检测方法应符合设计图纸及NB/T 47013.3的规定。

7.5 耐压试验

7.5.1 基本要求

换热器制造完工后应按设计图纸规定进行耐压试验。耐压试验一般采用液压试验，试验液体一般采用水，需要时也可以采用不会导致危险的其他液体。要求如下：

- a) 受压元件应当在无损检测后进行耐压试验；
- b) 试验场地应当有可靠的安全防护设施；
- c) 水压试验应当在环境温度高于或者等于5℃时进行，低于5℃时应当有防冻措施；
- d) 水压试验所用的水应当是洁净水，水温应当保持高于周围露点温度以防止表面结露，但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力；
- e) 合金钢受压元件的水压试验水温应当高于所用钢种的脆性转变温度；
- f) 奥氏体受压元件水压试验时，应当控制水中的氯离子含量不超过25mg/L，如不能满足要求，水压试验后应当立即将水渍去除干净。

7.5.2 试验用仪表选用

压力表的选用应符合下列规定：

- a) 应使用两个精度、量程相同，并经检定合格且在检定周期内的压力表；
- b) 压力表的量程应为1.5～3倍的试验压力，宜为试验压力的2倍；
- c) 压力表的精度不得低于1.6级；
- d) 压力表的表盘直径不得小于100 mm。

7.5.3 试验条件

液压试验前，检查人员应确认受压元件的材料、焊接和无损检测均符合本文件要求，受压元件的内外部清理干净，无锈斑和涂漆。

7.5.4 试验程序和步骤

- a) 试验产品内的气体应当排净并充满液体，试验过程中，应保持容器观察表面的干燥；
- b) 当试验产品器壁金属温度与液体温度接近时，方可缓慢升压至设计压力，确认无泄漏或异常现象后，继续升压至规定的试验压力，保压时间为30 min，然后降至设计压力，保压足够时间进行检查，检查期间压力应当保持不变。

7.5.5 液压试验的合格标准

符合以下条件为液压试验合格：

- a) 无渗漏；
- b) 无可见的变形；
- c) 试验过程中无异常的响声。

7.6 涂层脱离底材抗性试验

涂层脱离底材的抗性试验按GB/T 9286执行。

7.7 漆膜厚度测定

漆膜厚度的测定按GB/T 13452.2执行。

8 检验规则

8.1 一般要求

换热器应由制造厂的技术检验部门按本文件进行检验，合格后方可出厂。

8.2 检验类别

换热器的检验分为出厂检验和型式检验。

8.3 出厂检验

每台换热器制造后均应进行出厂检验，检验项目如下：

- a) 外观(包括标识)；
- b) 结构、连接尺寸；
- c) 耐压试验；
- d) 渗漏试验。

8.4 型式检验

8.4.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制、定型、鉴定或老产品转厂生产；
- b) 正常生产后，产品结构、材料、工艺有较大改变，有可能影响产品性能；
- c) 正常生产后，每二年至少进行一次定期检验；
- d) 长期停产后恢复生产；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- f) 国家质量监督机构提出型式检验要求。

8.4.2 型式试验项目：

- a) 所有出厂检验项目；
- b) 漆膜涂层脱离底材抗性评定；
- c) 漆膜厚度。

8.4.3 型式检验应从出厂检验合格的产品中随机抽取二台。在规定的检验项目中，每个检验项目均应符合要求。检验中若有不合格项，则应加倍抽样进行该项目的复检，如复检合格，则判定型式试验合格。若仍有一台不合格，则判定为不合格。

9 出厂资料

换热器出厂时，应向使用单位提供与安全有关的出厂资料，其至少包括以下内容：

- a) 竣工总图；
- b) 设计文件(含强度计算书以及其他必要的设计文件)；
- c) 产品质量证明书；包括产品合格证(金属材料质量证明、焊接质量证明和耐(水)压试验证明等)；
- d) 受压元件与设计文件不符的变更资料；
- e) 对使用有特殊要求时，还应提供安装说明书和使用说明书。

10 标志、包装、运输及贮存

10.1 标志

换热器应当在明显的位置用铆接或焊接等永久固定的方法安装金属制作的铭牌,铭牌型式与尺寸应符合GB/T 13306的规定。铭牌上至少应包括以下内容:

- a) 制造单位名称;
- b) 产品名称;
- c) 产品型号;
- d) 产品编号;
- e) 工作介质;
- f) 设计压力(MPa);
- g) 耐压试验压力(MPa)
- h) 设计温度(℃);
- i) 产品重量(kg);
- j) 制造日期(年、月)。

10.2 包装运输

换热器的包装运输应符合NB/T 10558的规定。

10.3 贮存

- a) 换热器贮存在室内时,不得与有毒有害及腐蚀性气体混同一库;
- b) 换热器置于室外时,要有防潮、防晒、防冻等措施。
- c) 无论室内室外,当环境温度低于0℃时,盘管内不得留有易冻介质(如水等),以防冻裂盘管。