

ICS 71. 120. 30; 75. 180. 20; 23. 020. 30

G 93

备案号: 34468—2012

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 2650—2011

代替 HG/T 2650 1995

水冷管式换热器

Water cooled tubular heat exchangers

2011-12-20 发布

2012-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 总则 2

4 术语和定义 3

5 要求 3

6 试验与试验方法..... 15

7 出厂文件..... 16

8 标志、油漆、包装、运输 16

前 言

本标准代替 HG/T 2650—1995《钢制管式换热器》。

本标准与 HG/T 2650—1995 相比主要变化如下：

——由于换热器确定水为唯一的冷却介质，故标准名称由《钢制管式换热器》改为《水冷管式换热器》；

——参照 GB 151—1999 标准，增加了换热管可采用奥氏体不锈钢焊接钢管；

——增加了换热器设计、制造的资格和职责；

——增加了换热器型号表示方法；

——套管式换热器还应遵照 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国化工机械与设备标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：安徽六方深冷股份有限公司。

本标准主要起草人：孙国梁、陈辉煌、陈红梅、杨维清。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——HG 5-1548—1984；

——HG 5-1617—1986；

——HG/T 2650—1995。

水冷管式换热器

1 范围

本标准规定了非直接受火的水冷管式换热器(以下简称“换热器”)的总则、术语和定义、要求、试验与试验方法、出厂文件和标志、油漆、包装、运输。

本标准适用于设计压力 $p \leq 35$ MPa 的钢制水冷排管式(淋水式)和套管式换热器(包括 U 形换热管、排管、套管、连通管)及与换热器连为整体的受压零部件和支承钢架。

本标准不适用于要求作疲劳分析的换热器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 150—1998 钢制压力容器

GB 151—1999 管壳式换热器

GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸(mod GB/T 196—2003,ISO 724 : 1993)

GB/T 197 普通螺纹 公差(mod GB/T 197—2003,ISO 965-1 : 1998)

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法[eqv GB/T 228—2002,ISO 6892 : 1998(E)]

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法(mod GB/T 229—2007,ISO 148-1 : 2006)

GB 1576 工业锅炉水质

GB/T 2649 焊接接头机械性能试验取样方法

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法(mod ISO 3651-1 : 1998,ISO 3651-2 : 1998)

GB 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法(mod ISO 9303 : 1989)

GB 6479 高压化肥设备用无缝钢管[neq ISO 9329-2 : 1997(E)]

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管(neq EN 10216-1 : 2004)

GB 9948 石油裂化用无缝钢管(neq ISO 9329-2 : 1997)

GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管

GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管(neq ASME SA-213/213M : 2001)

GB/T 13306 标牌

GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管(neq ASTM A269 : 2000)

JB/T 2778 阀门零部件 高压管件和紧固件温度标记

JB 4708 钢制压力容器焊接工艺评定

JB/T 4709 钢制压力容器焊接规程

JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装

JB 4726 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件

JB 4728 压力容器用不锈钢锻件

JB/T 4730.1 承压设备无损检测 第1部分:通用要求

JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分:射线检测

- JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- JB/T 4730.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测
- JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
- TSG R0004—2009 固定式压力容器安全技术监察规程

3 总则

3.1 一般要求

换热器的设计、制造、检验和验收,除必须符合本标准的规定外,还应遵守 GB 150—1998、GB 150—1999 和国家颁布的有关法令、法规及图样的要求。套管式换热器还应遵守 TSG R0004 2009 的要求(属于第Ⅰ类压力容器)。

3.2 资格和职责

3.2.1 资格

换热器的设计、制造单位必须具备健全的质量管理体系。设计单位应持有特种设备设计许可证,制造单位应持有特种设备制造许可证。

3.2.2 职责

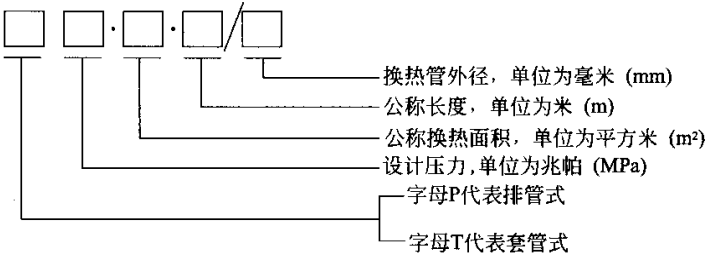
3.2.2.1 设计单位的职责包括:

- a) 设计单位对设计文件的正确性和完整性负责;
- b) 换热器的设计文件至少应包括设计计算书和设计图样;
- c) 换热器设计总图应盖有压力容器或压力管道设计许可证印章。

3.2.2.2 制造单位的职责包括:

- a) 制造单位必须按照设计图样要求进行制造;
- b) 制造单位在换热器制造过程中和完工后,应按本标准和图样规定对换热器进行检验和试验,提供报告,并对报告的正确性和完整性负责;
- c) 制造单位对其制造的每台换热器产品至少应具有下列技术文件备查,技术文件至少应保存 7 年:
 - 1) 制造工艺图或工艺卡;
 - 2) 材料质量证明文件;
 - 3) 焊接工艺和热处理工艺记录;
 - 4) 制造过程中及完工后的检验、试验记录;
 - 5) 原设计图和竣工图;
 - 6) 填写产品质量证明书并交付用户;
 - 7) 特种设备制造监督检验证书(水冷排管除外)。

3.3 换热器型号表示方法



示例:排管式换热器,其设计压力为 1.6 MPa,公称换热面积为 100 m²,公称长度为 6 m,换热管外径为 68 mm,其型号为 P1.6 · 100 · 6/68。

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

4.1

计算换热面积 calculation heat transfer area

以换热管外径为基准计算所得换热管外表面积,水冷排管一般不计入弯管段的外表面积,单位为平方米(m^2)。

4.2

公称换热面积 nominal heat transfer area

经圆整后的计算换热面积,单位为平方米(m^2)。

4.3 公称长度 nominal length

换热器的公称长度为换热器的直管段的长度。

4.4

设计压力 design pressure

指设定的换热器最高压力,与相应的设计温度一起作为设计载荷条件,其值不低于工作压力。

4.5

工作压力 working pressure

指在正常工作情况下可能达到的最高压力。

4.6

试验压力 test pressure

指在压力试验时的压力。

4.7

设计温度 design temperature

指换热器在正常工作情况下,设定的元件金属温度(沿金属横截面的温度平均值),设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

在任何情况下,元件金属的表面温度不得超过材料的允许使用温度。设计温度不得低于元件金属在正常工作状态可能达到的最高温度。

4.8

试验温度 test temperature

指压力试验时的金属温度。

5 要求

5.1 材料

5.1.1 选材原则

5.1.1.1 换热器用钢的标准、热处理状态、许用应力、无损检测标准及检验项目按 GB 150—1998 第 4 章及其附录 A 的规定。

5.1.1.2 选用未引入本标准且已有成功使用经验的材料时,应符合 GB 150—1998 附录 A 的要求。

5.1.1.3 换热器受压元件用钢除应符合本标准规定外,还应符合有关的国家标准和行业标准的规定,且应有齐全的材料质量证明书。

5.1.2 换热管

5.1.2.1 常用换热管可按下列标准选用:

- a) GB/T 8163;
- b) GB 9948;

- c) GB 5310;
- d) GB 6479;
- e) GB/T 14976;
- f) GB 13296;
- g) GB/T 12771。

5.1.2.2 符合 GB 150 1999 附录 C 的奥氏体不锈钢焊接钢管可用作换热管或外套管。

设计参数为:

- a) 设计压力不大于 6.4 MPa;
- b) 使用温度与相应钢号的无缝钢管相同。

5.1.2.3 当有成熟使用经验时,也可选用其他牌号或其他材料的换热管。

5.1.2.4 高压无缝钢管应逐根进行超声波检测,按 GB/T 5777 的规定,对比样管外表面纵向刻槽深度等级,冷拔(轧)钢管按 C5 执行,热轧(挤压、扩)钢管按 C8 执行。

5.1.2.5 钢管外表面如有裂纹、折叠、结疤、离层等缺陷时,允许用机械方法清除,不允许补焊,其缺陷清除处深度不得超过公称壁厚的负偏差。

5.1.2.6 允许存在的其他缺陷:

- a) 深度未超过壁厚负偏差的缺陷:如麻点、划痕、磕碰;
- b) 热轧管直道深度小于 0.3 mm。

5.1.2.7 有抗晶间腐蚀要求的不锈钢管应按图样规定做晶间腐蚀试验。

5.1.2.8 作为受压元件,必须进行材料标记移植。

5.1.3 锻件

5.1.3.1 法兰、平盖、高压连通管等碳素钢和低合金钢制锻件,其级别不得低于 JB 4726 规定的Ⅱ级;当设计压力大于等于 10.0 MPa 时,其级别不得低于 JB 4726 规定的Ⅲ级。

5.1.3.2 不锈钢锻件,其级别不得低于 JB 4728 规定的Ⅱ级;当设计压力大于等于 10.0 MPa 时,其级别不得低于 JB 4728 规定的Ⅲ级。

5.1.4 螺柱、螺栓、螺母

5.1.4.1 螺栓、螺柱用钢的标准、使用状态及许用应力按 GB 150 1998 的规定。

5.1.4.2 螺柱、螺栓的硬度宜比螺母高。

5.1.4.3 螺柱、螺栓和螺母的组合可按 GB 150 1998 表 5 选取。

5.2 设计

5.2.1 换热管

5.2.1.1 换热管的公称长度推荐采用 1.0 m、1.5 m、2.0 m、2.5 m、3.0 m、4.5 m、6.0 m、7.5 m、9.0 m、12.0 m。换热管的壁厚应按 GB 150—1998 的规定计算。

5.2.1.2 常用换热管的规格和尺寸偏差见表 1。

表 1 常用换热管的规格和尺寸偏差

单位为毫米

钢管 标准	钢管 种类	钢 管 尺 寸		允许偏差		
				普通级	高级	
GB 6479	热轧(挤压) 钢管	外径 D	≤ 159	$\pm 1.0\%$ (最小值为 $\pm 0.5\%$)	$\pm 0.75\%$ (最小值为 $\pm 0.3\%$)	
			> 159	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.90\%$	
		壁厚 S	≤ 20	$+15\%$	$\pm 10\%$	
				-10%		
			> 20	$+12.5\%$	$\pm 10\%$	
				-10.0%		
	冷拔(轧) 钢管	外径 D	$14\sim 30$	± 0.20	± 0.15	
			$> 30\sim 50$	± 0.30	± 0.25	
			> 50	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.6\%$	
		壁厚 S	≤ 3.0	$+12.5\%$ -10%	$\pm 10\%$	
			> 3.0	$\pm 10\%$	$\pm 7.5\%$	
			注:热扩钢管的外径允许偏差为 $\pm 1.0\%$,壁厚允许偏差为 $\pm 15\%$ 。			

5.2.1.3 套管换热器的外套管壁厚应按 GB 150—1998 的规定计算,但外套管最小壁厚不得小于表 2 的规定。

表 2 外套管最小壁厚

单位为毫米

外套管直径	32~45	57~76	83~102	108~133	140~159
壁厚	2.5	3	3.5	4	5

5.2.2 换热管的直角弯头和 U 形弯头

5.2.2.1 弯管段的弯曲半径 R 见图 1。

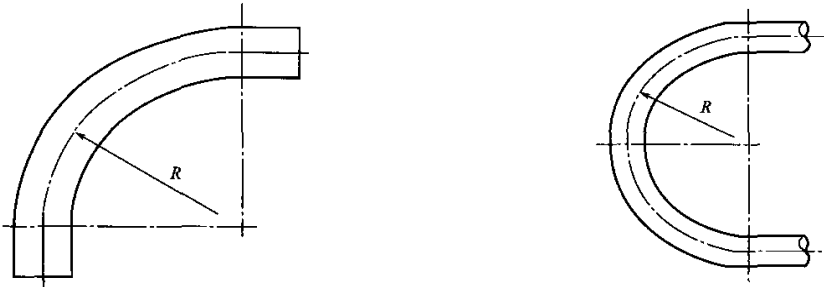


图 1

5.2.2.2 直角弯头和 U 形弯头的弯曲半径 R 应分别不小于 1.5 倍和 2 倍的管子外径。常用换热管的最小弯曲半径可分别按表 3、表 4 选取。

表 3 直角弯头最小弯曲半径 单位为毫米

换热管外径	10	14	19	25	32	38	45	57
直角弯头弯曲半径 R	15	22	30	40	50	60	70	90

表 4 U 形弯头最小弯曲半径 单位为毫米

换热管外径	10	14	19	25	32	38	45	57
U 形弯头弯曲半径 R	20	30	40	50	65	75	90	115

5.2.2.3 弯管段弯前的最小壁厚按式(1)计算。

$$\delta_0 = \delta_1 \left(1 + \frac{d}{4R} \right) \dots\dots\dots (1)$$

- 式中：
- δ_0 —— 弯前管子的最小壁厚,单位为毫米(mm)；
 - δ_1 —— 直管段的计算壁厚,单位为毫米(mm)；
 - d —— 换热管外径,单位为毫米(mm)；
 - R —— 弯管段的弯曲半径,单位为毫米(mm)。

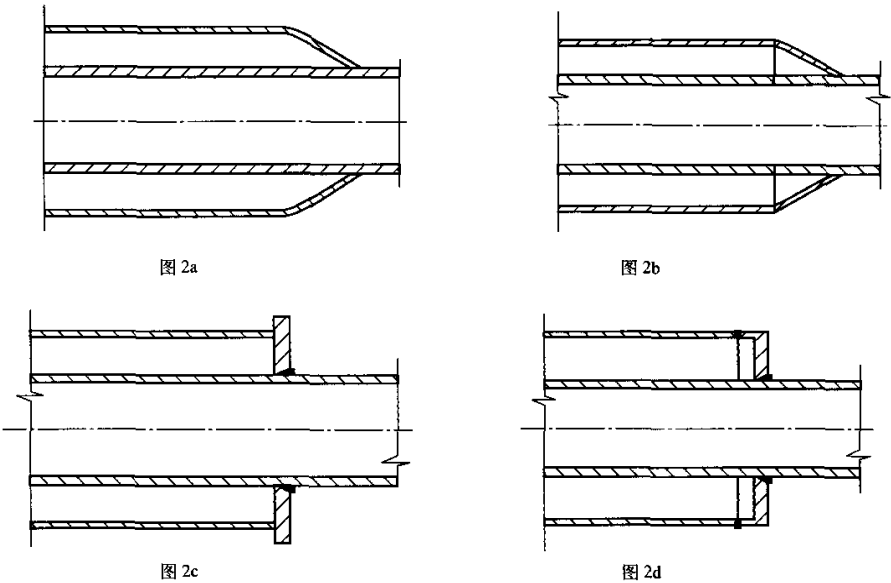
5.2.3 换热管的拼接

换热管拼接应符合 5.3.1 的要求,如不允许拼接时,应在图样中注明。

5.2.4 套管换热器的外套管

5.2.4.1 套管端结构分为不可拆式和可拆式两种结构：

a) 不可拆式结构见图 2a、图 2b、图 2c、图 2d；



b) 可拆式结构见图 3a、图 3b、图 3c、图 3d、图 3e、图 3f、图 3g。

可拆式管端的密封应选择耐高温、抗腐蚀和耐老化的密封材料。

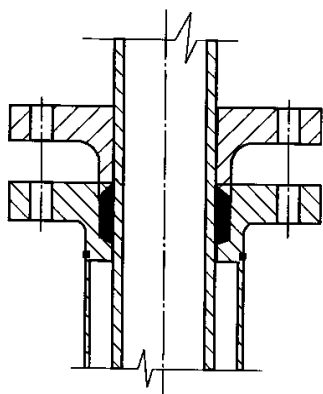


图 3a

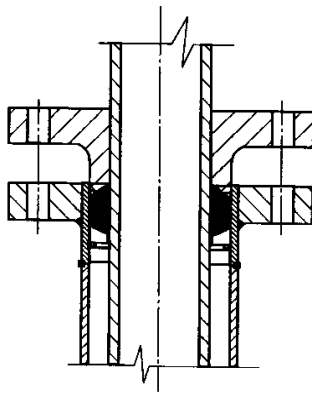


图 3b

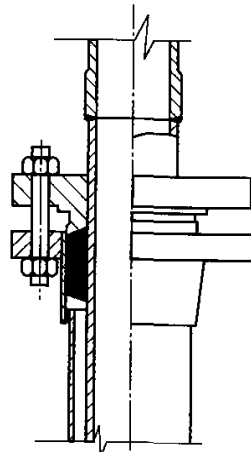


图 3c

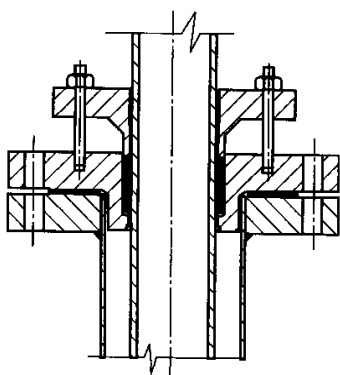


图 3d

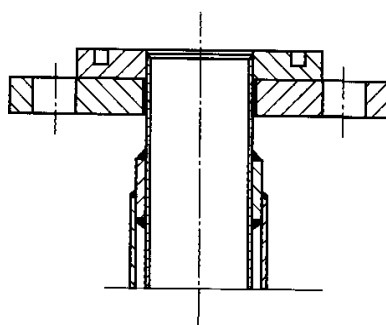


图 3e

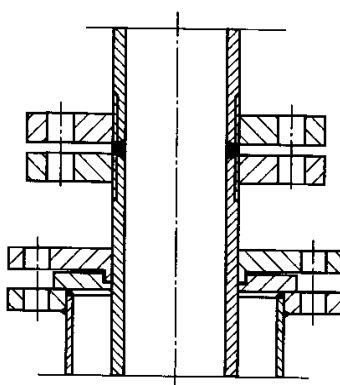


图 3f

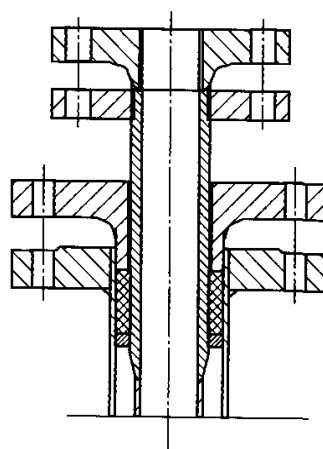


图 3g

5.2.4.2 内管与套管间的支撑结构见图 4。

当套管长度大于 3 m 时,为确保套管与内管的间距均匀,对应于套管长度中间位置的内管上应设置支撑板,支撑板长度为 100 mm,三等分分布于内管上,点焊固定。

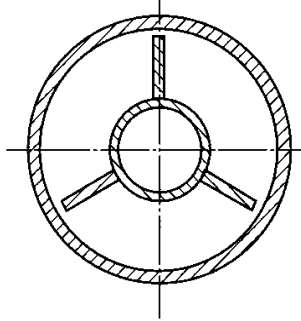


图 4

5.2.5 套管侧向结构

套管的管侧连接结构形式见图 5。

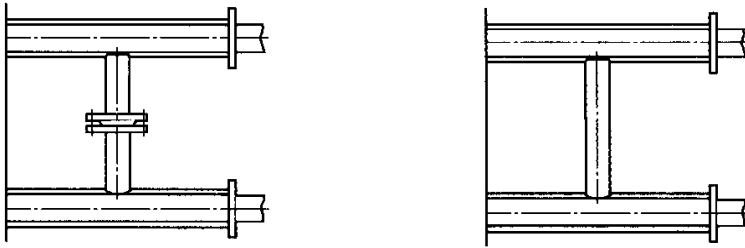


图 5

5.2.6 内管增设传热翅片的结构

套管换热器的内管外壁可按传热要求增设传热翅片,其结构见图 6,此时可不另设支撑板。

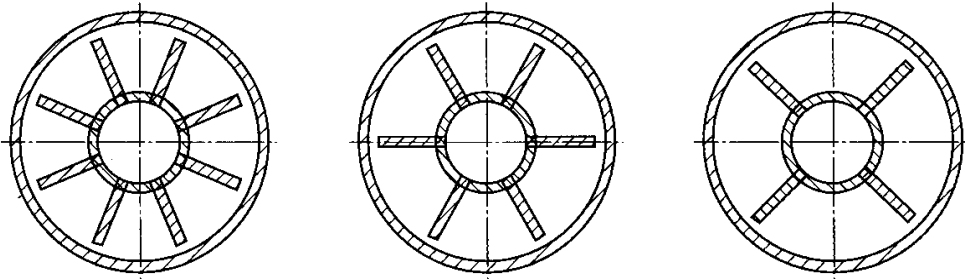


图 6

5.2.7 管子排列形式

排管式换热器的管子排列及连接形式见图 7。

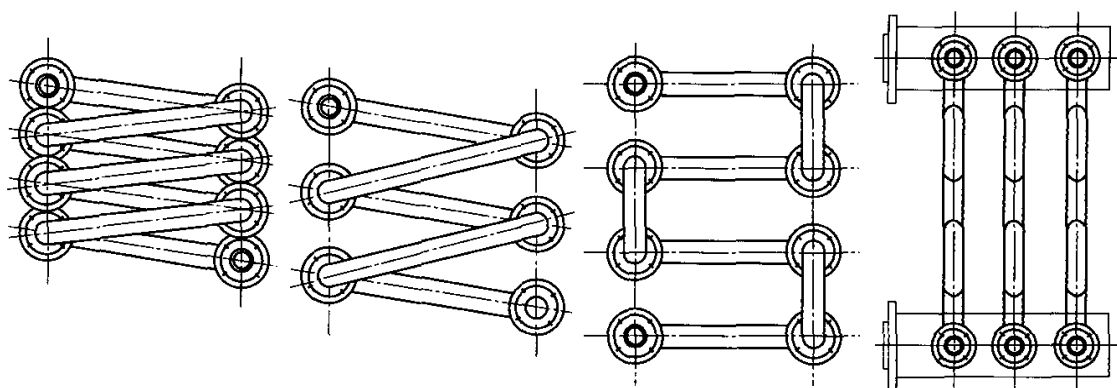


图 7

5.2.8 螺纹基本尺寸及公差

换热器上用的螺栓、螺柱和螺母及在管件上加工螺纹时,其螺纹基本尺寸及公差如下:

5.2.8.1 螺纹的基本尺寸、公差分别按 GB/T 196、GB/T 197 规定。

5.2.8.2 螺纹配合精度按 6 g 或 6 H 的要求。

5.2.8.3 螺纹表面粗糙度 $R_a \leq 6.3 \mu\text{m}$ 。

5.2.9 换热器水压试验压力的确定

换热器水压试验压力按公式(2)计算确定。

$$p_T = 1.5 p [\sigma] / [\sigma]^T \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

p_T ——水压试验压力,单位为兆帕(MPa);

p ——设计压力,单位为兆帕(MPa);

$[\sigma]$ ——试验温度时的材料许用应力,单位为兆帕(MPa);

$[\sigma]^T$ ——设计温度时的材料许用应力,单位为兆帕(MPa)。

5.2.10 泄漏试验

当换热管内盛装介质的毒性程度为极度、高度危害或者不允许有微量泄漏时,设计应当提出泄漏试验的方法和要求。

5.2.11 水质

冷却水的水质应当符合 GB 1576 的规定。

5.3 加工与成型

5.3.1 换热管的拼接要求

5.3.1.1 拼接的焊接接头应作焊接工艺评定。试件的数量、尺寸、试验方法按 JB 4708 的规定。

5.3.1.2 拼接接头数量应符合下列规定:

- a) 同一根换热管长度小于 2 m,不允许拼接;
- b) 包括至少 50 mm 直管段的 U 形弯管段范围内不允许拼接;
- c) 同一根换热管长度大于 2 m,允许有一个接头,拼接管子最小长度应大于 500 mm;
- d) 同一根换热管长度大于 5 m 时,允许有不超过 2 个接头,拼接管子最小长度应大于 500 mm。

5.3.1.3 换热管管端坡口加工应符合下列规定:

- a) 宜采用机械加工方法;
- b) 坡口表面不允许有裂纹、分层、夹渣等缺陷;
- c) 标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540 \text{ MPa}$ 的钢管及 Cr-Mo 低合金钢管,若采用火焰切割方法加工

坡口,该坡口表面进行磁粉检测或渗透检测,符合 JB/T 4730.4~JB/T 4730.5 的Ⅰ级要求。

5.3.1.4 焊接接头的对口错边量应不超过管子壁厚的 10 %,且不大于 0.5 mm。

5.3.1.5 管子对接后,应选取规定直径的钢球对接头进行通球检查,以钢球通过为合格。通球直径见表 5。

表 5 通球直径
单位为毫米

接头管子外径 d_0	≤ 25	$>25\sim 40$	>40
钢球直径	$0.75\ d_i$	$0.8\ d_i$	$0.85\ d_i$
注: d_i — 换热管内径。			

5.3.1.6 对接后的换热管应逐根进行水压试验,试验压力为设计压力的 2 倍。

5.3.1.7 凡符合下列情况之一的对接接头需进行 100 %射线检测,符合 JB/T 4730.2 的Ⅱ级要求:

- a) 设计压力 $p\geq 10\text{ MPa}$ 的钢管对接接头;
- b) 标准抗拉强度下限值 $R_m\geq 540\text{ MPa}$ 的钢管及 Cr-Mo 低合金钢管的对接接头。

5.3.2 直角弯头、U 形弯头成形

5.3.2.1 成形后的热处理

- a) 冷弯
 - 1) 下列情况之一,弯管成形后可不作热处理:
 - 奥氏体不锈钢管;
 - 碳钢、低合金钢,其弯曲半径大于等于 5 倍管子外径。
 - 2) 下列情况之一,弯管成形后要作热处理:
 - 有耐应力腐蚀要求,要作消除应力热处理;
 - 盛装介质的毒性程度为极度或高度危害的,要作消除应力热处理;
 - 碳钢、低合金钢,其弯曲半径小于 5 倍管子外径;
 - 图样注明要求热处理。
- b) 热弯
 - 1) Cr-Mo 钢管热弯成形后应进行正火处理。
 - 2) 奥氏体不锈钢管热弯成形后应进行固溶处理或稳定化处理,且应作晶间腐蚀试验。

5.3.2.2 弯管段壁厚减薄量

壁厚减薄量不得超过弯制前壁厚的 15 %。

5.3.2.3 弯管段的圆度偏差

- a) 当弯曲半径大于等于 2.5 倍管子外径时,其圆度偏差应小于管子外径的 10 %。
- b) 当弯曲半径小于 2.5 倍管子外径时,其圆度偏差应小于管子外径的 15 %。

5.3.2.4 弯管的皱折深度及皱折波距

弯曲段内侧的皱折深度、皱折波距见图 8。

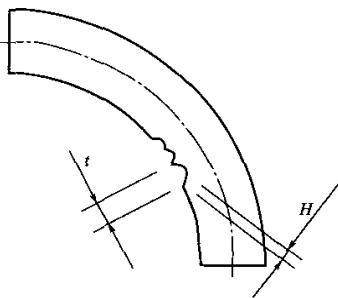


图 8

- a) 皱折深度 $H(\text{mm})$ 应小于管子外径的 4 % , 且应符合表 6 的规定。
b) 皱折波距 $t(\text{mm})$ 应大于 $4H$ 。

表 6 弯管的皱折深度 单位为毫米

管子外径 D	<76	76	$76 < D \leq 108$	133	≥ 159
皱折深度 H	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5	≤ 6

5.3.2.5 弯管段形状偏差

- a) 直角弯头形状偏差见图 9。

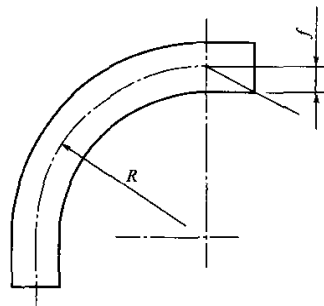


图 9

中心线应互相垂直, 端部测量偏差值 f 见表 7。

表 7 弯管的端部偏差 单位为毫米

管子外径	≤ 50	> 50
偏差值 f	± 1.0	± 1.5

- b) U 形弯头形状偏差见图 10。

在同一个平面上, 两轴线应平行, 平行度偏差 Δl 应小于 1 % L , 且 Δl 不超过 $\pm 2.0 \text{ mm}$, 封闭端尺寸偏差 e 不超过 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 。

- c) 弯曲半径偏差见表 8, 内侧用 45° 扇形形状样板检查。

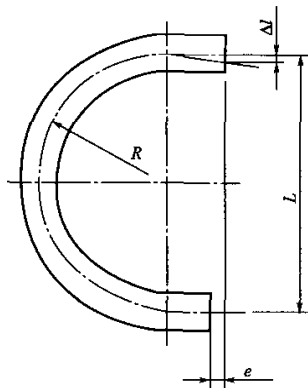


图 10

表 8 弯曲半径偏差

单位为毫米

管子外径 d_0	$d_0 \leq 38$	$38 < d_0 \leq 83$	$d_0 > 83$
半径偏差	± 3.0	± 4.0	± 5.0

5.3.2.6 弯管段表面质量

- a) 高压碳钢管弯管段,应进行磁粉探伤,符合 JB/T 4730.4 规定的 I 级要求。
- b) 高压不锈钢管弯管段,应进行渗透探伤,符合 JB/T 4730.5 规定的 I 级要求。
- c) 弯管段表面均应经外观检查,不应有裂纹、折裂、分层等缺陷,若有缺陷,允许用机械方法清除缺陷,被清除缺陷的部位,其最小壁厚应符合 5.3.2.2 的规定。
- d) 热弯成形或热处理后,弯管段表面经外观检查,不应有裂纹、分层、过烧及超过壁厚负偏差的划痕、凹坑等缺陷。

5.3.3 高压直管、管件及透镜垫加工

5.3.3.1 螺纹、密封锥面加工后的中心线与管端内孔中心线同轴度偏差见表 9。

表 9 同轴度偏差

单位为毫米

管子外径 d_0	$d_0 \leq 32$	$32 < d_0 \leq 65$	$d_0 > 65$
同轴度偏差	< 0.30	< 0.40	< 0.50

5.3.3.2 密封锥面的表面粗糙度 $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$,不应有划痕、刮伤凹穴等影响密封性能的缺陷。

5.3.3.3 密封锥面的锥角偏差用形状样板做透光检查,锥角偏差应小于 $\pm 0.5^\circ$ 。

5.3.4 高压连通管加工

5.3.4.1 高压连通管应逐件进行超声检测,符合 JB 4726 中条形实心锻件的要求。

5.3.4.2 高压连通管应进行材料标记移植。

5.3.4.3 螺纹、密封锥面加工要求按 5.3.3 规定。

5.3.5 高压螺栓、螺柱、螺母

5.3.5.1 螺栓、螺柱应进行磁粉检测,符合 JB/T 4730.4 规定的 I 级要求;

5.3.5.2 螺母应作硬度检验。

5.3.6 温度标记

当采用设计压力 $p \geq 10 \text{ MPa}$,设计温度 $t \geq 200^\circ\text{C}$ 的螺纹法兰、盲板、螺柱、螺母和透镜垫时,在图样规定的位置,按 JB/T 2778 的规定加工温度标记。

5.4 焊接

5.4.1 施焊焊工资格

受压元件的施焊必须持有由质量技术监督部门颁发的相应项目合格证书的焊工担任。

5.4.2 焊接工艺

5.4.2.1 施焊前的焊接工艺评定,应按 JB 4708 的要求进行。

5.4.2.2 钢管焊接工艺规程应按图样要求,根据评定合格的焊接工艺制定,且应符合 JB/T 4709 的规定。

5.4.2.3 施焊必须有记录。焊工必须有识别标记,施焊后在焊缝附近规定部位打上焊工代号标记。有特殊要求者,按图样规定。

5.4.3 焊接接头

5.4.3.1 管子焊接接头的对口错边量应小于管子壁厚的 10 %,且应小于 0.5 mm。

5.4.3.2 焊缝余高 e 见表 10。

表 10 焊缝余高

单位为毫米

管子壁厚 δ	$\delta \leq 5$	$5 < \delta \leq 10$	$\delta > 10$
焊缝余高 e	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 2.5

5.4.3.3 对接后应作通球检查,按 5.3.1.5 和表 5 的规定。

5.4.3.4 标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540$ MPa 的钢管及 Cr-Mo 低合金钢管、奥氏体不锈钢管的焊缝表面不允许有咬边,其他钢管焊缝表面咬边深度不大于 0.5 mm,咬边连续长度小于 20 mm,焊缝两侧咬边的总长度不得超过该焊缝长度的 10 %。

5.4.3.5 C、D 类焊接接头的焊脚高度在图样无规定时,取焊件中较薄者之厚度。

5.4.3.6 焊缝表面不得有裂纹、气孔、弧坑、夹渣等缺陷,熔渣及飞溅物应清除干净。

5.4.4 焊接接头的力学性能试验

焊接接头的力学性能试验按 6.1.5 规定。

5.4.5 焊缝返修

5.4.5.1 当焊缝需要返修时,其返修工艺应符合 5.4.2 的有关规定。

5.4.5.2 焊缝同一部位的返修次数不宜超过两次。

5.4.5.3 凡要求焊后热处理的,焊缝返修应在热处理前进行。

5.4.5.4 有抗晶间腐蚀要求的奥氏体不锈钢管,返修部位需保证原有要求。

5.5 热处理

5.5.1 以钢管焊制的高压连通管须做整体消除应力热处理。

5.5.2 除图样另有规定外,奥氏体不锈钢的焊接接头可不进行热处理。

5.5.3 直管与直管、直管与弯头对接后的焊接接头,应按图样的要求进行热处理。在图样无规定要热处理时,应按表 11 的规定进行热处理。

5.5.4 图样注明盛装介质的毒性程度为极度或高度危害的换热管,应进行消除应力热处理。

表 11 焊接接头的焊后热处理

单位为毫米

钢管材质	壁厚	焊接位置	热处理方法
$C \leq 0.25\%$ 的碳素钢	任意	转动焊	可不进行热处理
	任意	固定焊	加热到 600℃~650℃缓冷
12CrMo 15CrMo	任意	任意	加热到 630℃~670℃缓冷

注 1:设计压力 $p \leq 1.6$ MPa,碳素钢管固定焊接头可不进行热处理。

注 2:表中的焊接方法均为电弧焊。

5.5.5 焊缝局部热处理加热宽度在焊缝中心每侧不小于管壁厚的 2 倍,靠近加热区域的管子应采取保温措施,使温度梯度不致影响材料的组织和性能。

5.5.6 根据图样要求热处理后须做力学性能试验的零件或锻件的试样,应与零件毛坯同炉热处理。

5.6 无损检测

5.6.1 无损检测人员的资格

5.6.1.1 无损检测人员必须持有由质量技术监督部门颁发的相应检测方法和等级的有效资格证书。

5.6.1.2 焊接接头必须经形状、尺寸及外观质量检查后,再按本标准规定进行无损检测。

5.6.1.3 凡符合下列条件之一的换热管焊接接头,须进行射线或超声检测。

a) 标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540$ MPa 的钢管焊接接头及 Cr-Mo 低合金钢管焊接接头,100 % 检测;

b) 设计压力 $p \geq 10$ MPa 的钢管焊接接头,100 % 检测;

c) 设计压力 $1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$ 的钢管焊接接头,不少于 20 % 检测。

5.6.1.4 套管的焊接接头,不少于 10 % 检测。

5.6.1.5 凡符合下列条件之一的焊接接头,需按图样规定的方法,对其表面进行磁粉或渗透检测:

a) 标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540$ MPa 的钢材及 Cr-Mo 低合金钢材的 C 类和 D 类焊接接头;

b) 标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 540$ MPa 的钢材及 Cr-Mo 低合金钢材经火焰切割的坡口表面;

c) 因结构限制无法进行射线或超声检测的 C 类和 D 类焊接接头。

5.6.1.6 按 JB/T 4730.2~4730.5 对焊接接头进行射线、超声、磁粉和渗透检测,其合格指标如下:

a) 射线和超声检测见表 12;

表 12 射线和超声检测合格等级

设计压力或材质	检测比例/%	标准及合格等级	备注
$p > 10 \text{ MPa}$ $R_m \geq 540 \text{ MPa}$ 及 Cr-Mo 低合金钢	100	JB/T 4730.2 RT II 级 JB/T 4730.3 UT I 级	射线检测技术等级不低 于 AB 级。 超声检测技术等级不低 于 B 级。
$1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$	≥ 20	JB/T 4730.2 RT III 级 JB/T 4730.3 UT II 级	
$p < 1.6 \text{ MPa}$	≥ 10	JB/T 4730.2 RT III 级 JB/T 4730.3 UT II 级	

b) 磁粉和渗透检测按 JB/T 4730.4~4730.5 I 级为合格。

5.6.1.7 磁粉与渗透检测发现的不允许存在缺陷,应进行修磨及必要的补焊,并对该部位采用原检测方法重新检测,直至合格。

5.7 组装

5.7.1 严禁强行装配。

5.7.2 管子对接应保证同心,全长直线度小于管长的 1.5 %,且不得超过 6 mm,超过 6 mm 规定时允许校直,但不准用火焰加热校直。

5.7.3 U 形管与直管组焊后,两直管应平行,其平行度应小于开档尺寸的 1 %,且应小于 3 mm,两管端面应平齐,相互间尺寸偏差应小于 $\pm 2 \text{ mm}$ 。

5.7.4 高压直管、弯头、连通管与螺纹法兰组装时,应保证法兰平面与管中心线相互垂直,垂直度偏差不得超过管子外径的 1 %。

5.7.5 钢支架垂直度应小于高度的 2 %,且全长小于 3 mm。

5.7.6 排管总平面度应小于 10 mm。

5.7.7 排管式换热器淋水槽齿形板的齿应调整在同一水平线上,齿根高度小于 $\pm 1.0 \text{ mm}$,淋水槽两侧板平面度公差每米小于 2 %,且全长不大于 6 mm。

5.7.8 套管式换热器外套管上的接管伸入套管内壁高度应小于 2 mm。

6 试验与试验方法

6.1 力学性能试验

6.1.1 高压联通管的力学性能试验

锻制的高压联通管系条形实心件,按 JB 4726 的Ⅲ级要求,从联通管毛坯上截取试棒,制取试样,进行力学性能试验和评定。

6.1.2 高压螺栓、螺柱及螺母的力学性能试验

高压螺柱、螺栓经热处理后,应从同一热处理炉号中抽查 2 %做力学性能试验,且不少于 2 根。螺母毛坯应全部进行硬度检验。

6.1.3 其他零件的力学性能试验

其他零件的力学性能试验,按设计图样规定。

6.1.4 力学性能试验方法标准

力学性能试验方法按下列标准:

- a) 试样拉伸试验按 GB/T 228 规定;
- b) 冲击试验按 GB/T 229 规定。

6.1.5 焊接接头力学性能试验

6.1.5.1 每台换热器至少制备两个按相同焊接工艺施焊的焊接接头试样,且经射线检测合格后制取,试样的制取按 GB/T 2649 的规定。

6.1.5.2 力学性能试验方法同 6.1.4 规定。

6.1.5.3 如试验不合格,允许用另一组试样重新试验,但不合格项目应取双倍试样复验,当试验仍不合格则代表全部焊接接头为不合格。

6.2 晶间腐蚀倾向试验

6.2.1 奥氏体不锈钢弯管、弯头热处理后应从同批同种管件中抽取不少于两件做晶间腐蚀倾向试验。

6.2.2 试样的制取按 GB/T 4334 的规定或图样规定。

6.3 水压试验

6.3.1 部件试压与整体试压

换热器单片(体)组装后经检验合格后再进行水压试验;单片(体)水压试验合格后,方可总装配,总体组装后还应进行水压试验。

6.3.2 水压试验用水

奥氏体不锈钢制换热器的水压试验用水的氯离子含量应不超过 25 mg/L。

6.3.3 试压用水的温度

6.3.3.1 碳素钢和 16 Mn 钢制换热器,水压试验时的水温不低于 5 ℃。

6.3.3.2 其他低合金钢管制的换热器,水压试验时的水温不低于 15 ℃。

6.3.4 排气

充液时,应将换热器内的空气排尽,试验时换热器顶部应设置排气孔。

6.3.5 试验用压力表

6.3.5.1 试验时,必须用两个量程相同并经检定合格的压力表,量程为试验压力的 2 倍左右为宜,但不低于 1.5 倍和高于 3 倍的试验压力。

6.3.5.2 压力表精度:

- a) 低压换热器,精度不低于 2.5 级;
- b) 中压以上换热器,精度不低于 1.6 级。

6.3.6 压力试验的程序

6.3.6.1 压力应缓慢上升,压力升至规定的试验压力时,应保压一定时间:

- a) 单片(体)压力试验时保压至少 15 min;
- b) 总体压力试验时保压至少 60 min。

6.3.6.2 待试验压力保压时间达到规定时间后,将试验压力缓慢降至工作压力。

6.3.6.3 在工作压力稳压时段内,对焊接接头和连接部位进行检查,如有渗漏,泄压后应进行返修,返修后应重新试验。

6.3.6.4 水压试验完毕后应将水排尽,并用压缩空气将管内部吹干。

6.4 泄漏试验

6.4.1 需要进行泄漏试验的条件

水压试验合格后,对于介质毒性程度为极度、高度危害或者设计上不允许有微量泄漏的换热器,应当进行泄漏试验。

6.4.2 气密性试验

气密性试验所用气体应当为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体,气密性试验压力为换热器的设计压力。

6.4.3 氨检漏试验

根据设计图样的要求,可采用氨-空气法、氨-氮气法、100 %氨气法等氨检漏方法。氨的浓度、试验压力、保压时间,由设计图样规定。

7 出厂文件

7.1 出厂文件应包括:

- a) 产品合格证;
- b) 产品使用说明书;
- c) 换热器竣工总图;
- d) 质量证明书;
- e) 特种设备制造监督检验证书(水冷排管除外)。

7.2 质量证明书应包括下列内容:

- a) 主要零部件材料的化学成分和力学性能;
- b) 无损检测要求和结果;
- c) 焊接质量的检查结果(包括超过两次的返修记录);
- d) 零部件热处理后力学性能检验结果;
- e) 水压试验结果;
- f) 产品铭牌的拓印件。

8 标志、油漆、包装、运输

8.1 产品铭牌

8.1.1 产品铭牌应符合 GB/T 13306 的规定。

8.1.2 铭牌应固定于换热器明显的位置。

8.1.3 铭牌内容:

- a) 产品编号;
- b) 产品名称;
- c) 制造单位名称及制造许可证编号;
- d) 设计压力;

- c) 最大允许工作压力(套管式分内管和外套管);
- f) 试验压力(套管式分内管和外套管);
- g) 设计温度(套管式分内管和外套管);
- h) 介质名称;
- i) 公称换热面积、容器质量;
- j) 制造日期;
- k) 产品标准;
- l) 压力容器类别;
- m) 主体材料。

8.2 油漆、包装、运输

换热器的油漆、包装、运输应符合 JB/T 4711 的规定。

中 华 人 民 共 和 国

化 工 行 业 标 准

水冷管式换热器

HG/T 2650—2011

出版发行:化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

化学工业出版社印刷厂

880mm×1230mm 1/16 印张 1¼ 字数 39 千字

2012 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

书号:155025·1152

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定价:16.00 元

版权所有 违者必究