

中华人民共和国国家标准

GB/T 16508.4—2022

代替 GB/T 16508.4—2013

锅壳锅炉 第 4 部分：制造、检验与验收

Shell boilers—
Part 4: Fabrication, inspection and acceptance

2022-03-09 发布

2022-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 标记	2
6 材料切割与矫正	3
7 冷热成形	3
8 主要零部件制造与装配	8
9 胀接	13
10 焊接	18
11 热处理	20
12 检验与试验	24
13 涂装与包装	30
14 铭牌及出厂资料	30
附录 A (规范性) 锅炉焊接管孔	32
附录 B (规范性) H 型翅(鳍)片管制造技术要求	35
参考文献	39

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。

本文件是 GB/T 16508《锅壳锅炉》的第 4 部分。GB/T 16508 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：材料；
- 第 3 部分：设计与强度计算；
- 第 4 部分：制造、检验与验收；
- 第 5 部分：安全附件和仪表；
- 第 6 部分：燃烧系统；
- 第 7 部分：安装；
- 第 8 部分：运行。

本文件代替 GB/T 16508.4—2013《锅壳锅炉 第 4 部分：制造、检验与验收》，与 GB/T 16508.4—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“管子成形”“水压试验压力”的术语和定义(见 3.3、3.4)；
- 更改了基本要求的相关内容(见第 4 章,2013 年版的 4.1)；
- 更改了标记及标记移植的有关规定(见第 5 章,2013 年版的 4.2)；
- 更改了材料切割与矫正的要求(见第 6 章,2013 年版的 4.3)；
- 更改了冷热成形的要求(见第 7 章,2013 年版的 4.4)；
- 更改了主要零部件制造与装配的要求,并增加了 H 型翅(鳍)片管、钢结构制造技术要求以及烟箱的制造与装配技术要求(见第 8 章、附录 B,2013 年版的 4.4.5~4.4.9)；
- 更改了表面修磨与焊补的要求(见 8.8,2013 年版的 4.4.2)；
- 删除了焊缝布置的章节(见 2013 年版的 4.4.3)；
- 更改了胀接的要求(见第 9 章,2013 年版的 4.5)；
- 更改了焊接工艺评定和焊接工艺的要求(见 10.2、10.3,2013 年版的 4.6.3、4.6.4)；
- 更改了热处理相关要求(见第 11 章,2013 年版的 4.7)；
- 更改了检验与试验的要求(见第 12 章,2013 年版的第 5 章)；
- 更改了涂装和包装的要求(见第 13 章,2013 年版的 4.8)；
- 增加了焊接管孔型式示意图(见 A.1.1、图 A.1)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

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。

本文件起草单位：上海工业锅炉研究所有限公司、天津宝成机械制造股份有限公司、泰山集团股份有限公司、河南省四通锅炉有限公司、方快锅炉有限公司、博瑞特热能设备股份有限公司、杭州市特种设备检测研究院、山东华源锅炉有限公司、江苏太湖锅炉股份有限公司、南通万达锅炉有限公司、无锡锡能锅炉有限公司、陕西建工金牛集团股份有限公司、湘潭锅炉有限责任公司、无锡中正锅炉有限公司、湖南省特种设备检验检测研究院、山东中杰特种装备股份有限公司。

本文件主要起草人：王善武、李耀荣、杨焕新、王志平、胡昕、朱永忠、顾利平、钱风华、姜连菊、王惠云、傅海涛、冯坤、郭辉、尹会坤、赵辉、陈力波、陈湘清、张腾、何争艳。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

GB/T 16508.4—2022

- 1996年首次发布为 GB/T 16508—1996《锅壳锅炉受压元件强度计算》；
- 2013年第一次修订时,分为 GB/T 16508.1—2013~GB/T 16508.8—2013,纳入了锅壳锅炉设计、材料、制造、检验、验收、安装及运行的要求,本文件为 GB/T 16508 的第 4 部分；
- 本次为第二次修订。



引 言

GB/T 16508《锅壳锅炉》是全国锅炉压力容器标准化技术委员会(以下简称“委员会”)负责制修订和归口的锅炉通用建造标准之一。其修订遵循了国家颁布的锅炉安全法规所规定的安全基本要求,设计准则、材料要求、制造检验技术要求、验收标准、安装要求和使用要求均符合 TSG 11《锅炉安全技术规程》的相应规定。GB/T 16508 为协调标准,满足 TSG 11《锅炉安全技术规程》的基本要求,同时也符合 TSG 91《锅炉节能环保技术规程》的要求。GB/T 16508 旨在规范锅炉的设计、制造、检验、验收、安装和运行,由 8 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于确定锅壳锅炉范围、锅炉参数、建造规范以及节能和环保等建造锅壳锅炉的通用技术要求。
- 第 2 部分:材料。目的在于确定锅壳锅炉受压元件、承载非受压元件和焊接材料等的选材和用材要求。
- 第 3 部分:设计与强度计算。目的在于确定锅壳锅炉结构设计的基本要求以及受压元件的设计计算壁温、计算压力、设计许用应力取值及强度计算方法。
- 第 4 部分:制造、检验与验收。目的在于确定锅壳锅炉在制造过程中的标记、材料切割与矫正、冷热成形、主要零部件制造与装配、胀接、焊接、热处理、检验与试验、涂装与包装、铭牌及出厂资料的要求。
- 第 5 部分:安全附件和仪表。目的在于确定锅壳锅炉安全附件和仪表的设置和选用要求。
- 第 6 部分:燃烧系统。目的在于确定锅壳锅炉燃烧系统的技术要求。
- 第 7 部分:安装。目的在于确定锅壳锅炉的安装、调试和验收等要求。
- 第 8 部分:运行。目的在于确定锅壳锅炉运行与管理的要求。

由于 GB/T 16508 没有必要、也不可能囊括适用范围内锅炉建造和安装中的所有技术细节,因此,在满足 TSG 11《锅炉安全技术规程》所规定的基本安全要求的前提下,不禁止 GB/T 16508 中没有特别提及的技术内容。

GB/T 16508 不限制实际工程设计和建造中采用能够满足安全要求的先进技术方法。

对于未经委员会书面授权或认可的其他机构对标准的宣贯或解释所产生的理解歧义和由此产生的任何后果,本委员会将不承担任何责任。

锅壳锅炉

第4部分：制造、检验与验收

1 范围

本文件规定了锅壳锅炉在制造过程中的基本要求、标记、材料切割与矫正、冷热成形、主要零部件制造与装配、胀接、焊接、热处理、检验与试验、涂装与包装、铭牌及出厂资料的各项要求。

本文件适用于 GB/T 16508.1 界定的锅壳锅炉的制造、检验与验收。

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 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法

GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 4863 机械制造工艺基本术语

GB/T 16507.5 水管锅炉 第5部分：制造

GB/T 16507.6 水管锅炉 第6部分：检验、试验和验收

GB/T 16508.1 锅壳锅炉 第1部分：总则

GB/T 16508.2 锅壳锅炉 第2部分：材料

GB/T 16508.3 锅壳锅炉 第3部分：设计与强度计算

GB/T 30583 承压设备焊后热处理规程

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

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 47016 承压设备产品焊接试件的力学性能检验

NB/T 47018(所有部分) 承压设备用焊接材料订货技术条件

NB/T 47030 锅炉用高频电阻焊螺旋翅片管技术条件

NB/T 47043 锅炉钢结构制造技术规范

NB/T 47055 锅炉涂装和包装通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.48、GB/T 3375、GB/T 4863 和 GB/T 16508.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷成形 cold forming

在工件金属再结晶温度以下进行的塑性变形加工。

注：在工程实践中，通常将常温温度下进行的塑性变形加工称为冷成形；高于常温至再结晶温度之间的塑性变形加工称为温成形(warm forming)。

3.2

热成形 hot forming

在工件金属再结晶温度以上进行的塑性变形加工。

3.3

管子成形 tube forming

管子的弯管、墩厚、缩颈、扩口等加工过程。

3.4

水压试验压力 hydrostatic test pressure

在水压试验时，按规定对锅炉整体或受压部件(元件)所施加的压力。

4 基本要求

4.1 锅炉用原材料应符合 GB/T 16508.2 和设计图样的要求。

4.2 锅炉受压元件的结构设计和强度计算应符合 GB/T 16508.3 的要求。

4.3 设计和制造工艺文件应与本单位的生产条件相符合。

4.4 受压元件的制造应采用适宜的工艺和方法，不应存在产生影响安全和使用的附加应力、有害缺陷。

5 标记

5.1 一般规定

5.1.1 锅炉制造单位应制定受压元件和主要承载构件用材料材料标记、制造过程中的焊工标记、无损检测标记、产品零部件识别号和检验状态标识等的标识使用指导文件。

5.1.2 锅炉受压元件[锅壳、集箱、管道、集中下降管、炉胆、回燃室、封头(管板)、炉胆顶、下脚圈以及管子等]和承受载荷的非受压元件(支吊件、拉撑件)的材料标记应便于识别，以防止材料混用。

5.1.3 受压元件及主要承载构件用材料在分割下料前，应作标记移植，并且便于识别。

5.1.4 焊工标记、无损检测标记以及要求追溯的材料标记应作为永久性的标记保留，生产过程中标记被覆盖或因加工而丢失标记时应重作标记移植。

5.1.5 散件出厂的锅炉，应在主要受压元件的封头、端盖或筒体等适当位置上标注产品标记。

5.2 标记方法

5.2.1 标记宜采用下列方法或下列方法的组合：

- a) 打钢印(低应力钢印)；
- b) 震动蚀刻或其他蚀刻工具蚀刻；
- c) 涂漆或用标记笔标记；
- d) 其他不损坏锅炉安全性的标记方法(如贴标签等)。

5.2.2 下列情况不应使用钢印标记：

- a) 不锈钢管；
- b) 管子弯头内外圆弧区域；

c) 客户要求不允许使用钢印标记的材料。

5.2.3 当无法采用 5.2.1~5.2.2 的方法进行标记时,可用定位图代替标记。

6 材料切割与矫正

6.1 根据钢材特性和规格选择材料分割方法。采用的切割方法应保证加工尺寸、粗糙度要求,还应减少或不发生因切割而造成的变形。

6.2 热切割时,可根据钢材的类型和厚度对加工部位进行预热,切割后应清除切口表面的熔渣和影响制造质量的表面层。

6.3 切割后如变形超出允许范围,应采用合适的方法予以矫正。

7 冷热成形

7.1 一般要求

7.1.1 采用冷成形时,应考虑所用钢材的冷脆性。

7.1.2 采用热成形时,应避开钢材的回火脆性温度区。

7.1.3 材料成形工艺应根据材料的应变变量确定,并符合 GB/T 16507.5 相关要求。冷成形不应使元件产生过大的变形率(或应变变量),否则应进行相应的成形后热处理。

7.1.4 采用经过正火、正火加回火或调质处理的钢材制造的受压元件,宜采用冷成形或温成形。

7.2 锅壳类筒节、管板(封头)、U 型下脚圈和炉胆波形成形

7.2.1 圆形管板、封头、U 型下脚圈及炉胆波形的热成形或冷成形宜采用连续成形工艺。

7.2.2 管板、封头和 U 型下脚圈宜采用整块钢板压制成形。当需要拼接时,板厚不大于 100 mm 时,拼接焊缝两侧钢板的实际边缘偏差值应不大于名义板厚的 10%,且不超过 3 mm;当板厚大于 100 mm 时,拼接焊缝两侧钢板实际边缘偏差值不超过 6 mm。

7.2.3 成形后外观质量应符合以下要求:

- a) 卷制后的筒节和压制后的管板、封头、U 型下脚圈及波形炉胆内外表面不应有凹陷、疤痕、裂纹、重皮等缺陷;
- b) 扳边孔(人孔、炉胆孔)扳边加工完后端部不应有裂纹。

7.2.4 成形后受压元件实际厚度应不小于设计要求的最小需要厚度,特殊部位按以下要求:

- a) 圆形管板扳边圆弧、U 型下脚圈及波形炉胆波纹最薄处的厚度应不小于名义厚度的 85%,且不小于设计要求的最小需要厚度;
- b) 圆形管板、封头的扳边孔,当无加强圈或不可能加强时,其直段边缘的厚度应不小于该元件名义厚度的 70%,且不小于设计要求的最小需要厚度。

7.2.5 圆形管板、封头和 U 型下脚圈外圈的内径偏差应符合表 1 要求;同一截面上最大内径与最小内径之差,封头不应大于其名义内径(D_1)的 1%,圆形管板和 U 型下脚圈外圈不应大于其名义内径(D_1)的 0.5%。

7.2.6 圆形平管板平面度应不超出表 1 的规定,测量方法见图 1。平面度为圆形平管板实测 h 最大值和最小值之差。

表 1 圆形管板、封头和 U 型下脚圈外圈的内径偏差及圆形平管板平面度公差

单位为毫米

名义内径(D_i)	内径偏差	平面度公差
$\leq 1\ 000$	+3 -2	6
$> 1\ 000 \sim 1\ 500$	+5 -3	7
$> 1\ 500 \sim 1\ 800$	+7 -5	8
$> 1\ 800 \sim 2\ 200$	+7 -5	9
$> 2\ 200$	+7 -5	10

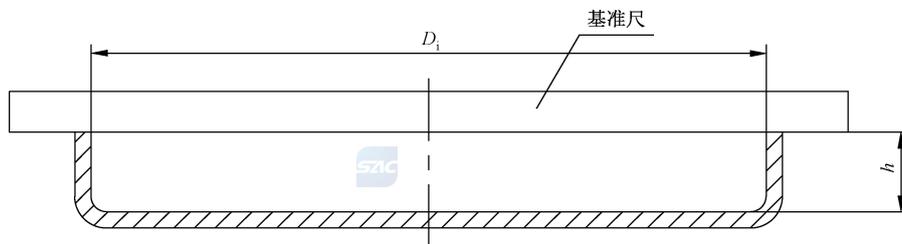


图 1 圆形平管板平面度测量

7.2.7 圆形管板总高度(H)(见图 2)和 U 型下脚圈内、外圈高度(H_1 、 H_2)(见图 3)的偏差为 \pm_3^5 mm;封头总高度(H)(见图 4)的偏差为 \pm_3^{10} mm。

7.2.8 圆形平管板、U 型下脚圈的转角半径(r)(见图 2、图 3)应不小于设计规定值。

7.2.9 圆形管板、封头的扳边孔(位置)中心线偏差(ΔC)不应超过 5 mm,扳边孔高度(h)偏差不应超过 ± 3 mm;见图 2a)、图 2c)、图 2d)和图 4。

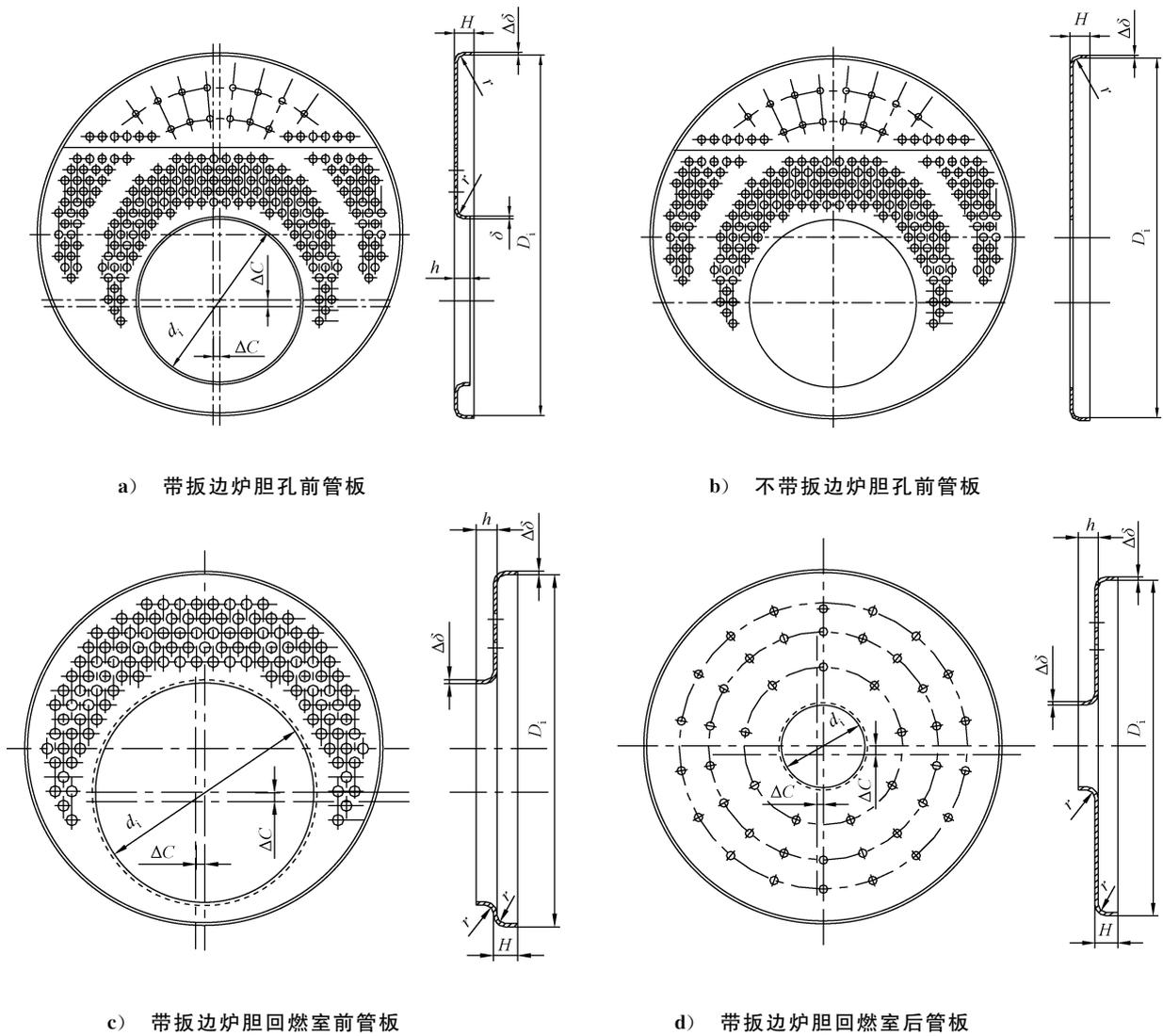


图 2 圆形管板形状和尺寸偏差示意图

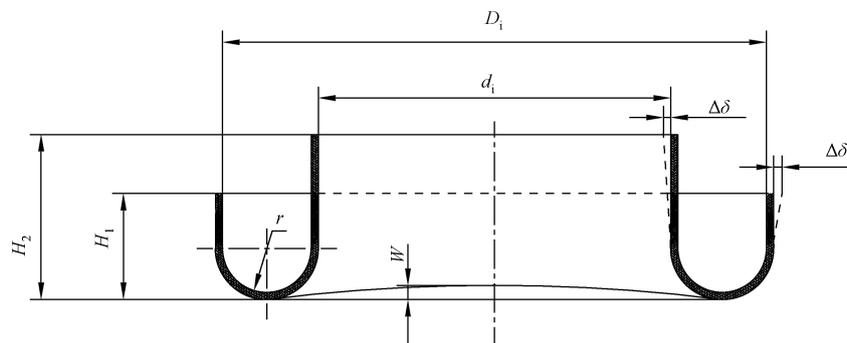


图 3 U 型下脚圈形状和尺寸偏差示意图

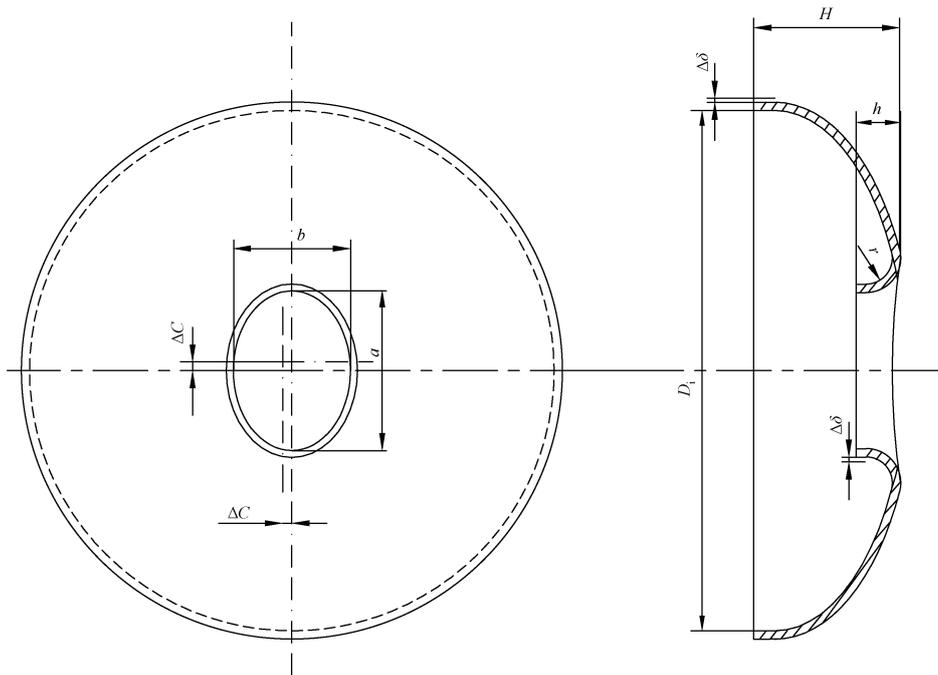


图 4 封头形状和尺寸偏差示意图

7.2.10 圆形管板的炉胆孔[见图 2a)、图 2c)和图 2d)]内径(d_i)偏差、U 型下脚圈内圈(见图 3)内径(d_i)偏差均不应超过表 1 相关规定。

7.2.11 封头内表面的形状偏差应符合 GB/T 16507.5 的相关要求。

7.2.12 圆形拱形管板压制成形后,平面部分与曲面相交处应圆滑过渡。拱形管板的平面形状尺寸(H 或 L)偏差采用专用样板检查,并符合图 5 的要求;其平面度应在表 1 规定的基础上以长轴计分别对应减少 3 mm~4 mm。

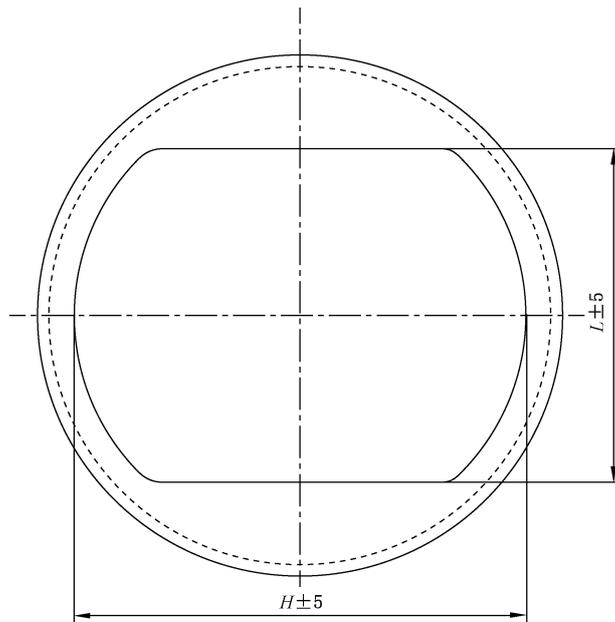


图 5 圆形拱形管板的平面形状尺寸偏差示意图

7.2.13 圆形管板、封头、U型下脚圈、扳边孔的直边部分不应存在纵向褶皱,且直边倾斜度($\Delta\delta$)(见图2、图3、图4)应不大于3 mm。

7.2.14 锅壳筒节纵向焊缝的棱角度应不大于4 mm,炉胆筒节纵向焊缝的棱角度应不大于3 mm,宜用弦长为名义内径的1/6、且不小于200 mm的样板测量。

7.2.15 锅壳筒节、炉胆筒节的内径偏差应符合表1要求;同一截面上最大内径与最小内径之差,锅壳筒节应不大于其名义内径的1%,炉胆筒节圆筒形部分应不大于其名义内径的0.5%。

7.2.16 炉胆筒节波形成形后,其波形尺寸偏差(见图6)应符合表2的规定。

表2 波形尺寸偏差值

单位为毫米

项目	偏差值
波形高度(深度)偏差(Δh)	5
波形筒节直段倾斜度($\Delta\delta$)	3
连续相邻波峰或波谷节距偏差(ΔS)	10
最薄处厚度	$\geq 0.85 \times$ 名义厚度

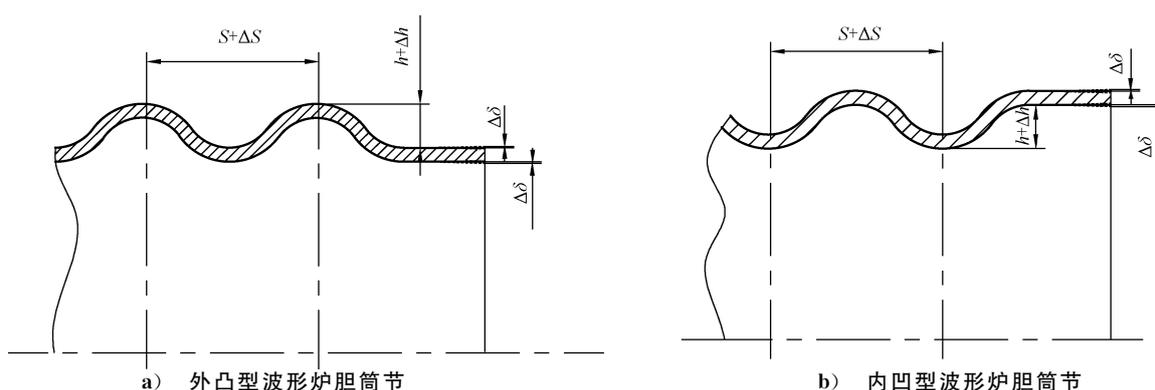


图6 筒节波形偏差示意图

7.3 管子成形、螺纹管螺纹压制和管端缩口

7.3.1 管子成形应符合 GB/T 16507.5 的规定。

7.3.2 管子经滚压螺纹后,其表面不应有裂纹、皱褶等缺陷;螺纹烟管形状偏差、尺寸偏差和表面粗糙度应符合设计文件的要求。

7.3.3 集箱管端缩口符合下列要求。

- 用于收口的集箱管分割宜采用机械切割方式。如采用火焰切割方式,切割后应去除管子切割处的毛刺、熔渣,并修磨引、收弧处的缺口,使之圆滑过渡,以防缩口产生皱褶。切割后的管端截面垂直度应小于2 mm。
- 当缩口为椭圆形时,切割后应划出集箱管中心线并打样冲眼,以便确定椭圆形手孔的长短轴方位,使两端缩口后长短轴方位保持一致。
- 集箱管端缩口时,应严格控制管端加热温度、加热长度及缩口终止温度。
- 缩口成形后,管子外表面不应有过烧、裂纹、折叠、起皱、凸起等缺陷。缩口成形尺寸应符合图样要求。

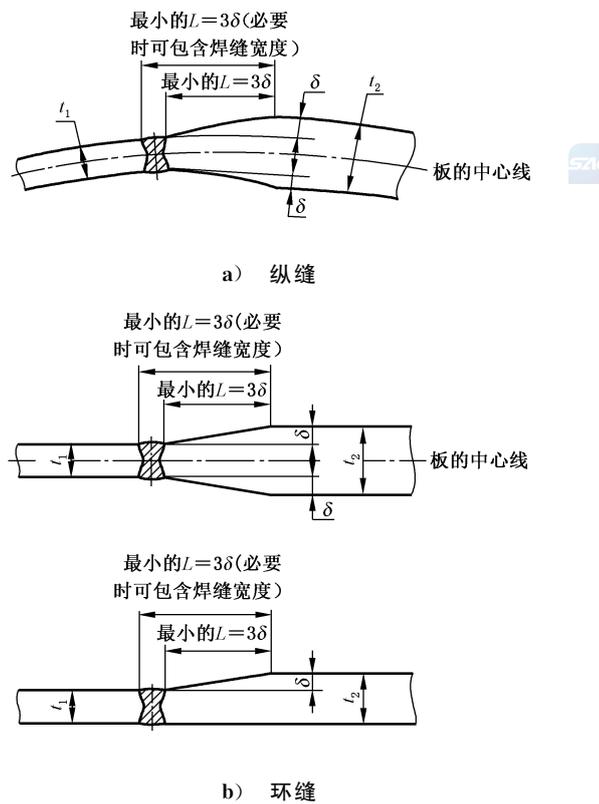
8 主要零部件制造与装配

8.1 锅壳、炉胆、集箱

8.1.1 锅壳、炉胆等的筒节对接、筒体与管板(封头)对接、集箱对接符合以下规定：

- a) 锅壳筒体纵、环缝两侧,筒体与管板(封头)环缝两侧,集箱对接焊缝两侧的钢材中心线应对齐；环缝两侧的钢材不等厚时,也允许一侧的边缘对齐；
- b) 纵缝两侧钢材的实际边缘偏差值不大于钢材名义厚度的 10%，且不超过 3 mm；
- c) 环缝两侧钢材的实际边缘偏差值(包括钢材厚度差在内)不大于钢材名义厚度的 15% 加 1 mm,且不超过 6 mm；
- d) 名义厚度不同的两元件或钢板对接时,两侧中任何一侧的名义边缘厚度差值如果超过 b)或 c)规定的边缘偏差值,则厚板的边缘应削至与薄板边缘平齐,削出的斜面应平滑,且斜率不大于 1 : 3,必要时,焊缝的宽度可计算在斜面内,见图 7。

注：不同厚度的两元件或钢材对接并且边缘已削薄的,按照钢材厚度相同对待,则名义厚度指薄板；不同厚度的钢材对接但不带削薄的,则名义厚度指厚板。



标引符号说明：

- δ —— 名义边缘厚度偏差；
- t_1 —— 薄板名义厚度；
- t_2 —— 厚板名义厚度；
- L —— 削薄的长度。

图 7 不同厚度钢板(元件)对接示意图

8.1.2 锅壳、炉胆每米长度内的直线度应不大于 1.5 mm, 全长直线度应符合 GB/T 16507.5 的相关规定。锅壳总长度偏差为 ± 15 。集箱的长度偏差、全长直线度应符合 GB/T 16507.5 的相关规定。

8.1.3 锅壳(管板、筒体)和集箱上的管孔应符合以下规定:

- a) 管孔中心距(s)偏差见表 3;
- b) 焊接管孔尺寸及偏差应符合附录 A 的规定;胀接管孔的尺寸及偏差应符合 9.2.4 的要求。

表 3 管孔中心距偏差

单位为毫米

管孔中心距(s)	偏差	管孔中心距(s)	偏差
≤ 260	纵向 ± 1.5 , 环向 ± 2	$> 1\ 000 \sim 3\ 150$	± 3
$> 260 \sim 500$	± 2	$> 3\ 150 \sim 6\ 300$	± 4
$> 500 \sim 1\ 000$	± 2.5	$> 6\ 300$	± 5
注: 管孔中心距(s)为任何两个管孔(或两个相邻管孔)之间沿锅壳筒体和集箱纵向或环向距离, 管板为直线距离。			

8.2 蛇形管、膜式壁管屏、翅(鳍)片管等

8.2.1 蛇形管、膜式壁管屏制造应按 GB/T 16507.5 的相关要求进行。

8.2.2 高频电阻焊螺旋翅(鳍)片管制造应按 NB/T 47030 的相关要求进行;激光焊螺旋翅(鳍)片管的管子和翅(鳍)片的材质应符合相关材料标准,并经验收合格,但不宜采用高反射性及高导热性材料;管子和翅(鳍)片的熔合率应不小于 90%,翅(鳍)片管尺寸偏差及熔合率等检验可参照 NB/T 47030 的要求;H 型翅(鳍)片管制造按附录 B 的要求进行。

8.3 拉撑件

8.3.1 拉撑件(包括直拉杆、斜拉杆、拉撑管、拉撑板)不应拼接。

8.3.2 拉撑件的尺寸偏差应符合设计文件的要求。

8.4 人(手、头)孔及孔盖

人孔、手孔、头孔及孔盖的密封面允许有轻微的环向刻痕,但不应有径向刻痕。密封面的表面粗糙度 Ra 值应符合设计文件的要求。

8.5 烟箱

锅炉烟箱应按设计图样制造,并符合下列规定:

- a) 烟箱长度、宽度、深度的尺寸偏差值:当长度、宽度、深度不大于 1 m 时,其尺寸偏差应不大于 5 mm;当长度、宽度、深度大于 1 m 时,其尺寸偏差应不大于 7 mm ;
- b) 烟箱壁板平直段的平面度公差在任意长度内应为全长的 0.4% ;
- c) 烟箱门板与烟箱框之间的间隙应不大于 2 mm。

8.6 钢结构

锅炉钢结构的制造和检验应符合 NB/T 47043 的要求。

8.7 受压元件装配

8.7.1 锅壳和集箱上的管接头装配应符合以下要求。

- a) 名义外径小于或等于 108 mm 的管接头：
 - 1) 管接头的纵向倾斜度(Δa_1)和横向倾斜度(Δa_2)(见图 8)均不大于 1.5 mm；
 - 2) 管接头的端面倾斜度(Δf)(见图 8)不大于 1 mm；
 - 3) 单个管接头的高度偏差值(Δh)(见图 8)不大于 3 mm；
 - 4) 骑座式管接头中心线与管孔中心线间的偏移(e)(见图 9)不大于 0.5 mm；
 - 5) 成排管接头偏差值(见图 10)应不大于表 4 的规定。
- b) 名义外径大于 108 mm 的管接头：
 - 1) 管接头的纵向倾斜度(Δa_1)和横向倾斜度(Δa_2)(见图 8)均不大于 3 mm；
 - 2) 管接头中心线与管孔中心线间的偏移(e)(见图 9)不大于 8 mm；
 - 3) 管接头的端面倾斜度(Δf)(见图 8)不大于 2 mm；
 - 4) 管接头的高度偏差值(Δh)(见图 8)不大于 4 mm。

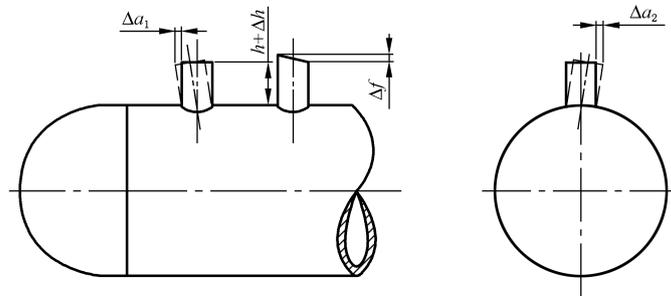


图 8 管接头倾斜、端面倾斜与高度偏差示意图

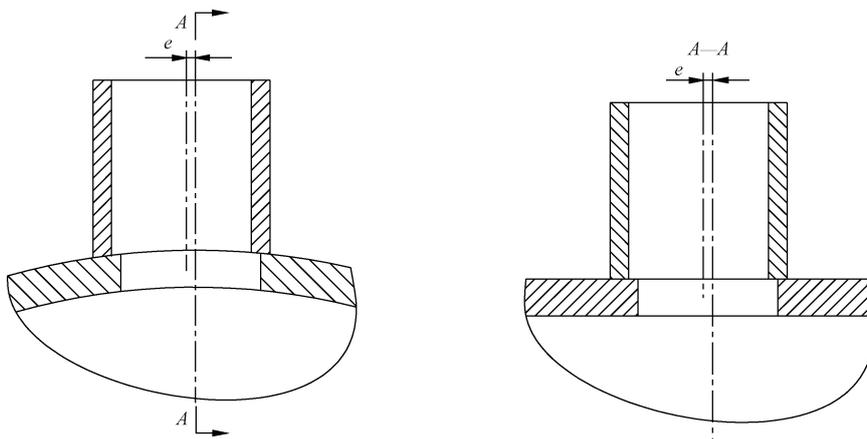


图 9 管接头与管孔中心线偏移示意图

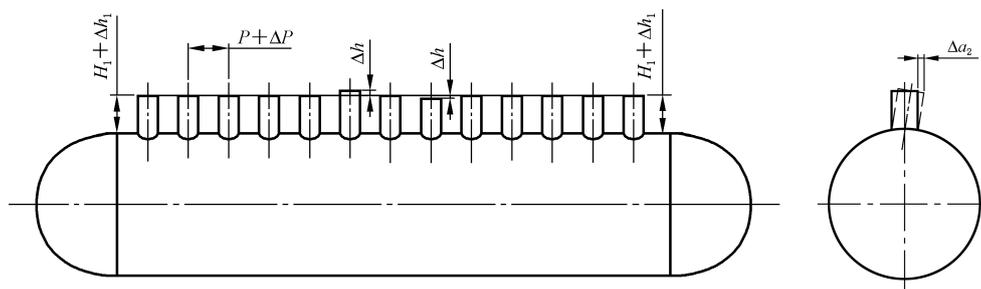


图 10 成排管接头偏差示意图

表 4 成排管接头尺寸偏差值

单位为毫米

尺寸偏差值	光管水冷壁	膜式壁管屏	过热器和再热器	省煤器 (节能器、冷凝器)
Δh_1	2	2	3	3
Δh	2	1	3	3
ΔP	3	2	5	5
ΔP_1	6	4	10	10
Δa_2	1.5	1.5	1.5	1.5

注：任意两管接头管端节距偏差为 ΔP_1 。

8.7.2 锅壳和集箱上的接管法兰应符合以下要求：

- a) 法兰的端面倾斜度(Δf)不大于 2 mm；法兰螺栓孔在螺栓孔中心圆上的位置偏移(Δa)不超过表 5 的要求；法兰高度(H)的偏差值不超过 2 mm(见图 11)；
- b) 水位表法兰装配(见图 12)偏差值： $\Delta a \leq 2$ mm, $\Delta b \leq 2$ mm, $\Delta c \leq 2$ mm, $\Delta d \leq 1.5$ mm。

表 5 法兰螺栓孔中心偏移

单位为毫米

法兰名义外径(D)	法兰螺栓孔中心偏移(Δa)
≤ 100	≤ 1
$> 100 \sim 200$	≤ 2
> 200	≤ 3

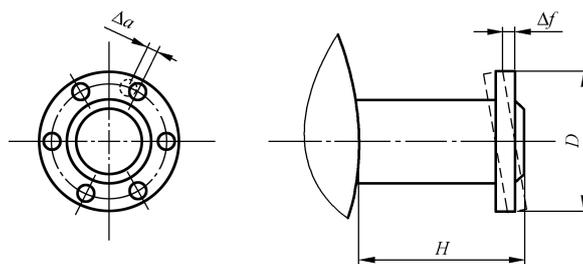


图 11 法兰偏差示意图

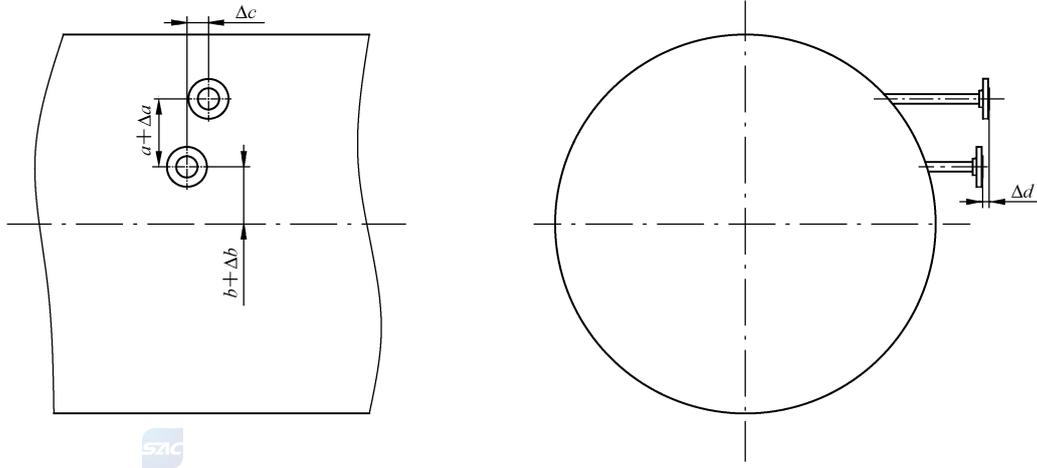


图 12 水位表法兰装配偏差示意图

8.7.3 烟管与管板装配时,胀接连接应符合第 7 章的要求;对于与 600 °C 以上的烟气接触的管板,焊接连接的烟管和拉撑管应采取措施(如贴胀)消除管子外壁与管孔壁之间的间隙,且管子超出其与管板连接焊缝的长度符合下列规定:

- a) 当烟温大于 600 °C 时,不应大于 1.5 mm;
- b) 当烟温不大于 600 °C 时,不应大于 5 mm。

8.7.4 炉胆端部伸出管板长度应符合设计文件要求。

8.7.5 锅壳、集箱与水冷壁管、下降管装配后的尺寸偏差和位置偏/公差(见图 13)应符合下列规定:

- a) 左右集箱中心距(C)的偏差值(ΔC)不大于 3 mm,且($A-B$)的绝对值不大于 3 mm;
- b) 左右集箱水平中心线与锅壳水平中心线距离(H)的偏差值(ΔH)不大于 5 mm;
- c) 锅壳下降管孔中心与集箱下降管孔中心的垂直位置偏离不大于 3 mm;
- d) 下降管伸进锅壳内壁的长度符合图样的规定,下降管的垂直段垂直于集箱,其平直段(L)垂直度公差为 3 mm;
- e) 左右水冷壁管装配时,应采取有效措施保证水冷壁管的垂直度。水冷壁管装配后垂直度公差为 3 mm,同一侧面的平面度公差为 6 mm。管端伸进锅壳和集箱内壁的长度应符合设计图样的规定。

单位为毫米

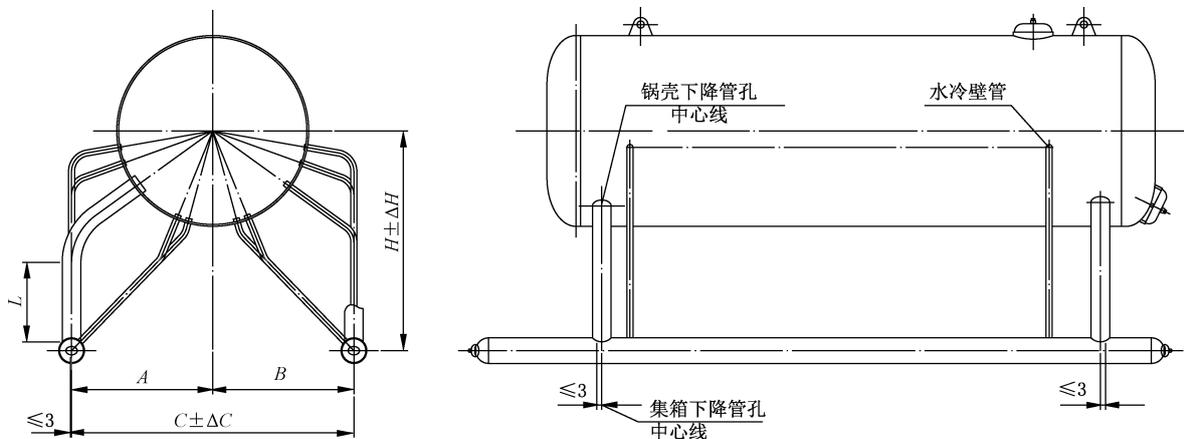


图 13 锅壳、集箱与水冷壁管、下降管装配位置偏差示意图

8.7.6 烟箱装配时的位置偏差符合下列规定：

- a) 烟箱的水平或垂直中心线与锅壳对应的水平或垂直中心线的平行度公差：当长度 $L \leq 1.5$ m 时，应为 3 mm；当长度 $L > 1.5$ m 时，应为 4 mm；
- b) 烟箱中心线相对锅壳中心线或基准线的位移应不大于 5 mm。

8.7.7 立式锅壳锅炉装配后，锅壳筒体中心线与炉胆筒体中心线的同轴度公差应为 $\phi 10$ mm。

8.8 表面修磨与焊补

8.8.1 制造过程中应避免受压元件表面的(机械)损伤(如凹陷、疤痕、裂纹、弧坑等)。

8.8.2 管板、封头、U型下脚圈及波形炉胆内外表面的凹陷、疤痕、弧坑深度虽不影响设计要求的最小需要厚度，但底部呈尖锐状态时应修磨成圆滑过渡。深度影响设计要求的最小需要厚度时应进行焊补及修磨。

8.8.3 管板、封头人孔内扳边、管板上炉胆孔扳边距扳边弯曲起点大于 5 mm 处的裂口可进行修磨或焊补。

8.8.4 管子表面机械损伤或缺陷深度值不应影响设计要求的最小需要厚度。如果损伤处剩余厚度不小于设计要求的最小需要厚度，且损伤无尖锐棱角时，则可修磨；当机械损伤处管壁厚度小于设计要求的最小需要厚度时，应进行焊补和修磨。当机械损伤或缺陷深度剩余厚度小于设计要求的最小需要厚度的 70% 时应更换管子。

8.8.5 受压元件表面上高度超过 1 mm 的个别凸起应进行修磨。

8.8.6 因钢板质量不符合要求和过烧造成的裂纹、裂口不应焊补。

8.8.7 表面修磨、焊补应符合以下要求：

- a) 修磨斜度不大于 1 : 3；
- b) 焊补按评定合格的焊补工艺进行；
- c) 焊补及修磨后按 NB/T 47013(所有部分)进行表面无损检测合格。

9 胀接

9.1 一般要求

9.1.1 胀接处的计算温度不宜超过 400 °C。

9.1.2 管子名义外径应不大于 89 mm。

9.1.3 管子名义壁厚应不大于 5 mm，管板或筒体的名义壁厚应不小于 12 mm；管孔壁之间的距离应不小于 19 mm，且不小于管子名义壁厚的 6 倍。

9.2 胀接管孔

9.2.1 胀接管孔不应开在管板的拼接焊缝或锅壳(筒)的纵向焊缝上。当胀接管孔必须开在环向焊缝上时，则应按 11.4.6 b) 进行处理。

9.2.2 胀接管孔中心与焊接边缘(除 9.2.1 外)及管板板边起点的距离应不小于 $0.8d$ (d 为管孔名义直径)，且不小于 $0.5d + 12$ mm。

9.2.3 胀接管孔的表面粗糙度(Ra)值应不大于 $12.5 \mu\text{m}$ ，孔表面不应有纵向或螺旋形贯穿性刻痕。

9.2.4 胀接管孔的尺寸及偏差按表 6 的规定。

表 6 胀接管孔尺寸及偏差

单位为毫米

管子名义外径(D_o)	管孔名义直径(d)	管孔直径偏差	管孔圆度及圆锥度
14~16	$D_o + 0.3$	+0.24	0.10
18~25	$D_o + 0.3$	+0.28	0.11
32~51	$D_o + 0.3$	+0.28	0.14
57~60	$D_o + 0.5$	+0.34	0.15
63.5~76	$D_o + 0.5$	+0.40	0.15
83~89	$D_o + 0.6$	+0.46	0.19

9.2.5 若管板或锅壳(筒)厚度不小于 22 mm 时,为提高胀接的拔脱力和紧密接触密封,可在管孔内增设胀接槽,槽深宜为 0.5 mm~1 mm,槽宽宜为 4 mm。

9.3 胀接管子

9.3.1 胀接管表面不应有重皮、裂纹、纵向沟纹、压偏等缺陷,胀接处横向沟纹、麻点等缺陷其深度不应大于管子名义壁厚的 10%。胀接管子的端面垂直度(Δf)应不大于管子名义外径的 1.5%,且不大于 1 mm(见图 14)。

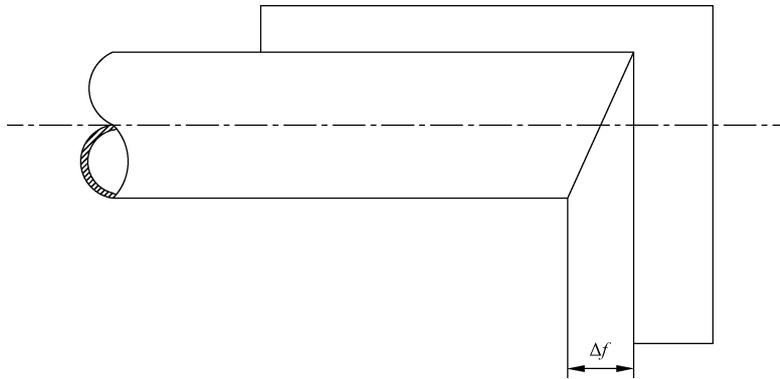


图 14 胀接管子端面垂直度偏差示意图

9.3.2 胀接管子的材料宜选用低于锅壳(筒)硬度的材料。若管端硬度大于管板或锅壳(筒)硬度时,应对管端进行退火处理,退火长度应不小于 100 mm。管端退火不应用煤炭作燃料直接加热。

9.3.3 管端胀接处的表面应均匀打磨,打磨长度应不小于管板或锅壳(筒)厚度加 50 mm。打磨后管子表面粗糙度 Ra 值应不大于 $12.5 \mu\text{m}$ 。

9.3.4 管子胀接端同一截面上壁厚允许最大差值应符合:当名义壁厚不大于 3 mm 时,为 0.3 mm;当名义壁厚大于 3 mm 时,为 0.35 mm。

9.3.5 胀接管端最小外径应按表 7 的要求。

表 7 胀接管的最小外径

单位为毫米

管子名义外径(D_o)	最小外径
32	31.35
38	37.35
42	41.35
51	50.19
57	56.13
60	59.1
63.5	62.57
70	69.00
76	74.81
83	81.27
89	87.71

9.4 胀管器的选用

9.4.1 胀管器的初始最小直径应小于管子的最小内径,并确保胀管器能顺利地放入管孔内。

9.4.2 胀管器圆柱直段的有效长度为管板或锅壳(筒)厚度加 15 mm,同时圆整到 0 或 5。

9.4.3 胀管器的胀杆和滚柱工作表面应无刻痕、压坑和碰伤等缺陷,胀杆全长的直线度公差应为 0.1 mm。

9.4.4 胀管设备转速一般应根据胀管器和试胀工艺确定。

9.5 胀接工艺

9.5.1 胀接管孔与管子外径应逐个逐根进行测量并作记录,同时管子与管孔间的最大间隙应符合表 8 的要求。

表 8 管子与管孔间的最大间隙

单位为毫米

管子名义外径(D_o)	最大间隙
32~42	1.36
51	1.41
57~60	1.50
63.5	1.53
70~76	1.66
83~89	1.90

9.5.2 胀接时的环境温度宜高于 0℃。

9.5.3 正式胀接前应进行试胀,以确定合理的胀管率。

9.5.4 胀接前管端伸出长度按下列规定。

a) 当采用 12°~15°扳边时,管端伸出长度应符合表 9 的规定。

表 9 12°~15°扳边管端伸出长度

单位为毫米

管子名义外径(D_o)		32,38,42	51,57,60	70,76,89
管端伸出长度	正常	6	9	10
	最大	7	11	12
	最小	5	7	8

b) 当采用 90°扳边时,管端伸出长度应符合表 10 的规定。

表 10 90°扳边管端伸出长度

单位为毫米

管子名义外径(D_o)		32,38,42	51,57,60	70,76,89
管端伸出长度	正常	8	9	10
	最大	10	11	12
	最小	6	7	8

9.5.5 制造单位应根据锅炉设计文件和试胀结果制定胀接工艺规程。

9.5.6 需要在安装现场进行胀接的锅炉出厂时,锅炉制造单位应提供适量同牌号的胀接试件。

9.6 胀管率计算方法

9.6.1 内径控制法

当采用内径控制时,胀管率一般应控制在 1%~2.1% 范围内。胀管率可按公式(1)进行计算:

$$H_n = \left(\frac{d_1 + 2\delta}{d} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H_n ——内径控制法胀管率;

d_1 ——胀接后的管子实测内径,单位为毫米(mm);

δ ——未胀时的管子实测壁厚,单位为毫米(mm);

d ——未胀时的管孔实测直径,单位为毫米(mm)。

9.6.2 外径控制法

当采用外径控制法时,胀管率一般控制在 1%~1.8% 范围内。胀管率可按公式(2)计算:

$$H_w = \frac{D - d}{d} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H_w ——外径控制法胀管率;

D ——胀接后紧靠管板或锅壳(筒)外壁处管子的实测外径,单位为毫米(mm);

d ——未胀时的管孔实测直径,单位为毫米(mm)。

9.6.3 管子壁厚减薄率控制法

当采用管子壁厚减薄率控制法时,符合如下要求:

- 在胀管前的试胀工作中应对每一种规格的管子和壁厚的组合都进行扭矩设定;
- 扭矩设定是通过试管胀进试板的管孔来实现的,试管胀接完毕后,打开试板,取出试管测量管壁减薄量,然后计算其管壁减薄率,管子壁厚减薄率一般控制在10%~12%范围内,扭矩设定完毕后,应将扭矩记录下来,并且将其应用于生产;胀接管子壁厚减薄率应按公式(3)计算:

$$H_b = \frac{\delta - \delta_m}{\delta} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

H_b ——胀接管子壁厚减薄率;

δ ——胀接前管子壁厚,单位为毫米(mm);

δ_m ——胀接后管子壁厚,单位为毫米(mm)。

- 为保证胀管设备的正常运行,生产中每班工作之前,操作人员都应进行一次试胀,同时检验部门应核实用于生产的扭矩是否与原设定的扭矩完全相同。

9.7 胀接质量

9.7.1 胀接后的管端不应有粗糙、剥落、刻痕、夹层、裂纹等缺陷。胀口处应无单边偏挤现象,胀接口内壁胀大部分过渡到未胀部分应均匀、平齐,无切口和沟槽。

9.7.2 管端 $12^\circ \sim 15^\circ$ (管壁与管子中心线的夹角)喇叭口(见图15)的扳边起点与管板或锅壳(筒)表面宜平齐,由胀接部分转入喇叭口部分应有明显的界限,但不应有明显的切口和挤出现象,扳边后管端不应有裂纹。

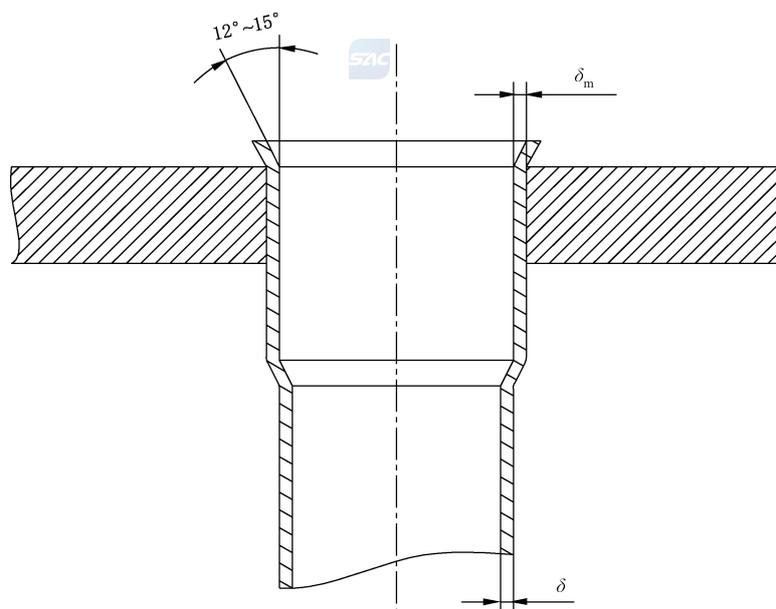


图15 管端 $12^\circ \sim 15^\circ$ 喇叭口示意图

9.7.3 高温区域(烟温 800 °C 以上)胀接管管端应进行 90°扳边。扳边后管端不应有超过 2 mm 的细长裂纹;管端与管板应紧密接触,其最大间隙(a)(如图 16)应不大于 0.4 mm,且间隙大于 0.05 mm 的长度不应超过管子周长的 20%。

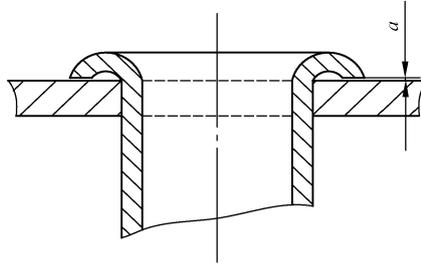


图 16 90°扳边示意图

9.7.4 应根据实际检查和测量结果做好胀接记录。

9.7.5 胀接全部完毕后应进行水压试验,检查胀口的严密性。

9.7.6 补胀和换管符合如下要求:

- a) 对水压试验漏水的胀口应在卸压后随即进行补胀,同时还应对其邻近的一些胀口稍加补胀以免受到影响而松弛。补胀前应测量胀口内径、确定合适的补胀量,以免超胀;
- b) 同一漏水胀口,补胀次数不宜多于 2 次,补胀后应重新进行水压试验,对补胀后仍有漏水且胀管率已超过 2.8%的管子应换管重胀(在割除不合格的胀接管子时,应注意不损伤管孔壁)。补胀、重胀后的胀管率应符合 9.6 的要求。

9.8 贴胀要求

9.8.1 贴胀的胀管率宜控制在 0.1%~0.5%(内径控制法),最大不宜大于 0.7%。

9.8.2 贴胀工作完成后,应仔细测量贴胀的胀管率,并按照胀管质量要求进行质量检验、记录。

10 焊接

10.1 一般要求

10.1.1 对于受压元件之间及与承载构件的焊接,制造单位应制定符合要求的焊接工艺和相应的检查、验收要求,以保证焊接质量。

10.1.2 焊工应按照评定合格的焊接工艺所编制的焊接工艺规程施焊,并做好施焊记录。

10.1.3 非本单位的焊接工艺评定不应用于本单位受压元件产品的焊接工作。

10.1.4 制造单位应建立焊工焊接档案,并对施焊焊缝质量以及焊工遵守工艺纪律情况进行检查与评价。

10.2 焊接工艺评定

按 NB/T 47014 及 GB/T 16507.5 的相关要求进行。

10.3 焊接工艺

10.3.1 不应在焊件的非焊接表面引弧,如产生弧坑,应将其磨平或焊补。有裂纹倾向的材料,磨平或焊补后应进行表面无损检测。

10.3.2 焊件纵缝两端的引弧板、引出板或产品焊接试件,严禁锤击拆除。

10.3.3 焊件装配时不应强力对正。焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后,方能进行焊接。

- 10.3.4 多道(层)焊接时,后道(层)焊接前均应将前道(层)焊缝的表面清理干净。
- 10.3.5 额定工作压力不大于 2.5 MPa 的卧式内燃锅炉、锅壳式余热锅炉及贯流式锅炉,除受烟气直接冲刷部位的连接处以外,管板与炉胆、锅壳采用 T 型接头连接,其焊缝背部能够封焊的部位均应封焊,不能够封焊的部位应采用氩弧焊打底,并保证焊透。
- 10.3.6 立式锅壳锅炉 U 型下脚圈与锅壳连接的焊缝应采用氩弧焊打底。
- 10.3.7 在锅壳、炉胆的纵向和环向对接焊中使用了衬垫时,焊接后应除去衬垫。
- 10.3.8 锅壳、炉胆纵向和环向对接焊缝焊后磨平时,应有记录或标记可追踪到焊缝位置。
- 10.3.9 集箱、管子和其他管件的对接焊缝不应使用永久性衬环。
- 10.3.10 管子对接焊接时,宜采用多层焊(工艺文件规定单层焊的除外),各焊层的接头应尽量错开。
- 10.3.11 管子与管板焊接应尽量交叉进行;水冷壁管与集箱焊接时,应采用有效措施防止焊后集箱变形。

10.4 焊前准备及施焊环境

- 10.4.1 焊条、焊丝、焊剂等焊接材料应符合 NB/T 47018(所有部分)等的规定,并按相关标准验收或复验,合格后方可使用。焊接材料的保管、发放应符合 JB/T 3223 的规定。
- 10.4.2 当施焊环境出现下列任一情况,且无有效防护措施时不应施焊:
- 焊条电弧焊时风速大于 10 m/s;
 - 气体保护焊时风速大于 2 m/s;
 - 相对湿度大于 90%;
 - 雨、雪环境;
 - 施焊环境温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 10.4.3 当焊件温度为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,应在焊件始焊处 100 mm 范围内预热到 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。

10.5 焊接接头坡口

- 10.5.1 焊接接头的坡口形式、尺寸和装配偏差应符合技术文件的规定。
- 10.5.2 坡口表面不应有裂纹、分层、夹杂物等缺陷。
- 10.5.3 标准室温抗拉强度(R_m)下限值不小于 540 MPa 的低合金钢材料及 Cr-Mo 低合金钢材料经热切割的坡口表面,加工完成后应按 NB/T 47013.4 进行磁粉检测, I 级合格。
- 10.5.4 施焊前,应清除坡口及两侧母材表面至少 20 mm 范围内(以离坡口边缘的距离计)的氧化皮、油污、熔渣及其他有害杂质。

10.6 焊脚尺寸

焊脚尺寸(K)推荐采用表 11 中的数值。下降管连接焊缝的焊脚尺寸按焊缝强度选用。

表 11 焊脚尺寸

单位为毫米

管子类型	管子名义壁厚(δ_0)	焊脚尺寸(K)
除拉撑管以外的其他管子	≤ 3	4
	$> 3\sim 4.5$	$\delta_0 + 1.5$
	> 4.5	$\delta_0 + 2$
拉撑管	—	$\delta_0 + 3$

10.7 焊前预热和焊后后热

10.7.1 焊前预热应符合以下要求。

- a) 焊前预热及预热温度根据母材交货状态、化学成分、力学性能、焊接性能、厚度及焊件的拘束程度等因素确定,预热温度一般通过焊接工艺评定确定。
- b) 预热要求及推荐最低预热温度符合 NB/T 47015 的规定。
- c) 当焊接两种不同类别材料组成的焊接接头时,预热温度按要求高的材料选用。焊接中断重新施焊时,仍按规定进行预热。
- d) 采用组合焊接工艺时,如果需要预热,对于每个工艺,分别确定预热要求。
- e) 需要预热的焊件接头温度在整个焊接过程中不低于预热温度。

10.7.2 焊后后热应符合以下要求:

- a) 对冷裂纹敏感性较大的低合金钢和拘束度较大的焊件应采取后热措施,并应符合工艺文件的要求;
- b) 后热温度一般为 200 °C~350 °C;保温时间与后热温度、焊缝金属厚度有关,一般不少于0.5 h;
- c) 后热应在焊后立即进行,如焊后立即进行热处理可不进行后热。

10.8 焊接返修

10.8.1 当受压元件的焊接接头经无损检测发现存在超标缺陷时,应查找原因并制定可行的返修方案后才能进行返修焊。

10.8.2 返修焊前应将缺陷彻底清除。

10.8.3 返修焊后,焊区应进行外观检查 and 无损检测。有焊后热处理要求的元件,返修焊后应做焊后热处理。

10.8.4 同一位置上的返修不宜超过 2 次;2 次以上的返修应经单位技术负责人批准,返修的部位、次数、返修情况应存入锅炉产品技术档案。

10.9 受压元件焊接接头外观检查

受压元件焊接接头(包括受压元件与主要承受载荷非受压元件之间的焊接接头)按下列要求进行外观检查。

- a) 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定。
- b) 对接接头的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、未熔合、夹渣、弧坑和气孔。
- c) 锅壳、炉胆、集箱或管道的纵、环缝及管板(封头)、U 型下脚圈的拼接焊缝应无咬边,其余焊缝咬边深度不超过 0.5 mm。管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的 20%,且不超过 40 mm。

11 热处理

11.1 一般要求

11.1.1 钢管冷、热成形后的热处理应符合 11.2 的规定。

11.1.2 受压件用钢板的冷、热成形后的恢复材料性能热处理应符合 11.3 的规定。

11.1.3 受压元件和受压元件与非受压元件连接焊缝的焊后热处理应符合 11.4 的规定。

11.1.4 热处理炉应符合 GB/T 30583 的要求。其他加热设备应符合有关技术要求。

11.2 钢管冷、热成形后热处理

11.2.1 铁素体钢管弯管成形,如弯曲半径不大于 1.3 倍管子外径,应进行消除应力热处理;奥氏体钢管弯管成形,应进行固溶处理。

11.2.2 奥氏体钢管缩颈、减厚、扩口成形后,应进行固溶处理。

11.3 钢板成形后热处理

11.3.1 钢板成形后热处理符合如下要求。

- 奥氏体钢应按制造单位的工艺确定是否进行热处理,但应保证不损害材料的使用性能。
- 其他材料钢板单向拉伸和双向拉伸冷成形(如图 17),当变形率大于 5%时,应于成形后进行相应热处理恢复材料的性能,热处理方式按 11.3.2、11.3.3 的规定进行;

单向拉伸变形率(ϵ_1)按公式(4)、双向拉伸变形率(ϵ_2)按公式(5)进行计算:

$$\epsilon_1 = 50t [1 - (R_f / R_o)] / R_f \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\epsilon_2 = 75t [1 - (R_f / R_o)] / R_f \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

t —— 板材厚度,单位为毫米(mm);

R_f —— 成形后中面半径,单位为毫米(mm);

R_o —— 成形前中面半径(对于平板为 ∞),单位为毫米(mm)。

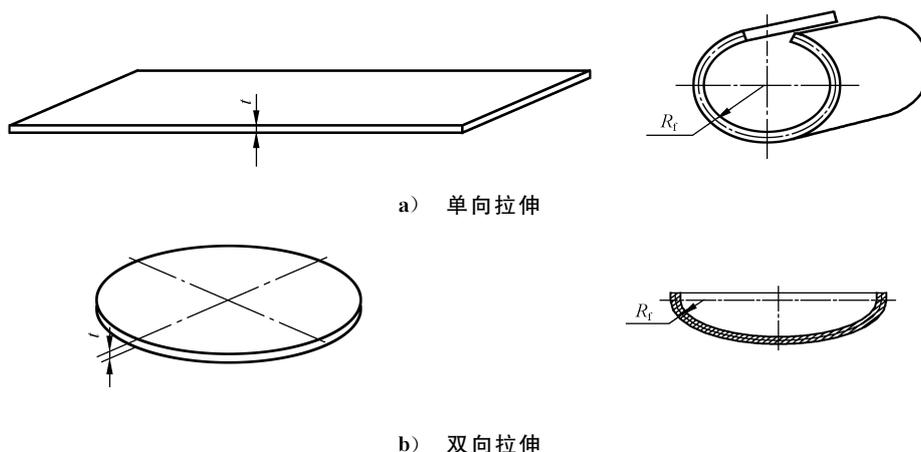


图 17 单向拉伸和双向拉伸冷成形

- 对于碳素钢及低合金钢钢板冷成形,当变形率大于 5%、且符合下列任意条件之一,冷成形后应进行消除应力热处理:

- 成形前厚度大于 16 mm;
- 成形后减薄量大于 10%。

11.3.2 受压件在热、冷成形后,根据材料技术要求,可不进行热处理或按下列情况之一进行热处理:

- 去应力热处理;
- 正火;
- 正火+回火;
- 淬火+回火;
- 固溶处理。

11.3.3 如在成形后对产品进行检测证明完工的部件材料符合相应材料标准的要求,也可采用以下热处理工艺:

- a) 当规定的最终热处理为正火时,如部件在成形期间被均匀加热到正火温度,则不要求进一步的热处理;
- b) 当规定的最终热处理为正火+回火时,如部件在成形期间被均匀加热到正火温度,则应进行另外的回火处理;
- c) 对淬火+回火钢,热成形后应进行淬火+回火热处理。

11.4 焊后热处理

11.4.1 受压元件按材料、焊后热处理厚度(δ_{PWHT})和设计要求确定是否进行焊后热处理。

11.4.2 受压元件应在所有焊接(包括非受压元件与其连接的焊接)工作全部结束且经过检验合格后,方可进行焊后热处理。

11.4.3 焊后热处理应在压力试验前进行。

11.4.4 焊后热处理应按热处理工艺文件要求实施。热处理工艺文件应注明热电偶数量、位置及与焊件接触方法,局部热处理时应注明加热宽度和绝热层宽度。

11.4.5 焊后热处理厚度(δ_{PWHT})应按以下规定确定:

- a) 对于对接焊缝,热处理厚度为焊缝厚度,余高不计;
- b) 对于角接焊缝,热处理厚度为角焊缝厚度,即角焊缝计算厚度;
- c) 对于部分焊透焊缝、焊接返修焊缝、材料修补焊缝,热处理厚度为其所填充的焊缝金属厚度;对于双面焊接,焊缝厚度为两侧之和;
- d) 对于坡口焊缝与角焊缝的组合焊缝(见图 18),热处理厚度为坡口深度(t)和角焊缝厚度(h)中较大者;
- e) 管接头(管座)与本体坡口焊缝和角焊缝的组合焊缝(见图 18),为坡口深度(t)和角焊缝厚度(h)中较大者;当多个开孔形成孔桥且两孔之间的节距小于 2 倍平均孔径时,为坡口深度(t)与角焊缝厚度(h)之和;

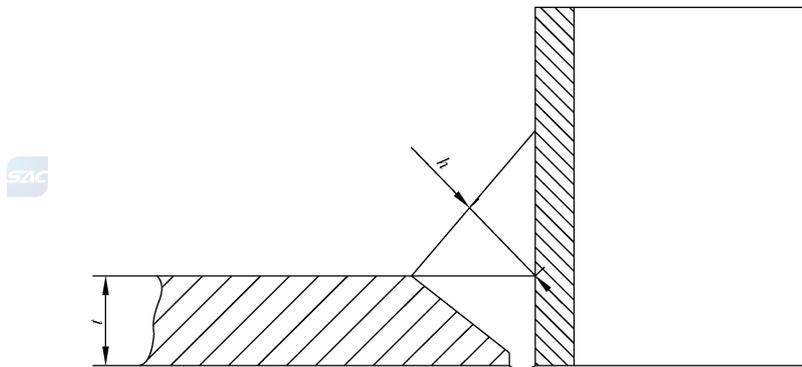


图 18 组合焊缝示意图

- f) 螺柱焊时,热处理厚度为螺柱的公称直径;
- g) 焊后热处理计算保温时间的厚度:
 - 1) 整体焊后热处理时,应按需经焊后热处理部位 δ_{PWHT} 的最大值;
 - 2) 同炉内装入多台(件)承压设备或零部件时,应按同炉热处理的设备或零部件的 δ_{PWHT} 的最大值。

11.4.6 锅炉及其受压元件符合以下条件之一,应进行焊后热处理,焊后热处理应包括受压元件间及其与非受压元件的连接焊缝。

- a) 焊后热处理厚度(δ_{PWHT})符合表 12 规定。

表 12 需进行焊后热处理的焊后热处理厚度(δ_{PWHT})

单位为毫米

材料	焊后热处理厚度(δ_{PWHT})
Q235(B,C)、Q245R、10、15、20、20G	$>30^a$
Q345R、20MnG、25MnG	≥ 20
12CrMoG、15MoG、20MoG、13MnNiMoR	>16
15CrMoG	>10
12Cr1MoVR、12Cr1MoVG	>6
12Cr2Mo1R、12Cr2MoG	任意厚度
^a 内燃锅炉的筒体、管板的名义厚度大于 20 mm 的 T 型接头,应进行焊后热处理。	

- b) 如果由于结构设计原因,胀接管孔不能够避免开在锅壳(筒)环向焊缝上时,在管孔周围 60 mm (如果管孔名义直径大于 60 mm,则取孔径值)范围内的焊缝经过射线或超声检测合格,并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷,对开孔部位的内外表面焊缝余高进行磨平,且该锅壳(筒)应进行整体热处理。
- c) 如果由于结构设计原因,焊接管孔不能够避免开在焊缝及其热影响区上时,在管孔周围 60 mm (如果管孔名义直径大于 60 mm,则取孔径值)范围内的焊缝经过射线或超声检测合格,并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷,管接头应进行焊后消除应力热处理。
- d) 符合 11.7.1 的规定时。
- e) 当图样另有规定时。

11.4.7 焊后热处理符合以下要求:

- a) 异种钢焊接接头焊后需要进行消除应力热处理时,焊后热处理温度应按热处理要求高的钢号执行,其温度不应超过接头两侧任一侧材料的下临界点 A_{cl} ;
- b) 有再热裂纹倾向的材料,焊后热处理时应防止产生再热裂纹。

11.4.8 焊后热处理方法按以下规定。

- a) 焊后热处理应优先采用在炉内整体加热的方法进行。
- b) 当无法整体热处理时,允许采用分段热处理。如果采用分段热处理,则加热各段至少应有 1 500 mm 的重叠部分。炉外部分应采取保温措施,防止产生有害的温度梯度。
- c) 补焊和环缝局部热处理时,焊缝和焊缝两侧的加热宽度应各不小于焊接接头两侧钢板厚度(取较大值)的 3 倍或不小于 200 mm。局部热处理的加热带宽度应保证覆盖范围内均温带的温度规范符合规定,绝热带则应保证热能效率,防止产生有害的温度梯度。
- d) 当通过内加热方法对部件进行热处理时,应将部件完全包覆在绝热保温材料内。

11.5 焊后热处理工艺

11.5.1 装炉温度:工件可采取冷装炉或热装炉,但装炉温度应不大于 400 °C。

11.5.2 自 400 °C 起缓慢加热焊件至 600 °C,保温时间为 $(0.04\delta_{PWHT})$ h,但不少于 0.25 h。升温速度宜为:

- a) 升温速度不大于 $(8\ 500/\delta_{PWHT})$ °C/h;
- b) 任何情况下,升温速度不大于 335 °C/h,且不应小于 55 °C/h。

注:上述升温速度为通用要求,有些材料对此升温速度的要求可能更加严格或较为放宽。

11.5.3 保温结束后缓慢冷却至不大于 400 °C 后出炉,在静止空气中空冷。冷却速度宜为:

- a) 冷却速度不大于 $(8\ 500/\delta_{\text{PWHT}})$ °C/h;
- b) 任何情况下,冷却速度不大于 335 °C/h,且不小于 55 °C/h。

注:上述冷却速度为通用要求,有些材料对此冷却速度的要求可能更加严格或较为放宽。

11.5.4 在加热和保温期间,炉内气氛应避免对工件表面的过度氧化。加热火焰不应直接喷射在工件表面。

11.5.5 工件热处理加热与冷却过程中,温度不大于 500 °C 时,工件各处温度差在 4 600 mm 距离内应不超过 140 °C,且任何温度梯度应是平缓的;温度大于 500 °C 时,温度差应不超过 100 °C。

11.5.6 热处理完成后,热电偶或热电偶座与工件的连接焊缝应磨平,必要时应进行表面无损检测。

11.6 产品焊接试件的热处理

需要热处理时,产品焊接试件应与所代表的产品同炉热处理。

11.7 热处理后的焊接

11.7.1 热处理后的锅炉受压元件,如锅壳(筒)和集箱等,应避免直接在其上焊接元件。如不能避免,在同时满足下列条件时,焊后可不再进行热处理:

- a) 受压元件为碳素钢或碳锰钢材料;
- b) 角焊缝的计算厚度小于或等于 10 mm;
- c) 按经评定合格的焊接工艺施焊;
- d) 角焊缝进行 100% 表面无损检测。

11.7.2 对于按本文件规定焊后可免除热处理的受压部件,在制造过程中因种种因素进行了热处理,但部件由于结构限制不能在热处理前完成所有焊接,热处理后需要焊接时,焊后免除热处理的条件不变。

12 检验与试验

12.1 材料检验

按 GB/T 16507.6 的相关要求进行。

12.2 外观检验

材料切割、零部件的制造(包括冷热成形及装配等)尺寸偏差,焊缝、胀接接头的外观检查应符合第 6 章~第 10 章的相关要求。

12.3 受热面管子通球试验

12.3.1 名义外径不大于 60 mm 的管子对接接头或弯管应进行通球试验,试验用压缩空气的压力约 0.6 MPa。通球应采用钢球,所用钢球的直径允许比通球直径小 0.2 mm。通球直径(d_b)对于对接接头按表 13 的规定,对于弯管按表 14 的规定。

12.3.2 既有弯头又有对接接头的管子,通球直径(d_b)应选用表 13 和表 14 中的较小值。

12.3.3 内螺纹管通球时,应首先按管子理论名义内径(即管子的名义外径减去 2 倍管子名义壁厚与螺纹高度之和)选取通球用钢球;若按理论名义内径通球遇阻,则按管子实测最小内径选取钢球进行通球。

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

表 13 对接接头用通球直径

单位为毫米

管子名义内径(d_i)	$d_i \leq 25$	$25 < d_i \leq 40$	$40 < d_i \leq 55$	$d_i > 55$
通球直径(d_b)	$\geq 0.75d_i$	$\geq 0.8d_i$	$\geq 0.85d_i$	$\geq 0.9d_i$

表 14 弯管用通球直径

单位为毫米

$\frac{R}{D_o}$	$R/D_o < 1$	$1.0 \leq R/D_o < 1.4$	$1.4 \leq R/D_o < 1.8$	$1.8 \leq R/D_o < 2.5$	$2.5 \leq R/D_o < 3.5$	$R/D_o \geq 3.5$
通球直径 (d_b)	$\geq 0.65d_i$	$\geq 0.7d_i$	$\geq 0.75d_i$	$\geq 0.8d_i$	$\geq 0.85d_i$	$\geq 0.9d_i$
注: R 为管子弯曲半径, D_o 和 d_i 分别为管子名义外径和名义内径。						

12.4 光谱检验

合金钢管(管件)对接接头焊缝和母材应进行 100% 的化学成分光谱分析验证,并出具光谱分析检验报告。

12.5 产品焊接接头力学性能试验

12.5.1 焊制产品焊接试件的基本要求

为检验产品焊接接头的力学性能,应焊制产品焊接试件。对于焊接质量稳定的制造单位,经过技术负责人批准,可免做焊接试件。但属于下列情况之一的,应制作纵缝焊接试件:

- 制造单位按照新焊接工艺评定结果制造的前 5 台锅炉的;
- 用合金钢(碳锰钢除外)制作并且工艺要求进行热处理的锅壳(筒)或集箱类部件的;
- 设计要求制作焊接试件的。

12.5.2 产品焊接试件制作

12.5.2.1 每个锅壳(筒)、集箱类部件纵缝应制作一块产品焊接试件,纵缝焊接试件应作为产品纵缝的延长部分焊接。

12.5.2.2 产品焊接试件应由焊接该产品的焊工焊接,试件材料、焊接材料和工艺条件等应与所代表的产品相同,试件焊成后应打上焊工和检验员代号钢印。

12.5.2.3 需要热处理时,试件应与所代表的产品同炉热处理。

12.5.2.4 焊接试件的数量、尺寸应满足检验和复验所需要试样的制备。

12.5.3 试样制取和性能试验

12.5.3.1 焊接试件经过外观和无损检测检查后,在合格部位制取试样。

12.5.3.2 焊接试件上制取试样的力学性能检验类别、试样数量、取样和加工要求、试验方法、合格指标及复验应符合 NB/T 47016 的规定。

12.5.3.3 额定工作压力不小于 3.8 MPa 锅炉锅壳(筒)的纵向焊缝及集箱类部件的纵向焊缝,当板厚大

于 20 mm,应从焊接试件上制取全焊缝金属纵向拉伸试样。试样数量和试验方法如下:

- a) 试样数量:当板厚大于 20 mm 但不大于 70 mm 时,应从试件(试板)上沿焊缝纵向切取全焊缝金属拉力试样 1 个;当板厚大于 70 mm 时,应取全焊缝金属拉力试样 2 个;
- b) 试验方法和取样位置可按 GB/T 2652 的要求;
- c) 全焊缝金属拉伸试样的试验结果应满足母材规定的抗拉强度(R_m)、下屈服强度(R_{eL})或规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)。

12.5.3.4 额定工作压力不小于 3.8 MPa 锅炉锅壳(筒)纵向焊缝、合金钢材料集箱类部件的纵向焊缝,如果双面焊壁厚不小于 12 mm(单面焊壁厚不小于 16 mm)应从焊接试件上制取试样做焊缝金属及热影响区夏比 V 型缺口室温冲击试验。

12.6 无损检测

12.6.1 无损检测方法

12.6.1.1 无损检测方法主要包括射线(RT)、超声(UT)(包括脉冲回波法(PE)、超声衍射时差法(TOFD)、相控阵超声(PAUT))、磁粉(MT)、渗透(PT)、涡流(ET)等检测方法,锅炉受压部件无损检测应符合 NB/T 47013(所有部分)的要求。制造单位应根据设计、工艺及其相关技术条件选择无损检测方法并制定相应的无损检测工艺。

12.6.1.2 当选用超声衍射时差法(TOFD)时,应与脉冲回波法(PE)组合进行检测。

12.6.1.3 管子对接接头可采用射线数字成像检测方法进行射线检测。

12.6.1.4 铁磁性材料焊接接头表面无损检测应优先采用磁粉检测。

12.6.2 无损检测时机

焊接接头的无损检测应在形状尺寸和外观质量的检查合格后进行,并遵循以下原则:

- a) 有延迟裂纹倾向材料的焊接接头应在焊接完成 24 h 后进行无损检测;
- b) 有再热裂纹倾向材料的焊接接头应在最终热处理后进行表面无损检测复验;
- c) 管板(封头)、波形炉胆、下脚圈的拼接接头的无损检测应在成形后进行;如成形前进行无损检测,则成形后应在小圆弧过渡区域再次进行无损检测。

12.6.3 无损检测选用方法和比例

12.6.3.1 蒸汽、热水锅炉受压部件焊接接头的无损检测选用方法及比例应符合表 15 的要求。

表 15 蒸汽、热水锅炉受压部件焊接接头无损检测选用方法及比例

检测部位	锅炉分类					
	$p \geq 3.8$ MPa	蒸汽锅炉 $0.8 \text{ MPa} < p < 3.8 \text{ MPa}$; 热水锅炉 $p < 3.8 \text{ MPa}$, 且 $t \geq 120 \text{ }^\circ\text{C}$	蒸汽锅炉 $p \leq 0.8 \text{ MPa}$, 且 $V > 50 \text{ L}$	热水锅炉 $0.4 \text{ MPa} < p < 3.8 \text{ MPa}$, 且 $t < 120 \text{ }^\circ\text{C}$; $p < 0.4 \text{ MPa}$, 且 $95 \text{ }^\circ\text{C} < t < 120 \text{ }^\circ\text{C}$	蒸汽锅炉 $p \leq 0.8 \text{ MPa}$, 且 $V \leq 50 \text{ L}$;	热水锅炉 $p \leq 0.4 \text{ MPa}$, 且 $t \leq 95 \text{ }^\circ\text{C}$
锅壳(筒)、启动(汽水)分离器的纵向和环向对接接头,封头(管板)、下脚圈的拼接接头以及集箱的纵向对接接头	100%射线或超声检测 ^a		20% 射线检测	10% 射线检测	10% 射线检测	—

表 15 蒸汽、热水锅炉受压部件焊接接头无损检测选用方法及比例（续）

检测部位	锅炉分类					
	$p \geq 3.8 \text{ MPa}$	蒸汽锅炉 $0.8 \text{ MPa} < p < 3.8 \text{ MPa}$; 热水锅炉 $p < 3.8 \text{ MPa}$, 且 $t \geq 120 \text{ }^\circ\text{C}$	蒸汽锅炉 $p \leq 0.8 \text{ MPa}$, 且 $V > 50 \text{ L}$	热水锅炉 $0.4 \text{ MPa} < p < 3.8 \text{ MPa}$, 且 $t < 120 \text{ }^\circ\text{C}$; $p < 0.4 \text{ MPa}$, 且 $95 \text{ }^\circ\text{C} < t < 120 \text{ }^\circ\text{C}$	蒸汽锅炉 $p \leq 0.8 \text{ MPa}$, 且 $V \leq 50 \text{ L}$;	热水锅炉 $p \leq 0.4 \text{ MPa}$, 且 $t \leq 95 \text{ }^\circ\text{C}$
炉胆的纵向和环向对接接头(包括波形炉胆)、回燃室的对接接头及炉胆顶的拼接接头	—	20%射线检测		10%射线检测	—	
锅壳锅炉,其管板与锅壳的 T 型接头,贯流式锅炉集箱筒体 T 型接头		100%超声检测		10%超声检测		
内燃锅壳锅炉,其管板与炉胆,回燃室的 T 型接头		50%超声检测		10%超声检测		
集中下降管角接接头	100%超声检测	—	—			
外径大于 159 mm 或壁厚不小于 20 mm 的集箱、管道和其他管件的环向对接接头	100%射线或超声检测 ^a					
其他集箱、管道、管子环向对接接头(受热面管子接触焊除外)	1) $p \geq 9.8 \text{ MPa}$, 100%射线或超声检测(安装工地:接头数的 50%); 2) $p < 9.8 \text{ MPa}$, 50%射线或超声检测(安装工地:接头数的 25%)	10%射线检测(热水锅炉管道除外) ^b				
锅壳(筒)、集箱上管接头的角接接头	外径大于 108 mm 的全焊透结构的角接接头,100%超声检测;其他管接头的角接接头应按照不少于接头数的 20%进行表面无损检测	—				
注: p ——锅炉额定工作压力,单位为兆帕(MPa); V ——设计正常水位水容积,单位为升(L)。						
^a 壁厚小于 20 mm 的焊接接头应采用射线检测方法,壁厚不小于 20 mm 时,可采用超声检测方法,超声检测宜采用数字式可记录的超声检测仪,如采用不可记录式超声检测仪,应附加 20%局部射线检测。						
^b 水温低于 100 °C 的省煤器、节能器、受热面管、给水管道的可不进行无损检测。						

12.6.3.2 以下类别锅炉的管子或管道与无直段弯头的焊接接头应进行 100%射线或超声检测:

- a) 蒸汽锅炉；
- b) 额定工作压力不小于 3.8 MPa 的热水锅炉及额定工作压力小于 3.8 MPa、额定出水温度不小于 120 °C 的热水锅炉。

12.6.4 局部无损检测

12.6.4.1 锅炉受压元件局部无损检测部位由制造单位确定,但应包括纵缝与环缝的相交对接接头部位、管子或管道与无直段弯头的对接接头部位。

12.6.4.2 经局部无损检测的焊接接头,如果在检测部位任意一端发现缺陷有延伸可能时,应在缺陷的延长方向进行补充检测。当发现超标缺陷时,应在该缺陷两端的延伸部位各进行不少于 200 mm 的补充检测,如仍不合格,则应对该条焊接接头进行全部检测。对不合格的接管对接接头,应对该焊工焊接的管子对接接头进行抽查数量双倍数目的补充检测,如仍不合格,应对该焊工当班全部接管焊接接头进行检测。

12.6.4.3 进行局部无损检测的锅炉受压元件,制造单位也应对未检测部分的质量负责。

12.6.5 合格判定

12.6.5.1 锅炉受压部件焊接接头的射线检测技术等级不低于 AB 级,焊接接头质量等级不低于 II 级。

12.6.5.2 锅炉受压部件焊接接头的超声检测技术等级不低于 B 级;采用衍射时差法(TOFD)超声检测技术时,焊接接头质量等级不低于 II 级;采用其他检测技术[如脉冲回波法(PE)、相控阵超声(PAUT)]时,焊接接头质量等级不低于 I 级。

12.6.5.3 表面检测的焊接接头质量等级不低于 I 级。

12.6.5.4 锅炉受压部件如果采用多种无损检测方法进行检测,则应按照各自验收标准进行评定,均合格后,方可认为无损检测合格。

12.6.5.5 当选用超声衍射时差法(TOFD)时,检测结论以 TOFD 与 PE 方法的结果进行综合判定。

12.6.6 资料管理

制造单位应妥善保管无损检测的作业指导书、原始记录、报告、检测部位图、射线底片、光盘或电子文档等资料(含缺陷返修记录),其保存期限应不少于 7 年。

12.7 水压试验

12.7.1 基本要求

12.7.1.1 锅炉受压元件应在无损检测和热处理后进行水压试验。

12.7.1.2 水压试验场地应有可靠的安全防护设施。

12.7.1.3 水压试验应在周围环境气温高于或等于 5 °C 时进行,低于 5 °C 时应有防冻措施。

12.7.1.4 水压试验所用的水应是洁净水,水温应保持高于周围露点的温度以防表面结露,但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力。

12.7.1.5 合金钢受压件水压试验时,试验水温应高于所用钢种的脆性转变温度。

12.7.1.6 奥氏体受压元件水压试验时,应控制水中的氯离子含量不超过 25 mg/L,如不能满足要求,水压试验后应立即将水渍去除干净。

12.7.1.7 试验时如采用压力表测量试验压力,则应使用两只量程相同、并经检定合格且在有效期内的压力表,量程应为试验压力的 1.5 倍~3 倍,最好采用 2 倍。压力表的精度不应低于 1.6 级,表盘直径不应小于 100 mm。

12.7.2 水压试验前的准备

12.7.2.1 水压试验前锅炉受压件内外部应清理干净,无锈斑和涂漆等;如内腔需采用镀层处理的,则允许在镀层工序完成后进行。充水时应将内部的空气排尽再封闭排气口。

12.7.2.2 水压试验前,各连接部位的紧固件应装配齐全,并紧固妥当;为进行水压试验而装配的临时受压元件,应采取适当的措施,保证其安全性。

12.7.2.3 试验所用的管路应无堵塞和渗漏,保持正常的工作状态。

12.7.3 水压试验压力及保压时间

12.7.3.1 锅炉受压部件(元件)以单件型式出厂的水压试验应按表 16 的规定进行。

表 16 锅炉受压部件(元件)水压试验压力与保压时间

名称	试验压力(p_T)/MPa	保压时间
锅壳(筒)部件	其工作压力的 1.25 倍, 且不低于其所对应的锅炉本体水压试验压力	≥ 20 min
集箱类部件	其工作压力的 1.5 倍	≥ 5 min
过热器、省煤器、节能器、冷凝器	其工作压力的 1.5 倍	≥ 5 min
对接焊接的受热面管子及其他受压管件	其工作压力的 1.5 倍	10 s~20 s

12.7.3.2 锅炉整体水压试验的要求按表 17 的规定。

表 17 锅炉整体水压试验压力与保压时间

名称	锅壳(筒)工作压力(p)/MPa	试验压力(p_T)/MPa	保压时间
锅炉本体	< 0.8	$1.5p$ 但不小于 0.2	≥ 20 min
	$0.8 \sim 1.6$	$p + 0.4$	
	> 1.6	$1.25p$	
铸铁省煤器(铸铁节能器)	任何压力	1.5 倍省煤器工作压力	

注: 锅炉本体的水压试验,不包括过热器、铸铁省煤器(铸铁节能器)。

12.7.4 水压试验过程控制

进行水压试验时,水压应缓慢地升降。当水压上升到工作压力时,应暂停升压,确认无漏水或异常现象后继续升压至规定的试验压力,按规定的保压时间进行保压,然后降到工作压力进行检查。检查期间内压力应保持不变,但不应采用连续加压以维持试验压力不变。水压试验完毕后,应将水放尽,并将内部吹干。

12.7.5 水压试验合格要求

12.7.5.1 受压元件金属壁和焊缝上应无水珠和水雾。

12.7.5.2 当降到工作压力后胀口处应无水珠。

12.7.5.3 水压试验后应无明显的残余变形。

12.7.6 零、部件免做水压试验的条件

敞口集箱(含带有三通的集箱)、无成排受热面管接头以及内孔焊封底的成排管接头的集箱、管道、减温器、分配集箱等部件,其所有焊缝经过 100%无损检测合格,以及对接焊接的受热面管及其他受压管件经过氩弧焊打底并且 100%无损检测合格,能够确保焊接质量,在制造单位内可不单独进行水压试验。

13 涂装与包装

锅炉涂装与包装应满足以下要求及 NB/T 47055 的规定。

- a) 整装出厂的锅壳锅炉,按设计和工艺要求完成本体保温施工和外护板安装,外护板表面应平顺,无凹凸缺陷,涂装部位(含镀层)无明显的划痕、斑点、锈蚀等缺陷。
- b) 组装出厂的锅壳锅炉,水压试验后、外包出厂前对锅炉各零、组件外表面喷涂防锈底漆,有关管孔、法兰接口封盖。
- c) 散装出厂的锅壳锅炉,外包出厂前对锅炉各零、组件外表面喷涂防锈底漆,锅壳筒体上现场胀接的胀接管孔涂防锈油并封盖,锅壳筒体及集箱上的水冷壁管孔、法兰接口应封盖。

14 铭牌及出厂资料

14.1 铭牌

14.1.1 应在锅炉产品的明显位置装设金属铭牌,铭牌上至少载明以下项目:

- a) 制造单位名称;
- b) 产品型号;
- c) 设备代码;
- d) 产品编号;
- e) 额定蒸发量(t/h)或额定热功率(MW);
- f) 额定工作压力(MPa);
- g) 额定蒸汽温度(°C)或额定出口、进口水(热载体介质)温度(°C);
- h) 额定电压,V;额定电流,A(对于电加热锅炉);
- i) 制造许可证级别和编号;
- j) 制造日期(年、月)。

14.1.2 铭牌上应留有打制造监督检验标志的位置。

14.2 出厂资料

14.2.1 产品出厂时,锅炉制造单位应提供与安全有关的技术资料,资料至少包括以下内容:

- a) 产品图样(包括锅炉总图、安装图和主要受压元件图);
- b) 受压元件的强度计算书或计算结果汇总表;
- c) 安全阀排放量的计算书或计算结果汇总表;
- d) 热力计算书或热力计算结果汇总表;
- e) 烟风阻力计算书或计算结果汇总表;
- f) 产品质量证明书,包括产品合格证(含产品数据表)、金属材料质量证明、焊接质量证明和水压试验证明等;
- g) 产品安装说明书和使用说明书;

- h) 受压元件与设计文件不符的变更资料；
 - i) 热水锅炉的水流程图及水动力计算书或计算结果汇总表(自然循环的锅壳式锅炉除外)；
 - j) 特种设备制造监督检验证书；
 - k) 对于定型产品应提供锅炉能效测试报告。
- 14.2.2 对于额定工作压力不小于 3.8 MPa 锅炉,除满足 14.2.1 的要求外,还应提供以下技术资料：
- a) 过热器壁温计算书或计算结果汇总表；
 - b) 热膨胀系统图(根据锅炉结构特点,必要时提供)。

附录 A
(规范性)
锅炉焊接管孔

A.1 管孔型式及加工方法

A.1.1 受压元件上焊接管孔的型式应为插入式、凹座式或骑座式(见图 A.1)。

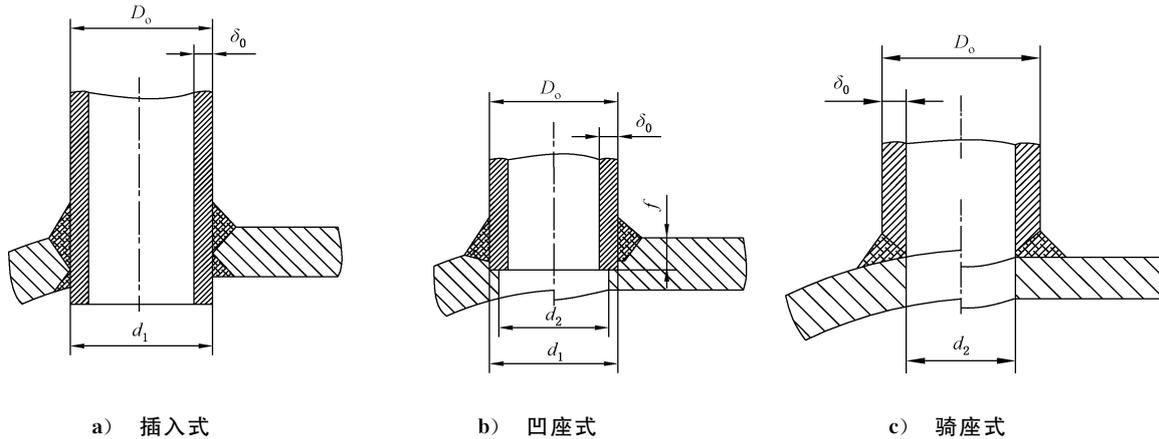


图 A.1 焊接管孔型式示意图

A.1.2 对管子外径不大于 108 mm 的插入式圆形径向孔应采用机械加工;对成排的非径向孔宜采用机械加工,当采用热切割方法开孔时,应采用仿形热切割或其他先进切割方法。

A.1.3 集箱上与下降管连接的管孔,如管端未开全焊透型坡口,应在集箱上开全焊透型坡口。但当下降管外径不大于 108 mm,且采用插入式连接时,集箱上与下降管连接的管孔可免开坡口。

A.2 管孔尺寸

A.2.1 用机械加工方法开设圆形径向管孔时,插入式管孔直径(d_1)按表 A.1;凹座式管孔直径(d_1 和 d_2)按表 A.1,管孔凹座深度(f)按表 A.2;骑座式管孔直径(d_2)按表 A.1。

表 A.1 管孔直径

单位为毫米

管子名义外径(D_o)	管孔直径	
	d_1	d_2
≤ 45	$D_o + 0.5$	$D_o - 2\delta_o$
$> 45 \sim 108$	$D_o + 1$	$D_o - 2\delta_o$
> 108	$D_o + 1.5$	$D_o - 2\delta_o$

注: δ_o 为管子名义壁厚。

表 A.2 管孔凹座深度

单位为毫米

管子名义外径 (D_0)	锅壳(筒)或集箱名义外径						
	159	219	273	325	377	426	$\geq 1\ 000$
	凹座深度(f)						
14	1	1	1	—	—	—	—
16	1	1	1	1	—	—	—
18	1	1	1	1	1	—	—
22	1	1	1	1	1	1	—
25	1	1	1	1	1	1	1
28	1.5	1.5	1	1	1	1	1
32	2	1.5	1.5	1	1	1	1
38	2.5	2	1.5	1.5	1	1	1
42	3	2.5	2	2	1.5	1	1
45	3.5	2.5	2	2	1.5	1.5	1
51	4.5	3.5	2.5	2.5	2	1.5	1
57	5.5	4	3.5	3	2.5	2	1
60	6	5	4	3	2.5	2.5	1
63.5	7	5	4	3.5	3	2.5	1.5
70	8.5	6	5	4	3.5	3	2
73	9.5	6.5	5.5	4.5	4	3.5	2
76	10	7	5.5	4.5	4	3.5	2
83	—	8.5	7	5.5	5	4.5	2
89	—	10	8	6.5	6	5	2
102	—	—	10	8.5	7.5	6.5	3
108	—	—	12	9	8	7	3
133	—	—	—	14.5	12.5	11	4.5
159	—	—	—	—	—	15.5	7

A.2.2 用热切割方法开设插入式圆形径向孔时,管孔直径不应大于管子名义外径(D_0)加 2 mm。

A.3 管孔加工公差

A.3.1 用机械类加工方法开孔时,管孔直径的偏差按 GB/T 1804 中的 C 级(粗糙级),且宜采用正偏差。

A.3.2 用热切割方法开孔时,管孔直径的偏差范围为 ± 1 mm。

A.3.3 各类管孔的表面质量应符合下列要求:

- a) 机械加工方法开孔时,管孔的表面粗糙度参数值(Ra)不大于 $25\ \mu\text{m}$;
- b) 用仿形热切割方法开孔时,管孔的表面粗糙度参数值(Ra)不大于 $50\ \mu\text{m}$;
- c) 用手工热切割方法开孔时,管孔的表面粗糙度参数值(Ra)不大于 $100\ \mu\text{m}$ 。

附录 B

(规范性)

H 型翅(鳍)片管制造技术要求

B.1 材料

B.1.1 制造 H 型翅(鳍)片管的金属材料 and 焊接材料应符合设计图样和有关技术文件要求,材料代用应按规定办理代用手续。

B.1.2 制造 H 型翅(鳍)片管的金属材料 and 焊接材料,应经检验部门按规定进行检验,未经检验或检验不合格的材料,不准投产。合格材料在材料表面儿打上材料检验编号,管子在切割下料后应按有关规定的要求进行标记移植。

B.2 H 型翅(鳍)片管制造

B.2.1 加工 H 型翅(鳍)片管时,当管子长度(L)不大于 12 m 时,管子不应拼接,每增加 12 m 时允许有一条拼接焊缝。

B.2.2 加工 H 型翅(鳍)片管的管子长度偏差(见图 B.1):当管子长度(L)不大于 12 m 时,管子长度偏差(ΔL)为 ± 3 mm;当管子长度(L)大于 12 m 时,管子长度(ΔL)偏差为 ± 5 mm。

B.2.3 加工 H 型翅(鳍)片管的管子应校直,每米直线度为 1 mm,全长直线度应符合表 B.1 规定。

表 B.1 H 型翅(鳍)片管直线度

管子长度(L)/m	$L \leq 5$	$5 < L \leq 10$	$L > 10$
直线度/mm	≤ 3	≤ 5	≤ 7

B.2.4 加工 H 型翅(鳍)片管的翅(鳍)片厚度偏差应符合钢板原材料标准规定,翅(鳍)片高度宽度偏差不大于 ± 0.6 mm。

B.2.5 H 型翅(鳍)片与管子采用接触式电阻闪光焊。管子与翅(鳍)片的焊接应按规定进行焊接工艺评定,合格后方可投产。

B.2.6 批量生产前翅(鳍)片与管子焊缝试样应合格。

B.2.7 焊制成型的 H 型翅(鳍)片管表面不应有焊接飞溅、铁锈等杂物;H 型翅(鳍)片与管子接触焊的焊缝表面不应有夹渣和气孔,在管子侧不应有咬边等缺陷。

B.2.8 单个 H 型翅(鳍)片焊缝熔合长度不小于翅(鳍)片与管子接触总长的 95%,且翅(鳍)片与管子焊缝熔合宽度不小于翅片厚度。在生产过程中抽取 3 个 H 型翅(鳍)片,剖开管子和翅(鳍)片检查焊缝,如发现不合格加倍取样,再发现不合格则此批产品判为不合格产品。

B.2.9 每一根 H 型翅(鳍)片管上的翅(鳍)片,允许有小于 3 对(或 6 个)的翅(鳍)片脱落。翅(鳍)片脱落数量大于 3 对(或 6 个)时,应进行补焊。

B.2.10 焊制成型的 H 型翅(鳍)片管的形状、尺寸应符合下列要求:

- a) H 型翅(鳍)片管上两端光管部分长度(A)偏差(ΔA)、任意两相邻翅(鳍)片节距(B)偏差(ΔB)、任意两翅(鳍)片间距(C)偏差(ΔC)、任意一翅(鳍)片到基准翅(鳍)片[以最外端翅(鳍)片为基准]距离(D)偏差(ΔD)、翅(鳍)片管上翅(鳍)片部位长度(E)偏差(ΔE)、管端齐平度(ΔF)(见图 B.1)应不大于表 B.2 的规定;

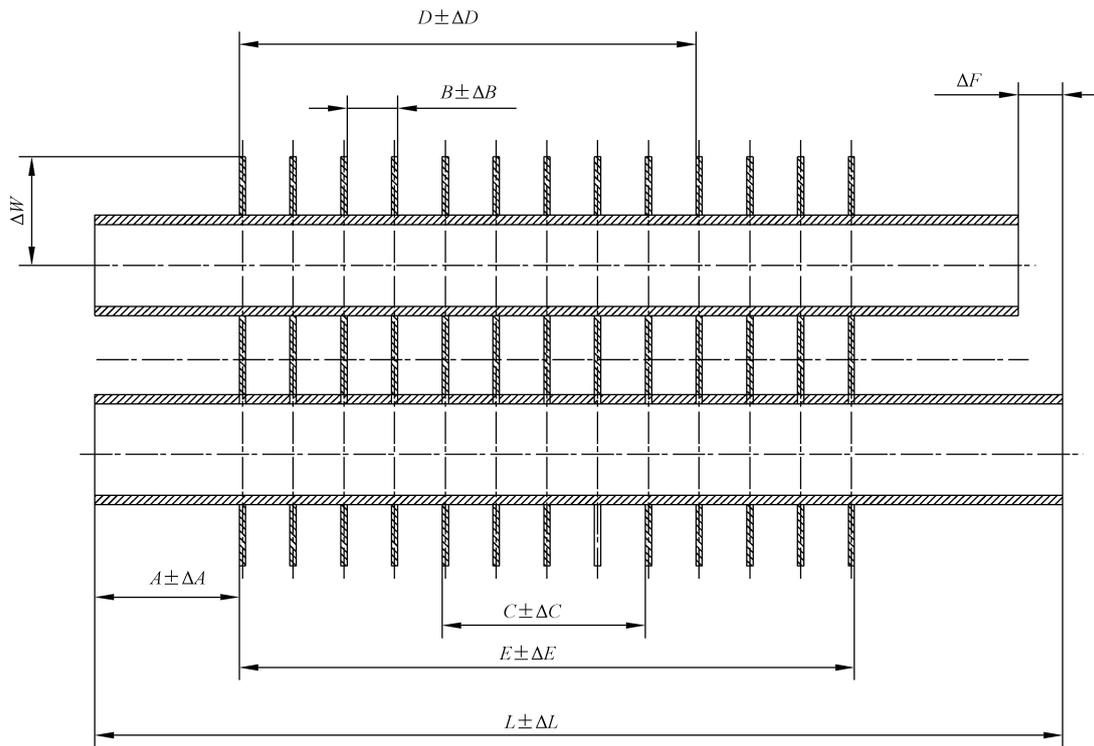


图 B.1 H型翅(鳍)片管的形状及尺寸偏差示意图

表 B.2 H型翅(鳍)片管的形状及尺寸偏差值

单位为毫米

光管部分 长度偏差值 (ΔA)	相邻翅(鳍) 片节距偏差 值(ΔB)	任意两翅(鳍) 片间距偏差值 (ΔC)	任一翅(鳍)片 与基准翅(鳍)片 距离偏差值 (ΔD)	翅(鳍)片部位 长度偏差值 (ΔE)	管子中心线到 翅(鳍)片边缘 尺寸偏差值 (ΔW)	管端齐平度 (ΔF)
1	0.5	1	1	2	1	0.5

- b) 管子两侧同一对翅(鳍)片两钢板中心线应重合,两中心线间的偏移(G)(见图 B.2)不大于 0.3 mm;



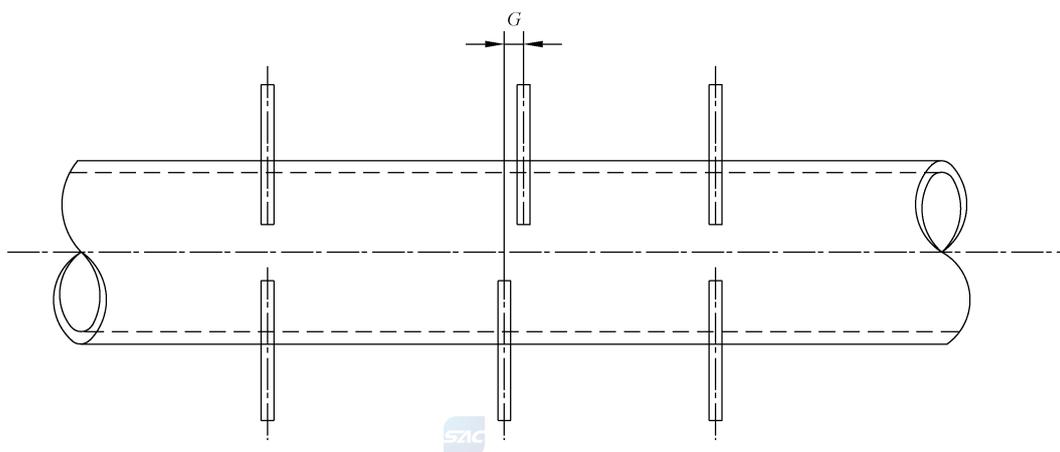


图 B.2 管子两侧同一对翅(鳍)片两钢板中心线偏移示意图

- c) 管子两侧同一对翅(鳍)片高度应平齐,上下对应边应平行,错边(P)不大于 1 mm,侧边平行度公差(R)为 1 mm,见图 B.3;
- d) 双管组的两管子中心线间距(H)偏差值(ΔH)不大于 1 mm,中心线偏移(F)不大于 0.1 mm,见图 B.3;

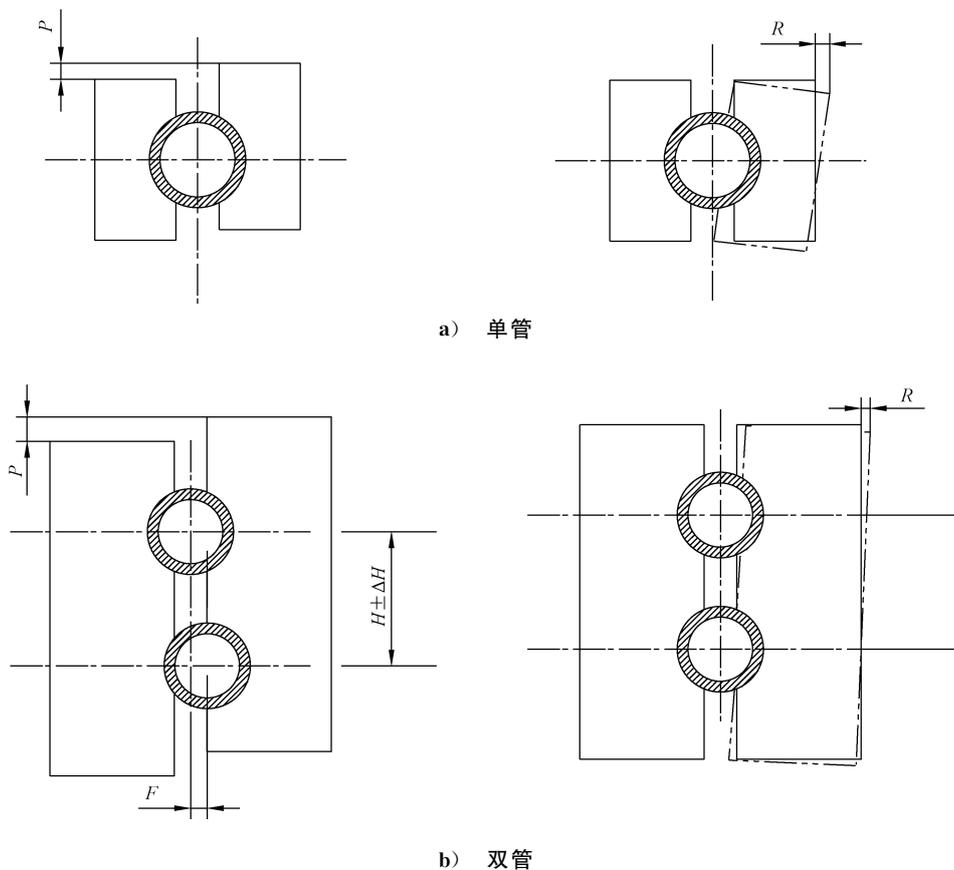


图 B.3 管子与翅(鳍)片焊接位置偏差示意图

- e) 翅(鳍)片应与管子中心线相垂直,翅(鳍)片沿管子纵向、横向倾斜(J 、 K)值不大于 1 mm,见图 B.4;

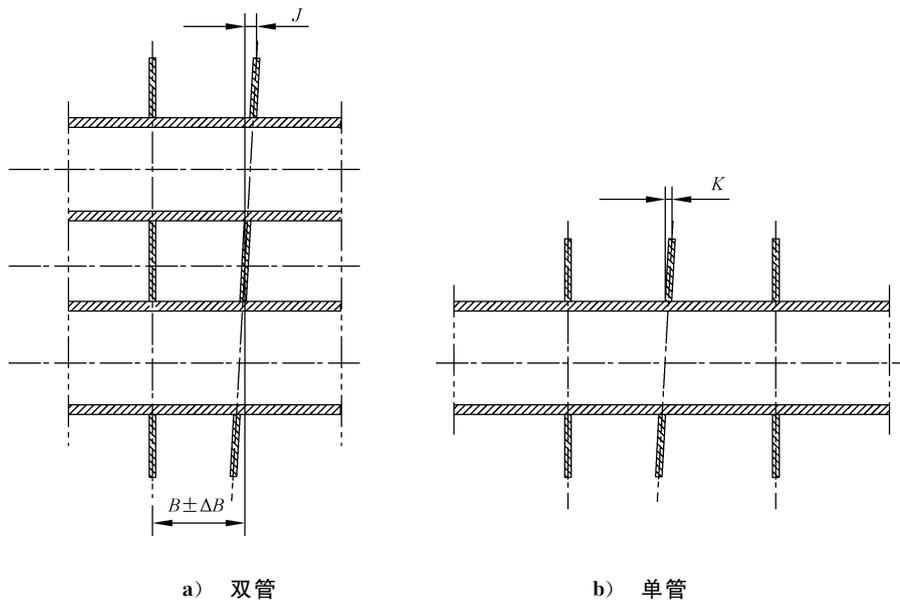


图 B.4 翅(鳍)片与管子中心线垂直偏差示意图

f) 以管子两端翅(鳍)片边缘为基准, H 型翅(鳍)片管上其他任意翅(鳍)片边缘相对基准翅(鳍)片边缘偏差不应大于表 B.3 规定。

表 B.3 H 型翅(鳍)片管上任意翅(鳍)片边缘相对基准翅(鳍)片边缘偏差值

管子长度(L)/m	$L \leq 5$	$5 < L \leq 10$	$L > 10$
偏差值/mm	4	6	8

B.3 检验与验收

B.3.1 材料检验

按 GB/T 16507.6 的相关要求进行。

B.3.2 外观检验

焊制成型的 H 型翅(鳍)片管尺寸, 焊缝外观检查应符合 B.2 的相关要求。

B.3.3 焊缝熔合宽度与焊缝拉脱强度检验

生产结束后, 焊制成型的 H 型翅(鳍)片管抽取 3 个 H 型翅(鳍)片, 剖开管子和翅(鳍)片检查焊缝, 如发现焊缝熔合宽度不合格, 加倍取样检查, 再发现不合格, 则此批全部产品判为不合格产品。

焊制成型的 H 型翅(鳍)片与管子焊缝拉脱强度应不小于 150 MPa, 产前试样检查合格才能正式批量生产。生产结束后, 抽取 3 个 H 型翅(鳍)片进行检验。

参 考 文 献

- [1] TSG 11 锅炉安全技术规程
 - [2] TSG 91 锅炉节能环保技术规程
-