



中华人民共和国国家标准

GB/T33840 —XXXX
代替 GB/T33840-2017

水套加热炉通用技术要求

General specifications for water jacket furnaces

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 基本参数	5
5 型号编制方法	6
6 材料	7
7 设计	8
8 制造	11
9 安装、调试与使用	16
10 检验与试验	17
11 安全附件和仪表	19
12 燃烧设备、辅助设备及系统	21
参 考 文 献	22

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。

本文件代替GB/T 33840-2017《水套加热炉通用技术条件》，与GB/T 33840-2017相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改文件英文译名，与GB/T 1.1—2020表1相一致（封面，2017年版封面）；
 - b) 修改了规范性引用文件引导语，更新了引用的技术标准（见第2章，2017年版第2章）；
 - c) 修改术语和定义中“3.1 水套加热炉”“3.4 换热管”以及“3.9 设计压力”的表述（见3.1、3.4、3.9,2017年版3.1、3.4、3.9）；
 - d) 增加了水套加热炉水处理设备要求（见7.1.3）；
 - e) 增加了水套加热炉初始排放和环保排放相关规定（见7.1.4）；
 - f) 增加了水套加热炉用燃烧器选型主体责任单位的规定（见7.1.5）；
 - g) 修改水套、炉胆、烟管强度计算引用的标准条款（见7.3.6，2017年版的7.3.6）；
 - h) 删除了引用的有关特种设备安全技术规范（见8.1.2、11.2.1、参考文献,2017年版8.1.2、11.2.1）；
 - i) 增加了材料入厂验收执行标准（见8.1.3,2017年版的8.1.3）；
 - j) 增加了焊前准备及施焊环境要求（见8.1.6,2017年版的8.1.6）；
 - k) 修改了焊缝返修有关技术要求（见8.2.7,2017年版的8.2.7）；
 - l) 修改了图5中曲线标注错误（见图5，2017年版的图5）；
 - m) 修改了水套加热炉铭牌信息（见8.5，2017年版的8.5）；
 - n) 修改了安装单位资格要求（见9.1.1，2017年版的9.1.1）；
 - o) 删除了水套加热炉安装前须告知的有关规定（见9.1.2，2017年版的9.1.2）；
 - p) 修改了第9.4条标题，与下一层条款内容相适应（见9.4，2017年版的9.4）；
 - q) 增加了定期监测水套内炉水及补给水水质质量的规定（见9.4.7，2017年版的9.4.7）；
 - r) 增加了使用过程中大气污染物的排放要求（见9.4.8，2017年版的9.4.8）；
 - s) 增加了水套加热炉燃烧器供货单位应提供型式试验证书的要求（见12.1.1,2017年版的第12章）；
- 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。

本文件由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）提出并归口。

本文件起草单位： 等。

本文件主要起草人： 等。

水套加热炉通用技术要求

1 范围

本文件规定了水套加热炉的术语和定义、基本参数、型号编制方法、材料、设计、制造、安装、调试与运行、检验与试验、安全附件与仪表以及燃烧设备与辅助设备等方面的通用技术要求。

本文件适用于使用固体、液体或气体作为燃料，通过水套内的水加热原油或其混合物，水套的额定工作压力小于0.1MPa且最高工作温度小于120℃，换热管内被加热介质最高工作温度低于标准沸点的水套加热炉。

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 151 热交换器
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 711 优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB/T 1576 工业锅炉水质
- GB/T 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带
- GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
- GB/T 6479 高压化肥用无缝钢管
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 12459 钢制对焊无缝管件
- GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
- GB/T 16508.2-2022 锅壳锅炉 第2部分：材料
- GB/T 16508.3-2022 锅壳锅炉 第3部分：设计与强度计算
- GB/T 16508.6-2022 锅壳锅炉 第6部分：燃烧系统
- GB/T 37650 燃烧方式 术语和定义
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- HG/T 20592 钢制管法兰(PN系列)
- JB/T 1621 工业锅炉烟箱、钢制烟囱技术条件
- NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装
- NB/T 10939 锅炉用材料入厂验收规则
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和低合金钢锻件
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- NB/T 47014 承压设备用焊接工艺评定
- NB/T 47016 承压设备产品焊接试件的力学性能检验
- NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47034-2021 工业锅炉技术条件

NB/T 47065.1 容器支座 第1部分:鞍式支座
SY/T 0540 石油工业用加热炉型式与基本参数

3 术语和定义

GB/T 37650界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水套加热炉 water jacket furnace

由水作为中间载热介质，加热水套内换热管中的被加热介质的加热炉。

3.2

水套 water jacket

在水套加热炉中用以储存炉水，布置换热管、炉胆、烟管等换热部件的圆筒形容器。

3.3

炉胆 furnace

布置在水套内部的圆筒形炉膛，该部件是水套加热炉的燃烧空间和辐射受热面，一般由钢板卷制而成。

3.4

换热管 heat exchanger pipe

通过壁面外侧吸收水套内热流体介质的热量，并将热量传递给壁面内侧冷流体的管式换热面。

注：加热炉换热管的型式有单程或多程盘管式和U形列管式等。

3.5

火界 fire line

当受热面露出水面而无水冷却时，其壁温超过受热面材料最高允许温度的部位。

3.6

回燃室 reversal chamber

与炉胆连接，使炉胆内燃料燃烧产生的烟气流向发生改变，进入到烟管中进行换热的部件。

3.7

烟管 smoke tube

烟气在管内流动的受热面。

3.8

工作压力 working pressure

在正常工作情况下，水套加热炉换热管内和水套顶部可能达到的最高压力。

3.9

设计压力 design pressure

在相应设计温度下用以确定水套加热炉壳体及受压元件厚度的压力，亦即标注在铭牌上的设计压力。

3.10

设计温度 design temperature

水套加热炉正常工作情况下，在相应设计压力下壳壁或元件金属可能达到的最高温度。

3.11

排烟温度 exhaust gas temperature

水套加热炉最后一级受热面出口处的平均烟气温度。

3.12

额定热负荷 rated heat load

水套加热炉在给定的输入、输出条件下，单位时间内被加热介质通过水套加热炉所吸收的热量之和。

4 基本参数

4.1 基础数据

4.1.1 被加热介质的基础数据包括：

- a) 被加热介质的种类、组分、密度、比热容、黏度、介质流量（包括最大、最小流量）、气油比、含水率和含沙量等；
- b) 被加热介质在进口处的操作温度、操作压力及允许压力降。

4.1.2 燃料的基础数据包括燃料的种类、组分、热值、温度、压力、密度、黏度，以及燃料油雾化剂的种类、温度、压力等。

4.1.3 场地条件的基础数据包括：

- a) 使用地区的大气压力、大气温度和空气相对湿度等数据；
- b) 环境保护要求和其他数据。

4.2 主要设计参数

4.2.1 额定热负荷

水套加热炉的额定热负荷应按SY/T 0540的有关规定进行选取。

4.2.2 压力等级

水套加热炉的压力等级应按SY/T 0540的有关规定进行选取。

4.2.3 公称直径

水套加热炉的公称直径应按SY/T 0540的有关规定进行选取。

4.2.4 热流密度

4.2.4.1 水套式加热炉受热面平均热流密度推荐值为 $11 \text{ kW/m}^2 \sim 16 \text{ kW/m}^2$ 。

4.2.4.2 受热面最大平均热流密度不宜大于 37 kW/m^2 。

4.2.5 炉胆横截面热流密度

4.2.5.1 炉胆横截面热流密度等于炉胆的设计热负荷与炉胆内横截面积和热效率（ η ）乘积的比值。

4.2.5.2 使用自然通风式燃烧器时，炉胆横截面热流密度不宜大于 6800 kW/m^2 。

4.2.6 炉体保温

水套加热炉本体、烟风道、热力管道及阀门应当具有良好的密封和保温性能。当周围环境温度为 25°C 时，距门（孔） 300 mm 以外的炉体外表面温度不超过 50°C 。

4.2.7 烟囱设计

4.2.7.1 烟囱出口处的烟气流速，可根据安装地区的风速确定，推荐值如下：

a) 自然通风时取 $5 \text{ m/s} \sim 8 \text{ m/s}$ ，且在最低热负荷时不低于 3 m/s ；

b) 强制通风时取 $12 \text{ m/s} \sim 20 \text{ m/s}$ ，且在最低热负荷时不低于 5 m/s 。

4.2.7.2 采用自然通风的水套式加热炉，其烟囱所需的抽力应为炉内烟气流总阻力的 1.2 倍。

4.2.7.3 烟囱高度应满足克服烟气流程的有关阻力要求。

5 型号编制方法

5.1 水套加热炉型号共由四部分组成，各部分间用横线相连，具体编号见图 1。

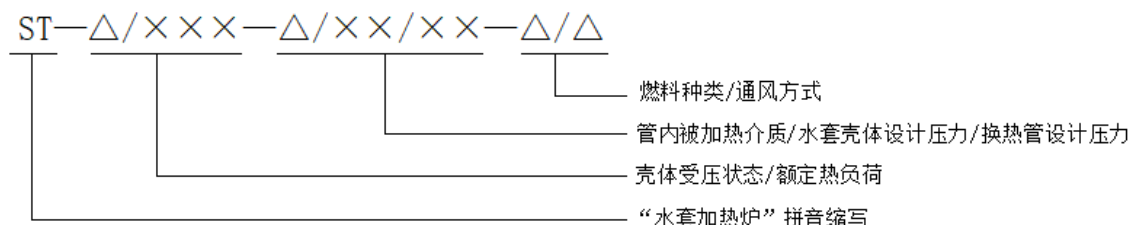


图1 水套加热炉型号编制方法

5.2 型号的第一部分表示水套加热炉水套的受压状态（单位：MPa）和额定热负荷（单位：kW），其中水套的受压状态代号见表 1。

表1 水套受压状态代号

序号	水套受压状态	代号
1	正压	Z
2	常压	C
3	负压	F

5.3 型号的第二部分共有三段组成，分别为被加热介质代号、水套设计压力（单位：MPa）和换热管设计压力（单位：MPa），其中被加热介质代号见表 2。当同时有两组或两组以上不同设计压力的换热管时，换热管的设计压力值间以逗号隔开。

表2 被加热介质种类代号

序号	被加热介质种类	代号
1	原油	Y
2	原油混合物	H

5.4 型号的第三部分包括燃料种类代号和通风方式代号。燃料种类见表 3，通风方式见表 4。

表3 燃料种类代号

序号	燃料种类	代号
1	燃料油	Y
2	天然气	Q
3	煤气	MQ
4	煤	M

表4 通风方式代号

序号	通风方式	代号
1	强制通风	Q
2	自然通风	Z

6 材料

6.1 基本要求

6.1.1 水套加热炉受压部件用的金属材料及其焊接材料应当具有足够的强度、韧性、塑性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

6.1.2 受压元件以及与受压元件焊接的承载构件钢材应采用镇静钢制造。常压水套加热炉壳体不应采用沸腾钢板制造。

6.1.3 受压元件用钢材室温夏比冲击吸收能量（kJ/m²）不低于 27J。

6.1.4 受压元件用钢板的室温断后伸长率（A）应当不小于 18%。

6.2 材料选用

6.2.1 钢板

水套加热炉受压元件用钢板应符合GB/T 3274或 GB/T 711的相关规定，受火焰辐射和接触热烟气的受压元件用钢板应符合 GB/T 711 的相关规定。

6.2.2 钢管

受压元件用钢管应满足以下要求：

- a) 对于受火焰辐射或烟气对流的受压元件用钢管，应符合 GB/T 3087 的规定；
- b) 非受辐射热的水套壳体承压接管，以及设计压力小于等于 1.6 MPa 的换热管，不应低于 GB/T 8163 中 20 无缝钢管的要求；非受辐射热的水套壳体承压接管，以及设计压力大于 1.6MPa 且小于 6.3 MPa 的换热管，不应低于 GB 3087 中 20 无缝钢管的要求；
- c) 设计压力大于或等于 6.3MPa 的换热管用钢管，应符合 GB/T 6479 中 20 或更高级别无缝钢管的规定。

6.2.3 锻件

锻件材料的选用级别应由设计文件做出规定，同时满足以下要求：

- a) 水套加热炉用锻件不应低于 II 级，锻件应按 NB/T 47008 的要求进行选用；
- b) 当用户有要求时，受压元件用 III 级、IV 级钢锻件应附加金相检验。金相检验要求按照 GB/T 16508.2-2022 中 5.3.4 规定的要求进行。

6.2.4 铸钢件

6.2.4.1 承压铸钢件材料的适用范围和许用应力按 GB/T 11352 的相关规定进行选取。

6.2.4.2 铸钢件的铸造系数（质量系数）取 0.8，安全系数按 GB/T 16508.2-2022 的相关规定进行选取。

6.2.5 铸铁件

6.2.5.1 受压元件用铸铁件不得进行补焊。

6.2.5.2 灰铸铁室温下抗拉强度安全系数不应小于 10.0，球墨铸铁室温下抗拉强度安全系数不应小于 8.0。

6.2.5.3 灰铸铁不得用于排污阀和排污弯管。

6.2.6 紧固件材料

紧固件材料的硬度和许用应力按 GB/T 699 的规定选取。

6.2.7 拉撑件材料

拉撑件材料应与水套壳体材料相同或相近。

6.2.8 焊接材料

焊接承压部件的焊接材料的技术要求应当符合 NB/T 47018 的规定。

7 设计

7.1 基本要求

7.1.1 设计应符合安全可靠、技术先进、结构合理、经济和环保的要求。

7.1.2 结构应便于制造、安装、操作、检查、清理和维修。

7.1.3 水套加热炉补给水系统宜加装除氧装置和软化装置（或除盐装置），保证水质应符合 GB/T 1576 有关规定。

7.1.4 水套加热炉及其系统设计时，应综合节能与大气污染物排放要求，向使用单位提供大气污染物初始排放浓度。额定工况下的大气污染物初始排放浓度应符合 NB/T 47034-2021 表 6 的规定。

7.1.5 设计单位应在设计图纸中明确水套加热炉用燃烧器的型号或主要技术参数。

7.2 结构

7.2.1 额定热功率大于等于 600kW 的水套加热炉，受热面的布置和烟风系统阻力应计算确定。

7.2.2 确定设计海拔和额定工作压力后，换热管的布置形式应根据水套内的水温计算确定。

7.2.3 受压部件在运行时，应保证能按设计预定方向自由膨胀。

7.2.4 最低安全水位一般应高于最高火界 100mm；对于内径小于或等于 1500mm 的水套加热炉，最低安全水位应高于最高火界 75mm。水套加热炉的最高及最低安全水位应在图样上注明。

7.2.5 水套上应开设必要的检查孔，其数量和位置应当满足安装、检修、运行监视和清洗的需要，同时还应符合相关技术法规和标准的要求。椭圆形人孔应当不小于 280 mm×380mm，圆形人孔直径应当不小于 380mm，手孔短轴应当不小于 80mm。

7.2.6 卧式水套加热炉宜采用双鞍座式支座，其中一个支座为活动支座。鞍式支座型式和尺寸应符合 NB/T 47065.1 的规定。

7.2.7 炉膛和其它可能发生爆燃的部位，应设置与炉膛直接连通的防爆装置，如防爆门。防爆装置的排泄口不应正对着操作人员的操作方位和通道，且不应危及其他设备安全。对于烟囱能够起到防爆作用的水套加热炉，可不设置防爆装置。

7.2.8 水套顶部应设置可靠的安全泄放装置。

7.2.9 水套上易产生热疲劳的部位应加装套管。

7.2.10 水套内壁最低位置应设置排污或放水管。

7.2.11 扶梯及操作平台的设置应符合 GB 4053.3 中的规定。

7.2.12 水套加热炉应设置必要的热工及环保检测点。换热管进、出口管路上应设置温度测点和压力测点，烟囱上应设置必要的温度、压力及烟尘浓度测点。

7.2.13 换热管进口和出口总管上，应各设置一个换热管清洗介质进、出口管座和阀门，且其管径应能满足清洗工艺要求。

7.2.14 水套和炉胆的壁厚应符合以下要求：

- a) 水套壳体内径大于 1000mm 时，最小壁厚不应小于 6mm；水套壳体内径小于等于 1000mm 时，最小壁厚不应小于 4mm；
- b) 炉胆内径小于等于 400mm 时，炉胆壁厚不应小于 6mm；炉胆内径大于 400mm 时，其最小壁厚不应小于 8mm，且不大于 22 mm。

7.2.15 换热管的结构应满足如下规定：

- a) 当采用总管结构时，总管截面积应不小于各汇入换热管截面积之和；
- b) 换热管 180° U 形弯管段的流通截面积应不小于直管段流通截面积的 90%；
- c) 换热管较长时，应采用厚度不小于 6mm 的花板支撑，其数量和支撑位置应根据换热管所允许的挠度确定。

7.2.16 水套加热炉采用的弯头等管件，应符合 GB/T 12459 的规定。

7.2.17 水套加热炉所采用的法兰，应符合 HG/T 20592 的规定。

7.2.18 水套、炉胆的纵向和环向焊缝以及封头的拼接焊缝应当采用全焊透结构型式；受压元件及承载元件的焊缝不得采用搭接结构；拉撑件不应当采用拼接。

7.3 强度计算

7.3.1 受压元件材料的许用应力按 GB/T 16508.2-2022 的规定选取。

7.3.2 水套、炉胆及回燃室的计算压力按式 (1) 计算：

$$P \geq P_r + \Delta P_h + \Delta P_a \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P —计算压力，单位为MPa；

P_r —额定工作压力，单位为MPa；

ΔP_h —计算元件所受水柱静压力，单位为MPa；

ΔP_a —设计附加压力（考虑安全阀整定值），单位为MPa。

7.3.3 换热管的设计压力应取工作压力（工质入口压力）的 1.05 倍。

7.3.4 除换热管外，水套加热炉受压元件的计算温度应符合以下规定：

- a) 不受火焰辐射和不接触烟气的受压元件，计算温度不应低于与其接触的介质的最高温度；
- b) 直接受火焰辐射的炉胆等元件的计算温度为给水的饱和温度（计算压力下）加 90℃；
- c) 烟管的计算温度为给水的饱和温度（计算压力下）加 50℃。

7.3.5 换热管管程设计温度为被加热介质的最高工作温度（出口温度）加 20℃；换热管及其他元件当两侧同时受不同温度介质作用时，应按元件的金属温度确定设计温度。元件的金属温度可按 GB/T 151 计算求得，或在已使用的同类设备上测定。

7.3.6 水套的强度计算按照 GB/T 16508.3-2022 中 6.3 中的公式进行。炉胆、烟管等承受外压元件的强度计算，按照 GB/T 16508.3-2022 第 7 章中的方法和公式进行计算。

7.3.7 换热管及其管程的强度计算，根据 GB/T 151 进行。

7.3.8 换热管的壁厚按式（2）进行计算。

$$\delta = P \times d / (2[\sigma]^t \phi + P) \cdots \cdots (2)$$

式中：

P —计算压力，单位为兆帕（MPa）；

d —换热管外径，单位为毫米（mm）；

$[\sigma]^t$ —设计温度下换热管材料的许用应力，单位为兆帕（MPa）；

ϕ —焊接接头系数。

7.3.9 U 形弯管弯曲前最小壁厚按式（3）计算：

$$\delta_0 = \delta_1 \times (1 + d / 4R) \cdots \cdots (3)$$

式中：

d —换热管外径，单位为毫米（mm）；

R —弯管段的弯曲半径（见图2），单位为毫米（mm）；

δ_0 —弯曲前换热管的最小壁厚，单位为毫米（mm）；

δ_1 —直管段按式（2）计算所需壁厚，单位为毫米（mm）。

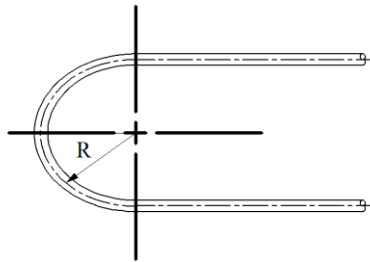


图2 U形管弯管段弯曲半径 R

8 制造

8.1 基本要求

- 8.1.1 水套加热炉的制造单位对水套加热炉的产品性能和制造质量负责。
- 8.1.2 受压元件的焊接作业人员应按照相关安全技术规范进行考核，取得在取得资格证书后，方可在有效期内从事合格项目范围内的焊接工作。
- 8.1.3 制造水套加热炉用的材料应按 NB/T 10939 要求进行入厂验收，合格后方可使用。
- 8.1.4 受压元件用材料在制造过程中应有材料标识。材料在切割下料前，应进行材料标记移植。
- 8.1.5 材料代用时，其代用材料应当满足强度、结构和制造工艺的要求。材料代用手续应经制造单位技术负责人批准。
- 8.1.6 水套加热炉制造过程中若采用焊接，制造单位应按要求对焊接作业人员进行管理，受压元件的焊接工艺评定还应符合 NB/T 47014 的相关规定。焊前准备及施焊环境应符合 GB/T 16508.4-2022 第 10.4 条要求。
- 8.1.7 制造过程中若采用胀接，胀接施工单位应根据水套加热炉设计图纸和胀接试验结果制订胀接工艺规程。胀接前应进行试胀，以确定合理的胀管率。胀接管子材料宜选用低于管板硬度的材料。
- 8.1.8 制造单位应根据相应标准和图纸要求，在热处理前编制热处理工艺。换热管的热处理工艺和过程应当符合 GB/T 151 的规定。
- 8.1.9 凡在受压元件上焊接附件时，应采用与水套壳体材料焊接性能相同或相近的材料。
- 8.1.10 烟囱及烟箱制造应符合 JB/T 1621 的规定。

8.2 水套与炉胆

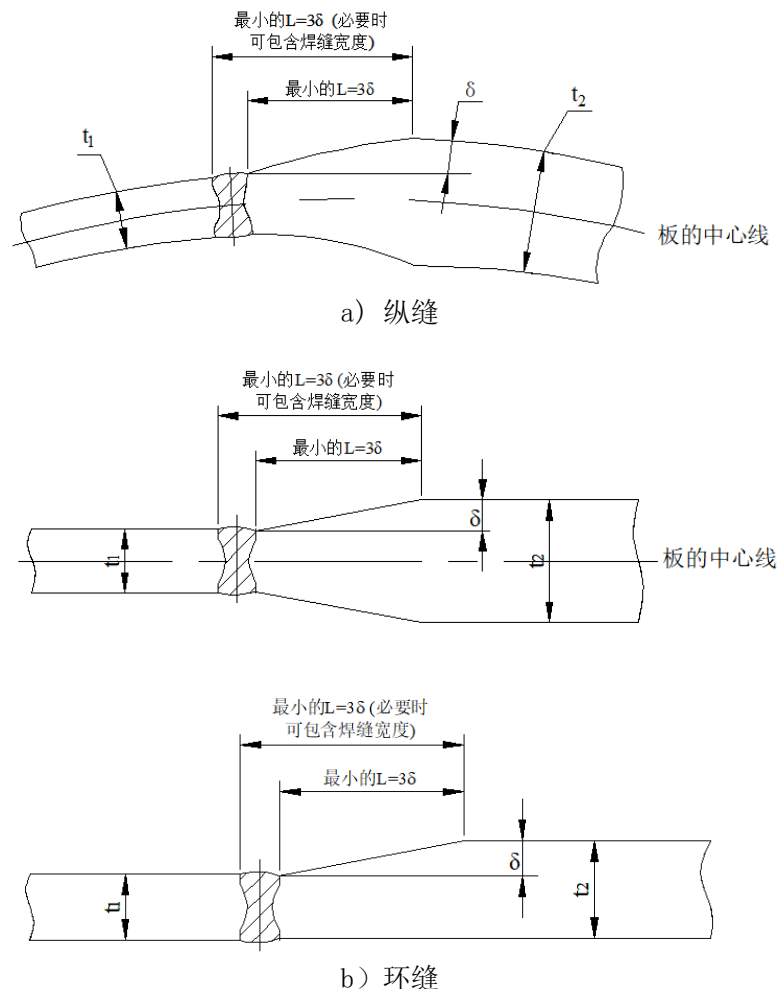
- 8.2.1 水套、炉胆单个筒节长度应不小于 300mm。
- 8.2.2 单个水套或炉胆筒节的纵向焊缝数应符合下列规定：
- 当公称直径不大于 DN1800 时，不应多于 2 条；
 - 当公称直径大于 DN 1800 时，不应多于 3 条。
- 8.2.3 每节筒节纵向焊缝中心线间的弧长不应小于 300 mm。
- 8.2.4 相邻筒节的纵向焊缝，以及封头拼接焊缝与筒体纵向焊缝，都应互相错开，且两焊缝中心线间的弧长至少为较厚钢板 3 倍壁厚且不得少于 100mm。
- 8.2.5 受压元件主要焊缝及其邻近区域应避免焊接附件。如不能避免时，则焊接附件的焊缝可以穿过主要焊缝，而不应当在主要焊缝及其邻近区域终止。
- 8.2.6 水套上的开孔应尽量避免焊缝，若开孔通过或邻近壳体纵、环焊缝时，则应保证在管孔周围 60mm（如果开孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经过射线或超声波检测合格，并且焊缝在管孔边缘不存在夹渣缺陷。

8.2.7 焊缝返修

- 当焊缝需要返修时，应找出缺陷原因，制订可行的返修方案和工艺；
- 补焊前，缺陷应彻底清除（必要时进行无损检测确认）；
- 补焊后，补焊区域应进行外观检查。对于受压元件，补焊后还应进行无损检测；
- 需要进行焊后热处理的，补焊后应当做焊后热处理；
- 同一位置上的返修不宜超过 2 次，如果超过 2 次，应当经技术负责人批准，返修的部位、次数、返修情况应当存入水套加热炉的产品技术档案。

8.2.8 凡被支座、垫板、补强圈覆盖的受压元件焊缝，均应打磨至与母材齐平。

8.2.9 水套的纵向、环向焊缝两边的钢板中心应当对齐。水套环缝两侧的钢板不等厚时，一般采用中轴线对齐，也允许一侧的边缘对齐。公称壁厚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若超过第 8.2.10 条规定的边缘差值，则厚板的边缘则需削至与薄板边缘齐平（厚板削薄后需满足强度校核要求），削出的斜面应平滑，并且斜率不大于 1:3，必要时，焊缝的宽度可在斜面内，见图 3。



标引序号说明：

- δ —— 名义边缘偏差, mm;
- t_1 —— 薄板厚度, mm;
- t_2 —— 厚板厚度, mm;
- L —— 削薄的长度, mm。

图3 筒体削薄

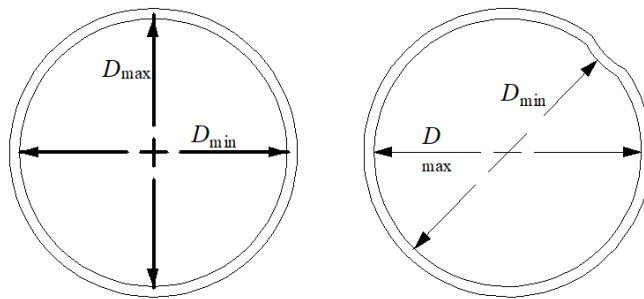
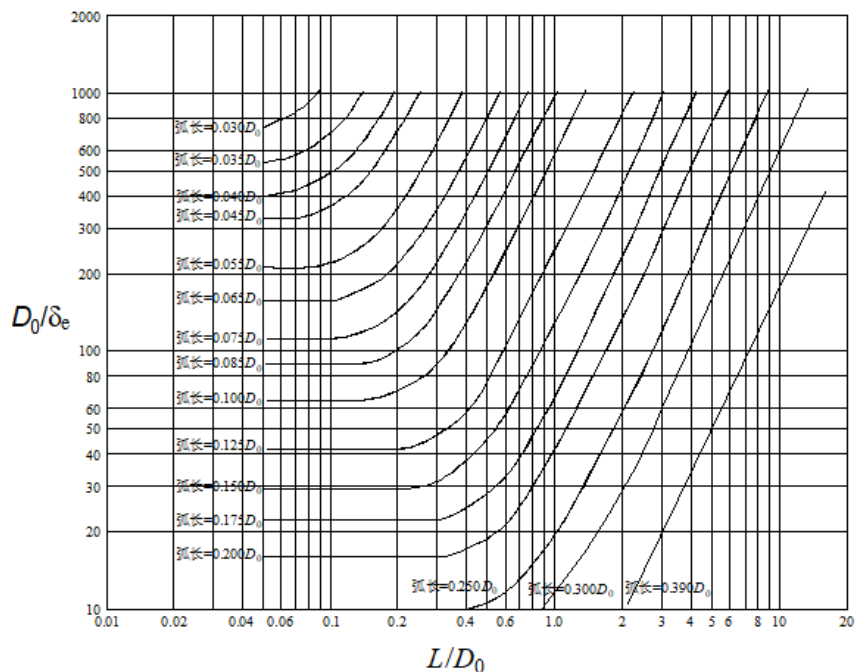


图4 同一截面上最大内径与最小外径之差

8.2.10 水套对接焊缝边缘偏差规定如下：

- a) 纵缝或封头拼接焊缝两边钢板的实际边缘偏差值不大于名义板厚的 10%，且不超过 3mm；
- b) 环缝两边钢板的实际边缘偏差值（包括板厚差在内）不大于名义板厚的 15%加 1mm，且不超过 6mm；
- c) 不同厚度的两元件或钢板对接并且边缘已削薄的，按钢板厚度相同对待，上述的名义板厚指薄板；不同厚度的钢板对接但不带削薄的，则上述的名义板厚指厚板。

8.2.11 水套纵向焊缝的棱角度不应大于 4 mm，炉胆纵向焊缝的棱角度不应大于 3 mm。棱角度宜用弦长为名义内径的 1/6，且不小于 300 mm 的样板进行测量。



标引序号说明：

D_0 ——筒体外径, mm；

L ——筒体计算长度, mm；

δ_e ——筒体有效厚度, mm。

图5 圆筒上加强圈允许的不连续弧长

8.2.12 水套、炉胆组焊完成后，应按下列要求检查其圆度：

- a) 承受内压的部件,同一断面上最大内径 D_{\max} 与最小内径 D_{\min} 之差应不大于该截面内径 D_i 的 1%, 且不大于 25mm (见图 4)。当被检断面位于开孔中心一倍开孔内径范围内时,则该断面上最大内径 D_{\max} 与最小内径 D_{\min} 之差应不大于该截面内径 D_i 的 1% 与开孔内径的 2% 之和, 且不大于 25mm;
- b) 承受外压的部件,采用内弓形或外弓形样板(依测量部位而定)测量。样板圆弧半径等于部件内半径或外半径,其弦长等于图 5 中查得的弧长的两倍,测量点应避开焊接接头或其他凸起部位。用样板沿部件径向测量的最大正负偏差 e 应不大于由图 6 查得的最大允许偏差值(当位于 $e=1.0\delta_e$ 曲线上方或 $e=0.20\delta_e$ 曲线下方时,其最大正负偏差分别应不大于 δ_e 及 $0.2\delta_e$ 值;当位于两条曲线之间时,由内插法确定);
- c) 承受外压的部件,同一截面上最大内径 D_{\max} 与最小内径 D_{\min} 之差,应不大于该截面内径 D_i 的 0.5%;
- d) 常压部件同一截面上最大内径与最小内径之差,不应大于该截面内径 D_i 的 1%。

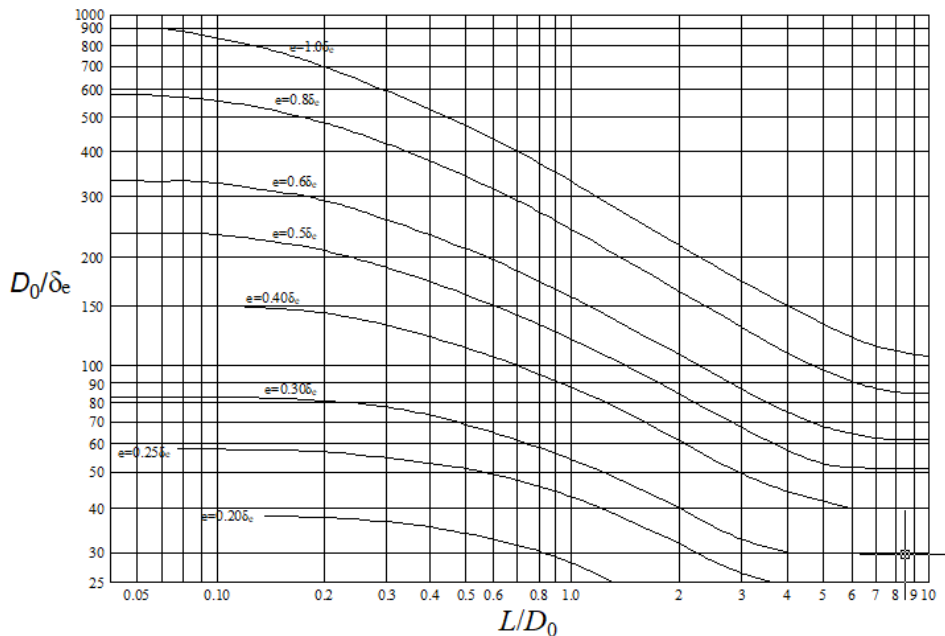


图6 外压壳体圆度最大允许偏差

8.2.13 受压元件成形后的实际厚度应不小于设计要求的成品最小成形厚度。管板扳边圆弧和波形炉胆波纹最薄处的厚度应不小于设计厚度的 85%。波形炉胆的波距偏差为 $\pm 10\text{mm}$, 波纹深度偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.2.14 水套组焊后,直线度应不大于长度的 1/1000, 且应不大于 20mm; 炉胆筒节组焊后,直线度应不大于长度的 1/1000, 且不应大于 8mm。

8.3 换热管制造要求

8.3.1 换热管的外观尺寸偏差应符合 GB/T 151 和设计文件的要求。

8.3.2 换热管拼接时,应符合以下要求:

- a) 焊接接头在焊接前应做焊接工艺评定。试件的数量、尺寸、试验方法按 NB/T 47014 的规定;
- b) 对接接头不得超过两条;最短直管长不应小于 300 mm, 包括至少 50 mm 直管段的 U 形弯管段范围内不得有拼接接头;
- c) 对接接头的管端坡口应采用机械方法加工,焊前应清理干净,清理长度不小于管外径,且不小于 25mm;

- d) 对口错边量应不超过换热管壁厚的 15%，且不大于 0.5 mm，并不得影响穿管；
- e) 换热管对接完成后，应进行通球试验，以钢球通过为合格；钢球直径应按表 5 选取。
- 8.3.3 U 形换热管弯段的最小弯曲半径 R （见图 2）不宜小于两倍的换热管外径，常用 U 形换热管的最小弯曲半径 R_{\min} 可按表 6 选取。
- 8.3.4 U 形管的弯管段的圆度偏差，应符合下列要求：
- a) 弯曲半径大于或等于 2.5 倍换热管名义外径时，圆度偏差应不大于换热管名义外径 10%；
- b) 弯曲半径小于 2.5 倍换热管名义外径时，圆度偏差应不大于换热管名义外径 15%。

表5 通球试验用钢球直径

单位为毫米

换热管外径 d	$d \leq 25$	$25 < d \leq 40$	$d > 40$
钢球直径	$0.75d_i$	$0.8d_i$	$0.85d_i$
注： d_i —换热管内径			

表6 U 形换热管弯管段的弯曲半径 R_{\min}

单位为毫米

换热管外径	14	19	25	32	38	45	57
R_{\min}	30	40	50	65	76	90	115

8.4 出厂文件

8.4.1 质量证明书的内容应包括：

- a) 产品合格证，
- b) 主要受压元件及焊接材料质量证明书，
- c) 焊接质量检验报告（包括超过两次的返修记录），
- d) 换热管通球试验报告，
- e) 外观及几何尺寸检查报告，
- f) 热处理报告，
- g) 无损检测报告，
- h) 水压试验报告，
- i) 总装质量检查报告，
- j) 主要受压元件材料代用单，
- k) 与本文件或图纸不符的项目。

8.4.2 基本情况说明书的内容应包括：

- a) 特性（包括设计压力、工作压力、试验压力、设计温度、工作介质等），
- b) 图样（包括竣工总图、主要受压部件图等），
- c) 主要零部件表，
- d) 热处理状态与不应焊接等特殊说明。

8.4.3 受压元件强度计算书或者计算结果汇总表。

8.4.4 安全阀排放量计算书或者计算结果汇总表。

8.4.5 安装使用说明书。

8.5 铭牌

水套加热炉应在明显位置装设金属材料制作的铭牌，铭牌包括下列内容：

- a) 加热炉型号、名称，
- b) 制造单位名称，
- c) 产品编号，
- d) 额定热负荷，kW，
- e) 加热介质，
- f) 工作压力（壳程、管程），MPa，
- g) 工作温度，℃，
- h) 设计热效率，%，
- i) 设备总质量，kg，
- j) 设备外形尺寸，mm，
- k) 制造日期。

8.6 油漆和包装

水套加热炉的油漆、包装应符合NB/T 10558以及订货合同的规定。

9 安装、调试与使用

9.1 基本要求

9.1.1 承压水套加热炉的安装宜由取得锅炉或压力容器安装改造维修许可证的单位负责安装。制造单位可以安装、修理、改造本单位制造的水套加热炉设备。

9.1.2 安装应按照安装使用说明书及有关技术标准要求进行，并遵守本文件相关规定。

9.1.3 安装单位应当在竣工验收合格后向使用单位提供安装图样和施工质量证明文件等技术资料。

9.2 基础的检查和划线

9.2.1 水套加热炉及其辅助设备就位前，应检查基础尺寸和位置，其允许偏差应符合水套加热炉技术文件的规定；当无规定时，可参照 GB 50242 的要求；水套加热炉安装前，安装单位应对加热炉进行质量检查，如发现有质量不合格或不能保证安装质量时，应报告使用单位或安全主管部门。

9.2.2 水套加热炉露天安装使用时，应有可靠的防冻措施，并应有防止雨雪进入保温层的措施。

9.2.3 水套加热炉安装有换热器的一侧，其前端应留有抽出换热器的空间。

9.2.4 活动支座的基础面上应预埋滑板。

9.2.5 活动支座的地脚螺栓应装有两个锁紧的螺母，螺母与支座底板间应留有 1mm~3mm 的间隙。

9.2.6 基础不得限制整台加热炉的热膨胀。

9.2.7 设备安装找平时，应根据需要合理采用垫铁调整精度。垫铁的安装不应妨碍整台加热炉的热膨胀。

9.2.8 水套加热炉安装后，安装单位应对安装质量进行全面检查。按 10.5 条的要求，对水套加热炉进行水压试验，并对各连接部位进行渗漏检查。

9.2.9 安装结束后，使用单位应组织有关部门对安装进行验收。验收合格的水套加热炉方可投入使用。

9.3 调试

- 9.3.1 调试单位应为安装单位或使用单位，调试前应进行水套加热炉的静态检查验收。
- 9.3.2 调试单位应进行 24h 带负荷试运行。
- 9.3.3 调试单位应进行试运行验收质量评定。
- 9.3.4 熄火前应提前 2 h~3h 进行压火，将炉膛温度降至 200℃~300℃。熄火后应立即关闭烟道挡板和所有门孔，以防因急剧冷却而损坏加热炉结构。
- 9.3.5 调试单位应出具调试报告。

9.4 使用

- 9.4.1 使用单位应制定水套加热炉运行规程。
- 9.4.2 运行人员培训合格后方可上岗作业。
- 9.4.3 运行中炉膛温度和出口温度不得大于规定温度。
- 9.4.4 运行中应有防止火嘴结焦的措施。
- 9.4.5 运行人员应经常观察炉膛燃烧情况，保证燃烧正常。
- 9.4.6 观察和调整火焰状态，要求各火嘴燃烧的火焰颜色正常、均匀、稳定，火焰长度合适。
- 9.4.7 使用单位应定期监测水套内炉水及补给水水质质量，防止产生腐蚀、结垢现象。
- 9.4.8 水套加热炉排放的大气污染物排放应满足 GB 13271 和使用地有关环保要求。

10 检验与试验

10.1 一般要求

- 10.1.1 无损检测人员应按相关技术规范进行考核取得相应资格证书后，方能承担与资格证书的种类和技术等级相对应的无损检测工作。
- 10.1.2 受压元件的检查和试验包括：宏观检验、力学性能检验、无损检测和水压试验。

10.2 外观检验

水套加热炉全部焊接接头均应做外观检验，外观检验结果应符合下列要求：

- a) 焊缝外形尺寸应符合设计图纸和工艺文件的规定；
- b) 对接结构的焊缝高度不应低于母材，焊缝与母材应平滑过渡，焊缝及热影响区表面无裂纹、未熔合、弧坑和气孔等缺陷；
- c) 水套壳体及炉胆的纵、环焊缝以及封头、管板的拼接焊缝应无咬边，其余焊缝咬边深度不超过 0.5mm，管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的 20%，且不超过 40mm；
- d) 受压元件与承载非受压元件之间的连接焊缝应与母材圆滑过渡，焊缝应连续，焊缝及热影响区表面应裂纹、未熔合、弧坑和气孔等缺陷，咬边深度不超过 0.5mm。

10.3 力学性能检验

10.3.1 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，应当制作产品焊接试件，对于焊接质量稳定的制造单位，经技术负责人批准，可以免做焊接试件。但是下列情况应当制作纵缝焊接试件：

- a) 制造单位按照新的焊接工艺制造的前 5 台产品；
- b) 用合金钢制作的以及工艺要求需要进行热处理的水套壳体或炉胆；
- c) 设计图纸要求制作焊接试件。

10.3.2 焊接试件

焊接试样的制取、力学性能检验类别、试样数量、取样和加工要求、合格指标及复验应符合NB/T 47016的规定。此外，焊接试件的制作还应符合下列规定：

- a) 每个水套壳体、炉胆类部件纵缝应制作一块产品焊接试件，纵缝焊接试件取自产品纵缝的延长部位；
- b) 产品焊接试件应当由焊接该产品的焊工焊接，试件材料、焊接材料、工艺要求等应当与所代表的产品相同，试件焊接完成后应当打上焊工和检验员的钢印代号；
- c) 需要热处理时，试件应当与所代表的产品同炉热处理；
- d) 产品焊接试件的数量和尺寸应当满足检验和复验所需要的试样制备。

10.4 无损检测

10.4.1 无损检测方法和评级标准应符合 NB/T 47013 的要求。

10.4.2 换热管对接接头应先进行宏观检查，合格后才能进行无损检测。有延迟裂纹倾向的材料应在焊接完成后 24 h 后进行无损检测。

10.4.3 换热管对接接头应进行 100%射线检测或 100%超声波检测。当进行 100%超声波检测时，还应附加不低于 20%的射线检测。

10.4.4 水套加热炉的水套、炉胆、回燃室和烟管上的焊接对接接头应进行不少于 10%的射线检测或超声波检测。

10.4.5 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。

10.4.6 焊接接头的超声波检测技术等级不低于 B 级，焊接接头质量等级不低于 I 级。

10.4.7 焊接接头如果采用多种无损检测方法进行检测，则应当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。

10.4.8 制造单位对未检测部分的焊接接头质量仍应负责。

10.5 水压试验

10.5.1 水压试验压力按表 7 进行选取。

表7 水压试验的试验压力

元件名称	试验压力 P_T/MP_a
承压水套加热炉	$\frac{1.25P_1[\sigma_1]}{[\sigma_1]^t}$
常压水套加热炉	0.2
水套加热炉换热管系统	$\frac{1.25P_2[\sigma_2]}{[\sigma_2]^t}$

注1: P_T ——水压试验压力, MP_a ;
注2: P_1 ——水套设计压力, MP_a ;
注3: P_2 ——换热管设计压力, MP_a ;
注4: $[\sigma_1]$ ——试验温度下水套用材料的许用应力, MP_a ;
注5: $[\sigma_1]^t$ ——设计温度下水套用材料的许用应力, MP_a ;
注6: $[\sigma_2]$ ——试验温度下换热管用材料的许用应力, MP_a ;
注7: $[\sigma_2]^t$ ——设计温度下换热管用材料的许用应力, MP_a 。

10.5.2 水压试验应按 GB/T 151 的相关规定进行。

10.5.3 水压试验过程中应无渗漏、无可见变形和异常声响。

11 安全附件和仪表

11.1 一般要求

11.1.1 水套加热炉应装设安全附件和测量仪表，包括安全阀、压力表、水位计、测温仪表、排污和放水装置、报警和联锁保护装置等。

11.1.2 安全附件的设计、制造应符合相应的国家标准和行业标准。

11.1.3 安全附件应实行定期校验制度。安全阀每年至少校验 1 次，压力表每 6 个月至少校验 1 次。

11.2 安全阀

11.2.1 安全阀的制造许可、产品型式及铭牌等技术要求应当符合相关安全技术规范要求。

11.2.2 安全阀的泄放能力应能满足安全阀开启后，水套内的压力不超过设计时计算压力的 1.1 倍。

11.2.3 安全阀与水套加热炉之间不宜设置阀门。

11.2.4 水套内水温小于 100℃ 的水套加热炉的安全阀流道直径按表 8 选取：

表8 安全阀流道直径

水套加热炉额定热负荷， kW	$Q \leq 1400$	$1400 < Q \leq 7000$	$Q > 7000$
安全阀流道直径/mm	≥ 20	≥ 32	≥ 50

11.2.5 安全阀按表 9 规定的整定压力，委托有资质的人员进行整定或校验。校验后的安全阀应铅封。

表9 水套加热炉安全阀整定压力

最低值	最高值
1.10 倍工作压力，但不小于工作压力+0.07MPa	1.12 倍工作压力，但不小于工作压力+0.10MPa

11.2.6 安全阀应装设排水管，并且应通至安全地点，同时还应有足够的流通面积，以保证排放畅通。排水管不允许装设阀门，且应有防冻措施。

11.2.7 安全阀应铅直安装在水套壳体的顶部。安全阀与水套壳体之间不应装设取热水的管路和阀门。

11.2.8 在水套加热炉运行过程中，安全阀不允许随意解列和任意提高安全阀的整定压力或者使安全阀失效，同时还应定期进行排放试验。

11.3 压力表

11.3.1 水套壳体顶部、换热管进口管段和换热管出口管段应装设压力表。

11.3.2 压力表的选用应符合以下要求：

- a) 压力表应符合相应技术标准要求；
- b) 压力表精确度应不低于 2.5 级；
- c) 压力表的量程应根据工作压力选用，一般为工作压力的 1.5~3.0 倍，最好选用 2 倍；
- d) 压力表表盘大小应保证操作人员能清晰辨别指示值，表盘直径应不小于 100mm。

11.3.3 压力表在安装前应进行校验，同时在刻度盘上划出指示工作压力的红线，注明下次校验日期。压力表校验后应铅封。

11.3.4 压力表的安装应符合以下要求：

- a) 压力表应装设在便于观察和吹洗的位置，且防止受到高温、冰冻和震动的影响；
- b) 压力表应设缓冲弯管，弯管内径不应小于 10mm；
- c) 压力表与弯管之间应装设三通阀门，以便吹管路、卸换、校验压力表。三通阀门上应有开启和锁紧标志。
- d) 压力表表盘大小应保证操作人员能清晰辨别指示值，表盘直径应不小于 100mm。

11.3.5 压力表有下列情况之一，应当停止使用：

- a) 有限止钉的压力表在无压力时，指针转动后不能回到限止钉处；没有限止钉的压力表在无压力时，指针离零位的数值超过压力表规定的允许误差；
- b) 压力表表面玻璃破碎或者表盘刻度模糊不清；
- c) 铅封损坏或者超过校验期；
- d) 表内泄漏或者指针跳动；
- e) 指针断裂或外壳腐蚀严重；
- f) 其他影响压力表准确指示的缺陷。

11.4 水位计

11.4.1 水套加热炉的水套壳体应装设水位计。

11.4.2 玻璃管（板）水位计的结构、指示和防护装置应符合以下要求：

- a) 水位计应设置明显的最低安全水位标志，水位计最低可见边缘应比最低安全水位至少低 25mm，比最高火界至少高 50mm；
- b) 水位计应应有不妨碍观察真实水位的安全防护装置，玻璃管内径应不小于 12mm；
- c) 水位计和水套之间阀门的流道直径应不小于 12mm；水位计和水套之间连接管内径应不小于 18mm，连接管长度大于 500mm 时，内径可适当放大，以保证水位计灵敏准确；
- d) 水套加热炉运行过程中应能够吹洗和更换玻璃管（板）、云母片；
- e) 水位计应有放水阀门和接到安全地点的放水管。

11.4.3 水位计应安装在便于观察和维护的位置。水套加热炉的操作人员应加强水位计的维护管理，保持水位计完好、读数清晰。

11.4.4 水位计出现下列情况之一，应停止使用并更换：

- a) 水位计超过检修周期；
- b) 水位计玻璃管（板）有裂纹、破碎现象；
- c) 水位计阀件固死；
- d) 出现假水位；
- e) 水位计指示模糊不清。

11.5 测温仪表

11.5.1 应在水套壳体、介质进出口、对流段传热面尾部、炉膛和燃料进燃烧器处装设测温仪表。

11.5.2 测量仪表应能正确反映介质温度，并便于观察、检修。

11.5.3 表盘式温度测量仪表量程应根据工作温度选用，一般为工作温度的 1.5~2 倍。

11.5.4 测温仪表应做好定期维护保养和校验工作。

11.6 安全保护装置

11.6.1 水套加热炉宜设置以下报警装置：

- a) 燃烧器熄火报警装置，
- b) 超温报警装置，
- c) 超压报警装置，
- d) 低水位报警装置。

11.6.2 对于承压水套加热炉，宜设置以下联锁保护装置：

- a) 燃烧器熄火联锁保护装置，
- b) 超压联锁保护装置，
- c) 低水位联锁保护装置。

11.6.3 燃气式水套加热炉应装设燃气监测泄漏报警装置和联锁保护装置。

12 燃烧设备、辅助设备及系统

12.1 燃烧设备应与水套加热炉的结构相适应，在设计工作条件下完成燃料的持续、稳定和完全燃烧，并且具有良好的**环保特性**。

12.2 燃烧器制造单位或经销单位应提供有效的**燃烧器型式试验证书**。

12.3 燃烧系统应符合 GB/T 16508.6-2022 第 4 章的相关规定。

参 考 文 献

- [1] TSG 11 锅炉安全技术规程
 - [2] TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程
 - [3] TSG Z6002 特种设备焊接作业人员考核细则
-