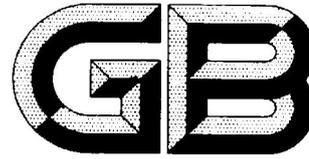


ICS

点击此处添加中国标准文献分类号



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

水套加热炉通用技术要求

General Technical Requirement for Water Jacket Furnace

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2014年7月)

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本参数	4
5 型号编制方法	6
6 材料	7
7 设计	8
8 制造	11
9 安装、调试与运行	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	19
13 能效评价	21
14 环境保护	24
参考文献	26

前 言

本标准按照GB1.1-2009给出的规则起草。

本标准根据产品自身的特性制定。

本标准由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）提出并归口。

本标准主要起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

水套加热炉通用技术要求

1 范围

本标准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、燃烧设备与辅助设备、能效评价及环保等方面的通用技术要求。

本标准适用于使用固体、液体或气体作为燃料，被加热介质为原油、天然气、水及其混合物，换热管进口设计压力不大于40MPa、锅壳设计压力不大于2.5MPa的水套加热炉。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 150 钢制压力容器
- GB 151-1999 管壳式换热器
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB 715 标准件用碳素钢热轧圆钢
- GB 1576 工业锅炉水质
- GB 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB 4053 固定式钢梯及平台安全要求
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
- 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 锅壳锅炉
- GB/T 21435 相变加热炉
- GB/T 50273 锅炉安装施工验收技术规范
- GB 24848 石油工业用加热炉能效限定值及能效等级
- GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范
- SY/T 0540 石油工业用加热炉型式与基本参数
- SY/T 6381 加热炉热工测定
- HG/T 20592 钢制管法兰(PN系列)
- JB/T 1615 锅炉油漆和包装技术条件
- JB/T 1621 工业锅炉烟箱、钢制烟囱技术条件
- JB/T 4711 压力容器涂覆与运输包装
- JB/T 4712 容器支座
- JB/T 9625 锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件

JB/T 9626 锅炉锻件 技术条件
 JB/T 4730 承压设备无损检测
 NB/T 47003 钢制焊接压力容器
 NB/T 47008 承压设备用碳素钢和低合金钢锻件
 NB/T 47014 承压设备用焊接工艺评定
 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 承压设备用焊接材料订货技术条件
 NB/T 47019 锅炉、热交换器用管订货技术条件
 TSG G0001 锅炉安全技术监察规程
 TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水套加热炉 **water jacket furnace**

被加热介质在壳体内的换热管中，由水作为中间载热介质加热，而水由炉胆和烟管直接加热的锅壳式加热炉，称为水套加热炉。

3.2

锅壳 **shell**

在水套加热炉中用以储存锅水，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**

炉胆是布置在锅壳内部的圆筒形炉膛，对于承压水套加热炉，该部件承受外压。炉胆是水套加热炉的燃烧空间和辐射受热面。水套加热炉的炉胆也称火筒，是用钢板卷制而成的筒形结构，燃料经燃烧器喷入炉胆内燃烧，使水套内的水加热。

3.4

烟管 **smoke tube**

烟气在管内流动的蒸发受热面，又称火管（fire tube）。

3.5

换热管 **heat exchanger pipe**

通过壁面外侧吸收加热炉锅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。加热炉换热管的型式有单程或多程盘管式和 U 型列管式等。

3.6

炉排 grate

火床燃烧时，承载固体燃料并从其空隙送入空气进行燃烧的装置。

注：火床是指炉排上燃烧的燃料层。火床分为固定火床和移动火床两种。

3.7

火界 fire line

指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称为火界，所有火界的最高部位称为最高火界。

3.8

受热面 heating plate

从炉膛及烟道内的放热介质中吸收热量，并将热量传递给锅内介质的金属壁面，如炉胆、烟管等。

3.9

回燃室 reversal chamber

使炉胆内燃烧产生的烟气产生流向改变，从而进入到烟管中进行换热的部件。

3.10

燃烧器 burner

将燃料和空气，按所要求的比例、速度、湍流度和混合方式送达炉膛，并使燃料能在炉膛内稳定着火与燃烧的装置。

3.11

工作压力 working pressure

在正常工作情况下，水套加热炉换热管内和锅壳顶部可能达到的最高压力。

3.12

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，其值不应小于工作压力。

3.13

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。当各个部位在工作过程中可能产生不同温度时，取预计的不同温度作为各相应部件的设计温度。

3.14

排烟温度 **exit flue gas temperature**

水套加热炉最后一级受热面出口处的平均烟气温度。

3.15

水套加热炉能效限定值 **minimum allowable values of energy efficiency for water jacket furnace**

在标准规定的测试条件下，允许的水套加热炉效率最低值。

3.16

水套加热炉节能评价值 **evaluating values of energy conservation for water jacket furnace**

在标准规定测试条件下，节能水套加热炉效率应达到的最低值。

3.17

额定热负荷 **rated heat load**

额定热负荷是指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。

3.18

过量空气系数 **excess air factor**

燃烧1kg燃料实际所供给的空气质量与完全燃烧1kg燃料所需的理论空气质量之比。

3.19

炉膛 **combustion chamber**

炉膛是指燃料与空气发生连续燃烧反应直至燃尽并产生辐射传热过程的有限空间，也称为燃烧室。

4 基本参数

4.1 基础数据

4.1.1 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、温度、压力、密度、黏度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 工艺要求

表5-1 锅壳受压状态代号

序号	锅壳受压状态	代号
1	正压	HJZ
2	常压	HJC
3	负压	HJF

型号的第二部分共有三段组成，分别为被加热介质代号、锅壳设计压力（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 5-2。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5-2 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	生产用水	S
3	天然气	Q
4	气液混合物（原油、天然气、水混合物）	H

5.1.2 型号的第三部分包括燃料种类和通风方式。燃料种类见表 5-3，通风方式见表 5-4。

表5-3 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5-4 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

5.1.3 型号的第四部分用阿拉伯数字表示水套加热炉设计的次数，第一次设计时可以不用表示。

6 材料

6.1 基本要求

6.1.1 水套加热炉受压元件用金属材料、承载件材料及其焊接材料应符合国家标准和行业标准要求。

6.1.2 受压元件金属材料及其焊接材料在使用条件下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。

6.1.3 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。

6.1.4 受压元件用钢材室温夏比冲击吸收能量（ kV_2 ）不低于 27J。

6.1.5 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

水套加热炉受压元件用钢板、钢管、锻件、铸铁件、紧固件以及拉撑件和焊接材料应当按照以下要求进行选用：

6.2.1 钢板

水套加热炉受压元件用钢板应符合 GB16508.2 或 GB150 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 GB713 的相关规定。

6.2.2 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 GB3087 或 GB5310 的规定。
- b) 设计压力大于或等于 6.3MPa 的换热管用钢管应选用 GB6479(GB9948)或 GB5310 中无缝钢管。
- c) 非受辐射热的壳体承压接管和设计压力小于 6.3MPa 的换热管材料，不应低于 GB150 的相关要求。

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) 设计温度高于 300℃的钢锻件，应在设计文件中规定附加进行设计计算温度下的高温拉伸试验，高温拉伸试验按照 GB/T 4338 的要求，其高温规定非比例延伸强度值 $R_{p0.2}$ 参照 GB/T16508.2 附录 B 的规定。
- b) 水套加热炉用锻件不应低于 II 级，锻件应按 JB/T9626 或 NB/T47008 的要求进行选用。
- c) 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。金相检验要求参照 GB/T16508.2 附录 A 的规定。

6.2.4 铸钢件

- a) 承压铸钢件材料应符合 JB/T9625 的相关规定。
- b) 铸钢件的铸造系数（质量系数）取 0.8，安全系数按 GB/T16508.2 的相关规定进行选取。

6.2.5 铸铁件

- a) 铸铁件应符合相应标准要求，受压元件用铸铁件不得进行补焊。
- b) 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。
- c) 灰铸铁不应用于制造排污阀和排污弯管。

6.2.6 紧固件材料

紧固件材料需满足下列要求：

- a) 螺母材料的硬度应低于螺柱（螺栓）材料的硬度。
- b) 受压紧固件用材料的许用应力按 GB/T16508.2 的相关规定选取。

6.2.7 拉撑件材料

拉撑板材料应与锅壳材料相同或相近，拉撑杆材料选取应当符合 GB 715 和 GB/T 699 要求。

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/T47018 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、检查、操作、清理、维修和更换。

7.2 结构

7.2.1 额定热功率不小于 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 换热管的布置应在确定加热炉设计海拔和额定工作压力后，根据锅壳内介质的饱和温度计算确定。

7.2.3 炉胆、换热管和其它可伸缩的部件在运行时应保证能按设计预定方向自由膨胀。

7.2.4 最低安全水位应当高于最高火界 100mm；对于内径小于或等于 1500mm 加热炉的最低安全水位，应高于最高火界 75mm。加热炉的最高及最低安全水位应当在图样上注明。

7.2.5 锅壳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，其中一个支座为滑动支座。鞍式支座型式和尺寸应符合 JB/T 4712.1 的规定。

7.2.7 炉膛和其它容易发生爆燃的部位，应设置与炉膛直接连通的防爆装置。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。对于烟囱能够起到泄爆作用的水套加热炉，可不设置泄爆装置。

7.2.8 承压水套加热炉锅壳顶部应设置可靠的安全泄放装置。

7.2.9 锅壳上易产生热疲劳的部位应加装套管；

7.2.10 锅壳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 4053.1-GB4053.3 的规定。

7.2.12 应设置必要的热工及环保检测测点，放热管进、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 换热管进口和出口汇管上，应各设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 锅壳和炉胆的壁厚应符合以下要求：

- a) 锅壳内径大于 1000mm 时，最小壁厚不应小于 6mm；锅壳内径小于等于 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 22mm。

7.2.15 换热管的结构应满足如下规定

- a) 当采用汇管结构时, 汇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 型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 采用的弯头等管件, 应符合 GB/T 12459 的规定。

7.2.17 所采用的法兰, 应符合 HG/T 20592 的规定。

7.2.18 锅壳、炉胆的纵向和环向焊缝和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/T16508.2 的相关规定选取。

7.3.2 锅壳、炉胆及回燃室的计算压力按下式计算:

$$P \geq P_r + \Delta P_h + \Delta P_a$$

P——计算压力 MPa

P_r ——额定工作压力 MPa

ΔP_a ——设计附加压力 (安全阀整定压力), MPa

ΔP_h ——计算元件所受水柱静压力, 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 在保证锅壳内水质满足 GB/T 1576 标准要求的同时, 水套加热炉除换热管之外的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。

注: 元件的金属温度可按 GB 151-1999 附录 F 传热计算求得或在已使用的同类设备上测定。

7.3.6 锅壳、炉胆、烟管等承受内、外压元件的强度计算, 根据 GB/T 16508.3 进行。

7.3.7 换热管及其管程的强度计算, 根据 GB 151-1999 进行。

7.3.8 换热管的壁厚按 GB 150.3 中的外径公式进行计算。

7.3.9 U型管弯前最小壁厚按 (7-1) 式计算

$$\delta_0 = \delta_1 \times (1 + d/4R) \dots\dots\dots (7-1)$$

式中：

d-换热管外径，mm；

R-弯管段的弯曲半径（见图 7-1），mm；

δ_0 -弯曲前换热管的最小壁厚，mm；

δ_1 -直管段按 GB 150.3 强度计算所需壁厚，mm。

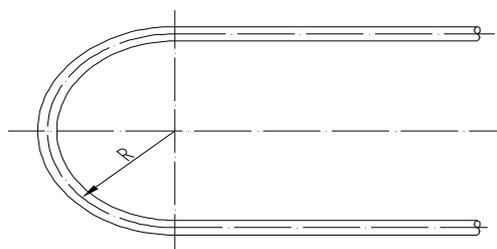


图7-1 U形管弯管段弯曲半径R

8 制造

8.1 基本要求

8.1.1 水套加热炉的制造单位应具备相应的锅炉或压力容器制造许可证。

8.1.2 受压元件的焊接人员应按相关安全技术规范要求参加考试并取得资格证书后，方可在有效期内从事合格项目范围内的焊接作业。

8.1.3 材料应按相关标准的要求进行入厂验收，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。

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。材料代用的审批程序应符合相关标准的要求。

8.1.6 制造过程中若采用焊接，制造单位的焊接作业人员的管理、焊接工艺评定等应符合 GB/T16508.4 的相关规定。

8.1.7 制造过程中若采用胀接，制造单位的胀接工艺、胀接质量检查、胀接记录等应符合 GB/T16508.4 的相关规定。

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，热处理过程和工艺应当符合 GB/T16508.4 及 GB 151-1999 的相关规定。

8.1.9 凡在受压元件上焊接附件时，应采用与锅壳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 锅壳与炉胆

8.2.1 锅壳、炉胆单个筒节长度应不小于 300mm。

8.2.2 锅壳、炉胆每个筒节纵向焊缝数应符合下列规定：

a) 当公称直径不大于 DN1800 时，不应多于两条。

b) 当公称直径大于 DN1800 时，不应多于三条。

8.2.3 每节筒节纵向焊缝中心线间的弧长不应小于 300mm。

8.2.4 相邻筒体的纵向焊缝以及封头拼接焊缝和筒体纵向焊缝应互相错开，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 锅壳上的开孔应尽量避免开焊缝，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

a) 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；

b) 补焊前，缺陷应彻底清除（必要时进行无损检测确认）。不应在有水或潮湿的情况下进行返修；

c) 补焊后，补焊区应进行外观检查。对于受压元件，补焊后还应进行无损检测检查。

d) 需要进行焊后热处理的，补焊后应当做焊后热处理。

e) 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，均应打磨至与母材平齐。

8.2.9 锅壳的纵向、环向焊缝两边的钢板中心应当对齐。锅壳环缝两侧的钢板不等厚时，一般应采用中轴线对齐，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 8.2.11 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 8-1。

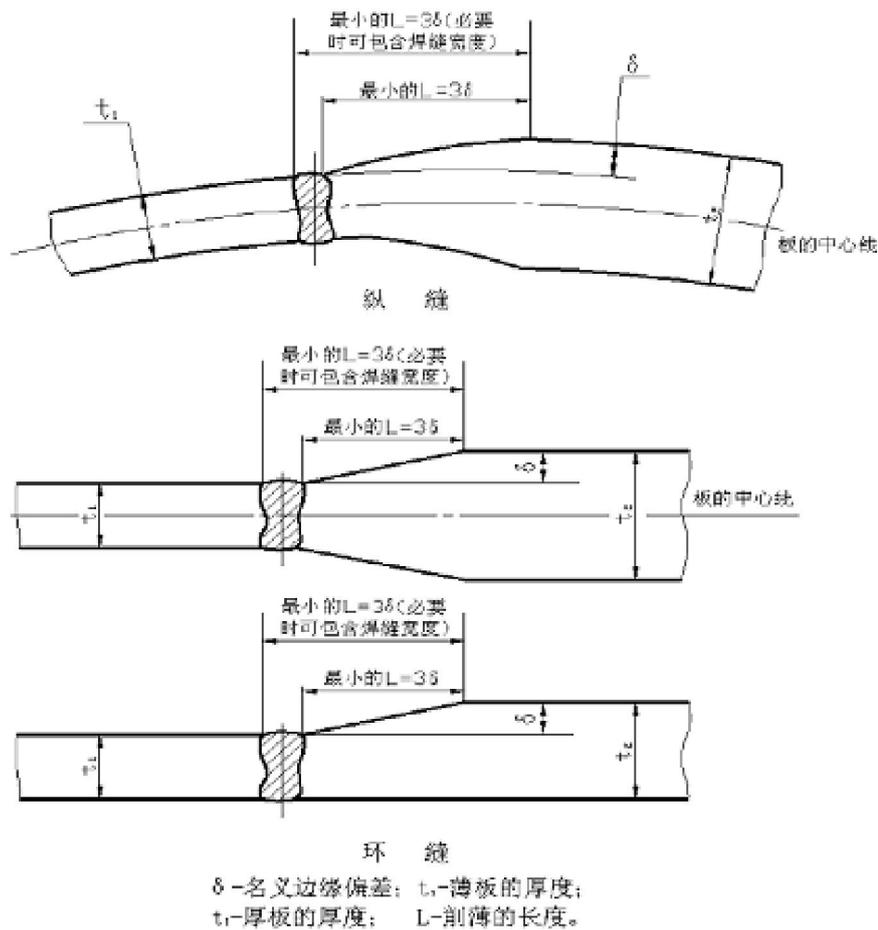


图8-1筒体削薄

8.2.10 锅壳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。

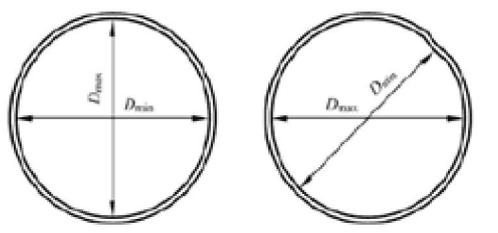


图8-2 同一截面上最大内径与最小外径之差

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

8.2.12 锅壳筒体、炉胆组焊完成后，应按下列要求检查其圆度（见图 8-2）

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 8-2）。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 8-3 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 8-4 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 δe 及 $0.2 \delta e$ 值；当位于两条曲线之间时，由内插法确定）。

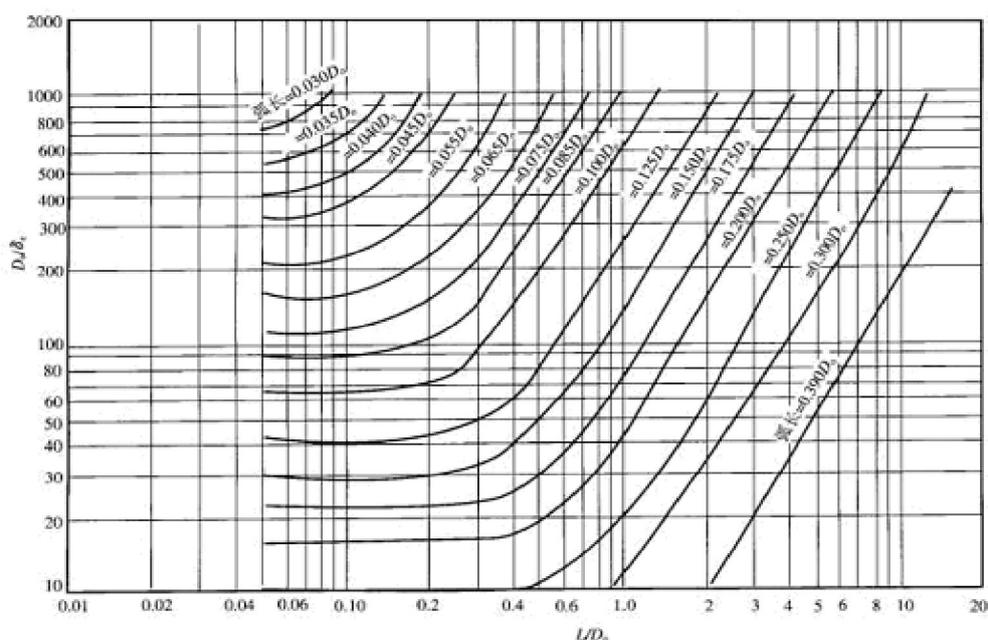


图8-3 圆筒上加强圈允许的间断弧长

D_o ——筒体外径 mm L ——筒体计算长度 mm
 δe ——筒体有效厚度 mm

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%。

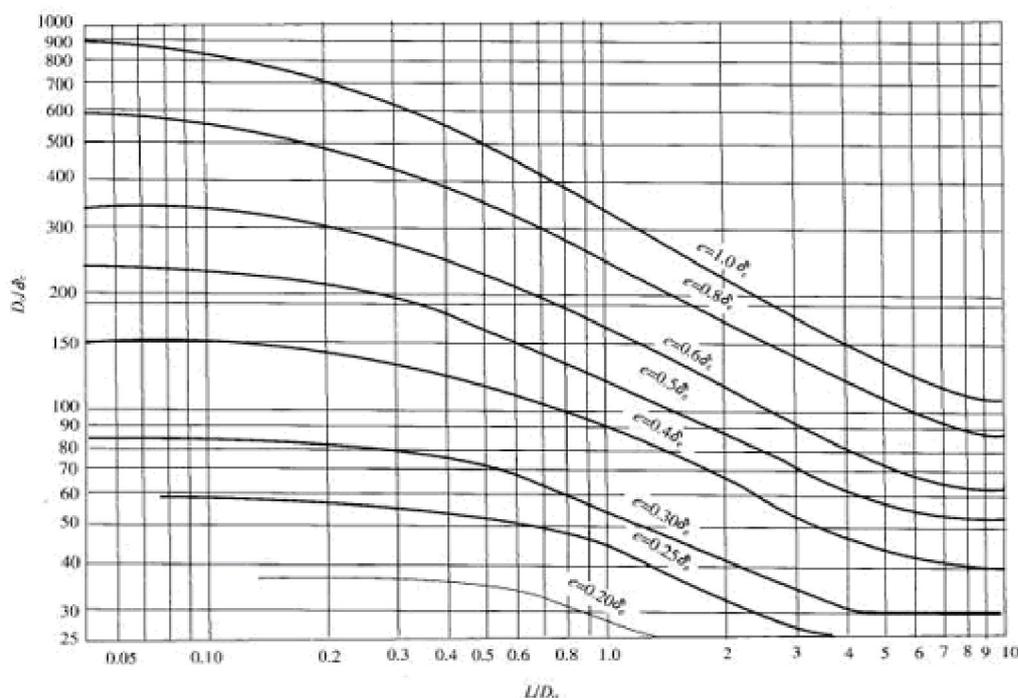


图 8-4 最大允许偏差

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 锅壳组焊后，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 151-1999 和设计文件的要求。

8.3.2 换热管拼接时，应符合以下要求：

- 焊接接头应作焊接工艺评定。试件的数量、尺寸、试验方法按 NB/T 47014 的规定。
- 对接接头不得超过两条；最短直管长不应小于 300mm，包括至少 50mm 直管段的 U 型弯管段范围内不得有拼接接头。
- 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。
- 对口错边量应不超过换热管壁厚的 15%，且不大于 0.5mm；并不得影响穿管。
- 对接后，应进行通球检查，以钢球通过为合格；钢球直径应按表 8-1 选取：

8.3.3 U 型换热管弯段的最小弯曲半径 R (见图 7-1) 不宜小于两倍的换热管外径，常用 U 型换热管的最小弯曲半径 R_{\min} 可按表 8-1 选取。

表 8-1 U 型换热管弯管段的弯曲半径 R_{\min} (单位: mm)

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

8.3.4 U 型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%。

8.4 出厂文件

8.4.1 质量证明书。其内容应包括:

- 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) 换热管的通球报告;
- 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) 水压试验的结果;
- i) 总装质量检查报告;
- j) 主要受压元件材料代用单;
- k) 与本标准或图纸不符的项目。

8.4.2 基本情况说明书。其内容应包括:

- 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) 制造单位名称和制造许可证号;
- 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 (水套炉)), MPa;
- g) 工作温度, °C;
- h) 设计热效率, %;
- i) 设备总质量, kg;
- j) 设备外形尺寸, mm;
- k) 制造年月;
- l) 出厂检验单位及检验标志。

8.6 油漆和包装

水套加热炉的油漆、包装应符合 JB/T1615 以及订货合同的规定。

9 安装、调试与运行

9.1 基本要求

9.1.1 承压水套加热炉的安装单位应当取得锅炉或压力容器安装改造维修许可证, 方可承担安装改造工程。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 在承压水套加热炉施工前, 安装单位应当将承压加热炉的安装、改造或维修情况按照规定办理告知。

9.1.3 安装应按照安装使用说明书的要求进行, 并遵守本标准的规定。

9.1.4 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, 应符合 GB50273 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 在水套加热炉安装换热器的一侧前端, 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 安装后应进行全面安装质量检查。按规定进行系统水压试验，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 48 小时带负荷试运行。

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 2~3h 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 调试单位出具调试报告。

9.4 运行

9.4.1 使用单位应制定水套加热炉运行规程。

9.4.2 运行人员应培训合格并相应资格证件，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 应有防止火嘴结焦措施。

9.4.5 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。

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 宏观检验

受压元件的全部焊接接头均应做宏观检验，检验结果应符合 GB/T 16508.4 的相关规定。

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、工艺要求需要进行热处理的锅壳或炉胆；
- c) 锅炉设计图纸要求制作焊接试件。

10.3.2 焊接试件的制作应符合 GB/T16508.4 的相关规定。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/T47016 的规定。

10.4 无损检测

10.4.1 受压元件焊接接头应先进行外观检查，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 24h 后进行无损检测。

10.4.2 受压元件焊接接头无损检测比例应符合下列规定：

- a) 换热管的对接接头应进行 100%射线检测或 100%超声波检测附加至少 20%射线检测复验。
- b) 锅壳、炉胆、烟管的焊接接头，无损检测应符合 GB/T 16508.4 的相关规定。

10.4.3 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 10-1 进行选取。

表 10-1 水压试验的试验压力

元件名称	试验压力 P_T ，MPa
承压水套加热炉	$1.25P[\sigma]/[\sigma]'$
常压水套加热炉	0.2
水套加热炉换热管系统	$1.25P[\sigma]/[\sigma]'$
注： P_T -----水压试验压力，MPa； P -----设计压力，MPa； $[\sigma]$ -----试验温度下材料的许用应力，MPa； $[\sigma]'$ -----设计温度下材料的许用应力，MPa。	

10.5.2 水压试验应按照 GB/T 16508.4 的相关规定进行。

11 安全附件和仪表

11.1 一般要求

a) 水套加热炉应设置安全附件和测量仪表，包括安全阀、压力测量装置、水位测量装置、温度测量装置、排污和放水装置、报警装置等。

- b) 安全附件的设计、制造应符合相应的国家标准和行业标准。
- c) 安全附件应实行定期校验（核）制度。安全附件的定期校验（核）需符合 TSG G0001 的相关规定。

11.2 安全阀

安全阀的制造许可、产品型式及铭牌等技术要求应当符合 TSG ZF001 的规定。安全阀的选用应符合 GB/T 16508.5 的相关规定。

11.3 压力测量装置

锅壳顶部以及换热管进口、出口位置应当装设压力测量装置，压力测量装置的选用应符合 GB/T 16508.5 中的相关规定。

11.4 水位测量装置

水套加热炉应装设水位测量装置，水位测量装置的结构、安装应符合 GB/T 16508.5 的相关规定。

11.5 温度测量装置

- a) 应在介质进出口、对流段传热面尾部、炉膛和燃料进燃烧器处装设温度测量装置。
- b) 测量仪表应正确反映介质温度，并便于观察、检修。
- c) 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 倍~2 倍。
- d) 测量仪表的校验和维护应符合国家计量部门的规定，装用后每年应校验一次。

11.6 安全保护装置

水套加热炉宜设置以下安全保护装置：

- a) 燃烧器熄火报警及联锁保护装置。
- b) 超温报警及联锁保护装置。
- c) 超压报警，承压水套加热炉还应装设超压联锁保护装置。
- d) 高、低水位报警。承压水套加热炉还应装设低水位联锁保护装置。
- e) 燃气水套加热炉应装设燃气监测泄漏报警和联锁保护装置。

安全保护装置应符合 GB/T16508.5 中相关规定。

12 燃烧设备、辅助设备及系统

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。燃烧系统应符合 GB/T16508.6 中相关规定。

13 能效评价

13.1 能效评价项目

13.1.1 排烟温度。

13.1.2 排烟处过量空气系数。

13.1.3 炉渣含碳量。

13.1.4 炉体外表面温度。

13.1.5 热效率。

13.2 能效评价方法

13.2.1 测试工况

测试应在水套加热炉热工况稳定和燃烧调整到测试工况1h后开始进行。水套炉热工况稳定是指水套炉主要热力参数在许可波动范围内其平均值已不随时间不断变化的状态，热工况稳定所需时间自冷态点火开始算起，不应少于1h。

13.2.2 测试时间

对于新研制、新安装以及经大修、改造后的水套炉的监测，每次测试时间不应少于2h。对水套炉的定期监测时，每次测试时间不应少于1h。除去需要化验分析的项目以外，测试项目参数每隔15min一次，取算术平均值作为测试结果。

13.2.3 测试负荷和次数

对于新研制、新安装的水套炉的监测，应在水套炉额定负荷的90%~100%工况下测试两次；在应用节能产品或进行节能技术改造前、后，应根据需要在实际运行工况或额定负荷的90%~100%工况下分别进行测试；对水套炉的定期监测时，在实际运行负荷下测试一次。

13.2.4 排烟温度的测试

排烟温度的测试应在水套炉最后一级尾部受热面出口处0.5m以内的烟道进行，测温元件应插入烟道中心处并保持热电偶插入处的密封。

13.2.5 过量空气系数的测试

烟气取样应在水套炉最后一级尾部受热面出口1m以内的烟道中心位置，烟气取样应与烟温测量同步进行。

过量空气系数采用奥氏分析仪或燃烧效率测试仪，测试排烟处各种烟气成分含量，燃料为固体、液体时按式(14-1)计算过量空气系数：

$$\alpha = \frac{21}{21 - 79 \frac{O_2' - (0.5CO' + 0.5H_2' + 2C_m H_n')}{100 - (RO_2' + O_2' + CO' + H_2' + C_m H_n')}} \dots\dots\dots(14-1)$$

式中：

α —空气系数；

RO_2' —排烟处 RO_2 含量，%；

O_2' —排烟处 O_2 含量，%；

CO' —排烟处 CO 含量，%；

H_2' —排烟处 H_2 含量，%；

$C_m H_n'$ —排烟处 $C_m H_n$ 含量，%；

燃料为气体时按式（14-2）计算过量空气系数：

$$\alpha = \frac{21}{21 - 79 \frac{O_2 - (0.5CO + 0.5H_2 + 2CH_4)}{N_2 - \frac{N_2(RO_2 + CO + CH_4)}{CO_2 + CO + \sum mC_m H_n + H_2S} (RO_2 + O_2 + CO + H_2 + C_m H_n)}}} \dots\dots\dots(14-2)$$

式中：

N_2 —气体燃料收到基 N_2 含量，%；

H_2S —气体燃料收到基 H_2S 含量，%；

$C_m H_n$ —气体燃料收到基 $C_m H_n$ 含量，%；

CO_2 —排烟处 CO_2 含量，%；

CH_4 —排烟处 CH_4 含量，%；

13.2.6 炉渣含碳量测试

装有机械除渣设备的水套炉，可在出灰口处定期取样。（一般15 min~20 min取样一次），取样应注意样本的均匀性和样本的代表性。

炉渣样品数量应不少于总炉渣数量的2%，当燃煤灰分大于40%时，炉渣样品数量应不少于总炉渣数量的1%，且数量应不少于2kg，1kg送化验，1kg封存备查。

13.2.7 炉体外表面温度的测试

对于炉体外表面温度的测量，用可测量表面温度的仪器测定。测点布置应具有代表性，一般 $0.5m^2 \sim 1m^2$ 一个测点，取其算术平均值进行计算。在门（孔）附近边缘300mm范围内不应布置测点。

13.2.8 水套炉热效率的测定

对于新研制、新安装以及经大修、改造后的水套炉的监测，水套炉热效率的测定应同时采用正平衡测量法和反平衡测量法，水套炉热效率值取以正平衡测量法与反平衡测量法测得的平均值。当对水套炉的定期监测时，可根据需要只采用正平衡测量法或反平衡测量法进行测试。

水套加热炉正平衡测量法与反平衡测量法的具体测定可按SY/T 6381的方法进行。

13.2.9 测量仪表的误差

测试所用仪器仪表应能满足项目测试的要求，仪表应完好，在检定周期以内，测试仪表的误差应符合表14-1要求。

表 14-1 水套炉能效评价测量仪表误差要求

排烟温度	表面温度	$\varphi(O_2)$	$\varphi(CO)$	$\varphi(RO_2)$
$\leq \pm 1.0^\circ C$	$\leq \pm 1.0^\circ C$	$\leq \pm 0.1\%$	$\leq \pm 2.0\%$	$\leq \pm 0.1\%$

13.3 水套炉能效评价考核指标

13.3.1 热效率考核指标见表 14-2。

表 14-2 能效评价热效率考核指标

额定热负荷 Q/kW	热效率/%					
	气体燃料		液体燃料		固体燃料	
	能效限定值	节能评价值	能效限定值	节能评价值	能效限定值	节能评价值
$Q \leq 630$	≥ 80	≥ 83	≥ 78	≥ 80	≥ 70	≥ 72
$630 < Q \leq 1000$	≥ 81	≥ 84	≥ 80	≥ 82	≥ 72	≥ 74
$1000 < Q \leq 1500$	≥ 83	≥ 85	≥ 82	≥ 84	≥ 75	≥ 78
$1500 < Q \leq 1750$	≥ 84	≥ 86	≥ 83	≥ 85	≥ 75	≥ 78
$1750 < Q \leq 2000$	≥ 85	≥ 87	≥ 84	≥ 86	≥ 77	≥ 80
$2000 < Q \leq 2500$	≥ 86	≥ 89	≥ 85	≥ 87	≥ 77	≥ 80
$Q > 2500$	≥ 87	≥ 90	≥ 86	≥ 88	≥ 80	≥ 85

注：Q 为额定热负荷。

13.3.2 排烟温度考核指标见表 14-3。

表 14-3 水套炉能效评价排烟温度考核指标

额定热负荷 Q/kW	排烟温度/℃		
	气体燃料	液体燃料	固体燃料
	限定值	限定值	限定值
$Q \leq 630$	≤ 220	≤ 240	≤ 260
$630 < Q \leq 1000$	≤ 200	≤ 220	≤ 240
$1000 < Q \leq 1500$	≤ 200	≤ 200	≤ 240
$1500 < Q \leq 1750$	≤ 180	≤ 200	≤ 220
$1750 < Q \leq 2000$	≤ 180	≤ 180	≤ 220
$2000 < Q \leq 2500$	≤ 160	≤ 180	≤ 200
$Q > 2500$	≤ 160	≤ 160	≤ 180

注：Q 为额定热负荷。

13.3.3 过量空气系数考核指标见表 14-4。

表 14-4 能效评价空气系数考核指标

额定热负荷 Q/kW	过剩空气系数		
	气体燃料	液体燃料	固体燃料
	限定值	限定值	限定值
$Q \leq 630$	≤ 2	≤ 2	≤ 2.6
$630 < Q \leq 1000$	≤ 1.9	≤ 1.9	≤ 2.4
$1000 < Q \leq 1500$	≤ 1.8	≤ 1.8	≤ 2.4
$1500 < Q \leq 1750$	≤ 1.8	≤ 1.8	≤ 2.4
$1750 < Q \leq 2000$	≤ 1.7	≤ 1.7	≤ 2.2
$2000 < Q \leq 2500$	≤ 1.7	≤ 1.7	≤ 2.2
$Q > 2500$	≤ 1.6	≤ 1.6	≤ 1.0

注：Q 为额定热负荷。

13.3.4 炉渣含碳量考核指标见表 14-5。

表 14-5 炉渣含碳量考核指标

额定热负荷 Q/kW	炉渣含碳量/%	
	烟煤	无烟煤
	限定值	限定值
$Q \leq 630$	≤ 22	≤ 26
$630 < Q \leq 1000$	≤ 20	≤ 24
$1000 < Q \leq 1500$	≤ 20	≤ 22
$1500 < Q \leq 1750$	≤ 18	≤ 22
$1750 < Q \leq 2000$	≤ 18	≤ 20
$2000 < Q \leq 2500$	≤ 16	≤ 20
$Q > 2500$	≤ 16	≤ 18

注：Q 为额定热负荷。

13.3.5 炉体外表面温度考核指标

炉体外表面温度应不大于50℃。

13.4 水套炉能效结果评价

本标准规定的能效评价考核指标限定值是监测合格的最低标准。监测机构应以此进行合格与不合格的评价。全部监测指标均合格方可认为能效评价结果合格。

14 环境保护

水套加热炉大气污染物排放值的测定及评价参照GB 13271规定的监测标准进行。

参考文献

- [1] 国质检特函[2007]402号文
- [2] SY 0031 石油工业用加热炉安全规程
- [3] SY/T 0419 油田专用水套加热炉制造、安装及验收规范
- [4] SY/T 5262 火筒式加热炉规范