

ICS 75.200

E 97

备案号: 27443—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5262—2009

代替 SY/T 5262—2000, SY/T 5261—1991, SY/T 0419—1997

火筒式加热炉规范

Specification for fire tube type heater

2009—12—01 发布

2010—05—01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基础数据、适用范围和炉型选择	3
5 工艺设计	4
6 材料	4
7 强度设计	6
8 结构设计	8
9 附件和仪表	10
10 加工成形与组装	11
11 制造、检验与验收	19
12 水压试验	22
13 出厂文件、标志、涂敷与运输包装	23
附录 A (规范性附录) 受压元件强度计算方法	25
参考文献	30

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2008 年行业标准计划的通知》(发改办工业[2008]1242 号)文件要求,对 SY/T 5262—2000《火筒式加热炉规范》、SY/T 5261—1991《火筒式加热炉受压元件强度计算方法》和 SY/T 0419—1997《油田专用水套加热炉制造、安装及验收规范》(上述三个标准以下简称原标准)合并修订而成。

随着油田开采的进一步深入,采出液成分有了较大变化,同时相关标准也在不断更新。为满足火筒式加热炉设计、制造、检验与验收的需要,结合火筒式加热炉现场实际运行所出现的问题和经验,对原标准内容和格式等进行了补充和修订,使其更具有先进性、适用性、指导性及其他标准的协调性。其主要修订内容如下:

- a) 将 SY/T 5262—2000, SY/T 0419—1997 和 SY/T 5261—1991 的前半部分合并修订为正文部分;将 SY/T 5261—1991《火筒式加热炉受压元件强度计算方法》的后半部分修订为“附录 A(规范性附录)受压元件强度计算方法”。
- b) 将原标准“第 2 章 引用标准”修订为“第 2 章 规范性引用文件”。
- c) 对原标准内容主要进行了如下修订:
 - 1) 材料牌号按 GB/T 3274—2007 和 GB 713—2008 进行了更新;
 - 2) 增加了对绝热材料导热系数的要求;
 - 3) 增加了对受压元件用焊条的规定;
 - 4) 增加了对卧式容器计算的规定;
 - 5) 增加了水套炉用不锈钢无缝钢管的相关内容;
 - 6) 对椭圆形封头的制造、检验与验收按 JB/T 4746—2002 进行了修订;
 - 7) 对圆筒圆度的检验方法进行了修订;
 - 8) 对水套炉盘管的水压试验压力系数由原标准的 1.25 倍修订为 1.5 倍;
 - 9) 对燃烧器与火筒的匹配提出了要求等;
 - 10) 增加了对奥氏体不锈钢无缝钢管水压试验时氯离子含量的要求。
- d) 由于相关标准的更新,本标准对加热炉的设计、制造、检验与验收的内容进行了相应补充和修订。本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由石油工程建设专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位:大庆油田工程有限公司、胜利油田胜利工程设计咨询有限责任公司。

本标准主要起草人:罗星环、袁树吉、韦振光、孔庆刚、郭照朋、贾晶晶、靳国辉、杜树彬、孙立君、丁冠武、卞娟、张晓东、袁庆。

本标准委托大庆油田工程有限公司、胜利油田胜利工程设计咨询有限责任公司负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- SY/T 0419—1997;
- SY/T 5261—1991;
- SY/T 5262—1991, SY/T 5262—2000;
- SY/T 5263—1991。

火筒式加热炉规范

1 范围

1.1 本标准规定了火筒式加热炉设计、制造、检验与验收的基本要求。

1.2 本标准适用于陆上油、气田生产中使用的火筒式加热炉的设计、制造、检验与验收。改造的火筒式加热炉可参照执行。

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（含 1，2 号修改单）

GB 713 锅炉和压力容器用钢板

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口

GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口

GB 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 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB 6479 高压化肥设备用无缝钢管

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 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 13401 钢板制对焊管件

GB/T 14982 粘土质耐火泥浆

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范

SY 0031 石油工业用加热炉安全规程

SY/T 0510 钢制对焊管件

SY/T 0540 石油工业用加热炉型式与基本参数

SY/T 0599 天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求

SY/T 0609 优质钢制对焊管件规范

JB/T 1611—1993 锅炉管子制造技术条件（含 1 号修改单）

JB/T 1613—1993 锅炉受压元件焊接技术条件

JB/T 1625 工业锅炉焊接管孔

JB/T 3375 锅炉用材料入厂验收规则

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/T 4712.1 容器支座 第1部分：鞍式支座
JB 4726 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
JB/T 4730.1 ~ 4730.6 承压设备无损检测
JB/T 4731 钢制卧式容器
JB/T 4735 钢制焊接常压容器
JB/T 4736 补强圈
JB/T 4744 钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验
JB/T 4746 钢制压力容器用封头
JB/T 4747 压力容器用钢焊条订货技术条件
YB/T 5106 粘土质耐火砖

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

火筒式加热炉 **fired tube heater**

在金属圆筒壳体内设置火筒传递热量的一种加热炉，称为火筒式加热炉。火筒式加热炉分为火筒式直接加热炉和火筒式间接加热炉。

3.2

火筒式直接加热炉 **direct fired tube heater**

被加热介质在壳体内由火筒直接加热的火筒式加热炉，称为火筒式直接加热炉，简称火筒炉（包括具有加热和其他功能的合一装置，下同）。

3.3

火筒式间接加热炉 **indirect fired tube heater**

被加热介质在壳体内的盘管（由钢管和管件组焊制成的传热元件）中，由中间载热体加热，而中间载热体由火筒直接加热的火筒式加热炉，称为火筒式间接加热炉。

中间载热介质为水的火筒式间接加热炉，简称水套炉。壳体在常压下工作的水套炉，简称常压水套炉。

3.4

火筒 **fire tube**

在火筒式加热炉中，具有燃烧室功能，且主要传递辐射热的元件称为火管；与火管相连通，且主要进行对流换热的元件称为烟管；火管和烟管总称为火筒。

3.5

工作压力 **working pressure**

在正常工作情况下，火筒式加热炉壳体顶部（或水套炉盘管内）可能达到的最高压力。

3.6

设计压力 **design pressure**

在相应设计温度下用以确定火筒式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。

3.7

设计温度 **design temperature**

火筒式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位的设计温度。

3.8

排烟温度 exit flue gas temperature

烟囱底部烟管出口处的烟气温度。

3.9

主要受压元件 main pressure parts

火筒式加热炉主要受压元件指筒体、封头、火筒、管板、水套炉盘管、开孔补强板、设备法兰、M36 以上的设备主螺栓、人孔盖、人孔法兰、人孔接管及公称直径大于或等于 250mm 的接管和管法兰。

4 基础数据、适用范围和炉型选择

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) 被加热介质在进出口处的操作温度、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) 使用地区的基本风压值、地震设防烈度、场地土类别、雪荷载、大气压力、大气温度、空气相对湿度等。
- b) 环境保护要求和其他数据。

4.2 适用范围

4.2.1 水套炉壳程设计压力不应大于 0.40MPa。

4.2.2 火筒炉壳程设计压力不应大于 0.60MPa。

4.2.3 被加热介质为原油、天然气、水及其混合物。

4.2.4 燃料为液体或气体。

4.3 炉型选择

4.3.1 被加热介质符合下列情况之一者,宜选用水套炉。

- a) 天然气(宜优先选用常压水套炉,且盘管内介质流速宜为:湿气 15 m/s ~ 20m/s,干气 15 m/s ~ 30m/s)。
- b) 稠油。
- c) 含沙量较大的原油。
- d) 流量和压力不稳定。
- e) 腐蚀性强。
- f) 油气混合物。
- g) 壳程工作压力大于 0.6MPa。
- h) 热负荷不宜大于 1750kW。

4.3.2 被加热介质符合下列条件者,宜选用火筒炉。

- a) 工作压力不大于 0.6MPa。
- b) 介质为含水原油、水及其混合物。

5 工艺设计

5.1 一般规定

火筒式加热炉热负荷、压力等级、公称直径、型号编制应符合 SY/T 0540 的规定。

5.2 主要设计参数

5.2.1 热效率

- a) 当设计热负荷小于 630kW 时, 热效率不应低于 80%。
- b) 当设计热负荷大于或等于 630kW 时, 热效率不应低于 85%。
- c) 采用正压燃烧的加热炉, 热效率不应低于 90%。

5.2.2 燃烧过剩空气系数 α

- a) 自然通风式燃气燃烧器: $\alpha=1.25$ 。
- b) 预混式燃气燃烧器: $\alpha=1.2$ 。
- c) 自然通风式燃油燃烧器: $\alpha=1.3$ 。
- d) 强制通风式燃油燃烧器: $\alpha=1.1 \sim 1.2$ 。
- e) 强制通风式燃气燃烧器: $\alpha=1.05 \sim 1.1$ 。

5.2.3 热流密度

5.2.3.1 受热面平均热流密度推荐值:

- a) 火筒炉:
 - 1) 介质为清水或污水时: $13 \text{ kW/m}^2 \sim 29 \text{ kW/m}^2$ 。
 - 2) 介质为原油时: $11 \text{ kW/m}^2 \sim 25 \text{ kW/m}^2$ 。
- b) 水套炉: $11 \text{ kW/m}^2 \sim 16 \text{ kW/m}^2$ 。

5.2.3.2 受热面最大平均热流密度推荐值。

- a) 火筒炉不宜大于 31 kW/m^2 。
- b) 水套炉不宜大于 37 kW/m^2 。

5.2.3.3 火管横截面热流密度值:

- a) 火管横截面热流密度的数值, 等于火筒的设计热负荷与火管内横截面积和热效率(η)乘积的比值。
- b) 使用自然通风式燃烧器时, 火管横截面热流密度不宜大于 6800 kW/m^2 。

5.2.4 排烟温度

排烟温度按当地烟气露点温度加 $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 。

5.2.5 炉体保温

炉体保温层应有良好的隔热性能, 并保证壳体散热损失不应大于 2%。

5.2.6 烟囱设计

5.2.6.1 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 。

5.2.6.2 采用自然通风的火筒式加热炉的烟囱所需抽力, 应为炉内烟气流总阻力的 1.2 倍。

5.2.6.3 烟囱高度除应满足克服烟气流总阻力的有关阻力要求外, 还应符合国家或地区大气污染物排放标准的有关规定。

6 材料

6.1 一般规定

6.1.1 火筒式加热炉受压元件用材料应符合本章规定。凡与受压元件相焊接的非受压元件用钢, 也应是焊接性良好的钢材。

6.1.2 选择火筒式加热炉用钢应考虑加热炉设计条件(如设计压力、设计温度、介质特性等)、材料的焊接性能、加工工艺性能以及经济合理性。

6.1.3 火筒式加热炉受压元件用钢应由电炉或氧气转炉冶炼。受压元件用钢材及焊接材料应具有出厂质量证明书和清晰、牢固的标记,产品质量应符合相应现行标准的规定。

6.1.4 常压水套炉壳体不应采用沸腾钢板制造。

6.1.5 在酸性环境中使用的火筒式加热炉材料还应符合 SY/T 0599 的规定。

6.1.6 火筒式加热炉受压元件用材料除遵循本标准外,还应符合国家有关法规和强制性标准的规定。

6.2 钢板

6.2.1 火筒式加热炉受压元件用钢板应符合表 1 的规定。

表 1 钢板

序 号	牌 号	标 准	使用温度 ℃
1	Q235-B	GB/T 3274	≤ 350
2	Q235-C	GB/T 3274	≤ 400
3	Q245R	GB 713	≤ 450
4	Q345R	GB 713	≤ 450
5	Q370R	GB 713	≤ 400
6	15CrMoR	GB 713	≤ 500

6.2.2 受火焰辐射热和接触热烟气的受压元件用钢板应符合 GB 713 的规定,使用温度上限为 425℃。

6.2.3 用于制造受压元件(法兰、平盖等)厚度大于 50mm 的 Q245R 和 Q345R 钢板应在正火状态下使用。

6.3 钢管

6.3.1 火筒式加热炉受压元件用钢管应符合表 2 的规定。

6.3.2 受火焰辐射热和接触热烟气的受压元件用钢管应符合 GB 3087 的规定。

6.3.3 设计压力大于或等于 6.3MPa 的水套炉盘管用钢管,应选用 GB 6479 或 GB 5310 中 20 或更高级别的无缝钢管。

表 2 钢管

序 号	牌 号	标 准	使用温度 ℃
1	10	GB/T 8163	≤ 475
		GB 3087	≤ 425
2	20	GB/T 8163	≤ 475
		GB 3087	≤ 425
		GB 6479	≤ 400
3	20G	GB 5310	≤ 475
4	16Mn	GB 6479	≤ 400
5	0Cr18Ni9	GB 13296	≤ 700
6	00Cr17Ni14Mo2	GB 13296	≤ 450

6.4 锻件

6.4.1 火筒式加热炉用锻件应符合表 3 的规定。

表 3 锻件

序 号	牌 号	标 准	使用温度 ℃
1	20	JB 4726	≤ 450
2	16Mn	JB 4726	≤ 450

6.4.2 锻件级别的选用由设计单位在图样或相应技术文件中注明。公称厚度大于 300mm 的碳素钢和低合金钢锻件应选用Ⅲ级或Ⅳ级。

6.5 螺栓、螺母

6.5.1 火筒式加热炉用紧固件可按相应标准选取。

6.5.2 螺母的硬度应低于螺栓，可通过选用不同强度级别的钢材或选用不同热处理状态获得。

6.6 焊接材料

受压元件用焊接材料应符合 JB/T 4709 的规定，同时焊条还应符合 JB/T 4747 对焊条订货技术条件的要求。

6.7 耐火材料

火筒式加热炉燃烧道宜采用黏土质耐火材料制造，黏土质耐火材料的性能应符合 YB/T 5106 的要求，耐火度不应低于 1730℃；砌筑燃烧道所用的耐火泥浆应符合 GB/T 14982 的规定。

6.8 绝热材料

火筒式加热炉用绝热材料导热系数应符合 GB/T 8175 的规定。

7 强度设计

7.1 一般规定

7.1.1 设计压力

- 火筒式加热炉壳体及火筒的设计压力应为工作压力的 1.1 倍，且不应低于安全阀开启压力；
- 水套炉盘管的设计压力应为工作压力的 1.05 倍～1.10 倍。

7.1.2 计算压力

计算压力是用以确定元件厚度的压力。当容器各部位或受压元件所承受的液柱静压力大于或等于 5% 设计压力时，则计算压力应取设计压力与液柱静压力之和。

7.1.3 设计温度

- 不受火焰辐射热和不接触热烟气的受压元件，设计温度不应低于该元件所接触的介质最高温度。
- 火管的设计温度为被加热介质的最高温度加 90℃，且不应低于 250℃。
- 烟管的设计温度为被加热介质的最高温度加 50℃，且不应低于 250℃。

7.1.4 设计载荷

设计载荷应符合 GB 150—1998 中 3.5.4 的规定。

7.1.5 厚度附加量

厚度附加量应符合 GB150—1998 中 3.5.5 的规定。对于腐蚀裕量应按照如下原则选取：

- 碳钢或低合金钢材料，介质为洁净水或其他无腐蚀性介质，腐蚀裕量不应小于 1mm。
- 碳钢或低合金钢材料，介质为腐蚀较重的污水或含水原油，腐蚀裕量应取 2 mm～3mm。
- 碳钢或低合金钢材料，介质为高含硫化氢、二氧化碳或其组合的酸性环境下的天然气或油气，腐蚀裕量应取 3mm～4mm。酸性环境的判定应根据 SY/T 0599 中的相关规定和 H₂S 及 CO₂ 气

体分压确定。

- d) 火筒腐蚀裕量应取 2 mm ~ 3mm。
- e) 奥氏体不锈钢材料不宜考虑腐蚀裕量。

7.1.6 设计寿命

除特殊要求外，火筒式加热炉设计寿命宜按 10 年考虑。对于酸性环境下使用的加热炉盘管，可适当降低盘管部分的设计寿命。

7.1.7 最小壁厚

- a) 火筒式加热炉壳体加工成形后的最小壁厚应同时满足下列要求：
 - 1) 不包括腐蚀裕量时，不应小于 3mm。
 - 2) 包括壁厚附加量时，不应小于 6 mm。
- b) 受内压标准椭圆形封头的有效厚度不应小于封头内直径的 0.15%。
- c) 火筒加工成形后的壁厚（包括厚度附加量）不应小于 6mm。

7.1.8 焊接接头系数

7.1.8.1 焊接接头系数 (ϕ) 应根据受压元件的焊接接头型式及无损检测的长度比例确定。

- a) 双面焊对接接头和相当于双面焊的全焊透对接接头的焊缝系数：
 - 1) 100% 无损检测时， $\phi = 1.00$ 。
 - 2) 局部无损检测时， $\phi = 0.85$ 。
- b) 单面焊对接接头（沿焊缝根部全长有紧贴基本金属的垫板）的焊缝系数：
 - 1) 100% 无损检测时， $\phi = 0.90$ 。
 - 2) 局部无损检测时， $\phi = 0.80$ 。

7.1.8.2 常压水套炉壳体单面焊无垫板对接接头的焊缝系数按如下规定选取。

- a) 局部无损检测时， $\phi = 0.70$ 。
- b) 不作无损检测时， $\phi = 0.60$ 。

7.1.9 材料许用应力

火筒式加热炉所用材料的许用应力应符合表 4、表 5 和表 6 的要求。

表 4 钢板许用应力

牌号	钢板标准	厚度 mm	常温强度 指标		在下列温度 (°C) 下的许用应力 N/mm ²											
			R_m N/mm ²	R_{el} N/mm ²	< 20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500
Q235-B	GB/T 3274	4.5 ~ 16	370	235	113	113	113	105	94	86	77	—	—	—	—	—
		> 16 ~ 40	370	225	113	113	107	99	91	83	75	—	—	—	—	—
Q235-C	GB/T 3274	4.5 ~ 16	370	235	125	125	125	116	104	95	86	79	—	—	—	—
		> 16 ~ 40	370	225	125	125	119	110	101	92	83	77	—	—	—	—
Q245R	GB 713	6 ~ 16	400	245	133	133	132	123	110	101	92	86	83	61	—	—
		> 16 ~ 36	400	235	133	132	126	116	104	95	86	79	78	61	—	—
Q345R	GB 713	6 ~ 16	510	345	170	170	170	170	156	144	134	125	93	66	—	—
		> 16 ~ 36	500	325	163	163	163	159	147	134	125	119	93	66	—	—
Q370R	GB 713	10 ~ 16	530	370	177	177	177	177	177	169	159	—	—	—	—	—
		> 16 ~ 36	530	360	177	177	177	177	172	163	153	—	—	—	—	—
15CrMoR	GB 713	6 ~ 60	450	295	150	150	150	150	141	131	125	118	115	112	110	88

表 5 钢管许用应力

牌号	钢管 标准	壁厚 mm	常温强度 指标		在下列温度 (℃) 下的许用应力 N/mm ²															
			R_m N/mm ²	R_{el} N/mm ²	≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475					
碳素钢和低合金钢钢管																				
10	GB 3087	≤ 10	333	195	111	111	107	100	91	82	76	70	68	—	—					
	GB/T 8163	≤ 10	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	69	61	41					
	GB 6479	≤ 16	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	—	—	—					
20	GB 3087	< 15	392	245	131	131	131	124	111	102	93	87	84	—	—					
	GB/T 8163	≤ 10	390	245	130	130	130	123	110	101	92	86	83	61	41					
	GB 6479	≤ 16	410	245	137	137	132	123	110	101	92	86	—	—	—					
20G	GB 5310	17 — 40	410	235	137	132	126	116	104	95	86	79	78	61	41					
16Mn	GB 6479	≤ 16	490	320	163	163	163	159	147	135	126	119	—	—	—					
		17 — 40	490	310	163	163	163	153	141	129	119	116	—	—	—					
牌号	钢管 标准	壁厚 mm	在下列温度 (℃) 下的许用应力 N/mm ²																	
			≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	650	700
高合金钢钢管																				
0Cr18 Ni9	GB 13296	≤ 13	137	137	137	130	122	114	111	107	105	103	101	100	98	91	79	64	42	27
		≤ 18	137	114	103	96	90	85	82	79	78	76	75	74	73	71	67	62	42	27
00Cr17 Ni14Mo2	GB 13296	≤ 13	118	118	117	108	100	95	90	86	85	84	—	—	—	—	—	—	—	
		≤ 18	118	97	87	80	74	70	67	64	63	62	—	—	—	—	—	—	—	

表 6 锻件许用应力

牌号	锻件标准	公称厚度 mm	常温强度指标		在下列温度 (°C) 下的许用应力 N/mm ²											
			R_m	R_{el}												
			N/mm ²	N/mm ²	≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	
20	JB 4726	≤ 100	370	215	123	119	113	104	95	86	79	74	72	61	—	
16Mn	JB 4726	≤ 300	450	275	150	150	147	135	129	116	110	104	93	66	—	

7.2 强度计算

7.2.1 受压元件的强度计算和卧式容器计算应符合附录 A 的规定。

7.2.2 常压水套炉壳体强度计算应遵循 JB/T 4735 的规定，卧式容器计算应符合附录 A 的规定。

8 结构设计

8.1 火筒式加热炉结构

8.1.1 火筒炉基本结构如图 1 所示。

8.1.2 水套炉基本结构如图 2 所示。

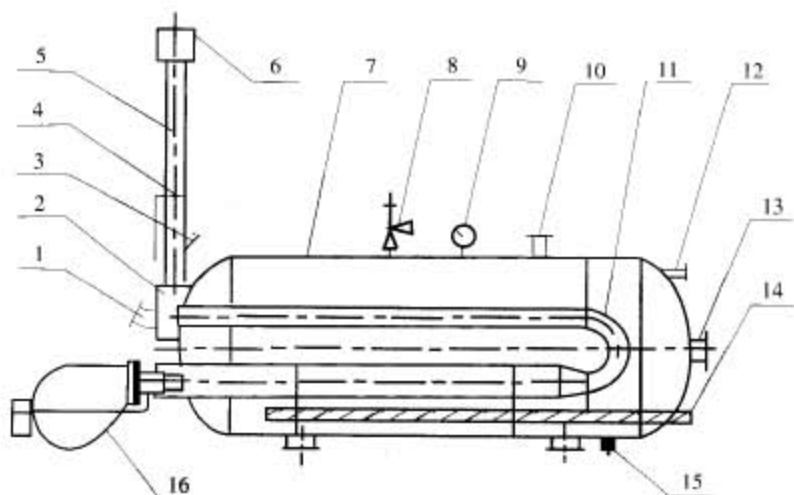
8.2 结构设计的一般要求

8.2.1 火筒式加热炉结构应便于制造、检查、操作、清理、维修和更换。

8.2.2 火筒式加热炉的火筒、盘管及可伸缩的部件在运行时应能自由膨胀。

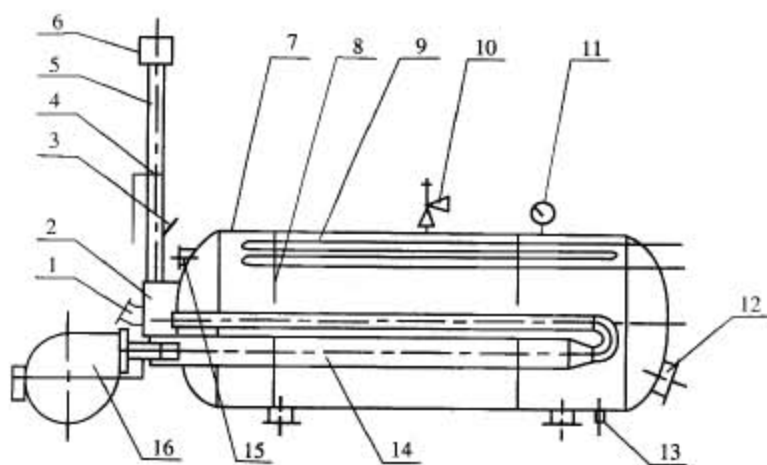
8.2.3 火筒式加热炉的最低安全液位应高于火筒最高点 175mm。

8.2.4 壳体上应开设必要的检查孔，其数量和位置应根据安装、检查、检修和清扫的要求确定，同时符合相关技术法规和强制性标准的要求。人孔直径不应小于 $DN450$ ；手孔直径不应小于 $DN100$ ；洗炉孔直径不应小于 $DN50$ 。



1—防爆门；2—烟箱；3—烟气取样口；4—烟囱挡板；5—烟囱；6—烟囱附件；
7—壳体；8—安全阀；9—压力表；10—液面计口；11—火筒；12—介质出口；
13—检查孔；14—介质进口；15—排污口；16—燃烧器

图1 火筒炉结构示意图



1—防爆门；2—烟箱；3—烟气取样口；4—烟囱挡板；5—烟囱；6—烟囱附件；7—壳体；
8—花板；9—盘管；10—安全阀；11—压力表；12—检查孔；13—排污口；14—火筒；
15—液面计；16—燃烧器

图2 水套炉结构示意图

8.2.5 火筒式加热炉宜采用双鞍式支座，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。

8.2.6 火筒式加热炉应有可靠的防爆措施。泄爆装置的排泄口不应安装在危及操作人员及其他设备安全的位置。

8.2.7 受压元件结构形式、开孔及焊缝的布置应避免或减少复合应力和应力集中。

8.2.8 火筒式加热炉宜采用椭圆形封头。

8.2.9 火筒式加热炉使用的容器法兰和连接外管道的法兰,应符合有关国家标准或行业标准的规定。法兰密封面型式应根据设计压力、设计温度和介质特性等综合考虑确定。

8.2.10 火筒式加热炉的焊接结构应有利于施焊,并便于做到熔合和焊透。

8.2.11 火筒炉介质入口应位于火筒下部,在壳体上部设置介质出口。

8.2.12 火筒式加热炉烟箱结构应便于积灰清除及冷凝水排放。

8.2.13 火筒式加热炉烟囱挡板的设置应方便调节,挡板的操作位置宜设在地面。

8.3 火筒设计

8.3.1 火筒式加热炉宜采用 U 形火筒,对于大负荷的火筒式加热炉,宜采用一根火管和几根烟管组成的火筒结构。

8.3.2 当火筒式加热炉采用几组火筒时,微正压燃烧炉每组火筒应有单独的燃烧系统和烟囱,负压燃烧炉每组火筒应有单独的燃烧系统并可共用一个烟囱。

8.3.3 U 形或类似结构形式的火筒应有可靠的固定结构,保证火筒不产生非轴向位移,且不应限制火筒轴向的自由膨胀。

8.4 水套炉盘管设计

8.4.1 水套炉宜采用蛇形盘管,其直径不宜大于 DN100。根据工艺要求,水套炉设计可采用单组或多组盘管,各组盘管应依据各自设计参数进行设计。盘管宜设计成可抽出式结构。

8.4.2 水套炉盘管可采用单管程或多管程,在多管程盘管设计中应使各管程的压力降相等。汇管截面积与各管程截面积和之比,当管内介质为液体时应为 1 ~ 1.5;当管内介质为气体时不应小于 1。

8.4.3 水套炉盘管应用花板支承,其厚度不应小于 8mm。

8.4.4 水套炉盘管用 180° 弯头的流通面积不应小于直管段流通面积的 90%。

9 附件和仪表

9.1 附件

9.1.1 燃烧器应符合下列规定:

- a) 燃烧器及其特性参数应满足加热负荷的要求。
- b) 燃烧器的火焰长度和火焰直径应与燃烧道相匹配。
- c) 燃烧器的噪声应符合环保有关规定。

9.1.2 火筒式加热炉应设置看火孔,其位置应能看到火焰燃烧情况。微正压燃烧炉的看火孔应密闭。

9.1.3 火筒式加热炉(常压水套炉除外)至少应装设 1 个安全阀,额定热负荷大于或等于 630kW 的水套炉至少应装设两个安全阀。安全阀泄放面积应按 SY 0031 的规定进行计算,安全阀的开启压力不应超过壳体的设计压力。安全阀的设置应符合下列规定:

- a) 安全阀宜垂直安装在加热炉壳体的最高位置。
- b) 安全阀喉径不应小于 20mm。
- c) 几个安全阀共同装设在与壳体直接相连的短管上时,则短管的截面积不应小于所有安全阀喉径截面积之和的 1.25 倍。

9.1.4 常压水套炉壳体顶部应设置加水口和膨胀罐,膨胀罐的容积应大于壳体内的水由于升温产生的膨胀量。膨胀罐与壳体接管之间不应装设阀门,寒冷地区应有必要的防冻措施。膨胀罐与壳体连接的接管内直径不应小于式 (1) 的计算值:

$$D_d = 20 + 88\sqrt{Q} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D_d ——接管当量直径, mm;

Q ——常压水套炉设计热负荷, MW。

9.1.5 火筒式加热炉(常压水套炉除外)应安装压力表或压力传感器。压力表安装应符合下列规定:

- a) 压力表应安装在便于观察和吹洗的位置,且避免受到辐射热、冻结及震动的影响。对于水套炉应使压力表直接与气相空间连通。
- b) 压力表与壳体间应设缓冲弯管,并应采取防冻措施,其内径不应小于 10mm。
- c) 压力表与壳体之间应装设三通旋塞,三通旋塞上应有开启标记和锁紧装置。

9.1.6 有气相空间的火筒炉和水套炉至少应安装一个液面计。液面计安装应符合下列规定:

- a) 液面计应安装在便于观察和维护的位置。
- b) 液面计内液位应清晰、准确。
- c) 玻璃管(板)液面计下部可见边缘应低于最低安全液面 25mm,其上部可见边缘应比最高安全液面至少高 25mm,并应有防冻措施。
- d) 玻璃管(板)液面计与壳体之间的接管应尽可能短,其内径不应小于 18mm。

9.1.7 火筒式加热炉壳体最低处应装设排污口,其内径不应小于 40mm。

9.1.8 烟气和被加热介质取样口的数量、位置应按热工测试要求设置。

9.1.9 在烟囱顶部宜装设防风装置。

9.1.10 当操作部位较高时,应根据具体情况装设平台、扶梯和防护栏杆等设施。

9.2 仪表

9.2.1 火筒式加热炉烟囱底部应设置测温口,其他测温、测压口的数量和位置应按热工测试要求设置。火筒式加热炉宜设置超温报警装置。

9.2.2 火筒式加热炉应设置低液位报警装置,液位不应低于最低安全液位。

9.2.3 具备电力供应条件的火筒式加热炉应设置自动点火和断电、熄火时自动切断燃料供给的熄火保护控制系统。在条件允许时,火筒式加热炉宜安装程控燃烧器。程控燃烧器应具有如下功能:

- a) 具有较大的调节比。
- b) 程序点火。
- c) 熄火关闭燃料阀的同时,将信号远传至控制室报警。
- d) 炉膛吹扫和漏气检测功能。
- e) 热负荷变化时能自动调节燃料输入量,并能实现燃料与空气的比例调节。

10 加工成形与组装

10.1 材料要求

10.1.1 制造火筒式加热炉的材料应符合本章及设计图样要求。材料代用应得到原设计单位书面认可。

10.1.2 受火焰辐射热和接触高温烟气的受压元件用钢材及其焊接材料,应按 JB/T 3375 的规定由检验部门进行入厂检验。

10.2 封头

10.2.1 封头宜用整块钢板制成。先拼接后成形的封头,拼接焊缝宜采用双面对接焊,在成形前应将内表面焊缝以及影响成形质量的外表面焊缝余高打磨至与母材齐平。

10.2.2 封头由成形的瓣片和顶圆板拼接制成时,焊缝方向只允许是径向和环向;瓣片和顶圆板应用整板制造,瓣片最小弧端的弦长不应小于 200mm(见图 3)。

10.2.3 封头成形后,其最小厚度不应小于名义厚度减去钢板负偏差。

10.2.4 用弦长相当于封头设计内直径 D_i 的内样板检查椭圆形封头的内表面形状偏差 (见图 4), 其最大间隙外凸不应大于 $1.25\% D_i$, 内凹不应大于 $0.625\% D_i$, 检查时应使样板垂直于待测表面。

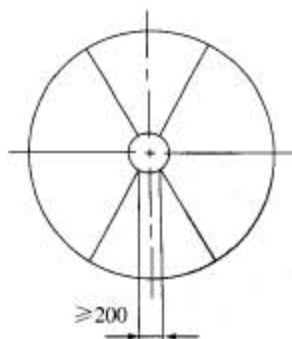


图 3 瓣片拼接封头焊缝图

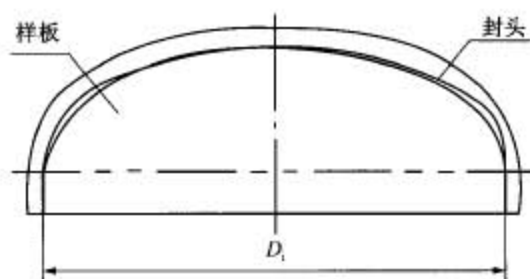


图 4 封头内表面形状偏差图

10.2.5 成品封头应有材质标记, 拼接焊缝应打焊工和无损检测钢印 (设计有特殊规定者除外)。

10.2.6 封头其他制造尺寸、偏差以及其他制造、检验与验收要求应符合 JB/T 4746 的规定。

10.3 火筒、壳体及烟囱

10.3.1 火筒、壳体最短筒节长度不应小于 300mm。

10.3.2 火筒、壳体每个筒节纵向焊缝数应符合下列规定:

- 当公称直径不大于 $DN1800$ 时, 不应多于两条。
- 当公称直径大于 $DN1800$ 时, 不应多于三条。
- 每个筒节两条纵向焊缝中心线间外圆弧长不应小于 500mm。

10.3.3 管板的焊缝数不应多于一条, 并应对拼接焊缝采用双面对接焊全焊透工艺。

10.3.4 火筒、壳体上相邻两筒节的纵向焊缝以及封头、管板的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝中心线间外圆弧长应大于相邻筒节钢材厚度 δ_s 的 3 倍, 且不应小于 100mm。

10.3.5 在受压元件纵、环焊缝上应尽量避免焊接零部件, 如不能避免时, 焊接零部件的焊缝应跨过受压元件纵、环焊缝焊接。

10.3.6 凡被支座、垫板、补强圈覆盖的受压元件拼接接头, 应打磨至与母材齐平, 并进行 100% 射线检测, 合格级别与所在部位主体一致。

10.3.7 受压元件表面因机械损伤, 当凹陷深度为 0.5mm ~ 1.0mm 时, 应修磨成圆滑过渡, 修磨范围内的斜度至少为 1:3; 当凹陷深度超过 1mm 时应补焊磨平, 并进行表面无损检测。

10.3.8 纵向和环向焊缝对口错边量 b (见图 5) 应符合表 7 的规定。当两板厚度不等时, 对口错边量允许值以较薄板厚度确定; 对口错边量测量值不应计入两板厚度的差值。

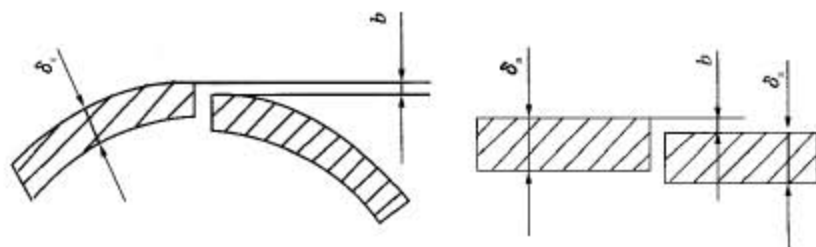


图 5 对口错边量图

10.3.9 对于两板厚度不等的环向焊缝, 当薄板厚度不大于 10mm, 两板厚度差超过 3mm 或当薄板厚度大于 10mm, 两板厚度差大于薄板厚度的 30% 或超过 5mm 时, 应按图 6 要求削薄厚板边缘。

表 7 纵向和环向焊缝对口错边量 单位为毫米

对口处的钢材厚度 δ_s	按焊缝类别划分的对口错边量 b	
	纵 缝	环 缝
≤ 12	$\leq \delta_s/4$	$\leq \delta_s/4$
$12 < \delta_s \leq 20$	≤ 3	$\leq \delta_s/4$
$20 < \delta_s \leq 40$	≤ 3	≤ 5

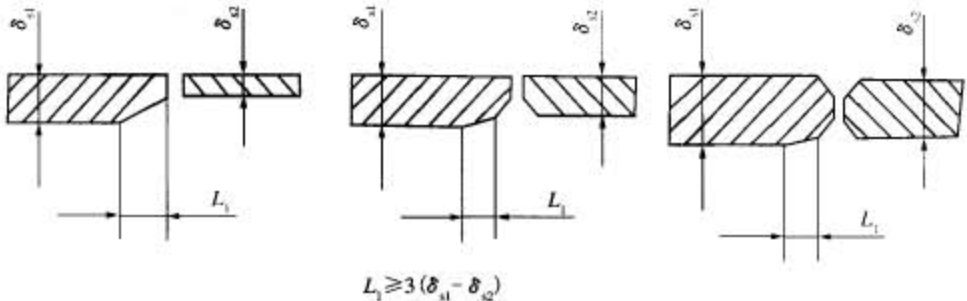


图 6 不等厚板对口削薄图

10.3.10 纵向焊缝棱角 E 用弦长等于 $1/6$ 设计内直径 D_i ，且不小于 300mm 的内样板或外样板检查时（见图 7）， E 值不应大于 $(\delta_s/10 + 2)$ mm，且对于壳体不应大于 4mm；对于火筒不应大于 3mm。

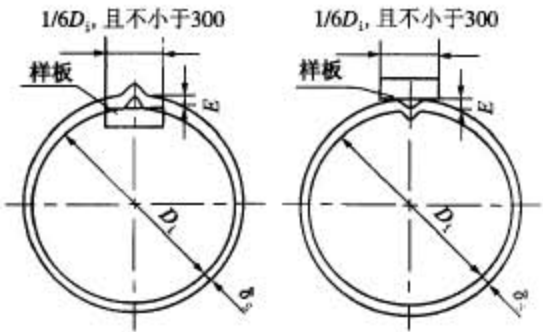


图 7 纵向焊缝棱角检测图

10.3.11 环向焊缝棱角，用长度不小于 300mm 的直检尺检查时（见图 8），其 E 值不应大于 $(\delta_s/10 + 2)$ mm，且不应大于 5mm。

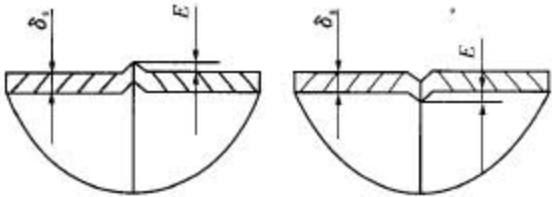


图 8 环向焊缝棱角检测图

10.3.12 火筒、壳体及烟囱组焊完成后，应按下列要求检查其圆度（见图 9）。

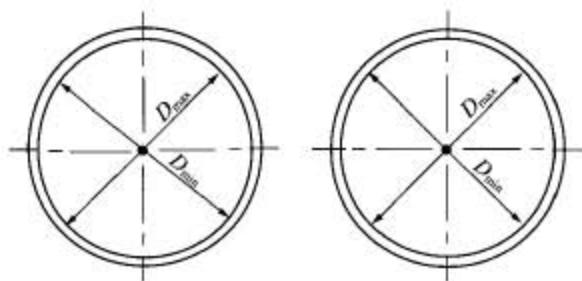


图9 部件截面图

- a) 承受内压的部件, 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%, 且不大于 25mm。当被检截面位于开孔中心一倍开孔内径范围内时, 不应大于该截面内径 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 10 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 不应大于由图 11 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不应大于 δ_e 及 $0.2\delta_e$ 值; 当位于两条曲线之间时, 由内插法确定)。

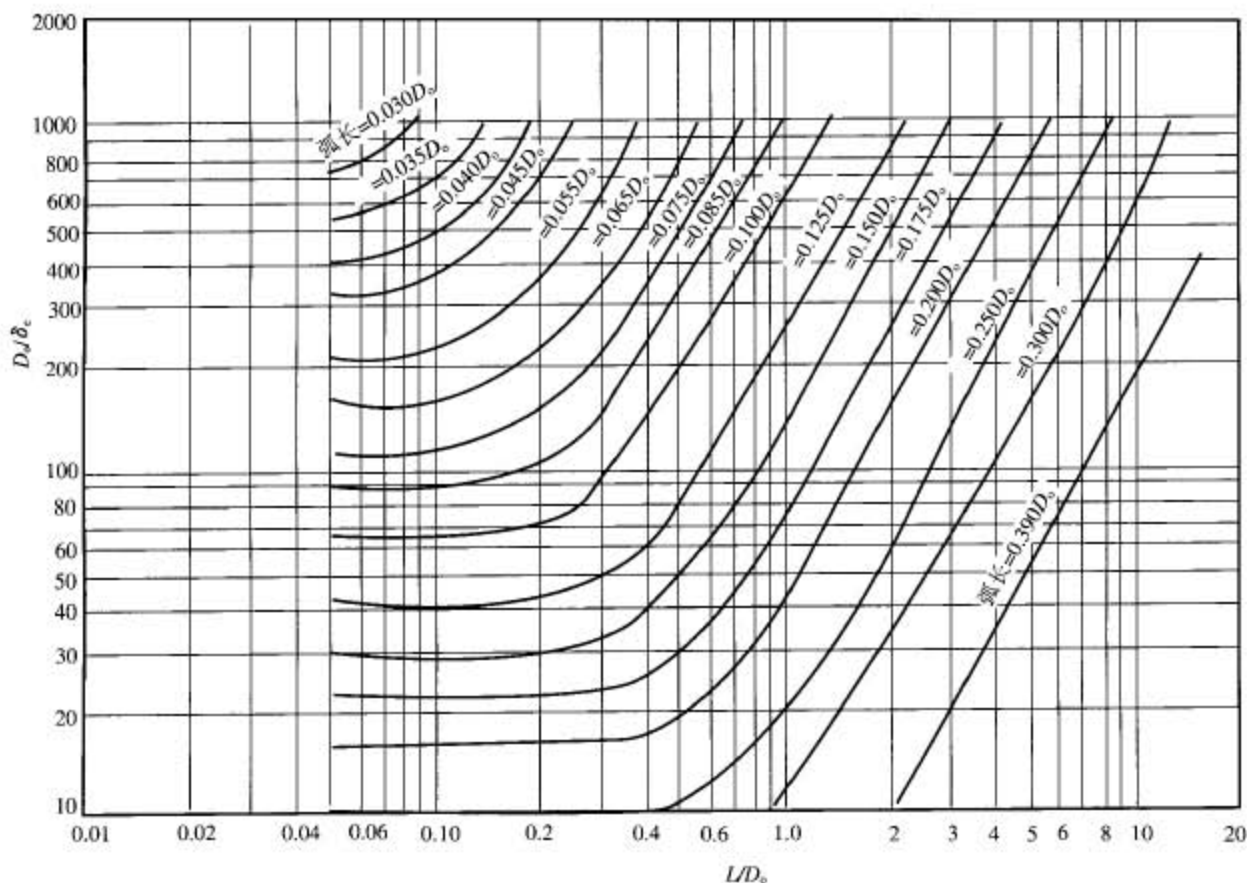


图10 圆筒上加强圈允许的间断弧长

- c) 承受外压及真空的火筒, 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 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%。

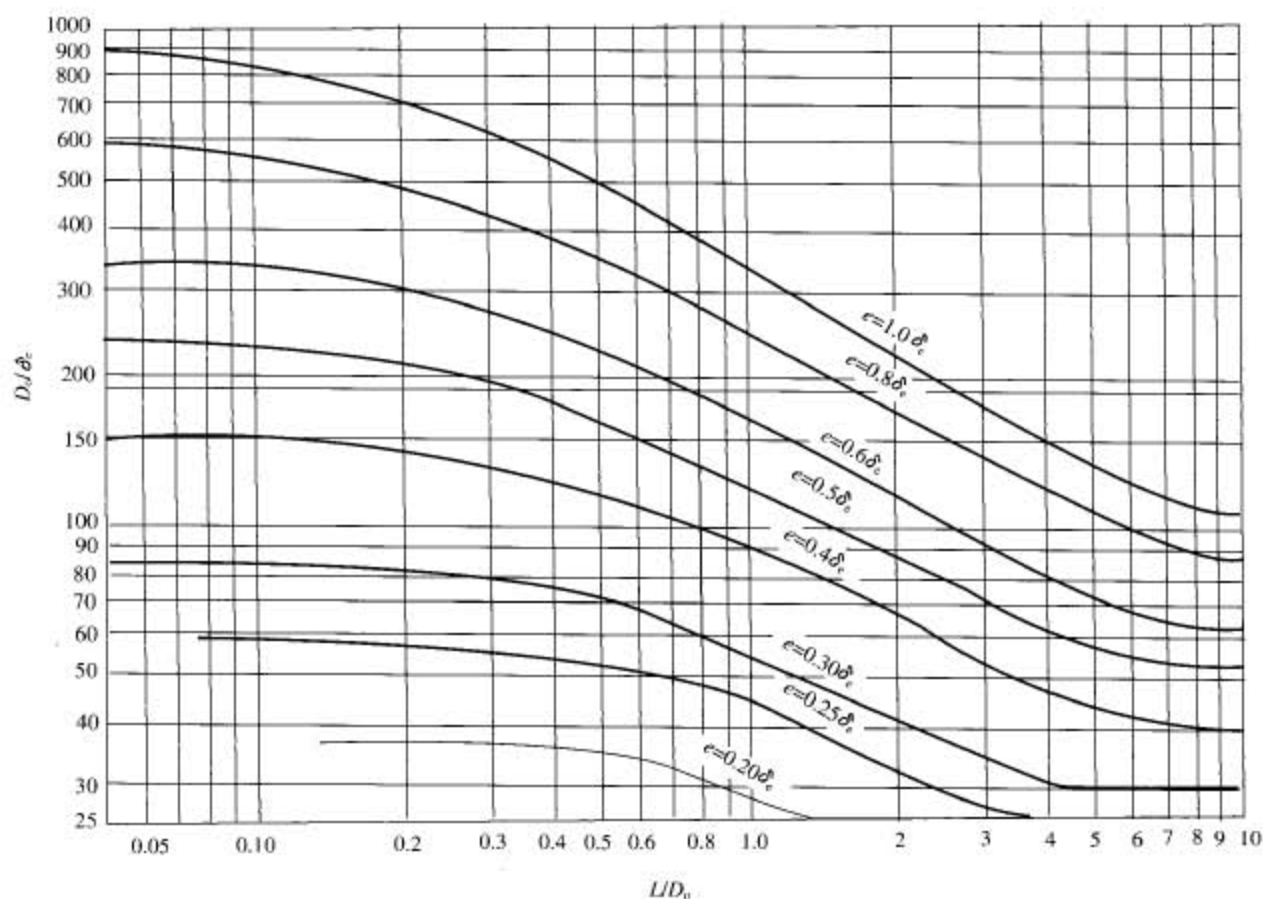


图 11 最大允许偏差

10.3.13 波形火筒最薄处的厚度不应低于其设计厚度的 0.85 倍。波形火筒（见图 12）制成后，其尺寸偏差应符合表 8 的规定。

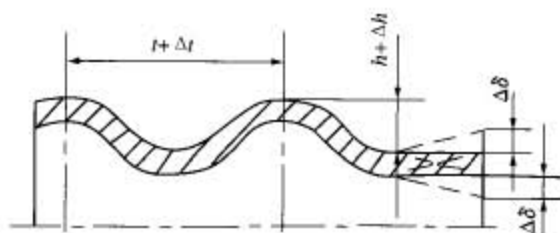


图 12 波形火筒简图

表 8 波形火筒尺寸偏差

单位为毫米

项 目	棱角 E	波形高度偏差 Δh	波形直段倾斜 $\Delta \delta$	波形距偏差 Δt
偏 差 值	3	± 5	3	± 10
注：棱角 E 只允许在焊缝处出现。				

10.3.14 管板上焊接管孔的尺寸及其偏差应符合 JB/T 1625 的规定。

10.3.15 管板直径偏差、最大与最小直径差、平面度以及火筒的内直径偏差不应超过表 9 的规定。

10.3.16 火管与烟管上的连接弯头可使用焊接弯头，焊接弯头内侧两焊缝中心线之间的最小距离不应小于 100mm。焊接接头质量检查应符合 11.7 的规定。焊接弯头的外形尺寸允许偏差应符合表 10 的规定。

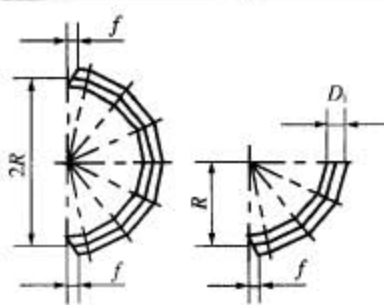
表 9 管板、火筒尺寸允许偏差

单位为毫米

公称内径 DN	直径偏差	最大与最小直径差	管板平面度
≤ 1000	+3 -2	3	2

表 10 焊接弯头外形尺寸允许偏差

单位为毫米

名称	弯头型式	检验项目	允许偏差
钢制弯头 90° 和 180°		外圆周长度	± 4
		结构长度 R	± 3
		端面倾斜度 f	$\leq 1\% D_1$, 且不大于 3
		局部翘曲不平	< 2

10.3.17 用管子制造烟管时,应符合 JB/T 1611 的有关规定。

10.3.18 烟囱直线度不应大于高度的 $3/1000$, 且不应大于 20mm。

10.3.19 法兰与烟囱焊接后的端面倾斜度不应大于 2.5mm。

10.3.20 烟囱直径偏差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

10.3.21 火筒组焊后,直线度不应大于长度的 $1/1000$, 且不应大于 8mm;壳体组焊后,直线度不应大于长度的 $1/1000$, 且不应大于 20mm。

10.4 盘管

10.4.1 管子与外径相同而壁厚不同的弯头对接时,若壁厚差值大于 1mm,应将厚壁件削薄,削薄长度至少为削薄厚度的 4 倍(见图 13)。

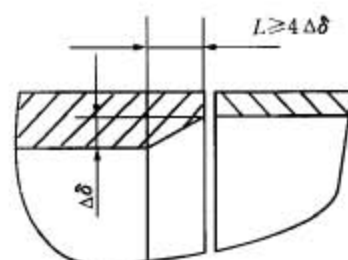


图 13 管壁削薄图

10.4.2 管子与公称直径相同而实际外径不同的弯头对接时,中心线偏差 ΔC 不应大于 1mm(见图 14)。

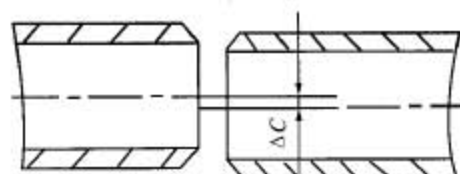


图 14 对接管口中心线偏差图

10.4.3 每组盘管应平齐,长度相差不超过 2mm,盘管的直管段宜用整根钢管制作。若需拼接时,只允许拼接一次,拼接后每米长的直线度不应大于 1.5mm,相邻拼接焊缝距离不应小于 500mm。

10.4.4 管子拼接时,拼接焊缝坡口应对齐,对口错边量 b 应符合表 11 的规定(见图 15)。

表 11 管子拼接焊缝对口错边量 b 值 单位为毫米

适用范围	管子外径 D_o	对口错边量 b
高压管	$D_o \leq 108$	$\leq 10\% \delta_s + 0.3$, 且 ≤ 1
	$D_o > 108$	$\leq 10\% \delta_s + 0.5$, 且 ≤ 2
中低压管	$D_o \leq 108$	$\leq 10\% \delta_s + 0.5$, 且 ≤ 1
	$D_o > 108$	$\leq 10\% \delta_s + 1$, 且 ≤ 2

注: δ_s 为管子壁厚。

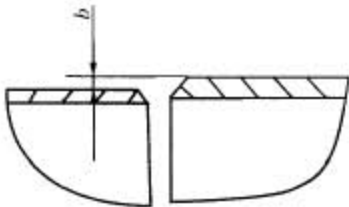


图 15 管子对口错边量图

- 10.4.5 弯头应符合 GB/T 12459, GB/T 13401, SY/T 0609 或 SY/T 0510 的规定。
- 10.4.6 管子表面机械损伤深度不超过管壁厚度负偏差时, 应打磨光滑; 机械损伤深度大于管壁厚度负偏差时, 应补焊并修磨光滑。
- 10.5 开孔和补强圈
- 10.5.1 封头上开孔中心位置允许偏差不应大于 5mm; 筒体上开孔中心位置允许偏差不应大于 3mm。
- 10.5.2 补强圈应符合下列规定:
- a) 补强圈的厚度、材质应符合图样要求, 并有材质标记。
 - b) 补强圈的曲率半径应与被补强部位的弧度相吻合, 组装后应紧密贴合, 局部间隙不应大于 1mm。
 - c) 补强圈宜采用整板加工。
 - d) 补强圈的尺寸、坡口型式及其他要求应符合 JB/T 4736 或设计图样的规定。

10.6 组装

- 10.6.1 法兰与接管的组对应符合下列要求:
- a) 法兰密封面不应有伤痕, 所有法兰以及公称直径大于 250mm 的接管均应有材质标记。
 - b) 法兰密封面应垂直于接管, 其允许偏差 ΔE 不应超过法兰外径的 1%, 且不应大于 2mm; 法兰高度 H 的允许偏差不应大于 2mm(见图 16)。
 - c) 接管外径与平焊法兰内径的间隙不应大于 2mm, 管端与法兰密封面的距离应为管子壁厚加 1mm(见图 17)。

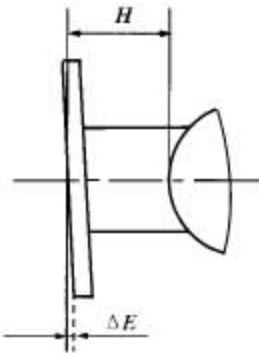


图 16 法兰组对图

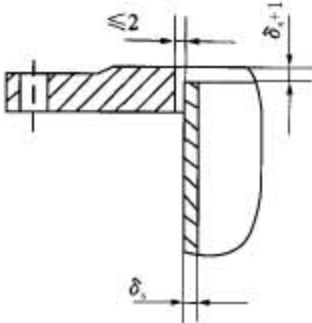


图 17 平焊法兰与接管组对图

- d) 法兰螺栓孔应与壳体主轴中心线跨中布置, 特殊情况时应在图样中注明。
- e) 平焊法兰与接管焊接时, 应先焊内角焊缝后焊外角焊缝。内角焊缝焊脚尺寸 $F_1 = \delta_s$; 外角焊缝焊脚尺寸 $F_2 \geq \delta_s$, 且不应大于 16mm (见图 18)。
- f) 壳体上接管的垂直度偏差不应大于 1.5mm。

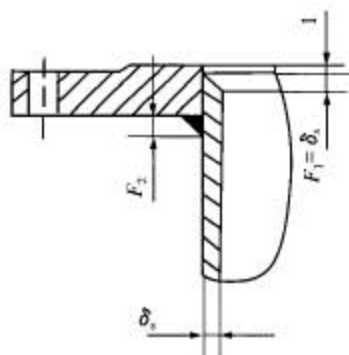


图 18 平焊法兰焊接图

10.6.2 火筒式加热炉及主要部件总体尺寸偏差、接管和支座位置偏差应符合图 19 的规定。

10.6.3 烟囱的安装应符合下列规定:

- a) 垂直度不应大于高度的 3/1000, 且不应大于 20mm。
- b) 法兰与支座法兰的端面倾斜度不应大于 2.5mm; 法兰连接时, 应加耐热石棉垫密封。
- c) 当设置拉绳时, 拉绳与地面宜成 60° , 三个耳环宜互成 120° 均布。

10.6.4 梯子、平台、栏杆安装应符合 GB 50205 的有关规定。

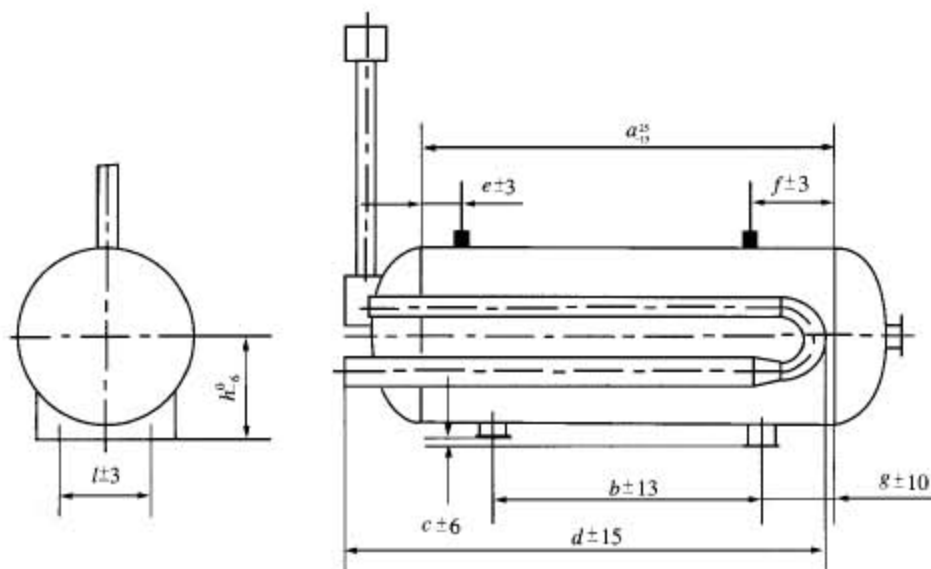


图 19 火筒式加热炉及主要部件总体尺寸和位置偏差图

10.6.5 燃烧器安装时, 燃烧器喷嘴中心与燃烧道中心的同心度允许偏差不应大于 2mm, 调风装置应调节灵活。

10.6.6 燃烧道、喷嘴异形耐火砖的砌筑应符合下列规定:

- a) 黏土质耐火砖应采用矾土水泥配制的耐火泥浆砌筑, 表面应平整, 灰缝不应大于 2mm。
- b) 火筒端部的燃烧器连接法兰与燃烧道之间, 应抹耐火泥封严。

10.6.7 阀门安装应符合下列规定：

- a) 各类阀门均应具有出厂合格证，且符合相应标准的规定。
- b) 阀门的密封面不应有伤痕。
- c) 阀门安装使用前应经水压试验合格，并应有检验标记。
- d) 阀门安装应符合 GB 50235 的规定。
- e) 安全阀安装还应符合下列规定：
 - 1) 安全阀安装前应由具有相应资质的单位进行校验。
 - 2) 安全阀定压值应符合图样要求，调试时起跳试验不应少于 3 次。
 - 3) 安全阀其他安装要求应符合 SY 0031 的规定。

10.6.8 压力表安装应符合下列规定：

- a) 压力表应有出厂合格证，安装前应检定合格，其精度不应低于 1.5 级。
- b) 压力表应垂直安装，并力求和测压点位于同一水平面上。

10.6.9 液面计的接管法兰安装允许偏差应符合图 20 的规定。**11 制造、检验与验收****11.1 焊前准备**

11.1.1 火筒式加热炉的焊接工作应由通过“锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则”考试，并取得相应范围资格证书的焊工担任。

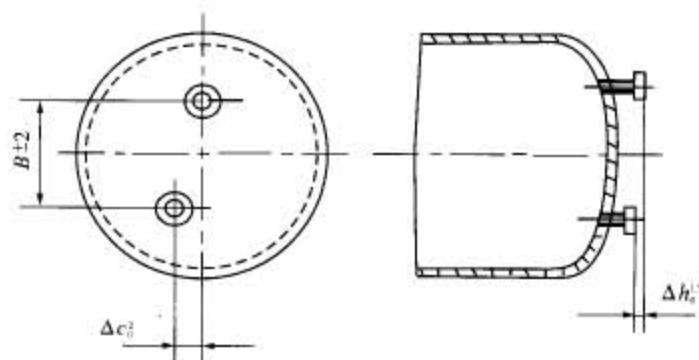


图 20 液面计接口安装图

11.1.2 受压元件用焊接材料（包括焊条、焊丝、焊剂、保护气体）的选用应符合 JB/T 4709 和图样以及焊接工艺文件的规定。其中受压元件用焊条还应符合 JB/T 4747 的要求。

11.1.3 焊缝坡口型式及尺寸应符合 GB 150—1998 中的附录 J, GB/T 985.1, GB/T 985.2 和图样的规定。

11.1.4 坡口表面不应有裂纹、分层、夹渣等缺陷。施焊前应将坡口表面的氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质清理干净，清除范围（以距坡口边缘的距离计）不应小于 20mm。

11.2 焊接工艺评定

11.2.1 火筒式加热炉施焊前的焊接工艺评定应符合 JB 4708 的规定。

11.2.2 火筒式加热炉焊接工艺规程，应根据图样及评定合格的焊接工艺制定。

11.2.3 施焊单位应保存焊接工艺评定报告、焊接工艺规程、施焊记录及焊工识别标记，保存期限不应少于 7 年。

11.3 组装焊接

11.3.1 定位焊应采用与正式焊接相同的焊接工艺。

11.3.2 作为焊缝一部分的定位焊不应有未熔合、裂纹、气孔及夹渣等缺陷。

11.3.3 焊件不应强力组装，焊件组装质量应经检查合格后方可进行正式焊接。

11.4 焊接要求

11.4.1 当焊接环境出现下列情况之一时，若无有效防护措施不应施焊。

- a) 手工焊时风速大于 10m/s。
- b) 气体保护焊时风速大于 2m/s。
- c) 相对湿度大于 90%。
- d) 雨雪环境。
- e) 焊件温度低于 -20°C 。

11.4.2 在焊接过程中，环境温度为 $0^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 时，焊件应在始焊处 100mm 范围内预热到 15°C 以上。

11.4.3 按照焊接工艺要求需对碳钢及低合金钢进行预热时，预热温度应始终保持均一。

11.4.4 手工双面焊应清理焊根，自动焊和二氧化碳气体保护焊如经经验确认能保证全焊透可以不作清根处理。

11.4.5 对于设计压力大于或等于 6.3MPa 的水套炉盘管的手工焊对接焊缝、角接焊缝应采用氩弧焊打底。

11.4.6 用手工电弧焊或气焊焊接管子时，宜采用多层焊，各焊层的接头应错开。

11.4.7 焊接接头两端的引弧板、熄弧板或试板，焊后应用气割割下，不应锤击打落。

11.4.8 接管补强圈的焊接，应在接管与壳体之间的焊接接头检查合格后进行。

11.4.9 烟火管穿封头处的角焊缝应采用全焊透形式。烟箱与封头的角接焊缝在烟箱内侧应清根封底。

11.4.10 凡在受压元件上焊接永久性或临时性附件时，应采用与受压元件焊接性能相同或相似的材料，并按评定合格的焊接工艺进行焊接。

11.4.11 对接接头焊缝的余高 e_1 、 e_2 应符合表 12 和图 21 的规定。

表 12 对接接头焊缝余高

单位为毫米

标准抗拉强度下限值 $R_m > 540\text{N/mm}^2$ 的钢材以及 Cr-Mo 低合金钢钢材				其他钢材			
单面坡口		双面坡口		单面坡口		双面坡口	
e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2
$(0 \sim 10\%) \delta_1$ 且 ≤ 3	≤ 1.5	$(0 \sim 10\%) \delta_1$ 且 ≤ 3	$(0 \sim 10\%) \delta_2$ 且 ≤ 3	$(0 \sim 15\%) \delta_s$ 且 ≤ 4	≤ 1.5	$(0 \sim 15\%) \delta_1$ 且 ≤ 4	$(0 \sim 15\%) \delta_2$ 且 ≤ 4

注：表中百分数计算值小于 1.5 时，按 1.5 计。

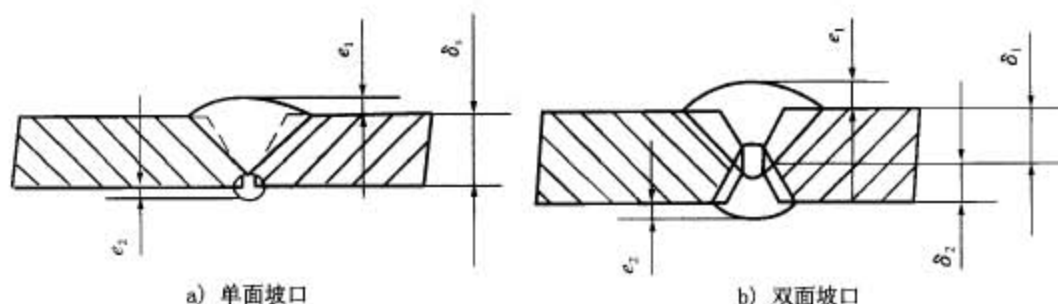


图 21 对接接头焊缝余高图

11.4.12 角接接头的焊脚尺寸，在图样无要求时应取施焊件中较薄者的厚度。补强圈的焊脚尺寸，当补强圈厚度大于或等于 8mm 时，应取补强圈厚度的 70%，且不应小于 8mm；当补强圈厚度小于 8mm 时，

取与补强圈等厚。

11.4.13 焊工施焊后应在焊接接头附近 50mm 处打上焊工钢印。

11.5 热处理

11.5.1 受火焰及高温烟气辐射的受压元件, 应按 JB/T 1613—1993 中第 7 章的规定进行热处理。

11.5.2 非受火焰及高温烟气辐射的受压元件, 应按 JB/T 4709 或图样要求进行热处理。

11.5.3 图样注明有硫化物应力腐蚀的受压元件, 其热处理还应符合 SY/T 0599 的规定。

11.5.4 热处理过程中应详细记录热处理的时间和温度关系曲线, 记录保存期限不应少于 7 年。

11.6 试板(试件)与试样

11.6.1 火筒式加热炉火筒的纵向和环向焊接接头应制取试板各一块。对于材质和焊接工艺相同的火筒, 当连续取得 30 只以上试板合格数据, 并经检验部门批准, 允许按同批生产的 10 只(不足 10 只的按 10 只计)火筒制取纵向和环向焊接接头试板各一块, 如出现不合格情况, 应逐台制取试板。当纵向和环向焊接接头的母材和焊接工艺相同时, 可只制取纵向焊接接头试板。

11.6.2 对于用管子制造的受压元件对接接头, 当材料为碳素钢时, 可免做检查试件; 当材料为合金钢时, 在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下, 从每批产品上切取接头总数的 0.5% 作试件, 且不应少于一套试样所需的试件数。

11.6.3 壳体试板应按 GB 150—1998 中 10.5.1 的规定制取。

11.6.4 制取产品焊接试板(试件)应符合下列规定:

- 试板(试件)的材料应合格, 且与受压元件的材料具有相同的钢号、相同的规格和相同的热处理状态。
- 试板(试件)应由施焊受压元件的焊工采用与施焊受压元件相同的条件(包括焊接材料、焊接设备等)和相同的焊接工艺焊制。多焊工焊接的受压元件, 制取焊接试板的焊工由制造单位检验部门指定。
- 纵向焊接接头试板, 应在受压元件纵向焊接接头的延长部位与受压元件同时施焊。
- 有热处理要求的受压元件试板(试件), 应同受压元件一起进行热处理。

11.6.5 产品焊接试样尺寸及其试验与评定, 应符合 JB/T 4744 的规定。

11.7 焊接接头质量检查

11.7.1 外观检查

- 焊缝尺寸应符合设计文件和有关标准的要求, 焊缝应与母材圆滑过渡。对接接头的焊缝余高应符合 11.4.11 的规定。
- 角焊缝的焊角尺寸应符合相应标准和设计图样要求, 与母材呈圆滑过渡。
- 焊接接头表面不应有裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷。
- 火筒的焊缝和 100% 无损检测的容器对接焊缝表面不应咬边。其他容器焊缝表面咬边深度不应大于 0.5mm, 咬边连续长度不应大于 100mm, 焊缝两侧咬边的总长度不应超过该焊缝长度的 10%。管子焊缝表面咬边深度不应大于 0.5mm, 两侧咬边总长度不应大于管子周长的 20%, 且不应大于 40mm。
- 焊缝表面的熔渣和两侧的飞溅物应清除。

11.7.2 无损检测

11.7.2.1 火筒式加热炉焊接接头的无损检测, 应由通过“锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则”考核, 并取得相应种类和技术等级资格证书的人员担任。

11.7.2.2 火筒式加热炉的焊接接头经外观检查合格后, 方可进行无损检测。

11.7.2.3 火筒式加热炉焊接接头的无损检测比例应符合下列规定:

- 火筒式加热炉火筒的对接接头, 应进行 100% 射线检测或 100% 超声检测附加至少 20% 射线检

测复验。

- b) 水套炉盘管应进行 100% 射线检测或 100% 超声检测附加至少 20% 射线检测复验。
- c) 火筒式加热炉火筒穿封头处、火管与烟管连接处以及烟管与管板连接处的角接头，应进行磁粉或渗透检测。
- d) 火筒式加热炉壳体纵向和环向焊接接头应进行局部射线检测，检测长度不应少于各条焊缝长度的 20%，且不应小于 250mm。制造单位对未检测部分的焊接接头质量仍需负责。
- e) 局部射线检测时，焊缝交叉部位及以下部位应全部检测，其检测长度可计入局部检测长度之内。
 - 1) 先拼接后成形的凸形封头上的全部拼接接头。
 - 2) 凡被补强圈、支座、垫板、内件等所覆盖的焊接接头。
 - 3) 以开孔中心为圆心，1.5 倍开孔直径为半径的圆中所包容的焊接接头。
- f) 常压水套炉壳体对接接头的无损检测按 JB/T 4735 的规定执行。

11.7.2.4 火筒式加热炉焊接接头的无损检测应符合 JB/T 4730.1 ~ 4730.6 的规定。当采用射线检测时，射线检测技术等级不应低于 AB 级。符合 11.7.2.3 中 a)，b) 的全部射线检测的对接接头Ⅱ级合格，全部超声检测的对接接头Ⅰ级合格；其他进行局部射线检测的对接接头Ⅲ级合格，且不应有未焊透缺陷；磁粉或渗透检测的焊接接头Ⅰ级合格。超声检测应采用可记录式检测仪。

11.7.2.5 经射线或超声检测的焊接接头，如有超标缺陷应在缺陷清除干净后进行补焊，并应采用原检测方法重新检测，直至合格。经磁粉或渗透检测的焊接接头，如发现超标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。

11.7.2.6 经局部射线检测的对接接头，在检测部位发现超标缺陷时，应在缺陷部位两端增加检查长度，增加的长度为该焊接接头长度的 10%，且不应小于 250mm，若仍有超标缺陷时，则应对该焊接接头进行 100% 检测。

11.8 焊接接头的返修

11.8.1 焊接接头超标的缺陷应找出原因，制定可行的返修方案，经焊接责任工程师批准后方可返修。补焊前的缺陷应彻底清除，补焊后的补焊区应采用原方法进行外观及无损检测。同一部位的返修次数不宜超过两次。如超过两次，返修前应经制造单位技术总负责人批准，返修次数、部位和返修情况应记入火筒式加热炉质量证明书。

11.8.2 要求热处理的火筒式加热炉部件，宜在热处理前返修；若在热处理后返修，返修后应按原热处理要求重做热处理。

11.8.3 水压试验后如需返修，返修后应进行无损检测，合格后重新进行水压试验。

11.8.4 不应在与水接触的情况下进行返修。

11.9 加热炉的制造、检验与验收除遵循本标准外，还应符合国家有关法规和强制性标准的规定。

12 水压试验

12.1 一般规定

12.1.1 火筒式加热炉总体和受压元件制造完毕后，应按图样规定进行水压试验。

12.1.2 火筒式加热炉的水压试验应在无损检测合格后进行。对需要热处理的受压元件或部件则应在热处理后进行。

12.1.3 试件充水前其内部应清理干净，充水时应将试件内的空气排尽，试验过程中应保证试件外表面干燥。

12.1.4 水压试验时，补强圈、垫板上的信号孔应打开。

12.1.5 试验时应装设两只量程相同并经校正的压力表，压力表量程应为试验压力的 1.5 倍 ~ 3 倍。

12.1.6 火筒式加热炉开孔补强圈应在水压试验前通入 0.4MPa ~ 0.5MPa 的压缩空气检查焊接接头质量。

12.1.7 水压试验时,人孔、手孔不应用临时装置。

12.1.8 水压试验时,周围气温应高于 5℃,水压试验用水温度应保持高于周围空气露点温度。碳素钢、Q245R、Q345R 和 Q370R 制造的火筒式加热炉,水压试验水温不应低于 5℃,其他低合金钢制造的火筒式加热炉水温不应低于 15℃,且应高于材料的无延性转变温度。

12.1.9 奥氏体不锈钢无缝钢管水压试验时应控制水中氯离子含量不超过 25mg/L。

12.1.10 试验时压力应缓慢上升至设计压力,确认无渗漏和异常现象后继续升压到规定的试验压力,保压时间不应少于 30min。然后降至规定试验压力的 80%,保压足够时间进行检查。如有渗漏,修补后重新试验。

12.1.11 水压试验后,应将水排尽并用压缩空气将内部吹干。

12.2 试验压力

12.2.1 火筒式加热炉水压试验压力应符合表 13 的要求。

表 13 水压试验压力

单位为兆帕

部件名称	试验压力 p_T
承压壳体	$1.25p[\sigma]/[\sigma]'$
水套炉盘管	$1.5p[\sigma]/[\sigma]'$
受外压火筒	$1.5p$ (做内压试验)
常压火筒	0.15 (做内压试验)
常压壳体	盛水试漏

注: p_T ——水压试验压力, MPa;
 p ——设计压力(盘管试压时, p 为盘管设计压力), MPa;
 $[\sigma]$ ——试验温度下材料的许用应力, N/mm²;
 $[\sigma]'$ ——设计温度下材料的许用应力, N/mm²。

12.2.2 水压试验时,其环向薄膜应力值不应超过试验温度下材料屈服强度的 90% 与试件焊接接头系数的乘积。

12.3 水压试验合格标准及要求

- 无渗漏。
- 无可见的变形。
- 试验过程中无异常响声。
- 对抗拉强度规定值下限大于或等于 540N/mm² 的材料,焊接接头表面经无损检测抽查未发现裂纹。
- 水压试验结果应有记录备查,并有检查人员签字。

13 出厂文件、标志、涂敷与运输包装

13.1 出厂文件

13.1.1 火筒式加热炉质量证明书。其内容应包括:

- 受压元件材料质量证明书。
- 焊接质量主要检查结果(包括超过两次的返修记录)。
- 水压试验的结果。
- 与本标准或图纸不符的项目。

13.1.2 火筒式加热炉基本情况说明书。其内容应包括：

- a) 火筒式加热炉特性（包括设计压力、工作压力、试验压力、设计温度、工作介质等）。
- b) 火筒式加热炉竣工总图。
- c) 火筒式加热炉主要零部件表。
- d) 火筒式加热炉热处理状态与不应焊接等特殊说明。

13.1.3 火筒式加热炉安装使用说明书。

13.2 铭牌

火筒式加热炉应在明显位置装设金属材料制作的铭牌，铭牌上应包括下列内容：

- a) 加热炉型号、名称和容器类别。
- 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，℃。
- 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。

13.3 涂敷与运输包装

13.3.1 火筒式加热炉的涂敷与运输包装应符合 JB/T 4711 的有关规定。

13.3.2 火筒式加热炉涂敷至少应包括下列表面：

- a) 壳体内、外表面。
- b) 火筒外露部分外表面。
- c) 烟箱内、外表面。
- d) 直径大于 300mm 的烟囱内、外表面。
- e) 直径不大于 300mm 的烟囱外表面。

附录 A
(规范性附录)
受压元件强度计算方法

A.1 适用范围

本计算方法适用于按照本标准正文设计的火筒式加热炉。

A.2 壳体强度计算

壳体强度按 GB 150—1998 第 5 章中内压圆筒和内压球壳中方法进行计算。

A.3 盘管强度计算**A.3.1 盘管直管计算厚度**

设计温度下盘管直管的计算厚度按式 (A.1) 计算, 式 (A.1) 的适用范围为 $p \leq 0.4[\sigma]^t \phi$ 。

$$\delta = \frac{p \cdot D_o}{2[\sigma]^t + p} \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

δ ——计算厚度, mm;

p ——设计压力, MPa;

D_o ——外直径, mm;

ϕ ——焊接接头系数;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力, N/mm²。

A.3.2 高压盘管直管计算厚度

设计温度下高压盘管直管的计算厚度可以按照应力分析方法确定, 也可按式 (A.2) 计算。

按式 (A.2) 计算时, 先假设管子厚度, 计算出 K 值, 然后进行验算。式 (A.2) 的适用范围为 $K > 1.5$ 。

$$K \geq \sqrt{\frac{[\sigma]^t}{[\sigma]^t - \sqrt{3}p}} \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

K ——盘管外径和内径之比, $K = D_o / D_i$;

p ——设计压力, MPa;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力, N/mm²。

A.3.3 盘管直管设计厚度

盘管直管的设计厚度按式 (A.3) 计算:

$$\delta_d = \delta + C \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

δ_d ——设计厚度, mm;

δ ——计算厚度, mm;

C ——厚度附加量, mm。

A.3.4 盘管弯头或弯管计算**A.3.4.1 盘管弯头或弯管计算系数按式 (A.4) 计算:**

$$m = \frac{4R - D_o}{4R - 2D_o} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

m ——弯头应力增值系数;

R ——盘管弯头或弯管曲率半径, mm;

D_o ——外直径, mm。

A.3.4.2 盘管弯头或弯管计算厚度按式 (A.5) 计算:

$$\delta = m \frac{p \cdot D_o}{2[\sigma]^t + p} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

m ——弯头应力增值系数;

δ ——计算厚度, mm;

p ——设计压力, MPa;

D_o ——外直径, mm;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料许用应力, N/mm²。

A.3.4.3 盘管弯头或弯管设计厚度按式 (A.6) 计算:

$$\delta_d = \delta + C \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

δ_d ——设计厚度, mm;

δ ——计算厚度, mm;

C ——厚度附加量, mm。

A.3.4.4 弯头厚度也可按照验证性压力试验确定其最大允许工作压力。

A.3.5 其他受压元件计算

其他受压元件按 GB 150—1998 中相应方法进行计算。

A.4 火筒计算

A.4.1 火筒计算长度的确定及加强圈的要求应符合下列规定:

- 无加强圈的平直火筒计算长度确定见图 A.1 和图 A.2。
- 带加强圈的平直火筒计算长度取相邻两加强圈的中心距, 或取加强圈中心至火筒与壳体封头连接处的间距, 取数值较大者, 见图 A.3。
- 加强圈厚度应不小于火筒厚度, 且不大于 2 倍火筒厚度或 22mm。加强圈高度应不大于 6 倍的厚度。

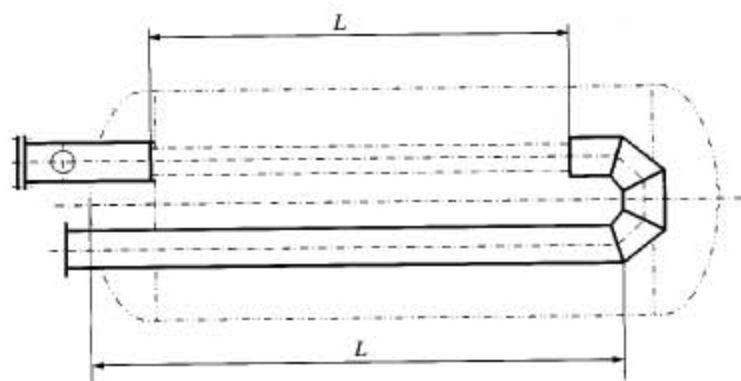


图 A.1

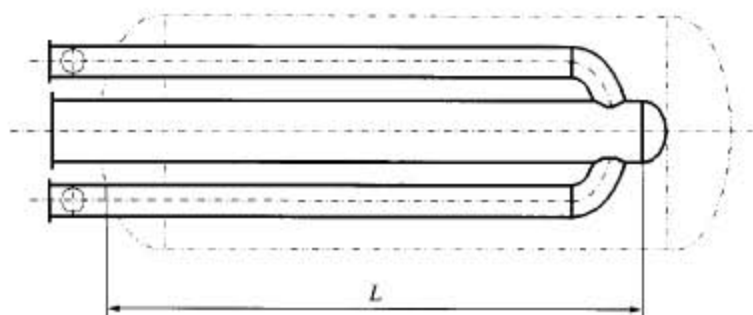


图 A.2

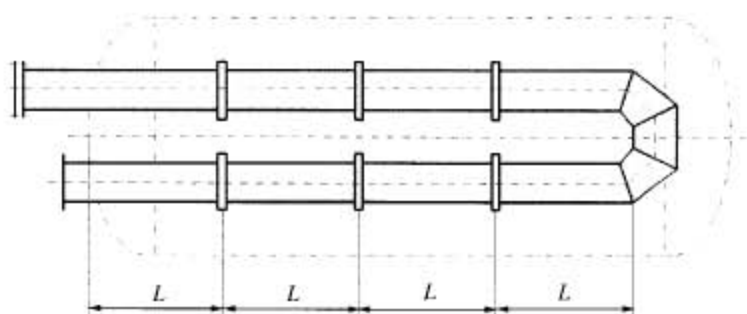


图 A.3

A.4.2 无加强圈的平直火筒按 GB 150—1998 中 6.2 外压圆筒和外压球壳的计算方法和图表进行计算。

A.4.3 外压圆筒加强圈按 GB 150—1998 中 6.3 进行设计。

A.4.4 波形火筒的最小厚度按式 (A.7) 计算：

$$\delta_{\min} = \frac{p \cdot D_o}{2[\sigma]'} + 1 \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

$\delta_{\min}$ ——最小厚度，mm；

p ——设计压力，MPa；

D_o ——外直径，mm；

$[\sigma]'$ ——设计温度下材料许用应力，N/mm²。

A.4.5 小烟管的最小厚度按式 (A.8) 计算：

$$\delta_{\min} = \frac{p \cdot D_o}{70} + 1.5 \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

$\delta_{\min}$ ——最小厚度，mm；

p ——设计压力，MPa；

D_o ——外直径，mm。

A.4.6 管板计算步骤如下：

a) 确定最大假想圆直径。假想圆直径为经过相邻三个支撑点所画出圆的直径，画法见图 A.4，并

取其中数值较大者。

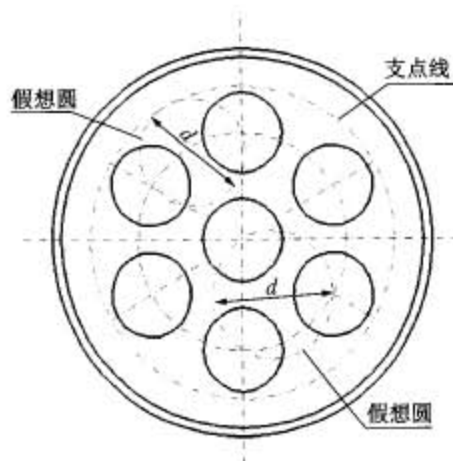


图 A.4

b) 管板计算厚度按式 (A.9) 计算:

$$\delta_p = 0.4d \sqrt{\frac{p}{0.85[\sigma]^t}} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

δ_p ——计算厚度, mm;

d ——假想圆直径, mm;

p ——设计压力, MPa;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料许用应力, N/mm²。

c) 管板设计厚度按式 (A.10) 计算, 名义厚度应不小于 12mm。

$$\delta_{pd} = \delta_p + C \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

δ_{pd} ——设计厚度;

δ_p ——计算厚度, mm;

C ——厚度附加量, mm。

d) 最小管孔中心距按式 (A.11) 计算:

$$S_{\min} = \left(1 + \frac{4.5}{\delta_{pn}}\right) D_o \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

$S_{\min}$ ——管孔最小中心距, mm;

δ_{pn} ——名义厚度, mm;

D_o ——外直径, mm。

A.5 壳体开孔补强计算

壳体开孔补强按 GB 150—1998 第 8 章开孔和开孔补强中的方法进行计算。

A.6 卧式容器计算

卧式容器按 JB/T 4731 进行计算。但进行应力校核时, 单位长度载荷 q 按式 (A.12) 计算。

$$q = 1.1 \frac{2F}{L + \frac{4}{3}h_1} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

q ——单位长度载荷，N/mm；

F ——每个支座的反力，N；

L ——封头切线间距离，mm；

h_1 ——封头曲面深度，mm。

式中各符号的相关计算方法按 JB/T 4731 的规定执行。

参 考 文 献

- [1] GB/T 699—1999 优质碳素结构钢
 - [2] GB/T 700—2006 碳素结构钢
 - [3] GB/T 3077—1999 合金结构钢
 - [4] JB/T 1619—2002 锅壳锅炉本体制造技术条件
-