

ICS 25.180

P 72

备案号:



# 中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3506—2007

代替 SH 3506—2000

## 管式炉安装工程施工及验收规范

Specification for construction and acceptance for  
Installation work of tubular fired heater

2007-01-25 发布

2007-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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	1
4 总则	2
5 钢结构的制作和安装	3
5.1 钢材的检查、矫正和切割	3
5.2 构件的工厂化制造	6
5.3 圆筒炉钢结构的工厂化制造	8
5.4 箱式炉钢结构的工厂化制造	8
5.5 平台梯子的工厂化制造	9
5.6 炉体钢结构的焊接	10
5.7 炉体钢结构安装	10
5.8 平台梯子的安装	12
6 管架、管板、砖架和锚固件的安装	12
7 炉管及炉体配管安装	13
7.1 炉管及管件检验	13
7.2 炉管及炉体配管安装	13
7.2.1 一般规定	13
7.2.2 炉管安装	13
7.2.3 炉体配管	13
7.2.4 炉管及炉体配管焊接	14
7.3 焊缝质量的检验	14
7.4 焊后热处理	15
7.5 系统压力试验	15
8 配件安装	16
9 涂漆、铭牌及出厂文件	16
10 施工/交工验收技术文件	17
附录 A (规范性附录) 对流段弯头焊工障碍焊考试规定	18
附录 B (规范性附录) 钢结构焊缝质量标准	19
附录 C (规范性附录) 高强度螺栓连接副施工检验方法	21
附录 D (规范性附录) 炉管胀接	24
用词说明	26
附: 条文说明	27



## 前 言

本规范是按照国家发展改革委办公厅“关于下达 2004 年行业标准项目计划的通知”（发改办工业[2004]872 号），由中国石化集团第十建设公司对原 SH 3506—2000《管式炉安装工程施工及验收规范》进行修订而成。

本规范共分 10 章和 4 个附录，附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录。

本规范与原 SH 3506—2000《管式炉安装工程施工及验收规范》（上一版本）相比，主要变化如下：

——增加了“范围”和“规范性引用文件”及“术语和定义”3 章；

——增加了总则的有关规定；

——增加了平台、梯子的制造和安装；

——增加了炉体钢结构高强度螺栓连接的检验标准；

——增加了炉体钢结构焊缝质量标准；

——增加了对流段弯头焊工障碍焊考试规定；

——增加了合金钢、不锈钢炉管焊缝质量检验和热处理的有关规定；

——增加了对炉管系统试压程序的规定；

——将原附录 A“炉管胀接”，修改为附录 D“炉管胀接”；将原附录 B“交工技术文件表格”，修改为附录 E“施工/交工技术文件表格”；增加了附录 A“对流段弯头焊工障碍焊考试规定”；增加了附录 B“钢结构焊缝质量标准”；增加了附录 C“高强度螺栓连接副施工检验方法”。

**本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。**

本规范由中国石油化工集团公司施工技术淄博站管理，由中国石化集团第十建设公司负责解释。

本规范在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位，以便今后修订时参考。

管理单位：中国石油化工集团公司施工技术淄博站

邮政编码：255438

通讯地址：山东省淄博市 132 信箱

电 话：0533-6295840

传 真：0533-7501126

主编单位：中国石化集团第十建设公司

邮政编码：255438

通讯地址：山东省淄博市临淄区建设路 29 号

参编单位：上海惠生化工工程有限公司

邮政编码：201203

通讯地址：上海浦东新区张衡路 1399 号

主要起草人：程克忠 陈西洲 王存庭 夏伟 李广洪

本规范于 1987 年首次发布，于 2000 年第 1 次修订，本次为第 2 次修订。



# 管式炉安装工程施工及验收规范

## 1 范围

本规范规定了管式炉安装工程的施工技术要求和质量标准。

本规范适用于炼油、化工装置、油、气田和长输管道管式炉安装工程的施工及验收，本规范不适用于锅炉的施工及验收。

## 2 规范性引用文件

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

- GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- JB/T 4730.1~4730.6 承压设备无损检测
- SH 3022 石油化工设备和管道涂料防腐蚀技术规范
- SH 3085 石油化工管式炉碳钢和铬钼钢炉管焊接技术条件
- SH/T 3150 石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件
- SH 3501 石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范
- SH 3503 石油化工工程建设交工技术文件规定
- SH 3505 石油化工施工安全技术规程
- SH 3507 石油化工钢结构工程施工及验收规范
- SH 3510 石油化工设备混凝土基础工程施工及验收规范
- SH/T 3520 石油化工铬钼耐热钢焊接规程
- SH/T 3523 石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程
- SH/T 3526 石油化工异种钢焊接规程
- SH 3534 石油化工筑炉工程施工及验收规范
- 国质检锅[2002]109号 《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》
- 国质检锅[2003]248号 《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》

## 3 术语和定义

### 3.1

**管式炉 tubular fired heater**

工业炉的一种结构形式，是炉膛内部装有物料管束（盘管、排管）的，除蒸汽锅炉之外的，用于炼油、化工、油、气田和长输管道工业生产装置中的加热炉、重整炉、转化炉、裂解炉等各种炉的总称。

### 3.2

**钢结构 steel structure**

用以承受管式炉各种载荷及管式炉的附属钢构件载荷的稳定的空间体系（包括炉壳、炉架、梯子、平台和烟风道）的总称。

3.3

**炉壳 casing**

围封炉衬的金属结构件。

3.4

**锚固件 anchor**

固定在炉壳上的金属或耐火材料构件，以保护炉衬的稳定性。

3.5

**炉顶 arch**

管式炉辐射段正对炉底的平顶或斜顶部位。

3.6

**烟风道 duct**

烟气或空气流经的通道。

3.7

**辐射段 radiant section**

主要以辐射方式将热量传递给炉管的管式炉部位。

3.8

**对流段 convection section**

主要以对流方式将热量传给炉管的管式炉部位。

3.9

**管架 tube support**

**管板 tube sheet**

用于支承炉管的金属构件。

3.10

**导向管 tube guide**

限制垂直炉管水平位移，允许炉管轴向位移的构件。

3.11 **回弯头 return bend**

使管道转向 180° 的弯头。

3.12

**堵头式回弯头 plug header**

带有一个或多个堵头的铸造回弯头，用于检查炉管或对炉管机械清洗。

3.13

**档板 damper**

通过改变阻力来调节烟气或空气流量的构件。

3.14

**工厂化制造 factory fabrication**

在具有一定的加工能力和生产工艺相对固定的场所加工制造过程。

3.15

**高合金炉管 high alloy steel tube**

合金钢含量在 18Cr-8Ni 及合金含量更高的奥氏体钢轧制炉管、离心铸造合金炉管。

4 总则

4.1 管式炉施工除应执行本规范外，还应执行设计文件的规定。



- 4.2 修改设计或材料代用，必须取得设计单位的书面确认。
- 4.3 管式炉所包括钢结构、螺栓、炉管、管件、支承悬吊系统组成件、管道支吊架、焊接材料和锚固件等均应有产品质量证明文件，并有可追溯性标识。
- 4.4 炉管、管件的产品质量证明文件应有耐压强度试验结果，未有耐压强度试验合格证明的炉管、管件在安装前应进行耐压试验，试验压力应符合设计文件的规定。
- 4.5 当产品质量证明文件数据不齐全或对其内容有异议时，供货单位应在施工前提供补充检验或复验合格的证明文件。
- 4.6 工厂化制造的管式炉钢结构和炉管组件的尺寸、重量、结构形式、加固措施和吊点设置应满足运输及现场吊装的条件。
- 4.7 管式炉的基础，除应符合 SH 3510 的规定外，尚应符合本规范的有关规定。
- 4.8 管式炉的筑炉施工与验收应符合 SH 3534 的规定。
- 4.9 从事管式炉工程焊接的焊工应符合下列规定：
- 从事钢结构焊接的焊工，应按 GB 50236 的规定考试合格；取得锅炉压力容器压力管道焊接资格的焊工，可免试相应的合格项目；
  - 从事炉管和炉体配管的焊工，应按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》的规定经考试合格；承担对流段炉管弯头焊接的焊工，还应按附录 A，通过水平固定管状试件障碍焊考试合格。
- 4.10 从事无损检测的工作人员资格应符合《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》的要求。
- 4.11 施工现场宜设焊接工作棚，并应具有符合焊接材料管理要求的储存、烘干和保温设施。
- 4.12 管式炉施工的安全技术和劳动保护应按 SH 3505 的有关规定执行。

## 5 钢结构的制作和安装

### 5.1 钢材的检查、矫正和切割

- 5.1.1 钢结构所用的钢材应做外观检查，不得有严重的变形、锈蚀和损伤。当钢材表面有麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负偏差值的 1/2。
- 5.1.2 矫正和加工构件时宜采用冷加工，普通碳素结构钢的工作环境温度低于 $-16^{\circ}\text{C}$ ；低合金结构钢的工作环境温度低于 $-12^{\circ}\text{C}$ 时，不得进行冷矫正和冷弯曲、不得进行剪切和冲孔。
- 5.1.3 钢材矫正后的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢材矫正后的允许偏差

单位：mm

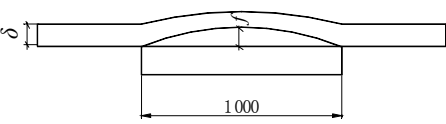
序号	项 目	示 意 图	允许偏差值
1	钢板、扁钢的局部平面度 $f$		当 $\delta > 14$ 时 $f \leq 1.0$ 当 $\delta \leq 14$ 时 $f \leq 1.5$
2	型钢弯曲矢高	—	长度的 1/1 000 且不大于 5.0

表 1 (续) 钢材矫正后的允许偏差

单位: mm

序号	项 目	示 意 图	允许偏差值
3	角钢肢的垂直度 $\Delta$		$\leq b / 100^a$
4	槽钢翼缘对复板的垂直度 $\Delta$		$< b / 80$
5	H 型钢、工字钢翼缘对复板的垂直度 $\Delta$		$b / 100$ 且不大于 2.0
<sup>a</sup> 双肢栓接角钢的角度不得大于 90°。			

5.1.4 钢材冷矫正和冷弯曲最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合表 2 的规定。

5.1.5 普通碳素结构钢和低合金结构钢的热矫正, 加热温度不得超过 900℃。加热矫正后应自然冷却。

5.1.6 钢材切割后的尺寸允许偏差应符合表 3 规定。

5.1.7 钢材切割后, 断口处不得有裂纹、分层等缺陷, 并应清除其毛刺、边缘上的溶渣和附近表面上的飞溅物等。

表2 钢材冷矫正和冷弯曲最小曲率半径和最大弯曲矢高

单位: mm

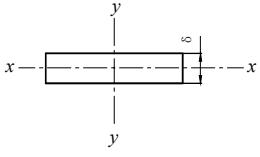
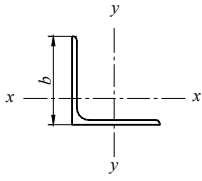
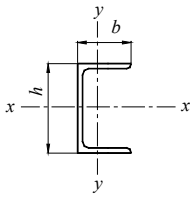
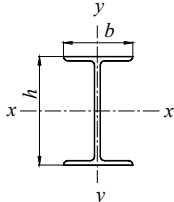
钢材类别	图 例	对 应 轴	矫 正		弯 曲	
			$r$	$f$	$r$	$f$
钢板扁钢		$x-x$	$50\delta$	$L^2/400\delta$	$25\delta$	$L^2/200\delta$
		$y-y$ (仅对扁钢轴线)	$100b$	$L^2/800b$	$50b$	$L^2/400b$
角钢		$x-x$	$90b$	$L^2/720b$	$45b$	$L^2/360b$
槽钢		$x-x$	$50h$	$L^2/400h$	$25h$	$L^2/200h$
		$y-y$	$90b$	$L^2/720b$	$45b$	$L^2/360b$
工字钢		$x-x$	$50h$	$L^2/400h$	$25h$	$L^2/200h$
		$y-y$	$50b$	$L^2/400b$	$25b$	$L^2/200b$
<p>注1: <math>r</math>为曲率半径。  注2: <math>f</math>为弯曲矢高。  注3: <math>L</math>为弯曲弦长。</p>						

表3 钢材切割后的尺寸允许偏差

单位: mm

钢材名称		允许偏差值	备 注
型钢长度 $L$	$L > 5\,000$	$\pm 3.0$	
	$L \leq 5\,000$	$\pm 2.0$	
钢板长度和宽度		$\pm 2.0$	
钢板对角线		3.0	
节点板、加强板、筋板		$\pm 1.5$	应采用剪板机切割
柱底板		$\pm 3.0$	可采用火焰切割

## 5.2 构件的工厂化制造

- 5.2.1 拼装时应留出焊接收缩余量，拼装定位焊后应对各种尺寸进行全面校对。
- 5.2.2 所有螺栓孔均应为钻孔或冲孔，钻孔宜在预组装时配钻。
- 5.2.3 所有的开孔位置偏差应小于 8mm。
- 5.2.4 钢结构高强度螺孔允许偏差和螺栓孔距允许偏差分别见表 4 和表 5。

表 4 钢结构高强度螺栓孔允许偏差

单位: mm

螺栓公称直径		12	16	20	(22)	24	(27)	30
螺栓孔	直径	13.5	17.5	22	(24)	26	(30)	33
	允许偏差值	+0.43 0		+0.52 0		+0.84 0		
圆度偏差		1.00		1.50				
中心线倾斜度		不应大于板厚的 3%，且单层板不得大于 2.0，多层板叠合不得大于 3.0						

表 5 螺栓孔孔距允许偏差

单位: mm

螺栓孔距	≤500	501~1 200	1 201~3 000	>3 000
同一组内任意两孔间距离允许偏差值	±1.0	±1.2	—	—
相邻两组螺栓孔间距离允许偏差值	±1.2	±1.5	±2.0	±3.0
任意两螺栓孔距允许偏差值	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0
注 1: 在节点中连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔为一组。 注 2: 对接接头在拼接板一侧的螺栓孔为一组。 注 3: 在相邻节点或接头间的螺栓为一组，但不包括注 1、注 2 所表述的螺栓孔。 注 4: 受弯构件翼缘上的连接螺栓孔，每米长度范围内的螺栓孔为一组。				

5.2.5 煨弯构件其局部圆弧度应用弦长不小于 1.5m 的弧形样板检查，间隙应不小于 2mm。煨弯构件的翘曲，应小于 2mm/m，全长不应大于 5mm。

5.2.6 构件在煨制过程中，其减薄量不得超过构件原厚度的 10%。

5.2.7 构件煨制时，加热温度应控制在 900℃~1 000℃，普通碳素结构钢温度下降到 700℃、低合金结构钢温度下降到 800℃应结束加工，并应使构件缓慢冷却。

5.2.8 烟囱的高度允许偏差应为 ±20mm；直径允许偏差应为 ±5mm；圆度偏差应小于内径的 5/1 000，且不应大于 10mm；直线度偏差应小于长度的 1/1 000，且不应大于 15mm。用弦长为 1/6 内径的样板检查，其间隙不应大于 3mm。烟囱的纵、环焊缝错边量应小于 1/4 壁厚，且不大于 3mm。

5.2.9 焊接管板的长度和宽度允许偏差：小于或等于 750mm 时为 ±2mm；大于 750mm 时为 ±3mm。整块焊接管板开孔应进行平面度调整，其最大翘曲值应小于 10mm；管板上两相邻管孔间距允许偏差应为 ±2mm，任意管孔累计允许偏差应为 ±5mm。

5.2.10 对流室框架的高度允许偏差应为 ±4mm，宽度允许偏差应为 ±3mm；垂直度偏差应小于高度的 1/1 000，但不应大于 5mm。顶梁与烟囱的安装螺栓孔，其两相邻螺栓孔间距允许偏差应为 ±2mm，任意两螺栓孔累积允许偏差应为 ±4mm。烟囱支座水平度应小于 1.5mm/m，烟囱的垂直度偏差应小

于烟囱高度的 1/1 000，但不应大于 15mm。

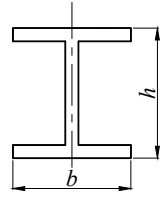
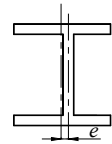
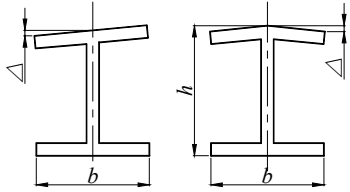
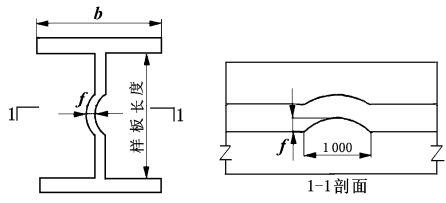
5.2.11 弯头箱门和炉顶盖板的长度和宽度允许偏差应为  $\pm 5\text{mm}$ ；每块弯头箱门或盖板的最大翘曲应小于 10mm。

5.2.12 钢结构的主要承重梁、柱应选用整料制作，如需拼接，应取得设计单位的书面确认，并应确定接头型式和位置。

5.2.13 焊接 H 型钢的允许偏差见表 6。

表 6 焊接 H 型钢的允许偏差

单位: mm

项 目		允许偏差值	图 例
截面高度 $h$	$H < 500$	$\pm 2.0$	
	$500 \leq h \leq 1\ 000$	$\pm 3.0$	
	$h > 1\ 000$	$\pm 4.0$	
截面宽度 $b$		$\pm 3.0$	
腹板中心偏移 $e$		2.0	
翼缘板垂直度 $\Delta$		$b/100$ 且不大于 3.0	
弯曲矢高		$L/1\ 000$ 且不大于 5.0	—
扭曲		$h/250$ 且不大于 5.0	—
腹板局部平面度 $f$	$\delta < 14$	3.0	
	$\delta \geq 14$	2.0	
长度 $L$		$\pm 3.0$	—

### 5.3 圆筒炉钢结构的工厂化制造

5.3.1 筒节对接接头错边量不应大于壁厚的 1/4，且不应大于 3mm。

5.3.2 筒节焊后形成的表面凸凹，用弦长等于 1/6 内径的样板检查，不得大于 3mm。焊缝棱角值不得大于壁厚的 10%加 2mm，且不得大于 5mm。

5.3.3 筒体的直线度偏差不应大于筒体长度的 1/1000，且不应大于 15mm，周长的偏差应小于周长的 2.5/1000，且不大于 18mm，圆度偏差不应大于直径的 1/1000，且不应大于 20mm。

5.3.4 炉顶钢结构为锥形时，锥段部分高度允许偏差为±3mm，各圈梁的直径允许偏差应为±6mm，圆度偏差应小于直径的 1/1000，且不应大于 20mm。

5.3.5 炉底钢结构的高度允许偏差应为±2mm，直线度偏差应小于 3mm，直径和圆度允许偏差应与筒体下端的实际偏差相吻合。柱脚螺栓孔中心圆直径允许偏差应为±5mm，每块柱脚板上的螺栓孔位置偏差应小于 2mm。

5.3.6 炉体钢结构的高度允许偏差应为±5mm，炉体钢结构的直线度偏差应小于长度的 1/1000，且不应大于 3mm，筒体的圆度用弧长 1m 的样板检查，间隙应小于 3mm。炉体顶端面的平面度允许偏差不应大于直径的 1/1000，且不应大于 3mm。

5.3.7 对流室框架的内对角线之差不应大于对角线长度的 1/1000，且不应大于 10mm。

### 5.4 箱式炉钢结构的工厂化制造

5.4.1 立柱长度的允许偏差：当柱长小于或等于 8m 时，为±3mm；当柱长大于 8m 时，且小于或等于 16m 时，为±5mm；当柱长大于 16m 时，为±8mm。

5.4.2 立柱的直线度偏差不应大于长度的 1/1000，且当柱长小于或等于 8m 时，不应大于 5mm；当柱长大于 8m 且小于或等于 16m 时，不应大于 12mm；当柱长大于 16m 时，不应大于 20mm。

5.4.3 相邻两立柱轴线距  $d$  的允许偏差：当间距小于或等于 5m 时，为±3mm；当间距大于 5m 时，为±5mm。总间距  $E$  的允许偏差，当间距小于或等于 5m 时，为±5mm；当间距大于 5m 时，为±8mm，见图 1。

两立柱轴线的平行度偏差不应大于柱长的 1/1000，且不大于 5mm。

5.4.4 梁的直线度不应大于长度的 1/1000，且不应大于 8mm。

5.4.5 底梁位置  $H_1$  的允许偏差为±2mm；炉膛顶梁、底梁间距  $H_2$  的允许偏差为±5mm；管板安装梁间距  $H_3$  的允许偏差为±3mm；其他横梁间距  $H_4$  的允许偏差为±4mm，见图 1。

5.4.6 框架结构平面内两对角线长度之差  $|L_1-L_2|$  (见图 1)；框架结构空间两对角线长度之差  $|L_3-L_4|$  (见图 2)，均不应大于 10mm。

5.4.7 主框架上的中间管板、中间管架的安装螺栓孔应以立柱底板下表面为基准，按标高要求钻孔，其两相邻螺栓孔间距允许偏差应为±1mm，标高累计允许偏差应为±3mm。

5.4.8 箱式炉墙板的挠曲矢高：向炉膛内侧应小于 5mm；向炉膛外侧应小于 8mm。

5.4.9 箱式炉墙板的高度  $H$  大于或等于 15m 时，允许偏差应为±5mm；当墙板的高度  $H$  小于 15m 时，允许偏差应为±3mm。墙板的宽度  $E$  小于 5m 时，允许偏差应为±3mm；墙板的宽度  $E$  大于或等于 5m 时，允许偏差应为±5mm。墙板两对角线之差小于或等于 5mm，见图 1。

5.4.10 墙板表面平面度，不得超过墙板挠曲矢高允许值。

5.4.11 墙板密合面的直线度，用 1m 直尺检查间隙不大于 3mm。

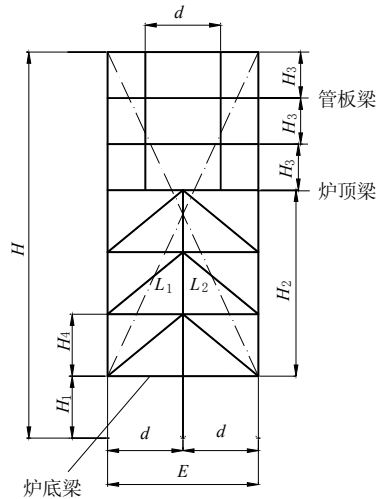


图 1 框架结构平面示意

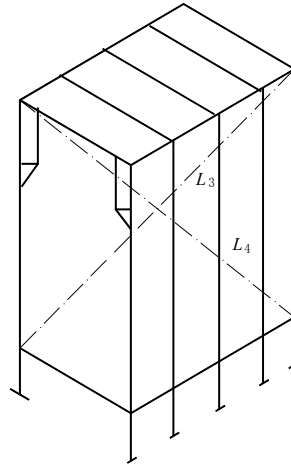


图 2 框架结构空间示意

### 5.5 平台梯子的工厂化制造

5.5.1 平台的长度  $A$  的允许偏差，为  $A/1\ 000$ ，且不应大于 10mm，宽度  $b$  允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ 。平台的两对角线长度之差  $|L_1 - L_2|$  应小于 6mm，平台表面的平面度（1m 范围内）允许偏差为 3mm，见图 3。

5.5.2 梯子长度  $L$  的允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ，宽度  $B$  的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ ，见图 4。

5.5.3 平台各侧面的挠曲矢高，当平台长度小于或等于 6m 时，不应大于 6mm；当平台长度大于 6m 时，不应大于 10mm。

5.5.4 斜梯踏步与边梁夹角  $\alpha$  的允许偏差为  $\pm 2^\circ$ ，见图 4。

5.5.5 梯子的纵向挠曲矢高不应大于长度的  $L/1\ 000$ ，见图 4。

5.5.6 梯子踏步的间距  $t$  的允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ ，见图 4。

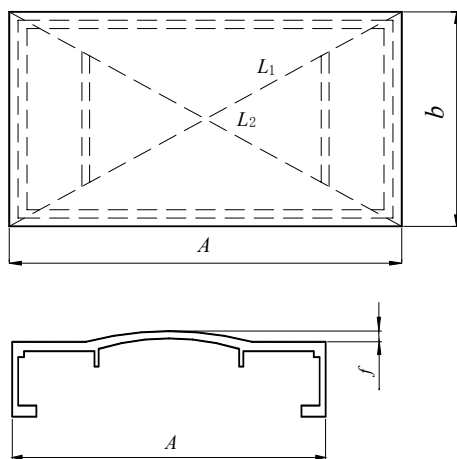


图 3 平台预制示意

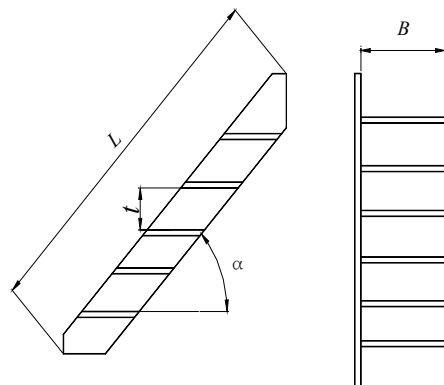


图 4 斜梯预制示意

## 5.6 炉体钢结构的焊接

5.6.1 钢结构的焊接工艺，应按 GB 50236 的要求评定合格。

5.6.2 焊条的烘干应按焊接工艺指导书进行。烘干后的焊条应放在  $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$  的恒温箱内储存随用随取。

5.6.3 施焊前坡口两侧各 50mm 范围内应清除泥污、浮锈等杂物，焊完后应及时清除熔渣和飞溅物。

5.6.4 在下述条件下，施焊前应采取防护措施，否则不得施焊：

- a) 焊条电弧时，风速大于或等于  $8\text{m/s}$ ；气体保护焊时，风速大于或等于  $2\text{m/s}$ ；
- b) 相对湿度大于 90%；
- c) 雨、雪环境；
- d) 焊件温度低于  $-20^{\circ}\text{C}$ 。

5.6.5 焊件温度为  $-20^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$  时应采取预热措施，施焊处预热范围应不小于 100mm，预热温度为  $15^{\circ}\text{C}$  以上。

5.6.6 焊接程序应合理，并应采取对称焊、间断焊等方法防止焊接变形。

5.6.7 设计文件规定进行无损检测的焊缝，焊工应在焊缝附近明显位置打上其钢印代号。

5.6.8 普通碳素结构钢焊缝冷却到环境温度或低合金结构钢焊缝在完成焊接 24h 以后应进行外观检查，钢结构焊缝表面质量标准见附录 B。

5.6.9 焊缝无损检测的方法和评定标准应符合 JB/T 4730.1、JB/T 4730.2、JB/T 4730.5 的规定。

5.6.10 对不合格焊缝应在查清原因并制定措施后进行返修。

## 5.7 炉体钢结构安装

5.7.1 钢结构在安装前，应进行基础验收，合格后及时办理交接手续。

5.7.2 基础验收时，应对下列项目进行复核：

- a) 基础混凝土外观质量与混凝土强度试验报告；
- b) 基础相邻行（列）轴线距  $d$  的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ ，基础轴线总间距  $E$  的允许偏差为  $\pm 8\text{mm}$ ，见图 5；
- c) 基础的两端对角线之差  $|L_1-L_2|$  不应大于  $5\text{mm}$ ，见图 5；
- d) 圆筒炉基础中心圆直径  $D$  及相邻基础间距  $d$  的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ ；地脚螺栓中心圆直径的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ ，见图 6；
- e) 基础顶面标高  $A_1$  的允许偏差为  $-10^0\text{mm}$ ，见图 7；
- f) 地脚螺栓顶端标高  $A$  的允许偏差为  $+10^0\text{mm}$ ；垂直度偏差不应大于地脚螺栓伸出基础面长度的  $1/100$ ；相邻两地脚螺栓中心位置  $B$  (在根部测量) 的允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ ，见图 7；
- g) 螺栓中心对基础轴线距  $C$  的允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ ，见图 7。

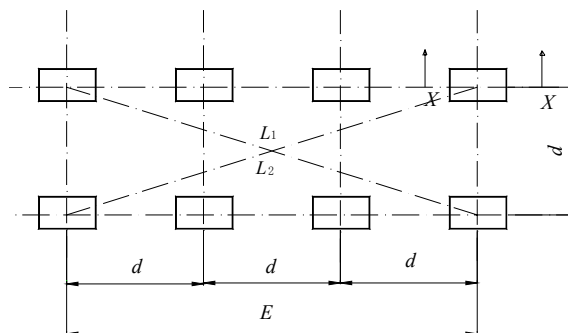


图 5 箱式炉基础示意图



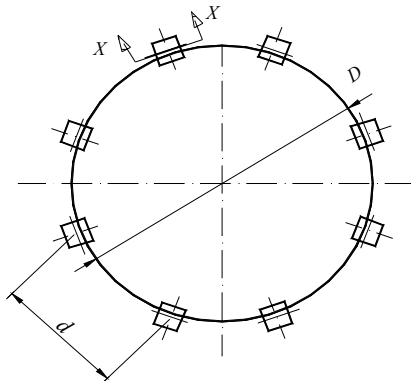


图6 圆筒炉基础示意图

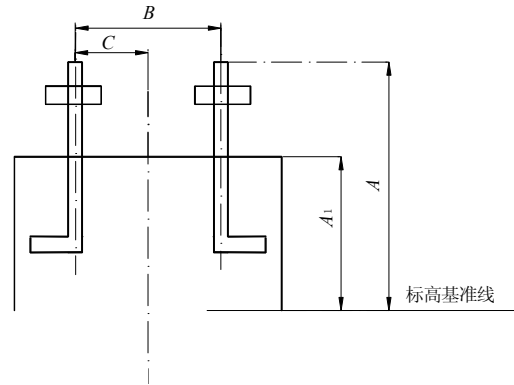


图7 X-X 剖视图

5.7.3 安装前基础表面应进行修整，铲好麻面，放置垫铁处应铲平。

5.7.4 钢结构柱脚板与基础面之间的垫铁应垫平、垫实，每组垫铁（包括斜垫铁）不宜超过4块。垫铁大小应一致，其规格尺寸应符合施工方案的要求，斜垫铁应配对使用，其表面粗糙度应不大于  $Ra12.5\mu\text{m}$ ，斜度宜为  $1/20\sim 1/10$ 。钢结构在找正和拧紧地脚螺栓后，应将垫铁组定位焊接牢固，做好隐蔽工程记录。二次灌浆层厚度宜为  $30\text{mm}\sim 50\text{mm}$  之间，灌浆层应饱满，砂浆标号应符合设计文件要求。

5.7.5 高强度螺栓连接构件的结合面处理应符合设计文件规定，其摩擦面的抗滑移系数检验应符合本规范附录C的要求。

5.7.6 高强度螺栓连接副的验收和安装应符合 SH 3507 的要求，并按本规程附录C的规定进行扭矩检验。

5.7.7 钢结构安装偏差应符合下列规定：

- a) 立柱间距小于  $5\text{m}$  时，安装位置偏差不应大于  $\pm 3\text{mm}$ ；立柱间距大于或等于  $5\text{m}$  时，安装位置偏差不应大于  $\pm 5\text{mm}$ ；
- b) 直线度偏差不应大于柱高的  $1/1\,000$ ，且当柱长小于或等于  $8\text{m}$  时，不应大于  $5\text{mm}$ ；当柱长大于  $8\text{m}$  且小于或等于  $16\text{m}$  时，不应大于  $12\text{mm}$ ；当柱长大于  $16\text{m}$  时，不应大于  $20\text{mm}$ ，各立柱不得向同一方向倾斜；
- c) 立柱的柱脚板底面标高的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ ，且各立柱相互间标高之差不应大于  $5\text{mm}$ ；
- d) 同一平面横梁标高的允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ，同一节点处横梁端部应平齐，横梁中心线相对于立柱轴线偏移不应大于  $2\text{mm}$ ，横梁的水平度偏差不应大于横梁长度的  $1/1\,000$ ，且不应大于  $5\text{mm}$ ；
- e) 烟囱支撑梁的水平度，其偏差应小于  $1.5\text{mm}/\text{m}$ ；
- f) 烟囱的垂直度不应大于烟囱高度的  $1.5/1\,000$ ，且不应大于  $20\text{mm}$ ；
- g) 炉壳板表面用  $1\text{m}$  直尺检查其局部平面度，不应大于  $3\text{mm}$ 。

5.7.8 圆筒炉炉体高度的允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ，炉体周长的偏差不应大于周长的  $2.5/1\,000$ ，且不应大于  $18\text{mm}$ ，圆度偏差不应大于直径的  $1/1\,000$ ，且不应大于  $20\text{mm}$ ，垂直度偏差不应大于筒体高度的  $1/1\,000$ ，且不应大于  $15\text{mm}$ 。

5.7.9 箱式炉框架结构平面内两对角线长度之差  $|L_1 - L_2|$  和炉膛空间两对角线长度之差  $|L_3 - L_4|$  均不得大于  $10\text{mm}$ ，见图8。

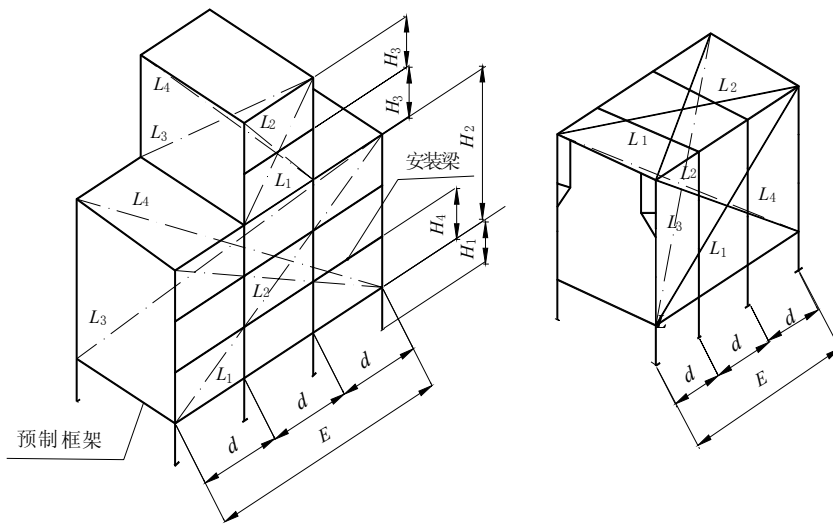


图8 箱式炉框架结构安装示意

5.7.10 钢制烟道和风道的安装应符合设计文件的规定。

#### 5.8 平台梯子的安装

5.8.1 平台标高的允许偏差为 $\pm 15\text{mm}$ 。

5.8.2 平台梁的水平度偏差不大于梁长度的 $1/1\,000$ ，且不大于 $5\text{mm}$ 。

5.8.3 平台栏杆的高度及立柱间距的允许偏差均为 $\pm 10\text{mm}$ 。

5.8.4 直梯垂直度偏差不应大于直梯高度的 $1/1\,000$ ，且不大于 $12\text{mm}$ 。

5.8.5 钢格板与平台梁的最小搭接长度，当采用安装夹安装时，应大于 $25\text{mm}$ ；当采用焊接安装时，应大于 $20\text{mm}$ 。

#### 6 管架、管板、砖架和锚固件的安装

6.1 管架、管板、砖架和锚固件在安装前应对表面质量、外形尺寸进行外观检查。

6.2 铸造的管架、管板、砖架在安装时，不得敲打、摔撞和强力安装，螺栓拧紧后应退回 $1/4$ 螺矩。

6.3 管架的安装应符合下列规定：

- a) 卧管管架标高允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ；
- b) 砖架的平面度用 $2\text{m}$ 直尺检查，其间隙应小于或等于 $\pm 2\text{mm}$ 。

6.4 管板的安装应符合下列规定：

- a) 两端管板与中间管板的管孔同心度不应大于 $4\text{mm}$ ；
- b) 管板垂直度不应大于管板高度 $5/1\,000$ ，且不应大于 $5\text{mm}$ 。

6.5 砖架的安装应符合下列规定：

- a) 砖架标高允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ；
- b) 砖架每段的直线度偏差不应大于每段高度的 $1/1\,000$ ，且小于等于 $2\text{mm}$ ；
- c) 相邻砖架间距允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ，两端砖架间距允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；
- d) 托砖板垂直于炉墙方向的水平度偏差不应大于 $2\text{mm}$ ，且不得向下倾斜；托砖板沿炉墙方向的水平度偏差应小于托砖板长度的 $2/1\,000$ ，且不应大于 $4\text{mm}$ ；

- e) 托砖架端部应排列成一直线，允许偏差为±2.5mm；
- f) 每一排挂砖架的挂砖面应在同一垂直平面内，允许偏差为±2.5mm。

#### 6.6 锚固件的安装应符合下列规定：

- a) 锚固件的规格、材质、方向应符合设计文件的规定；
- b) 锚固件的安装位置应符合设计文件规定，相邻两锚固件的中心距允许偏差为±3mm；
- c) 锚固件与炉壳的焊接，应固定牢固并保持垂直，焊接前应清除浮锈，锚固件焊完后应逐个检查，焊缝应饱满，可用0.5kg小锤轻击检查，不得有脱落或焊缝开裂现象。

### 7 炉管及炉体配管安装

#### 7.1 炉管及管件检验

##### 7.1.1 炉管及管件在安装前应进行以下项目检验，并应符合设计文件规定：

- a) 逐件（组）进行外观检查；
- b) 外形尺寸及标记；
- c) 炉管外壁应清洁。

7.1.2 镍铬奥氏体钢炉管不得用含S、Zi、Sn、Cu和Pb等有害成份的颜料作标记，不得与非不锈钢的金属接触，露天临时存放时，底部应垫平，管口应用木制或无氯塑料制的盖封闭。

7.1.3 检查管板、管架和定位管的安装位置应正确。

#### 7.2 炉管及炉体配管安装

##### 7.2.1 一般规定

7.2.1.1 焊条使用前应按本规范5.6.2条的规定烘干和储存。领用的焊条在保温筒内存放不得超过4h，退库的焊条应重新烘干，重复烘干次数不得超过两次。焊丝使用前应清除锈斑和油污。

7.2.1.2 施焊条件应符合本规范5.6.4条的规定。炉管施焊前两端应采取措施进行封闭。

7.2.1.3 炉管的坡口应采用机械方法加工。炉管焊接的引弧应在坡口内进行，不得在焊件表面引弧。

7.2.1.4 炉管胀接的要求按照附录D。

##### 7.2.2 炉管安装

7.2.2.1 炉管在运输和吊装过程中，应有防止变形的加固措施。

7.2.2.2 立管吊装时应平稳，不得撞击炉墙和衬里，水平管穿管时，不得撞击管板、管架和折流砖。

7.2.2.3 炉管安装时，应保证导向管与定位管的安装尺寸准确，以满足炉管升、降温后能自由伸缩。

7.2.2.4 炉管上端采用炉外支承时，每根立管的两个支耳，应水平地支承在吊管梁上。

7.2.2.5 若炉管采用炉内吊管时，连接炉管上部的弯头或弯管应与吊钩接触，并使吊钩确实承重，炉管中部的拉钩不应与炉管紧密接触。

7.2.2.6 水平安装后，检查炉管端部和炉管扩面部分端部与管板的相对位置并应符合设计文件的要求。

##### 7.2.3 炉体配管

7.2.3.1 可燃介质管道施工应符合SH 3501的规定，非可燃介质管道可按GB 50235的要求施工。

7.2.3.2 辐射段炉管和对流段炉管之间以及对流段各组之间的横跨管的安装，应根据实际安装长度逐根下料，并留出设计文件规定的预拉伸量。

7.2.3.3 炉体配管支、吊架位置及管道坡度与弹簧支、吊架的安装应符合设计文件要求。

7.2.3.4 焊前预热时的加热范围，应以对口中心线为基准，每侧不应小于50mm。

7.2.3.5 无损检验不合格的炉管焊缝应按如下规定返修：

- a) 焊缝在返修前应进行质量分析，找出原因制订返修方案后，方可进行返修；
- b) 高合金钢炉管的同一部位焊缝返修次数不应超过两次；

- c) 返修应做好记录;
- d) 返修后仍应按原规定方法进行检验。

7.2.3.6 辐射段炉管上不得打焊工代号钢印, 并应符合本规范 7.2.4.8 条的规定。

#### 7.2.4 炉管及炉体配管焊接

7.2.4.1 炉管及炉体配管焊接应符合 GB 50236、SH 3085、SH/T 3150、SH/T 3520、SH/T 3523、SH/T 3526 的规定。

7.2.4.2 炉管及炉体配管前, 应进行焊接工艺评定和焊工考试, 并编制焊接工艺指导书。

7.2.4.3 炉管及炉体配管焊接应按焊接工艺指导书的要求进行, 并应控制和记录焊接过程线能量。

7.2.4.4 焊接应从调节余量小的部位开始进行, 焊接顺序应在施工方案中说明, 并严格按施工方案实施。

7.2.4.5 焊接前应检查坡口的加工质量及尺寸。炉管和跨接管的焊接坡口还应经渗透检测合格。

7.2.4.6 底层焊接应充分熔透, 并应采用氩弧焊。焊完后应进行外观检查或渗透检测, 如有裂纹等缺陷, 应清除。高合金管氩弧焊打底时管内应充氩保护。

7.2.4.7 高合金焊接时, 除底层焊道应作渗透检测外, 其余每层焊道均应进行外观检查, 如发现有裂纹等缺陷, 用砂轮磨去后方可进行下一层焊接。

7.2.4.8 辐射段和对流段炉管以及炉体配管中的高压管道和可燃介质管道的焊接过程应做记录。并绘制焊缝布置图, 注明焊缝编号及焊工代号。

7.2.4.9 炉管组对前应仔细清除坡口表面及坡口边缘内、外侧不小于 20mm 范围内的油、漆、垢、锈和毛刺。对镍铬奥氏体钢炉管坡口的清理和修整应使用专用不锈钢丝刷或刚玉砂轮。

7.2.4.10 炉管组对应符合下列规定:

- a) 高合金炉管组对时, 应做到内口平齐, 对口内壁错边量应小于 0.5mm;
- b) 其他炉管组对时, 对口内壁错边量不应大于 1mm。

7.2.4.11 定位焊用的焊接材料应与正式焊接时所用的材料相同, 并应执行相同的焊接工艺。

7.2.4.12 炉管对接焊缝宜用氩弧焊打底, 并在管内充氩气保护。氩气纯度应在 99.96% 以上。

7.2.4.13 高合金炉管管根部焊道焊接完成后, 应做渗透检验。

7.2.4.14 铬钼钢炉管焊接应采用与其相匹配的珠光体耐热钢焊条。

7.2.4.15 设计文件有通球试验要求时, 组焊完毕后的炉管应按设计文件规定执行。

#### 7.3 焊缝质量的检验

7.3.1 炉管和炉体配管焊缝应进行外观检查和 100% 渗透检测, 检查不合格的焊缝不得进行其他项目的检验, 焊缝表面质量应符合下列要求:

- a) 外观成形良好, 焊缝与母材应圆滑过度;
- b) 焊缝和热影响区表面不应有裂纹、气孔、弧坑和肉眼可见的夹渣和熔合性飞溅等缺陷;
- c) 焊缝余高应小于 2mm;
- d) 咬边深度不得超过 0.5mm, 焊缝两侧咬边总长度不得超过该焊缝的 10%, 且不应大于 100mm;
- e) 高合金炉管焊缝不得有咬边。

- 7.3.2 补焊处应修磨，使之平滑过度，经修磨部位的炉管壁厚不应小于设计要求的厚度。
- 7.3.3 炉管和炉体配管焊缝射线检测应在耐压试验之前进行。
- 7.3.4 炉管和炉体配管的对接焊缝无损检测应按 JB/T 4730 进行。射线透照质量等级不得低于 AB 级。
- 7.3.5 炉管和炉体配管对接焊缝应进行 100% 射线检测和渗透检测。射线检测时，合格等级不得低于 II 级；渗透检测不得有线性缺陷。
- 7.3.6 炉体配管中的可燃介质管道的对接焊缝的射线检测抽查比例和焊缝缺陷等级评定应按 SH 3501 的规定进行。设计压力大于 1MPa 的非可燃介质管道焊缝应按下列规定进行无损检测和评定：
- 设计压力大于或等于 10MPa 时，焊缝应全部进行射线检测，合格等级不得低于 II 级；
  - 设计压力大于 1MPa 而小于 10MPa 且设计温度大于或等于 400℃ 时，应按焊缝数量的 10% 进行射线抽检，合格等级不得低于 III 级；
  - 其他非可燃介质管道应按焊缝数量的 5% 进行射线抽检，合格等级不得低于 III 级。
- 7.3.7 射线抽检中发现有不合格焊缝时，应在同一管线上该焊工所焊的焊缝中加倍抽检，如仍有不合格焊缝时，则该管线上该焊工所焊焊缝应 100% 检验。
- 7.3.8 炉管和炉体配管的焊缝不能进行射线检测时，可采用其他方法进行无损检测。但应征得设计同意，并取得确认文件。
- 7.4 焊后热处理
- 7.4.1 炉管及炉体配管焊后热处理应按 SH 3501 的有关规定执行。
- 7.4.2 焊后热处理的加热方法宜采用电加热法。
- 7.4.3 热处理后进行返修的焊缝，检验合格后应重新进行热处理。
- 7.5 系统压力试验
- 7.5.1 炉管及炉体配管安装完毕，经检验合格后，方可进行系统试压，系统试压应按试压流程图进行，试压前应做好下列准备工作：
- 按 SH 3501 的规定对有关技术资料和试压条件进行检查和确认；
  - 弹簧支、吊架及配重平衡系统均应锁住，使其处于不受力状态；
  - 确认与试压系统有关的钢结构和管架安装完毕；
  - 试压方案经审查批准，试验用压力表经检定合格。
- 7.5.2 水压试验应遵守下列程序：
- 充水过程应高点排气；
  - 加压至试验压力的 50% 后，进行重点部位的检查，如无异常，方可继续升压；
  - 升压至试验压力后，保压 10min，检查无异常后降至设计压力，保压时间不得少于 30min，并进行全面检查，以不降压、无渗漏、目测无变形为合格；
  - 水压试验合格后，应缓慢排水降压，且将水应排至指定的地点。
- 7.5.3 水压试验应采用洁净水，当系统中有奥氏体不锈钢制成的设备或管道时，试验用水的氯离子含量不得大于 25mg/L，冬季试压应采取防冻措施。
- 7.5.4 物料系统、燃料油（气）及雾化蒸汽系统，设计文件有规定进行气压试验时，试验前应编制方案并进行全面检查，试压系统应设置紧急泄放装置，在隔断部位应加好盲板。
- 7.5.5 气压试验时，应缓慢增加压力，当升压至 0.5MPa 时，应对所有焊缝和法兰连接处进行初次检查，如无渗漏，方可继续升压。当压力升至试验压力的 50% 时，稳压 3min，无异常和渗漏时，再继续按试验压力的 10% 逐步升压，每级稳压 3min，直至试验压力，稳压 10min，降到设计压力，并对所有焊缝及连接处涂刷发泡剂进行检查，以无渗漏、目测无变形为合格。
- 7.5.6 炉管和炉体配管的水压试验压力，当设计文件无要求时，试验压力为设计压力的 1.5 倍。

7.5.7 炉管及炉体配管的系统泄漏性试验宜与工艺系统试验同时进行。

## 8 配件安装

8.1 配件在安装前应检查其组装质量和外形尺寸，并应符合设计文件的规定。

8.2 燃烧器的安装与调整应符合下列规定：

- a) 安装前应对燃烧器进行检验，经检验合格后安装；
- b) 燃烧器安装位置偏差应小于 8mm；
- c) 燃烧器喷嘴在安装时，点火孔位置应按设计文件的规定进行对中，安装后应对喷嘴采取保护措施，不得有污物进入导管及喷头；
- d) 燃烧器安装调整后应将固定螺栓拧紧，并将其与墙板内侧焊牢；
- e) 燃烧器配管时不得强力组对，且不得移动已调整合格的燃烧器及其附件；
- f) 燃烧器的喷嘴及供气、供油、供汽系统的管路应畅通无阻；连接部位应严密、无泄漏；一、二次风门等调节机构应准确、转动应灵活。

8.3 烟、风道挡板叶片和转轴之间的连接螺栓安装后应有效固定或定位焊，烟、风道挡板和烟囱挡板的调节系统应进行试验，其启闭应准确、转动应灵活，开关位置应与标记相一致。挡板与内壁的间隙应符合设计文件的要求。

8.4 作业门、看火门和防爆门安装位置的偏差应小于 8mm。作业门与门框、看火门与门盖均应接触严密、转动灵活。

8.5 重力式防爆门的门盖重量符合设计文件的规定，铰链转动应灵活。

8.6 弹簧吊架应按类型和支承负荷正确地进行安装。弹簧吊架承力后，标尺应处于冷态负荷位置，标尺读数应予记录；当炉管升温后，应检查、调整弹簧吊架热负荷位置，使其符合设计文件的规定。

8.7 吹灰器安装前应完成下列工作：

- a) 检查对流室墙板，其安装、焊接质量应符合设计文件要求；
- b) 按照施工图纸核对吹灰器的安装方位；
- c) 旋转喷射管式蒸汽吹灰器应检查不同材质、规格的喷射管的安装位置，并检查喷射管外观状况，不得有严重锈蚀、碰伤、弯曲变形等情况，且清除喷射管中的杂物，使喷嘴畅通；
- d) 低频声波除灰器应检查类型代码、安装基础尺寸及声导管与炉墙板的连接尺寸，并检查设备配管及外观情况，不得有缺件、表面锈蚀、损坏等缺陷。

8.8 吹灰器的支架应焊接牢固，调试时，传动系统运行应正常，吹灰管应转动灵活，伸缩长度应符合设计文件要求。

## 9 涂漆、铭牌及出厂文件

9.1 管式炉涂漆应符合设计文件规定，当设计文件无规定时应符合 SH 3022 的规定。

9.2 管式炉应在明显位置装设耐腐蚀金属材料制作的铭牌。铭牌上应标明下列内容：

- a) 管式炉名称及型号；
- b) 设备位号或产品编号；
- c) 额定热负荷，kW；
- d) 金属总重，t；
- e) 设计单位；
- f) 制造单位；
- g) 监理单位；
- h) 施工单位；

i) 竣工日期。

9.3 工厂化制造的管式炉出厂文件，应包括下列内容：

- a) 加热炉制造装配图；
- b) 质量证明文件（包括出厂合格证、金属材料证明、焊接质量证明和水压试验证明等）；
- c) 安装、使用说明书；
- d) 产品铭牌。

## 10 施工/交工验收技术文件

10.1 施工过程中根据工程进度及时进行检查相关资料文件。

10.2 管式炉在交付使用前应办理中间交接验收手续。在工程交工验收时，设计、采购、施工、检测等承包单位应提交下列有关技术文件：

- a) 设备/材料质量证明文件；
- b) 基础复测记录；
- c) 炉体钢结构安装记录；
- d) 弹簧吊架安装记录；
- e) 焊缝无损检测报告；
- f) 炉管焊缝热处理报告；
- g) 炉管焊缝位置单线图；
- h) 炉管试压记录；
- i) 炉管通球试验记录；
- j) 炉管附件安装检验记录；
- k) 炉衬施工质量检验记录；
- l) 烘炉记录；
- m) 设计变更及材料代用证明文件；
- n) 竣工图。

10.3 除合同另有规定外，工程建设交工技术文件应符合SH 3503的规定。

附 录 A  
(规范性附录)

对流段弯头焊工障碍焊考试规定

- A.1 本附录规定了管式炉对流段管束组件制造安装时，从事弯头组对焊接的焊工的资格考试要求。
- A.2 从事管式炉对流段弯头焊接的焊工，应按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》取得能够满足工程实际需要的焊接方法、材料、规格和焊接位置等要求的合格项目施焊资格，并在该合格项目的有效期内。
- A.3 本附录规定的焊工考试只进行实际操作技能考试，由施工单位的总工程师或其委托的焊接责任工程师负责组织和认可，施工单位应发给考试合格的焊工相应的上岗资格证明书，其有效期与按本规定 A.2 规定所取得的合格项目相同。
- A.4 考试应采用管状对接焊缝试件，且其焊接方法、材料、规格应与工程实际相同。当使用与实际施焊的弯头材料、规格相近的试件时，应符合《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》中规定的条件，并经施工单位总工程师或其委托的焊接责任工程师认可。
- A.5 试件的尺寸应符合《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》的规定。考试时，试件应处于水平固定和垂直固定位置，且其下表面距离地面不应大于 300mm，见图 A.1 和图 A.2。
- A.6 焊接材料应与试件相匹配。
- A.7 操作技能考试只进行外观和无损检测合格。
- A.8 考试过程应有记录，并由相关责任人员签字确认。
- A.9 承担对流段弯头焊接的焊工，已取得 A.2 条规定的合格项目，并在有效期内承担过管式炉对流段弯头焊接或类似焊接作业且一次合格率在 90% 以上时，经施工单位的焊接责任工程师审查和总工程师批准后，可免除其上述考试要求，在直接进行实际工程的对流段弯头试焊，并在首件焊接接头外观检查 and 无损检测合格后继续承担施焊任务。
- A.10 按本规定考试或认可所取得的管式炉对流段弯头焊接资格，只适用于实施本规定对焊工进行资格考试或确认的施工单位进行上述作业的焊工，当该焊工在其他单位进行同样或相似工程的焊接时，应经该单位总工程师或其委托的焊接责任工程师认可，且不得超过本规定 A.3 条规定的期限。

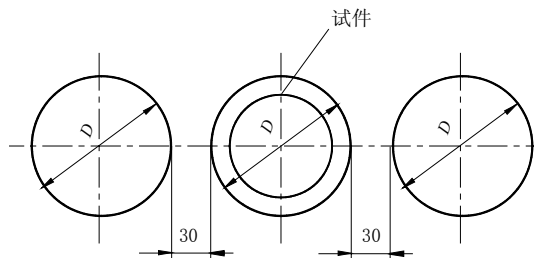


图 A.1 垂直固定加障碍物

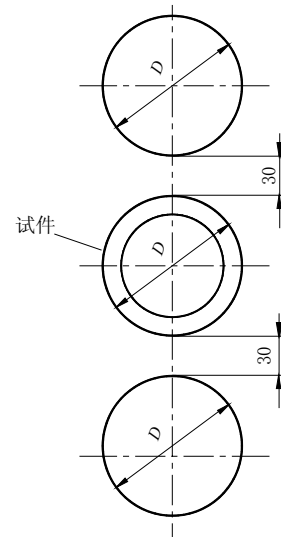


图 A.2 水平固定加障碍物



附 录 B  
(规范性附录)  
钢结构焊缝质量标准

表 B.1 给出了焊缝分类、检验项目及评定标准；表 B.2 给出了焊缝外观质量检验标准；表 B.3 给出了对接焊缝外形尺寸允许偏差；表 B.4 给出了贴角焊缝外形尺寸允许偏差；表 B.5 给出了 T 型接头 K 形焊缝外形尺寸允许偏差。

表 B.1 焊缝分类、检验项目及评定标准

序号	焊 缝 名 称	无损检测比例 <sup>c</sup> %	外观及外形尺寸检查						
			方法	比例, %	质 量 标 准				
1	型钢组合主肢接长对接焊缝	100	目测  尺量	100	本规范表 B.2、表 B.3 中一级及表 B.4、表 B.5				
	梁与柱连接盖板全熔透焊缝								
	翼板对接焊缝 <sup>a</sup>								
	被覆盖的焊缝								
2	腹板对接焊缝 <sup>a</sup>	50			目测  尺量	100	本规范表 B.2、表 B.3 中二级及表 B.4、表 B.5		
	T型接头K形焊缝 <sup>b</sup>								
3	腹板与节点板角焊缝	—					目测  尺量	100	本规范表 B.2、表 B.3 中三级及表 B.4、表 B.5
	H 型钢 T 型接头角焊缝								
	柱脚底板角焊缝								
4	操作平台焊缝								
注：未列入表中的焊缝（如 H 型钢梁与牛腿、塔架主肢法兰连接的焊缝等），由设计根据焊缝在结构中的重要程度确定级别。									
<sup>a</sup> 被覆盖的焊缝及其两端各延伸 100mm 范围内均应做无损检测。									
<sup>b</sup> 检测构件二端及中部。									
<sup>c</sup> 无损检测采用超声波检测，按 JB/T 4730 评定 II 级合格。由于结构等原因不能采用超声波检测时，可采用射线检测，III 级合格。检测比例均按每名焊工所焊焊缝的数量计算。									

表 B.2 焊缝外观质量检验标准

项 目		质 量 标 准		
		一 级	二 级	三 级
气 孔		不允许	不允许	直径小于或等于 1.0mm 的气孔，在 1 000mm 长度范围内不得超过 5 个
咬 边	不要求修磨的焊缝	不允许	深度不超过 0.5mm，累计总长度不超过焊缝长度的 10%，连续长度不超过 100mm。	深度不超过 0.5mm
	要求修磨的焊缝	不允许	不允许	—
注：焊缝金属表面不得有裂纹、夹渣、焊瘤、气孔、弧坑等缺陷。				

表 B.3 对接焊缝外形尺寸允许偏差

单位: mm

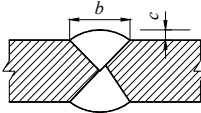
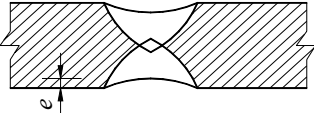
项目	示意图	允许偏差值			
		一级	二级	三级	
焊缝余高		$b < 20$	0~2	0~2	0~3
		$b \geq 20$	0~3	0~3	0~4
焊缝凹面值		$e$	0	0.5 每 100mm 焊缝内缺陷总长度不大于 25mm	

表 B.4 贴角焊缝外形尺寸允许偏差

单位: mm

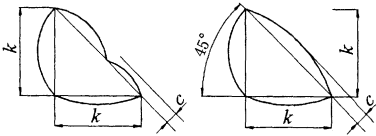
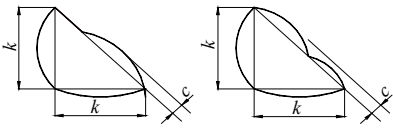
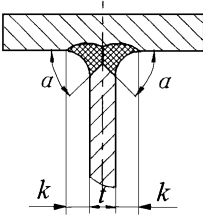
项目	示意图	允许偏差值		
		$k \leq 6$	$k > 6$	
焊脚高		$k$	$+1.5$ 0	$+3.0$ 0
焊缝余高		$c$	$+1.5$ 0	$+2.0$ 0
注: $k > 8.0\text{mm}$ 贴角焊缝的局部焊脚尺寸, 允许比设计文件的要求值低 1.0mm, 但缺陷部分总长不得超过焊缝总长的 10%。				

表 B.5 T 型接头 K 形焊缝外形尺寸允许偏差

单位: mm

示意图	允许偏差值	
	角度 $\alpha$	焊脚高度 $k$ mm
	$\pm 5$	$+1.5$ 0
注 1: $k$ 取 $t/2$ 。 注 2: $t$ 为薄板厚度。 注 3: $\alpha$ 取 $55^\circ$ 。		

附 录 C  
(规范性附录)

高强度螺栓连接副施工检验方法

C.1 高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检验

C.1.1 基本要求

C.1.1.1 制造厂和安装单位应分别以钢结构制造批为单位进行抗滑移系数试验。制造批可按分部(子分部)工程划分规定的工程量每 2 000 吨为一批,不足 2 000 吨的可视为一批。选用两种及两种以上表面处理工艺时,每种处理工艺应单独检验。每批三组试件。

C.1.1.2 抗滑移系数试验应采用双摩擦面的二栓拼接的拉力试件。

C.1.1.3 抗滑移系数试验用的试件应由制造厂加工,试件与所代表的钢结构应为同一材质、同批制作、采用同一摩擦面处理工艺和具有相同的表面状态,并应用同批同一性能等级的高强度螺栓连接副,在同一环境条件下存放。

C.1.1.4 试件钢板的厚度应根据钢结构工程中有代表性的板材厚度来确定,同时应考虑在摩擦面滑移之前,试件钢板的净截面始终处于弹性状态,宽度可参照表 C.1 规定取值。长度 $L_1$ 根据试验机夹具的要求确定。

C.1.1.5 试件板面应平整,无油污,孔和板的边缘无飞边、毛刺。

表 C.1 抗滑移系数试件板的厚度

单位: mm

螺栓直径 $d$	16	20	22	24	27	30
板宽 $b$	100	100	105	110	120	120

C.1.2 试验方法

C.1.2.1 试验用的试验机误差应在 1%以内。

C.1.2.2 试验用的贴有电阻片的高强度螺栓、压力传感器和电阻应变仪应在试验前用试验机进行标定,其误差应在 2%以内。

C.1.2.3 试件的组装顺序应符合下列规定:

- a) 先将冲孔钉打入试件孔定位,然后逐个换成装有压力传感器或贴有电阻片的高强度螺栓或换成同批经预拉力复验的扭剪型高强度螺栓;
- b) 紧固高强度螺栓应分初拧、终拧;初拧应达到螺栓预拉力标准值的 50%左右;终拧后,螺栓预拉力应符合下列规定:
  - 1) 对装有压力传感器或贴有电阻片的高强度螺栓,采用电阻应变仪实测控制试件每个螺栓的预拉力值应在设计预拉力值的 0.95%~1.05%之间;
  - 2) 不进行实测时,扭剪型高强度螺栓的预拉力(紧固轴力)可按同批复验预拉力的平均值取用。

C.1.2.4 试件应在其侧面画出观察滑移的直线。

C.1.2.5 将组装好的试件置于拉力试验机上,试件的轴线应与试验机夹具中心严格对中。

C.1.2.6 加荷时,应先加 10%的抗滑移设计荷载值,停 1min后,再平稳加荷,加荷速度为 3kN/s~5kN/s。直拉至滑动破坏,测得滑移荷载 $N_V$ 。

C.1.2.7 在试验中当发生以下情况之一时,所对应的荷载可定为试件的滑移荷载:

- a) 试验机发生回针现象;

- b) 试件侧面画线发生错动;
- c) X—Y 记录仪上变形曲线发生突变;
- d) 试件突然发生“嘣”的响声。

C.1.2.8 抗滑移系数应根据试验所得的滑移荷载 $N_V$ 和螺栓预拉力 $P$ 的实测值,按公式(C.1)计算,宜取小数点二位有效数字。

$$\mu = \frac{N_V}{n_f} \sum_{i=1}^m P_i \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- $\mu$  —— 抗滑移系数;
- $N_V$  —— 由试验得的滑移荷载, kN;
- $n_f$  —— 摩擦面面数,  $n_f$  取 2;
- $m$  —— 试件一侧螺栓数,  $m$  取 2;
- $\sum_{i=1}^m P_i$  —— 试件滑移一侧高强度螺栓预拉力实测值(或同批螺栓连接副的预拉力平均值)之和(取三位有效数字), kN。

C.2 高强度螺栓连接副施工扭矩检验

C.2.1 一般规定

- C.2.1.1 高强度螺栓连接副扭矩检验包括初拧、复拧和终拧。
- C.2.1.2 检验所用扭矩扳手的扭矩偏差应不大于 3%。
- C.2.1.3 检验应在施拧 1h 后, 48h 内完成。
- C.2.1.4 高强度螺栓连接副扭矩检验与施工法应相同。

C.2.2 扭矩法检验

- C.2.2.1 在螺尾端头和螺母相对位置划线,将螺母退回 60°左右,用扭矩扳手测定拧回至原来位置时的扭矩值。该扭矩值与施工扭矩值的偏差在 10% 以内为合格。
- C.2.2.2 高强度螺栓连接副终拧扭矩值按公式(C.2)计算。

$$T_c = K \cdot P_c \cdot d \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

- $T_c$  —— 终拧扭矩值, N·m;
- $K$  —— 扭矩系数,按高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数复验确定;
- $P_c$  —— 施工预拉力标准值,见表 C.2, kN;
- $d$  —— 螺栓公称直径, mm。

C.2.2.3 高强度大六角头螺栓连接副的初拧扭矩值可按终拧扭矩值的 1/2 取值。

C.2.2.4 扭剪型高强度螺栓连接副的初拧扭矩值可按公式(C.3)计算。

$$T_0 = 0.065P_c \cdot d \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- $T_0$  —— 初拧扭矩值, N·m;
- $P_c$  —— 施工预拉力标准值,见表 C.2, kN;
- $d$  —— 螺栓公称直径, mm。

表 C.2 高强度螺栓连接副施工预拉力标准值

螺栓公称直径, mm		M16	M20	M22	M24	M27	M30
预拉力标准值, kN	8.8s	75	120	150	170	225	275
	10.9s	110	170	210	250	320	390

## C.2.3 转角法检验

C.2.3.1 检查初拧后在螺母与相对位置所画的终拧起始线和终止线所夹的角度是否达到规定值;

C.2.3.2 在螺尾端头和螺母相对位置画线, 然后全部卸松螺母, 再按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓, 观察与原画线是否重合。

C.2.3.3 终拧转角偏差在  $10^\circ$  以内为合格。终拧转角与螺栓直径、长度等因素有关, 应由试验确定。

## C.2.4 扭剪型高强度螺栓扭矩检验

C.2.4.1 扭剪型高强度螺栓终拧紧时, 尾部梅花头被拧掉者视同其终拧扭矩达到合格标准。

C.2.4.2 扭剪型高强度螺栓终拧紧时, 尾部梅花头未被拧掉者, 其终拧扭矩达到合格标准的, 应按本附录 C.2.2 条、C.2.3 条重新检验。

## C.3 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数复验

C.3.1 复验用螺栓应在施工现场待安装的螺栓批中随机抽取, 每批应抽取 8 套连接副进行复验。

C.3.2 连接副扭矩系数复验用的计量器具应在试验前进行标定, 误差不得超过 2%。

C.3.3 每套连接副只应做一次试验, 不得重复使用。在紧固中垫圈发生转动时, 应更换连接副重新试验。

C.3.4 连接副扭矩系数的复验应将螺栓穿入轴力计, 在测出螺栓预拉力的同时应测定施加于螺母上的施拧扭矩值, 并一概按公式 (C.4) 计算扭矩系数。

$$K = \frac{T}{P} d \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

$K$  —— 连接副扭矩系数;

$T$  —— 施拧扭矩,  $N \cdot m$ ;

$d$  —— 螺栓公称直径,  $mm$ ;

$P$  —— 螺栓预拉力,  $kN$ 。

C.3.5 螺栓预拉力值应符合表 C.3 的规定。每组 8 套连接副扭矩系数的平均值应为 0.110~0.150, 标准值偏差小于或等于 0.010。

C.3.6 扭剪型高强度螺栓连接副当采用扭矩法施工时, 其扭矩系数亦按规定确定。

表 C.3 螺栓预拉力值范围

单位: kN

螺栓公称直径, mm		M16	M20	M22	M24	M27	M30
预拉力值 kN	10.9s	93~113	142~177	175~215	206~250	265~324	325~390
	8.8s	62~78	100~120	125~150	140~170	185~225	230~275

附 录 D  
(规范性附录)  
炉 管 胀 接

- D.1 胀接前应做好炉管与回弯头的硬度值选配和直径选配，并做好记录和编号。
- D.2 回弯头胀口部分的硬度应比炉管管端的硬度高 HB30~HB40，合金钢回弯头胀口的硬度应在 HB210~HB250 的范围内。
- D.3 回弯头胀口处内径与炉管外径直径选配，应符合下列规定：
- a) 炉管外径小于或等于 102mm 时，直径差应为 1mm~1.5mm；
  - b) 炉管外径大于 102mm 时，直径差应为 1.5mm~2mm。
- D.4 炉管管端硬度值不符合本附录 D.2 条的规定时，应进行退火处理。
- D.5 管端退火长度应比胀接长度长 80mm~100mm，退火处理时宜采用下列工艺：
- a) 碳素钢炉管退火加热温度为 600℃~650℃，恒温 10min~15min，然后缓冷至常温，炉管退火后的硬度值应在 HB130~170 范围内；
  - b) 铬钼钢炉管退火加热温度为 725℃~750℃，恒温 2.5h，在炉内缓冷至常温，炉管退火后的硬度值不应大于 HB210。
- D.6 炉管胀端退火后应将胀接端 150mm 内、外表面、铁锈、挂渣等清理干净，粗糙不平处应磨平，并将外表面打磨至露出金属光泽，且不应有起皮、凹痕、裂纹、轴向刻痕等缺陷。允许有小于 0.2mm 的环向刻痕和不连续斑点存在，打磨后的管子减薄量应小于 0.2mm。
- D.7 胀接前，胀管器的胀杆及炉管管端 200mm 范围的内表面，应涂上一层润滑油，但润滑油不应渗入炉管管端与回弯头胀口处间隙中。
- D.8 胀接前，应进行扩口试验与试胀。胀后把胀口部分的管头割下，对试样进行检查、比较，胀口应无裂纹。胀接长度部分应均匀圆滑，喇叭口根部与回弯头结合状态应良好，并应检查管孔壁与管子外的胀接痕迹和啮合状态。对管壁减薄和管孔变形状态进行比较，确定合适的胀管工艺，可参照表 D.1 确定实际胀大值。

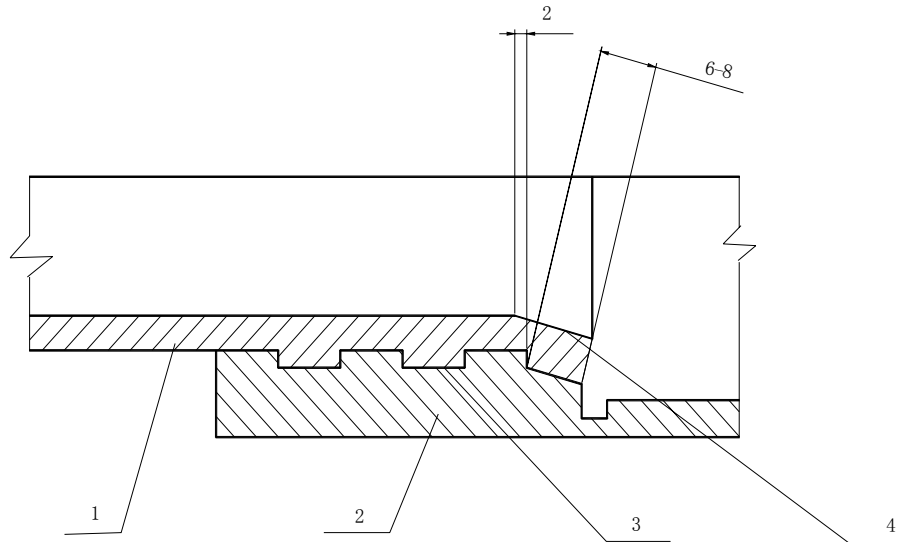
表 D.1 炉管内径胀大值

单位：mm

管 壁 厚 度	炉管内径胀大值
5.0~6.5	3.0~3.5
6.6~10.0	3.3~4.2
10.1~12.7	4.0~4.5
12.8~14.5	4.2~4.8

注：表内所列胀大值是根据单面间隙为 0.75mm 确定的，若间隙大于或小于此值时，则胀大值也应相应加大或减小。

- D.9 炉管插入回弯头胀口应对正中心，管端应伸出胀口 6mm~8mm。
- D.10 炉管胀接后管端应有翻边，翻边开始位置应距回弯头胀口斜边与胀接槽交接处 2mm(见图 D.1)，翻边应均匀平滑过渡，且不应有裂纹和明显的折棱。



1—管子；2—回弯头；3—胀接槽；4—胀接翻边

图 D.1 胀口示意

D.11 胀接 180° 回弯头内的两根炉管的端面应平齐，其长短相差不应大于 2mm。胀接后应对炉管端部有关参数及胀管数据做测量，并按表 E.9 作好记录。

D.12 环境温度低于 5℃ 或雨、雪天气在露天胀接时，应设有防护措施。胀接过程中油、水和灰尘等不得进入胀口。

D.13 胀口允许补胀，但一个管口补胀次数不应超过两次，补胀的胀大值总和不应大于 0.8mm，如补胀两次仍不合格则应更换炉管重新胀接。

D.14 胀接检查合格后，应将回弯头堵头和壳体间的结合面用溶剂清洗干净并擦干，涂上一层机油和石墨粉的混合物，按对应编号装上堵头，紧固紧螺栓时，用力应均匀。

D.15 炉管胀接全部完成后，按设计文件规定的压力进行炉管系统水压试验。试验时，充水排净炉管内的气体，缓慢分阶段升压至试验压力，在此压力下保持 15min，然后将压力降至 1.2 倍的设计压力，但不得低于 2.5MPa，保持 10h 以上，再进行全面检查，以胀口和堵头处无渗漏和压力不下降为合格。

试压合格后，应立即将水放净，并用压缩空气将水吹扫干净。

## 用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

(一) 表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”(must)；

(二) 表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”(shall)；

反面词采用“不应”或“不得”(shall not)。

(三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”(should)；

反面词采用“不宜”(should not)。

(四) 表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”(may)；

反面词采用“不必”(need not)。



中华人民共和国石油化工有限公司标准

# 管式炉安装工程施工及验收规范

SH/T 3506—2007

条文说明

2007 北京



## 目 次

1	范围	31
2	规范性引用文件	31
4	总则	31
5	钢结构的制作和安装	31
5.1	钢材的检查、矫正与切割	31
5.2	构件的工厂化制造	31
6	管架、管板、砖架和锚固件的安装	31
7	炉管及炉体配管安装	32
7.1	炉管及管件检验	32
7.2	炉管及炉体配管安装	32
7.3	焊缝质量的检验	32
7.4	焊后热处理	32
7.5	系统压力试验	32
8	配件安装	32
9	涂漆、铭牌及出厂文件	32
10	施工/交工技术文件	33



# 管式炉安装工程施工及验收规范

## 1 范围

本规范考虑到炼油、化工装置、油、气田和长输管道管式炉均为火焰加热反应炉，在结构上和技术要求上非常相似，所以本规范的适用范围确定为炼油、化工装置、油、气田和长输管道管式炉。

## 2 规范性引用文件

本规范引用的 20 个文件均为本规范实施时所涉及到的标准规范。

## 4 总则

4.1、4.2 石油化工生产技术发展很快，管式炉的材料、构造及其施工技术要求也不断变化和发展，同时，专利厂商不同，管式炉在施工方法、安装技术要求上亦有所不同，本规范难以包容，因此在施工过程中，当设计文件中有不同于本规范的要求时，应以设计文件及施工图纸的要求为基准。所以材料代用，应取得设计单位的确认。

4.3 在以往管式炉工程施工中有很多实际教训，往往用错了螺栓、炉管、管件、支承悬吊系统组成件、管道支吊架、焊接材料和锚固件等，所以本条规定应在使用时进行可追溯标识的核对，以确保施工质量。

4.4、4.5 炉管、管件的产品质量证明文件应有耐压强度试验结果，明确了单根炉管、管件在出厂前做压力试验。产品质量证明书数据不齐全或对其内容有异议时，供货单位应在施工前提供补充检验或复验合格的证明文件。

4.6 由于管式炉的生产技术发展很快，工厂化制造的模块越来越多，因此工厂化制造的管式炉模块要考虑钢结构和炉管组件的尺寸、重量、结构形式、加固措施和吊点设置应满足运输及现场吊装的条件。

4.7~4.11 管式炉基础、筑炉、焊接、无损检测、施工安全和劳动保护等工程均有相应的施工标准，管式炉中这些要求与其他工程的相同，可以按照相应的标准规范执行。

## 5 钢结构的制作和安装

### 5.1 钢材的检查、矫正与切割

5.1.1 为了保证工程施工质量，必须从质量的源头抓起，因此施工单位在施工前对原材料进行外观的复验。

5.1.2 普通碳素结构钢的工作环境温度低于 $-16^{\circ}\text{C}$ ，低合金结构钢的工作环境温度低于 $-12^{\circ}\text{C}$ 时，不得进行剪切和冲孔，是为了保持和 SH 3501 协调一致。

5.1.3 为了保证组装质量，对钢材切割后的偏差作出了具体的要求。

### 5.2 构件的工厂化制造

管式炉的结构比较复杂，采用工厂化制造、现场组装的方式组织施工有利于保证质量，加快施工进度，并有利于现场文明施工。本规范所指的工厂化制造是指在具有一定的加工能力和生产工艺相对固定的场所加工制造过程。包括由专业制造厂进行制造和由施工单位在安装现场之外建立的预制场地制造两种制造过程。

## 6 管架、管板、砖架和锚固件的安装

本规范对管架、管板、砖架和锚固件的表面质量、外形尺寸允许偏差作出了规定和要求。对管架、管板、砖架、锚固件安装过程的技术要求。

## 7 炉管及炉体配管安装

### 7.1 炉管及管件检验

炉管及炉体配管涉及的材料多种多样，从而在炉管及炉体配管安装前进行检验，并对检验项目作出了具体的规定。

### 7.2 炉管及炉体配管安装

#### 7.2.1 一般规定

炉管及炉体配管所涉及的材质品种多，相应的焊接标准也较多，为保证炉管及炉体配管总体施工质量，并对焊接材料、焊接环境、施焊条件、坡口加工、焊接引弧等作出明确的规定。

#### 7.2.2 炉管安装

增加了炉管及炉体配管安装的一般规定。

#### 7.2.3 炉体配管

7.2.3.1 增加了可燃介质管道、非可燃介质管道施工的规定和要求。

7.2.3.2 辐射段炉管和对流段炉管之间以及对流段各组之间的横跨管的安装时应注意蠕变现象，因此，应根据实际安装长度逐根下料，并留出图纸规定的预拉伸量。

7.2.3.3 由于钢结构安装偏差，可能导致支吊架安装位置不合适的情况，为保证炉管及炉体配管在开车后运行正常，吊架的位置不得随意更改。如遇原设计位置不合适时，施工单位应在与设计单位联系后，共同确定调整方案。

7.2.3.4 对焊前预热时的加热范围进行了规定。

7.2.3.5 对无损检测不合格的焊缝部位进行返修和规定，特别是高合金钢炉管的同一部位焊缝返修次数不应超过两次。

### 7.3 焊缝质量的检验

本规范对炉管和炉体配管焊缝表面质量的要求，如：外观成形良好、焊缝与母材应圆滑过渡、焊缝和热影响区表面不应有裂纹、气孔、弧坑和肉眼可见的夹渣和熔合性飞溅等缺陷、焊缝加强高应小于2mm、咬边深度不得超过0.5mm。表面质量不合格的焊缝不得进行其他项目的检验，内在质量按JB 4730进行。射线透照质量等级不得低于AB级。

本规范给出了炉体配管中的可燃介质管道和非可燃介质管道的焊缝检测抽查比例和焊缝缺陷等级评定标准。

本规范对炉管和炉体配管的焊缝不能进行射线检测时，采用其他方法进行无损检测。但应征得设计同意，并取得确认文件。

### 7.4 焊后热处理

本规范对炉管及炉体配管焊后热处理按SH 3501的有关规定执行。建议采用电加热法对焊缝进行焊后热处理，热处理后进行返修的焊缝，检验合格后应重新进行热处理。

### 7.5 系统压力试验

本规范对系统试压条件、试压程序、试压方法、试压标准和要求进行了规定。

## 8 配件安装

本规范对燃烧器、烟、风道挡板和烟囱挡板的调节系统、作业门、看火门和防爆门、重力式防爆门、弹簧吊架、吹灰器的安装与调整作出了规定。

## 9 涂漆、铭牌及出厂文件

本规范对管式炉涂漆进行了规定，首先应符合设计文件规定，当设计文件无规定时应符合SH 3022

的规定。并规定工厂化制造单位对管式炉铭牌的制作标准、铭牌的内容要求。

#### 10 施工/交工验收技术文件

本规范给出了施工过程中及时进行检查的相关资料文件，是属于施工过程中的技术性资料，设计、采购、施工、检测等单位在施工过程中应做好上述有关技术文件。