

# 前 言

本标准是根据住房和城乡建设部《2019年工程建设规范和标准编制及相关工作计划的通知》(建标函〔2019〕8号)的要求,由中冶赛迪工程技术股份有限公司会同有关单位共同编制完成的。

本标准在修订过程中,标准编制组开展了多项专题研究,进行了大量的调查分析;总结了近十年来我国壳体结构设计、施工和生产使用的实践经验;吸纳了近年来的科研成果;与国外先进的标准规范进行了比较;与国内外相关的标准规范进行了协调,并借鉴了有关的国家标准。在此基础上以多种方式广泛征求了有关单位的意见,经反复讨论、修改,最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、基本规定、荷载、材料、高炉、热风炉、重力除尘器、粗煤气管道、施工等。

本标准修订的主要技术内容是:

1. 将原第6章和第7章修改为第6章~第9章,原第8章、第9章和第10章合并为第10章;
2. 补充并调整了术语,删除了符号;
3. 以第四强度理论屈服准则确定当量应力;
4. 修订了许用应力取值原则;
5. 调整了壳体钢材选用规定;
6. 调整了壳体厚度计算公式;
7. 修正了热风炉壳体炉缸段与基础连接锚栓的计算公式,并调整了相关的构造要求;
8. 调整了壳体开孔面积和孔洞之间的净距要求;
9. 取消了热风炉壳体炉缸段与环板的T形连接方式;
10. 增加了重力除尘器壳体支承结构的构造要求;

11. 明确规定了粗煤气管道按照压力管道设计的要求；
12. 调整了壳体焊缝无损检测应遵循的标准及合格等级。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由中国冶金建设协会负责日常管理，由中冶赛迪工程技术股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中冶赛迪工程技术股份有限公司国家标准《炼铁工艺炉壳体结构技术标准》管理组（地址：重庆市渝中区双钢路1号；邮编：400013；邮箱：kjglbgg@cis-di.com.cn）。

本标准起草单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司

中冶建筑研究总院有限公司

西安建筑科技大学

重庆大学

中冶京诚工程技术有限公司

上海宝冶集团有限公司

山东省冶金设计院股份有限公司

太原钢铁集团公司

武钢中冶工业技术服务公司

佐敦涂料(张家港)有限公司

中国十九冶集团有限公司

宝钢湛江钢铁有限公司

宝山钢铁股份有限公司

中冶南方工程技术有限公司

本标准主要起草人员：李书本 李 胜 段 斌 李成智

钟炜辉 聂诗东 国忠岩 曾凡峰

张雪晶 陈 帅 陈荣林 董经付

向红宇 蒋正春 田 敏 弋晓锋

陈 炯 方瑶婧 陈佑明 林祥海

郝际平 崔 佳 卢立香 尹登科

彭 钟 赵敬宇 邓玉孙 赵 贺

陈建荣 赵 文 周利清  
本标准主要审查人员：郭启蛟 胡朝晖 苏明周 傅彦青  
戴国欣 王骏涛 李树彬 罗福盛  
唐洪志 苏 威

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 目 次

1	总 则	( 1 )
2	术 语	( 2 )
3	基本规定	( 5 )
4	荷 载	( 7 )
4.1	荷载分类和荷载效应组合	( 7 )
4.2	壳体荷载	( 7 )
5	材 料	( 9 )
5.1	钢材	( 9 )
5.2	连接材料	( 10 )
5.3	设计指标	( 12 )
6	高 炉	( 15 )
6.1	一般规定	( 15 )
6.2	设计	( 15 )
6.3	构造	( 18 )
7	热风炉	( 21 )
7.1	设计	( 21 )
7.2	构造	( 28 )
8	重力除尘器	( 31 )
8.1	设计	( 31 )
8.2	构造	( 32 )
9	粗煤气管道	( 34 )
9.1	设计	( 34 )
9.2	构造	( 36 )
10	施 工	( 37 )

10.1	一般规定	( 37 )
10.2	壳体制作	( 37 )
10.3	壳体检验	( 44 )
10.4	壳体运输	( 45 )
10.5	壳体安装	( 45 )
10.6	壳体焊接	( 48 )
10.7	焊缝质量检验	( 51 )
10.8	壳体涂装	( 52 )
10.9	整体气密性试验	( 53 )
10.10	竣工验收	( 54 )
附录 A	耐高温涂料涂层配套	( 55 )
附录 B	壳体结构用钢板	( 56 )
附录 C	高炉壳体结构全焊透坡口形状和尺寸	( 62 )
附录 D	内燃式热风炉壳体结构全焊透坡口形状 和尺寸	( 67 )
附录 E	外燃式热风炉蓄热室壳体结构全焊透坡口形状 和尺寸	( 70 )
附录 F	混风室壳体结构全焊透坡口形状和尺寸	( 74 )
附录 G	顶燃式热风炉壳体结构全焊透坡口形状 和尺寸	( 75 )
	本标准用词说明	( 76 )
	引用标准名录	( 77 )

## Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Basic requirements .....	( 5 )
4	Loads .....	( 7 )
4.1	Classification and effect combination of load .....	( 7 )
4.2	Loads on shell .....	( 7 )
5	Material .....	( 9 )
5.1	Structural steel .....	( 9 )
5.2	Connecting material .....	( 10 )
5.3	Design index .....	( 12 )
6	Blast furnace .....	( 15 )
6.1	General requirements .....	( 15 )
6.2	Design .....	( 15 )
6.3	Structure .....	( 18 )
7	Hot-blast stove .....	( 21 )
7.1	Design .....	( 21 )
7.2	Structure .....	( 28 )
8	Gravity de-duster .....	( 31 )
8.1	Design .....	( 31 )
8.2	Structure .....	( 32 )
9	Raw gas pipeline .....	( 34 )
9.1	Design .....	( 34 )
9.2	Structure .....	( 36 )
10	Construction .....	( 37 )

10.1	General requirements	( 37 )
10.2	Shell construction	( 37 )
10.3	Shell inspection	( 44 )
10.4	Shell transportation	( 45 )
10.5	Shell installation	( 45 )
10.6	Shell welding	( 48 )
10.7	Quality inspection of welding	( 51 )
10.8	Shell coating	( 52 )
10.9	Overall leakage test	( 53 )
10.10	Take-over inspection and acceptance	( 54 )
Appendix A	Heat resistant coating kit	( 55 )
Appendix B	Steel plate for shell structure	( 56 )
Appendix C	Shapes and sizes of completely-penetrated groove for blast furnace shell structure	( 62 )
Appendix D	Shapes and sizes of completely-penetrated groove for internal-combustion hot stove shell structure	( 67 )
Appendix E	Shapes and sizes of completely-penetrated groove for regenerative chamber of external combustion hot stove shell structure	( 70 )
Appendix F	Shapes and sizes of completely-penetrated groove for mixing chamber shell structure	( 74 )
Appendix G	Shapes and sizes of completely-penetrated groove for top-combustion hot stove shell structure	( 75 )
	Explanation of wording in this standard	( 76 )
	List of quoted standards	( 77 )

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范炼铁工艺炉壳体结构的设计与施工,做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、改建和扩建的有效容积为  $1000\text{m}^3 \sim 5000\text{m}^3$  级的高炉、热风炉、重力除尘器、粗煤气管道壳体的结构设计施工。

**1.0.3** 炼铁工艺炉壳体结构的设计与施工除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房和城乡建设部  
浏览专用

## 2 术 语

### 2.0.1 高炉 blast furnace

一种在高温高压下将含铁原料连续还原成生铁的冶金专用窑炉,是当代炼铁生产的主体设备。用钢板作炉壳,壳内安装冷却设备并砌筑耐火材料内衬或壳外安装夹壳式冷却设备并在壳内砌筑耐火材料内衬。高炉本体自上而下分为封罩、炉喉、炉身、炉腰、炉腹、炉缸 6 部分。

### 2.0.2 热风炉 hot blast stove

将经鼓风机鼓入的冷风加热到一定的温度并送往高炉的热动力设备。热风炉系统由热风炉组及外部燃烧、送风系统管道阀门等工艺设施组成,通过对热风炉组内不同热风炉进行交替的燃烧蓄热、送风放热的换炉操作,实现对高炉的连续供风。热风炉本体为内部衬有耐火及隔热材料的承压钢结构壳体。热风炉本体内砌筑有蓄热室、燃烧室及燃烧器等耐材结构。

### 2.0.3 除尘器 de-duster

用来脱除高炉煤气中所含粗粒粉尘的工艺设施。一般有重力除尘器、旋风除尘器等典型结构形式。

### 2.0.4 粗煤气管道 raw gas pipeline

导出高炉冶炼反应所产生的高炉煤气,将煤气送往煤气净化设施的大型煤气管道。由上升管、下降管、五通球或三通管组成。

### 2.0.5 一代炉役 campaign life

高炉从点火投产到停炉大修期间的实际运行年限,是壳体结构设计规定的结构或构件按预定目的使用的年限。

### 2.0.6 壳体结构 shell structure

中面为曲面且厚度  $t$  远小于最小曲率半径  $R$  和平面尺寸的片

状结构,可分为薄壳和中厚壳。炼铁工艺炉壳体结构的厚度与中面最小曲率半径之比小于 1/50,属薄壳结构。

#### 2.0.7 当量应力 equivalent stress

由第四强度理论定义的用作任意应力状态下强度判据的组合作用应力。

#### 2.0.8 许用应力 allowable stress

当量应力的许用极限。在工程结构设计中允许材料承受的最大应力值。

#### 2.0.9 弹性分析 elastic analysis

按弹性失效准则分析结构内力及位移。

#### 2.0.10 弹塑性分析 elastic-plastic analysis

按材料塑性特征计算给定荷载下结构状态的方法。

#### 2.0.11 焊接 welding

通过电弧或气体火焰等加热并有时加压,用填充或不用填充材料使被连接焊件达到原子或分子结合状态的连接方式。

#### 2.0.12 焊接工艺 welding process

制作焊件中所有与焊接工艺作业指导书相关的加工方法和实施要求,包括焊接准备、材料选用、焊接方法选定、焊接参数、操作要求等。

#### 2.0.13 焊接工艺评定 welding process evaluation

为验证拟定焊接工艺正确性的试验过程及结果评价。

#### 2.0.14 蝶形封头 dished head

由中心具较大半径的球冠与周边较小半径的环壳以及一圆筒体直径段组成。

#### 2.0.15 预组装 pre-assembly

为满足检验壳体安装质量要求而进行的组装。

#### 2.0.16 壳体组装 shell assembly

在安装工地起重机械工作范围内的平台上,将分块壳体组装成整圈并焊接的工序。

**2.0.17 壳体安装** shell installation

利用起重机械将壳体安装到指定位置的统称。

**2.0.18 间隙** gap

壳体组对时,两钢板间的距离。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

### 3 基本规定

**3.0.1** 壳体结构设计时,应根据工程实际情况选用材料、结构方案、焊缝质量等级和构造措施,并应满足工艺、制作、安装和生产过程中的强度和刚度要求。

**3.0.2** 在正常使用情况下,高炉一代炉役的工作年限不应低于15年;热风炉等的工作年限应满足高炉二代炉役的要求。

**3.0.3** 壳体结构设计应根据炼铁工艺特点与炉容级别,综合考虑荷载性质、材料供应、开孔形状、制作、安装、施工条件等因素,选择合理的结构形式、节点构造及连接方式。

**3.0.4** 壳体结构设计时,应以第四强度理论屈服准则确定当量应力。荷载的作用效应采用标准组合,各部位的当量应力不应大于所规定的许用极限值。

**3.0.5** 壳体结构应进行整体弹性应力分析。当整体弹性应力分析不满足要求时,尚应进行局部弹塑性应力分析。使用时需要控制变形的壳体结构,应计算变形。

**3.0.6** 壳体结构的焊接应符合国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236、《钢结构焊接规范》GB 50661和《压力容器焊接规程》NB/T 47015的有关规定,并应符合本标准第10章的规定。

**3.0.7** 壳体结构的对接、T形对接与角接组合焊缝应焊透,焊缝质量等级应符合下列规定:

1 高炉、热风炉、五通球壳体结构的对接焊缝应为一级。

2 下降管壳体结构的横向对接焊缝应为一级,纵向对接焊缝应为二级。

3 其他壳体结构的对接焊缝应为二级。

4 要求焊透的 T 形对接与角接组合焊缝应为二级。

### 3.0.8 壳体结构的除锈与涂装应符合下列规定：

1 钢板表面的除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的有关规定。高炉、热风炉、重力除尘器、粗煤气管道壳体结构内表面除锈等级应为 Sa2，外表面应为 Sa2  $\frac{1}{2}$ ，高炉和热风炉底板应为 Sa1。现场焊缝、涂层损伤处以及现场制作的零星小构件除锈等级应为 St3。

2 高炉、热风炉、粗煤气管道壳体内表面不应涂底漆，待安装完毕后应根据工艺要求喷涂专用防腐和耐热涂料。重力除尘器壳体内表面应涂一道防锈底漆。

3 高炉、热风炉、重力除尘器、粗煤气管道壳体结构外表面的底漆和面漆应选用耐 400℃ 高温的涂料。底漆宜刷涂或喷涂 1 道～3 道，面漆宜刷涂或喷涂 1 道～2 道。高炉和热风炉的底板不应涂油漆。

4 壳体外表面耐热涂料涂层配套可按本标准附录 A 选用。

3.0.9 壳体结构的制作、检验、运输、安装、焊接、焊缝质量检验、涂装、整体气密性试验、竣工验收等施工要求应符合本标准第 10 章的有关规定。

## 4 荷 载

### 4.1 荷载分类和荷载效应组合

4.1.1 壳体结构上的荷载可分为永久荷载和可变荷载。

4.1.2 设计壳体结构和连接时,荷载效应组合应根据生产使用过程中可能同时作用的荷载按下式计算,并按最不利者验算强度:

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qi k} \quad (4.1.2)$$

式中:  $S$ ——荷载效应组合值;

$S_{Gk}$ ——按永久荷载标准值  $G_k$  计算的荷载效应值;

$S_{Q1k}$ ——按可变荷载标准值  $Q_k$  计算的荷载效应值,其中  $S_{Q1k}$  为诸可变荷载效应中起控制作用者;

$\psi_{ci}$ ——可变荷载  $Q_i$  的组合值系数,对高炉和热风炉的壳体结构取 1.0;其他壳体结构,无风时取 1.0,有风时取 0.9;对于高炉坐料工况炉料荷载参与的荷载组合,其荷载效应组合值系数可取 0.6;

$n$ ——参与组合的可变荷载数。

4.1.3 壳体的温度作用效应以设计温度下的许用应力抵抗,但不应包括温差作用。

4.1.4 设计热风炉炉缸段与基础连接的地脚锚栓时,应计算地震作用效应。

### 4.2 壳体荷载

4.2.1 高炉壳体荷载应按表 4.2.1 确定。

**表 4.2.1 高炉壳体荷载**

序号	类别	荷 载
1	永久荷载	壳体自重、设备重
2	可变荷载	炉顶料重、炉料重、铁水压力、气体压力、耐火砌材膨胀作用、煤气上升管膨胀反力、壳体内外温差 10℃时的作用

注：自重和设备重是指材料自身重量产生的重力荷载。

**4.2.2 热风炉壳体荷载应按表 4.2.2 确定。**

**表 4.2.2 热风炉壳体荷载**

序号	类别	荷 载
1	永久荷载	壳体自重、喷涂料重、拱顶内衬重、管道及内衬重、平台及支架自重
2	可变荷载	内衬膨胀压力、气体压力、管道作用力、平台荷载、风荷载、壳体内外温差 10℃时的作用

**4.2.3 重力除尘器壳体荷载应按表 4.2.3 确定。**

**表 4.2.3 重力除尘器壳体荷载**

序号	类别	荷 载
1	永久荷载	壳体自重、平台自重、下降管及耐材重、均排压管及煤气回收管道重
2	可变荷载	贮灰荷载、煤气压力、下降管推力、风荷载、雪荷载

**4.2.4 粗煤气管道壳体荷载应按表 4.2.4 确定。**

**表 4.2.4 粗煤气管道壳体荷载**

序号	类别	荷 载
1	永久荷载	壳体自重、耐热涂料或砌筑耐热砖重、平台及设备重、均排压管及煤气回收管道重
2	可变荷载	平台活荷载、积灰荷载、煤气压力、风荷载、雪荷载、不均匀沉降作用

**4.2.5 风荷载、雪荷载、平台积灰荷载和平台活荷载的标准值，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。**

## 5 材 料

### 5.1 钢 材

**5.1.1** 钢材牌号选用应根据壳体结构的重要性、结构形式、荷载情况、应力特征、设计温度、腐蚀介质特性和钢板厚度等因素确定。

**5.1.2** 除高炉底板外,高炉、热风炉和五通球壳体结构的钢材应具有 $0^{\circ}\text{C}$ 冲击韧性合格保证。其他壳体结构的钢材宜具有常温冲击韧性合格保证。高炉壳体结构的钢材碳当量(CEV)不宜大于0.42%或焊接冷裂纹敏感性指数( $P_{\text{cm}}$ )不宜大于0.26%,碳当量(CEV)或焊接冷裂纹敏感性指数( $P_{\text{cm}}$ )可按本标准附录B中公式(B.1.2-1)、公式(B.1.2-2)采用熔炼分析值计算。

**5.1.3** 高炉壳体结构的钢材宜采用本标准附录B中的壳体结构用钢材。对有效容积 $1200\text{m}^3 \sim 2000\text{m}^3$ 级高炉的壳体结构,可采用Q355C钢、Q390C钢、Q390D钢。高炉底板可采用Q355B钢。

**5.1.4** 热风炉炉身和炉底壳体结构的钢材宜采用Q355C钢、Q390C钢,壳体高温区段及拱顶部位宜采用Q345R钢或本标准附录B中的壳体结构用钢材。

**5.1.5** 重力除尘器壳体结构的钢材宜采用Q355B钢。

**5.1.6** 粗煤气管道壳体结构的钢材宜采用Q355B钢。

**5.1.7** 五通球壳体结构的钢材宜采用Q345R钢。对有效容积 $1200\text{m}^3 \sim 2000\text{m}^3$ 级高炉的五通球壳体结构,可采用Q355C钢。

**5.1.8** 选用钢材中,Q355B钢、Q355C钢、Q390C钢、Q390D钢、Q345R钢的质量应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《锅炉和压力容器用钢板》GB 713的有关规定。

**5.1.9** 钢材的交货状态,除Q355B钢为热轧状态交货外,其他钢材均应以正火后交货。除高炉底板外,用于高炉、热风炉、粗煤气

管道壳体结构的钢板应逐张采用超声波检测,钢板质量等级不应低于Ⅱ级。检测方法和评定标准应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第3部分:超声检测》NB/T 47013.3的有关规定。

**5.1.10** 当钢板厚度不小于40mm时,沿厚度方向承受拉应力较高的部位,应选用Z向性能钢板,材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313的有关规定。

## 5.2 连接材料

**5.2.1** 手工焊接采用的焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117的有关规定。选用的焊条型号应与壳体金属力学性能相适应。

**5.2.2** 壳体焊缝的埋弧焊、电渣焊、二氧化碳气体保护焊等的焊丝和焊剂以及保护气体,应符合下列规定:

1 自动焊或半自动焊用焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045的有关规定。

2 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊和电渣焊用焊剂》GB/T 36037的有关规定。

3 电渣焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《埋弧焊和电渣焊用焊剂》GB/T 36037的有关规定。

4 气体保护焊使用的二氧化碳气体应符合现行国家标准《工业液体二氧化碳》GB/T 6052中焊接用二氧化碳的规定,二氧化碳含量不得低于99.5%。

**5.2.3** 自动或半自动焊接用的焊丝和焊剂应与被焊钢材相适应,并应符合产品标准的规定。当两种不同牌号的钢材焊接时,宜采用与强度较低钢材适应的焊条、焊丝与焊剂。

5.2.4 壳体结构开孔处与管道或设备相焊接时,应选用与壳体金属成分和性能相同或相近的低氢型焊条。

5.2.5 用于外燃式热风炉拱顶环梁连接的紧固件应符合下列规定:

1 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782 的有关规定。

2 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。高强度螺栓的预拉力设计值和摩擦面的抗滑移系数应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

5.2.6 热风炉炉缸与钢筋混凝土基础连接的锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中规定的 Q235B 钢、Q235C 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q355B 钢、Q355C 钢制成。

5.2.7 炉壳常用焊接材料可按表 5.2.7 选用。

表 5.2.7 炉壳常用焊接材料

钢材牌号	焊条 电弧焊 SMAW GB/T 5117	实心焊丝 气体保护焊 GMAW GB/T 8110	药芯焊丝 气体保护焊 FCAW GB/T 10045	埋弧焊 SAW GB/T 5293	电渣焊 ESW GB/T 36037 GB/T 14957
Q355B Q355C	E5015 E5016	ER50-6	T490T5- 1C1A-N2U	S49A0UFB- SU34	S49A0UMS- SUM3
Q345R	E5016	ER50-6	T490T5- 1C1A-N2U	S49A2UFB- SU34	S49A0UMS- SUM3
Q390C Q390D	E5015 E5016	ER50-6	T490T5- 1C1A-N2U	S49A2UFB- SU34	S49A2UMS- SUM31

续表 5.2.7

钢材牌号	焊条 电弧焊 SMAW GB/T 5117	实心焊丝 气体保护焊 GMAW GB/T 8110	药芯焊丝 气体保护焊 FCAW GB/T 10045	埋弧焊 SAW GB/T 5293	电渣焊 ESW GB/T 36037 GB/T 14957
BB41BFC BB41BFD ALK420 WSM41C SM400C Q245LK	E4315 E4316	ER50-6	T430T5- 1C1A-N0U	S43A0UFB- SU26	S43A0UMS- SUM3
BB503C BB503D ALK490 WSM50C SM490C Q345LK Q390LK	E5015 E5016	ER50-6	T490T5- 1C1A-N2U	S49A2UFB- SU34	S49A0UMS- SUM3

### 5.3 设计指标

5.3.1 钢板的许用应力  $S_m$  应取下列各值中的最小值：

- 1 常温下规定的最小抗拉强度的 1/2.4。
- 2 温度下钢材抗拉强度的 1/2.4。
- 3 常温下规定的最小屈服强度的 1/1.5。
- 4 温度下屈服强度的 1/1.5。

5.3.2 Q355 钢、Q390 钢和 Q345R 钢的许用应力应根据钢板厚度和设计温度按表 5.3.2 选用。选用符合本标准第 5.1.8 条要求的其他牌号钢板时，设计指标应取相应质量等级钢板的许用应力。

表 5.3.2 钢板的许用应力(MPa)

钢板			常温强度		在下列温度下的许用应力 $S_m^t$				
钢板 牌号	交货 状态	厚度(mm)	$R_m$	$R_{eH}$	20℃	100℃	150℃	200℃	250℃
Q355B Q355C	热轧 正火	≤16	470	355	196	187	180	172	163
		>16~40		345	196	187	180	172	163
		>40~63		335	196	187	180	172	163
		>63~80		325	196	187	180	172	163
		>80~100		315	196	187	180	172	163
		>100~150	450	295	188	179	173	165	157
Q390C Q390D	正火	≤16	490	390	204	195	188	179	170
		>16~40		380	204	195	188	179	170
		>40~63		360	204	195	188	179	170
		>63~80		340	204	195	188	179	170
		>80~100		340	204	195	188	179	170
		>100~150	470	320	196	187	180	172	163
Q345R	正火	≤16	510	345	189	189	189	183	167
		>16~36	500	325	185	185	183	170	157
		>36~60	490	315	181	181	173	160	147

当未取得温度下的钢材强度指标时,其在温度下的许用应力值可按下列欧洲钢结构协会(ECCS)规定的公式计算:

$$S_m^t = \gamma_s S_m^{20} \quad (5.3.2-1)$$

$$\gamma_s = 1.0 + \frac{T}{767 \ln \frac{T}{1750}} \quad (5.3.2-2)$$

式中:  $S_m^t$ ——钢材在温度作用下的许用应力取值;

$S_m^{20}$ ——钢材在 20℃时的许用应力取值;

$\gamma_s$ ——钢材在温度作用下许用应力取值的折减系数;

$T$ ——钢材计算温度。

**5.3.3** 焊接连接的熔敷金属的许用应力,可取钢板的许用应力。

**5.3.4** 采用 Q235 钢或 Q355 钢制成的锚栓,许用应力  $S^a$  应取屈服强度  $R_{eH}$  的 1/2。锚栓的许用应力可按表 5.3.4 选用。

表 5.3.4 锚栓的许用应力(MPa)

钢材牌号	抗拉 $S^a$
Q235B、Q235C	110
Q355B、Q355C	160

**5.3.5** 钢材的物理性能指标应按表 5.3.5 采用。

表 5.3.5 钢材的物理性能指标

弹性模量 $E$ ( $N/mm^2$ )	剪变模量 $G$ ( $N/mm^2$ )	线膨胀系数 $\alpha$ (以每 C 计)	质量密度 $\rho$ ( $kg/m^3$ )
$206 \times 10^3$	$79 \times 10^3$	$12 \times 10^{-6}$	7850

**5.3.6** 不同温度下钢材的弹性模量可按表 5.3.6 采用。

表 5.3.6 钢材的弹性模量

在下列温度( $^{\circ}C$ )下的弹性模量 $E(N/mm^2)$				
20	100	150	200	250
$206 \times 10^3$	$197 \times 10^3$	$194 \times 10^3$	$191 \times 10^3$	$188 \times 10^3$

注:中间温度的弹性模量可用线性内插入法计算。

## 6 高 炉

### 6.1 一 般 规 定

6.1.1 壳体结构设计分段时,应符合炼铁工艺设备布置要求,每段壳体的分块宜大块化。壳体焊缝宜设置在开孔较少或开孔间距较大的位置。

6.1.2 壳体结构构造应便于制作、运输、安装、检验、维护并使壳体受力明确,并应减少应力集中。

6.1.3 壳体的开孔宜为圆形、椭圆形或长圆形,开矩形孔或方形孔时,直角处应圆滑过渡。开孔应在制作时完成,不宜现场开孔。

6.1.4 钢板拼接时,纵横两方向的对接坡口焊缝,宜采用 T 形交叉,不宜采用十字形交叉,T 形交叉点的间距不应小于 200mm 及 3 倍板厚的较大值。

6.1.5 当壳体上作用有较大的集中荷载时,应在集中荷载作用处设置加劲肋。

### 6.2 设 计

6.2.1 高炉壳体应采用自立式结构,炉底板应支承于基墩上,周围宜设置炉体框架。

6.2.2 高炉壳体(图 6.2.2)的外形尺寸应根据炼铁工艺和炉容设计的要求确定。

6.2.3 高炉壳体各段的厚度可按下列公式计算:

1 煤气封罩段厚度:

$$t = 8.00D - 10 \quad (6.2.3-1)$$

2 炉喉段厚度:

$$t = 3.50D + 9 \quad (6.2.3-2)$$

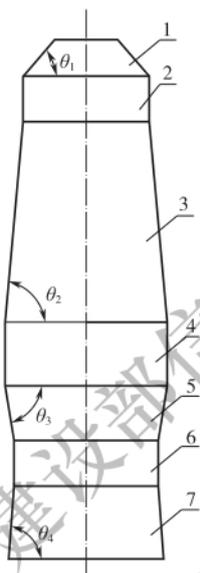


图 6.2.2 高炉壳体分段示意

1—煤气封罩段；2—炉喉段；3—炉身段；4—炉腰段；

5—炉腹段；6—风口段；7—炉缸段

3 炉身段厚度，可分为上中下三段分别计算：

$$t = 4.20D - 6 \quad (6.2.3-3)$$

4 炉腰段厚度：

$$t = 4.60D - 13 \quad (6.2.3-4)$$

5 炉腹段厚度：

$$t = 4.70D - 10 \quad (6.2.3-5)$$

6 风口段及铁口框周围局部厚度：

$$t = 7.40D - 30 \quad (6.2.3-6)$$

7 炉缸段厚度：

$$t = 4.00D - 6 \quad (6.2.3-7)$$

式中： $t$ ——壳体钢板厚度(mm)；

$D$ ——壳体的内直径(m),当为圆锥壳时,采用大端直径。

**6.2.4** 高炉壳体结构应采用大型有限元程序分析。高炉壳体结构的有限元分析应包括整体弹性应力分析。当整体弹性应力分析不满足要求时,尚应进行局部弹塑性应力分析。

**6.2.5** 壳体结构整体弹性应力分析时,宜按壳体的实际尺寸和开孔建立实体模型,并应根据生产过程中在壳体上可能同时作用的荷载进行组合,当量应力的许用极限值应符合下列规定:

1 壳体结构连续部位,中面当量应力的许用极限值应取  $1.0S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^t$ 。

2 壳体结构不连续部位,中面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $3.0S_m^t$ 。

**6.2.6** 壳体结构局部弹塑性应力分析时,钢材的应力-应变曲线应符合实际材料的应力应变关系,且可采用具有一定强化刚度的二折线模型,第二折线的刚度值可取为初始刚度值的  $2\% \sim 3\%$ 。复杂应力状态下的失效准则应采用 Von·Mises 屈服条件。

**6.2.7** 壳体结构的有限元分析宜采用板壳单元。单元划分时,板壳单元的最大边长不宜大于壁厚的 5 倍。壳体转折处单元的最大边长不宜大于板厚,风口带及开孔多且截面削弱大的区域以及冷却壁开孔密集区域,单元的最大边长不宜大于板厚的  $1/3$ 。

**6.2.8** 在进行壳体结构的有限元分析时,当承受多种荷载工况组合而不能准确判断其控制工况时,应分别按可能存在的不利荷载工况组合计算,从中找出最不利内力控制值。

**6.2.9** 壳体钢板内外表面的环向热应力,可按下列式验算:

$$\sigma_r = \mp \frac{\alpha E \Delta T}{2(1-\nu)} \quad (6.2.9)$$

式中: $\sigma_r$ ——环向热应力(N/mm<sup>2</sup>);

$E$ ——钢材的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>);

$\Delta T$ ——内外温差(°C);

$\nu$ ——钢材的泊松比;

$\alpha$ ——钢材的线膨胀系数(以每摄氏度计)。

**6.2.10** 对壳体结构开孔周边的塑性发展及应力重分布,当采用局部弹塑性应力分析时,塑性区域的扩展不应大于孔边间距的1/3。

### 6.3 构造

**6.3.1** 各段壳体的连接应减少转折点,平缓变化。煤气封罩段和炉喉段之间宜采用圆弧过渡,壳体厚度可取两者的平均值。壳体连接处水平夹角宜符合表 6.3.1 的要求。

表 6.3.1 壳体连接处水平夹角

序号	名称	夹角( $\theta$ )
1	煤气封罩段	45°~60°
2	炉身段	75°~83°
3	炉腹段	75°~85°
4	炉缸段	85°~90°

**6.3.2** 壳体对接焊缝拼接处,内侧应对齐,当钢板厚度不同,且厚度相差 6mm 以上时,外侧板应做成坡度为 1:4~1:3 的斜角。

**6.3.3** 壳体开孔截面面积,对炉身段、炉腰段、炉腹段不宜超过壳体全截面面积的 55%,孔之间的净距不宜小于 100mm;风口段开孔截面面积不得超过全截面面积的 80%,且两相邻法兰风口外圆间距(图 6.3.3)不宜小于 200mm。

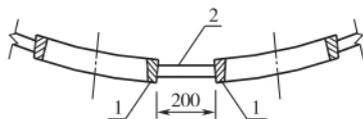


图 6.3.3 风口法兰外圆间距

1—风口法兰;2—炉壳

6.3.4 壳体开孔时除应符合本标准第 6.1.3 条的规定外,凡孔边缘距现场横向焊缝不大于 50mm 及纵向焊缝 200mm 以内的孔宜在工厂定位,现场焊接完成后切割。

6.3.5 壳体现场横向焊缝在离端部 100mm 内不应在工厂开坡口,应在纵向焊缝焊接完成后,横向焊缝施焊前在现场开坡口。

6.3.6 炉底板厚度宜按表 6.3.6 采用。环板与炉缸段壳体的连接(图 6.3.6)宜采用焊透的 T 形对接与角接组合焊缝。环板厚度可为炉底板厚度的 2 倍,宽度可取 800mm,在厚度方向应做成 1:4~1:3 的斜角。炉底板应平整,并应防止焊接变形,底板与水冷梁上翼缘应采用圆形塞焊孔连接,塞焊孔直径应为底板厚度的 3 倍,填焊高度应大于 1/2 板厚,且不应小于 16mm。

表 6.3.6 炉底板厚度

序号	炉容级别(m <sup>3</sup> )	厚度(mm)
1	1000	16
2	2000	20
3	3000	22
4	4000	25
5	5000	28

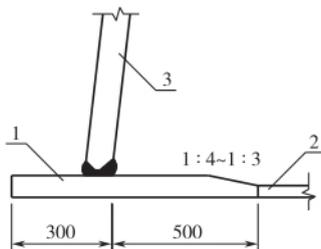


图 6.3.6 环板与炉缸段壳体的连接

1—环板;2—炉底板;3—炉缸段

**6.3.7** 除环板和炉底板外,壳体宜采用同一种牌号的钢材,不宜采用两种及以上牌号的钢材。当采用不同类别钢材相焊时,应按本标准第 10 章的规定进行焊接工艺评定。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 7 热 风 炉

### 7.1 设 计

7.1.1 热风炉的结构形式宜采用内燃式热风炉、顶燃式热风炉和外燃式热风炉。

7.1.2 热风炉的壳体分段应根据加热工艺的需要确定。炉缸段壳体应采用锚栓与基础或螺栓与钢平台梁相连。

7.1.3 热风炉高温区段及拱顶部位的壳体,宜选用 Q345R 钢或本标准附录 B 中热风炉壳体用钢板,内表面应采取防止晶界应力腐蚀的措施。

7.1.4 内燃式热风炉壳体(图 7.1.4)各段的厚度可按下列公式计算:

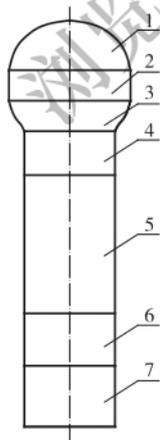


图 7.1.4 内燃式热风炉壳体

1—炉顶段;2—炉顶直线段;3—斜线段;4—上过渡段;  
5—炉身段;6—下过渡段;7—炉缸段

- 1 炉顶段厚度：
$$t = 3.00D - 8 \quad (7.1.4-1)$$
- 2 炉顶直线段厚度：
$$t = 3.80D - 10 \quad (7.1.4-2)$$
- 3 斜线段厚度：
$$t = 5.00D - 22 \quad (7.1.4-3)$$
- 4 上过渡段厚度：
$$t = 5.85D - 30 \quad (7.1.4-4)$$
- 5 炉身段厚度：
$$t = 2.35D - 3 \quad (7.1.4-5)$$
- 6 下过渡段厚度：
$$t = 6.20D - 34 \quad (7.1.4-6)$$
- 7 炉缸段厚度：
$$t = 4.30D - 12 \quad (7.1.4-7)$$

式中： $t$ ——壳体钢板厚度(mm)；

$D$ ——壳体的内直径(m)，当为圆锥壳时，采用大端直径。

**7.1.5 顶燃式热风炉壳体(图 7.1.5)各段的厚度可按下列公式计算：**

- 1 炉顶段厚度：
$$t = 4.90D - 8 \quad (7.1.5-1)$$
- 2 炉顶直线段厚度：
$$t = 4.90D - 8 \quad (7.1.5-2)$$
- 3 斜线段厚度：
$$t = 8.50D - 27 \quad (7.1.5-3)$$
- 4 锥体段厚度：
$$t = 2.20D + 2 \quad (7.1.5-4)$$
- 5 炉身上段厚度：
$$t = 4.10D - 17 \quad (7.1.5-5)$$
- 6 过渡段厚度：

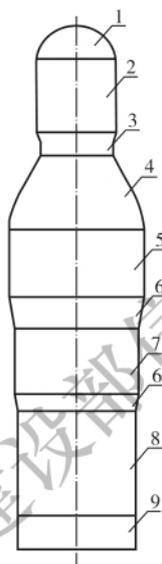


图 7.1.5 顶燃式热风炉壳体

1—炉顶段;2—直线段;3—斜线段;4—锥体段;5—炉身上段;  
6—过渡段;7—炉身中段;8—炉身下段;9—炉缸段

$$t = 4.20D - 17 \quad (7.1.5-6)$$

7 炉身中段厚度:

$$t = 2.50D \quad (7.1.5-7)$$

8 炉身下段厚度:

$$t = 3.20D - 7 \quad (7.1.5-8)$$

9 炉缸段厚度:

$$t = 4.00D - 6 \quad (7.1.5-9)$$

7.1.6 外燃式热风炉蓄热室和燃烧室壳体(图 7.1.6)各段的厚度可按下列公式计算:

1 蓄热室炉顶段厚度:

$$t = 1.00D + 14 \quad (7.1.6-1)$$

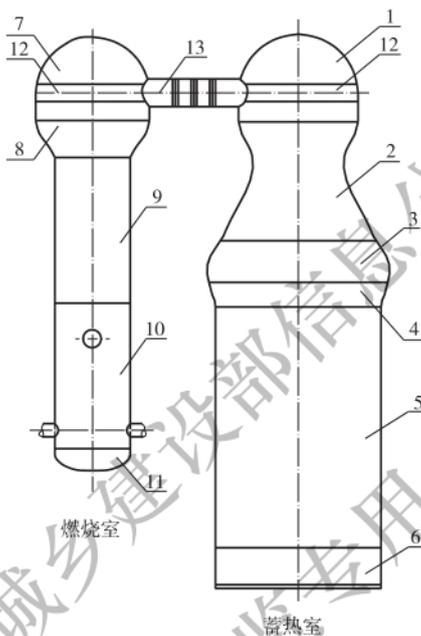


图 7.1.6 外燃式热风炉蓄热室和燃烧室壳体

- 1—蓄热室炉顶段；2—蓄热室锥体段；3—蓄热室弧形段；  
 4—蓄热室过渡段；5—蓄热室炉身段；6—蓄热室炉缸段；  
 7—燃烧室炉顶段；8—燃烧室过渡段；9—燃烧室炉身上段；  
 10—燃烧室炉身下段；11—燃烧室炉缸段；  
 12—环梁段；13—联络管

2 蓄热室锥体段厚度：

$$t = 2.00D + 14 \quad (7.1.6-2)$$

3 蓄热室弧形段厚度：

$$t = 1.35D + 21 \quad (7.1.6-3)$$

4 蓄热室过渡段厚度：

$$t = 3.90D - 2 \quad (7.1.6-4)$$

5 蓄热室炉身段厚度：

$$t = 3.00D - 7 \quad (7.1.6-5)$$

6 蓄热室炉缸段厚度：

$$t = 3.70D - 2 \quad (7.1.6-6)$$

7 燃烧室炉顶段厚度：

$$t = 1.00D + 14 \quad (7.1.6-7)$$

8 燃烧室过渡段厚度：

$$t = 1.80D + 16 \quad (7.1.6-8)$$

9 燃烧室炉身上段厚度：

$$t = 3.40D - 2 \quad (7.1.6-9)$$

10 燃烧室炉身下段厚度：

$$t = 2.00D + 7 \quad (7.1.6-10)$$

11 燃烧室炉缸段厚度：

$$t = 4.10D + 5 \quad (7.1.6-11)$$

7.1.7 外燃式热风炉混风室壳体(图 7.1.7)各段的厚度可按下列公式确定：

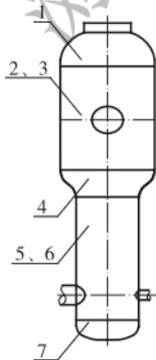


图 7.1.7 外燃式热风炉混风室壳体  
1—炉顶段；2、3—炉身上段；4—过渡段；  
5、6—炉身下段；7—炉缸段

1 炉顶段厚度:

$$t = 8.00D \quad (7.1.7-1)$$

2 炉身上段厚度:

$$t = 3.80D \quad (7.1.7-2)$$

3 炉身上段与热风管道连接处厚度:

$$t = 6.70D \quad (7.1.7-3)$$

4 过渡段厚度取炉身上、下段厚度的平均值;

5 炉身下段厚度:

$$t = 4.50D \quad (7.1.7-4)$$

6 炉身下段与热风管道连接处厚度:

$$t = 7.60D \quad (7.1.7-5)$$

7 炉缸段厚度:

$$t = 6.70D \quad (7.1.7-6)$$

7.1.8 拱顶环梁型外燃式热风炉燃烧室和蓄热室拱顶壳体之间设置的环梁强度应按下列公式验算:

$$\frac{N}{2A_n} \pm \frac{M_x}{W_{nx}} \leq S_m \quad (7.1.8-1)$$

$$N = \frac{1}{4} \pi d^2 p_c \quad (7.1.8-2)$$

$$M_x = \frac{6EI_x \Delta}{l^2} \quad (7.1.8-3)$$

式中:  $N$ ——拱顶联络管盲板力(N);

$M_x$ ——蓄热室和燃烧室之间沿高度方向的不均匀膨胀量产生的弯矩(N·mm);

$d$ ——拱顶联络管内径(mm);

$A_n$ ——拱顶环梁的净截面面积(mm<sup>2</sup>);

$p_c$ ——高炉鼓风机最大出口气体压力(MPa);

$E$ ——钢材弹性模量(N/mm<sup>2</sup>);

$I_x$ ——环梁的毛截面惯性矩(mm<sup>4</sup>);

$W_{nx}$ ——环梁的净截面模量(mm<sup>3</sup>);

$l$ ——环梁的计算长度,取燃烧室和蓄热室拱顶壳体中心线之间的距离(mm);

$\Delta$ ——蓄热室和燃烧室之间沿高度方向的不均匀膨胀量,一般取 15mm~20mm;

$S_m$ ——钢材的许用应力(N/mm<sup>2</sup>)。

**7.1.9** 热风炉壳体结构计算时,应采用大型有限元程序,按壳体的实际尺寸和开孔以及联络管的实际尺寸等建立实体模型,并根据生产过程中在壳体上可能同时作用的荷载,对壳体结构进行弹性计算分析,当量应力的许用极限值应符合下列规定:

1 壳体结构连续部位中面当量应力的许用极限值应取  $1.0S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^s$ 。

2 壳体结构不连续部位中面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $3.0S_m^s$ 。

**7.1.10** 对壳体开孔周边区域的塑性发展及应力重分布,当采用局部弹塑性理论分析时,塑性扩展区域不得沿孔洞周向贯通,最大塑性扩展区域不应大于板厚。

**7.1.11** 壳体结构与基础相连的锚栓应沿圆周等距排列,锚栓强度应按下列公式计算:

$$\frac{2N_1 \pi R_Q - G_k}{nA_n} \leq S_t^a \quad (7.1.11-1)$$

$$N_1 = \frac{M}{\pi R_Q^2} \quad (7.1.11-2)$$

式中: $A_n$ ——一个锚栓的净截面积(mm<sup>2</sup>);

$n$ ——锚栓数量(个);

$G_k$ ——壳体结构承受的永久荷载,包括壳体自重、拱顶内衬重量、管道及设备重量、平台及各种支架上的永久荷载标准值(N);

$N_1$ ——由风荷载或水平地震作用产生的锚栓所在圆的单位周长上最大纵向拉力(N);

$M$ ——假定壳体结构嵌固于基础上,炉底处由风荷载或水平地震作用产生的较大弯矩( $N \cdot mm$ );

$R_Q$ ——锚栓至热风炉中心的距离( $mm$ );

$S_n^a$ ——锚栓的许用应力( $N/mm^2$ )。

**7.1.12** 壳体结构安装时,地脚锚栓强度应按下列公式验算:

$$\left(\frac{2M}{R_Q} - G_0\right) \frac{1}{nA_n} \leq S_n^a \quad (7.1.12)$$

式中: $G_0$ ——壳体结构自重( $N$ )。

## 7.2 构造

**7.2.1** 壳体转折处的连接宜圆弧过渡。

**7.2.2** 与管道连接的壳体应采取分散管道盲板力的构造措施,管道与壳体的焊缝应满足受力要求。

**7.2.3** 与壳体相连的管道宜伸入壳体内,但不应超过 20mm。

**7.2.4** 壳体纵横方向对接焊时,接头形式应符合本标准第 6.1.4 条的规定。孔边缘距纵向焊缝的距离不宜小于 150mm。

**7.2.5** 壳体上开孔直径大于 800mm 时,宜对开孔的钢板加厚,加厚范围宜为开孔直径的 2 倍,厚度可为同带或邻带钢板的 1.5 倍~2 倍。也可采用加强板的方法对开孔进行补强,加强板的厚度应由计算确定。

**7.2.6** 内燃式和顶燃式热风炉底板厚度宜与炉缸段壳体厚度相同,相接处应圆弧过渡。

**7.2.7** 外燃式热风炉的蓄热室底板厚度应与炉缸段壳体厚度相同,相接处应圆弧过渡;燃烧室和混风室的底板宜采用蝶形封头,厚度宜为炉缸段壳体厚度的 1.5 倍,与炉缸段壳体相接处应圆弧过渡。

**7.2.8** 外燃式热风炉燃烧室与蓄热室拱顶联络管应设波纹补偿器,两拱顶间宜采用环梁连接(图 7.2.8-1),也可采用拉杆连接(图 7.2.8-2)。拉杆数量不应少于 4 根并沿联络管圆周等距排列。

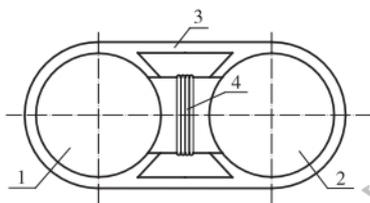


图 7.2.8-1 环梁连接示意

1—燃烧室；2—蓄热室；3—环梁；4—波纹补偿器

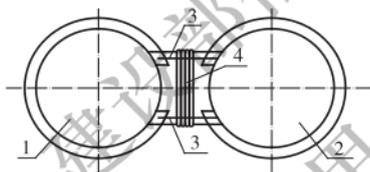


图 7.2.8-2 拉杆连接示意

1—燃烧室；2—蓄热室；3—拉杆；4—波纹补偿器

**7.2.9** 内燃式和顶燃式热风炉热风出口处,宜根据工艺要求设置加强环梁或加强环板。

**7.2.10** 热风炉壳体与管道连接处宜沿管道周围设置加劲肋加强。

**7.2.11** 内燃式和顶燃式热风炉炉缸段壳体与基础相连的锚栓直径,可根据不同的炉容级别计算确定,螺栓直径不宜小于 40mm~60mm,锚栓间的夹角宜为  $10^\circ$ 。

**7.2.12** 外燃式热风炉蓄热室的炉缸段壳体与基础相连的锚栓直径不宜小于 60mm,锚栓间的夹角宜为  $10^\circ$ 。燃烧室和混风室的炉缸段壳体与支架连接的螺栓直径不宜小于 40mm,螺栓间的夹角宜分别为  $18^\circ$ 和  $30^\circ$ 。

**7.2.13** 壳体对接焊缝拼接处,内侧应对齐。当钢板厚度不同时,焊缝坡口形式应根据较薄焊件厚度按本标准第 6.3.2 条的要求做成斜角。

7.2.14 热风炉高温区段以上的壳体,应根据工艺要求采取保温措施。

7.2.15 炉缸段壳体与基础相连的锚栓应加长,加长量不宜小于80mm。烘炉前应将螺帽松开,烘炉后再拧紧螺帽。

7.2.16 在热风炉烘炉后,地脚锚栓上部宜加设防雨罩(图7.2.16)。

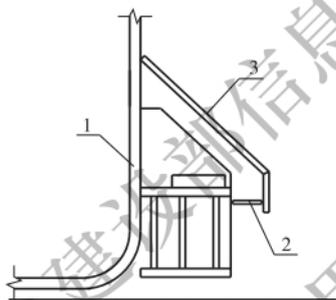


图 7.2.16 防雨罩示意

1—炉缸;2—环板;3—防雨罩

## 8 重力除尘器

### 8.1 设计

8.1.1 重力除尘器壳体可分为五段式和三段式(图 8.1.1),上锥段与高炉下降管应相连,下竖段的环形支座可采用螺栓与框架环梁相连。

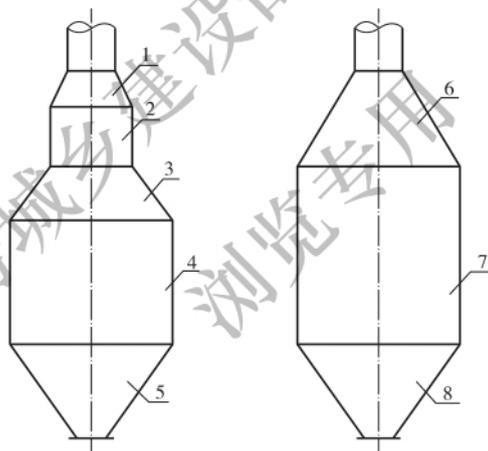


图 8.1.1 重力除尘器壳体

1—上锥段;2—上竖段;3—中锥段;4—下竖段;5—下锥段;

6—三段式上锥段;7—三段式竖段;8—三段式下锥段

8.1.2 重力除尘器壳体各段的厚度可按下列公式确定:

1 上锥段厚度:

$$t = 1.55D + 9 \quad (8.1.2-1)$$

2 上竖段厚度:

$$t = 0.20D + 19 \quad (8.1.2-2)$$

3 中锥段厚度:

$$t = 1.25D + 7 \quad (8.1.2-3)$$

4 下竖段厚度:

$$t = 1.00D + 8 \quad (8.1.2-4)$$

5 下锥段厚度:

$$t = 1.25D + 7 \quad (8.1.2-5)$$

6 三段式上锥段厚度:

$$t = 1.10D + 10 \quad (8.1.2-6)$$

7 三段式竖段厚度:

$$t = 1.10D + 6 \quad (8.1.2-7)$$

8 三段式下锥段厚度:

$$t = 1.40D + 5 \quad (8.1.2-8)$$

式中: $t$ ——壳体钢板厚度(mm);

$D$ ——壳体的内直径(m),当为圆锥壳时,采用大端直径。

**8.1.3** 单独分析重力除尘器壳体结构时,应计算下降管传来的荷载及盲板力。

**8.1.4** 重力除尘器壳体结构计算时,宜采用大型有限元程序,建立上升管、五通球、下降管和重力除尘器壳体及框架的空间实体模型,并应根据生产过程中可能同时作用的荷载,对壳体结构进行弹性计算分析,当量应力的许用极限值应符合下列规定:

1 壳体结构连续部位中面当量应力的许用极限值应取 $1.0S_m^i$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取 $1.5S_m^i$ 。

2 壳体结构不连续部位中面当量应力的许用极限值应取 $1.5S_m^i$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取 $3.0S_m^i$ 。

**8.1.5** 旋风除尘器壳体的结构设计可按本标准的规定执行。

## 8.2 构造

**8.2.1** 除尘器壳体转折处的连接应圆弧过渡。

**8.2.2** 除尘器壳体框架的支柱不应少于4根,环形支座宜设置在除尘器下竖段下部。

**8.2.3** 除尘器壳体的钢板对接焊接时,接头形式应符合本标准第6.1.4条的规定。

**8.2.4** 除尘器壳体与下降管、荒煤气管道连接部位的钢板宜加厚,并宜沿管道周围设置加劲肋加强。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 9 粗煤气管道

### 9.1 设计

9.1.1 粗煤气管道可由上升管、下降管、五通球或三通管组成。  
粗煤气管道(图 9.1.1-1、图 9.1.1-2)应按压力管道设计。

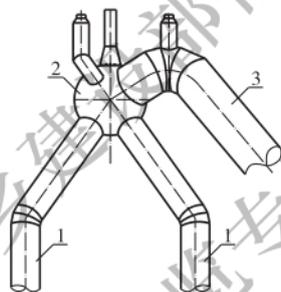


图 9.1.1-1 煤气上升管、五通球、下降管壳体  
1—上升管;2—五通球;3—下降管

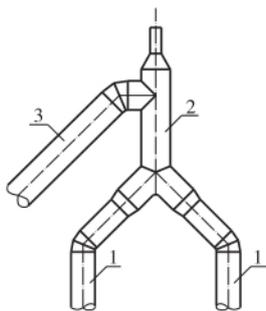


图 9.1.1-2 煤气上升管、三通管、下降管壳体  
1—上升管;2—三通管;3—下降管

**9.1.2** 上升管、三通管、下降管的结构设计除应符合本标准外,尚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 和《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》GB/T 20801.3 的有关规定。

**9.1.3** 煤气上升管和下降管内径应符合工艺要求,壳体厚度可按下列公式计算:

1 上升管厚度:

$$t = 5.00D + 5 \quad (9.1.3-1)$$

2 下降管厚度:

$$t = 1.50D + 12 \quad (9.1.3-2)$$

式中: $t$ ——壳体钢板厚度(mm);

$D$ ——壳体的内直径(m),当为圆锥壳时,采用大端直径。

**9.1.4** 煤气下降管的挠度容许值,可按下列式计算:

$$[\nu_T] = \frac{L}{800} \quad (9.1.4)$$

式中: $[\nu_T]$ ——下降管的挠度容许值(mm);

$L$ ——下降管的跨度,采用水平投影尺寸(mm)。

**9.1.5** 五通球壳体内径应符合冶炼工艺要求,壳体厚度可按下列式计算:

$$t = 5.00D + 12 \quad (9.1.5)$$

式中: $t$ ——壳体钢板厚度(mm);

$D$ ——壳体的内直径(m)。

**9.1.6** 五通球壳体结构计算时,宜采用大型有限元程序,建立上升管、五通球、下降管和除尘器壳体及框架的空间实体模型,并根据生产过程中可能同时作用的荷载,对壳体进行弹性计算分析,当量应力的许用极限值应符合下列规定:

1 壳体结构连续部位中面当量应力的许用极限值应取  $1.0S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^t$ 。

2 壳体结构不连续部位中面当量应力的许用极限值应取  $1.5S_m^t$ ,内、外表面当量应力的许用极限值应取  $3.0S_m^t$ 。

## 9.2 构造

9.2.1 煤气上升管下部应在炉顶平台处设固定支座。

9.2.2 下降管与五通球及除尘器壳体连接处宜沿管道周围设置加劲肋加强。

9.2.3 上升管与五通球或三通管、下降管与五通球或三通管以及下降管与除尘器壳体连接处的管壁应加厚,厚度宜为相邻较薄管壁厚度的1.2倍~1.5倍。

9.2.4 上升管、下降管和三通管壳体的钢板对接焊接时,接头形式应符合本标准第6.1.4条的规定。

9.2.5 上升管、三通管、下降管的构造要求除应符合本标准外,尚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316和《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》GB/T 20801.3中的有关规定。

9.2.6 五通球壳体结构分带(图9.2.6)时,赤道带的钢板不宜拼接。赤道带与上下极带钢板的对接焊缝应采用T形交叉,交叉点的间距不应小于100mm。

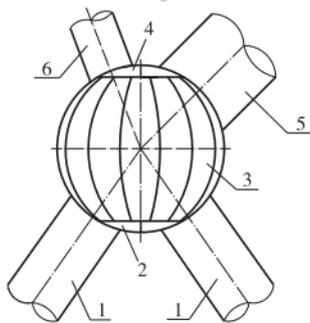


图9.2.6 五通球壳体结构分带

1—上升管;2—下极带;3—赤道带;  
4—上极带;5—下降管;6—放散管

## 10 施 工

### 10.1 一 般 规 定

**10.1.1** 施工单位应按设计要求编制详细的施工制作文件或施工方案。当修改设计时,应经设计单位书面同意。

**10.1.2** 壳体制作、安装材料应符合本标准第5章的要求。

**10.1.3** 制作、安装计量器具应在检定有效期内使用。

**10.1.4** 壳体安装前,施工组织设计应根据炉容级别、结构复杂程度、工期及质量要求、新技术应用、现场平面布置和起重设备能力等因素进行编制。

**10.1.5** 壳体预组装和安装时,应设置安全作业平台和扶梯。操作人员应遵守高空作业的规定。

**10.1.6** 在满足设计要求、现场安装能力、运输界限的条件下,壳体宜大块化运输至现场。热风炉高温区段的壳体宜整圈带热处理后出厂。

**10.1.7** 炉壳在出厂时应采取加固措施。

### 10.2 壳 体 制 作

**10.2.1** 壳体钢板的切割及开孔除设计有规定外,尚应符合下列规定:

1 切割应优先采用数控切割机或半自动切割机。

2 低合金钢板的切割应在5℃以上的环境温度下进行,当环境温度低于5℃时,应采取相应的升温措施。

3 切割边缘应平整,切割面的表面质量应符合现行行业标准《热切割 质量和几何技术规范》JB/T 10045的有关规定。

4 切割后壳体钢板的外形尺寸允许偏差为±2mm,两对角

线长度的允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ，并应留有焊接收缩余量。

5 钢板的坡口形状和尺寸应符合设计文件的规定。

6 开孔边缘距现场横向焊缝不大于  $50\text{mm}$  及现场竖向焊缝  $200\text{mm}$  以内的孔，均应在工厂定位，在现场安装焊接完成后再开孔。

7 除第 6 款外的开孔，均应在工厂完成。开孔可采用火焰切割或机械钻孔。炉壳辊压成型前后均可开孔，孔周边应磨光，冷却壁水管孔内外均应倒角  $2\text{mm}$ 。

8 开孔完成间隔  $24\text{h}$  后，应对孔内侧进行详细检查，确保成型后的尺寸符合设计文件要求，孔壁内表面应平整光滑，不得有刻槽、毛刺及隐形裂缝。

9 现场开孔应采用专用机械。

10.2.2 壳体钢板的弯曲成形应采用卷板机、压力机及旋压机，并应符合下列规定：

1 壳体成形后，应用弦长不小于  $1500\text{mm}$  的弧形样板检查，上下口弧度间隙不得大于  $2\text{mm}$ 。

2 热成形时，钢板加热温度应为  $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。碳素结构钢在温度下降至  $700^{\circ}\text{C}$  前，低合金结构钢在温度下降至  $800^{\circ}\text{C}$  前，应停止加工。

3 压制成形后的钢板表面不应有裂纹、褶皱、过烧等缺陷。

4 壳体成形后，应自由状态立置于壳体检验平台(图 10.2.2)，对样检查各部尺寸，壳体允许偏差范围应符合表 10.2.2 的规定。

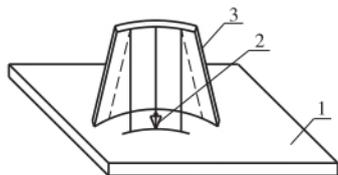


图 10.2.2 壳体成形后检查示意图

1—平台；2—线坠；3—炉壳

表 10.2.2 壳体允许偏差范围

序号	检查项目	允许偏差范围(mm)
1	壳体弧长	$\leq 3$
2	下口与平台间隙	$\leq 2$
3	上、下口圆弧	$\leq 2$
4	上口高度	$\leq 3$
5	壳体垂直	$\leq 5$

10.2.3 壳体焊接连接应符合本标准第 10.6 节的规定。

10.2.4 壳体预组装应符合下列规定：

1 预组装应在平台上进行，平台上壳体支点处水平高低偏差不应大于 2mm。在平台上放实样时，应画出壳体  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  十字中心线以及壳体上下口轮廓投影线。

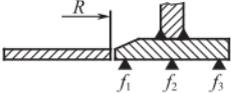
2 预组装壳体应单件检查合格，并应用支撑加固。壳体预装单元以 2 带~4 带为宜，单元之间应交替进行，前一预装单元的最上面一带，应作为后一预装单元的最下面一带预装。

3 预组装时壳体应使用装配卡具固定，不应使用定位焊。在每一带壳体上应按施工详图规定焊接卡具和挂耳。

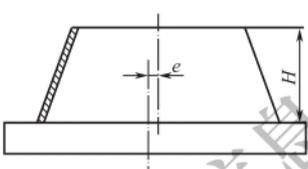
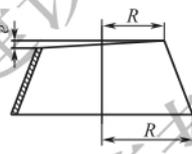
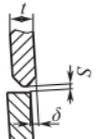
4 高炉炉顶法兰、外燃式热风炉拱顶环梁应与相应的壳体预组装。

5 壳体预组装允许偏差范围应符合本标准表 10.2.4 的规定。

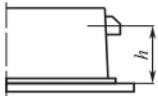
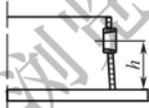
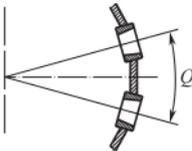
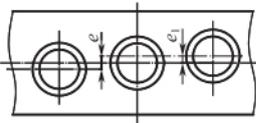
表 10.2.4 壳体预组装允许偏差范围

序号	项目	简 图	允许偏差
1	炉底板		$ R_{\max} - R_{\min}  \leq R/1000$
	环板平面度		$f_1, f_2, f_3 : \pm 3\text{mm}$
	底板平面度		$\leq 5\text{mm}$

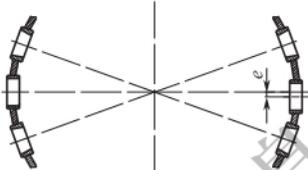
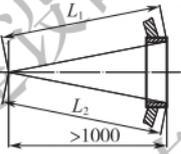
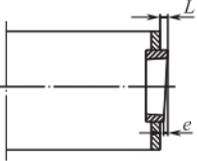
续表 10.2.4

序号	项目	简图	允许偏差
2	壳体上口中心 对预装平台检查 中心的位移		$e \leq H/1000$ 且 $\leq 6\text{mm}$
3	壳体高度		$H \leq \pm 5\text{mm}$
4	壳体圆度(在 圆周 16 点等分 检查)		$ R_{\max} - R_{\min} $ $\leq 2R/1000$ 且 $\leq \pm 8\text{mm}$
5	壳体上口高 低差(在圆周 16 点等分检查)		$e \leq 4\text{mm}$
6	纵缝 错边量		$t \leq 40\text{mm}$ $\delta \leq 3\text{mm}$ $t > 40\text{mm}$ $\delta \leq 5\text{mm}$ $S = 0 \sim 3\text{mm}$
7	横缝 间隙		$\delta \leq t/10, \text{但} < 5\text{mm}$ $S = 0 \sim 3\text{mm}$

续表 10.2.4

序号	项目	简图	允许偏差
8	出铁口		
	中心标高		$h \leq \pm 5\text{mm}$
	法兰面中心位置		$Q \leq 4'$
法兰面水平中心线水平度 (在法兰全宽内)	$Q \leq 3'$		
9	风口法兰		
	法兰中心标高		$h \leq \pm 5\text{mm}$
	法兰中心夹角		$Q \leq 4'$
	全部法兰中心高低差		$e \leq 5\text{mm}$
相邻法兰中心高低差	$e_1 \leq 3\text{mm}$		

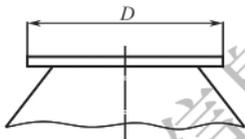
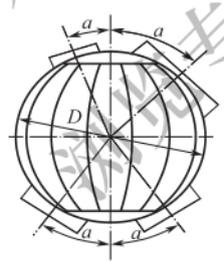
续表 10.2.4

序号	项目	简 图	允许偏差
9	相对法兰中心水平连线与炉体中心偏移		$e \leq 10\text{mm}$
	法兰面的向心度		$ L_1 - L_2  \leq 2\text{mm}$
	法兰水平中心线水平度 (在法兰直径内)		$\leq 2\text{mm}$
	法兰伸出壳体表面距离		$L \leq 0 \sim 5\text{mm}$
	法兰垂直面的倾斜 (在法兰面直径内)		$e \leq \pm 2\text{mm}$

续表 10.2.4

序号	项目	简图	允许偏差
10	冷却板法兰		
	法兰沿壳体圆周中心间隔		$e \leq \pm 5\text{mm}$
	相邻两层法兰中心距		$f \leq \pm 5\text{mm}$
	法兰水平中心线两端至壳体表面距离		$ L_1 - L_2  \leq 2\text{mm}$
	法兰面垂直度(在法兰全高内)		$e \leq 2\text{mm}$
11	冷却壁孔		
	同组孔间距		$a \pm 2\text{mm}$ $b \pm 2\text{mm}$ $c \pm 2\text{mm}$ $d \pm 2\text{mm}$
	相邻组孔中心距		$m \pm 3\text{mm}$ $n \pm 3\text{mm}$

续表 10.2.4

序号	项目	简图	允许偏差
12	炉顶法兰		$ D_{\max} - D_{\min}  \leq D/1000$
	上平面任意两点高低差		$\leq 3\text{mm}$
13	五通球		$ D_{\max} - D_{\min}  \leq 3D/1000$ 且 $\leq 15\text{mm}$
	开孔角度 $\alpha$		$\pm 30'$

注:其他壳体预组装允许偏差范围可按本表确定。

6 壳体预组装检查合格后,应按预组装编号图作出标志,宜包括壳体编号、水平线、中心线及安装对正线等。壳体编号宜标识在距离右下边线和垂直边线 200mm 的外表面上。

### 10.3 壳体检验

10.3.1 壳体结构检验应为预组装状态,可由业主、设计单位和施

工单位联合进行检验。

**10.3.2** 检验应依据合同、设计图纸、检验大纲及相关要求进行。检验大纲应由设计单位提出并经业主确认,内容应包括设备名称、检验项目、判定标准、检验方法。

**10.3.3** 施工单位应做好检验的各项准备工作,应包括检测器具和测试设备,相应图纸及记录表格,受检壳体上脚手架、围栏及扶梯等安全设施。

**10.3.4** 检验项目应包含下列内容:

1 技术资料审查,包括主要材料的材质证明书、焊材的产品合格证、尺寸检查记录、焊缝检查记录、焊缝探伤报告、热处理工艺曲线、预组装检查记录等。

2 壳体预组装单元各部尺寸检测。

3 焊缝外观检查和无损探伤检测。

4 标志的检查和确认。

5 发货前涂装质量检测。

**10.3.5** 检验合格后,可将预组装壳体解体,应进行表面清理并按本标准第10.8节的规定进行除锈及涂装。

## 10.4 壳体运输

**10.4.1** 壳体应根据运输条件分块,各块应采取防止炉壳变形的有效加固措施。

**10.4.2** 壳体运输吊装前应标识出构件的吊点位置。

**10.4.3** 壳体构件运输时,构件下方应垫平整并固定。

## 10.5 壳体安装

**10.5.1** 壳体安装应符合下列规定:

1 安装前,应对壳体制作资料进行接收,核对资料应齐全、完整、准确。壳体进场后,应对几何尺寸、外观、标记进行检查,并应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372

的有关规定或合同约定的出厂检验大纲的要求。

2 安装前应取得验收合格的基础混凝土强度、尺寸、中心线和标高的测量记录及地脚锚栓或螺栓的检查记录,以及基础沉降观测记录等交接资料,并应对基础进行复测或修正,重要的控制线应延伸到基础以外的固定点上。

3 对高炉和热风炉基础应按设计要求安装沉降观测点,并应定期进行沉降观测直至交工验收。

4 基础垫板应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

5 壳体组装时,可根据需要搭设壳体最大尺寸的组装平台,平台上壳体支点处水平高低偏差应符合本标准第 10.2.4 条规定;平台下面的地基应作处理,不得在壳体组装阶段发生沉降;平台宜用型钢架设,上部可根据需要铺设钢板,平台中部应设置测量架;平台上应标出壳体的中心点、内半径和方位线,并应在位置线上配置垫板,垫板水平度允许偏差应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

6 应按施工组织设计或施工方案配备起重机械、安装用电、水、气和工作机具等。

7 高炉、热风炉底板在安装检测合格后,应进行严密性试验。炉底板的对接焊缝、塞焊孔、压浆孔、盖板等焊接区域应全面积探伤、抽真空 50kPa 进行焊缝检测。检测应符合国家现行标准《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB 50128、《钢制焊接压力容器》NB/T 47003.1 的有关规定,气体保压时间应大于 10min,泄漏率应低于 1%时检测合格。

**10.5.2** 壳体安装可采用组合安装或扩大组合安装的方法。组合壳体分段不宜在壳体的转折和曲面锥体的连接处,并应符合焊接、冷却设备的安装位置和安装限界要求。安装工艺应在施工组织设计或施工方案中进行规定。

**10.5.3** 高炉壳体现场组装应符合下列规定:

1 有底环板的炉缸段壳体组装时,底环板应密贴组装平台面,当壳体上口水平度不符合要求时,不得调高壳体;壳体中心线、对口间隙、错边量和铁口中心线的允许偏差应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

2 风口段壳体组装时应严格控制风口中心标高、角度和壳体中心线;允许偏差应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

**10.5.4** 热风炉壳现场组装应在组装平台上进行,不得分块吊装焊接。

**10.5.5** 高炉壳体安装可采用扩大组合安装的方法。

**10.5.6** 高炉壳体安装应符合下列规定:

1 壳体安装不宜设预留调整带。

2 壳体安装可采用正装法、倒装法和上倒装下正装等方法。

3 安装过程中应分带控制壳体圆度、上口水平度、对口间隙、错边量、中心偏差和壳体高度。

4 壳体圆度应以半径检测值控制;上口水平度应以标高测量值计算后控制。

**10.5.7** 热风炉壳体安装应符合下列规定:

1 热风炉底板下填充料应饱满。对外燃式热风炉蓄热室底板下铺的砂子,安装前应烘烤,并应刮平上表面,安装时应反复试吊,接触面积控制应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

2 壳体分带安装时,应控制烟道管、热风管、燃烧器等的圆度、中心线、上口水平度和接口的中心线、标高;对于外燃式热风炉在拱顶安装前,蓄热室和燃烧室上口标高应调整。

**10.5.8** 重力除尘器壳体安装宜从支座处开始,采用上部正装、下部倒装的方法。下锥段壳体宜在平台上倒立组装,正立安装;下竖段壳体应整段安装。

**10.5.9** 上升管、下降管、五通球或三通管壳体安装应符合下列

规定：

1 上升管壳体宜在炉顶刚架安装之后进行，顶部三通管壳体和放散管可在地面组合后整体安装。

2 五通球壳体可在地面组装退火后整体安装。

3 下降管壳体可采用单机或双机抬吊的方法。单机吊装时，宜在角度调整正确后再起吊安装。

4 对于双下降管的安装应在重力除尘器处的三叉管壳体安装并设临时支撑固定和上升管安装完成后，再分别安装两根下降管。

**10.5.10** 壳体现场开孔应采用自动切割或机械制孔，不应手工切割开孔。

**10.5.11** 高炉、热风炉和除尘器壳体安装允许偏差应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

**10.5.12** 上升管、下降管、五通球或三通管壳体安装，应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 和《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

**10.5.13** 壳体结构安装焊接完成后，应距壳体表面 5mm 处切除安装用临时附属设施，切除时不得损伤母材，残留部分应用砂轮打磨光滑。

**10.5.14** 除应对炉底焊缝检查外，应对炉缸底部的焊接孔、灌浆孔、排水孔按本标准第 10.5.1 条第 7 款做专项检查，并应做好隐蔽记录。

## 10.6 壳体焊接

**10.6.1** 壳体焊接连接除应符合国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《压力容器焊接规程》NB/T 47015 的规定外，尚应符合下列规定：

1 焊接施工前，施工单位应按照壳体采用的钢材、焊接材料、

焊接方法、接头形式、焊接位置、焊后热处理制度以及焊接工艺参数、预热和后热措施等各种参数的组合条件,进行焊接工艺评定。焊接工艺评定报告连同试样检验结果应存档备查。未经焊接工艺评定的焊接方法、技术参数不得用于壳体焊接。

2 焊接施工时,应根据焊接工艺评定报告制定焊接工艺规程,作为指导焊接施工的依据。

3 壳体结构全焊透坡口形状和尺寸宜采用本标准附录 C~附录 G 中的形式,坡口表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。

4 高炉壳体风口带单块焊接完毕并无损检测合格后,宜在退火炉内整体消除应力热处理。焊后热处理工艺应符合现行行业标准《压力容器焊接规程》NB/T 47015 的有关规定。

5 热风炉炉顶高温区段壳体设计文件要求焊后热处理时,热处理前应无损检测合格,所有开孔和与壳体焊接的附件、吊耳、挂耳、卡具等应焊接完毕。焊后热处理工艺应符合现行行业标准《压力容器焊接规程》NB/T 47015 的有关规定。消除残余应力除炉内整体热处理外,亦可采用爆炸消除应力等方法。

6 五通球上下极带和赤道带壳体,设计文件要求焊后热处理时,热处理前应无损检测合格,所有开孔与壳体焊接的附件、吊耳等应焊接完毕。焊后热处理工艺应符合现行国家标准《球形储罐施工规范》GB 50094 的有关规定。

7 壳体的吊耳、挂耳及卡具等的焊接,对焊工和焊接工艺的要求与壳体焊接应相同。

8 焊接完成后,应清除焊缝表面熔渣及两侧飞溅并自检。一、二级焊缝应填写焊接过程记录,在焊缝附近应作焊工代号标志。

#### 10.6.2 焊接工艺应符合下列规定:

1 壳体焊接应对称进行,先焊接每带壳体纵向焊缝,后焊接横向焊缝。

2 厚板焊接应严格按照焊接工艺评定报告给出的层间温度进行控制,当超出评定值时,焊接工艺应重新进行评定。

3 当壳体板厚度大于 50mm,采取非超低氢手工电弧焊焊接时,宜进行焊后消氢处理。

4 热风炉高温段壳体的现场焊缝,当设计文件要求焊后热处理时,焊缝的局部热处理应在安装工作全部结束后进行。热处理后的壳体表面不得再次施焊或切割。

#### 10.6.3 焊接准备工作应符合下列规定:

1 当采用水冷系统的自动焊时,施工现场应有充足稳定的水源,供水压力应满足焊机的需要。

2 高炉、热风炉壳体焊接时,现场应设置满足双回路负荷的专用电源,必要时配置稳压装置。

3 高炉、热风炉壳体宜优先采用自动焊,焊接前,焊工及焊接设备宜在现场进行模拟试验,合格后方可正式焊接。

4 焊接前应做好防风雨防变形设施。

5 壳体纵向焊缝应设置引弧板、引出板(熄弧板),材质、规格、坡口形式应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《压力容器焊接规程》NB/T 47015 的有关规定。

6 焊前应将坡口及周围 50mm 范围内的油渍、污物清除干净,并应露出金属光泽。

7 根据焊接工艺规程要求进行预热时,预热范围应符合国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 和《压力容器焊接规程》NB/T 47015 的有关规定。

10.6.4 壳体焊接宜采用电加热片伴随预热,也可使用煤气、丙烷等可燃气体预热。焊前应做好预热设备布置与调试。

#### 10.6.5 现场焊接材料的管理应符合下列规定:

1 焊接材料的品种、规格、性能应符合产品标准的规定和设计文件要求,并应具有齐全的质量证明书,经复检确认合格后入库。入库的焊材应放置在货架上,库房应保持干燥,相对湿度应小于 60%,且最低环境温度应高于 5℃。

2 焊条、焊剂烘干、保温应符合产品说明书的规定,应保存在

100℃~150℃的恒温箱中,应专人保管,并应做好发放记录。现场使用的低氢型焊条应装入保温筒中,使用时间不宜超过 4h,超过后应重新烘焙,且重复烘焙不宜超过 2 次。焊丝在使用前应清除油污、铁锈。保护气体应保持干燥。

3 焊材应随用随取,领出的焊条应放入保温筒内,剩余的焊材应当天退回焊条房。

4 不得使用药皮脱落、焊芯生锈的焊条及锈蚀的焊丝。

**10.6.6** 施工单位焊接技术责任人应根据焊接工艺评定结果编制焊接工艺规程,并应向有关操作人员进行技术交底,施工中应符合焊接工艺文件的规定。

**10.6.7** 焊缝内部有超标缺陷时,应核查焊接过程记录,制订返修工艺措施后方可返修。同一部位的返修超过二次,应由单位技术负责人批准。

## 10.7 焊缝质量检验

**10.7.1** 焊缝质量检验宜采用施工自检、监检、第三方检验。

**10.7.2** 焊接质量检验应按焊前检验、焊中检验和焊后检验的程序进行。

**10.7.3** 焊前检验宜包括下列内容:

1 工程中所用钢材、焊接材料的规格、型号、材质及外观应符合设计文件和相关标准的要求。

2 焊工合格证及认可范围。

3 焊接工艺技术文件及操作规程。

4 坡口形状、尺寸及表面质量。

5 组对后构件的形状、位置、错边量、角变形等。

6 焊接环境、焊接设备及焊接材料的烘干等。

**10.7.4** 焊中检验宜包括下列内容:

1 定位焊缝的尺寸及质量。

2 电流、电压、焊接速度、预热温度、层间温度及后热温度和

时间等焊接工艺参数。

3 多层多道焊期间的焊道情况及缺陷处理。

4 采用双面且规定清根的焊缝,在清根后进行外观检查及规定的无损检验。

**10.7.5** 焊后检验应包括焊缝外观检测和无损检测。

**10.7.6** 外观检测应符合下列规定:

1 所有焊缝应冷却到环境温度后进行外观检测,屈服强度大于 235MPa 且不大于 420MPa,钢材的焊缝应以焊接完成 24h 后的检查结果为验收依据。屈服强度大于 420MPa 的钢材应以焊接完成 48h 后的检查结果作为验收依据。

2 外观检查可用目测或辅以 5 倍放大镜,也可采用磁粉探伤或渗透探伤。尺寸的测量应采用量具、卡尺等工具。

3 外观检测的质量要求应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 7 部分:目视检测》NB/T 47013.7 的有关规定。

**10.7.7** 无损检测应符合下列规定:

1 无损检测应在外观检测合格后进行。

2 壳体的对接焊缝、T 形对接与角接组合焊缝以及设计文件要求焊透的其他连接重要焊缝,无损检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分:超声检测》NB/T 47013.3 的有关规定。一级焊缝应 100% 检测,质量等级应符合 B 级检测的 I 级要求;二级焊缝应进行抽检,抽检比例不应小于 20%,质量等级应符合 B 级检测的 II 级要求。

3 无损检测合格后,应出具无损检测报告。

**10.7.8** 高炉的冷却设备短管法兰焊缝宜采用煤油渗漏试验,应无渗漏现象。吊耳与壳体的角焊缝应采用表面着色探伤或磁粉探伤检查,应无表面裂纹。

## 10.8 壳体涂装

**10.8.1** 壳体结构的除锈及涂装应符合设计文件要求,涂料、涂装

遍数、涂层厚度均应符合设计文件的规定,壳现场焊接部位的涂装厚度应由第三方检测单位重点检测。涂装质量保证期应大于10年。

**10.8.2** 钢板在预处理前应清除毛刺、焊渣、飞溅物、积灰和疏松的氧化铁皮、铁锈以及可见的油脂和污垢。

**10.8.3** 钢板表面预处理应采用喷射或抛射除锈。现场焊缝处和涂层损伤处,可采用手工或动力工具除锈。

**10.8.4** 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求,当产品说明书无要求时,环境温度宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ 之间,相对湿度不应大于85%。涂装时设备表面不应有结露,涂装后4h内不得雨淋。

**10.8.5** 涂料的成分和物理参数应符合产品标准的规定,涂料选用时,应选用有标准的产品。涂料进场后应取样复验,不合格的产品不应使用。取样方法应符合现行国家标准《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样》GB/T 3186的有关规定。

**10.8.6** 现场焊缝周围50mm~100mm、孔洞周边50mm处不得涂油漆,应在安装完毕后补涂油漆。安装密封的机加工面、与混凝土紧贴或埋入的部位不得涂装。

**10.8.7** 结构安装后应对下列部位进行补涂:

- 1 结合部的外露部位和紧固件。
- 2 安装时焊接及烧损的部位。
- 3 组装符号和漏涂的部位。
- 4 安装时损伤的部位。

## 10.9 整体气密性试验

**10.9.1** 整体气密性试验应按现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372的规定执行。

**10.9.2** 对高炉、热风炉系统应编制整体气密性试验方案,按升压等级应分别对法兰连接部位、风口装置、焊缝进行检查。

**10.9.3** 高炉、热风炉系统整体气密性试验压力应符合设计文件的规定。

**10.9.4** 高炉、热风炉系统整体气密性试验的范围和连接部位的气密性要求应符合现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的有关规定。

## 10.10 竣工验收

**10.10.1** 工程验收应按现行国家标准《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372 的规定执行。

**10.10.2** 高炉竣工验收应包括位移、膨胀、泄漏、变形,检测时间应在高炉系统投产运行正常 30d 后,检测项目应符合下列规定:

- 1 应在高炉生产前后,中心位移应小于 20mm。
- 2 应在生产前后,炉体四周标高差应小于 10mm。
- 3 应检测炉体重点部位炉壳钢板温度。
- 4 应包括横向焊缝、纵向焊缝,可采用刷肥皂水方式,泄漏应小于 1%。
- 5 炉壳竣工验收项目应符合表 10.10.2 的规定。

表 10.10.2 炉壳竣工验收项目

验收项目	中心位移	膨胀	温度检测	焊缝泄漏
高炉炉壳				
热风炉炉壳				
重力除尘器				
粗煤气管道				

## 附录 A 耐高温涂料涂层配套

**A.0.1** 高炉壳体、热风炉壳体、除尘器壳体、粗煤气管道壳体等不大于 400℃ 高温作用的钢结构,其外表面可选用表 A.0.1 中的耐高温涂料涂层配套。选用耐 400℃ 以下的高温涂料,应在常温条件下自干或成膜,在投产使用前构件不应返锈。

**表 A.0.1 耐高温涂料涂层配套**

涂料品种	涂料型号及名称	层数	涂层厚度 (μm)	除锈等级
有机硅耐热配套一	WE06-28 无机硅酸锌底漆	2	50	Sa2 $\frac{1}{2}$
	W61-64 有机硅高温防腐漆	2	50	
有机硅耐热配套二	有机硅耐热底漆	3	75	Sa2 $\frac{1}{2}$
	有机硅耐热面漆(400℃)	2	50	
有机硅耐热配套三	无机硅酸富锌底漆 (Resist)	1	70	Sa2 $\frac{1}{2}$
	有机硅耐高温漆 (Solvalitt)	1	30	
有机硅耐热配套四	无机共聚物富锌耐高温漆 (Jotatemp 540 ZINC)	1	70	Sa2 $\frac{1}{2}$
	有机硅耐高温漆 (Solvalitt)	1	30	
Inter 耐高温涂料配套	无机锌粉底漆 (Interzinc 22)	1	50	Sa2 $\frac{1}{2}$
	硅基树脂高温铝漆 (Intertherm 50)	2	50	

## 附录B 壳体结构用钢板

### B.1 钢板牌号和化学成分

**B.1.1** 壳体结构用钢板牌号和化学成分熔炼分析应符合表B.1.1-1~表B.1.1-3的规定。

表 B.1.1-1 高炉壳体结构用钢板

钢板牌号	化学成分(质量分数)(%)										
	C	Si	Mn	P	S	Als	Nb	V	Ti	N	
BB503C	0.12~	0.30~	1.25~	≤0.020	≤0.010	0.010~	0.015~	0.02~	0.010~	≤0.007	
BB503D	0.18	0.55	1.60			0.050	0.040	0.15	0.035		
ALK490	0.14~ 0.18	0.30~ 0.60	1.40~ 1.60	≤0.025	≤0.005	0.020~ 0.060	0.010~ 0.040		≤0.020	≤0.008	
WSM50C	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.040	≤0.040	≥0.015	0.015~ 0.035	—	—	—	
SM490C	≤0.18	≤0.55	≤1.65	≤0.035	≤0.035	≥0.015	—	—	—	—	
Q345LK	0.18	0.50	1.70	0.025	0.015	0.015	0.070	0.15	0.020	0.012	
Q390LK	0.20	0.50	1.70	0.025	0.015	0.015	0.070	0.20	0.020	0.012	

表 B.1.1-2 热风炉壳体结构用钢板

钢板牌号	化学成分(质量分数)(%)										
	C	Si	Mn	P	S	Als	Nb	V	Ti	Mo	N
BB41BFC	0.05~	0.10~	1.15~	≤0.020	≤0.015	0.010~	—	0.020~	0.008~	—	≤0.007
BB41BFD	0.10	0.40	1.45	≤0.025	≤0.010	0.050	—	0.040	0.035	—	≤0.008
ALK420	0.12~	0.15~	0.50~	≤0.025	≤0.010	0.015~	—	—	—	0.45~	≤0.008
	0.18	0.40	0.80	≤0.040	≤0.040	0.045	—	—	—	0.60	—
WSM41C	≤0.18	≤0.50	≤1.40	≤0.040	≤0.040	≥0.015	0.015~	—	—	—	—
				≤0.040	≤0.040	≥0.015	0.035	—	—	—	—
SM400C	≤0.18	≤0.35	≤1.65	≤0.035	≤0.035	≥0.015	—	—	—	—	—
Q245LK	0.18	0.50	1.50	0.025	0.025	0.010	0.040	0.05	0.035	0.60	0.008

表 B.1.1-3 超级奥氏体不锈钢 904L

钢板牌号	化学成分(质量分数)(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	
904L	≤0.02	≤1.0	≤2.0	≤0.035	—	19~23	1~2	23.28	4~5	

**B.1.2** 钢板牌号的碳当量(CEV)或焊接裂纹敏感性指数( $P_{cm}$ )应采用熔炼分析值,按下列公式计算:

$$CEV(\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (\text{B.1.2-1})$$

$$P_{cm}(\%) = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (\text{B.1.2-2})$$

## B.2 力学性能和工艺性能

**B.2.1** 壳体结构用钢板的拉伸、冲击、弯曲试验结果应符合表 B.2.1-1、表 B.2.1-2 的规定。

表 B.2.1-1 高炉壳体结构用钢板

钢板牌号	钢板厚度 (mm)	屈服 强度 $R_{eH}$ ( $N/mm^2$ )	抗拉 强度 $R_m$ ( $N/mm^2$ )	伸长率 $A(\%)$	冲击吸收能量 $KV_2(J)$ (纵向)		180° 弯曲 试验
					0℃	-20℃	
BB503C BB503D	$\leq 16$	$\geq 315$	490~ 610	$\geq 21$	$\geq 47^*$	$\geq 47^*$	3a
	$> 16 \sim 40$			$\geq 23$			
	$> 40 \sim 100$			$\geq 295$			
ALK490	$\leq 40$	$\geq 325$	490~ 610	$\geq 23$	$\geq 47$	2a	
	$> 40 \sim 60$	$\geq 305$					
	$> 60 \sim 80$	$\geq 295$					
WSM50C	$\leq 16$	325	480~ 610	$\geq 17$	$\geq 47$	2a	
	$> 16 \sim 40$	310		$\geq 21$			
	$> 40 \sim 100$	290		$\geq 23$			
SM490C	$\leq 16$	325	490~ 610	$\geq 23$	$\geq 47$	2a	
	$> 16 \sim 40$	315				3a	
	$> 40 \sim 100$	295					

续表 B. 2. 1-1

钢板牌号	钢板厚度 (mm)	屈服 强度 $R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉 强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $A(\%)$	冲击吸收能量 $KV_2(J)$ (纵向)		180° 弯曲 试验
					0℃	-20℃	
Q345LK	≤16	≥345	470~ 630	≥21	≥34		2a
	>16~40	≥335		≥20			3a
	>40~63	≥325					
	>63~80	≥315					
	>80	≥305					
Q390LK	≤16	≥390	490~ 650	≥20	≥34		2a
	>16~40	≥370		≥19			3a
	>40~63	≥350					
	>63~80	≥330					
	>80	≥330					

注：\*C级钢对应的冲击温度为0℃，D级钢对应的冲击温度为-20℃。

表 B. 2. 1-2 热风炉壳体结构用钢板

钢板牌号	钢板厚度 (mm)	屈服 强度 $R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉 强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $A(\%)$	冲击吸收能量 $KV_2(J)$ (纵向)		180° 弯曲 试验
					0℃	-20℃	
BB41BFC BB41BFD	≤16	≥245	400~ 510	≥22	≥47*	≥47*	2a
	>16~40	≥235		≥24			
	>40~100	≥215					
ALK420	≤16	≥245	400~ 510	≥20	≥47		2a
	>16~40	≥235		≥22			
	>40	≥215		≥24			

续表 B. 2. 1-2

钢板牌号	钢板厚度 (mm)	屈服 强度 $R_{eH}$ (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉 强度 $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $A(\%)$	冲击吸收能量 $KV_2$ (J) (纵向)		180° 弯曲 试验	
					0℃	-20℃		
WSM41C	≤16	≥245	400~ 510	≥18	≥47		2a	
	>16~40	≥235		≥22				
	>40	≥215		≥24				
SM400C	≤16	245	400~ 510	≥23	≥47		2a	
	>16~40	235					3a	
	>40~100	215						
Q245LK	≤16	≥245	400~ 510	≥23	≥47		2a	
	>16~40	≥235						
	>40~100	≥215						
904L+	≤3	≥216	490	35			≥47	2a
Q355C	16~40	≥335	470~630	≥21	≥34			3a

注：\*C级钢对应的冲击温度为0℃，D级钢对应的冲击温度为-20℃。

### B. 2. 2 壳体结构用钢板的许用应力值可按表 B. 2. 2 采用。

表 B. 2. 2 钢板许用应力值(N/mm<sup>2</sup>)

钢板			常温强度		下列温度的许用应力 $S_m$				
钢板牌号	交货状态	厚度(mm)	$R_m$	$R_{eH}$	20℃	100℃	150℃	200℃	250℃
BB503C BB503D	正火	≤16	490	315	204	190	177	162	150
		>16~40		315	204	190	177	162	150
		>40~100		295	197	180	167	153	140
ALK490	正火	≤40	490	325	204	195	185	170	155
		>40~60		305	203	185	170	155	145
		>60~80		295	197	180	165	150	140

续表 B.2.2

钢板			常温强度		下列温度的许用应力 $S_m$				
钢板牌号	交货状态	厚度(mm)	$R_m$	$R_{eH}$	20℃	100℃	150℃	200℃	250℃
WSM50C	正火	>16~40	480	310	200	190	175	160	145
		>40		290	193	180	165	150	135
SM490C	正火	≤16	490	325	204	190	175	160	150
		>16~40		315	204	190	175	160	150
		>40~100		295	197	182	167	152	137
Q345LK	正火	≤16	470	≥345	196	187	180	172	163
		>16~40		≥335	196	187	180	172	163
		>40~63		≥325	196	187	180	172	163
		>63~80		≥315	196	187	180	172	163
		>80		≥305	196	187	180	172	163
Q390LK	正火	≤16	490	≥390	204	195	188	179	170
		>16~40		≥370	204	195	188	179	170
		>40~63		≥350	204	195	188	179	170
		>63~80		≥330	204	195	188	179	170
		>80		≥330	204	195	188	179	170
BB41BFC BB41BFD ALK420 WSM41C	正火	≤16	400	245	165	147	140	130	120
>16~40		235		155	140	130	120	110	
>40		215		143	135	125	115	105	
SM400C Q245LK	正火	≤16	400	245	165	147	140	130	120
>16~40		235		155	140	130	120	110	
>40		215		143	135	125	115	105	
904L+ Q355C	复合	≤3	490	216	144	144	133	127	120
30~36		490	345	196	187	180	172	163	

注:当未取得温度下的钢材强度指标时,其在温度下的许用应力可按本标准第 5.3.2 条欧洲钢结构协会规定的公式计算取得。

# 附录 C 高炉壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

表 C 高炉壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
1	煤气封罩段		横向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
			竖向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/2(t-p)$ $H_2=1/2(t-p)$ $\alpha_1=55^\circ$ $\alpha_2=55^\circ$	清根
2	煤气封罩与炉身段连接处		横向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=50^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根

续表 C

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
3	炉身段、炉腰段、炉腹段		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
			竖向焊缝	$b=2\sim 4\text{mm}$ $p=0\sim 2\text{mm}$ $\alpha_1=50^\circ$	清根
			$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/2(t-p)$ $H_2=1/2(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=55^\circ$	清根	
4	炉身段与炉腰段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根

续表 C

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
5	炉腰段与炉腹段连接处		横向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $\alpha_1=50^\circ$ $\alpha_2=45^\circ$	清根
6	炉腹段与风口段连接处		横向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
7	风口段		横向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
			竖向 焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/2(t-p)$ $H_2=1/2(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=50^\circ$	清根

续表 C

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
8	风口段与炉缸段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
9	炉缸段		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=45^\circ$	清根
			竖向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/2(t-p)$ $H_2=1/2(t-p)$ $\alpha_1=55^\circ$ $\alpha_2=55^\circ$	清根
10	炉缸段与炉底环板连接处		平焊	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根

续表 C

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
11	铁口与炉缸段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/3(t-p)$ $H_2=2/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=40^\circ$	清根
			竖向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=1/2(t-p)$ $H_2=1/2(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=55^\circ$ $\alpha_2=55^\circ$	清根
12	炉底板平接		平焊	$b=8\text{mm}$ $p=0\sim 2\text{mm}$ $H_1=t-p$ $\alpha_1=40^\circ$	清根
13	环板与炉底板平接		平焊	$b=8\text{mm}$ $p=0\sim 2\text{mm}$ $H_1=t-p$ $H_2=t_1-t$ $\alpha_1=40^\circ$	清根

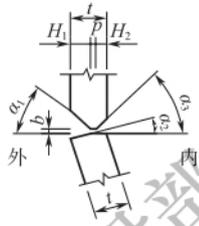
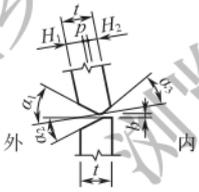
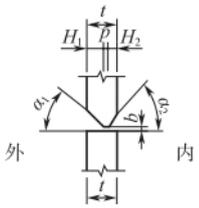
注:壳体结构分段见本标准图 6.2.2。

## 附录 D 内燃式热风炉壳体结构 全焊透坡口形状和尺寸

表 D 内燃式热风炉壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
1	炉顶段		横向 焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=50^\circ$ $\alpha_2=60^\circ$	清根
2	壳体拱顶的炉顶段、直线段、斜线段的竖向焊缝		竖向 焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=60^\circ$	清根
3	炉顶段与直线段连接处		横向 焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=25^\circ$ $\alpha_3=50^\circ$	清根

续表 D

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
4	直线段与斜线段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=30^\circ$ $\alpha_2=20^\circ$ $\alpha_3=50^\circ$	清根
5	炉身上过渡段与炉顶斜线段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=40^\circ$ $\alpha_2=\alpha_3=30^\circ$	清根
6	炉身上过渡段与炉身段、炉身段与炉身段、炉身段与下过渡段、下过渡段与炉缸段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=45^\circ$	清根

续表 D

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
7	上过渡段、炉身段、下过渡段、炉缸段		竖向焊缝	$b=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $H_1=H_2=1/2(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=60^\circ$	清根
8	炉缸与底板环板连接、环板与底板对接处		横向焊缝	$b_1=0\sim 3\text{mm}$ $p=3\text{mm}$ $b_2=6\sim 8\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=\alpha_2=45^\circ$ $\alpha_3=20^\circ$	清根

注：壳体结构分段见本标准图 7.1.4。

## 附录 E 外燃式热风炉蓄热室壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

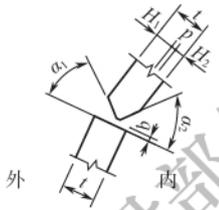
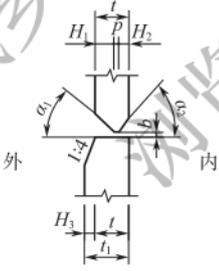
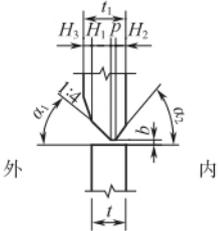
表 E 外燃式热风炉蓄热室壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
1	炉顶段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $\rho=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-\rho)$ $H_2=1/3(t-\rho)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根
2	锥体段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $\rho=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-\rho)$ $H_2=1/3(t-\rho)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根

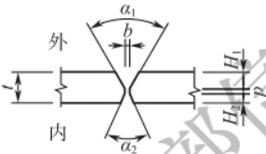
续表 E

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
3	炉身段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根
4	炉顶段与锥体段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根

续表 E

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
5	锥体段与弧形连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根
6	弧形段与过渡段、炉身段与炉缸段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根
7	过渡段与炉身段连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $H_3=t_1-t$ $\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根

续表 E

序号	部位	坡口形状示意图	焊接形式	坡口尺寸	备注
8	壳体钢板 纵向连接处		纵向 焊缝	$b=3\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H_1=2/3(t-p)$ $H_2=1/3(t-p)$ $\alpha_1=60^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	清根

注:1 壳体结构分段见本标准图 7.1.6。

2 燃烧室壳体结构全焊透坡口形式和尺寸可采用附录 E 的形式。

## 附录 F 混风室壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

表 F 混风室壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

序号	部位	坡口形状示意图	焊缝形式	坡口尺寸	备注
1	各段壳体横向连接处		横向焊缝	$b=0\sim 2\text{mm}$ $p=4\text{mm}$ $H=t-p$ $H_1=t_1-t-p$ $\alpha=60^\circ$	清根
2	各段壳体纵向连接处		纵向焊缝	$b=2\text{mm}$ $p=2\text{mm}$ $H=t-p$ $H_1=t_1-t-p$ $\alpha_2=60^\circ$	清根

注：壳体结构分段见本标准图 7.1.7。

## 附录 G 顶燃式热风炉壳体结构 全焊透坡口形状和尺寸

表 G 顶燃式热风炉壳体结构全焊透坡口形状和尺寸

序号	部位	坡口形状示意图	焊缝形式	坡口尺寸	备注
1	各段壳体 横向连接处		横向 焊缝	$b = 2\text{mm}$ $p = 2\text{mm}$ $H_1 = 2/3(t - p)$ $H_2 = 1/3(t - p)$ $H_3 = t_1 - t$ $\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 50^\circ$	清根
2	各段壳体 纵向连接处		纵向 焊缝	$b = 2\text{mm}$ $p = 2\text{mm}$ $H_1 = 1/2(t - p)$ $H_2 = 1/2(t - p)$ $\alpha_1 = 50^\circ$ $\alpha_2 = 50^\circ$	清根

注：壳体结构分段见本标准图 7.1.5。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009  
《钢结构设计标准》GB 50017  
《球形储罐施工规范》GB 50094  
《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB 50128  
《工业金属管道工程施工规范》GB 50235  
《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236  
《工业金属管道设计规范》GB 50316  
《炼铁机械设备工程安装验收规范》GB 50372  
《钢结构焊接规范》GB 50661  
《锅炉和压力容器用钢板》GB 713  
《碳素结构钢》GB/T 700  
《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228  
《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229  
《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230  
《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》  
GB/T 1231  
《低合金高强度结构钢》GB/T 1591  
《色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样》GB/T 3186  
《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632  
《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117  
《埋弧焊用非合金钢及细晶粒实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂  
组合分类要求》GB/T 5293  
《厚度方向性能钢板》GB/T 5313  
《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780

《六角头螺栓》GB/T 5782

《工业液体二氧化碳》GB/T 6052

《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》  
GB/T 8110

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045

《熔化焊用钢丝》GB/T 14957

《压力管道规范 工业管道 第3部分：设计和计算》GB/T  
20801.3

《埋弧焊和电渣焊用焊剂》GB/T 36037

《热切割 质量和几何技术规范》JB/T 10045

《钢制焊接常压容器》NB/T 47003.1

《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3

《承压设备无损检测 第7部分：目视检测》NB/T 47013.7

《压力容器焊接规程》NB/T 47015