

最新工业炉窑

设计、改造及节能环保 治理新工艺新技术

实用手册

ZUIXIN GONGYE YAOLU SHEJI GAIZAO JI JIENENG
HUANBAO ZHILI XINGONGYI XINJISHU SHIYONG SHOUCHE



安徽文化音像出版社

表 3-2-67 耐火混凝土膨胀缝留设参考数据

名 称	工作温度(℃)	分段分块(mm)	膨胀缝宽(mm)	留设形式
直墙及斜墙	600~900	1000~1200	3~4	凹形
	900以下	800~1000		
弧形拱及筒体圆形墙	600~900	环向 1000	3~4	阶梯形
	900以下	纵向 1000		
平拱和倾斜拱	600~900	1000~1200	3~4	半阶梯形
	900以下	800~1000		

八、保温混凝土的施工

保温混凝土无论采用何种配方,在施工前应进行密度测定和常温耐压强度等级的试验,当采用新材料配制保温混凝土时;则需增做热导率、使用温度、干收缩率等试验,并经有资格的检验部门鉴定后方可使用。

保温混凝土施工中应做出试块,进行常温耐压等级和密度的试验,来鉴定施工质量。施工部位应保持清洁,放置时间一般不得超过 1h,应捣固均匀;表面平整,无裂纹。

当保温混凝土浇灌于耐火混凝土上时;需在耐火混凝土经过 24h 以上的养护时间以后才能进行。保温混凝土浇在耐热层上时应用防水层隔开,以免生水过多,降低强度。

保温混凝土一般不设膨胀缝,补浇保温混凝土时应将原有接缝表面松散的混凝土清理干净,用水浇湿。保温混凝土的养护制度根据所用的水泥可按耐火混凝土的养护制度表 3-2-64 进行。

九、对框架式耐火混凝土墙的施工要求

框架式耐火混凝土炉墙施工除遵照上述各节要求外,还应注意以下事项。

(1)钢筋的位置要准确,钢筋离混凝土向火面应有足够厚度的保护层,一般不小于 25mm。

(2)浇灌振捣混凝土时,应确保拉钩、托架位置的正确和自由膨胀,耐火混凝土的膨胀缝应使混凝土能完全隔开,并不得串位。

(3)托架和拉钩处的耐火混凝土应加厚。

(4)混凝土施工中,应从钢筋网格中引出牵连线,以便与外层铁丝网连接。

框架炉墙施工后进行外观检查,耐火混凝土表面应平整、光滑,不应有蜂窝、麻面等缺陷,无裂纹(发丝状裂纹除外)。耐火混凝土组件外形尺寸偏差,长宽方向一般为 $\begin{matrix} +5 \\ -3 \end{matrix}$ mm,两对角线差不大于8mm。炉墙的平面度、厚度及安装找正后的水平度、垂直度允许偏差见表3-2-68。

表3-2-68 砖砌体的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)	检测方法
垂直度	粘土砖墙	每米	3
		全高	15
	红砖墙	全高 ≤ 10 m 全高 > 10 m	10 20
表面平整度	粘土砖墙面		5
	挂砖墙面		7
	红砖清水墙面		5
炉膛的长度和宽度			± 10
炉膛的两对角线长度之差			15
烟道、宽度、高度			± 15
拱顶跨度			± 10

十、对敷管式炉墙的施工要求

敷管式炉墙的施工,除遵照上述各节有关要求外,还应注意下列事项。

(1)敷管炉墙的固定铁件(如钩钉、螺栓等)的施工应符合设备技术文件的规定,管子弯头处禁止布置固定铁件。

(2)敷管炉墙的铁丝网与燃烧装置,孔、门等处应连接牢靠,铁丝网之间应连成一体。

(3)敷管炉墙采用成型隔热材料(矿纤材料制品除外)时,必须打灰浆或用纤维填塞,泥浆应饱满均匀。敷管炉墙采用浇注施工时;必须严格控制加水量和捣打压缩比。

(4)组合的敷管炉墙四周铁丝网应留有连接的余量。

(5)敷管炉墙固定铁件的压盖或螺帽应压紧,固定铁件不得高于保温层15mm。

敷管炉墙就位后补浇时,相邻的铁丝网应连接牢固(内层铁丝网宜采用焊接连接),补浇部位的混凝土表面应清扫干净并用水湿润,补浇混凝土应仔细捣固,并按要求进行养护。当补浇有困难时,可适当加大水灰比,(坍落角为 70~80mm)和减小骨料颗粒度。

液态排渣炉底墙施工时;施工部位应无铁锈,无杂物并有防止管子腐蚀的措施,膨胀缝应按设备技术文件的规定留出,不同层间耐火混凝土的膨胀缝必须错开,耐火混凝土表面坡度必须保证。

卫燃带炉墙施工时,卫燃带处管子表现的铁锈应除净,非膜式壁管间应加耐火材料(如硅酸铝纤维等)隔离,严禁将卫燃带与外墙连成一体,抓钉的长度和布置密度应符合技术文件的要求。敷管炉墙抹面后的平面度,每米不大于 5mm,厚度允许偏差平层为 $\pm 5\text{mm}$,全墙为 $+15 \sim -10\text{mm}$ 。

十一、对砖砌轻型炉墙的施工要求

对砖砌轻型炉墙的施工应注意下列事项。

(1)砌体各部位砖缝的允许厚度见表 3-2-69。

表 3-2-69 砌体各部位砖缝的允许厚度

部位名称	砖缝允许厚度(mm)				部位名称	砖缝允许厚度(mm)			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
落灰斗			3		省煤器墙			3	
燃烧室	无水冷壁	2			硅藻土砖				5
	有水冷壁		3						
前后拱及各类拱门		2			烧嘴砖		2		
折焰墙			3		红砖外墙				8~10
炉顶			3						

注: I、II、III、IV 为耐火砌体分类。

(2)炉墙中的耐火砖不得使用砖长 1/3 及以下的断砖,每层砖长大于 1/3 的断砖数量不得超过 3 块。

(3)断砖应使用专用工具或机械,不得用手槌直接断砖,断砖后的表面应加工磨平。

(4)在砌筑砖墙时应随时将砖墙表面上挤出的灰浆清除,耐火砖墙不得有积灰或其他杂物使墙与管子卡住。

(5)砌筑保温砖时,个别缺角与碎裂的地方应用灰浆和小块保温材料填补严密,保温砖墙表面平面度偏差不大于 $5\text{mm}/\text{m}$ 。

在下列部位砌筑时应注意的事项。

(1)在托砖板上砌筑耐火砖时;托砖板上下的耐火砖墙面应在同一平面上,对于组合砌砖炉墙,托砖板上、下墙面的错位应不大于 10mm ,下部异形砖与托砖板之间的异形砖结合部应填满湿隔热填充料。

(2)砌筑燃烧装置的圆碓时,事先应进行碓砖的试配,圆碓的内径和标高允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$,圆碓的砖缝的延长线应通过圆的中心。下半圆碓施工时与圆碓相邻的砖必须同时砌筑。

(3)砌筑拱碓时应从两端砌向中央,拱碓砖缝的延长线均应通过圆中心,拱碓的砖数应是单数。跨度大于 600mm 的拱碓砌完后至少经过 $2\sim 3\text{h}$ 才能拆除拱撑,拱碓高度偏差为 $\pm 5\text{mm}$,在碓上继续砌砖时;应选砌立砖,立砖的下端应按碓的圆弧破削合缝,立砖的高度应大于 $1/3$ 砖长,并与相应的水平砖缝一致。

(4)砌筑斜护板墙时:不得用填塞灰浆的办法来找平炉墙,墙面平面度偏差不大于 4mm 。

(5)砌筑灰渣室砖墙时:灰渣室的喷水装置的上部的耐火砖应伸出墙面,斜坡部分的砖不应顺斜坡方向砌筑。

十二、炉墙保护层的施工

轻型炉墙及敷管炉墙最外层的墙面上,常采用抹面、涂密封涂料和贴玻璃丝布等方法构成一层保护层。也有用薄钢板或铝合金波纹钢板焊在墙外框架上,再在钢板上刷上银粉,用来做炉墙的保护层和装饰层。

炉墙保护层使用的铁丝网,应符合设备技术文件的要求,一般多采用直径 1.6mm ,网格为 $20\text{mm}\times 20\text{mm}$ 的活口镀锌铁丝网,以利于炉墙热膨胀。铺设铁丝网时,两块铁丝网应对接,铁丝网与钩钉紧固牢靠的紧贴在保温层上,施工完毕后,铁丝网表面不应有铁丝短头露出,也不应有鼓包和空层现象。

炉墙抹面时抹面层应分两次进行,待第1次稍干后再进行第2次,第1次要求找平和压挤严实,第2层要求压光压平、补抹、接口或第2层施工离上次施工时间较长时;应将原有抹面层打毛并稍洒水湿润,方可继续施工。

敷管炉墙应在抹面初干后刻画出1.5m左右的方格或工字式膨胀缝,抹面层表面应平整光滑,棱角整齐,其平面度不大于3mm/m,在冷态情况表面应无裂纹(细小发状裂纹除外),抹面结束后,固定铁件不得露出。

炉墙贴玻璃丝布时,粘贴前炉墙表面应干燥、干净。聚醋酸乙烯乳液在运输和保管期间严禁受冻,受冻结块的乳液严禁使用,其存放温度为10~40℃。施工前先用10℃以上水(乳液量的20%~40%)稀释,当乳液温度低于10℃不得使用,粘贴玻璃丝布应在乳液温度30~40℃下进行,并及时将空气排除。施工后玻璃丝布应平整无裂纹,在抹面层上及玻璃丝布上应分别各刷一层聚醋酸乙烯乳液并要求均匀。含蜡的玻璃丝布在使用前应用温水浸泡后方可使用。

十三、冬季施工注意事项

凡昼夜室外平均气温低于5℃和最低气温低于-3℃时称为冬季施工。但水泥胶结剂混凝土在气温低于7℃,磷酸耐火混凝土、水玻璃耐火混凝土低于10℃时;也按冬季施工处理。冬季施工应采取防寒保暖措施,确保施工部位及周围的平均气温达到5℃方可施工。

耐火制品和配制混凝土的粉料、骨粒应预热到0℃以上,耐火灰浆和保温灰浆应不低于5℃。加热各种材料时,应防止材料变质,水泥胶结剂耐火混凝土和保温混凝土可采用蓄热法或加热法(电流加热、蒸汽加热等)。加热时普通水泥和矿渣水泥耐火混凝土不大于60℃,要用蒸汽养护时不大于85~90℃。矾土水泥耐火混凝土和保温混凝土不大于30℃。水玻璃或磷酸耐火混凝土只允许采用干热法加热,水玻璃混凝土加热时不大于60℃。水泥胶结剂耐火混凝土、保温混凝土、抹面灰浆和砌筑用灰浆不应掺用化学初凝剂。耐火混凝土、保温混凝土养生结束和抹面完工后尚未干燥前严禁受冻。

第三章 炉架及其他金属附件

第一节 钢架结构的确定

工业炉钢结构的主要作用是维持炉体的外部形体,保持工业炉砌体的严密性,承受拱顶作用于炉墙上的水平推力或吊挂炉顶的荷重及砌体因热膨胀产生的热应力,并承受工业炉砌体的重量和安装炉用部件。由于工业炉钢架结构的特点是紧靠高温炉体,有时甚至受到火焰的直接冲刷,所处环境温度较高,工作温度也常有变化,因此工作条件较为恶劣。在工业炉生产过程中很难检修或更换构件,一般只能和炉体本身的检修配合进行,所以要求金属结构有较长的使用寿命。

一般常用的钢结构型号如下:

工字钢	槽钢	角钢	拉杆用圆钢直径	炉围钢 板厚度
16~30号	16~30号	5~12号	$\phi = 30 \sim 40\text{mm}$	$\delta = 5 \sim 10\text{mm}$

为使钢架结构形成整体而把工业炉夹固起来,各个独立的钢件之间必须互相连接起来。除有特殊要求采用活动连接外,工业炉金属结构构件的连接,一般都采用焊接。钢柱下端大都固定在工业炉基础上。由于钢架是固定死的,所以各部分砌体均需留有膨胀缝,以免受热后钢架变形。所有构件要尽量采用不需特殊订货的标准型号热轧钢材。

工业炉钢结构所用材料大致可分为两类:对于炉墙护板之类,用于维护炉体外形严密性而无强度要求的非受力构件可选用 Q195 或 Q215 制作;对于要求强度

计算以确定断面尺寸的受力构件,如立柱、拱脚梁、拉杆等要采用 Q235 或 16Mn 制作。

炉体周围的侧立柱承受拱顶的水平推力或吊挂炉顶的重量,并用以支承和固定炉门升降机构、炉门框、水冷构件和炉顶走台等炉用附件。其下端一般与工业炉基础固定,间距一般为 1~2.3m。

拱顶工业炉的拱脚梁主要用来承受拱顶的水平推力。因此,拱脚梁设置位置应使其受力中心与炉拱旁推力中心相吻合。

工业炉拱顶的垂直分力可由炉墙来承受,也可用合适的拱脚梁结构由拱脚梁承受并传递到侧立柱上。由炉墙承受拱顶重量的缺点是在检修时,炉顶也需同时进行检修。

拉杆是工业炉顶部连接炉体两侧对应立柱的构件,承受工业炉拱顶作用于侧柱上的水平推力。为使炉顶拉杆不处于过热的工作环境下,应使其高出炉顶外缘 300mm 以上为宜。

拉杆和侧立柱的连接方式有螺栓连接和焊接两种。螺栓连接的目的是在工业炉烘炉升温过程中,炉顶受热膨胀后可以适当调整以减小拉杆和侧立柱的受力。螺栓连接在实际使用中效果并不明显,因此目前大多数工业炉一般采用焊接连接,并按结构需要选用角钢或槽钢作拉杆。

非常温下的各种钢材的许用应力,应根据钢材经受不同温度分别乘以修正系数,钢材经受的温度越高,则许用应力越低。温度修正系数 η_w 如表 3-3-1 所示。

表 3-3-1 钢材许用应力的温度修正系数

工作温度℃	20	100	200	300	400	500
Q235	1	0.95	0.85	0.70	0.30	
16Mn	1	1	0.95	0.80	0.50	0.15

一、拱顶的体积和重量

本节以拱顶工业炉为例进行金属结构的计算。

为了计算工业炉拱顶的水平推力,先要进行拱顶重量的计算。

单层拱顶的重量(N)

$$G = \frac{\pi g \varphi}{180} \left(R + \frac{S_1}{2} \right) S_1 \gamma_1 l \quad (3-3-1)$$

两种不同材质砌筑的双层拱顶重量

$$G = \frac{\pi g \varphi}{180} \left[\left(R + \frac{S_1}{2} \right) S_1 \gamma_1 + \left(R + S_1 + \frac{S_2}{2} \right) S_2 \gamma_2 \right] l \quad (3-3-2)$$

式中： φ 为工业炉拱顶中心角(度)； R 为拱顶半径(m)； S_1 、 S_2 为内层和外层拱顶的厚度(m)； γ_1 、 γ_2 为内层和外层拱顶材料的重度(N/m³)； l 为拱顶的长度(m)。

钢结构计算

图 3-3-1 所示为拱顶作用力，炉顶对拱脚砖发生压力。这个力可以分为水平分(推)力 P 和垂直分(重)力 $G/2$ 。简化计算，不计拱内剪力和弯矩，没有轴向变形，则两分力的扭转力矩必然相等。这样，两根立柱之间的拱顶作用在立柱上的水平推力(N)

$$P = K_1 \frac{B}{4h} \cdot \frac{G}{2} = K_1 K_2 \frac{G}{2} \quad (3-3-3)$$

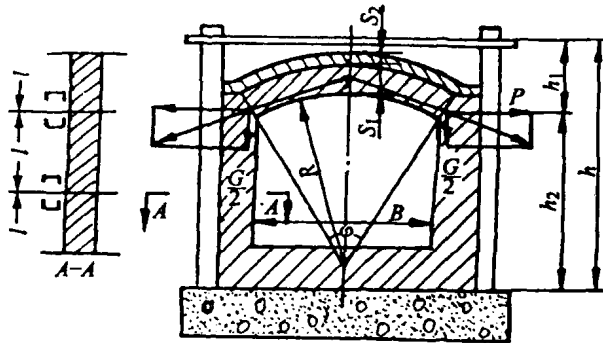


图 3-3-1 工业炉金属结构受力图

式中： G 为两个立柱之间拱顶的重量(N)； B 为拱顶的跨度(mm)； H 为拱顶的矢高(mm)； K_1 为温度系数，参考表 3-3-2； K_2 为拱顶中心角 φ 修正系数， $K_2 = \frac{B}{4h}$ ，参考表 3-3-3。

第三章 炉架及其他金属附件

表 3-3-2 推力随温度增加的温度系数 K_1

炉温℃	常温	< 900	900 ~ 1 100	1100 ~ 1 300	> 1 300
K_1	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5

表 3-3-3 拱顶中心角修正系数 K_2

拱顶中心角	60°	90°	120°	180°
K_2	1.866	1.207	0.866	0.5

立柱的破坏主要是由于弯曲应力起作用。其最大弯矩(N·mm)

$$M_{\max} = \frac{Ph_1h_2}{h} \quad (3-3-4)$$

式中： h_1 、 h_2 、 h 为立柱高度尺寸(mm)

截面系数(mm³)

$$W_j = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} \quad (3-3-5)$$

拱脚梁所受水平方向的弯矩(N·mm)

$$M_y = \frac{Pl}{8} \quad (3-3-6)$$

式中： l 为两个立柱之间的距离(mm)。

拱脚梁水平方向的截面系数(mm³)

$$W_{ly} = \frac{M_y}{[\sigma]} \quad (3-3-7)$$

拱脚梁所受垂直方向的弯矩(N·mm)

$$M_x = \frac{G}{2} \cdot \frac{1}{8} \quad (3-3-8)$$

拱脚梁垂直方向的截面系数(mm³)

$$W_{lx} = \frac{M_x}{[\sigma]} \quad (3-3-9)$$

当拱脚梁同时承受水平力和垂直力时,可按两个主平面内受弯构件校核所受应力:

$$\left(\frac{M_x}{W_{lx}} + \frac{M_y}{W_{ly}} \right) \leq [\sigma] \quad (3-3-10)$$

炉顶上拉杆的破坏主要是拉力在起作用。所受拉力(N)

$$P_1 = \frac{Ph_2}{h} \quad (3-3-11)$$

要求上拉杆的断面积(mm²)可由拉力决定:

$$f_1 = \frac{P_1}{[\sigma]} \quad (3-3-12)$$

立柱底板承受的侧向水平推力(N)

$$P_2 = \frac{Ph_1}{h} \quad (3-3-13)$$

地脚螺栓起固定立柱底板的作用。地脚螺栓的破坏主要是由于剪应力发生作用。其所承受的拉力(N)

$$P_3 = \frac{P_2}{\mu n} \quad (3-3-14)$$

式中: μ 为底板与基础面之间的摩擦系数,一般取 0.35 ~ 0.40; n 为每根立柱底板的地脚螺栓的个数。

要求地脚螺栓的直径(mm)

$$d = \sqrt{\frac{4P_3}{\pi[\delta]}} \quad (3-3-15)$$

计算所得的结果可能比实际偏高一些,因此选用时还可结合实际或由经验决定。

第二节 炉底水冷构件的设计

炉底水管是工业炉的重要构件之一,它起着支承物料在炉内加热的作用。主要的受力构件必须进行强度计算。

由于钢制水管在高温下会降低强度,所以在保证牢固可靠的前提下,力求减

少冷却介质带走的热量,改善料坯在炉内的受热条件,防止和减轻滑道所产生的冷却“黑印”及其对物料表面的划伤等。

一、炉内水管形式选择与管件计算

对上下加热的推送式连续加热炉,料坯是放在滑动水管上进行加热的,并且还在上面运动(从加热炉的进料端移到出料端)。因此,滑动水管结构不但要承受炉内被加热物料的重量,而且还要承受它的动载荷,必须具有一定的强度以保证料坯在上面顺利地移动。滑动水管结构还应该考虑到加热炉热工方面的要求,尽可能减少对下部炉膛热交换的影响,对于料坯和滑动水管接触处黑印的影响尽可能小些。此外,滑动水管由冷却介质带走的热量也要求尽可能小一些。所以,对加热炉内滑动水管结构方面的要求是相当高的。

炉底滑动水管由纵水管、横水管及支撑水管等以不同方式组合而成。

纵向滑道的根数根据料坯长短及受力大小而定。在确定滑道之间的距离时应考虑到以下几个方面:

(1)保证物料运行时不掉道,料坯两端距水管悬出一定长度。对钢坯,每端长度不小于 150mm。对钢锭,大头侧不小于 50~100mm,小头侧不小于 100~150mm。

(2)保证钢料在高温段两头下挠时不碰横水管,并且进入实炉底时不“翻炉”。下挠程度与物料厚度、悬出长度、钢料温度及停留时间长短等因素有关。设计时要控制钢料悬出纵水管长度不可过长。一般外伸长度不宜超过纵水管中心距的一半。

(3)两根纵向滑道最大间距应保证钢料在高温时,不产生“塌腰”。

(4)两根滑道最小间距不小于 600mm,否则钢料下表面遮蔽太大,而减弱下加热的作用。

纵向滑道的结构形式有三类:冷却滑道、热滑道和无水冷滑道。它们对钢坯的遮蔽与冷却情况也有所不同。

由于减轻或消除“黑印”主要在均热段进行,因此,这一部分的滑道结构就尤为重要。

冷却滑道最为常用。一般用 $\phi 70 \sim 127\text{mm}$ 、壁厚不小于 8mm 的碳素无缝钢管

制作,有时也用矩形管制作。顶部焊 20~40mm 的圆钢或方钢,以增加其耐磨性。无缝钢管需取系列尺寸(见表 3-3-4)。

表 3-3-4 单根无缝钢管的截面系数($\times 10^3 \text{mm}^3$)

外径 (mm)	壁厚(mm)								
	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	
60		9.7	10.1	11.0	11.8	12.5	13.9	15.1	
68		12.2	13.4	14.5	15.7	16.7	18.6	20.2	
70		12.9	14.3	15.5	16.7	17.8	19.9	21.8	
73	12.6	14.2	15.7	17.0	18.4	19.6	21.9	24.0	
76	13.7	15.5	17.1	18.6	20.0	21.4	24.0	26.4	
83	16.7	18.8	20.7	22.5	24.4	26.2	29.3	32.3	
89	19.4	21.7	24.1	25.3	28.4	30.5	34.3	37.9	
95		25.0	27.7	30.3	32.7	35.2	39.7	43.9	
102		29.0	32.2	35.2	38.2	41.0	46.4	51.5	
108		32.8	36.4	39.8	43.2	46.5	52.7	58.6	
114		36.7	40.7	43.9	48.5	52.1	59.4	65.1	
121		41.5	46.2	50.7	55.1	59.4	67.5	75.4	
127		46.0	51.2	56.2	61.1	65.8	75.0	83.8	
133		50.7	56.4	62.0	67.4	72.6	82.9	92.6	
140			62.1	69.4	75.1	81.1	92.5	104	
146			66.6	75.5	82.3	88.7	102	114	
152			74.6	82.2	89.5	96.8	111	124	
159			82.1	90.5	96.5	104	122	137	

外径 (mm)	壁厚(mm)								
	9	10	11	12	14	16	18	20	22
60	16.1	17.0	17.8	18.5	19.5				
68	21.8	23.2	24.4	25.4	27.2	28.4			
70	23.4	24.9	26.2	27.4	29.4	30.8			
73	25.9	27.7	29.2	30.6	32.8	34.7	35.8		
76	28.5	30.4	32.1	33.6	36.2	38.3	39.8		
83	35.0	37.5	39.8	41.8	45.3	48.2	50.4	52.1	53.4

外径 (mm)	壁厚(mm)								
	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	
89	41.2	44.2	47.1	49.6	54.0	57.6	60.5	62.1	64.8
95	47.9	51.6	54.9	57.9	63.4	67.9	71.6	74.7	77.3
102	56.2	60.1	64.9	68.6	75.2	81.2	85.9	90.0	93.3
108	64.1	69.2	74.0	78.4	86.5	93.4	99.3	105	109
114	72.4	78.1	83.7	89.0	98.6	106	114	120	125
121	82.5	89.6	96.0	102	113	123	132	139	146
127	92.0	100	107	114	127	138	148	157	165
133	102	111	119	127	141	154	166	176	185
140	114	124	134	142	159	174	187	200	210
146	125	136	147	157	175	192	207	221	233
152	137	149	161	172	192	211	228	244	257
159	151	164	178	190	213	234	254	271	287

热滑道或半热滑道是在纵水管上装设较厚的金属滑道(通常由耐高温的合金材料制成),甚至在水管与滑道之间衬隔热材料。

滑道的结构对钢料冷却“黑印”的影响很大。钢料下表面的冷却“黑印”是滑道对其吸热与遮蔽双重作用的结果。因此冷却“黑印”面积的大小与深浅程度直接与滑道的形状、尺寸、材质和结构有关,而加热炉下部供热负荷的大小、水管是否绝热也产生一定的影响。

炉内纵向水冷滑道一般用横水管支承,纵水管直接架在横水管上,靠焊在横水管上的限位挡块定位(见图 3-3-2),保证纵向水管受热后可自由膨胀。

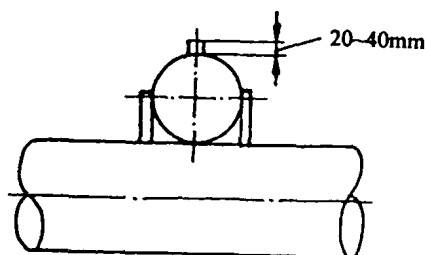


图 3-3-2 水冷滑道结构图(1)

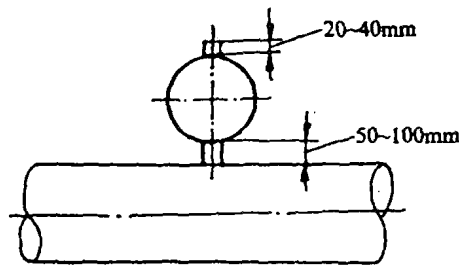


图 3-3-3 水冷滑道结构图(2)

为了防止推料过程中的机械损伤(由钢料两端下挠或钢锭头部的“飞边”引起),可在纵水管下加 50~100mm 的钢垫块,以防止横水管刮伤(见图 3-3-3)。

横水管的间距大都等于或整数倍于炉侧立柱的间距。一般为 1160~3480mm,为了减小水管总面积或配合工业炉附件的设置,也可改变这一尺寸。间距小,对钢料下表面的遮蔽大,以阻挡气流。间距大,横水管根数减少,但纵向水管和横向水管的断面积增大。要选择总的冷却表面积为最小时的最佳值。

横水管的结构有单根横水管、双根组合横水管及单根横水管加支柱等。主要根据强度计算及改善炉内传热条件等因素选定。横水管一般用 $\phi 102 \sim 159$ mm 的厚壁无缝钢管制作。支柱水管可选用 $\phi 76 \sim 114$ mm 的厚壁无缝钢管,并与下加热错开,避免火焰直射。

在工业炉进料端处的纵水管下面因排烟口的限制,一般不设横水管,而直接采用粘土砖墙承托。

横水管要求在炉长方向和高度方向保持位置固定,以确保受力条件不变,而沿炉宽方向则必须允许其随温度变化而自由伸缩。

二、水冷系统

炉底水管内水的流速一般不小于 1m/s。纵水管每根单独供排水,由高温段一端进水,炉尾排水。横水管及支柱水管根据水压及水管的受热面积等情况可以每根单独供排水,或几根串联。排水温度根据水质选定,一般不大于 55℃,否则管内容易结垢,增加热阻,水管过热而塌落。炉底水管必须绝热包扎。

每个供排水系统均应有各自的进水闸阀及敞开式排水口,不允许合并,排水管不允许装设任何闸阀。

各系统的排水口或炉外排水管的一段必须高于炉内水管,以保证当水量较小时,炉底水管也能为水所充满。

水冷系统的水管结构形式基本上适用于汽化冷却系统。当设计采用汽化冷却时,炉底水管设计应该更好地适应汽化冷却的特点。注意使弯管半径尽量加大以求通道平滑,防止局部汽阻而过热,管子内径应保证一定的流速以避免汽水分离。

汽化冷却时的水质是经过处理的,已除去了 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 离子等容易沉积的物质。

三、炉底水管的强度计算

(一)炉底水管许用应力 $[\sigma]$ 的选取

水冷却时, $[\sigma] = 120\text{MPa}$ 。汽化冷却时, $[\sigma] = 100\text{MPa}$,当蒸汽压力大于 $13 \times 10^6\text{Pa}$ 时, $[\sigma]$ 还应适当降低。

强度验算:

$$\frac{M_{\max}}{[\sigma]} \leq W_j \quad (3-3-16)$$

式中: M_{\max} 为最大弯矩值 ($\text{N} \cdot \text{m}$); $[\sigma]$ 为材料的许用应力 (MPa); W_j 为截面系数 (mm^3)。

挠度验算:

$$f_{\max} \leq f_0 \quad (3-3-17)$$

式中: f_{\max} 为最大挠度 (mm); f_0 为允许挠度 (mm),水管的最大挠度与跨度之比应不大于 $1/500$ 。

(二)纵向水管强度计算(按均布荷载简支梁计算)如图 3-47 所示。

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \quad (3-3-18)$$

$$f_{\max} = \frac{5ql^4}{384EJ} \quad (3-3-19)$$

式中: l 为两支点间的距离 (mm); q 为每根纵水管所承受的均布荷载 (N/mm); E 为钢管的弹性模数(在管壁温度条件下) (MPa); J 为钢管的惯性矩 (mm^4)。

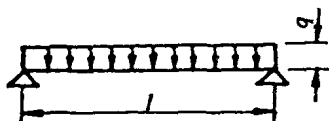


图 3-3-4 均布荷载纵
水管受力图

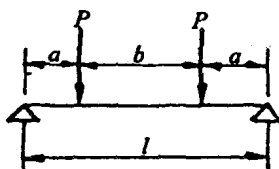


图 3-3-5 单排布料
横水管受力图

(三) 两端支撑的横水管强度计算

对单排料, 两端自由的横水管, 如图 3-3-5 所示。

$$M_{\max} = Pa \quad (3-3-20)$$

$$f_{\max} = \frac{10^6 Pa}{24EJ} (3l^2 - 4a^2) \quad (3-3-21)$$

图 3-3-5 中, P 为纵水管的作用力(N); a 为作用力与支点间的距离(mm); l 为横水管支点间的距离(mm)。

对双排料, 两端自由的横水管, 如图 3-3-6 所示。

$$M_{\max} = P(2d + c) \quad (3-3-22)$$

$$f_{\max} = \frac{P}{24EJ} [3l^2(2a + b) - 4(c + b)^3 - 4a^3] \quad (3-3-23)$$

对两端施加反力 N 形成反力矩的横水管如图 3-3-7 所示。图中 1、2、3 各点的弯矩为:

$$M_1 = -Nd \quad (3-3-24)$$

$$M_2 = 2Pa - Nd \quad (3-3-25)$$