

## 第3章 锅炉检修

### 第1节 锅筒检修

#### (一) 锅筒的常见缺陷

##### 1. 锅筒简介

上锅筒是一个汇集炉水及饱和蒸汽的圆筒形容器，它是锅炉的主要部件之一，也是锅炉检修关键部位之一。

工业水管锅炉的上锅筒，除去上锅筒本身的圆筒以外，其内部还包含着许多装置，主要有给水设备、汽水分离设备、加药装置、排污装置等。圆筒壁上还有许多管座，联接后和下锅筒、水冷壁构成循环系统。此外，上锅筒上还装有水位计、安全阀、压力表等安全附件。还有进水阀、主汽阀、放空阀、自用蒸汽阀等管座。

工业水管锅炉目前使用最多的是具有两个锅筒的锅炉，通常称为双锅筒锅炉。两个锅筒以上的锅炉称为多锅筒锅炉。

工业水管锅炉的锅筒，一般都是采用10号或20号锅炉钢板卷制而成。锅筒的内径约为0.8~1.4m，长度约为4~13m，厚度12~25mm。汽水压力越高，则锅筒壁越厚。

旧式锅炉的锅筒是用钢板铆接而成的。这种锅筒在铆钉处容易腐蚀而发生漏泄，所以近代锅炉的锅筒不用铆接而用焊接而成。

在上锅筒的一端或两端须开有椭圆形的人孔，其所以要做成椭圆形，是为了尽可能将洞口做得小些，并且能将人孔盖放入及取出。在人孔与人孔盖的接触面间有衬垫，以防止漏泄。中低压锅炉多采用石棉垫，高压锅炉则采用高压石棉纸板衬垫或薄的金属如紫铜板作衬垫。

为了解决锅筒受热伸长、冷却收缩的问题，支

承锅筒的支座，一端应设有滚柱和留有膨胀间隙。

锅筒由于开孔较多，因而附加应力较大。同时锅筒壁较厚，在运行中容易产生温度差，引起热应力，容易产生腐蚀、裂纹、鼓泡、弯曲等缺陷。

#### 2. 锅筒的常见缺陷

##### (1) 腐蚀

1) 锅筒内壁容易有水垢、水锈、油及其他有害物质，引起腐蚀。

① 上锅筒(汽鼓)汽水表面分界线上，容易发生一长条的局部腐蚀带。

② 在给水管出口处，容易发生腐蚀。

③ 锅筒内壁表面有点腐蚀或溃疡性腐蚀，一般常发生在锅筒封头扳边和其他受加工应力大的部位，腐蚀都呈不规则形状的深坑。

④ 焊缝或焊渣堆积之处，极易产生针孔形腐蚀。

⑤ 上锅筒底部和下锅筒由于污垢(沉积物)的作用，容易形成垢下腐蚀。

点状腐蚀或溃疡性腐蚀的腐蚀特征是：锅炉内部金属表面，形成棕褐色硬壳的疤，硬壳下面充满着黑色的液体。如果擦去黑色的液体，金属表面留有深浅不同的凹痕。产生这种腐蚀的主要原因是给水不除氧或除氧不正常或停炉保护不善所造成的。

2) 锅筒外部表面与炉墙接触部分容易腐蚀。主要原因是由于附件渗漏或不注意防潮，特别是在停炉期间，容易受炉灰和潮气的侵蚀。其特征是：外面结成一层坚硬的灰垢和氧化皮。

##### (2) 裂纹

1) 水管锅炉锅筒上管孔带中的管孔之间、火管锅炉管板中的管孔之间容易出现裂纹(图3-1-1)。

2) 胀管管口产生裂纹(图3-1-2)。

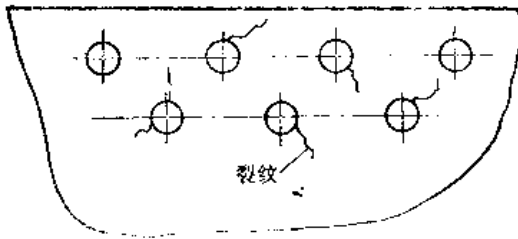


图3-1-1 管孔带中管孔之间的裂纹

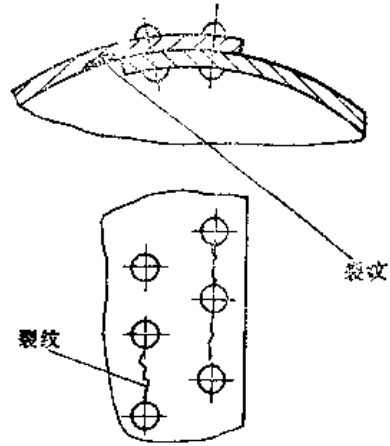


图3-1-4 铆接缝处起槽裂纹；铆钉孔之间的裂纹

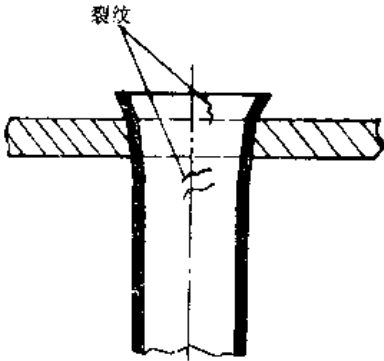


图3-1-2 胀管管口裂纹

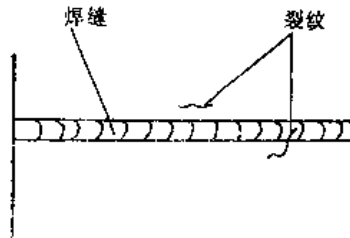


图3-1-5 焊缝及热影响区裂纹

3) 锅筒封头扳边圆弧处内外表面容易产生裂纹(图3-1-3)。

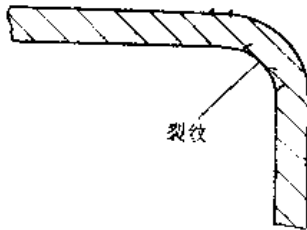


图3-1-3 扳边圆弧处裂纹

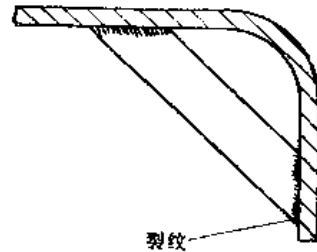


图3-1-6 卧式快装锅炉拉撑板与管板连接处的裂纹

4) 锅炉搭接锅筒，若纵向接缝采用搭接的话，铆接缝处容易产生起槽腐蚀裂纹；铆钉孔之间产生裂纹(图3-1-4)。

5) 焊缝及热影响区产生裂纹(图3-1-5)。

6) 卧式快装锅炉拉撑板与管板连接处产生裂纹(图3-1-6)。

7) 卧式快装锅炉烟室喉管处的裂纹(图3-1-7)，特别是早期快装锅炉更容易发生。

造成上述裂纹的主要原因，一般有如下几点：

1) 在锅炉制造时，有材料本身缺陷的裂纹；也有隐藏的焊接裂纹、焊缝中严重夹渣和未焊透等缺陷。如果不及时发现，往往会引起裂纹的发展，是脆性破坏的起裂点。

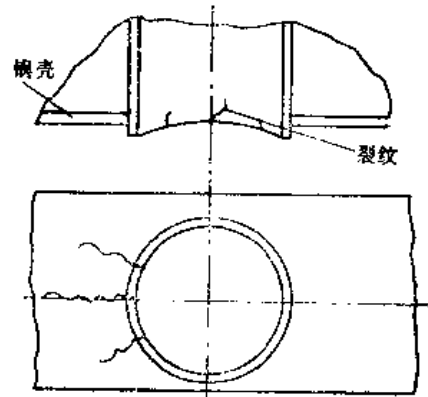


图3-1-7 烟室喉管处裂纹

2) 设计不良。锅炉结构为刚性结构, 若在高温火焰区钢板得不到炉水冷却, 管组水循环不好, 都会因热应力的作用产生裂纹。

3) 胀接工艺不当, 如过胀会使管孔壁应力过大, 产生硬化; 或胀接次数过多, 易造成管孔之间裂纹。

4) 锅炉安装时没有考虑锅筒热胀冷缩余地, 或是在安装过程中炉管装配不良, 形成互相吃劲, 会造成应力集中处的裂纹。

5) 锅炉运行过程中, 例如集中向炉内加冷水, 发生缺水事故时盲目补充水, 锅炉启动和停炉频繁, 并且时间短促, 因水质不好而结垢严重, 超负荷运行使水循环不良等都容易在受压元件上产生裂纹。

总之, 除上述一般原因外, 各个部位出现裂纹时, 还要视具体情况作具体的分析。

### (3) 变形

1) 快装锅炉和纵置式长上锅筒锅炉的锅筒底部鼓泡变形(图3-1-8和图3-1-9), 其主要原因是水质处理(或没有水处理)和排污结构不当, 造成结垢过多而过热变形。

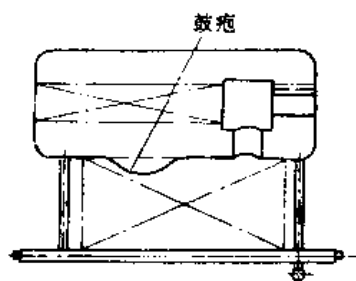


图3-1-8 卧式快装锅炉锅底鼓泡变形

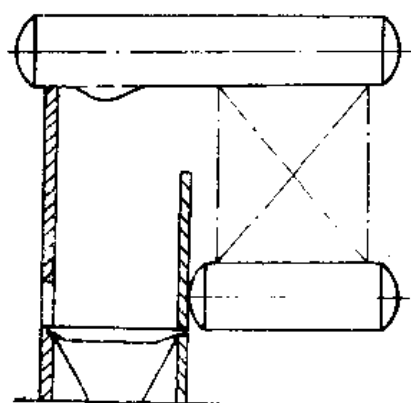


图3-1-9 SZF-10-1.3型上锅筒鼓泡变形

2) 锅筒的蒸汽空间发生鼓泡, 其主要是由于锅筒受热部分超过最低水位而造成局部过热变形。

3) 在运行中出现的弯曲变形, 其主要原因是由于锅筒膨胀不灵活和受热不均匀而造成的。如三锅筒弯水管锅炉(斯特林锅炉)的下锅筒出现过由于受热不均, 产生弯曲应力, 迫使锅筒弯曲变形的情况(参见图3-1-23)。

### (4) 渗漏

1) 人孔渗漏。由于垫料不严, 孔盖没有拧紧, 孔和盖配合不好。

2) 法兰接触处渗漏。由于垫料不平, 没有拧紧, 接触表面不平。

3) 管孔胀接处渗漏。由于胀接质量不好或胀接管子过热松动。

4) 铆接缝渗漏。由于铆接质量不好或铆接处过热引起铆钉和铆缝发生松动。

5) 焊接处渗漏。由于焊接质量不好有砂眼或裂口。

6) 钢板重皮处渗漏。

7) 钢板、管子烂穿渗漏。

(5) 苛性脆化现象 苛性脆化是锅炉金属的一种特殊的腐蚀形式, 由于引起这种腐蚀的主要原因是水中的苛性钠(即NaOH), 使受腐蚀的金属发生脆化, 因而称为苛性脆化。又因为这种腐蚀结果是金属晶粒间发生裂纹, 所以也有称为晶间腐蚀的。

1) 产生苛性脆化同时要具备的三个条件

① 锅炉水具有侵蚀性, 即含有一定量的游离碱。

② 锅炉是铆接或有胀接的, 而且在这些部位有不严密的地方或有缝隙, 因而发生水质局部浓缩的过程。

③ 金属里有极高的、接近屈服点的应力。

2) 苛性脆化的特点

① 初期裂纹及其支纹是发生在晶粒边缘间的, 随着晶间裂纹的发展, 就会产生穿过晶粒的裂纹(穿晶裂纹), 迅速扩展形成爆炸。

② 裂纹区域内无金属变形, 裂纹表面呈暗黑色。

③ 在接缝泄漏处形成苛性钠溶液(10%以上的NaOH)。

炉水对碳素钢板的侵蚀作用, 取决于炉水里苛性钠含量的大小和溶液的温度。溶液的温度越高,

浓度即使低一些，也会发生碱腐蚀。

铆缝和胀口如果不严密，存在贯穿性缝隙，就会长期漏汽，而使苛性钠在缝隙里逐渐累积起来，浓度就逐渐升高，直至达到发生苛性脆化的危险程度。如果缝隙不是贯穿性的，则在锅炉压力发生波动的时候，缝隙里的炉水就自行蒸发，其苛性钠的浓度亦会逐渐增高而达到同样的危险程度。

紧贴着铆钉孔与胀口的那部分金属，由于铆接和胀接时产生的内应力以及锅炉压力所引起的应力及热应力，通常最容易产生足以形成苛性脆化的应力。

苛性脆化可以看作是一种特殊的电化学腐蚀，是由于晶粒和晶粒的边缘在高应力下发生电位差，形成腐蚀微电池而引起的。这时，晶粒边缘的电位比晶粒本身的低得很多，因而此边缘为阳极，遭到腐蚀。当侵蚀性溶液（如含有游离NaOH）和存在应力的金属相作用时，可以将处于晶粒边缘的原子除去，因而使腐蚀沿着晶粒间发展。

苛性脆化的发生除了有上述电化学过程外，阳极部分放出的氢对于腐蚀的发展也起很大的作用。因为氢容易扩散到金属中间和钢材中的碳，碳化物和其他杂质反应生成各种气体产物，而这些气体物质在金属中不易扩散，因而产生附加应力，使金属

的结构疏松，促使裂缝发展。

苛性脆化常发生在锅炉锅筒的铆接和胀接口处，如在铆钉头部发生脆化裂纹，有时甚至使铆钉头基本断裂，用榔头稍微敲打就会脱落下来。在锅炉的钢板上或铆接用的盖板上发生苛性脆化时，裂纹在铆钉孔周围呈放射状，有的由一个铆钉孔连到另一个铆钉孔。这种裂纹不只是在金属的表面，而且会深入到金属内部，甚至穿过金属壁。

苛性脆化的危险性就在于这种腐蚀发生的初期不容易发现，它不会形成溃疡点，也不会使金属变薄，而一旦有了这种腐蚀时，金属遭到破坏的速度会加速进行，当能察觉到有裂纹时，金属的损伤可能已达到严重的程度。锅炉金属苛性脆化的后果很严重，轻者是发现得早，也会使锅炉不能应用，重者会发生锅炉爆炸，造成严重的设备损坏和人身伤亡事故。

### 3) 苛性脆化的预防方法

- ① 控制炉水的相对碱度，使它小于20%。
- ② 防止锅炉附件产生附加应力。
- ③ 防止铆缝、胀口等处发生渗漏。

## (二) 锅筒(汽鼓、泥鼓)检修质量要求

具体项目见表3-1-1。

表3-1-1 锅筒检修质量要求

序号	部件名称	检查项目	质量要求	工艺方法
1	锅筒内部清洗和检查	(1) 检查锅筒内壁和管孔周围	刷洗干净，不得有水垢、污泥、油垢和锈等杂物，特别是接缝处不允许有水锈等杂物存在	手工或机械除锈
		(2) 检查锅筒接缝胀口及其他任何部位	不得有任何裂纹、裂缝，不得有任何渗漏	确定裂纹性质后方可决定修理方法（见锅筒的修理工艺）
		(3) 检查锅筒是否有变形或鼓泡、凹坑等异常情况	无其它缺陷时，鼓泡变形高度不高于30mm，可进行加热用外力进行压平	当鼓泡严重时，采用挖补钢板进行焊接修理（见锅筒的修理工艺）
		(4) 检查锅筒内侧表面腐蚀情况	当锅筒内侧表面局部腐蚀面积不大时，腐蚀深度不超过3mm，用砂布或其他方法清理干净，露出金属光泽后，用锅炉漆或其他方法涂刷腐蚀处，以防继续腐蚀	腐蚀较严重时，进行强度核算，或采用堆焊方法修复（见锅筒钢板有效强度的核算）

(续)

序号	部件名称	检查项目	质量要求	工艺方法
1	锅筒内部清洗和检查	(5) 检查锅筒裂纹情况	不得有裂纹, 不得有苛性碱化现象	当锅筒的裂纹深度超过原厚度的15%或腐蚀超过原厚度15%~25%, 同时腐蚀面积较大而且裂纹较多较集中时, 不能采用焊补措施, 而应采用挖补钢板的方法(见锅筒的修理工艺)
		(6) 检查胀管接头	胀管露头要一致, 不能有过胀、偏胀、裂纹、泄漏、渗漏等情况	见胀管工艺要求
		(7) 检查锅筒内部所有连接管路	汽水管路, 特别是压力表, 水位计联通管必须吹洗干净, 并要畅通	用洗管器清洗炉管时, 注意不使管头损伤或脱落
		(8) 锅筒内侧刷耐火漆	认真检查后, 并彻底清理和修理, 确认无隐患时, 应在锅筒内壁涂刷耐火漆	
2	锅筒外部检查	(1) 检查和修理锅筒的人孔和人孔门的结合面	<p>1) 结合面要彻底清扫, 其面上不准有旧垫料的残余和锈垢等杂物存在</p> <p>2) 结合面应光滑平整, 不得有裂纹、径向沟槽和腐蚀麻点</p> <p>3) 垫料形状和尺寸、材质都应符合人孔门的要求, 不得有刮、卡、变形和折纹, 要求平整</p> <p>4) 人孔门的螺丝扣应完整, 不得乱扣, 螺帽在丝杆上应转动灵活, 不得刮、卡, 并应涂上铅油, 压杆不得有裂纹和变形</p> <p>5) 安装人孔门时要检查结合面结合程度, 结合面应大于全宽度的 2/3</p> <p>6) 安装人孔门时防止装偏、漏住和垫料挤偏现象</p>	锅筒人孔门应符合规定要求
		(2) 检查锅筒外表面	锅筒外表面不得有裂纹、裂缝、翻卷和金属损坏现象。锅筒如有卷皮叠层现象, 可用手铲铲去, 然后磨光但去掉之厚度不得大于其厚度的10%	必要时可拆除绝热材料或炉墙

(续)

序号	部件名称	检查项目	质量要求	工艺方法
2	锅筒外部检查	(3) 锅筒弯曲检查与测量	锅筒每米长度内其直线度(弯曲值)不得超过1.5mm, 但全长内应符合下列要求: 焊接锅筒, 锅筒长度5m以下者, $0.15\% \times \text{长}$ ; 5m以上者, $0.3\% \times \text{长}$	拉线法测量
		(4) 检查锅筒下部支座	锅筒下部的滑动辊轮要光滑, 不得锈住或卡住, 接触应均匀严密, 锅筒能伸缩自如, 应有足够的膨胀间隙	检查测量
		(5) 锅筒水平度检查	锅筒中心线与炉膛中心线(纵置式)偏差不得超过2mm, 锅筒的平面度(水平度)差值不得超过2mm	经纬仪吊线法
		(6) 支架、托架、吊架、保温绝热、管件等检查	1) 支架、托架和吊架等均应完整牢固, 不得松动脱落 2) 表面焊接口, 管接头焊缝不得漏掉, 不得有裂纹、裂缝或焊块脱落现象 3) 凡接触火焰或烟气的锅筒表面, 应刷上防锈漆, 应用耐火材料保护, 厚度不得少于80mm 4) 安全阀座接触面、锅筒与管道的结合法兰的结合面应光滑平整, 严密良好, 不得有任何漏泄 5) 水压试验应符合规定要求	检查
3	锅筒内部装置	(1) 锅筒内部装置的共同质量要求	1) 清除所有零件、部件上的水垢及其它沉淀粘堵物 2) 内部装置的各部件的螺丝, 要求完整, 紧固不松 3) 分离器支架等不得有漏焊, 倾斜和弯曲变形等缺陷 4) 分离器的多孔板、百叶片和挡板等, 不得有凸凹不平现象	拆卸清洗

(续)

序号	部件名称	检查项目	质量要求	工艺方法
3	锅筒内部装置	(2) 给水管和给水槽检修	1) 给水管和给水槽不得有裂纹、裂缝, 不得有漏泄现象, 槽壁、管壁的腐蚀程度最大不得超过原厚度的 $1/2$ 2) 用平尺检查给水槽溢水边的水平度, 其水平差每米不得超过 $0.5\text{mm}$ 3) 给水管出口孔不可使水喷向锅筒内壁, 孔眼要畅通, 无泥垢或水锈堵塞 4) 给水法兰要严密, 不得泄漏 5) 安装要牢固, 支架要完整	拆卸、清洗、检查
(3) 阻汽板检修		1) 阻汽板腐蚀深度最大不得超过其原厚度的 $1/2$ 2) 阻汽板固定要结实, 固定位置正确, 不得有变形和开焊现象	拆卸检查	
(4) 表面排污管和定期排污管检修		1) 表面排污管和定期排污管不得有裂纹、裂缝、腐蚀程度最大不得超过其原厚度的 $1/2$ 2) 排污管最大直线度不超过 $10\text{mm}$ 3) 管内要清除无垢, 孔眼要畅通 4) 安装位置要正确、牢靠, 较长的排污管应设有撑架, 在撑架处应能使排污管自由伸缩	拆卸检查	
(5) 内置旋风分离器检修		1) 旋风子筒体的倾斜度, 其上下垂直中心线偏斜应不大于 $3\text{mm}$ , 否则应该加以校正 2) 旋风子筒体、入口短管、上部百叶片和下部导水板等, 不能有开焊以及松动现象, 或其他的异常现象 3) 旋风子与汇流箱的联接法兰盘应严密, 销子无松动现象, 如果法兰盘漏泄, 应更换新垫料 4) 汇流箱应保持严密性, 如有开焊或变形, 应查明原因, 及时处理 5) 检查锅筒壁及汇流箱内各胀口的情况时, 应将旋风子按顺序卸下并编号, 清除脏物和水垢, 按原样复位	拆卸、清洗、测量、检查	

### (三) 锅筒钢板有效强度的核算

在锅炉检修中，会遇到锅筒钢板减薄的问题，这时需作如下考虑：

#### 1. 强度核算

当锅筒钢板减薄时，根据实际情况和质量要求，确定或测量减薄的最小残余厚度  $S_1$ ，按《水管锅炉受压元件强度计算标准》的有关规定进行验

处理。

当  $S_1$  (残余厚度) 比  $\varphi S$  (接缝效率乘钢板厚度) 大很多时，可以暂不修理，但应在凹坑处打磨见金属光泽，并圆滑过渡，采取防腐蚀措施。

当  $S_1$  (残余厚度) 稍大于或等于  $\varphi S$  (接缝效率乘钢板厚度) 时，应采用堆焊的方法修理。

当  $S_1$  (残余厚度) 小于  $\varphi S$  (接缝效率乘钢板厚度) 时，应进行该处或整个面积的补焊修理。



于100mm (图3-1-11)。由于纵向焊缝所受的应力要比环向焊缝大1倍,所以对纵向焊缝的要求更高。当纵向焊缝与环缝交叉,出现T字形接头时,此处应力集中,而且相交焊缝最容易出现缺陷。

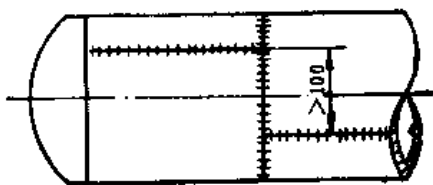


图3-1-11 纵向焊缝应错开

3) 筒体上的上升管或水冷壁下降管的开孔,其开孔的边沿,距离封头焊缝应不小于 $0.9D$  (图3-1-12)。

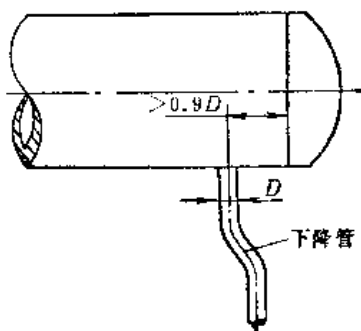


图3-1-12 开孔距封头焊缝的距离

4) 对于卧式快装锅炉等火焰直接接触锅壳的锅炉,纵向焊缝还不能布置在底部。因为底部一方面外侧受辐射热,一方面在水侧易堆积水垢,易造成焊缝金属的腐蚀和产生过热。

5) 筒体上焊接管孔一般不应开在焊缝上。低压工业锅炉在管子节距大于两倍管口直径时,允许在焊缝上开个别孔。但焊缝应进行100%无损探伤和作热处理。并在考虑减弱系数时,同时包含管孔带的减弱系数和焊缝的减弱系数。

(2) 焊缝对接的边缘偏差( $\Delta\delta$ )厚度相同的钢板和厚度不同的钢板在对接时,纵缝错口偏差一般不能大于板厚的10%,并不能超过3mm。厚板和薄板要对接时,厚板高出薄板的厚度如果纵缝超过3mm,环缝超过5mm时,要把超出的厚度削薄,削薄长度不小于削薄厚度的4倍(图3-1-13)。

如果对接的边缘偏差较大,锅壳在外力作用下

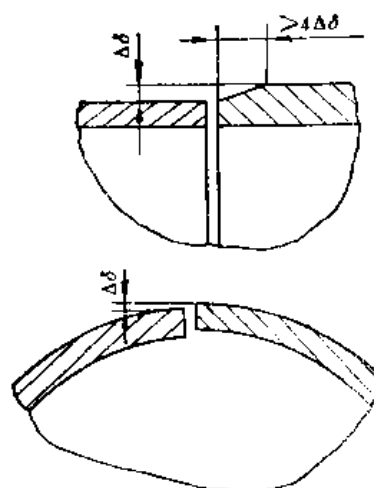


图3-1-13 焊缝对接的边缘偏差

接头处产生不正常的受力状态,并且由于偏差部分要产生位移,在焊缝处会产生较大的二次应力。

(3) 筒体几何形状和尺寸偏差 锅筒筒节的几何形状和尺寸偏差应不超过表3-1-2中的规定。

1) 中低压锅炉筒体表面质量:筒节内外表面的凸起、凹陷、疤痕等缺陷当其深度为3~4mm时,可将其磨平。其深度大于4mm时,应补焊并修磨。

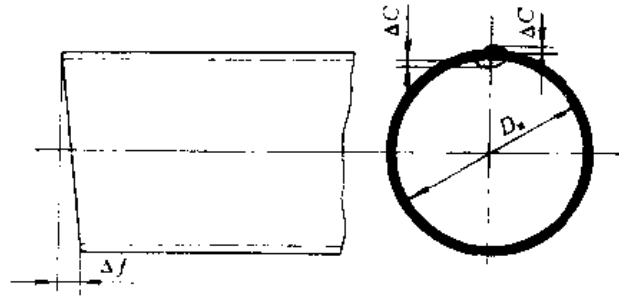
2) 圆度( $D_{max} - D_{min}$ )和线轮廓度( $\Delta C$ ) 在锅炉受压时产生应力集中,因此,必须在规定范围之内。圆度是在加工及装配过程中造成的。在运行锅炉中,受内压的筒体在垂直于轴向的同一截面上,其最大内径与最小内径之差(简称筒体直径差),即为圆度。对于任何截面的测量(取平均值)不得超过其计算内径的1%(其值不超过20mm)。

3) 线轮廓度主要是在滚卷钢板时造成的。在卷制前未按照要求对两接缝头进行预弯或焊后未完全找圆所造成的。测量线轮廓度的方法(图3-1-14a)是将外径卡样板1上的基准线对准焊缝中心,用直尺在焊缝两侧测出样板边缘到筒体2的距离与样板高度的差值即为线轮廓度。

4) 锅筒直线度主要各节筒体端面倾斜及装配误差所造成的。直线度的检测方法(图3-1-14b)是在锅筒2两端离焊缝边缘的100mm处各放置等高的两块垫块3,在其上拉一条直线4,测量直线到筒体之间最大距离,减去垫块厚度,即为全长直线度( $W-h$ )。焊接后的锅筒每米长度直线度不得超过1.5mm,全长直线度,当锅筒长度 $L \leq 5000$

表3-1-2 锅筒几何形状和尺寸偏差

mm



项 目	公称内径 $D_n$	内 径 偏 差 $\Delta D_n$		圆 度 ( 椭 圆 度 ) $D_{max} - D_{min}$		线 轮 廓 度 ( 校 角 度 ) $\Delta C$	端 面 倾 斜 度 $\Delta f$	热 卷 减 薄 量 $\Delta S$
		冷 卷	热 卷	冷 卷	热 卷			
中 低 压 锅 炉	$D_n \leq 1000$	+3 -2	±5	4	6	3	2	-3
	$1000 < D_n \leq 1500$	+5 -3	±7	6	7	4	2	
	$D_n > 1500$	+7 -5	±8	8	9	4	3	
高 压 锅 炉	$D_n \leq 1500$	±5		$\leq 0.7\% D_n$		3	2	-4
	$D_n > 1500$	±7					3	

注：1. 线轮廓度（校角度）只允许在纵向焊缝处存在，并用样板检查，样板弦长为  $\frac{1}{6} D_n$ ，且不得小于 200mm。

2. 筒体与筒体，或筒体与封头对接时，为保证其边缘偏差符合《JB 1609—83》标准中 1.4 条的规定，必要时进行选配。

3. 圆度（椭圆度） $D_{max} - D_{min}$ ，为筒体同一截面上最大内径和最小内径之差。

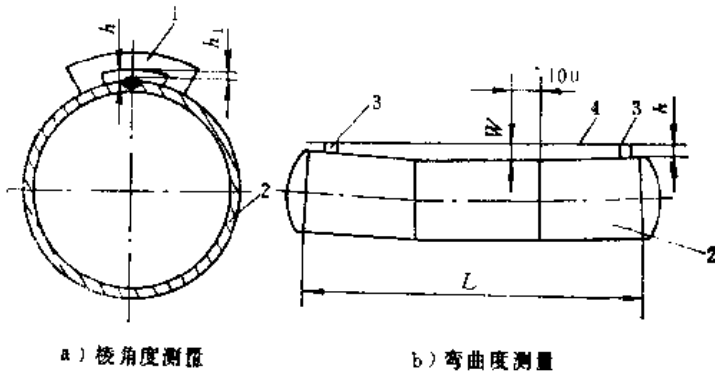


图3-1-14 锅筒测量

1—样板 2—锅筒 3—铅铁 4—拉线

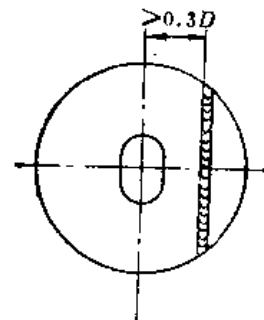


图3-1-15 封头拼接图

mm时，允许  $W - h \leq 5\text{mm}$ ；当  $5000\text{mm} \leq L < 7000\text{mm}$  时，允许  $W - h \leq 7\text{mm}$ ；当  $7000\text{mm} \leq L < 10000\text{mm}$  时，允许  $W - h \leq 10\text{mm}$ ；当  $10000\text{mm} \leq L < 15000\text{mm}$  时，允许  $W - h \leq 15\text{mm}$ 。

2. 封头校验

校验封头主要是检验外观质量和几何尺寸。

1) 封头应尽量用整块钢板制成。如必须拼接时，应注意拼接的位置，拼接焊缝与封头中心线的距离应不超过  $0.3D$  ( $D$  为封头直径)，并不得通过扳边人孔，且不得布置在人孔扳边圆弧上 (图3-1-15)。

2) 封头与筒体对接处的圆柱部分长度一般不

少于25mm，球形封头允许无直段(图 3-1-15)。

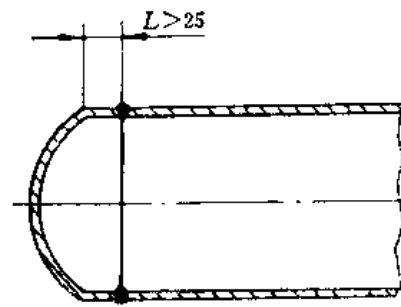
3) 封头的尺寸偏差示于图3-1-17。

4) 封头表面不允许有裂纹、刻痕、凹坑及凸起等。对于凸起、凹陷和刻痕等缺陷，当其深度不超过板厚的10%，且最大不超过3mm时，可将其磨光并平滑过渡。

5) 为便于检查工作的需要和核对查阅的方便，现将锅炉受压元件制造质量检查项目、合格标准汇成表，以供参考(表3-1-3~3-1-4)。

### 3. 锅筒在设计、安装中容易出现的问题

(1) 给水管和排污管设计不当 给水管应设给水槽，给水槽要水平，以使给水均匀，不要使给水直接溅到或喷到上锅筒壁上，否则会造成局部腐蚀和使上锅筒壁局部受到额外的温差应力。因此，上水管应为均匀的小孔( $\phi 6\sim 10\text{mm}$ )，离上水管远处的小孔直径比近处的要大些，以使给水均匀，同时应将上水管放入水平的给水槽中。有的锅炉设计



其直边要求如下 (mm)

钢板厚度 (B)	平直段长度 (L)
<10	>25
10~20	>S + 15
20以上	> $\frac{S}{2} + 2S$ , 但不大于50

图3-1-16 封头直边段要求

封头的几何尺寸偏差

mm

公称内径 $D_n$	内径偏差 $\Delta D_n$	圆度(椭圆度) $D_{max} - D_{min}$	端面倾斜度 $\Delta f$	人孔板边处厚度 $S_1$
$D_n \leq 1000$	+3 -2	4	1.5	$S_1 \geq 0.7S$
$1000 < D_n \leq 1500$	+5 -3	6	1.5	
$D_n > 1500$	+7 -4	8	2.0	

名称	代号	偏差数值	名称	代号	偏差数值	
总高度	H	+10 -3	人孔板边高度	$h_2$	$\pm 3$	
圆柱部分倾斜	S ≤ 30 S > 30	ΔK ≤ 2 ≤ 3	人孔尺寸	椭圆形	a, b	+4 -2
				圆形	d	$\pm 2$
过椭圆弧处波薄量	标准椭圆形	ΔS	人孔中心线偏差	e	≤ 5	
	深椭圆和球形					≤ 10% S ≤ 15% S

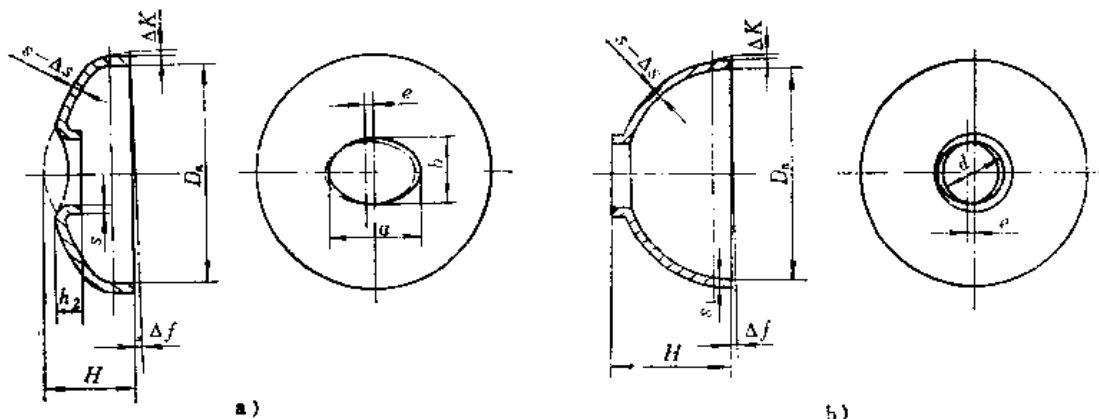


图3-1-17 封头的几何形状和尺寸偏差

表3-1-3 锅壳式锅炉受压元件检查项目和标准

受压元件名称	序号	检查项目	执行技术标准和要求	结果	备注
封 头	1	内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	2	圆度(椭圆度)	JB1618—83第1.17条		
	3	封头表面质量	JB1618—83第1.12.2条		
	4	封头板边直段倾斜度	JB1618—83第1.18条		
锅 壳	5	内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	6	圆度(椭圆度)	JB1618—83第1.22条		
	7	线轮廓度(棱角度)	JB1618—83第1.22条		
	8	锅壳对接焊缝偏差	JB1618—83第1.23条		
	9	锅壳长度偏差	JB1618—83第1.24条		
炉 胆	10	线轮廓度(棱角度)			
	11	波形高度偏差			
	12	波形直段和板边直段倾斜	JB1618—83第1.21条		
	13	波距偏差			
	14	板边孔中心线偏移			
U形 下脚圈	15	外圈内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	16	外圈内径圆度(椭圆度)	JB1618—83第1.17条		
	17	下脚圈内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	18	下脚圈底面平面度	JB1618—83第1.25条		
锅 壳 式 锅 炉 本 体 总 装	19	全部受压元件表面质量	JB1618—83第1.3条		抽查
	20	全部角焊缝焊脚高度	设计图纸要求		
	21	拉撑焊缝质量	锅炉安全技术监察规程①		
	22	拉撑焊脚高度	图纸要求		
	23	拉撑布置间距尺寸	图纸要求		
	24	拉撑伸出长度	≤8mm		
	25	炉门圈伸出长度	≤8mm		
	26	管孔胀接质量	JB1619—83, 第1.7~1.14条		
	27	全部对接焊缝质量	锅炉安全技术监察规程①		
	28	管板平面度	JB1619—83第1.17条		
	29	锅壳上法兰允许偏差	JB1619—83第1.18条		
	30	锅壳的直线度	JB1619—83第1.20条		
	31	锅炉总长偏差	JB1619—83第1.21条		
	32	总装后的表面质量	JB1619—83第1.23条		

① 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》，为劳人锅[1987]4号文，《热水锅炉安全技术监察规程》，为劳人锅[1983]4号文。

表3-1-4 水管锅炉受压元件检查项目和标准

受压元件名称	序号	检查项目	标准或技术要求	检查结果	备注
单 节 筒 体	1	内径偏差	JB1609—83第1.7.1条		
	2	圆度(椭圆度)	JB1609—83第1.7.1条		
	3	线轮廓度(棱角度)	JB1609—83第1.7.1条		
	4	长度偏差	JB1609—83第1.7.3条		
管 板	5	内径偏差	JB1609—83第1.7.1条		
	6	圆度(椭圆度)	JB1609—83第1.7.1条		
	7	圆管板平面度	JB1618—83第1.17条		
	8	圆管板总高偏差	JB1618—83第1.8条		
	9	管板板边直段倾斜	JB1618—83第1.18条		

(续)

受压元件名称	序号	检查项目	标准或技术要求	检查结果	备注
集箱	10	长度偏差	JB1610—83第1.6.1条		
	11	直线度(弯曲度)	JB1610—83第1.6.2条		
	12	集箱端盖焊缝质量	JB1613—83第7条		
管子	13	直线度(弯曲度)	每米长不超过2mm		
	14	圆度(椭圆度)	JB1611—83第1.17条		
	15	全部受压件表面质量	JB1618—83第1.11, 1.12条和 JB1609—83第1.3条		
	16	筒体全长偏差	JB1609—83第1.7.3条		
	17	全部对接焊缝表面质量	锅炉安全技术监察规程① JB1613—83规定		
	18	全部角焊缝表面质量	JB1613—83规定		
	19	筒体直线度	JB1609—83第1.7.4条		
	20	对接焊缝纵向边缘偏差	JB1609—83第1.4条		
	21	对接焊缝环向边缘偏差	JB1609—83第1.4条		
	22	焊缝上开孔检查	JB1609—83第1.5条		
	23	焊接孔直径偏差	间隙为1.5mm		
	24	管子伸入联箱长度	<3mm		
	25	全部密封表面表面质量	齐平, 无纵向刻痕、划痕等		
	26	焊工钢印	JB1609—83第3.1条		
	27	水冷壁管伸入联箱长度	≤3mm		
	28	焊接管伸出管板长度	≤10mm		
	29	排污管伸入长度	与锅筒或联箱内壁齐平		
	30	总装后管板平面度	JB1618—83第1.17条		
	31	角焊缝焊脚高度	设计要求		
	32	拉撑焊接质量	锅炉安全技术监察规程①		
	33	拉撑焊脚高度	设计要求		

① 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》，劳人锅[1987]4号文。《热水锅炉安全技术监察规程》，劳人锅[1983]4号文。

给水管集中给水或没有给水槽，显然是错误的。

定期排污管出口要求应设计在下锅筒的最低部位，以便下锅筒底部的水全部放干净。事实上有的锅炉设计的定期排污管的排污口不是在下锅筒最底部，而是开在下锅筒的封头上，下锅筒底部的水放不干净。SZP-20-13型抛煤机倒转炉排蒸汽锅炉就是一例，结果下锅筒下部造成垢下腐蚀严重(图3-1-18)。

(2) 锅筒不能自由伸缩 锅筒在安装时，必须按设计要求，保证运行中的自由伸缩。在上下和前后的方向上，一定有一端是允许自由膨胀的。有些锅炉在安装时不注意锅筒的热胀冷缩余地，锅炉本体和砖墙接触处没有留出填塞石棉绳的膨胀间隙，而是用水泥全部砌死(图3-1-19)。砖墙直接和锅筒紧贴，锅筒受热膨胀后，就把砖墙顶裂。

也有在支架上两端将锅炉都焊接固定，以致锅

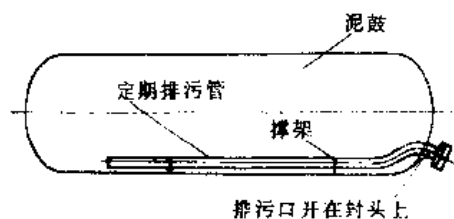


图3-1-18 排污口不在最底部致使污水排不干净

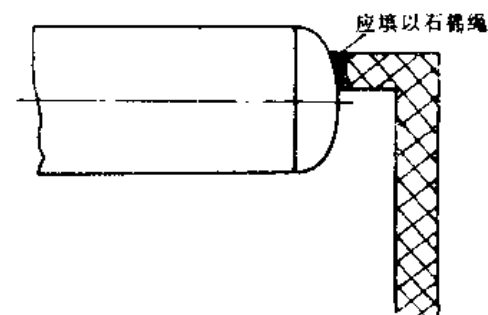


图3-1-19 锅筒与砖墙之间没有填塞石棉绳

筒受热膨胀时在焊接处产生很大应力，或使筒体弯曲（图3-1-20）。

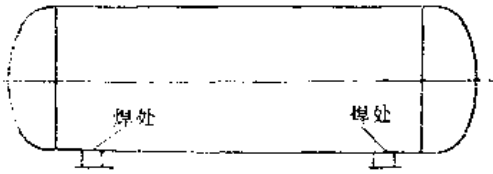


图3-1-20 锅筒两端焊死不能自由伸缩

(3) 安装时最高火界高过最低水位 如图3-1-21所示，使锅筒金属在水位上面的部分经常受到高温作用，加之水位上下波动，此处金属产生热疲劳，容易产生环向裂纹，因此，要把最高火界的位置降下来。

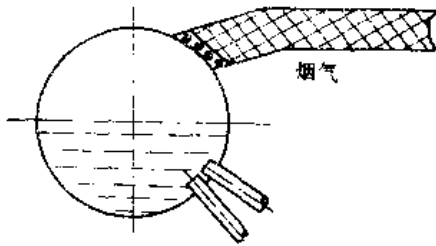


图3-1-21 上锅筒的火界高于水位 (K型锅炉)

(4) 水位表设计安装不合理 例如，1961年某锅炉厂生产的SZP-20-13型抛煤机倒转炉排蒸汽锅炉安装投入运行后发现：①前后两只水位表水位不一致，前水位表在带负荷后，水位急骤下降，超过15 t/h蒸发量时，已看不到水位，而后水位表一带负荷即满水看不到水位。②蒸汽大量带水，根据给水和蒸汽量的不平衡，估计此炉蒸汽带水已达

70%~80%，严重影响蒸汽品质和安全运行。经过分析，检查，才发现水位表的汽连通管接在分离器隔板内。经改装把汽连通管接长150mm到汽空间，才解决了问题（图3-1-22）。

(5) 注意锅筒上下壁温差引起的锅筒弯曲 根据资料介绍，当锅筒上下壁温差在25℃以下是绝对安全的，而当温差达50℃时，就会在金属内产生较大的应力。此时虽然不会发生事故，但要加强检查。应特别注意，当锅筒上下壁温差超过70℃时，则金属内就要产生很大的弯曲应力，以致造成锅筒的弯曲。

例如10 t/h的三锅筒弯水管锅炉（斯特林锅炉）的下锅筒，炉水在下锅筒中，大部分由其上部掠过，而下半部炉水则近似停滞状态。当锅炉生火时，由于下锅筒不受热，上部炉水温度高，下部炉水温度低，因此，造成下锅筒的壁温差较大  $t_1 > t_2$ 。再者，烟气从下锅筒上部经过，前侧接近炉膛，温度较高，后侧较差，下部更差，温度也低，因此形成筒壁温度  $T_1 > T_2 > T_3$  (图3-1-23)。

对于老式铆接锅筒，应加强监督和检验。锅筒变形，铆钉松动，造成泄漏，含有高浓度碱的炉水，在泄漏处浓缩，使金属产生晶间腐蚀即“苛性脆化”。如不及早发现，那将是危险的。

(6) 安装错误造成胀管脱落 例如某厂一台DHF6.5-1.3/250-G型锅炉，投入运行四十余天无异常。但到第四十三天中班（16点~24点）接班后不久，只听一声巨响，蒸汽自炉顶喷出，火从炉底灰门外喷，锅炉被迫紧急停炉。事故后，经过多次检查，发现前后墙水冷壁与汽包连接处胀口脱出4根，另有3根胀口已松动；前后墙水冷壁上联箱中部变形向下弯曲达35mm，后墙水冷壁16根管有不

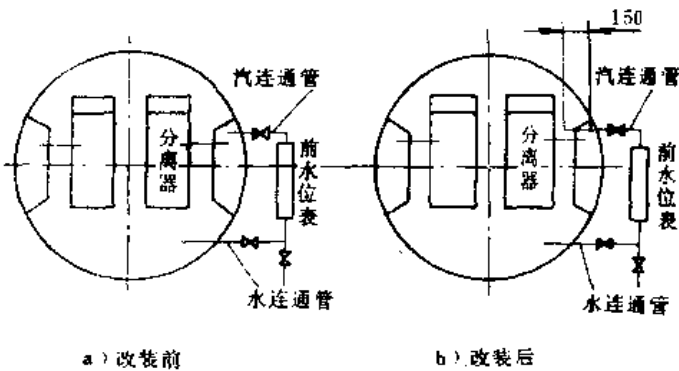


图3-1-22 水位表连通管设计安装不合理

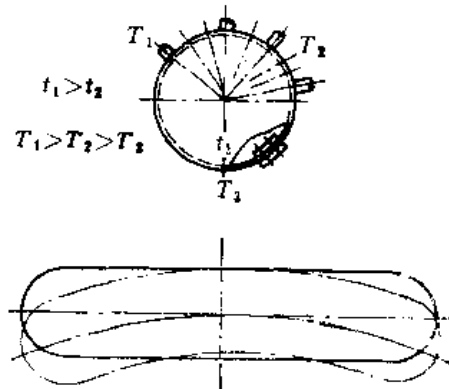


图3-1-23 锅筒上下壁温差引起的弯曲

同程度的弯曲变形，严重的达 300~400mm，上锅筒水位中心线至前后墙水冷壁管胀口间筒壁金属有局部过热现象（图3-1-24）。

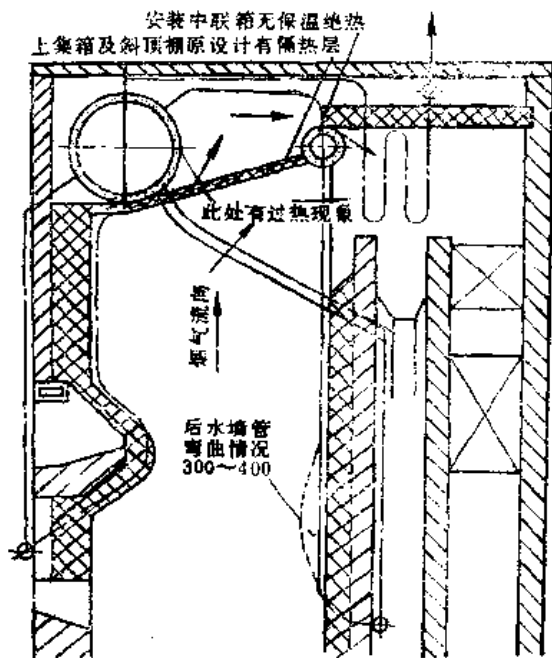


图3-1-24 安装错误造成胀管脱落

事故原因：

- 1) 水冷壁上联箱无保温，直接受火，造成联箱因强度降低而变形弯曲。
- 2) 由于后水冷壁管上连接刚性大，上联箱向下弯曲后造成水冷壁管向炉前弯曲变形。
- 3) 水冷壁管弯管角度偏差较大，强行扳入管孔进行胀管，产生较大的附加应力，且胀管板边角度较小（为 $8^{\circ}30'$ ）不附合有关规定。
- 4) 安装时未按设计要求，以致使汽包和上联箱直接受火，壁温超高，造成过热。

### (五) 锅筒的修理工艺

#### 1. 锅筒腐蚀的修理工艺

(1) 锅筒腐蚀修理的一般原则和堆焊的应用范围 设钢板腐蚀后的平均残余厚度（简称残厚）为  $S_1$ ， $A$  为腐蚀部位的面积， $S$  为原设计钢板厚度。

1)  $S_1$  与  $S$  的比值大于纵向接缝效率（减弱系数）时可不必修焊。锅筒壁厚局部腐蚀深度在

3mm 以内或在管孔区不超过壁厚的 15%，或非管孔区不超过原厚度的 20%，经过强度计算，确认为不必降低它的工作压力时，可将其凹坑磨光并圆滑过渡，刷上锅炉漆，或用比例 1:1 的水泥和玻璃粉调水搅成糊状，用刷子腐蚀处刷 0.5~1mm 厚，干后再刷，直到刷平为止，将金属保护起来，防止继续腐蚀。这种方法适用于低温部分着水面的腐蚀。

2) 局部腐蚀的深坑长度不超过 40mm，且两相邻腐蚀间的距离大于长度的 3 倍时，可以单独进行堆焊。

3) 锅壳（筒）和封头  $S_1 \geq 0.6S$ ，炉胆  $S_1 \geq 0.5S$  时，可以堆焊。当部件较厚， $S > 16mm$ ， $S_1 \geq 0.4S$  时也可以堆焊。

4) 通常，只要  $S_1 \geq 4 \sim 5mm$ ，都可以堆焊，但腐蚀面积  $A$  不宜超过  $2500mm^2$ 。如腐蚀严重， $A > 2500mm^2$ ，腐蚀深度超过上述范围，或钢板变质，不宜堆焊应采用挖补钢板的方法修理。

#### (2) 堆焊的注意事项

1) 堆焊前，必须将腐蚀表面打磨见金属光泽，清除表面的油污、水垢、泥砂、铁锈等脏物。油污可用碱清洗。

2) 堆焊面积大于  $150 \times 150mm^2$ ，应将堆焊的面积划分成许多正方形或等边三角形，每边长  $100 \sim 150mm$ ，跳开堆焊，正方形块相互焊道方向要垂直，三角形块要形成  $60^{\circ}$ ，以平衡热胀冷缩（图 1-3-25）。

3) 堆焊时应采用厚涂料焊条，直径  $\phi 2.5 \sim 3mm$ ，施焊时电流要小，一般为  $90 \sim 105A$ 。

4) 钢板腐蚀较深，需作多层熔焊时，每层高度不要超过 3mm，上下两层焊道方向互相垂直或  $60^{\circ}$ 。上层每格的划分应比下层每格的划分增大或缩

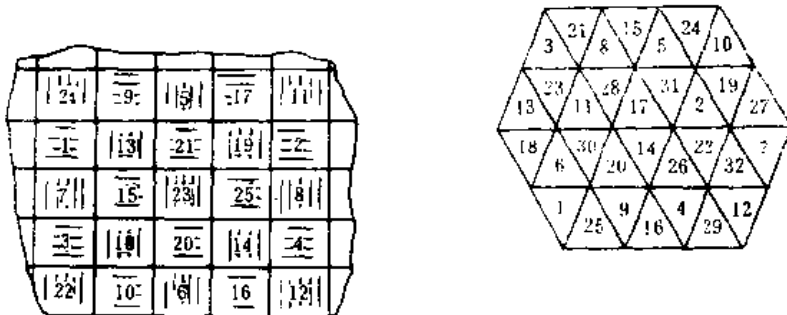


图3-1-25 分区划片堆焊

小，不要在分界处产生过深的凹坑。最后一层焊缝高度比基体金属板面高出 2mm 左右 (图 3-1-26)。

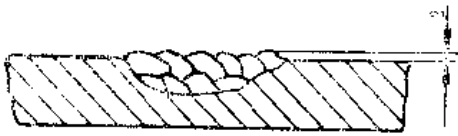


图 3-1-26 焊缝高出金属板面

5) 焊条在钢板上熔成的焊珠与板面的交角应大于  $90^\circ$ ，以便于清除熔渣。每个焊珠应遮盖前一道焊珠宽的  $1/3 \sim 1/2$  (图 3-1-27)。

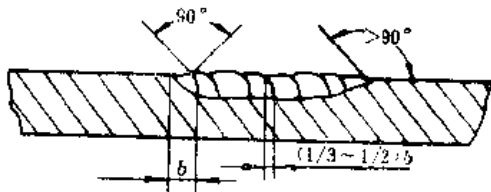


图 3-1-27 焊珠与板面，焊珠与焊珠的关系

6) 堆焊后应清除焊缝表面的氧化皮和毛刺。焊缝表面应呈均匀的细鳞状，表面上不允许有弧坑、夹渣、气孔、裂纹。咬边的深度不得超过 0.5 mm。

## 2. 锅筒裂纹修理工艺

(1) 锅炉受压元件 (如锅筒) 产生裂纹的种类

1) 机械应力作用下产生的裂纹 锅炉某一元件的扳边部分和堆焊过高的焊缝，运行时应力集中可能超过金属的屈服点强度而产生裂纹。由机械应力产生裂纹的特征是裂纹比较长。

2) 热应力作用下产生的裂纹 金属在高温下过热会产生裂纹，这时往往会引起金相组织的变化 (可用金相分析进行检查)。有时虽然金属温度不太高，但在长期反复变化的情况下，也会产生热疲劳裂纹。热疲劳裂纹的特征是裂纹比较短而细，数量较多。

3) 苛性脆化裂纹 也叫晶间腐蚀裂纹，是一种沿金属晶粒边缘开裂的现象。因为裂纹由内向外发展，在初期很难察觉，当能检查出裂纹时，已经是后期了。因此，苛性脆化裂纹外观不易发现。

受压元件，特别是锅筒，产生裂纹时，要慎重分析研究处理。要查清产生裂纹的原因，根据裂纹

出现的部位和工作条件，确定裂纹的性质，是苛性脆化裂纹还是属于疲劳裂纹，然后确定修理方法。

### (2) 锅筒裂纹的修理原则

1) 属于苛性脆化裂纹或材质不合要求，不能焊补。

2) 在焊接的热影响区产生的裂纹不能焊补。

3) 在锅炉封头、管板上和弯曲处产生环向裂缝、裂纹，其长度大于周长的 25% 时不允许焊补。

4) 水管锅炉的锅筒裂纹超过下列范围时，不允许焊补：

① 当二孔间鼻梁的个别裂纹，纵向裂纹总长超过全部鼻梁总长的 20% 时，横向裂纹超过 25% 锅筒圆周长时。

② 当裂纹连续通过几个管子鼻梁时，纵向裂纹总长超过全部鼻梁总长的 10%，横向裂纹总长超过锅筒圆周长的 15%。

5) 管板上管孔间的裂纹有下列情况时，不允许焊补 (图 3-1-28)。

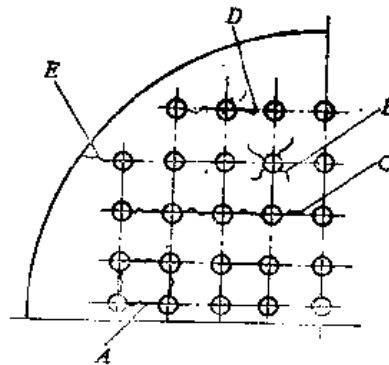


图 3-1-28 五种裂纹类型

① 裂纹成封闭状 (图 3-1-28 中 A 状)。

② 裂纹成辐射状，即是管板上管孔带裂纹从管孔指向四个方向 (图 3-1-28 中 B 状)。

③ 裂纹长度超过 4 个管孔带间距 (图 3-1-28 中 C 状)。

④ 管孔带裂纹在最上一排两个管孔的间距以上 (图 3-1-28 中 D 状)。

⑤ 管孔带裂纹在最外一排 (图 3-1-28 E 状)。

6) 火管锅炉锅筒上裂纹总长超过 50% 的每节锅筒长度时，不允许焊补。

除上述情况外，对裂纹的原因和性质掌握后，根据当时的具体情况，可以采用焊补。

(3) 裂纹焊补工艺 经过分析研究，确认采



用焊补工艺可以保证修理质量时,应按下列具体步骤进行:

1) 用煤油白粉法或磁粉探伤法查明裂纹走向、长度和深度,在裂纹的延伸方向上,在相距离两端50mm处,各钻一个直径为 $\phi 6\sim 8\text{mm}$ 停止小孔,以防止裂纹继续延伸(图3-1-29)。并由此孔剔槽,剔槽应尽可能考虑俯焊。

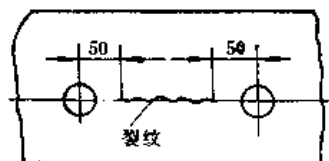


图3-1-29 截止孔打法

2) 裂纹的坡口可作X型或V型。焊缝焊补前必须将裂缝铲清,焊缝表面平正,露出金属光泽。

3) 焊补裂纹时必须特别注意防止焊接处由于冷却收缩所产生的应力带来不良后果。如在变形处又发生新的裂纹等。一般可采用加楔和预热的方法预防。

4) 当裂纹长度 $L \leq 400\text{mm}$ ,须从末端向中间倒退焊补,并预热末端或中间加楔子,楔子在焊补完之前拔去(图3-1-30);当裂纹长度 $L > 400\text{mm}$ ,焊补顺序仍应从两端倒退焊补,即所谓分头退步焊法。在长度约400mm的中段距离内进行预热,继续倒退中间焊补,至焊完为止(图3-1-31)。



图3-1-30 焊补工艺 ( $L \leq 400\text{mm}$ )

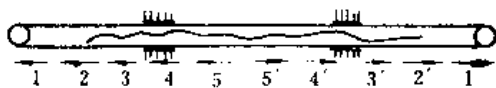


图3-1-31 焊补工艺 ( $L > 400\text{mm}$ )

5) 焊补后应将其加强高度磨平,以免因应力集中再引起裂纹。

#### (4) 挖补工艺

1) 对原锅炉材质的确定 根据《低压蒸汽锅炉修理安全技术暂行规定》:“修理锅炉受压元件的

材料,应不低于原元件的性能。采用焊接修理时,应考虑旧材料的可焊性。”对于那些没有任何原始资料,材质不明的锅炉,应作材料的化学分析和机械性能试验,来确定材料的性能。对于使用年限已久,制造日期超过30年,连续运行超过20年的锅炉,或对材质有怀疑的锅炉,除了作化学分析和拉伸试验之外,还要作冲击试验。冲击试验要作3个试样,三个试样的冲击韧性值的平均数不得低于 $39.2\text{J}/\text{cm}^2$ ,其中一个试样的最低值不低于 $29.2\text{J}/\text{cm}^2$ 。对于锅炉大部分钢板已普遍腐蚀,其剩余厚度低于6mm以下又无修理价值,不能作蒸汽锅炉使用。对于发生过热损坏的锅炉,尚需对材质作金相分析,因为过热后的钢板,其晶粒度变化使强度降低。

#### 2) 选用修理锅炉的材料

① 修理锅炉受压元件的新材料,必须符合GB713—86《压力容器用钢板》的技术标准,有钢厂的合格证书(或抄件)。并按照JB3375—83《锅炉原材料入厂检验》的规定对修理用材进行验收和复验。

② 如对钢材有特殊要求,应在修理方案中加以注明。修理用材应作好记录作为提供材料证明的依据。

③ 采用电焊修理时,其焊条要符合GB5117—85《碳钢焊条》和GB5118—85《低合金钢焊条》的规定,焊丝要符合GB1300—77《焊接用钢丝》的规定。

④ 补板材质及所用焊条化学成分应和原锅筒材质相同或相近,其厚度应不低于锅筒的厚度,也不能太厚,最好相等。

3) 补板的形状选择 根据锅筒鼓疱变形或裂纹的位置和形状,一般选用圆形、椭圆形或长方形割下。

① 如按长方形割下时,四角一定要割成圆弧状,切莫割成直角,以免应力集中。圆角的半径不小于 $100\text{mm}$ (图3-1-32)。同时,长方形补板至少要有—端的焊缝布置在锅筒原焊缝上(图3-1-33)。

② 如果有铆缝,补板焊缝和铆缝之间的距离应大于 $150\text{mm}$ ,否则,焊缝收缩要损坏铆缝。若确实小于 $150\text{mm}$ ,就增大补板面积与铆缝边取齐(图3-1-34)。

③ 圆形补板一般都是小尺寸,直径在 $250\text{mm}$ 以内,其它形状补板的长和宽不小于 $250\text{mm}$ 。

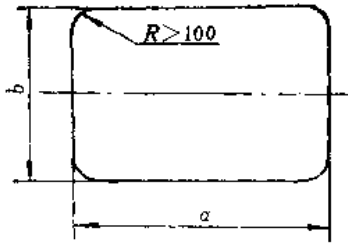


图3-1-32 补板圆角

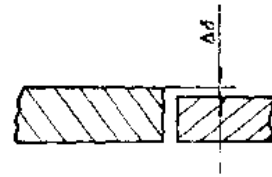


图3-1-35 接缝边缘偏差

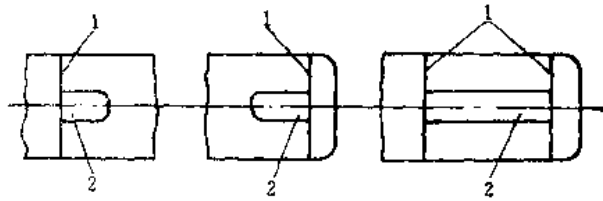


图3-1-33 补板焊缝位置布置

1—原焊缝 2—补板

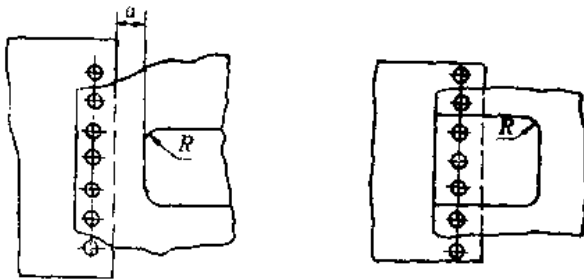


图3-1-34 有肋缝的补板 ( $a \geq 150, R \geq 100$ )

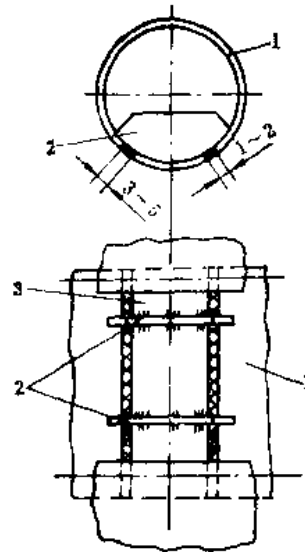


图3-1-36 圆弧补板的定位施焊

1—主板 2—装合板 3—补板

从钢筒割下时,要做好样板。若按长方形割取时,一定要将线划正、割正,决不能歪偏。然后用一个样板在弧板上下料,下料的尺寸要比从钢筒割下的部分稍大一些,长和宽各大5mm。弧形补板半径应略小于钢筒半径。

4) 补板与钢筒之间装配尺寸要求及补板固定与焊缝型式。

① 拼缝的间隙一般不应超过2mm,个别间隙达到3mm时,长度不能超过50mm,并且总量不能长于总的焊缝长的30%。如果有个别间隙达到4mm,则长度不应超过25mm,且总量不应长于总长的10%。

② 补板与钢筒壁装配时,焊缝边缘偏差 $\Delta\delta$ 不超过钢板厚度的10%,最大不超过3mm(图3-1-35)。补板的定位最好用装合板卡住定位(图3-1-36)。

③ 补板的厚度应不低于原钢筒的厚度,最好相等。

④ 根据焊缝部位选用V型,Y型或X型焊缝型式,其坡口尺寸示于图3-1-37。坡口型式的选择是根据钢板厚度和焊接方式确定的。在一般情况下,V型坡口适合平焊,Y型坡口适合于立焊,X型坡口一般为修理的过渡形式,如正V型与反V型不好连接时,则用X型坡口过渡。它也适用于立焊和平焊。

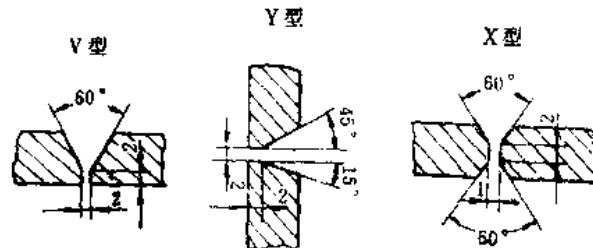


图3-1-37 坡口尺寸

5) 挖补后的焊缝位置应符合下列要求

① 相邻两节圆筒形部分的纵向焊缝必须错开, 错开的距离不小于100mm。

② 同一节圆筒形的两条纵向焊缝间的距离至少为300mm。

③ 封头上的拼缝和圆筒形部分的纵向焊缝必须错开, 错开距离不小于100mm。

6) 施焊的注意事项

① 锅筒挖补不得采用气焊。

② 焊接的装配不准用强力组合, 必要时可以采用局部加热进行校正。

③ 使用焊条, 施焊的环境温度, 坡口尺寸都应按有关技术要求进行。

④ 在进行长方形挖补时, 两条直缝和两条环缝应错开焊接。其方法是, 先将一条直缝内外部焊好, 待冷却到100℃以下时, 再焊一条环缝。焊完后, 按照同样的焊接程序, 再焊一条直缝和环缝(图3-1-38)。这样的焊接程序可以保证补板焊接质量。如果先将两条直缝焊好后再焊环缝, 由于直缝焊后冷却收缩, 会使补板位移上升, 造成环缝严重错口(一般都在10mm以上), 环缝的对接焊缝变成了角焊缝。这样, 在环焊缝上不仅有拉应力, 而且出现了剪切应力和弯曲应力(图3-1-39)。

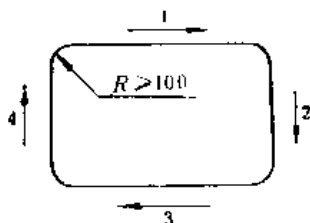


图3-1-38 焊接顺序

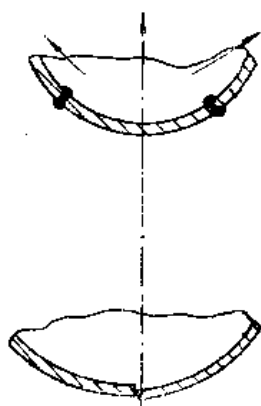


图3-1-39 错口

7) 挖补后的质量检验 挖补工作结束后, 对补板工艺, 焊接质量要进行最后的认真检验, 一般要做水压试验, 有条件的对焊缝要进行无损探伤。

### 3. 锅筒鼓疱变形修复工艺

(1) 锅筒或炉胆变形鼓疱修理的一般原则

1) 轻微变形, 凹陷深度或凸起高度不超过1.5%的锅筒或炉胆外径, 非着火面不超过2%, 最大深度不超过15mm, 可暂不修理。但要做好样板, 每半月测量一次, 平时勤检查。

2) 塌陷深度或凸疱高度一般小于35mm, 金属未过烧, 突起呈圆形, 又无裂纹, 板厚为原厚度的80%以上, 可用加热或冷状态顶回法修理。

3) 若塌陷大于35mm或虽小于35mm, 但有裂纹, 要挖补修理。

4) 平板部分的突起要根据造成变形原因和过程决定修理方案, 一般由于粗制滥造, 突起在10mm以下可不修理, 超过时, 若板厚强度足够, 可顶回修复。

(2) 顶回修理法

1) 顶回修理可分为冷顶和热顶两种; 冷顶一般用于变形较小的情况; 热顶用于变形较大, 面积较大, 用冷顶有困难时就需热顶。

2) 冷顶时, 先将炉内注以开水, 水面在被顶元件之上, 然后用千斤顶从外部由变形的边缘向内, 边顶边移动。冷顶时, 应在千斤顶上部装以与被顶元件表面相符的胎具, 以防产生斑痕和开裂。千斤顶下部也应以枕木等垫实, 以保证吃力均匀。

3) 热顶时, 首先用烤枪加热, 从变形边缘向内逐步进行, 加热温度为800℃左右, 但不要低于600℃(金属呈红色)。加热要均匀, 来回移动, 防止局部过热, 更要防止高温伤人。一边加热, 一边逐步用千斤顶加压, 直至恢复原状为止。

4) 锅壳炉胆修整后, 允许变形量不得超过内径的0.3%, 最大环向不超过6mm, 纵向4mm。

### (六) 锅炉技术改造时对锅筒安全技术要求

对锅炉进行技术改造或对锅炉进行彻底的大修时(或大修和改造同时进行), 原则上要尽可能的利用锅炉上的原有锅筒。

利用原有锅筒, 一般有两种情况: 1) 锅筒过去经过检验合格, 技术资料齐全。对于这种情况, 主要根据过去的技术资料 and 检验意见, 结合目前的

检验情况来考虑决定。2) 锅筒的过去历史不明, 技术资料无从考查。对于这种情况, 首先必须查明材料的质量是否合用, 可以在锅筒适当的地方割取试样, 等到各项规定的试验合格, 然后再对锅筒的结构和焊缝质量进行检验, 均合格后, 方可加以利用。

锅炉在进行改造时, 如果需在锅筒上开孔, 一定要持慎重态度。由于锅筒上新开管孔, 强度计算中原有的减弱系数 $\phi$ 发生变化, 故必须重新把孔桥减弱系数计算一下, 然后再按锅筒改后的实际情况进行强度计算, 确定锅筒的最高许可工作压力, 以便最后决定锅炉在改造后的许可工作压力。

锅筒上胀接管孔的开孔只允许采用机械加工。一般是先用小钻头沿胀孔内缘, 钻一圈连续的小孔, 然后用凿子依次把两个相邻的小孔之间相连的金属凿开。这样就可以把钢板挖掉, 形成一个较管孔略小的圆孔。另一种方法, 可用扳钻直接钻出比管孔略小的孔。以上两种方法加工, 都应再用圆锉, 铰刀等加工到所需要的孔径。胀接管孔加工粗糙度, 不得高于 $R_{a}12.5$ , 孔壁上不允许有纵向划痕, 仅允许在它的周围有细微的划痕。

管子与锅筒焊接的管孔, 可以用以上方法加工, 也可以先用气割, 再用机械加工, 具体加工方法详见本章第二节中(四) 联箱开孔的安全要求。当管子外径 $d_H \geq 76\text{mm}$ 时, 锅筒上所开的管孔应开双坡口(即两面打坡口); 当 $d_H < 76\text{mm}$ 时, 可以开单坡口。焊接应符合质量要求。

## 第2节 联箱检修

### (一) 联箱损坏及其主要原因

联箱损坏主要有如下几种情况:

(1) 联箱外部腐蚀 主要原因是附件泄漏或胀口、焊口渗漏, 使联箱与炉墙接触处经常处于潮湿状态; 长期停炉保护不好, 炉墙、烟道潮湿等都能导致联箱的腐蚀。

(2) 联箱内部腐蚀 联箱内部一般腐蚀较轻, 但由于排污不善, 容易出现垢下腐蚀。当给水除氧不好时, 腐蚀常发生在省煤器入口联箱处。

(3) 下联箱的常见缺陷 作为防焦箱的下联箱容易出现鼓泡裂纹、弯曲变形等缺陷。其原因有,

1) 防焦箱直接暴露在炉膛中, 温度较高, 联箱两端没有水冷壁管(上升管)的部分产生蒸汽不能及时导出上升, 形成汽空间, 壁温升高, 强度下降到不能承受锅炉的压力时, 便发生永久变形——鼓泡。

2) 起炉, 停炉频繁, 而且起停炉速度过快或水循环不良等原因, 壁温时高时低, 因温差造成的热应力也随着发生交变, 从而产生热疲劳裂纹。

3) 由于温度的变化, 联箱没有膨胀间隙, 能造成联箱弯曲变形。

(4) 联箱端部手孔漏泄 在运行中或检修后, 联箱端部的手孔结合面和手孔盖出现漏泄, 其原因大致有如下几点:

1) 手孔的接触面不平或有较深刻痕 对于用垫的手孔, 接触平面的平面度应在 $0.08 \sim 0.1\text{mm}$ 的范围内; 对于不用垫的手孔, 接触面的平面度不大于 $0.02\text{mm}$ 。对于手孔接合面上的刻痕, 要用砂布打磨平滑。对于贯通接合面辐射方向的刻痕, 是不允许存在着的。

2) 手孔盖与手孔座的大小不合 由于手孔盖与手孔座大小不合, 安装时则容易装偏歪。接触面过狭的部分, 运行受热后很容易产生漏泄。这种情况, 在装手孔盖的时候, 必须注意与手孔座的同心度。

3) 手孔盖搁住 在内手孔盖的联箱上, 由于制作或安装的粗糙, 有时出现手孔盖接触面没有完全放在手孔座结合面上的问题。这种情况, 有时由于热的关系, 水压试验可能未漏, 但运行不长时间就会发生漏泄。

4) 手孔螺丝的缺陷 手孔螺丝帽没有拧紧, 或螺丝帽接触不平, 使手孔盖与手孔座没有压紧。或者是手孔盖螺丝的强度不够, 受力时拉长, 都会促使手孔发生漏泄。

5) 手孔压板的缺陷 在用外手孔盖板时, 由于压板太软或者装歪等原因, 有的是压板两端长度不一, 也有的由于压板不均匀或联箱的厚薄不均, 都容易发生漏泄。

6) 垫的缺陷 手孔垫的材料问题, 不合乎运行要求时, 垫很快就会损坏。或者是安装粗心大意, 应该用垫的手孔未装上垫, 也会发生漏泄。

7) 手孔制造不良 制造不良包括多方面的情况, 如材料不当, 加工不好等。

## (二) 联箱检修质量要求

### 1. 联箱外部检查

1) 表面不得有裂纹、龟裂及分层等现象。如有裂纹, 一定要测量其深度。深度不超过厚度的1/10者可铲去磨平, 不超过厚度的1/3经核算强度足够者, 两端钻止孔, 超过厚度的1/3, 则从壁的一面剔槽, 然后焊补。

2) 联箱的厚度和圆度应作详细检查和记录。联箱一般厚度只有原厚度的70%时, 就要经过强度核算, 才能确定是否继续使用。碳素钢联箱的允许胀粗值, 一般不得超过原直径的3.5%, 如超过此值, 则应更换联箱。

3) 联箱直线度最大不超过表3-2-1的规定。

表3-2-1 联箱直线度 (mm)

联箱种类	每米最大直线度误差	全长最大直线度允许值
水排管联箱	3	10
水冷壁联箱 (不受热的)	3	20
水冷壁联箱 (受热的)	5	30
过热器联箱	3	15
磁管联箱	4	20
省煤器联箱	4	20

注: 原弯曲度改为直线度。

4) 排管联箱应平齐, 不应里出外进, 平面差不超过10mm。

5) 焊口合格, 无弧坑、夹渣、气孔、未焊透、咬肉、裂纹等缺陷; 强度合格。

### 2. 间隙

1) 联箱之间、联箱两头与其附近之钢架及墙壁应留出膨胀间隙。防焦箱与防焦箱之间的间隙为30~50mm。若膨胀间隙不明确时, 可用下式求得:

$$A = 1.2lf + 5 \quad (\text{mm})$$

式中  $A$ ——膨胀间隙 (mm);

$l$ ——联箱长度 (m);

$t$ ——联箱温度 (以100°C计)。

2) 联箱伸出炉外与炉墙接合处应留出间隙, 不得卡紧, 并需要用石棉绳填充。

3) 排管与联箱之间或水冷壁管穿墙部分均应填充二层石棉绳。

4) 联箱安装膨胀指示器时, 应检查和记录其位移量。

### 3. 联箱内部检查

1) 内部应清洁, 不得有水垢铁锈, 特别是在管口及手孔处。

2) 联箱内部的局部腐蚀深度最大不得超过原厚度的25%。若有大块面积腐蚀, 腐蚀深度超过上述深度时, 就应该更换。

3) 过热器联箱内隔板应严密、牢固, 疏水口应畅通。

### 4. 吊铁和支架、堵头和法兰盘

1) 联箱支撑, 托架应牢固, 焊接处应无裂纹、松动现象。但应保证联箱两端自由伸缩, 不得卡住。

2) 支、吊联箱的弹簧不得断裂、偏斜、卡住, 圈间无夹物。

3) 焊于联箱上的支板, 定位卡铁等应牢固完整。

4) 堵头必须进行检查, 焊口不得有裂纹, 水压试验不得漏泄。

5) 法兰盘焊口严密牢固, 焊口合乎标准, 法兰面平滑, 无凹沟、麻坑与深沟。

### 5. 手孔、手孔盖、排污管

1) 手孔接合面应平整光滑, 无沟痕。

2) 接合面上的腐蚀麻坑, 最深不超过0.2mm, 严重的凹坑可焊补后磨平或车平。

3) 螺丝扣应完整, 无螺纹部分磨损不得超过其直径的20%。

4) 手孔盖应上正, 上紧, 不得偏斜。螺母接触面应平整严密。水压试验不得漏泄。

5) 排污(水)管与联箱接合部分不得有裂缝和漏泄, 排污管表面, 腐蚀超过其厚度1/3者应更换。

### 6. 保温

1) 燃烧室内的水冷壁联箱(防焦箱除外)必须用耐火砖保温, 砖缝不得大于2mm。

2) 与火焰接触的联箱, 当外面炉烟温度大于400°C, 其内部是汽冷而不是水冷时, 外表面应用耐火保温材料保护。

3) 炉体外面的联箱要保温, 当联箱周围温度为35°C, 则保温层外表面温度不应超过60°C。

## (三) 联箱制造技术要求

在大修锅炉或事故检修过程中, 有时联箱已达不到质量要求, 需要更换联箱。制造新的联箱一般

都是利用大口径无缝钢管原材料制成。

### 1. 联箱材料的选择

1) 当工质温度不超过450℃, 而温度波动范围不超过±10℃者, 可用碳素钢管(20G钢管)。

2) 当工质温度低于450℃时可用10G钢管或用20G钢管。

3) 作为联箱用的钢管可以有如下偏差:

管子外径 ( $D_H > 219$ 时) …… ±1.5%  $D_H$ ;

管子壁厚 ( $S = 3.5 \sim 20$ mm 时) …… ±1.5%

$S$ ;

管子的圆度不得超过外径偏差(偏差总和)的80%;

管壁厚在同一剖面上的不等性不得超过壁厚允许公差80%。

### 2. 联箱的拼接

1) 联箱可以拼接, 拼接时最短一节长度, 对于中低压锅炉不宜小于300mm。

2) 联箱的拼接环缝数: 当长度≤5m时, 不超过1条; 长度>5m时, 不超过2条; 长度>10m时, 不超过3条。集箱上支吊装置的焊缝应距拼接缝边缘100mm以上。

3) 联箱的拼接焊缝对接时, 焊接坡口应尽量对准齐平, 其边缘偏差应符合下列规定: 中低压锅炉联箱边缘偏差 $\Delta\delta \leq 1.5$ mm (图3-2-1)。

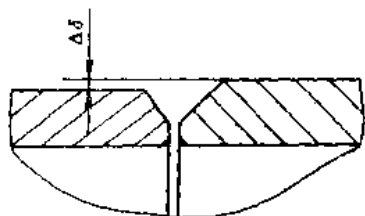


图3-2-1 边缘偏差 $\Delta\delta$

对于二公称直径相同而实际直径相差大于4mm的联箱对接时, 为尽量对准中心与焊接坡口, 则要求 $a - b \leq 2$ mm (图3-2-2)。

### 3. 其他要求

1) 联箱制成后的直线度 $f$ , 每米直线长度不超过1.0mm, 当联箱长度超过10m, 直线度最大不超过10mm。联箱的长度偏差对中低压锅炉 $\Delta L$ 为±5mm。

2) 焊接管孔应尽量避免开焊缝, 管孔中心与焊缝边缘的距离, 应不小于管孔直径的80%, 否则, 焊缝应经热处理消除应力。未经热处理时, 每条焊缝只

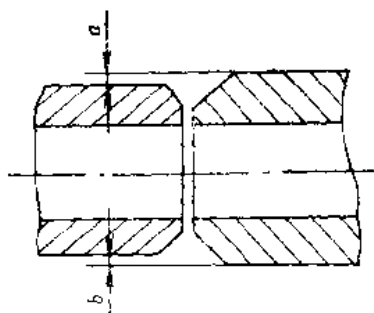


图3-2-2 对接偏差

允许开1~2个管孔, 两管孔间距离, 应大于孔径的2倍。

3) 在装置管子头时所放置的高度 $H$ 的偏差, 不超过±3mm (图3-2-3)。

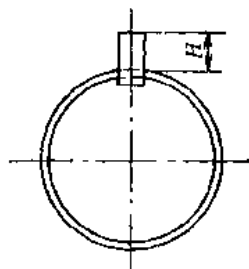


图3-2-3 管头高度偏差

4) 管子头中心线与联箱中心线之间的偏差 $C$ 值不超过2mm (图3-2-4)。

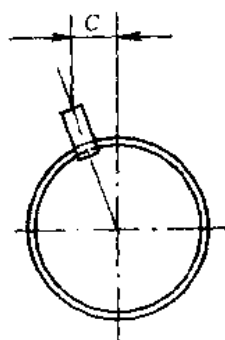


图3-2-4 管子中心线与联箱中心线之间的偏差

5) 当法兰外径 $D_1 \leq 100$ mm时, 法兰平面倾斜度 $\delta$ , 不得超过1mm; 当法兰外径 $D_1 > 100$ mm时, 法兰平面倾斜度 $\delta$ 不得超过2mm (图3-2-5)。

6) 管孔或管子头角度偏差也就是角度 $\alpha$ 的偏差, 不应超过0.8° (图3-2-6)。

7) 集箱(联箱)焊接管孔开孔的型式和尺寸按JB1625—83《中、低压锅炉焊接管孔尺寸》的要求, 列于表3-2-2和表3-2-3。

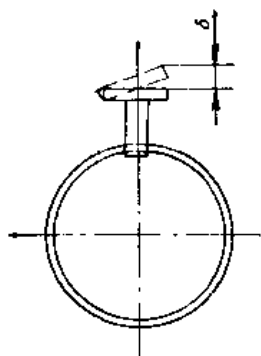


图3-2-5 法兰盘安装偏差

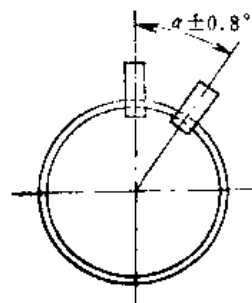
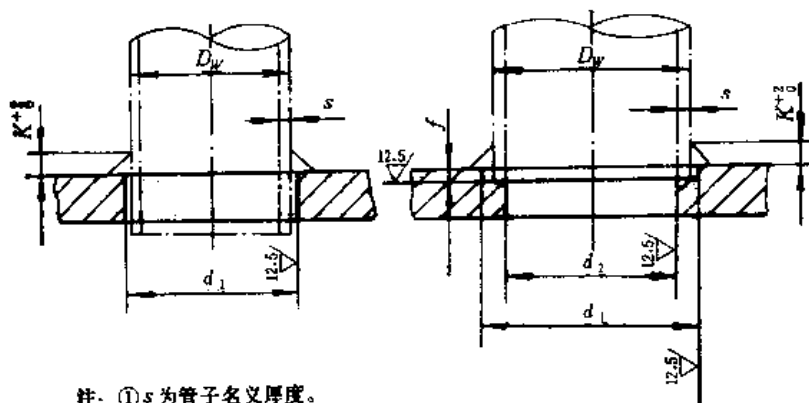


图3-2-6 管子头角度偏差

表3-2-2 采用机械加工方法开孔的焊接管孔的型式和尺寸

mm

焊接管孔的开孔型式



注: ①  $s$  为管子名义厚度。

② 图中  $K$  值推荐如下:

- a, 当  $s < 3\text{mm}$                        $K = 4\text{mm}$
- b,  $3\text{mm} < s < 4.5\text{mm}$                $K = (s + 1.5)\text{mm}$
- c,  $s > 4.5\text{mm}$                          $K = (s + 2)\text{mm}$
- d, 拉撑管                                 $K = (s + 3)\text{mm}$

焊接管孔尺寸

管子外径 $D_w$	管孔尺寸	
	$d_1$	$d_2$
$D_w \leq 45$	$D_w + 0.5$	$D_w - 2S$
$45 < D_w \leq 108$	$D_w + 1.0$	$D_w - 2S$

(续)

管子外径 $D_{12}$	当锅筒或集箱外径为下列尺寸时的 $f$ 值						
	$\phi 159$	$\phi 219$	$\phi 273$	$\phi 325$	$\phi 377$	$\phi 426$	$\phi \leq 1000$
14	1.0	1.0	1.0				
16	1.0	1.0	1.0	1.0			
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
22	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
28	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
32	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
38	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0
42	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0	1.0
45	3.5	2.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0
51	4.5	3.5	2.5	2.5	2.0	1.5	1.0
57	5.5	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0	1.0
60	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.5	1.0
63.5	7.0	5.0	4.0	3.5	3.0	2.5	1.5
70	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.0	2.0



#### 4. 联箱制造时应注意的事项

1) 联箱的端板, 不能采用平板浮焊 (图3-2-7), 亦不能采用法兰浮焊 (图3-2-8)。

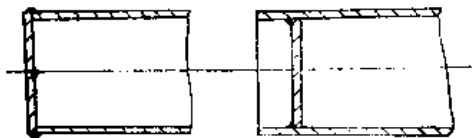


图3-2-7 平板浮焊

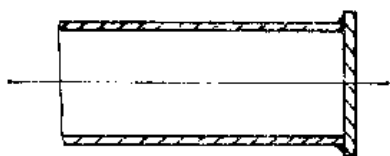


图3-2-8 法兰浮焊

正确的结构形式如图3-2-9所示。

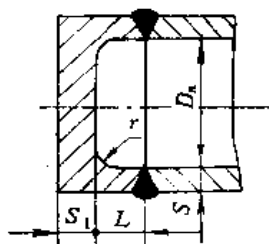
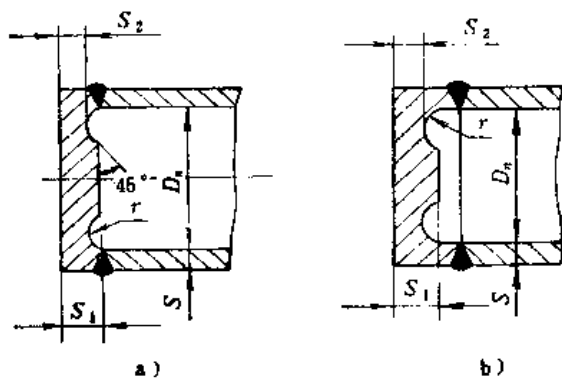


图3-2-9 联箱封头与筒体的正确连接形式

平封头只适用于 $<2.5\text{MPa}$ 的联箱, 但此时也可用法兰闷头连接 (图3-2-10)。采用这种结构时, 法兰盘应露在炉墙外, 避免与火焰接触。

2) 联箱中伸入管端不能过长, 也不能过短。伸出管端过长, 影响下联箱的补给水进入上升管,

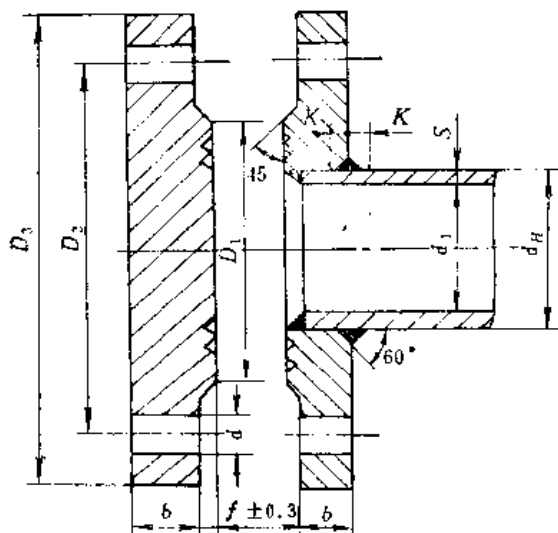


图3-2-10 联箱采用法兰闷头连接

而且容易被水渣堵塞, 使上升管烧坏。伸出端太短, 甚至有的与联箱浮焊连结在一起, 这样容易在焊口裂开, 发生事故。一般伸出端与在锅筒的伸出端的要求相同, 在 $7\sim 15\text{mm}$ 之间。

3) 联箱的排污管不要与上升管正相对, 要错开一定距离, 以免排污时, 影响上升管的水循环。为了防止水循环排污时发生故障, 排污阀门的公称直径应不小于 $20\text{mm}$ 。公称直径小于 $20\text{mm}$ , 排污阀门排水渣就有困难, 更不能用旋塞阀代替排污阀。

#### (四) 联箱开孔的安全要求

##### 1. 开孔要进行强度计算

在联箱上开孔时, 必须先计算它的孔桥减弱系数, 再计算联箱的强度。特别在利用原有联箱时, 由于新开管孔, 强度计算中原有的减弱系数 $\phi$ 发生变化, 故必须重新把孔桥减弱系数计算一下, 再核算联箱的强度, 以便确定开孔后的联箱是否能满足锅炉工作压力的要求。

##### 2. 焊接管孔的加工要求

联箱的焊缝上应尽量避免开孔。管孔中心到焊缝边缘的最近距离, 不得小于孔径的 $0.9$ 倍。在联箱上开焊接管孔, 可用下述方法开孔:

- 1) 用扳钻直接把管孔钻出, 孔径不得超过管子外径 $2\text{mm}$ 。
- 2) 先用气割, 再机械加工, 具体操作如下,
  - ① 把开孔处的钢板表面擦拭干净, 如有油漆, 应先用火焰烤去。

② 在开孔处用划针划出开孔的标准圆和切割圆(切割圆的半径应该比标准圆半径至少小 2mm), 然后用洋铤在两个中心线和圆周交点上铣出四个点作标记, 如图3-2-11所示。

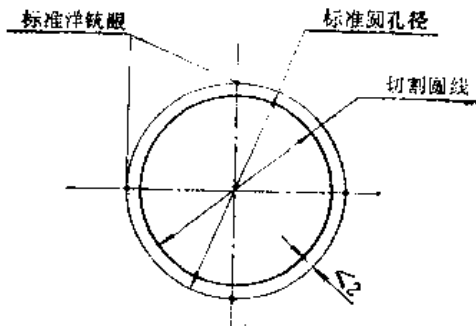


图3-2-11 割孔前的划线

③ 用气割割去切割圆以内的钢板, 并把孔眼周围加工抛光。

④ 用锉刀或铰刀再加工到标准圆尺寸, 再用准备好的标准短管配孔, 要求所开的孔必须圆整, 并且孔径不大于短管外径 2mm。

### 第3节 锅炉管检修

#### (一) 水冷壁管和对流管束的常见故障

水冷壁管, 对流管束是工业锅炉的主要受热面, 也是比较容易损坏的受压部件。

常见炉管损坏故障主要有: 管子变形, 鼓疱, 胀粗, 腐蚀, 磨损, 胀口脱落, 直至造成爆破和泄漏事故。

##### 1. 锅炉缺水造成的钢管变形和爆破

主要是司炉人员责任心不强和操作水平低等原因所造成的。锅炉因为缺水, 管壁温度升高, 机械强度下降, 管子承压产生的应力超过材料屈服极限, 使管子变形, 鼓疱, 直至爆破(图3-3-1)。

由于缺水引起爆破的管子, 其特征为:

1) 破口为纵向破裂, 断面锐利, 破口处管子周长增加很多。这是因为高温下塑性变形较大, 损坏时有较大的变形。

2) 管子表面几乎没有氧化皮, 因为过热的的时间仅几分钟, 来不及形成厚的氧化皮, 有时仅在表面有一点淡红色而已。

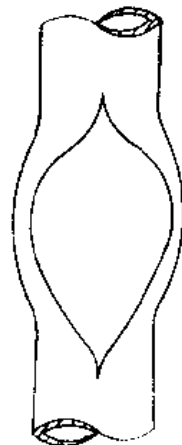


图3-3-1 管子爆破口

3) 爆破处的管子内壁往往是干净的。通常因为从爆破口冲出的汽流的反作用力而使管子弯曲。

4) 由金相分析表明, 破口处的金相组织是马氏体加铁素体。因为当钢管壁温一般在 900°C 或更高, 高速的汽水混合物向破口喷出, 使高温的破口金属快冷, 发生脆硬现象, 出现了上述组织, 硬度明显上升。

5) 由于缺水造成的钢管损坏, 锅炉所有的水循环回路中的大量管子同时损坏, 或大部分胀口均漏水。

#### 2. 锅炉水质不良造成的钢管损坏

1) 由于水质硬度高, 特别是水久硬度高, 锅炉金属表面很快就会结上一层坚硬的水垢。水垢越结越多, 越结越厚, 不仅浪费了热能和 水, 而且容易把水管堵塞, 形成“灌肠”。这种情况在辐射受热面上的水冷壁管内最容易产生。在作外表检查时, 可以看到有些水冷壁管表面的烟灰烧掉, 管子不是呈黑色, 而是呈灰白色的, 说明这些管子表面长时间处于高温状态。因为里面结了水垢, 热量传不到水中, 钢管便产生较长时间的过热蠕变, 一般低碳钢在 315°C 以上就达到屈服点, 450°C 以上就开始产生蠕变(在一般情况下, 如果材料的使用温度  $T > 0.25 \sim 0.35T_{\text{H}}$ , 材料就容易发生蠕变)。

炉管由于水垢过热产生鼓疱直至破裂的特征为: ①纵向破口的断面不锐利, 偶而也有在管子横向断裂, 这主要是热疲劳而造成的。②在管的内外表面都积有很厚的氧化皮, 使管子壁减薄较多。

2) 氧腐蚀损坏炉管。其特征为, 局部斑点深坑腐蚀, 甚至穿孔。水中含有溶解氧, 溶解氧的多少与炉水温度有关。因此给水未除氧进入锅筒后,

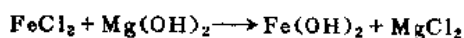
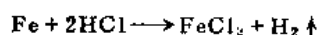
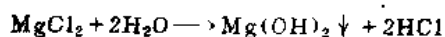
由于炉水受热，氧气便从水中逸出，进而腐蚀锅炉金属。目前我国工业生产中大量使用出力为 10 t/h，20 t/h，甚至容量更大的水管锅炉，这就和以前使用兰开夏和目前普遍使用的卧式水火管快装锅炉不同，前者出力大，而循环倍率小，氧腐蚀就严重。后两种锅炉出力都在 4 t/h 以下，水容量大，循环倍率大，氧腐蚀问题不那样突出。

经验证明，未经除氧的热水锅炉和蒸汽锅炉给水管，钢管省煤器以及下降管最易遭受氧的腐蚀，有的使用仅二、三年，更甚者只有 3~4 个月，就会因局部斑点深坑腐蚀穿孔而报废（图 3-3-2）。



图 3-3-2 斑点深坑腐蚀

3) 由于溶解盐的腐蚀而损坏炉管。全国各地由于地面水和地下水所处的地区和位置不同，因而含盐量大小也不同。有的地区，锅炉给水氯根超过了 300 mg/L。特别是存在氯化钙 (CaCl<sub>2</sub>) 和氯化镁 (MgCl<sub>2</sub>) 浓度高的给水，这种高浓度含盐水进入锅炉，在锅炉内成为很好的电解质，在进水附近的对流管束，尤其是烟温较高的对流管束处，电化学腐蚀以很快速度进行，它的腐蚀过程是：



这样很快将管子烂穿。

如某纺织厂，井水含盐量突然上升，氯根达到 328 mg/L。在相当短的时间内，给水弯管连续腐烂，不得已改为不锈钢管，但别的部位的钢管和金属腐蚀仍很严重。

### 3. 水循环不正常形成的管子变形和爆破

由于烟道布置和锅炉改造不合理，超负荷运行，水质不良以及操作不当等原因，有时也会造成水循环破坏而发生爆管事故。

1) 在水冷壁管受热最高的部分，管子被烧爆。在高热负荷区的部分管子，蒸发率高，冷却条件差，管子容易变形弯曲，最后爆破。在这种情况

下爆破是几千小时积累所形成。钢管表面温度长期在 450~550℃ 之间，金属的金相组织成珠光体。爆破管子一般数量不大，只有几根，都发生在热负荷最高处，管内没有水垢。

2) 在热负荷最差部分的水冷壁管发生破裂。热负荷低的水管，循环速度就低。当锅炉超负荷运行时，热负荷更加不均，高低相差更加悬殊。受热最差的管子内越难形成必需的水循环速度，使水的流动不正常，有时甚至产生水循环停滞或倒流使管子时冷时热，或者水管中汽水混合物形成炮弹形式的运行（图 3-3-3）。大汽泡流速不够时，汽泡不但向纵向而且向横向发展，这样就可能挤掉管壁四周的水膜，从而堵塞整个管子截面。这时管子的冷却条件就急剧变差，使管壁发生过热。由于受交变热应力，因此就会产生环向裂缝而破裂（图 3-3-4）。

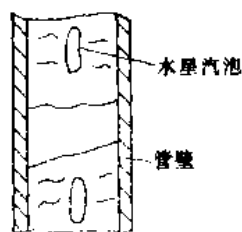


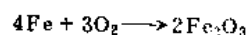
图 3-3-3 管中汽水混合物形成炮弹形式运行



图 3-3-4 环向裂缝破裂

3) 因为异物堵塞水管而造成水循环的破坏，使水管烧坏。有时会遇到如下几种情况：如锅炉运行前没有检查锅筒内部，里面有破布、电焊条头、泥砂等未清除出去，以致将管子堵塞；也有水处理软化罐中树脂等流入锅筒，在热负荷最强的管子中熔化凝结，把管子堵死；还有在用烤胶除垢后或用磁性软水器软水时，旧垢脱落，大量积集在下集箱，最后把下降管或水冷壁管堵塞，破坏水循环，使管子烧坏。

这种管子烧坏，在管子的内外侧都生成一层紧密黑色氧化铁薄膜（图 3-3-5）。当温度在 500℃ 以上时，着火侧管空气腐蚀：



着水侧管受过热蒸汽腐蚀：

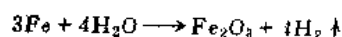




图3-3-5 管子局部过热氧化爆裂

#### 4. 钢管质量不良造成的损坏

有些自制锅炉的单位,或带料加工的锅炉,由于某种原因而把一些材质不好的钢管用在锅炉上,结果在运行过程中也出现了一些问题。如采用重皮、夹层、偏心和化学成分偏析以及带有硬伤痕等管子,在高温下会因重皮、偏心、夹渣等使强度下降而引起渗漏,裂开。这种破口一般不大,因此有时不能及时被人发现,在停炉后可以看到破口处因长时间渗漏而结成一堆盐垢。在破口处很容易看出重皮或夹渣现象,且破口很不规则。

偏心是轧钢中的工艺问题而造成的。由于偏心,钢管壁厚不均匀,半边厚半边薄,在薄的一侧,很容易因为磨损或腐蚀而使厚度进一步减薄,最后因强度不够而爆破(图3-3-6)。

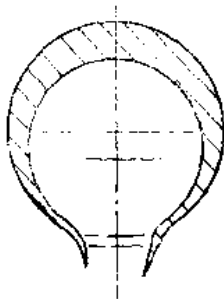


图3-3-6 因偏心强度不够而爆破

金属偏折和有伤痕会加速电化学腐蚀,在管子着水面的壁上和伤痕处(即应力集中的地方),产生溃疡性斑点深坑腐蚀。这种腐蚀和氧腐蚀不同之处在于斑点腐蚀不是密集性,斑点的面积和形状也不规则,而且这些管子不一定在进水管附近位置,没有一定规律。

#### 5. 飞灰对钢管造成的损坏

这种损坏在废热锅炉、抛煤机锅炉、沸腾炉或提高出力的锅炉上比较常见。由于废热锅炉要提高锅炉传热效率,一般以提高烟气流速方法来实现,实际上烟气流速超过 $10\text{ m/s}$ ,炉管被磨损的危险

性将大大增加。

对于抛煤机炉和沸腾炉,飞灰磨损是相当严重的。实践证明,飞灰磨损的增加与负荷增加的三次方成正比。如果烟道布置不合理,截面太小,高速烟气流冲刷管子,则磨损更快。如双纵锅筒抛煤机水管锅炉,在炉膛出口处,拐入第一烟道的对流管束,往往由于烟道的截面小,有死角造成烟气流速增加,并且产生涡流,使此处管子磨损破裂。同样,20 t/h 抛煤机锅炉下锅筒出口处(即省煤器出口处)的那部分对流管束,亦容易磨损破裂。

锅炉吹灰器的位置不合适,喷口正对管子,日久也会造成管子磨损。

沸腾炉由于飞灰浓度大,对于锅炉管束及烟气转弯处的受热面磨损较一般炉为快。

#### 6. 胀管技术差造成的渗漏和裂纹

由于胀接过胀,使锅筒发生塑性变形而失去弹性,管壁与锅筒之间的结合力减弱而出现渗漏;管子胀偏,管孔失圆度严重,也能出现胀口泄漏;胀接时使管端产生冷作硬化,胀口处产生环形裂纹;点火、停炉太快或运行中压力不稳定,各部位受热不一致,使管壁和锅筒温度变化而产生过大的交变热应力;锅筒结垢太厚,传热不良,致使胀口失去紧密性等,使胀口渗漏,又给苛性脆化创造了条件。

#### 7. 卧式快装锅炉水冷壁的损坏

常见的水冷壁损坏有下列几种:

(1) 鳍片卷曲,撕破水冷壁管 这种锅炉为了便于敷设轻型炉墙,增加辐射传热面,将全部水冷壁管焊上鳍片。鳍片有时长达 $1000\text{ mm}$ ,宽 $30\sim 40\text{ mm}$ ,厚 $4\text{ mm}$ 左右。锅炉运行时,水冷壁管内有水冷却,膨胀较小,鳍片接受的热通过其本身、焊缝及水冷壁管才能传递给水,特别在水冷壁管内结了水垢的情况下,鳍片的热就很难传递给水。温度增高,膨胀量大大超过水冷壁管,于是变形卷曲,撕破焊缝,甚至撕破水冷壁管,使之产生渗漏(图3-3-7)。被鳍片撕破的管子,如果管内没有水垢,管子上只有个别小孔,可用电焊点焊,不漏即可。若是撕破较严重,只好将损坏段管子局部换掉。为了改善鳍片变形,可以用气焊将鳍片割开,将长 $1000\text{ mm}$ 的割成4段,每段约 $250\text{ mm}$ 长,从而大大减少鳍片的线膨胀量。为了减少鳍片过热,可将其宽度减少,每片保持 $20\text{ mm}$ 左右即可。现在有的已全部采用光管代替鳍片管,而将侧炉墙砌在水冷壁管外边。

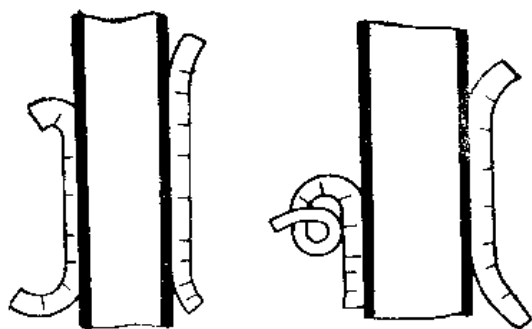


图3-3-7 螺片变形卷曲情况

(2) 水冷壁管与锅壳相连的焊缝裂纹 这种锅炉锅筒上两侧水冷壁纵向管孔全部开成斜开孔(图3-3-8)。

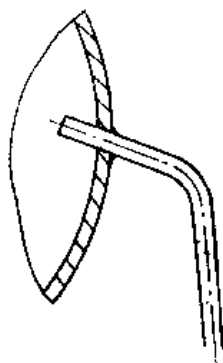


图3-3-8 斜孔焊接

由于是斜孔,管头与锅壳板之间的夹角,上边 $135^\circ$ ,下边 $45^\circ$ 。上边坡口大,可以平焊,一般比较牢靠,下边坡角太小,焊条打不到底,且多数采用仰焊,不易焊透,气孔、夹渣等缺陷都集中在这里,给日后焊缝裂纹渗埋埋下了祸根。锅炉运行时,锅壳向辐射方向膨胀,水冷壁管向上膨胀,应力集中在焊缝上,焊接质量差的管头下半圈焊缝便产生裂纹。

在修理时,一般将裂纹剔除干净,重新补焊,不允许在原裂纹焊缝上堆焊修补。

(3) 管子胀粗 这种锅炉,水冷壁管水循环不甚理想,给水从联箱前后两端引入,对于中间的管子供水比较困难,在供水不足的情况下,金属发生过热,管子逐渐胀粗(图3-3-9)。此外,水质不佳,结水垢,管子也会胀粗。胀粗值 $<5\%$ 管子的直径时,彻底清除水垢后,可以继续使用;当胀粗 $\geq 5\%$ 管子的直径时,应局部割换或整根更换。个别水冷壁管子局部损坏(胀粗、爆破、断裂等),也可以不拆除炉墙采取局部割换。

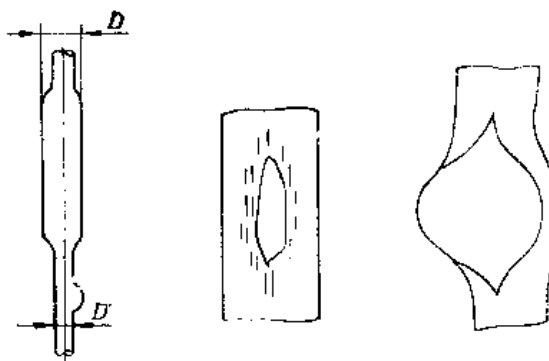


图3-3-9 管子胀粗情况 图3-3-10 长时间过热爆破示意图 图3-3-11 短时间过热爆破示意图

(4) 水冷壁管爆破 水冷壁管由于结了水垢,管壁在 $550\sim 700^\circ\text{C}$ 高温下,经长时间过热发生不大的塑性变形,而后产生裂纹引起管子爆破,裂口边缘较迟钝。图3-3-10所示为 $\phi 51$ ,材料20号钢的水冷壁管因长时间过热爆破的示意图。其次,水循环破坏,水冷壁管短时间壁温高达 $750\sim 900^\circ\text{C}$ ,出现了加速蠕变,发生较大的塑性变形,破口呈喇叭形,边缘锐利,图3-3-11所示为 $\phi 57$ ,材料20号钢的水冷壁管短时间过热爆破的示意图。由于汽水冲出,迅速冷却了破口及其附近金属,使其呈现淬火的特征。

水冷壁管爆破,一般都是局部割换一段新管。

## (二) 水冷壁管和对流管束检修质量要求

1) 管子外表的积灰和焦渣必须消除干净。管子间、折焰墙及挡墙上不得有积灰及焦渣。管外不得附有硬壳,个别处浮灰厚度不超过 $0.3\text{mm}$ 。硬壳和浮灰的面积不得超过总面积的 $1/5$ 。

2) 炉管内部应进行清洗,不得有水垢——红锈及其他杂物,必要时要进行通球试验检查。通球试验的通球直径为管子公称直径的 $85\%$ 。

3) 管子不得有裂纹,重皮及金属层脱落现象。

4) 管子接缝焊口不能有裂纹,如发现裂纹应将焊肉全部铲云,重新焊接,不允许堆焊。

5) 管子弯曲变形应酌情修理和更换。但管子烧弯的最大允许限度为:胀口、焊口不松动和渗漏,不妨碍烟气流通。一般直管的弯曲,以不超过 $75\text{mm}$ 为宜。

6) 管子的胀粗允许范围:水冷壁管、炉管(水排管)等胀粗率不得超过原管子外径的 $5\%$ ;

碳素钢管的过热器管胀大率不得超过原外径的3.5%。具体尺寸参见表3-3-1。

表3-3-1 各种炉管允许胀粗的数值

名称	公称直径 (mm)	允许胀粗率 (%)	胀粗后 允许直径 (mm)	材质	
水排管	102	5	107.1	10号或20号优质无缝碳素钢管	
水冷壁管	51	5	53.55		
	60	5	63		
	76	5	79.8		
	89	5	93.45		
省煤器管	32	5	33.6		
	38	5	39.9		
	51	5	53.55		
过热器管	38	3.5	39.33		低合金钢管
	42	3.5	43.47		
	38	2.5	38.95		

锅炉水汽受热面的管子出现鼓泡，如果鼓出的泡还没有破裂，且数量不多，范围不大，可以在现场用氧炔焰对管子鼓泡部分进行加热，用与管子半径相同胎膜顶压（或锤击），使鼓出部分恢复到与管子原来的尺寸相平。如管子的鼓泡已超过原有直径的10%，必须更换一段新管。

7) 管子胀口不得有渗漏和环形裂纹。如遇轻微渗漏，而且管端较好，可以重胀；严重渗漏或轻微渗漏，但管子不能再胀时，要割换管头。如遇产生环形裂纹，则必须根据情况割换管头或更换管子。

8) 对管内水垢较厚或腐蚀严重的管子，应割取一段并将其立剖，检查其内部情况和管壁厚度。轻微腐蚀的可以继续使用；严重腐蚀的应当更换新管。个别管子可将两端堵塞（闷管）或封焊，待大修时再更换新管。加装死堵（闷管）或封焊的技术要求将在后面介绍。

9) 由于腐蚀或烟灰磨损，管壁的剩余厚度不得薄于表3-3-2的规定数值。

管子的最薄厚度亦可应用下列公式进行核算：

$$S = \frac{DP}{2R} + 1 \text{ (mm)}$$

式中  $S$  —— 最薄管壁厚度 (mm)；

$D$  —— 管子内径 (mm)；

表3-3-2 管壁的剩余厚度

项目	部位		汽水管		过热器管
	材料		20g		20g
管子外径 (mm)	51	60	76	88	
标准厚度 (mm)	3	3	3.5	3.5	
最小允许厚度 (mm)	1.5	1.5	1.5	2.0	

$P$  —— 最大蒸汽压力 (MPa)；

$R_p$  —— 许用应力  $\leq 62.72$  MPa。

一般  $R_p$  宜用 62.72，若考虑到管壁内的化学性和物理性的损坏及管子弯曲半径太小等因素， $R_p$  值应酌量减低，以保证安全。

10) 管子胀口露头应符合 6~12mm 的规定，个别小于规定值但大于 3mm 者，可以保留小于 3mm 者，则应当更换。胀口不得过胀、胀偏等，应符合胀管要求，详见胀管部分。在检修中，若发现除氧不好，在胀管端部的电化学腐蚀，从伸出部分逐渐往下腐蚀，使管端越来越少，甚至到管壁以下（图3-3-12）。降低了管子与管壁的胀力，严重时会出现脱管事故，这时，只要腐蚀到管壁以下的 1/3，就必须换管。

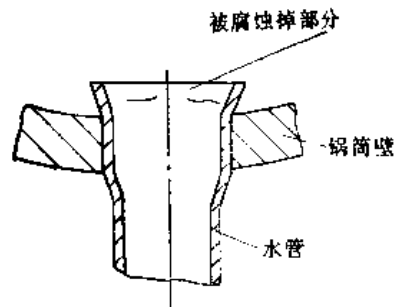


图3-3-12 管端伸出头腐蚀

11) 管子的支架及拉筋要牢固完好，并不妨碍管子的自由膨胀。

12) 更换的管子，要符合锅炉钢管的化学成分和机械性能要求，不能乱用钢管；管子的几何尺寸偏差都应符合国家标准要求；管子的弯管，管子的焊接，胀接质量，水压试验等都应符合相应的要求。个别更换的新管子，长度至少应为 300mm，并应接在直管部分。距离锅筒和联箱的外表面和管子的弯曲处的起点要有一段距离，一般在 50mm 以上，以避免造成应力集中。钢管焊接时，对接口应

开V形坡口，焊接要尽量焊透。

### (三) 受热面管子检修工艺

#### 1. 受热面管子外部和内部清扫工作

锅炉受热面停炉检修时，外部、内部的清扫工作是一件繁重而艰苦的工作，但它又是保证锅炉经济运行、安全供汽的重要措施，是锅炉检修重点工作之一。

受热面管子外部结焦和积灰，对锅炉的热效率有明显的影晌。这是因为灰垢的热导率仅为 $0.1163\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。约为钢板的热导率的 $1/450\sim 1/750$ ，积灰的传热热阻很大。据粗略统计，当锅炉受热面积灰层为 $1\text{mm}$ 时，热效率就要降低 $4\%\sim 5\%$ ，有的降低达 $8\%\sim 10\%$ 。因此，清除受热面外部的积灰是保证安全运行、节约能源的重要途径。

##### (1) 受热面结焦和积灰的清除。

1) 打掉悬吊的焦渣 工作人员穿好工作服，戴好安全帽和口罩，先从看火孔、人孔门处开始，将燃烧室中焦渣打掉。进入燃烧室后，从上而下打焦，防止焦渣下落时伤人。

2) 吹除受热面上的浮灰 对燃烧室内的炉管和炉墙上的浮灰，可用 $0.4\sim 0.6\text{MPa}$ 的压缩空气来吹除。用胶皮管将压缩空气接入燃烧室，风管的一端装有喷嘴，操作人员根据炉灰聚集的情况移动风嘴的位置和方向，将积灰吹尽。监护人可帮助拉送风管。吹灰时，应起动引风机，将吹下的浮灰吸出炉外。

3) 清扫硬焦渣和灰壳 清扫硬焦和灰壳是十分繁重而又细致的工作，因为要求每根管子都要露出原来的金属表面，用人力和手工工具逐根地进行清扫，既费人力，又不能达到质量要求。有的单位采用了“蒸汽网灰”法，取得了一些效果。“蒸汽网灰”法基本上分为吹灰、网灰和再吹灰三个步骤。吹灰方法与上述相同，网灰就是在第一次吹灰的基础上，由炉排面以上的看火孔或人孔门处向燃烧室内放入具有 $0.1\sim 0.2\text{MPa}$ 的湿蒸汽，这时，省煤器出口处的挡板微开，使蒸汽少许流过，经 $8\sim 9$ 小时后停止供汽。这时在管外的硬焦渣及灰壳就变得湿润而松软，最后再用压缩空气吹，就可以较彻底地将灰渣清扫干净。

近年来，为了使受热面保持清洁和减少清灰工作的劳动强度，国内已研究出化学锅炉清灰剂，现已在工业锅炉上得到应用，并取得良好的效果。上

海试剂一厂出产的清灰剂是含有硝酸盐和铵盐的三种氧化型或催化型清灰剂。清灰剂燃烧后，经过化学反应，使烟垢变松变脆后脱落。锅炉清灰剂使用实践证明，清灰剂不但可以把原来沉积的烟垢除去，露出金属光泽，而且又可预防新烟垢的沉积，还可起到减尘防害的作用。

(2) 受热面内部清扫工作 这主要是除垢和除锈。当锅炉水质处理不好时，在受热面内壁要形成水垢和腐蚀。防止水垢形成，根本的办法是搞好水处理工作。在检修工作中，管子内部的水垢清除工作，一般都采用电动洗管器来进行清除水垢和水锈。

1) 电动洗管器清除水垢的物理过程是：当装在软轴头上的铣刀因电动机的驱动，由软轴带动一起转动时，铣刀和水垢表面接触，铣刀不仅围绕自己的软轴转动，同时也沿着管子的内表面移动。由于转动很快的铣刀和水垢之间产生摩擦的结果，水垢就被弄碎和研细，随之从管壁上脱落下来。

2) 电动洗管机的结构，基本上由三部分组成：

① 动力部分：由电动机作动力来驱动清扫工具清洗锅炉。一般使用的电动机功率为 $0.75\sim 3.0\text{kW}$ ，转速 $1000\sim 3000\text{r}/\text{min}$ ，电动机固定在平板上，平板底下有三个小轮，平板上面装有4个吊环，这样既能在地面上移动，又便于空中吊运。开关装在平板上，位于电动机侧面。电动机轴上装有联轴节，用于连接软轴；电动机前轴承盖装有套筒，用于连接软管。

② 传动部分：由软轴、软管和接头组成。软轴一端和电动机轴连接，联轴节采用鸭舌销结构，允许软轴在软管中作少量的轴向移动；另一端有安装清洁工具的接头轴，能带动工具作高速旋转。接头前端有螺纹孔，用于装各种清洁工具。

③ 清洁工具：清洁工具是作为清洗平面和适应各种规格炉管的铣刀、圆刷子等。

国产锅炉洗管器的规格和型号列于表3-3-3。

软轴是在一根钢芯上卷绕几层钢丝，外面装上铁甲(软管)而成的。软轴的规格和特性列于表3-3-4。

软轴直径应根据被清扫管子的内径、长度、弯曲的形状，管内水垢厚度及其坚固程度，以及所用电动机的功率和转速等来选择。实际工作中，按经验数据选用，被清扫管子的内径在 $40\sim 50\text{mm}$ 时，

表3-3-3 锅炉洗管器的规格和型号

产 品 型 号	35型	55型	100型
所洗炉管 (mm)	35~55	55~90	100
软轴规格 $\phi$ (mm) $\times$ l (m)	13 $\times$ $\frac{12}{15}$ (m)	16 $\times$ $\frac{12}{15}$ (m)	19 $\times$ 12 (m)
软管规格 $\phi$ (mm) $\times$ l (m)	25 $\times$ $\frac{12}{15}$ (m)	32 $\times$ $\frac{12}{15}$ (m)	38 $\times$ 12 (m)
额外软接轴 (mm)	$\phi$ 13 $\times$ 300 (mm)	$\phi$ 16 $\times$ 500	
电动机功率 (kW)	1.5	1.5	2.2
电动机转速 (r/min)	1450	1450	1450

表3-3-4 软轴的规格和特性

软轴直径 (mm)	软管直径 (mm)		软轴及软管的 最小弯曲半径 (mm)	允许轴向 负 荷 (kg)	软轴连软管 每米重量 (kg/m)	软轴长度 (m)	绕线的层数
	内 径	外 径					
13	18	25	250	100	1.7	12, 15	4
16	22	32	300	140	2.9	12, 15	5
19	28	38	350	150	3.9	12	5
25	32	42.5	370	180	5.8	9	6
30	38	48.5	400	200	7.7	9	7

应选用轴芯直径为 13~16mm，当清扫管子内径为 50~75mm 时，则应选用轴芯直径为 16~19mm，如清扫管子内径在 75mm 以上者，应用直径为 19~25mm 的轴芯比较合适。

铣刀的形式和选用原则参见表 3-3-5。

3) 使用电动洗管器应注意下列事项

① 电动洗管器的电气设备要绝缘良好，要检查电动机、开关的地线连接情况，在确认没有缺陷

之后，才可以把电动机设备接到电路里去。电动机的转向应和软轴最外层钢丝的绕向相反。如软轴最外层钢丝是左向绕制，电动机应作逆时针方向旋转（人站立在电动机前端，面对电机）；如最外层钢丝是右向绕制，电动机轴则应顺时针方向旋转。否则，软轴将很快松散损坏。

② 清洗管子内壁水垢时，要待铣刀头放入管子后方可把电机接通，并同时向管内通水。只有当电

表3-3-5 铣刀的形式和选用原则

序号	铣刀名称	铣刀简图	铣刀规格 (mm)	应 用 范 围
1	多牙铣刀 (又称细牙铣刀)	见图 3-3-13	$\phi$ 28 $\phi$ 32 $\phi$ 35 $\phi$ 38	用于清洗直径较小的炉管，管径小于 55mm 的管子都可使用 (与 35 型配用)
2	张开式铣刀	见图 3-3-14	三臂式张开铣刀；四臂式张开铣刀	三臂式铣刀用于清洗直径 $\phi$ 63 (mm) 的锅炉管，张开后的外径为 62 (mm) 四臂式铣刀用来清洗直径为 $\phi$ 76 (mm) 的炉管 当铣刀直径为 $\phi$ 95 时，用于清洗直径为 $\phi$ 102mm 的炉管
3	单面铣刀 (固定铣刀)	见图 3-3-15	$\phi$ 83	用于清洗汽包，钢筒等具有敞开式平面上的水垢。也可以清洗管子内径较大的炉管，其外径为 $\phi$ 83mm
4	水垢榔头 (水垢击锤)	见图 3-3-16	$\phi$ 60	用来击敲松脱炉管中较厚和较硬的水垢，其外径为 $\phi$ 60mm



(续)

序号	铣刀名称	铣刀简图	铣刀规格(mm)	应用范围
5	圆刷子	见图3-3-17	厚小于50	用来清洗各种炉管。它是用钢丝做成各种不同直径和不同厚度的刷子，刷子厚度最大不超过50mm。刷子是由一些准个的钢丝圈，用螺丝钉紧紧地夹在两个法兰之间作成的
6	万向接头	见图3-3-18	外径 $\phi 22$ $\phi 30$ 两种	它安装在主轴接头和各种铣刀之间，使铣刀易于通过弯曲的炉管
7	软轴接头	见图3-3-19	$\phi 16 \times 100$ $\phi 13 \times 300$ 两种	可以代替万向接头，用于清洗弯曲半径很小的炉管

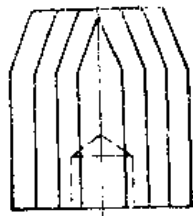


图 3-3-13

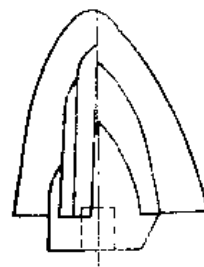


图 3-3-16

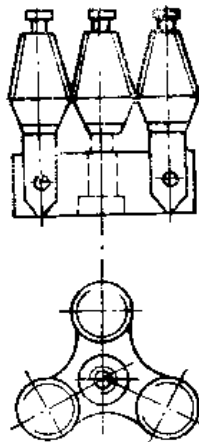


图 3-3-14

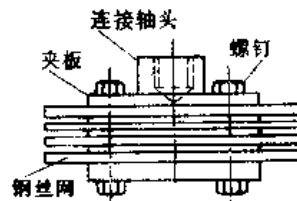


图 3-3-17

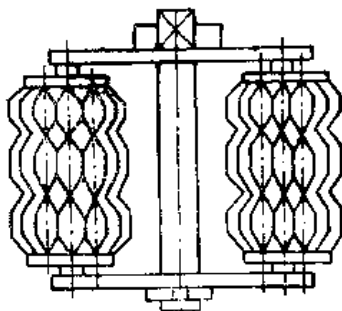


图 3-3-15



图 3-3-18



图 3-3-19

动机与电路断开后，才允许把铣刀头从管子里抽出来。启动和停止电动机的操作，应由守候在电动机旁的专职操作人员执行，并听从在锅筒内的工作人员的命令或讯号。

③ 铣刀头在管子内移动的速度是根据水垢层的厚度和硬度来决定。水垢的厚度和硬度越大，铣刀头移动的速度也应越慢。反之，可适当快些。根据水垢的厚度和硬度情况，可清洗一遍或几遍，直到水垢清除干净为止。

④ 不要损伤锅筒内壁和管子。禁止转动的铣刀头停留在一处刷洗，以免磨损管壁。同时要正确控制铣刀临近被洗管子末端的位置，以免损坏软轴和磨损金属结构。

⑤ 当管子除垢工作完毕后，应进行清洁工作质量的检查。检查方法是：直管用电灯光来照射；弯管用—个钢球来检查，它的直径是管子直径0.85~0.9倍，看它是否能通过。用铣刀头不灌水作管子鉴定性的清洁质量工作也是可以的。检查管子清洁工作的质量需要两个人，一个人在上锅筒内，一个人在下锅筒内，互相呼应进行。

⑥ 要注意软轴的维护和保养，使用时应尽量避免软轴有急剧的、过分的弯曲，以减少软轴和软管的发热、磨损及消耗过多的电能；如发现软轴在工作时有剧烈震动现象，表明已超过负荷，应迅速断开电动机的电源；工作开始前要检查软轴，涂润滑油脂。使用完毕后，将软轴从软管中抽出，清除用过的润滑油脂及污垢，并重新上油。新的软轴磨损较快，在使用20~30小时后，即应抽出清理和涂油；保存软轴、软管时，应在软轴和软管外面涂油防腐蚀，并展开成直线放置，禁止在其上放置任何东西。

水垢的清除工作，除了上述用洗管器除垢外，还有化学除垢方法，如酸洗除垢法，碱煮除垢法，纯碱-烤胶法等。这些方法须经化验人员化验后，确定水垢性质，水垢的厚度和水垢覆盖的面积以及锅炉的使用情况，然后选用一种化学方法，并在化验人员指导下进行。

## 2. 管子缺陷的检查方法和修理

在锅炉受热面外部、内部的清扫过程中，还要对管子进行全面的检查。

(1) 管子胀粗和鼓泡的检查 根据现场一般经验，受热面管子胀粗和鼓泡常发生在直接受辐射热较强，烟气温度较高，管内结垢，管外结焦，管

内工质温度较高以及汽水循环不良的地方。燃烧室中的水冷壁管、水排管、过热器管基本上处于上述环境中，因此，是检查的重点对象。

检查方法，一般可由有经验的人用肉眼观察或用手摸感觉。在重点区用视力观察或用手摸有怀疑的管子，也可用0.02mm的游标卡尺测量，不符质量要求的管子，则应割去，更换新管段。

### (2) 管子内壁腐蚀的检查

1) 通光检查法：通光检查法只适用于不长的直管段，如水排管等。通光检查就是用电灯泡放入被检查管子里面，慢慢移动，用视力查看其腐蚀情况，并做大致估计。

2) 割取代表性管段检查法：通常在水排管下部一、二两排、后侧水冷壁管、过热器下部弯头或直管段部分、省煤器入口管段等处割取管段，并沿管段轴心线切成两半，将管壁上的结垢和沉积物清扫干净，检查管壁腐蚀程度。达不到质量标准要求的就应更换新管。

3) 检查腐蚀指示器法：为监测锅炉的腐蚀速度，事先在锅炉锅筒中、省煤器联箱等不同的部位和管道中安装腐蚀指示器，大修或中修时将腐蚀指示器卸下来，进行检查、称重对比，可间接地判断设备内部腐蚀的程度。

经过检查，如果管子的腐蚀是呈现孔洞性的，则可以用焊补的方法堆焊修理。如果损坏很大，就需要割除更换新管。

(3) 管子裂纹和破裂的检查法 管子的裂纹多发生在胀口处，而管子的破裂，一般发生在局部过热处。检查方法，除了用视力观察外，主要是依靠在作水压试验检查锅炉所有承压部件的严密性时，来发现管子的破裂处。

(4) 管子弯曲的检查 在清扫锅炉时，很容易发现管子弯曲的地方。管子弯曲的主要原因，管间的卡子损坏，管子自由膨胀受到阻碍，管壁过热及受热不均等造成。由于管子弯曲，部分炉管依在一起，影响烟气流通，同时，使胀口或焊口产生额外负载而容易断裂。

(5) 管子外壁磨损及外伤的检查 抛煤机沸腾炉受烟灰的冲刷而造成管子外壁的磨损是比较显著的，在检修中对重点地区应作重点检查。如隔焰墙漏烟(或短路)处，烟气转弯处和吹灰器管与炉管摩擦处等作重点检查。磨损超过表3-3-2中的要求，则应更换；若属于局部磨损，可进行焊补后磨光，

即可再行使用。

管子外伤是由于受外力作用而引起的。如在运行中打焦时，用力过猛，将工具碰撞在炉管上；在检修打锤时因滑锤而碰伤管壁等造成的。外伤可直接观察出来。管子如有凹陷时应更换。

### 3. 炉管管段更换工艺

(1) 管段的更换 在受热面的管子中，经常会发现某一段管子存在严重缺陷，不能再继续使用，需要更换新管段。管段的割取及更新工序：

1) 割取严重缺陷的管子时，要考虑焊接时的影响，因此，要求割取管段的位置要离开锅筒、联箱、管架、焊口、弯头处的距离不小于 50mm。割下的管段长度视缺陷长度而定，但至少不得少于 300mm。

2) 个别管段的割取，一般用手工锯割或用氧-乙炔火焰切割。几排管子同时更换，割取的位置不应在同一水平线上，应相互交错 300mm 以上。为了保证割取质量可以制作专用工具。

3) 管头要加工坡口。被加工的管头端面要齐平，偏斜误差不得超过 0.5mm。坡口的角度一般为  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，电焊为  $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，气焊为  $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。焊接时，焊渣不允许流入管内。

4) 新管段的材料要和原锅炉管的牌号相同。管子的内、外表面要光滑完整，不得有刻痕、裂纹、凹陷和层皮等缺陷；管壁厚度、管径和圆度都应符合要求。

5) 新换的管段不得过长或过短。确定管段的长度时，应考虑两种情况：一种情况是新管段焊接在两剩留管子之间。此时，管段的长度应较割掉的旧管段短 2~3mm，作为两端焊缝间隙，以便使焊接时焊透，确保焊接质量。另一种情况是一端与剩留的管子对接，另一端与锅筒胀接或与联箱焊接。此时，与剩留管段的对接，应留出 0.5~1mm 间隙的焊缝，锅筒胀接和与联箱焊接要求见表 3-3-22 表 3-2-2 和 3-2-3。新的管段按要求打坡口。

6) 管头对正：为了使新、旧管子中心在一条直线上，现场采用夹具，调整和控制管子中心。中心定位卡住后，在焊口圆周处等分三点或两点，点焊固定。然后把夹具卸掉，用透光法检验管段对正情况，校正后，即可施焊。焊条要按管子材料选用。

7) 管段更新后，要作焊接质量的外观检验。必要时作通球试验（通球直径为管子内径的

85%），要作水压严密性试验。

(2) 管段更换施工不方便时的焊接法 在锅炉管修理中，常常会遇到损坏的管子在靠近炉膛或有双排管子或多排管子的内排，管段更换时施工很不方便。在这种情况下，可以按照下述方法施工：

1) 把旧管子上损坏的一段割下，割口处加坡口，再打磨光洁。管子割口端面应有一定的倾斜度。

2) 按割下的损坏管段的长度，加上适当的气割和批凿坡口的余量，正确量出并割取新管段。

3) 将新管段的一头切开一小片，形状如图 3-3-20 所示，切取的宽度约为管径  $D$  的一半，高度  $H$  约为  $0.6 \sim 0.7D$ 。切割时，应先准确地按尺寸划线，然后气割。割缝的宽度，应掌握小于 3mm。割下后，必须先把焊口批凿坡口。

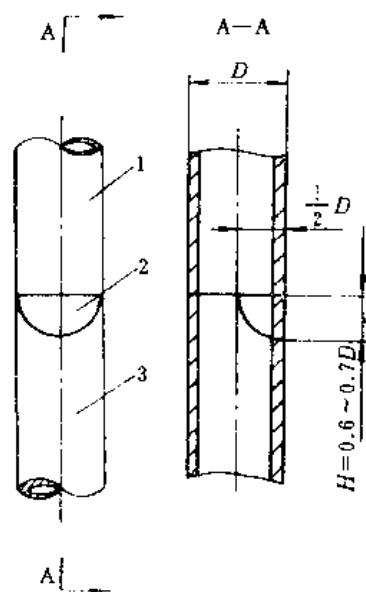


图3-3-20 不便于施焊的管子挖补示意图

1—原管段 2—切开部分 3—新管段

4) 把新管段同已割去损坏段的原管段对正并夹住，再在适当的地方点焊二、三处以便固定。应固定校正后，可以先焊难于施工的里圈，再将小片覆盖，在外壁施焊。外焊缝必须与里焊缝重叠适当长度，一般是大于 3 倍管壁的厚度，但至少为 13mm，如图 3-3-21 所示。

(3) 旧管头的拔除方法 在更换炉管管段时，常常会遇到一端和锅筒胀接。胀接新管时要把旧管头拔除。现将拔除旧管头的几种方法介绍如下，

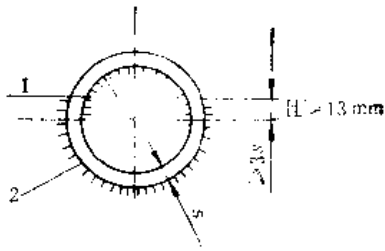


图3-3-21 施焊顺序  
1—先焊里面 2—后焊外面

1) 常用的拔管方法：在锅筒外面，距孔壁20~50mm，用乙炔-氧气火焰将管子割掉。然后直接用钝的凿子（边铲）将管头朝里收口（图3-3-22），每个管头按圆周打成四块凹陷状，即与孔壁松开，最后用手锤轻敲胀接头端面，即可退出锅筒。

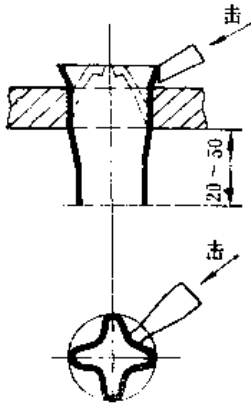


图3-3-22 拔旧管头方法之一

2) 当管径 $\geq 83\text{mm}$ 时，可用电焊在管内焊上两道直线焊肉。当冷却收缩后，使管头松动，然后用手锤将管头打出（图3-3-23）。

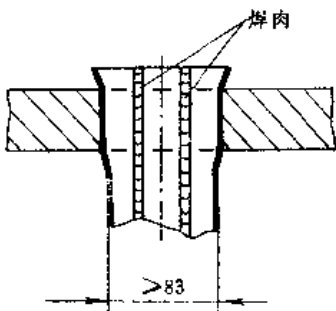


图3-3-23 拔除旧管头方法之二

3) 用钢锯将管头沿纵向锯成四片（图3-3-24），用手锤将头向内打拢，再拔出管头。

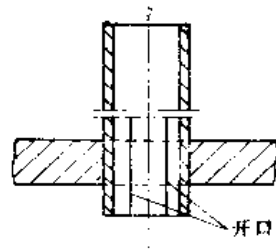


图3-3-24 拔旧管头方法之三

4) 把胀接的管头，要先用凿子除去喇叭口，使管子与管板相齐，然后使用带有金刚钻尖头的凿子将管子劈开（图3-3-25）。

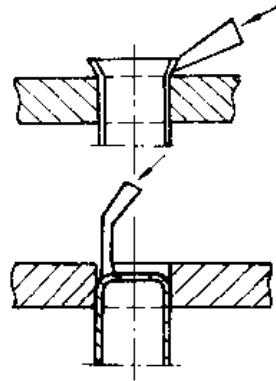


图3-3-25 拔旧管头方法之四

5) 用乙炔-氧气火焰将管头加热到深红色，待稍冷后，将管头用锤打下（仅适于未翻边的胀管头）。

拔除旧管头的方法多种多样，无论采用何种方法，必须注意：决不能损伤管孔和孔壁。

#### （四）锅炉修理中的闷管工艺

在工业锅炉修理中，单根或少数几根炉管（如对流管）损坏，暂时不便更换，经常采用加装死堵或闷管的办法来进行临时性的修复，待大修时再更换新管。

在采用加装死堵或闷管的办法时，普遍对闷管的方法、材质、结构或工艺重视不够，有的不符合锅炉安全技术要求，有的甚至很快就造成锅炉停炉事故。

##### 1. 常见的几种不合理的闷管

1) 不拆除原有缺陷的管子，用车出的锥形堵头，装在管口内直接封焊，并将胀口焊死，（图3-3-26）。

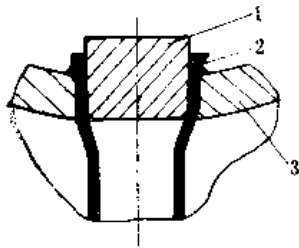


图3-3-26 不拆除旧管加装死堵  
1—堵头 2—管子 3—锅筒

其缺点是堵管有两圈焊缝，锥形堵头过厚，孔板局部容易过热变形，周围管子胀口严重松动，不易重新胀牢。

2) 拆除有缺陷的管子，用车出较厚的堵板封焊管孔（图3-3-27）。

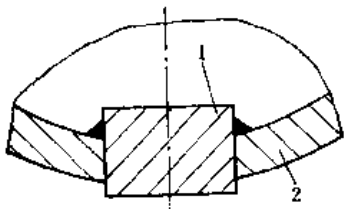


图3-3-27 厚堵板封焊管孔  
1—堵板 2—锅筒

其缺点是孔板与堵板相差太大，传热偏差较大，焊缝所受的热应力也较大，容易损坏。在拆除旧管时，胀口金属表面容易损伤，给换胀新管时带来困难。

3) 拆除有缺陷的管子，用直径略大于管孔的弧形钢板堵焊管孔（图3-3-28）。

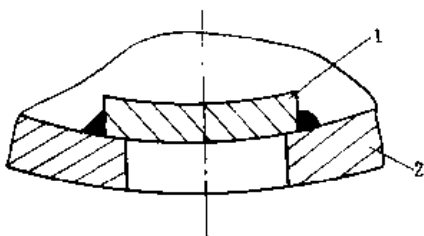


图3-3-28 用略大于管孔的弧形钢板堵焊管孔  
1—弧形钢板 2—锅筒

其缺点是焊缝热影响区域过大，使周围管子的胀口严重松动，复胀不易牢固，被盖住的管孔暴露在烟气中，管孔壁受烟灰侵蚀，给换胀新管子也带来困难。

4) 不取下有缺陷的管子，就在原管子中间加装堵板（图3-3-29）。

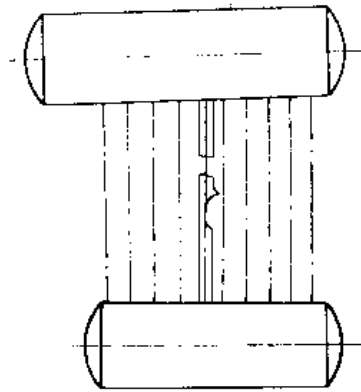


图3-3-29 留下“盲肠”加死堵

其缺点是会在堵死的管子处（即所谓盲肠）重新引起爆破，将会造成更大的危害。因为该段旧管（盲肠）没有水冷却，或形成汽塞，在高温下管子很快达到不能承受压力的情况下而爆破。

5) 闷管端部采用平板浮焊如图3-3-30。

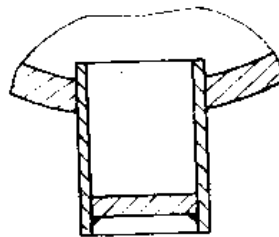


图3-3-30 闷管端部平板浮焊

其缺点是：当锅炉内承受压力时或者热胀冷缩产生的热膨胀应力时，由于焊缝呈角焊形式，容易造成浮焊。角焊的焊缝处应力高度集中，焊缝极易损坏。加上堵板向外，有些情况还会蓄存死水，亦易腐蚀。

## 2. 正确的闷管方法

1) 正确的闷管方法是把一端加工成为球面形的封口短管，胀接或焊接在孔板上（图3-3-31）。短管应具有相应的直径，长度视胀接或焊接而定，一般长度不超过250mm，采用胀接随胀管器胀杆长度而定，采用焊接则可短些。

2) 亦可用长60~80mm短管胀接或焊接在孔板上，然后在锅筒内把一球面形堵头焊在短管上。焊缝至锅筒的距离，以保证胀口不松动为宜（图3-3-32）。

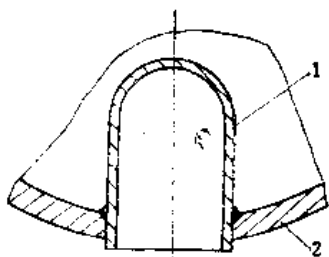
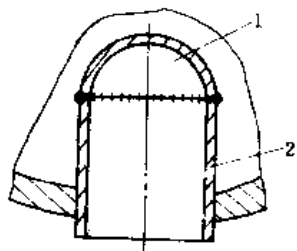


图3-3-31 具有球形封头的网管

图3-3-32 先胀接或焊接, 然后焊球面头  
1—球面头 2—先胀接或焊接管段

采用此种网管方法, 其优点是: 不影响周围胀口质量, 运行时孔板受热均匀, 封口管冷却良好, 不致烧坏, 管孔壁不受损伤, 为更换新管创造了有利条件。

### 3) 网管的具体步骤:

① 拆除旧管, 用气焊割去有缺陷的管子。为防止胀口损伤, 熔割位置离孔板不小于 50mm。然后将余下胀口部分的管头清除。拆除管头时, 切勿损伤管孔壁。

② 封口管应采用锅炉钢管, 其胀口一般应进行退火。

③ 用手锯将管子的一端割成若干楔形后加热, 弯成球形面, 用气焊焊接 (图3-3-33)。

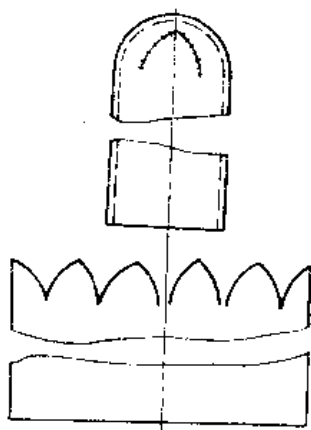


图3-3-33 球形面加工

或把管子用气焊或锻炉加热到明亮的樱桃色, 一端放在芯模上, 压成球形, 并用气焊将压拢后留下的直径为 5~10mm 的孔焊死。

④ 网管在安装以前应水压试验, 试验压力为工作压力的两倍。

⑤ 短管球形端头朝锅筒里或外, 视施工现场而定。应该要求球形端头向里, 但在一般情况下, 锅筒向外, 联箱向里。胀接封口管应按胀接工艺技术要求进行, 胀管率不宜过高。

⑥ 网管工作完毕, 应进行外观检查, 查看管孔周围胀口及管孔带是否有裂纹或严重变形现象。网管周围胀口最好要进行轻微复胀。

⑦ 网管后的锅炉须经水压试验合格后, 处在高温区域的网头, 都应涂上耐火泥保护层。每个网头都要登记在记录簿上。以便在锅炉大修时, 将网头割掉, 换以新管。

## (五) 更换新管的技术要求

在受热面管子的检修中, 常常会遇到旧有的炉管、水冷壁管等不能再继续使用, 需要更换大量的新管。

更换新管前, 应对新管的质量进行全面的检查。其中包括对管材金属质量、内外表面、几何尺寸的检验; 弯管质量检验; 管子对接焊接质量检验等。

### 1. 对锅炉管材的要求

1) 锅炉受热面及汽水管道一般都使用 20g 锅炉钢管。使用时必须具有材料质量证明书。钢材的化学成分和机械性能要符合 GB713—86《锅炉用碳素钢和低合金钢钢板》的规定。没有质量说明书, 也没有经过取样试验的管子, 禁止使用。

2) 锅炉管子应检查表面的全长, 并由管口检查管内存在的缺陷, 管子的内、外壁表面, 都应平滑, 不得有刻痕、裂纹、凹陷、结疤、腐蚀、麻坑以及层皮等缺陷。用库存较长的管子, 应取几个试样立剖, 以检查其内部情况。

3) 管子外径与标准尺寸的允许偏差。检查管径是否符合规格要求和圆度如何。检查工具是用千分尺或者自制样板。在检查时, 从管子的全长中选择三、四个点来测量。管子外径与标准尺寸允差见表 3-3-6, 公称外径为 32~42mm 的管子, 其外径偏差不应超过  $\pm 0.45$ ; 公称外径为 51~108mm 的管子, 其外径偏差不应超过公称外径的  $\pm 1\%$ 。

表3-3-6 管子外径与标准

尺寸允差 (mm)

管子外径	38	51	60	76	83	89	108
最大允许值	38.5	51.5	60.6	76.8	83.8	89.9	109
最小允许值	37.5	50.5	59.4	75.2	82.2	88.1	107
直管允许的圆度	0.8	0.8	1	1.3	1.3	1.4	1.6

管壁厚度当等于或大于 3mm 时, 其允许偏差不得超过其壁厚的 ±10%。管壁厚度允许偏差, 以及同一截面上管壁厚度差的允许值, 列于表 3-3-7。

表3-3-7 管子壁厚的许可偏差 (mm)

管壁厚	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
最大允许厚度	3.3	3.85	4.6	5.2	5.7
最小允许厚度	2.7	3.1	3.6	4.0	4.5
管壁厚度的许可差	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0

直管的圆度, 不应超过直径的公差的 80%, 即直径正负误差值之和的 80%。例如标准外径为 38mm 的管子, 其圆度不允许超过:

$$0.8[(38.5 - 38) + (38 - 37.5)] = 0.8 \text{ (mm)}$$

在同一截面处, 管壁厚度差别的许可数值为管壁厚度公差的 80%。例如: 厚度 4mm 的管子, 同一截面处其壁厚差别不超过:

$$0.8(4.6 - 3.6) = 0.8 \text{ (mm)}$$

4) 使用管子应将内壁清理干净。

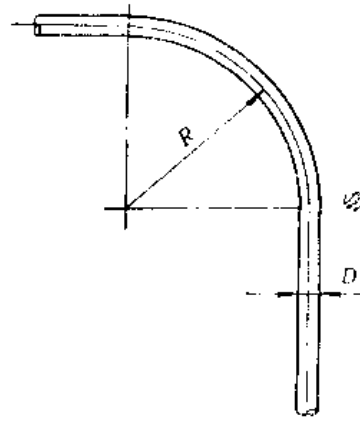
2. 弯管质量检验

大修锅炉时, 水冷壁管、炉管、过热器管要进行更换, 无论自己加工还是锅炉厂成形备件, 都要进行校验。

1) 适用于介质出口压力 ≤ 3.9MPa, 温度 ≤ 450°C 锅炉设备各种弯管的弯曲半径列于表 3-3-8 各种管子在弯管后, 组装以前, 应逐根进行弯曲半径检查。

2) 管子弯曲角度的允许偏差应符合下列规

表3-3-8 各种弯管的弯曲半径 (mm)



管子外径 D <sub>1</sub>	弯曲半径 R				
≤25	50	75	100		
32	50	60	100	120	150
38	(75)80	100	130	160	180
42	80(85)	100	140	180	200
44.5	100	150	200		
51	120	160	200	300	400
57	160	200	300	400	
60	200	300	400		
63.5	200	300	400		
70	250	300	400		
76	250	300	400		
83	250	300	400		
89	300	400	500		
102	300	400	500		
108	300	400	500		
133	400	500	600		
159	500	600			

定:

同一平面上弯头的弯曲角度偏差 ±1°;

不在同一平面上二弯头间空间夹角偏差: 当夹角为 90° 时, 偏差为 ±1° (图 3-3-54 a)。当夹角不

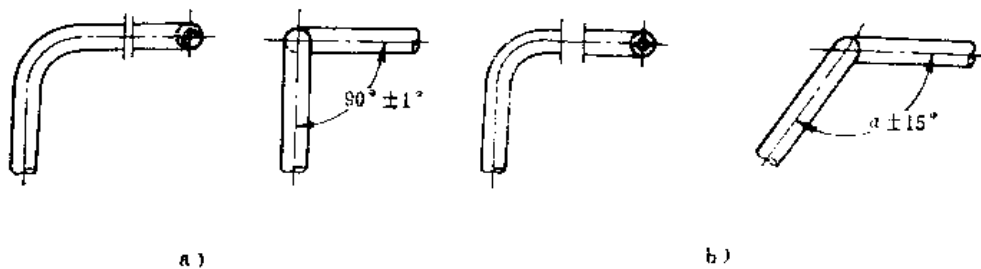
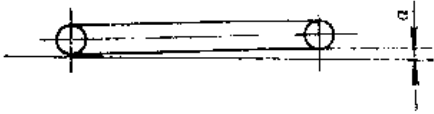
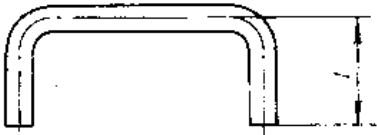


图3-3-34 管子弯曲角度允许偏差

成90°时，偏差为±1.5°（图3-3-54b）。

3) 管子弯头的平面不平度  $\alpha$  应不超过表3-3-9的规定；

表3-3-9 管子弯头平面的允许不平度 (mm)

长度 $l$	$\leq 500$	$> 500 \sim 1000$	$> 1000 \sim 1500$	$> 1500$
不平度 $\alpha$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$

4) 管子弯曲处内测表面的波浪度  $\delta$  应不超过表3-3-10的规定，其波浪间距  $t$  应大于  $4\delta$ 。

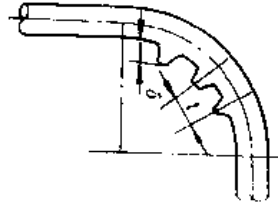
5) 蛇形管的尺寸偏差应符合图3-3-35规定，其中  $L$  尺寸偏差符合下列规定：

当  $L \leq 8$  m 时，允许偏差  $\pm 6$  mm；

当  $L > 8$  m 时，允许偏差  $\pm 8$  mm。

6) 平面蛇形管的个别管圈和蛇形管总的平面相差应  $\leq 5$  mm（图3-3-36）。

表3-3-10 管子弯曲处内测表面波浪度的允许值 (mm)



管子外径 $D$	$\leq 76$	$> 76 \sim 108$	133	$\geq 159 \sim 219$	$\geq 273 \sim 325$	$\geq 377$
波浪度 $\delta$	$\leq 2$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	$\leq 7$	$\leq 9$

7) 管件弯制后的位置偏移，可在放样平台上按图纸尺寸放样进行检验，其各部分允许偏差示于图3-3-37。

8) 管子弯制后，应进行变形或圆度的检查。它们的允许偏差不得超过表3-3-11和表3-3-12中的数值。管子圆度有两种表示方式，被测截面上最大直径与最小直径之差称绝对圆度或椭圆变形量；绝对圆度同管子公称直径之比率称相对圆度。相对圆度的计算公式如下：

$$\alpha = \frac{D_{max} - D_{min}}{D} \times 100\%$$

式中  $D_{max}$ ——弯头横截面上最大直径 (mm)；

$D_{min}$ ——弯头横截面上的最小直径 (mm)；

$D$ ——管子公称外径 (mm)。

9) 管子弯曲处公称壁厚的减薄量  $b$  按下式计算，其值应不超过表3-3-13中的数值。

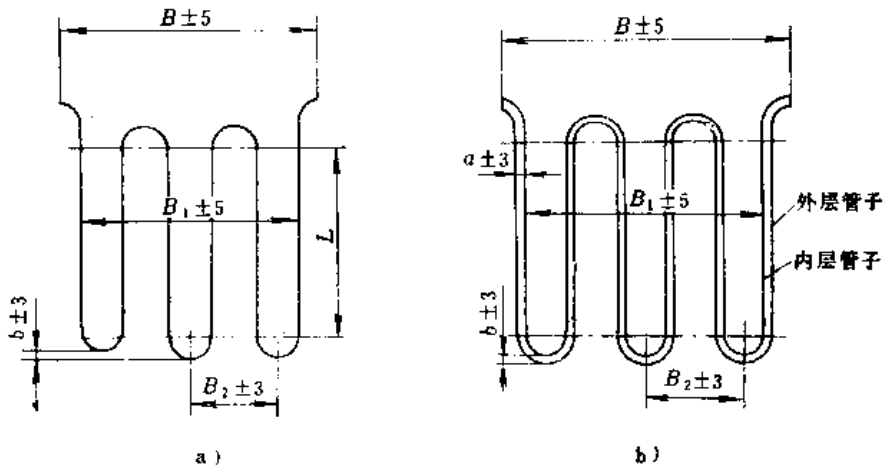


图3-3-35 蛇形管尺寸偏差



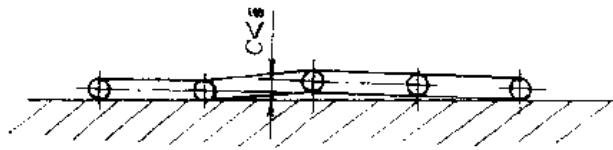


图3-3-36 蛇形管平面偏差

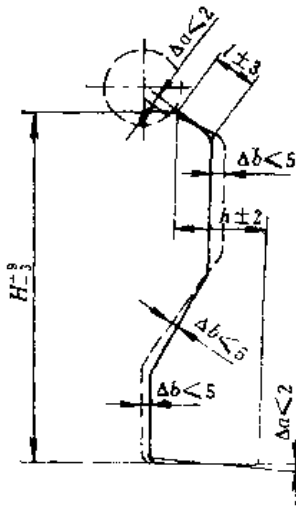


图3-3-37 弯制后管件位置的偏移

$$\text{弯曲处壁厚减薄量 } b = \frac{S_0 - S_{\min}}{S_0} \times 100\%$$

式中  $S_{\min}$ ——弯头横截面上最薄处壁厚(mm);  
 $S_0$ ——管子公称壁厚 (mm)。

10) 管子外径 $D_1 \leq 60\text{mm}$ 的受热面管子制成后进行通球试验检查, 其通球直径应按表 3-3-14 规定。

### 3. 管子对接技术要求

在弯制新管或在更换管子时, 有时由于管子长度不够, 需要采用对接焊接加长的措施。对接焊工艺质量对受热面管子的使用寿命和效果有直接影响, 因此, 对管子对接焊应按下述要求进行。

(1) 对对接管子的管头要求:

1) 管子切边平面的偏差, 用直角尺检验不得超过表3-3-15规定。

2) 管头对接时, 应打坡口, 并留出一定的间隙, 其规定如表3-3-16所示。

3) 管子对接时中心线错位或管壁焊接端头错开的许可差, 当管径小于60mm时, 不得超过0.5mm; 管径在60mm以上时, 不超过1mm (图 3-3-38)。

表3-3-11 锅炉管子弯曲部分的圆度允许值

(mm)

管子外径	允许值 量度 单位	管子弯曲半径											
		75	100	125	160	200	300	400	500	600	800以上		
38	%	9.0 3.42	8.0	6.5	5.5	4.5	4.0						
51	%		3.04	2.47	2.09	1.71	1.52						
60	%		9.0 4.59	7.0 3.57	6.0	5.5	5.0						
76	%				3.06	2.81	2.55						
83	%				7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0		
102	%				4.2	3.6	3.0	2.4	1.3	1.5	1.2		
108	%						6.0	5.0	4.0	3.0	2.5		
							4.56	3.8	3.04	2.28	1.9		
								6.0	5.0	4.0	3.0		
								4.98	4.15	3.32	2.49		
								7.0	6.0	5.0	3.5		
								7.14	6.12	5.1	3.57		
								7.5	6.5	5.5	4.0		
								8.1	7.02	5.94	4.52		

注: 1. 当管外径 $D_1 \leq 60\text{mm}$ 弯管时, 圆度的检查, 可进行抽查。

2. 表3-3-11、表3-3-12中的圆度, 为原精圆度。

表3-3-12 汽水管道管子断面圆度允许值

管子外径 (mm)	管子弯曲半径为外径的3~4倍	管子弯曲半径超过外径4倍以上
	圆度允许值 (%)	
133	8	7
159	8	7
194	8	7
219	8	7
245	8	7

表3-3-13 弯头处允许的壁厚减薄量

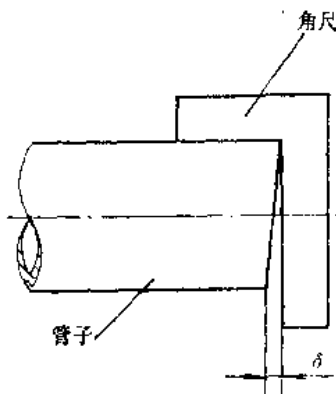
弯曲半径R (mm)	$R \leq 2D$	$2D < R < 3.5D$	$R \geq 3.5D$
壁厚减薄量 $\delta$	20%	15%	10%

表3-3-14 弯曲半径与通球直径

弯曲半径 R	通球直径
$1.4D_1 \leq R < 1.8D_1$	$\geq 0.75D_0$
$R > 3.5D_1$	$\geq 0.9D_0$
$2.5D_1 \leq R < 3.5D_1$	$\geq 0.85D_0$
$1.8D_1 \leq R < 2.5D_1$	$\geq 0.8D_0$

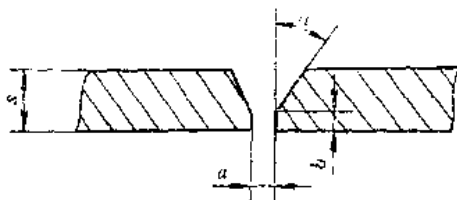
注:  $D_1$ —管子外径mm,  $D_0$ —管子公称内径mm。

表3-3-15 焊接口管端面倾斜度



管子公称外径 (mm) $D_1$	端面倾斜度 $\delta$ 不应超过 (mm)
$\leq 108$	$\leq 0.8$
$> 108 \sim 159$	$\leq 1.5$
$> 159$	$\leq 2$

表3-3-16 坡口尺寸 (mm)



管壁厚度 $s$	坡口角度 $\alpha$	钝边 $b$	对口间隙 $a$
$\leq 2.5$	可不开坡口	—	1.0~2.0
$\leq 6$	$30^\circ \sim 45^\circ$	0.5~1.5	1~3
7~12	$30^\circ \sim 35^\circ$	1.5~2	1~3

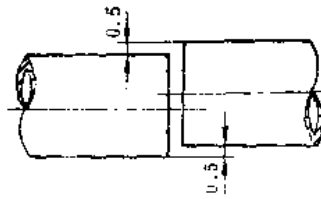


图3-3-38 焊接接头对接偏差

4) 受热面管子的焊口位置应符合以下规定: 焊口不允许布置在管子弯曲部分, 一般应在 200mm 以上, 最小不得少于 50mm, 距锅筒联箱外径处以及距支吊架的长度均不得少于 50mm; 焊口距胀口不得小于 200mm; 同一根管子上两道焊口的距离不得小于 150mm; 水冷壁叉管的焊接要求可参照上述原则执行。

5) 焊接管子时, 可以允许有一定的焊接接头, 但数量不可过多, 具体数量可参考表3-3-17。

表3-3-17 焊接接头数量表

管子长度 (m)	2	2~4	4~6	6~8	8~9	10~12
直 管	1	2	3	4	4	4
蛇形管		3	5	5	5	5

(2) 管子对接焊后的质量检验 管子对接焊后, 需要进行焊接质量的检验工作, 主要包括下列几方面: 外观检查; 无损探伤检查; 机械性能试验; 金相检验和断口检验; 水压试验。在工业锅炉检验中, 由于条件所限, 通常是进行外观检查和水压试验两项。

1) 焊接接头的外观检查

① 焊缝外形尺寸应符合设计图纸和工艺文件的规定, 焊缝高度不低于母材, 焊缝与母材应圆滑过渡。

② 焊缝及其热影响区表面无裂纹、气孔、弧坑和夹渣, 没有未焊透和焊穿现象。

③ 管子焊缝咬边深度不超过 0.5mm。焊缝表面溶渣飞溅、毛刺应清除干净, 表面应清洁。

④ 管子对接缝处内径常会因焊肉钻出而缩小, 缩小太大会影响水循环, 为此要保证一定的内径。对接焊缝处内径可用 0.4~0.6MPa 的压缩空气通球试验来检查。其内径应符合表3-3-18的要求。

⑤ 管子焊后的弯折度  $f$  应符合下列规定: 管子外径  $\leq 108\text{mm}$  时, 用检查尺检查在距焊缝中心 200mm 处  $f$  的数值应不超过 1mm (图3-3-39 a),

表3-3-18 管子对接处的内径要求

管子公称内径 $D_0$ (mm)	$D_0 \leq 25$	$25 < D_0 \leq 40$	$40 < D_0 \leq 55$	$D_0 \geq 55$
焊缝接头处内径 $D_N$ (mm)	$D_N \geq 0.75D_0$	$D_N \geq 0.80D_0$	$D_N \geq 0.85D_0$	$D_N \geq 0.9D_0$

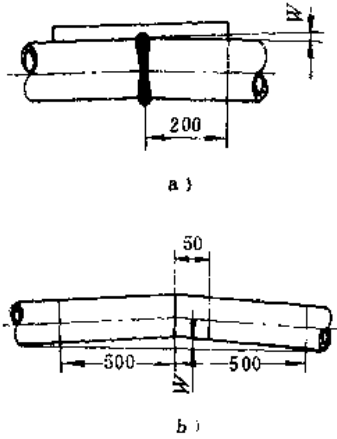


图3-3-39 管子焊后的弯折度

全长内最大不应大于5mm。

管子外径 $>108\text{mm}$ 时,  $W$ 值每米不超过2.5mm, 全长内最大不得超过10mm。管子的测量位置应距焊缝中心50mm处进行(图3-3-39 b)。

2) 水压试验 管件制成后, 应逐根进行水压试验, 试验压力为工作压力的两倍。欲考验管子的严密性和强度, 可以有针对性的进行抽样检查, 这时试验压力可用下列公式确定:

$$P = \frac{2S\sigma}{d} \text{ MPa}$$

式中  $S$  —— 钢管最小壁厚 (mm);

$\sigma$  —— 允许应力, 可取该管材屈服极限的0.85MPa;

$d$  —— 钢管公称内径 (mm)。

水压试验时, 在试验压力降到工作压力后, 用手锤轻敲焊缝附近进行检查。

单根管子的水压试验是用特制的水压试验工具进行的。图3-3-40是内塞式水压试验工具; 图3-3-41是外夹式水压试验工具。

使用内塞式水压试验工具时, 把塞头3塞入管子8中, 拧紧压紧螺母2, 由于两锥形套管7向一起靠拢, 从而使塞头3涨开压紧在管子内壁上, 并压迫密封圈4起到密封作用。

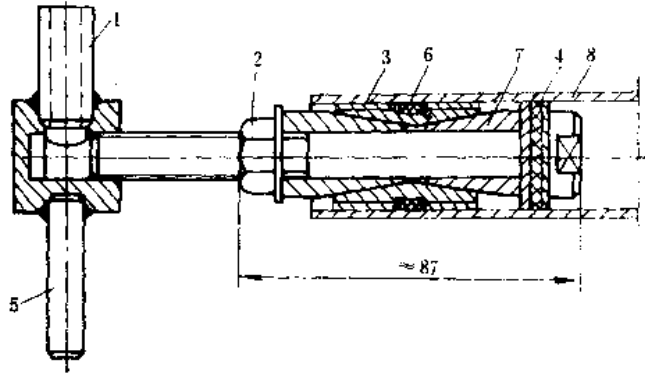


图3-3-40 内塞式水压试验工具

1—进水管 2—压紧螺母 3—塞头 4—密封圈 5—把手  
6—拉紧弹簧 7—锥形套管 8—管子

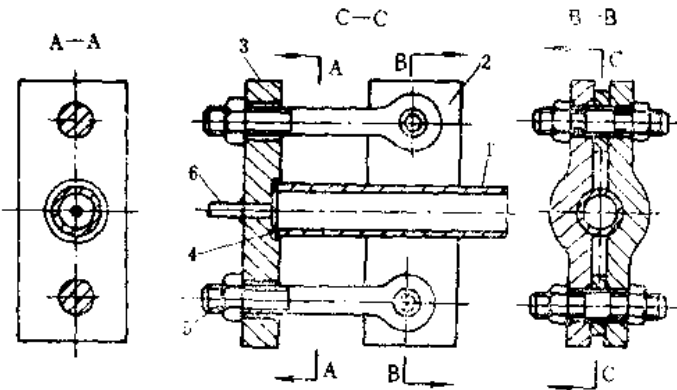


图3-3-41 外夹式水压试验工具

1—管子 2—管夹子 3—压盖 4—钢垫  
5—带环螺栓 6—引入水管

使用外夹式水压试验工具时, 先用管夹子2把管子1夹紧, 再通过带环螺栓5把压盖3压紧, 压盖3与管子1间靠钢垫4密封。

无论采用哪种工具, 只要在管子两端把水压试验工具固定牢, 在引入管上装上压力表, 在引入、引出管上装上截门, 接上水源就可进行水压试验。

#### 4. 管子的校正与弯制工艺

在锅炉检修中, 需要安装的新炉管, 有的单位是预先向锅炉厂订制成形炉管, 有的单位则结合本单位的情况, 自己加工成形。不论购买成形炉管或

自制炉管，由于运输（搬运）、保管不当，常常会出现直管段变形弯曲，弯曲的管段角度变得不符合设计要求，同时还由于制造单位质量控制不严，漏检，会出现差错；在锅炉运行中的管道由于膨胀受阻也常常出现不应有的变形。这些都必须在安装前，在现场予以消除和校正。

大量成形的炉管、水冷壁管，逐根按图纸尺寸，形状进行测量，工作量往往是很大的。为了节省时间和人力，应按图纸在平板上划制1:1的模拟样板，图3-3-42所示为两锅筒炉管校正样板（与实物成1:1的比例）。将管子逐根放在样板中比试，能顺利地放入样板中并符合本节中检验内容的管子，安装时不会别劲而且顺利。不符合要求的，挑出来现场校正。

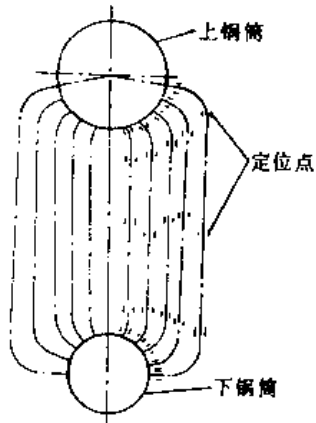


图3-3-42 双锅筒炉管校正样板

(1) 管子的校正 一般分为冷校和热校两种。

1) 冷校可以校正弯曲角度和直管段弯曲部分。如果角度变大了，可在弯管机上再重复弯制一下；如角度变小了，可在平台上焊几根固定柱，将管子插入固定，找好受力点，用人力或倒链向外拉，用样板反复校验，直到符合要求为止。直管变弯的校直，可利用特制的专用工具（图3-3-43），这

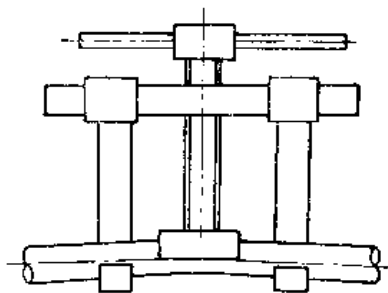


图3-3-43 校管工具

种工具通常用于直径小于 $\phi 42\text{mm}$ 的管子。当一边施力和一边加热时，可以校直较大的管子。

2) 热校又分为整体加热加力校和局部加热校。对于变形较大，壁厚较大、刚性较强的管子采用整体加热加力校为合适；对于变形小，管壁薄、塑性好的管子采用局部加热校较好。整体加热加力校用气焊枪把管子弯曲部位整圆周加热到 $800^{\circ}\text{C}$ 左右，加热的位置用石笔划好线，温度用温度计或凭经验控制。温度合适时，施加外力进行校正（图3-3-44）。

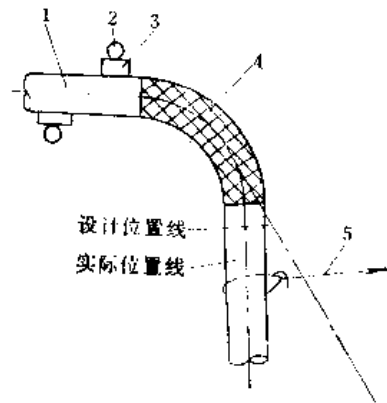


图3-3-44 整体加热加力校管  
1—管子 2—挡管柱 3—垫铁  
4—加热区段 5—绳索

局部加热校，先要在要调直的部位划好三角形加热区，用气焊枪加热到 $800^{\circ}\text{C}$ 左右，加热时，要注意三角形的顶点不得超过中性层（图3-3-45）。待加热到合适温度时，停止加热，任其自然冷却。这样就可把管子校直或校正到合适的角度。至于加热的长度和加热次数，应根据变形大小来确定。变形大的加热长，次数多；变形小的加热短，次数少，但最多不超过三次。各种管子变形加热长度应根据校正同类构件的经验而定。

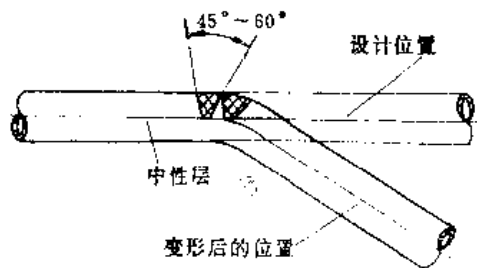


图3-3-45 三角形局部加热校管

(2) 弯管工艺 常用的有冷弯、热弯和可控硅中频弯管三种。

1) 冷弯就是在常温下进行管子的弯制工作, 通常用手动弯管器和电动弯管机弯制。

2) 热弯是在管内灌满石英砂子, 加热后固定在弯管平台上弯制。由于热弯工序麻烦, 且不易保证弯管质量, 锅炉管弯制时目前很少采用。

3) 可控硅中频弯管是利用中频电源和感应线圈将钢管加热, 管内无需装砂的机械化弯管方法, 多用弯制大直径的管子。

现代的锅炉管一般采用机械冷弯的方法。不论采用哪种弯管方法, 在弯制前要对管子进行全面地检查, 检查内容如上节所述。弯管前还应按设计图纸配制弯管样板, 以便检查弯曲角度是否正确。

冷法弯管, 一般采用电动弯管机或液压弯管机。电动机驱动的弯管机如图3-3-46所示, 电动机驱动减速机构蜗杆7, 蜗轮6, 再带动主轴4, 摇臂5和动胎轮2, 动胎轮2沿定胎轮1圆周滚动就可以把管子弯制成所需要的弯曲角度。要弯制不同弯曲半径或不同直径的管子时, 只要改变不同弯曲半径或不同直径的胎轮就可以了。

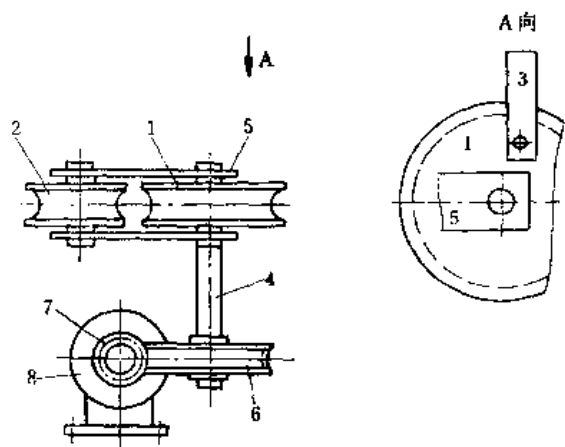


图3-3-46 电动弯管机

1—定胎轮 2—动胎轮 3—夹持器 4—主轴  
5—摇臂 6—蜗轮 7—蜗杆 8—电动机

在弯管过程中, 管子除产生塑性变形外, 还存在着一定的弹性变形, 所以, 当外力撤除后, 弯头将弹回一角度。弹回角度的大小与管子材料、壁厚以及弯曲半径有关, 一般约为 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。因此, 除设计定胎轮1时, 使其半径较管子的弯曲半径小 $3 \sim 5$ mm外, 弯管时还要过弯 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 以补偿回弹量。

为了防止弯管时产生过大的椭圆变形, 通常采

用两种方法, 即机械有芯弯管和机械无芯弯管。所谓有芯弯管, 采用管内加芯棒的办法但多用于直径大于60mm的管子(图3-3-47)。

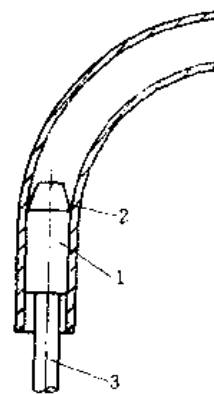


图3-3-47 弯管时芯棒的位置

1—芯棒 2—管子的开始弯曲面 3—拉杆

在有芯弯管中, 芯棒是保证弯管质量的关键, 因此, 芯棒的形状和尺寸以及芯棒伸入管内的位置是很重要的。芯棒的直径一般选取为管子内径的90%以上, 通常比管子内径略小于 $0.5 \sim 1.5$ mm左右, 只要能方便地伸入管子中就可以了。芯棒伸入的位置应比管子开始弯曲处稍伸出一些, 其伸出量应根据管子直径及弯曲半径来确定。合适的伸出量可用试验方法获得。为了减少管壁与芯棒的摩擦, 弯管前除对管内进行清扫外, 还应涂以少许机油。

所谓机械无芯弯管, 就是在设计定胎轮1时, 使轮槽与管子外径一致, 让其紧密贴合。设计动胎轮2时, 应使其弯管轮槽垂直方向直径与管子直径相等, 而水平方向的半径较管子半径略大于 $1 \sim 2$ mm, 使轮槽成半椭圆形(图3-3-48)。这样弯管时, 管子上、下侧受轮槽限制, 只能向A向变形, 呈半椭圆的预变形; 动胎轮继续转动, 当管子离开动胎轮时, 管子则向上、下方向变形, 但已有的半椭圆预变形可同管子此时要发生的变形抵消一部

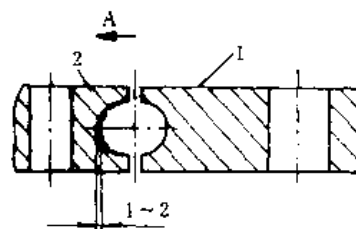


图3-3-48 动、定胎轮的轮槽

1—定胎轮 2—动胎轮

分，使弯曲后的管子椭圆变形较小。

(六) 胀管技术及其质量控制

1. 胀管的采用及其原理

胀管是用“胀管的方法”把管件联接到锅筒上去的。为什么在现在焊接技术相当普及的情况下，工业锅炉还仍采用胀接技术呢？这是因为锅筒上密集的对流管束采用焊接连接，却存在不少问题。由于对流管束的布置一般都比较密，采用焊接连接时，从外部施焊，由于操作空间的限制，局部位置的焊缝质量很难保证。水压试验时，一旦发现焊口渗漏，进行返工修理是十分困难的。所以有的制造单位从锅筒内部进行施焊。由于焊接过程中有大量的气体和热量放出，锅筒内部体积较小，空气流通不好，工作条件非常艰苦。如果对锅筒内部实行强制通风，工作条件会有所改善，但焊缝质量要受到影响。由于锅筒上密集着对流管束，在施焊过程中，如果不注意焊接顺序，将会使锅筒产生较大的弯曲变形和一定的附加应力。采用焊接连接，由于锅筒内壁是圆弧形，修理换管时，只有把焊缝去掉，才能把管子退出，不论采用气割或风铲都容易损伤锅筒筒体，削弱强度或影响锅炉使用寿命。所以在锅筒与密集的对流管束的连接上，采用焊接没有采用胀接优越。在这种情况下采用胀接是比较合理的。

用“胀管的方法”是怎样把管子连接到锅筒上去的呢？我们知道，锅炉钢管一般是低碳钢，其塑性性能较好。我们通过胀管器对它产生一定的压力，管子的直径就会胀大。由于管子外径比锅筒管孔直径略小一些，因此，开始时，管子的胀大还是比较容易的。当胀大到管子外径与锅筒孔壁接触后，其变形就受到了锅筒的约束。如果胀管器继续加力，则一方面管子继续变形，另一方面，锅筒的管孔也要被胀大。由于管壁较薄，刚性较小，容易

变形；而锅筒上的管孔刚性较大，较不易变形。在胀管过程中，两者受到同样的压力时，管子产生了塑性变形，而锅筒管孔只产生弹性变形。当胀管完成，由管子中取出胀管器后，锅筒管孔力图回复原始状态，但管子产生塑性变形已不能回复。这样，锅筒管孔就把管子箍紧住了。另外，在胀管过程中，管子外壁被紧紧地挤压在锅筒管孔壁面上，并填满了其间的所有微小空隙，从而保证了胀接连接的严密性。

2. 对胀管的质量技术要求

评价胀管质量的主要指标是严密性和牢固性，也就是要保证联接处不漏水，不渗水，而且管子不会从管孔中被拉出来。为了确保胀管质量，对各个工序提出如下质量技术要求。

(1) 对管孔的要求

1) 管孔壁应研磨至发出金属光泽，其表面粗糙度应为  $R_a 12.5$ ；管孔内不许有纵向刻痕，凹沟及麻坑；环向或螺旋形沟纹的深度不应大于 0.5 mm，宽度不应大于 1 毫米，刻痕到管孔边缘距离不得小于孔壁厚度的 1/3，并不得小于 4mm。环向沟纹只允许个别管子存在，且一个管孔至多只能有一个沟纹。

2) 管孔的边缘不允许有毛刺和裂纹。

3) 管孔直径偏差一般应符合表 3-3-19 的规定。

表 3-3-19 管孔尺寸的偏差 (mm)

管子外径	38	51	60	76	83	102	107
管孔最大允许直径	38.9	52	61.1	77.2	84.4	103.6	109.3
管孔最小允许直径	38.6	51.7	60.7	76.8	84	103.2	109.3
管孔最大允许圆度	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
管孔最大允许圆柱度	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4

注：表中圆度、圆柱度为原椭圆度、圆锥度。

4) 修理中如需要配制的锅筒、管板的胀接管孔加工尺寸和偏差，按表 3-3-20 的规定。

表 3-3-20 管孔加工尺寸和偏差

(mm)

管子外径	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管孔尺寸	38.3	42.3	51.3	57.4	60.4	64	70.5	76.5	83.6	89.6	102.7
管孔 允许 偏差	直径偏差	+0.34		+0.40						+0.46	
	圆度	0.27		0.30						0.37	
	圆柱度	0.27		0.30						0.37	

注：1. 根据筒壳式锅炉穿孔需要，管孔尺寸允许加大 0.2mm。  
2. 对于管径  $\phi 51$ ，管孔允许按  $\phi 51.5^{+0.4}$  加工。  
3. 表中圆度、圆柱度分别为原椭圆度、圆锥度。

5) 锅炉修理时,如遇到锅筒,管板上的管孔有扩大的情况,在表3-3-21的规定范围内,可以进行直接胀管。

表3-3-21 管子外径与管孔直径的最大间隙 (mm)

管子外径	管子外径与管孔直径的最大间隙
38	1.5
42	1.5
61	2
57	2
60	2
63.5	2.5
70	2.5
76	2.5
83	3
89	3
102	3

超过表3-3-21的管孔允许尺寸,必须经强度计算,在满足工作压力的条件下,可以将管头墩粗或加衬圈后进行胀管,预胀墩粗不超过它的内径的3%。

#### (2) 对管端的要求

1) 对管材的要求应符合上节的要求。

2) 胀接管子管端硬度若大于或等于管孔壁硬度时,或管子硬度  $HBS > 170$  时(一般管孔壁的硬度比管子大于50HBS左右),应进行退火处理,退火长度为150~200mm。退火加热一般应用铅浴法,避免钢管与煤火直接接触。退火温度600~

650°C,在此温度下保持15~20分钟。

3) 管端应进行打磨,打磨长度一般为75~80mm,即管子插入锅筒之后,距外壁还应露出约50mm左右。外壁应打磨到露出金属光泽,但外表不得有锈蚀、斑痕和麻面等缺陷。如有这类缺陷,需把管子固定在压力架上,先用中锉以圆弧走向修整。打磨后,外壁的沟痕不应超过0.1mm,并不许有起皮、凹痕、夹层、裂纹、纵向沟痕和螺旋形纹路等缺陷。

4) 胀接管口的端面倾斜度 $\delta$ 应达到表3-3-15的要求,但最大也不得超过管子公称直径(外径)的1%。

#### (3) 对装配与胀接的质量要求:

1) 装管前对管孔孔径和管子抛光后的胀接段需要进行测量,作好记录。装管时进行选配,尽量做到把管子与管孔之间的间隙控制在表3-3-22范围内。

2) 管子装入管孔,应能自由伸入。当发现有卡住和偏斜等现象时,不得强力插入。管端应与管孔保持垂直位置。

3) 胀接前,管端表面和管孔内壁的污垢及铁锈应清除干净。在胀接过程中,应防止污物或油质进入胀接面。

4) 管端伸出管孔的长度,同一锅筒内,伸出长度应一致,并应符合表3-3-23中规定。

5) 胀接宜采用反阶式胀管次序(图3-3-49),或其它适当的次序进行,以防胀接时影响附近胀口的松弛。胀接完成后,已胀部分过渡到未胀部分应均匀圆滑。

表3-3-22 管子与管孔间允许间隙 (mm)

管子公称直径	38	42	51	57	60	63.5	76	83	102	108
允许正常间隙	1	1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0
允许最大间隙	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3.0

注: 外径>102mm的管子不宜采用胀接。

表3-3-23 胀接前管端伸出长度 (JB1622-83) (mm)

胀接扳边类型	12°~15° 扳边											90° 扳边																								
	管子外径	14	16	18	19	22	25	32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83								
管端伸出长度	正 常						6					9					10					8					9					10				
	最 大						7					11					12					10					11					12				
	最 小						5					7					8					6					7					8				





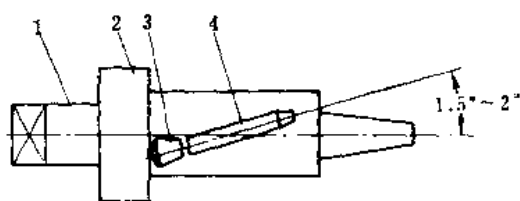


图3-3-52 斜柱式胀管器

1—锥形胀杆 2—外壳 3—翻边滚柱 4—胀管滚柱

器结构简单，操作方便。胀管时，压力均匀，容易获得较好的胀管质量。

直柱式胀管器亦获得广泛的应用。

2) 胀珠长度的选用 如果选用胀管器胀珠过长，胀接时就会发现自进式胀管器不自进，要用锤子敲胀杠才能进去，其结果管子胀口内壁胀大部分过渡到未胀部分，有明显的环痕，管子胀大部分长度过长。在进行水压试验时，胀接端的渗漏较多，有的超过50%以上。合理的选用短胀珠的胀管器，就能克服上述缺陷。例如： $\phi 75 \times 3.5$ 管子的胀管器胀珠长度（图3-3-53）： $a = 12\text{mm}$ （管子伸出管孔壁长度）， $b = 16\text{mm}$ （管孔壁厚）， $c = 12\text{mm}$ （胀珠出口端的长度）， $d = 15\text{mm}$ （胀珠过渡部分）， $A = 55\text{mm}$ ，故选用胀珠长度为58mm的胀管器。如果误选用胀珠长度80mm的胀管器，则会出现上述缺点，影响胀接质量。

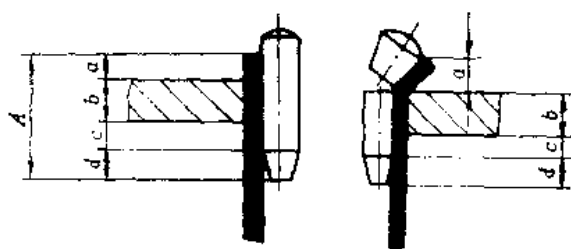


图3-3-53 胀珠长度计算

使用过的胀管器在胀管前应对胀管器进行检查，胀管的胀珠，圆锥体胀杠等应光滑无磨痕，胀杠弯曲度不应大于 $0.1\text{mm}$ 。胀珠能从壳架中掉出来的胀管器不能使用。

(2) 管子与管孔之间的间隙控制 装管前对管孔孔径和管子胀接段（抛光后）需进行测量，并把测量结果编号作好记录。

管孔与管孔之间的间隙应按表3-3-22的正常值的规定。最好控制在 $1.2 \sim 1.6\text{mm}$ 范围内，一般亦可采用管子外径的 $1\% \sim 2\%$ 计。

因为管子和管孔都有公差，管子和管孔可以进行选配，大管对大孔，这样使管孔和管子的间隙控制在表中所要求的数值范围内。

如果选配不适当，间隙控制不好，就会出现，

1) 间隙过小，安装困难，在操作过程中实际已产生过胀现象，会出现管孔边缘被挤突出，产生局部的塑性变形和沿管孔周围管端在壁厚方向挤出明显的切口。

2) 间隙过大，易造成胀接口不紧，管子过分拉薄，出现 $15^\circ$ 翻边，喇叭端裂开。因为管子过分拉薄，过大变形，将产生显著的冷加工硬化现象。此时管子变硬了，要使它再产生塑性变形就比较困难，因而也就不易保证联接的严密性和牢固性。另外间隙太大，管子不易装正，胀后发生偏歪，或引起单边胀接现象，不能保证严密性。

锅炉在大修时，要更换大部分或全部炉管，如果第一次胀管不是过胀，拆卸时管孔又没有被损伤，一般管孔都能保证使管子与管孔的间隙在允许的最大间隙范围内。例如：SZP-20-13型蒸汽锅炉，胀接为 $\phi 51$ 的管子，锅筒管孔加工要求 $51.8^{+0.3}$ ，最大为52，最小为51.7。大修中实际大于52的管孔，一般为 $52.2 \sim 52.5$ ，约占该台锅炉总数的 $60\% \sim 85\%$ 。如果选用50.9的管端，其间隙仍然在允许的范围内。

在实际的大修工作中，由于拆卸管端是一件艰苦的工作，数量大，常常容易把汽包壁的管孔搞损伤。根据5台 $20\text{t/h}$ 蒸汽锅炉的大修，管孔5495个的统计，每台锅炉受伤的管孔约占该台锅炉总管孔数的 $15\% \sim 20\%$ ，其损伤情况一般为划伤、打伤、纵向沟槽。当然，其损伤情况决定于管工的仔细程度。损伤后的管孔经过修整，间隙就会过大。

3) 管孔过大，超过表3-3-22的允许最大间隙的胀口，可采用下列办法加以处理：

① 可先将管端在热状态下扩大其直径，达到标准间隙为止。

② 若遇到了已扩大的管孔太大时，可用铜垫圈垫在管子与管孔的间隙间，此种铜垫圈用薄铜板自制（图3-3-54）。

③ 在强度计算允许的范围内可将原孔扩大装上粗一级的管子。

④ 可在原管孔上周长内堆焊进行修整。

(3) 锅筒管孔与管子接触表面控制 接触表面粗糙，则胀接后的摩擦阻力大，联接的牢固性

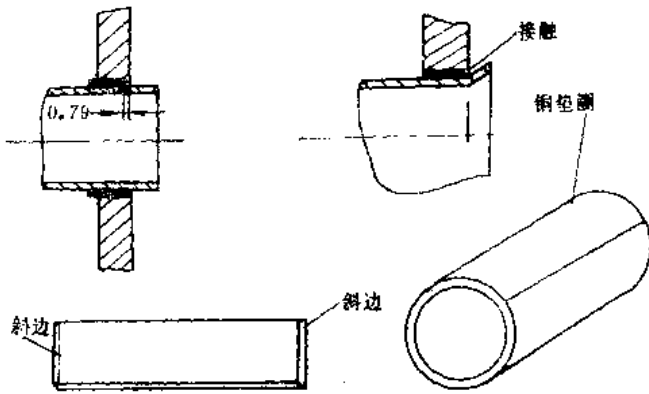


图3-3-54 加装铜垫圈的方法

好，但严密性大大降低，胀口容易渗漏。一般讲来，管子的胀接力是大大超过管子在工作情况所承受的拉力，而且由于胀接时，管端成喇叭口，更是加强了，因而联接处的牢固性往往是次要矛盾。主要矛盾是保证联接处不渗漏，所以表面不宜太粗，因此，管子与管孔壁的接合面的粗糙度不高于 $R_a$  12.5，这样才能得到严密的联接。

(4) 胀管率大小的控制 在正式胀管前，应进行试胀，并对试样进行比较性检查。检查胀口部分是否有裂纹，胀口过薄部分是否有剧烈的变化，喇叭口根部与管孔壁的结合是否良好，胀管器是否好用。然后去除管子，检查胀接部的接触情况，根据检查结果，确定合理的胀管率。

胀管率在安装新锅炉时最好能控制在1.5%~1.6%范围内，在修理锅炉时，很难控制在这范围内，一般以轻胀不要过胀为宜，以备经试压发现渗漏时进行补胀。否则一次就胀到1.9%，若要补胀就会产生过胀。在实际工作中由于各种具体条件不同，技术水平和实践经验不一样，具体控制方法就不完全一样。其大致有如下几种：

1) 用样板控制胀管率 样板的制作见图3-3

-55。一头为通过端，以样板塞到靠山与管孔壁接触；另一头为不通过端，以样板塞到靠山与管孔壁之间的距离大于管孔壁厚的一半（即样板靠山与管孔壁不接触），在这个标准内，把胀管率约控制在1%~1.9%范围内。

样板的主要尺寸由下述方法决定。

以胀管率1%和1.9%分别算出通端和不通端尺寸( $d_1$ )。

$$H = \frac{d_1 - d_2 - \delta}{d_2} \times 100\%$$

式中  $H$ ——胀管率(%)，

$d_1$ ——胀完后的管子内径(mm)，

$d_2$ ——未胀时的管子内径(mm)，

$d_3$ ——未胀时的管孔直径(mm)，

$\delta$ ——为未胀时管孔直径与管子外径之差(mm)。

在锅炉大修中， $d_2$ 、 $d_3$ 、 $\delta$ 、 $d_H$ 等实际测量数值，均取统计的平均数值，统计的数目不得小于10%，

$$\text{其平均值: } \bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

例如，一台10t/h蒸汽的三锅筒锅炉大修，要更换全部炉管，上下锅筒管孔实测统计平均值 $\bar{d}_3 = 77.7$ ，经打磨后管端外径 $d_H = 75.7$ ， $\bar{d}_2 = 68.6$ ，经计算，通端 $d_1 = 71.38$ ，不通端 $d_1 = 72.08$ 。

对样板中凹槽的宽度和深度是按管子伸出管孔壁长度来决定的。例如： $\phi 76 \times 3.5$ 的管子，伸出长度不超过12mm。

样板测量端( $d_1$ )，伸出靠山长度为管板的厚度。例如管板的壁厚为16mm。

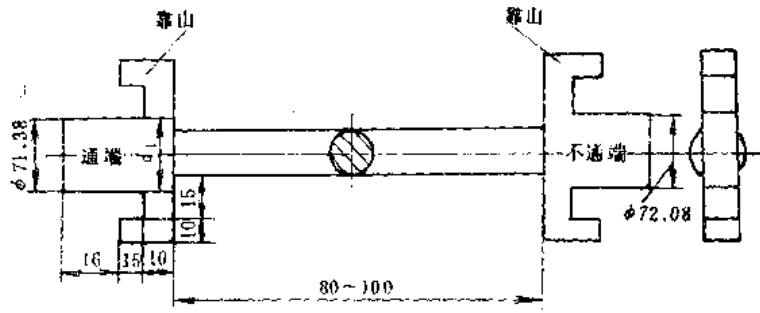


图3-3-55 样板制作要求

2) 用胀杆伸入长度的位置指示器来控制胀管率。由于胀杆是圆锥体的, 因此胀杆向管子里伸入的距离  $Y$ , 就与胀球向外扩张的数值  $P$  有一定关系。

$P$  与  $Y$  之比, 就等于胀杆的圆锥度。圆锥度为胀杆两端直径之差和其长度之比。如用公式表示圆锥度为:

$$K = \frac{P}{Y} \quad \text{或} \quad Y = \frac{P}{K}$$

从前边的关系可以看出, 决定了胀管率, 就可以算出管直径的扩大值  $d_1 - d_2$ , 亦即  $P$  的数值。如果知道了  $K$  的数值, 就可以用胀杆伸入的长度  $Y$ , 来表示预定要求的胀管率。也就是说, 在实际的胀管工作中, 可以用胀杆伸入长度的位置指示器, 来代表要求的胀管率。

一般胀杆的圆锥度  $K = \frac{1}{25}$ , 因此

$$Y = \frac{P}{\frac{1}{25}} = P \times 25$$

3) 凭经验控制胀管率。据工人现场施工的经验, 胀管时要胀得慢些, 应边胀边观察胀口。当发现管孔壁距胀口大约 3~5mm 处有锈垢的裂纹或锈垢脱落时, 则说明胀接力量已够, 胀接头管壁与管孔壁已经胀好, 应即停止再胀。

4) 用测量锅筒外壁处的管子外径来控制胀管率。锅炉胀管率的控制, 一般都采用控制内径的锅炉胀管工艺。1966年后, 有的安装施工单位采用了控制管外径的锅炉胀管工艺技术, 经过大量广泛的实践, 已取得了较好的效果。现将这项工艺技术的主要内容略述如下:

锅炉胀接管段的变形过程如图 3-3-56 所示。

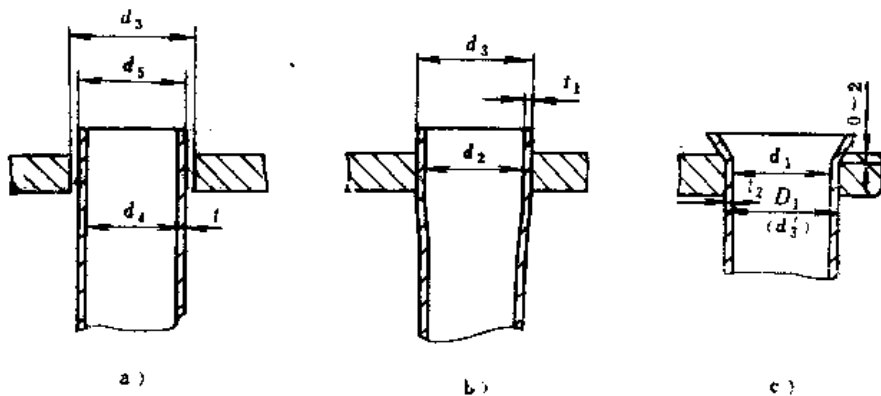


图 3-3-56 胀管过程变形图

a) 未胀前剖面 b) 管子初胀至管外径与锅筒管孔无间隙时的剖面 c) 胀完后的剖面

图中  $d_1$ ——管子胀完时最终的内径(mm);  
 $d_2$ ——管子初胀至管子与汽包管孔无间隙时管子内径(mm);  
 $d_3$ ——胀管前汽包管孔直径(mm);  
 $d_4$ ——管子未胀前的管内径(mm);  
 $d_5$ ——管子未胀前管外径(mm);  
 $D_1$ ——胀完后管子外径(mm);  
 $d_3'$ ——胀完后汽包管孔直径(mm);  
 $D_1 = d_3'$ , 因为管孔在胀管后受到膨胀, 所以  $D_1 = d_3' > d_3$ 。

$d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 、 $d_5$  均为实际测量数值, 对于每个管(或孔)要进行两个垂直方向的测量, 并将平均值作为一个管(或孔)的测量数值。

胀管率计算公式为:

$$H = \frac{d_1 - d_2}{d_3} \times 100$$

式中  $d_2$  系理论值, 实际操作是无法测出的, 它可以用下式计算:

$$d_2 = d_4 + \delta + 2\Delta t$$

式中  $\delta$ ——未胀时管孔实测直径与管子实测直径之差(mm);

$\Delta t$ ——管子胀到  $\delta$  间隙消除时其管壁厚的减薄值(mm)。

于是胀管率有:

$$H = \frac{d_1 - d_4 - \delta - 2\Delta t}{d_3} \times 100$$

式中  $\Delta t = \frac{l \cdot \delta}{d_2 - 2t}$ 。

这个胀管率计算式比较复杂, 因此《蒸汽锅炉安全监察规程》和《机械设备安装工程施工验收规范 TJJ231(六)-78 第四篇》将上式中  $\Delta t$  忽略不计, 胀管率计算式为:

$$H = \frac{d_1 - d_2 - \delta}{d_3}$$

(注:  $d_3$  即为规范中的  $d_2$ )。

如果把原胀管率计算式:

$$H = \frac{d_1 - d_2}{d_3} \times 100$$

作下列变化, 即,

$$\begin{aligned} H &= \frac{d_1 - d_2}{d_3} \times 100 \\ &= \frac{d_1 + (2t_2 - 2t_2) - d_2 + (2t_1 - 2t_1)}{d_3} \times 100 \\ &= \frac{(d_1 + 2t_2) - (d_2 + 2t_1) + (2t_1 - 2t_2)}{d_3} \times 100 \end{aligned}$$

从图中得  $d_1 + 2t_2 = D_1$ ,  $d_2 + 2t_1 = d_3$

$$\therefore H = \frac{D_1 - d_3 + 2(t_1 - t_2)}{d_3} \times 100$$

根据理论分析和胀后解剖测量  $t_2$  的厚度, 试验发现  $t_2$  极接近  $t_1$ 。  $t_1 - t_2$  的值很小, 把它忽略不计, 则变为:

$$H = \frac{D_1 - d_3}{d_3} \times 100$$

该式即为控制胀管外径  $D_1$  的计算公式。在给定胀管率  $H$  后, 只需精确地测量  $d_3$ , 就能简便地计算出  $D_1$ 。胀接时在汽包外控制近管孔处的管子外径达到  $D_1$  值, 胀管即告完成。同时, 已测出  $d_3$  和  $D_1$  后, 就能简便地计算出管端的胀管率。

为了便于计算, 设胀管值以 “ $A$ ” 表示

$$A = d_3 \times H\%$$

最后得:  $D_1 = d_3 + A$

该式的含意是: 近管孔处的胀管外径等于管孔径加上胀管值。

实际操作中要精确地控制近管孔处的管外径变化, 最好采用专用量具, 在缺乏专用量具的情况下, 用游标卡尺亦可测量。

有的安装单位自己设计制作了“胀管外径百分卡尺”。图3-3-57是直径51mm炉管用的卡尺结构总图。

此卡尺设计上利用等距杠杆原理, 使百分表的中心到销钉轴的距离相等, 均为100mm。为进一步减小误差, 设计上使管端胀到终值时, 上卡尺和下卡尺基本平行。这样, 即使制造使用中形成的误差使两距不等, 也不影响被测精度。该卡尺的误差小于0.01mm。使用前用校验块将卡尺校正。胀管时将卡尺测量端紧靠管子和钢筒外壁, 胀接过程中

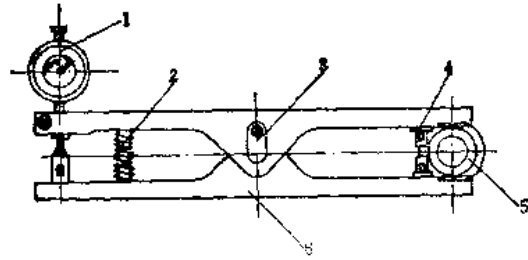


图3-3-57 胀管外径百分卡尺

1—百分表 2—弹簧 3—销轴 4—限位销  
5—被测管子 6—卡尺

近管孔外径变化即在百分表上反映出来, 转动卡尺, 可直接读出不同方向的管外径值。

(5) 胀接速度的影响 胀接的速度是指胀管器每转一周胀杆的进度或管子内径扩大的大小。而胀杆每转一周进度的大小决定于推进角的大小, 推进角最好是  $1^{\circ}30'$ 。人力胀管时必须用力均匀, 胀管器的起点与终点中心重合。电动胀管时胀管器的转数要控制在  $20 \sim 23 r/min$  之间。

#### 4. 胀管中容易产生的缺陷

(1) 过胀 所谓过胀, 试验证明, 胀管率在规定的范围内增加时, 连接强度和严密性都增加。但到了一定的极限后, 再增加胀管率反而使胀口连接强度和严密性降低, 这种现象就称为过胀。过胀会产生下列问题:

1) 边缘被挤压突出, 管孔壁产生局部的塑性变形, 因而管孔壁失去或减少收缩力, 管孔壁不能紧固着管子, 胀口承压时就会发生渗漏。

2) 管孔失去弹性和原来的圆柱形, 金属变硬变脆。必须重新加工, 才能重新装管子胀接。管孔扩大, 就缩短了锅炉寿命, 有时强度计算不及格, 还要降低工作压力。

3) 管孔内管壁厚度过分减薄, 管子内壁产生冷加工硬化, 硬化后会使金属变脆而造成早期损坏。

过胀一般表现为下列现象:

1) 从外部看管子胀接部分与未胀部分的直径相差很大, 往往有个明显的过渡区。

2) 从胀口内外部检查, 管孔壁边缘被挤压凸起。

3) 产生局部塑性变形, 管口沿纵向伸长在钢筒外形成沟环, 留下缺陷。

4) 过胀的管子内表面有可能出现撕裂的现象, 也会造成早期损坏。

(2) 胀接不足 胀接不足, 是没有把管子端胀开, 致使水压试验时泄漏。可用重胀的方法解决。

(3) 胀接偏斜 (图3-3-58) 胀接偏斜是因为胀管时管子安装不正或胀管器放不正, 也可能是用力不均匀所造成。这种情况也只有更换管子再胀。

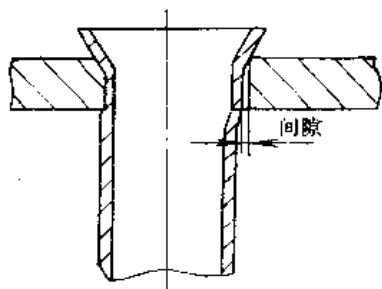


图3-3-58 胀接偏斜

(4) 管子内部切口 (图3-3-59) 胀过的部分急剧地过渡到未胀部分 (从管子里面和外面都可以摸得出来)。产生这种缺陷的原因是胀珠的走出端不正确。

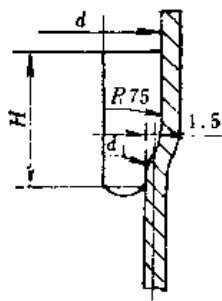


图3-3-59 管子内部切口

(5) 翻边喇叭口裂纹 管子质量差, 退火工作未做好, 管子过份拉薄, 翻边角度过大等, 都容易产生裂纹。距离壁3mm以上的可用汽焊补焊, 在3mm以下时, 要去除重胀。

5. 质量控制图在锅炉胀管工艺上的应用

锅炉胀管工作是锅炉安装中最关键的一环。胀管质量的好坏, 直接影响锅炉的寿命, 影响锅炉运行的安全性和经济性。为此, 在施工过程中, 应以控制锅炉胀管质量为目标, 以数理统计为工具, 对影响胀管的管孔、管头、胀管工艺、工序等进行全面质量管理。现以10 t/h蒸发量的三锅筒弯水管锅炉大修胀管为例, 说明质量控制图在胀管工艺上的应用。

(1) 对锅炉锅筒管孔直径的测量及其直方图绘制 前锅筒对其所有的管孔进行纵向和横向测量取其平均值, 其分布规律列于表3-3-24和直方图(图3-3-60)。取100个数据作直方图。

实测管孔尺寸见表3-3-24。

表3-3-24中最大值  $L_n = 77.93$ , 最小值  $S_n = 77.30$ , 分成10组即  $K = 10$ , 组距  $h = 0.063$ 。表3-3-25列出频数分布。

$$\begin{aligned} \text{平均值 } \bar{x} &= a + h \frac{\sum f_i u_i}{\sum f_i} \\ &= 77.679 + 0.063 \left( \frac{-82}{100} \right) \\ &= 77.627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{标准偏差 } S &= h \sqrt{\frac{\sum f_i u_i^2}{\sum f_i} - \left( \frac{\sum f_i u_i}{\sum f_i} \right)^2} \\ &= 0.063 \sqrt{\frac{512}{100} - \left( \frac{-82}{100} \right)^2} \\ &= 0.1329 \end{aligned}$$

表3-3-24 前锅筒实测管孔尺寸表

77.65	65	90	70	65	70	65	40	43	55
	$\Delta S_m$								
85	30	72	65	55	70	55	40	58	58
70	50	90	73	65	50	53	55	45	65
75	75	80	70	63	60	50	50	70	50
80	55	92	67	65	47	45	63	45	78
									$\Delta f_n$
67	60	80	60	63	85	58	37	60	93
65	75	65	77	58	58	50	37	60	85
73	65	70	60	60	63	50	47	53	70
67	56	73	66	60	55	50	43	55	82
65	75	83	55	60	70	55	48	53	70

表3-3 25 频数分布表

组号	组 距	中心值 $x_i$	频 数 统 计	$f_i$	$u_i$	$f_i u_i$	$f_i u_i^2$
1	77.268 ~ 77.332	77.300	/	1	-6	-6	36
2	77.332 ~ 77.395	77.364	//	2	-5	-10	50
3	77.395 ~ 77.458	77.427	////	7	-4	-28	122
4	77.458 ~ 77.521	77.490	//////	11	-3	-33	99
5	77.521 ~ 77.584	77.553	//////	18	-2	-36	72
6	77.584 ~ 77.647	77.616	//////	15	-1	-15	15
7	77.647 ~ 77.710	77.679 <sup>a</sup>	//////	25	0	0	0
8	77.710 ~ 77.773	77.742	////	8	1	8	8
9	77.773 ~ 77.836	77.805	///	5	2	10	20
10	77.836 ~ 77.899	77.868	///	4	3	12	36
11	77.899 ~ 77.962	77.931	///	4	4	16	64
合计				$\Sigma f_i = 100$	$\Sigma u_i = -11$	$\Sigma f_i u_i = -82$	$\Sigma f_i u_i^2 = 512$

<sup>a</sup><sub>i</sub>—简化中心值。

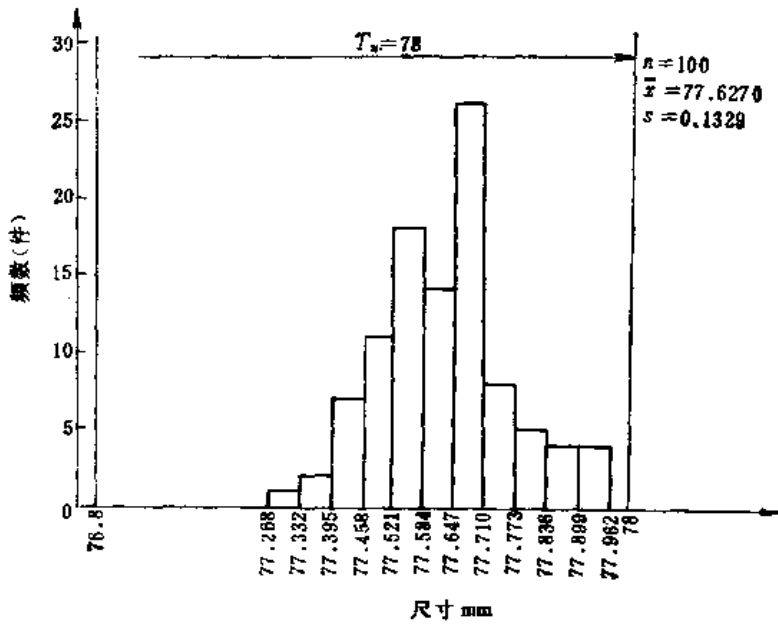


图3-3-60 圆锥筒管孔直方图

前锅筒管孔直方图示于图3-3-60。

后锅筒管孔直方图示于图3-3-61。

下锅筒管孔直方图示于图3-3-62。

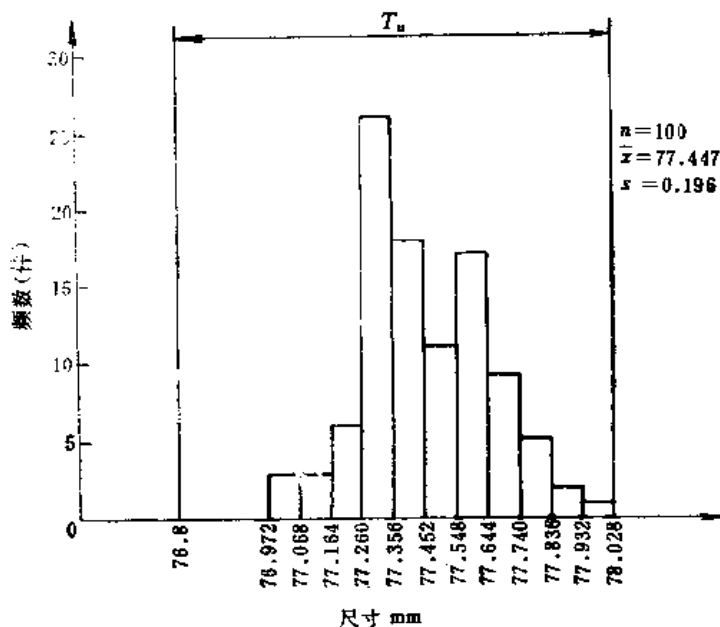


图3-3-61 后锅筒管孔直方图

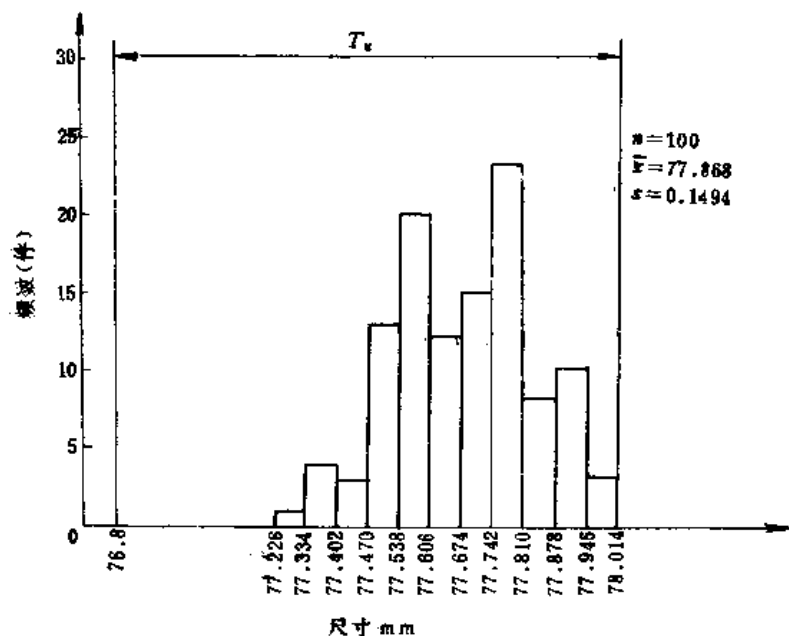


图3-3-62 下锅筒管孔直方图

管头打磨后外径76抽样直方图示于图3-3-63。

(2) 对管孔直方图的分析 从锅炉的三个锅筒的管孔和管子外径直方图中看出, 管孔偏差分布基本上是正态分布。管子直方图图形比较集中, 管

孔直方图图形整个向右移动, 即整个公差增大。参见图3-3-60~3-3-63这主要原因是经过第一次胀管, 管孔都被扩大所致。按 JB1622—83 规定, 直径(外径)为76的锅炉钢管, 与锅筒管孔装配要求是: 管孔下限为  $76^{+0.8}$ , 上限为  $76^{+1.2}$ , 装配间隙为  $0.8 \sim 1.2$ 。此次大检修管测量, 都超过了这个要求, 个别管孔最大尺寸可达79。

锅炉修理的胀管, 如按原设计要求装配间隙, 一般是难以达到的。因此, 本例装配间隙可放大到  $2.5\text{mm}$ 。管孔的上限根据实际情况定为  $76^{+2.5}\text{mm}$ 。参见表3-3-21。

(3) 胀管质量控制图的绘制 为了避免胀管过胀现象出现, 判断胀管操作是否处于控制状态, 特制定胀管质量控制图。

控制图制定的主要理论依据是胀管率和本节上述的“胀管率大小控制问题”的理论。本例用控制管外径的办法来控制胀管率, 即

$$D_1 = d_3 + d_3 \cdot H\% = d_3 + \Delta$$

$H$ 值按规定一般为  $1 \sim 1.9\%$ , 以  $1.3\%$  为宜, 因此, 选择  $H = 1\%$  为下限,  $H = 1.9\%$  为上限, 以  $H = 1.3\%$  为中心线。本例管孔的平均值  $\bar{x} = d_3 = 77.627$ 。

$$\begin{aligned} \text{当 } H = 1\% \text{ 时, } \Delta &= d_3 \cdot H\% \\ &= \bar{x} \cdot H\% = 77.627 \times 1\% = 0.776 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= d_3 + \Delta \\ &= 77.627 + 0.776 \\ &= 78.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{当 } H = 1.3\% \text{ 时, } \Delta &= d_3 \cdot H\% \\ &= 77.627 \times 1.3\% = 1 \end{aligned}$$

$$D_1 = d_3 + \Delta = 77.627 + 1 = 78.6$$

$$\begin{aligned} \text{当 } H = 1.9\% \text{ 时, } \Delta &= d_3 \cdot H\% = 77.627 \times 1.9\% = 1.47 \end{aligned}$$

$$D_1 = d_3 + \Delta = 77.627 + 1.47 = 79.1$$

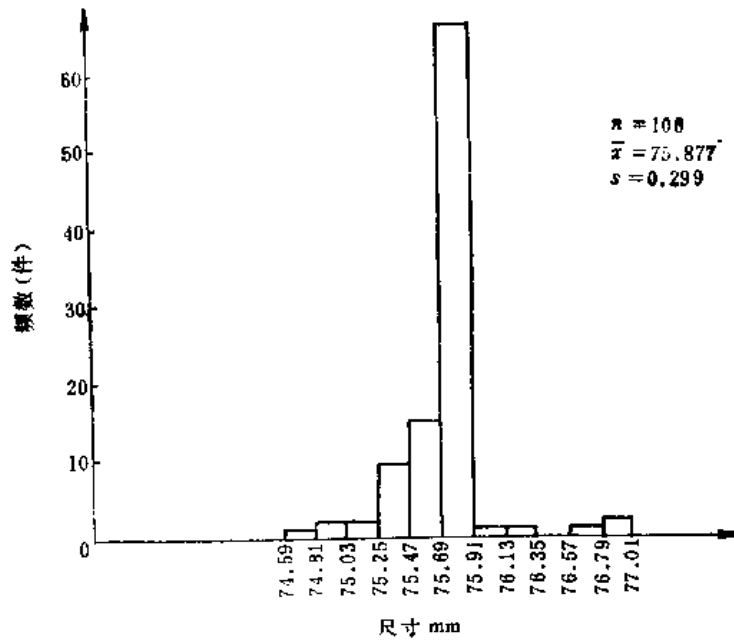


图3-3-63 管头打磨后外径 (76) 抽样直方图

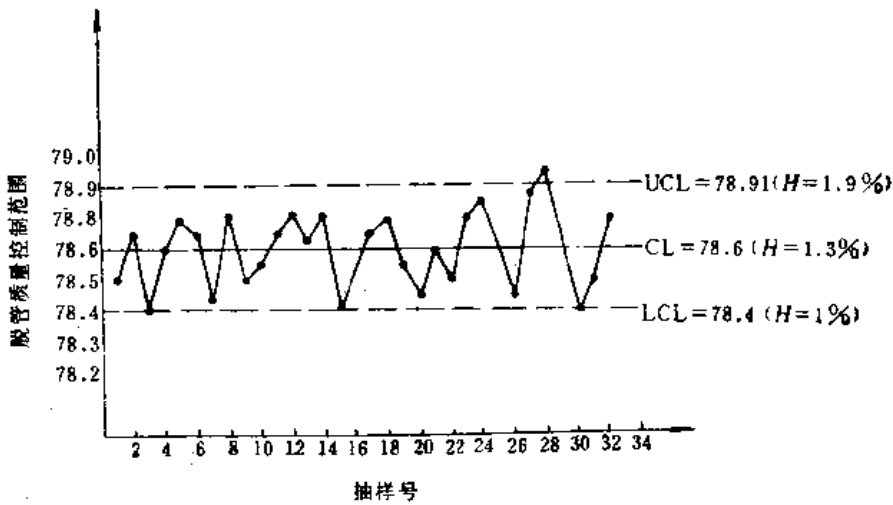


图3-3-64 胀管质量管理图

将上限、中心线、下限绘制成如图3-3-64所示的胀管质量管理图。如果胀管操作工艺正常，抽样检查的点子应在中心线附近变动。当抽样检查超过上限时 $D_1 > 78.9$ 时，即表示有过胀现象，应及时找出原因，纠正操作工艺。

关于质量控制图在锅炉胀管工艺上的应用，比较适合于新造的和新安装的锅炉。对于修理锅炉，由于受第一次胀管质量的影响，胀管率难以选得合适。这里将方法加以介绍，仅供参考。

## 第4节 锅炉尾部受热面和锅炉主要安全附件检修

### (一) 过热器检修

#### 1. 过热器的常见缺陷

(1) 内部腐蚀 其主要原因，由于汽水分离器或汽水挡板焊接不严密，形成蒸汽短路，严重带



水,使过热器管内积盐垢。当壁温达到 $450^{\circ}\text{C}$ 时,盐类分解,造成垢下腐蚀,停炉保护不好,也能使过热器管子腐蚀。

(2) 外部腐蚀、磨损、胀粗、鼓泡及爆破 其主要原因:运行中水位调整不好,烧偏火,炉膛内结焦,蒸汽流量分配不均匀,造成热偏差;管内结垢、积盐,使传热不良。管壁温度过高等,都能造成胀粗、鼓泡甚至爆破。

(3) 夹子、吊架等损坏 其主要原因:夹子、吊架等直接被烟气烧过热,或由于高温氧化而破坏;安装质量不良,在运行中,由于水冲击等原因引起的振动作用,都会导致松动、脱落和损坏。

## 2. 过热器检修质量要求

- 1) 过热器管外壁的积灰应清除干净。
- 2) 对于局部磨损的管壁,其磨损面积若不大于 $10\text{mm}^2$ 、深度不超过 $2\text{mm}$ 者,可用堆焊的方法补强;对超过上述标准者,应予更换。
- 3) 对局部胀粗的管子,若超过下述标准:碳素钢管允许胀大的数值为原直径的 $3.5\%$ ;合金钢管允许胀大的数值为原直径的 $2.5\%$ ,应当更换新管。对于未超过上述标准,但已能明显地看出有金属过热现象者,也应予以换新。
- 4) 切割管子时,应使切口距弯头 $100\text{mm}$ 以上,距焊口 $200\text{mm}$ 以上。
- 5) 过热器的支吊架、管卡和防腐装置应完整无缺。
- 6) 过热器管的坡口、对口和焊接应符合焊接的标准要求,并应保证焊接操作是在无应力的情况下进行的。管子的坡口和对口技术要求如图3-4-1所示(过热器管和省煤器管均适用)。

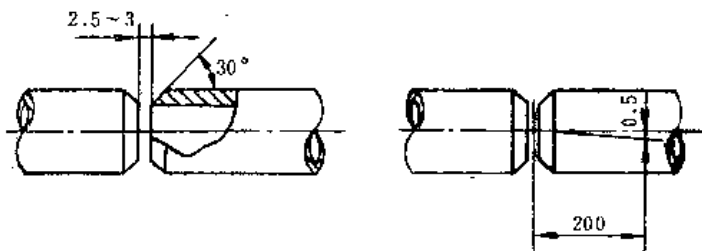


图3-4-1 过热器管的坡口和对口技术要求

- 7) 焊接所用的管材应与原设备钢材牌号相同。
- 8) 对于合金钢管的焊接,焊接前应进行预热;焊接之后,应进行退火。预热及退火温度按焊接规程要求进行。

## (二) 省煤器检修

### 1. 省煤器的常见故障

(1) 铸铁式省煤器管裂纹、法兰泄漏 其主要原因:①省煤器管质量不合格;②运行操作不当,如间断上水,使管壁温度在很大的范围内频繁变化,甚至省煤器内的水沸腾造成汽塞,产生水冲击,使管子裂纹或破裂。

(2) 铸铁式省煤器弯头法兰垫子损坏 主要原因:弯头没有保温或保温不好,冷风侵袭后,就会产生很大的热应力,多次反复,伸缩发生损坏。

(3) 铸铁管两端的方形法兰之间不严密,造成漏风 主要原因:方形法兰接触不好,不水平不垂直或法兰与法兰之间的沟槽未填充石棉绳,造成冷风漏入,增加过剩空气系数,影响锅炉效率。

(4) 钢管式省煤器磨损、腐蚀 其主要原因:①烟气流速过高,含灰量大,飞灰磨损;②排烟温度低,在管壁上形成硫(酸性)腐蚀;③给水除氧不良,在省煤器内受热后温度升高,氧气析出。如果水流速度小于 $0.5\text{m/s}$ ,不足以带走气泡,则气泡附着管壁上使管子腐蚀。

(5) 钢管式省煤器的管子焊口渗漏和管子上的防腐装置磨坏,脱落或歪斜等 主要原因:焊接质量不好,防腐装置段与段之间膨胀间隙未留或间隙不够,烟气流速过快,烟温较高等造成的。

(6) 省煤器的入口、出口烟道闸门,开关不灵 其主要原因:积灰、潮湿生锈和烟温较高造成变形。

### 2. 省煤器检修质量要求

#### (1) 铸铁省煤器

1) 省煤器管外表应清理干净,表面不得有浮灰;管子内部应清理干净,不得有水垢和铁锈。

2) 省煤器管上鳍片应完整无缺。若鳍片上有宽度 $<10\text{mm}$ 、深度 $<5\text{mm}$ 的缺口,每50片中不超过4处时,可不进行补焊。整个省煤器中有破损鳍片的管数不应多于总管数的 $10\%$ 。

3) 省煤器管和弯头的几何尺寸应符合图纸的公差和JB2192—77《方形铸铁省煤器管和弯头》标准的规定。一般法兰盘平面与管子中心线要垂直,其倾斜度不得超过 $1\text{mm}$ ;铸铁管长度公差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ;鳍片管两端的四角形法

兰盘的尺寸误差不应超过±1mm，相应地相邻两鳍片管的中心距不应超过±1mm。

弯头中心距偏差不应大于±1mm。

方形铸铁省煤器管和弯头的结构尺寸见表3-4-1。

4) 省煤器鳍片管和弯头均不得有裂纹，它们的密封面不得有径向沟槽、歪斜、凹坑及其它缺陷。单根管子和弯头水压试验时不得漏泄。

5) 省煤器管和弯头的结合平面应保持平整、清洁，在结合面间要垫以涂上石墨粉的石棉橡胶板垫，固紧后不得泄漏和渗水；固紧法兰的螺栓应完整，安装牢固，不得转动。在组装时，管子两端的方形法兰周围槽内，应嵌入石棉绳，保证其严密性，不得漏风。

6) 省煤器联箱内部应清理干净。点腐蚀坑深

不得超过原厚度的1/3。联箱不得有裂纹和其他缺陷。

7) 省煤器联箱上的放水管、压力表管、安全阀的泄水管等都应完整、畅通，不得堵塞。

8) 组装铸铁省煤器应符合下列规定(表3-4-2)。

9) 省煤器单独水压试验，试验压力按表2-2-1选取。同锅炉本体一道试验时，按锅炉本体试验压力选取。水压试验应符合水压试验的合格标准。

(2) 蛇形钢管式省煤器：

1) 省煤器的外壁积灰应清扫干净。

2) 省煤器有局部磨损时，可进行堆焊补强，如果磨损严重或有普遍磨损现象时，就应更换新管。

表3-4-1 方形铸铁省煤器管和弯头的结构尺寸 (JB2192-77)

名称	代号	单位	锅炉出口压力MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )									
			P=2.5 (25)				P=1.6 (16)					
省煤器管长	L	mm	1500	200	2500	3000	1500	2000	2500	3000	1000	1200
省煤器管内径	φ	mm	56	56	56	56	60	60	60	60	50	50
省煤器管外径 ×壁厚	S	mm	76×10	76×10	76×10	76×10	76×8	76×8	76×8	76×8	66×8	66×8
方形法兰		mm	150 <sup>-1/3</sup> ×150 <sup>-1/3</sup>				150 <sup>-1/3</sup> ×15 <sup>-1/3</sup>				120 <sup>-1/3</sup> ×120 <sup>-1/3</sup>	
两管中心距	t	mm	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	150 <sup>+1</sup>	120 <sup>+1</sup>	120 <sup>+1</sup>
螺孔中心圆	D	mm	140	140	140	140	140	140	140	140	115	115
螺孔	m-φ	mm	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ22	4-φ18	4-φ18
肋片数	N	片	55	75	95	115	55	75	95	115	35	43
受热面积	H	m <sup>2</sup>	2.18	2.95	3.72	4.49	2.18	2.95	3.72	4.49	0.77	1.09
烟气流截面	F	m <sup>2</sup>	0.088	0.120	0.152	0.184	0.088	0.120	0.152	0.184	0.043	0.052
理论重量	G	kg	54.2	70.6	86.9	103.1	52	68.6	84.9	100.8	22.9	27.0
省煤器管标记 及示例	标准代号省煤器管长—锅炉出口压力 JB2192-77省煤器管2000-2.5						标准代号省煤器管长—锅炉出口压力—管子内径 JB2192-77省煤器管2000-1.6-φ60 JB2197-77省煤器管1000-1.6-φ50					
弯头标记及示例	标准代号180°弯头—锅炉出口压力 JB2192-77 180°弯头-2.5						标准代号180°弯头—锅炉出口压力—管子内径 JB2192-77 180°弯头-16-φ60 JB2192-77 180°弯头-16-φ50					

- 技术要求：1. 方形铸铁省煤器管和弯头材料均为HT20-40；  
 2. 每根省煤器管和弯头进行水压试验，试验压力为省煤器工作压力的2.5倍；  
 3. 铸造精度为2级，壁厚公差为1.2mm；  
 4. 法兰密封面对管孔轴线不垂直度不大于0.25mm；  
 5. 省煤器管弯曲度每米不大于1mm，全长不大于2mm；  
 6. 铸件表面应光洁，不得有粘砂、气孔裂纹、斑点、并除去毛刺及冒口。

表3-4-2 组装铸铁省煤器的偏差

项次	项 目 内 容	偏差不应超过
1	支承架的水平方向位置偏差	±3mm
2	支承架的标高偏差	±5mm
3	支承架的纵、横向不水平度	1/1000

3) 省煤器管的胀粗若超过原有外径的3.5%时, 则应更换新管。对于未超过上述标准, 但已能明显地看出有金属过热现象者也应换新。换新管段的长度不得小于200mm。

4) 管子弯曲部分与边墙之间应有足够的间隙; 管子穿过炉墙部分应留有适当间隙, 并填石棉绳。

5) 管子和焊接处不得有起包、裂纹和渗水现象。

6) 切割管子时, 应使切口距联箱50mm以上, 距弯头100mm以上, 距焊口200mm以上。

7) 管子坡口, 对口焊接应符合焊接的标准要求(图3-4-1)。

8) 焊接时所用的管材应合格, 若需使用代用材料时, 应认真研究并经主管部门批准。

### (3) 对省煤器的安全技术要求

1) 非沸腾式省煤器上应装有压力表, 温度计、安全阀和止回阀(见图3-4-2)。在装设非沸腾式省煤器时, 应设有旁通烟道, 以便锅炉在运行

中, 可以使烟气由旁通烟道入烟囱, 在无旁通烟道的情况下, 省煤器出口应与水箱相连, 以防止在锅炉升火时省煤器中的水经加热后产生汽化。

2) 进水应尽量均匀, 即采取连续均匀给水, 按蒸发量的变化调节给水阀门开度。

3) 严格控制省煤器出水温度低于炉水饱和温度40~50℃, 防止产生蒸汽, 造成省煤器事故。

### 3. 铸铁省煤器检修工艺

铸铁省煤器通常有两种检修方法:

(1) 全部拆除、重新组装 当铸铁省煤器破裂, 外部积灰严重, 影响烟气通流面积, 烟气阻力急剧增加; 法兰盘泄漏严重时, 为了彻底消除故障和隐患, 应将所有省煤器管一根一根的拆除, 进行全面的内外部清洗和检修, 更换破裂的省煤器管, 消除不合乎质量要求的管子, 按要求进行重新组装。

(2) 局部修理或针对性修理 当弯头连接处渗漏时, 如果是由于螺栓松弛或腐蚀, 可以把松弛的螺栓旋紧或腐蚀的螺栓更换。如果是由于接合面的垫圈损坏, 则需要把弯头拆下, 将接合面铲清, 更换新垫圈。

当省煤器铸铁管破裂时, 应当更换新管。但是这种铸铁管一般排列很紧密, 更换其中一根相当困难。这时可以采用临时措施: 一种办法是, 干脆把破裂的铸铁管的两端法兰松开, 加上盲板, 堵断流水; 另一种办法是, 按铸铁管两端法兰之间的长

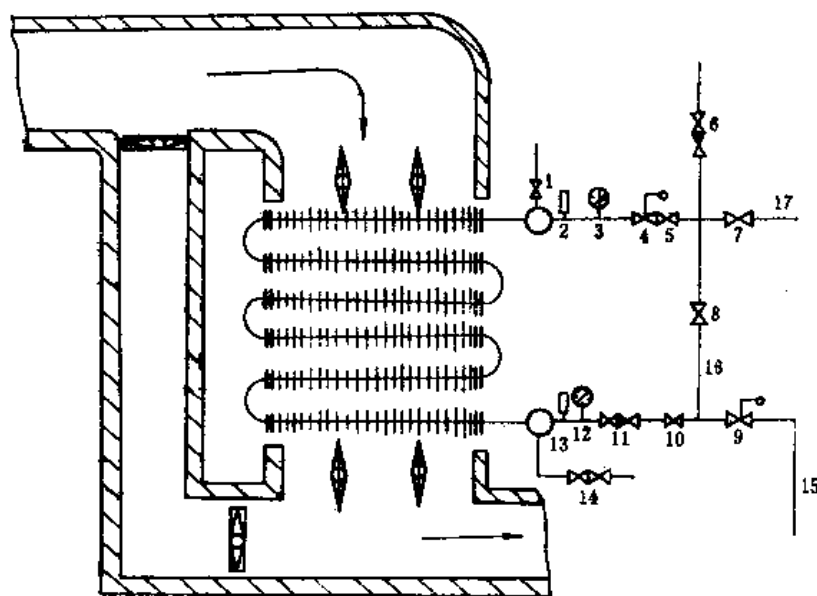


图3-4-2 省煤器旁路烟道及附件装置

1—放空气阀 2、13—温度计 3、12—压力表 4、9—安全阀 5、7、8、10—给水截止阀  
6、11—给水逆止阀 14—放水阀 15—给水管 16—旁路水管 17—回水管

度, 割取适当粗细的钢管, 套入破裂的铸铁管内, 钢管两头要车螺纹, 将车制同样螺纹的小法兰盘带入钢管两端旋紧。用垫圈放在小法兰和相接合的铸铁法兰的接合面之间, 再在铸铁法兰之间用螺栓旋紧。其修理办法, 参见图3-4-3。

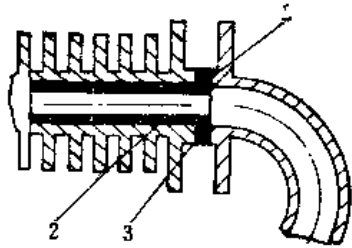


图3-4-3 铸铁省煤器管破裂时临时修理措施  
1—石棉橡胶垫 2—套管 3—法兰

4. 省煤器受热面积的估算

在锅炉改造和检修中, 为了进一步降低排烟温度, 节约煤炭, 需要增加省煤器或增加省煤器的面积。现将省煤器计算的一些问题, 简述如下:

非沸腾式省煤器受热面大小的选择, 可根据下列因素来决定:

1) 炉后空间地位的大小, 具有足够容纳省煤器装置和烟气流速的截面, 以减少风机的动力消耗。

2) 烟气进出口温度, 特别是烟气出口温度不能低于烟气露点温度, 一般选择出口温度为烟气露点温度再加10℃。

各种煤质燃烧后锅炉排烟空气过剩系数  $\alpha =$

1.4时, 烟气的露点温度参见表5-6-3。

3) 给水被加热的温度。

省煤器受热面按下式计算:

$$F = \frac{DC(t'_{gs} - t''_{gs})}{K\Delta t_m}$$

式中  $F$  ——省煤器受热面积 ( $m^2$ ),

$D$  ——每秒钟流经省煤器的给水量 ( $kg/s$ ),

$C$  ——给水的比热 ( $J/kg \cdot K$ ),

$\Delta t_m$  ——对数平均温差 ( $^{\circ}C$ ),

$$\Delta t_m = \frac{\text{最大温差} - \text{最小温差}}{\ln \frac{\text{最大温差}}{\text{最小温差}}}$$

式中  $t'_{gs}$  ——给水进口的温度 ( $^{\circ}C$ ),

$t''_{gs}$  ——给水经省煤器出口的温度 ( $^{\circ}C$ ),

$t'_{py}$  ——烟气进口温度 ( $^{\circ}C$ ),

$t''_{py}$  ——烟气经省煤器后的温度 ( $^{\circ}C$ ),

$K$  ——传热系数 ( $W/m^2 \cdot K$ ),

鳍片式铸铁省煤器的传热系数  $K$  查见表3-4-3。

带方形鳍片的标准铸铁省煤器管76/60mm的主要数据, 见表3-4-4。

计算例题:

锅炉蒸发量6000kg/h时, 工作压力1.3MPa, 测得炉后排烟温度300℃, 给水温度50℃, 欲装置鳍片式省煤器, 减少排烟损失, 求需要多少受热面积。

解: 现列表计算, 见表3-4-5

表3-4-3 传热系数

烟气流速 $W_{py}$ (m/s)	4	5	6	7	8	9	10	11
传热系数 $*K$ ( $W/m^2 \cdot K$ )	13.96	16.05	17.79	19.31	20.93	22.56	24.19	25.82

注:  $1kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C) = 1.163W/(m^2 \cdot K)$ ;  $1kcal/(kg \cdot ^{\circ}C) = 4.1868kJ/(kg \cdot K)$

表3-4-4 鳍片式铸铁省煤器管76/60单根数据

长度 (mm)	750*	1000*	1200*	1500	2000	2500	3000
受热面积 ( $m^2$ )	1.03	1.41	1.72	2.18	2.95	3.72	4.49
烟气流道截面积 ( $m^2$ )	0.040	0.056	0.069	0.088	0.120	0.152	0.184
重量 (kg)	28.7	36.5	42.9	52.0	67.9	83.6	99.3

注: 带\*号的JB2192—77没有列出。见表3-4-1。

表3-4-5 省煤器受热面计算表

序号	项 目	符 号	来 源 或 算 式	数 值	单 位
1	给水量	$D$	给 定	$\frac{6000}{3600} = 1.67$	kg/s
2	给水进口温度	$t'_{g*}$	给 定	50	°C
3	给水经省煤器出口温度	$t''_{g*}$	选 取	140	°C
4	烟气进口温度	$t'_{py}$	给 定 (测得)	300	°C
5	烟气经省煤后的温度	$t''_{py}$	选取 (露点 + 10°C)	180	°C
6	对数平均温差	$\Delta t_m$	$\Delta t_m = \frac{160 - 30}{\ln \frac{160}{130}} = \frac{30}{0.2067}$	145	°C
7	烟气流速	$W_{py}$	$W_{py} = \frac{V}{3600}$ 计算或选取	8	m/s
8	传热系数	$K$	查表3-4-1	20.93	W/m <sup>2</sup> K
9	省煤器受热面积	$F$	$F = \frac{DC(t'_{g*} - t''_{g*})}{K\Delta t_m} = \frac{1.67 \times 4186.8 \times 90}{20.93 \times 145}$	207	m <sup>2</sup>
10	76/60mm 鳍片铸铁管	$n$	按表3-4-4 结合安装位置选取	70	根

### (三) 空气预热器检修

#### 1. 钢管式空气预热器的常见故障

1) 空气预热器管子堵灰和腐蚀, 其主要原因是燃料的硫分高, 烟气流速小和排烟温度低等。

2) 空气预热器管子烟气进口侧管端磨损, 其主要原因是飞灰浓度过大, 烟气流速过高等。

3) 空气预热器漏风, 其主要原因可能产生在管子与管板固定的焊口处, 又可能是因管子本身损坏而引起的。

#### 2. 钢管式空气预热器检修质量要求

1) 管子的内、外部积灰清除干净, 堵灰管子全部清通。

2) 管子与管板焊接处应牢固, 严密不漏泄。

3) 中部导向板不应有脱落、破损、短路等现象。

4) 管子中段漏风者, 应将其两端堵严。但两端堵严的损坏管子的根数不得超过总数的5%。

5) 管子中段破坏超过一组的1/3以上者, 应整组换新的。在1/3以下者, 采用逐根换管。

6) 组装钢管式空气预热器的偏差应按表3-4-6的规定。

表3-4-6 组装钢管式空气预热器的偏差

项次	项 目 内 容	偏差不应超过
1	支承框的水平方向位置偏差	±3mm
2	支承框的标高偏差	±5mm
3	预热器的不铅垂直度	1/1000

7) 预热器的支架要完整牢固, 膨胀节作用良好, 能自由伸缩。和预热器连接的法兰、风道要严密, 不得漏风。预热器的墙皮要完整, 不得有裂纹、漏烟、漏风。

8) 预热器管口的防磨短管不应短小和缺失, 也不应翘起而阻碍烟气通道。

9) 外表保温要完整, 在室温35°C时, 其表面温度不得超过70°C。

10) 检修后的空气预热器, 应该进行风压试验, 保证严密。可按下述方法进行: 为了检查漏泄地点, 可以在检修前或检修后进行风压试验。一般在送风机的空气入口侧, 可以洒些白粉, 当炉膛内出现有白粉时, 即停止送风机。然后检查空气预热器有无白粉的地点, 如发现有白粉处, 即为漏泄处, 应加以堵塞。对漏风处可以采用石棉绳浸水玻璃堵塞或采用电焊堆补。对垫料的漏风, 则应更换涂以水玻璃的石棉纸垫。

#### 3. 钢管式空气预热器管端加装保护套管

根据多年的运行实践, 飞灰磨损最严重的多产生在空气预热器烟气入口侧约为管子直径1.5~2.0倍长度的地方。这是由于烟气从较大截面的地方突然流入较小截面的紊流现象, 造成的收缩和膨胀的结果。烟气进入管式空气预热器管端磨损的情况, 如图3-4-4所示。

为了保护管式空气预热器烟气入口管端不被磨穿, 广泛采用管端加装保护套管(防磨套管)。保护套管是用钢管制成的, 其外径略小于或等于空气预热

器管子的内径。把保护套管一端约 50~60mm 长，插进空气预热器管里（直径相等，可以对口焊），另一端留在管子外边，并进行翻边，减少烟气流进口时的阻力，套管端头露出管板 20mm。如采用对口焊的保护短管，留在管子外边的长度一般以 60~80mm 为宜。在管子外面的保护套管上应浇灌耐火混

合物（图 3-4-5），耐火混合物（即耐火塑料）的成分为：耐火土 20%，0.5~3mm 耐火砖沫 70%，水泥和水玻璃 10%。

当发现保护套管已损坏时，可将耐火混合物剔掉，铲开焊点，取下损坏的保护套管（短管），然后将保护套管装上后，重新浇灌耐火混合物。

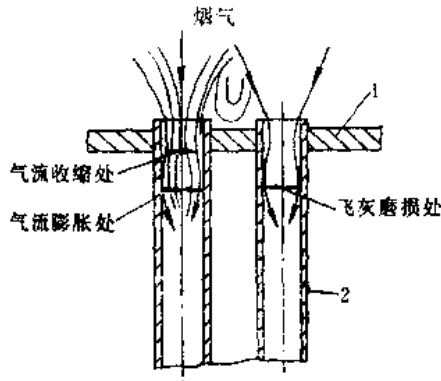


图 3-4-4 烟气流入管子入口磨损示意图  
1—管板 2—管子

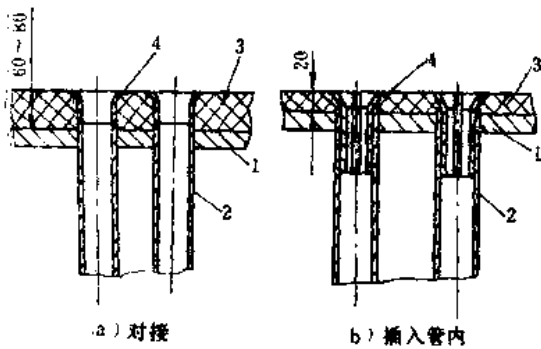


图 3-4-5 加装保护套管  
1—管板 2—管子 3—耐火塑料  
4—保护短管或保护套管

(四) 安全阀检修

1. 常用安全阀的种类及其主要参数

工业锅炉最常用的安全阀有弹簧式和重锤式两种。

(1) 弹簧式安全阀（见图 3-4-6）其构造主要由弹簧、阀芯、阀座、调整螺丝及手动抬把等组成。弹簧式安全阀的型号及其主要参数，见表 3-4-7。

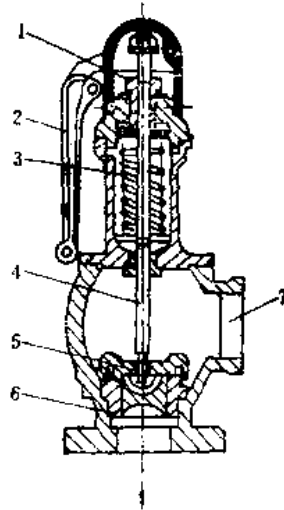


图 3-4-6 弹簧式安全阀  
1—调整螺丝 2—抬把 3—弹簧 4—阀杆  
5—阀芯 6—阀座 7—排汽口

表 3-4-7 弹簧式安全阀的主要参数

名称	型号	公称压力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	密封压力范围 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	适用介质	适用温度 ℃	公称通径 D,
外螺纹弹簧式带扳手安全阀	A27H-10K	1.0 (10)	0.1~1.6 (1~16)	空气、蒸汽、水	200	10, 5, 20, 25, 32, 40
弹簧式带扳手安全阀	A47H-16	1.6 (16)	0.1~1.6 (1~16)		200	40, 50, 80, 100
弹簧式带扳手安全阀	A47H-16C	1.6 (16)	0.1~1.6 (1~16)		350	40, 50, 80
双联弹簧封闭式安全阀	A43H-16C	1.6 (16)	0.1~1.6 (1~16)	空气、蒸汽	350	80, 100
弹簧全启式安全阀	A48H-16C	1.6 (16)	0.1~1.6 (1~16)		350	50, 80, 100, 150
弹簧式带扳手安全阀	A47H-40	4.0 (40)	1.3~4.0 (13~40)		350	40, 50, 80
双联弹簧封闭式安全阀	A43H-40	4.0 (40)	1.3~4.0 (13~40)		350	80, 100
弹簧全启式安全阀	A48H-40	4.0 (40)	1.3~4.0 (13~40)		350	50, 80, 100, 150

弹簧式安全阀的密封压力 $\ominus$ MPa(kgf/cm<sup>2</sup>)  
分级, 按下列规定:

0.06 (0.6)~0.1 (1.0), >0.1 (1.0)~0.16 (1.6), >0.16 (1.6)~0.25 (2.5), >0.25 (2.5)~0.4 (4), >0.4 (4)~0.6 (6), >0.6 (6)~1.0 (10), >1.0 (10)~1.3 (13), >1.3 (13)~1.6 (16), >1.6 (16)~2.0 (20), >2.0 (20)~2.5 (25), >2.5 (25)~3.2 (32), >3.2 (32)~4.0 (40)。

弹簧式安全阀进出口口径按表 3-4-8 的规定。

表3-4 8 弹簧式安全阀进出口口径

安全阀型式	微启式	全启式
进口口径	同公称口径	
出口口径	同公称口径	比公称口径增大一级

(2) 杠杆式安全阀(图3-4-7) 其构造由阀芯、阀座、杠杆及重锤几个主要部分组成。杠杆式安全阀有铸铁制成和碳素钢制成的两种。铸铁制成的杠杆式安全阀适用于公称压力 $p_g \leq 1.6$ MPa(16 kgf/cm<sup>2</sup>)、温度 $t \leq 225^\circ\text{C}$ 的水、蒸汽等介质; 碳素钢制成的杠杆式安全阀适用于公称压力 $P_g \leq 4.0$ MPa(40kgf/cm<sup>2</sup>)、温度 $t \leq 450^\circ\text{C}$ 的水、蒸汽等介质。它们的公称口径应符合JB73—59的规定。它们的型号规格及其主要参数见表3-4-9。

表3-4-9 杠杆式安全阀的主要参数

名 称	型 号	公称压力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	适用温度 °C	适用介质	公 称 通 径 $D_g$
法兰单杠杆微启式安全阀	A51T-16Z	1.6 (16)	$\leq 225$	水、蒸汽	25, 40, 50, 80, 100
法兰双杠杆微启式安全阀	A53T-16Z	1.6 (16)	$\leq 225$		50, 80, 100
法兰单杠杆微启式安全阀	A51H-16C	1.6 (16)	$\leq 350$		50, 80, 100
法兰双杠杆微启式安全阀	A53H-16C	1.6 (16)	$\leq 350$		50, 80
法兰单杠杆微启式安全阀	A51H-25C	2.5 (25)	$\leq 350$		50, 80, 100
法兰双杠杆微启式安全阀	A53H-25C	2.5 (25)	$\leq 350$		50, 80
法兰单杠杆微启式安全阀	A51H-40C	4.0 (40)	$\leq 350$		50, 80, 100
法兰双杠杆微启式安全阀	A53H-40C	4.0 (40)	$\leq 350$		50

$\ominus$  密封压力, 阀瓣处于关闭状态, 并保持密封时的进口压力(通常又称工作压力)。

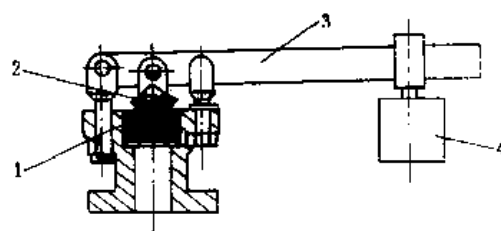


图3-4-7 杠杆式安全阀

1—阀座 2—阀芯 3—杠杆 4—重锤

## 2. 安全阀的常见故障

(1) 安全阀漏泄 其原因有

1) 安全阀芯与阀座接触面有污物等造成安全阀不严密。

2) 阀芯与阀座接触面有锈蚀或沟槽, 研磨质量不好。

3) 杠杆式安全阀的杠杆与支点安装不正确, 引起阀杆与阀芯倾斜。

(2) 安全阀误动作, 推迟或提前排汽 其原因有

1) 安全阀受到振动的影响, 重锤移动, 杠杆逐渐上升而产生误动作。

2) 杠杆弯曲, 支点磨损, 或有阻止动作的地方。

3) 弹簧式安全阀的弹簧, 弹力失效或由于振动原因使旋紧螺丝松动。

4) 安全阀安装不正确, 有倾斜, 没有垂直安装。

(3) 排汽后不按要求按时关闭 (回座压力不合) 其原因有

- 1) 杠杆偏歪, 阀芯被卡, 不能按时回到原位。
- 2) 弹簧式安全阀弹簧失效。
- 3) 阀芯被异物卡住。

**3. 对安全阀使用的有关技术要求**

(1) 安全阀应铅直地安装 其位置尽可能装在锅筒、集箱的最高处。在安全阀和锅筒之间或安全阀与集箱之间, 不得装有取用蒸汽的出汽管和阀门。

(2) 锅筒和过热器上安全阀的要求 应按表 3-4-16 规定的压力进行调整和校验。

(3) 安全阀的总排汽能力计算 必须大于锅炉最大连续蒸发量, 并保证在锅筒和过热器上所有安全阀开启后, 锅炉内的蒸汽压力上升幅度不超过安全阀开启压力的 3%, 并不得使锅炉内蒸汽压力超过设计压力的 1.1 倍。

蒸汽安全阀的排汽能力可按下列计算:

$$E = CA(10P + 1)K$$

式中  $E$ ——安全阀的排汽能力 (kg/h),

$P$ ——安全阀入口处的蒸汽压力 (MPa);  
 $A$ ——安全阀的排汽面积 (cm<sup>2</sup>), 一般可用  $\frac{\pi}{4}d^2$  或安全阀制造厂所规定的面积。

$C$ ——安全阀的排汽常数, 由安全阀制造厂提供的数据或按下列数值选用,

$$\text{当 } h \geq \frac{d}{40} \text{ 时 } \quad C = 0.048$$

$$h \geq \frac{d}{20} \text{ 时 } \quad C = 0.085$$

$$h \geq \frac{d}{12} \text{ 时 } \quad C = 0.098$$

$$h \geq \frac{d}{4} \text{ 时 } \quad C = 0.235$$

式中  $d$ ——安全阀座的内径 (mm);

$h$ ——安全阀提升高度 (mm);

$K$ ——安全阀入口处蒸汽比容修正系数,

$$K = k_p \cdot k_g \quad (k_g \text{ 为压力修正系数, } k_g \text{ 为过热修正系数, } k_p, k_g, k_p \cdot k_g \text{ 按表 3-4-10 选用和计算}).$$

上海某厂对其生产的安全阀做过大量试验和实例。若选用该厂安全阀时, 安全阀的排汽常数  $C$ , 可参考下面的数据:

表3-4-10  $K$ 值选用

$P$		$k$	$k_p$	$k_g$	$k = k_p \cdot k_g$
$P \leq 12$	饱和		1	1	1
	过热		1	$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}} \text{①}$	$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}} \text{①}$
$P > 12$	饱和		$\sqrt{\left(\frac{P}{0.1} + 1\right) V_b}$	1	$\sqrt{\frac{2.1}{\left(\frac{P}{0.1} + 1\right) V_b}}$
	过热			$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}} \text{①}$	$\sqrt{\frac{2.1}{\left(\frac{P}{0.1} + 1\right) V_g}}$

①  $\sqrt{\frac{V_b}{V_g}}$  亦可用  $\sqrt{\frac{1000}{1000 + 2.7T_g}}$  代替。

注:  $V_g$ ——过热蒸汽比容 (m<sup>3</sup>/kg);  
 $V_b$ ——饱和蒸汽比容 (m<sup>3</sup>/kg);  
 $T_g$ ——过热度 (°C);  
 $P$ ——压力 (MPa)。



当  $h \geq \frac{1}{40} d$  时,  $C = 0.0412$

$h \geq \frac{1}{20} d$  时,  $C = 0.0823$

$h \geq \frac{1}{4} d$  时,  $C = 0.3859$

由安全阀阀座内径  $d$  和开启压力, 计算出上海阀门厂全启式安全阀饱和蒸汽排汽能力和微启式安全阀饱和蒸汽排汽能力表, 据表 3-4-11 和表 3-4-12, 可直接选取安全阀的排汽能力。

(4) 安全阀上必须有下列装置:

表3-4-11 上海某厂全启式安全阀饱和蒸汽排汽能力 (kg/h)

开启压力 (表压) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	排放压力 (绝对压力) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	阀 座 内 径 (mm)								
		20	25	32	40	50	65	80	100	125
0.06 (0.6)	0.162 (1.62)	196	307	503	786	1227	2070	3140	4910	7670
0.08 (0.8)	0.182 (1.82)	221	345	565	883	1380	2330	3530	5520	8620
0.1 (1.0)	0.203 (2.03)	246	385	630	985	1540	2600	3940	6150	9610
0.13 (1.3)	0.234 (2.34)	284	443	726	1135	1770	2995	4540	7090	11080
0.16 (1.6)	0.265 (2.65)	321	502	823	1286	2010	3390	5140	8030	12550
0.2 (2.0)	0.306 (3.06)	371	580	950	1484	2320	3920	5940	9270	14490
0.25 (2.5)	0.358 (3.58)	434	678	1110	1737	2710	4580	6950	10850	16950
0.3 (3.0)	0.409 (4.09)	496	775	1270	1984	3100	5240	7930	12400	19370
0.4 (4.0)	0.512 (5.12)	620	970	1589	2480	3880	6550	9930	15520	24200
0.5 (5.0)	0.615 (6.15)	745	1135	1908	2980	4660	7870	11930	18610	29100
0.6 (6.0)	0.718 (7.18)	867	1355	2220	3470	5420	9150	13870	21700	33900
0.7 (7.0)	0.821 (8.21)	991	1550	2540	3970	6200	10470	15870	24800	38700
0.8 (8.0)	0.924 (9.24)	1105	1728	2830	4420	6910	11670	17690	27600	43200
0.9 (9.0)	1.027 (10.27)	1229	1921	3150	4920	7680	12980	19670	30700	48000
1.0 (10)	1.13 (11.3)	1349	2110	3450	5400	8430	14250	21600	33700	52700
1.1 (11)	1.23 (12.3)	1464	2290	3750	5880	9150	15460	23400	36600	57200
1.2 (12)	1.34 (13.4)	1595	2490	4080	6380	9970	16840	25500	39900	62300
1.3 (13)	1.44 (14.4)	1705	2670	4370	6830	10660	18010	27300	42600	66600
1.4 (14)	1.54 (15.4)	1824	2850	4670	7300	11400	19260	29200	45600	71300

(续)

开启压力 (表压) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	排放压力 (绝对压力) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	阀 座 内 径 (mm)								
		20	25	32	40	50	65	80	100	125
1.5 (15)	1.65 (16.5)	1949	3050	4990	7800	12180	20600	31200	48700	76100
1.6 (16)	1.75 (17.5)	2070	3230	5290	8270	12920	21800	33100	51700	80700
1.8 (18)	1.95 (19.5)	2300	3590	5830	9190	14350	24300	36800	57400	
2.0 (20)	2.16 (21.6)	2540	3970	6500	10170	15880	26800	40700	63500	
2.2 (22)	2.37 (23.7)	2790	4360	7140	11160	17420	29400	44600	69700	
2.5 (25)	2.67 (26.7)	3130	4900	8020	12540	19580	33100	50100	78400	

注: 1. 开启压力由锅炉工作压力确定;

2. 排放压力取安全阀开启压力的1.03%; 绝对压力 = 表压 + 1。

表3-4-12 上海某厂撬启式安全阀饱和蒸汽排汽能力 (kg/h)

开启压力 (表压) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	排放压力 (绝对压力) MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	阀 座 内 径 mm				
		40	50	65	80	100
0.06 (0.6)	0.162 (1.62)	167	262	442	670	1048
0.08 (0.8)	0.182 (1.82)	188	294	497	753	1176
0.1 (1.0)	0.203 (2.03)	210	328	554	840	1312
0.13 (1.3)	0.234 (2.34)	242	378	639	968	1512
0.16 (1.6)	0.265 (2.65)	274	428	724	1096	1712
0.2 (2.0)	0.306 (3.06)	317	494	836	1264	1976
0.25 (2.5)	0.358 (3.58)	370	578	976	1480	2310
0.3 (3.0)	0.409 (4.09)	423	661	1120	1688	2650
0.4 (4.0)	0.512 (5.12)	530	827	1400	2120	3310
0.5 (5.0)	0.615 (6.15)	636	992	1680	2540	3980
0.6 (6.0)	0.718 (7.18)	739	1152	1952	2960	4620
0.7 (7.0)	0.821 (8.21)	846	1320	2330	3380	5290
0.8 (8.0)	0.924 (9.24)	944	1472	2490	3780	5900
0.9 (9.0)	1.027 (10.27)	1048	1640	27700	4200	6560
1.0 (10)	1.13 (11.3)	1152	1800	3040	4610	7200
1.1 (11)	1.23 (12.3)	1248	1952	3300	5000	7810
1.2 (12)	1.34 (13.4)	1360	2130	3590	5450	8510
1.3 (13)	1.44 (14.4)	1456	2270	3840	5820	9100
1.4 (14)	1.54 (15.4)	1560	2430	4110	6230	9730
1.5 (15)	1.65 (16.5)	1664	2600	4390	6660	10400
1.6 (16)	1.75 (17.5)	1760	2750	4660	7060	11020
1.8 (18)	1.95 (19.5)	1960	3060	5180	7840	12260
2.0 (20)	2.16 (21.6)	2170	3380	5730	8670	13550
2.2 (22)	2.37 (23.7)	2380	3720	6280	9520	14880
2.5 (25)	2.67 (26.7)	2670	4180	7060	10700	16720

注: 1. 开启压力由锅炉工作压力确定;

2. 排放压力取安全阀开启压力的1.03%; 绝对压力 = 表压 + 1。

1) 杠杆式安全阀要有防止重锤自行移动的装置和限制杠杆越出导架。

2) 弹簧式安全阀要有提升手把和防止随便拧动调整螺丝的装置。

3) 静重式安全阀要有防止重片飞脱的装置。

4) 冲量式安全阀的冲量接入导管上的截门, 要保持全开并加铅封。

(5) 为减少锅筒或联箱开孔 为此, 可在同一个接座上用短管安装几个安全阀。但短管通路的截面积, 应不小于短管上所装全部安全阀阀座截面积总和的1.25倍。当工作压力 $<3.9\text{MPa}$ 的锅炉, 安全阀阀座内径应不小于 $25\text{mm}$ 。

(6) 安全阀一般应装设排汽管 排汽管应尽量直通室外, 并有足够的截面积, 保证排汽畅通。

安全阀排汽管底部应装有接到安全地点的泄水管。在排汽管和泄水管上都不允许装阀门。

省煤器的安全阀应装排水管, 并通至安全地点。在排水管上不允许装置任何阀门。

(7) 安全阀每年应检修一次 锅炉运行中应定期的进行自动或手动排汽(或放水)试验, 防止阀芯和阀座粘住。

(8) 安全阀经过校验后, 应加锁或铅封。安全阀校验后, 开启压力回座压力, 阀瓣提升高度等校验结果, 应记入锅炉技术档案内。

#### 4. 安全阀检修质量要求

##### (1) 阀杆

1) 阀杆顶心圆滑、正直、清洁、无水垢。

2) 阀杆弯曲程度最大不超过 $0.1\text{mm}$ 。

3) 阀杆椭圆度不大于 $0.05\text{mm}$ 。

4) 阀杆和套的间隙四周均为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 。

5) 阀杆丝扣完好, 不得滑牙。

(2) 调整螺母 调整螺母不得有裂纹、缺损, 丝扣应完好, 不得有乱扣和滑牙现象, 和门杆丝扣配合灵活好使。

##### (3) 弹簧

1) 弹簧无裂纹, 无锈蚀, 圈间要干净。

2) 弹簧应端正, 无扭曲现象。

3) 根据需要做弹性试验, 测出弹簧压缩力与形变的关系图。如将弹簧加外力压缩, 使其压缩量为阀径的 $1/4$ , 然后放松, 其长度应与压缩前的长度相同。

##### (4) 阀芯与阀座接触面

坏现象。对阀芯与阀座用专制的研磨胎研磨, 研磨接触面的宽度达到 $2/3$ 以上, 粗糙度 $R_{a}0.20\sim 0.10\mu\text{m}$ 。

2) 接触面应严密, 接触宽度至少应为全宽的一半以上。

3) 阀与阀杆要灵活, 不卡住, 汽门室要清洁。

##### (5) 阀座

1) 阀座与本体之接触应严密不漏。

2) 外壳应无裂纹或缺。

(6) 杠杆式安全阀 除满足上述有关要求外, 应具有下列要求:

1) 杠杆不得有扭曲现象。对杠杆上支力点的刀刃应在一个水平内。

2) 重锤应有固定装置, 以防移动。

##### (7) 对安全阀的整体要求

1) 手动开启扳把要灵活好用。

2) 疏水管需清洁, 畅通无腐蚀, 并接到地沟内。疏水管的引出应保证安全门不积水。

3) 安全阀底座与汽包接触部分没有漏泄。

4) 法兰盘需端正, 完整。螺栓丝扣完整好用。紧力均匀一致。

(8) 检验 安全阀修理后的单独严密性水压试验, 其压力为锅炉工作压力的1.25倍, 不渗不漏为合格。严密性水压试验后, 也应按表3-4-16中的规定进行调整和校验。

#### 5. 安全阀的校核计算

(1) 安全阀工作性能识别 安全阀的主要参数是开启压力和排汽能力。安全阀的开启压力按表3-4-16规定确定。安全阀的排汽能力决定阀座的口径和阀瓣的开启高度。由于开启高度不同, 可分为微启式, 中启式和全启式三种。

弹簧式安全阀, 全启式是指阀瓣提升高度等于或大于阀直径的 $1/4$ , 即 $h \geq \frac{1}{4}d$ , 这种安全阀具有帮助增加阀瓣开启高度的反冲量, 在介质的作用下, 阀瓣能迅速开启到规定的高度, 其排放量, 且回座性能较好, 它最适用于饱和蒸汽和过热蒸汽的锅炉上。因此, 锅筒上部及过热器部分的弹簧安全阀, 一般选用全启式, 带手柄的, 不封闭的安全阀。中启式安全阀是指阀瓣提升高度为阀的直径 $\frac{1}{15}$ ~ $\frac{1}{12}$ ,  $h = \left(\frac{1}{12} \sim \frac{1}{15}\right)d$ 。它通常适用于水的介质。

中启式安全阀目前很少使用。微启式安全阀是指阀瓣提升高度为阀直径的  $\frac{1}{40} \sim \frac{1}{15}$ , 即  $h = \left( \frac{1}{40} \sim \frac{1}{15} \right) d$ 。它具有开启高度同压力成比例的特性 ( $h = f(p)$ ), 它在结构上没有帮助阀瓣开启高度的机构, 也没有突然起跳和关闭的动作, 微启式安全阀排放量小, 排放介质适用于液体, 在锅炉上主要用于省煤器和热水锅炉超压排放介质场合。因此, 对于锅炉省煤器部位的安全阀以及热水锅炉宜选用带手柄的、封闭的、微启式的弹簧安全阀。

杠杆式安全阀通常是微启式的, 在工业锅炉的锅筒或过热器部位应选用不封闭的, 对省煤器、热水锅炉应选用封闭的, 但目前产品规格, 种类很少, 趋向于淘汰。

在选用弹簧式安全阀时, 要注意在同一型号、同一公称压力下, 有五种不同工作压力的弹簧号, 如果不加特别说明, 制造厂一般按  $p_v$  级供应弹簧号与安全阀相配。工作压力级的弹簧号详见上海阀门厂等单位生产的弹簧安全阀, 如表 3-4-13 所列。

弹簧号与安全阀实际工作压力级不符, 目前在工业锅炉上是一个普遍的问题。弹簧刚度太硬, 其结果安全阀开启压力偏高, 对锅炉因强度削弱而降

低使用压力的锅炉, 是相当危险的。弹簧太硬, 将使安全阀回座压力太高, 会造成安全阀阀瓣振荡, 破坏密封性。

如果弹簧刚度太软, 结果使安全阀回座压力太低, 浪费介质和能源, 造成运行工况的恶化。

制造厂出厂的弹簧安全阀, 其弹簧号的工作压力级是按锅炉额定工作压力选定的, 按  $p_v$  级弹簧号相配。当用户锅炉低于设计压力时, 弹簧刚度显得硬些, 如果锅炉强度有量, 安全不会有影响。但在选用备件, 或原安全阀弹簧失效时, 应选用相同公称压力下与锅炉实际工作压力所在档次弹簧号的安全阀或更换对应的工作压力级档次的弹簧号。

(2) 安全阀排汽能力计算 当锅炉提高压力时或锅炉因强度削弱, 工作压力降低较多, 在受热面不变、蒸发量不变的情况下, 安全阀的阀座面积应重新核算, 选用新的安全阀。

现举例列表校核计算如下, 见表 3-4-14。

当安全阀的阀座面积计算出来后, 亦可按表 3-4-15 查出所应选用的安全阀公称直径。

根据阀座计算面积公式, 排汽面积相等的全启式和微启式安全阀, 其排汽量不等, 前者大、后者小。锅炉上选用的全启式安全阀绝不能简单地用同面积或用同公称直径的微启式安全阀来代替。

表 3-4-13 弹簧安全阀的工作压力分级表

序号	公称压力 $P_n$ MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	工作压力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )				
		$P_1$	$P_1$	$P_V$	$P_N$	$P_V$
1	1 (10)	>0.05~0.1 (0.5~1)	>0.1~0.25 (1~2.5)	>0.25~0.4 (2.5~4)	>0.4~0.6 (4~6)	>0.6~1 (6~10)
2	1.6 (16)	>0.025~0.4 (0.25~4)	>0.4~0.6 (4~6)	>0.6~1 (6~10)	>1.0~1.3 (10~13)	>1.3~1.6 (13~16)
3	2.5 (25)					>1.6~2.5 (16~25)
4	4.0 (40)				>2.5~3.2 (25~32)	>3.2~4.0 (32~40)
5	6.4 (64)				>4.0~5.0 (40~50)	>5.0~6.4 (50~64)
6	10 (100)				>6.4~8.0 (64~80)	>8.0~10.0 (80~100)
7	16.0 (160)				>10.0~13.0 (100~130)	>13.0~16.0 (130~160)
8	32.0 (320)	>16.0~20.0 (160~200)	>20.0~22.0 (200~220)	>22.0~25.0 (220~250)	>25.0~28.0 (250~280)	>28.0~32.0 (280~320)

注:  $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098 \text{ MPa} \approx 0.1 \text{ MPa}$

表3-4-14 安全阀校核计算

序号	项 目	符号	来 源 或 算 式	数 值	单 位
1	SHL10-13锅炉最大蒸发量	$D$	给 定	11	t/h
2	锅炉额定工作压力 (表压)	$p$	给 定	1.3	MPa
3	安装在锅炉上的安全阀规格数量	$n$	A48H-16C $D_g 50 \times 2$	2	个
4	每个安全阀座直径	$d$	给 定	50	mm
5	安全阀提升高度	$h$	全启式 $h \geq \frac{1}{4} d$	$\frac{1}{4} d$	mm
6	安全阀的排汽常数	$C$	由提升高度确定	0.235	
7	安全阀入口处蒸汽比容修正系数	$K$	饱和蒸汽	1	
8	安全阀的排汽面积	$A$	$A = E / C \left( \frac{p}{0.1} + 1 \right) K$ $= 11 \times 1000 / 0.235 (1.3 + 1) \cdot 1$	3343.5	mm <sup>2</sup>
9	实际安装安全阀口径总面积	$f$	$f = n \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 2 \times 0.785 \times 50^2$	3925	mm <sup>2</sup>
10	比较		$f > A$	合 格	

表3-4-15 上海阀门厂安全阀  $D_g$ 、 $d$  (mm),  $A$  (cm<sup>2</sup>)

公称直径 $D_g$ (mm)		15	20	25	32	40	50	80	100	150	200
全启式 $p_g 16, p_g 40$	阀座内径 $d$				20	25	32	50	65	100	125
	排汽面积 $A$				3.14	4.91	8.04	19.63	33.18	78.54	122.7
	开启高度 $h$				$\geq \frac{1}{4} d$						
微启式 $p_g 10, p_g 25$ $p_g 40$	阀座内径 $d$	12	16	20	25	32	40	65	80		
	排汽面积 $A$	1.13	2.01	3.14	4.19	8.04	12.57	33.18	50.27		
	开启高度 $h$			$\geq \frac{1}{40} d$				$\geq \frac{1}{20} d$			

## 6. 安全阀的调整校验

(1) 安全阀的调整 安全阀安装之前应进行初步校验。

① 杠杆式安全阀：可按力矩平衡原理来计算重锤离支点的大概距离。参见图 3-4-8 列出计算公式。

$$p / 0.1 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 L = W_1 l_1 + W_2 l_2 + W_3 L$$

因为  $W_2$ 、 $W_3$  和  $W_1$  相比，可以不计，故上式即可化简为

$$l_1 = \frac{0.785 d^2 p L}{W_1}$$

式中  $p$  —— 锅炉蒸汽压力 (MPa);  
 $d$  —— 安全阀阀座内径 (cm);

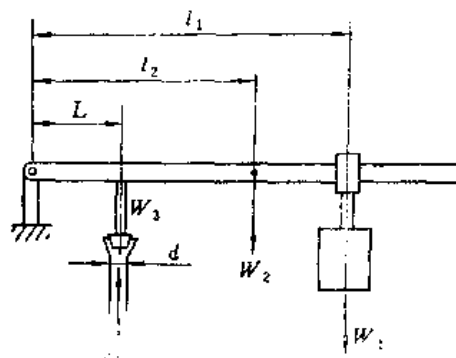


图3-4-8 安全阀重锤离支点距离计算图

- $L$ ——阀芯中心到支点的距离 (cm);
- $W_1$ ——重锤的重量 (kg);
- $W_2$ ——杠杆的重量 (kg);
- $W_3$ ——阀芯的重量 (kg);
- $l_1$ ——重锤到支点的距离 (cm);
- $l_2$ ——杠杆重心到支点的距离 (cm)。

调整压力时, 先将重锤上的紧固螺栓旋松, 左右移动重锤, 校验完毕后, 再将螺栓固紧, 并记录校验位置。

② 弹簧式安全阀: 弹簧式安全阀可以用水压试验进行初步校验, 校验设备如图3-4-9所示。

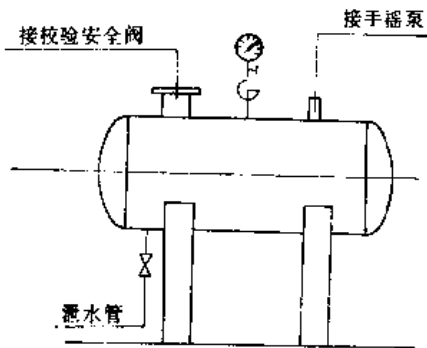


图3-4-9 安全阀校验设备

将压力表和安全阀装好, 用手摇泵加压, 从安全阀排汽管看到阀芯处有水渗出, 即可作为安全阀初步校验的开启压力。否则, 应调整弹簧压力。初步校验后, 将调整螺丝伸出阀体的距离量出并记录下来。

(2) 安全阀的校验 安全阀的排汽和回座压力按规定如表3-4-16所列。

表3-4-16 安全阀的开启压力和回座压力

锅炉工作压力 MPa	安全阀开启压力 MPa	安全阀排汽压力 MPa	安全阀回座压力 MPa	启闭压差 MPa
1.3	工作压力 + 0.02 工作压力 + 0.05	1.03倍开启压力	开启压力 - 0.04 开启压力 - 0.06	0.04 0.06
1.3~3.9	1.04倍工作压力 1.06倍工作压力	1.03倍开启压力	0.94倍开启压力 0.92倍开启压力	6% 开启压力 8% 开启压力
省煤器	1.1倍装置地点工作压力	—	—	—

注: 1. 锅炉上必须有一个安全阀, 按表中较低的开启压力进行调整; 对有过热器的锅炉, 按较低压力进行调整的安全阀必须为过热器上的安全阀, 以保证过热器上的安全阀先开启。

2. 表中的工作压力系指安全阀装置地点的工作压力。

一台锅炉如有两只或两只以上安全阀, 应先校验排汽压力最高的一只, 将排汽压力低的安全阀暂调得比高的一只再高些, 待最高的一只安全阀校验完毕后, 再对较低安全阀进行调整和校验。

有过热器的锅炉, 先校验锅筒上的安全阀, 后校验过热器上的安全阀。

省煤器的安全阀可用水压试验校验。

安全阀校验的具体方法, 当锅炉达到工作压力时, 掌握运行锅炉燃烧情况和水位的变化, 来控制压力的变化; 有些亦控制锅炉出口阀门来控制压力的变化, 以达到控制安全阀的开启压力和回座压力的目的。

调整和校验安全阀完毕后, 应将安全阀铅封或上锁, 将每只安全阀的排汽压力, 回座压力, 校验日期, 人员及情况等记入“锅炉技术登录簿”中。

### (五) 水位计检修

#### 1. 常用水位计的种类和它的连接方式

水位计是利用液体连通器各部水面均在同一平面上的原理, 监视锅筒内的一种安全装置。通过水位计内水位的高低, 以指示司炉人员操作, 保证锅炉安全运转。

低压锅炉使用的水位计, 有玻璃管式和玻璃板式水位计。

玻璃管式水位计, 公称压力一般不超过1.6MPa, 公称直径有  $D_n15$  和  $D_n20$  两种, 玻璃管内径不应小于8mm, 厚度不小于3mm。

为了防止玻璃管破裂后汽、水喷出伤人, 在旋塞内配有弹子, 汽、水的冲力使弹子自动关闭汽、水通路 (图3-4-10)。

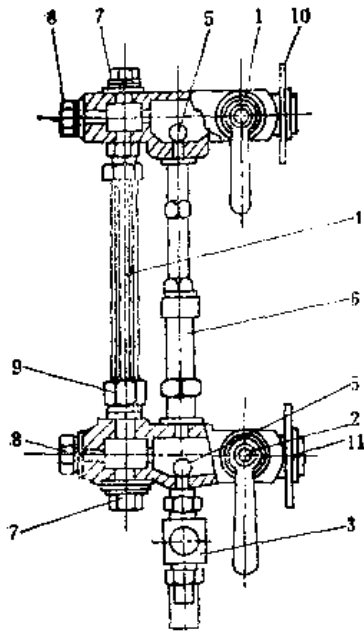


图3-4-10 玻璃管式水位表(带钢球)  
 1—连通汽旋塞 2—连通水旋塞 3—排污旋塞 4—玻璃管 5—钢球 6—联通管  
 7、8—塞头 9—压紧螺帽 10—接汽法兰 11—接水法兰

普遍使用的平板双面玻璃水位计示于图3-4-11, 玻璃面上有三棱形凹槽, 因三棱的反光作用, 有汽的上部为白色而有水的下部为黑色, 背后照明可清楚地显示出水位。

近年来我国有些单位研制成功了“双色水位计”, 已获得了一些用户的好评。“双色水位计”是一次性直读式仪表, 直接装在锅筒上, 直接看水位, 汽红水绿, 满水全绿, 无水全红, 红绿变化自

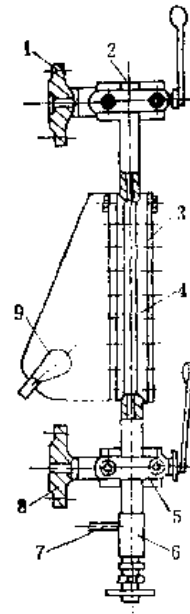


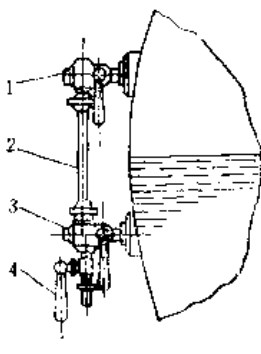
图3-4-11 双面玻璃板水位计  
 1—汽接管法兰 2—汽阀门 3—压板 4—玻璃板  
 5—水阀门 6—排污阀 7—排污管 8—水接管法兰  
 9—照明灯

动连续。基本上解决了玻璃水位计满水时或者无水时分不清的现象。

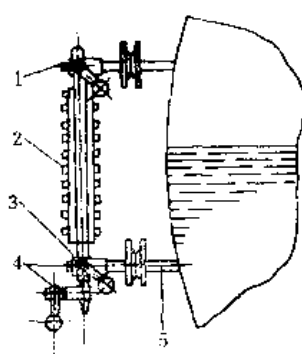
“双色水位计”便于监视(夜间在60m远处司炉工人也能看清水位), 结构简单, 安装方便(它与普通玻璃板水位计安装相同, 是法兰连接)。可用于4MPa压力以下的中、低压锅炉。

水位计与锅筒的连接, 有三种方式:

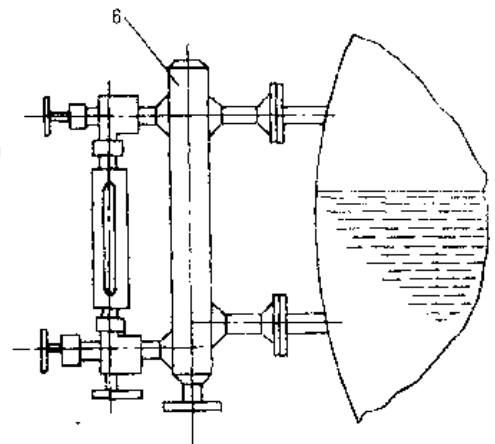
1) 水位计法兰直接与锅筒壁相连接, 如图3-4-12 a 所示。



a) 水位表与锅筒壁直接相接



b) 水位表与锅筒引出连通管相接



c) 水位表与水表柱相连接

图3-4-12 水位计与锅筒的连接方式

1—汽旋塞 2—玻璃管(板) 3—水旋塞 4—吹洗旋塞 5—连通管 6—水表柱

2) 水位计与锅筒引出的连通管相连接如图3-4-12 b 所示。

3) 水位计与水表柱相连接, 如图3-4-12 c 所示。

由于第一种连接方式会使水位计受到锅筒壁高

温的影响, 而且容易损坏, 安装校正都比较困难, 因此第一种连接方式很少采用, 一般的锅炉水位计均采用第二、第三种连接方式。

2. 水位计的常见故障及其产生的原因

见表3-4-17所列

表3-4-17 水位计的常见故障及其产生的原因

常见故障	产生故障的原因	排除故障的方法
1. 两个水位计指示不一样	水位计安装位置不正确, 汽、水连通管堵塞或受汽、水混合物冲击影响, 在引出管区域内形成压差	(1) 疏通汽、水连通管 (2) 将汽、水连通管引出压差区避免汽、水混合物冲击的影响
2. 水位计内积水造成假水位	汽、水连通管较长, 由于安装或运行中震动等影响, 使水位计下沉致使水位计内积水造成假水位	将水位计连通管缩短排除震动的因素, 并校正水位计
3. 水位呆滞不动	(1) 由锅内锅水中的泥垢或盐类积累在水旋塞阀中, 水旋塞阀被堵塞 (2) 同样原因, 汽旋塞阀被堵塞, 蒸汽管路不通, 水位计中蒸汽被冷凝, 水位升高, 高于锅筒中实际水位, 且水位变动很小 (3) 玻璃管式水位计由于玻璃管长度不够, 被填料盒中密封填料 水位计通路, 致使水位计充满或高于锅筒实际水位, 且水位呆滞	(1) 吹洗水旋塞阀或连通管或用弯成L形的铁丝疏通 (2) 吹洗汽旋塞阀 (3) 更换玻璃管
4. 汽水旋塞不严, 漏水、漏汽。当汽旋塞漏汽时, 水位计中汽空间压力降低水位计水位比锅筒水位略有升高。当水旋塞或吹洗旋塞泄漏时, 水位计中水位低于锅筒中水位	(1) 旋塞质量不良, 制造有缺陷 (2) 旋塞阀接触面磨损, 研磨不良 (3) 压盖或填料过松, 填料不足或填料变质等; (4) 平板玻璃与表壳接触不严密, 容易产生漏汽、漏水	(1) 更换旋塞阀 (2) 小心研磨旋塞或旋塞填料压盖
5. 水位计玻璃破裂	(1) 水位计上下接头(管座)或汽水旋塞阀中心线不在同一中心线上, 玻璃被扭断 (2) 新更换的玻璃未经预热 (3) 旋塞开得太快, 冷热变化剧烈 (4) 玻璃质量不好或选用不当 (5) 玻璃管切割时管端有裂口 (6) 玻璃管安装时未留膨胀间隙或填料压得太紧 (7) 平板玻璃水位计安装时螺栓旋紧时用力不均 (8) 玻璃上被冷水溅到表面或表面有肥皂液或油污 (9) 过堂风吹入	(1) 调正或对正接头(管座)中心线 (2) 按水位计预热操作 (3) 按水位计吹洗方法操作 (4) 更换玻璃管、板 (5) 更换玻璃管、板 (6) 留膨胀间隙或将填料适当地压紧 (7) 螺栓旋紧时用力均匀 (8) 防止冷水, 冷空气等使水位计急剧冷却
6. 水位计中冒汽泡	水连通管较长, 绝热不好, 受烟气加热, 水连通管中的水部分产生蒸汽	做好绝热保护, 排除烟气加热



### 3. 水位计的安装技术要求

1) 每台锅炉至少应装两个彼此独立的水位计。

2) 水位计应安装在便于观察的地方, 应保持足够的光线, 便于监视水位。

3) 水位计应有下列标志和防护装置

① 水位计应有指示最高、最低安全水位的明显标志。水位计玻璃板(管)的最低可见边缘应比最低安全水位低25mm; 水位计玻璃板(管)的最高可见边缘, 应比最高安全水位高25mm。

② 玻璃管式水位计应有安全防护装置。

③ 水位计应有放水旋塞(或放水阀门)和接到安全地点的放水管。

4) 水位计的结构和装置应符合下列要求

① 锅炉运行时, 能够吹洗和更换玻璃管(板)。

② 用两个玻璃板上下交错并列成一个水位计时, 能够不间断地指示水位。

③ 水位计(或水表柱)和锅筒之间的汽水连接管内径不得小于18mm, 连接管长度大于500mm或有弯曲时, 内径应适当放大, 以保证水位计灵敏准确。

④ 连接管应尽可能地短, 汽接管应能自动向水位计疏水, 水接管应能自动向锅筒疏水。

⑤ 旋塞的内径以及玻璃管的内径, 都不得小于8mm。

5) 水位计(或水表柱)和锅筒之间的汽水接管上, 如装有阀门, 在正常运行时必须将阀门全开。

6) 蒸发量大于2t/h的锅炉, 必须装设高低水位报警器, 警报信号须能区分高低水位。

### 4. 水位计检修质量要求

1) 中心位置要和汽包内正常水位线一致。

2) 水位计外壳不得变形, 镶玻璃板的接触面应平整光滑。

3) 螺丝要完整牢固。

4) 玻璃板不得有裂纹、凸凹等缺陷。

5) 照明灯要明亮, 照射角度便于观察水位。

6) 玻璃板前面不得有任何设备阻挡视线, 自下部上视一定要看得清楚。

7) 玻璃板磨薄不得超过原厚度的1/3。玻璃板与外壳的接触面不得漏泄。

8) 水位计的汽、水连接管一般不得安装阀门, 如装有阀门运行前应在全开位置, 并且法兰

盘, 阀门不得漏泄, 管线布置要水平整齐。

9) 管线内部应清洁畅通, 不得有水垢污泥, 杂质堵塞。腐蚀最大不得超过管厚度的1/3。管线外部应保证完整。

10) 玻璃管水位计上下阀座接头中心必须对准, 要严密不漏。

11) 水位计的汽、水旋塞阀、排污阀严密不漏。

### 5. 双色水位计

双色水位计具有水位显示清晰, 容易判断缺水或满水状态等优点, 因此, 受到有关部门的推广和重视。

双色水位计是利用光学校镜对有水或无水部位, 分别产生透射和全反射现象的原理, 以红、绿两种颜色显示水位的仪表。

水星牌双色水位计的主要技术参数见表3-4-18所列。

表3-4-18 主要技术参数

型 号	B49X-1.6	H49X-2.5
公称压力	1.6 (MPa)	2.5 (MPa)
试验压力	2.4 (MPa)	3.8 (MPa)
视屏高度	165, 195 (mm)	
安装中心距	300, 330, 350, 460 (mm)	
显示色标	有水是红色, 无水是绿色	
视角范围	20°	
观测距离	≤60 (m)	
电压, 功率	交流36±4 (V), 6 (W)	

该产品安装中心距规格有440、350、330、300mm等几种, 其它规格, 可按要求订制。

双色水位计的安装形式和连接尺寸与通用的平板式水位计相同。水位计的照明电路接线请参阅图3-4-13, 安装、刷洗示意图。镇流器应安装在锅炉附近通风处, 但与水位计之间的距离不宜太远, 一般不超过5m为好。

双色水位计容易出现的问题及处理方法, 见表3-4-19所列。

### 6. 低地位水位计

按照《蒸汽锅炉安全监察规程》规定, 当水位计距离操作地面高于6m时, 应加装低地位式水位计。

低地位水位计有液柱差压式低地位水位计和机

表3-4-10 常见故障及其处理方法

常见故障	产生故障的原因	处理方法
1. 灯管不亮	(1) 接线不正确或接线不可靠(虚联) (2) 电源电压不符合要求	(1) 应按图3-4-13安装、刷洗示意图检查线路 (2) 应检查电源电压是否在 $36 \pm 4V$ 的范围内
2. 镇流器烧毁	(1) 电源电压过高或电压波动过大 (2) 当镇流器输出线路短路时, 就出现烧毁镇流器的现象	(1) 应接到电压较稳的照明电路上或采用稳压变压器 (2) 应检查灯线灯座线路是否短路, 并采取必要绝缘措施
3. 水位计挂污	(1) 当水质较差或不经常冲洗, 出现挂污现象使玻璃透明度降低, 直接影响水位显示清晰度 (2) 由于长时间不冲洗或其他原因挂污严重而影响使用	(1) 应经常冲洗水位计, 保持清洁 (2) 应采取刷洗措施, 首先关闭汽水旋塞, 拧开汽旋塞上部的堵头螺丝, 用长毛刷刷洗。刷洗时若少加些去污剂或稀硫酸效果更好

械式低地位水位计两种。

液柱差压式低地位水位计是利用液体静压力原理, 测量两个液柱的静压差而制成。根据低地位水位计指示器中液体比重不同, 有比重大于1的重液式低地位水位计, 比重小于1的轻液式低地位水位计。还有差压式低地位水位计等。它们的安装, 联接如图3-4-14所示。

对低地位水位计所用的工作液要求如下:

- 1) 不溶于水。
- 2) 可染成鲜明的颜色, 与水能形成明显的分界线。
- 3) 沸点较高, 且无腐蚀作用。
- 4) 粘度应尽量小。

能满足上述要求的重液有四氯化碳( $\rho = 1.623 t/m^3$ )、三氯甲烷( $\rho = 1.489 t/m^3$ )、三溴甲烷( $\rho = 2.89 t/m^3$ )等或用其它溶剂调制成的混合物。常用的重液密度为 $1.6 \sim 2.0 t/m^3$ 。为了便于观察水位, 可加入可溶性染料。如加入0.01% 芭豆红, 就能使重液呈鲜艳的红色。轻液一般用机油、煤油和汽油按不同比例混合即可, 并加

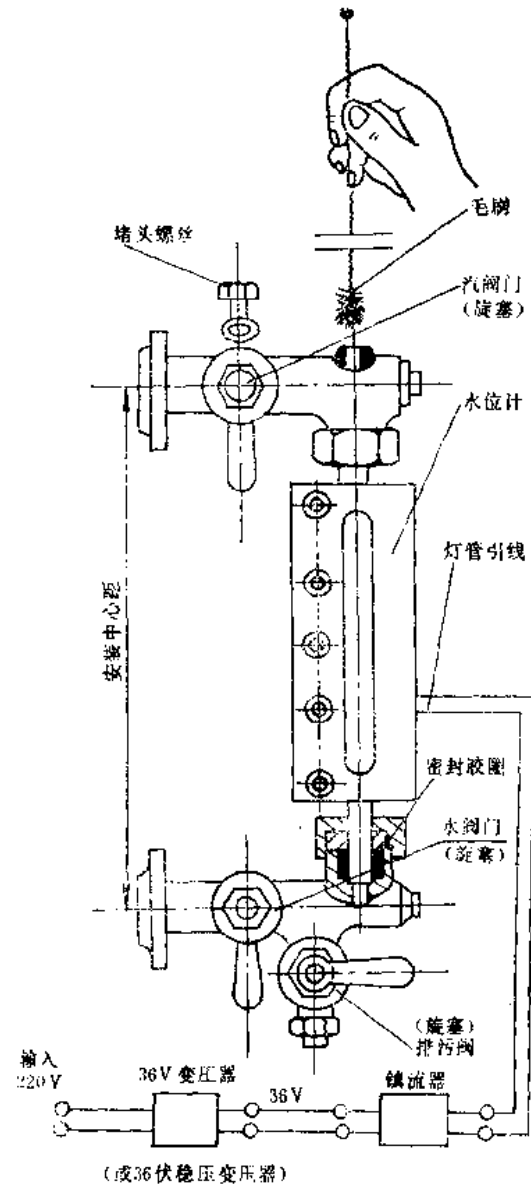


图3-4-13 水位计安装、刷洗示意图

入适量酚酞, 便可使轻液呈枣红色, 常用的轻液密度为 $0.7 \sim 0.8 t/m^3$ 。

机械式低地位水位计常见的有浮筒式低地位水位计, 它由连通器、连通管、平板玻璃、浮筒、连杆、指针等组成, 如图3-4-15所示。在连通器的水面上放置一个浮筒, 浮筒用连杆或链条与指针(重锤)相接。当锅筒内的水位发生变化时, 浮筒也相应的跟随变化, 带动指针直接指示出锅筒内的水位。这种浮筒式低地位水位计具有结构简单, 制作要求不高, 运行可靠等优点。但是浮筒在连通器内受到锅筒内水蒸汽压力, 容易损坏。因此, 在制作浮筒时里面可装一些液体, 当受热后使液体汽化成

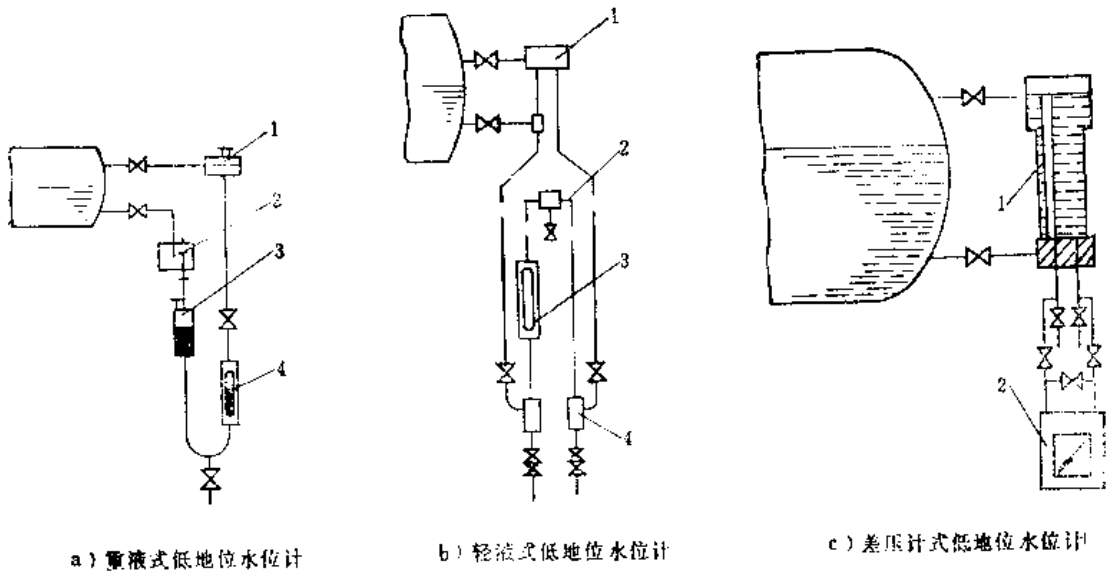


图3-4-14 重液式、轻液式、差压计式低地位水位计

- |                            |                             |                 |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| a)                         | b)                          | c)              |
| 1—凝汽室 2—沉淀箱<br>3—筒液器 4—指示器 | 1—平衡器 2—倒U形管<br>3—指示器 4—沉淀箱 | 1—平衡器 2—双波纹管差压计 |

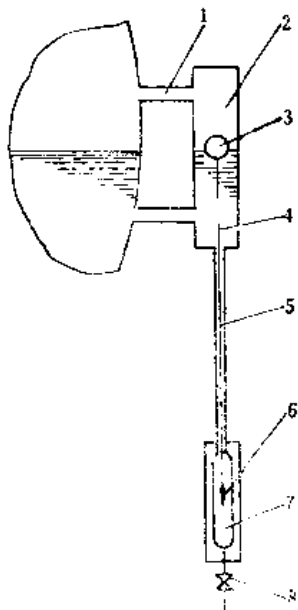


图3-4-15 浮筒式低地位水位计

- 1—连通管 2—连通器 3—浮筒 4—连杆  
5—连接管 6—指针(重锤) 7—平板玻璃  
8—放水旋塞

蒸汽，产生内压与外压（锅筒内水蒸汽压力）相抵消，使浮筒不致由于受到过高的外压而遭到破坏。

低地位水位计装置应具有下列要求：

1) 水位指示器及U形管的位置应保持垂直。为了便于观察和调整水位，低地位水位计应安装在

司炉人员便于观察的地方。

2) 低地位水位计的汽水连接管应单独由锅筒接出，连接管内径不应小于18mm。

3) 在冷凝器与锅筒之间应装截止阀，以便在必要时将低地位水位计与锅筒的连通管隔断。

4) 必须将低地位水位计与锅筒上玻璃水位计的水位经常进行校对，防止失灵。如果出现误差超过正常范围，应查出原因进行修理。

5) 重液式低地位水位计上的沉淀箱要定期排污，以免污物进入重液箱和低地位水位计内。

6) 在判断和处理锅炉缺水和满水事故时，应以锅筒上的水位计的水位为准。

7) 要经常保持差压式低地位水位计传动连接齿轮部位的清洁，防止卡住失灵。

### 7. 高低水位报警器

目前常用的高低水位报警器一般均安装在锅筒外面，安装在锅筒里面的高低水位报警器虽然较为可靠，但必须停炉进入锅筒里才能检修，甚为不便，所以较少采用。

浮于高低水位报警器有锅筒内浮子式高低水位报警器和锅外浮子高低水位报警器两种。它们的原理是利用锅炉水位上的浮子相应上下移动而报警的。用高水位浮子控制高水位哨叫高度，低水位浮子控制低水位哨叫高度。正常水位时处于平衡位

置，针形阀不打开，因此汽笛不哨叫。当水位不正常时，浮子平衡破坏，拉开汽门，使汽笛哨叫，因而达到报警的目的。这种报警器现在已较少采用。现在采用较多的是电极式高低水位报警器。它的工作原理是利用水与蒸汽导电性能的不同，通过晶体三极管直流继电器，控制执行机构，达到锅炉水位自控与报警的目的。其线路结构从略。电极式高低水位报警器的水柱电极一般有一柱三级式和一柱四级式两种规格。根据用户不同需要，可以做成更多的电极。

电极式水位报警器使用日久，常易发生水滴粘连在电极端点上而错误报警。这主要是由于电极端头的特殊弧形，日久被磨损或水质不良使电极端头附上水垢所造成。故应注意锅炉水质并定期清理电极端头。

高低水位报警器的安装要求

- 1) 选用的高低水位报警器应满足锅炉的工作压力和温度要求。
- 2) 连接高低水位报警器的汽、水连管的直径应采用不小于32mm的无缝钢管。
- 3) 为便于检修，汽、水接管上应装截止门。锅炉在运行时，应把阀门开足，并把手轮折去或上锁。
- 4) 高低电极或浮筒指示的液位应与锅筒水位相一致。
- 5) 高低水位报警器的浮球位置应保持垂直灵敏，防止卡住。
- 6) 高低水位报警器安装完毕后，应与玻璃水位计校对水位，确信符合要求后才能投入运行。

(六) 压力表

1. 弹簧式压力表和它的附件

工业锅炉上一般多采用弹簧管式压力表。弹簧管式压力表具有结构简单，造价低廉，精度较高，便于携带，安装使用方便，测压范围较宽的特点，所以应用十分广泛。它是由表壳、弹簧管、固定端、拉杆、杠杆、扇形齿轮、小齿轮、指针、游丝、管接头管零件组成。如图3-4-16所示。

在表壳里面装有一个用磷铜制成的椭圆形弹簧管，管的一端固定并与存水弯管相连接，另一端封闭与连杆和杠杆相连，指针固定在小齿轮轴上。当弹簧管内受压时，由椭圆膨胀为圆形，迫使弹簧管向外伸展，压力越高，伸展越大，这一动作通过拉

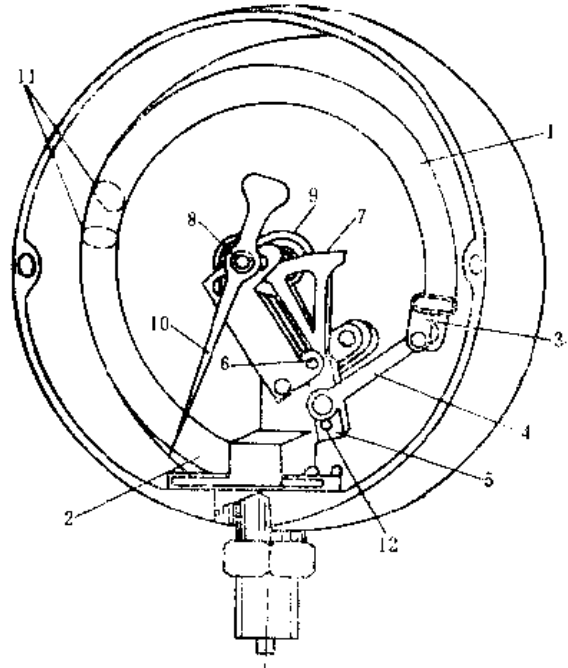


图3-4-16 弹簧管式压力表

- 1—弹簧管 2—弹簧管固定端 3—弹簧管活动端
- 4—连杆 5—杠杆 6—杠杆转动支点 7—扇形齿轮
- 8—小齿轮 9—螺旋形游丝弹簧 10—指针
- 11—弹簧管截面 12—可调整之接合点

杆、杠杆、扇形齿轮、小齿轮传递给指针，指针转动指示出锅内压力。当无压力时，弹簧管恢复原样，指针回到零位。指针指示为表压，单位刻度为MPa（以前的刻度为kgf/cm<sup>2</sup>）。

在使用压力表时，必须具有存水弯管和三通旋塞等附件。

存水弯管的作用是产生一个水封，压力表与锅筒连接，起到防止蒸汽直接通到压力表的弹簧管内，使弹簧管受热过高失去弹性，影响压力表读数的准确性和使用寿命。压力表存水弯管的形式很多，常见的有如图3-4-17所示。

三通旋塞阀应装设在压力表与存水弯管之间。它既可以防止压力表内部机构的振动，又可以起到吹洗存水管，校验压力表和卸换压力表的作用。三通旋塞阀各部位置及作用如图3-4-18所示。

2. 压力表的常见故障及其产生的原因

见表3-4-20。

3. 压力表装置的技术要求

(1) 每台锅炉必须装有与锅筒蒸汽空间直接相连接的压力表。在给水管的调节阀前，可分式省煤器出口，过热器出口和主汽阀之间，再热器进

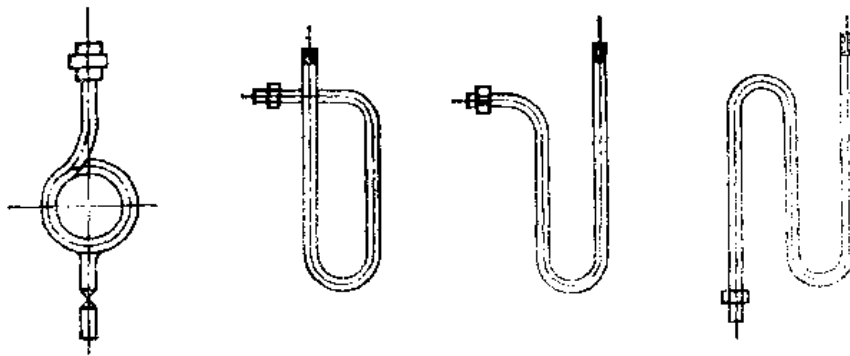


图3-4-17 压力表存水弯管形式图

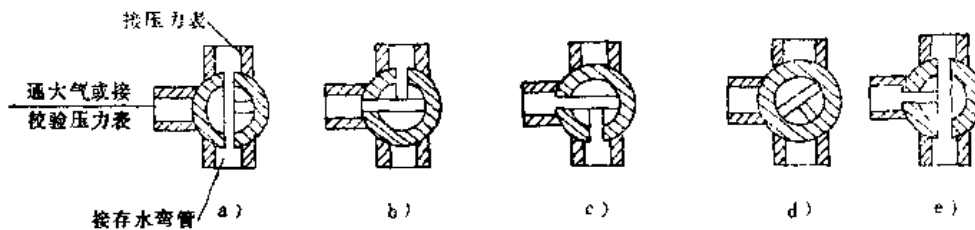


图3-4-18 三通旋塞阀位置及作用图

a) 正常工作位置 b) 检查压力表位置 (压力表连通大气时的位置) c) 疏通存水弯管位置  
d) 存水弯管蓄积凝结水位置 e) 接通校正压力表位置

表3-4-20 压力表的常见故障及其产生的原因

常见故障	产生故障的原因
1. 压力表指示不准	(1) 温度的影响: 没有装设存水弯管, 高温蒸汽和液体直接进入弹簧管, 除受压力外, 尚产生温度伸长, 致使弹簧管动作加大, 误差变大 (2) 震动的影响: 一种是被测汽体、液体或被测机构的震动; 一种是压力表内部机构的震动。震动的结果使压力表齿轮磨损变形, 游丝紊乱指针松动, 轴承损坏等, 以致压力表失去准确性, 甚至损坏 (3) 超负荷的影响: 压力表经常指示范围在刻度盘 2/3 以上位置, 长期使用后造成弹簧管弹性不足或产生永久变形, 以致影响准确性 (4) 其他影响: 压力表进入污物和杂质; 未作调整和校验; 管理不善或碰坏
2. 指针不指在零位	(1) 弹簧弯管失去弹性 (伸直) (2) 游丝失去弹性和脱落 (3) 三通旋塞的通道, 压力表连管或存水弯管堵塞 (4) 指针弯曲或卡住
3. 压力表指针抖动	(1) 游丝损坏或连杆和扇形齿轮的结合螺栓不活动 (2) 中心轴两端弯曲, 转动时轴两端作不同心的转动 (3) 压力表三通旋塞或存水弯管的通道局部被垫衬所堵塞或遮盖
4. 压力表指针不动	(1) 三通旋塞未打开或位置不正确 (2) 三通旋塞、压力表或存水弯管通道堵塞 (3) 指针与中心轴的结合部位可能松动或指针卡住 (4) 弹簧管与表座的焊口渗漏 (5) 扇形齿轮的轴可能松动、脱开, 传动不到小齿轮

表3-4-21 压力表的精度等级与允许误差百分率

金属压力表精度等级	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4
允许误差百分率	±0.5%	±1%	±1.5%	±2%	±2.5%	±3%	±4%

注：按压力表上限值计算其最大误差。

口，应装压力表。

(2) 选用压力表应符合下列规定：

① 工作压力 $<2.5\text{MPa}$ 的锅炉，压力表精度不应低于2.5级；工作压力 $\geq 2.5\text{MPa}$ 的锅炉，压力表精度不应低于1.5级。压力表的精度等级与允许误差百分率的关系见表3-4-21。

② 压力表盘上刻度值，应根据工作压力选用。压力表盘的最大刻度值（即上限）应为被测工作压力的1.5~3倍，最好选用2倍。

③ 压力表盘的直径大小，应保证司炉人员能清楚地看到压力指示值，表盘直径不应小于100mm。一般高度达5m的锅炉选用压力表的直径应不小于200mm；超过5m的，压力表的直径应不小于300mm。

(3) 压力表装置校验和维护应符合国家计量部门的规定。压力表装用前应做校验，并在刻度盘上划红线指示工作压力。装用后每半年至少校验一次。压力表校验后应封印。

(4) 压力表安装应符合下列要求

① 应装置在便于观察和吹洗的位置，并应防止受到高温、冷冻和震动的影响。

② 应有存水弯管。存水弯管用钢管时，其内径不应小于10mm；用铜管时，其内径不应小于6mm。

③ 压力表与存水弯管之间应装置三通旋塞，以便吹洗管路，卸换压力表。

(5) 压力表有下列情况之一者，应停止使用

① 有限制钉的压力表在无压力时，指针转动后不能回到限制钉处；没有限制钉的压力表在无压力时，指针离零位的数值超过压力表规定允许的最大误差。

② 表面玻璃管破碎或表盘刻度模糊不清。

③ 封印损坏或超过校验有效期限。

④ 表内漏汽或指针跳动。

⑤ 其他影响压力表准确的缺陷。

#### 4. 压力表的修理和校验

凡是因长期使用或某种原因损坏的压力表，如弹簧管变形破裂，失去弹性，齿轮磨损，轴承损坏

等，均不能修理，只有更换新压力表。

对于压力表内部机件松动，油尘阻塞，致使压力表指示不准不稳时，可以清洗和调正。

对于新旧压力表，其精确度都应进行校验，校验时应采用专用压力表校验器。一般常用的有三种方法。

(1) 液柱式压力表校验器。在校验器的连通管上，一侧接在被校验的压力表上，一侧接在内装有水银的玻璃管容器上，玻璃管上标有刻度为压力指示值。当校验器加压后，容器中的水银从玻璃管上升，通过升高的标尺数值，对比压力表盘读数，校正其准确度。

此法准确度较高，因水银柱高度受到限制，仅可做一般负压表及低值压力表的校验。

(2) 砝码式压力表校验器。在校验器的连通管上，一侧接被校验压力表，一侧接在有面积为 $1\text{cm}^2$ 的活塞上，活塞杆上压有许多砝码。当加压器通过对油的加压后，将活塞顶起，其顶起的重量与压力表表盘读数相对比，即可知压力表的准确度如何。

(3) 标准压力表式校验器。在校验器的连通管上，一侧接有被校验的压力表，另一侧接有比被校压力表等级高出1~2级的标准压力表。当加压器加压时，对比两表读数误差，得出被校压力表的准确度。

也有同时用一台压力表校验器，连通管上有几个管，亦可利用砝码柱塞，又可兼用标准压力表，与被校压力表三者对比，效果更好。

## 第5节 燃烧设备检修

### (一) 燃烧设备工作性能参数

目前，我国工业锅炉都是以燃煤为主，燃烧方式一般都是层燃炉。层燃炉的燃烧设备主要是炉膛（包括前后拱）、炉排、抛煤机等。炉膛主要是指炉排燃烧层以上的空间，它的作用是使燃料燃烧后充分放热，按一定的路径将热量传给水冷壁和炉

管, 烟气通过烟道排至烟囱。炉膛结构这里不作详细的叙述。

燃烧设备本身要考虑到结构轻巧, 运行可靠, 操作简便, 维护容易。它的主要任务在于针对不同燃料的燃烧特性, 为其完全燃烧创造条件。

为了便于掌握层燃炉的特性, 判定和了解炉膛结构要求和炉排工作情况, 现将几个工作性能参数介绍如下:

### 1. 热功率

热功率就是在炉膛中每小时所产生的总热量。以  $B$  (kg/h) 表示每小时的燃料消耗量, 以  $Q_{DW}^y$  (kJ/kg) 表示燃料的低位发热量, 则热功率  $Q$  (kW) 为:

$$Q = BQ_{DW}^y \quad (\text{kW})$$

### 2. 炉排面积热强度

炉排单位面积上, 单位时间内的热功率, 称为炉排面积热强度 (简称炉排热强度或炉排热负荷):

$$q_r = \frac{BQ_{DW}^y}{R} \quad \text{kW/m}^2$$

式中  $q_r$  —— 炉排热强度 (kW/m<sup>2</sup>);

$B$  —— 耗煤量 (kg/h);

$R$  —— 炉排有效面积 (m<sup>2</sup>)。

炉排有效面积的计算, 对机械化炉排来说, 计算有效面积的长度是从煤闸门出口至老鹰铁尖端处, 宽度为燃料层表面 (即炉排两侧密封块的距离) 宽度。

### 3. 炉膛容积热强度

单位炉膛容积在单位时间内的热功率, 称为炉膛容积热强度 (简称炉膛热强度或称炉膛热负荷):

$$q_v = \frac{BQ_{DW}^y}{V} \quad (\text{kW/m}^3)$$

式中  $q_v$  —— 炉膛容积热强度 (kW/m<sup>3</sup>);

$V$  —— 炉膛体积 (m<sup>3</sup>)。

炉膛容积的计算, 对机械化炉排, 炉膛容积是指由炉膛内壁面或水冷壁管中心线, 燃料层表面和防渣管或第一排对流管束的管子中心线所围成的空间。

### 4. 燃烧率

在单位炉排面积上, 单位时间内所能燃烧的燃料量:

$$q = \frac{B}{R} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{h})$$

式中  $q$  —— 燃烧率 (kg/m<sup>2</sup> · h);

$B$  —— 燃料燃烧量 (kg/h);

$R$  —— 炉排有效面积 (m<sup>2</sup>)。

炉排热强度和燃烧率基本上一致的。炉排热强度考虑了燃料的发热量, 故实用性较好。是表征层燃炉工作特性的重要指标。但在锅炉改造时, 作为简单估算则燃烧率比较适用。燃烧率与炉排煤层阻力的关系参见表 3-5-1。从表 3-5-1 中看出: 随着燃烧率提高, 炉排煤层阻力激增, 使辅机电耗增加, 飞灰损失加重。反之, 炉膛温度下降, 不完全燃烧损失增加, 影响锅炉出力。

锅炉炉膛的热功率和热强度, 随着锅炉容量、构造形式和燃料特性不同而有所不同。其具体的正确数值要通过长期运行和试验来确定。各种燃料与炉型的经验数值可见表 3-5-2, 表 3-5-3, 表 3-5-4。

炉膛容积热强度与炉膛容积的关系见表 3-5-

5。

表 3-5-1 燃烧率与炉排煤层阻力的关系

炉排煤层阻力 (Pa)	燃烧率 (kg/m <sup>2</sup> h)	煤的种类			
		50	100	150	200
烟煤 (手烧)	10	28	43	71	
粉烟煤 (手烧)	18	41	71	112	
烟煤 (机烧)	20	48	97	151	
粉烟煤 (机烧)	27	78	130	230	
贫煤 (机烧)	26	68	119	187	
无烟煤 (机烧)	40	120	225	360	

注: 该表引自《工业锅炉实用常识》山西省纺织工业公司编著, 1977年版。

表3-5-2 炉排热强度和燃烧率参数

指 标	燃 烧 方 式					
	手 烧 炉	链 条 炉	振 动 炉	倾 斜 往 复 炉	抛 煤 机 活 动 炉 排	抛 煤 机 倒 转 炉 排
炉排热强度 $\text{kW/m}^2$ ( $\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}$ )	698~930 ( $(600\sim800)\times 10^3$ )	烟煤: 581~1047 ( $(500\sim900)\times 10^3$ ) 无烟煤: 581~814 ( $(500\sim700)\times 10^3$ )	<1163 ( $<1000\times 10^3$ )	自然通风: 698 ( $600\times 10^3$ ) 强制通风: 756 ( $650\times 10^3$ ) 一次风为热风 814~930 ( $(700\sim800)\times 10^3$ )	930~1163 ( $1800\sim1000$ ) $\times 10^3$	烟煤: 1896 ( $1630\times 10^3$ ) 无烟煤: 1570 ( $1350\times 10^3$ )
燃 烧 率 $\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$	自然通风 75~120 强制通风 120~150	自然通风 100~150 强制通风 150~250	强制通风 100~200		自然通风 80~150 强制通风 140~180	300~400

注: 1. 按  $Q_{DW}^V=18840\sim 20934\text{kJ/kg}$  ( $4500\sim 5000\text{kcal/kg}$ ) 估算。  
2. 该表引自《工业锅炉实用常识》, 山西省纺织工业公司编, 1977年。

表3-5-3 层燃炉的炉排热强度推荐值 ( $\text{kW/m}^2$ )

炉子型式	烟		煤	
	$Q_{DW}^V > 18840\text{kJ/kg}$	$Q_{DW}^V < 18840\text{kJ/kg}$	$Q_{DW}^V > 20934\text{kJ/kg}$	$Q_{DW}^V < 20934\text{kJ/kg}$
手 烧 炉	自然通风 698~814			
	强制通风 814~930			
链条炉排	814~1047	698~814	814~930	581~698
往复炉排	自然通风 ~698			
	强制通风 ~814			
振动炉排	930~1163	814~930		
抛煤机炉	930~1163	814~930		

注: 该表引自《工业锅炉安全技术基础》上海市劳动局锅炉安全监察处编著。劳动人事出版社, 1983年12月版。

表3-5-4 允许的炉膛热强度

锅 炉 型 式	燃 烧 方 式	允许的炉膛热强度 $\text{kW/m}^2$ ( $\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}$ )
火管锅炉	手 烧	407~523 ( $350\sim 450$ ) $\times 10^3$
水管锅炉	手 烧	81~128 ( $70\sim 110$ ) $\times 10^3$
	层燃炉 (没有水冷壁)	174~290 ( $150\sim 250$ ) $\times 10^3$
	层燃炉 (有水冷壁)	290~523 ( $250\sim 450$ ) $\times 10^3$
	抛煤机炉	233~290 ( $200\sim 250$ ) $\times 10^3$
	煤粉炉	140~233 ( $120\sim 200$ ) $\times 10^3$
	倒转炉排加抛煤机	233~407 ( $200\sim 350$ ) $\times 10^3$

注: 该表引自《工业锅炉实用常识》, 山西省纺织工业公司, 1977年版。



表3-5-5 炉膛热强度与炉膛容积关系

炉膛容积 (体积) 容积 ( $m^3$ )	5	5~10	10~30	30~50	50~80	100以上
炉膛热 强度 $kW/m^3$ ( $kcal/m^2 \cdot h$ )	290~523 $((250\sim450) \times 10^3)$	209~290 $((180\sim250) \times 10^3)$	209~290 $((180\sim250) \times 10^3)$	174~233 $((150\sim200) \times 10^3)$	151~209 $((130\sim180) \times 10^3)$	116~174 $((100\sim150) \times 10^3)$

## (二) 几种炉排的工作性能

### 1. 往复炉排结构和工作特性

目前我国使用往复炉排有两大类：一类为倾斜式往复推动炉排；另一类为水平式逆推往复炉排。倾斜式往复炉排，自1967年在国内开始推广使用以来，炉排种类和炉排片的型式已发展或很多种。其中应用较广的是间隔动作的顺向倾斜往复炉排（图3-5-1）。

由图可见，炉排呈倾斜阶梯状，是由相间叠压在一起的活动炉排片和固定炉排片组成。整个炉排面与水平成 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的倾角。固定炉排片嵌装在固定炉排梁上，梁则架在倾斜的支架上。活动炉排片装在活动的炉排梁上，梁则架在固定炉排梁两端伸出的滚轮上。活动炉排框架一端与往复运动的小拉杆相连。电动机转动时带动偏心轮，使拉杆作往复运动，再通过人字拉杆带动框架，使活动炉排片在固定炉排上也作往复运动。

现将倾斜往复炉排的结构和工作特性综合如下：

(1) 炉排相对水平倾斜角度 通常采用炉排

整体框架，相对水平倾斜角度 $15^\circ \sim 25^\circ$ ，同时炉排本身也微向下倾斜，约与水平线下倾 $8^\circ$ 。机械化倾斜往复炉排的倾斜角度，决定于炉排动作。燃料往下滑落所需的角度，主要决定于炉排的结构形式。若炉排片采用平板形的，那么炉排所需的倾斜度就大，有的达 $30^\circ \sim 50^\circ$ ，若炉排片本身具有一定的角度，那么炉排的倾斜度就相应地减小。

(2) 往复行程 可动炉排片往复行程一般在 $30 \sim 50mm$ 之间，近来也有增加到 $70 \sim 120mm$ 的。

(3) 炉排的面积 炉排的宽度最大不宜超过 $2000mm$ ，一般在 $1600mm$ 左右。炉排的总长度为 $3500 \sim 5500mm$ 。炉排过长，成渣区就长，致使炉排承受较高的温度。一般只应用在蒸发量 $10t/h$ 以下的锅炉，目前，国内只应用在 $6.5t/h$ 以下的锅炉。

(4) 炉排的通风截面 煤斗下一、二排炉排，采用整体无缝炉排，其余均采用宽度为 $18 \sim 50mm$ 的条形炉排组成。在相邻炉排片之间有 $1 \sim 2mm$ 的通风间隙，上下层炉排之间也有通风间隙。总的通风截面比约为 $7\% \sim 12\%$ 。

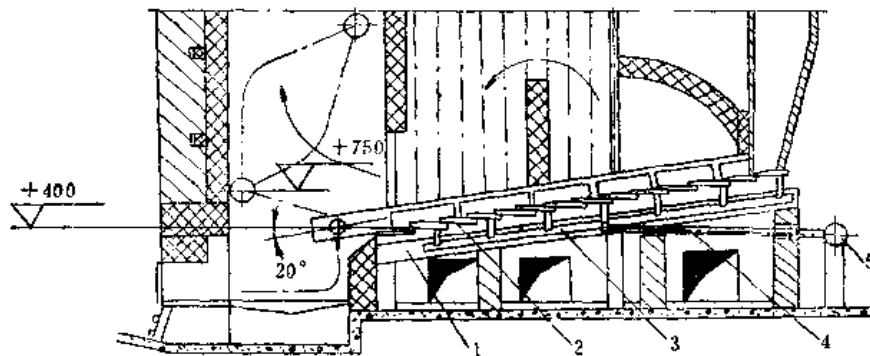


图3-5-1 倾斜式往复推动炉排

1—炉排支架 2—固定炉排片 3—活动炉排梁框架 4—拉杆 5—偏心机构

(5) 炉排分区送风 炉排下有4~5段(个)风室,分段送风,以便按燃烧过程调节。

(6) 炉排热强度 采用强制通风时,若利用150~200℃的热风作为一次风时,炉排热强度为(814~930)kW/m<sup>2</sup>。若利用冷风作为一次风时,炉排热强度为(698~756)kW/m<sup>2</sup>。当采用自然通风时,炉排热强度为698kW/m<sup>2</sup>时。由于倾斜往复炉排片工作条件不好,一般比其他机械化燃烧炉排的热强度要低。采用耐热材料的炉排片,可以提高炉排热强度。

(7) 炉排的重量指标 连框架在内每平方米炉排面积约700kg,炉排片本身自重300kg。

(8) 国内外已运行的倾斜往复炉排的工作特性 见表3-5-6,供参考。

(9) 倾斜往复炉排的优缺点 烧一般烟煤锅炉热效率可达70%~80%,并可用质量较差的烟煤,结构简单,易于制造,耗电少,炉排和拱配合适当时,不冒黑烟,对环境保护有好处。其缺点是:不易于烧无烟煤,也不适于烧用结焦性强的烟煤;由于炉排只作往复推动,冷却条件较差,所以燃烧旺盛地区,炉排片容易变形或烧坏;适应负荷变化的能力较差,反应慢。

水平式往复推动炉排也是由固定炉排片、活动炉排片、炉排、连杆、滚轮、烤焦炉排以及后拱等主要部件组成。它与倾斜式往复炉排在结构上不同之

处是:倾斜式往复炉排整体框架相对水平位置有一定倾角,而水平往复炉排整体框架为水平的。在倾斜往复炉排上,单个炉排片水平放置时就能形成自然斜坡,便于往前推煤,而水平往复炉排片本身要做成一定的逆坡和加大行程,才能推动煤向前运动。由于结构上的差异,水平式往复炉排的运动规律与倾斜式阶梯往复炉排不同。由于水平式往复炉排片本身存在着一个16°的逆坡,活动炉排片除作前后往复运动外,还要作上下运动;固定炉排片并不固定,也要作上下起伏运动。

由于炉排片的往复推动,使燃料波浪式地前进,每当炉排往复一次,燃料就受到一次规律性的挤压、破碎、移动、塌落和翻滚,加上炉排头部的起伏和搅拌,又使燃料受到规律性的捣拨和疏松。这样,有利于燃料中碳粒与空气的接触,使燃料充分燃尽。

根据燃料燃烧过程不同,可以做成各种不同的炉排片,如有缝炉排片,无缝炉排片,边炉排片等,分别控制预热、燃烧、燃尽的通风截面。如有的单位采用预热区的通风截面为1%~2.5%,燃烧区为7%~12%,燃尽区为3.5%~5%。炉排下各风室的送风量,也要布置合理、均匀,这样,就能取得较好的燃烧效果。

图3-5-2是水平式往复炉排用于SZP6.5-13型锅炉改造的例子,供参考。

表3-5-6 倾斜往复炉排的特性参数

项 目	单 位	国 产	国 产	国 产	日 本	日 本	日 本	日 本
锅炉型式		热水采暖炉			水管锅炉改装	WIF-4020型改装	HN-300	HN-300
蒸发量	t/h		2.0~2.5	4.0~4.5	1.6	6.5	6.3	10.8
工作压力	MPa				0.5	0.5	0.69	0.70
一次风温度	℃	冷风	冷风	冷风	26.5	120	48	52
炉排尺寸长×宽	m×m	3.22×1.2	3.01×1.14		2.08×1.52	4.5×2.8		
炉排有效面积	m <sup>2</sup>	3.86	3.34	5.85	3.03	11.2	11.6	11.6
可动炉排片的行程	mm	0~80	30~100	30~100	0~254	送煤27~80 搬动23~70		
可动炉排片的工作频率	次/分	6			0.75~3			
炉排倾斜角度	度	20	20	20	33~35	~25		
炉排面积热负荷	kW/m <sup>2</sup>	377~451	611	699	699	620	506	629
每平方米炉排有效面积所担负的蒸发量	t/m <sup>2</sup> ·h		0.62~0.75	0.68~0.85	0.53	0.59	0.55	0.93

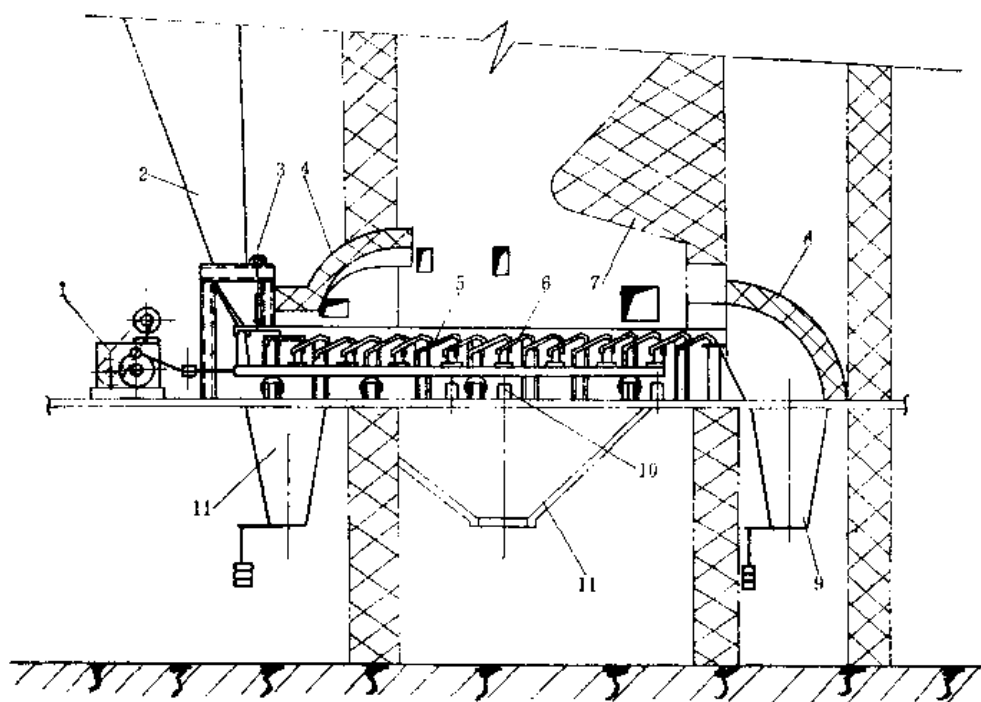


图3-5-2 SZP6.5-13型锅炉改用水平往复炉排示意图

1—LJ8型减速器 2—煤斗 3—煤闸门 4—前拱 5—固定炉排 6—活动炉排 7—后拱  
8—灰拱 9—灰斗 10—送风管 11—漏煤斗

表3-5-7 SZP6.5-13型锅炉改用往复炉排前后热工测试比较表

项 目	单 位	改 造 前	改 造 后	备 注
压 力	MPa	0.55	0.928	
出 力	kg/h	6900	6226	
煤 耗	kg/h	1500	1012.7	
煤 汽 比		1:4.6	1:6.18	
效 率		58	73.84	
烟 气 黑 度	林格曼级	浓烟滚滚	目测: 0~1级	烟色呈微青白色
排 烟 浓 度	mg/m <sup>3</sup>	未 测	197.29	除尘器效率22.03%
测试单位日期		本厂用水表测量1982.10	某大学用蒸汽表测量1984.7	

表3-5-7是SZP6.5-13型锅炉改为水平往复炉排前后热工测试比较表。

## 2. 链条炉排结构和技术性能

(1) 链条炉排结构 为了实现加煤和除灰的机械化, 链条炉排结构作为工业锅炉的一种燃烧方式, 应用相当广泛。链条炉排结构型式可分为三类。

1) 链带式链条炉排 它的炉排片的形状好象链节, 用圆钢串连成一个宽阔的链带, 它的通风截面积比较大(约占炉排总面积的8%~12%, 个别的达到16%以上)。主动轴上的链轮直接和主动炉排片楔合, 使主动炉排片在热应力和拉应力的作用下

容易折断, 折断后更换比较困难。炉排长期运行, 磨损使通风断面增大, 漏煤比较严重。这种炉排结构简单, 制造容易, 安装和运行还算方便, 但效率要差一些。目前国产2~4t/h链条锅炉都采用的是这种结构(图3-5-3)。10t/h锅炉, 也有采用这种结构的。

2) 鳞片式炉排 炉排片装在独立的夹板上用圆钢将夹板和链条联接起来, 炉排片前后交迭成鳞片状。通风面积约占炉排面积的5%~7%, 漏煤损失较少。炉排转到下部空行程时, 炉排片可以翻开, 消除粘在上面的灰渣, 同时充分进行冷却(图3-5-4~3-5-6), 这种炉排对链轮的制造和安装要

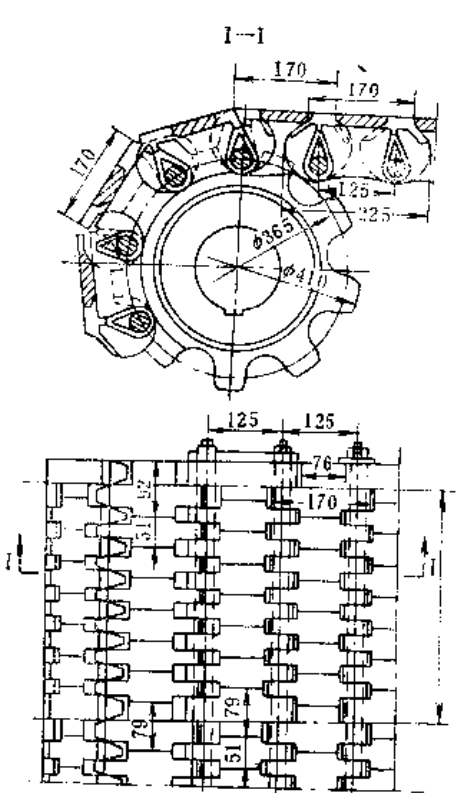


图3-5-3 链带式链条炉排

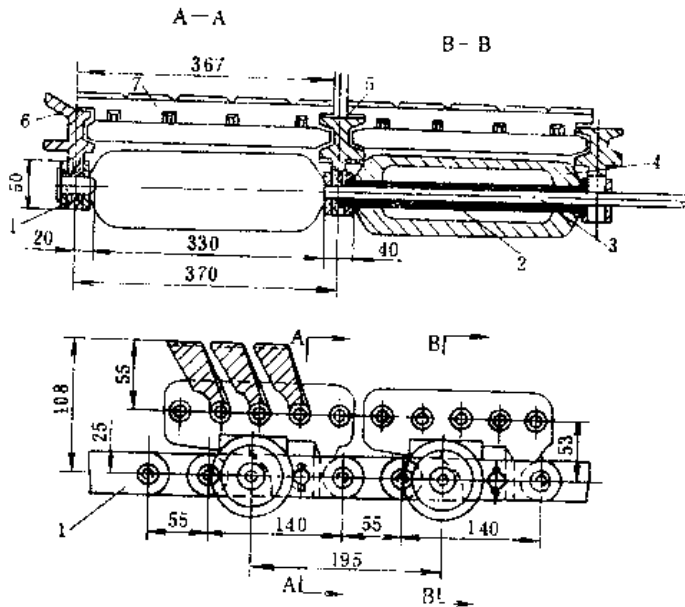


图3-5-4 鳞片式链条炉排结构

1—链条 2—套管 3—拉杆 4—铸铁滚筒 5—炉排夹板 (中央板) 6—侧炉排夹板 (侧夹板) 7—炉条

求较低, 因为链条之间没有刚性连接, 所以主动轴上几个链轮的齿形参差不齐时也可以稍作自动调整, 也正因为如此, 在炉排较宽时, 可能发生炉排

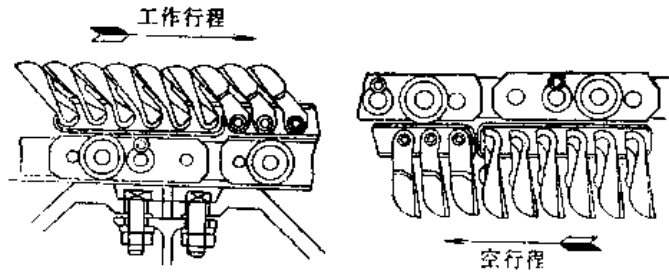


图3-5-5 不漏煤式炉排片的工作行程图

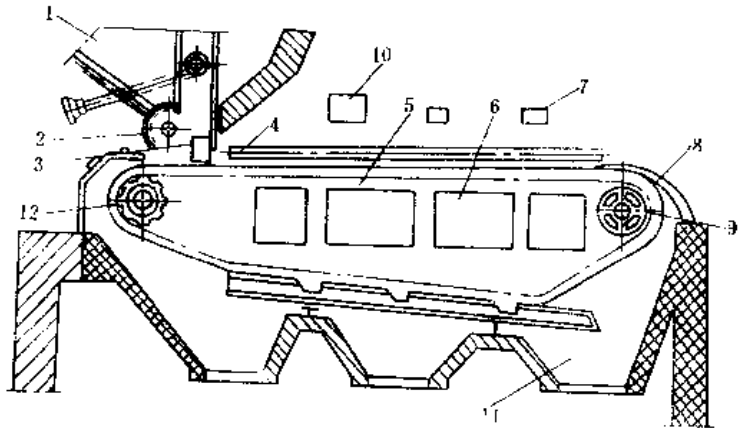


图3-5-6 鳞片式链条炉排图

1—煤斗 2—弧形挡板 3—煤闸门 4—防鱼箱 5—炉排支架  
6—分段送风量 7—观火孔 8—老鹰铁 9—从动轮 10—人孔门  
11—灰斗 12—主动轮

片成组的脱落或卡住现象。这种型式炉排广泛用于10~30 t/h 锅炉。鳞片式炉排工作性能参见表3-5-8。

表3-5-8 鳞片式炉排的工作性能

项目	推荐值
炉排通风截面比 f (%)	7~8 ( $Q_{D17}^Y = 23027 \text{ kJ/kg}$ ) 10~12 ( $Q_{D17}^Y = 14653 \text{ kJ/kg}$ )
炉排单位面积蒸发量 ( $\text{t/m}^2 \cdot \text{h}$ )	1~1.3 ( $Q_{D17}^Y = 23027 \text{ kJ/kg}$ ) 0.7~0.9 ( $Q_{D17}^Y = 14653 \text{ kJ/kg}$ )
煤层阻力 (Pa)	~200
燃烧率 ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$ )	100~150 (自然通风) 150~250 (强制通风)
炉排速度 (m/h)	5~25
煤层厚度 (mm)	0~250
传动机功率 (kW)	2.5~4

3) 横梁式炉排 它具有刚性很强的横梁, 用锻制的链节把横梁连接起来, 炉排片装在横梁上, 炉排片本身不受力, 主动轴上的链轮通过链条带动

横梁运动。炉排通风面积介于上述两类之间(表3-5-9)。由于它刚性大,制造、安装要求都较高,金属耗量也较大,工业锅炉中采用不多。其结构示于图3-5-7。

(2) 三类链条炉排的技术性能 见表3-5-9。

上述三类链条炉排,一般都是用于层燃炉上,但半悬浮燃烧锅炉(即抛煤机炉)亦采用链条炉排,通常为倒转炉排。无论是“顺转”或是“倒转”炉排,其主动轴一般都放在温度较低的一端,保护轴承不致烧坏。因此,“顺转”炉排主动轴是前轴,“倒转”炉排主动轴则是后轴。

3. 影响炉排工作性能的几个重要因素

(1) 燃料对炉排工作性能的影响 链条炉排对所用的煤种是有选择性的。它适用于燃烧发热量不低于18841kJ/kg的烟煤和无烟煤,以及发热量在12560kJ/kg以上的褐煤。煤的灰分不宜低于6%,

以防炉排过热烧坏,且灰熔点要在1250℃以上。由于链条炉排与其上面所承载的燃料之间没有相对运动,故不适用于强粘结性的煤。

对煤的颗粒有一定要求。最大颗粒不应超过40mm,煤中3mm以下的碎屑含量不宜超过30%。否则,由于通风不均,燃烧效率大为下降。

煤中要保持适当水份,尤其在含屑量较多时,能减少漏煤和飞灰,并使煤层疏松,有利通风。但水份过高,着火延迟,炉温下降,排烟热损失增加。所以要求煤中水份,一般应控制在8%~12%之间。

煤中的挥发物,对燃烧过程有很重要的影响。煤中挥发物愈高,愈容易着火;挥发物愈少,燃烧也愈困难。无烟煤,挥发物含量少,需要炉温高,燃烧和燃尽的时间延长,机械未完全燃烧损失增加。挥发物高的煤,掌握不好,因着火快,容易烧坏煤闸板。

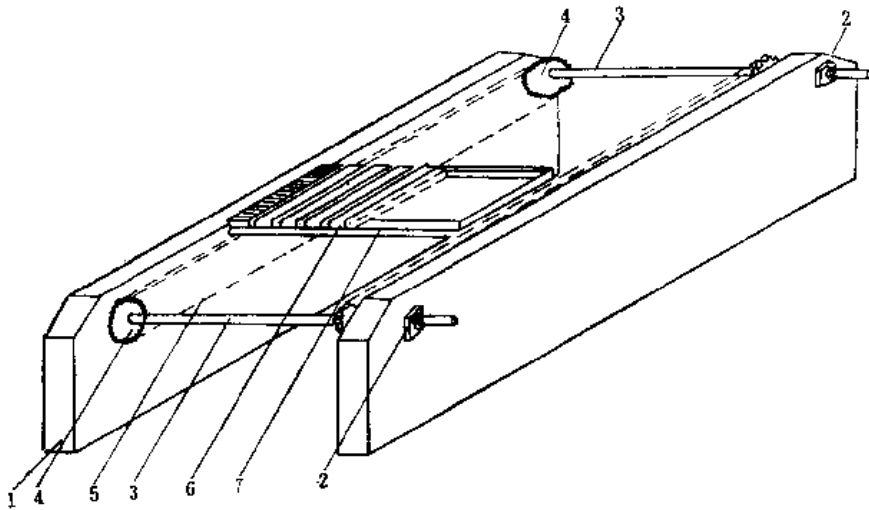


图3-5-7 横梁式炉排

1—框架 2—轴承 3—主轴 4—链轮 5—链条 6—炉条 7—横梁

表3-5-9 三类链条炉排的技术性能

项 目	炉 排 型 式					
	链带式链条炉排		鳞片式链条炉排		横梁式链条炉排	
炉 排 型 式	国产型	拔伯葛型	钩 型	无钩型	国产型	拔伯葛型
通风面积(%)	~6.5	~(8~12)	~5.5	~(6~7)	~9.4	~9
链条和炉排片的金属耗量(kg/m <sup>2</sup> )	约680	—	~1250	~900	~1800	~(1100~1200)
燃煤量(t/h)	0.2~2		1~10		2~5	
漏煤量(%)	至少2~2.5		0.15~0.2		0.5~1	
炉排的安装及炉排片的更换	不方便		较方便		方 便	

(2) 热强度对炉排工作性能的影响 对不同  
 型式的炉排, 在燃用某一类燃料时, 各有一个合  
 理的炉排热强度。过份提高热强度, 缩小炉排面  
 积, 会使空气流速加快, 燃烧时间缩  
 短, 造成不完全燃烧损失的增加; 反  
 之热强度过低, 炉排面积过大, 会使  
 炉温下降, 也要增加不完全燃烧热损  
 失。推荐的炉排热强度可参见表3-5-  
 3。

(3) 拱碛及二次风的影响 为  
 了配合燃料层在炉排上的稳定燃烧,  
 组织炉排上面的灼热烟气和炭粒的合  
 理流动, 提高炉膛温度, 扰动可燃气  
 体, 链条炉的炉膛, 通常布置前后拱  
 和二次风。

前拱的主要作用在于促使新燃料  
 的迅速着火。后拱的作用, 一方面促  
 使焦炭燃尽; 另一方面引导气流向前  
 流动, 帮助着火。前后拱伸入炉膛中  
 部形成喉口, 能增加烟气的扰动能  
 力。

拱的型式和尺寸与燃用煤种密切  
 相关。对于燃用烟煤、褐煤的链条  
 炉, 采用高前拱, 短后拱的开式布置。  
 前拱覆盖炉排的长度约为  $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ , 后  
 拱的覆盖长度也接近这一比例, 两者  
 配合应使喉口处的烟气流速在  $7 \sim 10$   
 $m/s$  之间。对于燃用无烟煤的链条  
 炉, 采用高前拱, 低而长的后拱, 其覆  
 盖炉排的长度占  $50\% \sim 60\%$ , 烟气离  
 开后拱处的流速约在  $12 \sim 15 m/s$  之  
 间 (设  $50\% \sim 60\%$  的燃料在后拱下燃  
 烧而算得), 以迫使烟气中的灼热炭粒  
 冲向炉前, 转弯时分离下来落到新燃  
 料层上, 强化燃烧。后拱的鼻尖处距  
 炉排面高度约  $1m$ 。后拱倾角较小,  
 一般为  $8^\circ \sim 12^\circ$ 。在老鹰铁处, 后拱  
 距炉排面的尺寸不小于  $500mm$ , 以便  
 检修。当布置前拱时, 前拱高度一般不  
 低于  $1500mm$ , 以充分利用高温三原  
 子气体的辐射能力。

图 3-5-8 为燃用烟煤、褐煤的链  
 条炉炉拱, 图 3-5-9 为燃用无烟煤的

链条炉炉拱。

二次风从前后墙加入, 风量占燃料燃烧全部需  
 要空气量的  $5\% \sim 10\%$ 。二次风的风速一般以  $50 \sim$

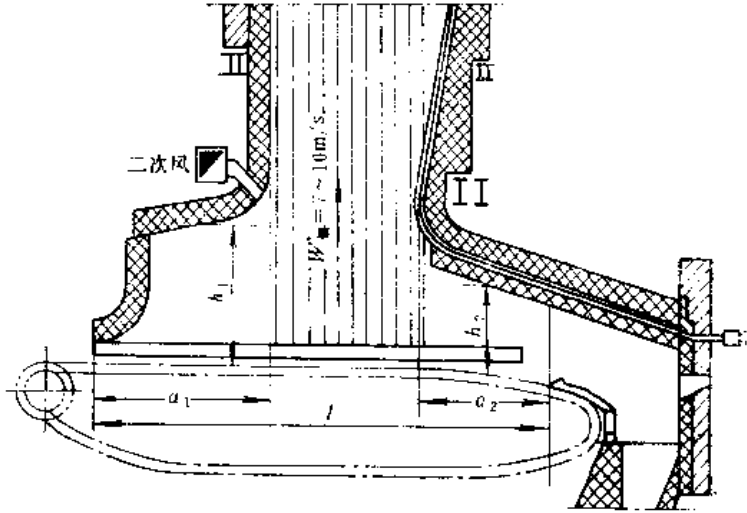


图3-5-8 燃用烟煤和褐煤的链条炉炉拱

对于褐煤:  $h_1 = 1.5 \sim 2.5m$        $h_2 = 0.9 \sim 1.5m$   
 $a_1 = (0.35 \sim 0.4)l$        $a_2 = (0.25 \sim 0.35)l$   
 对于烟煤:  $h_1 = 2 \sim 3m$        $h_2 = 0.9 \sim 1.5m$   
 $a_1 = (0.25 \sim 0.3)l$        $a_2 = (0.25 \sim 0.3)l$

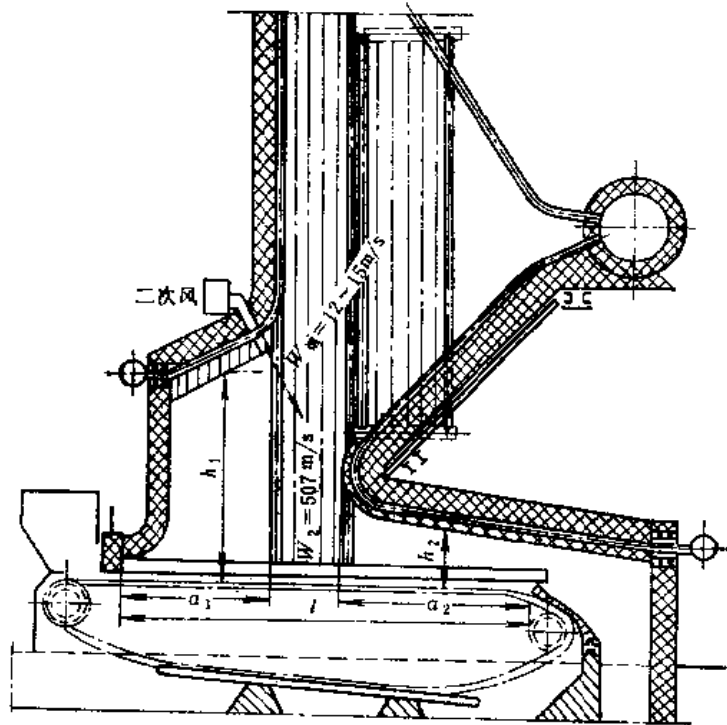


图3-5-9 燃用无烟煤的链条炉拱型图

$h_1 < 1.5m$        $h_2 \approx 0.6 \sim 1.0m$   
 $a_1 = (0.25 \sim 0.3)l$        $a_2 = (0.50 \sim 0.60)l$

70 m/s 的速度射入炉膛，增加扰动烟气的的能力，造成强烈的漩涡，延长烟气在炉膛的停留时间，有利于飞灰的燃尽和消烟除尘。

来吹播这些细煤屑，同时也冷却了抛煤机的导向体。

国产风力机械抛煤机的主要技术规范列于表 3-5-10。

(4) 炉排送风的影响 煤炭在炉排上的燃烧是沿长度分阶段进行的，因此，炉排下供应的一次风必须按长度，根据燃烧情况送风。需要分仓送风，分区调节，以使炉前干燥着火区和炉后燃尽区的风量要少，中间燃烧旺盛区的风量要大。一般链条炉排下分为 5~6 个风室，单独用小风门调节。各个风室之间必须严密不漏，以防短路而失去调节作用。为使炉排宽度上的风量分布均匀，采用双面进风比单侧进风要好。由于链条炉排是不断运动的，与两侧墙板之间必须留有一定间隙，若不加密封，必然造成严重漏风而影响正常燃烧。链条炉排的侧密封装置参见图 3-5-22。

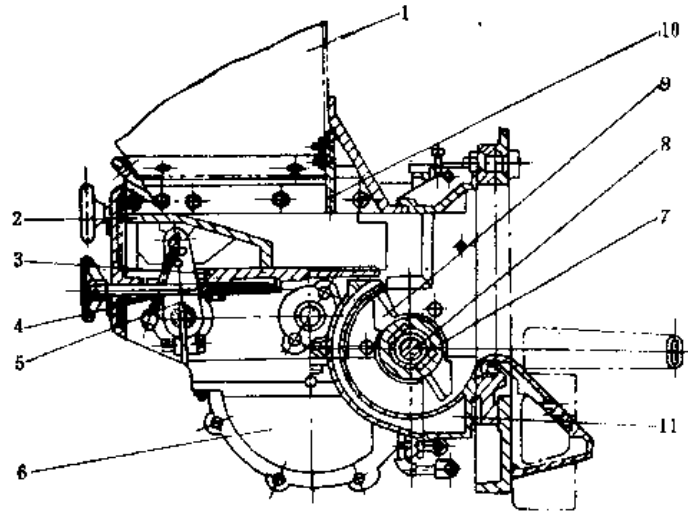


图3-5-10 风力抛煤机  
1—煤斗 2—给煤活塞 3—调节板 4—调节螺栓 5—主动摇臂 6—减速箱  
7—抛煤机转子 8—轴 9—叶片 10—煤层调节器 11—播风室

### (三) 风力机械抛煤机检修

#### 1. 国产风力机械抛煤机结构

风力机械抛煤机示于图 3-5-10。其构造主要由减速传动机构、给煤机构、抛煤机构、壁板等组成。

减速传动机构由电动机、皮带轮、减速箱、偏心轮、连杆、月牙板等组成。给煤机构由给煤活塞 2、主动摇臂 5、调节板 3 等组成。抛煤机构由抛煤机转子 7、叶片 9、播风室等组成。壁板分为左壁板、右壁板、前盖、上盖，弧形板等。

抛煤机传动原理示于图 3-5-11，抛煤机转子 10 由电动机经过减速传动机构带动。给煤活塞 20 由主动摇臂 19 带动，在调节板 21 上作往复运动，将煤推给转子 9，抛煤机转子不断地转动，将煤抛到炉膛中。为了避免细煤屑堆在抛煤口下面，在抛煤机下，装有播风室，用风力

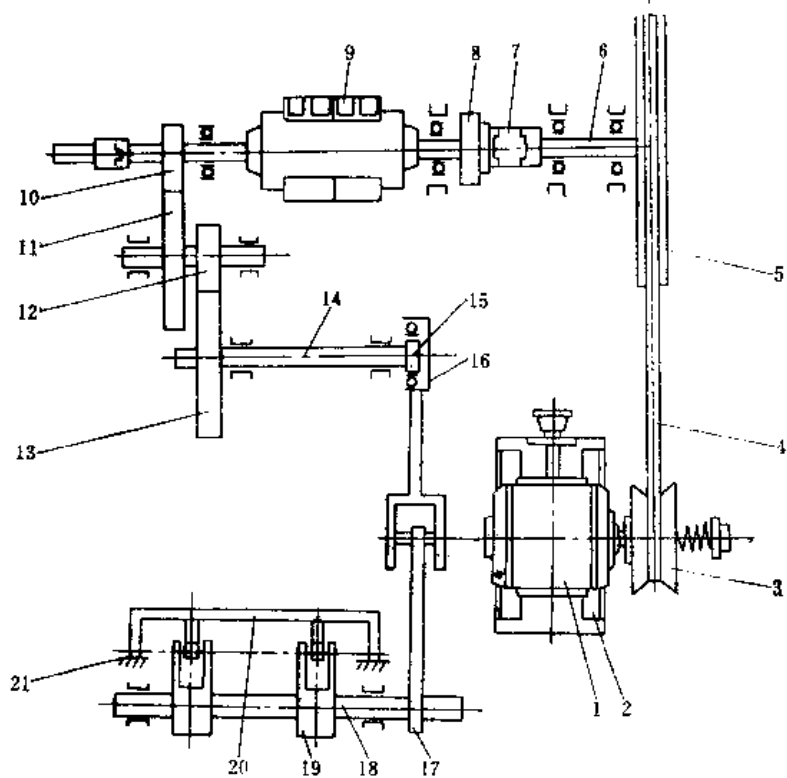


图3-5-11 抛煤机传动系统  
1—电动机 2—滑座 3—调节皮带轮 4—三角皮带 5—皮带轮 6—传动轴  
7—虎克联轴器 8—保险联轴器 9—转子 10—齿轮 Z = 19 11—齿轮 Z = 103  
12—齿轮 Z = 19 (31) 13—齿轮 Z = 60 (48) 14—偏心轮轴 15—偏心轮  
16—偏心轮摇臂 17—滑摆 18—活塞传动轴 19—活塞摇臂  
20—活塞 21—调节平板

表3-5-10 机械抛煤机的主要技术规范

序号	部 件 名 称	转子宽340mm抛煤机	转子宽510mm抛煤机
1	电动机转速 $n$	1450r/min	1450r/min
2	电动机功率	1kW	1.7kW
3	调速皮带轮直径	$\phi 230 \sim \phi 175$	$\phi 230 \sim \phi 125$
4	从动轮直径	$\phi 490$	$\phi 280$
5	传动装置变速比	$i = 3.84 \sim 2.13$	$i = 2.24 \sim 1.21$
6	转子转速	370~680r/min	640~1200r/min
7	转子宽度	340mm	510mm
8	转子直径	$\phi 216$	$\phi 216$
9	减速器总速比	$i = 17.1$	$i = 17.1$
10	活塞往复次数	21~40次/min	37~63次/min
11	活塞最大冲程 (根据活塞臂臂上栓梢位置)		
	上孔时	39mm	39mm
	中孔时	32.5mm	32.5mm
	下孔时	26.5mm	26.5mm
12	活塞工作宽度	426mm	596mm
13	活塞工作高度	160mm	100mm
14	调整平板移动范围		
	转子中心线后	50mm	50mm
	转子中心线前	38mm	38mm
15	最大抛煤量	1600kg/h	3500kg/h
16	风嘴出口总面积	$4.4 \times 10^{-3} \text{m}^2$	$15.9 \times 10^{-3} \text{m}^2$
17	喷管出口面积	$3.2 \times 10^{-3} \text{m}^2$	$7.2 \times 10^{-3} \text{m}^2$
18	喷缝出口面积	$2.76 \times 10^{-3} \text{m}^2$	$4.44 \times 10^{-3} \text{m}^2$
19	风嘴和喷管出口风速	20m/s	25m/s
20	喷缝出口风速	13m/s	18m/s
21	风嘴风量	$320 \text{m}^3/\text{h}$	$1430 \text{m}^3/\text{h}$
22	喷管风量	$230 \text{m}^3/\text{h}$	$650 \text{m}^3/\text{h}$
23	喷缝风量	$130 \text{m}^3/\text{h}$	$287 \text{m}^3/\text{h}$
24	风嘴和喷管进风管风压	700~800Pa	1000Pa
25	喷缝进风管风压	100Pa	300Pa

## 2. 抛煤机的常见故障

抛煤机在运行中出现故障的主要原因是运转部分速度快, 磨损大, 如果润滑不良、冷却不好, 安装不符合要求, 更容易产生磨损或损坏。对于出现的故障, 检修时要做认真的分析, 全面的检查, 找出故障的原因进行排除。表3-5-11列出了抛煤机的常见故障及其排除方法。

## 3. 抛煤机安装、检修质量要求

### (1) 零部件检查测量及装配要求

1) 抛煤机的标高偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ; 相邻两抛煤机的间距偏差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

2) 抛煤机采用串联传动时, 相邻两抛煤机浆叶转子轴的同轴度不应超过 $3\text{mm}$ ; 传动装置与第一个抛煤机轴的同轴度不应超过 $2\text{mm}$ 。

3) 抛煤机拆卸后, 应进行全面的检查和测

量, 各零部件在检查测量前, 应把油污及其它杂物清洗干净, 以便测量准确无误。

4) 检查齿轮的磨损及啮合情况, 一般用样板或游标测齿卡尺测量。

5) 把轴承及轴承座清洗干净, 用游标卡尺或内外卡钳测量轴、轴承座的磨损; 检查轴承内圈与轴, 轴承外圈与轴承座孔的配合是否符合要求。一般轴的极限偏差为 $^{+0.020}_{-0.010}$ , 轴承座孔的极限偏差 $^{+0.010}_{-0.020}$ 。因此, 轴的磨损不超过 $0.020\text{mm}$ , 轴承座孔的磨损不超过 $0.020\text{mm}$ 。

6) 浆叶的磨损, 一般不超过 $5\text{mm}$ 。

7) 用游标卡尺、卡钳测量各键和键槽是否完整无损, 符合配合要求。

8) 转筒应完整光滑, 两键槽的同轴度偏差应小于键槽宽度公差(0.035)的 $1/2$ 。



表3-5-11 抛煤机的常见故障及其排除方法

现象	故障原因	排除方法
轴承发热	(1) 轴承磨损, 损坏或质量不良 (2) 轴承安装不正 (3) 润滑油不足或质量不良 (4) 轴承冷却不良	(1) 更换轴承 (2) 重新安装找正 (3) 加足或重新更换润滑油 (4) 加强冷却或改进冷却装置
减速箱齿轮损坏	(1) 润滑油不足或不良, 使齿轮损坏 (2) 齿轮啮合不好 (3) 减速箱内润滑油中有铁屑、异物混到齿间, 造成损坏 (4) 安装不好, 造成齿轮脱落	(1) 加足或更换润滑油 (2) 调整或更换齿轮 (3) 把油放掉, 取出异物, 清洗减速箱, 更换润滑油 (4) 按要求重新安装
浆叶与外壳摩擦发出异音或卡住	(1) 浆叶螺丝松动 (2) 浆叶与外壳间隙太小或外壳凸起 (3) 有大块煤矸石、铸件或其它硬物卡住	(1) 紧固浆叶的螺丝 (2) 更换浆叶或铲除外壳凸起部分 (3) 卸开外壳, 取出煤矸石或异物
抛煤近或无煤抛出	(1) 浆叶磨损太大 (2) 活塞摇杆的开口螺丝松动使活塞推煤板停止推煤	(1) 更换浆叶 (2) 拧紧活塞摇杆的螺丝
联轴节损坏	(1) 长期运转产生磨损 (2) 传动装置不灵活, 受力太大而损坏	(1) 使用期间, 联轴节处应用工业脂“3”或涂上黄油用布包好, 保持润滑 (2) 更换联轴节
严重漏煤	(1) 活塞推煤板和调整平板磨损太大 (2) 煤隔板腐蚀磨损	更换活塞推煤板及煤隔板
键和键槽损坏	(1) 键的加工不合格, 出现有宽有窄, 有厚有薄现象 (2) 键槽加工不平行, 过深、过宽及偏斜	(1) 重新更新平键 (2) 按要求重新另开键槽
断保险销子	(1) 传动装置不灵活或浆叶被卡住, 受力过大而被拧断 (2) 保险销子的材料选择不当	(1) 排除故障, 更换销子 (2) 选择具有一定钢性和韧性的钢丝作销子

9) 转子在安装前, 应找好平衡; 转子的浆叶左右不得装反, 应紧固于转筒上, 根部要上紧, 不得松动; 两侧的间隙应一致。

10) 活塞推煤板高度( $H$ )磨损不得超过4mm(图3-5-12)。

活塞推煤板的最大行程: 第一档(活塞摇臂上孔)39mm; 第二档(中孔)32.5mm; 第三档(下孔)26.5mm; 活塞推煤板的频率21~40次/min。

活塞上平面与后壁下平面接触处运行后, 因磨损而增大间隙发生漏煤, 应将毡条移下压紧或进行调换。

11) 调节板的两侧(与活塞推煤板接触摩擦部分)不允许磨出沟槽, 其磨损深度最大不超过2mm; 调节板的调节螺纹应完整无损, 调节板安装后, 应调

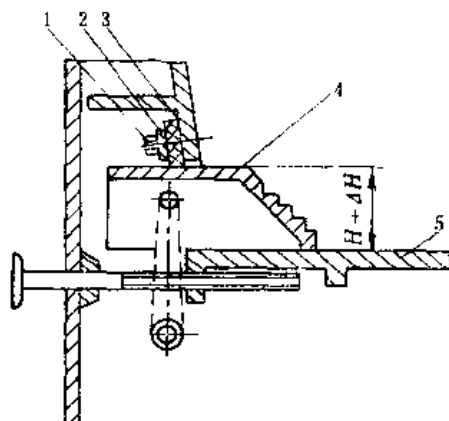


图3-5-12 活塞推煤板与调节板的磨损以及上密封装置

1—螺钉 2—扁销 3—油毛毡 4—活塞推煤板  
5—调节平板

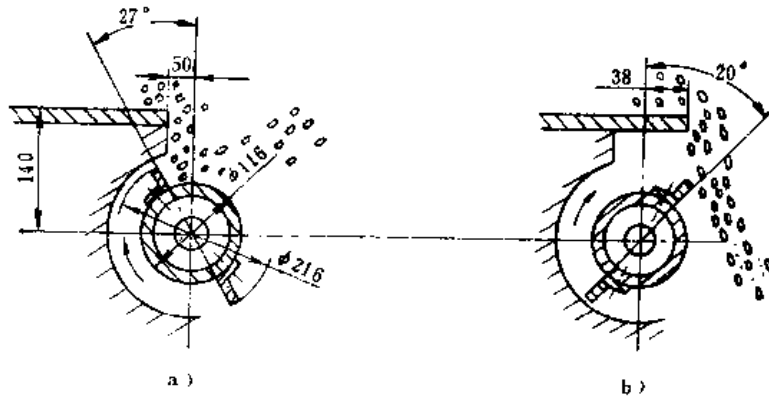


图3-5-13 调整平板位置的调节

a) 为最大抛程 b) 最小抛程

节灵活,其可调距离为:由转子轴线向后50mm;由转子轴线向前38mm(图3-5-13)。

12) 月牙板(滑摆)与滑块的间隙最大不应超过2mm;若磨损严重不能保证使用时,应更换或修复。当滑块在滑摆上端时,新塞靠靠板冲程就小;反之就大。调节时滑块与滑摆槽上的上端或下端需留5~10mm空隙,因为滑摆摆动时,滑块在滑摆槽内有弧形滑动(图3-5-14)。如紧靠上端或下端没有间隙,就会产生抖动,而使机件损坏。

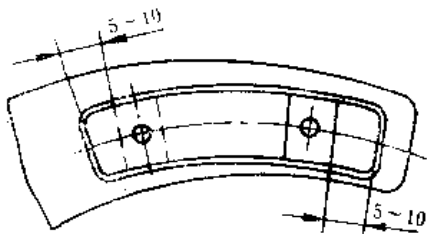


图3-5-14 滑块的调节间隙

13) 活塞摇臂(拨叉)与活塞的传动间隙,不得大于2mm。

14) 煤层厚度调节板应调节灵活,煤层指示装置应与煤层实际厚度一致。

15) 转子外壳、左右壁板、前盖、上盖以及变速箱外壳应完整,无裂缝、残断、变形等缺陷。

16) 风嘴、冷却风道,应清洁畅通,风道的各零件相接处,应严密不漏风。风嘴出口空气速度20m/s,风力抛煤需要的空气量320m<sup>3</sup>/h,抛煤风压为700~800Pa水柱,冷却抛煤机外壳所必须的空气压头100Pa水柱,冷却抛煤外壳所必须的空气量为80m<sup>3</sup>/h。

17) 滚动轴承润滑脂用钠基润滑脂,变速箱润滑油用机械油30号机油。每半年更换一次。各油孔、油管、油杯应清洁畅通,密封垫,轴承盖应严密不漏油。

18) 传动装置上调速皮带轮与固定皮带轮需对正中心线。调速皮带轮上之弹簧经调整后,当电动机在滑座上移动时皮带不致潜入。三角皮带应完好,无拉伸或断裂等异常现象。传动装置和抛煤机构连接后手摇应轻松。

19) 抛煤机轴承水冷系统、水套、水管应清洁畅通,水门关闭严密,漏斗完整,各接头部分无漏水现象。

## (2) 试运转要求

1) 空载运转不少于2h;载荷试转为0.5~1h。

2) 在空载试转中,应以最大转速,处于最大抛煤量的有关的位置进行。并检查下列项目:

① 检视各部件运转方向是否弄错,运转是否平稳,灵活;

② 减速器内的齿轮只有轻微之扰声,无异常响声;

③ 转子轴承,传动装置轴承等无振动;轴承温度最高不得超过80℃;

④ 活塞推煤板的冲程,调节平板的调节远近,是否达到规定的要求,动作是否准确、灵敏、可靠;

⑤ 油路、风道、水路应畅通,但不应有漏油、漏风、漏水等现象;

⑥ 噪音不宜过大。噪音过大主要是传动部件间过大或润滑不良所致,仔细检查消除。

3) 检查后在各调节机构部分用油漆作调节方向和范围的标记。如在操纵装置的蜗轮上划出蜗臂滑块在滑摆槽的上端与下端之刻度,并写出调整大小的箭头符号,在抛煤角度调整器和煤层调节器手轮上各写出开度大小的箭头符号。

4) 空载试运合格后,应进行抛煤试验。抛煤试验分常用状态和最大抛煤量试验两种。

5) 在载荷试验中设备性能应能满足工作要求或达到设计标准;

抛煤在炉排上的分布情况符合下面要求:外表观察,煤层平整,炉前不起堆;颗粒由粗到细,从后墙到前炉墙;两侧不起跷。抛出煤形成的煤层厚度应符合图3-5-15所示。

对于可翻转炉排:  $h_1 \leq 2.5h_3$ ,  $h_3 \geq h_2$ ;

对于逆行链条炉排:  $h_1 \leq 1.5h_2$ ,  $h_3 \geq h_2$ 。

#### 4. 抛煤机设备的几种改进

抛煤机锅炉设备对煤种适应性范围较广;对负荷适应性好,调节灵敏;机械化程度较高。因此,我国的工业锅炉把它作为一种燃烧方式,已相当广泛。但由于专门研究得不够,运行经验不足,对抛煤机本身存在的缺点:如飞灰量大、飞灰中含碳量高;对煤的粒度变化敏感;不适于烧水分大的湿煤以及在结构上存在的磨损快、噪声大等,都需要积累经验,进一步改进和克服。

(1) 机械抛煤机改为带刮板给煤机的抛煤机 为适应烧水分大的湿煤,将活塞式给煤的风力机械抛煤机改为带有刮板给煤的抛煤机,提高运行的可靠性。

其典型结构示于图3-5-16刮板给煤机的转速为  $1.5 \sim 8 r/min$ 。刮板式给煤机2,由电动机3经减速传动装置1带动,朝逆时针方向旋转。给煤机的两边有根链条9,由链轮10来带动,在两根链条之间,

沿转动方向,每间隔一定距离装有若干长条状刮板。上台板6与下台板7,分别为两块与给煤机宽度相适应的平钢板,上台板的左边留有一个落煤的通道,下台板的右边则为煤的出口。煤从煤斗5下来,随着上边刮板的向左移动,将煤刮至左边下煤通道,落在下台板上,下刮板向右移动,将煤刮至右边下煤口,沿斜面8喂给抛煤机的转子,从而将煤抛入炉膛中。通过带手轮的丝杠11顺、反时针方

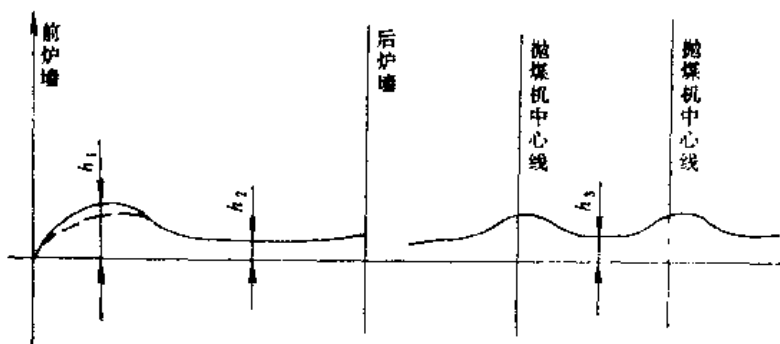


图3-5-15 炉排上之煤层厚度分布情况

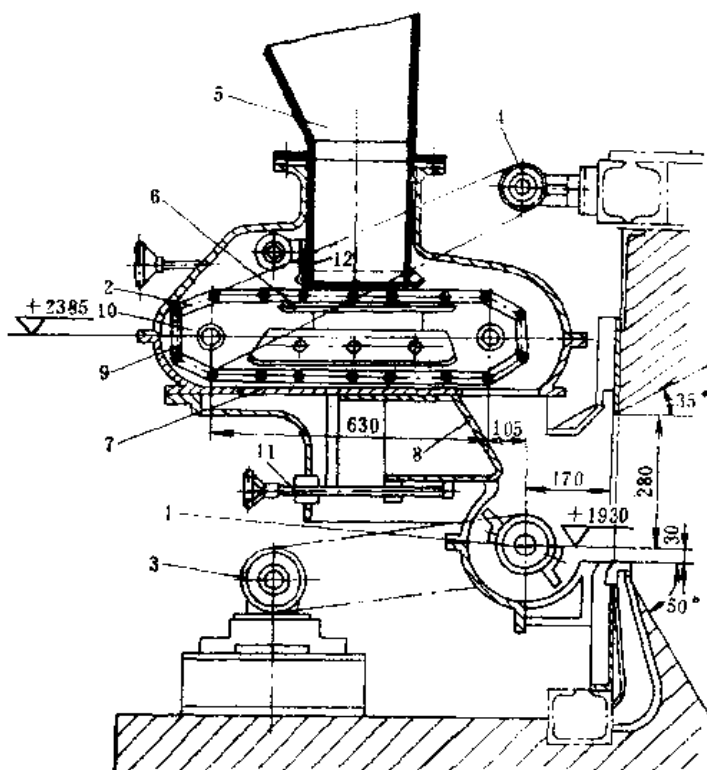


图3-5-16 带有刮板给煤机的风力机械抛煤机图

1—转子 2—给煤机 3—电动机 4—变速箱 5—煤斗  
6—上台板 7—下台板 8—斜面 9—链条 10—链轮  
11—丝杠 12—煤层调节器

向旋转，来调节下台板斜面8的前后位置，达到调节抛煤射程的目的。抛煤量的调节，一般依靠下述两种方法：

1) 改变给煤机的转速。

2) 通过调节板12的升降，来改变上台板6上面煤层的厚度。

该型抛煤机与活塞式给煤机相比，带有刮板的给煤机无论对于干燃料或湿燃料，运行都比较可靠。

(2) 将刮板给煤机演变为皮带输煤机 其结构示于图3-5-17。

由煤仓引出的两根下煤管与两套同轴输煤皮带相对应。两套输煤带的主动轮轴用虎克联轴节联接，用一个电机来驱动。电机为直流电机(或调速电机)，通过一台减速装置带动输煤机。输煤皮带主动轮转速为2~10r/min，线速度为0.025~0.13m/s。输煤皮带上煤层厚度由煤层厚度调节器5来控制。抛煤机的抛煤量的调节，是通过直流电机调速系统(图3-5-18)。改变电机(即输煤机)转速，和调节皮带上煤层厚度调节器来实现。抛煤远近，通过调节斜板8来达到。

改装后的抛煤机，具有刮板给煤抛煤机的优点，即既适应于干燥煤又适应于湿煤。它和原机械抛煤机比较，减少了机械传动零件，磨损小，没有噪声，便于维护、管理等优点。

(3) 采用振动给煤器的抛煤机 振动给煤抛煤机由振动给煤机1，调节斜板2和抛煤机4所组成，其结构示于图3-5-19。

由煤仓下来的煤通过下煤管进入振动给煤机，直接喂入抛煤机转子。给煤量的大小通过改变振动振幅和频率的大小来达到。抛煤的远近仍通过控制调节斜板来进行。

采用振动给煤后，进一步简化了机械零件，降低了机械磨损和机械噪声，维修方便并节约经

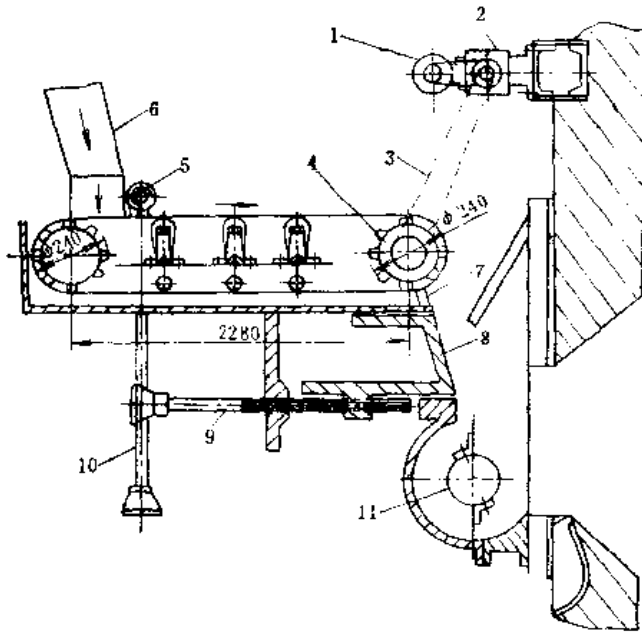


图3-5-17 皮带输煤抛煤机

- 1—直流电机型号 Z2-52 N=1.4kW n=500/1000r/min
- 2—变速箱 3—链条 4—缠有本条的深轮 5—煤层厚度调节器
- 6—下煤管 7—刮煤板 8—调节板 9—远近调节板
- 10—调节杆 11—抛煤机转子

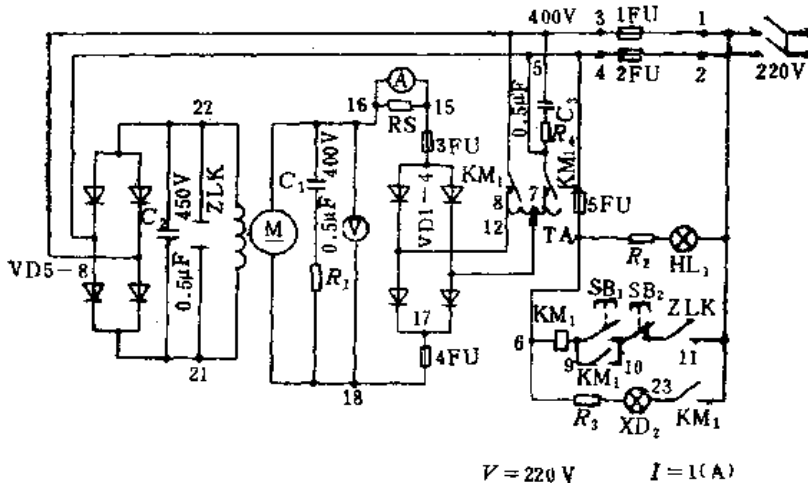


图3-5-18 直流电机调速系统

直流电机，型号Z2-52，N=1.4kW，激磁电压V=220V，激磁电流I=7A，电流8.9/9.7(A)，转速500/1000r/min。调压器，YT，3kVA，ZLJ直流继电器220V。硅整流元件ZL1-4，600V/50A。ZL5-8，600V/5A。R<sub>1</sub>=51Ω/75W，R<sub>2</sub>=2kΩ/10W，1RD~4RD，250V/25A。

修费用等优点。但燃用较湿的煤时，振动给煤机下煤较为困难。当频率、振幅增大时，电磁噪声亦增大。

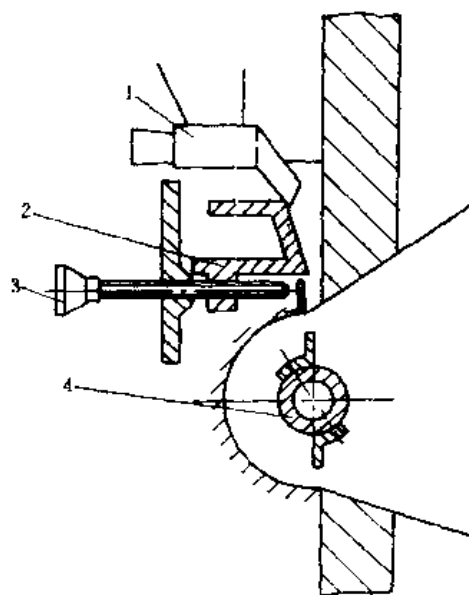


图3-5-19 振动给煤抛煤机

1—振动给煤机 2—调节斜板 3—调节杆  
4—抛煤机转子

#### (四) 链条炉排检修

##### 1. 炉排检修前的测量与检查

在进行炉排检修前，为了清除炉排在运行中及检修时所发现的故障和缺陷，应该先进行测量与检查工作。

为了分析与调整炉排的松紧度，应该测量两侧调整螺丝的长度。此外应在传动电动机的电源上，加装一块小刻度的电流表，然后选择炉排中等速度

的一档，记录电流数值，再紧固前轴调节螺丝，使炉排拉紧，前移2、4、6、8mm等，各测量其电流数值一次，最后松回到原长度。

为了预防炉排跑偏，应该在炉排检修前的冷状态下，先选择一根较平直、无缺陷的炉排长销，作为检修前后进行测量的依据。选择后，应测量销端与两侧炉墙的距离，记录测量的炉墙地点和销端与炉墙的距离数值，并在炉墙上作好位置标记，以便与检修后作比较。测量工作两侧平均进行，应检查炉排在转动时，所经过的各部分有无磨损发亮的痕迹。

为了检查与测量分段送风装置各风门的严密性，以及各段风室风量是否均匀，在炉排面上无煤的情况下，启动鼓风机，将各段风室风门关闭，测量各段风室内的风压数值。

目前我国大多数链条炉排都采用轻型链带式炉排和鳞片式炉排，这两种炉排除链条部分不同外，其它各部分即给风装置、变速传动装置、框架等部分的结构及检修方法基本相同。

##### 2. 链条炉排的常见故障及其排除方法

(1) 轻型链带式炉排各部的故障原因及其排除方法，见表3-5-12。

(2) 鳞片式炉排常见故障 鳞片式炉排的故障原因及其排除方法与轻型链带式炉排相同，但由于炉链和炉排片的组成是软型结构，当主轴上几个链轮之间轮端前后不齐时，炉链可以自动调节，不容易造成爬牙事故。由于刚性太差，炉排片的宽度太大时，常会发生炉排片脱落或卡住现象。鳞片式链条炉排各部的故障原因及其排除方法，见表3-5-13。

表3-5-12 轻型链带式炉排各部的故障原因及其排除方法

现象	故障原因	排除方法
炉排片和两侧板被烧坏	(1) 炉膛温度过高，炉排热负荷过大 (2) 炉排下部燃烧 (3) 压火时间过长，冷却不好	(1) 降低热负荷 (2) 及时清除漏煤 (3) 缩短压火时间
炉排片断裂	(1) 几何尺寸不符合技术要求，相邻炉排片轴孔中心距相差过大； (2) 材质不良，强度不够，有气孔、夹渣、裂纹等缺陷 (3) 安装质量引起的炉排卡住	(1) 更换符合技术要求的炉排片 (2) 提高炉排片质量 (3) 找出炉排被卡住的原因并加以消除

(续)

现象	故障原因	排除方法
炉排卡住	(1) 炉排左右两侧调节螺母松紧相差很多, 致使炉排严重跑偏 (2) 边摩擦铁装配不规矩或接头与接头互相错开 (3) 密封铁接头不齐, 造成过热变形 (4) 炉排长销过长, 销端长短不齐, 有的与炉膛间隙过小, 受热膨胀后而被卡住 (5) 由于铁件、断销、炉排片的碎块, 沉头螺钉脱落等杂物把炉排卡住 (6) 大块结焦增加阻力 (7) 长销两端开口销脱落, 销轴窜动而卡住	(1) 调节两侧螺母, 使左右侧螺母的距离相等, 消除跑偏的原因 (2) 将边摩擦铁调直 (3) 密封铁装配要牢固平正, 并调在一条直线上 (4) 调整炉排长销长度, 按技术要求使其长短一致 (5) 清除铁件杂物, 紧固松动件 (6) 清除焦渣 (7) 将长轴销复位, 装好开口销
炉排跑偏	(1) 前后轴不平行, 两轴与炉排中心线不垂直 (2) 两侧板不平行, 不水平, 与两轴不垂直 (3) 链条松紧不一致	测量调整
炉排起拱	(1) 对炉排下的漏煤, 漏灰清除不及时, 致使炉排间或炉排与链轮间夹灰过多而拱起 (2) 炉排装得过多, 炉排片间隙过小, 受热膨胀后折紧而拱起 (3) 炉排片的几何尺寸不符合技术要求, 其长度超过界限尺寸, 片与片间互相顶起	(1) 根据情况及时清除漏煤、漏灰 (2) 安装炉排片的间隙横向 0.20~0.5mm, 纵向 3~5mm, 以能自由活动为宜 (3) 更换不符合技术要求的炉排片
链条爬链轮	(1) 链条长轴销及炉排片孔磨损严重, 使链条与链轮不能很好的啮合 (2) 各链轮齿端互相错开, 不在一条直线上, 链条与链轮不能很好的啮合 (3) 炉排下部漏煤, 漏灰过多, 清除不及时, 致使炉排片间或炉排与链轮间夹灰过多, 起拱而爬链轮 (4) 链条过松, 造成底部堆积, 上部链条推起, 起拱而爬链轮 (5) 炉排跑偏	(1) 更换磨损严重的炉排长轴销及炉排片 (2) 将各链轮齿端调在一条直线上 (3) 及时清除炉排下的漏煤、漏灰

表3-5-13 鳞片式链条炉排常见故障及其排除方法

现象	故障原因	排除方法
炉排烧坏	主要是运行操作管理不良。 (1) 炉排上煤层不均, 温度过高, 且未经烧完的煤层堆在老鹰铁处继续燃烧 (2) 炉排下部区分挡板没有定期排灰, 以致由火室漏下的煤末及细小煤块, 在细灰斗内继续燃烧, 使炉排骨架烧弯变形, 甚至使炉排链子烧断 (3) 埋火时, 炉排下部失掉冷却以致把炉条及链子烧坏	(1) 改进操作, 推平堆煤 (2) 定期清渣清灰 (3) 改进压火操作技术

(续)

现 象	故 障 原 因	排 除 方 法
炉排跑偏	(1) 前后轴不平行, 两轴与炉排中心线不垂直, (前后链轮没有对好, 轨道不平或左右弯曲, 每行链轮的间距不等, 钢架不成方正) (2) 两侧板不平行, 不水平, 与两轴不垂直 (长期运行, 受力、受热不均) (3) 各链条长短不一致, (备件质量不好, 运转时间过长, 轴眼磨损) (4) 前部链子调整螺丝调整得不一致 (5) 前轴, 后轴, 轴瓦磨损不均 (6) 防焦箱下部的铁架或挡风铁局部向炉内弯曲, 直接与炉条发生摩擦, 把炉排挤向一边	(1) 测量调整 (2) 更换不合格的零部件 (3) 更换不合格零件 (4) 加以调整 (5) 加以修理 (6) 修理或更换
掉炉排片	(1) 几何尺寸不符合技术要求, 长短不一致 (2) 节距套管长度不一致, 过长时, 夹板间距太大, 致使炉排片脱落, 严重时成组脱落 (3) 炉排片两端小轴磨损严重 (4) 夹板断裂或孔眼磨损	(1) 更换不符合要求的炉排片 (2) 换上合适的节距套管 (3) 更换断裂或不符合技术要求的夹板 (4) 更换
炉排卡住停走	(1) 炉膛两侧密封铁安装质量不好, 或过热变形而产生不平, 或参差不齐卡住 (2) 组装炉排的拉杆长短不一致而卡住 (3) 组合炉排的零件因制造质量不良, 夹板或炉排片转动不灵活, 在运行中落不平被老鹰铁卡住, 炉排片太短, 夹板挡铁不能托起炉排片, 致使炉排片掉下两夹板之间而卡住 (4) 煤中金属杂物或焦渣卡住 (5) 炉排片断裂或夹板上的销子脱落卡住炉排 (6) 炉排架弯曲 (7) 大轴轴瓦缺油 (8) 检修质量不良, 前后轴不平行, 使炉排跑偏 (9) 变速箱故障, 使炉排停走	(1) 调整变形的密封铁, 换用合适的拉杆 (2) 换用合格的零件; 上煤时尽量避免煤中的金属杂物进入炉内 (3) 调整炉排的松紧程度; 挑出短的炉排片 (4) 加强检查维护, 发现异常, 及时消除 (5) 找出炉排跑偏的原因, 及时消除 (6) 找出变速箱故障原因, 及时消除
老鹰铁被掀起或烧坏	(1) 当炉排片前后交叠时错开, 将老鹰铁掀起 (2) 煤的灰熔点低, 燃烧后, 灰渣焦结在老鹰铁和炉排上, 造成除灰困难, 将老鹰铁掀起 (3) 由于运行操作不当, 使火位移后 (或移前), 将老鹰铁烧坏	(1) 换用新炉排片 (2) 加强操作, 发现问题及时处理 (3) 加强运行管理
炉排片下陷或折断	炉排片与夹板接触处磨损或断裂	换用夹板
炉排起拱	(1) 链条太松, 局部卡住 (2) 对炉排下的漏煤, 漏灰清除不及时, 致使炉排片间或炉排与链轮间夹灰过多而拱起 (3) 炉排片间隙过小, 而穿条螺丝紧得太紧, 受热后, 炉排片膨胀挤紧而拱起	(1) 调整链条 (2) 清除漏煤和积灰, 并订出制度 (3) 安装炉排片不能过紧, 以能自由活动为宜

### 3. 链条炉排检修质量要求

#### (1) 给煤装置:

1) 下煤管的壁厚,局部磨损最薄不得超过1mm。同时各类吊件应完整,无漏煤。

2) 下煤管煤闸门的传动齿轮、齿条应完整并接触良好,传动轴不得弯曲。

3) 炉前闸门不得烧损变形,煤闸门边缘应齐平,与炉排面的水平差每米不得超过1mm。煤闸门抬起高度应与外面指示器的指示相符。

4) 炉前煤闸门的提升装置应灵活,传动轴无弯曲及卡住现象,传动轴最大弯曲不得超过4mm,各支座牢固无松动,轴套、轴颈磨损不得超过1.5mm。蜗母轮及扇面轮和蜗母杆不得损坏,磨损已超过原厚度的1/3时应予修理或更换。链轮磨损不得超过1mm,链子各圈不得有裂开,节距与链轮节距一致。各部销子如有磨损、松动现象,则应更换。

5) 炉前的弧形挡煤板要完整,弧形挡煤板最大弯曲不得超过10mm。搬动灵活好用,严密不得漏煤。

6) 炉前煤闸门的循环冷却水管不得腐蚀、变形、漏水。若不符合要求者,予以更换和修理。

#### (2) 分段送风风室、风门

1) 风室内的灰渣、漏煤及杂物必须清扫干净。

2) 风室风门各部件不得变形。搬把要完整,小风门铁板要完整平滑,小轴要直,板与轴结合要牢固。开关应灵活,内外开度指示应相符。

3) 各风门关闭时,风板合口处的间隙最大不得超过3mm。

4) 风室上的人孔门要完整,结合面要用石棉板填充,以防漏风。

#### (3) 除灰(放灰)装置

1) 老鹰铁不得有变形、裂纹和烧损,其搭在炉排上的顶端烧损不得超过20mm。老鹰铁之间的间隙一般为5mm,以便膨胀。老鹰铁接头(顶部)的备件应符合图纸要求。

2) 炉排下部的放灰装置要灵活,指示要正确。翻灰板(或盖板)不得烧坏变形,活动轴不得弯曲、裂纹,其磨损不得超过3mm。

若蛟龙除灰,其外壳、螺旋叶片磨损不得超过原厚度的1/2,传动变速机构应符合有关标准要求。

#### (4) 炉排本体

##### 1) 主动轴和链轮:

① 主动轴在轴瓦处的轴颈磨损不得超过1.5mm,若超过此要求,将轴修光。为了达到配合要求,轴或轴瓦镶套,视具体情况而定。详细情况参见本章后面的修理实例。

② 主动轴弯曲度每米不得超过0.5mm。

③ 主动轴轴瓦磨损不得超过2.5mm,若超过此要求,可将轴承内孔镗大,镶以大于10mm厚的铸铁衬套。套与轴的间隙约为0.7~0.8mm。轴瓦上的油路,应清洗干净。

④ 主动轴的链轮,齿底磨损不得超过3mm。新换链轮要符合图纸要求。

⑤ 各链轮与轴线中点间距离(a, b)的偏差为±2mm(图3-5-20)。

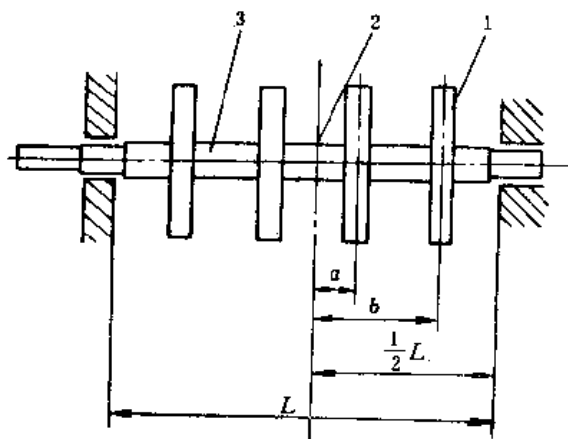


图3-5-20 链轮与轴线中点的距离  
1—链轮 2—轴线中点 3—主动轴

⑥ 同一轴上的链轮其齿尖前后错位偏差 $\Delta < 3$ 毫米(图3-5-21)。

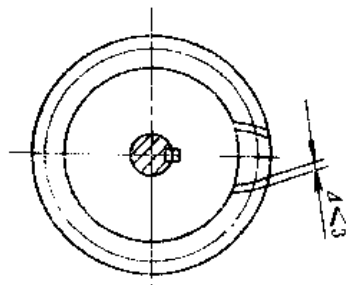


图3-5-21 链轮的齿尖错位

⑦ 链轮与大轴上的键和键槽要完整,不得有裂纹,配合要符合要求。



⑧ 轴瓦的油毡垫要完整，不漏油，不进灰，每次大修时要换新的。

⑨ 轴瓦、油杯、油管、油孔要吹洗干净，保持油路畅通。油管要装牢。

⑩ 轴瓦的冷却水要畅通，开关、接头不得漏泄。

⑪ 主动轴和链轮安装在轴架上后，用手能搬动，而且灵活。

## 2) 从动轴及导轮

① 从动轴的弯曲度、轴颈磨痕、轴瓦磨损同主动轴要求一致。

② 从动轴和导轮应完整、无裂纹、深沟槽。各导轮与轴线中点间距离（ $a$ 、 $b$ ）的偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ （参见图3-5-20）。

③ 调整螺帽螺杆要完整良好，螺帽旋转轻松。需在轴瓦及轴架上作出标记，调整时要一样。

④ 轴瓦油毡垫应完整，无漏油，不进灰，每次大修要换新的。

⑤ 轴瓦的油杯、油管、油孔以及冷却水管，应进行吹洗，保持畅通。油管和水管均要装牢。不漏油，不漏水。

⑥ 安装后，用手能灵活搬动。

## 3) 炉排架测量及炉排找正

① 炉排中心线位置偏差不应超过 $2\text{mm}$ 。

② 墙板的标高偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

③ 墙板的不铅垂度，全高不应超过 $3\text{mm}$ 。

④ 墙板间距离偏差不应超过 $+5\text{mm}$ 。

⑤ 墙板间两对角线的不等长度不应超过 $10\text{mm}$ 。以前后轴中心线为准，在墙板顶部打冲眼测量。

⑥ 墙板框的纵向偏移不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

⑦ 墙板的纵向不水平度不应超过 $1/1000$ ，全长不应超过 $5\text{mm}$ 。

⑧ 两侧墙板的顶面应在同平面上，其不水平度不应超过 $1/1000$ 。

⑨ 炉排架子水平差不得超过 $3\text{mm}$ 。

⑩ 下部架子横梁弯曲不得超过 $5\text{mm}$ 。

⑪ 主动轴中心线水平差不超过 $0.5\text{mm}$ ；被动轴中心线水平差不超过 $1\text{mm}$ 。

⑫ 主动轴与被动轴应平行，两轴的轴心线上下差不超过 $2\text{mm}$ ，两轴的中心距离不超过 $2\text{mm}$ 。

⑬ 小铁道（即上部导轨）必须和前后轴垂直。

## 4) 小铁道（即上部导轨）

① 轨道磨损不超过 $3\text{mm}$ 。

② 轨道要平行，相互间距离应与图纸符合，其误差最大不得超过 $5\text{mm}$ 。

③ 轨道水平差不得超过 $3\text{mm}$ （或每米不应超过 $0.5\text{mm}$ ），轨道呈波纹形状时，最低处不得超过 $3\text{mm}$ ，但在同一条轨道上不许有3处以上。

④ 轨道下面的垫片不许松动，要焊接牢固。

⑤ 填块要和轨道齐平。填块要完整，两侧竖槽，嵌入轨道的钢板内，并填充石棉绳，以免串风。

## 5) 链条

① 同一台炉上的链条长度应一致。否则，会造成炉排被前、后链轮顶起，炉排跑偏，连紧部分磨损、炉排片断裂现象。因此，每台炉炉排的链条应放在平直的 $10^{\#}$ 槽钢内或 $\phi 102$ 的管子内在同一拉力作用下拉紧后进行测量，其绝对长度（实测长度）与理论长度（设计尺寸）的偏差为 $20\text{mm}$ ，但不得超过 $20\text{mm}$ 。同一台炉的链条拉紧测量，旧链条长度差一般最大不超过 $20\text{mm}$ ，新链条的长度差不超过 $8\text{mm}$ 。

② 链条每节的节距差，最大一般不超过 $0.5\text{mm}$ 。新换的链条链板节距差，应小于 $0.3\text{mm}$ 。链板的铆钉不松动和脱落。链板的孔不得变形。

③ 链条环上装小轴的孔和小轴的间隙，链条环（链板）的铆接孔和铆钉间的间隙均不得超过 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

④ 新链条应符合图纸要求。

## 6) 炉排片及夹板

① 炉排片尾部烧过 $10\text{mm}$ 者，炉排片面烧损超过 $6\text{mm}$ 者应立即更换，并不得有裂纹和变形。

② 夹板（左、中、右）应完整，不得缺损和断裂；夹板上固定炉条的轴孔其磨损最大不超过 $3\text{mm}$ 。左右夹板与侧密封衔接的上下挡板，其厚度磨损不得超过 $3\text{mm}$ 。

③ 新炉排片和夹板应符合图纸要求。必须经过检查，方能使用。

## 7) 节距套管、滚柱

① 新节距套管应符合图纸要求。一般节距套管的长度偏差为 $1\text{mm}$ 。应用无缝钢管制作。使用过的节距套管不得有裂纹，其弯曲不得超过 $1.5\text{mm}$ ，套管的两端缺口不得变形。

② 新换滚筒应符合图纸要求。一般新滚筒两

端孔与外径的同轴度不得超过 0.5mm，其长偏差为  $\pm 2$ mm，两端孔径的偏差为  $\pm 0.5$ mm。旧滚筒应完整圆滑，无裂缝和缺损，滚筒外圆磨损最大不超过 2mm。

③ 节距套管与滚筒内径的间隙，最大不超过 0.5mm。

8) 侧密封

① 侧密封应完整，其每块弯曲度不得超过 3mm，全长水平差不得超过 5mm。

② 侧密封的磨损不得超过原厚度的 1/2，其宽度的磨损或烧焦脱落不得超过 5mm，与轨道的

全长平行差不得超过 5mm。

③ 侧密封与墙板安装要牢固，螺丝应完整齐全。

④ 侧密封与左右夹板之间应留出 5~8mm 间隙，不得卡死。鳞片式炉排两侧的密封装置示于图 3-5-22。

9) 链条，炉排片组装

① 各穿条（拉杆螺栓）两端螺丝应完整，螺母和垫片配齐。各穿条长短差不超过  $\pm 5$ mm。装配后两端与墙板或密封铁座间的间隙最狭处应为 15~20mm。

② 拉杆螺栓紧力适应、均匀，两侧露头一致，背母紧死。

③ 滚柱转动灵活，夹板活动自如，并要求所有的夹板高度应在同一平面内。

④ 链条与链条的间距应均匀，其间距与节距套管和滚筒有直接关系。间距过大时，容易掉炉排片；间距过小，则不易安装炉排片或运转不灵活。

⑤ 小轴磨损不得超过 0.5mm，安装时开口销应分开，并超过  $180^\circ$ 。

⑥ 组装好的链条还应再进行一次拉紧测量，各链条松紧应一致。链条的松紧应调节到最紧时，滚柱与下面轨道之间隙不超过 5mm，最松时滚柱与下面轨道只能轻轻碰擦。

新装的各炉排片应成一个平面，在夹板上应转动灵活，在链轮处翻转自如。

10) 挡煤铁（抛煤机倒转炉排安装在后部）

① 新的挡煤铁应符合图纸要求。

② 挡煤铁应完整无缺，不得烧焦变形，安装牢固，保持活动自如。

③ 嵌镶在挡煤铁上的耐火砖要完整牢固，不得松动脱落。

④ 挂挡铁的横梁、三角铸铁架变形弯曲不得超过 30mm。

11) 前后盖板、炉门

① 前后盖板要完整、严密。前

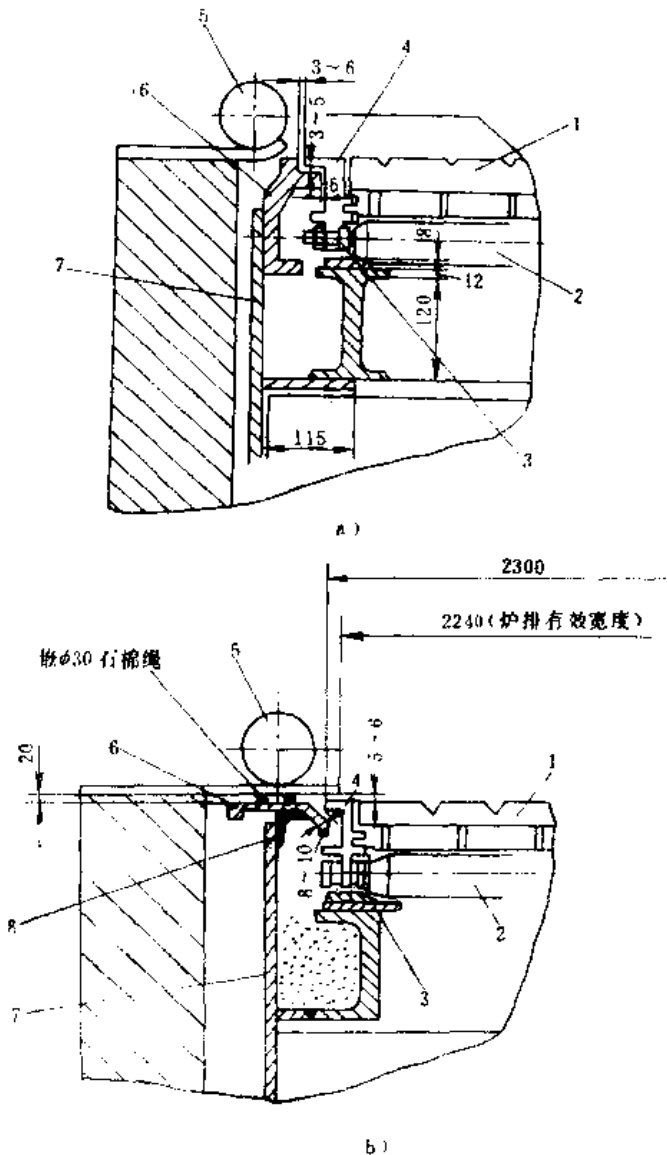


图3-5-22 炉排两侧密封装置

1—炉条 2—棍子 3—链条 4—侧炉条夹板 5—防焦箱 6—密封板  
7—墙板 8—固定角铁

部盖板上的玻璃要完整明亮。安装要牢固，接合面要用石棉绳或石棉垫，以防止漏风。

② 炉门要完整，关闭要严密（接合面要塞以石棉绳），开关要灵活。

12) 主动轴与变速箱的对接

① 主动轴与变速箱的对接靠背轮要留出4~5mm的间隙。

② 两个靠背轮的高低差，一般不超过0.2mm。相差时，大轴的靠背轮，应稍低于变速箱的靠背轮。

③ 两个靠背轮要完整，大小一致，并符合要求。

#### 4. 炉排找正和链条长度测量方法

(1) 炉排找正

1) 炉排找正用的主要工具：

① 水桶一个，直径约300mm，高约400mm。水桶上有水门4个，另有放水门1个。

② 胶皮管4根，直径约为10mm。胶皮管越软越好，长度根据需要决定。

③ 玻璃管4根，直径约为10mm，长度为200mm。玻璃管上面，最好有高低刻度。

④ 0.6mm直径的钢丝，长度根据需要决定，钢丝上不能有永久变形的折痕。

⑤ 线坠4个。

⑥ 丁字规4个，越大越好，刻度应清晰。

⑦ 2m钢卷尺1只。

⑧ 钢丝的拉紧与调整工具，根据现场情况，自行制作。

⑨ 水准仪一套。

2) 炉排找正的方法

① 先在炉前拉好一根基准线。利用炉前两侧炉架的光滑平面为依据，以大轴轴瓦座的拉紧螺丝为参考，拉出基准线。拉基准线的方法是先在炉前两侧立两根随意移动的铁棍，在水平方向系一根钢丝，用图3-5-23所示的方法校正钢丝的水平。用线坠与弯尺来校正钢丝与炉前两侧炉架的距离，保持炉架两侧距离相等。

基准线也可用以下方法取得，在炉排全长的1/5和4/5的地方，拉线两根，两线较床架稍高，并应水平。然后各取该两线中点，以两中点为准，拉一根钢丝并伸长，可作为炉排的中心线。最后在炉前大轴前方，以此中心线为依据，利用丁字规架一水平钢丝，与中心线垂直，即可作为炉前基准线。

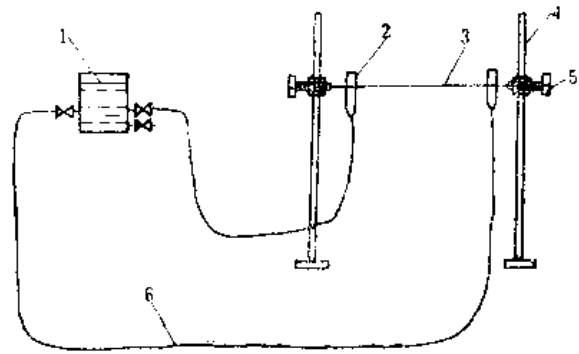


图3-5-23 用水桶及玻璃管测量

钢丝之水平线示意图

1—水桶 2—带刻度玻璃管 3—钢丝 4—移动铁棍  
5—钢丝调节螺丝 6—软胶皮管

② 如果先找出炉前基准线，则第二步应找出炉排中心线。其方法是，用线坠与钢尺，以两侧炉架平面的中心线为准，以大轴轴瓦座边为互相校核，找出炉前基准线的中心点。然后，由基准线的中心点向炉后拉一钢丝，即为炉排中心线。炉排中心线，应与炉前基准线在水平面上成垂直，可用丁字规来校正。

③ 以炉排中心线为准，在炉后部的后轴上部，拉一钢丝。该钢丝与炉排中心线垂直，作为后轴水平线。后轴水平线，应与炉前基准线在同一水平面上，可用水桶及玻璃管水平水位来校验。

④ 自基准线两端，沿两侧炉墙各向炉后拉一钢丝，作为炉侧垂直线。两根炉侧垂直线，应与基准线的中心点等距离，并与两侧炉墙稍有距离。炉侧垂直线应与炉前基准线及后轴水平线在同一水平面上互相垂直，可以利用丁字规校正垂直角度，利用水桶及玻璃管水位校正水平。

⑤ 各线拉完后，如图3-5-24所示。

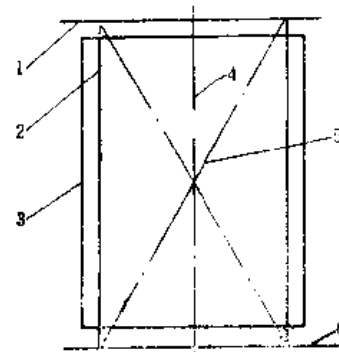


图3-5-24 炉排找正时，各找正线示意图

1—后轴水平线 2—炉侧垂直线 3—炉排  
4—炉排中心线 5—对角线 6—基准线

为了校正所拉各线找正是否正确，可以由四角交叉斜拉两根对角线。如果两根对角线的长度相等，并且与炉排中心线相交一点，则说明各线都符合要求。对角线交点与中心线的偏移，最大不得超过2mm。若超出此要求，应重新测定和校正。

拉好炉排各找正线后，就可以进行各部件的调整工作。

前轴找正，以炉前基准线为准进行轴瓦的调整；用后轴水平线可检查并调整后梁和后链轮；应用炉前基准线和后轴水平线及中心线，可以检查调整每根导轨的上下左右位置以及导轨间的距离；应用前后水平线向炉排框架下引线，可以进行炉排下部托轨的找正。

(2) 链条长度的测量方法 由于链条长度不一致，会造成炉排被前后链轮顶起，炉排跑偏，连紧部分磨损、炉排片断裂等现象。因此，在检修时，应对链条的长度进行拉紧测量。在测量前，对链条每节的节距应进行仔细的检查 and 测量，检查小环，大环，节距套管的孔径是否磨大或拉成椭圆，测量它们的孔距是否超差。链条每节的节距差，一般不超过1mm。新链环的节距差应小于0.5mm。链环应平直，其厚度差一般不超过 $\pm 0.3$ mm，材料应用A<sub>3</sub>。

链条长度的测量方法：将拆下的链条放在适当的地点和距离，检查节距后，放在两根平行的槽钢内或放置在平整的地板上，按直线摆摆直，在链条的两端打上固定桩，并栓上滑车，进行拉紧测量。各链条的总长度差，一般不超过20mm，新换的链条要求不超过10mm。

5. 链条炉排检修后的试运转检验

(1) 冷炉试转 在空负荷试转时，应进行下列各项检验和调整：

1) 检查炉排运转时，声音是否有异常现象。炉排是否有跑偏，前后轴上的链轮与链条的啮合是否良好。

2) 检查夹板与链条接合销轴，开口销子是否有遗漏，开度是否合适。炉排片是否有脱落和残缺现象。

3) 检查炉排的松紧程度是否适当。检查与调整前轴拉杆螺丝的长度。在各挡的转速下，炉排运转是否轻松，电流表的指示数值与修前相比较如何？

4) 检查炉排行走部分与固定部分之间的间隙是否合适，不能有任何一处碰磨。

5) 检查变速箱的声音是否正常，逐挡变换转速时是否灵活，有无异常现象。保险弹簧的压紧程度是否适宜。

保险块，保险销子是否合适。

6) 检查齿轮箱、蜗轮箱及其他润滑部分油量是否充足。

7) 检查风室风门和放灰机构是否灵活，连接部分是否牢靠。关闭是否严密。

8) 检查煤闸门与炉排平面是否平行，开度指示与实际尺寸是否相符。

(2) 热态试转 炉排在热状态下试运转时，还应作下列检查与调整：

1) 检查并调整炉排的松紧程度。结合现场实践经验，用小刻度的电流表观察。当电流为最小并略有上升时，松紧度为最合适。

2) 检查并调整齿轮箱离合器安全弹簧，在刚能带动炉排时再紧一圈。

3) 检查靠背轮是否有因热胀，拉紧等情况而发生偏斜，并测量靠背轮的间隙。

4) 检查轴瓦冷却水，抛煤机冷却水的水管是否泄漏，并调整其水量。

(五) 往复推动炉排的检修

1. 往复推动炉排的常见故障

往复推动炉排的常见故障、故障原因及其排除方法见表3-5-14。

表3-5-14 故障原因及其排除方法表

现象	故障原因	排除方法
炉排卡住	(1) 活动间隙太小 (2) 行程过大，活动炉排片与固定炉排顶死 (3) 活动炉排卡住 (4) 铁件落入间隙内卡住 (5) 推拉轴与偏心拉杆不在同一直线上	(1) 调整间隙使间隙适当 (2) 控制活动炉排片的行程 (3) 调直活动炉排梁 (4) 清理杂件 (5) 调整推拉轴与偏心拉杆在死点位置成一直线
炉排片烧坏	(1) 主燃区处于高温下工作，冷却条件又不好 (2) 炉排热负荷过大 (3) 炉排材料差	(1) 改善炉排的通风和冷却条件 (2) 改善炉排片的结构和通风间隙 (3) 炉排片改用耐热材料 (4) 降低炉排热负荷

(续)

现象	故障原因	排除方法
漏风、漏煤大	炉排两侧密封间隙及活动间隙过大	调整间隙, 特别注意两侧的密封间隙要合适
煤斗着火	由于煤斗中煤层厚, 向下压力大, 在推煤板往复运动时, 两端间隙处容易漏煤。有时烟气管入煤斗, 引起“煤斗着火”	加装挡板, 减少漏煤

## 2. 往复炉排的组装

(1) 炉排的安装要求 安装前应把炉排片、炉排梁等铸件配合面的飞边毛刺整平, 以保持各部位的良好配合。

(2) 炉排安装顺序 钢支架→固定炉排梁→活动炉排梁→连杆→炉排片(由下至上顺项安装)→推拉轴轴承座→推拉轴→变速机构→固定变速机构支座架→人字拉杆。

(3) 支架和炉排梁安装 支架安装前应与图纸校对尺寸, 如果有变形应矫正; 炉排梁安装时要保持间距相等, 角度相同(可用垫片调整); 固定梁与活动梁之间的间隙要均匀, 不能有的过大, 有的接触过紧, 应使活动梁的两侧配合面与固定的4个滚轮都尽可能保持接触; 边炉排要保持成一直线, 间距、角度调整好以后将活动梁与连杆用螺丝紧固不能松动, 如用角铁加焊夹紧, 效果更好。

(4) 炉排片安装 板状炉排片及有缝、无缝炉排片应按炉排装配图所示位置安装。炉排间的缝隙, 预热区和余燃区为1mm左右, 主燃区为2~3mm。有缝炉排片的凸台过高可用砂轮打磨恢复其原尺寸, 为防止炉排烧化, 必须保证主燃区的通风, 切不可将无缝炉排片错装在主燃区中部。为避免预热区和炉排两侧漏风, 不可将有缝炉排片装于这些部位, 每排炉排装完后, 应留出5~10mm的缝隙以备膨胀。此间隙是用薄片炉排调整获得的。沿炉排面各层炉排的间隙要保持均匀, 不能有的过大, 有的摩擦, 余燃炉排可根据具体情况决定安装方法。

(5) 要便于检修 为出灰操作及有利于炉排冷却, 凡条件许可时, 应尽可能使炉排支架离地面40~50mm安装。

(6) 防止炉排两侧漏风 可在侧联箱内焊接一定厚度的铁板。铁板是分成若干段铆焊在侧联箱上, 该铁板与炉排间的间隙不应大于5mm。铁板上端距炉排面1cm以内, 以免烧坏。

(7) 人字拉杆和推拉轴安装 中心线一致, 其倾斜的角度必须与炉排面一致,(与地平成 $8^\circ$ ), 另外要注意保持推拉轴与蜗轮轴垂直, 变速机构定位后再固定其支架, 即与炉排支架焊死。最后将与入字拉杆连接的连接板和连杆焊接固定。

(8) 行程选择 推煤机构往复行程两种(30和50mm)可根据使用情况安装, 对易结渣的煤或电机转速较慢时宜用大行程。

(9) 隔风板安装 各风室用隔风板隔开的, 各风室一定要严密防止相互窜风, 隔风板用薄板制作。隔风板通过连杆的地方用玻璃布等柔性耐热的材料封闭, 达到又隔风又不影响推拉轴运动的效果。

(10) 炉排风室分配 有缝炉排片为二风室, 板状炉排及上部无缝炉排片(1~5排)为一风室。下部无缝炉排为三风室。余燃炉排下为四风室。

(11) 炉排装完后的空载运转 运转前先用手动转动减速器皮带轮, 以不大费力即转动为合格。空载试运转中应对炉排各部分进行检查, 要求炉排之间及炉铁之间不得互相摩擦, 滚轮与活动梁配合处应大部分接触。然后装煤进行冷态试转, 要求下煤应均匀, 不跑偏, 不堆积, 煤斗及两侧部分不应漏煤, 否则应重新调整。

## 3. 往复炉排安装和检修质量标准

1) 往复炉排各种铸件表面应光洁, 无裂纹, 并除净毛刺和浇冒口, 应无明显砂眼, 气孔, 缩孔变形等缺陷。铸件的允许平面度误差为: 其变形量一米以下为3%, 一米以上为5%。材料应符合图纸规定要求。往复炉排片, 炉排梁的配合接触面, 上表面均应保持光滑平整, 同炉排片之间, 平行度不得超过2mm。

2) 各炉排梁之间要保持均匀安装, 间距尺寸差不得大于3mm, 炉排梁与支架梁应垂直, 各对角线误差不得大于5mm。

3) 炉排两边要装齐, 各排炉排边尺寸差不得大于3mm; 上下炉排之间缝隙最大不得大于8mm, 最小不得小于2mm。

4) 预热区、余燃区炉排片之间膨胀缝为2~5mm, 主燃区为5~10mm。

5) 人字拉杆, 推拉轴与炉排倾斜角度应保持一致, 角度误差不得超过 $0.5^\circ$ ; 蜗轮轴与推拉轴应垂直, 误差不得大于 $0.1^\circ$ ; 推拉轴应位于活动梁中心, 中心线位移不得超过2mm。

6) 活动梁与固定梁的滚轮, 接触率不得小于3/4。

7) 煤斗边与活动炉排片之间的缝隙应保持在2~6mm范围内, 煤闸板要升降灵活。

8) 变速箱不得漏油。

9) 变速箱的定位应使得各活动梁位于两固定梁中心, 左右均匀运动, 不均匀尺寸不得大于5mm。推拉轴与偏心拉杆在死点位置应成一直线, 误差不得大于1°。

10) 炉排安装完后, 首先以手扳动皮带轮运转, 以不大费力即能转动为合格。当变速偏心轮以大行程运转时, 炉排不得互相顶碰, 拉杆与隔风板不得摩擦; 炉排内及变速箱内不得有异常声音, 炉排实际行程不得小于45mm。

## 第6节 炉墙及烟、风道检修

### (一) 炉墙结构及炉墙的常见故障

#### 1. 炉墙结构

锅炉炉墙结构, 一般分为重型炉墙、轻型炉墙和管承式炉墙三种。

(1) 重型炉墙的结构特点 炉墙直接砌筑在锅炉地基上, 即炉墙重量是由锅炉地基直接承受。炉墙一般由耐火砖与红砖两层所组成, 炉墙较厚, 也较重。重型炉墙由于直接砌筑在锅炉基础上, 且因重量较大, 因此, 高度受到限制。过高时, 一方面使炉墙不稳定, 另一方面也由于在高温下强度有限, 故一般不应超过10m, 超过10m以上必须采取结构措施。因工业锅炉一般低于10m, 故都采用重型炉墙。

重型炉墙外层用标号50~100号之间的标准红砖 $240 \times 115 \times 53(\text{mm})$ 砌筑, 内层用标准耐火砖T-3砌筑, 其尺寸为 $230 \times 113 \times 65(\text{mm})$ 。耐火砖与红砖之间留有20~30mm之间的缝隙, 并填充绝热石棉板或石棉粉。为了不使耐火砖与红砖分开, 耐火砖10~15层内有一层向红砖内插入半砖。为了保证炉墙自由的膨胀, 在四角和较宽的炉墙中间地位, 沿整个炉墙高度留有垂直的温度膨胀缝, 缝中嵌以涂敷耐火材料的石棉绳, 以保证严密性。

重型炉墙的耐火砖筑体, 根据所要求的砌筑精细程度可分为五类:

砖缝厚度不大于0.5mm者为特类砌体; 砖缝

厚度不大于1mm者为Ⅰ类砌体; 砖缝厚度不超过2mm者为Ⅱ类砌体; 砖缝厚度不超过3mm者为Ⅲ类砌体; 砖缝厚度允许大于3mm者为Ⅳ类砌体。各类砌筑体用的泥浆分别为: 特类、Ⅰ类、Ⅱ类砌体用稀泥浆; Ⅲ类砌体用半浓泥浆; Ⅳ类砌体用浓泥浆。

(2) 轻型炉墙的特点 炉墙重量分段地由锅炉钢架直接承受。炉墙一般由耐火砖层、硅藻土砖层和绝热材料层等三层所组成, 炉墙较薄较轻。

(3) 管承式炉墙的结构特点 炉墙重量由锅炉水冷壁承受, 而不与锅炉钢架直接发生联系。它是由数层敷在水冷壁管上的耐火材料和绝热材料所组成。

轻型炉墙和管承式炉墙主要应用于大型锅炉机组、快装锅炉和列车电站锅炉等, 这里不作重点介绍。

#### 2. 炉墙的常见故障

炉墙的常见故障有结焦、裂纹、倾斜、砖块松动、局部脱落, 炉管穿墙处被硬物卡死和密封石棉绳烧坏等。当发现炉墙有下列情况之一者, 应予以修补或重新砌筑:

- 1) 炉墙有较多的裂缝, 严重的漏风或钢架烧红者。
- 2) 炉墙内衬砖破裂或局部脱落者。
- 3) 炉墙松动、倾斜或凸起严重, 有倒塌危险者。
- 4) 炉墙有严重磨损, 其磨损厚度超过原厚度的1/3者。

### (二) 炉墙的检修工艺

#### 1. 炉墙修补工艺

修补炉墙的工艺, 可参考下列几点进行:

- 1) 修补炉墙所用的材料如耐火砖、耐火泥、灰浆等应按前述进行选用, 或按锅炉产品说明备料。
- 2) 清理现场, 划定放料、合泥地点, 并准备工具、吊运设备。在修补炉墙的地方, 要有充足的照明, 搭好牢固的脚手架, 并设置护卫栏杆和安全标牌。
- 3) 在炉墙需要修补处, 要自上至下地拆卸砖块, 并将墙拆成阶梯形的空洞。这样既免得炉墙塌落, 又能提高炉墙修补后的坚固性。
- 4) 清除空洞中留有砖块表面上的灰浆及杂

物，并用少量的水将浮灰冲洗干净。

5) 修复砌筑应按砌筑技术要求进行，应符合质量要求。

6) 膨胀间隙内的石棉绳，如失去韧性，并变脆或松动脱落时，应重新更换或修理。

7) 所有穿过炉墙的炉管，必须在管的周围留出25~30mm的膨胀间隙(误差为+10mm)，管子应用 $\phi 6 \sim \phi 20\text{mm}$ 的石棉绳缠紧，然后再用石棉绒将膨胀间隙填充严密，最后用耐火混凝土将其表面涂封抹平，涂封的混凝土，不得超过炉墙表面5mm。

## 2. 火床炉前后拱的检修工艺

火床炉的前、后拱，一般都处于高温区，工作条件较恶劣，在具体结构上应有不同的考虑。常用的前、后拱的结构有如下几种，其检修工艺要点分别参照下列要点进行：

(1) 拱形炉拱(碰拱) 在工业锅炉中常采用单跨的砖拱。这种炉拱(碰拱)由楔形砖砌成，其拱基可直接支承在侧墙上，也可支承在侧墙内侧的支架或下侧集箱上。这种拱的跨度一般不超过2~3m。高温的炉拱应避免承受额外的负重。因此，在其穿过垂直墙的部位应砌成双重拱，上层拱用作承重，下层拱为耐火拱。二层拱间应留有宽度不得小于20mm的伸缩缝，以保证二层拱间的相对膨胀(图3-6-1)。

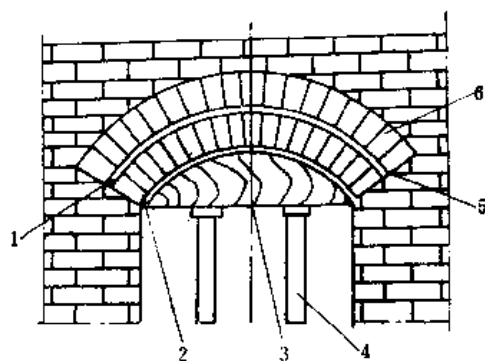


图3-6-1 拱形炉拱

1—伸缩缝 2—耐火拱 3—木制翻胎 4—支柱  
5—拱基 6—承重拱

在砌筑拱炉拱时，应利用木料(或钢板)制成拱胎，按拱胎的弧面由两端砌向中央。拱的砖缝灰浆要饱满，砖缝的宽度一般不应大于2mm，个别地方可达3mm。但每平方米面积上，砖缝超过3mm的不得多于3条。炉拱表面不得有凸凹的地

方，其不平度不得大于2mm。

炉拱砌完后，至少要经过2~4小时后，才能拆除拱胎的支撑。如发现炉拱砖凸出，碎裂或变形严重，有塌落的危险时，必须将其拆掉，重新砌筑或修补。

(2) 悬吊炉拱 它是通过吊架支吊在支架上的，如图3-6-2。

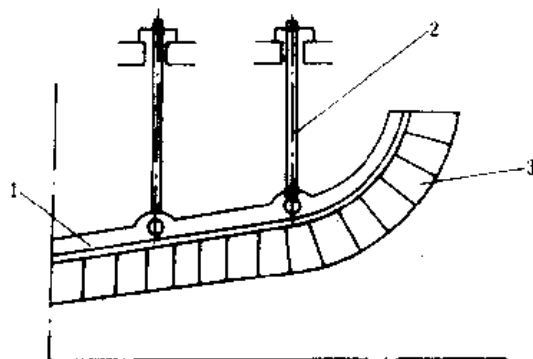


图3-6-2 悬吊炉拱

1—前、后拱铸铁梁 2—吊钩 3—异形砖

在检修或重砌悬吊炉拱时，要详细检查，核对前、后拱吊梁、吊铁，特制异形砖的尺寸和形状。前、后拱的铸铁梁不得有裂纹、弯曲、变形。变形每米不得超过1.5mm，全长不得超过12mm。特制异形砖，应按图就位，不得任意堆砌。在砌筑前，先吊好前、后拱铸铁梁，调整梁与梁之间距离，先用一排异形砖试装，各梁的距离和砖的配合无误后，即可砌筑。当异形砖有差别时，可以适当用切砖机切割，但切后的断面不得朝向火面，亦不得影响炉拱的机械强度。

前、后拱与两侧炉墙接触处，应留膨胀间隙，并在其内填充石棉绳或石棉板，用耐火混凝土将其表面涂封抹平。

(3) 管架炉拱 它是用水冷壁管作为炉拱吊架，水冷壁管上套以特别的耐火异形砖，构成所需要形状的前拱或后拱(图3-6-3)。

在检修这种炉拱时，无论在拆掉旧拱或砌筑耐火砖，均不要碰伤管子。水冷壁管要求管距要一致，否则异形砖卡不进去。管子支架、吊架要牢固，联箱和炉墙要有膨胀间隙，按图要求施工。异形砖安装后，炉拱内表面要求平整光滑，其不平度不得大于2mm。炉拱的外表面铺上石棉板，再涂抹一层石棉保温灰浆，找平抹光。

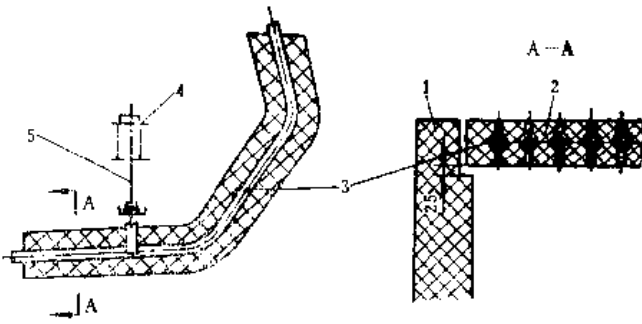


图3-6-3 管架炉拱

1—两侧炉墙 2—异形砖 3—水冷壁管 4—钢梁 5—吊卡

上述这种结构炉拱，过去在工业锅炉设计上采用比较普遍。目前，已开始广泛采用耐火混凝土吊拱结构。例如，利用水冷壁管作吊架与耐火混凝土拱相配合，使管子既作炉拱的吊架又作耐火混凝土上的骨架，就可以取二者的优点而成为一种较为完善的炉拱结构。这种管架式耐火混凝土具有支吊简单，使用寿命长，制作成本低，整体性好，易于制成复杂形状，便于修补等一系列优点。因此，在工业锅炉中得到愈来愈广泛的应用。

### 3. 炉墙膨胀缝的设置及其计算

蒸汽锅炉的炉墙，无论在设计和检修时，都要考虑到膨胀缝的问题。膨胀缝一般分为水平和垂直膨胀缝两种。炉墙的水平膨胀缝一般设置在分段卸载结构处（图3-6-4）。

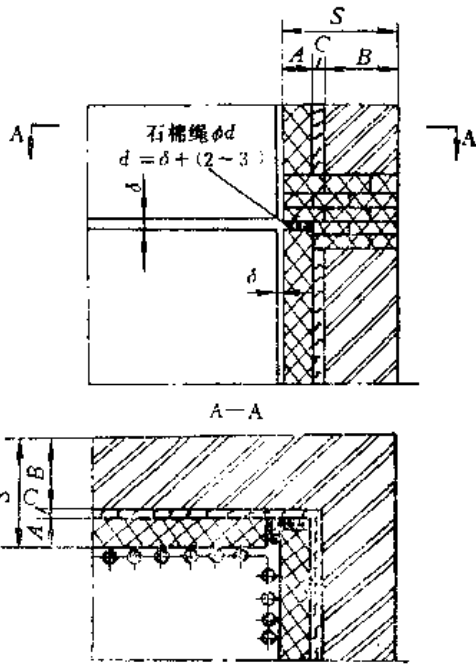


图3-6-4 内衬墙分段卸载结构

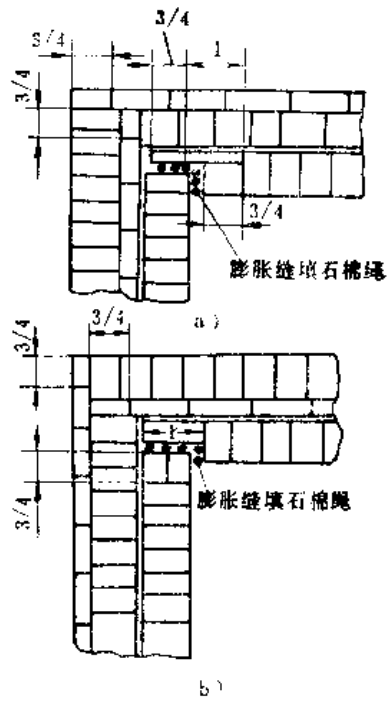


图3-6-5 重型炉墙的墙角结构

a) 第一层 b) 第二层

1—耐火砖 2—红砖

垂直温度膨胀缝通常设置在炉膛四角处沿整个炉墙高度（图3-6-5）。当炉墙宽度大于5~6m时，应增设一定数量的垂直膨胀缝，如北锅生产的SHL-20/13型链条炉的炉膛侧墙宽度为6780mm左右，设置了两条膨胀缝。

另外在垂直炉墙与顶棚炉墙的交界处亦设置水平膨胀缝（图3-6-6）。

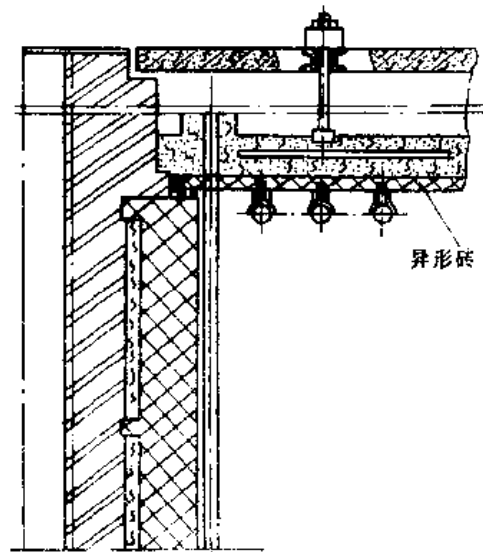


图3-6-6 炉顶水冷壁及吊架处炉墙



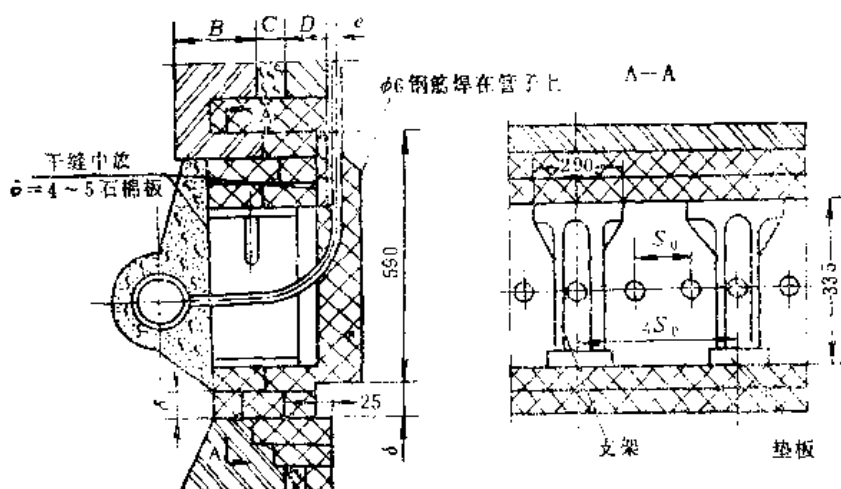


图3-6-7 侧水冷壁下部穿墙处炉墙

图3-6-7为侧墙水冷壁管穿墙处的炉墙结构，这是根据重型炉墙的结构特点而采用了铸铁支架和垫板。

关于膨胀缝尺寸计算问题。为了避免在砖砌炉墙中出现过大的热应力，膨胀缝尺寸最好经过计算后确定，计算的前提是：

1) 膨胀缝中填充的石棉绳，其压缩量不应超过原来直径的 $\frac{2}{3}$ 。

2) 为保持石棉绳在缝中的紧密性，其直径 $d$ 以比缝宽 $b$ 大2mm为宜。

3) 内衬墙全长的膨胀量以 $\Delta$ 表示，则墙的两边各为 $\frac{\Delta}{2}$ ，于是可列出如下两个等式：

$$b = d - 2 \quad \text{和} \quad b = \frac{1}{3}d + \frac{\Delta}{2} \quad (\text{mm})$$

从而得出： $d = 0.75\Delta + 3$  (mm)

例如，对于全长为8m的砖砌炉墙，在表3-6-1可知，在300~1200℃范围内耐火砖砌体膨胀率为0.7%；残余线收缩率为0.3%，则实际膨胀率为0.7% - 0.3% = 0.4%，那么

$$\Delta = 4 \times 10^{-3} \times 8000 = 32 \quad (\text{mm})$$

表3-6-1 炉墙内衬墙的平均膨胀率和残余线收缩率

内衬墙材料	温度范围 (°C)	线膨胀率 (%)	残余线收缩率 (%)
粘土质耐火砖砌体	300~1200	0.7	0.3
硅酸盐水泥耐火泥	1000~1200	0.75	0.4~0.8
矾土水泥耐火混凝土	1000~1200	0.55~0.6	0.4~0.8

按上式可求出石棉绳直径：

$$d = 0.75 \times 32 + 3 = 27 \text{ mm}, \quad \text{而膨胀缝宽度 } b = 27 - 2 = 25 \text{ mm}。$$

对于轻型炉墙来说，由于炉墙重量是由钢架承受，故计算膨胀量时应扣除钢架的膨胀量。碳钢在20~100℃范围内线膨胀率平均为0.12%。

#### 4. 炉墙检修的技术安全工作

炉墙检修工作是在锅炉清扫干净后进行，这样既杜绝了燃烧室内的灰渣掉落，又使施工现场灰尘较少，有利于炉墙砌筑质量的提高。炉墙在砌筑施工中，应注意下列安全注意事项：

1) 在炉墙检修前，应同锅炉其他作业统一协调，合理安排施工程序。在炉墙检修期间，最好不要上下层同时作业，如果实在避不开时，应采取相应措施，确保安全，方可施工。

2) 拆卸炉墙时，应从上至下一层层地拿掉砖头；如在墙面拆洞时，既要自上而下地进行，又要拆成阶梯形的空洞，以免炉墙塌落。

3) 检修时所用的材料，堆放在走台上时，不能越出走台边缘挡板；堆放在脚手架上时，不能超出脚手架的荷重范围。脚手架必须牢固，跳板稳定，结实并捆牢。

4) 在较高处施工时，工作人员应扎上安全带，并将腰绳挂在牢固的结构上。安全帽及其他防护措施，按规定穿戴，工具要安放好，不得掉落。

5) 参加施工人员要服从领导，团结一致，互相协作，保质保量，严格遵守有关安全规程的规定，确保安全施工。

**(三) 砌筑重型炉墙的质量要求**

**1. 炉墙**

1) 炉墙所需的耐火砖, 保温材料均应符合有关技术标准, 如对原材料做修改时, 必须得到技术部门的同意。

2) 炉墙用砖要按二级以上耐火砖和一级75号或100号机制标准红砖进行选用。砖要平直, 没有裂纹、缺角, 边缘要完整。应符合表2-5-21表2-5-26表2-5-34的相应有关规定。

3) 耐火砖需要加工时, 应用专用工具及机械进行加工, 加工表面应平整, 耐火砖的破面、缺棱角面和经加工的砖面不得砌于向火面。

4) 不得使用1/3和不足1/3砖长的断耐火砖, 在每侧每层整个长度内大于1/3砖长的断砖数不得超过3块。

5) 砌筑用灰浆应选用与砌体同一材料, 应符合上节中灰浆的有关规定和条件。

6) 蒸汽锅炉的耐火砖层一般为Ⅰ~Ⅳ类砌体, 耐火砖层灰缝为1.5~3mm。红砖层灰缝为5~7mm。锅炉各部位砌体的砖缝厚度, 不应超过表3-6-2所载尺寸, 炉墙表面与管子之间的间隙的允许误差不得超过表3-6-3所载数值。

**表3-6-2 锅炉各部位砌体砖缝的允许厚度 (mm)**

项次	部位名称	各类砌体的砖缝厚度			
		I	II	III	IV
1	落灰斗			3	
2	燃烧室: (1) 无水冷壁 (2) 有水冷壁		2		3
3	前后拱及各类拱门		2		
4	折焰墙			3	
5	炉顶			3	
6	省煤墙			3	
7	烟道: (1) 底和墙 (2) 拱		2		3

7) 炉墙的平整度、水平度、垂直度、厚度误差不得超过下列规定:

- ① 平整度: 每米不大于2.5mm;
- ② 水平度: 每2m不大于5mm, 最大值不得

**表3-6-3 炉墙表面与管子之间的间隙的允许误差**

项次	误差名称	误差数值 mm
1	水冷壁、对流管束中心与炉墙之间的间隙	+20 -10
2	过热器或省煤器管中心与炉墙表面之间的间隙	+20 -5
3	汽包与炉墙表面之间的间隙	+10 -5
4	集箱、穿墙管壁与墙之间的间隙	+10 -0

超过10mm。

③ 垂直度: 每2m不大于5mm, 最大值不得超过15mm。

④ 厚度: 单层不大于±5mm, 全墙不大于±10mm。

为了保持砖层的水平度、垂直度和平整度, 砌墙应按拉紧的线绳进行。用水平尺检查砌体表面的水平度。用靠尺及线坠检查墙的垂直度和平整度。

8) 里层耐火砖与外层红砖之间, 每隔5层或7层砖要用耐火砖或特型砖作为里外层的牵连砖, 或每层分放几块牵连砖, 各层牵连砖的位置在垂直线上错开。

9) 根据图纸要求, 应留出伸缩缝。炉墙里层拐角处留有伸缩缝, 宽度一般为25mm 或按上节膨胀缝的公式计算。伸缩缝内不应有碎屑泥浆等杂物, 伸缩缝应用石棉绳填充, 其直径一般大于伸缩缝宽度2mm, 靠近炉墙一排之石棉绳应用耐火水泥抹一抹, 防止往里渗烟。

10) 锅炉钢架、柱和横梁附近不留伸缩缝, 应用石棉板或其他隔热材料与炉墙严密隔开。

11) 炉管的活动支点和设备和水冷壁的联箱, 不可放在炉墙上, 必须按图纸尺寸留出间隙。

12) 通过炉墙或在炉墙内的管子和联箱不准被砖墙卡得太紧, 必须按图纸留出间隙, 穿墙部分的管子应用φ15~20mm的石棉绳缠紧, 然后再用耐火泥把间隙充满。

13) 旧炉墙不允许有裂缝、残缺脱落。旧炉墙倾斜最大不得超过每米4mm。表面磨蚀不得超过12mm深, 局部磨蚀的地方可用涂料抹平。

14) 炉墙外层红砖, 一般采用亚氏粘土灰浆, 少用水泥灰浆。砖缝一般为5mm, 个别的允许7mm, 但每平方米不得超过10条。如采用水泥砂

浆，砖缝7mm，个别允许10mm，但每平方米不得超过8条。

15) 炉墙外层红砖表面应平整，不应有裂缝掉砖，不应有凸凹弯曲，用2m平板尺检查，其间隙不得大于10mm。

16) 为保证烤炉质量所设的排气管（一般为4分管）每2平方米不少于1根。烤完炉后，应将排气管堵死。

## 2. 前后拱

1) 用砖必须选择，所用的特（异）型砖必须符合图纸要求，应完整无缺，禁止使用砖角和悬挂处一部分已损坏或破裂的砖。

2) 吊卡及铁架必须完整，不得烧坏或脱落1吊卡或铁架烧薄最大不得超过原厚度的1/2。

3) 拱铁架弯曲每米不得超过2mm，全长弯曲最大不得超过12mm。

4) 修整特（异）形砖时，应不过份减弱砖的坚固性。

5) 拱和炉墙接触部分必须按图纸尺寸留出伸缩缝。缝里填充石棉绳，并用耐火泥抹平。

6) 拱表面要完整，不得有裂纹损伤、脱落，不准弯曲或凹凸不平，用2m长的平板检查，其间隙不得大于10mm。砖缝不应宽于2mm，允许个别的达到3mm，但每平方米面积上，不得超过3mm。

烧损面积，不得超过 $0.5\text{m}^2$ ，其深度最大不许超过30mm，并用涂料抹平。

7) 用耐火混凝土制作前后拱，其原材料和施工工艺应符合有关技术要求。

## 3. 炉墙、人孔门和燃烧器圆孔

1) 圆孔内径，拱门标高允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

2) 圆孔砖缝和拱门砖缝的延长线均需通过圆心。圆孔所用砖数为双数，拱门所用砖数为单数。

3) 砌筑拱门时应从两端砌向中央，砌筑圆孔的下半圆时，必须将圆孔相邻的砖同时砌筑。

4) 砖拱砌完后，跨度大于600mm以上的拱门应至少经过2~3小时才能拆除拱撑。

5) 砖缝宽不大于2mm，个别可达3mm。拱门和圆孔表面没有凸凹不平、裂纹及残缺现象。

6) 旧的拱门、圆孔，磨蚀后可用涂料进行修复，但不得漏风和漏烟。

## 4. 炉顶

1) 按图纸要求选用炉顶砖，其质量及外形尺寸误差应符合有关规定。

2) 砖层向下表面，不得有个别的砖或一排砖突出来，用平板尺检查，其间隙不得大于16mm。旧砖层不得有裂缝，不得有脱落现象。磨蚀深度最大不得超过20mm，局部地方可用涂料抹平。

3) 通过炉顶砖层的过热器管部分，必须用 $\phi 10\sim 12\text{mm}$ 的石棉绳扎紧，管子被缠的长度应比炉顶厚度大40~50mm，并用耐火混凝土涂严。

4) 异型砖缝宽度不应超出3mm，个别的可以4mm，但每平方米不得超过8条。

5) 炉顶砖层和炉墙连接部分的嵌入处按图纸尺寸留出伸缩缝，并用石棉绳填充，上面用硅藻土遮盖。

6) 炉顶砖层表面必须抹一层涂料，厚度20~30mm，以防漏烟。

## 5. 冷灰斗

1) 冷灰斗左右墙壁必须平整，不准向内突出或倾斜；旧冷灰斗倾斜最大值每米不得超过5mm，磨蚀深度不得超过12mm。不准有裂缝和脱落。

2) 不准有个别的砖凸出来，不允许有台阶，用2m平板尺检查其间隙不大于10mm。

3) 在托撑角铁上的斜墙必须平整，不得有砖脱落和裂缝，不应有个别突出的砖和砖层。磨蚀深度不许超过10mm。

斜墙砖缝不得超过3mm，个别允许4mm，每平方米少于10条。穿墙部分管子周围必须套耐火混凝土或特型砖的套管。

4) 炉底不得有向炉膛漏风的现象。

## 6. 空气预热器以下的烟道砖墙

墙壁要整齐，不得有裂缝或脱落，不得漏烟和漏风。

旧墙表面磨蚀深度最大不得超过25mm。局部地方可用涂料抹平。

## (四) 烟道、风道检修

烟道是指由空气预热器的烟气出口到烟筒底部，除了除尘器和引风机等设备以外的全部烟气通道叫做烟道。它的结构一般有两种形式：一种是用砖砌制成的方形，上部加拱形顶盖的；另一种是用钢板做成的箱形或圆形管道，外面绝热保温。

风道是由空气预热器的空气出口端，到炉排下面区域风室或至燃烧室的二次风的地方，这段通道叫做热风道。热风道有保温结构，由鼓风机的入口端到空气预热器入口处的一段风道，叫做冷风道。

热风道和冷风道统称为风道。

烟、风道的常见故障是烟道中积灰，有的在零米标高以下的砖砌烟道还积存有水；钢制烟道的磨损和腐蚀；旁通烟道短路；烟、风道的漏烟、漏风；管道膨胀节卡死等缺陷。因此，在检修中对上述问题应进行重点检修。

(1) 清除烟道中的积灰 在烟道中的死角处及烟气流动方向变更的地方，往往有烟灰堆积，影响锅炉正常运行，必须进行清扫。

(2) 钢制烟道管磨损、腐蚀检修 钢制烟道管的磨损主要发生在烟气导向板和转弯处。检查烟管壁有无磨损以及其腐蚀程度，一般可直接用肉眼观察或用手锤敲打，听其声音来判断烟管壁的厚薄，如声响是“当当”的，则表示管壁较厚，没有凹陷或腐蚀比较轻；如声响是“咚咚”的而且发闷，则说明烟管壁较薄，须要进行挖孔检查。当烟管壁厚局部薄到原厚度的1/3时，应采用挖补或贴补的措施，若大片磨损或腐蚀较严重时，应当更换新的。

(3) 烟、风道挡板的检修 烟、风道的挡板容易产生磨损和弯曲变形等缺陷。如挡板有轻微磨损，可用补焊方法处理；如损坏或弯曲严重时，需将挡板拆下校平直或更换。将修复的或更换新的挡板安装后，要对照挡板开度与外部开度指示调整一致。在调整挡板开度时，传动机构要灵活，不得有刮、卡等缺陷。当挡板旋进框架时，挡板与框架四周，应有均匀的1~2mm的间隙，作为运行中的热膨胀之用。

挡板的转轴部位，框架法兰都应严密，不得漏烟、漏风。

(4) 烟、风道伸缩膨胀节的检修 伸缩膨胀节应能自由伸缩膨胀，在伸缩过程中，搭接处不得有刮、卡等缺陷。

(5) 烟、风道法兰盘的检修 法兰盘要平整，严密，不得漏风或漏烟，否则应更换法兰盘衬垫。若用石棉板作衬垫时，石棉板应与管内壁齐平，不得外露，垫的两面须涂上黑铅粉（或水玻璃）；石棉板一般不应有接合口，如实在需要拼接时，其接合口应做成如图3-6-8所示的形状，以增加其严密程度。若用石棉绳作衬垫时，应先用白铅油涂在接合口上，然后将石棉绳贴在铅油上，在螺丝附近应盘成如图3-6-9所示的样子。如用石棉板和石棉绳作法兰盘的垫料时，其厚度和直径可参考表3-6-4所列

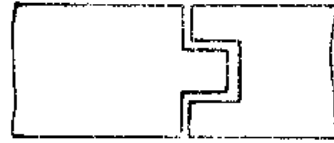


图3-6-8 石棉板示意图

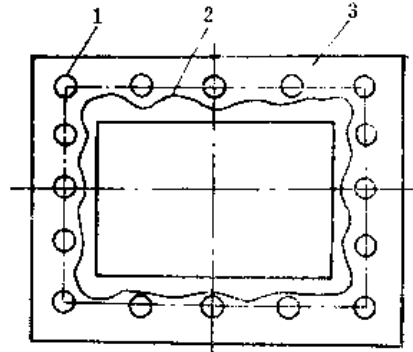


图3-6-9 石棉绳盘绕法

1—螺丝孔 2—石棉绳 3—法兰框

表3-6-4 烟、风道法兰盘垫料规格

法兰盘规格 (mm)	垫料材料	厚度或直径 (mm)
1500×1500以下	石棉板或石棉绳	石棉板 $\delta = 4$ ， 石棉绳 $\phi = 5$
1500×1500~ 2500×2500	石棉绳	直径 8

的数值选择。

(6) 吊卡和托架的检修 吊卡及托架是固定烟、风道用的，因此，必须牢固可靠。吊卡和托架的所有部件，如拉杆和托架等，应完整无缺，不得腐蚀和开焊，若发现有缺陷时，应及时处理。

(7) 绝热保温层的检修 烟、风道绝热保温层常见的缺陷是裂缝或脱落。在修补或敷保温层时，应先将设备表面上的旧保温层、灰尘和铁垢等杂物清除干净，涂刷防腐漆后，再行施工。

烟、风道管的直径（或方形尺寸）一般都比较小，在敷设保温层前应先焊上抓钉。在直立的烟道或热风道上，敷设保温层时，必须每隔2~3m装设一个分段承重托架。敷设的主保温层要求要牢固，一般用镀锌铁丝或铁丝网捆住或紧紧地包裹住。外层用保温灰浆涂敷一层，使之平整抹光。然后涂色刷漆。

在检修保温层时,要注意保温层膨胀间隙,膨胀伸缩节和滑动支架部分的保温层,均需按膨胀方向留出足够的膨胀间隙。在人孔门法兰盘附近的保温层,应留有足够拆卸螺丝的间隙,以便拆卸检查。

(8) 堵漏风、漏烟 锅炉机组的漏风影响锅炉的燃烧和效率,仅排烟热损失  $q_2$  一项,当排烟温度为  $300^{\circ}\text{C}$  时,过剩空气系数  $\alpha$  每增大 0.1,热效率就下降约 0.9%。因此,锅炉机组在检修后必须进行漏风试验,检查漏风地点,堵塞漏风。

燃烧室和烟道的严密性检查:一般采用下面两种方法:

1) 正压试验法,正压试验法是使燃烧室和烟道内保持正压,来检查其是否漏风。具体的做法是:将引风机入口挡板和各炉门全部关闭,在送风机入口放上已燃烧的烟幕弹或白灰,随后启动鼓风机,则烟幕弹的烟或白灰均被送入燃烧室和烟道中,同时使燃烧室和烟道保持正压在  $30\sim 50\text{Pa}$  的范围内。这时,如燃烧室和烟道有不严密的漏风处,那么烟幕弹的烟或白灰粉会从这些地方逸出,并留下痕迹。试验后,可按照漏风地点留下的痕迹,堵塞处理使之严密。

2) 负压试验法:它是使燃烧室和烟道保持负压,来检查其是否漏风。具体做法是:开动引风机,使燃烧室和烟道内保持负压在  $100\sim 150\text{Pa}$  范围内,用火把或蜡烛靠近炉墙和烟道的外表面各处移动,如果有不严密的地方,则火焰被负压吸向该处。此时,应立即将漏泄地点划记号,待试验后,将其堵塞使之严密。

空气预热器、风道和挡板的严密性检查:一般是采用正压试验法。在检查空气预热器(管式空气预热器)时,应在其烟侧检查每个管头是否严密,凡是漏风的地方,均应划上记号,然后彻底消除。

3) 漏风地点确定后,堵漏风、漏烟的方法一般采用下述方法:

① 炉墙和砖制烟道漏泄时,可利用石棉与粘调合成泥,涂抹在漏缝里,堵塞严密。

② 如果钢板护卫的炉墙墙皮和烟道漏风时,可采用焊补法堵漏。

③ 对法兰盘的漏泄可先紧一紧螺丝,若还有泄漏,则需更换为涂以水玻璃的石棉纸垫或石棉绳。

## 第 7 节 锅炉钢结构的安装及灌浆要求

### (一) 基础验收和划线

锅炉或设备的混凝土基础完工后,应按验收规范的有关规定进行验收,然后,再根据设计要求在基础上划线,确定锅炉与锅炉房的相对位置。

验收和划线前,应对基础进行质量检查,其施工质量应符合下列基本要求。

1) 设备基础的尺寸、位置等应符合图纸要求,其施工质量应符合《钢筋混凝土工程施工及验收规范》的规定。设备基础尺寸和质量的要求列于表 3-7-1。

表 3-7-1 设备基础尺寸和质量的要求

项次	项 目	允许偏差 (mm)
1	基础坐标位置(纵、横轴线)	$\pm 20$
2	基础各不同平面的标高	+ 0 - 20
3	基础上平面外形尺寸 凸台上平面外形尺寸 凹穴尺寸	$\pm 20$ - 20 + 20
4	基础上平面的不水平度(包括地坪上需要安装设备部分) 每米 全高	5 10
5	竖向偏差,每米 全高	5 20
6	预埋地脚螺栓, 标高 中心距(在根部和顶部测量)	+ 20 - 0 $\pm 2$
7	预留地脚螺栓孔: 中心位置 深度 孔壁的铅垂度	$\pm 10$ + 20 - 0 10

2) 基础应坚固,无裂纹,油浸及腐蚀等现象。

3) 平面位置安装基准线对基础实际轴线距离的允差为  $20\text{mm}$ 。

4) 设备吊装前,必须将设备底座底面的油污、泥土等脏物和地脚螺栓预留孔的杂物除去。灌浆处

的基础或地坪表面应凿成麻面，被油沾污的混凝土应凿除，以保证灌浆质量。

5) 设备上定位基准的面、线或点对安装基准线平面位置和标高允差，一般应符合表 3-7-2 规定。

**表3-7-2 定位基准对安装基准的位置和标高允差**

项次	项 目	允许偏差 (mm)	
		平面位置	标 高
1	与其它设备无机械上的联系	±10	+20 -10
2	与其它设备有机械上的联系	±2	±1

对于锅炉及钢架基础，应先复测土建施工时确定的锅炉基础中心线，这条线与结构物的相对位置如符合要求时，就可以确定它为锅炉基础中心线。划线时，将已确定的基础纵向中心线，从炉前到炉后划在基础上。然后，在炉前墙的边缘，划一条与基础纵向中心线相垂直的直线，作为横向基准线。为了确定锅炉安装高度，尚需找到土建施工时的规定标高，作为基准标高。有了这三条基准线，就可以将锅炉及辅助设备的安装位置按照设计要求，划在基础上。

当各线划完后，要根据锅炉基础图核对以下尺寸：

- 1) 主中线（即锅炉中心线）与各辅助中心线（各钢柱及灰斗、尾部中心线）的偏差允许±25mm。
- 2) 基础大小与设计尺寸的偏差允许为±15mm。
- 3) 主中心线与辅助中心线整个移动不得大于±50mm。
- 4) 运转层标高误差不得大于20mm。
- 5) 炉墙不得超出基础的界限。

经检查上述尺寸不超过允许偏差，所有的螺栓预留孔均能满足安装的要求，便可以签证验收。然后，将各条基准线用油漆标记在墙或柱子上，标高可取距运转层1.5m的高度标在柱子上，作为安装调整的依据。

**(二) 钢结构的检查和矫正**

要保证锅炉钢结构的安装质量，必须要保证锅炉钢架的几何尺寸的正确。因此，在组装锅炉钢结构前，应对各单独构件进行检查，如偏差超过表 3-7-3 的规定时，应采用不同的方法予以矫正。

**表3-7-3 锅炉钢结构组装前的偏差**

项次	项 目	偏差不应超过 (mm)
1	立柱、横梁的长度偏差	±5
2	立柱、横梁的弯曲度：每米 全长	2 10
3	平台框架的不平度：每米 全长	5 10
4	护板、护板框的不平度	5
5	螺栓孔的中心距偏差：两相邻孔间 两任意孔间	±2 ±3

组装钢架应符合表 3-7-4 的规定。

**表3-7-4 组装钢架的偏差**

项次	项 目	偏差不应超过	附 注
1	各立柱的位置偏差	±5mm	在每柱的 两端测量
2	各立柱间距偏差 最大	±1/1000 ±10mm	
3	立柱、横梁的标高偏差	±5mm	
4	各立柱相互间标高差	3mm	
5	立柱的不铅垂度 全高	1/1000 10mm	
6	两柱间在铅垂面内两对角线的不等 长度 最大	1/1000 10mm	
7	各立柱上水平面内或下水平面内 相应两对角线的不等长度 最大	1.5/1000 15mm	
8	横梁的不水平度 全长	1/1000 5mm	
9	支持钢筒横梁的不水平度 全长	1/1000 3mm	

**(三) 钢结构的找正、固定和灌浆要求**

钢架组件就位以后，用千斤顶、链条葫芦等调整立柱，使柱脚板纵横中心线与基础纵横中心线吻合。以厂房建筑物上的基础标高为准，用水平仪检查立柱标高，并用柱脚下的垫铁调整标高设计值。钢架找正允许偏差见表 3-7-4 中的规定。

立柱的底板与基础表面间有灌浆层时，其厚度应为 25~60mm。立柱需与预埋钢筋焊接固定时，应将钢筋加热弯曲靠紧在立柱上，钢筋长度和焊缝规格均不应低于设计规定，钢筋转折处不应有损伤，或者有多余的弯弧，钢筋长度不应露出二次灌浆面以上。重大的钢架组件都已装上，使钢架完全固定好，便可进行二次灌浆。在混凝土强度未达到 70% 的时候，不得往钢架上吊装或拆除钢架上的临时加固支撑，拉紧绳，以及进行其他使钢架受振动的施工。