

第2章 锅炉设备的技术诊断和修理准备

第1节 锅炉设备的状态监测

(一) 状态监测的基本含义

所谓状态监测就是对设备的元件、部件或整台设备的工作状态进行监测,并根据监测结果对其工作状态进行判断。或者说,对设备的零、部件或设备的整体以及与之相关的因素,采集各种信号,进行处理分析,判断和识别设备工作状态的过程。

状态监测分主观状态监测和客观状态监测两大类,主观状态监测,即元件、部件、设备的状态由监测人员(大多数是由操作人担任)的看、听、感觉、嗅觉而定。采用这种状态监测,由于进行监测人员的经验不一,故对同一现象,解释也不一,所以主观状态监测的可靠性在很大程度上取决于执行监测人员的素质。客观状态监测,即为得到元件、部件、设备的状态信息,用一些不同用途的仪器或一些简单的辅助工具,对其进行状态监测。这种监测不取决于人的经验,因此,可靠性比主观状态监测要高。

状态监测也可分为动态监测和静态监测两大类。振动测量、温度测量、声发射技术、油样分析、频闪观察和泄漏测量属于动态监测一类;厚度测量、裂纹探测、目视检查、X射线法和激光测量法,则多属于静态监测一类。在我国,为了有别于无损检测技术,在设备的状态监测和诊断技术领域,开发的重点应偏重于动态监测。

(二) 锅炉设备的状态监测

锅炉设备的状态监测也是分为动态监测和静态监测两大类。锅炉设备的动态监测就是指锅炉设备在连续运转过程中各种热工仪表,自控仪表的状态

监测。运行中的状态监测分为两种情况:一种情况是锅炉性能的监测,识别锅炉的运行参数是否处在额定范围内,能否满足工艺要求,识别和判断锅炉运行工作状态。如蒸汽流量、蒸汽压力、蒸汽温度、炉膛温度、各部负压、设备电流、电压等监测参数;另一种情况是监测锅炉运行的安全可靠,如安全装置,水位自控装置,联箱膨胀指示装置,腐蚀指示装置,苛性脆化指示装置以及各种报警装置等。如果上述各种连续状态监测,发现异常,随即调整工作状态或紧急停炉检修。

运行中的状态监测,属于连续地状态监测。如果一台设备的某一部件、某一元件有怀疑时,也可用特殊的方法和手段进行定期的状态监测,进一步识别和判断设备的工作状况,真正使设备处在安全、经济的工作状况下运行。

锅炉设备的静态监测,就是指在使用的锅炉,在规定的时间内停下来,进行全面的检验,全面识别和评价锅炉的安全技术状况。如发现故障或异常时,进一步查明原因,制定检修工艺和管理方法,使锅炉设备在安全的情况下运行。

(三) 工业锅炉的综合技术经济指标与锅炉状态监测的关系

锅炉设备的技术状况,锅炉设备的劣化和故障的出现,性能的下降,应该能全面地、正确地反映在各种技术经济指标和安全指标上。锅炉的状态监测项目应能充分反映锅炉的综合技术经济指标。其关系如图 2-1-1 所示。

当某一指标劣化和异常时,根据指标的变化范围,即可进行针对性的修理和改善;当同时几个指标都不符合要求时,全面性恢复又不经济时,即可办理设备的退役或报废。

锅炉状态监测方法的门类和所用手段的品种很

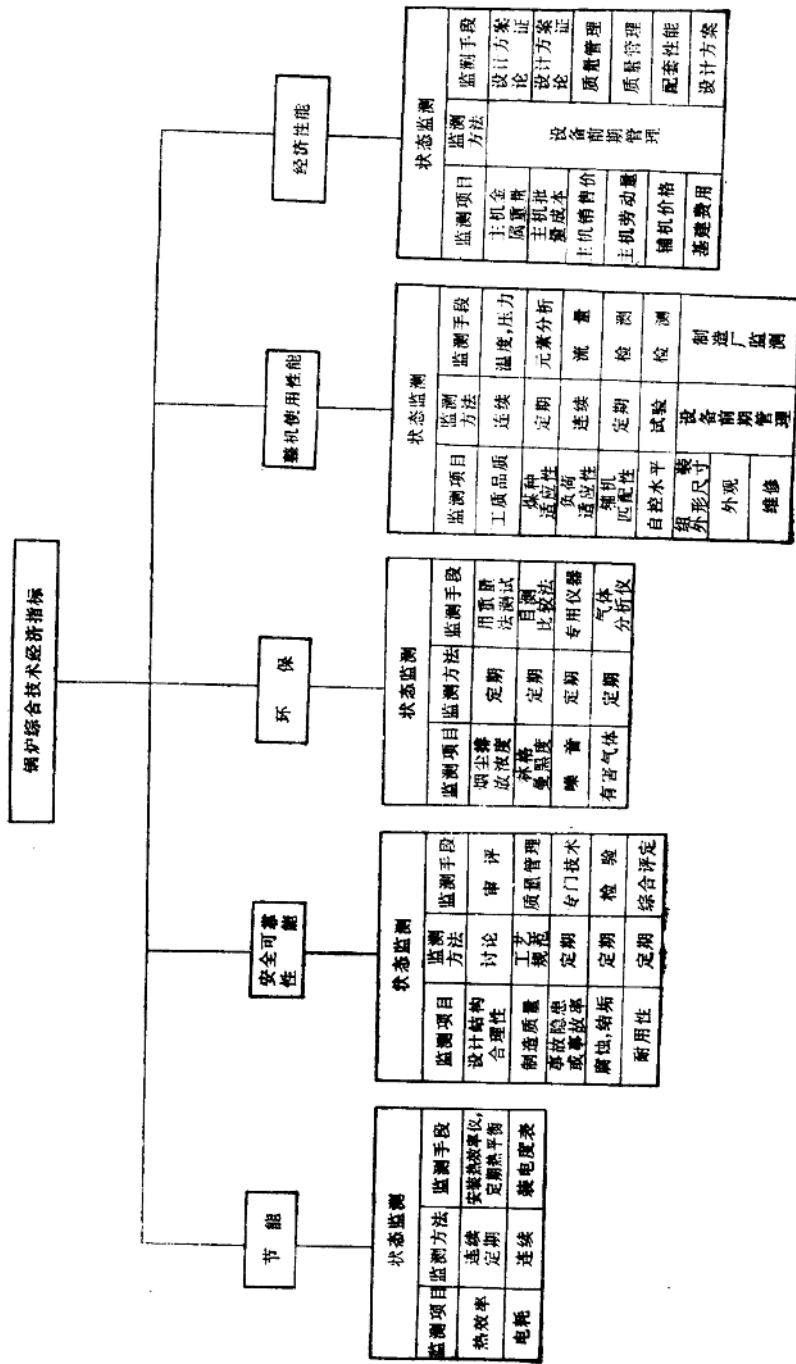


图2-1-1 锅炉状态监测项目与综合技术经济指标关系图

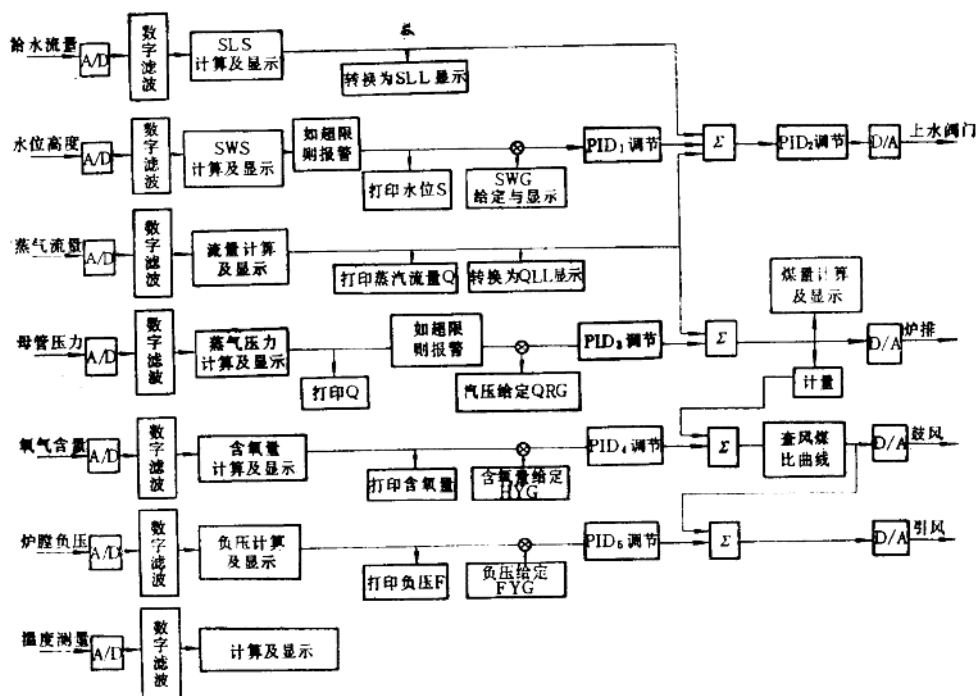


图2-1-2 微处理机监测、控制框图

多，而有些则只适用于某一设备和某一条件，同时每种方法和手段都要涉及到一门或多门专业知识，故不可能一一叙述。现将工业锅炉中常采用的GJK-1型微处理机监测、控制系统，以框图形式示于图2-1-2中。

GJK-1型微机控制系统以8031单片机作为系统主体，通过接口板对锅炉的主要运行参数进行监控。经A/D-082模数接口板对水量、汽量、水位、汽压、烟道烟气中的含氧量、炉膛负压、烟温、水温进行巡回检测，并通过单片机PID控制算法，不断调节阀门、鼓风和引风档板的开度及炉排的转速，实现了三冲量连续给水系统的闭环控制和燃烧系统风煤比的闭环控制，从而使锅炉水位高度、汽包压力、炉膛负压、烟气中的含氧量恒定；经显示接口板对锅炉运行主要参数的给定值和瞬时检测值，水、汽、煤的累积值采用ORT屏幕显示，可随时观察计算结果，监视程序执行状态。经接口扩展板直接与宽行打印机相接，打印水、汽、煤的累积量，记录锅炉主要运行参数的变化曲线，可简化统计负荷值及煤耗量的工作。当监测的参数达到临界值时，立即发出报警信号，并自动控制或调节，

或关停设备，确保安全运行。

最近几年，新型计算机在工业锅炉运行方面进行监测和控制，对于节能、环保以及管理方面都起到良好的作用，受到了欢迎。今后，随着科学技术的发展和管理水平的提高，计算机的应用，将会更加的广泛。

第2节 诊断技术和锅炉检验

（一）诊断技术的基本含义

所谓诊断技术，就是掌握设备现在的状态与异常或故障之间的关系，以及预知、预测未来的技术。它包括三个方面的内容：要了解设备的现状，要了解异常和故障的原因；预知预测未来的工作状态。它实质上是对设备的技术状态作出判断。所谓设备的技术状态是指：设备所受的力，故障和劣化，强度和性能等。通过对以上各项的定量掌握，进行诊断，预测设备的性能和安全性。如果存在异常，则对其原因、部位的危险程度等进行识别和评价，以此来决定其修复方法和提高管理水平。

设备的诊断技术分简易诊断法和精密诊断法两大类。

简易诊断法是凭人的五官,通过听、视、嗅、触觉对设备故障进行初步诊断。人的大脑所起的作用很象一套精密的仪器,它将输入的信息同脑子里存储的知识和经验作比较,进行筛选,直接作出判断,完成信息的输出程序。这种方法在现场应用时十分方便。简易诊断属于主观监测方法,由于各人技术经验不同,诊断结果有时也不相同。为了减少偏差,可采用以下方法:

(1) 多人会诊讨论法 把各人不同的感觉,不同的判断提出来共同商讨,求得正确的结论。

(2) 试验诊断法 当多台设备运转时,可作对比诊断,可开车、停车诊断;当有其他设备干扰时,可逐台开动诊断;在一台机器中分不同转速不同部位进行诊断等等。

(3) 利用原始资料作出诊断 听听操作者的情况反映,分析设备日常操作记录、事故分析和设备履历、修理记录等技术资料进行诊断。

应用精密诊断技术是设备维修的发展方向,它技术较复杂,投资较大,且须与管理水平相适应。它的工作过程是:利用诊断仪器、诊断传感器收集被测设备的信息,输入到各种测量装置、信号装置、自动装置,经过筛选和放大等处理,然后用不同的方法显示(如刻度、指针、数显等),指示出被测设备状态的变化量。

上面所述的两类诊断方法,其作用过程可用如图2-2-1的框图表示:

工业锅炉的诊断技术和状态监测,随着锅炉容量与参数的不同,其要求不一样,一般是容量较大、参数较高的锅炉,要求诊断技术严格,状态监测齐全。

(二) 锅炉设备的诊断技术

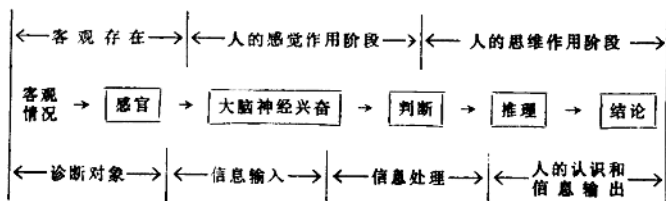
关于工业锅炉诊断技术,根据对设备技术状况有不同的目的和要求,基本上可分为三类:

第一类,即上一节所述的状态监测。其目的主要是在安全的基础上对锅炉设备各种工作状态参数,进行定量的监测,据以判断锅炉设备的运行工作性能、经济性能、环保性能。当性能下降或劣化时,根据下降或劣化程度,制定锅炉设备的修理和保养计划,进行针对性的检修,以达到改善或恢复其性能的运行工作状况。

第二类,热诊断。所谓热诊断就是利用锅炉的热平衡试验技术,找出锅炉运行中各项损失的原因,寻求最佳的运行工作状况,以达到节能的目的,同时要取得较好的环保效益。

第三类,定期停炉检验,即定期会诊。定期地对锅炉的内外部和重点部位,进行全面的检验,可以利用各种诊断技术进行定量地测定。其目的是掌握锅炉设备的现状,异常或故障的原因,并预测锅炉安全运行的可靠性,从而改善各项管理工作。

简易诊断程序



精密诊断程序

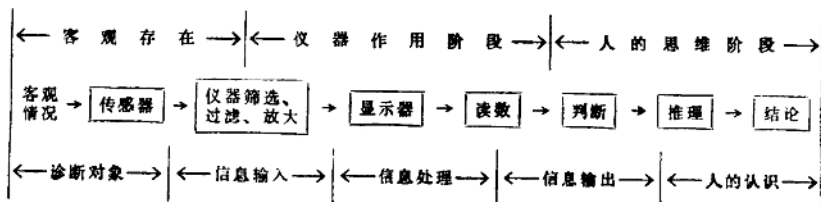


图2-2-1 诊断方法方框图

锅炉的诊断技术, 必须在锅炉寿命周期的全过程中发挥作用。若只在某个特定的时间内, 或者只抓住某一特定的故障和异常, 要想作出对症的诊断, 往往是有困难的, 或者不能取得实质性的效果。因此, 诊断技术必须和锅炉的综合管理相结合, 必须把设备的一生作为诊断技术的应用场所, 并使设备的使用性能和维修状况有所改善。

(三) 锅炉检验

锅炉是一种承受压力, 直接受火的特种设备。它的工作条件比较恶劣, 它经常受到水、蒸汽、烟气以及空气中各种有害杂质的侵袭, 并受到烟气的冲刷, 逐渐使钢材腐蚀、磨损甚至变质。有时还会使钢板过热, 局部裂纹、鼓疱、变形、甚至裂开。有些新锅炉在设计、制造、搬运和安装中, 还可能存在先天性的缺陷, 一旦投入运行, 就要发生问题。如果锅炉发生问题, 往往需要停炉, 影响生产。严重时, 还可能发生爆炸事故, 造成人身伤亡, 设备破坏, 使国家遭受巨大的损失。

锅炉检验, 实质上是诊断技术的应用。它是对锅炉进行科学管理的一个重要环节。通过检验, 可以摸清锅炉设备各部件的安全状况, 发现缺陷, 然后对锅炉加以修理, 及时消除隐患。通过检验, 可以确定新安装锅炉是否具备投入运行的条件, 对已运行的锅炉制定合理的检修计划和修理方案。锅炉检验的内容包括: 新安装锅炉的检验; 停炉状态下的内部检验; 运行时的外部检验及水压试验四个部分。

1. 新安装锅炉的检验——初次检验

(1) 技术资料的审查: 锅炉的图样包括总图, 安装图和主要受压部件图; 受压元件的金属材料证明书; 受压元件的强度计算书; 锅炉质量证明书(包括质量证明书, 水压试验证明书和焊接质量证明书); 锅炉安装说明书和使用说明书; 安全技术登记簿。以上资料要齐全, 经核对后, 应与实物相符。

(2) 司炉工要有操作证, 要建立必要的规章制度(八项管理制度)。

(3) 水处理设施能满足水质要求。

(4) 锅炉本体受压部件状况检验:

1) 检查锅筒、炉胆、封头、管板、管子受压元件的内、外表面, 特别是开孔、板边等处有无腐蚀、裂纹、凹凸、变形、起槽等缺陷。

2) 检查受压元件焊缝的外形尺寸是否与设计图样相符, 是否与标准相符, 过渡是否平滑, 高度有无低于母材, 焊缝及热影响区表面有无裂纹、气孔、夹渣、咬边等缺陷。

检查的主要部位是: 锅筒、炉胆的纵向、环向对接焊缝; 锅筒、烟室与炉胆的连接焊缝; 管板、封头的拼接焊缝; 人孔、手孔、炉门、管子、管座的角焊缝; 拉撑的角焊缝; 与锅筒、集箱、管子等连接的支承件焊缝。

3) 检查锅炉本体装配是否符合要求。焊缝布置和开孔位置; 纵向、环向焊缝对接边缘偏差; 管子胀口质量; 管子、炉门圈、出烟口等部件的伸出长度(应特别注意处在高温地区的部位); 拉撑的数量、装配位置与角度。

(5) 检查安全附件及配件。安全阀的数量、规格及安装是否符合要求; 压力表装置是否齐全, 安装是否正确, 规格是否符合要求; 水位表(装设水位显示控制报警装置的, 应一并检查)是否齐全, 安装是否正确, 规格是否符合要求; 排污阀的型式、数量、连接方式是否符合要求; 检查给水设备是否齐全, 安装是否合理, 大于4t/h锅炉的自动给水调节器是否完好。

(6) 检查炉膛、炉墙是否完好, 需要绝热保护的受压元件的绝热层是否完好。

(7) 工业锅炉汽、水系统各阀门装置是否符合安全技术要求:

1) 主汽阀应装在靠近锅筒或过热器集箱的出口处。连接锅炉和蒸汽母管的每根蒸汽管上, 均应安装两个蒸汽闸阀, 闸阀之间应装有通向大气的疏水管和阀门, 其内径不得小于18mm。

2) 不可分式省煤器的给水管, 应安装截止阀和止回阀; 可分式省煤器的入口处和通向锅筒的导水管上, 应分别安装给水截止阀和止回阀。

3) 给水截止阀应安装在锅筒(或省煤器入口联箱)与给水止回阀之间, 并与给水止回阀紧接相连, 以便发生故障时及时检修。

4) 在锅筒、过热器、再热器和省煤器等可能聚集空气的地方, 应安装排汽阀。锅筒上的安全阀能代替空气阀时, 可以不装空气阀。

5) 锅筒、过热器联箱、水冷壁下联箱和每组省煤器的最低处, 都应有排污阀和泄水阀。每根排污管上应串联两只排污阀, 最好一快(快速排污阀)一慢(截止阀)。每台锅炉应有独立的排污管,

直接或经总排污管接到室外或膨胀箱。采用有压力的膨胀箱时，应在它上面安装安全阀。

6) 所有各阀门，都安装在便于操作的地方。在汽水水管道的汽、水阀门和调节阀上，都应有明显的标记，以指示汽、水的流向和阀门的开关方向。汽、水管道应保温，并应有不同的涂色标记来表示。

2. 使用中的锅炉停炉定期检验

(1) 查阅上次检验记录、值班记录、水处理记录等资料，了解使用管理中存在的问题。

(2) 检查上次检验中有缺陷的部位。

(3) 检验锅筒、炉胆、管板、封头、下脚圈、管子等受压部件。有无鼓泡、凹陷、弯曲等变形。重点是炉胆的纵向、环向对接焊缝，人孔、手孔、炉门、管子、管座、角板撑的角焊缝，以及管板、封头的板边处和孔带区。有无腐蚀；重点是锅筒内侧水位线附近，人孔、手孔附近，下脚圈等。有无磨损；重点是炉门圈，小烟室，烟气流速较高的部位及吹灰器吹扫区域的管壁。有无渗漏；炉管胀口处有无渗漏。管头伸出部分有否裂开或磨薄，受胀部分有无环形裂纹。

(4) 检查炉管有无腐蚀、裂纹、鼓泡、弯曲或变形，管壁有否磨损减薄；与锅炉连接的所有管子（如进水管、蒸汽管、排污管、水位计连通管等）的接口处有否渗漏和腐蚀。

(5) 锅筒内进水管的位置、长度和射水方向是否合理。

(6) 最高火界是否在安全水位线以下。

(7) 炉墙、烟道墙及所有绝热材料有无烧坏、脱落或倒塌，损坏处的钢架和应该绝热的部件有无过热变形。

(8) 如果有过热器和省煤器，必须检查有无渗漏、腐蚀、裂纹、变形、过热变质以及内部结垢和外部积灰现象。

(9) 各种附件的规格、数量、装置地位等，是否符合规定。特别是下列附件，应重点检验。

安全阀的口径和它与锅筒等相接短管通路的截面积和排量是否符合规定。

压力表连接管路是否畅通，有无被水垢杂物堵塞。在最高许可工作压力处是否划有红线标记，是否定期校验，有无铅封，连接管有否加用U形管或环形管，有否装接校验压力表用的接口和三通旋塞。

水位表的高低位置是否符合规定要求，最低水位是否高出锅炉的最高火界，是否标出最高和最低允许水位标志，上下连接的管子有无堵塞现象，所有旋塞是否灵活，低地位水位计的连接管是否单独接在锅筒上，管径是否符合要求。

排污阀的口径是否够大，材质和选型是否符合要求；排污管的口径、材质和弯头处的弧度是否符合要求。

3. 运行锅炉的外部检验

主要检查锅炉本体可见部位及安全附件、仪表等工作是否正常，以及了解使用管理中存在的问题。

(1) 锅炉本体检查 检查锅筒接缝处、管端胀接处、人孔、手孔及法兰处，绝热层里面等处有无漏水、漏汽现象；打开炉门、观察孔、检查锅筒底部、水冷壁管、炉管、过热器等有无鼓泡、弯曲等变形。

(2) 检查安全附件 压力表是否指示正确，可将被检表上的指示压力与同系统其它压力表指示值相比较，或用标准压力表校验。校验安全阀的开启和回座压力，可将锅炉的压力升到安全阀开启压力来进行。若不能这样试验，可用提升手把进行试验，看能否正常放汽，试验时锅炉压力须超过安全阀开启压力的75%。安全阀校验后应铅封，并把安全阀开启压力在检验报告上注明。检查水位表水位是否清晰可见，略有浮动，两侧水位表指示是否一致，截门等处有无漏水、漏汽现象。冲洗水位表，观察汽、水通路是否畅通。

高低水位报警和给水控制装置检查：打开水表柱放水阀后，注意自控报警装置能否自动地相应动作，关闭放水阀后，应能迅速恢复。否则表明管路可能被阻塞或电气控制线路有故障。

排污阀检查：检查排污阀是否严密，可用手探示排污阀后的管路是否烫手。检查排污短管与锅筒连接处有无渗漏。

(3) 检查所有辅助设备的运行和功能是否正常 特别是给水设备的进水情况是否灵活，进水率能否满足安全规程要求，风机是否正常，风门开关是否灵活。

(4) 检查炉墙及绝热材料有无倒塌、脱落、松动等现象，钢铁构架有无烧坏、变形。

4. 锅炉水压试验

锅炉水压试验是对锅炉受压部件严密性和耐压

强度的检验。

(1) 锅炉有下列情况之一时, 应进行水压试验。一般是在对锅炉作内外部检验之后进行。

1) 新装、移装或停止运行一年以上, 需要投入或恢复运行时;

2) 受压元件经重大修理或改造后;

3) 根据锅炉运行情况, 对设备安全状况有怀疑时;

4) 上次水压试验后, 已达六年时。

(2) 水压试验压力 水压试验压力应符合表 2-2-1 的规定。

表 2-2-1 锅炉水压试验压力规定值

名 称	锅炉工作压力 P , MPa (kgf/cm ²)	试验压力 MPa (kgf/cm ²)
锅 炉 本 体	<0.588 (6)	$1.5P$ 但不小于 0.196 (2)
锅 炉 本 体	$0.588 \sim 1.176$ (6~12)	$P + 0.294$ (3)
锅 炉 本 体	>1.176 (12)	$1.25P$
过 热 器	任何压力	与锅炉试验压力同
可分式省煤器	任何压力	$1.25P + 0.49$ (5)

(3) 水压试验的程序和要求

1) 水压试验应在内部检验之后, 必要时还应作强度校核。

2) 为了暴露检查部分, 必要时应拆去局部绝热层或其它附件, 以利检查。

3) 除试验所用管路外其余锅炉范围内管路上的阀门都应采取可靠的隔断措施。

4) 水压试验以锅炉上的压力表读数为准, 此表应预先校验合格。

5) 水要上满, 内部不得残留空气。

6) 水温以 $20 \sim 70^\circ\text{C}$ 为宜。

7) 上述准备工作就绪后, 可以升压, 压力须缓慢上升, 宜采用手泵。

8) 水压升到工作压力时, 应暂停升压, 检查锅炉各部位有无渗漏和不正常现象发生, 如果没有异常现象, 就可继续升压至试验压力。

9) 焊接锅炉应在试验压力下保持不少于 5 分钟, 铆接锅炉在试验压力下保持不少于 20 分钟, 然后降到工作压力后, 进行检查。

(4) 水压试验的合格标准: 锅炉进行水压试验, 符合下列情况, 即认为合格:

1) 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾;

2) 铆缝和胀口处, 在降到工作压力后不漏水;

3) 水压试验后, 用肉眼观察, 没有发现残余变形。

(5) 水压试验注意事项

1) 水压试验时, 室温应高于 5°C , 低于 5°C 必须有防冻措施。

2) 检查时应注意采用安全电压照明。

3) 超压阶段不得进入炉膛内检查。

4) 不能用水压试验的方法确定锅炉的工作压力。

5) 水压试验时应力不得超过元件材料在试验温度下屈服强度的 90%。

第 3 节 锅炉检验的方法和手段

锅炉检验前, 检验人员应掌握锅炉的历史情况, 如制造厂名, 制造年分, 历次修理情况, 历史上有无重大事故以及维修保养情况, 过去的检验和检修记录。详细审查锅炉图样和有关资料, 并从中注意锅炉在设计、制造和安装中有无缺陷。了解和掌握锅炉给水源、水质优劣、处理状况以及燃烧、通风等问题。了解和掌握锅炉附属设备的装置情况及存在的问题。听取操作人员和管理人员的叙述以及锅炉运行中存在的问题, 以备检验时参考。

锅炉检验的方法和手段, 一般有如下几种。

(1) 外观目测法 这种方法只需要简单工具或仪器, 基本是依靠检验人员的感官来发现问题, 它可以发现钢板表面上产生的缺陷。例如: 腐蚀、磨损、明显裂纹、变形、铆钉头脱落、铆缝边缘裂口、焊缝有气孔、咬边以及焊接不足等。对于壁板有怀疑或有微小的裂纹时, 可用砂纸把钢板打磨干净, 用浓度为 $10\% \sim 14\%$ 的硝酸溶液将其浸蚀后擦净, 再用放大镜观察, 以判断是否发生裂纹。对板边有怀疑时, 可用小锤将铁锈、水垢敲掉并擦净, 然后用 $5 \sim 10$ 倍的放大镜仔细观察。

(2) 锤击检查法 用小锤头敲击各部位是检验锅炉的基本方法之一。根据小锤弹力、发出声音及振动情况, 可对锅炉金属缺陷、裂纹、松动及严

重腐蚀程度，焊缝质量做出正确判断。

在应用锤击法时首先要检查小锤手柄有无裂缝，松动等现象，以保证锤击声音得到客观的反应。小锤重约 0.5kg，一头圆头，另一头为尖头，用坚实的木料作手柄，为了锤击时富有弹性，在木柄靠近锤头部分应车出细径（图2-3-1）。

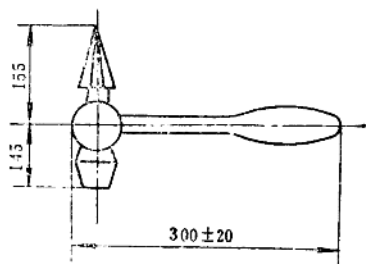


图2-3-1 检查用小锤

1) 当用小锤敲击锅筒、炉胆等部位时，如果被击物发出清脆和单纯的声音，说明是良好的象征；如果被击物发出混浊迟钝的声音是腐蚀的象征；如果被击物发出闷声（发木的声音），则是水垢积存或钢板内可能有夹灰和夹层的象征；如果被击物发出“沙啦啦”的声音，则是裂纹的象征。

2) 当用小锤敲击铆钉时，用左手食指压在铆钉与钢板接合处，右手持锤斜敲，如果感到铆钉头部游动，说明铆钉已松弛。用锤敲击铆钉头部，发出闷声时，说明铆钉已有裂纹或已经折断。

(3) 白粉煤油检查法 当用锤击法发现金属有裂纹象征时，为了进一步检查裂纹去向与长度，一般采用此法。检查时先用砂布或砂纸将裂纹处金属表面打光，清理干净，然后用浓度10%~14%硫酸或硝酸溶液浸蚀。待其自然干燥后，涂以煤油，停留20~30分钟，将煤油擦去，用白粉涂在裂纹上及其附近。然后，用小锤在金属裂纹附近或其背面轻轻敲击，当裂纹中煤油透过白粉时，即可明显地看出裂纹形状、长度及去向。

(4) 灯光检查法 可检查锅筒、联箱、管子等不均匀腐蚀、变形（弯曲或鼓泡）和粗裂纹等缺陷。检查时，灯光沿着金属表面照射（图2-3-2）被腐蚀金属表面，在灯光下呈黑色斑点。如果发生鼓泡，则鼓出部分被照得发亮，而凹下部位发暗。如果金属表面有粗裂纹，在灯光下显示出一条黑线。



图2-3-2 用灯光检查腐蚀方法

(5) 拉线检查法 它可以检查锅筒、联箱、管子的弯曲度（图2-3-3）。



图2-3-3 拉线检查法

(6) 直尺检查法 它可以检查直管子，锅筒内壁板上的腐蚀深度和平板上的鼓泡高度（图2-3-4）。

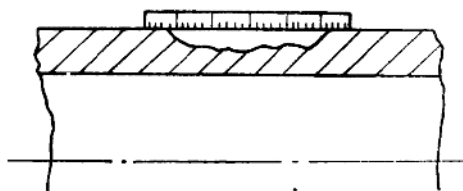


图2-3-4 直尺检查法

(7) 样板检查法 样板是按元件某部分设计尺寸和形状，用薄铁皮或硬纸板预先做好，用它与元件检测部分的实际形状和尺寸进行核对，以检查元件的实际形状，尺寸是否符合要求。另外，当元件在使用过程中发生了变形，为了观察变形的发展情况，而按其形状尺寸做成的样板，隔一定时期后以此样板与变形的形状尺寸进行比较，以证实其发展与否。

(8) 超声波测厚仪检查法 用超声波测厚仪检查钢板厚度，其原理是利用声波振荡的原理来测量，测量厚度的有效范围是2~26mm。用超声波测厚仪测厚时，要把被测表面清理干净，用砂布或锉刀打磨光，再用探头紧贴事先磨光擦净的金属被检查部位表面，并在两者之间抹油（甘油或水玻璃等液体）防止空气进入，然后扳动开关，当探头与金属表面贴紧并稍加移动时，即可在刻度表上读出金属厚度。

(9) 钻孔检查法 为了确定被腐蚀金属的残余厚度以及检查金属裂纹的深度或夹层的发展方向, 可用钻孔法。钻孔法检查一般只有在用其他检查方法不能得出正确判断时才采用。

1) 检查腐蚀金属残余厚度时, 钻孔孔径为6~8mm, 孔的边缘应钻在最深的地方, 而且应钻透, 然后用回形针检查腐蚀残余厚度 (图2-3-5)。

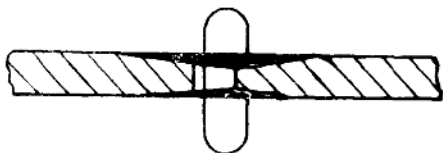


图2-3-5 用回形针检查腐蚀残余厚度

2) 为了确定夹层的发展方向或裂纹的深度, 可在损坏的地方钻一个深2~3mm、直径为13mm的孔, 把孔的边缘打磨干净后酸洗, 用放大镜观察。如果裂纹与金属表面所成角度不大, 并且穿越试验孔之外, 可顺着裂纹, 在距离第一个钻孔50~100mm处, 再钻一个孔, 孔的深度应与裂纹延伸角度相适应。孔的边缘仍应磨光酸洗, 并用放大镜观察。

如果裂纹是与金属表面成90°方向扩展到金属的深处, 钻孔的深度应钻到裂纹的尽头, 必要时, 把钢板钻透。如果钢板很厚, 裂纹深入板内, 为了检查方便, 应将检查孔适当加大。

钻孔完毕后, 如果残余厚度大, 可补洞恢复生产。一般采用方头螺栓补洞, 螺丝应上大小, 略带锥度, 这样便于拧紧。在钢板上钻孔用丝锥攻丝, 然后用扳手将方头螺丝拧紧, 必要时捻紧止漏。螺丝拧紧后割去方头 (图2-3-6 a)。施焊方便的地方, 可用电焊补洞。如果洞小, 坡口应开大一些, 最好从水侧施焊、单面焊即可 (图2-3-6 b)。

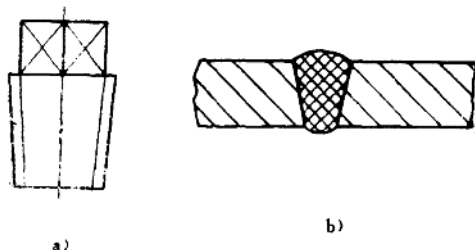


图2-3-6 补洞方法

a) 方头螺栓 b) 电焊补洞

如果锅筒上的裂纹穿过铆钉孔, 深入钢板内部, 这种裂纹是很危险的 (图2-3-7)。为了弄清楚裂纹的深度, 应钻孔进行检查。一般应钻两个孔, 第一个孔钻在裂纹上, 主要是观察裂纹的深度, 第二个孔钻在裂纹的延伸方向, 距离裂纹的末端40~50mm处, 目的是阻止裂纹向前发展。

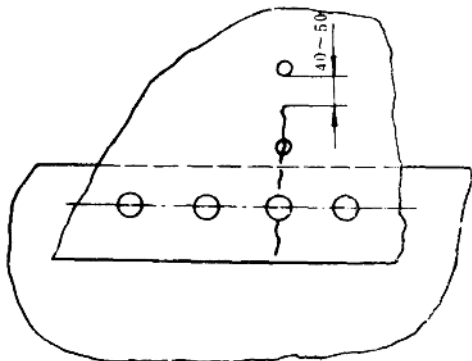


图2-3-7 危险裂纹

(10) 水压试验检查法 主要是为了检查锅炉受压部件的严密性和有无严重的金属残余变形。详见本章中的“锅炉水压试验”。

(11) 无损探伤法 主要是检验锅炉受压部件的金属材料的内在质量和焊缝缺陷, 它是在不损伤被检验工件而探测其内外缺陷和伤痕的一种有效方法。目前常规无损探伤有射线探伤 (应用较多的是X射线, γ射线)、超声探伤、磁力探伤和渗透探伤等几种。根据所拍摄的底片或荧光屏的影象, 进行正确的判断。

(12) 金相检验法 通过制作金相磨片, 在高倍显微镜下, 检验金相组织, 确定金属中的显微缺陷和显微组织。对金属结构、裂纹性质和金属性质作出正确的判断。它是确定苛性脆化的最有效方法。在特殊情况下, 还可以鉴定金属有无脱碳、硫化等异常现象。

(13) 力学、化学性能试验法 在决定金属强度、鉴别钢材性质和无金属材料证明时, 可在锅炉某些部位割取试样件或钻孔取粉末, 进行力学性能 (拉力、弯曲、冲击) 和化学性能 (含碳、磷、硫、锰、硅等) 试验。另外对焊缝亦可作力学性能与化学性能试验, 以鉴定焊缝质量。

第4节 锅炉修理技术准备

(一) 锅炉修理的准备步骤

1) 确定检修类别: 根据锅炉历年的运行和修理资料, 设备安全状况, 设备缺陷, 机件磨损记录, 结合本企业的生产情况, 确定锅炉检修类别, 作出锅炉计划修理的安排

2) 作好技术准备: 按照检修类别的标准项目和在这次检修中需要改进的设备和项目, 根据质量标准的技术要求, 作好图纸资料, 工艺施工的技术准备工作。同时提出原材料、备件、工具计划、作好物质准备。

3) 停炉检验: 按计划把锅炉停下来, 对锅炉进行内外部的详细检验, 校对锅炉图纸是否与其实际情况相符, 评价设备的技术状况, 修改和补充标准项目的内容, 并据以进一步修改和充实材料、备件、工具计划。

4) 确定各种修理定额: 如确定大, 中, 小修的劳动量定额和设备修理的停歇时间定额, 作好经济预算等。

5) 安排施工: 制定安全措施, 编制进度表, 指定专人负责, 组织施工力量, 配备现场技术指导和质量检验。在施工过程中, 严格按质量标准执行自检、互检、专职检验的“三检制”, 对各项工作进行考核, 开展全面质量管理, 提高检修质量。

检修工作要有计划的进行, 不要妨碍生产。在保证质量的前提下, 力求缩短检修时间。

(二) 锅炉修理检查的规定项目及质量要求

锅炉检修时检查项目的多少, 视设备的技术状态和各厂的具体情况而定。现将锅炉本体, 锅炉附件和仪表、化学监督设备的一般规定检查项目列于表2-4-1, 表2-4-2和表2-4-3中, 供参考。

质量标准(要求)分别参见以后各有关章节。

锅炉附属设备和水处理设备的检修规定项目, 可参见以后的各有关章节。

除表2-4-1, 表2-4-2, 表2-4-3中所列项目外, 还应包括下列项目:

1) 在锅炉检修中需要改进的项目, 并作好工艺施工和材料的准备工作;

2) 为现场工艺施工准备和试验项目;

表2-4-1 锅筒本体检修规定项目

序号	名 称	大 修 项 目	中 修 项 目	小 修 项 目
1	锅筒及其内部装置	(1) 清除内部的锈垢和污物 (2) 检查汽鼓内外壁, 焊缝, 铆钉和人孔门的接合面 (3) 给水箱, 进水管, 表面排污管检修或更换 (4) 汽水分离设备检修 (5) 检查吹洗水位计连通管 (6) 校验前后水位计指示准确性和一致性 (7) 吹洗压力表连通管 (8) 下锅筒的清理和定期排污管的检修 (9) 堆焊锅筒壁面的凹坑 (10) 更换成排铆钉, 修理和焊补锅筒 (11) 校正锅筒中心位置, 测量锅筒的倾斜和弯曲度 (12) 检查清理锅筒活动支架 (13) 刷锅筒漆	同大修中的(1), (2), (3), (4), (5), (7), (8), (9), (13)等项	(1) 检查人孔垫的严密性 (2) 锅筒外部检查
2	炉管和水冷壁管	(1) 清理受热面管子外壁焦渣和积灰 (2) 检查受热面管子外壁的磨损、胀粗、变形和损伤 (3) 割管检查 (4) 检查管子的胀口, 焊缝 (5) 更换数量50%以上的炉管和水冷壁管, 或全部更换	(1) 同大修(1), (2), (4)三项 (2) 视情况割管检查 (3) 酸洗锅炉或机械清洗受热面内壁结垢 (4) 个别损坏的管子更换或加网堵	(1) 吹扫受热面管子外部积灰 (2) 检查管子变形、磨损、胀粗、泄漏等情况

(续)

序号	名 称	大 修 项 目	中 修 项 目	小 修 项 目
3	联箱	(1) 联箱外表测量检查 (2) 联箱内部清理检查 (3) 联箱手孔盖及其接合面的检修 (4) 联箱的修理, 校直或更换 (5) 联箱支座, 拉钩及其膨胀间隙检查	同大修 (1), (2), (3), (5) 项	(1) 同大修 (1), (2) 条 (2) 检修手孔盖是否严密
4	过热器	(1) 清扫管子外壁积灰 (2) 检查管子磨损, 胀粗, 弯曲情况; 根据情况进行修理 (3) 检查修理管子支吊架、管卡、防磨装置等 (4) 冲洗过热器管	同大修	
5	省煤器	(1) 清扫省煤器外部积灰 (2) 清洗省煤器内壁污垢和锈物 (3) 更换省煤器管或弯头	同大修	外部检查
6	空气预热器	(1) 清除预热器各处积灰和堵灰, 并清洗预热器管内壁 (2) 检查处理部分腐蚀和磨损的管子, 钢板, 或成组的更换空气预热器 (3) 检查, 修理伸缩节 (4) 做漏风试验	同大修	检查漏风
7	钢架、平台、扶梯	(1) 检查钢柱, 横梁的变形情况 (2) 修复损坏了的平台, 扶梯, 栏杆	同大修第 (2) 项	同大修第 (2) 项
8	炉墙、烟道	(1) 更换或校直前拱, 后拱工字梁, 并砌筑炉拱 (2) 检修或更换看火门, 人孔门, 防爆门, 吹灰孔, 放灰门及其框架 (3) 检修或更换对流受热面放灰斗的放灰门 (4) 清除烟道积灰, 检修烟道及其隔门 (5) 检修隔焰墙, 堵塞短路, 检修伸缩缝部分 (6) 按图要求, 整个或部分炉墙的重新砌筑 (7) 堵漏风, 所有保温层的修复或重做 (8) 炉墙涂红土, 各种管道按要求涂刷颜色漆	同大修第 (1), (2), (3), (4), (5), (7), (8) 等项	(1) 清除烟道积灰 (2) 检修炉门, 看火门, 防爆门等 (3) 堵漏风, 修补管道保温层

表2-4-2 锅炉附件检修规定项目

序号	名 称	大 修 项 目	中 修 项 目	小 修 项 目
1	压力表	(1) 修理或更换压力表 (2) 校验压力表 (3) 更换压力表连接管, 检修或更换放水截门	(1) 同大修第 (1), (2) 项 (2) 吹洗压力表连接管路, 检修或更换放水截门	校验压力表
2	安全阀	(1) 研磨阀芯, 保证严密 (2) 对门杆、支力点架、刀刃等全面检查及修理 (3) 结合历次现场修理所发现的情况进行调整工作 (4) 检修排汽管	同大修	检查安全阀是否灵敏好用, 法兰是否漏汽
3	水位表	(1) 检修玻璃压板 (2) 检修并研磨汽水门 (3) 更换玻璃片 (4) 检修保护罩和照明设备	同大修	检查汽水门是否严密, 玻璃是否清晰
4	各种截门及汽水管道	(1) 检查并修理或更换锅炉范围内的汽水管路系统, 法兰盘以及支吊架等 (2) 检查, 修理或更换截门	各种截门的研磨, 更换填料, 水压试验	更换填料盘根

表2-4-3 仪表和化学监督设备
检修规定项目

序号	名称	大修项目	中修项目	小修项目
1	锅炉所有热工仪表	(1) 检查、清洗、修理、校验或调整锅炉各种表计 (2) 修理或更换管路及其连接系统	同大修	清洗、校验有关仪表
2	自动控制装置	(1) 校验各种自动装置 (2) 清扫仪表盘内部, 擦拭表盘表面 (3) 表盘整理及喷漆 (4) 整理, 调换表管及电缆 (5) 检修自动控制或遥控的伺服机、继电器等	同大修	调整校验各种表计和联动机构
3	化学监督装置	(1) 检查和修理炉内加药装置 (2) 检查和修理锅炉水、汽、煤、灰等取样装置	同大修	检修和修理锅炉水、汽、煤、灰等取样装置

3) 现场发现的而规定项目中未提及的一切问题。

(三) 锅炉检修工作验收与考核条件

衡量检修工作好坏, 衡量检修任务是否完成,

其主要依据就是检修质量标准。因此, 必须严格履行鉴定验收手续, 认真贯彻如下规定。

1. 锅炉设备大修理的验收与考核

1) 锅炉设备大修后一共有三种验收方法: 即分段验收(部件验收); 冷状态下的全面试运行验收; 带负荷运行72小时内检查和验收。分段验收是在施工单位的组织下, 使用单位参加, 专职检验签字。冷状态下的全面试运行和带负荷下的验收, 应以动力科为主, 组织有关车间, 如使用车间、修车车间(或单位)、技安科等的有关人员共同进行验收, 经验收合格后, 方可正式投入生产。

2) 设备大修后, 应全面恢复设备原有的工作能力, 包括转速、出力, 技术规范、自动化程度和安全控制等。

3) 设备大修后, 必须按大修技术文件中规定的各项技术标准和质量要求进行鉴定和验收。

4) 锅炉设备大修后, 作为正式移交手续, 必须作出检修总结, 其内容包括:

- ① 整体验收报告, 其格式见表2-4-4;
- ② 主要项目的检修记录;
- ③ 变动设备、零件的图纸和技术资料;
- ④ 专题设备鉴定, 监察报告, 技术记录(包括腐蚀、磨损、安装)及部件理化鉴定报告;

表2-4-4 整体验收报告

A. 锅炉大修总结报告_____年_____月_____日_____车间_____号锅炉, _____制造厂, _____型号, 额定蒸发量_____t/h; 蒸汽压力_____MPa; 蒸汽温度_____℃; 给水温度_____℃ 综合情况:									
检修日期自_____月_____日起到_____月_____日止, 共_____天									
检修工程总项目: 计划检修项目_____项, 实际完成_____项; 计划定额工时_____小时, 实用_____工时									
检修总费用: 计划_____元, 实用_____元									
由上次大修到此次大修间月数_____月									
由上次大修到此次大修间中修次数_____次									
B. 大修前后主要运行指标对照									
序号	指 标	单位	检 修 前	检 修 后	序号	指 标	单位	检 修 前	检 修 后
1	蒸发量	t/h			5	排烟温度	℃		
2	出口蒸汽压力	MPa			6	过剩空气系数			
3	蒸汽湿度	℃			7	锅炉热效率	%		
4	给水温度	℃			8	蒸汽含盐量	mg/L		
C. 锅炉完好情况									
大修前_____大修后_____									
主要原因: _____									
D. 报告附件目录: _____									
报告编写人_____检修负责人_____									
验收负责人_____									

⑤ 使用材料证明,

⑥ 存在问题。

以上资料均须列入锅炉设备技术档案及《锅炉安全技术登记簿》内。

5) 锅炉设备大修后应对检修工作进行评价。评价等级分为优、中(合格),差(不及格,不予以验收)三种或进行评分(表2-4-5)。

评为“优”的条件:

① 质量应符合设备完好标准与锅炉设备检修质量标准。

② 原始记录正确、详细、整洁,有严格验收制度和详细总结。

③ 检修中发现隐患并主动加以解决,从而提高了质量和效率。节约材料,进度提前,安全好。

评为“中(及格)”的条件:

① 原始记录不详细,检修有漏项和不符合要求,但已补充和改正,并有总结。

② 由于设备缺陷或检修工作不当,致使检修未能达到高质量标准,但对保证安全运行不妨碍或可在运行中得以补救。

③ 个别项目由于返工未能按计划进度完成,但对整体验收无影响。

所谓“及格”,即锅炉在负荷下连续运转72小时,运转过程中,锅炉本体,锅炉附件,锅炉附属设备都正常。

6) 遇有如下情况之一者,不予以验收,按没有完成检修任务论处。由此导致影响生产或产生其他情况时,均由原承修单位和检修人员负责。

① 修后质量低劣,但又确非设备先天缺陷,无理硬要交检者。

② 不能确保正常运转至下一修理周期者。

③ 应返修的项目没有进行返修。

7) 设备大修后在验收中交接双方发生意见不一致时,应由动力科长组织研究并及时请总工程师

表2-4-5 锅炉设备检修后的评价

项 目 (或评分)	优(>80分)	中(80~60分)“及格”	差(60分以下)
计划检修项目完成率(%) (10分)	100	≥95	<95
检修质量完成率(%) (10分)	100	≥95	<95
检修所需时间(天) (7分)	在计划停歇时间内完成	超过停歇时间10天以内	超过停歇时间10天以外
实际工时利用率(%) (5分)	≥90	<90	<95
配套辅机检修率(%) (5分)	100	≥95	<95
配套辅机完好率(%) (7分)	100	≥95	<95
管道、法兰、接头、焊口、阀门等总泄漏率(%) (7分)	不超过 2%	不超过 3%	> 3% 超过 5%为严重
大修后的炉墙表面温度, 管道保温表面温度(℃) (7分)	没有裸露部分不超过50℃	没有裸露部分不超过60℃	有裸露部分或未修复
锅炉设备系统的完好率(%) (5分)	≥98	≥95	<95
安全好(8分)	在检修中不出重大事故, 无轻伤事故	一般轻伤事故不超过2起	有重大事故或一般事故超过3起
试运行测量指标(10分)	主要指标恢复到设计值	主要指标接近设计值90%以上	主要指标为原设计值90%以下
检修原始资料齐全, 总结, 交接手续有文件(7分)	全	全	全
大修理总费用(元) (7分)	不超过购置新设备的费用65%	不超过购置新设备费用70%	超过70%
每一吨标准蒸汽大修理费用(元) (5分)	少于0.8万元	少于1万元	大于1万元

作出决定。

2. 锅炉设备中修或项修后的验收

1) 锅炉设备中修或项修后,应以动力科为主,组织车间技术员(或设备检查员),主修工人和操作人员共同验收,经验收合格后,方可投入生产。

2) 中修或项修后,应按计划更换或修复主要零件,恢复规定的精度、性能和效率。应依据技术任务书所规定的修理内容和项目以及质量标准进行检查验收。

3) 设备中修或项修中的更换件与修复件的质量,均应按图纸中规定的技术条件进行修制,经验检查合格后方可使用。

4) 动力设备的机械部分,应对修理的部件由专职检查员进行装配质量和刮研质量的检验。

5) 设备中修或项修后,应进行外部检查和空运转试验。并进行必要的技术性能试验及负荷试验。其修理质量要保证一定使用期限,一般为4个月,零件修理质量要求在下次计划修理前,能够安全运转。

6) 设备改动,零件更换,关键部位的修理,应进行资料整理,存入设备档案。

7) 关于中修或项修后的评价可参照表2-4-5进行。

3. 新安装锅炉的验收

随着生产的发展,有的单位现有的锅炉容量不能满足生产的要求,需要扩建锅炉房装新的锅炉设备,这是常有的事。锅炉使用单位,除了配合设计部门做好锅炉的选型工作外,为了及时了解新装锅炉设备的状态,应积极同施工单位参加验收工作。这对以后的锅炉运行,维修有重大意义。

验收一般分为中间验收和竣工验收两个步骤。中间验收主要是在施工过程中的检查验收,即随时发现缺陷随时检查纠正。例如,一些隐蔽工程(如基础等),在竣工验收中不能察觉的部件,应作中间验收,并有详细记录,最后与竣工验收记录汇总。竣工验收就是总体验收。

验收的基本要求如下:

1) 新装的锅炉,在竣工之前,由施工单位负责进行超压水压试验,并有锅炉使用单位、技术安全部门和当地劳动部门参加,锅炉房主管人员、司炉人员和维修人员等参加检查验收。

2) 新锅炉安装施工单位,在接收锅炉设备的同时,应接管锅炉出厂时的有关安全的技术资料,

验收后应将全部资料移交使用单位;

① 锅炉图纸(总图、总装图和主要受压元件图);

② 受压元件的金属材料证明书;

③ 受压元件的强度计算书;

④ 热力计算书和空气、烟气阻力计算书;

⑤ 锅炉质量证明书(包括质量总证明书、水压试验证明书和焊接质量证明书);

⑥ 安装过程中发现锅炉设备缺陷证明书以及改动原设计的技术资料;

⑦ 锅炉安装和使用说明书;

⑧ 锅炉附属设备的安装图及安装后试运、性能测试等记录资料。

3) 施工单位应完成烘炉、煮炉、洗炉,蒸汽密封性试验,校正安全阀,并进行72小时的全负荷试运行合格后方可交工。由施工单位和使用单位,共同签署验收合格证明书。

4) 锅炉正常投入运行后,使用单位的技术负责人应将检查验收结果记入锅炉安全技术登记簿,并将主要的项目简要地记入锅炉登记卡片。

(四) 锅炉检修有关安全技术要求

1) 当锅水已经冷却,锅内无压力存在的情况下,根据检修需要,应在蒸汽、给水、疏水、排污、加药及烟气等各系统进行加装堵板。并记在记录簿内,或标在系统图上,被关(堵)阀门上,要挂有“有人工作,不能开启”标牌,以保证检修人员的安全,待检修完毕后全部拆除。

2) 第一次在进入炉膛或烟道内工作之前,应先启动引风机,通风不少于5分钟,当炉膛和烟道内温度达到60℃以下时,方准进入工作。进入炉膛或烟道,要带上安全帽和防风眼镜。工作时不应少于两个人,一人进内工作,一人在外监护。

3) 进入锅筒内工作的温度,应在45℃以下。温度40~45℃时,在内工作不应超过20分钟。锅筒内工作至少应有两人。进入锅筒内工作时,携带工具必须装在工具袋内,进出时应进行其数量的核对检查。

4) 在锅筒内或炉膛内进行工作时,其照明设备的电压,应为12V。照明灯具所用电线一定要有良好绝缘,中间不得有接头,以防接头线脱开而造成电气事故。

5) 检修转动机械时,检修之前,应将电源切断,才能开始工作。被切断的电源,不论有无接地

线, 均应悬挂标志牌或警牌。

6) 在高于1.5m以上的地点工作, 应绑扎牢固的脚手架。架子平台上应设栏杆围护。工作平台架板两端应绑牢。

7) 起吊重物, 对起重工具要进行仔细检查, 检查合格, 方可试用。试用合格, 才进行正式起吊工作。吊起重物时, 不得在其上、下进行其他工作。

8) 检修用的工具, 使用前, 必须进行安全检查, 认为合格后方可使用。手提电动工具只有在外壳接地, 戴胶皮手套, 胶皮鞋或站在绝缘板上才可进行工作。

9) 在斜梯子上工作, 只能在较短时间内和高度不高时进行, 并应保证梯级稳固, 梯脚不滑。不得沿斜靠的梯子提升重物。

第5节 锅炉修理常用材料

(一) 工业锅炉常用金属材料

根据锅炉各主要部件的工作条件及其制造工艺过程, 锅炉用钢主要有锅炉钢板及锅炉钢管两大类。其它如钢构架、紧固件等则属于一般结构金属材料。

1. 对锅炉用钢 (锅炉钢板) 的要求

锅炉钢板主要用以制造锅炉的锅筒, 它是耐温承压的重要部件, 它除承受较高的内压以外, 还受到冲击、疲劳载荷以及水和蒸汽介质的腐蚀作用。在制造过程中, 还要经过各种冷热加工工序, 如下料、卷板、焊接、热处理等, 因此, 对锅炉钢板提出了较高的要求。

(1) 质量优良 锅筒用的钢板应具有: 平炉、电炉钢或其它同质量的钢; 镇静钢; 优质或高优质钢。

(2) 较高的强度 包括常温和中温强度。在设计中屈服点和强度极限都作为决定钢的许用应力的一般依据。一般中、低压锅炉选用屈服极限为245(25), 294(30), 343(35)MPa (kgf/mm²) 级钢种; 现试改用343(35)MPa (kgf/mm²) 级的16Mn钢板, 以减薄筒壁厚度。

(3) 良好的塑性, 韧性和冷弯性能 这里韧性包括常温冲击韧性和时效冲击韧度。钢材经冷加工变形后, 钢材冲击韧度值有较大的下降。不但在

常温下, 尤其在200~300℃温度下, 冲击韧度值下降最多。而这个温度范围大体上就是锅筒的工作温度。因此, 要求钢材具有较低的时效敏感性, 要求冲击韧度 (α_K) 的下降率不大于50%或其绝对值不小于29~34 (3~3.5)J/cm² (kgf·m/cm²)。

(4) 较低的缺口敏感性₁ 缺口敏感性是指在带有一定应力集中的缺口条件下, 材料抵抗裂纹扩展能力。在锅筒制造中要在钢板表面开孔和焊接管接头等, 造成应力集中, 故要求钢材有较低的缺口敏感性。

(5) 良好的加工工艺性能和焊接性能 锅筒在制造过程中, 钢板需经过各种冷热加工, 锅炉钢板应能经受冷热加工而不产生缺陷。因此, 通常要求锅炉钢板的伸长率 (δ_5) 应不少于15%。焊接质量的好坏在一定程度上决定着锅筒的制造质量。因此, 锅炉钢板应具有良好的可焊性。所谓可焊性是指在一定的焊接工艺条件下, 钢材焊后不产生裂纹, 并能获得良好的焊接接头性能。

(6) 良好的低倍组织 要求钢的分层, 非金属夹杂, 气孔, 疏松等缺陷尽可能少, 不得超过标准规定范围, 不得有白点、裂纹。

(7) 钢材必须经过严格检查 钢材出钢厂前和进锅炉厂后均应按国家或部颁标准的技术条件, 经质量检查合格, 才能投入生产使用。

锅炉钢板的应用范围见表2-5-1; 锅炉钢板的化学成分见表2-5-2; 锅炉钢板的常温力学性能见表2-5-3; 锅炉钢板常用规格及理论重量见表2-5-4。

表2-5-1 锅炉钢板钢号及适用范围

钢 种	钢 号	技术标准	适用范围	
			工作压力 MPa (kgf/cm ²) ≤	壁温℃ ≤
碳素钢	20g	GB713—86	5.88 (60)①	450
低合金钢	12Mn	GB713—86	5.88 (60)	400
	16Mn		5.88 (60)	400
	14MnMoVg		5.88 (60)①	400
	18MnMoNb		5.88 (60)①	400

① 制造不受辐射热的锅筒时, 工作压力不受限制。

表2-5-2 锅炉钢板的化学成分 (GB713—86)

牌 号	化 学 成 分						
	C	Si	Mn	V	Nb	Mo	P
	不 大 于						
20g	≤0.24	0.15~0.30	0.35~0.65				0.035
22g	≤0.26	0.17~0.37	0.60~0.90				0.035
12Mng	≤0.16	0.20~0.60	1.10~1.50				0.035
16Mng	0.12~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60				0.035
15MnVg	0.10~0.18	0.20~0.60	1.20~1.60	0.04~0.12			0.035
14MnMoVg	0.10~0.18	0.20~0.50	1.20~1.60	0.05~0.15		0.40~0.65	0.035
18MnMoNb g	0.17~0.23	0.17~0.37	1.35~1.65		0.025~0.050	0.45~0.65	0.035

表2-5-3 锅炉钢板的常温机械性能 (GB713—86)

牌 号	交货状态	钢板厚度	抗拉强度	屈服点	伸长率	U型常温冲击韧性 a_{KV}	应变时效值 a_{KUS}	V型常温冲击功 A_{KV}	冷弯试样
		mm	σ_b	σ_s	δ_5	J/cm ² (kgf·m/cm ²)	J/cm ² (kgf·m/cm ²)	J(kgf·m)	$b = 2a$
			N/mm ²	N/mm ²					
			(kgf/mm ²)	(kgf/mm ²)					
横 向 试 样									
不 小 于									
180°									

20 g	热轧或热处理	6~16	400~540 (41~55)	245 (25)	26	59 (6)	29 (3)	27 (2.8)	$d = 2a$
		17~25	400~540 (41~55)	235 (24)	25	59 (6)	25 (2.5)		
		26~36	400~540 (41~55)	225 (23)	24	59 (6)	25 (2.5)		
		38~60	400~540 (41~55)	225 (23)	23	59 (6)	25 (2.5)		

22 g	热轧或热处理	6~60	420~560 (43~57)	265 (27)	24	59 (6)	29 (3)	27 (2.8)	$d = 2a$
------	--------	------	--------------------	-------------	----	-----------	-----------	-------------	----------

12Mng	热轧或热处理	6~16	440~590 (45~60)	295 (30)	21	59 (6)	29 (3)	27 (2.8)	$d = 2a$
		17~25	430~580 (44~59)	275 (28)	19	59 (6)	29 (3)		$d = 2a$

16Mng	热轧或热处理	6~16	510~655 (52~67)	345 (35)	21	59 (6)	29 (3)	27 (2.8)	$d = 3a$
		17~25	490~635 (50~65)	325 (33)	19	59 (6)	29 (3)		
		26~36	470~620 (48~63)	305 (31)	19	59 (6)	29 (3)		
		38~60	470~620 (48~63)	285 (29)	19	59 (6)	29 (3)		

(续)

牌 号	交货状态	钢板厚度	抗拉强度	屈服点	伸长率	U型常温冲击初度 σ_{KU} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	应 变 时 效 值 σ_{KUS} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	V型常温冲击功 AKV J(kgf·m)	冷弯试样
		mm	σ_b N/mm ² (kgf/mm ²)	σ_s N/mm ² (kgf/mm ²)	δ_5 %	横 向 试 样			b = 2 a 180°
						不 小 于			
15MnVg	热轧或 热处理	6~16	530~675 (54~69)	390 (40)	18	59 (6)	29 (3)	27 (2.8)	d = 3 a
		17~25	510~655 (52~67)	375 (38)	17	59 (6)	29 (3)		
		26~36	510~655 (52~67)	355 (36)	17	59 (6)	29 (3)		
		38~60	490~635 (50~65)	335 (34)	17	59 (6)	29 (3)		
14MnMoVg	热处理	30~115	≥635 (65)	490 (50)	16				d = 3 a
18MnMoNbG	热处理	16~38	≥635 (65)	510 (52)	17	69 (7)	29 (3)		d = 3 a
		40~95	≥635 (65)	490 (50)	16	69 (7)	29 (3)		
		100~115	≥590 (60)	440 (45)	16	69 (7)	29 (3)		

表2-5-4 锅炉钢板常用规格及理论重量

厚 度 (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22
理论重量 (kg/m ²)	47.1	62.8	78.5	94.2	110	126	141	157	172.7
厚 度 (mm)	24	25	28	30	32	34	36	40	42
理论重量 (kg/m ²)	188	196.3	219.8	235.5	251.2	266.9	282.6	314	329.7
厚 度 (mm)	46	50							
理论重量 (kg/m ²)	361.1	392.5							

2. 对锅炉钢管的要求

锅炉钢管主要用以制造锅炉受热面管子(如过热器、水冷壁、省煤器等)和蒸汽管道(如导管、集箱及连接管等)。这些管子均在高温承受内压的条件下工作,因此要求锅炉钢管的质量是好的。水冷壁管和过热器受热面管子须用优质无缝钢管;省煤器受热面也须用无缝钢管;空气预热器受热面管可用有缝钢管。

锅炉管道和集箱都在炉外,一旦破裂,危害性更大,对用钢要求更严。故同一钢号管子的许用温

度较受热面管子应低一些。

过热器管和集箱都承受压力并在较高壁温和高温氧化条件下长期工作,故应有足够的持久强度,持久塑性,抗氧化能力(氧化速度<0.1毫米/年)以及较好的组织稳定性。

水冷壁管,省煤器受热面管子是在低于蠕变温度下工作的,故应有足够的中温强度,以免在压力高时,增加壁厚,给加工工艺造成困难或产生不允许的温度应力。

各种受热面管子,管道和集箱用的管子一般均