

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、部件或整套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它相关的因素，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。如果对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

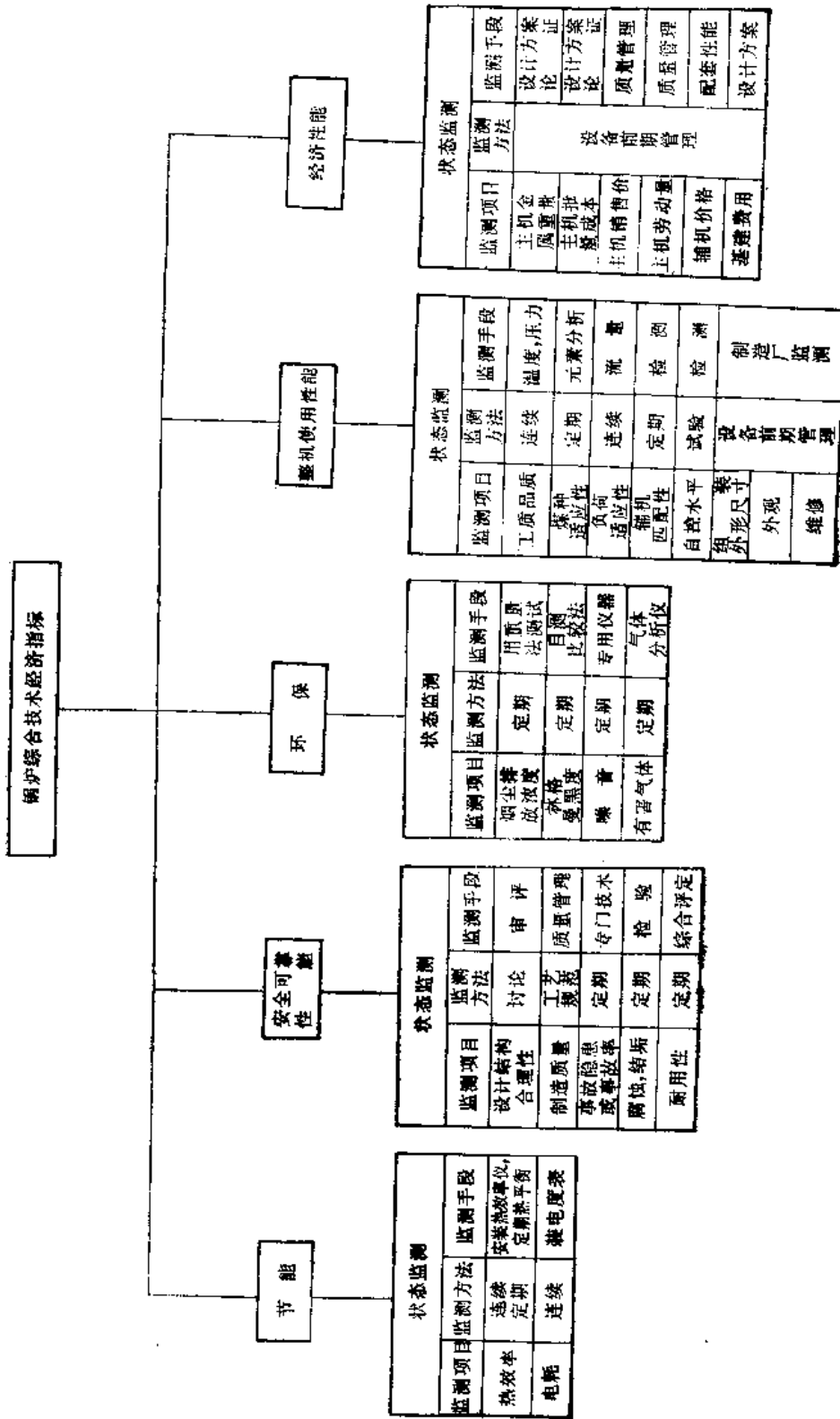


图2-1-1 锅炉状态监测项目与综合技术经济指标关系图

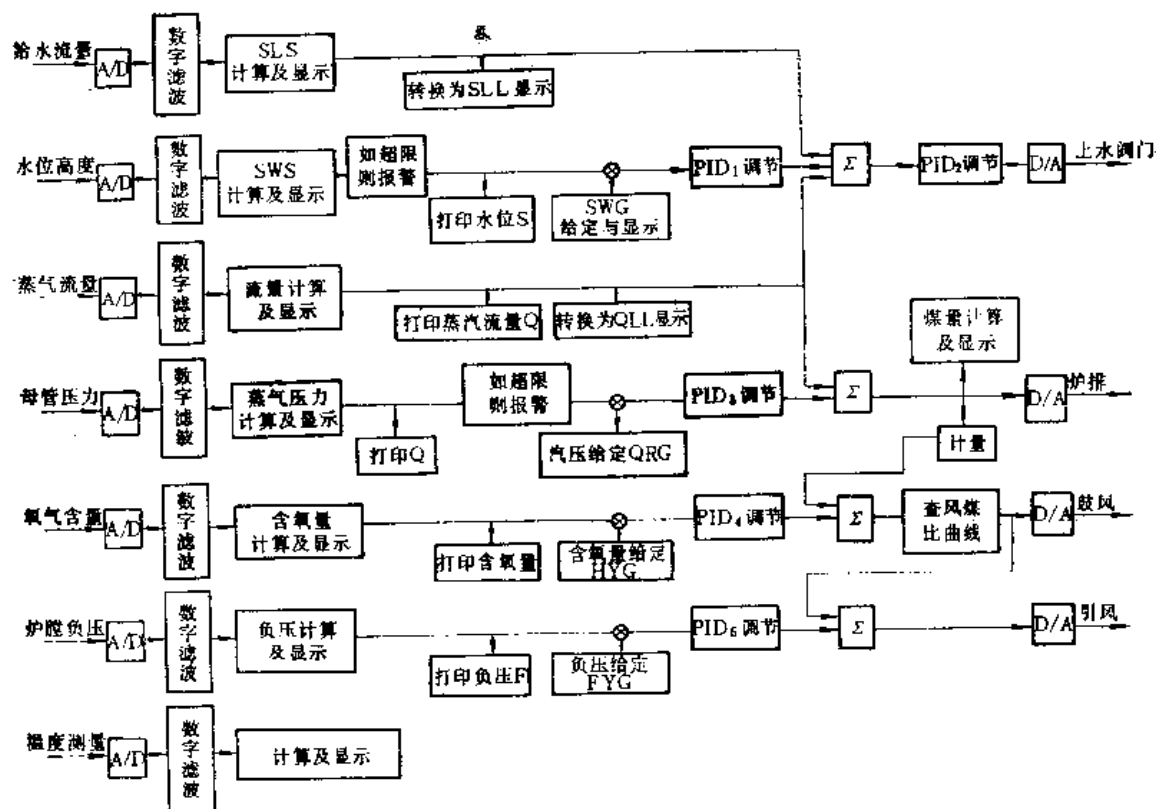


图2-1-2 微处理器监测、控制框图

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型微处理器监测、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，不断调节水阀、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CRT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可靠性。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

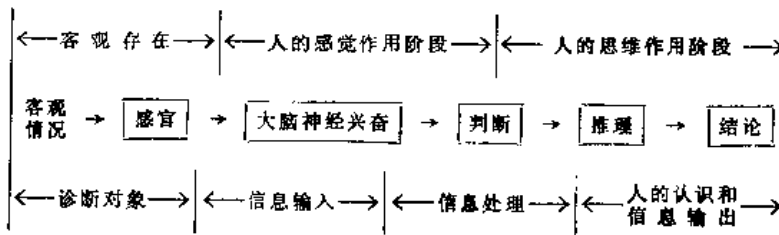
关于工业锅炉诊断技术，根据对设备技术状况有不同的目的和要求，基本上可分为三类：

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况参数，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

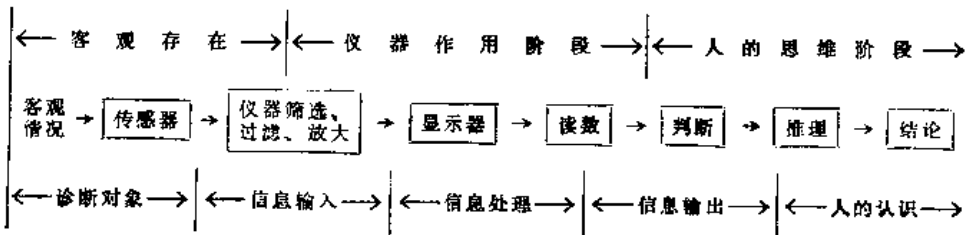


图2-2-1 诊断方法方框图

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、鼓泡、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；受压元件的金属材质证明书；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汽量是否符合规定。

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、管膨胀接处、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, 宜采用手压泵。
- 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、制造和安装中是否有缺陷。了解和掌握锅炉给水来源、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）。

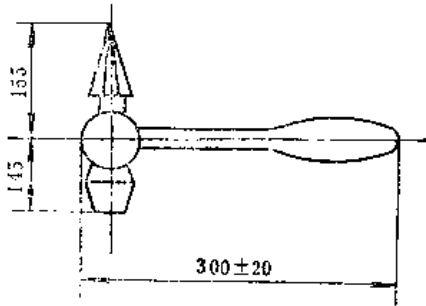


图2-3-1 检查用小锤

1) 当用小锤锤击锅筒、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“沙拉沙拉”的声音，则是裂纹的象征。

2) 当用小锤锤击铆钉时，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）。

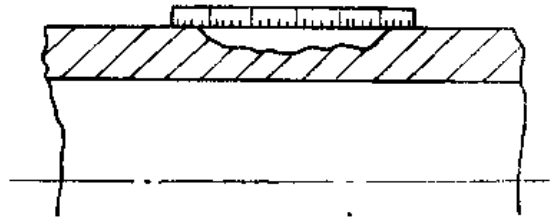


图2-3-4 直尺检查法

(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)。

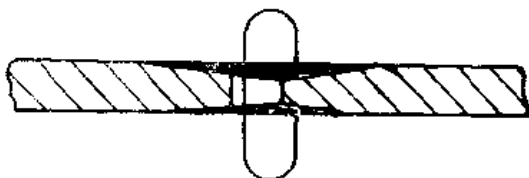


图2-3-5 用回形针检查腐蚀残余厚度

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, 螺丝应上大下小, 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, 必要时捻缝止漏。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)。

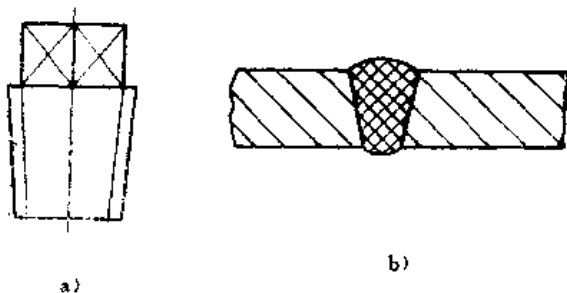


图2-3-6 补洞方法
a) 方头螺栓 b) 电焊补洞

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。

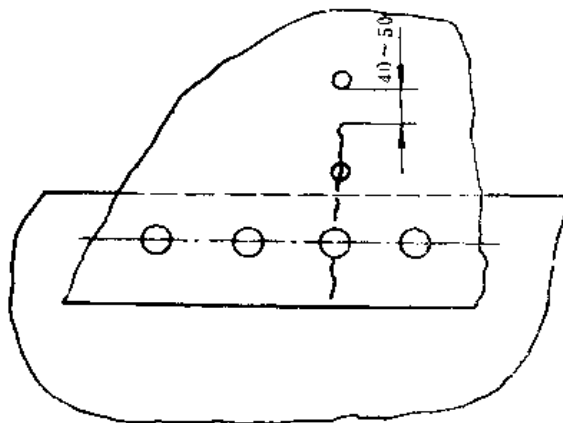


图2-3-7 危险裂纹

(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, Y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) 为现场工艺施工作准备和试验项目;

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) 联箱手孔盖及其结合面的检修 (4) 联箱的修理, 校直或更换 (5) 联箱支座, 拉钩及其膨胀回隙检查	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) 消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、承修车间(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	评 语 (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
炉内辅机完好率(%) (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(°C) (7分)	没有裸露部分不超过50°C	没有裸露部分不超过60°C	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,需要扩建锅炉房增装新的锅炉设备,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 受压元件的金属材质证明书;

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铃。

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) 在斜靠梯子上工作，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. 对锅筒用钢（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16Mng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 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	12Mng	GB713-86	5.88(60)	400
	16Mng		5.88(60)	400
	14MnMoVg		5.88(60)①	400
	18MnMoNb g		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	S
							不 大 于	
20g	≤0.24	0.15~0.30	0.35~0.65				0.035	0.035
22g	≤0.26	0.17~0.37	0.60~0.90				0.035	0.035
12Mng	≤0.16	0.20~0.60	1.10~1.50				0.035	0.035
16Mng	0.12~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60				0.035	0.035
15MnVg	0.10~0.18	0.20~0.60	1.20~1.60	0.04~0.12			0.035	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	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	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 mm	抗拉强度 σ_b N/mm ² (kgf/mm ²)	屈服点 σ_s N/mm ² (kgf/mm ²)	伸长率 δ_5 %	U型常温冲	应变时	V型常温冲	冷弯试样 b = 2a
						击韧度 a_{KV} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	效值 a_{KUS} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	击功 A_{KV} J(kgf·m)	
						横 向 试 样			180°
20g	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)		
22g	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 mm	抗拉强度 σ_b N/mm ² (kgf/mm ²)	屈服点 σ_s N/mm ² (kgf/mm ²)	伸长率 δ_5 %	U型常温冲	应变时	V型常温冲	冷弯试样 b = 2a 180°
						击韧度 a_{KV} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	效值 a_{KUS} J/cm ² (kgf·m/cm ²)	击功 A_{KV} J(kgf·m)	
		6~16	530~675 (53~67)	390 (40)	18	59 (6)	29 (3)		
						横 向 试 样			
						不 小 于			

要经过弯曲、焊接等工艺，故应具有良好的工艺性和可焊性。

各种管子在钢厂出厂前，锅炉进厂后都要按国家或部颁标准的技术条件，经质量检验合格才能进行加工。

受热面管，蒸汽管道及集箱用钢的适用范围见表2-5-5；它们的化学成分见表2-5-6；它们的常温和高温的力学性能见表2-5-7，表2-5-8；常用无缝钢管的规格及理论重量见表2-5-9。

表2-5-5 锅炉无缝钢管钢号及适用范围

钢号	技术标准	适用范围		
		用途	工作压力 MPa (kgf/mm ²)	壁温 °C
10, 20	GB3087	受热面管子	≤6.0 (60)	≤500
		集箱, 蒸汽管道		≤450
20g	GB5310	受热面管子	不限	≤500
		集箱, 蒸汽管道		≤450
15CrMo	GB5310	受热面管子	不限	≤560
		集箱, 蒸汽管道		≤520
12Cr1MoV	GB5310	受热面管子	不限	≤580
		集箱, 蒸汽管道		≤540

表2-5-6 锅炉无缝钢管的化学成分 (%)

钢号	技术标准	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	S	P
								不大于	
10	GB99-88	0.07~0.14	0.35~0.65	0.17~0.37	≥0.25			0.035	0.035
20	GB699-88	0.17~0.24	0.35~0.65	0.17~0.37	≥0.25			0.035	0.035
20g	GB5310-85	0.17~0.24	0.35~0.65	0.17~0.37				0.035	0.035
15CrMo	GB5310-85	0.12~0.18	0.40~0.70	0.17~0.37	0.80~1.10	0.10~0.55		0.035	0.035
12Cr1MoV	GB5310-85	0.08~0.15	0.40~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.25~0.35	0.15~0.30	0.035	0.035

表2-5-7 锅炉无缝钢管的常温力学性能

钢号	热处理制度	取样位置	σ_s MPa	σ_b MPa	δ_5	a_K J/cm ²	技术标准
			(kgf/mm ²)	(kgf/mm ²)	(%)	(kgf·m/cm ²)	
不 小 于							
10			333 (34)	196 (20)	24		GB3087-82
20			392 (40)	226 (23)	20		GB3087-82
20g	900~930°C正火	纵向	412 (42)	245 (25)	24	49 (5)	GB5310-85
		横向	402 (41)	216 (22)	22	39 (4)	
15CrMo	930~960°C正火	纵向	441 (45)	235 (24)	21	59 (6)	GB5310-85
	680~730°C回火	横向	441 (45)	226 (23)	20	49 (5)	
12Cr1MoV	980~1020°C正火	纵向	471 (48)	225 (26)	21	59 (6)	GB5310-85
	720~760°C回火	横向	441 (45)	225 (26)	19	49 (5)	

表2-5-9 常用锅炉无缝钢管规格及理论重量

管子外径 d (mm)	壁 厚 (mm)										
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	10
32	1.76	2.15	2.46	2.76	3.06	3.36	3.66	3.96	4.26	4.56	4.86
36	2.19	2.59	2.98	3.35	3.72	4.09	4.46	4.83	5.20	5.57	5.94
51	2.99	3.55	4.10	4.64	5.16	5.67	6.19	6.71	7.23	7.75	8.27
57	3.36	4.00	4.62	5.23	5.83	6.41	7.01	7.61	8.21	8.81	9.41
63.5	—	4.48	5.18	5.87	6.55	7.21	7.89	8.57	9.25	9.93	10.61
76	—	5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.58	10.36	11.13	11.91	12.69
89	—	—	7.88	8.38	8.88	9.38	9.88	10.38	10.88	11.38	11.88
102	—	—	—	9.67	10.82	11.96	13.09	14.21	15.34	16.46	17.59
108	—	—	—	10.26	11.49	12.70	13.90	15.09	16.28	17.47	18.66
114	—	—	—	10.85	12.15	13.44	14.72	15.98	17.25	18.52	19.79
133	—	—	—	12.73	14.26	15.78	17.29	18.79	20.29	21.79	23.29
159	—	—	—	—	17.15	18.99	20.82	22.64	24.46	26.28	28.09
219	—	—	—	—	—	—	—	31.52	36.60	41.63	46.67
273	—	—	—	—	—	—	—	—	45.92	52.28	58.60
325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62.54	70.14

表2-5-10 耐热金属材料化学成分和力学性能

钢 号	技术标准	适用范围	化 学 成 分										机 械 性 能		冲击试验		硬度试验	
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ N/mm ² (kgf/mm ²)	抗拉强度 σ_b N/mm ² (kgf/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	断面收缩率 ψ (%)	冲击功 J/cm ² (kgf·m/cm ²)	冲击韧性 HB		
1Cr13	GB1221-84	<800°C	≤0.15	≤1.00	≤1.00	11.5~13.5	①	≤0.030	0.035	≤0.030	≤0.035	≥343 (≥35)	≥539 (≥55)	≥25	≥25	≥98.1 (≥10)	≥159	—
2Cr13	GB1220-84	<800°C	0.15~0.25	≤1.00	≤1.00	12.00~14.00	①	≤0.030	0.035	≤0.030	≤0.035	≥441 (≥45)	≥637 (≥65)	≥20	≥50	≥78 (≥8)	≥192	—
1Cr18Ni9Ti	GB1221-84	<1030°C	≤0.12	≤1.00	≤2.00	17.00~19.00	8.00~11.00	②	0.030	0.035	0.030	≥206 (≥21)	≥520 (≥53)	≥40	≥55	—	—	≤187

① 允许含有≤0.60%Ni。
② Ti≥5 (C%-0.2) ~0.8。

3. 受热面固定件、吹灰器用钢

这类用钢,属于耐热金属材料。

过热器的吊钩、定位板和省煤器的托架等受热面固定件以及吹灰器等都在高温烟气中工作,内部没有水或蒸汽等介质起冷却作用,它们所用钢材应具有很高的热稳定性(抗氧化能力)。此外,过热器吊钩等还承载一定重量,所以钢材还应具有一定的持久强度。

这类钢材中均需含有较多的贵重金属元素如Ni, Cr等,故代价较高。工业锅炉中常用的这类钢材的适用范围、化学成分和力学性能列于表2-5-10中。

4. 锅炉构架等结构用钢

这类属于一般金属结构材料。

吊钩锅炉本体的钢架、钢座、锅炉上的平台、扶梯等,都在常温(或略高于常温)下荷重,通常采用一般结构金属材料即可。这种钢材要求不高,基本上只需具有一定的常温强度和冲击韧度。此外,有些锅炉可能在低温下施工和工作,故钢材的脆性转变温度不宜太低。

常用这种钢材的化学成分和力学性能等可见表2-5-11。

5. 紧固件及锻制件用钢

这类属一般结构金属材料。

锅炉中的法兰、人孔盖、手孔盖、接口、孔板等处多用双头螺柱,螺栓、螺母等紧固件。根据紧固件的工作特点,所用钢材应有较高的强度和冲击韧性,缺口敏感性和脆性要小,机械加工工艺性能要好,且长期在高温下工作不发生“咬合”现象。

锅炉中的法兰,人孔盖以及手孔盖、骑马、管接头、孔板等均系锻制件。

工业锅炉上紧固件和锻制件的材料主要是碳素钢,如Q235-A, Q235-B、25号、35号钢。它们的化学成分和力学性能等可见表2-5-11。

6. 铸件

这类属于耐热材料。铸件主要分为铸铁件和铸钢件两类。

(1) 铸铁件 由下列各种铸铁浇铸的零件称为铸铁件。含碳量大于2%的铁合金属于“铸铁”范围。锅炉上常用铸铁的含碳量一般在2.5%~4%,此外还含有硅、锰、硫、磷等。

常用铸铁件有:

灰铸铁:断面呈灰色,有良好加工性能,广泛

用于燃烧设备中的框架、底座、炉面板等及省煤器。

白口铸铁:断面呈白色,内中含有大量硬而脆的 Fe_3C ,不易加工,但耐热耐磨损,故适用于炉排和风机叶片。

可锻铸铁:由白口铸铁石墨化退火后形成的一种铸铁,强度及韧性较高。

球墨铸铁:浇铸时加入镁和硅铁等使铁水中的碳球墨化。因而,强度和塑性提高,故常用作工业锅炉上的阀门壳体材料。

工业锅炉常用几种铸铁件的适用范围和力学性能,列于表2-5-12中。

(2) 铸钢件 铸件的成分在钢的范围之内,主要含碳量是在0.12%~0.50%,即是铸钢。因此,铸钢的强度远较铸铁为高,其它力学性能如塑性、韧性,可焊性均很好,与一般对应的钢材大致相同。工业锅炉上主要采用碳素铸钢的适用范围,化学成分和力学性能等,可见表2-5-13。

但应注意,铸钢件的形状比较复杂,铸件各部分厚薄不匀,浇铸后局部往往容易产生气孔,疏松和微裂纹等缺陷,质量较轧制或锻制的钢材为差,故在强度计算时,安全系数应适当放大。与轧制或锻制钢材相比,我国放大1.4倍,ISO和美国放大1.25倍。

工业锅炉中常用的锻件钢号及适用范围见表2-5-14。

7. 工业锅炉常用焊接材料

在检修锅炉过程中主要使用的是手工电弧焊,因此,只介绍一下手工电弧焊所用的电焊条和堆焊电焊条。至于自动焊所用的焊丝和焊剂主要应用于锅炉制造厂。

(1) 工业锅炉手工电弧焊常用电焊条 GB5117—85《碳钢焊条》及GB5118—85《低合金钢焊条》中详列各种牌号的焊条。现将工业锅炉中常用的焊条摘录于表2-5-15中。

电焊条是由焊条钢芯外包药皮制成条状。合理选择电焊条和使用电焊条是获得优质焊缝的决定因素之一。

焊条钢芯:为了保证焊缝质量,对焊条钢芯在化学成分上有较高的要求。对于碳素结构钢焊条钢芯中的含碳量要求小于0.10%,含锰量为0.30%~0.55%,含硅量为0.03%以下,含铬量不应大于0.20%,含镍量在0.30%以下,含硫和磷不应大于

表2-5-11 锅炉一般结构金属材料化学成分和力学性能

钢的 种类	钢号	技术标准	适用范围		化学成分						力学性能						
			用途	工作压力 MPa	介质 温度 ≤°C	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	屈服点 σ_s , N/mm ² (kgf/mm ²)	抗拉强度 σ_b , N/mm ² (kgf/mm ²)	δ_5 (%)	Ψ (%)	A_K (°K) J/cm ² (kgf·m/cm ²)
碳素钢	Q235-A	GB700-88	双头螺栓, 螺柱, 构架 平台, 扶梯, 螺母	≤1.3	220	0.14~0.22	0.30	0.30*~0.65			≤	0.045	185~235 (18.9~24)	375~460 (38~47)	21~26		
	Q235-B	GB700-88	双头螺栓, 螺柱 螺母	≤1.6	350	0.12~0.20	0.30	0.30*~0.70			≤	0.040	185~235 (18.9~24)	375~460 (38~47)	21~26		
低合金钢	25	GB699-88	双头螺栓, 螺柱 螺母	不限	350	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80				0.035	275 (28)	450 (46)	23	50	71 (9)
	35	GB699-88	双头螺栓, 螺柱 螺母	不限	420	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80				0.035	315 (32)	530 (54)	20	45	55 (7)
合金钢	30CrMo	GB3077-88	双头螺栓, 螺柱 螺母	不限	480	0.26~0.34	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25			785 (80)	930 (95)	12	50	63 (8)
	16Mn	GB713-86	构架	≤6.0	400	0.12~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60				0.035	245~345 (25~35)	440~655 (45~67)	18~21		49~59 (5~6)

注: Q235-A, B级沸腾钢 Mn 含量上限为0.60%。

表2-5-12 工业锅炉常用铸铁件适用范围和力学性能

铸铁名称	牌 号	技 术 标 准	适 用 范 围			机 械 性 能		
			铸件公称直径 (mm)	介质工作压力 (MPa)	介质温度 (°C)	抗拉强度 σ_b (N/mm ² (kgf/cm ²))	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (N/mm ² (kgf/mm ²))	δ_5 (%)
灰 口 铸 铁	HT150		<300	≤0.8	<230	150 (15.3)	—	—
	HT200	GB9439-88				200 (20.4)	—	—
	HT250		<200	≤1.3	<230	250 (25.5)	—	—
可 锻 铸 铁	KTH300-06					300 (31)	—	6
	KTH330-08	GB9430-88				330 (33.8)	—	8
	KTH350-10		<100	≤1.6	<300	350 (35.7)	200 (20.4)	10
	KTH37-12					370 (37.8)	—	12
球 墨 铸 铁	QT400-18	GB1318-88	<100	≤2.5	<300	400 (40.80)	250 (25.5)	18

注: 1. 不得用灰口铸铁制造排污阀和排污管。

2. 工作压力≤1.3MPa的锅炉及蒸汽温度不得超过300°C的过热器, 其放水阀和排污阀的阀壳可用上表中的可锻铸铁或球墨铸铁制造。

3. 锅炉工作压力≤1.6MPa的方形铸铁省煤器管和弯头允许采用牌号不低于HT150的灰口铸铁, 锅炉工作压力≤2.5MPa的方形省煤器管和弯头允许采用牌号不低于HT200的灰铸铁, 在制造厂内应对省煤器使用的铸铁部分进行水压试验, 其压力应等于锅炉工作压力的2.5倍。

4. 用于承压部件的铸铁不准补焊, 铸件的偏心不得超过图样上规定值。

表2-5-13 工业锅炉常用铸钢件适用范围、化学成分和力学性能

铸钢种类	钢号	技术标准	适用范围		化学成分 %					机械性能							
			公称压力 MPa (kgf/cm ²)	介质温度 °C	C	Si	Mn	S	P	σ_s		σ_b	δ_5	α_K			
										kgf/mm ²	MPa				kgf/mm ²	MPa	MPa
碳	ZG15 I				0.12~0.22	0.20~0.45	0.35~0.65	0.05	0.05	0.05	20	196	40	392	25	6	59
	ZG15 II		≤6.3(64)	≤400													
素	ZG25 I	GB5613-83			0.22~0.32	0.20~0.45	0.50~0.80	0.05	0.05	0.05	24	235	45	441	20	4.5	44
	ZG25 II		>6.3(64)	≤450													
钢					0.22~0.32	0.20~0.45	0.50~0.80	0.04	0.04	0.04	24	235	45	441	20	4.5	44

注：1. 空心受压铸钢件按GB1048-70规定进行水压试验。
2. 介质温度超过450°C的铸钢件，应用耐热合金钢。

表2-5-14 锅炉铸钢件常用钢号及适用范围

钢号	技术标准	适用范围			
		用	用	范围	
Q235A	GB700	法兰盘，手孔盖，不与火焰接触的钢件	流	工作压力 MPa ≤2.5	介质温度 °C ≤350
20, 25	GB699	大型零件，集箱，法兰盘		≤6.0	≤450

表2-5-15 工业锅炉用手工电弧焊条牌号, 适用范围, 力学性能

旧国标 (GB981--76)		新国标 (GB5117-85)						
牌号	药皮类型	化学成分 (%)	机械性能	牌号	药皮类型	化学成分 (%)	力学性能	用途
结422	钛钙型	C ≤ 0.12 Mn = 0.3~0.6 Si ≤ 0.25 S ≤ 0.035 P ≤ 0.05	$\sigma_b \geq 42 \text{ kgf/mm}^2$, 412MPa—般 431~490MPa $\delta_5 \geq 18$ $\alpha_K \geq 8, \alpha \geq 120^\circ$	E 4303	钛钙型	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040 其余无要求	$\sigma_b \geq 43 \text{ kgf/mm}^2$ 421MPa $\sigma_{0.2} \geq 34 \text{ kgf/mm}^2$ 330MPa $\delta_5 \geq 22$ $\alpha_0 \geq 27$	工艺性好, 交直流两用, 焊接重要的低碳钢结构和相应强度的青低碳钢如0.9MnV, 0.9MnV, 12Mn等
结427	低氢型	C ≤ 0.12 Mn = 0.5~0.9 Si ≤ 0.5 S ≤ 0.035 P ≤ 0.04	$\sigma_b \geq 42, \text{ kgf/mm}^2$, 412MPa $\sigma_s \geq 30 \text{ kgf/mm}^2$, 294MPa $\delta_5 \geq 22, \alpha_K \geq 14$, $\alpha \geq 120^\circ$	E 4315	低氢钠型	Mn* ≤ 1.25; Si ≤ 0.30; Ni* ≤ 0.30; C;* ≤ 0.20; Mo* ≤ 0.30; V* ≤ 0.08; S ≤ 0.035; P ≤ 0 *总量不大于1.5	$\sigma_b \geq 43 \text{ kgf/mm}^2$, 421MPa $\sigma_{0.2} \geq 22$, $\alpha_0 \geq 27$	直流反接, 全位置, 焊韧性及抗裂性好, 重要的低碳钢和普低钢如0.9MnV, 0.9MnV2等的结构及受动载荷的结构
结502	氧化钛钙型	S ≤ 0.035 P ≤ 0.045	$\sigma_b \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$, 490MPa $\sigma_s \geq 35 \text{ kgf/mm}^2$ 343MPa $\alpha_K \geq 8, \alpha \geq 120^\circ$ 78 J $\delta \geq 16$	E 5003	钛钙型	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040 其余无要求	$\sigma_b \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$, 490MPa $\sigma_{0.2} \geq 42 \text{ kgf/mm}^2$, 410MPa $\delta_5 \geq 20$ $\alpha_0 \geq 27$	16Mn钢和强度等级相同普低钢一般结构的焊接, 交流或直流正反接
结507	低氢型	C ≤ 0.12; Mn = 0.8~1.4, Si ≤ 0.70 S ≤ 0.035 P ≤ 0.04	$\sigma_b \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$ 490MPa $\sigma_s \geq 35 \text{ kgf/mm}^2$ 343MPa $\alpha_K \geq 13, \alpha \geq 120^\circ$ 127 J $\delta \geq 20$	E 5015	低氢钠型	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040 其余无要求	$\sigma_b \geq 50 \text{ kgf/mm}^2$, 490MPa $\sigma_{0.2} \geq 42 \text{ kgf/mm}^2$, 410MPa $\delta_5 \geq 20$ $\alpha_0 \geq 27$	直流反接, 全位置。用途同上。并可早在常温及较低温度下受动载荷的结构

表2-5-16 工业锅炉焊接用钢丝性能表

钢的种类	钢号		化学成分%							适用于
	牌号	代号	C	Mn	Si	Cr	Ni	S %	P %	
碳素结构钢	焊08	H08	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	0.040	0.040	焊接优质碳素钢
	焊08锰	H08Mn	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	0.040	0.040	焊接16Mn钢
	焊08高	H08A	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	0.030	0.030	焊接优质碳素钢
合金结构钢	焊10锰2	H10Mn2	≤0.12	1.50~1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30	0.040	0.040	焊接20g和16Mn钢板

0.04%，对于重要部件焊接应控制在0.03%以下。各种钢芯和焊丝应符合GB1300—77《焊接用钢丝》的技术条件。

GB1300—77①中所载的焊接用钢丝的规格很多，用于工业锅炉上的主要是碳素结构钢和低合金结构钢，其中目前常用的钢丝主要如表2-5-16。

焊条药皮，它的主要作用是：产生保护气体、防止焊缝氧化和氮化，并防止焊缝金属中元素的蒸发和烧损，使焊接过程稳定，焊缝成型良好，保证焊缝质量。在工业锅炉制造、修理中，一般采用氧化钛钙型和低氢型。

焊条药皮有酸性和碱性两种，故焊条分为酸性焊条和碱性焊条两类。

酸性焊条药皮主要含TiO₂、MnO₂、FeO、SiO₂等酸性氧化物，因此，它有氧化钛型、氧化钛钙型、氧化钛铁型、氧化铁型和锰型五种。其氧化性较强，使合金元素烧损较大。焊缝金属中氧、氮较高，故力学性能，特别是 σ_K 值比碱性低。由于脱硫、磷较难，故焊条抗裂性较差。但焊条工艺性能良好，成型美观，可用交流和直流电源，对锈、油、水的敏感性不大，抗气孔能力强，故容易操作。这类焊条广泛用于锅炉受压元件之外的一般结构的焊接，对受压元件等重要结构，不宜采用。

碱性焊条药皮主要含CaCO₃、CaF₂、SiO₂、MgCO₃等碱性氧化物，并含锰铁、钛铁、钨铁、钼铁、硅铁等铁合金作为脱氧剂和渗合金剂，以提高

脱氧能力。这种焊条含氢量低，易于脱硫脱磷。故具有较好抗裂性，力学性能和 σ_K 和 α_K 值较好（低氢型药皮即是碱性药皮）。这类焊条广泛用于锅炉中受压元件等重要结构件，但对锈、油、水的敏感性大，焊件不当则易产生气孔。由于电弧稳定性差，故电源只能用直流。此外，脱渣性能较差，扬尘较多，要注意通风和防护。

(2) 对焊条的选用 选用焊条的基本原则是：所焊接的焊缝强度和性能不低于或等于母材。因此，选用焊接材料应根据母材的化学成分、力学性能和抗裂性能等要求，并应与结构形式、工作条件、受力情况和焊接设备、环境等综合考虑。必要时，还可另做可焊性试验来进行选择，并采取必要的工艺措施。

焊接工业锅炉的受压元件必须选用碱性焊条，因为碱性焊条焊接的焊缝塑性、韧性、低温性能均好，抗裂能力强，这是锅炉受压元件所要求的最重要原则。但碱性焊条的工艺性能不及酸性焊条便于操作，焊工往往不欢迎用碱性焊条，因此，应在工艺操作制度上严格加以规定。

在低碳钢与普通低合金钢两种异种钢焊接时，一般选用其中等级较低钢的相应焊条。

8. 我国与各国锅炉用金属材料及焊条牌号对照

参见表2-5-17，表2-5-18，表2-5-19。

① GB1300—77中的不锈钢部分被GB4242—86代替，其余部分仍然使用。

表2-5-17 我国与有关国家锅炉钢板钢号对照

中 国	苏 联	美 国	英 国	日 本	法 国	联 邦 德 国
15g (GB)	15K (ГОСТ)	A285 Gr. A (ASTM) A414 Gr. A (ASTM)	1633, Gr. A (BS)	SB35B (JIS)		St35.8 (DINW-Nr. 1.0305) H1 (DINW-Nr. 1.0345)
20g (GB)	20K (ГОСТ)	A30 (ASTM) A285 Gr. B (ASTM) A414 Gr. B (ASTM)	1633 Gr. B (BS)	SB32B (JIS)	A42C (NF)	St41. (DINW-Nr. 1.426) H1 (DINW-Nr. 1.0425)
22g (GB)	22K (ГОСТ)	A285 Gr. C (ASTM) A414 Gr. C (ASTM)	1633 Gr. C (BS)	SB36B (JIS)	A48C (NF)	St45.8 (DINW-Nr. 1.0435)
12Mn (GB)	10r (ГОСТ)			SM21 (大同制钢株式会社)	12MF4 (NF)	13MnB (DIN)
16Mn (GB)			1633 Gr. L (BS)	SM22 (大同制钢株式会社)		19Mn5 (DIN) 17Mn4 (DIN)
15Mn (GB)		A225 Gr. A Gr. B (ASTM)		HTP57-VW (松崎制铁株式会社)		
14MnMoV (GB)	~A302 Gr. B (ASTM)					~BHW38 (亨利钢厂)

表2-5-18 各国相当于20*优质碳素钢的钢号

国 别	中 国	美 国	苏 联	日 本	联 邦 德 国	法 国	捷 克 斯 洛 伐 克
钢 号	20	1020	УТ20	S20C	C22 CK22	XC18	N2024
标 准	GB99—88	AISI SAE	ГОСТ	JIS	DIN	NF	CSN

表2-5-19 国内外部分结构钢焊条对照

中 国		日 本	苏 联	美 国	瑞 典	主 要 用 途
统一牌号	新国标					
结 421	E 4301	D 4313 TB~26	Э 42	E 6013 E 6012	44 P OK 44 P 46 P	用于一般低碳钢结构
结 422	E 4303	D 4303 TB~24	Э 42		OK 50 P	用于较重要的低碳钢结构如锅炉受压容器等
结 423		D 4301 B~10	Э 42		OK 49 P	用于较重要的低碳钢结构如锅炉受压容器等
结 424	E 4320 E 4322	B~25	Э 42 HM-7	E 6020		用于较重要的低碳钢结构
结 425		D 4320 P	Э 42 OMH-5	E 6020	OK 49:00	用于低碳钢及某些中碳钢构件, 如起重机的铸钢件
结 426	E 4316	D 4316 LB-26	Э 42 A Э 46 A	E 6020 SW-64 -65	OK 48 P	用于重要的低碳钢及普通低合金钢, 如 16Mn 受压容器及应力较大或受动载荷构件
结 427	E 4315	D 4315 LB-26	Э 42 A Э 46 A YOHNB/45	E 6020 SW-64 -65	OK 46 P	
结 502	E 5003	D 5016	Э 50	E 7020		用于锅炉钢及普通低合金高强度钢
结 506	E 5016	D 5016 LB-60	Э 50 A	E 7015 E 7016	OK 53 P OK 48:30	焊接较重要的低碳、中碳、普通低合金钢
结 506 铁		D 5026 LB 52-18		E 7028	OK 48:15	如 16Mn 构件
结 507	E 5015	D 5015 LB-55 LB-52	Э 50 A YOHM13/55	E 7015 E 7016 SW-84	OK 55 P OK 48:30	

(二) 工业锅炉常用非金属材料

1. 耐火材料技术特性及其选用

耐火材料是指能在高温火焰、烟气直接接触之下工作的材料。锅炉的炉墙、燃烧室、炉拱、灰斗以及烟道等都需要用耐火材料。这种材料主要按其工作条件, 根据材料的特性 (即耐火度、荷重软化温度, 常温和高温耐压强度, 热震稳定性, 导热性, 残余收缩和膨胀, 透气性等性能) 和尺寸允差、外形质量, 并结合用料的经济性和施工工艺性来加以选用。现分述如下:

(1) 耐火砖

1) 粘土质耐火砖 耐火粘土砖是采用 $Al_2O_3 + TiO_2$ 含量不小于 30% 的耐火粘土作为原

料, 以熟料作磨化剂, 以结合粘土为结合剂在 1300~1400°C 温度下烧成的制品。耐火粘土砖属于弱酸性耐火材料, 能抵抗酸性渣的侵蚀作用, 对碱性渣抵抗力稍差 (尚好)。热震稳定性较好, 850°C 时水冷次数一般为 10~15 次。荷重软化温度比耐火度低, 只有 1350°C, 故使用温度一般为 1350°C。热导率为 $(0.6 + \frac{0.64t}{1000}) W/(m \cdot K)$, 平均比热容为 $(0.8 + \frac{0.314t}{1000}) kJ/(kg \cdot K)$, 线膨胀系数 $\alpha = 5.2 \times 10^{-6} 1/K$, 密度 $\gamma = 1500 \sim 1800 kg/m^3$ 。

粘土质耐火制品的品种很多, 有高炉用砖, 热风炉用砖及锅炉用砖等。在工业锅炉中, 粘土质耐火砖, 主要用于锅炉燃烧室炉膛, 同火焰、高温烟气和灰渣等直接接触的地方, 常用的有普通型制

品，即直形砖，楔形砖以及各式各样的异形制品。普通耐火粘土砖用来砌筑重型炉墙和轻型炉墙的内衬墙，燃油炉炉底。异形耐火砖常用在前、后拱，炉顶，燃烧器喷口以及门孔等部位，另外托架砖和拉钩砖亦是异形耐火砖。

常用耐火粘土砖的规格型号：Tz型直形砖，最常用的普通标准耐火砖即Tz-3型，其尺寸为 $230 \times 114 \times 65$ (mm)；T_C、T_S、T_K及T_J分别表示

侧楔形砖、竖楔形砖、宽楔形砖及拱脚砖等型号。

根据标准 GB4415—84《粘土质耐火砖》中规定，粘土质耐火砖按物理指标分为N-1、N-2a、N-2b、N-3a、N-3b、N-4、N-5、N-6八种牌号。砖的物理指标应符合表2-5-20的规定。

粘土质耐火砖的尺寸允许偏差和外形要求列于表2-5-21中。

2) 高铝砖 高铝砖是 Al_2O_3 含量大于48%

表2-5-20 粘土质耐火砖的物理指标 (GB4415—84)

项 目	指 标							
	N-1	N-2a	N-2b	N-3a	N-3b	N-4	N-5	N-6
耐火度，°C不低於	1750	1730	1730	1710	1710	1690	1670	1580
2kgf/cm ² 荷重软化开始温度，°C不低於	1400	1350		1320		1300		
重烧线变化 %	1400°C, 2h	+0.1 -0.4	+0.1 -0.5	+0.2 -0.5				
	1350°C, 2h				+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5
显气孔率，%不大于	22	24	26	24	26	24	26	28
常温耐压强度MPa不不小于	30	25	20	20	15	20	15	15
热震稳定性次第	N-2b、N-3b必须进行此项检验，将实测的数据在质量证明书中注明							

表2-5-21 砖的尺寸允许偏差和外形要求 (GB4415—84)

项 目	单 位	指 标	
尺寸允许 偏 差	尺寸<100	±2	
	尺寸101~150	±2.5	
	尺寸151~300mm	±2	
	尺寸301~400	±6	
拱 曲	长度<230	2	
	长度231~300	2.5	
	长度301~400	3	
缺棱，缺角深度	不 大 于	7	
熔洞直径		7	
渣蚀厚度<1		在砖的一个面上允许有	
裂纹长度		宽度≤0.25	不 限 制
		宽度0.26~0.50	60
	宽度>0.50	不 准 有	
砖的断面 层 裂	层裂宽度不大于0.25mm	长度不受限制	
	层裂宽度为0.26~0.5mm	长度不大于40mm	
	层裂宽度>0.5mm	不 准 有	

表2-5-22 高铝砖的理化指标 (GB2988—87)

项 目		指 标			
		LZ-75	LZ-65	LZ-55	LZ-48
Al ₂ O ₃ 含量, %		75	65	55	48
耐火度℃	不低于	1790	1790	1770	1750
0.20MPa荷重软化开始温度℃		1500	1500	1480	1450
重烧线变化 %	1500℃, 2h	+0.1 -0.4			
	1450℃, 2h				+0.1 -0.4
显气孔率, %, 不大于		23			23
常温耐压强度MPa, 不小于		53.9	49.0	44.1	39.2

的耐火制品, 高铝砖的耐火度和荷重软化温度比耐火粘土砖高, 抗渣性也较好。燃油锅炉和燃气锅炉的炉底及其它高温区域常采用高铝砖。根据 GB 2988—87《高铝质耐火砖》的规定, 高铝砖的理化指标应符合表2-5-22的要求, 高铝砖的尺寸允许偏差及外形要求应符合表2-5-23的规定。

表2-5-23 高铝砖的尺寸允许偏差及外形要求 (mm)

项 目	指 标	
尺寸允许偏差: 尺寸≤100	±2	
尺寸101~300	±2%	
尺寸301~400	±6	
扭曲: 长度≤300	不大于	2
长度301~400		2.5
长度>400		协 议
缺角深度	不大于	6
缺棱深度		6
熔洞直径		6
裂纹: 宽度≤0.25	不限制 (不准成网状)	
宽度0.26~0.50		50
宽度0.51~1.0		20
宽度>1.0		不 准 有

注: 砖的断面层裂按裂纹数值考核。

3) 硅砖 硅砖是含氧化硅93%以上的耐火材料制品。它以石英石为原料并加入少量结合剂(如石灰等)在高温下烧制而成。

硅砖用于蒸汽锅炉炉墙时, 可根据其技术条件的指标, 按表2-5-24进行选择。砌筑硅质耐火制品应采用硅质耐火泥。由于硅砖的膨胀系数较大, 使用于锅炉炉墙时, 特别要注意不能与粘土质耐火砖混用, 也不能将硅砖用于碱性熔渣的液态炉子上。

4) 粘土质隔热耐火砖 粘土质隔热耐火砖是在制造时加入某些特殊物质后烧成的。具有容重小, 耐火度较高, 导热系数较小等特点。缺点是抗渣性差, 机械强度低, 热震稳定性差。常用作隔热层和不受高温熔融物及侵蚀性气体作用的窑炉内衬。在锅炉炉墙上用于高温绝热和尾部烟道上。

粘土质隔热耐火砖按体积密度分为十种牌号, 其理化性能列于表2-5-25, 其尺寸允许偏差及外形要求列于表2-5-26。

砖的断面: 层裂宽度≤0.5mm时不限制; 层裂宽度0.51~2.0mm时, 长度不大于30mm, NG-0.4牌号不大于60mm; 不准有黑心。

5) 高铝质隔热耐火砖 高铝质隔热耐火砖是用泡沫法生产的隔热耐火制品, 主要用于隔热层和不受高温熔融物及侵蚀性气体作用的窑炉内衬。它的理化指标列于表2-5-27, 其尺寸允许偏差和外形质量要求列于表2-5-28。

砖的断面层裂: 层裂宽度≤0.5mm时, 不限制; 层裂宽度0.51~2.0mm时, 长度不大于30mm, LG-0.4牌号, 不大于60mm。

(2) 耐火泥

1) 粘土质耐火泥 粘土质耐火泥也可叫“耐火混合土”, 因为它是由熟料和耐火粘土按百分比配制而成的耐火泥。

表2-5-24 硅质耐火制品理化指标 (GB2608—87)

指 标	牌 号 及 数 值		
	GZ-95	GZ-94	GZ-93
SiO ₂ 含量 (%)	95	94	93
耐火度 ℃	1710	1710	1690
0.20MPa荷重软化开始温度 ℃	1650	1640 1620 (胶结硅石)	1620
显气孔率, (%) 不大于	22	23	25
常温耐压强度 MPa 不小于	29.4	24.5	19.6
真密度, g/cm ³ , 不大于	2.37	2.38	2.39

表2-5-25 粘土质隔热耐火砖 (GB3994—83)

项 目	指 标									
	NG-1.5	NG-1.3a	NG-1.3b	NG-1.0	NG-0.9	NG-0.8	NG-0.7	NG-0.6	NG-0.5	NG-0.4
体积密度 g/m ³ 不 大 于	1.5	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
常温耐压强度 MPa, 不 小 于	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
重烧线变化不大于 2 % 的试验温度①, ℃	1400	1400	1350	1350	1300	1250	1250	1200	1150	1150
导热系数② W/(m·K) (平均温度 350±25℃) 不 大 于	0.70	0.60	0.60	0.50	0.40	0.35	0.35	0.25	0.25	0.20

① 砖的工作温度不超过重烧线变化的试验温度。

② 表内导热系数指标为平板法试验数值 (导热系数现称为热导率)。

表2-5-26 粘土质隔热耐火砖尺寸允许偏差及外形要求 (GB3994—83)

(mm)

项 目	指 标
尺寸允许偏差	尺寸 ≤ 100 ± 2 尺寸 101~250 ± 3 尺寸 251~400 ± 4
扭 曲	长度 ≤ 250 2 长度 251~400 3
缺 棱 缺 角 深 度	7
熔 洞 直 径	5
裂纹长度①	宽度 ≤ 0.5 不 限 制 宽度 0.51~1.0 30 宽度 > 1.0 不 准 有

① 宽度 0.51~1.0mm 的裂纹不允许跨过两个或两个以上的棱。

表2-5-27 高铝质隔热耐火砖的理化指标 (GB3995—83)

项 目	指 标						
	LG-1.0	LG-0.9	LG-0.8	LG-0.7	LG-0.6	LG-0.5	LG-0.4
Al ₂ O ₃ , % 不小于	48						
Fe ₂ O ₃ , % 不大于	2.0						
体积密度, g/cm ³ , 不大于	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
常温耐压强度, MPa 不小于	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	0.8
重烧线变化不大于2%的试验温度①, °C	1400	1400	1400	1350	1350	1250	1250
导热系数② W/(m·K) (平均温度350±25°C) 不大于	0.50	0.45	0.35	0.35	0.30	0.25	0.20

① 砖的工作温度不超过重烧线变化的试验温度。

② 表内导热系数指标为平板法试验数值。

表2-5-28 高铝质隔热耐火砖的尺寸允许偏差及外形要求 (GB3995—83) (mm)

项 目	指 标	
尺寸允许偏差	尺寸≤100	±1.5
	尺寸101~250	±2
	尺寸251~400	±3
扭 曲	长度≤250	1.5
	长度251~400	2.5
缺棱缺角深度	7	
熔洞直径	5	
裂纹长度①	宽度≤0.5	不限制
	宽度0.51~1.0	30
	宽度>1.0	不准有

① 宽度0.5~1.0mm的裂纹不允许跨两个或两个以上的棱。

《YB396—63》标准适用于砌筑粘土质制品用的粘土质耐火泥，其理化指标分为：(NF)-40、(NF)-38、(NF)-34及(NF)-28四种牌号，见表2-5-29。按其颗粒组成则分为粗粒火泥、中粒火泥、细粒火泥及高炉火泥四类，见表2-5-30。火泥中熟料与结合粘土的含量列于表2-5-31。

表2-5-29 耐火泥的理化指标 (YB396—63)

指 标	牌 号 及 数 值			
	(NF)-40	(NF)-38	(NF)-34	(NF)-28
耐火度, °C 不低于	1730	1690	1650	1580
水分含量, (%) 不大于	6	6	6	6

表2-5-30 耐火泥的颗粒组成 (%)

通 过 筛 孔	高炉火泥	细粒火泥	中粒火泥	粗粒火泥
0.125mm 不小于	65	50	25	15
0.5mm 不小于	100	97	—	—
1.0mm 不小于	—	100	97	—
2.0mm 不小于	—	—	100	97
2.8mm 不小于	—	—	—	100

表2-5-31 耐火泥中熟料与结合粘土的含量

名 称	高炉火泥及细粒火泥	中粒火泥	粗粒火泥
熟料, (%)	80~85	75~80	65~75
结合粘土, (%)	15~20	20~25	25~35

粘土质耐火泥的用途是填充砖缝，使砖与砖之间结合成整体，防止透气并要求有一定的结合强度。

粘土质耐火泥的组成成分应该与使用的砖的组成成分相一致。

根据蒸汽锅炉炉墙耐火砖层较薄，而且砖缝一般为2~3mm（即Ⅱ~Ⅲ类砖体），使用中粒火泥时，其中结合粘土量为35%~40%较合适，配制细粒火泥时也有提高到50%的。对粘土质耐火泥的质量鉴定，通常包括化学成分、颗粒大小、含水量以及结合强度等项目。

2) 高铝质耐火泥 砌筑高铝砖用高铝质耐火泥，高铝质耐火泥按其理化指标分为四个牌号，其理化指标见表2-5-32。高铝质耐火泥的粒度组成应符合表2-5-33的规定。

表2-5-32 高铝质耐火泥理化指标

(GB2994-82)

项 目	指 标			
	LF-75	LF-70	LF-60	LF-50
Al ₂ O ₃ , %	>75	70~75	60~70	50~60
耐火度, °C不低干	1790	1770		1750
灼减量, %不大于	5			

表2-5-33 高铝质耐火泥粒度组成表

(GB2994-82)

通 过 筛 孔 (mm)	粒度要求(%) 不小于		
	细粒火泥	中粒火泥	粗粒火泥
0.088	89	—	—
0.125	—	50	25
0.26	97	—	—
0.50	—	97	—
1.0	—	—	97

(3) 红砖(普通粘土砖) 普通粘土砖以粘土做原料, 经制坯、干燥、烧制而成, 按成型方法分为机制砖和手工砖; 按颜色分红砖和青砖。

普通红砖的标准尺寸为 240×115×53(mm), 最高使用温度<600°C, 热导率 $\lambda = (0.47 + 0.00051t)W/(m \cdot K)$ 。

普通红砖按强度分为五种标号列于表2-5-34。

表2-5-34 红砖(普通粘土砖)标号

砖的标号	强 度 (MPa)			
	耐压强度		抗拉强度	
	平均值	最小值	平均值	最小值
200	20	15	3.4	1.7
150	15	10	2.8	1.4
100	10	7.5	2.2	1.1
75	7.5	5	1.8	0.9
50	5	3.5	1.6	0.8

注: 锅炉用红砖应选择外形整齐, 标号为75~100号之间为宜。

(4) 灰浆

1) 耐火砖砌体灰浆 采用灰浆材料原则是: 砌筑粘土质制品则用粘土质耐火泥灰浆; 砌筑高铝砖则用高铝质耐火粉配制的灰浆; 砌筑硅质耐火制品则应采用硅质耐火泥。

根据不同类型砌体要求程度采用稀灰浆、半浓灰浆和浓灰浆。

2) 保温灰浆 保温灰浆用来砌筑成型保温制品, 如硅藻土砖, 蛭石制品和珍珠岩制品等, 其配比列于表2-5-35中。

表2-5-35 保温灰浆配比

材 料 名 称	重 量 (kg)	
	I	II
硅藻土粉	570	450
硅酸盐水泥		185
水	450	450

注: 1. 硅藻土粉可用蛭石粉或珍珠岩粉代替配成蛭石保温灰浆和珍珠岩保温灰浆。

2. 砌筑硅藻土砖灰浆, 可用硅藻土灰浆, 硅藻土水泥灰浆, 硅藻土石棉灰浆。

3) 红砖灰浆

① 红粘土砂浆用来砌筑低于600°C温度区域的红砖, 其配比列于表2-5-36。

表2-5-36 红粘土砂浆配比

材 料 名 称	重 量 (kg)	体 积 比
红粘土(亚氏)	1120	1
砂子	720	1.5~2.0

② 石灰水泥灰浆用来砌筑红砖砌体, 其配比列于表2-5-37。

表2-5-37 石灰水泥灰浆配比 (3:1:16)

材 料 名 称	重 量 比
石 灰	3
水 泥	1
黄 砂	16

③ 水泥砂浆用来砌筑低于200°C温度区域的红砖, 其配比列于表2-5-38。

表2-5-38 水泥砂浆配比 (水泥:砂子)

灰 浆 标 号	水 泥 标 号			
	200	250	300	400
80	1:3	1:3	1:3.5	1:4
50	1:3.5	1:4	1:4.5	1:5
30	1:4.5	1:5	1:6	—

(5) 炉墙的填充材料

1) 石棉绳 石棉绳系用石棉纱线制成, 根据形状及编制方法分为四种类型: 石棉扭绳, 石棉扁绳、石棉方绳及石棉松绳。

石棉绳的性能列于表 2-5-39, 其规格列于表 2-5-40。

表 2-5-39 石棉绳性能表

性 能	数 值	
容重 (kg/m ³)	750	
50℃ 热导率 (kcal/(m·h·K), W/(m·K))	(0.14), 0.163	
使用温度	全部石棉纤维 (°C)	500
	含棉花纤维 10% 及以下	250
	用碳酸钡填充	350

表 2-5-40 石棉绳规格表

规 格	φ6	φ8	φ10	φ19	φ23	φ50
重 量 (kg/m ³)	0.033	0.05	0.066	0.23	0.37	1.5

2) 石棉板 石棉板是石棉和粘结材料制成的板状材料。其性能列于表 2-5-41, 其规格列于表 2-5-42。

表 2-5-41 石棉板性能表

容 重 (kg/m ³)	使用温度 (°C)	热 导 率 (W/(m·K))
1000	<500	(0.16+0.00017t)

表 2-5-42 石棉板规格表

厚度 (mm)	1.6	3.2	4.8	6.4	8
重量 (kg/m ³)	1.6	3.2	4.8	6.4	8
厚度 (mm)	9.6	11.2	12.7	14.3	15.9
重量 (kg/m ³)	9.6	11.2	12.7	14.3	15.9

3) 石棉剂 石棉剂使用温度为 500℃, 作堵塞保温用。其组成配制列于表 2-5-43。

表 2-5-43 石棉剂组成配制表

材 料 名 称	重 量 (kg)
石 棉 纤 维	280
红 粘 土	480

4) 石棉粉

石棉粉的主要类型, 按其组成成分可分为碳酸镁石棉粉, 硅藻土石棉粉和石棉粉三类。其成分、用途及用法列于表 2-5-44。

(6) 抹面材料和炉墙的密封涂料 抹面材料的配比方案很多, 一般常用的有如下几种配比方案, 见表 2-5-45 中所列。

炉墙的密封涂料, 分为用于高温高压的“耐热密封涂料”和用于低温低压的“密封涂料”两类。它们主要用作轻型混凝土炉墙和敷管炉墙保温层外面的密封层, 轻型砖结构炉墙的水平顶板和斜顶板的密封层, 重型炉墙外层的抹面等。随着混凝土炉墙的大量应用, 密封涂料的配方很多, 现将常用的几种配方列于表 2-5-46 中。

表 2-5-44 石棉粉的主要类型、成分、用途及用法

类 型	组 成 成 分	特 性 性	用 途	使 用 方 法
碳酸石棉粉	碳酸钡 80% 石棉纤维 20%	保温性能好, 比重最好, 体质轻, 但成本高, 价格较贵	用在一些主要的热工设备上和各种管道上	将石棉粉与水混合搅拌成泥状, 以镘刀分层涂抹于被保温物体的外面。涂抹时, 要采用多层薄抹的方法, 最少要涂三层, 最后, 要抹平压光, 待自然干燥后, 再逐渐增加温度, 以防开裂, 在高温设备工作期间不允许施工
硅藻土石棉粉	硅藻土粉 85% 石棉纤维 15%	体质轻, 用量少, 保温效能高, 可用于 900℃ 以下的绝热表面, 但价格较贵	主要用于炉墙和保温工程中涂料与泥浆	
重质石棉粉	轻质耐火土及钙镁类细粉 85% 石棉纤维 15%	保温效能可达 600℃ 以下, 价格比较便宜, 但缺点是体质重而且容易损坏	主要用于包裹各种蒸汽管道, 锅炉以及一切有热能散发的工业设备表面, 保温绝热, 使热能不致散失, 减低燃料消耗, 确保操作安全	
	耐火土及镁钙类细粉 90% 短纤维石棉 10%			

表2-5-45 一般抹面材料配比

材料名称	重 量 比 (%)			重 量 (kg)	
	I	II	III	IV	V
石棉纤维 3~4 级	20~25		10		125
硅藻土粉 (熟料)	50~60				
硅藻土粉 (生料)					125
硅酸盐水泥 400号以上	25~30	20	25	400	
麻刀	1	1.5	1.5		1%~2% (外加)
煤屑 (1~3 mm)		50	50		
石棉泥				100	
石棉绒				20	
珍珠岩				120	100
石棉硅藻土		25	20		

表2-5-46 各种密封涂料的配方

名 称	材 料	颗粒尺寸 (mm)	配 比 (%)	使 用 范 围	
耐热密封涂料 (石棉烧粘土密封涂料)	烧粘土耐火砖粒	0.5~3.0	7%	40	锅炉水平顶板, 斜顶板, 混凝土炉墙密封层
		0.25~0.5	19%		
		0.25以下	74%		
	石棉	6 级	40		
	硅酸盐水泥	400号以上	5		
	耐火粘土	1	1.5		
	水玻璃	比重 1.4	外加 10		
密封涂料	石棉硅藻土密封涂料	4~3	15%	70	重型炉墙外层, 低温区炉墙外层
		3~2	50%		
		2~1	20%		
		<1	15%		
	石棉	5~6 级	30		
	水玻璃	比重 1.4	外加 10~12		
密封涂料	石棉珍珠岩密封涂料	膨胀珍珠岩粉	1.5以下	40~60	重型炉墙的炉顶, 砖拱外表面层, 敷管炉墙的密封层
		石棉	5~6 级	5~10	
		硅藻土石棉粉		10~15	
		硅酸盐水泥	400号以上	20~25	
密封涂料	石棉沥青密封涂料	石棉	3~4 级	34	混凝土炉墙密封层
		石油沥青	10号 (软点不低于90°C)	50	
		硅酸盐水泥	400号以上	16	

(7) 耐火混凝土

1) 耐火混凝土的种类及使用范围 耐火混凝土是一种能够承受高温作用的特殊混凝土,它是由耐火骨料,适当的粘结剂,掺合料和净水,按一定比例混合配制并经养护后,成为具有一定物理力学性能的耐火材料。

耐火混凝土具有工艺简单,施工方便,整体性好等特点,在高温下有较高的耐火度,荷重软化温度、热震稳定性也较好,较小的残余收缩性能,在电站锅炉炉墙上应用广泛,在工业锅炉上也有采用。

耐火混凝土按其所用的粘结剂不同,可分为水泥粘结剂的耐火混凝土和无机粘结剂的耐火混凝土两种。

① 用水泥作粘结剂的耐火混凝土:

- a. 矾土水泥耐火混凝土;
- b. 硅酸盐水泥耐火混凝土;
- c. 矿渣水泥耐火混凝土;
- d. 低钙铝酸盐水泥耐火混凝土;
- e. 耐热水泥耐火混凝土。

用水泥作粘结剂的耐火混凝土的组成和用料配合比及使用范围列于表2-5-47。

② 用无机化合物作粘结剂的耐火混凝土:

- a. 磷酸耐火混凝土;
- b. 水玻璃耐火混凝土;
- c. 磷酸铝耐火混凝土。

用无机化合物作粘结剂的耐火混凝土的组成,用料配合比及使用范围列于表2-5-48。

各种耐火混凝土的性能列于表2-5-49。

骨料使用的废耐火粘土砖和废高铝砖时应符合表2-5-50中所列的技术要求。

2) 耐火混凝土材料配制要求

① 一般规定

a. 配制炉墙材料所用原材料必须符合设计要求,按相应标准进行检查。

b. 配制混凝土应严格按比例(一般为重量比)配料,各种粘结剂,促凝剂和水的用量应准确(水、灰要严格控制),不得随意增减,改变配比。

c. 严防不同品种混凝土相互混杂。

d. 各种原材料应按不同品种,标号,出厂日期分别堆放,不得混杂、切勿使石灰石、硅石、铁路道渣、泥土等有害杂物混入。

② 对原材料要求

a. 矾土水泥符合 GB201—81《高铝水泥》规定,使用标号不得低于400号。不应掺有石灰岩类混合料。

b. 硅酸盐水泥符合 GB175—85《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》规定,使用标号不得低于400号。不应掺有石灰岩类混合料。

c. 矿渣硅酸盐水泥应符合 GB1344—85《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》规定,使用标号不得低于400号。

d. 水玻璃一般为硅酸钠水溶液,模数大于2.2,密度大于1.36。

e. 磷酸一般采用工业磷酸,其浓度为85%,不同浓度的磷酸应加水调制到所规定的浓度,通常使用的磷酸浓度为40%~45%。

f. 采用矾土熟料和粘土熟料作骨料和粉料,应符合冶金部颁耐火原料技术条件。采用废粘土砖和废高铝砖作骨料和粉料时应符合表2-5-50要求。同时必须消除熔渣杂物,严禁混入镁砖和硅砖。

g. 氟硅酸钠要求纯度不低于90%,含水率不超过1%,细度要求全部通过筛孔为0.15mm的筛孔。

③ 配制耐火混凝土的注意事项

a. 耐火混凝土中骨料和粉料应采用同一材料。骨料和粉料,必须采用煅烧过的熟料。

b. 耐火混凝土骨料颗粒粒径一般可分为二档,大颗粒为5~15mm,小颗粒为5mm以下。当混凝土层厚度在60mm以下时,其骨料可采用如下级配:6~8mm20%;3~6mm20%;1~3mm35%;小于1mm25%。

c. 5mm以上的骨料在搅拌前应洒水闷料4h。

d. 硅酸盐,水玻璃耐火混凝土应加粉料(掺合料),其细度要求:小于0.088mm的不少于70%。矾土水泥耐火混凝土宜加粉料,其细度要求:小于0.088mm的不少于70%。磷酸耐火混凝土应加粉料,其细度要求:小于0.088mm的不少于85%。

e. 耐火混凝土一般采用机械搅拌。搅拌时,注意事项如下: i. 矾土水泥耐火混凝土采用机械搅拌时,可将骨料、水泥粉料先干混,然后加水湿混。如用人工搅拌时,应先将水泥和粉料混匀,再加骨料干拌,最后加水搅匀。ii. 硅酸盐耐火混凝土搅拌方法同矾土水泥耐火混凝土一样。iii. 水玻璃耐火混凝土采用机械搅拌时,可将骨料、粉

表2-5-47 水泥粘剂耐火混泥土配料配合比及使用范围

项目	最高使用温度 (°C)	特点和适用范围	组成和重量百分比 (%)						容重 (kg/m ³)		
			粘结剂		骨料		掺和料				
			材料名称	%	材料名称	<5 (mm)	5~15 (mm)	材料名称		%	
矾土水泥耐火混泥土	1200~1300	常强度高, 材料来源广泛, 施工方便, 适用于锅炉各部位耐火层	400号以上矾土水泥	15~20	二级、三级矾土熟料, 一级二级粘土熟料度高粘砖和耐火粘土砖	30~40	30~40	30~40	同骨料, 粒径小于0.088mm的不少于70%	0~15	2100~2300
硅酸盐水泥石耐火混泥土	1000~1100	价格低廉, 施工方便, 适用于锅炉各部位耐火层	400号以上硅酸水泥	15~20	一级、二级粘土熟料, 耐火粘土砖	35~40	30~40	30~40	同骨料, 粒径小于0.088mm的不少于70%	≤15	2100~2300
矿渣水泥石耐火混泥土	700	价格低廉, 材料来源广泛, 施工方便, 适用于锅炉低温部位耐火层	400号以上矿渣水泥	16~20	二级、二级粘土熟料, 耐火粘土砖	35~40	30~40	40~45	—	—	2000
低钙铝酸盐水泥石耐火混泥土	1200~1350	耐火度较矾土水泥耐火混泥土高, 除适用于锅炉各部位耐火层外, 尚可用于燃烧器喷口	400号以上低钙铝酸盐水泥	12~20	二级、三级矾土熟料, 度高粘砖	30~40	30~40	30~40	同骨料, 粒径小于0.088mm的不少于70%	0~15	2100~2300
耐热水泥石耐火混泥土	1300	施工方便, 适用于锅炉各部位耐火层	500号以上耐热水泥	25~30	一级、二级粘土熟料, 耐火粘土砖	35~40	35~40	35~40	—	—	2100~2300

表2-5-48 无机粘结剂耐火混凝土用料配合比及使用范围

项目 名称	最高使用 温度 (°C)	特点和 使用范围	组成和重量配合比 (%)										容重 (kg/m³)
			粘 剂		骨 料		粉 料		促 剂		外加 (%)		
			材料名称	外加 (%)	材料名称	(%)	材料名称	(%)	材料名称	(%)			
磷酸耐火混凝土	1450~1600	热震稳定性好, 耐冲击, 耐磨性好, 价格较高。适用于液渣炉炉底, 燃烧器喷口等	磷酸溶液	15	一级 二级矾土 熟料	<5mm 40	5~10mm 30	同骨料, 粒径小于0.088毫米的不 少于85%	30	矾土水混	2~5	2400~2600	
	1600~1700		磷酸溶液	5.5~12	石英石	<3mm 50		石英石粉, 粒径小于0.088 mm的 不少于85%	50			2300	
水玻璃耐火混凝土	1000	热震稳定性好, 耐酸性好, 且具有一定的耐酸侵蚀能力(除氢氟酸外), 但不适用于经常着水和蒸汽作用的部位	水玻璃溶液	13~16	二、三级 矾土熟料, 一级二级粘 土熟料度耐 火粘土膏	<5mm 40	5~15mm 30	同骨料, 粒径小于0.088mm 的 少于70%	30	氟硅酸钠	1.5~2	2100~2200	
			水玻璃溶液	9(用于炉 墙) 7(用于卫 燃带)	铸砂	97		结合粘土	3			3000	
碳化硅磷酸耐火混凝土	1900	适用于旋风筒炉衬和液态炉底	磷酸铝溶液	15~18	碳化硅	1~0.5mm 50	<0.088mm 50					2700~2800	

311

表2-5-49 各种耐火混凝土性能

项目	硅酸盐水泥耐火混凝土	矾土水泥耐火混凝土	矿渣水泥耐火混凝土	水玻璃耐火混凝土	铬质涂料	碳化硅磷酸铝耐火混凝土	铸石英磷酸耐火混凝土	磷酸矾土水泥耐火混凝土
容重 (kg/m ³)	2100~2300	2100~2300	2000	2100~2200	3000	2800	2500	2400~2600
耐压强度 (MPa)	≤20	≤20	≤15	≤20	≤15		≤40	>177
耐火度 (°C)	<1100	1610~1650		1580	1770	>2000	>1800	1620
在0.2MPa的荷重变形4%, 温度 (°C)	1200	1250~1300		1300	1450		1550~1620	
热震稳定性 (次)	15~25	15	>50				>20	
气孔率 (%)	20~22	20~25	20~25	14~26				
残余收缩 (%)	(1200°C保温2h) 0.7	(1200°C保温2h) 0.7		(1200°C保温2h) 0.7	(1200°C保温2h) 10.5		(1400°C) 0.2~0.4	(1400°C) -0.1~+1.0
线膨胀系数	(20~1200°C) 4~7×10 ⁻⁶	(20~1200°C) 5~7×10 ⁻⁶		(20~900°C) 4~5.5×10 ⁻⁶			3.9~4.1 ×10 ⁻⁶	
最高工作温度 (°C)	1000~1100	1200~1300	700	1600	1600	~1900	1600~1700	1450~1600

表2-5-50 废粘土砖、废高铝砖技术要求

名称	特性	Al ₂ O ₃ (%)	耐火度 (°C)
废粘土砖		>35	≤1690
废高铝砖		>48	≤1750

料、促凝剂先干混，而后加入水玻璃湿混。如用人工搅拌，应先将粉料与促凝剂拌匀再加骨料干拌，而后加水玻璃拌匀。iv. 磷酸耐火混凝土采用机械搅拌，搅拌分第一次搅拌、困料、第二次搅拌三个工序。第一次搅拌：将骨料和粉料干混后加入所需磷酸用量的一半湿混，然后送至场地困料。困料：经第一次搅拌后的配料放在困料场地闲置16小时以上，以防成型后制品鼓胀。困料时应遮盖严密，防止通风和漏雨。避免与铁质器材接触。第二次搅拌：必须先将困好的料加上矾土水泥促凝剂，搅拌均匀，然后再加入所需磷酸的剩余部分，搅拌均匀即可使用。如不加促凝剂时，将困好的料直接与磷酸用量剩余部分搅拌均匀即可。

f. 搅拌好的耐火混凝土应尽快使用，必须在初凝前浇灌完毕。矾土水泥耐火混凝土，水玻璃耐火混凝土应在30min之内用完，硅酸盐水泥耐火

混凝土应在1h之内用完。

g. 碳化硅磷酸铝耐火混凝土在垂直面和倾斜面上施工时，必须先涂底层涂料，厚度1mm。涂料配方列于表2-5-51。

表2-5-51 底层涂料配比

材料名称	规格	配比 (%)
矾土熟料	0.5~0.088 mm	60
矾土熟料	<0.088 mm	40
磷酸铝溶液	1:3.2	60~70 (外加)

注：矾土熟料Al₂O₃含量>60%。

磷酸铝溶液化学成分：Al₂O₃:P₂O₅ = 1:3.2克分子，含水量为55%。配制比列于表2-5-52。

表2-5-52 磷酸铝溶液配制

材料名称	配比 (重量)
工业磷酸 (浓度85%)	3500·A (g)
工业氢氧化铝	740·A (g)
水	1645·A (g)

注：系数A是根据实际需要量而确定的倍数。

表2-5-53 耐火混凝土的养护

名称	养护环境	养护温度(°C)	养护时间不少于(天)
硅酸盐水泥耐火混凝土	水养护或潮湿养护, 蒸汽养护	15~25 80~95	7 0.5~1
矾土水泥耐火混凝土	水养护或潮湿养护	15~25	3
磷酸耐火混凝土	自然养护	>20	3~7
水玻璃耐火混凝土	自然养护	15~25	7~14

注: 蒸汽养护时升温速度10~15°C/h, 不应超过20°C/h, 降温速度不宜大于40°C/h。

h. 耐火混凝土的养护可参照表2-5-53办理。

i. 用水泥粘结剂的耐火混凝土系用潮湿养护时, 要经常浇水保持潮湿, 露天工程要加草袋、麻袋等物加以覆盖, 防止冻结或露晒。

j. 用无机化合物作粘结剂的耐火混凝土养护完后应进行烘烤及热处理, 可参照表2-5-54处理。

(8) 耐火塑料 耐火塑料的配制成分和耐火混凝土一样, 由骨料和粘合剂组成。它和耐火混凝土的主要差别, 见表2-5-55。

耐火塑料的物理性能见表2-5-56。

表2-5-54 耐火混凝土烘烤及热处理

温度(°C)	升温速度(°C/h)	时间(h)
常温~150	15	8
140~160 保温		24
150~350	25	8
340~360 保温		24
360~640 保温	30~40	10
580~600 保温		16
600~1000	50~100	6

表2-5-55 耐火混凝土和耐火塑料的主要差别

比较项目	耐火混凝土	耐火塑料
骨料粒径和施工方法	耐火混凝土中骨料颗粒较大, 粘塑性较差, 只能在制模后浇注和捣固成型	骨料粒径较小, 可采用人工涂抹和机械喷射方式进行施工
骨料主要来源和种类	烧粘土耐火砖粒	烧粘土耐火砖粒, 筛砂, 碳化硅以及烧结过的镁砂等
粘合剂	分水泥粘合剂和无机粘合剂两类, 水泥粘合剂有: 矾土水泥, 硅酸盐水泥, 矿渣水泥, 低钙铝酸盐水泥等。无机粘合剂有磷酸, 水玻璃和磷酸铝	粘合剂有矾土水泥, 硅酸盐水泥, 水玻璃, 生耐火粘土等无机物, 也有焦油或亚磷酸盐纸浆废液等有机物
最高工作温度和使用范围	最高工作温度1200~1300°C。由于可在较高的温度下工作, 热稳定性好, 且具有较小的残余收缩性能, 所以在锅炉炉墙上应用广泛	最高工作温度<1200°C。混凝土炉墙砌筑后的补浇, 作为锅炉卫燃带及液态排渣炉熔渣段的水冷壁覆盖层, 保护暴露在炉膛中的汽包, 联箱, 代替管子穿墙处和管子稠密处的异形砖等, 起密封和耐高温作用
配制举例	矾土水泥配制的耐火混凝土: (1) 使用范围1200~1300°C (2) 配制成分: (配制 1m³所需材料量) 矾土水泥(400号以上) 300kg 烧粘土耐火砖粗骨料 750kg 烧粘土耐火砖细骨料 750kg	矾土水泥配制的耐火塑料 (1) 使用温度: 1200及1200°C以下 (2) 配制成分: (配制 1m³所需材料量) 矾土水泥(400号以上) 310kg <1mm生耐火粘土 207kg 烧粘土耐火砖骨料 1552kg 其中骨料配比: 直径 6~8mm 20% 3~6mm 20% 1~3mm 35% <1mm 25%

(续)

比较项目	耐火混凝土	耐火塑料
配制举例	硅酸盐配制的耐火混凝土 (1) 使用温度为1200℃以下 (2) 配制成分: (配制 1m ³ 所需材料量) 硅酸盐水泥(400号以上) 300kg 烧粘土耐火砖细粉(R ₉₀ >30%) 300kg 烧粘土耐火砖粗骨粉 700kg 烧粘土耐火砖细骨粉 500kg	硅酸水泥配制的耐火塑料 (1) 使用温度: 1100℃以下 (2) 配制成分: (配制 1m ³ 所需材料量) 硅酸盐水泥(500号以上) 310kg 生耐火粘土粉(R ₉₀ >30%) 310kg 烧粘土耐火砖骨粉 1149kg 其中骨料配比同矾土水泥塑料

表2-5-56 耐火塑料的物理性能

名称	容重 (kg/m ³)	工作温度 (℃)	荷重软化 温度 (℃)	线膨胀系数 20~900℃下 (mm/m℃)	使用范围
矾土水泥耐火塑料	~2000	<1200	1200~1300	7.5×10 ⁻⁶	汽包、联箱、卫燃带等
硅酸盐水泥耐火塑料	~2000	<1100	1150~1200	7.5×10 ⁻⁶	<1100℃的部位, 如卫燃带
铬质塑料	3000	1600		0~800℃ 6.8×10 ⁻⁶	液态排渣炉炉底, 热风炉炉衬, 卫燃带等
磷酸铝碳化硅耐火塑料	2600	1500~1600			液态排渣炉炉底, 热风炉炉衬, 卫燃带等

2. 保温材料技术性能及其适用

保温材料的技术性能应符合表2-5-57的要求。

表2-5-57 保温材料性能表

介质温度 (℃)	保温材料容重 (kg/m ³)	导热系数 (W/(m·K))
≤200	<1000	<0.186
>200	<600	<0.140

保温材料按导热系数的大小可分为4级。一级保温材料导热系数不大于0.08W/(m·K); 二级保温材料导热系数为0.08~0.116W/(m·K); 三级保温材料导热系数为0.116~0.174W/(m·K); 四级保温材料导热系数为0.174~0.209W/(m·K)。

保温材料应具有下列特点: 导热系数要小; 容量要轻; 具有一定强度, 一般能承受0.3MPa以上的压力; 能耐一定的温度, 对潮湿、水分的侵蚀有一定的抵抗力, 不应含有腐蚀性的物质; 造价低, 不易燃烧、便于施工; 保温材料在涂抹或施工时, 要求与管道有一定的粘结力。

保温材料, 一般分轻质、疏松、多孔、纤维材料, 按其成分可分为有机材料和无机材料两种, 有

机材料的保温吸声性能较好, 无机材料的耐火性能较好。

现将常用的几种保温材料简列如下:

(1) 石棉及其制品 石棉是一种常用的保温材料, 具有耐火、耐热、耐酸碱、防湿、防腐以及良好的绝热性能。常用的石棉制品有石棉绳, 石棉布, 石棉绒, 石棉板以及各类石棉粉。石棉及其制品的物理性能、适用范围见表2-5-58。

(2) 蛭石及其制品 蛭石是一种矿石, 对蛭石进行高温焙烧膨胀得到膨胀蛭石, 膨胀蛭石有无数细小的空隙, 因此容重轻, 导热系数低。此外能耐火, 耐腐蚀, 是优良的保温材料。常用的膨胀蛭石制品有水泥膨胀蛭石制品, 石棉膨胀蛭石制品, 水玻璃膨胀蛭石制品等。蛭石及其制品的物理性能和适用范围列于表2-5-59。

(3) 硅藻土及其制品 硅藻土是一种较为常用的保温材料, 有较高的机械强度, 耐热温度可达900℃, 缺点是容重较大, 导热系数较大。硅藻土制品有硅藻土保温砖, 硅藻土耐火保温板, 硅藻土耐火保温管, 硅藻土泡沫制品, 硅藻土粉等。硅藻土及其制品的物理性能列于表2-5-60。

(4) 矿渣棉及其制品 矿渣棉是以冶金高炉

表2-5-58 石棉及其制品的物理性能、适用范围

名称	组成	性能指标				适用温度 (°C)	
		容重 (kg/m ³)	耐热度 (°C)	导热系数 (W/(m·K))	含水率 (%)		
石棉粉	碳酸镁石棉粉	碳酸镁钙80% 纤维石棉20%	140	450	0.047	5	<450
	硅藻土石棉粉	硅藻土粉85% 石棉纤维15%	450	750	0.07	7	<750
	一级石棉粉	轻质耐火土, 镁钙 类细粉85% 石棉纤维15%	600	600	0.081	5	<600
	二级石棉粉	各种耐火土, 镁钙 类细粉90% 短纤维石棉10%	860	600	0.093	5	<600
石棉线		35~230	700	0.0055~0.077		<700	
石棉绳	石棉纱线制成	性能指标见表2-5-39					
石棉纱线	石棉纤维 植物纤维				≥5.5	<500	
石棉布	石棉纱线织成				≥5.5	<500	
石棉碳酸盐板、管		360~450		50°C, 0.08~0.105 0.064+0.00033t		300~450	

表2-5-59 蛭石及其制品的物理性能及适用范围

名称	容重 (kg/m ³)	导热系数 (W/(m·K))	其它特性	适用温度 (°C)
膨胀蛭石粉	80~280	0.052~0.07	适用于填充式的绝热结构	1000~1150
500型蛭石	400~500	0.09+0.00036t _p	含水率8% 抗折强度0.2MPa	<700
水泥蛭石板、砖、 管壳	430~500	0.089~0.14 0.07+0.00051t _p	在高温下不变形龟裂	700~900
沥青蛭石板、砖、 管壳	350~400	0.081~0.105		-20~+90

注: t_p为平均温度。

表2-5-60 硅藻土及其制品的物理性能

名称	级别	指标						适用温度 (°C)
		耐火度 (°C)	容重 (kg/m ³)	气孔率 (%)	耐压强度 kg/cm ²	导热系数 (W/(m·K))	热膨胀系数 (%)	
硅藻土质绝热砖	一级	1280	500±50	78.25	5	0.072+0.0002t	0.9×10 ⁻⁶	<900
	二级	1280	550±50	75.25	7	0.085+0.00021t	0.94×10 ⁻⁶	<900
	三级	1280	650±50	73.14	11	0.10+0.00023t	0.97×10 ⁻⁶	<900
硅藻土绝热管、板			450~550		抗拉强度 4.5~6.8	0.056~0.093		<900

矿渣受高温熔化为赤热液体用高速压缩蒸汽吹散而成的，是一种用于保温、隔热、吸声、防振的无机材料，具有质轻、导热系数低，价格低廉等特点，缺点是对人体皮肤有刺痒作用，且矿渣棉中含有少量硫，要注意防潮问题，以免腐蚀。常用的矿渣制品有：沥青矿渣棉毡，酚醛树脂石棉板等。它们主要性能见表2-5-61。

(5) 玻璃棉及其制品 玻璃纤维保温板，棉毡和管壳是以玻璃纤维棉为骨架材料，以合成树脂为粘结剂，经过热处理而制成的。

超细玻璃棉及其制品，是以超细玻璃棉为主体，喷入均匀的合成树脂，经过成型干燥而成。

它们质地松软，富有弹性，容重轻，导热系数小，耐酸抗腐蚀性性能好，化学稳定性好，无毒耐震，但在施工中对人体有刺痒现象。它们的主要性能列于表2-5-62。

(6) 膨胀珍珠岩 膨胀珍珠岩是由酸性火山玻璃熔岩经过破碎，烘干，膨胀而成的一种白色颗粒状泡沫体产品，具有容重小，导热系数低，使用温度广，施工安全方便，价格低廉等优点。其成分构成为70%~75%SiO₂，12%~20%Al₂O₃，结合

水2%~5%。目前供热系统中应用较多。

水泥珍珠岩是膨胀珍珠岩的水泥制品，它的容重比膨胀珍珠岩大，导热系数也大些，但由于已加工成型，因此施工方便，应用价值高。它们的主要性能见表2-5-63。

(7) 微孔硅酸钙 微孔硅酸钙是近几年发展起来的新型优质保温隔热材料，它是一种无机质多孔状保温材料。它含有大量气孔，具有容重小，导热系数低，强度高、破碎率小等优点。在高温情况下，其隔热保温性能略优于岩棉，但接缝热损失较大，吸水较强，给施工抹灰堵缝带来困难。同时注意防潮，以免导热系数增加。

根据岩棉和微孔硅酸钙的特点，在热力设备和供热管网保温中采用复合保温结构，即内层采用高温性能好的微孔硅酸钙，外层采用岩棉，这样可以发挥微孔硅酸钙高温保温性能好，岩棉接缝热损失小的优点。它的主要性能列于表2-5-64。

(8) 岩棉 岩棉是一种新型保温材料，它是精选的玄武岩或辉绿岩为主要原料，经高温熔融制造成的人造无机纤维。岩棉制品是在岩棉中加入特制的粘结剂和防尘油，经加工制成的新型轻质保

表2-5-61 矿渣棉及其制品的主要性能

名称	导热系数 (W/(m·K))	容重 (kg/m ³)	最高使用温度 (°C)	备注
矿渣棉原棉	0.05 + 0.000197 t _{c,p}	100~150	≤800	容重轻，导热系数小，来源广，价格低廉，不燃，耐腐，化学稳定性强，有弹性，柔软，但对人体有刺痒现象
酚醛矿渣棉管壳	0.047~0.052	150~200	≤300	是目前世界上生产数量较大的保温材料之一，在我国也是一种有前途的保温材料

表2-5-62 玻璃棉及其制品的主要性能

名称	导热系数 (W/(m·K))	容重 (kg/m ³)	最高使用温度 (°C)	备注
酚醛玻璃管壳	0.043 + 0.000174 t _{c,p}	120~150	<300	用于管道保温性能较好是目前国内外生产比较多的一种保温材料
沥青玻璃毡	0.043 + 0.000174 t _{c,p}	80~120	<250	
超细棉原棉(有碱)	0.033 + 0.00023 t _{c,p}	18~35	<300	优点见上文，缺点是吸水性大，遇水成团，不能再蓬松。较贵
超细玻璃棉原棉(无碱)	0.033 + 0.00023 t _{c,p}	20	≤500	性能同细棉，而耐温度更高，缺点、价格更贵

保温材料，它具有良好的隔热性能，化学稳定性，耐热性以及不燃性等。岩棉的几个主要技术性的指标见表2-5-65。

(9) 聚氨酯硬质泡沫塑料制品 聚氨酯硬质泡沫塑料是新型保温材料，它是直埋地沟较好的保温材料。它具有容重轻 ($40\sim 60\text{kg/m}^3$)，吸水性小，热导率低 ($0.023\text{W/m}\cdot\text{K}$) 和易加工成型等

优点。但价格昂贵。其主要性能见表2-5-66。

(10) 硅酸铝耐火纤维 硅酸铝耐火纤维也称“陶瓷纤维”，是一种耐高温的纤维状保温材料，耐高温可达 1000°C 。硅酸铝耐火纤维兼有耐火和保温性能，常用于高温管道的保温。在锅炉上也可以用于重型炉墙作为耐火砖与红砖之间的填充绝热保温材料。硅酸铝耐火纤维的理化性能见表2-5-67所示。

表2-5-63 膨胀珍珠岩及其制品的主要性能

名称	导热系数 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	容重 (kg/m^3)	抗压强度 (kg/cm^2)	最高使用温度 ($^\circ\text{C}$)	备注
膨胀珍珠岩粉料:					
特 级	$0.042 + 0.000174 t_{c,p}$	40~80		-200 - 800	容重小, 导热系数低, 耐腐蚀, 货源丰富, 产量大, 但吸水性很大
一 级	$0.042 + 0.000174 t_{c,p}$	81~120		-200 - 800	
二 级	$0.042 + 0.000174 t_{c,p}$	121~160		-200 - 800	
三 级	$0.042 + 0.000174 t_{c,p}$	161~300		-200 - 800	
水泥珍珠岩制品	$0.052 + 0.00014 t_{c,p}$	300~400	>3	≤ 600	容重大, 导热系数较大, 容易破碎, 但施工方便
水玻璃珍珠岩制品	$0.06 + 0.00014 t_{c,p}$	200~300	6~10	≤ 650	生产量较小, 价格偏高

表2-5-64 微孔硅酸钙的主要性能表

名称	导热系数 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	容 重 (kg/m^3)	抗压强度 (kg/cm^2)	使用温度 ($^\circ\text{C}$)
微孔硅酸钙	$0.051 + 0.000116 t_{c,p}$	<250	≥ 3	<650

表2-5-65 岩棉技术指标

指 标	等 级	国 家 标 准		
		优 等 品	一 等 品	合 格 品
渣球含量, % (粒径大于 0.25mm)		≤ 12	≤ 15	≤ 18
纤维平均直径 (μm)		≤ 7.0	≤ 7.0	≤ 8.0
密度 (容重) (kg/m^3)		≤ 150	≤ 150	≤ 150
热导率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), 平均温度 $70 \pm 5^\circ\text{C}$		≤ 0.044	≤ 0.044	≤ 0.044
使用温度 ($^\circ\text{C}$)		650	650	650

表2-5-66 硬质聚氨酯泡沫塑料主要性能指标

容 重 (kg/m^3)	适用温度 ($^\circ\text{C}$)	导热系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	吸水带皮 (不带皮) (g/cm^2)	与铁皮 粘着力 (MPa)	耐 碱 45% NaOH 24 (h)	耐 酸 20% HCl 24 (h)	备 注
50	-120 +120	0.035 以 下	0.196	0.294	0.68 (2.84)	0.284	无变化	无变化	

表2-5-67 硅酸铝耐火纤维理化性能

化 学 组 成		物 理 性 能		
成 分	含量标准%	项 目	指 标	备 注
Al ₂ O ₃	45	纤维直径 (μm)	2~4	>0.25 mm 烧后线变化 ±15
Al ₂ O ₃ +SiO ₂	≤96	纤维长度 (mm)	20~50	
Fe ₂ O ₃	≥1.2	渣球含量 (%)	≥5	
Na ₂ O+K ₂ O	≥0.5	加热线收缩 (%)	≥4	
		热导率 (W/(m·K))	0.093	
		容重 (kg/m ³)	130~220	
		耐火温度 (°C)	>1790	
		使用温度 (°C)	1000~1250	

3. 其它非金属材料的性能和选用

(1) 填料 填料俗称盘根, 用于动、静部件间的密封, 如: 阀杆, 泵轴与其填料盒间, 均需填置盘根。

盘根主要是由棉线, 麻, 石棉和铝粉等制成。盘根的截面形状有方、圆、扁之分, 其中方型应用最广。它的规格很多, 有 6、8、10、12、15……30mm 等。

橡胶石棉盘根是用石棉布或石棉线以橡胶为结合剂卷制或编结压成方形, 外涂高炭石墨的密封材料。橡胶石棉盘根可以浸渍润滑剂, 夹橡胶条, 夹橡胶芯或夹金属丝。其牌号有: XS450; XS350; XS250 等三种。XS250 即用于蒸汽温度为 250°C, 压力为 4.5MPa (45kgf/cm²) 的地方。

油浸石棉盘根是润滑油和石墨浸渍过的石棉线 (或铜丝石棉线) 编结或扭制而成。其牌号 YS450;

YS350; YS250 三种。其形状 F 代表方的, 穿心或一至多层编结; Y 代表圆的, 中间是一扭制芯子, 外边是一至多层编结; N 代表扭制的。表示方法如: YS250-F, YS250-Y, YS250-N。

盘根的选用, 应根据介质的温度、压力和类型, 可按表 2-5-68 选择。

(2) 垫料 垫料用于法兰联接的结合面处, 起密封作用。如阀体与阀盖的法兰间, 管道和阀门等的法兰间, 烟风道的法兰间均需垫置垫料。可根据介质类型、温度、压力按表 2-5-69 选用。

石棉橡胶板适用于温度 $t = 450^{\circ}\text{C}$, $P = 6\text{MPa}$ 以下的水、蒸汽等介质为主的设备, 管道连接处的密封衬垫材料。石棉橡胶板按其使用性能分为三个牌号, 见表 2-5-70。

石棉橡胶板的厚度及其偏差见表 2-5-71, 石棉橡胶板的性能见表 2-5-72。

表2-5-68 盘根的分类、性能和大致适用范围

名 称	按 材 料 构 成 分 类	型 号	性能和大致适用范围
棉盘根	(1) 以棉纱编结成的棉绳 (2) 油浸棉绳 (3) 橡胶结合编结的棉绳	方型, 圆型	用于水、空气和润滑油等介质 温度 ≤ 100°C 压力 ≤ 20~25MPa 处
麻盘根	(1) 干的或油浸的大麻 (2) 麻绳 (3) 油浸麻绳 (4) 橡胶结合编结的麻绳	方型, 圆型	用于水、空气和油等介质 温度 ≤ 100°C 压力 ≤ 16~20MPa 处
普通石棉盘根	(1) 用润滑油和石墨浸渍过的石棉线 (2) 石棉线夹铜丝编结, 用油和石墨浸渍过 (3) 石棉线夹铝丝编结, 用油和石墨浸渍过	方型及圆型编结或扭制	按编号分为 250°C, 350°C, 450°C 三种分别适用于 250°C, 2.5MPa; 350°C, 4.5MPa; 450°C, 6MPa 的蒸汽、水、空气和油等介质处

(续)

名称	按材料构成分类	型号	性能和大致适用范围
高压石棉盘根	(1) 用橡胶作结合剂卷制或编结的石棉布或石棉线 (2) 用橡胶结合卷制或编结, 带有钢丝的石棉布或石棉线 (3) 用橡胶结合卷制或编结, 带有铝丝的石棉布或石棉线 (4) 石棉皱状高压盘根 (5) 细石棉纤维与片状石墨粉的混合物 (6) 石墨粉处理过的石棉绳环, 环间并填以片状石棉粉	方型及扁型	分别适用于250°C, 4.5 MPa; 450°C, 6MPa的蒸汽、水、空气和油。扁型盘根适用于4.5MPa, 350°C以内锅炉人孔及手孔的密封衬垫; 适用于温度在510°C以下的高压阀门, 用于14MPa, 510°C的蒸汽介质
石墨盘根	石墨作成的环, 并用银色石墨粉填在环间		用于14MPa, 510°C的蒸汽介质
金属盘根	铝箔盘根	圆垫	用于热油泵
塑料环或橡皮环			用于≤60°C的高压条件下

注: 保存盘根温度以25~30°C为宜, 湿度也要合适, 太干燥了盘根将失去弹性, 温度太大盘根过分吸水也影响质量。

表2-5-69 垫料的分类、性能和使用方法

垫片材料	介质	应用范围		使用方法
		压力 (MPa)	温度 (°C)	
帆布	水	0.015	50	涂以铅油, 垫片厚度为2~6mm
大麻	水	0.30	40	
纯橡皮	水, 空气	0.60	60	涂铅油或不涂铅油均可, 纯橡皮垫片厚4~6mm; 夹帆布或金属丝的橡胶垫片厚3~4mm。当管道直径大于500mm时用夹帆布或金属丝的橡胶垫片
夹帆布层橡皮	水, 空气	0.60	60	
夹金属丝橡皮	水, 空气	1.0	80	
工业用厚纸	水	1.6	100~200	垫片厚3mm, 涂以白铅油
绝热纸	油	1.0	40	涂以漆片或铅油
图纸	油	1.0	80	
工业废布造厚纸	油	1.0	30	
耐油橡皮	油	7.5	350	用于煤油汽油, 矿物油等, 垫片厚度最好1~1.5mm, 可以涂漆片
石棉布、带、绳	烟、风	0.015	650	可以涂水玻璃
石棉橡皮	汽, 水, 油, 风, 烟	10	450	可涂以铅粉
紫铜垫	水	10	250	用时先退火软化
	汽	6.4	420	

表2-5-70 石棉橡胶板按其使用性能分为三个牌号

牌 号	表面颜色	适 用 条 件
XB450	紫	温度为450°C, 压力为6MPa
XB350	红	温度为350°C, 压力为4MPa
XB200	灰	温度为200°C, 压力为1.5MPa

表2-5-71 石棉橡胶板的厚度及其偏差 (mm)

厚 度	允许偏差	同一张上面相距500的任意两点允许偏差
0.5~1.0	±0.10	0.10
1.5~2.0	±0.15	0.15
2.5~3.0	±0.20	0.20
3.0 以上	±0.25	0.22

(3) 研磨材料 研磨材料主要用于研磨管道附件及阀门的密封面。常用的研磨材料有砂布、研磨砂和研磨膏等。

1) 砂布 它是用布料作衬底, 在其上面胶粘砂粒而成。根据砂粒的粗细分为00, 0, 1, 2等号码。00最细, 以后每一号都粗于前一号, 2号最粗。

2) 研磨砂 研磨砂的规格是按其粒度大小编制的。分为: 10、12、14、16、20、24、30、36、46、54、60、70、80、90、100、120、150、180、220、240、280、320、M28、M20、M24、M10、M7和M5等号码。其中10~90号称为磨粒; 100~320号称为磨粉; M28~M5称为微粉。

管道附件或阀门的密封面研磨, 除个别情况用280, 320号磨粉外, 主要用微粉。为了加快研磨速度, 有时先采用粗磨。粗磨可用大粒度320号磨粉(颗粒尺寸42~28 μ m); 细磨可采用小粒度的M28~M14微粉(颗粒尺寸28~10 μ m)最后可采用M7微粉(颗粒尺寸7~5 μ m)。

表2-5-73列出常用研磨砂的成分、颜色、粒度号码和适用范围, 供研磨时选用。

表2-5-72 石棉橡胶板性能 (GB3985-83)

指 标	牌 号	XB450	XB350	XB200
	横向抗张强度 (MPa) >		20.0	12.5
压缩率 (%)		12±5	12±5	12±5
回弹率 >		45	40	35
老化系数 >		0.9	0.9	0.9
烧失量 (%) <		28	30	30
密度 (g/cm ³)		1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0
柔软性		无裂纹	无裂纹	无裂纹
蒸汽密封性		t = 440~450°C P = 11~12MPa 保持30分钟	t = 340~350°C P = 7~8MPa 保持30分钟	t = 195~200°C P = 2.5~3MPa 保持30分钟

表2-5-73 常用研磨砂

名 称	主 要 成 分	颜 色	粒 度 号 码	适 用 材 料
人造刚玉	Al ₂ O ₃ 92%~95%	暗棕色到淡粉红色	#12~M5	碳素钢, 合金钢, 可锻铸铁, 软黄铜等, (表面渗氮和硬质合金不适用)
人造白刚玉	Al ₂ O ₃ 97%~98.5%	白 色	#16~M5	
人造碳化硅 (人造金刚砂)	SiC 96%~98.5%	黑 色	#16~M5	灰铸铁, 软黄铜、青铜、紫铜
人造碳化硅 (人造金刚砂)	SiC 97%~99%	绿 色	#16~M5	
人造碳化硼	B 72%~73% C 20%~24%	黑 色		硬质合金与渗碳钢

注: 金刚砂不宜用于研磨阀门密封面。

表2-5-74 研磨膏的成分及其应用

加工种类	研磨粉末		单位	研磨粉末比例		油酸比例		混合脂的比例		凡士林比例		煤油比例	
	规格	名称		重量	%	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%
粗研 半精研	M14~M10	Al ₂ O ₃	kg	0.437	52	0.062	7	0.218	26	0.128	15		
	M7	Al ₂ O ₃	kg	0.625	45	0.320	22.4	0.437	31.5			0.015	1.1
精研	M5	Al ₂ O ₃	kg	0.320	40.8	0.156	20.5	0.281	36.7			0.015	2
	M5	Al ₂ O ₃	kg	0.031	19.4	0.140	29	0.281	45.1			0.031	6.5
抛 光	2~5μ	Cr ₂ O ₃	kg	0.062	19.4	0.140	29	0.281	45.1			0.031	6.5
	1~3μ	Cr ₂ O ₃	kg	0.046	11.6	0.128	31	0.281	54			0.015	3.4
	1~3μ	Cr ₂ O ₃	kg	0.039	14.4	0.156	32.2	0.281	45.1			0.015	3.3
	1~3μ	Cr ₂ O ₃	kg	70	56	108	8	15	12	30	24		
	2~5μ	Cr ₂ O ₃	kg	0.108	23.3	0.628	26.7	0.281	46.7			0.015	3.3

注：煤油的加入量视天气而定，天暖煤油少加些，天冷可多加些，油酸与混合剂的比例应对应。例如油酸少加5%，则混合脂应多增加5%；粉末在任何天气条件下比例不变。

3) 研磨膏 研磨膏是用油脂类(石蜡、甘油、三硬脂酸等)和磨微粉合成的。它是细研磨料，分为M28、M20、M14、M10、M7和M5等，分黑色、淡黄色和绿色几种颜色。

研磨膏的成分及其应用见表2-5-74。

研磨剂常用的粒度见表2-5-75。

表2-5-75 研磨剂常用粒度

加工方法	粒 度	应 用
粗 研 磨	100~220	一般产品零件的研磨
精 研 磨	220~M14	
粗 研 磨	M14~M10	精密零件，量具，刃具精密研磨
半精研磨	M7~M5	
精 研 磨	M5以下	

常用粒度能达到的表面粗糙度见表2-5-76。

表2-5-76 常用粒度能达到的表面粗糙度

粒 度	能达到的表面粗糙度 (μm)
100~120	R _a 0.80
120~230	R _a 0.20~0.80
M28~M14	R _a 0.10~0.20
M14以下	<R _a 0.10

(4) 玻璃材料 玻璃及其玻璃制品，在工业锅炉中主要用于门窗，控制台，观察孔及水位计等设备上。

1) 普通玻璃和钢化玻璃 普通玻璃按其缺陷程度分为特选品、一等品和二等品三种。玻璃厚度

有2、3、5、6等几种，透光度为82%~87%。它们的缺陷常用波纹、气泡、磨伤、砂粒、疙瘩及线道等指标评定。

钢化玻璃是普通玻璃淬火而得，具有极高的强度和热稳定性，能耐高温及骤冷。用于链条炉排前罩及高温操作处的防护玻璃。它的厚度有5和6mm两种。

2) 玻璃管 BG-16 玻璃管主要用于水箱和罐等容器的液位计上，玻璃管 BG-16 适用于工作压力 P ≤ 1.6MPa (16kgf/cm²) 的玻璃管液面计用的玻璃管，其规格尺寸见表 2-5-77。

表2-5-77 玻璃管BG-16的规格及尺寸

液面公称长度 L (mm)	玻璃管长度 L ₂ (mm)	壁 厚 (mm)	重 量 (kg)
500	450	3 ± 0.5	0.15
	475	3 ± 0.5	0.16
600	550	3 ± 0.5	0.19
	575	3 ± 0.5	0.20
800	750	3 ± 0.5	0.26
	775	3 ± 0.5	0.27
1000	950	3 ± 0.5	0.33
	975	3 ± 0.5	0.34
1200	1150	3 ± 0.5	0.39
	1175	3 ± 0.5	0.40
1400	1350	3 ± 0.5	0.46
	1375	3 ± 0.5	0.47

注：旋塞玻璃管液面计和针形阀玻璃液面计的玻璃管长度 L₂ = L - 25；带自动关闭装置旋塞玻璃管液面计的玻璃管长度 L₂ = L - 50。玻璃管长度的两端磨平，长度误差为其长度的 0.005 倍。

3) 玻璃板BB-25和BB-40 玻璃板BB-25适用于工作压力 $P \leq 2.5\text{MPa}$ (25kgf/cm^2)的板式液面计用的玻璃板。

玻璃板BB-40适用于工作压力 $P \leq 4\text{MPa}$ (40kgf/cm^2)的板式液面计用的玻璃板。

它们规格及尺寸分别见表2-5-78, 表2-5-79。

钢化水位计玻璃见表2-5-80。

水位计钢化玻璃的理化性能: 冷热急变耐热度: 280°C 以上(油浴化)有较好的稳定性。抗弯强度: $80\sim 92\text{MPa}$ ($800\sim 920\text{kg/cm}^2$)。工作压力 $4\sim 4.5\text{MPa}$ ($40\sim 45\text{kg/cm}^2$)。

4) 锅炉水位计云母片 云母片适用于高压高温锅炉附属设备观察水位用。它是工业原料云母经

劈分和切制后, 外廓具有矩形面积和一定厚度的白云母产品。云母片质量指标: 云母片应两面平滑, 质地坚硬, 不允许有严重波纹及皱纹; 应无色透明, 允许有轻微的他色, 但每片颜色必须一致; 云母片除距边缘 7mm 外的中间部位, 不允许有任何斑点、汽泡和严重刀痕; 不允许有分层碎片, 鳞片, 裂纹, 穿孔和凹入角存在; 边缘分层、内毛刺和外毛刺各不得超过 3mm 。

(5) 塑料 塑料主要作为耐腐蚀及化工结构材料, 在工业锅炉系统中可作为水质处理材料。

1) 硬聚氯乙烯管材 硬聚氯乙烯管材系将聚氯乙烯树脂与稳定剂、润滑剂等配合后经挤压成型而得。它适用于输送某些液体(如盐液等)及气

表2-5-78 玻璃板BB-25规格尺寸表

规格(透光尺寸) $B \times L$	玻璃板尺寸 $B_1 \times L_1$	棱线长度 L	重 量 (kg)
18×204	34×220	204	≈ 0.3
18×304	34×320	304	≈ 0.45

注: 正面(观察面)抛光, 反面(棱线面)磨毛。

表2-5-79 玻璃板BB-40的规格及尺寸表

型 式	规格(透光尺寸) $B_1 \times L_1$	玻璃板尺寸 $B \times L$	重 量 (kg)	备 注
A 型	18×264	34×280	≈ 0.4	正面(观察面)抛光, 反面(棱线面)磨毛
B 型	12×268	34×280	≈ 0.4	正面(观察面)抛光, 反面磨毛, $B_1 \times L_1$ 范围内抛光

表2-5-80 水位计钢化玻璃规格尺寸表

(mm)

规格	项目					
	全 长	宽 度	厚 度	棱线平度	光面平度	两头厚薄差
115	$115^{+0}_{-1.5}$	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
140	$140^{+0}_{-1.5}$	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
190	$190^{+0}_{-1.5}$	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
217	$217^{+0}_{-1.5}$	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
250	250^{+0}_{-2}	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
280	280^{+0}_{-2}	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
320	320^{+0}_{-2}	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
330	330^{+0}_{-2}	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25
340	340^{+0}_{-2}	34^{+0}_{-1}	17^{+0}_{-1}	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.25

体, 常温下, 轻型管材使用压力不超过 0.6MPa (6kgf/cm²), 重型管材不超过 1MPa (10kgf/cm²)。塑料管的长度一般为 4000±10mm。硬聚氯乙烯管材的性能质量见表 2-5-81。硬聚氯乙烯管材的规格及重量见表 2-5-82。

2) 硬聚氯乙烯板材(SG86-78) 硬聚氯乙烯板材是聚氯乙烯树脂与稳定剂等辅料配合压延成薄片经层压制得。可作化工耐腐蚀结构材料或建筑材料用。不宜作食品容器材料。其规格尺寸和性能如表 2-5-83 和表 2-5-84。

表 2-5-81 硬聚氯乙烯管材性能 (SG78-75①)

项 目 名 称	单 位	轻 型 管	重 型 管	备 注
(1) 外观颜色		外观平整光滑, 一般为灰色		
(2) 比重	g/cm ³	1.40~1.60		
(3) 腐蚀度不超过				
HCl, HNO ₃	g/m ²	±2.0		
H ₂ SO ₄ , NaOH		±1.5		
(4) 60±2°C 液压 (允许应力 13MPa)		保持 1 小时不破裂不渗漏		
(5) 20±2°C 液压 (允许应力 35MPa)		保持 1 小时不破裂不渗漏		
(6) 尺寸变化率	%			
沿长度方向		±4.0		
沿直径方向		±2.5		
(7) 扁平		压至外径 $\frac{1}{2}$, 无裂缝破裂现象		外径 ≤ 200mm 按此项检验
(8) 丙酮浸泡		无发毛, 脱层现象		外径 ≥ 200mm 按此项检验
(9) 使用压力 (常温下)	MPa	0.6	1.0	

① SG78-75 为二轻局标准。

表 2-5-82 硬聚氯乙烯管材 (SG78-75)

外 径	轻 型 管			重 型 管		
	壁 厚	近 似 重 量		壁 厚	近 似 重 量	
		kg/m	kg/根 (4m)		kg/m	kg/根 (4m)
mm						
20				2.0	0.17	0.68
25	1.5	0.17	0.68	2.5	0.27	1.07
32	1.5	0.22	0.88	2.5	0.35	1.40
40	2.0	0.36	1.44	3.0	0.52	2.10
50	2.0	0.45	1.80	3.5	0.77	3.09
63	2.5	0.71	2.84	4.0	1.11	4.47
75	2.5	0.85	3.40	4.0	1.34	5.38
90	3.0	1.23	4.90	4.5	1.82	7.30
110	3.5	1.75	7.00	5.5	2.71	10.90
125	4.0	2.29	9.16	6.0	3.35	13.50
140	4.5	2.88	11.50	7.0	4.38	17.60
160	5.0	3.65	14.60	8.0	5.72	23.00
180	5.5	4.52	18.10	9.0	7.26	29.20
200	6.0	5.48	21.90	10.0	9.00	36.00
225	7.0	7.20	28.0			
250	7.5	8.56	34.20			

表2-5-83 硬聚氯乙烯板材的规格尺寸和近似重量 (SG86—78)

公称厚度 mm	宽 度 mm	长 度 mm	近 似 重 量	
			kg/块	kg/m ²
2.0	≥700	≥1200	2.52	3.00
2.5			3.15	3.75
3.0			3.78	4.50
3.5			4.41	5.25
4.0			5.04	6.00
4.5			5.67	6.75
5.0			6.30	7.50
6.0			7.56	9.00
7.0			8.82	10.5
8.0			10.1	12.0
9.0			11.3	13.5
10			12.6	15.0
12			15.1	18.0
14			17.6	21.0
15			18.9	22.5
16			20.2	24
18			22.7	27
20			25.2	30
22			27.7	33
24			30.2	36
25	31.5	37.5		
28	35.3	42		
30	37.8	45		
32	40.3	48		
35	44.1	52.5		
33	47.9	57		
40	50.4	60		

表2-5-84 硬聚氯乙烯板材机械性能 (SG86—78)

指 标 名 称	单 位	指 标
(1) 外观颜色		光滑平整、灰色
(2) 密度	g/cm ³	1.35~1.60
(3) 拉伸强度 (纵、横向) ≥	MPa	60
(4) 弯曲强度 (纵、横向) ≥	MPa	90
(5) 冲击强度 (20°C缺口) ≥	J/cm ²	2
(6) 马丁耐热性 (纵、横向) ≥	°C	65
(7) 140°C加热尺寸变化率 (纵横)	%	≤ 5
(8) 腐蚀度60±2°C, 5h	g/m ²	
40% NaOH		≤ ±1.0
40% HNO ₃		≤ ±1.0
30% H ₂ SO ₄		≤ ±1.0
35% HCl		≤ ±2.0

表2-5-83 硬聚氯乙烯板材的规格尺寸和近似重量 (SG86—78)

公称厚度 mm	宽 度 mm	长 度 mm	近 似 重 量	
			kg/块	kg/m ²
2.0	≥700	≥1200	2.52	3.00
2.5			3.15	3.75
3.0			3.78	4.50
3.5			4.41	5.25
4.0			5.04	6.00
4.5			5.67	6.75
5.0			6.30	7.50
6.0			7.56	9.00
7.0			8.82	10.5
8.0			10.1	12.0
9.0			11.3	13.5
10			12.6	15.0
12			15.1	18.0
14			17.6	21.0
15			18.9	22.5
16			20.2	24
18			22.7	27
20			25.2	30
22			27.7	33
24			30.2	36
25	31.5	37.5		
28	35.3	42		
30	37.8	45		
32	40.3	48		
35	44.1	52.5		
33	47.9	57		
40	50.4	60		

表2-5-84 硬聚氯乙烯板材机械性能 (SG86—78)

指 标 名 称	单 位	指 标
(1) 外观颜色		光滑平整、灰色
(2) 密度	g/cm ³	1.35~1.60
(3) 拉伸强度 (纵、横向) ≥	MPa	60
(4) 弯曲强度 (纵、横向) ≥	MPa	90
(5) 冲击强度 (20°C缺口) ≥	J/cm ²	2
(6) 马丁耐热性 (纵、横向) ≥	°C	65
(7) 140°C加热尺寸变化率 (纵横)	%	≤ 5
(8) 腐蚀度60±2°C, 5h	g/m ²	
40% NaOH		≤ ±1.0
40% HNO ₃		≤ ±1.0
30% H ₂ SO ₄		≤ ±1.0
35% HCl		≤ ±2.0