

TSG

特种设备安全技术规范

TSG 11—2020

锅炉安全技术规程

Regulation on Safety Technology for Boiler

国家市场监督管理总局颁布

2020年10月29日

前 言

2015 年 1 月,原国家质量监督检验检疫总局(以下简称原国家质检总局)特种设备安全监察局(以下简称特种设备局)下达制订《锅炉安全技术规程》(以下简称《锅规》)的立项任务书。2015 年 5 月,中国特种设备检测研究院组织有关专家成立起草工作组,召开起草工作组第一次全体会议,制订《锅规》的起草工作方案,确定制订原则、重点内容及结构框架,并且制订起草工作时间表。起草工作组和各专业小组分别开展调研起草工作,多次召开研讨会,形成《锅规》草案。

2016 年 5 月,起草工作组召开第二次全体会议,形成《锅规》征求意见稿。2016 年 8 月,特种设备局以质检特函〔2016〕42 号文征求基层部门、有关单位和专家及公民的意见。

2017 年 8 月,起草工作组召开第三次全体会议,对相关意见进行讨论,形成送审稿。2017 年 12 月,原国家质检总局特种设备安全与节能技术委员会对送审稿进行审议。2018 年 3 月召开起草工作组工作会议,根据审议意见形成报批稿。

2019 年 5 月,《锅规》报批稿由国家市场监督管理总局向 WTO/TBT 进行通报。

2020 年 10 月 29 日,《锅规》由国家市场监督管理总局批准颁布。

本规程将《锅炉安全技术监察规程》(TSG G0001—2012)、《锅炉设计文件鉴定管理规则》(TSG G1001—2004)、《燃油(气)燃烧器安全技术规则》(TSG ZB001—2008)、《燃油(气)燃烧器型式试验规则》(TSG ZB002—2008)、《锅炉化学清洗规则》(TSG G5003—2008)、《锅炉水(介)质处理监督管理规则》(TSG G5001—2010)、《锅炉水(介)质处理检验规则》(TSG G5002—2010)、《锅炉监督检验规则》(TSG G7001—2015)、《锅炉定期检验规则》(TSG G7002—2015)等九个锅炉相关安全技术规范进行整合,形成锅炉的综合技术规范。《锅规》基本保留了原来技术规范中行之有效的主体内容;纳入了近年来相关文件中提出的基本安全要求;对实施过程中发现的问题进行梳理,调整了部分内容;进一步明确了锅炉范围内管道的界定和技术要求;结合近年来锅炉技术的发展,优化了电站锅炉的相关要求,补充了铸铝锅炉、生物质锅炉的基本安全要求;按照《中华人民共和国大气污染防治法》要求增加了锅炉环保的基本要求。

目 录

1 总则	(1)
2 材料	(3)
3 设计	(5)
4 制造	(14)
5 安全附件和仪表	(27)
6 燃烧设备、辅助设备及系统	(38)
7 安装、改造、修理	(42)
8 使用管理	(45)
9 检验	(50)
10 专项要求	(56)
11 附则	(68)
附件 A 锅炉用材料的选用	(69)
附件 B 锅炉产品合格证	(74)
附表 b 锅炉产品数据表	(75)
附件 C 特种设备代码编号方法	(76)
附件 D 液(气)体燃料燃烧器型式试验型号覆盖原则	(78)
附件 E 锅炉制造监督检验项目	(80)
附件 F 锅炉安装监督检验项目	(84)
附件 G 锅炉监督检验证书	(90)
附件 H 锅炉外部检验项目	(92)
附件 J 锅炉内部检验项目	(98)
相关规章和规范历次制(修)订情况	(107)

锅炉安全技术规程

1 总 则

1.1 目的

为了保障锅炉安全运行,预防和减少事故,保护人民生命和财产安全,促进经济社会发展,根据《中华人民共和国特种设备安全法》和《特种设备安全监察条例》,制定本规程。

1.2 适用范围

本规程适用于《特种设备目录》范围内的蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉。

注 1-1:按照锅炉设计制造的余(废)热锅炉应当符合本规程的要求。

1.2.1 锅炉本体

锅炉本体是由锅筒(壳)、启动(汽水)分离器及储水箱、受热面、集箱及其连接管道,炉膛、燃烧设备、空气预热器、炉墙、烟(风)道、构架(包括平台和扶梯)等所组成的整体。

1.2.2 锅炉范围内管道

(1)电站锅炉,包括主给水管道、主蒸汽管道、再热蒸汽管道等(注 1-2)以及第一个阀门以内(不含阀门,下同)的支路管道;

(2)电站锅炉以外的锅炉,设置分汽(水、油)缸(以下统称分汽缸,注 1-3)的,包括给水(油)泵出口至分汽缸出口与外部管道连接的第一道环向焊缝以内的承压管道;不设置分汽缸的,包括给水(油)泵出口至主蒸汽(水、油)出口阀以内的承压管道。

注 1-2:主给水管道指给水泵出口止回阀至省煤器进口集箱以内的管道;主蒸汽管道指末级过热器出口集箱至汽轮机高压主汽阀(对于母管制运行的锅炉,至母管前第一个阀门)以内的管道;再热蒸汽冷段管道指汽轮机排汽止回阀至再热器进口集箱以内的管道;再热蒸汽热段管道指末级再热器出口集箱至汽轮机中压主汽阀以内的管道。

注 1-3:分汽缸应当按照锅炉集箱或者压力容器的相关规定进行设计、制造。

注 1-4:锅炉管辖范围之外的与锅炉相连的动力管道,可以参照锅炉范围内管道要求与锅炉一并安装监督检查及定期检验。

1.2.3 锅炉安全附件和仪表

包括安全阀、爆破片,压力测量、水(液)位测量、温度测量等装置(仪表),安全保护装置,排污和放水装置等。

1.2.4 锅炉辅助设备及系统

包括燃料制备、水处理设备及系统等。

1.3 不适用范围

(1)设计正常水位水容积(直流锅炉等无固定汽水分界线的锅炉,水容积按照汽水系统进出口内几何总容积计算,下同)小于 30L,或者额定蒸汽压力小于 0.1MPa 的蒸汽锅炉;

(2)额定出水压力小于 0.1MPa 或者额定热功率小于 0.1MW 的热水锅炉;

(3)额定热功率小于 0.1MW 的有机热载体锅炉。

1.4 锅炉设备级别

锅炉设备级别按照参数分为 A 级、B 级、C 级、D 级。

1.4.1 A 级锅炉

A 级锅炉是指 p (表压,下同,注 1-5) $\geq 3.8\text{MPa}$ 的锅炉,包括:

(1)超临界锅炉, $p \geq 22.1\text{MPa}$;

(2)亚临界锅炉, $16.7\text{MPa} \leq p < 22.1\text{MPa}$;

(3)超高压锅炉, $13.7\text{MPa} \leq p < 16.7\text{MPa}$;

(4)高压锅炉, $9.8\text{MPa} \leq p < 13.7\text{MPa}$;

(5)次高压锅炉, $5.3\text{MPa} \leq p < 9.8\text{MPa}$;

(6)中压锅炉, $3.8\text{MPa} \leq p < 5.3\text{MPa}$ 。

1.4.2 B 级锅炉

(1)蒸汽锅炉, $0.8\text{MPa} < p < 3.8\text{MPa}$;

(2)热水锅炉, $p < 3.8\text{MPa}$, 且 $t \geq 120^\circ\text{C}$ (t 为额定出水温度,下同);

(3)气相有机热载体锅炉, $Q > 0.7\text{MW}$ (Q 为额定热功率,下同);液相有机热载体锅炉, $Q > 4.2\text{MW}$ 。

1.4.3 C 级锅炉

(1)蒸汽锅炉, $p \leq 0.8\text{MPa}$, 且 $V > 50\text{L}$ (V 为设计正常水位水容积,下同);

(2)热水锅炉, $0.4\text{MPa} < p < 3.8\text{MPa}$, 且 $t < 120^\circ\text{C}$; $p \leq 0.4\text{MPa}$, 且 $95^\circ\text{C} < t < 120^\circ\text{C}$;

(3)气相有机热载体锅炉, $Q \leq 0.7\text{MW}$;液相有机热载体锅炉, $Q \leq 4.2\text{MW}$ 。

1.4.4 D 级锅炉

(1)蒸汽锅炉, $p \leq 0.8\text{MPa}$, 且 $V \leq 50\text{L}$;

(2)热水锅炉, $p \leq 0.4\text{MPa}$, 且 $t \leq 95^\circ\text{C}$ 。

注 1-5: p 是指锅炉额定工作压力,对蒸汽锅炉代表额定蒸汽压力,对热水锅炉代表额定出水压力,对有机热载体锅炉代表额定出口压力。

1.5 采用境外标准的锅炉

对于采用境外标准的锅炉，其材料、设计、制造和产品检验、安全附件和仪表、出厂资料、铭牌等不得低于本规程要求，否则应当按照本规程 1.6 的要求进行技术评审和批准。

1.6 特殊情况的处理

有关单位采用新材料、新技术、新工艺，与本规程不一致，或者本规程未作要求，可能对安全性能有重大影响的，应当向国家市场监督管理总局申报，由国家市场监督管理总局委托特种设备安全与节能技术委员会进行技术评审，评审结果经国家市场监督管理总局批准后投入生产、使用。

1.7 与技术标准、管理制度的关系

本规程规定了锅炉的基本安全要求，锅炉生产、使用、检验、检测采用的技术标准、管理制度等不得低于本规程的要求。

1.8 专项要求

有关热水锅炉、有机热载体锅炉、铸铁锅炉、铸铝锅炉和 D 级锅炉的专项要求，按照本规程第 10 章的要求执行，并且优先采用。

1.9 其他要求

- (1) 锅炉的节能环保应当满足法律、法规、安全技术规范及相关标准的要求；
- (2) 锅炉销售单位应当建立并执行锅炉检查验收和销售记录制度，销售的锅炉应当符合安全技术规范及相关标准的要求，其设计文件、产品质量合格证明等相关技术资料 and 文件应当齐全；
- (3) 锅炉的制造、安装、改造、修理、使用单位和检验机构应当按照特种设备信息化要求及时填报信息。

2 材 料

2.1 基本要求

锅炉受压元件金属材料、承载构件材料及其焊接材料在使用条件下应当具有足够的强度、塑性、韧性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

2.2 性能要求

- (1) 锅炉受压元件和与受压元件焊接的承载构件钢材应当是镇静钢；

(2) 锅炉受压元件用钢材(铸钢件除外)室温夏比冲击吸收能量(KV_2)应当不低于 27J;

(3) 锅炉受压元件用钢材(铸钢件除外)的纵向室温断后伸长率(A)应当不小于 18%。

2.3 材料选用

锅炉受压元件用钢板、钢管、锻件、铸钢件、铸铁件、紧固件以及拉撑件和焊接材料应当按照本规程附件 A 的要求选用。

2.4 材料采用及加工特殊要求

(1) 各类管件(三通、弯头、变径接头等)以及集箱封头等元件可以采用相应的锅炉用钢管材料热加工制作;

(2) 除各种形式的法兰外,碳素钢空心圆筒形管件外径不大于 160mm,合金钢空心圆筒形管件或者管帽类管件外径不大于 114mm,如果加工后的管件同时满足无损检测合格、管件纵轴线与圆钢的轴线平行的相应规定,可以采用轧制或者锻制圆钢加工;

(3) 灰铸铁不应当用于制造排污阀和排污弯管;

(4) 额定工作压力小于或者等于 1.6MPa 的锅炉以及蒸汽温度小于或者等于 300℃ 的过热器,其放水阀和排污阀的阀体可以采用本规程附件 A 中的可锻铸铁或者球墨铸铁制造;

(5) 额定工作压力小于或者等于 2.5MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,可以采用牌号不低于 HT200 的灰铸铁制造;额定工作压力小于或者等于 1.6MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,可以采用牌号不低于 HT150 的灰铸铁制造。

2.5 材料代用

锅炉的代用材料应当符合本规程对材料的规定,材料代用应当满足强度、结构和工艺的要求,并且经过材料代用单位技术部门(包括设计和工艺部门)的同意。

2.6 新材料的研制

研制锅炉用新材料时,研制单位应当进行系统的试验研究工作,并且按照本规程 1.6 的规定通过技术评审和批准。评审应当包括材料的化学成分、物理性能、力学性能、组织稳定性、高温性能、抗腐蚀性能、工艺性能等内容。

2.7 锅炉受压元件采用境外牌号材料

(1) 应当是经国家市场监督管理总局公告的境外锅炉产品标准中允许使用的材料;

(2) 按照订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收;

(3) 材料使用单位首次使用前,应当进行焊接工艺评定和成型工艺试验;

- (4)应当采用该材料的技术标准或者技术条件所规定的性能指标进行强度计算；
- (5)首次在国内锅炉上使用的材料，应当按照本规程 1.6 的要求通过技术评审和批准。

2.8 材料质量证明

(1)材料制造单位应当向材料使用单位提供质量证明书，质量证明书的内容应当齐全，并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章，同时在材料的明显部位做出清晰、牢固的钢印标志或者其他标志；

(2)锅炉材料采购单位从非材料制造单位取得锅炉用材料时，应当取得材料制造单位提供的质量证明书原件或者加盖了材料经营单位公章和经办负责人签字(章)的复印件；

(3)材料使用单位应当对所取得的锅炉用材料及材料质量证明书的真实性和一致性负责。

2.9 材料验收

锅炉材料使用单位应当建立材料验收制度。锅炉制造单位应当按照 JB/T 3375《锅炉用材料入厂验收规则》对锅炉用材料进行入厂验收(其他锅炉材料使用单位可参照执行)，合格后才能使用。

符合下列情况之一的材料可以不进行理化和相应的无损检测复验：

(1)材料使用单位验收人员按照采购技术要求在材料制造单位进行验收，并且在检验报告或者相关质量证明文件上进行见证签字确认的；

(2)B 级及以下锅炉用碳素钢和碳锰钢材料，实物标识清晰、齐全，具有满足本规程 2.8 要求的质量证明书，质量证明书与实物相符的。

2.10 材料管理

(1)锅炉材料使用单位应当建立材料保管和使用的管理制度，锅炉受压元件用的材料应当有标记，切割下料前，应当作标记移植，并且便于识别；

(2)焊接材料使用单位应当建立焊接材料的存放、烘干、发放、回收和回用管理制度。

3 设 计

3.1 基本要求

锅炉的设计应当符合安全、节能和环保的要求。锅炉制造单位对其制造的锅炉产品设计质量负责。锅炉及其系统设计时，应当综合能效和大气污染物排放要求进行系

统优化，并向锅炉使用单位提供大气污染物初始排放浓度(注 3-1)等相关技术参数。

注 3-1：电加热锅炉、余热锅炉、垃圾焚烧锅炉不要求提供大气污染物初始排放浓度数据

3.2 设计文件鉴定

锅炉的设计文件应当按照本规程第 9 章的要求经过鉴定。

3.3 强度计算

3.3.1 安全系数选取

强度计算时，确定锅炉承压件材料许用应力的最小安全系数，见表 3-1。其他设计方法和部件材料安全系数的确定应符合相关产品标准的规定。

表 3-1 强度计算的安全系数

材 料 (板、锻件、管)	安 全 系 数			
	室温下的 抗拉强度 R_m	设计温度下的 屈服强度 $R_{eL}^t (R_{p0.2}^t)$	设计温度下经 10^5h 断裂的持 久强度平均值 R_D^t	设计温度下 10^5h 蠕变率为 1%蠕 变极限平均值 R_n^t
碳素钢和合金钢	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$

3.3.2 许用应力

许用应力取室温下的抗拉强度 R_m 、设计温度下的屈服强度 $R_{eL}^t (R_{p0.2}^t)$ 、设计温度下持久强度极限平均值 R_D^t 、设计温度下蠕变极限平均值 R_n^t 除以相应安全系数后的最小值。

对奥氏体高合金钢，当设计温度低于蠕变温度范围并且允许有微量的永久变形时，可以适当提高许用应力至 $0.9 R_{p0.2}^t$ ，但不得超过 $\frac{R_{p0.2}^t}{1.5}$ (此规定不适用于法兰或者其他有微量永久变形就产生泄漏或者故障的场合)。

3.3.3 强度计算标准

锅炉本体受压元件的强度可以按照 GB/T 16507《水管锅炉》或者 GB/T 16508《锅壳锅炉》进行计算和校核，也可以采用试验或者其他计算方法确定锅炉受压元件强度。

锅炉范围内管道强度可以按照国家或者行业相关标准进行计算和校核。

3.4 锅炉结构的基本要求

- (1) 各受压元件应当有足够的强度；
- (2) 受压元件结构的形式、开孔和焊缝的布置应当尽量避免或者减少复合应力和应力集中；
- (3) 锅炉水(介)质循环系统应当能够保证锅炉在设计负荷变化范围内水(介)质循

环的可靠性，保证所有受热面得到可靠的冷却；受热面布置时，应当合理地分配介质流量，尽量减少热偏差；

(4) 锅炉制造单位应当选用满足安全、节能和环保要求的燃烧器；炉膛和燃烧设备的结构以及布置、燃烧方式应当与所设计的燃料相适应，防止火焰直接冲刷受热面，并且防止炉膛结渣或者结焦；

(5) 非受热面的元件，壁温可能超过该元件所用材料的许用温度时，应当采取冷却或者绝热措施；

(6) 各部件在运行时应当能够按照设计预定方向自由膨胀；

(7) 承重结构在承受设计载荷时应当具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐蚀性；

(8) 炉膛、包墙及烟道的结构应当有足够的承载能力；

(9) 炉墙应当具有良好的绝热和密封性；

(10) 便于安装、运行操作、检修和清洗内外部。

3.5 锅筒(壳)、炉胆等壁厚及长度

3.5.1 水管锅炉锅筒壁厚

锅筒的取用壁厚应当不小于 6mm。

3.5.2 锅壳锅炉壁厚及炉胆长度

(1) 锅壳内径大于 1000mm 时，锅壳筒体的取用壁厚应当不小于 6mm；锅壳内径不大于 1000mm 时，锅壳筒体的取用壁厚应当不小于 4mm；

(2) 锅壳锅炉的炉胆内径应当不大于 1800mm，其取用壁厚应当不小于 8mm，并且不大于 22mm；炉胆内径不大于 400mm 时，其取用壁厚应当不小于 6mm；

(3) 卧式内燃锅炉的回燃室筒体的取用壁厚应当不小于 10mm，并且不大于 35mm；

(4) 卧式锅壳锅炉平直炉胆的计算长度应当不大于 2000mm，如果炉胆两端与管板扳边对接连接，平直炉胆的计算长度可以放大至 3000mm。

3.5.3 胀接连接

(1) 胀接连接的锅筒(壳)的筒体、管板的取用壁厚应当不小于 12mm；

(2) 胀接连接的管子外径应当不大于 89mm。

3.6 安全水位

(1) 水管锅炉锅筒的最低安全水位，应当保证下降管可靠供水；

(2) 锅壳锅炉的最低安全水位，应当高于最高火界 100mm；锅壳内径不大于 1500mm 的卧式锅壳锅炉，最低安全水位应当高于最高火界 75mm；

(3) 锅壳锅炉的安全降水时间(指锅炉停止给水情况下，在锅炉额定负荷下继续运行，锅炉水位从最低安全水位下降到最高火界的时间)一般应当不低于 7min，对

于燃气(液)锅炉一般应当不低于 5min;

(4) 锅炉的最低及最高安全水位应当在图样上标明;

(5) 直读式水位计和水位示控装置上下开孔位置, 应当包括该锅炉最高、最低安全水位的示控范围。

3.7 主要受压元件的连接

3.7.1 基本要求

(1) 锅炉主要受压元件包括锅筒(壳)、启动(汽水)分离器及储水箱、集箱、管道、集中下降管、炉胆、回燃室以及封头(管板)、炉胆顶和下脚圈等;

(2) 锅炉主要受压元件的主焊缝(包括锅筒(壳)、启动(汽水)分离器及储水箱、集箱、管道、集中下降管、炉胆、回燃室的纵向和环向焊缝, 封头(管板)、炉胆顶和下脚圈等的拼接焊缝)应当采用全焊透的对接焊接;

(3) 锅壳锅炉的拉撑件不应当拼接。

3.7.2 T 型接头的连接

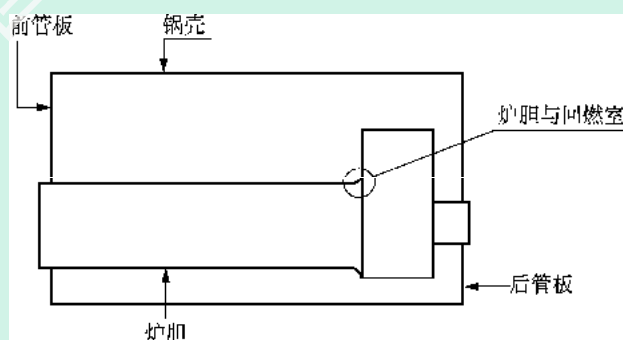
对于额定工作压力不大于 2.5MPa 的卧式内燃锅壳锅炉、锅壳式余热锅炉以及贯流式锅炉, 除受烟气直接冲刷的部位(见图 3-1)的连接处以外, 在符合以下要求的情况下, 其管板与炉胆、锅壳可采用 T 型接头的对接连接, 但是不得采用搭接连接:

(1) 采用全焊透的接头型式, 并且坡口经过机械加工;

(2) 管板与筒体的连接采用插入式结构(贯流式锅炉除外);

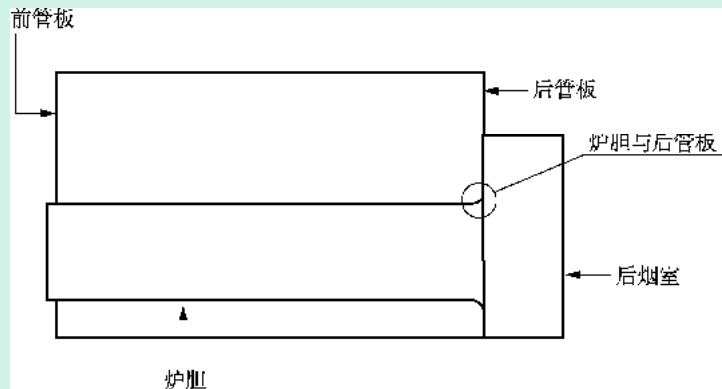
(3) T 型接头连接部位的焊缝计算厚度不小于管板(盖板)的壁厚, 并且其焊缝背部能够封焊的部位均应当封焊, 不能够封焊的部位应当采用氩弧焊或者其他气体保护焊打底, 并且保证焊透;

(4) T 型接头连接部位的焊缝应当进行超声检测。

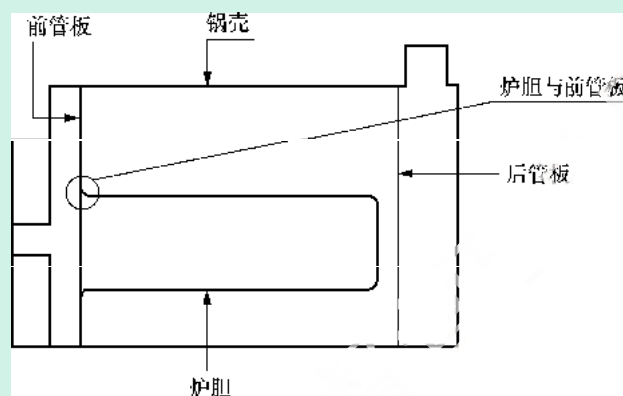


(a) 湿背式

图 3-1 不允许采用 T 型接头连接的部位



(b) 干背式



(c) 回燃式

图 3-1 (续)

3.7.3 管接头与锅筒(壳)、集箱、管道的连接

锅炉管接头与锅筒(壳)、集箱、管道的连接,在以下情况下应当采用全焊透的接头型式:

- (1) 强度计算要求全焊透的加强结构型式;
- (2) A 级高压以上(含高压,下同)锅炉管接头外径大于 76mm 时;
- (3) A 级锅炉集中下降管管接头;
- (4) 下降管或者其管接头与集箱连接时(外径小于或者等于 108mm,并且采用插入式结构的下降管除外)。

3.7.4 小管径管接头

A 级锅炉外径小于 32mm 的排气、疏水、排污和取样管等管接头与锅筒、集箱、管道相连接时,应当采用厚壁管接头。

3.8 管孔布置

3.8.1 胀接管孔

- (1) 胀接管孔间的净距离应当不小于 19mm;

(2) 胀接管孔中心与焊缝边缘以及管板扳边起点的距离应当不小于 $0.8d$ (d 为管孔直径), 并且不小于 $0.5d+12\text{mm}$;

(3) 胀接管孔不应当开在锅筒筒体的纵向焊缝上, 并且避免开在环向焊缝上; 对于环向焊缝, 如果结构设计不能够避免, 在管孔周围 60mm (如果管孔直径大于 60mm , 则取孔径值) 范围内的焊缝经过射线或者超声检测合格, 并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷, 对开孔部位的焊缝内外表面进行磨平且将受压元件整体热处理后, 可以在环向焊缝上开胀接管孔。

3.8.2 焊接管孔

集中下降管的管孔不应当开在焊缝及其热影响区上, 其他焊接管孔也应当避免开在焊缝及其热影响区上。如果结构设计不能够避免, 在管孔周围 60mm (如果管孔直径大于 60mm , 则取孔径值) 范围内的焊缝经过射线或者超声检测合格, 并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷, 管接头焊后经过热处理 (额定出水温度小于 120°C 的热水锅炉除外) 消除应力的情况下, 可以在焊缝及其热影响区上开焊接管孔。

3.9 焊缝布置

3.9.1 锅筒(壳)、炉胆等对接焊缝

锅筒 (筒体壁厚不相等的除外)、锅壳和炉胆上相邻两筒节的纵向焊缝, 以及封头 (管板)、炉胆顶或者下脚圈的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝, 都不应当彼此相连, 其焊缝中心线间距离 (外圆弧长) 至少为较厚钢板厚度的 3 倍, 并且不小于 100mm 。

3.9.2 受热面管子及管道对接焊缝

3.9.2.1 对接焊缝中心线间的距离

锅炉受热面管子 (异种钢接头除外) 以及管道直段上, 对接焊缝中心线间的距离 (L) 应当符合以下要求:

- (1) 外径小于 159mm 时, $L \geq 2$ 倍外径;
- (2) 外径大于或者等于 159mm 时, $L \geq 300\text{mm}$ 。

当锅炉结构无法满足 (1)、(2) 的要求时, 对接焊缝的热影响区不应当重合, 并且 $L \geq 50\text{mm}$ 。

3.9.2.2 对接焊缝

- (1) 受热面管子及管道 (盘管及成型管件除外) 对接焊缝应当位于管子直段上;
- (2) 受热面管子的对接焊缝中心线至锅筒 (壳) 及集箱外壁、管子弯曲起点、管子支吊架边缘的距离至少为 50mm , 对于 A 级锅炉此距离至少为 70mm (异种钢接头除外); 管道此距离应当不小于 100mm 。

3.9.3 其他要求

受压元件主焊缝及其邻近区域应当避免焊接附件。如果不能够避免，则附件的焊缝可以穿过对接焊缝，而且不应当在对接焊缝及其邻近区域终止。

3.10 扳边元件直段长度

除了球形封头以外，扳边的元件(例如封头、管板、炉胆顶等)与圆筒形元件对接焊接时，扳边弯曲起点至焊缝中心线均应当有一定的直段距离。扳边元件直段长度应当符合表 3-2 的要求。

表 3-2 扳边元件直段长度

扳边元件内径(mm)	直段长度(mm)
≤ 600	≥ 25
> 600	≥ 38

3.11 套管

B 级以上(含 B 级)蒸汽锅炉，凡能够引起锅筒(壳)壁或者集箱壁局部热疲劳的连接管(如给水管、减温水管等)，在穿过锅筒(壳)壁或者集箱壁处应当加装套管。

3.12 定期排污管

- (1) 锅炉定期排污管口不应当高出锅筒(壳)或者集箱内壁的最低表面；
- (2) 小孔式排污管用作定期排污时，小孔应当开在排污管下部，并且贴近筒体底部。

3.13 紧急放水装置

电站锅炉锅筒应当设置紧急放水装置，放水管口应当高于最低安全水位。

3.14 水(介)质要求、取样装置和反冲洗系统的设置

应当根据锅炉结构、运行参数、蒸汽质量要求等因素，明确水(介)质标准及质量指标要求。取样点的设置应当保证所取样品具有代表性。取样器和反冲洗系统设置要求如下：

(1) A 级锅炉的省煤器进口(或者给水泵出口)、锅筒、饱和蒸汽引出管、过热器、再热器、凝结水泵出口等应当设置水汽取样装置；

(2) A 级锅炉的过热器一般需要设置反冲洗用接口，反冲洗的介质也可以通过主汽阀前疏水管路引入；

(3) B、C 级蒸汽锅炉给水泵出口和蒸汽冷凝回水系统应当设置取样装置，锅水(直流锅炉除外)和热力除氧器出水应当设置具有冷却功能的取样装置，对蒸汽质

量有要求时，应当设置蒸汽取样装置；热水锅炉应当在循环泵出口设置锅水取样装置。

3.15 膨胀指示器

A 级锅炉的锅筒和集箱应当设置膨胀指示器。悬吊式锅炉本体设计确定的膨胀中心应当予以固定。

3.16 与管子焊接的扁钢

膜式壁等结构中与管理子焊接的扁钢，其膨胀系数应当和管理子相近，扁钢宽度的确定应当保证在锅炉运行中不超过其金属材料许用温度，焊缝结构应当保证扁钢有效冷却。

3.17 喷水减温器

(1) 喷水减温器的集箱与内衬套之间以及喷水管与集箱之间的固定方式，应当能够保证其相对膨胀，并且能够避免产生共振；

(2) 喷水减温器的结构和布置应当便于检修；在减温器或者减温器进(出)口管道上应当设置一个内径不小于 80mm 的检查孔，检查孔的位置应当便于对减温器内衬套以及喷水管进行内窥镜检查。

3.18 锅炉启动时省煤器的保护

设置有省煤器的蒸汽锅炉，应当设置旁通水路、再循环管或者采取其他省煤器启动保护措施。

3.19 再热器的保护

电站锅炉应当装设蒸汽旁路或者炉膛出口烟温监测等装置，确保再热器在启动及甩负荷时的冷却。

3.20 吹灰及灭火装置

装设油燃烧器的 A 级锅炉，尾部应当装设可靠的吹灰及空气预热器灭火装置。燃煤粉或者水煤浆锅炉、生物质燃料锅炉以及循环流化床锅炉在炉膛和布置有过热器、再热器和省煤器的对流烟道，应当装设吹灰装置。

3.21 尾部烟道疏水装置

B 级及以下燃气锅炉和冷凝式锅炉的尾部烟道应当设置可靠的疏水装置。

3.22 防爆门

额定蒸发量小于或者等于 75t/h 的燃用煤粉、油、气体及其他可能产生爆燃的燃料的水管锅炉，未设置炉膛安全自动保护系统的，炉膛和烟道应当设置防爆门，防

爆门的设置不应当危及人身安全。

3.23 门孔

3.23.1 门孔的设置和结构

(1) 锅炉上开设的人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔、观察孔的数量和位置应当满足安装、检修、运行监视和清洗的需要；

(2) 集箱手孔孔盖与孔圈采用非焊接连接时，应当避免直接与火焰接触；

(3) 微正压燃烧的锅炉，炉墙、烟道和各部位门孔应当有可靠的密封，看火孔应当装设防止火焰喷出的联锁装置；

(4) 锅炉受压元件人孔圈、头孔圈与筒体、封头(管板)的连接应当采用全焊透结构，人孔盖、头孔盖、手孔盖、清洗孔盖、检查孔盖应当采用内闭式结构；对于B级及以下锅炉，其受压元件的孔盖可以采用法兰连接结构，但是不得采用螺纹连接；炉墙上人孔门应当装设坚固的门门，保证炉墙上监视孔的孔盖不会被烟气冲开；

(5) 锅筒内径大于或者等于800mm的水管锅炉和锅壳内径大于1000mm的锅壳锅炉，均应当在筒体或者封头(管板)上开设人孔，由于结构限制导致人员无法进入锅炉时，可以只开设头孔；对锅壳内布置有烟管的锅炉，人孔和头孔的布置应当兼顾锅壳上部和下部的检修需求；锅筒内径小于800mm的水管锅炉和锅壳内径为800mm~1000mm的锅壳锅炉，应当至少在筒体或者封头(管板)上开设一个头孔；

(6) 立式锅壳锅炉(电加热锅炉除外)下部开设的手孔数量，应当满足清理和检验的需要，其数量不少于3个。

3.23.2 门孔的尺寸(注3-2)

(1) 锅炉受压元件上，椭圆人孔应当不小于280mm×380mm，圆形人孔直径应当不小于380mm，人孔圈的密封平面宽度应当不小于19mm，人孔盖凸肩与人孔圈之间总间隙应当不超过3mm(沿圆周各点上不超过1.5mm)，并且凹槽的深度应当能够完整地容纳密封垫片；

(2) 锅炉受压元件上，椭圆头孔应当不小于220mm×320mm，颈部或者孔圈高度不应当超过100mm，头孔圈的密封平面宽度应当不小于15mm；

(3) 锅炉受压元件上，手孔短轴应当不小于80mm，颈部或者孔圈高度不应当超过65mm，手孔圈的密封平面宽度应当不小于6mm；

(4) 锅炉受压元件上，清洗孔内径应当不小于50mm，颈部高度不应当超过50mm；

(5) 炉墙上椭圆人孔一般不小于400mm×450mm，圆形人孔直径一般不小于450mm，矩形门孔一般不小于300mm×400mm。

注 3-2：如果因结构原因，颈部或者孔圈高度超过本条规定，门孔的尺寸应当适当放大。

3.24 锅炉钢结构

3.24.1 基本要求

支承式和悬吊式锅炉钢结构的设计，应当符合相关标准的要求。

3.24.2 平台、扶梯

作业人员立足地点距离地面(或者运转层)高度超过 2000mm 的锅炉，应当装设平台、扶梯和防护栏杆等设施。锅炉的平台、扶梯应当符合以下规定：

- (1)扶梯和平台的布置能够保证作业人员顺利通向需要经常操作和检查的地方；
- (2)扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围设置的栏杆、扶手以及挡脚板的高度满足相关规定；
- (3)扶梯的倾斜角度一般为 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，个别位置布置有困难时，倾斜角度可以适当增大；
- (4)水位表前的平台到水位表中间的铅直高度宜为 1000mm $\sim$ 1500mm。

3.25 直流电站锅炉特殊规定

- (1)直流电站锅炉应当设置启动系统，其容量应当与锅炉最低直流负荷相适应；
- (2)直流电站锅炉采用外置式启动(汽水)分离器启动系统的，隔离阀的工作压力应当按照最大连续负荷下的设计压力考虑，启动(汽水)分离器的强度按照锅炉最低直流负荷的设计参数设计计算；采用内置式启动(汽水)分离器启动系统时，各部件的强度应当按照锅炉最大连续负荷的设计参数计算；
- (3)直流电站锅炉启动系统的疏水排放能力应当满足锅炉各种启动方式下发生汽水膨胀时的最大疏水流量；
- (4)直流电站锅炉水冷壁管内工质的质量流速在任何运行工况下都应当大于该运行工况下的最低临界质量流速。

4 制 造

4.1 基本要求

- (1)锅炉制造单位对出厂的锅炉产品的安全节能环保性能和制造质量负责，不得制造国家明令淘汰的锅炉产品；
- (2)锅炉用材料下料或者坡口加工、受压元件加工成形后不应当产生有害缺陷，冷成形应当避免产生冷作硬化引起脆断或者开裂，热成形应当避免因成形温度过高或者过低而造成有害缺陷；

(3)用于承压部位的铸铁件不准补焊；

(4)对于电站锅炉范围内管道，减温减压装置、流量计(壳体)、工厂化预制管段等元件组合装置，应当按照锅炉部件或者压力管道元件组合装置的要求进行制造监督检验；管件应当按照锅炉部件的相关要求实施制造监督检验或者按压力管道元件的相关要求实施型式试验；钢管、阀门、补偿器等压力管道元件，应当按照压力管道元件的相关要求实施型式试验。

4.2 胀接

4.2.1 胀接工艺

胀接施工单位应当根据锅炉设计图样和试胀结果制定胀接工艺规程。胀接前应当进行试胀。在试胀中，确定合理的胀管率。需要在安装现场进行胀接的锅炉出厂时，锅炉制造单位应当提供适量同牌号的胀接试件。

4.2.2 胀接管子材料

胀接管子材料宜选用低于管板(锅筒)硬度的材料。如果管端硬度大于管板(锅筒)硬度，应当进行退火处理。管端退火不应当用煤炭作燃料直接加热，管端退火长度应当不小于100mm。

4.2.3 胀管率计算方法

4.2.3.1 内径控制法

当采用内径控制法时，胀管率一般控制在1.0%~2.1%范围内。胀管率按照公式(4-1)计算。

$$H_n = \left(\frac{d_1 + 2\delta}{d} - 1 \right) \times 100\% \quad (4-1)$$

式中：

H_n ——内径控制法胀管率；

d_1 ——胀完后的管子实测内径，mm；

δ ——未胀时的管子实测壁厚，mm；

d ——未胀时的管孔实测直径，mm。

4.2.3.2 外径控制法

对于水管锅炉，当采用外径控制法时，胀管率一般控制在1.0%~1.8%范围内。胀管率可以按照公式(4-2)计算。

$$H_w = \frac{D-d}{d} \times 100\% \quad (4-2)$$

式中：

H_w ——外径控制法胀管率；

D ——胀管后紧靠锅筒外壁处管子的实测外径，mm；

d ——未胀时的管孔实测直径，mm。

4.2.3.3 管子壁厚减薄率控制法

(1) 在胀管前的试胀工作中，应当对每一种规格的管子和壁厚的组合都进行扭矩设定；

(2) 扭矩设定是通过试管胀进试板的管孔来实现的，试管胀接完毕后，打开试板，取出试管测量管壁减薄量，然后计算其管壁减薄率，管子壁厚减薄率一般控制在 10%~12% 范围内；扭矩设定完毕后，应当将扭矩记录下来，并且将其应用于施工；胀接管子壁厚减薄率应当按照公式(4-3)计算；

$$\text{壁厚减薄率} = \frac{\text{胀接前管壁厚} - \text{胀接后管壁厚}}{\text{胀接前管壁厚}} \times 100\% \quad (4-3)$$

(3) 为保证胀管设备的正常运行，在施工中每班工作之前，操作人员都应当进行一次试胀，同时检验部门应当核实用于施工的扭矩是否与原设定的扭矩完全相同。

4.2.4 胀接质量

(1) 胀接管端伸出量以 6mm~12mm 为宜，管端喇叭口的扳边应当与管子中心线成 12°~15°角，扳边起点与管板(筒体)表面以平齐为宜；

(2) 对于锅壳锅炉，直接与火焰(烟温 800℃以上)接触的烟管管端应当进行 90°扳边，扳边后的管端与管板应当紧密接触，其最大间隙应当不大于 0.4mm，并且间隙大于 0.05mm 的长度应当不超过管子周长的 20%；

(3) 胀接后，管端不应当有起皮、皱纹、裂纹、切口和偏斜等缺陷；在胀接过程中，应当随时检查胀口的胀接质量，及时发现和消除缺陷。

4.2.5 胀接记录

胀接施工单位应当根据实际检查和测量结果，做好胀接记录，以便于计算胀管率和核查胀管质量。

4.2.6 胀接水压试验

胀接全部完毕后，应当进行水压试验，检查胀口的严密性。

4.3 焊接

4.3.1 焊接作业人员

(1) 焊工应当按照焊接工艺规程施焊，并且做好施焊记录；

(2) 锅炉受压元件的焊缝附近应当打焊工代号钢印，对不能打钢印的材料应当有焊工代号的详细记录；

(3) 施焊单位应当建立焊工技术档案，并且对施焊的实际工艺参数和焊缝质量以及焊工遵守工艺纪律情况进行检查评价。

4.3.2 焊接工艺评定

焊接工艺评定应当符合 NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》和本条的要求。

4.3.2.1 焊接工艺评定范围

锅炉产品焊接前，施焊单位应当对以下焊接接头进行焊接工艺评定：

- (1) 受压元件之间对接焊接接头；
- (2) 受压元件之间或者受压元件与承载的非受压元件之间连接的要求全焊透的 T 型接头或者角接接头。

4.3.2.2 试件(试样)附加要求

(1) A 级锅炉锅筒以及集箱类部件的纵向焊缝，当板厚大于 20mm 且小于或者等于 70mm 时，应当从焊接工艺评定试件(试板)上沿焊缝纵向切取全焊缝金属拉伸试样 1 个；当板厚大于 70mm 时，应当取全焊缝金属拉伸试样 2 个；试验方法和取样位置可以按照 GB/T 2652《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》执行；

(2) A 级锅炉锅筒、合金钢材料集箱类部件和管道的对接焊缝，如果双面焊壁厚大于或者等于 12mm(单面焊壁厚大于或者等于 16mm)应当做焊缝金属及热影响区夏比 V 型缺口室温冲击试验；

(3) 焊接试件的材料为合金钢(碳锰钢除外)时，A 级锅炉锅筒的对接焊缝，工作压力大于或者等于 9.8MPa 或者壁温大于 450℃的集箱类部件、管道的对接焊缝，A 级锅炉锅筒、集箱类部件上管接头的角焊缝，在焊接工艺评定时应当进行金相检验。

4.3.2.3 试验结果评定附加要求

(1) 全焊缝金属拉伸试样的试验结果应当满足母材规定的抗拉强度(R_m)、下屈服强度(R_{eL})或者规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)；

(2) 金相检验发现有裂纹、疏松、过烧和超标的异常组织之一者，即为不合格。

4.3.2.4 焊接工艺评定文件

(1) 施焊单位应当按照产品焊接要求和焊接工艺评定标准编制用于评定的预焊接工艺规程(pWPS)，经过焊接工艺评定试验合格，形成焊接工艺评定报告(PQR)，制订焊接工艺规程(WPS)后，方能进行焊接；

(2) 焊接工艺评定完成后，焊接工艺评定报告和焊接工艺规程应当经过制造单位焊接责任工程师审核，技术负责人批准后存入技术档案，保存至该工艺评定失效为止，焊接工艺评定试样至少保存 5 年。

4.3.3 焊接作业

4.3.3.1 基本要求

(1) 受压元件焊接作业应当在不受风、雨、雪等影响的场所进行，采用气体保护焊施焊时应当避免外界气流干扰，当环境温度低于 0℃时应当有预热措施；

(2) 焊件装配时不应当强力对正, 焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后, 方能进行焊接。

4.3.3.2 氩弧焊打底

以下部位应当采用氩弧焊打底:

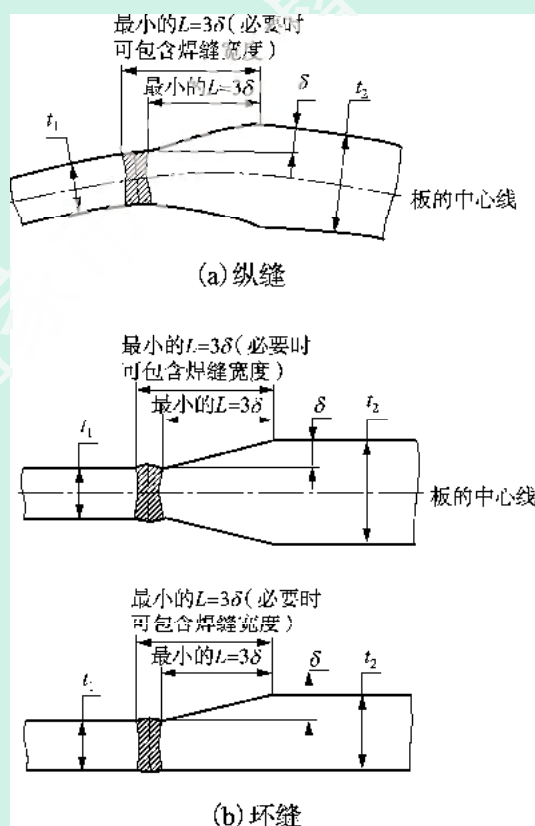
- (1) 立式锅壳锅炉下脚圈与锅壳的连接焊缝;
- (2) 有机热载体锅炉管子、管道的对接焊缝;
- (3) 油田注汽(水)锅炉管子的对接焊缝。

A 级高压以上锅炉, 锅筒和集箱、管道上管接头的组合焊缝, 受热面管子的对接焊缝、管子和管件的对接焊缝, 结构允许时应当采用氩弧焊打底。

4.3.3.3 受压元件对接

(1) 锅筒(壳)纵(环)缝两边的钢板中心线一般应当对齐, 锅筒(壳)环缝两侧的钢板不等厚时, 也允许一侧的边缘对齐;

(2) 名义壁厚不同的两元件或者钢板对接时, 两侧中任何一侧的名义边缘厚度差值如果超过本规程 4.3.3.4 规定的边缘偏差值, 则厚板的边缘应当削至与薄板边缘平齐, 削出的斜面应当平滑, 并且斜率不大于 1:3, 必要时, 焊缝的宽度可以计算在斜面内, 见图 4-1。



δ —名义边缘偏差; t_1 —薄板厚度; t_2 —厚板厚度; L —削薄的长度

图 4-1 不同厚度钢板(元件)的对接

4.3.3.4 焊缝边缘偏差

锅筒(壳)纵(环)向焊缝以及封头(管板)拼接焊缝或者两元件的组装焊缝的装配应当符合以下规定:

(1)纵缝或者封头(管板)拼接焊缝两边钢板的实际边缘偏差值不大于名义板厚(注 4-1)的 10%, 并且不超过 3mm; 当板厚大于 100mm 时, 不超过 6mm;

(2)环缝两边钢板的实际边缘偏差值(包括板厚差在内)不大于名义板厚的 15% 加 1mm, 并且不超过 6mm; 当板厚大于 100mm 时, 不超过 10mm。

注 4-1: 不同厚度的两元件或者钢板对接并且边缘已削薄的, 按照钢板厚度相同对待, 名义板厚指薄板厚度; 不削薄的, 名义板厚指厚板厚度。

4.3.3.5 圆度和棱角度

锅筒(壳)的任意同一横截面上最大内径与最小内径之差应当不大于名义内径的 1%。锅筒(壳)纵向焊缝的棱角度应当不大于 4mm。

4.3.3.6 焊缝返修

(1)如果受压元件的焊接接头经过检测发现存在超标缺陷, 施焊单位应当找出原因, 制订可行的返修方案, 才能进行返修;

(2)补焊前, 缺陷应当彻底清除; 补焊后, 补焊区应当做外观和无损检测检查; 要求焊后热处理的焊缝, 补焊后应当做焊后热处理;

(3)同一位置上的返修不宜超过 2 次, 如果超过 2 次, 应当经过单位技术负责人批准, 返修的部位、次数、返修情况应当存入锅炉产品技术档案。

4.4 热处理

4.4.1 需要进行热处理的范围

(1)碳素钢受压元件, 其名义壁厚大于 30mm 的对接接头或者内燃锅炉的筒体、管板的名义壁厚大于 20mm 的 T 型接头, 应当进行焊后热处理;

(2)合金钢受压元件焊后需要进行热处理的厚度界限按照相应标准规定执行;

(3)除焊后热处理以外, 还应当考虑冷、热成形对变形区材料性能的影响以及该元件使用条件等因素进行热处理。

4.4.2 热处理设备

热处理设备应当配有自动记录热处理的时间与温度曲线的装置, 测温装置应当能够准确反映工件的实际温度。

4.4.3 热处理前的工序要求

受压元件应当在焊接(包括非受压元件与其连接的焊接)工作全部结束并且经过检验合格后, 方可进行焊后热处理。

4.4.4 热处理工艺

热处理前应当根据有关标准及图样要求编制热处理工艺。需要进行现场热处理的,应当提出具体现场热处理的工艺要求。

焊后热处理工艺至少符合以下要求:

(1)异种钢接头焊后需要进行消除应力热处理时,其温度应当不超过焊接接头两侧任一钢种的下临界点(A_{cl});

(2)焊后热处理宜采用整体热处理,如果采用分段热处理,则加热的各段至少有1500mm的重叠部分,并且伸出炉外部分有绝热措施;

(3)局部热处理时,焊缝和焊缝两侧的加热带宽度应当各不小于焊接接头两侧母材厚度(取较大值)的3倍或者不小于200mm。

4.4.5 热处理记录

焊后热处理过程中,应当详细记录热处理规范的各项参数。热处理后有关责任人员应当详细核对各项记录指标是否符合工艺要求。

4.4.6 热处理后的工序要求

本规程4.4.1要求进行热处理的受压元件,热处理后应当避免直接在其上面焊接元件。如果不能避免,在同时满足以下条件时,焊后可以不再进行热处理,否则应当再进行热处理:

- (1)受压元件为碳素钢或者碳锰钢材料;
- (2)角焊缝的计算厚度不大于10mm;
- (3)按照评定合格的焊接工艺施焊;
- (4)角焊缝进行100%表面无损检测。

4.5 焊接检验及相关检验

锅炉受压元件及其焊接接头质量检验,包括外观检验、通球试验、化学成分分析、无损检测、力学性能检验、水压试验等。

4.5.1 受压元件焊接接头外观检验

受压元件焊接接头(包括非受压元件与受压元件焊接的接头)应当进行外观检验,并且至少满足以下要求:

- (1)焊缝外形尺寸符合设计图样和工艺文件的规定;
- (2)对接焊缝高度不低于母材表面,焊缝与母材平滑过渡,焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑和气孔;
- (3)锅筒(壳)、炉胆、集箱的纵(环)缝及封头(管板)的拼接焊缝无咬边,其余焊缝咬边深度不超过0.5mm,管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的20%,并且不超过40mm。

4.5.2 受热面管子通球试验

对接焊接的受热面管子，应当按照相关标准进行通球试验。

4.5.3 化学成分分析

合金钢管、管件对接接头焊缝和母材应当进行化学成分光谱分析验证。

4.5.4 无损检测

4.5.4.1 无损检测基本方法

无损检测方法主要包括射线、超声、磁粉、渗透、涡流等检测方法。制造单位应当根据设计、工艺及其相关技术条件选择检测方法，并且制订相应的检测工艺。

当选用超声衍射时差法(TOFD)时，应当与脉冲回波法(PE)组合进行检测，检测结论以 TOFD 与 PE 方法的结果进行综合判定。

4.5.4.2 无损检测标准

锅炉受压元件无损检测方法应当符合 NB/T 47013《承压设备无损检测》的要求。

4.5.4.3 无损检测技术等级及焊接接头质量等级

(1) 锅炉受压元件焊接接头的射线检测技术等级不低于 AB 级，焊接接头质量等级不低于 II 级；

(2) 锅炉受压元件焊接接头的超声检测技术等级不低于 B 级，焊接接头质量等级不低于 I 级；

(3) 锅炉受压元件焊接接头的衍射时差法超声检测技术等级不低于 B 级，焊接接头质量等级不低于 II 级；

(4) 表面检测的焊接接头质量等级不低于 I 级。

4.5.4.4 无损检测时机

焊接接头的无损检测应当在形状尺寸和外观质量检查合格后进行，并且遵循以下原则：

(1) 有延迟裂纹倾向材料的焊接接头应当在焊接完成 24h 后进行无损检测；

(2) 有再热裂纹倾向材料的焊接接头，应当在最终热处理后进行表面无损检测复验；

(3) 封头(管板)、波形炉胆、下脚圈的拼接接头的无损检测应当在成型后进行；如果成型前进行无损检测，则应当于成型后在小圆弧过渡区域再次进行无损检测。

4.5.4.5 无损检测选用方法和比例

(1) 蒸汽、热水锅炉受压元件焊接接头的无损检测方法及比例应当符合表 4-1 的要求；

表 4-1 蒸汽、热水锅炉无损检测方法及比例

检测部位	锅炉设备分类							
	A 级		B 级	C 级		D 级		
	汽、水			汽	水	汽	水	
锅筒(壳)、启动(汽水)分离器及储水箱的纵向和环向对接接头, 封头(管板)、下脚圈的拼接接头以及集箱的纵向对接接头	100%射线或者超声检测 (注 4-2)			20% 射线检测	10% 射线检测	10% 射线检测	—	
炉胆的纵向和环向对接接头(包括波形炉胆)、回燃室的对接接头及炉胆顶的拼接接头	—		20% 射线检测		10% 射线检测	—		
锅壳锅炉, 其管板与锅壳的 T 型接头, 贯流式锅炉集箱筒体 T 型接头	—		100% 超声检测		10% 超声检测	—		
内燃锅壳锅炉, 其管板与炉胆、回燃室的 T 型接头	—		50% 超声检测		10% 超声检测	—		
集中下降管角接接头	100% 超声检测		—					
外径大于 159mm 或者壁厚大于或者等于 20mm 的集箱、管道和其他管件的环向对接接头	100% 射线或者超声检测 (注 4-2)			—				
其他集箱、管道、管子环向对接接头(受热面管子接触焊除外)	(1) $p \geq 9.8\text{MPa}$, 100% 射线或者超声检测(安装工地: 接头数的 50%); (2) $p < 9.8\text{MPa}$, 50% 射线或者超声检测(安装工地, 接头数的 25%)	10% 射线检测(热水锅炉管道除外) (注 4-3)						

表 4-1 (续)

检测部位	锅炉设备分类						
	A 级		B 级	C 级		D 级	
	汽、水			汽	水	汽	水
锅筒、集箱上管接头的角接头	外径大于 108mm 的全焊透结构的角接头，100% 超声检测；其他管接头的角接头应当按照不少于接头数的 20% 进行表面无损检测		—				

注 4-2: 壁厚小于 20mm 的焊接接头应当采用射线检测方法; 壁厚大于或者等于 20mm 时, 可以采用超声检测方法。超声检测宜采用可记录的超声检测仪, 否则应当附加 20% 局部射线检测。

注 4-3: 水温低于 100℃ 的省煤器受热面管可以不进行无损检测。

注 4-4: 水温低于 100℃ 的给水管道可以不进行无损检测。

(2) 有机热载体锅炉承压本体及承压部件无损检测比例及方法应当符合表 4-2 的要求;

表 4-2 有机热载体锅炉无损检测方法的比例

接头部位	无损检测方法的比例	
	气相	液相
锅筒、闪蒸罐的纵(环)缝和封头的拼接对接接头	100% 射线检测	50% 射线检测
锅壳锅炉, 共管板、炉胆、回燃室与锅壳的 T 型接头	100% 超声检测	50% 超声检测
承压集箱、冷凝液罐、膨胀罐和储罐的对接接头	20% 射线检测	
外径大于或者等于 159mm 管子、管道的对接接头	接头数的 20% 射线检测	
外径小于 159mm 管子、管道的对接接头	接头数的 10% 射线检测	

(3) 蒸汽锅炉、B 级以上(含 B 级)热水锅炉和承压有机热载体锅炉的管子或者管道与无直段弯头的焊接接头, 应当进行 100% 射线或者超声检测。

4.5.4.6 局部无损检测

锅炉受压元件局部无损检测部位由制造单位确定, 但是应当包括纵缝与环缝的相交对接接头部位。

经局部无损检测的焊接接头, 如果在检测部位任意一端发现缺陷有延伸可能

时，应当在缺陷的延长方向进行补充检测。当发现超标缺陷时，应当在该缺陷两端的延伸部位各进行不少于 200mm 的补充检测，如仍然不合格，则应当对该条焊接接头进行全部检测。对不合格的管子对接接头，应当对该焊工当日焊接的管子对接接头进行抽查数量双倍数目的补充检测，如果仍然不合格，应当对该焊工当日全部接管焊接接头进行检测。

进行局部无损检测的锅炉受压元件，制造单位也应当对未检测部分的质量负责。

4.5.4.7 组合无损检测方法合格判定

锅炉受压元件如果采用多种无损检测方法进行检测，则应当按照各自验收标准进行评定，均合格后，方可认为无损检测合格。

4.5.4.8 无损检测报告的管理

制造单位应当妥善保管无损检测的工艺卡、原始记录、报告、检测部位图、射线底片、光盘或者电子文档等资料(含缺陷返修记录)，其保存期限不少于 7 年。

4.5.5 力学性能检验

4.5.5.1 焊制产品焊接试件的基本要求

为检验产品焊接接头的力学性能，应当焊制产品焊接试件。焊接质量稳定的制造单位，经过技术负责人批准，可以免做焊接试件。但是属于下列情况之一的，应当制作纵缝焊接试件：

- (1) 制造单位按照新焊接工艺规程制造的前 5 台锅炉；
- (2) 用合金钢(碳锰钢除外)制作并且工艺要求进行热处理的锅筒或者集箱类部件；
- (3) 设计要求制作焊接试件。

4.5.5.2 焊接试件制作

(1) 每个锅筒(壳)、集箱类部件纵缝应当制作一块焊接试件，纵缝焊接试件应当作为产品纵缝的延长部分焊接；

(2) 产品焊接试件应当由焊接该产品的焊工焊接，试件材料、焊接材料和工艺条件等应当与所代表的产品相同，试件焊成后应当打上焊工和检验员代号钢印；

(3) 需要热处理的，试件应当与所代表的产品同炉热处理；

(4) 焊接试件的数量、尺寸应当满足检验和复验所需要试样的制备。

4.5.5.3 试样制取和性能检验

(1) 焊接试件经过外观和无损检测检查后，在合格部位制取试样；

(2) 焊接试件上制取试样的力学性能检验类别、试样数量、取样和加工要求、试验方法、合格指标及复验应当符合 NB/T 47016《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》，同时锅筒、集箱类部件纵缝还应当按照本规程 4.3.2.2、4.3.2.3 的有关规定进行全焊缝拉伸试验和冲击试验。

4.5.6 水压试验

4.5.6.1 基本要求

- (1) 锅炉受压元件应当在无损检测和热处理后进行水压试验；
- (2) 水压试验场地应当有可靠的安全防护设施；
- (3) 水压试验应当在环境温度高于或者等于 5℃ 时进行，低于 5℃ 时应当有防冻措施；

(4) 水压试验所用的水应当是洁净水，水温应当保持高于周围露点温度以防止表面结露，但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力；

(5) 合金钢受压元件的水压试验水温应当高于所用钢种的脆性转变温度，一般为 20℃～70℃；

(6) 奥氏体受压元件水压试验时，应当控制水中的氯离子含量不超过 25mg/L，如不能满足要求，水压试验后应当立即将水渍去除干净。

4.5.6.2 水压试验压力和保压时间

水压试验时，受压元件的薄膜应力不得超过元件材料在试验温度下屈服点的 90%。水压试验压力及保压时间应当符合本条要求。

4.5.6.2.1 整体水压试验

整体水压试验保压时间为 20min，试验压力按照表 4-3 的规定执行。

表 4-3 水压试验压力

名称	锅筒(壳)工作压力(MPa)	试验压力(MPa)
锅炉本体	< 0.8	1.5 倍锅筒(壳)工作压力， 但不小于 0.2
锅炉本体	0.8～1.6	锅筒(壳)工作压力加 0.4
锅炉本体	> 1.6	1.25 倍锅筒(壳)工作压力
直流锅炉本体	任何压力	介质出口工作压力的 1.25 倍，并且不小于省煤器进口工作压力的 1.1 倍
再热器	任何压力	1.5 倍再热器的工作压力
铸铁省煤器	任何压力	1.5 倍省煤器的工作压力

注 4-5：表 4-3 中的锅炉本体的水压试验，不包括本表中的再热器和铸铁省煤器。

4.5.6.2.2 零部件水压试验

(1) 以部件型式出厂的锅筒、启动(汽水)分离器及储水箱，为其工作压力的 1.25 倍，并且不低于其所对应的锅炉本体水压试验压力，保压时间至少为 20min；

(2) 散件出厂锅炉的集箱类部件，为其工作压力的 1.5 倍，保压时间至少为 5min；

(3) 对接焊接的受热面管子及其他受压管件，为其工作压力的 1.5 倍，保压时间至少为 10s~20s；

(4) 受热面管与集箱焊接的部件为其工作压力的 1.5 倍，保压时间至少为 5min。

注 4-6：敞口集箱(含带有三通是集箱)、无成排受热面管接头以及内孔焊封底的成排管接头的集箱、启动(汽水)分离器及储水箱、管道、减温器、分配集箱等部件，其所有焊缝经过 100% 无损检测合格，以及对接焊接的受热面管及其他受压管件经过氩弧焊打底并且 100% 无损检测合格，能够确保焊接质量，在制造单位内可以不单独进行水压试验。

4.5.6.3 水压试验过程控制

进行水压试验时，水压应当缓慢地升降。当水压上升到工作压力时，应当暂停升压，检查有无漏水或者异常现象，然后再升压到试验压力，达到保压时间后，降到工作压力进行检查。检查期间压力应当保持不变。

4.5.6.4 水压试验合格要求

- (1) 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
- (2) 当降到工作压力后胀口处不滴水珠；
- (3) 铸铁锅炉、铸铝锅炉锅片的密封处在降到额定工作压力后不滴水珠；
- (4) 水压试验后，没有发现明显残余变形。

4.6 出厂资料、金属铭牌和标记

4.6.1 出厂资料

产品出厂时，锅炉制造单位应当提供与安全有关的技术资料。资料至少包括以下内容：

- (1) 锅炉图样(包括总图、安装图和主要受压元件图)；
- (2) 受压元件的强度计算书或者计算结果汇总表；
- (3) 安全阀排放量的计算书或者计算结果汇总表；
- (4) 热力计算书或者热力计算结果汇总表；
- (5) 烟风阻力计算书或者计算结果汇总表；
- (6) 锅炉质量证明书，包括产品合格证(含锅炉产品数据表，见附件 B 及附表 b)、金属材料质量证明、焊接质量证明和水(耐)压试验证明等；
- (7) 锅炉安装说明书和使用说明书；
- (8) 受压元件与设计文件不符的变更资料；
- (9) 热水锅炉的水流程图及水动力计算书或者计算结果汇总表(自然循环的锅壳式锅炉除外)；
- (10) 有机热载体锅炉的介质流程图和液膜温度计算书或者计算结果汇总表。

产品合格证上应当有检验责任工程师、质量保证工程师签章和产品质量检验专用章(或单位公章)。

4.6.2 A级锅炉出厂资料

对于A级锅炉,除满足本规程4.6.1有关要求外,还应当提供以下技术资料:

- (1) 过热器、再热器壁温计算书或者计算结果汇总表;
- (2) 热膨胀系统图;
- (3) 高压以上锅炉水循环(含汽水阻力)计算书或者计算结果汇总表;
- (4) 高压以上锅炉汽水系统图;
- (5) 高压以上锅炉各项安全保护装置整定值。

电站锅炉机组整套启动验收前,锅炉制造单位应当提供完整的锅炉出厂技术资料。

4.6.3 产品铭牌

锅炉产品应当在明显的位置装设金属铭牌,铭牌上至少载明以下项目:

- (1) 制造单位名称;
- (2) 锅炉型号;
- (3) 设备代码(见附件C);
- (4) 产品编号;
- (5) 额定蒸发量(t/h)或者额定热功率(MW);
- (6) 额定工作压力(MPa);
- (7) 额定蒸汽温度(°C)或者额定出口、进口水(油)温度(°C);
- (8) 再热蒸汽进口、出口温度(°C)及进口、出口压力(MPa);
- (9) 锅炉制造许可证级别和编号;
- (10) 制造日期(年、月)。

铭牌上应当留有打制造监督检验标志的位置。

4.6.4 受压元件出厂标记

散件出厂的锅炉,应当在主要受压元件的封头、端盖或者筒体适当位置上标注产品标记。

5 安全附件和仪表

5.1 安全阀

5.1.1 基本要求

安全阀的产品型式试验等要求应当符合《安全阀安全技术监察规程》的规定。

5.1.2 设置

5.1.2.1 一般要求

每台锅炉至少应当装设两个安全阀(包括锅筒和过热器安全阀)。符合下列规定

之一的,可以只装设一个安全阀:

- (1)额定蒸发量小于或者等于 0.5t/h 的蒸汽锅炉;
- (2)额定蒸发量小于 4t/h 并且装设有可靠的超压联锁保护装置的蒸汽锅炉;
- (3)额定热功率小于或者等于 2.8MW 的热水锅炉。

5.1.2.2 其他要求

除满足本规程 5.1.2.1 的要求外,以下位置也应当装设安全阀:

- (1)再热器出口处,以及直流锅炉的外置式启动(汽水)分离器;
- (2)直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中两级间的连接管道截止阀前;
- (3)多压力等级余热锅炉,每一压力等级的锅筒和过热器。

5.1.3 安全阀选用

(1)蒸汽锅炉的安全阀应当采用全启式弹簧安全阀、杠杆式安全阀或者控制式安全阀(脉冲式、气动式、液动式和电磁式等),选用的安全阀应当符合《安全阀安全技术监察规程》及相关技术标准的规定;

(2)额定工作压力为 0.1MPa 的蒸汽锅炉,可以采用静重式安全阀或者水封式安全装置,热水锅炉上装设有水封安全装置的,可以不装设安全阀;水封式安全装置的水封管内径应当根据锅炉的额定蒸发量(额定热功率)和额定工作压力确定,并且不小于 25mm;水封管应当有防冻措施,并且不得装设阀门。

5.1.4 蒸汽锅炉安全阀的总排放量

蒸汽锅炉锅筒(壳)上的安全阀和过热器上的安全阀的总排放量,应当大于额定蒸发量,对于电站锅炉应当大于锅炉最大连续蒸发量,并且在锅筒(壳)和过热器上所有的安全阀开启后,锅筒(壳)内的蒸汽压力不应当超过设计时计算压力的 1.1 倍。再热器安全阀的排放总量应当大于锅炉再热器最大设计蒸汽流量。

5.1.5 锅筒以外安全阀的排放量

过热器和再热器出口处安全阀的排放量应当保证过热器和再热器有足够的冷却。直流蒸汽锅炉外置式启动(汽水)分离器的安全阀排放量应当大于直流蒸汽锅炉启动时的产汽量。

5.1.6 蒸汽锅炉安全阀排放量的确定

蒸汽锅炉安全阀流道直径应当大于或者等于 20mm。排放量应当按照下列方法之一进行计算:

- (1)按照安全阀制造单位提供的额定排放量;
- (2)按照公式(5-1)进行计算;

$$E = 0.235 A(10.2p + 1)K \quad (5-1)$$

式中:

E ——安全阀的理论排放量, kg/h;

p ——安全阀进口处的蒸汽压力(表压), MPa;

A ——安全阀的流道面积, 可用 $\frac{\pi d^2}{4}$ 计算, mm^2 ;

d ——安全阀的流道直径, mm;

K ——安全阀进口处蒸汽比容修正系数, 按照公式(5-2)计算。

$$K = K_p \cdot K_g \quad (5-2)$$

式中:

K_p ——压力修正系数;

K_g ——过热修正系数。

K 、 K_p 、 K_g 按照表 5-1 选用和计算。

表 5-1 安全阀进口处各修正系数

p (MPa)		K_p	K_g	$K = K_p \cdot K_g$
$p \leq 12$	饱和	1	1	1
	过热	1	$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}}$	$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}}$
$p > 12$	饱和	$\sqrt{\frac{2.1}{(10.2p+1)V_b}}$	1	$\sqrt{\frac{2.1}{(10.2p+1)V_b}}$
	过热		$\sqrt{\frac{V_b}{V_g}}$	$\sqrt{\frac{2.1}{(10.2p+1)V_g}}$

注 5-1: $\sqrt{\frac{V_b}{V_g}}$ 也可以用 $\sqrt{\frac{1000}{(1000+2.7T_g)}}$ 代替。

式中:

V_g ——过热蒸汽比容, m^3/kg ;

V_b ——饱和蒸汽比容, m^3/kg ;

T_g ——过热度, $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 按照 GB/T 12241《安全阀一般要求》或者 NB/T 47063《电站安全阀》中的公式进行计算。

5.1.7 热水锅炉安全阀的泄放能力

热水锅炉安全阀的泄放能力应当满足所有安全阀开启后锅炉内的压力不超过设

计压力的 1.1 倍。安全阀流道直径按照以下原则选取：

(1) 额定出口水温小于 100℃ 的锅炉，可以按照表 5-2 选取；

表 5-2 小于 100℃ 的锅炉安全阀流道直径选取表

锅炉额定热功率 (MW)	$Q \leq 1.4$	$1.4 < Q \leq 7.0$	$Q > 7.0$
安全阀流道直径 (mm)	≥ 20	≥ 32	≥ 50

(2) 额定出口水温大于或者等于 100℃ 的锅炉，其安全阀的数量和流道直径应当按照公式 (5-3) 计算。

$$ndh = \frac{35.3Q}{C(p+0.1)(i-i_j)} \times 10^6 \quad (5-3)$$

式中：

n ——安全阀数量，个；

d ——安全阀流道直径，mm；

h ——安全阀阀芯开启高度，mm；

Q ——锅炉额定热功率，MW；

C ——排放系数，按照安全阀制造单位提供的数据，或者按照以下数值选取：

当 $h \leq \frac{d}{20}$ 时， $C=135$ ；当 $h \geq \frac{d}{4}$ 时， $C=70$ ；

p ——安全阀的开启压力，MPa；

i ——锅炉额定出水压力下饱和蒸汽焓，kJ/kg；

i_j ——锅炉进水的焓，kJ/kg。

5.1.8 安全阀整定压力

安全阀整定压力确定原则如下：

(1) 蒸汽锅炉安全阀整定压力按照表 5-3 的规定进行调整和校验，锅炉上有一个安全阀按照表中较低的整定压力进行调整；对有过热器的锅炉，过热器上的安全阀按照较低的整定压力调整，以保证过热器上的安全阀先开启；

表 5-3 蒸汽锅炉安全阀整定压力

额定工作压力 (MPa)	安全阀整定压力	
	最低值	最高值
$p \leq 0.8$	工作压力加 0.03MPa	工作压力加 0.05MPa
$0.8 < p \leq 5.3$	1.04 倍工作压力	1.06 倍工作压力
$p > 5.3$	1.05 倍工作压力	1.08 倍工作压力

注 5-2：表中的工作压力，是指安全阀装设地点的工作压力，对于控制式安全阀是指控制源接出地点的工作压力

- (2) 再热器安全阀最高整定压力应当不高于其计算压力；
- (3) 直流蒸汽锅炉各部位安全阀最高整定压力，由锅炉制造单位在设计计算的安全裕量范围内确定；
- (4) 热水锅炉上的安全阀按照表 5-4 规定的压力进行整定或者校验。

表 5-4 热水锅炉安全阀的整定压力

最低值	最高值
1.10 倍工作压力但是不小于工作压力加 0.07MPa	1.12 倍工作压力但是不小于工作压力加 0.10MPa

5.1.9 安全阀启闭压差

一般为整定压力的 4%~7%，最大不超过 10%。当整定压力小于 0.3MPa 时，最大启闭压差为 0.03MPa。

5.1.10 安全阀安装

(1) 安全阀应当铅直安装，并且安装在锅筒(壳)、集箱的最高位置，在安全阀和锅筒(壳)之间或者安全阀和集箱之间，不应当装设阀门和取用介质的管路；

(2) 几个安全阀如果共同装在一个与锅筒(壳)直接相连的短管上，短管的流通截面积应当不小于所有安全阀的流通截面积之和；

(3) 采用螺纹连接的弹簧安全阀时，应当符合 GB/T 12241《安全阀 一般要求》的要求；安全阀应当与带有螺纹的短管相连接，而短管与锅筒(壳)或者集箱筒体的连接应当采用焊接结构。

5.1.11 安全阀上的装置

5.1.11.1 基本要求

- (1) 静重式安全阀应当有防止重片飞脱的装置；
- (2) 弹簧式安全阀应当有提升手把和防止随便拧动调整螺钉的装置；
- (3) 杠杆式安全阀应当有防止重锤自行移动的装置和限制杠杆越出的导架。

5.1.11.2 控制式安全阀

控制式安全阀应当有可靠的动力源和电源，并且符合以下要求：

- (1) 脉冲式安全阀的冲量接入导管上的阀门保持全开并且加铅封；
- (2) 用压缩空气控制的安全阀有可靠的气源和电源；
- (3) 液压控制式安全阀有可靠的液压传送系统和电源；
- (4) 电磁控制式安全阀有可靠的电源。

5.1.12 蒸汽锅炉安全阀排汽管

(1)排汽管应当直通安全地点，并且有足够的流通截面积，保证排汽畅通，同时排汽管应当固定，不应当有任何来自排汽管的外力施加到安全阀上；

(2)安全阀排汽管底部应当装有接到安全地点的疏水管，在疏水管上不应当装设阀门；

(3)两个独立的安全阀的排汽管不应当相连；

(4)安全阀排汽管上如果装有消音器，其结构应当有足够的流通截面积和可靠的疏水装置；

(5)露天布置的排汽管如果加装防护罩，防护罩的安装不应当妨碍安全阀的正常动作和维修。

5.1.13 热水锅炉安全阀排水管

热水锅炉的安全阀应当装设排水管，排水管应当直通安全地点，并且有足够的排放流通面积，保证排放畅通。在排水管上不应当装设阀门，并且应当有防冻措施。

5.1.14 安全阀校验

(1)在用锅炉的安全阀每年至少校验1次，校验一般在锅炉运行状态下进行；

(2)如果现场校验有困难或者对安全阀进行修理后，可以在安全阀校验台上进行，校验后的安全阀在搬运或者安装过程中，不能摔、砸、碰撞；

(3)新安装的锅炉或者安全阀检修、更换后，应当校验其整定压力和密封性；

(4)安全阀经过校验后，应当加锁或者铅封；

(5)控制式安全阀应当分别进行控制回路可靠性试验和开启性能检验；

(6)安全阀整定压力、密封性等检验结果应当记入锅炉安全技术档案。

5.1.15 锅炉运行中安全阀使用

(1)锅炉运行中安全阀应当定期进行排放试验，电站锅炉安全阀每年进行一次，对控制式安全阀，使用单位应当定期对控制系统进行试验；

(2)锅炉运行中安全阀不允许解列，不允许提高安全阀的整定压力或者使安全阀失效。

5.2 压力测量装置

5.2.1 设置

锅炉的以下部位应当装设压力表：

(1)蒸汽锅炉锅筒(壳)的蒸汽空间；

(2)给水调节阀前；

(3)省煤器出口；

- (4) 过热器出口和主汽阀之间；
- (5) 再热器出口、进口；
- (6) 直流蒸汽锅炉的启动(汽水)分离器或其出口管道上；
- (7) 直流蒸汽锅炉省煤器进口、储水箱和循环泵出口；
- (8) 直流蒸汽锅炉蒸发受热面出口截止阀前(如果装有截止阀)；
- (9) 热水锅炉的锅筒(壳)上；
- (10) 热水锅炉的进水阀出口和出水阀进口；
- (11) 热水锅炉循环水泵的出口、进口；
- (12) 燃油锅炉、燃煤锅炉的点火油系统的油泵进口(回油)及出口；
- (13) 燃气锅炉、燃煤锅炉的点火气系统的气源进口及燃气阀组稳压阀(调压阀)后。

5.2.2 压力表选用

- (1) 压力表应当符合相关技术标准的要求；
- (2) A 级锅炉压力表精确度应当不低于 1.6 级，其他锅炉压力表精确度应当不低于 2.5 级；
- (3) 压力表的量程应当根据工作压力选用，一般为工作压力的 1.5 倍~3.0 倍，最好选用 2 倍；
- (4) 压力表表盘大小应当保证锅炉作业人员能够清楚地看到压力指示值。

5.2.3 压力表校验

压力表应当定期进行校验，刻度盘上应当划出指示工作压力的红线，并且注明下次校验日期。压力表校验后应当加铅封。

5.2.4 压力表安装

压力表安装应当符合以下要求：

- (1) 装设在便于观察和吹洗的位置，并且防止受到高温、冰冻和震动的影响；
- (2) 锅炉蒸汽空间设置的压力表应当有存水弯管或者其他冷却蒸汽的措施，热水锅炉用的压力表也应当有缓冲弯管，弯管内径不小于 10mm；
- (3) 压力表与弯管之间装设三通阀门，以便吹洗管路、卸换、校验压力表。

5.2.5 压力表停止使用情况

压力表有下列情况之一时，应当停止使用：

- (1) 有限止钉的压力表在无压力时，指针转动后不能回到限止钉处；没有限止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的允许误差；
- (2) 表面玻璃破碎或者表盘刻度模糊不清；
- (3) 封印损坏或者超过校验期；
- (4) 表内泄漏或者指针跳动；

(5)其他影响压力表准确指示的缺陷。

5.3 水位测量与示控装置

5.3.1 设置

5.3.1.1 基本要求

每台蒸汽锅炉锅筒(壳)应当装设至少 2 个彼此独立的直读式水位表,符合下列条件之一的锅炉可以只装设 1 个直读式水位表:

- (1)额定蒸发量小于或者等于 0.5t/h 的锅炉;
- (2)额定蒸发量小于或者等于 2t/h,并且装有一套可靠的水位示控装置的锅炉;
- (3)装设两套各自独立的远程水位测量装置的锅炉;
- (4)电加热锅炉;
- (5)有可靠壁温联锁保护装置的贯流式工业锅炉。

5.3.1.2 特殊要求

(1)多压力等级余热锅炉每个压力等级的锅筒应当装设两个彼此独立的直读式水位表;

(2)直流蒸汽锅炉启动系统中储水箱和启动(汽水)分离器应当装设远程水位测量装置。

5.3.2 水位表的结构、装置

(1)水位表应当有指示最高、最低安全水位和正常水位的明显标志,水位表的下部可见边缘应当比最高火界至少高 50mm,并且比最低安全水位至少低 25mm,水位表的上部可见边缘应当比最高安全水位至少高 25mm;

(2)玻璃管式水位表应当有防护装置,并且不妨碍观察真实水位,玻璃管的内径应当不小于 8mm;

(3)锅炉运行中能够吹洗和更换玻璃板(管)、云母片;

(4)用 2 个以上(含 2 个)玻璃板或者云母片组成的一组水位表,能够连续指示水位;

(5)水位表或者水表柱和锅筒(壳)之间阀门的流道直径应当不小于 8mm,汽水连接管内径应当不小于 18mm,连接管长度大于 500mm 或者有弯曲时,内径应当适当放大,以保证水位表灵敏准确;

(6)连接管应当尽可能短,如果连接管不是水平布置时,汽连管中的凝结水能够流向水位表,水连管中的水能够自行流向锅筒(壳);

(7)水位表应当有放水阀门和接到安全地点的放水管;

(8)水位表或者水表柱和锅筒(壳)之间的汽水连接管上应当装设阀门,锅炉运行时,阀门应当处于全开位置;对于额定蒸发量小于 0.5t/h 的锅炉,水位表与锅筒(壳)

之间的汽水连管上可以不装设阀门。

5.3.3 安装

(1) 水位表应当安装在便于观察的地方，水位表距离操作地面高于 6000mm 时，应当加装远程水位测量装置或者水位视频监视系统；

(2) 用远程水位测量装置监视锅炉水位时，信号应当各自独立取出；在锅炉控制室内至少有两个可靠的远程水位测量装置，同时运行中应当保证有一个直读式水位表正常工作；

(3) 亚临界锅炉水位表安装调试时，应当对由于水位表与锅筒内液体密度差引起的测量误差进行修正。

5.4 温度测量装置

5.4.1 设置

在锅炉相应部位应当装设温度测点，测量以下温度：

- (1) 蒸汽锅炉的给水温度(常温给水除外)；
- (2) 铸铁省煤器和电站锅炉省煤器出口水温；
- (3) 热水锅炉进口、出口水温；
- (4) 再热器进口、出口汽温；
- (5) 过热器出口和多级过热器的每级出口的汽温；
- (6) 减温器前、后汽温；
- (7) 空气预热器进口、出口空气温度；
- (8) 空气预热器进口烟温；
- (9) 排烟温度；
- (10) 有再热器的锅炉炉膛的出口烟温；
- (11) A 级高压以上的蒸汽锅炉的锅筒上、下壁温(控制循环锅炉除外)，过热器、再热器的蛇形管的金属壁温；
- (12) 直流蒸汽锅炉上下炉膛水冷壁出口金属壁温，启动系统储水箱壁温。

在蒸汽锅炉过热器出口、再热器出口和额定热功率大于或者等于 7MW 的热水锅炉出口，应当装设可记录式温度测量仪表。

5.4.2 温度测量仪表量程

表盘式温度测量仪表的温度测量量程应当根据工作温度选用，一般为工作温度的 1.5 倍~2 倍。

5.5 排污和放水装置

排污和放水装置的装设应当符合以下要求：

- (1) 蒸汽锅炉锅筒(壳)、立式锅炉的下脚圈和水循环系统的最低处都需要装设排

污阀；B 级及以下锅炉采用快开式排污阀门；排污阀的公称通径为 20mm～65mm；卧式锅壳锅炉锅壳上的排污阀的公称通径不小于 40mm；

(2) 额定蒸发量大于 1t/h 的蒸汽锅炉和 B 级热水锅炉(工业用直流和贯流式锅炉除外)，排污管上装设 2 个串联的阀门，其中至少有 1 个是排污阀，并且安装在靠近排污管线出口一侧；

(3) 过热器系统、再热器系统、省煤器系统的最低集箱(或者管道)处装设放水阀；

(4) 有过热器的蒸汽锅炉锅筒装设连续排污装置；

(5) 每台锅炉装设独立的排污管，排污管尽量减少弯头，保证排污畅通并且接到安全地点或者排污膨胀箱(扩容器)；

(6) 多台锅炉合用 1 根排放总管时，需要避免 2 台以上的锅炉同时排污；

(7) 锅炉的排污阀、排污管不宜采用螺纹连接。

5.6 安全保护装置

5.6.1 基本要求

(1) 蒸汽锅炉应当装设高、低水位报警和低水位联锁保护装置，保护装置最迟应当在最低安全水位时动作，无锅筒(壳)并且有可靠壁温联锁保护装置的工业锅炉除外；

(2) 额定蒸发量大于或者等于 2t/h 的锅炉，应当装设蒸汽超压报警和联锁保护装置，超压联锁保护装置动作整定值应当低于安全阀较低整定压力值；

(3) 锅炉的过热器和再热器，应当根据机组运行方式、自控条件和过热器、再热器设计结构，采取相应的保护措施，防止金属壁超温；再热蒸汽系统应当设置事故喷水装置，并且能自动投入使用；

(4) 安置在多层或者高层建筑物内的锅炉，蒸汽锅炉应当配备超压联锁保护装置，热水锅炉应当配备超温联锁保护装置。

5.6.2 控制循环蒸汽锅炉

控制循环蒸汽锅炉应当装设以下保护和联锁装置：

(1) 锅水循环泵进出口差压保护；

(2) 循环泵电动机内部水温超温保护；

(3) 锅水循环泵出口阀与泵的联锁装置。

5.6.3 A 级直流锅炉

A 级直流锅炉应当装设以下保护装置：

(1) 在任何情况下，当给水流量低于启动流量时的报警装置；

(2) 锅炉进入纯直流状态运行后，工质流程中间点温度超过规定值时的报警

装置：

- (3) 给水的断水时间超过规定时间时，自动切断锅炉燃料供应的装置；
- (4) 亚临界及以上直流锅炉上下炉膛水冷壁金属温度超过规定值的报警装置；
- (5) 设置有启动循环的直流锅炉，循环泵电动机内部水温超温的保护装置。

5.6.4 循环流化床锅炉

循环流化床锅炉应当装设风量与燃料联锁保护装置，当流化风量低于最小流化风量时，能够切断燃料供给。

5.6.5 室燃锅炉

室燃锅炉应当装设具有以下功能的联锁装置：

- (1) 全部引风机跳闸时，自动切断全部送风和燃料供应；
- (2) 全部送风机跳闸时，自动切断全部燃料供应；
- (3) 直吹式制粉系统一次风机全部跳闸时，自动切断全部燃料供应；
- (4) 燃油及其雾化工质的压力、燃气压力低于规定值时，自动切断燃油或者燃气供应。

A 级高压以上锅炉，除符合(1)～(4)要求外，还应当有炉膛高低压力联锁保护装置。

5.6.6 点火程序控制与熄火保护

室燃锅炉应当装设点火程序控制装置和熄火保护装置，并且符合以下要求：

(1) 在点火程序控制中，点火前的总通风量应当不小于 3 倍的从炉膛到烟囱进口烟道总容积；0.5t/h(350kW) 以下的液体燃料锅炉通风时间至少持续 10s，锅壳锅炉、贯流锅炉和非发电用直流锅炉的通风时间至少持续 20s，水管锅炉的通风时间至少持续 60s，电站锅炉的通风时间一般应当持续 3min 以上；由于结构原因不易做到充分吹扫时，应当适当延长通风时间；

(2) 单位时间通风量一般保持额定负荷下的燃烧空气量，对额定功率较大的燃烧器，可以适当降低但不能低于额定负荷下燃烧空气量的 50%；电站锅炉一般保持额定负荷下 25%～40% 的燃烧空气量；

(3) 熄火保护装置动作时，应当保证自动切断燃料供给，并进行充分后吹扫。

5.6.7 其他要求

(1) 由于事故引起主燃料系统跳闸，灭火后未能及时进行炉膛吹扫的应当尽快实施补充吹扫，不应当向已经熄火停炉的锅炉炉膛内供应燃料；

(2) 锅炉运行中联锁保护装置不应当随意退出运行，联锁保护装置的备用电源或者气源应当可靠，不应当随意退出备用，并且定期进行备用电源或者气源自投试验。