

安全阀 (第3版)

SAFETY VALVE (3RD EDITION)



主 编
CHIEF EDITOR

周 震
ZHOU ZHEN

副主编
DEPUTY CHIEF EDITOR

张传虎
ZHANGCHUANHU

孔令伟
KONG LINGWEI

武学忠
WUXUEZONG

赵东宁
ZHAODONGNING

孙 琦
SUN QI

黄明亚
HUANGMINGYA

李永康
LIYONGKANG

陈立龙
CHENLILONG

主 审
CHIEF REVISER

宋继红
SONG JIHONG

副主审
CHIEF CHIEF REVISER

鹿焕成
LUHUANCHENG

安全阀

(第3版)

主 编 周 震

副主编 张传虎 孔令伟 武学忠 赵东宁
孙 琦 黄明亚 李永康 陈立龙

主 审 宋继红

副主审 鹿焕成

中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

安全阀/周震主编. —3版. —北京:中国标准出版社,2020.4

特种设备检验检测人员培训考核教材

ISBN 978-7-5066-9303-5

I. ①安… II. ①周… III. ①安全阀—技术培训—教材

IV. ①TH134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 102044 号

内 容 提 要

本书根据锅炉压力容器压力管道设备上超压保护用安全阀的特点,按照国家有关法律法规、标准规定的要求,系统地介绍了锅炉压力容器压力管道基础知识,安全阀基础知识,安全阀工作原理和特性,安全阀设计、制造、检验与监察、选用和使用修理及维护保养,安全阀有关法规和标准,为各级锅炉压力容器压力管道安全监督检查部门和从事安全阀设计、制造、安装维修、检测校验人员和专业管理人员提供了全面的理论知识和丰富的实际操作方法。

本书的读者对象主要是安全阀工程技术人员、质量管理人员、检测校验人员以及特种设备检验检测人员,也可作为上述人员培训考核教材和大中专院校安全阀专业的教学或参考书籍。

中国标准出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 401 千字

2020 年 4 月第三版 2020 年 4 月第三次印刷

*

定价 65.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

编委会

主 编 周 震

副主编 张传虎 孔令伟 武学忠 赵东宁 孙 琦
黄明亚 李永康 陈立龙

主 审 宋继红

副主审 鹿焕成

编 委 张传虎 黄明亚 李永康 万胜军 陈立龙
张惠东 唐惠锋 胡 军 李小龙 陈明仁
谭雪梅 成志红 李 博 李景文 钱树芬
许红娟 邵大伟 刘振营 刘建民

前 言

为了贯彻《中华人民共和国特种设备安全法》和 TSG ZF001《安全阀安全技术监察规程》，提高锅炉、压力容器、压力管道安全阀设计、制造、安装、维修、使用、检验单位的技术人员理论水平和实际操作技能，规范安全阀安全技术质量监督检验工作标准，在《安全阀》(第 2 版)的基础上，应广大读者要求，由周震高级工程师主持，邀请国家电力、石油化工机械、特种设备行业及国家科研机构有较高理论水平和丰富实践经验的工程技术人员编写了《安全阀》(第 3 版)。

与《安全阀(第 2 版)》相比，《安全阀》(第 3 版)。新增的内容有：第一，对涉及国家特种设备安全法规、技术标准、规程条例更新升版，根据国家新的安全法规、技术标准、规程条例进行了相应地修改；第二，对《安全阀(第 2 版)》中，发现有错误或笔误的地方进行了纠错和更正；第三，根据近几年国际上安全阀技术理论和技术水平的发展，在内容上进行了必要的增加和删减。

本书是编者在芬兰、俄罗斯、德国、荷兰、日本、马来西亚等国家进行锅炉压力容器监督制造的检验的经验总结。同时，本书也认真总结了 40 年以来，国内安全阀制造厂、相关科研院所、安全阀检测检验监督机构，从安全阀设计、制造、安装、使用到维修、改造、校验检测、监督管理方面的技术和经验，汇集了众多安全阀工程技术人员的专业知识和实践积累。

本书为相关专业工程技术人员设计研发安全阀产品、编制安全阀工艺方案、进行安全阀维修改造、校验检测、监督管理等方面提供了非常重要的、适用性较强的技术资料。本书适用于安全阀设计、制造、安装、使用、维修、改造、监督检验等行业的工程技术人员和管理人员使用，也可作为大中专院校安全阀专业的教学或参考用书。

在《安全阀》(第 2 版)编写者孔令伟、孙琦、武学忠、赵东宁、李博、李景文、钱树芬、许红娟、邵大伟、刘振营辛勤工作的基础上，又增选以下行业专家参加本书编写：张传虎(武汉华科能源环境科技股份有限公司董事长，高级工程师，电力行业电站阀门标准化技术委员会副主任、全国安全泄压装置标准化技术委

员会委员),黄明亚(合肥通用机械研究院有限公司副总工程师,教授级高工,兼任全国阀门标准化技术委员会秘书长和安全泄压装置标准化技术委员会主任委员),鹿焕成(武汉华科能源环境科技股份有限公司总工,教授级高工,兼任全国阀门标准化技术委员会副秘书长),万胜军(哈电集团阀门有限公司总工程师、高工),陈立龙(杭州华惠阀门有限公司总工程师,教授级高工),胡军(合肥通用机械研究院有限公司高工),李小龙(广东省电力设计研究院有限公司高工),李永康(西安热工研究院有限公司高工),成志红(广东珠海金湾发电有限公司高工),还有高级工程师唐惠锋、张惠东。

在本书的编写过程中,工作在安全阀设计、制造、安装、维修、改造、使用、校验检测、监督管理等行业第一线的工程技术人员,对编写安全阀设计工艺、监督检查技术报告和典型安全阀技术工艺报告案例内容进行了详细审查和修改,并提供了大量宝贵的技术资料,编者特向所有关心本书编写工作的专家、领导和同志们致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,诚望读者批评指正。

编 者

2019年7月

目 录

第一章 锅炉、压力容器和压力管道基础知识

第一节	锅炉、压力容器和压力管道的特殊性	1
第二节	锅炉、压力容器和压力管道的分类	6
第三节	锅炉、压力容器和压力管道的结构	11
第四节	锅炉、压力容器和压力管道的质量控制	14

第二章 安全阀基础知识

第一节	安全阀常用技术术语和性能要求	18
第二节	安全阀结构与用途	24

第三章 安全阀工作原理和特性

第一节	安全阀工作原理	38
第二节	安全阀动力学特征	42
第三节	安全阀的动态稳定性	49

第四章 安全阀设计

第一节	设计依据和原则	52
第二节	安全阀结构	59
第三节	安全阀密封	68
第四节	安全阀弹簧	74
第五节	安全阀材料	88
第六节	安全阀进出口管道设计	93
第七节	安全阀计算典型实例	103

第五章 安全阀制造

第一节	安全技术规范对安全阀制造的基本要求	110
-----	-------------------------	-----

第二节	阀体制造	114
第三节	关闭件制造	117
第四节	弹簧制造	138
第五节	安全阀的装配及调试	147

第六章 安全阀检验与监察

第一节	主要部件检验	152
第二节	安全阀成品试验	168
第三节	安全阀试验装置	177
第四节	安全阀型式试验	183
第五节	在用安全阀校验	203
第六节	蒸汽安全阀冷态与热态校验	218
第七节	特殊用安全阀试验	223
第八节	安全阀的安全监察	228

第七章 安全阀选用

第一节	安全阀适用的场合	250
第二节	安全阀型号编制方法	251
第三节	安全阀公称压力确定	254
第四节	安全阀公称尺寸的确定	256
第五节	安全阀型式的选择	270
第六节	阀门订货须知	272
第七节	安全阀的主要结构尺寸	275
第八节	常用安全阀的型号及适用场合	277

第八章 安全阀的使用修理及维护保养

第一节	安全阀的使用	280
第二节	阀门的修理	283
第三节	安全阀的维护保养	288

附录 安全阀有关法规和标准摘录

一、《特种设备安全监察条例》(中华人民共和国国务院令 第 549 号).....	289
二、TSG G0001—2012《锅炉安全技术监察规程》(节选).....	289
三、TSG G7002—2015《锅炉定期检验规则》(节选).....	294
四、TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》(节选)	294
五、TSG R7001—2013《压力容器定期检验规则》(节选).....	296
六、TSG R0006—2014《气瓶安全监察规程》(节选).....	297
七、《医用氧舱安全管理规定》(节选).....	298
八、TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》(节选).....	299
九、TSG ZF001—2006《安全阀安全技术监察规程》(节选).....	301
参考文献	303

第一章 锅炉、压力容器和压力管道基础知识

第一节 锅炉、压力容器和压力管道的特殊性

一、锅炉、压力容器和压力管道的定义

(一) 锅炉的定义

锅炉(boiler),作为一种能量转换设备,向锅炉输入的能量有燃料中的化学能、电能、高温烟气的热能等形式,经过锅炉转换,向外输出具有一定热能的蒸汽、高温水或有机热载体。锅炉由“锅”与“炉”两部分组成,水进入锅炉以后,在汽水系统中锅炉受热面将吸收的热量传递给水,使水加热成一定温度和压力的热水或生成蒸汽,被引出应用。在燃烧设备部分,燃料燃烧不断放出热量,燃烧产生的高温烟气通过热的传播,将热量传递给锅炉受热面,而本身温度逐渐降低,最后由烟囱排出。

《特种设备安全监察条例》(中华人民共和国国务院令 第 549 号)中对锅炉的定义,是指利用各种燃料、电或者其他能源,将所盛装的液体加热到一定的参数,并对外输出热能的设备。其范围规定为最高安全水位时存水容积大于或者等于 30 L 的承压蒸汽锅炉;出口水压大于或者等于 0.1 MPa(表压),且额定功率大于或者等于 0.1 MW 的承压热水锅炉、有机热载体锅炉。

锅炉还包括其安全附件、安全保护装置和与安全保护装置相关的设施。

TSG G0001—2012《锅炉安全技术监察规程》第 1.2 条有关锅炉范围规定:本规程适用于符合《特种设备安全监察条例》范围内的固定式承压蒸汽锅炉、承压热水锅炉、有机热载体锅炉,以及以余(废)热利用为主要目的的烟道式、烟道与管壳组合式余(废)热锅炉,包括锅炉本体、锅炉范围内管道、安全附件和仪表、锅炉辅助设备及系统。

1. 电站锅炉

包括锅炉本体以及锅炉主给水管道、主蒸汽管道、再热蒸汽管道、旁路管道、排污管道以及减温器、冷凝器等。

2. 非电站锅炉

(1) 有分汽(水、油)缸的锅炉,包括锅炉本体以及锅炉给水(油)阀出口和分汽(水、油)缸出口第一条焊缝以内的压力管道[含分汽(水、油)缸];

(2) 无分汽(水、油)缸的锅炉,包括锅炉本体以及锅炉给水(油)阀出口和锅炉主蒸汽(水、油)出口阀以内的压力管道。

(二) 压力容器的定义

压力容器(pressure vessel)是容器的一种,《特种设备安全监察条例》中对压力容器的定义,是指盛装气体或者液体,承载一定压力的密闭设备,其范围规定为最高工作压力大于或者等于0.1 MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或者等于 2.5 MPa·L 的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器;盛装公称压力大于或者等于 0.2 MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或者等于 1.0 MPa·L 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60 °C 液体的气瓶、氧舱等。

1. 固定式压力容器

原国家质量监督检验检疫总局颁发的 TSG 21《固定式压力容器安全技术监察规程》中对固定式压力容器做了具体规定,即固定式压力容器是指安装在固定位置使用的压力容器。该规程适用于同时具备下列条件的压力容器:

- (1) 工作压力大于或者等于 0.1 MPa^①;
- (2) 容积大于或者等于 0.03 m³ 并且内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)大于或者等于 150 mm^②;
- (3) 盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体^③。

2. 移动式压力容器

TSG R0005《移动式压力容器安全技术监察规程》中规定:移动式压力容器是指由罐体或大容积钢质无缝气瓶(以下简称“气瓶”)与走行装置或框架采用永久性连接组成的运输装备,包括铁路罐车、汽车罐车、长管拖车、罐式集装箱和管束式集装箱等。

(1) 罐体是指铁路罐车、汽车罐车、罐式集装箱中用于充装介质的压力容器,其设计制造按照本规则的有关规定进行。

(2) 气瓶是指长管拖车、管束式集装箱中用于充装介质的压力容器。其设计制造按照 TSG R0006—2014《气瓶安全监察规程》的有关规定进行。

3. 简单压力容器

TSG R0003《简单压力容器安全技术监察规程》指出,本规程所称的简单压力容器是指结构简单、危险性较小的压力容器。本规程适用于同时满足以下条件的简单压力容器:

- (1) 容器由筒体和平封头、凸形封头(不包括球冠形封头),或由两个凸形封头组成;
- (2) 筒体、封头、接管等主要受压元件的材料为碳素钢、奥氏体不锈钢;
- (3) 设计压力小于或等于 1.6 MPa;
- (4) 容积小于或等于 1000 L;

① 工作压力,是指在正常工作情况下,压力容器顶部可能达到的最高压力(表压力)。

② 容积,是指压力容器的几何容积,即由设计图样标注的尺寸计算(不考虑制造公差)并且圆整。一般需要扣除永久连接在压力容器内部的内件的体积。

③ 容器内介质为最高工作温度低于其标准沸点的液体时,如果气相空间的容积大于或者等于 0.03 m³ 时,也属于本规程的适用范围。

- (5) 工作压力与容积的乘积大于或等于 $2.5 \text{ MPa} \cdot \text{L}$, 并且小于或等于 $1000 \text{ MPa} \cdot \text{L}$;
- (6) 介质为空气、氮气和医用蒸馏水蒸发而成的水蒸气;
- (7) 设计温度高于或等于 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$, 最高工作温度小于或等于 $150 \text{ }^\circ\text{C}$;
- (8) 非直接火焰的焊接容器。

4. 超高压容器

TSG R0002《超高压容器安全技术监察规程》对该规程涉及的超高压压力容器范围规定如下:

(1) 设计压力大于或等于 100 MPa (表压, 不含液体静压, 下同), 且设计压力与容积的乘积大于或等于 $2.5 \text{ MPa} \cdot \text{L}$ 的气体、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体的超高压容器;

(2) 超高压容器与外部管道或装置用螺纹连接的第一个螺纹接头、法兰连接的第一个法兰密封面、专用连接件或管件连接的第一个密封面;

(3) 超高压容器开孔部分的承压盖及其紧固件;

(4) 超高压容器所用的爆破片(帽)、压力表、测温表等安全附件。

5. 非金属压力容器

TSG R0001《非金属压力容器安全技术监察规程》规程适用范围(部分内容)如下:

最高工作压力大于或等于 0.1 MPa (表压, 不含液体静压), 且压力与容积的乘积大于或等于 $2.5 \text{ MPa} \cdot \text{L}$ 的盛装介质为气体、液化气体和最高工作温度高于或等于标准沸点的液体的非金属压力容器, 包括石墨制压力容器、纤维增强热固性树脂(以下简称“玻璃钢”)制压力容器、移动式非金属压力容器等。

(三) 压力管道的定义

压力管道是指所有承受内压或外压的管道。压力管道是管道中的一部分, 管道是用以输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制和制止流体流动的, 由管子、管件、法兰、螺栓连接、垫片、阀门、其他组成件或受压部件和支承件组成的装配总成。

《特种设备安全监察条例》中对压力管道的定义, 是指利用一定的压力, 用于输送气体或液体的管状设备, 其范围规定为最高工作压力大于或等于 0.1 MPa (表压)的气体、液化气体、蒸汽介质或可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质且公称直径大于 25 mm 的管道。

二、锅炉的工作特点

(一) 锅炉工作条件恶劣

锅炉承受一定压力, 同时还在高温条件下运行, 锅炉受热面内外接触烟、火、灰、水、汽等物质, 这些物质在一定条件下对锅炉各元件起着严重的腐蚀作用, 并承受不同的内、外压力而产生相应的应力。由于工作温度的不同, 热胀冷缩程度不同而产生附加应力。在载荷和燃烧作用下, 锅内循环水使锅炉受热面变化而产生应力, 这种应力也发生变化, 使部分受

压元件产生疲劳破坏。另外,缺水、结水垢、水循环破坏、传热发生障碍等,都可能使高温区的受热面烧损、鼓包、开裂。飞灰造成磨损、渗漏引起的腐蚀等都将使锅炉设备损坏。

(二) 具有爆炸的危险

锅炉是一种密闭承压受热的特殊容器,在运行中可能因某种因素的变化而引发突然爆炸。引发爆炸的因素很多,归纳起来主要有三种。

1. 超压事故

气压急剧上升,超过许用工作压力,而安全附件失灵,未能及时报警与泄压,致使锅炉内部压力继续升高,当压力超过某一受压元件所能承受的极限压力时,锅炉就发生爆炸。

2. 爆管事故

爆管时可听到汽水喷射的响声,严重时有明显的爆破声。炉膛由负压燃烧变为正压燃烧,并且有炉烟和蒸汽从炉墙的门孔及漏风处大量喷出。

3. 材料损伤

设备附件或材料本身有缺陷或使用后造成缺陷,或者钢材疲劳失效,而不能承受原来允许的工作压力时,即使在正常工作压力下,也能突然破裂爆炸。

锅炉爆炸的破坏性很大。由于锅炉爆炸时,锅内压力急骤降低,高温饱和水也因此快速汽化,其体积成百倍地膨胀,形成巨大的冲击波,不但使锅炉本体或构件被炸毁,而且会冲垮建筑物,造成严重的破坏与人身伤亡。

(三) 锅炉需按标准要求使用

锅炉的使用十分广泛,工农业和人民日常生活都离不开它。它是火力发电厂的“心脏”,是石油、化工、纺织、轻工等行业中的关键性设备。锅炉一般是连续运行且事关安全,不同于其他设备随时可以停车检修。因此,国家发布一系列管理法规和标准要求锅炉必须安全经济运行。

三、压力容器的工作特点

(一) 工作条件恶劣

压力容器一般工作压力较高,有时还处于高温或低温下工作,有的压力容器还盛有毒、易燃、易爆或腐蚀性介质,这些介质对容器的安全运行和使用寿命影响很大。一旦容器在运行过程中损坏或泄漏,除了造成爆炸事故外,还可能发生由于内部介质向外扩散,引起化学爆炸、着火燃烧、有毒气体污染环境。如果发生事故或爆炸,涉及公共安全,将会给国家和人民生命财产造成巨大损失。

(二) 具有爆炸危险

压力容器的结构、材料、受力情况较复杂,特别是设备开孔附近和结构不合理处,会引起各种不同的附加应力,有的甚至会引起应力集中。因此,在设计、选材、制造、检验及使用管理上一旦存在问题,在一定条件下就会引发爆炸事故。

（三）应用广泛

压力容器的用途极为广泛,在工农业、军工及民用等许多部门,在科学研究的许多领域都起着重要作用,尤其石油化学工业应用更为普遍。

四、压力管道的工作特点

压力管道作为分布极广、涉及人民生命财产安全的特种设备,具有以下工作特点:

（一）工作条件恶劣

压力管道通常在较高的压力、高温或低温,或埋地下或暴露于大气中,受地震和风蚀侵害,或在压缩机、风机等振动下长期工作,条件恶劣。

（二）输送介质复杂

压力管道常输送有毒、易燃、易爆、腐蚀性以及黏滞性介质,这些介质对压力管道的安全运行和使用寿命影响很大。

（三）具有爆炸危险

压力管道在压力、温度及工作环境等外界因素的作用下,特别是对于输送易燃、易爆介质的压力管道,具有爆炸的危险。如果发生爆炸,将在瞬间猛烈地释放出巨大的能量,其摧毁力惊人,后果不堪设想。

（四）损坏和泄漏后造成的危害大

对于输送有毒或易燃易爆介质的压力管道,损坏或泄漏后会造大面积中毒、污染环境,其危害性大。

（五）尺寸变化大

压力管道是管状设备,其长度变化较大,是其他设备无法比拟的,短则很短,长则几十米几十米或几千米,甚至上万米,给管理和检查带来了困难。

（六）密封部位多

压力管道由于在长度上的变化大及其配件多,特别是对于较长的管道,其连接处的密封部位多,控制密封较为困难。

（七）受力复杂

压力管道的结构虽然简单,但受力情况较复杂,特别是振动或温差应力、管路的支撑、安装的器件及其连接处等,在一定的条件下都会引起各种不同的附加应力,有时甚至会引起应力集中。综合管道的受力和压力、温度、介质的性质以及使用环境等复杂因素的共同作用,若在设计、选材、制造、安装、使用、修理、改造及使用质量管理上存在问题,在一定条件下都可能引发事故。

（八）应用广泛

压力管道的用途极为广泛,在工农业、军工、民用以及在科学研究的许多领域都起着重

要作用。石油、天然气的长距离输送,城镇燃气和公用动力蒸汽的输送,各种石油、化工生产装置等都有大量使用管道。

五、焊接对锅炉、压力容器、压力管道质量的影响

焊接在锅炉、压力容器、压力管道产品制造、安装、修理、改造中,越来越显示其重要性,焊接质量的好坏在某种意义上来说,可以代表锅炉、压力容器、压力管道产品的制造质量,也在很大程度上决定着锅炉、压力容器、压力管道的使用寿命和安全。因此,为了保证焊接质量,锅炉、压力容器、压力管道制造单位应建立完整的锅炉、压力容器、压力管道焊接质量控制系系统,使焊接中的各项工作质量处于受控状态,最大限度地预防焊接质量事故发生。

第二节 锅炉、压力容器和压力管道的分类

一、锅炉分类和锅炉参数

(一) 锅炉分类

根据锅炉特点和作用,以及压力的高低和蒸发量的大小,可按以下几个方面进行分类。

1. 按锅炉容量分

蒸发量小于 20 t/h 的称为小型锅炉、蒸发量大于 75 t/h 的称为大型锅炉,蒸发量介于两者之间的称为中型锅炉。

2. 按烟气在锅炉流动的状况分

水管锅炉(包括横水管锅炉和竖水管锅炉)、锅壳锅炉(火管锅炉包括立式锅炉和卧式锅炉)和水火管组合式锅炉。

3. 按锅筒放置的方式分

立式锅炉和卧式锅炉。

4. 按锅筒数量分

单锅筒锅炉和双锅筒锅炉。

5. 按用途分

锅炉可以作为热能动力锅炉、供热锅炉和特种锅炉。

(1) 动力锅炉包括电站锅炉、船舶锅炉和机车锅炉等,用于发电、船舶动力和机车动力。

(2) 供热锅炉包括蒸汽锅炉、热水锅炉、热管锅炉、热风炉和载热体加热炉等。

(3) 特种锅炉,如双工质两汽循环锅炉、核燃料、船舶、机车、废液、余热、直流锅炉等。

6. 按介质分

蒸汽锅炉、热水锅炉、汽水两用锅炉和有机热载体锅炉。

7. 按安装方式分

快装锅炉、组装锅炉、散装锅炉,此外还有壁挂锅炉、真空锅炉和模块锅炉等。

8. 按燃料分

燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、余热锅炉、电加热锅炉和生物质锅炉。

9. 按工质在蒸发系统的流动方式分

自然循环、强制循环、直流锅炉和复合循环。

10. 按燃烧方式分

内燃式锅炉和外燃式锅炉。

11. 按制造级别分类

A级、B级、C级和D级。

12. 按《锅炉安全技术监察规程》第1.4条分

A级锅炉：额定工作压力（表压，下同） $p \geq 3.8$ MPa的锅炉，包括：

- (1) 超超临界锅炉： $p \geq 27.0$ MPa或者额定出口温度 ≥ 590 °C的锅炉；
- (2) 超临界锅炉： $22.1 \text{ MPa} \leq p < 27.0 \text{ MPa}$ ；
- (3) 亚临界锅炉： $16.7 \text{ MPa} \leq p < 22.1 \text{ MPa}$ ；
- (4) 超高压锅炉： $13.7 \text{ MPa} \leq p < 16.7 \text{ MPa}$ ；
- (5) 高压锅炉： $9.8 \text{ MPa} \leq p < 13.7 \text{ MPa}$ ；
- (6) 次高压锅炉： $5.3 \text{ MPa} \leq p < 9.8 \text{ MPa}$ ；
- (7) 中压锅炉： $3.8 \text{ MPa} \leq p < 5.3 \text{ MPa}$ 。

B级锅炉，包括：

- (1) 蒸汽锅炉： $0.8 \text{ MPa} < p < 3.8 \text{ MPa}$ ；
- (2) 热水锅炉： $p < 3.8 \text{ MPa}$ ，且额定出水温度 ≥ 120 °C；
- (3) 有机热载体锅炉：

气相有机热载体锅炉，额定热功率 $Q > 0.7$ MW；

液相有机热载体锅炉，额定热功率 $Q > 4.2$ MW。

C级锅炉，包括：

- (1) 蒸汽锅炉： $p \leq 0.8$ MPa并且设计正常水位时水容积 $V > 50$ L；
- (2) 热水锅炉： $p < 3.8$ MPa，额定出水温度 $t < 120$ °C；
- (3) 气相有机热载体锅炉，额定热功率 $0.1 \text{ MW} < Q \leq 0.7 \text{ MW}$ ；液相有机热载体锅炉，额定热功率 $0.1 \text{ MW} < Q \leq 4.2 \text{ MW}$ 。

D级锅炉，包括：

- (1) 蒸汽锅炉： $p \leq 0.8$ MPa并且设计正常水位时水容积 $30 \text{ L} \leq V \leq 50 \text{ L}$ ；
- (2) 汽水两用锅炉^① $p \leq 0.04$ MPa并且额定蒸发量 $D \leq 0.5$ t/h的锅炉；
- (3) 仅用自来水加压的热水锅炉，且额定出水温度 $t \leq 95$ °C；
- (4) 气相或者液相有机热载体锅炉，额定热功率 $Q \leq 0.1$ MW。

^① 其他汽水两用锅炉按照出口蒸汽参数和额定蒸发量分属以上各级锅炉。

(二) 锅炉参数

锅炉的参数是表示锅炉性能的主要指标,包括锅炉容量、蒸汽压力、蒸汽温度、给水温度等。锅炉容量可用额定蒸发量或最大连续蒸发量来表示。

1. 蒸发量

锅炉每小时所产生蒸汽的数量,称为锅炉的蒸发量。蒸发量又称为“出力”或“容量”,以符号“ D ”来表示,单位是吨每小时(t/h)。蒸发量有最大蒸发量、经济蒸发量与额定蒸发量。额定蒸发量是在规定的出口压力、温度和效率下,单位时间内连续生产的蒸汽量。最大连续蒸发量是在规定的出口压力、温度下,单位时间内能最大连续生产的蒸汽量。锅炉标牌上标出的蒸发量为额定蒸发量。

2. 工作压力

锅炉的设计工作压力,是按照国家颁布的有关强度计算标准,对各个受压元件分别进行计算,从中选出一个所能承受压力的最低值,作为这台锅炉的最高允许使用压力。锅炉设计工作压力又可称为“额定出口蒸汽压力”,对有过热器的锅炉,是指过热器出口处的蒸汽压力;对无过热器的锅炉,是指锅筒内的蒸汽压力或干汽室出口处的蒸汽压力。

3. 蒸汽温度

锅炉铭牌上标明的蒸汽温度,是以摄氏温度标出的,对于小型锅炉,是指该锅炉工作压力下的饱和蒸汽温度;对有过热器的锅炉,是指过热器后主汽阀出口处的过热蒸汽温度。如没有过热器和再热器,即指锅炉出口处的饱和蒸汽温度。

4. 供热量

热水锅炉每小时产出的热量,称为锅炉的供热量。符号用“ Q ”表示,单位为兆瓦(MW)。

5. 锅炉热效率

锅炉的热效率是指燃料送入的热量中有效热量所占的百分数。例如,一台锅炉的热效率是75%,其含意是指进入锅炉的燃料所拥有的热量有75%转化为蒸汽热量。所以锅炉热效率又称锅炉效率。现代大型锅炉的热效率在90%左右。

二、压力容器的分类和工艺参数

(一) 压力容器的分类

1. 按承受设计压力(p)的等级分为低压容器(L)、中压容器(M)、高压容器(H)和超高压容器(U)。

2. 按盛装介质分为剧毒、高危、易爆、液化气体和其他介质。

3. 按工艺过程中的作用不同分为以下几种。

(1) 反应容器(R):用于完成介质的物理、化学反应的容器。

(2) 换热容器(E):用于完成介质的热量交换的容器。

(3) 分离容器(S):用于完成介质的质量交换,气体净化,固、液、气分离的容器。