

● 锅炉压力容器技工培训教材

● 锅炉司炉工

● 章燕谋 张天礼 编

GUOLU
SILUGONG

机械工业出版社

内 容 简 介

本书以工业锅炉和生活锅炉为主,根据蒸汽锅炉安全监察规程,重点围绕锅炉运行中的安全性和经济性,结合目前我国广大锅炉操作人员的实际情况讲述:锅炉的基本理论知识、结构、运行操作技术、常见事故分析和防止措施以及水工和水处理等内容。

本书是为锅炉司炉工人提高理论知识和操作技术而编写的培训教材。

锅炉压力容器技工培训教材

锅 炉 司 炉 工

章燕谋 张天礼 编

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市同兴印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $7^{1/8}$ ·字数 153千字

1989年6月北京第一版·1989年6月北京第一次印刷

印数:00,001—15,000·定价:3.50元

ISBN 7-111-01733-1/TK·74 X

前 言

锅炉是由许多部件组成的复杂设备，为工业生产和日常生活提供热能，它又是大型的压力容器。确保锅炉安全、经济地运行，对经济建设和生命财产有着十分重要的意义。为了提高锅炉操作人员的理论和实际操作技术，减少锅炉事故率，提高锅炉运行的经济性，我们根据劳动部颁布的“蒸汽锅炉安全监察规程”，针对当前我国广大锅炉操作人员的实际情况，编写了这本司炉工人培训教材。

本书共分八章，内容包括司炉工人所必需的基本理论知识、锅炉结构、锅炉运行操作技术、锅炉常见事故分析和防止措施以及锅炉的水工和水处理等。

本书由章燕谋、张天礼合编。参加编写工作的还有杨超峰、陶文宗、王轩、王明武和刘阳岗同志。

本书全文由西安交通大学张永照教授审阅，他为全书提出了许多宝贵意见，特此感谢。

由于作者水平有限，编写时间仓促，不足之处还望读者批评指正。

作者

1988年9月

目 录

第一章 工业锅炉基本知识.....	1
第一节 锅炉的发展概况.....	1
第二节 锅炉的主要技术经济指标.....	2
一、蒸发量或供热量 二、工作压力 三、蒸汽的温度	
四、锅炉的热效率	
第三节 锅炉的分类和规格型号.....	7
一、锅炉的分类 二、锅炉的规格 三、工业锅炉的型号	
第四节 水与水蒸汽的性质.....	12
一、水的性质 二、水蒸汽的性质 三、水循环基本原理	
第五节 锅炉用钢.....	19
一、锅炉用钢的特殊要求 二、锅炉用钢的机械性能	
三、锅炉用钢的分类	
思考题.....	23
第二章 锅炉结构	24
第一节 锅炉主要受压部件介绍.....	24
一、锅筒 二、水冷壁 三、对流管束 四、烟火管	
第二节 立式锅炉.....	26
一、立式横水管锅炉 二、立式横火管锅炉 三、立式水管锅炉	
第三节 卧式锅壳锅炉.....	31
一、卧式单火筒锅炉和卧式双火筒锅炉 二、卧式外燃回火管炉 三、卧式烟火管快装锅炉	
第四节 水管锅炉.....	40

- 一、双锅筒横置式水管锅炉 二、双锅筒纵置式水管锅炉
 三、单锅筒横置式直水管锅炉 四、单锅筒纵置式水管锅炉 五、热水锅炉

思考题.....51

第三章 锅炉附件52

第一节 安全阀.....52

- 一、安全阀的作用 二、安全阀的种类及构造 三、安全阀的开启压力 四、安全阀的安全操作 五、对安全阀的有关技术要求

第二节 压力表.....58

- 一、压力表的作用 二、压力表的构造 三、压力表的有关技术要求 四、压力表的常见故障及原因

第三节 水位表.....62

- 一、水位表的作用 二、水位表的种类及构造 三、水位表的安全操作 四、对水位表的安全技术要求 五、水位表的常见故障及原因

第四节 水位报警器.....68

- 一、水位报警器的作用 二、水位报警器的种类及构造 三、水位报警器使用注意事项

第五节 给水自动调节器.....72

- 一、给水自动调节器的作用 二、给水自动调节器的种类及构造

第六节 锅炉常用阀门.....73

- 一、常用阀门的种类及构造 二、对常用阀门的安全技术要求 三、阀门常见故障及原因

思考题.....86

第四章 锅炉附属设备与辅助设备87

第一节 空气预热器.....87

- 一、空气预热器的作用 二、空气预热器的种类 三、空气预热器运行及注意事项

第二节 省煤器.....	90
一、省煤器的作用 二、省煤器的分类 三、铸铁省煤器 四、铸铁省煤器优缺点 五、非沸腾式省煤器 六、省煤器操作 注意事项	
第三节 蒸汽过热器.....	93
一、蒸汽过热器的作用 二、蒸汽过热器的分类 三、蒸汽过热器的构造和特点 四、过热器的操作	
第四节 给水设备.....	95
一、给水设备的作用与种类 二、注水器 三、蒸汽往复式给水泵 四、多级离心式给水泵 五、安全操作技术	
第五节 通风设备.....	98
一、通风的作用与种类 二、自然通风 三、机械通风	
第六节 除渣设备.....	102
一、人工除渣 二、机械除渣 三、气力除渣 四、水力除渣	
第七节 消烟除尘设备.....	103
一、除尘器的作用与分类 二、机械惯性除尘器 三、湿式除尘器 四、除尘器的合理选择	
思考题.....	107
第五章 锅炉燃料与燃烧设备	109
第一节 燃料.....	109
一、煤的化学成分 二、煤的工业分析 三、煤的分类	
第二节 燃烧方式.....	114
一、层状燃烧 二、悬浮燃烧 三、沸腾燃烧	
第三节 手烧炉.....	115
一、固定炉排 二、手摇炉排 三、手烧炉的燃烧特点	
第四节 链条炉排炉.....	119
一、炉排结构 二、链条炉排炉的燃烧特点	
第五节 往复炉排炉.....	127

一、往复炉排结构 二、往复炉排炉燃烧的特点	
第六节 振动炉排炉	129
一、振动炉排结构 二、振动炉排工作原理	
第七节 其它燃烧设备简介	132
一、双层炉排炉 二、水平往复抽条炉排炉 三、抛煤炉 四、煤粉炉 五、沸腾炉 六、简易煤气炉	
思考题	142
第六章 锅炉运行与保养	143
第一节 烘炉与煮炉	143
一、烘炉 二、煮炉	
第二节 升火与供汽	148
一、锅炉升火前的准备与检查 二、锅炉的升火与升压 三、供汽与并炉	
第三节 正常运行	154
一、运行参数的变化规律 二、运行参数的主要调节方法 三、不同炉型的燃烧调节 四、锅炉排污	
第四节 停炉操作	162
一、热备用停炉 二、正常停炉 三、紧急停炉	
第五节 锅炉保养	166
一、炉体外部的停炉防腐保养 二、锅内停炉保养	
思考题	170
第七章 锅炉运行事故与处理	171
第一节 概述	171
一、事故分类 二、事故预防及调查处理	
第二节 锅筒爆炸	173
一、锅筒爆炸的危害 二、锅筒爆炸的原因 三、锅筒爆炸的预防	
第三节 缺水事故	176
一、缺水事故的现象 二、缺水事故的原因及预防 三、缺水事故的判断和处理	

第四节 锅炉满水事故.....	178
一、满水事故的现象 二、满水事故的处理 三、满水事故的原因和预防	
第五节 汽水共腾事故.....	180
一、汽水共腾事故的现象 二、汽水共腾事故的处理 三、汽水共腾的原因及其预防	
第六节 炉管破裂事故.....	181
一、炉管破裂事故的现象及处理 二、爆管原因及预防	
第七节 省煤器损坏事故.....	182
一、省煤器损坏的现象 二、省煤器事故的处理 三、省煤器损坏事故的原因及预防	
第八节 过热器爆管事故.....	184
一、过热器爆管的现象和处理 二、过热器爆管事故的原因及预防	
第九节 水位表损坏事故.....	185
一、损坏原因及预防 二、水位表损坏的处理	
第十节 锅炉及管道内水冲击.....	186
一、蒸汽管道水击的原因及处理 二、省煤器水击事故的原因和处理 三、锅筒水击事故的原因及处理	
第十一节 炉墙及拱的损坏事故.....	188
一、炉墙及拱损坏事故的原因及预防 二、炉墙及拱损坏事故的处理	
第十二节 空气预热器管破损.....	187
一、空气预热器管破裂时的现象 二、空气预热器管破损的原因 三、空气预热器管破损处理	
第十三节 链条炉排斗往停转.....	188
一、链条炉排卡住现象 二、炉排片断裂 三、防止斗住的措施 四、链条炉排卡住的处理	
第十四节 热水锅炉锅水汽化.....	189
一、锅水汽化的现象和原因 二、处理方法	

思考题	190
第八章 锅炉水质监督及处理	192
第一节 水垢的生成与危害	192
第二节 水质标准	195
一、水质指标 二、水质指标常用的单位 三、给水和 锅水标准	
第三节 水的净化处理方法	200
一、沉淀法 二、过滤法 三、凝聚法	
第四节 炉内水处理方法	201
一、加化学药剂法 二、胶体化学法 三、加药操作方 法 四、加药注意事项	
第五节 炉外水处理	206
一、石灰—纯碱法 二、离子交换法	
第六节 水的除氧	209
一、热力除氧法 二、化学除氧法 三、解析除氧法 四、真空除氧	
第七节 水垢的清除	215
一、手工除垢 二、机械除垢 三、化学除垢	
思考题	217

第一章 工业锅炉基本知识

锅炉是一种生产蒸汽或热水的换热设备。

锅炉是由“锅”和“炉”两大部分组成的。“锅”是指锅炉中盛放锅水和蒸汽的密闭压力容器，是锅炉的吸热部分。“炉”是指锅炉中能使燃料燃烧并产生高温能量的部分，是锅炉的放热部分。“锅”和“炉”一个吸热，一个放热，从而组成了一个矛盾的统一体。

随着工农业的迅速发展和人民生活的需要，锅炉已被人们广泛地运用于生产及生活的各个领域。锅炉已成为生产、生活不可缺少的热力设备。据统计，我国约有33万台工业和生活锅炉，分散在各厂矿、企业、机关和学校。这些锅炉耗煤量约占全国煤炭总耗量的三分之一以上。为了贯彻“开发和节约并重”的能源方针，合理使用燃料，节约能源，以及减少大气污染，保护环境，努力实现国务院提出的“节煤节电，消烟除尘，保产保暖，安全运行”的要求，是每一个锅炉工的光荣任务。

第一节 锅炉的发展概况

从世界上第一台最原始的锅炉出现至今已有 200 多年的历史。随着科学技术的发展和社会生产力的不断提高，对锅炉的要求也越来越高。从历史上看，蒸汽锅炉是由两个方向发展起来的。一个是“水包火”的方向，即在圆筒内增加火管或烟管受热而，使高温烟气在管内流动并放热，水在管外

流动，同时吸热汽化。这类锅炉通称为“火管锅炉”。其型式有LS型（立式水管锅炉），可分为立式多水管锅炉和立式大横水管锅炉等型式；LH型（立式横火管锅炉），也称考克兰（或康克令）锅炉；WW型（卧式外燃锅炉），主要指卧式外燃回火管锅炉；WN型（卧式内燃锅炉），我国目前有些锅炉制造厂生产的卧式快装锅炉即属于此类。WN型原指船舶锅炉，在我国沿海一带城市较多见。这种锅炉有两种型式，一种叫干背船舶式，另一种叫水背船舶式；WS型（卧式双火筒锅炉）也叫兰开夏锅炉，是由卧式单火筒（康尼许）锅炉演变而来的。这两种锅炉在我国中、小厂矿多见，且数量较多。以上均属火管（筒）锅炉范围。

另一个是“火包水”的方向，受热面的增加是向锅筒的外部发展。即水和汽在锅筒和水管中循环流动吸收外部热量，火焰和烟气在管外冲刷并放出热量。这类锅炉通称为“水管锅炉”。水管锅炉从结构上可分为联箱式及弯管式两类。在联箱式水管锅炉中，有分联箱与整联箱之分。我国仅生产FH型（分联箱横锅筒式）水管锅炉。在弯管式水管锅炉中，型式较多，也是锅炉发展的方向。在这类锅炉中有多锅筒、双锅筒以及单锅筒之分。工业锅炉多为双锅筒，老式锅炉也有三、四个锅筒的，具体型式有HH型（即旧型号K型）、SZ型（即旧型号LKB型）、SH型（即旧型号L型）等仿型产品。此外，还有三锅筒（斯特灵）型、AZD等几种常见型式。

近年来发展了一些水火管组合式锅炉，如纵锅筒的快装锅炉，立式弯水管锅炉等。

第二节 锅炉的主要技术经济指标

反映锅炉工作特性的主要技术经济指标，包括锅炉产生

蒸汽的数量（蒸发量）和质量（压力、温度）两个方面的指标。

一、蒸发量或供热量

对蒸汽锅炉来说，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”，用符号“ D ”来表示，单位是 t/h （吨/时） kg/h （千克/时）。

蒸发量有最大蒸发量、经济蒸发量、额定蒸发量之分。最大蒸发量是指锅炉在连续运行中，不考虑其经济效益，每小时最多能产生的蒸汽量。经济蒸发量是锅炉在连续运行中热效率达到最高时的蒸发量，一般为最大蒸发量的75~89%。为了兼顾最大蒸发量与经济蒸发量，从而引出了额定蒸发量的概念。所谓额定蒸发量，是指锅炉采用设计的燃料品种，并在设计参数下运行时，也就是在规定的蒸汽质量（压力、温度）和一定的热效率下，长期连续运行时，每小时所产生的蒸汽量。

小型锅炉蒸发量的大小可用蒸发率来表示。锅炉的蒸发率，是指锅炉每平方米受热面积上每小时所产生的蒸汽量。其单位是 $kg/(m^2 \cdot h)$ 。

锅炉的受热面，是指锅炉水或蒸汽的受压元件（如锅筒、水管等）受到火焰或烟气加热的表面积，单位是 m^2 。根据吸收热方式的不同，受热面可分为辐射受热面与对流受热面两类。锅炉的受热面越大，吸收的热量越多，产生的蒸汽量也就越多。

知道了一台锅炉的蒸发率和受热面积，就可以大致算出这台锅炉的蒸发量，公式是：

$$\text{锅炉蒸发量} = \text{蒸发率} \times \text{受热面积}$$

热水锅炉用每小时的供热量来表明锅炉容量的大小，常

用符号“Q”表示，单位为kJ/h（千焦/时），习用单位为kcal/h（大卡/时）。

二、工作压力

蒸汽锅炉出汽口处（或热水锅炉出水口处）蒸汽（或热水）的额定压力称为锅炉的工作压力。常用符号“p”表示，法定单位是MPa（帕）。工程上习用单位是kgf/cm² ⊖（公斤力/厘米²）。

$$1\text{MPa}=10.198\text{kgf/cm}^2$$

地球表面包围着一层300km厚的空气，通常称为大气。这层很厚的大气因其自身的重量而对地面上的物体产生压力，这个压力叫做大气压力，简称大气压。在物理学上，把纬度45°海平面上常年平均气压定为标准大气压或称物理大气压，其值为101325Pa即760mmHg（毫米汞柱），换算成工程习用单位则为1.0332kgf/cm²（公斤力/厘米²）。在工业上为了计算方便，将小数部分忽略不计，称为“工程大气压”。因此，一个工程大气压等于1kgf/cm²。

容器内气体的压力可能高于或低于外界大气的压力，当压力高于外界大气压时，我们称为正压，反之则为负压。不论是正压还是负压，我们把容器内气体的真实压力，称为绝对压力。

容器内气体的压力通常用弹簧管式压力表测定，测出的压力称为表压力。图1-1所示为弹簧管式压力表简图。弹簧管的自由端焊死，开口的另一端与所测压力的容器相通，管外作用着当地的大气压力 p_a ，若管内作用着容器内气体的绝对压力 p_0 等于周围大气压时，压力表的指针不动而指在零

⊖ $1\text{kgf}=9.8\text{N}\approx 10\text{N}$

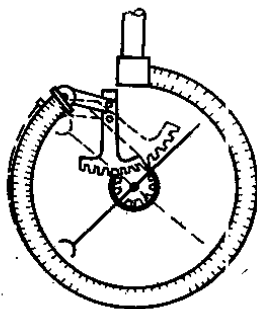


图 1-1 弹簧管式压力表简图

位。只有当气体的绝对压力超过大气压力时，表上的指针才开始移动，所以表上所指示的压力数值是绝对压力超过大气压力的部分，称为表压力 p_a 。

很明显，表压力 p_a 仅仅是压力表的读数，不是气体的真实压力，它随大气压力 p_a 的变化而变化，只有绝对压力 p_a 反映气体的真实压力。

三、蒸汽的温度

温度是物体冷热程度的量度。从分子运动论看，温度是大量分子平均运动动能的物理量，分子运动的速度愈快，物体温度就愈高，因此温度是物质内部拥有能量的一种体现方式，温度越高，表明能量越大。物体的温度用测量仪表测定。为了标志温度的高低和保证温度测量的准确一致，就要规定一个衡量温度高低的标尺，通常把测量温度的标尺叫做温标。目前国际上通用的温标主要有两种，其名称、符号和单位见表 1-1。

表 1-1 温 标

温 标 名 称	温 度 符 号	单位名称及代号
摄氏温度	t	摄氏度 $^{\circ}\text{C}$
热力学温度	T	开(尔文) K

在热力学的分析计算中,常用的是国际单位制中的热力学温标。它与摄氏温标的分度相同,但起点不同。它的起点是把分子停止运动时的温度做为零度,这个温度相当于摄氏温度零下 273.15°C 。这种状态的温度实际上是很难达到的,但因这种温标与测温物体的性质无关,便于统一,所以被广泛使用。热力学温标与摄氏温标之间的换算关系为:

$$\frac{T}{\text{K}} = \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273.15$$

通常在工程计算中,取273已够准确。所以两个温度之间换算关系可用下式计算:

$$\frac{T}{\text{K}} = \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273$$

此外,少数欧美国家还习惯采用华氏温度,用符号 t' 表示,单位是 $^{\circ}\text{F}$,在(0.1MPa或1.at)压力下,纯水的冰点和沸点分别为 32°F 和 212°F 。中间分成180等分度,华氏温标与摄氏温标之间的换算关系为:

$$\frac{t'}{^{\circ}\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 32$$

生产饱和蒸汽的锅炉只要标明锅炉工作压力的大小,其蒸汽温度是指该锅炉工作压力下的饱和蒸汽温度。而生产过热蒸汽的锅炉或热水锅炉则必须标明蒸汽过热器出口过热蒸

汽的温度或热水出口处的热水温度。

四、锅炉的热效率

锅炉的热效率是指进入锅炉的燃料燃烧后发出的热量被锅炉有效利用的百分数。常用符号“ η ”表示，即

$$\text{锅炉的热效率}\eta = \frac{\text{被锅炉有效利用的总热量}}{\text{进入锅炉的全部热量}} \times 100\%$$

锅炉的热效率是检验锅炉的最重要的经济指标。一般工业锅炉的热效率在 60~80%，电站锅炉的热效率可达 90% 以上。

第三节 锅炉的分类和规格型号

一、锅炉的分类

锅炉的分类方法很多，主要有：

- (1) 按燃烧方式，可分为层燃炉，室燃炉和旋风炉。
- (2) 按燃用的燃料，可分为燃煤炉、燃油炉和燃气炉。
- (3) 按工质的流动特性，可分为自然循环锅炉，强制循环锅炉等。
- (4) 按装配型式，可分为快装、组装、散装式锅炉。
- (5) 按压力，可分为低压锅炉（工作压力低于 2.45 MPa）、中压锅炉（工作压力大于 2.45~5.88 MPa）、高压锅炉（工作压力大于 5.88 MPa）三种。
- (6) 按锅炉容量，可分为小型锅炉（蒸发量小于 20t/h）、中型锅炉（蒸发量为 20~75t/h）、大型锅炉（蒸发量大于 75t/h）。

二、锅炉的规格

锅炉规格反映了锅炉工作特性的参数。表1-2为我国“工业蒸汽锅炉参数系列”的国家标准。

按照表1-2的规定, 蒸汽压力 $\leq 2.45 \text{ MPa}$ (25 kgf/cm^2)、蒸汽温度 $\leq 400^\circ\text{C}$ 、蒸发量 $\leq 65 \text{ t/h}$ 的蒸汽锅炉叫做工业锅炉。

表 1-2 工业蒸汽锅炉参数系列

额定出力 (t/h)	额定出口蒸汽压力(表压), 单位为MPa(at ^①)						额定出口蒸汽温度			
	0.4(4)	0.7(7)	1(10)	1.3(13)	1.6(16)	2.5(25)				
	饱和	饱和	饱和	饱和	350℃	饱和	350℃	饱和	400℃	
0.1	△									
0.2	△									
0.5	△	△								
1	△	△	△							
2	△	△	△	△		△				
4		△	△	△		△		△		
6		△	△	△	△	△	△	△	△	△
10		△	△	△	△	△	△	△	△	△
15			△	△		△	△	△	△	△
20			△	△	△	△	△	△	△	△
35				△		△	△	△	△	△
65				△		△				

① 括号内表示压力单位为at时的数值。

三、工业锅炉的型号

我国工业锅炉产品的型号, 按原第一机械工业部制定的工业锅炉产品型号编制方法JB1626—83的规定执行。

主要燃料放在前面(废热锅炉无燃料代号); 第二段用阿拉伯数字表示设计次序和第一段连续书写。原型设计无第二段。