

辽宁省劳动局锅炉安全监察处 编著

(第二版)

司 炉 读 本

劳动人事出版社

内 容 简 介

《司炉读本》作为全国统一的司炉工培训教材，使用了三年多，收到很好的效果。为了贯彻1987年开始执行的《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》，按照司炉操作证分为四类的要求，在原书基础上进行了修改，经劳动部锅炉压力容器安全监察局有关同志审阅，作为考取2、3、4类司炉操作证的统一培训教材。

全书共八章，全面叙述了司炉工应掌握的基础知识、锅炉的操作和保养以及常见故障和排除方法。书后附有司炉工人技术考核的习题及答案。

本书可供各种锅炉的司炉工人，劳动部门的有关干部及技术人员学习使用。

司 炉 读 本 (第二版)

辽宁省劳动局锅炉安全监察处编著

责任编辑：蒋运茂

劳动人事出版社出版发行

(北京市和平里中街12号)

京安印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 13.5印张 303千字

1984年4月北京第1版 1989年4月北京第2版

1989年4月北京第10次印刷 印数：100 000册

ISBN 7-5045-0328-2/TK·007 定价：3.80元

第二版说明

1985年我们受原劳动人事部锅炉压力容器安全监察局的委托，组织编写了《司炉读本》。该书作为全国统一的司炉工培训试用教材，使用了三年多，收到很好的效果。

为了贯彻1987年开始执行的《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》以及我国的法定计量单位，我们按照司炉操作证分为四类的要求和前几年司炉工人培训的实践经验，在原书的基础上进行了修改编写。全书力求通俗易懂，简练适用，内容紧扣考取二、三、四类司炉操作证的规定。本书经劳动部锅炉压力容器安全监察局有关同志审阅，推荐作为全国统一的考取二、三、四类司炉操作证的培训教材。

本书由石瑛、刘大伟、石家俊、李晓光、段锡古等修改编写，刘福仁、蒋梓鲲、姬东铭等审稿。

书中所引用的标准、规程，如今后有修改，应以最新版本为准。由于我们水平有限、经验不足，书中有不妥和错误之处，恳请批评指正。

一九八八年七月

第一版说明

锅炉是生产和生活中广泛使用的、有爆炸危险的承压设备。为了确保锅炉安全、经济、稳定地运行，必须对锅炉的设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造等重要环节全面加强管理。司炉工是锅炉运行的直接操作者，不断提高他们的专业理论知识和实际操作技术水平，尤其具有重要的实际意义。

国务院发布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》规定：“司炉工必须经过考试，取得当地锅炉压力容器安全监察机构颁发的合格证，才准独立操作。”为了适应对司炉工进行技术培训和考核工作的需要，我们受劳动人事部锅炉压力容器安全监察局的委托，组织编写了这本《司炉读本》。书的内容力求由浅入深，通俗易懂，突出安全，学以致用，作为具有初中文化水平司炉工的培训教材，也可供从事锅炉管理工作的同志学习参考。

本书经劳动人事部锅炉压力容器安全监察局有关同志审阅，并推荐作为全国统一的司炉工培训的试用教材。

本书由段锡古、林志宏同志主编。各章由下列同志编写：第一、四章，辽宁省劳动局刘大伟；第二、五章，辽宁省劳动局段锡古；绪言和第三、八、九章，辽宁省劳动学校林志宏；第六、七章，沈阳市劳动局王永信。插图由段锡古同志审编。并由辽宁省劳动局石瑛、潘玉树、杨春荣、刘普明、李晓光等同志协助整理。

在编写过程中，由劳动人事部李毅高级工程师主持，邀请天津市劳动局蒋梓鲲、南京市劳动局陆天齐、淄博市锅炉检验所孙振芳、常州市轻工业局王剑平、大连市劳动局李正华、辽阳市锅炉检验所石家俊等同志集体审稿。书中热水锅炉部分的内容经哈尔滨工业大学杨明新同志审阅。此外，劳动人事部宋继红、上海市劳动局陈关雄同志还提出了书面意见。在编写之前，许多兄弟省市还给我们寄来了大量有关锅炉培训资料。在此，一并表示感谢。

书中多处引用国内现行有关规程、标准，这些规程和标准今后如有修订，应以最新版本为准。由于我们水平有限，实践经验不足，书中定有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

一九八五年三月

目 录

第一章 锅炉基础知识

第一节 锅炉容量及参数	1
第二节 锅炉常用术语	3
第三节 燃料及燃烧	5
第四节 锅炉的构成及工作原理	14
第五节 水与蒸汽性质	18
第六节 锅炉水循环	19
第七节 锅炉分类概述	21
第八节 锅炉型号表示法	22

第二章 各类锅炉结构

第一节 锅壳锅炉	25
第二节 水管锅炉	35
第三节 热水锅炉	45
第四节 铸铁锅炉	47

第三章 燃烧设备

第一节 燃烧方式	49
第二节 固定炉排	50
第三节 双层炉排	53
第四节 链条炉排	55
第五节 倾斜式往复炉排	66
第六节 水平往复炉排	70
第七节 水平往复抽条炉排	73

第八节	振动炉排	74
第九节	抛煤机	77
第十节	煤粉燃烧装置	79
第十一节	简易煤气发生装置	88
第十二节	抽板顶煤反烧炉排	91
第十三节	螺旋下饲式炉排	92
第十四节	沸腾床	93
第十五节	燃油装置	97
第四章 锅炉附件及仪表		
第一节	安全阀	102
第二节	水封安全器	111
第三节	压力表	114
第四节	水位表	119
第五节	低地位水位计	124
第六节	排污装置	127
第七节	温度测量仪表	131
第八节	流量测量仪表	138
第九节	锅炉保护装置	143
第十节	常用阀门	151
第十一节	管道	169
第十二节	锅炉自动调节与控制装置	173
第五章 锅炉附属设备		
第一节	运煤设备	185
第二节	给水设备	189
第三节	通风设备	201
第四节	除渣设备	206
第五节	除尘设备	209

第六章 工业锅炉水处理

第一节 锅炉用水基本知识.....	222
第二节 水质标准.....	236
第三节 水垢的结生及危害.....	239
第四节 水垢的清除.....	244
第五节 给水除氧.....	245
第六节 锅外水处理方法.....	248
第七节 锅内水处理方法.....	259

第七章 锅炉运行操作及维护保养

第一节 锅炉投入运行的必备条件.....	265
第二节 运行前的准备.....	268
第三节 点火前的检查和准备.....	274
第四节 烘炉与煮炉.....	276
第五节 点火与升压.....	280
第六节 通汽与并汽.....	284
第七节 锅炉运行操作.....	286
第八节 热水锅炉的运行操作.....	295
第九节 各类燃烧方式的锅炉的运行操作.....	307
第十节 附件的操作.....	334
第十一节 锅炉的维护保养.....	344

第八章 常见故障及锅炉事故

第一节 安全附件和阀门的常见故障及 排除方法.....	351
第二节 燃烧设备常见故障及改进措施.....	357
第三节 附属设备常见故障及原因.....	380
第四节 锅炉事故及分类.....	384
第五节 爆炸事故及防止措施.....	386

第六节	缺水事故及处理	389
第七节	满水事故及处理	391
第八节	汽水共腾及处理	392
第九节	水击事故及处理	394
第十节	爆管事故及处理	396
第十一节	二次燃烧与烟气爆炸事故及其处理	401
第十二节	炉墙损坏事故及处理	403
第十三节	热水锅炉汽化及处理	404
附录一	司炉工安全技术考核题及解答	406
附录二	锅炉司炉工人安全技术考核管理办法	419

第一章 锅炉基础知识

本章扼要的介绍锅炉的基础知识，为司炉人员循序渐进地学好以后各章打下基础。

第一节 锅炉容量及参数

一、容 量

锅炉的容量又称锅炉出力，是锅炉的基本特性参数，蒸汽锅炉用蒸发量表示，热水锅炉用供热量表示。

1. 蒸发量

蒸汽锅炉长期连续运行时，每小时所产生的蒸汽量，称为这台锅炉的蒸发量。用符号“ D ”表示，常用单位吨/时（ t/h ）。

锅炉产品铭牌和设计资料上标明的蒸发量数值是额定蒸发量，它表示锅炉受热面无积灰，使用原设计燃料，在额定给水温度和设计的工作压力并保证效率下长期连续运行，锅炉每小时能产生的蒸发量。在实际运行中，锅炉受热面一点不积灰，煤种一点不变是不可能的，因此锅炉在实际运行中每小时最大限度产生的蒸汽量是最大蒸发量，这时锅炉的热效率会有所降低。

2. 供热量

热水锅炉长期连续运行，在额定回水温度、压力和额定循环水量下，每小时出水有效带热量，称为这台锅炉的额定

供热量（出力）。用符号“ Q ”表示，单位是兆瓦（MW）。热水锅炉产生0.7兆瓦（ 60×10^4 千卡/时）的热量，大体相当于蒸汽锅炉产生1吨/时蒸汽的热量。

二、压 力

垂直均匀作用在单位面积上的力，称为压强，人们常把它称为压力，用符号“ P ”表示，单位是兆帕（MPa），测量压力有两种标准方法：一种是以压力等于零作为测量起点，称为绝对压力，用符号“ $P_{\text{绝}}$ ”表示；另一种是以当时当地的大气压力作为测量起点，也就是压力表测量出来的数值，称为表压力，或称相对压力，用符号“ $P_{\text{表}}$ ”表示。我们锅炉上所用的压力都是表压力。

锅炉内为什么会产生压力呢？蒸汽锅炉和热水锅炉压力产生的情况不同。蒸汽锅炉是因为锅炉内的水吸热后，由液态变成气态，其体积增大，由于锅炉是个密闭的容器，限制了汽水的自由膨胀，结果就使锅炉各受压部件受到了汽水膨胀的作用力，而产生压力。热水锅炉产生的压力有两种情况，一种是自然循环采暖系统的热水锅炉，其压力来自高位形成的静压力；另一种是强制循环采暖系统的水的热水锅炉，其压力来源于循环水泵的压力。

锅炉产品铭牌和设计资料上标明的压力，是这台锅炉的额定工作压力，为表压力。目前是由过去的计量单位公斤力/厘米²（ kgf/cm^2 ）过渡到国际计量单位兆帕（MPa）的阶段，因此，司炉人员一定要注意压力表的单位和锅炉额定工作压力的单位，两种压力单位换算关系见表1-1。

司炉人员操作锅炉时，要控制锅炉压力不能超过锅炉铭牌上标明的压力，也就是锅炉表盘上指示的压力不能超过锅炉铭牌上标明的压力。

压力单位换算表

表1-1

公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²)	兆帕 (MPa)	公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²)	兆帕 (MPa)
1	0.098≈0.1	8	0.784≈0.8
2	0.196≈0.2	9	0.882≈0.9
3	0.294≈0.3	10	0.98≈1
4	0.392≈0.4	13	1.274≈1.3
5	0.49≈0.5	25	2.45≈2.5
6	0.588≈0.6	39	3.82≈3.8
7	0.686≈0.7	60	5.88≈5.9

三、温 度

标志物体冷热程度的物理量，称为温度，用符号“ t ”表示，单位是摄氏温度 $^{\circ}\text{C}$ 。温度是物体内部所拥有能量的一种体现方式，温度越高，能量越大。

锅炉铭牌上标明的温度是锅炉出口处介质的温度，又称额定温度。对于无过热器的蒸汽锅炉，其额定温度是指锅炉其额定压力下的饱和蒸汽温度；对于有过热器的蒸汽锅炉，在额定温度是指过热器出口处的蒸汽温度；对于热水锅炉，其额定温度是指锅炉出口的热水温度。

第二节 锅炉常用术语

一、受热面

从放热介质中吸收热量并传递给受热介质的表面，称为受热面，如锅炉的炉胆、筒体、管子等。

二、辐射受热面

主要以辐射换热方式从放热介质吸收热量的受热面，一

般指炉膛内能吸收辐射热（与火焰直接接触）的受热面，如水冷壁管、炉胆等。

三、对流受热面

主要以对流换热方式从高温烟气中吸收热量的受热面，一般是烟气冲刷的受热面，如烟管、对流管束等。

四、锅炉热效率

锅炉有效利用的热量与单位时间内所消耗燃料的输入热量的百分比即为锅炉热效率，用符号“ η ”表示，其公式表示为：

$$\eta = \frac{\text{输出热量}}{\text{输入热量}} \times 100\%$$

$$\text{蒸汽锅炉热效率 } \eta = \frac{\text{锅炉蒸发量} \times (\text{蒸汽焓} - \text{给水焓})}{\text{每小时燃料消耗量} \times \text{燃料低位发热量}} \times 100\%$$

$$\text{热水锅炉热效率 } \eta = \frac{\text{循环水量} \times (\text{出口水焓} - \text{进口水焓})}{\text{每小时燃料消耗量} \times \text{燃料低位发热量}} \times 100\%$$

五、蒸汽品质

表示蒸汽纯洁程度称为蒸汽品质，一般饱和蒸汽中或多或少带有微量的饱和水分，通常把带水量超过标准要求的蒸汽称为蒸汽品质不好。

六、燃料消耗量

单位时间内锅炉所消耗的燃料量称为燃料消耗量。

七、排污量

排污时的排污水流量称为排污量。

八、水管锅炉

烟气在受热面管子的外部流动，水在管子内部流动的锅

炉称为水管锅炉。

九、锅壳锅炉

受热面主要布置在锅壳内的锅炉称为锅壳锅炉。它包括卧式锅壳锅炉、立式锅炉等。

十、卧式锅壳锅炉

锅壳纵向轴线平行于地面，燃料在炉胆内或外置式炉膛中燃烧，烟气流入烟管的锅炉称为卧式锅壳锅炉。

十一、立式锅炉

锅壳纵向轴线垂直于地面的锅炉称为立式锅炉。

十二、蒸汽锅炉

用于产生蒸汽的锅炉称为蒸汽锅炉。一般为生产用锅炉。

十三、热水锅炉

用于产生热水的锅炉称为热水锅炉。一般为采暖用锅炉。

十四、自然循环锅炉

依靠下降管中的水与上升管中的汽水混合物之间的密度差，使锅水进行循环的锅炉称为自然循环锅炉。

十五、强制循环锅炉

除了依靠水与汽水混合物之间密度差之外，主要靠循环水泵的压头进行锅水循环的锅炉称为强制循环锅炉。

十六、炉 膛

进行燃烧和传热的空间称为炉膛。

第三节 燃 料 及 燃 烧

一、燃料的分类

锅炉用的燃料按物理状态可分为三大类即：

固体燃料：煤、木柴、稻糠、甘蔗渣、油母页岩等。

液体燃料：重油。

气体燃料：天然气、煤气、液化石油气等。

1. 固体燃料

锅炉用固体燃料大部分以煤为主，它分为烟煤、无烟煤、贫煤、褐煤、煤矸石等，个别地区因资源情况也有选用木柴、稻糠、甘蔗渣等作燃料的。

(1) 烟煤：又称长烟煤，呈灰黑色或黑色，表面无光泽或有油润的光泽。挥发分较多，可达40%，容易着火，燃烧时火焰长，结焦性较强。

(2) 无烟煤：又称白煤或柴煤，呈黑色，有时也带灰色，质硬而脆，断面有光泽。挥发分少，在10%以下，不容易着火，初燃阶段发出短蓝色的火焰，没有煤烟，燃烧速度缓慢，燃烧过程长，结焦性差，储藏时不易自燃。

(3) 贫煤：贫煤性质介于烟煤和无烟煤之间，挥发分为10~20%，比较容易着火。

(4) 褐煤：呈褐色或黑色，外表似木质，无光泽。挥发分较高，超过40%，容易着火，燃烧时火焰长，不结焦。

(5) 煤矸石：它是煤层中具有可燃质的夹石，灰分较高，达到50%以上，发热量较低，不易着火，需将煤块破碎成细小颗粒，采用沸腾燃烧方式才能燃烧。

(6) 油母页岩：是一种含油的矿石，灰分很高，达到50~70%，挥发分也高达80~90%，很容易着火。

(7) 木柴：它比起煤来说，灰分少，挥发分高，燃烧速度快，但发热量低。根据我国资源情况，一般在林区就近

就地选择一些不能加工用的废材作为燃料。

稻糠、甘蔗渣作为废物利用、把它当作燃料，发热量很低。

2. 液体燃料

锅炉用液体燃料为重油，也称燃料油。它的发热量很高。内部杂质很少，不超过千分之几。在正常燃烧时，燃料油的燃烧产物只是挥发气体，而没有焦炭。燃料油含氢量较高，燃烧后产生大量水蒸气，水蒸气容易和燃料中硫的燃烧产物生成硫酸，对金属造成腐蚀，所以燃料油中的硫很有害。

根据我国标准，将燃料油按粘度增大次序分成20、60、100、200四个牌号规格，其各牌号规格的质量指标详见表1-3。

燃料油质量指标

表 1-3

牌 号	20°	60°	100°	200°
指 标				
恩氏粘度, °E ₈₀ , 不大于	5.0	11.0	15.5	27
闪点(开口), °C, 不低于	80	100	120	130
凝点, °C, 不高于	15	20	25	36
灰分, %, 不大于	0.3	0.3	0.3	0.3
水分, %, 不大于	1.0	1.5	2.0	2.0
硫分, %, 不大于	1.0	1.5	2.0	3.0
机械杂质, %, 不大于	1.5	2.0	2.5	2.5

二、燃料的分析

为了掌握燃料的主要特性，对燃料要进行元素分析和工业分析，目的是为了在锅炉运行中，调节控制燃料燃烧过程，以达到最佳经济指标。

1. 元素分析

燃料含有碳(C)、氢(H)、硫(S)、氧(O)、氮(N)等元素及其他杂质,包括水分(W)和灰分(A)。

碳(C):是燃料中的主要成分,含碳量越高,发热量越高,但碳本身要在比较高的温度下才能燃烧,纯碳是很难燃烧的。所以,含碳量越高的燃料,越不容易着火和燃烧。

氢(H):是燃料中的又一种主要成分,一般与碳成化合物存在,称碳氢化合物,这些化合物在加热时能以气体状态挥发出来,所以含氢量越多的燃料,越容易着火和燃烧。氢在燃烧时能放出大量的热量,年代越久的煤,含氢量越少。

硫(S):燃料中的硫由两部分组成,一部分为不可燃烧部分,如无机硫,它不参加燃烧,一部分为可燃烧部分,如挥发硫,它可以燃烧放出热量。但硫燃烧后生成二氧化硫(SO_2)和三氧化硫(SO_3),当烟温低于露点时,二氧化硫及三氧化硫与烟气中的水分化合成亚硫酸(H_2SO_3)和硫酸(H_2SO_4),对锅炉尾部受热面起腐蚀作用。另外含硫的烟气排入大气,对人体和动植物都有害,因此,燃烧中含硫量越少越好。

氧(O):燃料中的氧不参加燃烧,是不可燃物质,它的量多,燃料中可燃物质相对减少,从而降低了燃料燃烧时放出的热量。煤生成的时间越长,氧的含量就越降低。

氮(N):是惰性气体,不参加燃烧,是不可燃物质,煤中的含氮量很少,一般为0.5~2.0%。

灰分(A):是燃料中不可燃烧的固体矿物杂质,它是在燃料形成时期,开采以及运输中掺入燃料中的,各类燃料的灰分含量相差很大,气体燃料几乎无灰,燃料油中含灰量也极少,相比之下,固体燃料灰分含量较多,燃料中灰分多