

辽宁省劳动局锅炉安全监察处 编著

司炉读本

劳动人事出版社

司 炉 读 本

辽宁省劳动局锅炉安全监察处 编著

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

沈阳第二印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 13印张 92千字

1985年7月北京第1版 1985年7月沈阳第1次印刷

印数: 1—150,000册

书号: 15233-0117

定价: 1.82元

编写说明

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赬、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司炉培训资料。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

绪 言

第一章 锅炉基本知识	1
第一节 锅炉概述	1
第二节 锅炉参数	2
第三节 锅炉规格型号	7
第四节 锅炉的工作过程和工作系统	12
第五节 水与水蒸汽	14
第六节 水循环	18
第七节 锅炉钢材	22
第二章 锅炉结构	28
第一节 对锅炉结构的一般要求	28
第二节 主要受压部件和炉墙	29
第三节 立式横水管锅炉	34
第四节 立式横火管锅炉	36
第五节 立式直水管锅炉	39
第六节 立式弯水管锅炉	41
第七节 快装锅炉	42
第八节 双锅筒横置式水管锅炉	47
第九节 双锅筒纵置式水管锅炉	52
第十节 单锅筒横置式水管锅炉	58
第十一节 单锅筒纵置式水管锅炉	60
第十二节 承压热水锅炉	61
第十三节 过热器、省煤器和空气预热器	68
第三章 锅炉附件和仪表	77
第一节 安全阀	77

第二节	水封安全器.....	85
第三节	压力表.....	88
第四节	水位表.....	95
第五节	低地位水位计.....	102
第六节	水位警报器.....	104
第七节	防爆门.....	107
第八节	排污装置.....	109
第九节	常用阀门.....	113
第十节	管道.....	124
第十一节	温度仪表.....	130
第十二节	流量仪表.....	135
第十三节	自动调节装置.....	137
第四章	燃料、燃烧与传热	145
第一节	燃料.....	145
第二节	燃烧.....	152
第三节	传热.....	156
第四节	热效率.....	158
第五章	燃烧设备.....	166
第一节	燃烧方式.....	166
第二节	手烧炉.....	168
第三节	双层炉排炉.....	173
第四节	链条炉排炉.....	175
第五节	倾斜式往复炉排炉.....	186
第六节	水平往复炉排炉.....	190
第七节	水平往复抽条炉排炉.....	192
第八节	振动炉排炉.....	193
第九节	抛煤炉.....	196
第十节	煤粉炉.....	199
第十一节	简易煤气炉.....	209

第十二节	抽板顶煤反烧炉.....	217
第十三节	螺旋下饲式炉.....	218
第十四节	沸腾炉.....	219
第十五节	燃油炉.....	224
第六章	锅炉运行和维护保养.....	231
第一节	烘炉与煮炉.....	231
第二节	点火与升压.....	235
第三节	安全阀定压.....	241
第四节	通汽与并汽.....	244
第五节	锅炉正常运行.....	245
第六节	燃烧设备的运行.....	253
第七节	停炉保养.....	292
第八节	附件、辅机与炉墙的维护保养.....	294
第九节	锅炉房的规章制度.....	299
第七章	锅炉事故与处理.....	304
第一节	锅炉事故.....	304
第二节	锅炉爆炸事故.....	306
第三节	锅炉缺水事故.....	310
第四节	锅炉满水事故.....	312
第五节	汽水共腾.....	313
第六节	水击事故.....	314
第七节	爆管事故.....	317
第八节	烟道尾部二次燃烧与烟气爆炸事故.....	322
第九节	炉墙损坏事故.....	323
第十节	热水锅炉炉水汽化.....	324
第八章	锅炉附属设备.....	327
第一节	运煤设备.....	327
第二节	给水设备.....	331
第三节	通风设备.....	346

第四节	除渣设备.....	352
第五节	除尘设备.....	354
第九章	锅炉水质处理	366
第一节	锅炉水处理的重要性.....	366
第二节	锅炉水质标准.....	370
第三节	炉外水处理方法.....	375
第四节	炉内水处理方法.....	386
第五节	给水除氧.....	392
第六节	水垢的清除.....	395
附录一：	《全国工业锅炉先进锅炉房试行标准》	403
附录二：	《全国工业锅炉先进司炉工试行标准》	405

第一章 锅炉基本知识

本章扼要介绍锅炉设备的概念、工作过程、水和水蒸汽的性质、水循环原理，以及制作锅炉需用的钢材等基本知识，为读者循序渐进地学好以后各章内容打下基础。

第一节 锅炉概述

锅炉，顾名思义包括“锅”和“炉”两个部分。同时，为了保证锅炉正常运行，还必须配齐必要的附件、仪表和附属设备。

“锅”是锅炉中盛水和汽的部分，它的作用是吸收“炉”放出来的热量，使水加热到一定的温度和压力（热水锅炉），或者转变为蒸汽（蒸汽锅炉）。“炉”是锅炉中燃烧燃料的部分，它的作用是尽量地把燃料的热能释放出来，传递给锅内介质，产生热量供“锅”吸收。

锅炉发展至今已有200余年的历史。随着科学技术的日益提高和社会生产力的迅速发展，要求锅炉产品不断改进更新。锅炉的发展方向是：增加蒸发量，提高工作压力和蒸汽温度；适应燃烧劣质煤，节煤节电，消烟除尘；节约金属耗量，制造、维修和操作方便，降低成本；缩小外形尺寸，减少占地面积；提高机械化操作和自动控制水平，提高安全可靠，提高热效率。

锅炉的分类方法，目前尚无统一规定，大体有以下几种：

- 一、按用途分类：有电站锅炉、工业锅炉和生活用锅炉；
- 二、按输出介质分类：有蒸汽锅炉、热水锅炉和汽水两用锅炉；
- 三、按燃料分类：有燃煤锅炉、燃油锅炉和燃气锅炉；
- 四、按蒸发量分类：有小型锅炉（蒸发量小于20吨/时）、中型锅炉（蒸发量为20—75吨/时）和大型锅炉（蒸发量大于75吨/时）；
- 五、按压力分类：有低压锅炉（工作压力不大于25公斤力/厘米²）、中压锅炉（工作压力为30—50公斤力/厘米²）和高压锅炉（工作压力为80—110公斤力/厘米²）。

第二节 锅 炉 参 数

表示锅炉工作特性的基本参数，主要有锅炉的出力、压力和温度三项。

一、出力

锅炉出力又称容量，蒸汽锅炉用蒸发量表示，热水锅炉用供热量表示。

1. 蒸发量

蒸汽锅炉在确保安全的前提下长期连续运行，每小时所产生蒸汽的数量，称为这台锅炉的蒸发量。用符号“D”表示，常用的单位是吨/时（t/h）。

锅炉蒸发量有额定蒸发量和最大蒸发量两种。额定蒸发量是在锅炉产品铭牌上标示的数值，表示锅炉使用原设计的燃料品种、在原设计的工作压力和温度下长期连续运行，每小时所产生的蒸汽量。最大蒸发量表示锅炉在实际运行中，每小时最大限度产生的蒸汽量。这时锅炉的效率会有所

降低，因此应尽量避免锅炉在最大蒸发量下长时间运行。

蒸汽锅炉在每平方米受热面积上，每小时内所产生的蒸发量，称为这台锅炉的蒸发率，用符号“D/H”表示，单位是公斤/米²·时(kg/m²·h)。蒸发率与燃料的品种、燃烧设备的结构、燃烧工况和受热面的传热效果等因素有关。在同一台锅炉内，不同部位受热面的蒸发率是各不相同的。例如，炉膛内辐射受热面的蒸发率，可能达到80—100公斤/米²·时；对流管束受热面的蒸发率，约为20—30公斤/米²·时。通常所说的锅炉蒸发率，是指这台锅炉的平均蒸发率。不同类型锅炉的平均蒸发率也是各不相同的。例如，旧式小型锅炉的平均蒸发率约为20—25公斤/米²·时；无机械通风和省煤器的水管锅炉，平均蒸发率约为30公斤/米²·时；有机械通风和省煤器的水管锅炉，平均蒸发率约为36公斤/米²·时；有水冷壁的锅炉的平均蒸发率还要相应增大。

锅炉的受压部件，如锅筒、对流管束和水冷壁管等，凡一面被火焰或烟气加热，另一面受汽或水等介质冷却的表面，称为锅炉受热面，用符号“H”表示，单位是米²(m²)。锅炉的受热面越大，吸收的热量越多，其出力也越大。

知道了一台锅炉的蒸发率和受热面积，就可以按照下列公式估算出这台锅炉的蒸发量：

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

例：一台水管锅炉，有引风机，无省煤器，受热面积约60米²，试估算其蒸发量。

解：取这台锅炉的平均蒸发率为32公斤/米²·时，则其蒸发量为：

$$32 \times 60 = 1,920 \text{ (公斤/时)}$$

所以这台锅炉的蒸发量接近2吨/时。

2. 供热量

热水锅炉在确保安全的前提下长期连续运行，每小时出水有效带热量，称为这台锅炉的额定供热量，用符号“Q”表示，单位是万千卡/时 (10^4kcal/h)^①。热水锅炉产生 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

垂直均匀作用在物体表面上的力，称为压力，用符号“F”表示，单位是公斤力 (kgf)^②。垂直均匀作用在物体单位面积上的压力，称为压强，用符号“P”表示，单位是公斤力/厘米² (kgf/cm²)^③。在习惯上，常把压强称为压力，因此本书中所提到的压力，实际上应是压强。

在自然界中，空气是具有重量的，因此，空气中的任何物体，在任何方向上都会受到空气的压力，这种压力称为大气压力。在标准状况下，即当温度为 0℃ 时，在海平面（海拔等于零）处，一个大气压力等于76厘米水银柱高的重量，也等于每平方厘米的面积上承受 1.033 公斤力的重量。在物理学中，把相当于1.033公斤力/厘米² 的压力，称为一个标准大气压或一个物理大气压，用符号“atm”表示。在工业上为了计算方便，将小数点以后的部分忽略不计，称为工程大气压，用符号“at”表示。即一个工程大气压等于1公斤

① 在国际单位制中，热量的单位是焦耳(J)。本书仍暂按习惯沿用千卡，1千卡等于1公斤的纯水温度升高1℃时所吸收的热量。1千卡= 4.187×10^3 焦耳。

② 在国际单位制中，力的单位是牛顿(N)。本书仍暂按习惯沿用公斤力；1公斤力=9.81牛顿。

③ 在国际单位制中，压力的单位是帕斯卡(Pa)。本书仍暂按习惯沿用公斤力/厘米²，1公斤力/厘米²= 9.81×10^4 帕斯卡。

力/厘米²。在实际应用中，还常用水柱的高度（水柱静压）来表示压力的大小，1公斤力/厘米²等于10米水柱高度。

测量压力有两种标准：一种是以压力等于零作为测量起点，称为绝对压力（P_绝）；另一种是以当时当地的大气压力作为测量起点，也就是用弹簧管式压力表测出的压力数值，称为表压力或相对压力（P_表）。绝对压力等于表压力加上当时当地的大气压力（一般取近似值1公斤力/厘米²）。即：

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + 1 \text{ (公斤力/厘米}^2\text{)}$$

或
$$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - 1 \text{ (公斤力/厘米}^2\text{)}$$

在进行准确计算时，常用压力单位的换算系数见表1—1。

压力单位换算系数

表1-1

单 位	工程大气压 (公斤力/厘米 ²)	标准大气压	水银柱高度 (毫米)	水柱高度 (毫米)
工程大气压 (公斤力/厘米 ²)	1	0.968	735.6	10000
标准大气压	1.0332	1	760	10332
水银柱高度(毫米)	1.36×10^{-3}	1.32×10^{-3}	1	13.59
水柱高度(毫米)	10^{-4}	0.968×10^{-4}	735.6×10^{-4}	1

锅炉内为什么会有压力呢？蒸汽锅炉是因为锅内的水吸收热量后，由液体状态变成气体状态，其体积增大很多，例如在一个绝对大气压力下，其体积将增大1650倍。由于锅炉是密闭的容器，因而限制了水汽的自由膨胀，结果就使锅炉各受压部件受到了水汽压力的作用。热水锅炉内压力的产生分两种情况，自然循环采暖系统的热水锅炉，其压力来自高水位形成的静压力；强制循环采暖系统的热水锅炉，其压力

来源于循环泵的压力。

锅炉产品铭牌上标示的压力，是这台锅炉的设计工作压力，单位是公斤力/厘米²（表压力），表示锅炉内部水或汽的压力最大允许超过大气压力的数值。

锅炉设计工作压力又称为额定出口压力。对有过热蒸汽的锅炉，是指过热器出口处的蒸汽压力；对无过热器的蒸汽锅炉，是指锅筒内蒸汽压力或干汽室出口处的蒸汽压力；对热水锅炉，是指锅炉出口处的水压力。

三、温度

标志物体冷热的程度，称为温度，用符号“t”表示。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。因此，在同一压力下，过热蒸汽就比饱和蒸汽能够做出更多的功。

要了解物体温度的高低，需用温度计来测量。温度计上的刻度常用摄氏温标来表示，即在一个标准大气压下，把水开始结冰的温度（冰点）定为零度，把水沸腾时的温度（沸点）定为100度，在两者之间平均分成100格，每格表示摄氏1度，记为1℃。

锅炉产品铭牌上标示的温度，是指锅炉输出介质的最高工作温度，又称额定温度，用摄氏温标表示。对于无过热器的蒸汽锅炉，蒸汽由锅筒上部的主汽阀直接引出，其额定温度是指该对应额定汽压下的饱和蒸汽温度；对于有过热器的蒸汽锅炉，其额定温度是指过热器后主汽阀出口处的过热蒸汽温度。对于热水锅炉，其额定温度，分别用锅炉出口与进口处的水温来表示。

第三节 锅炉规格型号

一、锅炉规格

锅炉与其它机电设备一样，有其一定的规格和型号，以表明设备的性能。由机械工业部提出，经国家标准总局发布的国家标准《工业蒸汽锅炉参数系列》(GB1921-80)和《热水锅炉参数系列》(GB3166-82)，见表1-2和表1-3。

工业蒸汽锅炉参数系列

表1-2

额定出力 (吨/小时)	额定出口蒸汽压力 (表大气压)						额定出口蒸汽温度 (℃)			
	4	7	10	13	16	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				△		△				

热水锅炉参数系列

表1-3

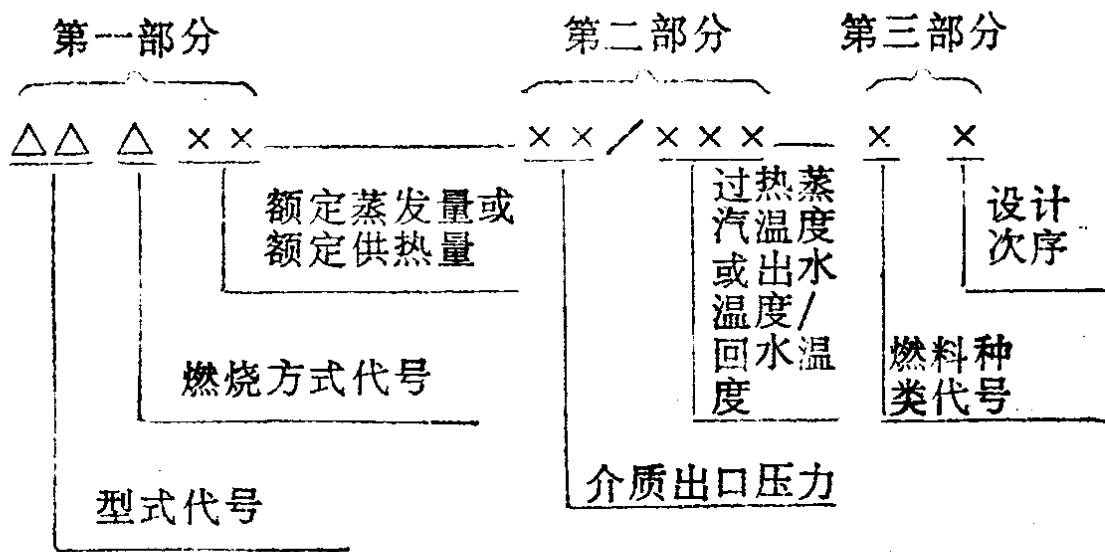
额定供热量 ($\times 10^4$ 千卡/时)	额定出口/进口水温度 ($^{\circ}\text{C}$)									
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/ 110	180/ 110
	额定出口水压力 (表大气压)									
	4	7	7	10	7	10	13	16	16	25
5	△									
10	△									
20	△									
30	△	△								
60	△	△	△							
120		△	△		△					
240		△	△	△	△	△				
360		△	△	△	△	△				
600		△		△	△	△	△			
900				△		△	△			
1200				△		△	△	△		
2500							△	△	△	△
5000								△	△	△
10000								△	△	△

二、锅炉型号

由上海工业锅炉研究所提出，经机械工业部发布的部标准《工业锅炉产品编制方法》(JB1626-83)规定：

工业锅炉产品型号由三部分组成，各部分之间用短横线相连。表示方法如下：

型号的第一部分表示锅炉型式、燃烧方式和额定蒸发量或额定供热量。共分三段：第一段用两个汉语拼音字母代表



锅炉总体型式（见表1-4和1-5）；第二段用一个汉语拼音字母代表燃烧方式（见表 1-6）；第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉额定蒸发量为若干吨/时，或热水锅炉额定供热量为若干10⁴千卡/时。各段连续书写，互相衔接。

火 管 锅 炉 代 号

表1-4

锅 炉 总 体 型 式	代 号
立 式 水 管 立 式 火 管 卧 式 外 燃 卧 式 内 燃	LS (立水) LH (立火) WW (卧外) WN (卧内)

水 管 锅 炉 代 号

表1-5

锅 炉 总 体 型 式	代 号
单锅筒立式	DL (单立)
单锅筒纵置式	DZ (单纵)
单锅筒横置式	DH (单横)
双锅筒纵置式	SZ (双纵)
双锅筒横置式	SH (双横)
纵横锅筒式	ZH (纵横)
强制循环式	QX (强循)