

司炉工上岗培训用书

中小型锅炉运行操作与维护

于新奇 林 兵 主 编
翟建华 高慧琴 副主编



机械工业出版社

前 言

我国中小型工业锅炉的应用量大面广，尤其是在华北、西北和东北地区，冬季取暖用的中小型工业锅炉数量很大，司炉人员众多。为适应对司炉人员上岗培训的需要，我们根据劳动部颁发的“蒸汽锅炉安全技术监察规程”、“热水锅炉安全技术监察规程”以及其他有关标准与规定，以通俗易懂的语言，对常用中小型工业锅炉、热水锅炉的基本知识、操作要领、安全规程以及日常维护和保养等作了详尽地介绍。由于目前国内在用锅炉型号和规格繁多，本书不可能一一进行介绍。因此，读者使用本书时，建议将本书的共用内容与本单位的锅炉型号和规格结合起来学习，效果更好。

本书既可作为司炉工上岗培训用书，也可作为初中以上读者自学用书。还可作为锅炉设备管理人员和安全监察人员参考用书。

本书由于新奇、林兵任主编，翟建华、高慧琴任副主编，由钟人伟高级工程师审核定稿。另外，石家庄市锅炉检验所王丽娜同志、沧州市锅炉检验所韩建民同志、河北科技大学教授陈玉琨同志及河北省劳动厅锅炉压力容器安全监察处的同志们也参与本书的编写工作，给予大力支持和帮助，还有其他向本书提供信息的同志们，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，本书中不足之处恳请批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 锅炉工作原理与运行基本知识	1
第一节 锅炉的工作原理	1
一、锅炉的工作过程	1
二、锅炉水循环	1
三、锅炉常用物理量和参数	2
第二节 常用中小型锅炉及辅助设备简介	4
一、锅炉型号编制	4
二、常用中小型锅炉	7
三、锅炉辅助设备简介	22
第三节 锅炉安全运行操作规程内容	25
一、图样	25
二、设备的简要特性	25
三、锅炉的运行	28
第二章 锅炉燃料	30
第一节 煤	30
一、煤的成分	30
二、煤的发热量	32
三、煤的分类	33
四、煤的燃烧	34
第二节 燃油及气体燃料	36
一、燃油	36
二、气体燃料	38
第三章 锅炉用水处理	40

第一节 水中的杂质及其对锅炉的危害	40
一、水中的杂质	40
二、水中杂质对锅炉的危害	41
第二节 水质指标与锅炉水质标准	43
一、水质指标	43
二、锅炉水质标准	45
第三节 锅内水处理	48
一、锅内水处理用料	48
二、加药方式与操作	50
三、锅内加药注意事项	51
第四节 锅外水处理	52
一、锅外水处理用料	53
二、离子交换设备	53
三、离子交换器的运行	54
第五节 给水除氧	58
一、大气式热力除氧	58
二、药剂除氧	59
第六节 锅炉水质监督管理	59
一、运行锅炉的水质监督管理内容	60
二、水质监督管理中应注意的问题	61
第四章 锅炉设备及附件的日常维护和保养	66
第一节 锅炉本体的常规维护保养	66
一、锅炉本体的受压部件	66
二、炉墙	68
三、燃烧设备	69
四、锅炉本体的日常维护保养	88
第二节 锅炉附属设备和辅助设备的日常维护和保养	90
一、省煤器	91
二、蒸汽过热器	92

三、空气预热器	93
四、给水设备	95
五、通风设备	101
六、运煤设备	103
七、出灰设备	107
第三节 锅炉附件及仪表的日常维护保养	109
一、安全阀	109
二、压力表	115
三、水位表	118
四、高低水位报警器	123
五、温度仪表	125
六、流量仪表	127
七、排污装置	129
八、常用阀门	131
九、锅炉保护装置	135
第五章 锅炉运行操作及保养	138
第一节 锅炉点火前的检查和准备	138
一、锅炉点火前的检查	138
二、锅炉点火前的准备	141
第二节 点火、升压和并炉	151
一、点火	151
二、升压	154
三、并炉	156
第三节 锅炉正常运行与调节	158
一、水位的调节	158
二、汽压的调节	159
三、汽温的调节	160
四、排污	161
五、燃烧的调整	163

六、吹灰·····	168
七、锅炉正常运行中的巡回检查与记录·····	169
八、热水锅炉的运行调整·····	171
第四节 锅炉停炉及停炉后的保养·····	175
一、锅炉停炉·····	175
二、停炉保养·····	183
第五节 辅助设备、附件和炉墙的维护保养·····	185
一、省煤器的维护保养·····	186
二、空气预热器的维护保养·····	186
三、风机的维护保养·····	187
四、给水泵的维护保养·····	188
五、除尘器的维护保养·····	190
六、安全阀的维护保养·····	191
七、压力表的维护保养与更换·····	191
八、水位表的维护保养与玻璃管(板)的更换·····	192
九、管道阀门的维护保养·····	194
十、阀门、水泵更换填料·····	194
十一、炉墙和保温层的维护保养·····	196
第六章 锅炉消烟除尘与噪声治理 ·····	200
第一节 锅炉消烟除尘及除尘设备·····	200
一、烟尘危害及排放标准·····	200
二、降低烟气黑度的措施·····	204
三、锅炉除尘设备·····	206
第二节 锅炉房噪声治理·····	218
一、锅炉房的噪声源·····	218
二、噪声的危害与噪声控制标准·····	218
三、锅炉房的噪声控制方法·····	220
第七章 锅炉安全运行法规和规章制度简介 ·····	225
第一节 锅炉使用前的登记·····	225

一、锅炉使用登记的目的·····	225
二、登记时应交验的资料·····	225
第二节 司炉工人的培训考核·····	227
一、司炉工人应具备的条件·····	227
二、司炉工人培训、考试·····	228
第三节 锅炉房规章制度·····	229
一、岗位责任制·····	229
二、交接班制度·····	231
三、巡回检查制度·····	233
四、安全操作制度·····	233
五、设备日常维护保养制度·····	234
六、设备定期检修制度·····	234
七、水质管理制度·····	235
八、安全保卫制度·····	235
九、清洁卫生制度·····	236
主要参考文献·····	237

第一章 锅炉工作原理与运行基本知识

第一节 锅炉的工作原理

一、锅炉的工作过程

锅炉是利用燃料燃烧放出的热量或工业生产中的余热生产热水或使水汽化为蒸汽的一种能量转换设备。锅炉顾名思义是由“锅”与“炉”两部分组成的，锅炉工作在这两部分同时进行。所谓“锅”，是锅炉设备中的汽水系统。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，使水加热和生成蒸汽，被引出应用。所谓“炉”，是锅炉设备中的燃烧设备和风、煤、烟气系统。在这个系统中，燃料在炉膛内燃烧后不断地放出热量，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。“锅”与“炉”，一个吸热，一个放热，是密切联系的一个整体设备。

锅炉在运行中，由于水的循环流动，不断地将受热面吸收的热量全部带走，不仅使水汽化成蒸汽，而且使受热面得到良好的冷却，从而保证了锅炉受热面在高温条件下安全地工作。

二、锅炉水循环

锅炉水循环有自然循环和强制循环两种方式：

（一）自然循环

由于锅炉内各部分吸收的热量不相等，使水产生重度差而形成水循环，这种循环称为自然循环，如图 1-1 所示。

锅炉的锅筒 2 和下集箱 6 由左右两根炉管连通，其中下降管 5 位于炉墙外不受热，因而管中是温度较低的水，由于重度大而向下流动；上升管 1 位于炉膛内，吸收热量，管中的水有一部分汽化成气泡，形成汽水混合物，由于重度减小而向上流动，上升管中的汽水混合物进入锅筒后，蒸汽被分离出来，水继续流入下降管进行再循环。我国几乎所有工业锅炉都采用自然循环方式。

（二）强制循环

锅炉中水在受热面管子中的流动靠出入口之间的压力差造成强制流动，这种循环方式称为强制循环。常见的一些热水锅炉，靠循环水泵使循环水沿固定的流通过路，在锅炉内流动受热升温，这就是强制循环锅炉。这种锅炉通常采用“下进上出”水的流向，有些也用上下交替的流程，但都要求在各受热面内有一定的流动速度，以防止出现汽化、积垢和腐蚀。蒸汽锅炉中的省煤器也属于强制循环。

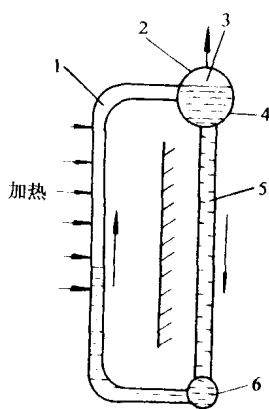


图 1-1 锅炉水
循环原理

1—上升管 2—锅筒

3—蒸汽出口管 4—给水管

5—下降管 6—下集箱

三、锅炉常用物理量和参数

（一）温度

温度是标志物体冷热程度的参数，温度高显示较热的状态，温度低显示较冷的状态。用来测量温度的仪表叫做温度计，它是根据液体（水银或酒精）热胀冷缩的性质制成的。常用的摄氏温度计，是在标准大气压下，把水结冰时的温度定为零度，把水沸腾时的温度定为 100 度，在两者之间平分

成 100 格，每格即是摄氏 1 度，记作 1°C 。锅炉铭牌上标出的蒸汽温度，即是用摄氏温度标出的。

（二）压力

垂直均匀作用在物体表面上的力，称为压力，单位是 N（牛顿）。垂直均匀作用在物体单位面积上的压力，称为压强，单位是 Pa（帕），实际应用时，常用 MPa（兆帕）或 kPa（千帕）表示。80 年代以前的锅炉，压强的单位是 kgf/cm^2 （公斤力/厘米²）， $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 大体上相当于 0.1MPa（兆帕）。在习惯上，常把压强称为压力，因此本书中提到的压力，实际上应是压强。

测量压力有两种标准：一种是以零压（压力等于零）作为测量起点，称为绝对压力；另一种是以当时当地的大气压力作为测量起点，也就是压力表测出的压力数值，称为表压力。因此，绝对压力等于表压力加上当地大气压力。锅炉上应用的压力都是表压力。

（三）蒸发量

锅炉每小时产生蒸汽的数量称为蒸发量。蒸发量又称为出力，常用单位是 t/h（吨/时）或 kg/h（公斤/时）。锅炉铭牌上所标出的蒸发量是该锅炉按规定的蒸汽参数和一定的热效率，长期连续安全运行时，每小时所产生的蒸汽量，又称为额定蒸发量。锅炉运行时，实际蒸发量为额定蒸发量的 75%～80% 时，锅炉热效率最高，这时的蒸发量标为经济蒸发量。

对热水锅炉，反映出力的是供热量。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，单位是 MW（兆瓦）。热水锅炉产生 0.7MW 大体上相当于蒸汽锅炉产生 1t/h（吨/时）蒸汽的热量。80 年代以前的锅炉，供热量的单位是万 kcal/h（万

千卡/时), 60 万 kcal/h 大体上相当于 0.7MW。

(四) 受热面积

锅炉内, 凡是一面受到火焰或烟气的加热, 而另一面将热量传给水或水蒸气的金属面积, 称为锅炉的受热面积。通常以接触火焰或烟气的一面来计算受热面积, 单位是 m^2 (米²)。

(五) 蒸发率

蒸发率指单位时间内每平方米锅炉受热面积上产生的蒸汽数量, 单位是 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (公斤/米²·时)。锅炉的型式不同, 蒸发率也不同。

(六) 锅炉效率

锅炉效率指锅炉的有效利用热量占所消耗的燃料应放出热量的百分数。

第二节 常用中小型锅炉及辅助设备简介

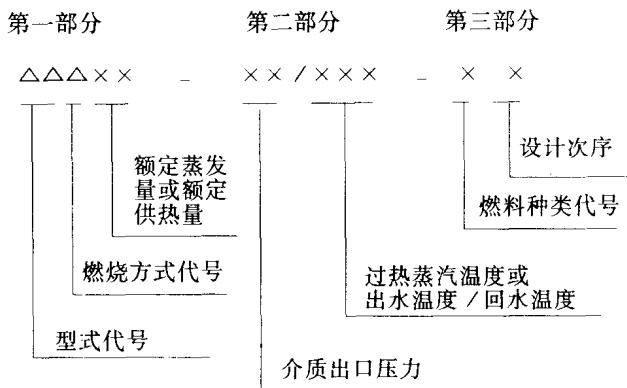
一、锅炉型号编制

我国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:

型号中“△”符号用汉语拼音字母表示; “×”用数字表示。

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。额定蒸发量的单位是 t/h (吨/时)¹⁾, 热水

1. 本书中单位名称一律使用国际单位制符号。但是, 为了便于初学者学习, 在该单位名称第一次出现时, 在其后用括号注出其中文名称予以对照, 例如 N (牛顿)、Pa (帕)、MPa (兆帕)、kPa (千帕)、 kgf/cm^2 (公斤力/厘米²)、 t/h (吨/时)、 kg/h (公斤/时)、MW (兆瓦)、万 kcal/h (万千卡/时)、 m^2 (米²)、 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (公斤/米²·时), 等等。该单位名称第二次出现时即不再加注中文名称, 请读者参考前注自行对照。



锅炉额定供热量的旧单位是万 kcal/h (万 千卡/时)，新单位制应为 MW (兆瓦)，锅炉型式和燃烧方式代号如表 1-1、表 1-2 所示。

型号的第二部分表示介质参数，共分两段。第一段为介质出口压力，法定计量单位为 MPa (兆帕)，旧锅炉仍采用工程单位 kgf/cm² (公斤力/厘米²)；第二段为过热蒸汽温度或出水温度/回水温度，单位是℃，饱和蒸汽可以不标。

型号的第三部分表示燃料种类和设计次序。燃料种类如表 1-3 所示，如同时使用几种燃料，则将几种燃料的代号都列上，但必须将主要燃料放在前面。

过去为了使快装型式的锅炉区别于组装和散装两种型式的锅炉，在型号第一部分的第一段使用代号 K (快)，组成 KZ (快纵)、KH (快横) 等代号，现行标准已取消了这种表示方法。

表 1-1 锅炉型式代号

锅 炉 总 体 型 式		代 号
锅壳锅炉	立式水管	LS (立水)
	立式火管	LH (立火)
	卧式外燃	WW (卧外)
	卧式内燃	WN (卧内)
水管锅炉	单锅筒立式	DL (单立)
	单锅筒纵置	DZ (单纵)
	单锅筒横置	DH (单横)
	双锅筒纵置	SZ (双纵)
	双锅筒横置	SH (双横)
	纵横锅筒式	ZH (纵横)
	强制循环	QX (强循)

表 1-2 燃烧方式代号

燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号
固定炉排	G (固)	振动炉排	Z (振)
活动手摇炉排	H (活)	下饲式炉排	A (下)
链条炉排	L (链)	沸腾炉	F (沸)
往复推动炉排	W (往)	半沸腾炉	B (半)
抛煤机	P (抛)	室燃炉	S (室)
倒转炉排加抛煤机	D (倒)	旋风炉	X (旋)

表 1-3 燃料种类代号

燃料品种	代 号	燃料品种	代 号
I 类石煤煤矸石	SI	褐煤	H
II 类石煤煤矸石	SII	贫煤	P
III 类石煤煤矸石	SIII	木柴	M
I 类无烟煤	WI	稻糠	D
II 类无烟煤	WII	甘蔗渣	G
III 类无烟煤	WIII	油	Y
I 类烟煤	AI	气	Q
II 类烟煤	AII	油母页岩	Ym
III 类烟煤	AIII		

举例:

WNL2-1.25-AII——表示卧式内燃链条炉排锅炉, 额定蒸发量为 2t/h, 蒸汽压力 1.25MPa, 蒸汽温度为饱和温度, 燃用 II 类烟煤, 原型设计的蒸汽锅炉。

QXW2.8-0.7/95/70-A II——表示强制循环的热水锅炉, 采用往复炉排, 在燃用 II 类烟煤时额定功率为 2.8MW (240×10 万 kcal/h), 锅炉工作压力为 0.7MPa (7kgf/cm^2), 供水温度为 95℃, 回水温度为 70℃。

二、常用中小型锅炉

(一) 立式锅壳锅炉

立式锅壳锅炉主要有立式横水管锅炉、立式多横水管锅炉、立式直水管锅炉、立式弯水管锅炉和立式火管双层炉排锅炉, 目前应用较多的是后三种。由于立式锅炉的效率低和机械化燃烧问题难以解决, 并且炉膛水冷程度大, 不宜烧劣质煤, 目前产量已逐渐减少, 只是一些低压小容量的锅炉和对环保控制不严及供电不正常的地区还采用立式锅壳锅炉。这里以立式直水管锅炉为例加以介绍。

立式直水管锅炉的型号是 LSG (立、水、固), 其结构如图 1-2 所示。这种锅炉的工作压力通常为 0.8MPa (8kgf/cm^2), 蒸发量可达 1t/h。

运行时固定炉排上燃料燃烧火焰直接冲刷炉胆, 高温烟气经炉胆顶侧上方的喉管进入上下管板间的直水管组, 水管组中由下降管和隔烟墙等将烟气阻挡, 使烟气围绕水管组旋转一周, 对水管组、上下管板冲刷加热后进入烟箱, 然后由烟囱排出。

立式直水管锅炉的优点是:

(1) 所有受热部件都浸在水中, 不易过热, 传热效果好。

(2) 水管组中间有大直径的下降管，其余均为上升管，水循环可靠。

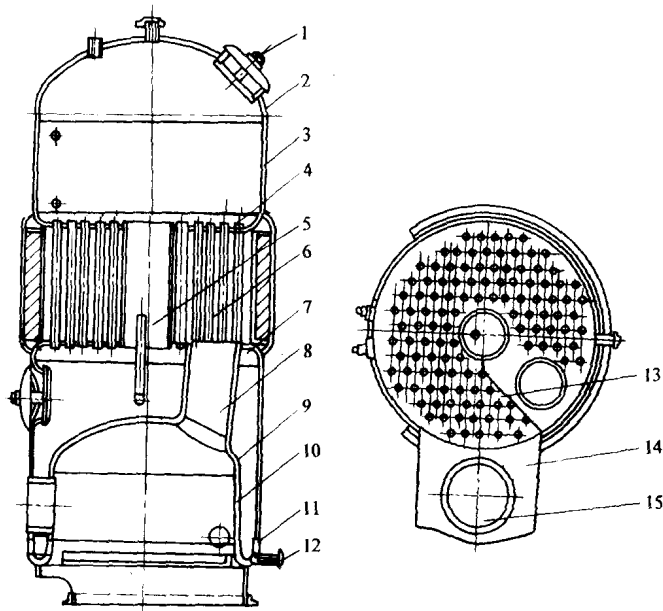


图 1-2 立式直水管锅炉

1—人孔 2—封头 3—锅筒 4—上管板

5—下降管 6—直水管 7—下管板

8—烟气出口管 9—炉胆顶 10—炉胆 11—U型下脚

12—排污管 13—隔烟墙 14—烟箱 15—烟囱

(3) 烟气流程长，并对全部水管进行横向冲刷，排烟温度较低，热效率可达 60%~70%，是立式锅炉中热效率较高的。

这种锅炉的缺点是：

(1) 烟气流程长，容易在管区中间积灰，运行时应经常

吹灰。

(2) 炉膛水冷程度大，炉温较低，不适合烧劣质煤。

(3) 水管损坏时，更换困难。

(二) 卧式锅壳锅炉

卧式锅壳式锅炉是工业锅炉中数量最多的一种，一般蒸发量不超过 4t/h（少量的也有 6t/h），工作压力不超过 1.27MPa。目前国内大量生产和使用的卧式锅壳式锅炉主要为卧式内燃三回程锅炉和卧式外燃水火管锅炉。这种锅炉在制造厂全部组装完毕后，整机运往使用单位，安装快捷，故又称为卧式快装锅炉。

1. 卧式内燃三回程锅炉（卧式内燃快装锅炉） 这种锅炉有 WNL（卧、内、链）和 WNG（卧、内、固）或 DNG（单、内、固）两种型号，其中前者应用广泛，而后者基本不再生产。

卧式内燃链条炉排锅炉（WNL）的结构如图 1-3 所示。它的烟气流程是烟气在锅炉内呈三个回程流动。燃烧后的烟气在炉胆内向后流动，冲刷炉胆作为烟气第一回程；烟气经后烟箱导入左右侧下部烟管，向炉前流动是第二回程；烟气至前烟箱汇集后，进入炉胆上部的烟管向后流动，即为第三回程，最后经省煤器由引风机经除尘器排入烟囱。

卧式内燃链条炉排锅炉有以下特点：

(1) 采用快装炉型结构，组装出厂，砖砌工程量少，运输安装方便。

(2) 点火和升压快，操作方便。

(3) 汽水容量较大，结构紧凑，体积小。

(4) 机械通风，提高了烟速，改善了传热，降低了排烟温度，从而具有较高的热效率（73%~75%）。

(5) 炉排置于炉胆内，炉膛体积小，水冷程度高，因此对煤质要求较高。

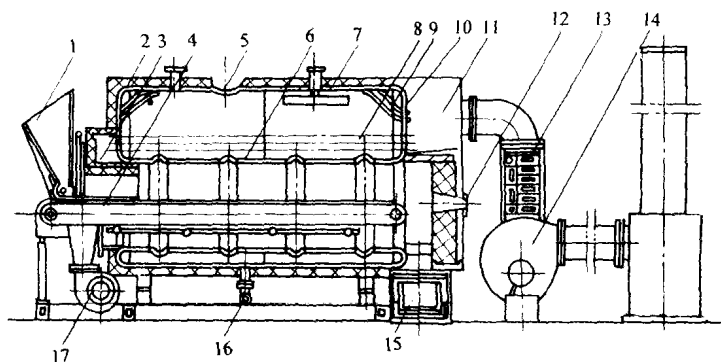


图 1-3 卧式内燃链条炉排锅炉

- 1—煤斗 2—前封头 3—前烟箱 4—链条炉排 5—人孔
6—炉胆 7—锅壳 8—烟管 9—拉撑 10—后封头
11—后烟箱 12—看火孔 13—铸铁省煤器 14—引风机
15—出灰口 16—排污阀接口 17—鼓风机

2. 卧式外燃水火管锅炉（卧式外燃快装锅炉） 这是我国工业锅炉中使用得最多、最普遍的一种炉型，按现行的工业锅炉型号编制方法，应用代号 WW，但目前国内锅炉行业均用水管锅炉的型式代号 DZ 来表示。图 1-4 为 DZL 型锅炉结构，其烟气流程是：燃烧火焰在炉内直接辐射水冷壁和锅壳下部，高温烟气从锅炉后部一侧进入第一束烟管区，由后向前流入前烟箱，再进入第二束烟管区，由前向后流入后烟室进入省煤器、除尘器由烟囱排出。

卧式外燃水火管锅炉与卧式内燃链条炉排锅炉的主要区别，在于卧式外燃水火管锅炉将燃烧装置从锅壳中移出来，加大了炉排面积和炉膛体积，并在锅壳两侧加装了水冷壁管，组成了燃烧室，为煤的燃烧创造了良好条件，因此适应