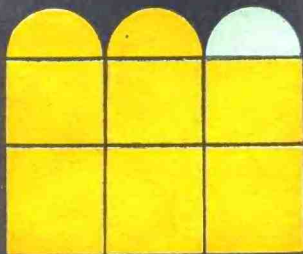


司炉技师、技工教材

工业锅炉原理 与运行

江苏科学技术出版社



司炉技师、技工教材

工业锅炉原理与运行

于荣亮 陆天齐 编著
杜云官 马红玲

出版发行：江苏科学技术出版社

印 刷：宜兴市第二印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张 11 插页 2 字数293,000

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

印数1—20,180册

ISBN 7—5345—0807—x

TK·2

定价：3.60元

责任编辑 孙广能

前 言

锅炉是国民经济各部门和人民生活中的重要热力设备，同时又是受压、高温、对环境污染、耗能很大的特种热力设备。

为了提高锅炉运行、管理人员的理论与操作水平，确保工业锅炉安全、经济、可靠运行，防止事故和污染，节约能源，以促进我国的现代化建设，我们编写了《工业锅炉原理与运行》(司炉技师、技工教材)一书。内容包括基础知识、本体结构、辅助设备、安全附件和仪表、水处理、运行与维护、事故预防与处理、消烟除尘和节约能源等。是从事工业锅炉运行、管理人员的培训教材和有关工程技术人员参考书，尤其适合司炉技师和技工的培训与复考。

本书在具体内容的选编上，力求联系我国工业锅炉的实际，尽量做到简明通顺，全面实用。一般具中学文化程度的读者都能看懂。

参加本书编写的有东南大学于荣宪、南京市劳动局锅炉监察处陆天齐、南京市锅炉压力容器检验研究所马红玲，南京市机电学校杜云官，并由于荣宪主编，东南大学范从振教授审阅。书中插图由于华、于红制作。

限于作者水平，缺点和错误难免，恳请读者批评和指正。

编者

1989.6.

目 录

绪论.....	(1)
第一章 锅炉基础知识.....	(4)
第一节 物理量.....	(4)
一、体积和容积.....	(4)
二、质量和重量.....	(4)
三、重度和密度.....	(5)
四、比容.....	(5)
五、温度.....	(5)
六、压力(压强).....	(6)
七、物质的线膨胀系数.....	(8)
八、功和热量.....	(10)
九、流量和平均流速.....	(11)
十、比热.....	(12)
第二节 热量的传递.....	(12)
一、导热(热传导).....	(13)
二、热对流.....	(13)
三、热辐射.....	(14)
四、传热过程.....	(14)
五、热阻.....	(15)
第三节 燃料及燃烧.....	(17)
一、固体燃料煤的成分.....	(17)
二、煤的分析.....	(19)
三、煤的种类.....	(21)

四、液体燃料	(22)
五、气体燃料	(25)
六、燃料的燃烧	(25)
第四节 水和水蒸气的性质	(29)
一、水的性质	(29)
二、水的汽化和蒸汽的加热	(30)
第五节 锅炉水循环	(32)
一、水循环的原理	(32)
二、水循环故障	(33)
第六节 锅炉参数和热平衡	(35)
一、锅炉基本参数	(36)
二、结构参数和性能参数	(36)
三、锅炉热平衡	(37)
第二章 工业锅炉结构	(40)
第一节 锅炉发展概况	(40)
第二节 工业锅炉的型号	(42)
第三节 烟管水管锅炉	(44)
一、立式横火(烟)管锅炉(LHG0.4-0.5-A)	(45)
二、立式弯水管(下饲炉排)锅炉(LSA0.2-0.8-A)	(46)
三、卧式内燃链条炉排烟管锅炉(WNL2-1.3-A)	(50)
第四节 快装锅炉	(50)
一、KZG0.5-0.8-W型快装锅炉	(52)
二、KZG1-0.8-PI型快装锅炉	(56)
三、KZL4-1.3-I型快装锅炉	(58)
第五节 水管锅炉	(60)
一、DZL6-1.3-A型水管锅炉	(61)
二、SZL6.5-1.3-A型水管锅炉	(65)
三、SZL10-1.3-P型水管锅炉	(68)

四、SHL20-1.3-A型水管锅炉	(70)
第六节 沸腾锅炉	(80)
第七节 煤粉锅炉	(85)
第八节 热水锅炉	(92)
第三章 锅炉辅助受热面和辅助设备	(95)
第一节 辅助受热面	(95)
一、蒸汽过热器	(95)
二、省煤器	(97)
三、空气预热器	(99)
第二节 锅炉的通风系统	(101)
一、锅炉的通风方式	(101)
二、送风机和引风机	(103)
第三节 锅炉的给水系统	(107)
一、给水管道	(107)
二、凝结水管道	(108)
三、汽动给水泵和注水器	(108)
四、电动给水泵	(113)
五、凝结水泵	(116)
第四节 锅炉的蒸汽和排污系统	(117)
一、蒸汽管道	(117)
二、排污管道	(118)
三、汽水分离装置	(120)
四、疏水器	(122)
第五节 管道的阀门	(123)
一、截止阀	(124)
二、直角阀	(125)
三、闸门阀	(125)
四、快速排污阀	(125)

五、止回阀.....	(126)
第四章 锅炉的安全附件和仪表.....	(128)
第一节 压力表.....	(128)
第二节 水位计.....	(130)
一、玻璃管式水位计.....	(131)
二、玻璃板式水位计.....	(132)
三、低位水位计.....	(133)
第三节 安全阀.....	(136)
一、静重式安全阀.....	(136)
二、重锤杠杆式安全阀.....	(137)
三、弹簧式安全阀.....	(138)
第四节 水位报警器.....	(139)
一、锅内高低水位报警器.....	(140)
二、锅外高低位水位报警器.....	(141)
三、浮球式高低水位报警器.....	(142)
四、电极式高低水位报警器.....	(143)
第五节 给水调节.....	(144)
一、浮球式给水调节器.....	(144)
二、双位电极式给水调节器.....	(145)
三、恒温管式给水调节器.....	(147)
第六节 流量计.....	(148)
第七节 温度计.....	(150)
一、玻璃管温度计.....	(150)
二、电阻温度计.....	(151)
三、热电偶温度计.....	(153)
第五章 锅炉水处理.....	(156)
第一节 水中杂质及其危害.....	(156)
一、天然水中的杂质.....	(156)

二、水中杂质对锅炉的危害.....	(157)
第二节 锅炉水质指标和水质标准.....	(159)
一、水质指标.....	(159)
二、低压锅炉的水质标准.....	(161)
第三节 水处理方法.....	(162)
一、锅内水处理.....	(162)
二、锅外水处理.....	(165)
三、给水除氧.....	(172)
第六章 锅炉运行与维护.....	(178)
第一节 锅炉投运前的工作.....	(178)
一、烘 炉.....	(178)
二、煮 锅.....	(180)
三、锅炉水压试验.....	(181)
第二节 锅炉升火并炉.....	(182)
一、升火前的检查和准备.....	(183)
二、点火及升压.....	(184)
三、并炉送汽.....	(187)
第三节 锅炉运行的控制与调整.....	(188)
一、给水和水位.....	(189)
二、汽压与汽温.....	(189)
三、用引风机调整烟道负压.....	(191)
四、对各部位和风机的检查.....	(191)
第四节 锅炉受热面吹灰和锅炉排污.....	(191)
一、吹 灰.....	(191)
二、排 污.....	(193)
第五节 链条炉燃烧的控制与调整.....	(194)
一、燃烧设备的维护.....	(194)
二、燃烧的控制与调整.....	(195)

三、链条炉停火·····	(198)
第六节 锅炉停止运行 ·····	(201)
一、事故停炉·····	(201)
二、正常停炉·····	(202)
三、停炉后的保养·····	(203)
第七章 工业锅炉事故的预防和处理 ·····	(206)
第一节 锅炉的工作条件和事故类别 ·····	(206)
一、锅炉运行必备的条件·····	(206)
二、锅炉事故的类别·····	(207)
第二节 锅炉事故产生的原因和处理要求 ·····	(208)
一、产生的原因·····	(208)
二、处理要求·····	(209)
第三节 工业锅炉爆炸事故的预防与处理 ·····	(209)
一、锅炉破裂和爆炸的原因·····	(210)
二、锅炉爆炸的能量·····	(211)
三、锅炉爆炸的特征和危害性·····	(212)
四、爆炸事故的预防措施·····	(213)
第四节 工业锅炉常见事故的预防与处理 ·····	(214)
一、锅炉缺水事故·····	(214)
二、锅炉满水事故·····	(217)
三、汽水共腾·····	(218)
四、爆管事故·····	(219)
五、过热器管爆破事故·····	(220)
六、省煤器管损坏事故·····	(221)
七、空气预热器严重泄漏事故·····	(222)
八、水击事故·····	(223)
九、燃烧不正常引起的事故·····	(224)
十、快装锅炉的损坏事故·····	(226)
第八章 工业锅炉的消烟除尘 ·····	(228)

第一节 排烟除尘的迫切性.....	(228)
一、烟尘的污染及危害.....	(228)
二、烟尘污染的防治.....	(230)
第二节 排烟措施.....	(231)
一、立式横烟管锅炉加外置砖砌烟箱.....	(231)
二、立式水管锅炉加装煤气发生室.....	(233)
三、快装锅炉炉膛内加设耐火砖拱和挡火墙.....	(233)
四、间断二次风排烟.....	(234)
五、往复炉排.....	(235)
六、K型手烧锅炉加装炉拱.....	(238)
第三节 工业锅炉的除尘.....	(239)
一、除尘措施.....	(239)
二、对除尘设备的评价.....	(240)
第四节 工业锅炉常用的除尘器.....	(242)
一、帽式除尘器.....	(242)
二、ZW型直流旋风除尘器.....	(244)
三、重力沉降式除尘器.....	(245)
四、XPW型旋风除尘器.....	(247)
五、C型旋风除尘器.....	(249)
六、双级蜗旋除尘器.....	(250)
七、立式多管旋风除尘器.....	(252)
八、XNX/G型卧式旋风除尘器.....	(254)
九、CLK型扩散式旋风除尘器.....	(255)
十、麻石水膜除尘器.....	(257)
第五节 除尘器的选择.....	(260)
一、选择除尘器应掌握的资料.....	(260)
二、各种除尘器的主要工作特性及适用范围.....	(261)
三、综合分析最终选定.....	(263)
第六节 除尘器安装与运行.....	(268)

一、除尘器的布置安装	(268)
二、除尘器的运行	(276)
第九章 工业锅炉的节能	(279)
第一节 工业锅炉节能概述	(279)
一、节煤操作	(279)
二、锅炉改造	(282)
第二节 锅炉改造的有关数据和热效率估算	(283)
一、排烟热损失 q_2	(283)
二、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时所需炉排面积	(284)
三、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时所需炉膛容积	(284)
四、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时所需机械通风量	(285)
五、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时产生的烟气量	(285)
六、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时应布置的辐射受热面积	(285)
七、蒸发量 $D = 1\text{t/h}$ 时应布置的对流受热面积	(286)
八、有省煤器锅炉 $D = 1\text{t/h}$ 时应布置的对流受热面积	(286)
九、热效率的估算	(287)
十、工业锅炉热效率的最低要求	(289)
第三节 锅炉热平衡试验	(290)
一、锅炉有效利用热量 Q_1 和热效率 η 的计算	(291)
二、锅炉正平衡试验	(293)
三、锅炉反平衡试验	(297)
四、热平衡试验测量和注意事项	(304)
五、热平衡试验实例	(306)
第四节 立式弯水管锅炉的改造	(310)
一、改为下饲式炉排	(310)
二、增加水处理、余热利用和除尘装置	(312)
第五节 快装锅炉技术改进	(314)
一、KZG2-0.8型快装锅炉改成振动炉排炉	(315)
二、KZH2-0.8型锅炉改成链条炉排炉	(318)

第六节 K型锅炉的改造.....	(320)
一、K2-1.3型锅炉改成横向链条炉排炉.....	(321)
二、K4-1.3型锅炉改为纵向链条炉排炉.....	(322)
附 录.....	(325)
附录一 我国法定计量单位和工程单位换算表...	(325)
附录二 表1 饱和水和蒸汽热力性质.....	(327)
表2 未饱和水与过热蒸汽热力性质.....	(330)
附录三 锅炉房管理.....	(331)
一、锅炉房守则.....	(331)
二、先进锅炉房试行标准.....	(332)
三、先进司炉工试行标准.....	(333)
四、锅炉工技术等级标准.....	(333)

绪 论

锅炉是利用燃料燃烧放出的热量，生产蒸汽或热水的设备。

目前，我国有工业锅炉约35万台，每年消耗的原煤量约占我国原煤产量的1/3。有一支数量可观的司炉工队伍，因此，培养、训练和提高这支产业大军的素质，对发展我国的工业生产、提高产品质量、节省能源、加强环境保护、提高人民生活和改善司炉工人自身的劳保条件都有着重要的意义。

通常把用于蒸汽发电或蒸汽动力的中大型锅炉称为电站或动力锅炉；而将用于工业或采暖的小型锅炉称为工业锅炉或供热锅炉。动力锅炉有煤粉制备系统，烧煤粉，有较高的热效率，生产的蒸汽压力和温度较高。工业锅炉一般是烧原煤，生产的蒸汽压力和温度较低，热效率也低。

现在用锅炉房设备简图（图0-1）来看看锅炉的工作过程。锅炉由汽锅和炉子两大部分组成。炉子在下部，燃料在炉子里燃烧，放出热量传给汽锅内温度较低的水。水在汽锅受热面内被加热，进而沸腾汽化，生成蒸汽。图中是一台双锅筒横置式链条炉（SHL型锅炉）。煤由输煤皮带11送入煤仓12，再进入炉前的加煤斗，靠自重落在链条炉排2上。煤在向炉内移动的炉排上燃烧，放出热量，形成高温的烟气。燃尽的煤变成灰渣，在炉排末端被除渣板铲进灰渣斗，由灰车13运出锅炉房。高温烟气的热量，被布置在炉膛四周

成排的水管，俗称水冷壁管吸收。水冷壁管内的水吸热变成汽水混合物，由上集汽箱集中进入上锅筒（汽包1）。而从上锅筒出来的蒸汽入过热器3，再吸收烟气的热量变成过热蒸汽，送到工业生产的工艺设备中使用。经过化学水处理和除去氧气的给水，由给水泵10先输送到锅炉尾部的省煤器4，经烟气加热后进入上锅筒1下部的水空间。上锅筒的水经一系列管束吸热后流入下锅筒，下锅筒的水又经一系列管束分送到水冷壁的下集水联箱。煤在炉子里燃烧需要氧气，这要由送风机9不断送入热空气来供应。送风机的吸风口一般装在锅炉房上部，吸收锅炉房内温度较高的空气。风先送入锅炉尾部的空气预热器5中加热，热风再送到炉排风仓，向上穿过炉排到达燃烧层。省煤器是预热给水的，空气预热器是预热燃烧所用热风的，它们都装在锅炉尾部吸收低温烟气的热量，通常称为尾部受热面。烟气从锅炉排出之后需经过除尘器6除尘，不让烟囱冒黑烟。只靠烟囱的吸拔力是不够的，还要在除尘器之后装引风机7加强炉膛和烟道内烟气的流动性，才能将烟气排出。以上就是工业锅炉基本的工作过程。

下面我们将分章介绍锅炉的基本概念、结构、性能和安全经济运行的知识。

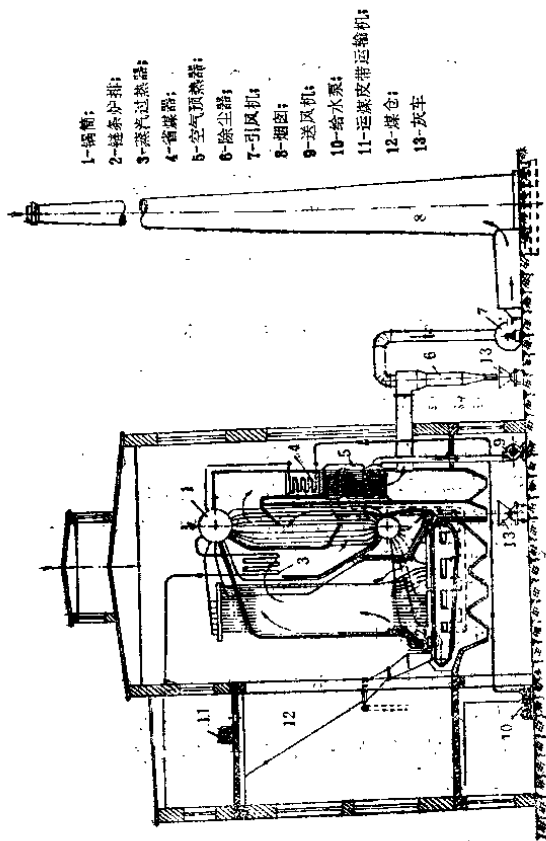


图0-1 锅炉房设备简图

第一章 锅炉基础知识

本章主要介绍与锅炉有关的物理量、热量和其传递方式、锅内水循环、水和水蒸气的热力性质、燃料和燃烧的概念、锅炉参数、热损失和热效率等一些最基本知识，为进一步学习锅炉的原理、结构和运行打下基础。

第一节 物 理 量

一、体积和容积

物体（固体）占有空间的大小叫体积；流体（气体和液体的总称）占据容器空间的大小叫容积，常用 V 表示。

体积或容积的单位是米³，有时也用升和毫升，单位符号分别表示为 m^3 、L、mL。

$$1m^3 = 1000L = 1000000mL$$

二、质量和重量

质量是量度物体惯性大小的物理量。重量是地心对质量吸引力的大小。质量是永恒不变的，重量却随物体所在方位不同而变化。质量用符号 m 表示，重量用符号 G 表示。重量与质量之间有下列关系：

$$G = mg \quad (N/m^3)$$

式中 g ——重力加速度， m/s^2 。

质量的单位叫公斤(千克),其符号是kg,重量单位叫牛顿,符号为N。

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

三、重度和密度

单位体积物质的重量 G 称为该物质的重度 γ ,其单位是 N/m^3 。

单位体积物质的质量 m 叫该物质的密度 ρ ,其单位是 kg/m^3 。

重量 G 和质量 m 有如下关系:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} \quad (\text{N}/\text{m}^3)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg}/\text{m}^3)$$

$$\gamma = \rho g \quad (\text{N}/\text{m}^3)$$

四、比容

单位质量的物质所占有的容积叫比容,用符号 ν 表示,单位为 m^3/kg 。

显然,比容 ν 和密度 ρ 互为倒数:

$$\rho\nu = 1$$

五、温度

温度是衡量物体冷热程度的物理量。衡量温度的标尺叫温标。在国际单位制中,温度的测量用热力学温标,其符号为 T ,单位是开尔文,用 K 表示。这种温标把水的冰点定为 273 度,水的沸点为 373 度。

如果把水的冰点定为 0 度,水的沸点定为 100 度,就是摄氏