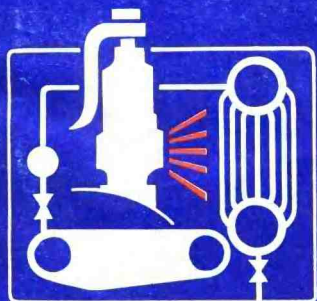


SI LU GONG DU BEN

司炉工读本

陆天齐



江苏科学技术出版社

封面设计 范建平
插图

司 炉 工 读 本

(修订本)

陆天齐 编著

出版: 江苏科学技术出版社

发行: 江苏省新华书店

印刷: 淮海印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 4.5 插页 1 字数 94,000

1982 年 11 月第 1 版 1982 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—46,500 册

书号 15196-095 定价 0.40 元

责任编辑 孙广能

再 版 前 言

本书着重介绍小型锅炉的基本知识、结构原理、维护管理、安全使用、水质处理、节约能源和消烟除尘等内容。文字比较通俗简明，注意理论联系实际，可作为司炉工人和锅炉管理人员的培训教材或自学读物。

本书初版于1974年。从1975年起南京市劳动局共举办了四十三期司炉工培训班，历时近四年，累计培训二千多人，都是采用该书为教材的。近年来，外地许多部门纷纷来函敦促再版。为了满足广大司炉工学习的迫切需要，配合目前正在开展的司炉工技术考核工作，我们对原书进行了修订。修订本根据在培训中取得的教学经验和学员们提出的意见，作了较大的修改，增加了不少新内容。每章均提出目的要求，并添加思考题，使读者明确学习目的，消化巩固所学到的知识。书末增附锅炉房守则和锅炉工技术等级标准等项规定，借以阐明国家对锅炉工的要求。

在修订过程中，南京机电学校杜云官同志帮助进行了修订校阅工作，南京工学院叶树珍同志审阅了全稿。此外还得到了南京市劳动局锅炉安全监察所和南京锅炉学会有关同志的热情鼓励以及出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，尽管作了修订，书中的缺点错误仍在所难免，希望读者继续批评指正。

编 者

一九八二年六月

目 录

司炉工人的职责和任务	(1)
第一章 基本知识	(3)
第一节 锅炉设备工作的概念	(3)
一、锅炉的用途	(3)
二、锅炉工作过程和水循环	(3)
三、蒸汽的形成过程和性质	(5)
第二节 热能	(6)
一、概述	(6)
二、温度	(6)
三、热的作用	(7)
四、热的单位	(7)
五、热的传播方式	(7)
第三节 燃料和燃烧	(9)
一、燃料	(9)
二、燃烧	(9)
三、通风	(10)
第四节 锅炉能力、热损失和热效率	(11)
一、锅炉出力	(11)
二、热损失	(13)
三、热效率	(14)
思考题	(16)
第二章 锅炉型式	(18)
第一节 立式横水管锅炉 (LSG 型)	(19)
第二节 立式弯水管锅炉 (LS 型)	(26)
第三节 立式多横火管锅炉 (考克兰) (LHG 型)	(27)
第四节 卧式内燃锅炉 (WNL 型)	(30)

第五节 卧式快装锅炉 (KZG型和KZL型).....	(32)
第六节 K型锅炉(或 SZP 型).....	(35)
第七节 Π KB型锅炉.....	(36)
第八节 SHL型弯水管锅炉.....	(38)
第九节 蒸汽过热器、省煤器与空气预热器	(40)
一、蒸汽过热器	(40)
二、省煤器	(41)
三、空气预热器	(43)
思考题	(44)
第三章 锅炉附件和给水设备	(45)
第一节 压力表	(45)
一、对压力表的要求	(46)
二、运行中的注意事项	(48)
第二节 安全阀.....	(48)
一、静重式安全阀	(49)
二、弹簧式安全阀	(49)
三、杠杆式安全阀	(50)
四、联合式安全阀	(51)
五、对安全阀的要求	(52)
六、运行中的注意事项	(52)
第三节 水位表	(52)
一、对水位表的要求	(53)
二、运行中的注意事项	(55)
第四节 低地位水位表	(55)
第五节 水位报警器	(56)
第六节 主汽阀.....	(57)
一、主汽阀的作用	(57)
二、运行中的注意事项	(58)
第七节 排污阀.....	(60)
一、排污阀的作用	(60)
二、对排污阀的要求	(62)

第八节 给水止回阀	(63)
第九节 减压阀	(64)
第十节 疏水器	(65)
第十一节 给水自动调节阀	(66)
第十二节 给水设备	(67)
一、注水器	(68)
二、汽动往复式水泵	(69)
三、离心式水泵	(72)
思考题	(73)

第四章 锅炉的维护与管理

第一节 烘炉和煮炉	(74)
一、烘炉	(74)
二、煮炉	(74)
第二节 锅炉运行	(75)
一、升火	(75)
二、锅炉运行管理	(78)
三、停炉	(84)
第三节 锅炉烧煤气	(86)
第四节 锅炉的定期洗炉	(87)
一、洗炉方法	(87)
二、清洗时的注意事项	(90)
第五节 锅炉的安全检查	(91)
一、检查的必要性	(91)
二、检查的种类	(91)
三、检查前的准备工作	(91)
四、常用的检查方法	(92)
五、超压水压试验	(92)
思考题	(93)

第五章 锅炉水处理

第一节 水垢对锅炉的危害性	(95)
---------------------	--------

第二节 锅炉水质指标	(97)
第三节 常用水处理的方法	(98)
一、炉内水处理(采用纯碱处理法)	(98)
二、炉外水处理(采用钠离子交换法)	(102)
思考题	(107)
第六章 节约燃料和消烟除尘	(108)
第一节 节约燃料	(108)
一、节约燃料的重要意义	(108)
二、节约燃料的方法	(108)
第二节 消烟除尘	(115)
一、烟尘的产生及危害	(115)
二、大气污染的防治	(116)
思考题	(125)
附录	(126)
一、锅炉房守则	(126)
二、先进锅炉房试行标准	(126)
三、先进司炉工试行标准	(128)
四、锅炉工技术等级标准	(129)

司炉工人的职责和任务

蒸汽锅炉是国民经济各部门生产建设和人民生活福利广泛使用的一种重要的热设备。锅炉工况的好坏，运行正常与反常，是关系到生产建设能否顺利进行，人民生活能否得到妥善安排的大问题。

锅炉设备具有高温高压的特点，因此，对安全有严格要求；如果管理不善，将会发生重大事故，给人民生活和国家财产造成不可弥补的灾难性损失，后果极其严重。但只要我们了解它的性能，掌握它的规律，就可以驾轻就熟，使它为社会主义建设和人民生活福利作贡献。为此，我们司炉工人必须认真学习，贯彻执行国家《蒸汽锅炉安全监察规程》，明确自己的职责和任务，做到安全经济运行和搞好环境保护工作。

司炉工人的职责和任务主要有列五点：

一、努力学习，提高政治觉悟，热爱本职工作，树立为社会主义现代化建设烧好锅炉的思想。

二、建立、健全并切实执行锅炉安全操作规程和有关规章制度，确保锅炉安全经济运行。

三、严格遵守劳动纪律，加强岗位责任制，认真做好锅炉经常性的维护保养工作，切实做好给水的软化处理，延长锅炉使用寿命。

四、认真学好锅炉操作技术，总结和交流工作中的先进经验，努力提高锅炉效率，为节约能源和环境保护工作贡献

力量。

五、锅炉在运行中如发生事故，应当保持镇定，采取紧急措施，以防事故扩大，并且立即向有关领导报告，查明原因，提出事后预防措施。

以上五点，是每个司炉工人都必须认真做到的，只有这样，才能确保锅炉安全经济运行，更好地为四化建设服务。

第一章 基本知识

本章扼要介绍锅炉设备工作的概念、热能的作用和传播、燃料和燃烧以及锅炉的热损失和效率等基本知识，为读者学习后面各章内容打基础。

第一节 锅炉设备工作的概念

一、锅炉的用途

锅炉是利用燃料燃烧时发出的热量使水产生蒸汽的热设备。其用途，主要是为工业生产和人民生活提供动力与热能。提供动力的称为动力锅炉，提供热能的称为工业锅炉或生活锅炉。例如火力发电厂，就是利用锅炉蒸汽推动汽轮机转子旋转，从而带动发电机发电，将热能转换为电能的。其他如炼油、化肥、化工、医药、纺织、印染、造纸、印刷、制糖、酿造等生产工艺和轮船、火车等交通运输业，基本上都要用锅炉蒸汽来提供热能或动力。另外，锅炉蒸汽还可供人民生活取暖、饮食、洗澡、消毒等需要。因此，锅炉设备在整个国民经济中占有极其重要的地位。

二、锅炉工作过程和水循环

锅炉的工作过程，是把燃料送进炉膛（燃烧室）内燃烧，放出热量，把锅里的水加热，使之变成蒸汽，然后从汽包上的汽管引出来。

在锅炉运行过程中，只有使锅炉受热部分吸收的热量不断传出，也即使受热部分连续被水冲刷，锅炉才能有效而安全地工作。因此，锅炉中的水或汽水混合物必须在闭合回路中持续而有规律地流动，进行循环。在低、中压和部分高压锅炉内，水循环是由于锅炉内各部分受热不等产生的比重差而形成的。这种循环称为自然循环。如图 1 所示，锅炉的汽包和下联箱由左右两根管连通，管中都装满了水。其中左管位于炉墙外，不受热，因而管中均为液体；右管位于燃烧室，吸收热量，其中一部分水被汽化，成为汽水混合物。这种汽水混合物的比重比水小，轻而上升。不加热管内的水比重大，重而下沉。故整个系统形成循环而流动。右管称为上升管，左管称为下降管。

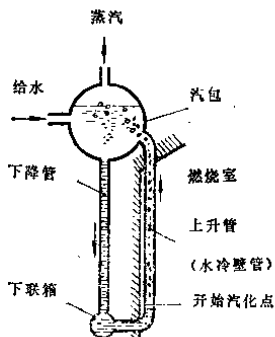


图 1 水循环示意图

汽水混合物从上升管出口进汽包，汽就被分离出来，而水则继续循环，这个循环路线称为水循环回路。图 1 只是水循环回路示意图，实际锅炉的水循环回路有各种形式。自然

水循环锅炉中水经过一次循环是不可能全部变为蒸汽的，只能是其中的一部分。进入循环回路的水量称为循环流量，它与此回路所产生的蒸汽量的比值，称为循环倍率，它反映在循环回路中的水要循环多少次才能完全变成蒸汽，是衡量水循环安全的一项指标。

$$\text{循环倍率} = \frac{\text{循环流量}}{\text{回路所产生的蒸汽量}}$$

三、蒸汽的形成过程和性质

通常所指的蒸汽是水蒸汽的简称。由水转化为蒸汽的现象叫汽化。反过来，蒸汽转化为水的现象叫凝结(或冷凝)。汽化可分蒸发和沸腾两种。液体表面进行的汽化叫蒸发，它在任何温度下都可产生；如果液体内部也同时进行汽化，涌现出大量的气泡，这就是沸腾。沸腾只能在一定温度(沸点)下发生。

运行中的锅炉，在维持一定的工作压力条件下，进入锅筒的给水不断被加热，温度逐渐升高，当到达该压力下的饱和温度时汽化，这时汽和水共存而且同温，我们分别称它们为饱和蒸汽及饱和水(即通常的炉水)。这时虽继续加热，但汽水温度仍停留在原来的饱和温度上(汽水同温)，其原因由于水受热汽化为蒸汽，这时物态发生变化，虽然温度不变仍要吸收很多的热量，称为汽化潜热。如水在1公斤/厘米²压力下，饱和温度为99.09℃，汽化潜热为539.6大卡/公斤。汽水共存的饱和温度是随压力的大小而变化的，压力越大，饱和温度也越高。而汽化潜热却相应地减小。锅炉压力要比大气压力高得多，所以饱和温度都在100℃以上，具体数值请参看表1。

从上可见，锅炉汽包所供应的蒸汽是饱和蒸汽。如不含水分就叫做干饱和蒸汽，通常多少夹带着一些水分的称为湿饱和蒸汽。

在维持压力不变的条件下，把干饱和蒸汽继续加热，使其温度进一步升高，便成为过热蒸汽。

由于饱和蒸汽在逐渐凝结为冷凝水的过程中，将释放大量的冷凝潜热（即汽化潜热），而温度可以停留在原来的饱和温度上，所以被广泛地应用在生产工艺流程和生活取暖上。至于蒸汽压力的大小将取决于所需的温度。

第二节 热 能

一、概述

锅炉与热能有着最密切的联系：燃料在炉内燃烧放出热量，被冷水吸收变为热水，最后形成蒸汽；饱和蒸汽再吸收热量变为过热蒸汽。总之，锅炉的运行离不开热能。因此，对于司炉工人和锅炉管理人员来说，了解有关热能的一些基本知识是很必要的。

二、温度

温度是显示物体冷热程度的物理量。一般用温度表测量温度的高低。温度表有两种：一种叫华氏温度表，用这种温度表来测量，水的沸点是 212 度，冰点是 32 度，沸点与冰点之间等分成 180 格，每格是 1 度，以符号“°F”表示。另一种叫摄氏温度表，用这种温度表来测量，水的沸点是 100 度，冰点是 0 度，沸点与冰点之间等分成 100 格，每格是 1 度，以符号“°C”表示。现在一般采用的都是摄氏温度表。

三、热的作用

热是一种能量，它作用于物体可产生如下的后果：

(一)改变物体的温度：如锅炉金属壁加热后，抚摸时就烫手，这说明物体的温度已经升高。

(二)改变物体的长度和体积(热胀冷缩)：如锅炉汽包和管子加热后就要伸长，这意味着物体的长度和体积增大了。

物体一般都有热胀冷缩的性能，钢板也不例外。锅炉各部分由于冷热不匀产生热胀冷缩也不同，因而锅炉的各部分在制造和安装时应预先留有一定的伸缩余地，使之能自由胀缩。否则，就会发生变形、渗漏或损坏。例如安装蒸汽管道时，必须采用膨胀补偿器——伸缩节，使它具有膨胀弹性。

(三)改变物体的状态(气态、液态、固态)：如冰(固态)加热后融化为水(液态)，在常压下，继续加热至 100°C 水逐渐变成蒸汽(气态)。蒸汽遇冷凝结成水，冷至 0°C 时水又结成冰。这说明温度能改变水的状态。

四、热的单位

热的单位是衡量热量多少所采用的尺度。在工业上常用的单位是大卡(或千卡)。它的定义是：1 公斤纯水 (14.5°C) 温度升高 1 摄氏度 (至 15.5°C) 所需的热量。

五、热的传播方式

两种不同温度的物体，在接近或接触时，必然会发生热量的流动现象，这种现象叫做热的传播，或称为传热。传热有三种基本方式：

(一)传导：在同一物体中，热量从高温部分传至低温部

分，或两个不同温度的物体，彼此接触时，热量从高温物体传至低温物体的现象称为传导。例如，在用火钩通火时，握在手里的一端会慢慢烫起来，这就是热传导现象。

热传导率是衡量材料传导热量的能力。如钢板一端烧红时，另一端用手去拿就会感到烫手，而木柴虽然一头已烧着，可是另一头还能握在手中，这表示钢板的热传导率大于木柴的热传导率。热传导率也叫导热系数。

钢的热传导率是 40 大卡/米·小时·℃，即当钢壁两面的温度相差 1 度时，对于厚度为 1 米，面积为 1 平方米的钢壁，每小时可传热 40 大卡。如果锅炉管壁上结有水垢和烟灰，则热传导率大大减小。水垢的热传导率比钢小 20 倍，而烟灰比钢小 200 倍。由此可见，为了节能锅炉必须定期清除水垢和经常清灰。

(二)对流：依靠液体或气体的流动来传热的方法，称为对流。例如，锅炉内的水流动(水循环)，使各部分都能很快地热起来，这就是热对流的作用。

(三)辐射：热源不经传导，也不经对流，而直接把热量向四周散射的现象叫做热的辐射。辐射不需物质做媒介，这与传导和对流有本质上的区别。例如，人面对着运行中锅炉的炉门站立，脸上就会感到又烤又热，这就是因为经受到从炉膛中发出的辐射热的缘故。

锅炉里三种传热方式同时存在：在高温区域受火直接燃烧的地方以辐射为主，在管子及烟气加热的地方以传导和对流为主。因为燃烧室高温区域中辐射热交换强度最大，所以，近代锅炉设备在高温炉膛中(1000℃ 以上)常布置水冷壁管，增加辐射受热面，以尽量利用辐射的热交换。但必须保持炉膛内燃烧稳定，否则当温度下降时，辐射热交换强度会很快

减小，影响锅炉效率，从而浪费燃料。

第三节 燃料和燃烧

一、燃料

燃料依其形态可分为三种：（一）固体燃料如煤等；（二）液体燃料如重油等；（三）气体燃料如煤气等。目前，锅炉所用的燃料主要是煤。煤是由以下七种成分组成的：碳（C），氢（H），氧（O），氮（N），硫（S），灰分（A），水分（W）。其中碳、氢、硫是可以燃烧的，燃烧后分别生成二氧化碳（ CO_2 ），水蒸汽（ H_2O ）和二氧化硫（ SO_2 ）等，燃烧后的产物（烟气）将放出热量。其他成分则是不可燃烧的。

1公斤固体或液体燃料完全燃烧时所发出的热量，称为燃料的发热量或热值。它反映了燃料的使用价值。主要燃料的发热量参看表2。

为了比较不同煤种的耗煤量，通常按标准煤耗折算，它的发热量，定为7000大卡/公斤。

二、燃烧

燃料燃烧所发出的热量用来加热水，使水变为蒸汽，这是锅炉燃烧的主要目的。

（一）燃料燃烧在燃烧设备内进行。燃料中的可燃物碳、氢和硫与空气中的氧相遇，进行强烈的化学变化，发出光和热的现象，这就是燃烧。按照燃烧方式不同，燃烧设备（也称炉子）可分为火床式炉（即固定炉排炉、链条炉，燃料在炉排或链条上燃烧）和火室式炉（即煤粉炉，燃料在燃烧室空间内进行燃烧）等型式。

(二)如果煤燃烧得很充分(称为完全燃烧),烟气的成分是二氧化碳(CO_2)、二氧化硫(SO_2)、水蒸汽(H_2O)、过剩氧气(O_2)和氮气(N_2)等,灰渣中没有可燃物质如碳等。如果煤燃烧得不充分(称为不完全燃烧),烟气中除含上述成分外,还含有一氧化碳(CO)、氢(H_2)、甲烷(CH_4)等可燃气体,它们还可以继续燃烧,在灰渣中也还有碳等可燃物存在。因此,不完全燃烧时,热量不能全部发出,要损失掉一部分。判断燃烧好坏的方法是对烟气进行分析。

(三)燃烧所必备的主要条件是:

1. 温度。每一种可燃物都有它的着火温度,称为燃点或着火点。当可燃物温度高于燃点时燃料即行燃烧。温度越高就越容易燃烧,反之则不易燃烧。提高燃烧温度也是达到完全燃烧的一项措施。

2. 燃烧时间。煤由着火到全部烧完,需要一段时间。块状煤燃烧时间长,粉状煤燃烧速度快,液体和气体燃料燃烧速度更快,因此,一般说来煤粉炉燃烧快,燃烧完全,因而效率比较高。

3. 空气量。空气量足够,煤和空气混合良好,就能获得完全燃烧,否则,会造成煤的不完全燃烧,热量不能全部被发挥出来。

上述三个条件也称为燃烧三要素。在火床炉燃烧时,还要对煤层进行适当的搅动,使燃煤与空气较好地接触,从而提高燃烧效果。

三、通风

为了保证锅炉的正常燃烧,必须进行通风,以保证燃烧室内有足够的空气量,并及时排除燃烧室内的烟气。