

# 工业锅炉 安全运行

金松 周超 编

煤炭工业出版社

TK 227  
J 88

# 工业锅炉安全运行

金 松 周 超 编

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

## 内 容 提 要

本书简要介绍工业锅炉的基本知识, 锅炉结构、附件及其附属设备; 对锅炉安全运行条件, 常见的事故、故障及其处理方法, 锅炉水质处理, 消烟除尘及锅炉安全管理等, 作了较细致地阐述。书后附有锅炉管理的有关规定。

本书适用于工业锅炉司炉工的安全技术培训, 也可供锅炉管理人员参考。

## 工 业 锅 炉 安 全 运 行

金 松 周 超 编

责任编辑: 李 琴

煤炭工业出版社 出版  
(北京 宣武门内大街21号)

北京京辉印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本787×1092mm<sup>1/32</sup> 印张6<sup>3/4</sup>

字数139千字 印数1—12,400

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0719-9/TD·663

书号 3487 G0225 定价: 3.90元

## 前 言

锅炉是生产建设和人民生活中广泛使用的热力设备。它直接受压，因而具有爆炸性危险。根据国家有关标准和文件的规定，锅炉司炉工属特种技术工人。按照《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》的要求，司炉工必须经过理论和实践的正规培训并考核合格，取得司炉工操作证后方可独立操作。

为普及工业锅炉安全技术知识，搞好司炉工的正规化安全技术培训，提高司炉工和管理人员的安全技术素质和管理水平，保证锅炉安全经济运行，根据考核大纲的要求，结合徐州市司炉工培训的经验，特编此书。

本书由徐州矿务局安全技术培训教材编委会组织审定。在审稿中，王兆元、王立民两位高级工程师提出许多宝贵意见，同时得到煤炭工业出版社及徐州矿务局安全监察局的领导和有关人员的大力支持和帮助，在此一并致谢。

由于工业锅炉不断更新换代，对其安全经济运行的许多问题有待进一步研究和总结，同时由于作者水平所限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1991年11月

# 目 录

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| <b>第一章 锅炉基本知识 .....</b> | <b>1</b> |
| 第一节 压力和温度 .....         | 1        |
| 一、压力 .....              | 1        |
| 二、温度和温度计 .....          | 3        |
| 第二节 热能 .....            | 5        |
| 一、热量 .....              | 5        |
| 二、热胀冷缩 .....            | 8        |
| 第三节 水和汽 .....           | 10       |
| 一、水的性质 .....            | 10       |
| 二、水蒸汽的性质 .....          | 12       |
| 三、水循环 .....             | 13       |
| 第四节 燃料和燃烧 .....         | 19       |
| 一、燃料 .....              | 19       |
| 二、锅炉用煤的知识 .....         | 19       |
| 三、燃烧 .....              | 23       |
| 四、通风 .....              | 25       |
| 第五节 锅炉的能力 .....         | 26       |
| 一、锅炉的出力 .....           | 26       |
| 二、锅炉的热损失 .....          | 28       |
| 三、锅炉的热效率 .....          | 30       |
| 第六节 锅炉用钢的一般知识 .....     | 31       |
| 一、锅炉对钢材材质的基本要求 .....    | 31       |
| 二、制造锅炉常用的钢号 .....       | 31       |
| 三、钢材中五大元素对材质性能的影响 ..... | 32       |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 四、钢的性能试验          | 33 |
| 思考题               | 34 |
| <b>第二章 锅炉结构</b>   | 36 |
| 第一节 概 述           | 36 |
| 一、锅炉发展过程          | 36 |
| 二、锅炉的分类           | 37 |
| 三、锅炉参数系列          | 38 |
| 四、锅炉型号            | 39 |
| 五、锅炉型号举例          | 41 |
| 六、对锅炉结构基本要求       | 41 |
| 第二节 立式锅炉          | 42 |
| 一、结构              | 43 |
| 二、燃烧特点和烟气流程       | 44 |
| 三、使用注意事项          | 44 |
| 第三节 卧式快装锅炉        | 45 |
| 一、结构              | 45 |
| 二、烟气流程            | 49 |
| 三、锅内装置            | 49 |
| 第四节 SHL 型水管锅炉     | 50 |
| 一、结构              | 50 |
| 二、烟气流程            | 51 |
| 三、水循环             | 51 |
| 四、上锅筒内表面连续排污装置    | 52 |
| 第五节 过热器、省煤器、空气预热器 | 52 |
| 一、过热器             | 52 |
| 二、省煤器             | 53 |
| 三、空气预热器           | 55 |
| 思考题               | 56 |
| <b>第三章 锅炉附件</b>   | 57 |

|                |    |
|----------------|----|
| 第一节 压力表        | 57 |
| 一、使用要求         | 57 |
| 二、注意事项         | 59 |
| 第二节 安全阀        | 60 |
| 一、安全阀的种类       | 60 |
| 二、使用要求         | 63 |
| 三、注意事项         | 64 |
| 第三节 水位表        | 65 |
| 一、水位表的种类       | 65 |
| 二、使用要求         | 67 |
| 三、注意事项         | 69 |
| 四、水位报警装置       | 69 |
| 第四节 常用阀门       | 70 |
| 一、主汽阀          | 70 |
| 二、排污阀          | 71 |
| 三、给水止回阀        | 74 |
| 四、减压阀          | 75 |
| 五、疏水器          | 76 |
| 六、自动调节装置和计量仪表  | 76 |
| 第五节 锅炉给水设备     | 78 |
| 一、注水器          | 79 |
| 二、压力式水箱        | 80 |
| 三、汽动往复式给水泵（汽泵） | 81 |
| 四、离心式给水泵（电动泵）  | 82 |
| 五、锅炉给水设备的选择要求  | 83 |
| 第六节 锅炉通风设备     | 83 |
| 一、风机的特性        | 84 |
| 二、风机的选择要求      | 84 |
| 三、风机的操作及注意事项   | 85 |
| 第七节 锅炉燃烧设备     | 85 |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 一、双层炉排.....              | 85        |
| 二、链条炉排.....              | 86        |
| 三、往复炉排.....              | 89        |
| 思考题.....                 | 90        |
| <b>第四章 锅炉安全运行 .....</b>  | <b>91</b> |
| 第一节 运行准备.....            | 91        |
| 一、点火前的检查工作.....          | 91        |
| 二、点火前的准备工作.....          | 94        |
| 三、点火.....                | 95        |
| 四、升压.....                | 96        |
| 第二节 烘炉与煮炉.....           | 97        |
| 一、烘炉.....                | 97        |
| 二、煮炉.....                | 98        |
| 第三节 锅炉运行操作 .....         | 100       |
| 一、压力的调节 .....            | 100       |
| 二、汽温的调节 .....            | 101       |
| 三、水位的调节 .....            | 101       |
| 四、链条炉的燃烧调节 .....         | 102       |
| 五、暖管供汽注意事项 .....         | 104       |
| 六、省煤器的操作 .....           | 104       |
| 七、过热器的操作 .....           | 104       |
| 八、水位表的冲洗操作 .....         | 104       |
| 九、“叫水”的操作及水位判断与处理 .....  | 105       |
| 十、锅炉定期排污的操作方法及注意事项 ..... | 106       |
| 十一、锅炉运行日常工作 .....        | 107       |
| 十二、热水锅炉的运行操作 .....       | 108       |
| 第四节 停炉与保养 .....          | 110       |
| 一、蒸汽锅炉的停炉操作 .....        | 110       |
| 二、热水锅炉的停炉操作 .....        | 111       |
| 三、紧急停炉的操作步骤 .....        | 112       |



|                     |     |
|---------------------|-----|
| 四、停炉后的保养 .....      | 113 |
| 思考题 .....           | 115 |
| 第五章 锅炉常见事故与故障 ..... | 117 |
| 第一节 事故综述 .....      | 117 |
| 一、锅炉安全的特殊性 .....    | 117 |
| 二、锅炉事故的分类 .....     | 117 |
| 三、造成事故的原因 .....     | 118 |
| 四、发生事故的处理原则 .....   | 119 |
| 第二节 锅炉运行事故 .....    | 119 |
| 一、爆炸事故 .....        | 119 |
| 二、缺水事故 .....        | 121 |
| 三、满水事故 .....        | 122 |
| 四、爆管事故 .....        | 123 |
| 五、过热器管破裂事故 .....    | 125 |
| 六、省煤器破裂损坏事故 .....   | 126 |
| 第三节 锅炉运行故障 .....    | 127 |
| 一、锅炉及管道内的水冲击 .....  | 127 |
| 二、汽水共腾 .....        | 128 |
| 三、水位表损坏 .....       | 129 |
| 四、炉鸣 .....          | 129 |
| 五、炉墙损坏 .....        | 130 |
| 六、卡炉排 .....         | 132 |
| 七、引风机故障 .....       | 133 |
| 八、热水锅炉锅水汽化 .....    | 134 |
| 思考题 .....           | 134 |
| 第六章 锅炉水质处理 .....    | 136 |
| 第一节 水垢的形成和危害 .....  | 136 |
| 一、水垢的形成 .....       | 136 |
| 二、水垢的危害 .....       | 138 |
| 三、水垢的清除 .....       | 139 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第二节 工业锅炉用水的水质标准 ..... | 141 |
| 一、水质指标 .....          | 141 |
| 二、锅炉用水水质标准 .....      | 144 |
| 第三节 常用的水质处理方法 .....   | 146 |
| 一、炉外水质处理 .....        | 146 |
| 二、锅内水质处理 .....        | 148 |
| 三、给水除氧 .....          | 150 |
| 思考题 .....             | 152 |
| 第七章 工业锅炉的消烟除尘 .....   | 153 |
| 第一节 消烟除尘与环境保护 .....   | 153 |
| 一、烟尘污染及危害 .....       | 153 |
| 二、烟尘防治原则 .....        | 154 |
| 第二节 消烟、除尘措施 .....     | 154 |
| 一、消烟措施 .....          | 154 |
| 二、除尘措施 .....          | 156 |
| 思考题 .....             | 158 |
| 第八章 锅炉房安全管理 .....     | 159 |
| 第一节 锅炉房 .....         | 159 |
| 一、基本要求 .....          | 159 |
| 二、锅炉房的位置选择 .....      | 161 |
| 三、锅炉安置的间距 .....       | 161 |
| 四、锅炉房的检查 .....        | 162 |
| 第二节 安全管理八项制度 .....    | 162 |
| 一、岗位责任制 .....         | 162 |
| 二、锅炉及辅机的操作制度 .....    | 167 |
| 三、维修保养制度 .....        | 167 |
| 四、巡回检查制度 .....        | 172 |
| 五、水质管理制度 .....        | 172 |
| 六、交接班制度 .....         | 173 |
| 七、清洁卫生制度 .....        | 175 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 八、安全保卫制度 .....             | 176 |
| 第三节 其它规定 .....             | 176 |
| 一、使用管理原则 .....             | 176 |
| 二、锅炉房的记录 .....             | 177 |
| 三、检验要求 .....               | 178 |
| 思考题 .....                  | 180 |
| 附录一 锅炉司炉工人安全技术考核管理办法 ..... | 181 |
| 附录二 锅炉房安全管理规则 .....        | 185 |
| 附录三 锅炉房检查表 .....           | 193 |

## 第一章 锅炉基本知识

锅炉是将燃料燃烧所放出的热量传递给水，使水具有一定的温度（热水锅炉）或变成具有一定压力和温度的蒸汽（蒸汽锅炉）的设备。它是由提供燃烧条件产生热量的部分“炉”（燃烧装置）和吸收热量使水具有一定热量或变成蒸汽的部分“锅”（吸热装置）两部分组成，其实质就是实现能量转换和能量传递的一种装置。

### 第一节 压力和温度

#### 一、压力

##### 1. 压力的定义和单位

均匀垂直作用于物体表面上的力叫作用力，单位是“牛顿”（N）。旧标准用公斤力（kgf）表示， $1\text{kgf} \approx 9.81\text{N}$ 。

均匀垂直作用于单位面积上的力叫压力强度，工程上简称压力，用符号“ $P$ ”表示，单位是“MPa（兆帕）”。旧标准为  $\text{kgf/cm}^2$ （表示每平方厘米的面积上受到多少公斤的力）。

##### 2. 压力的分类

由于实际使用上的不同，压力一般分为大气压力、工程大气压力、表压力、绝对压力和负压（真空度）等。

（1）大气压力 因空气受到地球吸引而具有一定的重量，因而产生一定的压力，这个压力就称为大气压力。空气中的任何物体都要受到空气的压力。在地球上的不同地区，

不同高度、不同温度的情况下，大气压力是不同的，我们把地球纬度为 $45^\circ$ 的海平面上，当气温为 $0^\circ\text{C}$ 时的压力称为标准大气压力，数值大约为76cm水银柱高度的重量(旧单位制)。

(2) 工程大气压力 为了工程方面计算的方便，将每平方厘米面积上受到1kg的力，叫做1个工程大气压力，即 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。过去压力表上的刻度都是以工程大气压力为单位的，在工程上还用水柱的高度或水银柱的高度来表示压力，如水泵的压力，也称扬程，用米水柱( $\text{mH}_2\text{O}$ )表示。

(3) 表压力 用压力表测出的压力，叫表压力，也叫相对压力。压力表所指示的读数并不是实际压力的大小，因为压力表也受到大气的压力，所以压力表的读数是指比大气压力高出的数值。锅炉上用压力表来测定锅内蒸汽压力的大小，锅炉铭牌上标明的“设计压力”又称“最高允许工作压力”就是指表压力，也称“额定出口蒸汽压力”。

(4) 绝对压力(又称实际压力) 它是以零压(压力等于零)作为测量的起点所测定的压力。绝对压力等于表压力加上当时当地的大气压力。大气压力通常取工程大气压力的数值。

(5) 负压 比大气压力低的压力叫做负压。它的数值在 $0\sim 0.1\text{MPa}$ ( $0\sim 1$ 大气压)之间。锅炉运行中炉膛和烟道内必须保持一定的负压(约 $30\sim 50\text{Pa}$ )才能正常燃烧。如果向外喷火(烟)就叫正压运行。

### 3. 压力单位的换算

$$(1) 1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

$$(2) 1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$$

$$(3) 1\text{MPa} = 10.2\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$(4) 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 0.0981\text{MPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

$$(5) 1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ mmHg} = 1033.22 \text{ g/cm}^2 \\ = 1.03322 \text{ kgf/cm}^2 = 0.101 \text{ MPa}$$

$$(6) 1 \text{ kgf/cm}^2 = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 10000 \text{ mmH}_2\text{O} \\ = 735.6 \text{ mmHg}$$

$$(7) \text{ 绝对压力} = \text{表压力} + 0.0981 \text{ MPa} \\ \approx \text{表压力} + 0.1 \text{ MPa}$$

$$(8) \text{ 真空度} = \frac{\text{负 压}}{\text{大气压力}} \times 100\%$$

#### 4. 锅内蒸汽压力的产生

水吸收热量而变成蒸汽时的体积将会膨胀，在一个大气压下体积将增大1650倍。如果锅炉是敞口的，产生的蒸汽可以自由膨胀跑出锅外，因而就不会产生压力；因为锅炉是密闭的容器，产生的蒸汽跑不出来，被压缩在锅内，所以蒸汽对锅炉就产生了压力。

### 二、温度和温度计

#### 1. 温度

物体的冷热程度叫温度，常用符号“ $t$ ”表示。它是能量的一种体现形式。同一物体温度低则能量小，温度高则能量大。温度高低的表示方法又称温标，习惯上都称为温度，常用的表示方法有三种。

(1) 摄氏温度 把水在标准大气压下沸腾时的温度（沸点）定为100度，结冰时的温度（冰点）定为0度，中间分成100格，每格称为摄氏1度，单位用“ $^{\circ}\text{C}$ ”表示。如果温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ ，就在数字前加“-”（负）号，读作零下多少度。

(2) 华氏温度 把水在标准大气压下的沸点定为212度，冰点定为32度，中间分成180格，每格称为华氏1度，单

位用“°F”表示。

(3) 绝对温度 理论上能够达到的最低温度是  $-273.16^{\circ}\text{C}$ ，一般取整数部分为  $-273^{\circ}\text{C}$ 。如果把这最低温度定为零度，作为测量的起点，刻度值大小与摄氏温度相同，两个温标的零点正好相差  $273^{\circ}\text{C}$ ，故绝对温度的数值等于摄氏温度的数值加上 273，我们把这个温度叫做绝对温度。计算公式中常用符号“ $T$ ”表示，温度单位用“°K”表示，也称凯氏温度。

## 2. 温度单位的换算

(1) 摄氏温度  $= 5/9$  (华氏温度  $- 32$ )

(2) 华氏温度  $= 9/5 \times$  摄氏温度  $+ 32$

(3) 绝对温度  $=$  摄氏温度  $+ 273$  (°K)

## 3. 温度计

用来测量和表示物质温度高低的工具或仪表叫做温度计或温度表，它们的种类很多，常见的有以下几种：

(1) 膨胀温度计 它主要是玻璃管式。在玻璃管内装入某种液体物质（常用酒精或水银），利用液体的体积随温度变化而变化的原理制成。它的测温范围在  $-200 \sim 500^{\circ}\text{C}$  之间。

(2) 压力式温度计 它是利用流体在等容情况下温度与压力的变化关系制成，测温范围和介质同 (1)。

(3) 电阻温度计 它是利用金属（常用铂或铜）在温度变化时，其电阻也随着变化的性质而制成的。通过电流比率计或电桥，做出温度指示刻度。它的测温范围同 (1)。

(4) 热电耦（又称热电对或电耦温度计）它是根据金属的热电效应的性质制成的。测温导线一端接至由两种金属电极组成的测温装置，另一端接至有刻度的毫伏表。测温

范围在 $0\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 辐射高温计(包括光学高温计和全辐射高温计)它是利用光电效应的原理制成的。测量时不需与被测物体接触,把镜头对准被测物体即可。通常测定 $660^{\circ}\text{C}$ 以上的高温。

## 第二节 热 能

### 一、热量

#### 1. 热量的单位

用来表示热量多少所采用的单位叫热量的单位。热量是燃料在燃烧过程中所产生的一种能量。计量热量的大小,过去常用的单位是“卡”(cal),工业上常用“大卡”,又称“千卡”(kcal), $1\text{kcal}=1000\text{cal}$ 。

1kcal的热量是指1kg纯水在标准大气压下,温度从 $14.5^{\circ}\text{C}$ 升高到 $15.5^{\circ}\text{C}$ (通常也称温度升高 $1^{\circ}\text{C}$ )所需要的热量。

能量的单位是“焦耳”(J)或“千焦”(kJ)或“兆焦”(MJ)。根据我国计量法的规定,现在热量的单位改用焦耳计量,也可用电能的计量单位“瓦”(W)或“千瓦”(kW)或“兆瓦”(MW)来计量,因“瓦”这个单位使用较普遍,而且它与“焦耳”的数值等量。

#### 2. 热量单位的换算

$$(1) 1\text{J}=1\text{W}\cdot\text{s}=0.2388\text{cal}$$

$$(2) 1\text{cal}=4.1868\text{J (或W}\cdot\text{s)}$$

#### 3. 热量的作用

热量对物质的作用有三点。

(1) 改变物体的温度 物质吸收热量温度升高,放出热量温度下降。



(2) 改变物体的体积 一般情况下, 物体吸收热量后体积膨胀, 放出热量体积收缩 (称热胀冷缩)。

(3) 改变物体的状态 (固态、液态、气态) 如冰, 在一个大气压下吸收热量  $0^{\circ}\text{C}$  时融化成水, 继续吸收热量至  $100^{\circ}\text{C}$  时, 即逐渐变成蒸汽。

#### 4. 热量的传播 (简称传热)

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。同一物体各部位的温度不同, 也会发生热量的流动现象。我们把热量的流动现象称为传热。传热的方向是由高温传向低温, 温差越大, 传热的速度也越快。传热的方式通常有三种。

(1) 热的传导 热量在固体中的流动现象称为热的传导。固体可以是一个, 也可以是两个及以上彼此互相接触的物体。善于传热的物体称为热的良导体, 否则称为热的不良导体或绝热体。各种金属都是热的良导体, 其中银最好, 铜次之。因静止的空气导热差, 所以松软多孔的物质导热都较差, 可用作保温和隔热材料。

(2) 热的对流 依靠液体或气体的流动来传递热量的现象称为热的对流。它只能在可以流动的液体或气体物质中发生。在对流传热中, 温差越大, 介质的流动越快, 传热的效果就越好。

(3) 热的辐射 热源以辐射的方式直接向周围的空间放射热量称为热的辐射。某物质只要它比周围的温度高, 它就会向周围放射热量。此物质称为热源。被辐射到的物体接收到辐射能后, 就可以立即转变成热能, 如我们站在打开的炉门口感到烘烤。地球从太阳光中得到的热量都是辐射热。

以上三种只是传热方式上的区别, 实际上三种传热是同