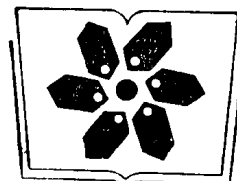


133144

TK22

3722



中国科学院科学出版基金资助项目

锅炉原理及计算

(第二版)

冯俊凯 沈幼庭 主编

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是 1988 年荣获国家优秀教材奖的《锅炉原理及计算》一书经过扩充、更新和修改之后的第二版。

作者根据多年的教学经验和科研工作,按照 80 年代更新的标准、规范,参考了国内外大量新资料,对初版将近 75% 的内容重新作了改写,同时还增添了四章全新的内容,使本书基本上能反映 80 年代末、90 年代初国内外的锅炉技术水平。为了说明所介绍的原理及其如何在实际中应用,书中既给出了较多的实例,又提供了必要的设计数据及参考资料。

全书共分十七章,主要内容有:燃料,燃烧产物,热平衡,燃烧理论及设备,炉内传热,对流受热面传热计算及设计,汽水分离设备,水循环原理,强制循环及直流锅炉,锅炉动态特性,空气动力及受压元件强度计算,炉墙构架,锅炉技术发展趋势等。此外,在附录中给出了 130 t/h 煤粉炉热力、水循环、空气动力、受压元件强度计算的系列性例题,同时也给出了国际单位制单位的蒸汽表,空气、烟气热物性计算公式等。

本书可作为高等院校热能工程、电厂热能动力、锅炉等专业的教材或教学参考书,也可作为锅炉设计、热力发电厂工程技术人员的工具书或参考书。

锅 炉 原 理 及 计 算 (第 二 版)

冯俊凯 沈幼庭 主编

责任编辑 陈文芳 李雪芹 范铁夫

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1979 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1992 年 7 月第 二 版 印张: 47 3/4

1992 年 7 月第四次印刷
平 51321—5332, 插页, 精工
印数: 1—3 000 字数: 1 110 000

ISBN 7-03-002731-0/TB·85(平)

ISBN 7-03-002732-9/TB·86(精)

定价: 平 装 35.10 元
纸面精装 36.80 元

序 言

本书第一版于1976年脱稿,1979年出版。在编写中作者注意根据多年的教学经验,力图使内容深入而易于掌握,并在书中给出较多的实例和设计参考数据,使读者使用方便。所作努力收到一定效果,该版问世后受到读者的欢迎。不少院校选它作为教材或教学参考书,许多锅炉工作也把它用作参考书。前后印刷了三次,共发行5万余册。1988年本书第一版荣幸地评为国家优秀教材,并授于国家优秀教材奖。

第一版自1976年脱稿至今已10余年。在此期间,锅炉技术有了很大的发展,有些计算方法已经更新,很多技术要求、规范、标准也已由新的代替。在改革、开放政策的指引下,我国锅炉制造工业,不在所生产的锅炉单位容量上,还是在性能上、型式上都有了很大的发展。已能制造发电量达600 MW、2008 t/h的锅炉。在锅炉设计方法上也有了很大的进步。在锅炉运行技术上也有同样的提高。在煤燃烧技术上、煤粉制备设备有了较多的更新;煤粉炉稳燃技术、减少氮氧化物的生成、在燃烧中脱硫或烟气脱硫等都取得了不少经验,有了重要发展。泡床流化燃烧技术已累积了较多的经验。高效低污染的循环流化床燃烧技术的开发工作在我国也得到了可喜的进展,正对它大型化问题展开研究。在技术标准及规范方面,煤样分析和动力用煤分类方法都有了新标准;蒸汽净化的规范也作了更新;我国锅炉工作者自行制订的《电站锅炉水动力计算方法》于1983年经机械工业部批准,通过实际运用考验,证实它是既可靠又方便的计算方法;受压元件强度计算标准也已经更新。

从以上的发展与变化来,第一版的内容已落后于目前国内外的技术水平与实际情况,显得陈旧。此外,第一版中缺少有关锅炉热平衡、动态特性等内容,显然不够完整。因此决定在保持原书特点的原则下改写、更新大部分内容,并增添欠缺的内容,出版第二版。

为了反映10余年来锅炉技术的进步与变化,在改编中除了增加燃料、燃料燃烧产物、锅炉热平衡和锅炉动态特性诸章以外,燃烧设备、蒸汽净化、锅炉水循环、强制循环及直流锅炉、锅炉钢材及强度计算等章都参考了新资料、新标准、新文献,基本上重新写过。(例如有关燃烧设备的内容根据我国目前的技术及设备的进展与变化已全部更新。书中介绍了我国目前通用的煤粉制备设备,新的燃烧方法等。同时根据环境保护的要求,介绍了低污染的燃烧技术,包括循环流化床燃烧技术和脱硫技术。此外也介绍了水煤浆燃烧技术等。)锅炉热力计算、受热面设计等部分也增加了新内容。空气动力计算、炉墙构架等内容也作了少量的修改。书录中的例题也相应地更新。这样,我们希望本书第二版基本上能反映80年代后

为了方便读者,增添了国际单位制单位与工程单位的换算表,以及空气、烟气、水蒸气、水的热力学计算公式。

本书第二版由冯玉编,参加编写的还有沈幼庭、李天铎、李瑶珠、毛健雄、曾瑞良、杨小昭等,其分工马俊凯撰写第一至四章,第七、八、九、十四、十七章;沈幼庭撰

写第十二章,第九章 9-16节;李天铎撰写第十三章;李瑶珠撰写第十、十一章,附录 I, II;毛健雄撰写第六章;曾瑞良撰写第五章;杨小昭撰写第十五章。此外,陈昌和、吴学安、李彦也参加了部分内容的编写。第十六章炉墙构架沿用了第一版徐旭常所编写的内容,只作了少量的修改。

在编写本书第二版中,得到哈尔滨锅炉厂、上海锅炉厂、东方锅炉厂、北京锅炉厂、华北电力设计院、电力技术情报研究所的大力帮助。他们提供了大量必要的资料,对改编工作也提出了宝贵的意见,编者谨在此表示衷心的感谢。国外著名的锅炉厂,如德国拔伯葛锅炉厂、美国福斯特·惠勒锅炉厂等也提供了一些资料,我们一并在致致谢。

在第二版的编写中,主编及编写人员都是在教学、科研任务繁忙的情况下进行的,难免有遗漏、失误之处,我们恳切希望广大读者予以指正。

主 编

1991年4月于清华园

主 要 符 号 表

拉丁字母符号

<i>A</i>	燃料工业分析灰份, %
<i>a</i>	炉膛、锅炉宽度, m
<i>a</i>	黑度
<i>B</i>	燃料消耗量, kg/s (t/h)
<i>b</i>	炉膛、烟道深度, m
<i>C</i>	常数, 改正系数
<i>D</i>	蒸汽产量, 锅炉蒸发量, kg/s (t/h)
<i>D</i>	锅筒、管子、联箱直径, mm
<i>d</i>	管直径, mm
DT	灰开始变形温度, °C
<i>E</i>	能耗, kWh/t, kJ/t
<i>F</i>	面积(炉墙面积, 烟道流通截面积), m ²
FC	燃料工业分析中的固定碳, %
FT	灰熔化温度, °C
<i>f</i>	管流通截面, m ²
<i>G</i>	流量, kg/s
<i>H</i>	辐射或对流受热面面积, m ²
HGI	哈氏可磨度
<i>h</i>	高度, m
<i>I</i>	空气、烟气焓, kJ/kg
<i>i</i>	工质(水、蒸汽)焓, kJ/kg
<i>K</i>	循环倍率
<i>k</i>	传热系数, W/(m ² ·°C)
<i>k</i>	辐射减弱系数, 1/(MPa·m)
<i>L</i>	空气质量, kg/kg
<i>l</i>	长度, m
<i>M</i>	燃料工业分析中的水份, %
<i>N</i>	功率, kW
<i>n</i>	管数
<i>p</i>	压力, MPa
<i>p</i>	排污率, %
<i>Q</i>	热量, kJ

- Q 燃料发热量, kJ/kg
 q 热量百分比, %
 q 热通量, W/m^2
 q 热负荷(热释放率), kW/m^2 , kW/m^3
 R 炉排面积, m^2
 R 煤粉筛分中筛上残余量, %
 R 弯曲半径, m
 r 汽化潜热, kJ/kg ; 一、二、三次风率, %
 S 蒸汽、炉水, 给水含盐量, mg/kg
 S 锅筒、管子、联箱的壁厚, mm
 ST 灰开始软化温度, $^{\circ}\text{C}$
 s 管距, mm
 s 辐射层厚度, m
 T 绝对温度, K
 t 温度, $^{\circ}\text{C}$
 U 通道截面周界长度, m
 V 容积, m^3
 V 燃料工业分析中的挥发物, %
 v 比容, m^3/kg
 w 流速, m/s
 X 质量含汽率, %
 x 水冷壁, 受热面角系数
 Z 屏式受热面屏数
 z 对流受热面管排数

希腊字母符号

- α 过量空气系数
 α 倾斜角, $^{\circ}$
 α 放热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
 β 容积含汽率
 β 管外径与内径的比值
 Δ 差值符号
 δ 厚度, mm
 ε 灰污层热阻, $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$
 ξ 辐射受热面灰污系数
 ξ 局部阻力系数
 η 效率, %
 η 热不均系数
 Θ 无量纲温度

θ	烟气温度, $^{\circ}\text{C}$
λ	热导率, $\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$
λ	沿程摩擦阻力系数
μ	动力粘度, $\text{Pa}\cdot\text{s}$, $(\text{N}\cdot\text{s})/\text{m}^2$
μ	烟气中飞灰浓度, kg/kg
μ	热散漫系数
ν	运动粘度, m^2/s
ξ	局部阻力系数
Π	改正系数
π	圆周率
ρ	密度, kg/m^3
ρ	层燃炉炉排面积与炉膛周界面积之比值
Σ	总和符号
σ	材料强度, 应力, Pa ; 表面张力, N/m
σ_0	玻耳兹曼辐射系数, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$
τ	时间, s
φ	保热系数
φ	截面含汽率, 空泡份额
φ	辐射传热中角系数
Ψ	辐射受热面热有效性系数
Ψ	汽水混合物沿程摩阻改正系数
Ω	旋流强度系数
ω	受热面冲刷不均系数
ω	蒸汽中水份含量(湿度), $\%$

脚注符号

a	理论值
ad	空气干燥(分析)基
ar	收到基(应用基)
b	管壁
ch	传热
ck	出口
cr	临界
d	对流
d	较大值
d	干燥基
d	顶部
daf	干燥无灰基(纯燃基)
dl	当量

F 截面的
 f 辐射
 f_g 发光
 f_h 飞灰
 gb 管壁
 gd 高度
 gr, v 高位定容(发热量,即氧弹发热量)
 gr, p 高位定压(发热量,即高位发热量)
 gt 固体
 H 受热面
 h 火焰
 h 汽水混合物
 hz 灰渣
 j 焦炭
 j 计算值
 jl 节流
 l 炉
 ld 露点
 lk 冷空气
 lq 冷却
 lt 炉膛
 lx 联箱
 mf 煤粉系统
 n 内径
 ni 逆流
 net, p 低位定压(发热量,即低位发热量)
 nz 凝渣管簇
 o 基本值
 p 屏
 pc 偏差
 ph 热平衡
 pj 平均值
 py 排烟
 q, q_l 气体
 r 燃料, 燃烧, 燃烧器
 rk 热空气, 入口
 s 管距
 sl 顺流
 sld 酸露点

sm 省煤器,省煤段
 ss 上升
 V 容积
 w 物性的
 x 较小值
 xj 下降
 y 烟气
 yc 沿程
 yx 有效
 z 管排数
 zf 制粉系统
 zh 着火
 zs 折算

基本物理量及符号简介

本书全部采用国际单位制(SI)单位*,现将所用的单位及符号介绍于下表中。

物理量	主 要 单 位			参 考 单 位		
	名 称	符 号	换算关系	名 称	符 号	换算关系
长 度	米	m				
	厘 米	cm	1 m = 100 cm			
	毫 米	mm	1 m = 1000 mm			
	微 米	μm	1 m = 10 ⁶ μm			
质 量	千 克	kg		吨	t	1 t = 1000 kg
	克	g	1 kg = 1000 g			
	毫 克	mg	1 kg = 10 ⁶ mg			
	微 克	μg	1 kg = 10 ⁹ μg			
时 间	秒	s		小时	h	1 h = 3600 s
				分	min	1 min = 60 s
温 度	摄 氏 度	℃				
	开 氏 度	K	0℃ = 273.2 K			
面 积	平 方 米	m ²				
体 积	立 方 米	m ³		升	L	1 m ³ = 1000 L
	标准立方米 ¹⁾	Nm ³				

1) 指气体在标准状态(1物理大气压,即0.101325 bar或0.101325 MPa, 0℃)下的体积。

* SI单位与工程单位的换算见本书附录 V。

续表

物理量	主 要 单 位			参 考 单 位		
	名 称	符 号	换算关系	名 称	符 号	换算关系
速 度	米每秒	m/s				
容积流量	立方米每秒	m ³ /s				
	标准立方米每秒	Nm ³ /s				
质量流量	千克每秒	kg/s		吨/时	t/h	1 kg/s = 3.6 t/h
力	牛	N				
压力, 应力, 强度	帕	Pa		巴	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa
	千 帕	kPa	1 kPa = 10 ³ Pa			
	兆 帕	MPa	1 MPa = 10 ⁶ Pa			
能量, 功, 热量	焦	J				
	千 焦	kJ	1 kJ = 10 ³ J			
	兆 焦	MJ	1 MJ = 10 ⁶ J			
功 率	瓦	W				
	千 瓦	kW	1 kW = 10 ³ W			
	兆 瓦	MW	1 MW = 10 ⁶ W			
热功率 ¹⁾	瓦	W _{th}				
	千 瓦	kW _{th}	1 kW _{th} = 10 ³ W _{th}			
	兆 瓦	MW _{th}	1 MW _{th} = 10 ⁶ W _{th}			
电功率 ¹⁾	瓦	W _e				
	千 瓦	kW _e	1 kW _e = 10 ³ W _e			
	兆 瓦	MW _e	1 MW _e = 10 ⁶ W _e			

1) 功率不论是机械功率、热功率还是电功率, 都是可以互换的, 因此所注脚码 只用以区别功率性质, 而实质上是相同的。

目 录

主要符号表	(vii)
基本物理量及符号简介	(xi)
第一章 绪论	(1)
1-1 锅炉在国民经济中的重要性	(1)
1-2 锅炉及其辅助设备的简介	(1)
1-3 锅炉型式简介	(8)
1-4 我国锅炉的容量与参数系列	(4)
1-5 我国锅炉制造工业及技术的发展	(7)
第二章 燃料及其燃烧产物	(8)
2-1 锅炉的燃料	(8)
2-2 煤的成份及煤的分类	(8)
2-3 煤的燃烧特性	(12)
2-4 煤的折算成份	(14)
2-5 油页岩、重油与煤气	(15)
2-6 燃料的理论空气量	(17)
2-7 固体和液体燃料的燃烧产物	(18)
2-8 气体燃料的燃烧产物	(24)
第三章 锅炉热平衡	(26)
3-1 锅炉热平衡的基本概念	(26)
3-2 燃料的热量	(26)
3-3 有效吸收热量	(27)
3-4 固体未完全燃烧损失	(28)
3-5 气体未完全燃烧损失	(29)
3-6 排烟热损失	(30)
3-7 锅炉外部冷却损失	(31)
3-8 灰渣物理热损失	(31)
3-9 锅炉热平衡试验	(33)
3-10 锅炉设计中热平衡的估算	(36)
第四章 锅炉设计方案选择、总体布置及锅炉设计的辅助计算	(37)
4-1 概述	(37)
4-2 锅炉蒸汽参数对锅炉蒸发受热面型式及受热面布置的影响	(37)
4-3 燃烧方法选择	(42)
4-4 锅炉的总体布置	(43)
4-5 锅炉设计的步骤	(45)
4-6 燃料数据的分析和整理	(45)
4-7 空气平衡	(47)

4-8	空气、烟气的体积和焓温表	(49)
4-9	锅炉效率和燃料消耗量的估算	(55)
第五章	煤气及油的燃烧	(59)
5-1	锅炉燃烧设备概述	(59)
5-2	煤气燃烧原理	(60)
5-3	煤气燃烧器	(72)
5-4	重油燃烧原理	(79)
5-5	重油的雾化	(84)
5-6	配风器的型式和原理	(92)
5-7	降低重油燃烧污染物的措施	(104)
第六章	煤粉燃烧及煤的流化床燃烧	(106)
6-1	煤粉的燃烧	(106)
6-2	煤粉制备	(111)
6-3	煤粉燃烧器	(138)
6-4	炉膛热负荷的选用	(191)
6-5	液态排渣炉和旋风炉	(202)
6-6	低污染煤粉燃烧技术	(206)
6-7	水煤浆及其燃烧	(225)
6-8	流化床燃烧	(230)
第七章	炉膛设计及炉内传热计算	(257)
7-1	煤粉炉和油炉炉膛设计	(257)
7-2	链条炉炉膛设计	(261)
7-3	炉膛中辐射受热面的设计	(262)
7-4	炉内传热的基本概念	(268)
7-5	炉内传热相似理论解法	(270)
7-6	大容量锅炉的炉内传热计算	(280)
7-7	水冷壁灰污系数、热有效性系数及炉膛黑度	(281)
7-8	炉内过程的数值计算	(283)
第八章	对流受热面的传热计算	(286)
8-1	对流受热面传热计算的基本概念	(286)
8-2	温压的计算	(286)
8-3	传热系数	(290)
8-4	烟气侧对流放热系数	(292)
8-5	灰污系数、热有效性系数和利用系数	(301)
8-6	烟气辐射放热系数	(304)
8-7	工质侧对流放热系数	(309)
8-8	对流受热面的传热计算	(309)
8-9	屏式受热面的传热计算	(316)
8-10	转向室的传热计算	(324)

8-11	锅炉的热力计算	(324)
第九章	对流受热面的设计	(328)
9-1	对流蒸发管簇和凝渣管簇的设计	(328)
9-2	过热器的任务、基本型式及运行特性	(330)
9-3	过热蒸汽温度的调节	(331)
9-4	过热器的管壁温度和过热器受热面所用的钢材	(336)
9-5	过热器的热偏差	(338)
9-6	过热器的设计	(343)
9-7	再热器(中间过热器)的设计	(351)
9-8	省煤器的设计	(354)
9-9	空气预热器	(359)
9-10	管式空气预热器	(360)
9-11	回转式空气预热器	(365)
9-12	省煤器和空气预热器的配合	(370)
9-13	排烟温度的选择	(375)
9-14	对流受热面的腐蚀及其防止	(376)
9-15	对流受热面中的烟气流速	(381)
9-16	对流受热面的优化设计	(387)
第十章	蒸汽的净化	(397)
10-1	概述	(397)
10-2	排污及锅水品质	(399)
10-3	汽水分离	(403)
10-4	蒸汽的清洗	(409)
10-5	锅筒汽水分离元件的选择及布置	(411)
第十一章	自然循环锅炉的水循环	(415)
11-1	水循环的基本概念	(415)
11-2	下降管系统阻力及其计算	(418)
11-3	汽水混合物的密度及重位压差计算	(422)
11-4	上升管的流阻计算	(431)
11-5	受热管的全特性曲线	(436)
11-6	水循环计算	(438)
11-7	水循环的故障及其校验	(448)
11-8	影响水循环安全的因素	(459)
第十二章	强制循环锅炉及直流锅炉	(462)
12-1	强制循环锅炉	(462)
12-2	直流锅炉	(469)
12-3	直流锅炉受热面的流动特性	(473)
12-4	直流锅炉蒸发受热面的沸腾放热问题	(489)
12-5	直流锅炉炉膛辐射(蒸发)受热面的结构型式	(502)

12-6	直流锅炉的水力计算	(506)
12-7	直流锅炉的水工况	(508)
12-8	复合循环直流锅炉	(511)
第十三章	锅炉动态特性	(518)
13-1	锅炉动态特性的基本原理	(518)
13-2	锅筒锅炉的动态特性	(528)
13-3	过热器的动态特性	(538)
13-4	直流锅炉及单元机组的动态特性	(548)
附录		(560)
第十四章	锅炉的空气动力计算	(563)
14-1	概述	(563)
14-2	锅炉烟、风道的流阻计算	(564)
14-3	锅炉受热面的流阻计算	(575)
14-4	自生通风力计算	(584)
14-5	送、吸风机的选择与调节	(587)
第十五章	锅炉受压元件钢材及强度计算	(590)
15-1	锅炉中钢材的工作条件	(590)
15-2	受压元件钢材的强度性能	(591)
15-3	锅炉钢材的种类	(599)
15-4	安全系数及许用应力	(600)
15-5	圆筒形受压元件的强度计算	(604)
15-6	封头的强度计算	(617)
第十六章	锅炉的炉墙和构架	(622)
16-1	锅炉炉墙及其结构	(622)
16-2	炉墙材料及其性能	(630)
16-3	炉墙的传热计算	(636)
16-4	锅炉构架和平台、扶梯	(641)
第十七章	锅炉技术的发展趋势	(647)
17-1	推动锅炉技术发展的动力	(647)
17-2	锅炉在蒸汽参数上和容量上的发展	(647)
17-3	燃气-蒸汽联合循环电站的锅炉	(649)
17-4	锅炉燃烧技术的发展	(653)
17-5	科学技术的发展在促进锅炉技术的发展	(654)
附录 I	36.1 kg/s(130 t/h)中参数燃煤锅炉的热力计算例题	(656)
附录 II	36.1 kg/s(130 t/h)中参数燃煤锅炉的水循环计算例题	(687)
附录 III	36.1 kg/s(130 t/h)中参数燃煤锅炉空气动力计算例题	(715)
附录 IV	36.1 kg/s(130 t/h)中参数燃煤锅炉的强度计算例题	(723)
附录 V	国际单位制 (SI) 单位及其与工程单位换算	(731)
附录 VI	水蒸气、空气、烟气性质表及计算公式	(733)

第一章 绪 论

1-1 锅炉在国民经济中的重要性

锅炉是国民经济中重要的供应蒸汽的设备。电力、机械、冶金、化工、纺织、造纸、食品等,以及工业及民用采暖都需要锅炉供给大量的蒸汽。各种工业的生产性质与规模不同,工业及民用采暖的规模大小也不一样,因此所要求的锅炉容量、蒸汽参数、结构、性能方面也很不相同。

现代电力工业是规模巨大、发展迅速的先行工业。电站锅炉一般容量巨大,蒸汽参数(压力、温度)高,要求性能好,是火力发电站中的主要设备之一。我国电力工业近年来发展迅速,在1990年底装机容量已达一亿三千万千瓦,居世界之先列。其中约80%为火力发电容量。在电站锅炉的设计、制造、运行技术上都达到很高的水平。我国已能设计、制造、运行容量巨大,每小时蒸发量达2000t的,发电容量达600MW。的巨型电站锅炉。

现代机械制造、化工、纺织等工业规模比较大,都常有自备电厂,既供电又供蒸汽(称电热联产)。自备电厂规模也很大,可以和中型火力发电厂相比。所用锅炉的容量参数与电站锅炉相差不大。

小型工业所需的锅炉容量小,参数低,称为工业锅炉。在结构上工业锅炉与电站锅炉相差很多,燃烧方式也很不同。

本书将主要介绍电站锅炉的原理及计算方法。不过,所介绍的原理及计算方法也可以应用于一些工业锅炉上。

1-2 锅炉及其辅助设备的简介

图1-1中示有一中型电站锅炉及其辅助设备。燃煤从煤斗①靠重力下落到给煤机②。给煤机再将煤送入磨煤机③中。经过空气预热器④预热的空气也由排粉风机⑤送入磨煤机。磨煤机的滚轮将送入的煤磨碎成煤粉,由热空气将它烘干并携带它出磨煤机,进入燃烧器⑥,并从燃烧器喷入炉膛⑦燃烧。煤粉燃烧所需空气一部分就是携带它的空气,另一部分(份额较大)是从空气预热器④直接通到燃烧器的空气,也从燃烧器喷入炉膛参加燃烧。

在炉膛中煤粉的燃烧非常强烈,炉膛中心的温度可达1300—1400℃。燃烧所形成的火焰及生成的烟气以辐射方式把热传给密布在炉膛四壁上的、称为水冷壁⑧的辐射受热面管子,加热其中的工质——水。因而火焰及烟气在炉膛中受到辐射受热面的冷却,在离开炉膛时,已被冷却到1000℃上下。

离开炉膛后,烟气就流入对流受热面⑨、⑩、⑪、⑫,逐步将热以对流传热方式传给这些受热面中的蒸汽和水。同时,烟气也逐渐冷却到较低的温度。最后,它流到空气预热器④,将热传给来预热的空气,离开空气预热器时已被冷却到较低的温度,约一百几十度(摄

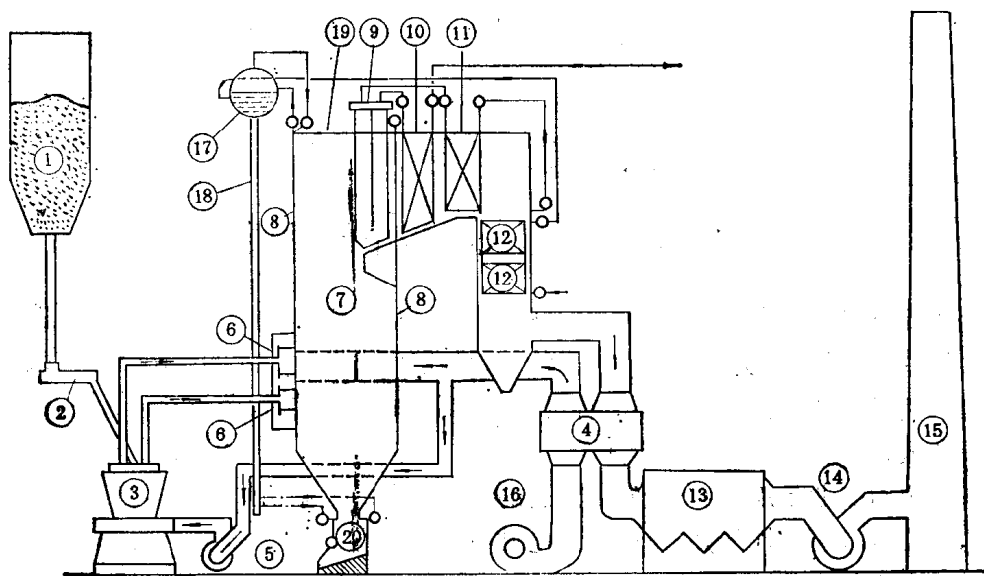


图 1-1 锅炉及其辅助设备系统简图

- ①——煤斗；②——给煤机；③——磨煤机；④——空气预热器；⑤——排粉风机；
 ⑥——燃烧器；⑦——炉膛；⑧——水冷壁；⑨——屏式过热器；⑩——高温过热器；
 ⑪——低温过热器；⑫——省煤器；⑬——除尘器；⑭——吸风机；⑮——烟囱；
 ⑯——送风机；⑰——锅筒；⑱——下降管；⑲——顶棚过热器；⑳——排渣室

氏度)。然后再通过除尘器⑬，将所携带的绝大部分细灰颗粒(飞灰)除掉，由吸风机⑭将它送进烟囱⑮，并排入大气。

锅炉受热面中的工质——水，是很纯净的。经过化学处理，除去硬度和氧的水，也

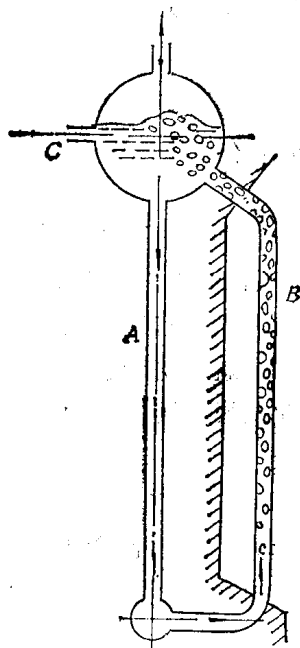


图 1-2 锅炉的水循环系统
 A——下降管；B——上升管；C——给水

称为给水。给水是由给水泵送来的，到锅炉之前，已在汽轮车间受到低压、高压加热器加热。给水进入锅炉以后首先经过省煤器⑫进一步受到加热，然后送入锅筒⑰，与锅筒中原有的循环着的水混合，沿下降管⑱流入水冷壁受热面，吸收炉膛的辐射热，部分地蒸发成蒸汽，成为汽水混合物，上升到锅筒中。蒸汽在锅筒中与水分离，从顶部流出，经敷设在炉顶顶棚上的过热器⑲流向后方，进入低温过热器⑪，再流入在炉膛出口的屏式过热器⑨，然后再经高温过热器⑩被加热到预定的温度后，进入主汽管流向汽轮机，推动汽轮机运转，从而带动发电机发电。

锅炉开始运行时，先注入温度较低的水，达锅筒中的正常水位。开始点火后，水温逐渐升高，蒸汽压力也随之升高。在蒸汽压力超过大气压时，蒸汽就由过热器出口的排汽阀排入大气。在工质水吸收的热量大于排汽所

带走的热量时,则水温上升,压力也相应地上升。逐渐加大锅炉所燃烧燃料的量,增加工质吸热,即可使过热器出口的蒸汽压力、温度达到额定值,此时可将通向汽轮机的主汽门打开,供汽给汽轮机。此时放汽阀即应关闭。运行中锅炉中水不断蒸发,需不断地由给水泵供水补充已蒸发而送出的工质,保持锅炉中水位正常。

在运行中锅炉蒸发受热面和锅筒中的水是不断地循环着的。图 1-2 中示有简化的锅炉水循环系统。下降管 A 是不受热的,上升管——炉内蒸发受热面 B 则在炉中受热,其中水不断蒸发,在管中有很多气泡上升。由于气泡的密度小于水的密度,因此下降管 A 中的水柱与上升管 B 中的汽水混合物柱之间有一压差。这个压差就是推动回路中的水不断循环的动力。上升管 B 不断受热,水也不断地循环。

这种水循环方式称为自然循环,采用这种循环方式的锅炉称为自然循环锅炉。

1-3 锅炉型式简介

现代锅炉的型式很多,不论是从蒸发受热面中工质流动的方式,或是从燃料及其燃烧方式来分,都可以分成不同的类型。

从蒸发受热面中水的流动方式来看,除前面已介绍的自然循环外,一种是在下降管上装设循环泵,用泵的压头来使蒸发受热面中的水循环,称为强制循环。采用这种循环方式的锅炉称为强制循环锅炉[图 1-3(a)]。

有的锅炉没有锅筒,给水从省煤器进入锅炉,流出后经蒸发受热面,再经过热器后流出,成为所要求压力、温度的蒸汽。没有水循环的锅炉,称之为直流锅炉[图 1-3(b)]。

从水流动情况及受热面结构来说,还有各种型式的直流锅炉,将在后面的有关章节中一一介绍。

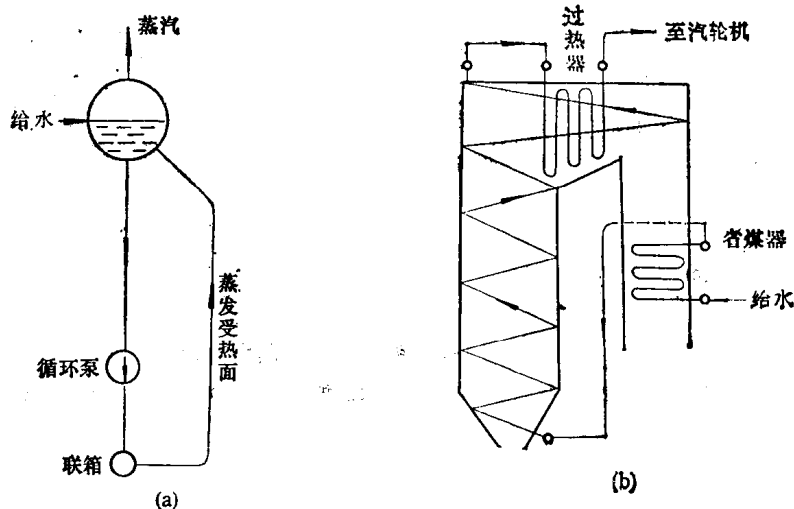


图 1-3 强制循环及直流锅炉

(a) 强制循环锅炉; (b) 直流锅炉

锅炉所用燃烧方式也因燃料不同,锅炉容量不同而有差异。如图 1-4 所示,对气体及液体燃料来说,都采用悬浮燃烧,也称室燃。对固体燃料——煤而言,在锅炉容量小时,多