

21世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材

工业锅炉设备

主编 丁崇功 寇广孝
参编 顾炜莉 丁华嵘 孙建平
常 斌 叶勇军
主审 李绍雄

机械工业出版社

本书是高等学校建筑环境与设备工程本科专业的教科书。

本书系统地阐述了燃煤、燃油、燃气工业锅炉及其辅助设备的结构、工作原理、相关计算、热工测试方法、运行调节、自动控制、锅炉水处理、环境保护、锅炉燃料特性和工业锅炉房设计等内容。

全书内容密切结合国内外工业锅炉发展的现状，取材面广，充分反映了当代工业锅炉设备的科技成就和水平。本书也可供高等学校热能工程专业师生教学参考。

书中内容以我国最新的锅炉标准、规程和规范为依据，具有较强的工程实用性和实践性。因此，本书亦可供从事建筑环境与设备工程、热能工程设计、安装、运行、热工测试、环境监测和技术管理的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业锅炉设备 辑 崇功, 寇广孝主编 北京: 机械工业出版社, 2007.10
(21世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材)
ISBN 978-7-111-22111-1

I ① 工... II ① 丁...② 寇... III ① 工业锅炉 ② 高等学校 ③ 教材 IV ① 665.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 151111 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 刘 涛 版式设计: 霍永明 责任校对: 程俊巧
封面设计: 王伟光 责任印制: 洪汉军
北京京丰印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行
2007 年 10 月第 1 版 · 第 1 次印刷
16 开 787 毫米 × 1092 毫米 1 印张 · 1 插页 · 230 千字
定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68995199 传真: 010-68996194
E-mail: zongcheng@mechanical.com.cn zongcheng@163.com

封面无防伪标均为盗版

序

建筑环境与设备工程专业是 1998 年教育部新颁布的全国普通高等学校本科专业目录，将原“供热通风与空调工程”专业和“城市燃气供应”专业进行调整、拓宽而组建的新专业。专业的调整不是简单的名称的变化，而是学科科研与技术发展，以及随着经济的发展和人民生活水平的提高，赋予了这个专业新的内涵和新的元素，创造健康、舒适、安全、方便的人居环境是 21 世纪本专业的重要任务。同时，节约能源、保护环境是这个专业及相关产业可持续发展的基本条件，因而它们和建筑环境与设备工程专业的学科科研与技术发展总是密切相关，不可忽视。

作为一个新专业的组建及其内涵的定位，它首先是社会需求所决定，也是和社会经济状况及科学技术的发展水平相关的。我国的经济持续高速发展和大规模建设需要大批高素质的本专业人才，专业的发展和重新定位必然导致培养目标的调整和整个课程体系的改革。培养“厚基础、宽口径、富有创新能力”能符合注册公用设备工程师执业资格并能与国际接轨的多规格的专业人才以满足需要，是本专业教学改革的目的。

机械工业出版社本着为教学服务，为国家建设事业培养专业技术人才，特别是为培养工程应用型和技术管理型人才做贡献的思想，积极探索本专业调整和过渡期的教材建设，组织有关院校具有丰富教学经验的教授、副教授主编了这套建筑环境与设备工程专业系列教材。

这套系列教材的编写以“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”为基本原则，突出特点是既照顾学科体系的完整，保证学生有

坚实的数理科学基础，又重视工程教育，加强工程实践的训练环节，培养学生正确判断和解决工程实际问题的能力，同时注重加强学生综合能力和素质的培养，以满足 21 世纪我国建设事业对专业人才的要求。

我深信，这套系列教材的出版，将对我国建筑环境与设备工程专业人才的培养产生积极的作用，会为我国建设事业做出一定的贡献。

陈在康

2002 年 1 月于长沙

前 言

“工业锅炉设备”是普通高等学校建筑环境与设备工程本科专业的主要专业课程之一。本书系统地阐述了工业锅炉及辅助设备的结构、工作原理、热工测试方法和主要的计算方法。同时列举了应用这些理论和方法的计算例题、复习题以及工程设计示例，这对学生掌握书中内容会有很大帮助。本书的编写注重工程实践，通过本门课程的教学，培养学生从事工业锅炉的施工安装、运行维护、技术管理以及工业锅炉房设计等方面的能力。

根据目前我国工业锅炉的现状和特点，本书取材面广，内容充实，在“工业锅炉本体结构”章中，不仅撰写了常规工业锅炉，而且较全面地介绍了各种特种工业锅炉。书中引用我国现行锅炉规程和标准，反映了我国工业锅炉的新成就和国内、外的先进技术。随着我国现代化建设和对环境保护要求的不断提高，燃油、燃气锅炉发展速度很快，而且主要在工业锅炉领域，为此，本书以较大的篇幅阐述燃油、燃气锅炉的基本理论，介绍国内、外最新的燃油、燃气锅炉及燃烧设备。在“锅炉燃料”章中，除了撰写了煤、燃料油、燃气等常规燃料外，还介绍了煤炭转化技术和型煤技术。根据国家最新的《锅炉大气污染物排放标准》，本书在“锅炉大气污染物的排放与控制”章中，阐述了烟尘、~~氮~~和~~氮~~的脱除技术。实验教学对培养学生的实践能力是其他任何教学环节都取代不了的，本书单列了“工业锅炉热工试验”章，撰写了工业锅炉最基本的热工试验项目、内容、方法和试验结果分析。在“工业锅炉汽水系统”章中，阐述了国内、外先进的水处理技术和

设备。本书内容包括工业锅炉概论、锅炉燃料、工业锅炉热工计算、工业锅炉本体结构、工业锅炉燃烧设备、工业锅炉水动力工况及蒸汽净化装置、工业锅炉受热面热力计算、锅炉受压元件强度计算、锅炉大气污染物的排放与控制、工业锅炉热工试验、工业锅炉的汽水系统、工业锅炉烟风阻力计算、工业锅炉的燃料供应及除灰渣系统、工业锅炉运行调整及自动控制、工业锅炉房设计等。

全书共分 15 章，由长安大学丁崇功（第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章），南华大学寇广孝（第 9 章），南华大学顾炜莉（第 10 章），南华大学叶勇军、寇广孝（第 11 章），西安市建筑设计研究院丁华嵘（第 12 章、第 13 章、第 14 章），河北工程学院孙建平（第 15 章），石家庄铁道学院常斌（第 16 章）编写，全书由丁崇功统稿。

本书由丁崇功教授、寇广孝教授主编。

本书由重庆大学李绍雄教授主审，承蒙李教授详细审阅书稿，提出了许多宝贵意见，谨致诚挚的谢意。

本书引用了许多资料（数据、图表、例题、工程设计等），谨向有关文献的作者，表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，书中错误和不足之处，敬请专家和读者批评指正，编者不胜感谢。

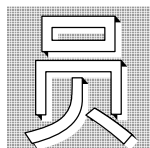
编 者

目 录

序	
前言	
第 1 章 概论	1
1.1 锅炉设备的构成、分类和工作过程	1
1.2 工业锅炉参数系列和技术经济指标	1
1.3 工业锅炉产品型号	1
1.4 复习题	1
第 2 章 锅炉燃料	2
2.1 煤的组成及特性	2
2.2 煤炭转化技术和型煤技术	2
2.3 燃料油的组成及特性	2
2.4 气体燃料的组成及特性	2
2.5 复习题	2
第 3 章 工业锅炉热工计算	3
3.1 煤和燃料油的燃烧计算及燃烧工况监测	3
3.2 气体燃料的燃烧计算及燃烧工况监测	3
3.3 烟气焓的计算	3
3.4 锅炉机组的热平衡	3
3.5 锅炉热工计算示例	3
3.6 复习题	3
第 4 章 工业锅炉本体结构	4
4.1 锅炉发展简史	4
4.2 锅壳锅炉	4
4.3 水管锅炉	4
4.4 热水锅炉	4
4.5 特种工业锅炉	4
4.6 工业锅炉辅助受热面	4
4.7 工业锅炉安全附件	4
4.8 复习题	4
第 5 章 工业锅炉的燃烧设备	5
5.1 燃料的燃烧过程	5
5.2 固定炉排炉	5
5.3 下饲式炉	5

编原	链条炉排炉	页原
编缘	往复炉排炉	页缘
编匠	抛煤机炉	页匠
编苑	流化床锅炉	页苑
编愿	煤粉燃烧锅炉	页愿
编怨	燃油锅炉	页怨
编园	燃气锅炉	页园
编原	工业锅炉燃烧设备的热力特性	页原
	复习题	页原
第 远章	工业锅炉的水动力工况及蒸汽净化装置	页缘
远页	工业锅炉的水动力工况	页缘
远园	工业锅炉蒸汽净化装置	页园
	复习题	页愿
第 苑章	工业锅炉受热面热力计算	页怨
苑页	辐射受热面热力计算	页怨
苑园	对流受热面热力计算	页愿
	复习题	页怨
第 愿章	锅炉受压元件强度计算	页园
愿页	锅炉受压元件强度计算参数的确定	页园
愿园	承受内压力的圆筒形元件的强度计算	页原
愿苑	承受内压力的封头强度计算	页园
愿原	孔的加强计算	页缘
	复习题	页愿
第 怨章	锅炉大气污染物的排放与控制	页怨
怨页	锅炉大气污染物	页怨
怨园	工业锅炉除尘技术	页猿
怨苑	锅炉烟气脱硫技术	页苑
怨原	锅炉烟气脱硝技术	页园
	复习题	页园
第 员章	工业锅炉热工试验	页猿
员页	煤与灰渣的试验分析	页猿
员园	气体燃料的试验分析	页源
员苑	烟气分析	页苑
员原	锅炉烟尘浓度试验分析	页原
员缘	锅炉热效率试验	页源
第 员章	工业锅炉的汽水系统	页源
员页	工业锅炉给水系统	页缘
员园	工业锅炉用水指标	页怨
员苑	锅炉给水预处理	页原

锅炉	锅内水处理技术	猿远
锅炉	离子交换水处理原理	猿怨
锅炉	离子交换水处理设备与运行	猿苑
锅炉	水的除气	猿远
锅炉	工业锅炉蒸汽系统	猿园
锅炉	工业锅炉排污系统	猿猿
锅炉	锅炉水处理计算示例	猿愿
复习题	.....	猿蒙
第 猿章	工业锅炉烟风阻力计算	猿圆
锅炉	锅炉通风的方式	猿圆
锅炉	锅炉通风阻力计算基本方法	猿猿
锅炉	锅炉烟道的阻力计算	猿圆
锅炉	锅炉风道的阻力计算	猿愿
锅炉	锅炉烟囱的计算	猿员
锅炉	风机的选择计算	猿猿
复习题	.....	猿苑
第 猿章	工业锅炉的燃料供应及除灰渣系统	猿愿
锅炉	工业锅炉的运煤系统	猿愿
锅炉	工业锅炉的除灰渣系统	猿圆
锅炉	工业锅炉的燃料油供应系统	猿远
锅炉	工业锅炉的燃气供应系统	猿园
复习题	.....	猿圆
第 猿章	工业锅炉的运行调整及自动控制	猿猿
锅炉	工业锅炉的启动与停运	猿猿
锅炉	工业锅炉的运行调整	猿远
锅炉	工业锅炉的停炉保养	猿愿
锅炉	工业锅炉的事故及事故处理	猿怨
锅炉	工业锅炉的自动控制	源员
复习题	.....	源源
第 猿章	工业锅炉房设计	源猿
锅炉	设计原始资料	源远
锅炉	锅炉房规模的确定	源苑
锅炉	锅炉房总图设计	源怨
锅炉	锅炉房建筑设计	源圆
锅炉	锅炉房热动力设计	源源
锅炉	锅炉房其他专业设计	源远
锅炉	工业锅炉房设计示例	源圆
参考文献	.....	源愿



第 员章

概 论

员 员 锅炉设备的构成、分类和工作过程

锅炉是一种将煤炭、木材、甘蔗渣、石油、可燃气体等能源所储藏的化学能以及工业生产中的余热或其他热源，转化为一定温度和压力的水或蒸汽的换热设备。

锅炉广泛应用于现代社会国民经济的各个领域，我国现阶段 员 员 以上的电能是利用蒸汽推动汽轮发电机组发电而获得的，工农业（如纺织、化工、造纸、机械、农产品加工工业等）生产工艺过程中也都离不开蒸汽，供热通风、空气调节工程以及生活热水供应所需要的热能也都是来自于高温热水或蒸汽。因此，锅炉已成为现代社会生产和人民生活不可缺少的特种重要设备。

员 员 员 锅炉设备的构成

锅炉设备是由锅炉本体和辅助设备两大部分构成。

员 员 锅炉本体

锅炉本体是由“锅”（接受高温烟气的热量并将其传给工质的受热面系统）和“炉”（将燃料的化学能转变为热能的燃烧系统）两大部分组合在一起构成的。

图 员 员 所示为双锅筒横置式链条炉排锅炉。

“锅”是指承受内部或外部作用压力、构成封闭系统的各种部件，包括锅壳、锅筒（汽包）、下降管、集箱（联箱）、水冷壁、凝渣管、锅炉管束、汽水分离装置、汽温调节装置、排污装置、蒸汽过热器、省煤器等。

“炉”是指构成燃料燃烧场所的各组成部件，包括炉膛（燃烧室）和炉前煤斗、煤闸门、炉排（炉算）、除渣板、分配送风装置等组成的燃烧设备。

员 员 锅炉辅助设备

（员）燃料供应系统设备 燃料供应系统设备的作用是保证供应锅炉连续运行

给磨煤系统输送热空气干燥剂，并从炉膛内引出燃烧产物——烟气，以保证锅炉正常燃烧。送、引风设备包括送风机、引风机、冷风道、热风道、烟道和烟囱等。

(猿 汽、水系统设备 汽、水系统包括蒸汽、给水、排污等三大系统。

蒸汽系统的作用是将合格的蒸汽送往用户或锅炉自用汽。蒸汽系统设备包括蒸汽管、附件、分汽缸等。

给水系统的作用是将经过水处理后的符合锅炉水质要求的给水送入锅炉，以保证锅炉正常运行。给水设备包括水泵、水箱、给水管、再生液管、水的除硬、除碱、除盐和除气设备等。

排污系统的作用是将锅水中的沉渣和盐分杂质排除掉，使锅水符合锅炉水质标准。排污系统设备包括排污管、附件、连续排污膨胀器、定期排污膨胀器、排污降温池等。

(源 除灰渣设备 除灰渣设备的作用是将锅炉的燃烧产物——灰渣，连续不断地除去并运送到灰渣场。除灰渣设备包括马丁除渣机、叶轮除渣机、螺旋除渣机、刮板出渣机、重型链条除渣机、水力除灰渣系统、沉灰池、渣场、渣斗、桥式抓斗起重机、推灰渣机等。

(缘 烟气净化系统设备 烟气净化系统包括烟气的除尘、脱硫、脱硝设备，它们的作用是除去锅炉烟气中夹带的固体微粒——飞灰和二氧化硫、氮氧化物等有害物质，改善大气环境。除尘、脱硫、脱硝设备包括重力除尘器、惯性力除尘器、离心力除尘器、水膜除尘器、布袋过滤除尘器、电除尘器、二氧化硫吸收塔、脱硝装置等。

(远 仪表及自动控制系统设备 仪表及自动控制系统设备的作用是对运行的锅炉进行自动检测、程序控制、自动保护和自动调节。仪表及自动控制系统设备包括微型计算机和温度计、压力表、水位计、流量计、负压表等仪表，烟气氧量表，自动调节阀以及控制系统等。

4.1 锅炉分类

锅炉用途广泛，种类很多，目前国家尚无统一的分类方法，现将锅炉行业习惯使用的几种分类方法介绍如下：

4.1.1 按用途分类

(员 工业锅炉 用于工业生产、采暖通风、空气调节工程和生活热水供应的锅炉。大多为低参数、小容量锅炉，蒸汽锅炉额定蒸发量在 10t/h ~ 1000t/h 的范围内，热水锅炉额定热功率在 1MW ~ 100MW 的范围内，常压锅炉额定热功率在 1MW ~ 100MW 的范围内。

(圆 电站锅炉 用于发电，为高参数、大容量锅炉，我国现行电站锅炉标准

参数、容量系列中，最大容量锅炉的额定蒸发量为 1000t/h ，其发电功率为 100MW 。

(猿) 船用锅炉 用作船舶动力，大多为低、中参数可移动燃油锅炉。

(源) 机车锅炉 用作机车动力，大多为低参数、小容量、可移动燃煤锅炉。此型锅炉目前已经很少应用。

圆按锅炉出口工质压力分类

(员) 常压热水锅炉 在任何情况下，锅筒水位线处的表压力为零的锅炉。

(圆) 低压锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $\leq 0.1\text{MPa}$ 的锅炉。

(猿) 中压锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $0.1\text{MPa} < p \leq 3.9\text{MPa}$ 的锅炉。

(源) 高压锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $3.9\text{MPa} < p \leq 17.6\text{MPa}$ 的锅炉。

(缘) 超高压锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $17.6\text{MPa} < p \leq 31\text{MPa}$ 的锅炉。

(远) 亚临界锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $31\text{MPa} < p \leq 38\text{MPa}$ 的锅炉。

(苑) 超临界锅炉 锅炉额定出口工质压力（表压力） $p > 38\text{MPa}$ 的锅炉。

猿按所用燃料或能源分类

(员) 燃煤锅炉 以煤为燃料的锅炉。

(圆) 燃油锅炉 以轻柴油、重油等液体燃料为燃料的锅炉。

(猿) 燃气锅炉 以天然气、液化石油气、人工燃气等气体燃料为燃料的锅炉。

(源) 混合燃料锅炉 以煤、油、气等混合燃料为燃料的锅炉。

(缘) 废料锅炉 以垃圾、树皮、甘蔗渣等废料为燃料的锅炉。

(远) 余热锅炉 以冶金、石油、化工等工业余热、余气为加热介质的锅炉。

(苑) 其他能源锅炉 以原子能、太阳能、地热能、电能等能源为热源的锅炉。

源按燃烧方式分类

(员) 火床燃烧（层燃）锅炉 燃料被铺层在炉排上进行燃烧的锅炉。

(圆) 火室燃烧（悬浮燃烧）锅炉 燃料被喷入炉膛空间呈悬浮状燃烧的锅炉。

(猿) 流化床燃烧（沸腾燃烧）锅炉 燃料在布风板上被由下而上送入的高速空气流托起，上下翻滚进行燃烧的锅炉。

(源) 旋风炉燃烧锅炉 粗煤粉或煤屑被强大的空气流带动在卧式或立式旋风筒内旋转燃烧、液态排渣的锅炉。

缘按通风方式分类

(员) 自然通风锅炉 利用烟囱中热烟气与外界冷空气的密度差所形成的作用压头来克服空气及烟气流动阻力的锅炉。

(圆) 机械送风锅炉 在锅炉送、引风系统中仅设置送风机来克服烟、风道阻力的锅炉。

(猿) 机械引风锅炉 在锅炉送、引风系统中仅设置引风机来克服烟、风道阻力的锅炉。

(源) 平衡通风锅炉 在锅炉送、引风系统中同时设置送、引风机来分别克服风道阻力和烟道阻力的锅炉。

远按炉膛烟气压力分类

(员) 负压燃烧锅炉 炉膛出口烟气负压维持在 圆- 源 kPa 的锅炉。

(圆) 微正压燃烧锅炉 炉膛烟气表压力为 圆- 缘 kPa 的锅炉。

(猿) 增压燃烧锅炉 炉膛烟气表压力大于 猿 kPa 的锅炉。

苑按循环方式分类

(员) 自然循环锅炉 具有锅筒，利用下降管与上升管中或锅炉管束中工质的密度差产生的作用压头来克服管道流动阻力，促使工质循环流动的锅炉。

(圆) 强制循环锅炉 具有锅筒和循环水泵，利用循环回路中工质的密度差产生的压头和循环水泵提供的压头来共同克服管道流动阻力，促使工质循环流动的锅炉。

(猿) 直流锅炉 无锅筒，给水靠水泵提供的压头一次通过受热面产生蒸汽的锅炉。

愿按锅炉结构分类

(员) 锅壳锅炉 具有锅壳，容纳水、汽，锅壳内布置烟管受热面。燃烧室布置在锅壳内部的锅炉，称为内燃锅炉；燃烧室布置在锅壳外部的锅炉，称为外燃锅炉。

(圆) 水管锅炉 受热面布置在炉墙围护结构空间内，水、汽、汽水混合物等工质在管内流动受热、高温烟气在管外冲刷放热的锅炉。

(猿) 铸铁锅炉 用铸铁制造的锅片组合而成的锅炉。

怨按锅筒布置形式分类

(员) 锅筒纵置式锅炉 锅筒纵向中心线与锅炉前后中心线平行的锅炉。

(圆) 锅筒横置式锅炉 锅筒纵向中心线与锅炉前后中心垂直的锅炉。

员按锅炉出厂形式分类

(员) 快装锅炉 锅炉本体整装出厂的锅炉。

(圆) 组装锅炉 锅炉本体出厂时，制造成若干个组合件，在安装现场拼装成锅炉整体，称为组装锅炉。

(猿) 散装锅炉 锅炉本体出厂时，制造成大量的零件和部件，在安装地点按锅炉厂设计图样进行安装，形成锅炉整体，称为散装锅炉。

员 锅炉的工作过程

锅炉的工作过程大致可分为同时进行的两大过程：炉内过程和锅内过程。前者包括燃料的燃烧过程和受热面外部烟气侧的炉内的传热过程；后者包括受热面金属与工质之间的传热过程，工质的加热、蒸发与过热过程，工质的流动过程和工质侧的热化学过程（如蒸汽品质、盐分沉淀、受热面结垢和腐蚀等）。工业锅炉的工作过程，如图 员 所示。

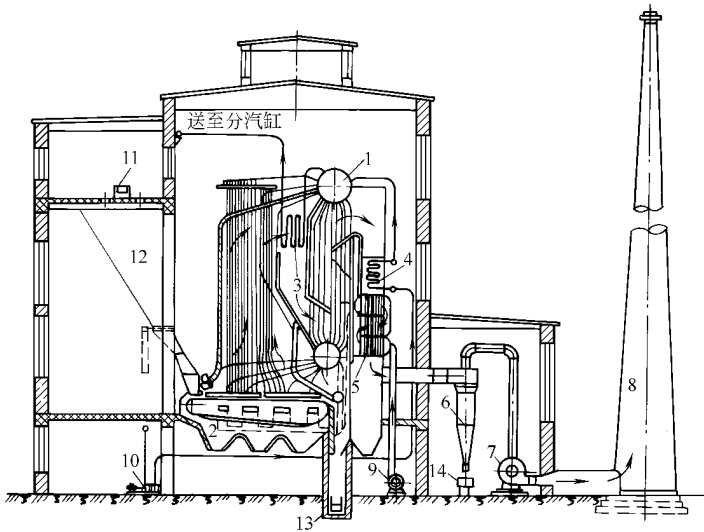


图 员 锅炉设备工作过程简图

员—锅筒 圆—链条炉排 猿—蒸汽过热器 源—省煤器 缘—空气预热器
远—除尘器 苑—引风机 愿—烟囱 怨—送风机 员—给水泵
员—带式输送机 员—原煤仓 员—重链除渣机 员—灰车

员 炉内过程

图 员 所示的锅炉是以煤为燃料的层燃炉。煤经输煤装置送入锅炉原煤仓，原煤仓中的煤直接靠自重经溜煤管进入炉前煤斗，再落到缓缓向前移动的链条炉排上，经过煤闸门进入燃烧室。燃料燃烧所需要的空气经送风机压入空气预热器，升温后进入炉排下面的分段送风仓，进而与炉排上面的煤充分接触、混合，进行强烈的燃烧反应，产生的高温烟气，以辐射换热的方式，向敷设在燃烧室四周水冷壁内的水或汽水混合物传递热量。继而，高温烟气经烟窗（炉膛出口）掠过凝渣管，冲刷蒸汽过热器，沿着隔火（折烟）墙横向冲刷锅炉管束，以对流换热方式，将热量传递给对流受热面管束内的汽、水、汽水混合物等工质；沿途温度逐渐降低的烟气进入尾部受热面，冲刷省煤器，以对流换热方式，将部分热量

传递给管内工质——水，随后烟气进入空气预热器管内，以对流换热方式将热量传递给管外流动的工质——空气，被加热后的空气进入炉膛，使炉内燃烧强化、炉温升高，从而提高了锅炉热效率。至此烟气温度已降到经济排烟温度，离开锅炉本体，经过除尘器除尘、引风机、烟道、烟囱排入大气。燃烧生成的灰渣经除灰渣装置送往渣场。图 4-1-1 所示为炉内过程流程框图。

图 4-1-1 炉内过程

经水处理系统处理并符合锅炉水质要求的给水，由给水泵经给水管道送入省煤器，水在省煤器中吸收尾部烟道内烟气的热量，预热后的给水进入上锅筒，并由下降管经水冷壁下部集箱流入辐射受热面（水冷壁），水在水冷壁中吸收炉内高温辐射热后形成汽水混合物并流入上锅筒；在锅炉管束中也进行同样的过程，上锅筒内的炉水沿着受热较弱的管束向下流入下锅筒，并由下锅筒经受热较强的管束形成汽水混合物再流回上锅筒。汽水混合物在上锅筒内经过汽水分离装置进行汽水分离，饱和蒸汽由锅筒上部送入蒸汽过热器，蒸汽在蒸汽过热器内与管外高温烟气进行对流换热，吸收高温烟气的热量后形成过热蒸汽，并经汽温调节装置达到额定过热蒸汽温度，品质合格的蒸汽汇合到过热器出口集箱，经主蒸汽阀进入分汽缸，再分送往各热用户。图 4-1-2 所示为锅内过程流程框图。

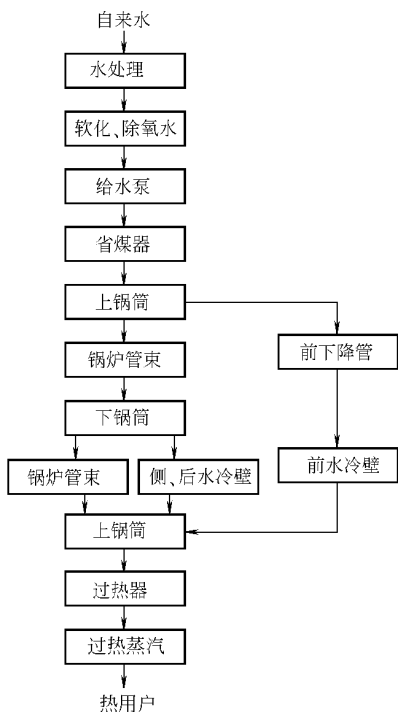
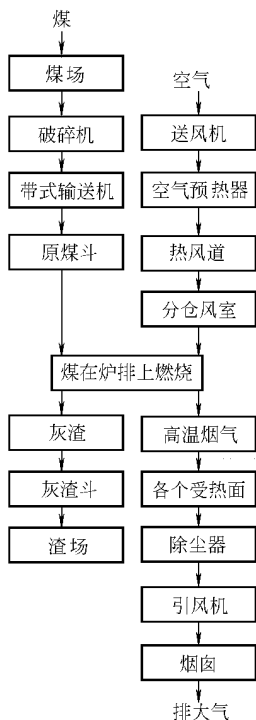


图 4-1-1 锅炉风、煤、烟、渣系统框图

图 4-1-2 锅炉汽、水系统框图

图 工业锅炉参数系列和技术经济指标

我国工业锅炉量大面广，种类繁多，常用下列锅炉参数和技术经济指标来区别其结构特征、燃烧方式、燃料品种、容量大小、参数高低及其经济性等，以利于设计、制造、选型、运行、维修和管理标准化。

工业锅炉参数系列

锅炉参数是指锅炉容量、工作压力、工质温度。

蒸汽锅炉用额定蒸发量表征其容量的大小。所谓额定蒸发量是指蒸汽锅炉在额定压力、温度（出口蒸汽温度与进口水温度）和保证达到规定的热效率指标条件下，每小时连续最大的蒸汽产量。锅炉铭牌上所标蒸汽产量即为该锅炉的额定蒸发量。蒸发量用符号“阅”表示，单位为 吨/小时。

运行中的蒸汽锅炉，可以直接通过蒸汽流量计、压力表、温度计等测量仪表来检测其参数。

热水锅炉则用额定热功率表征其容量的大小。所谓额定热功率是指热水锅炉在额定压力、温度（出口水温度与进口水温度）和保证达到规定的热效率指标条件下，每小时连续最大的产热量，锅炉铭牌上所标热功率即为额定热功率。热功率用符号“匠”表示，单位为 兆瓦。

运行中的热水锅炉，通过各种仪表可以分别测量出锅炉的热水流量、出水温度、出水压力、进水温度、进水压力等参数，用下列公式计算热水锅炉的热功率

$$匠 = \frac{1}{3600} \times \frac{1}{1000} \times (G_{出} - G_{进}) \times (t_{出} - t_{进}) \times 4.1868 \quad (式 1)$$

式中 匠——热功率（兆瓦）；

择——热水锅炉每小时供给用户的热水量（吨/小时）；

澡——热水锅炉出水阀门出口处的出水质量比焓（千焦/千克）；

澡——热水锅炉进水阀门进口处的进水质量比焓（千焦/千克）。

由上可见，蒸汽锅炉和热水锅炉热容量的表示方法不同，但在工程上经常需要比较这两种锅炉的容量。可用下式将蒸汽锅炉的蒸发量换算成热功率

$$匠 = \frac{1}{3600} \times \frac{1}{1000} \times G_{蒸} \times (h_{蒸} - h_{水}) \quad (式 2)$$

式中 匠——热功率（兆瓦）；

阅——蒸汽锅炉的蒸发量（吨/小时）；

澡——蒸汽的质量比焓（千焦/千克）；

澡——锅炉给水的质量比焓（千焦/千克）。