



高职高专规划教材

锅炉与供热

魏恩宗 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高 职 高 专 规 划 教 材

锅 炉 与 供 热

(制冷与空调专业)

主编 魏恩宗

参编 闫志勇 李建新 黄奕沅

主审 张惠娟

机 械 工 业 出 版 社

本书包括锅炉和供热工程两部分。锅炉部分共有七章,内容以工业锅炉为主,介绍了锅炉设备的基本构造、工作原理、运行特性以及基本设计方法。供热部分共有五章,内容包括:供暖系统的设计热负荷、供暖系统的散热设备、热水和蒸汽供暖系统及集中供热系统。书中各部分内容都力求体现该领域目前的最新实用技术。

本书是高职高专制冷与空调专业规划教材(60~70学时),也可供热能工程、供暖与通风、环境工程及其它相关专业本、专科学生及有关工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉与供热/魏恩宗主编. —北京:机械工业出版社, 2003.6
高职高专规划教材
ISBN 7-111-12209-7

I. 锅... II. 魏... III. ①锅炉—基本知识②供热—基本知识 IV.
①TK22②TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038481 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:倪少秋 汪光灿 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣
封面设计:饶薇 责任印制:路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm $1/16$ ·16.25 印张·375 千字
定价:23.00 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) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

高职高专制冷与空调专业规划教材编写说明

随着科技发展、社会进步和人民生活水平的不断提高,制冷与空调设备的应用几乎遍及生产、生活的各个方面。运行和维护制冷与空调设备需要大批专门技术人才,尤其我国加入 WTO,融入国际竞争的大潮,社会对制冷空调设备的安装、维修、管理专业高级技术人才的需求量也愈来愈大。为了满足和适应社会不断增长的需要,全国已有数十所高职院校先后开设了“制冷与空调”专业,以加速制冷与空调专业应用型高级技术人才的培养。

为了编写出既有行业特色,又有较宽覆盖面,适应性、实用性强的专业教材,我们组织了全国十几所不同行业高职院校具有丰富教学和工程实践经验的教师编写了这套高职高专制冷与空调专业规划教材。书目见封四。

本套教材在编写过程中,结合我国制冷与空调专业的发展以及行业对高职高专人才的实际要求,在形式和内容上都进行了有益探索。在专业面向上,既涉及家用、商用制冷与空调设备,又涉及工业制冷空调设备,覆盖范围广;在内容安排上,既介绍传统的制冷空调原理、方法、设备,又补充了大量的新技术、新工艺、新设备,立足专业最前沿;在课程组织上,基本理论力求深入浅出、通俗易懂,实验、实训力求贴近生产,强调实际、实用;特别强调突出能力培养,体现高职特色,既可作为高职院校的专用教材,也可作为社会从业人员岗位培训教材。

本套教材编写过程中,得到了有关设计院所、施工单位、管理部门、生产企业和有关专家学者的大力支持。他们提出了许多宝贵意见,提供了大量技术资料和工程实例,使得教材内容更加丰富、详实,在此向他们表示衷心的感谢!

由于受理论水平、专业能力和知识面的限制,加之时间短促,全套教材中难免有疏漏和错误,恳请广大师生和读者批评指正,以便再版时修订、补充,不断完善和提高。

高职高专制冷与空调专业教材编审委员会

2003年3月

前 言

高等工程教育以加强基础、拓宽专业口径、扩大学生知识面为目标,有利于培养学生一专多能,增强学生就业的适应性。为了满足制冷与空调专业课程教学的需要,我们编写了《锅炉与供热》一书,供高职和普通大专院校制冷与空调专业学生学习使用,也可供热能工程、供暖与通风、环境工程等其它相关专业本、专科学生及有关工程技术人员学习和参考。

本书包括锅炉和供热工程两部分。锅炉部分以工业锅炉为主,介绍了锅炉设备的基本构造、工作原理、运行特性以及基本设计方法。供热部分内容包括:供暖系统的设计热负荷、供暖系统的散热设备、热水和蒸汽供暖系统及集中供热系统。

为了方便各学校视具体情况分别选用,锅炉和供热两部分内容既互相联系又相互独立。本教材建议的教学时数为60~70学时,教师可根据需要选择内容讲授。

编者在教材的撰写过程中,注意结合多年来的教学实践经验,并融入现代新技术成果,力求体现该领域目前的最新实用技术。

本书由浙江树人大学魏恩宗副教授主编。魏恩宗编写了绪论、第一章、第二章、第三章和第四章;内蒙古工业大学闫志勇副教授编写了第五章、第六章和第七章;浙江建设职业技术学院黄奕沅讲师编写了第八章、第九章和第十章;内蒙古工业大学李建新副教授编写了第十一章和第十二章。全书由魏恩宗修改定稿。

内蒙古工业大学张惠娟副教授审阅了全部书稿,并提出了宝贵的意见与建议,在此,编者深表谢意。

作者在编写本书过程中,参阅了国内外有关专业书籍、文献资料,书后列出了主要参考文献,特向有关作者致谢。

由于时间和编者水平有限,书中难免有不妥之处。本书编者衷心地期望使用本教材的教师、工程技术人员及学生在阅读本教材之后,能提出宝贵的反馈意见。共同为提高该教材的质量而努力,为此我们将不胜感激。

编者

2003年1月于杭州

目 录

编写说明

前言

绪论 1

第一章

锅炉设备概述 5

- 第一节 锅炉设备的基本构造和一般工作
原理 6
- 第二节 锅炉的主要特性参数 9
- 第三节 锅炉分类 11
- 第四节 锅炉型式发展简介 19

第二章

锅炉受热面及典型供热锅炉

简介 25

- 第一节 锅炉受热面 26
- 第二节 典型供热锅炉简介 29

第三章

锅炉燃料 39

- 第一节 煤的常规特性 40
- 第二节 煤中某些成分对锅炉工作的影响 47
- 第三节 煤的分类 49
- 第四节 液体及气体燃料 51

第四章

燃烧过程的物质平衡和锅炉热

平衡 53

- 第一节 燃烧所需空气量的计算及过量
空气系数 54
- 第二节 燃烧产物计算 55
- 第三节 锅炉运行中烟气分析及其应
用 60
- 第四节 空气、烟气焓的计算及焓温表
简介 64
- 第五节 锅炉热平衡 68

第五章

燃烧过程与燃烧设备 73

- 第一节 概述 74
- 第二节 燃料的燃烧过程 76
- 第三节 层燃炉 80
- 第四节 室燃炉 97
- 第五节 沸腾炉 101

第六章

锅炉水循环及汽水分离 105

- 第一节 概述 106
- 第二节 自然循环原理 106
- 第三节 水循环故障简介 112
- 第四节 供热锅炉自然循环回路的设计
原则 113
- 第五节 蒸汽品质及汽水分离 114

第七章

工业锅炉本体的设计和布置 119

- 第一节 概述 120
- 第二节 工业锅炉受热面的布置和燃烧设
备的选择 120
- 第三节 主要设计参数的选定 122
- 第四节 层燃炉炉膛和辐射受热面积 124
- 第五节 对流受热面的设计 127

第八章

供暖系统的设计热负荷 133

- 第一节 供暖系统设计热负荷 134
- 第二节 围护结构传热耗热量 135
- 第三节 冷风渗透耗热量 140
- 第四节 冷风侵入耗热量 142
- 第五节 供暖设计热负荷计算例题 142

第九章

供暖系统的散热设备 145

- 第一节 散热器的工作原理 146

第二节 散热器的种类及布置要求	146
第三节 辐射供暖	151
第四节 暖风机	157

第十章

室内热水供暖系统	159
第一节 自然(重力)循环热水供暖系统	160
第二节 机械循环热水供暖系统	163
第三节 高层建筑热水供暖系统	168
第四节 室内热水供暖系统的管路布置和主要设备及附件	171

第十一章

室内蒸汽供暖系统	181
第一节 蒸汽作为热媒的特点	182
第二节 室内低压蒸汽供暖系统	183
第三节 室内高压蒸汽供暖系统	186
第四节 凝结水回收系统	188
第五节 蒸汽供暖系统的管路布置及附属设备	191

第十二章

集中供热系统	201
第一节 热水供热系统	202
第二节 蒸汽供热系统	208
第三节 热网供热系统	213
第四节 集中供热的热源	214
第五节 集中供热系统的热力站及其主要设备	224
第六节 供热管道的敷设及保温	235
第七节 供热管道附件及支座	239

附录	247
----------	-----

附录 A 全国主要城市室外气象参数	248
附录 B 温差修正系数 α 值	250
附录 C 常用建筑材料的热导率 λ	250
附录 D 一些铸铁散热器规格及其传热系数 K 值	251
附录 E 一些钢制散热器规格及其传热系数 K 值	252

参考文献	253
------------	-----

绪 论

一、供热工程及其发展

人类在日常生活和社会生产中需要大量的热能。把自然界的能源直接或间接地转化为热能,以满足人们需要的技术,称为热能工程,它是能源工程的重要组成部分。利用热媒(如水、蒸汽、或其他介质)将热能输送至各热用户的工程技术,称为供热工程。

人类利用能源的历史经历了四次重大的突破,即火的使用、蒸汽机的发明、电能的应用以及原子能的利用。因此,供热技术的发展可以划分为四个阶段。

在相当长的历史时期,人们以火的形式利用能源,例如在北京原始人化石发源地龙骨山以及欧洲尼安得塔尔人化石发源地,都曾发现烧火的遗迹。后来,人们为了取得热能,使用原始的炉灶获得热能以取暖、做饭和照明。这种局部的取暖装置至今还保留和使用着,例如火炉、火墙和火炕等。

蒸汽机的发明促进了锅炉制造业的发展。19 世纪初期,开始出现了以蒸汽或热水为热媒的供暖系统。在供暖系统中,使用一台锅炉产生的蒸汽或热水,通过管路供给一座建筑物各房间取暖。1877 年美国建成了区域供热系统,由一个锅炉房供给全区许多座建筑物和生产与生活所用的热能。

在工业发达国家,在 20 世纪初期,开始利用发电厂中汽轮机的废气,供给生活与生产用热。其后逐渐发展为现代化的热电厂,联合生产热能与电能,显著地提高了燃料利用率。

二次大战后,尤其是 20 世纪 60 年代,世界能源的消耗,随着城市工业的发展和城市人口的增加而迅猛增长。1950~1965 年间,联邦德国、捷克斯洛伐克等国热能消耗量增长了 2 倍,日本增长了近 4 倍。巨大的热能消耗,不仅要求有足够的供应能力,而且要求提高供热效率和降低成本。另外,锅炉房多建于城市人口稠密区,煤烟粉尘和锅炉排放的各种污染物气体(SO_x 、 NO_x 、 VOCs 、 PAHs 等)是造成城市环境污染的主要原因。

在区域供热系统中采用大型现代化锅炉,燃烧效率高,尤其是综合生产热能和电能的热电厂可以大量节省能源。大型区域供热系统,供热半径长,热源可以远离城市中心人口稠密区,并可装设有效的烟气脱硫脱硝和除尘装置,以防止城市环境的污染。因此,近年来区域供热事业的发展极为迅速。原苏联和东欧各国区域供热的热源以热电厂为主;美国和西欧各国的区域供热热源,多以区域锅炉房为主。

从世界范围内来看,解决能源紧张问题的途径有两条:一是开源,二是节流。因此,在对常规能源积极开展综合利用、提高能源利用率的同时,从上世纪中期开始,世界许多国家都在注意对新能源开发和利用的研究,近年来发展迅速。

原子能的裂变和聚变可以释放巨大的能量。根据有关资料估计,地球上的铀、钍矿藏量按能量计算,相当于地球上总矿物能源的 20 多倍。将来实现受控核聚变反应,则海水中的氘和氚都将成为可用的燃料,能源资源可谓无限。原子能的和平利用在 20 世纪 50 年

代获得成功,现在世界上已建成原子能电站 300 多座。例如,热电联合生产的瑞典斯德哥尔摩附近的沃加斯塔原子能热电站,使用背压式汽轮机组排出的乏汽加热高温水,供给距厂 4.5km 的发鲁斯塔地区 15000 户、40000 多人口的住宅区取暖。

地球是一个巨大的热库。据估计地球上的地热资源储量是全部煤炭资源储量的 17000 万倍。仅地下 3km 以内的可供开采的地热资源就相当于 29000 亿 t 标准煤。利用地下热能供热已受到人们的普遍重视。利用地热供暖已有近 90 年的历史,世界上最早利用地热供暖的国家有意大利和新西兰等。目前冰岛每年利用地热相当于约 $2 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能,以供给全岛居民取暖。冰岛的雷克雅末克城,把地下 98°C 的水,用水泵提高到高位储水箱,供给该市取暖。原苏联高加索北坡 500km 的几个点上,已广泛地发展地热供热系统。美国加利福尼亚州有 11 个城市采用地热区域供热。

太阳能是一种清洁型可再生能源。每年投射到地球表面的太阳能,相当于 130 万亿 t 标准煤的热量。太阳能热利用很早就开始研究,由于技术和经济问题,进展一直不大。近年来由于世界性的能源危机和严重的城市污染问题,又开始引起人们的注意。目前,世界各国都在积极开展太阳能利用的研究工作,成效显著。

在供暖设备方面,长期以来使用的铸铁散热器,已逐渐被钢板模压、异型钢管、铸钢和铸铝散热器所代替。在民用建筑中很多采用细金属管道或塑料管道预埋入顶棚和地板中的辐射供暖;在美国和西欧等国家,大量采用踢脚板散热器和电热供暖。

工厂的高大车间很多采用蒸汽或高温热水辐射供暖。如法国巴黎奥莱机场的大型飞机库,就采用了带状辐射板与地面条缝送热风相结合的供暖方式,机库总面积 15000 m^2 ,高为 15m,在靠近大门的地面上安装一条 5mm 宽的条形缝隙热风幕,在室外温度降至 1°C 时,热风幕自动以 15m/s 的风速由缝隙中吹出热风,阻挡室外冷风侵入。带状辐射板由三根直径 40mm 的钢管组成,每组 30m 长,热媒为 160°C 的热水。

中国地域辽阔,资源丰富,历史悠久。在西安半坡村发掘出土的新石器时代仰韶时期的房屋中,就发现有长方形灶炕,屋顶有小孔用以排烟,还有双连灶型的火炕。在《古今图书集成》中记载,夏、商、周时期就有供暖火炉,从出土的古墓中看出,汉代就有带炉箆的炉灶和带烟道的供暖设备。火炉、火墙、火炕在中国北方目前还在使用。火地是我国宫殿中常用的供暖形式,至今在北京故宫和颐和园中还完整的保存着,这是辐射供暖的原始形式。

中国供热事业的基础非常薄弱。在旧中国,只有在大城市为数很少的建筑中,装设了集中供暖设备,工厂中只有生产所必须的陈旧锅炉设备和简单的供暖管道。解放后,随着国民经济建设和人民生活水平的不断提高,我国供热事业也得到了迅速的发展。绝大多数工业企业和民用建筑都装设了集中供暖设备。从 20 世纪 60 年代开始,我国已经能够自己设计制造大、中、小型的成套热电厂设备以及各种型式工业锅炉设备。近年来,城市集中供热发展很快。1980 年全国只有 7 个城市有集中供热,1981 年就增加到 15 个城市,供热面积达 2252 万 m^2 。东北、西北、华北地区许多工业企业建立了各种形式的高温水供热系统,工厂车间开始使用钢制辐射板,民用建筑中开始安装钢串片、钢制片式、钢板模压等新型散热器。在燃烧低值燃料和热能综合利用方面,也做了大量的研究工作,取得了显著的效果。

关于新能源的开发和利用的研究,中国也在积极开展。目前全国已有 20 多个省市和自治区开展了地热能的勘探和开发利用。太阳能热利用的研究已引起各部门的重视,正在积极开展工作。太阳能热水器、太阳灶等已推广应用,太阳能暖房已经应用并在进一步研究。

二、本课程的主要内容

就一个常规供热系统而言,通常是利用锅炉设备生产出蒸汽或热水,而后通过热力管道,将蒸汽或热水输送至用户,以满足生产工艺或生活采暖等方面的需要。因此,锅炉是供热之源。锅炉的任务,在于安全可靠、经济有效地把燃料的化学能转化为热能,进而将热能传递给水,以生产热水或蒸汽。

本书包括锅炉和供热工程两部分。前七章是锅炉部分,内容以工业锅炉为主,介绍了锅炉设备的基本构造、工作原理、运行特性以及基本设计方法。后五章为供热部分,内容包括供暖系统的设计热负荷、供暖系统的散热设备、热水和蒸汽供暖系统及集中供热系统。

学习本课程之前,应学习《流体力学》、《传热学》、《工程热力学》等技术基础课程,并要求有较好的专业基础理论。

第 一 章

锅炉设备概述

1

- 第一节 锅炉设备的基本构造和一般工作原理
- 第二节 锅炉的主要特性参数
- 第三节 锅炉分类
- 第四节 锅炉型式发展简介

第一节 锅炉设备的基本构造和一般工作原理

锅炉是一种把煤炭、石油或天然气等能源所储藏的化学能转变为水或蒸汽热能的热力设备。高温水和蒸汽的热能可直接应用在生活和生产中,如空气调节、纺织、化工、造纸等领域,也可以再转换成其它形式的能,如电能、机械能等。随着水和蒸汽的热能应用范围的扩大,锅炉逐渐成为人类社会生活和生产各个领域不可缺少的动力机械。物质生产的飞速发展,使能源的消耗量日益增加,人类社会需要更多、更先进的能源转换设备,锅炉工业在国民经济中的作用和地位也越来越重要。

现代锅炉可以看作是一个大的蒸汽发生器。煤炭、石油或天然气等燃料送入锅炉后,燃烧设备将其燃烧,燃料的化学能转变为燃烧生成物——高温烟气的热能。高温烟气通过多种传热方式把热能传递给水,水以蒸汽或热水的形式将热能供给工农业生产和人类生活,或用来发电和作为驱动机械运动的动力。发电用的锅炉一般称为电站锅炉,而直接供给工农业生产或驱动机械的锅炉则称为工业锅炉。

随着锅炉工业的发展,电站锅炉生产蒸汽的参数不断提高,如蒸汽的压力从中压、高压、超高压发展到亚临界压力和超临界压力;蒸汽的温度最高已达到 650°C ;蒸汽的产量已达到 2000t/h 以上。工业锅炉除单台锅炉的容量已从每小时生产几百千克蒸汽发展到每小时生产几十吨蒸汽外,锅炉的性能也有了本质的变化。工业锅炉的效率已从 $20\%\sim 30\%$ 提高到 $70\%\sim 80\%$ 。原来繁重的手工操作,现在已实现了机械化和自动化。

锅炉作为热能动力设备已有200多年的历史,但是锅炉工业突飞猛进的发展却是近几十年的事情。国外的锅炉制造工业20世纪50~60年代发展最快,70年代前后达到顶峰。我国的锅炉工业是新中国成立后才建立和发展起来的,经过五十多年的努力,现在不但有技术力量雄厚的电站锅炉制造和研究基地,还有规模庞大的工业锅炉生产厂家。

国外的工业锅炉多以燃用石油和天然气为主。自20世纪70年代初世界性的能源危机以来,由于石油和天然气燃料价格的高涨,煤炭资源又重新受到重视。但是,为防止环境污染,燃煤锅炉主要在净化燃烧产物技术上发展。国外工业锅炉的特点是平均单机容量大,热效率高,自动化控制程度完善,锅炉机组向快装或组装方向发展,结构紧凑,现场安装方便;制造厂多采用先进的制造工艺、装备及流水线,专业化程度和生产率都比较高。

我国的工业锅炉以燃用各种原煤为主,煤种的供应变化较大,因此锅炉实际运行热效率较低。单机容量平均只有 1.85t/h ,自动化控制程度低。制造厂较少专业分工,多为单件或小批量生产,生产所用机床设备的专用化程度不高,造成生产率较低。近年来我国的锅炉技术工作者在吸收国外的先进技术的同时,结合国情认真总结经验,在锅炉设计等很多方面都有很大的进展,达到或接近了世界水平。制造工艺也在不断地更新,我国采用的锅炉制造标准已基本符合国际标准。

为了更好地适应国民经济现代化发展的需要,我国的锅炉制造工业还必须进行重大改革。发展先进锅炉技术,提高工业锅炉的效率和机械化、自动化水平,防止环境污染等是我国在工业锅炉方面的重大研究课题。

一、锅炉设备的基本构造

锅炉设备由锅炉本体和辅助设备两大部分组成。其中，锅炉本体是锅炉设备的主体，它包括汽锅、炉子、蒸汽过热器、省煤器、空气预热器和炉墙构架等。辅助设备是为了维持锅炉的正常运行而设置的，它包括给水设备、通风设备、燃料供应和除灰设备以及仪表和控制设备等，它们分别由相应的管路或机械、电子装置与锅炉本体相连接，构成各自的工作系统。

图 1-1 为一典型燃煤锅炉的简图。下面，通过该图来介绍锅炉本体和辅助设备的组成。

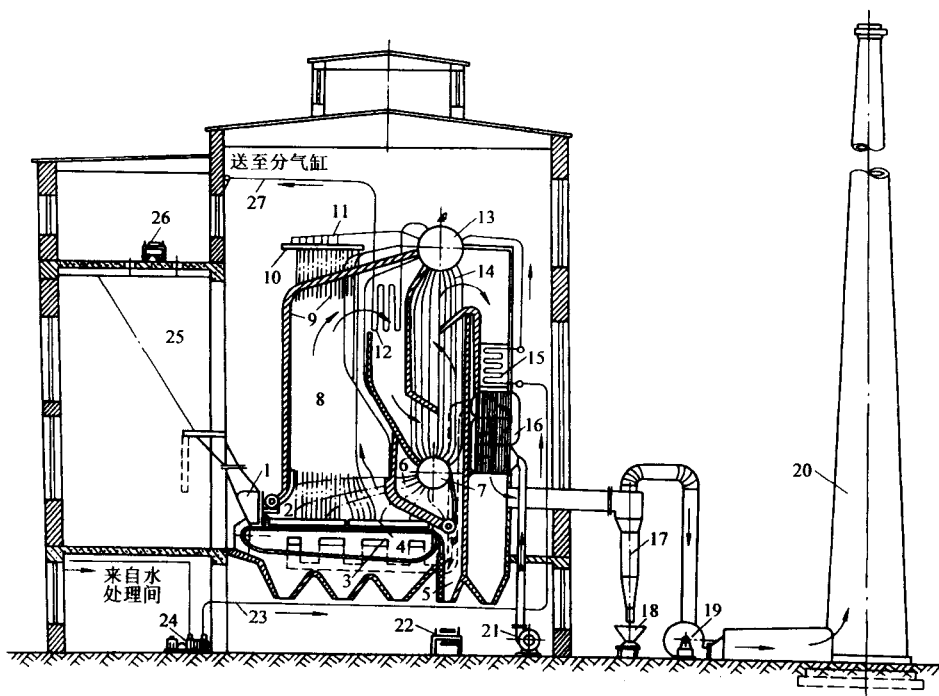


图 1-1 锅炉设备示意图

- 1—煤斗 2—链条炉排 3—风室 4—侧水冷壁下集箱 5—灰渣斗 6—下降管
7—下锅筒 8—炉膛 9—水冷壁 10—侧水冷壁上集箱 11—汽水引出管 12—
蒸汽过热器 13—上锅筒 14—对流管束 15—省煤器 16—空气预热器 17—除
尘器 18—灰车 19—引风机 20—烟筒 21—送风机 22—灰渣输送机 23—给
水管 24—给水泵 25—储煤斗 26—带式输煤机 27—主蒸汽管

1. 锅炉本体

(1) 汽锅 由布置在炉膛（燃烧室）四周的水冷壁管 9、横置的上下锅筒 13 和 7 以及连接其间的对流管束 14 构成，起着热交换器的作用。通过汽锅受热面，锅内的水被高温烟气加热，进而沸腾汽化而产生具有一定压力和温度的蒸汽。

(2) 炉子 由炉膛（燃烧室）8、链条炉排 2 和炉排下的风室 3 组成。图示 1-1 的炉子是国内工业锅炉中应用较为普遍的一种机械化燃烧设备——链条炉排炉。燃料在其中燃烧放热，并生成高温烟气。

(3) 蒸汽过热器 是一种辅助受热面, 由许多蛇形钢管组成, 如图中 12 所示。饱和蒸汽流经它继续受热而变为过热蒸汽。

(4) 省煤器 实际上是一个给水预热器, 如图中 15 所示。它通常由带鳍片 (即肋片) 的铸铁管组装而成, 也可用钢管制作。锅炉给水先流经省煤器, 因其吸收烟气余热, 可有效地降低锅炉排烟温度, 故节约燃料。

(5) 空气预热器 是利用排烟余热加热入炉空气的装置, 其整个结构为数量众多的钢管制成的管箱组合体, 如图中 16 所示。燃烧所需的空气在管外流过时受到管内烟气加热, 以改善燃烧条件。

省煤器和空气预热器都是锅炉的辅助受热面, 由于设置在尾部烟道里, 故又称尾部受热面。显而易见, 在锅炉本体中, 除了汽锅和炉子这两个主要的组成部分外, 其它辅助受热面都可根据实际需要而选择增设。如工业锅炉一般较少设置蒸汽过热器, 而省煤器已是一种作为节能装置被普遍装设的尾部受热面。

2. 辅助设备

(1) 给水设备 由水处理装置、水箱和给水泵等组成, 水处理装置是用来除去水中杂质, 保证给水品质。经处理的锅炉给水是借助给水泵提高压力后流经省煤器送入锅筒。

(2) 通风设备 包括送风机 21、引风机 19 和烟囱 20 等, 其作用是向炉子供应燃烧所需的空气和将烟气引出排至大气。

(3) 燃料供应及除灰设备 是为了输运燃料和排除灰渣而设置的, 如图中的带式输煤机 26、灰渣输送机 22 和灰车 18 等。对于需要将燃料预先进行加工的锅炉, 还应包括诸如破碎、磨煤等燃料制备设备。此外, 为了改善环境卫生和减少烟尘污染, 在烟道尾部大多还装有除尘器 17。

(4) 汽、水管道 是为了供应锅炉给水、输配蒸汽和排放污水而敷设的各种汽、水管道, 如给水管 23、主蒸汽管 27 和排污管等。

(5) 仪表及控制设备 除了水位表、压力表和安全阀等装在锅炉本体上的监察仪表和安全附件外, 还常装置有一系列指示、计算仪表和控制设备, 如煤量计、蒸汽流量计、水表、温度计、风压计、排烟二氧化碳指示仪, 以及烟、风闸门的远距操作和控制设备等。对于容量大、自动化程度较高的锅炉, 还配置有给水、燃烧过程自动调节装置或计算机控制调节系统, 以科学地监控锅炉运行。

二、锅炉设备的工作过程

前已述及, 燃料在炉内燃烧放热, 并通过汽锅受热面将热量传递给水而产生蒸汽。不难看出, 锅炉设备的工作主要包括燃料的燃烧、热量的传递、水的汽化和蒸汽的过热这样几个同时进行的过程。

现在, 仍以如图 1-1 所示的锅炉设备为例, 并把它的工作过程概括为两个系统来加以叙述。

1. 燃料燃烧与通风系统 (烟风系统)

在煤场上经筛选的锅炉用煤, 由提升设备和带式输煤机 26 送入储煤斗 25, 靠自重下滑经炉前小煤斗 1 送达链条炉排 2, 借自前向后运动的链条炉排将它带进炉内燃烧。燃烧所需的空气, 由送风机 21 先送往空气预热器 16 进行预热, 再经风室 3 从链条炉排的通风

孔隙进入煤层参与燃烧反应。煤随着链条炉排边运动边燃烧，燃尽的灰渣在后端翻落于灰渣斗 5，最后由除灰设备——灰渣输送机 22 排除。

燃烧生成的高温烟气，离开炉膛后以较高的流速冲刷蒸汽过热器 12 和对流管束 14，然后进入尾部烟道，流经省煤器 15 和空气预热器 16，此时烟气因对流放热已降温至 160~200℃。烟气中携带的飞灰，大部分由除尘器 17 除去，比较洁净的烟气最后由引风机 19 送入烟囱 20 排于大气。

2. 汽-水系统

经过水处理设备处理的锅炉给水，由给水泵 24 升压，通过给水管先送到省煤器预热，而后进入上锅筒 13。上锅筒是一个汽、水共存的容器，其间的工质均处于饱和状态。对流管束 14 中位于烟气温度较低区段的对流管束，因受热较弱，其中工质的密度较大；而位于高温烟气中的部分管束及水冷壁 9，因受热强烈，其中的工质密度较小。如此，形成了汽锅内部工质上升、下降的自然循环流动，使金属壁面得到良好的冷却。同时，为了组织和加强水冷壁管内水的循环流动，通常还专门设置位于炉外的不受热的下降管 6，借以把水引入侧水冷壁下集箱 4，并由此输配到各水冷壁管中去受热、汽化。汽水混合物则经侧水冷壁上集箱 10 的汽水引出管 11 导入上锅筒。

各循环回路的汽水混合物在上锅筒中汇集，借助重力作用和汽水分离装置使汽、水得以分离。水落回水空间继续循环受热，饱和蒸汽则在顶部引出，然后进入蒸汽过热器。当它被加热到预定的过热温度时，过热蒸汽即由主蒸汽管 27 引出，送往蒸汽用户。

第二节 锅炉的主要特性参数

为了区别各类锅炉构造、燃用燃料、燃烧方式、容量大小、参数高低以及运行经济性等特点，常用下列锅炉的主要特性参数予以说明。

一、锅炉容量

锅炉容量反映锅炉的生产能力，是锅炉供热能力“量”的指标。

对于蒸汽锅炉，锅炉容量是指锅炉每小时所产生的额定蒸汽量。蒸发量常用符号 D 来表示，单位是 t/h，供热锅炉的蒸发量一般为 0.1~65t/h。

对于热水锅炉，锅炉容量用额定供热量来表达。常以符号 Q 来表示，单位是 kJ/h 或 MW。我国热水锅炉系列的热功率在 0.1~116.0 MW 之间。

供热量与蒸发量之间的关系，可由下式表示：

$$Q = 0.278D(h_q - h_g) \quad (1-1)$$

式中， Q 为供热量 (kW)； D 为锅炉的蒸发量 (t/h)； h_q 、 h_g 分别为蒸汽和给水的焓 (kJ/kg)。

对于热水锅炉

$$Q = 0.278G(h'_n - h''_n) \quad (1-2)$$

式中， G 为热水锅炉每小时送出的水量 (t/h)； h'_n 、 h''_n 分别为锅炉进、出热水的焓 (kJ/kg)。

二、蒸汽（或热水）参数

蒸汽（或热水）参数是反映锅炉供热能力“质”的指标。

锅炉生产蒸汽的参数，是指锅炉出口处蒸汽的额定压力（表压力）和温度。对产生饱和蒸汽的锅炉来说，一般只标明蒸汽压力；对生产过热蒸汽（或热水）的锅炉，则需标明压力和蒸汽（或热水）的温度。

对于装有再热器的现代电站锅炉，锅炉的蒸汽参数除额定过热蒸汽参数外，还应包括额定再热蒸汽参数。

工业锅炉的容量、参数，既要满足生产工艺或供热对蒸汽（或热水）的要求，又要便于锅炉房的设计、锅炉配套设备的供应以及锅炉本身的标准化，因而要求有一定的锅炉参数系列。表 1-1 所列，是我国目前所用的工业蒸汽锅炉参数系列。

表 1-1 工业蒸汽锅炉参数系列

锅炉容量 (t/h)	额定出口蒸汽压力(表压) ^①						额定出口蒸汽温度/°C			
	0.4(4)	0.7(7)	1(10)	1.3(13)	1.6(16)	2.5(25)				
	饱和	饱和	饱和	饱和	350	饱和	350	饱和	400	
0.1	△									
0.2	△									
0.5	△	△								
1	△	△	△							
2	△	△	△	△		△				
4		△	△	△		△		△		
6		△	△	△	△	△	△	△		△
10 ^②		△	△	△	△	△	△	△		△
15			△	△		△	△	△		△
20			△	△	△	△	△	△		△
35				△		△	△	△		△
65				△		△				△

① 压力的表示 0.4(4),……,括弧外为“MPa”,括弧内为“大气压”(原参数系列均用“大气压”)。

② 对 6.5t/h 容量的锅炉,原有产品仍予保留。

按照我国制订的标准，我国电站锅炉的蒸汽参数及容量系列如表 1-2 所示。

表 1-2 我国电站锅炉的蒸汽参数及容量系列

参 数			锅炉容量 (t/h)	发电功率 (MW)
蒸汽压力/MPa	蒸汽温度/°C	给水温度/°C		
2.5	400	105	20	3
3.9	450	145 ~ 155	35, 65	6, 12
		165 ~ 175	130	25
9.9	540	205 ~ 225	220, 410	50, 100
13.8	540/540	220 ~ 250	400, 670	125, 200
16.8	540/540	250 ~ 280	1025	300
17.5	540/540	260 ~ 290	1025, 2008	300, 600

注：蒸汽温度中的分子、分母分别为过热蒸汽温度和再热蒸汽温度。

三、锅炉效率