

高等学校建筑环境与设备工程专业系列教材

# 锅炉及锅炉房设备

(第四版)

吴味隆 等编著

中国建筑工业出版社



高等学校建筑环境与设备工程专业系列教材

# 锅炉及锅炉房设备

(第四版)

吴味隆 等编著

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

锅炉及锅炉房设备/吴味隆等编著. —4 版. —北京:  
中国建筑工业出版社, 2006  
(高等学校建筑环境与设备工程专业系列教材)  
ISBN 7-112-08105-X

I. 锅... II. 吴... III. ①锅炉-高等学校-教材  
②锅炉房-设备-高等学校-教材 IV. TK22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 013896 号

本书为高等学校原供热通风空气调节及燃气工程专业“锅炉及锅炉房设备”课程的推荐教材, 是在 1995 年第三版的基础上修订而成的。

本书以供热锅炉(工业锅炉)为对象, 较为系统地阐述了锅炉的基本理论和设计计算基础与方法, 注重结合我国锅炉工业的实际, 及时反映国内外锅炉技术的新进展、新成果。修订时, 保持原有特色和框架结构, 但内容作了较多的增删更新, 突出了环保和节能, 如增补了液体、气体燃料的特性、燃烧计算、燃烧设备及燃油燃气锅炉; 重写了“烟气净化”; 新增了“废热锅炉”; 更新和贯彻了与锅炉有关的国家标准和规范规程等。此外, 各章选编有复习思考题和习题(附参考答案), 书末还附有两个已投运的燃油、燃气锅炉房工艺设计工程实例。

本书也可供其他相关相近专业的师生和工程技术人员参考。

\* \* \*

责任编辑: 姚荣华

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张树梅 刘 梅

高等学校建筑环境与设备工程专业系列教材  
**锅炉及锅炉房设备**

(第四版)

吴味隆 等编著

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店总店科技发行所发行  
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版  
北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 28 $\frac{1}{4}$  插页: 6 字数: 690 千字

2006 年 5 月第四版 2006 年 5 月第二十四次印刷

印数: 201,021—205,020 册 定价: 40.00 元

ISBN 7-112-08105-X

(14059)

**版权所有 翻印必究**

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

## 第四版 前 言

本书是高等学校原供热通风空调及燃气工程学科专业指导委员会指定的“锅炉及锅炉房设备”课程的推荐教材，它与辅助教材《锅炉习题实验及课程设计》配合使用。十分欣慰的是，自初版以来，它先后印刷了23次，总共已发行了20万册，不仅较好地满足了日校教学和函授等远程业余教学的需要，同时也受到其他相关专业的师生和工程技术人员的普遍欢迎，基本满足了各方面的实际需要。

本书上版至今已有11个年头，理应早已修订，只是囿于多种原因，才迟至今日，甚感愧疚。在这11年间，一方面科学技术日新月异，锅炉技术也有了新的进展，取得了不少新的成果；另一方面，由于我国经济保持快速增长，能源需求量持续上升，环境压力日益严重，节能和环保两付重担历史性地落到了我们的肩上。此外，与锅炉有关的我国国家标准和规范规程无一例外地都已作了修订。所有这些因素，都迫使我们下决心对本书进行一次较全面的修订，或者说它们是促成本书修订的原因和动力所在。

本书的取材和深度，以紧密配合教学的需要为原则，适当有所扩充。修订时，仍保持原有特色和框架结构，新写、改写和补充均在原框架中进行。与上版相比较，本次修订主要作了以下一些变动：在第二、第四和第五章中，增补和加强了液体和气体燃料的特性、燃烧计算、燃烧设备以及燃油燃气锅炉型式品种的内容，以适应城市建设和环境保护的需要；在第五章中增添了“废热锅炉”一节以体现对节约能源的重视；在第十一章中改“除尘”为“烟气净化”，增补了除尘脱硫一体化设备和烟气脱硫脱氮基本原理及方法的阐述和简介，注重大气环境质量，以提高学生的环保意识；更新和贯彻了所有有关国家标准和规范规程。此外，还需要特别指出的是，辅助教材《锅炉习题实验及课程设计》中的思考复习题和习题，已分别列于各章之末；锅炉实验指导书和课程设计指导书以及本次修订时新增的燃油锅炉房和燃气锅炉房工艺设计工程实例，则以附录形式列于书末的附录中，以便各校根据教学时数和实际需要取舍。辅助教材《锅炉习题实验及课程设计》不再修订印行。

本次修订时，注重理论与实践相结合，力图使所阐述的内容原理深刻而讲解通俗、透彻；力求及时反映该学科国内外的最新进展和最新成果，更好地适应教学和工程的实际需要。诚然，限于编著者的水平，主观愿望和客观效果未必能统一，书中存在的疏漏和错误之处，还望读者不吝指正。

本版修订工作主要由同济大学吴味隆教授完成，参与修订工作的还有肖永伟高级工程师和高丽工程师，娄旭明先生承担了本次修订的插图工作。

在本书的编写和修订过程中，承蒙上海工业锅炉研究所原所长程其耀教授级高级工程师和上海机电设计研究院李玲珍教授级高级工程师给予大力帮助，提供了大量资料和宝贵意见；承蒙徐宏伟高级工程师和张铭高级工程师分别为本书提供了燃油锅炉房和燃气锅炉房工艺设计工程实例，在此谨致最诚挚的谢意。对采用过本书并提出过宝贵意见和建议的师生，本书所引用的参考文献作者以及所有关心、帮助过本书编写和修订的同志，在此一并表示衷心的感谢！

编著者

2006年1月8日于上海

# 第一版 前 言

根据高等学校供热通风空调及燃气工程学科专业指导委员会关于今后推荐出版的专业教材采用评选方法产生的决议，同济大学于1990年12月正式提出编写“锅炉及锅炉房设备”课程教材的申请，翌年送交了参评的教材初稿。经审查评选，本书稿在1992年10月召开的专业指导委员会第四次会议上被确定为该课程的推荐教材，并委托该会委员、青岛建筑工程学院解鲁生教授担任主审。依照评审意见，作者多次逐章进行了认真修改，本书于1994年初完稿、审定。

“锅炉及锅炉房设备”是供热通风空调及燃气工程专业的的主要专业课之一。本书系根据专业所制订的该课程教学大纲编写而成，其内容和份量力图符合教学基本要求。

本书较为系统地阐述了锅炉工作过程的基本理论和设计的计算基础及基本方法。在取材上，尽量注意结合我国锅炉工业的实际，同时充分反映国内外先进的科技成果。在编排上，本书基本保持由同济大学、湖南大学和重庆建筑工程学院合编的原试用教材《锅炉及锅炉房设备》的结构和风格。但就其内容而言，本书在试用教材使用了15年的教学实践基础上，作了许多重大修改和更新。譬如，锅炉系列、燃料品种代号、锅炉强度计算、锅炉大气污染物排放、水质指标的单位及标准等均改用了国家新标准或规定；锅炉热力计算则采用我国编制的《层状燃烧及沸腾燃烧工业锅炉热力计算方法》；在锅炉型谱中，新增了角管锅炉、循环流化床锅炉等最新发展；在锅炉房工艺布置和设计方面，则以最新颁布的《锅炉房设计规范》为依据。

全书共分十二章，由同济大学奚士光教授（第一、三、七、十章）、吴味隆教授（第二、四、五、六章）和蒋君衍副教授（第八、九、十一、十二章）编写，奚士光教授负责主编。

本书承蒙主审解鲁生教授详细审阅，并结合自己长期积累的教学经验提出了许多宝贵意见，在此谨致诚挚的谢意。

在本书的编写过程中，还得到哈尔滨建筑大学、重庆建筑大学、上海工业锅炉研究所、上海机电设计院等单位 and 有关同志的大力支持和帮助，提供了宝贵的资料，在此一并致以衷心的感谢。

作者主观上虽力图使本教材更加符合教学规律，以便更好地适应教学和工程实际参考的需要，但限于水平，书中一定尚存在许多漏误之处，恳望广大读者批评指正。

# 目 录

基本符号	1
第一章 锅炉及锅炉房设备的基本知识	7
第一节 概述	7
第二节 锅炉的基本构造和工作过程	8
第三节 锅炉的基本特性	10
第四节 锅炉型号与参数系列	12
第五节 锅炉房设备的组成	15
复习思考题	17
第二章 燃料与燃烧计算	18
第一节 燃料的化学成分	18
第二节 煤的燃烧特性	22
第三节 煤的分类	28
第四节 液体燃料	31
第五节 气体燃料	36
第六节 燃料的燃烧计算	41
第七节 锅炉烟气分析及其结果的应用	52
复习思考题	58
习题	59
第三章 锅炉的热平衡	60
第一节 锅炉热平衡的组成	60
第二节 锅炉热效率	63
第三节 固体不完全燃烧热损失	67
第四节 气体不完全燃烧热损失	70
第五节 排烟热损失	71
第六节 散热损失	72
第七节 灰渣物理热损失及其他热损失	74
第八节 燃料消耗量	75
复习思考题	79
习题	79
第四章 燃烧设备	82
第一节 层燃炉	82
第二节 流化床炉	104
第三节 煤粉炉	111

第四节	燃油炉	115
第五节	燃气炉	123
第六节	燃烧设备的工作强度与选型	129
复习思考题		133
习题		134
<b>第五章</b>	<b>供热锅炉</b>	<b>135</b>
第一节	锅炉结构型式的演变	135
第二节	蒸汽锅炉	137
第三节	热水锅炉	152
第四节	废热锅炉	158
第五节	辅助受热面	160
第六节	锅炉安全附件	165
复习思考题		169
<b>第六章</b>	<b>锅炉水循环及汽水分离</b>	<b>171</b>
第一节	锅炉的水循环	171
第二节	蒸汽品质及其影响因素	178
第三节	汽水分离装置	182
复习思考题		185
<b>第七章</b>	<b>锅炉本体的热力计算</b>	<b>187</b>
第一节	炉膛传热过程及计算	187
第二节	对流受热面的传热计算	200
第三节	对流放热系数	204
第四节	辐射放热系数	212
第五节	平均温差	214
第六节	对流受热面传热计算方法提要	218
复习思考题		231
习题		232
<b>第八章</b>	<b>锅炉设备的通风计算</b>	<b>236</b>
第一节	通风的作用和方式	236
第二节	通风计算的原理和基本方法	237
第三节	烟道的阻力计算	251
第四节	风道的阻力计算	255
第五节	烟囱的计算	257
第六节	风机的选型和烟风道布置	260
复习思考题		263
习题		264
<b>第九章</b>	<b>锅炉受压元件的强度计算</b>	<b>265</b>
第一节	锅炉受压元件强度计算的规定	265
第二节	未减弱圆筒形元件的强度计算	268

第三节	圆筒形元件上的减弱	270
第四节	圆筒形元件的强度计算	274
第五节	椭球形封头及平端盖的强度计算	277
第六节	单孔与孔桥的加强计算	281
	复习思考题	289
	习题	289
<b>第十章</b>	<b>供热锅炉水处理</b>	<b>292</b>
第一节	水中杂质和水质标准	292
第二节	钠离子交换软化	297
第三节	离子交换除碱	303
第四节	浮床及流动床离子交换	308
第五节	石灰-纯碱水处理	309
第六节	锅内加药和其他水处理	312
第七节	锅炉金属的腐蚀	315
第八节	水的除氧	316
第九节	锅炉排污及排污率计算	320
	复习思考题	321
	习题	322
<b>第十一章</b>	<b>运煤、除灰渣及烟气净化</b>	<b>324</b>
第一节	锅炉房运煤系统	324
第二节	锅炉房除灰渣系统	331
第三节	锅炉烟气净化	335
	复习思考题	348
<b>第十二章</b>	<b>锅炉房设计及汽水系统</b>	<b>349</b>
第一节	锅炉房设计原则和方法	349
第二节	锅炉房容量及锅炉选择	351
第三节	锅炉房的布置	352
第四节	锅炉房设计与有关专业的协作关系	354
第五节	蒸汽锅炉房的汽水系统	358
第六节	热水锅炉房的热力系统	362
第七节	锅炉房布置及汽水系统举例	363
	复习思考题	365
<b>附录 1</b>	<b>锅炉实验指示书</b>	<b>366</b>
一、	煤的工业分析	366
二、	煤的发热量测定	372
三、	烟气分析	382
四、	锅炉的热工性能试验	387
<b>附录 2</b>	<b>锅炉课程设计指导书</b>	<b>400</b>
一、	课程设计(作业)任务书	400



二、课程设计（作业）指导书.....	402
<b>附录 3 工业锅炉房工艺设计工程实例 .....</b>	<b>427</b>
一、三台 WNS4-1.25-Y 燃油蒸汽锅炉房工艺设计 .....	427
二、三台 WNS2.1-1.0-95/70-Q 燃气热水锅炉房工艺设计 .....	428
<b>附录 4 .....</b>	<b>435</b>
附表 4-1 压力的单位换算 .....	435
附表 4-2 饱和水与水蒸气特性表（按压力排列） .....	436
附表 4-3 过热蒸汽特性表（按压力排列） .....	437
附表 4-4 水的比容和焓 .....	438
附表 4-5 各类管道的规定代号 .....	438
附表 4-6 蒸汽、水及压缩空气管道推荐流速 .....	439
附表 4-7 常用钢管规格及质量表 .....	439
附表 4-8 工业锅炉设计用代表性煤种的理论空气量和燃烧产物体积 .....	439
附表 4-9 工业锅炉电气控制装置配套规范 .....	440
<b>参考文献.....</b>	<b>444</b>

# 基本符号

## 一、主体符号

- $A$ ——燃料含灰量, %; 原水碱度, mmol/L
- $A_c$ ——残留碱度, mmol/L
- $A_g$ ——锅水允许碱度, mmol/L
- $A_{gs}$ ——给水碱度, mmol/L
- $a$ ——灰量占燃料总灰量的份额
- $a_h$ ——火焰黑度
- $a_l$ ——炉膛的系统黑度
- $a_y$ ——烟气黑度
- $a_{Na}$ ——流经钠离子交换器的水量份额
- $B$ ——燃料消耗量, kg/h; 还原耗盐量, kg/次
- $B'$ ——燃料消耗量, kg/s
- $B_j$ ——计算燃料消耗量, kg/h
- $B'_j$ ——计算燃料消耗量, kg/s
- $Bo$ ——炉内传热相似准则或波尔茨曼准则
- $b$ ——还原时食盐耗量, g/mol; 刮板宽度, m; 当地平均大气压力, Pa
- $b_0$ ——海平面大气压, Pa
- $b_{pj}$ ——烟气的平均压力, Pa
- $C$ ——燃料含碳量, %
- $CO$ ——烟气中一氧化碳的体积百分数, %
- $c$ ——比热容, kJ/(m<sup>3</sup>·°C); 附加壁厚, mm; 修正、校正系数
- $D$ ——锅炉蒸发量, t/h
- $D_{ps}$ ——排污水量, t/h
- $D_g$ ——排污扩容器的二次蒸汽量, kg
- $D_z$ ——总软化水量, m<sup>3</sup>/h
- $d$ ——湿空气的含湿量, g/kg; 直径, m
- $d_{di}$ ——当量直径, m
- $[d]$ ——未加强孔的最大允许直径, mm
- $d_h$ ——火焰中灰粒平均直径, μm
- $E_g$ ——交换剂的工作能力, mol/m<sup>3</sup>
- $E_t$ —— $t$  温度下的恩氏粘度, °E
- $e$ ——焊脚高度, mm
- $F$ ——面积、截面积, m<sup>2</sup>

- $F_b$ ——炉膛壁面积,  $m^2$   
 $F_{bz}$ ——炉膛总壁面面积,  $m^2$   
 $F_l$ ——炉膛周界(包覆)面积,  $m^2$   
 $f$ ——流通截面积,  $m^2$   
 $G$ ——加热水量,  $kg/h$ ; 循环水量,  $kg/h$ ; 补给水量,  $t/h$   
 $G_1$ ——生石灰消耗量,  $g/t$   
 $G_2$ ——配制盐液用水量,  $t$ ; 纯碱消耗量,  $g/t$   
 $G_f$ ——反洗用水量,  $t$   
 $G_z$ ——正洗用水量,  $t$   
 $G_{wh}$ ——雾化重油耗汽量,  $kg/kg$   
 $G_y$ ——烟气质量,  $kg/kg$   
 $g_R$ ——交换剂质量,  $t$   
 $H$ ——受热面积,  $m^2$ ; 燃料含氢量,  $\%$ ; 高度,  $m$ ; 原水总硬度,  $mmol/L$ ; 风压,  $Pa$   
 $H_f$ ——有效辐射受热面积,  $m^2$   
 $H_{FT}$ ——生水中非碳酸盐硬度,  $mmol/L$   
 $H_{Mg}$ ——生水中镁盐硬度,  $mmol/L$   
 $H_T$ ——生水中碳酸盐硬度,  $mmol/L$   
 $h$ ——高度,  $m$   
 $h_d$ ——动压头,  $Pa$   
 $h_{zs}$ ——自生风,  $Pa$   
 $\Delta H$ ——阻力、压降,  $Pa$   
 $\Delta H_{sl}^y$ ——烟道总阻力,  $Pa$   
 $\Delta h$ ——流动阻力,  $Pa$   
 $\Delta h_{hx}$ ——横向冲刷阻力,  $Pa$   
 $\Delta h_{mc}$ ——沿程摩擦阻力,  $Pa$   
 $\Delta h_{mc}^i$ ——摩擦阻力,  $Pa/m$   
 $\Delta h_{jb}$ ——局部阻力,  $Pa$   
 $\Delta h_{sd}$ ——速度损失,  $Pa$   
 $\Delta h_{sl}$ ——介质流动阻力,  $Pa$   
 $I_k^0$ ——理论空气量的热焓,  $kJ/kg$   
 $I_y^0, I_y$ ——理论、实际烟气量的热焓,  $kJ/kg$   
 $I_{py}$ ——排烟的热焓,  $kJ/kg$   
 $i$ ——热焓,  $kJ/kg$ ; 烟囱内壁的平均斜度  
 $\Delta I_k$ ——过量空气量的热焓,  $kJ/kg$   
 $K$ ——传热系数,  $kW/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ; 循环倍率; 换算系数; 凝聚剂加药量,  $mmol/L$ ; 容积富裕系数  
 $k_h$ ——灰粒的减弱系数,  $1/(m \cdot MPa)$   
 $k_g$ ——固体颗粒减弱系数,  $1/(m \cdot MPa)$

$k_q$ ——三原子气体的减弱系数,  $1/(m \cdot \text{MPa})$   
 $k_\Delta$ ——管壁粗糙度影响系数  
 $L$ ——距离, m  
 $l$ ——长度, m  
 $M$ ——燃料含水量, %; 煤的储备天数, d  
 $m$ ——钢管壁厚最大负偏差  
 $N$ ——功率, kW; 燃料含氮量, %  
 $N_2$ ——烟气中氮气的体积百分数, %  
 $n_b$ ——抗拉强度的安全系数  
 $n_D$ —— $10^5$  小时持久强度的安全系数  
 $n_s$ ——屈服限或条件屈服限的安全系数  
 $n$ ——管子数, 根  
 $O$ ——燃料含氧量, %  
 $O_2$ ——烟气中氧气的体积百分数, %  
 $P$ ——锅炉压力, MPa  
 $[P]$ ——允许工作压力, MPa  
 $P_l$ ——按碱度计算的排污率, %  
 $P_g, P_j$ ——锅炉、集箱中的静压, Pa  
 $\text{pH}$ ——水的酸碱性指标  
 $\text{Pr}$ ——普朗特数  
 $P_2$ ——按含盐量计算的排污率, %  
 $\Delta P$ ——水力流动阻力, Pa  
 $Q$ ——热水锅炉供热量, MW; 流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ; 发热量, kJ/kg  
 $Q_1, q_1$ ——锅炉有效利用热, kJ/kg, %  
 $Q_2, q_3$ ——锅炉排烟热损失, kJ/kg, %  
 $Q_3, q_3$ ——气体不完全燃烧热损失, kJ/kg, %  
 $Q_4, q_4$ ——固体不完全燃烧热损失, kJ/kg, %  
 $Q_5, q_5$ ——散热损失, kJ/kg, %  
 $Q_6, q_6$ ——灰渣带走的物理热损失, kJ/kg, %  
 $Q_{cr}$ ——受热面的传热量, kJ/kg  
 $Q_f$ ——受热面从炉膛辐射或前烟气空间辐射所得的热量, kJ/kg  
 $Q_{gl}$ ——锅炉每小时有效吸热量, kW  
 $Q_k$ ——燃烧所需空气带进炉内的热量, kJ/kg  
 $Q_l$ ——燃料在炉内有效放热量, kJ/kg  
 $Q_{lq}$ ——烟道自燃冷却散热损失, kW  
 $Q_r$ ——1kg 燃料送入炉膛热量, kJ/kg  
 $Q_{rp}$ ——从热平衡方程求得烟气放热量, kJ/kg  
 $q_R$ ——炉排可见热强度,  $\text{kW}/\text{m}^2$   
 $q_v$ ——炉膛容积可见热强度,  $\text{kW}/\text{m}^3$

- $q_f$ ——辐射受热面平均热流密度, kW/m<sup>2</sup>  
 $q_{yd}$ ——烟道单位面积的散热损失, kW/m<sup>2</sup>  
 $R$ ——炉排有效面积, m<sup>2</sup>; 曲率半径, mm  
 $Re$ ——雷诺数  
 $RO_2$ ——烟气中二氧化碳和二氧化硫之和的体积百分数, %  
 $R_s$ ——蒸发面负荷, m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)  
 $R_v$ ——锅筒汽空间体积负荷, m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>·h)  
 $S$ ——燃料含硫量, %; 管距, m; 有效压头, Pa; 含盐量, mg/L; 真空度, Pa; 壁厚, mm  
 $S_g$ ——锅水的含盐量, mg/L  
 $S_{gs}$ ——给水的含盐量, mg/L  
 $S_{yd}$ ——水循环的运动压头, Pa  
 $T$ ——时间, h、min; 绝对温度, K  
 $T_b$ ——水冷壁管外积灰层温度, K  
 $T_u$ ——理论燃烧温度, K  
 $T_h$ ——火焰平均温度, K  
 $T_m$ ——炉膛温度最高值, K  
 $t$ ——时间, h、min; 温度, °C; 孔距, mm  
 $t_b$ ——壁温, °C  
 $t_{hb}$ ——对流受热面管壁灰污层外表面温度, °C  
 $t_{lk}$ ——冷空气温度, °C  
 $\Delta t$ ——传热平均温差, °C  
 $U$ ——湿周周长, m  
 $V$ ——锅筒汽空间容积, m<sup>3</sup>; 反洗强度, kg/(m<sup>2</sup>·s); 燃料的挥发分, %  
 $V_{gy}$ ——干烟气体积, m<sup>3</sup>/kg  
 $V_k^0, V_k$ ——理论、实际空气量, m<sup>3</sup>/kg  
 $V_l$ ——炉膛容积, m<sup>3</sup>  
 $V_R$ ——交换剂装载量, m<sup>3</sup>  
 $V_y^0, V_y$ ——理论、实际烟气体积, m<sup>3</sup>/kg  
 $\Delta V_k$ ——过量空气量, m<sup>3</sup>/kg  
 $v$ ——比容, m<sup>3</sup>/kg  
 $w$ ——流速、速度, m/s  
 $w_0$ ——水循环流速, m/s  
 $x$ ——有效角系数; 介质混合程度系数; 蒸汽干度  
 $Y$ ——形状系数  
 $Z$ ——高度, m  
 $Z_2$ ——沿气流方向的管子排数  
 $\alpha$ ——过量空气系数; 放热系数, kW/(m<sup>2</sup>·°C), W/(m<sup>2</sup>·°C); 还原盐液浓度, %

- $\alpha_d$ ——对流放热系数, kW/(m<sup>2</sup>·°C)  
 $\alpha_f$ ——辐射放热系数, kW/(m<sup>2</sup>·°C)  
 $\Delta\alpha$ ——漏风系数  
 $\beta$ ——燃料特性系数; 外径与内径的比值  
 $\beta_1, \beta_2$ ——流量、压头储备系数  
 $\beta_3$ ——电动机备用系数  
 $\delta$ ——有效辐射层厚度, m  
 $\epsilon$ ——灰污系数, m<sup>2</sup>·°C/kW  
 $\zeta$ ——沾污系数; 阻力系数  
 $\zeta_i$ ——每一排管子的阻力系数  
 $\zeta_{ik}$ ——突扩原始局部阻力系数  
 $\zeta_{zw}$ ——弯头原始局部阻力系数  
 $\eta$ ——排污管热损失系数, 修正系数  
 $\eta_{gl}$ ——锅炉效率, %  
 $\eta$ ——机械传动效率, %  
 $\eta$ ——除尘效率, %  
 $\vartheta$ ——烟气温度, °C  
 $\vartheta_{py}$ ——排烟温度, °C  
 $\vartheta_u$ ——理论燃烧温度, °C  
 $\lambda$ ——导热系数, kW/(m·°C); 沿程摩擦阻力系数  
 $\mu_h$ ——火焰中灰粒的无因次浓度, kg/kg  
 $\nu$ ——动粘度, m<sup>2</sup>/s  
 $\xi$ ——利用系数  
 $\rho$ ——燃烧面与炉壁面积之比; 密度, kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_k$ ——空气的密度, kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_y$ ——烟气的密度, kg/m<sup>3</sup>  
 $\sigma_0$ ——绝对黑体辐射常数, kW/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>)  
 $[\sigma]$ ——许用应力, MPa  
 $[\sigma]_j$ ——基本许用应力, MPa  
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ——切向、轴向、径向应力, MPa  
 $\sigma_b^t$ ——在温度  $t$ °C 时的抗拉强度, MPa  
 $\sigma_D^t$ ——在温度  $t$ °C 时的 10<sup>5</sup> 小时的持久强度, MPa  
 $\sigma_s^t$ ——在温度  $t$ °C 时的屈服限或条件屈服限, MPa  
 $\tau$ ——剪应力, MPa  
 $[\tau]$ ——许用剪应力, MPa  
 $\tau_{20}$ ——粘度计常数或水值  
 $\varphi$ ——保热系数, 减弱系数; 充满系数; 堆角系数  
 $[\varphi]$ ——允许最小减弱系数

$\varphi_{ks}$ ——扩散系数  
 $\psi$ ——有效系数  
 $\chi$ ——炉膛水冷程度

## 二、上、下角码

ar——收到基	y——烟气
ad——空气干燥基	yf——引风
b——壁, 饱和	pj——平均
bcq——侧墙壁面	ps——排污水
bdq——炉底壁面	py——排烟、尾部
bqq——前墙壁面	q——蒸汽
bz——标准、炉壁	r——燃料
c(cl)——错列	rk——热空气
ch——烟窗	gk——干空气
d——对流、干燥基、电动机	gq——过热蒸汽
daf——干燥无灰基	gr——过热器
dl——当量	gs——给水、管束
dt——弹筒	gy——干烟气
e——额定	hb——灰污层
f——辐射、风干、风机	hx——横向
fh——飞灰	hy——火焰
fz——防渣管	hz——灰渣
g——锅炉、锅水	i——单排
gr——高位	j——计算
l——炉膛	jb——局部
le——肋	jk——突扩
lk——冷空气	k——空气
lm——漏煤	kf——沸腾汽化点
lq——冷却	ks——扩散
max——最大值	ky——空气预热器
mc——摩擦	rs——热水
min——最小值	s——水、散热
n——内	sh——上升管
nl——逆流	w——外
net——低位	wh——雾化
o——理论	yz——烟囱
sl——顺流	zs——自生、折算
sm——省煤器	zx——纵向
xi——下降管	

# 第一章 锅炉及锅炉房设备的基本知识

## 第一节 概 述

锅炉是供热之源。锅炉及锅炉房设备的任务，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。

蒸汽，不仅用作将热能转变成机械能的工质产生动力，用于发电；蒸汽（或热水）也用作载热体，为工业生产、采暖通风空调等方面提供所需的热量。通常，我们把用于动力、发电方面的锅炉，叫做电站锅炉；把用于工业、采暖和生活方面的锅炉，称为供热锅炉，又称工业锅炉。

为了提高汽轮机组的效率，电站锅炉所生产的蒸汽，其压力和温度都很高，且日趋向高压、高温和大容量方向发展。例如，与600MW汽轮发电机组相配套的国产锅炉，每小时的蒸汽产量就有2080t，蒸汽压力为17.5MPa，过热蒸汽温度达555℃。而与本专业密切相关的供热锅炉，除生产工艺上有特殊要求外，所生产的蒸汽（或热水）均不需过高的压力和温度，容量也无需过大。而且，无论是工业用户，还是采暖空调用户，对蒸汽一般都是利用蒸汽凝结时放出的汽化潜热，因此大多数供热锅炉都是生产饱和蒸汽。

随着经济社会的发展，锅炉设备已广泛应用于现代工业的各个部门，成为发展国民经济的重要热工设备之一。从量大面广的这个角度来看，除了电力行业以外的各行各业中运行着的主要是中小型低压锅炉，全国目前计有50多万台。随着城市建设和环境保护的需要，尽管燃油、燃气锅炉日益增多，但由于我国以煤为主的能源结构，锅炉燃料还是以煤为主，燃煤锅炉约占80%。它们的热效率普遍较低，节能潜力很大，而且排放的大量烟尘和有害气体，严重污染了环境。因此，我们当前面临的是节能和环保两大课题。

能源是国民经济的基础，关系着经济社会的可持续发展。到2020年，国家要求国内生产总值比2000年翻两番，但能源消费只能翻一番。这就需要我们依靠科技进步、通过调整产业结构和采取节能措施等手段来提高能源利用率，切实贯彻《节约能源法》确定的“坚持开发和节约并举，把节约放在首位”的方针。对于量大面广的供热锅炉，如何改进燃烧技术，挖掘潜力提高它们的热效率以节约燃料，有着十分重要的实际意义。同时，面对我国环境保护的巨大压力，如何积极主动地变终端（烟气）治理为源头（燃料）治理，大力推广和使用优质低硫煤、洗选煤、型煤，并采用清洁燃烧技术和燃煤污染控制技术，包括脱硫、脱氮工艺或低氮燃烧，以保护环境，提高大气环境质量，也是我们义不容辞应承担的责任。

诚然，作为本专业的学员，通过本课程的学习，还需要具有合理选用锅炉及锅炉房设



备和运行管理以及进行锅炉房工艺设计的基本训练和初步能力。

## 第二节 锅炉的基本构造和工作过程

锅炉，顾名思义其最根本的组成是汽锅和炉子两大部分。燃料在炉子里燃烧，将它的化学能转化为热能，高温的燃烧产物——烟气，则通过汽锅受热面把热量传递给汽锅中温度较低的水，水被加热或进而沸腾汽化，产生蒸汽。锅炉房设备是保证锅炉源源不断地生产蒸汽或热水而设置的，诸如输煤运渣机械、送引风机、水泵和量测控制仪表等不可缺少的辅助装置和设备。借此锅炉房成为供热之源，安全可靠、经济有效地为用户提供热量。

### 一、锅炉的基本构造

图 1-1 所示为一台 SHL 型锅炉，也称双锅筒横置式链条炉排锅炉。

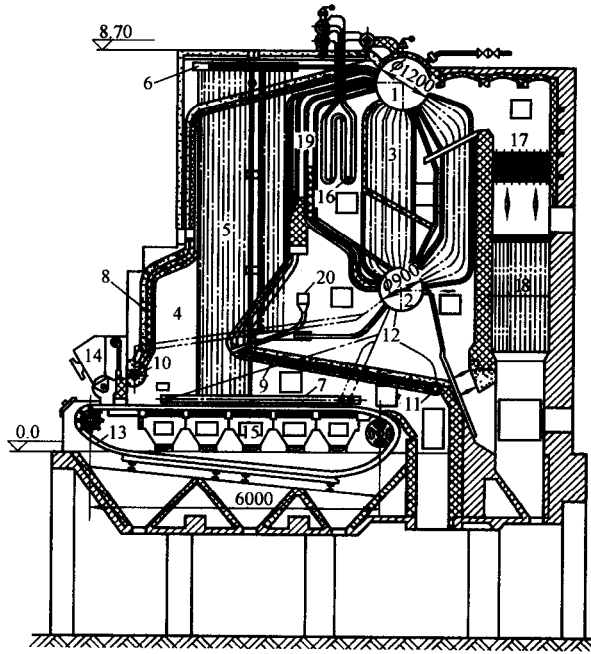


图 1-1 SHL 型锅炉

- 1—上锅筒；2—下锅筒；3—对流管束；4—炉膛；5—侧墙水冷壁；6—侧墙水冷壁上集箱；7—侧墙水冷壁下集箱；8—前墙水冷壁；9—后墙水冷壁；10—前水冷壁下集箱；11—后水冷壁下集箱；12—下降管；13—链条炉排；14—加煤斗；15—风仓；16—蒸汽过热器；17—省煤器；18—空气预热器；19—烟囱及防渣管；20—二次风管

汽锅的基本构造包括锅筒（又称汽包）、管束、水冷壁、集箱和下降管等组成，它是一个封闭的汽水系统。炉子包括煤斗、炉排、炉膛、除渣板、送风装置等组成，是燃烧设备。

此外，为了保证锅炉的正常工作和安全，蒸汽锅炉还必须装设安全阀、水位表、高低水位报警器、压力表、主汽阀、排污阀、止回阀等；还有为消除受热面上积灰以利传热的