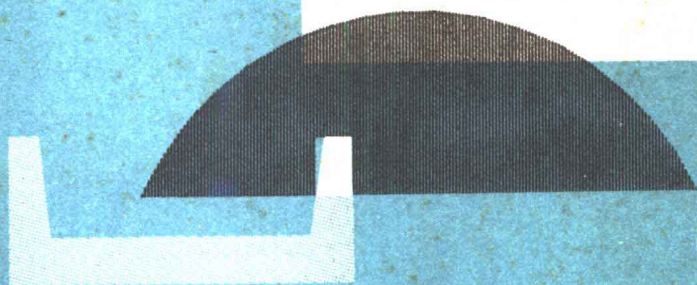


979955

高等学校推荐教材



# 锅炉 及锅炉房设备

奚士光 吴味隆 蒋君衍 编著

● 中国建筑工业出版社

高等学校推荐教材

# 锅炉及锅炉房设备

奚士光 吴味隆 蒋君衍 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书为高等学校供热通风空气调节及燃气工程专业“锅炉及锅炉房”课程的推荐教材。是根据该课程教学大纲编写而成。

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。内容除注重结合我国锅炉工业的实际外，还充分反映了国内外先进的科技成果。本书在编排上保持了原试用教材《锅炉及锅炉房设备》的结构和风格，但在内容上作了重大修改和更新。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均改用了国家新标准或规定；锅炉热力计算则采用了我国编制的计算方法，并一一附有计算实例；在锅炉型谱中，新增了角管锅炉、循环流化床锅炉等。

本书也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

高等学校推荐教材

**锅炉及锅炉房设备**

奚士光 吴味隆 蒋君衍 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

煤炭工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19<sup>1</sup>/<sub>8</sub>；插页：2 字数：475千字

1995年6月第一版 1995年6月第一次印刷

印数：1—13,100册 定价：11.30元

ISBN 7-112-02433-1

TU·1872 (7491)

TK22  
2049

# 基本符号

## 一、主体符号

- $A$ ——原水碱度, mmol/L  
 $A_c$ ——残留碱度, mmol/L  
 $A_t$ ——锅水允许碱度, mmol/L  
 $A_{ts}$ ——给水碱度, mmol/L  
 $A^v, A^f, A^k$ ——燃料应用基、分析基、干燥基含灰量, %  
 $a_h$ ——火焰黑度  
 $a_l$ ——炉膛的系统黑度  
 $a_r$ ——烟气黑度  
 $a_{hz}, a_{lm}, a_{fa}$ ——灰渣、漏煤、飞灰中灰量占燃料总灰量的份额  
 $a_{Na}$ ——流经钠离子交换器的水量份额  
 $B$ ——小时燃料消耗量, kg/h; 每次还原的耗盐量, kg/次  
 $B'$ ——每秒燃料消耗量, kg/s  
 $B_i$ ——小时计算燃料消耗量, kg/h;  $B_i'$ ——每秒计算燃料消耗量, kg/s  
 $B_0$ ——炉内传热相似准则或波尔茨曼准则  
 $b$ ——还原时食盐的单位耗量, 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  
 $b_r$ ——烟气的平均压力, Pa  
 $CO$ ——烟气中一氧化碳的容积百分数, %  
 $C^v, C^f, C^k, C^r$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基的含碳量, %  
 $c$ ——比热, kJ/Nm<sup>3</sup>·°C; 附加壁厚, mm; 修正、校正系数  
 $D$ ——锅炉蒸发量, t/h  
 $D_p$ ——排污水量, t/h  
 $D_c$ ——排污扩容器中形成的二次蒸汽量, kg  
 $D_s$ ——总软化水量, m<sup>3</sup>/h  
 $d$ ——湿空气的含湿量, g/kg; 直径, m  
 $d_{ai}$ ——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  
 $E_s$ ——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,  $m^2$   
 $F_b$ ——炉膛壁面积,  $m^2$   
 $F_{b_t}$ ——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,  $m^2$   
 $G$ ——热水锅炉加热水量,  $kg/h$ ; 循环水量,  $kg/h$ ; 补给水量,  $t/h$ ; 重量,  $kg$   
 $G_1$ ——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,  $t$   
 $G_{\omega}$ ——雾化每公斤重油耗用的蒸汽量,  $kg$   
 $G_y$ ——烟气重量,  $kg/kg$   
 $g_R$ ——交换剂重量,  $t$   
 $H$ ——受热面积,  $m^2$ ; 高度,  $m$ ; 原水总硬度,  $mmol/L$ ; 风压,  $Pa$   
 $H_t$ ——有效辐射受热面积,  $m^2$   
 $H_{FT}$ ——生水中非碳酸盐硬度,  $mmol/L$   
 $H_{M_6}$ ——生水中镁盐硬度,  $mmol/L$   
 $H_T$ ——生水中碳酸盐硬度,  $mmol/L$   
 $H^v, H^f, H^s, H^r$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基的含氢量, %  
 $h$ ——高度,  $m$   
 $h_a$ ——动压头,  $Pa$   
 $h_{zs}$ ——自生风,  $Pa$   
 $\Delta H$ ——阻力、压降,  $Pa$   
 $\Delta H'_{t_i}$ ——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,  $Pa$   
 $\Delta h_{m_c}^i$ ——每米长度的摩擦阻力,  $Pa/m$   
 $\Delta h_{j_b}$ ——局部阻力,  $Pa$   
 $\Delta h_{s_d}$ ——速度损失,  $Pa$   
 $\Delta h_{s_l}$ ——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,  $kJ/kg$   
 $I_{p_r}$ ——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; 水中凝聚剂的加药量,  $mmol/L$ ; 容积富裕系数  
 $k_b$ ——灰粒的减弱系数,  $1/m \cdot MPa$

- $k_c$ ——固体颗粒减弱系数,  $1/m \cdot MPa$   
 $k_g$ ——三原子气体的减弱系数,  $1/m \cdot MPa$   
 $k_{\Delta}$ ——管壁粗糙度影响系数  
 $L$ ——距离,  $m$   
 $l$ ——长度,  $m$   
 $M$ ——煤的储备天数,  $d$   
 $m$ ——钢管壁厚最大负偏差  
 $N$ ——功率,  $kW$ ; 考虑煤堆过道占用面积的系数  
 $N_2$ ——烟气中氮气的容积百分数, %  
 $N^r, N^f, N^s, N^t$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基的含氮量, %  
 $n_b$ ——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  
 $O_2$ ——烟气中氧气的容积百分数, %  
 $O^r, O^f, O^s, O^t$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基的含氧量, %  
 $P$ ——锅炉压力,  $MPa$   
 $[P]$ ——允许工作压力,  $MPa$   
 $P_1$ ——按碱度计算的排污率, %  
 $P_s, P_i$ ——锅炉、集箱中的静压,  $Pa$   
 $pH$ ——水呈酸碱性的指标  
 $Pr$ ——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,  $m^3/h$   
 $Q_1, q_1$ ——锅炉有效利用热,  $kJ/kg, \%$   
 $Q_2, q_2$ ——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,  $kJ/kg$   
 $Q'_{1v}, Q'_{1a}, Q'_{1s}, Q'_{1r}$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基低位发热量,  $kJ/kg$   
 $Q_r$ ——受热面从炉膛辐射或前烟气空间辐射所得的热量,  $kJ/kg$   
 $Q_{gr}$ ——锅炉每小时有效吸热量,  $kW$   
 $Q'_{2v}, Q'_{2a}, Q'_{2s}, Q'_{2r}$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基高位发热量,  $kJ/kg$   
 $Q_a$ ——燃烧所需空气带进炉内的热量,  $kJ/kg$   
 $Q_f$ ——燃料在炉内有效放热量,  $kJ/kg$   
 $Q_{iq}$ ——烟道自燃冷却散热损失,  $kW$

- $Q_f$ ——1kg燃料送入炉膛热量, kJ/kg  
 $Q_{r,p}$ ——从热平衡方程求得烟气放热量, kJ/kg  
 $q_R$ ——炉排可见热强度, kW/m<sup>2</sup>  
 $q_v$ ——炉膛容积可见热强度, kW/m<sup>3</sup>  
 $q_r$ ——辐射受热面平均热流密度, kW/m<sup>2</sup>  
 $q_{r,d}$ ——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  
 $R_{b,z}, R_{b,m}, R_{b,h}$ ——灰渣、漏煤、飞灰中所含有的可燃物质的重量百分数, %  
 $RO_2$ ——烟气中二氧化碳和二氧化硫之和的容积百分数, %  
 $R_e$ ——蒸发面负荷, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h  
 $R_v$ ——锅筒汽空间容积负荷, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>·h  
 $R_n$ ——扩容器中单位容积的蒸汽分离强度  
 $S$ ——管距, m; 有效压头, Pa; 含盐量, mg/L; 真空度, Pa; 壁厚, mm  
 $S_s$ ——锅水的含盐量, mg/L  
 $S_g$ ——给水的含盐量, mg/L  
 $S^y, S^f, S^g, S^r$ ——燃料应用基、分析基、干燥基、可燃基的含硫量, %  
 $S_{y,d}$ ——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  
 $T_{II}$ ——理论燃烧温度, K  
 $T_b$ ——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  
 $t_{bb}$ ——对流受热面管壁灰污层外表面温度, °C  
 $t_{fk}$ ——冷空气温度, °C  
 $\Delta t$ ——传热平均温差, °C  
 $U$ ——湿周周长, m  
 $u$ ——燃料的蒸发率(煤水比), kg/kg  
 $V$ ——锅筒汽空间容积, m<sup>3</sup>; 反洗强度, kg/m<sup>2</sup>·s  
 $V_{rr}$ ——干烟气体积, Nm<sup>3</sup>/kg  
 $V_i^0, V_k$ ——理论、实际空气量, Nm<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>  
 $V'$ ——可燃基挥发分, %  
 $V_i^0, V_r$ ——理论、实际烟气体积, Nm<sup>3</sup>/kg  
 $\Delta V_k$ ——过量空气量, Nm<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  
 $W^s, W^c$ ——燃料应用基、分析基的含水量, %  
 $x$ ——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  
 $\alpha_r$ ——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  
 $\varepsilon$ ——灰污系数, m<sup>2</sup>·°C/kW  
 $\xi$ ——沾污系数; 阻力系数  
 $\xi_1$ ——每一根管子的阻力系数  
 $\xi_{1k}$ ——突扩原始局部阻力系数  
 $\xi_{1w}$ ——弯头原始局部阻力系数  
 $\eta$ ——排污管热损失系数, 修正系数  
 $\eta_{el}$ ——锅炉效率, %  
 $\eta$ ——机械传动效率, %  
 $\eta$ ——除尘效率, %  
 $\vartheta$ ——烟气温度, °C  
 $\vartheta_{pr}$ ——排烟温度, °C  
 $\vartheta_{ll}$ ——理论燃烧温度, °C  
 $\lambda$ ——导热系数, kW/m·°C; 沿程摩擦阻力系数  
 $\mu_b$ ——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>  
 $\rho_f$ ——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  
 $[\sigma]_1$ ——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



$\sigma_b^t$ ——在温度 $t^\circ\text{C}$ 时的 $10^5$ 小时的持久强度, MPa  
 $\sigma_s^t$ ——在温度 $t^\circ\text{C}$ 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  
 $\varphi_k$ ——扩散系数  
 $\psi$ ——有效系数  
 $\chi$ ——炉膛水冷程度

## 二、上、下角码

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——可燃基、燃料
c(c <sub>l</sub> )——错列	rk——热空气
ch——烟窗	gk——干空气
d——对流、电动机	gq——过热蒸汽
dl——当量	gr——过热器
dt——弹筒	gs——给水、管束
dw——低位	gw——高位
e——额定	gy——干烟气
f——分析基、辐射、风干、风机	hb——灰污层
fh——飞灰	hx——横向
fz——防渣管	hy——火焰
g——干燥基、锅炉、锅水	hz——灰渣
l——炉膛	i——单排
le——肋	j——计算
lk——冷空气	jb——局部
lm——漏煤	jk——突扩
lq——冷却	k——空气
max——最大值	kf——沸腾汽化点
mc——摩擦	ks——扩散
min——最小值	ky——空气预热器
n——内	rs——热水
nl——逆流	s——水、散热
o——理论	sh——上升管

sl——顺流  
sm——省煤器  
xi——下降管  
y——应用基、烟气  
yf——引风

w——外  
wh——雾化  
yz——烟囱  
zs——自生、折算  
zx——纵向

## 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

第一章 锅炉及锅炉房设备的基本知识 .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 锅炉的基本构造和工作过程 .....	1
第三节 锅炉基本特性的表示 .....	3
第四节 锅炉房设备的组成 .....	8
第二章 燃料与燃烧计算 .....	10
第一节 燃料的化学成分 .....	10
第二节 煤的燃烧特性 .....	14
第三节 煤的分类 .....	19
第四节 液体燃料和气体燃料 .....	22
第五节 燃料的燃烧计算 .....	24
第六节 锅炉烟气分析及其结果的应用 .....	33
第三章 锅炉的热平衡 .....	39
第一节 锅炉热平衡的组成 .....	39
第二节 锅炉热效率 .....	41
第三节 固体不完全燃烧热损失 .....	44
第四节 气体不完全燃烧热损失 .....	47
第五节 排烟热损失 .....	48
第六节 散热损失 .....	49
第七节 灰渣物理热损失及其它热损失 .....	51
第八节 燃料消耗量及蒸发率 .....	52
第四章 燃烧设备 .....	57
第一节 煤的燃烧过程 .....	57
第二节 人工操作层燃炉 .....	59
第三节 机械化层燃炉 .....	65
第四节 室燃炉 .....	82
第五节 沸腾炉 .....	91
第六节 炉子的工作强度 .....	96
第五章 供热锅炉 .....	99
第一节 锅炉发展概况 .....	99
第二节 烟管锅炉 .....	101
第三节 水管锅炉 .....	106
第四节 热水锅炉 .....	113
第五节 辅助受热面 .....	118

第六节	锅炉安全附件 .....	124
<b>第六章</b>	<b>锅炉水循环及汽水分离 .....</b>	<b>129</b>
第一节	锅炉的水循环 .....	129
第二节	蒸汽品质及汽水分离 .....	137
<b>第七章</b>	<b>锅炉本体的热力计算 .....</b>	<b>145</b>
第一节	炉膛传热过程及计算 .....	145
第二节	对流受热面的传热计算 .....	157
第三节	对流放热系数 .....	161
第四节	辐射放热系数 .....	169
第五节	平均温差 .....	171
第六节	对流受热面传热计算方法提要 .....	175
<b>第八章</b>	<b>锅炉设备的通风计算 .....</b>	<b>189</b>
第一节	通风的作用和方式 .....	189
第二节	通风计算的原理和基本方法 .....	190
第三节	烟道的阻力计算 .....	203
第四节	风道的阻力计算 .....	208
第五节	烟囱的计算 .....	209
第六节	风机的选择和烟、风道布置 .....	212
<b>第九章</b>	<b>锅炉受压元件的强度计算 .....</b>	<b>216</b>
第一节	锅炉受压元件强度计算的规定 .....	216
第二节	未减弱圆筒形元件的强度计算 .....	220
第三节	圆筒形元件上的减弱 .....	221
第四节	圆筒形元件的强度计算 .....	224
第五节	椭球形封头及平端盖的强度计算 .....	228
第六节	单孔与孔桥的加强计算 .....	232
<b>第十章</b>	<b>供热锅炉水处理 .....</b>	<b>242</b>
第一节	水中的杂质和水质指标 .....	242
第二节	钠离子交换软化 .....	246
第三节	离子交换除碱 .....	253
第四节	浮床及流动床离子交换 .....	257
第五节	石灰-纯碱水处理 .....	259
第六节	其它水处理方法简述 .....	262
第七节	锅炉金属的腐蚀 .....	265
第八节	水的除气 .....	266
第九节	锅炉的排污及排污量计算 .....	270
<b>第十一章</b>	<b>运煤、除灰渣和除尘 .....</b>	<b>272</b>
第一节	锅炉房运煤和除灰渣系统 .....	272
第二节	烟气除尘和脱硫 .....	281
<b>第十二章</b>	<b>锅炉房工艺设计及汽水系统 .....</b>	<b>287</b>
第一节	锅炉房设计基本规定 .....	287
第二节	锅炉房容量及锅炉选择 .....	288
第三节	锅炉房布置 .....	288

第四节	锅炉房建筑 .....	290
第五节	蒸汽锅炉房的汽水系统 .....	291
第六节	热水锅炉房的热力系统 .....	296
第七节	锅炉房布置及汽水系统举例 .....	297
参考文献	.....	299

# 第一章 锅炉及锅炉房设备的基本知识

## 第一节 概 述

就一个供热系统而言，通常是利用锅炉及锅炉房设备生产出蒸汽(或热水)，尔后通过热力管道，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以产生动力，蒸汽(或热水)还广泛地作为工业生产和采暖通风等方面所需热量的载热体。通常，我们把用于动力、发电方面的锅炉，叫做动力锅炉；把用于工业及采暖方面的锅炉，称为供热锅炉，又称工业锅炉。

为了提高热机的效率，动力锅炉所生产的蒸汽，其压力和温度都较高，且日趋向高压、高温和大容量方向发展。例如，与30万千瓦汽轮发电机组相配套的国产锅炉，每小时蒸汽产量就有1000t，蒸汽压力为17MPa，过热蒸汽温度高达555℃。而与本专业紧密相关的供热锅炉，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。无论是工业用户，还是采暖用户，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。

随着生产的发展，锅炉设备日益广泛地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。从量大面广这个角度来看，除电力以外的各行各业中，运行着的主要是中小型低压锅炉。在“四化”建设中，目前，能源的增长大大落后于生产的增长，在2000年，国家要求工农业年总产值翻两番，但能源却只能翻一番，这就需要通过节能措施，以提高能源的有效利用率，有效地弥补能源供应方面的缺口，是一迫切的任务。显然，面对量大面广的供热锅炉，如何挖掘潜力，提高它们的热效率，有着极为重要的实际意义。此外，使锅炉能因地制宜地有效地燃用地方燃料，并为满足环境保护的要求而努力解决烟尘污染问题，以及提高操作管理水平，减轻劳动强度，保证锅炉额定出力及运行效率，安全可靠地供热等等课题，也都要求我们，通过本课程的学习，以掌握解决上述课题的基本方向和手段。同时，还需要具有合理选用锅炉及锅炉房设备，进行锅炉房工艺设计的基本训练。

## 第二节 锅炉的基本构造和工作过程

锅炉，最根本的组成是汽锅和炉子两大部分。燃料在炉子里进行燃烧，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将热量传递给汽锅内温度较低的水，水被加热、进而沸腾汽化，生成蒸汽。现在我们以SHL型锅炉(即双锅筒横置式链条

炉排锅炉) (图1-1) 为例, 简要地介绍锅炉的基本构造和工作过程。

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的一个封闭汽水系统。炉子包括煤斗、炉排、炉膛、除渣板、送风装置等组成的燃烧设备。

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。还有用来消除受热面上积灰以利传热的吹灰器, 以提高锅炉运行的经济性。

锅炉的工作包括三个同时进行着的过程: 燃料的燃烧过程、烟气向水的传热过程 and 水的受热汽化过程(蒸汽的生产过程)。现分述如下:

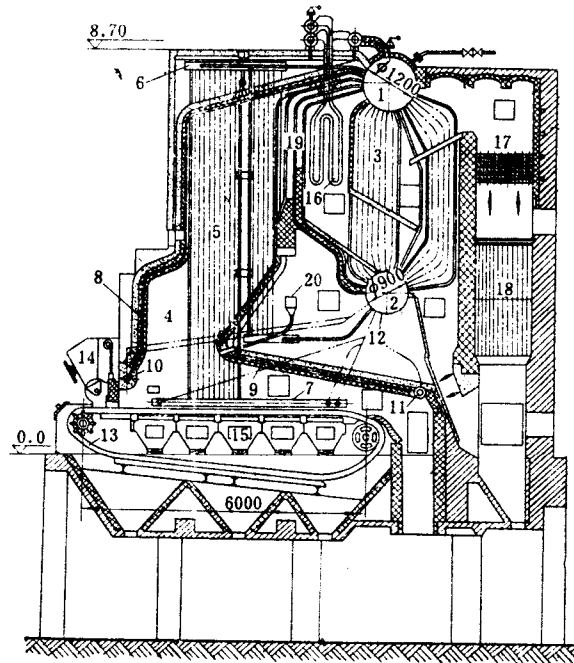


图 1-1 SHL型锅炉

- 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—烟室及防渣管; 20—二次风管

### 一、燃料的燃烧过程

由图1-1所示, 锅炉的炉子设置在汽锅的前下方, 此种炉子是供热锅炉中应用较为普遍的一种燃烧设备——链条炉排炉。燃料在加煤斗中借自重下落到炉排面上, 炉排借电动机通过变速齿轮箱减速后由链轮来带动, 犹如皮带运输机, 将燃料带入炉内。燃料一面燃烧, 一面向后移动; 燃烧需要的空气是由风机送入炉排腹中风仓后, 向上穿过炉排到达燃料层, 进行燃烧反应形成高温烟气。燃料最后烧尽成灰渣, 在炉排末端被除渣板(俗称老鹰铁)铲除于灰渣斗后排出, 这个过程称为燃烧过程。燃烧过程进行得完善与否, 是锅炉正常工作的根本条件。要保证良好的燃烧必须要有高温的环境, 必需的空气量和空气与燃料的良好混合。当然为了锅炉燃烧的持续进行, 还得连续不断地供应燃料、空气和排出



烟气、灰渣。为此，就需配备送、引风设备和运煤出渣设备。

## 二、烟气向水（汽等工质）的传热过程

由于燃料的燃烧放热，炉内温度很高。在炉膛的四周墙面上，都布置一排水管，俗称水冷壁。高温烟气与水冷壁进行强烈的辐射换热，将热量传递给管内工质。继而烟气受引风机、烟囱的引力而向炉膛上方流动。烟气出烟窗（炉膛出口）并掠过防渣管后，就冲刷蒸汽过热器——一组垂直放置的蛇形管受热面，使汽锅中产生的饱和蒸汽在其中受烟气加热而得到过热。烟气流经过热器后又掠过胀接在上、下锅筒间的对流管束，在管束间设置了折烟墙使烟气呈“S”形曲折地横向冲刷，再次以对流换热方式将热量传递给管束内的工质。沿途降低着温度的烟气最后进入尾部烟道，与省煤器和空气预热器内的工质进行热交换后，以经济的较低烟温排出锅炉。省煤器实际上是给水预热器，它和空气预热器一样，都设置在锅炉尾部（低温）烟道，以降低排烟温度提高锅炉效率，从而节省了燃料。

## 三、水的受热和汽化过程

它也是蒸汽的生产过程，主要包括水循环和汽水分离过程。经过水处理的锅炉给水是由水泵加压，先流经省煤器而得到预热，然后进入汽锅。

锅炉工作时，汽锅中的工质是处于饱和状态下的汽水混合物。位于烟温较低区段的对流管束，因受热较弱，汽水工质的密度较大；而位于烟气高温区的水冷壁和对流管束，因受热强烈，相应地工质的密度较小，从而密度大的工质则往下流入下锅筒而密度小的向上流入上锅筒，形成了锅水的自然循环。此外，为了组织水循环和进行输导分配的需要，一般还设有置于炉墙外的不受热的下降管，借以将工质引入水冷壁的下集箱，而通过上集箱上的汽水引出管将汽水混合物导入上锅筒。

借助上锅筒内装设的汽水分离设备，以及在锅筒本身空间中的重力分离作用，使汽水混合物得到了分离；蒸汽在上锅筒顶部引出后进入蒸汽过热器中去，而分离下来的水仍回落到上锅筒下半部的水空间。汽锅中的水循环，也保证了与高温烟气相接触的金属受热面得以冷却而不会烧坏，是锅炉能长期安全可靠运行的必要条件。而汽水混合物的分离设备则是保证蒸汽品质和蒸汽过热器可靠工作的必要设备。

至于热水锅炉中水的受热及循环，将在第五章中介绍。

## 第三节 锅炉基本特性的表示

为区别各类锅炉构造、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，我们常用下列的锅炉基本特性来说明。

### 一、蒸发量、热功率

蒸发量是指蒸汽锅炉每小时所生产的额定<sup>①</sup>蒸汽量，用以表征锅炉容量的大小。蒸发量常用符号 $D$ 来表示，单位是 $t/h$ ，供热锅炉蒸发量一般从 $0.1$ 到 $65t/h$ 。

供热锅炉，可用额定热功率来表征容量的大小，常以符号 $Q$ 来表示，单位是 $MW$ <sup>②</sup>。

<sup>①</sup> 锅炉额定蒸发量和额定产热量统称额定出力，它是指锅炉在额定参数（压力、温度）和保证一定效率下的最大连续蒸发量（产热量）。

<sup>②</sup> 原用工程单位 $kcal/h$ ，有 $10$ 万、 $60$ 万、 $120$ 万、 $200$ 万、 $360$ 万、 $600$ 万、 $1200$ 万 $kcal/h$ 等不同容量的热水锅炉。