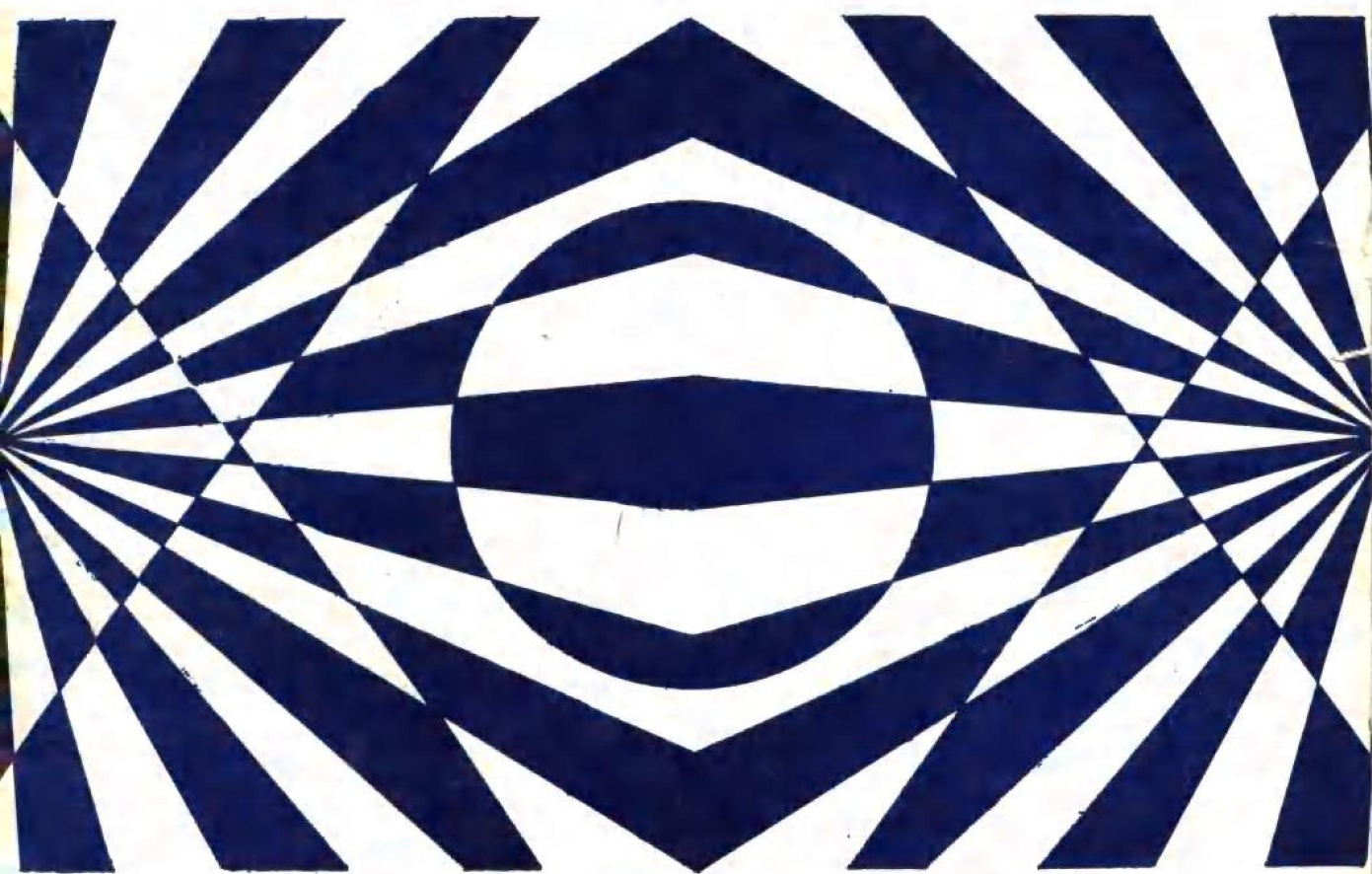


工业锅炉丛书

锅炉结构与设 计

赵明泉 编



哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书全面系统地阐述了锅炉的结构与设计的基本理论及计算方法。内容包括：锅炉的物质、能量平衡过程；受热面的结构与布置；炉膛和对流受热面的换热过程及计算方法；受热面的外部工作过程；锅炉的空气动力计算方法等。

本书特点是：①以工业锅炉为主；②热力计算方法主要介绍我国制定的《层状燃烧及沸腾燃烧工业锅炉热力计算方法》，同时也介绍了我国长期沿用的室燃炉计算方法；③加强了小型锅炉的炉型介绍与分析。

本书可作为大专院校（包括业余大学和电视大学）热能工程和锅炉专业的教材；也可供工业企业的热工、工业锅炉设计与制造部门的工程技术人员自学参考。

工业锅炉丛书

锅炉结构与设计

赵明泉 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

黑龙江省幼师印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张15.75 插页2 字数362000

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数1—5000

书号15341·61 定价2.70元

ISBN 7-5603-0025-1/TK·3

前 言

锅炉是重要的能源转换设备。据不完全统计,我国现有工业锅炉三十万台左右,经两部定点生产工业蒸汽锅炉的厂家共 202 家,经各省定点生产热水锅炉的厂家约 500 家。这些厂家急需补充锅炉专业毕业的大专、中专毕业生。与此相应,一些院校和省市教委相继开办了工业锅炉(或热能工程)大专班、业余大学和电视大学锅炉班。因此,编写一套适用于工业锅炉专业的大专教材,已成为当务之急。另外,在编写时也考虑了提高现有工业锅炉技术和管理干部专业知识水平的需要。

这套丛书的内容以锅炉基本理论和应用技术为主,同时介绍了国内外工业锅炉的发展远景,并提供工业锅炉设计和运行所需要的数据。

全部丛书分以下诸册陆续出版:

锅炉燃烧技术及设备;

锅炉结构与设计;

锅炉制造工艺与检验;

锅炉水动力学及锅内设备;

锅炉辅助设备;

锅炉热工测试技术;

锅炉自动调节。

本丛书可作为工业锅炉(或热能工程)大专、中专、业余大学和电视大学锅炉班的教材,也可供工业企业从事热工、锅炉和热能工程专业的工程技术人员参考。

本丛书由哈尔滨工业大学热能工程(原锅炉)教研室编写。由陈崇枢、秦裕琨、杨励丹和范柏樟同志组成编委会,负责丛书的审校工作。

《锅炉结构与设计》是这套丛书的第二分册。锅炉运行的好坏,取决于能否按不同的燃料和燃烧方式布置合理的、相应的锅炉受热面,掌握锅炉的热力计算方法是必要的。本书系统地阐述了锅炉的结构与设计的基本理论及计算方法。内容包括:受热面的结构与布置、锅炉的热量平衡、炉内和对流换热的计算方法、锅炉的烟风阻力计算等。第二、四、五、七章及附录由赵明泉编写,第一章由范柏樟编写,第三、六章由杨明新编写,全书由杨励丹审定。

工业锅炉丛书编委会

目 录

第一章 锅炉概述

- § 1—1 锅炉的定义与分类.....(1)
- § 1—2 锅炉的性能标志.....(2)
- § 1—3 锅炉的规格系列.....(4)
- § 1—4 锅炉型号表示方法.....(6)
- § 1—5 锅炉基本构成与工作过程.....(8)
- § 1—6 锅炉炉型示例.....(10)
- § 1—7 对锅炉的基本要求.....(25)

第二章 锅炉内物质平衡与热量平衡

- § 2—1 锅炉的物质平衡.....(26)
- § 2—2 锅炉的热量平衡.....(30)
- § 2—3 锅炉热损失.....(34)
- § 2—4 锅炉的热效率及燃料消耗量.....(36)
- § 2—5 受热面的热量平衡.....(42)

第三章 锅炉受热面的结构与布置

- § 3—1 辐射受热面.....(46)
- § 3—2 对流受热面.....(50)
- § 3—3 受热面的配置.....(65)

第四章 炉膛传热计算

- § 4—1 炉膛传热基本方程.....(71)
- § 4—2 炉内温度参数.....(76)
- § 4—3 火焰黑度.....(88)
- § 4—4 沸腾炉炉内传热计算.....(94)

第五章 对流受热面传热计算

- § 5—1 基本方程式.....(116)
- § 5—2 传热系数.....(120)
- § 5—3 对流换热系数.....(128)
- § 5—4 辐射换热系数.....(141)
- § 5—5 温压.....(145)
- § 5—6 回转式空气预热器传热计算.....(152)
- § 5—7 扩展表面受热面传热计算.....(155)
- § 5—8 对流受热面传热计算方法.....(160)

第六章 受热面的外部工作过程

- § 6—1 受热面的磨损.....(163)
- § 6—2 受热面的结灰.....(167)
- § 6—3 低温受热面的烟气侧腐蚀.....(168)

第七章 锅炉的空气动力计算

- § 7—1 概述.....(172)
- § 7—2 锅炉烟、风道的阻力计算.....(173)
- § 7—3 锅炉烟气通道的计算.....(188)
- § 7—4 锅炉空气通道的计算.....(195)
- § 7—5 锅炉送、引风机的选择.....(198)
- § 7—6 自然通风烟囱的计算.....(200)

附 录

- SZL 4-13-AII 热力计算例题.....(205)

附 表

- 1 空气和烟气的平均比热.....(228)
- 2 1标米³空气和烟气及1公斤灰的焓.....(229)
- 3 空气和平均成分烟气的物理特性.....(229)
- 4 干饱和蒸汽以及饱和线上的水的比容和焓.....(230)
- 5 水的比容和焓.....(231)
- 6 过热蒸汽的比容和焓.....(233)
- 7 锅炉用无缝钢管规格及理论质量.....(244)
- 8 锅炉用碳素钢及普通低合金钢板常用规格及理论质量.....(245)
- 9 低压锅炉常用主蒸汽管、给水管管径.....(245)
- 10 锅炉常用弯管半径.....(245)
- 11 炉墙常用材料的性能.....(246)

第一章 锅炉概述

§1—1 锅炉的定义与分类

锅炉是利用燃料燃烧释放出的热能或其它热能将工质（水或其它流体）加热到一定参数的设备。由于锅炉被广泛地应用于加热水使之转变为蒸汽，所以有时也称锅炉为蒸汽发生器。

从能源利用的角度来看，锅炉是一种能源转换设备。在锅炉中，一次能源（燃料）的化学贮藏能通过燃烧过程转换为燃烧产物（烟气和灰渣）所载有的热能，然后又通过传热过程将热量传递给另一种中间载热体（例如水和水蒸汽），由中间载热体将获得的热量传输到用能设备中去。

这种传输热量的中间载热体被列为二次能源，因为它的用途是向用能设备供给能量。当中间载热体在热机中进行热功转换（热能向机械能转换）时，通常被称为“工质”。若中间载热体用于向用热设备提供热量进行热利用时，往往被叫做“热媒”。

锅炉按其用途可以分为电站锅炉、工业锅炉、船舶锅炉和机车锅炉。前两类又统称为固定式锅炉，因为是安装在固定基础上不可移动的；后两类通称为移动式锅炉。

在我国锅炉制造业中，为了便于生产管理和技术开发等目的，划分了电站锅炉和工业锅炉两个制造行业。将工质出口压力在中压（3.9MPa）以上的锅炉划归电站锅炉行业生产，其产品主要用于发电，但也有为大型工业企业提供生产用汽（工艺用和动力用）的。工质出口压力为低压（不超过2.5MPa）的锅炉则划归工业锅炉行业生产，其产品主要用于为生产和采暖提供蒸汽或热水，但也有在小型发电厂内用于发电的。可见，目前我国的电站锅炉和工业锅炉的名称并不代表其实际的使用场所和用途，而只是

表 1—1 锅炉的生产行业、使用地点和用途举例

生产行业	使用地点	用途	举 例
电站锅炉行业	中高压发电厂	发电	凝汽式发电厂或热电厂中的中高压锅炉
	企 业	自备电厂发电	企业自备电厂中的中压锅炉
		锅炉房供热	提供动力用或工艺用中压蒸汽的锅炉
工业锅炉行业	低压发电厂	发电	低压凝汽式发电厂中的锅炉
	热 电 厂	供热	热电厂中应付尖峰热负荷的热水锅炉
	企 业 (事业)	自备电厂发电	低压凝汽式和背压式发电厂中的锅炉
		锅炉房供热	提供动力、工艺、采暖用低压蒸汽式热水的锅炉

反映由哪个行业生产的，或者反映其为中高压锅炉还是低压锅炉。表 1—1 给出锅炉的生产行业、使用地点和用途之间可能出现的组合。

除了按用途对锅炉分类外，在各种场合下还从不同角度出发进行分类和命名，反映出某个方面的特征。例如：

按工质及其输出状态分类为蒸汽锅炉、热水锅炉、特种工质锅炉；

按工质出口压力分类为低压锅炉（2.5MPa以下），中压锅炉（3.9MPa），高压锅炉（10MPa），超高压锅炉（14MPa），亚临界压力锅炉（17~18MPa），超临界压力锅炉（在临界压力之上）；

按供热能力分类为小型锅炉（每小时产生不超过 20 吨蒸汽、或每小时供热不超过 13956kW，或配不超过 3000kW 发电机组的锅炉），中型锅炉（配 6000—50000kW 发电机组的锅炉），大型锅炉（配 100000kW 及以上的发电机组的锅炉）；

按工质在锅炉内部流动方式分类为自然循环锅炉，强制（辅助）循环锅炉，直流锅炉，复合循环锅炉，低循环倍率锅炉；

按燃料（能源）分类为燃煤锅炉，燃油锅炉，燃气锅炉，混合燃料锅炉，特种燃料锅炉，余热锅炉，新能源锅炉；

按燃烧方式分类为火床燃烧锅炉（也叫层状燃烧锅炉、炉排锅炉），火室燃烧锅炉（也叫悬浮燃烧锅炉、煤粉锅炉），旋风燃烧锅炉，沸腾燃烧锅炉（即流化床燃烧锅炉）；

按排渣方式分类为固态排渣锅炉，液态排渣锅炉；

按通风方式分类为自然通风锅炉，机械通风（机械送风、机械引风、平衡通风）锅炉；

按炉内烟气压力分类为负压燃烧锅炉，微正压燃烧锅炉，增压燃烧锅炉；

按锅炉本体结构分类为锅壳锅炉（分为立式和卧式），水管锅炉（分为单锅筒式和双锅筒式，再按锅筒的布置分为纵置式、横置式等），铸铁锅炉；

按锅炉本体布置分类为D型锅炉，Π型锅炉，A型锅炉，O型锅炉，塔型锅炉，箱型锅炉等；

按运输安装方式分类为快装锅炉，组装锅炉，散装锅炉；

按锅炉在厂内布置分类为露天锅炉，半露天锅炉，室内锅炉。

§1—2 锅炉的性能标志

锅炉的性能以其供热能力与供热品位为标志。

一 蒸汽锅炉的性能标志

从能源转换的角度来看，蒸汽锅炉的供热能力应该用额定供热量（即额定热功率）来表示，其国际单位制单位为kW，而工程单位制单位为kcal/h。但是，习惯上把蒸汽视作锅炉的“产品”，而以蒸汽的产量来反映锅炉的供热能力，叫做额定出力（或额定

蒸发量)。额定出力是指在额定的出口蒸汽参数、额定的给水参数、使用设计燃料并保证设计效率的条件下连续运行所应达到的蒸发量(每小时产汽量)。额定出力也叫做铭牌蒸发量或锅炉容量,用符号 D 表示,单位为 kg/s 或 t/h 。

用蒸发量表示锅炉的供热能力比较直观,蒸汽的流量可以直接测量。但是在能量平衡工作中容易发生概念(焓与热量、状态参数与过程量)上的混淆而造成的差错。从能源转换的角度分析,锅炉的“产品”是其供出的热量,即水在锅炉中转化为蒸汽的过程中所吸收的热量,而不是出口蒸汽的焓值。

蒸汽锅炉供出的热量为

$$Q = D(i_q - i_{g,}) = D \Delta i$$

式中: Q ——锅炉的供热量, kW ;

D ——蒸发量, kg/s ;

i_q ——出口蒸汽比焓, kJ/kg ;

$i_{g,}$ ——给水的比焓, kJ/kg 。

可见,蒸发量可以间接反映供热量,但是对于不同的出口蒸汽参数和给水参数,同是一公斤蒸发量所代表的供热量是不同的,因为 Δi 不同。另外,若把 Di_q 作为锅炉供热量,则显然是错误的。

为了能对不同汽、水参数的蒸发量进行比较或累加,可以将实际蒸汽的蒸发量 D 换算为“标准蒸汽”的蒸发量 D_N ,规定每生产一公斤标准蒸汽的吸热量为 2680kJ , 即 $\Delta i_N = 2680\text{kJ/kg}$ 。因此

$$D_N = D \frac{\Delta i}{2680}$$

蒸汽锅炉的供热品位用额定出口蒸汽压力(atg 即表压)和温度($^{\circ}\text{C}$)表示。当采用国际单位制时,压力的单位是兆帕(MPa)。

$$1\text{kgf/cm}^2 = 1\text{at} = 0.09807\text{MPa}$$

$$1\text{MPa} = 10.2\text{kgf/cm}^2$$

也可以用 bar 为压力单位,

$$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$$

$$1\text{kgf/cm}^2 = 1\text{at} = 0.9807\text{bar}$$

$$1\text{bar} = 1.02\text{kgf/cm}^2$$

在实际使用时,用于发电的锅炉按额定出口蒸汽参数运行,并且对参数的波动控制较严;而用于供热的锅炉则按用热需要的蒸汽出口参数(等于或低于额定参数)运行,但在进行鉴定试验时应按额定工况运行。

二 热水锅炉的性能标志

热水锅炉的供热能力用额定供热量 Q 表示,单位为 kcal/h ,若采用国际单位制则为 kW ,即

$$Q = G(i_{r,} - i_{h,}) \approx 4.1868G(t_{r,} - t_{h,})$$

式中: G ——供出热水量, kg/s ;

i_{rs} ——锅炉出口热水比焓, kJ/kg ;

i_{hs} ——锅炉入口回水比焓, kJ/kg ;

t'_s ——热水温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_{hs} ——回水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

式中近似地取水的比热为 $4.1868\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

热水锅炉的供热品位用额定的出口热水温度、压力和额定的入口回水温度表示。

与额定供热量、额定热水参数及额定回水参数相对应的供出热水量称为额定循环水量, 单位为 kg/s 或 t/h 。

§1—3 锅炉的规格系列

一 电站锅炉规格系列

表 1—2 所列为电站锅炉 (高、中压锅炉) 的规格系列。

表 1—2 电 站 锅 炉 规 格 系 列

出口蒸汽压力 MPa	出口蒸汽温度 ℃	给 水 温 度 ℃	额 定 蒸 发 量 t/h	配发电机组容量 kW
3.9	450	150,170	35	6000
			65,75	12000
			120,130	25000
10	510	215	230	50000
	540		220	
				410
14	540/540	240	400	125000
	555/555		670	200000
17	570/570	260	1000	300000
	540/540			

二 工业蒸汽锅炉规格系列

根据 GB1921—80, 表 1—3 列出了我国工业锅炉 (蒸汽锅炉) 的性能规格。

表 1—3

工业蒸汽锅炉规格系列

额 定 蒸发量 t/h	出 口 蒸 汽 压 力 atg							
	4	7	10	13	16	25		
	出 口 蒸 汽 温 度 °C							
	饱 和				350	饱 和	350	饱 和 400
0.1	△							
0.2	△							
0.5	△	△						
1	△	△	△					
2	△	△	△	△		△		
4		△	△	△		△		△
6		△	△	△	△	△	△	△
10			△	△	△	△	△	△
15			△	△		△	△	△
20			△	△	△	△	△	△
35				△		△	△	△
65				△		△		

注：① 给水温度分20、60、105°C三档；

③ 出口汽温在额定工况下的允许偏差为：

对于350°C ±20°C

对于400°C +10°C
-20°C

③ GB1921—80用工程单位制，目前未修正。

三 热水锅炉规格系列

根据GB3166—82，表 1—4 列出了我国热水锅炉的性能规格。

表 1—4

热水锅炉规格系列

额 定 供 热 量 10 ⁴ kcal/h	额定热水/回水温度 °C									
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/110	180/110
	额 定 热 水 压 力 atg									
	4	7	7	10	7	10	13	16	16	25
5	△									
10	△									
20	△									
30	△	△								
60	△	△	△							

续表 1—4

120		△	△		△					
240		△	△	△	△	△				
360		△	△	△	△	△				
600		△		△	△	△	△			
900				△		△	△			
1200				△		△	△	△		
2500							△	△	△	△
5000								△	△	△
10000								△	△	△

注：GB3166—82 用工程单位制，目前未修正。

§1—4 锅炉型号表示方法

一 电站锅炉

电站锅炉的型号表示方法如下：

$$\triangle\triangle\times\times\times/\times\times\times-\times$$

其中最前面的 $\triangle\triangle$ 为生产厂代号； $\times\times\times/\times\times\times$ 的分子为额定蒸发量以t/h为单位的数字，分母为额定出口蒸汽压力以atg为单位的数字；最后一个 $\times$ 代表设计次序。

例如：HG200/100—1，HG 为哈尔滨锅炉厂代号；

WG400/140—1，WG 为武汉锅炉厂代号；

DG670/140—1，DG 为东方锅炉厂代号；

SG935/170，SG 为上海锅炉厂代号。

二 工业蒸汽锅炉

工业蒸汽锅炉型号表示方法如下：

$$\triangle\triangle\triangle\times\times-\times\times/\times\times\times-\triangle\times$$

其中 $\triangle\triangle\triangle$ 的前两个为型式代号，后一个为燃烧方式代号；其后的 $\times\times$ 为额定蒸发量以t/h为单位的数字；中间一段的 $\times\times/\times\times\times$ 的分子是额定出口蒸汽压力以atg为单位的数字，分母是额定出口汽温以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的数字（只用于过热蒸汽，若为饱和蒸汽，则可不予表示）；最后一段中的 $\triangle$ 为燃料种类代号， $\times$ 为设计次序。

例如：WNG1—7—AⅢ

DZL4—13—WⅡ

SZS10—16/350—YQ2

SHS20—25/400—H

锅炉型式代号见表 1—5。

燃烧方式代号见表 1—6。

燃料种类代号见表 1—7。

表 1—5

锅 炉 型 式 代 号

锅 炉 型 式			代 号	锅 炉 型 式			代 号
水 管 锅 炉	单 锅 筒	纵 置	DZ	锅 壳 锅 炉	立 式	火 管	LH
		横 置	DH			水 管	LS
		立 置	DL		卧 式	内 燃	WN
	双 锅 筒	纵 置	SZ			外 燃	WW
		横 置	SH				
		纵 横 置	ZH				
	强 制 循 环		QX				

表 1—6

燃 烧 方 式 代 号

燃 烧 方 式	代 号	燃 烧 方 式	代 号
固 定 炉 排	G	倒转炉排（配抛煤机）	D
活动手摇炉排	H	链 条 炉 排	L
抛 煤 机	P	沸 腾 炉	F
下 饲 炉 排	A	半 沸 腾 炉	B
往 复 炉 排	W	室 燃 炉	S
振 动 炉 排	Z	旋 风 炉	X

表 1—7

燃 料 种 类 代 号

燃 料 种 类		代 号	燃 料 种 类	代 号
烟 煤	I 类	AI	褐 煤	H
	II 类	AII	贫 煤	P
	III 类	AIII	木 柴	M
无 烟 煤	I 类	WI	稻 糠	D
	II 类	WII	甘 蔗 渣	G
	III 类	WIII	油	Y
石煤及矸石	I 类	SI	气	Q
	II 类	SII	油 母 页 岩	YM
	III 类	SIII		

三 热水锅炉

热水锅炉型号表示方法与工业蒸汽锅炉型号表示方法基本相同，为：

△△△×××—××/×××/××—△×

其中最前面的△△△也是型式代号和燃烧方式代号；其后的×××为额定供热量以 10^4kcal/h 为单位的数字；中间一段的××/×××/××为热水压力/热水温度/回水温度；最后的△×也是燃料种类代号和设计次序。

举例：QXS120—7/130/70—Y

DHL1200—13/150/90—AⅡ

§1—5 锅炉基本构成与工作过程

一 锅炉基本构成

锅炉的核心构成部分是“锅”和“炉”。

“锅”是容纳水和蒸汽的受压部件，包括锅筒（也叫汽包）或锅壳、受热面、集箱（也叫联箱）、管道等等，组成完整的水汽系统，进行水的加热和汽化、水和蒸汽的流动、汽水分离等过程。

“炉”是燃料燃烧的场所，即燃烧设备和燃烧室（也叫炉膛）。广义的“炉”是指燃料、烟气这一侧的全部空间。

锅和炉是通过传热过程相互联系在一起的。受热面是锅和炉的分界面。通过受热面进行放热介质（火焰和烟气）向受热介质（水、蒸汽或空气）的传热。受热面从放热介质吸收热量并向受热介质放出热量。

凡是放热介质和受热介质分别处于受热面两侧，受热面的吸热和放热同时地、连续地进行的这类受热面称为间壁式受热面。

如果放热介质和受热介质分别交替地、周期地与受热面相接触，在接触中向受热面放热或从受热面吸热，则这种受热面称为蓄热式（或再生式）受热面。蓄热式受热面本身乃是一种固体的中间载热体。

近年来在余热回收中应用的热管受热面，实质上也可视为蓄热式受热面的一种，但它不是以受热面材料本身为中间载热体，而采用进行相变（沸腾和凝结）的流体为中间载热体，从放热介质吸热，并向受热介质放热。

以辐射换热为主要方式，从放热介质吸收热量的受热面称为辐射受热面。辐射受热面应该设置在放热介质的高温区域，即炉膛内。

以对流换热为主要方式，从放热介质吸收热量的受热面称为对流受热面。对流受热面布置在炉膛出口之后，放热介质处于中、低温状态的烟道内。布置对流受热面的烟道称为对流烟道。

受热面向受热介质的放热主要以对流换热的方式进行。

在沸腾燃烧锅炉中，设置在沸腾层（流化床）内的受热面称为埋管受热面，有着独特的传热过程特点，自成一类，不列入普通的辐射受热面或对流受热面内。

根据水的加热和汽化的过程，可以沿流程将受热面划分为水的预热受热面、汽化受热面（也称为蒸发受热面）和蒸汽过热器。水的预热受热面通常布置在低温烟气区域，用于回收排烟余热、节约燃料，所以一般称为“省煤器”。另外，回收烟气余热来预热

助燃空气的受热面称为空气预热器。由于省煤器和空气预热器都布置在低温烟气区域，位于锅炉尾部，故又合称为尾部受热面。

受热面还可按结构分为板式受热面和管式受热面。管式受热面又有烟管受热面（烟气在管内流动）和水管受热面（水在管内流动）之分。

容纳水和蒸汽并兼作锅炉外壳的筒形受压容器称为“锅壳”。受热面主要布置在锅壳内的锅炉称为锅壳锅炉又称火管锅炉。内燃式锅壳锅炉的炉膛布置在锅壳内，称为炉胆，炉胆本身也是辐射受热面。布置在锅壳内的烟管受热面则属于对流受热面。

外燃式锅壳锅炉的炉膛布置在锅壳之外，此时一部分锅壳表面（向火部位）为辐射受热面。对流受热面（烟管）仍布置在锅壳内。如果外燃式锅壳锅炉的炉膛内还布置有水管受热面作为辐射受热面，则构成“水、火管锅炉”。总之，外燃式锅壳锅炉的锅壳已不能完全兼作锅炉外壳。

以布置在炉墙砌体空间内的水管为受热面的锅炉称为水管锅炉，受热面与锅筒、集箱和炉外管道构成整个汽水系统。水管锅炉中的锅筒是容纳水和蒸汽的筒形受压容器，其内不布置受热面，本身也不兼作锅炉外壳。其功用是：

- 1 作为联接省煤器、汽化受热面和蒸汽过热器的枢纽（上锅筒）；
- 2 内部布置锅内设备，进行汽水分离过程（上锅筒）；
- 3 作为联接多排并列工作的管子而构成管束受热面的结合部（上、下锅筒）；
- 4 作为水的自然循环回路的组成部分（上锅筒或上、下锅筒）；
- 5 贮存锅水，形成一定的蓄热能力（上、下锅筒）。

由锅筒（锅壳）、集箱、受热面及管道和烟风道、燃烧及出渣设备、炉墙和构架（包括平台扶梯）等组成的整体称为锅炉本体。

由锅炉本体、锅炉范围内的水、汽、烟、风、燃料管道及其附属设备、测量仪表、其它附属机械等构成的整套装置称为锅炉机组。

二 锅炉的基本工作过程

锅炉的工作情况可归纳为三个基本过程：燃烧过程、传热过程和汽化过程。

1 燃烧过程

煤在炉排上经历干燥、干馏、挥发分着火燃烧和焦炭燃烧，燃尽后生成灰渣。其中大部分灰渣以炉渣形式从炉排排出，少部分以飞灰形式从烟囱排走，构成煤—灰系统。空气经空气预热器被加热后送入炉排下风室，通过炉排与煤燃烧后生成烟气，烟气流经各受热面后从烟囱排出，构成风—烟系统。

2 传热过程

燃料在炉膛中燃烧产生热量，以辐射换热方式将热量传递给四周水冷壁，使工质的载热量增加，同时烟气温度下降。烟气离开炉膛后，以一定的速度流经对流受热面，以对流换热方式将热量传递给工质，使烟气温度进一步降低，最后自锅炉排出。总之，传热过程就是高温烟气所含的热量，通过钢管、钢板等受热面传给工质的过程。如果传热过程进行得不好，热量将被排出的烟气所带走，造成排烟热量损失增加，浪费了燃料；如果传热过程组织得不好，将要增加很多受热面才可能将烟气温度降下来，造成钢材的

浪费。

3 汽化过程

锅炉给水经水泵送入锅炉的省煤器，水被预热后送入锅筒。然后进入由锅筒、下降管、下集箱和上升管（水冷壁管）串联组成的循环回路，如图 1—1 所示。

在炉膛一侧，上升管内工质接受炉内高温烟气的热辐射，产生汽水混合物。与上升管相连通的下降管不受热，于是上升管与下降管之间的工质形成密度差，重者下降，轻者上升，形成自然循环。同理，在锅炉管束中，由于各管束的工质受热不同，其工质密度也不同，依靠工质的密度差也会产生自然循环。若水循环畅通，工质就能不断的将受热面传过来的热量吸收，使之汽化。否则，可能使受热面过热，影响锅炉的安全运行。为了保证所供蒸汽的品质，常在上锅筒内装置汽水分离设备，将蒸汽中带的水从蒸汽中分离出来（称为汽水分离过程）。由上述各受热面构成了锅炉的水—汽系统。

锅炉的三个工作过程是互相联系的。锅炉的三个工作系统也是互相密切相关的。若某个工作过程组织得不好，或者某个工作系统不够完善，都会给锅炉的经济、安全运行带来不良的影响。

§1—6 锅炉炉型示例

一 锅壳锅炉

1 立式锅壳锅炉

锅壳纵向轴线垂直于地面的锅壳锅炉称为立式锅壳锅炉，是小型锅炉中的常见型式。它具有结构紧凑、占地面积小、运输与安装方便等优点。

立式锅壳锅炉通常为内燃型，炉膛容积小，水冷程度大，不容易使燃料充分燃烧。受热面面积布置的少，因而锅炉排烟温度高。总起来看，锅炉效率较低，其中一些旧式锅炉已列为淘汰、更新对象。

图 1—2 和图 1—3 所示为国产 LSG 型立式弯水管锅炉和立式直水管锅炉。两种锅炉的有关数据见表 1—8 和表 1—9。

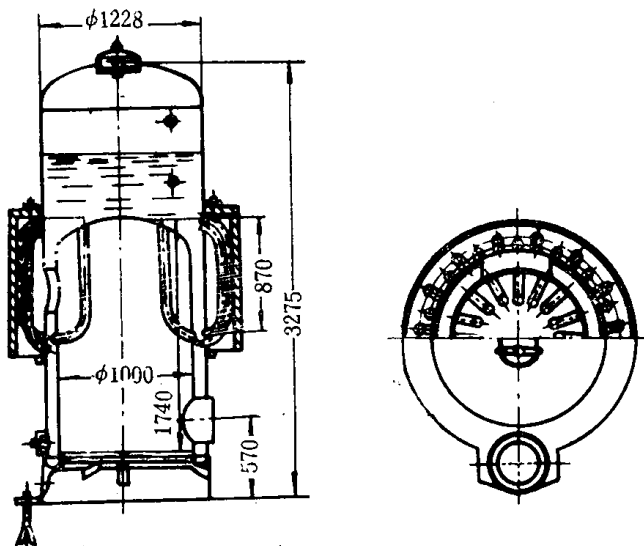


图 1—2 立式弯水管锅炉

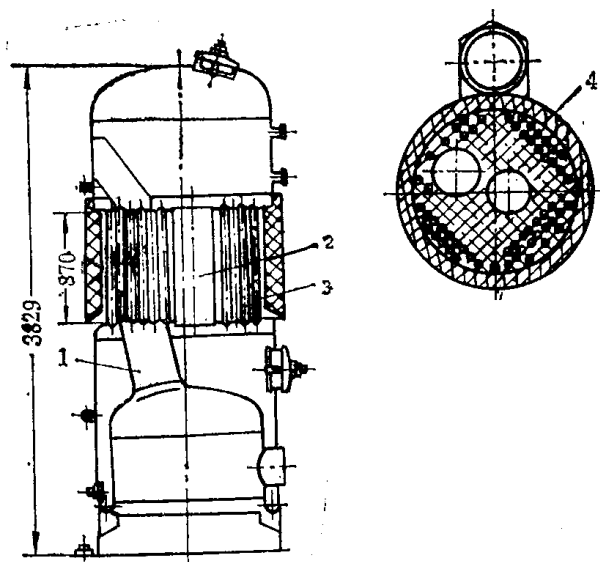


图 1—3 立式直水管锅炉

1—炉膛烟气出口窗 2—下降管 3—对流管束 4—挡烟隔墙

表 1—8

几种立式弯水管锅炉

型 号	蒸 发 量 t/h	蒸汽压力 atg	炉排面积 m ²	受热面面积 m ²	外形尺寸 mm 外径×高
LSG0.2—5—A	0.2	5	0.6	9.6	φ1300×2586
LSG0.4—8—A	0.4	8	0.8	15.2	φ2000×3275
LSG0.5—8—A	0.5	8	0.75	21.3	φ1700×3200

表 1—8 和表 1—9 中所列是过去的产品，其规格不同于新标准 GB1921—80 的规定。

表 1—9

几种立式直水管锅炉

型 号	蒸 发 量 t/h	蒸汽压力 atg	炉排面积 m ²	受热面面积 m ²	外形尺寸 mm 外径×高
LSG0.5—8—A	0.5	8	0.95	20.6	φ1390×3361
LSG0.7—8—A	0.7	8	0.975	28	φ1424×3740
LSG 1—8—A	1	8	1.49	35	φ1624×4400

2 卧式锅壳锅炉

锅壳纵向轴线平行于地面的锅壳锅炉称为卧式锅壳锅炉。

图 1—4 所示为卧式内燃烟火管锅炉，其有关数据见表 1—10。

图 1—5 所示为卧式外燃水火管锅炉（旧称“卧式快装”锅炉），有关数据见表 1—11，表中型式符号是旧符号，KZ表示“快装纵置”式。

外燃式与内燃式相比，炉膛容积较大而水冷程度较低，有利于燃用较低质的煤种。

但锅炉的外形尺寸较大，不如内燃式紧凑。锅壳也不能完全作为锅炉外壳，需要有炉墙砌体。

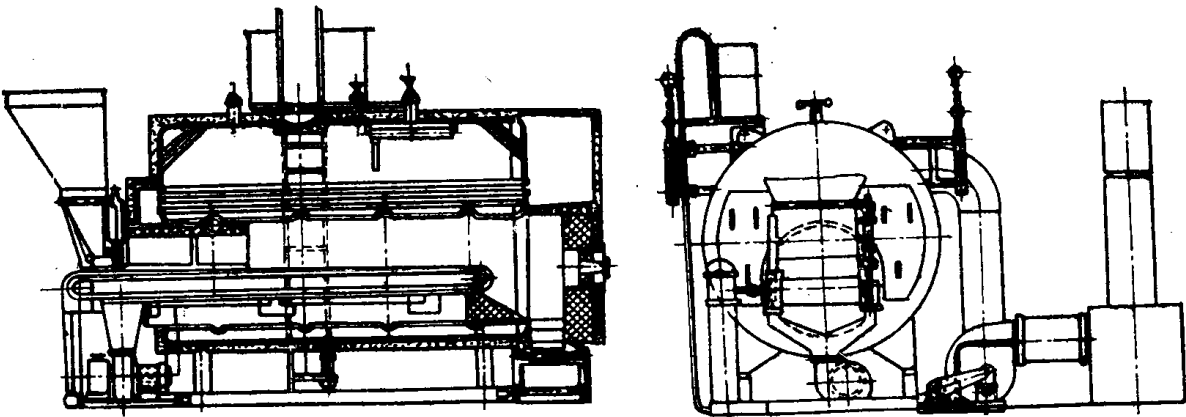


图 1-1 卧式内燃烟火管锅炉

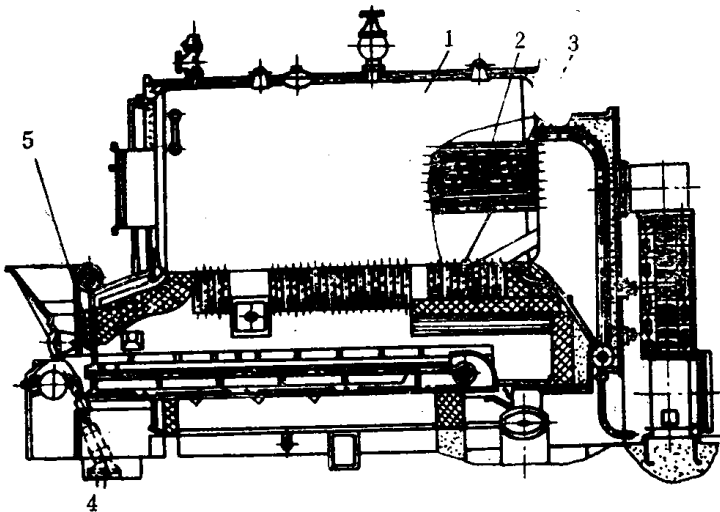


图 1-5 卧式外燃水水管锅炉

1—锅筒 2—烟管 3—水冷壁 4—液压传动装置 5—链条炉排

表 1—10

几种卧式内燃烟火管锅炉

锅 炉 型 号		WNL2—13—AⅡ	WNL4—13—AⅡ	WNS1—10—Y	WNS2—13—Q
额 定 出 力	t/h	2	4	1	2
额定出口蒸汽压力	atg	13	13	10	13
给 水 温 度	°C	20,60	20,60	20	20
排 烟 温 度	°C	220~230	220~230	270	180
设 计 效 率	%	74	74	80	85
辐射受热面面积	m ²	7.2	7.6	25	44
对流受热面面积	m ²	72	139		
炉 排 长 度	m	4.31	4.16	—	—