

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

锅炉及锅炉房设备

杜渐 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

锅炉及锅炉房设备

杜 渐 主编
夏喜英 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高职高专“十五”规划教材。本书力求汲取国内、外最新的技术信息,试图从锅炉与锅炉房的设计、运行、维护和管理角度,介绍其种类、组成、构造、工作原理及选型计算等内容。主要内容包括锅炉房设备的基本知识、燃烧与燃烧计算、锅炉的热平衡、锅炉的燃烧设备、锅炉构造、锅炉的炉型及选择、锅炉房的燃料供给与灰渣处理、锅炉的烟气净化、锅炉的给水处理、锅炉房的汽、水系统与锅炉房布置、锅炉受压元件强度计算和本体热力计算、锅炉的运行管理等。

本书主要作为供热通风与空调工程专业的教材,也可作为函授和自考辅导教材或供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉及锅炉房设备/杜渐主编. —北京:中国电力出版社, 2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 978-7-5083-1680-2

I. 锅… II. 杜… III. ①锅炉-高等学校:技术学校-教材②锅炉房-设备-高等学校:技术学校-教材
IV. TK22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 122234 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 2 月第一版 2008 年 5 月北京第三次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 19 印张 441 千字

定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。

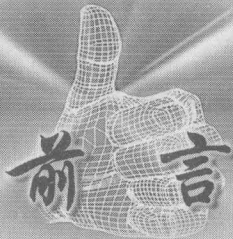
高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇二年十二月



“锅炉及锅炉房设备”是供热通风与空调专业的一门重要课程。本书是为职业技术学院和高等专科学校该课程的教学编写的，也可以作为中等职业学校同类专业的教材。

我国幅员辽阔，各地的供热政策不尽相同，对锅炉与锅炉房的要求也相差甚大。例如，区域供热能耗高、投资大，在经济发达的国家已不再采用；但是由于我国煤炭资源比较丰富，煤的价格比较便宜，区域供热有利于环境保护，所以在我国北方采用较多（如在太原为区域供热建造的一个锅炉房拥有 2 台 90t/h 的燃煤链条锅炉）。而在北京、上海等城市，出于环境保护的需要，不准再新建燃煤或燃重油锅炉。我国加入 WTO 之后，进口的锅炉也越来越多。而且各地的学校为了适应当地经济的发展，满足学生就业的需要，培养目标与教学内容也有或多或少的差异。因此，各地对教材内容要求的多样化，使我们在编写教材中感到棘手。

本书参考汲取国内、外最新的技术信息，从锅炉与锅炉房的设计、运行、维护和管理 的角度，介绍了其种类、组成、构造、工作原理及选型计算等内容。考虑到电力类的学校的需要，增加了少量本体热力计算的内容，作为部分学校选学内容。

本书由南京职业教育中心的高级讲师杜渐主编，他负责编写了第一、二、三、四、五、六、七和八章；太原电力高等专科学校的李东雄副教授编写了第九、十、十二章及第十一章第一、二、三节；南京职业教育中心的田华老师编写了第十三章，袁发崇老师参加了第十二章第四、五节的编写。

本书承蒙黑龙江建筑职业技术学院夏喜英教授主审，她结合自己多年的教学和实践经验，提出了许多宝贵意见，在此谨致诚挚的谢意。

在编写中，我们得到了德国布德鲁斯（Buderus）热力技术有限公司天津分公司、德国瓦尔特·德莱斯勒（Dreizler）燃烧技术有限公司和德国威能（Vaillant）燃气技术有限公司的大力支持，在编写中还参考了其他一些有关书籍，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上国内、外锅炉技术和标准的发展和更新很快，书中一定存在不少漏误之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2003 年 6 月



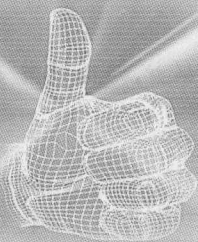
目录

序
前言

第一章 锅炉房设备的基本知识	1
第一节 锅炉房设备的组成.....	1
第二节 锅炉的基本特性与型号.....	3
复习题.....	7
第二章 燃料与燃烧计算	8
第一节 锅炉的燃料.....	8
第二节 燃料的成分与分析.....	10
第三节 燃料的发热量.....	12
第四节 锅炉中燃料的燃烧计算.....	15
复习题.....	23
第三章 锅炉的热平衡	24
第一节 锅炉的热平衡方程.....	24
第二节 锅炉的各项热损失.....	26
第三节 锅炉的热效率.....	31
第四节 锅炉的燃料消耗量及锅炉能耗.....	34
复习题.....	35
第四章 锅炉的燃烧设备	37
第一节 煤的燃烧过程和炉膛.....	37
第二节 手烧炉.....	40
第三节 链条炉排炉.....	42
第四节 往复推动炉排炉.....	47
第五节 抛煤机炉.....	48
第六节 煤粉炉.....	50
第七节 沸腾炉.....	52

第八节 燃油、燃气锅炉	54
复习题	74
第五章 工业锅炉的构造	75
第一节 锅筒及其内部装置	75
第二节 水冷壁与对流管束	78
第三节 蒸汽过热器	80
第四节 省煤器	81
第五节 空气预热器	83
第六节 锅炉构架与炉墙	84
第七节 锅炉附件	87
复习题	95
第六章 锅炉的炉型及选择	96
第一节 锅炉的炉型	96
第二节 锅炉炉型的选择	113
复习题	117
第七章 锅炉房的燃料供给与除灰渣	118
第一节 燃料的贮存与供给系统	118
第二节 燃煤锅炉房的灰渣系统和设备	135
复习题	142
第八章 锅炉的烟气净化	144
第一节 烟气与烟尘的排放标准	144
第二节 除尘设备与烟气的脱硫	147
第三节 除尘器的选用	152
复习题	156
第九章 锅炉的通风	157
第一节 锅炉的通风方式	157
第二节 锅炉风烟道阻力计算	158
第三节 烟囱的计算	174
第四节 风机的选择	177
复习题	179

第十章 锅炉给水的处理	181
第一节 水质指标和水质标准	181
第二节 离子软化水处理及软化设备	187
第三节 离子软化除碱水处理	195
第四节 沉淀软化处理和锅内加药水处理	202
第五节 锅炉给水的除氧	207
复习题	209
第十一章 锅炉房的汽(热水)、水系统与锅炉房布置	211
第一节 蒸汽锅炉给水系统和热水锅炉热力系统	211
第二节 给水和热力系统设备及连接管道	216
第三节 蒸汽系统、排污系统及汽水管道材料	223
第四节 锅炉房的设计与锅炉房的布置	228
第五节 锅炉房设计布置示例	231
复习题	241
* 第十二章 锅炉受压元件强度计算和本体热力计算	242
第一节 锅炉受压元件强度计算基本参数的确定	242
第二节 圆筒形元件的强度计算	246
第三节 凸形封头及平端盖的强度计算	255
第四节 孔的加强计算	259
第五节 锅炉本体的热力计算	264
第六节 传热温压和平均流速的确定	275
第七节 对流受热面传热计算方法概要	277
复习题	280
第十三章 锅炉房的运行管理	282
第一节 锅炉房的运行管理	282
第二节 锅炉事故	291
复习题	295
参考文献	296



锅炉房设备的基本知识

第一节 锅炉房设备的组成

自人类发现火以后,各种燃料被用来产生热能。锅炉就是一种使燃料的化学能转化为热能、生产热水或蒸汽的设备。在锅炉的燃烧室中,燃料释放出来的热量通过热辐射和烟气对流与水产生了热交换,在辅助受热面中进一步将烟气的温度冷却到可以排放的温度,水被加热成具有一定的温度和压力的蒸汽或热水,供民用(例如采暖、食堂和浴室的供热等)和工业用(例如驱动机械、发电、造纸等)。

一、锅炉的分类

锅炉的类型很多,分类的方法也不同,下面是常用的一些分类方式:

(1) 按烟气在锅炉中流动方式的不同,有火管锅炉(烟气在管内流动,水在管外流动)、水管锅炉(烟气在管外流动,水在管内流动)和水火管锅炉(前两者的结合)。

(2) 按锅筒放置方式的不同,有立式锅炉和卧式锅炉。

(3) 按压力的不同,有低压锅炉(设计工作压力不大于 2.5MPa)、中压锅炉(设计工作压力在 2.5~3.9MPa)、高压锅炉(设计工作压力在 3.9~10MPa)和超高压锅炉(设计工作压力大于 10MPa)。

(4) 按运输安装的不同,有快装锅炉、组装锅炉和散装锅炉。

(5) 按能源的不同,有燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、垃圾锅炉、余热锅炉、电锅炉等。

(6) 按锅炉生产的热媒不同,有热水锅炉(高温水锅炉——供水温度在 115℃以上、中温水锅炉——供水温度在 95℃左右、低温水锅炉——供水温度在 70℃以下)、蒸汽锅炉(饱和蒸汽与过热蒸汽锅炉)和汽水两用锅炉。

(7) 燃煤锅炉按燃烧方式的不同,有层燃炉、悬浮燃烧炉、流化床炉(沸腾炉)等。

(8) 燃油或燃气锅炉按锅筒材料的不同,有铸铁锅炉、钢制锅炉和硅铝合金锅炉(用于燃烧值锅炉)。

(9) 燃油或燃气锅炉按烟气的流程不同,有三回程、分流回程、逆火焰回程、翻转式回程、坠落式回程等锅炉,如图 1-1 所示。

(10) 按锅内水循环的方式不同:有自然循环锅炉和强制循环锅炉。

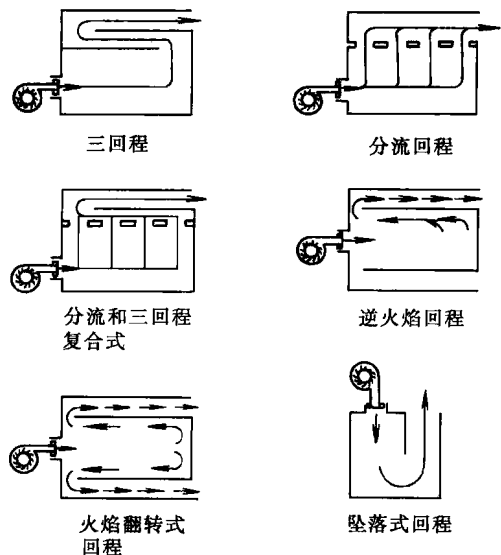


图 1-1 根据烟气流程的分类

运行, 还需要一些配套设备和控制系统。

(1) 燃料供给系统: 使锅炉有充足的燃料能够保证连续燃烧, 各种燃料的供给设备各不

二、锅炉房设备的组成

锅炉房设备主要由两部分组成:

1. 锅炉本体

(1) 炉 (燃烧室): 是燃烧、放热设备, 燃料在这里将化学能转变成烟气的热能。对于各种燃料有不同的燃烧设备。

(2) 锅: 是吸热并产生蒸汽或热水的设备。在这里, 烟气的热能转化成蒸汽和水的热能。它主要由锅筒、集箱、水冷壁、对流管束等组成。

(3) 辅助受热面: 是辅助的加热设备。在这里, 继续降低烟气温度, 加热蒸汽 (过热器)、预热锅炉给水 (省煤器)、预热空气 (空气预热器) 等。

2. 锅炉的辅助设备

为了保证锅炉的正常工作、经济和安全地

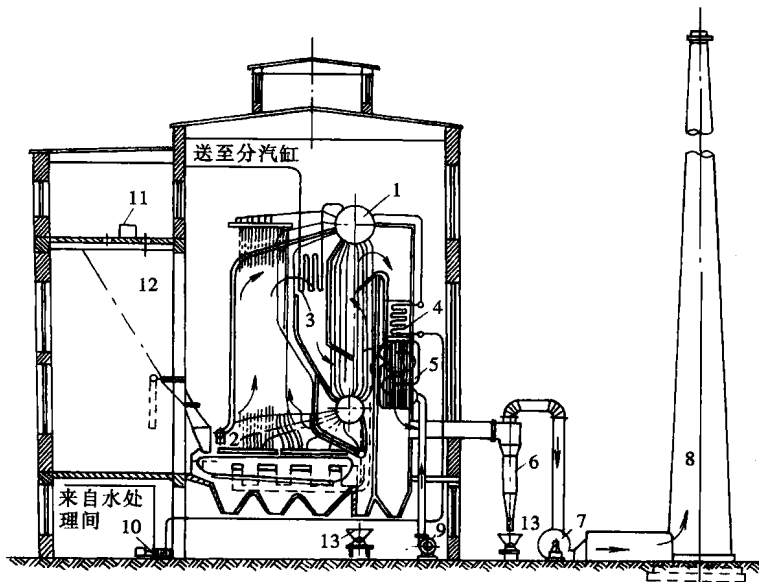


图 1-2 燃煤锅炉房设备示意图

- 1—锅筒; 2—链条炉排; 3—蒸汽过热器; 4—省煤器; 5—空气预热器;
6—除尘器; 7—引风机; 8—烟囱; 9—送风机; 10—给水泵;
11—皮带运输机; 12—煤仓; 13—灰车

相同。

(2) 排渣系统：在燃煤锅炉中保证灰渣能够及时、顺利地排出，它主要由排渣机组成。

(3) 送、引风系统：送入适量的空气、保证燃料在燃烧室中能够完全地燃烧，并将烟气顺利地排出，它主要有送、引风机，风管和烟管等。

(4) 给水系统：处理和供给锅炉用水，它由水处理设备、水箱、给水泵和管路等组成。

(5) 蒸汽、热水供应系统：锅炉产生的蒸汽通过分汽缸和管网分送到各用户，再通过凝结水管道和凝结水水箱回到锅炉；锅炉产生的热水通过分水器、热水泵和管网送到用户，再通过回水管回到锅炉。

(6) 调节控制系统：它保证锅炉能够安全、节能地工作，并随时地进行调节。它主要有安全仪表（安全阀、水位计、压力表、温度计等）、调节装置（调节风量、燃料等）、阀门与芯片等。

图 1-2 所示为燃煤锅炉房设备示意图。

第二节 锅炉的基本特性与型号

一、锅炉的基本特性

为了表明各类锅炉的构造、容量、参数和运行的经济性等特点，一般采用下列指标来表示锅炉的基本特性。

1. 锅炉的生产能力

(1) 蒸发量：在额定参数下，蒸汽锅炉每小时能够连续产生的蒸汽量，符号用 D 表示，单位是 t/h 。

(2) 热功率（供热量）：在额定参数下，热水锅炉连续产生的额定供热量，符号用 Q 表示，单位是 kW 、 MW 。

热功率与蒸发量之间的关系为：

$$Q = 0.000278 D (h_q - h_{jg}) MW \quad (1-1)$$

式中 D ——锅炉的蒸发量， t/h ；

h_q 、 h_{jg} ——分别为蒸汽和给水的焓， kJ/kg 。

热水锅炉的热功率可由式 (1-2) 计算：

$$Q = 0.000278 G (h_{cs} - h_{jg}) MW \quad (1-2)$$

式中 G ——热水锅炉每小时送出的水量， t/h ；

h_{cs} 、 h_{jg} ——锅炉供、回水的焓， kJ/kg 。

2. 额定参数

在锅炉设计效率下，锅炉中的蒸汽或热水应该达到的压力和温度（见表 1-1、表 1-2）。

(1) 压力：为蒸汽锅炉出汽口处的蒸汽额定压力或热水锅炉出水口处的热水额定压力（表压力），符号用 p 表示，单位为 MPa 。

表 1-1 蒸汽锅炉参数系列

额定蒸发量 ^① (t/h)	额定出口蒸汽压力 (表压) (MPa)										
	0.4	0.7	1.0	1.25		1.6		2.5			
	额定出口蒸汽温度 (°C)										
	饱和	饱和	饱和	饱和	250	350	饱和	350	饱和	350	400
0.1	+										
0.2	+										
0.5	+	+									
1	+	+	+								
2		+	+	+			+				
4		+	+	+			+		+		
6			+	+	+	+	+	+	+		
8			+	+	+	+	+	+	+		
10			+	+	+	+	+	+	+	+	+
15				+	+	+	+	+	+	+	+
20											
35				+			+	+	+	+	+
65										+	+

①表中的额定蒸发量, $D < 6\text{t/h}$ 的饱和蒸汽锅炉是 20°C 给水温度情况下的额定蒸发量; $D \geq 6\text{t/h}$ 的饱和蒸汽锅炉及过热蒸汽锅炉是 105°C 给水温度情况下的额定蒸发量。

表 1-2 热水锅炉参数系列

额定热功率 (MW)	额定出口/进口出水温度 (°C)									
	95/70		115/70		130/70		150/90		180/110	
	允许工作压力 (表压) (MPa)									
	0.4	0.7	1.0	0.7	1.0	1.0	1.25	1.25	1.6	2.5
0.1	+									
0.2	+									
0.35	+	+								
0.7	+	+		+						
1.4	+	+		+						
2.8	+	+	+	+	+	+	+	+		
4.2		+	+	+	+	+	+	+		
7.0		+	+	+	+	+	+	+		
10.5					+		+	+		
14.0					+		+	+		
29.0							+	+	+	
46.0									+	+
58.0									+	+
116.0									+	+

(2) 温度: 为过热蒸汽锅炉出口处过热蒸汽的温度或热水锅炉出口处热水的温度, 符号用 t 表示, $^\circ\text{C}$ 。

3. 经济性指标

(1) 锅炉的热效率: 为锅炉有效利用的热量与单位时间内送进锅炉的燃料在完全燃烧时

发出的热量之比。燃煤锅炉的效率为 60% ~ 80%，国外生产的一些燃气或燃油锅炉的效率可高达 90% ~ 95% 以上。

(2) 受热面蒸发率、受热面发热率：锅炉受热面是指汽锅和附加受热面等与烟气接触的金属表面积，一般以烟气放热的一侧来计算，符号用 H 表示，单位为 m^2 。受热面蒸发率为蒸汽锅炉每 m^2 受热面每小时所产生的蒸汽量，符号用 D/H 表示，单位为 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；受热面发热率为热水锅炉每 m^2 受热面每小时所产生的热量，符号用 Q/H 表示，单位为 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

同一台锅炉各受热面所处的烟气温度不同，其受热面蒸发率或发热率有很大的差异。例如，炉内辐射受热面的蒸发率可达 $80\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 左右，而对流受热面的蒸发率就只有 $20 \sim 30\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。因此，对整台锅炉的总受热面来说，这个指标只反映蒸发率的一个平均值。

鉴于各种型号的锅炉参数不尽相同，为了便于比较，就引入了“标准蒸汽”（在 1 标准大气压下的干饱和蒸汽）的概念，其焓值为 $2676\text{kJ}/\text{kg}$ ，把锅炉的实际蒸发量 D 换算为标准蒸汽蒸发量 D_{bz} ，受热面蒸发率以 D_{bz}/H 表示：

$$\frac{D_{\text{bz}}}{H} = \frac{D(h_{\text{q}} - h_{\text{g}})}{2676H} \times 10^3 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \quad (1-3)$$

一般蒸汽锅炉的 $D/H < 30 \sim 40\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，热水锅炉的 $Q/H < 83700 \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 或 $< 0.02325\text{MW}/\text{m}^2$ 。

受热面蒸发率和受热面发热率是表示锅炉的工作强度指标，其数值较高，则表示传热较好，锅炉所耗金属量较少。但是， D/H 值较大，锅炉排出的烟气温度也较高，未必经济，所以这一指标不能真实反映锅炉运行的经济性。

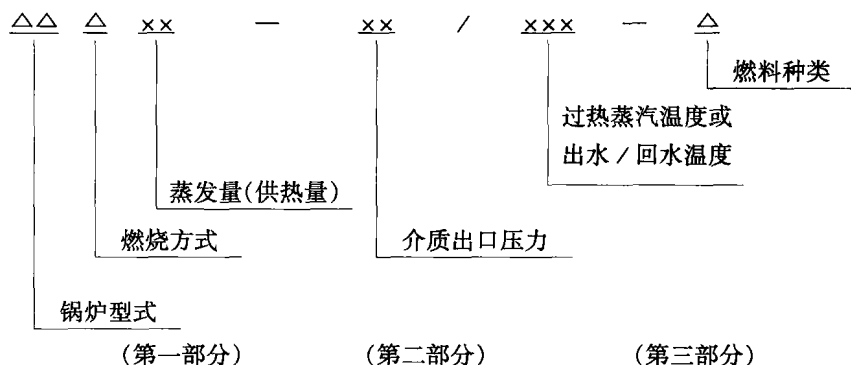
(3) 锅炉的金属耗率：为制造锅炉时用的金属材料质量与额定蒸发量之比，也称钢水比。一般锅炉的金属耗率为 $2 \sim 6$ ，即制造一台蒸发量为 $1\text{t}/\text{h}$ 的锅炉，大约需用 $2 \sim 6\text{t}$ 钢材。

(4) 锅炉的耗电率：为锅炉房生产 1t 蒸汽耗用电的度数，单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。

(5) 燃料水比：为锅炉单位时间内的燃料消耗量和该段时间内产生的蒸汽量之比。当燃料是煤的则称为煤水比。煤水比一般为 $1:6 \sim 1:7.5$ 。

二、锅炉的型号

我国的锅炉型号由三部分组成，各部分之间用短横线隔开，表示形式如下：



型号的第一部分共分三段：第一段用两个汉语拼音字母代表锅炉本体型式（表 1-3）；第

二段用一个汉语拼音字母代表燃烧方式(表 1-4); 第三段用阿拉伯数字表示蒸发量。

型号的第二部分共分两段, 中间以斜线分开: 第一段用阿拉伯数字表示蒸汽出口压力; 第二段用阿拉伯数字表示过热蒸汽(或热水)的温度。对于生产饱和蒸汽的锅炉, 则没有斜线和第二段。

型号的第三部分用汉语拼音字母代表燃料种类(表 1-5), 同时以罗马数字与其并列代表燃料分类。

表 1-3 锅炉型式的代号

锅炉本体型式	代 号	锅炉本体型式	代 号	锅炉本体型式	代 号
立式水管	IS	单锅筒纵置式	DZ	卧式内燃	WN
立式火管	LH	双锅筒纵置式	SZ	卧式外燃	WW
卧式快装	KZ	热水锅炉	RS	纵横锅筒式	ZH
双锅筒横置式	SH	废热锅炉	FR	强制循环式	QX

表 1-4 锅炉燃烧方式的代号

燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号
固定炉排	G	燃气炉	Q	振动炉排	Z	沸腾炉	F
链条炉排	L	燃油炉	Y	抛煤机	P	室燃炉	S

表 1-5 燃料种类的代号

燃料种类	代 号	燃料种类	代 号	燃料种类	代 号
I 类无烟煤	WI	I 类烟煤	AI	柴油	Y _c
II 类无烟煤	WII	II 类烟煤	AII	重油	Y _z
III 类无烟煤	WIII	III 类烟煤	AIII	天然气	Q _T
型 煤	X	木柴	M	焦炉煤气	Q _J
褐 煤	H	稻糠	D	液化石油气	Q _Y

例如 KZ14-1.3-W II 表示卧式快装锅炉, 采用链条炉排, 蒸发量为 4t/h, 蒸汽压力为 1.3MPa, 温度为饱和蒸汽温度, 燃用 II 类无烟煤, 按原设计制造; SH120-2.5/350-A II 表示双锅筒横置式锅炉, 采用链条炉排, 蒸发量为 20t/h, 蒸汽压力为 2.5MPa, 过热蒸汽温度为 350℃, 燃用 II 类烟煤。

锅炉房的大小主要取决于锅炉房容量的大小, 一般按单台锅炉容量和锅炉房总容量分类:

- (1) 小型锅炉房: 单台锅炉容量 $\leq 4\text{t/h}$, 总容量 $< 20\text{t/h}$;
- (2) 中型锅炉房: 单台锅炉容量为 6t/h、10 t/h 或 20t/h, 总容量为 20 ~ 60t/h;
- (3) 大型锅炉房: 单台锅炉容量 $> 20\text{t/h}$, 总容量 $> 60\text{t/h}$ 。

复 习 题

1. 请简述锅炉房设备的组成与分类。
2. 什么是蒸发量？什么是热功率？它们之间如何换算？
3. 什么是锅炉的热效率？
4. 说出锅炉型号 DZL4-1.25-A II、SZS10-1.27-Y 各部分的含义。



燃料与燃烧计算

采暖、中央空调、生活和生产所需要的热能主要是通过锅炉中燃料的燃烧来获得的。燃料是几百万年前由植物和微生物形成的，并储藏在地壳里。

燃料的种类和特性，与燃烧设备的选用、锅炉的安全经济的运行有着密切的关系。因此，了解燃料的分类、组成、特性和燃烧的过程十分重要。

燃料的燃烧计算是锅炉热力计算的一部分，计算燃烧所需的空气量和产生的烟气量，为锅炉的热平衡计算和送、引风机的选择提供可靠的依据。

第一节 锅炉的燃料

锅炉的燃料分为三大类：固体燃料、液体燃料和气体燃料。

一、固体燃料

在我国，锅炉使用的固体燃料有煤、油页岩、木柴、垃圾、煤矸石等。常使用的煤有无烟煤（又称白煤，挥发分含量很少、含碳量很高，着火困难、不易燃尽烧透，燃烧无烟）、烟煤（含碳量高、挥发分也高，易于着火和燃烧，燃烧时多烟）、褐煤（挥发分很高，容易着火，含水量高，燃烧时多烟）等。各地的固体燃料的成分很不相同，由于其运输困难、运行的劳动量大，特别是燃烧产生的烟尘和二氧化硫气体污染严重，在许多大、中城市已经被限制使用。

二、液体燃料

液体燃料主要是石油冶炼产品，例如燃油（轻柴油、重油等）。我国拟订的设计用代表性燃油的品种见表 2-1。燃油主要有以下几个特性：

(1) 黏度：反映燃油流动性的高低，影响燃油的运输和雾化质量。我国衡量油的黏度采用恩氏黏度，即在一定温度下，200mL 重油从恩氏黏度计中流出的时间与 20℃ 时同体积蒸馏水流出的时间的比值，用 $^{\circ}\text{E}$ 表示。油的黏度在 80 ~ 30 $^{\circ}\text{E}$ 时，才能保证油在管中顺利输送。燃油按其黏度分为 20、60、100、200 号四种牌号。小型锅炉一般使用 20 号燃油，在 20℃ 时的运动黏度最大为 6 mm^2/s 。燃油的黏度与它的成分、温度、压力有关。燃油的平均分子量越大，其黏度越高；燃油的平均分子量越小，其黏度越低。燃油的黏度随着温度的升高而降低，随着温度的降低而升高。所以 100 号以上的燃油需要预热。

(2) 密度：油的密度与其温度有关，以 20℃ 时的密度作为标准密度，它一般在 0.8 ~ 0.98 t/m^3

之间。常用轻柴油的密度约在 $0.8\text{t}/\text{m}^3$ 。

表 2-1 设计用代表性燃油品种

名称	W_{gr} [%/(m/m)]	A_{gr} [%/(m/m)]	C_{gr} [%/(m/m)]	H_{gr} [%/(m/m)]	O_{gr} [%/(m/m)]	S_{gr} [%/(m/m)]	N_{gr} [%/(m/m)]	Q_{gr}^{dw} ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	相对密度
200号重油	2	0.026	83.976	12.23	0.568	1	0.2	41868	0.92~1.01
100号重油	1.05	0.05	82.5	12.5	1.91	1.5	0.49	40612	0.92~1.01
渣油	0.4	0.03	86.17	12.35	0.31	0.26	0.48	41797	
0号轻柴油	0	0.01	85.55	13.49	0.66	0.25	0.04	42915	

(3) 凝固点：是指燃油丧失流动性开始凝固时的温度。取试样放在一定的试管中冷却，并将它倾斜 45° ，若试管中的油面经过 1min 保持不变，这时的油温即为其凝固点。它根据易熔性分成不同的等级。易熔的燃油（在国外，为了不用错，将这种燃油染成红色，与柴油类似），在常温下黏稠度低，民用和商业用锅炉都使用它；在燃烧前，难熔的燃油要加热到 $100\sim 150^\circ\text{C}$ 才能达到足够的流动性，只用于工业。0号轻柴油、100号重油、200号重油的凝固点分别为 0°C 、 25°C 和 36°C 。

(4) 闪点和燃点：将燃油加热，油面上油蒸气与空气的混合物与明火接触时发生短暂的闪光，一闪即灭，这时燃油的温度称为闪点。当油面上的油气与空气的混合物遇明火能着火，连续燃烧时的最低温度称为油的燃点。一般油的燃点比它的闪点高 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ，燃油的闪点为 $80\sim 130^\circ\text{C}$ ，油的加热温度必须低于油的闪点。

(5) 燃油的含硫量（质量分数）：各个国家有不同的要求，德国最严，限制在 0.20% 以下。

(6) 浑浊点：是燃油刚开始产生浑浊时的温度，它是由于析出能堵塞油管的固体状的分引起的。轻柴油浑浊点一般在 3°C 左右，在 -9°C 时油泵就不能泵吸了，在 -12°C 时就达到不可过滤的界限。

三、气体燃料

气体燃料一般有天然气（它来自地壳中的石油、主要成分是甲烷）、液化气（由丙烷和丁烷组成，产生于石油的冶炼）、人工煤气（对煤进行焦化时产生）、水煤气（由水蒸气和炽热的焦炭产生）、城市煤气（它是由约 70% 的人工煤气和 30% 的水煤气等混合而成）。民用锅炉一般使用天然气和城市煤气，家用锅炉也有使用液化气的。由于城市煤气在生产中污染大、耗能高，在经济发达的国家已经很少使用，在我国也不再发展了。

一定量的燃气体积与当时的气体状态（气体压力和气体温度）有关。所以，要得到燃气的准确数据，必须知道燃气的压力和温度，要考虑标准状态和运行状态。标准状态是指燃气温度为 0°C 、气体绝对压力为 101.3kPa 时的状态。运行状态是指燃气在使用点的状态，运行状态的温度通常在 $0\sim 20^\circ\text{C}$ ，运行的绝对压力由当地的大气压和燃气的计示压力得出。

相对密度（见表 2-2）是在标准状态下，燃气密度与空气密度之比。燃气相对密度 > 1 时，燃气在空气中下沉，燃气相对密度 < 1 时，燃气在空气中上浮。