

中等专业学校供热通风与空调专业系列教材

锅炉与 锅炉房设备

夏喜英 主编



中国建筑工业出版社



中等专业学校供热通风与空调专业系列教材

锅炉与锅炉房设备

夏喜英 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书是普通中等专业学校供热通风与空调专业“锅炉与锅炉房设备”课程教材。

本书主要叙述工业锅炉及锅炉房设备的组成、种类、构造及工作原理等基本知识,同时还介绍了锅炉房工艺设计、锅炉房运行管理方面的知识。对于锅炉房设备的选择计算,书中列举了例题,各章还附有思考复习题和计算题,便于读者复习和自学。

本书也可供从事锅炉施工安装和运行管理的技术人员参考。

中等专业学校供热通风与空调专业系列教材

锅炉与锅炉房设备

夏喜英 主编

*

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

北京富生印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:14 字数:341千字

1995年6月第一版 1999年6月第四次印刷

印数:22,101-27,100册 定价:17.20元

ISBN 7-112-02421-8

G·213 (7479)

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)

前 言

本书是根据建设部颁发的中等专业学校供热通风与空调专业“锅炉与锅炉房设备”教学大纲编写的。

本书主要叙述工业锅炉及锅炉房设备的组成、构造、原理等基本知识，同时还介绍了锅炉房工艺设计及锅炉房运行管理方面的知识。

本书的主要特点是锅炉房部分用一锅炉房设计例题贯穿始终，使学生理论密切联系实际，有利于培养学生分析和解决问题的能力。本书编写时力求文字叙述通俗易懂，简明扼要。内容上贯彻有关的现行新规范、新标准。全书采用法定计量单位。

本书由黑龙江省建筑工程学校夏喜英主编，各章编写分工如下：

第一、三、十、十二、十三、十四章由黑龙江省建筑工程学校夏喜英编写；

第四、五、六、七、八章由黑龙江省轻工设计院魏晓枫编写；

第二、九、十一章由黑龙江省建筑设计研究院王建华编写。

本书由长春建筑高等专科学校范惠民担任主审。

由于编者水平有限，错误在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 锅炉房设备的基本知识	1
第一节 锅炉的分类	1
第二节 锅炉房设备的组成	1
第三节 锅炉的主要性能指标	3
第四节 工业锅炉的规格与型号	5
第二章 燃料与燃烧计算	8
第一节 工业锅炉的燃料	8
第二节 燃料的元素成分	9
第三节 煤的工业分析	12
第四节 煤的分类	14
第五节 燃料的燃烧计算	16
第三章 锅炉的热平衡	21
第一节 锅炉热平衡方程	21
第二节 锅炉的输入热量	22
第三节 锅炉的各项热损失	22
第四节 锅炉的效率	26
第五节 锅炉的燃料消耗量	28
第四章 工业锅炉构造	30
第一节 锅筒及其内部装置	30
第二节 水冷壁及对流管束	34
第三节 蒸汽过热器	36
第四节 省煤器	36
第五节 空气预热器	38
第六节 炉墙	39
第七节 吹灰器	40
第八节 锅炉构架	41
第九节 水位计	41
第十节 蒸汽锅炉给水自动调节装置	43
第十一节 安全阀及水位警报器	45
第五章 锅炉的燃烧设备	48
第一节 煤的燃烧过程和燃烧条件	48
第二节 炉膛	50
第三节 手烧炉	51
第四节 双层炉排炉	52
第五节 链条炉	53
第六节 往复推动炉排炉	55

第七节	抛煤机炉	56
第八节	煤粉炉	58
第九节	燃油炉	59
第十节	沸腾炉	61
第六章	工业锅炉的炉型及选择	64
第一节	锅炉型式的发展简况	64
第二节	立式锅壳锅炉	65
第三节	卧式水火管锅炉	66
第四节	水管锅炉	67
第五节	热水锅炉	70
第六节	锅炉炉型的选择	72
第七章	锅炉房的运煤与除灰渣	77
第一节	锅炉房的耗煤量和灰渣量	77
第二节	贮煤场与灰渣场	79
第三节	锅炉房的运煤系统及设备	81
第四节	锅炉房除灰渣系统及设备	87
第八章	锅炉的烟气净化	91
第一节	烟尘的危害与排放标准	91
第二节	除尘设备	93
第三节	除尘器的选用	97
第四节	烟气的脱硫与脱硝简述	99
第九章	锅炉的通风	100
第一节	锅炉的通风方式	100
第二节	风、烟管道的的设计	101
第三节	风、烟管道的阻力计算	103
第四节	烟囱的计算	105
第五节	风机的选择	108
第十章	锅炉给水处理	116
第一节	水中杂质及其危害	116
第二节	水质指标与水质标准	117
第三节	锅炉给水的过滤	121
第四节	阳离子交换软化及除碱	121
第五节	离子交换设备及其运行	124
第六节	离子交换设备的选择计算	130
第七节	食盐溶液制备系统	132
第八节	锅炉给水的其他软化法	134
第九节	锅炉给水的除氧	136
第十节	锅炉给水的除铁	140
第十一节	锅炉排污量计算	141
第十二节	锅炉水处理方法的选择	143
第十一章	锅炉房的汽(热水)、水系统	145
第一节	锅炉房的给水系统	145

第二节	给水系统的设备	147
第三节	蒸汽系统	152
第四节	排污系统	153
第五节	热水系统	155
第六节	汽水管道的选择	156
第七节	锅炉房的热力系统图	158
第十二章	热工测量仪表	163
第一节	热工测量仪表的基本知识	163
第二节	温度测量仪表	165
第三节	压力测量仪表	168
第四节	流量测量仪表	172
第五节	液位测量仪表	174
第六节	锅炉房热工仪表系统	175
第十三章	工业锅炉房工艺设计	179
第一节	锅炉房设计的原则及程序	179
第二节	设计的原始资料	181
第三节	锅炉房的位置	182
第四节	锅炉房的布置	183
第五节	对有关专业的技术要求	186
第六节	锅炉房设计布置示例	188
第十四章	工业锅炉房的运行管理	196
第一节	锅炉事故	196
第二节	工业锅炉的运行管理	199
附 录	208

第一章 锅炉房设备的基本知识

第一节 锅炉的分类

锅炉是利用燃料燃烧释放的热能(或其他热能)加热给水或其他工质,从而生产规定参数(压力和温度)的蒸汽、热水或其他工质的设备。锅炉按其用途不同分为电站锅炉、工业锅炉、船用锅炉和机车锅炉。

船用锅炉和机车锅炉是专门用作船舶动力和机车动力的锅炉。电站锅炉是指专门用于火力发电厂的锅炉,其蒸汽出口压力在3.9MPa以上。用于为生产和生活提供蒸汽或热水的锅炉称为工业锅炉,其工质出口压力一般不超过2.5MPa。

作为供热之源,工业锅炉广泛用于国民经济的各个部门。如在化工、纺织、食品加工、医药等行业中,生产工艺需要大量的蒸汽。建筑采暖通风、农业温室、城市集中热水供应等也需要大量的蒸汽和热水。随着我国工农业生产的迅速发展,以及人民生活水平的不断提高,工业锅炉的应用将会更加广泛。

除按用途对锅炉分类外,还可以按其他方法对锅炉进行分类。如按输出工质不同,锅炉又可分为蒸汽锅炉、热水锅炉和汽水两用锅炉;按燃用燃料不同可分为燃煤锅炉、燃气锅炉和燃油锅炉;按设计工作压力不同可分为低压锅炉(设计工作压力不大于2.5MPa)、中压锅炉(设计工作压力为3.9MPa)、高压锅炉(设计工作压力为10MPa);燃煤锅炉可按燃烧方式不同分为层燃炉、悬燃炉和沸腾炉;按锅炉本体结构不同可分为火管锅炉和水管锅炉;按锅筒放置方式不同可分为立式和卧式锅炉;按其运输安装方式不同,又可分为整装(快装)锅炉、组装锅炉和散装锅炉。

第二节 锅炉房设备的组成

锅炉房设备包括锅炉本体及其辅助设备两部分。现将各部分的主要部件及设备简述如下:

一、锅炉本体

锅炉本体主要是由“锅”与“炉”两部分组成。“锅”是指容纳锅水和蒸汽的受压部件,它由锅筒(又称汽包)、对流管束、水冷壁、集箱(联箱)、蒸汽过热器、省煤器和管道等组成,其任务是吸收燃料燃烧放出的热量,使水加热成为规定压力和温度的热水或蒸汽。

所谓“炉”是指锅炉中使燃料进行燃烧产生高温烟气的场所,它由燃烧设备、炉墙等组成,其任务是使燃料不断良好地燃烧,放出热量。“锅”与“炉”一个吸热,一个放热,是密切联系着的一个整体设备。

二、锅炉辅助设备

锅炉辅助设备是保证锅炉安全、经济和连续运行必不可少的组成部分,主要包括给水、通风、运煤除灰等设备以及一些控制装置。它们分别组成锅炉房的通风系统、运煤除灰系统、水、汽系统和仪表控制系统。下面以图1-1所示设置SHL型燃煤锅炉的锅炉房为例,对锅炉房设备作一简要介绍。

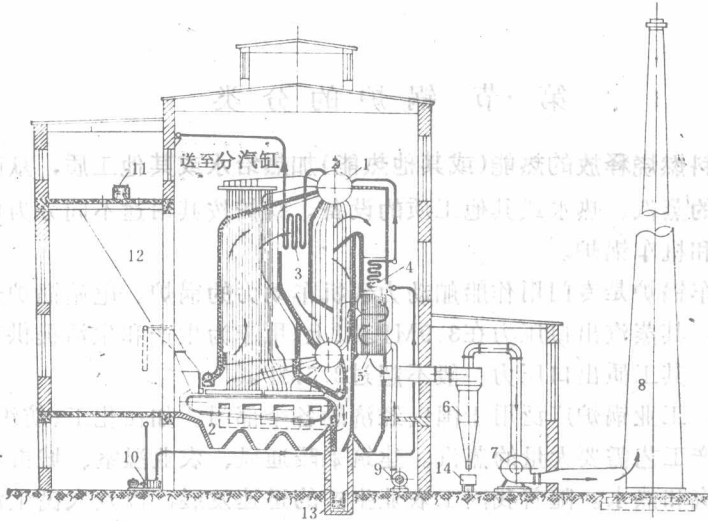


图 1-1 锅炉房设备简图

- 1—锅筒; 2—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—皮带输送机;
12—煤仓; 13—刮板除渣机; 14—灰车

1. 运煤、除灰系统 其作用是连续供给锅炉燃烧所需的燃料,及时地排走灰渣。如图1-1所示,煤由煤场运来,经碎煤机破碎后,用输煤皮带11送入煤仓12,再经煤斗靠自重落入炉排上;煤燃尽后的灰渣则由灰渣斗落到刮板除渣机13中,由除渣机将灰渣输送到灰渣场。

2. 通风系统 其作用是供给锅炉燃料燃烧所需要的空气,排走燃料燃烧所产生的烟气。空气经送风机9提高压力后,先送入空气预热器5,预热后的热风经风道送到炉排2下的风室中,穿过炉排缝隙进入燃烧层。

燃烧产生的高温烟气在引风机7的抽吸作用下,以一定的流速依次流过炉膛和各部烟道,烟气在流动过程中不断把热量传递给各个受热面,而使本身温度逐渐降低。

为了除掉烟气中携带的飞灰,以减轻对引风机的磨损和对大气的污染,在引风机前装设除尘器6,净化后的烟气经引风机提高压力后,经烟囱8排入大气。

锅炉房的通风系统和运煤除灰系统的工作流程,通过图1-2可以概括得更清楚。

3. 水、汽系统 其作用是不断向锅炉供给符合质量要求的水,将蒸汽或热水分别送到各个热用户。为了保证锅炉要求的给水质量,通常要设水处理设备(包括软化、除氧),经处理的水进入水箱,再由给水泵10加压后送入省煤器4,提高水温后进入上锅筒,一部分水经后部的对流管束进入下锅筒,通过下降管将水分配至左、右、后集箱,另一部分水经前

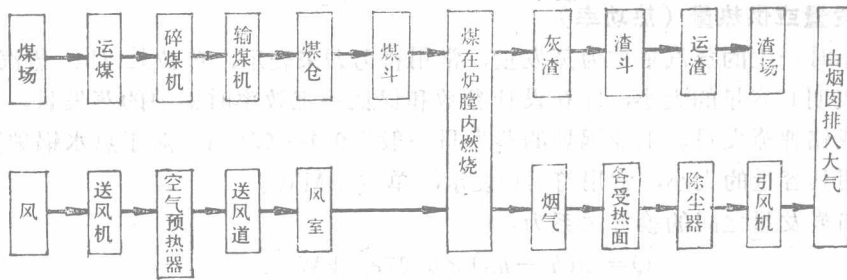


图 1-2 锅炉通风、运煤除灰系统方框图

下降管进入前集箱，各集箱中的水经水冷壁管受热汽化产生蒸汽，汽水混合物上升至上锅筒，蒸汽从上部引出进入蒸汽过热器，加热成过热蒸汽后送至分汽缸内，由此再分送到各用户的管道。蒸汽锅炉房的汽水系统见图1-3。

对于热水锅炉则有供、回水及补水系统。热水锅炉房的供、回水及补水系统方框图见图1-4。

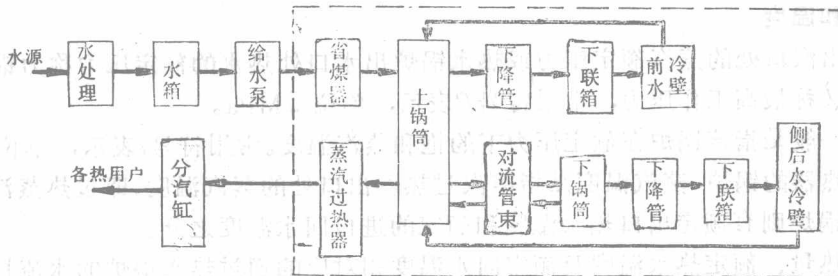


图 1-3 双锅筒蒸汽锅炉房汽水系统方框图

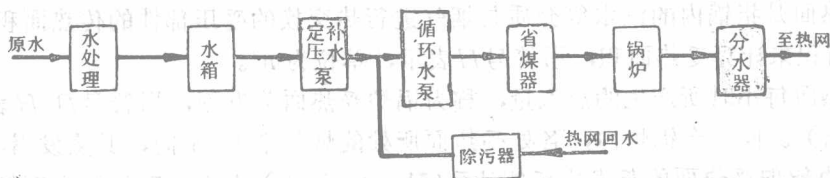


图 1-4 热水锅炉房供、回水及补水系统方框图

4. 仪表控制系统 为了使锅炉安全经济地运行，除了本体上装有仪表外，锅炉房内还装设各种仪表和控制设备，如蒸汽流量计、压力表、风压计、水位表以及各种自动控制设备。

锅炉的工作包括三个同时进行着的过程，即燃料的燃烧过程，高温烟气向水或蒸汽的传热过程，以及蒸汽的产生过程。其中任何一个过程进行得正常与否，都会影响锅炉运行的安全性和经济性。

第三节 锅炉的主要性能指标

为了表明锅炉的构造、容量、参数和运行的经济性等特点，通常用下述指标来表示锅炉的基本特性。

一、蒸发量或供热量（热功率）

锅炉每小时产生的蒸汽量称为蒸发量，常用符号 D 来表示，单位是 t/h 。蒸汽锅炉用额定蒸发量表明其容量的大小，即在设计参数和保证一定效率时锅炉的蒸发量，也称锅炉的额定出力或铭牌蒸发量。工业锅炉的蒸发量一般为 $0.1\sim 65t/h$ 。对于热水锅炉则用额定供热量来表明其容量的大小，常用符号 Q 表示，单位是 MW 。

供热量和蒸发量之间的换算关系为：

$$Q = D(h_1 - h_{g5}) \times 0.278 \text{ kW} \quad (1-1)$$

式中 D ——锅炉的蒸发量， t/h ；

h_1 、 h_{g5} ——分别为蒸汽和给水的焓， kJ/kg 。

供热量 $0.7MW$ 相当于蒸发量 $1t/h$ 。

对于热水锅炉

$$Q = G(h_{cs} - h_{rs}) \times 0.278 \text{ kW} \quad (1-2)$$

式中 G ——热水锅炉每小时供出的水量， t/h ；

h_{cs} 、 h_{rs} ——锅炉供水、回水的焓， kJ/kg 。

二、压力和温度

蒸汽锅炉出汽口处的蒸汽额定压力或热水锅炉出水口处热水的额定压力称为锅炉的额定工作压力，又称最高工作压力，常用符号 P 表示，单位是 MPa 。

蒸汽温度一般是指该锅炉在额定压力下的饱和蒸汽温度。常用符号 t 表示，单位是 $^{\circ}C$ 。对于有蒸汽过热器的锅炉，蒸汽温度是指蒸汽过热器出口处的蒸汽温度，即过热蒸汽温度。

对于热水锅炉则有额定出口热水温度和额定的进口回水温度之分。

与额定供热量、额定热水温度及额定回水温度相对应的通过热水锅炉的水流量称为额定循环水量，单位是 t/h ，常用符号 G 表示。

三、受热面蒸发率和受热面发热率

锅炉受热面是指锅内的汽水等介质与烟气进行热交换的受压部件的传热面积，一般常用烟气侧的面积来计算受热面积，用符号 H 表示，单位为 m^2 。

每 m^2 受热面每小时所产生的蒸汽量，称为锅炉受热面蒸发率，用符号 D/H 表示，单位是 $kg/(m^2 \cdot h)$ 。同一台锅炉内，各处受热面所处的烟气温度不同，其蒸发率也各不相同，例如炉内辐射受热面的蒸发率可能达到 $80kg/(m^2 \cdot h)$ 左右；对流管束受热面的蒸发率为 $20\sim 30kg/(m^2 \cdot h)$ ，对整个锅炉来讲，这个指标反映的是蒸发率的平均值。

热水锅炉每小时每 m^2 受热面能产生的热量称为受热面的发热率，用符号 Q/H 表示，单位是 $kJ/(m^2 \cdot h)$ 。

锅炉受热面蒸发率或发热率是反映炉子工作强度的指标，其值越高，则表示传热越好，锅炉所耗金属量也少。

一般工业锅炉的 $D/H < 40kg/(m^2 \cdot h)$ ；热水锅炉的 $Q/H < 83700kJ/(m^2 \cdot h)$ 。

四、锅炉效率

锅炉效率是指锅炉有效利用热量与单位时间内锅炉输入热量的百分比，也称为锅炉热效率，用符号 η 表示，它是锅炉最重要的热工指标，一般工业燃煤锅炉的效率在 $60\% \sim 80\%$ 左右。

有时为了概括衡量锅炉运行的经济性，还常用煤水比，即锅炉在单位时间内的耗煤量

和该段时间内产汽量之比。煤水比与锅炉型式、煤质和运行管理质量等因素有关。工业锅炉的煤水比一般为1:6~1:7.5。

五、锅炉的金属耗率

金属耗率是指相应于锅炉每吨蒸发量所耗用的金属材料的重量，也称钢水比。工业锅炉这一指标为2~6t/t。

第四节 工业锅炉的规格与型号

国产工业蒸汽锅炉的规格系列应符合GB1921—88的规定，见表1-1。

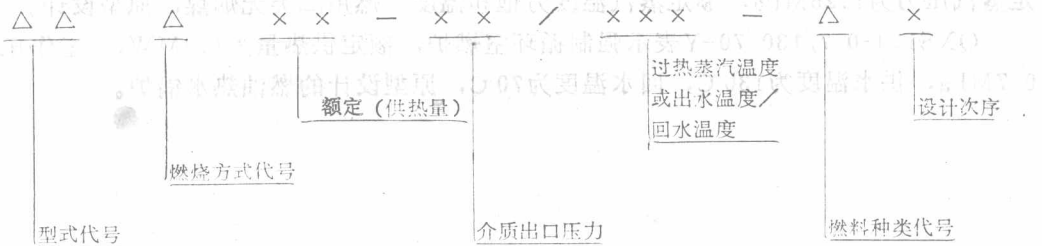
蒸汽锅炉基本参数

表 1-1

额定蒸发量 (t/h)	额定出口蒸汽压力MPa (表压)										
	0.4	0.7	1.0	1.25		1.6		2.5			
	额定出口蒸汽温度℃										
	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									△	△	△

国产热水锅炉的规格系列见表1-2。

每台锅炉都用一个规定型号来表示，工业锅炉产品型号由三部分组成，各部分之间用短横线相连，表示方法如下：



热水锅炉的基本参数

表 1-2

额定热功率 (MW)	额定出口/进口水温度(℃)									
	95/70		115/70		130/70		150/90		180/110	
	允许工作压力MPa (表压)									
	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									△	△

型号的第一部分分为三段：第一段用两个汉语拼音字母表示锅炉本体型式，型式代号见表1-3；第二段用一个汉语拼音字母表示锅炉的燃烧方式，燃烧方式代号见表1-4；第三段用阿拉伯数字表示蒸汽锅炉的额定蒸发量(t/h)或热水锅炉的额定供热量(MW)。

型号的第二部分表示介质参数，共分两段，中间用斜线分开。第一段用阿拉伯数字表示额定工作压力(MPa)；第二段用阿拉伯数字表示过热蒸汽温度或热水锅炉的出水温度/回水温度。对生产饱和蒸汽的锅炉，则型号的第二部分无斜线和第二段。

型号的第三部分共分两段：第一段以汉语拼音字母表示燃料种类，同时以罗马数字代表燃料分类与其并列，见表1-5，如同时使用几种燃料，主要燃料放在前面；第二段以阿拉伯数字表示设计次序，原型设计无第二段。

举例：DZL4-1.25-WⅡ，表示单锅筒纵置式锅炉，采用链条炉排，蒸发量为4t/h，额定蒸汽压力为1.25MPa，额定蒸汽温度为饱和温度，燃用二类无烟煤，原型设计。

QXS1.4-0.7/130/70-Y表示强制循环室燃炉，额定供热量为1.4MW，工作压力为0.7MPa，供水温度为130℃，回水温度为70℃，原型设计的燃油热水锅炉。

锅炉型式的代号

表 1-3

锅炉总体型式	代 号	锅炉总体型式	代 号
立式水管	LS (立、水)	单锅筒纵置式	DZ (单、纵)
立式火管	LH (立、火)	单锅筒横置式	DH (单、横)
卧式外燃	WW (卧、外)	双锅筒纵置式	SZ (双、纵)
卧式内燃	WN、卧、内)	双锅筒横置式	SH (双、横)
单锅筒立式	DL (单、立)	纵横锅筒式	ZH (纵、横)
		强制循环式	QX (强、循)

燃烧方式的汉语拼音字母代号

表 1-4

燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号	燃烧方式	代 号
固定炉排	G (固)	抛煤机	P (抛)	沸腾炉	F (沸)
活动手摇炉排	H (活)	倒转炉排加抛煤机	D (倒)	半沸腾炉	B (半)
链条炉排	L (链)	振动炉排	Z (振)	室燃炉	S (室)
往复推动炉排	W (往)	下饲炉排	A (下)	旋风炉	X (旋)

燃 料 种 类 代 号

表 1-5

燃料种类	代 号	燃料种类	代 号	燃料种类	代 号
I 类石煤煤矸石	SI	I 类烟煤	AI	稻壳	D
II 类石煤煤矸石	SII	II 类烟煤	AII	甘蔗渣	G
III 类石煤煤矸石	SIII	III 类烟煤	AIII	油	Y
I 类无烟煤	WI	褐 煤	H	气	Q
II 类无烟煤	WII	贫 煤	P	油页岩	Ym
III 类无烟煤	WIII	木 柴	M		

思考题与习题

1. 简要说明锅炉的工作过程和工作系统。
2. 举例说明锅炉型号各部分的含义。
3. 什么是锅炉受热面?
4. 供热量和蒸发量之间如何换算?
5. 何谓锅炉的效率?
6. 一台DZL4-1.25-A II型锅炉, 正常运行时, 该锅炉每小时供出的蒸汽量相当于多少供热量?

第二章 燃料与燃烧计算

第一节 工业锅炉的燃料

燃料是指可以燃烧并能放出热能加以利用的物质。

燃料是锅炉的能源，只有不断地将燃料送入锅炉炉膛，并使之充分燃烧放热，才能保证锅炉的连续运行。锅炉的安全经济运行及其燃烧设备的选用都与燃料有密切的关系。因此，了解燃料的分类、组成及其特性是十分必要的。

工业锅炉燃用的燃料按其物理状态分为固体燃料、液体燃料和气体燃料。

一、固体燃料

固体燃料包括煤、油页岩和其他如稻壳、甘蔗渣等燃料。工业锅炉燃用的燃料主要是煤炭。

油页岩是片状的含油岩石，灰分含量高达70%左右，它的发热量很低，在6000~11000kJ/kg，是一种地方性劣质燃料，可用于沸腾燃烧锅炉，在我国东北及南方均有储藏。

二、液体燃料

液体燃料包括重油、渣油、原油等。

经过脱水处理，未经炼制的石油称为原油。原油一般不应作为锅炉的燃料。

锅炉燃用的液体燃料主要是重油。

重油是石油提炼出汽油、煤油和柴油后，剩余的各种渣油按不同比例调制而成，也称燃油。

燃油的特点是碳和氢的含量很高，灰分和水分含量极少，所以发热量很高，约为40600~43100kJ/kg。

燃油的使用特性主要有以下几项：

1. 粘度 燃油的粘度大小反映燃油流动性的高低，影响燃油的运输和雾化质量。粘度越大，流动性越差。我国通常采用恩氏粘度来表示油的粘度大小。它是指在一定温度下，200mL重油从恩氏粘度计中流出的时间，与20℃的同体积蒸馏水流出的时间之比值，用 $^{\circ}\text{E}$ 来表示。粘度与油温有关，油温升高，粘度降低。为了便于运输和提高雾化质量，必须把燃油加温。油的粘度在80~30 $^{\circ}\text{E}$ 时，才能保证在油管中顺利输送，所以要求油温预热至30~60℃，加热温度要根据油质、油路系统各段的不同要求和运行的安全性来确定。

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，燃油的密度一般在0.8~0.98t/m³之间。

3. 凝固点 是指燃油丧失流动性开始凝固时的温度。油中含蜡量越高，凝固点越高，如大庆重油凝固点为33~48℃。在低温时输送凝固点高的油时应给予加热。

4. 闪点和燃点 将燃油加热，油面上油蒸汽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，此时油的最低温度称为燃点。油的燃点要比它的闪点高出 20~30℃。油的闪点和燃点提高，储存时起火的安全性减小。燃油的闪点为 80~120℃，油的加热温度必须低于油的闪点 10℃。

燃油按其粘度特性分为 20、60、100 和 200 号四种牌号。20 号燃油适宜用于较小油喷嘴的燃油炉；60 号则适宜于中等喷嘴的工业锅炉；100 号和 200 号燃油适宜于大型油喷嘴或有预热设备的锅炉。各种牌号重油的质量指标见表 2-1。

燃料重油的质量指标 表 2-1

质量指标	20号	60号	100号	200号
$^{\circ}E_{90}$ 不大于	5.0	11.0	15.5	—
$^{\circ}E_{100}$ 不大于	—	—	—	5.5~9.5
闪点 $^{\circ}C$ 不低于	80	100	120	120
凝固点 $^{\circ}C$ 不高于	15	20	25	36
灰分%不大于	0.3	0.3	0.3	0.3
水分%不大于	1.0	1.5	2.0	2.0
含硫量%不大于	1.0	1.5	2.0	3.0
机械杂质%不大于	1.5	2.0	2.5	2.5

三、气体燃料

锅炉用气体燃料主要有天然气、高炉煤气和焦炉煤气。

天然气的主要成分是甲烷，还有少量的烷属重碳氢化合物和硫化氢，以及少量的惰性气体等。

天然气是优质的工业燃料，燃烧方便，燃烧效率也很高，天然气发热量约为 36600~54400kJ/Nm³，除在产区外，一般不作为锅炉燃料。

高炉煤气是高炉炼铁的副产品，其主要可燃成分是一氧化碳，还含有二氧化碳和氮气，其发热值较低，仅在 3.6~4.0MJ/Nm³ 之间，高炉煤气中含有较多灰尘，使用前需经过净化处理。它一般要与煤粉或重油掺合使用。

焦炉煤气是炼焦的副产品，其主要成分为氢和甲烷，杂质含量少，发热量在 17MJ/Nm³ 左右，它是主要的化工原料，也可作锅炉燃料。

其他气体燃料（如发生炉煤气）很少在工业锅炉中燃用。

锅炉燃用气体燃料的主要优点是：容易点火，燃烧迅速、完全；燃烧设备简单，调整方便，易于实现自动化；便于管道输送，卫生条件好。但某些气体具有毒性和使用不当引起爆炸的危险，使用时必须严格遵守有关操作规程和采取安全措施。

第二节 燃料的元素成分

固体燃料和液体燃料由碳 (C)、氢 (H)、硫 (S)、氧 (O)、氮 (N)、灰分 (A) 和水分 (W) 组成，但燃料不是这些成分的机械混合，而是一种极为复杂的化合物。

燃料的这种元素组成表示法称为元素分析成分。气体燃料成分系指组成燃料气的每一个别气体，如 CO_2 、 CO 、 H_2 、 N_2 、 O_2 、 CH_4 、 C_2H_6 、 C_4H_{10} 等。

一、燃料的元素分析成分

碳(C) 它是燃料中的主要可燃成分。1kg纯碳完全燃烧时可释放33900kJ/kg的热量。碳的着火点高，含碳量高的煤，着火和燃烧均较困难。燃料中的碳不是以单质形态存在，而是与氢、氧、氮、硫等组成复杂的高分子有机化合物。煤的含碳量约为30%~90%，燃油中含碳量约83%~86%。

氢(H) 它是燃料中重要的可燃成分。1kg氢完全燃烧时能放出125600kJ/kg的热量。氢极易着火燃烧，含氢量高的燃料（如重油和天然气）不仅发热量高，而且容易着火燃烧。煤中氢的含量只有2%~4%左右。年代愈久的煤，含氢量越少。

硫(S) 固体燃料中的硫包括三种形态，即有机硫、硫化铁硫和硫酸盐硫。前两种硫能参加燃烧，称为可燃硫，后一种硫不参加燃烧，算在灰分中。

一般所谓全硫含量，系指可燃硫的含量。可燃硫虽能燃烧，但其放热量很少，仅为9050kJ/kg；硫的燃烧产物二氧化硫和三氧化硫气体能与烟气中凝结的水蒸汽化合成亚硫酸或硫酸，对锅炉低温受热面会起腐蚀作用；二氧化硫、三氧化硫由烟气排入大气时，会污染环境，对人体和动植物造成危害，所以燃料中的硫是一种有害成分。

氧(O)和氮(N) 它们是燃料中的不可燃成分，它们的存在会使燃料中的可燃成分相对减少，因而降低了燃料燃烧时所放出的热量。氧在无烟煤中仅有1%~2%，在泥煤中可达40%。

氮是一种有害元素。煤燃烧时，有部分氮与氧化合生成有害气体 NO_x ，污染大气，当 NO_x 与碳氢化合物在一起受到太阳光紫外线照射时，会产生一种浅蓝色烟雾状的光化学氧化剂，当它在空气中的浓度超过一定值后，对人体和植物都十分有害。氮在煤中的含量在0.5%~2.5%。

水分(W) 水分是燃料中的主要杂质。由于它的存在，不仅使燃料中可燃元素相对减少，而且在燃烧时水分蒸发还要吸收热量，降低炉膛温度，使燃料着火困难，并增大排烟带走的热损失。各种固体燃料的水分含量变化很大，可在5%~60%范围内变动。液体和气体燃料中的水分一般都很少。

煤中的水分由外水分和内水分两部分组成。内水分是凝聚或吸附在煤炭内部毛细孔中的水分，也称固有水分。内水分要将煤加热到105℃左右，并保持一定时间，才能除去。外水分是在煤炭的开采、贮运过程中受外界因素影响而吸附或凝聚在煤炭颗粒表面的水分，它可以通过自然干燥而除去。

灰分(A) 灰分是燃料中不可燃的固体矿物杂质。固体燃料中的灰分含量变化很大，一般为5%~40%。由于灰分的存在，使固体燃料的发热量降低，燃料中的灰分增多会使燃料着火、燃烧困难，增加运煤、出灰的工作量和运输费用。此外，灰分中的一部分飞灰在锅炉中随烟气流动，会造成受热面和引风机磨损，排入大气会污染环境。若灰的熔点过低，会造成炉排和受热面结渣，影响传热和正常燃烧。通常将含灰量超过40%的煤称为劣质煤。液体燃料中灰分很少，在0.1%以下。气体燃料基本不含灰分。

二、燃料成分分析基准

固体燃料和液体燃料的组成成分均用质量百分数来表示：