

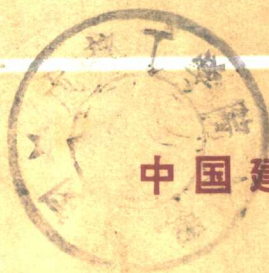
475128

522

1111



工业锅炉房设计手册



中国建筑工业出版社

工业锅炉房设计手册

《工业锅炉房设计手册》编写组 编

中国建筑工业出版社

本手册为工业锅炉房或采暖锅炉房的设计参考资料,有热力计算、鼓引风、除尘、水处理、给水、换热站、管道、运煤除灰、燃油、整体设计等十章及单位换算、数理化数值、常用材料等附录。内容包括锅炉房各种设备的选择计算、系统组成、设计布置、简要原理叙述、必要的名词解释及计算示例等。附图约660幅。本手册可供工业企业及民用建筑的供热设计人员、维护运行人员、施工人员及有关院校师生参考。

工业锅炉房设计手册

《工业锅炉房设计手册》编写组 编

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 61 插页: 3 字数: 1481千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷

印数: 1—25,860册 定价: 6.00元

统一书号: 15040·3306

前 言

自从伟大领袖毛主席号召开展群众性的设计革命运动以来，经过无产阶级文化大革命，广大设计人员在设计工作中，以阶级斗争为纲，认真贯彻执行党的路线、方针、政策，坚持设计工作的社会主义方向，取得了很大成绩。

为了总结设计革命运动中工业锅炉房设计所取得的经验，以适应设计人员现场设计的需要，进一步提高设计质量和加快设计速度，我们编写了这本《工业锅炉房设计手册》，供从事工业企业及民用建筑供热设计的人员、维护运行人员、施工人员以及有关院校师生参考。

本书主要介绍工业锅炉房各种设备的选择计算、系统组成、布置示例等。至于锅炉本体各部件的设计计算，一般未予编入；附属设备的外形尺寸及性能、规格等，除特殊情况外，一般也未编入。

这本设计手册是作为一种参考资料性质的书籍来编写的，仅供读者在设计时参考，内容与将来颁发的新规范有矛盾时，应以新规范为准。

我们在编写过程中，采用了过去出版的有关工业锅炉房设计的图书中的资料，有关生产、设计、研究单位和院校也提供了很多技术资料和审核意见，谨在此表示谢意。

由于我们水平不高，经验不足，仍然存在许多不足之处。有的地方还不能为读者提出一个成熟的经验数据；各章节尚欠协调，繁简不一；内容也不够全，尚缺少煤粉炉、沸腾炉等章节，其他方面一定还会有不少缺点错误，希望读者多提宝贵意见，以便再版时修订。

参加编写本书的单位有第二设计研究院、第五设计院和第七设计院。

《工业锅炉房设计手册》编写组

1975年12月

目 录

前 言

第一章 锅炉热力计算	1
第一节 关于煤的基本知识	1
第二节 燃料基、发热量、空气需要量及烟气量	4
第三节 通用烟气焓温表	7
第四节 热效率及燃料消耗量	9
第五节 省煤器设计	14
第二章 鼓风及引风	18
第一节 概述	18
第二节 风烟管道的设计及阻力计算	19
第三节 烟囱的设计	35
第四节 鼓、引风机的选择及计算	44
第五节 鼓风及引风系统的设备布置	48
第三章 除尘	54
第一节 概述	54
第二节 沉降室除尘	56
第三节 百叶式除尘器	58
第四节 旋风式除尘器	66
第五节 离心式水膜除尘器	84
第六节 玻璃管水膜除尘器	86
第七节 除尘器的除灰及其他	89
第八节 其他实用除尘方法示例	91
第四章 锅炉给水处理	100
第一节 概述	100
第二节 水质指标和水质标准	102
第三节 水的凝聚处理	112
第四节 水的沉淀处理	116
第五节 水的过滤	135
第六节 阳离子交换处理	137
第七节 移动床水处理装置	166
第八节 流动床水处理装置	176
第九节 双塔连续移动床水处理装置	180
第十节 水的磁场处理	186
第十一节 电渗析	189
第十二节 炉内水处理	202
第十三节 水的除氧	208
第十四节 锅炉排污	224
第十五节 锅炉房水处理系统的设计	226

第五章 给水及凝结水系统	236
第一节 给水系统	236
第二节 凝结水系统	249
第六章 附属换热站	255
第一节 概述	255
第二节 换热系统	257
第三节 换热系统的水力工况及其定压	268
第四节 热交换器的计算	277
第五节 换热站的其他设备的计算与选择	340
第六节 蒸汽喷射器	346
第七节 换热站的布置	363
第七章 管道和管道附件	369
第一节 设计原则及一般规定	369
第二节 管道的水力计算	375
第三节 管道的热伸长及其补偿	404
第四节 保温和油漆	444
第五节 管道支吊架	472
第六节 管子规格及管道附件	497
第八章 运煤和除灰	512
第一节 运煤和除灰系统的选择	512
第二节 运煤和除灰系统的布置示例	516
第三节 收卸装置、煤场和灰渣场	531
第四节 带式输送机	534
第五节 埋刮板输送机	548
第六节 单斗滑轨输送机	563
第七节 刮板输送机	567
第八节 螺旋输送机	570
第九节 负压气力除灰	573
第十节 低压水力除灰	582
第十一节 其他设备的计算	591
第十二节 提供土建专业的有关资料	595
第九章 重油供应系统	598
第一节 燃料油的种类、用途及性质	598
第二节 重油供应系统的组成	606
第三节 重油库	608
第四节 重油的运输和卸油设施	619
第五节 油罐及其附属设备	657
第六节 重油在容器中的加热	671
第七节 油泵的选用及输油管线的计算	683
第八节 油过滤器	723
第九节 炉前重油加热器	728

第十节 锅炉房油系统	737
第十一节 重油供应系统的热工测量和安全保护	747
第十二节 重油管道的设计和敷设要点	750
第十章 锅炉房的整体设计及布置	757
第一节 概述	757
第二节 设计的原始资料	757
第三节 热负荷及锅炉类型、台数的确定	760
第四节 锅炉房的位置	776
第五节 锅炉房的布置	781
第六节 对其它专业的要求和协作资料	785
第七节 锅炉房设计计算及布置示例	798
附 录	862
一、单位换算	862
(一) 长度、面积、容积、	
重量单位换算	862
(二) 重度单位换算	864
(三) 比容单位换算	864
(四) 温度换算	865
(五) 压力换算	865
(六) 功率换算	865
(七) 功、能、热单位换算	865
(八) 热量马力——大卡/时换算	866
(九) 热工数据换算	866
(十) 速度单位换算	867
(十一) 流量单位换算	867
(十二) 粘滞系数	867
(十三) 运动粘滞系数	867
(十四) 阻力单位换算	867
(十五) 比热、热容量换算	868
(十六) 导热系数换算	868
(十七) 传热系数换算	868
(十八) 浓度公式换算	868
二、数学数值	869
(一) 常用数值	869
(二) 常用对数	870
(三) 三角函数	872
(四) 基本公式	876
(五) 平面图形面积	878
(六) 多面体的体积和表面积	880
(七) 贮罐内液体体积计算	883
三、理化数值	884
(一) 各种气体的特性	884
(二) 水和水蒸汽的物理特性	885
(三) 常用热工数值	893
(四) 常用元素及化合物的分子	
量(或原子量)与当量	893
(五) 还原剂及其他物品的纯度	895
(六) 各种还原剂及化学药品的	
比重及浓度	895
四、常用材料	898
(一) 型 钢	898
(二) 板 材	922
(三) 管 材	930
(四) 保温材料	941
(五) 油 漆	943
(六) 钢 丝 绳	945
(七) 钢丝网及铜丝网	963
五、全国部分城市气象资料	965
六、附 图	967
(一) 水蒸汽 <i>i</i> — <i>S</i> 图(见插页)	
(二) 水蒸汽 <i>i</i> — <i>S</i> 图(见插页)	

第一章 锅炉热力计算

第一节 关于煤的基本知识

一、煤的工业分析

煤的工业分析也称技术分析或实用分析，包括水分、灰分、挥发分、固定碳四项，广义地讲，工业分析尚可包括硫分及发热量，但有时也将其单独列出。工业分析方法较易，根据工业分析，可以大致了解煤的种类和用途。

(一) 水分

1. 外在水分 是在煤炭表面上存留的水分，和外界条件有关，和煤的性质关系不大。
2. 内在水分 吸附或凝聚在煤炭内部一些细小毛细孔中的水分，和外界条件及煤的性质都有较大的关系。
3. 结晶水 矿物质中含有的水分，如 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等。
4. 全水分 即外在水分、内在水分和结晶水的总和，是动力工业中常用的重要指标。

(二) 灰分

煤中可燃物质全部燃烧及煤中矿物质在一定程度下分解化合后剩下的残渣即为灰分。一般说来，灰分是一种废物，影响煤的热值。在工业锅炉房设计中，一般不需要作灰分的成分分析，但需知道灰的熔点，以便选择炉型和出灰方式。

(三) 挥发分

把煤放在与空气隔绝的容器中，在一定的高温下加热一定时间后，从煤中分解出来的液体（蒸汽状态）和气体产物，减去水分，即为挥发分。挥发分是煤炭分类的重要指标，因为它能大致地代表煤的变质程度，同时，根据它可判断煤的加工利用的性质。我国煤炭分类方案就是以煤的挥发分作为第一类指标。

(四) 固定碳

煤中除去挥发分剩下的不挥发物称为焦渣，焦渣再减去灰分即为固定碳。

二、煤的元素分析

通过煤的元素分析，可了解它的炭化程度，并用以计算空气需要量、发热量及其他热工指标等。以下是元素分析的项目。

(一) 碳 含碳量包括固定碳中的含碳量及挥发分中的含碳量，碳在燃烧后在烟气中生成 CO_2 。

(二) 氢 煤中的氢燃烧后生成水，与煤中的水分共同在烟气中变成水汽，在元素分析中，水分系包含在氢及氧二项目中。

(三) 氮 煤中含氮量很少, 且为不可燃体, 故不重要。

(四) 氧 煤中含氧量的多少, 可以看出煤的等级, 低级煤中含氧高, 如褐煤。因氧常与氢、碳化合, 减少煤的发热量。

(五) 硫 煤中的硫包含于有机硫和无机硫中, 见下述。

三、硫 分

硫分对煤炭的质量影响很大, 是一种有害物, 因燃烧后生成 SO_2 或 SO_3 , 具有腐蚀作用。

煤中的硫分的赋存形态分为无机硫和有机硫两大类; 无机硫又分为硫化物硫和硫酸盐硫两种。硫化物硫大部分为黄铁矿硫 FeS_2 。硫酸盐硫的主要存在形态是石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 也有少数绿矾 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

另外, 又可根据硫在燃烧过程中的不同形状分为挥发硫、可燃硫和固定硫三种; 除硫酸盐硫外, 煤中其他形态的硫都有可能形成挥发硫。可燃硫包括有机硫和无机硫化物硫。固定硫是指煤燃烧后残留在煤灰中的含硫量, 以硫酸盐的形态存在。根据上述, 可简要地表示如下:

$$\begin{aligned} & \text{无机硫} \\ \text{硫分} &= \text{有机硫} + \text{硫化物硫} + \text{硫酸盐硫} \\ &= \text{可燃硫} (\simeq \text{挥发硫}) + \text{硫酸盐硫} \end{aligned}$$

四、发 热 量

煤的发热量也叫发热值, 是一公斤煤完全燃烧后所发出的热量, 以大卡/公斤表之。

氧弹发热量是燃料在氧弹测热器内燃尽时所放出的热量, 它包括了在氧弹中 SO_2 形成硫酸和氮气形成硝酸时所放出的热量, 没有对它进行由于酸的形成而应作的校正。对石油产品此项发热量叫弹热值。

高位发热量是在氧弹发热量中, 校正了燃料在氧弹内燃烧时生成硫及氮的氧化物而产生的生成热及溶解热。对石油产品此项叫总热值。

低位发热量等于燃料的高位发热量减去包含在燃料中的以及燃料在燃烧时所生成水分的蒸发热(即潜热)。在工业锅炉房设计中低位发热量是一项重要指标。对石油产品此项叫净热值。

关于发热量的计算见下节。

五、物理性质及机械物理性质

(一) 比重 比重分三种

1. 真比重 在 20°C 时, 煤的重量与同温同体积(不包括煤的内外表面孔隙)水的重量之比。

2. 视比重 也叫假比重或容重, 是在 20°C 时, 煤的重量与同温同体积(包括煤的内外表面孔隙)水的重量之比。

3. 堆积比重 也叫堆积密度, 在一定容器的容积中, 堆满煤后, 秤出煤的重量, 再换算成单位体积的重量(吨/米³)即为堆积比重。

(二) 比热 煤的比热即一公斤煤升高 1°C 时所需的热量, 以大卡/公斤 $\cdot^\circ\text{C}$ 表之。干

煤的比热如下:

无烟煤、贫煤..... 0.22大卡/公斤·°C 褐煤..... 0.27大卡/公斤·°C
烟煤..... 0.26大卡/公斤·°C 油页岩..... 0.21大卡/公斤·°C

(三) **机械强度** 作为燃料,有时对煤的粒度有一定的要求,而煤在储运过程中,常有风化和碎裂现象,因此,设计使用部门,需要了解煤的机械强度。广义地说,机械强度应包括煤的抗碎、耐磨及抗压等物理性质及综合性质。

(四) **热稳定性** 煤的热稳定性是指煤在高温燃烧或汽化过程中,对热的稳定程度,也就是煤在高温作用下保持原来粒度的性质。热稳定性差的煤,在燃烧或汽化过程中会裂成小块或煤粉,当作为锅炉燃料时,会增加烟气中的带出物及热损失,并增加煤层阻力。

(五) **可磨性** 煤的可磨性标志着粉碎煤的难易程度,可磨性系数愈大,愈易粉碎,反之,则较难粉碎。测定方法是以一种最硬的煤作为标准煤,以粒度相同的分析基标准煤和测定煤磨碎到同样细度时所消耗能量之比。作为试验室的相对可磨性系数,通常以 K 表之。

(六) **粒度** 即煤块的大小,原煤经筛选厂加工后,可以按照它的粒度分为12个品种,见表1-1。

煤 的 粒 度

表 1-1

品 种	粒 度 (毫米)	品 种	粒 度 (毫米)
特 大 块	>100	混 中 块	13~50; 13~70; 40~75或15~50
大 块	>50或50~100	混 块	>13; >25; 或6~50
中 块	25~50	混 小 块	6~25
小 块	13~25	混 煤	0~50或0~100
粒 煤	6~13	混 末 煤	0~25
粉 煤	0~6	末 煤	0~13

六、煤 的 分 类

我国煤的分类方案是以炼焦煤为主制定的,按照挥发分的含量和胶质层的厚度,分为十大类,见表1-2。

煤 的 分 类

表 1-2

类 别	可燃基挥发分含量 V^r (%)	胶质层厚度 Y (毫米)
无 烟 煤	0~10	—
贫 煤	>10~20	0
瘦 煤	>14~20	0~12
焦 煤	>14~30	>8~25
肥 煤	>26~37	>25~30
气 煤	>30~37	>9~25
弱 粘 煤	>20~37	0~9
不 粘 煤	>20~37	0
长 焰 煤	>37	0~5
褐 煤	>40	—

注:表中胶质层厚度 Y 值表示煤的结焦性,其值越大,表示结焦性越强。

第二节 燃料基、发热量、空气需要量及烟气量

一、燃 料 基

根据燃料不同的状态，进行成分分析时，可有不同的燃料基：工作基、分析基、干燥基和可燃基，分别用角码 g 、 f 、 z 、 r 表之。

工作基 g 即燃料处于即将使用的状态，如送入锅炉房、煤粉车间等的燃料。

分析基 f 即燃料处于实验室状态即将分别进行分析测定的、磨碎了的及干燥过的燃料。

干燥基 z 即燃料已完全处于不含水分的状态。

可燃基 r 即燃料已完全处于不含水分及灰分的状态。

当进行热力计算时，应用燃料的工作基。若已知其他某一个基欲求另一基时，可以换算，即乘上换算因素，换算因素见表1-3。

燃 料 基 换 算 因 数

表 1-3

已 知 燃 料 基	所 求 燃 料 基			
	工 作 基	分 析 基	干 燥 基	可 燃 基
工 作 基	1	$\frac{100-W^f}{100-W^g}$	$\frac{100}{100-W^g}$	$\frac{100}{100-W^g-A^g}$
分 析 基	$\frac{100-W^g}{100-W^f}$	1	$\frac{100}{100-W^f}$	$\frac{100}{100-W^f-A^f}$
干 燥 基	$\frac{100-W^g}{100}$	$\frac{100-W^f}{100}$	1	$\frac{100}{100-A^z}$
可 燃 基	$\frac{100-W^g-A^g}{100}$	$\frac{100-W^f-A^f}{100}$	$\frac{100-A^z}{100}$	1

注：上表中 W 表示水分， A 表示灰分。

二、发 热 量

已知氧弹发热量 Q_{dt} ，求高位发热量 Q_g ：

$$Q_g = Q_{dt} - 22.5S_{dt} - 0.0015Q_{dt} \text{ 大卡/公斤} \quad (1-1)$$

式中 Q_g ——高位发热量，大卡/公斤；

$22.5S_{dt}$ ——氧弹中硫的氧化热及溶解热；

$0.0015Q_{dt}$ ——氧弹中硝酸的生成热。

由高位发热量求低位发热量 Q_d （高位及低位分别以角码 g 、 d 表之）：

$$Q_d = Q_g - 6(9H^g + W^g) \text{ 大卡/公斤} \quad (1-2)$$

式中 Q_d ——低位发热量，大卡/公斤。

燃料的低位发热量是燃料的基本指标。

$$Q_d^g = Q_g^g - 6(9H^g + W^g) \text{ 大卡/公斤} \quad (1-3)$$

$$Q_d^s = Q_g^s - 54H^s \text{ 大卡/公斤} \quad (1-4)$$

$$Q_d' = Q_g' - 54H^r \text{ 大卡/公斤} \quad (1-5)$$

$$Q_d^s = Q_d' \times \frac{100 - W^s - A^s}{100} - 6W^s \text{ 大卡/公斤} \quad (1-6)$$

固体或液体的发热量，当无分析资料时，可用门捷列夫公式求得：

$$Q_d^s = 81C^s + 300H^s - 26(O^s - S_r^s) - 6(9H^s + W^s) \text{ 大卡/公斤} \quad (1-7)$$

式中 S_r^s ——挥发硫，近似地等于可燃硫。

三、空气需要量

一公斤固体或液体燃料的理论空气需要量（当炉膛过剩空气系数 $\alpha_l = 1$ ）等于：

$$V^o = 0.0889(C^s + 0.375S_{v+L}^s) + 0.265H^s - 0.033O^s \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-8)$$

$$L^o = 0.115(C^s + 0.375S_{v+L}^s) + 0.342H^s - 0.0431O^s \text{ 公斤/公斤} \quad (1-9)$$

式中 V^o ——空气需要量，标准米³/公斤；

L^o ——空气需要量，公斤/公斤；

S_{v+L}^s ——有机硫与硫化铁硫之和。

α_l 实际上不等于1，见表1-11，1-12。

清华大学简化公式：

对于 $V' > 15\%$ 的烟煤

$$V^o = 1.05 \times \frac{Q_d^s}{1000} + 0.278 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-10)$$

对于 $V' < 15\%$ 的贫煤及无烟煤

$$V^o = \frac{Q_d^s + 600}{990} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-11)$$

对于劣质煤 ($Q_d^s < 3000$ 大卡/公斤)

$$V^o = \frac{Q_d^s + 450}{990} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-12)$$

哈尔滨工业大学送风量估算表，按每小时产生一吨蒸汽的机械鼓风送风量估算。

送 风 量

表 1-4

燃烧设备	层 燃 炉	沸 腾 炉	煤粉炉及油炉
送风量 (米 ³ /时)	1250	1100	1000

洛辛和弗林近似公式：

对于固体燃料

$$V^o = \frac{1.01 \times Q_d^s}{1000} + 0.5 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-13)$$

对于燃油

$$V^{\circ} = \frac{0.85 \times Q_d^g}{1000} + 2 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-14)$$

四、烟 气 量

当过剩空气系数 $\alpha = 1$ 时，一公斤燃料完全燃烧后的理论烟气量可按下列各式计算：
氮的理论容积

$$V_{N_2}^{\circ} = 0.79V^{\circ} + 0.008N^g \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-15)$$

水蒸汽的理论容积

$$V_{H_2O}^{\circ} = 0.111H^g + 0.0124W^g + 0.0161V^{\circ} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-16)$$

干三原子气体容积

$$V_{RO_2} = 0.01866 (C^g + 0.375S_{V,L}^g) \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-17)$$

当过剩空气系数为 α 时，水蒸汽的实际容积

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^{\circ} + 0.0161 (\alpha - 1) V^{\circ} + 1.25G_{\phi} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-18)$$

式中 G_{ϕ} ——蒸汽吹送或雾化重油等的水分，公斤/公斤。

烟气的实际容积

$$V_y = V_{RO_2} + V_{N_2}^{\circ} + V_{H_2O} + (\alpha - 1) V^{\circ} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-19)$$

烟气重量

$$G_y = 1 - \frac{A^g}{100} + 1.306\alpha V^{\circ} + W_{\phi} \text{ 公斤/公斤} \quad (1-20)$$

式中 W_{ϕ} ——每公斤重油雾化用的蒸汽量，公斤/公斤，一般采取0.3~0.6。

清华大学简化公式：

对于烟煤、无烟煤、贫煤

$$V_y^{\circ} = 1.04 \times \frac{Q_d^g}{1000} + 0.77 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-21)$$

对于劣质煤 ($Q_d^g < 3000$ 大卡/公斤)

$$V_y^{\circ} = 1.04 \times \frac{Q_d^g}{1000} + 0.54 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-22)$$

哈尔滨工业大学按每小时产生一吨蒸汽的烟气量估算列表如下：

烟 气 量 (单位：米³/时)

表 1-5

燃 烧 方 式		排 烟 空 气 系 数 α_{py}	排 烟 温 度(°C)		
			150	200	250
层 燃 炉		1.55	2300	2570	2840
沸 腾 炉	一 般 煤 种	1.55	2300	2570	2840
	矽 石、石 煤	1.45			

续表

煤 粉 炉	1.55	2100	2360	2620
油 炉	1.45	2100	2360	2620

注：若 α_{py} 值与表内数值不同，则烟气的量可按比例换算，即 $V_y'' = \frac{\alpha_{py}''}{\alpha_{py}'} V_y'$ 。此式中，“'”为表中列有之值，“''”为与表内数值不同时之值。

洛辛和弗林近似公式：

对于固体燃料的理论烟气的量

$$V_y^o = \frac{0.89 \times Q_d^s}{1000} + 1.65 \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-23)$$

对于燃油的理论烟气的量

$$V_y^o = \frac{1.11 \times Q_d^s}{1000} \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-24)$$

实际空气需要量

$$V' = V^o \alpha_l \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-25)$$

实际烟气的量

$$V_y = V_y^o + V' - V^o \text{ 标准米}^3/\text{公斤} \quad (1-26)$$

第三节 通用烟气焓温表

过去烟气焓温的计算，比较繁杂，上海锅炉厂研究所给出了通用烟气焓温表，对烟煤、无烟煤、贫煤、褐煤和燃油都适用。

$$I_y = \xi_d C_y^o \theta_y [V_y^o + 1.0161 (\alpha - 1) V^o] \text{ 大卡/公斤} \quad (1-27)$$

式中 I_y ——烟气的焓，大卡/公斤；

ξ_d ——过剩空气修正系数，查图1-1；

C_y^o —— $\alpha = 1$ 时，烟气比热，大卡/标准米³·℃；

θ_y ——烟气温度，℃。

由于空气的漏入，在各段烟道中，过剩空气系数 α 是不相同的，此一漏入量以理论空气量的百分数 $\Delta\alpha$ 表之，见表1-8。在热力计算中，经常要从烟气温度求焓，或由焓求温度，因此可根据上式绘成焓温图，供计算时用。

通用烟气焓温

表 1-6

烟气温度 $\theta_y(^{\circ}\text{C})$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
$C_y^{\circ}\theta_y$ (大卡/标准米 ³)	33.04	67.00	101.9	137.8	174.8	212.6	251.5	291.1	331.5	372.4	413.9

烟气温度 $\theta_y(^{\circ}\text{C})$	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
$C_y^{\circ}\theta_y$ (大卡/标准米 ³)	456.0	498.6	541.5	584.7	628.4	672.3	716.4	760.7	805.1	849.8	894.7	939.8	984.9

空气焓 $(ct)_k$

表 1-7

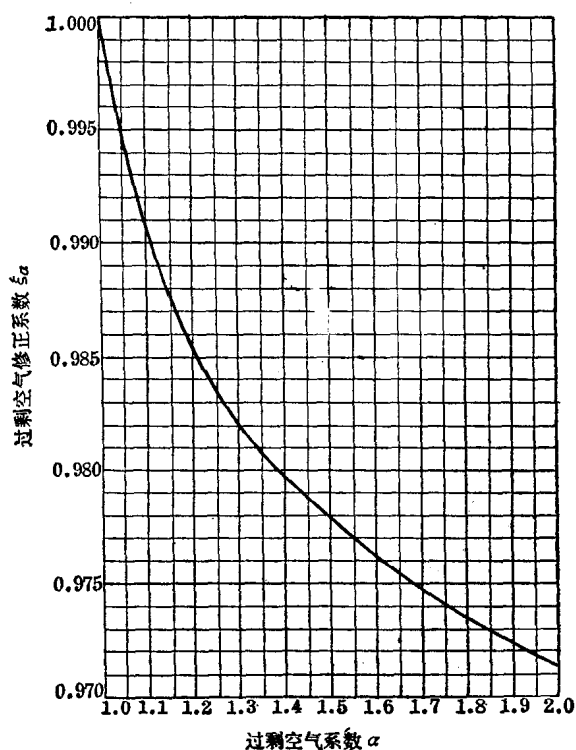
空气温度 $t_k(^{\circ}\text{C})$	0	100	200	300	400	500	600
$(ct)_k$ (大卡/标准米 ³)	0	31.6	63.6	96.2	129.4	163.4	198.2

锅炉机组在烟道中的漏风系数 $\Delta\alpha$

表 1-8

名 称	$\Delta\alpha$
炉膛	0.1
$D \leq 12$ 吨/时锅炉的第一管束	0.05
$D \leq 12$ 吨/时锅炉的第二管束	0.1
垂彩管及大中型锅炉的第一管束	0
大中型锅炉的第二、三管束	0.05
过热器	0.05
省煤器	0.1
管式空气预热器	0.05
除尘器	0.05
每10米长的砖砌烟道	0.05

注: D ——锅炉的蒸发量。

图 1-1 过剩空气修正系数 ξ_a 曲线图

第四节 热效率及燃料消耗量

通过热平衡计算，可以决定热损失和锅炉机组的效率和燃料消耗量。热平衡的组成如表 1-9。

热 平 衡 组 成

表 1-9

项 目	符 号	项 目	符 号
拥 有 的 热 量	Q_r	支 出 的 热 量	Σq
1. 燃料低位发热量	Q_d^g	1. 有效利用热	q_1
2. 用外来热源加热空气时带入锅炉的热量	Q_{wl}	2. 排烟热损失	q_2
3. 燃料的物理热	i_r	3. 化学未完全燃烧热损失	q_3
4. 蒸汽雾化燃油时带入的热量	Q_ϕ	4. 机械未完全燃烧热损失	q_4
		5. 散热热损失	q_5
		6. 灰渣热损失	q_6

在锅炉热力工况稳定的情况下

$$Q_r = Q_d^g + Q_{wl} + i_r + Q_\phi \text{ 大卡/公斤} \quad (1-28)$$

$$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \quad (1-29)$$

在燃煤工业锅炉房中，可视 $Q_r \approx Q_d^g$ 大卡/公斤

$$(1-30)$$

机械未完全燃烧热损失 q_4 ：

$$q_4 = \frac{\left(a_{hz} \frac{c_{hz}}{100 - c_{hz}} + a_{lh} \frac{c_{lh}}{100 - c_{lh}} + a_{jh} \frac{c_{jh}}{100 - c_{jh}} \right) \times 7800 A^g}{Q_r} \% \quad (1-31)$$

式中 a_{hz} 、 a_{lh} 、 a_{jh} ——灰渣、漏灰、飞灰占燃料中灰分的份额，

c_{hz} 、 c_{lh} 、 c_{jh} ——灰渣、漏灰、飞灰中的可燃物含量百分数，%。

化学未完全燃烧热损失 q_3 ：

$$q_3 = \frac{5650}{Q_r} \times \frac{(C^g + 0.375 S_{y+j+l}^g) \text{ CO}}{RO_2 + \text{CO}} \times \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) \% \quad (1-32)$$

式中 RO_2 、 CO ——烟气中的 RO_2 、 CO 含量，%。

q_3 也可按下列近似式求得：

$$q_3 \approx 3.2 \alpha \text{ CO} \% \quad (1-33)$$

式中 α ——烟道中的过剩空气系数。

排烟热损失 q_2 ：

$$q_2 = \frac{[I_{py} - \alpha_{py} V^o (ct)_{lk}] (100 - q_4)}{Q_r} \% \quad (1-34)$$

式中 I_{py} ——排烟的热焐，从焐温图中查出，大卡/公斤；

α_{py} ——排烟的过剩空气系数；

$(ct)_{lk}$ ——冷空气热焐，大卡/标准米³，查表 1-7。

q_2 也可以按别卡尔的近似公式求得：

$$q_2 = (K\alpha_{py} + C) \times \frac{t_{py} - t_{lk}}{100} \times (1 - \frac{q_4}{100}) \% \quad (1-35)$$

式中 t_{py} ——排烟温度, °C;
 t_{lk} ——冷空气温度, °C;
 K, C ——系数, 见表1-10。

表 1-10

燃 料	系 数 K	系 数 C
无烟煤, 贫煤	} $3.5 + 0.02W^n$	$0.35 + 0.055W^n$
烟煤($V^r > 20\%$), 褐煤		$0.49 + 0.055W^n$
重油		$0.493 + 0.058W^n$
泥煤	} $3.35 + 0.02W^n$	$0.82 + 0.052W^n$
木柴		$0.77 + 0.055W^n$

注: 折算水分 $W^n = \frac{W^g \times 1000}{Q_{gd}} \%$ 。

q_5 可按图1-2查得。

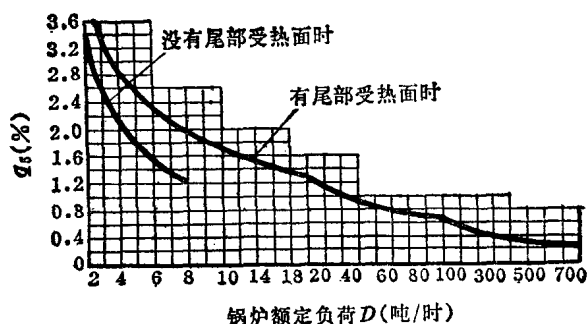


图 1-2 锅炉本体散热损失图

灰渣热损失 q_6 :

人工加煤的锅炉约为 2 %;

机械化锅炉约为 1 %;

沸腾锅炉约为 $\leq 1.2 \sim 1.95\%$ 。

锅炉热效率:

$$\eta = 100 - \sum q = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \% \quad (1-36)$$

锅炉每小时的燃料消耗量 B :

$$B = \frac{D (i''_q - i') + D_{ps} (i_{ps} - i')}{\eta \times Q_d} \times 100 \text{ 公斤/时} \quad (1-37)$$

式中 D ——蒸汽产量, 公斤/时;
 i''_q ——蒸汽焓, 大卡/公斤;
 i' ——给水焓, 大卡/公斤;
 D_{ps} ——排污量, 公斤/时;
 i_{ps} ——排污水焓, 公斤/时。