

高等学校教学用书

鍋 炉 设 备

卷一 第一分册

苏联 Ф.Д.杜貝寧等著

水利电力出版社

高等學校教學用書

4180341073

鍋 爐 設 備

卷一 第一分冊

Ф.Д. 杜貝宁 А.И. 克里林 Ю.М. 科斯特里金 著
苏联 В.П. 罗瑪金 Э.И. 罗 姆 Т.Т. 烏 西 科
徐 东 流 譯

苏联人民教育委员会全苏高等教育事业委员会批准作为高等工业学校教科书

水 利 电 力 出 版 社

內 容 提 要

本書是根据苏联Э.И. 罗姆等著的“鍋爐設備”卷一第一篇譯出的(卷二已由龍門聯合書局分三冊出版)。

本書由苏联許多科學家集體編著而成，是一本權威著作。內容包括：鍋爐設備的一般介紹，工質的特性，燃料及其技術特性，燃燒反應和燃燒產物，鍋爐設備的用水，鍋爐設備的熱平衡，鍋爐機組中的熱交換，接觸傳熱，輻射傳熱等；同時還列出了計算鍋爐設備所必需的許多公式和數據。

本書的特点是說理清楚，資料豐富，內容扼要而系統，可使讀者一個清楚而完整的概念。

本書可供高等學校熱能動力裝置專業的師生、有關本專業的工程技術人員、研究人員用。但對其他部門與熱能業務有關的讀者也有參考價值。

Ф.Д.ДУВЫНИН А.И.КАРЕЛИН Ю.М.КОСТРИКИН В.П.РОМАДИН Э.И.РОММ, Т.Т.УСЕНКО
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1941

鍋 爐 設 備

卷一 第一分冊

根据苏联国立动力出版社1941年莫斯科版翻譯

徐 东 流譯

*

1147R241

水利电力出版社出版(北京西便門外大街二號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

通州區印刷廠印刷 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*10%印張*249千字*定價(第10類)1.60元

1959年5月北京第1版

1959年5月北京第1次印刷(0001—5,080冊)

序 言

在最近15~20年內，蒸汽生产技术是突飞猛进地在发展着。无论是在蒸汽鍋炉的结构上，或者是我們对鍋炉設備中发生的一些过程的概念上，都在不断地改变和完善起来。近几年来出現和推行了各种各样新式的鍋炉設備的部件，拟定了各种新的計算鍋炉机組及其部件的方法。这样快的发展过程就是在目前仍在繼續着。

在这样的情况下，很难編写一本切合現代技术水平的鍋炉設備教程以供高等动力学校采用。更兼材料的丰富，及其性質的不同，以致要編写一本“鍋炉設備”教程，实非某一人所能胜任。

莫斯科动力学院鍋炉設備教研組，为了满足苏維埃高等动力学校的需要，在1937年打算推荐由洛施克于1936年修訂的、馳名已久的荐涅尔和耿里赫著作的“蒸汽鍋炉”为教程。

但是，B. M. 莫洛托夫同志在1938年全苏高等学校工作人員會議上的講話中提出了新的任务，根据这些任务，就有修訂該教程的几乎全部材料的必要，而原来的計劃就被完全推翻。而必須編写这样一本教程，其中要闡明苏維埃鍋炉技术在本国动力事业的发展中所起的作用，苏維埃工业和科学研究机关在这方面所进行的工作。前面提及的教程，無論在举例材料方面和內容方面，仅利用了很少一部分。于是在1938~1940年这一时期內，就編成了这本“鍋炉設備”教程。

本書依照高等动力学校热能系基本教程的范围介紹現代的鍋炉設備，但同时包括了大量参考补充材料，这些材料照例用小号字排出，以便于利用本書。

本書是集體創作的。这虽然減輕了本書的編著工作，但是使編輯工作遭到了困难。因此不能避免有个别不一致的地方，甚至可能还有錯誤的地方，在本書中未能加以消除。

由于篇幅很大，本書分卷一，卷二兩册出版。卷一介紹有关鍋炉設備的一般知識，闡述工質的特性和鍋炉設備中进行的工作过程，敘述燃燒裝置。卷二中包括有关鍋炉机組及其部件的结构和运行，鍋炉机組的材料和計算，鍋炉設備的輔助裝置，鍋炉設備的操縱及运行等篇。

参加本書編著工作的有：Ф.Д.杜別宁，А.И.卡列林，Ю.М.柯斯特里金，К.Ф.洛达季斯，В.П.洛馬金，Э.И.罗姆，Н.А.西密年柯，Т.Т.烏辛柯，М.М.希特克列特，В.Н.崔崗柯夫等。本書的总編輯是М.В.基尔彼契夫，Э.И.罗姆，Т.Т.烏辛柯。書稿在印刷前，除了上列編輯人員以外，还有К.Ф.洛达季斯也参加了整理工作。

在卷一中的分工如下：

Ф.Д.杜別宁編写第14~17章，第24~27节；

А.И.卡列林編写第12节(各表)；

Ю.М.柯斯特里金編写第18~23节；

В.П.洛馬金編写第37~63节，第65节；

Э.И.罗姆編写第1节，第13节，第24~29节，第35~36节；

Т.Т.烏辛柯編写第2~13节，第28，第30~44节，第56节，第64节，第65节。

在个别章节中有部分材料是在編輯加工时补充的。

参加卷二編写工作的有：Ф.Д.杜別宁，К.Ф.洛达季斯，Э.И.罗姆，Н.А.西密年柯，Т.Т.烏辛柯，М.М.希特克列特，В.Н.崔崗柯夫等。

① 個別章节是由兩人或若干人合写的。

目 录

書中采用的主要符号

第一篇 鍋炉设备的工质和工作过程

第一章 有关鍋炉设备的一般概念。工质的特性	8
1. 鍋爐設備及其型式和用途	8
2. 鍋爐設備及其各部分	10
3. 在蒸汽工程中的工质	15
4. 液体和蒸汽的焓和比热	21
5. 气体的性质	23
6. 液体、蒸汽及气体的导热率和粘度	28
第二章 燃料及其技术特性	31
7. 燃料的概念	31
8. 固体、液体及气体动力燃料	33
9. 苏联燃料的主要产地和蕴藏量	36
10. 燃料的成分及其元素的测定	39
11. 燃料的发热量	43
12. 苏联动力燃料的分类和标号	45
13. 燃料特性对鍋爐设备电燃用的影响	56
第三章 燃烧反应。燃烧产物	62
14. 碳、一氧化碳、氢、硫及甲烷的燃烧	62
15. 理论和实际空气需要量。在完全燃烧和不完全燃烧时燃烧产物的成分和容积	66
16. 燃料特性 β 和过剩空气量的确定	72
17. 含有碳酸盐的燃料燃烧产物的成分。气体燃料和燃料混合物的燃烧	77
第四章 鍋炉设备用水	81
18. 水在热力事业中的作用。天然水及其杂质	81
19. 水质鉴定指标及水分析的概念	84
20. 水垢形成过程。在蒸汽过热器和蒸汽管路中以及汽轮机叶片上盐类的沉积过程	86
21. 金属腐蚀过程	90
22. 对水处理的要求和蒸汽鍋爐的水质规范	93
23. 水处理系统	97
第五章 鍋炉设备的热平衡	102
24. 热平衡的组成部分。有效利用热量	102
25. 机械和化学未完全燃烧热损失及燃料燃烧后固体剩余物的物理热损失	104
26. 排烟热损失和散入周围介质中的热损失	108
27. 不稳定工况的热损失。鍋爐机组的效率	110
第六章 鍋炉机组中的热交换。接触传热	112
28. 鍋爐机组中的热交换过程	112
29. 在接触传热时加热质和受热质的平均温差	114
30. 传热系数和放热系数	117
31. 烟气对金属壁的接触放热系数	122
32. 受热面对受热质的放热系数。放热与气体阻力的关系	137
第七章 辐射传热	141
33. 在蒸汽鍋爐的爐子中辐射所起的作用。固体辐射	141
34. 波略克辐射热交换計算法	145
35. 气体和蒸汽的辐射。鍋爐烟道中的接触和辐射联合传热	149
36. 爐中的辐射传热	166

書中採用的主要符号

飽和蒸汽的比容—— v_n (公尺³/公斤)。
 飽和蒸汽的比重—— γ_n (公斤/公尺³)。
 過熱蒸汽的比容—— $v_{n\sigma}$ (公尺³/公斤)。
 過熱蒸汽的比重—— $\gamma_{n\sigma}$ (公斤/公尺³)。
 濕蒸汽的比容—— v_x (公尺³/公斤)。
 濕蒸汽的比重—— γ_x (公斤/公尺³)。
 水的比容—— v_w (公尺³/公斤)。
 水的比重—— γ_w (公斤/公尺³)。
 汽水混合物的比重—— $\gamma_{c.m.}$ (公斤/公尺³)。
 干度—— x 。
 飽和蒸汽的全熱—— λ_n (大卡/公斤)。
 濕蒸汽的全熱—— λ_x (大卡/公斤)。
 過熱蒸汽的全熱—— $\lambda_{n\sigma}$ (大卡/公斤)。
 蒸发全熱—— r (大卡/公斤)。
 蒸发內熱—— ρ (大卡/公斤)。
 蒸发外熱—— ψ (大卡/公斤)。
 臨界點焓—— i_{kp} (大卡/公斤)。
 臨界溫度—— t_{kp} (°C)。
 臨界壓力—— P_{kp} (公斤/公分²)。
 氣體常數—— R (公斤·公尺/°C)。
 分子量—— μ 。
 摩尔容積—— $\bar{V}$ (公尺³/摩尔)。
 通用氣體常數—— $\bar{R}$ 。
 氣體的重量比熱—— c' (大卡/公斤·°C)。
 氣體的容積比熱—— c (大卡/公尺³·°C)。
 燃燒產物的容積比熱—— c_p (大卡/公尺³·°C)。
 燃燒產物的焓—— I (大卡/公斤燃料)。
 絕對(動力)粘度—— μ (公斤·秒/公尺²)。
 運動粘度—— ν (公尺²/秒)。
 密度—— ρ (公斤·秒³/公尺⁴)。
 燃料有機質的成分—— $C_0\%$; $H_0\%$; $O_0\%$; $N_0\%$ 。
 有機質的揮發分逸出量—— $\Pi_0\%$ 。
 燃料有機質的高發熱量—— Q_0^h (大卡/公斤)。
 燃料有機質的低發熱量—— Q_0^l (大卡/公斤)。
 燃料可燃質的成分—— $C_s\%$; $H_s\%$; $O_s\%$; $N_s\%$; $S_s\%$ 。
 可燃質的揮發分逸出量—— $\Pi_s\%$ 。
 燃料可燃質的高發熱量—— Q_s^h (大卡/公斤)。
 燃料可燃質的低發熱量—— Q_s^l (大卡/公斤)。

燃料干燥質的成分—— $C_c\%$; $H_c\%$; $O_c\%$; $N_c\%$; $S_c\%$; $A_c\%$ 。
 干燥質的揮發分逸出量—— $\Pi_c\%$ 。
 燃料干燥質的高發熱量—— Q_c^h (大卡/公斤)。
 燃料干燥質的低發熱量—— Q_c^l (大卡/公斤)。
 燃料工作質的成分—— $C_p\%$; $H_p\%$; $O_p\%$; $N_p\%$; $S_p\%$; $A_p\%$; $W_p\%$ 。
 工作質的揮發分逸出量—— $\Pi_p\%$ 。
 灰分的開始變形溫度—— t_1 °C。
 灰分的軟化溫度—— t_2 °C。
 灰分的液溶狀態溫度—— t_3 °C。
 燃料工作質的高發熱量—— Q_p^h (大卡/公斤)。
 燃料工作質的低發熱量—— Q_p^l (大卡/公斤)。
 計入機械未完全燃燒的燃料工作質的成分—— $C_p^I\%$; $H_p^I\%$; $O_p^I\%$; $N_p^I\%$; $S_p^I\%$; $A_p^I\%$; $W_p^I\%$ 。
 燃料碳分的機械未完全燃燒—— $\Delta C\%$ 。
 混合物中燃料燃燒時的工作成分—— $C_p^{II}\%$; $H_p^{II}\%$; $O_p^{II}\%$; $N_p^{II}\%$; $S_p^{II}\%$; $A_p^{II}\%$; $W_p^{II}\%$ 。
 $C_p^{III}\%$; $H_p^{III}\%$; $O_p^{III}\%$; $N_p^{III}\%$; $S_p^{III}\%$; $A_p^{III}\%$; $W_p^{III}\%$ 等等。
 燃料中碳酸鹽二氧化碳的百分含量—— $CO_2^s\%$ 。
 干煙氣中二氧化碳的百分含量—— $CO_2\%$ 。
 干煙氣中二氧化硫的百分含量—— $SO_2\%$ 。
 干煙氣中氧的百分含量—— $O_2\%$ 。
 干煙氣中一氧化碳的百分含量—— $CO\%$ 。
 干煙氣中氫的百分含量—— $H_2\%$ 。
 干煙氣中甲烷的百分含量—— $CH_4\%$ 。
 干煙氣中氮的百分含量—— $N_2\%$ 。
 干煙氣中三原子氣體的百分含量—— $RO_2\%$
 $= CO_2\% + SO_2\%$ 。
 二氧化碳的分壓力—— p_{CO_2} (大氣壓)。
 二氧化硫的分壓力—— p_{SO_2} (大氣壓)。
 三原子氣體的分壓力—— p_{RO_2} (大氣壓)。
 水蒸汽的分壓力—— p_{H_2O} (大氣壓)。
 燃料中硫的總百分含量—— $S^{00}\%$ 。
 燃料中硫酸鹽硫的百分含量—— $S^0\%$ 。
 燃料中黃鐵礦硫的百分含量—— $S^K\%$ 。
 燃料中有機硫的百分含量—— $S^0\%$ 。
 燃料中揮發硫的百分含量—— $S^A\% = S^0\%$ 。

+8%。

燃料特性—— β 。

空气的含水量—— d_L (克/公斤空气)。

由空气带入鍋爐机组的湿分—— W_L (公斤/公斤空气)。

由蒸汽吹风带入鍋爐机组的湿分—— W_s (公斤/公斤空气)。

总和代号—— $C_p + 0.368S_p = K$ %。

气态燃料的湿度—— d_g (克/标准公尺³干气体)。

气态燃料的含灰量—— a_m (克/标准公尺³干气体)。

漏落物的含灰量—— A_{np} %。

爐渣的含灰量—— A_{mz} %。

飞灰的含灰量—— A_{yn} %。

漏落物中的可燃質含量—— T_{np} %。

爐渣中的可燃質含量—— T_{mz} %。

飞灰中的可燃質含量—— T_{yn} %。

漏落物的重量—— G_{np} (公斤/小时); g_{np} (公斤/公斤燃料)。

爐渣的重量—— G_{mz} (公斤/小时); g_{mz} (公斤/公斤燃料)。

飞灰的重量—— G_{yn} (公斤/小时); g_{yn} (公斤/公斤燃料)。

干气态燃料的比重—— γ_g (公斤/标准公尺³)。

气态燃料的成分—— CO %; H_2 %; CH_4 %; $(C_nH_m)^n$ %; CO_2 %; N_2 %; O_2 %。

进入被研究表面时烟气的温度—— t' (°C)。

从被研究表面出来时烟气的温度—— t'' (°C)。

燃料燃烧的理论温度—— t_s (°C)。

爐子出口处的烟气温度(在第一鍋爐管束之前)—— t_{m1}' (°C)。

在蒸汽过热器前烟气的温度—— t_n' (°C)。

鍋爐本体后的烟气温度—— t_k' (°C)。

省煤器前的烟气温度—— t_s' (°C)。

省煤器后的烟气温度(在空气预热器之前)

—— $t_{s1}' = t_{s2}'$ (°C)。

在空气预热器后烟气的温度—— t_{s2}' (°C)。

排烟温度—— t_p (°C)。

烟道入口处的烟气温度—— t_{mp}' (°C)。

烟道出口处的烟气温度—— t_{mp}'' (°C)。

燃料的温度—— t_f (°C)。

任一点的烟气温度—— t_g (°C)。

烟气的平均温度—— t_g' (°C)。

湿度—— d_L (°C)。

空气预热器前空气的温度—— t_{s1}' (°C)。

空气预热器后的空气温度—— t_{s2}' (°C)。

鍋爐房里空气的温度—— t_k' (°C)。

爐子前空气的温度—— t_n' (°C)。

外界空气温度—— t_a (°C)。

省煤器前给水的温度—— t_{s1}'' (°C)。

省煤器后给水的温度—— t_{s2}'' (°C)。

饱和蒸汽的温度—— t_n (°C)。

过热蒸汽的温度—— t_{sk} (°C)。

在蒸汽过热器前鍋爐的受热面—— H_k' (公尺²)。

在蒸汽过热器后鍋爐的受热面—— H_k'' (公尺²)。

鍋爐本体的总受热面—— $H_k = H_k' + H_k''$ (公尺²)。

鍋爐的辐射受热面—— H_k' (公尺²)。

蒸汽过热器的受热面—— H_k'' (公尺²)。

省煤器的受热面—— H_s (公尺²)。

空气预热器的受热面—— H_{sa} (公尺²)。

总辐射受热面—— H^r (公尺²)。

水冷壁的总建筑面—— H_w (公尺²)。

被屏蔽壁的表面—— H_{sh} (公尺²)。

排中管子的間距—— S_1 (公厘)。

深度上管子的間距—— S_2 (公厘)。

水冷壁管的間距—— S^w (公厘)。

辐射层的有效厚度—— l (公厘)。

热阻—— $R_{tc} = \frac{\text{公尺}^2 \cdot \text{小时} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{大卡}}$ 。

烟气对受热面的对流传热系数—— α_1 (大卡/公尺²·小时·°C)。

烟气对受热面的辐射传热系数—— α_r (大卡/公尺²·小时·°C)。

加热質(烟气)对受热面的总传热系数—— α (大卡/公尺²·小时·°C)。

受热面对加热質的传热系数—— α_2 (大卡/公尺²·小时·°C)。

受热面的壁厚—— δ (公尺)。

灰分和烟黑层的壁厚—— δ_c (公尺)。

水垢层的厚度—— δ_n (公尺)。

受热面壁的导热系数—— λ (大卡/公尺·小时·°C)。

灰分和烟黑层的导热系数—— λ_c (大卡/公尺·小时·°C)。

水垢层的导热系数—— λ_n (大卡/公尺·小时·°C)。

管子外徑—— d_n (公厘)。
管子外半徑—— r_n (公厘)。
管子內徑—— d_{en} (公厘)。
管子內半徑—— r_{en} (公厘)。
理論傳熱系數—— k_m (大卡/公尺²·小時·°C)。
利用系數—— ξ 。
計算傳熱系數—— k_s (大卡/公尺²·小時·°C)。
雷諾准則—— Re 。
努謝利特准則—— Nu 。
管子數目—— n 。
黑體輻射系數—— $C_0 = 4.96$ (大卡/公尺²·小時·°K⁴)。
灰體輻射系數—— C (大卡/公尺²·小時·°K⁴)。
物體吸收能力—— $A = \frac{E_{n0.2}}{E_{n0.2.2}}$ 。
物體的黒度—— $\varepsilon = \frac{E}{E_0}$ 。
兩個物體1和2的相互輻射系數—— C_{1-2} (大卡/公尺²·小時·°K⁴)。
兩個物體1和2的黒度—— ε_{1-2} 。
給定容積的烟氣在1公尺²表面上每小時輻射的热量—— q_p^0 (大卡/公尺²·小時)。
給定容積的CO₂和H₂O在1公尺²表面上每小時輻射的热量—— $q_{CO_2}^0, q_{H_2O}^0$ 。
壁の黒度—— ε_{cm} 。
火炬の黒度—— ε_g 。
計入爐牆反方向輻射的爐子水冷壁受熱面的照射系數—— φ_s 。
爐子的屏蔽程度(冷却系數)—— $\psi = \frac{H^0}{H_{cm}}$ 。
燃燒室的容積—— V_m (公尺³)。
燃燒面的面積—— R (公尺²)。
在1公斤燃料中由爐內輻射所傳遞的热量分額(对 Q_p^0 而言)—— μ 。
爐中放熱系數—— η_m 。
受熱面的照射系數—— φ 。
輻射系數—— $\sigma_s = C \cdot 10^{-8}$ (大卡/公尺²·°K⁴)。
爐子容積的冷却系數—— $\chi = \frac{H^0}{V_m}$ 。
排污系數—— α 。
受熱面的利用系數—— ξ 。
受熱面的冲刷系數—— ξ_s 。
被屏蔽壁的照射系數—— $\psi_s = \frac{H_s^0}{H_{s,cm}}$ 。
水冷壁和爐壁間的距离—— e (公厘)。

爐水的焓—— i_x (大卡/公斤)。
省煤器前給水的焓—— i_0 (大卡/公斤)。
省煤器后給水的焓—— i_0'' (大卡/公斤)。
干飽和蒸汽的焓—— i_n (大卡/公斤)。
湿蒸汽的焓—— i_x (大卡/公斤)。
过热蒸汽的焓—— $i_{n,2}$ (大卡/公斤)。
吹風用蒸汽的焓—— i_g (大卡/公斤)。
排污水的焓—— i_{np} (大卡/公斤)。
鍋爐机组的每小時蒸汽生產量—— D (公斤/小時)。
鍋爐机组每小時生產标准蒸汽的出率—— D_n (公斤/小時)。
每小時燃料消耗量—— B (公斤/小時)。
鍋爐机组的毛效率—— η_{gn} 。
鍋爐机组的淨效率—— η_{nm} 。
排污水量—— d_{np} (公斤/小時)。
燃料的可見蒸发量—— H_s (公斤/公斤燃料)。
对标准蒸汽而言的燃料蒸发量—— H_n (公斤/公斤燃料)。
爐子效率—— η_m 。
在0°C和760公厘水銀柱時干空气的比重—— γ_0 (公斤/公尺³)。
漏風的焓—— Q_{npuc} (大卡/公斤燃料)。
由蒸汽吹風帶入的热量—— Q_s (大卡/公斤燃料)。
由燃料帶入的热量—— Q_s (大卡/公斤燃料)。
由再循环烟氣帶入的热量—— Q_{ppcu} (大卡/公斤燃料)。
由空气帶入的热量—— Q_s (大卡/公斤燃料)。
相对热量—— $g_s\%$ 。
灰分熔化所需的热量—— $r_{m,1}$ (大卡/公斤)。
由爐中輻射所傳遞的热量—— Q^p (大卡/公斤燃料)。
鍋爐的第一排管束所吸收的热量—— Q_1^i (大卡/公斤燃料)。
鍋爐的第二排管束所吸收的热量—— Q_2^i (大卡/公斤燃料)。
鍋爐本体所吸收的热量—— $Q^T = Q_1^i + Q_2^i$ (大卡/公斤燃料)。
蒸汽过热器所吸收的热量—— Q_3^i (大卡/公斤燃料)。
省煤器所吸收的热量—— Q_4^i (大卡/公斤燃料)。

水冷壁所传递的热量—— $Q_1^{\text{壁}}$ (大卡/公斤燃料)。

有效利用热量—— $Q_1 = Q_1^{\text{壁}} + Q_1^{\text{汽}} + Q_1^{\text{水}} + Q_1^{\text{煤}}$ (大卡/公斤)。

空气预热器所吸收的热量—— $Q_1^{\text{空}}$ (大卡/公斤燃料); 相对热量—— $q_1^{\text{空}}\%$ 。

排烟带走的热损失—— Q_2 (大卡/公斤燃料); $q_2\%$ 。

化学未完全燃烧热损失—— Q_3 (大卡/公斤燃料); $q_3\%$ 。

炉渣中机械未完全燃烧热损失—— $Q_4^{\text{机}}$ (大卡/公斤燃料); $q_4^{\text{机}}\%$ 。

漏落物带走的热损失—— $Q_4^{\text{漏}}$ (大卡/公斤燃料); $q_4^{\text{漏}}\%$ 。

飞灰带走的热损失—— $Q_4^{\text{灰}}$ (大卡/公斤燃料); $q_4^{\text{灰}}\%$ 。

机械未完全燃烧的总热损失—— $Q_4 = Q_4^{\text{机}} + Q_4^{\text{漏}} + Q_4^{\text{灰}}$ (大卡/公斤燃料);

相对热量 $q_4 = q_4^{\text{机}} + q_4^{\text{漏}} + q_4^{\text{灰}}\%$ 。

炉渣的物理热损失—— $Q_4^{\text{物}}$ (大卡/公斤燃料); $q_4^{\text{物}}\%$ 。

散入燃烧室周围介质中的热损失—— Q_5 (大卡/公斤燃料); $q_5\%$ 。

散入第一烟道周围介质中的热损失—— Q_5^{I} (大卡/公斤燃料); $q_5^{\text{I}}\%$ 。

散入蒸汽过热器周围介质中的热损失—— Q_5^{II} (大卡/公斤燃料); $q_5^{\text{II}}\%$ 。

散入第二烟道周围介质中的热损失—— Q_5^{III} (大卡/公斤燃料); $q_5^{\text{III}}\%$ 。

散入省煤器周围介质中的热损失—— Q_5^{IV} (大卡/公斤燃料); $q_5^{\text{IV}}\%$ 。

散入空气预热器周围介质中的热损失—— Q_5^{V} (大卡/公斤燃料); $q_5^{\text{V}}\%$ 。

散入周围介质中的总热损失—— $Q_5 = Q_5^{\text{I}} + Q_5^{\text{II}} + Q_5^{\text{III}} + Q_5^{\text{IV}} + Q_5^{\text{V}}$ (大卡/公斤燃料);

$q_5 = q_5^{\text{I}} + q_5^{\text{II}} + q_5^{\text{III}} + q_5^{\text{IV}} + q_5^{\text{V}}\%$ 。

不稳定工况的热损失—— Q_6 (大卡/公斤燃料); $q_6\%$ 。

水速—— w_w (公尺/秒)。

空气的初速—— $w_L^{\text{空}}$ (公尺/秒)。

空气的终速—— $w_L^{\text{空}}$ (公尺/秒)。

空气的平均速度—— $w_L^{\text{空}}$ (公尺/秒)。

饱和蒸汽的速度—— w_k (公尺/秒)。

过热蒸汽的初速—— $w_{\text{汽}}^{\text{初}}$ (公尺/秒)。

过热蒸汽的终速—— $w_{\text{汽}}^{\text{终}}$ (公尺/秒)。

过热蒸汽的平均速度—— $w_{\text{汽}}^{\text{平}}$ (公尺/秒)。

汽水混合物的初速—— $w_{\text{混}}^{\text{初}}$ (公尺/秒)。

汽水混合物的终速—— $w_{\text{混}}^{\text{终}}$ (公尺/秒)。

汽水混合物的平均速度—— $w_{\text{混}}^{\text{平}}$ (公尺/秒)。

压力侧容积含汽量—— φ 。

消费侧容积含汽量—— u 。

循环倍数—— c (公斤水/1公斤蒸汽)。

由于汽化,增量的水速—— k (公尺/秒)。

锅炉机组部件的管子内部截面—— f (公尺²)。

摩擦流体阻力系数—— λ 。

局部流体阻力系数—— ξ 。

被研究的烟道中烟气的初速—— $w_g^{\text{初}}$ (公尺/秒)。

被研究烟道中烟气的终速—— $w_g^{\text{终}}$ (公尺/秒)。

被研究烟道中烟气的平均速度—— $w_g^{\text{平}}$ (公尺/秒)。

第一锅炉管束烟道的平均截面—— F_g^{I} (公尺²)。

蒸汽过热器烟道的平均截面—— F_g^{II} (公尺²)。

第二锅炉管束的平均截面—— F_g^{III} (公尺²)。

省煤器的平均截面—— F_g^{IV} (公尺²)。

空气预热器的平均截面—— F_g^{V} (公尺²)。

液体的平均比热—— C_w (大卡/公斤·°C)。

过热蒸汽在定压下的平均比热—— C_p (大卡/公斤·°C)。

过热蒸汽在定压下的真实比热—— $C_p^{\text{真}}$ (大卡/公斤·°C)。

过热蒸汽在定压下的平均比热—— C_p (大卡/公斤·°C)。

过热蒸汽在定压下的真实比热—— $C_p^{\text{真}}$ (大卡/公斤·°C)。

绝对压力—— P_a (公斤/公分²)。

剩余压力(工作压力或表压力)—— P_k (公斤/公分²)。

理论空气需要量—— V_0 (标准公尺³/公斤燃料); L_0 (公斤/公斤燃料)。

实际空气需要量—— V_a (标准公尺³/公斤燃料); L_a (公斤/公斤燃料)。

炉中的过剩空气系数—— α_m 。

炉子出口处的过剩空气系数(在第一锅炉管束前)—— α_m^{I} 。

在蒸汽过热器前的过剩空气系数—— α_m^{II} 。

在蒸汽过热器后的过剩空气系数—— α_m^{III} 。

在省煤器前的过剩空气系数—— α_m^{IV} 。

在鍋爐本体后的过剩空气系数—— α'' 。

在空气预热器前的过剩空气系数(在省煤器后)

—— $\alpha_{s.n}'' = \alpha_{s.o}''$ 。

在空气预热器后的过剩空气系数—— $\alpha_{s.no}''$ 。

排烟中的过剩空气系数—— α_y 。

第一烟道中的漏风量—— $\Delta\alpha^I$ 。

蒸汽过热器烟道中的漏风量—— $\Delta\alpha_n$ 。

第二烟道中的漏风量—— $\Delta\alpha^{II}$ 。

省煤器烟道中的漏风量—— $\Delta\alpha_{s.o}$ 。

空气预热器的漏风量—— $\Delta\alpha_{s.no}$ 。

旋风式除尘器中的漏风量—— $\Delta\alpha_{s.yo}$ 。

电气过滤器中的漏风量—— $\Delta\alpha_{ef}$ 。

干燥—磨煤系统中的漏风量—— $\Delta\alpha_{c.m.c.o}$ 。

烟气总容积—— V_g (标准公尺³/公斤燃料)。

爐子出口处的烟气总容积—— $(V_g)_n''$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在蒸汽过热器前的烟气总容积—— $(V_g)_n'$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在蒸汽过热器后的烟气总容积—— $(V_g)_n''$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在鍋爐本体后的烟气总容积—— $(V_g)_n''$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在省煤器前的烟气总容积—— $(V_g)'_{B.o}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在空气预热器前省煤器后的烟气总容积—— $(V_g)'_{s.n} = (V_g)'_{s.o}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

在空气预热器后的烟气总容积—— $(V_g)''_{s.n}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

排烟总容积—— $(V_g)_y$ (标准公尺³/公斤燃料)。

再循环时返回爐中的烟气总容积—— $V_{g.p.c.u}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

烟气的平均容积—— $V_{c.p}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

干烟气的容积—— $V_{c.d}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

二原子气体的容积—— $V_2 = V_{O_2} + V_{N_2} + V_{H_2} + V_{CO}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

三原子气体的容积—— $V_3 = V_{SO_2} + V_{CO_2} = V_{RO_2}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

水蒸汽的容积—— V_{H_2O} (标准公尺³/公斤燃料)。

甲烷的容积—— V_{CH_4} (标准公尺³/公斤燃料)。

重碳氢的容积—— $V_{C_nH_m}$ (标准公尺³/公斤燃料)。

二原子气体的重量—— $G_2 = G_{O_2} + G_{N_2} + G_{H_2} + G_{CO}$ (公斤/公斤燃料)。

三原子气体的重量—— $G_3 = G_{SO_2} + G_{CO_2} = G_{RO_2}$ (公斤/公斤燃料)。

水蒸汽的重量—— G_{H_2O} (公斤/公斤燃料)。

甲烷的重量—— G_{CH_4} (公斤/公斤燃料)。

重碳氢的重量—— $G_{C_nH_m}$ (公斤/公斤)。

烟气的总比热—— $(V_g C_p)_m, (V_g C_p)'_n$ 等等(大卡/公斤燃料)。

煤粉浓度—— μ (公斤燃料/公斤空气)。

经过空气预热器的烟气份额—— μ_g 。

再循环的返回爐中的烟气份额—— $\mu_{g.p.c.u}$ 。

本表並不能詳尽无漏地包括書中所有符号。表中未包括的符号將在文中适当的地方加以說明。

第一篇 鍋炉設備的工質和工作过程

第一章 有关鍋爐設備的一般概念。工質的特性

1. 鍋爐設備及其型式和用途

鍋炉設備是蒸汽动力設備中的一个部分，在其中生产蒸汽，以供其后的蒸汽原动机或各种热能装置之用。蒸汽动力設備中的工質几乎就只是水，它从液体状态借受热而变成饱和蒸汽状态或过热蒸汽状态。加热一般是靠燃料燃烧产物的物理显热来达到的，物理显热则是由于燃料在燃烧时放出的化学能而得到的。

鍋炉設備中生产的蒸汽，其压力高于大气压，并且多半处在过热状态。这种蒸汽一般利用于：

- a) 蒸汽原动机，即汽輪机或活塞式蒸汽机，用以产生机械能；
- б) 房屋的暖气設備，和需要消耗热量的各种生产过程：加热、蒸煮、蒸发、干燥、精馏及硫化等等，这些生产过程是在專門的加热仪器和热交换器中进行的（为了这些目的，有时要將蒸汽传送一段很长的距离，以及从一个中心站沿着特設的蒸汽管网分配出去）；

- в) 在煤气发生炉中用以制备动力煤气或水煤气。

鍋炉設備按尺寸、用途和出率而分，是形形色色极其多种的。現行的鍋炉設備，每台机组每小时的蒸汽出率从数十公斤到 500 吨的都有。

按用途而分，固定式鍋炉設備有下列几种：

- а) 供热力发电厂使用的动力鍋炉設備；这些設備一般都具有很高的或較高的蒸汽压力；

б) 生产暖气鍋炉設備，給工业企业的各种工艺过程和暖气設備供应蒸汽；这些鍋炉設備多半是中型和小型尺寸，除特殊情况外，一般压力不高；

- в) 暖气鍋炉設備，供給个别房屋或一組大楼的暖气設備用；这些鍋炉設備的蒸汽出率多半不大，并且其中的蒸汽压力也較低。

往往鍋炉設備同时給蒸汽原动机、工艺加热仪器及暖气通风設備供应蒸汽。这些混合型式的鍋炉設備在工业企业中很普遍。

現代的中心热电站，生产机械能和电能，并同时給工艺装置和加热仪器供热，其中从鍋炉設備出来的全部蒸汽，均流入蒸汽原动机，而为純粹热的目的需要蒸汽的用户，則得到从蒸汽原动机（主要是汽輪机）抽汽口中出来的蒸汽。这时由于綜合利用了热量的方法，就提高了蒸汽动力設備的总效率，并达到了大大节省燃料的目的。这些蒸汽动力設備在苏联得到了普遍的采用，因为社会主义社会經济计划制度給合理建立热能事业提供了很大的可能性。热电站的鍋炉設備，就其种类而言，是属于动力鍋炉設備的一种。

移动式 and 运输用的鍋炉設備，必須单独地成为一类。蒸汽动力設備在铁路运输中佔有优势，并且在水路航运中也佔有重要的地位。甚至在汽車和飞机方面，这些一向由輕型內燃机独佔的地方，近几年来也开始滲入了蒸汽原动机。

本書主要是討論動力類和生產暖氣類的固定式鍋爐設備，僅有一部分，一方面討論純粹暖氣鍋爐設備，另一方面討論各種各樣的運輸用鍋爐設備。

決定鍋爐設備特性的重要的量或參數，就是它所生產的蒸汽的壓力和溫度。現代熱力工程發展的特徵，就是廣泛地採用很高的蒸汽壓力和溫度。

鍋爐設備的任務是能經濟地生產所需壓力和溫度的蒸汽。鍋爐設備的經濟性，從其中利用燃料熱量的觀點來看，它與所產蒸汽的參數無關。並且蒸汽壓力和溫度的提高，反而使建造便宜和經濟的鍋爐設備的問題複雜化。當蒸汽壓力和溫度提高時動力設備之所以經濟，完全是由於這些蒸汽在蒸汽機或汽輪機中被經濟地利用了，也就是說，熱力原動機的热效率得到了改善。

從熱力學中已經知道，對給定的工質來講，例如水蒸汽，在由一般氣候條件給定的周圍空氣溫度和凝汽器中水的溫度下，也即在給定的熱力循環的低溫界限下，蒸汽原動機熱力循環的效率可借提高進入原動機的蒸汽溫度和壓力來提高。這一點就決定了高壓和過熱蒸汽鍋爐設備的發展。給水回熱裝置的加入，改善了蒸汽原動機的效率，決定了進入鍋爐設備的水溫。鍋爐設備的外貌和特性，在很大程度上與上述情況有關。

純粹暖氣用戶和生產用戶，一般都利用低壓的飽和蒸汽，壓力從1到12表壓力。暖氣系統需要的蒸汽，不高于4~6表壓力，一般甚至不高于1~2表壓力。生產用戶所需的蒸汽壓力，是由進行工藝過程所需保證的溫度決定的。這些溫度很少超過 200°C 。加熱用飽和蒸汽的溫度，應高于工藝過程所需的溫度。加熱用飽和蒸汽的壓力應完全由其溫度所決定。因為過熱蒸汽傳給壁的热量，要比飽和蒸汽或濕蒸汽少得多，所以在生產用暖氣設備的鍋爐中，過熱蒸汽往往只是用來避免從鍋爐設備到蒸汽用戶的線路上有較大的热量損失。為了克服蒸汽管路的阻力，蒸汽壓力需要有些附加的提高。

供集中在面積不大的房屋用的暖氣鍋爐，一般均生產飽和蒸汽，壓力從0.2到2表壓力，並且具有很小的蒸汽出率。供分散在很大面積上的一系列大樓用的中心蒸汽暖氣設備，一般均具有6~8表壓力以下的壓力，並且有時生產溫度在 250°C 以下的過熱蒸汽。純粹供生產用鍋爐和生產供暖氣用鍋爐很少應出產壓力高于12表壓力的蒸汽；一般只有2~6表壓力就已足夠了。這些鍋爐設備有時也供小型蒸汽原動機之用。要求鍋爐設備生產不同參數的蒸汽時，該鍋爐設備所產蒸汽的壓力和溫度則按用戶的最大參數來決定。對其餘的用戶，則將蒸汽在相應的節制(節流)之後再供應之。

在個別情況下，當低壓(例如2~3表壓力)蒸汽的消費率較大時，鍋爐設備仍然在較高的壓力(8~15表壓力)下工作，因為壓力低而出率大的鍋爐設備，其結構和運行均會遇到某些困難。

在為原動機(主要是汽輪機)服務的鍋爐設備中，採用高于15表壓力的蒸汽壓力。在這些鍋爐設備中，鍋爐的蒸汽壓力和溫度是由汽輪機所決定的。

在汽輪機功率小的情況下，把蒸汽壓力提得很高是沒有好處的，因為在旋轉部分和固定部分間間隙中蒸汽的損失很大，以及在蒸汽摩擦上的損失也較大。但是在功率大的汽輪機中，提高蒸汽的壓力和溫度，不僅能提高熱循環的經濟性，並且有時甚至使高功率汽輪機的實現有一些簡化。因此蒸汽壓力和溫度的提高，在很大程度上與單台機組的功率有關。

蒸汽出率在每小時20~30噸以下的鍋爐機組，一般蒸汽壓力不高于30表壓力，溫度

不高于 $375\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。从每小时40吨的蒸汽出率开始，锅炉设备中的正常蒸汽压力在苏联暂定为32表压力，过热蒸汽的温度为 425°C ①。以利用当地燃料和热电联合供应为基础的苏维埃动力事业的建立，导致了过渡到中心热电站强大锅炉机组的较高蒸汽参数的情况。许多新的发电厂的建造和设计，均采用了蒸汽参数为 $100\sim 140$ 表压力和 500°C 的锅炉机组。与32表压力和 425°C 的参数相较，可节约燃料 $10\sim 20\%$ 。某些试验性的设备已达 600°C 的过热蒸汽温度工作。

在不大的蒸汽机运输设备中，应用高的蒸汽压力在锅炉机组容量小的情况下也是有利的。这些高压设备近年来在国外已开始发展了。

2. 锅炉设备及其各部分

图1和2(见插图)表示固体燃料粉状燃烧的固定式锅炉设备的系统图。在熟悉了这个系统图以后，才能不费劲地去分析其他各种锅炉设备的系统图。

在锅炉设备中必须保证下列条件：

1. 将必需数量的燃料及其燃烧所需的空气送入炉子中；在炉子中正确地进行燃烧过程；烟气从炉子中出来，沿着烟道流动，将热量传给放在炉子和烟道中的所有受热面；将冷却了的燃烧产物和炉渣排出锅炉设备以外。

2. 将工质——液态水送入锅炉设备中；将这水加热到沸腾温度；水蒸发而从其中逸出干燥的蒸汽；将所得到的必需压力的蒸汽过热到指定的温度。

3. 锅炉机组可靠地工作，首先是金属受热面要可靠地工作，热量是从燃烧产物那里，经过这些受热面而传给工质的。

为使锅炉设备进行工作，就需要有关于保藏燃料、将燃料送入炉中及燃烧前准备的装置，关于处理给水的装置等等。因此，锅炉设备是由锅炉机组和一系列的辅助装置所组成的。

A. 锅炉机组

锅炉机组(见图1)本身包括：蒸汽锅炉1、蒸汽过热器2、省煤器3、空气预热器4、燃烧室5、以及炉墙6、烟道7、骨架8、配件及附件等。

蒸汽锅炉1是用来将送入其中的液体转变成在锅炉压力下的饱和蒸汽，而这些液体在进入锅炉前多半已加热到接近于锅炉压力下的沸点温度。从强度观点出发，通常由钢制成的锅炉各个部分，多半具有圆筒形状，如汽鼓9、联箱10及管子11等。为了有可能在锅炉内部进行工作以及清除锅炉壁内表面上的水垢和泥渣(蒸发水中的沉积物)，在汽鼓上制有人孔12，其大小以能使一个人爬过为准；在联箱及其他较小的锅炉部分中制有手孔13。人孔和手孔均用带有衬垫的盖子紧密地关闭。

锅炉内部容积被水占据的这一部分，称为容水②空间14；被蒸汽占据的这一部分，称为容汽空间15。容汽空间和容水空间的分界表面16，称为蒸发面。在运行着的锅炉中水位在两个极限位置——最高水位17和最低水位18之间变动。最低水位要调成这样，使

① 目前苏联国家标准拟定出产的锅炉机组，最高的蒸汽产量、压力及过热蒸汽温度均大大地超过了这些数据。——译者

② 在锅炉工作的时候，容水空间部分地被汽水混合物所占据。

这时还有水盖复被热烟气加热着的鍋炉金屬壁。借此达到足以使鍋炉安全工作的鍋炉壁的冷却情况。最高水位調定得这样，使当蒸汽从汽鼓中流出的地方水不致被蒸汽帶出，蒸汽的湿度不致超过容許的范围。最高水位和最低水位之差决定了所謂給水的儲量。

为了將水与从鍋炉中流出去的蒸汽分离，往往裝置汽水分离裝置19和干汽鼓20。以前容水量大的鍋爐曾經用得很普遍。它們适合于手动調节燃料的燃燒过程和鍋炉中的給水的場合，这时在波动的負荷下仍能稳定地工作。只有出率小的鍋炉才可制成此类型式。中型和大型鍋炉如以容水量大的型式制造，那就不合理了。在采用容水量小的鍋炉而在負荷波动极大的場合下工作时，就需要自动調节鍋炉中的給水和炉中的燃燒过程，有时甚至要裝置蓄汽器。

鍋炉的出率是用每小时鍋炉所出产的蒸汽吨数来决定的，以 D (吨/小时) 表示。鍋炉的大小通常用鍋炉有多少平方公尺的受热面 H_K (公尺²) 来说明。

鍋爐受热面是指一側受热烟气冲刷，另一側受工質冲刷的金屬壁所有表面的面积。受热面的大小一般是以被烟气加热的一側計算的。主要或單靠火焰或赤热燃料层的輻射而获得热量的受热面，称为**輻射受热面21**；主要借助于与流动的热烟气接触而获得热量的受热面，称为**对流受热面22**。單靠炉中热的輻射而吸收热量的輻射受热面，称为**爐壁水冷壁**。

鍋炉的金屬壁由烟气来加热，而这些烟气在鍋炉的个别部分具有很高的温度。可是，鋼質的鍋炉壁在加热到高于 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 时，其强度就大大地降低了。为了防止过热而超过容許的极限，鍋炉壁應該加以强迫冷却，这一点是靠水或汽水混合物沿着受热面强烈流动而从壁上吸取热量来达到的。水或汽水混合物在鍋炉中的这一流动，称为**循环**。

按照循环的产生方法，蒸汽鍋炉分成两种基本类型：**a) 自然循环鍋爐**和**б) 强迫循环鍋爐**。

自然循环是靠比重較水小的汽泡沿着鍋炉的管子或汽鼓，帶着水一起上升而产生的。在鍋炉的一个部分里(上升管23)使汽水混合物向上流动，而在另一个部分里(下降管24)使水向下流动。这样，使水不断地沿着受热面流动，同时多次流过鍋炉的容水空間。

水和汽水混合物沿着受热面的**强迫循环**是用水泵来进行的。现有多次强迫循环鍋炉和單流鍋炉两种。在多次强迫循环鍋炉中，水在蒸发前沿着受热面經循环水泵抽汲若干次。这些鍋炉与自然循环鍋炉所不同的地方，只是沒有水泵作为多次循环的强迫器。在單流鍋炉中沒有多次循环：水由給水泵送入形成受热面的蛇形管，而以干燥的饱和或进热蒸汽状态从蛇形管中流出。

蒸汽过热器2是用来將鍋炉中得到的饱和蒸汽过热到所需的温度。

蒸汽过热器通常是由一組平行接入的鋼制蛇形管所組成的，在蛇形管的始終兩端用联箱連通。蛇形管布置在烟道內，由烟气加热。蒸汽从鍋炉中沿着蒸汽管路25出来之后，通过蛇形管而被加热到所需的温度。由于过热器蛇形管的强烈冷却較鍋炉管子要差，所以在过热温度很高时这些蛇形管通常用特殊的耐热鋼制成。

为使过热器可靠地工作，很重要的一点即要使从鍋炉內出来的蒸汽中含有溶解盐分的水量最少。为了防止管子燒坏，同时也必需使蒸汽沿着所有蛇形管均匀地流动，蒸汽速度要很大，使足以將壁冷却，蛇形管表面不得經受过大的热强度試驗，总之要消除所

有可能升高蒸汽过热器壁温超过容許极限的一切情况。过热器有辐射的和対流的两种；前者放在烟爐室内，主要靠輻射传热来工作，后者放在烟道内，靠接触传热来工作。

省煤器 3 是靠热烟气的热来預热給水的。压力較高和很高时，采用鋼制蛇形管式省煤器。当压力低时，省煤器是由生鉄管(光面的或鳍片的)所組成的。有时也会碰到鋼質的鳍片管。在設計管子的时候，力求增大烟气对金屬壁的传热。如果省煤器中的水被加热到沸点，并且甚至有部分水在其中蒸发，那末这种省煤器称为沸騰式省煤器。給水是用給水泵沿管子 26 送入省煤器的。在省煤器中加热了的給水，沿着管子 27 流入鍋炉。

空气預热器 4 为了改善蒸汽动力设备中热的利用，往往采用以蒸汽回热給水的措施，而这些蒸汽是从汽輪机的各級中抽出来的。这时烟气的热不用来預热給水，而用来預热空气預热器中的流向炉中去的空气。由于降低了燃燒产物的温度，以及較完全地完成了燃料的燃燒过程，因而改善了鍋炉设备中燃料的利用。

在大多数鍋炉设备中都采用空气預热器，而与有无回热給水裝置无关。一般將它們裝置在鍋炉机組的末端，也就是放置在烟气通过省煤器以后的地方。冷空气沿进气管 28 送入空气預热器，而热空气沿出气管 29 从其中流出。

爐子是供燃料燃燒用的，而燃燒或者在爐篋上燃料层中进行，或者在燃燒室内按火炬燃燒方法进行。在前一种情形中称为层式爐，而在后一种情形中称为室爐。炉子的主要部分之一就是燃燒室(或称炉膛) 5，当采用室爐时，燃料就在这里进行燃燒，而用成层燃燒时，則从爐篋上逸出的未燃尽的可燃烟气就在这里进行补充燃燒。

在火炬燃燒时应用噴燃器或噴霧器 30，其用途是將粉狀、液体或气体燃料与空气的混合物送入燃燒室。在燃燒煤粉的时候，經過噴燃器噴入燃料与一次空气的混合物(煤粉空气混合物)，此外还送入二次空气；随着噴燃器結構的不同，会产生这种或那种形狀的火炬。在燃燒气体燃料时，在噴燃器中进行可燃气体与空气的混合，而在燃燒液体燃料时，噴燃器(噴霧器)將液体燃料分散或霧化成微滴。

在层式燃燒块状固体燃料时，炉子內裝有机械化、半机械化或手燒式炉篋(炉排)，炉篋是用来保持燃料层，沿燃料层分配送入炉篋下面的空气，而在机械化炉子中，还用来送燃料入炉膛，及清除炉渣。

炉子应符合所采用的燃料形状和种类。对炉子的要求是，在不多的过剩空气下要保証最小的化学和机械不完全燃燒損失。在設計炉子时必须选取合理的燃料和空气的送入量，使它們相互作用而造成完全燃燒，必需正确配合炉子和鍋炉受热面，例如采取适当大小的鍋炉輻射受热面 11 和水冷壁 21，必需考虑到炉子的紧凑、便宜及运行的可靠性，正确选择耐火材料，以及保証減輕鍋炉运行人員的工作。

在每台燃燒固体燃料的炉子中，必需实现不间断地从炉子中排出炉渣(灰渣)。为此在层式机械化炉子中，在炉篋下面裝設專用的灰渣斗。灰渣从爐篋上掉入灰渣斗中，并週期地从其中排除。在最新的煤粉室爐結構中，为了这一个目的，在炉子的下部裝設冷灰斗 31，而在冷灰斗的下面裝置灰渣斗 32。

爐牆 6 就是用磚砌成的或用專門結構的护板构成的燃燒室和烟道的牆壁。炉牆应减小烟气散入外界介質的热損失，并阻挡外界空气漏入烟道。炉牆应当簡單、便宜、可靠、足够严密、以及不导热。在烟气的高温区域内，对炉牆的材料和結構的要求是要有足够的抵抗火焰的作用、烟气的化学腐蝕、灰的机械磨損等的性能。

烟道 7 就是由炉膛围起来的并布满受热面的槽道。从燃烧室中出来的赤热的燃烧产物，沿着烟道流动，冲刷受热面，并将热量经过受热面而传给蒸汽、水或空气，而这些蒸汽、水或空气则沿着受热面的另一侧流过。冷却了的燃烧产物，从烟道中出来，经过后烟道和吸风装置而流入烟囱里去。

骨架 8 制成金属构架的形状，用来支持锅炉机组的所有各部分以及炉膛。

配件和附件 为了看管锅炉机组，需要一系列的附属设备，这些设备就称为配件和附件。

属于配件的有：压力表，水位表（通常采用玻璃水位表），试水考克，放水和排污阀门，锁闭截门，自动止回阀及保安阀等。装设保安阀是为了使锅炉中的压力不致超过金属外壳强度所容许的极限；在达到极限压力时，保安阀就自动地开启，放出一部分蒸汽到大气中去。

属于附件的有，手孔的盖子，炉膛上的小门（供察看和清理烟道用），调节吸风用的阻板，锅炉支座等等，以及司炉用的工具。

5. 锅炉设备的辅助装置和车间

辅助装置和车间是供保藏燃料，送加和准备燃料去燃烧，排除灰渣；净化给水并将它送入锅炉机组；从锅炉机组中排出废气和将空气送入炉中之用。

主要的辅助装置（图 2）列举如下。

燃料仓 一般就是在企业范围内的一块露天场地 33，这里放置着储存的燃料。燃料从车厢 34 或驳船上卸在燃料仓里。在燃料仓里备有起重吊车和其他设备，例如扒煤机 36。有时为了防止燃料风化和受潮，也有将燃料仓做成遮蔽的。

送料运输设备 是供将燃料送入仓库以及从仓库送入燃料在燃烧前的准备装置所用。此类设备可包括，带式 (38)、斗式 (37) 及螺旋式输送机，输送带，各式起重吊车，扒煤机，厂内运输车辆，栈桥，架空索道等等。

燃料制备装置 多半是燃烧粉状固体燃料的大型锅炉设备所具有的，其用途是将块状燃料制成粉末。燃料制备装置是由磁力分选机 39、筛 40、碎煤机 41、干燥装置 42、磨煤机 43、旋风分离器 44、给煤机 45、气力输送装置 46、送风机 47 以及某些其他机器所组成。此外，这里还有许多的仓斗 48、煤粉和气体管路 49 等等。

排除灰渣用的装置 从炉子和锅炉设备中排除灰渣用的装置是由灰斗 50、闸板 51（图 1）、老鹰铁和阻渣板 52、碎渣器、小车 53 以及液力（或气力）灰渣排除装置 54 所组成。

水处理装置 是供处理给水用的。这一过程主要是在于清除原水中所含的能染污省煤器、锅炉及过热器或腐蚀金属的外来杂质，或使这些杂质不起危害作用。水处理工作保证了锅炉不间断地工作。

给水设备 是将水加入锅炉机组中用的。每台锅炉设备至少应置有两个独立的给水设备。为了把给水送入锅炉中，在小型锅炉设备中采用射流器（射水器），以及活塞泵，而在大型锅炉中几乎均采用离心泵。在蒸汽压力很高时，大型锅炉中有时也装置活塞泵。

吸风装置及送空气入炉子中的装置 在自然吸风时的很高烟囱 55，在人工吸风时的吸风机 56，造成了一种负压，使烟气通过机组而排入大气中。在此运动中有流体阻力产生，此阻力用吸力来克服。烟囱多半是用砖、铁板或钢筋混凝土造成的。在人工吸风时

烟囱的作用只是在于引导废烟气排入大气上层, 以免飞灰弄脏周围环境。为了减少带入大气中的飞灰量, 在锅炉机组和吸风装置之间装设除尘装置, 例如电气过滤器(或称电气除尘器)。

表 1

饱和水蒸汽的性质(按柯赫)

绝对压力 P (绝对大气压)	沸点温度 t_n (°C)	比 容		蒸汽的比重 γ_n (公斤/公尺 ³)	焓		蒸发热 r (大卡/公斤)
		水的 v_w (公尺 ³ /公斤)	蒸汽的 v_n (公尺 ³ /公斤)		水的 i_w (大卡/公斤)	蒸汽的 i_n (大卡/公斤)	
0.01	6.698	0.0010001	131.7	0.007595	6.73	600.1	593.4
0.02	17.204	0.0010013	68.27	0.01465	17.24	604.8	587.6
0.03	23.772	0.0010027	46.53	0.02149	23.79	607.7	583.9
0.04	28.641	0.0010041	35.46	0.02820	28.65	609.8	581.1
0.05	32.55	0.0010053	28.73	0.03481	32.55	611.5	578.9
0.10	45.43	0.0010101	14.95	0.06688	45.41	617.0	571.6
0.20	59.67	0.0010170	7.795	0.1283	59.61	623.1	563.5
0.30	68.68	0.0010221	5.328	0.1877	68.61	626.8	558.2
0.40	75.42	0.0010261	4.069	0.2458	75.36	629.5	554.1
0.50	80.86	0.0010295	3.301	0.3029	80.81	631.6	550.8
0.75	91.27	0.0010368	2.258	0.4429	91.26	635.6	544.3
1.0	99.09	0.0010428	1.725	0.5797	99.12	638.5	539.4
1.5	110.79	0.0010521	1.180	0.8472	110.92	642.8	531.9
2.0	119.62	0.0010599	0.9016	1.109	119.87	645.9	525.9
2.5	126.79	0.0010666	0.7316	1.367	127.2	648.3	521.1
3.0	132.88	0.0010725	0.6166	1.622	133.4	650.3	518.9
3.5	138.19	0.0010780	0.5335	1.874	138.8	651.9	513.1
4.0	142.92	0.0010828	0.4706	2.125	143.6	653.4	509.8
4.5	147.20	0.0010875	0.4213	2.374	148.0	654.7	506.7
5.0	151.11	0.0010918	0.3816	2.621	152.1	655.8	503.7
6.0	158.08	0.0010999	0.3213	3.112	159.3	657.8	498.5
7.0	164.17	0.0011072	0.2778	3.600	165.6	659.4	493.8
8.0	169.61	0.0011140	0.2448	4.085	171.3	660.8	489.5
9.0	174.53	0.0011203	0.2189	4.568	176.4	662.0	485.6
10.0	179.04	0.0011262	0.1981	5.049	181.2	663.0	481.8
12.5	188.92	0.0011399	0.1600	6.249	191.6	665.1	473.5
15.0	197.36	0.0011524	0.1343	7.446	200.6	666.6	466.0
17.5	204.76	0.0011641	0.1157	8.645	208.6	667.7	459.1
20.0	211.38	0.0011751	0.1016	9.846	215.8	668.5	452.7
25.0	222.90	0.0011952	0.08157	12.26	228.5	669.4	440.9
30	232.76	0.0012142	0.06802	14.70	239.5	669.7	430.2
35	241.42	0.0012320	0.05822	17.18	249.4	669.5	420.1
40	249.18	0.0012493	0.05078	19.69	258.2	669.0	410.8
45	256.23	0.0012661	0.04495	22.25	266.5	668.2	401.7
50	262.70	0.0012828	0.04024	24.85	274.2	667.3	393.1
60	274.29	0.0013150	0.03310	30.21	288.4	665.0	376.6
70	284.48	0.0013467	0.02795	35.78	300.9	662.1	361.2
80	293.62	0.0013786	0.02404	41.60	312.6	658.9	346.3
90	301.92	0.001412	0.02096	47.71	323.6	655.1	331.5
100	309.53	0.001445	0.01845	54.21	334.0	651.4	317.1
110	316.58	0.001480	0.01637	61.08	344.0	646.7	302.7
120	323.15	0.001518	0.01462	68.42	353.9	641.9	288.0
130	329.30	0.001558	0.01312	76.23	363.0	636.6	273.6
140	335.09	0.001599	0.01181	84.68	372.4	631.0	258.6
150	340.54	0.001645	0.01065	93.90	381.7	624.9	243.2
160	345.74	0.001699	0.009616	104.0	390.8	618.3	227.5
170	350.66	0.001756	0.008680	115.2	400.3	610.8	210.5
180	355.35	0.001821	0.007809	128.0	410.2	602.5	192.3
190	359.82	0.001902	0.006994	143.0	420.4	593.2	172.8
200	364.08	0.00201	0.00620	161.2	431.5	582.3	150.8
210	368.16	0.00214	0.00539	185.7	444.7	568.1	123.4
220	372.1	0.00239	0.00449	223	463.4	547	84
224	373.6	0.00261	0.00394	254	478	532	54
225.5	374.2	0.0029	0.0029	344.8	515.5	515.5	0