

苏联中等专业学校教学用书

锅炉设备

В.Н.扎也茨 В.В.彼得洛夫斯基

Н.Ф.雷薩科夫 合著

張仁琪 王鉅明 譯

冶金工業出版社

В.Н.ЗАЕЦ, В.В.ПЕТРОВСКИЙ, Н.Ф.РЫСАКОВ
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Металлургиздат (Свердловск, 1955)

鍋 爐 設 备

張仁琪 王鉅明 譯

— * —

冶金工業出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

国家統計局印刷厂印 新华書店发行

— * —

1959年8月第一版

1959年8月北京第一次印刷

印数6,010册

850×1168· $1\frac{1}{32}$ ·240,000字·印張9 $\frac{26}{32}$

— * —

統一書号15062·1670 定价1.10元

本書討論了关于鍋爐設備方面綜合性的問題：燃料、燃燒過程、燃燒設備、蒸汽鍋爐、鍋爐設備的輔助設備与鍋爐機組的热力計算。本書特別注意到在鍋爐設備內發生的一系列過程的物理實質及這些設備的合理結構。

本書可供冶金工業中等技術學校作为教科書。本書亦可作为动力工業中等技術學校學生以及工業企企鍋爐設備操作人員的參考書。

序

本书为冶金工业部所属中等技术学校的教科书。在编写本书时，作者以科学研究机关及设计单位和制造厂所获得的最新资料为基础，力求以简单扼要和浅近易懂的方式来解答《工业企业热工设备》专业的《锅炉设备》教学大纲内规定的一切问题。

本书叙述了锅炉设备的合理装置问题以及如何使其工作达到最经济的方法。书中对燃料燃烧过程及各种型式的燃烧设备给予很大的注意。

本书根据锅炉制造业的各种新成就详尽地分析了锅炉机组的结构，并扼要地研究了废热锅炉与原子锅炉。书中提供了锅炉机组热力计算和设计计算的方法，这就减轻了学生们在进行专题课程设计时的负担。本书还提出了锅炉机组进行热工试验的方法。

本书以必需的篇幅阐述了锅炉内部的水质工况、集灰和除灰的问题，以及锅炉管道的附件和杂件、钢架和炉墙的安装问题。

作者根据在中等技术学校和工学院多年的教学经验，汇集了本书的材料，并作了适当的编排和说明。

本书第一、十、十三、十四与十七各章由B. H. 扎也茨编写，第二、三、四、五、六与十八各章由B. B. 彼得洛夫斯基编写，绪论和第七、八、九、十一、十二、十五与十六各章由H. Ф. 雷萨科夫编写。

本书是由几位作者集体编写的，因此个别章节在叙述风格上存在某些不同的特点。

作者将深深感谢对本书可能存在的缺点所提出一切批评和建议的同志，

在本书原稿准备出版时，乌拉尔中等技术学校的全体教师、斯大林奖金获得者工程师H. A. 西林金、教授H. И. 烈捷金与工程师P. M. 维林斯克曾给以许多宝贵的意见和指正，作者谨向他们表示谢意。

目 录

序

緒論	1
----------	---

第一章 燃料	10
--------------	----

1. 关于燃料的一般知識	10
2. 燃料的元素成分	11
3. 揮发物和焦炭	15
4. 燃料的发热量	16
5. 燃料的分类	18
6. 苏联燃料的主要特征	21
一、木柴	21
二、泥煤	21
三、褐煤	22
四、烟煤	23
五、无烟煤	24
六、可燃頁岩	24
七、煤加工的废料	25
八、液体燃料	25
九、气体燃料	26

第二章 燃料的燃燒	30
-----------------	----

1. 固体燃料与液体燃料的燃燒反应。燃燒必需的空气	30
一、碳的燃燒反应	30
二、氢的燃燒反应	32
三、硫的燃燒反应	32
四、燃燒必需的空气量	33
2. 固体燃料和液体燃料的燃燒产物	34
3. 按烟气分析計算过剩空气系数	42
4. 燃燒产物重量的計算	43
5. 燃燒产物的焓	43
6. 可燃气体的燃燒反应和燃燒产物	44

7. 燃燒理論的基本概念	46
8. 在蒸汽鍋爐燃燒室內燃料燃燒的基本情況	49
第三章 鍋爐設備的熱平衡	55
1. 熱平衡方程式	55
2. 鍋爐設備的效率	57
3. 熱損失及其分析	58
第四章 燃燒設備、層式燃燒室	67
1. 燃燒室的分類及其特徵	67
2. 人工操作燃燒室	69
3. 半機械化燃燒室	74
4. 機械化燃燒室	76
第五章 煤粉製備。燃燒煤的火炬燃燒室和旋渦燃燒室	84
1. 帶管式干燥器和筒形球磨機的煤粉製備系統	86
2. 帶有筒形球磨機而無管式干燥器的煤粉製備系統	92
3. 帶豎筒式磨煤機的煤粉製備系統	95
4. 風動式磨煤機和氣力式磨煤機	99
5. 噴燃器	104
6. 火炬式燃燒室	110
7. 室式旋渦燃燒器	114
第六章 木材廢料燃燒室。泥煤燃燒室。重油燃燒室。煤氣燃燒室	118
1. 木材廢料燃燒室	118
2. 泥煤燃燒室	118
3. 液體燃料燃燒室	120
4. 煤氣燃燒室	121
5. 煤粉和高爐煤氣混合燃燒的燃燒室	125
第七章 自然循環鍋爐	131
1. 概述	131
2. 火管鍋爐	135
3. 水管鍋爐的特性	138
4. 臥式水管鍋爐	140
5. 立式水管鍋爐	143
6. 水冷壁式水管鍋爐	148
第八章 強制循環蒸汽鍋爐和單流鍋爐	156

1. 强制循环锅炉	156
2. 单流锅炉	158
3. 原子能锅炉(原子反应堆)	162
第九章 廢热鍋爐	165
第十章 輔助受熱面	174
1. 蒸汽过热器	174
2. 尾部受熱面	182
3. 省煤器	183
4. 空气預热器	185
5. 热化省煤器	190
第十一章 鍋內水質工况	192
1. 天然水及其杂质	192
2. 水质指标	193
3. 蒸汽鍋爐水质工况的一般概念	194
4. 积垢过程和鍋爐內部水处理	196
5. 洁淨蒸汽的获得方法	202
6. 受熱面的腐蝕及預防方法	209
7. 蒸汽和水的品质标准	210
第十二章 鍋爐的鋼架、砖牆和杂件	213
1. 鋼架	213
2. 砖牆	214
3. 杂件	219
第十三章 鍋爐机組的附件	222
1. 安全閥	222
2. 压力表	225
3. 水位表	226
4. 閉路裝置	228
5. 鍋爐设备的控制測量仪表	232
第十四章 鍋爐設備的通风和鼓风	234
1. 自然通风	234
2. 人工通风	238
3. 关于鍋爐設備通风和鼓风的計算的一点建議	242
第十五章 集灰和除灰	244

1. 集灰	244
2. 机械除尘器	245
3. 湿式除尘器	250
4. 电气除尘器	251
5. 除灰系统	253
6. 小車式除灰	253
7. 机械除灰	254
8. 气力除灰	256
9. 鍋炉房內低压水力除灰	257
10. 水力-气力除灰系统	258
11. 灰浆泵水力除灰系统	259
12. 莫斯卡里柯夫工程師設計的水力除渣器除灰系统	261
13. 堆灰场的組織	262
第十六章 制造鍋爐的材料和强度計算	264
1. 制造鍋炉的材料	264
2. 鍋炉机組主要受压件的强度計算	267
第十七章 鍋爐机組的热力計算	272
1. 总論	272
2. 鍋炉机組热力計算的例題	280
第十八章 鍋爐设备的試驗	295
1. 試驗的分类	295
2. 試驗准备工作的技术組織措施	296
3. 試驗阶段	298
4. 試驗結果的整理和热平衡各个組成的計算	300
5. 試驗結果的分析、結論和措施	303
参考文献	305

緒 論

任何一个国家的工业生产现状，都标志着这一个国家经济发展的水平。

革命前的俄国是一个工业既不发达、动力工业基础又很薄弱的技术落后的国家。

俄国过去虽然拥有蕴藏量极其丰富的燃料和矿产，但是，钢铁生产的水平在世界上只占到第五位，发电量的水平只占到世界的第十五位。

1913年俄国电站的设备容量为110万瓩，年发电量还不到19亿瓩-时。

因此，在伟大的十月社会主义革命胜利后的头几年，遵照列宁的指示，拟定了俄罗斯国家电气化计划，其目的乃是为苏联建设社会主义创造巨大的生产-技术基础。

这个计划在1920年被第八次全俄罗斯苏维埃代表大会所批准。计划包括了国民经济最重要部门的发展问题，并规划了在10~15年内改建和新建30座总容量为175万瓩的地区发电站。

苏联人民在共产党的领导下，胜利地完成了这一项任务。在15年之内，即到1935年时，地区发电站的总容量已接近450万瓩。在以后的几个国民经济发展的五年计划内，亦规定了要不断地扩大动力工业的基础。

1941年第二次世界大战初期，苏联电站的设备容量已超过1100万瓩，保证年发电量能达到500亿瓩-时左右，这就使苏联在发电量方面跃居为世界第三位。

在黑色冶金的重金属冶炼和钢材生产方面，还远在1929~1930年，就已经超过革命前的水平。

三十年内在东部建立了新的煤炭——冶金基地。已经建成并已投入生产的大型冶金企业有马格尼托哥尔斯克钢铁公司和库兹涅茨克钢铁公司。在许多钢铁厂内还修建了大型热电站。1940年

鋼鐵廠的電站設備容量比 1914 年增加了 9.7 倍就足以證明這一點。

第二次世界大戰給蘇聯的工業帶來了巨大的損失。

在 1946 年的選民大會上，約·維·斯大林指出，黨決議組織國民經濟新的巨大高漲，以使蘇聯的工業水平比戰前的水平提高兩倍。

大約經過三個新的五年計劃，生鐵年產量應達到 5000 萬噸，鋼年產量應達到 6000 萬噸，煤年產量達到 5 億噸，石油年產量達到 6000 萬噸。在前兩個五年計劃內，蘇聯不僅迅速地恢復了工業，而且还大大地超過戰前的工業生產水平。還在 1955 年我國工業生產水平已比 1940 年增加了兩倍以上。在 1955 年生鐵產量將超過 3300 萬噸，鋼產量將達 4500 萬噸左右，煤產量將超過 3 億 9000 萬噸，石油產量將超過 7000 萬噸。

1954 年我國電站發電量已達 1450 億瓩·時，在 1955 年則可達 1660 億瓩·時。

在鋼鐵產量、煤產量和發電量方面，我國現在已經躍居世界第二位。

我國國民經濟的所有一切部門，包括動力部門和黑色冶金部門，都在運用蘇聯科學家、工程師、技術員和技師所設計的最新設備，廣泛地採用高壓設備和機組，大力地實施生產過程的機械化和自動化，廣泛地利用冶金工廠的二次能源。

蒸汽動力設備是各個工廠特別是冶金工廠最主要的一種動力設備。

第一個發明蒸汽動力設備的人是俄羅斯機械師 И. И. 波爾宗諾夫。當時這個設備稱為《火動》式機器，它包括蒸汽鍋爐和蒸汽機，是在 1765 年由巴爾納烏斯克銀-銅冶煉廠生產的。

在 1786 年到 1789 年英國人詹姆士·瓦特創造了一台萬能蒸汽機。瓦特大大改進了這台蒸汽機，使其主軸能連續轉動。

在二十世紀初期，蒸汽輪機已成為蒸汽動力設備主要的固定式熱力發動機，蒸汽輪機是在 1890 年由瑞士工程師拉伐爾首先發

明，并由巴尔松斯和拉图进一步改进。

波尔宗諾夫发明这座设备不是偶然的。这座设备是以天才的俄国学者罗蒙諾索夫所闡明的天然燃料的新观点为基础的。罗蒙諾索夫創造的物质运动理論和以此理論为基础的热力理論，是热工技术发展的基础。

我国有許多科学家如：发现电能轉变为热能的条件的Э.Х.林茨，在热力学方面发表了許多經典著作的М.Ф.奥卡托夫、И.А.威什涅格拉茨基、И.П.阿雷莫夫等，在对流和輻射热交换定律方面进行过系統研究的А.Г.史托列托夫、С.Я.季烈辛、В.А.烏里雅宁等，奠定蒸汽鍋炉和热力发动机設計計算基础的И.П.彼得波夫、А.А.拉特切克、К.В.基尔什等，創造热模化理論的М.В.基尔皮契夫等人，他們都促进了热工理論的发展。

此外，我国的发明家和設計師們設計了許多新型动力设备，特别是在鍋炉燃烧技术方面的设备，有些新型设备还正在設計。

1834年机械师契烈潘諾夫兄弟(Е.А.契烈潘諾夫和М.А.契烈潘諾夫)在烏拉尔制造了这一台带管式鍋炉的俄罗斯蒸汽机車。

А.А.路金工程师、发明家Л.И.阿尔杰密也夫、В.Г.舒霍夫工程师、Л.К.拉姆辛教授等提出了具有特殊結構的水管式鍋炉。舒霍夫工程师、基尔什教授、馬卡尔也夫教授、波米兰佐夫工程师、歇尔史聶夫工程师、克諾雷教授等設計了既可燃烧高品質燃料又可燃烧地方性燃料(主要燃料)的保証热强度很高的燃烧设备，其中舒霍夫工程师設計了液体燃料的噴嘴，基尔什教授設計了层式燃烧的燃烧室，馬卡尔也夫教授設計了燃烧泥煤的豎井式炼条传动的燃烧室，波米兰佐夫工程师設計了具有压盖层的高速燃烧燃烧室，歇尔史聶夫工程师設計了风力旋涡式燃烧室，克諾雷教授設計了旋风式燃烧室等。

在鍋炉燃烧技术方面，使用很广泛的国外鍋炉有以下几种特殊的构造：加尔毕和史齐林型立式水管鍋炉，拉-蒙特强制循环鍋炉，本生特种鍋炉，維洛克斯蒸汽发生器，加勒里茨机械化炉

排，季依勒尔下飼式燃烧室，容克斯德兰姆型空气預热器等等。

革命前的俄国动力机械制造发展很慢。鍋炉制造厂很少，生产的机組蒸发量很小（15~20吨/时），蒸汽的参数也很低（压力 $p=15\sim16$ 表压，过热度 $t_{nep}=300\sim350^{\circ}\text{C}$ ）。固定式汽輪机只有一个工厂生产。

只有在伟大的十月社会主义革命之后，我国的动力机械制造业才开始順利地发展。改建了旧的动力机械制造厂，并修建了具有現代化装备的新的动力机械制造厂。机組的容量和参数已經大大提高。目前，我国各厂生产的汽輪机組容量已达15万瓩，鍋炉机組的蒸发量达240吨/时，蒸汽压力达180表压，过热蒸汽温度达 555°C 。最近还提出了下列任务：設計和制造容量达30万瓩的新型汽輪机組和蒸发量达450~800吨/时的高压和超高压鍋炉；此外，以1954年苏联制造的世界第一座原子能发电站为基础，进一步发展原子能发电站的建設工程。

在发展苏維埃热能动力方面，苏联的专门科学研究机关起了很大的作用，如：全苏热工研究所（ВТИ）、中央鍋炉汽輪机研究院（ЦКТИ）、东方燃料利用科学研究所（ВНИИТ）、苏联科学院动力研究所（ЭНИН-АН）等等。如在全苏热工研究所，正順利地进行超临界压力为300表压与过热温度为 600°C 的鍋炉机組。

在国外，动力机械制造业也是沿着提高单元机組容量的方向发展的。例如，美国的某些设备，其单軸汽輪机容量达18.5万瓩，鍋炉机組的蒸发量达600吨/时。

苏联的蒸汽动力设备广泛燃用地方性燃料，使燃烧过程自动化，除灰和給煤机械化，改善水处理过程，此外还广泛运用热化，充分利用抽汽及排汽的热量。

在冶金工厂和冶金联合企业內，除了建造大型热电站外，还考虑装置能尽量利用工艺过程中所产生的废气热量（二次能源），以便更多生产热能和电能。

1955年七月十一日苏联共产党中央委员会全体會議就“关于在工业的进一步高涨、技术的进步和生产組織的改进方面的任

务”这篇报告通过的決議中，詳尽地指出了我国工业进一步发展的方向。

決議強調指出，除了保證完成国民經济計劃外，还必須采用一切可能的办法来提高生产技术水平。

全会对冶金工业生产者还特別提出了这样的任务：“在黑色和有色金属冶炼业中广泛推广先进在强化生产过程方面所积累的經驗，其中包括：在炼鉄和炼鋼中采用富氧鼓风的經驗以及广泛采用中和鉄矿、自熔燒結矿和耐高温材料的經驗。

保證采出矿石內的有用成分得到綜合利用，大大降低有色金属与含硫原料在各个生产阶段中的損耗。

采取措施增产工具鋼和低合金鋼、耐热合金、純粹的有色金属和稀有金属，以及优质砂鋼片和各種新型的經济的品种和断面的鋼材。

掌握难熔金属(鎢、鉭、鉭、及其他金属)的新型磁鉄合金，以保證进一步发展电子学和电真空工业。認為必須大大增产鋁。

在完成这些任务时，要求全体冶金工业工作者其中包括工厂的热工工作者，进行紧张而繁重的工作，他們應該善于很好地組織动力經济，大胆地运用和掌握先进技术，努力節約热能和电能，不断地钻研国内外科学技术上的新成就，以丰富自己的知識，提高技术水平。

蒸汽动力設備是由許多复杂裝置綜合而成的，它可以生产电能和热能，供消費者使用，在企业的动力經济中起着主要的作用。

現代的蒸汽动力設備称为热电站，它包括下列主要車間：燃料車間、燃料供应車間、鍋炉車間、汽輪機車間、电气車間、供水車間和水处理車間等。

图1是热电站主厂房的橫剖面图，其中布置着鍋炉車間或鍋炉房，汽輪機車間和电气車間。

蒸汽、机械能和电能的生产过程是这样进行的。

燃料用皮带运输机 1 从燃料供应車間运到鍋炉房，卸入專門的貯存处——煤斗 2，然后由煤斗經給煤机 3 进入磨煤机 4。在磨煤机內煤被磨成煤粉，然后再进入蒸汽鍋炉的燃烧室。在燃烧室內，燃料燃烧所放出的热量传给蒸汽鍋炉。蒸汽鍋炉由鍋筒和布置在烟道內的受热管及沿着燃烧室內壁布置的水冷壁 8 所組成，热水則在水冷壁管內循环。

給水經過省煤器 10 后供入鍋筒內，然后从鍋筒引出湿飽和蒸汽。为了干燥和补充加热从鍋筒出来的蒸汽，蒸汽还要进入过热器 9 将溫度提高。蒸汽从过热器出来后就进入汽轮机 20。

燃料燃烧所产生的烟气依次地流过鍋炉管束 7、过热器 9、省煤器 10、空气預热器 11 和除尘器 13，最后被引风机 14 吸走而排入烟囱 16。省煤器用来預热进入鍋筒之前的給水。空气預热器用来預热以后要进入燃烧室的空气，以保证燃料的燃烧，它还預热进入磨煤机的空气，以使煤粉干燥而便于运输。鼓风机 12 一般都是将鍋炉房上层空間比較热的空气吸入而将其送入空气預热器中。

烟气从燃烧室逸出时帶走大量的飞灰，这会使引风机很快地磨損，特别是会染污周围的空气，因此，烟气必須經過除尘器 13 加以净化。在燃烧室內沉积的渣和在除尘器內捕集的灰，經常要用水从鍋炉房清除出去。

蒸汽的热能在汽轮机內轉变为机械能。旋轉的机械能通过軸传到发电机上轉变为电能。

蒸汽在汽轮机中不一定全部利用作功，即不一定全部到达汽轮机的尾端。在某些设备上，部分蒸汽从汽轮机中抽出送给用戶以满足生产或生活的需要（取暖，洗澡，洗衣等等），还可抽汽作为发电站本身預热給水之用。从汽轮机出来的蒸汽进入冷凝器，在冷却水的作用下开始凝結而轉变为凝結水。

凝結水用水泵打入給水箱——除氧器 18 內清除氧气和二氧化碳。給水箱的水用給水泵 21 打入鍋炉机組內。循环綫路象一个封閉的环一样，蒸汽-水就在鍋炉車間和汽輪機車間之間循环

运动。

因为在运动时，蒸汽和水都有损失，所以必須从外面用补给水补偿。补给水通常在水处理車間內加以净化处理。这样，供给鍋炉的給水已經清除掉杂质(这些杂质在鍋炉內能产生水垢)和气体(气体則会使机组的金属零件产生腐蝕，即生銹)。

为使设备的安装和检修方便起見，車間內設有桥式起重机(15、17、19)。

在研究和学习鍋炉設備时，一般要把下面三个术语的概念区别清楚：鍋炉、鍋炉机组、鍋炉設備。

鍋炉本身是指鍋筒和全部管子(沸騰管和水冷壁管)。鍋炉机组是指：燃烧室、鍋炉本身、过热器、省煤器和空气預热器。鍋炉設備則是指鍋炉机组和輔助設備，这些輔助設備包括鼓风机、引风机、除尘器、除灰設備和直接与燃烧室有关系的磨煤設備(磨煤机)。

鍋炉設備可按下列方法分类：

- 1) 按設備性質可分为固定式和移动式(蒸汽機車用鍋炉，船用鍋炉等等)；
- 2) 按用途可分为：
 - a) 用于蒸汽发动机的电站鍋炉設備；
 - б) 仅用于工业热交換器和取暖的生产——采暖鍋炉設備；
 - в) 产生的蒸汽不仅用以获得电能，而且还用以滿足生产和生活上的需要的混合式鍋炉設備；
 - г) 利用二次能源来产生蒸汽的废热鍋炉設備；
- 3) 按鍋炉蒸汽压力可分为：
 - a) 低压鍋炉，压力在15表压以下；
 - б) 中压鍋炉，压力从15至60表压；
 - в) 次高压鍋炉，压力从60至90表压；
 - г) 高压鍋炉，压力从90至140表压；
 - д) 超高压鍋炉，压力高于140表压。

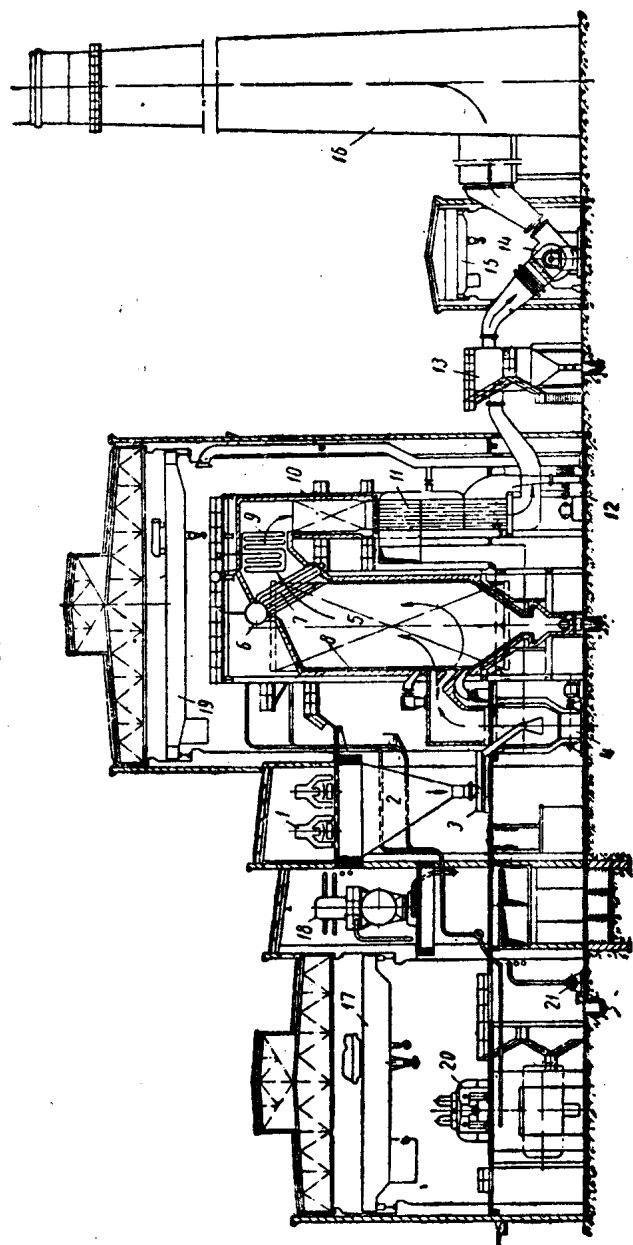


图 1 热电站(TSC)简图

1—运煤机；2—煤斗；3—皮带式给煤机；4—竖筒式磨煤机；5—煤粉燃烧室；6—锅炉；7—沸腾管；8—水冷壁；9—过热器；10—省煤器；11—空气预热器；12—鼓风机；13—除尘器；14—引风机；15—引风机间的起重机电机；16—烟囱；17—汽轮机发电机的起重机电机；18—除尘器；19—锅炉房的折式起重机电机；20—汽轮机发电机电机；21—给水泵

- 4) 按鍋炉机組的蒸发量可分为:
- a) 蒸发量在20吨/时 以下的小型鍋炉;
 - 6) 蒸发量在20~75吨/时 的中型鍋炉;
 - B) 蒸发量在75吨/时 以上的大型鍋炉。
-