

高压锅炉特性

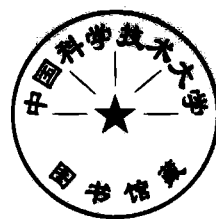
苏联 Л.Б. 克洛列著

水利电力出版社

高压锅炉特性

苏联 Л.Б. 克洛列著

卓宁 黄祥 新译



水利电力出版社

內 容 提 要

本书討論与高压鍋炉机组蒸汽参数、单元容量以及运行条件有关的高压鍋炉机组热力系統、結構和布置等方面的特性。还討論如何提高鍋炉可靠性和經濟性，以及保証所产生蒸汽的质量合乎要求。

本书主要供热电站的工作人员閱讀。

Л. В. КРОЛЬ

ОСОБЕННОСТИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1957

高 压 鍋 炉 特 性

根据苏联国立动力出版社1957年莫斯科版翻譯

卓 宁 黄 祥 新 譯

*

2258 R.493

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里内)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092 1/32 开本 * 11印張 * 236千字 * 定价(第10类)1.60元

1960年1月北京第1版

1960年1月北京第1次印刷(0001—2,770册)

序 言

依靠鍋炉所产生的水蒸汽在汽輪机中作机械功以产生电能的火力发电事业，在最近几十年来有很大的发展。虽然，現在我們已經建成了一批規模极大的水力发电站（古比雪夫，斯大林格勒，高尔基，新西伯利亚，布拉茨克，克拉斯諾雅尔斯克等等，但是，从电力的生产量來說，还是和以前一样以蒸汽动力发电站为主。在苏联，由蒸汽动力发电站所生产的电能不小于总发电量的80%。

除了蒸汽动力(热力)发电站的数量有所增加外，发电站的本身亦日趋完善。

使用大功率汽輪机和鍋炉，增高蒸汽的初参数和不断提高对設備工作可靠性和經濟性的要求，都是現代蒸汽动力設備的主要发展趋势。同时，燃用往往是劣質煤的当地燃料仍然是苏联发电站的一个特点。

热电站經濟性的提高，依赖于改善蒸汽动力循环的参数和提高电站设备所有部件的效率。目前在大型电站中，高压設備的比重約占60%。而在这些电站1956年所投入运行的新設備中，又有95%为高压設備。

对蒸汽动力循环的經濟性和鍋炉机組的技术特性有影响的参数为：蒸汽初压力，过热蒸汽温度和給水温度。

此外，蒸汽是否进行中間过热和中間过热温度的大小也都有很大的影响。

鍋炉机組的效率取决于：各种热損失的数值，以及蒸汽生产本身所需的电能和热能的消耗量。而排烟損失对鍋炉經濟性具有特別意义。

要使电站中鍋炉机組部分能可靠地工作，就要消除受热面的結渣，保証过热器蛇形管和鍋炉管各部分的金属温度都不超过容許值，使省煤器不发生损坏，防止管子内部腐蝕現象和空气預热器外部腐蝕現象等等。

鍋炉机組所产生的蒸汽，除了其中杂质含量应不超过容許值外，还应当經常保持一定的品质，亦即保持規定的压力和温度(初次过热温度 and 中間过热温度)。

所有这些問題在一台鍋炉机組单配一台大功率汽輪机时，具有特別重大的意义，而单配机組則正是最近时期兴建大型发电站所采用的。

本书研討与鍋炉机組单位蒸发量、蒸汽参数、以及运行可靠性和經濟性的提高有关的一些机組結構和热力系統方面的一些特点。

另外，在分析和說明这些特点时，多以苏联“紅色鍋炉工”和“奥尔忠尼启則”两鍋炉工厂所成批生产的高压鍋炉机組的結構和布置情况为例。苏联电站現在大量使用着这类机組，并且还繼續在安装新的。

編写本书时，利用了許多研究机构、調整机构、工厂和电站的資料，其中大部分曾发表于各种不同的杂志中；此外，还采用了作者多年来在苏联电站部干部进修班中授課講稿的一部分。

作者对技术科学副博士B.Φ.拉奇茨基和C.H.沙林教授在审閱本书手稿时所提出的宝贵意見表示感謝。

目 录

第一章 现代锅炉机组	4
1-1 高压锅炉的特点	6
1-2 锅炉机组辐射部分和对流部分之间的界限	25
1-3 蒸汽压力对锅炉机组总体布置的影响	30
第二章 锅炉机组循环系统的一些特性	32
2-1 蒸发受热面	32
2-2 无手孔联箱	33
2-3 不受热的下降管	34
2-4 下降管截面的增加和水冷壁循环回路的分隔	36
2-5 受热减弱的水冷壁管子	38
2-6 水位降低时水循环的减弱	41
2-7 压力变动时水循环的减弱	43
2-8 水强制流动时锅炉中的流体动力学	43
第三章 蒸汽洁净	45
3-1 盐份在蒸汽过热器和汽轮机中的沉积	45
3-2 蒸汽从锅炉中所带走的混合物	46
3-3 分离系统	47
3-4 汽水分离设备	48
3-5 锅炉的排污	53
3-6 分段蒸发	54
3-7 减少蒸发段中回流水量的方法。外置式旋风分离器	58
3-8 蒸汽清洗	62
3-9 直流锅炉中盐份的沉积	67
第四章 过热器	70
4-1 过热器金属的工作条件	70
4-2 数值 Δt_{unp}	72
4-3 减少过热器各蛇形管中蒸汽温度不均匀性的一些措施	73
4-4 过热器在烟气流中的连接系统	77
4-5 减少过热蒸汽温度在时间上的不均匀性	78
4-6 综合的辐射-对流过热器	80
4-7 辐射蒸汽过热器的结构	82
4-8 过热器管子生火时的冷却问题	87
4-9 蒸汽二次过热器的一些特点	90

第五章 蒸汽过热温度的调整	92
5-1 用减温器调整	92
5-2 “红色锅炉工”和奥尔忠尼启则两工厂出品的减温器	93
5-3 连接在过热器两段间的面式减温器	98
5-4 混合式(喷水式)减温器	100
5-5 各种型式减温器的比较	105
5-6 减温器串接的地点	107
5-7 改变烟气对过热器受热面的冲刷	108
5-8 火炬位置在炉膛高度上的变化	110
5-9 过热度的两段调节	112
5-10 调节蒸汽二次过热度的特点	114
5-11 直流锅炉过热度的调节	115
第六章 蒸汽过热器工作中各种缺陷的消除	117
6-1 蒸汽过热度过高	118
6-2 漏风和炉墙	118
6-3 在过热器区域内的燃烧	121
6-4 过热器蛇形管之间蒸汽温度分布的不均匀	121
6-5 降低过热度的一些临时措施	125
6-6 过热器受热面的减少	126
6-7 与减温器有关的一些缺陷	127
6-8 其他的一些缺陷	129
第七章 省煤器和空气预热器	130
7-1 省煤器和它的用途	130
7-2 省煤器管子焊接头的损坏和修理	131
7-3 省煤器管焊接头中形成针状小孔的原因	132
7-4 空气预热器及其功用和类型	134
7-5 空气预热器的二段布置	135
7-6 管式空气预热器的合理结构	137
7-7 空气预热器的腐蚀和堵灰	139
7-8 热空气再循环	140
7-9 用蒸汽加热空气	140
7-10 空气保护性加热设备的构成	141
7-11 其他防止腐蚀的方法	149
第八章 降低排烟热损失的方法	151
8-1 对烟气温度的一些限制	151
8-2 锅炉机组对流部分中温度的分布	153
8-3 废热受热面的系统和设备	161
8-4 用锅炉机组范围内所获得的低压蒸汽预热空气	163
8-5 烟气蒸发器和在锅炉机组出口处的高压省煤器	165
8-6 蛇形管受热面的合理结构, 再生式空气预热器	166

第一章 現代鍋爐機組

鍋爐機組的受壓受熱面可分為三組：加熱受熱面(省煤器受熱面)、蒸發受熱面以及過熱器受熱面。

燃料在爐膛中進行燃燒，在大部分的電站鍋爐中；燃料都是在磨碎狀態(煤粉狀態)下燃燒的。當以熱空氣供入爐膛時，能顯著地改善燃料的燃燒。同時，預熱空氣又是利用排煙熱量的重要方法，特別對高壓鍋爐更是如此。因此在現代鍋爐機組中，又出現了第四組受熱面——空氣預熱器。空氣預熱器與其餘的受熱面(汽水受熱面)不同，它是在較小的空氣壓力下進行工作的。而且在煙氣側的負壓也比較小，通常不超過 300 毫米水柱。

空氣預熱器與鍋爐機組的其他受熱面之間還有另一個不同點，這就是它負有把燃燒產物的熱量送返到鍋爐的爐膛中，而使燃燒產物的熱量得到再生的任務。

蘇聯鍋爐製造廠(“紅色鍋爐工”工廠和奧爾忠尼啟則工廠)製造高壓自然循環鍋爐(鍋筒式鍋爐)和直流鍋爐。“紅色鍋爐工”工廠生產單位蒸發量為 230 噸/時(ТН-230-2, ТН-230-3, ТН-230-В 型)和 170 噸/時(ТН-170-1 型)的高壓鍋爐。這兩種鍋爐也在拔爾那烏里斯克鍋爐廠中生產。鍋爐按照所用燃料的品種及其燃燒方法，或者裝設豎井式磨煤機，或者在爐膛兩側裝設渦流式圓形噴燃器，有時在爐膛四角裝設縫形噴燃器。蒸發量為 230 噸/時的鍋爐，它不僅裝有固態排渣的冷灰斗，而且還裝有液態排渣的冷灰斗(ТН-230-3 型)。

奧爾忠尼啟則工廠生產以下兩種蒸發量的自然循環鍋爐：230 噸/時(ПК-10п, ПК-10м 和 ПК-14 型)和 120 噸/時(ПК-19 及 ПК-20 型)以及蒸發量為 230 噸/時(67-СН 型)和 300 噸/時(ПК-12 或 68-СН 型)的直流鍋爐。

通常，將鍋爐製造成通用於各種燃料。鍋爐通用化的程度愈高，在鍋爐設備製造和設計上的優點也愈多。但是，如果通用化的程度過分高，有時也會引起鍋爐機組價格的增加。又在燃用濕煤時，為了防止磨損起見，要選取較低的煙氣流速，而適用於這種情況的對流煙道流通截面，在鍋爐中燃用干煤時，就會使其中的煙氣流速顯得太低了。

在“紅色鍋爐工”工廠所生產的鍋爐中，通常總使爐膛、鍋筒、空氣預熱器、沿煙氣流動方向的第一段過熱器和省煤器、以及構架等元件的尺寸保持不變(表 1-1)。

奧爾忠尼啟則工廠生產的一些新式結構的鍋爐中，通用化的項目比較少，爐膛大小在各種情況下都保持不變，但對流部分的尺寸則分成兩種：一種適用於莫斯科近郊煤，另一種適用於無煙煤屑；換句話說，一種適用於濕煤，而另一種適用於干煤。

在“紅色鍋爐工”工廠的新設計中，通用化程度也有所降低，同一種蒸發量的鍋爐分別設計成適於燃用無煙煤屑、褐煤和煙煤等幾種不同的型式。

為了加速鍋爐機組的安裝，並減少其建造時的勞動消耗量，宜將各個元件設計成並在製造廠中製成大的組零件。這種組零件的最大重量視工廠中起重機的起重量而異，一般不超過 40~50 噸。“紅色鍋爐工”和拔爾那烏里斯克鍋爐製造廠，已轉向製造“組合”鍋

表 1-1

TII-230 和 TII-170 型鍋爐的通用化

	燃料, 炉膛和煤粉制备系统				
	褐煤; 噴燃器 及鋼球磨煤机	褐煤; 豎井式 磨煤机	无烟煤屑; 噴燃 器及鋼球磨煤机	烟煤; 噴燃器 及鋼球磨煤机	煤粉和高炉煤 气联合使用
鍋筒			在所有鍋爐中不变		
上部水冷壁			在所有鍋爐中不变		
下部水冷壁	不变		改变	不变	改变
第一部分过热器(沿烟气流方向)			在所有鍋爐中不变		
第二部分过热器	不变	用极湿煤时变		改变	
第一部分省煤器			在所有鍋爐中不变		
第二部分省煤器		不变		改变	不变
空气預热器			在所有鍋爐中不变		
鍋爐护板(炉膛下部的例外)			在所有鍋爐中不变		
炉膛下部护板	不变		改变	不变	改变
构架			在所有鍋爐中不变		
平台楼梯(底层除外)	不变	改变		不变	
底层的平台和楼梯以及灰斗	不变		根据鍋爐設備在鍋爐房中的布置情况而改变		

炉了。

在設計和制造組合鍋爐时, 可以将省煤器和空气預热器沿水平面划分为几部分。而水冷壁則可以沿垂直平面来划分为几部分, 但后者在必要时也可以沿着水平面来划分。每一个組合件可以在制造厂中和所属部分构架装配在一起, 而在以后的安装过程中, 再将这些构架对接起来。

組合系数(所有在制造厂中制成組合件的元件的总重量与鍋爐机組总重量的比值)的值, 可以达到0.85。

現在以“紅色鍋爐工”工厂所生产的蒸发量为230吨/时和170吨/时的 TII-230-B 型和 TII-170-B 型鍋爐作为高压鍋爐組合制造的一个例子。下面是这两种鍋爐的某些指标。

指 标	鍋 爐 机 組	
	TII-230-B	TII-170-B
从制造厂运出的組合件的数量:		
主要組合件, 个	60	57
輔助組合件, 个	25	25
組合件的平均重量:		
主要組合件, 吨	12.2	10.3
輔助組合件, 吨	13.8	3.2
交貨时的組合系数	0.85	0.85
运送鍋爐所需铁路平板車的数目, 輛	51~52	46~47
铁路平板車总裝載量, 吨	2200	1850
铁路平板車的裝載系数	0.45	0.45
运输时包裝組合件所耗費的金属量, 吨	15	13

如果在安装工地上将第一部分省煤器(沿烟气流动方向)的各組合件装配成一个大的組合件, 并将炉膛的构架、平台、对流井的进口部分、轉弯气室的頂部等都装入組合件中, 就能显著地减少劳动消耗量, 大大地縮短安装工期。

指 标	鍋 炉 机 組	
	組合的TII-230-B型	一般的TII-230型
在安裝工地中組裝組合件的劳动消耗量, 工时	15000	45000
一班制工作时的安裝期, 天	40~50	110
安裝时的对接点数, 个	110	5100

現在已經研究出一種使爐膛的构架和平台與水冷壁組合件相結合的方案。

由於在制造廠中進行裝配有很大優點，以及必須加快安裝速度，因此目前正在研究進一步提高鍋爐的“組合程度”。

1-1 高压鍋爐的特点

下面介紹一些蘇聯工廠所出產的某些大批生產的高壓鍋爐的主要特征。

“紅色鍋爐工”工廠所生產的第一批高壓鍋爐(TII-230-1)，其蒸發量為230噸/時，蒸汽壓力和溫度為100大氣壓和510°C，採用豎井式磨煤機或圓形噴燃器，圓形噴燃器中的煤粉是由鋼球磨煤機供給的^①。這種鍋爐在調整試驗和試運行以後，制造廠對它的結構作了某些修改，而過渡為生產TII-230-2型鍋爐。TII-230-2型鍋爐與前一種鍋爐的主要區別，是在它的對流井中的煙氣流速較低，另外過熱器系統也有些改變。後來，這個廠又掌握了蒸汽參數與上述鍋爐相同，而蒸發量為170噸/時的鍋爐的生產。

圖1-1是TII-230-2型鍋爐的縱剖面 and 橫剖面圖。

從圖中可以看出，這種鍋爐的爐膛容積比較大，有1,210米³，爐膛水冷壁由 $\phi 76 \times 6$ 管子所組成，管子節距在燃用無煙煤屑時採用95毫米，而燃用錐采泥煤和其他燃料時用90毫米。當燃用無煙煤屑、貧煤和錐采泥煤時，在水冷壁上敷設高達3米的卫燃帶。鍋爐採用布置在爐膛兩側并作單列排列的圓形渦流式噴燃器，另外，也可採用裝置在前牆的豎井磨煤機。

蒸汽過熱器採用垂直放置的蛇形管，沿蒸汽流動方向的第一級過熱器蛇形管由 $\phi 38 \times 4.5$ (Ст.20號鋼)的管子所做成，第二級則由 $\phi 48 \times 5$ (15XM號鋼)的管子做成。過熱器懸挂在下底傾斜的煙道中。

在垂直下行的煙道中，依次地裝置着省煤器和空氣預熱器；省煤器由 $\phi 38 \times 4.5$ 的管子做成，空氣預熱器則由 $\phi 51 \times 1.5$ 的鋼管制成。省煤器和空氣預熱器各由二級組成，它們按照“相間”地、一級接着一級的方式布置。

這種鍋爐有兩只鍋筒：裝入所有水冷壁引出管的分離鍋筒($\phi 900 \times 70$)和主鍋筒($\phi 1300 \times 90$)。

“紅色鍋爐工”鍋爐制造廠所生產的TII-230-3型鍋爐(圖1-2)，其外形尺寸與TII-170-1型的相同，這種鍋爐燃用頓尼茨中煤(其燃燒發熱量 $Q_{\text{低}} = 3900$ 大卡/公斤)並採用液態排渣。此時，這樣高的蒸汽產量(230噸/時)是依靠較高的爐膛熱強度($Q/V = 163000$ 大卡/米³時)以及比較緊湊的尾部受熱面(省煤器及空氣預熱器)來獲得的。

① TII-230-1型鍋爐的說明及計算數據可參看H.M.薩姆拉也夫斯基的文章，此文章載于“高壓鍋爐的安裝與運行”的論文集中，蘇聯國立動力出版社1949年出版。

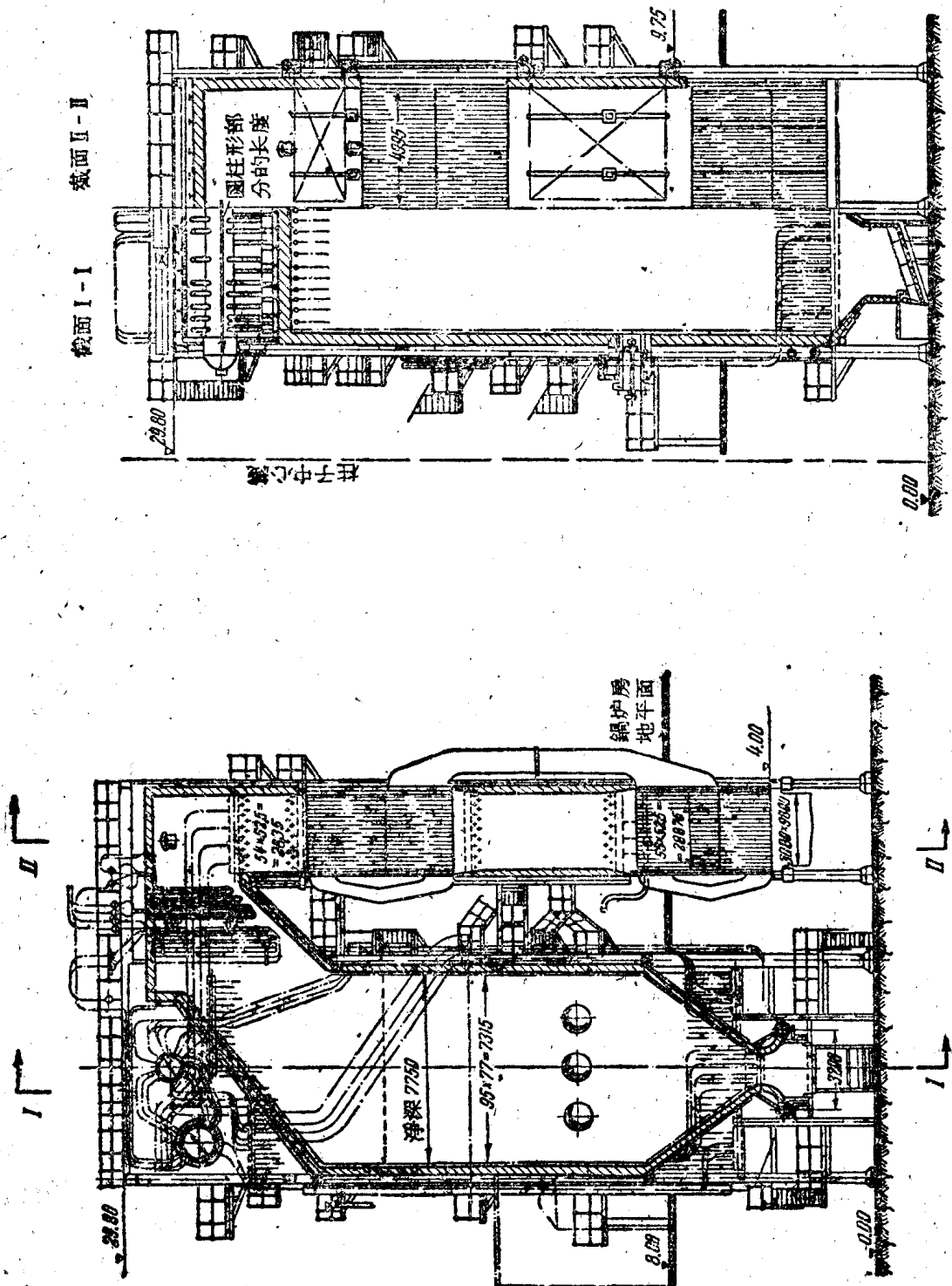
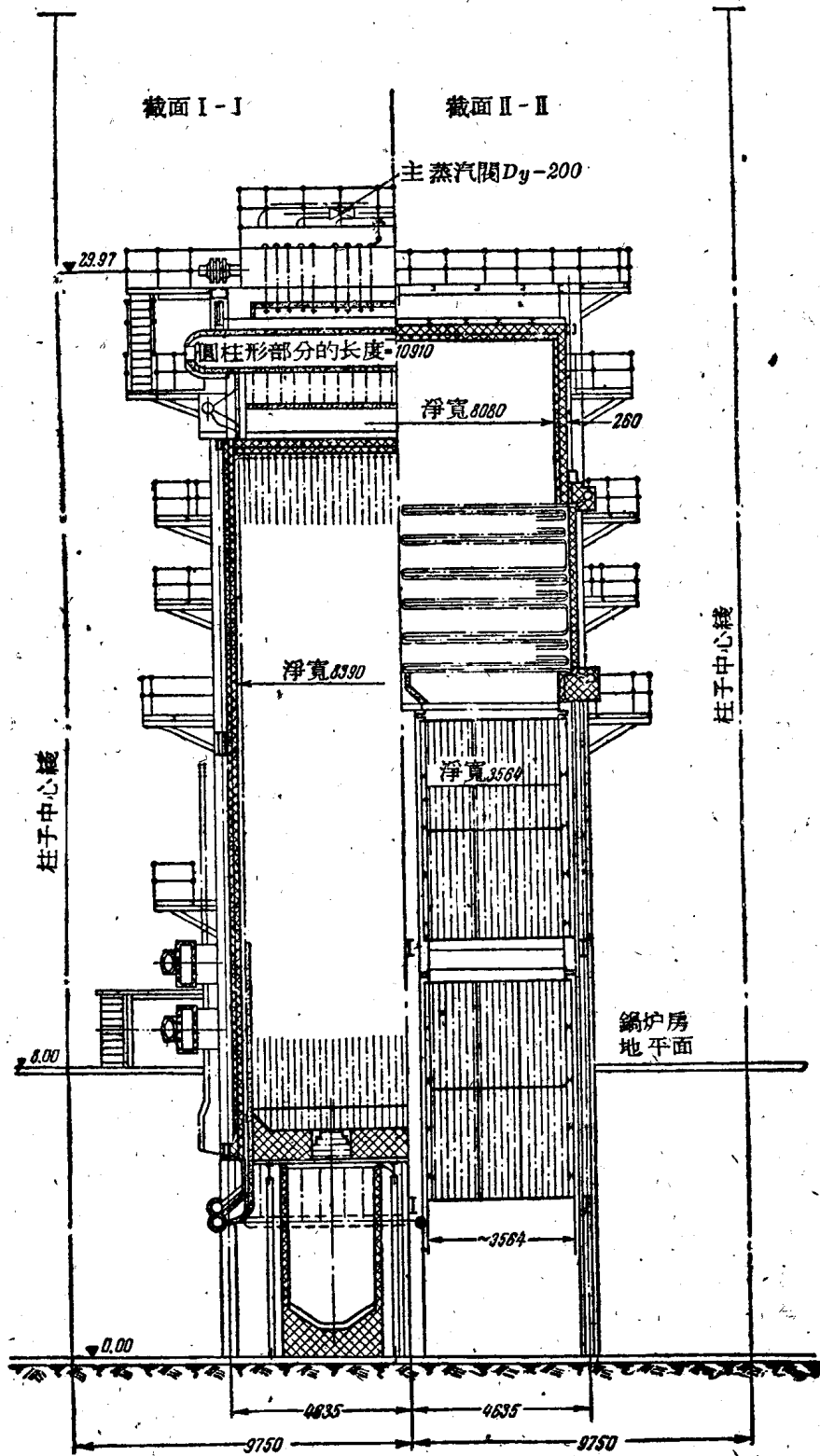


图 1-1 TTI-230-2 型高压锅炉的纵剖面 and 横剖面图



此为试读 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com



高压锅炉的纵剖面 and 横剖面图

ТН-230-3型鍋爐爐膛的側牆上靠近牆角處裝有縫形的轉動式噴燃器，在每一牆角各裝兩只噴燃器。此鍋爐的主要特點是爐膛下部的裝置不是做成冷灰斗的形式；而是成水平爐底的形式，水平爐底上敷設有鉻矽砂耐火泥，爐底中心布置有一液態灰渣的流出孔（出渣孔）。出渣孔由蛇形管來冷卻，此蛇形管由 $\phi 50$ 毫米的不銹鋼管制成。水冷壁的下部是由 $\phi 76$ 毫米的管子所組成，管上焊有鋼制的抓釘，在抓釘上塗上塑性的鉻矽砂耐火塗料。

使用了這方法以後，就在接近液態灰渣池的地方形成了一條穩定的點燃帶。

在二級布置時尾部受熱面與 ТН-170-1 型鍋爐的相應受熱面的區別在於：省煤器由 $\phi 32 \times 4$ 毫米的管子製成，而空氣預熱器則由 $\phi 40 \times 1.5$ 毫米的管子製成，並具有雙股的平行空氣流。

這些措施使得鍋爐的對流部分相當緊湊，而且能與爐膛配合得很好，因為此時爐膛容積是比較小的（詳見第七章）。這種鍋爐的其他部分幾乎與 ТН-170-1 型的沒有區別。

奧爾忠尼啟則工廠已經掌握了自然循環高壓蒸汽鍋爐（ПК-10，ПК-14，ПК-19 和 ПК-20）和直流鍋爐（51СН，66СН，67СН，68СН）的生產。現在這個工廠已不生產 51СН、66СН 鍋爐；而 67СН 型鍋爐則仍繼續生產，但有某些修改。這個廠還出品了一種 68СН 型鍋爐，蒸汽生產量為 300 噸/時，蒸汽參數為 215 絕對大氣壓和 575°C ，這種鍋爐用於中壓電站的“擴建”。

圖 1-3a 是 ПК-10 鍋爐的縱剖面 and 橫剖面圖，它的布置系統圖基本上和 ТН-230-2 和 ТН-170 鍋爐相似。轉動式噴燃器裝置在爐膛四角（一般爐膛每一角上裝置兩只噴燃器）。豎井磨煤機裝在前牆作成“扇形”布置。

表 1-2 中所列的是 ТН-230-2、ТН-170、ТН-230-3 和 ПК-10 鍋爐在燃用各種燃料時的主要計算特性數據。

圖 1-3б 中所示的是燃用多水多灰燃料的 ПК-14 鍋爐的縱剖面 and 橫剖面圖。這種鍋爐與 ПК-10 鍋爐的主要區別在於有較大的尾部受熱面、煙氣和空氣速度較小而煙氣和空氣阻力較低，這也可以從表 1-3 中看出。

與 ПК-10 型鍋爐比較，ПК-14 鍋爐的經濟性有了增加（排煙溫度降低，煙氣及空氣阻力減小），這種經濟性的提高是借金屬重量的增加來達到的（見后面的表 1-8）。至於外形上，則這兩種鍋爐的寬度和高度都是一樣的（構架柱子中心綫間的寬度為 11 米，頂部的高度為 30.5 米）。

煙氣速度的降低是依靠增加對流井深度而得到的，這也反映在鍋爐的相應的總尺寸上，即構架柱子中心綫間的深度為：

ПК-10 鍋爐	15.65 米，
ПК-14 鍋爐	16.50 米。

奧爾忠尼啟則工廠在其所出品的蒸發量為 120 噸/時的高壓鍋爐的結構中的某些特點是令人發生興趣的。這個廠將這類鍋爐設計為兩種結構型式：ПК-20 型是用于燃用濕煤（褐煤，泥煤）、重油和煤氣；而 ПК-19 型是用于燃用干煤（無煙煤屑，煙煤）。ПК-19 型鍋爐的縱剖面圖示于圖 1-3в 中。

不採用二鍋筒的汽水分離系統是這種鍋爐的主要特點。

這種鍋爐採用了具有外置式分離器的單鍋筒分離系統，此時鍋筒的直徑略為增大

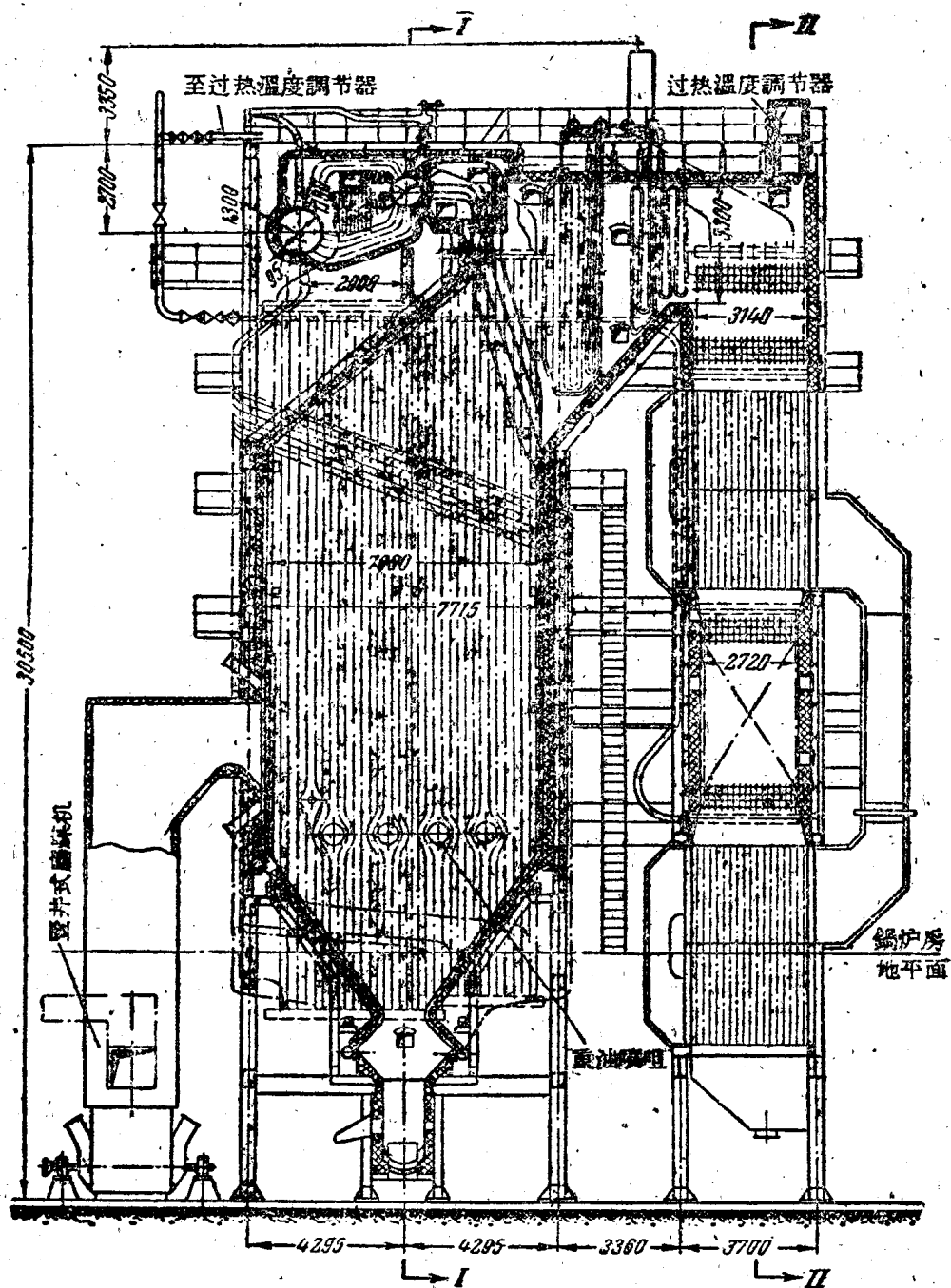
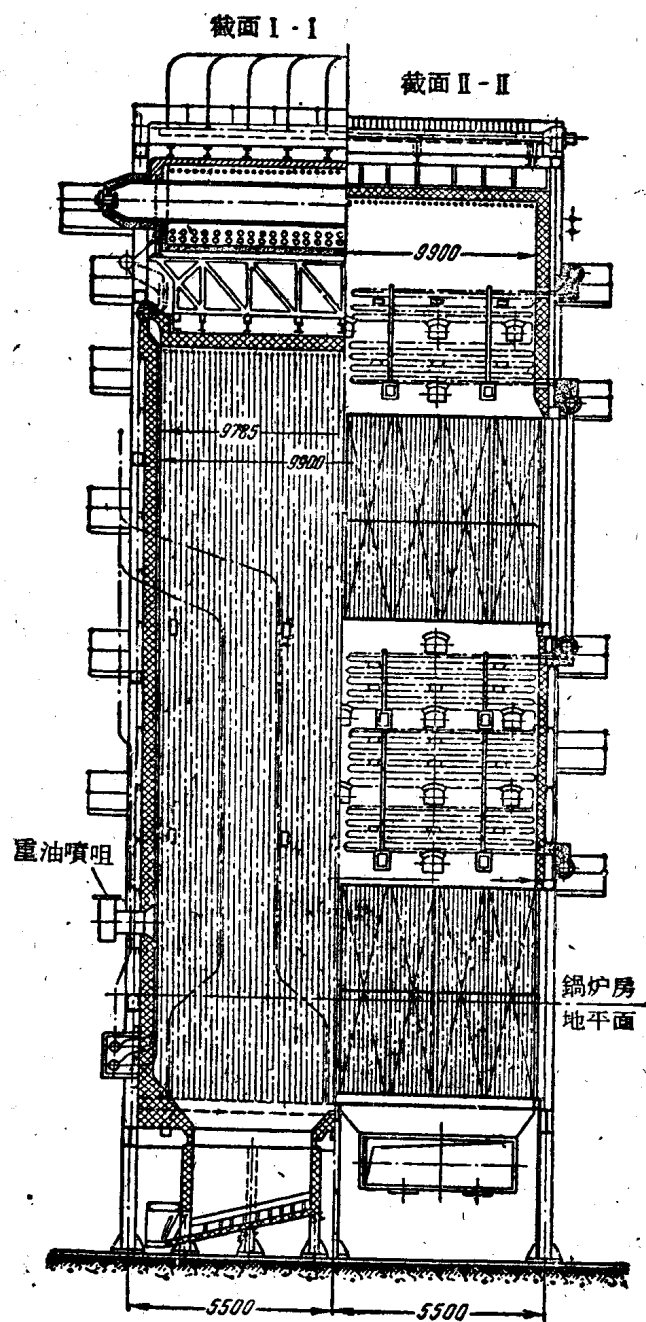


图 1-3a PK-10型高压锅炉



机組的縱剖面 and 橫剖面图

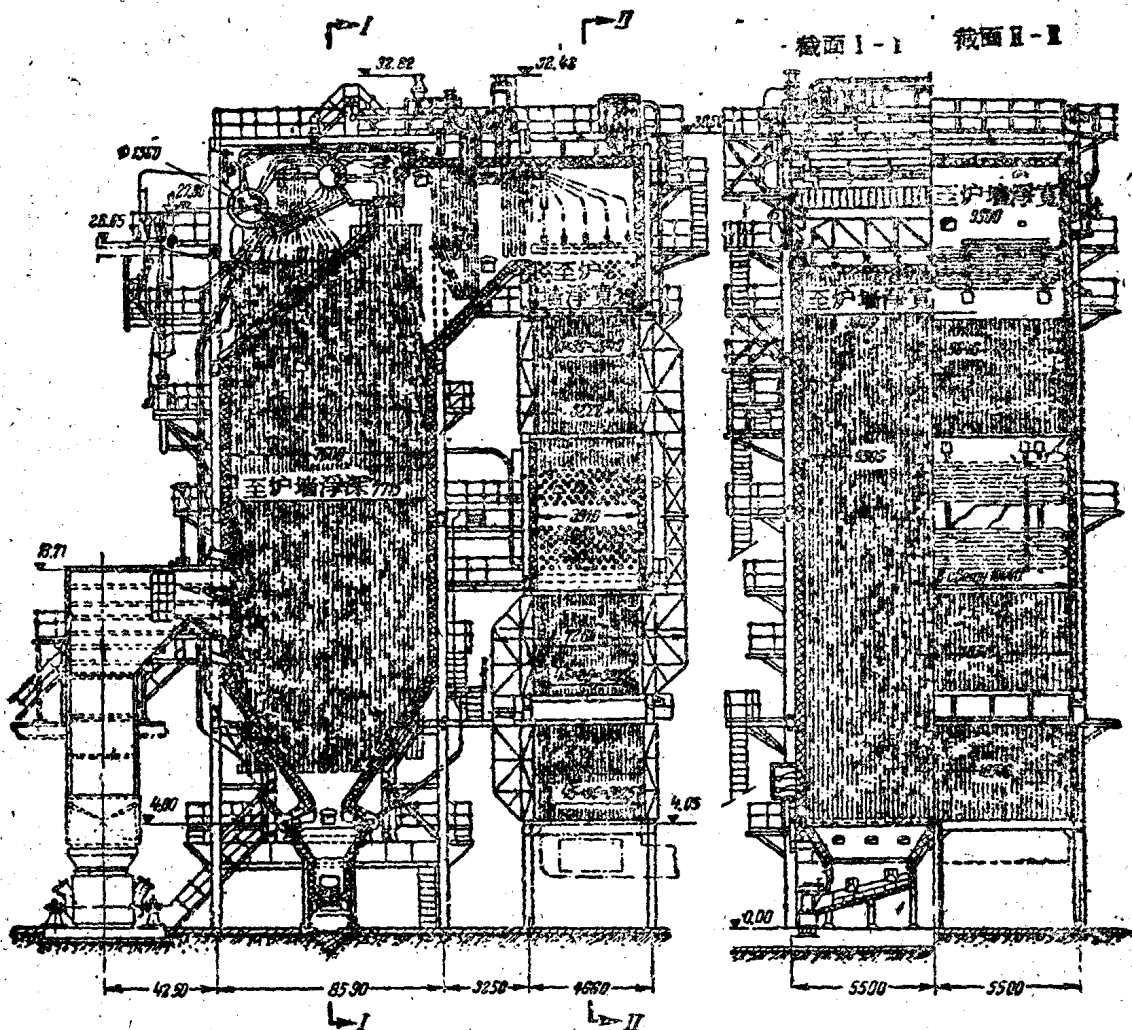


图 1-36 PK-14型高压锅炉机组的纵剖面 and 横剖面图

(从1,300增大至1,500毫米)。改为单锅筒系统后可以大大地节省金属, 约可节省全部受内压金属的10%。因此苏联的锅炉制造厂把较新型的锅炉全部都设计成单锅筒的。

PK-19型锅炉的第二个结构特点是将炉膛的炉墙固定在水冷壁管子上。这样就可以不采用装有护板的构架, 因而可以减小锅炉不受内压部分金属的重量。

在设计蒸发量为120吨/时的锅炉时, 对流受热面的管子外径已经有了减小: 省煤器管子从38减小到32毫米, 而空气预热器管子则从51减小到40毫米。还有人建议将管子外径从70~76减小到60毫米, 以减轻水冷壁系统的重量。

PK-20 和 PK-19型锅炉的某些特性数据列于表 1-4 中。

“红色锅炉工”锅炉制造厂已经开始生产另一种形式的蒸发量为230和 170 吨/时的锅炉(П-230-Б和П-170-Б), 这些锅炉设计成能以大组合件的形式运送到安装工地。除了这些有关结构的特点外, 它们还具有给水清洗蒸汽的单锅筒汽水分离系统, 并在炉膛中部分采用轻型炉墙(图1-4)。

这些锅炉目前是为了生产 540°C 的蒸汽而制造的。蒸汽过热器由屏式和对流两部分