

高等学校試用教科書

鍋 爐 構 架

周 中 也 編



中國工業出版社

目 录

前言	5
第一章 緒論	7
§ 1-1 对于鍋炉构架的要求	7
§ 1-2 鍋炉构架的发展	10
§ 1-3 制造构架用的鋼材	31
第二章 作用于鍋炉构架的荷重的計算	33
§ 2-1 汽包、联箱及管道所产生的荷重	35
§ 2-2 水冷壁管所产生的荷重	39
§ 2-3 过热器、省煤器及空气預热器所产生的荷重	42
§ 2-4 冷灰斗及結渣所产生的荷重	45
§ 2-5 磚墙所产生的荷重	48
§ 2-6 地震荷重	55
§ 2-7 風雪荷重	59
§ 2-8 其他荷重	60
第三章 剛架的計算	65
§ 3-1 构架的計算图形	65
§ 3-2 构架工作的空間影响	67
§ 3-3 傳遞系数	69
§ 3-4 分配系数	70
§ 3-5 用撓矩分配法解节点不变位的剛架 (即漸近法)	72
§ 3-6 用分层計算法解节点不变位的剛架	83
§ 3-7 节点变位的剛架的計算	92
第四章 結構物的計算原則	104
§ 4-1 按許用应力計算結構物	104
§ 4-2 按极限状态計算結構物	105
§ 4-3 許用应力法与按极限状态計算法的比較	112
第五章 鋼結構物构件的設計及計算	114

§ 5-1 柱的設計及計算	114
1. 柱的型式及選擇的原則	114
2. 柱的總穩定問題	117
3. 軸心受壓柱的計算	120
4. 偏心受壓柱的計算	127
5. 格子式柱的計算特點	133
6. 柱腳的計算	137
§ 5-2 梁的設計及計算	150
1. 梁的主要型式	150
2. 梁的穩定問題——總穩定及局部穩定	152
3. 只受橫向作用力的梁的計算	160
4. 同時受橫向及軸向力作用的梁的計算	161
5. 在扭矩、橫向荷載和軸向荷載同時作用下的梁的計算	162
6. 焊接梁的合理高度(板梁)	164
7. 梁框的計算	168
8. 承受動力荷載的梁的計算	171
§ 5-3 桁架的計算	175
第六章 構架節點的構造及其計算	179
§ 6-1 焊接的型式及焊縫的計算	179
§ 6-2 梁的對接	182
§ 6-3 柱的對接	184
§ 6-4 梁和梁的聯接	185
§ 6-5 梁和柱的聯接	187
第七章 鋼筋混凝土構架	192
§ 7-1 鋼筋混凝土的性能	192
§ 7-2 鋼筋混凝土的計算原則	199
§ 7-3 軸心受壓構件的計算	202
§ 7-4 受撓構件的計算	203
§ 7-5 偏心受壓構件的計算	205
§ 7-6 預應力鋼筋混凝土構件的簡單介紹	208
§ 7-7 鋼筋混凝土鍋爐構架	209
附錄 柱、梁計算公式彙總表	211
參考書目錄	213

前 言

我校本专业于 1955 年第一次开设 [锅炉构架及其基础] 课程，当时是在苏联专家的指导下，按着苏联教材讲授的。几年来，通过教学实践，特别是在教育大革命之后，师生参加了生产实践，对本课程的内容和讲授方法有了进一步的认识和体会，对我国的锅炉生产情况也有了一般的了解；在此基础上，我们开始编写了 [锅炉构架及其基础] 课程讲义。由于 1959 年所制订的全国指导性教学计划中未包括 [锅炉构架的基础] 部分，因此在本教材中未列入。

我们都知道锅炉构架是现代化锅炉不可缺少的部件之一。锅炉上构架的重量是极大的。通常每小时生产一吨蒸汽的锅炉需要 1.0~1.4 吨的钢材作构架。但是，这些钢材对提高锅炉的蒸发量却不起什么作用，因此，必须减少锅炉的钢材用量。把节约的钢材投入到更需要的部门当中，这是设计新型锅炉的主要任务之一，当然，确保锅炉的安全工作也是不可忽视的。此外，对大型尤其是巨型的锅炉作选型设计时，必须考虑到锅炉构架的布置及设计方案，否则就会影响整个锅炉的设计。

由于锅炉构架的设计是建立在“结构力学”这门课程（有基本的了解）的基础上，故本书也阐述了刚架的计算方法，但因篇幅有限，只能介绍较简单的挠矩分配法，其他有关刚架的方法，可参考“结构力学”。

本书对于钢筋混凝土结构的設計及钢筋混凝土的鍋炉构架也給予了一定的重視。同學們在此基础上經過自学就可以进行这方面的工作。

书內还列出了为計算所必須的图表、数据等，这样，同學們可以利用它們进行毕业設計等。

由于編者的学識水平有限，經驗很少，加之編写時間短促，因此本书的錯誤及缺点在所难免，希望各地讀者不吝指正，以便今后改进。

哈爾濱工业大学鍋炉教研室

1961年6月

第一章 緒 論

§ 1-1 对于鍋炉构架的要求

現在电厂的鍋炉是一个非常复杂的設備。目前一台寬为 11 米，深为 15 米，高为 32 米的每小时蒸发量为 230 吨高温高压鍋炉已經不能算做是最大的鍋炉了。既使在这样的一台鍋炉上也有成千上万个零件；例如水冷壁管、过热器管、省煤器管、空气預热器以及汽包、磚牆、构架、平台、樓梯、护板等等。这些零件及部件間是必須保証一定相互位置的，否則鍋炉就不能安全的运行。而鍋炉构架就是支撑着这些部件，并且严格地使这些部件間保持着一定的相互距离，鍋炉各部件的重量就通过整个构架而傳到地面上来，所以构架也叫做骨架。

因为現代电厂的鍋炉都是很高大的，因而整个构架就是一个很高大的立体的架子。一般多用型钢組成，故构架就是一个鋼結構物。例如苏联的 ПК-10 型鍋炉 ($D = 230$ 吨/小时)，其构架及平台、樓梯的总重就达 363.3 吨，而受热面总重为 644 吨。

在設計鍋炉、布置各个受热面时，必須同时考虑鍋炉的构架，否則就可能招致鋼材的大量浪費。而在設計巨型鍋炉时，构架甚至直接影响到鍋炉的整体布置方案，因而必須对于鍋炉构架之設計及計算有一个基本的了解。

既然构架是鍋炉的不可分割的一部分，那末对于构架就

有一定的要求，否則就不能保證鍋爐安全地、經濟地运行。这些要求可总结成下列几点：

一 构架要有足夠的强度

很明显，构架必須具有一定的强度才能安全地将鍋爐支持起来。因此設計构架的原則必須是確保鍋爐能以长期安全运行并在这个基础上来考虑節約鋼材，所以要对构架的强度和稳定性进行計算，找出安全可靠而又經濟的結構来。

表 1-1 为苏联的典型鍋爐各部件的金屬重量分配表。由表可見，花費在构架、护板、平台、扶梯等部件上的金屬，在鍋爐总重量中所占的比例是相当大的。因此正确的設計鋼架在節約鋼材上有着很大的意义。

表1-1 苏联典型鍋爐各部件的金屬重量表

鍋爐型号	蒸发量 (吨/时)	过热 汽温 (°C)	汽包 重 (吨)	受热 面重 (吨)	鋼結構物重 (吨)				磚衬 总重 (吨)	每生 产一吨 蒸汽所 需的鋼 結構重 量(吨)
					构架	护板	平台 楼梯	鋼結構 总重		
TC-20	20	420	12.5	28.4	25		3.7	28.7	372.7	1.44
TII-35	35	450	18.8	87.9	25.7	8.1	24.5	57.9	299.3	1.66
75-39-Φ	75	450	18.9	161.3	98.2	8.2	27	133.4	442.7	1.78
TII-170-1	170	510	69.2	459.8	141.2	47.7	53.1	242	405.5	1.42
TII-230-2	230	510	74.3	563.2	175.9	80.5	29.7	286.1	432.4	1.24
67-CH	230	510	—	599.2	245	32.7	51.1	328.8	571.5	1.43

注：受热面总重中包括过热器、省煤器、空气預热器、水冷壁以及管道閥門之重量。

二 构架应具有足夠的剛性

所謂剛性就是指构架受到外力后变形大小的問題。因为

构架是支持受热面及磚牆的，故对于构架的个别元件——构件来讲，不允許它有很大的变形及撓曲；而对于构架整体来讲，不应使整个构架有很大偏移。否則，就不能保証水冷壁管很严格地与汽包脹結，不能保証各受热面間的严格的位置要求以及不能保証磚牆的紧密不漏空气的性能。

如果在鍋炉房內同时并列着好几台鍋炉，为了运行方便起見，常用平台将这些鍋炉联接起来。这样，这些联接用的平台、楼梯也就增加了构架的剛性。不过在計算构架时，为了簡化計算并使計算更安全可靠起見，这些影响是不考虑的。

为了增加构架的剛性，减少某些很大的集中荷重的影响起見，也可在某些地方局部采用桁架。例如擱置汽包的大梁，可用一个桁架来代替，不过此时須考虑檢修是否方便。

三 制造及安装方便

各个构件应尽可能采用型钢，使之标准化。不单要使一种型号的鍋炉的构件标准化，并且尽可能地使不同型号的鍋炉的构架也标准化。应使各构件的結構簡單，加工量少。加工时应尽可能采用机械加工，而不用或少用气割等加工方法。因为构件一般都很长，焊后很易弯曲变形，而矯形工作又常是很麻煩的事，且工作量又往往是很大的，因此构件之焊縫应設計得恰当，以使焊后变形为最小，例如焊縫之高度不要太大等等。

如用焊接的組合构件时，应考虑采用自动电焊的可能性。

为了使安装构架的工序簡單，减少高空作业，縮短电厂的安装期限起見，构架应采用組合件的形式。即是一片平面构架都先在地上拼焊好，然后再将它豎起来，搭成立体的构

架，这样在设计前就应考虑组合安装的可能性。

四 不妨碍锅炉的运行及修理

锅炉是常需停炉检修的，因而要求构架不会妨碍锅炉的修理工作，例如不妨碍炉管之更换、砖墙之更换等。

为了保证锅炉构架的不变动性，可以采用斜的拉杆，但这样却会影响自由地开置人孔、看火孔及更换炉管、砖墙等，故一般较少采用斜拉杆，只在地震区域内，或露天布置的锅炉上才采用斜的拉杆。

在锅炉的下部，应该有足够宽广的地方，这样就可以方便地进行出灰工作，以及作为检修锅炉时放置材料等用。此外，构架不得妨碍工作人员的行走，例如锅炉的顶上，最好是平坦的，主梁不要凸起在外面。

五 便于运输

构架之构件的尺寸及重量都应在运输工具所允许的范围內，否则就会给运输造成困难，甚至可能根本无法送达安装工地。

六 外型美观、整齐

§ 1-2 锅炉构架的发展

既然锅炉构架是锅炉不可分割的一部分，因而它就随着锅炉的发展而发展，随时满足锅炉所提出的要求。它同时也受着钢结构的技术及理论计算方法的影响。当锅炉发展成为中型及大型的设备时，锅炉构架才发展成为复杂的钢结构。

在小型锅炉中，单火管锅炉（图1-1，即康尼许锅炉）及双火管锅炉（即兰开夏锅炉），因为锅炉本身很简单，因而其

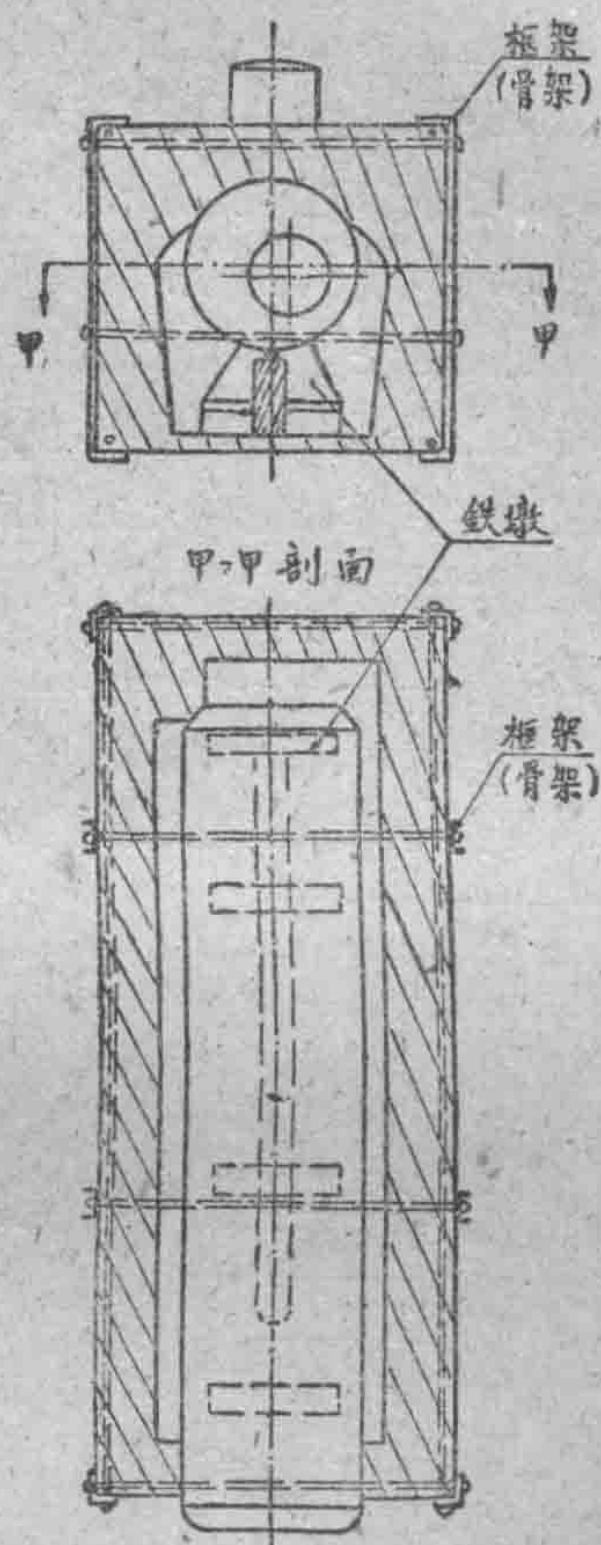


图1-1 单火管锅炉图。

构架也就很简单，甚至可說沒有构架。鍋炉汽包的重量（也就是鍋炉的全重）通过鉄墩直接作用于地面，磚衬系重型結構，直接从地面上砌筑起来，因而鍋炉构架的作用只是加强磚墙不使它有倒塌的危險而已。

現在生产的 ДKB 型鍋炉中（图 1-2），构架基本上也是不受什么力作用的。上汽包之重量通过水冷壁管傳遞到联箱及通过对流管束而傳遞到上汽包，上汽包及联箱直接放在鉄架上，鉄架放在地面基础上。这样水冷壁管及对流管束就可以自由地因受热而向上膨脹。此时骨架之作用如同单火管鍋炉一样，只是加强磚墙。对容量較大的 ДKB 型鍋炉；例如 ДKB6.5 型，則为鍋炉运行时所必須的平台、楼梯之荷重就直接作用在构架上。表 1-2 为 ДKB 型鍋炉的构架重量表。

中型及大型的鍋炉构架，一般多是由梁和柱組成的，搭成了一个空間的鋼結構体系。下面茲簡述苏联中型及大型鍋

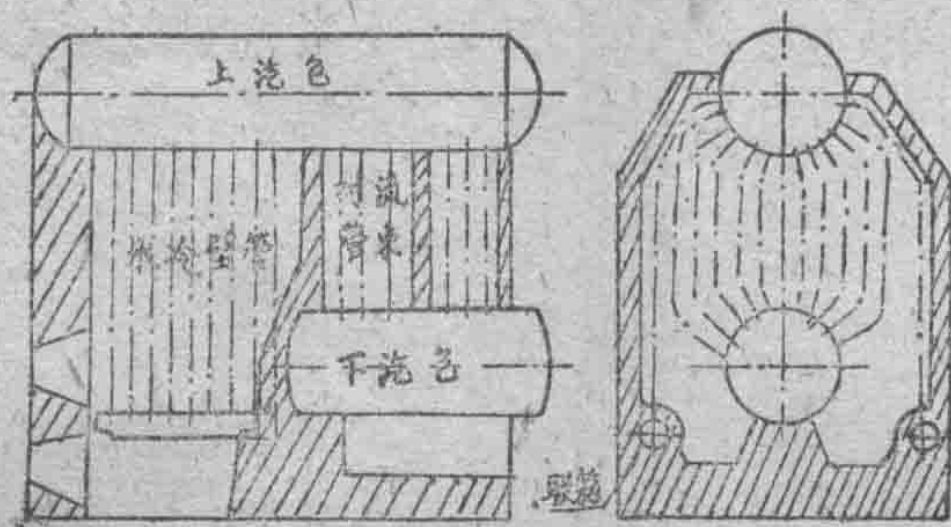


图1-2 ДKB型鍋炉图。

炉构架的发展过程如下：

在 1931 年至 1934 年，苏联所生产的 ЛМЗМЗ 型三汽包鍋炉（ $D = 150 \sim 180$ 吨/时）的构架如图 1-3 所示。整个鍋炉构架支持在六根柱上，柱子将其荷重傳遞到鋼筋混凝土的

表1-2 ДКВ型鍋炉的构架重量

名 称	单 位	鍋炉蒸发量 (吨/时)		
		2.0	4.0	6.5
构架、平台楼梯之重量	吨	2.3	2.6	3.4
每生产1吨蒸汽所需之构架、平台楼梯重量	吨	1.15	0.65	0.52

表1-3 ЛМ3型鍋炉构架的重量

名 称	单位	最大蒸发量 (吨/时)					
		48	75	90	110	160	180
构架重量	吨	42	68	105	94	135	218
每生产1吨蒸汽所需之构架重量	吨	0.88	0.91	1.17	0.85	0.84	1.21

基础上。构件間系用鉚釘联接的。表 1-3 为該型鍋炉构架的重量表。

表1-3ЛМ3型鍋炉构架的重量(不包括空气預热器构架)。

以后鍋炉就发展成为二汽包Π型布置且具有大量水冷壁的型式了。此时省煤器、空气預热器連同炉膛、排管及过热器等成为鍋炉的一个整体了，因而构架也就有了相应的改变。

从 1937 年以后苏联开始制造单汽包鍋炉，其型号为 KO-III, KO-IV 等等，蒸发量从 40 吨/时直到 200 吨/时。图 1-4 为 ТКΠ-3 型鍋炉的构架图 ($D=160/200$ 吨/时。 $p=34$ 大气压)。图 1-5 为 ΠК-8 型鍋炉的构架图 ($D=150$ 吨/时， $p=32$ 大气压)。

从图 1-4 可見鍋炉构架是一空間的剛架。在标高为 20.1

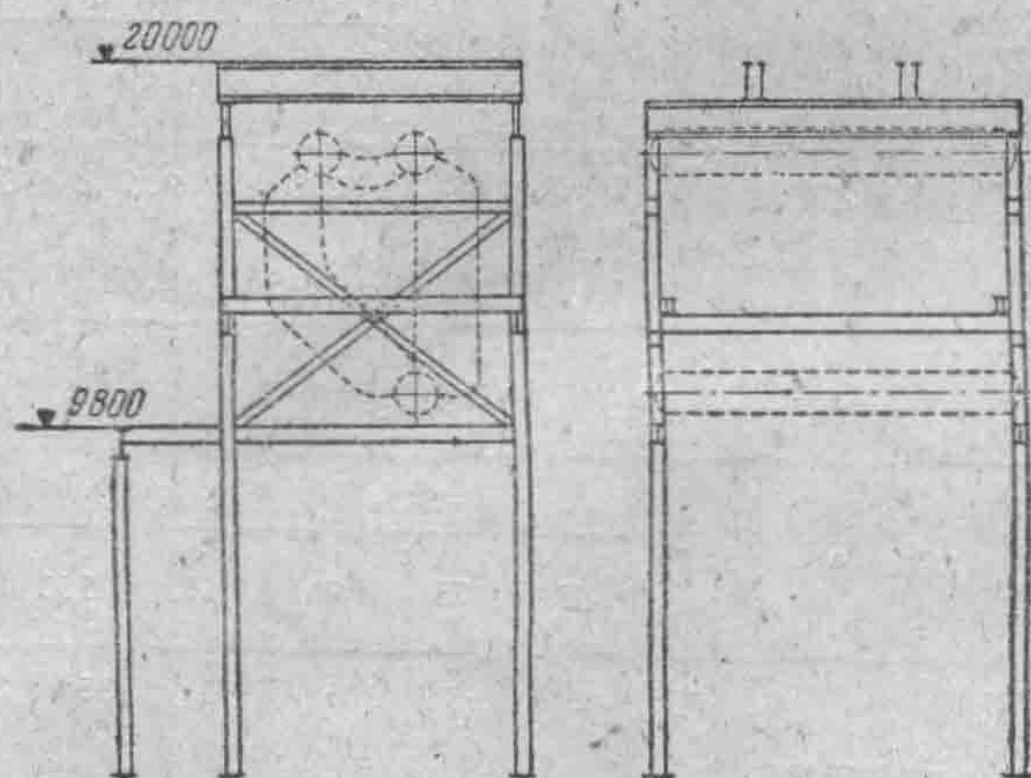


图1-3 列宁格勒金属工厂三汽包锅炉构架的示意图。

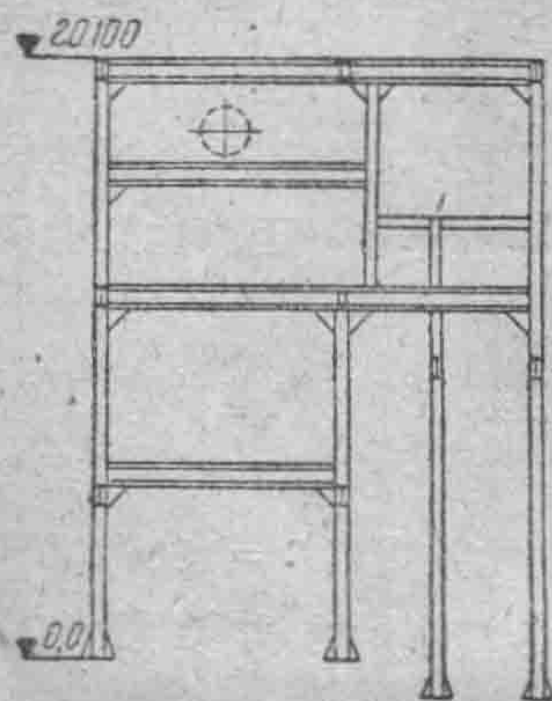


图1-4 ТКП-3型锅炉的构架。

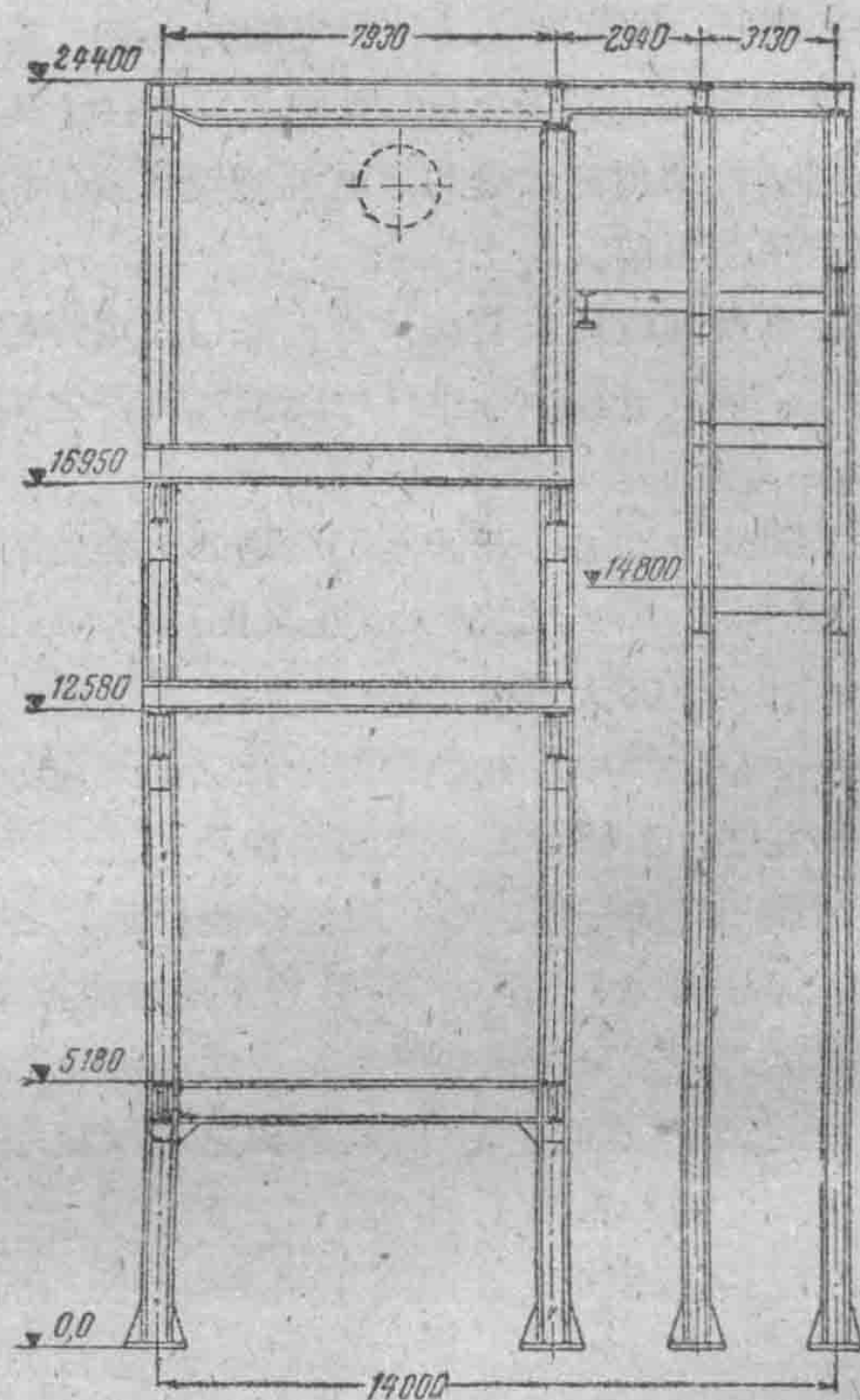


图1-5 ПК-8型锅炉的构架。

米的大梁下面悬吊着汽包。柱及梁用二根工字钢加钢板组成。炉膛部分的后面的一根柱不直接通到构架的顶部，其上端略向后移，这样虽然对流烟道部分可以省掉一段柱子，但却使构架的安装变得较为复杂了。在零米标高以下的柱不是钢柱，而是以钢筋混凝土制成的。

ΠΚ-8 型鍋爐的構架也是一個空間的剛架。其柱及梁也由二根工字鋼組成。與 TKΠ-3 型的不同點在於其 8 根柱子都是一直通到構架頂部大梁的，這也是現代鍋爐構架的主要形式。汽包吊在頂部大梁上。

此時在蘇聯製造及安裝構架都已採用了電焊技術，不再應用鉚接了。單汽包鍋爐每生產一噸蒸汽所需之構架重量為 1.0~1.5 噸。

蘇聯衛國戰爭以後，開始生產新型的大容量的鍋爐 ΠΚ-9 ($D = 200$ 噸/時, $p = 32.5$ 大氣壓)(圖 1-6) 及 ΠΚ-10 ($D = 230$ 噸/時, $p = 100$ 大氣壓)(圖 1-7)。

在 ΠΚ-9 型鍋爐中，在爐膛部分及對流煙道部分各有 6 根柱子，即在平行於鍋爐前牆的四個構架平面上（即爐膛前牆，爐膛後牆，對流煙道前牆，對流煙道後牆）各放置三根柱子，爐膛部分的柱子由 4 根 16 號的角鋼加綴板組成。大部分的橫梁由二根槽鋼組成箱形截面。由圖可見汽包是擱置在構架頂上的大梁上的。構架連同護板之總重量為 253 噸，每生產一噸汽之構架重為 1.26 噸。

由於 ΠΚ-10 型鍋爐為高溫高壓鍋爐，其受熱面及汽包的壁都較厚，其重量較大，因而鍋爐構架也較 ΠΚ-9 為強大。為了增大支承汽包的大梁的剛性起見，側面頂部的大梁由桁架組成。構架連同護板之總重量為 295 噸，每生產一噸蒸汽之構架重為 1.28 噸。

圖 1-8 為 TΠ-33 型鍋爐的構架（即 TΠ-200, $D = 200$ 噸/小時, $p = 31.5$ 大氣壓）。鍋爐全重由 8 根柱支承，其中 4 根為爐膛部分的柱子，4 根為對流煙道部分的柱子。此構架之特點在於其側面爐膛部分有二個桁架，此桁架之腹杆是垂

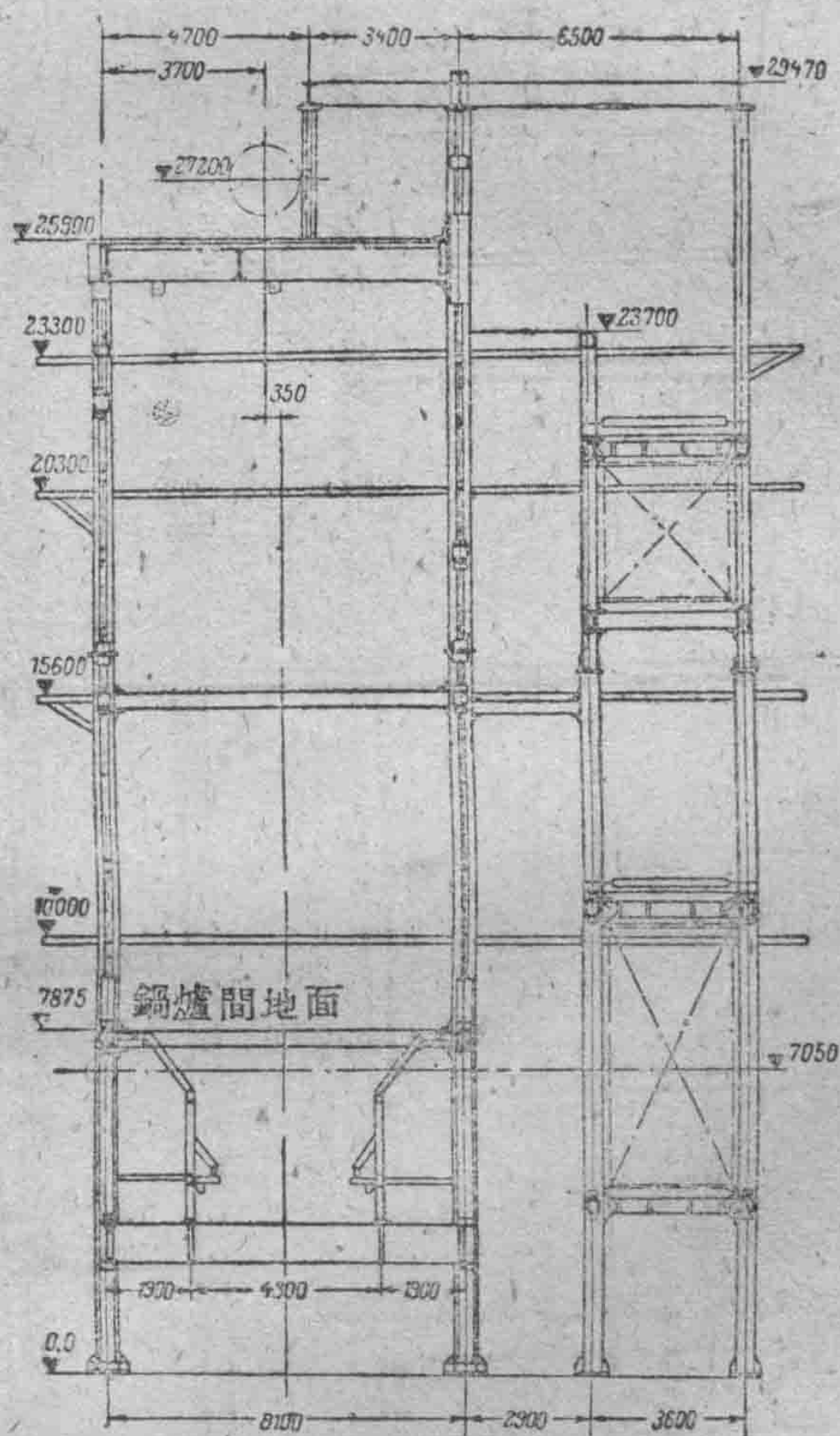


图1-6 IIR-9型鍋炉构架图。

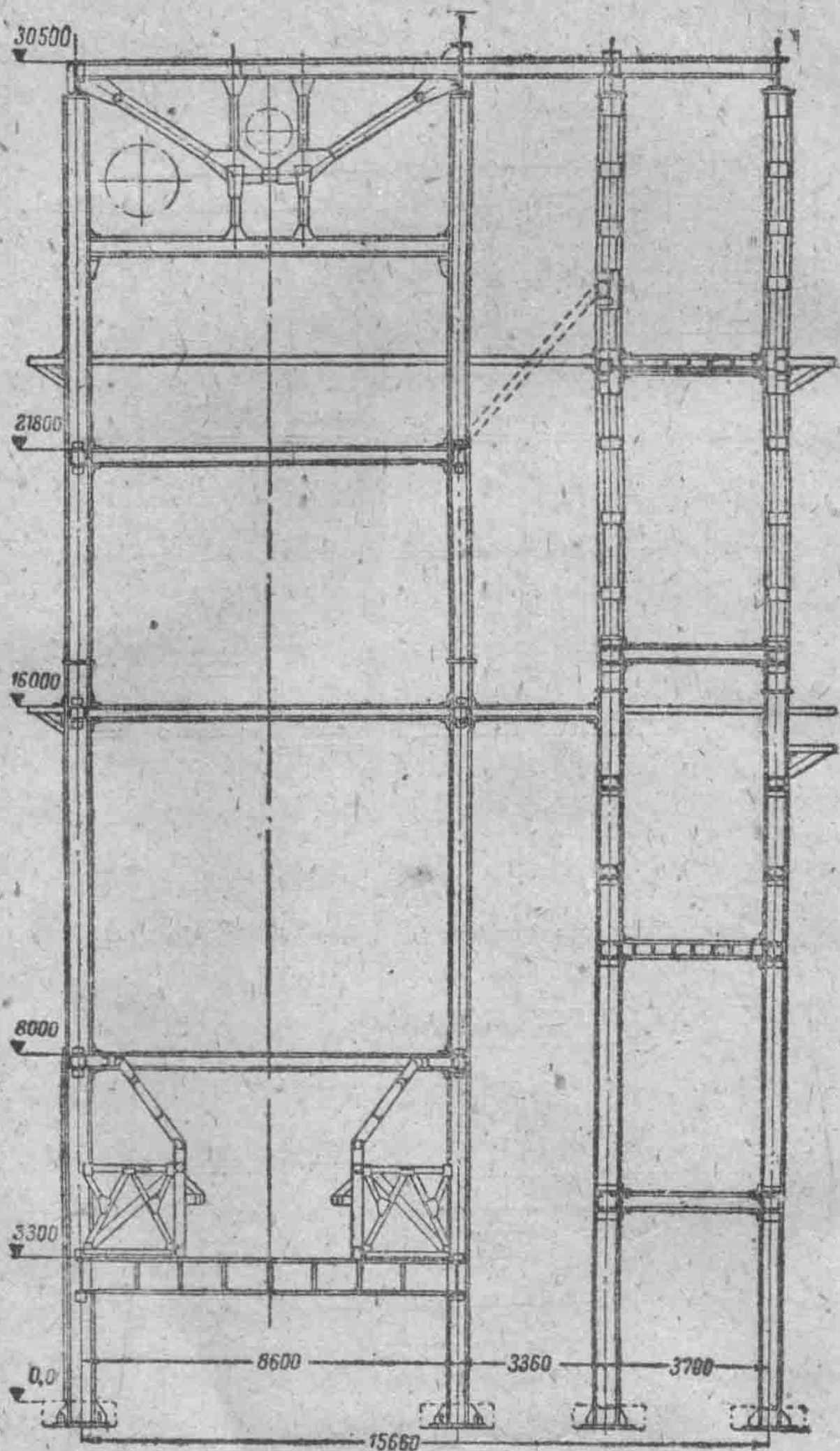


图1-7 IIK-10型鍋炉构架图。