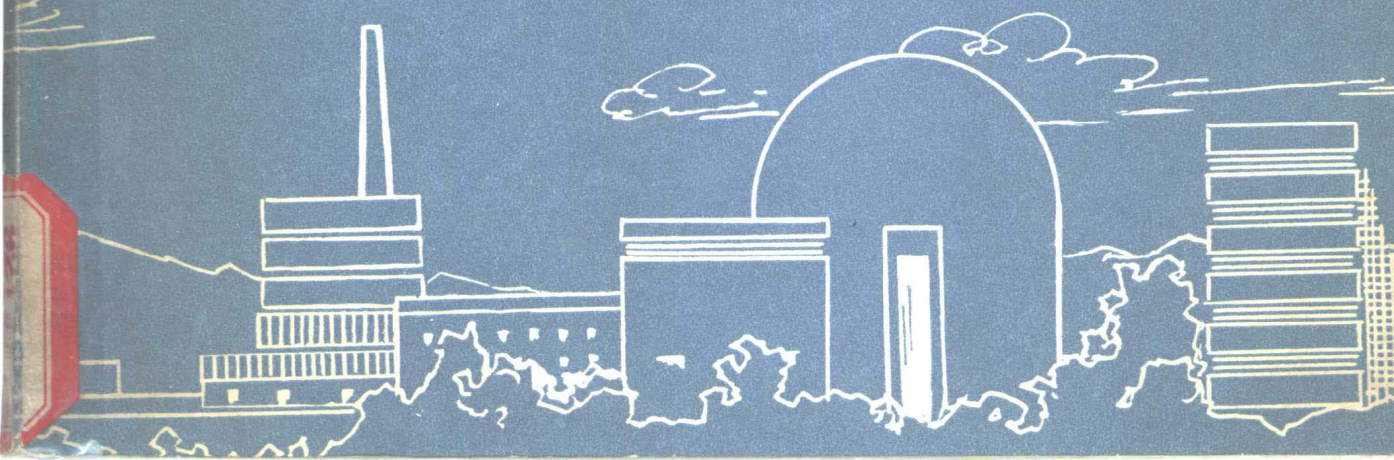


# 发电厂的土建工程

[西德]F.伯恩克主编  
程积高译 朱振德校  
电力工业出版社



# 发电厂的土建工程

[西德]F.伯恩克主编  
程积高译 朱振德校

电力工业出版社

## 内 容 提 要

本书简明地叙述了火力发电厂和原子能发电厂的有关土建问题，并从经济和技术观点对大量施工实例进行了分析比较，总结出一些成功的设计与施工经验，可供电厂土建设计、施工、科研人员以及大中专院校师生参考。

Jahrbuch Bautechnik im Kraftwerksbau  
Leitung: F. Börnke  
Vulkan-Verlag·Essen 1976

## 发 电 厂 的 土 建 工 程

[西德] F. 伯恩克主编  
程积高 译 朱振德 校

\*

电力工业出版社出版  
(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售  
水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 9 $\frac{1}{4}$ 印张 210千字  
1980年6月第一版 1980年6月北京第一次印刷  
印数 0001—6930册 每册 1.00元  
书号 15036·4027

## 译 者 的 话

F.伯恩克教授主编的《发电厂的土建工程》（年鉴，1976/77 第一版），系由西德一些大电厂、电力公司的工程师以及大学的教授共四十八人分专业编写而成。原书共十章，本书仅选择其中五章，略去发电厂种类、电厂建设简史、水工问题、冷却水塔和测量等五章。略去的五章，或因内容不多，或因另有专著出版（例如冷却水塔）。

本书译稿由朱振德教授进行全面审校，陈维敬、李金声、夏国钧、张相忱、郝文祥等同志对部分章节进行了技术校对，译者在此一并致谢。

程 积 高

一九七九年九月

# 目 录

## 译者的话

第一章 普通电厂的土建工程 .....	1
第一节 总体布置与土建工程的关系 .....	1
第二节 电厂的土建结构设计 .....	5
第三节 输煤和除灰 .....	43
第二章 核电站的土建工程 .....	56
第一节 反应堆厂房 .....	56
第二节 核处理厂房 .....	85
第三节 控制区及其进出口 .....	89
第四节 汽机房 .....	94
第五节 核电站厂房在异常荷载作用下的安全措施 .....	96
第三章 机器基础 .....	111
第一节 对设计和施工的原则要求 .....	111
第二节 各种基础及其应用 .....	113
第三节 各种基础的典型例子 .....	118
第四章 烟囱 .....	126
第一节 烟囱的功用 .....	126
第二节 设计条件 .....	126
第三节 设计原则 .....	127
第四节 烟囱的种类和材料 .....	129
第五节 监视和维护 .....	136
第五章 噪声防护 .....	138
第一节 减少噪声的措施 .....	138
第二节 电厂控制室的隔声措施 .....	142
参考文献 .....	144

# 第一章 普通电厂的土建工程

## 第一节 总体布置与土建工程的关系

### 概论

不论普通电厂还是核电厂的总体布置都与土建工程有种种关系。兹择其中重要方面略述。

一个毋庸置疑的原则是：电厂的总体布置必须由有关专业的人员共同协作，才有可能提出经济和理想的方案。这就是说，热机、电气与土建工程技术人员必须从设计工作开始就为着一个共同目标紧密合作。

由于普通电厂各有其特点，因此，人们一再试图提出的标准布置方案迄未成功；因为总体布置主要由厂址位置、燃料、冷却水条件、锅炉型式及其他设备来决定的。此外，各种不同的运行要求也是难于实现标准布置的附加因素。

基于上述原因，至今也不可能对所有电厂的土建工程提出一个标准的设计方案，而只能根据每个电厂的实际要求进行“量体裁衣”的设计，这正是设计的重要意义之所在。

### 1-1 土建设计

对电厂土建总体设计的要求是，在充分考虑施工顺序和进度、电厂运行要求和经济性的情况下，找出一个切实可行的理想设计方案。为此，对于土建设计有影响的一切因素都必须事先了解。

电厂的总体设计必须从经济的观点统筹考虑热机、电气、土建和运行中所可能出现的一切问题。这就要求参与设计的各专业之间通力合作，协调工作进程和及时完整地取得资料。此外，要达到一个理想的总体设计，必须借助电子计算机的最优设计法(Netzplantechnik)。

各专业进行分部设计时，每个专业都必须掌握其他各专业的完整资料。土建工程是施工的首项，所以土建设计必须最先完成，这就要求其他专业及早向土建专业提出资料和数据，这就要求一个强有力的总体设计组织来统筹安排。

总体设计的最大干扰之一，是修改设计。修改的原因很多，这里无需赘述。不论每次修改如何微小，但是在设计和施工过程中这种微小的修改积少成多以后，就可能影响最初构成的理想设计，而变成一大堆折衷方案。这样的总体设计，当然不可能再认为是经济的和成功的。

施工单位应根据电厂投入运行的期限和总设计师一起共同提出一个理想的施工进度。施工进度和施工经济性取决于合理的施工顺序，这就要求同时安装而不受太大的相互干扰、尽可能采用相同的建筑构件和部件以及合理使用施工机械和辅助机具。使用计算机最优设计法可以从整个施工过程存在的各种相互影响因素中优选出一种影响因素最少的施工顺序。用程序的话来说，就是：影响因素少则有利，影响因素多则不利。没有影响因素，

则不可能建成电厂。

从一些典型的工程实例可以看出，总体布置对土建工程有影响，反过来也可以说，土建工程对总体布置也有影响。

### 1-2 60万千瓦机组褐煤锅炉房结构

发电厂基建投资和运行费用是随机组容量的增加而减少的，这要求锅炉容量相应增大。一台1800吨/小时的锅炉底面积约 $30 \times 30$ 米，高约130米，重达30000吨（图1-1）。要把这样大的荷载集中传递到地基上，必须对地基土壤进行极仔细的分析，对基础构造进行极深入的考虑。

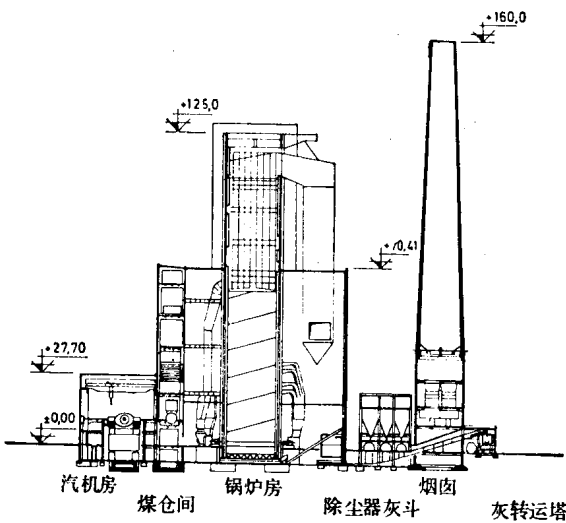


图 1-1 尼德奥森发电厂G和H机组的横断面图

根据地基具体情况，锅炉基础或用单独基础或用板式基础。前者是每根锅炉支柱单独支承在一个基础上，而后者则是所有锅炉支柱（包括磨煤机）支承在整体基础上。

单独基础要求：平均的地基容许承载力约为7公斤/厘米<sup>2</sup>，边缘压力约为10公斤/厘米<sup>2</sup>。这种基础最经济。

当地基不良和预料有不均匀沉降时，必须采用板式基础。板基尺寸大，在混凝土浇灌过程中需要对混凝土稠度、钢筋种类加以控制，并需防止混凝土收缩变形产生裂纹。此外，在混凝土浇灌过程中以及在延续到浇灌完毕后两个星期内需要对混凝土的凝固强度加以监察控制。

另一个特殊的问题乃是炉架结构（一般为钢结构）与周围建筑物的钢筋混凝土结构的配合。作用在这样高大结构上的相当大的风力，必须找出理想的办法来传递，即把杆件的拉力传递到由垂直荷载而产生足够法向力的地方予以抵销。

如果考虑把风力传递到周围建筑物上，则须仔细考虑连接处的结构，因为锅炉房结构通常由于热膨胀产生其他运动，而周围建筑物则没有这种情况。

在施工期间，必须采取必要的安全措施，确保平行作业的安装和土建施工顺利进行。

随着锅炉容量的不断增加，锅炉房±0.00米平台也增加了负担：过去锅炉支架的安装机具一般都放在锅炉房外面，而现在由于锅炉支架尺寸加大，这些安装机具直接装在锅炉房零米平台上。这些安装机具要支起重达350吨的荷载，应当考虑单独的基础来传递这种荷载。由于要安装的部件用载重车辆运来，应当考虑运输通道。

### 1-3 门楼式锅炉房结构

门楼式锅炉房结构不用炉架而用两根或四根柱固定在基础上，每根柱都能独立承受分配给它的垂直和水平力。锅炉本体悬吊在支承在柱顶的井字形大板梁上，而可向下热膨

胀。

门楼可用钢结构，亦可用钢筋混凝土结构。兹就钢筋混凝土门楼的构造特点说明如下。

当锅炉房高度超过60米时，钢筋混凝土门柱除可用滑模施工有其优点外，同时也满足了锅炉房范围内要作防火楼梯间的要求。而这种防火楼梯间既是悬炉架构的主承重结构，又是楼梯间的围护结构。

门楼可用滑模施工，施工期很短，加之平台高度和楼梯都是均匀布置，而适合预制结构，这样安好了的楼梯间就可供安装锅炉时利用。

还有一个构造特点是，安装在柱顶上用来悬吊锅炉的井字形大板梁同时用来承受向上伸建的烟囱荷载，并把它传递到基础上。

法尔泰海姆发电厂的第三期工程就采用了这种门楼式结构。两根边长分别为 $5 \times 20$ 米的箱形柱同时用滑模施工（图 1-2）。两根柱的长边就是锅炉房外墙，柱的两短边支承钢桁架梁，梁上挂墙板。在浇灌柱顶钢筋混凝土井字形大板梁混凝土时，钢桁架梁同时可当作脚手架的一部分来使用。

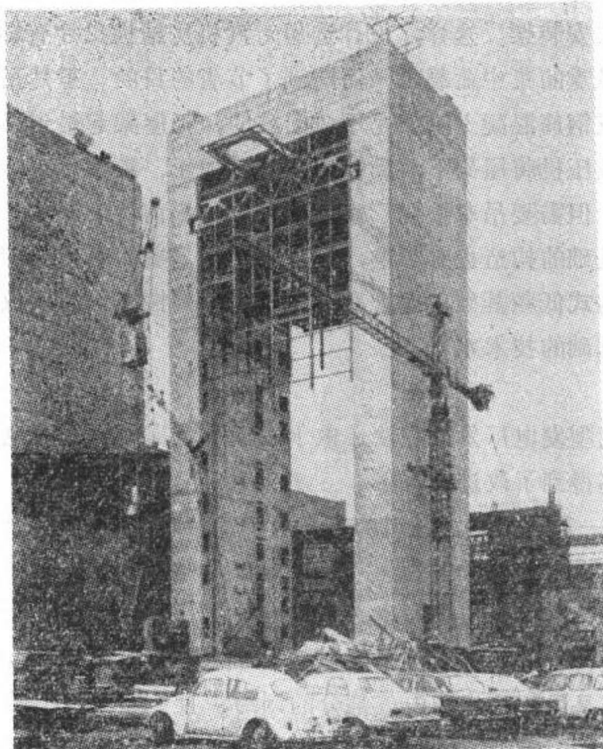


图 1-2 法尔泰海姆发电厂的门楼式悬炉架构

这种门楼式悬炉架构在土建技术上存在的一个问题是，由于风载和在浇灌井字形大板梁时的其他外力的作用，两根柱可能产生相互位移，而井字形大板梁的模板支架本身不可能阻止这种位移。所以必须采取措施：支架附加水平支撑或用预应力拉条把两根柱连接起来，使其不发生相互位移。在混凝土中可以附加缓凝剂，使混凝土的硬化过程推迟到浇灌



完了以后才开始，勿使在混凝土的凝固过程中因连续浇灌新混凝土的重量而产生附加移动。

因为土建工程一开始就要施工柱子，所以需要提前做好机器和电气设备，以便在滑模过程中把电缆和管道所需要的预留孔以及固定锅炉平台的锚固板布置在正确的位置上。由于锅炉荷载不是通过墙板而是通过柱子集中传递到基础上，所以为经济起见，墙板上可以不规则地布置孔洞。

如果地基条件不良，有不均匀的沉降，则采用钢筋混凝土门楼式结构是有问题的。

#### 1-4 汽机房

近二十年中，汽轮机组容量由10万千瓦增加到现在的60万千瓦（普通电厂）和130万千瓦（核电厂），机器尺寸和重量增大，对土建工程的要求也相应增加。

汽机房的土建结构只能根据汽轮机组及其附属设备的尺寸以及安装上的需要予以统一考虑。

由于机器尺寸增大，汽机房（尤指凝结器管子的拉出范围）的柱距亦必然增大。为经济起见，对于在电厂整个使用寿命过程中只出现一次或极少出现的安装荷载，应考虑由可重复使用的、不属于电厂固定组成部分的辅助起重设备来进行安装，例如安装发电机定子可以临时租用移动式安装架。这样，设计选用对汽机房结构尺寸有影响的吊车时，就不再按起吊定子这一最重的集中荷载，从而达到了节省的目的。虽然吊车的承载量减小了，但用来安装钢屋架或钢筋混凝土屋架是不成问题的，把屋架起吊到吊车梁处，用吊车行驶到安装位置，再用液压机将屋架下放到柱顶，然后找正、灌浆。这是一种省时、经济的安装屋架的理想方法。但需要吊车供应厂家和施工单位提前协商好。

机组的尺寸对基础的构造也有影响，例如起初用笨重的高频基础，后来又用由底板、柱和顶板组成的架构式低频基础，而现在则优先采用弹性支承的顶板（见第三章），后者代表了当今汽轮机基础的技术水平。

#### 1-5 结语

近二十年中，大型发电厂发展很快。由于人们不断提出降低发电成本的要求，所以锅炉结构和燃料利用都得到了改进。

K. 布赫瓦德在一篇题为《汽轮机的容量有限制吗？》的文章中指出了电网的总用电量和每台机组最大容量之间的关系为：“在机组数量保持不变的条件下，如果电网用电量在10年内翻一番，则每台机组的容量也必须翻一番”。

这种发展规律是符合西德机组容量的实际增加情况的（图1-3）。

由于土建部分总是受到热机和电气部分的制约，且土建本身不是目的，而只是达到目的的手段，所以对土木工程师不断地提出多方面的要求。理想的土建设计只能通过积累经验，而不能通过标准设计来实现——即使曾经有过一些机组的厂房是用相同的图纸建造的，这种说法也并不矛盾。

热机、电气和土建设计应当紧密配合，才有可能获得经济而理想的设计方案。例如门楼式结构就显示出了这种可能性：既是土建构件（楼梯间），又是设备构件（锅炉架构）。象这种特殊的可能性，在未来必须予以更多的重视。

本节开始时所说的对每个电厂进行“量体裁衣”的设计乃是迄今常用的方法，但要找出最经济的方案，则必须对每一个电厂的设计条件、运行费用、利用率、设备投资等等进行广泛而精确的分析。

欲求将来在发电厂的土建部分建设得更经济，则只有通过仔细考虑构件标准化和成批生产才能实现。

现在就可以预料，新电厂的设计必然会对土建工程提出新的条件和任务。此外，环境保护规范亦必然要对电厂的总体布置和土建工程作出新的规定。

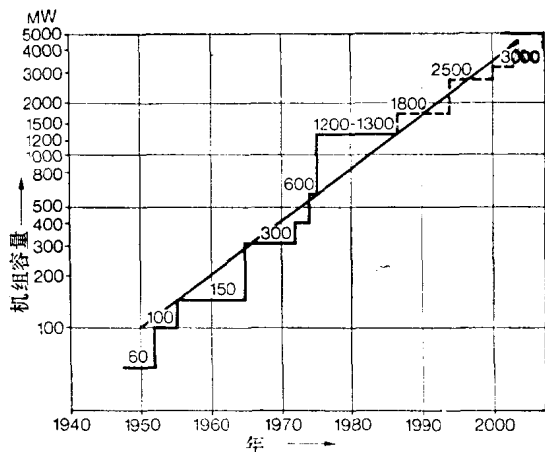


图 1-3 西德机组容量的增加情况

## 第二节 电厂的土建结构设计

### 2-1 锅炉房

#### 2-1-1 锅炉房的用途和构造

锅炉房用来布置锅炉及其全部附属设备。从建筑上对锅炉房采取的气候防护、隔热、隔音等措施，视设备运行和维护的需要而定。除主结构外，“房”的特点是有围护墙、屋面、内部平台、楼梯间和电梯设备。锅炉房的平面和高度主要由锅炉的尺寸、附属机器和设备的多少来决定。锅炉房的通风应考虑有可打开的窗户或可调节的百叶窗，以利空气循环。这些要求，主要不是为了锅炉本身，而是操作和维持，特别是精密调节、测量和控制仪表的需要（图1-4）。

近年来，独立的、自身稳定的锅炉房逐渐被淘汰。由于锅炉容量的不断增加，把锅炉房布置在煤仓间和汽机房之间，这种所谓传统式的方案也失去了意义。取而代之的，是从静力和结构上把锅炉房和锅炉支架联成一体。因此，传统式锅炉房的特点在逐渐消失中。

锅炉的结构必须随着容量和尺寸的不断增大而适应热变形条件。现在，除砌体炉外，锅炉一般都采用焊接结构。这种锅炉不是自承重的，而只能悬吊在架构上。这种悬炉及其承重结构总是很高耸的，所以与其称锅炉房还不如叫锅炉塔（图1-5）。

#### 2-1-2 锅炉房和锅炉

##### 2-1-2-1 概述

锅炉房的尺寸、范围和构造主要取决于锅炉。从生产工艺讲，一台锅炉包括：

- (1) 带有燃烧设备和给出额定容量的锅炉本体；
- (2) 输入燃料、空气、水和输出蒸汽、烟气、炉灰所需的设施部件和附属设备；
- (3) 调节、测量和控制仪表（对土建影响很小）。

必须根据官方颁布的规定，按附属设备的类型及其安装情况来考虑环境保护（例如隔

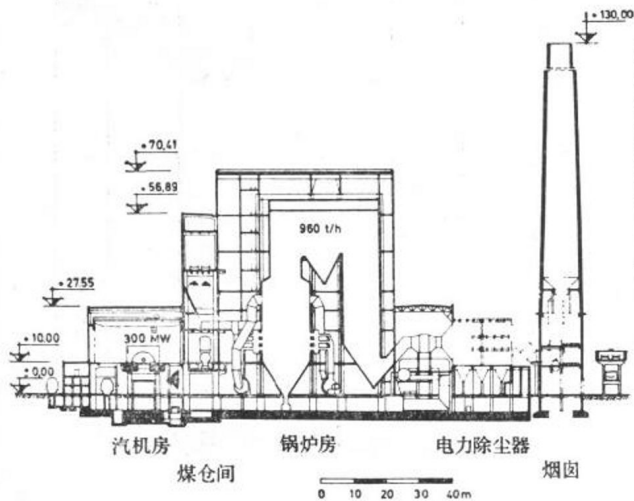


图 1-4 立式锅炉的锅炉房

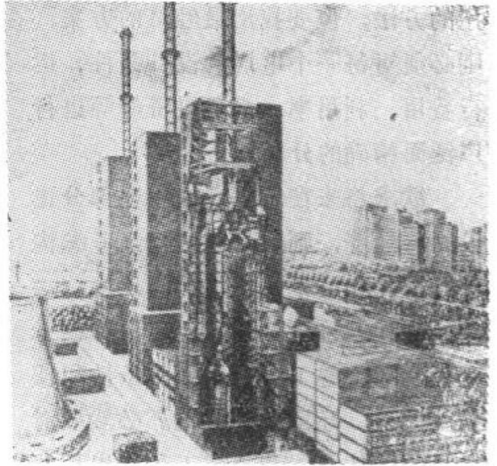


图 1-5 锅炉塔

音和防火、防爆)。

设计者感兴趣的，是锅炉的尺寸和承重结构的荷载。例如同样容量的单烟道锅炉(图1-6)和多烟道锅炉(图1-7)的尺寸就不一样，前者高耸于相当小的底面积上，后者则底面较宽。这样，不仅锅炉支架及其围护的锅炉房尺寸不同，而且由于荷载布置不同而构成更加复杂的空间结构。

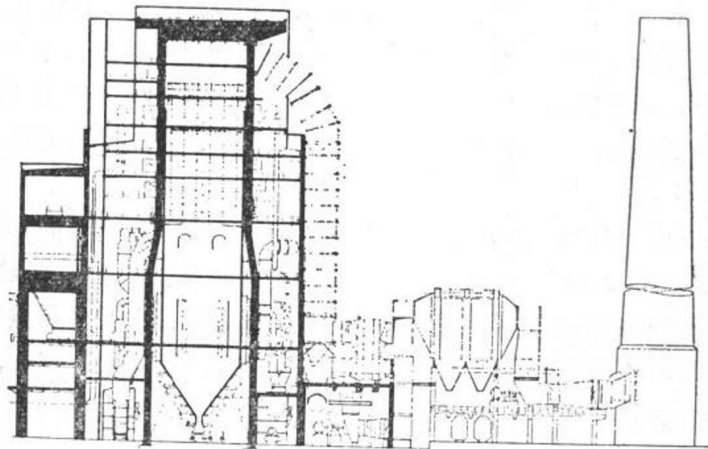


图 1-6 单烟道锅炉

### 2-1-2-2 大锅炉的主要尺寸

电厂的总费用除燃料、运行、维护费以及利用率(每年运行小时数)外，基建费也占相当大的比例，例如单是钢结构的费用就约为一台大锅炉总价的15~20%。根据详细的经济分析可知，基建费是随机组容量的增加而减少的。例如机组容量由60万千瓦增加到120万千瓦时，单位基建投资可下降10~13%。现在就能预计到八十年代的机组容量为120万千瓦，而到本世纪末达到250万千瓦，那时，基建投资将进一步下降。锅炉主要尺寸(高

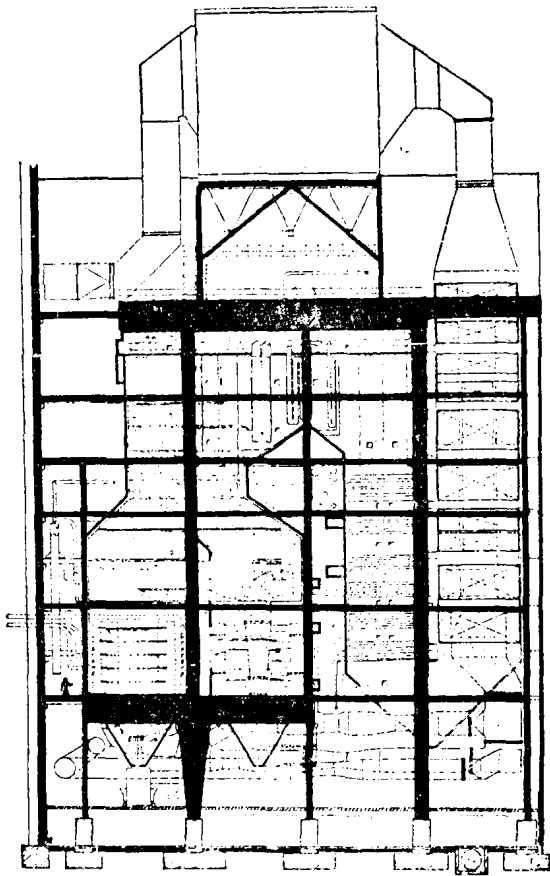


图 1-7 多烟道锅炉

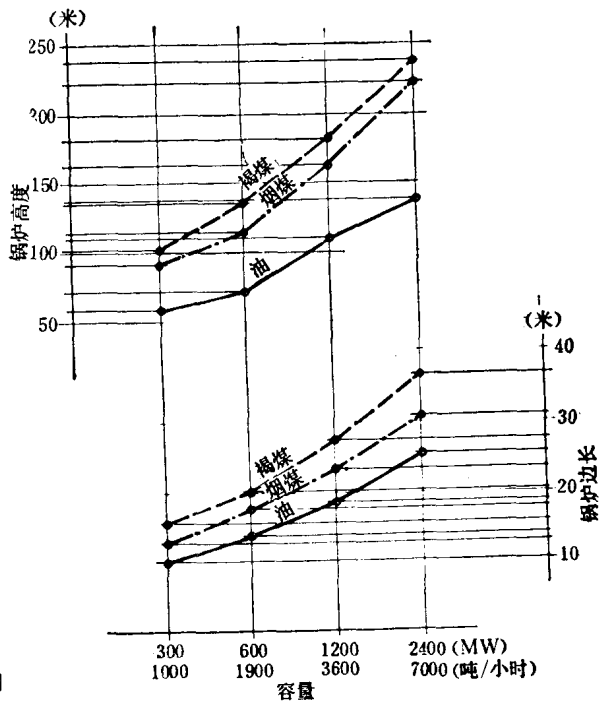


图 1-8 锅炉主要尺寸同锅炉容量和燃料的关系

和宽)的变化与容量和燃料的关系如图 1-8 所示。图中的发展趋势表明, 现在已在采用的塔式悬炉架构到那时将高达200米。

### 2-1-2-3 锅炉房范围内的燃料加工系统

在锅炉房范围内, 除有锅炉外, 还必有一整套附属设备才能生产蒸汽。附属设备视燃料的加工工艺而异。图1-9和图1-10分别表示燃煤、燃油或燃气锅炉的工艺流程。

燃煤锅炉的附属设备很多, 如煤斗、磨煤机、吹灰器、除尘器和除灰设备(烟煤用湿法除灰, 褐煤用干法除灰)等, 他们占锅炉房相当大的面积。磨煤机必须布置在基础平面内, 所以在确定锅炉房平面尺寸时应一起考虑在内, 而其他设备(如给水泵、空气预热器、引风机和送风机)可布置到锅炉房各层平台上。

燃油或燃气的情况要简单得多, 此时, 从原煤到煤粉一直到除灰的全部存储和处理设备都不需要, 而只需输油泵或防爆调节站(燃气时)。所以, 燃油或燃气比较干净。

还有一种特殊运行方式, 即所谓组合机组(燃气轮机带二次燃气锅炉), 如图1-11所示。气体首先在汽轮机中燃烧, 而后将 $400^{\circ}\text{C}$ 左右的废气直接送进锅炉, 用一个附加的燃气室产生蒸汽。这种运行方式特别经济, 但机器比较复杂, 而且不论燃气轮机单独运行还是组合机组一起运行都需要从锅炉房屋顶上装附加的排气烟筒排出废气。

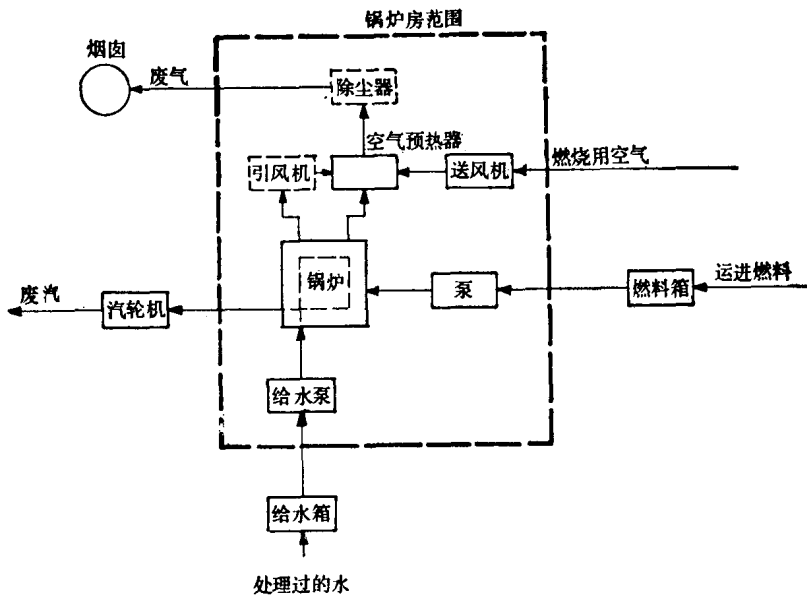


图 1-9 燃油锅炉的工艺流程

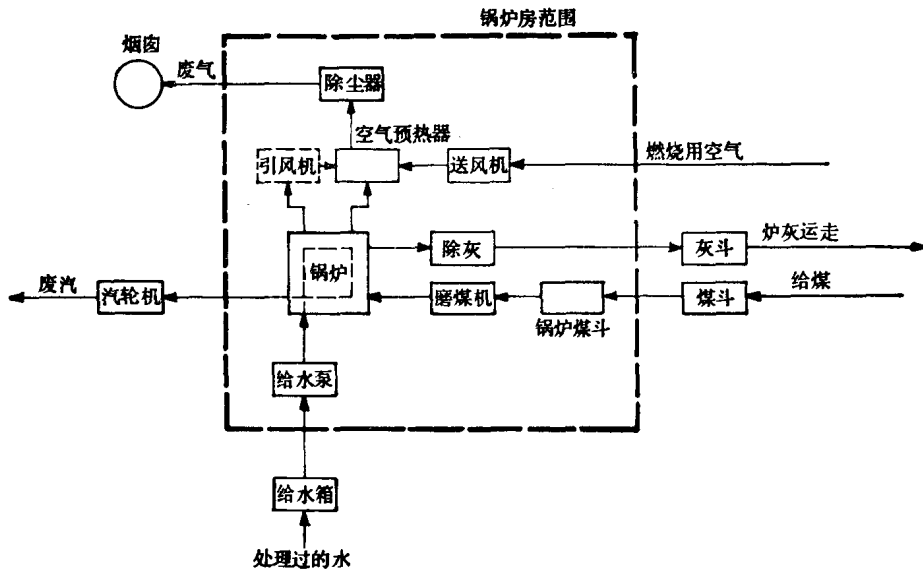


图 1-10 燃煤锅炉的工艺流程

### 2-1-3 塔式锅炉架构

塔式锅炉架构有三种基本型式。由于最经济的架构型式往往不可能事先知道，所以只能根据实际使用情况和选用的材料来仔细权衡各种架构的优缺点。又由于这种架构所支承的是高悬的点状荷载，所以必须高度重视地基的承载能力及其可能出现的沉降。兹将三种架构分述如下。

#### 2-1-3-1 传统的框架结构（图1-12）

炉架由四根角柱组成，通过梁在不同高度上与柱连接。这种架构的平面为矩形。锅炉

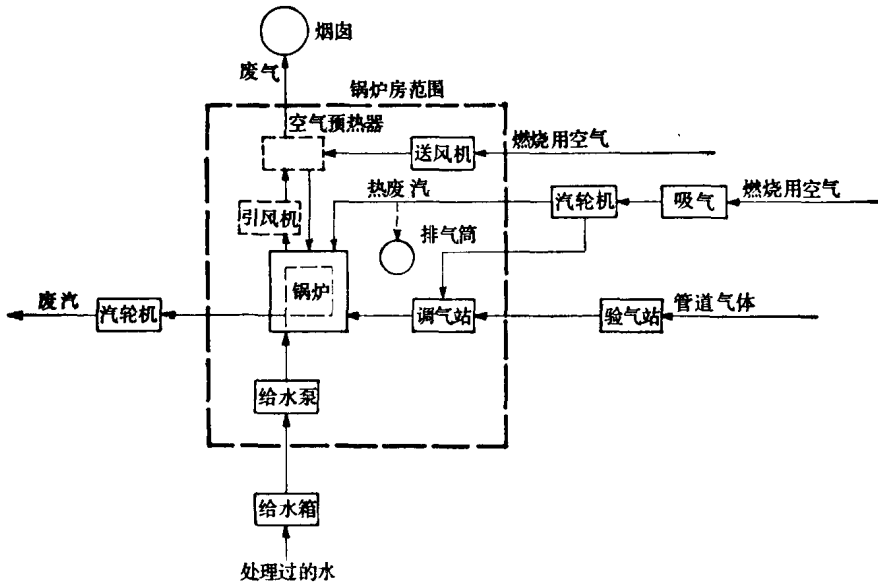


图 1-11 组合式燃气的工艺流程

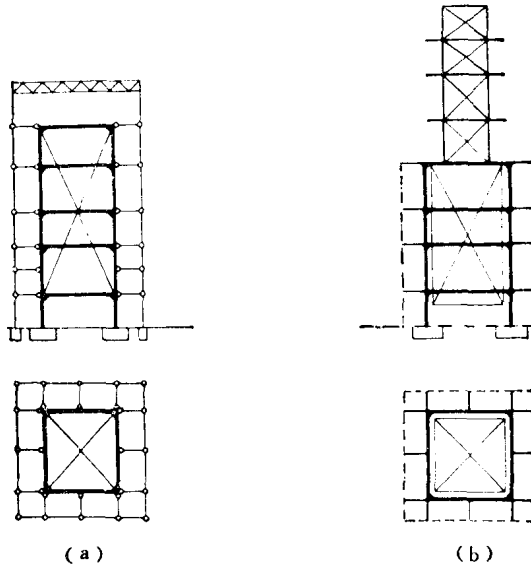


图 1-12 传统框架结构

(a)炉体位于架构中间，水平和垂直支撑铰结在框架结构上，锅炉有围护并带有支柱；(b)炉体一半高的地方悬吊在架构上方，框架结构上挑出平台，锅炉有无围护(露天式)皆可

悬吊在塔架内或直接与承重结构连接。操作平台布置在塔架外面，通过平台梁与炉架铰接，其荷载一部分由炉架、一部分由外墙柱承担。平台作为一个刚性板把全部水平力（主要是风力）通过铰接传递到空间架构上。空间架构实际上承受全部荷载，并保持整个结构的稳定。楼梯间和电梯间和炉架保持独立。这种结构型式代表典型的塔式锅炉房。

平台荷载亦可通过与炉架柔性连接的悬臂梁来承受，这样可省去外部承重柱和墙柱。炉架随着悬吊炉的点火而可自由地进行热膨胀。

### 2-1-3-2 组合式结构 (图1-13)

内部直立的炉架和锅炉房外部墙柱以桁架或框架的形式相互刚性连接,而形成矩形平面的空间结构。炉架和锅炉房的全部梁柱使整个结构保持稳定,锅炉挂在框架的中间,平台布置在框架内部。这种结构的主要优点,是底面积大而可有效地承受固端力矩或减小锚固力。但只有用在高柔的锅炉房时才是经济的。

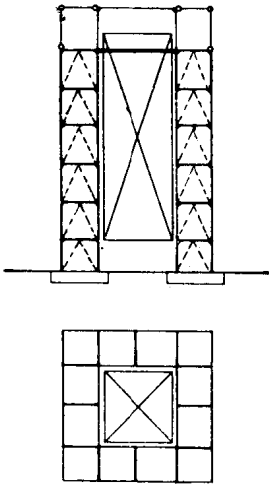


图 1-13 组合式结构  
(锅炉房的框架和腹杆系统组合在一起作为锅炉架构)

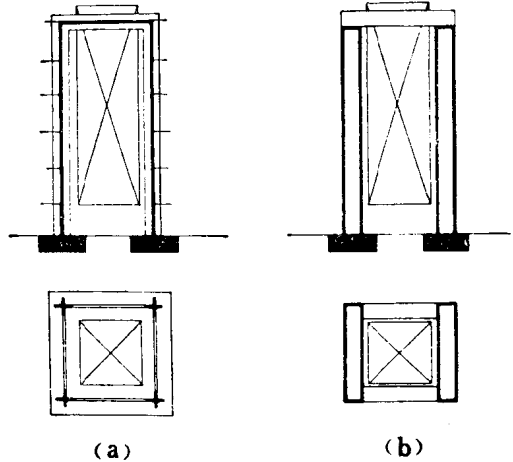


图 1-14 门楼式结构  
(门楼既起锅炉房框架作用又起锅炉架构作用)  
(a)十字柱;(b)箱形柱

### 2-1-3-3 门楼式结构 (图1-14)

这种结构由四根角柱或两根箱形柱组成,每根柱都与基础固定,并能单独承受分配给它的垂直和水平荷载。柱的上端是带有大板梁横梁,用以悬吊锅炉。柱子可用钢或钢筋混凝土,其横截面可根据静力或构造需要而作成开口形或箱形。

箱形柱宜用钢筋混凝土采用滑模施工。在箱形柱内有利于布置附属设备的平台、楼梯间和电梯。箱形柱的长边同时当作锅炉房的外墙而另两侧(图1-14所示锅炉前后侧)可以设围护,亦可不设围护,后者称为部分露天式结构。若用四根十字柱(图1-14左图),则将平台向外挑出,这样,整个炉架结构的四周都是露天的。

上面只勾划了三种基本结构的典型方案。实际上,每一种都可演变成几种别的方案。近年最常用的,是传统框架结构(图1-12),因为这种结构给锅炉设计提供了更多的自由度,即无论在锅炉的设计阶段还是事后要作某些修改,都具有较大的灵活性。

### 2-1-3-4 露天结构

所谓露天式结构,就是在建筑上不考虑任何围护,设备运行完全处于大气条件中,隔热、隔音更谈不上,而只是对一些机器和电气设备单独采取气候防护措施。露天式结构虽然通过取消或减少一些土建结构节省了费用,但在机器和电气设备的气候防护方面也得付出高昂的代价。所以,对新建露天式结构,生产工艺专家和土木工程师应当紧密合作,从运行经济的观点出发,找出一个理想的方案。

人们从在化学工业部门长期实践经验中总结出来的露天式结构的优缺点亦适用于电厂的锅炉房结构。这些优点可分为三类（设计上的优点、安全上的优点和节省投资），如表1-1所示。

表 1-1 露天式结构的优点

设计上的优点	安全上的优点	节省投资
清晰的状态	不积危险气体	基建费少
结构引起的阻碍很少	快速消除爆炸灾害	建筑维护费少
设备安装方便	有利于抢救和消防	迎风面小
对敷设电缆和管道提供了更多的通路	方便人员疏散	土建施工期短，设备安装快
扩建方便	在灾难情况下，构筑物倒塌的危险性很小	
维修和改建方便		

露天式结构同时也有下列缺点：

(1) 由于取消了防气候影响的围护，操作设备只能在露天进行；必须单独对怕潮的仪器设备和电缆接头采取防护措施；从热力学的观点出发，必须对水箱和水管采取附加的绝热或加热措施。

(2) 工作环境受到噪声干扰和泄漏气体的侵扰。

(3) 钢构件和钢制设备部分易受腐蚀。

(4) 在火灾和爆炸情况下，未设围护的相邻设备很快而且严重受害。

综上所述，露天式结构究竟是否省钱的问题，必须根据具体情况进行深入分析。无论如何，整个电厂设备的顺利运行乃是基本前提。

下面举出两个露天式锅炉房的典型施工实例来加以分析。图1-15是意大利米兰附近的一座完全露天式锅炉房，所用单流道锅炉的蒸汽容量为430吨/小时、190表压力、540℃。锅炉烧天然气，或烧重油或烧混合油皆可。锅炉塔式架构采用前述传统框架结构，上部平台支承在牛腿上，而下部较宽的平台则支承在独立的外部支柱上。

采用全露天式锅炉房的理由有如下几点：

(1) 燃油或燃气电厂不用上煤和除灰设备，所以运行附属设备（及其荷载）可以很方便地布置在下部炉架范围，而上部平台只作监视运行情况的人行道，不常通行，可以做得很窄，不用墙围护。

(2) 凡是气温只在短时间内偶然低于0℃的地区，皆可采用全露天式锅炉房；锅炉运行不可避免的散热，有围护时造成夏季室温过高。

(3) 出于安全的理由，燃气电厂的锅炉房外墙理应取消。这是化工厂多年来行之有效的安全措施，却未得到足够的重视；不然的话，这种电厂的运行势必需要按照有关规程装设大量昂贵的通风设备。



(4) 采用这种露天式锅炉房结构具有多方面的经济意义：不用外墙后，上部塔架范围内的迎风面减少20%左右；到喷燃器、送风机和废气排出设备的其余全部设备都可安装到别的地方，这样一来，实际上就只剩下留有过道的炉架了；又由于楼梯间和电梯间都是独立布置的，就只有挑出的屋面算是锅炉“房”了。

这种露天式锅炉不仅在意大利，在德意志联邦共和国也有施工实例。与上例容量相同的锅炉早在1957年，随后又在1963年就采用过露天式结构。

另一个全露天式的例子，是1966年投入运行的罗马尼亚芬提勒电厂。此例采用门楼式结构，如图1-16所示。考虑的出发点与上例相同。燃气锅炉（120表气压、510℃、40吨/小时）悬吊在由高约40米的四根管柱支承的大板梁上。圆形炉体一直到司炉平台的范围都是露天的，而司炉平台则用屋面板和玻璃墙围护的。两个楼梯间、电梯和电缆竖井都放在四根直径为3.2米的管柱内。由于全部出口都相对于锅炉的中心径向布置，以及由于柱间没有加支撑，所以全部出口还可以更靠近锅炉布置。柱的管壁既是主承重结构，又是围护墙。从外观图中可以看到上部装的烟囱、送风机、旋转式空气预热器和环形吊车轨道。

一俟决定采用露天式以后，即可着手设计锅炉架构。不能认为只是简单地取消锅炉房围护，就是满足了上面对露天式结构提出的要求。上述几种炉架结构中，门楼式最能代表露天锅炉的特点。

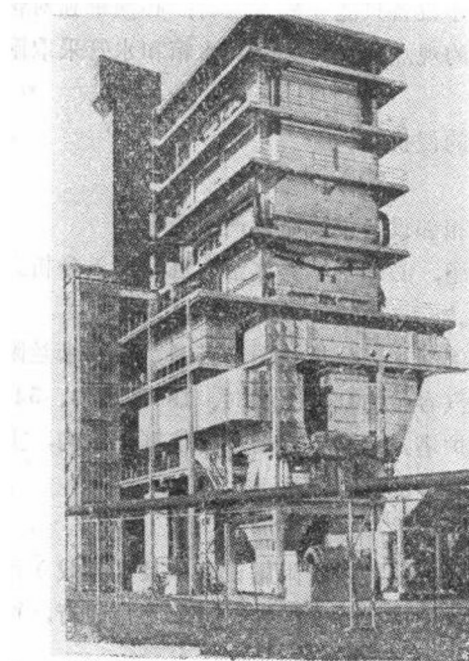


图 1-15 传统的露天式框架结构

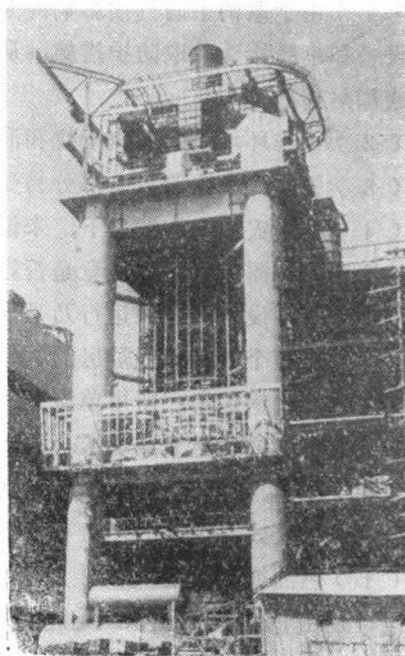


图 1-16 门楼式露天结构

#### 2-1-4 悬炉架构的计算和设计原则

##### 2-1-4-1 主承重结构的静力体系

悬炉架构的静力计算和横截面选择都必须按空间结构进行。这种结构承受和传递相应的荷载视其与锅炉房（结构）的连接方式而异。悬炉架构可有多种，详见上节。