

蒸汽动力厂的 设计与形式

德国H.戈尔凯著



內 容 提 要

本書敘述現代各種類型的蒸汽動力廠總體設計與廠房形式，具體資料是在實際建廠工作中積累的，並搜集了德國和英美法捷等國的建廠資料。可供設計學習、研究的參考。

全書共分四章，分別敘述設計的准备工作，廠址平面布置，主廠房和個別運行設備的布置。

本書可供電業設計單位和發電廠的工程師、技術員，高等院校動力系的教授、講師和高年級學生應用。

H. GOERKE

DAMPFKRAFTWERKE ENTWURF UND GESTALTUNG

CARL HANSER VERLAG MÜNCHEN 1956

蒸汽動力廠的設計與形式

根據德國慕尼黑卡爾亨塞出版社 1956 年版翻譯

王 守 泰譯

*

670R173

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

780×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 5 1/4 印張 * 108 千字 * 定價(第10類)0.75元

1957年10月北京第1版

1957年10月北京第1次印刷(0001—1,300冊)

序

关于动力厂，尤其是大型动力厂这一專業範圍之內的問題已在許多人如卡尔·加弗尔特，穆席尔的著作中深入叙述。但是对于設計工程师来講，还缺少实际設計工作上最重要的內容，那就是有关構造种类，决定形式的原則，發展方向，資料，以及数据方面簡短而全面的綜合叙述。本書的內容补足了这个缺陷。

作者对于标准动力厂的構造叙述最詳，尤其是对于小型的和中型的动力厂特别注意。巨型动力厂以及还没有經過充分考驗或者尚未普遍引用的新事物，則暂时未加考虑。动力厂設計方面，是以机械裝置为核心而加以描述的，至于建筑和电气方面的問題，則只描写其中对于动力厂具体形式有重要关系的部分。

蒸汽动力厂圖形設計是一种任务，它对于工程思想、一般适用条例和經驗必須同时注意。作者因此試圖在本書中叙述蒸汽动力厂設計上有創造性的以及合于工艺条例的方面。从設計任务和准备工作出發，首先分析实际施工的可能性，其次分析全厂平面佈置圖，和动力厂各个設備部分形式的基本原則，然后由这些內容中，把全部設備和整个动力厂的組織綜合起来。本書照这样編写，就对于动力厂工程师的实际設計工作作了啓發，并提供了資料，而对于程度較高有意进修的讀者，則使他們可以更快地熟悉設計業務。

書中所列的許多設計示范是作者在 1947 至 1950 年在南斯拉夫特而摩比罗国营蒸汽动力厂領導德国專家工作組时所作的，其余的資料是許多德国工厂提供給作者的。对于那些向作者提供資料和建議，对工作加以支持的朋友們，特别是对当作者旅居南斯拉夫时的那些同事們，在此处表示衷心的謝意。

佛蘭肯塔尔(Frankenthal) H. 戈尔凱(Goerke)

1955 年 10 月

目 录

第一章	設計的准备工作	3
第1节	設計任务	3
第2节	建厂位置和厂址基地的选擇	5
第3节	工程的准备工作	8
第二章	厂址平面佈置	13
第1节	佈置的原则	13
第2节	铁路支綫	16
第3节	运煤	20
第4节	水运連系	21
第5节	动力厂设备的佈置和联系	25
第三章	个别运行設備	28
第1节	設計的基本法則	28
第2节	汽輪机設備	31
第3节	鍋爐設備	49
第4节	运煤	74
第5节	除灰	81
第6节	供水	84
第7节	水处理	88
第8节	管道設備	95
第四章	主厂房	99
第1节	决定形式的原则	99
第2节	个体动力厂	104
第3节	小型动力厂	107
第4节	中型动力厂	109
第5节	大型动力厂	114
第6节	热电厂	117
第7节	建筑結構的形式	123

建立蒸汽动力厂是个受到国民经济、运行经济、组织、工程和艺术许多观点所影响的问题。只有同时对这些方面的影响全部加以考虑，并且从反面加以衡量才能在优点上、人力和原料的使用上以及建设时间上表现为最好。这个说法对于动力厂的初步规划、设计，并且在有些情况下对于动力厂的建厂和运行都是正确的。

第一章 设计的准备工作

在设计蒸汽动力厂以前，首先必须很仔细地进行调查和考虑。准备不足的规划，总会造成施工中的缺陷，结果常常要付出很高的代价来进行更改。因此应当把初步设计最主要的原则说一说，但是所提出的这些原则，只限于下面所要讲的对动力厂图纸设计有重要性的原则。

第1节 设计任务

每一个动力厂的设计任务，或者是属于一个工业化或电气化计划的范围以内，或者是一个独立的计划。设计是从预期的或计算的需电量出发。考虑时要顾到所涉及的供电区内发电和配电的目前状况及将来发展。最好是由力能经济的研究来确定，在什么情况之下和在什么时候供出电力，以及怎样安排才最为恰当。对于热电厂和锅炉设备的热负荷也应当照样处理。

以此为根据而出发，对于新建或扩建的蒸汽动力厂，要提出以下的资料。这些资料再加上要在以后讨论的基地土壤试验结果，就构成一个蒸汽动力厂说明书的全部资料。

对于凝汽式动力厂：

1)设计的一般要点和特征(工业企业的，市区的，区域的或大量

供电用的，基本负荷的，高峰负荷的或备用厂等等)。

2)新建的种类(新厂，扩建，前置设备或改建)。

3)动力厂大概的位置(可能有多种方案)。

4)动力厂预期的最终容量。

5)每个建厂阶段的容量。

6)计划中的建厂开始时间。

7)每个建厂阶段设备开始投入运行时间。

8)动力厂计划供电的特征，至少要给定年发电量和利用小时数及负荷变动情形(最高和最低负荷)，如果可能，给定一些有代表性的日负荷曲线以及经过整理的动力厂年负荷曲线。

9)由动力厂引出线路的种类，依电压而区别的架空线或电缆的数目，如果可能还给定最高和最低负荷及功率因数。

10)由新动力厂供电的配电网的任务和特性，特别是关于短路应力和与其它动力厂并联运行的资料。

11)所用燃料的特征，特别是关于煤源和到动力厂的运输条件，热值，分析(平均值和高低限)，工艺特性(对于固体燃料有：块粒尺寸，堆积重量，堆积倾角)及动力厂范围以内燃料储存上的要求。

12)经济核算的资料(燃料价格，售热价格，资产，折旧，利息，捐税，保险和其他资料)。

13)每一安装座和发出每度电的限价。

14)有关动力厂形式上一般应遵循的方向(政府的条例，动力厂要达到的自动化程度，遥远测量的范围，修配工场和仓库的大小，附近的环境和附属建筑及住宅环境等等)。

对于热电厂还附加有：

15)载热质的种类(热水或蒸汽)。

16)载热质在动力厂出口处的状态(蒸汽压力和温度，回收的凝结水压力和温度，供暖热水送出和回收的压力和温度)。

17)每小时应当由动力厂送出的蒸汽量或热量的最高值及额定值。

18)动力厂计划中的供热特征，至少要给定年供热量和利用小时数，以及每小时供热量变动情形(最高和最低值)；如果可能，给定一

些有代表性的日負荷曲綫以及經過整理的年負荷曲綫。

19)关于电热配合的可能性和配合限度的資料。过剩电能向电网饋送的限度；輕供热負荷时的供电。

如果这些資料已經仔細地調查研究并且經過核對，那末就应当沒有重大理由在以后再改动基本設計了。經驗証明，如果在施工过程中进行补充修改，会使得設計的优越性，以及工作的細致性和建厂時間的保証都大为減色。

第2节 建厂位置和厂址基地的選擇

对于一个动力厂的設計，首先是根据設計任务来選擇正确的建厂位置和适宜的厂址基地。关于这个問題应当区分为兩方面来講，在一方面是工業企業动力厂和市区动力厂，在另一方面是乡区动力厂。

工業企業动力厂的佈置要以它所供給的企業單位佈置为依据，所以动力厂的佈置照例只有有限的可能方案，因为首先是要把工業企業工厂所需建筑物佈置得最好。当然必須試圖寻求一个配合得很好的設計，在这个設計里，工厂，發電和配电的重要性都尽可能地協調。

市区动力厂的建厂位置要以該城市配电网的建設为依据。厂址一般是这样選擇的，就是把它放在用电中心附近，或者放在向配电网供电最便利的位置。开式供水的凝汽式动力厂因为省去了冷水塔，对于城市动力厂特別相宜。这种动力厂的基地必須位于江河的岸边。

以下談一談在空曠基地上裝置的乡区动力厂厂址選擇的問題。由于經過高压架空綫路輸出电流，使得动力厂能在相当广泛的程度上同地方条件相适应。因此首先須把問題分清，設計的动力厂是直接佈置在煤矿附近呢，还是放在一个流量足够大的水源地。經濟条件和地理条件对于每一个方案是不同的，因此常常需要对每种情形分別进行計算。

選擇建厂基地时要注意以下各点：

1) 动力厂的大小和型式

对于乡区动力厂，要選擇一个不受限制的、合乎發展及运行設備要求的、并且易于扩建的厂址。对于工業企業动力厂，特別是市区动

力厂，当地条件往往是那样狭窄，或者竟会使得设计中的凝结无法避免。

对于工业企业动力厂和市区动力厂，地位若是很受限制，那末建厂基地有 0.04 到 0.1 公顷/兆瓦就够了。在城市外圈，设备可以布置得较宽阔。在这种地方，建厂用地常可提高到 0.08 到 0.12 公顷/兆瓦。在没有建筑物的乡区建立动力厂，可以用到约 0.3 公顷/兆瓦。这些只是粗略的参考数字。

2) 地质和地理条件

在计划建厂区域以内的土壤，应当进行仔细的勘探试验，来确定土壤的荷重力。堆积紧实的砂、卵石或黏土，容许载荷能达 2.5 公斤/公分²时，就可以作为建筑物或机器基础的地基。对于不良的土壤，需要有特殊的，往往是很费钱的措施；例如打桩。在可疑的情形下，就有必要在基础底面的标高上，用不同的重量通过载荷试验来确定土壤实际沉陷的程度(图 1)。

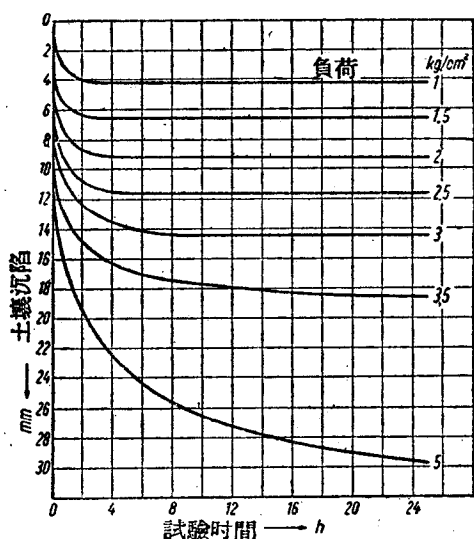


图 1 确定土壤容许压力试验的结果(举例)

在试验土壤荷重力的时候，同时也把地下水的情形加以勘测，特别是确定地下水面的最高位置。地下水位若是变动的，那末有效的方法，就是通过较长时期的观察来确定最高地下水位。要试验地下水的化学性，试出是否含有对混凝土有侵蚀作用的成分。地下水的最高水位应当尽可能保持在基础底面以下至少 2 至 2.5 公尺，为的是节省防渗的费用及地下建筑部分的隔绝和冲

实的费用。

厂址基地应当尽可能平坦。在运行设备区域以内，1到2公尺这样不大的标高差，多半能借挖土填土来筑平。差别较大时，就可以权衡一下，是否值得把厂址基地分段作成阶層式样，在这种设计中，是把运行设备个别部分，例如把儲煤場或者变压设备放在和主厂房不同的标高上。

应当按照厂址基地画成一张地形圖，比例尺最好是1:1000的，在这地形圖上，若有可能，要按每公尺划分，画上等高綫，从圖上要能看出水道、已有的建筑物、公路、道路、溝渠、边界和其它地面建筑的标志。

3) 铁路和公路

向动力厂厂址基地上引入铁路支綫，对于佈置儲煤場和其它设备是最重要的。铁路支綫的引入，影响着拟建动力厂的平面佈置方案。

与公路網接通的方法，須使車輛便于駛入厂內，并使厂內道路便于發展。

4) 进煤

輸入燃料，可以利用公路車輛、水路、铁路、纜車、矿井铁路或者其它运输工具来达成。选择厂址基地时，必須注意运输的方向和位置。对于水道运输，要考虑建筑碼頭、船港和开鑿运河的可能性。

5) 燃烧残余物的排除

应当考虑煤灰和煤渣的外运方法。最好是堆在动力厂附近的窪地或山谷里面。

6) 供水

应当用分析的方法来試驗冷却水和日常用水的性质。分析应当在不同的时间里进行，例如在干季和在暴雨之后。

最高、平均和最低水量必須經過長年时期来确定。具有冷水塔的动力厂，每一装見瓦的耗水量約在5和10公升/小时之間；开式供水的动力厂，則約在200和300公升/小时之間。同样地，要确定最低、平均和最高水温。同时要注意，当水温高过 25°C 的时候，可以造成冷却困难，像發电机空气冷却器，就要發生散热不良。在預料到的水源上的取水地点，应当測繪岸边的河床断面。鑿井时必須对地層

的供水量进行探测，特别是用井水供给全部需水量的小动力厂。

关于合法用水的问题，首先是关于取水和输水，应当弄清楚。也特别要检验有无很脏的或者被化学品沾污的水排入水源。此外，还要注意粪便的清除。

7) 电流输出

厂址地位应当尽可能使高压架空线可以成直线地引出。

8) 气象条件

属于这一项的有长年最低、平均和最高气温及降水量(包括雨和雪)的确定，还有主要风向的确定。

9) 运行人员居住条件

为了使运行人员尽可能住得靠近动力厂，市区动力厂应有厂属的住宅，乡区动力厂应建有大住宅区，这是非常必要的。住宅区和动力厂的距离，应尽可能不超过0.5到1公里。

10) 动力厂附近对于烟气、飞灰、煤灰及冷水塔逸出水汽的限制

附近需要良好卫生条件时，尽可能要对动力厂烟气除塵的程度以及烟囱的高度加以确定。

对于以上各点进行调查所得结果，包括全部必要的计算和图表，都附属在设计任务书里面，成为动力厂设计的原始资料。

第3节 工程的准备工作

在开始进行图纸设计工作以前，有一些重要的工程问题要弄清楚，还有一些基本的区别要分清楚。

设计一个装置容量已经给定的动力厂，最重要的基本条件是确定锅炉和汽轮机的台数。关于这个问题，可以列举以下各观点：

a) 机组台数减少，则使单位容量加大，设备费用减少，设备之间换接简单，热效率较好。

b) 机组台数加多，则一套设备发生故障或损伤时，出力减低得较少；因此可减少备用量，并且动力厂在分期扩建时，容易和售电的发展情形相配合。此外在负荷很低的时候，例如在夜间，能获得较好的热耗率，锅炉运行也能和负荷配合较好。

从设备费用观点上看,如果装置容量相同,减少机组台数总是得出较为经济的解决方案;少数大型机组同多数小型机组相比,前者除了提高效率之外,还可减低单位容量设备费。但是动力厂里的一套机组,如果是作为备用而装置的,而把其余机组的总容量作为“保证的”电厂容量来考虑,那末对于一样的设备费用,将在某一个一定的机组数量上,显著地出现最佳容量数值。图2作为例子,以一个60 000瓩容量、40表大气压的动力厂说明此点。曲线a所表示的装置容量和保证容量,作为汽机台数不同时,总装置容量是保持相等的。这样则设备费用随着机组台数的增加而上升。曲线b是在汽轮机台数不同时维持其总设备费相等的情形。由于小型机组的单位容量设备费较高,

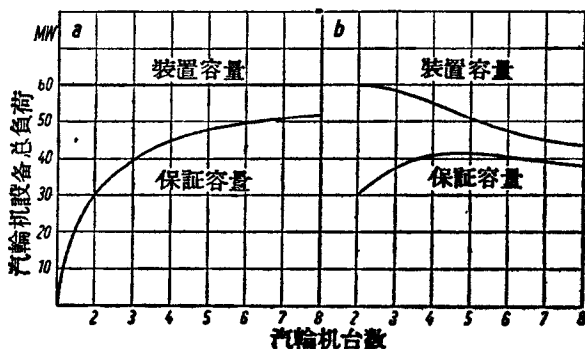


图2 一个容量约为60兆瓦的蒸汽动力厂汽轮机台数的决定 a—相等的装置容量; b—相等的设备费用(装置容量减去一部备用汽轮机等于保证容量)。

在相同的总设备费之下,增加汽轮机台数就使动力厂的装置容量下降。对于保证容量来说,最好是安装四台汽轮机。我们若是考虑到大的汽轮机具有较低的热耗率,那末就得出这样的结果,就是在上述情况下,应当从三台和四台中作出决定。

然而上面所讲的例子以及其它类似的研究,虽有一定的根据,但是并没有考虑到全部有影响的因素。在实际上,锅炉和汽轮机的容量可能宜于这样和馈向电网的总负荷来配合,就是减少的那台机组简直可以包括在已在运行中的备用容量里。

锅炉容量,也就是说锅炉的台数,渐渐地更趋向于和汽轮机容量、

相等，在目前总是選擇一爐或兩爐配一机，很少选用更多的爐数。只有在工業企業动力厂，特別是不中断的連續运行时，采用許多小型机組和更多台数的鍋爐。

确定鍋爐和汽輪机台数的时候，也必須注意設備容量的标准化，容量标准化在許多工業国家里例如在美国是已經执行了(参看表1)。应用标准汽輪机可以在設備費用上和建厂時間上節約很多。

一些标准的鍋爐和汽輪机容量

表 1

		鍋爐容量(吨/小时)①									
德 国		5	6.4	8	10	13	16	20	25		
Din 2901		32	40	50	64	80	100	125	160		
		汽輪机容量, 兆瓦②									
德 国③	2.5	3.15	4	5 6.3	8	10 12.5	16	20 25	31.5	40 50	63
英 国							15	20	30	50	
美 国						11.5	15	20	30	40	60

① 最高連續容量(極限容量)。

② 在發电机接綫端上。

③ 依照 VDEW: 發电机型式容量。

标准化也已發展到整个动力厂。作为这个趋势的举例，下面引証在美国和英国發展的，容量在 5 兆瓦以下的小型个体發电厂(参看表 2)。

西屋公司凝汽式动力厂标准型式 表 2

动力厂容量(全部裝置)	兆 瓦	1	2	5
蒸汽压力	表計大气压	30	30	30
蒸汽温度	°C	400	400	400
鍋爐台数		1	1	1
鍋爐蒸發量	吨/小时	6	11	32
汽輪机台数		1	1	1
汽輪机容量	兆 瓦	1	2	5

初步設計中另外一個要弄清楚的重要問題是應當考慮個體運行呢還是彙集運行。個體運行是把一個主要機組和它的輔助機器和設備，例如鍋爐、汽輪發電機和變壓器結合在一起，成為一套運行單位。彙集運行的原則是把動力廠各套主要機組橫向並連。比較兩種原則，可以得到如下的結論：

a) 個體運行

這種運行方式的缺點，是部分設備發生故障時使組合體內其他部分同時受到牽連。這樣不僅汽輪機本身的故障，就是鍋爐、泵、管道等的故障也要迫使汽輪機停機，因此就加重了保持備用量的困難，因為常常由於一個運行上必需的部分設備發生故障而須將整個單位停止運行。優點是換接簡單而價廉，具有較少的配件和電氣開關，因此設備發生故障的機會較少。

b) 彙集運行

缺點是母管和母綫需要較大的截面以及大量的閘和開關。因此使得管道和電氣開關設備比較昂貴複雜，並且較易發生故障。優點是各機組間的換接性較好，因此所需附加的備用量較少。

個體運行一般地適用於這樣的場合，就是動力廠的容量只構成和它相連的供電區域總負荷的一小部分。個體運行的原則，久已應用在一個大電網里和別的發電廠併列運行的公用電源中的大型凝汽式動力廠。由於這種結合法很簡單，近來小型設備也有採用的趨向。但是對於工業企業動力廠和熱電廠，就是在目前仍舊常常採用集汽母管或母綫的佈置。

動力廠的廠房建築，可以用鋼筋混凝土或者鋼架造成。

也可以考慮混合式的結構。鋼架比起鋼筋混凝土有一些優點，它可以使施工期縮短，容易進行改動，機器、器具、管道等等的吊掛和支承便於進行。相反地，用鋼筋混凝土的結構，吊掛和支承的地点必須在建築施工開始以前就加以決定。殼子板和木架所需大量木料也形成它的缺點。然而鋼筋混凝土的結構具有重要的優點，就是可以大量節約鋼鐵，特別是型鋼，並且也省去了鋼架上所必需的油漆。比較一個動力廠的建築結構時，還包括一個採用全部露天式或半露天式的

問題。

除去确定一个蒸汽动力厂具体形式的許多主要問題之外，对于热循环、供水、供煤、鍋爐設備、除灰設備以及电气开关設備，必須作出原則性的系統圖。作为举例，圖3示出一套帶运煤和除灰設備的鍋爐設備，这幅圖是用来作为这个范围之內的繪圖設計根据用的。为这个目的，在原則性系統圖上最好还註上动力厂个别部件的工程数据，特别是給出主要机械和輔助机械以及輔助設備的压力、温度、数量和容量，此外还要給出儲器、倉庫、煤倉和儲煤場的尺寸。

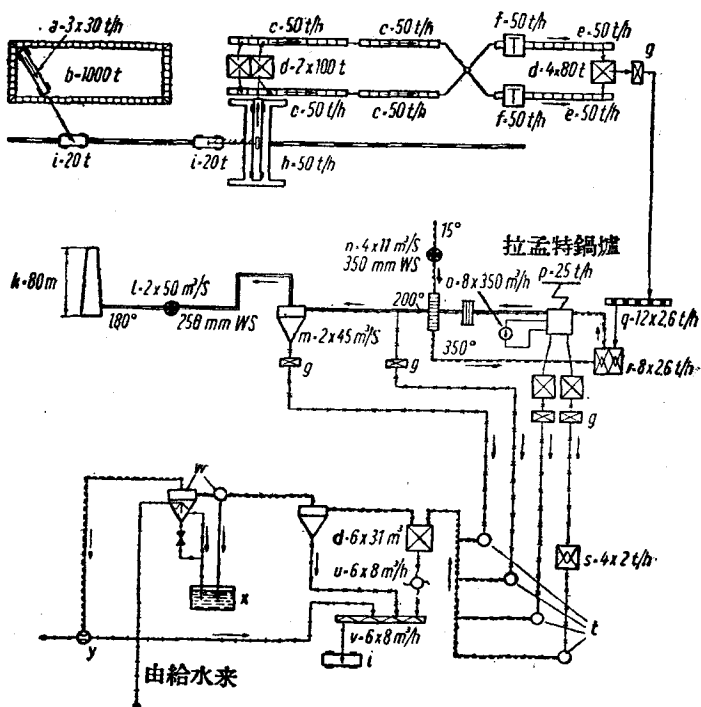


圖3 一个100吨/小时、10兆瓦容量热电厂的原則性系統圖(运煤——蒸汽生产——除灰)。a—移动式皮帶輸煤机；b—儲煤場；c—刮板輸煤机；d—煤倉；e—鏈斗輸煤机；f—秤；g—煤倉開門；h—汉澤尔曼卸煤机；i—运煤車或煤罐車；k—烟囱；l—引風机；m—除塵器；n—送風机；o—泵；p—鍋爐；q—給煤器；r—磨煤机；s—碎渣机；t—除灰器；u—圓盤送渣机；v—螺旋送渣机；w—分水器；x—泥漿筒；y—真空泵。

第二章 厂址平面佈置

动力厂厂址平面佈置設計，是一个受到許多观点所影响的問題，往往可以有很多几乎价值相等的施工方案。因为首先必須考虑到运行、交通和建筑艺术上的原則，所以厂址平面佈置的設計与从事这工作的动力厂工程师个人的爱好和見解很有关系。

第 1 节 佈置的原則

厂址平面佈置，首先要与所选基地的形狀和大小相配合。平面佈置基本上可以由两种看法来实行。

运行設備可以集中在一个厂房里面。附屬房屋紧贴厂房旁边建筑。这种佈置，在市区动力厂和工业企業动力厂地位很窄狹的条件下是常見的。像这样被緊縮的建筑方法，在运行上有它的优点，就是动力厂个别部分之間的通道較短。但是厂房的采光和通風可就变坏了，而运煤設備、铁路支綫和公路設備以及别的輔助設備也就难于自由發展。

厂址平面佈置第二种可能的式样，是把动力厂的个别建筑物广泛分佈着，以或大或小的間距分散建筑在基地上。这种佈置使得厂址平面佈置可以很自由地發展。从防火的观点上看这种佈置也是有利的，因此乡区动力厂如有足够的地位时，多半采用这种佈置。

在这两种極端的方案之間，自然还有許多可能的佈置方案，在这些方案里，个别的設備部分，依照当地条件采用各种分散程度不同的建筑方法。

对于每个厂址平面佈置，首先要把必需的运行設備肯定下来。为了便于選擇及保証其全無遺漏，下面列出一个动力厂的各重要設備單元。

а) 运行設備

1. 动力厂主厂房(鍋爐設備, 泵房, 厂用电設備, 汽机房, 控制室等)。

2. 閉式供水冷却式动力厂的冷水塔, 或开式供水凝汽式动力厂的冷却水泵設備, 連同进水和出水的建筑物。

3. 冷却水溝道和管道, 沉淀池, 供应原水的水泵站。

4. 烟氣過濾器和烟囪。

5. 儲煤場和煤倉。

6. 备煤設備。

7. 运煤設備。

8. 除灰設備(灰泵, 灰坑, 灰斗等)。

9. 冷却水处理設備。

10. 深井。

11. 疏水坑, 石灰坑等。

12. 变压器設備。

13. 电气开关設備。

b) 附屬設備

1. 修配工場。

2. 变压器修理場。

3. 封閉式保温倉庫。

4. 开敞式倉庫(貨棧)。

5. 加热用、潤滑用和絕緣用油的油庫。

6. 油处理设备。

7. 機車房。

8. 汽車房。

9. 消防队。

10. 傳達室。

11. 更衣室, 盥洗室, 廁所, 浴室, 礼堂, 食堂。

12. 办公室和試驗室。

13. 宿舍, 商店, 招待所等。

上面列举的那些运行設備和附屬設備并不是全部都需要的。应当

根据动力厂的建筑形状，大小和用途来选择。

动力厂运行设备和附属建筑物的布置用一个南斯拉夫的规划(特而摩比罗设计)作为列举示出于图4和图5。

关于厂址平面布置的图纸表现方法，有两种有用的绘制方法。在第一种方法(图4)是画成附有等高线的厂址基地图。在这图里面包括动力厂周围界限、运行设备和附属建筑物，还有铁路支线，这图是用来确定动力厂的标高和在基地里面各种建筑物位置的。为了这个目的，在图4的平面图里画出了厂址基地的测量基点。借助于这些基点，把个别建筑物在动力厂里的位置用尺寸确定起来，同时也用它给定了挖土和建筑基础的根据。也画出指北针的方向和主导风向。这种平面图的比例尺最好是1:1000，对于小型动力厂是1:500。

第二种表现方法(图5)画出全部平面布置的所有元件；但是已包括在图4里的符号和尺寸在这图里就省略了。这张平面图应当能够

