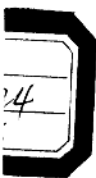




第五屆世界动力會議報告

火力發電廠的總佈置和設計



水利電力出版社

目 录

火力发电厂的总佈置和設計.....	1
蒸汽鍋爐制造和运行問題.....	25
原子能反应堆的基本原理和設計.....	40

第五屆世界动力会议报告 火力发电厂的总佈置和設計

，

822R217

水利电力出版社出版 (北京西郊科学院路二里街)

北京市书刊出版业营业登记证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华书店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 2 印張 * 45千字

1958年6月北京第1版

1958年6月北京第1次印刷(0001—2,150册)

統一書号: 15143·699 定价(第10类)0.32元

火力发电厂的总佈置和設計

报告者：奥地利特許工程师，技术博士，教授 H. 梅 兰

緒 言

本組內提出的28篇論文所討論的主題——火力发电厂建設的現有趨勢——反映出两个影响其基本发展的主要因素：

甲、1950年第四届世界动力會議以后，世界各地电力需用量的不断增长，从而使新設計的火力发电厂容量不断提高。

乙、燃料的缺乏（尤其是鍋炉用的燃煤）促使努力于改善电厂热效率。

目前全世界的动力生产是以火力发电厂为主，而且大部分用煤作为燃料。电力需用量增长的原因是由于工业化的增长以及人口的增加。作为长时期內的預測，世界文化发达国家的平均用电增长率可按每年增加6~7%估計，因此可預料电力需要量将在十年左右的期間內增加一倍，而燃煤的生产則将远不能满足需要。虽然目前世界尚有巨大的燃煤蘊藏量，但是由于利用優質煤供化学用途的增加，以及採煤費用的上漲，对使用其他資源来发电的要求日益迫切。

供应鍋炉使用的優質煤所佔总产煤量的百分比已逐漸降低，而此种趋势必将繼續发展。因此採用高灰份的燃煤（參閱C/7論文）、石油及天然气作为燃料的发电厂在不断增加。但是甚至石油及天然气等資源亦已接近枯竭期。根据有关估算，最近25年的耗煤量佔自有煤矿以来全部採煤量的一半，而最近10年間的耗油量亦为有鉆井採油后全部採油量之半数。根据已知的石油資源，最近的估計認為，其可开采量将接近于可利用蘊藏量枯竭的徵状（D組論文提要中有詳細說明）。

在几十年間，由于可供鍋炉使用的燃料减少，将使动力生产陷入严重局面。这个問題势将引起了有远見的动力专家們的关心，而採用适当的办法以保证电厂的动力生产，最后将成为专家們的义务。对于燃



料資源不足或者缺乏的国家，将来燃料进口費用和困难必将增加，这个问题在拥有足够的燃料資源的国家里将会同样存在。

目前，开发水力动力資源仍为补救燃煤供应量不能滿足动力需要的主要措施。非洲的全部水力資源虽然約和目前全世界已装設的全部水电站的容量相等，而且大部分尚未开发，但问题是距离負荷中心过远，經濟地以远距离輸送大量电力的問題（例如直流輸电）目前又未得解决。歐洲的水力資源在20~30年間即将接近全部开发完毕，而火力发电厂所需要的燃料在10年間将增加一倍。根据日前所能預測，歐洲在此期间所需增加的動力供应，几乎全部将考虑以新建的火力发电厂来解决。虽然利用核子能进行发电的可能性已經得到証实，但是总的形势迫切要求进行研究一般能源新的使用方法，以提高其利用效率，这样，最低限度可以推迟一般能源竭尽的限期，或者可能拼凑出足够燃料的供应量。

本文对建設火力发电厂各項問題並不都进行詳細探討。以往各屆動力會議曾經詳細討論过的問題，如在新論文中提出有进一步研究的必要时才加以考虑，同时对发电厂設計中某些新的和重要的发展亦不加考虑，例如关于測量技术和电视监护的进展。

蒸汽发电厂

設計凝汽发电厂的主要論点

概 論

由于一般大量电力都由公用事业的发电厂供应，而且单个汽輪发电机的最大出力比其他任何一种发动机要大得多，大型发电厂的設計基本上采取蒸汽发电厂。基本負荷一般由新建的蒸汽发电厂担負，而較旧发电厂負担尖峰負荷。因此，設計新火力发电厂时，一般都着重于尽量提高效率。

但是，美国和歐洲所新建的大型发电厂，在設計上意見仍有相当分歧。

美国火力发电厂的最大装設容量，已經达到1,400,000 瓩。大型

厂的最大单位机组容量为20万瓩，同时34万瓩容量的机组亦正在制造中。全部大机组都按单元式运行。除提高锅炉、汽轮机和发电机的单位机组最大出力外，美国还尽力采用提高效率的各项措施，比目前欧洲应用更为广泛。所采用的措施有：

- 1 最高的蒸汽压力和温度； 2 多次中间过热的循环；
- 3 大量的抽汽将给水加热； 4 使用最高的真空。

到目前为止，美国汽轮机进汽的最高参数为350大气压和 650°C 。供应蒸汽的锅炉为直流锅炉。目前在制造中（参阅 $G_1/1$ 论文），所采取的参数为362大气压及 650°C ，出力为907吨/小时。

在美国，蒸汽压力至170大气压的锅炉，仍以直管的自然循环型为主。对于汽压较高的，由于自然的对流作用不能满足要求，须采用强制循环型式。为了保证最高的锅炉效率炉烟出口温度须降低到 93°C 。至于参数超过临界压力和 565°C ，由于已接近纯铁体的使用限界，建造大型发电厂大部分采用奥氏体钢（参阅 $G_1/18$ 论文）。

欧洲目前在运行中的最大机组为15万瓩。容量为20万瓩的尚在制造中。容量大至如美国现建设的发电厂，在欧洲尚未有建设的需要。其主要原因为动力生产较不集中，此种情况的一部分原因为煤矿位置的分佈（如英国，参阅 $G_1/24$ 论文）以及欧洲的人口平均耗电量仍比美国低得多。虽然如此，英国已有建设容量为百万瓩，装设5台20万瓩机组的发电厂的计划。

欧洲公用事业中的大容量发电厂的年负荷因数较低，充分利用技术上的可能性的要求亦较低，结果为了有可能使用纯铁体钢作为发电厂的建筑材料，宁愿不采用 530°C 以上的蒸汽参数。

蒸汽参数在临界点以下的锅炉，利用强制循环的，如Sulzer直流锅炉（ $G_1/2$ 论文）以及西门子公司和德国锅炉厂家合作发展的Benson型锅炉，已较广泛地被采用。

但是，欧洲个别负荷因数较高的工业发电厂，已采用进汽温度在 600°C 以上的汽轮机，而且其运行结果亦较为满意，因此未来公用事业的大型发电厂的设计，肯定将受到这些运行经验的影响而有改变（参阅 $G_1/9$ 论文）。

热效率

本世紀初期单位发电量的热耗約为10,000大卡/瓩小时，发电厂的热效率祇8.6%，而目前則已达到將近40%。1950年第四屆世界动力會議召开时，蒸汽发电厂的最高热效率为33.5%，1950年到目前的相对改进率約为19%，其主要措施为采用較高的蒸汽参数和多次中間过热，以及大量的使用抽汽給水加热等方法以改进蒸汽循环。至于提高热效率，改进已較高效率的鍋炉、汽輪机和发电机所起的作用，仅佔其中极小的一部分。

提高进汽温度和压力以改进热效率

大容量机组，在停止閥前的进汽参数从80大气压及500°C提高到140大气压及600°C无中間过热，可将单位热耗从2700大卡/瓩小时降低到2500大卡/瓩小时，但是，对汽輪机低压汽缸的排汽湿度必須控制在容許限度以内，最高不得超过14%。由于排汽湿度的严格限制，进汽的温度和压力，形成了受蒸汽膨胀效率影响的两个相互有关的因素。

提高进汽压力以改进效率的可能性，在G.組的論文提要中有較詳尽的討論。概括而言，与蒸汽压力和通过的蒸汽量的比例有关，也和汽輪机出力有关，即較高的蒸汽压力每小时需要通过的蒸汽量也較多。

利用中間过热以提高热效率

中間过热使进汽的温度和压力因受到排汽温度的限制而形成的相互影响的关系得以改变。如将排汽湿度限制在14%左右，水点的破坏性作用仍非常严重。这种情况相当于一台50,000瓩机组，其进汽为100大气压及550°C或为140大气压及600°C，排汽真空相当于冷却水温15°C时的运行情况。这时其相应热效率(包括鍋炉)約为33%及34%。

在以上范围内，温度不变仅提高进汽压力会使排汽湿度增加。因此为保证湿度不超过14%的限度起见，必須采用一次或两次中間过热方法。

中間过热有两方面的作用：

(1) 将热降分为两个或更多阶段，由于在蒸汽图表上等压綫系向右扩散（熵增加的方向），使总的可利用的热降有小量的增加，因而增加了出力；

(2) 将排汽温度降低到最大限度以下，改进汽輪机的內效率。

由于加热需要消耗能量，因而也起了相反的作用。故实际提高效率的数字很小，选择过热压力适当时提高效率仅为2~4%。

但是，多次中間过热的应用，实际上形成了等溫膨脹，使热效率更有进一步改进的可能（參閱 $G_1/6$ 論文）。

利用抽汽对給水加热以改进效率

利用汽輪机抽汽将給水加热（給水再生加热）是使郎肯循环儘量接近卡諾循环的一个简单方法，並且与利用中間过热的“卡諾化”的方法相比較，可以更經濟的改进效率。因此，再生給水加热已普遍应用于有蒸汽发电厂中。

給水的最終温度与鍋炉蒸汽的饱和温度的比值，普通約在0.6~0.7之間。利用給水加热所提高的效率值因抽汽点数的增加而提高，但每一級所能增加的相对提高值則减少。因此，从經濟方面考虑，一般級数采用不超过7~9級（參閱 $G_1/7$ 論文）。大容量的机組，由于使用抽汽加热，使需要凝結的汽量减少至約为汽机进汽量的75%，因而使汽輪机低压級的設計易于处理。在汽輪机滿負荷运行时无需将抽汽断絕，上述情况下給水加热是完全适用的。

超临界发电厂的效率

如采用兩級中間过热，进汽温度超过600°C时的最有效的进汽压力已超过临界压力。

在美国（參閱 $G_1/1$ 論文），采用超临界蒸汽規範的三个电厂目前已有投入运行或尚在建設中。采用規範如下：

根据有关材料，表中32.5万瓩的发电厂的热耗率为2140大卡/瓩小时，热效率为40%。

出力 瓩	进汽压力	进汽温度	中间过热 级数
	大气压	°C	
325,000	351	648	2
125,000	316	621	2
250,000	246	594	2

至于大容量机组，现有蒸汽循环的发展至此已经达到限度。只有将进汽温度提高始能使相对的热耗有较显著的降低，因此将来进一步改善热效率

的可能性，主要将依靠能承受高温的钢铁的发展。

但是利用另一种方法也有可能达到理想的目的。可能改进的方法为增加汽轮机中的等温膨胀，使蒸汽循环的前阶段完全“卡诺化”。事实上，大量的使用抽汽将给水加热已经使蒸汽循环的后阶段被“卡诺化”了。

凝汽式发电厂的外部布置

为了降低建设费用起见，蒸汽发电厂布置应尽可能使厂内布置紧凑且运行方便。在过去几年中，大型发电厂建设的发展，至少在决定建筑布置的观点上已逐渐趋于统一。目前情况以及不同意见的争论，已转变为对特殊问题的较冷静的讨论。一部分原因是，由于锅炉及发电厂的机器设备的制造已逐步发展成熟，使发电厂布置方便。关于锅炉及机器设备的详细情况，参阅 G_2 及 G_3 组的论文提要及其组内的论文。

本文中仅提出特殊发展，例如锅炉设备单位尺寸的容量指标已达到40吨/公尺·时。此指标表示锅炉每1公尺宽度的蒸发量，是影响制造费用的一个主要因素。将锅炉连同煤斗装置布置在主厂房内，采用屋顶烟囱，对厂房布置提供了有利的条件。欧洲在发电厂的建设中，已将单位面积的容量指标（锅炉间和汽机间单位面的发电容量）进一步提高到50瓩/公尺²（美国在这方面的发展及其有关数字不详）。

3.

蒸汽系统

目前在大型发电厂中，将一台或两台锅炉和一台汽轮机联成单元系统，已成为发电厂设计的成例。此种联接方式同时也考虑尖峰期以外运行的需要。母管制系统，由于在水汽方面均有互相联接的管路和环形母管，可靠性是较高的；但单元制则建设费用较低且佔优势。^{7) 10.}

以現代的鍋爐及发电厂的机械发生故障的可能性极小，备用容量已經不再是一个严重的問題。在某些情况下，甚至还可以在采用单元系統的发电厂內，装設机炉間交叉互連的聯絡管道以提高其可靠性，且无需增加过多的費用(參閱 $G_1/15$ 論文)。控制元件及閥門在極高的蒸汽条件下运行，容易发生故障为大型电厂采用单元系統另一个理由。

采用一次或多次中間过热的发电厂，从控制技术的观点来考虑，采用单元系統似系最为理想。

現有发电厂的扩建中，常常采用在較高的压力下运行的前置式汽輪机。这种扩建裝置的投資較低，可将不經濟的发电厂进行現代化的改建並降低其热耗率。其佈置方法与双軸併列复式汽輪机相类似；此种复式汽輪机，在美国的新建厂中，为了提高单位机组出力至单个3600轉/分两极发电机的最大可能出力以上而常加以采用。关于这方面的詳細內容可以參閱 $G_1/1$ ， $G_2/3$ 和 $G_3/4$ 等論文以及 G_2 組的論文。

厂房的平面布置

現代凝汽发电厂，一般考虑鍋爐間及汽輪机間朝縱向发展。在中型发电厂的佈置中，汽輪机常采用橫向佈置，使汽輪机与汽机間中心綫成直角。在装設机组較大的发电厂中，則采用縱向佈置。过去所常采用的T型佈置，將鍋爐間的中心綫与汽輪机中心綫佈置成直角，在目前已几乎不再采用。

在采用单元制的燃煤发电厂中，厂房的平面佈置主要仍受主厂房的煤斗的佈置来决定。煤斗裝置沿鍋爐間及汽机間的中心綫延伸，有时还装有烟囱。从最近建議的方案中为了提高鍋爐佔地面积利用率，煤斗裝置的面积将进一步减少。从已运行的发电厂可以証明，由于不同煤类的渗混系在上煤系統中进行，减少煤斗裝置的面积是可能的。此項发展的最后結果，将成为一种与鍋爐房相連接的环型煤斗裝置(与Schwöder建議相同)。此种佈置将与 G_2 組論文提要中所提及的半露天鍋爐房相配合。

汽輪機機組

美国的大型发电厂中，目前主要采用下列的汽輪機機組（參閱 $G_1/1$ 論文）：

單軸汽輪機	40,000~250,000 瓩	3600 轉/分
雙軸汽輪機	165,000~325,000	3600/1800 轉/分

根据具体情况，采用蒸汽规范如下：

用于无中间过热的为102大气压及540°C，

用于有中间过热的为168大气压及565/565~594/565°C。

目前歐洲的发电厂多数采用單軸汽輪機。此种类型的汽輪機正在制造中的機組容量为200,000瓩，3000轉/分。将汽輪機機組标准化，在一定程度下似乎较为有利。英国目前对3600轉/分的機組采用下列数据（參閱 $G_1/24$ 論文）：

	機組出力 瓩	蒸汽规范		以单元制联接的全 套装置的热效率 %
		压力 大气压	温度 °C	
无中间过热的 機組	60,000	63	500	31.5
	60,000; 100,000	105	550	32.0
有中间过热的 機組	100,000	105	525/515	33.0
	120,000	105	550/550	33.5
	260,000	155	575/550	33.5

厂房建筑

主厂房一般几乎都采用鋼結構，混凝土基础板或磚砌体，用輕型屋面並采用特殊预防措施防止水汽凝聚的影响。汽機間一般不加保温。

由于歐洲气候条件較坏，很少采用露天式发电厂。至于半露天式的鍋爐房，在个别情况下亦有采用的（參閱 $G_1/24$ 論文）；但在美国南部，露天发电厂較為流行（參閱 $G_1/1$ 論文）。后一种的建筑型式可以节约总投资2.5~3.0%，且建筑的维护費用亦相应减少，但机械设备的维护費用則相应增加。

建設在屋頂上的鋼烟囱虽已較為普遍，但混凝土的和磚砌的烟囱

仍有采用。在英国，容量为360,000瓩的发电厂中，烟囱的高度为150公尺（500英尺），其设计的烟气出口流速为15~21公尺/秒。往往在不好的气候条件下烟气会发生“下括”的现象，因此专家们主张采用烟囱高度不低于锅炉房高度的2.5倍。

烟 气 清 理

对烟气中飞灰清理的要求，尤其是对于建设在居民区附近的发电厂是非常严格的。因此，常常考虑装设机械除尘器和电气除尘器的联合装置以满足上项要求（参阅 $G_1/24$ 论文）。这样的装置所清除的飞灰效率可达99.5%。除尘装置则布置在上部的横烟道中，如采用地上烟囱时，布置在主厂房与烟囱之间。

对燃用高灰份煤的发电厂，炉灰与飞灰的清除是一个严重的问题，特别是随着锅炉容量的增加，所需清除的灰量亦相应增加。直至目前尚未有可以普遍应用的解决方法。引风机及送风机成组在满负荷下运行的方式，更进一步使烟气中的飞灰量增加。减少这些过量的飞灰只能在炉膛设计中设法解决，使之大量形成胶结，例如采用液态除灰的方法。

关于这个问题，将由M组的论文专门讨论。

厂 用 电

火力发电厂的厂用电一般是满足辅助设备电力传动的需要，并且随着蒸汽运行压力成正比例的增加（压力130大气压时，厂用电占有有效容量的8~10%）。蒸汽机作为给水泵及备用设备的独立传动能源。在热力方面与发电厂主系统相连的厂用汽轮发电机组，在目前已较少采用。厂用电的负荷随烟气量的增大（燃用高灰份煤时）以及制粉设备和凝结系统的运行方式不同而发生变化。在大多数的情况下，厂用电系由发电厂自行供应，绝少依靠厂外的电源。厂用系统的主要任务系保证发电厂起动时所必需的附属设备的动力供应。此时的电源系由备用电源直接或用切换方式供应。一般考虑装设一台或更多的起动机组，以供应厂内在停止运行时的照明和起动附属设备所需的

动力。

所有厂用电的开关都集中在厂用控制室中，常和电气及热力的测量仪表盘装在一起。厂用控制室普通佈置在主厂房，在汽机间与锅炉间之间，或者与主厂控制室集中在一个专用的建筑内。随着锅炉单位尺寸容量指标的提高和煤斗装置的容量将进一步的减少，因此未来的设计将趋向于上述后一种的佈置。依照这样的趋势，包括煤斗装置的主厂房将会较为宽舒。

对燃用气体及石油的发电厂，由于没有一个真正的主厂房整体（指无煤斗装置——译者），将控制中心单独佈置将会成为成规。

热电厂设计的基本观点

要显著的降低发电厂的热耗率，从而提高对燃料能的利用，只有采用热电合供的方式。合供的方式可使热电厂的部分或全部出力以背压方式运行，与容量和蒸汽规范无关。发电所需的最小热耗率，将会小于上节所述的大容量凝汽发电厂热耗率的一半，亦即背压发电厂的热效率可以超过80%。

热电厂有两种基本类型：

（甲）工业电厂。其主要作用系以背压运行方式供应厂内生产所需的热，大部分电能亦供应厂内生产需要（参阅 G_1 组 3, 7, 8, 9, 10, 16, 20, 21, 22, 23, 26, 27 等论文）。

（乙）热电厂。主要供应大量的热力用户，一般包括地区的供热站。所生产的电能送入城市公用网络中（参阅 G_1 组 10, 14, 15, 16, 17 等论文）。

实际上，在以上两种典型类型之间，尚有其他不同的类型（例如 $G_1/10$ 论文所提及的）。

工业发电厂

在多数的工业企业中，生产所需的电力和热力是不可能完全平衡的。因此，在以火力发电为主的国家中，一般在工业发电厂中装设抽汽式汽轮机。今后发展的方向以纯背压方式运行，利用生产用热的蒸

汽来增加电力生产。預計将来工业用电将比生产用热的需要增加得更多,因而使在这方面所作的努力得到鼓励。

但是,对于以水力发电为主的国家,以凝汽汽輪机和背压汽輪机联接并列运行(指抽汽汽輪机——譯者)多半是不經濟的。因此,在这些国家中,工业发电厂通常是采用純背压型(參閱 $G_1/3$ 論文)。輔助的凝汽机組的附屬設備,可由水电厂保証电力供应。

配电系統的現行发展是朝着工业发电厂和公用电厂間合作的方向(參閱 $G_1/26$ 論文)。在技术上有特殊优越性的原因为工业发电厂有电力储备量,在不影响工业的生产过程中具有保証对公用电網动力供应的灵活性。在許多工业企业中,冬季热力的需要大于夏季,因而动力生产亦随着增加,这样使公用事业的系統和工业发电厂合作更为有利,在網絡的高峯期間,公用的动力供应得到所需要的支持。但是工业发电厂和公用电厂在配电方面的联合运行,仍然决定于双方合作的合同内容,特别是决定于所提出的电力价格,而不是为了解决某些技术問題。这方面所存在的問題,在許多場合中似尚未有圓滿的解决方法。

工业发电厂一般集中其力量提高最大可能的发电指标,即每吨生产用汽所产生的瓩-小时数(參閱 $G_1/3$ 論文)。在效率、抽汽量和汽压几个互相有关的因素已定的範圍內(參閱 G_1 組論文提要),主要是用提高进汽的压力和溫度的方法。对于具有高負荷因数的工业发电厂、可能提高的数字(瓩-小时)是相当可观的。从一个供应25吨/小时蒸汽量的发电厂以100大气压, 600°C 的初压初溫和10个絕對大气压的背压运行,可以明显的証实采用高的蒸汽参数的现实性。甚至在較大的发电厂中(125吨/小时, 160大气压, 610°C , 背压为30絕對大气压)也有类似的例子可以証明(參閱 $G_1/9$ 論文)。在这种情况下,利用蒸汽变换裝置将生产用汽循环从汽輪机蒸汽系統完全分隔,保証了适用于直流鍋炉运行所需的条件。

降低背压以提高发电指标的可能性。受到生产用汽的技术条件所限制。但是,在許多具体情况下,仍有可能获得經濟的效果。

热 电 厂

在大城市中电力和热力负荷平行发展，已经逐渐的促进公用电力事业供应两种能量和建设热电厂。在条件合适时，甚至可向工业企业供应生产用汽。另一方面，工业发电站在向公用网络供应电力以外，亦已开始向厂外用户供应热力，特别是供应采暖的需要（参阅 $G_1/10$ 论文）。

城市的热电厂以热水、过热水或蒸汽等形态供应热力。利用热水作供热介质时，背压数值约在 $0.1 \sim 0.4$ 绝对大气压之间，其相应温度为 $40 \sim 70^\circ\text{C}$ 。采用蒸汽或过热水的系统，适当的数值为 $2 \sim 4$ 绝对大气压和 $120 \sim 140^\circ\text{C}$ 的温度。在大的供热网络中，发电厂出口的温度和背压则甚至较高。一般热电厂都在颇高的发电指标运行。最大供热期限约为 $1000 \sim 5000$ 小时，视当地气候条件及用户负荷特性而定。

在每一个特定情况下，决定所设计的热电厂最合适的布置需要进行详细的研究（参阅 G_1 组 10, 11, 14, 15, 16, 17, 26）。由于最合适的供热介质的选择和管道设计，对发电厂的经济运行有决定性的影响，在研究时，对这些因素应特别加以注意。对供热区域内热负荷远景发展和对各个用户负荷的正确估计有很大的重要性。从运行记录中作长期的分析（参阅 $G_1/10$ 论文），可以说明对于中心供热站甚至在不同的供热系统中（办公室、住宅及其他用户），其热力负荷的特性只有很小的变化。由于供热特性相似，各供热用户均按统一价格收费。

城市热电厂设计中的成就和建设发电厂的细节，在几个国家的论文均有所提及（参阅论文 $G_1/10, 14, 16, 17$ ）。捷克斯洛伐克及波兰的新厂，全部对地区供热和供应生产用汽，同时通过配电网络和水电厂与凝汽式电厂相合作。根据波蘭对热电厂标准布置的经济研究（参阅 $G_1/16$ 论文）所得出的结论，对于中型电站（ $16 \sim 30$ 吨/小时的新蒸汽），最有效的蒸汽参数为 36 大气压及 435°C 。

供应生产用汽及区域采暖供热而设计的热电厂，为了满足供热和工业用汽的需要，所用机组为抽汽汽轮机或背压式汽轮机，其发电机在电气方面并列运行。

选择厂址問題

火力发电厂的厂址主要受下列的因素影响：

(甲) 負荷中心 对于完全供应公用的发电厂，其位置是由至用户的距离和与距离相适应的输电电压决定。对以蒸汽对外供热的工业发电厂，其位置应选择选择在蒸汽用户的附近。

(乙) 燃料供应 高灰份燃煤要求发电厂建設在矿坑的附近。对于燃用烟煤的发电厂，其位置则主要由运输价格与煤价的比例决定（参阅 $G_1/16$ 論文）。同样，燃用石油的发电厂也由这些因素决定。

(丙) 冷却水 一般在設計中，希望将发电厂厂址选择在河流附近，特别当負荷因数较高，需要儘量提高电厂效率时。在缺水的情况下，設計則更受到循环水再冷却用的冷却塔影响。在建設中提高冷却塔的場用利用率的措施为采用强力通风，及根据空气动力学原理使塔形具有特殊的流綫型。二次冷却将增加厂用电的需要量。

(丁) 厂址条件 建設地点的地質条件亦同样是决定厂址的一个条件。

关于这方面的問題，不可能有一般性的規定。选厂問題只在在对有关經济的因素作过詳細研究的基础上，始能作出明确的決定。

火力发电厂建設的远景

火力发电厂建設总的远景，将由 G_1 及 G_2 組論文提要中所詳細論及的技术发展所决定。虽然火力发电厂在过去几十年中有不断的发展，但在近年来是明显的受到特殊的推动力。其中的决定性因素为本文緒言中所提及的燃料市場的情况和电力需要不断的增加。

将来的設計必須同时在下述三方面进行努力：

1. 增加单位机组出力；
2. 降低热耗；
3. 降低成本。

从技术上解决上述問題的方法，已經可以从目前发电厂建設的发展看出。

在其他方面，注意力須集中于发电机冷却方法的改进。鉴于美国

常用的併列复式系統会更广泛的被采用，对于磁极发电机更应特别加以考虑。因为随着热落差的增加，汽輪机的汽叶需要增长，从而可能导致这方面的发展。对于較大的机組，这种趋势必将放棄采用目前歐洲流行的单軸型汽輪机。根据几年前所提出的一个建議，併列复式机組的另一个解决方案是，装設几个与双磁极发电机相連的低压汽輪机。降低建設費用的努力，将主要集中在降低鍋炉的成本。在这方面，目前只限于单个裝置的正压燃燒方式，可以較多的提高单位佔地面积的出力（參閱 $G_1/24$ 論文）。可以預料其他机械設備在佈置上所需要的面积，結果将会超过鍋炉裝置的佔地面积，因而有可能使鍋炉房的建設成为多余的。最后，正压燃燒方式的問題又与燃气-蒸汽发电厂方面的发展有关，将有可能在火力发电厂的建設中另开新的一頁。

燃气輪机发电厂

燃气輪机发电厂的优越性在于其起动和停机所需的时间短，几乎完全不受冷却水源影响，甚至以小容量机組亦可获得高度的有效热的利用，其数值与大型火力发电厂相接近。目前，在公用发电厂中較广泛的采用燃气輪机則仍受单位机組的出力限制，現在最大的約为30,000瓩。

但是，在滿足公用供电尖峰負荷的需要方面，燃气輪机已佔有地位。現有最大的燃气輪机为B.B.C.所制造的开式循环双輪机組，装設在瑞士东北电厂股份公司的Beznau发电厂中，容量为27,000瓩。此机組燃用含鈳的重油，須将溫度限制在 650°C 左右（參閱 $G_1/9$ 論文）。但是，完全有理由可以預料，将单位机組出力提高到超过目前30,000瓩的平均界限是有可能的。对于以閉合循环运行的燃气輪机，单位机組出力可能提高的限度，决定于压力水平的提高。提高出力由于与降低費用的目的有关，故甚至在将来亦是一个重要的問題。将燃气輪机与蒸汽发电厂相結合提供了一个解决的办法，这个問題在下节中有詳細的論述。

此外，在开式循环所用燃料品种的范围上所作的努力，和这些发

展亦有密切的关系，这方面的試驗着重研究固体燃料的利用。

↑ 燃气輪机的应用，特别是在小工厂，在驱动发电机方面以及在直接供应机械动力方面的許多可能，在 G_1 組論文中有簡短的論述。与同容量的火力发电厂相比較，热的有效利用是較高。这个問題，由于对許多燃料用戶提供了較經濟地使用燃料的机会，使之更形重要。而且值得注意的是，这些用戶在全世界燃料消耗量中佔了頗大的比重。

在本文中只能提出在热电厂中，特别是小容量的电厂装設燃气輪机与火力发电厂相比較的优点（參閱 $G_1/23$ 論文）。采用以热空气运行的气輪机代替汽輪机以供应热力和电力的建議特別引人注意。合适的型式为阿克雷特-凱勒尔（Ackeret-Keller）系統中的閉合循环热空气机組，其中装有将热空气輪机的废热供給热循环装置。在这些机組中，与火力发电厂相反，废热溫度變化范围較大。废热甚至可能从热空气机組的壓縮机及中間冷却器回收。在其他条件相同的情况下，热空气机組可以有較火力发电厂更高的供电特性，及在供电不變情况下，更易于适应热負荷的變化。因此， $G_1/23$ 論文所提出的已經在設計中实现的建議值得給予最大的注意。

燃气輪机的应用范围中亦可包括对高級废热的利用，例如利用鼓风炉废热发电。在倫敦举行的第四届动力會議中，曾提出过有关的建議，当时預見到热空气机組可以通过热交换从炉的废热中吸取工作介質中的能量。有关这方面近期的建議在 $G_1/27$ 論文有所論述。另一实例为利用蒸餾焦炭过程中乾燥激冷所产生的热能热在热空气机組中发电。

燃气輪机与蒸汽发电厂的配合

概 論

燃气輪机和蒸汽发电厂相配合的目的是，提高全厂的热效率。此外，单位面积的出力（即单位場地面积的出力， $\text{瓦}/\text{公尺}^2$ ）得以提高，显然为其附加的优点。其基本观念系来自著名和常用的汞-蒸