

高等学校交流讲义

热 力 发 电 厂

上 册

清华大学热工工程教研组编

只限学校内部使用



中 国 工 业 出 版 社

311
474

“热力发电厂”是根据1961年在武汉举行的水利电力高等教材会议的
决定，由清华大学编写的，分上下两册出版。本书为其上册，主要内容包
括：热力发电厂的类型、负荷特性、热经济性、蒸汽参数、给水回热加热、
给水加热、除氧的系统与设备、蒸发器、供热系统与设备、排污与疏水系
统、原则性热力系统等，并对上述设备的热力计算与运行，作了介绍。本
教材适用于高等院校电厂热能动力装置及动力经济等专业。

热 力 发 电 厂

上 册

清华大学热工工程教研组编

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张8 $\frac{1}{2}$ ·字数184,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数0001—1,443·定价(10-6)1.05元

统一书号: 15165·640 (水电-89)

前 言

“热力发电厂”是属于“热动力装置”专业的一門重要专业课程。在設有“热动力装置”专业的院校中，多年来讲授这門課程所采用的教材，基本上是以苏联专家米哈辽夫編写的“热力发电厂”讲义及苏联克尔茨里等著的“热力发电厂”教本为藍本。

为了贯彻执行党的教育方針，进一步提高教学质量，我們清华大学动力系热电工程教研組光荣地承担了編写这門課程教材的任务。

本教材分上下两册出版：上册主要分析热力发电厂热力过程的基本原理、热經濟性及热力系統的組成和計算；下册着重討論热力发电厂热力部分的組成及設計問題。

本教材的取材，除搜集本国資料外，有一些部分仍然是引用或参考苏联热力发电厂教科书及其他有关参考书的内容。

但是由于編写時間短促，限于我們的政策水平和业务水平，本教材内容难免有錯誤和遺漏之处。誠悬希望使用本教材的同志們随时提出批評指正。

本教材在編写过程中，承蒙北京电力設計院及各兄弟院校的同志們提供了不少宝贵意見，謹在这里表示感謝。

清华大学热电工程教研組

1961年6月

目 录

前 言 緒 論

第一篇 热力发电厂的类型及其热经济性

第一章 热力发电厂类型及负荷特性	7
第一节 热力发电厂的类型	7
第二节 热力发电厂的生产过程及其主要组成部分	8
第三节 发电厂的负荷及其特性	10
第四节 对热力发电厂的基本要求	14
第二章 凝汽式发电厂及其热经济性	14
第一节 基本的热力循环及其在发电厂中的应用	14
第二节 凝汽式发电厂生产过程中的各项损失	16
第三节 凝汽式发电厂的热平衡	17
第四节 凝汽式发电厂的主要热经济性指标	19
第三章 热电站及其热经济性	20
第一节 两种能量(热能和电能)联合生产的概念	20
第二节 热电站的热耗量、燃料消耗量及热经济性指标	22
第三节 热电站的供热循环电能生产率的概念	24
第四节 热化事业的效果及其在我国的发展	26
第四章 发电厂的蒸汽参数	29
第一节 蒸汽初参数与发电厂经济性的关系	29
第二节 蒸汽中间再过热	34
第三节 高蒸汽参数选置设备的热经济性	37
第四节 蒸汽终参数与发电厂热经济性的关系	40
第五章 给水回热加热	41
第一节 给水回热加热对循环热经济性的影响	41
第二节 给水回热加热过程主要参数对设备热经济性的影响	43
第三节 经济上最有利的给水加热温度的确定	46

第二篇 发电厂的热力系统及其组成部分

第六章 给水回热加热系统及设备	50
第一节 给水回热加热器的型式	50
第二节 给水回热加热器的连接系统及热经济性	51
第三节 给水回热加热系统的计算	54
第四节 给水回热加热器的结构	55
第五节 给水回热加热器的运行	58

第七章 給水热除氧系統及设备	60
第一节 給水热除氧概論	60
第二节 除氧器的种类及构造	62
第三节 除氧器的主要参数及其选择	64
第四节 除氧器热力系統及热力計算	65
第五节 除氧器的运行	67
第八章 蒸发器及蒸汽交換器	69
第一节 蒸发器及蒸汽交換器的应用	69
第二节 蒸发器及蒸汽交換器的构造和工作原理	70
第三节 蒸发器的热力系統及热力計算	73
第四节 蒸发器设备的运行	76
第九章 热电站供热系統及设备	78
第一节 热負荷特性及計算	78
第二节 供暖系統的載热质及供热方式	81
第三节 热化系数的概念	86
第四节 热网加热器的負荷分配	89
第五节 热网加热器的热力系統計算	91
第六节 減压減溫器及其热力系統計算	92
第七节 蒸汽供应方式及其热力系統	94
第十章 鍋炉連續排污热力系統和发电厂疏水热力系統	97
第一节 鍋炉連續排污热量回收的方式	97
第二节 鍋炉連續排污系統的热力計算	99
第三节 鍋炉連續排污热量回收的效果	100
第四节 連續排污系統的改进	101
第五节 发电厂疏水系統及其设备	102
第十一章 发电厂的原則性热力系統	104
第一节 原則性热力系統的組成和应用	104
第二节 原則性热力系統的拟定	104
第三节 原則性热力系統举例	107
第四节 原則性热力系統計算	110
第五节 原則性热力系統計算举例	112

緒 論

电力工业在发展国民經济中的作用

电力具有很多优点，它可以用不同的电压，通过高压及超高压輸电綫路，极迅速而且損失很小地輸送到很远的地方，又可以用配电网絡很方便地分配到各处用电場所；它可以容易地轉变为其他种能(力能、光能、热能、化学能等)；它可由发电厂利用各种天然能源(主要为燃料的化学能及河流的水能)集中地大量生产出来；它可以用来实现特种工艺过程(电解、电焊、电火花加工、高频表面淬火、电热冶炼等)；它可以使生产过程机械化和自动化。因此电力已經广泛地应用于国民經济的各个方面，已經成为現代工业生产不可缺少的动力源泉，也已經成为工农业生产改进和提高劳动生产率的技术基础。就人民日常生活而論，电力也是不断提高人民物质文化生活水平的重要条件。所以电力工业的迅速发展对于社会主义社会建設以及将来向共产主义社会过渡有着深远的意义。偉大的列宁說过：“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化”^①。

在社会主义建設中，电力工业生产所起的效果不能简单地用它的本身价值来估計，而应以它在整个国民經济中扩大再生产所产生的效果来衡量。因此，电力工业是社会主义建設中的先行工业，电力工业的高速度发展对促进和保証国民經济各方面的发展有着重要的影响。

我国电力工业事业的发展

我国电力工业，在旧中国时期虽然有六十七年的历史，但是規模很小，发展很慢，而且一开始就成为帝国主义垄断資本及我国地主、官僚、买办資本剝削我国人民的工具。从1882年外国商人在上海建立第一个发电厂到1949年全国解放前夕，旧中国的电力工业充分地反映了半殖民地的落后性：电厂分布极不合理，90%以上集中在帝国主义国家直接控制的东北地区 and 沿海少数大城市；水电站极少，供热电站几乎无有；非但主要設備由英、美、德、法、日、瑞、比等国家进口，而且发电厂的設計、安装、主要設備的檢修以及材料和配件的供应基本上也都由外国公司包办；发电設備的汽压、汽温等技术規格混乱，大多数設備年久失修，实际最大出力平均只达到設備銘牌的82%左右；設備利用率历年都在3,000小时以下，大多数发电厂每度电的标准煤耗率高达1.2公斤以上；火力发电厂的厂用电率平均高达12.2%，輸电綫路的損失約达发电量的四分之一；生产管理落后，事故頻繁，供电頻率和电压的质量很坏；职工的劳动条件很恶劣，一般火力发电厂都沒有除尘設備，电厂周圍的卫生环境很差。

在抗日战争和人民解放战争期間，我国电力工业又遭受了日本帝国主义和国民党反动政府的严重破坏，1949年全国发电量只有43.1亿度，居世界第24位。

中华人民共和国成立后，我国电力工业有了巨大的发展。在国民經济恢复期間，根

① 見“列宁全集”第31卷468頁，人民出版社1958年出版。

据党的恢复和发展生产、挖掘潜力、励行节约的方针，对原有的电力工业进行了巨大的恢复和改造工作，实行了社会主义民主改革，加强了技术管理。经过短短的三年时间，在基本上没有增加设备的情况下，1952年的发电量超出历史上最高年份发电量22%，达到了72.6亿度。

第一个五年计划期间(1952~1957年)，为了适应工业发展，特别是新工业地区建设的需要，新建和扩建了很多火力和水力发电站，超过了原定计划发电设备容量20%。在电站的建设中采用了现代的新技术和自动化设备，同时还建设了一批热电站。至1957年全国发电量已经达到193亿度，年平均递增率为21.6%。这样高的发展速度是任何资本主义国家所望尘莫及的。

1958年以来，在大跃进的三年中，我国电力工业有了更大的发展。三年的装机容量比1957年我国全部发电设备的容量还多，1959年全国发电量提前达到了第二个五年计划规定的1962年的生产水平，已跃居世界第九位。

我国电力工业的技术水平也有了很大的提高。截至1959年底，现代化的25,000瓩以上的汽轮发电机组已占全部火力发电设备容量的42%以上，高温高压设备已占28%以上，所有旧电厂都经过了技术改造。全国发电设备的年平均利用小时数已经达到6,000小时以上，每度电的标准煤耗率平均为0.55公斤，某些热电厂已达到0.35公斤，接近了世界先进水平。技术管理水平也有很大的提高，不少发电厂作到长期无事故运行。

我国电力工业的基本建设能力已有了很大增长。现在我国已经能够自行制造从中小容量直到高温高压大容量的成套发电设备，能够设计和施工数十万瓩以上的大型发电站，全国各大区、省都建立了一批可以独立设计和施工的热力发电基本建设的专业队伍。

我国电力工业发展的巨大成就，是在党的正确领导下，贯彻执行党的建设社会主义总路线和一整套两条腿走路方针所取得的胜利。

热力发电事业的特点及应满足的基本要求

同其他工业比较起来，热力发电事业有其特点及基本要求：

1.生产的主要产品——电能——实际上是不能储存起来的，生产必须是连续不断的。供电的中断必将引起各工业企业生产的停顿，甚至会造成重大事故。所以在任何时刻电能的生产必须与电能的消费保持平衡，这就要求发电厂的运行工况必须随着电能消费工况的变动而不断变化；

2.由于电力用户通过输配电系统与发电厂形成了一个统一的整体，供电电压及频率的降低就会使用户的生产能力降低，影响产品的质量，甚至会造成生产的停顿以及影响用户电气设备和电厂本身的厂用机械的安全运行。因此发电厂必须保证用户得到合乎质量标准(标准电压和频率)的电力，对于供热发电厂而言，还必须保证供热的可靠和供热的质量(蒸汽及热水的压力和温度)；

3.在电力供应事业中，往往由若干大中型发电厂组成一个广大地区的电力系统的骨干。这些电厂的发电设备功率相当大，采用了比较高的参数(高蒸汽压力和温度、高电压等)。现代大型热力发电厂的容量可达数十万瓩至百万瓩。它们要负担供应整个地区的工矿企业和城市人民生活等方面所需的电力和热力，在这种情况下，如果电厂的生产

发生故障，将会给用户带来很大的损失，甚至于造成严重的事故。因此，热力发电事业必须确保生产具有高度的安全性；

4. 热力发电厂基本建设需要大量投资和相当数量的劳动力、土地和水源，生产过程要消耗大量燃料。因此热力发电事业在基本建设及经常生产中都必须大力节约人力、物力、财力，使基本建设投资最低，运行经济性最高。

正由于热力发电事业具有上述特点和基本要求，因此，每个热力发电工作者，既要不断提高自己的政治思想觉悟，又要努力学习和掌握新技术，以期最后能够安全而经济地完成热力发电的生产和基建任务。

第一篇 热力发电厂的类型及其热经济性

第一章 热力发电厂类型及负荷特性

第一节 热力发电厂的类型

热力发电厂可以按照下面几方面特点来分类：

1. 按照生产能量和产品的性质可分为：

- (1) 发电厂——发电厂只生产供给外界用户的电能。
- (2) 热电站——电站不仅供给用户电能，还可以利用作了功的乏汽供给用户热能。
- (3) 综合利用发电厂——这种发电厂不仅可以生产电能和热能，而且由于燃煤与灰渣加以综合利用，还可以生产其它多种副产品。煤在燃烧以前，先炼出煤焦油，由煤焦油再提炼出汽油、柴油、酚、化肥和油焦等石油产品及化工产品；炼油后剩下的半焦和煤气供锅炉燃烧，燃烧后灰渣还可以被利用制作水泥，保温材料和建筑材料。

2. 按照服务规模可分为：

- (1) 区域性发电厂——这种发电厂的建設是为了一个广大区域服务，它具有较大容量，而且并联在一个共同的电力网中运行，利用高电压通过输电线路可将大量电能分配给较远处的用户。

区域性发电厂通常建立在靠近燃料基地，或接近于有方便水源的地方，几个区域性的热力发电厂和水力发电站联合起来供电，就形成了一个广大区域的电力系统。

- (2) 地方性发电厂——这种发电厂多建設在用户的附近地方，而且直接供给其附近地区用户所需的电能和热能。它们的容量一般较区域性发电厂为小。因为输电距离较短，输电量也较小，所以多不用高电压电网分配电能。

地方性发电厂可使用当地燃料或者外地运来的燃料，这要看它们离开燃料基地的情况而定。

根据发电厂所担负任务性质来看，地方性发电厂又有下列类型：

- (a) 城市发电厂——这类发电厂供给城市各种工业企业生产过程、居民公用及生活上所需要的电能和热能。

- (b) 工业企业发电厂——这类发电厂专门供给个别的工业企业所需要的电能和热能，因此人们常把这种发电厂称之为“工业自备电厂”。

- (c) 城乡发电厂——它是一种因地制宜，利用各种能源，短期可以建成的小型发电厂，用来满足小城市和乡村人民公社日益增长着的工农业生产建设对电能的迫切需要。

地方性发电厂往往有条件连接到区域的电力系统中，于是在电力供求方面，彼此可以取得相互调剂作用。但有些地方性发电厂特别是城乡小型发电厂则不得不在一定时期内孤立运行。

- (3) 列车电站及船舶电站——列车电站是一种把成套发电设备装置在特制的火车车厢

廂內，可以在鐵路線上流動的發電站。如果把成套的發電設備裝設在船舶上，那就形成了可以在河流上移動的船舶電站。列車電站和船舶電站都屬於機動性的電站，在基本建設工地上，它們可作為臨時電源，在電力供求的平衡上，可利用它們發揮補充和調節的作用。

3. 按照熱力原動機的类型，熱力發電廠可分為：

(1) 內燃機發電廠——原動機為活塞式內燃機。內燃原動機有許多重要的優點，它非常緊湊，效率較高，可以快速起動，不需要很多的運行人員。但是，它也有許多缺點，其中主要是它只能使用高價液體燃料工作，而這種燃料常用於其他的目的；另外，最大的內燃機的容量也不過幾千瓩再大的內燃機製造上有困難。所以，它不適宜於用在大容量的發電廠，主要應用於缺乏水源地區，以及石油出產地區的較為小型的電廠，或用作為電廠的備用動力裝置。

(2) 蒸汽機發電廠——原動機為活塞式蒸汽機。限制這種原動機不能普遍用來生產電力的缺點是：轉速不夠高（120~240轉/分），笨重，裝置需要的地面太大，以及帶有曲柄連杆機構。它也只應用在小容量（500~1,000瓩以下）的發電廠中。

(3) 燃氣輪機發電廠——原動機為燃氣輪機。雖然這種原動機有許多優點（構造比較緊湊，熱效率比較高，管理簡便，冷卻水的需要量不大等等），但是由於在燃氣輪機設備中應用固體燃料還有困難，大型燃氣輪機及和它配套的瓦斯空氣壓縮機和熱交換設備的設計，製造，運行還未完全掌握，對合理型式燃氣輪機發電廠的建立尚缺乏經驗。因此，燃氣輪機尚未在大型發電廠中獲得廣泛的採用，但對中小型發電廠燃氣輪機的應用是極有前途。

(4) 汽輪機發電廠——原動機為蒸汽輪機，汽輪機作為電廠的原動機有以下的優點：

- 1) 可以按實際需要裝置任何容量的機組，從幾百瓩到30萬瓩或更高；
- 2) 工作的可靠性和運行的自動化程度比活塞式蒸汽機高；
- 3) 和活塞式蒸汽機比較起來，熱經濟性較高。因為它可使用高參數的蒸汽，蒸汽的初參數可達到300絕對大氣壓及650°C；汽輪機內部損失和機械損失很低；
- 4) 運行速度的均勻程度比蒸汽機和內燃機高，這對保證發電機並列運行的穩定性有決定性意義；

5) 汽輪機的乏汽凝結水是清潔的（蒸汽不會被機器的潤滑油所污染），所以它又可以重新作為蒸汽鍋爐的給水；

6) 利用廢汽不會發生困難（從汽輪機抽汽非常方便），這對發展熱化事業來說是特別合適的。

現代的熱力發電廠，主要是汽輪機發電廠。

第二節 熱力發電廠的生產過程及其主要組成部分

本課程主要是研究燃燒固體燃料的汽輪機熱力發電廠，因此這裡僅對這類發電廠的組成加以介紹。

汽輪機發電廠的生產過程是把燃料所含有的能量轉變為電能。

整個生產過程具有兩個階段：第一個階段是在鍋爐中燃料的化學能轉變為蒸汽的熱

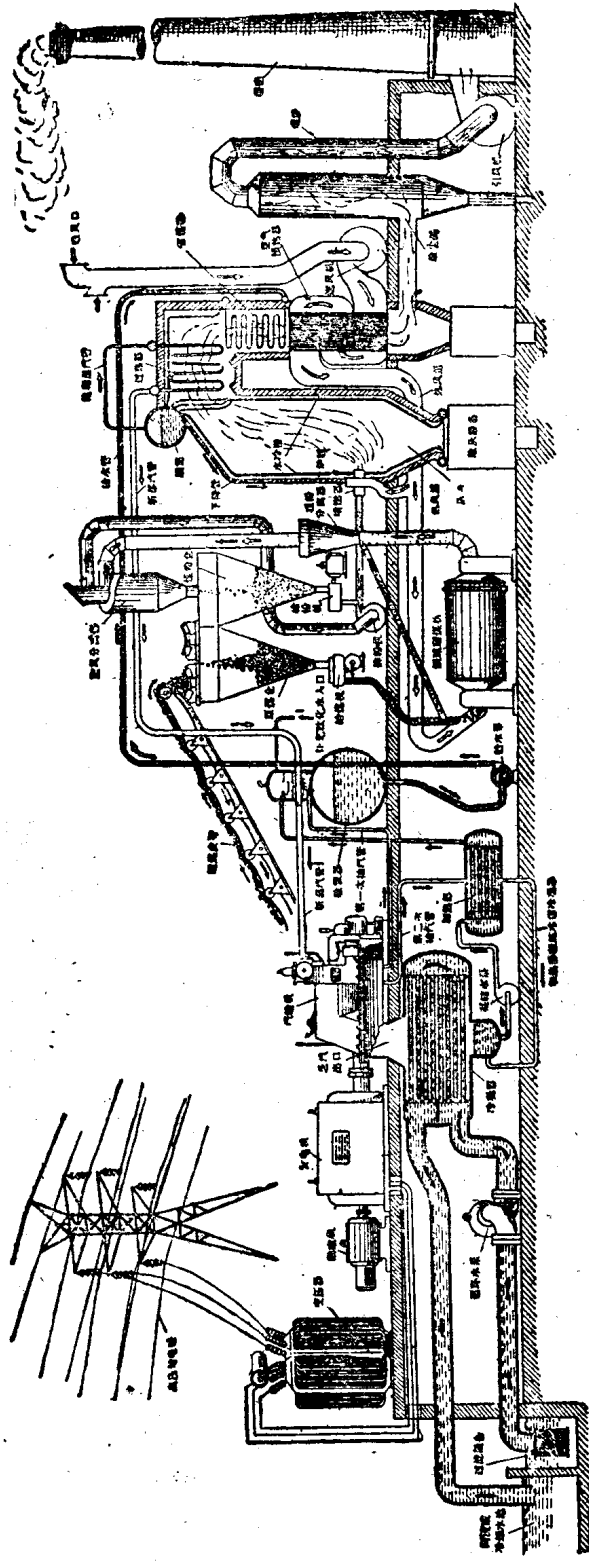


图 1-1 汽轮机发电厂生产过程示意图

能；第二个阶段是在汽轮机中蒸汽热能转变为机械能；然后通过发电机把机械能转变为电能。图1-1，表示汽轮机发电厂生产过程的示意图。

生产电能的过程可以综述如下：燃料从储煤场经运煤皮带送入锅炉房上方的原煤仓。煤从煤斗经自动磅称由给煤机送入磨煤机。由磨煤机磨细的煤粉在热空气的输送下，喷入炉膛内燃烧。燃烧生成的高温烟气先被用来加热锅炉水管与过热器管，然后经过装置在烟道内的省煤器与空气预热器而进入除尘器，被清除飞灰后，从烟囱排出。在锅炉内生成的饱和蒸汽，通过过热器时，继续受热而变为过热蒸汽，再经管道送往汽机间的汽轮机。蒸汽在汽轮机内膨胀后，进入凝汽器内凝结。凝结后的凝结水经回热加热器进入“除氧器”^①。从汽轮机某几个中间级抽出一部分蒸汽，分别通入回热加热器与除氧器，进行回热给水与给水加热除氧。除此以外，为了补偿蒸汽与水经过各种不严密处的漏泄损失，还必须有过化学处理的补充水加入除氧器。从除氧器出来的水才是锅炉的给水，经给水泵压送进锅炉。为了使蒸汽在凝汽器内凝结，还必须要有循环水泵不断地将冷却水送入凝汽器内，这又形成了一个冷却系统。根据电厂所在地的水源条件，一般冷却水来自电厂附近的河流。若厂址距水源较远，则冷却系统中包括冷水塔或冷水池，以便冷却水能重复使用。

显然，热力发电厂热力部分中除了锅炉，汽轮机，发电机等主要设备以外，还要有许多辅助设备，如供水设备、除灰设备、除尘设备、燃料储运设备等等。

汽轮机发电厂往往由下列部分生产分场(或称车间)组成：

- (1)燃料分场：这个分场设有燃料运输、装卸、转运等机械设备及燃料储存场地。分场的任务是负责燃料的运输与供应。
- (2)锅炉分场：这个分场装设锅炉、煤斗、燃料加工、通风和除灰等设备。分场的任务为管理锅炉及其辅助设备的运行维护。
- (3)汽机分场：在这个分场中装有汽轮发电机组、凝汽设备、供热设备和除氧设备等。分场的任务为管理汽轮发电机组及其辅助设备的运行维护。
- (4)电气分场：这里装有变压器配电设备、继电保护装置、自动化和远距离控制装置，以及电气仪表等。分场负责电能输配，看管发电设备及全厂电气设备。
- (5)化学分场：这个分场管理水处理设备及化学分析工作。
- (6)热工分场：这个分场管理全厂热工测量仪表及自动控制装置。
- (7)修配分场：这个分场负责全厂设备部件的修配工作。

各分场也有责任采用新科学技术成就不断地改进生产管理，从而提高全厂的经济性。

中小型热力发电厂通常只由锅炉车间、汽机车间和电气车间所组成，甚至于仅由热力车间和电气车间所组成。

第三节 发电厂的负荷及其特性

热力发电厂的产品——电能和热能——是不能大量储存起来的，所生产出的能量立

^① 一种混合式加热器，用蒸汽把水加热到接近沸点，把溶解在水中的气体，主要是氧气，驱逐出来，以避免对钢材的腐蚀。除氧器同时也起一级回热加热器的作用。

刻就要被用戶消費掉^①。換句話說，發電廠在生產過程中生產出來的能量要永遠等於那一瞬間的外界所需要的能量。

由於所有能量用戶的工作情況是在不斷地變化着，所以能量的需要量也就不斷地在改變，這樣發電廠的負荷也不可避免地要隨着時間而變化。為了使整個發電廠能夠經常可靠和經濟的工作，因此，就要求於發電廠的設計、基本建設、以及在發電廠運行時，必須相當準確地知道每一時間內預計的能量要求。這也就是了解發電廠的負荷及其特性的意義。

一個能量用戶全天每小時的能量需要量的變化，或稱用戶晝夜負荷（電的或熱的）曲綫，通常用圖來表示。圖的橫座標表示時間（由0到24小時），縱座標表示能量需要的大小（以瓩或大卡計）。如果把一個發電廠各個用戶的晝夜負荷曲綫圖綜合起來，就可以得出該電廠晝夜總的負荷曲綫圖。曲綫下面的面積就代表用戶全天能量的需要量（亦即是要求電廠應該達到的能量供應量）。全年最高負荷再加上必需的備用容量決定了整個發電廠必要的容量。

工業用電的負荷曲綫圖的形狀與各工業企業的工作制度有關。如果各工業企業均按一班制工作，高峰負荷互相重迭，則全日負荷曲綫圖必然表現很大的波動。相反的；如果許多工業企業按兩班制或三班制進行生產，高峰負荷不在同一時間出現，而且負荷變化比較和緩時，則全天工業電負荷曲綫圖將表現較高的均勻性。在這種情形下全日的負荷變化可極近似地用平滑的曲綫來表示。圖1-2表示一個具有代表性的全日工業電負荷曲綫圖。從這個圖可看出全日工業電負荷的特點是：大約在午間午休（12時左右）時負荷在短時間內有點下降；長時間的最大負荷出現於白天八點到十六點，因為在這一時間內，一班、二班和三班制工作的各工業企業都在進行生產；長時間的最低負荷則出現於零點到八點，因此時只有三班制的工業企業在進行生產。冬季和秋季工業電負荷曲綫圖在形狀和負荷大小方面都差別不大，僅由於在夏季各工業企業的一部分設備可能進行檢修，所以夏季全日負荷比冬季的稍為低一些。

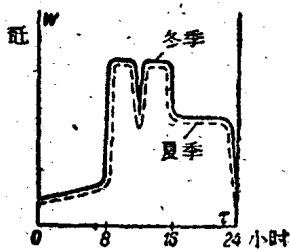


圖1-2 全日工業電負荷圖

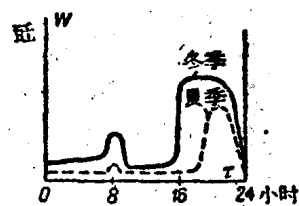


圖1-3 全日照明及生活用電負荷圖

圖1-3表示具有代表性的全日照明及生活用電負荷曲綫圖。照明用電負荷的特點是冬季在十六點以後，夏季在二十點以後出現尖峰負荷，而在早晨出現的尖峰負荷只有在冬季還很顯著，夏季早晨基本上沒有尖峰負荷。白天和後夜的照明負荷很低，因為此時僅有光綫不充分的建築物，及後半夜夜班生產需要照明。照明電負荷的大小與地區的地理條件、氣候條件以及一年內季節的變化等方面有關。

① 此處所指的用戶包括發電廠在內的能量消耗單位。

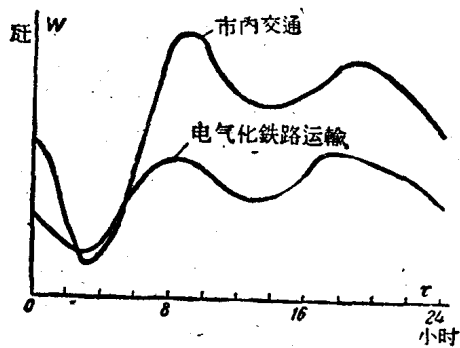


图 1-4 全日电气运输电负荷图

生活上用电的负荷特性，无论在冬季或在夏季、都是在早晨和晚间出现尖峰负荷。这种负荷通常归并到照明负荷内。

图 1-4 表示代表性的市内外电力运输的电负荷曲线图，这种负荷在早晨和晚间有尖峰负荷出现，而且在后夜有一次负荷下降。

一个发电厂的总电负荷或一个电力系统中并列运行的一组发电厂的总负荷等于所有电力用户负荷的总和，但是发电厂全天每小时必需发出的电力还应该包括输电损失和电厂自用电量，这部分电能消耗量约等于输出电能量的 10~15%。图 1-5 表示发电厂全日总电负荷曲线图的构成。

当计划，设计及运行发电厂时，除了全日的负荷曲线图以外，可利用全年负荷持续时间曲线图来确定全年发电量及解决一系列的其他问题。全年负荷持续时间曲线图（见图 1-6）表示着全年期间某一负荷及大于该负荷的各负荷的全部持续小时的关系。其纵坐标表示负荷数值，横坐标表示，全年期间各负荷的持续小时（从零到一年的全部持续小时数，即 8,760 小时）。

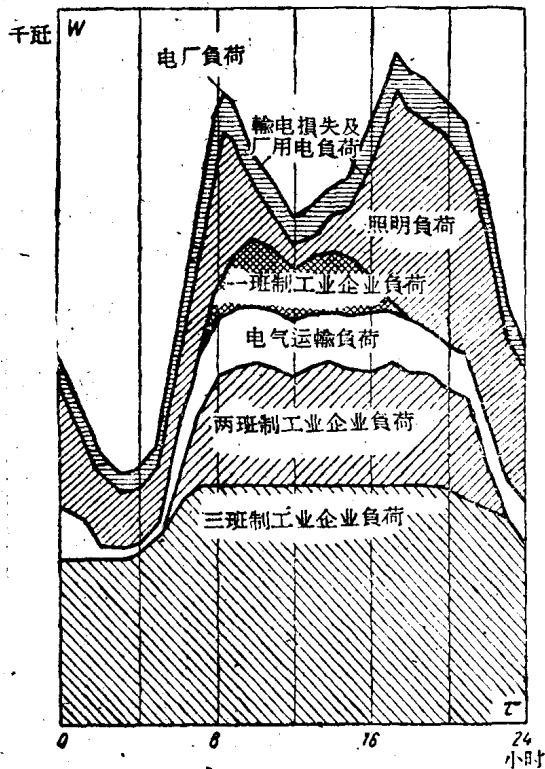


图 1-5 总的全日电负荷图的构成

这种持续时间曲线的绘制必须有全年 365 天的昼夜负荷曲线图，但为了简单起见，通常以冬季及夏季两个代表日的昼夜负荷曲线图为基础，并假定冬季及夏季各为若干天数（例如在某一地区，冬季为 150 天，夏季为 215 天）来绘制。如果要求特别准确的全年负荷持续时间图，可采用春、夏、秋、冬四季的代表日负荷曲线图（各季节的长短随各地的气候而定）来绘制。

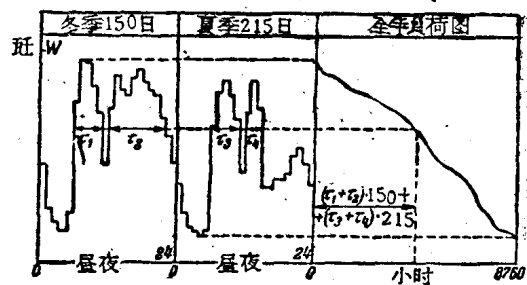


图 1-6 全年电负荷持续时间图

图 1-6 所示为全年负荷持续时间曲线中一个点的绘制方法。通过纵坐标轴上某一负荷点作出一条水平线，此水平线在日负荷曲线范围内的线段，表示了该负荷在冬季及夏季一天中出现的小时数。把这些小时数分别乘以 150 天及 215 天，再把乘积相加，即得该负

荷在全年中出現的总小时数。于是在全年負荷持續時間曲綫上就可确定該負荷的地位，如图1-6所示。用同样方法定出其他負荷的各点，然后将各点連接，則得全年負荷持續時間曲綫。所繪制的点越多，則所得的全年負荷持續時間曲綫愈准确。

全年負荷持續時間曲綫以下的面积就是全年发出的电量，它与发电厂的蒸汽消耗量及煤耗量成比例。所以負荷持續曲綫不仅繪出全年期間发电厂可能的工作情况的明显概念，而且还用它来选择最合理的各个机組的容量，計算全年蒸汽及燃料消耗量等等。

热电站的热力用戶有下列主要种类：

- (1) 工业企业生产过程热力用戶；
- (2) 采暖、通风热力用戶；
- (3) 日常生活需要热力用戶。

在工业生产过程中需要 7.5~16 大气压(在个别情形下需要更高压力)的蒸汽。利用蒸汽热量在热交换器中加热原料或产品，在个别情形中蒸汽还被利用于产生动力、带动汽錘、压力机械、压气机、軋鋼机及水泵等。

全日工业热負荷的变化决定于不同生产班制的各工业企业生产車間的用热量的变化，長時間的最大热負荷是在白天，而長時間的最低热負荷是在夜間，热負荷曲綫图按其形状來說，基本上与工业电負荷曲綫图相似。冬季生产过程需要的蒸汽量通常要比夏季的多一些，这是由于在夏季时一部分生产设备要进行檢修停止使用的緣故，同时在夏季时设备的散热損失也比較小。

热电站的全年供汽量可以根据全年蒸汽負荷持續時間图来决定。全年蒸汽負荷持續時間图的繪制方法与全年电負荷持續時間图相同。

采暖和通风的負荷是有季节性的，而且和当地气候条件及建筑物的用途有关，在一年当中夏季負荷为零，而在冬季中最冷几天負荷达到最大值。可以足够精确地說，采暖和通风热負荷是随着外界气温的变化而按直綫关系变化的，但在一昼夜間变化不大，所以全日采暖和通风热負荷图可近似地用水平直綫来表示。

日常生活上的热負荷主要决定于热水的消耗，它在全年中变化不很大，但在一昼夜間变化很大，白天和上半夜达到最大值。負荷曲綫也可以近似地用水平直綫表示。

图 1-7 表示全日采暖及生活热負荷图的例子。

图 1-8 表示全年采暖、生活及通风热負荷图的例子，从平均热負荷图下面的面积即可决定出全年的耗热量。

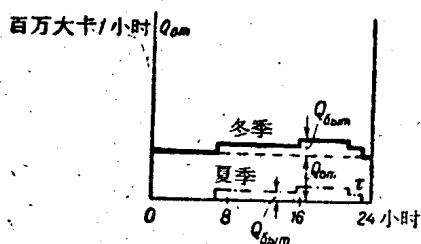


图 1-7 全日采暖及生活热負荷图

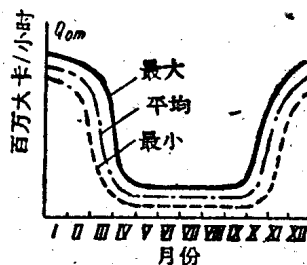


图 1-8 全年采暖、生活及通风热負荷图

第四节 对热力发电厂的基本要求

发电厂的设计, 建设设备的构造, 和安装质量, 以及运行组织管理等方面均应保证发电厂能够不间断地应供合乎规格的能量(电能和热能), 并在全年, 各季度和月份应保证完成国家规定的生产任务。

发电厂机组所发出的功率每时每刻都应该与用户消耗的功率相平衡。

发电厂设计和运行还应该保证运行人员的工作安全, 厂区周围的居民有正常的卫生环境。

发电厂建设应该具有高度的经济性, 也就是说在已定的建厂地区条件、燃料种类和发电厂的容量情形下, 电厂每瓦装置容量的投资费用为最小。

发电厂的运行费用应该最低, 从而使送出的电能和热能的生产成本为最低。

总之, 对发电厂的技术经济要求是具有高度的运行可能性和安全性, 运行人员有很好的劳动条件, 厂区附近有正常的卫生条件, 以及基本建设的投资和能量的生产成本最低。

第二章 凝汽式发电厂及其热经济性

第一节 基本的热力循环及其在发电厂中的应用

在现在的汽轮机发电厂中 燃料化学能变为电能是在复杂热力循环的基础上完成的这种循环使发电厂的热经济性得到很大的改善。发电厂的复杂热力循环是由简单的基本循环结合了利用乏汽对外界用户供热和回热加热给水, 以及采用工质中间再过热, 高压迭置设备等等措施所形成的。

研究热力发电厂热经济性通常是以卡诺循环和理想的朗肯蒸汽循环为出发点。

图2-1表示卡诺循环的 $T-S$ 图; 图2-2表示朗肯蒸汽循环的 $T-S$ 图。

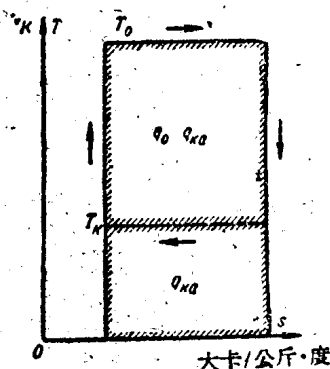


图 2-1 卡诺循环的 $T-S$ 图

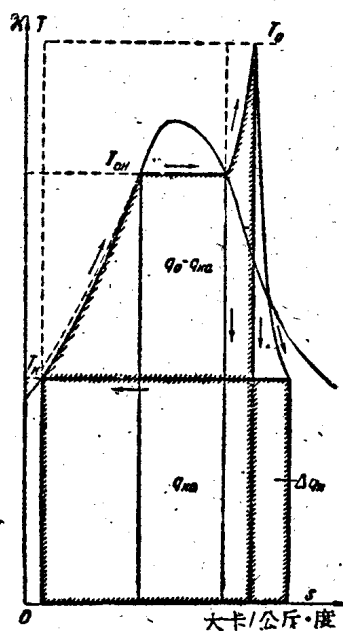


图 2-2 朗肯蒸汽循环的 $T-S$ 图

由于水蒸汽热力性质的特点，被压缩时要消耗很大能量，实现卡诺循环要带来设备构造上的困难，因此，在发电厂中事实上无法实现卡诺循环。

但是卡诺循环对于分析现代发电厂热经济性具有很大的意义，这是因为卡诺循环效率确定了发电厂实际循环效率经过改善后可以接近到的极限数值，而且卡诺循环也很方便地作为比较各种循环热经济性的度量。

理想热力循环的效率可用下式表示：

$$\eta_t = \frac{q_0 - q_{ka}}{q_0} = 1 - \frac{q_{ka}}{q_0} \quad (2-1)$$

式中 q_0 和 q_{ka} ——分别为循环中每公斤工质的加热量和放热量，大卡/公斤。

可逆的卡诺循环的效率如下：

$$\eta_k = \frac{T_0 - T_k}{T_0} = 1 - \frac{T_k}{T_0} \quad (2-2)$$

式中 T_0 和 T_k ——分别代表循环的绝对初温和绝对终温，°K。

理想设备的工作过程是在绝热膨胀情况下完成的，若把理想设备的循环变为和它们效率 η_t 相同的一些等价的卡诺循环以后，则理想设备的热经济性就可以很方便地进行比较了。

例如，如果在互相比较的一些循环中放热是在同一终温度 T_k 下进行的，则加热平均温度高的或等价卡诺循环初温 T_{sk} 高的那一个循环，其热经济性也较高。 T_{sk} 这个温度可从下式求得

$$T_{sk} = \frac{T_k}{1 - \eta_t} \quad (2-2a)$$

按现代汽轮机发电厂采用的蒸汽初温为 500~600°C 来计算，卡诺循环的效率约为 61~66%。

理想的朗肯蒸汽循环的特点是，工质吸热和放热过程是在等压过程下进行的。而湿蒸汽凝结时放热又是在定温下(等温过程)进行的；但是水在液态阶段吸热及蒸汽过热都是在温度增高情形下进行的，而且当水在定温下汽化时，温度要比循环的初温(即过热蒸汽温度)低得多(见图2-2)，显然，理想的朗肯循环效率要比同一初温的卡诺循环效率低得很多。

朗肯循环中工质被压缩时是处于液体状态而非蒸汽(气体)状态，压缩工质消耗的能量大大地低于在卡诺循环中所消耗的能量，而所用的压缩设备的构造也是较紧凑的(用泵来代替压缩机)，所以朗肯循环比卡诺循环现实些。

朗肯循环的热效率可用下式表示：

$$\eta_t = \frac{q_0 - q_{ka}}{q_0} = \frac{\omega_a}{q_0} = \frac{(\dot{i}_0 - \bar{t}_{ns}) - (\dot{i}_{ka} - \bar{t}_k)}{\dot{i}_0 - \bar{t}_{ns}} \quad (2-3)$$

$$\text{或} \quad \eta_t = \frac{(\dot{i}_0 - \dot{i}_{ka}) - (\bar{t}_{ns} - \bar{t}_k)}{\dot{i}_0 - \bar{t}_{ns}} = \frac{H_a - h_k}{q_0} \quad (2-3a)$$

式中 $\dot{i}_0$ 和 $\dot{i}_{ka}$ ——汽轮机理想工作过程中蒸汽的初焓和终焓，大卡/公斤；

$\bar{t}_{ns}$ 和 $\bar{t}_k$ ——给水焓和汽轮机凝结水焓；此处两者之差等于水在输送泵中的加热，大卡/公斤；

H_a 和 h_k ——汽轮机中蒸汽的可用(等熵的，绝热的)焓降和理想过程中在泵内压