

中等技术学校教材

热 力 发 电 厂

上 册

汪 經 鎔 編 著

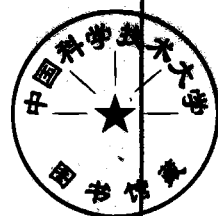
水 利 电 力 出 版 社

中等技术学校教材

热 力 发 电 厂

上 册

汪 經 鎔 編 著



水利电力出版社

内 容 提 要

本书分上下两册，上册主要包括电力与热力用户及其特性，热力发电厂工作过程的基本原理及热经济，给水的回热加热，高参数蒸汽的应用，热力发电厂的补充水，热力发电厂的供热，汽轮发电机的特性及热力发电厂热力系统的组成与计算等内容。可作为中等技术学校的教材，也可供高等工业学校热能动力装置专业师生及热电厂工程技术人员参考。

热 力 发 电 厂

上 册

汪 經 鎔 編 著

2202 S 481

水利电力出版社出版（北京西郊科学院路二里内）

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

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本*13%印张*307千字*定价(第9类)1.40元

1959年10月北京第1版

1959年10月北京第1次印刷(0001—3,370册)

序

根据水利电力部所制订的培养目标和在几年内教学中所得到的经验，我们认为对热能动力装置专业的中技学生，在学过热力发电厂课程后，应达到下列要求：

1. 熟悉现代热力发电厂的热能和动力的生产过程，通晓生产过程所需的一切主要设备和辅助设备，并了解这些设备的选择、计算及布置方法。

2. 正确地评定热力发电厂的工作，及正确地选择热力设备，以保证热力发电厂的最大经济性和可靠性。

3. 了解我国在实现电气化，发展热化事业等方面学习苏联的重要意义。

4. 熟悉苏联在热力发电厂的设计、建设和运行等方面的最新成就，以及我国解放以来电力事业的飞跃发展和成就，并了解在祖国大规模经济建设动力事业的基本建设方针及技术发展趋向。

本书的内容就是根据上面的原则而编写的，并在上海动力学校试讲过三遍。

在各章节中，对有关我国水利电力部所颁布的“电力工业技术管理暂行法规”和“火力发电厂设计技术暂行规程”中所规定的各条，尽可能在有关章节中予以适当的介绍。自从1958年全国大跃进以来，电力技术有了许多革新，有些法规和规程中的条文可能已有修改的必要，但由于编著者在编写时尚未得到正式颁布的资料，因此未能将应予修正的条文列入。

为了使读者能更好地了解我国最新电力技术，已将我国1958年电力勘测设计现场会议的总结及露天、半露天电厂现场会议的总结中所介绍的各项革新技术，分别在有关章节中予以介绍。露天和半露天电厂目前我国还在试点和积累经验阶段，但为使学生了解，介绍出来以供参考，还是必要的。

本书可作为中等技术学校热能动力装置专业热力发电厂课程的教材，并供热力发电厂中等技术人员参考之用。

书中内容，难免有错误与遗漏，尚希读者予以指正。

汪经铭 1959年3月

目 录

第一章 引言	1
第一节 电力工业发展历史	1
第二节 热力发电厂的分类及其组成	2
第三节 世界电力工业发展趋向	4
第二章 电力与热力用户及其特性	5
第一节 电力用户的特性	5
第二节 电力用户的最高需电量、需要因数及分散因数	7
第三节 电力负荷曲线	7
第四节 热力发电厂的工况系数	9
第五节 例题：根据冬夏日代表日负荷曲线画全年负荷持续的时间曲线及计算 各项工况系数	14
第六节 热力用户的特性	17
第七节 热力负荷曲线	19
第三章 热力发电厂工作过程的基本原理及其热经济	20
第一节 热力发电厂的基本热力循环	20
第二节 凝汽式发电厂的各种效率及消耗量	21
第三节 热能联合生产及其热经济	26
第四节 例题：凝汽循环与供热循环热经济的计算	31
第四章 给水的回热加热	34
第一节 回热过程的热经济	34
第二节 给水回热加热温度与回热加热级数的选择	38
第三节 回热加热器的种类	44
第四节 回热加热系统	49
第五节 例题：回热加热系统的计算	58
第五章 高参数蒸汽的应用	65
第一节 高参数蒸汽对循环热效率的影响	65
第二节 高参数蒸汽对汽轮机设备热经济的影响	68
第三节 在高压高温设备系统中蒸汽的中间过热	69
第四节 高压迭置设备	72
第五节 例题：提高蒸汽初参数对效率的影响，中间过热对终态湿度及效率的影响	74

第六章 热力发电厂的补充水.....	76
✓第一节 蒸汽和凝結水的損失.....	76
第二节 对給水质量的要求.....	77
第三节 补充水的处理方式.....	79
第四节 补充水的化学处理.....	80
第五节 蒸发器設備.....	83
第六节 例题: 蒸发器的加热蒸汽量計算.....	89
第七节 除氧器設備.....	91
第七章 热力发电厂的供热.....	96
第一节 向外界供应蒸汽.....	96
第二节 向外界供暖.....	99
第三节 例题: 供暖加热器裝置的計算.....	106
第八章 汽輪发电机的特性.....	107
第一节 凝汽式汽輪机的特性.....	107
第二节 具有单級調节抽汽式汽輪机的工况图.....	115
第三节 具有两級調节抽汽式汽輪机的工况图.....	118
第九章 热力发电厂热力系統的組成与計算.....	121
✓第一节 热力系統的概念.....	121
✓第二节 基本热力系統的拟定.....	122
第三节 发电厂型式及主要設備的选择.....	122
第四节 补充水系統的选择.....	129
第五节 供热方式的选择.....	133
✓第六节 回热加热系統的选择.....	134
第七节 輔助設備的选择.....	139
✓第八节 基本热力系統的計算方法.....	143
✓第九节 例题: 基本热力系統的計算.....	144
✓第十节 全面热力系統.....	177
第十一节 管道計算.....	188
第十二节 例题: 管道的計算.....	197
第十三节 管道的热膨脹及其补偿方法.....	200
第十四节 管道的支吊架.....	204
第十五节 管道的附件.....	205

第一章 引言

第一节 电力工业发展历史

1. 电力工业的重要性: 由于电力具有输送方便、迅速(每秒能走30万公里)、容易转变为其他能(光能、热能、力能、化学能等)、便于集中生产及使各种设备机械化和自动化等优点, 所以世界上各个工业国, 均非常重视电力工业的发展。一个年产三百万吨的钢铁厂需要使用十几万瓩的电力; 一个年产三万辆汽车的工厂需用二万瓩以上的电力; 一个五万纱锭的纱厂需要二千瓩以上的电力。显然, 为了使国家工业化, 需要建设数以千百计的庞大工业厂矿, 就需要千万瓩以上的发电能力。因此电力在现代工业化国家中, 已经成为每一个工业生产过程中不可缺少的能力源泉。即使从人民日常生活来讲, 电力也已经成为提高与改善人民物质和文化生活的重要条件。总之, 电力是工业的动力, 是十九世纪以来最为广泛使用的一种能力, 是大规模发展工业和改进生产技术的基础。列宁说: “共产主义是苏维埃政权加全国电气化”, 因此, 对社会主义国家来讲, 电力工业的发展, 是更有特殊重要意义的。

2. 世界动力事业的发展历史概述: 电力工业发展到现在的巨大规模, 只不过七十多年的历史, 最初的热力发电厂是由蒸汽机作为原动机的, 在本世纪初由立式汽轮机取而代之, 稍后, 在第一次世界大战以前, 横式汽轮机已几乎成为热力发电厂中唯一的原动机了。第二次世界大战以后, 世界电力工业发展得很快, 1954年世界发电设备的总容量约达到三亿瓩, 全年总发电量为13,450亿度(1956年世界动力会议数据), 而在1900年仅为150亿度。1954年, 美国发电厂的装置容量为1亿2千万瓩, 年发电量为5,000亿度。英国发电厂的装置容量达到1,900万瓩, 西德为1,200万瓩。美国每年新建发电厂容量约为1,000万瓩, 英国和西德每年为150万瓩。1955年苏联的发电量为1,700亿度, 设备容量为4,480万瓩。

热力发电厂的容量和机组的单机容量都在不断地增大, 目前单个热力发电厂容量已超过100万瓩, 机组的单机容量在运行中的已经达到20万瓩(单轴式汽轮机), 而在制造中的已达27.5万瓩(单轴式汽轮机)。蒸汽参数已经达到350ata, 650°C。至于并列复式的汽轮机, 已经在研究提到50万瓩的可能性。就世界用电量而论, 大约每十年增长一倍。

(1) 苏联动力事业的发展: 优越的社会主义制度, 使电力工业的发展达到了前所未有的速度。俄国十月革命胜利时, 发电设备仅110万瓩, 年发电量19亿度。1920年, 列宁提出全国电气化计划, 到1928年设备容量增加到190万瓩, 年发电量为50亿度。此后, 在几个五年计划期间, 其发展更为惊人。

第一个五年计划(1928~1932年) 设备容量为470万瓩; 年发电量为135亿度;

第二个五年计划(1933~1937年) 设备容量为810万瓩, 年发电量为364亿度;

第三个五年计划(1938~1942年, 1941年完成) 设备容量为1,100万瓩, 年发电量为500亿度;

第四个五年计划(1946~1950年) 设备容量为 2,240 万千瓦,年发电量为 900 亿度;

第五个五年计划(1951~1955年) 设备容量为 4,480 万千瓦,年发电量为 1,700 亿度;

第六个五年计划(1956~1960年) 设备容量为 9,860 万千瓦,年发电量为 3,200 亿度。

苏联电力工业的规模,自1917~1955年,在这38年中电力设备上长了40倍,年发电量上长了85倍,这种上长的速度,超过了世界上任何其他国家。苏联的电力工业在1917年仅占全世界第15位,1928年列到第10位,1937年以后列为世界第2位,欧洲第一位。

(2)我国电力事业的发展:美帝国主义国家为了对我国实行经济掠夺,于1882年在上海设置了第一个发电厂。其后各帝国主义国家相继在我国各大城市建立发电厂,垄断经营。我国自己经营的发电厂是在1906年才开始的,第一个是北京的“京师电灯公司”。到第二次世界大战前的1936年,我国自己投资的发电设备容量只有39万千瓦,在这三十年中间,平均每年只增加一万余千瓦。即使包括帝国主义所办的发电厂在内,到1948年也仅有148万千瓦。发电厂大部分容量很小,又非常分散,周波电压也很混乱。

解放以后,电力工业回到人民手中,在党的正确领导下,加上苏联专家的热心帮助,我国不仅恢复了旧有设备,并开始了有计划的新设备的安装。1952年,全国的设备容量约为200万千瓦,年发电量72.6亿度。第一个五年计划结束(1957年)时,设备容量已增至440万千瓦,年发电量193亿度(比1952年增长166%)。经过1958年的大跃进,无论是在发电设备容量方面,或年发电量方面,都有很大地增长。

从发电厂的效率来讲,解放以来有了很大的提高,这也是由于党的正确领导,苏联专家的无私帮助下,以及广大电业职工响应党的号召,大力开展技术革命运动的结果。如1949年的平均标准煤耗率为1公斤/千瓦时以上,而在1957年的平均标准煤耗率已降低到0.557公斤/千瓦时;设备利用小时方面1949年为2,286小时,而1957年提高到5,580小时。

第二节 热力发电厂的分类及其组成

1. 热力发电厂的分类

(1)根据送出能力的形态,热力发电厂分为下述类型:

1)只发出电能的发电厂:这种类型的发电厂装备有凝汽式或排汽式的原动机,普通简称为中心发电厂。

2)热电合供的发电厂:这种电厂可以分开地发出两种能,即用热力原动机发出电能,而直接由锅炉用蒸汽或热水送出热能;也可以用综合的方法供应热能及电能;后者称为热电中心厂。

(2)根据热力原动机的类型,热力发电厂可分为下述类型:

1)汽轮机发电厂:汽轮机已经极广泛地应用于任何功率的发电厂,对于大中型发电厂则更是如此。

2)燃气轮机发电厂:燃气轮机尚未广泛应用,但对中小型发电厂则极有发展前途。

3)内燃机发电厂:内燃机设备主要应用于石油出产地区的较为小型的电厂。

4)蒸汽机发电厂:蒸汽机仅应用于小型电厂。

(3)根据取得热能的方式,热力发电厂可分为下述类型:

1) 利用化学热能的发电厂，又可分为：燃烧固体燃料(煤、褐煤、泥煤)，燃烧液体燃料(重油)及燃烧气体燃料(天然气、人工或副产瓦斯)等三种类型。

2) 利用原子能的发电厂，即利用各种原子核变化所产生的热能而发电者。

3) 利用辐射能的发电厂，即利用太阳的辐射热能而发电者。

(4) 根据用户的性质及分布地点，热力发电厂可分为下述类型：

1) 区域发电厂：区域发电厂通常设在当地燃料产地附近，或水源(供给水及冷却用水)充足的地方。这些电厂以高压输出电能为广大的区域(有时几个省区)服务，通常具有较大的容量。一般地说，一个总的电力网由几个区域电厂(有时还包括水电站)供电，形成电力系统。

2) 地方性的或企业自备发电厂：这种发电厂直接设在用户或工矿企业的附近，仅能供给附近地区应用。它们的容量一般较区域电厂为小，且因为输送线路不很长，而且输送的能量不大，故多用不很高的电压输出电能。

2. 热力发电厂的组成

由于本课程主要是研究燃烧固体燃料的汽轮机热力发电厂，因此仅对这类热力发电厂的组成加以介绍。所有汽轮机热力发电厂均由下述主要部分组成：

(1) 燃料运输分场：管理厂内铁路运输，燃料卸载设备和燃料储存场或仓库。进入发电厂中的全部燃料在车辆磅秤上称过后，一部分卸在储存场或仓中，一部分直接送入锅炉的燃料仓斗中。

(2) 燃料供给分场：在这个分场中，有由卸载地方向锅炉燃料仓斗运送燃料的机械设备和建筑物，以及将大块燃料预先加以破碎的设备。

(3) 锅炉分场：在这个分场中，装有锅炉机组、全部辅助设备、煤粉制备装置，除灰装置、除灰用的建筑物等。在这个分场里，燃料的化学能即转变为过热蒸汽的热能。

(4) 汽机分场：在这个分场中，装有汽轮机、水泵、加热器等等。在汽机分场中，蒸汽的热能转变为机械能；在这里同时对锅炉的给水和送到热力用户的热水进行加热。这个分场内也包括凝汽器的循环水泵房及供水系统。

(5) 电气分场：管理发电厂中的全部电气设备，其中包括装置在各个分场的电动机、油系统管理业务、电气试验室等。这个分场常常还包括电厂通讯联系的设备。但是在大型发电厂中，通讯联系的设备是分出来单独成为一个组织机构，称为通讯分场。在电气分场中，机械能转变为电能，并将其变为各种不同的电压，以便送到各用户和作为本厂自用。

(6) 化学分场：管理化学水处理装置和化学试验室。在送出蒸汽的凝结水不能收回的发电厂中，化学分场具有特别重大的意义。

除去上述生产热能和电能过程中的主要分场外，发电厂中通常还有一些辅助车间：机械修理车间、土木建筑修缮车间、热力控制和自动化车间、汽车运输车间等。

现将热电中心厂的最简单的热力系统作一讨论。从图 1-1 中可以看到，蒸汽由锅炉(或许多锅炉)1 沿蒸汽管路被送到汽轮机 2 中，在那里，蒸汽膨胀到凝汽器 8 的压力。在此过程中，处在压力下的蒸汽的潜在热能即转变为机械能(汽轮机转子的转动)。为了将机械能转变为电能，汽轮机的轴，通过靠背轮与发电机 3 连接，并带动发电机旋转，

发出电能。

一部分蒸汽，经过几级膨胀之后，即由汽轮机中抽出，沿蒸汽管路送到蒸汽用户去。根据用户的需要来决定蒸汽的规范（一般不超过10绝对大气压力），也就是决定蒸汽由汽轮机抽出的地点。需要的压力愈高，抽汽点以前的汽轮机级数就愈少，也就是说每

公斤抽汽所产生的电能愈少。

一般抽汽都是用在各种不同工业部门中的工艺制造上，但是不管企业中所采用的工艺过程形式如何，需要的压力一般都不超过10绝对大气压力。因此，现代汽轮机的抽汽压力为1.2、5、7和10绝对大气压力。

第一项抽汽（1.2绝对大气压力）很少直接送出去，通常都是用来在电厂中加热水，而将热水送到热用户去。这些热水主要是用在建筑物取暖和生活需要上的。

在所讨论的系统中，汽轮机除去有送到用户4的抽汽外，还有一个规范最低的抽汽（1.2~2.5绝对大气压力），这项抽汽沿着蒸汽管路进入热力网加热器6中，热力网加热器中被加热的水送到热水用户5去。借助于热力网水泵7，水便在加热器和用户之间进行封闭的循环。

这样一来，就只有数量不多的蒸汽进入到凝汽器8中。因此，在这种发电厂中，随凝汽器冷却水带走的热量损失，就比不抽汽的纯凝汽汽轮机发电厂小得很多。

蒸汽在凝汽器中被凝结成水，被凝结水泵11打到给水收集箱12中，由此再由给水泵13送到锅炉中，这样给水的循环路线便成为一个封闭的回路。

送到用户的蒸汽凝结水，有时候回收一部分，有时候是不再回到发电厂的，所以这部分回收水在系统图上是用虚线表示的。由汽轮机送到热力网加热器去的蒸汽的凝结水，通常全部返回到给水箱中。

即使在用户用于生产工艺的蒸汽凝结水收回的情况下，在前面讨论的热力循环也会发生载热质（水或蒸汽）的损失，所以要向给水箱中送入蒸馏水或化学处理水以补充这些损失。系统图中表示出的循环水泵9将冷却水（循环水）送到凝汽器。

上面所讨论的系统的特点，是每一公斤由汽轮机抽出的蒸汽的热量，一部分用来生产电能，一部分即供给蒸汽和热水用户使用。这种综合的或者说“联合的”生产电能和热能是最合理也是最经济的。

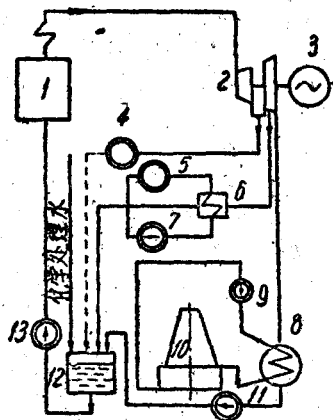


图 1-1 供给热用户蒸汽和热水的热电中心厂热力系统图

- 1—蒸汽锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—蒸汽用户；5—热水用户；6—热力网加热器；7—热力网水泵；8—凝汽器；9—循环水泵；10—冷却塔；11—凝结水泵；12—给水箱；13—给水泵。

第三节 世界电力工业发展趋向

世界电力工业发展趋向的特点可归纳为下列几点。由于我国必须在几个五年计划内赶上世界先进国家的技术与工业水平，因此，这也是我国电力工业的发展趋向。

1. 大力发展电力网及扩大电力系统。
2. 积极开发水力资源。
3. 大力发展热能联合生产电厂。

4. 采用高压高温的蒸汽设备及大容量机炉，以提高电厂经济性。
5. 利用当地低质燃料。
6. 高度发展电厂生产过程的机械化和自动化。
7. 建设原子能发电厂。
8. 采用燃气轮机发电设备。

第二章 电力与热力用户及其特性

第一节 电力用户的特性

电能与热能的特征是这种工业生产产品不能储存备用，在每一瞬间，电厂只能生产出所有用户所需的电力，多也多不出，少了就不能满足用户的需要。电厂在每一瞬间所产生的功率叫做电厂负荷。预先估计每一时刻的负荷，并作出相应的技术措施，对电厂来讲显然有着非常重大的意义。电厂的负荷既然并非自己可以决定，研究各类用户的用电情况就是估计电力负荷的必要步骤。

电力用户有以下主要的分类：

- (1) 工业负荷。
- (2) 农业负荷。
- (3) 交通运输负荷及公共事业负荷。
- (4) 生活照明负荷。

下面谈一谈这几种用户负荷的特性：

1. 工业负荷：工业负荷在任何电力系统内都是最主要的负荷，因此研究分析这些负荷是非常重要的。其一般特性如下：

(1) 工业负荷情况不仅决定于工业用户的工作方式（包括工厂设备的利用情况，每一设备的负荷情况，企业的工作班制，工作日的小时数，上班下班的时间，午饭休息时间和交班时的间隔时间等等），并且工业用户的种类及其特性也有极大的影响，因此研究电力系统的负荷情况时，不仅要研究整个的工业负荷，并且要研究个别工业部门的负荷情况，由此累积一切可能的材料。

(2) 凡是工业负荷比重大的任何电力系统，其工业负荷综合曲线的特点是在一昼夜内与生活照明负荷相比有较均匀的负荷，特别是在第一班，仅在午间的12~14时，因为午饭休息的缘故，负荷降低一些，另外在例假及节日的负荷也是低的。

(3) 夏季的工业负荷较冬季略低，其原因是工业的照明负荷降低，不过在有季节性负荷的系统内（如建筑业，制糖工业等），夏季工业负荷也可能比冬季高一些。

(4) 工业负荷的最低时间为非工作时间，在早晨六、七时，负荷突然上升，到八时左右达到最高额；中午负荷几乎直线下降，午后一时后负荷再行上升，午后高峰一般较上午高峰为低。

图2-1所示为工业负荷日负荷曲线。

2. 农业负荷：农业负荷的特性与中型工业负荷有些相似，其不同之点如下：

(1) 农业用户开始用电及负荷增加的时间比工业负荷略早（约为5~6时），但同样在

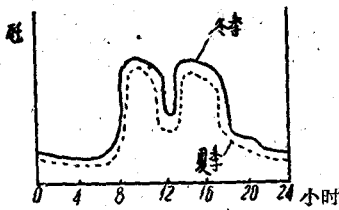


图 2-1 工业负荷日负荷曲线

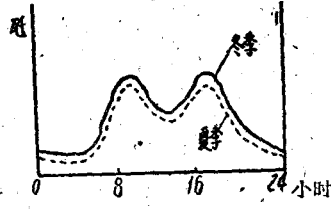


图 2-2 交通运输负荷日负荷曲线

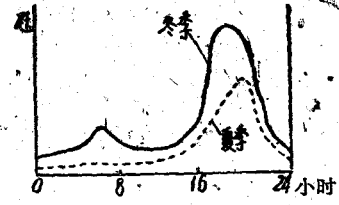


图 2-3 生活照明负荷日负荷曲线

10~11时为午饭休息时间，负荷也要降低。

(2)因为农业在夏秋两季要进行灌溉、收割、打磨等作业，所以负荷要比冬季高一些。

3.交通运输负荷及公共事业负荷：这两种用户的负荷在整个系统的总负荷上所占比重不大，因此影响也不大。

交通运输负荷包括：有轨电车、无轨电车、地下电车等。

公共事业负荷包括上、下水道用电等。

其具体特性分述如下：

(1)有轨电车、无轨电车和地下电车的负荷特性：这种负荷一般是平稳的，有两个尖峰：早峰为上午8时，晚峰为下午6时；日间负荷只稍微比早晨及晚上的尖峰负荷小一些，而晚间的尖峰负荷要比早晨的时间长一些。

这种负荷在全年内的变化很小，只有在冬季，有轨电车及无轨电车有不大的增加负荷趋势，其原因为：冬季运输条件困难些，摩擦的耗电增多，乘客数量增加，因而增加了车辆。

有轨电车和无轨电车的负荷曲线，与城市的性质，当地的地形平坦和起伏等条件有关。图 2-2 所示为交通运输负荷日负荷曲线。

(2)公共事业负荷特性：自来水负荷是对电力系统有好影响的用户之一。在不大的城市里，因为自来水厂备有大的蓄水池，就可能在电力系统最高负荷时间内降低用电，而将它的负荷移在电力系统低负荷时间去。这种负荷不但改善了发电厂的日负荷曲线，同样也改善了年负荷曲线，因为夏季的用水比冬季多。至于大中城市不可能储备足够数量的水，自来水厂就要全日工作，这样他的负荷也非常平稳，对于电力系统，同样有好的影响。

4.生活照明负荷：生活照明负荷包括单纯照明及市民的电热用电，至于工业照明用电的负荷则计入工业用电负荷内。生活照明负荷的一般特性为：

(1)在一昼夜内负荷情况极不平均，而且冬夏两季的负荷曲线，也有很大的差别。

(2)在冬季照明负荷曲线里，通常有早晨和晚上的两个尖峰，但在夏季只有晚上的一个尖峰，并且比冬季的要小得多，在发生的时间上也要晚一些。

(3)在一般系统内，生活照明用电约为全部用电的20%以上，而在最高负荷的时间内，其百分数还要高一些，因此照明负荷对于系统内的综合负荷曲线有决定性的意义，特别是在形成早晨(冬季里)和晚间的最高负荷。

图 2-3 所示为生活照明负荷日负荷曲线。

上面所讲的几种负荷中，工业负荷及生活照明负荷事实上就成了电力系统的主要负

荷，因为这两种负荷在电力系统的用户中，不论在苏联或者中国，都占80~90%，甚至更多。因此电力系统综合负荷曲线调配的一个很重要的方法，就是在照明和工业负荷之间变更它们在时间上和数量上的相互关系；由于这些变更，个别电力系统日负荷曲线在某些月份里可能有一个两个甚至三个尖峰负荷出现。

无论是在编制计划的系统负荷曲线时，或是为了平复负荷而拟定各种调整办法时，注意到照明和工业两种主要用户负荷的相互关系，是有极重大的意义的。比如在冬季的月份里，从11月到1月，有些地区16点已经黑天，根据一般规定，工业企业的日班在这时还没有下班，而照明用户负荷正在开始上升，因此就在极短的时间内产生了极大的尖峰负荷；而在17~18点内降落下去。如果我们对于工业负荷采取了适当的调整（例如提前上班与下班），则这一类的尖峰负荷就可以避免。

第二节 电力用户的最高需电量、需要因数及分散因数

在研究电力用户的特性的时候，必须了解个别种类用户负荷与系统负荷的关系，每一用户都有若干单独的用电设备，这些个别设备的额定功率的总和叫做联接功率。但是由于设备容量有备过负荷的富裕容量，或者设备并非在全负荷下运行，所以需要功率总是小于联接功率，用户的最高需电量或称最大负荷与联接功率之比例称为需要因数。

需要因数 = $\frac{\text{最高需电量}}{\text{联接功率}}$ ；需要因数总是小于1。

对发电厂来说，考虑供应能力时，只要知道用户的最高需电量或最大负荷就可以了。
最高需电量 = 需要因数 × 联接功率。

从上面的公式中，我们可以计算出一个或一组同类型用户的最高需电量或最大负荷，但是各种不同类型用户的最大负荷的和并不是发电厂所负担的最大负荷，这是因为在一个城市中，产生各种不同类型最大负荷的时间并不是一样的，比如照明负荷的最大负荷是在晚间，而工业负荷的最大负荷是在日间，因此在发电厂中的最大负荷并不是两者之和而是比两者之和要小得多。各组用户最高需电量之和与综合的最大负荷的关系，我们叫它为分散因数。

分散因数 = $\frac{\text{各组用户最高需电量之和}}{\text{综合之最大负荷}}$ ；分散因数总是大于1。

分散因数的倒数也称同时系数，因此，同时系数的数值总是小于1。

在一般的电力系统中，各用户负荷间之分散因数，一般约在1.1~2.5之间，但是由于同一类型负荷之间，负荷与变压器之间，变压器与变电所之间，变电所与发电厂总变压器之间，都有它的分散因数。因此在一般城市中，用户装接容量之总和与发电厂最大负荷的比较，一般为1与3之比（这个数值要根据用户的负荷特性、分布情况有所变动）。所以在设计电厂的时候，不需要按照用户的装接总容量来考虑电厂的发电设备容量，而仅需安装大约在三分之一左右的容量再加一些备用容量便可。

第三节 电力负荷曲线

发电厂在某一时期内，电力负荷的变化可用负荷曲线来表示。发电厂的代表性曲线可分为全日负荷曲线，全年负荷曲线及全年负荷持续时间曲线。

1. 全日負荷曲綫：工業區的全日電力負荷曲綫的形式主要是由工業與照明負荷曲綫的形式來決定。把圖2-1及圖2-3相加，就可得到一個一般性的全日電力負荷曲綫，如圖2-4所示。

從圖2-1、圖2-3及圖2-4所示的全日電力負荷曲綫中可以看出，冬季最大照明負荷從16~17時開始，早晨的負荷也稍高一些，夏季只有一個最大負荷而且遲得很，在20~21時才開始。至於冬夏季的工業負荷曲綫，除了夏季最大負荷稍低些以外，其負荷曲綫的形狀並無變化。由於冬季和夏季照明負荷曲綫的差別，因而冬季和夏季全日的總的工業和照明負荷曲綫則有極大的差別。冬季最大的工業和照明負荷在一晝夜期間同時出現，因此在這樣的總負荷曲綫上會得出明顯的晚間最高負荷。夏季最大的工業和照明負荷在一晝夜期間彼此並不重合，而且負荷曲綫有三個具有代表性的尖峯形式，同時夏季最大負荷的絕對值是顯著的低於冬季最大負荷（見圖2-4）。

在一年的其他時期（春季和秋季），全日總的電力負荷曲綫有着中間的形式，也就是說，在一年的這些時期中，全日最高負荷數值是相當於夏天和冬天最高負荷的中間數值。

圖2-5表示一個大規模工業區的冬季全日電力負荷曲綫的結構。

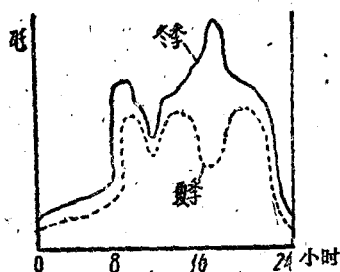


圖2-4 全日電力負荷曲綫

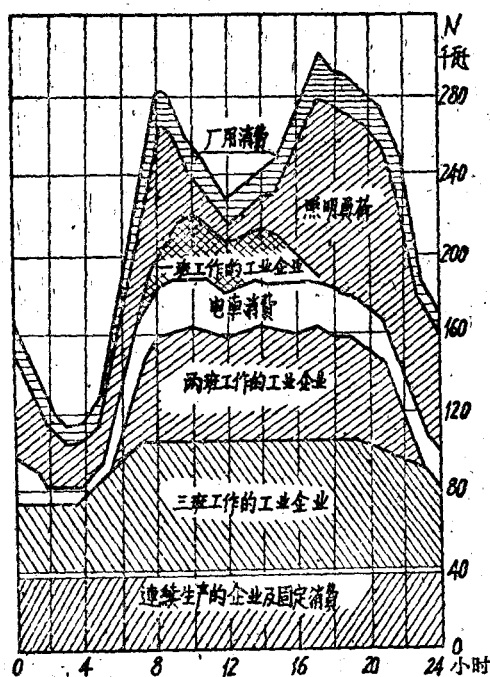


圖2-5 全日電力負荷曲綫的結構

2. 全年負荷曲綫：按照一年的月份，在全年負荷曲綫上可以表示出最大、平均和最小負荷的數值的曲綫，如圖2-6所示。平均（每月平均）負荷曲綫以下的面積確定了發電廠全年發出的電量。全年最大電力負荷曲綫通常用以決定電力用戶在一年中的不同季節內所提出的最大需要量，又可用以擬定設備檢修計劃。

3. 全年負荷持續時間曲綫：當計劃、設計及運行發電廠或發電廠系統時，可利用全年負荷持續時間曲綫圖（見圖2-7）來確定全年發電量及解決一系列的其他問題。全年負荷持續時間曲綫代表着全年期間某一負荷及大於該負荷的各負荷的全部持續小時。其縱座標表示負荷數值，從橫座標表示出全年期間各負荷的持續小時，從零到一年的全部持續小時數，即8,760小時。

全年負荷持續時間曲綫，也就是將全年內每小時負荷的排列次序沿橫座標逐漸減低

的曲线图。

在横坐标轴上从零到8760上划一个长方形，表示每小时的负荷，使第一点为最大负荷，最后一点为最小负荷。这种绘制必须有全年365天的昼夜负荷曲线图，但为了简单起见，通常采用冬季及夏季两个代表日曲线图，并假定冬季及夏季各为若干天数。例如在某一地区，冬季为210天，夏季为155天，并假定在该时间曲线固定不变。如果要求特别准确的计算，可采用春、夏、秋、冬四季的代表日曲线图。各季的长短随各地的气候而定。

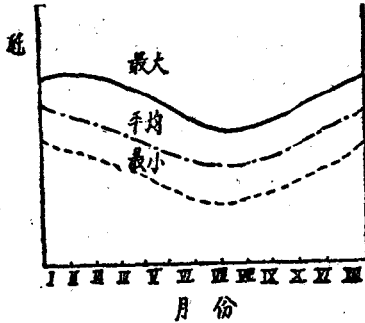


图 2-6 全年负荷曲线

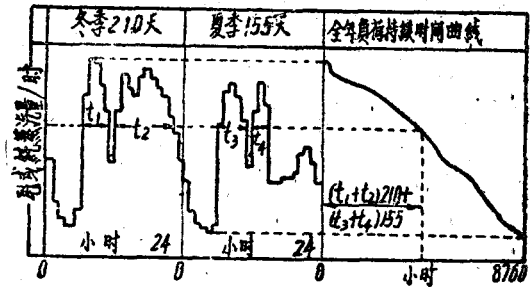


图 2-7 根据冬季和夏季的代表日负荷曲线图绘制的全年负荷持续时间曲线图

图 2-7 所示为全年负荷持续时间曲线中一个点的绘制方法。通过纵坐标轴上任一负荷点作一平行于横坐标轴的直线，此直线代表日负荷曲线范围内的一段，表示在冬季及夏季一天中有若干小时的负荷是超过所绘制的负荷。对冬季及夏季曲线中的小时数分别乘以 210 及 155，再把乘得的积数相加，即得在全年中超过该负荷的小时数。将此小时数绘在全年负荷持续时间曲线上，如图 2-7 所示，则求得全年负荷持续时间曲线图上的一点。用同样的方法绘制在其他负荷的各点，然后将各点连接，则得全年负荷持续时间曲线。所绘制的点越多，则所得的全年负荷持续时间曲线越准确。在上述举例中，绘制全年负荷持续时间曲线时，没有考虑到节假日负荷的减低。如果需要更准确地计算全年负荷情况，则可考虑停工日期内没有发足的能量，将全年持续曲线加以修整，其修整系数小于 1。

负荷持续时间曲线以下的面积就是全年发出的瓩小时数(发电量)，它与发电厂蒸汽的消耗量或煤耗量成比例。所以负荷持续时间曲线不仅绘出全年期间发电厂可能的工作情形的明显概念，而且还能够用来选择最合理的各个机组的容量，计算全年蒸汽及燃料消耗量等等。

第四节 热力发电厂的工况系数

根据发电厂的运行记录(技术统计)，可以计算出各种工况系数用来比较发电厂在不同时期中的管理质量。当设计发电厂时，计算它的工况系数，也可以判断它将来运行的情况及可靠性。

1. 设备容量及备用容量：发电厂的电力容量由装置在发电厂内的机组容量来决定。全部设备的装置容量(瓩或 10^3 瓩)称为发电厂的设备容量 N_{ycm} (即 $N_{设}$)。

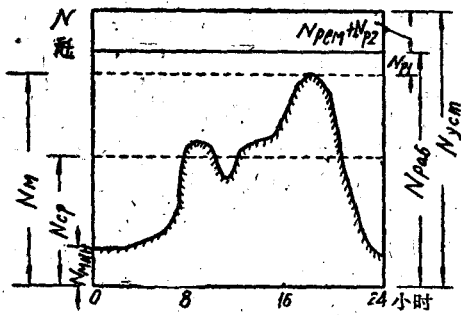


图 2-8 一昼夜电力负荷曲线

在发电厂中，或在发电厂的系统内，都必须有备用的电力容量，以便修理机组停车时，或由于故障原因停车时，可以由备用机组代替工作。

发电厂的电力备用容量等于全部机组的总容量与发电厂最高电力负荷的差额。这项电力备用容量包括检修备用及事故备用容量。

图 2-8 所示为发电厂一昼夜电力负荷曲线的示例。

负荷曲线的平均纵坐标值等于发电厂一昼夜的平均电力负荷 N_{cp} (即 $N_{平}$)，最大纵坐标值即为最大负荷 $N_{\max}$ (即 $N_{最大}$)，最小纵坐标值即为最小负荷 $N_{\min}$ (即 $N_{最小}$)。

在实际的发电厂中，依照负荷的需要，仅有部分的汽轮发电机运转，而其余的机组可能在进行修理或在备用中。

在最大电力负荷时期内所运转的汽轮发电机的总容量 N_{pab} (即 $N_{运}$)，称为发电厂的运转容量。

N_{ycm} 、 N_{pab} 和 $N_{\max}$ 三者之间，必须满足下列的关系： $N_{ycm} \geq N_{pab} \geq N_{\max}$ ，如果 $N_{pab} > N_{\max}$ ，那么差额 $N_{pab} - N_{\max} = N_{p1}$ ，这就是潜在的电力备用容量或称热备用容量。

在最大负荷时期中，随时可以投入工作而不在运转的汽轮发电机容量。

$N_{op2} = N_{ycm} - N_{pab} - N_{pem}$ ，称为显著的电力备用容量或称冷备用容量； N_{pem} 即修理机组的容量。热备用和冷备用容量的总容量即为全部的电力事故备用容量。

$$N_{p2} = N_{p1} + N_{p2} = N_{ycm} - N_{pem} - N_{\max}$$

2. 平均负荷 N_{cp} ：发电厂一昼夜的平均负荷可以用每昼夜所生产的电量 $\mathcal{E}_{cym}$ (即 $\mathcal{E}_{日}$) 对发电厂在一昼夜中的工作时 τ_{pab} (即 $\tau_{运}$) 的比值来决定：

$$N_{cp} = \frac{\mathcal{E}_{cym}}{\tau_{pab}} \quad (2-1)$$

如果发电厂整昼夜运行，则

$$\tau_{pab} = 24 \text{ 小时}, \quad N_{cp} = \frac{\mathcal{E}_{cym}}{24}$$

平均负荷值在近似地估计发电厂的运行经济指标时，具有主要的意义；而在决定发电厂的运转容量 N_{pab} 和装置容量时，最大负荷 $N_{\max}$ 就具有主要的意义。

发电厂的年平均负荷等于：

$$N_{cp} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{\tau_{pab}} \quad (2-2)$$

式中 $\mathcal{E}_{год}$ (即 $\mathcal{E}_{年}$)——全年的生产电量；

τ_{pab} (即 $\tau_{运}$)——发电厂全年的运行持续时间。

如果发电厂整年不间断地运行，那末 $\tau_{pab} = 8,760$ 小时。

$$N_{cp} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{8760}$$

3. 平均负荷因数 μ_{cp} (即 $\mu_{平}$): 平均负荷因数 μ_{cp} , 表示发电厂全年或全日的负荷曲线形状的特性, 而又可以说明在设备运行时间内(一昼夜, 一年等)负荷的均匀程度, 它的大小等于设备运行时间内的平均负荷 N_{cp} 与最大负荷 N_M 的比值:

$$\mu_{cp} = \frac{N_{cp}}{N_M} \quad (2-3)$$

平均负荷因数可以根据负荷曲线的平均纵坐标与最大纵坐标的比值来决定, 或者根据在设备运行时间内实际的生产电量 $\mathcal{Q}$ 对在同一运行时间内 τ_{pad} 以最大负荷所能生产的电量 $\mathcal{Q}_M$ 之比值来决定, 也就是负荷曲线下面的面积与一长方形面积的比, 这个长方形的基础为运行时间 τ_{pad} 的小时数, 其高度为在该段时间内的最高负荷。所以

$$\mu_{cp} = \frac{\mathcal{Q}}{\mathcal{Q}_M} = \frac{N_{cp} \tau_{pad}}{N_M \tau_{pad}} = \frac{\mathcal{Q}}{N_M \tau_{pad}} \quad (2-4)$$

因此, μ_{cp} 也称为负荷曲线的充满系数或负荷曲线的充满度。

平均负荷因数是发电厂的最重要的经济指标之一, 它可以用来表示发电厂的运行经济性; 比如图2-9所表示的甲乙两厂, 它们的平均负荷是相等的, 也就是说它们的日发电量是相等的。但是甲厂的最高负荷要比乙厂的最高负荷大的多, 所以根据上面的公式(2-3), 我们就可以很容易地得出甲厂的平均负荷因数要比乙厂的小, 所以我们说甲厂的经济性要比乙厂差。这是因为虽然两个厂发出同样的发电量而甲厂必须装置较多的设备, 这就使国家的投资增加。由此看来, 发电厂的平均负荷因数愈大, 则经济性愈高。在社会主义国家中, 一般较为经济的电厂, 年平均负荷因数大多数在0.8左右, 而资本主义国家的电厂的年平均负荷因数一般不超过0.65左右, 这明显地证明社会主义国家的优越性。

4. 机·时数: 发电厂在某一时间内, 同时运行的汽轮机数目 i 与在该时间内同时运行的小时数 τ 的乘积总和, 叫做该时间内的机·时数 m 。发电厂这一运行指标, 与其他表征工作方式的系数一样, 经常系指一年而言。

一年内发电厂运行时间内的机·时数根据全年的负荷持续时间曲线来决定。例如从图2-9a中可以明显地看出: 在某一发电厂中有三座相同的运转机组, 在 τ_1 小时的一段时间内, 使一座机组运转已足够承担负荷, 在 τ_2 小时的一段时间内, 需要有两座机组运转, 而 τ_3 小时内则需三座机组运转。

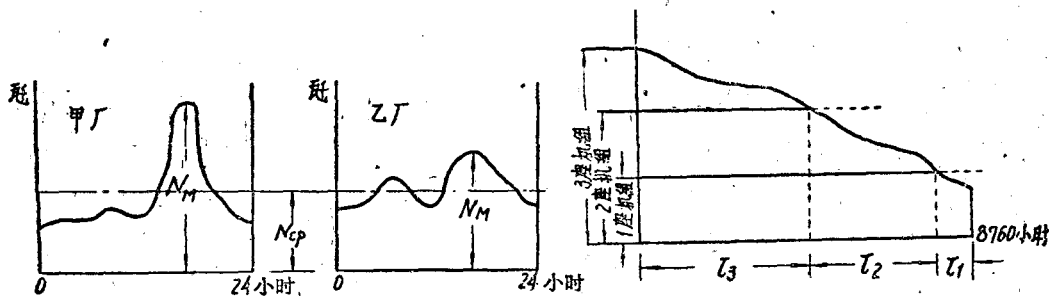


图2-9

图2-9a 按照全年负荷持续时间曲线来决定机·时数

一年中发电厂运行时间内的机·时数可以用下列式子来决定:

$$m = \tau_1 + 2\tau_2 + 3\tau_3 \quad (2-4a)$$