

中等专业学校教学用书

热力发电厂

苏联H.M.陀尔果夫斯基著

电力工业出版社

中等專業學校教學用書

熱力發電廠

蘇聯 H.M.陀爾果夫斯基著

張廷堃 魯鍾琪譯

蘇聯電站部教育司批准作為中等動力專業學校用教材

電力工業出版社

內 容 提 要

本書是中等專業學校發電廠專業所用的教材。書中前几章講熱力設備的分類，電力用戶和熱力用戶的特性和發電廠負荷的調整方法。然後介紹了熱力系統各個部分和總體的計算方法。書中特別指出同時供應電能和熱能的優點。對於熱力發電廠的供水、運輸、燃料保管、除灰等問題也都談到。在講完每一個問題後，都附有很多例題，以便於讀者領會。

Н. М. ДОЛГОВСКИЙ

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

熱 力 發 電 廠

根據蘇聯國立動力出版社1954年莫斯科版翻譯

張廷堃 魯鍾琪譯

370R80

電力工業出版社出版(北京府右街 26 號)
北京市書刊出版業營業登記證出字第082號

北京市海潮一厂排印 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 • 17 $\frac{1}{2}$ 印張 • 380千字 • 定價(第10類)2.20元

1957年2月北京第1版

1957年2月北京第三次印刷(0001—7,600冊)

目 录

第一章 序言	3
1-1 苏联火力发电事业发展的简述	3
1-2 热力装置的分类	6
第二章 发电厂的负荷与电力及热力用户	13
2-1 负荷曲线	13
2-2 负荷曲线的调整	20
2-3 电力用户的特性	23
2-4 热力用户的特性	25
第三章 发电厂热力过程的技术经济指标	28
第四章 发电厂的原动机及其特性	35
第五章 给水的回热加热	47
第六章 蒸汽初规范和终规范对汽轮机装置运行经济性的影响	63
6-1 蒸汽初规范的影响	63
6-2 蒸汽的中間过热	67
6-3 高压叠置	71
6-4 蒸汽终规范的影响	72
6-5 兩汽热力循环	74
第七章 发电厂中凝結水的損失和减少这种損失的措施	79
7-1 凝結水損失的意义	79
7-2 用装設蒸汽發生器的办法以保存凝結水	80
7-3 鍋爐排污的水量損失和减少这些損失的措施	82
第八章 凝結水損失的补充方法	90
8-1 給水質量的要求	90
8-2 补給水的处理	92
8-3 給水的除氧	98
第九章 发电厂的供热	101
9-1 載热質的选择	101
9-2 发电厂的蒸汽供应	102
9-3 发电厂的热水供应	103
第十章 发电厂的热力系統	110
10-1 原則性热力系統的設計	110
10-2 热力系統的计算方法	115
10-3 热力系統經濟性指标的決定	116
10-4 蒸汽鍋爐的型式和單位容量的选择	139
10-5 发电厂的全面性热力系統	141
第十一章 发电厂的管道	149
11-1 主蒸汽管道	149
11-2 給水管道	152

11-3 輔助管道	153
11-4 管道計算	156
11-5 管道的熱變形及其補償方法	164
11-6 管道附件與成型件	163
11-7 蒸汽管的疏水	172
第十二章 發電廠的供水	175
12-1 發電廠的用水量	175
12-2 水源	177
12-3 供水系統	179
12-4 冷卻裝置	181
12-5 取水設備和水泵站	187
12-6 循環水泵	188
第十三章 燃料的運輸, 儲存與破碎	192
13-1 概論	192
13-2 燃料送達發電廠	192
13-3 燃料的卸載和收儲	195
13-4 儲煤場設備與燃料的儲存	198
13-5 固體燃料的廠內運輸	204
13-6 燃料破碎	216
13-7 燃料輸送建築物及燃料倉庫(儲煤場)的佈置	222
13-8 液體燃料的運輸和儲存	225
第十四章 爐煙中的飛灰清除	228
14-1 概論	228
14-2 慣性機力除塵器	229
14-3 濕式除塵器	234
14-4 電氣除塵器	236
第十五章 灰與渣的清除	239
15-1 概論	239
15-2 灰與渣的清除系統	240
第十六章 發電廠廠用電力的消耗	253
16-1 概論	253
16-2 燃料輸送所耗的電力	255
16-3 燃料加工製造所耗的電力	255
16-4 吸風及送風所耗的電力	257
16-5 給水泵所耗的電力	259
16-6 循環水泵及其他水泵所耗的電力	260
16-7 熱化用水泵所耗的電力	262
第十七章 發電廠主廠房及主要車間的佈置	263
17-1 發電廠總平面圖	263
17-2 主廠房的佈置	265
17-3 中小容量發電廠的佈置	276
第十八章 發電廠設計的原則	276
參考文獻	280

第一章 序 言

1-1. 苏联火力发电事业发展的简述

1920年根据 В. И. 列宁的提議成立了全俄电气化国家委员会。这个委员会所拟訂的计划(全俄电气化国家委员会计划)規定, 在15年期间內改建現有的发电厂并建立新的总容量为 1750 千瓦的发电厂。

全俄电气化国家委员会计划的完成实际上比規定日期提早了很多。还在 1930 年时, 苏联发电厂的容量已比 1913 年增加了一倍, 电力生产量也比 1913 年增加了 3 倍。在 1937 年, 苏联的发电厂已經生产出比 1913 年多 17.5 倍的电力。在 1940 年, 苏联在电力生产方面已进入到欧洲第二位, 而到 1947 年时, 便已进而为欧洲第一位。

在社会主义建設的年代里, 在广泛的使用电力的基础上, 苏联建立了先进的社会主义工业。

全部电气化的企业, 是苏联兴建的企业唯一形式。

由于电力拖动的使用, 从而使大批的連續生产得到保証, 并有可能使極复杂的机床全部自动化。苏联的电焊事业、电气冶金事业和电化学已得到蓬勃的发展。

目前, 高压电流(200 千伏以下的)已經可以傳送 300 公里的距离。这个距离还不是最远的距离。古比雪夫水力发电站所發出的电力将要輸送到莫斯科, 也就是說差不多輸送將近 1000 公里的距离。

苏联进一步电气化的途徑是增大已建成的发电厂容量, 同时并將它們連成为并联运行的电力系统。

苏联社会主义經濟的计划性, 对于將发电厂連結成为一个系統提供了特別有利的条件。各个工业区的电力系统建成以后, 即着手將不同工业区域的系統連結在一起。例如頓巴斯煤矿区巨大供电系統已用輸电綫路和第聶伯系統及亞速海-黑海边区系統連結起来了, 而成为一个頓巴斯-第聶伯-亞速海-黑海电力系统。烏拉尔三个巨大区域的电力網連結成一个总的烏拉尔系統, 这个电力系统包括了烏拉尔省和莫洛托夫省所有的电力網。

苏联工业区域的电气化发展是和农业电气化同时进行的。

农业企业的基本电气化已在临近工业发电厂电力網的地区, 以及在裝有小容量的水电站和热力发电厂的个别国营农場和集体农庄实现了。在这些小型发电厂中包括機車型电厂(鍋駝机——譯者註)。

苏联电力工业的最大特点是充分利用当地的低級燃料。

社会主义电力事业的特点, 也在于高速发展热化事业, 这种热化事业是在革命前的俄国根本沒有的。热化, 也就是集中地將发电厂(中心热电厂)热机的廢汽热量供給生产

用戶和生活用戶，这样可以得到巨大的經濟效果。

1931年党的中央全体會議通过了下列有关發展电气化的決議：“中央委員會認為：国家电气化的今后計劃，应当尽量考虑大容量中心热电厂扩建的任务，首先是在一些老的大工業中心(莫斯科，列宁格勒，哈尔科夫等)以及新的工業中心(車里雅賓斯克，斯大林格勒等)”。

这个決議規定要在今后几年中以飞躍的速度發展热化事業。

到1940年底，中心热电厂的数目比1929年已增加了7.6倍。容量增加34倍，热能供应增加21倍，电力網的长度增加30.6倍。当时列宁格勒热力網的总长度已是71公里。莫斯科热化的規模已經超过了所有欧洲的城市。

在苏联其他一些巨大的工業中心，像哈尔科夫、基輔、斯大林格勒、雅罗斯拉夫里、伊万諾夫城、烏發、馬格尼托哥爾斯克，克蔑洛夫城，克拉馬托爾斯克和其他城市热化事業也开始發展起来了。

法西斯侵略者的进攻在一定期間内打断了热化事業的發展。但是在1943年时，中心热电厂的容量就已經超过了战前的容量，而在1944年热力供应量就已达到战前的水平。

在战后五年計劃开始的时候，苏联全部中心热电厂所供应的热量已經是 30×10^6 百万大卡/年，这已經超过了美国所有中心热电厂供热量的1倍。苏联中心热电厂的容量已較美国中心热电厂的容量大5倍，而供热主干綫的长度已較美国大1.5倍。

战后期間热化事業的發展，是有着巨大成就的。在1950年初，中心热电厂的热化容量和1940年比起来，已增長70%，供应的热量增加了一倍，热力網长度增加了0.4倍。

根据恢复国民經济的五年計劃，建立了許多新的中心热电厂，并敷設了許多新的热力網。

五年計劃已經全部完成了。莫斯科按其全部热化指标来看已經进为世界第一。还在1949年，热量供应就已达到 3.5×10^6 百万大卡，热力網长度已达170公里，热化建筑物的数目已达1300个，热化企業达100个。热力網有效半徑已增大到6.5公里，供热管路的直徑已增大到600公厘。

遵照党十九次代表大会的決議，苏联的热化事業將得到进一步廣泛的發展。

由于掌握了最新的电力工程技术，由于过渡为联合生产电力和热力以及發电厂工作人員——工人、技術人員、生产革新者忘我的劳动，發电厂的工作質量指标正在不断地提高着。單位燃料消耗量一年一年地降低。例如：在1920年地区發电厂每生产1度的电力平均消耗1.4公斤标准燃料；在1932年，即降低到0.77公斤/度，在1937年，降到0.623公斤/度，1939年，降到0.605公斤/度，到1952年已降低为0.519公斤/度。

和發电厂容量增長及其运行指标改善的同时，苏联鍋爐汽輪机制造工業也正在發展。

苏联鍋爐制造工業的發展，可划分为四个时期：

在第一个期間内(1924—1930年)，每一个鍋爐制造厂(列宁格勒斯大林金屬工厂，最

夫斯基列宁金属工厂,塔干罗斯克锅炉制造厂等)只是独立地按照老的型式生产锅炉。生产出的锅炉,压力为 17—25 公斤/公分²,受热面为 400—750 公尺²,蒸发量为 10—35 吨/时,并带有铆接的汽鼓。

制造出来的锅炉大多数是小容量的火管式或水平管式锅炉,只适用于容量不大的锅炉装置中。大型锅炉制成为四汽鼓型式的。

在同一时期内,也转而制造具有 750—800 公尺²受热面并带有无缝锻制汽鼓的中压锅炉。

第二个时期(1931—1935年)的特点,是将在锅炉设计范围内的各个工厂的业务联合成一个机关——中央锅炉设计局。

在这段时期内,各工厂开始制造三汽鼓式锅炉,其受热面为 1500 公尺²,蒸发量为 90—110 吨/小时,蒸汽规范升高为 32 绝对大气压, 450°C。锅炉已经是带有各种辅助设备的成套装置。大部分锅炉都是装设着燃烧煤粉的燃烧室,并具有充分扩展的水冷壁。在这一时期中,也出产了第一批双汽鼓的锅炉。

第三段时期(1936—1944年)的特点是:苏联工程师设计了并开始运用了构造形式更为完善的锅炉,其中包括对各种不同燃料具有统一规格的拉姆金直流锅炉。

在此期间内,也出现了单汽鼓锅炉(КО-III-200, ТКП-1,2,3 等型号)。

在 1939 年苏联完全停止了动力设备的国外进口。

在此期间内,创造出新式的、精确而科学的锅炉机组计算方法的苏联科学研究机关——波尔宗诺夫中央锅炉汽轮机研究所和捷尔仁斯基全苏热工研究所,是有着巨大的作用的。

战后的年代是属于苏联锅炉制造发展的第四个时期的。在此期间内设计了高规范和超高规范的大容量锅炉。

目前在苏联的工厂中正在制造着蒸汽规范为 100 绝对大气压及 510°C、蒸发量为 230 吨/小时的汽鼓式和直流式锅炉。同时也出产了 185 绝对大气压 555°C 的汽鼓式锅炉。

在沙俄时代,只有一个圣彼得堡工厂(现在称为“列宁格勒斯大林金属工厂”)能生产容量在 1250 瓩以下的汽轮机。从 1906 年到 1913 年期间中,这个工厂总共制造出总容量为 9000 瓩的 26 个汽轮机。

十月革命以后,列宁格勒斯大林金属工厂开始生产极大容量的汽轮机。1923 年,这个工厂生产出蒸汽初规范为 12 绝对大气压、300°C、转速为 3000 转/分,容量为 3000 瓩的冲动式汽轮机。

在 1925 年,3000 转/分、容量为 10 000 瓩的汽轮机就已经制造出来了。从这时起就开始大批出产构造严密的汽轮机,并且设计较高压力 29 绝对大气压和对当时来说是高温蒸汽的 375°C 的机器。

转入制造容量为 24 000 瓩、转速为 3 000 转/分的大型(对当时来说)机器以后,苏联汽轮机制造的发展即从 1927 年起开始进入第二阶段。第一台这样的机器是在 1930 年出产的。

此后,列宁格勒斯大林金属工厂即开始生产转速为 3000 转/分、容量为 50 000 瓩的

AK-50-2 型汽輪机和轉速为 3000 轉/分、容量为 100 000 瓩的 AK-100-1 型汽輪机。

在 1934 年，哈尔科夫汽輪發電电机工厂也开始投入生产了。

战后时期的汽輪机制造特点，是轉而生产蒸汽规范为 35 絕对大气压， 435°C （代替 29 絕对大气压和 400°C ）的中常容量和不大容量的汽輪机，并生产出許多大容量高蒸汽规范（90 絕对大气压、 $480-500^{\circ}\text{C}$ ）的新型汽輪机。

目前列宁格勒斯大林金屬工厂正在大批地生产容量为 50 000 和 10 0000 瓩、蒸汽压力为 90 絕对大气压、温度为 500°C 的汽輪机以及帶有抽汽的 BT-25 型和 В ПТ-25 型高压汽輪机。使用后两种汽輪机有着巨大的国民經济意义，因为这样对于使用高初规范蒸汽的热化事業的發展，提供出極為广泛的可能性。

此外，列宁格勒斯大林金屬工厂已經設計了并制成了使用 175 絕对大气压、 550°C 超高规范蒸汽的、容量为 150 000 瓩的汽輪机，并且目前这种汽輪机已經在某一个發电厂中进入运行試驗阶段。这台汽輪机是世界上第一个在这样高的蒸汽规范下以 3000 轉/分轉速工作的凝汽式單軸汽輪机。

这就是苏联的动力事業在国家工業化的年代里發展的光輝途徑。

在目前五年計劃中（1950—1955），电力事業發展計劃揭示出世界历史上还从来没有过的新的宏偉的远景。

到 1955 年，發电厂的总容量，和 1950 年比起来差不多增加 1 倍，而水力發电站的总容量差不多增加 2 倍。

和建設新發电厂的同时，將广泛采用全部过程的自动化，而在水力發电站中將完成設備管理的全部自动化。

1-2. 热力裝置的分类

在广的意义上來講，用来生产电能、热能、机械能和原子能的工業建筑就称为动力裝置。

动力裝置根据它所利用的自然能源的不同形式，被分为風力裝置、水力裝置、太陽能裝置、原子能裝置和热力裝置。風力裝置是借助于各种不同的風力原动机来利用風的能量。这种裝置的容量通常不超过 1000 瓩。

借助于水輪（小的裝置）和水輪机（任意容量的裝置）来利用降落的水的能量的水力裝置，是使用得非常广泛并且具有巨大国民經济意义的。利用这种所謂“白煤”的自然能源，是能够得到最經济的电能的。

苏联在水力动力資源的儲藏量方面佔世界第一位，超过美国、加拿大和其他一些国家許多倍。在 1946 年苏联的水力發电站發出的电力佔苏联所有發电厂总發电量的 16%。目前正在兴建的一些巨大的水电站，即古比雪夫水电站、斯大林格勒水电站、卡霍夫水电站投入运行后，这个比例会更加增大。

利用太陽輻射热能的太陽能裝置，目前还只是試驗时期，还没有工業应用的意义。

原子核能量的获得，在目前是具有决定意义的。苏联学者們已找到和平使用原子能

的方法。在苏联已經建成第一座原子能發電站，它开辟了工程技术上的新紀元。

利用燃料化学能的热力裝置，目前应用得最为普遍。下面再將它們加以分类。所有上述其他形式的动力裝置，將在有关的專門課程中加以討論。

根据为获得机械能(为了轉动發電机轉子)而使用的原动机的不同，热力發電厂可以分为：1)活塞式內燃原动机發電厂；2)活塞式蒸汽机發電厂；3)燃气輪机發電厂和4)汽輪机發電厂。

內燃原动机有許多重要的优点。它非常紧凑，效率特別高，可以快速启动和快速停車，不需要很多的运行管理人員。

但是这些原动机也有很多缺点，使得它們甚至在中容量的發電厂中也不能应用。它們只能使用高价液体燃料工作，而这种燃料常用于其他的目的，主要是用于运输用的原动机中，它不适宜于用在大容量的發電厂中，因为最大的內燃机的容量也不会超过几千瓩。

因此使用內燃原动机来生产电力，在苏联只限于容量不超过 1000 瓩的不大的發電厂。这种發電厂主要是建立在缺乏水源的地区，以及在有可能以石油工業中的廢品作为当地燃料来利用的地方。

、 活塞式蒸汽机也是只应用在小容量(1500—2000瓩以下)的發電厂中。

限制这种机器不能普遍用来生产电力的缺点是：轉速不够大(120—240 轉/分)，笨重，裝置需要的地面太大以及帶有曲柄連桿机构。

对于临时性的以及容量不大的發電厂，主要是以機車裝置的形式来使用活塞式蒸汽机，这是因为它有某些明显的优点，那就是：

- a)裝置的紧凑性，不需要各別的鍋爐分場建筑和汽机分場建筑；
- б)不需要建造大的基础，因为放置汽机的鍋爐就有着機車蒸汽机基础的作用；
- в)沒有連結鍋爐和汽机的很長的管路；
- г)维护簡便，机器可以承受很大的短時間的过負荷(可以达到50%銘牌容量)；
- д)可以利用各种木材廢品和农業生产的廢品作为燃料；
- е)为凝結蒸汽而需要的水量非常小(和汽輪机比較起来)。

由于有这些优点，就使得在农業上、森林和木材加工工業上、不大的居民点的公用事業上，在面粉工業中(不太大的磨粉厂、榨油厂、皮革厂和其他工厂)，在铁路運輸上(用来供水，小型工厂用等等)以及在設立暫時發電厂的大規模的施工工地上，采用機車裝置具有許多优越的条件。

至于燃气輪發電厂，虽然这种原动机有許多优点(紧凑性，管理簡便，冷却水的需要量不大等等)，但是暫時还没有被普遍应用。

这样看来，中等容量和大容量热力發電厂的主要型式就是裝設汽輪机的發電厂。

本課程主要是研究这些發電厂。

在热力發電厂中主要使用汽輪机有以下几点原因：

- a)可以裝置大容量的机器(高达 100 000 瓩以上)；
- б)工作的可靠性比活塞式汽机高；

б)和活塞式蒸汽机比起来,經濟性較高;

г)运行速度的均匀程度比蒸汽机和內燃机高,这对保証發电机并列运行的稳定性來說,是有巨大意义的;

д)利用廢汽时不会發生困难(蒸汽不会被机器污染,抽汽非常簡便),这对發展热化事業来说是特別可貴的。

汽輪机發电厂生产电力和热力的工艺方案决定其組織機構。

按照發电厂技术管理法規(第11节,1953年出版),在汽輪机發电厂中有以下几个分場:

1.燃料运输分場:管理厂內鉄路运输,燃料卸載设备和燃料儲存倉庫。进入發电厂中的全部燃料都要再在車輛磅秤上称过,一部分卸在儲存庫中,一部分直接送入鍋爐的燃料倉斗中。

2.燃料供給分場:在这个分場中有由卸載地方向鍋爐燃料倉斗运送燃料的机械和建築物,以及將大塊燃料預先加以破碎的设备。

3.鍋爐分場:在这个分場中裝有鍋爐机組和全部輔助设备:煤粉制备裝置、除灰裝置、除灰用的建筑構造等。在这个分場里,燃料的化学能即轉变为过热蒸汽的热能。

4.汽机分場:在这个分場中裝有汽輪發电机,水泵,加热器等等。

在汽机分場中,蒸汽的热能轉变为机械能;在这里也对鍋爐的給水和送到热力用戶的热水进行加热。

5.电气分場:管理發电厂中全部电气设备,包括裝置在各个分場的电动机,油系統管理業務,电气試驗室。这个分場常常还包括电厂通訊联系的设备。但是在大型發电厂中,通訊联系的设备是分出来单独成为一个組織機構的——联系分場。

在电气分場中,机械能轉变为电能,并將其变为各种不同的电压,以便送出到各用戶和作为本厂自用。

6.化学分場:管理化学水处理裝置和化学試驗室。

在送出蒸汽的凝結水不能收回的發电厂中,化学分場具有特別重大的意义。

除去上述生产电能和热能工艺过程中的主要分場外,發电厂中通常还有一些輔助車間:机械修理車間,土木建筑修繕車間,热力控制和自动化車間,汽車运输車間等。

可以根据不同的标志,对汽輪机發电厂进行分类。

根据容量不同,發电厂可以分为:大型發电厂——容量在25 000瓩以上的,中型發电厂——容量在12 000到25 000瓩之間,和小型發电厂——容量小于12 000瓩。

根据燃燒的燃料形式和其燃燒方法的不同,發电厂可以分为:使用固体燃料、使用液体燃料和使用气体燃料的發电厂。使用固体燃料的發电厂又可分为使用泥煤的、使用塊煤的和使用粉煤的等等。

根据和电力輸送綫路連結的特征不同,有在总的送电系統中与其他發电厂并列运行的發电厂,或者是独立运行并供給任何居民点或任何企業以电能和热能的發电厂。

但是最值得注意和有实际意义的是按照供給的能量形式,也就是按照純粹动力特征来对發电厂加以分类。

按照这种特征，发电厂可以分为联合生产电能和热能的发电厂和分别生产电能和热能的发电厂。

联合生产电能和热能的发电厂

这种发电厂称为中心热电厂(简称为TЭЦ)。生产和供给用户以电能和热能的发电厂即为中心热电厂。此时，作为载热质的是在汽轮机第一膨胀级已经用来生产电能的，压力为3—12绝对大气压的汽轮机抽出的蒸汽，以及用汽轮机抽汽加热过的温度为100—150°C的热水。

这种发电厂的原则性系统图示于图1-1^①中。

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。此时，处在压力下的蒸汽的潜在势能即转变为机械能(汽轮机转子的转动)。为了将机械能转变为电能，汽轮机的轴，依靠靠背轮与发电机3的转子连接。

一部分蒸汽，经过几级膨胀以后，即由汽轮机中抽出，沿蒸汽管路被送到蒸汽用户4去。根据用户的需要来决定蒸汽的规范，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生产出的电能愈少。

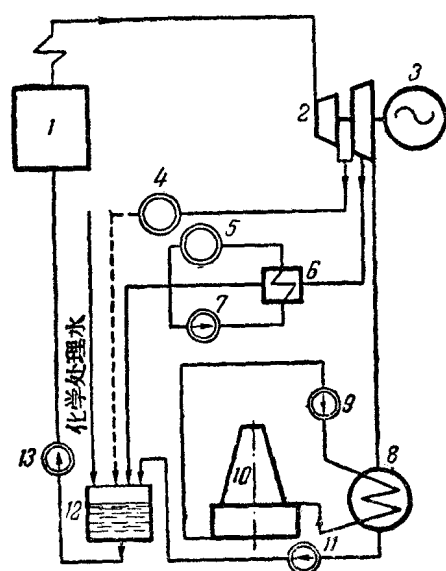


图 1-1 供给热力用户蒸汽和热水的热电厂原则性系统图

1—蒸汽锅炉；2—蒸汽轮机；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。

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。因此，苏联工厂制造的汽轮机，其抽汽压力是1.2；5；7和10绝对大气压。

第一项抽汽(1.2绝对大气压)很少直接送出去，通常都是用来在电厂中加热水，而将热水被送到热用户去。这些热水主要是用在房屋建筑物取暖和生活需要上(用在淋浴，盆浴，洗衣和各种家庭需要)。

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)，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被送到热水用户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。

这样看来，就只有不多数量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，就比装置着没有抽汽的汽

^① 在讨论这种和其他类似的系统的时候，必须注意，这种图只表示热流的方向。因此，不管装置的锅炉和汽轮机的数目是多少，对于每一种型式的机组，图中只用一个锅炉和一个汽轮机表示。

輪机的發电厂小得很多。像大家熟知的，近代汽輪机凝汽器的压力为0.04绝对大气压，蒸汽由汽輪机最后一級叶片中流出，在凝汽器压力下进入到凝汽器，它所具有的热量差不多是550大卡/公斤。这部分热量(除掉凝結水帶回到鍋爐去的热量)完全無益地被冷却水帶到河流、冷水池或其他任意的冷却設備中去。

蒸汽在凝汽器中被凝結成水，被凝結水泵11打到給水收集箱12中，由此再用給水泵13送到鍋爐中，这样給水的循环路綫便成为一个封閉的迴路。

送到用戶的蒸汽的凝結水，有时候回收一部分，有时候是不再回到發电厂的。所以这部分回收水在系統圖上是用虛綫表示的。由汽輪机送到热力網加热器去的蒸汽的凝結水，通常全部返回到給水箱中。

因为既使在用戶用于生产工艺的蒸汽凝結水收回的情况下，在前面討論的热力循环中也会發生載热質(水或蒸汽)的損失，所以要向給水箱中送入蒸餾水或化学处理水以补充这些損失。系統圖中表示出的循环水泵9將冷却水(循环水)送到凝汽器。

上面所討論的系統的特点，是每一公斤由汽輪机抽出的蒸汽的热量，一部分用来生产电能，然后即在蒸汽和热水用戶中去使用。这种綜合的或者說“联合的”生产电能和热能是最合理的也是最經濟的。

在生产电能的情况下，以在热机中工作过的工質热量的形式，集中地供給用戶以热能，称为热化。

必須注意：直接由鍋爐中供給用戶以蒸汽的發电厂不应当称为热化的电厂，因为它沒有最主要的联合生产能量的特征，也就是說沒有廢热利用的特征。

在內燃机發电厂中也可以进行电能和热能的联合生产。这种裝置的系統表示在圖1-2中。冷却原动机1气缸的水为了加热被送到廢热鍋爐2中去加热，原动机的廢气排出后也經過廢热鍋爐。被气体加热到温度为95—100°C的水經過压力容器或者用水泵送到热力用戶3去。

在这个系統中保持着联合生产——廢热利用的特征。

生产电能同时又供給用戶抽汽以滿足工艺需要的热力發电厂，是上面討論过的中心热电厂的个别情况。在这种情况下，圖1-1中用数字6(热力網加热器)5(热水用戶)和7(热力網水泵)表示的设备部件就不存在了。

按照这种系統工作的中心热电厂常称为工厂中心热电厂(工業企業热电厂)，因为建立这种發电厂通常都是为了供給某一个大型工厂蒸汽以滿足其工艺的需要。很显然，在这种工厂中，工艺用的蒸汽凝結时所得到的热量是会滿足供暖的需要的；但是这种热消費比較不大，是不会影响中心热电厂本身的热力系統和汽輪机型式的選擇的。

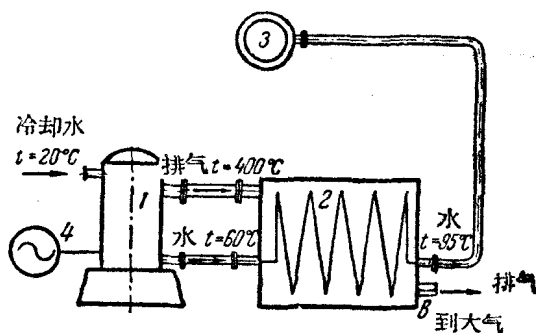


圖 1-2 供給用戶廢热的內燃机發电厂原則性系統
1—內燃机；2—廢热鍋爐；3—供暖热力用戶；
4—發电机。

有的中心热电厂是用在低压段(1.2—2.5绝对大气压)抽出的蒸汽来加热供给用户的水,这种发电厂也是图 1-1 所示的中心热电厂的一种情况。

这种发电厂的系统和图 1-1 中系统的区别,只不过是沒有供给蒸汽用户 5 的抽汽而已。

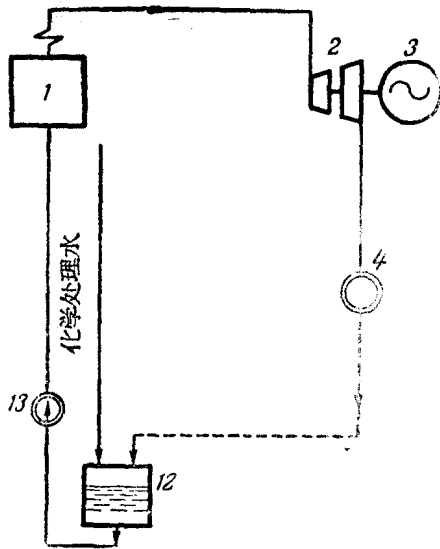


图 1-3 装置有背压式汽轮机的发电厂
原则性系统图
(图中说明见图 1-1)

仅只是供给用户热水以满足生活和供暖需要的发电厂常常称为市政公用中心热电厂,因为这种发电厂是建立在大的居民点以满足居民的需要。

一 装置背压式汽轮机的发电厂也称为中心热电厂。因为在这种汽轮机上没有凝汽器,所有用过的废蒸汽都应当送到热力用户去(图 1-3)。蒸汽凝结水部分或全部都由用户返回到发电厂,用来作为锅炉的给水。在这种装置中,经过汽轮机的蒸汽数量,及与此相应的电能生产量,是完全决定于热力用户的。

装置有背压式汽轮机,并且按“指定的热力指示图表”运行的发电厂,也就是在流过的蒸汽数量要和供给用户热量所需要的蒸汽量相适应的强制必需的条件下运行的发电厂,应当有可能送出它所生产的全部电能,并且应当具有一个系统容量足够大的电力网。

在热力用户的热消费减低的情况下,与此同时,生产的电能容量也就减少,电力系统应当将系统中其他电厂的容量提高以补足这部分容量的降低。

假如背压式汽轮机根据系统的情况应当按“指定的电能指示图表”运行,则热力用户就要接受全部在生产指定的电能时所得到的热量。当热力用户随时可以接受最大数量的汽轮机废汽时,上述那种工作方式是可能实现的。

假如热力用户不能控制其热量消费以适应于电能指示图表时,则可以用直接由锅炉经过减压器的蒸汽来供给不足的热量。这种工作系统,当然会降低装置的经济性。

当背压式汽轮机装置在独立运行的发电厂中时,可以用这种凝汽式汽轮机装置来代替上述电力系统,该装置的容量能够在热力用户热消费最小的情况下足够适应指定的电能指示图表的要求。

由上述可见:由背压式汽轮机供给的发电厂废汽,主要是送出以满足工艺需要,因为供暖所需要的热量是根据一年间不同时期在改变的。

分别生产电能和热能的热电厂

属于这一类的发电厂有下列几种:

- 1) 只供给用户电能的凝汽式发电厂;热能由当地的锅炉供给用户;

2) 供給用戶電能，并直接用鍋爐房供給用戶蒸汽的凝汽式發電廠。

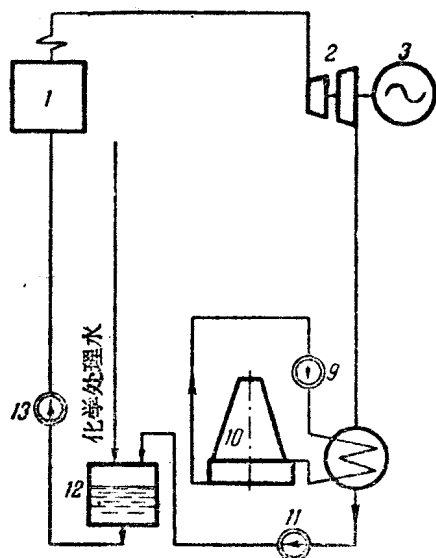


圖 1-4 凝汽式發電廠原則性系統圖
(圖中說明見圖1-1)

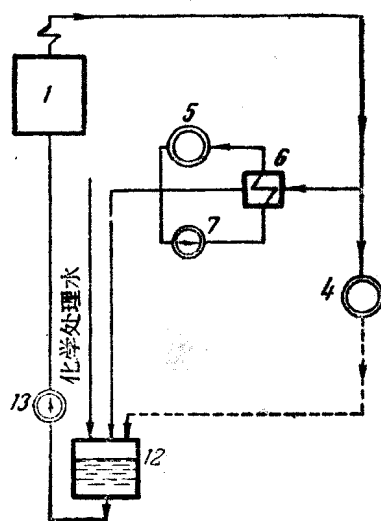


圖 1-5 工廠用鍋爐房原則性系統圖
(圖中說明見圖1-1)

圖 1-4 中示出純凝汽式發電廠原則性系統圖。這種發電廠的特點，在於所有進入汽輪機的蒸汽都用來生產電能。廢汽除去某些數量(20—30%以下)用來加熱給水外，都進入凝汽器中，在凝汽器中蒸汽將熱量交給冷卻水。由於這部分蒸汽的含熱量還很大(540—560 大卡/公斤左右)，所以隨冷卻水被帶走的热量損失約佔燃料燃燒時在鍋爐中得到的總熱量的50—55%。這種發電廠的效率很低，不超過36%。

凝汽裝置的廢熱，由於它的热位很低，例如在目前所採用的凝汽器壓力(0.04—0.05 絕對大氣壓)下，廢汽的溫度只不過 30°C 上下，所以實際上差不多是不能應用的。

因此，當必須供給熱量以滿足工藝和生活需要的時候，就需要裝設當地的鍋爐裝置(圖1-5)。

儘管這種裝置的效率比較高(60—80%)，但是它的热力過程在動力方面來看還是不完善的，因為送出的熱能還沒有同時用來生產電能。用戶所需要的全部分量，是可以利用生產了一定數量電能以後的汽輪機廢汽來得到的。

圖 1-6 所示是分別生產電能和熱能的發電廠原則性系統圖，也就是兼有凝汽式發電廠和當地鍋爐房的聯合性的發電廠。此處，鍋爐生產出的一部分蒸汽直接送到用戶不參加電能生產，而另一部分送入凝汽式汽輪機并且不利用它的廢熱。

這種裝置在動力方面來看也是極為不合理

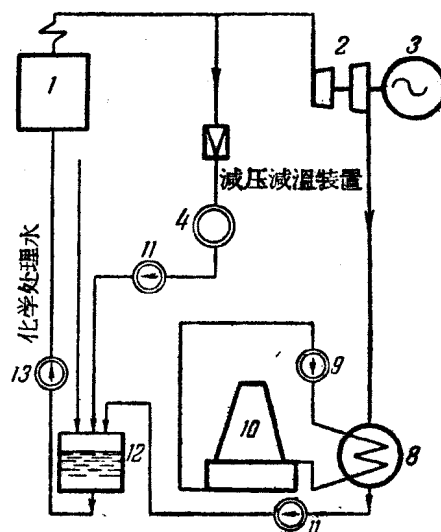


圖 1-6 分別生產電能和熱能的發電廠原則性系統圖
(圖中說明見圖1-1)

的，只有当用户所需要的蒸汽压力比汽轮机抽汽压力高，或者是当用户距离发电厂非常远，以致于抽汽压力不足以克服由电厂到用户的蒸汽管路压力损失的极端情况下，使用这种系统才可能是正确的。

由于所有分别生产电能和热能的发电厂都是极不完善的，所以只有在特殊的情况下，才许可建立这种发电厂。

必须注意，发电厂厂房建筑和发电厂住宅区取暖所需要的不大数量的热能，通常可以由纯凝汽式发电厂供给。此时一般都是利用排污水或排污水、或者是由汽轮机不调节抽汽来的蒸汽、以及由锅炉引出经过减压装置的蒸汽等等的热量。

但是这并不会使发电厂的型式有所改变，也不会影响电厂主要设备的选择。

第二章 发电厂的负荷与电力及热力用户

2-1. 负荷曲线

电能或热能的特点是这种工业产品不能储存备用。可能储存的这种产品的数量与总产量相比较仅是极微小的。

由此得出结论，在每一瞬间，发电厂应当生产出与其连接的全部用户所需能量同等的能量。发电厂在某一瞬间所产生的容量谓之发电厂的负荷。

因为发电厂的负荷是一个变数，所以在相当长的时期内所设置的设备容量未被全部利用。

要依照电力与热力用户的特性选择适当的发电厂设备及其热力系统，以及运行条件。

所以为了正确指导现有发电厂的工作和正确设计新电厂，必须仔细地研究电能的需要特性。

制作负荷曲线是研究发电厂负荷随时间变化的最明显和最方便的方法。

图 2-1 中所表示的是发电厂的全日负荷曲线。这里的横坐标轴上标注着一天中的小时名称，而沿着纵坐标轴的方向注出相应的负荷，此负荷以最大负荷的百分数或者瓩来表示。

可以作出任何一段时期内的这种负荷曲线，并且依照时期的长短，这些曲线分别称为全日、全月、全季与全年负荷曲线。

为了取得电厂运行的表报数据，最好绘制全日负荷曲线，这曲线的横坐标轴上标注着一天中的小时名称，而沿着纵坐标轴方向注出以瓩或千瓩为单位的功率（至于热力

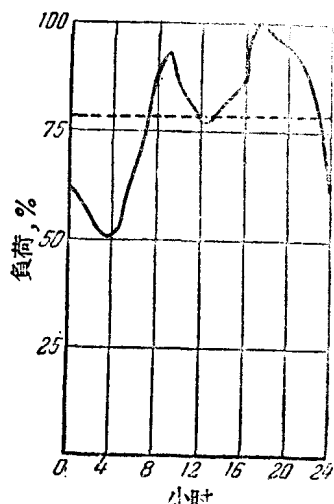


图 2-1 按瞬时功率指示数绘制的电厂全日负荷曲线（虚线表示平均负荷）

負荷曲綫則以百万大卡/时为單位来表示)。按比例尺量度負荷曲綫圖上由横坐标軸，負荷曲綫与兩個極限時間点的縱坐标所圍成的面积以決定在該段時間內所产生的电量(度)数。

在繪制負荷曲綫时，必須按照指示式仪表(电力表)所指度数，每經一定時間后(譬如說，每隔一小时，半小时等等)，把当时的瞬时功率值記錄下来。將这些功率值点繪成一連串的坐标点并用折綫或者光滑曲綫連起来，就得到了負荷曲綫。

在負荷时常有急剧变动的条件下，个别的功率瞬时变化不可能記錄下来，因而負荷曲綫的准确性就降低了。所以在这些情况下就采取記錄电度表度数的方法，根据电度表来确定該段時間內負荷的平均值。按照平均功率值繪制的負荷曲綫呈阶梯形(圖 2-2)。这样的負荷曲綫圖面积(即所产生的电量)的确定，要比折綫或曲綫所圍成的負荷曲綫圖面积計算簡單些。

阶梯形負荷曲綫在规划負荷和編繪規定發電量的調度負荷曲綫时使用。

如果是按照指示式仪表繪制阶梯形負荷曲綫，則每一阶段都取用初負荷与終負荷的算术平均值。

自动記錄的記錄式仪表所描繪成的負荷曲綫具有最高的准确度，因为它精确地記錄瞬时負荷；而負荷曲綫圖的面积(在表計本身准确度的範圍內，即 $\pm 2\%$)表示所产生的电量。

按照电度表度数繪制的阶梯形負荷曲綫不能表示出瞬时功率变化的概念，因为在前后兩次觀測期間的負荷，可能在相当大的範圍內变化。按照电度表度数繪制的負荷曲綫所表示的發電量在准确度方面來說，并不遜于自动記錄表計所繪制的負荷曲綫，因为电度表的度数的准确度与自动記錄表計具有同样的範圍。

按照指示式仪表度数繪制的負荷曲綫，其准确度取决于負荷的特性(負荷愈均匀則該曲綫愈准确)、前后兩次記錄間隔時間及进行觀測所依据的指示式仪表的准确度。一般說来，指示式表計的准确度不遜于自动記錄式表計与电度表的准确度。

圖 2-1 和圖 2-2 中所表示的全日負荷曲綫可作为把动力供給巨型工業中心的發電厂的特征。这两条曲綫指出了一天內的發電厂負荷是不均衡的；在这些曲綫圖中明显地能看出“高峯負荷”，其中早晨的最高負荷比晚間最高負荷低一些。在大多数情況下，發電厂的最高負荷是在晚間住戶与企業使用照明的几个小时内。这个最高負荷(N_{max})叫做**日間最高負荷**。一般在半夜时負荷就降低到整天中最低的数值(N_{min})。夜間的負荷跌落是由于單班或二班运行的企業用电量減少而形成的。由于企業及交通運輸工作在早晨又复开始，負荷在早晨又重新增加，而在冬季則除此以外还由于照明負荷的增加。

負荷在一天內的变化特性在很大程度上决定于一年內的各个不同的時間，因为冬季与夏季的最高照明負荷絕對值相差很大，所以其影响也很大。此外，到达最高負荷的

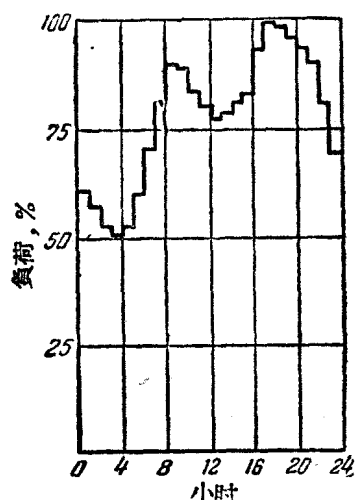


圖 2-2 按每小时需要电量指示数繪制的阶梯形电厂全日負荷曲綫