

熱力發電廠

上 冊

蘇聯 勒·依·克爾茨里 維·雅·雷日金著

董 樹 屏等譯

燃 料 工 業 出 版 社

本書闡述在蘇聯社會主義計劃經濟條件下的現代發電廠熱力經濟的合衆，主要講述熱力發電廠的理論和計劃等問題。

主要研討的問題如下：

1. 現代凝汽式和供熱式發電廠的熱力經濟，回熱過程，高參數蒸汽的應用以及負荷情況與經濟的關係。
2. 發電廠主要熱系統的各組成部分，水處理和熱供應等問題。
3. 熱力設備的選擇和發電廠的經濟指標。

本書着重於中型和大型汽輪機發電廠的說明，可作為高等工業學校動力的教材，對電業部門中的工程技術人員也有很大參考價值。

原書除緒論、結論外，分爲六篇，共二十一章。譯本分上下兩冊出版。包括原書的緒論及第一章至第十二章，由清華大學動力機械系熱力設備教研組董樹屏等同志翻譯。董樹屏同志翻譯了緒論及第一、三、五、六、九、十、十一、十二章；彭秉璞同志翻譯了第二章；方崇智同志翻譯了第七章；敦瑞堂同志翻譯了第八章；李志忠同志翻譯了緒論及第五章中一；徐秀清同志翻譯了緒論中一部分；李天鐸、董樹屏兩同志進行了譯稿的校對工作。

* *

*

熱 力 發 電 廠

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНИИ

上 冊

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДА
1949年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯Л. И. КЕРЦЕЛЛИ В. Я. РЫЖКИ

董樹屏等譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第112號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：陳惟清 劉玉枝 校對：周金英 趙連

書號321 * 電141 * 787 × 1092 1/32開本 * 185印張 * 4.5千字 價38.200元

一九五四年十二月北京第一版第一次印刷(5,58)

作者原序

在蘇聯的國民經濟中動力事業的作用非常巨大，而在蘇聯所有的發電廠中間，熱力發電廠又佔有主要的地位，其中特別是連接在電力系統中的地區汽輪機發電廠，更具有巨大的國民經濟意義。

蘇聯動力事業的發展是和統一的、社會主義的全部國民經濟的發展計劃緊密聯系的。而廣泛的使用當地燃料，大規模熱化的應用，高壓高溫蒸汽的運用，熱力過程的自動化等是蘇聯熱力發電廠發展的最大特點。

對於一切發電廠都要求其運行絕對的安全和高度的經濟。現代熱力發電廠的設備極為複雜，並且各發電廠的主要設備和輔助機械的型式也大不相同。

為了保證發電廠不間斷地運行，發電廠應該有明確的運行組織和技術水平很高的、受過很好的訓練的領導人員。戰後幾年中，蘇聯熱力發電廠的總容量不斷大量增加，這就要求培養出這方面的大量專家。

本書預定作為高等動力工業學校熱力動力專業〔熱力發電廠〕（熱力部分）課程的教本。書的內容是根據我國各科學研究機關科學技術組織、設計部門和運行部門所提供的現代最新的資料，並根據各作者多年教學和教學法工作的經驗而編成的。

本書中論述了發電廠熱力設備合理組成的原理和保護發電廠安全與經濟運行的各種方法。對發電廠的熱經濟，原則性的熱力系統，全面的熱力系統和主廠房的佈置等問題，都予以極大的注意，詳細地論述了發電廠的生產用水和燃料系統的問題。說明了集灰與除灰，發電廠總的平面佈置圖及廠址選擇等問題。書中研究到的還有輔助機械的電能耗費問題和發電廠的經濟指標。至於自動化及發電廠的管理問題，因為是屬於他種獨立課程的研究範圍，所以在本書中祇作了簡短的說明。本書的緒論中介紹了蘇聯動力事業的發展及其特點；結論中介紹了一些關於二重循環發電廠和汽輪機發電廠的材料。

在本書全部材料的敘述中，都表現了社會主義計劃經濟的優越性：國民經濟中各項任務的綜合解決；把發電廠聯合成為電力系統，廣泛應用當地燃料來生產能量，發展熱化，使發電廠及各種優良型式設備標準化，創造新穎而合理的熱力系統和發電廠的佈置，以及我國動力技術在上述各方面的優先地位。

本書可以說是為高等動力工業學校編寫一本詳細闡述地區發電廠的理論與設計問題的教本的第一次嘗試，另外由於蘇聯蒸汽發電廠技術的蓬勃發展而作者又企圖使本書材料的論述能適合最先進的蘇聯技術水平，因此作者們所面臨的任務，無論就科學方面，技術方面和講授方法方面來說，都具有莫大的興趣，同時也極為複雜。

由於這個原因，參加本書編寫工作的，除各主要作者外，還有許多人接受了邀請，編寫了專論各特殊問題的部分。

勒·依·克爾茨里（Л. И. Керцелли）教授擔任了本書的主編，此外他還和維·雅·雷日金（В.Я. Рыжкин）副教授等共同參加了本書的編寫工作。本書各章節的編寫工作在各作者之間是這樣分配的：雷日金副教授編寫了第一章到第十四章、第二十章、緒論和結論；維·恩·波可羅夫

斯基(В. Н. Покровский)工程師編寫了第十五章; 技術科學碩士日·格·札和(Р. Г. Зах)及斯·德·姆霍達羅夫(С. Д. Мухтаров)工程師編寫了第十六章; 麥·麥·涅金格(М. М. Нейдинг)副教授編寫了第十七章; 麥·德·巴納先柯(М. Д. Панасенко)副教授編寫了第十八章; 維·阿·拉契克(В. А. Радциг)工程師編寫了第十九章; 麥·麥·波士克夫(М. М. Пешков)工程師編寫了第十三章的第8、第10兩節; 維·依·拉布金娜(В. И. Рабкина)工程師編寫了第二十章的第一節; 技術科學碩士勒·依·哥爾頓(Л. И. Гордон)編寫了結論的第5節。

本書總的編排和方針, 相當於各作者所講授的發電廠熱力部分課程的結構和內容。這門課程, 是克爾茨里教授在莫斯科榮膺列寧勳章的莫洛托夫動力學院熱力設備教研組中, 多年的領導工作和教學工作所累積的經驗的結果。

同時, 書中研究熱經濟, 熱力系統及發電廠的佈置各章的內容, 是以該教研組在各作者領導和雷日金參加之下所作的科學工作和教學方法工作的結果為根據的。在這幾章的編寫過程中, 又得到了許多新的結論和原則, 這些結論和原則現在已經應用在本課程的教學中了。

作者們向各校閱者: 波·維·柯朱可夫(П. В. Кочуков)工程師, 維·維·魯克尼茨基(В. В. Лукницкий)教授, 技術科學碩士斯·茨·費爾曼(С. Ц. Фаерман)對原稿所作的重要指正表示謝忱; 也向阿·維·西格來也夫(А. В. Щегляев)教授, 維·阿·高魯布曹夫(В. А. Голубцов)教授, 維·波·布留多夫(В. П. Блюдов)副教授對原稿某些部分所作的指示表示感謝。

作者們對斯·麥·蘇黑爾(С. М. Шухер)工程師所給予的幫助, 並對原稿所作的寶貴指正, 以及他在本書編輯及準備出版時所投入的巨大勞動表示特別的謝意。

321 電141

定價38,200元

書名代號 0682

目 錄

緒論	1
1. 動力資源的種類及發電廠的型式	1
2. 蘇聯發電廠中燃料的利用	2
3. 電與熱的使用	4
4. 熱力發電廠主要設備的型式	4
5. 熱力發電廠的型式	11
6. 汽輪機發電廠的熱力設備	14
7. 蘇聯動力事業的發展	15
8. 蘇聯動力事業中技術政策的基本原則	19
9. 對熱力發電廠的基本技術和經濟要求	20

第一篇 發電廠的種類及其熱經濟

第一章 發電廠的種類及其熱經濟	22
1. 凝汽式發電廠	22
2. 熱電分供式設備	26
3. 熱電合供式設備(熱電中心廠)	31
4. 熱電合供及熱電分供設備的熱經濟的比較	47
5. 熱電合供設備的熱力平衡範例	49
6. 發電廠效率的綜合表	56
第二章 回熱過程	57
1. 回熱循環	57
2. 回熱過程的熱經濟	63
3. 回熱過程在熱電中心廠中的應用	75
4. 蒸汽的初壓力的影響	77
第三章 發電廠的蒸汽參數	79
1. 蒸汽初參數對在循環熱經濟中的影響	79
2. 蒸汽初參數對於汽輪機設備熱經濟的影響	85
3. 在高壓高溫下金屬的工作特性	90
4. 蒸汽終參數及其對熱經濟的影響	91
5. 具有蒸汽再過熱的高壓設備	96
6. 高壓疊置設備	102
第四章 發電廠主要設備的變動工况	106
1. 變動工况下汽輪發電機的工作	106
2. 負荷改變情況下鍋爐設備的效率	110
3. 設備的變動工况的因數	111
4. 汽輪發電機的性能(工况圖)	112
5. 鍋爐設備的性能	127

第二篇 發電廠原則性的熱力系統的組成部分

第五章 回熱加熱系統	129
1. 回熱加熱器	129

2. 混合式加熱器和面式加熱器的比較	132
3. 典型的回熱加熱系統	133
4. 經濟上最有利的給水溫度	140
第六章 給水的平衡及其處理	143
1. 給水的平衡	143
2. 對於蒸汽及水的質量的要求	149
3. 給水的除氣	151
4. 考慮到工質損失的發電廠效率的決定	156
第七章 補充水的處理	160
1. 補充水的化學處理	160
2. 補充水在蒸發器中的加熱處理	162
第八章 對外界熱消費用戶的蒸汽供應	176
1. 由汽輪機撤汽直接供應蒸汽, 用化學處理的水補充損失	176
2. 由汽輪機的撤汽直接供應蒸汽, 用多級蒸發設備的蒸餾水補充損失	176
3. 從蒸汽發生器供應蒸汽	178
4. 發電廠供應蒸汽方式的比較	186
第九章 用於暖氣的熱能供應	188
1. 暖氣負荷	188
2. 載熱質	190
3. 熱水的供應熱水網的溫度圖	191
4. 用於暖氣的蒸汽供應	198
第三篇 發電廠原則性的熱力系統	
第十章 原則性的熱力系統的基本問題	199
1. 發電廠的型式及容量	199
2. 汽輪發電機的型式及單位功率	200
3. 蒸汽鍋爐的型式及容量	205
4. 原則性的熱力系統的組成部分	208
5. 原則性的熱力系統的型式	203
6. 原則性的熱力系統範例	210
7. 原則性的熱力系統的擬定與計算方法	219
第十一章 凝汽式發電廠的原則性的熱力系統	222
1. 系統的擬定及其計算方法的一般形式	222
2. 凝汽式發電廠的原則性熱力系統的數值計算範例	226
第十二章 熱電中心廠的原則性的熱力系統	253
1. 系統的擬定及其計算方法的一般形式	253
2. 熱電中心廠的原則性熱力系統的數值計算範例	260
規定符號	279
中俄譯名對照表	284

緒 論

一、動力資源的種類及發電廠的型式

電能的生產是在發電廠中把天然來源的某種能改變為電力而實現的。

天然的動力資源包括下列幾種能：

- (1) 燃料的化學熱能(煙煤，褐煤，泥煤，頁岩，木柴，石油，天然瓦斯等)。
- (2) 水能——由水的落差所產生的機械能——俗稱為「白煤」。
- (3) 風能——由空氣自然流動所產生的機械能——俗稱為「藍煤」。
- (4) 太陽的輻射能——在利用太陽熱的設備中加以利用。
- (5) 原子能——由原子核，如鈾—— ^{235}U ，鉍—— ^{239}Pu 的原子核爆裂所發出的能。

蘇聯具有最豐富的自然動力資源，其中被應用的主要種類為水力資源和燃料。

蘇聯水力資源相當於美國的三倍，加拿大的五倍。

蘇聯泥煤的蘊藏及森林的面積佔世界第一位。根據 1937 年的數據，蘇聯具有世界上泥煤蘊藏量的 60%，而且有着六億一千萬公頃森林面積，比美國與加拿大的森林面積的總和還大。

蘇聯擁有很大的頁岩燃料及天然瓦斯的蘊藏量。

蘇聯具有世界上煤的蘊藏量的 24%，其中 30% 為煙煤，11% 為褐煤，根據 1937 年世界地理學會的數據，在煤的蘊藏方面蘇聯佔世界第二位。

按照煤的開採量及對國民經濟的意義而言，蘇聯第一產煤基地為頓巴斯(Донбасс)煤區，第二產煤基地為庫茲涅茨(Кузнец)煤區，第三產煤基地為卡拉岡達(Караганда)煤區。

在 1937 年 蘇聯煤的開採已佔世界上第四位。在 1913 年，頓巴斯煤佔總開採量的 87%，在 1937 年為 60%。

在發電廠中不僅可以使用天然資源的燃料，而且也可使用天然燃料加工的產品和當天然燃料開採或加工時所得到的廢料，如重油，開採石油所獲得的石油瓦斯、化鐵及煉焦瓦斯、洗選煙煤的廢料，以及把燃料用作化學原料同時又用作動力來源時的產物——半焦炭、半焦炭瓦斯等。

按照所利用的天然能的種類，發電廠分為：

- (1) 熱力發電廠——利用燃料的化學熱能，
- (2) 水力發電廠，
- (3) 風力發電廠，
- (4) 太陽熱發電廠，
- (5) 原子能發電廠。

風力發電廠，特別是太陽熱發電廠現在仍在試驗，將來可能在小型發電廠中得到發展。原子能應用於發電廠尚處於研究階段。

目前發電廠的主要類型為熱力發電廠和水力發電廠。

水力發電廠的主要優點在於不需要燃料，也不用鐵路運輸來運送燃料。水力發電廠產生便宜的電能，發電廠的工作幾乎完全能夠自動化，因而工作人員少。水力發電廠的工作人員的衛生條件，以及發電廠周圍的環境衛生要比熱力發電廠好些。

水力發電廠的主要缺點是：它的地位必須直接靠近水源；水力工程建築（攔水壩等，特別是爲了全年能够利用發電廠的能力而必需的調節水庫）的建設複雜，昂貴，時間長久；在建設中需要大量的勞動力。

熱力發電廠需要時可以不在開採燃料的地方。在考慮到動力消費用戶的分佈及一般國民經濟需要情形下，可以較自由地進行廠址的選擇。建設熱力發電廠比較水力發電廠簡單，價廉，需要較少的勞動力，而且能在較短期間完成。

熱力發電廠尚有着這樣的重要優點，即它不僅能够生產電能而且能供應熱能。

蘇聯動力事業中熱力發電廠佔主要地位，水力發電廠的電能生產量在1940年爲全部電能生產量的10.6%；在1946年爲15.9%。

二、蘇聯發電廠中燃料的利用

熱力發電廠的生產技術過程爲繼續不斷地把燃料的化學能變化爲熱能、機械能，及最後爲電能。

祇有在偉大十月社會主義革命的成功之後，在統一的社會主義的全國國民經濟計劃的基礎上，我國燃料才可能得到了合理的利用。

蘇聯的燃料政策的特點爲儘最大可能利用當地能源來產生動力，特別是利用低質燃料如褐煤，泥煤，洗煤石等。

革命前的俄國，燃料開採主要是集中在頓巴斯與高加索兩個地區。頓巴斯供應總的煤開採量的87%，高加索（巴庫與格羅茲內）供應石油開採量的100%。在1913年的時候，煤和石油佔國家全部燃料開採的78.3%，其餘的21.7%基本上爲木柴，這樣的燃料開採的分配使得國家須要用遠程運來的燃料來滿足對燃料的需要，因爲主要工業中心與工業區遠離了燃料基地，結果要在很長的距離中運送大量燃料。

偉大的十月革命提供了解決國家燃料供應問題的可能性。

蘇維埃國家的組織者列寧指出了解決這個問題的途徑。在1918年科學技術工作計劃草案中，列寧強調必須採用「以最低費用開採和運輸的非頭等品質的燃料（泥煤，劣等煤）來獲得電能」^①。這個原則從此成爲發展國家燃料資源的基礎，並成爲製定和執行蘇俄國家電氣化計劃（根據蘇維埃國家創造者列寧和斯大林的提議而製定的國家電氣化計劃）及編製和實現蘇聯國民經濟發展五年計劃的出發點。

偉大的衛國戰爭證明了發展當地燃料基地在戰時有着怎樣重大的意義。當地燃料區域的存在在極大程度上減輕遙遠的大量的燃料運輸，並使運輸業能去運送其他重要的物資。

由此可見，利用當地燃料和低質燃料以及發展新的燃料區域爲蘇維埃國家工業化總計劃的不分割的部分。

按照蘇俄國家電氣化計劃建立的發電廠，大部分是以當地燃料爲基礎，這對改造國家燃料經濟起了巨大作用。蘇俄國家電氣化計劃的勝利完成，除使全國發電量大量增長外，根本改變了革命前燃料生產與消費的情況，在使用新的低質燃料上發電廠起了決定性的作用。這是因爲建立了許多大型的而且有技術上最完善的設備的地區發電廠，因而它們是很適合於燃燒低質燃料的。

① 列寧著：科學技術工作計劃草案，全集XXII卷 454 頁。

現在國家燃料資源中包括十種新的燃料，蘇聯的熱力技術家們研究了並掌握了以下主要種類燃料的合理燃燒方法：

頓巴斯的、庫茲涅茨的、東部西伯利亞的、莫斯科附近的煙煤、褐煤及無煙煤；卡查赫的、基爾吉茲的、格魯吉亞的、塔什克蘇維埃社會主義共和國的煤；烏克蘭蘇維埃社會主義共和國的褐煤；北方各區及其他區域的煤；煤加工的及洗煤的廢料；成塊的及碎的泥煤；各地的頁岩；液體燃料，天然的及人造的瓦斯；木柴及木料加工廢料（木屑，鋸末，刨片）；農業原料的廢物（麥草，稻皮等）；及不同的他種燃料。

解決當地燃料的運用問題是困難的，由於這些燃料大部分是屬於低質的。

可是，必須尋求這些燃料的經濟燃燒方法，這些燃料具有各種各樣的特性，如高的水份達 55%，灰份（乾質的）達 60%，揮發物（可燃質的）達 3—85%，灰份熔化溫度（液溶狀態溫度）1000—1500°C，不同程度的硬度，各種各樣的黏結特性，含有大量碎末，大部分都是極次的號外煤。

然而，這些困難是勝利的克服了，而且現在蘇聯動力業主要是建立在當地燃料的基礎上。在地區發電廠中，當地燃料的運用數量和發展速度可從下表所列數據看出：

年	電 能 生 產 %		
	用當地燃料	用運來的燃料	水力發電廠
1928	58.7	28.2	13.1
1929	60.1	24.9	15.0
1932	61.2	31.2	7.6
1935	62.2	19.0	18.8
1937	64.5	19.7	15.8
1939	65.8	20.5	13.7
1946	69.3	14.8	15.9

使用當地燃料的電能生產仍在繼續發展。

從按照燃料種類所編製的發電廠的燃料統計對照表上可看出基本上已經全是使用低質燃料。

根據 1946 年的數據，使用各種燃料的電能生產，其所佔分量等於以下百分數：

頓巴斯燃料（基本上為無煙煤末，AIII 及劣煤）.....	14.8%
烏拉爾煤（基本上為褐煤）.....	22.5%
莫斯科附近的煤.....	11.2%
泥煤.....	11.7%
庫茲涅茨及卡拉岡達的煤.....	11.8%

在最近幾年內，燃燒褐煤的發電廠，其電能生產迅速地增加，在 1940 年約為用固體燃料生產電能總量的 36%，而在 1946 年則為 53%，這點可從下列數值看出：

燃料種類	年 份	
	1940	1946
齊略賓斯克及巴高斯羅夫斯克煤.....	18.2%	35.1%
莫斯科附近的煤.....	17.55%	17.9%

總計 35.75% 53.0%

蘇聯擁有很大的泥煤儲藏，沼澤地（產泥煤的地方——譯者註）的主要部分位於蘇聯的北部地區。但是，中部和南部地區的泥煤儲藏是如此的巨大，它能保障對現代大型發電廠供應燃料。

在蘇聯把泥煤用在工業上作為發電廠的燃料，是開始於1914年建立的克拉遜國家地區發電廠(ГРЭС им. Классона)，而在本世紀的20年代中，由於許多強大的發電廠的建立(列寧及其他國家地區發電廠——ГРЭС им. Ленина и др.)，泥煤的利用得到廣泛的推廣。

在開拓沼澤地的最初幾年，泥煤被成塊狀的採掘出來。最初開採泥煤是用機器模製方法進行的，但這方法不能保障必需的開採規模和繁重工作的機械化。優秀的俄羅斯工程師爾·埃·克拉遜(Р.Э. Классон)曾提供並研究出新的水力沖採方法，這方法以後得到廣泛的應用。

以後在30年代，在蘇聯新的採泥煤方法被研究出來，此法係在為開採泥煤準備好的沼澤地上用切碎法開採泥煤。此法和以前的很大區別就是更多的機械化過程，這顯著地減低了泥煤的價值。

用這樣方法開採出來的泥煤取名為割切泥煤，而且是些碎末，其主要部分(約85%)的大小通常小於3公厘。

頓巴斯無煙煤末(АШ——代表符號——譯者註)是用於蘇聯地區發電廠最普遍的一種燃料。

在1940年，蘇聯燃煤的發電廠所產生的全部電能約有40%是用無煙煤末產生的。

但是，在應用煤粉燃燒以前，煤末被認為是廢物而且積聚在頓巴斯為數以千百萬噸計，這由於煤末的揮發物低，焦炭的抗黏結性，以及大量碎塊和細末，妨礙了煤末在爐床上的經濟燃燒。

從1928—1930年開始，由於國家的工業化，採煤量的增加，採煤機械化的發展，於是，煤末的數量特別地增加了，在1933年，只是頓巴斯開採的20—22千萬噸無煙煤中煤末部分竟達到了3—4百萬噸。

蘇聯於1927年開始在頓巴斯斯切羅夫發電廠燃燒АШ煤粉，這種新燃燒方法的發展迅速地使煤末由廢料變為寶貴的動力燃料，於是許多燃燒АШ煤粉的發電廠被建立起來。在頓巴斯區域建設了許多燃用АШ煤粉的發電廠，其他地區也有許多。在1934年使用АШ煤粉的發電廠的容量超過了一百萬瓩。

洗煤的廢物主要是使用於煉焦工廠和冶金工廠的熱力廠以及地區發電廠。

頓巴斯煤的洗煤廢物是中間產物和殘餘物的混合物，具有灰分 $A^c=40-50\%$ ，發熱量 $Q_p^p=3200-4200$ 大卡/公斤。

在蘇聯合理使用洗煤的廢物是一個極其迫切的任務。

關於這種燃料用於生產動力的消費規模可從以下列子看出：1940年在頓巴斯一個完全燃用洗煤石的高壓蒸汽地區發電廠開始運轉了，該發電廠的首次功率為10萬瓩。

三、電與熱的使用

電能及其應用

電能的優越特性使電能的應用有着非常多的種類和無限的範圍。

如果不應用電能，現代工業企業，交通，社會機關，現代人類的文化生活等的工作是不可能的。

電能對於下列各方面都是必需的：住宅及公共房舍的照明，工業企業及街道的照明；帶動工廠的機床；許多農業機器的工作；牽引機車，電車，及無軌電車；帶動供水泵，各種用途的通風機及壓氣機；高級鋼的生產；鋁，鎂等的生產過程(電解)；生活上的取暖用具；壓縮式冷藏設備

的工作等等。

這裏列舉的電能使用種類是代表強大電流的電能應用，但不包括微小電流的電能應用範圍，如無線電，電報，電話等。

電能也用於清理各種氣體，其中如清理鍋爐設備中的煙氣，還用於電力測量儀器及調節和自動化的機構。

電能的優越特性為：把機械能轉化為電能的技術比較簡單，沿電線傳輸電能有廣泛的可能性。高壓交流電流的經濟傳輸，可實行於幾百公里（達四百公里）。計劃中的高壓直流電流的應用，可使電能，經濟傳輸的距離有可能再增加。應該指出把電能改變為他種能是方便的：如變電能為光；為轉動機床，泵，壓氣機，通風機的機械能；為電解過程的化學能；為工業電爐中的熱能及生活上取暖設備的熱能等等。電能還有它的優點：即調度方便及應用過程自動化。

電的使用種類 電的使用種類或發電廠的電負荷種類可區分如下：

照明用電——用於住宅，公用和工業建築物，城市和鄉村街道的照明；

工業用電——用於電力帶動機床和其他機械，如泵，壓氣機，通風機等，並作為冶金，化學和其他生產過程應用的電能；

農業用電——用於帶動各種農業機器；

電力牽引用電——用於電力鐵路運輸；

市政用電——用於自來水的供應，城市內的電力運輸及其他；

生活用電——用於電熱器具，冷藏設備等。

上述分類是有條件的，因為其中照明負荷可按用戶種類包括在工業，市政及生活負荷內。

在戰前的時候，工業中費力的過程的電氣化程度已高達 82%，而且許多工業部門甚至達到 95—98%。

熱能及其應用

現代工業企業的生產過程，在廣泛的範圍上需要應用熱能。

在供暖季節熱能也用於住宅，公共和工業建築物的取暖。

在溫和及寒冷氣候的地區，消費於供暖的熱量是特別的多，因此在蘇聯這種熱能的消費有着極大的意義。

熱力發電廠的重要優點為有可能合理地利用熱機用過的工質的熱量（通常為廢汽熱量——譯者註）把它送給熱消費用戶。

所謂「**熱化**」就是由發電廠以原動機廢汽的熱量來集中地供應熱量與用戶，這種發電廠稱為**熱電中心廠**。在熱電中心廠中進行着電能和熱能的聯合生產。

蘇聯動力事業很大的優點之一就是「**熱化**」的廣泛應用，因為這樣可能最合理地使用燃料的熱量。

作為熱量消費的載熱質通常用蒸汽或熱水。

熱消費的種類 按照熱能的用途，熱負荷可分為兩個主要種類：生產用熱負荷及暖氣通風用熱負荷（其中包括生活用的）。

工業生產過程通常需要 1.5—8.0 大氣壓的飽和蒸汽或微過熱蒸汽，在個別情形中應用 150—170°C 的熱水。

在蘇聯通常採用 130°C 的熱水來供暖，最近時期在大的供暖系統中也採用 $130-180^{\circ}\text{C}$ 的熱水。

按照用戶的種類，熱負荷可分為工業熱負荷和市政生活熱負荷。

工業上熱消費的主要種類為生產用熱負荷。此外工業負荷還應包括為了發生動力的目的所需要的 $8-12$ 大氣壓有時是更高壓力的蒸汽，如用於汽錘及汽壓機，以及帶動冶金，化學，石油等工業中的鼓風機，壓氣機及泵等。

工業熱負荷中也可能包括廠房的供暖和通風，如果用在這方面的載熱質和本生產企業在生產上所用的載熱質是相同的話。

在有為產生動力而消費熱量的情形之下，可利用汽錘，壓氣機及泵等的原動機的廢汽來供暖。

住宅和公共建築物的供暖及通風，浴室，洗衣房，公共廚房等的熱負荷，都屬於公共生活熱負荷。

負 荷 曲 線

在某一時期內負荷的變化可用負荷曲線來表示。全日負荷曲線及全年負荷曲線都是代表性的負荷曲線。工業區的全日電力負荷曲線的形式主要是由工業和照明負荷曲線的形式來決定。

就負荷曲線的形式來看，工業的電負荷曲線和熱負荷曲線是相類似的。全日工業負荷曲線的形式是以一班，二班或三班工作的企業（或車間）所消費的功率的關係為轉移。由各個機器及器具的工作情況的改變而引起的負荷的波動，在消費電能的機器及器具（機床，泵，通風機，壓氣機，電爐，電熱池等）數量很大的情形下，這種負荷波動互相得到了補償，而且工業負荷曲線可能成為平坦線的形式。晚間，尤其是夜間負荷的降低以及午飯休息時間負荷曲線的下降是代表性的負荷波動。在每班工作開始與終了時，由於機器和器具不在同一時間開動，而且機器設備是逐漸地負載和卸載，所以，在這些時間負荷曲線並非垂直而是傾斜。冬季和夏季全日工業負荷曲線是相似的，但是由於一部分器具在夏季檢修結果，通常夏季負荷較冬季負荷低一些（見圖 1）。

冬季和夏季照明負荷，無論在最大負荷絕對值方面或更主要地在最大負荷的時間方面都是有區別的。冬季最大照明負荷從 $16-17$ 時開始，早晨的負荷也稍高些。夏季祇有一個最大負荷，而且遲得很多在 $20-21$ 時才開始（見圖 2）。

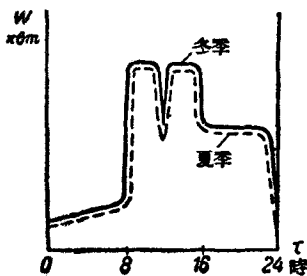


圖 1 全日工業電負荷曲線

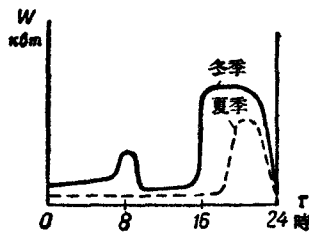


圖 2 全日照明電負荷曲線

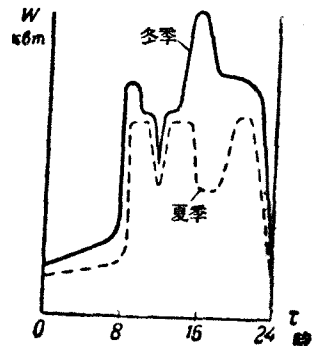


圖 3 全日總電負荷曲線

由於冬季和夏季照明負荷曲線的差別，因而冬季和夏季全日的總的工業和照明負荷曲線則有

極大的差別。冬季最大的工業和照明負荷在一晝夜期間彼此重合，因此，在這樣的總負荷曲線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，而且負荷曲線具有代表性的三個高峯形式，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3）。

在一年的中間時期（春季和秋季），總的電負荷曲線有着中間的形式，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4表示一個大規模工業區的冬季全日電負荷曲線的結構。

按照一年的月份，在全年負荷曲線上可表出最大、平均和最小負荷之值的曲線如第5圖所示。平均（每月平均）負荷曲線以下的面積確定了發電廠全年發出的能量。全年最大電力負荷曲線確定了發電廠必需的工作功率及必需的檢修後備設備的數量。

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圖（見圖6）來確定全年發電量及解決一系列的其它問題。全年負荷持續時間圖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。其縱軸表示負荷數值，從全年最大負荷到最小負荷，其橫軸表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8760小時。負荷持續時間圖曲線以下的面積確定了全年的發電量或生產量。近似的全年負荷持續時間圖可以在冬季和夏季全日負荷曲線的基礎上製成（見圖6）。

全年電力負荷持續時間圖不僅給出全年期間各發電廠可能的工作情形的明顯概念，而且還能夠確定全年生產量及系統中各發電廠的利用率。

當熱電中心站（ТЭЦ——熱電中心廠的縮寫字——譯者註）和他種發電廠（凝汽式）併列工作時，為了保障熱電中心廠及全部電力系統工作的最好經濟指標，必須力求使熱電中心廠在其熱負荷基礎上生產最大電能。

具有背壓（противодавление）汽輪發電機的熱電中心廠，其電能生產量直接由其熱負荷量來決定。

具有對外界用戶撤汽的凝汽式汽輪發電機的熱電中心廠，在廣泛的負荷變化範圍內，可藉助於調節凝汽部分的電能生產而得獨立的調節電能生產量和熱能輸出量。可調節撤汽的凝汽汽輪發

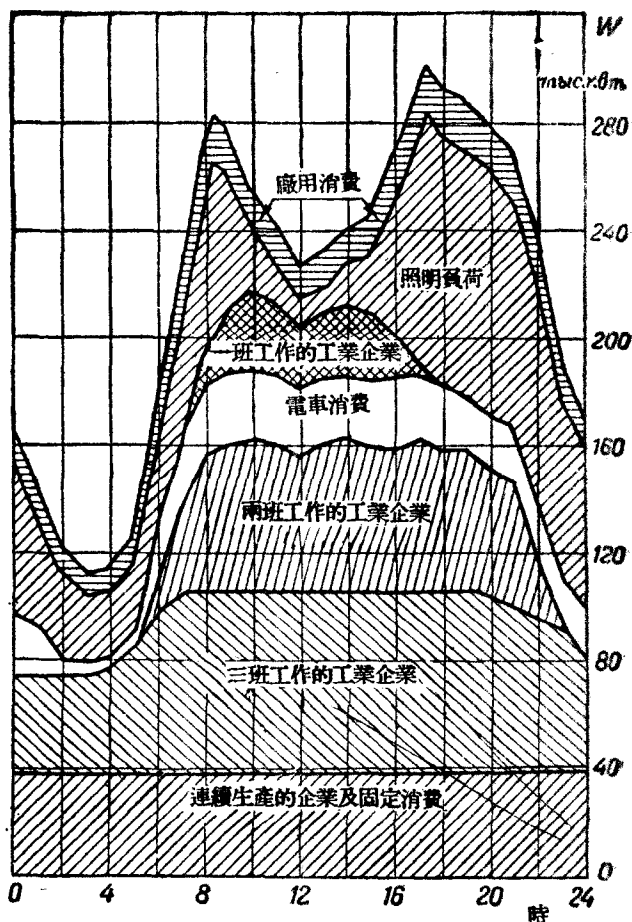


圖4 全日電負荷圖的結構

電機照例在關閉撤汽時可以發出全部電功率，但是，當撤汽量減低時其熱經濟則降低。因此，這樣的汽輪發電機若長期工作於低的熱負荷而同時產生十足的電功率，那是不適宜的（例如撤汽供暖的汽輪發電機長期工作於夏季）。所以，這種汽輪發電機的電能生產應該盡可能和它的熱負荷情形相配合，或者在熱負荷低的時期。如果按電力和熱力負荷的情形有可能的話，把這種汽輪發電機的凝汽生產電能任務適當地調度到熱電中心廠或本電力系統的純凝汽汽輪發電機上去，而停止使用一部分供熱的汽輪發電機。

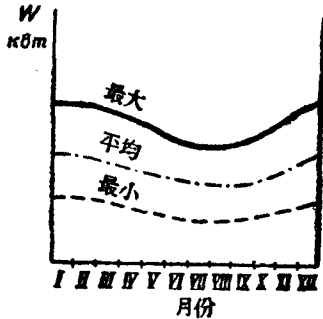


圖5 全年負荷曲線

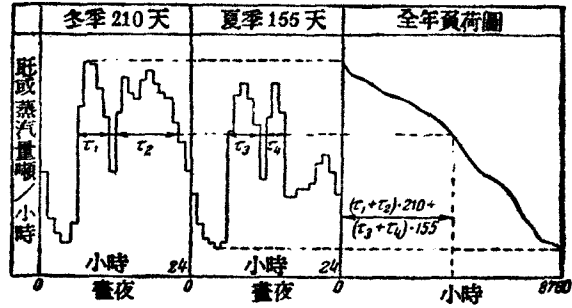


圖6 近似的全年負荷持續時間圖的製成

由此可見，當確定電力系統中熱電中心廠的電負荷曲線時，應該必須考慮到熱電中心廠的熱負荷曲線。

具有撤汽與凝汽的供熱汽輪機和本電力系統中的純凝汽汽輪機，二者之間的電負荷分配必須考慮到全面情況，如熱力和電力負荷的大小，汽輪發電機的特性，各發電廠的燃料和水的供應情形等等。

若電力系統中除了熱力發電廠以外還有水力發電廠時，為了保障能量供應的最大可靠性及全系統整個的運行經濟，發電廠之間的電負荷分配也應該考慮到水力發電廠可能的水力情況和電力網內各發電廠的技術經濟指標。

全日供暖負荷曲線主要決定於供暖系統在一晝夜間的工作連續時間。當供暖系統全晝夜工作時，則一晝夜間的供暖負荷可認為是不變的。但是，在圖7上所表示的熱負荷是不平穩的。這是由於另外還有着生活上的熱量消費（如熱供應）所引起的。絕大部分是供暖消費的熱負荷在夏季期間顯著地下降，可是，在極冷的冬天熱負荷則為最大。在這種情形下，夏季的最小負荷決定於生活上消費的熱量，這種情形表示在全年供暖負荷圖（圖8）上。負荷中包括有不大的生活上負荷。

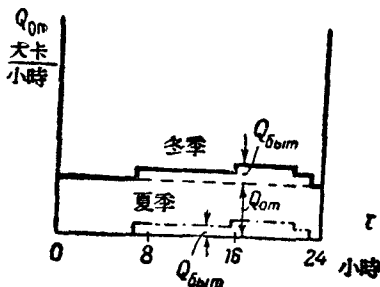


圖7 全日供暖及生活用熱負荷曲線

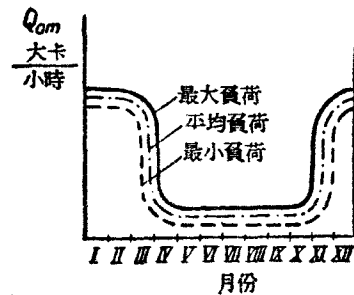


圖8 全年供暖及生活用熱負荷曲線

四、熱力發電廠主要設備的型式

電能係由發電機產生而發電機由原動機帶動旋轉。熱力發電廠的發電機則由熱機帶動旋轉。所以，熱機及蒸汽發電廠的蒸汽鍋爐為這種發電廠的主要熱力設備。

熱機型式的發展及其在發電廠的應用

在 1765 年，瓦特以前 20 多年，天才的俄羅斯機械發明家依·依·波魯宗諾夫(И. И. Ползунов)在巴納烏爾(Барнаул)造成了第一部工業上用的蒸汽機。

正如馬克思(Маркс)所給與的評價：那時期工業用的蒸汽機的發明和造成，其意義在於這樣的機器不是一種為了特殊目的的發明而是在整個 19 世紀佔統治地位的有巨大工業價值的萬能原動機。

19 世紀中葉，工業上開始用小型汽輪機作為鼓風機，離心泵，圓鋸等等的原動機。

19 世紀末葉，隨着壟斷資本的發展，生產迅速集中；固定式動力廠利用低級燃料的合理性；19 世紀 80 年代由於電能在工業中廣泛運用所引起的工業技術革命；以及對帶動發電機用的大功率高速原動機的合理型式的探索；——所有這些因素促進了現代工業上用的第一批汽輪機的出現。

冶金工業和機械製造工業的成就，水蒸汽熱力性質在理論上和實用上的進一步研究，均促使新型汽輪機得以製成並成功的應用於熱力發電廠。

汽輪機必須和當時(1897年)構造上已極為完善的蒸汽機和新型內燃機——狄賽爾機——相競爭。在熱力發電廠方面，競爭的結果是汽輪機的完全勝利，而且即使在現在汽輪機也是帶動發電機的最好的原動機。

19 世紀 80 年代，不同型式的汽輪機——衝動式及反動式——開始迅速發展。

汽輪機是 19 世紀蒸汽原動機範圍內的最大發明，汽輪發電機成為擴大工業發展的巨大技術因素之一。

1904 年彼得堡(петербургск)冶金工廠第一次在蘇聯製造出一種衝動式多級壓力汽輪機，到 1913 年以前的時期，該廠所製造的汽輪機的單位功率達到 1250 瓩。

偉大十月社會主義革命以後，在蘇聯列寧金屬工廠(ЛМЗ)，哈爾科夫汽輪發電機製造廠(ХТГЗ)，基洛夫城(Киров)，涅瓦城(Нева)諸工廠中汽輪機製造得到了無比的發展。

由於社會主義計劃經濟的優越性，在蘇聯能夠製造極大的高壓凝汽式汽輪機，功率達 100 000 瓩(轉速 3000 轉/分)，並能大量生產合理型式的現代化供熱汽輪機，其中有的單位功率達 25 000 瓩。

熱機在發電站的應用 對發電廠用的原動機有以下的要求：

(1)和發電機連接要簡易，原動機的轉速對發電機的轉速(足夠高的轉速)要合適，運動要平穩。

(2)工作要安全，不易發生故障。

(3)熱經濟要高，也就是說在一定工作條件下熱耗要最小。

(4)容易調速和有工作自動化的可能性。

- (5) 使發電廠可以利用各種低質燃料。
- (6) 使有可能製造出各種實際上所需要的功率的原動機。
- (7) 設備要緊湊便宜。
- (8) 維護和運轉要簡易。
- (9) 使發電廠有可能用定量工質形成一個閉口循環。
- (10) 使原動機工質的廢熱的利用有可能而且很方便。

汽輪機是滿足上述要求的最好型式的原動機。在大多數情形下，汽輪機和發電機直接用聯軸節^①連接，小型高速汽輪機則需用減速傳動機構連接。汽輪機和發電機連接所形成的汽輪發電機具有高度運轉平穩性，在正常情形下，能保證發電機產生合乎要求的電流週波及發電機併列運行的穩定性。

汽輪發電機具有高度工作安全性，在滿負荷情形下可以連續工作幾千小時。汽輪機提供了實行高度真空工作過程的可能性，也提供了最好地利用低溫冷源的可能性。其內部損失和機械損失都很小，並具有調速機構的高度靈敏性以及工作上幾乎能夠完全自動化。

汽輪機發電廠可以利用任何種類的低質燃料。

用於發電廠的汽輪機，可製造成任何實際上所需要的功率，從幾百瓩到 200 000 瓩，而且任何功率的汽輪機都很緊湊。

由於汽輪機具有高度的工作安全性和廣泛的工作自動化，因此，比其他原動機容易維護。

汽輪機廢汽的凝結水可作為鍋爐給水。

汽輪機廢汽的熱量可用來供應熱消費用戶。

蒸汽發電廠的缺點(特別是汽輪機的發電廠)是必須有笨重，價昂，佔極大面積，極大體積的鍋爐設備，以及全廠比較高的設備費和比較多的工作人員。

除此以外，汽輪機的缺點是起動時間比較長，工作時轉速不允許升高或降低，而且對鍋爐產生蒸汽的品質要求很高。

發電廠採用活塞式原動機的缺點，是帶有曲柄——連桿機構和飛輪的原動機運轉不夠平穩，發電機併列運行時不穩定，功率不高。蒸汽機的凝結水被油弄髒不能用作為鍋爐的給水，在蒸汽機中不可能實現高度真空的工作過程。

內燃機不能使用低質燃料，而且其功率也有一定的限制。

最近幾年，在研究燃氣輪及燃氣輪設備的合理循環和型式方面是取得了很大的成就，但由於應用固體燃料有困難，在保證建立合理的燃氣輪發電廠方面，對燃氣輪，壓氣機及必需熱交換器設備等的構造還缺乏足夠的實際考驗。因此，在最近時期，大功率的燃氣輪還未能很廣泛的應用於發電廠。

由以上所述，很明顯看出，為什麼汽輪機是用於現代大中型熱力發電廠的原動機的基本型式，甚至可以說差不多是唯一無二的型式。

蒸汽鍋爐型式的發展及其在發電廠中的應用

高壓鍋爐的發展 人們特別注意高壓蒸汽鍋爐的發展史，因其對新型發電廠有很大的意義。

① 靠背輪。——譯者