

远距离输电

苏联 C. C. 洛柯姜著

倪保珊译

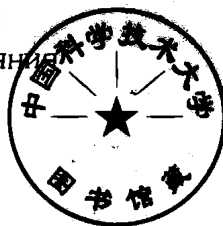
水利电力出版社

內 容 提 要

本書闡述了远距离輸电的發展簡史和它在現代动力系統中的地位，簡單地說明了远距离輸电的基本物理特征，以及實現 远距离輸电的技术措施。

本書可供电業部門的技术人員和技术管理人員參考。

С. С. РОКОТЯН
ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1956



远 距 离 輸 电

根据苏联国立动力出版社1956年莫斯科版翻譯

倪 保 珊譯

*

802D296

水利电力出版社出版(北京西郊科学路三里河)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

850×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 4 $\frac{1}{2}$ 印張 * 104千字

1958年5月北京第1版

1958年5月北京第1次印刷(0001—2,300册)

統一書号: 15143·685 定价(第10类)0.65元

目 录

第一章 緒論	2
第二章 远距离輸电的起源	5
第三章 现代的动力系統	13
第四章 輸电綫路的电气特性	20
第五章 交流輸电綫路的运行情况	30
第六章 远距离輸电綫路的送电容量	40
6-1. 远距离輸电綫路中的电能損耗	40
6-2. 受电器母綫上的电压波动	43
6-3. 电力系統的稳定	44
6-4. 提高静态稳定的措施	51
6-5. 提高动态稳定的措施	54
第七章 远距离輸电的結綫方式	56
第八章 400 千伏电網的絕緣	67
第九章 400 千伏 架空輸电綫路	71
9-1. 一般特征	71
9-2. 400 千伏輸电綫路的导綫	74
9-3. 400 千伏綫路的絕緣子	76
9-4. 400 千伏綫路的桿塔	79
第十章 400 千伏变电所	88
第十一章 直流远距离輸电	95
11-1. 簡史	95
11-2. 現代直流輸电的結綫方式	97
11-3. 高压直流綫路与变电所	105
第十二章 国外的远距离輸电問題	110
結束語	

第一章 緒 論

苏联的电气化,对建立共产主义的物质基础具有巨大的意义。

使用电能比使用蒸汽能、水能和风能方便得多,电能很容易輸送到較远的距离,也很容易、很方便、很簡單地轉变为其他形式的能:光能、热能、机械能及化学能。

建設水力發电厂和燃燒当地燃料(褐煤、泥煤、頁岩、煤矿廢物)的火力發电厂,可以使人类大大的提高天然动力資源的利用;远距离輸电可以解除地区条件对工業的限制,并把工業分佈得更臻合理。例如,把工業設在靠近原料产地或历史上形成了的国内中心城市。

电力拖动的發展,可以創造新的、更完善的工業机械、运输机械及农業机械。在工艺过程中广泛采用电能,將决定新式而完善的生产方式的出現,例如有色金屬和黑色金屬的电气冶炼、电化学、电焊、高频加热、材料的干燥和鍛加工、金屬加工中的电气工艺等等。

电气化可以最完善地解决生产自动化和發展新技术的問題,这些問題乃是提高劳动生产率——建立共产主义社会最重要的条件——的关键。

苏联的發电厂容量和發电量逐年在增加。革命前的俄国,动力事業非常落后,1913年發电厂的总容量为110万瓩,發电量約为19亿度(即瓩时)。当时發电厂的容量很小,又不經濟,且都采用外国的設備,这种發电厂在技术上既不完善,而且燃燒最貴的燃料——石油和高級煤。拥有最丰富天然动力資源的俄国,1913年的發电量,在世界各国中佔居第15位。

由于十月社会主义革命的胜利,在苏联創造了国民經济电气化和合理發展动力工業的条件。十月革命后的最初几个月內,В. И. 列宁要求对工業、运输業及农業的电气化予以特別的重視。

早在內战結束以前，共产党即已着手組織規模巨大的电气化工作。1918年夏开始建設伏尔霍夫斯克水力發電厂，1918年秋开始建設燃燒泥煤的沙土尔斯克区域火力發電厂，1919年7月又开始建設燃燒莫斯科近郊煤的卡希尔斯克区域火力發電厂。

1920年2月，苏联中央执行委员会按照列宁的提議，采取了編制全俄电气化計劃的決定，計劃由最著名的科学家和工程师組成的專門委员会編訂。1920年3月苏联共产党第九次代表大会在“关于当前的經濟建設任务”的決議中，規定了电气化方面的基本任务。

根据第九次党代表大会的指示，直接在B.И.列宁的领导下，由專門委员会編訂了全俄电气化計劃。并在1920年12月20日第八届全苏維埃代表大会上批准了这一計劃。

全俄电气化計劃預計在10至15年內完成，預定建造区域發電厂的大容量電網，并在这一基础上發展所有的国民經濟，而且預定全国工業的生产量約提高至1913年的兩倍。計劃中拟定在全国的各个区域內修建30所新的区域發電厂，全部裝置容量为1500兆瓦，同时扩建和改建原有的發電厂，使原有發電厂的容量增加250兆瓦。全俄电气化計劃預定的發電量要达到每年88亿度。按照B.И.列宁的指示，全俄电气化計劃中規定：建造電力網和規模巨大的電力系統，广泛利用河流和当地燃料的动力，又計劃建設十所水力發電厂，总容量为640兆瓦，其中包括伏尔霍夫斯克水力發電厂，兩所斯維爾斯克水力發電厂，以及德聶泊水力發電厂。

1922年卡希尔斯克水力發電厂和“紅十月”列宁格勒發電厂开始發電，1925年有沙土尔斯克發電厂及低城發電厂、1926年有伏尔霍夫斯克水力發電厂、1927年有庫尔河上的齐莫-阿夫恰耳斯克水力發電厂以及其他許多發電厂都先后开始發電。在1922年自卡希尔至莫斯科建設了苏联第一条电压为110千伏的輸电綫路。

全俄电气化計劃在10年的时期內全部完成了，至1931年1

月 1 日已超額完成了這一計劃。

在五年計劃年代中，由于共产党領導下的蘇維埃人民的努力，我國（指蘇聯）的动力事業得到了迅速發展，發電量的增長情況如圖1-1 所示。

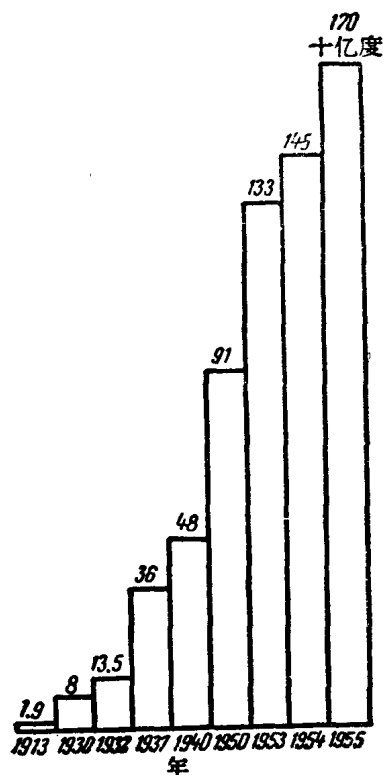


圖 1-1 蘇聯發電量的增長情況

由于蘇維埃人民的英勇奮鬥，在衛國戰爭時期被破壞的發電廠，到 1950 年已全部恢復，其中包括歐洲最大的德聶泊水力發電廠。1950 年的發電量約 910 億度，超過了 1940 年的水平達 87%。在戰後的五年計劃年代中，水力發電的建設又前進了一大步，很多的大型水力發電廠都已建成，1950 年水力發電廠的發電量已佔總發電量的 18%。

1940 年蘇聯區域發電廠的總容量達到了 1070 萬瓩，為 1913 年舊俄發電廠總容量的 10 倍，而發電量比 1913 年提高了 24 倍，即每年達 480 億度。蘇聯 1940 年的發電量已佔全世界的第二位，僅次於美國而超過了英、法、意、日及其他資本主義國家。

在偉大的衛國戰爭年代中，蘇聯的東部（烏拉爾，西部西伯利亞，中亞細亞等地）並未停止動力事業的建設。

1946 年至 1950 年的恢復和發展國民經濟的五年計劃，預定把發電廠的總容量增加到 1170 萬瓩，並預定在這一個五年計劃的最後一年中，全國的發電量要比戰前 1940 年的發電量增加 70%。

在第五个五年计划年代(1951—1955年)中,发电厂的总容量比1950年的水平增加了一倍,而发电量提高了87%,1955年的总发电量达1700亿度,许多大型的水力发电厂均已开始发电,如:古比雪夫水力发电厂的第一台机组,以及卡姆斯克、高尔基、明盖恰乌尔斯克、齐姆良斯克、乌斯基-卡明诺郭尔斯克、纳尔夫斯克、卡霍夫斯克等水力发电厂。斯大林格勒、诺沃西比尔斯克及伊尔库茨克等水力发电厂也进行了扩建。并又开始建设卡玛河上的伏特金斯克水力发电厂、额尔齐斯河上的布霍塔尔明斯克水力发电厂,全世界容量最大的安加拉河上的布拉茨克水力发电厂,以及其他许多水力发电厂。同时在南方、乌拉尔、库士巴斯等地的火力发电厂容量也有很大的增加。世界上第一所容量5000瓩的原子能发电厂也已投入运行。

苏联共产党第二十次代表大会有关第六个五年计划的训令,决定继续发展电气化,预计发电量将增加88%(1500亿度),且在1960年苏联的发电厂应该发电3200亿度;火力发电厂的总容量应增加至2.2倍,水力发电厂的总容量增加至2.7倍,35—220千伏电网的长度增加至2.2倍,并应完成古比雪夫、斯大林格勒、伏特金斯克、克里明秋格、德聶泊捷尔清斯克、伊尔库茨克及诺沃西比尔斯克等水力发电厂的建设。安加拉河上的布拉茨克水力发电厂的第一期工程,届时也将投入运行,该水力发电厂的全部容量为3200兆瓦。叶尼塞河上总容量3200兆瓦的克拉斯诺雅尔斯克水力发电厂、鄂毕河上总容量为500兆瓦的卡明斯克水力发电厂以及其他的水力和火力发电厂,都将开始建设。

在第六个五年计划年代中,预计在沒有燃料基地的区域内将建设总容量达200—250万瓩的原子能发电厂。

第二章 远距离输电的起源

在资本主义以前的时代和资本主义发展的初期,动力工程中

根本沒有远距离的动力輸送。当时工業企業建設在水力設備的附近，或与風力設備相联系，水力和風力的原动机都用来拖动磨粉机、鋸木机、冶金設備、金屬加工机械、抽水裝置以及其他小功率的設備；而在那些不能利用水力和風力原动机的地方，就利用牲畜和人来拖动原始的生产工具。由于水力和風力原动机的效率很低，所以人类利用自然界中所蘊藏的动力資源就極為微小。

十八世紀蒸汽机的發明(波耳祖諾夫，瓦特)，使建設規模較大的工業企業成为可能，在这些工業企業中广泛采用了蒸汽設備。在工業資本主义發展时期，每一个企業都有它自备的、裝有蒸汽鍋爐和往复式蒸汽机的蒸汽动力厂，蒸汽机借机械傳动系統(齒輪、皮帶、繩索)拖动各种不同的工業机械，动力借机械傳动裝置所輸送的距离不大，仅局限在一个工厂或一个車間的範圍。十八世紀五十年代建設在萊茵河上游沙佛高澗附近、容量600—750馬力的水力設備，可以說是机械傳动裝置远距离傳送的最高記錄。这一設備的三分之一功率在当地使用，其余的功率借740公尺長的繩索的傳动裝置輸送到萊茵河对岸的毛紡織厂中。

資本主义生产的集中和大企業的形成，需要愈来愈多的动力，需要新的、更完善及更經濟的原动机和照明器具，也需要將动力輸送到更远的距离。电能的应用——电气化——使这些問題得到了解决。

早在1760年M.B.罗蒙諾索夫已着重指出“电力可以沿导綫輸送到数千俄丈甚至更远的距离”。1802年B.B.彼得罗夫指出，可以利用由他所發現的电弧作照明、熔化金屬、电化学及电气冶金之用。1831年英国物理学家法拉第發現了电磁感应現象。十九世紀30—40年代俄国院士楞茨和雅柯比肯定了發电机和电动机的可逆性。1834年B.C.雅柯比創造了第一台由电池供电的实际上可用的直流电动机。1838年这电动机被裝置在航行于涅瓦河上載有旅客的小船上。十九世紀中叶，又創造了各种式样的交流和直流發电机。

为了照明的目的，最初建造了一些小容量的發电厂，在这些

發电厂中裝置了直流發电机，这些直流發电机供电給串联的弧光路灯。

1873 年，A.H. 洛特金發明了白熾电灯，1876 年，П.Н. 雅勃洛契柯夫發明了著名的“电燭”，从此电气照明就开始被广泛地实际采用。П.Н. 雅勃洛契柯夫在开始利用直流以后，又首創利用了單相交流来供給照明，并研究了受电器在电路中并联連結的問題，1876 年他又發明了輸电系統中最重要元——电力变压器。受电器的并联連結方式，可以开閉任何一个受电器而不致破坏电網的工作，这一連結方式很快就被推广到所有新的电气設備。

由于在最初建成的一些發电厂中应用了直流，配电網的电压被限制在 100—120 伏，以后又限制在 200—220 伏的数值，在这种低电压下輸送电力而發生的技术上和經濟上的困难，使得每一所發电厂只能供給 1—2 公里半徑的很小地区。

远距离的电力輸送，由芳建于 1873 年在維也納举行的国际展覽会上首次實現的，他借一条長 4 公里的兩导綫綫路，把一台用瓦斯原动机拖动的發电机和一台轉动水泵的电动机連結起来，發电机的功率約为 1 馬力。1874 年 Ф.А. 皮罗茨基在彼得堡實現了 6 馬力的直流輸电，輸送的距离起初是 50 公尺，以后增加至 1 公里。1877 年，Ф. А. 皮罗茨基在技术刊物上發表了他的論文，說明水力發电厂所發的电力可以輸送到远距离（任何距离）的理由。如今关于建造納尔夫斯克水力發电厂的意圖，首先被 Ф.А. 皮罗茨基所断定。他也曾指明：当时在照明上用得特別广泛的电力，應該在工業上供拖动和工艺之用。为了解决这一任务，他認為必須实现电力的輸送，把利用廉价动力資源的發电厂所發的电力，輸送到較远的距离。



П. Н. 雅勃洛契柯夫
(1847—1894)

傑出的設計師，科學家。变压器和以“雅勃洛契柯夫电燭”命名的弧光灯發明者。



Д.А. 拉欽諾夫(1842—1902)
輸電綫理論的創造者，“電動機效
率 and 轉矩”論文的作者。

远距离輸電的理論基础由卓越的俄国物理学家 Д.А. 拉欽諾夫所奠定。1880 年, Д.А. 拉欽諾夫在俄国的“电”杂志上發表了“电气机械的功能”論文, 他在这篇論文中从理論上論証了远距离輸電的可能性和合理性。

他的著作的主要結論可归納如下:

a) 輸電过程可以而且應該这样去完成: 距离(阻抗)的增大不应使輸電效率变坏。

6) 当綫路長度增加时, 欲保持效率不变, 可以借提高电压来达到; 此时, 可不改变綫路中的电流而輸送大得很多的电力。

б) 提高电机(發電机)的电压, 可以借增加电机的轉速和增加其繞組的匝数来达到。

1881 年, 法国电工学家馬賽德普烈随 Д.А. 拉欽諾夫之后也得出了一致的結論。1882 年馬賽德普烈靠德国葛依吉工厂的帮助, 建造了一条 57 公里長的直流輸電綫, 把米斯巴赫發電厂的电力輸送到閔兴展覽会, 輸電的电压在始端約为 1300 伏, 在末端約为 850 伏, 电力用直徑为 4.5 公厘的鋼綫敷設的架空綫路輸送, 所輸送的功率等于 0.25 馬力, 輸電的效率非常低。

1883 年出現了三綫制的直流電網, 使各个發電厂的供电区域扩大了一些。

П.Н. 雅勃洛契柯夫在 1876 年發明了單相交流的变压器以后, 在同世紀的 80 年代中很多發明家对变压器做了很多改进工作(1882 年, 俄国的 И.Ф. 烏薩金; 1884 年, 外国的郭拉尔特; 1885 年, 采彼尔諾夫斯基、代烈、勃里雅季等)。为了扩大發電厂的供电半徑, 遂采用單相交流; 但是由于單相交流电动机起困难, 所以各种机器和机床上广泛采用單相交流的电气拖动也就

有很大困难。由此可見，直流和單相交流都不能保證增加發電廠的容量和擴大電網的伸展長度。進一步發展電工技術的途徑由卓越的俄國工程師 M.O. 陀里沃-陀勃羅沃耳斯基所开辟。

1888 年 M. O. 陀里沃-陀勃羅沃耳斯基發明了三相交流制、以及在運行上最簡便的、效率比直流電動機更高的三相異步電動機，三相異步電動機的試驗結果，非常令人滿意。1890 年他提出建造世界上第一條三相交流的高壓輸電綫，由法國的勞奮經德國的佛蘭克福特至閔興，該地在 1891 年將舉行國際電工展覽會，而這個計劃引起了技術界的公開懷疑，例如，施尼列爾認為在這種輸電中的損耗將超過 87%，而愛迪生聲稱：“交流，是一種沒有前途的胡說”。但德國葛依吉廠的經理之一，同時也是佛蘭克福特展覽會的總工程師奧斯卡拉·馮·密勒以及瑞士的歐立岡工廠，終於決定實現 M.O. 陀里沃-陀勃羅沃耳斯基的計劃。



M.O. 陀里沃-陀勃羅沃耳斯基
(1862—1919)

用作電氣化基礎的三相交流技術的創始人，卓越的電工理論家，天才的電工設計師，傑出的電工實踐家。

在涅卡爾河上的勞奮地區有一個水力裝置，原定在該處修建一座直流發電廠，供電給離勞奮 12 公里的蓋伊勃朗城，後來水力發電廠內裝置了一台容量 230 千伏安，95 伏、40 赫的三相發電機，該發電機借圓錐齒輪傳動系統與一台 300 馬力的立式水輪機相聯結，發電機由歐立岡廠製造，而勵磁機由葛依吉廠製造。為了提高電壓，陀里沃-陀勃羅沃耳斯基採用了由他自己發明的三相變壓器，歐立岡廠根據陀里沃-陀勃羅沃耳斯基的設計製造了一台容量 200 千伏安、95/15200 伏的三相變壓器。

自勞奮至閔興河上佛蘭克福特的長 175 公里的架空輸電綫路，用直徑 4 公厘的裸銅綫架設，銅綫佈置在應用針式瓷絕緣子的木電桿上。綫路的開關設備以及保護和測量用的儀表，都是非常原始的。在閔興河上的佛蘭克福特建造了兩個 13800/112 伏的受

电降压变电所(圖 2-1), 其中一个变电所以供給展覽会的照明, 另一个供給容量 100 馬力的三相异步电动机, 此电动机直接与一离心水泵相联, 离心水泵供給 9 公尺高人工瀑布的用水。

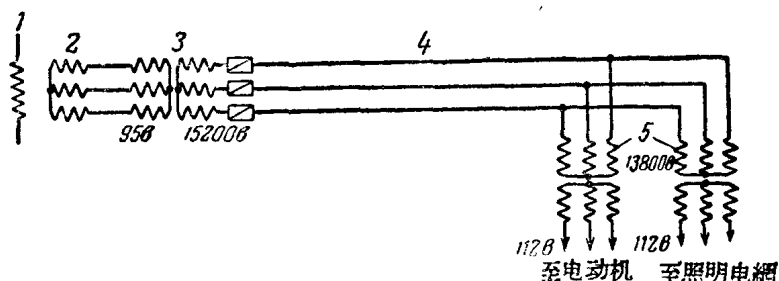


圖 2-1 世界上第一条陀里沃-陀勃罗沃耳斯基三相輸电綫的接綫圖

1—励磁机; 2—230 千伏安, 95 伏发电机; 3—升压变压器;

4—三相架空綫路; 5—降压变压器。

劳奋至佛蘭克福特的三相輸电綫路在 1891 年 8 月 25 日开始运行, 进行的試驗肯定了輸电的效率为 81—79%。此輸电綫成功地运行到展覽会結束, 在展覽会結束后, 这条輸电綫又经过了补充試驗, 試驗电压升高到 25—30 千伏。此后, 劳奋的三相交流发电厂就用来供給盖伊勃朗城的用电, 劳奋与盖伊勃朗城之間借三相架空綫路相联系。

根据俄国工程师陀里沃-陀勃罗沃耳斯基的设计所建成的劳奋至佛蘭克福特的三相交流輸电系統, 对發展現代电力工程开辟了广闊的道路。三相交流制易于升降电压, 从而扩大了电力的輸送容量和輸送距离的范围。向三相电流的过渡, 保证了发电厂容量及其作用半径的增大, 并改善了发电厂的技术经济指标。三相交流制为工业的广泛电气化創造了条件, 这一条件的基础乃是应用异步电动机来拖动机床及其他机器。

在劳奋至佛蘭克福特三相交流輸电系統建設以后, 直流和三相电流的拥护者之間进行了激烈的斗争, 这一斗争持續了 10 年之久, 生产直流设备的外国工厂反对交流, 爱迪生甚至企圖通过法律程序来禁止采用交流, 因为交流似乎对人的生命是危险的。

但是三相交流的优越性如此明显，发电厂的容量又如此迫切地需要增大，因此在十九世紀的 90 年代中所建設的发电厂愈来愈多地采用了三相交流，至二十世紀初年，直流和三相交流拥护者之間的斗争終于在三相交流拥护者的胜利下宣告結束。可以有趣地指出，早在 1893 年，在俄国（在諾沃罗西斯基）就建造了世界上第一所供給工業企業（諾沃罗西斯基升降機企業）及港口用电的三相交流发电厂，該厂容量在当时来说是很大的，計 1200 千伏安。1895 至 1897 年，P. 3. 克拉松在彼得堡和莫斯科建造了三相交流发电厂，又在 1906 年他在巴庫也建造了三相交流发电厂。

勞奮至佛蘭克福特長 175 公里的輸電綫，無論在容量（200 千伏安）上和效率上都不能滿足工業發展的需要，因此必須提高远距离輸電的容量和經濟性，這個問題，可以用增大導綫截面的方法来解决，或者也可用提高电压的办法来解决。

借增大導綫截面来提高輸電綫的容量和效率的可能性不大，而且这一方法由于增大綫路造价而受到限制。如果在勞奮至佛蘭克福特的輸電綫上，采用的是 12.5 公厘²截面的銅綫，則在現代容量最大的輸電綫上所采用的銅綫截面也不大于 400 公厘²，这就是說，60 年来輸電綫導綫截面也只不过增加了 31 倍。

提高輸電容量的第二种方法的可能性和經濟性比較大，当綫路長度給定时，亦即輸電綫路的阻抗为一定值时，所輸送的功率与电压平方成正比。勞奮至佛蘭克福特的輸電綫以 15.2 千伏的电压运行，把 138 瓩的功率輸送至 175 公里的距离，輸電效率为 78.8%；同样長度的現代輸電綫，則以 220 千伏的电压运行，可以輸送 100 000 瓩的功率，輸電效率为 94—95%。提高电压可以使輸送容量提高到 725 倍，效率提高 15—16%。

1891 年以后，輸電技术發展的特征是輸電綫路电压、功率和長度的不断增長（圖 2-2）。在最初几年內，对輸電綫路采用針式瓷絕緣子，这种絕緣子做成各种不同的型式，以滿足架空綫路工作条件的要求。但是当導綫直徑增大时，絕緣子上的机械荷重也就增大，特别是由于輸電电压的提高而使絕緣子的工作条件变得

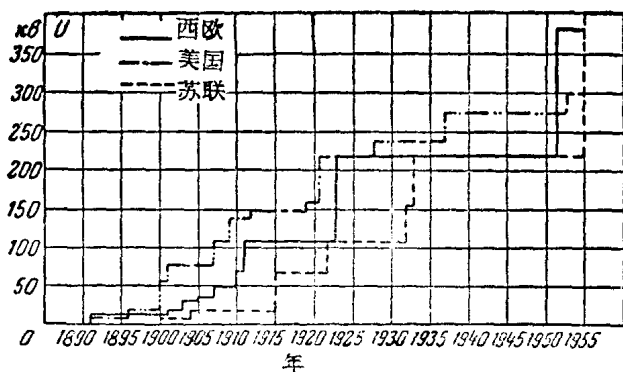


圖 2-2 架空輸電綫的电压增長

复杂，因此不得不放棄采用針式絕緣子，而把它們的应用范围仅限于导綫截面不超过 50 公厘²、电压不超过 35—60 千伏的綫路。

1906年發明了悬式絕緣子，使綫路能够过渡到应用更大截面的导綫和更高的电压。1908—1910 年，建造了第一条电压为 110 千伏的輸电綫，数年后又建造了第一条电压为 150 千伏的綫路，而在二十世紀 20 年代开始，出現了电压 220 千伏的綫路，1936 年建造了第一条 275 千伏的綫路；1952 年第一条 380 千伏的輸电綫在瑞典开始投入了运行。

在革命前的俄国，1912 年由 P. Э. 克拉松建設的、自“輸电”發电厂至莫斯科長 70 公里的輸电綫具有最高的电压 (70 千伏)，1922 年苏联建設了第一条自卡什尔至莫斯科的 110 千伏綫路，1932 年又建設了自德聶泊水力發电厂送出的第一条 154 千伏的綫路，又在 1933 年建設了自斯維爾斯克水力發电厂至列宁格勒的第一条 220 千伏的綫路。1956 年在苏联建設了古比雪夫水力發电厂至莫斯科的輸电綫，此輸电綫具有世界上最高的电压——400 千伏。

第三章 現代的動力系統

在十九世紀 90 年代的末期和二十世紀的最初十年中，電動機成為工業中機器和機床的主要拖動裝置，在工藝過程中也開始直接廣泛應用電力，出現了電氣冶金和電化學。

對工業的供電逐漸集中，而且大多數的工業企業都從公共電源——動力系統——獲得電力，該動力系統是借輸電綫把許多不同類型的發電廠聯成的一個整體。在它發展的同时，也改善了各個發電廠的情況：加大了發電廠的鍋爐、汽輪機、發電機及變壓器的容量，從而增大了整個發電廠的容量；改善了這些設備的技術經濟特性，從而提高了發電廠的效率，降低了燃料消耗率、廠用電以及每度電的發電成本；提高了發電廠的運行可靠性。

動力系統的產生和電能的集中生產，發電廠容量和個別機組容量的增大，正說明了許多與發電廠並列運行條件有關的主要優點。發電廠容量和個別機組容量的增大，可以減小它們的單位造價，在火力發電廠中可以具備採用高壓高溫蒸汽的條件，因而可以提高火力發電廠的效率，降低其運行費用，從而使發電成本變得低廉。較大容量和較完善的鍋爐，可以利用低級燃料：多灰的、含水量或有害雜質含量較多的燃料。建造大型的水力發電廠，可以大大降低每瓩功率的造價，並減小其發電成本。

加大電氣設備的容量，以及把並列運行的發電廠聯成統一的動力系統，都是由於電能的生產和消費的許多特點所決定的，其中的一個特點是：電能的生產、遠距離輸送、在地方電網中的分配、以及電能的消費，實際上都在同時進行。在任何其他的工業部門中，可以把產品儲存在倉庫中。即使在供水系統和供應煤氣的系統中，以及保證生產壓縮空氣的裝置中，也都有儲存水、煤氣和壓縮空氣的設備（水箱及儲水池，煤氣儲存器，壓縮空氣儲存器等等）。在供熱系統中，也可以儲藏所生產的熱。但是在電力系

統中，無論發電廠在何時所生產的任何功率，實際上都在同一時間內由系統的負載所消耗掉。所以電力系統中任何一個元件的工作被破壞，立刻會影響到電力用戶——工廠、礦井、鐵路的工作，也影響到城市和鄉村的生活。

發電廠的發電量低於當時用戶所必需的需電量時，將會引起電力系統中的頻率下降，隨即就要切除部分用戶。在另一方面，由於某種原因，電力系統的負荷所消耗的電能下降時，發電廠的設備也就無法得到充分的利用。發電廠所發出的功率與系統中用戶所消耗的功率之間，是不可能存在不平衡的情況的，發電廠功率的降低，必然使受電器當時所消耗的功率減少，相反，當用戶所需功率降低時，運行中發電廠所發的功率在自動調整器的作用下也必然降低，同時發電廠的機組也必然減載，甚至在某些情況下被切除。

電能需要量的變化，借負荷曲綫（圖 3-1）來表明，負荷曲綫說明任何一段時間內（一晝夜，月，年）用戶所需功率的變化。負荷曲綫的特徵，隨用戶的構成及其工作情況而定，例如：企業究竟以一班制、兩班制或三班制工作等等。負荷曲綫的形狀也決定於各個受電器容量間的比例（小型電動機負荷，大容量電爐，照明負荷等等）、各個企業開始交接班的時間、每交接班之間的休息時間及午膳休息時間的長短等等。負荷曲綫也與一年的季節有很大關係（圖 3-2）。

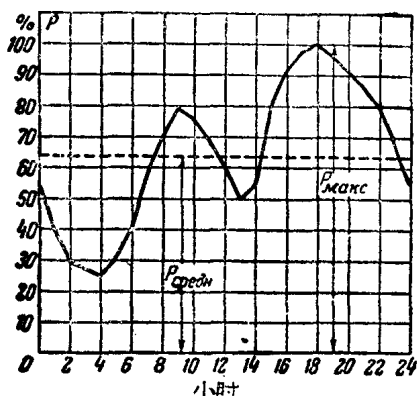


圖 3-1 動力系統的電力日負荷曲綫

等。負荷曲綫也與一年的季節有很大關係（圖 3-2）。

為了保證對用戶供電可靠，發電廠中的裝機容量應該大於一天中最大負荷的最大功率消耗，例如每年十二月晚上的最大負荷。

動力系統的調度所監視着用戶對電力需要的變化過程、估計着在最近一晝夜、

一星期的各天以及一年的各个月中用戶需要電力的可能變化；根據負荷曲綫的負荷值和特征，擬定發電廠機組的運行程序和運行方式；並決定投入運行的蒸汽鍋爐、汽輪機及水輪機的台數。

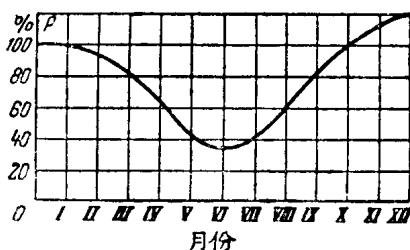


圖 3-2 動力系統晝夜最大負荷的年負荷曲綫

如果發電廠在一晝夜中能夠以均勻的電量售給用戶，則發電廠的運行方式是最經濟的運行方式。但是孤立運行的發電廠就不可能有這樣的運行方式，因為孤立發電廠所發出的功率應該按照負荷曲綫而變化，而負荷由各種不同特性的用戶所組成，負荷曲綫通常都是不均勻的。負荷曲綫的不均勻程度（負荷曲綫的充滿系數）以平均負荷與最大負荷的相對比值來表明：

$$k_n = \frac{P_{cp}}{P_{max}}$$

對於絕大部分是工業企業動力用戶（電化學及電氣冶金企業）的區域和連續三班制工作的工業地區，負荷曲綫的充滿系數可以達到 0.85—0.90 甚至接近於一。對於具有不同性質企業的工業地區，負荷曲綫的充滿系數降低到 0.7—0.8，而對於生活用電和照明負荷佔優勢的大城市，則負荷曲綫充滿系數的數值更低：0.4—0.6。

供電給不均勻負荷的孤立運行發電廠，其機組的利用程度隨負荷曲綫的不均勻程度而變化。相互沒有聯系的發電廠，其運行方式的變化將使其裝機容量不能得到充分的利用，因為在小負荷和中等負荷的時間內，發電廠送入電網的電能比它滿載時可能送入電網的電能要少得多。

孤立運行發電廠的裝機容量，不能得到充分利用的程度更大，因為能應付發電廠中的最大一台機組發生事故，必須要有備用的機組和鍋爐經常參加運行。爐子燃燒着的鍋爐和轉動着的汽