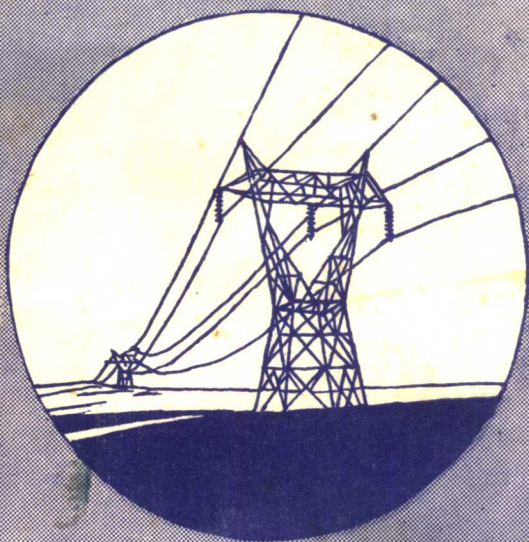


远距离输电

〔苏联〕B.A.維尼克夫



中華全國科學技術普及協會出版

2074

出版編號: 337

远距离輸电

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАСТЯНИЯ

原 著 者: В. А. 維 尼 克 夫

原 編 者: ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО ПО
РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИ-
ЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

原出版者: ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
1955

譯 者: 式

出 版 者: 中華全國科學技術普及協
(北京市文津街3號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第063號

發 行 者: 新 華 書

印 刷 者: 北 京 市 印 刷 一
(北京市西便門南大街乙1號)

開本: 31×43 $\frac{1}{2}$ 印張: 1 $\frac{1}{2}$

1956年8月第1版

1956年8月第1次印刷

字數: 19,600

印數: 15,500

定價: (7)1角2分

緒 論

共產黨在實現列寧共產主義建設計劃時，對作為整個國民經濟堅固基礎的重工業的發展，曾予以特別的注意。蘇聯人民遵循着黨的指示，竭力使動力、黑色和有色冶金、機器製造、煤炭、石油、化學、建築材料等工業和林業得到不斷地發展。

在龐大工業的增長和國家進一步電氣化的基礎上，蘇聯人民勝利地為實現由社會主義逐步過渡到共產主義而創造物質條件。

電氣化是技術進步的基礎。動力事業的發展和發電站發電能力的增長，必須走在其他國民經濟部門的發展的前面。

在第五個五年計劃的四年中，國家建造和擴大了將近五百個大型發電站，其中有上斯維爾、齊姆梁、石山口、居穆什和明格超爾等水力發電站。巨大的動力能源——古比雪夫水力發電站的第一部聯動機很快地就要開始發電。一些巨大的水力發電站——伏爾加河上的斯大林格勒水力發電站、安加拉河上的伊爾庫次克水力發電站和我國各區的強大的新火力發電站，正在進行着建築工作。預計在1955年的發電量將達1,660億度。

世界上第一座發電能力為5千瓩的蘇聯原子能發電站已經運行一年了，而發電能力為5—10萬瓩工業用的原子能發電站

的創建工作也正在順利地進行着(苏联在新五年計劃期間,將在莫斯科、列寧格勒、烏拉爾、斯維爾德洛夫斯克州建立五个發電能力各为40—60万瓩的原子能發電站——編者)。

为了对苏联电气化的現代化規模有一个印象,可以由下面这个事实來看:僅僅在 1954 年一年內,我們發電站的新發電能力,差不多就超过了 10 年內(从 1921 年到 1930 年)按全俄國家电气化計劃而修建成的發電站發電能力的一倍半(圖 1)。我們記得,依照列寧的指示而擬訂的这个計劃,規定要在 10—15 年內修建起 30 个巨大的發電站,其中包括有总發電能力为 150 万瓩的 10 个水力發電站。

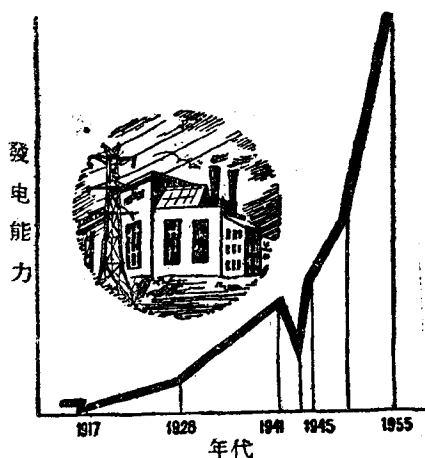


圖 1 苏联發電站發電能力的增長。

龐大的电气化計劃規定,要創建一些和許多發電站联系起來的巨大动力系統,並且把大量的电能傳輸到远方去。例如,古比雪夫水力發電站就是用輸电綫路和莫斯科动力系統联系起來的。巨大的烏拉爾火力發電站,將由沿着烏拉爾山脈从北到南長达一千多公里的輸电綫,和烏拉爾中部、西部与东部所有工業区供电的卡馬水力發電站联系起來。

按照第五个五年計劃,發電站的發電能力將增加 1 倍左

右，而水力發電站將增加2倍。但是，由於工業的發展和農業與日常生活方面需要電能的增加，就要求電能的生產更為迅速地增長。由於這個緣故，在不久的將來，我們的動力系統必定要走上新的更高的發展階段。這樣，遠距離輸電及發電站和個別系統聯繫起來配合運行的問題，就具有了特殊的意義。這本書要講的就是這些問題。

遠距離輸電和電力系統的建立

當人們剛學會了利用水力和風力時，他們便極力想要把所獲得的能量向遠方傳輸。向遠方傳輸能量的可能性，是人類社會經濟和文化發展的重要因素。然而，這種傳輸的可能性遭到了很大的阻礙：有很長一個時期，通過機械方式，利用由皮帶帶動的傳動裝置，只能把能量傳輸幾十公尺遠；以機械方式來分配能量，由風車、水車或汽缸式發動機帶動的傳動裝置，只能把能量傳輸給安裝在車間或小工廠里的一些車床或機器。

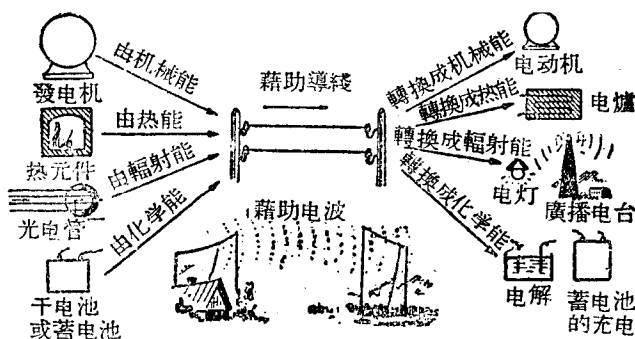


圖2 獲得電能的方法、傳輸電能的方式和需用電能的形式。

利用蒸汽或热水可以把热能傳輸到远的地方，但是这个距离还是有限的：蒸汽可以傳輸3—4公里，热水为6—7公里。*

事实上，在傳輸能量方面，只有电流才能够真正战胜距离。它能够把大量的能量从它的產地傳輸到遙远的用戶，而且还能够把能量按比例分配到大小工厂和企业的車間中去；这不僅能驅动一些單獨的車床，同时还能使这些車床的某些个别机构动作。由於电气化驅动的控制迅速和容易，不僅能創造出自动車床，而且还能建立整体的自动車床綫和自动化的工厂。

电能容易从一种形态轉变为另一种形态（圖2），便於分配和可作远距离傳輸等这些特点，是具有很大的实用意义的。

在对最早的向远方傳輸电能的实验結果的評價中，恩格斯曾寫道：「……这个發明徹底地把工业几乎由所有的地域条件的限制中解放出來……它終究会成为消滅城鄉对立的最有力槓桿。非常明顯，由於这个發明（即远距离輸电——原書編者註），生產力將增長到使資產階級对生產力的管理愈來愈無能为力了。」**

实际上，尽管在資本主义國家里，發電站和電力系統的發電能力有着大的增長；但是，充分地利用經濟和技術的可能性，把動力系統聯繫起來綜合生產電能和熱能的全國計劃性的電氣化，對他們來講，是絕不可能做到的。

電力工程在蘇聯國民經濟中佔有極其重要的地位。電不僅

* 關於遙遠供熱的問題，我們這裡不去談它。

** 馬克思和恩格斯全集第27卷第289頁（俄文版）。

是驅動我們企業中几乎所有的車床和機構的動力代表者，而且還直接參加到電氣冶金、電鋸、金屬電火花加工和高頻淬火等工藝過程以及電氣化學技術、自動控制技術和電訊等方面。

我們國家廣泛地使用着電能。僅在 1940 年，我們工業資源中電力就佔了 85%。

機器拖拉機站和集體農莊的電氣化，給整個農業機械化工作开辟了廣闊美好的前途。在田野里將要應用電氣拖拉機、電氣自動聯合收割機、電動除草機以及許多其他的機器。由於電能在農業生產方面的應用，可以延長溫室和禽舍內的光照日，使家畜受到紫外線的照射；裝設電光捕蟲器來捕捉害虫；使用高頻電流和紅外線來烘干農產品。

電已經深入到城市經濟中去。城市的每個居民都是電能的大量消費者：在大城市里，每個居民僅僅在日常生活上需要的電能，每年就有 1000 度；此外，城市每個居民平均消費在電車和無軌電車上的電能，也要達 5,000 度。假設對城市每個居民一晝夜需要供應約 300 立升的水，那麼每年就要消耗 65 度以上的電能。在大城市里用在照明方面的電能達總電能的 50%。

由於像電氣冰箱、洗衣機、吸塵器和地板擦拭器等電氣用具應用的迅速增長，使日常生活中消耗掉的電能就更多了。日常的電氣用具和機器節省了 80% 左右的體力勞動，這就使一個家庭主婦能夠在一年內節省 500 小時，並使她擺脫開一些沉重的家務工作。

所有這些，都可說明國民經濟電氣化和滿足居民日常需要所必需的大量電能是多麼的重要。要保證這種和生產電能的發電站常常相距很遠的許多用戶的電能，只有遠距離輸電才能辦

得到。

远距离输电为使用离开消费地区很远的能源创造了无限的可能性。由于远距离输电可以利用河流的水力，可以在含有很多灰分的劣等燃料产地建造火力发电站。运输这种劣等燃料是没有好处的，但是在它产地的附近直接利用它却是有利的。

借输电线路来传输火力发电站生产出来的电能，还有这样的好处：使铁路运输摆脱了大量燃料的输送。例如，电压为40万伏的输电线路可以传输的电能，如果是在需用的地方由发电站来生产的话，那么每天就得把12—14列车的煤输送到那里去。

高压输电线路相当大的建造费用，是可以很快地被补偿的。并且，建造离城市很远的发电站，还可以使城市避免由火力发电站喷出的大量煤烟和煤灰。正如大家所了解的那样，如伦敦的发电站，每年就要向该城上空喷出125,000吨的烟灰。

经远距离传输水力发电站生产的电能是具有重大意义的。如果说燃料（煤、泥炭）还可以沿铁路输送的话；那么河流的能量——「白煤」是无论如何也没办法经远距离传输的。

在我们祖国的108,500条大大小小的河流上，可以建造这么多的水电站，它们每年的发电量达17,000亿度以上。但在这些河流上适宜于建造水力发电站的地方，却往往不适宜于发展工业。在这种情况下，生产出来的电能必须经输电线路来传输。

第五个五年计划中的关于水电建设工程的计划，标志着国家的水力发电站比重的增长。在五年内发电站总发电能力增加1倍的情况下，水力发电站要增加2倍。

水力發電站具有許多优点：它所生產的电能比火力發電站生產的电能要便宜 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ 。在运行上，水力發電站和生產同样能量的火力發電站相比較，工作人員要少得多。管理古比雪夫和斯大林格勒两个巨大的水力發電站需要 1600—1800 名工作人員；如果在火力發電站生產这样多的电能，就需要 30,000—40,000 人。

苏联水电建設工程最重要的特点：並不是修建孤立的水力發電站，而是把沿着河流的一系列發電站組成一个統一的系統。这样設置的电站可以改善它們的动力状态，而且能更完善、更合理地來利用河流的水力資源。

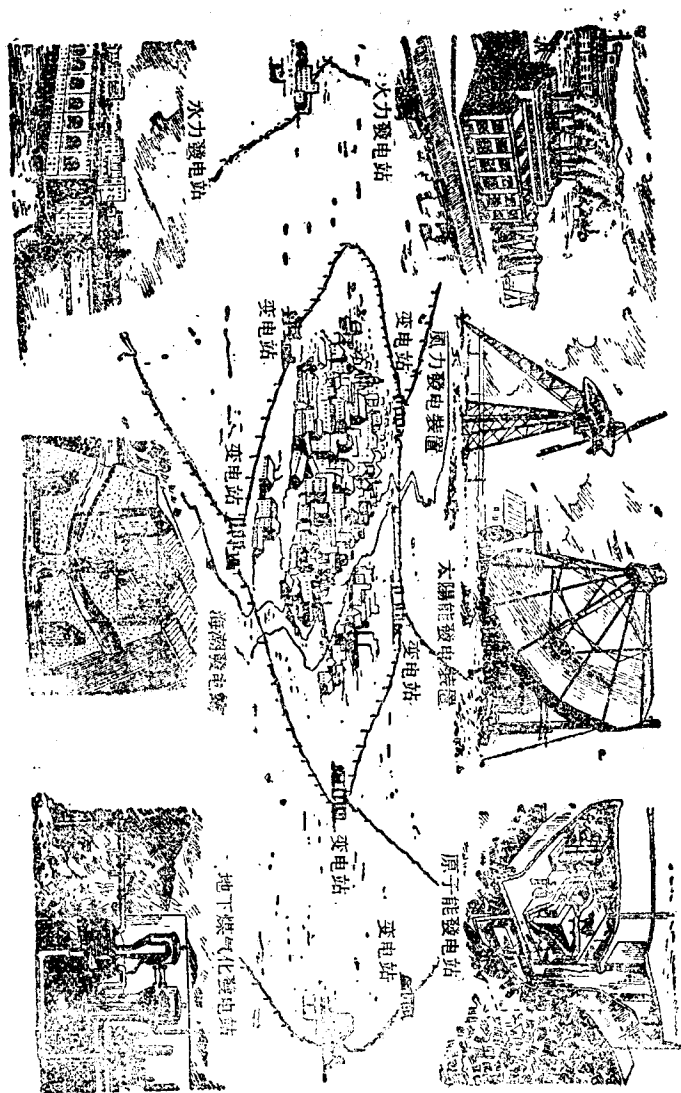
水力發電站生產的电能不可能在任何时候都是一样的，它是由水量來決定的。因此，为了合理地使用水力發電站，就必須用輸电綫路把它們和火力發電站並联运行，組成联合动力系統。

这种系統不僅把火力和水力發電站联系起來，而且，把利用原子能、風力、海潮、太陽热和其他自然能源的發電站联合起來的日子也在眼前了（參閱本書第一頁的插圖）。

这样一來，远距离輸电的意义就不僅僅是限於傳輸和用戶相距很远地方生產出來的电能，而且还能把發電站联入动力系統；把各个独立的系統相互联系起來。

把單獨的發電站联入动力系統，可以保證用戶电能的不断供应。對於工業、運輸業和農業不断供应电能究竟有多么重要，可以由这个事实看出：一座功率为 10 万瓩的工厂僅停歇一小时，就会造成 1—2 百万盧布的損失。

只有当發電站联入动力系統时，它們的运行才是最經濟



使各种发电站组成联合动力网的示意图。

的。不僅是對單獨的發電站，就是對整個動力系統，甚至聯入系統的各部分，也要使它們的燃料消耗達到最少的程度。這一點對社會主義國民經濟來講是非常重要的。因此，僅使系統中個別發電站以最有利於它的情況來運行，並不見得一定是合理的。例如，現代最經濟的系統的發電站，有時必須在大於比對它們更有益的負荷情況下來運行；而且在這個負荷下，燃料消耗率* 比系統的其他發電站的還要低。當然，主要的電能必須由消耗燃料少和最經濟的發電站來生產，至於需要運輸燃料的電能成本高貴的發電站，應當僅在高峯負荷時才使用，其餘時期則作為備用。這樣可以提高動力系統運行的經濟性。

動力系統中的同時生產電能和蒸汽或熱水等熱能的热電站是可以減少燃料消耗的。不過，熱電站僅當能聯在發電站的動力系統中時，修建它才最為適合。用戶需要的蒸汽和熱水，在冬天要比夏天多得多。因此，沒有聯入動力系統中的熱電站，必須具有適應電能最大需用量的發電能力。但是，這樣的發電能力並不是經常全部被利用的。

聯在動力系統中的發電站，可以不根據季節性的電能需用量來修建。不足的發電能力將由聯在系統中的其他發電站來補償。同樣地，熱電站的多余發電能力也可以給予所聯接的系統。當然，只有在熱電站所生產的電能成本不高於系統中的其他發電站的情況下，它的運行實際上才是經濟的。

如我們已經指出的，只有把水力發電站聯入動力系統時，修建它和它生產的電能才是經濟合理的。

* 燃料消耗率——生產一度電能所消耗的燃料克數。

水力發電站根据河流或貯水庫的水量，可以生產一定数量的电能。水量的多少在一年的四季中是不一样的。僅僅以一个單獨运行的水力發電站來供应負荷，就不能充分利用河流的水力，因为水力联动机的容量是由水流最小的功率來决定的；如果联动机的数目按水流最大功率來安裝，那么在枯水时期，其中一部分就不得不停歇下來。只有当水力發電站联入系統而和其他發電站並联运行时，才能充分利用河流的水力。

根据並联运行而設計的發電站，它的修建費总要比單獨运行的發電站来得便宜。要知道，动力系統中的發電站是不需計劃附加的备用容量的：它將由統一的联合高压电力網中其他的發電站得到保証。

在不同的运行条件下，各种發電站的經濟性也是不一样的。例如，在負荷变化很快的情况下，就是發電站的發電能力需要忽而減小、忽而增加的时候，热力發電站的运行是不經濟的。但是，在这样的情况下，水力發電站的运行却是相当經濟的。因此，系統的最合理的运行方法是：由热力發電站來負担恆定的負荷，而負荷变化很大的都由水力發電站來承担。

在动力系統中具备水力發電站是很重要的，因为它能够在其它發電站發生任何故障时，很快地投入运行。管理着动力系統的調度人員得到系統中負荷下降的信号后，能够很快地使巨大的自动化的水力發電站投入运行。經 2—3 分鐘后，这种电站就可發出全部的發電能力。

大型的發電站用总長达几百或几千公里的高压电力網互相联接起來，这样可組成容量巨大的动力系統，一年的發電量可达几十億度。單獨的动力系統可以通过高压輸电綫路互相联接

起來。例如，还是在偉大的衛國戰爭以前，像莫斯科、高尔基、伊万諾沃和雅罗斯拉夫尔动力系統都已联成一个系統；而頓巴斯和德聶伯河地区兩個动力系統也已互相联接起來。

苏联欧洲部分的联合高压電力網已經建立起來了，这个電網在最近將由巨大的水力發電站——古比雪夫、斯大林格勒、高尔基、契博克薩雷和其他的一些水力發電站取得电能。

联接到整体中的發電站和动力系統的数目越多，联合高压電力網的作用將會越大。

將來苏联欧洲部分的联合高压電力網便被联成为苏联的联合高压系統。它將把西伯利亞的巨大的水力發電站——安加拉河、叶尼塞河、鄂畢河、額尔齐斯河以及其他河流上的——和伏尔加河的一些巨大發電站联合在一起。这样的联合將大大地提高電力供应的經濟性，同时也保證了它的可靠性和優良的电能質量。

發電站生產的电能和所有的產品一样，要有一定的質量。質量的指标是：傳輸到用戶的电能的电压数值和系統中电压和电流頻率的变动。電力網絡中的电压必須要有恆定不变的数值，換句話說，便是額定值。如果电压降低，电动机的运行便要惡化，於是它不能輸出应有的功率；各种电气儀器的效能就遭到破坏；像電視机在这样情况下便完全不能工作；电气照明也要惡化等等。电压增高同样是不允許的：因为这样会引起設備很快的損坏；縮短照明用灯泡的寿命；毀坏电气儀器。根据类似的理由，系統的頻率不符合於額定值也是不行的。

系統的电压和电流頻率的变动要由發電机的轉速來決定。对發電机的轉速來講，它又和系統中某一瞬时的發電站的發電

能力及用戶所需功率有關係。如果發電站的發電能力比用戶需用功率大；那麼，發電機的轉速就要增加，因而系統的頻率也就增高。同樣地，如果在某一瞬時，用戶需要的功率比發電站的發電能力大；那麼，發電機的轉速就要降低，也就是系統的頻率將下降，這就要使用戶的電動機轉速減低。

發電站的發電能力和需用的電能要有嚴格的平衡，是電力系統正常运行的特點。這是因為電力系統中電能的生產和其傳輸消耗的連續過程的各個環節，是相當密切地聯繫着的。在任何瞬間，電能的生產量總應該要和需用量相等。對待電能生產不能跟看待大小工廠所生產的各種產品一樣，生產出來而儲藏在倉庫里。

發電站的正常运行只可能在用戶獲得全部所生產的電能的情況下得到保證。如果電能的消耗不適應它的生產；那麼，這就意味着電力系統是處於不正常的運行狀態。非常明顯，由許多發電站組成的電力系統是比較容易適應負荷變動的，容易保證正常运行情況的。

了解電力系統运行的一般特點和其中所具備的輸電綫路的工作之後，我們現在來探討一下電力系統的運行的一般方式，並了解一下從發電機把機械能變為電能，一直到用戶——把電能變為機械能、光能、熱能或化學能的路徑。

圖3中畫着動力系統的各個元件，而圖4則按各個個別用戶以圖解方式表明了根據各個用戶需要的電能的分配，同時也表示了電能在傳輸時能量的損失。如圖所示，一部分電能是直接由靠近用戶的城市發電站和同時產生熱水或蒸汽的各種工業企事業的發電站中生產出來的。安裝在靠近燃料產地或直接靠近

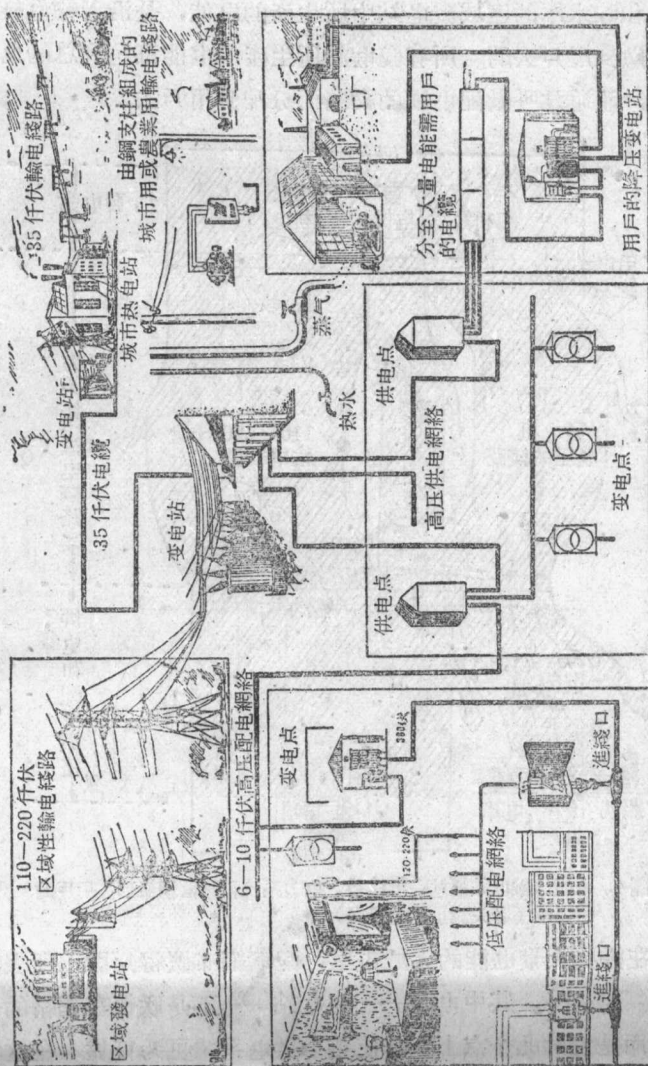


圖 3 电能供应的示意图。

河流和貯水庫的區域發電站中所生產的電能，是沿着輸電綫路而傳輸到用戶去的。所有發電站所生產的電能都送到总的電力網絡，並通過叫做配電網的網絡而分配到用戶去。

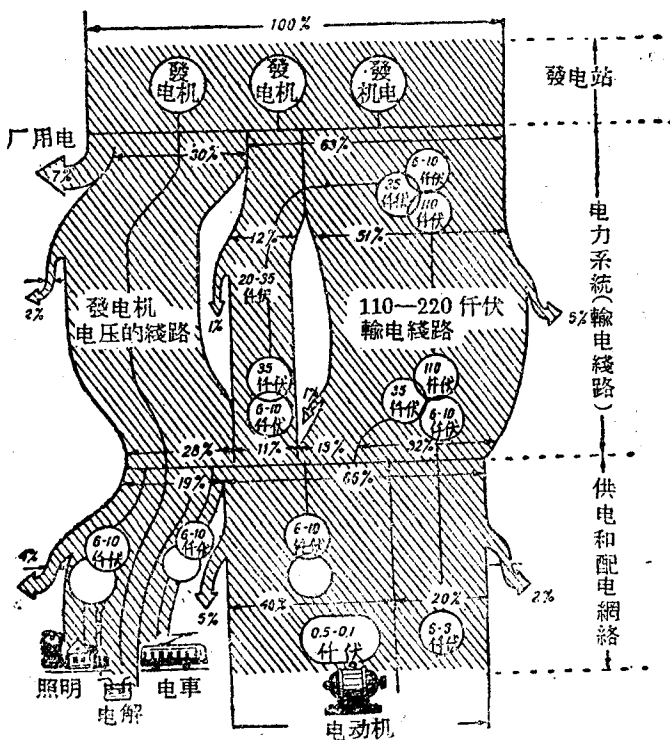


圖4 電能從發電站經過輸電綫路、電力系統和配電網絡到達用戶的路徑圖(箭頭表示能量損失)。

在需要大量電能的大城市里，配電網布置得比圖上所表示的要複雜得多。其中電源——變電站——不是联接在網絡的一端，而是它的幾個點上，以使整個供電系統更為可靠。在這樣

的供电系統中，即使在变电站或供电站發生故障时，电能供应也不致於中斷。在大城市里，電力網絡的运行要尽量使电能的損失非常小。

當古比雪夫和斯大林格勒水力發電站开始發電之后，將有大量廉价的电能沿着高压輸电綫路傳輸到我們祖國的首都——莫斯科。这就要求莫斯科的電力事業，特別是城市電纜網絡的發展和改建。例如，像从通常設在城郊的变电站敷設到城市中心的电压为 6—10 仟伏的許多電纜將不適用了。这时，解决这个問題最好的办法，就是向城市中心地区引入电压为 110 仟伏的更强大的電纜。巨大的降压变电站將使电能从 110 仟伏变为 6—10 仟伏。然后將它們沿着較短的電纜分配到城市的各个区域。

远距离輸电的技術

談到远距离輸电时，我們就会联想到傳輸大量的工業用的能量。这种傳輸必須在能量損失很小，也就是效率很高的情況下完成。

在今天，还只能用高压的交流或直流电沿着輸电綫來傳輸电能。但是，在電力工程方面还有其他的傳輸电能的方式。例如，無綫电也能实现电能的傳輸，这时，傳輸的距离比現代化高压輸电的距离要超过許多倍。然而，从廣播电台傳播到無綫电接收机上的电能的效率却很低，还不到几分之一。

現代化的輸电却是以很小的損失和很高的效率來進行的。甚至就像古比雪夫——莫斯科那样長的輸电距离，效率也能达到 90—92%，就是其中电能的損失不会超过 8—10%。达到这