

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

電力事業概論

斯泰因麥茲著

陳章譯

商務印書館發行



電力事業概論

斯泰因麥茲著
陳章譯

百科學叢書

編主五雲王
庫文有萬

種千一集一第

論概業事力電

譯章陳 著茲麥因泰斯

號一〇五路山寶海上

五雲王

人行發

路山寶海上

館書印務商

所刷印

埠各及海上海

館書印務商

所行發

版初月四年十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

ELECTRIC INDUSTRIES
BY C. P. STEINMENTZ
TRANSLATED BY CHEN CHANG
PUBLISHED BY Y. W. WONG
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1931

All Rights Reserved

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

電力事業概論目次

上篇 電力事業與人生……………二

一 電力能力之特性……………二

二 電力事業與文明生活……………七

中篇 電力事業與實業……………一二

一 電力事業爲一獨立企業……………一二

二 自設電廠與購用電力之經濟比較……………一四

三 電力價格與負荷數量及性質之關係……………一六

四 工廠購用電力之種種方法……………一九

五	中央大電廠與自設電廠交換電力之方法·····	二三
六	交換電力種種方法之經濟比較·····	二四
七	一般實業家與電工家合作之重要·····	二六
下篇	電力事業與市政·····	二八

電力事業概論

本書各篇，爲近代電學大家德人美籍斯泰因麥茲（Dr. C. P. Steinmetz）遺著。斯氏於數學電學，無所不窺。其於學理及實驗上，俱有莫大之貢獻。所著斯氏電學叢書，尤爲不可磨滅之巨著，世界學者奉爲圭臬。本文所述係泛論電力事業，及其與他項事業之關係。說理淺顯，深中要竅，殊可爲一般人士研究本問題之資料。我國近年來國事紛亂，社會凋零，而市政之重要，漸爲有識者所瞭解，起而研究籌劃者，不乏其人。夫電力事業，市政之一端也。欲求市政修明，必先將整理電力事業入手無疑。因迻譯本文，備我國各界人士之熱心於城市建設，謀民衆福利者之參考焉。

譯者識

上篇 電力事業與人生

一 電力能力之特性

處近代文明生活之中，電力之應用，方日進而無已。諸如家庭，工廠，道路之燈光，實業製造之動力，家庭自門鈴風扇，以至於烹飪灑掃，何莫非電力之用。電話電報，不論無線有線，已成爲傳遞消息之至寶。運輸方面，長距離鐵道之電化，雖方在肇始，而重要城市，已無不應用电力爲局部之交通。其他如鋁之化煉，純銅之提取，以及他種實業，莫不應用电力。凡此種種，又何莫非以電力代替燃料之化學能，或蒸汽機與煤油機之機械能之明證。而欲明電力之所以能將他種能力起而代之之故，則電力本身特性之研究尙矣。

電能力之最大特長，在能運輸至任何距離。機械能力，吾人可以皮帶繩索，或高壓空氣而輸送之，然其距離則有限。熱能藉蒸汽之介，可以輸運數百呎，而效率已大損。自然界惟有二種能力，經遠

距離之運輸以後，而經濟不受損者，蓋即電力與燃料之化學能力是也。故凡研究一電力運輸問題，實即研究在煤礦或水力所在地發電，傳送至應用地方，或將煤斤運送到需要電力之處，就地發電，二者孰爲經濟之問題。易言之，蓋即研究以電線運送電力，或以舟車運輸煤斤，而後藉汽機或汽輪以發電之孰爲經濟耳。

電力與化學能力，俱有運輸簡捷經濟之利益，而前者之超勝於後者遠甚。電力傳送效率之高，迥異尋常。且由之改變他種能力，簡易特甚。而化學能力所需之燃料，運送遲滯。若欲由之變作他種能力，尤需複雜之機械，靈巧之人工。是以化學能力，除供取熱及蒸汽之外，直接爲人類服務者，殊不多觀。譬如將電門一按，電燈發光，電能變爲光能矣。如取給於化學能力，則需一至大且巨之煤氣廠。或用燭油，然暗淡無色矣。又如電門再啓，電動機不論小者用於電扇，大者千餘匹馬力，供給全城飲料或曳動列車，即能起始運轉。若用燃料，則汽鍋也，蒸汽機或蒸汽輪也，各種附件也，以及人工房屋也，其繁重可見，而其效率仍極低下。假若竟以燃煤爲鼓動風扇之能源，上述種種，無一可免。是可見化學能力之不適用於普遍之使用，而能力之可以運輸與分配，實肇始於電力之應用，彰彰明甚。反

言之，若以機械能力或他種能力，變爲電力，極爲簡易而經濟，若以之變爲化學能力則反是。是以天然之水力，在電機工程未臻發達之日，類皆廢置。蓋水力之所在，常處深山窮谷之中，而非人羣聚居之地，天然工力，無所應用。故水力之能爲人類服務，實電力運送法有以促成之。

電能力有一特性，蓋其能力能積集至極高之壓力是也。此種高壓力，非他種能力所能達。例如生鐵能提煉於化鐵爐中。而鋁、鈣二種原質，以其與他種原質，在鑛苗中結合甚堅，非用壓力極高之電力，不能使其離異。鐵與炭合於化鐵爐而成生鐵。鈣與炭在電爐中合而成鈣化炭。轉而成電石氣及製造農田肥料。在最熱之養電石氣及養輕氣火焰中，始能使白金鎔化，使晶炭發軟。而在電爐中，不論白金、晶炭以及一切生存物質，不特鎔解，且可蒸溜之，或氣化之。其餘如鋁、矽、鈣、鎂、鉀、鎳、電石氣，種種鹹基等製鍊工業，均非有極高壓力如電力者，不能成也。

電能力非天然能力，而其本身，實屬無用。其來也，自他種能力變化而得，其應用也，復變爲他種能力以去。他種能力，乃指化學及機械能力，以及熱力與光力。換言之，電能力乃爲一種媒介物，或樞紐，藉此將能力之天然方式，變爲應用方式，或將能力自出產之地，遷之於應用之地也。驟觀之，似爲

迂道。例如在電動船舶，能力由蒸汽機或輪，驅發電機爲電力，復由電動機變爲機械能力，驅使船葉，相去數十呎之間，轉輾變化，迂緩曲折。而不知電力之變化他種能力，或自他種能力變化電力，均極經濟簡易，益覺此傳送樞紐爲不可缺也。

電能力最嚴重之弱點，爲其不能儲蓄之性質。吾人皆知有所謂蓄電池者。電廠用以防電力之中斷，而應不時之需，以及其他種種應用。而不知此種蓄電池，以嚴格言之，實非儲蓄電能力。不過於輸進電力時，變爲化學能力，輸出時，復由化學能力，變爲電力，故所儲蓄者，實爲化學能力，而非電力也。

蓄電池經濟效率之低，爲其不能作爲工業界儲蓄能力方法之主要原因。此可與貯藏燃料之化學能力作比較。例如一電廠，需用巨量煤斤，因冬日冰凍運輸阻斷，則可預先備足煤斤，以爲冬日之用。經濟上損失殊少。但若因冬日冰凍，水力不能發電，蓄電池雖能爲頃刻繼電之助，未嘗能使之延久至數月者。是以蓄電池之不能恃之爲儲蓄能力之法，彰彰明甚。

由上文觀之，可知電能之消耗速率，必須與其發生速率，適爲相等。而電力之價格，遂與其應用

之速率，發生關係也。此種情形，顯然不適用於貯藏化學能力之燃料。譬如一噸之煤，不論用之於頃刻咄嗟之間，或延長應用至歲月之久，其出資相同。又如燃用煤氣每日二千四百立方呎，不論燃燒速度爲平均，即每小時百立方呎，或盡燃之於任何一小時，而絲毫不用於其餘之二十三小時，其出資又復相同。因煤氣製成之後，貯於大鋼池，以備顧客隨時應用，其價格視製造成本而上下，與顧客應用之速率無關。至於電能則不然。設使每日應用電能二百四十基羅華脫，其速率設爲每小時十基羅華脫，或爲任何一小時用二百四十基羅華脫，而於其餘二十三小時，則絲毫不用其出資將大相懸殊。其故因前者電廠於發電機、變壓器、傳電制，以及種種附件，祇須十基羅華脫之廠量，以供給此需要。而後者則各件須二百四十基羅華脫以供給之。如此後者固定資本、利息及耗蝕，均二十四倍於前者。在蒸汽電廠中固定資本，常爲總資本之半，在水力電廠中固定資本，又且過半。是以如電能應用，集於一時，則其價格必較全日平均爲昂貴，此乃一定不易之理。故電能力因其無儲蓄之可能，於是其價格大部，全視其應用時間份量之平均程度而異。換言之，即負荷因數之大小。負荷因數者，乃最大消費量與平均消費量之比例也。

吾人自上文已見及若應用電能力集注在一小時以內，則電廠之固定資本利息及消蝕，比平均應用同量電能力於一日內，將增加二十四倍。但若另有一顧客，應用同量電能力，集注於另一小時，於是固定資本可減少一倍，而電能力價格之低廉，前後兩顧客將共享之。可見電能力之價格，又須視各顧客應用時間之相遇情形。易言之。即所謂離散因數 (diversity factor) 是，該因數愈大，即各顧客應用時間，愈不相遇，電能力價格愈低。例如電燈所用能力之價格，自較化學或其他工廠所用能力為貴。電廠所得顧客，性質愈不同，其用電時局愈離散，則電力價格銳減，全體顧客俱受其益，亦因此故。總言之，電能力因其不能儲蓄，是以其發生代價，因情而異。雖因同一電廠，而其售價，往往大相懸殊。此種用電能力特殊情形，實為家庭工業運輸各界，應用電力前應注意之問題也。

二 電力事業與文明生活

文明愈進化，社會上各份子，相依益切。上古野蠻時代，部落，家庭，個人間，需要簡單，自力自食，不生關係。漸次開化，始有以貨物交易者。後此遂有營商為人民調劑需要與供給。但直至近百年前，品

物消費之處，與生產之地，相去甚近。商賈遠地販賣之品類，多非生存必需之物。至今日則事勢已大易，吾人所食用品物，不論其爲必需爲奢華，類皆來自千百里之外。所用之食品，衣料，建築材料等等，往往令世界無不有其分也。是則吾人之生存，固全恃一極靈便普遍之運輸與分散之機關，如最近一世紀所經營之鐵路與航線，實爲近代文明之關鍵。蓋文明之意義，乃於時間及空間上，生產與消費之分離，以達最經濟之程度也。

文明生活之需要，約分二種，材料與能力是也。現有之運輸機關，專營材料而已，非所語於能力之供給也。而能力供給之不便，常爲阻遏文明進化之障礙物。運輸機關有時於遷運材料時，間接供給能力。例如鐵路運煤，吾人所欲者，非煤之本身，乃煤所藏之能力也。但煤藏之能力，固大部用之於工廠，以發蒸汽，轉動機器，而能直接爲人羣服務之例甚鮮。故材料易求，而能力難得。試於窮鄉僻壤，欲得任何地出產之任何材料，舉辦尙易。而於通都大邑，欲得電能力以驅使一縫紉機或電扇，未必便有，則文明尙復偏畸。故眞文明生活，不獨須有健全之運輸制度，以運送材料，且需有可恃之能力傳導制度，以爲人類之用。此種能力傳導制度，蓋卽今日觸目皆是之電路。此種傳導能力之電路，

在今日正如半世紀前，運輸事業之飛黃騰達，日新月異時也。吾人今日見各地小電廠之合併擴充，電路向四鄉散射，各大廠高壓傳電制之聯接，包羅境地，至數千百方里。當知此乃不獨大規模經營合於經濟原理之結果，亦效法於過去時代之鐵路界，合併爲強有力之運輸機關，以便於合作。所不同者，前者爲運輸材料，今者爲能力耳。

吾人至此，當已瞭解電力已起而爲文明生活供給能力之惟一方式。因其變化他種能力之經濟與簡捷，傳送之便宜。電力應用之普遍，小至家庭之用具，以至工廠之巨機。且蒸汽機自取出煤藏能力以後，尙不便於消費，必重變爲電力，然後藉以傳送，於是靡遠不屆矣。

電力既在工業界戰勝蒸汽能力而代之，但決非純爲電動機代蒸汽機或蒸汽輪之簡單問題。蓋若是則未必能合乎經濟也。工業界所有機器之使用方法，大半視能力供給情形而定，合於用電力者，未必合於蒸汽力。反之亦然。故電力之入主於能力界，必須同時輔以工業方法及組織之革新。否則形格勢禁，不易見效。例如蒸汽機本身，及鍋爐等無數附件，欲其使用之安全與經濟，必用優級之工人，且效率較高者，惟巨量之蒸汽機耳。所以凡一工廠，若應用蒸汽機爲動力，必備一巨量機器，

由總軸而至一羣滑車，復由滑車而皮帶，然後帶動工作之百什件機器。所由蒸汽機發出之能力，於此轉輾傳達之際，損失已逾其半。若將百十小件，各以小蒸汽機帶動之，太不值得。反之，若以一巨大電動機代之，又將不合經濟。吾人可以百十電動機帶動此百什之工作機器。因小量之電動機，其效率較巨量者相差幾微。而同時因轉輾傳送能力，如總軸皮帶之損失，亦即消滅。不特此也，若用蒸汽能力，則凡需用一二件工作機器時，勢必將供給全廠能力之惟一巨機開駛，損失不貲。用電力則不然。經濟上不以一二件或全廠電動機開駛而有所損益。對於應用之時間，電力與蒸汽力亦有不同之點。假使廠中開駛機器，自早八時至晚六時，或自晚六時至次晨四時，同為十小時。若用蒸汽能力，固無絲毫差異。但若用電力，則後者將與燃燈需要相遇，減低全電廠負荷因數，以是出資較多。前者適相反。此種情形，非用蒸汽力者所有，故自電能應用漸行廣遍以來，凡用能力之顧客，相依益為密切，而互助合作之重要，更為彰明矣。

利用電力，須使工業組織加以革新，此事可以鐵路問題為例。即以車客而論，往往以電機車代蒸汽機車，未見經濟上有何利益。但至實施以後，該電機鐵路雖與蒸汽機鐵路，在並行路線上，而前

者路政較佳，取價較廉，盈餘亦較多。其情形適與前世紀蒸汽機車與馬車，競爭相同。蒸汽機車初創之時，草率簡陋，未見即時爭勝，但馬車卒歸淘汰，蒸汽機車終能得勝。此無他，學者能將蒸汽機車精益求精，遂能操最後之勝利，若以蒸汽機車與電動機車在鐵路應用上比較，則蒸汽機車如機身愈巨，則效率愈高。且蒸汽機車鐵路之使用，務使車務集注於大而少之單位上為佳。是以蒸汽機車車身之巨，力量之大，已增進至於止境。過此則過橋樑及曲線時，均有阻礙。電機鐵路之情形，則與此又背道而馳。電力之負荷，於空間及時間，能愈平均，則愈經濟。易言之，宜於小而多之單位，分佈於全路上，方為經濟。故就鐵路言之，由蒸汽力而改為電力，其設施上之變化，亦不容緩也。

從上述種種，吾人可得下列之結論。欲傳送及散佈能力，以供民衆及工廠之需，電能力實為合於經濟之惟一方式。文明生活之需要，共分二種，一為材料，一為能力。運輸事業，所以經營材料。傳導電路，所以供給能力。電能而欲代他種能力，必須革新工業界之組織以副之，始克有濟也。