

大學叢書

電工原理

白煦 丁弼 著
顧毓琇 譯



商務印書館發行

大學叢書
電工原理

白煦 丁弼著
顧毓琇譯

商務印書館發行

大
學

電 工 原 理

Principles of Electrical Engineering

原 著 者

VANNEVAR Bush
William H. Timmer

譯 述 者

顧 毓 琇

發 行 者

商 務 印 書 館

印 刷 者

商 務 印 書 館
上海四川中路三二二號

發 行 所

商 務 印 書 館
上海及香港

◆(61171平)

★ 版權所有 ★

1937年4月初版
1950年10月9版

基價 28元

40,000
冊



美國麻省理工大學副校長兼工學院院長

白 煦博士

Dean Vannevar Bush

Handwritten signature and date: V. Bush 1951/10



美國麻省理工大學教授

丁 鈞先生

Prof. William H. Timbie

原著者爲中譯本特撰序文

拙著“電工原理”一書，行將譯成中文，余等聞之甚爲欣喜。翻譯工作，由學者顧博士擔任，尤爲感慰。余等與顧博士相處數年，於其品學，均深敬仰，想該書之中文版，必獲無上之成功也。

白 煦 Vannevar Bush

丁 弼 William H. Jimbie

麻省理工大學

劍橋

麻省 美合衆國

1931年3月27日

FOREWORD

We are pleased to learn that our book "The Principles of Electrical Engineering" is to be translated into the Chinese language, and we are particularly gratified that the translation is to be done by so distinguished a scholar as Dr. Ku. We have known Dr. Ku for several years and have the deepest respect for him personally and great admiration for his scholarly attainments. We feel sure that the Chinese edition could come out under no more promising auspices.

Vannevar Bush
William H. Timbie

Massachusetts Institute of Technology

Cambridge

Massachusetts, U. S. A.

March 27, 1931.

譯者序

丁禔白煦二教授所著電工原理一書，初版於一九二二年，再版於一九三〇年，爲電機工程基本原理之名著，國內外各大學電機工程系多用爲二年級課本，說理清晰，例證詳盡，初學者得益良多。茲爲便利國人起見，特商得原著者同意譯成中文。付印之前，蒙二氏惠賜序文，實深欣幸。

本書初譯始於一九三三年。時余任教國立浙江大學工學院電機科，因鑒於中文電工課本之缺乏，特囑諸同學於課餘之暇分任譯事。一九二二年民二十級（四年級）同學首譯直流電機原理，民二十一級（三年級）同學次擔任交流電原理，而民二十二級（二年級）同學方讀電工原理，亦欣然分任之。是書初譯稿既成，乃囑范崇武君先加整理。但初譯是書時，再版尙未問世，及整理粗完，而再版書到，而余又赴國立中央大學主持工學院務，而不久又有一二八之變，校正付印之計畫遂暫中止。

一九三二年秋余來清華創辦電機工程系，一九三三年冬始囑民二十五級同學數人，依照新版將初譯稿加以增改，並就余新譯電工名詞校訂譯名。後浙大民十九級舊同學沈尙賢范崇武二君自德英返國，先後來歸，乃囑再度整理。一九三五年春余既校譯直流電機原理竣事，交商務印書館付印，乃得親自從事於此書之校譯，歷時一年餘，至今始告完成。

按之實際經驗，校譯及改譯所費之時間，有時或反較逕自編譯所費爲多。但余深感諸同學之熱忱努力，實爲此書中譯本得以完成之重大因

素，否則余恐余雖有志譯書，而年來世事紛紜，萬般粟六，正不知幾時完成也。雖然，自始業至此，忽忽六七年矣，稽遲延誤，余不能無咎焉。茲於付印之前，敬記譯事之經過，所以謝參加工作之諸同學，亦所以誌余過也。至於譯文疏陋之處，自恐誠有未免，尙祈國內電工同志不吝賜正，實不勝盼禱之至。

顧毓琇

國立清華大學工學院

一九三六年五月

目 次

| 章 數 | 頁 數 |
|----------------------|-----|
| 第一章 電機工程師..... | 1 |
| 第二章 電單位與電周路..... | 15 |
| 第三章 電功率與電能..... | 53 |
| 第四章 電阻之計算..... | 77 |
| 第五章 電解傳導..... | 109 |
| 第六章 磁路..... | 138 |
| 第七章 磁場..... | 182 |
| 第八章 鐵與鋼之磁性..... | 250 |
| 第九章 感應電勢..... | 281 |
| 第十章 發生電勢..... | 333 |
| 第十一章 導體所受之力..... | 381 |
| 第十二章 熱游子傳導與氣體傳導..... | 401 |
| 第十三章 介體..... | 451 |

電工原理

第一章 電機工程師

(The Electrical Engineer)

凡國家現代文明之程度如何，可以其所利用天然動力或功率 (power) 之多寡斷之。此於工業國家自不待證實，即於今日農業社會中，亦何獨不然。蓋農業發達，得力於人造肥料者甚多，人造肥料之產生，有賴於水力發電，而此天然水力，即為昔日所棄而不用者。

世界上天然動力應用之發達，乃為工程師之天職。或設計精密機件，俾於電話線路費極微之力即可得傳訊之效，或駕馭洪水，供給各城市以無窮之力，要皆為工程師之任務。凡一切關於發電、輸電、或用電等事，則電機工程師尚矣。

1. 電非天然動力。現在世界上所用能力之大半，均用電的方式，以其輸送及使用最為便利而經濟，但電之本身，並非天然動力之一種。天然動力之主要來源凡三：——

(1) 水——在天然或人工水道中，

(2) 煤——藏於地下，

(3) 油及天然氣——出自井中。

以水發大量之動力，則遇低源必須洪流，高源則細流亦可。如美國阿達霍 (Idaho) 省史瓊瀑布 (Swan falls) 地方之電廠 (如圖 1)，其水頭平均為 19 呎，故每發一馬力，每一小時需水 120,000 餘磅。又如加利福尼亞 (California) 省之山法蘭錫司錫徒 (San Franciscito) 電廠 (如圖 2)，每一馬力，每小時僅需水 2,600 磅，但其水頭為 938 呎。同一水力發電廠，而情形迥異，故水輪與發電機之設計亦大不相同。在解決此種問題時，電機工程師之物理學識，尤其是力學之應用，最為重要。若以煤或油發電，則每分鐘所需燃料之量更少。例如上述二廠中，任何一廠，如每小時燃煤 0.95 磅或油 0.6 磅，即可發一馬力。燃少量之油或煤，即能發大量之力，故今日世界上所用之力，大平均來自油或煤，雖然此種物質，不若水之用之無盡。

2. 爲何有中央動力廠。大量之力，雖可以少量油或煤發生，然每遇需用力處，即裝一蒸汽機或煤汽機，非惟費事，且不經濟，如室內所裝之白熾電燈，每盞約需 $\frac{1}{15}$ 馬力，吾人決不能於每盞燈之旁裝一較小之汽油發動機及發電機或蒸汽機及發電機。現大工廠中，事實上少有於各室各裝一發動機者，而輒仰給於一中央動力廠。此種計劃更進一步，即全城市之需要可由一總動力廠供給，或竟有一廠供給數城者。現在趨勢，每一動力廠之供給區域，愈趨愈廣。工程師中甚且預言將來全國之動力廠，勢將聯絡一起，合成一超動力網 (super power system) 者。



第1圖 美國阿達遜書史球屋布之水力發電廠

3. 丹河中央動力廠用電。在上述超動力網中，如欲輸力於遠距外，實際上惟有用電之一法。實則輸力於數呎外，用電已為最適當之方式。試觀舊式工廠中，皮帶輪軸、滑輪等裝置，宛如森林，何等紛亂。

試想在一小鎮中，若由中央發力廠以皮帶等輸力於各處工廠，其情形將如何？於此足見中央發力廠，應為電的。但電力輸送，亦非隨時隨地勝於他種輸送。輸力於極短距離內，則以皮帶輪軸等，常較經濟而效率亦佳。如遇臨時裝置，距離短而需力少，如鑿石機、起重機、抽水機等，則可用高壓蒸汽比較有利；有時壓縮空氣，亦可利用。



第 2 圖 美國加利福尼亞省山法蘭錫司錫徒城之水力發電廠

中央發電廠之利益可總括如下：——

(1) 電能可用輕小而價廉之銅線輸送。輸送線既無須移動，且能折成任何式樣，以經過種種屈曲與障礙，且電線比較安全而整潔，一經裝就，維持費用亦極省。

(2) 電能可變成各種能力，隨各處需用之便；可發燈光，可轉電動機，可熱火爐及鎔爐，可鍊金屬，可電鍍等等。

(3) 經長距離之輸送，在電線及其他電器中所消耗之電能極微。

(4) 起動，停止，及控制一切電器用具，可用簡單器具，其工作精確，其構造堅固而耐久。

4. 發電廠之地位。欲求配電之經濟，發電廠在可能範圍內，當建於所欲供給各處負載之中心。但遇水力發電廠，如此地位，多屬不可能之事。因所需水流，須源高而水量多，於是一般廠基，都擇鄰近水源處，蓋輸送電力於城市，較之運水至中心地點實為便利。

發電廠地位問題，如用天然氣，油，或煤較易解決。蓋氣、油及煤之重量較小，而所含能力甚多，且氣與油可用管子輸送，煤之運輸亦有便利方法。故發電廠之位置，可在需要區域之中心點。

將來如電力輸送效率增高，而天然氣、油及煤之運費增高，則設廠近於產天然氣、油及煤處當較經濟，而電力輸送之距離，當或更遠矣。*

近代汽輪交流發電廠，所需凝汽用之水量頗大，因此發電廠之地位，

* 參看 "Electric Transmission Versus Coal Transportation," by Harold W. Smith, Electric Journal, September, 1921.

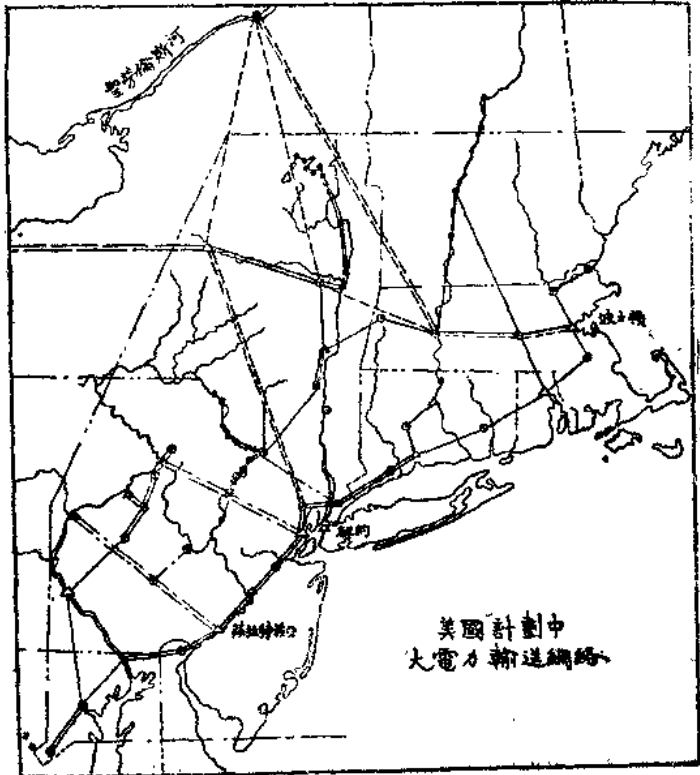
往往以水量足否而定。如芝加哥 (Chicago) 省愛迪生公司 (Commonwealth Edison System) 之省線發電廠 (State Line Station), 其 208,000 瓩安汽輪交流發電機, 每分鐘需凝汽水 360,000 加侖。又紐約愛迪生公司 (New York Edison Co.) 與聯合電氣公司 (United Electric Light and Power System) 之發電廠, 當夏季所有發電機共同工作時, 每分鐘需水 1,455,000 加侖, 約為赫特生河 (Hudson River) 平均水流之一半。

5. 超動力網或大電氣網。關於能力價格之減低以及油與煤之節省諸端, 在美國地質調查所之超動力網報告中已有驚人之說明。†

觀第三圖, 此超動力網或大電氣網之區域自華盛頓 (Washington D. C.) 而至波特蘭 (Portland, Me.), 自大西洋岸而至哈利司波格 (Harrisburg, Pa.), 與猶的喀 (Utica N. Y.)。此區域內現有居民二千五百萬人, 製造工廠數占美國全國之 40%。供電之公用公司凡 315 處, 線路長 1,200 哩, 電壓在 83,000 伏以上。如改為大電氣網後, 擬添之高壓線路, 計 110,000 伏者 4,700 哩, 220,000 伏者, 4,000 哩。其發電之原動力, 大部賺取給於此區中之油、煤、及水力; 但尼古拉大瀑布 (Niagara Falls) 處發電廠擴充後之大宗電力亦可加入。且於聖勞倫斯 (St. Lawrence) 河旁, 可建築大發電廠。區內水源, 將完全利用, 如以普羅麥克 (Polomac)、利司黑那 (Sus-

† Professional Paper No. 123, Department of Interior, U. S. Geological Survey, entitled "A Super Power System for the region between Boston and Washington," by W. S. Murray and Others.

guehanna)及得拉瓦 (Delaware) 等河供給中南二部，而以赫特生及康奈克 (Connecticut) 河供給北部。但尼古拉大瀑布擴充後，聖勞倫斯



- 互聯網絡
- 因聖勞倫斯電廠而增加互聯網絡
- 計劃中由聖勞倫斯電廠發出之輸送線
- 遠處電廠之輸送線
- 由尼古拉大瀑布之輸送線
- 水力發電廠
- ▲ 蒸汽發電廠
- 負載中心
- 負載中心
- 非負載中心處之電網站

第3圖 超動力網或大電氣網計劃，擬發展所有水力並聯結此區中所有發電廠。此區中工廠總數約佔全美國工廠之40%。