

电 工 学

(上 册)

謝 处 方 編 著

归 紹 升 毛 良 楨 校 閱

科 技 卫 生 出 版 社

电 工 学

(上 册)

謝 處 方 編 著
歸 紹 升 毛 良 楨 校 閱

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書專述電工學的直流部分，分為兩編：第一編為直流電路與磁場，由電學上各種基本單位開始，次及各種簡單電路與複雜電路的計算、能量與功率的意義、磁場中的各項現象及其應用等，最後並介紹普通直流電工所用電表的原理及其一般量法。第二編為直流電機，包括發電機與電動機的工作原理、簡單構造、運用性能、各種控制方法、定額與效率之意義，以及發電機的並行工作等。

電 工 學 (上 冊)

謝 處 方 編 著

白紹升 毛良楨 校閱

科技衛生出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海大東集成聯合印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

開本 787×1092 頁 1/27 印張 8 6/27 字數 160,000

(原大東，科技版共印 15520 冊)

1958年11月第1版 1958年11月第1版第1次印刷

印數 1—1500

統一書號：15119·142

定價：(10) 1.10 元

編 者 序

電工學是一九五〇年秋天開始寫的，到一九五一年的冬天脫稿，共歷時一年又三個月。在編寫的時候，我是這樣打算的：怎樣可以使一個毫無電學常識的讀者能夠從這本書裏學到電工方面的許多基本知識，了解各種電器的使用原理，各種電機的運用性能，從而懂得怎樣去掌握、維護與修理。在另一方面，由於這本書的對象是工與專科學校的學生，我覺得除了應該告訴他們最基本的電工知識之外，並應該使他們能夠在這個基礎上自行進修、發掘與創造。這裏一個要求是相當高的；由於電工學的範圍是非常廣泛，牽涉的問題又是如此之多，因此對於內容的選擇、次序的編排，的確化費了不少的時間。但因為我的學識與經驗都有限，這裏面一定有許多不盡妥善的地方，希望國內先進多加指教，各方讀者多提意見，不勝企盼。

本書蒙歸紹升、毛良楨、王祖佑三位先生在百忙中抽暇校閱，並提出許多寶貴的意見；又蒙武鍾英先生幫忙繪圖，使此書能早日出版，謹在此表示衷誠的謝意。

謝 處 方

一九五二年九月在上海

主 要 参 考 书

1. 毛啓爽、王天一合譯：電工學
2. 歸紹升譯：直流電機
3. 薩本棟著：交流電機
4. Timble and Bush: Principles of electrical engineering
5. Dawes: Electrical engineering
6. Möller: Leitfaden der Elektrotechnik
7. Gruhn: Elektrische Messtechnik
8. Gray and Wallace: Principles and practice of electrical engineering
9. Cook: Electrical engineering
10. Siskind: Electrical machines
11. Puchstein and Lloyd: Alternating-current machines
12. Liwshitz: Elektrische Maschinen

目 錄

第一編 直流電路及磁場

第一章 直流電路的基本定律

(1.1) 物質及原子的結構.....	1
(1.2) 電流的生成.....	2
(1.3) 庫倫、安培及伏特	3
(1.4) 電源及電動勢.....	4
(1.5) 電阻及電導.....	5
(1.6) 電阻係數及導電係數.....	6
(1.7) 電阻的溫度係數.....	8
(1.8) 中國電線線規.....	9
(1.9) 歐姆定律	10
(1.10) 電路.....	11
(1.11) 電阻的串聯.....	12
(1.12) 電阻的並聯.....	13
(1.13) 電阻的混聯.....	15
(1.14) 電壓降、內電阻及端電壓	16
(1.15) 簡單電路的計算示例.....	18
(1.16) 電池的串聯及並聯.....	21
(1.17) 克希荷夫定律.....	22
(1.18) 複雜電路的計算示例.....	23
(1.19) 電能.....	25

(1.20) 電功率	26
(1.21) 焦耳定律	28
(1.22) 安全載流量	29

第二章 電池組及電的化學作用

(2.1) 原電池	31
(2.2) 蓄電池的構造及其化學反應	32
(2.3) 蓄電池的容量	34
(2.4) 蓄電池的充電	36
(2.5) 蓄電池的用途、維護及安裝	37
(2.6) 電解	38
(2.7) 電鍍	40

第三章 磁場

(3.1) 磁鐵及磁場	41
(3.2) 電磁場	45
(3.3) 磁路的歐姆定律	49
(3.4) 磁場強度與環路定律	51
(3.5) 鐵的磁性及磁化曲線	58
(3.6) 漏磁	55
(3.7) 磁路的計算示例	58
(3.8) 感應定律及靈次定律	61
(3.9) 反應電勢及自感	65
(3.10) 互感	69
(3.11) 電流在線卷裏的建立與消逝	71
(3.12) 感應線卷	72
(3.13) 氣體引擎的發火設備	73

(3.14) 磁場能量	74
(3.15) 磁吸力	77
(3.16) 電動力	81
第四章 靜電場	
(4.1) 容電器的充電及放電	86
(4.2) 電容量	87
(4.3) 容電器的串聯與並聯	88
(4.4) 靜電場	90
(4.5) 介電係數	91
(4.6) 介電強度	93
第五章 直流電工儀器及量法	
(5.1) 動圈式電表	97
(5.2) 動鐵式電表	98
(5.3) 電動式電表	98
(5.4) 熱絲式電表	99
(5.5) 熱偶式電表	99
(5.6) 電流的量法	100
(5.7) 電壓的量法	101
(5.8) 電阻的量法	104
(5.9) 電功率的量法	106
(5.10) 電能的量法	109
第二編 直流電機	
第六章 發電機的原理及其構造	
(6.1) 直流應電勢的產生	111

(6.2)環式繞組.....	114
(6.3)鼓式繞組.....	117
(6.4)電勢方程式.....	122
(6.5)機壳.....	123
(6.6)磁極.....	124
(6.7)電樞.....	128
(6.8)換向器.....	129
(6.9)電刷.....	129

第七章 發電機的特性及其運用

(7.1)換向時產生的火花.....	132
(7.2)輔助換向的方法.....	133
(7.3)沒有換向磁極的電機.....	135
(7.4)換向器的維護.....	136
(7.5)電樞反應.....	137
(7.6)減小電樞反應.....	140
(7.7)無載飽和曲線.....	143
(7.8)他激式發電機的特性.....	144
(7.9)自激式發電機的電壓是怎樣建立的.....	146
(7.10)分激式發電機的特性.....	149
(7.11)串激式發電機的特性.....	151
(7.12)複激式發電機的特性.....	152
(7.13)各式發電機的應用情形.....	154

第八章 電動機

(8.1)阻動轉矩及反應電勢.....	156
---------------------	-----

(8.2) 電動機輸出功率	157
(8.3) 電動機產生的轉矩	159
(8.4) 電動機的轉速	160
(8.5) 電動機的速率與負載的關係	163
(8.6) 換向及電樞反應	164
(8.7) 分激電動機的特性	165
(8.8) 串激電動機的特性	167
(8.9) 複激電動機的特性	168
(8.10) 直流電動機的應用	170

第九章 電動機的控制

(9.1) 電動機的旋轉方向	172
(9.2) 電動機的啓動	172
(9.3) 分激及複激電動機用啓動電阻箱	175
(9.4) 串激電動機用啓動電阻箱	177
(9.5) 分激及複激電機用控制器	177
(9.6) 串激電動機用控制器	179
(9.7) 自控啓動箱	180
(9.8) 電動機的速率控制—穩電阻控制法	181
(9.9) 場控制法	182
(9.10) 複電壓控制法	183
(9.11) 華德—黎翁那德制	183
(9.12) 電動機的制動—插入制動	184
(9.13) 動力制動	185
(9.14) 再生制動	186

(9.15)保安設備——開關	187
(9.16)過載保安設備	188

第十章 損失效率及定額

(10.1)銅損失	190
(10.2)鐵芯損失	190
(10.3)摩擦損失及其他雜散損失	191
(10.4)效率	192
(10.5)損失的測定	194
(10.6)電機的温度升高	196
(10.7)電機的定額	196
(10.8)温度測定法	197

第十一章 發電機的並行工作

(11.1)並行工作的必要	198
(11.2)同一電機用作發電機或電動機	198
(11.3)分激發電機的並行工作	199
(11.4)複激發電機的並行工作	202

附 錄

附表 1 中國標準單線線規表	205
附表 2 中國線規與美規英規對照表	206
附表 3 製造電機電器用軟銅單線標準	208
附表 4 硬銅絞線表	210
附表 5 絕緣銅線的安全載流量	211
附表 6 熔線電流表	212

第一編 直流電路及磁場

第一章 直流電路的基本定律

(1.1) 物質及原子的結構

一切物質均由分子構成，每一分子由兩個或兩個以上的原子構成，而每一原子則由許多質子與電子所構成。質子與電子的數目彼此相等。全部的質子與一部份的電子緊緊的結合在原子的中心成爲一個原子核，其餘的電子依一定的排列方式環繞此原子核作急速的旋轉。這些電子比較活動，稱爲自由電子。若是我們從正常的原子裏設法將比較活動的自由電子取出來，則此原子立刻呈現出一種不穩定的特性；反之，若是我們在正常的原子裏設法添入一些電子，則此原子也立刻呈現另一種不穩定的特性。這兩種特性絕不相同；失去電子的原子時時刻刻想將失去的電子補足起來，電子有多餘的原子則時時刻刻想將多餘的電子放出來。爲了解釋這種現象，我們作如下的假定：每一質子帶有一定量的正電荷，而每一電子則帶有同量的負電荷。在正常原子裏，質子與電子的數目既相等，它們的正負電荷也應相等而處於穩定的中和狀態，亦即不帶任何電性（例如普通的桌子、椅子、書籍、紙張等都不帶電性，即因爲它們內部所有原子的正負電荷全部都已中和的緣故）。若是一個原子，因爲某種原因，失去一個電子，則原子裏面全部質子的正電荷總數，將較全部電子的負電荷總數多出一個單位，此時的原子便呈

現出正的電性，正電性的原子，時時刻刻想收回失去的電子而恢復到原來中和的穩定狀態。同樣，電子有多餘的原子，將呈現出負的電性，負電性的原子，也時時刻刻想將多餘的電子放出來而回復到中和的穩定狀態。一個原子的情形是如此，一個分子的情形也是如此，更擴大來說，整個物質，整個物體的情形也是如此。通常我們稱一物體帶有正(或負)電荷，便是說它具有正(或負)的電性；換句話說，這個物體內部的質子總數多於(或少於)它的電子總數。一物體的電量，便是以它所缺少(或多餘)的電子數目作為衡量的標準。

(1.2) 電流的生成

前面說過，正電性的物體時時刻刻想補足它失去的電子，而負電性的物體則時時刻刻想放出它多餘的電子。假使在圖 1.1 裏，A 球上缺少電子(即為正電性的)，B 球上有多餘的電子(即為負電性的)，則當我們用一根銅線 C 將兩球連結起來時，B 球上的電子立刻被推斥向 A 球移動[⊙]，此時 C 線上即有電子在內流動，這種電子的流動，稱為電流。在電子流動的時間裏，B 球上的電子逐漸減少，A 球上的電子逐漸加多。若是 B 球上多餘的電子完全流到 A 球上，並且恰好補足了 A 球所缺少的電子，則電子即不再流動而成中和的穩定狀態。

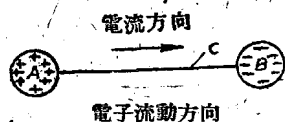


圖 1.1

電子既是從負電性的 B 球流到正電性的 A 球，則電流流動的方向似應以電子運動的方向來規定，但是過去在歷史上相沿的習慣，都是說電流是從帶正電荷的物體流向帶負電荷的物體，這個假定恰與電子

事實上，B 球的電子並不直接移到 A 球上。B 球裏電子有多餘的原子，將它的電子移給鄰近的原子，鄰近的原子又將它自己的電子送給更居前的原子。如此交遞傳遞，最後到達 A 球的電子是由後面緊鄰的 C 線上的一個原子裏得到的。

真正流動的方向相反。爲了適合一般的傳統規定起見，我們在這本書裏仍假定電流流動的方向，是從帶有正電荷的物體，流向帶有負電荷的物體。

帶有正電荷的物體時時刻刻想補足它所失去的電子，這種企圖，我們稱爲物體的電勢（意即吸引電子的勢力）。電子失去愈多，它需要補足電子的企圖也愈迫切，因此我們便說它的電勢愈大。在圖1.1裏，正電球A的電勢是正的，負電球B的電勢是負的，這兩個電球之間有一電勢差存在。當我們以一根銅線將它們連結在一起時，即產生一電子的流動。所以，電勢差是促使電子流動的原因。不同電性的帶電體之間固然有電勢差存在，即在相同電性的帶電體之間，也因兩者所需補足（或放出）的電子數目不相等而亦有電勢差存在。因此，若是圖1.1中的A球及B球均具有正電性或均具有負電性，而兩者的電量並不相等，則若以銅線相連時，仍然有電子從較多的一球流到較少的一球。這是因爲它們雖然都帶正電或都帶負電，但是它們的電勢並不相等，而電勢差的存在是產生電流的原因。

(1.3) 庫倫安培及伏特

測量電量的多少以庫倫爲單位，1庫倫的電量相當於 6.24×10^{18} 個電子的電量。

我們知道，水從高的地方流向低的地方是因爲高地方的位能比低地方的位能大；位能的相差是驅使水流流動的原因。位能大的，稱爲高水位，位能小的，稱爲低水位。電的情形也是一樣，電勢的相差是驅使電流流動的原因。電勢大的，稱爲高電位，電勢小的稱爲低電位。水位差愈大，水流愈急。電位差愈大，電子流動的速率也愈快。測量電子流動速率的單位爲安培，假使某根銅線的橫斷面積內，每秒鐘有1庫倫的電量流過，我們便說通過這根銅線的電流是1個安培。

將1千克的水，從A點搬到較高的B點，所需的功若是1米-千克，則AB兩點間的水位差便是1米，水位的高低以米相比較，電位的高低則以伏特相比較。將1庫倫的電，從A點搬到B點，所需的功若是1焦耳，則AB兩點間的電位差便是1伏特。電位差普通也稱為電壓。

茲將電量、電流及電壓的通用符號及其單位列表如下：

名 稱	通用符號	單 位	簡寫為
電 量	Q	庫 倫	C
電 流	I	安 培	A
電 壓	V	伏 特	V

例如，電流為10安培，可寫為 $I=10\text{ A}$ 。

(1.4) 電源及電動勢

在圖1.2裏，A及B代表兩水池，A池的水位比B池的高。現在我們若在AB兩池之間連以一C管，則A池的水即沿C管流到B池。

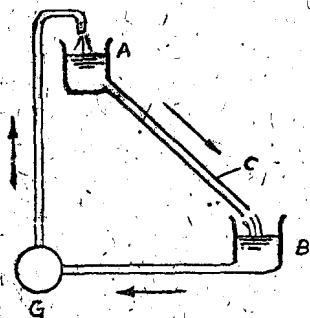


圖 1.2

A池的水愈來愈少，B池的水愈來愈多。最後一直到A池的水全部流完為止，此時C管裏才沒有水流流動。假使我們想維持C管裏的水流不斷，則我們應該用一個水泵G將B池的水不斷的運回到A池裏。水泵的工作不停，AB兩池間的水位差永遠存在，因此C管裏的水流可以不斷。水流的方向是這樣的：在C管裏，水流由高水位的A池流到低水位的B池；在水泵裏，水流由低水位的B池經過水泵

的工作運送到高水位的A池。在電的情形也是一樣，相當於水泵的部份是一個電源。普通的電源都有兩個“端點”，如圖1.3中的AB兩點。水泵可在AB之間維持一水位差，電源則可在AB之間維持一電

位差。電位較高的一端，通常稱為正極或正端；電位較低的一端，稱為負極或負端。假使我們以一根銅線 C，將有電位差的 AB 兩點連結起來，則 C 線上即有電流流動。電源的工作不停，AB 兩點間的電位差永遠存在，C 線裏的電

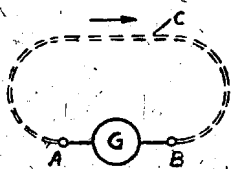


圖 1.3

流也永不終斷。假使 A 點的電位比 B 點的高，則電流的方向如圖中箭頭所示：在電源的外部，電流由高電位的 A 點經過 C 線流到低電位的 B 點；在電源的內部，電流由低電位的 B 點經電源的工作運送到高電位的 A 點。

使 AB 兩點產生電位差的動力我們稱為電源的電動勢。電動勢的大小，可以用它所能產生於 AB 兩點間的電位差來衡量。所以，它與電位差一樣，也以伏特為單位。電位差是一種靜止的，存在性的狀態，而電動勢則代表一種運動的、發生性的本能。

電動勢的通用符號是 E ，單位是伏特。

(1.5) 電阻及電導

前面說過，電位差愈大，電子流動的速率愈快；換句話說，兩點間的電流的大小，與兩點間的電壓有關。但是在另一方面，電流的大小也須視連接兩點的物質而決定。假使在圖 1.1 裏，連接兩點的物質是銅線，電子的流動比較自由；但若連接的物質是木棒，則對於同一的電位差，電子的流動便比較緩慢，亦即電流的強度便比較的小。物質抵抗電子流動的阻力，稱為電阻。

通常我們將容易傳導電流的物體，稱為導體或良導體；電流很難通過的物體稱為絕緣體。介乎兩者之間的，稱為半導體或半絕緣體。大多數的金屬，如銀、銅、鋁、鐵等都是良導體，我們常用它們來載運電流；玻璃、雲母、橡皮及空氣等都是比較良好的絕緣體，可用它們來隔絕

電流。

表示電阻的大小，以歐姆為單位。假使兩點之間有 1 伏特的電位差，以一導體連結此兩點時能產生 1 安培的電流，則此導體的電阻便是 1 歐姆。

電阻的通用符號是 R ，單位是歐姆，簡寫為 Ω 。假使一導體的電阻是 10 歐姆，則可簡寫為 $R=10\Omega$ 。

有時，我們不討論物質對於電子流動的阻力，而討論它對於電子傳導的能力，代表物質對於電子傳導的能力，稱為電導。一物質的電阻愈大，它的電導便愈小；電阻愈小，電導便愈大。因此，電導可以電阻的倒數來表示，它的通用符號是 G 。

即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.1)$$

電導的單位是姆歐，電阻為 1 歐姆的物質，它的電導是 1 姆歐。

(1.6) 電阻係數及導電係數

不同的物質對於電流的阻力固然不同，即是同一物質，對於電流的阻力也視物體的長度與其斷面的大小而有差別。在同一橫斷面下，導體愈長，它的電阻愈大；在同一長度下，導體的橫斷面積愈大，它的電阻愈小。例如，在圖 1.4 裏，A 及 B 是由同一物質構成的兩根導體。在

(a) 圖裏，它們的橫斷面積相同，但 A 比 B 長，所以 A 的電阻比 B 的大；在 (b) 圖裏，它們的長度相同，但 A 的橫斷面積比 B 的大，所以 A 的電阻比 B 的小。

若以 A 代表導體的橫斷面積（以平方毫米為單位）， l 代表它的長度（以米為單位），則此導體的電阻 R 與它的長度 l 成正比，與橫斷面積 A 成反比，寫成公式是

圖 1.4