

# 實用基本電工學

金一新 蔣浩良 編著

中國科學圖書儀器公司

出版

# 實用基本電工學

金一新 蔣浩良 編著

中國科學圖書儀器公司  
出版

# 實用基本電工學

版權所有



不准翻印

一九五二年三月初版

◀定價人民幣一萬八千元▶

著者 金一新 蔣浩良

出版者 中國科學圖書儀器公司  
上海(18)延安中路537號

總發行所 中國科技圖書聯合發行所  
上海中央路24號304室  
電話 19566 電報掛號 21968

分銷處 中國科學圖書儀器公司  
南京：太平路32號  
廣州：永漢北路204號

## 緒 言

電工學爲重要基本科學之一，當今日各項工業充分發展時期，因電工效率遞高，其應用範圍日趨廣泛。各種電力機械及製造工廠的動力，幾無不與電機工程息息相關。

本校畢業同學服務於機械工廠者每感電工方面的知識不足，而各中等技術學校尤需要較完備的電工教本，故輯成本書以供採用。

本書取材廣泛，內容切實，避免過高深理論，以簡明原理，結合實際應用，使教學均便，並參入實用例題，藉以引起學者興趣。

如作爲中等技術學校或電機技術訓練班之教本，必甚適用，亦可供機械工廠從業人員作參考之用。

本書雖經審慎編校，但缺點仍多，尙祈工程界先進匡正是幸。

書中插圖由傅蘭舟，何禎定，蔡民立三同學繪製特此誌謝。

金一新 蔣浩良

同誌於上海中華職業學校

一九五一年十二月

# 目 錄

<b>第一章 電流</b> .....1-29	
1-1 物質的構成 . . . . . 1	1-10 導體的電阻 . . . . . 11
1-2 電荷 . . . . . 1	1-11 溫度和電阻 . . . . . 12
1-3 電流 . . . . . 2	1-12 電阻的接法 . . . . . 14
1-4 電流強度和實用單位 . 3	1-13 串聯的合成電阻 . . . . 16
1-5 電壓和電勢 . . . . . 3	1-14 並聯的合成電阻 . . . . 17
1-6 電阻 . . . . . 6	1-15 電流計分流器 . . . . . 23
1-7 歐姆定律 . . . . . 7	1-16 短路 . . . . . 25
1-8 電壓下降 . . . . . 8	1-17 電池的接法 . . . . . 26
1-9 導體和絕緣體 . . . . . 10	
<b>第二章 功及電功率</b> .....30-44	
2-1 動力 . . . . . 30	2-6 焦耳熱 . . . . . 34
2-2 電功率 . . . . . 31	2-7 電熱器 . . . . . 36
2-3 電能 . . . . . 31	2-8 安全電流和保險絲 . 38
2-4 實用單位和補助單位 . 32	2-9 配電用絕緣線和高電 阻計 . . . . . 39
2-5 焦耳定律 . . . . . 33	
<b>第三章 電磁作用</b> .....45-59	
3-1 磁鐵 . . . . . 45	3-6 鐵的磁飽和曲線 . . . 52
3-2 磁場和磁力線 . . . . 46	3-7 磁滯 . . . . . 54
3-3 電流的磁作用 . . . . 48	3-8 電磁力 . . . . . 56
3-4 磁感應 . . . . . 50	3-9 電流相互間的電磁力 . 57
3-5 電磁鐵 . . . . . 51	

<b>第四章 電磁感應</b> .....		60-65
4-1 電磁感應	60	勢的大小和方向
4-2 線圈中感應電勢的大小和方向	61	4-4 自感應
4-3 電線切割磁力線時電		4-5 互感應
		4-6 渦流
<b>第五章 靜電</b> .....		66-73
5-1 靜電	66	5-5 容電器和電容
5-2 靜電感應	67	5-6 電介體
5-3 電場	67	5-7 容電器的連接法和其合成電容
5-4 電位差	68	
<b>第六章 直流發電機</b> .....		74-80
6-1 發電機的發電原理	74	6-3 電刷和換向器
6-2 直流和交流	77	6-4 電樞
<b>第七章 直流電動機</b> .....		81-104
7-1 電動機迴轉原理	81	7-8 電動機載荷的自動調整
7-2 構造和種類	82	7-9 串激電動機的特性
7-3 電動機的特性	86	7-10 複激電動機的特性
7-4 電動機的反電勢和速度	87	7-11 直流電動機的速度控制法
7-5 端電壓和速度的關係	89	7-12 直流電動機的倒轉法
7-6 電動機的迴轉力	91	7-13 直流電動機的開動法
7-7 分激電動機的特性	91	
<b>第八章 損失效率和電樞反應</b> .....		105-110
8-1 電機的功率損失	105	8-3 電樞反應和補極
8-2 效率	106	

## 第九章 交流理論所必要的三角法 ..... 111-135

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 9-1 概說 . . . . . 111                 | 9-11 正弦波和餘弦波之和 122  |
| 9-2 三角法公式 . . . . . 111              | 9-12 具有互成 $120^\circ$ 的相位<br>差的三相等正弦波<br>的合成爲零 . . . . . 122  |
| 9-3 正弦波和餘弦波 . . . 112                | 9-13 正弦波的變化率 . . . 124  |
| 9-4 正弦波的作用 . . . . . 113             | 9-14 正弦級數的和 . . . . . 126                                     |
| 9-5 弧度法 . . . . . 115                | 9-15 正弦波的平均值 . . . 128  |
| 9-6 角速度和周率 . . . . . 115             | 9-16 $\sin \omega t$ 和 $\sin 2\omega t$ 的<br>關係 . . . . . 130 |
| 9-7 向量和正弦波 . . . . . 117             | 9-17 正弦波自乘的平均值 131  |
| 9-8 相位差和同相位 . . . 117                | 9-18 具有相位差的二正弦<br>波積的平均值 . . . 133                            |
| 9-9 具有相位差的二正弦<br>波之和 . . . . . 119   |   |
| 9-10 正弦波的加法換算爲向<br>量加法 . . . . . 120 |   |

## 第十章 交流電路 ..... 136-172

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 10-1 周率和磁極的關係 . 136                  | 源 . . . . . 151                            |
| 10-2 電角 . . . . . 138                | 10-11 容電器的供給電壓和<br>電流的關係 . . . . . 152     |
| 10-3 周率和角速度的關係 139                   | 10-12 定量電路 . . . . . 155                   |
| 10-4 感應電勢所發生的相<br>位差 . . . . . 139   | 10-13 阻抗 . . . . . 157                     |
| 10-5 有效值 . . . . . 141               | 10-14 $R, C$ 的串聯電路的阻<br>抗 . . . . . 161    |
| 10-6 交流電路上電壓和電<br>流的關係 . . . . . 143 | 10-15 $R, L, C$ 的串聯電路<br>的阻抗 . . . . . 164 |
| 10-7 電阻電路 . . . . . 143              | 10-16 串聯共振 . . . . . 166                   |
| 10-8 感應電路 . . . . . 145              | 10-17 並聯共振 . . . . . 167                   |
| 10-9 容電器的反電壓 . . 150                 | 10-18 一般的並聯電路 . . 169                      |
| 10-10 連接容電器於交流電                      |  |

## 第十一章 交流電功率 ..... 173-182

11-1 交流電功率 . . . . .	173	與無效分 . . . . .	176
11-2 視在功率 . . . . .	174	11-5 $R, X_L$ 的串聯電路的 功率因數 . . . . .	178
11-3 感應和容量電路的電 功率 . . . . .	175	11-6 功率因數的改進 . . . . .	179
11-4 電壓和電流的有效分			
<b>第十二章 三相交流</b> . . . . .	183-198	線電流的關係 . . . . .	193
12-1 多相交流 . . . . .	183	12-7 三相 $\Delta$ 形接法的電壓 和電流 . . . . .	194
12-2 三相式的接線法 . . . . .	185	12-8 Y形和 $\Delta$ 形的電壓和 電流 . . . . .	195
12-3 向量電位差 . . . . .	187	12-9 三相電功率 . . . . .	196
12-4 三相Y形接法的電壓	189		
12-5 三相Y形的相電壓和 線電壓的關係 . . . . .	192		
12-6 三相Y形的相電流和			
<b>第十三章 變壓器</b> . . . . .	199-210		
13-1 變壓器的原理 . . . . .	199	13-5 三相接線法 . . . . .	206
13-2 變壓器的構造 . . . . .	201	13-6 單繞變壓器 . . . . .	208
13-3 變壓器的定額 . . . . .	204	13-7 儀器用變壓器 . . . . .	209
13-4 變壓器的管理 . . . . .	205		
<b>第十四章 三相感應電動機</b> . . . . .	211-233		
14-1 單相交流的磁場 . . . . .	211	14-7 三相感應電動機的迴 轉原理 . . . . .	222
14-2 三相交流的迴轉磁場	212	14-8 三相感應電動機的構 造和原理 . . . . .	224
14-3 迴轉磁場的強度和迴 轉數 . . . . .	215	14-9 滑退 . . . . .	227
14-4 迴轉磁場的移動方向	217	14-10 電動機的特性和用途	230
14-5 迴轉磁場的方向使成 倒轉 . . . . .	217	14-11 同步變流機 . . . . .	231
14-6 同步電動機的迴轉原 理 . . . . .	218	14-12 水銀整流器 . . . . .	232



第十五章 三相感應電動機的管理法 .....		234-240
15-1 開動法 .....	234	15-4 速度控制 .....
15-2 籠型電動機的開動法	234	15-5 倒轉 .....
15-3 繞線型電動機的開動 法 .....	235	15-6 故障和其處理 .....
		15-7 市場上的電動機 .....
第十六章 交流輸電和配電 .....		241-248
16-1 電力的發生和分配 .....	241	16-3 低壓配電線路 .....
16-2 控制和保安裝置 .....	241	
第十七章 電燈和照明 .....		249-262
17-1 電燈的種類 .....	249	17-7 放電燈 .....
17-2 白熱電燈 .....	250	17-8 照明 .....
17-3 燈泡的性質 .....	250	17-9 照明法 .....
17-4 特殊燈泡 .....	252	17-10 配光曲線和反射罩 .....
17-5 弧光燈 .....	253	17-11 照度計 .....
17-6 特殊弧光燈 .....	254	
習 題 .....		263-272

# 第 一 章

## 電 流

**1-1 物質的構成** 凡物質均由分子構成，分子由原子構成，而原子由一帶陽電的原子核(nucleus)及其周圍的電子(electron)所組成。核包含質子(proton)的全部及電子的一部，位於原子的中心，其餘電子，依有規律的排列且以高旋轉速度層層迴繞於核的周圍。質子間彼此推拒，電子間亦然，但質子與電子間，則有吸力。此質子與電子間的推拒與吸引力，實為宇宙間物質的最基本力。

**1-2 電荷** 平常的物質含有等量的質子和電子，然可以移去其若干電子，或加入若干電子。凡含有不等量的質子和電子的物體稱為帶有電荷(electric charge)。含電子較正常量為多者稱為帶負電或稱為帶陰電(negative charge)以-號表之，較正常量為少者稱為帶正電或稱為帶陽電(positive charge)以+號表之。同性電荷相拒，異性電荷相吸。凡不帶電的物體，即含有等量的質子與電子，既不相吸亦不相拒，因其推拒力與吸引力互相平衡。

**1-3 電流** 如水的流動稱為水流，電的流動稱為電流(electric current)。由1-2節所述知電有性質相反陰陽兩種。例如以絹擦玻璃棒，則玻璃棒上發生陽電(+電)，絹上發生陰電(-電)。因電有陰陽兩種，故電傳達於電線中而流動時，即電流亦應有陰電流和陽電流兩種。然對於兩種電流而考慮後述的關係甚為麻煩，故取一種較為便利，今以陽電流定為電流。過去學者視傳於電線而流動的電為陽電，別無理由。今日學者創說傳

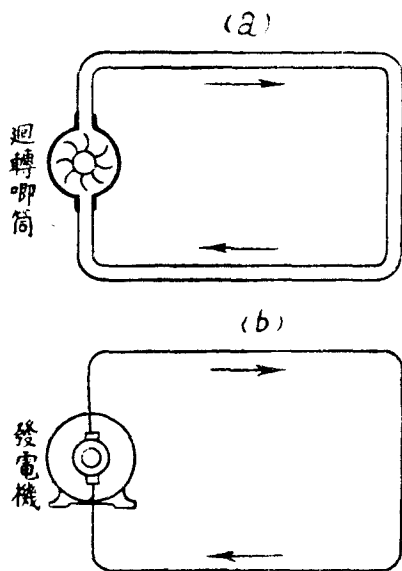


圖 1-1

於電線而移動者為具有稱為電子(electron)的陰電的微粒，故電流實為陰電。然其說明任取一種均可。但不論陰電或陽電而視電為一種，則便利不少。是以假定電流為流於鐵管中的水流，電線為充滿水的鐵管。實則以電位差施於導體的兩端，其中一部份電子可自由從一原子移動至他原子而形成電子的流動以生電流。

或有認為發電機乃製造電的機械，實則不然，(可視為迴轉唧筒)為施行唧筒功用的機械。如圖1-1(a)裝置唧筒於充滿水的

任何鐵管，當運轉時，則推動水的力即生水壓而鐵管中發生水流。同理，若運轉發電機則推動電線中電的力即發生電壓以產生電流。電為存在於宇宙中的物而非人間所創造。

**1-4 電流強度和實用單位** 以單位時間通過其截面的水量用以表示鐵管中水流的強度。例如 1 秒間通過 1 公升(litre)水的強度定為 1，則 1 秒間通過 2 公升時的強度為 2，通過 5 公升時的強度為 5。同理，電流強度亦以 1 秒間運移的電量以定其強度。然運移電量的單位，因之由此誘導的電流，電壓和其他電量亦必須定其單位。電的單位有實用單位，靜電單位，電磁單位三種。實用單位為吾人日常所使用的單位，其他兩者為電的理論上所用的單位。此三單位間的關係，附於卷末，此處僅就實用單位而述之。

測電量的實用單位稱為庫倫(Coulomb)，1 秒間運移 1 庫倫時，其電流的強度稱為 1 安培(Ampere)。

**1-5 電壓和電勢** 電壓如前所述為推動電線中電的力和水壓相當。水壓為兩點間高度的差，即有水頭，由地球的重力，自高處向低處發生水壓，故水自然自高處向低處流動。然同一高度的兩點或如圖 1-2(a)，水自低處的 B 向高處的 A 點流動時必須利用唧筒的運轉始能自 B 向 A 發生水壓。和運轉唧筒的水壓的力相當者在發電機稱為電勢 (electromotive force 略號

e.m.f.)。電勢即為產生電壓的原動力。電壓和電勢均以單位伏特(Volt)測之。1個乾電池的電勢約1.5伏特,普通電燈的電壓為110V或220V。(V為伏特的略號,A為安培的略號)。

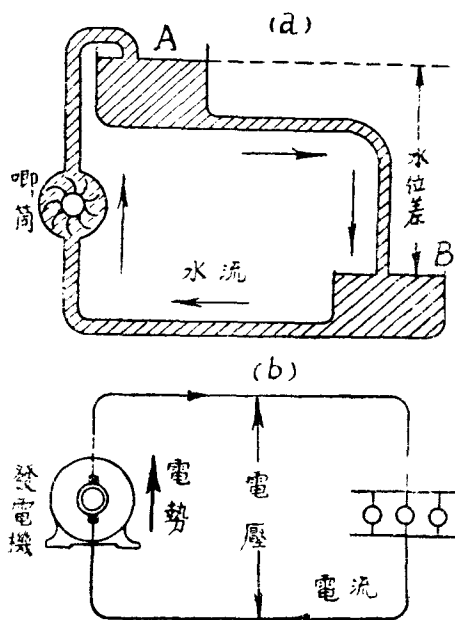


圖 1-2

電位及電位差 表示某位置的水的高度,則用水位。通常以海面為水位的基準。例如圖 1-3, A 點在海面上的高度為  $150m$  則 A 的水位為  $150m$ , B 在  $100m$  的高度, B 的水位為  $100m$ 。A, B 兩點間的水位差為  $150m - 100m = 50m$ 。一般稱為水

頭。若僅考慮兩點間的水頭，則實用上任取何處為水位的基準線均可。例如取海面上 20m 的水平面為基準線，則 A 的水位為 130m，B 的水位為 80m，其水頭亦為  $130m - 80m = 50m$ 。以海面為基準線的理由，因海面若無大量海水量的變動，其高度不易發生變動。

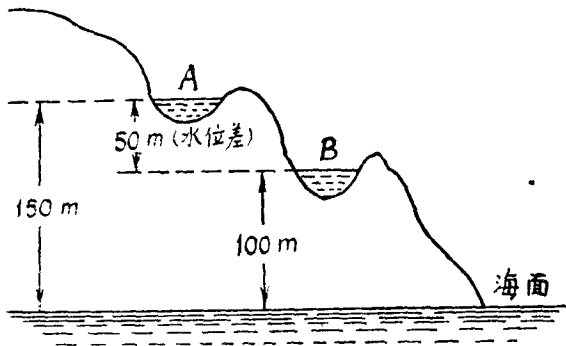


圖 1-3

對於電，則假定一種和水位相當的電位。電流的強度因由兩點間的電壓以決定之，故研究電流時雖僅研究電壓，實用上並無不可。例如圖 1-4，由唧筒使水向  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  的流動時，管中水位有研究的必要。此時設最高水位為 A 點，最低水位為 D 點。為便利計，如以上所述水位高的點乃指較海平面高的點定為高水位，

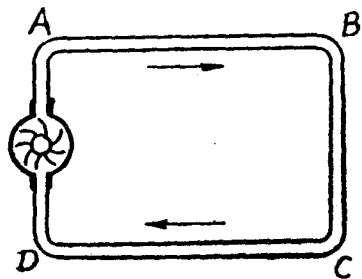


圖 1-4

而地心引力已考慮及之。如圖 1-4 以唧筒製造水壓時以水壓高的點定為水位的高點。就唧筒中而研究之， $DA$  管中  $D$  點的高度雖較  $A$  點為低，然以水位言則為高點。即在電的討論中，亦常如此假定。

電位亦和電壓電勢相同，以伏特測之。電位的基線即零電位和水位的場合相同任取何處均可，普通均假定地球的電位為零電位。

如圖 1-4，可以取鐵管中任何一點定為零水位，而研究各點之水位。對於電亦常取電路中(circuit)一點定為零電位。

概言之，所稱水位或電位為水或電在該點所持有的位能。換言之，即為向某點施功的能力。地球上的位能( $mgH$ )和其高度成比例，故便利上水的位能不過以高度表示而已。

**1-6 電阻** 以同一水頭引導水時，隨管的長短，大小等而流於管中的水量即水流的強度有異。管若細，水流流動時其管的阻力增加。

電的情形亦然，兩點間雖加相同 100V 的電壓，然電線愈細，電流愈少。

電線阻止電流通過的性質稱為電阻(resistance)，以符號  $R$  表示

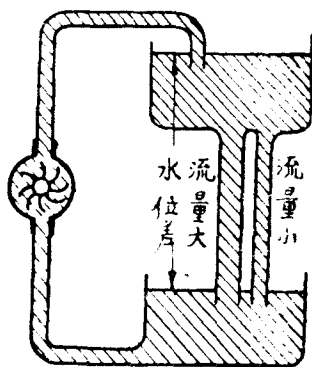


圖 1-5

電阻。表示電阻大小所用的單位稱為歐姆(Ohm)以符號  $\Omega$  表之。

1-7 歐姆定律 以同一水頭引導水時,如前所述,管細則阻力增加而水流弱。又管的阻力雖同,但水頭小則水流弱。即水流和管的阻力成反比,與水頭成正比。

電和此情形完全相同,其電流和所加電壓成正比,與電線的電阻成反比。即雖同一電壓,其電阻愈小,電流愈強。

若電阻相等其電壓愈高,則電流亦愈強。此為歐姆氏所發見,故名之為

歐姆定律。今以 1 伏特電壓加於 1 歐姆電阻的兩端,其所流電流定為 1 安培,如圖 1-6,以電壓  $E$  伏特加於具有電阻  $R$  歐姆的電線兩端,則根據歐姆定律由下式以計算所流電流的安培數  $I$ 。

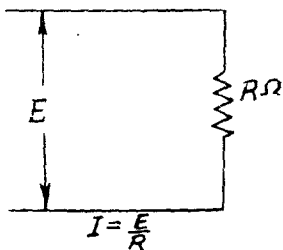


圖 1-6

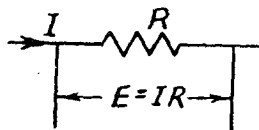


圖 1-7

$$I = \frac{E}{R} \quad (1-1)$$

$$\text{或} \quad E = IR \quad (1-2)$$

表示(1-2)式為電流  $I$  安培流於  $R$  歐姆的電阻中,必需  $IR = E$  伏特的電壓。又自(1-2)式得

$$R = \frac{E}{I} \quad (1-3)$$



(1-3)式所表示者為加電壓  $E$  伏特,電流  $I$  安培流於其線的場合,其線的電阻為  $E/I = R$  歐姆。

(1-1), (1-2), (1-3)式均自歐姆定律誘導而來,總稱為直流電路的歐姆式。

**1-8 電壓下降** 如發電機或電池,其持有電勢者稱為電源。如電燈,電動機,電焊機等自電源取用電流者稱為載荷或負荷

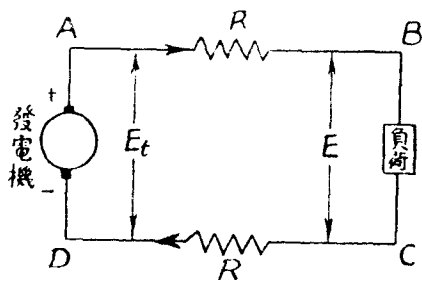


圖 1-8

(load), 流於載荷的電流稱為載荷電流。如圖 1-8, 發電機供給載荷的電壓為  $E_t$  伏特, 自發電機至載荷間的一線的電阻為  $R$  歐姆, 所流載荷電流, 為  $I$  安培時, 則自  $A$

至  $B$  流過  $I$  安培的電流必需  $IR$  伏特的電壓, 又自  $C$  至  $D$  亦需  $IR$  伏特的電壓。因之加於載荷兩端實際的電壓為自供給電壓減去在途中電線中所消耗的電壓  $2IR$  伏特。即

$$E = E_t - 2IR \quad (1-4)$$

在電線中消失的電壓稱為電壓下降(drop)。

### 例 題

1. 如圖 1-9, 電源電壓為  $105V$ , 自電源至甲電路一線的電阻