

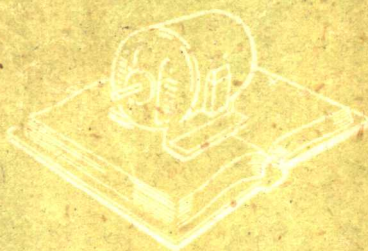


实用电工丛书




# 电学与磁学原理

陈津侯編譯



商务印书馆






实用电工丛书

电 学 与 磁 学 原 理

陈 岸 侯 編 譯  
楊 傑 校 訂

商 务 印 书 馆

1960年·北京



電學與磁學原理概要——此書是實用電工叢書的第一種，係根據1946年美國柯尼電工學校(Coyne Electrical School)出版的該校技術人員編著的「實用電工叢書」(Applied Practical Electricity)第一冊編譯而成。內容分兩篇：第一篇電學原理，第二篇磁與電磁、靜電。共分六章：第一章電和它的作用，第二章功率與能、電路，第三章電與化學作用，第四章磁鐵，第五章電磁感應，第六章靜電。書中於電的本質和作用，及磁和電磁、靜電的關係，都有敘述，說明簡單扼要，讀了能幫助我們對於電氣裝置的理論和應用，易於明白了解。

實用電工叢書  
電學與磁學原理  
陳津侯編譯

商務印書館出版

北京東總布胡同10號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第107號)

新華書店總經售

商務印書館上海廠印刷

統一書號 15017·27

1954年7月初版

1957年4月3版

1960年4月上海第6次印刷

印數 55/26

開本 787×1092 1/32

字數 96,000

印數 33,201—39,200

定價：(10) 0.68元

## 實用電工叢書序

這部叢書，是浙江大學的幾位同志在課餘時間中依照柯尼氏電氣技術學校所編著的應用電工叢書而編譯的，惟在內容方面則稍有增刪。這部叢書的主要優點，在於非常實用，不涉高深理論，以很淺近的解釋來說明各種電機電器的運行原理，以及電機電器的維護與修理。因此它不僅是學習電氣技術者的良好的自學資料，同時也可作為其他工程工作人員在工作中查考之用。我想這部叢書的出版，對於科學技術知識的普及和解決工作中的問題，一定可以起一些作用。為了使這部叢書的收效更大，內容更充實而適合於我國情況起見，希望讀者能多多提供意見，以為修訂時的參考。

編者

# 目 錄

## 第一篇 電學

第一章 電和它的作用 .....	1
1. 電能夠做些什麼 .....	2
2. 導電體 .....	4
3. 絕緣體 .....	6
4. 電氣系統 .....	7
5. 典型系統 .....	8
6. 電路 .....	10
7. 多路電流 .....	11
8. 電量 .....	13
9. 電流 .....	14
10. 安培小時 .....	15
11. 電動勢 .....	15
12. 電阻 .....	18
13. 端電壓 .....	19
14. 電壓降 .....	19
15. 電壓差 .....	22
16. 電壓 .....	23
17. 電的極性 .....	23
18. 導電體的電阻 .....	24
19. 電導 .....	26
20. 電工符號 .....	26
21. 串聯接法 .....	29
22. 電流、電壓、電阻的關係 .....	31
23. 歐姆定律 .....	35
24. 歐姆定律的運用 .....	40
25. 並聯接法 .....	44
26. 網路電阻的計算 .....	50

27. 電源的串聯 .....	54
28. 電源的並聯 .....	56
<b>第二章 功率與能 電路</b> .....	<b>59</b>
1. 機械功率 .....	59
2. 電功率 .....	60
3. 功率與熱量 .....	62
4. 電能 .....	63
5. 線路壓降 .....	66
6. 線路損耗 .....	68
7. 接線時的正負極 .....	69
8. 串聯並聯組合接法 .....	70
9. 動電 .....	72
10. 直流電路的電壓降 .....	72
11. 並聯電路裏電流的分配 .....	74
<b>第三章 電與化學作用</b> .....	<b>77</b>
1. 原電池和次電池 .....	77
2. 電池的電流和電壓 .....	78
3. 兩液電池 .....	80
4. 愛迪生原電池 .....	81
5. 乾電池 .....	83
6. 空氣隙電池 .....	87
7. 蓄電池 .....	87
8. 電解池 .....	88
9. 電工機械的效率 .....	89
10. 電鍍 .....	93
11. 水和鹽的電解 .....	96
12. 電解精鍊 .....	97
13. 電解熔爐 .....	98
<b>第二篇 磁與電磁、靜電</b>	
<b>第四章 磁鐵</b> .....	<b>100</b>
1. 天然磁鐵 .....	100

2. 人造磁鐵	100
3. 磁極	101
4. 吸力和推力	102
5. 地磁	103
6. 磁力線	104
7. 磁場和磁路	105
8. 磁場的作用	106
9. 磁性材料的特性	107
10. 磁性和非磁性材料	109
11. 導磁係數和磁阻	111
12. 拉力強度	112
13. 空氣隙的作用	113
14. 磁屏	114
15. 羅盤針的校試	116
16. 電磁	116
17. 導線周圍磁力線的方向	117
18. 平行導線之間的磁力	119
19. 線圈周圍的強磁場	120
20. 螺線管	121
21. 電磁鐵	122
22. 簡單電磁鐵的構造、剩餘磁性	124
23. 電磁鐵的極性	125
24. 磁路	127
25. 單位、磁鐵的強度和飽和	127
26. 實際電磁鐵的計算	129
27. 拉力	131
28. 厘米、克、秒制(萬國制)	132
29. 電磁鐵的機製和修理	132
30. 線圈故障測試	134
<b>第五章 電磁感應</b>	<b>138</b>
1. 感應產生電壓	138
2. 感應電壓和電流的方向	139
3. 感應電壓和切割磁力線速率的關係	141

---

4. 交流電流和直流電流(交變電流和單向電流) .....	143
5. 感應線圈 .....	144
6. 變壓器 .....	147
<b>第六章 靜電 .....</b>	<b>151</b>
1. 電荷 .....	151
2. 電容與容電器 .....	152
3. 靜電場 .....	153
4. 摩擦生電 .....	154
5. 靜電的控制和防護方法 .....	154
6. 靜電引起爆炸 .....	155
7. 皮帶上的靜電 .....	156
8. 閃電 .....	157
9. 損害作用的防止 .....	159
10. 避雷針 .....	160



# 電學與磁學原理

## 第一篇 電學

### 第一章 電和它的作用

解釋電的本質和作用的理論很多，這裏介紹一種比較簡單明白而同時對我們了解一切電氣裝置也很有幫助的理論。

我們先從分子說起。分子是任何物質的最小顆粒，像鹽的分子就是鹽可能存在的最小顆粒，仍保持鹽的特性。如再加分析就不再是鹽，而成爲一個原子的鈉和一個原子的氯。

鈉、氯等稱爲元素。元素共有 98 種，鈉和氯就是其中的兩種。此外像鐵、銀等是很普通的元素，鈷、鉍等是平常不大見到的。世界上各種物質都是由這些元素用不同方式所組成的，像水就是由兩個氫原子和一個氧原子組合起來的。

我們假定原子是由一個中心部份叫做原子核和環繞在它周圍的一個或幾個電子所組成的。中心部份的位置是固定的，而電子在某種條件下，却可以離開原子跑到外面去，或者和別的原子結合起來。

電子是電的微粒。電子在物體裏面移動，例如流過銅線，就

成爲動電，或叫電流。如果加上足量的電力也可以使電子離開物體而遊行到周圍的空間裏去，像無線電真空管、X光管、以及日光燈，就是應用這種原理而製造的。

沒有人看見過電子。有人比喻說，一個電子在原子裏面好像一隻蒼蠅在一個大戲院裏飛翔，分子比原子大得多，而一億個分子接連起來大約有一吋長，萬億個分子的重量大約等於一萬億分之五噸。所以電子是小得難以想像的。

這裏只預備討論控制電的作用的一些規律，使我們有能力來控制、選擇、裝置和維護電的設備，或者在遇到故障時，知道如何設法解決。我們不討論電的本質，也避免牽涉到比較高深的數學和別的科學。

1. 電能夠做些什麼 在辨別各種電的機械和儀器以前，有兩件事情是應當先明瞭的。我們知道能有各種不同的形式，如機械能、化學能、電能、熱能、光能、人身能等。這些各種形式的能不能無中生有，也不能消滅掉，這是一條基本定律。但是能很容易從一種形式轉變爲另一種形式。

第一：至少百分之九十九以上的電的應用都是從動電得到的。靜止的電在做功方面來看是像拖動機器的皮帶靜止不動一樣，沒有多大作用的。動的電叫電流。

第二：動電或電流供給我們一種最有效的方法，把能由甲地帶到乙地，或者把能從一種形式改變成別的形式。

“能”是有工作的能力的。在挖煤的時候，你的身體能變爲

動能。蒸汽機和汽油機的飛輪含有動能，也叫做機械能。每一個運動的物體都含有動能。小孩子丟一塊石子，這石子就含有動能，他做的功可以打破一塊玻璃窗。

熱是能的另外一種形式。你一定知道熱可以做許多工作。圖 1 說明從煤的燃燒得到的熱能使水變成蒸汽，蒸汽膨脹使蒸汽機運轉起來而產生動能。這動能用皮帶傳到發電機，發電機把機械能變為電能。電流的能在電燈裏大部份變為熱能，小部份變為光能。

光是能的一種，因為它可以使光電池產生電流，可以調整流過光電管的電流，可以改變電流流過一片矽的速率，也可以使照

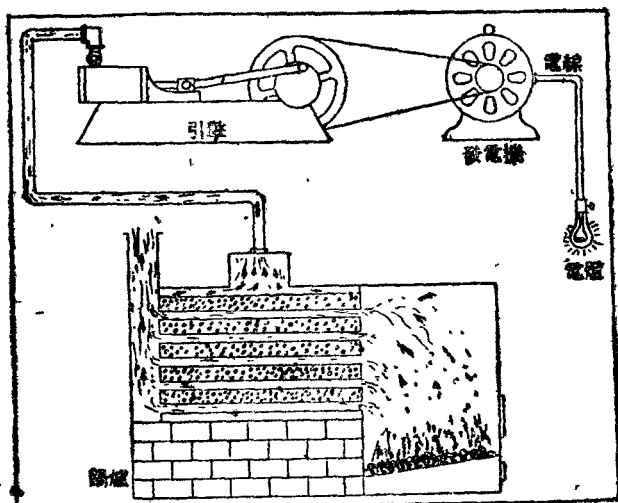


圖 1. 說明煤的熱能如何用引擎來變為機械能，再用發電機變為電能，電能在電燈裏又變為熱和光。

相底片感光。

手電筒裏的乾電池和汽車用的電瓶都含有化學能。乾電池和電瓶發生化學變化的時候就產生電流。這電流會使手電筒或汽車頭燈發光；當汽車的起動馬達轉動時，汽車的汽缸裏會發生火花；汽車的喇叭會發出聲音，也是由於同樣的原因。

聲音是能的一種形式，因為實際上聲音就是空氣或別的傳聲物質的振動，任何動作都需要能。

放射能是一種很重要而有趣的能的形式，它在真空裏比在空氣裏進行得更好，它也可以穿過別的氣體、液體甚至固體。有了放射能，我們才有 X-光，才可以用無線電傳送信號。太陽的熱能也靠放射的方法從很遠的距離，經過真空而送到地球來。

應用適當的儀器，任何形式的能都可以變為電能。機械運動、熱、光、化學能、聲音以及放射能均可以產生電流。

只要用適當的儀器，電流的能也可以變為任何別的一種能。

現在我們可以明瞭為什麼動的電是世界上最偉大、最重要的一種力量。改變能的形式最普通的方法是用動電。它是唯一的一種方法，以把大量的能從一地送到別的地方去應用。

**2. 導電體** 一塊銅裏面有許多電子是很容易離開原子的，這就是說，加上一個小的電力，可以使大量電子離開原子而在銅裏面流動，也就是說用小的電力可以產生強電流。同樣的電力加在一塊銀子上面，可以得到更大的電流。同樣電力如果

加在硬鋼上面，所能得到的電流只有銅裏面電流的二十五分之一。

下面表裏所列的各種金屬和石墨在加上相同電力的時候所得到流動電子的相對數目，也就是相對流動量。

銀.....1,058	鉛.....84
銅.....1,000	鎳銀合金.....52
金.....706	硬鋼.....38
鋁.....610	鑄鐵.....20
鋅.....295	水銀.....17
鎳.....172	鎳鉻合金.....17
鉑(白金).....157	石墨..... $2\frac{1}{4}$
軟鋼.....108	

電力的量度單位叫“伏特”。平常用 100—120 伏特或者 220 伏特的電力或電壓來使電氣流過電燈而發出光來。手電筒的小乾電池有 1.5 伏特的電力或電壓差。汽車蓄電池裏的每一節電池有 2 伏特的電力，平常用三節連在一起做成的一隻蓄電池共有 6 伏特的電力。

任何物質如果可以用電力或電壓差來使多量的電子離開原子，穩定的流過這物質，就稱為導電體。

有些金屬，像銅、鋁、可以用比較小的電力來得到大的電流，是良導體。另外像軟鋼等，是普通導電體。而鎳鉻合金等，是很壞的導電體，有時故意用來阻礙或者抵抗電流活動的。

銅是一種最重要的導電體，因為一方面它很容易允許電流流過，同時產量很多，價格便宜。第二種是鋁，其次是鋼鐵。鋼鐵不僅用來做電線，也用來做電機結構或支架的一部份，同時可以讓電流通過。有些液體，譬如鹽類或酸類的水溶液，就是很好的導電體。

3. 絕緣體 當兩根帶有電流的銅線或別的導電體互相接觸時，一根導電體裏的電就會流到另外一根導電體裏去，而從我們所希望他走的道路上逃過開去。為了阻止電流從一導電體裏逃到別的導電體裏去，或者跑到人的身上來，所有帶有電流的導體都應當用不導電的材料包圍隔離，或者支持起來。不導電的物體(或材料)叫做非導體或叫做絕緣體。

絕緣體或絕緣材料包括所有各種物質，這些物質雖然加上很大的電力也不容易產生電流。在電氣工程上常用的有下列各種絕緣材料：

瓷器	棉花
玻璃	亞麻布
雲母	絲
膠木和它的複合物	各種油類
硬橡膠	各種蠟類
軟橡膠	空氣
紙	

在絕緣材料裏有許多電子可能因受到電力作用，稍為離開

他們在原子裏的正常位置，但差不多所有這些電子仍舊束縛在原子裏面，在電力拿開時，馬上回到正常的位置。絕緣體裏只能有極少數的電子可以得到自由離開原子，產生非常微小的電流。

有一片 $\frac{3}{8}$ 吋厚的玻璃絕緣體，因玻璃種類的不同，在電壓加到300,000到1,500,000伏特以前，沒有顯著的電流產生。如果電壓加到這樣驚人的高度，就會在玻璃上打穿一洞。電流就在這洞裏流過，因為只要10,000伏特的電壓就可以使電通過 $\frac{3}{8}$ 吋厚的空氣層。

前面表裏的任何一種絕緣材料的阻力都比任何一種金屬、石墨或導電液大千百萬倍。這是很幸運的，因為這使我們可以毫無困難的來限制電在一定的道路上流動。

**4. 電氣系統** 我們現在預備談到電工分類，因為希望能包括任何電氣設備的各部份，所以牽涉到的範圍是比較廣泛的。

首先我們必須有可以利用的某種形式的能。在乾電池或原電池裏，原始能是化學能而不是電能。能的來源也可能是機械運動、熱、光、聲音或者放射。有了能源之後就可以談到電工的系統。

**第一類：**使非電能轉變為動電或電流的工具，包括發電機、蓄電池、熱偶、光電池、壓電晶體等等。

**第二類：**電線，包括載運電的導線以及阻止電離開導線的絕緣體。在戶外和長途系統裏還包括輸電線和配電線。

**第三類：**控制機械。主要為各種手動和自動開關。

第四類：改變動電的流動速率、壓力差、或別的性質的儀器，包括變壓器、變流器、電動發電機、和一些別的儀器，我們將在後面詳細討論。

第五類：電表或量度器具，用來指示或記錄電工系統各部份的運用狀況。

第六類：將動電變成我們所需要的能底形式的器具。這一類包含很多，如馬達、電磁鐵、蓄電池、電化池、電弧、電爐、各種電感器或線圈、電阻器、各式各樣的電燈、發射機的發射系統、以及許多別的重要儀器，這些儀器是用電流來產生機械運動、熱、光、聲、化學變化或放射作用。

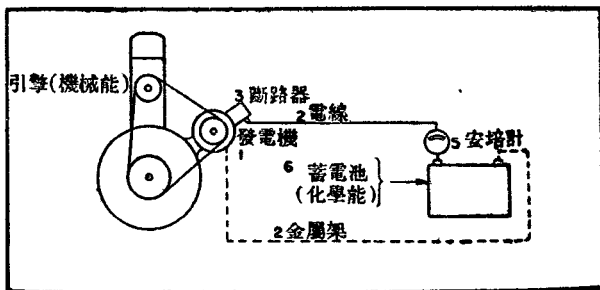


圖 2. 汽車電氣系統的一部分。

6. 典型系統 為學習在實際電氣系統中的分類工作，我們舉汽車電氣系統來作說明。

圖 2 表示汽車電機部份。能的來源是汽車的引擎所產生的機械能，現在我們依照前面所說的來進行分類。

第一類：發電機經過皮帶接受機械能，將它變為電能。



第二類：電流經過絕緣的銅線流到蓄電池，從蓄電池經汽車鋼架回到發電機。

第三類：斷路器是一個自動電開關，當發電機的速度大到足夠產生力量來驅使電氣流過蓄電池的時候，能自動將發電機的內部接到通蓄電池的線上去，斷路器就是我們的控制機械。

第四類：圖 2 的發電機已經設計好自動調節到恰好產生所需要的電壓和電流特性，使蓄電池發生化學變化。所以不再需要別的器械來改變電流的性質了。

第五類：安培表就是我們的量度儀器，來指示流過發電機和蓄電池的電流量。

第六類：流過蓄電池的電流在極板和液體裏產生化學變化，貯藏在化學變化裏的能，後來仍變為電能來運用起動馬達，在火花塞子上產生火花，或使車燈發光，也可以吹響喇叭。

圖 2 的系統裏，我們從引擎的機械能開始直到變成化學能貯藏在電瓶裏。蓄電池在充電的時候進行化學變化在“放電”的時候能產生電流。

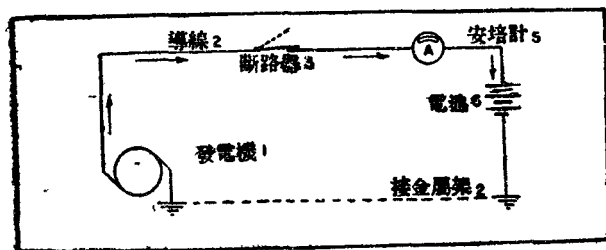


圖 3. 汽車電氣系統的簡化圖。