

初級电工原理

(第一冊)

陸鶴壽編

科學技術出版社

初級電工原理

(第一冊)

陸鶴壽編

科學技術出版社

內 容 提 要

这是一本淺顯而容易看得懂的电工理論書籍，一方面可用來訓練新的工作人員，另一方面可作为有丰富工作經驗而缺少理論基礎的初級干部的自學資料，內容通俗易懂，適合有初級中學左右程度的讀者閱讀。

本書分四冊出版，有系統地介紹電和磁的基本原理和交流电机的工作理論，体裁新穎，插圖丰富，每章附有復習題，對於學習都有幫助的。

第一冊內容包括：(1)靜電和電子論；(2)電壓電流和電阻；(3)簡單電路；(4)發電的概念；(5)基本磁學；(6)電磁的基本原理；(7)磁路。

初 級 電 工 原 理

(第 一 冊)

編 者 陸 鶴 壽

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海錢園西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可證出○七九号

上海新華印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書号：15119·33

(原交流版印20,500册)

開本 787×1032 1/32·印張 6 1/16·字數 123,000

一九五六年三月新一版

一九五六年九月第三次印刷·印數 10,021—20,020

定價：(10)八 角

前 言

這本《初級電工原理》的第一冊出版了。現在先來談談編寫的目的和內容的重心吧。

在祖國重工業建設中，電力工業是其中重要的一部份。我們國家在這一方面將有龐大的、突出的計劃，大規模地作為重點的基本建設。這裏就需要更多的工作人員，高級電工技術人員固然很重要，數量特別衆多的初級技術幹部亦屬寶貴。在今日，初級技術人員，常限於文化水平或其他困難，對於深奧的理論不易理解，對於繁複的數學亦不能掌握，以致有視學習技術理論為難事的。所以，在這同時，就需要有淺顯而容易看得懂的電工理論書籍，一方面用來訓練新的工作人員，另一方面作為有豐富工作經驗而缺少理論基礎的初級幹部的自學資料。

編寫這一本書就抱着這種熱誠，希望它的內容能夠很好地配合需要上的條件，特別適合只有初級中學左右程度的讀者閱讀。在這個基礎上，我們就要求這本書的文字要通俗易懂，並且用輕鬆而正確的解釋，來代替不必要的數學，切實地開闢一條學習電工原理的康莊大道。

無可否認的，電工原理的範圍是很廣的，內容亦很複雜。這本書難道就能包括了一切嗎？這是不可能的。明確一點地說，這是

一本「初級」的電工原理，亦就只能包括電工理論的基本部份；即使將範圍這樣緊縮了一下，它還只能限制在應用得最多而最有價值的電磁效應的一部份。所以這一本「初級電工原理」的內容就是介紹這麼一部份的理論——電生磁和磁生電。這不等於說其他部份並不重要，恰恰相反，電力工業是多方面相互配合而成的，各有一定的作用，但不在本書的範圍內。

這本「初級電工原理」是以「理論」為主的。有了一定的理論基礎，就能夠發揮一定的作用，亦就能夠聯系一定的實際事物。這樣編寫容易保持理論部份的系統性，對於建立物理觀念，在配合適當的舉例和譬喻時，亦還是能夠的。

閱讀這本書應抱甚麼希望呢？這一個問題恰好說明它內容的編寫深度。一般的說起來，這裏的分析只是初步的。這樣就告訴讀者，學習這本書之後，可以進一步閱讀其他的電工理論書籍，尤其是蘇聯電工學的譯本。這是因為書中的單位已經取得一致而用新電磁單位了。事實上任何一本書決不能解決廣大讀者所遭遇到的一切問題，這本書亦不在例外。

新電磁單位就是合理化喬麒制，亦就是 MKSA 單位，這種新單位對於少數讀者或者比較生疏，但是很容易熟悉的。英美制只有極少數必需的場所介紹給讀者，這是因為在應用上還不能避免。譬如說吧，英美制一匹馬力等於 746 瓦特，現在國內就有很多的電機根據這個數值工作着，如果在現階段完全不說明，那就反而會使生產受到影響。

這本書裏的很多場所，爲了容易解釋，就串插了種種譬喻。借簡單的譬喻來說明複雜的學理，本來很難做到天衣無縫的程度，所以對於譬喻部份的要求，只可作爲啓發性的，而不能認假成真的啊。至於本書內容的解釋亦是比較膚淺的，這是受「初級」二字所限制；只有高深的書籍，才能全面地和深入地發揮理論的每一個部份。

本書分冊出版，介紹電和磁的基本理論和交直流電機理論。內容是這樣分配的：第一冊以靜電、靜磁和電磁爲主要內容。第二冊的重心放在電磁感應和交流電路。第三冊從發電原理開始，繼以直流電機。第四冊必然的集中介紹交流電機部分。每一冊都可以自成一個單位，各有重心，閱讀起來很是方便。並且每章附有複習題，對於學習是有幫助的。

不過這本書的編寫是初次的嘗試，內容的深淺是否配合，選題說明是否確當，懇請讀者及電工專家不吝指教批評。

陸鶴壽謹識

一九五三年十月

目 錄

前言	1
----	---

第一章 靜電和電子論	1
------------	---

1-1 先談靜電	2	1-9 感應亦能荷電	12
1-2 物質的構造是怎樣的	3	1-10 什麼是放電	13
1-3 分子和原子	5	1-11 雷電和避雷針	14
1-4 物質的電子論	5	1-12 靜電場	15
1-5 電子和電子流有什麼區別	7	1-13 靜電場的力線	16
1-6 有正電荷就有負電荷	8	1-14 電荷間的力	17
1-7 電荷的定律	9	1-15 複習題	20
1-8 接觸能荷電	11		

第二章 電壓、電流和電阻	22
--------------	----

2-1 動電的認識	22	的說明	35
2-2 電位的意義	24	2-8 電流	36
2-3 電動勢或電壓	27	2-9 電阻	37
2-4 什麼是電位降	28	2-10 什麼決定電阻的大小	39
2-5 電動勢的產生方法	31	2-11 二種作用相反的電工材料	42
2-6 電流的種類	32	2-12 絕緣破壞和電壓的關係	44
2-7 交直流電流實際意義		2-13 複習題	46

第三章 簡單電路	48
----------	----

3-1 電路	48	3-5 串聯電路的電流	54
3-2 水路和電路	48	3-6 串聯電路的電壓	55
3-3 歐姆定律	50	3-7 串聯電路的電阻	55
3-4 串聯電路	53	3-8 電壓的串聯	55

3-9 串聯電路有什麼缺點.....	57	3-15 並聯電路的優缺點.....	65
3-10 並聯電路.....	58	3-16 複式電路.....	67
3-11 並聯電路的電流.....	60	3-17 串並聯電路.....	67
3-12 並聯電路的電壓.....	62	3-18 並串聯電路.....	70
3-13 並聯電路的電阻和電導.....	62	3-19 克希荷夫定律.....	74
3-14 電壓的並聯.....	64	3-20 複習題.....	77

第四章 發電的概念..... 83

4-1 從功到電功率.....	83	4-4 發電的意義.....	91
4-2 電能是什麼.....	87	4-5 發電的條件.....	92
4-3 什麼是效率.....	89	4-6 複習題.....	93

第五章 基本磁學..... 95

5-1 中國是磁的祖國.....	95	5-7 吸力和斥力.....	108
5-2 從天然磁石談起.....	96	5-8 磁的車倫定律.....	110
5-3 磁的作用.....	99	5-9 介紹磁通和磁通密度.....	111
5-4 磁場圖.....	101	5-10 究竟磁作用是那裏來的.....	113
5-5 什麼是磁力線.....	103	5-11 地球的磁.....	116
5-6 磁感應.....	106	5-12 複習題.....	117

第六章 電磁的基本原理..... 121

6-1 從靜磁到動磁.....	121	6-5 談談線圈通電流的情況.....	130
6-2 電流總能產生磁場的.....	122	6-6 線圈的磁場.....	132
6-3 導線通過電流後的幾條基 本定則.....	125	6-7 線圈加鐵心後的大概情形.....	135
6-4 單圈導線通電流的情況.....	127	6-8 略談電磁鐵的應用.....	136
		6-9 複習題.....	140

第七章 磁路..... 141

7-1 什麼是磁路.....	141	7-3 磁通的特點.....	147
7-2 先介紹磁勢.....	143	7-4 磁阻和磁阻係數.....	147

7-5 磁路在並聯和串線時 的磁阻.....152	的關係.....159
7-6 談談磁路的規律性.....153	7-10 磁路的簡單計算.....162
7-7 磁導和導磁係數.....155	7-11 從空心線圈談磁漏現象.....164
7-8 什麼是磁場強度.....159	7-12 磁滯問題.....167
7-9 磁場強度和磁通密度	7-13 渦流的避免.....169
	7-14 複習題.....171

附錄..... 1

1. 新電磁單位表.....1	2. 各種銅線線規表.....2
-----------------	------------------

第一章

靜電及電子論

我們現在要學習電的原理。很多人不容易了解電，主要原因是電沒有實體的形態，亦就是說，電是無色、無聲、無味、無嗅及無形的。你或者說電可以看到的，譬如說，我們可以看到電燈光。這種說法是不正確的。因為我們實在看到的並不是「電」的本身，而是電子流動後所產生的一種「作用」或「效應」。同樣的，電烙鐵所產生的熱度，觸電時所受到的電震，亦都不是「電」，而是感覺到電子流動後的另二種「效應」。

電的應用遠在十九世紀就開始的。在這許多年內，電的本質是一個謎，人們已能將電應用在生產上，但是並不知「電是什麼？」經近年的科學研究，知道了電是由許許多多微小的陰性電荷的電子所組成的。當這些電子立定而不動時，我們得到了靜止的電，亦就是靜電。但是在電子被迫而行動時，電子就在運動狀態中，這就是動電。我們對於動電特別感到興趣，完全因為我們的工廠中、學校中、家庭中及其他場處所應用的，就是這種動電。我們得到了電的照明，電的動力，……。電做了許多有用的工作，推動了社會的發展，直接影響了人類的生活。最主要的還是因為電有驚人的力量，一切機械等方法不能完成的任務，祇有依靠

了電才能順利地達到目的。在我們中國，在國家的大建設中，電還要繼續的及更擴大的全面發揮它的力量，切實地改善生產力。

1-1 先 談 靜 電

靜電是摩擦而產生出來的。在我們日常的生活中就有許多實際例子。木梳梳頭髮後，木梳上的靜電就能夠使木梳吸起紙屑；有時在梳頭時就產生「拍拍」的聲音來——代表靜電的產生。卡車載着汽油行駛時，就可能因積集的靜電，產生火花而造成不幸的後果。爲了這個原因，這種卡車就必將鐵鏈一條拖在路面上，曳引着行駛，將靜電引導入地。工廠中拖動機器的皮帶間亦可有火花爆發出來。而最顯著的就是電雲相遇時所發生的雷——靜電大規模放電的具體形態。

在類人猿的生存以前千萬年以前，雷電就有了。這種靜電開始與人類接觸的年代既是這樣的古老，人亦必然的對靜電（雷電）最早就感到興趣。大約在公曆前 600 年的時候，古代希臘的理想家就首先發現琥珀被摩擦之後，能吸起輕的東西。這種科學的實驗沒有很好地繼續下去。直到大約十七世紀的開始年代，英國有一位名叫吉爾勃的物理學家做了很多的實驗，他明確的證明，除去琥珀，還有許多的東西在被摩擦以後，亦有吸起輕的東西的能力。據說「電」的西文名字亦是由他從希臘字「琥珀」定出來的呢。

事實上，靜電是很少實用的價值；反過來，它的存在有時還有

害呢。我們祇可以說，在研究電的性能及發展電的理論上，靜電才有一定的貢獻，現在解釋電的基礎時，就根據了電子理論，而這個理論明確的說明了所有的東西都與電有關係的。

1-2 物質的結構是怎樣的

所有的物質都是由元素組成的，有時物質中的元素祇有一種，有時亦有多種，而是化合物。

當一樣東西不能再用普通的化學方法分解時，這個東西就是元素。祇是在最近，我們已有電解方法，能分析一部分的元素了。根據 1952 年蘇聯的報告，世界上已發現了一百種不同的元素，並且還知道各個元素的電的組織情形。

電工方面應用的元素是很多的，有的是氣體，有的是金屬。我們只要看一下無線電裏最重要的電子管就可以看出這裏需要幾十種不同的元素，譬如：在氣體方面有氬、氖、氮……等；在金屬方面更多，計有銅、鋁、鐵、鋅、鈷、鎢、鎳……等等。這就說明，要建立一個完備的電氣工業就需要各色各樣的物資。我們祖國的社會主義性質的經濟建設對於地下資源的探測、發掘和冶煉特別重視，完全是必要的，以便配合這種需要。其他各工業部門的情形亦很類似的，只是需要元素的種類有點不同，數量有點多少。

我們日常生活中所用的東西，很多就是元素的一部分，譬如銅、銀、鐵等都是的。但是同時我們還用到、吃到許許多多其他的東西，在形式上及組織上都不是單純的元素。這些東西多得

不勝枚舉，譬如，衣服、食物、玻璃、木頭、膠木等都是的。事實上，每當二種以上的元素合併成一樣新的東西時，就產生一種化合物。這種化合物具有一定的特性，完全與組成的各個元素的特

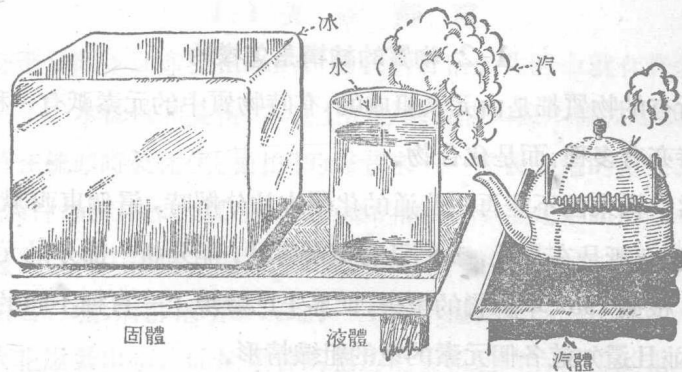


圖 1-1 水的三種形態。

性不同。譬如，氫及氧化合時就成水。而水又可以在固體、液體和汽體三種形態存在。但是水那裏有氫和氧的形式和特性呢？所以化合物失去元素的固有特性。當化合物中元素的組織成分不同時，化合物的形狀及特性亦是不同的。由於這個原因，我們就能有千變萬化的東西出現。

很多元素常常可以混合在一起，但沒有經過化學上的「化合」的程序，這就是混合物。一般說起來，混合物中的元素仍舊保存原有的特性。最明顯的例子就是空氣，它是由多種氣體（各是元素）組成的，但是各個元素仍保持原有的特性。所以化合物和混合物在基本上是不同的。

1-3 分子和原子

當一種元素被分析成最小的單位時，如果仍舊保存原有的特性，那末這個新單位就是原子。不過，當一種化合物被分析到最小的單位，同時亦仍保持原有的化合物特性時，這最小的單位就是分子。所以，有二種以上不同元素的原子，就能組成一種化合物的分子。有一種化合物存在時，必然的就有這一種分子。一般說起來，分子是略大於原子，因為原子組成分子的。

那末原子與分子間究竟有什麼區別呢？有的。就是不但化合物中有分子，元素中亦有分子，不過元素中的分子與化合物中的分子完全不同。上面已經說過，元素的分子只有一種元素的原子，而化合物中的分子是由某種組合情形下產生這個化合物的各種原子組成。至於元素中分子的原子數目，可能說是一個或幾個。化合物中，原子數目就各不相同，有的分子非常複雜，有的極簡單，例如水（ H_2O ）的分子就是由二個氫原子及一個氧原子所組成的。但是鈉原子及氯原子所組成的普通食鹽（ NaCl ）就非常的複雜。

分子是極端微小的東西，不是人眼所能看到的。一滴水就包含着成千成萬個（在百萬個以上）水分子。不過分子比較原子還是很大的，因為一個分子常常是由許多原子組成的。

1-4 物質的電子論

近年來，科學家對於物質的結構做了很多的實驗及研究工作，

最後得出一個完善合理的電子論。照這個物質的電子論的說法，物質是由原子組成的，而每一個原子又是由一個或幾個荷正電（或陽電）的粒子以及一個或幾個荷負電（或陰電）的粒子組成的。這種正電粒子是質子，而負電粒子是電子。在正常的情形下，亦就是在中性的情況下，原子具有同數目的質子和電子。

在重量上，質子大約比較電子重 1850 倍，而電子亦比質子小得很多。就組織上說，質子是原子中心部份的組成體。這個中心部份的名稱是原子核。原子核是荷正電的，四週是這原子的電子，循着一定的軌道繞着原子核旋轉，極像地球及其他行星繞着太陽旋轉一樣。這種圍繞原子核行動的電子叫做行星電子。原子核中雖然還有其他的粒子存在，由於這些粒子對於電子論還沒有發現它們的關係，亦就不必去理會它們了。

所有的電子都是相同的，我們亦就可以肯定的說，銅原子的電子、氧原子的電子以及其他原子中的電子亦無不相同的。至於

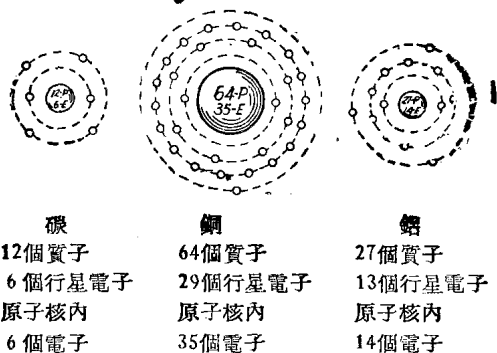


圖 1-2 碳原子、銅原子和鋁原子的結構。

各元素的差別，祇在於質子及電子的數目及排列情形。圖 1-2 就是碳原子、銅原子和鉛原子的結構大意圖。每一道軌道上祇有一定數目的電子，而這個數目迨滿額以後，再由內向外佔領各軌道。所以圖中的碳原子具有 12 個質子和 6 個行星電子。在第一道（最內的一道）軌上具有全部定額的 2 個電子。由於第二道軌的定額是 8 個電子，其餘 4 個電子遂全佔第二道軌道。

這裏我們要注意一個問題了，就是在原子核中亦有電子存在，而這些電子的數目亦是一定的（圖 1-2 中都已註出）。照新的電子論，每一個原子中一定有同數目的質子及電子，一部份電子位在原子核中，與同數目的質子組成中子。由於電子和質子的電量是相等的，所以一個電子和一個質子組成的中子是在電的平衡狀態中。其餘的電子就是行星電子，與原子核中剩餘的同數目的質子互相吸引着，並達成電的平衡。譬如上述的銅原子中，實際具有 64 個質子及 64 個電子。在原子核中有 35 個質子及 35 個電子，其中 35 個質子和 35 個電子組成了 35 個中子，其餘 29 個質子單獨在原子核中，各與一個行星電子（行星電子是 29 個）吸引着，同時產生電的平衡。其他原子的組織情形亦是如此的，不多細述了。不過最後應該說明的，就是原子的序數就是行星電子的數目，所以銅的原子序數就是 29。

1-5 電子和電子流有什麼區別

電流是什麼呢？照電子論說起來，電流就是行動的電子，或者

就是電子流。大家都知道銅是導電體，實際上這是因為銅對於電子流動的阻力是極小的。我們還可以這樣說：每逢電子受到推動（如受到電池電動勢的推動），就產生電流，這時電子是在原子間轉移位置。我們已曉得銅原子最外軌道的電子數目並不足最高可能數，顯然在這軌道上還可以容納額外的自由電子進出。這就使銅對電子流動上開闢了一條寬闊的大道。

根據上述的情況就可以相信，導體通過電流，就在於原子最外軌道電子的「行動」行為。圖 1-3 就是這種行為的簡略想像圖示。這圖用碳原子來代表，主要原因是繪畫可以簡化。

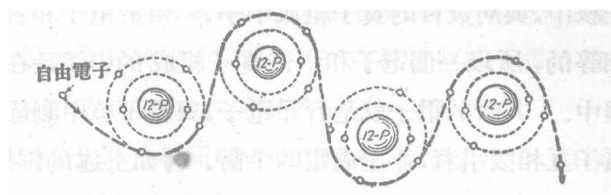


圖 1-3 在碳原子中的自由電子行程。

1-6 有正電荷就有負電荷

照電子論，所有的物質都是由正電荷（質子）和負電荷（電子）



(甲)用硬橡皮棒。

(乙)用玻璃棒。

圖 1-4 摩擦荷電。