

蘇聯少年科學叢書

少年電機工程師

N. Bulatov 著
S. Posneekov 著
符其珣 編譯



開明書店印行

各單位的符號













安培	電流的單位	A
伏特	電壓的單位	V
歐姆	電阻的單位	Ω
瓦特	電功率的單位	W
仟瓦特	等於 1000 瓦特	WK
仟瓦小時	電能的單位	KWh

長度和重量

1 米 (m) = 100 厘米 (cm) = 1000 毫米 (mm)

1 仟克 (kg) = 1000 克 (gm)

幾種電器的圖表法

	電線		電阻器
	線圈		開關
	變壓器		電燈
	安培表		容電器
	伏特表		交流電
	保險盒		電機

原 序

請 學 習 電 機

少年們對於電都感到極大興趣：他們學做各種電器的模型，例如自造小電動機，小發電機；把鐵罐改造做電鍋；自製電爐，電池，電報機模型；練習裝設電鈴及電燈線路等等；這些先進的少年更常在露營時利用電信號做各種戰事遊戲，架設電話，裝置以煤油機或水力臥輪推動的發電機等。

少年們爲什麼對於電感到這麼大興趣？各大工廠，機器廠，住宅以及街道，到處可以遇到電的應用；汽車，開塞汽車沒電都不能工作，因爲汽缸中的燃料要用電的火花點燃；各種車床，起重機及許多其他機器大都由電動機帶動；小型電動機可以推動家用小電扇及縫衣機；具有千匹馬力以上的巨能電動機則用來帶動軋鋼機等笨重機器；電車，電氣列車，電話，電報，無線電……也都是因電才發生作用的。

一切最新技術，最新車牀及機件——都和電能的應用有關，我們蘇聯（原著者自稱）出產有巨能的電廠和大小電站，例如得涅坡羅，司爲利等及其他許多大小生產電機等的工廠。

電能隨處可以碰到，無論在工業上，運輸上，農業上或其他任何生活上。

電能怎樣能得到如此廣大的應用？爲什麼？將來更有重大



的意義呢？

因為電能很易變為其他各式的能，例如變為光能——電燈；變為機械能——電動機；變為熱能——電爐；變為化學能——電解，電鍍……等。

電流的得到，須先消耗若干水，風或燃料所生的能，但由此所得的電能，很容易由兩根導線輸送到很遠的地方去。

小量的電能可以裝儲在蓄電池裏，以備不時之需。

電不僅能替我們發光，生熱及工作，並且可使兩人由導線的傳達或竟無需乎導線而談話，而將遠處的景象呈現在目前（電視），看穿不透明的物體（X射線），操縱遠地的機器，調整溫度，壓力，水之消費……等。

電機模型及各種器具的習作——這是學習現代電機，現代電學的主要基礎。

許多新設及建設中的電廠，正需要上千的新工程師，技師，技術員，及有經驗的工作者。

準備罷，電機少年們；這將要成為我們的工作！

譯 者 的 話

這本小冊子的內容，大半是取材於蘇聯布拉托夫和波士尼關夫所著的「電機少年」一書，一部份選譯自該國其他書報，所以內容似乎比原著更加豐富。

這本書的內容，我以為對於有志研究電機的少年同志們是多少有些益處的，因為由於簡易而有趣的模型製造和實驗，可以一方面養成工藝上必要的技能，另一方面，也可從此得到一些對電的概念。

大家都承認蘇聯最近工業的發達，這雖由於政府的倡導，但人民的工業水準提高，也是主要原因；而後者之所以能夠如此，便是因為他們每個國民從小（小學時候）就受到用製造模型的方法所灌輸入的知識，使他們從小對工業有深刻的認識。我們常常聽到某七歲兒童親自造了某種機件的模型，這並不是騙人，而是可能的事情。假如我們的少年同志們也有同樣環境，我相信他們也一定做得出的；我們是工業落後的國家，若想振興工業，一方面固要造就正式工程技術人員，但同時對於未來的棟梁們，更應起始設法提起他們的興趣，灌輸些實用的技能和知識給他們，只有這樣才能使我國工業早日振興；而這，最好的方法要算是由模型自造起始了！

這個工作固須由教育界名人發起，始收大效；但在未為人注意之前，少年先鋒們應該自動組織「電機模型製造小組」和蘇

聯的少年先鋒們一樣。蘇聯的各種「少年小組」是無限的多，他們時常有驚人的成績，我們同樣也是少年，甘心落在他們後面嗎？

這「電機模型製造小組」的組織很簡易，下面是蘇聯國內此種小組的組織大要，可以供給有志的少年同志們做參考：要組織這種小組，其最主要的原因是「以羣力克復困難」，因為一個人單獨工作不但不感到特別興趣，便是遇到困難（無論是製造上的或是經濟等上的）時，也不易像若干人在一起共同工作時易得解除。這種小組大概每組三五人便足；組中你有幾種某項工具，我有某種工具，大家放到一起，即使不夠用，合資購用也經濟得多。

這種小組可以在家裏，學校，俱樂部，少年技術站，少年先鋒隊……等公共場所組織起來；找一間光線充足的房間，依本書第二章裝置起來，便可以了。至於工具，固然不易全部立刻購置，但不妨先置備幾種必要的，其他可以繼續添置。

小組中的每人應於每個指定期間到場；大家討論本日所要做的工作，然後起始製作。在這小小電機工作室內，可以為學校中物理課作電學實驗時添製若干儀器，例如電阻器，驗電器等。

小組中需要指導員一位，這，若在學校，可請物理教師擔任；否則可請熟識的電機技師，工業學校畢業生，或對電有研究的家長等擔任；年齡較大的電機嗜好者，在小組中也可有很大助力。

每個小組，除掉習作電機模型，對電機的實際工作也要注意；應該設法到電廠參觀，並請自己的朋友加入小組：這可以利

用你們親手造成的各種電機模型去引誘他們來加入。

小組的組織大概如上，至於組中的工作，這本小冊子特地預備了許多簡易而有趣的工作給你們，可以依次做去；至於這本書的內容怎樣，蘇聯的定期刊物少年先鋒隊曾有批評和介紹，茲節譯其文如下：「布，波二氏的書，供給各少年電機模型習作小組以必須的材料和知識（實驗和製作方面的），所以每個電機少年都應人手一冊。」

最後，蘇聯的每個上述小組，都由「少年技術站」予以種種幫助，譯者希望國內教育家對於少年的模型製造工作也予以某種助力，來養成「工業救國」的中堅分子！

譯者 民國廿七年上海

目 錄

第一章 電的概念.....	1
電的表現 電流是什麼 什麼是「伏特」和「安培」 什麼是「基羅瓦特」 電能消費的計量 歐姆定律	
第二章 簡易的電機實驗室.....	18
工作室 工具 材料 電鍵板 電阻器 變流器 電流檢驗器	
第三章 電燈線路的修理.....	35
電燈線路的組成 假如電燈忽然熄掉 電線的連接 導線和燈頭或開關的連接 插座的修理 怎樣可以避免危險	
第四章 電池.....	47
一具簡單的電池 電池的效應 勒克蘭利電池 丹電池的製法 廢乾電池的利用 重力電池 電池的連接 利用鋅液來照像 炭棒上導線的銲接法	
第五章 電信號.....	61
電磁鐵 電磁起重機的模型 電鈴 電鈴不響的原因 自製的電鈴 電報 電報機的自製 電話原理 兩具受話器組成的電話	
第六章 電熱器.....	83
電熱的應用 「電能」怎樣變成「熱能」 煮滾水的代價 最簡單的煮水器鐵罐改成的電鍋 平電爐 電爐	
第七章 電的化學效應.....	93
電解 鐵鋼法 鐵鑄法	

第八章 電動機.....	99
電動機的應用 電動機的原理 實用電機的構造 直立式電動機 二 極電樞式電動機 三極電樞式電動機 一架較複雜的電動機	
第九章 電車模型.....	131
第十章 發電機.....	137
發電機的原理 發電機模型的製法	
第十一章 變壓器.....	147
第十二章 感應機.....	153

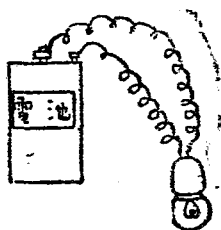
第一章 電的概念

一 電的表現

生活在二十世紀的人們，大概都知道使用電。他們知道怎樣去點亮電燈，怎樣開動電扇，怎樣燒熱電爐……；這燈的「發光」，風扇的「旋轉」，電爐的「生熱」……就是因電流通過而發生的現象，這種現象，我們叫它做「電的表現」，意思是說可由這些表現而確定某「線路」裏是否有電流通。

用條導線（俗稱電線）把乾電池的兩極連接起來，這電線中便有電流通過。不過有電流通過的和沒有電流通過的導線的外形都是一樣，並沒有若何改變，所以想武斷地說，「某電線中有（或沒有）電流通」，是不可能的；那末，怎樣才可知道電流的流通與否呢？這就要用下面各法來測驗了：

A. 電燈測驗法：用條電線把乾電池和一只手電筒用的小電燈泡連接（接的方法可參看圖 1）；如果燈泡發光，這就是有電流通過的表示，因為電流流過燈泡裏的細絲，燒熱了才會發光。



B. 發熱測驗法：假如使電流流過一條極細的銅絲，便可用手感到這銅絲漸漸生熱，如果讓這電流繼續流通相當時間後，這銅絲就會漸漸因熱而成紅色，甚至熔化；所以

圖 1

一條細導線如果接至電池後漸漸生熱，便可說這電線中有電流通過。

(C)電磁測驗法：在一鐵釘上繞以多圈「有包皮的導線」，然後把導線的兩端接到電池，如同2，這時如果這釘的兩端能夠吸起輕小的鐵釘，這便是電流通過的表示，因為電流通過

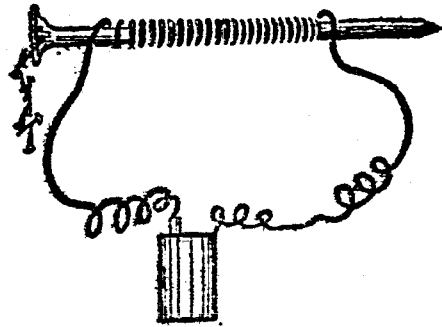


圖 2

繞在鐵釘上的線圈（即鐵釘上所繞的電線）便會發生磁性。如果在試驗時把導線切斷，則由電池流出的電流不能再流到線圈裏去，於是鐵釘的磁性便立即消失，所吸的各小鐵釘也立即落下；所以如果一個線圈接至電池後而不生磁性，就可以說是「電路」中有切斷的地方。

D)感應測驗法：想用這方法測知電流的通過與否，可在欲測的導線旁放一具「指南針」，但須使導線的方向和磁針的南

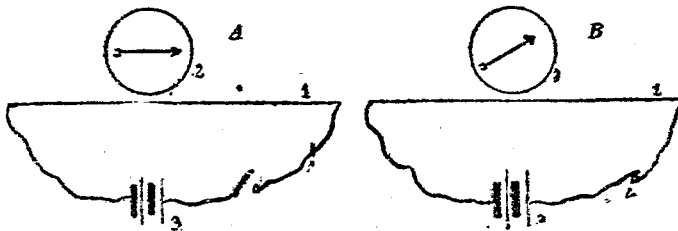


圖 3

3

北向相合；導線中如有電流通過，則磁針必和原有的方向作一傾斜，如圖 3 之 B，圖中 1 為欲測的導線，2 為指南針，3 為電池，4 為開關；A 圖開關 4 開，電池 3 的電流不能流通，磁針靜止（注意導線與南北向同）；B 圖開關 4 已閉，電流通，於是磁針即和導線傾斜成一角度。

這個測驗電流是否流通的方法很簡單，而且很靈敏，所以可利用這原理做成後面第二章第七節所說的「電流檢驗器」。

五、電解法測驗：玻璃杯內滿盛清水，水內溶解一塊「硫酸銅」（可向西藥店買到），並放入兩片金屬片（炭精片也可）用電線把這兩片各接到電池的一極，便可看到下面的現象：由硫酸銅所析出的銅將漸漸聚集在兩片中的一片表面上（這便是所謂「電解現象」）；由於銅的析出與否，也可測知電流是否通過。

電流通與否的測知方法已知道了，但是「電流」究竟是什麼呢？

二 電 流 是 什 麼

導線內流動的「電流」大致和自來水管中流動的「水流」相仿：當電流在銅線中流通時推動着許多最小的粒子——電子；水在水管中流動時，因為管是空心的，所以進行甚易，但銅線則完全是實心的，那末，電流想在其中流動不是很困難了嗎？不是的，原來銅線並不完全由銅的分子「緊密」組成，這些分子間有許多用我們肉眼所看不到的空隙，同時「電子」比這些分子間的小空隙又要小上數萬倍，所以電子也能在這些空隙間穿

來穿去，和水在水管裏流動一樣容易。

銅線或其他金屬線內有着大量的電子在分子間行動，電池或發電機用來催動這些電子，使他們依導線方向流動；電池或發電機好像流水管的抽水機。抽水機催動一股水使依管的方向流動，電池或發電機也同樣：催動一股「電子流」，依導線的方向流去；抽水機工作停止時水流也立即停止，同樣，發電機停止，則電流也就不再流動。

電池的電流是由鋅和氯化銨溶液的化學效應發生的，發電機的電流則是由轉動這發動機的另一機械的「能」轉變而來，所以電能可以說是由化學或機械「能」所轉化來的一種新「能」。

當電流流通時，我們所用到的能便是因電子行動而生的；這與「流動着的電子」——電流——可以使電燈發光，電機轉動，溶液分解……等等。

三 什麼是「伏特」和「安培」

推動電子，使它們能夠流動於電線內的力量，叫做「電壓」，「伏特」便是電壓的單位。

每單位時間（例如每秒）流過一單位面積電線（例如 1cm^2 ）電子數量，叫做「電流」；牠的單位叫做「安培」。

再用水來解釋：電壓相當於水得到流動的壓力，而電流則相當於 位時間內流出的升數；如果水管內每秒鐘流過許多升 便可以說這水的「流力」是大的；同樣，如果電線中流過大量的電子，大家也說電的流力——電流——是大的。

家裏的自來水，一旋開「龍頭」，水便衝出，這是因為「貯水池」的位置較「龍頭」高，有了所謂的「壓力」的原故；如果把這壓力取消，那末龍頭處便不再有水流出；所以「水壓」是流水的必要條件；同樣，電的流動也要有「壓力」（即電壓）才成。

普通每一個電池約能生出 1 至 1.5 伏特的電壓；手電筒用的乾電池約為 4 伏特；城市電燈線路約 120-200 伏特，電車線路約 500-600 伏特；另外，電壓太高的叫做「高壓」，壓力有至 115,000-220,000 伏特之高，這種高壓，大概用來做長距離的電能輸送。

電壓的高低程度可由兩線（各接電池的一極）相碰所生的火花看出，如果你歡喜，可以取一只乾電池來試一下，但千萬不要用城市電燈線路的電，因為牠的電壓較高，會燒燬你的保險裝置的原故。電壓如果過高，可以使兩不相接的「電極」中間發生火花，例如高至 100,000 伏，以上壓力的電流，可使兩極在一米突距離間發生火花，所以通高壓的電線，千萬不要無故靠近它！

至於兩極間發生火花的試驗，每人都可以做出，只須依本書第十二章製成一架「感應機」；便可以做這試驗給你的友人看了！

四 什麼是「基羅瓦特」？

大概你聽見：「……某某電台，若干『基羅瓦特』」已不止一次了。這「基羅瓦特」是個什麼玩意兒呢？

這是一個電功率的單位，與「安培」是電流的單位；「伏特」是電壓的單位……一樣，它等於一千瓦特（「基羅」是「千」的意思，所以基羅瓦特應譯為「仟瓦特」），能夠在一秒鐘內做 102 仟克米的功，換句話說，便是能在一秒鐘內舉一 102 仟克的重物升高至一米突的高度。

取水做比較：假定有一股能夠推動一「水力臥輪」的水流，爲了計算這水流的功率，須知道水落下時的高度；換句話說，就是要知道水面的高低差。水自愈高處落下，則它的壓力愈大，同時它所做的功也愈大。

計算水流的「功率」還要知道每單位時間（例如每秒）內流過的水的數量。每秒鐘內流過的水愈多，則這水流每秒鐘所做的功也愈大。

這樣，爲了計算水流的功率，我們要知道水落下的高度和每秒鐘內所流的水量，把這高度（以米突爲單位）乘以每秒鐘內水落下的重量（以仟克爲單位）便可得到這水流的功率，它的單位是每秒若干仟克米，若把得數除以 102，便能把這功率用「仟瓦特」的單位表示出來。

電功率的計算和上述的水的功率計算完全相仿，方法是把「電壓」乘「電流」，用式表示，可寫做：

$$W = I \times E$$

式裏的 W 代表電功率，以「瓦特」爲單位； I 代表電流，以「安培」爲單位， E 代表電壓，以「伏特」爲單位。

〔例題一〕 一盞 120V 電壓的燈泡通過 $\frac{1}{3}A$ 的電流，問這

燈泡須功率若干「瓦特」？（ V 及 A 各代表「伏特」及「安培」；「瓦特」以 W 代，以後皆同）。

〔解〕把這電壓和電流的數值代入前式即得：

$$W = \frac{1}{3} \times 120 = 40 \quad \text{答：需 } 40 W$$

〔例題二〕燈泡的銅螺旋上註有 $120 V, 40 W$ 字樣，問所流入的電流是若干安培？

〔解〕由公式 $W = I \times E$ 可求出

$$I = W \div E$$

再把各數值代入便得：

$$I = 40 \div 120 = \frac{1}{3} A \quad \text{答：} \frac{1}{3} A$$

〔例題三〕有電能 $1000 W$ ，問可燃幾盞上述燈泡？

〔解〕上述燈泡每盞需能 $40 W$ ， $1000 W$ 可燃

$$1000 \div 40 = 25 \quad \text{答：可燃 } 25 \text{ 盞。}$$

每仟瓦特相當於 1.36 匹馬力的機械能，反轉來說，每匹馬力相當於 0.736 仟瓦特或 736 瓦特；這樣，一個須供給一仟瓦特電能的電動機，其所得的機械能大約為一匹馬力，這是因為電能除一大部份變為機械能外，另外一小部份電能消失在各種電阻中的緣故。

五 電 能 消 費 的 計 量

電能——這是電在每單位時間內所作的功，例如一盞四十瓦特燈泡燃點一小時，則它所消耗的電能為四十瓦時。

一瓦時——這是一瓦特電能在一小時內所作的功，比「瓦時」

大一千倍的單位叫做「仟瓦時」，普通計算電燈和電機的用電消耗便是用它做單位。

差不多每份人家都有一隻電表，它能告訴我們所消費電能的數量（以仟瓦時為單位）；當你點亮電燈（或其他用電器具）時，由街上電線進來的電流先走過這電表裏的線圈，然後才經過電燈；電流流過電表的線圈後，表中的一塊圓盤便起始旋轉，它旋轉的速度和所使用的電能的大小成正比例，這便是說，所用電能愈多，它轉得便愈快，愈少則愈慢。電表上有一具特殊裝置，能把這圓盤的轉數折合為仟瓦時的數目（俗稱度數），而用數字表出來，使我們可一望而知所耗的電量。

例如，電表先指着 0740.3 ，若干時間後改為 0945.5 那末這期間內共用去 $945.5 - 740.3 = 205.2$ 仟瓦時的電能，小數點後的數目普通都不計算，所以可說是 205 仟瓦時了。

假定每仟瓦時值洋二角，則上面的數目共須銀數可以很簡單乘出：

$$205 \times 20 = 4100 = 41 \text{元}$$

用同樣的方法可以很容易地計出電燈、電扇、電爐……等電器於某時間內的用電代價，因為每種電器的外皮上都註有消耗電能的數目，把這數目乘以通過電流的時間，再乘以每仟瓦時的價值，便知道需錢若干了。

〔例題〕 燈泡上註明 120 V , 75 W ，以之燃點一小時，若每仟瓦時值洋二角，問需銀若干？

〔解〕 $75 \text{ 瓦特} = 0.075 \text{ 仟瓦特}$

$$0.075 \times 1 (\text{時}) = 0.075 \text{ 仟瓦時}$$

$$0.075 (\text{仟瓦時}) \times 20 (\text{分}) = 1.5 \quad \text{答須洋一分五厘。}$$

六 歐姆定律

我們已知道用導線把乾電池和小電燈泡連接後，燈泡便會發光；但如把銅質導線改為棉線或絲線，則小燈泡一定不會發光，不發光的緣故是因為棉絲線不能傳導電流。

這樣看來，有些物質固可傳導電流，如各種金屬等，但另外有些物質卻阻止它的流通，例如棉，絲，木，玻璃……等；前者叫做「導體」，後者叫做「非導體」，或「絕緣體」。

導體中因為材料的不同，對於電流通過的難易也異；例如銀、銅導電較易，因為它們對電流通時「阻力」有限（電線之多用銅做，也只因這原故）；鐵的導電効力便較弱，因為它具有較大的阻力；至於絕緣體，則因為它的阻力過大，致使電流不能流通。

電流和電壓各有安培和伏特做單位，電阻也有「歐姆」做單位。「一歐姆的電阻等於在一伏特電壓下能通過一安培電流的導線的阻力」。

電流，電壓和電阻三者間有一定的關係。為要明白這關係起見，我們先來做個小小的試驗：用導線把小燈泡（手電筒用的） L ，電池 B 和一個量電流用的儀器 A （電流表）依圖4a連接；電流自電池 B 流出，順導線至燈泡 L ，經電流表 A 而回電池 B ；電池既通，則燈發光，同時電流表的指針也指在某刻度上，表示

小燈泡中所流過的「安培」數量，假定牠所指是一安培；現在在圖 4b 加入一與 B 相同的電池 B_1 ，於是燈光便變得更亮，同時電流表也指在 2 安培的地方；這試驗告訴我們：如果電壓增加一倍（因為加了一只同樣

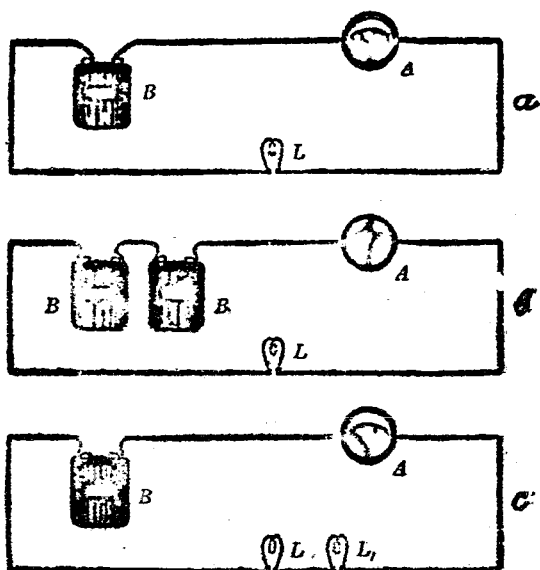


圖 4

電池)，則電流也增加了一倍（由電流表前後所示的兩數目看出）；現在，把電池 B_1 去掉，只剩一電池 B，而在燈泡 L 旁加入另一相同的燈泡 L_1 ，這便是說把電路裏的電阻增加一倍，便可看到這兩燈泡盞生出很微弱的光，同時電流表也告訴我們說線路中電流較前一試驗時小了一倍——牠的指針停在一與 0 的刻度間——，由第三試驗可以知道電流和電阻在相同的電壓下適成反比例，因為電阻增高一倍，則電流降低一倍的原故。

上面小小試驗告訴了我們一個電學上很重要的公式，就是：

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{電阻}}$$

或者，如用 I 代表電流（單位為安培）， E 代電壓（單位為伏特）及 R 代表電阻（單位為歐姆），則上式可寫為：

$$I = \frac{E}{R}$$

這公式很重要而且很簡單，所以應該記牢它；這式可以讀做：「電流與電壓成正比例，而與電阻成反比例」。這電流，電壓，電阻三者間相互的關係是由一位大物理學家歐姆所發現的，所以叫他做「歐姆定律」。

〔例題一〕 某接於 120 V 線路上的燈泡需電 $\frac{1}{4}$ A，問其電阻若干？

〔解〕 由歐姆定律 $I = \frac{E}{R}$ 可解出 R ：

$$R = \frac{E}{I} = \frac{120}{\frac{1}{4}} = 480 \Omega \quad (\Omega \text{ 爲「歐姆」之簡寫})$$

〔例題二〕 某燈泡上註明 120 V, 60 W 字樣，問這燈泡具有電阻若干？

〔解〕 $R = \frac{E}{I}$ 但 I 未知，可先由 $W = I \times E$ 式求 I ：

$$W = I \times E, \quad 60 = I \times 120, \quad I = \frac{1}{2} A$$

將各值代入 $R = \frac{E}{I}$ 式：

$$R = \frac{E}{I} = \frac{120}{\frac{1}{2}} = 240 \Omega$$

每種電器大概都註有適用電壓及消耗電能的數值，這些應該注意，因為電壓過大或過小對於電器都不適宜；太大則會燒燬，太小則不能得到完美的結果；例如電鈴只用 4—5 伏特已足，如把它直接接到 120 V 的普通線路上，那末這鈴的線圈立被燒

燈，因為依照歐姆定律，知道它的線圈中會流過大量的電流，這電流發出大量的熱，於是燒燬了線圈；所以每種電器只應接到適當壓力的線路上，否則電器只有受損，這一點應該特別注意！

第二章 簡易的電機實驗室

一 工作室

「工欲善其事，必先利其器」，這句話大概各位少年同志們都能承認的。我們電機少年日後的工作很多，假如在事先對於工具，材料等沒有充分的準備，那末一定不會有什麼好的效果，所以事先應該準備一下。設備方面至少要備有各種必需的器具，普通常用的材料也要事先收集一些。另外要闢一小塊地方來專供工作。下面是一間小工作室的設備概要，不妨依據自備

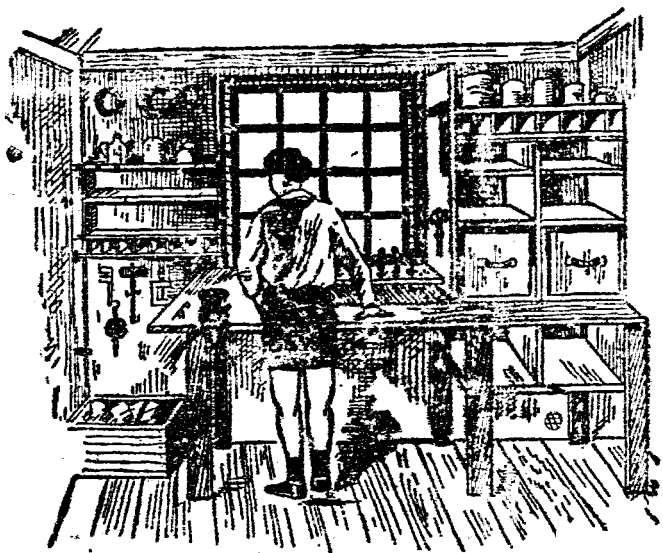


圖 5

一間。

在家裏或學校找一間小屋，以光線充足，而且工作的響聲不致妨害他人為原則。裏面可視室的大小安放一二張木桌，桌的一端上面可放一只小木櫃，用來裝盛工具和零星的材料。桌子應相當堅固，因為一切鐵木工作都要在那上面施行（圖5）。

如果地方太小，為了地位經濟起見，可以把工作桌案改成活動式，這活動式桌案可以自製，見圖6及圖7。製法很簡單，兩

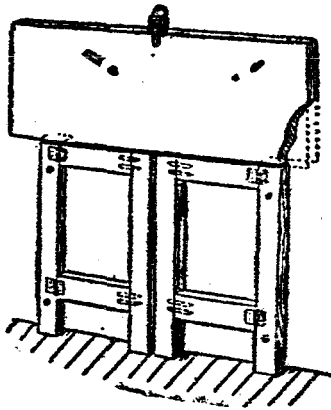


圖 6

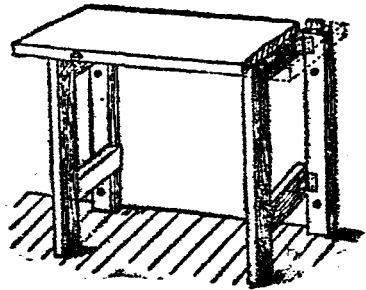


圖 7

圖中已詳示明白。至於大小，可以室的大小自己酌量選定之。

桌子上的架子，小木櫃等都可利用舊木匣或碎木片做成（參閱圖5）。工作室內的一件最必要的工具是「壓鉗」（見圖8），但這東西本是生鐵鑄成，笨重得很，而且相當的貴，所以在可能範圍內，我們都設法一樣樣自己做來用。這「壓鉗」的做法很簡單：取兩片與桌同高的木板，在每板的上端用螺旋釘釘緊一枚

鐵角片 A] (見圖 9), 以後我們的一切工作便都在這兩鐵角片上進行。這「座鉗」的 B 片用大螺釘釘牢在桌上, 另一片 C 的下端用一長螺釘接到 B 片的下端, 使這 C 片能繞 D 軸稍微前後移動。再取一更長螺旋, 一端釘緊在 B 片的中上部, 另一端使很便當地穿過 C 片的 E 孔; 外面露出的螺旋上套

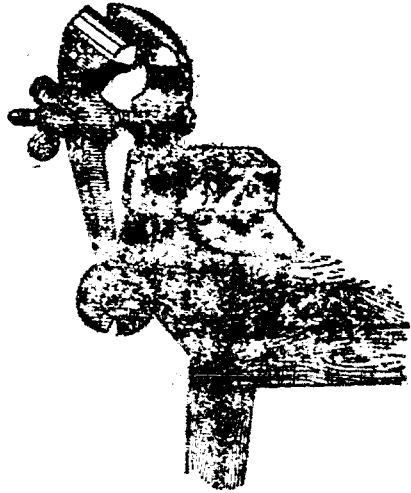


圖 8

以內螺旋 E 及一旋柄 G; 在 BC 兩板間的螺旋 F 上套以一鋼絲彈簧, 使當旋開旋柄 G 後, C 片可自動張開, 於是「座鉗」乃很簡單地告成。

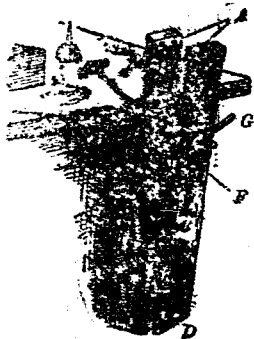


圖 9

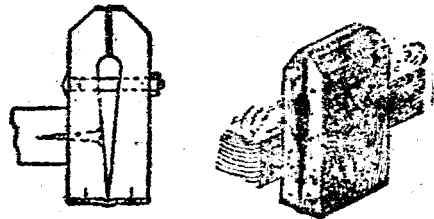


圖 10

另外還有一個製座鉗法，不過這座鉗只能適用於輕小的工作。取兩片木板，不必太長（見圖 10），把各片的內面依圖作成圓形，然後把一片釘牢在桌上，另一片的底端用革片和前片的底端互相釘聯，使能開動便得。其他部份一如前式。不過有一點要注意到，就是無論你做那一種，鉗上端的兩片鐵角或銅角，要設法弄得完全貼靠，沒有裂縫才可，否則工作時將有夾不牢的麻煩。

工作室內最重要的除上述的「座鉗」外，最好能有一小段鐵軌或一小塊平的鐵塊，以備錘擊東西時不致損壞桌面或地板之用。

二 工 具

工作時我們至少須有木工和鐵工的工具，但因為這些東西，並不是可以用小的代價得來，所以我們不妨先把必要的備齊，其他以後再繼續添置。這裏所說的必需工具大概如下：錘，銼，刀，錐，尺（米突制），圓規，鑽，鋸，鉋，剪鐵瓦剪刀，平口鉗，圓口鉗，旋鑿……等。

工具應留心保存，在不用時要有規則的收好，否則在工作時你將找不到你所需要的工具，而這對於工作的進行是有很大妨礙的。但同時又應記好，不要以為把所有工具都放在一起，堆成一堆便算了，因為這樣很容易損壞你的工具，所以應該把它們各放在一定的地方，例如放在小閣內或掛在箱子壁上等（參看圖 5）。最好，為了保存自己的工具，再做一隻裝工具用的小木

箱，這可以利用現成的木匣來做。匣內用板分為兩或三層，把輕巧的東西放在上層，因為它們不致由於過重而壓壞匣底。匣門上可以作一條掛工具用的木條（見圖11），這樣，許多的長形的工具便都可以掛在那兒

了。木條上的每一凹入部應和某一工具的粗細相當（不可過大），使得每一工具有它固定的位置，旁邊再用筆註明「主人翁」的大名（例如銼，旋槓……等）。有了這種設備，就

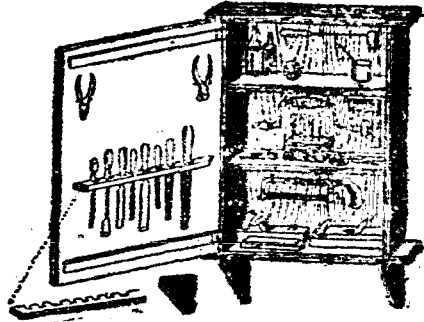


圖 11

不愁各「主人翁」走錯了路；而當某「主人翁」失蹤時，我們也可以隨時查出。

箱子裏面放着其他工具，如鉋，銼……等：為了保護「鑽頭」的鋒，可在一塊厚木塊上鑽些不同大小的不透底的孔，把各鑽頭依大小插入，便可不致傷損它的鋒。

這樣，我們的「工具箱」也有了，他的大概形狀如圖 11，這箱內除了各種工具外，還可放些裝在小紙盒內的零星材料（如螺釘，鐵釘……等），又可以裝銲接用的器具，火酒燈……等；你看，這是一個多末妙的小工具箱！真可以叫做「百寶箱」了！

三 材 料

材料是在工作時不可缺少的，不過我們可以儘量的利用廢

物，雖然有些材料是非買不可的。

這裏所用的材料大略分爲下列幾種：

- 一. 馬口鐵，銅，黃銅，鋅，銅管。
- 二. 電鈴用導線，線圈用導線，電燈線，電阻線。
- 三. 廢乾電池內的炭極或弧光燈用的炭極。
- 四. 木片，馬糞紙，留聲機的廢片。
- 五. 石棉，黑膠板，黃蠟。
- 六. 大小鐵釘，各種螺旋釘。
- 七. 硫酸銅，礮砂（氯化銨），蘇打。
- 八. 膠，漆，紙，油。

一切細小的物件如小螺釘……等，都應放在小紙盒內以免混雜，各小紙盒可藏在上述的工具箱內，以免遺失。

四 電 鍵 板

既稱「電機實驗室」，那末至少內部應有些許適當設備才成，本節以下所述各儀器，便都是「簡易電機實驗室」裏所必需備的東西，現在，請先述「電鍵板」。

做試驗時我們需要的電流壓力常不如我們家用電燈所用的那末高(120V)。我們要把牠減低到只有少數幾伏特，就要用一個奇異的東西——變壓器——來把它變低。這裏我們可用電鈴用的變壓器，牠能於一面接入120V的電流，而在另一面供給我們以3—5—8伏特的三種不同壓力的電流。這種變壓器也可以自造，見第十一章。我們家中電燈用的電流大都是交流

電，它的流動方向在每半秒內要變換 50 至 60 次；但作電化學試驗的時候，我們要用流動方向不變的直流電才成。這種電流本可以由電瓶或乾電池取得，但如想取用於家中的交流電燈線路，那末要在線路內加進一具「整流器」才成；各器的製法後面都有說明，請不要着急。

先由「電鍵板」起始，這是電廠所不能缺的一種設備，電流由電機發出後要經過這「電鍵板」，調節合度後方才輸送到外路去。所以「電鍵板」可以說是一個調節由電機生出的電流的設備，普通每電鍵板上排列着許多不同的儀器，最平常的例如「安培表」，「伏特表」，「瓦特表」，「自動開關」，「電阻器」，「電機開動器」，「週率計」，「相位計」……等，各儀器間都由導線在板的背面複雜的連接着。這種電鍵板做起來很是繁雜，而且要很高的代價，我們暫時可以不需要它，不過爲了

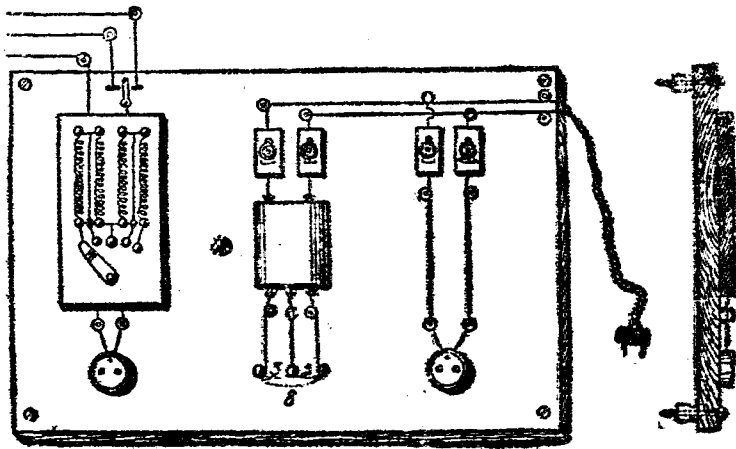


圖 12

我們將來的工作便利起見，可以依圖 12 自製一具最簡單的來使用。

取一塊闊四十厘米，長七十厘米的十分乾燥的堅固木板（實用的電鍵板是用雲母石等材料做）。這板上預備裝下列各儀器：城市電流合用的「保險裝置」及「插座」，「電鈴用變壓器」，「電阻器」，自電池或整流器發出的電流所合用的「插座」，開關及接線柱等。

把變壓器（電料行出賣的電鈴變壓器，原線圈流入 120 V，副線圈可生 3, 5, 8 伏特者可用，如欲自製，可參閱本書第十一章「變壓器」，但它的體積卻較出售的大得多了）、電阻器（製法詳下節）、插座……等各依圖 12 裝釘於板上。各器的引出線由小孔穿到板的背面，互相依圖接好。變壓器副線圈的三條引出線各接到一枚「接線柱」，以使用時接線；各 120 V 線路應加裝保險盒，可向電料行買到，各保險熔絲以能通 6A 者為合用。120 V 電流可取自家中電燈插座，因此，變壓器之原線圈及 120 V 之插頭應互相並聯後，接一「插頭」，以便自「插座」取得電流。

自電池或整流器而來之電流，可經過電阻器以便調節。電阻器上端裝一「開關」，可使電池或整流器之電流分別流至電阻器。這開關可以自製，用厚銅片或鐵片依圖 13 屈製成；電池、整流器、電阻器與開關的連接詳第 14 圖。

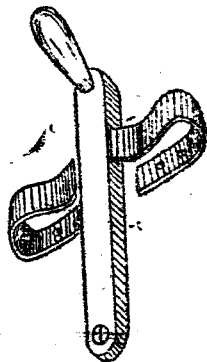


圖 13

然後在電鍵板的四角各用長螺旋釘把板釘牢在牆壁上，板和壁的中間可在每螺旋釘上套以一小段瓷管，使板和壁間留有少許間隙，這樣，牆壁即使潮濕，也不至傷及板的絕緣了。

這電鍵板至此已可告完工，如果你喜歡，可以在板上裝一盞小燈和一個開關，直接接到變壓器的 3V 或電池，這似乎又增加了一點趣味；總之，這種東西除了照書本做外，最好能夠自己用腦子想出些東西來，那末，做出來後自己該是怎樣的高興！同時這也是一個使你高興研究的機會，說不定因此你或能發明些東西出來呢！

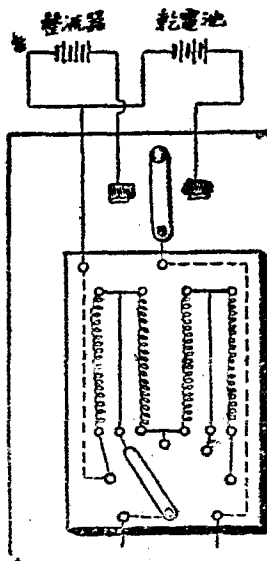


圖 14

發電廠內電鍵板的功用大概是把發電機所生的「能」經過它的檢查和調整之後，分送到外路去供全城市使用；我們的電鍵板雖小，但這些工作居然也應付得來；發電廠的發電機我們固然買不起，但要它來也沒有大用，因為我們可以應用家中電燈用的電流及電池等，所以電能的供給已不成問題。發電廠的電鍵板可以調整電流，我們這裏也可以用電阻器來調整我們的小電路的電流，所以和電廠比較起來，我們的電鍵板也不見得十分落後；同時，如果能找到一個安培表和一個伏特表，便可以量知電流的大小是否適當，而加以調整，使由電鍵板流出的電流壓力永

遠相同，免得有損及各種電器。綜括以上種種，如果我們有了這具電鍵板，就彷彿工作在一間大電廠裏一樣哩！

如果你耐着心把本書讀完，並依樣製成各種電器，那你將不只是一所電廠，而且將有一個自己手造的「電的世界」了，這是一件多未令人快意的事！

五 電 阻 器

想當作電學試驗，電阻器是一種不可少的儀器，因為我們可以利用它得到合適電壓的電流。

電阻器，從這名字，我們已知道它是一個具有電阻的什麼玩意兒了，這是一個具有極大，但可隨意改變它的電阻數量的儀器，把它接到線路裏，便可以隨意減變線路中的電流。

電阻器大致分為三種：「阻絲電阻器」、「液體電阻器」及「燈泡電阻器」，下面是各式電阻器的製法說明。

一、阻絲電阻器——這種電阻器是用具有大量電阻的金屬絲來做成的，我們以後就簡稱這種絲做「阻絲」，例如「尼克林 (nickelin) 線」，「尼克羅米 (nichrome) 線」等；做電阻器時應注意阻絲的粗細和材料，如果你想它能通過大量電流，那末阻絲就要用較粗的，否則可細些不妨，因線愈細，則價錢也愈低；另外，線的材料也要注意，因為由不同材料製成的線，同一長度的電阻並不相同；例如銅線，截面積為一平方毫米及長一米只有電阻 0.0175 歐姆，但是電阻器所用的「尼克林」線則於同樣情形下有電阻 0.4 歐姆之多，所以材料方面也應注意到。

現在，假定我們的電阻器用「尼克林」線來做，這線的粗細和電阻，及可通過電流三者間的關係列如下表：

導線直徑 (毫米)	每米電阻 (歐姆)	最大通過電流 (安培)
0.1	51.0	0.8
0.3	5.7	2.3
0.5	2.0	5.5

每一金屬線於長一米其截面積為一平方毫米時所具有的電阻數量叫做該線的「電阻係數」；例如銅的電阻係數為 0.0175，這就是說截面積為一平方毫米，長一米的銅線具有 0.0175 歐姆的電阻；鐵的電阻係數是 0.11，「尼克林」線為 0.4，「尼克羅米」線為 1.1；後二者因具有較大的電阻，所以用來做電阻器，很是合宜。「尼克林」是鎳，銅及鋅的混合物；尼克羅米是鎳，鉻，鐵及錳四元素的混合物。

知道了某線的電阻係數，便可算出已知長短及粗細的線的電阻，這只須把電阻係數乘以長度，然後除以截面積即得，這方程式可寫作下式：

$$R = \frac{l\rho}{S}$$

其中 R 為電阻，單位為歐姆 (Ω)； l 為線的長度，單位為毫米， ρ 為該線的電阻係數， S 為線的截面積，單位為平方毫米。

〔例〕 某「尼克林」線長 10 米，直徑 0.3 毫米，求電阻。

〔解〕 先求出線的截面積，然後便可依式算出該線所具之歐姆數。因圓面積 S 等於圓周率 π 乘半徑之平方，故該線之截

面積為

$$\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \frac{22}{7} \times \left(\frac{0.3}{2} \right)^2 \cong 0.07 \text{ mm}^2$$

以之代入上列公式，得

$$R = \frac{10 \times 0.4}{0.07} \cong 57 \Omega \quad \text{答：57 歐姆}$$

電阻器所用的阻絲有時會達到相當長度，所以普通都是把來繞裝在底板上。繞線，可取一段較鉛筆稍粗的圓棒，把線一圈一圈順序繞上去。全線繞完後，把它從圓棒上退下，便成一個美觀的螺旋狀線筒。於是把它裝釘到底板上的絕緣接線柱上（例如磁軸等）；這些絕緣接線柱在裝釘前務須計及，當把各「線筒」接好後，各線筒中間不應互靠，並至少應有些小的空隙才成。

前面說過，改變電阻可以加減線路中的電流；巨大的電阻已經有了，現在只要加入一個可以調節線路內電阻的裝置，阻絲電阻器便告成了。這裝置很簡單，可以做幾個可由一旋柄觸及的

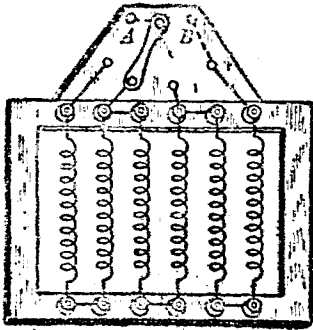


圖 15

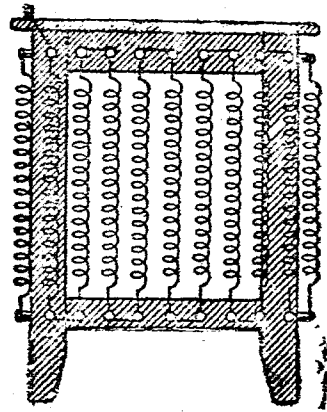


圖 16

接線柱，每柱各用銅線接到一個某數值的電阻，旋柄和電阻絲的尾端各接至一外路接線柱 A 及 B （見圖 15），這樣，我們便可以由轉動旋柄而得到不同量的電阻了。

下面是一個最簡單，並且最經濟的電阻器的製法。把鐵線繞成線筒，然後釘到洗衣板上的瓷柱上便得。這裏的鐵線要用直徑一毫米，共重約需 400 克（約等於 110 米突），另外，要預備幾個接線柱和一些瓷柱。

在洗衣板的木框上每面上下各釘九個互相隔有相同距離的瓷柱（如圖 16），板的兩側也上下各釘一枚瓷柱。把鐵線依一直徑約 10 毫米的圓木或金屬棒繞成線筒。捲好的線筒的一端繫牢在上面一行最外的一個瓷柱上，然後，把線筒拉到下面一行的相對的瓷柱上。這時的線筒應稍使延長，以免各圈阻絲互碰。在下面的瓷柱上迴繞一圈以後，再把它引到旁邊的另一瓷柱上，在那裏也迴繞一次然後引向上面。這樣一直下去，直到所有各瓷柱都已被鐵線所繞為止。

電流由一端流入，至於流出的地方則要看你所需的電阻大小而定。距流入點近的電阻較小，反之，距流入點較遠的便較大，最大的電阻是當你將電線接到電阻絲的兩端的時候。

製「鐵線電阻器」時，如須結連兩不相干的鐵線，其連接必須十分可靠，若接連不佳，相接的地方會生高熱，甚至妨礙全部的工作（因為高熱可以把鐵線熔斷）。

電阻器的用法如下：譬如你的電源（假定它是變壓器）最低只能供給 8V 的電流，如想用來燃一 4V 之小燈泡，那自不

可能，因為燈絲將因電壓過強而鎔斷。這時就可把電阻器串聯在電源和電燈中間（見圖 17），把旋柄轉到最高阻力的一端，即見燈泡只能有很微弱的光（假如電阻過大，並將完全不發光），若漸漸把旋柄移動，減少電阻，於是燈泡便漸漸光亮，直到光度等於平常為止。但此後即不可再減電阻，否則燈泡將被燒燬。

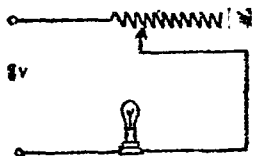


圖 17

二、溶液電阻器——假如你想在 120V 電壓下開動一部你自製的小電機，或是想做些電學實驗，你可利用這「溶液電阻器」使電壓減低，這樣的電阻器，假如你喜歡，可在數分鐘內做成。

找一個普通喝水用的玻璃杯，注入約全杯容量四分之三的水，水內溶解一些食鹽或蘇打，（只須茶匙尖端所能容的一點點便足），另外剪兩條闊 15 毫米的鐵片，兩片的長應較杯的高度長出 5 厘米，這長出的部份屈成鉤形，用來掛在杯的邊緣上；電流將由插座（這插座內必須附有保險絲見第三章）流過杯內的溶液，而至用電的地方。

杯內的溶液如果濃些，那末牠的阻力便小些，同時電路中流過的電流亦大些，如果兩片的面積大，中間的距離小，也足以減少電阻器的阻力；所以如果想用來調節線路中的電



圖 18

流，可以只把兩片中的一片提起或放下些便成了（圖 18）。

這種電阻器有一缺點，就是杯內的溶液時常會因電流通過的時間過長而生熱。遇到這種情形，便應該停止它的工作，使能得到冷卻的機會。[※]另外還要注意，勿使這兩片在杯內緊貼，因為假如這樣的話，我們的電阻便全部被消滅（因為電流便可直接由兩片通過而不經溶液的原故），於是 120V 電壓的電流將直接流入你的電具而將它燒燬，同時並熔斷了你的保險絲。所以為了避免這種不幸事件的發生，可用三合板製一小匣，阻止兩片的相觸。

三、電燈電阻器——如果在電燈線路用的電流（電壓 120V 的）內通過一盞 120V 的燈泡，那末這線路內可毫無危險地加入一具小電鈴或其他僅能用 3—4V 電壓的電器（注意！一定要串聯），如圖 19，於是這燈便成了一具電阻器了。但為了要調節電流起見，至少須用二三盞以上電功率不同的電燈。

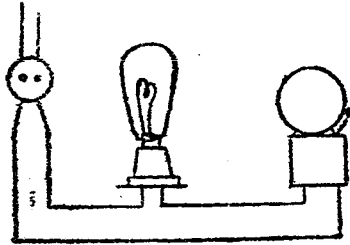


圖 19

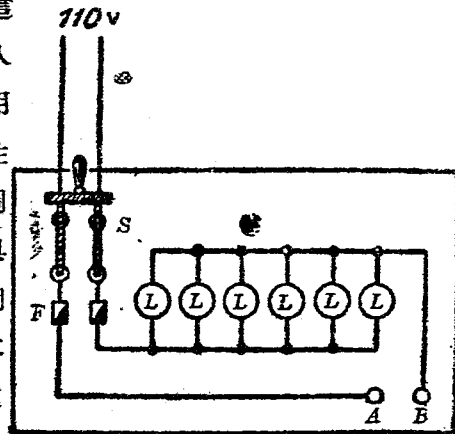


圖 20

現在，如果你想做一具電燈電阻器，那末可在一塊木板上釘裝幾個「燈座」，各燈座的兩線，由板上的洞引到板的背面，互相並聯，然後把各種電功率的燈泡旋入即成（圖20）。現在，假定我們需要一個40 W燈泡所具有的電阻（註），那末只須把各燈泡熄掉，只剩一40 W燈泡即可。這電阻器可由插頭直接自插座處取用電流。

如果須調節各電阻，可加入或減少各不同電功率的燈泡：燈泡所消耗的能愈大，及接入的燈泡愈多，則電阻便也愈小。

最後，為便利起見，電阻器的座板上可加裝一具開關和熔絲保險盒，線路的接法如圖，圖中 S 為雙刀開關， F 為熔絲保險盒， L 為燈泡， AB 為二接柱，用來接向電器。

六 整 流 器

街上跑着的電車所用的電流和普通點燃電燈所用的電流不同。它們用的是「直流電流」，因為拖動車身的電動機，只有用直流機才可以隨意調節它的速度，而交流機則缺少這種優點。

註 它的電阻可參考第一章各節的公式算出，即：

題意： $W=40$ ， $E=120$ ， $R=?$

計算：依歐姆定律， $I = \frac{E}{R}$ ，但 I 未知。

∵ $W = I \times E$ （見第一章第四節）。

$$\therefore I = \frac{W}{E} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} \text{ A.}$$

由此得 $R = \frac{E}{I} = \frac{120}{\frac{1}{3}} = 360 \Omega$ 。

答：40 W之燈泡具有360歐姆之電阻。

在我們的各種實驗中，也有幾種必須直流電才能勝任，例如電燈（見第七章）便是其中之一。

我相信許多聰明的讀者所用的電源大概都是取自城市中的電燈線路，只用一具「低級變壓器」（見第十一章）把120V的高壓降低而已。因為用這方法較購用乾電池來得經濟、便利得多。但是難題來了：因為城市電流大多是交流，當你想做直流電的實驗（例如電解）時，你便怎樣？去買一具乾電池嗎？太不經濟了。本節所說的「整流器」，就可以幫助你把交流變成直流。下面便是一具最簡單，最經濟的整流器製法。

取四個容量各約一升的闊口瓶，瓶口蓋以三合板製的木蓋；把一片鋅片或純鐵片屈成圖 21 的形狀穿過木蓋，放到各個瓶內。每片的頂端各銲一銅質導線，用來接線。再取一條鋁條

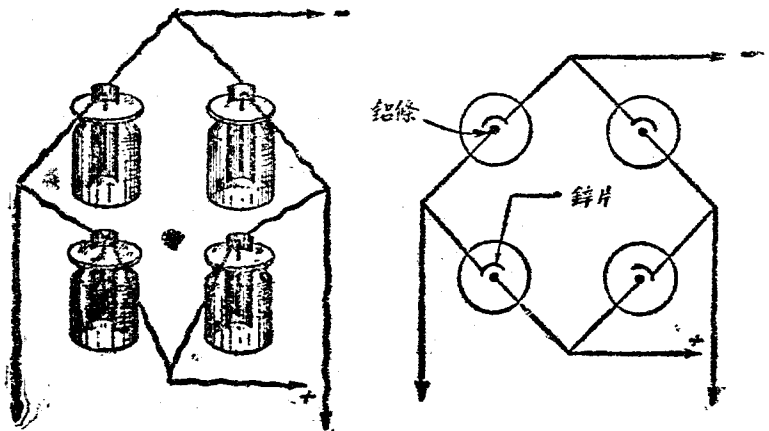


圖 21

穿過蓋子的中心，放到瓶內。這鋁條在穿過木蓋的地方，要先套以一小段橡皮管使鋁條和木蓋完全絕緣；鋁條如不易找到，可用鋁質用具，例如鋁匙代替，同時鐵片也可代之以炭精棒。

一切做妥後，每瓶內注入約全容量四分之三的「蘇打」溶液，這神祕的「整流器」於是很簡單的在很短時間內完成了。

這整流器之所以能夠整流，就是因為在這種裝置下，電流只能向一固定方向流動，反方向的流動便被阻止的原故。用了這整流器，我們便得到了只向一個方向流動的電流，換句話說，便是「直流」了。

整流器的種類很多，這不過是其中最簡單的一種，做來供我們研究和做小實驗時應用罷了。這最簡單的整流器假使通以 120 V 電流，結果我們大約要失掉原有電壓的百分之五十至六十，即整流後，所得直流的電壓已不再是 120 V；而只是 50 V 到 60 V 了，這整流器在工作相當時間後，便會發生大量的熱，以致要時時停止它的工作，使得以冷卻，這是它的大缺點。不過就一般的說來，做小實驗卻總可以應用的。

最後，把四個瓶照第 21 圖的右方相互連結起來，結畢後整器的外形就如圖 21 左方所示。

七 電流檢驗器

本書第一章第一節內已告訴了我們，如果我們把電線放在一具指南針下面，並使這線的方向與磁針相同（即依南北向），那末當導線中有電流通過時，這磁針便立刻會和原有方向（南

北)成一傾斜。電流檢驗器之所以能夠檢驗「電流」,便是根據這理由。

針的傾斜方向要看電流的流動方向而定,爲了要查知道方向,可利用「安培定則」,這定則如下:「假如把右手的掌心對着有電流通過的導線,使電流的流動與各手指所示的方向相同(圖 22),那末,立在導線上方的磁針的北極,便將向大姆指所指的方向移動。

磁針傾斜度的大小要看所謂的「安培圈」而定,「安培圈」是線圈的圈數和圈內通過電流的乘積(以前所述導線只係一條,對於傾斜針的力量很小,所以實用上都用多數導線繞成的線圈來代替)。線

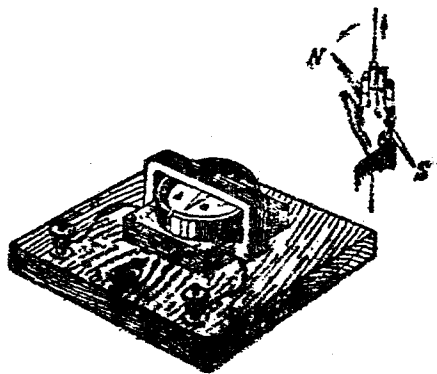


圖 22

圈的圈數和其中的電流愈大,磁針所作的傾斜角度也愈大,反之,便愈小。

電流檢驗器便是根據以上理由而作成的。它可以告訴我們某導線中是否有電流通過,這電流是依什麼方向流動,並可用它來較量兩種以上不同電流的數值。

一具很簡單的電流檢驗器可利用指南針做成。先用馬糞紙依指南針的大小做一紙套(見圖 22),但如想再簡單些,竟

這層工作也可免掉，直接把有絕緣包皮的導線繞在指南針盒的殼上（如裝有紙套，則繞在紙套上）。導線的直徑可用 0.1 至 0.3 毫米，繞線的方向要始終一致，並互相密排。再依指南針的大小，鋸一塊木板來做底座，把繞有導線的指南針裝在上面，這電流檢驗器便算成功了。如果想用時便利，可再鋸一木板作為底板，上面裝兩接線柱，把指南針上繞線的二端各接其中之一上，這樣，把欲測的導線接到兩柱，便可由磁針的移動與否而測定其中是否通過電流；不過這器在使用時，必須先使磁針和導線二者的方向相同始可。

比較靈敏些的電流檢驗器如圖 23；前述的指南針，改用較靈活的勵有磁性的兩枚鑄質縫衣針來代替。把這針插在一根

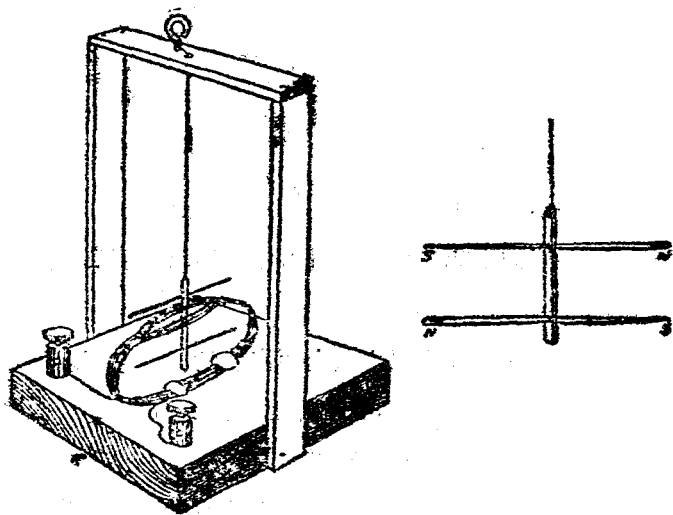


圖 23

火柴梗上，使它們相異的兩極同放在一端。

導線檢器之所以較上述一種為靈敏，是因為它的兩磁針的異極同處一端，所以不致如前式的受地磁的作用，所以不必另外用力來除掉這阻力。

兩鋼針的磁化方法：取直徑為 0.2—0.3 毫米左右的有包皮銅線，繞在針上數圈，通以直流電（乾電池所供給的電流便可用）即可。

取火柴盒作材料，剪下一條狹長的木片，將兩針插入（兩針的相異極放在同一端）。這裏要順便提及的，是全套檢器無論那一部分，絕對不可用鐵製（兩鋼針例外），否則你的儀器將會失去作用。

兩磁針插到木片上後，如不牢固，可用熔蠟來固定。然後把它用絲線來掛在一個木架上；木架的形狀如圖，大小則可隨意。絲線的上端最好不直接繫於架頂上，可以在橫樑上開一小孔，使絲線的上端穿過小孔，然後繫於樑上的小鉤上，這方法可使磁針旋轉比較更靈活。

現在要繞製一個線圈，以使磁針能於其中靈活地旋轉。線圈的繞法：取一火柴盒或其他較針稍長的物件，把直徑約 0.1—0.3 毫米長約 20—30 厘米的導線繞在上面，然後取下，便得一線圈。把它的一邊劈成兩組，使中間得一裂縫，把下面的磁針從縫裏放到線圈裏去（上面的磁針留在裂縫上面），如圖 23 所示，然後用絲線把未劈開的部份繫緊，線圈下部用倒 U 形的釘釘牢在座板上，而兩線端則各接至一接線柱。

電流流過線圈後由感應作用使兩磁針傾斜於一方。這檢驗器最靈敏時期是當兩磁針站在與線圈相同的平面上的時候，圖23所示，便是這時期。

在上一磁針和線圈中間，可以放一張分度的紙片，這樣，由針所指示的數目的大小，可以比較兩電量的強弱；若能有一電量為已知，則更可藉此求出其他各電量的數值。

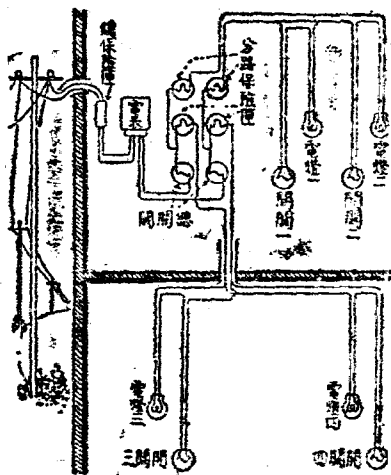
第三章 電燈線路的修理

電機少年們，應當每人有修理家中電燈的技能。因為這樣，假使家中的電燈忽的熄掉，就不必再去請工匠來修理，對於時間，金錢都很經濟。修理電燈線路的工作十分簡單，下面我們就要敘述修理的方法。但在第一次試驗時最好請一些有經驗的人在你身邊，這樣便不會有危險了。

電燈熄滅的原因很多，普通可分為電廠中機件的障礙，街上電線的障礙和室內的障礙。關於前兩種，那可以讓專門技師去修理，我們不用去管它。至於最後一項，是直接關係於我們自己的，而且修理起來也很簡單，所以本章把室內的電燈線路（圖 24）來講述一下。

室內的障礙有限，所以我們的工作也不多。大致是去尋找燒壞的是那一個保險絲，找到後代換新絲；或是更換新的開關等等。

每次着手修理或裝鋪電燈線路之前，不要忘記把電路中的電流暫時閉歇。



一 電燈線路的組成

假定你自己忽然變成一個小東西，可以在電線中跑來跑去（這就所謂「電子」），又假定你從電燈泡的細絲裏出發，那末你就可以順着導線跑出去，很快的，你便到了我們每天關閉電燈的開關，那裏面有趣得很：有一條大河，上面有一座橋。你想到對岸去一定要經過這橋。但這橋可以轉動（大概你也會想到這橋是由我們人的手轉動的）。當人家開電燈的時候，這橋便放過來，由你跑過對岸去。但，人們若把電燈熄滅，這橋便被人「搬」了開去，使你不再能過河去了。

現在，你已過了橋，並且繼續向前進發，你便會進到一間白色的小房子（圖 25）裏。這裏面有一條細絲，不會轉動，但是你的同伴如果太多，一起過去，那末它會被你們「壓」斷。這小房子的外面有一面小小的玻璃窗，你們如果壓斷了那條細絲，人們可以由小窗子知道；這細絲一旦斷了，你們就不能繼續旅行，電燈也就不再發光，所以這小盒子又可旋開，把斷絲換裝一條新的。



圖 25

這白瓷房子名叫「保險盒」，細金屬絲名叫「保險絲」，它們的功用是防止你們太擁擠——即電流過大——電流過大的結果可以發生火災，所以要請「保險絲」來監視你們，當你們太擁擠時，他就自動把橋拆斷，使你們不得再繼續前進。

保險盒既有如是的功用，所以凡裝電燈的地方，都一定有這裝置。你可以在每具電表下面看到它們。另外，開關前和費

關與電燈間的電線中也常可找到它們的蹤跡，不過形狀略異，其實都只是一條細的易熔金屬絲在作怪罷了。

你跑過了保險絲，經過電表，你便順着電線從牆壁上的小洞跑到街上，於是——一直跑到電廠。

街上有些什麼新奇的玩意兒，不去管它；假定你又從電廠跑了回來，那末你必定又經過方才所走過的地方，而回至燈泡，所不同者，只是你是從一條電線出去，卻從另一條電線回來罷了（情形和電車相仿，一條軌道專為出去，另一條專為回來）。

方才的旅行很順利，一路沒有什麼困難，這是當燈亮着的時候，換句話說，便是當開關正「開」着的時候。這時候開關裏的橋准許你們隨意通過，電燈之所以這時能發光，也就因為你們——電流——能通行於全路的緣故。現在，假若有人把開關閉了，那末電燈便立刻會熄掉，這是因為開關裏的小橋移動了位置，使你們——電流——不能通行的緣故（用普通話講，這時電燈中沒有了「電」，所以熄掉；至於沒有電的原因，便是因為電路被開關切斷）。

什麼是開關，保險盒，電燈線路怎樣組成，你們大概都知道一些了，現在我們要問：為什麼並且在什麼時候保險絲會被熔斷呢？它的主要原因是因為「短路」的發生，短路這名詞，前章已經介紹過；例如兩條有電流通過的導線忽因某種緣故而碰在一起（例如因包皮的損毀等），那末，電流這懶傢伙便躲避了他應走的路（例如往電燈）不去走，而另選電阻較小的「短路」走回去了，這樣一來，依歐姆定律，電路中一定發生極強的電流，假

如不設法預防，這電流可以把電線的包皮燒毀，並可因此而引起火災。保險絲既由較易熔斷的細絲做成，而且都只限定某量電流流過，那末電流一旦過強，就可在未燒毀導線包皮之前，先把它給熔斷，切斷電路，使不致成災。

讓我們舉例說明短路時電流究竟增加了多少；假定某燈泡具電阻四百歐姆，電壓為一百二十伏特，則流經此燈的電流，將為：

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{400} = 0.3 \text{ 安培}$$

但當短路時，電路中的電阻驟然減少，所剩下的只有導線所具微量，假定它是十分之一歐姆，則短路時電流為：

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{0.1} = 1200 \text{ 安培}$$

這個例題，可以給你一個對短路的深切認識。

二 假如電燈忽然熄掉

每個「電機少年」應該知道自己家中，學校，及自己常到的地方的保險盒的所在地，使可於每次電燈熄掉時能夠立刻找出保險盒，並加以修理。

電燈突然熄掉，第一，要看這是怎樣的熄掉：是單獨的熄滅或是全宅，甚至全街的熄滅。假如全街的燈一起熄滅，這一定是電廠或街線有所損壞，可以報告電廠，請他們來修理。若是自己宅中電燈熄掉或僅一盞熄掉，這是宅中電路的毛病，我們自己很可應付得來。

一般說來，電燈的熄滅，原因雖多，但主要而時常發生的，不外「燈泡燒壞」，或「保險絲燒斷」而已。所以每當電燈突然熄掉，第一步工作，先查看是否街燈也熄滅，如果不是，再看是否全家燈一同熄滅。如果一同熄滅，便可去檢查電表下面的總保險盒，把熔斷的保險絲取出，另裝換一枚的新的。假如只一盞燈突然熄掉，那末可以先檢視一下電泡，看看其中的燈絲是否燒斷；如果是，則換上燈泡便可，否則，毛病一定在這燈的保險盒，可加以檢視，查到後換以新的即得。這是最常見的熄掉電燈的原因。

不過，假如你發現了某保險絲被熔斷，那末在你換裝另一絲之前，應設法找出保險絲之所以熔斷的原因，因為不然的話，新的保險絲也將立刻因為同一原因而燒斷，而電燈也不會繼續放光了。

保險絲之所以熔斷，是因為線路中的電流過強，而使電流過度加強的原因，不外是短路的發生。要找出保險絲熔斷的原因，可以順着電線，仔細查看有沒有因為包皮破損而致使兩線的銅絲有相碰的地方，這是比較最容易發生的故障。尤其是可以移動的燈，他們的電線時常因移動而扭轉，結果包皮漸漸脫落，以致發生短路。此外，電燈的開關（圖 31）或插座（圖 32）的接線若不牢固，由於導線細絲的相互接觸，也常有短路發生。找到短路發生的原因後，應該立即修正。例如包皮破損則須用絕緣膠布把破損地方包紮好。開關或插座中接線不良，則重新接連……等。務須在短路消除後，方可換裝保險絲，否則，新的

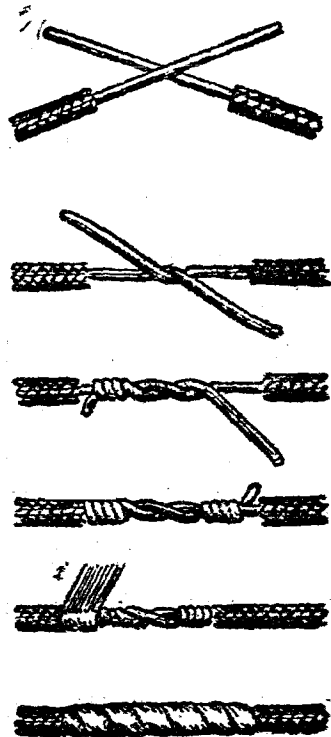
保險絲仍要立刻熔斷的。

三 電線的連接

無論何種電機方面的工作，都不能缺少電線，而電線時常要互相連接，假如任意把兩條電線扭到一起，結果一定要發生故障。一來因為不牢固，二來因為連接的不適當而增加電能的消耗。所以，電線的連結，事情雖然容易，但也要鄭重其事的照下面的方法做去，才可有好的結果。

任何連接的必要條件是「牢固」和「密切的連接」；假若在連接的地方發現有缺點，那末應該立刻改正，不可馬虎了事，否則的話，一旦稍受外力拉扯，很容易中斷，而這當然是很討厭的事，同時假如不小心，說不定會發生危險，所以要特加注意！

電線的連接可以用鐸接法，但若沒有鐸具，可以照下法把兩導線扭結。這方法的用途極廣，假如做得好，連接的地方甚至比導線的本身還來得堅牢，扭結之前，應先用小刀把導線的絕緣皮包刮去，並輕輕把銅線上的污穢



刮淨，至銅線全現光輝爲止。假如擬扭轉的是電燈用的花線，並應先用手把各條細絲扭在一起。導線端刮淨後，便可依圖 26 的各步驟，進行扭線了。扭好後，凡沒有包皮的地方，都要用絕緣膠布妥爲包裹。

假如要從一條導線引出一條分線，這分線接向主線的方法見圖 27。

至於從兩條電燈用的花線，引線到開關，或一盞電燈，(前者用直列法，後者用並列法)，則連接的方法比較繁複一些：把欲接分線的主線部份套到一個瓷柱(圖28)上(這瓷柱乃由螺旋釘釘牢

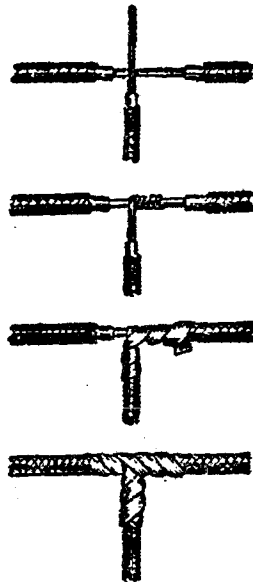
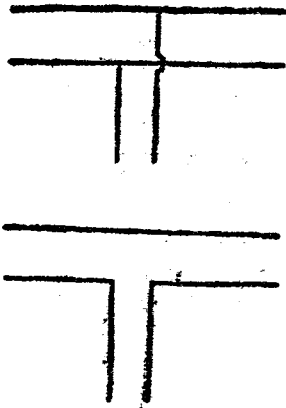
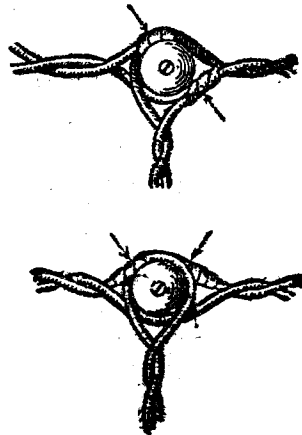


圖 27



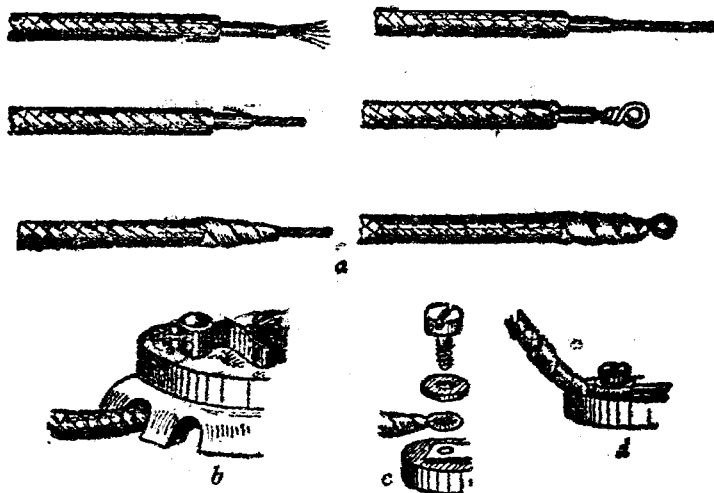
圖

28



在牆上的，普通室內電線大概每隔一米突梗可看到一枚，用它們來張緊導線）。假定要做一分線到開關（其他要並列的線路都可用此法），那末便把主線中的任何一條剪斷，並於剪斷的兩線端各扭結以一條引向開關的花線即得。圖28的下圖就表示這種連接法。兩個箭頭指示着扭結的地方。把線接好後，應各用絕緣包皮裹緊，並把它們重裝回原來的瓷柱上，如圖。

假如欲裝一分線到一個電燈或牆壁插座上（或其他一切須並列連接的地方），那末可以不切斷主線，因為只須把分線中的每一線單獨和主線中的一線相接。先用小刀把主線中之任一線的包皮刮去一小段，把一條分線與之扭結，用絕緣膠布裹好，然後再把分線的另一條用同法接到主線的另一條，也用絕緣膠布裹好。圖28之左上圖，是表示電路的簡圖，右上圖則表



示連接後，重裝到瓷柱的情形。圖上的箭頭指示各線相接的地方。由這圖中可以注意到接連的地方恰在瓷柱的各一邊，各自相對，這只是想增加絕緣的可靠罷了。

四 導線和燈頭或開關的連接

把導線接向燈頭（圖 30）或開關（圖 31）時，先把兩導線的尾端包皮用小刀輕輕刮掉，把裏面的銅絲輕輕刮淨（把銅絲上面的污層刮掉，至見到光亮的銅絲時止），然後把它們做成小圈，或搓成條形（各見圖 29 a）。假如連接的地方是一個由一枚小螺釘及一枚小圓片所組成的接線柱，那末就把導線的一端做成小圈，而把小圈夾在小圓片下，用螺釘牢固地釘在這接線柱上（見圖 29 之 c 及 d）就行了。若所用的接線柱，如圖 29 之

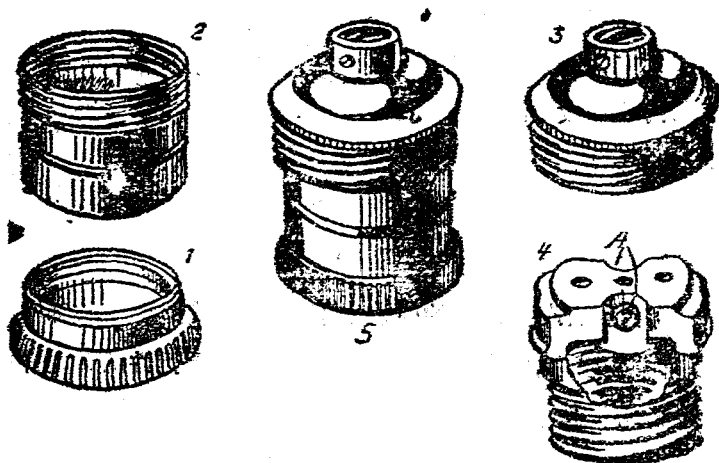


圖 30

6 所示，那末只要把導線的尾端搓成條形，穿入小孔而用螺釘抵住就行了。

如欲把導線接向燈頭，應先把燈頭拆開。先把下面的白色瓷環旋下；燈頭的內部構造可參閱圖 30；圖中之 1 爲白色瓷環，2 爲金屬環，3 爲金屬製的蓋子，上有一孔，導線便由此進入燈頭內部；4 爲燈頭的內部；5 爲燈頭的外形。

燈頭內面有螺旋紋，可使燈泡的螺旋恰能旋入；燈頭的底下有一接觸片，燈泡旋入時，它的尾端便和這片相接觸；燈頭內的兩個接線螺旋釘（4 之 A）外部和兩導線的尾端相接，內部則一接至接觸片，另一接至螺旋紋。

連接的地方應特別妥善，凡導線沒有絕緣包皮部份，除接線柱外，不可與任何部份相觸，否則會有發生短路的危險。

開關構造如圖 31，如想把它拆開，可先把旋柄內的一枚小螺釘旋下，把旋柄取下，便可把蓋子揭開。

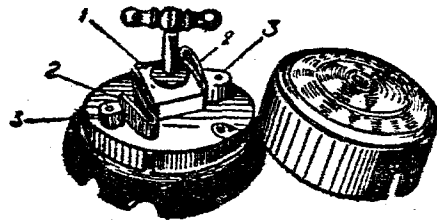


圖 31

開關的用處，大家都知道，是啓閉電燈；它的構造如下：在可由旋柄轉動的部份 1 上，有一金屬片，當它旋轉時，它可以和兩片有彈性的金屬片（2）相接觸或分離；這兩彈片由二接線柱（3）與導線相接。

時常因爲兩枚彈片彈力的不足，致使發生不良接觸，甚至電燈將因電流之不能通過而熄滅。遇有如此情形，可以把這兩片

外曲，以恢復它們舊有彈力，則開關便可繼續使用。

五 插座的修理

假使把插座（圖 32）上的螺釘(1)旋下，便可把插座的蓋

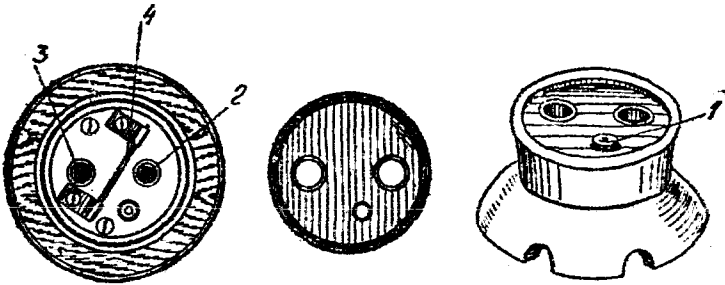


圖 32

子取下。管(2)及(3)是兩個電極，當把插頭（圖 33）插入其中時，便有電流從此流往插頭及其線路（例如電燈）。接向插座的兩條導線，由兩枚螺釘從插座的後面接入。一條直接接向二管之任何一個，另一條導線則接經保險絲(4)。

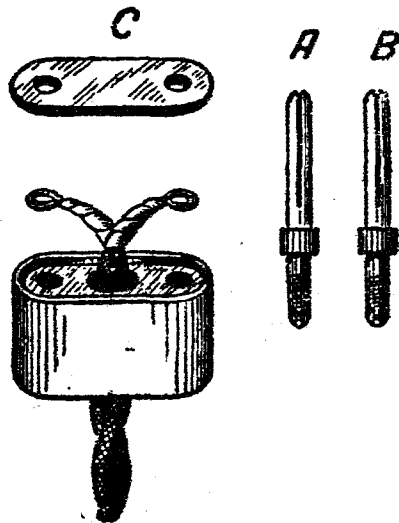


圖 33

有些插座中有着兩條保險絲；插座中的保險絲

只裝在兩個螺釘之間，卸下插座的蓋子便可看到了。

假如通過的電流過大，那末保險絲便被熔斷，電流因之停止；這時要把燒毀的保險絲換過（事先應把電表板上的總開關關閉，以免有觸電的危險）。

至於欲使插頭與導線連接（見圖 33），可先把插頭的兩「腳」旋下，把導線從插頭的孔引入，導線的尾端各做成環形，然後把兩腳穿過小環旋緊即得。這個工作應注意勿使銅絲互碰，致成短路。

插座平常都裝在牆上。插頭則大都連到檯燈，電扇或其他電器上。用電時，只把插頭插入插座即得。用畢拉出，則電流停止。因其手續簡單，故應用很廣。

上面雖只是關於修理電燈線路的常識，但假如對這些能澈底明瞭，那末其他的一切也不過大同小異，很可隨機應付了。

六 怎樣可以避免危險

電燈線路普通所用的電壓大都是 110 至 220 伏特，所以應該特別留心，不要使有短路發生。

假如導線上荷有電流的話，不要用手或身體的任何部份和沒有絕緣包皮的導線接觸。尤其是溼的手，更不可去碰它。

更不可一手拿著一條導線（當然是指荷有電流的而言），或燈泡的銅螺旋部份，而另一手和自來水管或暖氣管相接。因為這水管是和大地接連，身上可因此流通大量的電流，甚至會危害生命。

第四章 電 池

一 一具簡單電池

電流的發生方法有許多，但最多見的不外「電池」和「發電機」兩種。

怎樣才可以做成一具電池？這很簡單，先去找一個普通喝水用的玻璃杯，一條炭精棒（可用已廢乾電池的炭極，如找不到，可往電料行買，好在價錢不貴），一條鋅棒（鋅片也可）和一些銅線。鋅棒（或鋅片）應該是純鋅，只外面鍍着一薄層鋅的鐵片不可用，這可用吸鐵石驗出：純鋅片絕不受磁石吸引，而鐵片則相反。把鋅片用剪刀剪成圖 34 的形狀。

現在把兩條銅質導線分別接到炭極和鋅片的上端，最好的接法是把炭棒的上端用小刀做一條小溝，然後把銅線的一端的包皮用刀刮掉，繫緊在小溝內。鋅片和導線最好用錫銲接，但若沒有銲具，可把鋅片的上端預先多留出一小段，掛在杯子邊緣上，然後用刮掉包皮的銅線繞緊；也可以在鋅片上穿一小洞，把銅線穿過小洞後再繞緊。總之，在銅線和炭、鋅兩片間必須有最緊密的連接。

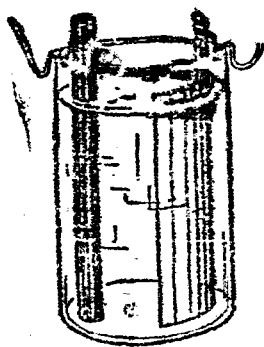


圖 34

、把這鋅片和炭棒放到杯內，然後注入普通家用食鹽的溶液，於是這電池便很簡單的做成功了；這時如果炭棒和鋅片間相互沒有貼靠的地方，這電池便能發生作用。

食鹽溶液如以礬砂（氯化銨）溶液代替，可使電池所生力量大大增加；這礬砂可向西藥店買到。

如果不用上述兩種溶液而用平常食用的醋酸或其他淡的酸液代替，這電池也同樣可以生出電流。

電池製好後，可由第一章第一節所述各法測驗，是否已有電流通，不過小燈泡所需電壓較本節所說電池所生的電壓為高，所以上述的電池除用礬砂溶液的一種還可勉強應用外，其他各種，因為力弱，都不能使燈泡發光。

如欲從上述電池取到較強的電流，可把玻璃杯代以一個容量約自 $\frac{1}{2}$ 一升的玻璃容器，這時再接一小燈泡，必可發光。但如使這小燈泡繼續燃下去，那末，經相當時間後，燈的光便將起始發生忽明忽暗的現象；若再繼續燃點下去，那末經若干時間後，燈泡將完全停止發光。

這是什麼緣故？燈泡壞了嗎？不是！為了解答這問題，讓我們先看看電池怎樣才能生出電流。

二 電池的效應

假如把一個用廢的乾電池打開，便可見到它的鋅片已比薄了許多，這是因為鋅在電池發出電流時被分解掉的原故。同時你若曾留神於前述電池的工作時，你必曾看到炭極上曾聚有

許多小水泡——這是氫氣的氣泡。電流發生得愈多，那炭極上的泡也集得愈密，這便是說這時候鋅片也分解得愈快。這個化學效應的結果，便使我們得到電流。

電池裏的炭棒和鋅片都叫做「極」，炭棒叫做「正極」，鋅片叫做「負極」，普通都認為電流在「外路」是自「+」流到「-」。

那末上述電池怎樣會忽然停止發生電流呢？前面已經說過：電池當供給電流時，炭極上聚有許多氫氣泡，這種氣泡愈聚愈多，最後到達一時期，炭極上所聚氣泡之多，使炭棒完全和溶液隔絕，以致電流不能繼續發生。

如果在電池工作後，予以適當休息時間，那末氫氣泡便漸漸消失，它們將離開炭極而升到液體表面上，並由那裏飛散到空氣中，於是電池便可繼續工作。

爲了減少聚集在炭極上的氫氣泡，可在電池裏加以一種專門與氫化合的物質，這種物質含有多量的氧，可和氫化合爲水而溶解於溶液中，這樣便不致於妨礙電池的工作了。

三 勒克蘭社電池

這種電池大多應用於無線電收音機和電鈴，它由炭棒，鋅片和硼砂溶液做成。此外爲了要減少上述的氫氣泡，所以還加有二氧化錳——一種含有大量氧氣的物質。它的氧與由鋅分解出來的氫，化合成水，氣泡既消失，電流就不致中斷了。

又有所謂「袋形勒克蘭社電池」，這種電池比較上有很大

的應用。它把二氧化錳和該炭末及石墨混合放在一隻布袋中，炭棒則插在袋子的中央（見圖 35）。

這種電池也可以自製。

先請預備下列各種材料：炭棒一，曲成圓筒形的鋅片一，大玻璃杯一，及布袋一。

這布袋可用棉布或其他材料縫製，縫合時最好把布袋裹在一隻圓棒上再縫，因為這樣可以很容易做成一只圓筒形的布袋。這袋子的

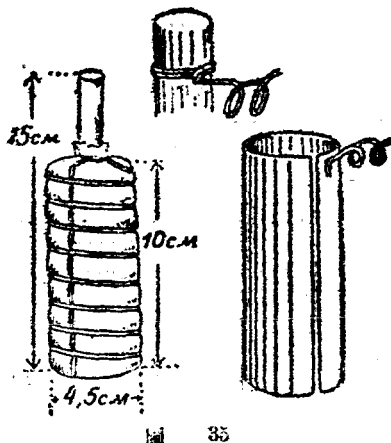


圖 35

大小要看炭精棒的長短和整個電池的大小而定，大約炭精棒要高出布袋約五厘米，而減少氫氣泡的物質則裝在布袋裏，離炭棒的四週，厚約二厘米。

減少氫氣泡的混合物製法如下：把焦炭或弧光燈中的炭精棒的碎塊輾成粉末，取其二份與三份二氧化錳及一份礫砂互相混合（以上「每份」是用重量核計），再加上水，做成一種糊狀混合物。

現在，把電池的正極——炭精棒——放在布袋的中央，四週裝滿上述的「混合糊」，這混合糊裝入後，應用小木棒搗緊，然後再裝入少許，再搗緊……，這樣，便可使袋裏的混合糊裝得十分緊密。

裝滿混合糊後，用線把布袋外週綁緊如圖。

其次如圖 36，在炭極的上端做一小溝，把刮去包皮的導線緊緊繫上。其次取鋅片一張，屈成長圓筒形，它的直徑以可使布袋不碰鋅片的放入為度；上面並須銲接一條長約 20—30 厘米的導線。

把布袋裝入鋅筒時，務須注意，不要使這袋的任何部份碰到鋅筒，所以最好在布袋外面捲幾層吸水紙來阻止它們的相靠。

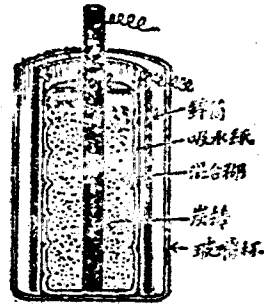


圖 36

把上述材料一同放到注有礬砂溶液的玻璃容器內，於是全工告成，而電池便能發生電流了。

溶液的做法很簡單，把礬砂放入沸水中溶化便得。

四 乾電池的製法

乾電池的最大優點是可以隨意移動，所以是野外露營生活的必需品，例如輕便的電話機，電報機等，都非用乾電池不可。至於它在戰事上的重要，更可想而知，它的另外一個最普遍的用途是供給電流於手電筒。

第一，要做一個圓形的鋅質「罐子」，直徑約五至八厘米；高約十五厘米。

在着手製作前，最好按它的大小先用紙做一個「樣子」，然後照這「樣子」再用鋅片去做，以免耗費材料。這鋅筒的底須用錫銲牢，使之不致漏水。

倘若這鋅筒自己不能做，可以把一條鋅片彎曲了放在一個大小相當的玻璃容器內，如圖 37 的形狀。這「鋅」算做乾電池的負極，所以要銲接一條銅線。至於正極，則還是照前，用炭精棒。

炭精棒的四週用布袋裝滿上節所述的混合糊，裝的方法一切和前相同，不再復述。這混合糊也可從尚未用廢的乾電池中取出；把舊電池打開，取出中間的混合糊，用水沖洗，乾後即可應用。

這裝有混合糊和炭棒的袋子，放入鋅筒中間時，應和鋅筒間留有一至二毫米的空隙，並須預先在鋅筒底上，放幾片木塊之類的絕緣物體，使袋不致和鋅相觸碰。鋅筒和布袋間的空隙中，則裝以木屑（鋸末），然後再把礮砂溶液倒進至滿。

用馬糞紙剪一圓蓋，上穿三洞。

其中的一個使正極得以外露，另一為負極的引出線伸出之用，第三個洞則插入一空心的細玻璃管，管的上端可用橡皮塞塞緊（圖 37）這樣就可隨時把礮砂溶液加入。這厚紙蓋應先浸以溶化的黃蠟或石蠟，然後緊裝在電池上，上面更注以溶化的黃蠟。

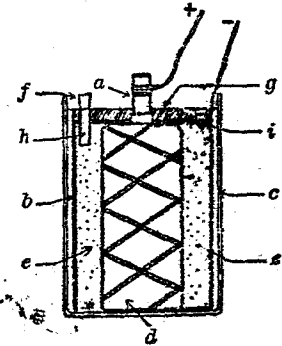


圖 37

把幾個這樣的電池連接起來，即成所謂的「電池組」。若是把它裝到一只箱子裏面，便能任意搬運到任

a, 炭棒; b, 鋅筒; c, 玻璃容器; d, 裝混合糊的布袋; e, 浸在礮砂溶液中的木屑; f, 軟木塞; g, 封固電池的黃蠟厚層; h, 玻璃管; i, 厚紙圓蓋。

何地方，箱子外面更可裝兩枚接線柱，以便接線到用電的地方。

五 廢乾電池的利用

手電筒中的乾電池用廢之後，往往都把它拋掉，但我們卻可以用礬砂溶液使它「復活」。

假如把用廢的乾電池外層的厚紙去掉，便可看到三個（這裏說的乾電池是扁形的）鋅筒，每個中央都有一個炭棒，露出一端在外面。把這些鋅筒用刀割開，便可看見一條被前述的「混合糊」所裹住的炭棒。把三個袋子連炭棒一同提出，用水加意沖洗一遍，然後依圖 38 把三布袋繫在一起。

找一塊薄鋅片，剪成比炭棒稍矮些的一片，依三袋的大小灣成筒形，但要稍大些，使袋子不致和鋅片相觸，這可以在間隙中加些橡皮塊之類的塞子隔離它們。再由鋅片引出一銅線，最好是用錫銲接。

做成功的正負兩極同放到平常飲水用的玻璃杯內，注入礬砂溶液，於是新電池便做成了；這樣的電池三隻互相串聯，便能使手電筒用的燈泡發光。

如果不想把廢電池改製，它本身也有方法可以「復活」。其法：把炭棒

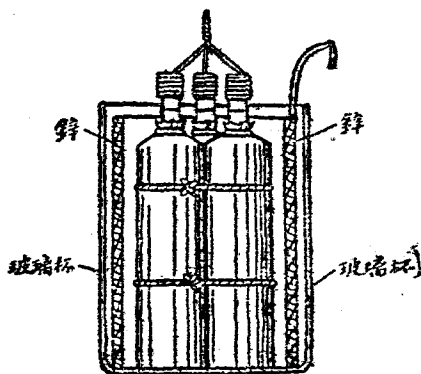


圖 38

從袋子抽出洗淨，鋅片則加意弄乾淨(最好另作一個新的鋅筒)。

鋅筒的底部注以黃蠟，使袋子可不致和鋅筒底部相觸。鋅筒和布袋的兩壁中間注入礮砂溶液，並倒些木屑進去，然後再注入礮砂溶液，直至溢出為度；這樣溶液的配製和以前各次有一點差別，就是要加以約一湯匙的甘油。

電池的上端作一馬糞紙蓋蓋緊。上面用熔化的黃蠟注滿封固。

六 重力電池

這種電池的優點在能夠供給長時間的電流，所以很適宜於各種工作，例如長時間燃用小燈等。

它的做法如下：放一塊銅片在玻璃器內，銅片的一端銲接一條銅質導線。這銅線應完全不和溶液碰到才成，所以事先應在這段銅線的包皮上塗一層黃蠟，這銅片是這電池的正極。

至於負極，它是一個淺的鋅筒，可用厚約 2—3 毫米的鋅片來做；它有三只耳朵，可以把鋅筒掛在容器的邊緣上，如圖 39。

這鋅筒的高約為容器高的三分之一。這負極可用另一方法做：在容器內放一個玻璃或瓷質的小罐，罐裏放一塊鋅片，由鋅片引一銅線外出。

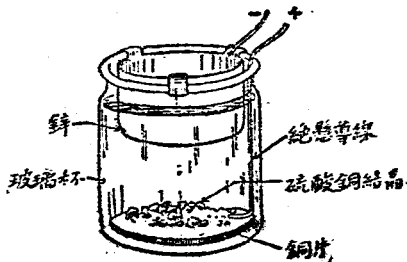


圖 39

把芒硝——即硫酸鈉

——放在沸水中製成飽和溶液，然後把它注入容器中，容器底的銅片上面放幾塊硫酸銅，但不要讓它們碰到鋅極，否則電池將會停止工作。

這樣重力電池便全部成功了，不過它不能立刻便生出電流，而要在相當時間後才可。

這電池裏的溶液將分為兩部：上部是無色的澄清的，這是芒硝的溶液；下部是藍色的，這是硫酸銅的溶液。

要時常注意，使這藍液不碰到鋅極才好，若將近觸及，可把電池接成「短路」（即把正負兩極用條短銅線接連），這樣，短時間後藍液便會退回到原有位置去了。

電池在工作時，硫酸銅將漸漸消蝕，所以要時時加添；此外鋅極也會漸漸溶解。

這電池的缺點是不能夠移動，因為移動時液體受震，兩種液體將互相混合，而致停止電流的供給。

七 電池的連接

一個電池的力量有限，往往不夠需要，要增它的力量，可以把幾個電池用適當的方法連接起來。連接的方法有三：串聯法，並聯法，和混聯法，下面詳述各法的連接。

一、假定我們的電池每個可生二伏特電壓的電流，燈泡則須六伏特方能發光（汽車用燈泡），那末，為增加電壓，便可用串聯法：取三個各具二伏特的電池，第一電池的正極接至第二電池的負極，第二電池的正極接至第三電池的負極。* 所餘第一電池

的負極和第三電池的正極，可用導線接往用電的地方。

這種接法的總電壓等於所有各電池的電壓的和，用算式來表示，就是：

$$E = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n$$

式中 E 為總電壓， $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ 為各電池的電壓；由式可知如欲得比一個電池所具電壓較高的電壓，可用串聯法（見圖 40 之 c ）。

二、把欲連接的各電池的正極和負極各接到一起，叫做並聯法（圖 40 之 b ）。這方法的特點是使電流增加，而電壓則不變。用算式來表示，就是：

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

式中 I 為總電流， $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ ，為各電池的電流。

三、假如電流和電壓都要增加，那末可把幾組已結為串聯（或並聯）的「電池組」用並聯（或串聯）法接連，這方法叫做「混聯法」（圖 40 之 d ），它的電流和電壓的計算，也可用串聯及並聯二法的計算公式計算出來。

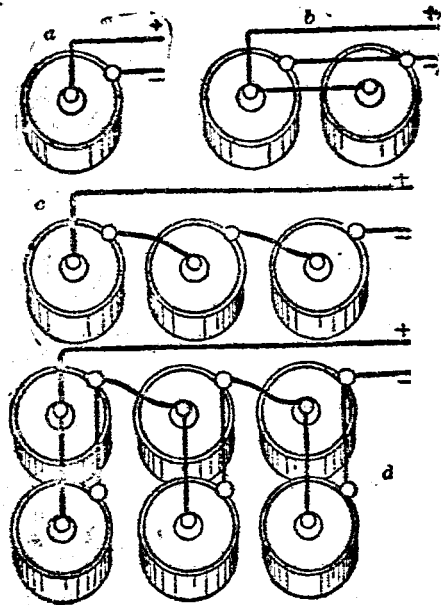


圖 40

八 利用電池來照明

有時我們不能使用普通 120 V 電燈，例如野外營居，及電燈偶有損傷時。在這種情形之下，可用「小型電燈」來代替。這「小型電燈」是以電池為電源，燈泡則取自手電筒。

小型電燈的電池最好用前述的「重力」電池。因為它工作的耐久，遠非其他各種可比擬（它的電流直到硫酸銅和鋅片都消蝕完了後才停止供給）。

每個重力電池的壓力約為一伏特，至於電流則要看每電池的兩個電極的面積大小而定，平均負極面積每一百平方厘米可生四至五安培的電流。

把四個重力電池連接起來，可有四伏特的電壓（用串聯法），恰能燃點一個手電筒用的三個半伏特的小燈泡。同時若能串聯這種電池至七八個之多，那末便很可以燃點汽車用的燈泡了！

自電池組到燈泡，其間的導線，以愈短愈妙，並且最好請用銅線，因為它的阻力較小。

至於燈泡（其他各種用電器具也同樣）的接法和電池接法大約相同；假定我們有十二伏特的電流，而燈泡則祇可用於三伏特，則可把四只同樣的燈泡串聯起來（四乘三等於十二），但這四燈泡中如有一只熄滅，則其他三只也同時熄掉，這是串聯法的缺點（接法見第 41 圖）。

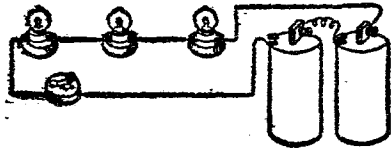


圖 41

如果電池組的電壓和所需的相同，那末如果想同時燃點數目同樣的燈泡，便可用並聯法，這法中無論任何一燈熄掉，其他燈泡都不發生影響(圖 42)。

家庭中的電燈普通使用這樣接法。

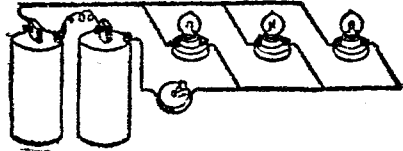


圖 42

欲燃點上述的小燈泡，須有燈座，才能便於應用。下面各圖

(43, 44, 45) 可以告訴你幾個自製的方法，因為這些東西都很簡單，一看便可明瞭，所以不加以說明了。它們的材料如下：

圖 43 的 A 為厚圓紙筒，依燈泡的外螺旋曲成；B 為軟木塞，中穿一螺釘 C；D 為由裸銅線繞成的螺旋紋。圖 44 中的

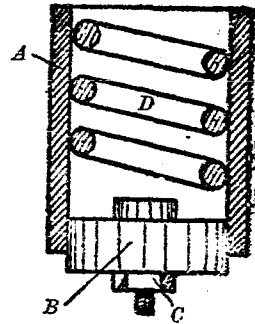


圖 43

的 a 和 b 都用銅片或鐵片來做成；圖 45 中的 a 是銅或鐵片，b 為上端繞成螺旋形的裸銅線，c 則為木製的底座。

現在讓我們略述「小型電燈」的製法。

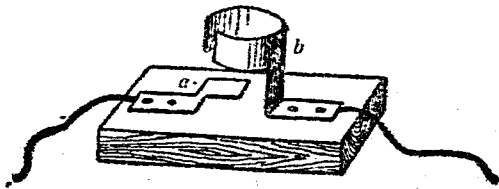


圖 44

一. 檯燈 檯燈的種類很多，這裏只舉一例，如圖 46。因為製造簡單，所以不加說明。讀者們正不妨利用自己的腦力，創出一盞更完善，更實用的燈來。

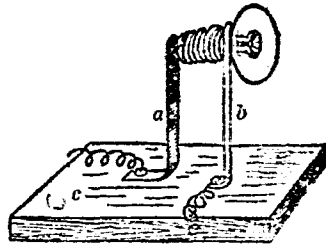


圖 45

二. 夜明鐘錶 晚間睡醒時，想知道時間，必須起身開燈，未免覺得討厭，尤其是在冬天。這可以裝一盞小電燈在鐘錶前。把開關放在牀頭，用時只消

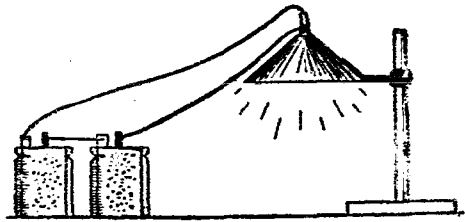


圖 46 ●

一掀開關便可。這工作如果由乾電池來擔任，更可把乾電池裝在鐘（或錶）下面的一個特製的小匣中，以便移動。

讀者如果喜歡做一具來玩玩，圖 47 及 48 可用作參考。鐘

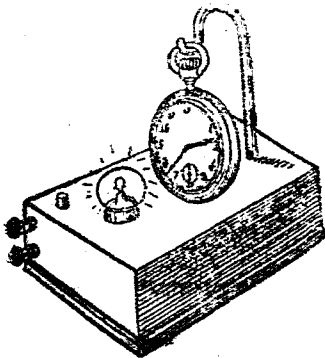


圖 47

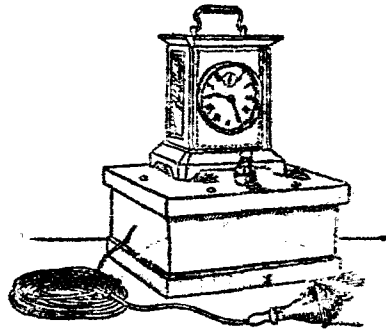


圖 48

錶的形式很多，如能仔細斟酌一下，定能得到比這更好的結果。

三、用「小型電燈」改裝電報發報機真正的電報機是由收報機所收得的線或點（現在有用聲的長短的）翻譯成字，我們利用燈光的久暫也可做一具電報機。這在無事時候固可和朋友藉遊戲而練習，一旦有事，也可用來發出求救等信號（電報機的一切詳見第五章第六節）。晚間和友人以燈光互相通話，卻也妙得很！

九 炭棒上導線的銲接法

把導線用錫銲向鋅片，固然容易，但是要把導線銲到炭棒上去，卻須在炭棒上塗一層銅。

其法：用導線把炭棒的欲塗銅的一端接到電池的負極，電池的正極結向一塊浸在硫酸銅溶液中的赤銅片，然後把炭棒的一端浸入約二至五分鐘，於是炭棒上便塗有一薄層銅，可以直接用錫銲法把導線銲上了。

第五章 電信號

一 電磁鐵

取一鐵釘，上面繞以有絕緣包皮的導線多圈，如圖 49，線的兩端各接至電池的一極，於是線圈中便有電流通。依前第一章第一節，知這時鐵釘便變為磁鐵，能吸引輕小的鐵質物品如小釘等。

鐵釘怎樣會變為磁鐵？這是因為有電流通過繞於鐵釘上的線圈的緣故。當電流通過導線後，導線四週便發生一「磁場」，這磁場可使立在左近的磁針與原有位置作一傾斜；把

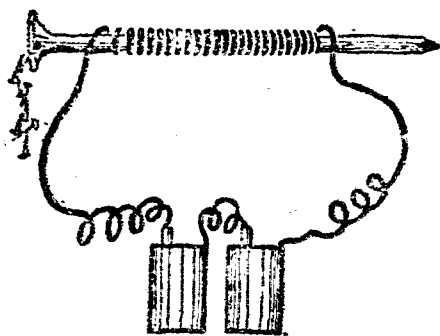


圖 49

導線繞成圈形，並繞成許多圈，成為所謂的「線圈」後，所生磁場的力量便強許多，它等於各圈的線所生各磁場的和。

電磁鐵和普通磁鐵的性質完全相同，即：一．能吸引輕小鐵物，（所以俗稱磁鐵做吸鐵石）；二．每一磁鐵（或電磁鐵）各有兩極：南極及北極；三．同極性相斥，異極性相吸。

線圈的圈數愈多和電流愈大，則所生磁場也愈強。此外，

如在線圈中心插入一條鐵棒，則其吸力將更特別加強，這是因為鐵比空氣易於傳導磁力線的緣故；方才的鐵釘便是一個有「鐵心」（線圈中的鐵棒叫做「鐵心」）的線圈。

如把鐵心做成馬蹄形（見圖 50），外繞以線圈，（可繞數層之多），那末這磁力就將更大，但它的線圈繞法卻應注意，即若把鐵心重行拉直，各線圈繞線的方向應相同（圖 51）。

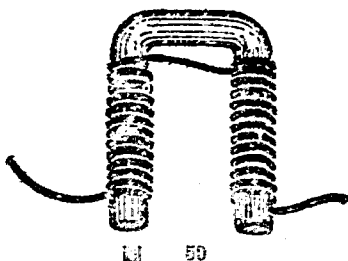


圖 50

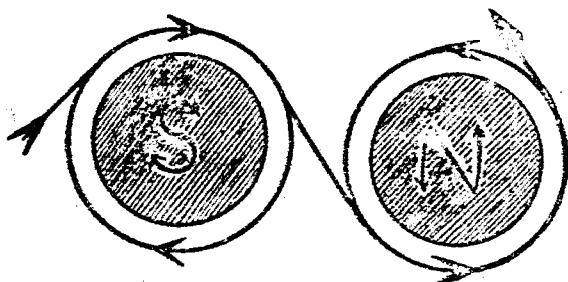


圖 51

電磁鐵兩極之為南或北，可由下法測知；若依鐵心長的方向看去（見圖 52），電流在線圈內流運的方向是順時針方向，則眼前這極定為南極，反之，便是北極。

做鐵心的材料最好是軟鐵，它的製法是把鐵心燒紅後，放在熱爐灰中，使慢慢冷卻。

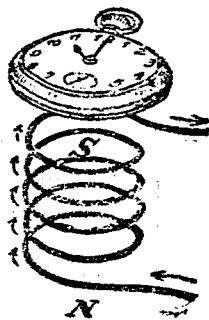


圖 52

如鐵心不用軟鐵而用鋼（例如鋼釘），則當電流停止後，磁性將長久存在，所以可利用這方法自己來製造磁鐵。

強力的電磁鐵可用作起重機，專事起卸鋼鐵質材料，它的形狀大概都是圓形（見圖 53），各大工廠多有利用它起卸各種生鐵或鋼質的製造品。

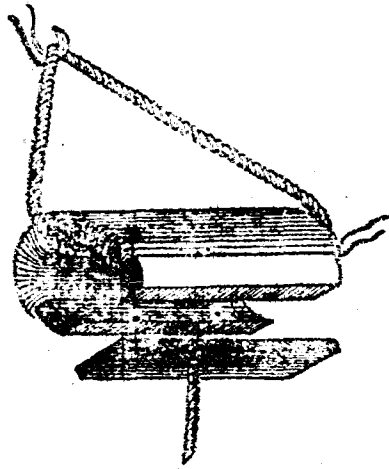


圖 53

圖 54 是一部正在工作中的起重電磁鐵，這裏它從貨車中舉起了多數的鐵件。這種「電磁起重機」的模型我們可很簡單地做成。

二 電磁起重機的模型

這起重機的最主要部份是一具電磁鐵及一個乾電池，現在把電磁鐵的製法簡述如下。磁鐵的鐵心可利用一只長螺釘（見圖 55 a）來做，先用薄紙把螺釘包繞一層，以免導線高一圈包皮不良而與鐵心相接。其次把三片馬糞紙剪成圓形，中間各留一與螺釘同直徑的孔，用來夾置導線。線圈用直徑為 0.4-0.6 毫米的有包皮導線繞製，它的繞法如下：先把導線留出約一米突，然後起端一圈一圈繞到螺釘上，繞時務使各圈緊着於鐵心，同時各相鄰線圈應互相緊貼，而不可互越；全螺釘繞滿後，可在

此層線圈外圍上來繞以第二層。線圈繞好後，將兩線端夾緊於三圓片之間，然後引出，接向電池。

圖 55 的 b 示起重機的繩結向螺釘——電磁鐵——的方法，c 是繞完線圈後電磁鐵的外形；此外，全圖各數字所代表的名稱如下：1，長螺釘；2，厚紙圓片；3，雌螺旋；4，細繩；5，線圈；6，線圈兩端的引出線，各接至電池之一極。

至於起重機的外形如圖 56，因為構造很簡單，製法可以一目瞭然，所

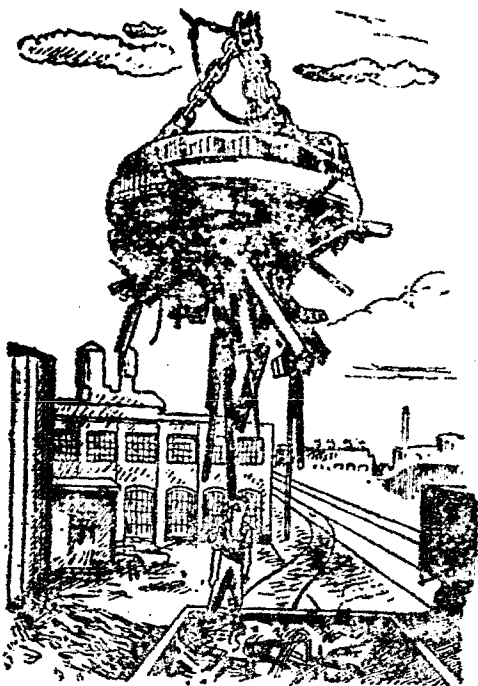


圖 54

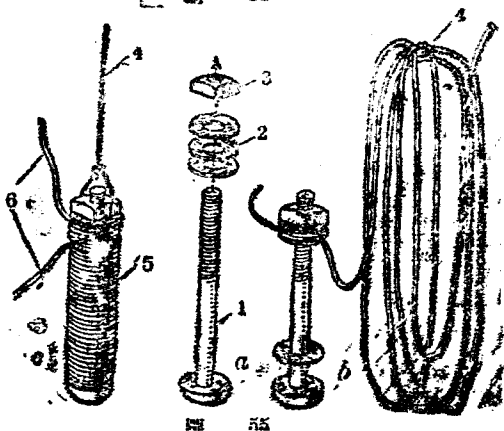


圖 55

以不再詳述，只把圖中各件註明如下：1, 電磁鐵；2, 接向電磁鐵之導線；3, 起重鐵鏈（用棉線做）；4, 滑車；5, 起重臂，可依軸6作上下運動；7, 拉起或放低電磁鐵之線，可由搖柄11控制；8, 舉高或放低臂5之線，可由搖柄12控制；9, 乾電池；10, 開關。

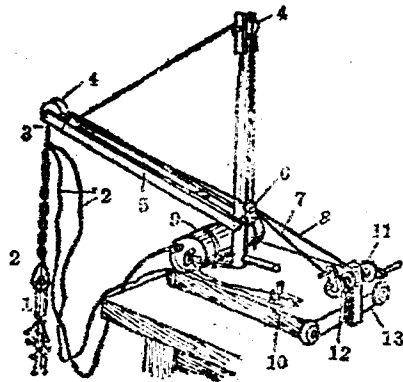


圖 58

三 電 鈴

電磁鐵除用以提舉重物外，對於電信號上也有很大應用，以後便將一一述及。

圖 57 是一個電鈴和表示它的連接法的圖，電鈴有兩接線柱，若用導線把它們和電池相接（通以電流），則電鈴便將不停地響起來。

把接向電池兩線中的一線中加接一「按鈕」，用來開閉電路；當「鈕」K被壓下時，內部的兩銅片a及b即互相貼合，電流得以通過，於是電鈴發聲；放開手指後，一銅片由本身彈力，和另一片分離，電路中斷，於是鈴即不復發聲。

電鈴怎樣會響？讓我們先來看它的構造；它的主要部份是一具馬蹄形電磁鐵M，電流通過時它可吸動附近的鐵片R，這R

片的一端釘在一有彈性的銅片支架上，使 R 可以稍稍振動； R 的另一端附有一小鐵錘 T ，當 R 被吸時，這小錘便打到鈴 Z 上，因而發出一響；如果電流停止，則小錘由銅片的彈力回復原有的地位。

現在要想使當電流通過時（亦即當把按鈕壓下時）小錘繼續不斷地敲下去，得一個不斷的聲音就須應用「斷續器」：斷續器只是一只站在片 R 旁的螺釘 B ，

它的作用如下：當電流流入線圈時，經過接線柱 $+$ ，線圈 O ，螺釘 B ，銅片 R ，接線柱 $-$ 及按鈕而回電池，電流一經流通，電磁鐵乃立將 R 片吸動，但同時 B 釘及 R 片之接觸斷絕，於是電流停止，磁性消失。 R 片因有彈性，遂回至原來的地位。但這時 R 片又觸及 B 釘，電路合，電流通，於是 R 片又復被吸……這樣繼續下去，就得一連續的聲音了。

電鈴的線路，鋪設和電燈不同，它不須有磁軸，只把「電鈴

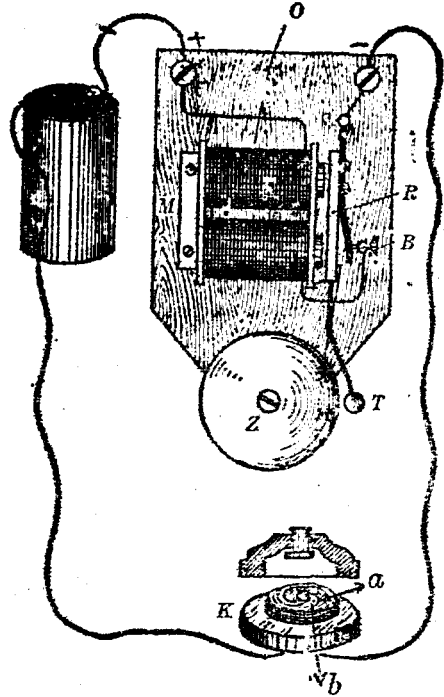


圖 57

線」於每相當距離（約一米寬）繞一轉在鐵釘上便可，這種線路如想自己裝置，那很簡單，而且沒有危險，但務須使電線拉直，並使兩線間距離相等，互相平行才好！

電鈴的接法有許多種，最常見的是一鈕一鈴（如第 58 圖），但一鈕數鈴，數鈕一鈴，或數鈕數鈴等等的接法都有人用，這些線路可參考圖 59 及 60。

如果家中裝有電燈，那末

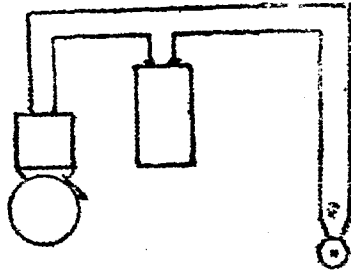


圖 58

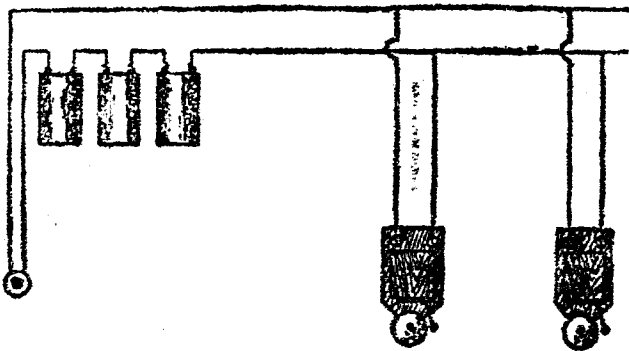


圖 59

電鈴可不用另購乾電池或電池，而以低級變壓器代替（關於變壓器，可參閱第十一章），但變壓器接向電燈線路時須經過保險盒，以免危險。

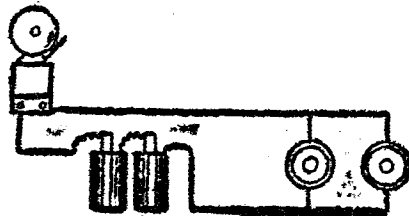


圖 60

四 電鈴不響的原因

我們對於最簡單的電路——電鈴線路——，應該知道怎樣去裝，如果原有線路發生毛病，也該知道怎樣去修理才是。

電鈴忽然不響了，那末，第一步，應該檢查電鈴本身是否損壞，這可用一個電池接至它的接線柱，由它是否發聲而定，如果發現是電鈴本身損壞，那末弊病多半在斷續器，可把螺釘 B 稍稍旋鬆或旋緊，至電鈴發出完善聲音爲止；若斷續器完整無損，則應檢查電鈴內各部接線是否完善。此外，可利用電筒用小燈泡檢視線圈是否有中斷地方。這方法如下：把乾電池，小電燈泡與電鈴的兩接線柱互相串聯，若燈泡不發光，便是線圈有中斷地方的表示。

電鈴全部檢查後，若全無損壞，可再檢查「電源」，用手電筒小燈泡接至該電鈴的電池或變壓器的二次圈，如燈泡不發光，便須購置新電池或將變壓器交工匠修理。若用變壓器，更須檢查保險盒中的熔絲是否燒斷，以便裝換。電源若沒損害（若小燈泡發光），便要進行第三步檢查——按鈕及導線的檢查——了，因爲導線中斷或按鈕不完善，都是使電鈴不響的原故；用小刀的鋒輕輕切入按鈕以上各部的兩導線包皮內（使刀鋒能碰到銅線），如聞鈴聲，便是按鈕已壞的表示，於是可旋開木蓋，把內中的兩銅片調整一下，使當按鈕壓下時，兩片互相緊貼。

五 自製的電鈴

這裏所說的一具電鈴和市上出售的外形完全不同，它的外形見圖 61。

先找一不太大的玻璃瓶，把它的底去掉（方法見註），然後作一木棍，大小以適可放入瓶口為度，這電鈴的一切機構便都裝在這棍上；這鈴的各部製法如下：

電磁鐵：取三四鐵片，合曲成「門」形，然後以直徑為 0.4—0.6 毫米的導線繞 60 圈到 80 圈；在未繞線前先把繞線的地方包以數層薄紙，以免導線包皮偶破時與之接觸，尤其當導線的包皮僅是塗有一層絕緣油料時，這工作更不可少。

電磁鐵在繞線後，兩極須留有適當長度，以便夾入前述的木棍。

斷續器可用馬口鐵依圖剪成，它由兩粒小螺釘把一端釘牢在木棍上。

第三節所說的斷續器螺釘 *B*，這裏可用一條釘在木棍上面跨過斷續器片 *A* 的銅絲（或銅片）來代替（見圖之 *B*）。此外，斷續器上鐸有一小銅片（*C*），以便與這括弧 *B* 相接；*A* 片的活動一端可捲成一小

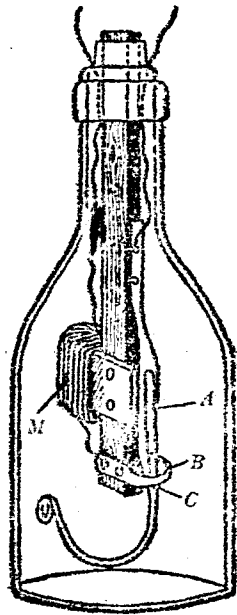


圖 61

（註）可把瓶底上部約二厘米地方用濕水報紙包裹，然後燒之以火，（燒時並常旋轉瓶身），至水蒸發為汽時止，這時猛將瓶底放到冷水中即開小爆裂取出後，底已脫矣。

錘，這小錘在平常和瓶壁間不應有太大距離。

現在把全部機件由瓶底插入瓶中，使木棍的上端固定於瓶口，於是電鈴便全部完成，可以發生作用了。但應注意，當電磁鐵吸動A片，使錘擊於瓶壁時，小銅片C也必須離開括弧B約半毫米，如果能這樣，那末這鈴可由一只電池的力量便可發聲了；假如想用變壓器供給電流，那末電壓至多不可過三伏特，否則因電壓過高，B及C間將發生火花，而這火花是很有害的，因為它可以影響你的儀器的壽命。

六 電 報

電報的用途大家都知道，他可以在很短時間內，將一個消息傳送到相隔極遠的地方。但，這是怎麼一回事呢？

譬如你想自A埠拍電至B埠，你可以把你要拍發的電文送到就地（A埠）的電報局，由他們代你把每個字依一定的標準，譯成四個號碼。（這只是中文如此，外國文因每國文字都由少數字母湊成，不似中文這樣繁雜，所以他們每一個字母各有一特別符號，打電時不必似我國再多一層翻譯成號碼的手續，所以簡便得多。）這張「號碼單」（實在也就是你的電文）由電報局工作人員用點「·」及線「—」的記號由發報機把號碼拍發到B埠電報局，那裏的收報機把A埠發出的點「·」及線「—」記錄下來，再由這些記號譯成號碼，最後，更依號碼譯成原文，而由專差送給收報人。這就是中文電報拍發的大概。

下面是一具供我們研究，練習的電報機，如果你能和友人各

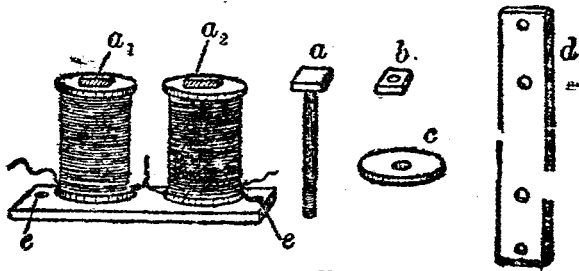
裝一具，互相通以電線，通起報來，那末不但十分有趣，而且對於電報的原理可以很容易自己理會出來，對電報的收發也有練習的機會了。

電報的「點」「線」符號表（大陸式）

A	B	C	D	E	F	G
H	I	J	K	L	M	N
O	P	Q	R	S	T	U
V	W	X	Y	Z		
1	2	3	4	5		
6	7	8	9	0		

七 電報機的自製

電報機的最主要部份是一具電磁鐵（圖 62）。現在先述它的製法：鐵心可取兩枚有大而平頭的螺釘（如圖之 a ）做，依螺釘的直徑及長，做兩個馬糞紙筒，套在長螺釘的外面，紙筒的



62.

兩端各加一圓形厚紙片 C ，以便在其中繞製線圈，線圈的繞製（方向）可參考第一節，務使當電流通時兩鐵心上端的極性不同（一南，一北）方可。導線可用直徑 0.3 毫米，每極須繞線約五六密層。

兩鐵心 a_1, a_2 的下端，各穿過一塊厚約二至三毫米的鐵板 d 的圓洞中，用雌螺旋 b 在鐵板下把兩鐵心旋緊，鐵板的兩端事先可預穿兩洞 e, e ，以使用螺釘把電磁鐵釘到座板上。

現在，再取一塊與圖 62 之 d 大小大約相同的鐵片（圖 63

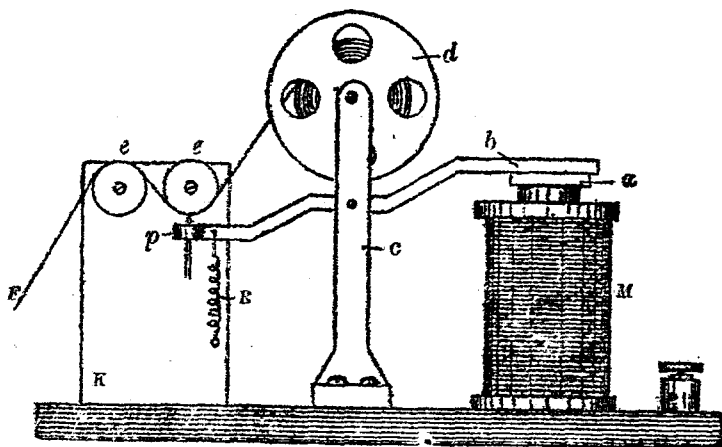


圖 63

之 a) 中穿兩洞，使能由小螺釘釘到一木臂 b 的一端；這木臂的支點釘在柱 c 的中部，以能使兩端上下稍能活動為合。柱 c 的上端裝一可以轉動的輪盤，中間捲着白色狹長的紙條。木臂的另一端裝有軟鉛筆及小彈簧 R （可用橡皮圈代）。

鐵塊 a 與電磁鐵心應隔以一層薄紙，使電磁鐵吸動鐵塊 a

時，互相不能直接碰觸；這樣才能使它們於電流停後，立刻由彈簧 R 力量互相分開。

c 柱上的捲紙盤 d 可用馬糞紙製：剪兩個大圓形和幾個小圓形，把各小圓夾到兩大圓中間，中心穿以一軸，但須使圓盤能很輕便圓滑旋轉才成；柱 c 共兩枚，可用木製，紙盤及木臂支點使都夾在中間；柱的下端用螺釘釘向座板。

找兩個普通線軸，各截去兩端，於是成爲本機上的兩個「滑輪」 e, e ，把它們依圖釘到 K 板上，使能旋轉；紙條自 d 盤出，繞過兩滑輪，當用手拖 F 端時，紙條便繞過兩滑輪 e, e ，而出；這時電磁鐵中若有電流通過， a 被吸下，鉛筆抬高，於是和紙條接觸；如你用同樣的速度拉動紙條，那末，電流通過時間較長時，鉛筆在紙條上劃出一條線(—)，時間極短，則只有一點(·)。

收報機電路的開閉由發報機管理，由電鍵的開關時間的久暫，收報機的紙條上便有(·)及(—)繪出。這樣，因了電的流動極速，所以極遠距離的兩地，電報也能立刻達到。

上面是收報機的構造，現在要述發報機，它的構造較收報機要簡單得多了。

把黃銅片曲成圖64a的形狀，兩端各穿一孔，用木削製一小柄，由一小螺釘釘牢於黃銅片的一孔上，片的另一端用小螺釘釘牢於底座。底座的另一端釘一固定銅片；當 a 片壓下時， ab 相觸，於是電路合，電流通，收報機的磁鐵被吸下，使鉛筆與紙條相觸。這發報機的黃銅片應具有彈性，手一放開，它自己便會把電路切斷，這時收報機的筆也就不再和紙條接觸。

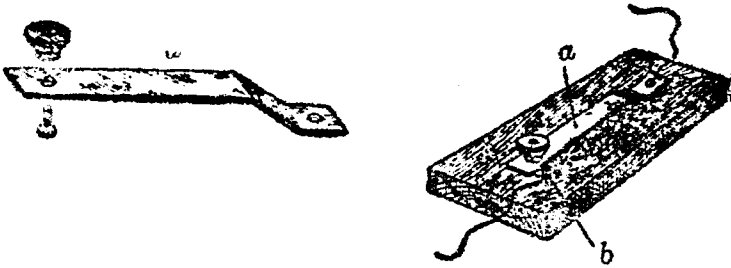


圖 64

把收、發兩機裝到同一底座上，就合成一部收發機；收、發機及電池三者都互相串聯。如有兩部收發機，便可使兩人於距離通報；不過兩機互相通報時，收發機上要各裝一具特製的開關方能應用。圖 65 是收發兩站的線路，每站的收發機各有兩接線柱。其發報機上附有「特別開關」。收報機裝在鐵盒內，和前述的收報機稍有不同；前式所收的是筆劃的長短，本機所收的

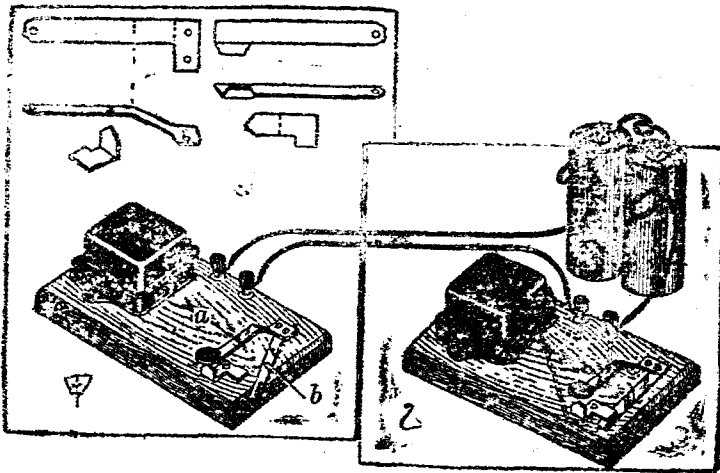


圖 65

則是聲音的久響，所以名叫「蜂鳴器」，它的構造大約和一只去掉響鈴的「電鈴」相似。

「特別開關」可依圖 65 左上端形式用黃銅片製成，它本身已具有「發報電鍵」，見圖之 *a*，所以不必另製；全機及兩機間的連接都如圖示；這機的工作如下：當左機發報時，應先把銅片 *b* 推開，而右機則須將 *b* 片閉合；圖 65 便是這時的情形。

若設法把已經製成的「發報電鍵」改善，也可不必另裝上述特別開關：在發報電鍵上面裝一黃銅括弧如圖 66，使鍵的 *E* 片由本身彈力與之相接觸。

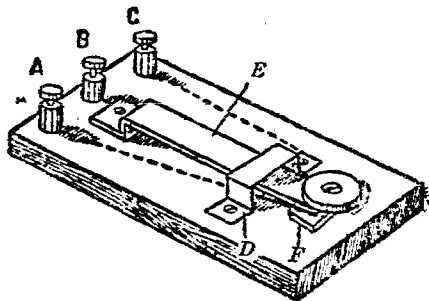


圖 65

這電鍵有三個接線柱：*A* 接至接觸片 *F*；*B* 接至 *E* 片，*C* 接至括弧 *D*，各如圖中虛線所示。

兩電報站間之連接見圖 67，它們的工作如下：當甲站發，乙站收時，甲機由 *A, B* 兩接線柱（圖 66）接出，而乙機則由 *B, C*

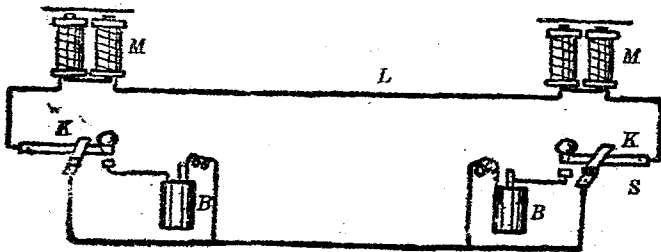


圖 67

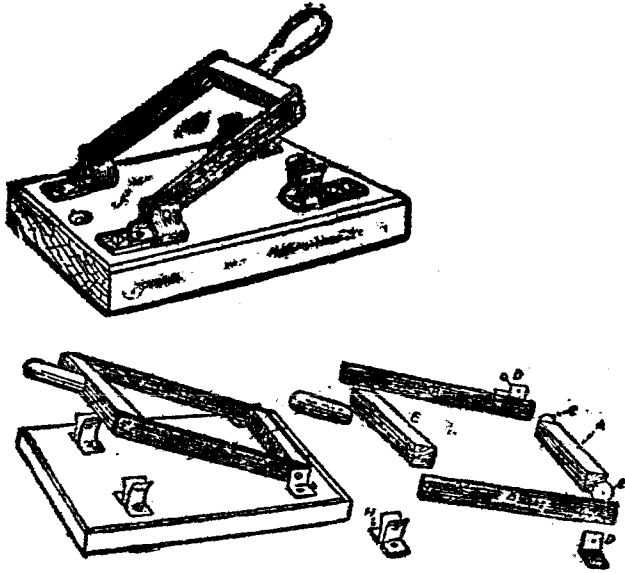


圖 68

兩接線柱接出。

爲工作方便起見，可加一「雙刀開關」於各接線柱間，則可由「雙刀」的運用，很簡單而得到 AB 或 BC 的接連，這開關的製法，見圖 68，接法則可參看圖 69。

圖 67 是兩個電報站間的線路，每站各有多組電池 B （這裏爲了簡單起見，只畫一個），把 N 站（例如南京）的發報電鍵按下，於是接入本站電池線路，電池的電流經導線流至收報站的 S （例如上海）的發報機的括弧 D 上，這 D 與 E 本相連接，於是電流由 E 流入電磁鐵 M ，

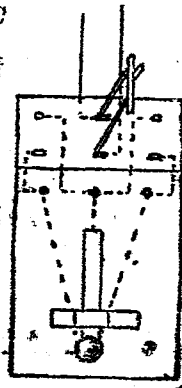


圖 69

使鉛筆在紙條上劃出「點」及「線」來；電流自 M 出，經線路 L ，本站電機鐵 M 及發報機而回至電池。

當 N 站發報時， S 站的電池線路被切斷，換句話說，便是 R 與 F 不相連接。

兩電報站間可僅鋪一線，另一線可利用大地，因為地也是導體的原故；這時收發兩站各應把一線深埋入地或繫於自來水管上，因自來水管是埋在地下之故，但於繫線前應先把管上的漆用小刀括去，至現出鐵管時方可。

電 話 原 理

電報只可以傳遞文字於遠地，而電話則可直接把語言傳達，使收聽的人可以與你面談一般。

電話怎樣通話？讓我們先看看它的構造：大家都知道電話機上有一聽筒和一說話的器具，前者叫做「受話器」，後者叫做「送話器」。先來談受話器。受話器的外形在比較舊些的電話機上是長筒形的，在新式機上，則受送二器共裝在一個筒上；受話機已由長筒形變為圓盒形了（見圖 70）。

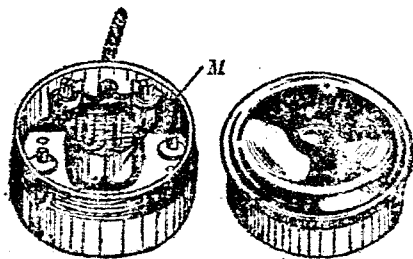


圖 70

每具受話器中有一電磁鐵，如把蓋子旋開，便先看到一塊圓金屬片——這是振動薄膜——，電話之所以能聽到聲音，它是必

具條件之一；把這薄膜取下，便可見到一具繞有極細導線的電磁鐵Ⅱ。

送話器的主要部份有二（見圖71）：A 是一塊可振動的薄膜，它和許多炭粒 B 相觸。

在電話線路中，送話器，受話器及電池互相串聯，假如向送話器發聲，薄膜便受聲波的作用而振動；因了聲音的大小不同，這薄膜也用不同的力量施到炭粒上；

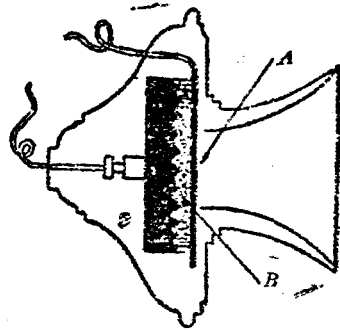


圖 71

炭粒有一個特性，就是「各粒相壓得緊些時，通過的電流便大些（即所具電阻較小）；鬆些，電流便小些，（電阻較大）」；所以，因了薄膜所施的壓力不同，線路內電流的數量也隨着改變；這電流流到受話器的電磁鐵中，因所生磁力亦時常改變，於是吸動薄膜，使其振動附近空氣，而生成原來送出的聲音。電話的原理大概是這樣。

九 兩具受話器組成的電話

簡單的電話只須有兩只受話器和一些導線（電鈴線便可用）即可，不過這種電話只能供我們研究及遊戲，因為它有很大缺點。

把兩個受話器串聯起來，向其中一個發話，另一個便會使你聽到自己的聲音；這理由如下。向一受話器說話時，由於聲波

的作用，使薄膜振動，這膜或趨近電磁鐵的兩極，或與之遠離，因此，線圈中便生出感應電流，這電流經導線流到第二受話器，入其線圈，發生大小不同的磁力，使薄膜振動，因而振動附近的空氣，於是發出可聽到的聲音。

它的缺點是在說話及收聽時須時常把受話器改換位置（時而放在嘴前，時而放到耳邊），若兩人距離太遠，更常會有同時發話，或同時收聽之情形發生，所以實用上都要各加一「送話器」才行；我們用來玩耍時，也可加入一具「送話器」，不過這時便要加入電池了。

下面所說的就是這種電話機的製作法。我們先需置備下列各物：一、無線電的聽筒二付（毋需新購，因為感受程度不必高）；二、雪茄烟木匣二只（五十支裝的木匣）；三、蜂鳴器二只（市場上式樣很多，須揀小巧的）；四、扁電池二個；五、電鈕二個；六、螺旋釘十數只，銅片數條；七、薄紙板數張。

先在雪茄烟木匣的右壁，開一長孔 F ，在這裏裝一聽筒架。

聽筒架的裝置，如圖 72 所示。聽筒架臂 B 用銅片製成。其一端穿過木匣右壁的長孔，上有圓缺，用以懸掛聽筒；一端裝於螺旋釘 G 上，使能上下活動而與銅片 E 或 D 接觸。 A 為支柱，由螺旋釘固定在木匣的後壁上。當使用時提起聽筒，彈簧 C 收縮，使架臂 B 與銅片 D 相觸。

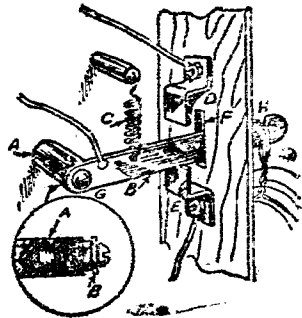


圖 72

談話畢，聽筒掛在E上，指鈎就被吸引而接觸於銅片E。又在銅片的一端，須用錫鐵錘上一條花線。

電池放在匣底，如圖 73 所示，用二銅片連接二極。蜂鳴器釘在匣蓋背部上方，匣蓋可代替其振板，使音量增大。

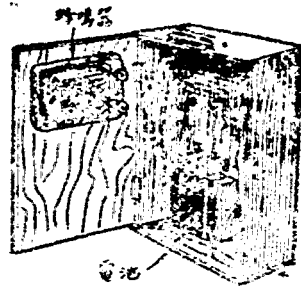
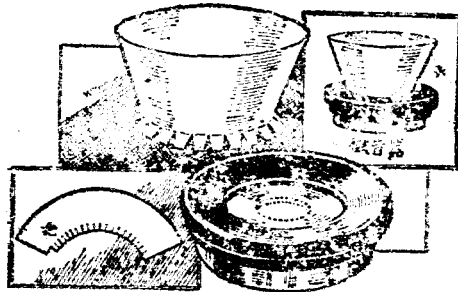


圖 73

電鈕裝在匣蓋外下方，其上裝一微音器。

微音器就是用聽筒來改造成功的。先把蓋子旋下，用挫刀把中央的孔開大，然後再在外面黏上一個用紙板做成的話筒就成功了（如圖 74）。

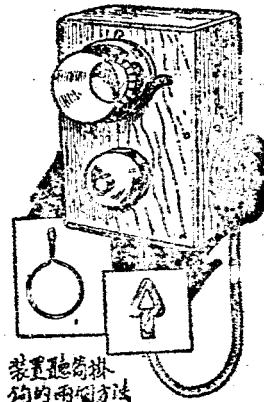


手繪合前之話筒

圖 74

現在可以把話筒裝在匣蓋上了。裝設聽筒掛鈎的方法，可以自己設計，或用螺釘釘一個鈎子上去，或用鉛絲來繞在聽筒四周，做成一個鈎子，如圖 75 所示，都可以。

接線現在已沒有什麼困難了。其路線如圖 76 所示。這兩具電話機構



裝置聽筒掛鈎的兩種方法

圖 75

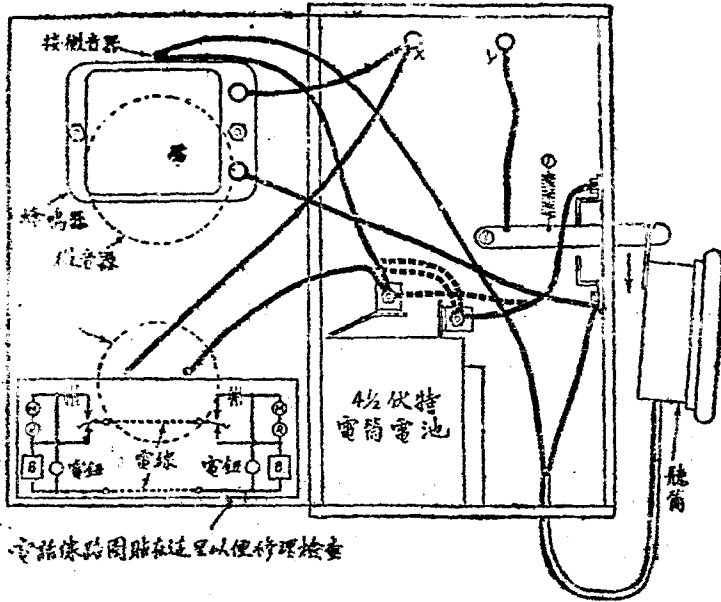


圖 76

造完全是一樣的，只要在接線的時候，注意勿把兩方面電池的同名極連在一起，如圖中虛線所示。圖 77 中所示兩機的連接方法可以看得更為明白。

這具電話機運用起來非常簡便。發話者取起聽筒，揀一下電鈕，影響到受話者處的蜂鳴器；受話者取起聽筒，蜂鳴器就停止作用，可以通話了。

如果你去約一位鄰居的朋友，和他的住宅通線，那末你們就可終日會談了。至於所用的電線，也可以只用一條，第二條就利用大地，因為大地也是導電體的緣故；利用大地做導線的方法

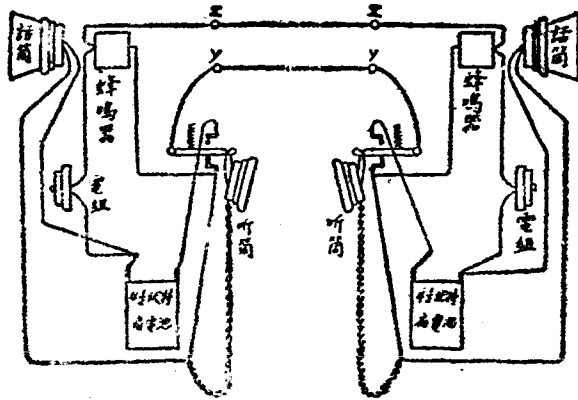


圖 77

很簡單，把一條導線一端繫着一塊金屬片，埋到潮濕的地下即可。假如家中有自來水或暖氣管的設備，那末便更便當了。只要把欲接地的線接到水管或汽管上即得，因為這些金屬管都是埋在地下的；但不要忘记把管上的油漆刮淨，否則是不生效力的，因為油漆等物能阻止電流的通過。

第六章 電 熱 器

一 電 熱 的 應 用

電熱有着很大的應用，不論是在工業上或在家庭中。前者用它的熱來銲接金屬（電銲），熔化金屬……等，後者用途更廣：大部分的家用器具，都依電熱原理製成，例如電爐，電壺等，甚至於天天必用到的電燈，也是因電熱而發光。

電熱器——凡是利用電熱原理做成的用具我們都叫它電熱器——現在已有很大的應用，最大的原因不外是清潔，沒有煙污。此外電熱器還有他種優點，第一是應用便利，只要把它接入電源，就可立即應用，第二它的熱不致過高過低，可以任意調度，這些都是其他發熱器所不及的。

電熱器既如此便利，它的構造究竟怎樣呢？

原來每一個電熱器裏都具有一個所謂的「生熱器」，這生熱器原來只是一個繞有高阻力導線的線圈，這線圈的功效如下：當電流輸入後，因線圈對於電流的阻力極大，於是發生熱；再加些合宜的裝置，於是便成為各種的電熱器了。

電熱器的內容既這樣簡單，做起來也就不甚困難，下面詳述幾種日用的電熱器的製法，但電熱器的種類正多，下面只是常見的幾種而已。讀者們如果能運用腦筋，當可做出多少新奇，有趣而且實用的電熱器來！

二 「電能」怎樣變成「熱能」

無論何種導線，對於電流的流通都具有若干「阻力」，這阻力的大小要看這導線的材料，長短以及粗細而定；同一材料的導線，線愈長，愈細，則阻力也愈大，反轉說，線愈粗，愈短，則阻力也愈小。

電流通過具有阻力的導線時，因須剷除前途的阻力，因而消耗一部份「電能」，這一部份「能」並沒有真真耗費掉，原來它會使導線生熱，——電能化爲熱能。

這熱度大小關係於電流：電流如增加兩倍，則導線由它所生的熱將增高四倍之多，換句「科學化」些的話說，便是：「熱度的增加和電流增加的平方成正比例」，當然，同一的電流流過較大阻力的導線，所發的熱要更多些。

電流流經導線所發生的熱等於：

$$Q = 0.24 ri^2t \quad (\text{焦耳定律})$$

式中的 Q 表示因電流 i (單位爲安培) 流過具有 r 歐姆之導線，於 t 秒時間後所生的熱量，它的單位是「卡路里」(凡能使一克水的溫度加高 1°C 的熱量叫做「卡路里」)。

如欲熱量增加，應該怎樣？有許多人將不加思索地回答說：「一定要增加阻力才成」；但這便錯了，因為增加阻力，一定要當電流一定不變時才可增加熱量，但如增加阻力，在一定電壓下，依歐姆定律，電流必減少，電流如減少則使所生的熱量也隨着減少，並且是依着平方減少，於是熱量不但不增多，反而減少

起來，所以，「如果想電熱器發生大量的熱，應該竭力設法使通過的電流增加，換句話說，就是減少電阻」。

這樣，我們的結論是「電熱器的製造需要有高阻力的導線，但同時又不該使電流太減少」。

平常家用的保險絲大概可以通過四至六安培的電流，這就是說，進入到室內的電流最多不能超過這數目，否則這保險絲便會鎔斷而致停止電的流通。現在，假定我們以五安培為最高電流的限制，則在普通家用電燈線路的電壓下（120 V），依歐姆定律，我們的電熱器的電阻不應小於 $R = \frac{120}{5} = 24$ 歐姆，否則電流過大，將燒毀你的保險裝置。

三 煮滾水的代價

假定某個煮水用電熱器需120伏特電壓之電流五安培，則可計算它所耗的電能和電費的價目。

「電能等於電流與電壓之乘積」。那末上述電熱器的「能」便可很簡單的由 $5 \times 120 = 600$ （瓦特）算出；至於價目，要看當地的電價而定，假定每仟瓦小時（關於「仟瓦小時」可參閱第一章第五節）須洋二角，則可由此計算出所耗的電費：

每仟瓦小時值洋二角，則每瓦特小時值洋 $\frac{2}{1000}$ 角 = 0.02 分。

上述電熱器（六百瓦特）如用一小時則應付電價：

$$600 \times 0.02 = 12 \text{ 分} = 1 \text{ 角 } 2 \text{ 分}$$

但用電熱器煮水至滾，大約至多只需十五分鐘，即四分之一

時，所以煮滾水的代價為：

$$0.02 \text{ 分} \times 600 \times \frac{1}{4} = 3 \text{ 分}$$

每種由工廠製造出來的電熱器，外面大概都附有一種小銅牌，上面寫明適用的電壓和電能二者的數量，於是便可很簡單的利用上法計出某時間內用電的代價了。

四 最簡單的煮水器

這煮水器的確可算最簡單的了，假若你試做一具便可覺得。

做這煮水器的材料只要一條細玻璃棒和直徑是 0.3 毫米的尼克林線。

在動手製作前應先計算一下，這器要用 0.3 毫米的尼克林線若干：

前面電阻器製法中曾有一公式： $R = \frac{l \cdot \rho}{S}$ ； R 是以歐姆為計算單位的電阻， l 是單位為米突的導線長度， ρ 是電阻係數， S 是以一平方毫米計的導線截面積。

這煮水器的電阻不該小於廿四歐姆；尼克林線的電阻係數為 0.4，線的截面積 $S = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 0.15^2 = 0.07 \text{ mm}^2$ ，將以

上各數值代入 $R = \frac{l \cdot \rho}{S}$ 式中，得：

$$24 = \frac{l \times 0.4}{0.07} ; l = \frac{24 \times 0.07}{0.4} = 4.2 \text{ m.}$$

答：需上述的線四又十分之二米突。

這答案告訴我們說：這電熱器如要用尼克林線製，要用四又十分之二米突長；平常的電熱器都很小巧，沒有長至數米突的，

所以想把這樣長的線製到小巧的電熱器上可把這導線繞成螺旋形狀(圖 78)。這樣的製法,只要相鄰的各圈線不相接觸,線的電阻是不會減少的。



圖 78.

把繞好的尼克林線圈放到欲煮的水中, 通以電流(直接用城市電燈的電流), 這線圈便會生熱而在數分鐘內使水沸騰, 這樣的煮水器可謂簡單極了!

如果要使這簡單的煮水器用起來比較方便, 可把繞成螺旋形的尼克林線再繞到一只圓柱形瓷筒或玻璃筒上如圖79, 筒的大小並沒一定的限制, 不過這裏也可以給你一個大概: 長約二十厘米直徑約一厘米; 又, 螺旋形的線圈因還要繞到玻璃管上, 所以它本身不可繞得太粗, 大概有普通吃飯筷子相似的粗度已很夠了。

線圈的兩端各銲接一條銅線(須要用直徑約為一毫米的, 有包皮的銅線), 銅線的另兩端接到「插頭」, 這樣, 應用起來, 只把煮水器放到要煮的水中, 把「插頭」插入「插座」, 便可以很便當的在極

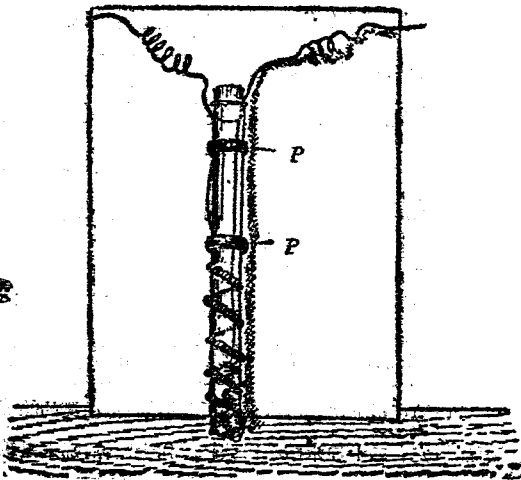


圖 79

短時間內把水煮沸了。

當把線圈繞好於玻璃棒上後，應慎重查驗其中是否有「短路」（即查驗線圈間是否有相靠連地方），這可由下面試驗查知：把這（或其他欲查驗的）電熱器和一盞一百瓦特（100W）的燈泡串聯，然後通以電流；如果電燈較平常暗了些，而且電熱器的線圈也漸生熱，這是「沒有短路」的表示，便可以應用；否則，如燈光和平常一樣光亮，而且線圈也不生熱，這是「有短路」的表示，應該取下仔細檢視，設法把短路除去後方可應用。

圖中的 *PP* 各為小橡皮圈，是用來把線圈夾緊在圓筒上的。

簡單煮水器的製法已說過了，現在順便說幾句關於求電阻線的長度的話。

假如我們有一條金屬線，但不知它的直徑^(註)或不知它是由何種物質製成（換句話說，便是不知這線的電阻係數），則可由「試驗」來決定做電熱器所需的長度：

在牆上於距離十米突的兩點各釘一鐵釘，將長十米突的未知金屬線的兩端各繫在釘上，使這線在兩鐵釘間拉直，並使它的任何一部不得與牆壁接觸；在這線上通以「電燈線路」的電流，於是全線便漸漸生熱。

電熱器具內「生熱器」的線大概以熱至燒紅為度，若過於受熱，則線將很容易被熔斷（如本節所述的「生熱器」因為直

(註)可用下法來解決這直徑的問題：把欲測的線繞在一條圓棒上，各圈應互相緊貼；假定在二十厘米距離內共繞了四十圈線，那末這線的直徑必是：

$$\frac{20}{40} = 0.5 \text{ 毫米}$$

接放到水中，可例外的把線用短些，即使電流通過多些，因為有水在旁，可使之冷卻，所以不愁熔斷；反之，電爐，電灶等則要用較長的線才好）。

上述的繞線試驗，在未知直徑及電阻係數的線固屬必要，即已將線的長度用公式求出，最好也來試驗一次；如果通過電流後線被熱至紅色便不再熱，於是這線便可應用；否則，若紅色後更熱下去，這線便須加長些；如果電流通後許久線尚未現紅色，那末應把線的長度減少。

線之所以要這樣檢驗，因為若太長，則用起來金錢及時間上都不經濟；反之，若太短，則很容易被熱熔斷的原故。

五 鐵 罐 改 成 的 電 鍋

先找一個不太大的鐵罐，把不平的邊緣用剪刀切去，並用錘把邊緣錘滑，於是便得到一只沒柄的杯子；我們可用它來做一具小電鍋。

先在這鐵杯的下半部包以石棉（圖 80）。然後再取直徑 0.3 毫米的尼克林線，照前節的方法計算所需的長度，並通以電流，試驗這長度是否合宜。最後，把線全部繞在石棉上。但應使每圈線間至少留有一毫米的空隙，不相貼靠，以免有發生短路的危險。

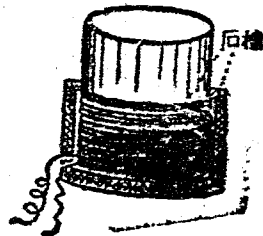


圖 80

線的兩端各接一柔軟的銅質導線，以便引入電流。線繞好

了之後，外面再包以一層石棉，兩條銅質引出線由外層石棉的下面作洞引出，然後，把石棉的外層用絲或棉線綁緊；把兩條引出線接到「插頭」。用時只須把這「插頭」插往「插座」，幾分鐘後，便可燒沸一杯水了。

上述的「石棉」是一種不會被火燃燒的物質，同時它也是一種很好的「絕緣體」，他不僅對電絕緣，對熱也具有同樣功效——不使杯中的熱傳到外面去，同時也不准外面的冷傳到杯內來。用水浸透的石棉很容易彎曲，所以在把石棉繞往杯子上之前，可先把它用水浸透，包在杯上；乾後，它已不再伸直，同時，又具有它原有的「絕緣」及「耐熱」性了。

六 平 電 爐

把石棉剪成長方形，相對的兩邊各穿一排小孔（見圖S1），

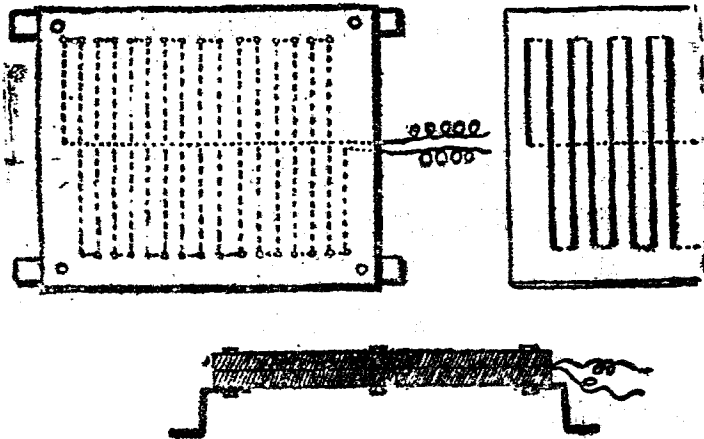


圖 S1

然後把電阻線（例如尼克林等）依相對的孔穿繞，將全張石棉繞滿，然後把線的兩端由石棉下引出。

電阻線繞好後，上面蓋以一層石棉（最好用雲母片），下面則托以一厚層石棉。

切兩片較石棉片約大二厘米的鐵板，兩邊各鑽數孔，使能穿過螺釘，這兩鐵片一片壓在石棉上面，另一片托在厚石棉片的底下，兩片用螺釘旋緊，把石棉片及電阻線緊夾在中間（見圖 81）；下面的鐵板旁更可裝四隻鐵製的腳。

全部工作中最緊要的是不應在任何地方有短路發生，這可於全部裝竣後依第四節所述的方法，用電燈來試驗。

這平電爐並非一定須做成長方形，也可以做成其他形狀，做的方法並不改變；若能找到兩只圓形鐵碟，用來做成一具圓形平電爐，那自然美觀得多了。

七 電 爐

這裏說的只是一具很簡陋的電爐，如圖 82。它的製法和前述發爐大致相同，所以這裏只簡單說明如下：找一個圓鐵罐（大小隨意），外面包以一層石棉，石棉上面繞以尼克林線（線的直徑及長度可

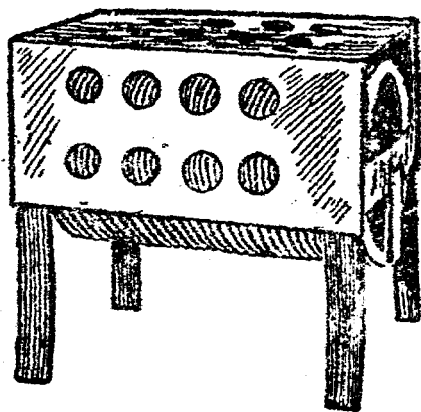


圖 82

自己計算及選擇)。此外,可用木柱做四隻爐腳,爐面更可做一鐵蓋蓋覆,這鐵蓋必須穿有多孔,使熱能不困難地傳出。

× × ×

上面只是幾種最普通,最簡單的日常用具的製法,但除此而外,還有許許多多電熱用具可以自製,譬如,把日用的炭熨斗「電氣化」。在熨斗的底下舖以一層雲母片或石棉,上面繞以適當的電阻線(不可有短路);線上蓋以一厚層石棉,使熱不致外逸;兩條引出線在熨斗後面引出時,可以先在銅線上套以一小段細橡皮管(或瓷管亦可),以免導線包皮萬一破損,會有發生短路的危險;熨斗中的空餘地方可注入深約二厘米的玻璃溶液,這樣,便可使生熱器緊貼熨斗之底了。

同樣的,許許多多需熱的用器,例如暖手爐等,都可使之「電氣化」,方法和上述幾種大致相同,這裏不一一列舉了。

第七章 電的化學效應

一 電 解

什麼叫做電解？讓我們先做一個小試驗。取一個玻璃容器，內盛硫酸銅溶液，並放入一塊紅銅片和一塊炭精片，如圖 83 用導線把電池的正極接向銅片，負極接向炭片，硫酸銅的溶液就被電流所分解：自溶液中析出的純銅凝集於負極（炭精片），而溶液所失去的銅，仍由銅片溶解來補足。

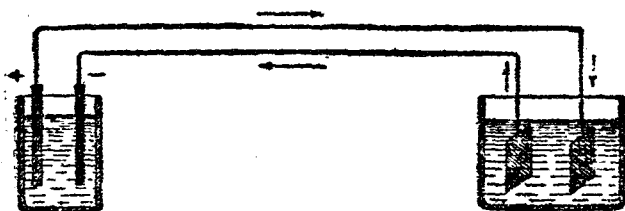


圖 83

如果不用硫酸銅而取用其他各種金屬的「鹽」例如銀鹽，鎳鹽等，並且把正極也改用適當材料——銀或鎳，則這些金屬也將在負極析出而在這上面鋪成一層均勻的金屬。

凡通電使一種化合物分解的現象，便叫做電解。

電解在工業上的應用很廣，它最普通的應用是「電鍍」和「電鑄」。電鍍是把金屬鍍在其他金屬的表面，「電鑄」則是把各種形式的物件製成一金屬模。

應用電解，可以在各金屬物表面加上一層鍍層，使不生鏽；又可以在金屬物表面加上一層「克羅味」，使之更加堅固。應用了電解，又可以提煉純金屬，例如「鋁」，這是航空工程中不可少的原料；又因電解時負極上所積聚的是「純粹的金屬」，所以「電解」又被用作除掉金屬中雜質之用。

電解的原理是電學大家法拉特氏所發明的，法氏告訴我們說：「一定量的電流流過某溶液後，一定分析出定量的純金屬」，例如一安培的電流通過硫酸銅溶液，每秒鐘便能分析出百萬分之三百二十九克的純銅。這通過電流的溶液叫做「電解液」，裝盛這溶液的器皿，叫做「電解槽」。

我們做試驗時，電解槽可用小型的玻璃或磁料器皿，但大規模的工廠中的電解槽卻是用木或混凝土製成的，容量很大。

在電鍍時（例如鍍鋅，鍍銀，鍍銅……等），應該使析出的純金屬緊緊貼佈在被鍍物體的表面上，並且要得到一平滑的表面，沒有任何的缺陷才好。然而這並不是很容易的事，這必須預先把欲鍍的物面加意洗刷乾淨才成，因為表面上的一切酸類和油層等等，都會妨礙電鍍的緣故。

洗刷時可先用一塊浸透揮發油的棉花把物面洗淨，然後把欲鍍的物件塗以一層粉筆末和水的混合物，用小刷子把面上的粉筆末細細刷去；最後，再把這物件放到清水中。假如物面上有油漬的話，也可以先把物件用蘇打水洗刷，然後再用清水漂淨。

洗刷乾淨的物體存在清水中，目的在避免物面在空氣中受氧化或染塵。又在攜取物件時，絕對不可用手摸，否則手指上

的油漬，將留在物面，而致妨礙電鍍了。

欲鍍的物體應在電鍍槽中通有電流時方可放入，否則物體將和電解液發生化學作用而致改變它的成分。

現在，大概你已覺到電鍍工作是需要絕大的耐心和注意了。電鍍時必須注意到所需的電流和電壓是否適當，接線有否錯誤，溶液配合的分量是否準確，物體的表面有否染污等等。

某種金屬並不一定能直接鍍以他種金屬。有時，要先鍍以另一金屬在中間，然後再鍍以所需的金屬，這樣才能有好的結果，而不會剝離。

電鍍時，電解液可用欲鍍金屬的鹽類的溶液；前面已經說過。當電解時，純金屬便會在負極析出，而溶液所失去的金屬便由正極補足。所以正極一定要用與由溶液析出的金屬同樣的金屬來做。例如鍍鎳時用硫酸鎳溶液，於是正極必須是一條鎳棒或鎳片。

電鍍槽可用玻璃、瓷或塗有珪瑯質料的容器來做。它的容量至少要能夠把被鍍的物體全部浸在溶液裏，並且不致和容器的底部接觸為度，同時正負兩極間的距離也不應小於一厘米。

槽上橫放兩條金屬棒（可用去掉包皮的粗銅線），其中一條用導線接到電池的正極，另一條接到負極。把用來做正極的金屬片用小金屬鉤掛在正極軸上，而欲鍍的物體則用金屬鉤掛在負極軸上，一切如圖 84。

如果想使被鍍物的前後能得到一均勻的金屬層，可以做兩個正極，使負極立於兩極中間。又，正極的大小，大致應和被鍍

物的面積相同。

電鍍的電流必須用直流，並且只需很小的電壓，所以可取用於兩三個重力電池（見第四章第六節），如有「蓄電池」則更好；如欲使用交流（平常家用電燈多是交流），則事先必須「整

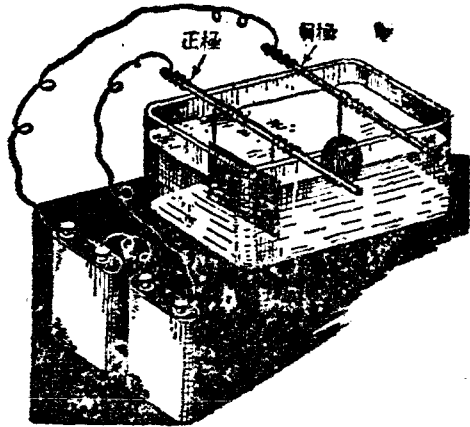


圖 84

流」，並降低電壓到適當的數值才可。

電鍍時最不宜心急，因為金屬分析得愈慢，那末物面上所塗的金屬層也愈均勻，愈純粹，愈堅牢。

下面是一個電鍍槽中電流和電壓的表：

方法	電壓(伏特)	物面每 100 cm^2 的電流(安培)
鍍銅	0.5-1.5	0.3-0.6
鍍鎳	3-4	0.3-0.6
鍍銀	0.5-1.2	0.2-0.5

二 鍍 銅 法

鐵，鋅，鋼等金屬物件，表面都可鍍銅，如果事前能把物面洗刷乾淨，這銅層便可很堅牢地附着於物面，並且可達到任何厚

度。

鍍銅時所用的硫酸銅溶液請照下表配製：

水 1000 克 (1升) 硫酸銅 100 克

硫酸 100 克

硫酸銅應取用最純潔的，使溶液中不致有雜質發生，上表各項的數目可以共同依比例增減：例如取水二升，則其他各項的數量也應加多一倍。

鍍銅的正極，大概你已知道，應用純銅片，這銅片預先也應和被鍍物體同樣的洗刷乾淨，使沒有油污等附着才成，大小應大致和被鍍物體相同，這銅片由一小銅鉤（可取細銅絲爲之，但須刮掉包皮）掛在正極軸上，負極軸上則只掛欲鍍的物品。

鍍時先把電鍍槽內部洗淨，把電解液注入，槽上橫着的兩根粗銅線各接至電池的正負極，最後，把正極（銅片）和負極（欲鍍的物品）用小鉤分掛在正負軸上，於是電鍍開始。

相當時間後，可用手提小鉤（但不可觸及物面）把被鍍物件提起，如見面上已鍍有均勻的一層銅，便可取出放在清水中洗淨，否則須再放入槽中，繼續鍍下去。

同上的方法，可把鐵質物件鍍以鋅層；只須將溶液換以硫酸鋅，並把正極換一鋅片即可。

三 鍍 鋅 法

鍍鋅時要非常謹慎才能得到好的結果：物面須洗刷到絕對清潔，沒有任何油污，否則所得的鋅層必不光豔，而且極不堅

固。

鍍鎳時用的電解溶液配製如下：

沸水 2500 克 (2½ 升) 氯化銨 100 克

硫酸鎳 200 克 檸檬酸 8-10 克

把這混合液燒至沸騰，然後加以二升半的清水，所得溶液不應該是酸性的，可用試紙試知：藍色試紙不應變成紅色，而紅色試紙放入則應稍呈藍色，假如試紙變紅，這是表示溶液呈酸性，那末要加入幾滴戊醇。若溶液鹼性過強（紅色試紙呈藍色），則須加入少許檸檬酸。

所鍍的物品，若在鍍鎳之前先鍍以一薄層銅，則所鍍於銅層上之鎳層，可較堅強。

第八章 電 動 機

一 電動機的應用

假如你走到大工廠去，你會很驚異的看到許多巨大的機器在轉動着；夏天天氣熱了，誰都知道去開電扇取涼；理髮師會用一個蝸牛形的東西為你吹乾濕的頭髮；街上的有軌或無軌電車在滿載乘客奔馳；潛水艇可以潛航水底……，凡是上述的一切動作都由本章所要講述的「電動機」得來。電動機的用途除上述各種外，其他的用途還不知有多少，這裏不能一一列舉。像這種「萬能」的機械，我們對它應有相當認識，下面便是它的工作原理和供我們研習的幾種小機型的製法；讀者如能照樣製備一具，便可用它來做出許多有趣的試驗及帶動各機器的模型，趣味真是無窮。

在目前，原動機除本章所述的電動機外，還有多種，例如蒸汽機，內燃機……等，但電動機的應用最為普遍，因為它較之其他各式機關，有着下列各優點：一、起動迅速；二、工作清潔；三、絕少噪聲；四、容易管理；五、效率高；六、能源的供給簡便。不過在交通上，例如火車，汽車，電動機還未能奪得蒸汽機及內燃機的地位，因為電能須藉導線傳送，於是要架設「空中線」，和現有電車一樣，但這樣則對於汽車的路線便將固定，而對於長距離的火車空中線的鋪設，鋪設費未免太大；因此，蒸汽機和內燃

機還有應用的地方。

二 電動機的原理

爲了讀者對於學理的研討，不覺得枯燥無味起見，讓我們先來做一架最簡單的模型來玩玩，然後再來介紹它「轉動」的理由。

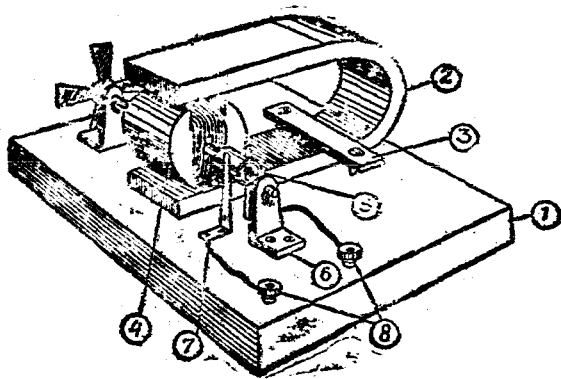


圖 85

做這模型時最好時常參看圖 85，它一定可以幫助你了解一切。現在先把圖中各件的名稱寫在下面：(1)木製的底座；(2)馬蹄形磁鐵；(3)用來把磁鐵釘牢在底座上的鐵片；(4)電動機的旋轉部份，叫做「電樞」；(5)接至電樞的線圈的銅片，電樞旋轉時，電流由此流入線圈，這銅片我們叫它做「整流器」；(6)支架電樞的兩軸承；(7)電刷，輸入的電流可由此傳往各銅片而入線圈；(8)兩枚接至電刷的接線柱，轉動電動機的電流便自此流入（只須用兩銅線將兩接線柱及電池的兩極相連即可）。

電流由接線柱流入，經過兩電刷，及輸電器而至線圈，使發

生磁場，於是電樞便起始旋轉；至於為什麼會旋轉，後面還有說明的機會，現在先述它的製法：

轉動部份——電樞——本來都用鐵製，但是爲了使這簡單的模型更加簡單，不妨先試用木製。它的長度等於你現有磁鐵的闊度，它的直徑（因爲它是圓筒形）則要比磁鐵兩極間的距離小約二至三毫米。

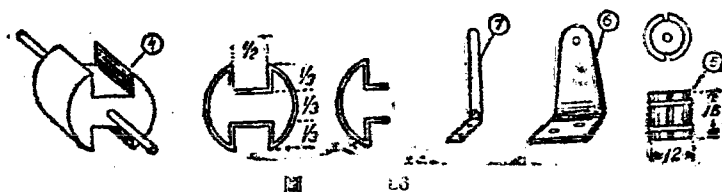


圖 86

這電樞的相對兩圓面各挖一條方形溝（圖 86 之 4），溝的闊度等於直徑的一半，深度各等於直徑的三分之一。

前面說過，電樞本是鐵製，所以如果我們把這木製的電樞包以一層鐵皮，那末這小電動機便能使你更滿意些。取大小和電樞相同的鐵片，把它曲成如圖中之形，這片要做兩個，當它們包到電樞上的時候，要使相對的兩邊互相觸接。

這電樞的溝內滿繞以直徑爲 0.3 至 0.4 毫米的有包皮導線（以銅質導線爲最佳）；最好先把電樞的溝包以一層薄紙（如果電樞外包有鐵皮的話），以免導線的包皮被鐵皮的邊緣刮破，致和鐵皮相接而成爲短路。

導線繞時務使均勻，相鄰的兩圈應互相緊靠，直至填滿小溝爲止。

在電樞的正中（注意，要十分準確）對直穿一個洞，中間插

入一條鉛絲，用來做軸。

線圈的兩端用導線接到整流器的兩金屬片上，這整流器(圖 85 之 5) 的製法如下：把直徑十二至十三毫米，長十五至十八毫米的一小段銅管分成兩個半管形，另用木條依管的粗細做一小圓柱，把兩個半管用絲線或棉線縛住在小圓柱的兩邊，縛時要注意不可使兩銅片互相連接；小銅管如不易找到，可用鐵或銅片屈成兩個半管來代替；在這整流器的木柱中間對穿一孔，緊插在和電樞同一的軸上，如圖 85，並須使兩銅片中的間隙與電樞的「溝」的方向相垂直。

現在要把做成功的電樞和整流器裝到兩個磁極中間。把電樞和整流器的共同軸的兩端支在兩個軸承上，這兩個軸承可取較厚的鐵片或銅片屈成如圖 86 之 6 的形狀；它上面的軸孔的位置，要看兩磁極間的距離而定，最要緊的是應使電樞能恰恰在兩磁極間旋轉，沒有和任一磁極相碰撞才成。

軸承的另一端(下端)預先穿兩孔，預備在電樞裝入後可用螺釘把兩個軸承釘牢在底板上。

電樞的線圈內要有電流通過才可以轉動，但這電流怎樣才可以流入呢？這很容易，可由所謂的電刷引入；普通之實用電機的電刷大都是炭製的，也有用銅做的，但這裏為求簡單起見，所以只用兩片極薄的銅片，甚至用兩條細銅絲曲成圖 86 之 7 形來代替；兩電刷做成後，分釘在整流器的兩旁(圖 85)，但必須使它們的上端都都和整流器上的一片銅片相接觸，因為只有這樣，電流才能流通；但同時也不可相靠得太緊，以免因過大的壓

力而妨害電機的轉動。

一切都做好以後，便可試驗它的效力了，先用手輕輕轉動機軸，如果它的轉動很靈活，而且電樞的任何部分都沒有碰及磁極，同時如果磁極和電樞間的間隙又很小（最好不大於一毫米），那末，一個乾電池已足使它旋轉了；萬一一個電池的力量過小，不能使之轉動，那末可用串聯法加接以另一電池，直至起始轉動為止，每加一電池後，如電樞不動，可先用手幫助起動，如仍不轉，方再加電池。

如果你有興趣，不妨在軸的一端加裝一枚薄鐵片製的旋翼，這樣便成功了一架夏天用的小電扇了。

機型造成功後，進一步應該知道它為什麼轉動；下面更是這問題的答案：「如果把一條通有電流的導線放在磁場中間（兩磁極之間），那末這導線將向一定方向移動」。

導線移動的方向，可由所謂「左手定則」查知（圖 87），如果把左手的掌心放向北磁極，並使中指指向電流流動的方向，那末你的大姆指所指的方向便是導線移動的方向。

如果在兩強力磁極中間放入一條繞成方框形的導線（圖 88），用兩個「半環」（即半枚圓環，

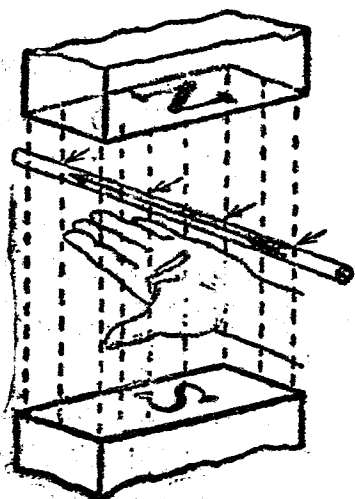
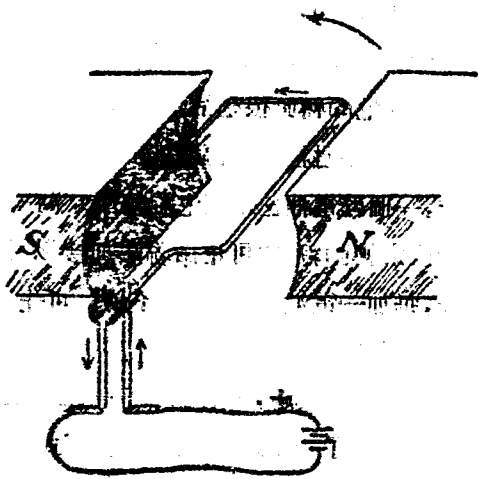


圖 87

功用等於上述的整流器)及電刷接入電流,使電流依圖中箭頭所示方向移動,那末這線框將依大箭頭所示的方向旋轉;因為應用左手定則,知道右面一段導線將向上移,而左面一段則向下移,於是得到旋轉運動,直到線框在兩磁極中間旋轉一百八十度為止。



圖

如果這時把輸入電流的方向改變(把接往電池的兩條導線對調),並把線框依方才旋轉的方向轉動少許,使和 SN 軸成一小角度,那末電樞又將依方才的方向轉動半圈。

這樣,若想電樞繼續不停地旋轉,應該怎樣做法呢?

上面已經告訴過你,假如你會留心,便可回答:只須在每轉半圈的時候(即當線框每次和 SN 線平行時),把電流流入的方向改變即可。

但是,普通電機每分鐘旋轉圈數都在數百次以上,想用手來為它改變電流的方向是不可能的,所以應該有個特別裝置,使能自動改變流入電流的方向才好;這特別裝置怎麼樣做呢?

把你的手製的小模型拿來一看便明白了：線圈兩端接在整流器的兩銅片上，兩銅片和「電刷」相靠，而兩電刷各接向一個電池的兩接線柱，於是電流就能自電池流入電樞線圈，而使電樞不息地轉動了。

現在，再仔細想一想：電流通過後，線框（也便是電樞的線圈）旋轉半圈（即一百八十度），大家或以爲它要停止了，其實並不，因爲當它旋轉半圈的時候，和它同軸的整流器也旋轉半圈（注意，兩電刷的位置是固定不變的）；那末假定方才由刷子輸入的電流是由整流器的甲片入而自乙片出，那末，轉動半圈後，由刷子流入的電流便已改由乙片入而自甲片出了；線圈中電流方向於是和前相反（注意電刷上電流的方向是固定不變的）。電流流入的方向既已可自動改變，於是線框便可旋轉不停了。

假如想電機的旋轉力加強，可把上述的線框改爲由多數線繞成的「線圈」（要用包有絕緣物的導線）；我們的小模型便是如此做成的。如果要旋轉力更大，除加多線圈外，並可加多線圈的組數，各繞在不同的溝內，這時整流器上的銅片數目自然也要增加。如果各組線圈能繞在鐵質的電樞上，那末旋轉力會更其加大，因爲鐵的「導磁性」較空氣及其他物質好得多，磁場會因此而加強的緣故。

上述的小模型，磁場是由一個永久磁鐵所生，但實用的電機則多用電磁鐵來代替，因爲後者能生較強的磁場。

上面只是關於電動機的一些概念，而且只述及直流電機，但這已是很有趣了，如果你想明白得更詳細，知道得更透徹，那末

最好去專門研究電機。

三 實用電機的構造

前面所說只是簡單的模型，至於實用的電機，它的構造當然要比較繁複，本節特把它構造的大要略說一下：

請參看圖 89，那裏告訴你一具整個的直流電機的形狀和各種零件。

假如把它的兩個側蓋 c 及 d 拆下，並把電樞 e 取出，那末便只剩一個圓形的鐵殼，名字叫做「軛」(b)；這軛是由鋼片製成，裏面裝有數對電磁鐵 (g, h)，每一電磁鐵各由鐵心 j 及線圈 i 組成。磁鐵的近電樞的一端，有稍大於磁極的鐵塊，名叫極靴，面作凹入圓形，能恰把電樞包圍，用途在使磁流得以較均勻地分配在磁極和電樞之間。

電樞的軸承是兩側蓋中間的孔，側蓋之一的裏面附有兩枚電刷（見 d ），各立在一特製的支架上；刷子大半是炭精製，裝在銅質套管裏；兩電刷各有一柄，由側蓋的上端引出，使可用來隨時改變刷子的位置。

電樞的鐵心 (k) 由多數薄鐵片組成，各片呈圓形，但都製有缺口，當把許多同樣鐵片集裝起來後，便成爲一個圓柱形鐵心，上面有許多狹溝，可以把線圈裝在裏面了（這鐵片每片的形狀如圖之 m ； e 是裝好的電樞的外形）。電樞之所以不用整塊的鐵或鋼來做，因爲它們易於生熱，但由多數互相絕緣的鐵片組成的電樞，就比較好得多了。

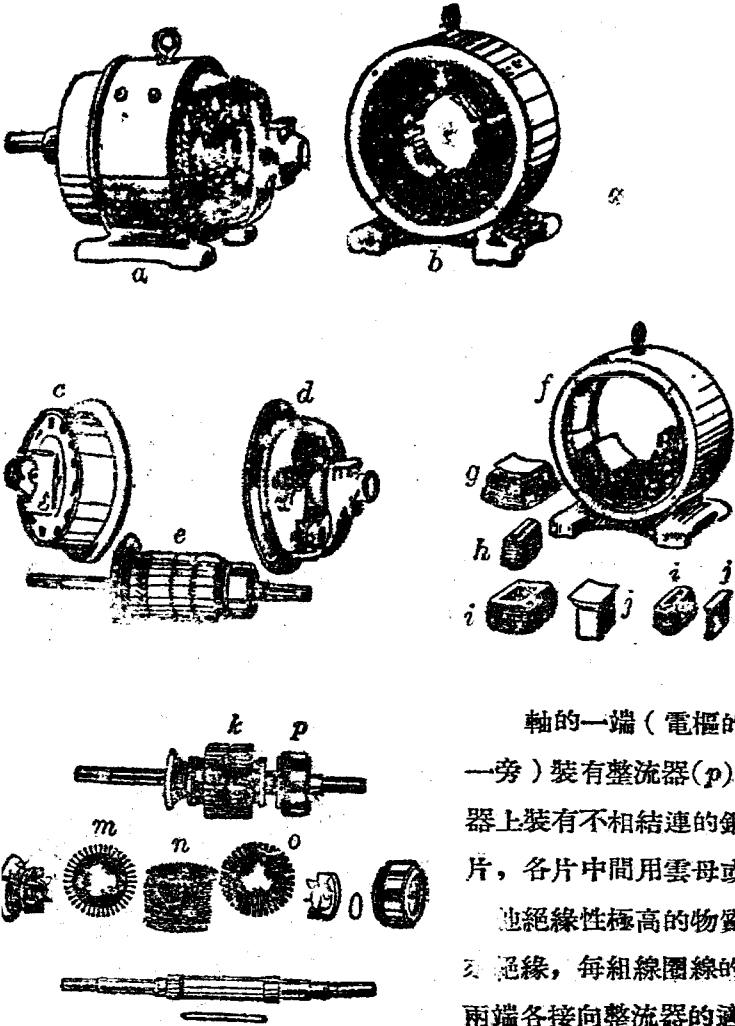


圖 89

軸的一端（電樞的一旁）裝有整流器（*p*），器上裝有不相結連的銅片，各片中間用雲母或絕緣性極高的物質來絕緣，每組線圈線的兩端各接向整流器的適當銅片上。

普通電動機每分鐘大約可轉一千二百至一千五百轉，因了速度很高，所以各線圈都緊置在電樞上的溝中，否則離心力會使它們從溝中擲出，於是電機便要受損了。

軸的一端有一皮帶輪，可由皮帶把電樞所生的旋轉運動傳送到需要的地方（例如車牀，各種機器等）；也有不用皮帶，而用齒輪的，但是作用都相同。

普通的一部電機大致如此。

四 直立式電動機

圖90所示的電動機和實用電機的外形完全不同，但因為它很易於自製，所以寫在這裏，而且它的轉動原理也和其他電動機完全相同。

這機和以前所做的小模型的最大改良便是已不用永久磁鐵而換以電磁鐵(1)來代替了。這電磁鐵的形狀像一個方形括弧，兩旁都繞有線圈。這電磁鐵是取直立位置，而且直接釘向底座。電樞(2)於是也直立的站在磁鐵中間，整流器(4)裝在軸

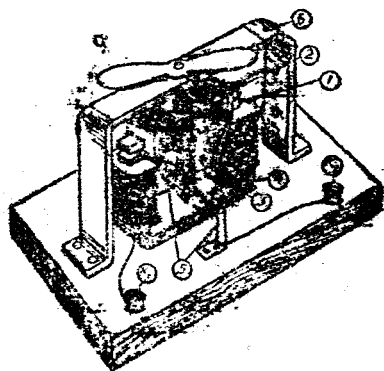
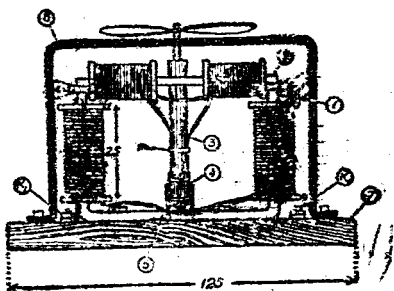
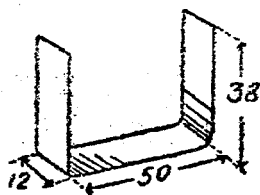
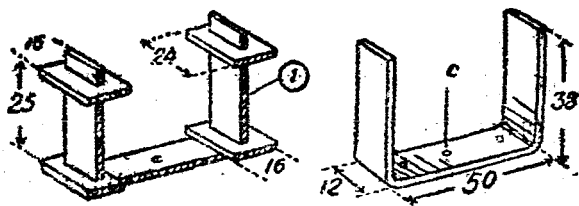


圖 90

(3)的下面。

電刷的支架(5)做成L形，並釘牢在底板上，支架頂端鉗牢兩條細而光滑的銅絲。這兩銅絲的另一端各貼緊在整流器的銅片上。

軸的一端插到電磁鐵的孔內，另一端插入大括弧(6)，這大括弧用來做軸承；它的兩足也釘牢在底座上。



14 91

先來做電磁鐵。這電磁鐵的鐵心是一個由許多薄鐵片集合成的一個括弧；先依圖 91 的尺寸（單位都是毫米），曲成最外面的一只括弧，然後依它內部的大小曲製第二只，依第二只內部的大小曲製第三只……直到把各括弧收集起來能有四毫米厚才成；這種鐵片大概要曲製十片左右方才足用，不過總要看所用鐵片的厚薄而定。

各鐵片製成後，就裝在一起。這時要注意，務使各片都互

相緊靠，沒有間隙才好；同時，各片的邊緣也應光滑，以免損害導線的包皮；有不光滑地方，可用細銼刀銼平。

用鐵釘在這些集疊好的各片中釘一直徑為一毫米的孔(c)，約深一至二毫米即可，不可全部釘穿（這可以把最裏面的三四片取下，在中央部分釘穿，然後再疊合上去即得），這算做本機軸的支點；另外，在c孔的兩旁各穿兩孔，預備將來可把電磁鐵釘牢在底座上。

把括弧兩端（即未來的兩枚磁極）上下各留出五毫米的空隙，中間部份包以三四層薄紙，或者最好密繞以一層細棉線，並在繞線後，塗以蟲膠（shellac），這工作是必需的，一來可以免得將來繞線時導線包皮被鐵片邊緣所割破，二來可以使導線易於繞緊。

上面的工作完成後，用馬糞紙剪出四塊長方形的厚紙片，算做電磁鐵線圈兩端的欄柵，然後就可在兩馬糞紙片中間的鐵心上開始繞線了。

製電樞（圖 92）時，先剪如圖 93 之 a 形大小的鐵片若干，使能於疊合起時組成兩個如圖 93 之 b 形的鐵棒；用同法依圖 c 做兩短棒 e；把這四鐵棒擺成圖中之(2)形，於是中間便剩出一個將來穿軸用的方孔。

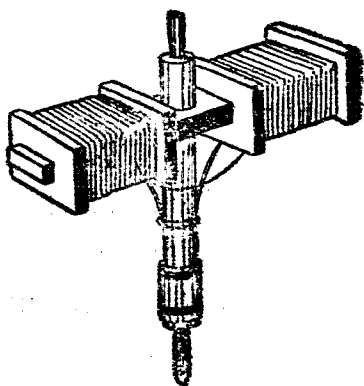
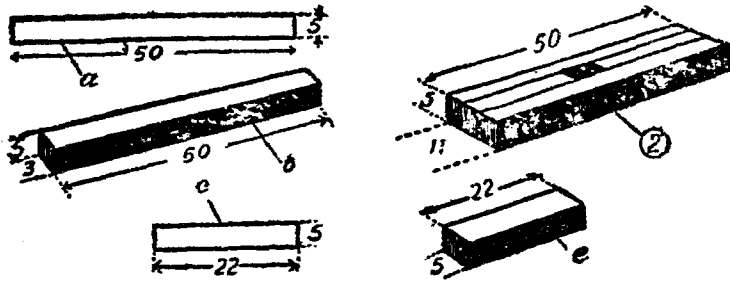


圖 92



電樞的軸可用木製，但要注意到務使成正圓柱形（圖94之3），軸的上端，刻一凹溝，溝底成立方形，闊五毫米高五毫米。把製成的電樞（如圖93之2），一一嵌入這凹溝裏，然後用絲線縛緊，並漆以蟲膠，使軸和電樞的鐵心（即圖93中之2）接合牢固（圖95）；裝好後，試用手把軸轉動，電樞應該轉得很平穩，不向任何方面傾斜；又，電樞的鐵心上面裝四片由馬糞紙剪下的厚紙片（見圖96）。

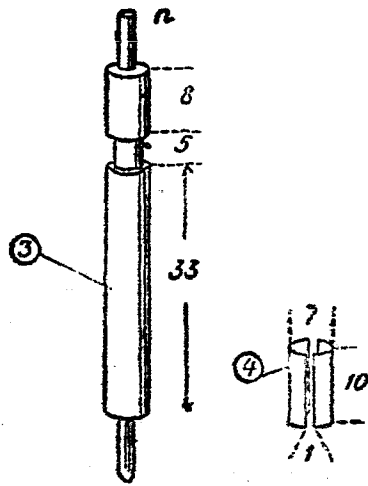


圖 94

軸的兩端，各裝一鐵釘或粗金屬絲，各端用錐銼尖，以便減少旋轉時的阻力；鐵釘的直徑約為一毫米左右。

電樞下端的軸上裝置整流器，電樞的線圈便接到這兒，它的

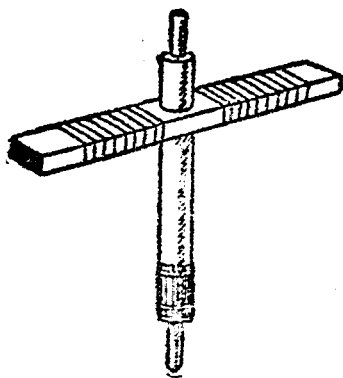


圖 95

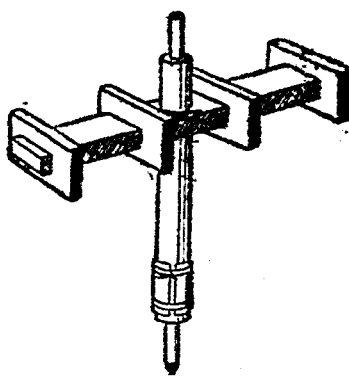


圖 96

製法如下：

整流器是用薄銅片繞軸所曲成的圓筒來製成，片高約二厘米，這小銅管(圖 94 之4)做成後，把它剪成兩半，然後裝到軸上，但裝時勿使兩片相觸；這可先在軸上繞數層紙條，然後方把兩「半片」裝上去，便不會相觸了；裝好後，在兩片中間，至少隔有一毫米的空隙。

軸承(圖97)可用馬口鐵，銅片或其他金屬材料來做，如果所有的材料(例如銅片)太薄，可以把數片疊合應用；把這些金屬片剪成 1.2 厘米闊，10.5 厘米長的長方形，然後依圖示的尺寸曲成几形，上邊正中穿一直徑為一毫米的孔，預備使軸穿過；下邊兩端也各穿一孔，以使用螺旋釘把它釘牢到底座上；孔的大小可

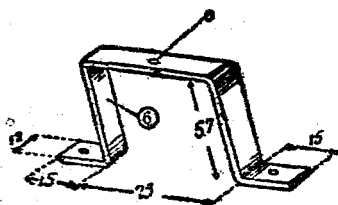


圖 97

視所用螺釘的粗細而定。

底座要用木製，木厚以一厘米左右為宜，各面應飽平，用砂紙打磨光滑，並塗以油漆。

本機的線圈可用由 0.3 至 0.7 毫米直徑的有包皮銅質導線繞製，如能用 0.5 毫米的最佳。線的粗細的選擇，要明瞭下面這理由：所用導線愈細，則所製成的電機可用愈高的電壓和愈低的電流使之轉動。電機繞以 0.3 毫米線時，可以供給十至十二伏特的電流；線粗 0.5 毫米，則可供以五至六伏特；線粗為 0.7，則僅可供以三至四伏特之電流。

電磁鐵兩線圈上各繞線五層，先由上端繞下去（見圖 98），再從下端繞上來，所繞各線應一致勻淨，並且互相緊靠；不勻淨的線圈（例如東繞一層，西繞一層，完全不相靠……等）的結果只是「勞而無功」，所成的電機絕不會旋轉的。

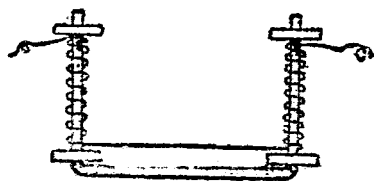


圖 98

電磁鐵一極上的線圈繞好後（共須繞五層），切不可把線弄斷，應把它繼續繞在另一鐵心上，不過要注意這另一線圈上的繞線方向恰和方才繞的方向相反，不可弄錯（參看圖 98）；由第一線圈轉至第二線圈，其間的一段導線不可拉得太緊，否則將妨礙軸的裝置。

電樞的線圈都只繞向一個相同方向，共須繞線四層，線圈的兩端各應餘出至少五至八厘米的導線，因為要把它們各接到整

流器的兩半片上去（首端和尾端各接於一半片，如圖99）的緣故。

電磁鐵和電樞的繞有線圈部份在未繞線之前，應先用線或薄紙條繞在各該鐵心上，以免線圈中的導線和鐵心相觸；它們本身雖有絕緣包皮，但如不把鐵心用紙包裹，導線包皮將很易被鐵心的銳利邊緣所割破，致觸及鐵心而成為短路。

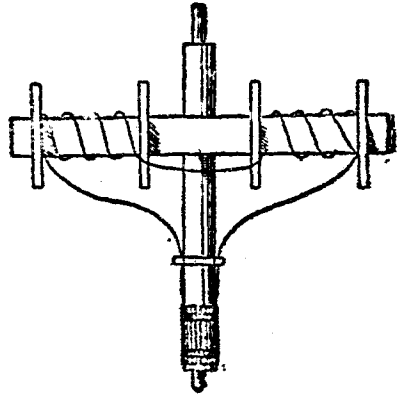


圖 99

整流器裝在軸的下端，使二片中的間隙，恰恰對正電樞線圈的两端。將電樞線圈兩引出線的包皮各刮去少許，分別接到整流器的兩半片上，然後用絲線把整流器緊緊在軸上，另外並須用絲線把由電樞線圈引出到整流器的兩段導線也各縛繫在軸上，免得電樞旋轉時由於離心力的作用，把這兩線拋擲出去，而致阻礙電機的工作。

電刷的功用是把電流由電源（我們這裏可用電池）送到整流器，它的製法很簡單。把一條0.5毫米粗細的銅線，一端鉗在一只鐵角上便得，這鐵角用螺釘釘在座板上（見圖100）；這電刷要做兩具，在整流器的每旁各裝一枚。



現在好把全機裝配起來了。

100

把電磁鐵釘向座板（見圖 90），把電樞裝入，並把軸承（即前述之大括弧，圖 90 之 6）釘牢。釘時先要注意使電樞在可能範圍內儘量容易旋轉，磁極和電樞間的距離約在一至二毫米之間，不可過大，因為這距離愈小，則電樞的旋轉力便愈強。為達到這目的，可把軸的下端用小鋸刀稍加修改。再依圖 90 把兩枚電刷釘好，刷的細絲應和整流器的兩銅片相密貼，但又不可過於緊壓，否則電機轉動時將感困難，甚至不能起動。

座板上的空餘地方可裝兩枚接線柱（或螺旋釘） K_1 K_2 ，用導線把電磁鐵線圈的一個線端接至 K_1 ，由 K_2 接向一電刷，另一刷則接到電磁鐵線圈之他端，於是全機告成。

這電動機可由電池或蓄電池供給電流，這只須把電源的兩極用導線接到兩接線柱即可；若用由變壓器降低電壓的交流電，也可應用。

五 二極電樞式電動機

這機的主要材料又是馬口鐵，這些東西都可取自各種鐵罐；此外，主要的材料還有繞線圈用的導線。

這機的外形如圖 101，由電磁鐵線圈，電磁鐵鐵心（軛），電樞鐵心，電樞線圈，以及整流器，電刷，軸承，軸等部分合組而成，茲分述如

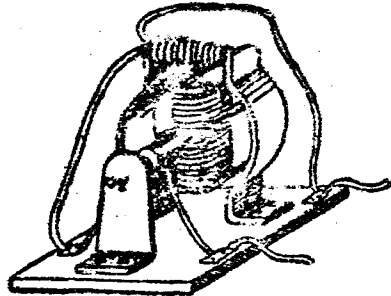


圖 101

下：

電磁鐵鐵心（雙）：剪一塊長 10 厘米，闊 1.5 厘米的薄鐵片，曲成圖 102 的形狀；曲時務使每部份都極光滑，沒有任何凸起或凹下才好，尤其應注意於緊貼電樞的部份，否則就會減少你小電動機的力量（假如做得太闊太大），或竟完全不能轉動（假如做得太小，致阻礙電樞的旋轉）；所以這工作應細心地用適當的工具，例如小木錘和圓口鐵錘等加意製作。其法可先用木塊依電樞的直徑做一個圓樁，然後把薄鐵片（電磁鐵的鐵心）在外面壓成所需的形狀。

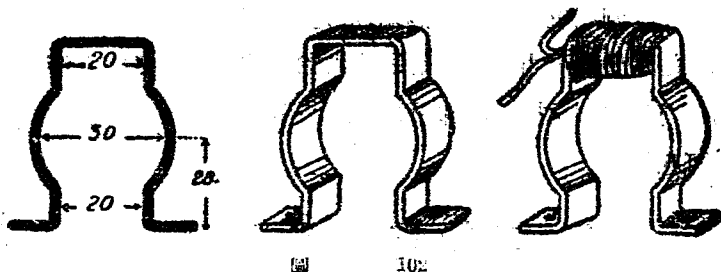


圖 102

假如你的鐵片太薄，可以用數層疊起來用，但應注意到每層間不可有空隙，該互相緊貼才好。如果加多鐵片的層數，那末電機的力量便也大些，又鐵片的闊度不妨也放大些，可以加到二厘米。

這電磁鐵將來要釘到木質的底座上，所以要在它的底部鑽穿兩個通螺釘的小洞，如圖 102。

現在，來起始做電磁鐵的線圈。先把繞線地方裹以兩三層薄紙，免被鐵片的鋒芒割破導線包皮，然後便可繞線。所用的

線和前相同，繞時要注意波繞的方向永遠相同，不可中途改變；各波線間應互相密貼；線圈一共至少約須十層。

線圈繞好後，如欲知道所繞的線中有沒有和鐵心相碰連的地方，可用下面一個簡單方法來測驗：取一電池（或乾電池亦可），一極接到線圈的任一線端，另一極接到鐵心；這

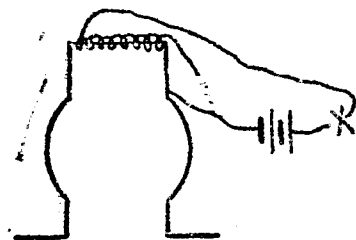


圖 103

線路中並加入一枚小燈泡（圖 103）。如果燈泡發光，這是表示線圈和鐵心間有碰連的地方，應該把線圈拆開，檢出絕緣不良的地方修好它；若燈泡完全不發光，這是線圈與鐵心間沒有碰連，換句話說，便是導線包皮絕緣良好的證明（當然，燈泡和電池事先都應檢查一下，知道有效後才可以用）。

其次是製作電

樑：剪兩片長四厘米闊二厘米的鐵片（長些不妨），每片的中央作一暗記，然後曲成圖 104 之

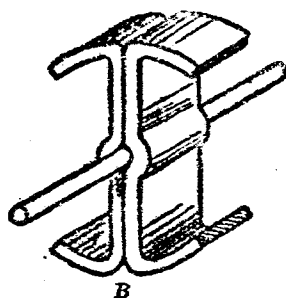
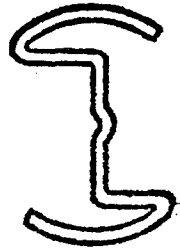


圖 104

A 的形狀。中間的凹凸部可依下法簡單製成，把一條粗鋼絲（直徑約三或四毫米）放在中間，把鐵片的上下兩端各向內曲九十度角，然後把這夾有鋼絲的部份夾到鐵鉗中，把鐵片兩端曲回原狀，取出鋼絲，

便得所需之形了(圖 104 之 B)。

兩個曲好的鐵片，形狀應完全相同；軸可用直徑四至五毫米，長約五厘米的鐵絲做，可先做長些，將來有餘可以截去。現在，用棉線或絲線把兩鐵片連軸繫緊，並用錫鎊法把它們鉚牢，如圖 104 之 B；於是電樞便告成功。這電樞也可由一條鐵片製成，見圖 105。



圖

在繞線圈的地方先繞以三層紙條用做絕緣，然後繞以與電磁鐵線圈所用相同的導線。

導線先繞在軸的一面(即電樞的一極)，共約五六層，然後依同方向再繞線五六層於軸的另一面(電樞的另一極)，使電樞上的線圈好像兩個串聯的線圈一樣；線圈的兩端各接到整流器的銅片上(圖 106)。

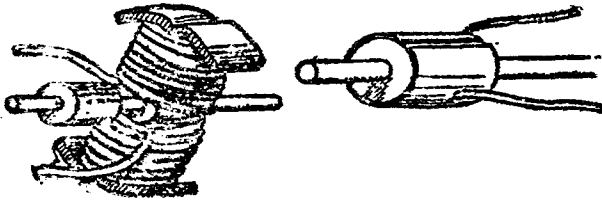


圖 106

整流器的製法如下：用木削一小圓柱，中間鑽一和軸同粗的孔，把這小圓柱套緊在軸上(或者把長 1.5 米突及闊一厘米的紙條捲繞在軸上亦可)；再在上面裝兩片整流用的銅片(二片不得相觸)；這整流器在軸上的位置，應使兩銅片間的間隙對正。

電樞的兩磁極。

軸承：以厚鐵片或黃銅片等剪成圖 107 形，共須兩枚，上端各鑽一孔，預備軸的通過，所以這兩孔應立在兩極的中心線上。這可把電樞的軸放在兩孔中，旋轉着來試驗：如轉動時電樞的任何一部份不觸到磁極，便不適用。這兩孔的內部應很圓滑，使電樞能很輕易的轉動。這軸承的下端須先穿兩孔，以便穿過釘向底板的螺釘。又爲了免掉電機旋轉時電樞有過度的擺動，可

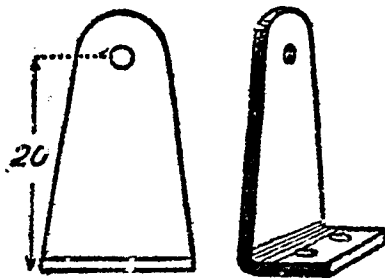


圖 107

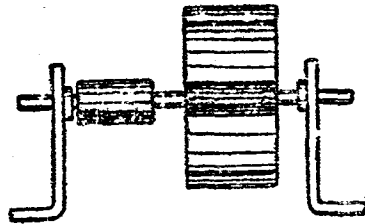


圖 108

在軸的靠近軸承的內部各鉚一厚銅圈來防止（圖 108）。

電刷：只須用兩條薄而狹的金屬片或去掉包皮的銅質導線，它們的一端固定在座板，另一端則使輕輕貼靠在整流器的銅片上。

全機的接連可參考圖 101，電磁鐵線圈的一端接到電刷，另一端接到一接線柱，另一接線柱接到另一電刷。電流自電源（可用乾電池）流出，經過電磁鐵線圈，到電刷，由電刷經整流器至電樞線圈，再經另一整流器片到第二電刷，最後，經接線柱

而回到電源。

在電流通過後，電機往往不起轉動。這時可用手稍把機軸轉動，幫其起動，有時更須數度改移整流器上兩銅片的位置，才能轉動。

全機中各導線互相連接的地方，一定要先用砂紙把導線等的金屬面擦光；整流器的銅片和電刷相接觸的地方等都應保持清潔；電刷不應與整流器時離時靠，應使永遠輕貼在整流器的銅片上。

六 三極電樞式電動機

前述各式電動機模型都很簡單，電樞只有兩極；本節說的模型則有三極；二極機除太簡單外，並有一大缺點，便是每旋轉一圈，必有兩處須由惰性作用使之滑過，因為假使沒有惰性的話，這機的電樞兩極每次走到兩磁極下端時一定要停止的；假使電機開動的時候，電樞兩極恰位於兩磁極下，則此機一定不能自己起動，而要藉人力先把軸轉動一點才可；這在小模型的起動，當然還沒什麼大問題，但在實用上，例如電車中則這種電機決不可用，一定要用自己可以隨時起動的電機才成；三極電樞機便是具有這條件的電機之一。

本機外形見圖 109，主要材料是薄鐵片。

電磁鐵：電磁鐵的鐵心由闊 2.5 厘米的多數鐵片組合而曲成圖 110 之(1)形，約須厚三毫米。

這鐵鐵上部的圓形必須正確和光滑，這雖是一件相當困難

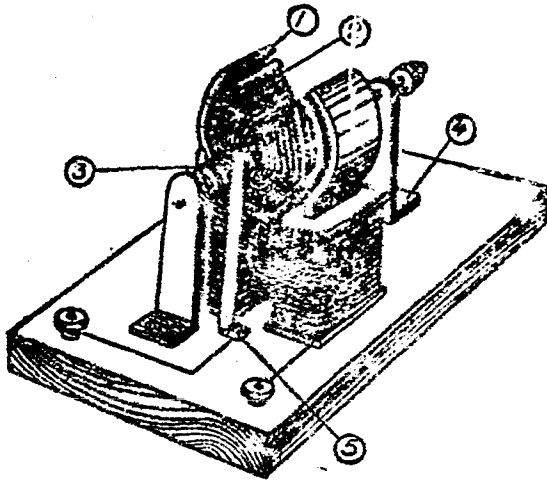


圖 109

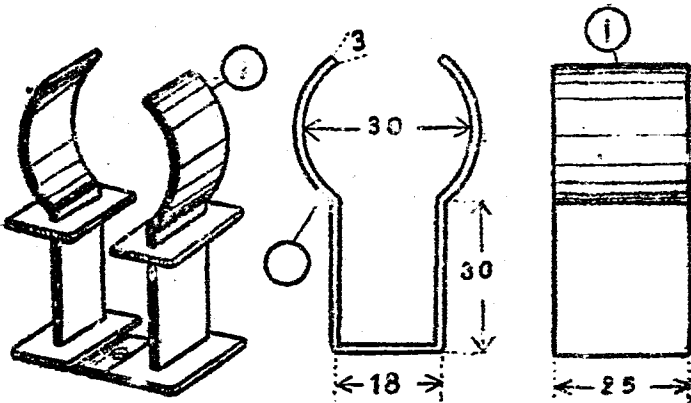


圖 110

的工作，但其正確與否，關係着全機的工作，所以在可能範圍內應設法做得比較正確，平滑才是。先用木製一直徑為 30 毫米的圓棒，然後把鐵片依它的圓周面曲之，並用小木錘輕敲，使成圓

形。

曲好電磁鐵的鐵心，即將各片疊合在一起，並用錫把各片的邊緣銲接為一；在底的中部穿一個孔，預備用螺釘把電磁鐵釘牢在座板上（如圖 110）

電磁鐵的兩直立部份上，須繞製線圈的，上面應各先繞以二三層薄紙條，並裝四枚馬糞紙製的「線圈檔頭」（見圖 110）。每極上各繞直徑 0.5 至 0.6 毫米的有包皮銅質導線，約繞五至七層，繞的方向見圖 111。

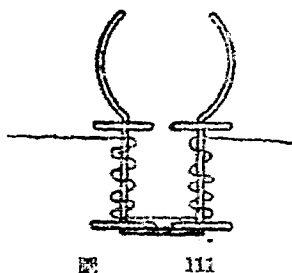


圖 111

三極的電樞的鐵心也由數鐵片曲製而成。先依圖 112 的

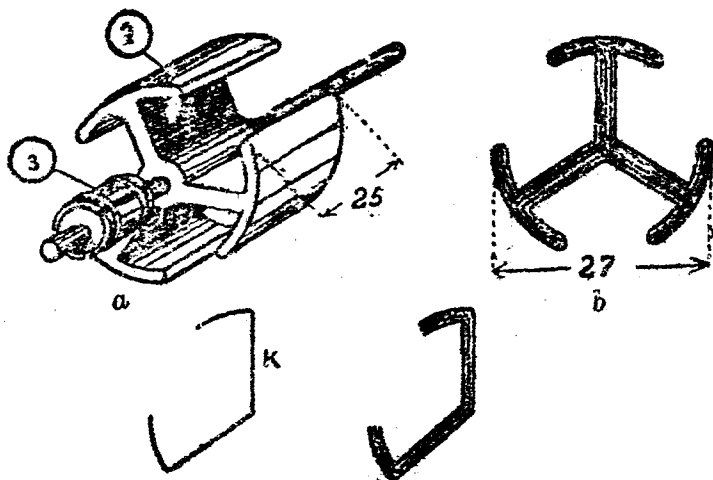


圖 112

尺寸用鐵片曲成 K 的形狀，然後再曲製一形同而稍小的鐵片 K_1 ，以能恰容於 K 為度，再曲製一枚較 K_1 稍小的鐵片 K_2 ，使能裝到 K_1 內……，這樣一直做去，直到積有3毫米厚為止。這種形式的鐵片共須製備三具，把他們互相疊合，如圖b，外面另用一張馬口鐵片包緊，使成一整個的三極電樞的鐵心。

電樞鐵心完成後，便可開始繞製線圈：先在鐵心上繞以數層紙條，然後每極上各繞以直徑為0.5至0.6毫米的導線四五層，繞法可參看圖113，即每極上線圈的首端應和另一極的尾端同接在整流器的同一銅片上。

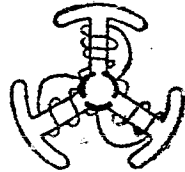


圖 113

整流器係由三銅片組成（見圖112之3）；軸承則由厚約2至3毫米的鐵或銅片等曲為L形而成，如圖114；電刷（圖109之5）則由光滑的細銅絲做成，所有製法與前述各機同，所以不重述了。

這機做好後，可給以八至十伏特的電流，電流用直流交流都可；如想用電燈線路的電流，就應先用變壓器或電阻器把電壓減到八至十伏特。

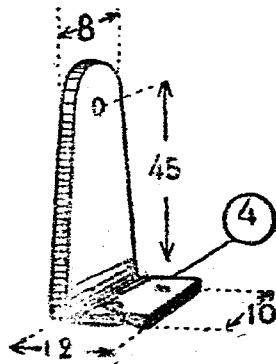


圖 114

七 一架較複雜的電動機

這機的外觀很像工業上實用的電機，它的鐵殼——

恰為兩磁極做好了標好的磁路，所以磁流的損失較少，電機的轉力因之加強；它的外形見圖 115 及 116。

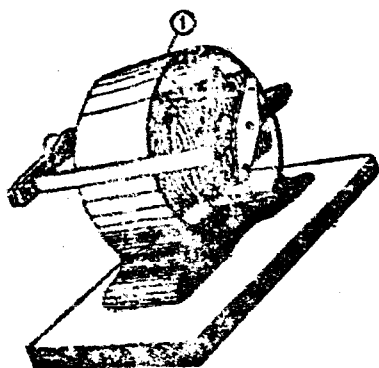


圖 115

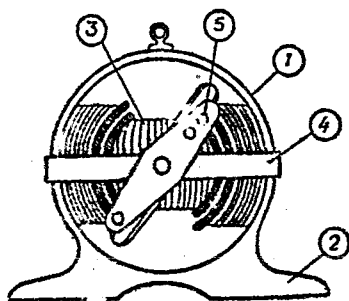


圖 116

主要材料如下：薄鐵片；繞線圈用的導線，直徑為分別為 0.3、0.5 及 0.8 毫米，錫十五至二十克；鋅一百五十克；及厚一毫米，闊二厘米，長二十厘米大小的黃銅片或鐵片一塊。

先做環狀磁鐵。這磁鐵的鐵心由兩半環組成，每半環各由鐵片（鐵片）集成，共須剪出闊 27 毫米，長 140 至 150 毫米的長方形鐵片十六片，各片用鐵錘曲成圖 117 之形，先依圖 117 的尺

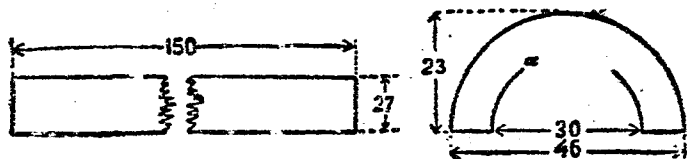


圖 117

寸及形狀曲製一片，這是最外面的一片，然後繼曲第二片，但稍小，以恰能容於前片中為度（圖 118），這樣一直做至第八片；

各片疊合的時候，中間不應有空隙，而應互相緊貼；這種半環要製兩具，把它們上下互疊，合成一環，外面再用一鐵環箍緊（圖119）。這環應長 108 毫米，闊 27 毫米。

裝套鐵環時，須使這環的鑄合縫位於 H 點，現在，用尺把環的直徑及兩極靴間的距離 AB 測出。 AB 間的距離應為 30 毫米，並須成一準確圓形才可，因為這對於將來電機工作好壞的關係很大；如不十分圓，可取一直徑三厘米的圓木棒插到二極靴中間以修改之。

環及環內各片的邊緣可用錫塗滿，然後用錘把凝固了的錫錘圓滑，於是便得到一個好似由一整塊錫做成的靴了。環的下部須裝兩足架。把闊 27 毫米的鐵

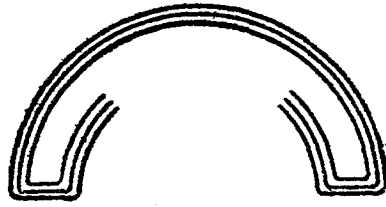


圖 118

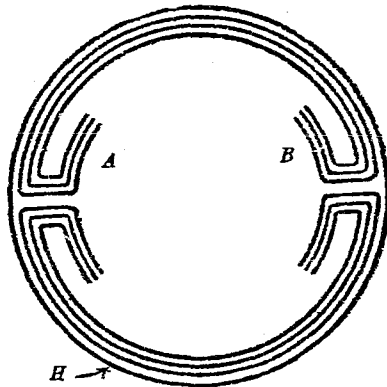


圖 119

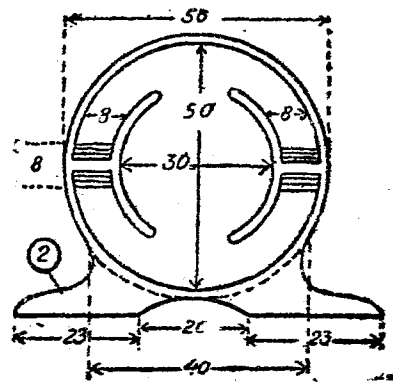


圖 120

片曲成兩足形（見圖 120），用錫銲牢在軛上即得；銲前並可把二「足」中的空隙注滿液態之錫或其他易溶的金屬，這樣，重心既降低，於是電機於工作時便能較穩定地直立在了。

電磁鐵的鐵心（即繞線圈部份）應有下列尺寸：闊 27 毫米，長 8 毫米及厚 8 毫米；鐵心的邊緣有不圓滑的地方，可用銼鏟之，使稍呈圓形，以免損傷導線的包皮。

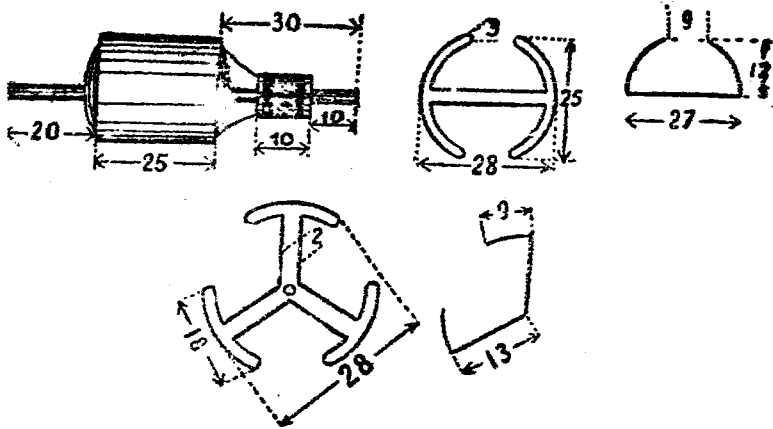


圖 121

這機的電樞製法有三種，即二極式，三極式及鼓式；前兩式的尺寸，圖 121 都有詳細註明，材料都用薄鐵片，各式的鐵心都由鐵片彎曲疊合而成，怎樣曲法，圖上都有示明，各式做成的電樞直徑應是 28 毫米。

電樞中央穿一直徑為 2 毫米，長約 80 毫米的鋼絲用來做軸，用錫把它銲牢在電樞上，電樞的各片也用錫互相銲連。

距軸的一端，約一厘米地方裝有整流器，這整流器上裝有銅片二或三枚，要看電樞的極數而定；它的直徑 7 毫米，長 10 毫米，一切做法，和前述二機完全相同。

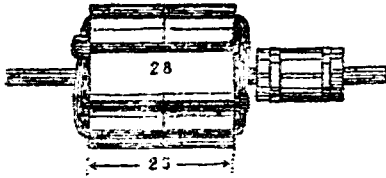


圖 122

鼓式電樞由一塊整塊的圓鐵塊做鐵心，上面有許多小溝，線圈便裝在溝中（見圖 122），它的整流器共有四枚銅片；這式的電樞的優點在可隨時起動。

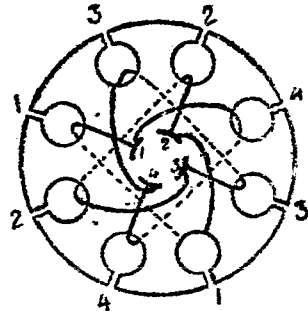


圖 123

做法：取一大小合度的圓鐵棒，各鋪線用的溝可用直徑為 5 毫米的鑽頭穿孔來做成，共須穿孔八個，然後用鋸在每孔上面鋸一通至孔的狹縫（圖 123），以便鋪設導線，正中更穿一孔預備穿軸。

整流器上共有銅片四枚，一切製法同前。

軸承（圖 124）

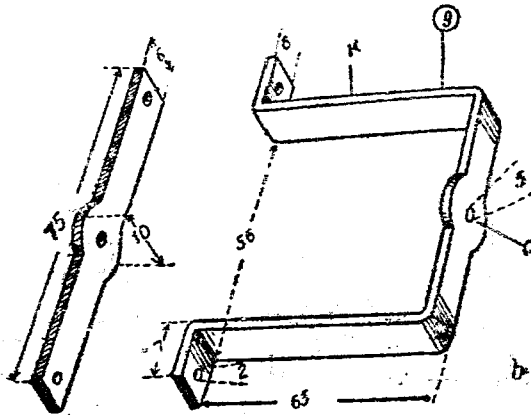


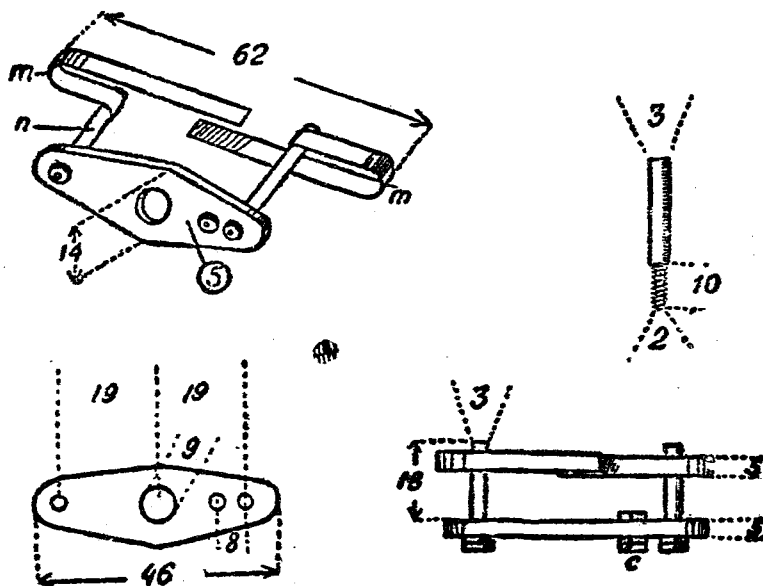
圖 124

由兩部分組成：其中的一部是一片曲成方括弧形的銅片(圖124)；另一部是一個直片，兩端各穿一孔，使與另一片的兩孔相合，以便用小螺釘互相釘牢。

兩軸承的材料以不通磁流為合用，例如黃銅等(不可用鋼鐵)，厚約1至2毫米。

方括弧的c點穿一直徑為5毫米的孔，中間插入一支小銅管，這銅管的內徑為2毫米，軸便在中間通過，管外支有電刷。銅管如不易找到，可用刮去包皮的銅質導線密繞在軸上，至所須的長度為止，然後在各線圈上面塗以熔錫，即得一小管。

電刷和它的支架見圖125，支架5可由硬質木材或膠板製



成，板厚 5 毫米，中心處穿一直徑為 5 毫米的孔，以便插入上述的小銅管。

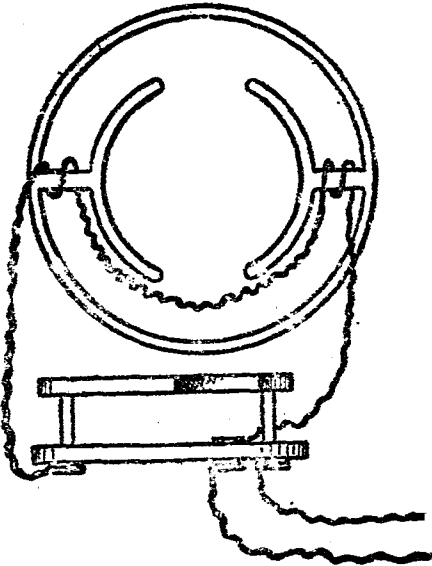
電刷是由薄銅片剪出，這銅片須具彈性和韌性；二刷的一端各鉗牢到一枚細長的螺釘上，螺釘的另一端則各旋牢於支架 5 上（見圖）。此外，支架上更旋入一短螺釘 c 。

線圈：繞線圈用的導線約可用直徑自 0.3 至 0.7 毫米的。如用 0.3，則這機可供以三十伏特的電流 0.75 安培；用 0.7，則可供以八伏特電壓的電流三安培。

導線本身本已具有絕緣包皮，但為謹慎起見，所以在繞線之前，先把鐵心用紙條包裹，以免因絕緣的不良致生漏電甚至短路的不幸事件。

電磁鐵鐵心上線圈的繞法見 126 圖，先繞兩極中任何一極，把所有地方繞滿後，再繞往另一極，這時要注意繞的方向，不可弄錯。

二極和三極電樞線圈的繞法和前述二節中的製法同；鼓狀電樞繞法如圖 123；繞前須先把溝內各處及電樞的前後兩面糊以紙條，然後在各溝及整流器



圖

的各片上註以號碼，便不致繞錯。

繞時先把線的首端錫在整流器的 1 片上（圖 123），這導線由片 1 引至溝 1，從溝 1 的後面引出，到對面的溝 1，再由電樞前面繞回溝 1，然後又繞到對面的溝 1……這樣一直繞下去，直到全溝繞滿為止，乃把它的尾端錫到 2 片上；自片 2 取新導線依前法繞滿 2 溝；如此繞去，直至四整流器上都已錫有線端，而且尚多出一個由 4 溝引出之線端為止，這多出的線端錫回第 1 片上。

繞時應注意導線的各處包皮是否有破損，繞法是否和圖所示相同，並應用磁針（可用指南針）檢查電流通後所生的各磁極，各磁極應南北相間才對。

全機的裝配：把電樞放在兩極的正中間，軸的兩端各穿入一個軸承的孔，軸承之一要釘牢在機殼上；這兩軸承的裝設務須使電樞能在兩磁極中間隨意旋轉，不受任何阻礙才成。

電刷支架支在上述小銅管上，使兩刷的上端各貼觸於整流器的一片上，這支架應能依小管為中心而稍移動，這樣便可以找到本機電刷所最適宜的位置。

電磁鐵線圈的兩引出線各接到接線柱，見圖 126。

第九章 電車模型

電車，可由電力駛行於兩條路軌上。電流取自架空的電線及地面的鐵軌，這電流流入車中的電動機，就使輪子轉動而得前進。

這裏告訴你一部電車模型的製造，這是一個很有趣的工作，但它需要十分的小心，方能得到滿意的結果。

在製造車身，路軌，及通電流以前，應先製備一具很完善的電動機。這電動機應有相當大的力量，使能推動車輛，但同時它的體積卻不可過大，須能容於車身內。

電動機的製法本書已有述及，這裏要聲明的是電樞應該相當強力，最好用三極式或鼓式，因為這兩式電機的力量較強，足可推動車身，同時，起動時也不需事先用手轉動。

圖 127 是這模型的外形，電流由電池或乾電池供給，同時因了避免鋪設天線的麻煩，電流由兩互相隔離的鐵軌導入，經車

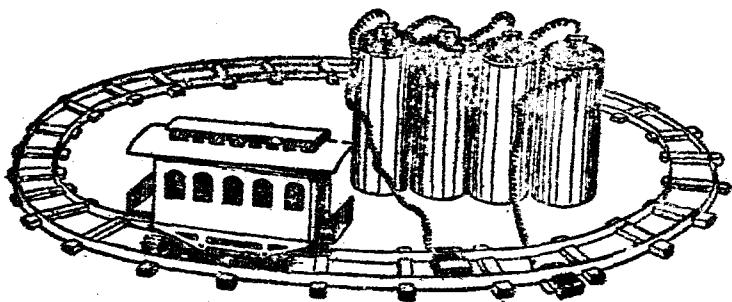


圖 127

輪而至電機。

現在，先做「車底」：這車底用木製，長200毫米，闊57毫米及厚20毫米；形狀如圖128，中間的方形孔用來穿過皮帶，以便把電機的旋轉運動傳至車輪。

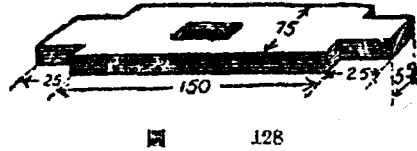


圖 128

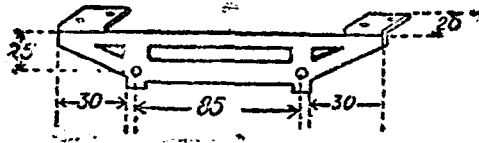


圖 129

車的軸承可依圖 129 用銅片或厚鐵片剪出；片上的兩凸出部曲成直角，並穿以小孔，使能由小螺釘釘牢於車底木板的底部；兩個預孔穿軸的軸孔間，應有 85 毫米的距離。

這兩軸承應於車軸及車輪都製成後方釘於車底，同時應該使各軸孔都站在一條線上，互相準對才成。

車輪可把燒溶的錫注於「模」中凝成，能找到舊玩具的廢車輪亦可，輪中央的孔中塞以軟木，取鋼絲或鐵釘做軸，穿過軟木便可，這時輪應緊緊附着於軸上，左右兩輪的距離應有 50 毫米；輪心所塞軟木是使各輪互相絕緣，所以車輪及軸不應相觸。

推動車中電機的電流，由鐵軌輸入，在這模型中電流是從一條鐵軌輸入，自另一條輸出。但若模仿實際的電車，在車上加一車弓，並裝置空中線，那末電流自空中線而來，經軌道而去，則兩條鐵軌間可以不必絕緣了。

電動機應該堅牢釘在車的地板上，如圖 130；電動機的一條

導線應接向一軸承，另一條接向另一軸承；電機和車軸之間連以細繩。

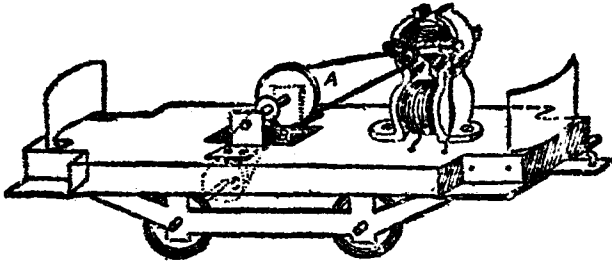


圖 130

電機和車軸間轉動的傳達應依圖 130 所示方法為之：自電機之皮帶輪用細繩連至輪 A，再由輪 B 傳至連軸 C。A、B 兩輪的軸裝在兩個軸承上，這軸承可用鐵片或銅片屈成直角形，並以小螺釘釘牢在車的底板上而成；軸上大小輪的裝置如圖。各輪應極穩固，使套於其上的細繩不致因轉動而脫落。

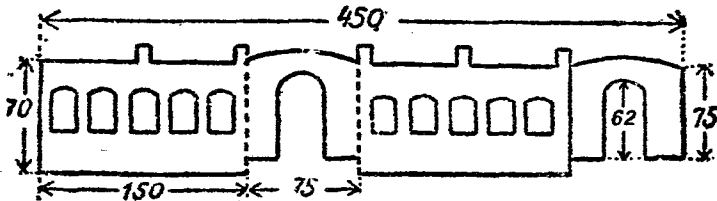


圖 131

電車兩端所立的「平台」可用馬口鐵片做，兩旁的壁也可全用馬口鐵片做，圖 131 告訴你車身的尺度和剪下時的形狀；窗，門都要小心割出，上端的幾個凸出部份，向內曲成直角，把車頂裝在上面。

圖中虛線表示要摺曲的地方；車頂也由鐵片所做，由兩部份組成（見圖 132），片的中心



圖 132

作一長方形孔，做孔時，邊上要留出若干小的凸出片，各片屈向上端，用以支持車頂；它們的形狀和大小都詳見圖中。

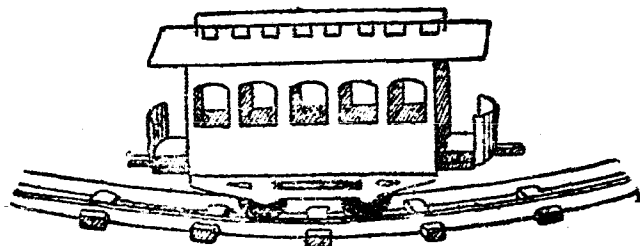


圖 133

車頂可用錫鍍牢，車頂的下部也由錫鍍牢於車壁；這二片都應稍呈凸出，以便適合車的前後壁；車輛做成後應有如圖 133 的形狀。車身亦可用馬糞紙製，然後塗之以顏料，形狀可自出心裁。

鐵軌要用10毫米高的金屬條來做；枕木要長100毫米，闊20毫米，及厚10毫米（圖134）。每條枕木上應做兩條互相平行的溝，二溝間的距離為50毫米，每溝的闊度以能把一條鐵軌夾緊為度，裝好的鐵軌形狀見圖 135（這裏只是一小段）；鐵軌應緊夾在枕木的小

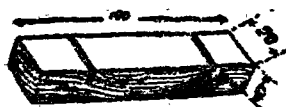


圖 134

溝中，可以用木槌擊緊。任何地方二鐵軌間的距離應恰為50毫米，而且應設鋪得十分平滑，以便車輪易於通過；有尖角



圖 135

溝的地方，也不可太急，要緩緩的磨去，否則電車要在那裏停止或出軌的。

鐵軌除用上法製成外，尚有一較簡單的方法；就是用粗銅絲來做；那末枕木上就不必再做小溝，但要用做成U形的小鐵片，把銅絲釘牢在枕木上，這種鐵軌當然沒有前種適用。

接入電流的方法：這要在兩條鐵軌下各加一枚下述的「接觸片」（圖136）。取木塊一，中間做一小溝，把兩片屈成直角的銅片釘在溝的兩邊，然後把鐵軌放入（要能夾緊）；每條鐵軌下都要裝一枚；於是從電池引來的兩條導線，便很容易的接到銅片上去了。

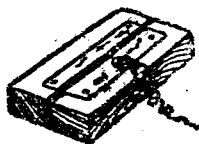


圖 136

假如你願意，可以在電池和電機的線路間加入一具電阻器（詳第二章第五節），那就用來調節車輛的速度，因為利用電阻的大小可以改變電路中的電流，而電流大，則速度高，電流小則速度低。街上電車的司機人常移動他面前的旋柄來改變車子的速度，那裏面也只是一具電阻器，不過比較繁雜些罷了。

電機和車子的軸和軸承的相連地方，要常常加些潤滑油，使可較易轉動；聯絡各軸輪的細繩（或線亦可）不可拉得過緊，也不可過鬆，因為太緊則摩擦力加大，致使車行困難，而太鬆則細

繩會從軸輪上脫下來，使車停止行動。

這小小的電車，也可依你的意思後退，這可把電機中電鐵鐵或電櫃內的電流方向改變即可；電機力量如果夠用，還可以使它拖引另一車輛；假如你喜歡，更可在鐵路沿線裝設些小橋，山洞，車站之類，如圖 137，138 所示，那就更加有趣了。

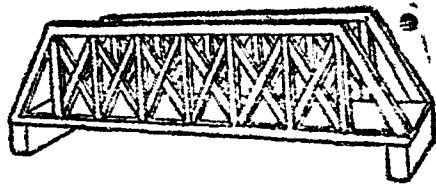


圖 137

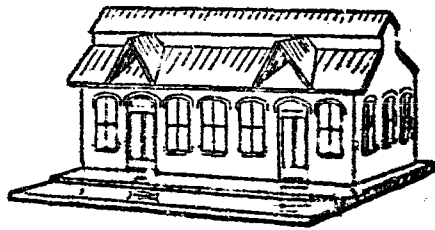


圖 138

第十章 發電機

一 發電機的原理

發電機是電源的一種，它可以使另外的一種能，變為電能。例如水力發電機（用水力拉動的發電機）便是把水的機械能變為電能的；又如熱力發電機（由蒸氣機或其他熱力機推動的發電機）便是把熱能變為電能的，此外又有把風能變為電能的。

在發電機未發明以前，人們只是利用電池（見第四章）來取用電流，但這是一個不甚妥當的方法。一來是由於電池的價值很高，不合於經濟，二來是由於所供給的電量太少，不合於實用。可是自從發電機一出，這些問題就完全解決了。

發電機的原理怎樣？

一百年前，一位美國學者法拉第氏發現了下面的現象：「假如在一個閉電路的線圈附近移動一塊固定的磁鐵，那末，這線圈內便會有電流流動」。這個現象，叫做「電磁感應」。

假設磁鐵不動（固定着），而只在它的前後左右移動一閉電路的線圈，那末這線圈內也同樣會發生「感應電流」；於是得一結論，就是「想獲得感應電流，必須使磁力線割截一個閉電路的線圈」。這樣看來，上述的永久磁鐵很可以用電磁鐵來代替了！

法拉第氏上面的這個發現，便被應用來製造發電機。

圖 139 告訴你，發電機怎樣發生電流：在磁極 *N* (北極) 和磁極 *S* (南極) 的中間生有磁場，磁力線由北極出而入於南極，如圖之箭頭所示。兩極的中間（磁場裏）有個可旋轉的金屬線框，線框的兩端各接到互相絕緣的兩枚黃銅環上。

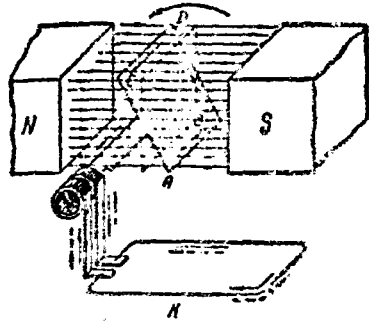


圖 139

兩環各有一稍具彈性的銅片貼靠，這兩銅片相當於電動機內之電刷，不過一個是用來輸入電流，使電樞旋轉，另一個則是用來把電樞所生的電流引到外面。這兩個電刷用一條短銅質導線連結，使整個線框得成一通路（見圖）。

當線框依圖中箭頭所示的方向旋轉時，線框的兩邊 *AB* 及 *CD* 便都割截磁力線，於是框內便有感應電流發生，由電刷而至外路；這時若在線路中裝進一只很靈敏的電流計，其指針便會生一傾斜；這時，線框和外路內的電流流動方向和，各實線箭頭所示相同。

當線框轉到兩磁極的正中間時（圖139之虛線），這時線框裏沒有電流發生，因為線框和磁力線恰相平行，沒有割截的原故。

線框繼續轉下去，於是又與磁力線割截，於是又生有誘導電流，但它的流動的方向已和前半轉時不同，而恰相反（見圖中虛線箭頭所示的方向）。

這樣，線框每轉一整圈，所生電流便改變它流動的方向兩次

(每半圈改變一次)，像這樣流動的電流，叫做「交流」，普通每分鐘改變方向約五十或六十次。它和由電池生出的「直流」不同，因為直流電流是永遠只流向一個方向，不像交流的流動方向是時時變換的。

交流電流不僅流動的方向有變化，同時也變化它的量的大小。

由上面看來，發電機發出的只是交流。但也可以設法得到直流，只須把上述的兩銅環改為兩個「半環」成為一具所謂的「整流器」(見圖 140)便可以了。這「整流器」和電動機上的「整流器」完全相同，實際上二者根本就是一件東西。

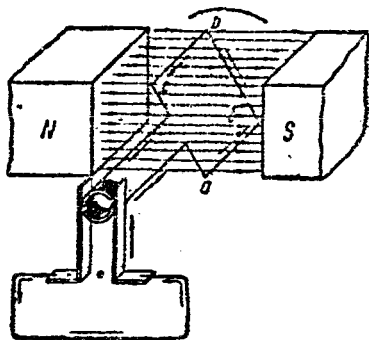


圖 140

兩極發電機的整流器上有銅片兩枚，但在多極發電機則整流器上的銅片數目和機的磁極數目相同。

但，為什麼把電樞線圈的兩端接到整流器的兩枚銅片上便會發生直流呢？這「整流」的作用怎樣？

當線圈依圖 140 箭頭所示方向轉動時，線框的 CD 部份內的電流經整流器的一片及電刷而至外路，由另一電刷及整流片返回；線框轉過半圈後（即 180° 後）， AB 部份便佔了方才 CD 的地位，這時它的電流流向和方才的 CD 電流流向相同，這時若

沒有整流的裝置，那末這交流的電流必流到外路；但這時整流器的兩片已互調它們和兩電刷間的接觸，於是電流便得繼續依前方向流出，流到外面，便成直流。

一個線框所生誘導電流為量很少，如想得大量電流及壓力，可把上述線框加多繞線，使成「線圈」，並可在和它成 90° 角地方加入另一組線圈，並把這些線圈繞在軟鐵心上。

電機的磁極從前只用永久磁鐵（即天然磁石），後來改用電磁石，因為可得較強磁場；至於勵磁，則可用本機電流或外來電流。

發電機中的電樞和磁極應儘量互相靠近，使磁力線得較易由磁極通過電樞的鐵心而割截線圈，所以各磁極的近電樞端都裝有圓形突出的鐵塊，名叫「極靴」。各極靴恰共組成一圓形，把電樞拱抱在裏面；另外，為了不使磁力線消失於磁極外部，所以各磁極的外面包以一層名叫「軛」的鋼殼以減少之。

二 發電機模型的製法

下述的發電機製成後能生約 10 瓦特電能，能夠供燃點小電燈，充蓄電池等等之用。

這發電機是由一塊永久磁鐵（圖 141 及 142 之 1）及在磁鐵中旋轉的電樞（3）合組而成；電流發生時（當電樞被旋轉時）由電樞線圈，經整流器（4），電刷（8），電刷支架（7）而至座板上的兩接線柱，由那裏流到外路（例如燃電燈，充蓄電池等）。

請先預備材料：鐵片數塊；五十克重的，直徑為 0.3 至 0.5

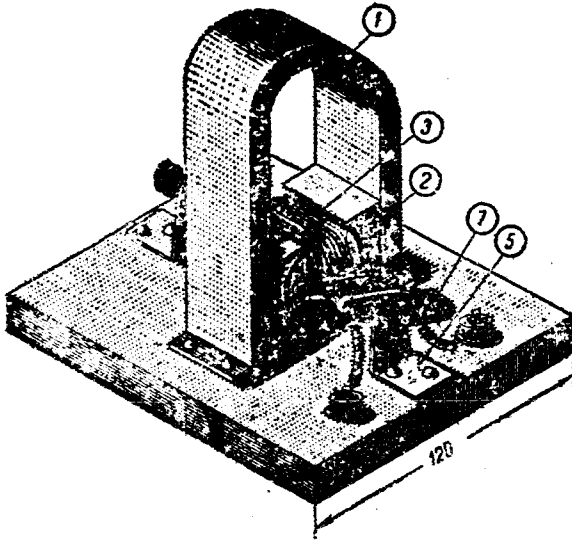


圖 141

毫米的有包皮銅質導線，幾塊黃銅和一具永久磁鐵，這磁鐵最好取和電話機中感應磁鐵一般大小，否則，則其他各件亦將隨之改變。

全機的最難工作要算是極靴（圖 143 之 2），要用軟鐵做成圖示的形狀；製成的

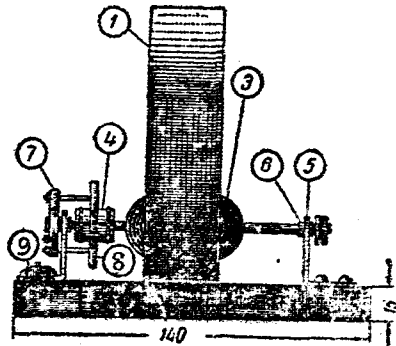
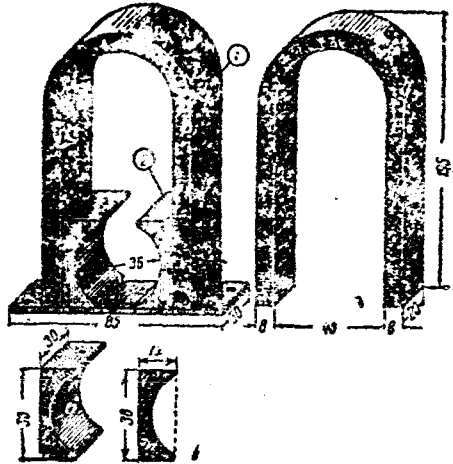


圖 142

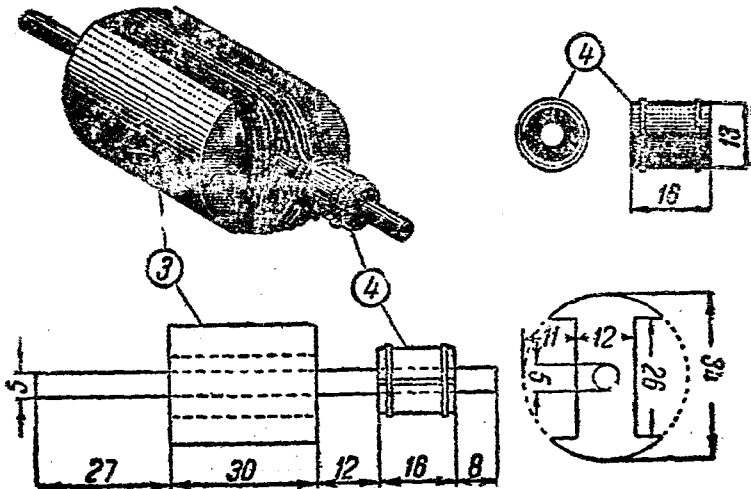
極靴各用螺釘釘牢在兩磁極的端上；它們中間所拱的圓應能使電樞恰能在裏面旋轉而不觸及於極靴才合用，而同時兩極靴和

電樞之間間隙也不應過大(最多以一毫米為限),因為發電機工作效能的高低和這間隙的大小有很大的關係。在兩磁極的下端,各釘一厚約2至3毫米的黃銅片,銅片的兩端各穿數小孔,以備釘往底座之用(圖143)。



143

電樞的製法有二,



圖

144

見圖 145 及 146, 前者繞有一組線圈, 後者的鐵心上製有八條放溝, 內可容四組線圈; 繞製時一線圈區較四線圈簡單易繞, 但四線圈也自有優點——由它所生的電流比較均勻。

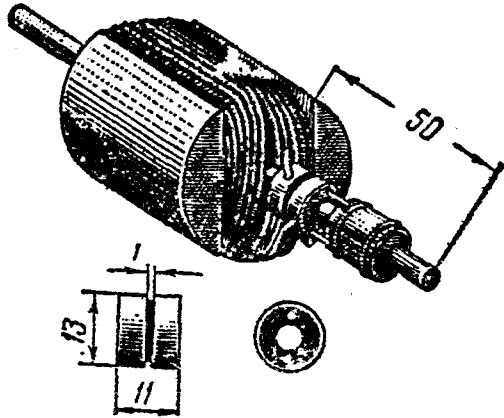


圖 145

單圈電樞的製法: 依圖 144 所示之尺寸, 在車牀車出一圓鐵柱, 兩側各似成凹形, 用來繞線, 正中鑽一長洞, 預備用來穿軸, 軸是用鋼絲製成, 緊插在電樞中間。

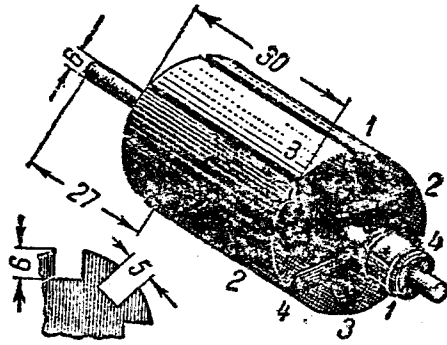


圖 146

整流器(4)是由兩枚銅片組成, 製法和各電動機上的相同。兩片應互相絕緣, 更不可觸及機軸。

如在整流器的旁邊加製兩環, 各接至電樞線圈的一端, 那末便可由同一機得到直流或交流; 這兩環也應互相絕緣, 並且要自

有一付電刷。

四圈電樞的製法：先依圖 144 所示的大小，用車牀車出一個圓鐵柱，然後從它的側面鑽八個孔，各孔直徑約 5 毫米，以便裝繞線圈（見圖 146），中央並穿一孔，以備穿軸。

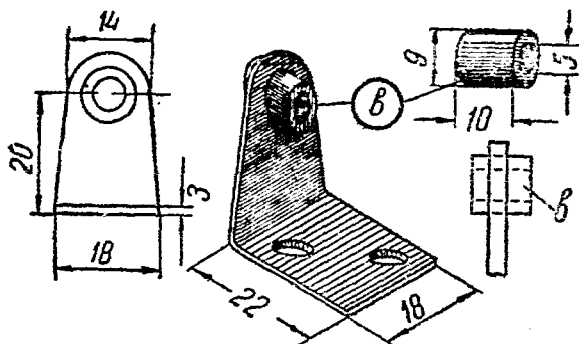


圖 147

上述的八圓孔如製造上感到困難，不妨改為方形（見 146 之附圖），這種溝的製法可先用鋸鋸出兩條相距 5 毫米的溝，然後用鑿把中間的金屬剔出，並用銼把內面銼平便可。

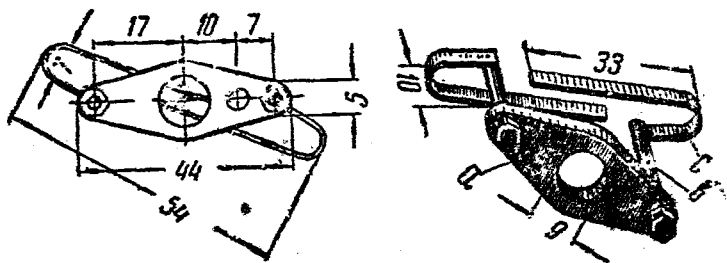


圖 148

四圈電樞整流器的製法如下：把一個圓銅管鋸為四片，每四分之一片釘在一小圓木柱上，互不相應接碰，外面用橡皮圈或棉線繫緊。

用厚鐵片或厚銅片曲成如圖 147 之形，即成軸承，再取黃銅管 (b)，中穿一孔，用來穿軸，這黃銅管緊插在軸承的孔中。每軸承上須各有一枚黃銅管，一枚長 5 毫米，另一長 10 毫米，長管於釘往軸承時應先在一端留出 5 毫米長的黃銅管，以便裝置「電刷支架」。

電刷支架 (圖 143) 是由臂 a ，長螺釘 b 和電刷 c 三者組成，臂 a 由膠板剪出，兩端各鑽一能穿過長螺釘 b 的孔，居中的孔直徑九毫米，把它套到上述的長黃銅管上。

電刷由極薄銅片剪出，每刷大約須二三枚，疊合而成，可先依圖——曲成，然後互疊，用錫銲接到長螺釘的另一端，這電刷應和整流器緊貼。

單圈電樞線圈的繞法，見圖 149。繞線前須先把槽內鋪以一層薄紙，以免損害導線的包皮；繞時先把線的一端銲於整流器的一片上；於是可起始繞線，直至全溝填滿為止，繞線時須注意的地方和電動機同：即各圈線應互相緊靠，均勻，不得跨過他線……等；若這機附有交流環，那末可由整流器的兩片各接到一銅環便得。

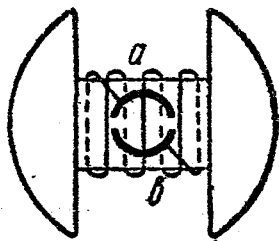


圖 149

四圈電樞線圈的繞法，如圖 150。先在電樞的表面鋪以薄

紙，於是就可起始繞線。每溝內線可繞滿，但各溝所繞線的數目應各相同。

做成的各零件應依圖 141 裝釘在座板上，軸的一端附有一圓盤，以便得到旋轉運動，當電機旋轉時，若軸向兩旁亂擺，可用薄鋼片由軸承外面壓制以止之。

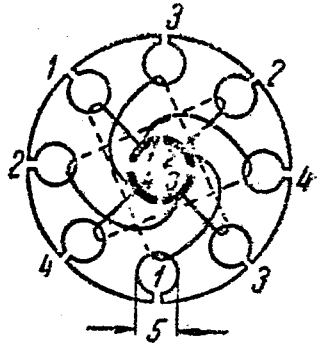


圖 150

這電機須有高速來轉動，大約每分鐘須轉 3000 轉方能得到全部電能。這樣高速可用幾個不同直徑的輪盤連接而得到；旋轉稍慢原沒大礙，不過不能得到全部的電能（只得到一部份）罷了。

總之，電樞所得的轉數愈高，則所生電流的電壓也愈大；線圈如係用 0.3 毫米導線繞成，便可得約 6V 電壓及 2A 電流；如線徑為 0.5 毫米，電壓為 3 至 4V，電流約為 3 至 2½ A。

這機開動前，須先把電刷放在與極靴成垂直的位置，再依旋轉方向把電刷稍移一角度，使整流器和刷子間不生火花為度，不過這結果必須用實驗來解決了。

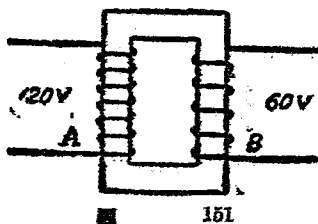
這機既可供直流，交流兩種電流，那末，我們就很可以用它來做各種試驗中的電源了！

第十一章 變壓器

在第一章內曾說及，高壓大多用來做長距離的電能輸送，這是什麼緣故呢？原來遠距離的電能輸送，用高壓比較用低壓經濟得多：我們在第一章中已知電能 W 等於電流 I 及電壓的 E 的相乘積。但是這公式只適用於直電流，交電流則須將一「移相角」($\cos\phi$)的數值加入。不過我們可以假定這值固定不變。這樣就可由定值的電能下看出 I 、 E 二者的互相關係來。即：「當 E 值增高時 I 值必減少」，這 I 值的減少對於鋪設線路若有很好的幫助，因為線路內的電流既經減少，於是我們就可取較細的導線，鋪設這長距離的電路，因而節省了一筆很可觀的支出；同時因了電流的減少，線路中所應耗費掉的一部份電壓也跟着雙倍的減低，由於這些優點，所以長距離的電能輸送完全都利用高壓。

蘇俄中央電廠長距離輸送電能所用的電壓為 220,000 V，但一般交流電機所生最高電壓不超於 11,000 V，所以如想得到前述高壓，必須有另一種儀器幫助方可，同時這樣的高壓送抵目的地時也應設法把它的壓力降低至一般電器合用的程度；這儀器便是本章所要講的「變壓器」。

變壓器的原理很簡單：一個鐵心（見圖 151）上繞有兩個線圈 A



及 B ，線圈 A 是由多數的細線繞成，而線圈 B 則是由較少圈數的粗線繞成，這兩線圈，一個接到交流電源，叫做原線圈，另一個發生較高或較低電壓的，叫做副線圈。

假如把一個線圈接向交流電源（例如線圈 A ），於是線圈 B 內也立刻發生一種感應電流；這是因為交流電所生的磁場的大小和方向永遠變化，以致各磁力線時時與線圈 B 割截，使線圈 B 中發生感應電流。

這感應電流的大小怎樣？假定原線圈共繞有 240 圈導線，副線圈只繞有 120 圈，則當原線圈內電壓為 120 V 時，副線圈所生感應電流將具有約 60 V ，換句話說，便是：「電壓的大小和線圈所繞圈數成反比例」；不過流入原線圈的電流的「能」已不能於副線圈中全部得到，因為其中一部份的「能」已變為熱能而消耗；他得完善的大型變壓器所消耗的能比較少，大約只為所入電能的百分之一至四，換句話說，即可在副線圈內得到原有電能的百分之九十六至九十九。

當我們做試驗時，最便當當然是利用家中的電燈電流，但這電流的電壓較高，對於我們的低壓電器是不適用，前面雖說可由電阻器減低它的電壓，但是電阻器有兩個缺點：一、耗電過多，二、稍不注意便會有燒燬儀器及保險裝置的可能，所以，如想利用家用電流來做各低壓試驗，變壓器是一具不可少的儀器。

這種變壓器可利用「電鈴變壓器」；因為它可將電燈電流的電壓（普通都在 110 V 120 V 之間，但也有 220 V 的）降低至 3, 5, 8 V 三種低壓。但若沒有「電鈴變壓器」，可以依下述方

法自己試製一具應用。

下面是一具電能為 360 W 的變壓器製法，原線圈可接於 120 V 的電燈線路，副線圈可供給 60 V, 12 V, 6 V, 3 V 四種不同電壓的電流。取用 60 V 時，可得最大電流 6 A，用 12 V 時則得 30 A, 6 V 則得 60 A。最後，如僅需電壓 3 V，則電流最多可取用 120 A 之多，於是足可由它燒紅一條直徑 3 毫米的鐵絲，並且可用來做電鐸的電源。

圖 152 是這變壓器的簡圖，它的原線圈繞有 800 圈導線，在第四百圈處有一線引出，這線與線圈兩端的任一端間的電壓都是 60 V，電流最高不過 3 安培。副線圈由四組各繞較粗導線 20 圈的獨立線圈合組而成，這四線圈可由串聯或並聯方法得到上述各種電壓及電流。

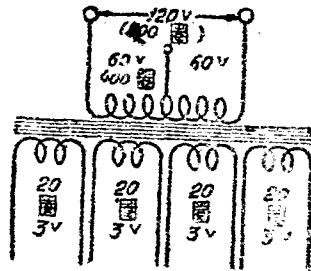
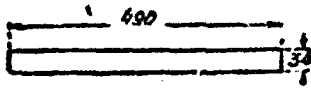


圖 152

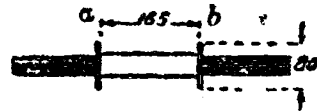
第一，先做鐵心。這是變壓器中主要部份之一，因為鐵最易使磁力線通過的緣故。鐵心應該用一片一片的鐵片集成，不可用一整塊鐵塊，因為要避免「佛科」電流的緣故。鐵片每片應剪為 34×490 毫米大小（圖 153），片的數目要看片的厚薄而定，大概要有 60 至 70 片左右，總之，務使各片疊起來後有 34 毫米的高度才成。

爲了使佛科電流更加減少，可用薄紙夾在每兩鐵片的中間。疊好的鐵心，夾在座鉗上，把各片互相壓緊，使中間沒空隙



圖

153



圖

154

才好。然後用布條把鐵心中部(ab 之間)包繞兩三層(用粗棉線代布條亦可), a, b 兩點各裝一厚紙(馬糞紙)剪成的正方形,尺寸為 80×80 毫米,如圖 154, a, b 兩點間之距離為 165 毫米。鐵心至此已告完成,下面便將動手繞線圈——原線圈及副線圈。

繞線圈用導線的直徑要視欲接入的電壓高低而定,例如原線圈想接入 120 V 的電路,那末線的直徑約須用 0.7 至 0.8 毫米,同時所繞的線圈數目也要多些。

原線圈共須繞線 800 轉,未繞前,先把線的一端接以一條柔軟而且有絕緣包皮的銅線,預備做引出線;此後便可起始纏繞線圈。線圈的繞法和電動機,發電機等的繞法相同,使各圈線都互相緊靠;繞到第 400 圈時,用軟韌銅線做一引出線。全部線圈繞完後,線的尾端也銲接一條引出線。全付繞好的線圈,外繞以兩層布條,於是便可在上面繞副線圈了。

副線圈因通過的電流所具電壓較低(前面已說過,這是一具「低壓變壓器」,即將高壓變為低壓之意),所以用來繞線圈的導線須較粗,直徑約 2.5 至 3 毫米。副線圈是由四個可分可連的獨立線圈組成,每一線圈繞有 20 轉導線;如果把這四線圈互相串聯(見圖 155),則副線圈可得 $\frac{80}{800} \times 120 = 12 \text{ V}$ (式中 80 及 800 各為副線圈及原線圈所具有線的圈數,而 120 則為

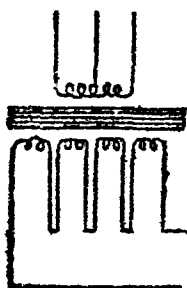


圖 155

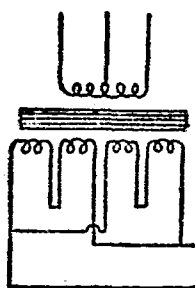


圖 156

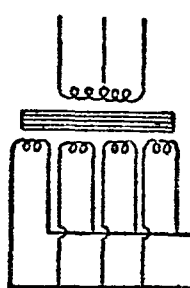


圖 157

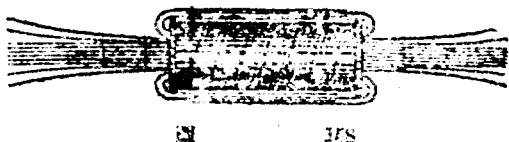
原線圈所接入電流之電壓)；若把每二線圈(副線圈的)並聯，然後再把兩已並聯的「線圈組」互相串聯(圖 156)，則副線圈可得電壓約 $\frac{40}{800} \times 120 = 6V$ ，如把所有四獨立線圈互相並聯，(圖 157)，則副線圈可生 $\frac{20}{800} \times 120 = 3V$ 。

這樣，當原線圈所流電流為 $3A$ 時，副線圈之四獨立線圈互相串聯，可得 $\frac{800}{80} \times 3 = 30A$ (圖中 800 及 80 各為原副線圈所具線之轉數， 3 為原線圈內電流安培數)；每二組並聯，而互相串聯時副線圈可得 $\frac{800}{40} \times 3 = 60A$ ；最後，若副線圈之各線圈互相並聯，則可得電流 $\frac{800}{20} \times 3 = 120A$ 。

副線圈各獨立線圈繞好後，各須銲接兩條銅線以為引出線。最後，各線圈外面繞以兩層絕緣布條。

其次要設法得一「閉合磁路」，這可以把線圈兩端的鐵片一一分散開來，每端各將一半數目鐵片屈向左方，另一半屈向右方(圖 158)即得。

現在，可把已
完成的變壓器裝到
一塊木板上，把各
線圈的引出線各接



到座板的接線柱上；因副線圈用的接線柱將流過較大電流，所以要選用能通較強電流的。

這變壓器接到線路中後，當副線圈負載為零時（即未接入任何電流時）原線圈大約耗用 7 至 10 W 的電能；這樣，假如想用這變壓器供給低壓電流於一電鈴，每天除掉因按鈴而耗損之電能外，並另耗損 $7 \times 24 = 168$ 瓦特小時或 0.168 仟瓦小時之電能。

第十二章 感應機

感應機可說是一種特別構造的變壓器，因為它可以把直流的低壓電流變成高壓（變壓器只能變交流，對於直流，完全無效）；它也有原線圈和副線圈：原線圈的繞線粗而轉數少，因為它只通過低壓的電流，副線圈則繞線細而轉數多，高壓的電流，即由此發出。

變壓器之所以只能應用於交流而不能應用於直流的緣故，是因為交流的磁場向秒鐘內不停地變化，因此在他附近的導線（線圈）能受到磁力線的割截而發生感應電流；至於直流電流，則因為它的流向固定，磁場也固定，因之附近的導線或線圈便不會受磁力線的割截，而致使變壓器不生効用了。

感應圈之所以能把直流低壓變成高壓，完全歸功於一個所謂的「脈動裝置」，這脈動裝置能使流過的直流變為「脈動電流」，然後，根據感應的原理，使副線圈內生出高壓的電流。

什麼叫做「脈動電流」，這裏不妨簡單介紹幾句：我們知道交流是每秒鐘內不斷改變着流動的方向和量的大小的一種電流，脈動電流有些和他相仿：每秒鐘內不斷地在改變它的量的大小，但和交流不同的地方就是「他的方向不變」；至於直流，那末它的方向和量的大小都保持不變；這三種電流，若用曲線表出，可得如圖 159 的形狀：*a* 圖是完全直流，*b* 是交流，*c* 是脈動直流。

脈動電流的大小既常在變換，那末它的磁場也必因之變換，於是與它的磁力線割截的導線或線圈中便會生出感應電流來。

感應機的用途很大，例如可以供我們做許多有趣的實驗等，現在先告訴你們它的製法，然後再告訴你們一些實驗的做法，或許你會感到極大興趣哩！

在未着手製造之前，應當牢記：這東西的構造相當複雜，所以做的時候，應處處留意，使每一部份都能合用，這樣才會得到好的成績而不致失望。

先說它的主要部份。圖 160 是它的外形。在鐵心 3 上繞有少數由粗線繞成的線圈，這是原線圈；在同一的鐵心上同時繞有副線圈，這是很細而轉數很多的細線圈。副線圈繞在原線圈上面，它的兩端各接着一個「放電器」7。原線圈內電流由外路流入時經過「脈動器」4，變成脈動的電流，於是流入副線圈，發生脈動磁場，因

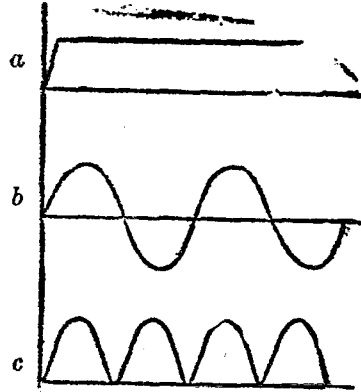


圖 159

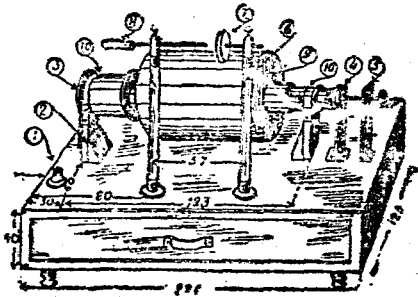


圖 160

而副線圈內生出感應電流；因為感應圈繞線的轉數很多，所以能得到很高的電壓，副線圈的繞線之所以可用細線，就是因為只有高壓流過（在這種情形下電流很弱）的緣故；副線圈所得的高壓電流，力量足以使兩放電器間的空氣隙中發生火花。

感應機的原線圈與普通線圈稍有不同，那鐵心上各部所繞圈數不同——其中一端所繞圈數較多——，而副線圈則繞於鐵心中部，套在原線圈上，形如一個套在鐵心上的環。

這種繞法可使感應圈比較節省多量副線圈所用導線，而且用電也較省，這機可使兩電極間在 35 毫米距離間發生火花，而輸入之電流壓力則僅須 6 V。

這機的製造先由座板起始：座板由薄松木或橡木板製一長方形匣（見圖 160），預備裝儲「容電器」，所以匣的一面不可釘牢，可加以鉸鏈，使能開閉；也可以做成「抽屜」式，如圖 160 所示，這樣就可以不裝鉸鏈了。

座板底部裝以四枚磁柱，每角各一，使不致損壞匣底；座板全部應用砂紙擦光，並塗之以漆。

座板上面由四「鐵角」支立兩木柱（見圖 160 之 10），兩柱上端製成凹半圓形，以便安置鐵心及鐵心上之線圈，木柱之一製為厚 10 mm，闊 25 mm，及高 143 mm（由座板至凹圓底部之高）；另一柱高 37 mm，闊及厚同前；兩柱也應用砂紙擦光並塗以與座板相同之漆。

鐵心是由多數鐵絲集成，鐵絲應用所謂「火爐絲」，直徑約用 0.7 至 1 mm，每條剪成 150 mm 長，共須剪二、三百條；其次

把各鐵絲絕緣：將各絲浸入洋乾漆中，取出後，豎直乾之；乾後，把所有各絲集到一起，另用其他金屬絲把這些鐵絲分段捆緊。鐵心中各鐵絲應互相緊靠，這可把它們放在木板上，用木錘敲擊，並緊縮各金屬箍而得之。

鐵心製就後應呈圓筒形，且須具 20 mm 直徑。

這鐵心放入一馬糞紙製圓筒中，這紙筒內徑為 20mm，長 150 mm（見圖 161 及 162），紙筒的兩端各裝一厚約 3 mm 的圓木片，兩木片的直徑一為 58 mm，另一為 26 至 30 mm，紙筒告成後，套到鐵心上。先將鐵心之一端套入，套至第一枚金屬「箍」

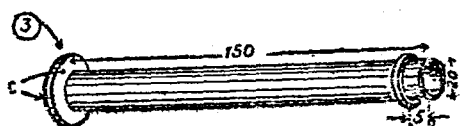


圖 161

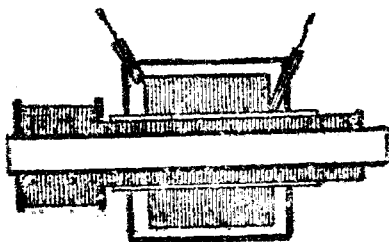


圖 162

時，用鉗將此箍毀掉，再行推入至第二箍時，又用鉗毀之，這樣做去，不難把整個鐵心套入筒內。

鐵心的一端，因須用來做「振動器」，所以它的截面應極平滑，可用細紋銼刀慢慢銼之使平，但須謹慎從事，否則紙筒很易擠破。

前述兩圓片，大者穿以兩孔（圖 161），直徑各 2mm，以便把原線圈的兩端引出，兩圓片上事先應塗以一厚層洋乾漆；原線

圈共須約五百克，直徑為 1mm 之「雙紗包絕緣」銅線。

原線圈：先將導線的一端鉗接於一條電燈用「花線」上，鉗接處務須使之絕緣；把這花線由圓片的下孔穿出，然後起抽繞線。每圈線須與鄰圈緊貼，線自大圓片繞至小圓片，繞滿至鐵心一層後，包以一層蠟紙，然後在蠟紙上進行第二層繞線，繞的方向，自小圓片向大圓片。繞好後，又鋪以一層蠟紙，此後尚須繞線六層，但已不必繞滿兩圓片間之全程，而只須繞至由大圓片起 40mm 之長度便可（圖 162），這時須先加以另一大圓片於距前大圓片 40mm 處，而後方可進行繞線；六層繞滿後，線之尾端亦接一花線，由大圓片的上孔引出。

線圈全部塗以數層洋乾漆，然後圍以多層的薄紙，最後，再在紙上塗一層黑漆。

副線圈：整機製造中比較最困難，最繁瑣的工作即是副線圈的繞製，所以應該加倍注意。

取直徑為 0.1mm 的絲包導線 150 克，（雙紗包導線不可用，因為比較太粗而且由此繞成的線圈比較太鬆。直徑 0.1mm 的導線如找不到，可取重 120 克 0.07mm 直徑之線代替）。繞於一長 80mm 內徑 27 至 30mm ，厚 1 至 3mm 的玻璃管上。這玻璃管應能從容套到原線圈上；玻璃管如不易找到，則可以用蠟紙筒代替，但須浸以溶化之黃蠟。

為增加工作效率起見，副線圈可繞製於一特製的繞線機上。

繞線機（圖 163）不難自製。取一木板為底，兩旁各置一木柱，木柱中部各穿一孔；將繞有導線的線軸中心加裝一粗鐵線

製的軸，把這軸的兩端穿過木柱的孔中，軸的一端，把餘剩的一段鐵線屈成搖柄形，於是全機便成功，可進而繞線了。

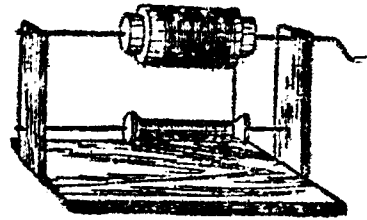


圖 143

事先在玻璃管上繞以三四層 60 mm 闊，曾浸於黃蠟液中

之薄紙。液之配製法如下：於金屬容器中量出一百克的黃蠟，把這黃臘盛入水碗中，放在水浴上加熱。

待黃蠟溶化後，尚須繼續加熱若干時，以便把黃蠟中所含的水分蒸發。此後，把黃蠟攪勻，加以五十克的凡士林卸成。但上述的黃臘和凡士林都應選用純粹的，所以長好到西藥房中去買。

導線的一端銲接一條軟而且韌的花線（電燈線），兩線相銲的地方應用上述的蠟紙包紮，並用絲線將其繞緊於管上。這時，可把花線引出，便起始繞製線圈：以右手緩慢地搖柄，左手理線。

繞製時須注意務使各鄰近線圈緊靠，否則所得的線圈必不可用，這點必須注意。如線為絲包，那末要繞至長 30 mm ，若線為紗包則須長 35 mm ，線繞於管的中部。絲包線圈上應塗以一薄層液態的黃蠟，並包以一層薄紙，這紙應把全線圈嚴密包裹，然後進行第二層線圈的繞製；這層也應塗黃蠟及包以薄蠟紙，其他各層作法相同。

每繞五層後，包之以兩層薄紙，其中第一層之紙應全部浸於

上述溶液中。用此方法繞製共七十九層，應注意的是在塗黃蠟時此液應極熱及稀薄。

繞完線圈時，其尾端鉗接一軟而韌之花線，並將鉗接地方以絲線緊緊在線圈上。繞製線圈時應注意，不應有任何被切斷的地方，這可用驗電器檢驗（關於驗電器的用途及自製方法，可參閱第二章第七節）。檢驗時用三至五伏特電壓的電流已足，如線圈中途有切斷的地方，可用鉗接法結連，但鉗時絕對不可用酸類，因酸類侵蝕銅線，久之可使導線中斷的緣故。又，鉗接地方應包以沒有絕緣液的紙。

若一切就緒，可用一55mm 闊的紙條把線圈包裹，於是乃得一環狀小匣，匣的兩旁注以溶化的蠟液（溶化蠟時，不必燒至沸騰，否則將減少它的絕緣性）。

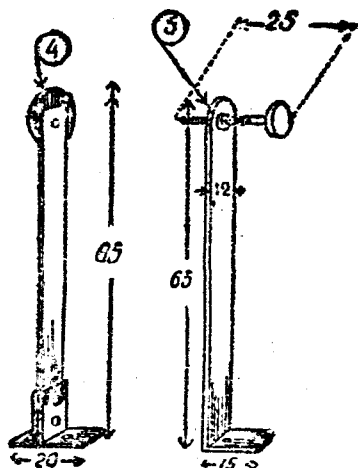
最後用馬糞紙製一個圓筒形紙匣，其尺寸以較副線圈大10mm 為度，把副線圈放在中間。匣的外面穿以兩個小孔，中間各插細玻璃管一小段，把副線圈的兩端（花線）各經一玻璃引出（見圖162），然後把匣內的空隙地方都用黃蠟充滿。又，二引出線在未穿過玻璃管時，應先套一小段橡皮管，以免玻璃的邊緣割斷導線；二引出線引出後，每端各接以20米突長直徑約3mm 的銅質導線，以便接往放電器。

副線圈至是全部告成，此外，最好將全匣塗以黑漆。

振動器：這個裝置（圖160之4）的功用，在把直流電變成脈動電流（方向不變，但其量則時大時小，與脈搏相仿的電流）。它的主要部份是一個裝在一枚活潑彈性金屬片上的小鐵錘，這

「彈性片」可取舊鐘錶內的彈簧來做，大概要長65毫米，厚約1毫米，闊7至10毫米。一鑄釘以一枚「角鐵」，使可以將這彈片釘牢於底板；上端則裝一圓形軟鐵片，片的大小大概直徑20毫米，厚5毫米（參閱圖164）。

這圓片應能繞及「調節螺旋釘」（見圖），這螺釘可在10至20毫米高，3毫米厚的黃銅片的上端穿過，先在銅片上



圖

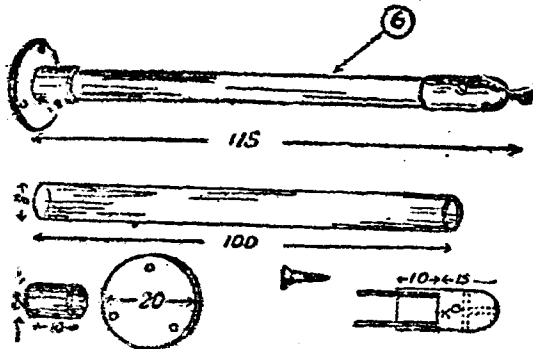
164

鑽，於65毫米處（見圖）製以適當的內螺旋；若內螺旋不能自做，則可取一內螺旋釘，裝於65毫米處之孔內以代替之（如圖164）；這「內螺旋釘」的大小要使調節螺旋釘能隨意旋過，不太緊也太太鬆，否則振動片(4)振之時將使這螺釘鬆退。又，片(4)與螺釘相接觸的地方，應鑄以一小塊厚約0.5至1毫米，直徑約為4毫米的銀質圓片；這圓片可用小銀幣代替，又，螺旋釘的尖端也應鑄以銀質尖端。

放電器：線圈將在火花間隙中放電（圖160），這火花間隙位於兩個放電器中央，現在先述放電器等的製法。

兩個放電器各裝在木板上，但各應與底板絕緣（圖165），放電器由玻璃管，底座及接線柱組成，由底座與底板釘牢。做底

座，可取一銅片或黃銅圓片，直徑為9至10毫米者，一端用錐錐成球面，另一端則鉚以一枚黃銅捲成之圓筒。



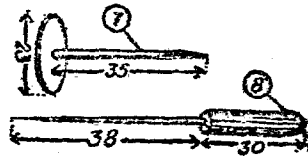
在上述接線柱上

圖

165

穿以三孔。其中之一直徑為3mm，預備把副線圈的線端放到裏面。另一的直徑為4mm，透孔要和前孔的方向恰成垂直，預備裝入「放電子」。第三孔中應製以內螺旋，使可由一螺釘把放電子抵牢在接線柱上；這放電子與底板間的絕緣由玻璃管司之，管的一端用火漆黏牢於接線柱，為此工作，可把接線柱放在火酒燈上燒熱，注入約至容量之半的液態火漆，然後迅速把微熱過的玻璃管端插入即可。這接線柱的底座是前述的圓銅片及鉚在上面的圓管，這段圓管中也用同上的方法把玻璃管的另一端用火漆黏牢。

放電子可由直徑約4毫米的銅絲做成，(見圖 166)，放電器共須二枚(見圖)其中之一乃將銅絲以錐錐成圓錐形，好像一枚針的形狀，(圖之8)另一則於銅絲之一端鉚接以一銅質圓片(圖之7)。感應機工作時，常須調節二放電子間



圖

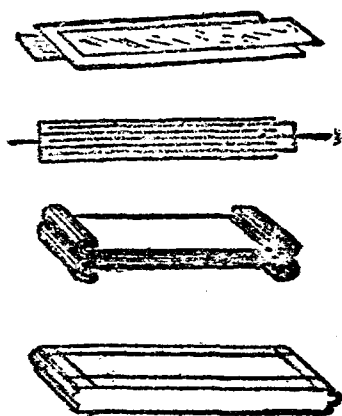
166

的距離使能得到火花，因此放電子中之一應裝有絕緣柄；這柄不可用木製，應找一小段玻璃管，其中充滿液態的火漆，立刻套到微熱的放電子的一端，冷卻後即可穿着於放電子，可以應用了。

容電器 感應機最後一件工作是容電器的製作。這器的用途在免掉於感應機工作時振動器間火花的發生。所須材料為鋁箔及蠟紙，這容電器共須製三枚，以便利用各種連結方法，以得到最佳的成績。容電器的連接法有二，即並聯及串聯，當串聯時，它們的「容量」減少三倍，並聯時則增加三倍。

每枚容電器須剪裁六十一片闊 5mm ，長 100mm 的鋁箔，及六十五片闊 7mm ，長 100mm 的蠟紙，另須備兩片厚約 8mm 的，會浸於蠟液中的馬糞紙。

材料準備完畢後，在一片馬糞紙上放兩片蠟紙，紙上鋪以一片鋁箔，鋪時務使鋁箔的一端約有 10mm 露出在紙外（見圖167），然後在鋁箔上鋪紙一張（紙的位置同前），於是再鋪鋁箔一片，但片的露出方向要與前次相反（換言之，即若第一片露出左端，則第二片應露出右端）。如是反覆將鋁箔與蠟紙交互疊合，直至所有



圖

各片鋪完為止。於是再在這上面鋪以二紙片，並把另一馬糞紙片放在上面。然後把露出在兩端的鋁箔如圖捲起，並用銅片或

鐵片夾住（這鐵夾的製法詳見圖 168），再用橡皮箍箍緊，便成容電器。另外二枚容電器的製法，和這完全相同。

全機之裝配：在裝配之前，先要在支架上穿以四孔，兩孔用以裝接線柱，餘兩孔則為原線圈的兩個線端於架內引出之用（見圖 169）。鐵心上套以副線圈，並將這鐵心裝於二支架的凹入部中，另以兩銅片或鐵片把鐵心釘牢於凹架上，但為絕緣起見，二鐵片下更應墊以橡皮一方，然後用小螺釘釘牢於凹架。振動器用小螺絲釘釘入底座，上面的小鏈應正對着鐵心的一端，不可過高或過低，而且二者間的距離不可大於 6 mm ；調節螺絲釘的尖端應觸及彈片上的銀片；兩個放電棒的支柱裝在線圈的一旁，中間應互隔 57 mm 。

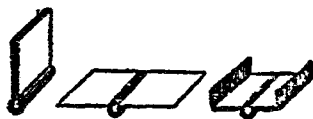


圖 168

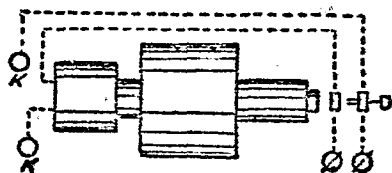


圖 169

全機的連接應由直徑 1 至 1.5 毫米的導線完成，而各線為增加全機的美觀起見，應該都在底板下面接連。

接連的線路見圖 169，圖中 K 字代表兩個接到電源的接柱，由其中之一用電線接向振動器的調節螺釘，並接於把這螺絲釘支柱釘於底板的小螺釘上。原線圈的一端接至彈簧片的小螺釘上，另一端連接到第二接線柱 K 容電器裝接於振動器的調節螺釘及彈片之間，此連接應以軟韌花線為之。

欲使全機開始工作，更要把副線圈的兩線端各接至一枚放電棒的接線柱上，然後把放電棒的兩端相近端移動，使其中隔有5mm的距離。再用導線把二接線柱與電池的兩極相接，這時振動器便起始振動（和電鈴的情形相同），可旋動調節螺釘，至聽到清脆的振動聲為止，這時振動器的工作可說很合宜了。

由振動而發出的聲音愈高，便是表示開閉電路愈快。振動器剛一起始工作，放電棒的兩端間便起始發生火花，這時可將再把二極間的距離逐漸延長到35mm，但不可超過這距離；否則副線圈的線的絕緣包皮將被燒燬。火花應由尖端趨往圓片，這樣可以得到它的最大值。假如你的實驗結果和前恰恰相反，那末要把由電池接至接線柱的兩條導線對調。

容電器對火花的長短有很大影響，所以可先只用一枚，然後以二枚試之，若火花加長，則更加以第三枚，總之，容電器的多寡，要以得到最長的火花為目的。

感應機因為副線圈所生的感應電流壓力極高，所以在做試驗時應恪守下列兩規則：第一，每次在做實驗前要把放電棒間的距離弄成五毫米，否則，副線圈的絕緣包皮要受損傷，第二，在感應機工作時，絕對不可使自己或他人和放電棒接觸，但絕緣因為例外，因為，一旦與之接觸，必受重大的電擊，這是極端危險的事，應加特別注意！

利用感應機的幾種實驗：

(一) 火花擊穿厚紙

取一塊厚紙或厚的馬糞紙，放在二放電棒的中間，使紙的上

緣高於放電棒的 $1mm$ (圖 170); 這時, 一向是依直線形進行的火花, 便立刻傾斜, 並由紙的上端繞道而過 (如圖), 現在, 若在紙的一端貼以一片錫紙, 然後重新放到放電棒之間, 則此次火花已不再繞越, 而竟洞穿厚紙而過了。

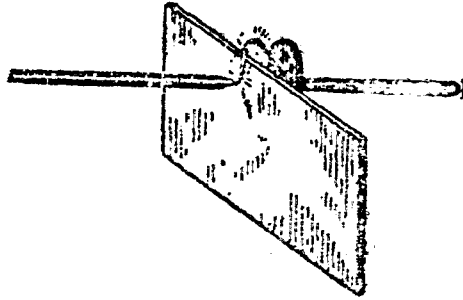


圖 170

(二) 火花的延長

點一蠟燭, 放近放電棒, 使火花與燭燄間有 10 至 $15mm$ 的距離, 當你的燭剛近到這距離, 火花立刻便傾斜, 而由燭燄中穿過, 這時無論你把燭移到什麼地方, 火花必隨燭燄傾斜 (見圖 171)。若同時以二三蠟燭移近, 則可將火花延長至二三倍。

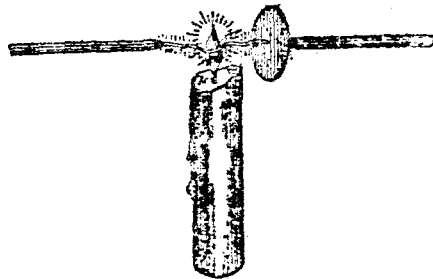


圖 171

(三) 發光鐵屑

在一片乾燥的玻璃上把鐵屑攤成薄薄的一長條, 把這玻璃放在桌上感應機的旁邊, 鐵屑兩端以導線與二放電棒相連, 則於放電時, 可得一由多數跳躍於各小鐵屑間之極長而且美麗之

火花（圖172）。若將鐵屑易為鋼屑，則當火花通過時，鋼屑將起始燃燒，並生小爆裂之聲。這個實驗及以下各實驗中之數種最好在暗室中舉行，那末結果定能更加美滿。

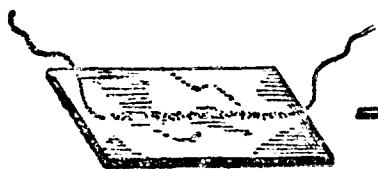


圖 172

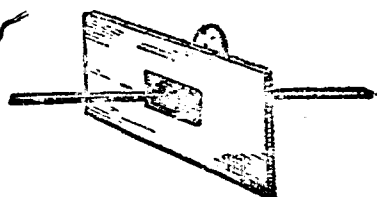


圖 173

（四）電可通過玻璃

把一片玻璃放在二放電棒的中間，則火花將不能經過；現在，若在玻璃的每面貼一小張錫紙，則火花又復出現，好像在玻璃中間穿過一樣（圖 173）。

（五）火雨

取玻璃兩片，各貼一片錫紙於一面，把兩未貼錫紙之面緊貼，則得到上述的實驗——即火花似由玻璃穿過，現若把兩玻璃稍移動若干毫米，則兩片間的全部空間，將由許多微小的火花佔滿，和下雨時的雨點相似（圖 174）。

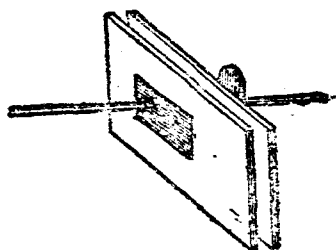
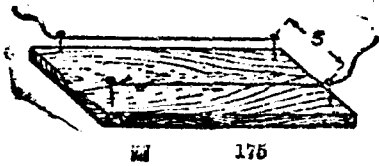


圖 174

（六）發光的樓梯

在木板上張導線兩條，其間距離為 5 cm；用導線把它們連

接到放電棒，則於兩導線之間得到火花，這火花逐漸改換自己的位置，而且很像樓梯的階層（見圖 175）。



(七) 電火柴

在一塊木板上張兩條導線，其間相距約 10 至 15 mm，把它們用導線和放電棒相連；這時若於兩導線間放以一→小塊浸有酒精或揮發油的棉花，則立刻着火燃燒，和用火柴燒點時一樣。

(八) 放電管的實驗

這是應用感應機的一個最有趣而且美麗的試驗；放電管是一個抽盡空氣的玻璃管，它的兩端內鉗有白金質的導線用來與電線相接，在這管中放電時，就可以看到極悅目的現象：整個玻璃管好似被光線充滿一樣，這光線的深淺要看放電程度和管中所充裝的氣體的種類而定。

放電管在我們電機少年，可以由一枚真空的燈泡改製，(圖 176)，燈泡並不限定用新的，廢的也可利用，只要沒有空氣跑進去。改製的方法如下：把一條銅質導線鉗到燈泡的銅螺旋，這導線的另一端接往感應機上的放電棒，燈泡的另一端貼以一片直徑約為 15 至 20 mm 的圓形鉛箔，這片也由一導線接往感應機的另一放電棒；則當感應機工作時，整個燈泡內光耀着紫色，



圖 176

灰色或淺綠色的光輝。

假如所用的燈泡是炭絲燈泡(市上現售燈泡以鎢絲為最多,炭絲甚少見),則生綠色的光輝,並且可用來攝取X射線照片。做攝取X射線照片用的放電管,它的真空度極強,所以只炭絲燈泡可用。它的製法如下:

先把燈泡上的螺旋形銅帽小心取下,這時要注意不要把由燈泡內引出的二條導線弄斷(圖177);現在把這兩導線連結到一起,然後把它們銲接到一種長約10 mm的軟銅花線的一端。於是可以把螺旋形的銅帽裝回原處,並注入液態火漆或黃蠟,使它牢着於原來的位置上。



圖 177

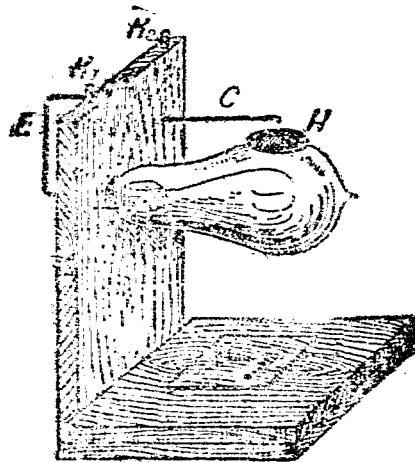


圖 178

火漆或蠟凝固後,在燈泡凸出的一邊貼以一小片錫箔(見圖178)。這錫箔的直徑以20至30 mm為合,並應以剪刀把

這圓片依半徑的方向剪成如圖 177 上面的形狀，然後把片貼到燈泡上。

這燈泡裝在一個木架上，木架可由兩塊木板做成。二板的大小一為長 200 mm，闊 80 mm，厚 10 mm；另一長 15 mm，闊 100 mm，厚 20 mm。第一板中裝置燈泡，另一較厚的用做實驗桌，兩塊木板用小釘釘成九十度的角度。

直立的板上，在由下面起 100 mm 的地方，穿一個洞，用來把電燈泡裝入；由燈泡引出的導線 B 接到接線柱 K_1 。

由底起在直立的板上 100 mm 地方再穿一洞，以備導線 O 穿過；這導線應取有絕緣包皮的，直徑約 1 至 2 mm 為宜；孔中先穿以一小段橡皮管，然後再把導線穿過橡皮管，使能窄着於孔中。這導線在圓鋸管 H 上面曲成直角，這時它的尾端應和圓鋸管相隔 2 至 3 mm。又，這尾端上的絕緣包皮應刮去約 10 mm 之長度。^① 這導線的另一端由細導線接至接柱 K_2 ，那末整個「X 射線機」便告完成。

現在，來做攝 X 射線照像的試驗：把接柱 K_1 及 K_2 用導線连接到感應圈的放電器上，又取一片攝影用的感光片（要裝在不透光的小匣中，或以黑色或紅色紙包封方可用）放在座板上，使恰與燈泡相對；所欲攝影的物件則放在底片上面。使電流繼續流通於原線圈約半小時之久，然後把底片以尋常方法沖洗即得。

內政部審定 初級中學

第一二 期

蘇聯少年科學叢書
“少年電機工程師”

中華民國二十八年十一月初版
中華民國三十二年五月內三版

有著作權



不准翻印

乙種定價國幣二元

(外埠酌加郵費)

原著者	布 拉 托 夫 波 士 尼 可 夫
譯述者	符 其 琦
發行者	章 錫 琛 蘇州西門外開明書店
印刷者	開 明 書 店

總發行所	分發行所
上海蘇州路二六八號	蘇州 昆明 成都 重慶 桂林 貴陽 衡陽 金華
開明書店	開明書店分店

(90p.) 號一

編66211

