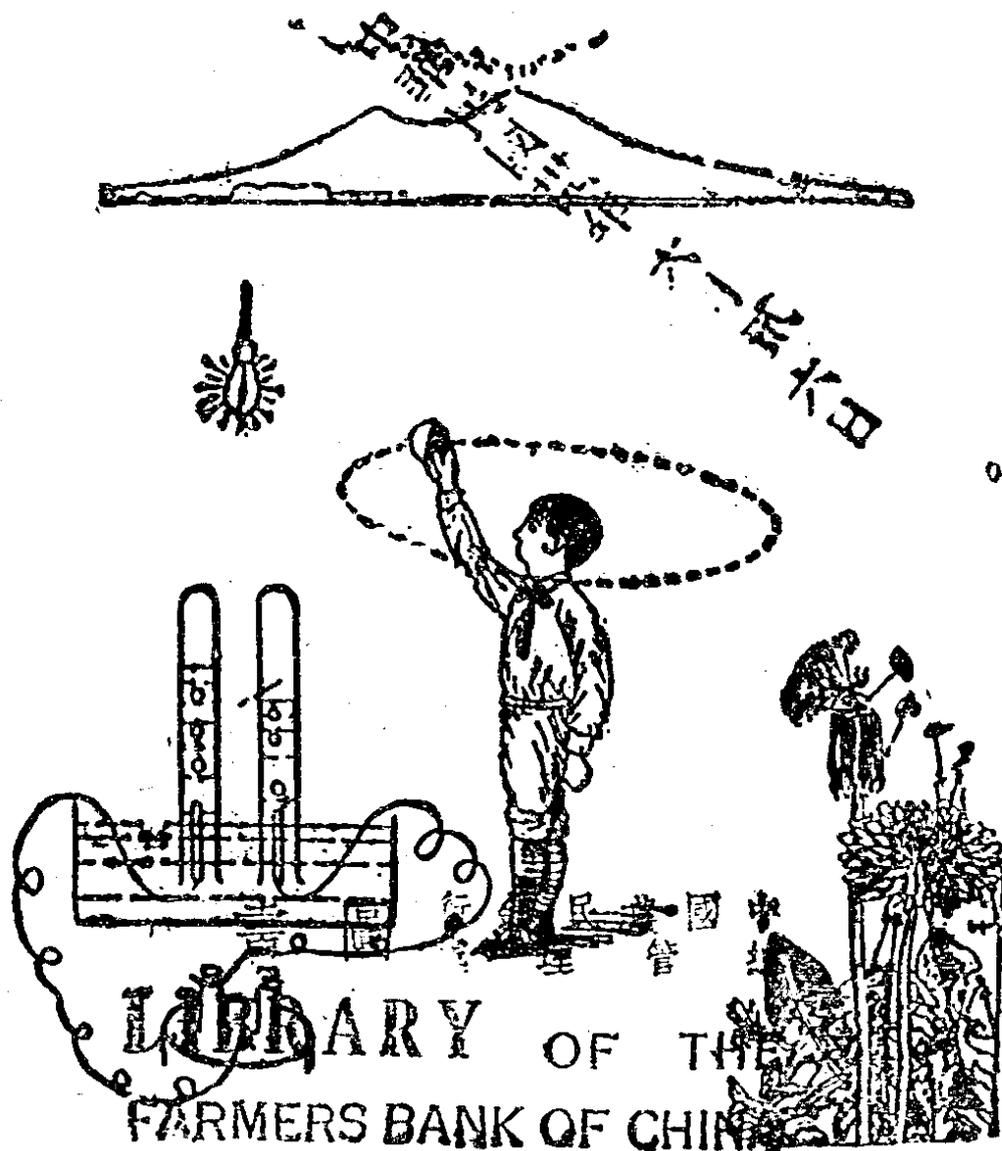


# 少年自然科學叢書

第二十五編 · 電磁機無線電



LIBRARY OF THE  
FARMERS BANK OF CHINA

商務印書館印行

# 少年自然科學叢書

第二十五編

## 電磁機無線電

編者

鄭貞文 胡嘉詔  
江鐵 于樹樟

中國農民銀行圖書  
LIBRARY OF THE  
FARMERS BANK OF CHINA

商務印書館印行

# 目次

## 第二十五編 電磁・電機・無線電

一 電流和磁石	一
(一) 磁石的性質	一
(二) 地球是一磁石	二
(三) 因電流而生的磁場	三
(四) 圓的磁場	四
(五) 電磁石	五
(六) 電報機	六
(七) 電話機	八
(八) 電鈴	九
二 電動機和發電機	一〇
(一) 電動機的實驗	一〇

(一) 實用的電動機	一一
(二) 發電機能生電流的理由	一二
(三) 實用的發電機	一三
(四) 交流和直流	一四
(五) 交流和變壓器	一五
三 電燈	一七
(一) 電阻	一七
(二) 電燈	一八
(三) 鉛筆可作弧燈	一八
(四) 保險絲	一九
四 無線電	二一
(一) 電波	二一
(二) 由電波通信	二二
(三) 天線和地線	二三
(四) 受信的設備	二四
(五) 無線電的電波	二六

(六) 使成調和的方法	二七
(七) 調和線圈和容電器	二七
(八) 偶線圈	二九
(九) 磁石檢波器	二九
(十) 真空管檢波器	三〇
(十一) 三極真空管	三〇
(十二) 揚聲器	三一

# 少年自然科學叢書

## 第二十五編 電磁 · 電機 · 無線電

### 一 電流和磁石

#### (一) 磁石的性質

磁石的兩極會吸鐵片鐵釘，你們諒都知道。此外，磁石還有有趣的性質，可由以下的實驗知道。將卵殼稍為打破，放在桌上。橫置棒磁石於殼上。另以磁石的一極近於兩極，便見有時或引，有時或斥。由此可知，同名的極相斥，異名的極相引，也是磁石的性質。

取鋼鐵製的針，用磁石的一極向同一方向摩過幾次，針也變成磁石。此時最先被摩的那一端，和來摩的極，是同名的極。譬如來摩的極是北極，則最先被摩的那一端也是北極，而他端是南極。這是什麼緣故呢？因為鐵的分子各有磁石的兩極。當鐵不會成爲磁石時，這許多小磁

石所朝的方向錯亂無章，所以不顯磁石的性質。如果有其他磁石摩過幾次，則這些小磁石的極都引向一定的方向排列，所以現磁石的性質。然而能成磁石的東西，在鐵裏面祇有鋼鐵。這是因為鋼鐵的分子比其他種的鐵較難變更方向，一次變過方向的鋼鐵的分子常能保持他的方向。至於鋼鐵以外的鐵的分子，雖然受外界的勢力壓迫的時候一時取一定的方向，然而外界的勢力一去便即時排列錯亂，失卻磁性。曾經成過磁石的鋼鐵，過久也會失去磁石的性質。因為鋼鐵的分子過久也會變更他的方向的緣故。所以既成磁石的鋼鐵，如果能使他的分子排列錯亂，便能使他失卻磁性；譬如用力打擊，或將磁石加熱時，即失卻磁石的性質，便是這個緣故。

鋼鐵以外的鐵的分子一時雖能變更方向，但其排列即時錯亂，不能成爲磁石，上面已經說過。你們或會疑惑不能成爲磁石的鐵中本來沒有小磁石。其實不然，由磁石能夠吸引這些的鐵看來，便能證明我所說的不錯。譬如將鐵片取近磁石的北極，則鐵分子的小磁石的南極都移向磁石的北極，這是由異名的極互相吸引的結果。似此，鐵片各分子的南極向磁石的北極，則鐵片近於磁石的一端成爲南極，而鐵片爲磁石所吸引。鐵以外的東西不被磁石吸引，是因為鐵以外的東西裏面沒有小磁石，換句話說，鐵的分子是小磁石。

## (二) 地球是一磁石

說到地球是一磁石，你們或會生疑，以爲「不是鐵做的地球何以會是磁石呢？」實際上，地球的一半部分是鐵。可是地球雖然是鐵，何以便是磁石呢？這卻有一個道理在裏面。你們誰都知道磁針常指着南北而靜止，這便是地球是一磁石的唯一理由。由磁石異名的極相引這一方面想來，磁石的北極所以常指北方，南極所以常指南方，是因爲地球的北極帶有磁石的南極的性質，而地球的南極帶有磁石的北極的性質的緣故。

詳細說來，欲動磁石北極的力的方向線，由地球的南極向北極而行。這種線叫做「磁力線」。磁力線不只限於地球上，便是磁石的周圍亦有由北極行向南極的磁力線。試置磁石於玻璃板下面，一面輕敲此板，一面散鐵粉於板上，則鐵粉取磁力線的方向而聚集，由此可知磁力線的方向。磁力線通過的地方叫做「磁場」。

### (三) 因電流而生的磁場

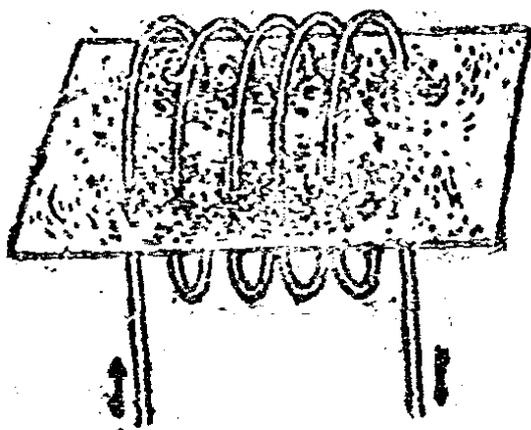
試將通電流的銅線拿到磁針附近，則見磁針的方向變動。今如置銅線於磁針上面，使銅線向南北，和磁針的方向一致。通電流於此銅線時，如電流的方向是由北極向南極流過，則磁針的北極（圖）向右轉。欲研究這是甚麼緣故，可行以下的實驗。取名片一張，中開小孔，以銅線貫通，而後通強電流。如散布鐵粉於紙的上面，則這些鐵粉成爲圓形而相連絡。觀此可知通有電流的銅線的周圍會生磁場，磁力線成爲圓狀。至於磁力線向那一方向，可由前一個實驗知

道。即電流由上向下流時，自上觀看磁場，磁力線的方向和時計針迴轉的方向一致。所以在前實驗中，因銅線在上方，故磁針向右偏；如銅線置於磁針下面，則磁針當偏於左。電流如從反對的方向而流，則磁力線的方向亦必反對。今如照前實驗而通電流於反對的方向，將銅線置於磁針的上面或下面時，磁針當偏於那一方向，諸君諒易解答，並請由實驗證明。

由上所述，電流和磁力線方向的關係，諒已了解。這種關係可以簡單表示如下。普通的螺旋，如照時計的針的方向旋轉，則向前進；如向反對的方向旋轉，則向後退。電流的方向和磁力線的關係完全和此相同。今如電流沿螺旋前進的方向而流，則其周圍磁力線的方向和螺旋旋轉的方向一致。

#### (四) 圈的磁場

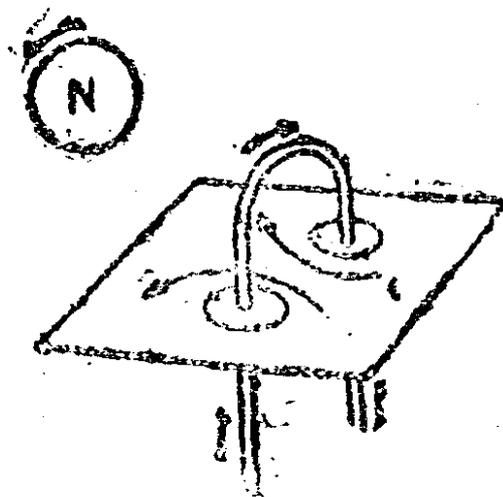
捲成螺旋形的銅線叫做「圈」。如第一圖所示將銅線通過厚紙的孔數次就成爲圈，而通電流，則數枝銅線的周圍的磁場合做一處，比較一枝的銅線所成的磁場更強。如果散布鐵粉於厚紙上面，輕輕敲扣，則生甚明的磁場，如圖。圈的捲數愈多，所生的磁場愈強。如取直徑二公分長約十公分的紙管，用綢裹的銅線緊捲三次，而後通以電流，則圈恰現磁石那樣的性質。拿到磁針附



磁 圈 場

近，能使磁針轉動，即磁針亦能使他轉動。通電流於圈，則圈一端表北極的性質，他端表南極的性質，至於北極在那一方面，在已知銅線周圍的磁力線的方向的人諒易知道。今爲簡單起見，就一捲的圈而論，如第二圖所示，電流的方向見爲和時計的針反對迴轉的方向的那一端便是北極，就是磁力線由這一端出來的意思。圈的捲數無論怎樣增加，其關係完全相同。換句話說，圈的電流流於螺旋旋轉的方向時，螺旋前進的那一端即爲北極。似此，電流和磁場的關係，常和旋轉螺旋時的關係相同，殊爲有趣。

第二圖



圖的南北極的表明

### (五)電磁鐵

以綑裹的銅線捲於紙管上作圈，而通電流，則圈帶磁的性質。如插入鐵棒於此圈，則磁石的性質增強，因爲鐵棒插入，則圈內磁力線的數顯著增加的緣故。不用鐵棒時，多數磁力線橫於圈的外側，由一端通過於他端的很少。如有鐵心，則磁力線不特不偏於外側，而且磁力線的數增加，磁石的性質顯著增大。而且磁力線由鐵棒的一端進去，由他端出來，鐵棒也呈磁力的作用。如係鋼鐵棒，則成了磁石之後，電流雖斷，仍不失磁石的性質，故由此方法可製磁

石。如果鐵心是軟鐵，則一時雖成爲磁石，電流一斷，即失磁石的性質；這叫做「電磁鐵」或「電磁石」，可用於種種的方面。電話、電報、電鈴、電動機，發電機等的主要部分都用電磁鐵。電磁鐵能舉起很大的鐵器，和很重的鐵片，所以製鐵廠和鐵工廠常常使用。貨物如存於鐵箱裏面，亦可由電磁鐵舉起。船舶等起貨卸似也可以利用。直徑五十二英寸的電磁鐵能舉二十六噸的鐵，直徑六十二英寸的同形電磁鐵能舉四十二噸的鐵。用電磁鐵更有一甚便利的地方，如果電流一斷，則此等鐵立即落下，沒有普通起卸貨物縛解繩索的困難。

我們如要實驗電磁石，可將鐵釘或鐵棒置於前述的圈中，以試如下的實驗。最簡單的是用大鐵釘插入綢裹銅線，轉動數回，以作電磁鐵。以銅線的一端繫於電池的一極。將電磁鐵靠近鐵釘附近，以銅線的他端繫於電池的他極，鐵釘即被吸引。如由電池將銅線的一端取開，則所吸引的鐵釘即時落下。

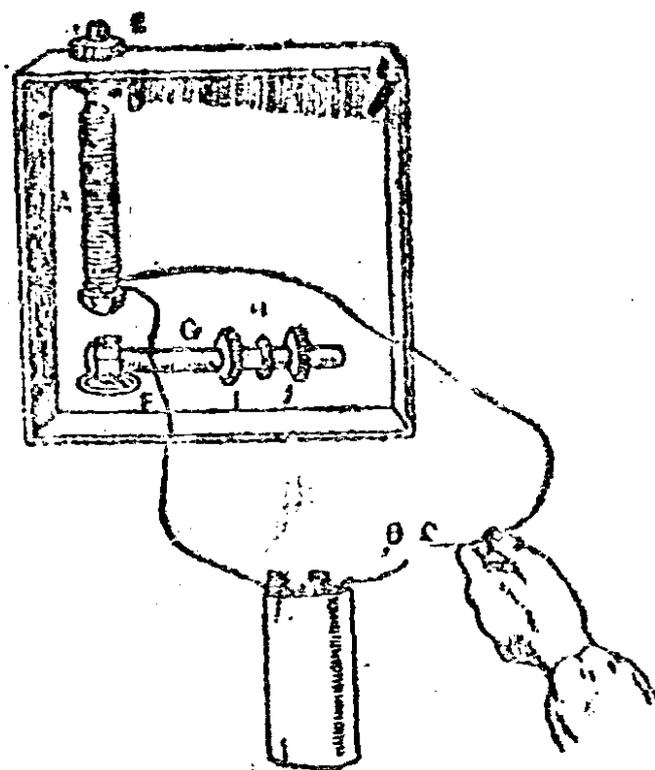
### (六) 電報機

電報機也是利用電磁石的一個器械。要有一個箱，便可以簡單實驗。如第三圖，以綢裹的細銅線捲於鐵螺旋釘上面約三重，由箱的上端垂直裝着。此時如有鐵螺旋D E更妙。次於釘A的下面裝金屬環，以支其他鐵螺旋釘G的釘頭。這釘又由別一個環H支着，以鐵螺旋I J裝於前後。今如使B和C相觸，而通電流，則A成爲磁石，而引G釘。如使B和C離開，而斷電

流，則A不成爲磁石，G因自己的重量而墮於F。如果此時雖螺旋E過偏於左，釘G過重，則A雖成爲磁石，而不必能將G吸住；又如雖螺旋E過偏於右，則釘G過輕，吸引之後，A雖失卻磁石的性質，而G常有仍舊不能離開的事。這兩個雖螺旋爲增減釘的重量而設，實驗時要左右移動，使釘輕重適宜方可。又A和G的頭如果離得過遠，亦不恰好。所以電磁石最好有雖螺旋DE調節，方能恰好。如將這個道理記在腦裏，即用普通鐵釘，沒有雖螺旋，也能實驗。

在這個實驗，僅將銅線的端B和C相聯便可。電報機的發信器不過如此。打電報的時候，不過按鑰，使這實驗上的BC照所欲發的符號適宜斷續而已。無論這銅線多長，如果電池甚強，則電磁石能引底下的鐵釘，所以發信器無論在如何遠處俱可。而且電流極快，和光的速度相同，一秒鐘約爲三十萬公里。所以兩地即有幾百英里幾千英里的距離，當按發信器的鑰時，受信器的電磁石便吸住前面的鐵片。故如先定一種符號，由按鑰的方法以表示言語，則無論

第三圖



電報機發信器

幾千英里的地方都能通信，恰如面談那樣。

就剛纔實驗而論，當A將G吸住時發一音響，至G離開和P相觸時也發一音響，故知二者之間發信器的鑰會被按住。故聽受信器的音，可知發信器所按的方法。電報的符號都是以按鑰的方法或長或短來表示文字或數碼。實驗的受信器和此同理，不過電磁石所吸的鐵片由彈簧的力回復原狀而已。

### (七) 電話機

電話機是銳敏而複雜的電報機。音是空氣中由聲帶的振動所生的一種波，你們都已知。這空氣的振動按着發信器的鑰，應按法的強弱而生相當的電流，流於銅線中，受信器亦生和他們對應的振動，這就是電話機。電報機的鑰是極薄的炭片，普通叫做「送話器」。向送話器說話時，空氣的振動重壓薄片，則通過銅線的電流增強，受話器的電磁石成爲強磁石，將前面的薄鐵片吸住。所以送話器的薄片的振動方法，和受話器的薄片的振動方法完全相同。故空氣中由薄片的振動所生的音波和向送話器所說的話的音波完全相同，所以能聽遠方的話。

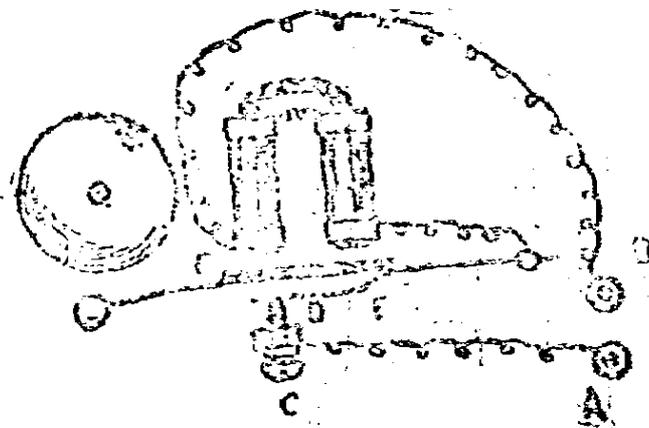
送話器最大的職務是將和大小振動相應的電流送到前方，所以炭片的後面置有盛炭粒的匣子，使他接觸。電流由炭片通炭粒，經匣通於前方。炭粒愈被強壓，愈有使電流通的性質。由說話的聲音使炭片振動，則炭粒被壓，由被壓的強弱，通過炭粒的電流生同樣的變化。即，

由此種裝置，能送和語音同樣變化的電流於受話器。受話器的電磁石前面所裝的薄鐵片被其吸引，隨強弱的程度而振動。這是電話機和電報機相異的地方。至其理由，則全相同。

### (八) 電鈴

試將電池的兩極繫於電鈴上，使他發音。此時請看電流通過怎樣的徑路。有的人由此便知道電鈴所以會發音的道理；有的人須行更進一步的實驗。先將電池的一極繫於B處；使他極和A相觸則會發音，又隨便觸A和C間的銅線，都會發音。和C相觸，也會發音。那嗎，和ED或F相觸時如何？此時鐵片F雖為電磁石所吸引，而鈴不鳴。這樣看來，使鈴繼續發音的，是C和ED之間，可以容易知道。試再看電流由那一條路通過！並試想像電磁石吸引鐵片F時，C和ED中間怎樣！而且當切斷電流而電磁石失卻磁石的性質時，鐵片由金屬片的彈力彈回，C和ED相聯一事是極重要的點。這樣說來，電鈴所以能鳴的理由諒可知道。

#### 第四節



電 二

## 二 電動機和發電機

### (一) 電動機的實驗

交通機關或工廠使用電流時，使電流變為動力的，便是「電動機」。可以說電動機的發明對於現代的文明有最大的關係。現在請就簡單的電動機說起。

電動機的中心轉動部分叫做「電樞」或「電動子」，可取長軟木塞以針插於兩端的中心來製造，這針即為電動機的軸。今取綉裏的細銅線約三公尺，縱捲於長活塞木上，使針的兩側捲數相同。照這樣，將銅線捲後，用線將活塞木縛住，使銅線不致散開。所捲銅線的兩端裸露於外面，使和軸平行，這叫做「整流器」或「整流子」。又以裸露銅線約一公分堅於針軸的兩側，另以已捲的銅線的兩端裸露，堅縛於前面，亦可為整流子，無論用那一種，整流子的銅線裸露的地方，非用沙紙磨光不可。電動子的軸承，可以針二枝交互斜插於軟木塞上，成爲一個支架。斜交的角度不宜過小，如果過小，則上面所載的電動子因爲軸的摩擦太大，恐怕不能轉動。

電動子的軸承製好了後，將電動子橫置於二個軸承上（如第五圖），另以棒磁石的南極和北極置於木塞上面，使近於電動子的兩側。次繫銅線於乾電池的兩極，將距兩端約四五公分的地

方的皮綫開，用手將裸露拿着，使這兩端各和電動子的整流子相觸。這時不宜使銅線過於壓住整流子，致妨害電動子的轉動；也不宜使相觸的地方過不充分，致電流不易流通；非適宜加減不可。

電流經銅線從箭號的方向而流時，電動子也從箭號的方向轉動，這是因為捲在軟木塞的圈帶有磁性的緣故。今自圈的上面看來，電流是和鐘錶的時針轉動的反對方向而流。上方是磁石的北極，被棒磁石北極所排斥，故電動子向箭號的方向轉動。電動子轉動時，縱使左邊的整流子轉至右邊，但電流由這裏流入，圈的上面仍為北極，電動子照舊繼續轉動。似此，隨電動子的轉動使電流流入的方向發生變化，而電動子仍舊從同一的方向轉動，這管這個職務的便是這個整流子。

### 六二 實用的電動機

以上的實驗，不過是圈的利用而已。如有鐵心在圈

第五圖

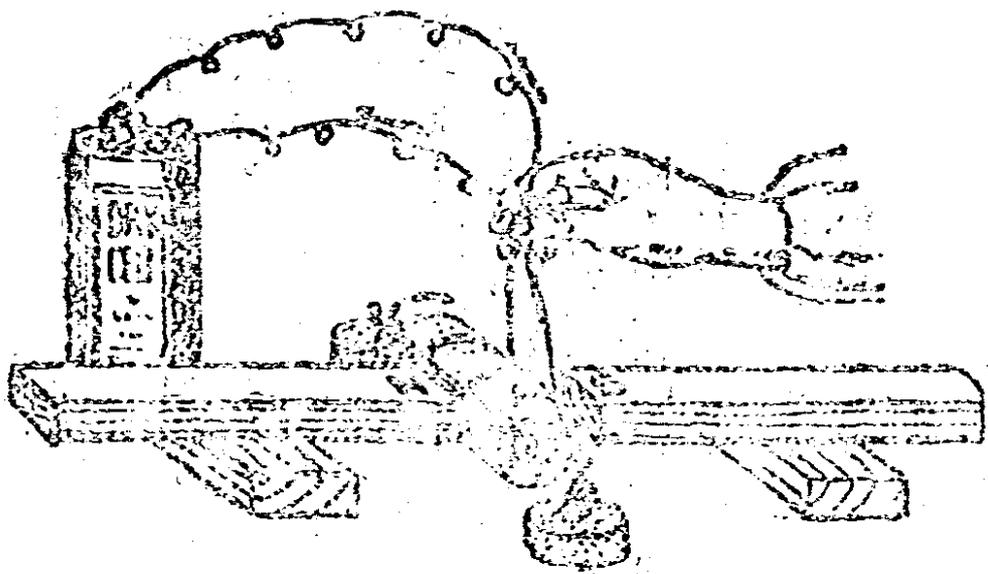


圖 五

中時，則磁力線大見增加，磁石的性質異常增大。所以實用的電動機都不僅有圈，而常使用附有鐵心的圈。

剛纜的實驗只利用二棒磁石，而實用的電動機則利用電磁石，而且不只二個極，實有幾個磁極。這磁極和電動子的磁極互相引斥，使電動機以很大的力轉動。

### (三) 發電機能生電流的理由

欲知發電機的道理，非由電子說起不可。欲使電子做工作，非使電子流動不可，這和由水流而待水力一樣。然而電子的流便是電流，故欲使電流做工作，實是使電子做工作。

欲使銅線發生電子的流，可以利用電池。此外更有重要的方法，為取銅線的環置於磁石的極的中間，使銅線的環轉動。凡使銅線的環在磁石的極的中間轉動時，銅線內的電子受磁力的作用不絕流動於銅線的裏面；即，銅線的環轉動時，電流流通不絕。如銅線的環祇有一重，則流於銅線內的電流甚弱；如有二重，則磁石的作用力增為二倍，電流變成頗強。所以用很長的銅線作幾重的環，置這圈於強磁石的極裏面極快轉動，則無數的電子流動於銅線之內，即得強電流。

如果此時不使全部的圈轉動於磁石的極的裏面，則銅線的一部突出於磁極之間。如使在磁石間的部分轉動，則銅線內的電流應當流於這突出部分裏，又流入於磁極內的圈裏面。所以如

使磁極內的圈轉動不絕，則此突出的部分中也有電流流動不絕。我們實際上所使用的電流，是這突出部分的電流，由這電流使電燈發光，由這電流使電動機轉動。似此，使電流發生的機械，叫做「發電機」。發電所的發電機，就是磁極內的圈。將突出部導入我們家裏，由流於這部分的電流點我們的電燈。即將突出部的銅線切斷，各使他的兩端和電池的絲的兩端接觸，則電流通過電池內的絲，而復流於發電機，絲被熱而發光。

#### (四)實用的發電機

發電機的道理雖如所說，然而實際的發電機則不如是簡單，極為複雜。圈中要用鐵心。因有這鐵心，磁力線非常增大。作用於圈的磁力亦增大，故得強電流。這東西叫做「發電機」，和電動機的電動子相同。更欲使作用於圈的磁力增大，當以數個電磁石裝於發電子的周圍。磁極的數和全體的形狀雖有種種，然而大抵和電動機相似。普通發電廠所用的發電機，在周圍裝有幾個電磁石。發電子所生的電流先流於整流子，由刷子傳於發電廠外的架空線，再由架空電線傳送出去，可以點電燈，可以轉動機器。

使發電機的發電子轉動的力有的由蒸汽或汽油而生，但應用最多的要算水力。無論那一種，都是將使發電機轉動的力變為電流，由此而作種種的事。尤以水電為妙。推其原因，是由太陽使發電機轉動，使工廠的機器轉動，實在有趣。怎麼說呢？地面的水受太陽的熱昇於空

中，變爲雲爲雨，降於高處，聚而流於海。利用這水的力而生的電便是水電。將水運於高處的是太陽，其結果是由太陽使電流發生。

### (五) 交流和直流

以上因欲能說明簡單，故所說的電流都是看作由一方流至他方來說。由電池所生的電流屬這一種，叫做「直流」。不自由電池可得直流，即由直流發電機也可得直流。對於直流而說，還有一種叫做「交流」的電流。實用上的電流多是交流。燃點電燈，轉動電車，轉動工場的電動機等等的電流多是交流。想來你們常聽過「一百伏特」或「五百五十伏特」等話。在直流很難變更電流的一伏特一數，至於交流則甚簡單。交流有這便利的性質，所以實際上多用交流。

你們想會看見過電桿高處裝有黑的鐵箱！這便是剛纜所說的變更「伏特」數的「變壓器」。若是交流，用這樣簡單的東西便能夠變壓；如用直流，則非新設發電所不可，即用這電流轉動一個電動機，用這力使別的發電機轉動，纔能得所希望的伏特數的電流。那嗎，何必非變換伏特數不可呢？因為由發電所送電流於遠方時，伏特數不高，則損失多量的電流，但至於利用之時，則過高的伏特數對於人的身體異常危險，所以必須變更他。我們常見電桿漆成紅色，那是因為伏特數甚高有危險的注意。在這紅電桿上裝有變壓器，使電流變爲百伏特，然後引到我們的家裏。

那嗎，變壓器的構造怎樣？那卻極爲簡單。只要用銅線捲鐵輪就得。一方的捲數爲他方的二倍時，則通若干伏特的電流於一方，而他方的銅線內受其影響，發生伏特數二倍的電流。伏特數的關係，恰和銅線的捲數爲正比例；即通百伏特的電流於二十捲的一方，則十捲那邊發生五十伏特的電流。交流可以變壓。那嗎，直流何以不能呢？欲明這個道理，當研究交流是什麼性質的電流。

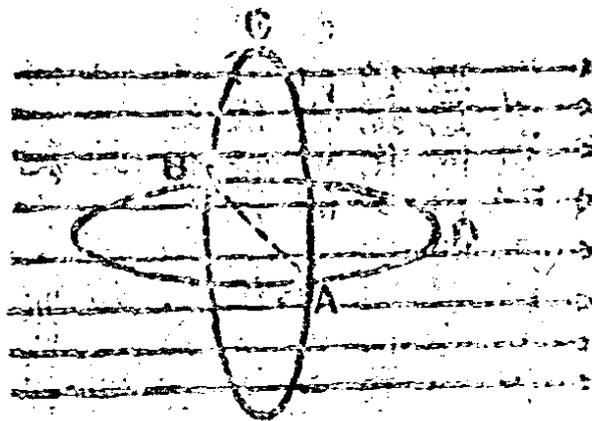
### (五) 交流和變壓器

由一方通過銅線不絕流於他方的電流叫做「直流」。交流則不同，某一瞬間向這一方流着，次一瞬間便向反對的方向流着，方向變化不絕。交流雖這樣變化方向不絕，然而使用於電燈上面，以及各種熱用，都和直流一樣。又如在直流電動機，交流不能使電動機轉動，而交流用的電動機則一些沒有不便。普通電燈用的交流爲五十循環或六十循環，這循環數是表一秒鐘電流變化方向的回數，似此交流不斷的變化方向，所以用變壓器容易可使伏特數變化。這理由若就磁石極的中間使圈轉動時圈內會生電流的道理一想，便可了解。磁石兩極的中間有多數磁力線，由北極向着南極。使圈轉動時，因爲通過圈內的磁力線的數不絕變化，故圈內發生電流。這是如前所說，由磁力線的影響，銅線內的電子被推動的緣故。如通過圈內的磁力線的數一定，則一些沒有影響；僅於磁力線的數有增減時有影響。例如第六圖，以BA爲軸。轉動銅

線的環在C的位置時，一切的磁力線都會通過；在D的位置時，一條的磁力線也不通過；由D使轉動向C時，通過其中的磁力線的數次第增加；更使轉動復至於D的平面時，通過其中的磁力線的數漸次減少。使圈轉動於磁石的極的中間時，通過於圈內的磁力線的數如是變化，則發生電流。似此，通過圈內的磁力線的數增大，不消說，通過圈內的電流比減少時取反對的方向而流。

如果知道這個道理，便可以知道變壓器的道理。今如通電流於變壓器下方的線圈中時，轉動於鐵環中的磁力線的方向如果向右；其次電流的方向反轉時，磁力線的方向與前相反，鐵環的上方如捲有線圈，因通過線圈的磁力線數增加，故生電流於線圈內。不消說，磁力線的方向反對，則電流的方向亦反對。故由變壓器所得交流的回數應和最初交流的回數相等。如為直流，則通過鐵環內磁力線的數和方向常一定，故上端的圈中不生電流。

第六圖



通過圈的磁力線變更時期與電流

## 三 電燈

### (一) 電阻

你們見過用電燒開水和用電生火爐的事麼？這都是電流的利用。裏面的金屬絲料必熱到極紅。又如電燈內的鎢絲，因為電流通過，所以放出極強的光，你們想會知道。然而普通的銅線一些也不覺得熱，如有電流通過，則電爐所用的金屬線和電燈的鎢絲都會發紅熱，這是很奇怪的。但如研究到「電阻」或「電抵抗」，便不覺得奇怪。

一切導電的物體一定都有些妨礙電流通過的性質，這個性質我們把他叫做「電阻」或「電抵抗」，不消說，電阻因金屬線的種類而不同，就是同一種類，因長短粗細也有區別。就同種類的金屬線而論，線愈細則電阻愈大，諒來你們都知道的。電燈中所有的鎢，和銅比較，電阻已大得很多，而且又是極細的絲，所以電阻更大。電流流到電阻大的部分，強要通過，所以那部分發熱，至於發光。電爐中所用的金屬線雖然頗粗，但用電阻較大的金屬線，而通較弱的電流，所以會熱到那樣的紅。然而送這些電流的銅絲電阻極小，幾乎不覺得曾經生熱。

合金的電阻，較普通金屬的電阻大得很多。以上所說的電熱器和電煖爐等類所用的發熱部

分，都是合金。

### (二) 電燈

近來的電燈多用電阻很大而且極細的鎢絲，前已說過。鎢絲的兩端各有接頭金屬，其中的一端由上面伸出，他端由側面伸出，這兩部分金屬的中間，用全黑的硬橡皮填滿，使電流不致通過其間，非經過鎢絲不可。你們試取電燈來看，便見這鎢絲的兩端接頭金屬的部分有鐸鐸聲，很容易發見出來。

其次，電燈裏面的空氣完全抽去，使成真空，你們想會知道。這是因為要使裏面的絲被熱時不致燃燒的緣故。但是近來盛有氣體的电燈也很通用，這是將不會助燃的淡氣極入電燈裏面，比真空的電燈更見便利。淡氣被熱，會使細絲的溫度升高很多，使光增強，而且會使絲不易變成小粒而飛出，有許多的利益。換句話說，盛有氣體的電燈可以持久，而且較為光亮。

### (三) 鉛筆可作弧燈

取兩枝鉛筆，把筆端削尖，用小刀將中段削開，至露鉛筆的心為止。用銅線捲在這部分上，使銅線附着於心。鉛筆這東西雖然叫做鉛筆，實在筆心不是鉛製的，是叫做「石墨」的一

種纒素製的，和實際上弧燈所用的炭棒完全一樣。

如使兩枝鉛筆的尖端相觸，送入普通電燈用的百伏特交流的電流，或二十伏特的手搖發電機的電流，將鉛筆的尖端稍為拿開，則中間會生很強的弧光。

鉛筆心稍為離開後會生弧光的理由，是由離開瞬間的電流所生的熱使炭蒸發而成蒸氣，電流由炭的蒸氣傳着流通的緣故。炭的蒸氣因電阻大而發高熱，這熱更使炭蒸發，所以電流常流而生弧光不絕。弧光是因為炭的蒸氣被熱至極高的溫度，故發白色的光。公園或街路上有時發強光的弧燈，和這個實驗一些沒有差異，不過使用的炭棒粗些，故得較大的弧光而已。炭棒所以用作弧燈，是因為熱時不會熔作液體，直接變成蒸氣的緣故。銅鐵等金屬被熱先成液體，然後蒸發，所以不能用作弧燈。

#### (四) 保險絲

家裏的電燈點着的時候，如將電煖爐接上，那嗎，家裏的電燈會盡熄滅。這是因為安全器的保險絲燒斷的緣故。如果沒有保險絲將這燒斷的保險絲換上，這晚上黑暗的苦怕不能免除。那嗎，這保險絲何以會斷呢？何以不可不用會燒斷的保險絲呢？以下請討論這事。

例如以金屬線繫電燈的插口，使通電流。於金屬線的途中留着間隙，以保險絲聯繫其間。將電燈裝入插口，而點電燈，則電流通過金屬線和保險絲，沒有別的變動。如將電燈取去，以

金屬線聯接插口底和插口壁的金屬，則保險絲必會燒斷。保險絲是色澤似鉛的輕金屬，極易熔解。如通多量的電流，則電阻增大，發生多量的熱，因為他是極易熔的合金，所以即時燒斷。

通過電燈絲的電，因為絲的電阻甚大，比較弱些，所以這種電燈不會將銅線燒得過熱。然而如果照剛說的實驗，而且不用保險絲，則通過銅線的電流極強。因為有極強的電流通過銅線，所以銅線被燒熱，終至附近的東西被他燃燒。這樣的事叫做「漏電」，常生火災。如果金屬線的途中有保險絲連接，則可以避漏電的危險。裝有保險絲的東西叫做「保險器」或「安全器」，就是這個緣故。

然而諸君會問那裏有人把金屬線插入電燈的插口中呢？不消說，誰也不作此事。但是自己會發生這個結果，所以不能不加以注意。試取一枝的針，插入電燈線中，則兩條的金屬線由針而互相連絡，電流不經電燈中的絲。因為多量的電流通過於此部分，其結果會將保險絲燒斷。你們家裏電燈的線怕不免有觸着鐵釘的事。如果常常觸着鐵釘，則外面的皮剝削，內部的銅線顯露出來。或是兩條銅線自己相觸，或是遇着他種金屬生了聯絡，那嗎，剛纔所說的實驗，實際上便發生起來。又如天花板上裝着的電線，因為時間過久，逐漸寬鬆，因風吹着，和木頭摩擦，以致外皮剝落，也會發生漏電的事。這樣說來，電燈的總開關裏一定要裝保險絲的道理，諒來可以知道。

## 四 無線電

### (一) 電波

隔着幾十里乃至幾千里的遠距離，甲地的人說話，乙地的人能夠聽見，實在是不可思議的事，百年前的人做夢怕也想像不到。然而這個可驚的發展，到了近年，我們的世界到處都受其賜。不消說，其間有許多偉大的人費了不少苦心。現在沒有一一述說的機會，這裏打算直就無線電說起。

我們能夠聽見別人的話，本來一些也不覺得稀奇。你們想都知道聲音這東西是傳在空氣中的波動。如果世界沒有空氣，不消說別人的話，便是一切音在理都全絕滅。在被空氣包着的地球上面固然沒有這種憂慮，但在月世界那樣沒有空氣的地方便完全聽不到聲音。

由此想來，和音波將別人的話傳到我們耳裏一樣，無線電電報局和受話器的中間非有傳話的東西不可，誰也都會起這樣想像。這東西便是「電波」。電波不只在空氣裏面會傳播，便是真空裏面，以及其他許多物體裏面，都會傳播。前曾說過全宇宙中諒有一種傳播電的東西充滿，這種東西叫做「以太」或「能媒」，在能媒中傳播的波叫做「電波」。不僅電波，光波和

X射線都是能媒中的波，電波，光波，X射線都是每秒鐘三十萬公里速度的波。只就這一點看來，也可知這些東西有同樣的性質。

然而電波的發見是極近的事。最先實驗電波的是德國的學者赫支，是一八八八年距今還不到五十年的事。他由這實驗證實電波和光有同一的性質；即就反射的方法而論，折射的方法而論，和速度而論，和光都是一樣。電波是由陰陽的電相遇發火花而放電所生。迴轉威氏起電機，使兩個金屬球間飛出火花的時候，空中閃電的時候，都以火花為中心將這電波擴散於四方。火花飛散的時候，並有放光發音，所以不僅生電波，同時並生光波和音波，但在我們的感覺祇知有光和音，不知有電波發出。直到最近，發明檢查電波的器械，而後利用電波的無線電纜異常發展。檢查電波的器械叫做「檢波器」。

### 二七 由電波通信

你們曾經見過站在遠距離用旗通信的人麼？他們雖然搖着紅旗和白旗通信，然而傳達通信的卻是叫做「光」的一種能媒波。那嗎，這種旗號也可以叫做使用光波的一種無線電了。又在夜間，在理可以使用電燈通信。今按電報機的鑰可送電流，並可切斷電流，故由按鑰的快慢可使電燈明滅的時開或暫或久。如果和電報的符號一樣，將明滅的久暫組成一種暗號，預先約定，則由遠方見電燈的明滅，在理可以通信。這時可說也是利用光波的一種無線電了。無線電

也是這個道理。如果電報局送出一種約定時間久暫的電波，檢波器受這電波，成爲電流，通於和電話機構造相同的受話器，而入於我們的耳裏，電報符號即時聽作普通的音。這便是無線電報。你們如果取無線電的受話器送到耳邊，便可以聽見各地發送的無線電報。

### (三)天線和地線

赫支最初實驗電波的器械異常簡單。取面積四十平方公分的甲乙兩枚鋅板，各裝黃銅的球於一端，以誘導線圍和他連結，通以高電壓的電流。那嗎，連在一極的鋅板甲上集有多量的電子，而他方的鋅板乙缺乏電子。甲板的電子通過空氣，移向乙板。此時，甲板上過多的電子移望乙板時，如果電子的移動便自此停止，則兩極的陰陽電互相中和。然而事實上不能即止，甲板的電子必乘勢多移於乙板，反使甲板的電子缺少，而乙板的電子過多；即和前相反，乙帶陰電，甲帶陽電。因此，電子又由乙向甲移動。和前同理，甲又帶陰電，乙又帶陽電，回復最初的狀態。這樣往復運動繼續不絕，恰如時計的擺左右振動一樣，電子左右振動，用學術上的話說來，叫做「電振動」。

琴和風琴等的絃振動時，空氣中會生音波。和此相同，由電振動的結果，能媒中所生的波便是電波。電花飛躍的時間極短，不過一秒的幾萬分之一，只見一閃，已有百回乃至千回的振動。所以電振動的時間不能一概而論，恰似鐘擺一振動的時間隨擺的長短而變化一樣，由貯電

而發送的東西的性質種種不同，電振動的時間亦種種不同。

使電花間隙的一端和天線相接，他端和地相接；即以天線地線代替前述赫支實驗所用的二枚鋅板。此時比較二枚鋅板更能貯藏多量的電，所以振動的時間應該極長。你們聽過無線電的波長約有多少公尺麼？波這東西，於每一振動的時間內，應進行一波長的距離。故將一波長除一秒鐘電波所進行的速度即三十萬公里，即得一秒鐘的振動次數，叫做頻數或周數或周波數；以周數來除，即得一波長。

用天地線時，電波取怎樣的狀況進行？普通電波是以天線為中心擴散於上下四方，即以電花間隙為中心的球面體到地面切斷為二部分而擴散。換句話說，電波沿地面而傳播於四方。我們由經驗上知道天線越高，則電波所到達的距離越遠。通常天線高二倍，則到達的距離遠四倍。

#### (四) 受信的設備

無線電的受信局和發信局相同，亦用天線。這天線遇着發信局所發的電波，和地線中間使起電振動。如受信局極近於發信局，則受信局所生的電振動極強。天地線間如先留有極小的間隙，便見其間有火花飛出。故見火花，便知有電波到此，所以天線即成爲一種檢波器。

如如果受信局距發信局頗遠，則不能見火花，欲檢天線的電振動，必須另備檢波器。天地線

間生電振動時，如有受話器繫於其間，則振動電流在理應通於受話器內。但此振動電流是一種交流，一秒鐘所變方向的數即周數極大，約由五十萬回達百萬回左右，受話器一些也不感覺得到。似此，頻數大的交流，縱使通於電磁石，也不能得磁石的性質，因為不能使受話器的鐵板振動的緣故。縱使可得磁石的性質，鐵板也不能振動得那樣快。即使鐵板可以振動，然而這樣大的周數在我們的耳裏也不能聽作聲音。

。但如用檢波器連結於天線與地線之間，則此振動電流僅有一方向的電流通過，遮卻反對方向的電流，通過檢波器的電流變成一種直流，通於受話器內。受話器內的電磁石帶磁石的性質，吸引前面的鐵板。如果振動電流繼續進行，通過檢波器後，在理僅有一半部分通於受話器。僅由一方來的電流，隔一定時間繼續流到，而此電流一秒鐘內所流的數應和振動電流的頻數相等，一秒鐘當得數十萬回，所以前後電流間隔的時間極短，電磁石尚未失其磁石的性質。其次的電流即來，其結果成爲直流，繼續流到不絕。這種電振動能將鐵板連續吸住，直至電波不來時始離。當發信機處的鎗壓下時，電花繼續發生多次，每一次電花送來一團的電波。檢波器受到這樣的電波時，實際上雖是間隔時間極短的電流繼續而起，但由每一電花所生的電流與前同理，卻成爲一連續電流，而感於受話器。所以受話器的電磁石每當電波一團來時，即吸住鐵板。在電波團之間，受話器的電磁石不吸鐵板。一秒鐘所到電波羣的數成爲頻數而感爲音。我們的耳對於數百乃至數千的振動能感爲音。所以發信局所送電花的數一秒鐘內約爲數百乃至

數千便可。

### (五) 無線電的電波

在無線電報，如所送的電波似上面所說繼續流到不絕那樣，則受信不便，但在普通的無線電廣播局，則此種電波卻為必要。不消說，照那樣形狀廣播，在受話器裏不能感覺為音。非將此波由送話器變為其他的形狀不可。用真空管或頻數大的交流發電機使天地線間起電振動以生此種電波的事，後當詳述。首先要將送話器裝入振動的電路內，一面送話，使生此種的電振動。

送話器的構造和電話相同，隨聲音的強弱使電阻生同樣的變化，振動電流通送話器時，有時艱難，有時容易。因此，天地線間的電振動或強或弱，由天線所發電波的振幅也或大或小。總之，這電波的振動方法，和向送話器說話時薄板振動的方法，完全相同。

這電波感於受信局的天線。他的振動電流通過檢波器時，僅有一半部分成爲同一方向的電流，感於受話器。這電流時強時弱，恰和電波的振動方法呈同樣的變化。受話器的鐵板為所吸引，或強或弱，而成爲和電振動的方法完全相同的振動。其結果，受話器的鐵板的振動和送話器薄板的振動全同。如將受話器放在耳邊，則能聽送到的無線電。

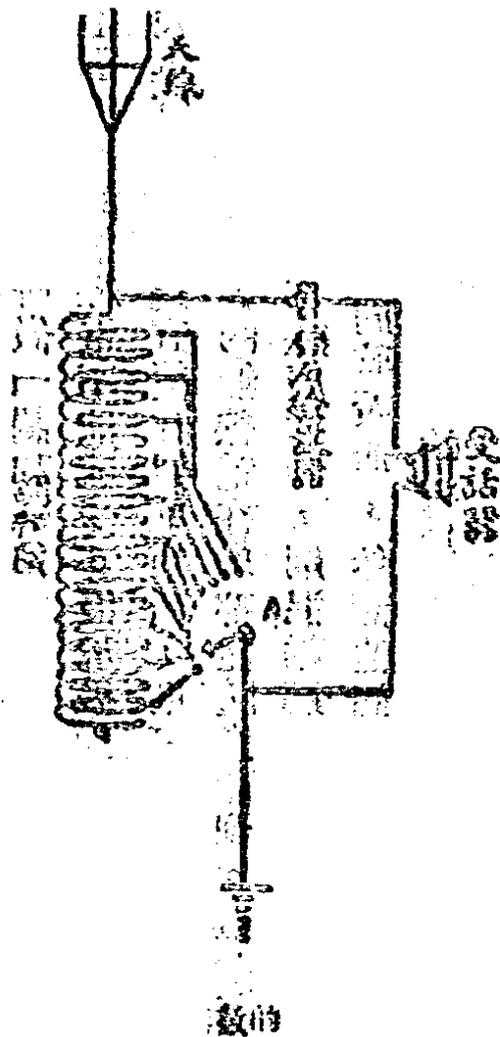
### (六) 使成調和的方法

以上是說如有電波來時，無論用何種受信機都能感受。實際上沒有那麼容易。無線電的波長有若干公尺一事，在受話機上極為重要。發信局所生振動電流的電路的周數當使一定，受話機的天地線間的振動電路的周數也要一定。如果這兩方的周數不同，則發信局所送來的電波不能感應受話機。以這周數來除電波一秒鐘所進的速度（即三十萬尺尺），便得波長，所以在無線電上所謂調和波長，即指使這周數相等。通常把這事叫做「調和」。

受信機的周數如使完全一定，則除卻這種波長的無線電不能感受。但於振動電路之內繫有適宜的調和線圈，偶線圈，容電器等，使得適宜變化。適宜變化這些東西，則可使受信機的波長任意變化。不特一處廣播局所發的無線電，即各處所發的無線電在理都能隨意聽到。無論怎樣波長的無線電都能感受，外觀上似甚便利，但如數處都在廣播時，則混雜聽不清楚。然而，實際上，僅能除一定波長的無線電外不能感受。雖數處同時廣播，然而他們各使用特定的波長。收音的人如調和收音機，使適合於所欲聽的廣播局所用的波長，則他局的電波不致混入。

### (七) 調和線圈和容電器

線圈是用銅線捲成圓筒狀的東西，你們誰都知道。此外還有其他形式的線圈可供使用，但其目的則一。將這線圈繫於天地線的振動電路裏面，則電路的波長增大。加入電路內線圈的捲數愈多，則其波長亦愈大。如第七圖所示：在天地線之間有調和線圈，調和線圈有多數線頭，可以旋轉的針和各線頭接觸，迴轉針，可以加減調和線圈的捲數，即可加減電路的波長。



容電器是互相聯絡的兩組金屬板交互錯合，隔有空氣層，對置於極近的距離。如將這容電器安放於振動電路裏面，則波長受其影響。這兩組金屬板，一組固定不動，一組有柄可以旋轉，由迴轉上面的柄，可以加減兩組金屬板的交錯。交錯增加，則其作用亦增，波長增大。亦有始終一定不能變化的容電器。如將錫箔和紙互疊，錫箔每隔一枚露出於反對的側面，兩端露出的錫箔相連，而成一種容電器。錫箔的數愈多，則其作用愈增，波長亦隨而增大，自不待言。

## (八) 偶線圈

偶線圈也有種種的形狀，都是用兩個圈組合而成。有一種偶線圈具有內外大小二線圈，外側大的圈繫於天地線，內側小的圈繫於檢波器受話器容電器等口。繫法的一例表示如下。例如天線先感受電波而起振動電流於天線的電路。由這影響，內側的線圈亦生振動電流，通於檢波器，而感於受話器。

偶線圈的電路內所裝線的捲數亦有可以變化的。使線圈的捲數變化的器具叫做電栓開關。

## (九) 礮石檢波器

礮石檢波器極為簡單，容易自己製造。用鋼線或青銅線的尖端輕觸方鉛礦或黃鐵礦等礮石的一面，將礮石和針的尖端繫於振動電路的兩端，便可。最奇怪的是僅有振動電流的一方向的電流可以通過，故用受話器可以聽到無線電。

礮石檢波器的製法，例如置礮石於黃銅製的小杯中。欲使這礮石和杯緊接，當用易熔的合金熔注其內。使觸礮石面的金屬線由螺絲與螺旋的尖端相連，迴轉螺旋，使針尖恰觸於礮石的面。然而礮石的面有易感的部分，有難感的部分。實際上收受無線電時，針所觸的部分非經種種變更試驗不可。

## (十) 真空管檢波器

礦石檢波器非常簡單，誰都能製，聽來的音比真空管更見明瞭，然而僅能用到幾英里，遠地便不能使用。真空管是遠地可以使用的檢波器，故自真空管發明以來，無線電大見發展。發明真空管的人即是電影戲，留聲機，電燈的發明者，便是大家所知道的愛迪生。他於一八八四年發明二極真空管，即於普通電球裏面封入白金薄板於絲的中間。今以二極真空管繫於振動電路內，送電流將絲燒熱，便有若干電子在管內的二極間飛流，如遇電波來到，發生振動電流，有時甲極成陽極，電子大向甲飛，有時甲成陰極，電子完全不飛。這是因為異種的電相引，同種的電相斥的結果。所以振動電流只有一方向通過受話器，和使用礦石檢波器同理，可以聽到無線電。

可是現在無線電所用的真空管不是二極真空管，是三極真空管，比二極真空管更進一步。此物於一九〇四年由武拉斯吞所發明。

## (十一) 三極真空管

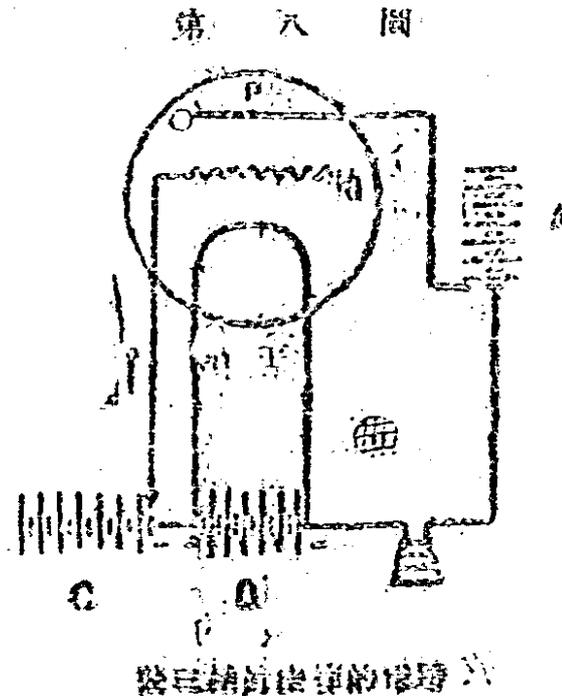
三極真空管，中央有絲，絲的周圍用線製圓筒狀的薄板裹着，這叫做板極。絲和薄板中間用金屬製的螺旋狀或網狀的圓筒裝着。這螺旋狀或網狀的圓筒叫做「柵極」或「網」。

今如第八圖所示，以網G繫於C電池的陰極，則電子流於絲內的方向如箭號所示。電子的一部分今欲向G飛去，但G亦有由B電池流來的電子，因帶陰電，遂將由B來向的電子流，所以絲內欲飛於G的電子歸於B電池的陽極。

然如以網G繫於C電池的陽極。因G帶陽電，向的電子向G飛去，其中一部分與網相遇，歸於C電池的陽極。但其中大部分通過網，和P相遇，歸於B電池的陽極。但如將A電池的陽極繫於P時，能使電子的流增強。或送陽電或送陰電於網，或送陽電而增減電池的數。所以能使由P至P的電子流或強或弱，便是因為這網緣故。這便是網的好處。

若以真空管作檢波器和受話機相連絡，電波先來到天線。由天線內的電振動的影響，連絡真空管的電路內生振動電流。那嗎，有時G成陽極，有時G成陰極，P的電子僅於G成陽極時向P飛去。振動電流僅有一方向通於受話器內，後使用二極真空管更能聽到無線電。

實際上用此裝置以聽無線電時，由加減A電池C電池的數及調節絲的溫度，可使達最適當的程度。此時由P流於P的電流的強，約合於由電波而到G的電流的五倍乃至三十倍。似此，真空管和礦石或波器不同，不但能使振動電流可以聚為同一方向即電流，並能發電流流過導線。



曠，用於無線電上極爲便利。真空管所以叫做「增幅器」，可使用以擴大聲音，便是這個緣故。

無線電的受信器上面也使用幾個真空管。如加放大，便能聽到極遠距離的無線電。例如使用四個真空管交連絡時，先將由第一真空管的絲向薄板的電子的流通過第一線圈，由其影響所生第二線圈的電流通過於第二真空管的網。那嗎，因這電流在第二真空管又生由絲到薄板的電子流，和前相同，漸次通過第三第四的真空管。將最後的真空管所得的電流通過受話器，而聽到無線電。每進一真空管，電流增強一次，由最後真空管所得的電流極強，所以所用的真空管的數越多，聽到遠距離的無線電越明。

### (十二)揚聲器

揚聲器和留聲機所用的東西相似，備有喇叭管。由礦石檢波器或檢波用的真空管所得的電流送入增幅用的真空管，由喇叭管使他發聲。他的構造和前述遠距離用的受話機相同，由數個真空管逐漸連續，其聲亦由遞送電流於每一真空管而逐漸增大。如此，由最後的真空管所增強的電流使受話器感受，我們就可由受話器上所附的喇叭管聽到高聲的無線電。無論爲普通受話，或用揚聲器聽音，當使用數個真空管時，最初的一個常爲檢波用，其餘的真空管皆爲放大用。

中華民國十四年十月初版  
中華民國三十一年十二月渝第一版

(51110渝手)

少年自然科學叢書 第二十五編·電磁電機無線電一冊

渝版工手紙

定價國幣伍角

印刷地點外另加運費

\*\*\*\*\*  
版 權 所 有  
翻 印 必 究  
\*\*\*\*\*

編 輯 者

鄭貞文 胡嘉詔  
江 鐵 于 樹 樟

發 行 人

王 雲 五  
重慶白象街

印 刷 所

商務印書館  
商務印書館

發 行 所

商務印書館  
各地

