



中 華 文 庫

初 中 第 一 集

電 氣 及 其 應 用

許 達 年 譯

中 華 書 局 印 行



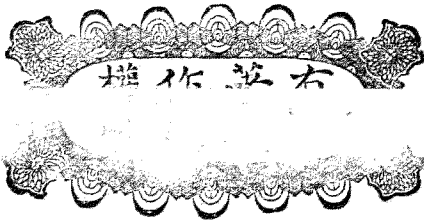
民國三十六年十二月發行  
民國三十六年十二月初版

中華文庫電氣及其應用 (全一冊)  
初中第一集

◎

定價國幣三元五角

(郵運匯費另加)



譯者 許達年

發行人 李虞杰  
中華書局股份有限公司代表

印刷者 上海澳門路八九號  
中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

# 電氣及其應用

## 目次

頁數

### 第一章 電氣是甚麼

1. 陰電和陽電

2. 電氣的感應

3. 萬物都是電氣造成的

4. 雷氣現象的說明

### 第二章 電流與電池

5. 何謂電流

6. 電壓電阻電流和電力

7. 電池的種類

一九

一六

一二

一二

一〇

七

三

一

一

8. 電池的連接法.....二二

第三章 磁石.....二五

9. 磁石的性質.....二五

10. 造成磁石的簡易方法.....二七

11. 何謂磁力.....三〇

第四章 發電機.....三三

12. 發電.....三三

13. 交流和直流.....三五

14. 發電機的種類.....三七

第五章 電動機.....四七

15. 電動機的原理.....四七

16. 電動機的種類.....四八

17. 電動機的效率.....五一



第六章 蓄電池.....五三

18. 蓄電池的原理.....五三

19. 蓄電池的充電.....五五

20. 蓄電池的用途和種類.....五六

第七章 變壓和送電.....五九

21. 電氣的急流和緩流.....五九

22. 變壓器的構造.....六一

23. 感應器.....六三

24. 電線及電線的分佈法.....六五

第八章 電車.....六八

25. 電車的原理.....六八

26. 極棒和極架.....七〇

27. 控制器.....七一

28. 電動機和制動機 ..... 七二

第九章 電燈 ..... 七六

29. 白熱電燈 ..... 七六

30. 白熱電燈的種類 ..... 八一

31. 碳條弧光燈 ..... 八四

32. 最新式的電燈 ..... 八七

33. 電鍵匣和保險絲匣 ..... 九二

34. 探照燈 ..... 九三

第十章 電報 ..... 九四

35. 電報機的裝置 ..... 九四

36. 通報的方法 ..... 九七

37. 海底電報 ..... 九八

第十一章 電話 ..... 一〇一

38. 電話機.....一〇二

39. 電話的交換.....一〇六

40. 自動電話.....一〇八

第十二章 雷電.....一一〇

41. 佛蘭克林的發見.....一一〇

42. 雷鳴的原因.....一一二

43. 電光和雷鳴.....一一三

44. 落雷和避電法.....一一五

45. 落雷奇談.....一一八

第十三章 無線電報和無線電話.....一一九

46. 電波.....一一九

47. 發報和收報.....一二二

48. 發生電震的種種方法.....一二七

49. 用真空管發報	一三三
50. 無線電話	一三五
51. 天線	一三八
52. 長距離間的短波通報	一四〇
53. 指向式天線	一四二
54. 我國的國際無線電臺	一四三
55. 無線電話的播音	一四四
56. 無線電話收音機	一四五
<b>第十四章 傳真電報和電視</b>	一四六
57. 傳真電報的原理	一四七
58. 傳真電報的發報機	一四七
59. 傳真電報的受報機	一四九
60. 我國最初試驗的無線電傳真電報	一五一

61. 電視的原理.....一五二

62. 電視放送機.....一五三

63. 電視受影機.....一五四

64. 電視的裝置現在已進步到什麼程度了.....一五六

第十五章 電氣和化學工業.....一五七

65. 電解.....一五七

66. 電鑄.....一五八

67. 熱電流.....一五九

第十六章 電氣和家庭生活.....一六二

68. 電熱器.....一六二

69. 利用電動力的家庭用具.....一六五

第十七章 X光 and 極光.....一六九

70. 真空放電.....一六九

71. X 光	一七一
72. X 線的效用	一七二
73. 極光	一七三

# 電氣及其應用

## 第一章 電氣是甚麼

### 1. 陰電和陽電

奇異的電。電是甚麼東西？就是科學已很進步的現代，牠的本體仍舊沒有知道。學者越加研究，只是越加對牠覺得奇異。我們聽得雷聲，說是電的作用；看見電車，知道牠靠着電力行駛；看見電燈，知道牠靠着電力發光。所以祇以爲在這些東西中才有電，其實，電是到處存在着的；進一步說，天地萬物，也都是電所造成的，這不是一件十分驚異的事情嗎！因此，我們不能單指一般的電氣現象說是電氣作用，凡是物質上一切的現象，都是電氣的作用。

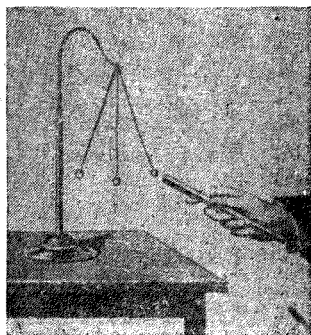
但是，我現在突然說了這樣的話，諸位一時也許不大明白吧！所以我現在要先把發見電的歷史，和電的性質，詳細地說明，以後然後再把「所以然」的理由講出來。

電的今昔觀 距今約三千年前，希臘人把古代松脂凝成的琥珀（Amber）和絹摩擦，即能吸引

輕微的塵埃，所以他們以為琥珀被摩擦以後，便發生了熱和生命。這時，具有這樣性質的東西，除去琥珀以外，還沒有發見第二種，所以他們便把這種吸引微塵的性質，稱為「琥珀的氣」。琥珀在希臘語中稱為 *Electro*，於是「琥珀的氣」一字，英語中便稱為 *Electricity*。到了十六世紀，才知道松脂、封蠟、硫黃、玻璃等都有這種性質的，所以 *Electricity* 這個字，實在有些不適當了。

松脂的電和玻璃的電。在細絲的一端繫着通草球，懸在玻璃棒上，把松脂或封蠟摩擦後接近牠，起初牠會被棒吸引，但一度接觸以後，便立即逃去了。再把帶電的玻璃棒去接近逃去了的通草球，即能再把球吸引。由此可知松脂或封蠟所帶的電，一定和玻璃的電相反的。當初，開始舉行這個實驗的人，才知道電有兩種：一種叫「松脂的電」，另一種叫「玻璃的電」。

第一圖



後來仔細地研究以後，才知道兩種物質互相摩擦以後，便發生兩種性質不同的電，所以以上的名稱，也覺得有些不適當了。當用貓皮摩擦松脂以後，把松脂所生的稱為「陰電」，貓皮所生的稱為「陽電」。用絹帕摩擦玻璃，玻璃生「陽電」，絹帕生「陰電」。到了現在，又規定陽電用「+」作符號，陰電



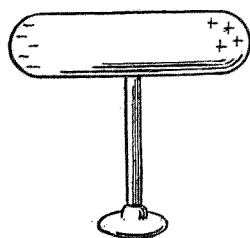
用「—」作符號。

導電體和非導電體。到後來，又知道有些物體電能流通，有些物體電不能流通，前者稱爲「導體」(Conductor)，後者稱爲「非導體」(Non-Conductor)。例如：古時即知道能生電的琥珀、封蠟、玻璃等是非導體，金屬都是導體。凡是非導體生電時，電氣停留着不逃散，所以能發出電的作用；反之，如金屬等導體生電時，因爲牠的本身是導體，更兼我們的身體也是導體，所以電就由我們的身體而傳到地面，終至逃散，於是便沒有作用發出。因此，假使在金屬等導體上，裝一個非導體如玻璃那樣物體的柄，我們拿着這個柄，那麼金屬上帶電以後，電只能平均地分佈到金屬全體，不會逃去，於是能發現電氣的性質。凡是用非導體隔絕電的逃散，稱爲「絕緣」。

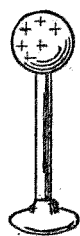
陰陽電能互相吸引而中和。假如兩方的強度相同，中和以後，電即消失；所以帶着陰電的金屬體，和帶着陽電的金屬體，用導綫連接以後，兩方的電倘是相同的，即能因中和而消失。這樣異性的電互相中和，稱爲「放電」(Discharge)。即使沒有導綫的連接，因空氣也能傳電而使牠們中和，在急激中和時，有火花發出，特稱「火花放電」(Spark Discharge)。

## 2. 電氣的感應

把並不帶電的金屬棒橫擱在玻璃棒上，牠的一端和帶着陽電的金屬球接近，這一端即生陰電，



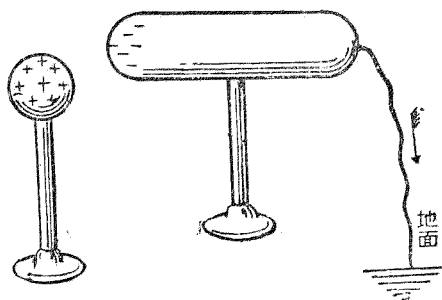
第二圖



端則生同等強度的陽電。例如把用細絲繫着的兩個通草球，各各接近金屬棒的一端，牠們得到同性電氣而互相排斥以後，向外離去，並且兩球離開金屬棒的距離是相同的。但是一切金屬，本來就有同量的陰陽電混和着，只因互相中和，所以平時不生帶電的現象。但既和某種電氣相接近，那麼和某種電氣相反的電，便被牠吸引而聚集至和牠等量，同時即將和某種電氣同性的電，一直排斥至他端。（參看第二圖）這種現象，稱爲「感應」（Induction）。假使這金屬棒上別有通路，那麼這些被排斥的電，即將一直向外離去，所以有導綫通至地面，牠就從導綫遁入地下；同時，地下的陰電却被吸引至金屬棒接近金屬球的一端，直至該端的陰電量，和金屬球的陽電量完全相等而後止（參看第三圖）。這時，如果把導綫取去，又把金屬球稍稍移開些，那麼

這些電氣，便分佈在金屬棒的全體了，結果，在金屬棒上即帶着和金屬球同等強度的異性電。電氣能吸引輕微物體的原因，電氣的性質，同性相斥，異性相吸。把通草球接近封蠟棒，因感應而

第三圖



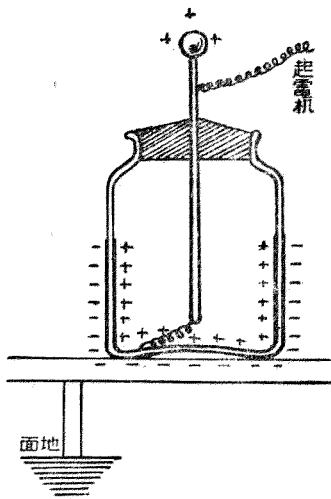
近棒的極處生異性電，遠棒的極處生同性電。同性電遠引的力，較弱於異性電的吸引力和封蠟的排斥力，所以被封蠟所吸引，但一度接觸以後，便帶着封蠟上的電，所以立即被排遠離。

**容電器** 因感應而生的電氣，把牠吸引，不使牠流動，其結果兩方面的電都互相吸住了。原來發生電氣的金屬球，雖然把牠單獨地放着，只因空氣也是導體，所以電氣也能逃散。如果使兩種電氣互相吸引着，在金屬棒一方面，電氣的保持便比較持久些。因為棒形的物體，雖然接近了帶有多量電氣的金屬球，能够儘量感應生電，却不能保守永久。我剛才說過的在金屬棒遠離球的一端，連接導綫至地下，那麼無論怎樣強的電氣，牠都能感應，由此可知地球原來是一個容留着電氣的容電所。我們根據了這個原理製成的器具，便稱為「容電器」(Condenser)。

來頓瓶 陰陽二電愈加接近，吸引力也愈強，所以在容電器中，用導體使牠們儘量接近。但是過於接近了，牠們就能透過空氣而放電，不能達到容電的目的，因此必須用絕緣體在兩導體的中間遮斷，並

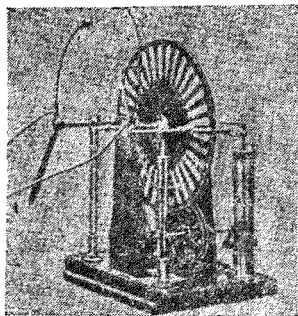
且擴張相對的面積，以便能夠引入多量的電。從前的來頓瓶 (Leyden jar) 就是這樣製成的容電器中之一種。

來頓瓶是一個廣口的玻璃瓶，在內外兩面貼着錫箔，瓶口加塞瓶栓，有一根金屬棒穿過瓶栓，插入瓶內。棒的上端附金屬球，下端附鎖，和瓶內的錫箔接觸，再把這瓶放在桌上，使瓶外的錫箔和地面連接，這樣裝置以後，在金



第四圖 來頓瓶

第五圖



威姆胡斯特氏發電機

屬棒上通電，瓶內即能容留很多的電。從前佛蘭克林 (Benjamin Franklin 1706-1790) 收容雷電，就是用這個瓶，來頓瓶名稱的來源，由於發明以後，在荷蘭 (Holland) 的來頓地方試用，所以得了這個名稱。

實驗時，如欲製造電氣，可以利用藉着感應作用而生電的威姆胡斯特氏發電機 (Wimshurst in-fluence machine) 將

陰陽二電，裝入兩個來頓瓶中，然後使兩個金屬球漸漸地接近，當接近至相當的距離時，即能爆發作聲，發生很大的火花而放電。

### 3. 萬物都是電氣造成的

物體怎樣組成，從前的人覺得十分奇怪，不易知道；並且所謂「物體」也只以眼睛能够看得見的爲限，到了後來，才知道又有所謂氧、氫等的氣體。

時代過遠的話，我們姑且不說，現在只在三十年前人們對於這問題的研究，約略地說一說罷！例如把炭打碎，便成炭屑，再把炭屑打碎，便成粉末，愈打愈碎，愈碎愈小，小至我們的眼睛看不見，但在顯微鏡中看來，這粉末却能放大，所以我們仍能看見。這時，如果再不絕的把牠搗碎，又能成爲顯微鏡中也不能看見的細末。因爲現在的顯微鏡，雖然已經逐漸改良製造得十分精細，却不能夠看見體積小至一耗（Millimeter）的八千分之一的微粒；可是這些炭粒，却能碎得比這體積更細。

用顯微鏡觀察物體，只能知道牠們是由微細的粉末組成的；凡是顯微鏡中所不能看到的細末，究竟怎樣組成，我們便沒法知道了。可是用了化學的方法來化驗，即可把這微細的粉末，再行分碎，追問牠

的本質究竟是甚麼。至於如何化驗，這又是一個不甚簡單的化學問題了，本書不擬贅述，在本全集的別冊中，自有詳細的說明；所以你只要知道，用了化學的方法，能够把物體分解得更細就是了。

**分子。**把顯微鏡中看不清的微粒，用化學的方法來分解，終至成爲再也不能分碎的微粒；就是強迫牠分碎也不能夠了。具有這種性質的微粒，稱爲「分子」(Molecule)。這些分子的體積究竟有多大呢？雖然因物質的不同而各異，但大體地說來，可以用個譬喻來表示：如果把水滴的體積放成地球那麼大，那麼分子的體積，大的恰像砲彈，小的只像鎗彈；牠們的體重當然很輕，那是不必說了。可是很大的炭塊，正是無數這樣微細的分子所組成的。

**原子。**剛才就是用炭來舉例的，但用這個譬喻來講「原子」時，有些不適當，所以現在改把水來舉例吧。水是氧和氫的化合物 (Compound)，這是誰都知道的，牠的組合比例是一個氧和二個氫。所以把水分成的微粒，便成水分子；這水分子是不能再分的東西，如果一定要再把牠分開，便成爲不含水的性質的微粒，不是氧分子，也不是氫分子，是比分子更小的東西，名叫「原子」(Atom)，這字的意思，就是「再也不能分開的東西」。

那麼，氧、氫和炭的分子，是甚麼東西呢？這全是氧、氫和炭的原子集成成的。這些只由一種原子集成

的分子，便稱爲「單體」和化合物不同。普通的所謂「元素」就是指這原子。天地萬物，都由各種各樣的原子，用各種各樣的組合法組成的。

電子。到了距今約二十年以前，我們又知道本來以爲不能再分的原子，仍舊可以分爲更小的微粒。這種微粒有兩種：其中較大的一種，體質約當原子的百萬分之一，體重約當原子中最輕的氫原子的一千八百分之一，帶着陰電，名叫「電子」(Electron)；還有一種比電子更小，直徑約當電子的一千八百五十分之一，體重約小至一千八百三十倍，帶着陽電，名叫「陽核」。無論甚麼原子，都是以陽核爲中心，電子在牠四週旋轉不息而成的。

原子的性質不同，所以牠的陽核和電子數，以及組合的方法，也各各不同，但陽核和電子，則在天地萬物的各種原子中，完全是同樣的。

氫原子是最輕的原子，其中只有一個電子，環繞着一個陽核旋轉。其次是氦(Helium)，牠的原子中有兩個電子，環繞着陽核在同一的軌道上旋轉不息。但是環繞着陽核旋轉的電子所帶的陰電，正和陽核所帶的陽電相等相消，所以原子的質量，完全就是陽核的質量。凡是元素愈重，電子數也愈多；牠們旋轉的軌道並不是只有一條，當然是有許多的。造成原子的電子數，雖然因元素的不同而各異，但陽核

的陽電和電子的陰電之和，在普通狀態中是同量的，力量平均，所以看不出帶電的現象；其實，其中無時沒有電氣潛藏在內。並且據最近研究的結果，原子中的陽核和電子，不問牠的數目多少，如果一旦脫離了電氣，牠們就不能存在。所以，「天地萬物都是電氣造成的」這句話，便根據這個原理而確立。

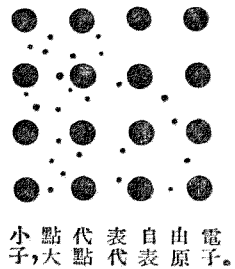
#### 4. 電氣現象的說明

物體摩擦以後，爲甚麼能生電呢？牠的原因是這樣的：用絹摩擦琥珀，絹的原子中，便有一個電子脫離，飛入琥珀的原子中。絹的原子中失去了一個電子，帶陽電的陽核便較強，所以絹上便帶陽電；但是琥珀的原子中多了一個電子，帶陰電的電子便較強，所以琥珀帶着陰電了。琥珀的原子中如果失去了一個電子，其他的電子便各各發生不規則的振動，這恰像家庭中走失了一個人，家中的許多人，都要騷擾不安起來。這個當兒，琥珀有些帶陽電似的振動，這就是由於週圍的電子帶着陽電所起的作用；同樣，當牠的原子中多了一個電子而便帶陰電，也是由於這個原因。

自由電子 爲甚麼有幾種物體是絕緣體，有幾種物體是導體？你要明白這個問題，請看我以下的說明罷。



圖 六 第



在組成各種物體的原子之間，除去組成原子的電子以外，還有許多電子，向着各處活潑地活動，這些便稱爲「自由電子」。原來原子和原子間的空隙，雖然非常狹小，原子也不能在其間存在的。至於空隙的大小，雖因元素的不同而差異，但大概說來，約有一耗的千萬分之一左右。可是電子的直徑，祇有這空隙的三萬分之一，所以牠們在這中間，已經覺得很有活動的餘地了；譬如：這電子是一個人，那麼原子間的空隙，恰像是數百畝的廣場呢！

自由電子活動的情形，經一般學者的研究，大致和氣體分子的活動差不多，牠們是無目的地向各處活動，速率每秒鐘約有六十哩。

自由電子的數目，以金屬等類的導體爲最多，有的約當原子數的若干倍。凡是這種電子愈多，電氣也愈易通過，在金屬之中，銀最易通電，因爲牠所含的自由電子，約當原子數的八倍，其他金屬，都不及牠那麼多；至於非導體，有些竟沒有自由電子的。

爲甚麼有些物質含着很多的自由電子，有些物質很小而竟至沒有呢？這個原因，完全是由於原子吸引電子的力，因元素的不同而發生差別。例如：金屬類的原子，吸引力較弱，所以電子能不受原子的束

縛，自由活動；但硫黃等類的原子，吸引力頗強，所以電子常被束縛，不能自由活動。電氣的傳達，完全是靠着自由電子的活動；所以物體的絕緣或傳導，必須研究有沒有自由電子後，才能決定，如果再要追問：自由電子是甚麼地方來的？便須查考原子吸引電子力的強弱了。

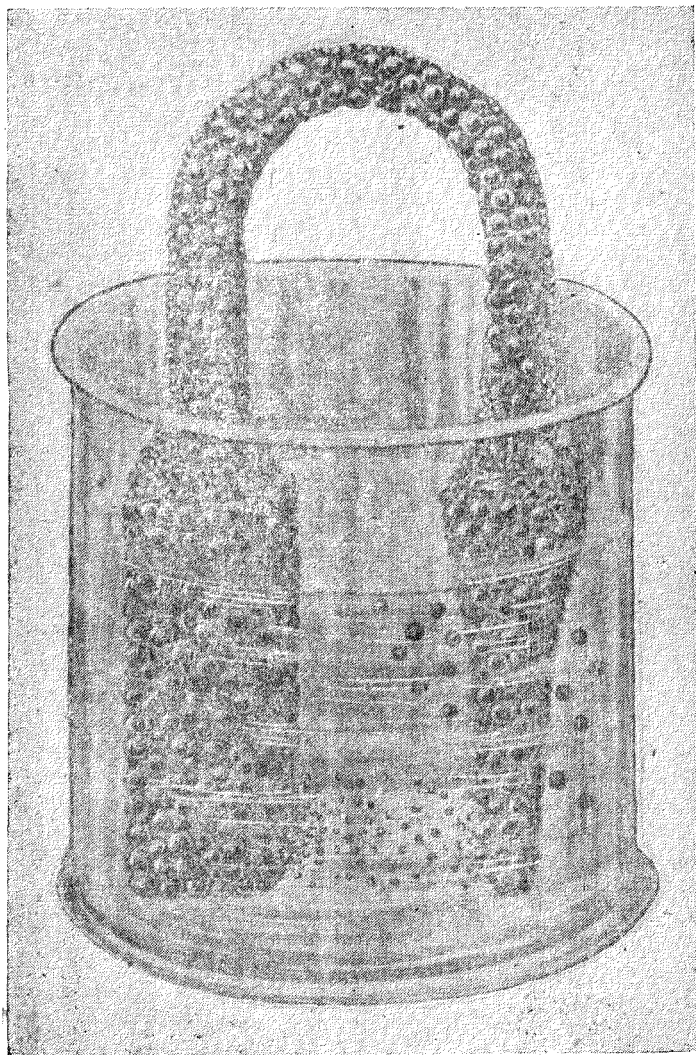
## 第二章 電流與電池

### 5. 何謂電流

金屬等類的導體，牠們元素中的電子，比較上能够自由活動。所謂電流，就是無數的電子在導體內流動罷了。電子的流動，雖然不大急速，恰像人們的步行，但是從一個電子傳到其次的電子的衝動，却是很快，在一秒鐘間竟有三十萬公里（約十八萬六千哩），這就是電流的速度。譬如我們牽繩的時候，繩的移動雖然很少，但牠的衝動却傳播得很快。

把帶着陰電的球，和帶着陽電的球用導線連接，則電子就從陰電球流向陽電球，在導線上便發生電流，務使兩方的電氣得以平均。這就是說：在陰電球中溢出來的電子，要向電子不足的陽電球中流去，





第八圖 伏打電池的原理

左銅版，右鋅版，鋅的帶陽電游子（用大粒表示者）在水中遺逸，和  
 硫酸根結合，成爲硫酸鋅。硫酸中的氫離子向銅版奔去，奪其電子，於  
 是鋅版中鬱積的電子，便流向銅版中去補充，這樣，便發生了電流。

得兩個電子，附於己體，這時，前者便帶陰電，後者便帶陽電。可是，凡是微粒帶着多餘的電氣時，便成爲「游子」(Ion)。所謂游子，就是在外逍遙活動的意思。牠們的性質，也是同性相斥，異性相吸。

凡是在水中能够溶解的東西，浸入水中，牠的分子便有若干成爲游子；就是在水中不易溶解的東西，當浸入水中時，牠那表面的原子，也是要成爲游子的。弗打電池，就是把鋅浸入稀硫酸中；但稀硫酸中有水，所以鋅又可以說是浸在水中，這時，鋅原子失去了二個電子，成爲帶陽電的游子，逍遙於水中，遇着硫酸根，便互相吸引，成爲一團，這便稱爲「硫酸鋅」，因爲陰陽電已經中和，所以沒有帶電的狀態，成爲普通的分子了；並且又和游子時不同，牠已不能活動。

鋅原子所放的電子，鬱積於鋅版的表面。但在另一方面，溶液中帶着陽電的氫游子，奔向銅版那邊去，奪取銅版中的電子，補充了失去的電子，於是牠又成爲完全的氫原子了，羣集在銅版的表面而生泡，銅版中的電子既然這樣的被氫游子所奪，自然減少了，便帶陽電。所以如果把銅版和鋅版用導線連接以後，鋅版中鬱積着的電子，不絕地向銅版流去，便發生電流。鋅版中的電子雖然不絕地減少，因爲得到牠表面原子所放的電子，所以能够補充；同時，銅版中的電子被氫游子剝奪不絕，電子常感不足，於是電流便也繼續不絕了。

## 6. 電壓電阻電流和電力

**水的壓力** 將容積相同的兩個桶，桶中滿盛着水，桶底用一根橡皮管接連着，使兩桶的水面高下不等，那麼水面較高的水，便會流向水面較低的桶中去；高低的差額愈大，水勢也愈急。換句話說：加於底面單位面積的水重（即水的壓力）愈大，那麼水流便愈急。因為水流的緩急，和兩方桶內的水量是沒有關係的，即使用兩個容積很小的桶盛水，如果水面高低相等，管中的水壓力也不會發生甚麼變異，所以加於單位面積的水壓力，只要測算水面的高差便可知道，因此，有人要說「水壓一尺」或「水壓二尺」等類的話，原來壓力並不說大小，是說高低差額的度量的。就是流水的緩急，也可以由高差額測算。

**電壓** 電流和水流相近似，是從電位較高的陽極，流向電位較低的陰極，完全由於電位高下的差額而發生的，所以電壓的強弱，和電量沒有關係的。因此，無論是大電池或小電池，只要電位差相等，不問電量相差若干，電流的強度一定相同，我們把水面的高差額稱爲「水壓」；同樣，我們就把電位的差額稱爲「電壓」。

**電流** 在流水中裝設水車，必須選擇水勢湍激的地方，但是如果水量不少，水車仍是不能旋轉迅



歐姆像

速，因此，利用電流工作的地方，雖然電流頗急，如果電量不多，也是不能發生效力。電流的強弱和電壓沒有關係，凡是在某時間通過的電量多時，電流便強；電量少時，電流便弱了。

電阻

譬如管中流水，管子的直徑大，水就流得多些；反之，管子的直徑如果很小，水當然流得少些。

因為管的直徑太小，能够阻礙水的容量，所以水管愈小，流水量也愈少。水管的長短，和水量也有關係的。凡水管愈長，對於流水的障礙也愈多，所以在同一的時間內，長管的流水量必較短管的少，電流也是這樣的。導線愈粗，電流愈多；導線愈長，則電流量也愈少，但水在管內流動，又因管的不同而各異。如果管內

平滑，則流水容易通過，流動便較速；管內凹凸不平，則因障礙多而流動便也滯緩了。電流在導線內也是這樣，由於導綫的性質而流動發生緩急，例如電流在銀質的導綫內，勝於銅質的導綫；在銅質的導綫內，勝於鐵質的導綫，這些阻礙電流的阻力，稱為「電阻」。

歐姆。在電氣學上對於以上所述的電壓、電

流強度和電阻，曾各各規定單位，以便計算。例如電阻，他們把一平方耗，長一〇三·六釐的水銀柱在攝氏寒暑表零度時的電阻為單位，叫做一歐姆 (Ohm)。

安·倍·和·伏·特·

在金屬溶液中通入電流，金屬便在溶液中分解，金屬被分解的多少，則因電流的強弱而差異，現在我們把電流通入銀溶液中，以在一秒鐘間分解得銀  $0.001118$  格蘭姆 (Gram) 的電流作為單位，稱曰一安培 (Ampere)。但電流的強度和電壓成正比例，所以電壓愈高，則在同時期內的電流也愈多。至於電壓的單位，就是在一歐姆電阻時，通過一安培的電流的壓力，稱為一伏特 (Volt)。換句話說：在兩球之間，用一伏特的電壓，連以電阻一歐姆的導線，即得一安培的電流在導線上流通。

歐·姆·定·律·

凡是電流的數量，電阻愈小則愈多，而電壓愈高則愈多，所以照數學上的比例說來，電流的強弱和電阻成反比，和電壓成正比，這就是所謂歐姆定律。譬如  $E$  是電壓， $I$  是電流， $R$  是電阻，那麼牠們三者的關係，可以用公式表示如次：

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

電·力·的·單·位·

我在前面已經說過，水流的力，基於流動的速率和水量而定，電力也是如此，牠是基



於電壓和電流的量而定，計算電力，只要把電壓乘電流的量即得，現在我們把電壓一伏特，電流一安培時所發生的電力，作為單位，稱曰一瓦特 (Watt)。但是以一瓦特作為單位，嫌牠太小了，所以普通都把一瓦特的千倍作為單位，叫做啓羅瓦特 (Kilowatt)。一啓羅瓦特的電力，恰當一·三四匹馬力，所以七百四十六瓦特即等於一馬力。所謂一馬力，就是一分鐘間，將重量一磅 (Pound) 的物體升至三萬三千呎；其餘的，依此類推。啓羅瓦特，普通簡稱「啓羅」，牠的符號是「KW」。

**焦爾定律** 當發明用電池發生電流時，英國人契特林因為要研究電流，特地製成一個很大的電池，將長六呎，闊二呎八吋的銅版和鋅版二十片，並列在電池中，用直徑約一分的白金導線連接兩極，便見導線燒成紅色，並且發生強烈的光。後來用各種性質不同的導線去試驗，才知道導線的電阻愈大，發生的熱力便愈強。及後焦爾 (Joule) 用熱量計精算電流所生的熱量，才知道牠和導線的電阻，電流強度的自乘成正比例。換句話說：凡是電阻加倍的導線，便生加倍的熱力；電流強度二倍，則生四倍的熱力。這就稱為「焦爾定律」 (Joule's Law)。

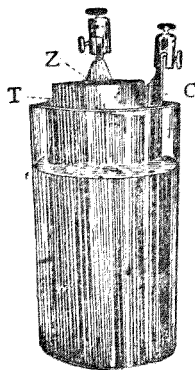
## 7. 電池的種類

丹聶爾電池。關於電池的原理，我在前面已經講過，就是把鋅版和銅版浸入稀硫酸中，連接導線，即可成爲伏特電池。但在實際上，伏特電池的電流，轉瞬間就要停止的；所以必須再加一種裝置，才能應用，這依照伏特電池的原理製成的，便是丹聶爾電池 (Daniell's cell)。

伏特電池的電流，爲甚麼轉瞬間就會停止？這是因爲銅版上自從滿佈氫泡以後，溶中的氫離子便被遮斷，不能接觸銅版；在另一方面，向銅版聚集的電子，則因氫泡是不導體，所以也不能和氫離子會合，

因此，電流便告停止了。

第十圖



丹聶爾電池

Z鋅 C銅 T素燒筒

丹聶爾電池的製法：在瓷瓶中盛濃硫酸銅溶液，液中放一個盛着稀硫酸的素燒筒。將銅版插入硫酸銅溶液中，將鋅版插入素燒筒中，作爲兩極。當鋅版上發生鋅

離子時，鋅版便帶陰電，這在說明伏特電池時，已經講過了。在丹聶爾電池中，液中所生的氫離子，不能立即附着銅版，必須先透過素燒筒——凡是氣體，能够自由地透過素燒筒——來到外面的硫酸銅溶液中。硫酸銅是和硫酸根、銅離子分離着，等到有氫離子來了，硫酸根便和氫離子化合而成硫酸，向銅版處來，奪其電子而成銅，於是銅版便逐漸加厚了。這樣，銅版上既沒有泡遮蔽，電流即能不斷絕了。但硫酸銅

既能逐漸凝結成銅，所以牠的溶液也將逐漸稀薄。那時，你可把胆礬投入少些，使牠溶在液中，時常保着硫酸銅溶液的相當濃度，這種電池的電壓，約有一·〇八伏特，通用於電報和電話機中。

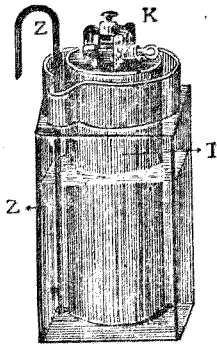
**本生電池** 本生電池 (Bunsen Cell) 的構造，和丹聶爾電池相同，不過牠不用硫酸銅，而用濃硝

酸，不用銅版，而用碳棒。所謂碳棒，就是用碳凝成的，在電氣上的用途很廣。牠把鋅棒作為陰極，碳棒作為陽極。這種電池，是由硫酸中發生的氫離子，來到硝酸上，奪其氧而變成亞硝酸，自己則成為水，所以碳棒上也不致生泡。牠的電壓約有一·九伏特。

**勒克蘭社電池** 在玻璃瓶中盛濃氯化銨溶液，其

中豎立鋅棒。再在素燒圓筒中盛二氧化錳和碳粉的化合物，其中插入碳棒。鋅棒為陰極，碳棒為陽極。這種電池稱為勒克蘭社電池 (Leclanche Cell)，牠的電壓，約有一·三伏特。

第十一圖



勒克蘭社電池  
K 碳棒, Z 銅, T 素燒圓筒

勒克蘭社電池的電力，雖然久用以後，電力減弱，但是把牠擱着一會兒，便能恢復原態，這是牠和別種電池不同的地方。所以很適用於電鈴和電話機，並且牠不必用強酸類，所以在家庭中應用，非常適宜。

乾電池 乾電池所用的材料，和勒克蘭社電池相同，但是牠不用液體。却用鋅板

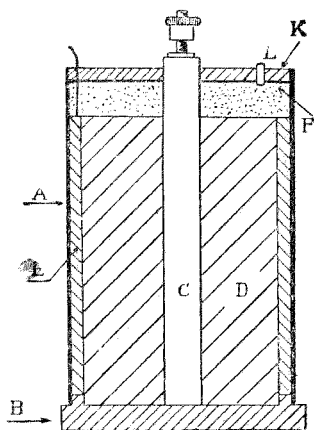
做成一個圓筒，把在濃氯化銨溶液中浸過的木屑或吸水紙的紙捲裝在筒中，其中插入一根炭棒。在炭棒的週圍，填着二氧化錳和碳粉的混合物，上面用瀝青封好。炭棒和

鋅版上，各鑲一個螺釘，作為電極。這樣，即使把牠打翻了，也不會有液汁流出來，並且重量也小，便於攜帶。這種電池，即稱為乾電池。近來無線電話收音機和電鈴上，非常通用。

重鉻酸電池 (Bichromate Cell) 是由本生電池改良而成的，在稀硫酸中加重鉻

酸鉀，這溶液的成分是：重鉻酸鉀、硫酸、水。於是把鋅板和碳板插入，作為兩極。這種不必用素燒筒，構造很簡單。並且因鋅和硫酸化合而生氫，同時在另一方面，重鉻酸鉀和硫酸化合而生氧；氫遇氧化合成水，所以不生泡沫了。這種電池當不用時，必須將鋅板取出，一則避免鋅板無謂的腐蝕，再則不使溶液中發生銘明礬，並且牠的構造究竟太簡單，所以時有惡濁的氣體發出，家庭中不宜使用，牠的電壓二·

第十圖



乾電池的構造

A, 紙板; B, 瀝青; C, 炭棒; D, 二氧化錳和濃氯化銨; E, 鋅; K, 瀝青; L, 玻璃管。

一伏特。

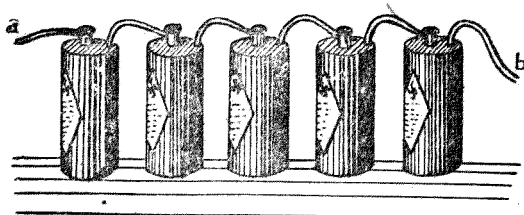
夫拉電池 (Fuller Cell) 是把重鉻酸電池中裝入貯有稀硫酸的素燒筒，其中插入一根鋅棒。這根鋅棒，不會發生重鉻酸電池中鋅版的那種腐蝕，所以電池不用時不必把牠取出。這種電池的電壓是二伏特。

重力電池 以上所說的各种電池，爲甚麼都要用素燒筒呢？究其實，不過要把兩種不同的液體分隔着罷了，但是素燒筒不大經用，非常容易損壞，所以這種電池便也不耐用了。重力電池 (Gravity Cell) 不用素燒筒，只利用兩種重量不同的液體，使牠們自然分隔，最普通的，大多用和丹諾爾電池同樣的材料，即在玻璃瓶中盛着半瓶硫酸銅的飽和溶液，再在瓶底浸着少許硫酸銅的結晶丹麥。然後在上面靜靜地注入半瓶硫酸溶液。硫酸溶液的重量不及硫酸銅的飽和溶液，所以兩者不易混和，於是把銅版插入硫酸銅中，把鋅版插入硫酸中，作爲兩極，即可發生電流。牠的電壓約一伏特，適用於電報機和電話機。

## 8. 電池的連接法

在單獨一個電池中，不能得到強力的電流。古時雖然發明了電池，只因不懂把電池怎樣一一連接以後，才能發生強力的電流，所以竟沒有方法使機器上的輪盤旋轉，因為雖然把許多電池連接在一起，如果不用適當的方法，電流的力，仍是不能加強的。

第十三圖

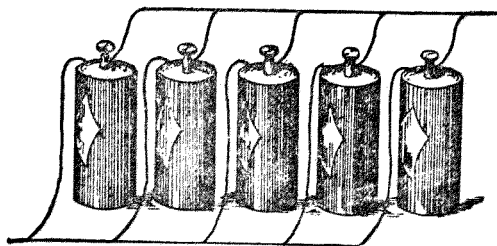


串聯着的電池

譬如現在有五個電池，把甲電池的

陽極連接乙電池的陰極，依此類推，最後把戊電池的陽極連接甲電池的陰極，這時電流的電壓，正和各電池的電壓之和相等，但電流的量，却絲毫沒有增加。這樣，倘使把十個電壓一伏特的電池連接起來，即得十伏特電壓的電流。這樣的連接，稱為「串聯」(Arrangement in Series)。再者，如果把五個電池的陽極和陽極，陰極和陰極連接起來，那麼這時的電

第十四圖



並列着的電池

量，正和各電池的電量之和相等，但電壓並未增加，仍舊只有一伏特。這樣的連接，稱爲「並聯」(Arrangement in parallel)。電壓和電量，既因連接的方法不同而發生各種差異，所以希望電壓增大或電量增加，即可用連接的方法來給予相當的調劑。或混用兩種連接法，使這些電池所發生的電流，適合實用。電池上有兩種導線，一種是又粗又短，一種是又細又長；前者是陽極，後者是陰極。

### 第三章 磁石

#### 9. 磁石的性質

天然磁石和人工磁石。在磁石礦中的石塊，具有吸引鐵質的性質，稱爲磁石 (Magnet)，這是可。以從礦山中掘得的。在五千年以前，小亞細亞地方的人，已經發見了這樣的磁石，所以我們的祖宗從崑崙山經過沙漠，來到黃河流域時，據說已能運用磁石，以定前進的方向。後來到了涿鹿地方，和蚩尤大戰，恰巧遇着大霧，我們祖宗的領袖黃帝，便利用磁針造成指南車，才能辨明方向，把蚩尤打得大敗。我國至今尚誇耀於全世界的三大發明，磁石也是其中之一。

磁石 吸引鐵的性質，稱為磁性 (Magnet property)。凡是從山中掘得的，稱為天然磁石 (Natural magnet)；用人工造成的，稱為人工磁石 (Artificial magnet)。人工磁石由於應用上的便利，分為棒磁石、馬蹄磁石、磁針三種。現在各種機件上所用的，都是人工磁石。

磁石能吸鐵的原因。要知道磁石能吸鐵的原因，必須先明白磁石的性質。譬如現在有兩塊磁石，把牠們的南極和南極，或北極和北極接近，牠們便要互相排斥；反之，如果把這塊的南極和那塊的北極相接近，便互相吸引，終至兩相吸住了；所以總括一句話：磁性是同極相斥，異極相吸，這樣的排斥力和吸引力，兩極愈接近則愈強。在電磁學上，南極的符號是 S；北極的符號是 N。

兩塊磁石同極排斥的力，和異極相吸的力相等。如果把鐵片放在磁石的近傍，牠也能成為磁石，不過接近磁石北極的一端生南極，他端生北極；又因為同極的距離較異極的距離為遠，所以排斥力不及吸引

磁石 第十五圖



棒磁石

馬蹄磁石



力那麼強，於是這鐵片便被磁石吸住了。因此，我們把吸着鐵片的磁石舉起，鐵片只有一端被吸住，他端却被排斥到相對方面去了。如果將同樣長的鐵片和棒狀磁石並行地放着，鐵片的全體便完全被吸。

磁針指着南北的原因。地球原是一塊大磁石，牠的南極在地球的北極附近，北極在地球的南極附近。因此，磁石的北極常指着地球的北極，南極常指着地球的南極。怎樣能知道地磁的南極在北極附近呢？我們舉一個證據，如果把磁針愈和北極接近，磁針的北極被吸引着的力也愈強；並且愈向北極走去，便由水平的位置而傾向地面，終究至向下直垂。

地球所發生的磁氣，稱地磁 (Terrestrial Magnetism)。地磁的方向和強弱，各地不同，因為地球原是一個不規則的磁石。所以各地磁石指示的方向，和子午線多少有些偏斜；這些偏斜角，稱爲「偏角」或稱「方位角」 (Magnet declination)。如果不知道這些偏角，即不能測得正確的方位。例如我國江蘇的崑山，在一九二八年的地磁，偏角爲西三度三十五分。但地磁在一年間總有若干變更，即一日間也有少些增減。有時地磁發生異常的變更，使在海洋中航行的船，不能測得準確的方向，發生困難，這便稱爲「磁暴」 (Magnetic Storm)，大多由於太陽中發現黑點。

## 10. 造成磁石的簡易方法

諸君手中的小刀或其他各種鐵器，感着地磁，都自然而然成爲磁石，所以我們能使鐵片感得磁性後成爲人工磁石，現在我把作爲兒戲的幾種造成磁石的方法，略述一二則如左：

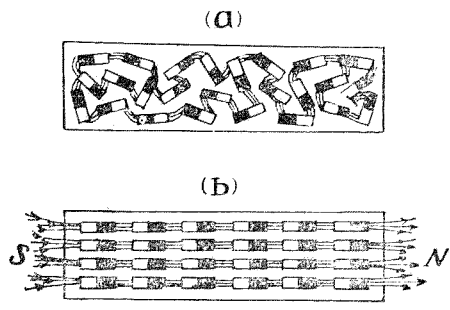
在縫針的中央捲着導線，投入火中，燒到現出紅色，立即把牠投入盛着冷水的盆中，縫針冷了，使牠指着南北，這時，這枚縫針便成爲磁針了。如果用很細的絹絲把牠吊起來，那麼，牠冷時指着北極的一端，仍舊會指着北極的。

把鐵火箸向南北擱着，再將上述方法製成的磁針的南極，和鐵火箸的北極接近，便被吸引；倘把磁針的北極和牠接近，便被排斥。由此可知當鐵火箸兩端向南北放着的時候，牠已經成爲磁石了。再者，如果用鐵槌重擊兩端向着南北的鐵火箸時，磁性的作用便愈強。但是，鐵火箸因爲只有兩端向南北放的時候，方能感着地磁，成爲磁石。所以，雖然在牠上面重擊一陣，使牠磁性加強，只要把牠的位置移動，使兩端向着東西，牠的磁性便完全消失了。

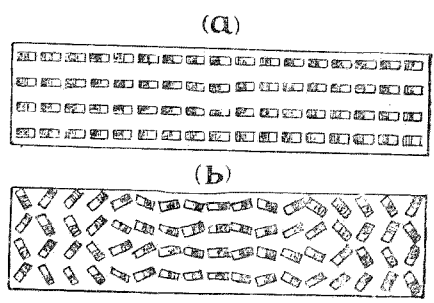
要使縫針成爲磁針，非把牠燒紅不可，但鐵火箸却不必燒紅，只要使牠的兩端向着南北，即可成爲磁石。這究竟是甚麼原因呢？這因爲縫針是鋼鐵，質地異常緊密；火箸是軟鐵，質地較鬆。所謂質地緊密，就是構成物體的分子，排列得很緊，頗少空隙；質地鬆，就是構成物體的分子，排列得疏散些，各分子間的空

第十六圖

1. 磁石內的分子排列



2. 普通鐵塊的分子排列



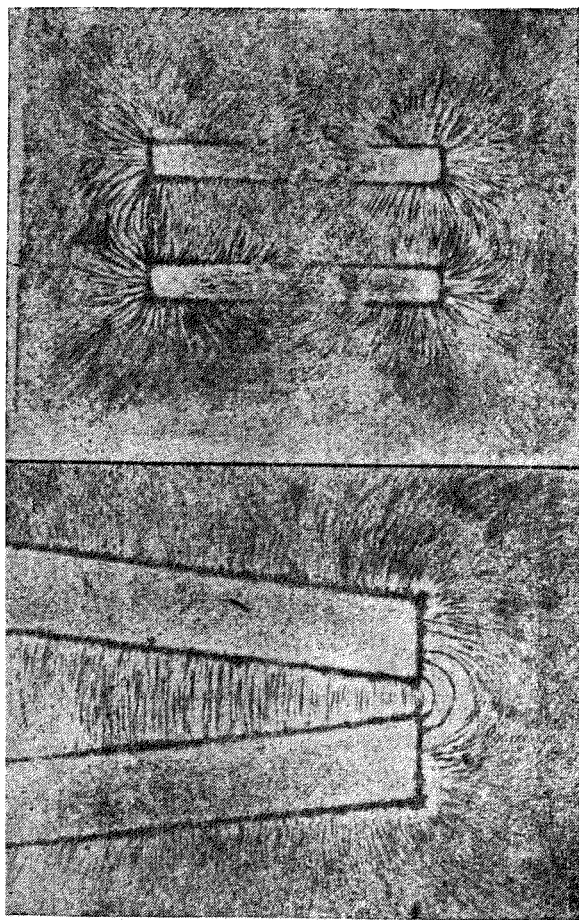
隙自然也多些。但是鐵箸和縫針之所以能成爲磁石，由於各分子感得磁力以後，牠們的排列能够改成整齊些。鋼鐵的分子因爲排列較緊，沒有活動的餘地，所以感得地磁時，不能立刻改變排列，也就不能成

爲牠的分子排列既不更動，磁性也便不易消失了；反之，軟鐵的分子排列，最易變動，故磁性也很易消失。分子的排列已很緊密，各分子又不易活動，所以雖然把牠的位置移動，兩極不向南北，仍能成爲磁石，因爲牠的分子排列既不更動，磁性也便不易消失了；反之，軟鐵的分子排列，最易變動，故磁性也很易消失。

爲磁石；反之，軟鐵的分子排列較鬆，容易活動，所以感得地磁時，立即改變排列，成爲磁石了。但是把鋼鐵燒紅以後，分子發生激烈的活動，於是各各衝突，依着磁性的感應，而整然排列，立即成爲磁石，到了熱度消退，全體冷卻以後，

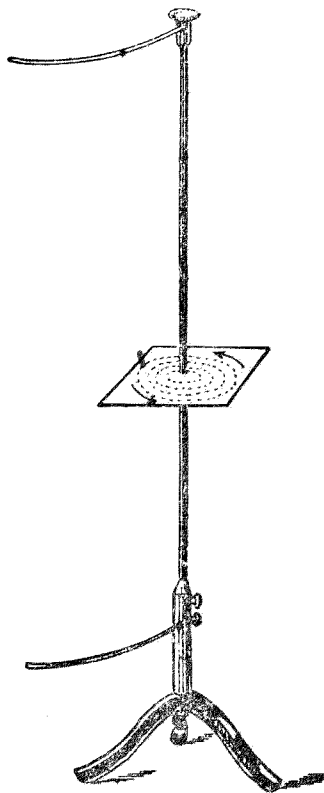
磁鐵礦中的鑽石，怎樣會帶着磁性？這個答案很簡單，就是：地球是一塊大磁石，牠們便是這塊大磁石上的碎片罷了。如果你要知道地球怎樣會有磁氣的，那麼，非知道電和磁氣的關係不可。

### 11. 何謂磁力



第 十 七 圖

紙上滿佈鐵屑，紙下放一塊磁石，那麼鐵屑便能按着磁力，描成線紋。上圖，兩塊磁石的異極並列時的磁力線；下圖，馬蹄磁石的磁力線。



磁石

凡是要把別處的物體拿過來，必須用繩或甚麼東西，才能使牠移動；反之，如果要把物體移去，也不必用棒或甚麼東西，才能把牠撥去。所以磁石的兩極能够吸引或排斥，其間也一定有一種甚麼媒介物存在；並且在磁場以內，無論有甚麼物體，都不能妨礙磁力，所以人們想：這種媒介物，大概無論甚麼物質，牠都能够滲透的。因此以前的許多學者，都以爲磁力的媒介物，便是傳光和傳熱的以太（Ether）。但到了現在，否認以太之存在的學者很多，他們以爲磁力、光和熱的傳達，多不過是空間的某種變化罷了。

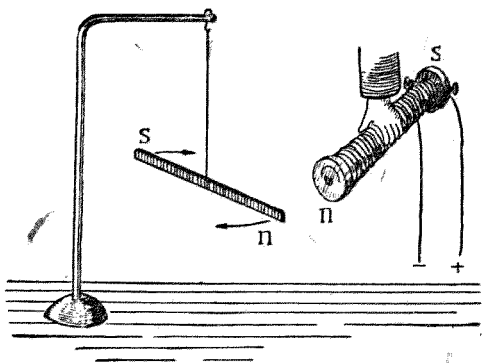
**磁●力●線●** 在白紙上放一塊磁石，把鐵屑滿撒紙上，輕叩幾下，鐵屑感得磁力，都成爲小磁石，於是各異極相吸，在白紙上描成很規則的線。凡是線紋愈密，線紋的變化愈烈，就是磁氣最强的地方。

線●力●線●  
 導●力●線●  
 時●磁●  
 關●係●  
 把●鐵●屑●撒●在●  
 白●紙●上●，●貫●以●導●線●，●導●  
 線●上●通●電●流●，●那●麼●鐵●  
 屑●便●以●導●線●爲●中●心●  
 點●，●排●列●成●爲●圓●形●。●由●

此看來，電流能和磁石同樣的使四周的空間發生變化。把導線捲成螺旋狀，稱為線圈（Coil）。在棒狀的線圈通過電流，即能發生很強的磁力。牠的磁極，如果電流的通過和鐘面上針的旋轉相同，則相對端

便是北極。

第九圖



磁生作用。能發作的電流，便與磁石通過的電流，和磁石力。

磁石何以會有磁力，可以用電子論來說明。我在前面已經講過，原子之中，有電子旋轉着；所以凡是物體，不過是由於無數通有電流的線圈所組成的。普通物質的原子，排列得異常雜亂，只有磁石中的各原子，他那電子環繞的軌道面恰和兩極成垂直。磁石的原子既是磁石，他便發生磁力。其實所謂磁力，不外乎就是電力；地球之所以能成爲一塊大磁石，據學者們研究的結果，也是因爲從太陽中放射出來的電子，達到地球上，在地球四周環繞着的緣故。

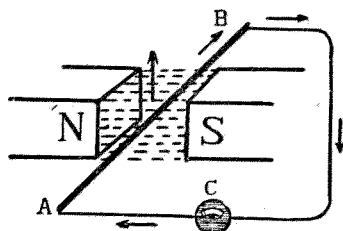
電磁石。在線圈中插入鐵棒，通以電流，那麼鐵棒的分子感得電流以後，即能改變排列，發生和線圈同等的磁力。如果插入的鐵棒是鋼鐵，那麼雖從線圈中取出後，磁性仍能不失，我們利用這個方法，可

以製成磁石或磁針；現在的人工磁石，都是這樣製成的。如果插入線圈中的是軟鐵，那麼只有電流通過時，才能發生比銅鐵更強的磁；電流停止，磁力也就沒有。這樣的磁石，稱爲電磁石 (Electro Magnet)。電磁石的功用很大，用處很多，無論是電話、電報，凡是一切利用電氣的機器，沒有不需要的。

**電流表** 我們利用電流發生磁氣的作用，可以測得電流的強度。電流表的種類很多，大概可以分爲二種。一、在固定的線圈上通以電流，變動磁針。二、在固定的電磁石兩極之間，用小線圈自由環繞着，通以電流。前者用於精密的實驗，例如鏡電流表 (Mirror Galvanometer)，鏡的背面貼着若干小磁針，使微細的移動，能由鏡的反射光而加以擴大。後者雖然也用於精密的測定，但普通所用的，都是線圈的旋轉直接變動指針，即可顯示電流的強度，這稱爲安倍表 (Ampere meter 或 Ammeter)。其他，還有一種測算電壓的，名叫電壓表 (Voltmeter)，也是利用電流的磁性作用而製成的。

## 第四章 發電機

### 12. 發電



第二十圖 發電機的原理

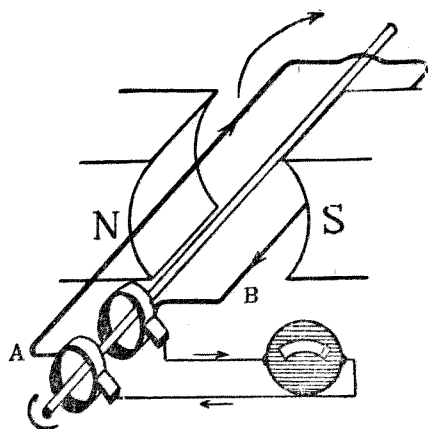
在由於磁力發生某種變化的空間，導線於直角的地位，將磁力線迅速地切斷，則導線中的自由電子，即感應磁力而向固定的方向流通。如果將導線的兩端連接起來，電流便在這導線上循環不息。磁極倘使左端為北極，右端為南極，那麼電流的方向便向對方流去。為甚麼會發生這樣的關係，却完全不明白。

導線的旋轉愈烈，電子的飛出也愈甚；就是一秒鐘間切斷的磁力線愈多，電流也愈強。並且一根導線所發生的電流，不及多數導線捲成的圈那麼大；因為各導線同時飛出電子，電子的活動愈強，電壓當然也高了。因此，如果在磁力很強的磁石間，把導線捲成線圈迅速地轉動，即可發生強力的電流，發電機（Dynamo）就是根據這個原理發電的。

### 簡單的發電機

將導線製成線圈兩端各附一個金屬環，在磁力很強的磁石間旋轉，再在金屬環上各附一個炭素片或金屬的刷子（Brush），各連導線，於是電流便由此線傳導成爲電路，這就是最簡單的發電機。在磁場中能發生電流的線圈，稱爲發電子（Armature）。





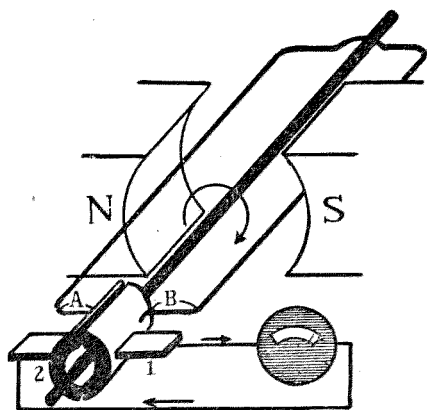
第二十一圖 發電機的構造

請參看第二十一圖。發電機子按着箭頭所示的方向旋轉，因導線將磁力線切斷，即發生了電流。現在，再請將該圖分為左右兩半。先看左半圖：當發電機子由下旋向上時，電流的方向果然如圖中的箭頭所示，直向對面流去；但當牠旋至該處時，請看右半圖，牠又自上向下旋動，所以發生相反的電流，不向對方流去，却向這邊流來了。最後這些方向相反的電流，即由發電機子傳至金屬環，再由刷子傳到外面的導線了。

### 13. 交流和直流

何謂交流。線圈在磁石間每半迴轉，即生方向前後相反的電流。所以導線上的電流，也不時在改變方向。這種循環着改換方向的電流，稱為交流 (Alternating Current)。至於發生於電池中，方向不變的電流，則稱為直流 (Direct Current)。

諸君也許要發生疑問：「這樣方向不定，往還不息的電流，有甚麼用處呢。」其實，在應用上並沒有什麼妨礙，却有很大的效用。因為電流和水流不同，牠的速率很大，和光線差不多，在一秒鐘間能夠環繞地球七次。所以雖在一秒鐘間往返衝撞數十次，流勢並不減殺。



第二十二圖 直流發電機的構造

直流發電機 發電機上改變了若干裝置，也能發生

直流，這便稱為直流發電機。我們把發電機線輪兩端所附的兩個金屬環，連成一個，再剖成兩半，成為半環，各和發電機的線圈連接。在半環上又各附一個金屬刷子，相對裝着。這樣，線圈上電流的方向，雖改換不息，但每一旋轉所接觸的半環已經改換了，所以由刷子傳到外面來的電流方向，却能固定着向着一定的方向流去，永不變換了。這個調整電流的金屬半環，稱為整流器 (Commutator)。

實際的發電機 實際上應用的發電機，牠那作為發電子的線圈大多是在軟鐵心上捲着導線，這樣才能發生很強的電流；就是發電機中的磁石，也都是電磁石。至於直流發電機中電磁石的磁力，也能

由牠自己所發生的電流而加強，但有人也許要這樣疑惑：「起初電磁石中沒有磁力，因此，發電機縱使轉動，一定也不會發生電流的。」其實，所謂電磁石這東西，只要有一次電流通過，就有少些磁力遺留着；因此發電機旋轉若干次以後，便有些許電流；及後磁力加強，電流便也加強；但電流加強了，磁力也跟着強起來。牠們互相推移，經過了相當的時間，電流便達到很大的強度了。原來常製造發電機的時候，只怕電磁石中沒有磁力，所以必須通過一次的電流，使牠有少些磁力遺留在內。如果因電磁石的磁力太強，因此發生的電流也嫌過強，那麼在電流流向電磁石去的導線上，有一種電阻匣 (Resistance box) 的裝置，牠能調節電流。

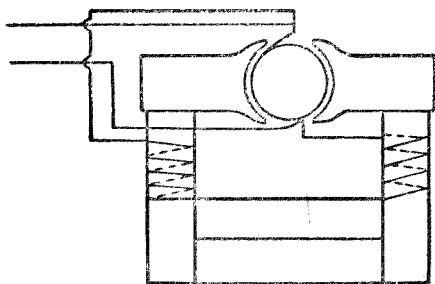
電磁石只在直流發電機中，才能由自己所生的電流加強磁力；在交流發電機中却不能。所以交流發電機中，必須另裝較小的直流發電機輸送電流。這種專司輸送電流於發電子的線圈的發電機，稱為激發電機 (Mixer)。

#### 14. 發電機の種類

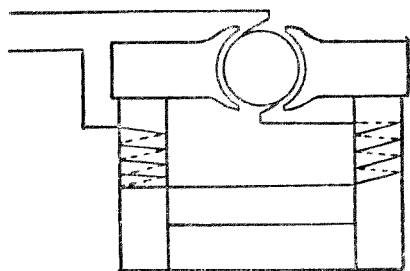
直流發電機約可分為三類：凡是發電子所生的電流，能够全部流入電磁石間的線圈中的，稱為「

串繞發電機 (Series dynamo) 只分其一部分的電流送入電磁石的，稱為「分繞發電機」 (Shunt dynamo)；混合以上兩式的，稱為「複繞發電機」 (Compound dynamo)。茲略述如次：

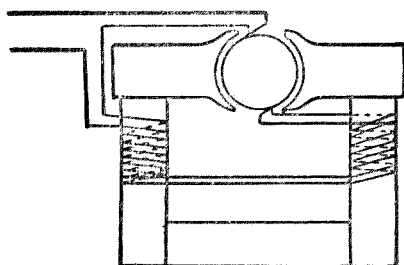
第二十三圖



(1) 串繞發電機



(2) 分繞發電機



(3) 複繞發電機

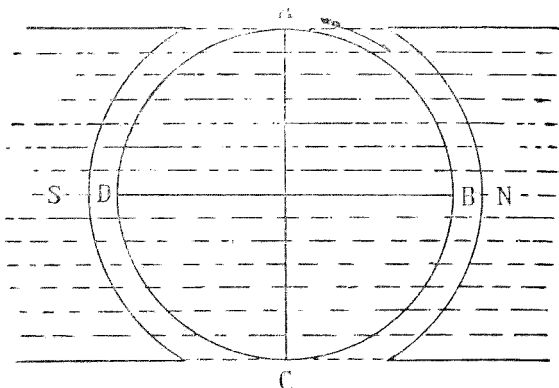
串繞發電機 這種發電機的外部導體，如果電阻加增，則電流減弱而電磁石的磁力也弱，跟着，電流便更加弱小了。所以電阻的變化，對於牠那電流的強度很有關係。因此，這種發電機只能在電阻不起

變化的地方可用。

分繞發電機 分繞發電機外部導線的電阻如果增加，則流去的電流便少；但流向電磁石的電流，倒反增加，所以電磁石的磁力也跟着加強，其結果，又能把很强的電流輸給外部的導線。但在電流流向電磁石的導體中，有一部分導線通過調整器，使電路的電阻發生變化，即能調節電磁石磁力的強度。因此，流向外部導體的電流，便能保持着一定的強度了。

複繞發電機 這種發電機兼具上述兩種發電機的特長，所以可以適應各種的須要。因此，如果我們想取用發電機所發生的電流，最好選用這複繞式。

週波 以上所說起的發電機，其電流的強度，在發電子的一迴轉之間，刻刻變化；無論是直流發電機或交流發電機，都是這樣的。因為電流的發生強弱，由於發電子在一定的時間內，切斷磁力線的數量多少而發生變化。發電子的線圈在一旋轉之間，既不能切斷同數量的磁力線；因此，發電機中輸出的電流，便不能刻刻保持常態，而有強弱的差別了。請看第二十四圖，例如發電子的線圈在A處，那麼在這片刻間，牠一根磁力線也沒有切斷，電流是零。依次轉過去，被切斷的磁力線漸多，轉了全周的四分之一，到B處磁力線被切斷最多，所以這時的電流最強。再依次轉過去，磁力線被切斷的漸少，轉到全周的二分



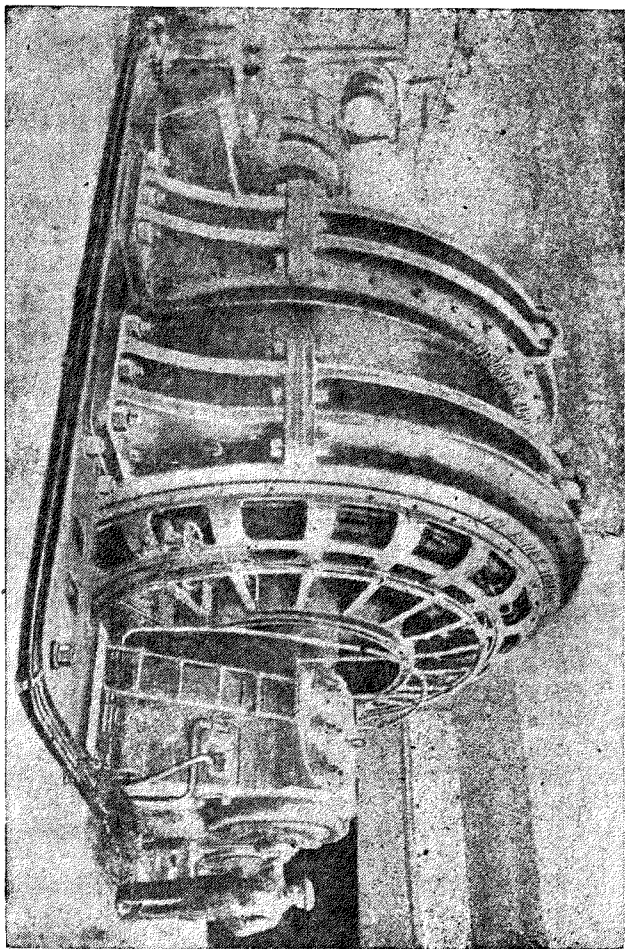
發 電 子 依 次 旋 轉 電 流 的 強 度 和 方 向 都 要 發 生 變 換。

之一，到 C 處，在這片刻間，磁力線又是一根也沒被切斷，所以電流強度又達到零度了。並且電流的方法，又每當發電子轉到電流在零度時，即向反對方向改變。因此，發電子旋轉不息，電流便由零度增至高度，又由極度減至零度，循環不息。同時，電流的方向即一會兒向前，一會兒向後，交流不絕。這種情形，恰和海中的波浪衝撞石崖相同：電流的增減，正像波頭的起伏；電流方向的改換，正和波頭觸石，往返不息。電流旋轉一次，稱為一週波（cycle）交流，所謂五十週波的電流，就是電流在一秒鐘之間，改換了五十次方向。普通電燈所用的，便是五十週波率的交流。光在每秒鐘間消滅一百次，這是我們的肉眼感覺不到的。

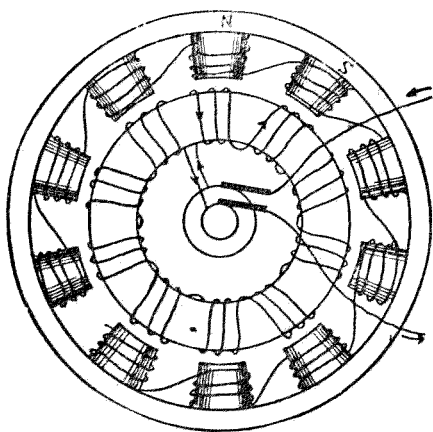
多極交流發電機

如果欲得五十週波的交流，只有二個磁極，則在一秒鐘間，發電子非旋轉五十

回不可。這樣的旋轉數，實際上殊有困難，所以我們只好另外想一個方法，務使發電子的旋轉數雖然減



少，但週波數却能加多。這有甚麼方法呢？就是增加磁石的組數，同時，發電子也須增加和磁石同等數的線圈，線圈的捲法。請參看第二十六圖。當線圈各各旋轉至磁石的前面時，電流便按着同一的方向，輸送



第二十六圖 多極交流發電機

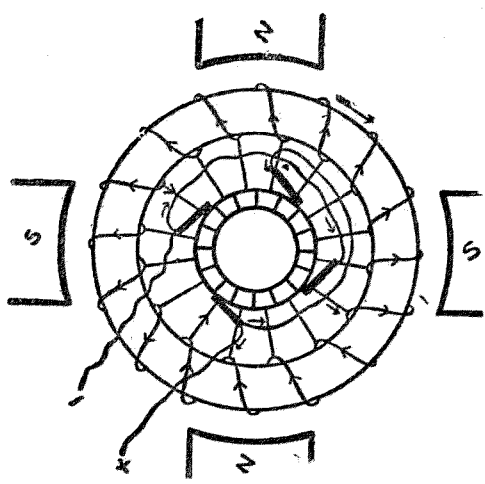
到外部的導線上去，這就稱爲「多極交流發電機」。該機所生電流的週波數，只要把發電子在一秒鐘間的旋轉次數，乘磁石的組數即得。凡多極交流發電機所起電流的電壓，只要把一組磁極的電壓乘磁極的組數即得。如該圖的發電機是用五組磁極的，那麼電流的電壓，就是一組磁極時的五倍。因此，磁極和線圈增加以後，只要線圈能够互相絕緣，即得發生相當高度電壓的交流。

電流無變化的直流發電機 直流發電機的電

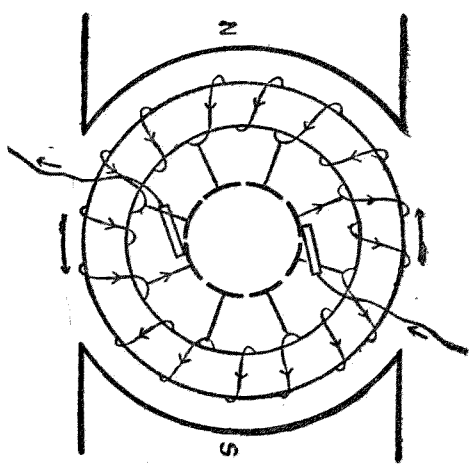
流，方向雖然不變，但電流的強度却變化不息，我在前面已經講過了，所以在實際的應用上說來，實在不甚適用。因此，我們該想個方法，改變線圈的裝置，務使牠的電流強度不發生變化才可。請參看第二十六



圖，在發電子上捲着許多線圈，整流器也應着線圈數區分，照圖上所示的方法連接，於是當各線圈發生不絕的強電流時，由整流器外導，即得並不變化而又直流的電流。



第二十七圖 四極交流發電機



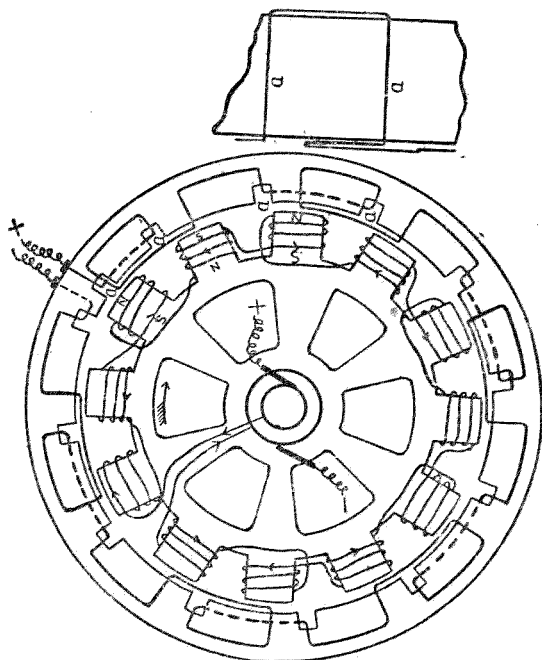
第二十八圖 電流頗少變化的直流發電機

多極直流發電機

無論是直流發電機或交流發電機，凡用兩組以上的磁石者，稱為多極發電機；

如果所發的電流是直流的，稱爲「多極直流發電機」(Multipolar dynamo)。請參看第二十七圖的四極交流發電機，有兩組磁石，把南極和北極分隔而相對；整流器也各各區分，各連線圈；又有四個刷子，兩個接陽極，兩個接陰極，各連成一根導線，將電流外導，即得直流。

●●●●●●●●●●  
 旋轉磁場交流發電機

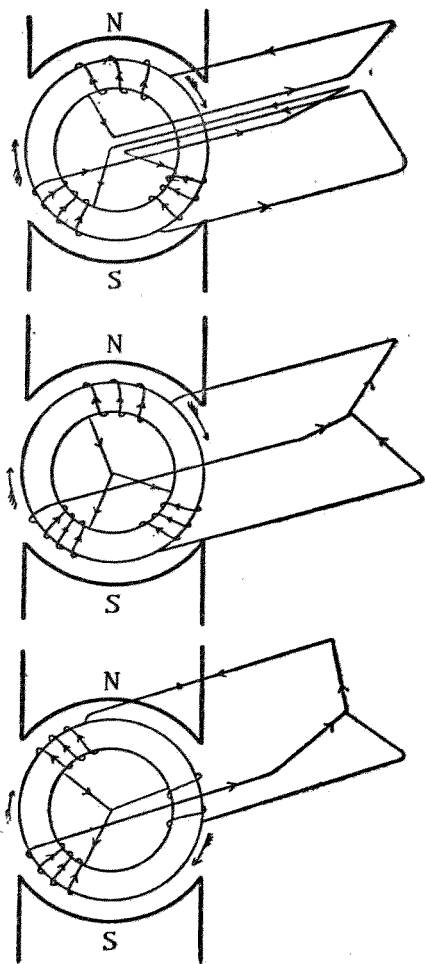


第二十九圖 旋轉磁場直流發電機

上所述的發電機，都由發電子旋轉而生電流的。但發電子不動，把磁石旋轉，也能得到同樣的電流。如果由發電子發生電流，從刷子上向外傳導，則因各刷子間及刷子和軸，其間總不能得到絕對的絕緣，所以當發生高壓電流時，在這些不能十分絕緣的空間，便要發生放電的現象。況且「絕緣」

的工作，也有限度，決不能造成絕對的絕緣。可是把發電子固定着不動，將磁場旋轉，那麼刷子及和刷子接觸的環都不須要了，所以再也不會發生放電。這樣裝置的發電機，稱爲旋轉磁場交流發電機 (Rotary field current dynamo)。凡是發生高壓電流的，大多用這種發電機，請參看第二十九圖，就是這種發電機構造的方法，將六個磁石連成輪狀，在發電子內旋轉不息，電流即入附在輪軸的金屬環中。發電子迴繞磁石成爲一個很大的鐵輪，輪內向着磁石的地方，挖有溝紋，溝中就埋着導線。這樣裝置的線圈，即能發生交流的電流。

三、相交流。在軟鐵環的三個地方上，線圈可照第三十圖所示的捲着，於是在磁石間旋轉，各線圈即生交流，例如圖中的第一線圈，第二線圈和第三線圈處所生的電流，每隔一週波的三分之一而發生變化。在這轉瞬間所起的電流方向和強度，稱爲「相位」 (Phase)。在這轉瞬間發生三個相位不同的交流者，稱爲三相交流發電機 (Three phase Current dynamo)。從這種發電機中接出的六根導線，可以除去三根，只用其餘的三根互相連接，作爲電流的歸途，連接的方法，請參看第三十圖。這樣，那麼無論何時發生的電流，牠的方向決不會有少些衝突。換句話說：三次交流的電流，只要用三根導線便够了。



第三十圖

何了突到衝論不無總子流電處發

三相交流可以用來旋動三相交流感應電動機(Three phase Current induction Motor)這種電動機現在非常盛行,所以當你看見電桿木上掛着三根電線時,這就是三相交流的導線。

發電機所生電力的強度 我在前面已經說過,電磁石的磁力如果很強,發電子的旋轉如果迅速,

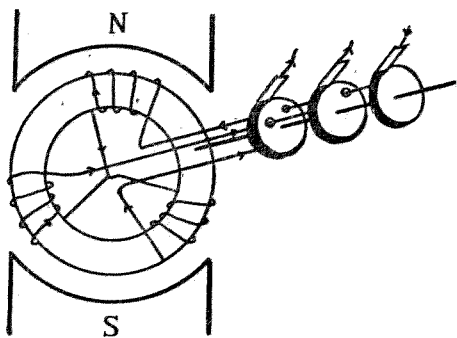
即能發生強力的電流。其實,在實際上却並不如此,為甚麼緣故呢?因為電磁石這東西,雖說能夠因電流的加增而磁力加強,但並不是無限的;到了相當程度以後,磁力便再也不增加了。同樣的,發電子的旋轉

速率，也是有限度的，達到了相當速度時，便再也不能增速。因此發電機發生電流的力，當然也有限度的了。

電流的強度，只要測算電壓的高低及電流量就能知道，這是我在前面早已講過的了。但交流因為方向循環着改換不絕，不能和直流那樣的根據電壓和電量，所以牠那最強時的值究有若干，無從測算，普通便有一種「有效值」(Effective value) 用 $(M_e)$ 計算的。所謂「有效值」就是將各轉瞬間的値之自乘所得之和，平均起來，開平方後所得的數字即是，但比較實際上最強時的値略小。所以，雖然說是一百伏特的交流，當電流最強的時候，還須超過一百伏特以上。

## 第五章 電動機

### 15. 電動機的原理



第三十一圖 三相交流發電機的圖式



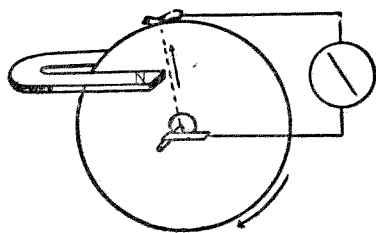
1. 串繞電動機 (Series motor) 牠的負載 (Load) 很重，於是旋轉滯緩。但欲求電流的負載強大，能夠耐負相當程度的重荷，如電車和起重機等，便可採用此機。

2. 分繞電動機 (Shunt motor) 這種電動機的負載大小不定，但牠那迴旋的速率是一定的。凡機件的迴轉數必須保持固定的速率者，可適用此機。

3. 複繞電動機 (Compound motor) 牠兼具上述兩機的特性，負載既重，迴轉數又能保持一定的速率，所以頗適用於作為紡織機械等的動力。

無論何種電動機，當牠不勝負載時，便會停止旋轉；在這轉瞬間，電流也失其功效了。如果仍舊使牠通着電流，必至導線燒斷，機件完全毀壞。所以管理電動機時，必須注意牠的負載。

交流電動機 交流電動機自交流發電機得到交流，也能旋轉。旋轉數依據交流的週波數和發電機的磁極數而定，與負載的輕重和激發機的磁力並無關係。因此，如果欲將負載加重或減輕，只要調節激發機的磁力，倘使負載增加，激發機的力不强，旋轉必將停止。又交流電動機如果單單通以電流，起初牠自己還不會旋轉，必須用外力促牠旋轉，所以這種電動機是很難運用的。但是其中却有一種，名叫「感應電動機」(Induction motor) 的，運用很便，現在已非常通用了。



第三十三圖 誘導電動機的原理

誘導電動機的原理。誘導電動機的旋轉和別種電動機的原理完全不同。請參看第三十三圖，在銅製的銅板中心裝一個軸，旋轉不絕，則銅板的一部總在磁石的兩極之間，當牠旋轉時，便切斷磁石線而生電流。如果圓板不動，將磁石沿着圓板的邊緣，向反對方面旋轉，也能夠發生同樣的電流。因此，如果在磁極間裝着導線，通以電流，也能像圓板那樣的旋轉，旋轉的方向和磁石相同，因為牠原是追蹤磁石的。這就是感應電動機的原理。

電動機的力。譬如這裏有一座一百啓羅的發電機。所謂一百啓

羅，就是：如果使用時，祇叫牠發生一百啓羅，並不高出一百的數字以外。那麼這座發電機雖然老是使用着，在機件上決不致發生損傷。但是良好的機器，只要是在短短的時間內，雖然使牠担負限度以外的力，也無甚損傷。例如：一座一百馬力（Horse power）的電動機，在二小時以內，也能負載至一百二十馬力。在工業上，據說機器在二小時以內，能耐百分之二十五的過度負載（Overload）；在三十分鐘以內，過度負載能耐至百分之五十。至於起重機和升降機的電通機，因為應用的時間頗短；電車的電動機，因為負



載量的變動很大，所以牠們的過度負載，竟能耐至一倍。

## 17. 電動機的效率

機械的效率 一百匹馬力的電動機，當牠負載五十匹馬力時，當然不會使出一百匹馬力的全量。例如我們提取重量很小的物體，也不會使出全力的。但是，如果要負載五十匹馬力的力量時，電動機中只有五十匹馬力的電力，也是不夠的，非多加二三成不可。因為將力給與機器，總要比牠使出來的力量多些。

這是甚麼原因呢？因為在電氣的機械中，到處都能消耗電力；第一，當電流通過導線時，因為導線的電阻，必須消失若干電力；第二，耗費在製機器的鐵上；第三，消失於機器間的摩擦和與空氣等等相摩擦，這樣消耗的電量愈少，那麼給予的力和使出來的力，兩者的差額也愈小。這兩種力的相比，工業上稱為機器的效率 (Efficiency)。例如給予的力是十，使出來的力仍是十，那麼這架機器的效率是  $10/10$ ，便是 1。近來對於人們的工作，也很通用「效率」兩字來以定高下。不過，給予人的力究有多少，我們雖無從測算，但無論誰的工作效率，總不會到  $1/10$  即 1。總之，誰在同一的時間內，工作做得多，做得好，便是

良好的效率了。

效率最高的電氣機械。無論甚麼機器，效率決不會達到十分之十，素稱效率良好的蒸汽機和煤氣機，普通也不過 8—10，即八成。就是蒸汽機中效率最高的蒸汽輪機（Steam Turbine），雖有能達 9—10，但究屬非常少有的。至於電氣機器的效率，則大致在九成以上，那還有普通的；如果用了後述的變壓器（Transformer）以後，又能減低旋轉時摩擦所消耗的電力，效率竟提高至百分之九十七以上；但無論如何，總不能達到百分之百。

凡是機器的效率，負載重時，總較負載輕時為好，因為愈近機器的能耐負載，愈能得到良好的工作。這恰像我們人類一般，凡是工作的時間儘力工作，遊戲的時間儘力遊戲的人，他所得的結果，總比不像工作，也不像遊戲的人好些。

無論旋轉甚麼機器，電動機總比蒸汽機好，你只要仔細一想，就能明白。牠不但價錢較廉，機件較小，管理簡易；並且不需要燃料，所以沒有烟塵，非常清潔；轉動也很靈活，震動不激；又不需要許多人管理。電動機既有這麼許多好處，當然要成為工業上的主要機件了。

怎樣選用電動機。電動機的種類很多，已如上述。所以使牠轉動機器，也有適當與否的差異。如果

不明白牠們的差異，便不會選用。例如：負載不拘大小，旋轉的速率却須均勻，那麼交流電動機中，無論何種都可適用。但直流的，只有複繞電動機和分繞電動機可用，串繞電動機是不行的。如果速度變化些也不妨，那麼交流電動機就不適用。因此，電動機的選用，非請專門家來擔任不可。

## 第六章 蓄電池

### 18. 蓄電池的原理

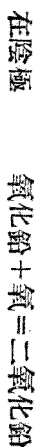
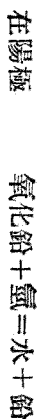
將電力貯藏着，以備不時之需，這樣的裝置，稱爲「蓄電池」(Accumulator)，牠的構造方法，可以根據電池的製法演化而成。

電池中，由於化學作用而發生電流，所以用於電池的藥品或物質中，必有某種力潛伏着，這只要在發生電力的現象時，便可看出來的。因此，如果能使這些物質發生相反的化學作用，因這化學作用而吸收別處的電流，那麼，從外界傳來的電力，即能因這作用而貯藏於這些藥品及物質中。所謂蓄電池者，就是根據這個原理而蓄電的。

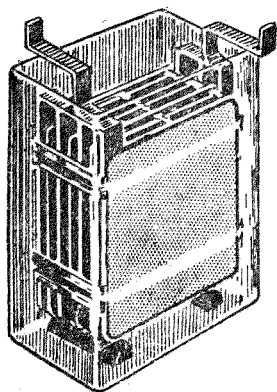
蓄電池內的化學作用。在蓄電池中，有一種名叫福雷式 (Faure Accumulator) 的，把鉛 (Lead) 和銻 (Antimony) 的合金 (Antimonious Lead) (銻鉛) 製成的格子板，格中填入一氧化鉛，作為陽極。再用多孔性的海綿狀鉛，作為陰極。然後把許多陽極板和許多陰極板，一陽極一陰極地合成組，浸入稀硫酸溶液中。各板間用玻璃棒分隔，不使接觸，只在極處把牠們互相連接。

這時，將電流通入蓄電池內，便發生電解。現在我且把電解的情形，詳細地說明一下吧。

當硫酸發生電解時，在陰極處的生氫；在陽極處的生氧。於是氫從陰極的鉛板中，奪其氧而成為鉛；在陽極處的氧，却使鉛氧化而成為二氧化鉛。牠們的公式如次——



如果電流源源不絕，牠們的作用，在某種程度上，也能繼續不斷；就是電流停止，牠們也照常不變。這



第三十四圖 蓄電池的構造

時，用導線連接兩極，則分離在稀硫酸溶液中硫酸根游子(陰)和氫游子(陽)即有下述的活動：氫游子來到陽極，奪其電子而成氫，氫又從二氧化鉛中，奪其氧而成爲水；剩餘的鉛，便和硫酸根游子化合成爲硫化鉛，至於硫酸根游子，牠來到陰極，得到水中的氫游子而再成硫酸。於是氫游子和化成水的氧游子(陰)將電子給予陰極，該處便帶陰電。同時，鉛和氧化合即成氧化鉛。自硫酸中脫離出來的氫，又和剛才的氧化合，便又成了水，這個當兒，在導線上即有電流發生，因此，陰極的鉛和陽極的二氧化鉛，同在逐漸化成硫化鉛，牠們的公式如次——

在陽極： $\text{氫游子(陽, 在液中)} + \text{電子(奪自陽極)} + \text{二氧化鉛} + \text{硫酸根游子}$

(陰, 在液中) = 水 + 硫化鉛

在陰極： $\text{硫酸根游子(陰, 在液中)} + \text{水(氫游子 陽)} + \text{氧游子(陰)} + \text{鉛} =$

$\text{硫酸} + \text{氧游子(陰)} + \text{鉛} = \text{硫酸鉛} + \text{水} + \text{電子(給予陰極)}$

如果蓄電器中所貯的電力已經用完，加以充電 (Charge)，那麼，一方仍舊發生二氧化鉛，他方仍舊化成鉛，兩極復歸本來的狀態，又能隨時發生電流了。

## 19. 蓄電池的充電

凡是蓄電池充分充電以後，兩極間的電壓約在一·八五至二伏特左右，和蓄電池的大小毫無關係；不過電流的強度，却和鉛板的大小成正比。

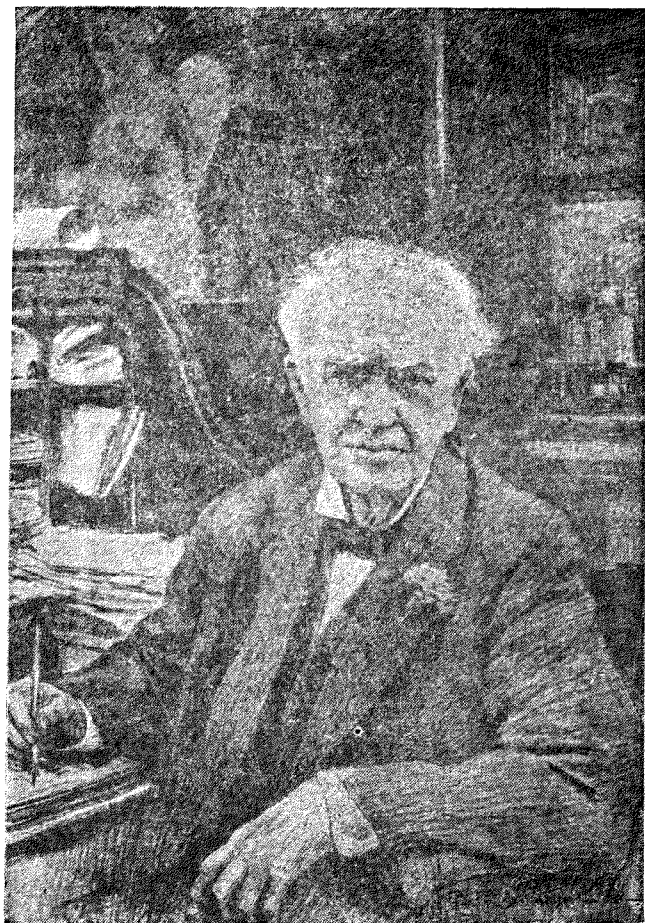
蓄電池放電過久，必至破損而促其壽命，卒至完全無用。所以，如果電壓已降至一·八伏特以下時，必須再行充電，非使電壓升至二·三伏特以上不可。

當把電壓一百伏特的電流，充電於蓄電器時，必須把五十五、六個蓄電器互相串聯；並且全體蓄電池的電壓，如果已經高出於發電機時，因電流再也不能流入，所以非將發電機方面的電壓加高，或將各個蓄電池的電壓減低不可。

## 20. 蓄電池的用途和種類

蓄電池能够隨意搬動，運用便利，所以用途很廣。我現在只把眼前的事物來說吧。例如火車中的電燈，汽車中的電燈，都是利用蓄電池中放出來的電流而發光。就是供給電力的發電所中，也一定備着許多蓄電池，將平日多下來的電力貯蓄起來，以備電量不足時的補充。

**鉛蓄電池。**蓄電池有兩種：就是鉛蓄電池 (Lead Accumulator) 和愛迪生蓄電池 (Edison Ac-



第三十五圖 愛迪生 的 遺 影

cumulator)。鉛蓄電池的製法，也分兩種：一種名叫福雷式，我在前面已經講過了，不贅。一種名叫潑萊脫式 (Plante A.)，凡是單把鉛板作爲極板，那是最舊式的。現在已把鉛板的表面積，儘量擴張，務使容易和溶液接觸。還有一種是用多孔性的海綿狀鉛作爲極板，那麼和溶液接觸的面積更大了，所以效力也愈大。這種式樣的蓄電池，雖然體量很重，但牠具有相當的耐久力，因此，凡地位不必移動的機器上，非常適用。至於無線電報局等所用的，大多是都特爾式 (Tudor A.)，牠的鉛板上挖着無數的櫛齒。前面講過的福雷式，雖然體量較輕，便於攜帶，但很容易破壞，壽命很短。這是牠的缺點。

愛迪生蓄電池。以上所述的鉛蓄電池，無論如何說來，總嫌牠體量太重，壽命太短，所以愛迪生 (Thomas alva Edison) 耗去了數百萬金洋的家產，費了無上的苦心，結果，於公元一九〇四年發明一種蓄電池，現在我們便稱牠是愛迪生蓄電池。

這個蓄電池，用鍍鎳的薄鋼板，穿着許多小孔，孔中填入二氧化鎳爲陰極，填鐵屑爲陽極。電解液是用氫氧化鉀，所以又稱鉀蓄電池 (Alkali A.)。如和鉛蓄電器相較，這個蓄電池的壽命長多了，大概可以充電至九百次以上，並且體量也輕。但牠的缺點仍很多：第一是價錢太貴，幾及鉛蓄電池的三倍，但效率並不十分高，不過和身量同重的鉛蓄電池多三四成罷了。因此，如果用於地位並不移動的機器上，似



乎太不經濟，以用於汽車和飛機上最宜。但還有一種缺點，就是牠能發生多量的煤氣（*gas*）美國的水艇曾用這種蓄電池，遭到爆發的危險，所以現在早已不用了。

## 第七章 變壓和送電

### 21. 電氣的急流和緩流

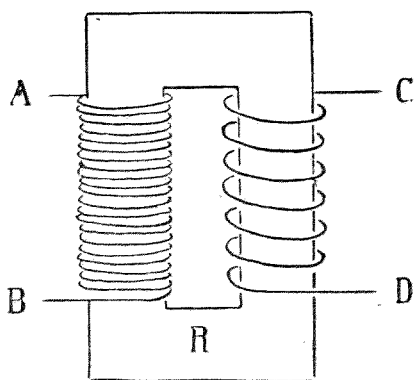
何謂變壓。譬如同樣兩條河：在山間的，因流面狹而水流頗急；在平原的，因流面闊而水流滯緩。電流也是這樣，所以可設法使電壓減低或加高，而電力却並不改變。可是直流不能變壓，只限於交流，凡使交流變壓的裝置，就稱為變壓器（*Transformer*）。

變壓器非常簡單，不過在軟鐵環上用導線捲成兩個線圈：一個導線多捲些，一個導線少捲些，稱為第一線圈（*Primary coil*）和第二線圈（*Secondary coil*）。如果在導線較多的線圈處通以電流，那麼捲數較少的線圈，即因感應而生低壓電流。電壓的高低，和線圈的捲數成正比例，又因電壓雖然減低了，在另一方面，電量却增多了，所以電力不致發生差異。

水勢湍激的川流，跌入其中，容易淹死；同樣的，高壓電流因為大多發生很高的熱力，所以容易釀成火災；並且人體偶然和牠接觸，就要被牠燒死。因此，都市中的電線，最好能够儘量的流通低壓的電流，以免危險。凡直流在六百伏特以內，交流在三百伏特以內的，不致傷命，這便稱為「低壓」；高至三千五百伏特以內的，稱為「高壓」；在三千五百伏特以上的，統稱「特別高壓」。

將電流送到遠方，如用低壓，電流在中途遺失的頗多，所以必須用高壓。這恰像流水一般，如果水勢很急，自然能够流得很遠；至於滯緩的流水，便有許多在中途被底下的泥土吸收去了。

為甚麼高壓的電流，中途不會遺失呢？這個原因，很容易



第三十六圖 變壓器的構造

明白。我在前面已經講過了，所謂電流，原是電子的流動；電子流動時和導線內的原子衝突，便被阻止；路徑愈長，則衝突也愈多，因此便有許多電流遺失。電子和原子衝突時，發生熱力；這些熱力，就是電力變成的。例如導線的電阻是  $R$ ，電流的強度是  $C$ ，那麼一秒鐘間導線所發生的熱，經過實驗的結果是  $0.24 \times$

C°R [ 卡路里 ] (Calorie)——卡路里，是計算熱量的單位，就是把一升 (Liter) 的水，加熱，使牠在攝氏寒暑表上，增高一度所需的熱力。

因此，要使電流不生熱，當把電阻和電流的強度儘量的減少即可。但是電流的強度，正和電壓成反比，所以電壓愈高，電流的強度愈小。至於在導線的電阻上說來，如果把電壓增高十倍，則和原子衝突而生熱力的電流，也就減為百分之十了，即  $(\frac{1}{10})$ 。因此，用高壓送電，電流不容易消失。

**變壓器的原理** 在同一的軟鐵環上捲成兩個線圈，為甚麼將電流通入一方的導線中，另一方的導線也會發生電流？這事，粗忽地想來，似乎非常奇怪，但你如果明白了交流的性質和電磁石的感電作用，就不難回答了。

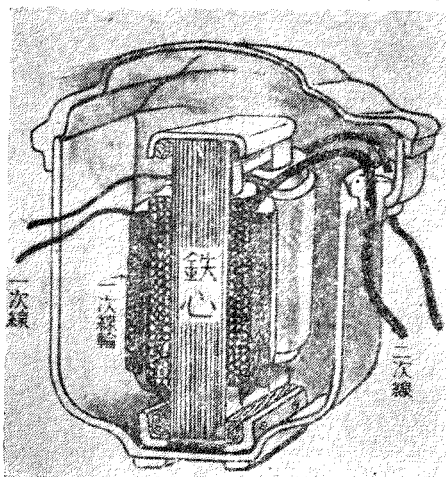
所謂交流，我在前面也已經講過，牠在一秒鐘間，電流的方向要改變數十次，因此，當牠每次改變方向時，磁力線也跟着發生變更。再說得明白些：當電流方向改變的轉瞬間，磁力線先是沒有，接着逐漸增加，後來又急驟地減低，又至於沒有，即此循環不息。當磁力線飛出來和導線接觸時，或有磁力線處急使導線轉動時，電子和這變化的空間發生衝突，便發生了電流。

## 22. 變壓器的構造

單在鐵環上捲着導線，相互間能够傳導電氣，所以實際上的變壓器。鐵環和導線及導線和導線間，必須加以充分的絕緣才可，並且全體導線都要藏在一個鐵籠裏，所以將絕緣體的油充進去，在各導線間絕緣；又因為變壓器能發生很高的熱度，充了油，便可以使牠冷卻，這便稱爲「油冷變壓器」(Oil cooled transformer)。這種油稱爲「絕緣油」(Insulating oil)，從石油精練而成，絕緣力很強，還有一種大的變壓器，如果單用油，尙不能得到充分的絕緣，所以在油中又裝着許多螺旋狀的金屬管，將冷水流入，幫助絕緣油使變壓器冷卻。

街頭電桿上的變壓器。在街頭的電桿上，有幾處裝着黑色的小鐵箱，大概諸君都曾見過，這就是小型的變壓器。有兩根電線連接箱內，又有兩根電線自箱內接出。如果是三相交流的變壓器，那麼牠用兩個變壓器連合成，出入的電線，也是三根了，

我在前面已經講過，變壓器的第二線圈 (Secondary Coil) 所發生電流的電壓，和導線的捲數成



第三十七圖 電桿上變壓器的構造

正比的，所以要使電壓增高，非得到充分的絕緣不可。因此，如果絕緣的裝置不甚妥善，決不能用於高壓的電流中。

**直流的變壓** 要將直流的電流改變電壓，決不能像交流那樣的容易，必須把發電機和電動機裝在一根軸上，當通入每種電壓的直流時，電動機旋轉了，發電機也跟着旋轉，即發生電壓不同的直流，這稱為電動發電機 (Motor dynamo)，並且用了這樣的裝置，可將交流改為直流。但是，電流使機械發生一度的轉動以後，電力便要消失，所以在電力一方面說來，效用還不及變壓器。

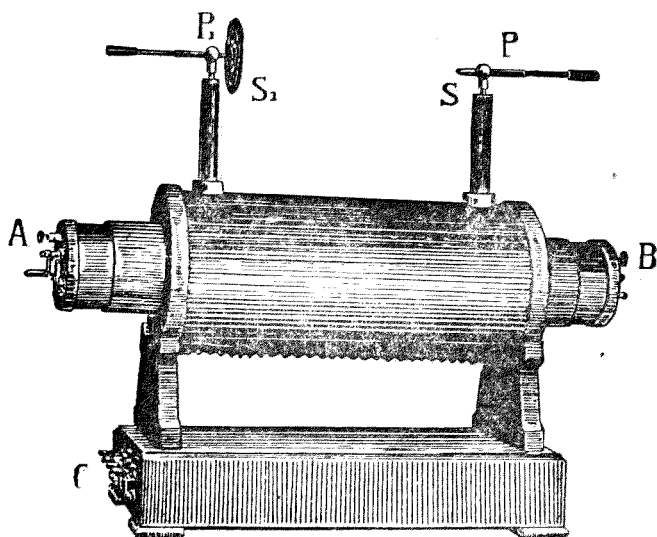
## 23. 感應器

凡是欲得高壓電流而所用的感應器 (Induction Coil)，使電流忽斷忽續，能把磁力線時現時滅，原來仍舊不過是一種變壓器。在較大的感應器中，粗的導線不過長數十呎，但細的導線却須捲上數十里之譜，牠能將普通電池所發的電流，電壓增至數十萬伏特。

感應器的構造，在同一的鐵心上捲着第一線圈和第二線圈。第一線圈接連電池和斷續器 (Interrupter)；第二線圈兩端各接金屬球，互相對立。當電路關閉時，第一線圈有電流通過，鐵心發生磁氣，吸

引前面的鐵片，於是電路急開；電路既開，鐵心的磁力消失，鐵片歸回原處，於是電路又閉；電路就是這樣的迅速開閉不絕。電路閉了。第一線圈因有電流而發生磁氣，這時，第二線圈即發生妨礙發生磁氣的電流——反對的電流——而開電路，於是電流斷而磁氣消失。這個當兒，牠又發生了不使磁氣消失的電流，就是和上次相反的電流。這樣，第二線圈便發生交流。凡是第二線圈的捲數，比第一線圈的捲數愈多，則電壓的增加也愈大。

當第一線圈將電路開時或閉時，在這轉瞬間，剛才的情狀仍能繼續着，並不驟然



第三十八圖 感 應 器

停止，這是因為在線圈周圍的磁力線現滅時，由於線圈的自感而電流緩緩地增減；換句話說：電路閉時，電流並不忽然強烈；電路開時，電流並不忽然停止；因為牠並不忽然停止，所以在斷續器上有電花發現。但是，如果把蓄電池和斷續器共同安置感應器中，那麼電路開時剩餘的電流，便貯藏於蓄電池中，所以沒有電花發現；況且電路開時的電流較閉時為急，於是第二線圈上感應的電流，電路開時遠較閉時為強。因此，線圈兩端的金屬球間，就發生電花而得中和，這樣的感應器，常用於X光線和無線電報等。

## 24. 電線及電線的分佈法

傳導電氣的導線，最好用銀質，並且直徑能够儘量減小，使電氣在中途不致十分消失。但銀子的價錢很貴，作用導線，實在太不經濟，所以只得改用導電力較弱，價錢較賤的銅了。次於銅的，又有一種叫鋁（Aluminium）質的導線也很通用；因為牠的導電力雖不及銅，但體量却比銅輕得多了。

電線的粗細 電線的粗細，和傳導的電力很有關係，我們即以號數來區別；凡數字愈小，線的直徑愈大。例如：一號線的直徑是 $0.2893$ 吋；二號線的直徑是 $0.25763$ 吋。此外，比一號線更粗的，稱為「號外線」；最小的便是四十號線，直徑只有 $0.03144$ 吋。至於普通所用的，不過是從

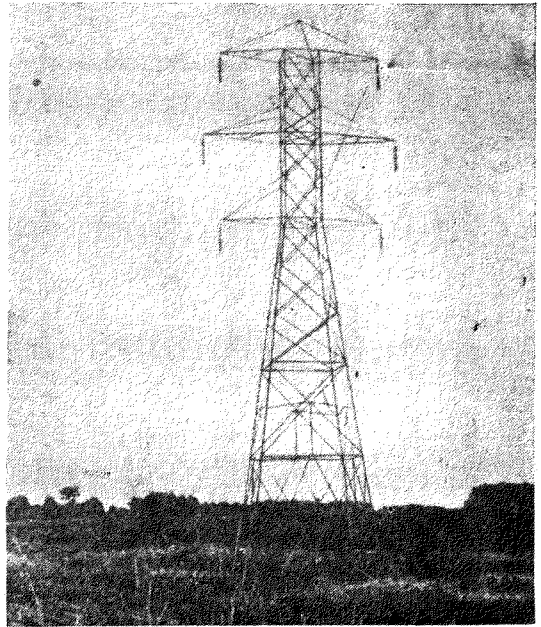
二號起至十六號罷了。「線的號數也只是偶數，奇數是不大用的。」凡是特別高壓線，只怕牠發生偶然切斷的危險，所以規定必須用四號銅線、四號鐵線或一號的鋁線。電報和電話大多用四十號左右的線。凡是比較細些的線，我們普通不稱號數，都稱牠是「幾磅線。」這是根據線長一哩的重量數字。例如市內的電話，大多用十五號的銅線，但我們却叫牠「五十磅線。」

如果把電線直接掛在電桿上，電氣一定要沿着電桿，逃到地下去了。要免除這個弊害，只得把電線捲在一個非導體的磁器上，這個磁器就稱為礙子 (Insulator)。普通我們所見的礙子，都是白色杯形的，上部周圍有一條溝。以備電線的捲繞。礙子所裝置的地方，名叫橫木 (Cross arm)。

**電桿** 最普通的電桿，大都用杉木，外塗煤焦油 (Coal-tar creosote) 或硫酸銅作防腐劑。這樣就可經歷六、七年。在電桿上架着橫木，礙子就裝在橫木，這是諸君大家都知道的罷。電桿頂上又豎立一枝金屬線，沿着電桿下來，一直埋在電桿下的地底下，作為避電之用，這種避電的裝置雖然不能稱為十分完備，但電桿即可因此不觸電了。

電線捲在絕緣體的礙子上，雖可避免由電桿逃至地下，但如接近了建築物，電流仍舊很容易逃遁，所以電線上必須用絕緣體包裹，這叫做「被覆線。」諸君在城市內所見的電話、電燈等的電線，都是外





第三十九圖 把電流傳至遠方的交壓電綫

面包裹着絕緣體的。

危險的高壓電流。從發電所

傳出來的電流，電壓很高，因為電線很粗，礙子也大，所以重量也很大，這是一般杉木的電桿所擔負不起的，因此，必須建築高大的鐵塔。否則，如果電桿倒下，人們觸着了這些電線，就要立刻被高壓的電流燒死。

地中線。把電線埋藏在地中的，稱為「地中線」。歐、美各國文明的，

的都市，因為覺得縱橫錯雜的電線滿佈空中，非常不好看，並且又容易發生危險，所以把所有的電線，完全埋藏在地下。不過埋藏的時候，並不是單單把電桿上的電線除下，儘是埋在地下就算完事，還得加上種種麻煩的手續，使電線層層包裹在絕緣體的中間，以防電氣逃遁。例如：先用絕緣力最强的橡皮裹

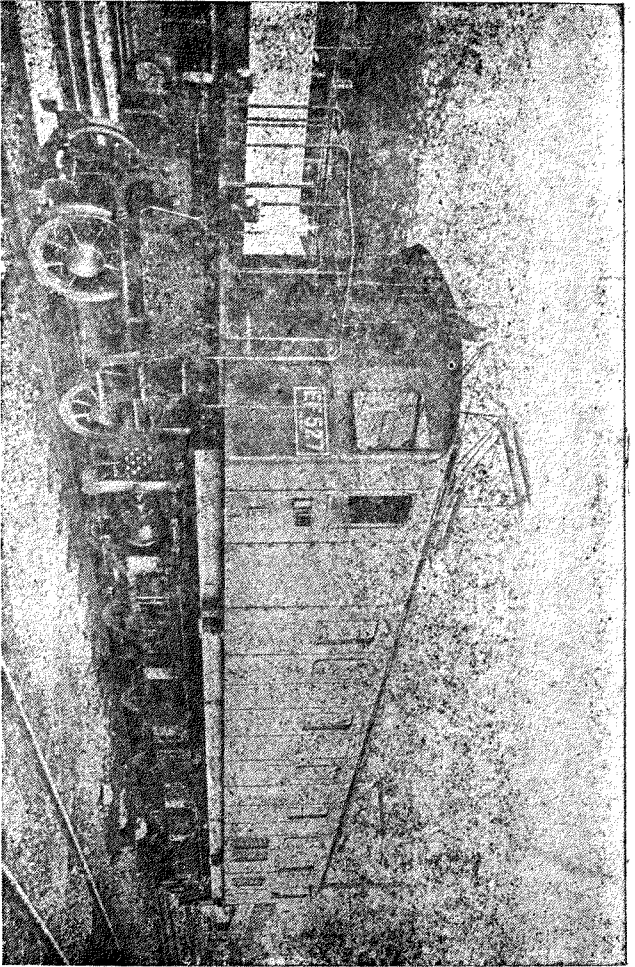
好，以防漏電；再用鋼線一同捲着，以防切斷，然後套在鐵管或水泥管內，才得好好埋藏。

## 第八章 電車

### 25. 電車的原理

電車也是藉着電動機旋轉而行駛的。普通的電車，車床下前後各有一座電動機，電動機的旋轉軸，即和車輪的軸相連接，於是電動機的旋轉軸轉動時，車輪便也跟着轉動了；至於電流，那是從張在空中的電線傳給牠的。凡是和空中兩條電線接連的，稱爲「複線架空式」，電流由一根線傳來，又由另一根線回去。只和空中一根電線接連的，稱爲「單線架空式」，電流由空中的電線傳來，却由車輪傳至軌道，即由軌道回到發電機。至於美國都市間所通行的電車，他們不用架空線，却把電線埋在軌道間的淺溝中，電車從車底伸出一根極棒來接通電流，這就稱爲「暗渠式」。

電車大抵用直流，因爲電動機的担負很重，旋轉緩些却不妨，只要力量強大，所以大多用串繞電動機。當司機人將柄 (Holder) 旋轉一週，車行便能或速或慢，這因爲他能使傳入電動機的電流，或多或



第四十圖 電氣機關車

電車

六九

少，但當司機人欲將車行停止，那麼他又須把別的柄旋轉一下，這和電流沒有關係，因為他只是在撥動制動器 (Brake)，使車輪停止轉動罷了。——至於要電車怎樣行駛，怎樣停止，請你忍耐一回，仔細聽我把電車的構造，一一的向你說個明白吧！

又，電車除去上述的複線架空式，單線架空式和暗渠式三種以外，還有一種名叫電氣機關車 (Electric Locomotive) 形狀雖和普通的電車差不多，但並不載客，只像蒸氣機關車一樣，拖着列車連在軌道上行駛罷了。不過牠的構造方法，大致和普通的電車相同，所以不再詳述。

## 26. 極棒和極架

在電車的頂上，有一根棒伸出，和架空的電線相接，以通電流，稱爲極棒 (Trolley pole)。極棒的頂端又有一個活輪，所以電車行動時，活輪便接連架空線旋轉。又因爲電車必須和架空線連接，才能流通電流而行動，所以必須使極棒向上豎起，接連架空線，於是只得在極棒的底下，附裝一個彈簧，使極棒儘量向下伸，不致落下。但是電車行駛較速時，極棒有時仍要和架空線脫離，使電車因電流斷絕而突然停止，所以爲裝置的妥善起見，竭力改良，現在最通用的，就是把極棒改成極架 (Pantograph)。這樣，牠的

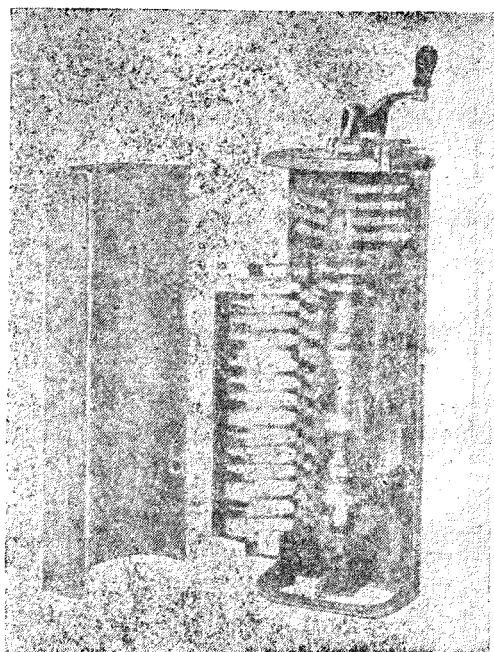
功用雖和極棒一樣，但再也不會因車行迅速而和架空線脫離了。

## 27. 控制器

從極棒通入電車的電流，傳到車臺前後的控制器 (Controller) 中。控制器上有兩個柄：左面一個柄可以調節電量；右面一個柄可以操縱車行的方向，使牠前進或後退。

電車的行動，爲甚麼能够或速或慢？這就是控制器能使傳入電動機的電流，或多或少的緣故。因爲電流傳入電動機，必先經過控制器。控制器中有十數根電線，我們要若干電流通入電動機，即可使電流從各該電線傳入就是。例如：當電流由第一根電線通入電動機時，因電流並沒有經過電阻匣 (Resistance box)，所以電量很多，車行便很速；如果從第二、第三、……等線傳入電流，因電阻愈強，電量便愈少，車行當然也逐漸滯緩起來了。電車停止起，司機人把柄旋轉，使電流不從任何一根電線流入，直等售票員打過了鈴，他才旋轉了柄，使電流從控制器中的電線傳入電動機，車輪才得蠕蠕地轉動了。撥動控制器的柄時，這個柄決不會輕易地滑過去，定是一截一截的過去。當司機人按着時計旋轉的方向旋到第一段時，電流從電阻最強的電線流入，所以傳入的電量很少，車輪的旋轉當然也慢；及後一截一截的旋

過去，電流逐漸由電阻較少的電線流入，電量愈多，車行也跟着加快了，卒至快到無可再快而止。



第四十一圖 控 制 器

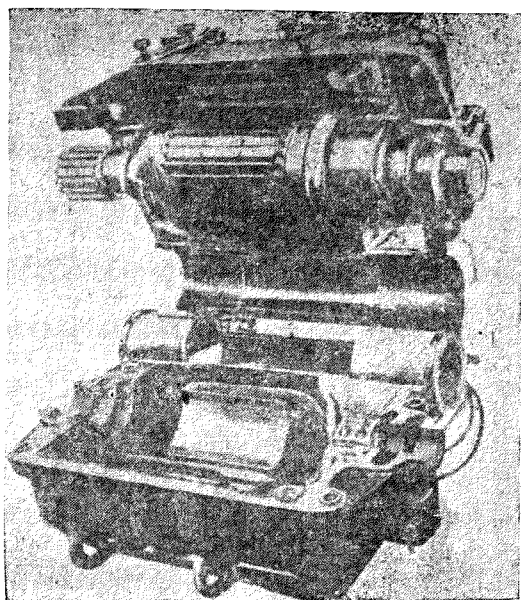
停止時，那不須用的柄，司機人總要把牠卸去，以免不知利害的頑童上去玩弄。

如果把控制器上右面的柄

旋轉，因為牠使流入電動機的電流改變，所以也能改換車行前進的方向而變為後退。不過把電流改變方向，非先使車行停止不可。如果在進行中突然把電流方向改換，那麼，車子一定要發生似乎和別種車輛衝撞的情形，發生很大的危險，因此，當車子行動時，或

## 28. 電動機和制動機

而論。普通的電車，雖在裝納電動機的箱外，有一根軸和齒輪相接，齒輪再和車輪的軸嚙合。不過這箱的



第四十二圖 電車的電動機

另一面，有一個突起的東西，支持着車台的框子。如果這裏重量太大，便擠軋車輪的軸，況且這裏又沒有彈簧，所以加重了和軌道的磨擦力。當車行滯緩時，果然不覺得有甚麼障害，但車子在高速度的時候行動，牠的影響就很顯著了。因此，電氣機關車的電動機，便把牠擱在車臺上，另裝一個特別的齒輪，和車輪的軸相接；並且無論車輪怎樣上下搖動，齒輪和車軸總是牢牢地嚙

合着的。

在電車的各種裝置上，除去最要緊的控制器以外，其次便是制動器（Brake）了。這是使車行停止的器械，因為當電車在高速度行駛以後，電流很不容易切斷；就是把電流切斷，車輪仍舊不肯立即停止，必須隔了一回，才慢慢地停息。這種情形，並不祇是電車如此，火車、汽車，都是這樣的。因此，如果要隨我們的意思，使車行要止就止，必需用一種力量強迫牠休止，這就是制動器的效用。

凡是強迫使車輪停止旋轉，大都在車輪的邊緣上，任意加上壓力。但每輛車子的輪上，必須同時加上這樣的壓力，才能有效。尤其是火車，如果只使前面的車輪休止前進，後面的車輪並沒停止，那麼牠們就會藉着餘勢向前推，恰像兩相發生衝撞一般。至於怎樣壓迫車輪的邊沿呢？那把電車或火車的車輪仔細一看，就能知道的。因為在能和車輪邊摩擦的地方，有一個半月形的金屬物，在英語中稱牠是 *flange*，翻譯出來就是鞋子，我們穿着鞋子才能步行，車輪却用這個鞋子停止行動，兩者恰恰相反，倒是一件奇事呢！

電車中的電燈 電車中的電燈，當然應用由極棒傳來流入電動機的電流。如果極棒和架空線脫離關係，車行停止，電燈也就滅熄。又，流入電車中的電流，牠的電壓很高，大概有五百伏特。那麼電車中所有的燈泡，不是必須特製嗎？因為我們普通所用的電燈泡，決不能擔負這樣高的電壓。可是真實地說來，



電車中的燈泡並不是特製的，不過把許多燈泡加以相當的串聯罷了。例如電壓是五百伏特可把五個一百伏特電壓的燈泡，串聯成爲一組，於是牠們的電壓，即可和流入的電流相等。不過這一組內的電燈既是互相串聯着的，所以其中有一盞滅熄，其他四盞，便也跟着同時滅熄了。這是搭過電車的大家知道的。

**自動斷路器** 在司機臺的頂上，有一個黑色的鐵箱，這稱爲自動斷路器 (Automatic Circuit

Breaker)。從極棒傳入的電流，必先經過這裏，然後流入電動機。因此，如果有很強的電流傳來時，靠着這樣的裝置，牠能够把電流切斷，以免發生危險。當電車滿載乘客向山坡上前進時，因荷重太大，傳來的電流太強，這個鐵箱中便有火花發出，並且發生很大的爆裂聲。這時，伸出在箱外的柄已經移動，電流斷了，車子便漸漸地向後退。直待司機人把這柄撥歸原處，接通電流以後，車輪才能再行轉動。

**避電器** 當發生雷電時，強烈的電流最易從架空線流入電車中，將牠的各種裝置燒燬，所以爲安全計，必須預備一種可以避電的裝置。這個方法很簡單，就是電流將從極棒傳入車內的地方，經過螺旋狀導線的抗流線圈 (Choke coil) 時，即另有一根電線分出，通過避電器和車輪接觸。於是，如果觸電時，來電即可當經過迂迴難行的過流圈時，乘隙逃至地下，電車內便很安全了。

## 第九章 電燈

### 29. 白熱電燈

白熱電燈的變遷。電燈的種類雖多，總不過在燈泡中安置一根電阻很強的細線，通以電流，發生

高熱度而放光，這就稱爲「白熱燈」(Incandescent lamp)。以前，這燈泡中的細絲，是用竹的纖維炙熱而成的，所以很容易折斷；並且或粗或細，不能均勻。因此，逐漸研究，便發明了人造的炭素線。但近來又發明了金屬的纖維以後，牠發出來的光，比炭素線更強，並且消耗的電流也少，於是炭素線也幾乎不用了。最初用金屬製成的線，是用銻(Osmium)，其次改用鎢(Tantalum)，到了現在，已經大都用鎢(Tungsten)了。至於最新式的，便是不須要電流的充氮燈(Nitrogen filled lamp)，務使在可能的範圍內，燈光完全和太陽光相同；就是光的照射，也要牠不致使眼睛感得疲勞。

電燈泡的優劣。凡是電燈泡，裏面都是真空。因爲電流通過細絲，所發出的熱力在二千度左右，如

果泡內留有空氣，那麼，當熱度這樣高的時候，細絲必致因發生氧化作用而燒斷。但所謂真空，也並不是

絕對的真空，多少總要遺留若干氣體在內。因此，燈泡久用以後，細絲漸漸地氧化而生煤那樣的東西，附着在電泡的壁內；同時，細絲也愈化愈細，所以光線漸漸地衰弱了。

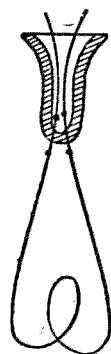
要鑑別電燈泡的優劣，有一個很簡單的方法。就是：無論甚麼地方，要使牠成爲絕對的真空，非常不易。所以電燈泡的優劣，可以根據真空的程度而判別：凡真空的程度愈高，這燈泡便愈好；反之，便愈劣。怎樣能知道燈泡的真空程度呢？方法也很容易；你只要等牠燃着時，用手去撫摩一下，如果泡殼不甚熱，就可知道真空的程度很高，那是好的；如果泡殼很熱，就可知道泡內的氣體尚多，所以能把熱力傳到外面，那個燈泡便不甚好了。

**電燈泡的製造** 電燈泡能够發光，完全靠着泡內的碳絲（Carbon Filament）。現在我就把碳絲的製法，約略地說明一下吧。先把棉線在濃厚的氯化鋅液中煮成糊狀，然後從細孔中榨入酒精中浸着，便成爲纖維素（Celluloses）線，把牠彎成定型，在低溫度中加熱，燒黑以後就可應用了。不過這時絲的各段粗細不同，所以必須再通以電流，使牠發生高熱。但細處的電阻較強，熱力也較高，因此即把由碳化氫分解而來碳屑，附着於細處的也較多，於是絲線的直徑，才得全體均勻了。碳絲裝好後，把牠和導線相接，然後將導線接到燈泡的外面。不過這件工作，不很容易，因爲泡內既是真空，如果這裏封得不妥當，空

氣就要透過這空隙，侵入泡內去了。

無論什麼電燈泡，牠裏面總有一根玻璃管，這就是導線出入的地方。在玻璃管的一端，成爲扁平的

第四十三圖



玻璃的連  
和內接  
絲管線  
玻璃導

形狀，導線即熔到這裏爲止；再過去，便是真空了。所以製造燈泡的時候，必須先把玻璃管內的導線，和碳絲接好，然後才能封閉泡壁。

在玻璃管內的導線，牠那因溫度變化而發生的伸縮力，也必須和玻璃的伸縮率相等；否則，如果兩方的伸縮比例不等，那麼當伸縮時，該處一定要發生空隙，被空氣侵入，使碳絲燃熱時因氧化而燒毀。和玻璃發生同等伸縮率的東西，以前是用鉑（Platinum），自從發明了鐵和鎳的合金以後，就不用鉑了。

燈泡的形狀，種種不同，但大概總是球形。牠的尖端有一個小孔，接連一根長約二三寸的細玻璃管。製燈泡時，先把泡內的空氣完全抽出。但是機械的力雖稱精細，無論怎樣，總不能把空氣抽盡，使牠一點兒也沒有餘剩。所以不得不在玻璃管內塗些赤燐，當空氣似乎抽盡時，先把玻璃管的頭端，用高熱度熔化，封閉管口，再在管外加熱，使管內的赤燐，和遺留在內的空氣中的氧化合，此後泡內便沒有氧了。然後才把玻璃管和燈泡的連接處，熔化後封固。燈泡有一個尖銳的端，就是由於這個原因而成的。在燈泡的

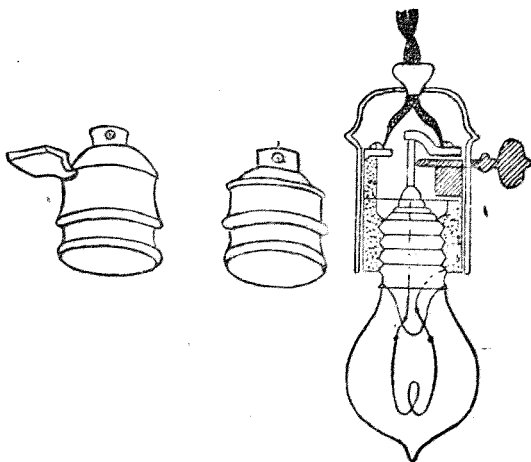


ket) 沒有電鍵的，稱爲「無鍵插座」(Keyless Socket)

至於電線 (Cord)，牠是集合十數根的細銅絲，外面包裹絕緣體的橡皮。我們現在普通所用的，大都是兩根繞在一起，再講究些，就用絲線或棉線，把兩根電線裹成一根，普通稱爲花線。這種電線因爲其中裹着的導線很軟，所以能夠隨意捲曲。

燈泡外面所記的數字，電燈泡外面有兩種數字：前面一種標明電流的電壓；後面一種標

明光的強度，就是一般人所說的「燭光」(Candle Power) 所謂「一燭光」便是在一小時內，燃燒鯨油製成的蠟燭，約一百二十克 (Gram) 所發生的光。如果要把光的強度精密地計算，可用標準燈來測定。但標準燈的種類也很多，現在普通所用的，名叫 Parlane lamp，牠是燃燒由汽油 (Gasoline) 中



第四十六圖 插座和電線

提煉出的燃料，在一氣壓時，於一立方呎中，含有八升（ $5\frac{2}{3}$ ）水蒸氣的空氣間，當火燄升至四十七呎（Millimeter）所發生的光強，取其十分之一，就稱爲「一燭光」。

通至燈泡中的電流，牠的電壓也有相當的限度，如果傳來的電流，電壓超出了這個限度，例如電壓五十伏特的燈泡，通入一百伏特的電流，那麼泡內的鎢絲，必致因熱度過高，放出一陣強光而燒斷。反之，如果在一百伏特的燈泡中，只導入五十伏特的電流，則因鎢絲的電阻大而電流不能通過，於是發光頗弱。所以，若干伏特電壓的燈泡，必須導入若干伏特的電流；否則，徒耗電力，不切實用，這是我們應當留意的事！

### 30. 白熱電燈的種類

**碳絲電燈** 碳絲電燈因爲太舊式，現在已經不大通用了。牠的光帶着赤色，易傷目力，並且消耗的電流也多。例如十六枝燭光的電燈，電壓一百伏特的，電流的強度須 $0.56$ 安倍；即一燭光須耗電力三·五瓦特（ $3.5$ ）。其實，電力之耗於發光的，祇有百分之三罷；其餘的百分之九十七，完全耗在發生熱力這一面了。凡是電力正式耗於發光的，稱爲「光的效率」；所以這種電燈的光的效率，可以說是很

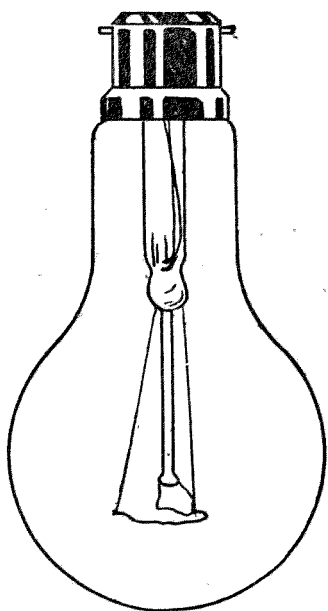
小。不過牠有一種優點，便是比較金屬線不易震斷。

鎢絲電燈

鎢絲電燈現在非常通行。泡內接連導線的玻管很長，上下兩處各有一個金屬鉤伸出，

接連鎢絲 (Tungsten)。鎢絲和碳絲不同，牠的電阻力較小。所以非把絲的直徑儘量減小，電流通過，不

能放光。但是，這樣的細絲，如果也要使牠和碳絲一般的單獨接在燈泡內，實在是不可能的事。因此，不得



第四十七圖 鎢絲電燈

不使玻璃管延長，成爲一根軸。牠發出來的光，比較碳絲燈明亮；並且光的效力也在碳絲燈以上，計有百分之四四。

充入氣體的鎢絲電燈 最近又

很通用。充入氣體的鎢絲燈泡。這是在

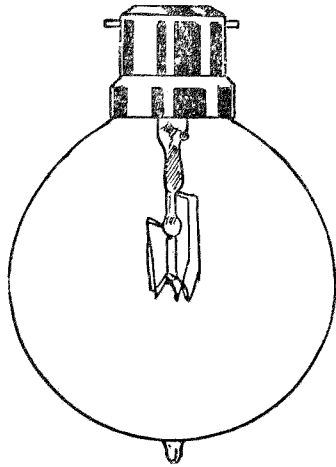
真空的燈泡內，充入氮 (Nitrogen)

或氬 (Argon)。因爲泡內必須用金屬線的鎢絲，原是要使牠在高熱度中不易熔化。但這類金屬，熱度高至攝氏寒暑表三千度左右，仍舊要被熔化而蒸發的。可是在光的強度一方面着想，因爲熱度愈高，光



也愈強，所以總希望能夠發明一種比鎢更能耐熱的物質，但截至今日為止，這種物質並沒有發現。於是不得不另外想個方法，把氮或氬等的氣體充入，剝奪金屬線的熱力而減低溫度。不過這種燈泡內的鎢絲，必須捲成螺旋狀。

●電●燈●泡●的●壽●命● 電燈泡的內部，並非絕對的真空，所以歷時較久，金屬線和僅剩的氧化合而散發，



第四十八圖 充入氣體的鎢絲電燈

將碎屑播在泡內，並且金屬線因氧化而減細，因此光度逐漸衰弱，最後，或至線的某部切斷，於是電流通，便永遠不能發光了。由此可知電燈泡也有相當的壽命，並非永遠不壞的。現在普通所用的「電燈的壽命」是指牠從發光的時候起，至光度減為百分之八十時止的時間。因為燈光減至百分之八十以後，所發的光度遠不及新燈泡，並且耗費的電

金屬線燈泡較長，約有一千小時至一千二百小時左右。這都是指實際發光的時間計算的。

### 31. 碳條弧光燈

用兩根碳條各在一端，通以很強的電流，使兩極接連。另一端最初也相接，後來把牠們離開些，在這空間就發生很強的光，這叫做弧光燈 (Arc lamp)。

**發生弧光的原理。** 凡是導體加上很高的熱力，即有電子飛出；碳條之能發生弧光，也同是這個原因。當弧光燈的碳條相對時，陽極一端的熱力達三千五百度，陰極的達二千七百度左右；兩極雖說都有電子飛出，但究其實際，只在陰極的一端有電子飛出，陽極的一端却沒有。這為甚麼原因呢？便是電子須在電流的反對方向活動，所以從陽極飛出的，仍舊回到原處。

從陰極飛出的電子，因為兩極間發生了高熱度，該處便有炭素的蒸氣浮存，於是電子到了這裏，和牠們衝突，分成離子，再向陽極突進，即發生了高熱力。至於從蒸氣中產生的陰陽離子，陽離子被電子從陽極處反撥出來，向陰極衝突，所以也能發生高熱力。因了這般的高熱力，電子便愈出愈多。

這樣，因為要使在兩極之間，陽離子趨向陰極，陰離子趨向陽極，所以在兩極間通以電流。但飛出來的陰陽離子，又在其間中和；此外，陽離子因獲得電子而復原成爲分子時，即發生一種振動；由這振動，又

發生光波，這就是發生弧光的原由。但當牠發光時，其中最明亮的一部分，狀若新月，又像弧形，這就是弧光燈名稱的來源。

直●流●弧●光●燈●和●交●流●弧●光●燈●

弧光燈有的用直流，有的用交流，這和發光的原理雖然沒有關係，但碳條的減削地位，却是各各不同。如用直流，那麼只有陽極方面發光特強，因蒸發激烈而減削頗速。如用

第四十九圖



弧 光

交流，那麼陽極和陰極的減削力相等。因此，凡用直流的弧光燈，牠的陽極必須用較粗的碳條，並且久燃以

後，棒的中央發生凹陷，這凹陷稱為「火坑」，這裏光線最強。所以直流弧光燈宜於照下，該把陽極放在上面，反之，陰極的碳條則久燃以後，却會發生尖端。

普通在屋外所用的弧光燈，光度大概在一千二百燭光左右；碳條長約一尺，直徑約二分。有些弧光燈用玻璃罩着，下面鑿一小孔，以通空氣，碳條的消耗力頗速，每小時約有一吋或二吋；也有完全封閉，不和外界流通的，那麼碳條的消耗力較小，大概在一吋的十六分之一或八分之一，不過光線較前者為弱。用於弧光燈的碳條，因為不能使牠的硬度均勻一致，所以發光的時候，軟處的蒸氣特多，而光也特

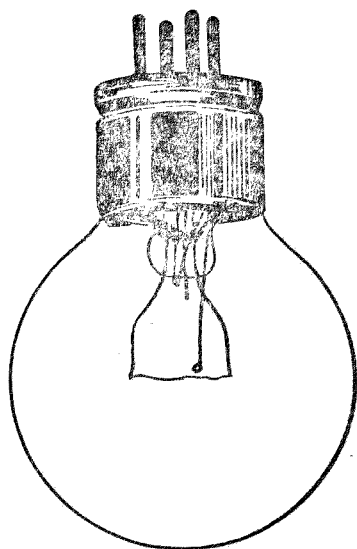


容易些，所以電流都流到那邊去了，於是軟鐵 D 即被向上吸引，碳條兩極也就分離了。陰陽兩極發生距離，即生弧光，這時電阻已大，所以流向 F 線圈的電流便多，於是軟鐵 D 便被吸向下，使碳條兩極相接近，時常保持着相當的距離。調節器的構造，雖然還有若干種，各各不同，但大概總是應用電磁石而構成的。

### 32. 最新式的電燈

鎢絲弧光燈

鎢絲弧光燈的光弧，也很強烈，這在充滿氮的電燈泡內，小的鎢球和纖維或圓板那



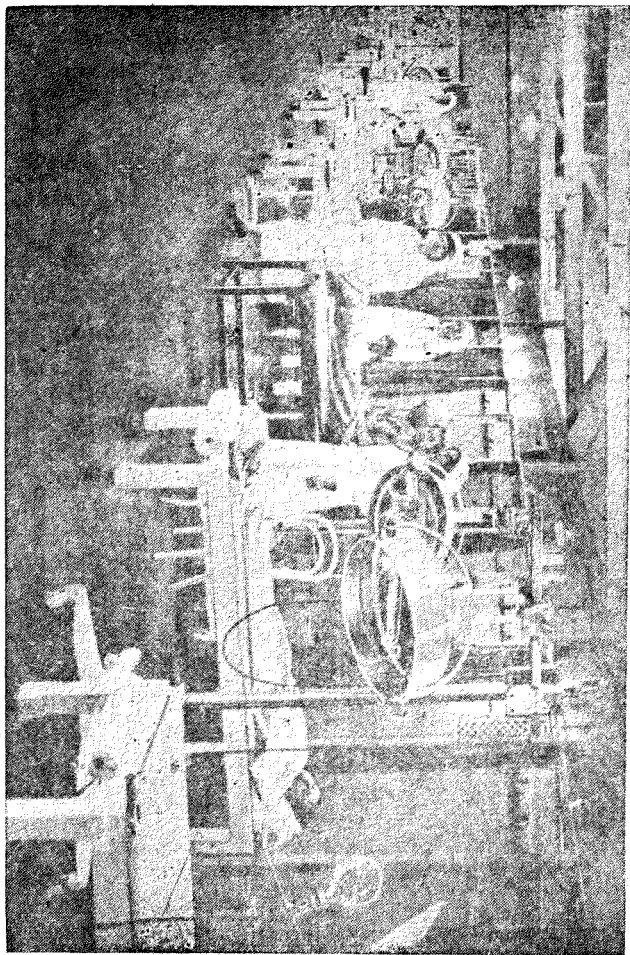
第五十一圖 鎢絲弧光燈

樣的東西相對，其間便發生弧光。牠和普通電燈不同的地方，就是在這小小的燈泡內，能夠發生很強的光。例如果要發五百燭光的光力，只要用直徑三寸多的燈泡就夠了；並且發光部分比較別的弧光燈為亮，所以又有 Point Light 的名稱。牠消耗的電力很省，每一燭光只費半瓦特



而發光的。這是公元一千九百〇一年，美國的電氣技師庫柏休易特（Cooper Hewitt）發明的。牠的構造很簡單，不過在長約一米左右的玻璃管中，一端封入水銀，作爲陽極；另端也注入水銀，作爲陰極。先把玻璃管傾斜，使兩極的水銀連接，通以電流之後，立即分離，並且水銀因蒸發而由陽極飛向陰極，這蒸發便放光了。現在所用的，雖然不必將各玻璃管完全傾斜，只要在一端加熱，使水銀蒸發，充滿在管內即可；並且管的長度只有十五釐（六吋左右），管理頗便。但是發光時管內的溫度很高，決非玻璃管能夠耐得的，所以改用石英管，因此，這種燈又稱「石英水銀燈」。牠發出來的光，自五百燭光起，可達三千燭光。

**水銀燈的優點** 凡是赤色的光，都有熱力，所以能够使眼睛疲乏。水銀燈的光，完全不帶赤色，是綠紫色的，所以對於目光並無損害，反覺得異常舒適，照出來的物像也很明晰。因此，很適用於辦事室及書房。並且，牠的光既不發熱，消耗電力有限，只及碳絲電燈所費的七分之一，在經濟上講來也很合算。此外，牠還有一種異於別種燈光的東西，就是紫外線，因爲這種光線具有殺菌的效用，所以外科醫生的診治疾病，或飲料中的滅菌等事上，都用得着牠；不過紫外線太多了，易傷目力，但是用鉛玻璃把牠遮住，使紫外線不洩出來，也就沒事了。現在的電影攝影場，當攝片時，必須用水銀燈，因爲牠的光比較別種弧光燈，容易感光；不過反射出來的色彩，和日光及其他燈光完全不同。



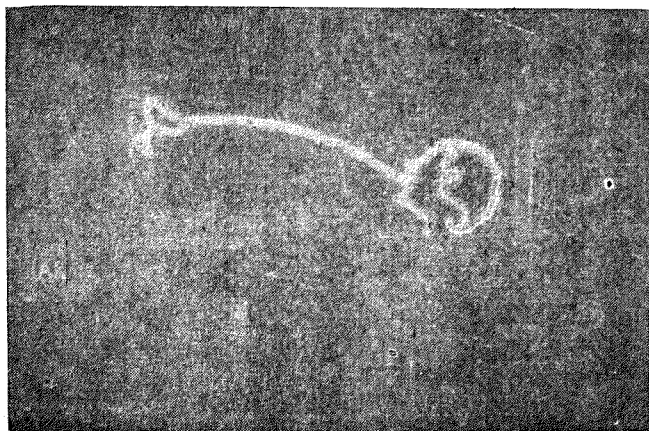
第五十三圖 人工太陽燈醫治疾病



● 氖光 ● 最近各國的都市間，盛行利用氖氣 (Neon light)

製成廣告牌或招牌，在上海，俗稱電氣廣告。這是把二十年前克洛特 (Claude) 發明的氖光燈 (Neon lamp) 所改製的。牠的構造方法，就是在真空的玻璃管中，通入微量的氖氣，又在兩端間通着高壓電流，管中即能放電發光。電壓每管長一米約須一千伏特。如果全體已經放光，只要六、七百伏特也就够了。這種燈的電壓雖高，耗費的電力却很少，普通不過十數耗安培 (Milli-ampere)。這種燈如果只用無色玻璃管，光色深紅；加入少量水銀，變成青色；水銀多加些，接近白色。如果放入少量的氮或氫，就成爲紫色。又如管壁爲黃色，即能放綠色的光。

氖光在一千九百二十二年時，還在巴黎被作



第五十四圖 氖 光

爲廣告燈，因爲玻璃管能够隨意彎曲，綴成各種文字，所以不久即盛行於倫敦。倫敦雖然常被濃霧籠罩，但廣告牌上用了氖光燈，就能看得很清晰。於是數年之間，傳遍全球，就是我國上海等地各商店，也大都裝有這樣的照牌了：每到晚上，各店頭紅綠相間，煞是好看。

### 33. 電鍵匣和保險絲匣

**電鍵匣** 電燈大多懸在室內的天花板，所以必須將電線引入屋內。引入的方法，先從鄰近家屋的電桿上，分出兩根電線，大致從屋簷下通入屋內。這電線不問房屋的大小，電燈的多少，都只有兩根；不過線的粗細，和裝置電燈的數量成正比例。電線引入室內，必須通過電鍵匣即總開關或火門 (Switch Box) 我們能隨意將屋外的和屋內的電線接通或切斷，所以又稱「開閉器」。

**保險絲匣** 在電線的某截，接連着一段用鉛和錫的合金所製成的導線。這段導線便稱爲保險絲 (Fuse wire)。鉛和錫，雖在低溫度中也能熔化，把牠們製成合金，自然更加易於熔化。因爲導線能受的電流壓力，有一定限度，超過了這個限度，便要發生很強的熱力，燒毀電線，並且延及附近的各種物件，釀成火災，俗稱「走電」。如果先在引入屋內的電線中間，接連一截保險絲，或經過由保險絲裝成的保險絲

匣 (Fuse box) 那麼即使有高壓電流流入，電線便發生高熱，把這段鉛錫合金的保險絲熔化，切斷電流，隔斷電流，火災也就無從發生了。

近來都市中時常發生的火災，追問起火的原因，大都說是「走電走電！」由此可知保險絲匣的裝置，實在是非常重要的。但時常有許多缺乏常識的人，胡亂地調換和導線的粗細不相稱的保險絲，甚或把牠廢止不用，以致發生莫大的災害，這都是由於缺乏常識。

### 34. 探照燈

用於軍艦上的探照燈 (Search Light)，也是一種弧光燈。不過牠用反射鏡，能將燈光射向任何方向，反射鏡的縱斷面，依據幾何學上的拋物線製成，按置在弧光之後，將光力集成並行光線，向一定的方向射去。這種燈在歐戰的時候，發達頗速，當時美國紐約曾製成一座光力達五億燭光的探照燈，探照空際，監視敵國飛機或飛艇的暗襲。到現在，已有一座能發十二億燭光的探照燈。牠的威力如何，那是誰也不能想像的了。

光線最强的物體，就是太陽；太陽光如果以燭光為單位計算起來，每平方吋的表面積，約有二十七

萬燭光。但上述能發十二億燭光的探照燈，則比較太陽的光更強，能够照射至十三啓羅米突（八哩）之遠，光線最強的處，約在相距五、六啓羅米突（三、四哩）之間；如果在離燈頭四米（十二呎）的處，熱力又能够把鉛塊熔化。牠的光力之強，由此可見一斑。

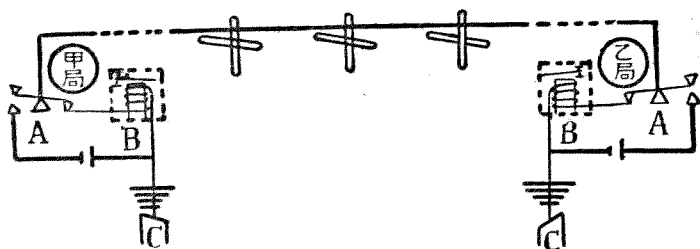
## 第十章 電報

### 35. 電報機的裝置

電報是怎樣傳遞的。電磁石通着電流，即生磁力；電流切斷，磁力也就消失了。電報的傳遞，不過從

遠方將電流輸送給電磁石，電磁石發生磁力，吸引鄰近的鐵片；鐵片上裝置一種能够描寫符號的機件；於是電流接通得或長或短，紙上便留着或長或短的線；再將「二、三……或ABC……」等字，用長短的線來代表，便可解釋成文字了。這種代表文字的符號，稱爲「摩斯符號」(Morse Indicator)。

發報機和受報機。發報機上輸送電流的電路，平時因導線的一部分，被彈簧的彈力所分離，壓着電鍵電流通，這稱爲「發報機」。電流接通以後，他處的電磁石便發生磁力，吸引鐵挺；鐵挺的另一端



第五十五圖 發報機和受報機

A發報機 B收報機 C埋在地下的銅板

附着印報輪。又有一種很狹的紙條，捲在時鐘裝置的迴轉輪中，由隙縫中引出，符號便記在上面。

音響機 現在新式的受報機，已經不用墨水在紙條上記錄符號，只把鐵片端和別的金屬片相接近，於是電流通時，即敲擊成聲，接連不絕；電流切斷，鐵片復返原處，響聲也戛然而止。司機員辨察響聲的斷續，即能翻成文字。這樣的受報機，稱為「音響機」(Sounder)，以上所述在紙條上記符號的，稱為「印字機」(Printer)。音響機的構造，比較印字機簡單，所以價錢也便宜些；並且不需要墨水和紙條，只要用耳朵聽，即能翻成文字，所以比較印字機便利多了。因此，凡是通報繁忙的都市，電報局中大多已經改用音響的了。

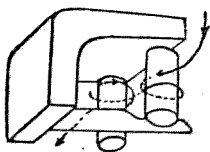
電報的雷線為甚麼只有一根。傳遞電報，必須使電流往返，當然應該用兩根導線，但現在我們卻只用一根線裝在電桿上，把

另一根繫着銅板，埋在數呎深的地底下，代做導線。這是甚麼原因呢？因為地球原是導體，牠也能流通電流的。

### 替續器

用於電報機的電流，在短距離之間，雖然不致感得不足，但距離愈長，即使用了許多電池，只因導線的電阻太強，電流無論怎樣，總要變得十分衰弱，於是傳及遠處，已沒有撥動受報機的力量了。如果用直徑較粗的導線，雖然能夠傳遞強些的電流，但究竟太不經濟。因此，我們為彌補這個缺憾起見，

第五十六圖



替續器的構造

就用一種「替續器」(Relay)，使衰弱的電流也能撥動受信機。牠的構造很簡單，只要把一方永久磁石折成直角形，使S極直立，N極為臺臺的上面，再立着兩個電磁石，把來自他局的電報相反對地捲着，仍舊引到他局。另外又有一塊細長的鐵片，一端連接S極，一端介在兩個直立的電磁石的中間。於是當電流從他局的發報機通入，鐵片就被左右兩電磁石之一所吸引，和受報機接連，音響機或印報機就能得到強烈的撥動了。

兩局間相互通報也只要一根電線

兩局相互通報，粗忽地想來，似乎應該用兩根電線：一根是從

這裏發報的，另一根是從那邊發報的。但發報機和受報機，如果按照第五十五圖的連接以後，用一根電

線就可以了。使發報機鐵挺的一端，接連受報機而成電路，那麼不發報的時候，鐵挺常和受報機相接，自他局有電流傳入，即能撥動受報機。

• 用於電報機的電池 • 用於電報機的電池，大都是丹

聶爾電池。用四百磅的電線——俗稱八號線——通電流，

每隔四·八啓羅米突（三里）必須接一個電池。並且替

續器和受報機相連的電路中，必須用十個電池，所以相距

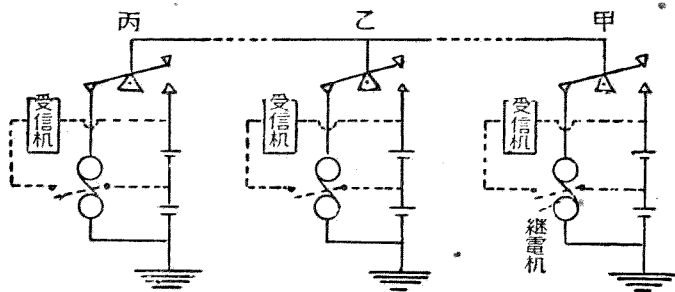
十九啓羅米突（十二哩）的兩局及其間各局，要用十四

個電池；四個供發報之用；十個連接替續器。普通把丹聶爾電

池每十個接成一組，每局須備二組；發報時當全部都用；受

報時用一組就夠了。

### 36. 通報的方法



第五十七圖

這是各局連接的方法。從一局發報，各局都能接收，所以發報的時候，必先呼出受報局的信號，然後才發報。

替續 如果要連接各地電報局的電報機以後，方能互相通報，那麼雖用數萬根電線，還覺得不大够用，並且距離愈遠，需用電池愈多，則各地的電報局，非各各預備數萬電池不可。但實際上，這是辦不到的。因此，我們不得不想個方法，把一根電線連絡五、六局，其他並不直接連絡的局，只好請求他局代為連接，這就稱爲「替續」；掌管各地電報局互相接連的，稱爲「替續局」。許多電線彙集的替續局，恰和連接電話線的電話局相同。

二重通報機 上述的電報機，因爲只用一根電線，所以在同一的時間內，只能一局通報。如果同時要往來通報，便必須兩根電線。但用了二重通報機，即可藉一根電線，同時往復通報，這稱爲「二重通報法」(Duplex telegraphy)；其他，更有四重通報法 (Quadruplex telegraphy) 及「多重通報法」(Multiplex telegraphy)，不但架設電線的費用不大，並且時間上也很經濟。所以通報頻繁的電報局，大都要用這樣的電報機。

## 37. 海底電報

和●普●通●電●報●不●同●的●海●底●電●報●

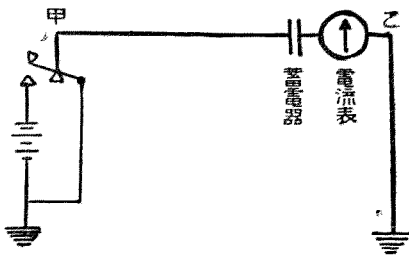
海底電報，有許多人以爲只要把架空的電線，包被了絕緣體，埋藏



在海底下就行了。其實這樣的裝置，並不能通報的。爲甚麼呢？因爲海底電線既和大地接近，電氣的容量很大；如果要使電流傳及遠方，非用電容很大的電線充電不可，但耗時頗多，且時受大地電量變化的影響，妨害電流，卒至不能達到通報的目的。例如：在某部分的大地電量增加時，電線的電量也跟着增加，於是傳來的電流，即壅塞於此，停滯不進了；於是受報機上本該發生兩擊的，却因電流曾在中途受阻，便變成一擊了。

海底電報的原理 海底電報因欲彌補上述的缺點，可以利用

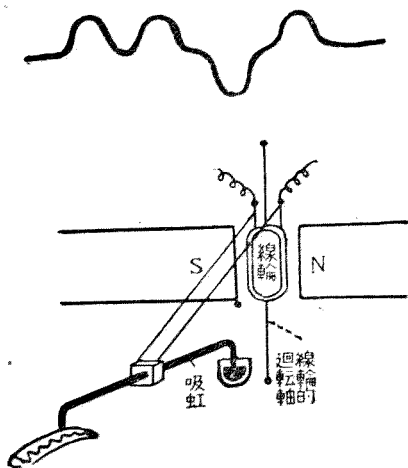
蓄電器（即容電器）請參看第五十八圖，接近乙局的電線接蓄電器，在甲局不押發報機的電鍵時，電線上沒有電流通，蓄電器並不充電。如果在甲局押電鍵，那麼電流就從蓄電器流至電線，這時，在蓄電器的左面（如下圖所示的地位）充陽電，右面充陰電。放電時，電線上的電流入地，蓄電器左面的陽電沒有了，同時，右面的陰電也沒有了，因此蓄電器右面的電流表便發生偏動。看了這樣的情形，可知電流的流通，只限於電鍵的押或放的轉瞬間，不能繼續流通不絕。所以牠不能像普通電報機那樣的



第五十八圖 海底電報的裝置原理

描出長短不齊的符號，只能依據電流的改變方面作為符號。

虹吸自記機 海底電報的受報機，裝着一種能夠自動記錄符號的機件，這就稱為「虹吸自記機」



第五十九圖 (上)虹吸自記機所構成的線 (下)虹吸自記機的構造送話機

(Diphonocorder)，如第五十九圖所示。牠的構造也很簡單，把電線的一部份作為線圈，懸在永久磁石的兩極間，再把一根很細的玻璃管鑲接線圈，玻璃管的一端浸在墨水缸中，另端接觸紙條。於是當方向不同的電流通入線圈時，線圈感應磁石的磁力，便或左或右地旋轉，玻璃被線圈所牽動，就在紙條上描出左右曲折的線紋。我們依據了這樣的線紋，即可翻成文字。

海底電線的敷設 海底電線，先用許多重約每哩七十磅至四百磅左右的銅線，編織成纜，因為這樣的銅纜，比較直徑相等的銅線堅韌。再在銅線外面包裹一層絕緣體的馬來膠 (Quilla percha)，包以

麻繩，搥以鐵線，這才成爲完善的海底電線 (Telegraphic Cable)。因爲海底多岩石，多巨大的動物，又有潮流，牠們都能破壞電線，所以非製作得異常堅固不可。

怎樣知道海底電線的切斷處？海底電線敷設在海底下，和岩石的銳角磨擦，或被大動物所咬嚼，往往會切斷。但電線之長，何止數千哩，況且埋藏在深深的海底，我們怎能知道牠切斷在什麼地方呢？沒有常識的人想來，這確是一件非常困難的事情。但在實際上，却是一件十分容易的事，所以早晨切斷，下午即可修好，照常通報。

原來凡是電線，都具有一定限度的電阻，埋藏在海底下的電線，每哩究有若干電阻，雖然因電線的種類而各異，但不難一一的計算，我們把計算所得電阻力記錄下來，如果電阻發生變異，即可知道電線的長度發生變動了，依據電阻力變動的大小，即可檢查出切斷在什麼地方。因爲電線既被切斷，流到這處的電流，便逃到別處去，當然在電線上不發生電阻了。例如全長 $l$ 的電阻爲 $2$ ，那麼電阻改爲 $1$ 的時候，即可知牠恰巧斷在中間。切斷的地方既知道了，當然很容易着手修理。

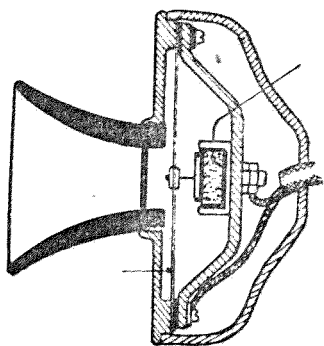
## 第十一章 電話

## 38. 電話機

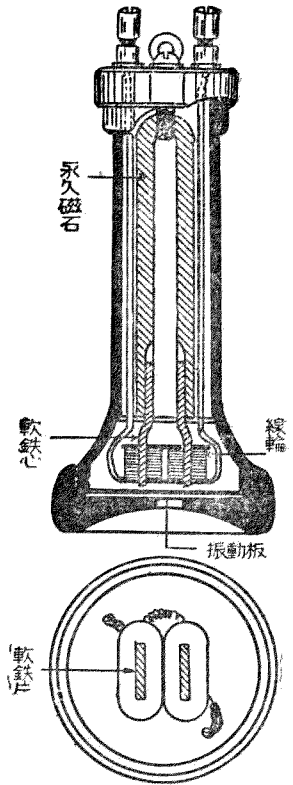
電話機也是利用電磁石而成的。牠把聲音使電流變成或強或弱，傳到遠方，使電磁石的磁力發生同樣的變化，振動前面的鐵片，鼓動空氣，便感動成聲。

發話器 (Telephone transmitter) 的口內，

有一片薄碳板，名叫「振動板」(Diaphragm)。碳板後面有一個小匣，滿裝大小相等的細碳粒。匣上有一個很輕的蓋，使匣內的碳粒通電流。我們向發話器發聲，碳板便發生振動，強壓或輕壓碳粒。如果強壓碳粒，則碳粒間沒有空隙，電流的流通較易；如果輕壓碳粒，則碳粒間發生空隙，電流的流通較難。因此，傳出去的電流便發生強弱。這樣的或強或弱的電流，傳到接收器 (Receiver) 以後，怎能再變成聲音呢？——莫急！請先聽我講接收器的構造罷。你明白了牠的構造，即能知道怎樣再變成聲音。



第六十圖 發話器



第六十一圖 接收器

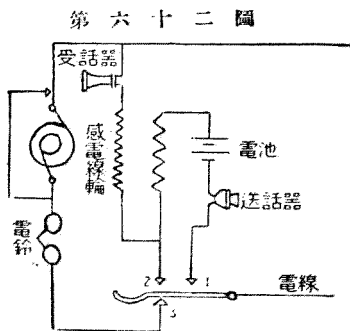
接收器 接收器是在狹長的筒內，裝着細長的馬蹄形磁石，兩極向着接按耳朵的一端，把發話器傳來的電線捲在

上面，製成電磁石。接近兩極的前面，有一塊軟鐵板，像鼓皮似的張着，把四周密封。我們把這樣的接收器按在耳上，當強弱不等的電流從發話器傳來，電磁石的磁力也就跟着變化，把軟鐵板吸引或放開；於是振動軟鐵板，鼓動空氣；鼓動的空氣再傳到我們的耳內，振動耳膜，我們就覺得有聲音了。

感應圈的利用 上述的發話器和接收器，如果距離很近，當然非常適用，但距離遠些，則因電流變弱，傳到接收器時，鐵板的振動不甚完全，於是不易得到微妙的變化，聽者也就不能得到清楚的聲音了。因此，我們不得不把從發話器中傳出來的電流，想個方法使牠強些，這個方法，就是利用感應圈 (Induction coil)。

感應圈怎樣構造呢？就是把從發話器引出來的導線，經過電池，捲在軟鐵棒上，然後仍舊回到發話器；這鐵棒上再捲着從接收器引來的導線即成。但後者的捲數因較前者為多，所以前者的電流急變時，後者也能發生感應電流，牠的電壓更較前者為高，這才能够傳至遠方。

電報機只要能够流通電流，便能通報，所以用一根電線就行了，另一端使地球代替。但電話機一定要用兩根，否則，電流不能發生微妙的變化，不能使碳板振動成聲。

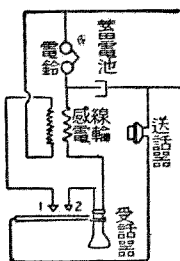


磁石式電話機發話器的原理

磁石式和共電式。凡電話器必須將接收器掛在掛鉤上，旋轉搖柄，才能向交換局呼喚的，稱為磁石式 (Magneto-system)；只要拿起接收器，即能向交換局呼喚的稱為共電式 (Common Battery system)。前者是舊式，後者是新式。

在磁石式電話機的箱內，有電鈴和信號發電機 (Ring generator)。當接收器掛在掛鉤上時，那麼發電機的電線就在三處接掛鉤，和交換機相通，而接收器和發話器的電路却不通。這時旋轉搖柄，發電器中的電流便流入交換局，所以交換局能够知道

第六十三圖



共電式電話機的構造

你在呼喚他。如果把接收器舉起，脫離掛鈎，那麼掛鈎被彈簧的彈力彈上，脫離3處，而和1、2兩處相接，這時接收器和發話器的電路，和交換局接連，再因電池中的電流，所以能夠和交換局通話了。等交換局把你所要的某號電線相接，你們雙方就能互相講話了。

至於電話打來時，這裏的電鈴便立刻響起來。因為這時接收器掛在掛鈎上，接電鈴的電線和交換局相通，局中有電流送來，使電鈴下的電磁石感應電流，於是鈴便被擊成聲了。舉起接收器，電流即和電鈴下的電磁切斷，磁力沒有了，電鈴的槌便也不敲；而電流另和接收器及發話器相連，所以能夠通話。從交換局傳來的電流，都是交流，所以電話機上的電鈴，和別的電鈴不同，使擊槌在二鈴之間，那麼電流的方向發生變異時，牠能向左右急槌不息。

共電式的電話機中，沒有發電機，也不用電池，一切電流，都由中央局的蓄電池供給。牠的構造，大概如第六十三圖。

當交換局有電流傳來時，電流止於蓄電器，但交流的信號電鈴，因和蓄電池相接，牠感應電流，鈴便被擊成聲，舉起受話器，掛鈎和1、2處相接，通話的電流便經過送話器，1線輪而歸，於是從蓄

電器、送話器、線輪受話器回到蓄電器的受話器電流，牠的線輪即發生感應電流，所以能夠聽得出聲音。通話的電流為甚麼不通過電鈴呢？這是因為牠的電阻很高的原故。

### 39. 電話的交換

電話交換局的責任，是要使數千數萬的電話機，在頃刻之間能夠互相通話。牠的内部究竟怎樣裝置的，在沒有電氣常識的人看來，又是一件十分驚異的事。其實，這不過在交換局的交換臺上，將全體電話機的電線集在一處，由接電員把要通話的兩機的電線接連，使電流能流通。他們就可以互相談話。例如用戶只有五十或一百人，那麼交換臺的大小，恰像化裝檯。直立的部分，裝着表示用戶號碼的「表示器」(Drop)和「塞口」(Jack)。塞口裏面，接連用戶中之一的兩根電線。水平的部分稱為「電鍵臺」(Key board)，有許多電鍵這是用於聽話的。更在檯上接近直立部分的地方，有十多個小洞，前後並列着兩行「塞子」(Plug)，這是用作接通電路的。

例如第五號用戶預備和第三十號通話，他把受話器掛在掛鉤上，轉動搖柄，即有電流傳到交換臺來，那時，交換臺上的第五號表示器，因為背面的電磁石感得電力，把表示號碼的蓋脫向鉤外。接電員見



了，就知道第五號用戶在呼喚他。他便把一個專管答應的塞子插在第五號的接口中，撥正表示器，把電鍵右旋，即能和第五號用戶通話，問道「接第幾號？」第五號用戶聽得問話，當即回答道：「請接第三十號。」於是他另用一個呼出用的塞子，插入第三十號的接口，把電鍵左旋，又旋轉搖柄，使第三十號用戶的電鈴大鳴，然後撥正電鍵。第三十號的用戶聽得鈴聲，知道有電話打來，走去把受話器舉起，掛鈎躍上他的受話器和送話器的電線，便和第五號的相接，他倆就能通話了。等到話已說完，兩方都將受話器掛上掛鈎，並且說完話的人，又把柄旋轉一下，電流通過交換臺上的一終話表示器，「接電員知道通話完畢，就把雙方的塞子從接口拔出，歸還原處，兩方的電流即此切斷了。

**混線** 將全部用戶的電線，由許多接電員管理，如果在同一的接口，別人已將塞子插入，又有人把另一個塞子再插入，那麼該號用戶，能够聽到兩方的說話，這稱爲「混線。」所以在接電的時候，必先檢查該號接口，是否正在和別號接通。

**共電式的交換** 上述的種種，都是關於磁石式電話機的交換，因爲必須隨時撥正表示器，手續既煩，交換時當然不能敏捷；並且表面又有表示器，不能完全收集接口，會在一處；而用戶的電話機，又須各備電池，不得不時常派人出去，巡迴修理，種種麻煩，真是說不盡，講不完。所以現在新近架設的電話機，大

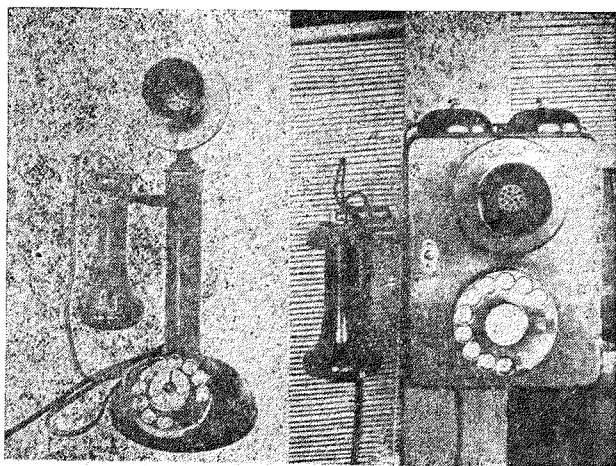
都採用共電式，使行共電式的交換法。

在共電式的交換臺上，不用表示器，只在各用戶的接口之下，裝着燈光如豆的小電燈。當用戶呼喚交換局時，這電燈便發光，接電員把塞子插入，燈光立即消滅。等接電員聽得所須的號碼，將另一塞子插入該號後，和這塞子相對的電燈，便發光了；直等該號的用戶來接電話，舉起受話器燈光才得滅熄，於是接電員就知得這兩個用戶，已在通話了。後來兩方號碼下的電燈，忽又發光，這是因爲有一方因話已完畢，把受話器掛在掛鈎上的緣故。接電員見了，便把牠倆的塞子拔出，復歸原處，那麼，這電燈便又熄滅。

各局的交換法 如果電話用戶很多，把全部的接口會集在一處，不能照顧的時候，只好分設二、三個交換局，各局另設若干根替續線，以便接口分設在兩局的用戶通話時的接連。

## 40. 自動電話

我國上海等各埠，現在通用一種自動交換的電話，名叫「自動電話」(Automatic system)，牠不必用接電員，自己能够交換。在自動電話機上，有一個圓板，名叫「規面」(Dial)，在牠的周圍留出四分之一，其餘四分之三，依着右旋的順序，均勻地附着1、2、3、4、5、6、7、8、9、0十個數字。要打電話時，先將



第六十四圖 自動電話機

接收器舉起，聽得有「吱吱吱」的聲音，然後將指頭插入所須號碼的數字，一一右旋，旋至指頭插入的數字為止，然後旋正圓板。例如，你要和第5679號通話，先把指頭插入「5」字上，右旋圓板至「5」字為止，然後使圓板復歸原位；再把手頭插入「6」字上，右旋圓板至「6」字為止，仍使圓板復歸原位。依次方法把「7」「9」兩字旋到，旋至「9」字時，這就是第5679號的電話機，電鈴正在作響，那邊聽得鈴聲，舉起接收器，兩人便能通話了。

自動電話機的種類很多，上述的裝置，名叫「挨號式」(Step by step system)，因為當牠自動交換時，必須將號碼依次接續的。這種機器的發明，距離還只有四十年左右，是美國人斯德洛琪(Strow)

W. von) 發明的，到一千九百年左右，才在美國通用，後來逐漸改良，式樣也愈演愈多；到了現在，歐美各國的大都市，都已非常通行，因為在交換的手續上講來，比較新式的共電式更爲便利。

## 第十二章 雷電

### 41. 佛蘭克林的發見

太古時候，人們以爲雷是天上的神，他身披虎皮，手搥大鼓，在雲端上往來馳騁；偶然不留神，從雲上掉到地面上，這就是「落雷」。

把雷視作天神，不但我國的人如此，就是世界各國，從前都有這樣的傳說。你看，從前的希臘，他們是文化最高的國家，但仍有「雷乃神怒也」的謬說；雖然也有「雷是降下來的星火」或「雷是雲和雲互相衝突所發生的」……等等傳說，脫離了神的觀念。

到了公歷一千七百五十二年七月四日，才由美國的佛蘭克林 (Benjamin Franklin 1706—1790) 確認雷是電氣的作用。他曾用種種的方法實驗，把雷電傳至地面。例如：他在高塔上豎立鐵棒，使下



第六十五圖 佛蘭克林像

面絕緣，於是接近雷雲時，就有電氣傳來，恰和人工所製的電氣相同。

後來，他又用薄絹糊成紙鳶，上面附着長約一呎的導線，用麻繩繫着，放至空中。這時，就是公歷一千七百五十二年七月四日。當時人們見他在雷雨中放紙鳶，都笑他是狂人，但是佛蘭克林不顧別人的嘲笑，獨自把紙鳶高高

地放起，自己躲在小屋中。起初，雷雨通過，一點也不見動靜，他很失望，不料第四朵雷雲通過時，麻繩忽然激動了，他把繫着的鐵鏈去接近牠，立即發生很大的火花，便大喜如狂，說道：「我死無遺憾了！」即刻把雷電貯在搗來的來頓瓶中，他才滿意地回家了。

## 42. 雷鳴的原因

湯姆生的說明：帶陰電的雲和帶陽電的雲接近，便放電而成雷鳴。雷雲接近地面，地面因感應而生相反的電氣，也能放電，這就是落雷。

爲甚麼有的雲帶陽電，有的雲帶陰電呢？據學者們研究的結果，可以用瀑布衝擊岩石作譬喻：當流水衝擊固體，便飛散而成細粒，這時，細粒帶陽電，附近的空氣帶陰電。

夏季，日光照射地面，蒸發頗甚，空氣因溫度過高，便膨脹上升；空氣中的水蒸氣，也跟着升至高際。但空中溫度較低，所以水蒸氣逐漸凝結，成爲水滴，在空中飄浮。及後水滴愈凝愈大，不能在空中浮遊了，只好向地面降落。當水滴落下時，和空氣衝突，碎成許多小水滴，這時，正和瀑布衝擊岩石一樣，水滴帶陽電，附近的空氣帶陰電。

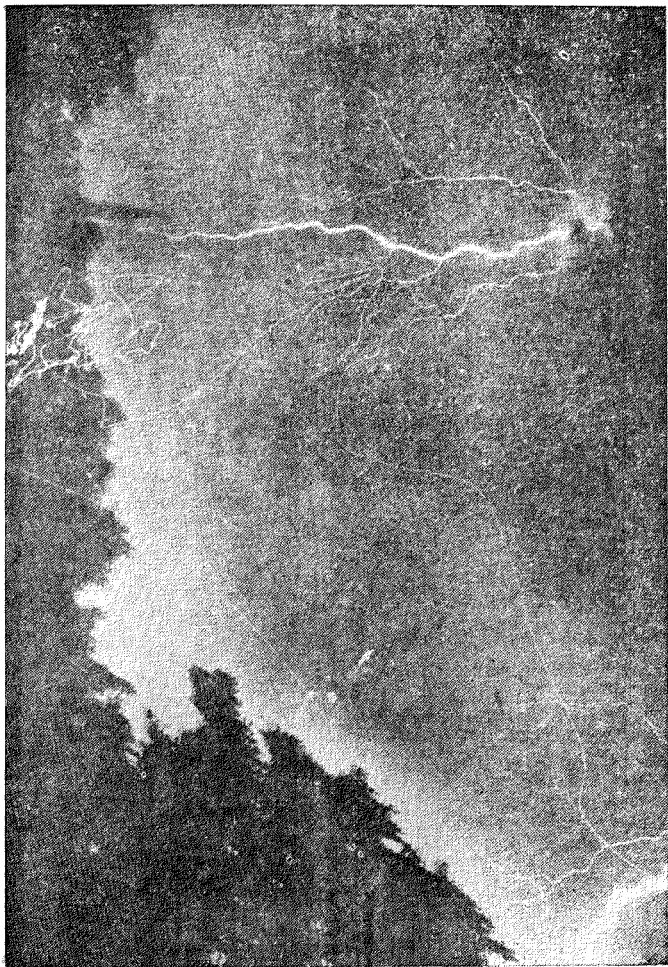
帶着陽電的水滴，再冉冉上升，到相當的高空，便又停止，會集一處，就成爲帶陽電的雲塊。但小水滴並不是完全帶陽電，也有許多不帶電的，附在這雲塊的邊緣。所以當水滴分散的時候，附近空氣所有的陽電，便移附在這些水滴上，一直向上升去，會集一處，成爲帶陽電的雲塊。

在空中，帶陰電的雲和帶陽電的雲，就是這樣成功的，如果牠們接近至相當的距離，使突破空氣而放電；如果和地面接近，地面即發生感應而生相反的電，所以也能放電。前者就是普通的雷鳴，後者即稱爲落雷——以上就是湯麥斯(J. J. Thomas)的說明。

### 43. 電光和雷鳴

電光的長度。所謂雷電，總不過是較大的放電罷了。所以那時發生的火花很大。有時，兩雲間相距十二籽，也能放電；長至十二籽的火花，不是很偉大的嗎？並且放電的速度很高，就是在一秒鐘的百分之一的轉瞬間，也能放電數次。

放電的時候，電氣向容易通過的路徑前進，所以電光分成許多小枝；或者在電氣通路的附近，有帶電的雲，其間便放電，也會使電光分散。



光 電 第 六 十 六 圖



計算落雷距離的方法，放電的時候，電光和雷聲本是同時發生的。但是光的傳達頗速，一秒鐘間能達三十萬呎，計  $300000000$  米，而音的傳達只有  $330$  米，所以總在發現電光之後傳到。計算落雷的距離，可把音速和雷鳴遲於電光的時間相乘。例如：我們見了電光後八秒鐘才聽得雷鳴，則落雷的距離是  $330 \times 8 = 2640$  米。

雷聲連綿不絕的原因，雷電和小規模的放電不同，牠的發音部份很長，所及的區域很廣；並且空中雲層密佈，聲波被雲所阻，釀成回聲。當牠逐漸傳來時，便成爲連綿不絕的隆隆聲了。但同等的雷聲和同等的砲聲相較，雷聲傳達的距離較短，因爲雷聲大都發生於空氣稀薄的高空中，聲波不能向前直進，必須發生無數曲折，故相距十五、六呎的地方，就不能聽得了。

#### 44. 落雷和避電法

偉大的落雷，在空氣中放電，非高壓的電氣不可。例如：在兩金屬球相距半呎間放電，必須二萬五千伏特的電力。再經學者的研究，要使直徑二呎的兩個金屬球，在相離一呎間放電，即須三萬二千伏特的電力；至於金屬球相離六呎，電壓就要七萬三千五百伏特了。

以上所述的放電，專指在乾燥的空氣中，和金屬球之間。如果在雷雲間，情形便不同，因為雲間的空氣，大都很潮溼，含有許多陰陽電，可以幫助放電，或者不必那樣高壓的電力。但按照金屬球相距半哩時的放電，必須二萬五千伏特的電壓放來，雷電竟能從天空傳至地面，發起這樣大的火花，究竟具有若干的高壓。牠的數字，真是我們不能想像的了。

據威爾遜 (Wilson) 計算落雷時的電壓，如果雲高一千碼，向地面放電，電壓必須二千萬伏特這樣的電壓用馬力來折算，計達八百萬匹馬力。換句話說：當發生這樣的落雷時，牠的力量恰和數百萬匹駿馬一齊用力馳騁相同。如果我們能够把這樣的力量貯藏起來，好好的利用牠，其結果之偉大，那是不能用說的。

最容易傳導電氣的物質，就是金屬。所以落雷的地方，電氣大都在金屬處通過。家屋被雷擊，有時由於電氣在懸於天花板上的掛燈用的金屬線上通過所致。如果執着鐵柄洋傘，落雷時，電氣沿着傘柄遁入地面，所以也能使人觸電而死。

**避電針** 從前，人們以為雷是天神，所以被雷擊死的人，大家便說他存心不良，定是遭了神怒。於是雷鳴的時候，不得不焚香祈禱，請神恕罪，以免遭受雷殛。但自從知道雷並不是鬼神，由於電氣的利用，這

才知道設法避免落雷。其中最簡單的方法，就是利用避電針 (Lightning rod)。

避電針這樣東西，諸君大概都已經知道的，就是豎立在高高的屋頂上或烟囱上的金屬棒，棒上的尖端鍍金，下端用一根導線，和深埋在地底下的金屬板連接。電氣最容易通過金屬，當雷電落到棒上，立刻從導線逃到地底下去了；不從房屋通過，所以不能爲害。這樣，把電氣造成一條通路，恰像疏濬河流，可以預防大水氾濫一般。——從這一點上看來，避電針這東西，實在把牠叫做「招電針」才確當呢！

避電針既是一種招攬電氣的東西，所以牠的附近，最容易遭受落雷。因此，如果避電針發生障害，不能好好的把電氣立刻導入地底下去，電氣必致從房屋或人體通過，釀成非常的禍害，希求安全，却反遭危險。所以，對於避電針的裝置，必須時時照顧檢查；導線不宜過細，不宜彎曲；埋藏在地底下的金屬板，必須大約一平方呎；導線不能和建築物上的金屬連接。

照實際上講來，避電針上很少遭遇落雷的，因爲電有聚集尖端，附着空中的塵埃，向空中逃散的性質；避電針既是尖端的，於是會集在地面上的電，不絕的從尖端向空中放散，安靜地由雲中的電氣相中和，所以我們不容易看見發生激烈的落雷。

豎立避電針的地方，牠所被及的安全範圍，究竟有多麼大呢？只有從地面達到尖頂之高，畫成半徑

圓形，在這半徑圓形的區域內，才是安全的。所以避電針愈高，牠所被及的安全範圍也愈大。

避電的常識 防禦落雷，非用避電針不可，但這樣的裝置，費用很大，決不是各戶人家能夠舉辦的；但你能明白了雷電的原理，雖然沒有避電針，也可以設法避免雷殛的災禍，這便是科學之可貴！

當雷鳴的時候，決不要跑到門外去。在野外突然遇着驟雨，站在大樹下躲雨，這是不知保持生命的愚漢，所以時常要遭受雷殛。在荒野或山頂上，突然遇着雷鳴襲來，千萬不要奔跑，也不可呆呆地站着，因為雷電的速度很快，雖是急駛的火車也比不上牠，你怎能逃避呢！所以只能趕快選一個凹陷的地方，或山頂稍下的地方，伏下躲着。因為突出於地面的高處，通電最易。但最要緊的，千萬不可身穿濕衣服，因為水最易傳電。

雷鳴時，身上掛着金屬物，非常危險，應該立即除去，不但在室外如此，就是在室內也不甚妥當。沒有避電針的人家，欲避落雷的危險，最好坐在屋子的中央；能夠躲在乾燥的蚊帳以內，當然是更好了，但切勿依靠柱子。

## 45. 落雷奇談

我國古時，大家以爲惡人被雷殛以後，在那人的身上，必定寫着被誅的罪狀。據說，從前有一個惡人，他殺人劫物，不算一回事。有一天在原野間步行，忽然黑雲四佈，一個霹靂（就是落雷）把他擊死了。人們正在把他的棺材抬入墓地，預備安葬，不料雷聲竟隆隆不絕。他們想：「我們把這惡人這樣的安葬，或者又遭神怒了！」便把屍首從棺材中拉出來，這時，電光一閃，又是一個霹靂打下來，只見那屍首的背上，頓時由鮮紅的血色，標出「凶虐無道」四個字。也有許多傳說，講到被雷擊死的人，在肚皮上現出「大不孝」三個字。像這樣的例，實在是在很多的。可是我們仔細的研究起來，這些人的身上，怎麼會有文字發現呢？這不過因爲血管破裂，顯現條紋，於是好事的人，便附會捏造，希求聳動別人的聽聞罷了。

## 第十三章 無線電報和無線電話

### 46. 電波

●●●●●  
何謂電波 在流動電流的導線周圍，發生磁力線，吾在前面已經講過了，磁力線因電流的方向而變異。如果使同一的電線上電流不僅向一方流動而來來回回的作往返的流動，磁力線便刻刻變異，發

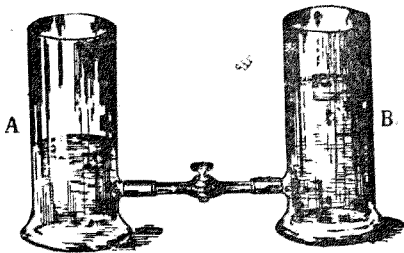
生電震 (Electric Oscillation)，此電震由以太而行能傳播四方。這恰像水面刻刻變動，上下振動；將這振動傳及四方，便成爲波。雷震傳出去的波浪，稱爲「電磁波」(Electric-magnetic wave)，或簡稱爲「電波」(Electric wave)。電波遇着別的導線，那導線的磁力線將牠切斷，導線上即發生往返的電流。這恰像在平靜的池水平面上，有兩片木片隔離浮着，使一片木片上下振動，水面便發生波紋，逐漸地傳播出去，卒使別處的木片也發生同樣的上下振動。但是水波的傳播很慢，立即就能消滅；而電波却能在一秒鐘之間，傳至三十萬公里（即十八萬六千哩），其速度之大，實在是難以想像的。

電波的長度。水的波紋，是把從波頂至其次的波頂的距離，作爲「波長」。故電波也是把從某種變化起，至其次的同樣變化止的距離，作爲「波長」。光熱及詳載後章X的光線，都是電波，不過牠們的波長，各各不同罷了。據現在我們所知道的，X光線的波長最短，電波的波長最長，X光線的波長在一耗的一億分之一以下；光波帶赤色的，約一耗的十萬分之七；熱波約一耗的十分之七；電波却長至二萬五千米。普通無線電報的波長，大概在三百米左右。但不論波長之長短，前進的速率是同樣的，所以波長之長者，在空間的某點內說來，往返變化的次數較少；反之，波長既較短，變化的次數便較多。——電波在一秒鐘間發生變化的次數，稱爲「周波」(Cycle)，和前述的交流電流相同，故不贅述。

## 電震

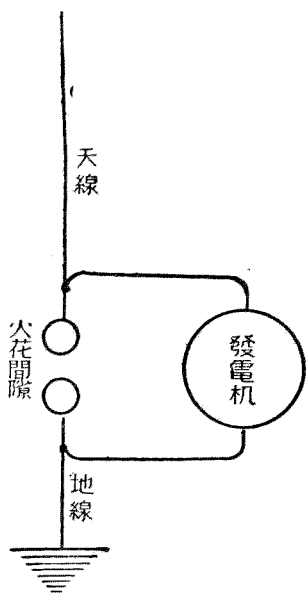
在 A B 兩個玻璃缸的底下，用一根較粗的管子接通，管子的中間，裝一個活閘。先把活閘關住，在 B 玻璃缸中滿盛水，A 缸空着。然後開活閘，B 缸的水即從管中流到空着的 A 缸中去。那時，你或許以為水的流動，當 A B 兩缸的水面相時，即可停止的吧？其實，大謬不然！為甚麼呢？因為水只是在管中

第 六 十 七 圖



流着，到了後來，A 缸的水面反較 B 缸為高，達到相當差度，於是水又回來，從 A 缸流向 B 缸了；但到了後來，B 缸的水面又比 A 缸高了；……這樣的往返流動若干次以後，兩缸的水面才得平均相等。當發電機的兩極間，發生火花放電時，有許多人以為電流在這轉瞬間，立即成為中和。其實，那是決不會的。因為電流最初從一方急速地流來，即生反對方向的高差，當即回流，便發生第二次放電，直至兩極的電差相等始止。所以當電流往返時，或往或返，總要發生一次放電，不過牠那連續的放電，為時頗驟，因此我們一次也沒有覺得。電流這樣的往返，即稱為「電震」

(Electric Oscillation)。電流在導線內雖然也能往返，即所謂「交流」，但發生電震時的周波數頗多，遠非交流可比，在一秒鐘間，竟能往返至數萬乃至數十萬次。



用火花放電發生電震的裝置

欲使電震加強，可以用容電器充電，並且在第一線圈的附近，按置第二線圈把這第一線圈的一端豎立空中作為天線，另端埋藏地下。則天線因感應而生電震，即可發為電波。如果再在別處立一根導線，牠感得電波，也能發生電震，於是我們將電波的長短編成符號，即可像有線電報那樣的通報了。

#### 47. 發報和收報

規定波長的方法。如果各地的發報局發出波長相等的電波，必致混淆不清，不能通報；所以各局的電波，波長必須各各不同。因此，電波的波長，當由我們自由調整。

無線電報的原理 從火花間隙

的兩端，各接導線：一根豎立空中，一根埋藏地下。充以電流，發生放電；電流愈強，電震也愈強。豎立在空中線，稱為「天線」(Antenna)，埋藏地下的線，稱為「地線」。



讀者諸君！鐘擺，你大概見過的吧？錘子重，擺動便緩；錘子輕，擺動便速；這是一定的。電震也是這樣。當兩極間放電時，電量多，電震滯緩，振動數少，所以發出來的電波波長很長；反之，電量少，振動急速，於是電波的波長也較短。

放電時欲求電量增多，可以利用充滿電氣的容電器。我們只要規定容電器的充電量，即可發生隨意遲速的電震和波長相當的電波。

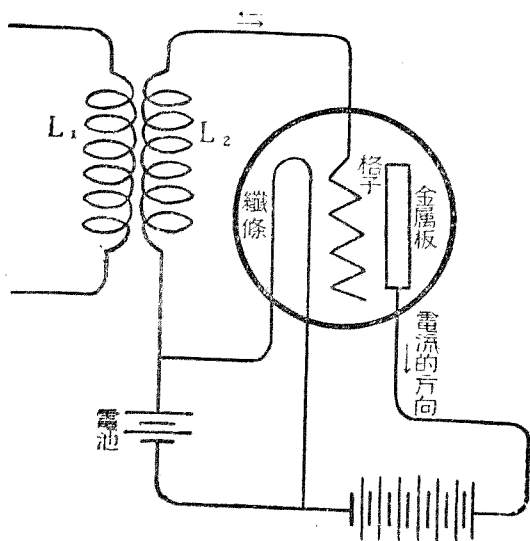
此外，又有一種調節電震的裝置，名叫「感應線圈」(Induction coil)，這是把一部分電線捲成線圈，即在該處發生電震，於是由於該處發生的磁力，即能自動減緩震動。因此，我們增減線圈的捲數，就能調節電震的強弱，操縱電波的波長了。

天線和地線，因為具有容電器那樣的作用，所以線的高下和形狀，能够影響電量的多少，電震的強弱。但天線的形狀和高下，不能怎樣的變換，所以只能設計如何改變感應線圈的捲數，即能調整相當範圍內的波長。

發報機 波長既能隨我們的意思調節，即可製成第六十九圖所示的無線電報發電機。按捺電鍵，即有電花飛過間隙，發生電震，便由天線發生電波，傳播各處。



進我們的耳膜時，我們實在感不到甚麼聲息的。所以在沒有受報以前，應該先用一種裝置，使高周波交流改爲容易通過受話器的直流，即取消向一方的震動電流，剩留向他方的震動電流，於是放電的時候，



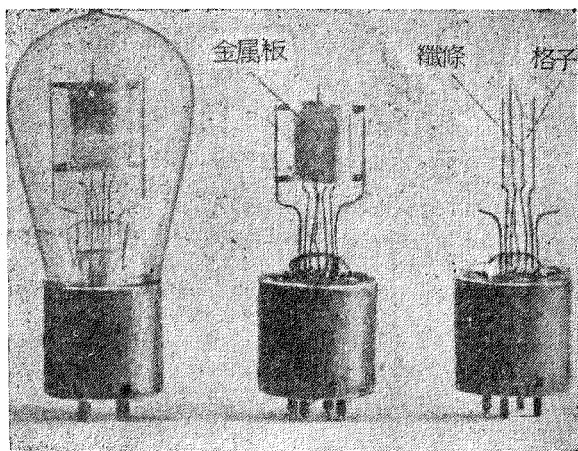
第七十圖 真空管波器的裝置

震動電流羣只向同一方向進行了。這樣，聽筒器的振動板，因感受發報機傳來的雷震，每秒鐘不過數百次，即能振動空氣，發成聲音了。取消向一方的振動電流，稱爲「整流」。

檢波器 使受報機的第二線圈所生

的振動，即交流，要牠變成僅向一方進行的直流，雖有種種方法，但現在最通用的，便是

「真空管檢波器」(Vacuum Tube Detector)。牠的製法，把玻璃球內的空氣抽出，成爲真空，中央豎立鎢針(Tungsten Filament)線，周圍置金屬板，其間插入金屬製成



第七十一圖 真空管檢波器的解剖

網爲陰，卽能阻止電子飛出。此飛出的電子能通過柵網而集於金屬板，如柵網帶陽電時能助電子的飛出。如帶陰電時則反阻電子的飛出。電子飛出多時，電流能夠流通；飛出少時，電流便不通。這樣，在柵網

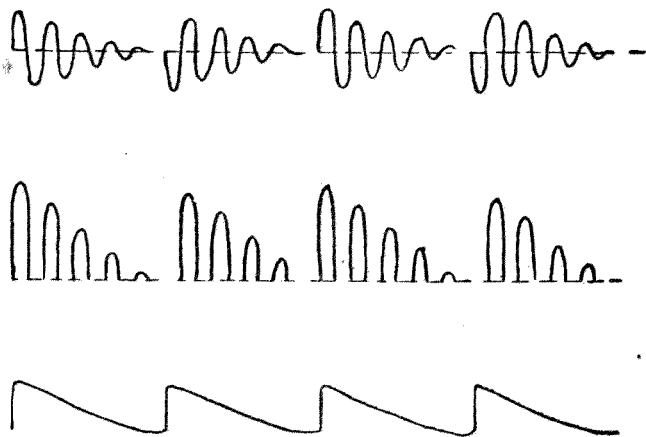
的柵狀物，名叫格子或柵網 (Grid)。然後在鎢針線和金屬板接連的電路中，接入電池和接收器。這時如果用別的電池使鎢針線發熱，那麼鎢針線因爲熱度很高，便有電子飛出，移至金屬板，電流卽得以通入接收器了。再在鎢針線與金屬板裝一柵網；則當電波來到天線時，第二線圈發生感應電流，且電流方向或陽或陰時時變換。柵網與第二線圈相連，故柵網上也有或陽或陰的電。柵網爲陽，則從鎢針線飛出的電子多；柵網爲陰，則從鎢針線飛出的電子少。爲甚麼會發生這樣的變異呢？那是因爲電子帶了陰電，柵網爲陽，卽能引誘電子飛出；反之，柵

網忽陽忽陰時就可檢波了。從一方流向接收器的電流，在一秒鐘之間，忽斷忽續，竟要發生至數萬次。檢波器的種類頗多，其中以鑛石檢波器（Mineral detector）為最簡單，最便宜；但牠只是直接感受天線上的電流，所以限用於短距離間的通報；如果用真空管檢波器，牠能把天線上的電流加強，所以天線上的電流雖很微弱，也不礙事，因此，遠距離的通報，非用真空管檢波器不可。

#### 48. 發生電震的種種方法

火花式 要在一秒鐘間發生數百次的放電，以前是用感應電機，斷續高壓的電流，但到了現在，已經改用交流發電機了，交流電流的電壓很高時，即能發生火花放電。並且在交流的一周波之間，能够發生二次振動羣。普通的交流，周波大概為數十乃至五、六百，發生於接收器振動板上的振動數，不過是交流周波的數倍罷了。又使交流發生火花放電，可用變壓器提高牠的電壓，能達數千乃至數萬伏特。

要旋轉交流發電機，有一件很麻煩的事，我在前面也已經講起過了，就是必須靠着直流發電機供給電力。如果偏僻的地方，不能置備直流發電機的，也可以把蓄電池中充電，在必要時，也能使交流發電機旋轉。至於在海洋中航行的輪船，平時的電力，雖取給於船中的發電機，但一旦船隻遇險觸礁，艙中進



第七十二圖 火花放電振動及接收器振動的順序

- 1.用一秒鐘有數十乃至數百周波的交流發報，至天線上所發生的振動羣。
- 2.在探波器所生的電流一方，已經消滅。
- 3.由於以上的電波，接收器內所發生的振動。

水，妨礙發電機的旋轉，那時，他們也可以依賴蓄電池放發無線電報。

瞬滅火花式 (Quenched spark)

普通的火花放電，電波不能達遠，因為第二線圈的電震，由於第一線圈所引起的，所以欲得強盛的電震，第一線圈和第二線圈愈接近愈好；反之，相距愈遠，電震便愈弱。但話雖如此，兩線圈如果過分接近，也是不行的，振動不能長續。因為過分接近以後，第二線圈受第一線圈的電震力雖多，但振動的時候，電震力由第二線圈返於第一線圈的也很多，振動仍舊不能強盛，立刻停

息了；如果把第一線圈和第二線圈離遠些，那末就怎樣呢？據實驗的結果：振動頗弱，或竟沒有電震。——然則將如何才能得到強盛的振動呢？說來話長，請你忍耐一下看下去罷！

現在我們不妨先說個譬喻。如果在兩處同時彈奏 A B 兩張琴，將 A 琴突然停奏，只彈 B 琴，那麼 B 琴的聲音因沒有 A 琴聲的混擾，比較兩張琴合奏的時候，更覺清脆悅耳。無線電報的發報機，也是這樣的，如果第二線圈感得第一線圈的振動時，立刻停止第一線圈的震動，則第二線圈不被第一線圈所打擾，即能發生強盛的振動。

瞬滅火花式的發報機，就是根據上述的原理改良而成的，現在非常通用。牠的製法，在第一線圈發生火花的地方，把兩塊金屬板——銅板或銀板——相距  $\bigcirc \cdot$  三耗至  $\bigcirc \cdot$  一五耗的間隙對置，則第一線圈的振動，立刻便能停止，火花也在轉瞬之間只發一二次便消滅，所以稱爲「瞬滅火花」。

爲甚麼縮短火花的間隙，振動立刻能够停止？這個原理很容易明白。當放電的時候，兩極間發生陰陽離子，其中一部分因互相中和而放光，另一部分便互向極處飛去。兩極離距遠些，這些離子在沒有達到兩極的時候，便變爲極了，尙在徘徊，幫助放電，所以振動能够長續。但瞬滅火花式的火花間隙很短，在變極時離子早已達到兩極，不易發生第二次放電，所以振動立即消滅。

瞬滅火花式有一種特有的優點，就是牠是所生的電震，繼續不絕，所以不易衰弱，收報機的天線即能銳利地感得電波不致混雜。並且普通的火花式，發音頗大，不能祕密發報，在船舶上應用，即能擾人清夢，而瞬滅火花式却沒有這個缺憾。

最新式的瞬滅火花式，在構成火花間隙的銅圓板之間，夾入厚約〇·二耗的雲母片，以防放電時的震動混亂。

**電弧式** 以上所述的火花式，在一秒鐘間發生數百次放電，每次發生一羣電震，便發送一羣電波。可是電弧式却不是這樣的，牠的振動能够繼續不絕。——當然，火花式雖然也能發報，但總覺得牠在應用上，有些必須改正的缺點，所以才設法改良，發明了能够補救火花式缺點的電弧式。

「電弧怎樣發生電震呢？」如果你發生了這樣的疑問，那麼，請你聽我先把弧光的特性，說個明白。原來弧光這東西，凡流過電弧的電流增加，電弧兩端的電壓便低降；反之，電流減少，電壓便增高；恰和金屬等類相反。如今由直流發電機起電弧，電弧的兩端接連著電池，那麼應該流入弧光的一部份電流，便轉入蓄電池；電弧的電流既減少，電弧兩端的電壓便因此增高了，於是電流愈加向電壓低的蓄電池流去，等到蓄電池和弧光的電壓相等時，電流纔再行流入弧光那邊去。因此，電弧兩端的電壓大降，電流流

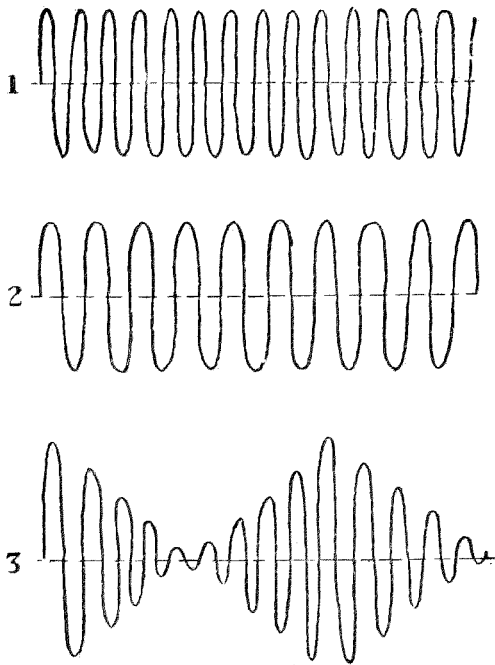


入電弧愈盛，卒至蓄電池中的電也通過電弧而放電了。放電停止以後，弧光的電流又減，兩端的電壓又增高，電流又向蓄電池充電，至兩方的電壓相等，電流又流入電弧而發生充電；電弧和蓄電池即此一回兒放電，一回兒充電，循環不息。這樣的循環變化，在文字上寫來，非常遲緩，但在實際上，牠們這樣循環變異，一秒鐘間竟達數萬次。如果第一次放電所起震動羣的第二震動，和第二次放電所起震動的第一震動，同時並起，那麼即可得到連續的震動。

普通在連接蓄電池，電弧和線圈的電路上所起的振動，常直接傳至天線發送，但在美國方面，只是直接連天線和地面，省去蓄電池，因為這時已把天線代替了蓄電池的作用。

電弧式大多用於大陸間的長距離通報，現在航行於海洋中的船隻，採用的也很多，因為牠和火花式比較起來，並不用變壓器，有時又可省去蓄電池，因此，設備的費用雖較少，却能夠好好的通報。

高周波發電機式。有許多人問：「雷震既然發生於交流電氣，那麼發生交流的發電機，難道不能發生電震嗎？」其實，交流發電機當然也能够發生電震的。不過，要發生周波數萬至數十萬的交流，這座發電機，却很不容易製成的。為甚麼原由呢？聽我說罷：譬如要發送三千米的電波，非發生十萬周波的交流不可。但發生十萬周波交流的發電機，一分鐘間必須旋轉一萬次；同時，磁極非有一千二百組不可；並



第七十三圖 希脫洛台探波器的原理

1. 受到的電震。2. 改成的電震。3. 混合兩者所發生的高低振動。

且一分鐘間的旋轉速度須達一萬次，機件的製作上又須特別堅固才行。可是到了現在，全仗人們不絕的研究，終究把這機件製成了；這樣的發報了，稱爲「高周波發電機式」。

連續電波檢波器

由於上述各式發報

機所發送的連續的電波，雖然能够使前述的真空管檢波器感得，但一秒鐘間發生至數萬次的振動，雖能感應於聽筒的振動板上，不過無論如何不能發爲聲音；因此，我們不得再另想方法，使振動板能發出聲音來。現在通用最廣的，便是「他拍檢波器」(Heterodyne detector)。牠把發報的電震減少，使牠

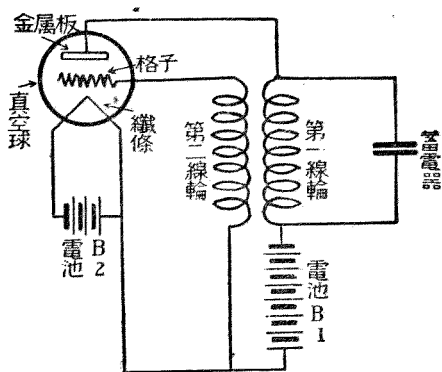
在收報機中和收報後的振動混和，成爲高低的振動，聽筒即能發生音波。

## 49. 用真空管發報

真空管不但可以用以收報，現在的發報機上，也很通用，因爲用了真空管才能發生正確的連續震動電流。

用真空管發生連續的振動電流之裝置。用真空管發生連續的振動電流之裝置，雖種種不同，但最普通的，大概不外第七十四圖所表示的。當使真空管內的纖維發熱的電池 B 2 電流停止時，因纖維不熱，便沒有電子自纖維飛向金屬板，因此電池 B 的電流不通。如果將電流送入纖維，使牠發熱，則電池 B 的電流立即流通。不過因爲線圈難通，故先流於容電器中充電。這時，一方的極過量充電，這過量的電，便通過線圈，向反極的地方流去；又因爲流得太多而過量，立刻返回。於是中和而放電了，線圈即起電震。但這種電震，如果只有一個線圈，便轉瞬之間，立即衰弱；必須仗着第二線圈和柵網的作用，才能連續不絕。這是甚麼緣故呢？因爲第二線圈接近第一線圈，所以第一線圈發生了振動，第二線圈便感應而起同等的電震，於是柵網的電或強或弱；從纖維飛向金屬板的電子也或多或少，接着，接連金屬板、B 電池

第十四圖



用真空管發生震動的裝置

和第一線圈的電路即發生電震。且其振動周波和最初容電器及第一線圈的電路內所起者，完全相同，因此，第一線圈將衰的電震，又復增強，再感第二線圈使連接金屬板、電池B、第一線圈和纖維的電路的電震更強：於是互為原因，互為結果，循環不絕，即能得到相當強度的電震。用於連續電波受報時的他拍檢波器，雖然也能照這同樣裝置，但發報的時候，無需強電流，所以真空管也只要用小型的便够了。

●●●●●  
真空管式發報機  
既得震動電流，把牠傳到天線，那

是很容易的事了。普通大概照第七十四圖的裝置，再造第三線圈和接連天線的線圈相近。

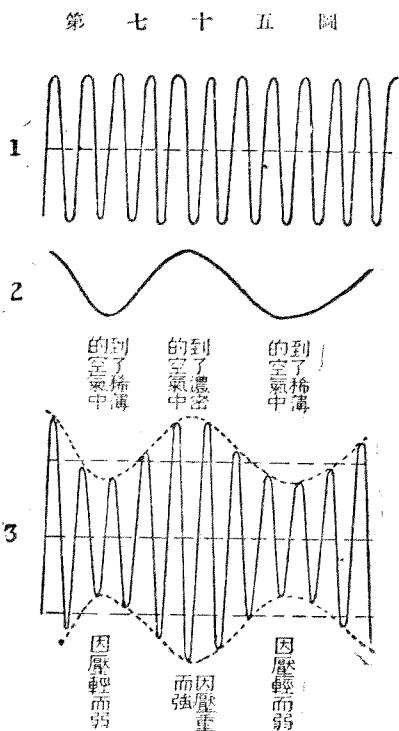
這樣的裝置，到了最近，進步頗速，以前不能用強電力，不適用於遠距離的發報，但近來已經改良到能用一百啓羅電力了，不過真空管是用玻璃製成的，壽命頗短，修理的費用很大，這是牠的缺點。但也有不可磨滅的優點，就是：由於真空管所生的電波，非常規則，當混入他拍檢波器振動時，聲音仍很清晰。至於

以下所述的無線電話，因為這種裝置的成績頗好，所以已經專用真空管了。

## 50. 無線電話

### 無線電話的原理

無線電話 (Radio Telephony) 的裝置，大概和無線電報差不多，在發生連續的振動電流的電路中，插入普通用的有線電話送話器。送話時，電路的電阻跟着聲音的強弱而變化，於



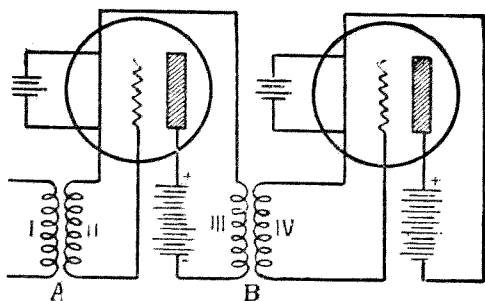
1. 連續振動電流
2. 聲音變化的電流
3. 發生振動後的電流

是連續的振動電流也發生變化了。但音波的振動一秒鐘不過數百次，而電震在一秒鐘間却有數萬次。例如：發話器內的振動板感得音波的波頂時，強壓碳粒，因電阻減低，振動電流便增強；反之，振動板

感得音波的波谷時，因電阻增加，振動電流便減弱。牠的變化，請參看第七十五圖即可明白。當此變化的震動電流發出電波，感應於無線電報的接收器，那麼在接收器的振動板上所起的震動，恰和最初由音波所生的震動相同，所以聲音的傳播，也可以不用電線了。

**放·大·器·** 利用真空管而獲得奇效的東西，便是「放大器」(Amplifier)。簡單的說來，牠不過把電流的變化放大而已，凡是普通電話線的電流、無線電報和無線電話的振動電流，都能應用。

牠的構造，請參看第七十六圖，就是把希望放大的電流，通過第一線圈，由變壓器A升高電壓，傳入第二線圈。但往來於柵網上的電壓增高後，流於纖維和金屬板間的電量，即因之相差頗大，於是電流的變化很激烈。照波形上說來，便是振幅放大，而在接收器中聽之，聲音也就增高了。再把擴大了的振動電流，昇高牠的電壓，傳入第二真空管的柵網，那麼在牠的金屬板上，即得更進一層放大的電流變化。這樣經過若干次的放大，即可得到某種程度以內的放大聲。凡放大一次，牠的振幅約增加十倍，所以用兩個真空管的，可以將聲音放大至百倍；用三個真空管的，可以將聲音放大至千倍；如果用 $\times$ 個真空管，即得 $10^{\times}$ 倍的聲音。據某學者說：「將來放大器的製作精細以後，或者我們可以聽到分子或原子的衝突聲了。」其實，這並不是謊言，因為現在我們已經能夠把心臟的跳動聲放大，使聚在廣座中的人們都能聽



第七十六圖 放大器的裝置

得。

放大器如果用於無線電報或無線電話的受報機，牠們的通報距離，當然能夠顯著地延長，如果用於有線電話，那麼兩方相距雖有數千哩，也能聽得和原音同樣或超過原音的語聲。放大器不過把由聲音變成的電流放大，所以和電話的有線或無線，絲毫沒有關係，因為牠的效用，只是放大聲音罷了。現在都市中的樂器店、咖啡店、有聲電影等，都要利用放大器，把一切希望向外傳達的聲音放大，使相距遠些的聽眾，也能聽到。

無線電報和無線電話的比較 無線電報的受報，只要能

音調。所以從前因為無線電話送話器所送出來的連續振動，容易混亂，成為混雜的噪聲，只是不能收得明晰的語聲，大家引為憾事，到了現在，真空管的製作非常進步，於是上述的缺點，立即消除，並且電流也能和發放無線電報時那樣的增強，所以收得的語聲十分清楚，不過牠的通話距離，祇及無線電報的半

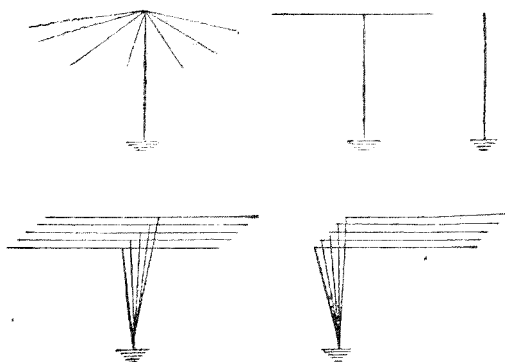
數罷了。然而時至今日，相隔大西洋的紐約和倫敦，已能隨意談話，牠的通話距離，總不能說短罷！

## 51. 天線

天線的形狀

天線有種種不同的形狀，其最簡單的，

就是直接地面的垂直線；此外，也有丁字形的；也有傘形的；也有以兩根為柱，上面佈成水平面線的；也有在水平線的一端，折成垂直線接連地面的。牠的形狀雖然各各不同，但總是垂直的部分發生較強的電波，水平面線的部分却没有甚麼用處。為甚麼緣故呢？因為在天線中往返的電流，以接連地面處為最強；愈向上行，愈加減弱；終究至完全沒有，成為零度。但如果想把電流輸至遠方，必須在垂直線的相當高處，使有較強的電流往返；由垂直部的上端充電至以上的端頭，則接近地面的地方，必須流通使天線全體充電



第七十七圖 天線各種形狀



的電氣。因此，如果把垂直線部的下端少充電，上端多充電，那麼上端的電流便比較強盛了；要使上端多充電，故必須增加該部分的線數。可是該處並不是担負發送直接電波，所以不必高聳空際，只要佈成水平面式就夠了。

天線的高度和通報距離 天線愈高，通報的距離也愈遠。大概受報天線的電流，以牠的高度和發報天線的高度相乘為比例，故通報距離也按此比例而增加，例如：兩方天線的高度加二倍，通報距離即加至四倍。此外，天線愈高，愈可避免附近的山陵或樹林等的阻礙。

天線和電波的長度 天線的充電，雖然因質料的不同而各異，但都有一定的容量；在天線往返的電流既有限度，則由這電流所發生的電波，當然也有相當的限度了。如果這天線是一根垂直線，那麼牠發出來的電波長度，恰當線長的四倍。其他各種形狀的天線，所發的電波雖然都比較垂直線長些，但超出十倍以上的，似乎還沒有。至於組成水平面式的，無論牠的線數有多少，只要牠們相距的間隙愈大，電波的長度便愈增。

防礙電波的東西 電波在絕緣體內，最易流通。空氣雖是絕緣體，但晝間因受太陽的紫外線而電離（Ionization），便稍稍成爲導體，所以電波立即衰弱，尤其是波長較短的爲最盛。故用波長三百米或

六百米的電波，晝間的通報距離，減為夜間之半，或三分之一。例如天線六十米，用一瓦特電力，夜間的通報距離達一千哩左右，而晝間竟不及三百哩。

最能阻礙無線電報的，就是雷電。因為雷電原是大規模的放電，也起電震而生電波；這些電波打擾無線電報的電波，通報便發生障害了。所以雷鳴的時候，有時竟完全不能通報。夏季，空中的電氣較多，因此此在通報的安全上說來，不及冬季的平靜。

此外，發報地和受報地間的地勢，對於通報上也有許多影響，最好的，便是海面；陸地上的電阻較大，所以電波通過時，因損失大而衰弱頗速；如果兩地之間有山隔着，則因山嶽能夠吸收電波，通報的距離，當然不得不更加縮短了。

## 52. 長距離間的短波通報

「波長愈長，則通報的距離也愈遠。反過來說，就是波長愈短，通報的距離當然也愈短。」對於電波的長短和通報距離的關係，有許多人會發生上述的誤解。其實在實際方面，波長雖在一百米以內，用的又是小電力，但牠的通報距離，竟長得難以想像，原來這一百米波長的電波，能產生和一萬米波長的電

波，同等的效果啊？

當歐戰以前，美國盛行小電力的短波，由民間自由放送或收受。至大戰時，因恐洩漏軍情，政府即發令取締，大戰結束以後，此項禁令才得取消。那時，經過不少人的試驗，發現了短波能夠達遠的特性，於是造成現在通用短波電報的盛況。

短波爲甚麼能夠傳播得很遠呢？現在我們還不大明瞭。但據有些學者們說，這是短波達到上空的「伊洪層」(Ionized layer 即 Heaviside)時，即被屈折，重復回到地面上的緣故。這種特性在長波中却很少，並且牠通過地面時，易被吸收。

短波電報的優點，除消耗電力較小，天線也可較短以外，並且電波不易混亂。又，波長一萬米左右，的電波，如果兩者波長不相差至五百米，通報即易混擾，所以一萬波長至二萬波長之間，最多只能區分至二十種波長，因此，世界上用長波的無線電台，最多不能超出二、三十之數。但在短波，則波長每差百分之三米，即能不至混擾，可以平安通報，例如：波長三十米至二十米之間，即可檢波至千種以上了。現在無線電臺雖多至千百所，通報竟不致混亂，就是由於這個原因。

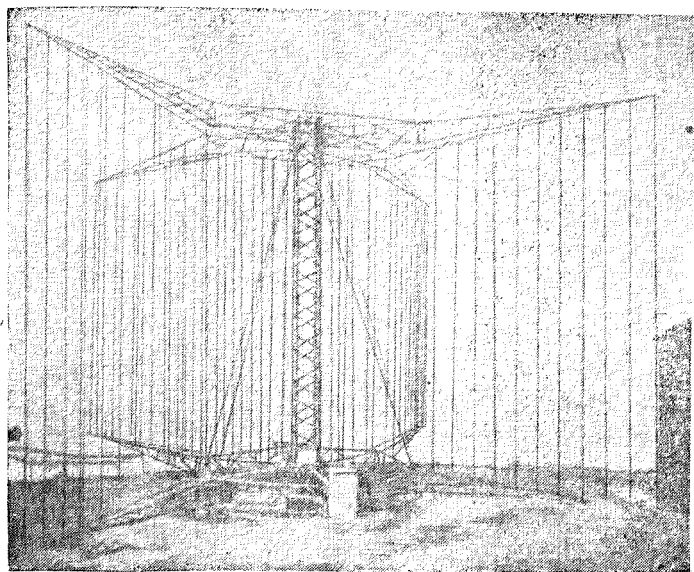
但無論什麼東西，有了優點，一定也有缺點；短波電報當然不能例外。牠有些什麼缺點呢？就是晝間

通報，有時不甚準確，如果是一萬波長的長波，晝夜間便不生變化了，所以不分晝夜通報的電台，不宜全用短波。

### 53. 指向式天線

電波和光相同，有反射的性質。發現

電波的哈爾社 (Heinrich Hertz 1758—1894)，將金屬板彎成拋物線狀，於是電波即被反射而向一方傳送。這個原理被他發見以後，馬可尼 (Marconi 1874— ) 便豎立若干金屬線以代金屬板，也能使電波反射。這時，由中央的天線所發的電波，反射在這些天線上，便只向一方



第七十八圖 能够隨意旋轉的指向式天線

集中而前進，這稱「指向式。」這樣的裝置，能把原向四面八方發送的電波集中後，向一方發散，所以力強而達遠，且不至洩漏通報的祕密。但是這些反射的天線，最接近中央線的，也必須距離至波長的四分之一；其他的，當然更要遠些。凡波長愈長，牠們即按此比例增加距離，所以必須十分闊大的廣場始可，於是長波的電臺，實際上竟不能建築。但近來短波電報非常通行，因為所須的天線既短，反射裝置自亦容易建築，所以已經裝得能够把牠隨意旋轉，變換方向。這個裝置所以能够供給實用，實由於馬可尼的深切研究和不絕的改良。他的功勞，真是無論如何也不會泯滅的了。

#### 54. 我國的國際無線電臺

我國和外國通報的機關，本來是沒有的，如有消息要向國際間宣傳，非借重大東或大北的海底電線不可。但這個公司的管理權，並不是屬於我國的，（最近交通部已派員向他們協議收回。）所以稍有不利他國的消息，他們便蓄意為難，不給你傳達，或特意改換字句，於是我們的發言權，無形中被他們所操縱，沒法可想，恰像啞子吃黃連，有苦也說不出。迨後國民革命軍從廣東出發，軍中通用短波無線電機，以通消息，非常便利。及國民政府遷都南京，即由建設委員會主持籌備，向德國得力風根（Telefunken）

無線電公司和美國無線電合組公司購買機器，於接近上海的真如，建築國際無線電臺，在民國十九年十月六日，開始通報。後來建設委員會將所轄的無線電各機關，交給交通部辦理，所以該臺現在也由交通部統轄了。該臺所發的電波，都是短波，可以和全世界各國通報。中美和中德的電臺，完全相同，是用二十至四十啓羅結晶檢波器發報機。中美的呼號，一是XGK，波長一六·四米；一是XGI，波長三七·六四米。中德的呼號，一是XGN，波長一八·三米；一是XGO，波長三九·五八米。中法的電臺只用十五啓羅礦石檢波器發報機，呼號爲XGA，波長約一六及二六米。此外，中臺的呼號，一是XRI，波長一八米；一是XGS，波長二四·五米，共計二羅啓結晶檢波器發報機四座，可以和菲律賓、香港、爪哇等南洋各埠通報。自從該臺成立以後，我國向國際間的發言權，才得不受別人控制。這在國際宣傳的功効上說來，其重要性如何，當然不待我說了。

## 55. 無線電話的播音

無線電話的電波，如果能夠區分波長，便不致妨礙通話。但因為牠所使用的電力，只限於某種範圍以內，不能規定波長，所以不能夠和有線電話一般，使許多人互相通話。可是無線電話有一種優點，就是：

在一個地方發送電波，牠那四周附近的人們，大家都能同時聽得，這便是俗稱「無線電播音」或 (Radio) 了。

所謂「無線電播音」便是在某處播音臺，規定了時間，依次報告時事、商情、音樂和演講。凡是裝有受話機的人家，都能收音聽取。但各播音臺的波長不同，所以各臺各有一個呼號，你要接收何台的電波，必須按照該臺的波長調整乃可在播音臺方面，有一間聲音不能洩漏的播音室，其中裝置一座銳敏的傳話器 (Microphone)，播音者就在牠面前發聲，如果要廣播劇場或運動場的聲音，便須在劇場或運動場的各處，安置許多傳話器，才能將熱鬧的聲音，播給各家同時聽得，不致因播音者和傳話器的距離增加，而聲音也跟着模糊不清。

無線電播音能使許多人同時聽話，恰像召集許多人聚在一處，所以用於宣傳或演講，甚為適宜。我國各種建設事業，無不落人之後，所以無線電播音臺，除上海等大商埠，用以報告商情或廣播音樂外，內地尚未通行；南京的中央黨部，築有一座「中央廣播電臺」，電力有七五〇〇瓦特，在東亞可稱第一大播音臺。此電臺隨時請人演講，或報告時事。

## 56. 無線電話收音機

凡是距離播音臺只有三、四十呎的地方，用按在耳上聽的礦石式收音機即可。這種裝置，非常簡單，除接收器以外，皆可自製；就是購備，所耗也不過六、七元罷了。如果和播音臺的距離較遠，非用真空管收音機不可，此式之最簡單者，名叫「一燈再生式」，能够收得一百二十呎外的電波。如果接近播音臺，可以不用聽筒器，只裝一個俗稱喇叭的放音器 (Loud speaker)，可使許多人合聽。用兩個真空管的，稱為「二燈式」，可不裝聽筒而裝放音器，可收四十呎外的電波；此外，用三個真空管的收至一百二十呎外；用四個真空管的，收至二千呎外；用五個的，收至三千呎外，都是單從放音器即可聽清的。但機件有優劣，更兼晝夜有別，氣候隨時各異，所以上面的統計，不能確斷，祇是大概如此罷了。

礦石式收音機，雖然似乎太簡單，但聲音很清楚，如用真空管，必須備甲、乙兩個電池：甲電池通真空管的燈絲，使燈絲發熱；乙電池使接收器或放音器的振動板振動，非常麻煩。但近來已發明用交流電的收音機，可以不用電池，只要借用電燈的電。所以凡是晝夜有電流供給的地方，這個方法很適用；並且又簡便，又經濟。對於歡喜聽話而嫌麻煩的人，這正是一個好消息吧。

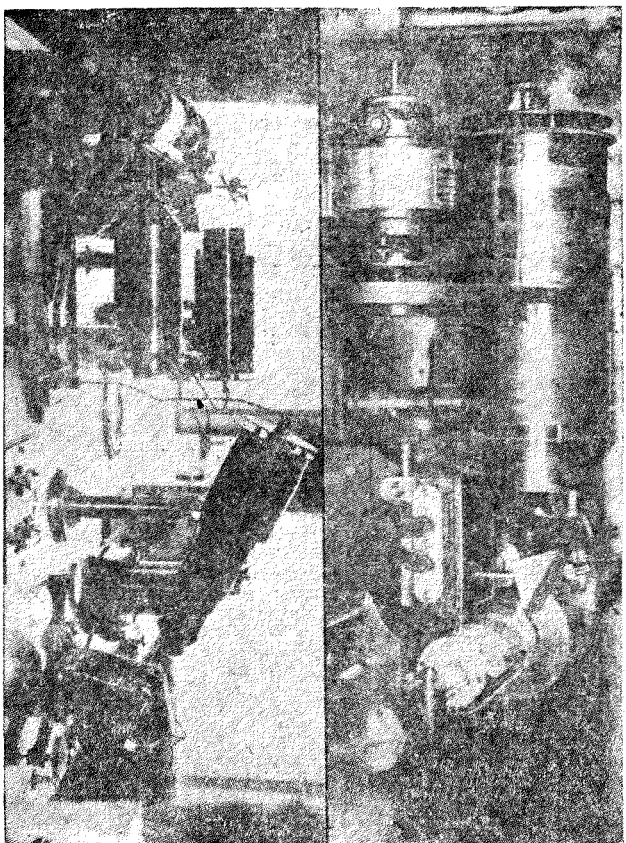
## 第十四章 傳真電報和電視





(上)發報機右有接照片的圓筒，筒左的箱內裝着光電池，再左的大圓筒，便是電燈，燈光經過三稜鏡而射在圓筒上。

(下)受報機中立的是電燈，其右是稜鏡盤，左筒裝有集光的透鏡。筒的右端有孔，在圓筒左面的八角筒，裏面捲着感光紙，能够旋轉。



第七十九圖 傳真電報

是兩極接連，發生循環電流。當較強的光線通過時，飛出的電子既多，電流便強；較弱的光線通過時，飛出的電子既少，電流便弱。凡光線如何變化，電流也就跟着變化。

分解的方法 怎樣把照片分解成爲許多細線呢？這個方法很簡便，就是把照片捲在圓筒上，圓筒中有一螺旋形的軸。這軸旋轉不息，照片即漸漸向前移去。再把集於透鏡 (Lens) 的一線強光，斜向圓筒面，使反射的光恰好射在光電池上。最初，光只從照片的一線細縫中通過，及後圓筒旋轉不絕，照片便被分解成爲無數細線，光線透過了濃淡不同的細線，忽強忽弱，於是電流也起同樣的感應，忽強忽弱了。如果圓筒軸的螺旋紋愈細，照片被分解的細線也愈細。

但光電池所起的電流頗弱，所以必須像無線電播音時一樣，用放大器使牠增強才可，因爲電流不强，仍舊不能傳達到遠方去。

## 59. 傳真電報的受報機

受報機將電流的強弱變成光的強弱，可用稜鏡盤 (Prismatic disk)。這是在電磁石之間，接鐵片，鐵片上裝小鏡子。磁石因電流的強弱而變化磁力，於是鏡子的角度也跟着變換。集於透鏡的一線強光，

射在鏡上，鏡面把光反射，射入暗室的小孔中，孔的下方愈下則愈擴大成爲三角形。孔底裝着透鏡，把這些光線再射在黑箱後面捲在圓筒上的感光紙；這個圓筒，中貫螺旋形的軸，按着發報機上裝有原片的圓筒同等速度旋轉，即可得到和原片同樣的印影。

現在我再將受報的情形，略略說一說罷。當發報機方面的光線通過白色時，即得強盛的電流，受報機的鏡面向上，不把光線由暗箱射在圓筒上的感光紙上，所以感光紙上的這部分，只顯現白色。如果發



第十八圖

交通部試驗中德間的無線傳真電報。

報機方面的光通過黑色，光線變弱而電流也弱，或者竟至沒有電流發生，於是受報機的磁石不起磁力，鏡面改變角度，將反射光直射暗箱，通過透鏡射在圓筒上的感光紙上，所以感光紙的這部分，只顯現了黑色。此外，發報機的光通過深淺不同的黑色，受報機的感光紙，也顯出深淺的黑色，因此，所映得印影，恰和原片相同。原來我們普通所見的照片，本是集合許多深淺不同的線條組成的啊。

傳真電報機上最重要的裝置，便是受報機上捲着感光紙的圓筒，牠的旋轉速度，必須和發報機上捲有原稿的圓筒一致，絲毫不可有些差異；否則感得的線紋，便不能和原稿被分解的線紋相同，以致組合的像形，發生歪斜或畸形等的變異。所以在沒有通報以前，非有精密的調製不可。

## 60. 我國最初試驗的無線電傳真電報

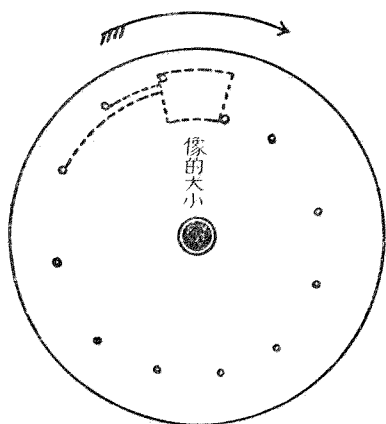
民國十九年六月二十六日，我國最初試驗的無線電傳真電報，即宣告成功，這次試驗的路線，乃南京與柏林間。關有這事，上海申報的南京電，記得非常詳細。現在我把他的記事錄下，因為這也是我國各種新事業中值得注意的一件。

『歐亞間長距離之無線電傳真電報，二十六日下午六時，在首都小營教導團內空地試驗，到交通

部長王伯羣、秘書宋述樵、電政司科長聿傳儒等。當由王部長接得駐德公使館的親筆電文云：「南京交通部王部長勸鑒蔣公使往遊北歐，茲乘德國無線電拍照之便，代候起居。駐德使館同人謹電。」字跡清晰，歷時僅四分半，即得到萬里外之真蹟，觀者羣爲驚異。關於通報情形，該機約分四部：一、天線，用定向天線二根，一作發射之用，一作反射之用，以便除去無用電波集中電力。該線方向，自東北以至西南，與柏林相對。桿兩根，係木製，形爲塔狀，兩桿約距四十公尺，高亦如之。二、電力，有煤油機及直流發電機各一座，用爲各種真空管及各小電動機之用。三、無線電機，有收音機一座，此機路程式係超級再生式，經高速波擴音器、檢波器、平衡器等，使所收電波，得保持常態，由此乃傳於傳真機上。四、傳真收受機，此機爲加祿魯氏式，一端爲電磁音發，乃振管絲路，與擴大器並重。管理器用以使旋轉，收受機方面攝影盒之電動機速率，與發報臺傳送器同一速率，同時並將所收電波，經加祿魯氏特製之電池，轉生爲光波，經三稜鏡等，折於攝影臺，而達於軟片上，成爲影像，所受電波力計十七公尺。聞發報臺傳送器機件，尙須複雜云。」

但是這次試驗以後，並無積極的進行，所以到現在我國人還不能利用這種新科學以傳達消息，

## 61. 電視的原理



圓板上的細孔按着螺旋形迴繞一周。

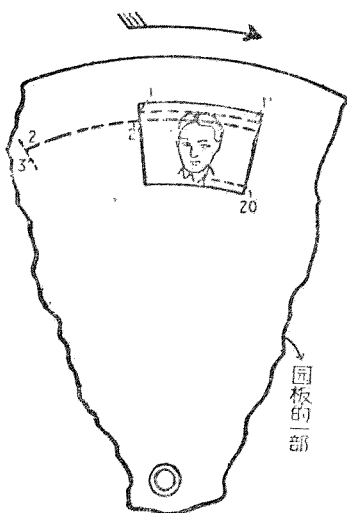
傳真電報每發一次稿，耗時約須四分鐘左右，如果牠能在一秒鐘的十六分之一時間內完畢，即一秒鐘內能發十六張以上的原稿，那便可以傳達活動電影了。因為活動電影原是將許多動作連續的照片，急速地映照出來的。我們根據了這個原理，已經發明一種能夠傳送實際物像的裝置。這就稱為「電視」(Television)。

將一張照片，要在一秒鐘的十六分之一的短時間內，傳達完畢，無論如何，總不是傳真電報的裝置所能幹得了的，因為牠必須將照片分解成爲許多細線，而受報方面，又得將許多細線一一組合攏來，耗費的時間當然頗多。現在我們另想方法，改用一個「圓盤」(Spinning disk)，在牠的四周鑿許多細孔，每個孔的位置，依次向軸接近，成爲螺旋形；並且細孔的位置愈後，兩孔相距的間隙也愈近。

## 62. 電視放送機

如果在圓板後面放一照片，則圓板旋轉時，第一孔旋過照片的上部，分解一條線紋；接着，第二孔旋過，分解得以下的一條線紋，及後；第三、第四……等孔旋過，等到圓板旋轉一周，這照片便被這些細孔所分解，於是所得的影像，以左右兩孔相離的間隙為闊，以第一孔和末孔的距離為高。再在照片的全面照

第 八 十 二 圖



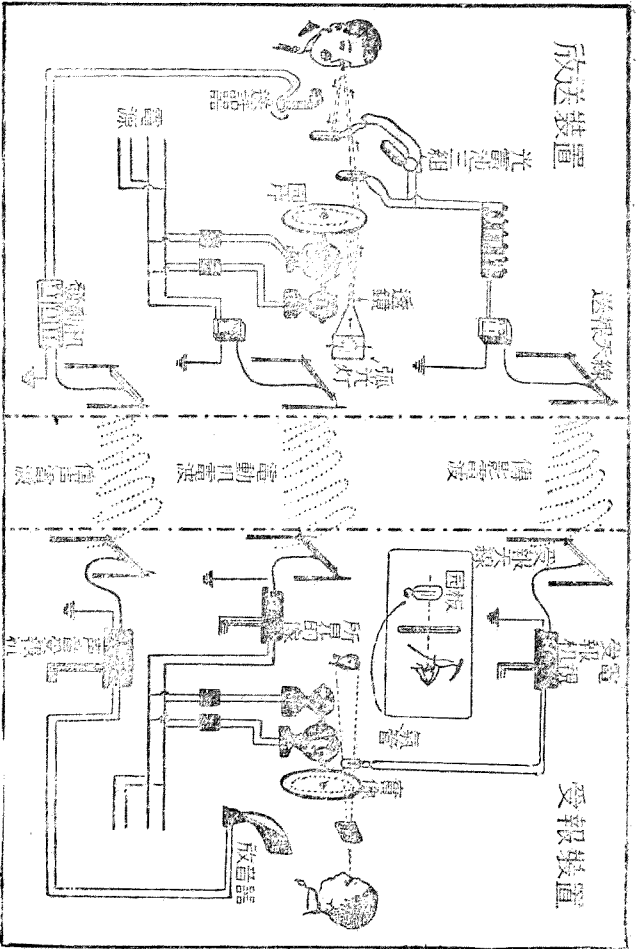
顯現在圓板上的像

着強光，於圓板前置光電池，則被圓板分解出來的深淺各異的線紋，即可由光的強弱而變成電流的強弱，和傳真電報一般的傳達出去。——這是說傳照片的話，如果我們站在圓板的後面，把面部的容貌使圓板分解成爲線紋，也能傳至遠方的，不過那時的裝置，和上述的略有不同，便是把發強光的燈放在圓板之前，

將光電池放在人面之前，使光線照在人面上，然後反射給光電池，使牠照着光線的濃淡，發生強弱不同的電流。

### 63. 電視受影機





第六十三圖 電視的發送機和受影機

電視的受影機，和傳真電報的受報機完全不同。傳真電報受報機是把強弱的光射在感光紙上，使牠顯出和原稿同樣的印影；電視的受影機是用氖管燈（Neon tube lamp），使牠感應強弱的電流而顯影。所謂氖管燈，便是在真空管內裝兩塊金屬板，充滿氖氣，當電流通過時，金屬板發現桃色的光；電流強弱不定，光色也跟着忽濃忽淡地發生變化。於是在前面和放送機一般的裝一個圓板，把牠按照放送機上的圓板同等速力旋轉，則從圓板的孔中，即可將忽黑忽明的金屬板上的光線，按着放送時所分解的線紋，組合攏來，成爲一個完整的影像。

電視受影機的重要裝置，牠那顯像圓板的旋轉速率，必須和放送機上圓板的旋轉速率一致；並且板上細孔的位置和大小，也不可發生絲毫的參差；否則，即不能將原像顯出，或竟至不能顯影，所以事前精密的調整，正是最重要的工作。

以上所述的裝置，要算是最簡單的，其他式樣頗多，並且也有許多改良的地方。但其構造原理，大概不過如此。諸君如果有意深加研究，請你去購閱專門研究電視學的專書；因爲我這本書，原是寫給一般人看的，所以只說明牠的原理就完事啦。

#### 64. 電視的裝置現在已進步到什麼程度了

按照前述的裝置，凡是圓板愈大，孔數愈多，則物像被分解的線數愈多而愈細；同時，照映物像的光愈強，所用的光電池的感覺愈銳敏，則傳達的影像也愈加清晰。但限於圓板的面積，孔數最多不過六十個，因此，物像被分解的線條，也不過六十條。至於受影機方面，於氙管燈的金屬板上的像，也極小，普通用擴大鏡放大，不過三十種平方而已；又因為每條線紋的闊，既達五耗左右，所以組合成的影像，似乎模糊不清，還沒有傳達活動電影的能力。

但時至今日，各國學者都在努力研究，時時改良，所以裝置愈精細，成績也愈加優良了。就中尤以英國貝爾特（J.L. Baird）所改良的最佳，幾乎能够傳達優伶扮演喜劇的面貌。將來還有怎樣的進步，我們現在當然無從預測，所以不得不等候學者們發表他們的試驗成績後再說了。

## 第十五章 電氣和化學工業

### 65. 電解

何謂電解 將金屬板兩塊浸入溶液中，作為兩極，接連電池，通以電流，則溶液便被分解，發生陰陽

離子：陽極吸引陰離子，陰極吸引陽離子，溶液即變其實質，這就稱爲「電解」(Electrolysis)。這時，電池方面因這化學作用而通電流；溶液方面則因流通電流而起化學變化。凡是受電而分解的溶液，即稱爲「電解質」(Electrolyte)。

例如電池，當硫酸水溶液分解陰游子的硫酸根和陽游子的氫游子時，把兩根玻璃管倒立在內，管內都滿貯溶液，一方爲陽極；一方爲陰極，通以電流，則硫酸根移向陽極，氫游子移向陰極，和聚在該處的電子化合，而成氫的氣體，變成泡沫昇入管內。硫酸根移向陽極時，如果陽極是銅或鋅，給與電子，即成硫酸銅或硫酸鋅，溶解於水。如果陽極是不和硫酸發生作用的鉑或碳，則硫酸根即奪取水中的氫而成硫酸，剩餘的氧即成泡沫上昇，充入管內。如此，電氣不絕的流通，上述的電解也就繼續不絕，直至溶液的濃度減低，至不能分解離子時而止。

**電氣鍍金** 在黃銅尺上想鍍一層金，可以把銅尺作爲陰極，金作爲陽極，在金的溶液內發生電解。這時溶液中的金，附著在銅的表面，溶液漸薄，陽極的金便逐漸溶去。這種溶液，普通大概用氯化金溶液，電壓大約二伏特便够了。此外，鍍銀、鍍鎳……等，皆可按照這個方法製成。

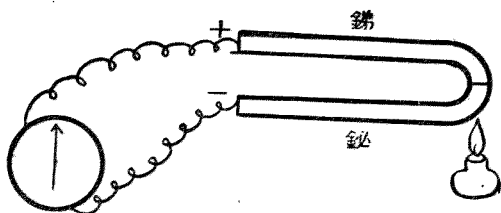
## 66. 電鑄

將不純粹的銅作爲陽極，純粹的銅版作爲陰極，浸入硫酸銅溶液中，使之電解，則不純粹銅便溶解於溶液中，除雜質沉在底下外，純粹的銅即移向陰極，附著在銅板上去了。便可以提鍊成爲純粹的銅板。凡是金、銀、鉛、鎳、錫、鋅等各種金屬，都可按此方法提鍊。

印刷上用的電鍍銅版 (Electrotype)，也用這方法製成的。因普通活字，全用鉛所製成，不耐磨擦，印不了幾萬次，字跡已很模糊。所以不得不排成鉛版以後，改製電鍍銅版。牠的製法：先將蠟版壓鉛版，得其一凹模型，在凹處塗石墨，作爲陰極；以銅板作陽極，同時浸入硫酸銅溶液中，使牠發生電解。於是石墨上附著銅，剝去蠟層，即得和模型同樣的銅製模型。又因爲型的全體，不必全由銅所製造，所以只要有一層薄的銅皮，祇求牠能够保持模型面即可，然後在牠的背面填入鉛質。這樣，模型的表面已是銅質了，牠的磨擦耐力，比較活字的鉛強得多，所以雖然和紙張印壓數萬次，字跡仍很清楚，不易模糊。——這個方法，便稱爲「電鑄」 (Electrotyping)。

## 67. 熱電流

發電機是靠機械的運動而生電流，通電入電動機，再變成各種的機械力。同樣的，發生熱的電流，我



第八十四圖 發生熱電流的簡單裝置

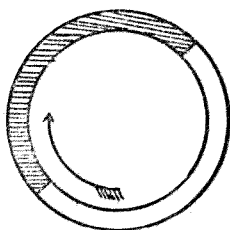
們也能把牠倒過來，使由熱而生電。

譬如把鉍 (Bismuth) 棒和錫 (Antimony) 棒一端相接，一端再用導線連接起來；在這導電的旁邊，置着磁針。裝置妥當以後，便在兩棒的接連處加熱，這時，磁針也就移動，由此可知導線上已有電流了。這種電流，稱為「熱電流」(Thermo-electric current)。發生熱電流的金屬，並不是專限於鉍和錫，只要用兩種不同的金屬即可，不過用鉍和錫，更為顯著，便於實驗。至於發生熱電流之較為顯著的，除去上述的兩種以外，又有鎳、水銀、鉛、鉑、銅、金、銀、鋅、鐵、碲 (Tellurium)、硒 (Selenium)。組合時，只要任擇兩種即可。凡連接處和接連導線一端的溫度之差額愈大，所起的電流便愈強。但這種電流很弱，例如鉍和錫，牠們連接處的溫度達攝氏表一百度，而接連導線的一端，却只有十度；兩端相比，計差九十度，所生的電流要算最高的了，但仍舊不及普通電池的百分之一！

發生熱電流的原因。

為甚麼在兩種金屬的連接處加電，便會發生電流呢？這個原因很簡單。金屬，

第八十五圖



兩種金屬接成的圓環

雖是都是導體，但導電力或強或弱，各各不同。現在，我們如果把兩種不同的金屬棒彎曲，兩端相接，成爲圓環。則連接處電導度較小的金屬，比電導度較大的金屬，吸引自由電子的力量較大，所以電子多流向這一端來。但兩端因爲已經接連，同時發生了這個作用；那電導度較小的金屬，兩端同時吸入同量的電子。電子既已平均，便沒有電流發生。可是，當連接處的一端加熱時，該處的電子，活動很盛；飛入他種金屬中去的數目便激增，而電導度較大的金屬，比較電導度小些的金屬，增加更速。但在另端的連接處，因爲沒有這樣的變動，所以兩處的電氣不能平均，便因此發生了電流。

**熱電池** 接合兩種金屬，使牠發生熱電流，稱爲「熱電池」(Thermo-Element)。但一個熱電池的電力很小，可的把許多熱電池，串聯在一起，則電力便按着熱電池數而增加，串聯的熱電池愈多，所起的熱電流也愈強。由許多熱電池組合的，稱爲「熱電堆」(Thermopile)。

但這種電池所起的電流，無論高至若何程度，總不能和發電機相比，所以不足以供實用。可是也並不是完全沒有用處。因爲熱電池有一個非常微妙的作用：即牠的連接處，溫度稍稍變化，電流的強度却

跟着變得很顯著。因此，我們只要測算牠的電流強度，即可知道牠那連接處的溫度。凡測算微弱的溫度時，可以把牠作為精密的溫度表。

這是誰都知道的，普通的溫度表，大都用水銀或酒精製成，所以測算溫度的範圍，非常狹小。如果要測算能夠熔鐵的高溫度，或使空氣凝凍的低溫度，便非用熱電池不可。因為用熱電池製成的溫度，不但測算準確，並且高至攝氏表三千度的高溫度，或低至攝氏表一度的百萬分之下，也能精確地計算起來。如果再加以某種裝置，牠還能把溫度的變化，隨時自動的記錄下來，因此，凡是工場中必須調整溫度時，用了這種溫度表，依據牠那自動的記錄，即可覺察火夫加煤的勤惰，這又是牠的另一方面的效用了。

## 第十六章 電氣和家庭生活

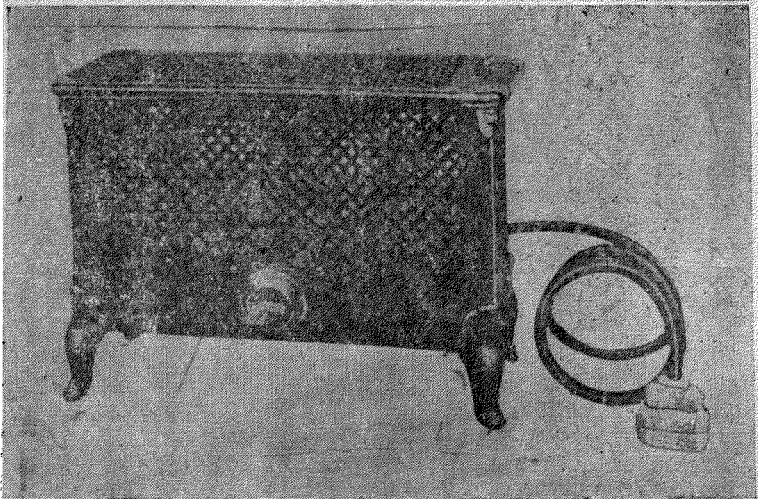
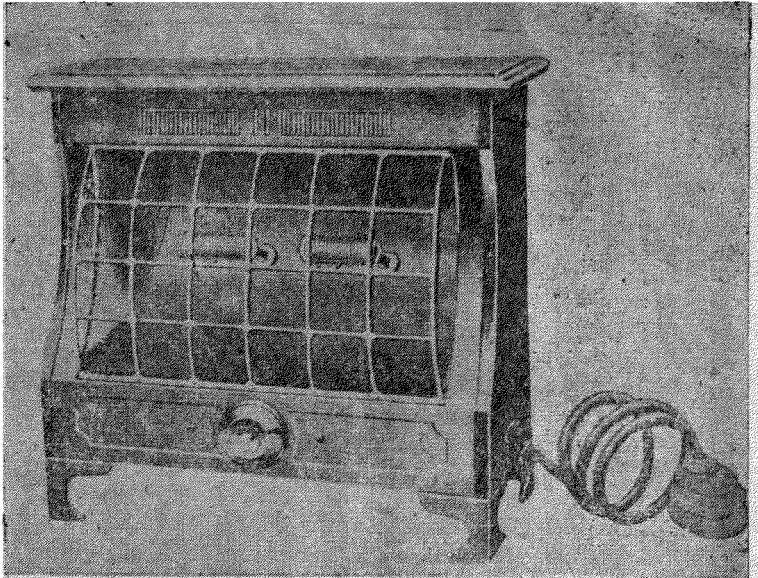
家庭間，日常生活利用電氣的方法，計有三種：一、利用電氣發光的電燈；二、利用電氣發熱的電熱器；三、利用電氣發生動力的各種器具。——關於電燈的話，已在第九章講過了，所以現在只說電熱器和電動器。



電流通過電阻很大的導線，便會發生高度的熱力，我們利用了這個原理，即製成電熱器。從各方面看來，用電流發熱的電爐，總比燒煤或煤炭的火爐好：一、不致釀成火災；至於因電線裝接的不妥，發生漏電等事，又當別論。二、清潔，因為電爐沒有火焰和烟塵。三、無害於衛生，因為牠不會像火爐的發生許多碳氣，混濁室內的空氣。四、能夠自由調節溫度，不使室內的溫度過高或過低。五、管理簡便，只要將電鑰扭振，即可啓閉，不必在旁看管。所以現在的都市間，已多數改用電爐，並且在經濟上算來，似乎也稍稍節省些。

**抵抗線** 用於電熱器中的導線，必須電阻頗強，雖然熱度很強，也不致熔化；又須和空氣中的氧不發生氧化作用。這樣，雖然種種合金可用，但現在最通用的，便是銀（Nickel）和鉻（Chromium）的合金，名叫「鎳鉻線」。牠的電阻力，比銅強至六十倍至六十六倍。

**電氣爐** 電氣爐，普通約分二種：一、放射式；二、對流式。放射式的電氣爐，把發生熱力的導線，捲在磁管上，後面裝一個反射板，使熱力向前直射。但熱力高至攝氏表八百度以上，通電過久，很容易破壞。這種電爐，放在小房間中，頗為適宜，所以西洋人的育兒室、浴室、會客室等，大都採用牠；另有一種圓形反射板的，能夠安放桌上，移動便利，所以用處尤廣。對流式的電爐，牠不將熱力直接射出，只把熱力射在附近的空氣中，使空氣發生對流作用，增高全室內的溫度。因為牠的發熱體，溫度比較低些，所以電阻力不必太



電氣爐 (上) 放射式 (下) 對流式

大，並且也不易切斷。凡是室內不需要驟然增高的溫度，這種電爐頗為適用。

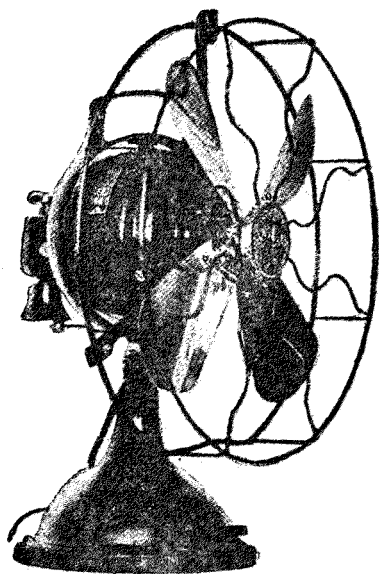
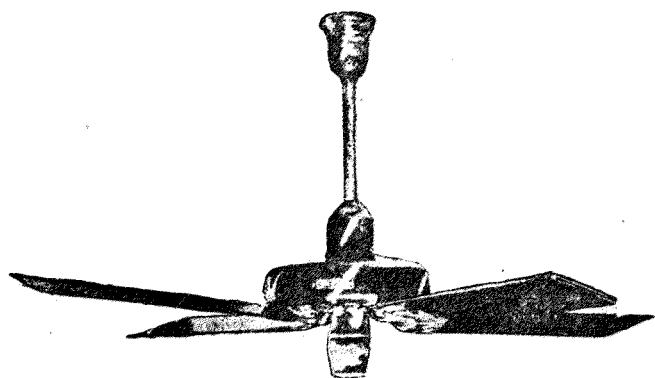
**電氣灶** 電氣灶的發熱部，密封在鍋子下的灶內，以防流通空氣，失散熱力。所謂發熱部，便是在磁質的灶面上，裝着直徑約在一分左右的阻電線圈，再裝入保溫的材料，以防熱力的逃散。於是灶內的熱力除電流通過時發生的外，更有留剩在內的熱力，所以溫度雖高，電力却很經濟。有些電灶，還附有電氣表和溫度調節器等，能夠自動調節電流和溫度的能力，不必勞我們在旁守候，這正是便利極了。

**煮水器** 有一種利用電氣的煮水器，用金屬棒製成，把這金屬棒投入水中，即能使水煮沸，凡是浴室內的用水，很可用這煮水器煮水，十分便利。此外，工業上須將膠、蠟等溶化時，或使器具消毒時，皆可適用。

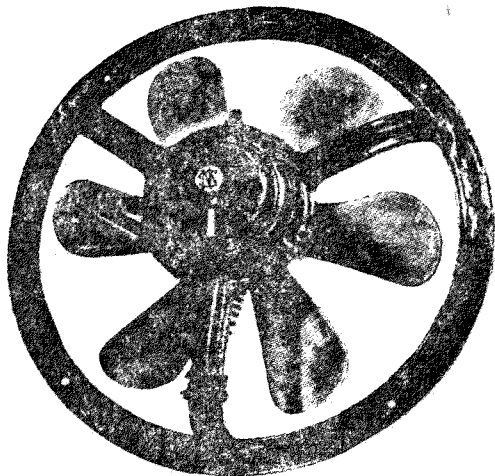
## 69. 利用電動力的家庭用具

**電扇** 電扇大概可以分爲兩種：一、是懸在天花板上的；二、是擱在桌櫃上的。無論牠的式樣怎樣變化，總是扇葉裝在電動機的軸上，流以電流，軸便旋轉扇葉也跟着旋轉不息。如果事前把扇葉面斜些，於是當牠旋轉時，壓榨空氣。這些被壓榨的空氣，即從旋轉面成直角流出，這便是風。至於扇葉，掛在天花板

第 八 十 七 圖 電 扇



(上) 掛扇 (下) 枱扇



第八十八圖 打氣風扇

上的，是用四枝或二枝的薄狹木板，長約三尺左右，放在枱櫃上的，則大都用四枚薄金屬板，普通長約十二吋至十八吋。

真空掃除器 真空掃除器，也是利用電

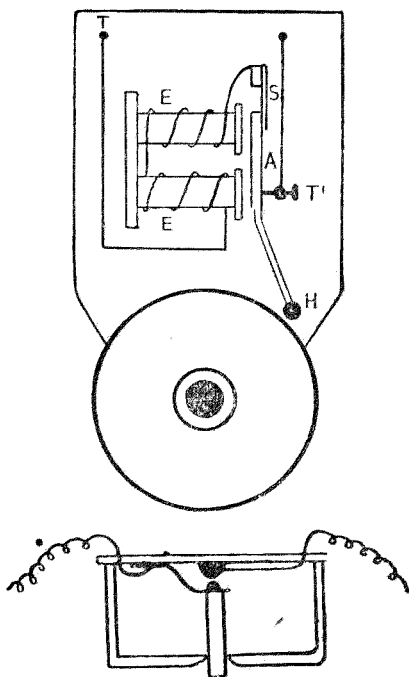
動機而製成的。牠的製作很簡單，不過在毛刷上裝電動機，電動機旋轉真空抽氣管，塵埃便被吸入真空室內，從另一個洞口裝入貯塵埃的袋裏去。西洋人的家庭間，非常通用，因為把牠沿着地板爬行，不但板面的塵埃給牠掃除乾淨，就是絨氈纖維中的微塵，也被牠吸收淨盡。這些，掃除房屋時，即可避免塵埃在室內飛

揚，不但手續簡便，並且對於呼吸上也很有益處。

電鈴 把電鈴的電鍵裝在大門外，有客人來訪問時，不必敲門，只要用手指按着電鍵，接通電流，則

裝在屋內的電鈴，即大聲作響。這時，屋內的人聽得鈴聲，知道門外有人敲門，便可出去開門，歡迎知己朋友來聚談。這是多麼愜意的事啊！至於電鈴的敲擊，不過是因為電路接通，電流傳至電磁石，使牠發生磁

第八十九圖



(上) 電 鈴 (下) 電 鐘

簧撥歸原處，這時又通電流了，電磁石又生吸力，又吸引鐵片，錘又打鈴。但打鈴時，電路又斷，鐵片又被撥歸原處了。只要電鍵被指頭壓着，接通電流，這樣的吸引反撥，便循環不息，所以鈴也被錘擊得響聲不絕了。

力，吸引鐵片；鐵片上附着一個小錘，錘因鐵片的移動，即敲擊附近的金屬鈴而成聲。請參看第八十九圖。當按住電鍵時，電流通過電磁石，E鐵片即被吸引，錘且便打鈴。但鐵片既被磁石吸引，T處的電流切斷，於是電磁石的磁力消失，鐵片被彈

指標器 凡是大旅社內的旅客，或公司的各部辦事室，呼喚侍役，如果用指標器，手續便非常簡便。因爲侍役不必候在身旁，也能呼喚自如。

指標器的裝置，和電鈴一般，也是利用電磁石的，即把每兩個電磁石接近，連成一組。在這兩個電磁石的中間，另有一個旋轉在軸上的棒磁石，牠的另一端則附着指標。在客室中押着電鍵，一方的電磁石因接通電流，發生磁力。但因欲在傍的棒磁石的極，和牠發生相反的磁極，所以把牠反撥，於是這個指標便顯露出來了。等到侍役聽得鈴聲，知道某號室在呼喚他，隨便把標蓋恢復原狀，則棒磁石也仍回原處了。

## 第十七章 X 光和極光

### 70. 真空放電

在沒有講述 X 光線以前，我得把人人稱奇的真空放電，詳細的說個明白。譬如：在細長的玻璃管兩端，把鉛板相對的裝着，各接導線，然後將管內的空氣抽出。但管內的空氣，無論如何是抽不盡的，總有若

子在內，所以兩根導線和高壓的發電機接連以後，管內便發生放電，最初因留剩的空氣尚多，故能發現美麗的光彩。這些光，按着管內的空氣量及電流的強度而變化，所以有時在陰極前發出一團光彩，但過了一回，便忽暗忽明。

真空管中爲甚麼會發生這樣的現象呢？因爲管內的兩塊鉑板，作爲兩極，一方積聚陽電，一方積聚陰極，原來所謂氣體，平時雖說不帶電的，但總是含着一些，所以當牠的某原子失去一個電子而成陽游子，則接受這個電子的原子，便成爲陰游子。這樣的變化，雖然僅限於氣體的極小部分，却是釀成放電的重要作用。因爲當電子回至電子不足的原子時，必須發生一種振動，這稱爲「電子振動」。電子振動時，使空間發生電波，於是我們才感得發現光彩。因此，當管內的空氣不過多或不過少時，被擠出來的電子既多，電子和原子的接合也多。於是因振動頗盛，便有強些的光彩現出。

**陰極線** 那麼，照上述的情形說來，如果管內的空氣非常稀薄，光彩便應該完全消滅。但揆諸實際，却並不如此。試在管內裝入極輕的鋁製輪，輪板正向陰極的鉑板旋轉時，管內並沒有光；如果把陰極的鉑板斜置，則和陰極鉑板相對的管壁上，發現了磷光。再用一塊塗着氰化鉑銀的螢光板，在管外和牠相對即發生美麗的光彩。又如果在管內置一塊鉑板，彎成凹形，使牠發現一處焦點，即能發生赤熱。



距今約三十餘年前，英國有一個學者名叫克洛克斯 (Sir William Crookes 1832—1919)，根據了上述的實驗，他說：「從陰極的鉛板所放的磷光，雖然目力看不見，但定是一種微粒，具有異常的速度直射所致。」所以他把這樣的光線，稱爲「陰極線」(Cathode Ray)。

## 71. X光

X光線的發見 當公歷一千八百九十五年，德人倫琴 (William Konrad Rontgen) 研究真空管放電時，他忽然發現攔在手邊而包裹好的乾片感光了。但乾片包裝在內，目光所看不見的，所以他想：「乾片所感受的光，定和普通的光線不同，或者能够透過不透明的物體吧？」被他研究了許多時候，才知道陰極線被擋而發現的磷光，能够透過玻璃管壁、厚紙、木板、鋁板及肉體等。但當時不知道這光線的本體究竟是甚麼東西，所以給牠取一個假定的名稱爲「X線」(X Ray)。因爲「X」的符號，在數學上本是代表一切未知的東西。

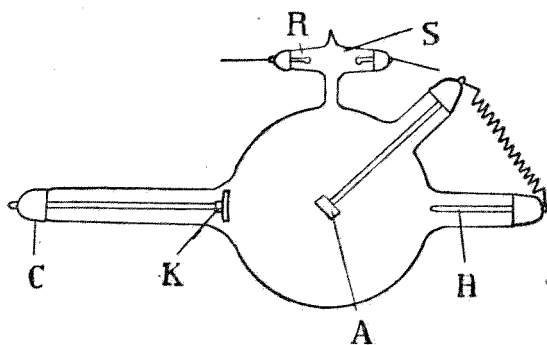
X線是甚麼 X線發見以後，英國的學者湯姆生 (J.J. Thomson) 追蹤克洛克斯的實驗，進一步而研究陰極線，才知道能用磁石力使牠彎曲。於是湯姆生把X線的謎，完全解釋明白了。他說：X線是一

種帶陰電的微粒，飛射頗速。牠的體重，約當原子中最輕的氫原子之一千八百分之一。

X線放射管中，必須用鉛板或鎢板，但不能把牠做陰極。因為鉛板和鎢板容易破壞，

所以陰極以不易破壞的鋁板為宜。

放射管中除去陰陽二極以外，還可以加一個副陽極（Antikathode）和陰極向對。但射出X線的陽極面，對着陰極須成四十五度之傾斜。管內的真空程度，和X線的軟硬，大有關係，所以必須加以相當的調節，務使牠的真空度能够保持相當的程度，不過高，也不過低。這是非常重要的。



第九十圖 X線放射管

## 72. X線的效用

用X線，可以看見目力所看不見的東西，在醫學上的效用最大。例如：醫生要檢查人體內部的創傷時，可以在暗室內，把X線射在塗着氰化鉀的板上，有螢光發現，這是倫琴所

發見的，但其他還有許多別種光線，也能發現這樣的光，現在我們却一概稱牠是X線。當檢查身體的內部時，如果久照X線，有害身體，所以應該在身後置一塊塗着氫化鉑的板，用攝影機攝取牠的影，以備詳細地檢察。

X線雖然能透過不透明的物質，但因線的軟硬，以及物質的分子疏密而差異；大概物體愈重，愈難透過。有時也因物質的分子排列不同，X線不易透過，例如硫化氧的分子排列，比較金剛石疏得多，但X線能透過金剛石，却不易透過硫化氧。也有許多透明的物體，普通的光雖能透過，但X線却不能，例如玻璃、水晶等都是。

用了X線，能够透視肉體，檢查身體的內部，使醫學上劃一新紀元，但牠的效用，尚不是只有這一點，更有許多疾病，可以用X光線直接治療的。關於這些話，我在本醫學常識上再說罷。

### 73. 極光

極光是甚麼。在終年被冰雪蓋着的兩極地方，既沒有紅花綠葉，又沒有葱鬱的樹林，照我們的想像，大概是非常淒涼的，一定沒有好風景可以欣賞。但是，在這荒涼的地方，却有一種又美麗、又神祕的幻

景發現，這就是「極光」(Aurora)；在北極的，稱爲「北極光」(Aurora borealis)；在南極的，稱爲「南極光」(Aurora australis)。

極光的形狀，種種不同。弧狀極光發現得最多，大都在北極的空際，現成半圓形，色黃，發生特異的光彩。線狀極光的形態不大變更，有時能够經歷數小時，或竟至數日。至於幕狀極光，牠的變化最多，光彩也最離奇。(請參看卷首的銅版插圖)。

發現極光的地方。極光並不是只限于北極和南極才有，別的地方有時也會發現的，不過距極愈遠愈少發現。據學者們的統計，西班牙每年只能見一次，愈向北去，次數愈多；英國每年約有五、六次，愛爾蘭 (Ireland) 每年約有三十次；北西伯利亞 (Siberia) 的海岸，每年竟有一百次左右了。

極光這東西，究竟是怎麼樣發生的呢？這個疑問，從前的人沒法解釋，所以除去覺得牠奇異、神祕以外，實在沒話可說。到了近來，電氣學已經非常進步，學者們鑒于發生極光時能够使磁針發生變化，所以大家以爲牠和地球的吸力，多少總有些關係；現在還在潛心研究中。

極光的研究。公歷一千八百七十二年，德人哥特斯坦 (Goldschtein) 對於極光，經過詳細的研究以後，他說：「極光的現象，由於從太陽中有帶電的微粒射來，受地球磁場的感應而成的。」這就是被稱

爲「電子流說」(Streams of electron)也是第一次對於極光的解釋。及後，荷蘭(Holland)的氣象學家包爾遜在格陵蘭(Greenland)各地觀察極光，發現這個現象是起於空氣的上層的，於是他便創「陰極線說」，謂極光之發現，由於太陽中射出來的陰極線，因和稀薄的空氣衝突而發光。但所謂陰極線，就是帶電的微粒，所以這個學說，並不怎樣新奇，不過將奇特斯坦的「電子流說」加一層解釋而已。

公歷一八九六年，瑞典的巴克萊特教授發見磁石之極，宛如透鏡的集中光線一般，能使陰極線集中。地球本是一塊大磁石，所以他以爲在兩極處發見極光，由於兩極處把從太陽中射來的陰極線，即電子，集中所致，當時他曾製成模型，獲得相當的實驗：他把一個不帶磁性的鐵球，懸入真空管內，在管的一端射入陰極線，和太陽光射至地球一樣，照射球的半面，然後使這鐵球帶磁性。鐵球帶了磁，陰極線便集中於球的兩端，環繞極處，成爲輪狀，便成了錐型的極光。巴克萊特根據了這個實驗，「極光的現象，是從太陽中飛出來的電子而成」，這句話，似乎可以確認的了；但經過許多學者們的仔細研究，仍是覺得解釋的並不十分確當。——巴克萊特本是電氣學家，在他的各種研究中，曾發明「空氣固定法」。這樣的功績，那是誰也不會遺忘的。

繼着巴克萊特之後，對於極光具有深確的研究者，要推挪威的數學家斯德米爾了。他發見從太陽

中放射出來的陰極線，感受了地球的吸力，便能會集於狹長的區域間；後來他把陰極線向地球上來的衝突進路，用數學的方法算出。據他計算的結果，有些陰極線雖然和地球接近了，但因發生了衝突，立即飛去；或是旋成渦形，來至地球的兩極；或是旋成渦形而仍舊飛去；也有些循着比月球軌道更大的圓環，圍繞地球，時時和地球接近；由是便釀成種種奇妙的形狀了。當他研究時，他也曾用分光器把顯現在高空中的極光，仔細檢查。

空中呈現極光的高度，最近據挪威的學者們計算，牠的底部平均約在一百公里以上，最高部約在一百四十公里至二百三十公里左右。由此可知離地面二百公里以上，尚有空氣存在。極光的顏色，普通是黃綠色中略帶藍白色；下端則帶着紅色；但有時牠也會突然變化，轉瞬之間，全部竟變成血也似的紅色。這種變化，或是由於形狀變化而顏色即跟着變換，或是由於顏色變換而形狀即跟着轉變，並沒有一定的。至於極光爲甚麼會變化這樣的急變，則各學者之間，主張各異，還沒有相當的定論。

