

新 中 學 文 庫
有 線 電 報

易 鼎 新 著

商 務 印 書 館 發 行

書叢小學工

報 電 線 有

著 新 鼎 易

行 發 館 書 印 務 商

有線電報目錄

導言	一
第一章 電磁基本原理	三
第一節 電路	三
第二節 磁鐵與電磁鐵	一五
第三節 電磁感應與自感應	二二
第二章 電源	二五
第一節 引言	二五
第二節 原電池	二六
第三節 蓄電池	三二
第四節 發電機	三六

第三章 模斯制電報·····	三七
第一節 概要·····	三七
第二節 模斯電報器械·····	四四
第三節 電報號碼·····	五一
第四節 轉電器·····	五五
第四章 雙工電報·····	六四
第一節 概論·····	六四
第二節 史登斯雙工電報·····	七〇
第三節 分極雙工電報·····	七三
第四節 橋路雙工電報·····	八二
第五節 雙工轉電器·····	八四
第五章 四工電報·····	八六

第一節	二信電報	八六
第二節	四工電報之概要	八九
第六章	自動電報	九六
第一節	概論	九六
第二節	鑿孔機	九八
第三節	發報機	一〇一
第四節	收報機	一〇四
第七章	電報線路	一〇七
第一節	架空線路	一〇八
第二節	電纜	一一一
第三節	報話兩用線路	一一二
第八章	水線電報	一一九

第一節 水線傳電之現象……………一一九

第二節 水線電報之收發……………一二二

附錄西文電報參考書目

有線電報

導言

電報西文名為 *Telegraph*，即「寫遠」之意。凡兩地以符號或聲音傳信之法皆屬之，不僅限於用電傳達者也。用電傳信之法，最初祇用靜電 (*Static electricity*)，其法於兩地間架設電線多條，以代表字母；線端近處懸置紙球，他端通以電氣，則紙球為電所吸拒，因得傳遞字母，以成字句。自伏爾脫 (*Volta*) 發明電池，厄斯忒德 (*Oersted*) 發明電流能偏轉磁針後，始有用磁針電報 (*Needle Telegraph*) 者。其法於一線圈之中央懸置磁針，當電流通過線圈時，磁針偏左或偏右，視電流之方向而定；乃以電流之斷續，及方向之正反，組織各種號碼，以為傳信之工具也。至英人斯 特劍 (*Sturgeon*) 及美人亨利 (*Henry*) 相繼發明電磁石 (*Electromagnet*) 後，美人模斯 (*Morse*) 乃於一八三七年發明模斯制電報；經過實驗與改良後，至今猶風行全球。惟模斯最初所

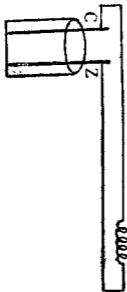
用器械，與今日所用者幾絕不相似。例如最初之莫斯繼電器 (Morse relay) 重三百磅，而今日所用者祇三磅左右。此則因電磁之原理，經探討而益闡明，器械之構造，經研究而愈進步，所以有今日之盛也。厥後又有自動電報制 (Automatic telegraph system) 與多重電報制 (Multiplex telegraph system) 之發明，使電報線路之工作能力大為增加。最近復創用載波 (Carrier wave) 電報，於同一線路上，同時應用數種載波以傳遞電報。無線電報 (Wireless telegraph) 經多年之研究與改良，亦已成爲完善之制度。顧其應用雖漸普遍，而亦有其缺點，決不能盡取有線電報而代之。故有線電報在今日所佔之勢力，並不因無線電報之推廣而遽衰滅；二者將有相得益彰之勢，決非處於競爭之地位。本書之範圍，祇限於有線電報，至無線電報，另有專書，讀者依次取而閱之，不難通其道也。

第一章 電磁基本原理

第一節 電路

電路 (Electric circuit) 爲一導線或數導線所組成之路；其中接入一電源，使電流 (Electric current) 得從某處起沿此路而行，復回至原處。第一圖表示一電路，其所接之電源爲一電瓶。電流從銅板 C 起，流經導線，以達於鋅板 Z，再經瓶中融液而回至銅板 C。當電流經過導線或融液時，遭遇反對之阻力，故電源須具相當之壓力，始能使電流不斷環行。

第一圖



歐姆定律 電路對於電流之阻力，名爲電阻 (Resistance)；電源所具之壓力，名爲電壓 (Electromotive force)。電流與電壓成正比，與電阻成反比。此爲歐姆定律 (Ohm's Law)。設以 I 代表電流， E 代表電壓， R 代表電阻，則歐姆定律可以下列三公式表示之：

$$(1) I = E/R; \quad (2) R = E/I; \quad (3) E = IR。$$

電阻之單位爲歐姆 (Ohm)，電壓之單位爲伏脫 (Volt)，電流之單位爲安培 (Ampere)。今設有四個電瓶 (Cells)，每瓶電壓爲 1.07 伏脫，內部電阻爲 2.5 歐姆，順序直列而成爲一電池 (Battery)，以接於具有一 0 歐姆之導線內，則依歐姆定律第一公式，可求得該電路內之電流如下：

$$E = 1.07 \times 4 = 4.28 \text{ 伏脫}, \quad R = 10 + (2.5 \times 4) = 20 \text{ 歐姆},$$

$$I = E \div R = 4.28 \div 20 = 0.214 \text{ 安培或 } 21.4 \text{ 密厘安培}$$

(每一密厘安培爲千分之一安培)

導線之電阻 導線之電阻，與其長度成正比。如一英里長之電報銅線，具有一 0 歐姆之電阻，則

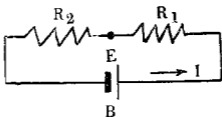
一百英里長之同樣電線，具有 $1000(10 \times 100 = 1000)$ 歐姆之電阻。又某種導線之電阻，與其截面積成反比；或與其直徑之平方成反比。例如九號（美規）銅線，直徑為 0.114 英寸，其電阻在華氏七十五度之溫度時為每英里 4.39 歐姆；如又一銅線直徑為 0.228 英寸，則其電阻祇有前者四分之一，即每英里 1.09 歐姆也。設以 R 代表電阻， L 代表長度， A 代表截面積，則可得公式如下： $R = PL/A$ 。在此式中， P 為比電阻（Specific resistance），其數值依導線材料之性質及所用之單位而異；即單位長度與單位面積之某種導線所具之電阻也。如長之單位為寸，面積之單位為平方寸，則比電阻為此種導體每一寸立方之電阻。銅之比電阻在攝氏零度時為每一英寸立方 0.0000627 ，或每一公分立方 0.00001594 ；鐵之比電阻在攝氏零度時為每一英寸立方 0.0000907 ，或每一公分立方 0.0000357 ，或每一公分立方 0.00000907 。銅鐵兩者，乃電報線路上之通用材料也。

導線之溫度係數 上述導線之電阻，指明在何溫度者，因電阻隨溫度而變化也。多數純潔之金類，溫度升高一度（攝氏表下做此），則電阻約增千分之四。此千分之四稱為溫度係數（Temperature-

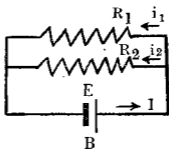
ratio (Coefficient) 德銀絲 (German Silver wire) 常用以製電報用之電阻圈者，其溫度係數約為純金類之十分之一，即溫度昇高一度，電阻約增萬分之四也。設以 R_1 代表導線在零度時之電阻， R_2 代表在 T 度時之電阻， a 代表溫度係數，則得公式如下： $R_2 = R_1(1 + at)$ 。 a 之數值，銅為 $0.004 \cdot 28$ ，鐵為 $0.006 \cdot 25$ 。架空電線，如設在冷熱氣溫相差四十三度之處，則電阻之變化，鐵線約為百分之二十六，銅線約為百分之十八。至電阻圈或電磁鐵上之線圈，其最高溫度往往須在六十五度以上，則電阻之變化，更為不可忽視之問題也。

直列與並列電路 二根或二根以上之導線，可接續聯絡，成為直列電路 (Series Circuit) 或並排聯絡，成為並列電路 (Parallel Circuit) 或直列並列同時並用，成為直並列電路 (Series-parallel Circuit)。第二圖表示二導線所組成之直列電路。一導線之電阻為 R_1 ，又一導線之電阻為 R_2 ，電池 B 之電壓為 E (長而細之線代表電池之正極，短而粗之線代表電池之負極，下做此) 通過 R_1 與 R_2 之電流為 I 。全路之總電阻 (電池內部電阻除外) 為 R_1 與 R_2 之和。設有第三導線，其電阻為 R_3 ，同樣直列聯接於電路內，則總電阻為三電阻之和。

第二圖



第三圖



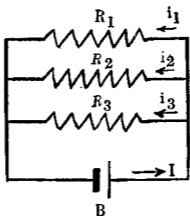
第三圖表示二導線所組成

之並列電路。電池 B 所輸送之電流 I 分爲二部分，一部分 i_1 通過 R_1 ，一部分 i_2 通過 R_2 ，兩者復會合而回至 B 。 i_1 與 i_2 之比，等於 R_1 與 R_2 之反比。 R_1 與 R_2 之聯合電阻或總電阻，比任何一電阻爲小；其數值可以下列公式求之： $R = (R_1 \times R_2) \div (R_1 + R_2)$ 。即總電阻

等於以兩電阻之和除兩電阻之積所得之商。上項定則亦稱爲分路定律 (Law of Shunts)

蓋一路可作爲他路之分路也。如一分路之電阻減至極小，則此分路稱爲他路之短路 (Short Circuit) 此時電流幾完全通過短路，而正路之效用頓形消滅。

第四圖表示三導線所組成之並列電路。總電流 I 分爲 i_1 及 i_2 三部分。總電阻可以下列公



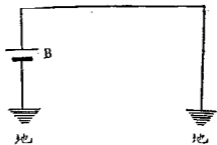
式求之： $R = (R_1 R_2 R_3) \div (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3)$ 。如三導線內，有兩導線並列，又與一導線直列，成爲一直並列電路；則可先將兩並列導線之總電阻求出，再加直列導線之電阻，得全路之總電阻。地回路 在上列各圖之電路內，電流常自電源之一端起，經過各導線而回至電源之又一端，此種電路稱爲金屬路 (Metallic Circuit)。在第五圖所表示之電路內，電流從電池之一端起，經過導線

後入地，再由地面回至電池之他端，此種電路稱爲地回路 (Ground-return Circuit)。蓋以大地爲電流之回路也。電報線路，多用地回路。

電位差與電位降

電位 (Potential) 或電位差 (Difference of potential) 在通常術語中，每

第五圖

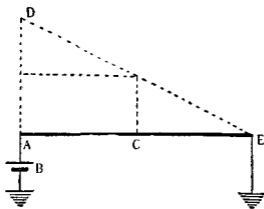


易與電壓 (Electromotive force) 發生混淆。實際上，應以電池或發電機為有一定之電壓；而接於其兩端之外部電路為有相當之電位差；此電位差隨通過之電阻而遞減，其在某一段內所減去之數量，即為電位降 (Fall of potential)。如電路為一粗細均勻及質

第六圖

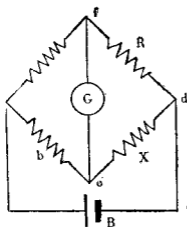
地純一之導線所組成，則電位在導線上平均降落；各處之電位差亦容易算出。

第六圖表示此種電路。如電池之電壓為一二〇伏



如電池之電壓為一二〇伏，則電位在導線上平均降落，各處之電位差亦容易算出。

脫，則 A E 導線上之電位隨電流之方向平均降落，至 E 處爲零。設在 A 處畫一垂直線，代表一二〇伏脫，再從線端 D 畫一直線至 E，則從導線上任何一點畫至 A E 線爲止之垂直線，即代表此點與大地間之電位差。如 C 爲中點，則垂直線代表六〇伏脫，此即導線中點與大地間之電位差。自 A 至導線上任何一點 F 之電位降爲 I 乘 R_1 ，R 代表此段之電阻；而該點與大地間之電位差爲 $E - IR_1$ ，或 $E(R - R_1) + IR$ ，R 爲自 A 至 E 之全路電阻。



惠斯登橋之電路

惠斯登橋 (Wheatstone

Bridge) 用於電報測驗，甚爲普通。雙重電報

(duplex telegraphy) 中有所謂橋路法 (Bridge

method) 者，亦是應用惠斯登橋之原理。此原理甚

爲簡單，即電路上任何兩點之電位相同，此兩點間

即無電流通過，是也。第七圖表示惠斯登橋之簡單

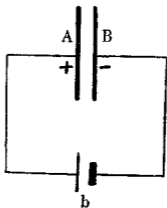
電路。a, b, R, 及 X 爲四個電阻，通常稱爲橋臂

(Ayrns) 其聯接如圖所示。B 爲電池，接於 c、d 兩點。G 爲測電器 (Galvanometer)，接於 e、f 兩點，如一橋然。在各個電阻未會配妥以前，電流從電池至 e 點分路，經過 a、b 以達於 e、f 兩點之後，或即經過 R 及 X 以達於 d 而回至電池，或自 e 流至 f 經過 R 以達於 d，或自 f 流至 e 經過 X 以達於 d。故測電器上之針，恆止於相當之位置以表示之。如將四個電阻配妥，則測電器上之針，可左右偏而止於零。欲達到此目的，須使 a 與 b 之比等於 R 與 X 之比。蓋如此則 e、f 兩點之電位相同，自無電流通過測電器也。設 a、b 及 R 爲已知電阻，X 爲未知電阻，則 X 之值可以下列公式求之：

$$X = (a/b)R$$

凝電器與電容量 兩隣近之導體 (Conductor)，中隔以絕緣物 (Insulator)，即成爲一凝電器 (Condenser)。凝電器之應用甚廣，在電報工作中，亦常用之。設以電池接於凝電器之兩導體上，如第八圖所示，則於絕短時間內，電流從電池之正極流往導體 A，復從導體 B 流回電池之負極。此種電流名爲瞬流 (Instantaneous current)，所以使 A 與 B 一荷正電一荷負電者也。迨 A 與 B 荷電滿量，此電流即行消滅。凝電器荷電之能力稱爲電容量，或簡稱電容 (Capacity)。如所受之

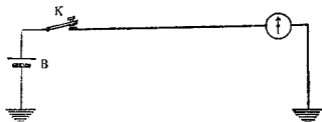
第八圖



體積雖小，而面積甚大。蓋凝電器之電容，在絕緣物不變更時，與導體之面積成正比，與其相隔之距離成反比也。

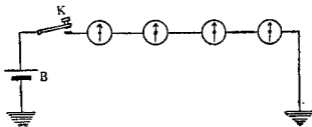
導線之電容量 導線懸掛空中，與大地成爲一凝電器，其電容平均分布於全線上，對於電流之傳送，發生甚大之影響，在長途線路上，尤爲顯著。研究電報工程者，應於此三致意焉。設有架空電報線，一端接於電池之一極，他端及電池之他端各接於地，另置電鍵 K 爲啓閉電路之用，如第九圖所

電壓爲一伏脫，而所荷之電有一庫倫 (Coulomb)，則此凝電器之電容爲一法拉特 (Farad)。庫倫爲電量 (Quantity of electricity) 之單位，法拉特爲電容之單位。但此種單位過大，不合實用。通常以兆分法拉特 (Micro-farad) 爲電容之單位，卽一法拉特之百萬分之一也。普通應用之凝電器，常以錫片 (tin-foil plate) 與蠟紙或雲母片相間組成；



示。當電鑰閉時，即有電流通過全線，線之遠端亦立刻受其影響；但此影響，於閉鑰之頃，極爲衰弱，漸次增強，至電流達到最大數量爲止。若以一量電流表插入線之遠端，則電路初通之時，表上指針不動，須至電流增大，足以感動表內器械時，指針方開始運動；表之構造愈精，則針之運動愈早；既動之後，漸次偏向一方，至電流達到最大數量時，針亦止於一定位置。在短距離之線路上，自閉鑰至電流達到不變數量所需之時間，自屬短暫；線路愈長，則此時間亦加長。設於線路上各處裝置電

第十圖



流表，如第十圖所示。則當電鑰閉時，最近電池之表最先表現電流之存在，以次及於較遠之表；每表開始動作，比前表較遲，直至最遠之表亦被感動，而表示電流之通過。

由上所述，可知電流並非全部立刻達到電線之遠端。其始初流入線路內者，為導線所保存，或儲積於其表面上；此種保存之量，視導線之電容而異；而電容又與導線之長短粗細，導線與地面相隔之距離，及兩者中間之絕緣物有關也。

電流通行於線路上，本無時間性，即無速度可言。但以導線具有電容之故，始初流入線路內者，為導線所吸收，須經過相當之時間，始能使電流全部發現於導線之遠端。故實際上當電路初通之頃，電流彷彿具有一速率；而導線上電容之結果，即使電流傳至遠端之速率減低。

電報者，以電流之斷續傳達信號者也。通報之電路常於一秒鐘內啓閉數次，即電流斷續數次；每次電路通時，須經過相當之時間，收報機始能發生動作。故長途報線上，於一定時間內傳達信號之次數，因受電容之影響，大為減少。在傳報速率本屬緩慢之處，尚不發生重大關係；若在高速率傳報之制度內，則線路上之電容，實為限制傳報速率之主要關鍵也。

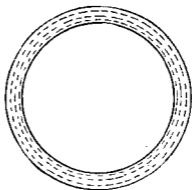
第二節 磁鐵與電磁鐵

天然磁鐵與人造磁鐵 天然磁鐵 (Natural magnet) 爲一種礦石，其化學成分爲鐵三氧四 (Fe_3O_4)，具有吸鐵之能力。如取而懸置空中，則一端常指南，他端常指北；指南之端稱爲南極，他端稱爲北極。又同名極相拒，異名極相吸，爲磁學上最早發見之定律。今如有硬鋼一條，以天然磁鐵磨擦之，則亦變爲磁鐵；此種磁鐵，稱爲人造磁鐵 (Artificial magnet)。人造磁鐵，亦可通電流於硬鋼之周圍以製造之（見後）。

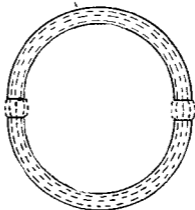
磁場與磁路 解釋磁鐵所生之現象，常假定磁鐵之一方有磁力線 (Magnetic lines of force) 射出，經過空中或各種物質，而回至他方；復經過磁鐵本身而與出發點相接合。凡磁力線所經過之區域稱爲磁場 (Magnetic field)；其所取之路徑稱爲磁路 (Magnetic Circuit)。物質中如鋼鐵等類，最容易通過磁力線者，名爲磁質 (Magnetic Substance)。其他物質如空氣之類，雖非磁質，但均能讓磁力線通過。至隔磁質，則未之見也。

設有磁鐵製成一環（第十一圖），即無吸引磁質之現象發生。此因磁力線在環內有絕好之

第十一圖

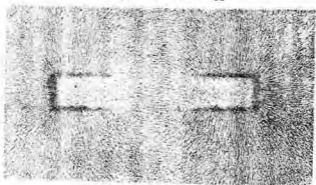


第十二圖



吸引之力甚強，其吸引磁質之力亦強。此因磁環切開，磁力線之良好途徑在分離處中斷；但空氣仍可傳磁，磁力線遂通過空氣，而復返於磁環。如以磁質持近分離處，則磁質之傳磁能力，較空氣為佳；且磁力線原有縮短自身之趨勢，因而產生一牽力；故磁質為所牽引而投入分離處，彷彿成為跨過空間之傳磁橋焉。

途徑可以遵
行也。今如切
開此環而分
離之，如第十
二圖，則磁之
現象，在分離
處明白表現。
兩部分互相



若磁鐵為一棒形磁鐵，則磁路僅有一部分為磁質；故磁力線須經過周圍之空氣，始能再入磁鐵。此種磁力線所取之路徑，可以實驗表示之。法將棒形磁鐵平置檯上，上覆以紙，揚籤屑於紙上而輕叩之，則見籤屑排列有規則之曲線形狀，如第十三圖所示。

永久磁鐵 人造磁鐵，能保持磁性，經久不失者，名為永久磁鐵 (Permanent magnet)。永久磁鐵，概以硬鋼受磁化製成。其所以用硬鋼者，因鋼經硬化之後，則其分子經過一度磁化，即永不變，更方向。在軟鋼或軟鐵內，平時各分子方向不一，使全體之磁性消失。如以之置諸強磁場內，則其內部分子容易排列成行，表現磁性；但外間磁化之力失去，則各分子仍恢復原狀。故永久磁鐵，須以硬鋼為之。此種磁

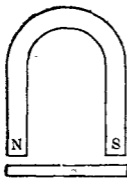
鐵製成之後，常浸諸沸水中數小時，則更耐用。

永久磁鐵之形式 永久磁鐵之天然形式為棒形（第十四圖），羅盤磁針即取此形式。但因磁極相距頗遠，故效用不大。最合實用者為馬蹄形磁鐵（第十五圖）；其兩極相距甚近，磁路因而縮短。馬蹄形磁鐵之又一種類（第十六圖）為混合磁鐵（Compound magnet）。此種磁鐵，須以同強度之磁鐵組成之；否則一磁鐵為他磁鐵之回路，其綜合效用反而減低。

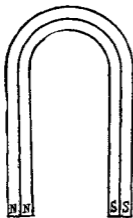
第十四圖



第十五圖



第十六圖

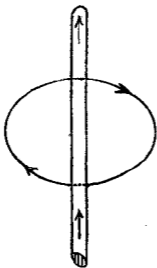


電與磁之關係

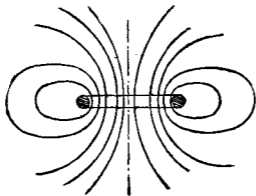
厄斯忒德 (Oersted) 於一八二〇年，發見電流之周圍有一磁場，其性質與磁

鐵所生之磁場無異。當電流通過導線時，試以磁針置諸導線之上下左右，則磁針常與導線相正交；可知導線之周圍，有磁力線存在。此種磁力線所取之途徑，即以導線為中心所畫之圓周也（第十七圖）。如導線彎

第十七圖



第十八圖



成一圓圈，則磁力線之形式亦變更，如第十八圖所示。若以磁針置於圓圈之中心，則可使磁針與圓圈之平面相正交。

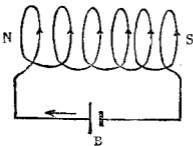
即此處磁力線之方向垂直於圓圈之平面也。

電流與磁力線之方向，可以「右旋螺釘之規則」定之。其規則曰：如螺釘旋轉之方向，代表磁
力線之方向；則螺釘進行之方向，代表電流之方向。二者
之方向，又可以「右手規則」定之。法將大指伸直，與其
餘四指成垂直，並略屈其

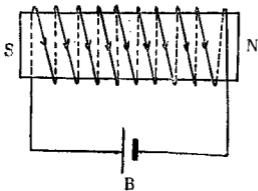
餘四指；則大指代表電流
之方向，其餘四指代表磁
力線之方向。

線筒 如將導線繞於

圓筒上，作螺旋狀，再將圓
筒抽出，即成一線筒 (wire
tube)。線筒通以電流，則

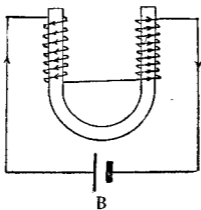


第十九圖



第二十圖

第二十一圖



所生現象，與棒形磁鐵大相類似。線筒兩端發生極性，能吸引磁質；磁力線通過線筒之內外（第十九圖）。所有電流與磁力線之方向，可以上述兩種規則定之。

電磁鐵 設將一軟鐵條插入上項線筒內（第二十圖），即成一電磁鐵 (Electromagnet)。當

電流通過線筒時，鐵條之磁性，極為顯著。但電流中斷，則磁性全失。其磁場與電流之方向，亦可以前述規則定之。

設將軟鐵條變成U字形，上繞導線，即成一馬蹄形電磁鐵（第二十一圖）。其磁性更為強大，蓋因兩極相距甚近，磁路縮短不少也。通常馬蹄形電磁鐵，因鐵條彎屈不便，且彎屈部分佔地太多，常以三塊組成，二塊稱為鐵心 (Core)，上繞導線。其餘一塊稱為鐵

軛 (Yoke)，供聯絡之用。電磁鐵常用以吸引另一鐵片稱為銜鐵 (Armature) 者，其相距愈近，則吸

引之力愈大。

電磁鐵之應用

電磁鐵之發明，爲電工界中之絕大貢獻。發電機之磁場，即利用電磁鐵而產生。

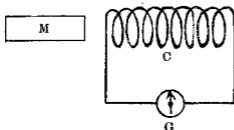
電工業中各種管理器械 (Control apparatus) 幾無不利賴電磁鐵之作用。電話器械上，電磁鐵之

應用，亦甚普遍。至於電報之發明，則完全根據電磁鐵之原理。學者於電磁鐵之理既明，則於電報之理，亦思過半矣。

第三節 電磁感應與自感應

電磁感應 設 M 爲一強磁棒，C 爲一海線繞成之線圈，其兩端接

第二十二圖



於極靈敏之測電表 G (第二十二圖)。若以 M 插入線圈 C，則測電表上之針移動，表示有電流通過。M 自線圈抽出時亦然，惟此時表上之針向他方移動，表示電流與前者方向不同。此種現象，稱爲電磁感應 (Electromagnetic induction)。其所生之電流，稱爲感應電流 (induced current)。但電流由電壓而生，故始初必產生一電壓，此

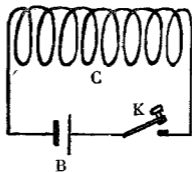
電壓稱爲感應電壓 (Induced electromotive force)。

若 M 不動，而以線圈移進移出試驗之，所得結果亦同。可知線圈之內磁力線或增或減時，即產生一電壓；如線圈之電路接通，即產生一電流。此電流之方向，可以楞次定律 (Lenz's law) 及前節所述之「右手規則」定之。楞次定律曰：因磁場之變化而產生感應電流；此電流所生之磁場，即反對原有磁場之變化。照此定律，當 M 抽入線圈時，線圈內之磁力線增加，感應電流所生之磁力線，即與增加之磁力線方向相反；當抽出 M 時，線圈內之磁力線減少，感應電流所生之磁力線，即與原有之磁力線方向相同。既知所生磁力線之方向，即可以「右手規則」推定感應電流之方向也。

發電機之構造，即依據電磁感應之原理。其線圈之運動（直流機）或磁鐵之運動（交流機），皆所以使線圈內之磁力線時增時減也。

自感應 第二十三圖表示一線圈 C 經過電鑰 K 而接於電池 B 。當電鑰閉時，電流必自零而增至相當值 I ，線圈內之磁力線亦必自零而增至相當值 ϕ 。但照上文所述，線圈內之磁力線發生變化時，則線圈上必有一感應電壓或感應電流產生。今線圈內之磁力線自零增至 ϕ ，則線圈上必有

第二十三圖



一感應電壓無疑。此種現象，稱為自感應 (Self-induction)，所生之電壓常稱為反電壓 (Counter electromotive force)，因其與外來之電壓相反也。電鑰開時，亦有感應電壓發生，但其方向與原來之電壓相同，因得產生一感應電流，以反抗磁力線之變化（楞次定律）。開鑰時發生火花，即由於此。

因自感應而生之電壓，常與單位時間內電流之變化成正比。如電流在 t 秒鐘內由零增至 I 安培，則感應電壓

$e = L(I/t)$ 在上式中， L 稱為自感係數 (Coefficient of self-induction) 或簡稱自感量 (Inductance)。

如 e 之單位為伏脫，則 L 之單位為亨利 (Henry)。凡電路內有自感量一亨利者，即電

流於一秒鐘內增減一安培時，其所生之反電壓為一伏脫也。亨利為甚大之單位，通常以千亨利

(Milli-henry) 或兆分亨利 (Micro-henry) 為自感量之單位。

電路內自感量之多寡，與導線之長短粗細有關；尤與電路內有無線圈及線圈內有無磁質有關。短距離之架空電線，自感量不大，對於傳送電流，影響甚小。但線路愈長，則自感量愈大；在極長之線路中，自感量每為阻礙傳電之主要原因。

電報線路上，除本身之自感量外，又須加以兩端所裝磁鐵線圈之自感量；故其綜合數量，不可忽視。照上文所言，自感量對於電流之增減，發生反應；結果使電流增減之速率減低。故於一定時間內，電流之斷續次數，即信號之傳達次數，須受自感量之限制。又直接通報之距離（指不用轉電站者），亦為自感量所限制也。

第二章 電源

第一節 引言

電源 (Source of current) 在電報工作中，佔重要之位置。苟無適當之電源，雖有精密之器械，

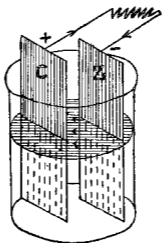
亦莫由顯其作用。電源可分爲原電池 (Primary battery) 副電池 (Secondary battery) 或蓄電池 (Storage battery) 及發電機 (Electric generator) 三項。茲於以下三節分別略述其梗概，俾讀者於研究電報工作之初，略知此重要之電源焉。

第二節 原電池

原電池之分類 電報線路有通路 (Closed Circuit) 與斷路 (Open Circuit) 之別。前者電源常接於電路內，後者電源祇於發報時接入。故原電池亦分爲通路式與斷路式二類。其能不斷供給電流者，謂之通路式；僅能暫時供給電流者，謂之斷路式。又原電池有用一種融液者，有用二種融液者。故又分爲單液式與雙液式二類。

英文 Battery 與 Cell 意義各別。後者相當於池字，應譯爲電池；而前者爲後者所組成，應譯爲電池組。但國人通常談話時，已將電池組稱爲電池，而將各個電池稱爲電瓶。故本書從俗，用此名稱；分言之爲電瓶，合言之爲電池。因恐讀者對於名詞意義發生混淆，故連帶述及（吾人以電池二字當電池組，而外人習慣則正與此相反，常以 battery 之名詞加諸 Cell）。

第二十四圖



簡單伏脫電瓶 第二十四圖表示一簡單伏脫電瓶 (Simple voltaic cell) 卽一銅板與一鋅

板浸於盛硫酸融液之玻璃瓶中也。銅板與鋅板稱爲電極 (Electrode) 硫酸液稱爲電解液 (Electrolyte)。若以導線聯絡兩電極，則有電

流從鋅板經過融液至銅板，復自銅板經過導線至鋅板。故自電瓶內部言之，鋅板爲電流之起點，應稱鋅板爲正電極 (Positive

electrode 或 anode) 銅板爲負電極 (Negative electrode 或 Cathode) 但自外

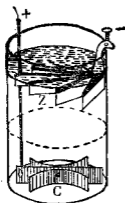
部電路言之，則銅板爲電流之起點；故通常

以銅板爲電瓶之正極，而以鋅板爲負極。當電瓶供給電流時，鋅板漸次消化，而銅板則依然無恙。其化學作用可以下列方程式代表之： $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$ 卽鋅爲硫酸所蝕，發生硫化鋅與輕氣。前者融解於水；後者變爲氣泡，或昇至水面，或叢集銅板上。銅板上積存氣泡，則發生成極作

用 (Polarization)。蓋銅與鋅之極性不同，而輕氣則與鋅不相上下。今銅板上積存輕氣，則兩電極之極性漸同，電流亦漸次停止。欲使電流復生，須將銅板上之汽體掃除，或用一種復極劑 (depolarizer)，使與氣體化合。又普通鋅板常包含雜質，如炭、錫、鉛、鐵等類。此種雜質與鋅發生局部作用 (local action)，亦使鋅板漸次消化。若鋅板鍍有水銀，則此弊可免。

原電瓶之式樣頗多，茲僅舉重力電瓶 (Gravity cell)、雷氏電瓶 (Leclanche cell) 及乾電瓶 (Dry cell) 三種，以概其餘。

第二十五圖



重力電瓶 重力電瓶用於通路制 (Closed

circuit system) 電報工作，甚為普遍。第二十五圖

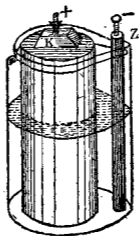
表示一重力電瓶。瓶係玻璃製，高約八英寸，直徑約六英寸。一個電極為鋅，即圖中 Z，懸於瓶邊。其他電極為銅，即圖中 C，置於瓶底；另以絕緣之銅線接於瓶外。瓶之上部為硫酸鋅 ($ZnSO_4$) 液，其下部為硫酸銅 (Cu

液。前者爲電解液，後者乃復極劑也。此兩液無須分別放入。其法先將藍石 (bluestone 卽硫化銅爲結晶體) 置於瓶底，再加清水，至蓋滿鋅板爲度。藍石易融於水，成爲硫化銅液。經過短時期之供電，卽有流化鋅發生；此物亦融解於水。但此兩種融液之比重，各不相同，故不容易混合。硫化銅液較重，仍留存瓶底。此重力電瓶之名所由來也。

重力電瓶之電壓約爲一伏脫，其內部電阻約爲二至三歐姆。此種電瓶須常使用，不斷供給電流；否則兩液體混合，黑色之銅堆積於鋅板上，須刮去之，方可使用。使用結果，爲產生硫化鋅與純銅 ($Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$)。前者融解於水，後者堆積於銅板上。故藍石與鋅二者皆爲消耗之材料。倘硫化鋅液過多，須以唧筒抽出少許，而以清水補足之。下部之硫化銅液，切不可動搖。電瓶狀況，可從融液之顏色知之。下部須爲深藍色，漸變爲淺藍色，至近鋅板處則須一清如水。倘融液顏色暗淡，或呈渾濁狀態，此乃應卽更新之徵。新電瓶內部電阻頗大，欲其迅速合用，可於兩極間接一短路 (Short Circuit)，經過二十四至四十八小時後，卽達平常狀態。或最初卽參用舊液，亦可減少內部電阻，使其立刻合用。電瓶室之溫度，須在華氏六十五度以上，否則電瓶內部電阻增加效率大減。

雷氏電瓶 雷氏電瓶用於斷路制 (Open-Circuit System) 電報工作亦屬普遍。其形式不一，第二十六圖表示雷氏電瓶之普通一種。其電極一為鋅條，一為炭精片。鋅條 Z 約半英寸大，外鍍水銀，置於盛鹽腦水之玻璃瓶中。瓶內另置可以透水之白泥罐，炭精片 K 即裝入罐中，周圍以炭層及氧化錳 (Manganese dioxide) 層和勻填實之。鹽腦 (Sal-ammoniac) 水即鹽化銨 (NH₄Cl) 液，通常以鹽腦一分水十分和勻之即得，以達白泥罐高之半為度，如圖中所示。

第二十六圖



雷氏電瓶之電壓約為一·五伏脫，內部電阻約有一歐姆。使用時，其化學反應以下列方程式

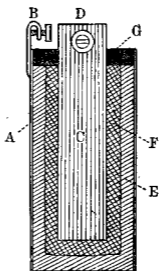
代表之： $Zn + 2NH_4Cl + 2MnO_2 \rightarrow ZnCl_2 + 2NH_3 + H_2O + Mn_2O_3$ 。即鹽化銨被分解為鹽素

(Chlorine) 阿摩尼亞 (Ammonia) 與氫氣 (hydrogen) 鹽素與鋅化合成鹽化鋅，阿摩尼亞融解於水，輕氣則侵入白泥罐，與氧化錳中之養氣化合而成水也。雷氏電瓶用於斷路制工作，最為適宜。

若用於通路制，而不斷供給強大之電流，則成極作用甚大，電壓銳減。蓋所生之輕氣未能立刻概與養氣化合，因而積存於炭極之上也。

乾電瓶 上述電瓶為濕電瓶。通用之乾電瓶（第二十七圖）即雷氏電瓶之變相。A為鋅杯，附

第二十七圖



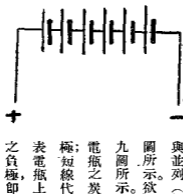
有接線螺釘 B。C 為炭精圓條，亦附有接線螺釘 D。鋅杯之底部及四周粘着一種電材料 E；其成分為鹽腦一分，鹽化鋅一分，石膏粉三分，麵粉〇·八七分，水二分。製造時，先將上述材料和勻成半流體，再以一圓棒塞於鋅杯之中央，然後將此

半流體傾入杯中；俟其稍硬，即將塞子抽出，而以炭條插入替代之。炭條周圍，另以一種材料 F 填實之。其成分為鹽腦一分，鹽化鋅一分，過養化錳一分，炭屑一分，石膏粉三分，麵粉一分，水二分。各物裝竣，即用膠質 G 封閉杯口，另以硬紙筒包裹杯身。此種電瓶之電壓約為一·四伏脫，其內部電阻約

爲一歐姆。使用時，其化學反應與雷氏電瓶同。

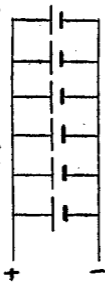
電瓶之組合 二個或二個以上之電瓶，以導線聯接之，即成電池。其聯接之法，有直列 (Series) 與並列 (Parallel) 二種。欲得較高之電壓，須用直列法，如第二十八

第二十八圖



圖所示。欲得較強之電流而不須增高電壓時，則用並列法，如第二十九圖所示。圖中長線代表電瓶上之正極，即重力電瓶之銅極，或雷氏電瓶之炭極；短線代表電瓶上之負極，即

第二十九圖



重力或雷氏電瓶之鋅極。直列時，各瓶電壓相加，總電壓爲各瓶電壓之和。並列時總電壓不變，總電流爲各瓶電流之和。

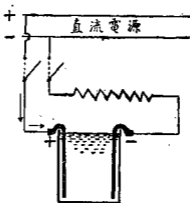
第三節 蓄電池

蓄電池之分類 蓄電池爲一種從電能 (Electrical energy) 變成化能 (Chemical energy) 再從化能變成電能之器械。有鉛蓄電池 (Lead storage battery) 及愛迪生鎳鐵蓄電池 (Edison nickel-iron storage battery) 二類。電報局所用者多爲鉛蓄電池；鎳鐵蓄電池則常用於輕便電車之電動機 (Electric motor)。蓄電池又有交連式 (Couple type) 與並列式 (Multiple type) 之分。前者瓶中祇有兩極片，一正片，一負片；後者瓶中有三或多於三之極片，正片與負片相間排列，各自聯絡，成爲正片組與負片組，負片組比正片組多一片。蓄電池之容量視極片之面積而異；故瓶中極片愈多，則其容量愈大。

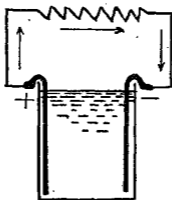
鉛蓄電池 以兩鉛板浸於盛淡硫酸之玻璃瓶中，卽爲一簡單之鉛蓄電池。如將兩鉛板接於一直流電源（第三十圖），使電流通過電瓶若干時後，再以具有相當電阻之導線聯絡兩鉛板（第三十一圖），則導線內有電流通過。前者謂之充電 (Charge)，後者謂之放電 (discharge)。充電時電流自正極入而自負極出，放電時電流自正極出而自負極入，如圖中所示。

現今通用之鉛蓄電瓶，其極板爲鉛錫之合金所鑄成，板面作格子形，格子內粘着一種有效材

第三十圖



第三十一圖



料 (Active material) 在正極板者為過氧化鉛 (Peroxide of lead, PbO_2) 其色棕紅，在負極板者為氧化鉛 (Oxide of lead, PbO) 其色淡灰。電解液為比重約 1.20 之硫酸液。放電時，兩極板上之有效材料概漸次變為硫酸鉛 (Lead sulphate, $PbSO_4$)。硫酸液之比重亦漸次減低，其化學反應為 $PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$ 。充電時，兩極板上之材料，仍恢復原狀。

硫酸之比重亦昇高，其化學反應可以上列方程式倒讀表示之。無論放電與充電，其與化學變化有關者，為極板上之有效材料，而支撐之鉛錫合金架不與焉。

鉛蓄電瓶之電壓，在充足電時，為二·五至二·七伏脫，但充電電流停止後，即降至約二·二伏脫。放電時，電壓再行降低，至降為一·八伏脫時，則不可再放，須即行充電。每星期或每兩星期須舉行逾量充電 (Overcharge) 一次。即於普通充電之後，再繼續充電若干時，至電壓在最後一小時內不再增加為止。

蓄電瓶之容量 (Capacity) 以安培小時 (Ampere-hours) 表示之，而以放電八小時為標準。如電瓶之容量為八〇安培小時，即用一〇安培之放電率 (discharge rate) 可放電八小時。如安培加大，則放電時間宜縮短，但最好以一〇安培為度，因放電過速，容量反而減小也。多數蓄電瓶，用直列法或並列法聯絡之，即成為蓄電池，其綜合效果與上節所述關於原電池者同。

蓄電池充電時所需之直流電，可直接取之於已有直流電源，或用電動機發電機組 (Motor-generator set)。如城市內祇有交流電源，則須用汞弧變流器 (Mercury arc rectifier) 或轉動

變流機 (Rotary Converter) 或電動機發電機組，將交流變為直流，方可用以充電。

第四節 發電機

發電機乃依據電磁感應之原理而製成。其構造與形式，讀者可於專書內求得之。本書為篇幅所限，未便敘述。

發電機須用原動機 (Prime mover) 以轉動之。此種原動機，可用蒸汽機、柴油機、或煤氣機。如城市內已有相當之電源，自以用電動機為便利。

大電報局之線路甚長，器械亦多，以直流發電機為電源者日衆。且此種電報局須備有各種大小不同之電壓，方敷應用；故發電機之數目較多。通行之制度有二：(一) 以八〇、一一〇、一六〇、二四〇及三八〇伏脫為總線電路工作之用。以八〇及一一〇伏脫為局部電路工作之用。(二) 以八五、一二五、二〇〇及三八五伏脫為總線電路工作之用，以四〇伏脫為局部電路工作之用。較高電壓之發電機常備二座，以供雙重 (duplex) 及四重 (quadruplex) 電報變換電壓方向之用。第三十二圖表示一種排列發電機之方法，其電壓數目係屬於上述第二制者。每一電報線路上，

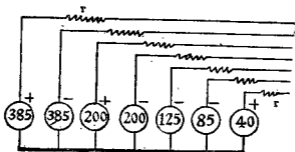
須裝置保護電阻 r ，以免發生短路時電流過高，發電機有損壞之虞。

第三章 模斯制電報

第一節 概要

基本原理 電磁鐵之作用，已於第一章第二節述及。今設有電磁鐵 M ，並配置一銜鐵 (Armature) a ；將 M 之線圈，經過電鑰 K ，接於電池 B 之兩端，如第三十三圖所示。電鑰閉時，電路完成，電流從電池之正極，經過 K 及線圈，而回至電池之負極。如是，銜鐵 a 為鐵心所吸，而與之接近，其上端止於前釘 f 。電鑰開時，電路中斷，電流停止，鐵心失其吸力；銜鐵乃為彈簧 S 所牽引，而

第三十二圖



止於後釘 *b*。由此可知銜鐵之位置，完全視電路之通塞為轉移。此即模斯制電報之基本原理也。

簡單模斯制 第三十四圖表示模斯制之簡單線路。K 為

發報電鑰，c 為通路電鑰，B 為電池，S 為收報器，亦名音響器

(Sounder)，L 為聯絡兩地之電線。音響器為一電磁鐵，其銜

鐵附着於一橫棒。銜鐵為鐵心所吸，則棒之一端下擊 *l* 釘；鐵

心之磁性消失，則因彈簧之回力，棒端乃上擊 *u* 釘。設甲局欲

發報至乙局，發報生先將通路電鑰 c 推開，如圖中所示。乃運用

電鑰 K，使電路時通時斷。電路通時，則音響器之橫棒下擊 *l*；

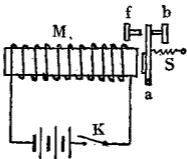
電路斷時，則上擊 *u*。故兩擊相隔之時間，即電鑰按下之時間。

此時間之長短，依一點 (dot) 或一畫 (dash) 所需之時間而定。乙局收報生，依其音響器所發之

聲音，以辨別其為點或為畫；再依點畫之組合 (模斯電碼)，以辨別其為何字母或為何字。照上圖

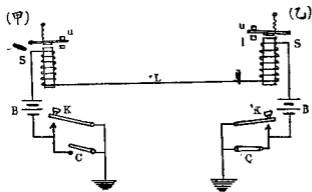
所示，發報生亦得聞其音響器所發之聲音，藉以知其所發之報有無錯誤，或兩局間之線路有無間

第三十三圖



B

第三十四圖



斷之弊。發報完畢，仍須將電鑰 c 閉合，俾他局報生得以發報。

上述制度，名為簡單模斯制 (Single Morse system) 或簡單電報制 (Simplex telegraph system)。此處「簡單」之意義，即在每一線路上，於某時間內，電信祇能向一方面傳遞，不能雙方同時傳遞也。每線祇須用報生二人工作，每局各一人。故此制亦可稱為單工電報制。又照上圖所示，兩局間之聯絡電線祇有一根，而以大地作回路。此種電路，名為地回路（見第一章第一節）。既可省用電線，復可減少電阻，因大地之電阻與金屬導線之電阻相較，殊為微渺也。惟導線與地之良好接觸，甚為

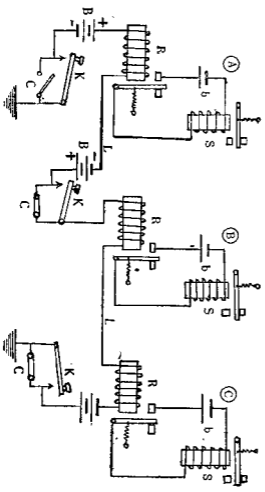
重要，通常用鐵管埋入潮濕之地下，或將導線接至自來水管上。

模斯繼電器之應用 音響器之銜鐵與其支棒，須具相當之重量，其彈簧亦須有相當之力量，始能發生清晰之聲音。故電磁鐵之吸力，不達到相當之限度，則不能顯其作用。但吸力之大小，又與電流之多寡及線圈之匝數有關。通常音響器需要一五〇至五〇〇安培匝數（Ampere-turns，即電流安培數與線圈匝數之相乘積）。在較長之線路中，電阻增大，電流減小，音響器遂難顯其作用，不得不用繼電器（*Relay*）以助長其力量。繼電器之構造，與音響器大致相同，惟其銜鐵較輕，並附有接觸點，用以啓閉一局部電路或本電路（*local circuit*）。音響器即接在本電路內。大概繼電器祇需要七〇至三〇〇安培匝數。故較小之電流，經過繼電器之線圈，使其銜鐵上之接觸點與一固定接觸點相接合，則本電路完成。復因本電路內接有電池（名曰本電池或局部電池），故音響器之線圈，有電流通過銜鐵，被吸而擊打，一如上文所述。

第三十五圖表示一用繼電器之簡單電報線路。B為總線電池或簡稱總電池，b為本電池，R為繼電器，S為音響器，L為總電線。此圖表示A、B、C三局聯絡通報，A、C為兩終端局（*terminal*）。

station) B 爲一中間局 (Intermediate station) 或副局 (Way station) 設 A 局發報生推棚

第三十一圖



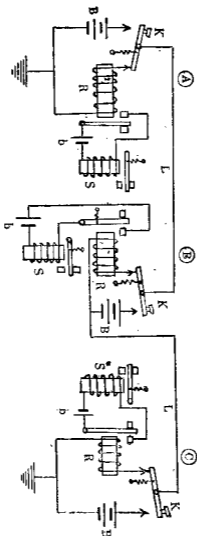
電鑰。而按下電鑰K，則三局之繼電器R皆有電流通過，其銜鐵俱被吸而使本電路完成；各音響器亦同時顯其作用。是各局之音響器，完全受發報局電鑰K之節制；繼電器不過為一接力之機關而已。本電路內電流之大小，完全視本電池之電壓與音響器線圈之電阻而定；不與總電線內之電流發生關係。

中間局之電池不通地，其理至為明顯，其負極與一隣局電池之正極通，正極須與又一隣局電池之負極通；否則發生電壓相反之弊。亦有中間局不裝電池，僅兩終端局或一終端局裝置電池者。但電源如集中於一終端局，則遇線路上發生短路時，其在短路以外之報局，皆不能收發電報。又中間局之數目，可多至數十，但在某時間內，祇有一局可以發報。他局如欲發報，自須候至線閉時為之。倘遇緊急事件，則無論何局，均可用電鑰。開斷線路，而用電鑰K以發報。收報局對於所收電報之任何部分發生疑問時，亦可用此法以開斷線路，而運用電鑰K以詢問發報局焉。

通路制與斷路制 第三十四圖與第三十五圖所表示之通報線路制度，名為通路制 (Closed circuit system)。各局不發報時，均須將電鑰。閉合，使全路接通；故平時總線上常有電流通過，耗

電自多，第三十六圖表示一斷路制 (Open circuit system) 之線路。在此制內，總線電路在平時

第三十六圖



實亦運通；惟不發報時，各局之電池均不接在線路內。故斷路實專指電池言，而總線不與焉。在第三十六圖內，B為總電池，b為本電池，R為繼電器，K為電鑰，S為音響器，一與前兩圖無異。惟電鑰K

之作用不同；不發報時，因彈簧之牽力，常使繼電器接於總線上，而電池不供給電流。發報時，將電鑰按下，則除本局之繼電器切出電路外，其他各局之繼電器，皆有電流通過；其音響器亦遂同時顯其作用。此制有二利：一因平時電池不接在電路內，耗電較少；二因電鑰K按下時，本局之繼電器切出電路外，故全路之電阻減少。惟每局須裝一電池，其電壓須敷全路通電之用；不如通路制之電池，可集中一局或二局，且其電壓有累積之功用也。又如用第三十六圖所表示之裝置，發報局之音響器，失其作用；故發報生不能聞其所發之信號。欲免除此弊，可將繼電器R之一端接於總線L，他端接於電鑰K之中點；而電鑰一端之固定接觸點，則直接與電池之一極相接，以通於地。或於總線上裝一測電表，亦可表示發報之狀況。

第二節 模斯電報器械

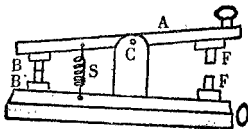
模斯制電報所用器械，有電鑰 (Key)、繼電器 (Relay)、收報器或音響器 (Sounder)、印信器或印點畫器 (Repeater) 等，茲分述之。

電鑰 電鑰所以司電路之啓閉；其一開一合，電流即或通或斷，而傳信之作用以生。第三十七圖



表示一明納爾電鑰 (Bunnell key)。O 爲一橢圓形之金屬底板，L 及 L' 爲兩金屬脚，L' 與 O 直接相連，L 則通過 O 中一橡皮管而與 O 絕緣。L 之上端有一圓椎形之帽 C，名曰砒，砒上嵌有白金尖頭。C 下伸出一金屬片 S。鑰桿 A 下面亦載有白金尖頭，名爲鎚，鎚適在砒之上。一彎曲之金屬片 M，名爲通路鑰者，裝置於底板上，如圖中所示。A 與 M 均附有硬橡皮之柄，以便使用。螺釘 F 用以調節彈簧，使兩白金尖頭在平時不相接觸。線路之一端接於 L，他端則接於 L'。底板與 A 相通而與 L 絕緣，故平時線路在 C 處中斷；但 M 若移置於 S 之下，則 O 與 L 相連，電路仍通。發報時先將 M 推開，則鑰柄上下移動，可使電路或通或斷。電鑰之接觸點，必須以白金爲之。蓋電鑰啓斷電流時，每有小火花發生；如用他種金屬，則易於氧化而生鏽，不久卽不適用，白金則不

第三十八圖



受氧化，且質堅耐用也。上圖所示之電鑰，因有兩脚，須穿過棹板而以兩螺絲帽固定於棹板之下面。亦有不用兩脚者，則可用螺釘固定於棹板上。另於底板上裝置兩接線柱，一與底板絕緣而與圓錐帽 C 通，一與底板通，即與 A 通也。

上述電鑰，祇可用於通路制。若用於斷路制，則構造須稍異。一則通路鑰可以免除；二則鑰桿上須裝載兩白金尖頭，以便與裝在底板上之兩白金尖頭相切合。此可用第三十八圖說明之。圖中 O 為底板，A 為鑰桿，F、F' 為前接觸點，B、B' 為後接觸點，鑰桿在中央 C 處懸起。平時因彈簧 S 之牽力，後接觸點常切合；鑰桿按下，則前接觸點切合，後接觸點分離。裝置之法，F 與電池不通地之一端通，B' 與繼電器線圈之一端通，鑰桿則與外面之總線通（參閱第三十六圖）。此可於底板上裝置三接線柱，一與底板絕緣而接於 F'，一與底板絕緣而接於 B'，其餘一柱則直接裝於底板上，以通鑰桿。



繼電器 第三十九圖表示一通用之模斯繼電器。電磁鐵為馬蹄形，其兩鐵心在右端以軟鐵塊聯接。線圈即裝在兩鐵心上。銜鐵之下端懸起如圖，上端則可往來運動於兩釘之間。前釘（即鄰近線圈者）裝於一黃銅架之頂部，並附有白金尖頭；後釘為絕緣體，裝於叉形之支架內。銜鐵之上端，亦載有白金尖頭。當其被吸前進，則兩白金尖頭相切合，可使本電路完成；否則為彈簧所索引，銜鐵上端止於後釘上，本電路中斷。線圈之兩終端與 b 、 b' 兩接線柱通，前釘與 B 柱通，銜鐵與 B' 柱通，如圖中虛線所示（黃銅架與銜鐵互相絕緣）。裝置時 b 、 b' 接於總線電路上， B 、 B' 則接於本電路內（參閱第三十五圖）。

繼電器之功用，在接受總線上之信號，而轉輸於本電路內，故銜鐵之運動，適可而止，不宜過多。此可用前後兩釘之螺絲部分以

調整之。鐵心對於銜鐵之吸力，可用右方之螺釘 A 以變化之；旋轉 A 可將鐵心移出或移進。天雨時路線漏電，隣近電池處之繼電器，常受過分之電流，須將鐵心移出，以減少其吸力。彈簧 R 之轉盤 S 裝載於 X 棒之一端；而 X 則可在 T 柱內移出或移進，因而改變彈簧之張力。惟彈簧切不可過於緊張，要使銜鐵發生迅捷之動作爲度，否則有破裂之虞。繼電器線圈之電阻通常爲一五〇歐姆，其感應度則視銜鐵之位置而異。電流停時，鐵心尚有殘磁 (Residual magnetism)，銜鐵每不能立刻退回。故調整前後兩訂時，務使銜鐵與鐵心不能密切接觸；蓋二者之間，稍留空隙，則動作較爲敏捷也。

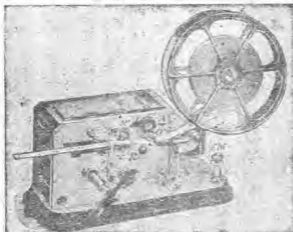
音響器

此器之作用，在得一清晰之聲音，以爲辨別信號之張本。繼電器之動作，雖亦有聲，但甚微小，難以辨別。欲得一較爲強大之聲音，則發聲之器械，必須具有相當之重量；其動作亦須敏捷，不得稍有遲緩。故音響器上之電磁鐵，須有較大之吸力，所用彈簧亦須具有較載之張力。電磁鐵吸力之大小，視其安培匝數而異，已於前節述及。通常之模斯音響器需要四分之一安培之電流，設其線圈匝數爲九〇〇，則安培匝數爲二二五（即九乘四分之一）；即此器須有二二五安培匝數，始能

第四十圖



得到完滿之結果也。今若以此器接於總線上，假定總線之電阻爲一二〇〇歐姆（此爲較長之線路），電池爲一〇〇〇重力電瓶（每瓶約一伏脫），則所得電流約爲〇・〇八安培，安培匝數祇有七二，與上述之數目相差遠甚。欲達到此數，勢非增加電瓶至四倍以上不爲功。此電報工作中所以必用繼電器以啓閉音響器之本電路也。第四十圖表示一常見之音響器。其直立之馬蹄形磁鐵，備有直列之兩線圈，圈端接於左方之P、P'兩接線柱上，以便接入本電池及繼電器（參閱第三十五圖）。A爲一黃銅桿，其中部載有銜鐵M，左端上部通以軸，懸於倒U形之支架內，以兩螺釘撐柱之，其鬆緊程度，可以隨時調整；下部繫以彈簧S，S之鬆緊，可以螺釘E調整之。桿之近右端處載有螺釘D，支架F之上端亦置有螺釘C，此



兩螺釘所以限制桿端之上下運動者。當電流通過線圈時，銜鐵為鐵心所吸，則螺釘D之頭下擊D架而發聲；電流通斷時，則因彈簧S之推力，桿端上擊螺釘C而亦發聲。此兩聲相隔之時間，即代表電流經過之時間，亦即代表電鑰按下之時間也。

印信器 模斯印信器 (Morse register) 亦名印點書器，係一種自動印出所收信號之器械。有用鋼鍼劃出者，有用墨輪印出者。第四十一圖表示一墨輪印信器。D為印輪，為箱內鐘機所運轉。I為墨滾 (ink roller)，載於A臂上，因受彈簧S之牽制，常輕靠D輪，故輪常染墨。R、R'為二滾盤，R'亦為箱內之鐘機所運轉，紙條即隨滾盤而向前移動。EM為電磁鐵，其銜鐵之支桿接長至印輪D之下面，並裝

第四十二圖



第三節 電報號碼

載一扁套，套面切有一槽，紙條即在套內移動。當電磁鐵之線圈有電流通過時，其銜鐵被吸，乃舉起紙條，使與印輪相接觸；電流停止時，紙條即下降，而與印輪分離。故紙條上印有長短之點畫，依電流通過之時間而異，是即電報號碼也。

捲紙輪 第四十二圖表示一自動捲紙輪 (Automatic Paper winder) 與印信器同時並用，甚為便利。其作用在將印好之紙條隨時捲起。輪盤 R 為鐘彈條 C 及齒輪所轉動，滾輪 X 用以壓平紙條，如圖中所示。

電報號碼 (Telegraph code) 或簡稱電碼，係以點 (dot) 畫 (dash) 及空位 (space) 三者所組成，用以代表字母 (letters) 數字 (figures) 及句讀符號 (punctuations) 者也。現有二種：一為模斯電碼 (Morse code) 美國及加奈大陸地電報專用之；二為大陸電碼 (Continental) 或稱通用電碼 (Universal code) 世界各國水陸電報均採用之 (美國及加奈大陸地電報除外，見上文)。

以時間長短論，一畫等於三點，每字母內點畫間之空位等於一點。在模斯電碼內，C, O, R, Y, Z等字母內之較長空位等於二點（通用電碼內無此種空位）；又L之長畫等於五點，O（零）之特長畫等於七點（通用電碼內亦無之）；每字中字母間之空位等於三點；每句中中字與字間之空位等於六點。

我國之字，非由一種字母所拼成；上項電碼，自不能直接應用。故每字以四個數字代表之，依字典之分部分畫法，順序排列，而成電報新編。收發電報時，須多一番翻譯工作，所費時間，自亦較多。惟代表各字之數目字，可不用通用電碼內之數字，而以縮短數字（Shortnumerals）代替之（此種縮短數字，點畫較少，見後表）。

茲將兩種電碼，縮短數字及通用之簡語分別列表，以便讀者練習。練習時須先將電碼（通用電碼及縮短數字等）記誦純熟。其法可將用點代表之字碼（E, I, S, H, 5）記熟；再將用畫代表之字碼（T, M, O, 〇）記熟；以次及於一點一畫（A, 一）兩點一畫（U, 二）三點一畫（V, 三）者；餘類推。電碼記熟，即可以手試按電鑰，以耳練聽聲音。按鑰之法，不可握之太緊。最好以食指置諸柄上，而

電 碼

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

Ä — — — — Ch — — — — E — — — —
 N — — — — Ü — — — — U — — — —

縮短數字

1	---	2	----	3	-----	4	-----	有 綸 電 程
5	-	6	-----	7	-----	8	-----	
9	--	0	-					

句讀符號

.		,	
;	-----	" "	-----
?	-----	()	-----
:	-----	-	-----
?	-----	-	-----
!	-----	-	-----

簡 語

空格	-----
發報開始(或結尾)	-----
請待	-----
有報	-----
無報	-----
請發	-----
錯誤	-----
符合	-----
請重發(從某字下起)	-----
請重發(從某字上起)	-----

以大指與中指當撐穩之用。手指須屈曲如弧，不宜堅直。以前臂與腕工作，置肘於檯上。而以指尖與大指當棒桿之終端用。按論時，用力務須均勻。時間務須準確。祇求無誤，不必求速。習之既久，自能純熟敏捷也。

第四節 轉電器

轉電器之需要 轉電器 (Repeater) 之作用，與繼電器大致相同，即裝於中間局或轉電局 (Repeater station) 內，將某線傳來之電報自動轉入他線者也。長途電報，不得不用轉電器，其理由有四：(一) 電線上之電阻，與其長度成正比，而與其截面積成反比，是線路愈長，則其阻力愈大，非用甚粗之電線，或用甚高之電壓，不能達到傳報之目的；然二者在事實上皆有限制，不能繼長增高。(二) 電線架在電桿上，雖裝有玻璃或瓷質之絕緣物 (Insulator 俗名瓷碗)，而此種物質，究非絕對絕緣體，仍有一部分電流得以走漏 (leak)，天雨時尤甚；故線路愈長，支撐電線之瓷碗愈多，則走電之機會亦愈多；電流達到目的地時，業已漏去不少，無由使收報之器械顯其作用。(三) 電線架在空中，與大地成一凝電器。線路愈長，則此凝電器之容量亦愈大；發報時電流須充滿凝電器

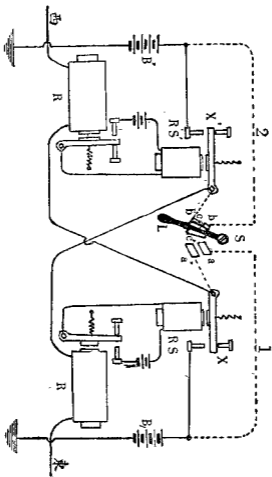
後，始能使收報器顯其作用，故傳報之速率大減。(四)電線上之自感量，隨線路之長度而增加；而自感量亦為限制傳報速率之重要原因。

設將長途報線，分為數節，每節裝置轉電器，自動將電報由一節轉至他節，則設備費可省，而傳電之速率亦增，且無煩中間局以人工方法代為傳遞。轉電器之種類甚多，有適用於通路制者，有適用於斷路制者，有可轉報於幾條線路內者。茲述數種，以概其餘。

按鈕轉電器 (Button repeater) 此為最初應用之轉電器，非完全自動式者，附裝電鈕

(Button) 一個，為變更轉電方向之用。茲以其表示轉電器之原理，甚為顯明，故先述及之。第四十三圖為此器之線路圖。R、R' 為兩繼電器，RS 及 R'S' 為兩轉電音響器。S 為電鈕，其柄 L 為絕緣體，下面載二銅片 c、c'，分列兩邊，互相隔離。電鈕底板上裝四銅片 b、b' 及 a、a'。L 柄轉至左方，則銅片 b、b' 為 c 所聯絡，a、a' 則分離；此時 RS 之接觸點 X' 為短線 2 所跨越，成一短路，如圖虛中線所示。設 L 柄轉至右方，則 a、a' 聯接，b、b' 分離；同時 RS 之接觸點 X 為短線 1 所跨越，亦成一短路。自東而來之電線，經過 R 以達 RS 之銜鐵，再由短線 2 經過電池 B' 以通地。自西而來之電線，經過 R'

第四十三圖



以達 a 之銜鐵而截止不通，如圖中所示。蓋此時 a 、 a' 既已分離。而 R 、 B 復未通電也。設東方報局

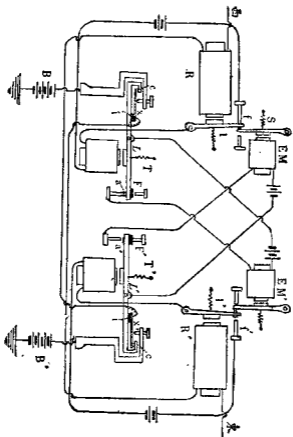
運用電鑰以發報，則電流經過R時， β 之本電路完成，接觸點X閉合，西方之電路乃得經過電池B以通地。電流中斷時，接觸點X仍復分離，西方電路亦因而不通。是西方電路之通塞，完全受 β 之節制，而 β 之則又受東方報局電鑰之節制，此即轉電器之作用也。同時照圖中所示，東方電路在轉電站內，因有短線2之裝置，決不受 β 之影響；故接觸點X雖因繼電器R之作用，時接時離，而不能啓閉東方之電路。此為最重要之點，讀者宜細思之。

上圖表示東局傳報至西局之情形。如西局欲傳報至東局，則轉電站之報生，聆悉此意，須將電鈕S之柄轉至右方。如是，東方電路乃受 β 之節制，而 β 又受西局電鑰之節制。其各部分之作用，讀者可自得之。

上述轉電器，須以人工管理一電鈕。此電鈕之作用，為使發報方面之電路，不致在轉電站內為對方傳報器之動作所開斷。完全自動轉電器之要點，即在於此。今述二種。

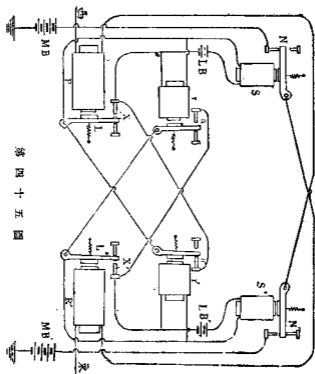
密爾根轉電器 (Milliken repeater) 此為一種電動機械式之自動轉電器，第四十四圖為此器之線路圖。R, R' 為總線繼電器。EM及EM' 為兩個額外電磁鐵，其銜鐵之一端懸起如圖T及T'

第 四 十 四 圖



爲傳報器 (transmitter)。其槓杆 L_1 在 i_1 處與 x 兩舌絕緣，又與 F_1 兩螺旋柱亦絕緣（圖中黑塊表示絕緣物如硬橡皮之類）。假定東方報局欲發報，發報生先將通路鑰推開（此爲通路制，讀者須注意），則繼電器 R 電流中斷，其銜鐵後退，將傳報器 T 之本電路開斷。此路既斷，則 α 之本電路亦在 a' 處中斷；其彈簧 S 即將銜鐵拉退，使緊靠繼電器 R 之銜鐵 l ，如圖中所示。同時傳報器 T 將西方電路在 x 處開斷。繼電器 R 無電流，其彈簧勢將拉退銜鐵 l ，使與前釘 f 分離，開斷傳報器 T 之電路，因而在 x 處開斷東方之電路。惟照上文所述， α 之銜鐵，早經被 S 拉退緊靠 l ，使 l 與前釘 f 切合，因而使 T 之本電路仍通，故東方電路亦通。設東局按下電鑰，則繼電器 R 與傳報器 T 之電路皆通。 α 之電路亦在 a' 處連通，其銜鐵即被吸而與 l 脫離。惟此時西方電路已在 x 處接通， l 被吸仍與 f 切合，故傳報器 T 之本路電仍通。東方電路得以維持不斷。換言之，即東方電路不爲對方傳報器所開斷。此乃轉電器之最重要作用也。設西局欲中斷收報，或欲向東發報，祇須將通路鑰推開，則傳報器 T 之電路在 f 處中斷，東方電路亦即在 x 處中斷。東局知其電路不通，乃推回通路鑰，以俟西局之動作。西局發報時，所有轉電器之作用，一如上文所述，不過傳報之

第四十五圖



方向相反耳。

納爾遜轉電器 (Nelson Repeater) 此器亦適

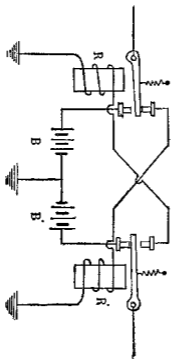
用於通路制者。其線路如第四十五圖所示。R、R' 為通常之總線繼電器；r、r' 為額外繼電器，其電阻為三〇或四〇歐姆。S、S' 為轉電音響器或傳報器；S、S' 管西方線路，S、S' 管東方線路。R、R' 各以其銜鐵管理 S 與 S'。本電路 L、B 之

電線。從繼電器 R 之銜鐵 l' 及接觸點 X 各展長至額外繼電器 r 之同樣兩處。本電路 Γ 亦同樣從繼電器 R 展長至額外繼電器 r 之銜鐵及接觸點 e' 。又本電路 Γ 及 Γ' 各跨接於額外繼電器 r 與 r 之線圈上。其理由可於下文見之。當總線繼電器 R 通電時，額外繼電器 r 之線圈各在 X 及 X' 處完全短接。

假定東方報局已推開通路鎗，將發報至西方報局，則繼電器 R 之電路斷，其銜鐵後退，如圖中所示。此舉使音響器 S 釋放其銜鐵；因額外繼電器 r 之電阻接在其電路內（此時 r 之短路已去），電流因而大減也。但 S' 雖失其吸力，而 r 則顯其作用；此因 r 之線圈匝數較多，銜鐵與彈簧均較靈敏，祇需較小電流，即能動作也。音響器 S' 既已失效，西方電路乃在 N' 處中斷。因之西方電路內之繼電器 R 亦不通電。惟東方電路則在轉電站內仍未中斷。蓋照上文所述， r 已動作，則本電路 Γ 已在 e' 處接通。故 R 之電路雖斷，而音響器 S 仍能保持其吸力，使東方電路仍在 N 處接通。如東局按下電鎗，則繼電器 R' 之接觸點 X 復合，額外繼電器 r 接有短路，亦即失其效用。同時音響器 S' 則恢復其吸力，使西方電路在 N' 處接通。讀者或以爲 r 既失效用，接觸點 e' 既已分離，則照上文所述，本

電路 L 、 B 內之電流勢將減少，音響器 S 必失其吸力，而使東方電路在 N 處中斷。殊不知此時西方繼電器已呈其作用，其接觸點 X 已經切合，故音響器 S 之吸力仍未變更，東方電路因之亦未在 N 處中斷。此種維持通路之法，殊為巧妙，讀者宜注意之。

第四十六圖



設西局欲發報至東局，其作用與上述者完全相同。不過以音響器 S 節制東方電路，而以音響器 S' 維持西方電路耳。

斷路轉電器 斷路轉電器 (Open-circuit repeater)

最簡單者如第四十六圖所示。 R 、 R' 為二繼電器，其銜鐵上各有兩個接觸點。不傳報時，總線及繼電器均無電流經過；兩銜鐵均

止於上接觸點，不與電池相通。設西方報局按下電鑰，則繼電器R'之銜鐵被吸與下接觸點相切合，電流乃從電池B'向東方線路流去，以感動東方報局之收報器。同時繼電器R之電路在R'之上接觸點開斷。故西方電路得以在轉電局內維持不斷。如東局傳報至西局，其作用亦與上述者相同，不過以繼電器R為傳遞之工具耳。

第四章 雙工電報

第一節 概論

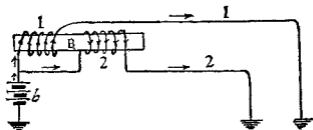
雙工電報之意義 上章所述電報制度，名曰簡單電報制或單工電報制 (Simplex telegraph system)；即在每一電報線上，於某時間內，電報祇能向一方面傳遞也。凡在同一電線上，同時傳遞兩個方向相反（即一往一來）之電報，謂之雙工或雙重電報制 (Duplex telegraph system)。每一雙工電報線上，須用報生四人，每局各二人，分司收發之職務。故每線之工作能力，較之單工制

適增一倍。電報線路成立之初，多用單工制；迨業務發展，工作繁重，即可裝置雙工電報器械，比之增設線路，費用較低。雙工報線上，不能設置中間局，以收發電報。但長途報線上，仍可裝置轉電器，以司傳遞之事。

在單工線路上，一局發報，各局收報器（連本局之收報器在內）同時響應。今欲行雙工制，必先設法使本局所發之信號，不干涉本局所欲收之信號。故收報器必須特別製造，使其響應遠局發來之信號，而不響應本局發出之信號。滿足此條件之方法有各種；其最重要者為差捲法（Differential method）與橋路法（Bridge method），茲分述之。

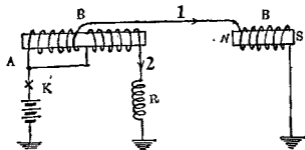
差捲法 照第一章第二節所述，軟鐵條上，繞以線圈，通以電流，則鐵條變為磁鐵；其一端為北極，他端為南極，視電流之方向而異。又鐵條內磁性之強弱，在相當限度內，與電流之多寡成正比例。設 B 為一軟鐵條，上套兩個方向相反之同樣線圈，其一端各接於公共電池 b 之正極，他端則各以同樣之電線 1 或 2 通地，如第四十七圖所示。兩線圈及兩電線之電阻，既各各相同，則兩電路內之電流亦相同（並列電路內之電流與其電阻成反比例）。線圈 1 內之電流，欲使鐵條之一端（圖中左

第四十七圖



有線電報

第四十八圖



端)變為北極;而線圈2內之電流,則欲使該端變為同等強度之南極。兩種磁化力量適相抵消;故鐵條內不發生磁性。凡鐵條上如此繞線,謂之差捲(Differentially-wound)。繼電器上之線圈,照此法繞成,謂之差捲繼電器。蓋此器之動作,在乎兩線圈內電流之相差也。

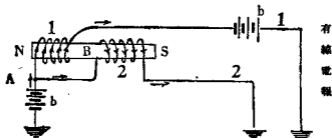
設在第四十八圖內, B 代表變工電報中之本局繼電器, B' 代表遠局繼電器(圖中 B' 磁心

上僅示一線圈。欲使本局電池之電流平均分配於B之兩線圈內，故在線路2內置一線圈R，其電阻等於B與B'間電線之電阻，再加遠局線圈B'之電阻。結果鐵心B不受A處電池電流之磁化，而鐵心B'則受其磁化。設於線路之K處置一電鑰而啓閉之，則鐵心B不受影響；而B'則受磁失磁，一如單工制線路上之繼電器焉。

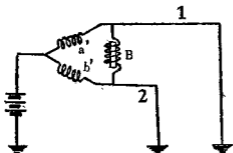
設於線路上之兩端，各置差捲繼電器，並各裝置電池電鑰及電阻圈等。則各繼電器不受本局電池之影響，而遠局電鑰或發報器之一舉一動，則皆顯其作用。

第四十九圖中之B可與雙工繼電器相當。B'為線路1上之遠局電池。兩線路之電阻假定相等。電池b'之電流與電池b之電流同方向，其電壓亦假定相等。結果線路1上之電壓加倍，其電流（亦即本局繼電器線圈1內之電流）亦加倍。而線圈2上之電壓並未增加，線圈2內之電流仍與前第四十八圖所示者同。此線圈1內之過剩電流，能使鐵心感受磁化，猶之鐵心祇有一個線圈，其電流從一個電池而來也。設線路遠端電池之電壓與A處電池之電壓相反，結果將使線路1上無電流。但線路2上並無反對電壓，電流自當從A處電池經過線圈2及線路2以入於地；鐵心因

第四十九圖



第五十圖



之受其磁化。由此觀之，線路 1 兩端之電池，無論其為相反抑相助，結果皆同；即本局繼電器之動作，繫於遠局電鑰之動作也。

橋路法

此法係根據惠斯登橋 (Wheatstone bridge) 之原

理；即電路上兩點之電位相同，此兩點間即無電流通過也。設在第五十圖內，B 代表繼電器，跨接於電線 1 與 2 之間，即佔第一章內第七圖橋之位置。此繼電器上祇須繞一個線圈，a' 為兩個電阻圈，置於惠斯登橋兩臂之地位。假定此兩臂之電阻同，電線 1 與 2 之電阻亦

同，則橋路兩端之電位同。故橋路內無電流通過，B之鐵心不受磁化。今若於線路I之遠端置一電池，則橋路兩端之電位大不相同；電流將自電位高處流至電位低處，鐵心B自當感受磁化。

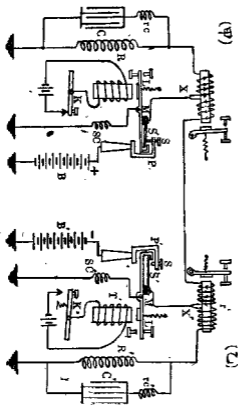
設於電報線之兩終端，爲上述同樣之佈置，則橋路兩端電位之變化，起於遠局電鑰之動作者，將使電流通過橋路上之線圈，而令其鐵心感受磁化。

綜言之，上述兩種方法，差捲法以產生相等之電流爲根據，橋路法以產生相等之電位爲根據。在單工電報線上，一處電鑰之開合，影響全路之通塞；一處中斷，則他處無法使通。今欲於雙工報線上，雙方同時收發電報，則全路萬不可頃刻不通；即發報之動作，不能使電路或通或斷也。此可於電鑰或發報器上爲特別之裝置，其詳細情形將於下兩節述之。

雙工電報有單流(Simple-current)與雙流(Double-current)之別，前者以電流之增減爲作用，後者以電源之變極(Reversal of polarity)爲作用；而二者又皆可用差捲法或橋路法。因此發生四種可能之制度。惟雙流比單流效率較高，應用較廣；而陸地電報多用差捲法，海底電報則常用橋路法。

第二節 史登斯雙工電報

器械之聯絡 單流雙工電報之用差接繼電器者，因係史登斯 (Stearns) 第五十一圖



所發明，故亦稱爲史登斯雙工電報 (Stearns duplex)。第五十一圖爲各項器械之簡單聯絡圖，表示甲乙兩局，用同樣之器械，聯絡通報。T, T' 爲發報器 (transmitter)，其電磁鐵之線圈，接於一

局部電池，以電鑰K啓閉之。R、R'爲假線路 (Artificial line)，用以抵當真線路者；另以凝電器及電阻與之並列，使與真線路之性質切合。r、r'爲差捲繼電器，其接於總線路之線圈，謂之總線線圈；接於假線路之線圈，謂之假線線圈。B、B'爲總線電池。S、C及S、C'稱爲火花線圈 (Spark coil)，其電阻與總線電池之內部電阻相當。

發報器 發報器T或T'有一橫桿L，其一端彎轉如圖所示。L載有絕緣物M，上裝鋼條S'，稱爲舌，伸至L之彎端下面。金屬柱P裝置螺釘S，其下端與舌S'相近；如桿端略一舉起，則與舌相接，如圖中左方所示。S'接於繼電器之中點，P接於電池之一極，L通地。故發報器開時（即電鑰K開時）總線通地，如圖中右方之所示；發報器閉時，總線通電池之一極，如圖中左方所示。此發報器亦稱爲維持通路之發報器 (Continuity preserving transmitter)。因S、S'及L三者之裝置，使總線由電池而移接至地線時，電路常通，不發生間斷也。讀者試一閱上圖，即可明瞭此意。

器械之動作 上圖表示T閉、T'開之情形。甲局之電池B通總線，乙局電池B'則不通，但總線在乙局內通地。電池B之電流在X處平分，一半通過總線至乙局入地，其他一半則經過假線路R入

地。結果因 B 之電流在繼電器 r 之兩線圈內方向相反，對於 r 不發生影響；而在乙局繼電器內，則祇總線線圈有電流通過，故鐵心感受磁性，銜鐵因而被吸，使乙局收報器之本電路完成。讀者試一閱上圖即知電流不僅通過乙局繼電器之總線線圈，亦通過其假線線圈，但因 B 大於 $\frac{1}{2}C$ 之故，此電流甚小，且其方向為助長鐵心之磁化者，故結果不變。

設 T 開，T 閉，則乙局繼電器不受電池 B 之影響；而甲局繼電器，則被其感動。如 T 與 T' 同時閉合，將 B 之正極接於 X，B' 之負極接於 X'，則各繼電器總線線圈內之電流將二倍於其假線線圈內之電流。此因總線電路內之電壓增至二倍，而假線電路內之電壓仍未變更也。結果各繼電器之鐵心感受磁性，其銜鐵因而被吸。

由上所管，可知甲局之繼電器，僅受乙局發報器之影響；乙局之繼電器僅受甲局發報器之影響。此鑄方所以能同時收發電報也。

假線路 假線路內常備一變阻器 (Rheostat)，其電阻可由 10 歐姆遞增至 1100 歐姆，以便與總線之電阻成平衡。但總線上不但有電阻，兼有電容量（參閱第一章第一節），設假線

路內無電容量，則因總線之充電與放電而起之電流，在繼電器之假線線圈內無相當之電流以對抵之，容易引起錯誤之動作。故於變阻器之兩端，跨接一可變之凝電器，其電容量可由 0.1 — 1 兆分法拉特遞增至三兆分法拉特；並於凝電器電路內置一較小之變阻器，以便變更其充電放電所需之時間，俾與總線之充電放電所需之時間一樣。

火花線圈 此亦為較小之變阻器，用以抵當總線電池之內部電阻者。其功用在使總線電路內之電阻，無論發報器之位置何若，常有同樣之數值。例如電池內部電阻為 300 歐姆，則電池接於總線時，此 300 歐姆之電阻即加於總線電阻之內；但發報器變更位置將總線接至地線時，若無相等之電阻以抵補之，勢將發生不均勻之信號。

線路之平衡 欲使上述雙工線路得其平衡 (Balance)，先令遠局釋放電輪，因而使線路遠端通地；再運用本局電輪發出點畫之信號，同時移動假線路內之變阻器與凝電器，使本局繼電器在彈簧鬆之狀況下，不響應本局發報器之動作。如是，假線路與真線路情形相同，平衡之局勢成矣。

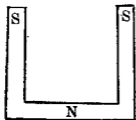
第三節 分極雙工電報

極成繼電器 分極雙工電報，以電流之變更方向為運用之張本。其發報器不如上節所述，以啓閉電路為職司；而在將電池之正極與負極交換接通於報線上。故收報器之動作，須以電流之變向為根據；此種收報器即稱為成極繼電器 (Polarized relay)。成極繼電器之原理甚為簡單；即電磁鐵之極性依電流之方向而異。又同名極相拒異名極相吸，是也。

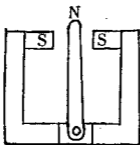
今設有U形永久磁鐵，其兩端為南極，中央為北極，如第五十二圖 (甲) 所示。從其兩端接以

第五十二圖

(甲)



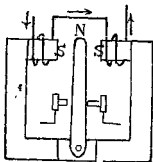
(乙)



鐵片 (稱為極片) 又從其中央處懸置銜鐵，伸至兩極片之中間，如第五十二圖 (乙) 所示。如是，

銜鐵上端成爲北極，而兩極片各爲南極。銜鐵受雙方之吸力，可止於任何一方面不動。如在兩極片上纏繞同樣之線圈而直列聯絡之，如第五十二圖（丙）所示。當電流照圖中方向通過線圈時，其

(丙)

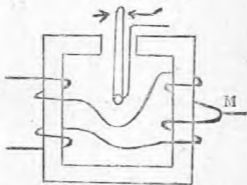


鐵心內發生磁性，左方爲北極，右方爲南極（參閱第一章第二節），故左極片原有之磁性（由於永久磁鐵者）一部分被其抵消，而右極片則反而加強。因此銜鐵爲右極片所吸，而與右面之螺釘相接觸。如電流變更方向，則左極片爲較強之磁極，銜鐵因而被吸，而與左面之螺釘相接觸。由此，可知電流每次變更方向，銜鐵即從一方運

動至他方。此即成極繼電器之大概情形也。

成極繼電器之線圈，亦可以差捲法繞成；每個線圈包含同樣之匝數。爲繪圖清晰起見，此種繼電器常以第五十三圖所示之式樣表示之；在其線圈之中點M，作一接頭。當電流平均分別通過線

第五十三圖

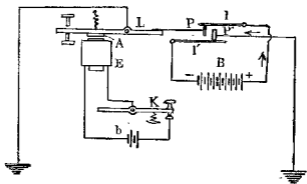


第五十四圖



圖時無論其方向如何，銜鐵不從其原有之位置而移動。第五十四圖表示一最簡單之差捲成極繼電器。其永久磁鐵為半

第五十五圖

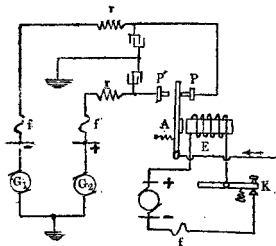


圓形，上端裝置黃銅架，銜鐵即懸置其上；下端接有軟鐵極片，裝置線圈。左方直柱，為支持接觸螺釘之用。

變極器 變極發報器 (Pole-changing transmitter)

（簡稱變極器 (Pole-changer) 為變更電流方向之用。上節所述維持通路之史登斯發報器雖可應用（例如將 S 接於電源之一極 L 接於電源之又一極）但不甚合宜，尤以電源為兩座發電機時為尤甚。而維持通路，在分極雙工制中，反不甚重要。第五十五圖表示一變極器之簡單裝置。E 為電磁鐵，其線圈接於本電池 b，而以電鑰 K 啓閉之。A 為銜鐵，載於支桿 L 之下面。L 接長至 P 成一接觸點，另一接觸點 P' 以相當方法固定之。l P' 為兩金屬片，其一端懸起如圖中所示；l 有向下之

趨勢， P' 有向上之趨勢。 B 為總線電池，其正極接於 1 ，負極接於 P' 。總線接於 P 。電鑰開時， P 上升，與

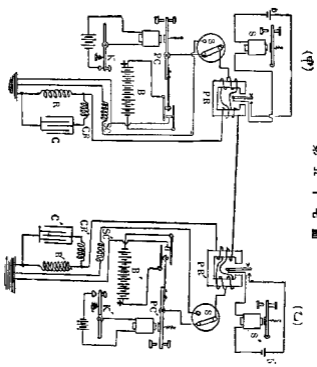


第五十六圖

1 相接觸，電池 B 之正極通地，負極通總線，電流之方向如圖中所示。電鑰開時， P 下降，與 P' 相接觸，並使 P' 與 1 分離，而與 1 接觸，電池之負極通地，正極通總線，電流之方向適與前者相反。

如以發電機為電源，則常用第五十六圖所示之變極器。 E 為電磁鐵，其線圈經過電鑰 K 而接於一低壓（四〇伏脫）之發電機。 A 為銜鐵，運動於 P 、 P' 兩接觸螺釘之間。 G_1 、 G_2 為兩座同樣之發電機（電壓為二〇〇伏脫）， G_2 之負極接於 P ， G_1 之正極接於 P' ，其他兩極

第五十七圖



通地，如圖所示。f 爲保安鉛絲。電鑰閉時， G_1 之負極通總線，電流之方向如圖所示；電鑰開時， G_2 之正極通總線，電流之方向與前者相反。當銜鐵變更接觸點時，火花發生，使兩機暫時聯通，因而將電阻 r (各爲三〇〇或六〇〇歐姆) 跨接於

正極與負極之間；此兩電阻即所以保護發電機者也。為消滅火花起見，裝置兩礙電器（各為〇，五兆分法拉特）如圖所示，俾得放電入地。

通報之理論 第五十七圖表示甲乙二局，以上述之器械互相聯絡通報。P、O及P、O'為變極器，P、R及P、R'為差捲成極繼電器，B及B'為總線電池。其假線路之佈置與前節所述者同。此圖表示兩局電鑰均開，電池B及B'之正極各接於總線；因兩電池之電壓相等，故總線上無電流通過。但各繼電器之假線線圈，則有電流通過，經過假線路以入地；此電流在繼電器之鐵心內發生磁性，加強一極，減弱他極，使銜鐵離開本電路之接觸點，而開斷音響器S之電路。設乙局電鑰閉合，則電池B'之負極接於總線；此舉使甲局繼電器之磁性變更，而乙局繼電器，則否。蓋因甲局繼電器原來祇有電流通過假線線圈，今則總線線圈內有二倍大之電流通過（因兩電池直列聯接之故），且其方向與假線線圈內之電流相反；故鐵心之磁性變更，原來較弱之極今變為較強之極；因此銜鐵向強極一方運動，而使音響器之本電路完成。至於乙局繼電器，則原來亦祇有電流通過假線線圈，今則有二倍大之電流通過總線線圈，但此電流雖與現在假線線圈內之電流相反，而與原來假線線

圈內之電流同一方向，故鐵心之磁極性未變，原來之強極，今仍是強極；因此銜鐵仍止於原來之位，音響器S'無動作。

甲局電鑰閉乙局電鑰開之情形，讀者可自得之。設兩局電鑰同時閉合，則電池B及B'之負極，同時接於總線，正極皆通地，故總線上無電流通過。但此時假線圈內之電流，與電鑰開時之電流不同方向；故繼電器鐵心之磁極性與從前不同，前之弱極今變為強極，因此銜鐵為變強之極所吸，而使各音響器之本電路完成。

由上所述，可知線路得到相當之平衡以後，本局繼電器不受本局電池變極之影響，而遠局繼電器則為所感動。無論兩電池之作用為相助抑相消，結果皆同。

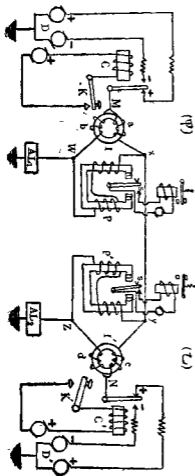
線路之平衡 欲使假線路與真線路平衡，先將電鑰S移至左方，使總線兩端經過電阻 ω 或 ω' 而直接通地（ ω 或 ω' 相當於電池內部電阻）；再將繼電器調整，使銜鐵可以同樣力量從中點移向任何一方面而停止。如此配妥，即將本局電鑰S移至右方，啓閉電鑰K，同時變化電阻R，至繼電器之銜鐵常停在任何一方面而不動為止；斯時線路之電阻已得其平衡。嗣將電鑰急速啓閉，

如聞得短促之聲響，即變更凝電器之電容量與直列之電阻，務使此種聲響完全消滅；則電流在真線路與假線路內或產生或消滅，快慢無不相同；是線路之電容量，亦已得其平衡矣。

第四節 橋路變工電報

橋路變工電報係應用惠斯登橋之原理，將收報器接於橋路上，如第五十八圖所示。在甲局內，

第五十八圖



其橋之四臂爲阻電圈 (Retardation coil) I 之 a 圈，總線 x y 加從 y 至地之線路，假線路 AL_1 及阻電圈之 b 圈。乙局內之裝置完全相同。簡單之成極繼電器（不用差捲線圈者） P 及 P' 接於 x W 及 y Z 各點。阻電圈之兩個線圈電阻相同。假線路與總線及遠局器械之電阻相等。

如兩局之電鎗均開，則兩變極器 C 及 C' 之銜鐵均止於正極接觸點，故總線上無電流通過。惟在甲局內，電流從 M 點分路，一部分通過線圈 a 及繼電器 P ，一部分通過線圈 b ，兩者在 W 點會合，經過假線路 AL_1 入地，而同至發電機之他端。在乙局內，電流從 N 點分路，經過同樣之路徑，而同至發電機之他端。讀者試一閱上圖，即知通過兩繼電器之電流，足以使其銜鐵止於空閉之接觸點，而不接通音響器之本電路。

設甲局按下電鎗 K ，則變極器之銜鐵與發電機之負極通，故通過總線之電流，比通過任何一假線者爲多，且其方向爲自 y 至 x 。進 y 點之電流，來自線圈 C 及繼電器 P' ，後者電流之方向使鐵心之右極較強，故銜鐵吸至右方，而使音響器之本電路完成。在甲局內，則來自總線之電流，在 x 點分路；而通過繼電器 P 之部分，其方向可使鐵心之左極更強，故音響器之本電路仍不通。由此可知

電鑰按下，祇能節制遠局之繼電器與音響器也。

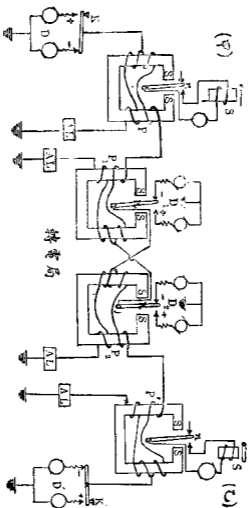
今如兩局電鑰同時按下，則兩變極器之銜鐵各與發電機之負極通，故總線上仍無電流。但電流將從 Z 點通過繼電器 P' 至 y ，又從 W 點通過繼電器 P 至 x ；而此兩電流之方向，均使鐵心之右極較強於左極，故銜鐵吸至右方而使各本電路完成。由此可知各局繼電器雖為本局之電源所鼓動，而其動作完全受遠局電鑰之節制也。

第五節 雙工轉電器

雙工轉電器本不如第三章第四節所述轉電器之繁複。今述其一種，稱為直接轉電器 (direct point repeater) 者。

第五十九圖表示甲乙二局用分極直接轉電器 (polar direct-point repeater) 之聯絡圖。轉電局內備有四發電機 D_1 及 D_2 ，兩差捲成極繼電器 P_1 及 P_2 ，兩假線路。甲乙二局之器械，亦簡單表明如圖。當兩局電鑰舉起時，各繼電器之銜鐵，均止於左接觸點，如圖中所示。在轉電局內，繼電器 P_1 與 P_2 之銜鐵各與發電機 D_1 及 D_2 之負極通，故電流不向任何一方經過，兩局之音響器電路均不通。

第五十九圖



設甲局按下電鍵 K ，則電流通過西方總線與繼電器 P, P_1 之總線，線圈者，比通過其假線線圈

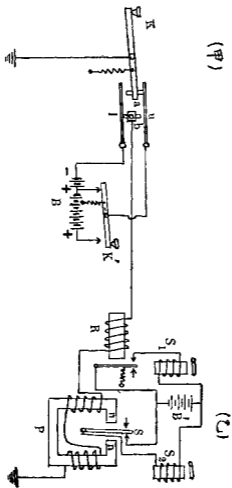
者爲大，且其方向足使繼電器 P_1 之銜鐵運動至右方，因而與發電機 D_1 之正極接通。故電流通過東方總線與繼電器 P_2 及 P' 之總線線圈者，亦比通過其假線線圈者爲大，且其方向僅使繼電器 P' 之銜鐵動作，因而接通音響器 S' 之本電路。由此可知電鑰 K 控制轉電局繼電器 P_1 及遠局繼電器 P' 與音響器 S' 之動作也。同樣電鑰 K' 控制轉電局繼電器 P_2 及繼電器 P 與音響器 S 之動作。

如兩局電鑰同時按下，則各繼電器之銜鐵均與右面接觸點切合，兩方總線均無電流通過；但兩音響器之電路均接通。如是，雙方發來之電信均被轉遞，而不相妨礙。

第五章 四工電報

第一節 二信電報

凡在同一電線上，同時向一方傳遞兩個電報，謂之二信電報(Diplex telegraphy)。第六十圖表示甲局傳遞二信至乙局之裝置。電鑰 K 爲一種維持通路之變極器， l 爲兩彈條， l' 有向上



之趨勢， u 有向下之趨勢， a 為載於鑰桿一端之接觸柱， b 為一固定接觸柱。電鑰按下時，桿端接觸

柱 a 推起上彈條 u，使與固定接觸柱分離；而任下彈條 l 隨之升起，至通着固定接觸柱為止。電鑰 K' 代表一種發送器，其作用在變更作接電池 B 之瓶數。兩電鑰平時均因彈簧牽力，鑰柄升起。繼電器 R 為通常之繼電器，稱為中性繼電器 (Neutral relay)，其彈簧鬆緊，調整適當；當電池左部或短端 (Short end) 所供給之電流通過線圈時，銜鐵不為鐵心所吸，但電池全部或長端 (Long end) 供給電流時，則立被吸動。電流迅速變更方向，對於此繼電器，亦不發生影響。繼電器 P 為成極繼電器，祇因電流變極而發生動作，電流之增減無與焉。

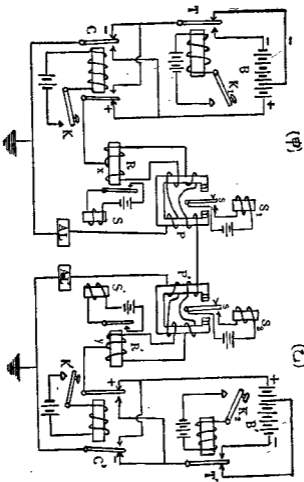
設兩鑰均未按下，則電池之短端接於總線，接觸柱 a 與 b 分別接於電池短端之正負兩極。此時電池發出之電流，不足以鼓動中性繼電器 R；而成極繼電器 P 雖被感動，但其銜鐵偏向空閒之接觸點。當電鑰 K 按下時（如圖所示），電流之強弱未變，但其方向已改；故繼電器 P 響應，而使音響器 S₁ 接受本電池 B' 之電流而發生動作。如電鑰 K' 亦按下，則電流之方向仍未變更，但其數量增大，足以鼓動中性繼電器 R，而使其音響器 S₂ 亦發生動作。如是，變極電鑰 K 控制成極繼電器，發送電鑰 K' 獨立控制中性繼電器；因得在同一線上同時由一局發送兩信至他局。

第二節 四工電報之概要

凡在同一線上，同時由兩端各發送兩個電報，面不相混淆，謂之四工四重電報 (Quadruplex telegraphy)。當完全使用時，每一四工電報線上，須用報生八人，兩端各四人，二司發報，二司收報。四工電報制爲愛迪生所發明，於一八七四年始施諸實用，現今各國大電報局常採用之。

讀者既明上節所述二信電報，則知兩局各裝置同樣之器械，應用差捲繼電器，並設置假線路，即可成一四工電報制。概言之，四工制爲第四章所述單流制與雙流制所組成。其單流或史登斯制以電流數量之增減，同時傳遞兩個電報；而雙流制（即分極制）或用差捲法，或用橋路法，以電流方向之變更，亦同時傳遞兩個電報。後者稱爲此制之分極方面 (Polar side) 或第一方面 (First side)，前者稱爲中性方面 (Neutral side) 或第二方面 (Second side)。

第六十一圖表示甲乙二局用上述制度聯絡通報（此圖表示用電池，如用發電機，則裝置須稍異）， C, C' 爲變極器，以電鎗 K, K' 控制之； T, T' 爲發送器，以電鎗 K_1, K_2 控制之。B, B' 爲總電池，電鎗 K_1, K_2 開時，電池短端接通，閉時則電池全部接通。圖中表示電池長端之電瓶爲短端之三倍。當電鎗



K, 舉起或按下時, 電池之正極或負極, 各與線路之交點 x y 連通。

此圖表示四電鑰舉起, 線路空閒之狀態。此時各總電池短端之正極接於交點 x y , 故無電流通過各繼電器之總線線圈, 亦無電流通過兩局間之總線。但電流得從每一總電池通過兩繼電器之假線線圈及假線路, 而回至電池之他端。此種電流太弱, 不足以感動中性繼電器 R , R' , 且其方向亦使成極繼電器 P P' 之銜鐵偏向空閒之接觸點。故四音響器之銜鐵, 均被彈簧所提起。

當電鑰 K 按下時, 則變極器 C 之銜鐵被吸, 甲局電池短端之負極接於交點 x , 其正極通地。此時兩總電池互助聯接, 故電流通過總線與繼電器之總線線圈者, 較之通過假線路與繼電器之假線線圈者為多。為說明便利起見, 假定通過假線路之電流為單位電流, 而電鑰 K 或 K' 中僅一個按下時, 通過總線之電流, 為二倍單位電流。如是, 單位電流通過各繼電器之假線線圈, 而方向相反之。二倍單位電流通過其總線線圈。此通過各總線線圈之過剩單位電流, 不足以感動中性繼電器 R , R' , 但能感動成極繼電器 P , P' , 其在 P' 者方向正當, 在 P 者方向錯誤; 故音響器 S , 發生動作, 而 S' 則否。同樣僅電鑰 K' 按下時, 繼電器 P 被感動。由此, 可知變極器電鑰之按下, 為使遠局之成極繼電器

發生動作，因而鼓動其所控制之音響器。

兩變極電鑰 K 及 K' 同時按下，則兩電池短端之負極接於交點 x, y 且因兩同樣之電池互相抵消，故無電流通過總線。單位電流仍如前通過各繼電器之假線線圈，其數量太少，不能鼓動中性繼電器 R, R' 。但此電流之方向，在兩成極繼電器內，均屬正當，因而音響器 S_1 及 S_2 均發生動作。

電鑰 K_1 按下，其他電鑰均開，則電池 B 之長端接於電路內。其電壓假定三倍於電池 B' 短端之電壓，總線上相反之電流不能互相抵消，將有二倍單位電流從甲局流往乙局，並經過各繼電器之總線線圈。在甲局內，三倍單位電流通過繼電器之假線線圈及假線路；而在乙局內則仍祇有一單位電流，通過同樣之線路。繼電器 R 兩線圈內之電流，方向相反，一部分互相抵消，剩餘之一單位電流不足以發生動作。此剩餘之電流，在繼電器 P 之假線線圈通過，其方向正使銜鐵偏向空開之接觸點。通過繼電器 R' 兩線圈之電流方向相同，結果與三單位電流通過一個線圈無異。此電流足以感動繼電器 R' ，因其如此調整也。通過成極繼電器 P' 兩線圈之電流，均使其銜鐵偏向空開之接觸點。由此可知電鑰 K_1 之按下，僅使乙局中性繼電器 R' 發生動作；同樣電鑰 K_2 之按下，使甲局中性繼

電器R發生動作。

K_1 、 K_2 兩電鑰按下，則兩電池之長短接於電路內。總線上無電流通過，但有三倍單位電流通過各繼電器之假線線圈。此電流足以鼓動中性繼電器R及R'，但使成極繼電器P及P'之銜鐵各偏向空開之接觸點。故祇有音響器S及S'，受發送電鑰 K_1 及 K_2 按下之影響。

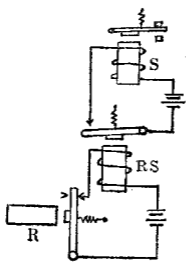
電鑰K及 K_1 按下，則電池B長端之負極接於交點x，電池B短端之正極接於交點y；如是將有四倍單位電流自乙至甲通過總線，三倍單位電流通過甲局之假線路，一單位電流通過乙局之假線路。讀者試一思之，即知繼電器P及R'同時鼓動，因而使音響器S及S'發生動作。

照第六十一圖所示之裝置，四個電鑰之位置，發生十六種可能之組合。茲列舉之如下：

- (一) 甲局K開 K_1 ，乙局 K' 開 K_2 ；
- (二) 甲局K閉 K_1 ，乙局 K' 開 K_2 ；
- (三) 甲局K開 K_1 ，乙局 K' 閉 K_2 ；
- (四) 甲局K閉 K_1 ，乙局 K' 閉 K_2 ；

- (五) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 開
 (六) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 開
 (七) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 開
 (八) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 開
 (九) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 開 K₂, 閉
 (十) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 開 K₂, 閉
 (十一) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 開 K₂, 閉
 (十二) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 開 K₂, 閉
 (十三) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 閉
 (十四) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 閉
 (十五) 甲局 K 開 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 閉
 (十六) 甲局 K 閉 K₁, 乙局 K' 閉 K₂, 閉

第六十二圖



以上十六種組合，其一，二，三，四，六，十一，已於上文說明。其他各種，讀者按圖案職，不難明瞭也。

在第六十一圖內有一應注意之點，即中性繼電器已被感動之後，如遠局變極電鎗之位置更換，則該繼電器鐵心之磁性，亦變更方向；其磁性先降為零，再從反對之方向，增大至原有數量。當其為零之頃，其銜鐵必開始後退，勢將使音響器之銜鐵，亦被解放；因而發生不正當之信號。免除此項

弊病，亦有數法；其中一法即用兩音響器，如

第六十二圖所示。圖中 R 為中性繼電器，

RS 為轉電音響器 (Repeating sounder)，

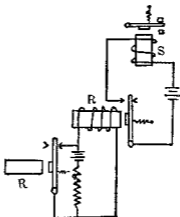
S 為聽音之音響器 (Reading sounder)。

RS 之銜鐵支桿頗重，故動作亦遲緩。讀者

當知中性繼電器之磁性降為零時，其銜鐵

必先退至後接觸點，始能使音響器 S 之銜

鐵被解放。但在實際上，繼電器 R 之銜鐵祇退到一甚小之距離，其磁性即已在反對之方向增大至



相當數量，復將銜鐵吸回，故對於 S 不發生影響。又一避免前項弊病之法，現今應用甚廣者，為遮爾

繼電器 (Diehl relay) 之裝置，如第六十三圖所示。R 為中性繼電器，R' 為遮爾繼電器。R 之銜鐵止於後接觸點時，R' 之本電池被短接，其銜鐵後退，音響器 S 之本電路被開斷。當中性繼電器 R 之磁性降為零時，其銜鐵必經過相當之距離，始能達到後接觸點；而在未達到之前，R 之磁性已在反對之方向增大至相當數量，故銜鐵復被吸回，S 不受影響。

第六章 自動電報

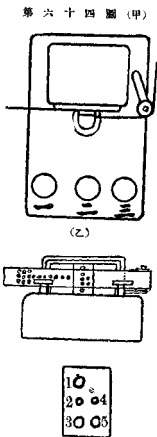
第一節 概論

在人工電報制 (Manual telegraph system) 中，收發電報速度，為每分鐘三〇至六〇字。若用自動電報制 (Automatic telegraph system)，則速度可增高至每分鐘三〇〇至四〇〇字。最初自動電報制，利用電化作用，稱為化工自動電報制 (Chemical automatic telegraph system)。此制曾盛行一時，但漸次為人工制或其他自動制所替代。近世自動制中應用最廣者，為惠斯登自動電報制 (Wheatstone automatic telegraph system)。在此制中，先將代表字母或數目字之點畫記號，依照第三章第三節所述之電報號碼，用鑿孔器 (perforator) 鑿孔於特製之紙條上；再將此紙條通過惠斯登發報機，則發報之手續已完。惠斯登發報機，在實質上，不過一高速度之變極器；不以人工電輪運用，而以自動方法為之。惠斯登自動制，常為雙工制，故通常分極雙工制中所有器械，多可利用。在收報處所，於其成極繼電器上裝置一墨輪；依照所收之信號，印點畫號碼於紙條上；以此紙條交與抄手，譯成文字，則收報之手續已完。上述成極繼電器連同墨輪及運動紙條等機械，稱為惠斯登收報機 (Wheatstone receiver)。收報機亦有不用上述印點畫方法而用復鑿機 (reperforator) 者；將所收電報照電碼鑿孔於紙條上，紙條形式與發報時所用者同。如以此

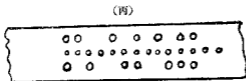
紙條通過一復報機 (reproducer) 則信號可以普通聽音方法錄出。若係轉出電報，即可逕將紙條通過一自動轉電機，無須重行經過鑿孔之手續也。

第二節 鑿孔機

鑿孔機有木槌鑿孔機 (Mallet perforator) 及鑰屏鑿孔機 (Keyboard perforator) 二種。木槌鑿孔機之形式如第六十四圖 (甲) (乙) 所示；甲為上面形式，乙為前面形式。內部裝有五鑿



(punch) 與紙條緊相接，而裝在前部之一，二，三，三鑰運動之鑿孔者左右手各執附有硬橡皮頭之木槌。



(and)

爲按下三鑰之用。第一鑰（即點鑰）按下時，直列之三鑿（1, 2, 3）伸出，鑿直列三孔（○）。○於紙條上。第三鑰（即畫鑰）按下時，則有四鑿（1, 2, 4, 5）伸出，鑿四孔（○ ○ ○ ○）於紙條上。第二鑰（即空位鑰）按下時，僅有中間一鑿（2）伸出，即鑿一孔（○）。於紙條之中央。機箱內裝有一齒輪，常有一齒插入纜鑿成之中央孔內。點鑰或空位鑰按動後，齒輪自動將紙條向前移動一步；畫鑰按動後，則齒輪自動將紙條向前移動二步。每鑿成一字母或一數目字後，按下空位鑰一次，每鑿成一字後，按下空位鑰二次，以便分別。紙條約半英寸寬，鑿在中央之孔，名爲導孔（Guide holes）或空位孔（Space holes）。導孔相隔十分之一英寸，故每一英尺紙條鑿有一二〇導孔。第六十四圖（丙）即已鑿孔紙條之一部分也。

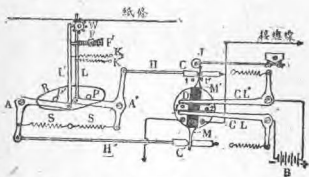
鑰屏鑿空機（第六十五圖）形似普通之打字機。其前面置有鑰屏，每一鑰與一字母或數目字相符；按下時，紙條上即鑿有代表該字母

第六十五圖



有制電報

第六十六圖

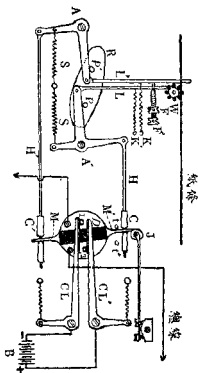


100

或數目
字之號
孔與第
六十四
圖(丙)
所示之
式樣同。
故應用
時較前
述之鑿
孔機更
為便捷。

之一孔（在導孔之上面）。假定此孔之對面（即導孔之下面），亦有一孔。當搖梁左端向上搖動時，直柱J將升起；因其位置在L之左，且因紙條亦向左移動，故J穿過此孔，如第六十七圖所示。搖梁右端既下降，則橫桿H之C肩被抽回，橫桿H之C'肩乃推動圓板D之M臂，因而使D偏向左面。

第六十七圖



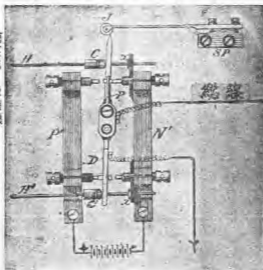
如是OL與2接觸，OL與1接觸，電池因之而變極，其接於總線者為電池之正極，如圖中所示。

圖中之小輪J，稱為騎輪，以彈簧之作用，壓於圓板之臂上。當圓板通過中央位置後，騎輪即助之推向一方，並使OL及C

1 與 1 2 兩釘之接觸甚爲密切。

運動搖梁 E 之機械，同時轉動齒輪 W。該輪之齒，與紙條上之中央導孔相配合；搖梁每上下擺動一次，則紙條被推向左經過一定之距離。紙條上之導孔與兩旁之孔，既爲機器所鑿成，自當十分準確，而紙條又爲上述有規則之運動；故當直柱 L 升起時，紙條兩旁如鑿有孔，必正對一直柱無疑。

如紙條上之孔爲 ○。○，則搖梁上下運動一次，L 亦交換升起一次，即接於總線之電池亦變極一次，故在遠局收報器上發現一點。設紙條上之孔爲 ○。○。○，則結果不同。當搖梁右端升起時，直柱 L 通過導孔之上而一孔，因之推動圓板 D，使傾向右方。當搖梁右端落下時，直柱 L 升起，其與紙條相遇處，即上次 L 所穿過之孔之對面；此處既無孔可以穿過，其再行向上之運動，即被阻止，故歪桿 A 不能隨 P 而舉起；因之圓板 D 未被推動，電池亦未變極。當搖梁右端再升起時，L 亦無孔可穿，電池仍未變極，直至下次 L 升起時，始遇着一孔，因而使電池變極。此電池之遲緩變極，即使遠局收報器上發現一畫。由此可知遠局收到之點畫號碼，即與紙條上代表點畫之孔相符合也。

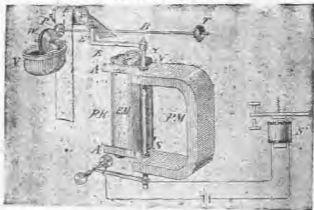


上述發報機爲舊式發報機，新式發報機與上述者稍異，其相異之點，即在變極之裝置。第六十八圖表示新式變極之裝置。圖中P、N'與前圖之O、F及C、C'相當，搖桿P、D亦稱兩節桿（因P、D兩部分互相絕緣之故），與前圖之圓板D相當。H、H'兩桿在支處支起，使搖桿之運動，不爲兩桿之重量所阻礙。騎輪J已縮小，其支架亦倒置。地線接於搖桿之下部，總線則接於上部。搖桿偏向右面，電池負極通總線；偏向左面，則電池正極通總線。

第四節 收報機

惠斯登收報機爲一自動印點畫之器械。其電氣部分爲一成極繼電器；機械部分爲運動紙條

第六十九圖



第六章 自動電報

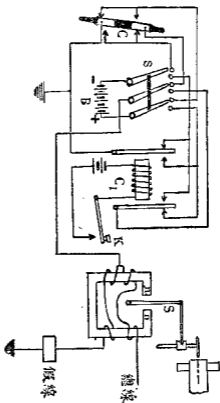
及紀錄點畫等機件。第六十九圖表示該機內之重要部分。即成極繼電器 $E.M.$ ，直軸 z ，橫軸 B ； B 之一端裝有齒輪，他端載一輪盤 P ，即印輪也。另一輪盤 W ，輪周切有槽；印輪 P 旋轉時，一部分常在槽中，但不與相切。橫軸 B 為適當之機械（如鐘機）所轉動， W 亦用齒輪與 B 聯絡，而隨之旋轉，其下部常浸入墨池 W 中。紙條移動時，距 P 輪邊緣甚近，但不常與相切。若一與相切，則有墨跡遺留於紙上，其為點或為畫，視發出之信號而定。至於紙上所以印有點畫，全恃成極繼電器之作用。此繼電器有一永久磁鐵 $P.M.$ 及一電磁鐵 $E.M.$ 。電磁鐵有兩線圈，相對而立，圖中僅示一線圈；為明白表現銜鐵 A 起見，其隣近讀者之線圈已刪去。銜鐵

A A'之一端固定於直軸 x ，其與 x 相交處，通過永久磁鐵兩端之彎曲槽口，但不與緊相接觸，而能旋轉自如。如是，基於磁感應之理，銜鐵A之左端成爲北極，銜鐵A'之左端成爲南極。電磁鐵線圈之聯絡，則使相對之兩極片爲異名極。是每個銜鐵爲一極片所吸，而爲他極片所拒。因此電流通過兩線圈時，兩銜鐵向同一方面運動。直軸 x 通過相當之支持物，能自由旋轉；其上端裝一橫桿E，桿端向上彎轉成一短柱E'，柱端切有槽，B軸輕承其內。

電流用以印一點或一畫於紙上者，謂之點畫電流；其用以留一空位於紙上者，謂之空位電流。當點畫電流傳來時，銜鐵路向一方面運動，旋轉 x 軸，而使E桿偏向紙條；因之印成一點或一畫，依電流通過之時間而異。如傳來之電流爲一空位電流，則銜鐵變換位置，因之抽回印輪，不使與紙條相切。由此可知發報機變更電流方向時，銜鐵卽行搖動，每次搖動，卽使印輪切於紙條或遠於紙條。輪盤W既在墨池中旋轉，自能以適量之墨汁供給印輪也。

上節所述發報機及本節所述收報機，如照分極雙工制之方法聯絡之，卽成爲自動雙工制，如第七十圖所示。圖中C爲發報機上之變極部分，C'爲一人工變極器，以電鑰K管理之。另裝三極電

第七章 電報線路



第七十圖

鐘 S。S 移置左方，則自動發報機接入電路；S 移置右方，則人工變極器接入電路。至自動收報機之成極繼電器 P，不響應本局之發報機或變極器，祇響應遠局之發報器械也。

第一節 架空線路

電報線路之最普通者，為架空線路。路線宜直，但須便於修理，以隣近鐵路或公路較為適當。電線為鍍鋅鐵線、硬銅線或鋼線。銅線常用美規 (B & S) 九號至十四號，鐵線常用英規 (B. W. G.) 四號至十二號。現今世界各國用銅線者日衆，以其電阻較鐵線為小，且不易生銹也。

電線接頭 鐵線之接法，將兩線頭並列，約六至八英寸長，以一線頭繞於他線之上，如第七十一

圖七十一



圖七十二



圖所示，再用錐錫銲牢之。銅線之接法，常用雙管接頭，管徑與銅線大小相稱；將銅線插入管中，再扭轉三匝，如第七十二圖所示。絕緣物 支持電線之絕緣物，有玻璃及瓷質兩種。在我國多用瓷質，通稱為礙子或瓷碗。碗旁有槽，電線依槽而過，另以扎線扎緊之。碗底配以木脚或鐵脚，直接裝於電桿兩

旁，或裝於橫担（Cross-arm）之上。

電桿 電桿多用木桿。遇兩桿相距甚長或跨越障礙物之處，可用三和土桿或鋼桿。桿長自二十至四十五英尺，每英里植桿三十五至四十不等。其埋入地下部分為五至八英尺，依桿長與土性而異。桿之下部常以防腐劑塗之，如用壓力使此劑侵入內部，則尤能經久不壞。遇轉灣處，須用扳線（Guy wire）以扶植之。扳線可用八號或六號（B.W.G.）鐵線一根或數根。一端繫於桿之上部着力處，他端繫於扳椿（Stub-pole）。如不能植立扳椿，則可以較重之石塊埋入地下，為固結扳線之用。

橫担 橫担或用優良木質，或用角鋼。木質橫担標準尺寸為三又四分之一乘四又四分之一英寸，長自三至十英尺不等，依電線多寡而定。桿之一面切有淺槽，與橫担相配合，而以螺釘固定之，並另用撐脚（Brace）撐住。線路盡頭或兩桿距離甚遠，常對面裝置二橫担，以增大其支撐力量。兩橫担間之距離常為二十四英寸，兩瓷碗間之距離常為十二英寸。

避雷針 為避免雷電之損害起見，每隔數桿常裝置一避雷針。其法用鐵線纏繞桿根數匝，再沿

桿而上，以騎馬釘固定之，至伸出桿梢約五六英寸爲止。或每隔十桿，爲第七十三圖所示之裝置。即

第七十三圖



用一雙槽瓷碗，下槽爲固結導線之用，上槽爲固結地線之用。地線之盡端彎入瓷碗之內。地線與導線之扎絲中間開一空隙，遇有雷電，即可由此空隙躍過，以入於地。

弧垂 導線自一桿至他桿，並非直線，其與直線之最大分離，謂之弧垂（Sag）。弧垂爲導線鬆緊之表示，亦與導

線之拉力（Tension）有關，鬆則拉力小，緊則拉力大。導線

之最大拉力均有一定，例如四號（B. P. C.）鐵線之最大拉力爲二二〇磅，十號者爲六七〇磅。一有超過，即發生斷折。通常導線之拉力，以最大拉力之四分之一至二分之一爲度，以保安全。夏天線漲而鬆，冬天線縮而緊，放線時宜注意，勿使其在夏天太鬆，或在冬天太緊。如冬夏之氣溫已知，又導線表面結冰之厚薄，及風壓力之大小，按當地情形，假定一適中之數，則導線之拉力及弧垂，在放線時，或在嚴寒時，均可依照公式算出，其詳細計算方法，茲不備述。

第二節 電纜

電纜爲多數導線所組成。其導線常爲十四號至十九號 (B & S) 之紙包銅線，以一線爲心，他線層層絞繞於外，再以紙條包裹，而用鉛皮封閉之。如爲經過海洋之電纜，則導線常用一種樹膠 (Gutta-percha) 包裹，外纏油蔴，並另用鐵絲絞成外殼以保護之。此種電纜稱爲海底電纜，或簡稱水線 (Submarine cable)。

架空電纜 用於陸地之電纜，或懸掛空中，或埋藏地下，依各處情形而定。電纜不能支持其本身之重量，故不能直接懸掛桿上，須另用相當粗細之懸纜線 (Messenger wire) 以支持之。懸纜線爲一根或數根絞成之鍍鋅鋼線，固定於電桿之上，約每二英尺裝一掛鉤，以懸掛電纜。

地下電纜 電纜之埋藏於地下者稱爲地下電纜 (Underground cable)。此種電纜，多不直接埋入地下，而先設置一地道 (conduit)，使電纜經過其中。地道有一孔或多孔 (Duct)，可以木料或瓦料製成，亦有以三和土製成者。地道離路面不得少過二十英寸。於相當之地點，須設置人井 (manhole)，以便裝卸或修理電纜。人井可以磚砌成，或以三和土築成，最小須在三乘三英尺以上。

電纜接頭。電纜接頭須在近電桿處或於人井中爲之。法將兩電纜之各根導線，互相排列，長十二英寸至二十四英寸，依導線之根數而定（根數愈多則排列須愈長）。先取中心之兩導線接成，以紙管或綿紗管罩之，以次及於其他各對導線，其接頭處須錯落，不可同在一處。再將全體接頭用石蠟 (Paraffin) 煮過，而以細棉布包裹之。最後用一鉛管封閉接頭處，鉛管兩端與原有鉛皮，用錫錘平。

地下電纜引至相當處所，常須與架空線相接，此可於電桿上置一接頭盒以爲之，盒內並可裝置保安鉛絲及避電器，以資保護。

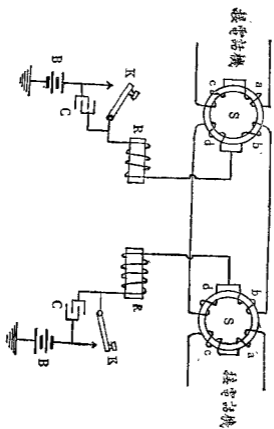
第三節 報話兩用線路

凡一對金屬電話線，同時可用作一路或兩路之地回路電報線。又一根電報線，同時可用作一路之地回路電話線。兩種信息，同時傳遞，不相干涉，因而增加線路之傳信能力。

簡單傳信 凡在一對電線上，同時傳遞一個電報與一個電話，謂之簡單傳信 (Simplex signaling)。第七十四圖表示此種傳信線路。其兩電線成爲一金屬電話線路，而兩線並列，作爲一根

電報線，其回路即地也。S 為轉電圈 (Repeating coil) 即一小變壓器 (transformer)。其 b d 兩

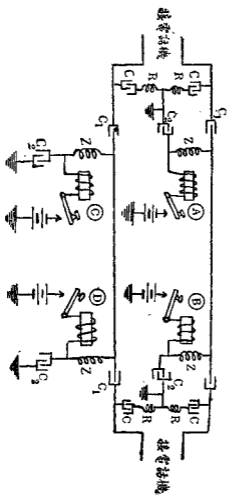
第七十四圖



線圈之交點，接於普通之模斯電報器械，兩電線及兩線間各自平衡，故激勵電報繼電器之電流，平均分配於兩電線上；而此兩電流，既從相反之方向，環行於轉電圈之

鐵心上，對於鐵心，即不發生磁化作用（參閱第四章第一節）。是以傳遞電報之電流，對於接在轉電圈上 a, c 兩線圈之電話器械，不生任何影響。在另一方面言，電報器械既接在電話線上之中和點，則傳話電流（Voice current）與振鈴電流（Ringing current）對於電報繼電器，亦不生任

第七十五圖



何影響。發報電輪K之接觸點，以凝電器C跨接之，則同時傳遞兩信，更爲進步。

混合傳信 凡在一對電線上，同時傳遞一個電話與兩個電報，謂之混合傳信（Composite

signalling）。第七十五圖表示此種傳信之裝置。其最應注意之點，爲傳話之交流，不易通過阻抗

圈（Impedance coils），而容易通過凝電器；傳報之直流，則容易通過阻抗圈，而不能通過凝電器。

A B兩站及C D兩站，各利用金屬線一條及地回路，互通電報。因有凝電器C₁之裝置，電報直流爲所限制，祇能經過總線以通電報器械，而不能經過電話線路。凝電器C₂能免除電輪接觸點之火花，並能使電流在電報線路上之一起一落，不致影響於電話器械。電話線路包括兩金屬線及四凝電器C₁，因爲阻抗圈Z對於高週率之交流發生甚大之阻抗，故電話電流爲所隔斷，不能侵入電報線路（電話電流常視爲有每秒八百週之平均週率）。阻抗圈R及凝電器C之功用，在使電話線路平衡，並免除電話與電報兩線路之互相干涉。

在上述之混合線路內，振動電話電鈴，如用通常之低週率發電機（約每秒十六週），則難獲良好之結果。蓋阻抗圈Z對於此低週率之振鈴電流不能呈甚大之阻抗，因之電報繼電器之銜鐵，

第七十六圖

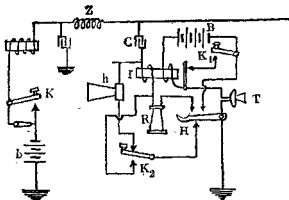
發生顫動。是以振動電鈴，須先用高週率（約每秒三百週）之弱電流，經過總線後，激動相當之繼

電器，再由此繼電器啓用一局部振鈴器械，以振動電鈴也。

鐵路混合傳信 電話電報可在一根電線上同時傳

遞，兩者均以地為回路。如兩地間已設有電報線，則在二百英里之距離內，可以加裝電話機，互通電話，以補電報之不足。鐵路創設之時，必設立電報線，迨裝置電話時，即可利用原有電報線，故此種制度，通稱為鐵路混合傳信 (Railway composite signalling)，以其用途大半在

此也。第七十六圖表示一終端局用上述傳信方法之裝置，其他終端局之裝置與此完全相同。讀者閱圖，當知阻抗圈乙之存在，可使電話電流不通過電報繼電器，而礙



電器 C 之存在。可使電報電流不侵入電話線路。故兩種傳信雖利用同一總線，而分路各別，不相混淆。惟電話器械之裝置，與普通之磁石制 (Magneto-system) 或共電制 (Common battery system) 不同。其相異之點，在不用振鈴發電機 (Ringing current generator) 而用一感應圈 (Induction coil) 與搖斷器 (vibrator) 以產生信號電流 (即通知對方接話之電流) 且接受信號之器械，不用電鈴，而用電噓 (howler)。圖中 I 為感應圈，除產生信號電流外，並為談話時傳遞話流之用。h 即電噓，為一種特製之聽筒或受話器 (Telephone receiver)，備有助音裝置，以增大其音響，其薄膜 (diaphragm) 較普通者為重。遠站發來之高週率信號電流，通過一電磁鐵，即使薄膜振動而發聲。

通話時先發信號，將電鑰 K₁、K₂ 同時按下 (實際上此兩電鑰互相連接故能同時啓閉)。K₁ 按下，使感應圈之銜鐵搖擺，通過正線圈之電流，時斷時續，其鐵心乃反復受磁失磁。基於電磁感應之原理，其副線圈內即有高週率之交流產生。此交流所取之路，從本站之地線起，經過鈎鑰 H (Hook switch) 及電鑰 K₂ 之下接觸點，線圈 I 及凝電器 C，以達於總線；在遠站內，此交流通過凝電器 C，

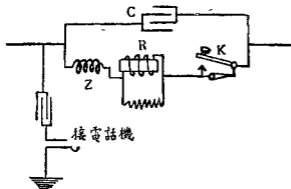
電喉 h ，電鈴 K_2 之上接觸點及鈎鐘 H 之下接觸點，復通於地。電路既通，電喉自當發聲。

遠站有人接應，即可釋放兩電鈴，而將受話器 R

從鈎鐘舉起。如是傳話器 T (transmitter) 之局部
 電路完成，受話器 R 亦經過礙電器 C 與感應圈之副
 線圈，而接於總線，雙方乃可通話。

上圖表示終端站之裝置，但此種線路上亦可設置中
 間站，如第七十七圖所示。在中間站內，有礙電器 C ，跨
 接於電報器械上，使電話電流得以通過；並於繼電器
 R 之兩端，跨接一高電阻，使 C R 之電路內得免除高
 週率之振盪 (High frequency oscillations)。阻抗圈
 Z 有時亦可省去，因繼電器 R 本有相當之阻抗，足使
 電話電流不能通過也。中間站內之電話機雖可與礙

第七十七圖



電器C直列，但幾具直列電話機難得完滿結果，不如照圖中所示，將電話機跨接於電線與地之間，較為妥當。依此裝法，各電話機為並列，任何一站所發之信號電流與傳話電流，能達到各站；故須用規定信號，始可避免錯誤。火車上亦可攜帶電話機，如遇特別事故，即可在肇事地點，將電話機跨接於電線與地之間，以便與隣近一站或任何一站通話。

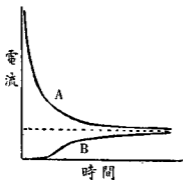
第八章 水線電報

第一節 水線傳電之現象

凡經過海洋或自大陸至海島之長途電報，謂之水線電報或海底電報 (Submarine telegraph)。
(p. 17) 其用以傳電之線謂之水線或海底電纜 (Submarine telegraph cable)。此種電纜為一根或七根銅線所組成，外裹一種樹膠 (Gutta-percha)，並纏以鋼絲；樹膠為避水之絕緣體，鋼絲所以保護電纜者也。

上項電纜內之導線與保護之鋼絲，中隔以絕緣物，即組成一凝電器，具有甚大之電容量（參閱第一章第一節關於凝電器與電容量之敘述）。如以電池之一極接於電纜之一端，他端與電池他極通地。則當電池接通之頃，有甚大電流，流入電纜。此電流之大部分，用於電纜之充電（Charge）；電纜充電漸多，進入電纜之電流，於是漸次減小。經過相當之時間後，電流始有一定不變之量，此一定之量，可以歐姆定律求得之。在第七十八圖內，曲線 A

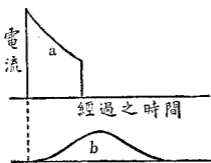
第七十八圖



表示電池接通後，電纜遠端流出之電流與時間之關係。今如切斷電池與電纜之聯絡，則進電纜之

表示進電纜之電流與時間之關係，縱線代表電流，橫線代表時間，時間從電池接通之頃計起。圖中虛線，即代表上述電流一定不變之量也。在電纜之遠端，從電池接通之時起，即有極微之電流，開始自電纜流出。迨電纜充電漸多，流出之電流亦漸次增大，直至最後乃成爲一定不變之量，而與進電纜之電流幾乎相等。上圖之曲線 B，即

第七十九圖



電流，立刻停止；但電纜遠端流出之電流，則逐漸減小，直至電纜積存之電完全放出 (discharge)，電流始降為零。

如以電池接於上述電纜片刻，即行切斷，則進電纜之電流，可以第七十九圖中之曲線 a 代表之；遠端流出之電流，可以曲線 b 代表之。此兩電流，形狀幾絕不相似，而所以致此之原因，完全由於電纜內電容量之作用。此可用水流之現象以說明之。今如有長而且薄之橡皮管，一端用相當之壓力灌以水，時灌時停，成一水流脈搏，則水自他端相續流出，並不完全停止；其進水之顯明脈搏狀態，不能在水中充分表現，僅於繼續不斷之中，露出輕微之變化而已。

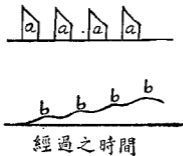
今如在電纜之一端，發送四短電流脈搏 (Current pulse)，如第八十圖之 a a a a。則在電纜之遠端，可得一相續不斷之電流；但於相續之中，顯示突起狀態，如圖中之 b b b b。此種電流，不能用普通之繼電器

及音響器以顯出之，其理明甚。

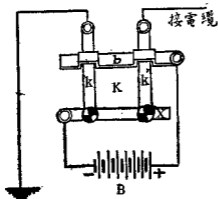
第二節 水線電報之收發

陸地電報，以電流經過時間之長短傳遞信號，短者為點，長者為畫。此法不能用於長途水線電報，甚為顯明。水線電報常以電流方向之正反傳遞信號，其在一個方向者為點，在他一個方向者為畫，而一點與一畫所需之時間相同。第八十一圖表示發報電

第八十圖



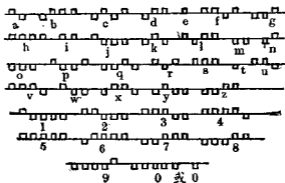
第八十一圖



鑰與電池之裝置。K 爲一變向電鑰，在平時 k 及 k' 二鑰均舉起，而與銅片 b 相接觸。任何一鑰按下，則與 b 分離而與 X 接觸。電池之兩極接於 b X 二銅片上。假定電池正極接通電纜爲傳送一點，電池負極接通電纜爲傳送一畫。則傳遞字母 A（一點一畫）可先按 k 鑰，使電池負極通地，正極通電纜；再按 k' 鑰，使電池負極通電纜，正極通地。如欲傳遞字母 S（三點）則須按 k 鑰三次。每次 k 及 k' 兩鑰同時舉起而與銅片 b 相接觸，則電纜直接通地（電纜之遠端自亦通地）故兩信號之間，電纜得有機會爲一部分之放電。因此部分之放電，故同一電鑰，按下數次，而遠端電流，仍有起伏狀態。

水線電報所用電碼，即第三章第三節所述之大陸或通用電碼（模斯電碼雖在美國亦不適宜。）因其以電流波之起伏爲號碼，故通常以左列之式樣代表之。其在中央橫線上之方格代表一點，其下面之方格代表一畫。如一點或一畫之時間爲 t，則每字母或數字中點畫間之空位亦爲 t，每字母與其他字母間之空位爲 3t，字與字間之空位爲 7t。

第 八 十 二 圖



回光，則此回光在屏上作搖擺之運動。若於屏上假設一零點，則回光偏左，代表一點；回光偏右，代表

在短距離之線路上，如用上述之方法發報，則線路近端與遠端之電流脈搏，如以適當之方法畫出，幾與上列式樣無異。但在長途水線上，則兩端之電流波形狀大異，已於上節述及。通常收報方法，即利用此種電流波以成動一極靈敏之測電表，而表現其波狀。最初應用而有成效者為湯姆孫反射測電表 (Thomson reflecting galvanometer)，亦稱鏡光收報器 (Mirror receiver)。

此器有兩對固定之線圈，上下排列；並有兩組磁針，用石英絲懸於線圈之中心。於石英絲上，置一小鏡。當代表電碼之電流通過線圈時，則磁針隨電流之大小與方向而轉動。如以燈光經過一孔照於鏡面上，另以一屏受其

一畫。但此零點不能一成不變，須時常更易位置；因兩信號之間，電流並不降至爲零也。然此不足爲收報之障礙。蓋連結信號之盡爲點（或爲畫）者，則回光向一方面移動，一次高過一次，兩次之間，稍有降落（參閱第八十圖）如係由一點變爲一畫（或由一畫變爲一點），則回光有更顯明之降落（或升起）。明乎此不難辨別所收之信號也。

用上述方法收報，須有二人，分司讀寫事務，頗感不便。湯姆孫（Sir Wm. Thomson）於一八六七年發明虹管畫波器（Siphon recorder），能將所收之信號，畫於紙條之上，將於橫斷海洋之通報，爲絕大之貢獻。此器之接受電流部分爲一線圈運動之測電表（Moving-coil galvanometer），亦稱達孫伐兒測電表（D'Arsonval galvanometer），與上述之磁針運動測電表（Moving-needle galvanometer）構造不同。其長方形之線圈，懸於一馬蹄形永久磁鐵之兩極間。在平時，線圈之軸與兩極間之磁力線成正交。當電流通過線圈時，線圈隨電流之大小與方向而旋轉。此旋轉運動，用適當之方法傳於一極細之玻璃虹管，使管之下端往來運動於緩緩前進之紙條上；而管之上端，則從一小池內吸取黑水，射之於紙上，成一波形線。爲免除磨擦起見，用一電磁搖動器，使虹管垂直於

紙條，上下搖動；因而所畫之線，爲多數之細點所組成。第八十二圖表示已畫好之紙條一部分，其中間之線係加畫，以表明零點者也。

第八十三圖

