



# 物理第十三冊目錄

## 第二部份第十講(續)

頁數

### 第二十六章 電流在通訊技術上的應用

A. 課程	1—10
B. 教材問答	10—12
C. 內容摘要	12—13
D. 複習題	14—14
E. 習題	14—14
F. 簡易實驗	14—15
第十講內容測驗	15—15
第十講內容摘要	15—16

## 第二部份第十一講

### 第二十七章 電磁感應之本質

A. 課程	17—22
B. 教材問答	22—25
C. 內容摘要	25—26
D. 複習題	26—26
E. 習題	26—26
F. 簡易實驗	26—26

### 第二十八章 電磁感應之技術應用

A. 課程	27—38
B. 教材問答	38—41
C. 內容摘要	41—43
D. 複習題	43—43
E. 習題	44—44
F. 簡易實驗	44—44
第十一講內容測驗	44—44

## 第二部份第十二講

### 第二十九章 交變電流的電壓、電阻與電流強度

A. 課程	45—49
B. 教材問答	49—51
C. 內容摘要	51—52
D. 複習題	52—52
F. 簡易實驗	52—52

### 第十二講內容測驗

### 第三十章 補充

B. 教材問答	55—56
C. 內容摘要	57—57
D. 複習題	57—58
E. 習題	58—58

### 第十一、十二兩講內容摘要

### 電學大考

### 電學大考解答

### 第十、十一、十二各講習題解答

# 第二十六章

## 電流在通訊技術上的應用

### A. 課 程

[245] 訊號傳遞 從第五講開始以迄於今，我們已經講到過電流的三種效應；即磁效應、化學效應和熱效應。因電流可經由導線從某一發訊站傳到遠方的另一收訊站，故上述電流的三種效應在原則上皆可用來傳遞訊號；惟熱效應的應用範圍很小，通常僅能用以傳送光訊號。其法係在發報站按動電鈕或電鍵，將一電路時而接通時而截斷，電路另一端之收報站裝有白熾燈，後者由於電流的熱效應而跟着忽明忽滅。電鈕按下（即電路接通）之時間可久可暫，故**模斯電碼**（Morsealphabet）之線與點，可藉燈光明滅的長短顯示出來；然後再將電碼譯成普通字母和數字。利用此法，即可將單字和整段語句自一站傳至另一站。例如從以下的六個符號：

r            u            s            t            i            n  
...        ..-        ...        —        ..        -.

可拼出“Rustin”一字。又如海上遇險求救的訊號“SOS”（係英文 Save our souls 三字之首一字母組成，直譯為“拯救我們的靈魂”），換成模斯電碼後，其形如下：

S            O            S  
...        - -        ...

關於模斯字碼的全部符號，請參閱下節。

電流的**化學效應**，也曾被試用於訊號傳遞；事實上，最初的電報（Telegraph），就利用水的電解。此種電報是**索末林**（Sömmering）在1809年設計完成的。其法係使電流經由導線傳至收報站，並在該處將摻有硫酸的水分解，從而將訊號顯示出來。但每一字母須有一個特殊符號表示，故導線數須與字母的個數相同，僅電流的回路可利用同一導線。惜乎這種早年的電報試驗，並沒有產生若何實用的結果。

相反的，電流磁效應的利用，則在通訊技術上獲得了很大的成功。

[246] **模斯電碼** 模斯電碼在通訊技術上的應用至為重要；對於一位受過相當教育的人說來，能運用模斯碼，其價值遠過於在記憶中裝上許多雜七雜八的其他事物。因此，我們將模斯電碼的全部符號列舉如下，以供讀者參考：

[247] **指針電報機** 指針電報機 (Nadeltelgraph) 係哥庭根 (Göttingen) 大學數學教授高斯 (Gauss) 與實驗物理學教授韋柏 (Weber) 設計的通訊工具，時為1837年。指針電報機為一懸空且極易迴轉的磁針，利用電流使之偏轉，並藉其偏轉傳遞

a	..	i	..	r	---	l	----
b	....	j	----	s	...	2	----
c	----	k	---	t	-	3	----
ch	----	l	....	u	---	4	....
d	---	m	--	v	....	5	....
e	.....	n	..	w	---	6	.....
f	....	o	---	x	----	7	----
g	---	p	----	y	----	8	----
h	....	q	----	z	----	9	----
						0	----

誤.....  
知道了.....  
終結符號.....

訊號；這可算是電流之磁效應第一次正式用於通訊。跟第五講第173節所述奧斯特實驗的情形一樣，磁針係按電流的方向，朝一邊或另一邊偏轉。

[248] **電磁鐵之用於通訊技術** 以電流激發電磁鐵並將其吸引力用於訊號傳遞的方法，在通訊技術上的實用價值，遠勝於指針電報機之利用磁針偏轉。

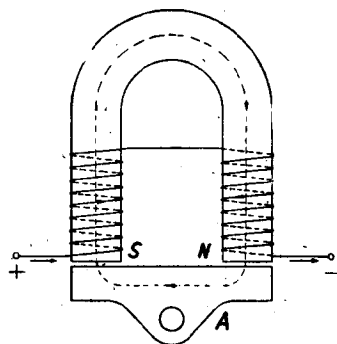
關於電磁鐵，我們已在第六講第182節中詳細地講述過了；以下將該節所述的各項結論略加補充。各位想必還記得，電磁鐵有一條形或蹄形的軟鐵心，其外繞有很多匝導線，稱為線圈，電流即從此線圈中通過。當時又曾提到過，通有電流的線圈，其內部形成一磁場；此一磁場能使軟鐵心的分子磁排成整齊的行列而成一強力的磁鐵。電路截斷之後，分子磁又恢復其雜亂無章的不規則狀態，大部份磁性也跟着消失；殘留的一部份磁力，稱為剩磁 (remanent Magnetismus)。

我們利用此一時機，先說明電磁鐵的一種重要用途，是即第九講

第 225 節中提到的**自動保險絲** (automatische Sicherungen)。自動保險絲近來風行一時，大有將普通保險絲取而代之的趨勢。其原理係使電流通過一線圈，線圈之內有一小型電磁鐵；如電流過強，電磁鐵即吸引一銜鐵 (Anker)，致使一電鍵打開，電路也就隨之截斷。如將銜鐵之位置恢復原狀，電路即又接通；故無預存備份保險絲的麻煩，是其優點。

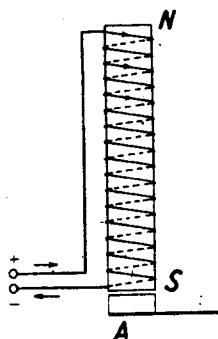
另有一種所謂**曳引電磁鐵** (Zugmagnete)，也可用來控制電路的開關。這種電磁鐵的構造很簡單，主要部份為一圓筒形的線圈，其中空的部位裝有**導向軸套** (Führungshülse)，適可容一軟鐵心滑入。一旦電路接通，軟鐵心即被一強大的力量吸入線圈之內。

第 269 圖代表一蹄形電磁鐵，第 270 圖代表一條形磁鐵。根據第五講第 174 節講過的**右手定則**，可知磁場之方向應如圖中之箭頭所示。於此，我們將右手定則重述一次：如以右手掌貼向磁鐵，並令四指之指尖表示導線中之電流方向，則伸直之拇指所指者，即為磁北極偏轉的方向。



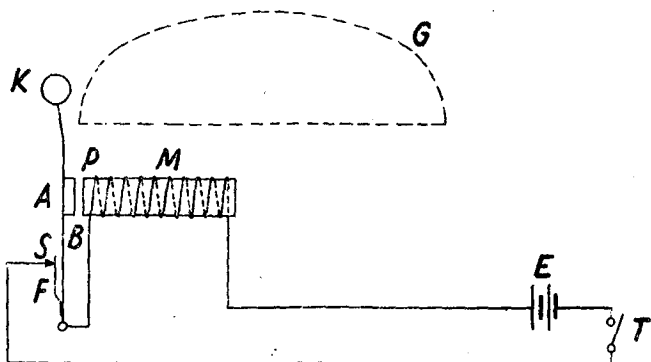
第269圖 蹄形電磁鐵  
A=銜鐵

右手定則也可用於通有電流的線圈：如以右手握線圈，並令四指之指尖表示導線中之電流方向，則伸直之拇指所指者即電磁鐵之北極，亦即線圈內磁場之方向。



第270圖 條形電磁鐵  
A=銜鐵

[249] **電鈴** 電磁鐵之用於訊號傳遞，最常見的例子就是普通家用的**電鈴** (elektrische Klingel)。在第 271 圖中，M 為電磁鐵，T 為按鈕，T 按下之後，電流即從線圈中通過。A 為一軟鐵塊，稱為銜鐵，其位置適在磁鐵一極的前方；一旦電路接通，A 即受到 M 的吸引。A 的頂端有一小錘 K，A 本身則係固結於彈簧片 B。銜鐵一受到吸引，K 即錘擊小鈴 G 而使之



第271圖 電鈴

M=電磁鐵，P=M之一極，A=銜鐵，E=電池，T=按鈕，  
B=彈簧片，S=接觸點，F=接觸彈簧，K=小錘，G=小鈴。

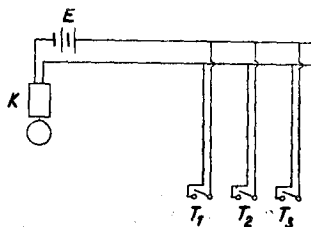
發聲。銜鐵另有一接觸彈簧 F，只要 A 的原來位置不變，F 即與接觸點 S 相觸。當按鈕 T 按下時，電流即由電池 E 經過電磁鐵之線圈、彈簧片 B、接觸彈簧 F、接觸點 S、按鈕 T 而回到電池 E。但電路接通後，銜鐵 A 被吸向磁鐵，接觸彈簧 F 與接觸點 S 分開，致成斷路，M 之磁性隨之消失，故銜鐵 A 遂被彈簧片 B 拉回原位。A 回到原位後，電路又通，小錘 K 又擊鈴發聲；故在按鈕 T 按下期間電路一斷一續，鈴聲也連鳴不已。

電鈴中使電路自動斷續的一部份裝置，係華格納氏所發明，故又稱為華格納錘 (Wagnerscher Hammer)。

以前的家用電鈴，其電源多為電池；現在則幾已全部改用一般城市網路的交變電流。當然電壓必須先用變壓器降低，才不致發生危險。關於變壓器的構造，以後還要詳述，故從略。又電鈴也可裝設一個以上的按鈕，其線路如第 272 圖所示。

附帶提一句，交流電同樣可用於電磁鐵。

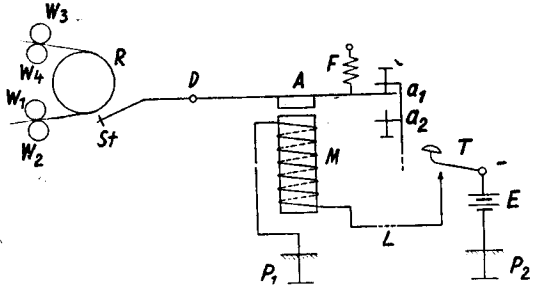
[250] 模斯電報機 模斯電報機  
(參閱第 273 圖) 是美國發明家 模斯 (S. Morse) 在 1837 年設計成功的通訊



第272圖 裝有數個按鈕的電鈴線路  
K=電鈴，T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>T<sub>3</sub>=按鈕，E=電源

裝置，其主要部份在原理上與電鈴相同；故只須將電鈴的結構稍加改動，即可使之變成模斯電報機。即使到了今天，模斯電報機仍不失為一種實用的通訊工具，當然其間已經過多次改良了。

就原理上講，只須將電磁鐵與銜鐵 A 之間的導線截斷（參閱第 271 圖），再令電流環繞線圈之後直接回到電源，就可使電鈴一變而為模斯電報機。又線圈的一端與電磁鐵的一極，可分別經由  $P_1$ 、 $P_2$  接地，如此可使電流的回路經過地球。故鉛筆 (St) 與發報電鍵 (T) 之間，只須有一條單極長距離導線就行了。



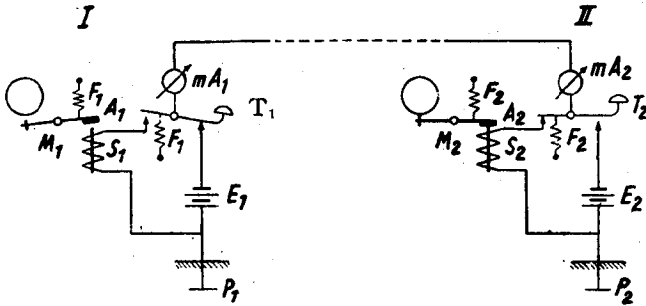
第 273 圖 模斯電報機

M = 電磁鐵；A = 銜鐵；E = 電池組；T = 按鈕；  
L = 長距離導線；W = 轉輪組（用以調整並支持移動的紙條）；R = 轉筒；D = 雙臂槓桿的支點； $P_1$ 、 $P_2$  = 接地片；F = 牽引彈簧；a = 定限螺旋；St = 鉛筆。

電鍵 T 按下之後，電路接通，電磁鐵 M（參閱第 273 圖）遂即吸引銜鐵 A。銜鐵係位於雙臂槓桿的一端，槓桿可繞其支點 D 迴轉；槓桿的另一端則裝有鉛筆一支。一旦銜鐵受到吸引，鉛筆尖即壓緊一張紙條，後者係繞於轉筒 R 上，並經由轉輪組  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_3$ 、 $W_4$  的帶動，徐徐自鉛筆尖下移過。定限螺旋  $a_1$  和  $a_2$ ，係用以控制銜鐵 A 的上下差距，並調節鉛筆尖的壓力大小。牽引彈簧  $F_1$  和  $F_2$  的作用，則是在斷路時將鉛筆提離紙條。按照電路接通（亦即電鍵按下）的時間長短，移動的紙條上會出現若干線和點，從這些線和點，即可組成模斯電碼。

第 274 圖係說明兩座電報站 I、II 的连接法。最令人驚奇不置的是這兩座電報站的全般構造，就外觀上看來可說完全相同；例如雙方都有模斯電報機 ( $M_1$ 、 $M_2$ )，以及電鍵 ( $T_1$ 、 $T_2$ )、線圈 ( $S_1$ 、 $S_2$ )、電池組 ( $E_1$ 、 $E_2$ )、牽引彈簧 ( $F_1$ 、 $F_2$ )、銜鐵 ( $A_1$ 、 $A_2$ )、毫安培計 ( $mA_1$ 、 $mA_2$ ) 等，後二者的作用是在監視電流的強度。兩座電報站係經由架空的長距離導線 L 互相連接，電流的回路則利用挾有地下





第274圖 兩座電報站的連接法

$M_1$ 、 $M_2$ =模斯電報機； $E_1$ 、 $E_2$ =電池組； $T_1$ 、 $T_2$ =電鍵； $S_1$ 、 $S_2$ =電磁鐵的線圈； $A_1$ 、 $A_2$ =銜鐵； $mA_1$ 、 $mA_2$ =毫安培計； $L$ =長距離導線（幹線）； $F_1$ 、 $F_2$ =牽引彈簧； $P_1$ 、 $P_2$ =銅片。

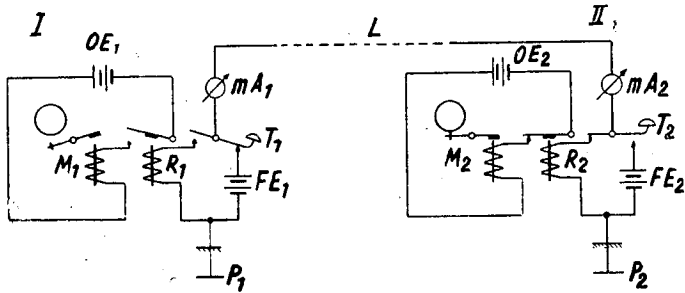
水的地球。雙方電池組的一極，皆用沉入地下水中的銅片  $P_1$ 、 $P_2$  接地，其目的即在以地球為電流回路。當然，我們可以設想這兩座電報站相距很遠。

在第 274 圖中，第 I 站的電鍵  $T_1$  剛好按下，故是時  $T_1$  正在發報位置，而  $T_2$  則在收報位置。電池組  $E_1$  的電流，經過  $T_1$  和  $L$  流至第 II 站，再經過線圈  $S_2$  抵達接地片  $P_2$ ，然後從該處通過地面與  $P_1$  回到電池組  $E_1$ 。由於電流的作用，第 II 站的銜鐵  $A_2$  受到吸引。此時，該站的模斯電報機之紙帶上，就會按照通路時間的長短，顯出一個點或一段線。

從第 274 圖可以看出，模斯電碼同樣可由第 II 站發至第 I 站，再由該站的模斯電報機錄出。

由於近幾十年來通訊技術的進步，剛才所講的電報機早已經過多次改良，其構造也完全不似當年了。但我們關心的是有關電報的物理原理；而舊機器較易使讀者對此原理一目了然；故就教育觀點言之，此式舊電報機還是很有價值的。

〔251〕替續器 當電報線過長時，導線的電阻會很大，致使來自發報站的電流，不足以起動收報站的銜鐵和模斯電報機。為解決此一問題，遂有替續器 (Relais) 的發明。Relais 這個字係取自驛馬車時代的術語。早年的馬車，均在驛站 (Relaisstation) 將疲竭的馬匹換



第275圖 附裝替續器的兩座電報站

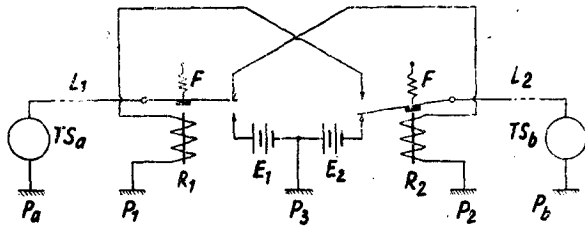
$M_1$ 、 $M_2$ =模斯電報機； $R_1$ 、 $R_2$ =替續器； $OE_1$ 、 $OE_2$ =局部電池組； $FE_1$ 、 $FE_2$ =幹線電池組； $T_1$ 、 $T_2$ =電鍵； $L$ =長距離導線（幹線）； $mA_1$ 、 $mA_2$ =毫安培計； $P_1$ 、 $P_2$ =銅片。

新，俾得繼續其未竟的旅程。故 Relais 在當時的含意就是“換馬”。抵達電報站的微弱電流，同樣的可以“換馬”再行。易言之，我們可以設法發動裝於收報站的強力局部電池組 (Ortsbatterie)。因此，循幹線而來的微弱電流，其作用不過是將收報站的局部電路接通而已。

在第 275 圖中，第 I 站代表發報站，故電鍵  $T_1$  被按下；而收報站的電鍵  $T_2$  則處於收報態勢。此時，幹線電流抵達收報站，再流經一線圈 ( $R_2$ )，線圈中有一軟鐵（電磁鐵），後者之磁力足夠將該處之局部電路接通。收報站的模斯電報機  $M_2$ ，即係接於此一電路中。從第 275 圖可以看出，兩座電報站都裝有幹線電池組 ( $FE_1$ 、 $FE_2$ )、局部電池組 ( $OE_1$ 、 $OE_2$ )、替續器 ( $R_1$ 、 $R_2$ )、模斯電報機 ( $M_1$ 、 $M_2$ )、電鍵 ( $T_1$ 、 $T_2$ ) 與毫安培計 ( $mA_1$ 、 $mA_2$ )。在此圖中，模斯電報機  $M_1$ 、 $M_2$  僅用簡單的符號代表；兩座電報站 I 和 II 的距離，當然可以很遠很遠。

如兩站之間距離太大，則傳抵收報站的電流會過份微弱，甚至於不能起動靈敏的替續器。在此情形下，可將導線分為若干段落；每段皆加裝替續器，以濟其不足。此一方法的基本原理，如第 276 圖所示。從發報站 TSa 經導線  $L_1$  而來之微弱電流，將替續器  $R_2$  發動，再流經  $P_1$ 、 $P_2$  跟地面而回至發報站 TSa。此時， $R_2$  即將導線  $L_2$  之電池組  $E_2$  接通，因而使發自 TSa 的訊號，得以繼續傳往收報站

TSb。此處電流之回路，則是利用地面， $P_b$  與  $P_a$ 。訊號收發的方向當然可以流轉來進行；換句話說，以 TSb 作發報站、TSa 作收報站亦無不可。至於電報機的逐步改進以及近代電訊業務的詳情，則不在本書範圍之內，故從略。



第276圖 替續器之接連使用

$L_1$ 、 $L_2$ =收發報線； $R_1$ 、 $R_2$ =替續器； $E_1$ 、 $E_2$ 電池組； $F$ =彈簧； $TSa$ 、 $TSb$ =電報站； $P$ =銅片。

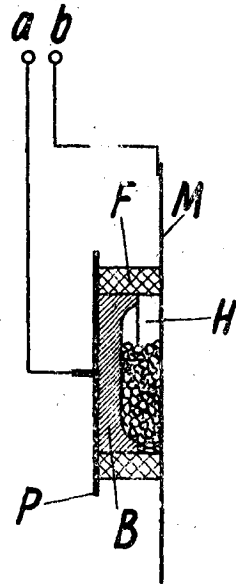
[252] 微音器 利用電磁鐵的通訊裝置甚多，但跟日常生活關係

最密切的恐無過於電話機了。電話機之主要部份為發話器與收話器；前者為一微音器 (Mikrophon；出自希臘文 mikros = 微小，phone = 聲音)，後者也就是平常所說的聽筒。

1861年，德國中學教師萊斯 (P. Reis) 曾在法蘭克福舉行的物理學會上表演過將聲波變為電流的簡單實驗。但電話機之能成為實用的通話工具，則應歸功於美國發明家貝爾 (G. Bell)。

微音器的簡單構造如第 277 圖所示。 $P$  為一金屬薄片，其上裝一碳盤  $B$ ，盤之周圍圍一氈環  $F$ ，環上則有一碳膜  $M$ 。 $M$  和  $B$  間的空隙裝滿碳粒，但裝的並不很緊。

將碳盤  $B$  與碳膜  $M$  經由導線與電源相連，即有電流從碳粒層通過。此時如向碳膜發話， $M$  即隨聲波之衝擊而振動，致使碳粒間之接觸時鬆時緊 (胥視  $M$  之振動情形而定)。但碳粒之鬆緊能使全路電阻或高或低 (此項電阻值之變化範圍通常約在 20 歐姆到 100 歐姆



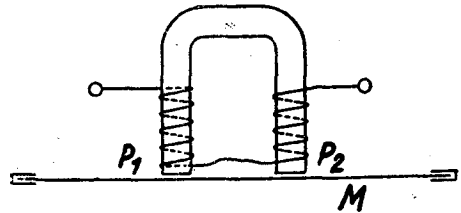
第277圖 微音器

$B$ =碳盤； $M$ =碳膜； $P$ =金屬片； $F$ =氈環； $a$ 、 $b$ =接線柱； $B$  與  $M$  間之空隙  $H$ ，填有鬆鬆的碳粒。

之間)，故通過微音器之電流亦隨之而生相應之變化。換句話說，微音器已將發話者送出的聲波“譯”成電流強度的升降了。

[253] **收話器** 收話器之主要部份為一蹄形永久磁鐵，其兩極  $P_1$ 、 $P_2$  之前有一張緊的軟鐵膜  $M$ ，相當於前此提到過的銜鐵。磁鐵之兩極復繞有很多匝線圈；收話器之結構如第 278 圖所示。

一旦有時強時弱的電流（或交變電流）自線圈中通過，磁力之大小即隨之而變，致使軟鐵膜  $M$  發生相應之振動。此一強度有變化的電流，如係來自有人對之發話的微音器，則鐵膜即以相同之頻率振動而成聲波；發話者對微音器所發的聲音，也就可以在收話器中聽到了。



第278圖 收話器

$M$  = 軟鐵膜； $P_1$ 、 $P_2$  = 電磁鐵之兩極。

膜即以相同之頻率振動而成聲波；發話者對微音器所發的聲音，也就可以在收話器中聽到了。

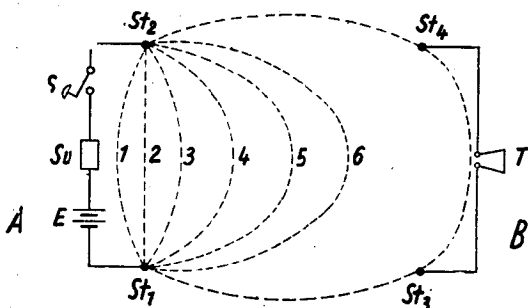
[254] **地電報** 第 250 節中講述電報時，曾經提到過如利用地面為電流之回路，則兩座電報站間只須敷設一條導線就行了。第一次大戰時，陣地戰中常用的通訊工具**地電報** (Erdtelegraph)，就是利用地球的導電能力。這種通訊工具現在已無實用價值；但其物理頗為簡單且富教育意義，值得一提。

將電鈴中的小鈴去掉，即成一蜂音器 (Summer)，亦即前文中講過的華格納鍾；此器會因電流的斷續而發營營之蜂音，故名。如將蜂音器與直流電源一併接入電路中，即可獲得時斷時續的直流。

第 279 圖中的蜂音器  $Su$ ，係經由導線與金屬棒  $St_1$ 、 $St_2$  相連；二者釘入地下，相距約為 20 米到 30 米。另將電池組  $E$  接入，以為電源。如將  $St_1$  接於電源之正極，即有電流由此經地面流向  $St_2$ ，且因電阻之不同而分為若干伸張很遠的支流 1、2、3、4、5 等等。金屬棒  $St_1$ 、 $St_2$  之間的距離，稱為**發報基線** (Sendebasis)。圖中之  $B$  代表一距發報站不遠之戰壕中的收報站； $St_3$ 、 $St_4$  之連線為**收報基線**，其方位與發報基線大致平行。來自蜂音器的某一支流經過  $St_3$ 、 $St_4$ ，能使接於此一基線中之聽筒發生與電流變動相應之聲音。如藉發報站

的電鍵  $S$  之助發出長、短之蜂音，此種蜂音即可在收報站的收話器中予以收聽。收到的聲音訊號，相當於模斯電碼的線與點。

地電報的傳訊範圍當然是有限的。儘管如此，仍無妨於第一次大戰中的士兵們用以保持其通訊連繫；如遇情況良好，通訊距離往往可達數仟米之遙。又收報站金屬棒  $St_3$ 、 $St_4$  插入



第279圖 地電報

A=發報站； B=收報站；  $S_u$ =蜂音器； E=電源； T=聽筒； S=電鍵；  $St_1$ 、 $St_2$ =金屬棒（發報基線）；  $St_3$ 、 $St_4$ =金屬棒（收報基線）

之電流支路上的兩點，其間之電壓降或電位差應儘可能的大。最佳的選擇是令收報基線  $St_3$ 、 $St_4$  與發報基線  $St_1$ 、 $St_2$  大致平行。

當普通電報機的訊號收發以地球為電流回路時，地面下當然也會有這種“浪蕩”的分流存在。此時如能藉地電報的收報裝置之助，截獲其回路電流的一部份，聽筒中就會有相應於發報電流的聲音嗡嗡作響。換句話說，地電報可“收聽”電報機送出的訊號。第一次大戰時，交戰的雙方確曾用此種辦法竊聽對方的電訊。倘若電訊之收發係用兩條導線而不經地球，便不致於使電訊洩漏了。

## B. 教材問答

師：電流的各種效應，原則上皆可用來傳遞訊號，何故？

生：電流可經由導線傳至遠方，並藉其化學效應、熱效應、磁效應將訊號表示出來，以達通訊之目的。

師：索末林電報機係基於何項原理製成？

生：此式電報機係藉水之電解傳遞訊號；但每一字母皆須一條導線，後者之末端係位於收報站作為陰極。一旦電路接通，陰極上即有氫氣泡出現。

師：高斯、韋柏之指針電報機的基本原理為何？

生：指針電報機係利用電流引起的磁針偏轉，跟奧斯特（Oersted）實驗的情形相同。磁針向一方或另一方偏轉，胥視電流之方向而定；此種偏轉即可用以傳遞訊號。

師：電磁鐵之用於通訊技術，係基於其何種性質？

生：電磁鐵磁力之有無、銜鐵之是否受其吸引，悉隨電路之啓閉而定。

師：如何決定電磁鐵磁極之方位？

生：如以右手握線圈，且令四指表導線中之電流方向；則伸直之拇指所指者，即為電磁鐵之 N 極。

師：電流何以能使電鈴發聲？

生：將電鈕按下之後，電路閉合，電流即通過電磁鐵之線圈；電磁鐵吸引一銜鐵，遂使附於銜鐵上之小錘擊鈴成聲。

師：鈴聲何以會頻作不已？

生：鈴聲之連作係藉華格納錘來達成。電鈕按下後，電流流經銜鐵而至一接觸彈簧，後者則跟一接觸點輕輕相觸。銜鐵受到吸引後，即在接觸點形成斷路，電磁鐵之磁性消失，銜鐵遂被彈簧片拉回原位，於是電路又通。似此電流一斷一續，遂使小錘頻頻擊鈴。

師：試簡述模斯電報機的構造。

生：電磁鐵之銜鐵位於槓桿之一端。一旦電流流過而使銜鐵受到吸引時，位於槓桿另一端之鉛筆，即壓緊一張自其下方徐徐移動的紙條。

師：然則這種裝置何以能傳遞訊號？

生：按照通路時間的久暫，鉛筆會在紙條上畫出一個點或一條線。由線、點組成之通訊符號，稱為模斯電碼，可用以代表字母與數字。

師：電報站間的電流回路何以可以省却？

生：因挾有地下水的地球可用作電流回路之故。

師：替續器的用途何在？

生：循幹線而來的微弱電流，係藉收報站的替續器之助，使另一電路閉合，後者之強度足可將收報機起動。

師：對的！此一電流又稱爲局部電流。電話機的主要部份爲何？

生：微音器與聽筒；前者用來發聲，後者用以收話。

師：微音器的構造如何？

生：碳盤與碳膜之間有一空隙，內盛碳粒；電路接通後，電流即從碳粒層通過。此時如向碳膜發話，後者即因聲波之衝擊而振動並對碳粒施以或大或小之壓力，使全路電阻時高時低，因以生成與聲波相應之電流變化。此一電流變化，可在收話器中還原成聲。

師：試簡述聽筒的構造。

生：聽筒之主要部份爲一兩極之上繞有線圈的蹄形永久磁鐵。當來自發話器的有變化電流通過線圈時，磁鐵之磁力亦隨之而有強弱變化，致使磁鐵前方之軟鐵片振動發聲，且聲之頻率與電流之強弱變化相同；易言之，軟鐵片振動所成之聲，與發話人所發者完全一樣。

師：地電報之構造如何？用途何在？

生：地電報在第一次大戰時曾被用來維持戰壕之間的通訊連繫。來自蜂音器的微弱電流，經導線與發報基線之兩端點流入地面，並在此兩點之間分爲若干支流。相距數米遠之收報基線，係與發報基線大致平行。如將收報基線截獲之電流導入聽筒，即可聽到或長或短（隨通路時間之長短而定）的嗡嗡，亦即代表莫斯電碼的訊號。

## C. 內容摘要

電流的化學效應、熱效應與磁效應，原則上皆可用來傳遞訊號；但須藉導線將電流自發訊站傳至收訊站並使這些效應在該處發生作用才行。1809年，索末林曾將水的電解用作訊號傳遞工具。導線之條數與字母之個數相同，位於收報站之導線末端係作爲陰極；通路時此端所生之氫氣，即可將不同之字母表示出來。

惟對通訊技術而言，仍以電流之磁效應較爲重要。第一座指針電報機是高斯與韋柏製成的，時爲1833年。此式電報機係藉電流引起之磁針偏轉傳遞訊號。

電鈴之主要部份爲華格納錘，後者係一電磁鐵；當電流通過線圈

時，電磁鐵即吸引銜鐵。銜鐵之上有一接觸彈簧與接觸點輕輕相觸。一旦銜鐵受到吸引，電路即由此而斷，電磁鐵之磁性消失，銜鐵遂被彈簧片拉回原位，於是電路又通。似此電路一斷一續，遂使裝於銜鐵之上的小錘頻頻擊鈴。

模斯電報機的電磁鐵，其銜鐵係位於槓桿之一端。槓桿之另一端裝有鉛筆一支，可在徐徐移動的紙條上畫出線或點，視通路時間之久暫而定。由線、點組成之通訊符號，稱為模斯電碼。

如電報站間距離太大致使導線之電阻過高，則電流會弱的不能使電報機動作。在此情形下，可於收報站加接一強力局部電池組；故幹線電流之任務，不過是藉一電磁鐵之助將局部電路接通而已。此種裝置稱為替續器。

電話機係由兩部份組成：用以發話的微音器，與用以收話的聽筒。

微音器之主要部份為一碳膜與圍有氈環之碳盤，兩者之間填有碳粒，通路時電流即從碳粒層中通過。人向碳膜發話時，碳粒層之電阻即隨聲波之壓力而變，遂使電流之強度作相應之漲落。

與聲波律動相合之有變化電流經導向收話器後，即還原成聲。收話器為一蹄形永久磁鐵，兩極上繞有線圈，當來自微音器之電流通過線圈時，位於磁鐵前方之軟鐵片即作相應之振動而成聲。

如使來自微音器之斷續電流經由導線之兩端點流向地面，電流即在此兩點之間分為若干支流，並可在相距不遠之收報基線將此種地電流之一部份予以截獲導入聽筒。按發報基線通路時間之久暫，聽筒中遂有或長或短之喙鳴發出，故可傳遞模斯電碼。此種裝置，稱為地電報。

如電報站間的電流回路係利用地球，地面下當然也會有這一類的“浪蕩”電流存在，可用地電報的收報裝置予以截獲。第一次大戰時，即曾有人用此方法竊聽敵方之電訊。故在接近前線的地區，不可以地面為通訊時之電流回路，以免電訊被人竊聽。



## D. 複 習 題

1. 電流的那些效應可用來傳遞訊號？〔245〕
2. 索末林電報機的構造如何？〔245〕
3. 試簡述高斯、韋柏發明的指針電報機。〔247〕
4. 如何決定電磁鐵的磁極方位？〔248〕
5. 電鈴的構造如何？〔249〕
6. 何謂華格納錘？〔249〕
7. 試簡述模斯電報機的構造。〔250〕
8. 何謂替續器？〔251〕
9. 電話機係由那兩部份組成？〔252〕
10. 碳粒微音器的構造如何？〔252〕
11. 試簡述收話器的構造？〔253〕
12. 地電報的基本原理何在？〔254〕
13. 如何用地電報之收報裝置竊聽電訊？〔254〕

## E. 習 題

1. 試將下述文字譯成模斯電碼：Bonnes und Hachfeld。
2. 試將巴黎埃斐爾塔電報站之呼號“fl”譯成模斯電碼，並用口哨傳遞之！

## F. 簡 易 實 驗

1. 如將捲紗筒之小孔鑽大，裝入鐵釘，再將筒子外面繞上絕緣導線通以電流，即成一簡單電磁鐵。試作一實驗，看看此種電磁鐵能吸起多少克的鐵釘！
2. 試用手電筒之閃光發送模斯電碼，並藉以跟友人作一次無線通訊！
3. 觀察家用電鈴的構造，看看是否與本書所講者相同！
4. 將舊電話機拆開，詳細觀察微音器與聽筒的構造！