



無線電原理淺說

人民郵電出版社

04771

無線電原理淺說

林士謨 著

人民郵電出版社

無線電原理淺說

編著者：林 一 謨

出版者：人民郵電出版社

北京西長安街二號

印刷者：郵電部供應局南京印刷廠

南京太平路郵部街15號

發行者：新 華 書 店

電號：69 1955年 8月第5版第一次印刷 1—10,000張

85°x1168 1/32 2頁 圖形 3 $\frac{8}{32}$ 字數81,000字 定價(2)0.50元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

前 言

本書主要地根據蘇聯1953年出版的「無線電工程」及「通訊工程」兩書的部分內容編譯出來。書中包括無線電波如何從天線輻射至空間，各種電子管的構造及特性以及無線電發射機和接收機的基本構造原理。敘述的方式着重聯繫物理概念，避免使用數學公式和儘量利用示意圖來說明原理。

這本書的深淺度可以說是介乎「大衆科學」式所講的無線電原理與「專業性」所講的無線電工程之間，對於一部分讀者，特別是無線電愛好者，希望用較少的時間來進一步了解一下無線電原理，本書可能對他們有一些幫助。本書也可作中等技術學校從事無線電技術方面的學生作參考資料。

定價：(7)0.50元

目 錄

前 言

第一節	無線電通信的一般內容	(1)
第二節	產生高壓電流的振盪槽路	(10)
第三節	天線輻射電磁波的原理	(21)
第四節	電子管的構造及特性	(29)
第五節	無線電發射裝置	(50)
第六節	無線電接收裝置	(72)
第七節	其他電子管電路圖	(83)
第八節	無線電波在大氣中的播送	(93)
主要參考文獻		

第一節

無線電通信的一般內容

一 無線電廣播及通信過程

圖 1 指示傳送無線電廣播的示意圖。

圖中的送話器將廣播員的聲音或音樂變化為音頻或低頻的交流電，這種交流電的頻率範圍約為幾十週/秒至一萬週/秒。從送話器出來的低頻電流輸入至電子管放大器內，被放大後的音頻電流沿電纜進入至無線電廣播站。

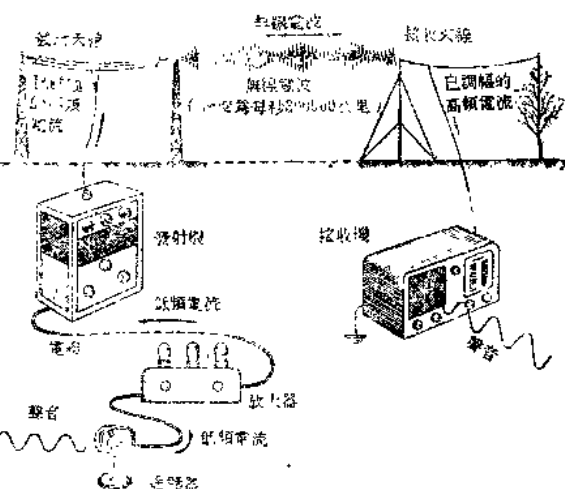


圖 1 傳送無線電廣播的示意圖

無線電廣播站的主要部分即為無線電發射機。發射機中使用電子管產生高頻電流，以獲得需要的無線電波。高頻電流的頻率通常從 10,000 至幾億週/秒，甚或高至幾十億週/秒。導線中流通的音頻或高頻交流電，通常稱為電波，而在空中，傳送的無線電波有時又稱為電磁波。

被調幅後的高頻電流從發射機進入天線，在天線周圍空間，輻射出電磁波，並以接近 300,000 公里/秒的速度，向空間播送。

在接收機的天線上，由於無線電波的作用，產生了高頻交流電。這種電波的頻率和振幅實際上都重覆了發射電台天線上電流的

變化。由於接收機天線上的電流是異常地微弱，因而必須進入接收機內的電子管放大電路予以放大並轉化成音頻的電流。音頻電流進入音揚聲器或耳機後即可轉為聲波。

各處的無線電發射電台同時向空間發出不同頻率的高頻電磁波。因此，接收機上的天線同時接收着從許多發射機傳來的各種頻率的無線電波。如果無線電接收機不具有選擇性，便將同時收到許多電台發出的電波，而各種電波將彼此互相干擾，使接收機失去接收的功能。

以下的幾節將逐步說明高頻電波的產生過程，以及如何在天線上輻射至空間。並說明接收機內如何選擇各種不同頻率的電波，及如何將電波放大，然後再使其變為音波。爲了說明無線電發射機和接收機的構造原理須首先說明一下有關電子管的構造及特性。

二 音波和電波

對於波的概念，最容易理解的便是水波了。當人們丟一塊石頭

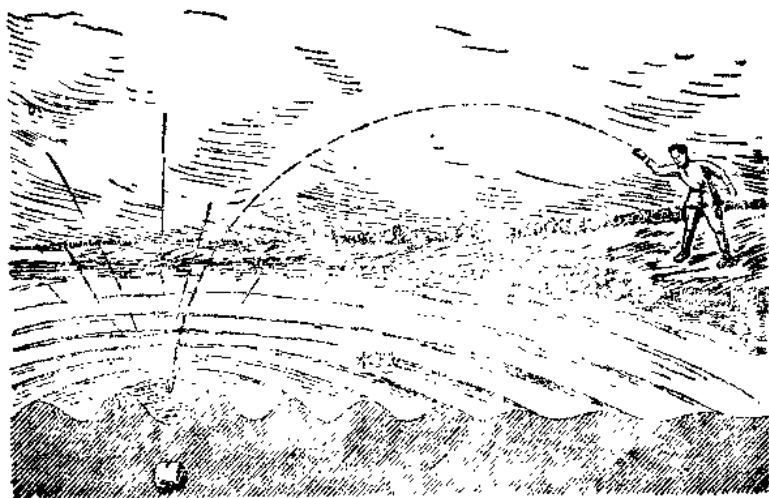


圖 2 投石在水中，可形成水波

在平靜的水面上時（圖2），便可以看見水波的形成。將水波切開，它的形狀和用鐘錶的圓規，在滑動着的紙面上繪出的曲線相似（圖3），這種曲線通常稱為正弦形波曲線。

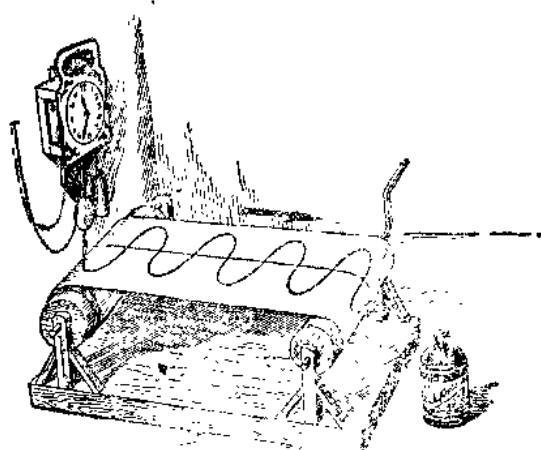


圖 3 正弦形波曲線

如果將具有彈性的薄片，一頭夾緊，另一頭加上拉力後再予以放鬆，薄片便可在空氣中擺動，將空氣打擊，形成一部分比較壓縮的空氣，而另一部分則形成壓力比較稀薄的空氣。這種壓縮及稀薄的空氣變化將一直向外繼續傳播出去，形成所謂音波（圖4）。

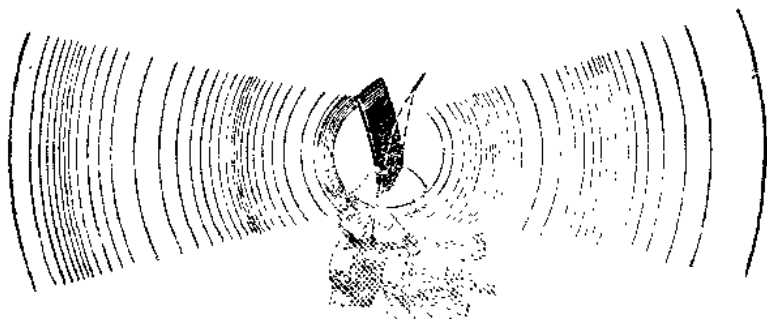


圖 4 音波在空氣中的形成

如果將空氣壓力的變化，與時間繪成一曲線，其形狀也和正弦波曲線相似（圖 5）。但是從樂器中或者人們說話時由喉頭音帶所生的壓力變化却是異常複雜的波形（圖 6）。

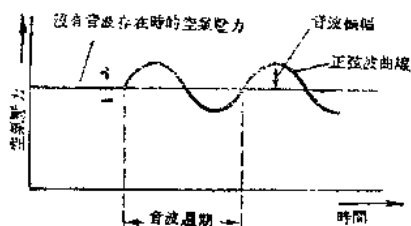


圖 5 簡單的音波曲線

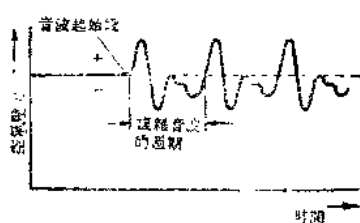


圖 6 複雜的音波曲線

可以用數學證明，任何複雜的音波波形，都可以分解為頻率成倍數，而振幅不同的高次諧波的總和。例如圖 7 中的比較複雜的波形，是由一次，二次及三次諧波的綜合波所形成。即使最複雜的音波，也可以用幾十個或更多的各種諧波來代表。頻率最低的一次諧波，通常稱為基本波，該諧波的振幅通常最大，而且是複雜音波的主要組成部分。將各諧波的振幅按比例地繪出的圖形（圖 7b）稱為

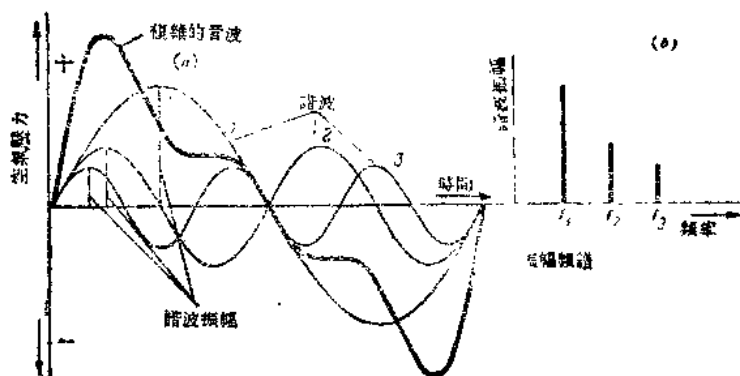


圖 7 由三個正弦波形成的複雜音波

音波的頻譜。將頻譜振幅的最大值連接起來繪成的包線稱為頻譜包線。高音的頻譜包線，將包括較多的高頻諧波，（例如圖 8 中的女高音）而低音的頻譜，則包括較多的低音諧波（如圖 8 中的男低音）。

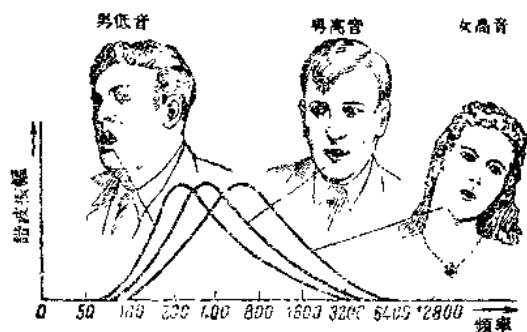


圖 8 男、女音波的頻譜包線

從圖 8 可看出，人類聲音的頻率範圍，約從 80 至 6000 週/秒。而人類耳膜能夠聽到的音波最低為 20 週/秒，最高不超過 20000 週/秒。音波在空氣中的傳播速度約為 340 米/秒，在水中的速度則為 1500 米/秒，而音波在鋼鐵內的傳播速度可達 5000 米/秒。

在有線電話通訊中，音波通過送話器變為音頻的電波，其波形與音波波形相同。電波通過導線在耳機內再度變為音波（圖 9）。

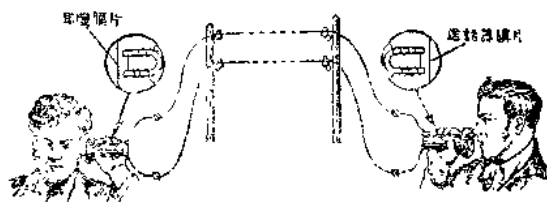


圖 9 有線電話的通訊

圖 10 上示出炭精式送話器及耳機的構造及作用原理。圖 (a) 表示送話器的構造。送話器內通常置有一個金屬的殼套 B，其上設

一薄的炭精膜片 JM 。膜片內置一齒形炭精塊 JK ；膜片 JM 與炭精塊 JK 之間，裝有炭精粉 JH 。炭精塊週圍裹有氈墊，以防止炭精粉漏出。接觸螺絲 BB 使炭精塊通至導線的正極，但與殼套絕緣。從送話器電池 MB （圖10b）出來的電流輸入至送話器並經過炭精粉，該部分的電阻約為幾十至一百歐姆左右。在送話器的電路內，還包括升壓變壓器 MT 的初級線圈，其變壓比通常為1:20至1:100。變壓器的次級線圈接通至電話線，電話線的另一端即接通至耳機。

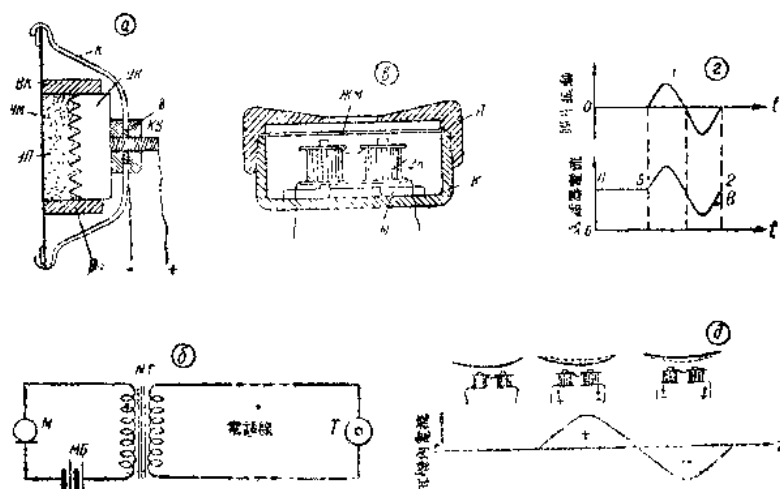


圖 10 送話器及耳機的構造原理圖

耳機的殼套 K 可能由金屬或塑膠製成（圖10e）。殼套上安置着永久磁鐵 M ，其磁極上套有線圈 BK ，該線圈由細絲繞成許多圈數。線圈的電阻約為幾百至幾千歐姆。殼套的另一端置有軟鐵膜片 JM ，膜片與磁極間留有空氣隙，前述膜片由蓋子 A 保護，蓋子的中央開一小孔（圖10e）。

圖10c及d表示送話器與耳機內音波與電波的變化關係。當送話器內沒有音波時，電流保持常數（圖10c上的 AB 段），也就意味著變壓器的次級線圈將沒有任何感應電壓。

從喉頭聲帶發出的音波，打擊在送話器膜片上時，使膜片隨着

音波的強弱而振動，振動波形和音波相同。圖中假定音波波形為正弦形波，膜片振動時，加在炭精粉上的壓力產生變化，因而使炭精粉電阻也隨着變化。送話器電路內的電流數值也將隨着發生變化，產生圖107下曲線CSR段的交流電。

送話器內的電流可以分為直流及交流兩部分。只有交流部分的電流可經過變壓器在次級線圈內感應出更高的交流電壓。這種交流電壓的形狀也將和送話器膜片振動的波形相似。交流電壓在耳機內即可產生和送話器內相同的音波。

由此可以看出，送話器的作用，即為將音波變為電波。而耳機的作用則正好相反，即為將電波變為音波。

當耳機內的線圈沒有電流時，由於永久磁鐵的作用，將膜片吸向磁極，使膜片稍為發生彎曲（圖100）。因此線圈內通過交流電後，則永久磁鐵的吸力將發生變化。正半週的交流電將使磁鐵加強吸力，使膜片彎曲得更厲害一些。交流電負半週內線圈磁場將產生與永久磁鐵相反的磁場，因而使膜片放鬆。結果，膜片將重複送話器膜片的擺動，而在空氣中產生音波。

三 電磁波的波長與特性的關係

電磁波和光波一樣，可以輻射至任何空間。電磁波是由於輻射電磁波的天線內具有頻率很高的交流電所產生。這種高頻交流電通常以千週/秒或兆週/秒做單位。電磁波在空間向外播送的速度等於光波播送的速度，即每秒鐘可走300000公里的距離。電磁波一週期內在空間所走的距離通常稱為波長，並用 λ 表示。由於電磁波速度為常數，因此，波長將與頻率成反比。例如頻率 f 為1,000,000週/秒時，則週期等於百萬分之一秒。電磁波在百萬分之一秒內可走300米，因此相當於1,000,000週/秒的波長即等於300米。波長與頻率的關係公式如下：

$$\lambda, \text{米} = \frac{300,000,000}{f}$$

普通的交流電由於頻率低比較容易記憶（例如50週/秒），而在高頻電波則使用波長數字（例如300米）反而比頻率記憶起來要簡便些，因此用波長來表示電磁波頻率的方式已經愈來愈普遍。

電磁波的特性在很大的程度上，由於波長的變化而有所不同。按物理性質上來講，眼睛看得見的光波，和看不見的紅外線及紫外線等，以及可以穿透肉體的X光線，γ線和宇宙線等都是波長不同的電磁波。僅僅由於波長的區別，電磁波便具有截然不同的物理特

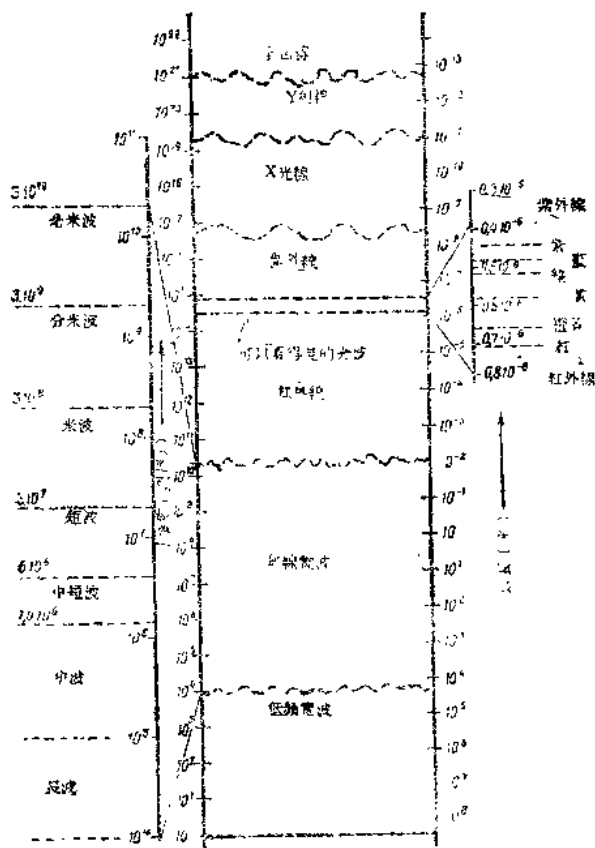


圖 12 電磁波譜 (各種頻率或波長的電磁波)

性。圖11表示各種波長的電磁波，其中包括：波長最長的無線電波，然後為光波中波長最長的紅外線，再次為看得見的各種光波，再次則為波長最短的光波，亦即看不見的紫外線，再次為X光線，γ射線，而波長最短的電磁波則為宇宙線。

無線電波由於波長的不同，也具有不同的特性。國際間共同規定的波長範圍有下列各種：

1. 長波，波長從30,000至3000米即相當於10至100千週/秒的頻率。幾十年前，這種長波的電波應用頗為廣泛，但目前已較少應用。長波的缺點為作遠距離通訊時要求發射機具有很大的功率。此外，在長波範圍內，不可能同時有許多電台一起工作而不致互相干擾。為了消除發生互相干擾的可能，各電台間的頻率範圍必需隔開約9千週/秒左右。因此，長波範圍內最多只能設立十個電台左右。

長波的優點為可作遠距離播送，其接收情況不受日間、夜間或季候變化的影響（參閱第八節）。其他波長的電波便很少具有這種優點。

2. 中波，波長從3000至200米或頻率從100至1500千週/秒。其中，從2000至200米的波長特別用作無線電廣播的波長範圍，或稱廣播波段。通常使用的名稱中，200至560米稱為“中波”，750至2000米則被稱為廣播波段中的“長波”。在廣播波段中，最多可分成150個波長範圍的電台而不致互相干擾。

此外，在200至2000米波段中，也包括有航空、航海及軍用的電報電台的波長。例如從3000至1000米的波段通常用作航空通訊，而600米波段則用作航海通訊，580至750米波段則劃入港口通訊的範圍。

3. 中短波及短波。從200至50米，相當於1500至6000千週/秒的頻率稱為中短波。50至10米，相當於6000至30000千週/秒，稱為短波。最常用的無線電廣播範圍，一般為10至50米（短波段），200至2000米，長波段。短波波段由於利用了電波受大氣游離層的反射性，可以在較小的發射功率條件下，達到較遠的距離（見第八節）。

從200至10公尺的波段內，可劃出3166個不同頻率的電台而不致互相干擾。短波的缺點為電波強度受日夜及氣候的影響甚大。

4. 超短波（米、分米、毫米及厘米波）包括下列範圍：

- 1) 米波，10至1米或30至300兆週/秒。
- 2) 分米波，100至10厘米或300至3000兆週/秒。
- 3) 厘米波，10至1厘米或3000至30000兆週/秒。
- 4) 毫米波，10至1毫米或30000至300,000兆週/秒。

超短波又稱超高频或特高频電波，其性質近似光波，只能走直線距離。因此發射距離一般限於100至200公里以內。超短波波段內可列入幾乎無數多的發射頻率而不致互相干擾。因此，對電視的傳送特別有利。此外，航空界使用超短波收發報機以減少氣候變化對通訊的影響。利用超短波的方向性及反射性，雷達可以穿過雲霧，探測空中及地面的目標。

第 二 節

產生高频電流的振盪槽路

一 高频電波的產生

低频交流電（10000週/秒以下）可以用機械轉動的交流發電機產生。由於轉速的限制，交流發電機不可能產生更高頻率的交流電。產生高频交流電的電感及電容電路，通常稱為振盪槽路。振盪槽路中包括線圈 L 及電容器 C 的串聯電路（圖12）。槽路中不可避

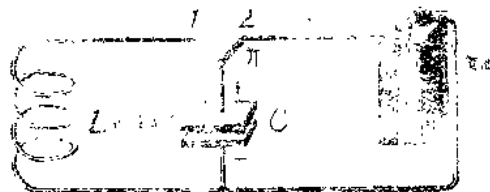


圖12 振盪槽路

免的有效電阻的影響，暫時予以忽略。

如果先將開關 K 接至圖12中的接點1上，使電容器 C 充電，然後再將開關 K 換至接點2，則電容 C 將對線圈 L 放電。放電及重覆充電的振盪程序可由圖13看出。

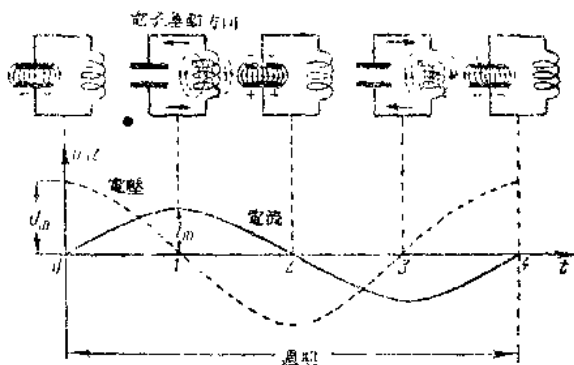


圖 13 振盪槽路內產生電波的程序

起初，電容器 C 被蓄電池充電，兩極片間的電位差即等於蓄電池的端電壓。假定電容器 C 上面的一片為正電，下面一片為負電。（圖13，時間 t 為零時）。如果這時，將電容器連接至線圈 L ，便有通過線圈放電的可能。如果僅停用普通很短的導線將電容器上下兩片接通，電容器將作瞬時的放電不致發生任何特別的現象。

但是，當放電電流通過線圈 L 而不是通過普通的導線時，那麼，圍繞着線圈將建立磁場，阻止電流使其不致迅速增長，因而使圖13中的電流 i 從零逐漸增長至最大的數值，當時間從0至1時，電容器內全部電能放完，兩片間的電位差 U 變為零值。此時，看起來好像電流也應當為零，但是由於線圈內業已存在着磁場，在時間1以前，電流 i 和磁場強度都繼續增長。現在由於電位差為零，所以磁場強度將開始減弱。而這種磁場強度的變化，將在線圈內感應出一個自感電動勢，使電流不致很快地消失。這個自感電動勢將使電流 i 逐漸減弱，直到時間2時，才變為零。由於電流 i 繼續在原