

無線電原理及應用

無線電原理

及應用

赫 卿 蓀 著

丁 曦 譯

開 明 書 店 印 行

無線電原理及應用

二十五年三月初版 三十八年一月十版

每冊定價一·二五

著者 赫 卿 孫
翻譯者 丁 曦

發行者 關 明 書 店
上海福州路
代表人范洗人

印刷者 關 明 書 店
有著作權 不准翻印

(172P.) K

線

內政部著作權註冊執照警字第七一七二號

原 序

我的無線電初步，還是一九二六年出版的；那本書使我感覺到意外的成功。印者與我，好久以前就得到不少讀者的來信，希望修訂再版。不過我個人以為無線電的發展，一日千里，若僅屬修訂，實已不能適應書名，並切合現時讀者的需要；因此我決定再以現時代的資料來重寫一本。我長久的經驗，使我仍舊用寫上本一樣的計劃，來寫這本書。這種寫法，在我不惟是得到承印者的採納，而且已得到許多教師、學生及無線電實驗者等的嘉許。

這本無線電原理及應用的目的，在使讀者對於現時無線電的基本知識及實際工作，得到一個深切、澈底的了解，並且使他初步的知識立在穩固的學理之上。在這裏，假定讀者以前沒有電或無線電的知識，所以應該簡單扼要地把必需的學理及新的觀念，用簡約合理的文字介紹出來。這種學理觀念，不但不知物理學家的意見發生衝突，而且將來讀者在研究高深學理時，也不至於引起觀念的矛盾。這些學理都和實際裝作有密切的關係，所以很可適合讀者需要。關於解釋的文字，竭力使之簡明有趣，務使讀者容易了解，而且其中的名詞術語，也都處處為讀者着想，極易領悟。

這本書是供給於無線電的初學者、業餘者、無線電俱樂部

中的社員、工業補習夜校中的學生、喜歡無線電的大眾、以及不僅以收聽音樂為滿足，而且對於這些收音機本身感得興趣的人。這本書中，關於數學上及數學物理上的問題，都是極力避免，但希望一般已具電學知識的程度較高的學者，也能感得興趣。

我的見解是根據我多年來在各種學校及和無線電有關的協會中講授所得，並根據二十五年來我的實驗無線電的經驗。這就能解釋我何以要將有些部份特別引長，有些部分特別促起讀者的注意，甚至有時不惜重複，且常常將有關應用的學理提之好提。同時我的經驗，又告訴我電勢的觀念揣想，電子的運動原理等等，把舊的思想，逐漸用新的觀念來代替，使一般年幼的初學者也不難明瞭；而這點正是我所希望要做到的。

又為求解釋的明瞭和能使讀者知道一般的情形起見，我曾採取了好些實際上應用的例子，和可作為代表的幾種式樣；同時把牠們的構造和作用的科學原理也說明了。而有些地方，我又依據了經驗，寫了幾句對讀者忠告的話。本書，上面已說過，是供給於初學者的，而其中所採取的題材，還要使社會上各色人等發生興趣，所以，依正理講，不應將過於高深的學理列入，否則，實在是一種錯誤。

上面曾說本書並沒有介紹高深的學理，祇介紹很簡單而且必不可少的學理。這些學理能應用到初學者的實際工作方面——即從其簡單工作的起始，以至最新式的種種及包含新式線路的計劃。

再版原序

由這書再版的需要——這書是去年十二月出版的——和讀者及承印者的贊許，使我自信我在前序中所指出的計劃及目的，已得到了多數的同意；同時更使我有一個機會，可將這一年來無線電上的新發展，依需要而插入本書的各段中，來介紹給讀者。

1933年，是無線電界有着驚人發展的一個時期。當今年開始的當兒，大家盛傳着將有一種新的低週率放大的發明，現在這種傳說已由於‘靜推挽式’(Quiescent push-pull)的出現而證實了。靜推挽式有二個特點，即牠非特能發生很大的輸出能力，而且所耗的電也很省。但事實會出人意外，當這方法出現了不多時，又有一個比牠更好更美滿的方法接踵而至了，這就是利用乙類真空管所成的乙類放大。所以一般廠家正趕製了一批專供於靜推挽式的變壓器和另件，現在又得立刻改換方向去計劃適應於乙類放大的需要品了。

這是當然的，既有需要，自然大家向各方面去搜求新的發見。於是搜求的結果，就發見了‘自動音量控制器’(Automatic volume control)：由收音機自動的調節外來信號的強度，能使遠電臺的音量增加和近電臺的擾亂減少。同時又發見了現代新式完美線路中所需要的‘金屬真空管’(All-metal valve)。

‘冷真空管’(Gold valve)、『多能真空管’(Multipurpose valve)、‘鐵屑心調諧線圈’(Iron-dust-core tuning coil)、各種真空管的交連及新式揚聲器等。這真是有着驚人發展的一個年頭兒！

在這再版本裏面的材料，我仍舊是以初學者為對象的；加進去的新資料，凡有關於真空管的，有乙類真空管、雙二極三極變生管、雙二極五極變生管、高週率五極管、可變放大係數真空管、六極管、五柵極真空管等等。凡有關於低週率放大的，有推挽式、靜推挽式、乙類放大、自動音量控制、揚聲器的助聲裝置、鐵屑心線圈及幾個新式的線路。這些新的材料，都不影響原有的文字，因此前一版的資料，都仍舊照樣保留着不變。

一九三三年十月 赫卿蓀

目 次

第一章 電磁學上的幾個必需觀念.....	1
原子及電子.....	1
陽電及陰電.....	5
電力場•電力線.....	8
電流•電阻.....	12
電勢或電壓.....	13
磁學•磁場及磁力線.....	17
交流電流.....	21
以太.....	24
以太的電性應變及磁性應變.....	26
第二章 幾個電學上的基本學理及單位.....	29
安培•毫安培•庫倫•安培小時.....	29
歐姆及百萬歐姆.....	33
伏特及微伏特.....	34
歐姆定律.....	35
導體的串聯與並聯.....	36
並聯線路中的電流.....	38
阻力定律.....	40
法拉及微法拉.....	41
電功及電功率——瓦特及瓦特小時.....	42
第三章 乾電池組及蓄電池.....	45
電池的原理——局部作用及極化.....	45
勒克爾社電池及乾電池.....	47
電池組.....	49
無線電中的乾電池組.....	51
蓄電池.....	52

第四節 電容量及感應量——容電器及調諧線圈	60
容電器的原理.....	60
容電器的電容量.....	64
串聯和並聯的容電器.....	66
容電器的放電.....	68
無線電的容電器.....	70
感應電流及感應電壓.....	76
互感應與自感應.....	77
線圈的感應量·亨利及微亨利.....	80
無線電中的感應線圈·調諧線圈.....	82
聽筒·微音器及揚聲器.....	90
助聲裝置.....	98
第五章 交流電的各種現象——阻抗·抗流圈·變壓器	102
再談交流電的各種現象.....	102
落後電流及超前電流.....	103
交流電流在容電器中的流動.....	105
感應量對於交流電流的抗流作用.....	107
變壓器.....	108
交流電流與電壓的量法.....	112
電抗·阻抗·共鳴現象.....	114
第六章 無線電報·無線電話·廣播事業	120
波.....	120
容電器中的振盪放電.....	124
減幅電波傳播的無線電報.....	127
連續電波的無線電報.....	142
等幅電波的無線電話及無線電廣播.....	148
無線電波的幾種現象.....	151

第七章 收受天線及地面.....	161
戶外天線.....	161
地線.....	165
平衡天線.....	167
室內天線.....	167
裝架天線.....	168
第八章 礦石真空管.....	171
礦石.....	171
真空管.....	172
真空管在無線電上的二種用處.....	180
真空管的放大作用.....	182
真空管的整流或檢波作用.....	184
真空管的失真放大現象.....	190
真空管的各種常數.....	192
各式的真空管.....	195
新式真空管.....	196
第九章 礦石收音機.....	229
兩個舊式礦石機的線路.....	229
適合現代廣播情況的礦石機.....	232
兩個新式礦石收音機線路.....	234
礦石收音機音量之增強.....	236
第十章 單管收音機.....	239
再生裝置.....	239
兩個簡單的單管收音機線路.....	242
兩個特別的單管機.....	245
三個新式單管收音機的線路.....	248
反交連電阻及容電器.....	251
濾波器——接收電路及拒棄電路.....	253

週段諧振的原理.....	255
第十一章 新式多真空管收音機	459
真空管放大.....	259
交連的意義.....	260
檢波管和低週率放大管間的交連.....	262
檢波管和高週率放大管間的交連.....	266
高週率放大.....	270
輸出級.....	275
推挽式放大 • 靜推挽式放大 • 乙類放大.....	277
自動音量調節器的接法.....	285
揚聲器和輸出管的配合.....	286
新式電池式收音機.....	289
標準線路的裝配法.....	303
交流收音機.....	305
拾音器的裝置法.....	309
短波.....	310
第十二章 真空管發報機 • 超外差式收音機 • 電視術 • 電傳照相術 • 電傳電影術	312
真空管發報機.....	312
關於發報臺上的幾件事.....	315
超外差式的收音機.....	317
電視.....	319
電傳電影術 • 電傳有聲電影術.....	325
電傳照相術.....	327
中英名詞對照表	330

第一章

電磁學上的幾個必需觀念

1. 原子及電子

‘物體’或‘物件’這個名詞，我們幾乎每天都講到；但是究竟什麼是‘物體’，嚴格的講起來，倒也不是容易事。科學家對於物體的定義是這樣的：‘凡占有空間的，都是物體’；但是這個定義，對於初學者往往會給予一個模糊的印象。所以我們應這樣說：所有一切的東西，看得見的，摸得着的，及權得出牠的重量的，都謂之物體。是以固體是物體，液體、氣體也是物體。

要了解這些近代科學的結晶品：如電燈、電車、電報、電話、無線電、‘電視學’(Television)、‘電傳有聲電影’(Tele-cinematography and tele-talkies)、‘電傳照相術’(Tele-photography)等等的原理，則關於許多基本觀念的認識，如物體究竟是怎樣組成的，實在是非常必需。我們的目的是希望對於科學知識還很淺薄的讀者，也都能將這種種的觀念灌輸進去；所以不得不多着重於‘玄想’式的想像。馬克斯威爾教授 (Prof. Clerk Maxwell) 在解說各種觀念的時候，曾經叫我們幻想有這樣一種小的靈物：他具有人的各種才能，或更靈敏些；他能看得到極微小的東西，能做極精微的工作，而這些都是我們人所不能夠做的。在這一章中，我們也就用這同樣的方法來解

釋，原因是爲了要使初學的讀者，對於各種新的科學觀念，能夠得到深刻及清楚的了解。這一點是要向已具電學知識的讀者們聲明的。

從日常的經驗，我們知道，各種物體都可以用各種適宜的方法分開來的。一塊玻璃，可以敲得很碎，而這許多碎的屑子，還可以磨成極細的粉末。一塊過錳酸鉀投在水中，就逐漸的溶化，這個意思就是說逐漸的分裂成許多小粒，散佈水中，因此將這水染成了紫色。又如把一些麝香放在室中，立即滿室生香；這也可知麝香能分成許多小的粒子，充滿了整個的房間，所以各處都聞到牠的香味。這許多例子，和還有許多日常的經驗，都得以證明物體是可以分的。

現在我們用銅〔化學家稱銅爲一種‘元素’(Element)]來做個例子，將牠逐漸的分，一分二，二分四，一直到非人力所能再分爲止。好！於是你就得開始幻想，想像你逐漸的縮小，小得像那個小靈物一樣。於是你仍繼續的將銅分小，一直到銅分得無從再分爲止。這時在你的面前，是一塊小得不能再小，分得不能再分的銅，而這些東西雖小，但天下一切的銅，卻都是由牠組成的，所以就稱爲銅的‘原子’(Atom)。

但是事實上，這種能實在分得出來的，卻不是原子，而是由原子組織成功的‘分子’(Molecule)。銅的分子，僅含有一個原子，所以上節中我們就直接講牠是原子。

關於原子，化學家是說得極詳細的。他們認爲：凡‘元素’的最小份子，而能夠起化學作用的，即能夠合組成化合物，或

從化合物中分出來的，就稱原子’。

原子是極小的東西，幾萬萬個原子排起來，還排不到一吋長。我們絕對不能夠將一件物體分到這樣的小；就是用一具極強，比我們現在最強的還強上幾百倍的顯微鏡，也休想看得到牠。這是多麼小的一件東西呀！但是在這小小的東西裏面，卻有着很多的花樣呢。

假定上面的幻想都是真的，那麼現在你又要變成小靈物了。你祇要向這銅的原子裏面看，就可以看到這裏面有一個圓的球(核)，在球的四週，還有幾個小粒子，很快的在繞着牠轉。你又可以看到這些小粒子的大小和牠們與核的距離比起來，簡直差得多。如牠們和核比起大小來，就更小得可憐了。舉一個例，一個原子，好像我們的太陽系，中央是太陽，四面有行星繞着牠轉。

這個原子中央的核，叫做‘陽電’(Positive electricity)，又叫‘質子’(Proton)；四週的小粒叫做‘陰電’(Negative electricity)，又叫‘電子’(Electron)。質子裏面不中和掉的總陽電量就等於這許多外面陰電子的總陰電量。(譯者註：照現在科學界的解釋，質子裏面不盡是陽電，同時也有着陰電；不過陽電多於陰電，所以有一部份的陰電，是已經和陽電中和，在質子中所顯得出作用的，就是這些多下來不中和掉的陽電。)

把各種不同的物體中取出來的電子，經過詳細的審察，知道完全相同。我們知道氫的原子，是現在已知的原子中最輕的了；但是電子比牠還輕得多，只有牠質量的二千分之一；所

以電子可說是世界上最輕的東西（就人類所知而言）。每個電子所含的電量都相同。同時我們也更找不着一個電量，比牠所含的更少，所以電子所含的電量，有時候也叫自然的電量單位。

原子是已經很渺小了，但是電子比原子更小；倘若將一個網球，或高而夫球，置於一直徑四仟米的圓廣場上，差不多就等於電子在原子裏一樣的比例。

綜上所言，任何物體，都是由原子組織起來的；而這些原子，又都含有一個核（陽電），和一羣繞着牠跑的電子（陰電）。那麼物體何以有種種的分別呢？何以有些東西我們叫牠是銅，有些叫牠是鐵？顯然的，我們不能說銅和鐵是同樣東西；這都完全是因了電子的數目及排列的形式次序不同而顯出各種不同的性質，所以有各種不同的物體。有一種的排列，我們叫做銅，另有一種排列，我們叫做鐵，這樣的依此類推。

在化學書中，總有一張‘週期表’（Periodic table）；在這張表上，就將所有已經知道的元素，依着牠們原子重量增加的次序排列着。我們知道，在這許多元素中，氫站在第一位，牠的原子裏面只含有一個電子繞着核跑，核裏面所顯得出作用的陽電的量，和這個電子所含的陰電量相等。第二是‘氦’（Helium），牠裏面就有着二個電子繞着核跑，核裏面的陽電量就也等於牠二個電子的陰電量之和。第三是‘鋰’（Lithium），牠有三個電子，核裏面的陽電量也等於三個電子的陰電量之和。故總陰電量和總陽電量，在任何原子中皆等。更次是‘鈹

(Beryllium), 含有四個, '硼'(Boron)五個, '碳'(Carbon)六個, '氮'(Nitrogen)七個, '氧'(Oxygen)八個, 這樣的一直增加到 '鈾'(Uranium)。鈾是表中最後第九十二個的元素, 含有九十二個電子; 核中的陽電量, 也等於九十二個電子的陰電量之和。

所以倘若我們跑到礦裏面去, 就見這許多的礦物, 都不過是由質子和電子組織起來的; 我們日常所用所看到的東西, 以及許多在無線電中用得着的東西, 雖然都不是元素, 而且是在週期表中查不到的, 但是牠們也都是由各種不同的元素所化合組集成的。因此歸根到底, 各種物體裏面, 也都祇是些核和在動的電子, 你相信嗎?

因了這種結構, 所以物體有的有着電的現象, 有的具着化學上的性質; 而也因了電子, 我們方纔有今日的各種電燈、電車、電報、無線電以及電視等等的發見。

2. 陽電及陰電

古時候的人, 就已經發現, 倘若一塊琥珀經過摩擦, 就能夠吸引各種輕小的物體, 像紙片。他們把這種現象認為 '電'(Electricity)。「電」這個字, 就是從希臘文 'Elekton' (琥珀) 得來。

不惟琥珀經摩擦後能夠吸引物件, 就是玻璃用絲綢摩擦, 火漆用法蘭絨摩擦, 硬橡皮用毛皮摩擦, 都能發生同樣的現象。一件物體有了這種吸引能力, 我們稱牠是荷了電; 這個使牠荷電的主動物, 就是電。若物件沒有這種能力, 稱不荷電, 就是具中和性。

現在先將一塊受了毛皮摩擦過的硬橡皮，用乾燥的絲線掛起來——所以用絲線掛的緣故，是因為絲線是不會讓電逃走的，這種物件，稱為‘絕緣體’(Insulator)；能夠讓電在牠身上經過的，像銅絲，稱為‘導體’(Conductor)——掛了以後，再拿另外一塊受了毛皮摩擦過的硬橡皮去接近牠，則掛着的硬橡皮就立即擺開去；但若拿一根受了絲綢摩擦過的玻璃棍來接近牠，則非但不擺開去，反而互相吸起來。同樣的，倘若將荷了電的玻璃掛起來，用絲綢摩擦過的玻璃棍去試牠，就擺開了去，而用毛皮摩擦過的硬橡皮去試，卻又吸近起來。

用各種不同的物體做許多像上面一樣的實驗，我們可得出下面的結論：

1. 物體所荷的電，有兩種不同的性質。
2. 荷同性質電的物體，互相排斥。
3. 荷異性質電的物體，互相吸引。

很久以前，就將受了絲綢摩擦過的玻璃棍，稱為荷了正電(陽電)，而將受了毛皮摩擦過的硬橡皮，稱為荷了負電(陰電)，所以我們得到下面這重要的基本定理：

1. 各荷正電的兩種物體，互相排斥。
2. 各荷負電的兩種物體，互相排斥。
3. 一荷正電與一荷負電的兩種物體，互相吸引。

現在講到摩擦物了，玻璃棍經過綢的摩擦，即荷了正電，但是綢是否也荷了電呢？玻璃是荷了電，綢也荷了電，不過玻璃荷的是正電，而綢荷的是同量的負電。同樣，硬橡皮經過

毛皮摩擦後，便荷負電，而毛皮則荷同量的正電。

這種荷了正電，荷了負電的決定，遠遠在電子發現以前。及電子發現後，人們纔同時發見了牠的性質和受了毛皮摩擦過的硬橡皮的性質，完全相同；所以我們稱電子是含負電。真不巧得很，以前的物理學家，將玻璃荷的電稱為正電，而硬橡皮荷的電稱負電，倘若以前定為玻璃荷負電，而硬橡皮荷正電，現在就少麻煩得多了。關於這事，你不久就可明白。

現在又要回轉去講原子了——質子(正電子)及電子(負電子)——有一點必須注意；倘若一個原子裏面，拿去了電子或者增加了電子，這個原子或物體的性質，就起了變化；同時因了這種電子的增減，就有所謂荷電的現象產生。

圖 1 是表示二個原子，各含有一個核(三個正電)和三個電子；牠們的中間，互相有着排斥及吸引，不過正恰巧抵消。我們將這二個原子合起來看，就稱牠們為中性現象。

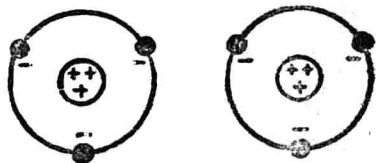


圖 1

圖 2 裏面，一個原子的電子，被其他一個吸了去，所以在第一個原子裏，正電的數量多於負電，我們就稱牠是荷了正電；而多了一個電子的原子，負電的數量多於正電，所以稱牠荷了負電。第一個原子的正的部分，就竭力的想把失去的電子拖回來，而在第二個原子中的電子，也竭力的想跑回去，二原子之間，因此就起了吸引，所以二個荷了不同性的電的原子

間的吸引，就是一個原子裏多餘的正電，和其他一個原子裏多餘的負電所起的吸引。

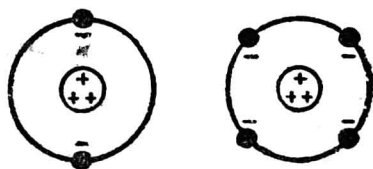


圖 2

就原子講，失了電子的原子，我們通常稱為‘正離子’(Cation)；多了電子的原子，稱為‘負離子’(Anion)。正離子和負離子間，具有極大的吸力，大得幾乎出於我們想像之外。舉例來說，倘若地球引力是這樣大的話，我們普通一個人權起來，就至少要有十萬仟克了。

圖 3 裏的二個原子，每個都失去了一個電子，所以都荷正電；同時相斥的力顯然是超過了相吸的力，所以結果是相斥。二個原子，若都多了一個電子，即荷了負電，結果是一樣相斥。

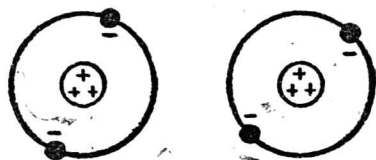


圖 3

硬橡皮受了毛皮的摩擦，毛皮中的電子，就有幾個被硬橡皮奪了去，所以硬橡皮就有了多餘的電子，故而荷了負電，而毛皮中因為缺了電子，所顯出的作用，就只是多餘的陽電性，故荷了正電。玻璃棍受了綢的摩擦，玻璃棍裏的電子，有幾個跑到綢裏面去，所以玻璃棍荷了正電，而綢荷了負電。

3. 電力場·電力線

我們知道在實驗的時候，一根玻璃棍經綢擦過後，未必一

定能將小紙塊吸得起，非放得很近不可；由此可以見得，這種吸引的能力，是漸遠漸弱的；那麼究竟在怎樣大的一個範圍內，這個能力，能達得到呢？這個能力及到的範圍，就叫做‘電力場’(Electric field)。一個可以活動的小正電子，倘若放在這個場中，就受有一個定量的力，並沿一定方向開始運動。這個一定的方向，可以用線表示出來，稱為‘電力線’(Electric lines of force)。圖 4 表示由正電球出發的電力線，一個正電子在這場中，沿着所示的直線運動(相斥)。圖 5 表示由負

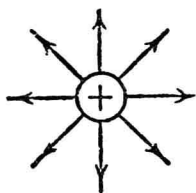


圖 4

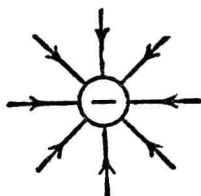


圖 5

電球所生的電力線，一個在這場上的正電子，也就沿了‘輻射線’(Radial line)運動(相吸)；電力線上的箭頭，就代表一個正電子，在這場上運動的方向，通常也叫正方向。

圖 6 所示的，是一個荷有正電和一個荷有負電的兩球之

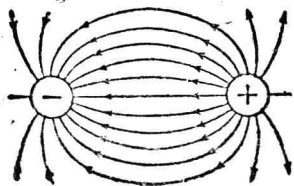


圖 6

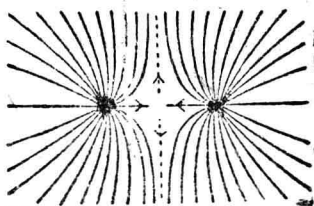


圖 7

間的電力線。圖 7 是二個荷有同樣電的球（正或負）在短距離間的電力線。

有一點可以注意的是：這二圖間有着一個極顯明的區別；在圖 6 中的電力線，是從正電球連到負電球的，而在圖 7 上的電力線，卻是互相斥離的。

要解釋這種吸斥現象，電學界泰斗‘法拉特氏’(Faraday) 假設這種電力線是確實的连接線，而這種線極力的在想將自己縮短，或相互的向旁邊推斥。

這個想將自己縮短的性質，就用來解釋不同荷電性質的物體的互相吸引而接近(看圖 6)；而有向旁邊推斥的性質，就可以解釋相同荷電性質的物體的互相排斥而離遠(看圖 7)。

上面所述的是荷電物體的一種現象。現在我們再來講一種如圖 8 所示的：有一個荷有正電的球，和一根金屬棒，在牠們未接近以前，這根棒上顯不出什麼荷電的現象，但若將荷電的球接近這根棒時，



圖 8

就可見棒的 A 端現出荷有負電的性質，而 B 端荷有正電。這是什麼原因呢？這是由‘靜電誘導’(Electrostatic induction) 而造成的。因了 C 的誘導，AB 中的電子，就有一部份集中到 A 端來，所以顯出負電的性質；同時 B 端因為缺少了電子，所以顯出正電的性質。

圖 9 是表示 C 和 AB 間的電力線。電力線從荷有正電的 C 球出發，有一部份集到 A 端（這是因為 A 已經由靜電誘導

而荷有負電),還有大部份集到四週另外的物體上去;這些物體也都因了靜電誘導,而現出負電荷;故如上面圖4中,正電球上出發的電力線,就也都到牠四週被誘導而現荷負電的物體上去。

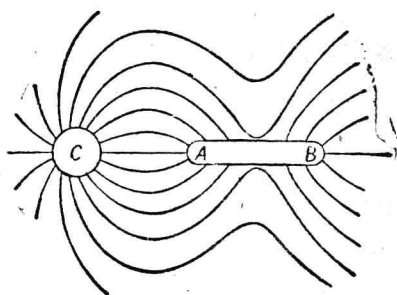


圖 9

如用一個轉的小球,裝在絲線上(何以要用絲線?),將牠逐漸移近一個荷有大電量的物體,移到相當距離,你就可以看到這個小球,立即被吸了過去;不過倘若你在物與球之間,置一塊金屬片,如銅片之類,拿在手中,那這小球就再也不能被吸過去了。因這片銅片,雖拿在手中,事實上牠是連接着地面的(因為人是導體),能把從物上放出的電力線,都遮住而吸收(不連着地面的銅片,就沒有這種能力)。故電力線既被遮住,球上自然受不着影響了。這銅片,我們叫牠作‘遮屏’(Screen)。無線電中,這種遮屏的用處很大,以後要講到的。

現在再來通盤的舉一個例:倘若將一個荷有正電的球,放到一個空的金屬球裏面去〔圖10(a)〕,空球的內層就因誘導,而現負電荷,同時外層即現正電荷;所以電力線仍繼續的出去。換句話說,就是像上面所講的小球,倘若放在這球外面,仍舊要被吸引;但是倘若將空球和地面連起來,如圖10(b),情形就不同了,電力線及外層的誘電都消失,而外面的小球,也就不

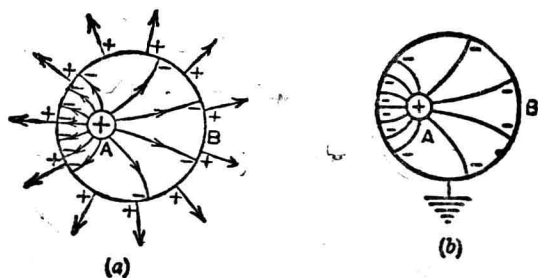


圖 10

能被吸引。這個空球，顯然亦如一遮屏。所以無線電收音機上常用這種金屬板及罐以同樣方法來充作‘遮屏’。

4. 電流·電阻

現在我們差不多都知道所謂‘電流’(Current)是電的傳播——通常是沿着一根金屬線——也曉得‘電池組’(Battery)，是產生這種電流的一種電源。

電池組的作用，以後可明白，這無非是將多量的電子，集到所謂電池組的負極，而將多量的正離子，集合在電池組的正極；並且在這兩極之間，造成所謂‘電勢差’(Potential difference)。這兩極以銅線連接以後，因了這電勢差，電就沿着這根連接的線(導體)流動。關於以上這許多，當再為詳細敘述。

倘若用一根銅絲，將電池組的兩極連接起來，銅絲的 A 端接正極，B 端接負極，那麼——現在你又要幻想作小靈物了，假定你站在這銅絲的面前，向裏面望，在還未將銅絲接通的時候，你所看到的，是一大羣的原子，裏面有核，有電子；當

銅絲一接通即電一通後，你就立刻可以看到有一大隊的電子，互相碰撞，東竄西跑的從 B 端向 A 端來。這些電子，每每是將別個原子中的電子逐去，由自取而代之，而這原子中的被逐去的電子，就替代牠向前跑，又撞到另外的原子裏去，逐掉另外原子的電子。雖這樣東衝西撞，但是牠們的目標，卻是相同，都是從 B 端到 A 端，也就是從電池組的負極到正極。這種電子的運動，就稱為電流，而每一秒鐘間，所經過的電子，就決定電流的強弱；經過愈多，電流愈強。這種電流，我們稱牠為‘電子流動’(Electronic current)。所以特別稱牠為電子流動的原因，下面慢慢就會講到。

到此處為止，有一點可被我們看出，即這些電子雖然跑得極快，但也不見得容易東撞西碰，有時候衝過去，也有時候彈回來。這種行動上的困難，顯然的減小了電流的強度，而這種阻礙，稱為‘電阻’(Resistance)；所以電阻愈小，電流愈強。

正像我們量距離一樣，我們有一種單位碼尺，也正如權重一樣，有兩、有斤，電流及電阻也都有一種單位。電流的單位是‘安培’(Ampere)，電阻的單位是‘歐姆’(Ohm)。什麼是安培，什麼是歐姆，在第二章中，都須較詳細的介紹；現在我們只要知道講到電流的強弱，總說多少安培，講到電阻的大小，總說若干歐姆，安培愈多，電流愈強；歐姆愈多，電阻愈大。

5. 電勢或電壓

‘電勢’(Electric potential)或‘電壓’(Electric pressure)，是

電學上一個極重要的觀念，非有深切的認識不可，茲先舉幾個和電勢相雷同的例子，藉以幫助讀者的容易了解。

如把一根鐵棍子的一端，插入火中，則手握着的一端，就漸漸的覺得熱起來。這就是說，熱能夠沿某一物體從高溫度的一端，傳到低溫度的一端來，一直到兩端的溫度相等為止。又如有兩件溫度不同的物體，以能傳熱的物體連接起來，熱也能夠從高溫度的物體，傳到低溫度的物體方面來，一直到兩物體的溫度相等為止。這兩種現象，都是很普通的。

還有極普通的現象，譬如圖11，A和B端的水，不在同一水平上，倘若將下面開關一開，則水就從高的水面A流向低的水面B，一直到二個水面在同一平面為止。雖然B裏的水，比A裏多得多，但只要水面相平，水總不動，只要水面的高低不相等，水就要從高的水面，流向低水面。

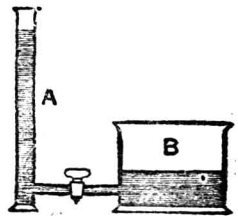


圖 11

因這些溫度的不等、地位的不等而引起的一種行動的現象，是很和電勢相似的，所以我們可以推知電的流動，也就是因了這種電勢的不同所致。

測量溫度時，我們將水的結冰點作為始點；測量山的高度時，我們將水平面當為量的開始面；所以講到電勢，就也有這樣相類的始點。

電學中有許多名詞的假定，都遠在近代許多原理發現以前；因為這個緣故，所以有許多名詞，每和現代所有的學理相

衝突。不過我們現在因為習慣關係，仍舊沿用牠，故對於初學者很易引起誤會。幸這誤會不久就可以清楚，茲且舉例以說明之。

試將一個荷有正電的銅球，用絲線懸起來。我們知道球裏面是缺了一部份電子。若將牠以銅線接通地球，則失去電荷，而呈中和。這個理由，現在已知道因為有一批電子，從地上跑到球上來，填補了球上缺少的電子；這就是說，地至球起了電子的流動。但在電子學說還沒有發明以前，就不這樣解說，而是說：這個正的銅球裏，含有多餘的電，當球一通地後，這多餘的電，就跑到地下去了。又謂：因球的電壓是高於地球的電壓，故電流是從高電壓的球，流向低電壓的地。那時地球是認為電壓等於零的，就是始點，而荷電的球，稱為正電壓（即高電勢）。

這個電流，爲了要和真的電子的流動來區別，稱為‘習慣電流’(Conventional current)。真的電子流動，不巧得很，恰好和習慣電流相反。

又用一個荷有負電的球，來做同樣的試驗。若將牠和地球連接，則也呈中和現象，事實上就是球中的電子，跑向地面，所以有電子的流動，自球至地。但是從前的人，認為荷負電的物體，是缺少電，將牠和地接連後，地上的電便流向這物體，補足這個物體所缺少的電；而使之成這種現象者，則他們又認為是因為球處於比零更低的電勢，即負電壓，所以電流是由高電勢的地面，流向低電勢的球來了。習慣電流自地至球，正和

上述相反。

綜上而言，習慣上我們說一物體的電勢，就是說牠的電壓是高於地球電壓，還是低於地球電壓，而地球電壓是假定為零電勢。同時電勢也就是指示電流行動的方向的；倘若有 A, B 兩物體，有電流（習慣的）從 A 流至 B，那麼 A 的電壓，就必定比 B 的高，或說 A 是在高電壓（事實上是有電子從 B 流至 A）。倘若 A, B 之間並無電流之行動，那麼 A 和 B 就稱為在同一電壓或等電勢。

所以要有電流的行動，就必須要有電勢差。要保持一個電流的行動，就必須保持所以造成這個行動的電勢差。

電池組中的正極，就認為是高電勢，而負極是低電勢，故習俗上說，有電流從正極流至負極，其實乃是電子的流動，從負極到正極，不過通常說慣了，也就都講習慣電流了。

電壓或者電勢的單位，叫做‘伏特’（Volt），所以說電勢，總往往是多少伏特。很顯然的，倘若兩點間的電壓愈大，則電流愈強（所謂電流的推動，就是因這電勢差而生的電子的運動）。

此外還有一點，我們必須認清楚，就是使一件物體荷電，並不是講製造出電。電根本不能製造，所以普通的發電機，像發電廠中的發電機、汽車上的‘永久磁電機’（Magneto）、電鈴上用的電池組，沒有一件是能夠製造電的，正好像抽水機，只能夠打水而不能夠造出水來一樣。電本是任何物體中都有的，是任何物體組織的重要原素；發電機、電池組，不過將各

物體本來存有的電，給予一個勢壓，使牠能用來做工作罷了。

6. 磁學·磁場及磁力線

‘磁鐵’(Magnet)差不多人人都曉得，是一塊鐵或鋼，平常多是馬蹄形或是棒形。牠能夠吸引旁的鐵塊或鋼塊。若將牠(以棒磁言)懸掛起來，總是處於一定的近於南北的地位。牠的一端指北，一端指南；指北的一端，稱為磁鐵的北極，指南一端，稱為磁鐵的南極。

普通永久性磁鐵，是用硬鋼鐵製成的(硬鋼鐵不容易變磁鐵，但變了磁鐵，卻也不容易失去磁性)，但是電磁鐵，因欲利用其迅速的得到磁性，及迅速的失去磁性，所以用軟鐵製成。各種物體中，祇有鋼和鐵能夠做磁鐵，因牠的磁性特別強，別的物體，如‘鎳’(Nickel)、『鈷’(Cobolt)、『錳’(Manganese)，雖也有磁性，不過比鋼和鐵差得多；我們稱鐵和鋼叫磁質。

某一磁鐵的北極，如移近另一磁鐵的北極，則互相排斥，如移近另一磁鐵的南極，則互相吸引。 所以我們說：‘同極相斥，異極相吸。’這也是磁學中的一個極重要的定律。

磁鐵的周圍，其能力所能達到之處，稱為這塊磁鐵的磁場(Magnetic field)。在電學上，我們能得到單獨的正電和負電，但在磁學中，就不能這樣的單獨得到南極和北極，因為凡是一塊‘完全磁鐵’(Perfect magnet)，總老是有一個南極，一個北極的緣故。然為要解釋磁力線，我們只得幻想有這樣一個單獨的北極存在，這個北極倘若置於磁場內，牠就受有一定的

力，而取一定的方向進行。指示這種方向的線，就稱為‘磁力線’(Magnetic line of force)，磁力線或磁場的方向(正方向)，就是假設這北極所行的方向。

圖 12 表示二個異極間的磁力線，而圖 13 表示二個同極間的磁力線。

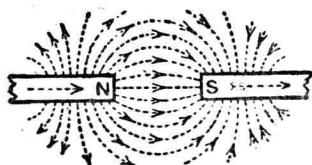


圖 12

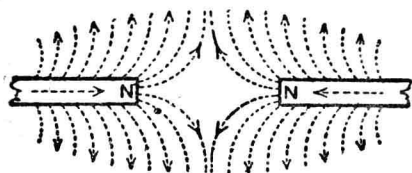


圖 13

這些磁力線，我們可以用一個簡單的實驗看到：倘若我們把一些鐵屑子，放在一張卡片上，而置磁鐵於片下，振動卡片，則屑子就逐漸依照磁力線的線路而排列，猶如圖中所示。

圖 14 中，AB 是

一根磁鐵，B 是北極；CD 是一根軟鐵。倘若將 CD 接近 AB，則近 B 的 C 端，立即顯出南極的性質，而 D 端顯出北極的性質。這種正如電學中的靜電感應，是完全由於‘磁感應’(Magnetic

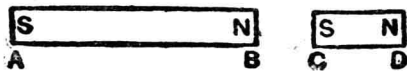


圖 14

induction) 而生的，CD 就稱為由感應而磁化。

電與磁之間，有一點極重要的相連關係：倘若在一根導線上，有電經過，則導線的四周，立即產生磁場，環形的磁力線，繞在導線四旁，以導線為中心。若電流停止，磁場也就立刻

消失。

這種磁場的存在，很容易試驗，你把一根通電的導體，接近磁針，磁針就能夠起旋動，如圖 15，正如磁針放在磁場中一樣。倘若磁針本來是順時針的方向轉的(由上望下)，那你只要一改變導體中電流的方向，磁針也就立即向反時針的方向轉了。



圖 15

又譬如將一根通電的導體，穿過一片放着鐵屑的卡紙，由鐵屑的散佈，你也可以看到如圖 16 線形的排列。

這些都能證明磁場的確立和磁力線的方向位置。

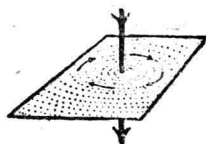


圖 16

上面將有電流經過的導體，接近磁針的上面，是用來決定導體中電流的方向的一個便利方法。若磁針本是指着南北，則指北的一端，就是北極。待將導體接近磁針後(導體平行於磁針本來的位置)，磁針就起旋轉。當其旋轉時，你拿右手張開手心，向下放在針上，同時大拇指和其他的手指(並攏)成直角，將大拇指的方向，指點磁針北極旋轉的方向，那麼你的其他手指，就指示導體中電流(習慣電流)的方向。(顯然的電子流動的方向，正相反。)

圖 17 是一個圓形的導體圈，圈中電流的方向，如箭頭所示。我們用上述的右手定律(手指指電流的方向，大拇指指磁場北極

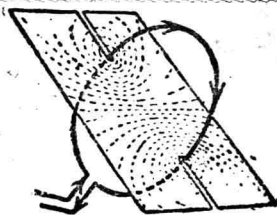


圖 17

的方向), 就可知倘若在紙上圈的中央, 放一個磁針, 則磁針的北極, 一定指向紙面(並非指向讀者), 倘若電流換一個方向, 則磁針的北極就掉過來指向讀者。

圖 18 (a) 是一個‘螺線管’(Solenoid), 所謂螺線管者, 就是

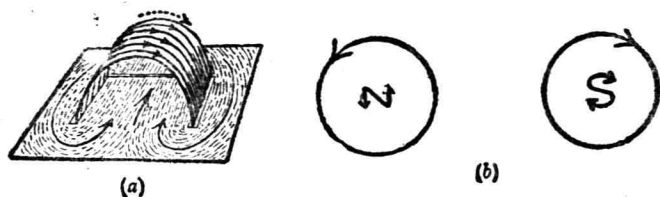


圖 18

由許多絕緣銅絲所繞成的一個長線圈(絕緣銅絲, 就是面上有絕緣物體的銅絲, 如市上的漆包線、紗包線, 都是)。當電流經過這螺線管時, 我們可利用鐵屑及磁針, 來決定因螺線管而產生的磁場的方向(即北極所指的方向); 如把電流的方向掉過, 則此種磁場也起變化, 結果我們知道這一個螺線管的磁場, 正和一根棒磁鐵所生的磁場, 完全相同; 磁力線也是由管的一端出發, 繞管而止於他端。這樣看來, 所以一個螺線管, 當通電後, 就等於一塊磁鐵, 銅絲順時針方向繞的一端(圖(a), 近讀者的一端), 相當於南極; 反時針方向繞的一端, 相當於北極; 如把圖(b)細味體會之, 很可以助讀者記憶。

若將絕緣銅絲, 繞在一塊軟鐵棒上(如圖19), 並通以電流(習慣電流的方向, 如圖中所示的箭頭), 則立刻覺得這塊本來沒有磁性的磁鐵, 忽而變為強有力的磁鐵。一端是北極, 另一端是南極; 此北極南極的決定, 也和上面螺線管一樣。電

一斷，磁性也立即消失。如這種因電流而造成的磁鐵，我們稱爲‘電磁鐵’ (Electromagnet)；牠的磁性，往往極強，很有用處。

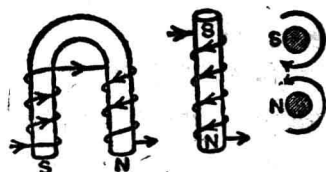


圖 19 箭頭表示習慣電流的方向

還有一種現象，也是值得解說的，倘若有兩根帶電的導體，平行的排着，又通過導體的電流的方向相同，則導體間就互相吸引(如圖20)；若電流的方向相反，就互相排斥(如圖21)；

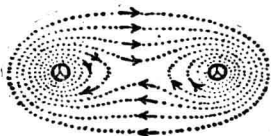


圖 20



圖 21

惟通過的電量，都假定是同量的。

然何以有相吸相斥的想像呢？只要看圖中的磁力線，就不難明白。如圖 20，磁力線是向內打圈子，這就是收縮，顯然的導體是被拉攏來。如圖 21，磁力線是向外打圈子，所以線和線之間，互相推開去，導體自然向外分開了。

7. 交流電流

電池中出來的電流，我們都覺得是一慣的；這就是說，只要線路一接通之後，電流總是向一個方向流；但是我們知道還有一種電流，並不始終一慣，這種電流，一刻是向一個方向流，另一刻就向相反的方向流，再一刻又向原來的方向，這樣一變一變的流的電流，稱爲交流電流，簡稱‘交流電’ (Alternating

current)。

作一個簡單的比方，一慣的電流〔稱‘直流電流’ (Direct current)〕，好像溪中的水，一直向下流。交流電流，就好像有一根管子，頭上接着一具打水機和一具抽水機(抽管中的水)，一刻是打水機將水打到管子裏去，停一刻是水給抽水機從管子裏抽出來，這樣地一打一抽，就好像交流電的電流，一刻向這方向流，一刻向那方向流。

爲要使這個觀念弄清楚，我們再來利用一下幻想，就是說你再得來變一會兒小靈物。不惟如此，這個小靈物還有一特點，就是對於時間的觀念，也要和人的不同，人們的所謂一秒鐘，在小靈物看起來，要等於二分鐘，就是一百二十秒鐘。好，現在在你面前，放一根有交流電（如電廠裏佈送到電燈裏的電，就是交流電）通過的銅絲，於是正和你從前看直流電在導體裏經過一樣，有一大羣電子奔過來，假定是從右方流向左方的；但是這些電子不像直流電中一般，牠們的數目是逐漸的增加起來，不過增加了一會，又停止了，又減少下來了；且此刻電子雖由增加而逐漸減少，而方向是仍舊從右方奔向左方的；又一刻電子的數目不減少了，但是跑的方向改變了，這時是向右邊跑了，數目又逐漸的多起來，多、多，於是又不多了，跑是一直的向右跑，數目卻又減少起來，少、少，於是又停止了。哦！又向左邊來了，數目又多起來了，這樣的循環不息，像波濤一樣的來去洶湧着。

我們把一個方向的洶湧，稱爲一個‘振盪’ (Oscillation)

(譬如電子奔向左方)，把一去一來的洶湧，稱為一個‘振動’(Vibration)。

上面我們為什麼也要將時間的觀念改變呢？這裏就用得着了，譬如你注意牠行動時的時間的話，老是注意着牠們向左跑的情形，你可以看到從第一次向左電子數目最多的時候，到第二次向左電子數目最多的時候，其間大約是二秒鐘(你新的時間觀念的二秒鐘)，等於平常的 $\frac{2}{120} = \frac{1}{60}$ 秒鐘，這個 $\frac{1}{60}$ 秒鐘就稱為這個‘交流電的週期’(Period)，一秒鐘內這種週期的數目，即謂之‘週率’(Frequency)(像此處是60)。

平常週率，就是指每秒鐘間的週數，故若每秒六十週，就是講週率。所謂一週，就是從一個方向的最高值，經過零到相反方向的最高值，再回過來經過零到原來方向的最高值。

為便利起見，我們總用圖來表示交流電，像圖 22 基線上面的圖，就代表電子在一個方向的行動(設向左)，基線下面的

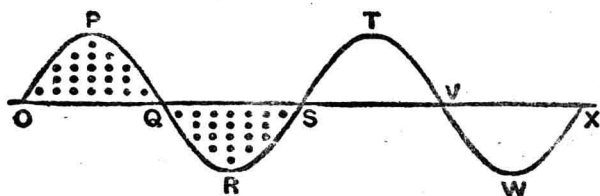


圖 22

的圖，就代表在相反方向電子的行動(向右)。圖中的點子，是約略的表示在行進中電子的數目，也就是代表電流的強弱。然切勿誤會：一點並不是代表一個電子，這裏的一點，差不多

要代表幾萬萬個電子呢。

由此可知道，在交流電中，電流的強弱，也隨時在改變，像圖中所示，電流從O自零增至最大值(P)，由P又逐漸的減至零(Q)，於是向相反方向進行，又逐漸增加至最大值(R)，乃又減至零(S)，如是循環而進。

從P時變至T時(或O至S，Q至V均可)，其間所需的時間，稱為週期；一秒鐘內有幾個這種週期，就稱為週率。

普通用的週率，像電車中，是每秒二十五週，電燈及工廠用的，是每秒五十週(這指英國而言)。像各國普通供給電燈的，大概是每秒六十週。週率之所謂高及低沒有一定，因為根本是相對而言，譬如說，每秒一百週的週率，比之於每秒一萬週的週率，那自然是低週率了。平常週率在每秒十萬以上的，稱為‘高週率振盪電流’(High frequency oscillating current)，或‘高週率電振盪’。

無線電的發報或發音處，就是將這種高週率的交流電，通到發報的天線上去，由天線輻射出‘能’。這種能是成波的形狀而散佈開去的，謂之無線電波。發無線電波的交流電，其週率比普通的要大幾千幾百倍，平常總在每秒一百萬週，或過之。

8. 以太

我們須暫時的離開電及磁的討論，來簡單的講一講一種奇怪的東西。這種東西是無處不存在的，人的身上，骨子裏，人以外的一切地方，都有這些東西充滿着。雖然我們覺不着

牠，看不見牠，嗅不到牠。科學家假設宇宙間任何物體中，任何空間中，都含一種‘媒介質’(Medium)，稱為‘以太’(Ether)。這種以太，非但是無色無嗅，而且是沒有重量的；不過我們假設牠是具有彈性而已。以太實在是充滿了全宇宙，我們在牠的中間，跑來跑去，只是不覺着牠就是了。牠能在我們的骨和血中穿來穿去，而簡直是不算怎樣一會事，整個宇宙真好像是浸在以太的海中了。但是以太究竟是怎樣一件東西呢？到現在仍屬疑問，不過我們假設有這樣一個介質罷了。

我們知道光和熱從太陽中射來，經過幾百萬仟米的路程而達到地球，使我們覺得有光和熱，以維持我們的生命。同時我們也知道光能從電燈泡中射出來，而這種電燈泡裏面，有的完全是真空，就是說沒有空氣及其他的氣體，簡直是一個純粹的空間。我們又知道光和熱都是‘能’，而欲將‘能’從一件物體傳到另一件物體，則其間非有介質不可，同時這個介質，在做着媒介傳‘能’時，一定會因外來的情狀而‘應變’(Strain)的。

從這許多的現象看來，可知宇宙間必須有一種能應變的介質，而這不惟空氣中及真空中存在，即任何物體中也都是充滿着牠。這一種假設的介質，就是‘以太’。

如你在極遠的地方，看一森林，則往往好像是整個的一大塊實質；但這是你所知道的，即空氣或你自己是能在這森林裏面，很舒服的跑來跑去呀！以太在物體中穿來穿去，也就是這樣。像山、樹、桌子、椅子等物體，在我們看起來，似乎是很固實的，但是你仔細一查察，其原子裏面電子間的距離，倘若

和以太來比較，以太是簡直還像在康莊大道中呢！

關於以太，我們現在希望讀者所認識的就是：宇宙間有這樣一種介質，在我們無線電中，電視學中的一切信號、音樂、演說、形像，都是藉牠來播送的。

譯者註：Strain 這個名詞，在我國文字中極難找到適宜的譯名，譯‘應變’比較還算妥當些。稱一件物體為能應變的意思，就是說，這件物體，倘若受了外來的作用，牠能夠承受這個作用，而因這個作用，起適當的變化，同時還含有能將這個作用，更傳播出去的意義，——這樣的解釋，對於以下的敘述，當比較容易明瞭。

9 以太的電性應變及磁性應變

我們現在再回看第三節中所講的電力線。究竟何謂電力線呢？將一個荷有正電的物體，接近一個懸掛着而荷有負電的物體，在還沒有碰着的時候，懸着的物體，就會向荷有正電的物體處盪過去。這個當然是因為懸着的物體受了力，方纔會盪過去，但是要從這個物體，使那個物體受到力，其間非得要有媒介質不可；正如用繩拖物，或用棒推物，力就因為有了繩和棒的介質，又因了這些介質之能應變，纔傳了過去一樣。那麼這兩個荷有電的物體間的介質是什麼呢？而且這種吸引或相斥的現象，不惟空氣中有之，即真空中也存在，那麼可見得這個介質，一定不是空氣，而是以太。我們假定是因了以太的應變，而將力從這個物體傳到那個物體，致生影響。這種

應變，我們就稱之為以太的電性應變。所謂電力線者，其實就是指示這種應變的方向，故也可稱為‘以太間的電性應變線’。

再回看第六節中的磁力線。這種既不能看見，又不能摸着的磁力線，究竟是什麼呢？倘若我們注意到一塊掛着的磁鐵，也可以發現：當另外一塊磁鐵接近牠而還遠沒有碰着牠時，這塊磁鐵就發生運動。但沒有力是決計生不出運動的，所以磁鐵之間，非有一種媒介質來傳導這種力不可，這個媒介，又非得要能夠承受這種力，而生應變者不可。

這種磁鐵的試驗，在真空中，也是如此，可見得這種介質，決非空氣。這種能生應變而又無處不存在的介質，也就是以太；所以磁力線也就是以太中應變的指示線。這種以太的應變，對於荷電體是沒有影響的，但是牠能夠影響磁針、其他的磁鐵及別的磁性體。這我們稱之為‘以太的磁性應變’(Magnetic strain in the ether)，而這種指示應變的線，就稱為‘以太間的磁性應變線’(磁力線)。

在無線電中，也有這種現象，倘若有荷正負電的球體 A 及 B (如圖 23(a))，球間之以太，就如上述起了電性的應變。圖中的虛線，就指示這種電性的應變線。

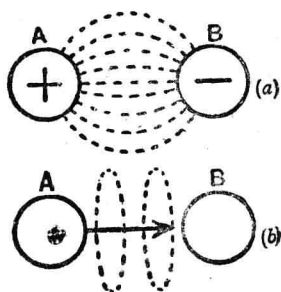


圖 23

倘若 A, B 因放電而失去電荷，則 A 與 B 間就有一個火花，這個火花，事實上就是一個極強的電流 (習慣上說，從 A 到 B；依電子

流動說，由 B 到 A)；因了這個電流，就有磁場的產生，而本來電性應變的以太，立即變為磁性應變。(b)圖中的虛線就指示這種應變的方向。

觀察圖(a)及(b)，很顯明的表示出磁性應變的方向，適和電性應變的方向成直角。

以後我們更可以看到，在有些情形之下，火花並非是一股衝過去的電流(設自 A 至 B)，而是極快極快的從 A 衝到 B，又自 B 衝到 A，又由 A 到 B，B 到 A 這樣的一來一往以迄停止的電流；其每次衝的力量，逐漸的減少，自發動以迄停止，其間來往，不知多少次，但是時間上，就只有我們所看見的一個火花，所以這實在就是高週率的電振盪。同時在以太中，就有着一起一伏的電性應變，和一起一伏的磁性應變，牠們的方向是始終垂直的。倘若我們能佈置得使 A，B 間的放電，繼續不息，那麼這種應變，也就繼續不息的起伏着。

因這種現象，我們就知道在以太中，必定產生一種‘波動’(Wave motion)。這種波就從這個發源點向上下四方擴大開去，所以波動的方向，正和電力線，同時也和磁力線垂直。波的速度據我們知道，是和光的速度相同的(3×10^{10} 每秒厘米)。倘若我們有一種適當的裝置，那麼這個發出來的波，就是無線電波了。由此我們可以認識無線電波的出發點，就是這些起伏伏的電性應變和磁性應變。

研究無線電的，就必須先把這種觀念存在腦中，慢慢的我們進而至於更詳細更有趣的敘述。

第二章

幾個電學上的基本學理及單位

幾個基本的電學學理及單位，將在本章中，用極簡單的文字來介紹給讀者。在無線電初步的認識中，高深的學理，還不需要，但如要踏入無線電的大門，電學的基本知識，卻必須了解，——有許多喜歡無線電的人，往往因對於這些基本知識沒有了解，致減少他研究上進的熱心。所以在這一章中，材料雖不多而簡單，但切望讀者能完全領悟之。

1. 安培·毫安培·庫倫·安培小時

我們要測一種量，必須要先有一種單位，如測長度，有寸、有尺、有里，這些都是單位。譬如你所量的是一本書的大小，我猜你用的單位，一定是幾寸；譬如你所量的是從南京到上海的距離，你用的一定是里；倘使你用的是寸，不是里，那麼你所量的結果，一定是一個極大極大的數值，多不便利。所以在測量一種量的時候，你所選擇的單位，一定是愈接近於你所測的量愈為適宜。關於這一點，看上去似乎極簡單，但從經驗上知道，在電的測量中，這種單位的選擇，是佔着極重要的位置的。

現在我們當逐漸講入正題，先從舉一個雷同的例來着手。水在管子裏從A到B平穩的流，如說水流之強弱，即為A處進

去或B處出來的水量的多寡，或者就是在某一定時間內（一秒）水流過任何一橫斷面的量；所以我們說，水流之強度，即經過管子的流速。更進一步，某時間內水經過任何橫斷面的總量，就等於水流之強度乘以所經之時間（時間的單位是秒）。水在管子中，假設是完全充實的，那麼A處進去的水量，一定和B處出來的水量相等，也就是在任何部份水流強度皆相同。

在電學中，關於電流電量的關係，可以說和上例相同。所以我們說，電流強度，就是一秒鐘內，電經過導體的任何橫斷面的電量，也就是在電流中的電量流動率。在某一時間內經過的總電量，就等於電流強度和時間（以秒計）的乘積。這一個電流強度的定理，和第一章所述是脛合的；即電子在每秒鐘內，衝過愈多，電流愈強。

接下去和上例完全相同的地方，就是在一根導體中，電流強度，在各部皆同。但是講到電壓，我們可以想到，牠是逐漸低下，顯然的，倘若電經過一導體中A, B, C三點，則A的電壓須高於B，而B的電壓須高於C。但是每秒鐘經過A的電子量，和經過B的，C的皆同，並不因電壓之減少而減少。

在很久以前，對於電流的強度，我們就有一個測量的單位；這個單位，可說是完全根據科學的理論而來的，在許多物理高深的理論中，都用着牠；但是當電漸漸的實在應用之後，我們便感到這個單位太大，所以實用上電流強度的單位，僅上述單位的十分之一，稱為‘安培’(Ampere)〔由科學家安培氏(Ampere)而得名〕。那個理論上的單位，爲了不十分需要，就

也不在這裏介紹了。同樣的，實用上電量的單位，稱為‘庫倫’(Coulomb)[由庫倫氏(Coulomb)得名]，牠也是理論上電量單位的十分之一。

第二步，我們須討論的，就是如何去決定通常的安培及庫倫的定義。我們知道電流能夠影響磁鐵，能夠使導體發熱，祇要當牠經過導體的時候(如電池中真空管中的燈絲)。我們又知道電還有一種化學影響，即有幾種液體，經電流的通過，能夠起分解作用。

舉例來講，如圖 24，杯內盛硝酸錫，A 及 K 為二塊長的銀片，插在液體內；其外端接連於電池的二極；所以當開關關上時，電流(習慣)就從 A 經過硝酸銀溶液而到 K。這樣隔了片刻，我們可以發見 K 上因了液中銀的成分的澱積，逐漸的在增加重量；而 A 上的銀，卻漸漸的溶到液中去，補足硝酸銀中銀的損失，所以 A 的重量，慢慢的在減少。

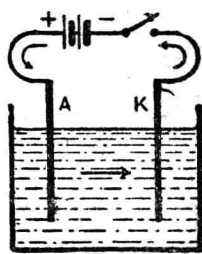


圖 24

倘若不用銀片，而用白金片，K 上的現象仍舊一樣，銀是逐漸的澱積下來，但是 A 上因為是換了白金片，當然沒有銀溶下，祇看見有氧氣泡自 A 而出，同時硝酸銀的溶液，就逐漸的稀淡下來。

這因電流來分解液體的方法，稱為‘電解’(Electrolysis)，而被分解的液體(不是所有的液體，全可以分解的)，稱為‘電解質’(Electrolyte)。A 及 K 稱為‘電極’(Electrode)。電流

由A而通入電解質，故A稱為正電極，或‘陽極’(Anode)；又電流由K而出電解質，故K稱為負電極，或‘陰極’(Cathode)。在兩極上分出來的成分(如銀及氧)，謂之離子。

顯然的，通電的時候愈長，則K上貯積的銀愈厚。實驗上知道，倘若有一安培的電流通過上述的裝置，在一秒鐘內澱積的銀有0.00118克。安培的定義，就是根據這點而來的，所以我們說：電流強度的單位是安培。

這樣強度的電流，讓牠經過硝酸銀溶液，每秒鐘內，能夠在陰極上澱積出0.00118克的銀，謂之單位電流一安培。

在無線電中，安培也還嫌大；無線電中常用的是‘毫安培’(Milliamperere)；毫安培是安培的千分之一。

我們已經講過，在求某一時間內，電經過某一點的總量時，是將這時間(以秒計)乘以電流的強度(電流的強度在這時間內假設為不變)；所以強度一安培的電，繼續的在一橫斷面上流過一秒鐘，計其電量就等於 1×1 即一單位電量。又如強度是半安培，經過的時間是二秒，其電量是 $\frac{1}{2} \times 2$ ，也等於一單位電量。因此所謂某點經過的電量，是單位電量，就是在這一點所經過的電的強度和經過時間的乘積，是一，這個量稱為庫倫。譬如在某一點經過的電，強度是一安培，時間是一小時，則總量是庫倫的3600倍，特別有個名詞，謂之‘安培小時’(Ampere-hour)；所以安培小時，也是電量的單位，而且也和我們計算庫倫時一樣，是拿電流的強度乘計算中的時間，其所不同者，就是這裏的時間，是以時計，而不以秒計。

2. 歐姆及百萬歐姆

電阻是物體的一種性質，即物體有阻止電流經過的性質。所謂導體（如金屬類），就是因為牠的電阻小，而絕緣體（如玻璃、蠟、硬橡皮）就是因為牠的電阻大。倘在導體的任何二點間之‘電勢差’（Potential difference）是一定的，則電流的強弱，正和電阻成反比，電阻愈小，電流愈大。

現在假設在導體的任何一段 AB 之間，有了電勢差，那麼在這一段間，就有着電的流動（假設電路是通的）。電勢差愈大，電流當然也愈強；實驗上告訴我們，如果溫度不變，則 A、B 間經過的電流的強弱，正和 AB 間之電勢差成正比，這個比值就是這段導體 AB 中的‘電阻’（Resistance），用公式表示起來：

$$\frac{\text{電勢差}}{\text{電流強度}} = \text{常數} = \text{電阻}$$

舉個實際的例來講：倘若在某段導體中，知道電阻是五個單位，而電勢差是四十個單位，那麼電流的強度一定是八個單位： $40 \div 5 = 8$ 。倘若電勢差增加到一百二十個單位，電流強度就顯然也增為二十四個單位了（因為 $120 \div 5 = 24$ ）。

電阻也和電流、電量一樣的有所謂理論的單位，但是實際上用的單位，是比理論上的大得多。實用的電阻單位稱為‘歐姆’（Ohm）〔由歐姆氏（Ohm）得名〕，是理論上單位的十萬萬倍（ 10^9 ）。歐姆的定義，完全不從上面電阻的定義中得來，所謂一歐姆電阻者，就是電通過一個特別體積的水銀時所受到

的阻力。我們所以用水銀，因水銀可以提煉得很純粹。法定的歐姆是：在冰點溫度時，一段長106.3厘米，一平方毫米橫斷面的水銀（以質量計是14.4521克）的電阻，稱爲一單位電阻——歐姆。

比歐姆大的電阻單位，有‘百萬歐姆’(Megohm)，是歐姆的一百萬倍(10^6)，比歐姆小的有‘微歐姆’(Microhm)，是歐姆的一百萬分之一。

3. 伏特及微伏特

上節講過導體 AB 段間，若 A 之電壓高於 B 之電壓，則有電流(習慣的)自 A 至 B，而：

$$AB \text{ 間的電阻} = \frac{AB \text{ 間的電勢差}}{AB \text{ 間的電流}}$$

故
$$\text{電勢差} = \text{電流強度} \times \text{電阻}$$

倘若電阻恰等於一單位電阻，而電流的強度恰是一單位強度，則電勢差一定也是一單位電勢差。假使電阻的單位是歐姆，電流的單位是安培，則電勢差的相當單位，稱爲‘伏特’(Volt)[由伏打(Volta)氏而得名]。所以伏特的定義是這樣：如有電阻一歐姆的導體，因電勢差而產生一安培之電流，則此電勢差稱爲一伏特。

‘微伏特’(Microvolt)是用來量極小的電勢差的，牠是伏特的一百萬分之一(10^{-6})。

電勢差也如電流電阻一樣，有所謂理論上的單位，但是也因大小，而不適於實用，伏特是要比牠大上一萬萬倍(10^8)。

電池的兩極，倘若沒有連接起來，我們稱牠為‘斷路’——意思就是電路沒有接通。這時正極是處於高電壓。這個正負極間的電勢差，是電池的一種性質（是因電池內物質成分而不同的），稱為電池的‘電動勢’（Electro-motive force, 或簡作 e.m.f.）。電動勢也以伏特數來測量的。

4. 歐姆定律

現在我們來介紹一極重要的定律——‘歐姆定律’（Ohm's law）。這個定律，在無線電中，是常常要用到的。我們曾述及：在一導體中，設溫度不變更，其兩端之電勢差和其間流動的電流強度的比是常數，而此常數即此段導體中之電阻。

習慣上，我們都用字母（英文字母）來代替名詞，這完全是爲了簡便。通常我們以 E 代表電勢差，I 代表電流強度，R 代表電阻，所以歐姆定律，可用字母來表示：

$$\frac{E}{I} = \text{常數} = R$$

爲計算上的便利，還有

$$E = IR \quad \text{及} \quad I = \frac{E}{R}$$

兩個化式，也是要記得的。

再將牠們的單位附上去，則得

$$\text{電流強度(安培)} = \frac{\text{電勢差(伏特)}}{\text{電阻(歐姆)}}$$

所以倘若在一段導體間的電勢差是 6 伏特，測得其電流強度爲 0.15 安培，則此段導體的電阻爲：

$$\text{電阻} = \frac{E}{I} = \frac{6}{0.15} = 40 \text{ 歐姆}$$

又如在一電阻為 5000 歐姆的導體上，設以 120 伏特的電勢差去推動電流，則此電流之強度為：

$$\text{電流強度} = \frac{E}{R} = \frac{120}{5000} = 0.024 \text{ 安培}$$

又如在一電阻為 10000 歐姆的導體上，設因一電勢差而生強度 20 毫安培的電流，而求電勢差，則：

$$20 \text{ 毫安培} = \frac{20}{1000} = \frac{1}{50} \text{ 安培}$$

$$\therefore \text{電勢差} = IR = \frac{1}{50} \times 10000 = 200 \text{ 伏特}$$

在無線電中，常有這種簡單的計算；倘若你有一隻 2 伏特 0.1 安培的真空管，則顯然可見牠的電阻是 $2 \div 0.1 = 20$ 歐姆。現在假使你用一個 4 伏特的電池組，接到這個真空管上去，那麼在這種情形之下，電勢差是 4 伏特，而電流的強度卻不能大於 0.1 的安培，所以在這個線路中，應該有 $4 \div 0.1 = 40$ 歐姆的電阻。換句話說，就是你必需再把一個 20 歐姆的電阻，加到這個線路裏去，使總電阻等於 40 歐姆，纔使電流的強度不過超過 0.1 安培，那麼真空管也不至於損壞了。

這不過是簡單的例子，當然，還有許多複雜的問題，將來是會講到的。

5. 導體的串聯與並聯

導體的串聯就是將導體末端和末端連接起來，成一條

連續的路，故如圖 25，電阻 r_1 、 r_2 及 r_3 的導體是屬於串聯的。

在串聯中，有一點極為明顯，就是總電阻是等於各段電阻之和，故如圖 25，總電阻為 $r_1 + r_2 + r_3$ 。舉個實例來說，



圖 25

譬如有電阻 2000 歐姆及 3000 歐姆串聯起來（電阻兩字的意思，就表示有這樣電阻的導體，不過在文字上從略罷了），則此串聯成的線路中的總電阻，就等於 5000 歐姆。

所謂並聯就不同了，如圖 26，就是並聯的樣子，電阻 r_1 、 r_2 及 r_3 是大家並聯着。牠們左面的三端都集合在 A 點，而右面的三端都集合在 B 點。當電流流至 A 的地方，就分為三條路而各沿着—根線向前進行，到了 B 點，再聚合為一，而繼續向前進行。

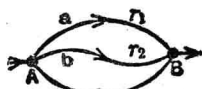


圖 26

這種排列就沒有像串聯的簡單了，如圖 27，倘若 AB 間祇以一電阻 4 歐姆的線段 a 連接着，則電流自 A 來，祇能由這段線路而達到 B。今設 AB 間以 a 及 b 二線（電阻各等於 4 歐姆）並聯，則自 A 來的電

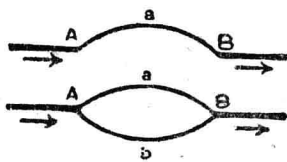


圖 27

流，顯然可分為二路達 B，換句話說，就是電流在第二個情形，比較第一個情形來得容易流過，也就是在第二個情形之下，電阻小於第一個情形。

這種圖上所示的接法，是極不適合於事實的，不過為便利

解釋起見，所以畫作這樣。

從計算或從實驗，我們都可以說明：倘若在二點之間，用幾根導體並聯起來，牠最大的效果就是減少這二點間之總阻力。所以如圖 27 中第二個情形，電阻實在祇有 2 歐姆了。

計算並聯中的總電阻，我們有下述的公式，倘若求圖 26 中的 A, B 二點間的總電阻，則：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

舉個例，倘若這三電阻是 10, 20 及 40 歐姆，則總電阻為：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{40} = \frac{7}{40}$$

$$\therefore R = \frac{40}{7} = 5.71 \text{ 歐姆}$$

從這例中，能看出總電阻比這三個電阻的最小一個還小。

若有二個各為 300 歐姆之電阻並聯着，則其總電阻等於：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{300} + \frac{1}{300} = \frac{2}{300}$$

$$\therefore R = 150 \text{ 歐姆}$$

恰等於每個的一半，倘若將牠們串聯起來，則總電阻等於 $300 + 300 = 600$ 歐姆，即大於牠們每一個的一倍了。

6. 並聯線路中的電流

在串聯線路中，我們知道，雖然每段的電阻可以不同，經過的電流強度，卻全線不變；但是在並聯線路中，電流就分入各道，在各道中的電流，必比原來的電流小，而且各道中的電流

強度，又是和該道中的電阻成反比。

故如有強度 9 安培之電流，通入並聯的 A, B 二導體中，且知 A 的電阻是 1 歐姆，而 B 的電阻是 2 歐姆，則我們可以測出：在 A 導體中的電流強度是 6 安培，而在 B 導體中的是 3 安培。下列即介紹讀者怎樣去計算一個比較複雜的問題。

倘若有三根並聯的導體 A, B, C, 其電阻分別為 2, 4 及 6 歐姆，其總電量是 22 安培，試求各導體中的電流強度（如圖 28）。

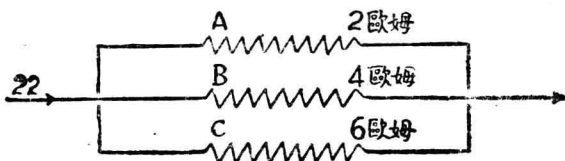


圖 28

第一步當先求出牠們的總電阻：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{11}{12}$$

$$\therefore R = \frac{12}{11} \text{ 歐姆}$$

我們知道，所謂兩點間的電勢差，是不問兩點間的線路是怎樣連接的；若說兩點間的電勢差是 2 伏特，則此兩點間無論是一根導體，幾根導體，其電勢差總是 2 伏特。

本題的總電流是 22 安培，而總電阻是 $\frac{12}{11}$ 歐姆，所以從歐姆定律，可以求得這並聯線路的二端間之電勢差：

$$E = IR = 22 \times \frac{12}{11} = 24 \text{ 伏特}$$

現在單取 A 線來說，其兩端間的電勢差，也是 24 伏特，A

線的電阻是 2 歐姆，所以 A 導體中的電流是：

$$I = \frac{E}{R} = \frac{24}{2} = 12 \text{ 安培}$$

同理 B 導體中的電流：

$$I = \frac{E}{R} = \frac{24}{4} = 6 \text{ 安培}$$

C 導體中的電流：

$$I = \frac{E}{R} = \frac{24}{6} = 4 \text{ 安培}$$

對於這個例，很希望讀者能詳細體味。

7. 阻力定律

關於導體中電阻的重要點，可以概述如下：

1. 電阻與導體之長度成正比 設一碼(這是英國單位，等於三英尺)長的 20 B. W. G. 銅絲 [B. W. G. 即‘伯明罕線規’(Birmingham Wire Gauge)的縮寫] 有電阻 0.02 歐姆，則 0.5 碼的電阻，是 0.01 歐姆，而二碼的銅絲，其電阻就有 0.04 歐姆了。

2. 電阻和導體橫斷面積(指其粗細而言)成反比 有同樣物質的導體 A, B, 如 A 的橫斷面積是 B 的一倍，則 B 的電阻大於 A 的一倍，就是粗的一根比細的一根電阻小一倍。

3. 各種不同物質的導體電阻不同 與銅絲同樣粗細、長短的白金絲，其電阻差不多要比銅絲大六倍。各種表上所表示的物體的電阻，往往是‘電阻係數’(Specific resistance)。所謂電阻係數者，就是每邊一厘米長的立體的電阻，或者為每邊一吋長的立體的電阻。

4. 金屬導體中的電阻，每因熱度的高下而增減 其增減的程度，純粹的金屬比合金厲害得多。合金非特有高的電阻，而且其電阻不甚受熱度的影響，所以常用以製造標準的電學試驗器。電解質及各種絕緣體的電阻，卻和導體的相反，當溫度增高時，牠們的電阻反減小。在這裏還須注意：即在高溫度時絕緣體絕緣的能力，逐漸減少，有些絕緣體在極高的溫度時，簡直可以變作導體。

導體線的厚薄，往往是用一種‘規’數來表示的，譬如說20 B. W. G. (伯明罕線規)，就是指一種 0.035 吋的直徑的線（此處皆係英國標準）。16 S. W. G. [標準線規(Standard Wire-Gauge)] 就是指一種 0.064 吋的直徑的線。平常除出法國的線規外，大體總是規數愈大，線的直徑愈小（故電阻愈大）。

許多的導體，往往都由幾股導線絞合起來，使之比較柔順，不易折斷，所以一種 7/22 的線，就是指這種導體，是由 7 股 22 ‘規’的導線絞合起來的。

合金的電阻，總比組成牠的金屬的電阻來得大。

8. 法拉及微法拉

假如我們將正電輸到一導體上去——例如一絕緣的銅球——則此導體的電壓升高。若用 20 個單位的電量，能使導體的電壓升高 5 個單位，則 $20 \div 5 = 4$ 就是導體的‘電容量’ (Capacity)。一般的講，倘若 Q 單位的電量能使一件導體增加 V 單位的電壓，則此導體之電容量，可由下式求得之：

$$\text{電容量} = \frac{\text{電量}}{\text{電壓}} \quad \text{或} \quad C = \frac{Q}{V}$$

還有一種說法：即一件導體的電容量，是以需要多少電量，始能將導體升高至單位的電壓的程度來量的，故如20庫倫的電量使一件導體升高5伏特的電壓，則此導體的電容量是 $\frac{20}{5}=4$ 單位，也就是這個導體需要4庫倫的電量，始可使牠增高一伏特的電壓。

同樣的，電容量也有理論的單位，不過我們所介紹的也僅是實用上的，稱為‘法拉’(Farad)〔因法拉第(Faraday)而得名〕。倘給導體以一庫倫的電量而能使其升高一伏特之電壓者，則稱此導體有一法拉的電容量。

在無線電中，法拉的單位還太大，所以通常用的是牠的一百萬分之一，稱為‘微法拉’(Microfarad)。有時候也用更小的單位，是法拉的一萬萬萬分之一(10^{-12})，稱為‘微微法拉’(Micro-microfarad)。

F 這個字，通常用來代表法拉的，所以0.3 F就是指0.3個法拉； μF 這個記號，表示微法拉，而 $\mu\mu F$ 則表示微微法拉，故如0.0003 μF 就是0.0003微法拉，而200 $\mu\mu F$ 就是200個微微法拉(μ 讀如謬)。

9. 電功及電功率——瓦特及瓦特小時

在本節不過是極簡單的介紹幾個名詞，使讀者先得一種概念而已，至其詳細情形，以後還須述說。

凡一導體之兩點間，因電勢差而生電流時，則此兩點間即有‘能’的變更：當電流經過導線，電路中的‘能’就在導線上以熱的形式而出現，使我們可以覺到。電流通過燈泡中的燈絲，其‘能’也能從電路中逸出，一部份變成燈絲中的熱，一部份成爲熱而向四周輻射，還有一部份促成四週以太的振動，而發出光。又如將電通過電解質，電‘能’就一部份化爲熱‘能’，而一部份造成種種化學作用。又如將電通到電動機，則電流又一變而爲‘熱能及動能’。總之在任何情形，電‘能’能夠變到相當量的其他的‘能’，而顯示出種種不同的效果，但電‘能’的總量，是不能增加，也不能減少的。

電機工程上，‘電能’(Electrical energy)或‘電功’(Electrical work)的單位，稱爲‘瓦特小時’(Watt-hour)。倘若電燈兩極間的電勢差是E伏特，通過的電流是I安培，經過T小時後，則電燈所耗去的電能，就等於：

$$\text{能(瓦特小時)} = \text{伏特} \times \text{安培} \times \text{小時}$$

$$\text{或 能} = E \times I \times T$$

倘若E是一伏特，I是一安培，而經過的時間爲一小時，則顯而易見，耗去的電能是一瓦特小時單位電能或電功。

還有一個名詞，所謂電功率：電功率的意思，就是電能消耗的速率，或者電作功的速率；所以電功率就是每秒鐘中的電能或電功消耗。在通常工程界中所用的電功率單位，稱爲瓦特，如若電燈兩端的電勢差是E伏特，通過的電流是I安培，則燈中耗去的電功率爲：

功率(瓦特) = 伏特 × 安培

即 功率 = EI

這很顯然，所謂一瓦特的電功率，就是電勢差為一伏特的兩點間通過一安培強度的電流所作的功率。

舉個例講，如無線電中的‘輸出真空管’(Out-put valve)，於電勢差為 150 伏特時，通過電流 15 毫安培，則其總功率 = $150 \times \frac{15}{1000} = 2.25$ 瓦特，或 2250 毫瓦特。又如在‘強力揚聲器’(Loud speaker)中，功率就小得多，大概只要四分之一。更小的如普通的耳機，只須 6 個毫瓦特的功率就夠；平常房子裏用的揚聲器，也只須 200 個毫瓦特；但是好的動圈式揚聲器，就需要 600—1000 個毫瓦特，即一瓦特。假使需要更好的音量，就應有 $1\frac{1}{2}$ 至 3 個瓦特的輸出電能。

電功率中，比瓦特較大的單位，稱為‘仟瓦特’(Kilowatt)，等於一千個瓦特。

普通機械工程方面，功率所用的單位，是馬力，每一個馬力相當於 746 個瓦特。

除上述以外，還有電感應及牠的單位‘亨利’(Henry)〔由亨利(Henry)而得名〕，在無線電中，占有極大的地位，對於這個名詞，我們放在第四章中詳細討論。

第三章

乾電池組及蓄電池

1. 電池的原理——局部作用及極化

將普通的一片鋅，放在稀硫酸中，就有極強的化學作用發生，鋅是逐漸的減少，氫氣泡慢慢的出來，同時液體自硫酸變為硫酸鋅。

倘若你把鋅‘汞齊化’(Amalgamate)後(所謂汞齊化就是在鋅的上面，塗滿水銀)，再放到稀硫酸裏去，就看不到有什麼作用。你若再把一塊銅放到稀硫酸裏去，也不見有作用發生。

又如你同時將一片汞齊化的鋅及一片銅，放到稀硫酸中，不使接觸，也不見有什麼作用發生；但倘若像圖20那樣，在外面將鋅片和銅片，用一根銅線連接起來，則作用發生了。我們由此可知：(a) 鋅漸漸的少下去；(b) 氫的氣泡在銅片上放出來；(c) 在銅線中，有電流(習慣的)從銅片到鋅片；在液體中，有電流自鋅片到銅片(電子的流動是恰相反)。

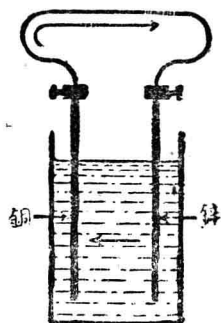


圖 20

上面這種裝置，就是最簡單的‘伏打電池’(Voltaic cell)。

銅片的電壓高於鋅，故稱銅片為高電壓片，而鋅片為低電壓片。露出在液體外的一段銅，稱謂正極。在外線路中（銅線中）。電流自高電壓的銅片，流向低電壓的鋅片；而在溶液中，則因化學作用所放出來的‘能’，推電流自低電壓的鋅，流到高電壓的銅。這種溶液的化學作用正像打水機將水從低水面打到高水面一樣，而在高水面的水，再能自動的流下來，將其所得的能，再用來作功，所以電池中鋅的消耗，無非是為了供給於維持電流行動的‘能’。

我們已經講過，電池倘若是在‘斷路’的時候，則正負兩極間的電勢差，謂之電動勢 (E.M.F.)。當線路一通之後，這兩極間的電勢差，就小於本來的電動勢。普通簡單的電池的電動勢大概是在一伏特左右。

簡單的電池，往往不適用，因為牠的能力太薄弱了，所以我們通常用的，總是一組集合起來的電池，稱為電池組。

在講簡單電池以前，有一點須先注意的，即(1)普通的鋅，總很少有純粹的，牠總含有像鐵、鉛、砷等雜質，而這種雜質，也和鋅一樣的與酸相接觸，因之雜質和鋅之間也產生電流；這種作用稱之謂‘局部作用’ (Local action)。這種電流的產生，不但無補於電池的功能，而且將消耗電池內的物質，所以必須設法避免。將鋅汞齊化，就是避免局部作用的一個方法。

(2)何以能免避呢？因為塗在鋅面上的汞，能自動的和鋅起作用，變為一層汞齊合金；這層合金，就將雜質和酸隔離，阻止了局部作用。當鋅逐漸的用去，汞也逐漸的侵入鋅條，始終的

遮着雜質，直到鋅用完爲止。有時因鋅裏面硬度的不同而起的局部作用，也每因汞齊化而可以免去。

上面我們不是講過，在伏打電池中作用開始後，銅片上就有氫泡發生的一件事嗎？這是因爲當電一通之後，溶液中分離的氫離子，就經溶液而向銅片流動，而且在銅片上集合起來的緣故（負離子由溶液向鋅片流動）。這種氫及氫離子的結集，謂之‘極化’（Polarization）。因了（1）這氫有極大的電阻，（2）極化能產生一種反電勢（Back E. M. F.），而這反動電勢和本來的電動勢恰相反，所以就減少了有效的電勢差。所以極化的影響，是減少電流，也就是減少電池的能力。現在的‘原電池’（Primary cell），都極力的在避免這種極化作用；換句話說，就是將產生出去的氫取掉。

2. 勒克蘭社電池及乾電池

‘勒克蘭社電池’（Leclanche cell）如圖 30，其低電勢的一極是鋅棒，插在氯化銻的溶液中；外面是一個玻璃瓶。高電勢的一極是炭棒，插在一個磁罐中，其四週圍以炭屑及二氧化錳粉末。電池中因鋅與氯化銻的化學作用，即生氫而集於炭棒上，此即電池之極化作用。幸炭棒之周圍有二氧化錳能立即與氫起化學作用，而變成水及一種棕色的錳氧化合物，因之極化作用便可免除。所以在這類電池中，二氧化錳的

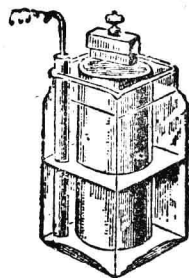


圖 30

作用，就是用來避免極化。

但是事實上，電路接通後，氫的產生常快於二氧化錳和氫的作用；所以用了不久，電流就因極化作用而逐漸減少。不過在停用之後，氫不再繼續產生，而二氧化錳和氫的作用，卻還能繼續進行；所以電池仍能恢復到原來的強度。因此這種電池常用來做斷續的工作，像電鈴上用的，就多是這種。勒克蘭社電池的電動勢，約在1.5伏特左右，電阻大概是幾歐姆。

市上賣的各種‘乾電池’(Dry cell)，其原理與勒克蘭社電池相同。其名雖稱乾電池，但實際並非是乾的，倘若真的是乾，那就毫無用處。如圖 31 是乾電池的一種式樣：外殼是鋅，鋅裏面的一層 W 是由氯化鋅、氯化銻、糊粉、石膏及水調成的漿狀物；再內層 B，也是一層糊質，含有炭屑、二氧化錳、氯化銻、氯化鋅及水；C 是炭極，就是一根炭棒，用來作為電池的正極；電池的上面，再蓋以蠟片，用火漆等封好；電池內的二氧化錳，就是用來去掉氫，防止極化的。

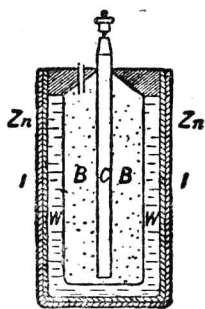


圖 31

這種乾電池的電動勢，普通總在 1.4 伏特左右。

乾電池的好處，是：(1)簡單而便於攜帶，(2)可以放在任何你所要放的地方，(3)用不到怎樣的去當心牠，(4)比較勒克蘭社電池更輕便、潔淨。

在電池中，有一點須特別注意的，即電池的電動勢，是完

全因電池中的結構、材料而不同（溫度也有關係），但和極片的大小，極片間的距離無關。極片的大小和極片間的距離，對於電池的電阻，卻是有關係的。此種電阻通常稱為內電阻，如極片愈大，相距愈近，則電阻愈小。

3. 電池組

將許多單個的電池集合起來，稱為電池組。電池組有串聯和並聯二種，我們通常用的，多屬於串聯的一種。

串聯的電池，正如圖 32 所示，每個電池（除出第一個及末了的一個）的正極，都和牠前面一個電池的負極相連接；這樣

排列的結果，就只有兩個極露在外面，一個是正極，一個是負極。

這樣一個電池組，正和一個單獨的電池一樣。倘若我們有完全

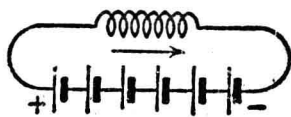


圖 32

相同的電池一百個，每個電池的電動勢是 1.5 伏特，照上面方法連接起來，那麼這個電池組的總電動勢是 $1.5 \times 100 = 150$ 伏特。假使每個電池的內電阻是 0.2 歐姆，則總內電阻是 $0.2 \times 100 = 20$ 歐姆（因內電阻為串聯）。現在若將這個電池組接到一個電阻 1480 歐姆的電路上去，則此電路中的電流是：

$$\frac{\text{電動勢(伏特)}}{\text{總電阻(歐姆)}} = \frac{150}{20 + 1480} = \frac{1}{10}$$

$$\therefore \text{電流} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ 安培}$$

圖 33 是並聯的電池組，在這種電池組裏面，各個單獨電

池的負極，都連接起來，成一個總負極，各個的正極也都一同連接起來，成一個總正極；外面的電路，就接在這個總正極和總負極上。這樣就像是造成了一極大的電池，將牠的極片擴大了，所

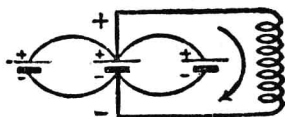


圖 33

以這種電池組的電動勢，正等於每一個單獨電池的電動勢，因為電動勢與極片的大小是毫無關係的。倘若有一百個電動勢 1.5 伏特的電池並接起來，則其總電動勢仍是 1.5 伏特，毫無增加，但有一點須特別注意，即在並聯電池組內的總內電阻是減少的；倘若每個電池的內電阻是 0.2 歐姆，則總內電阻就等於 $\frac{0.2}{100} = 0.002$ 歐姆，比一個單獨電池的小得多了。如外面的電阻仍是 1480 歐姆，則：

$$\text{電流} = \frac{\text{電動勢(伏特)}}{\text{電阻(歐姆)}} = \frac{1.5}{0.002 + 1480}$$

$$\therefore \text{電流約等於} \frac{1}{1000} \text{ 安培 (約)}$$

上面這個例，外電阻是比內電阻大，所以我們得到的結果是串聯所生的電流強於並聯所生的。現在再舉一個例來看，外電阻若是小於內電阻，設為 0.0001 歐姆，則：

$$\text{串聯的電流} = \frac{150}{20 + 0.0001} = 7.4 \text{ 安培}$$

$$\text{並聯的電流} = \frac{1.5}{0.002 + 0.0001} = 7143 \text{ 安培}$$

所以我們的結論是：外電阻大的時候，用串聯能得強的電流，外電阻小的時候，用並聯能得較大的電流，不過事實上並

聯的電池組，是很少用的。

倘若把電動勢及內電阻都不相同的幾個電池串聯起來，則其總電動勢等於各個電池的電動勢的和，總內電阻也等於各個電池的內電阻的和。如若並聯，那就複雜多了，而且事實上很少這樣接法，所以這裏也不敘了。

4. 無線電中的乾電池組

在無線電真空管收音機內，我們總須用到串聯的電池組。這種電池組，是用來使真空管的屏極，得到一個高的正電壓，稱為B電池組，簡稱‘B電’(B-Battery)。普重B電池組的電動勢，大約在40伏特至300伏特間，或者也有比300伏特更大的。由此可見，倘若一個單獨的電池電動勢是1.5伏特，那麼在一個B電池組內至少要有30個小電池，或者再多些。

B電池組的電池，通常都並排列的裝在一個硬紙盒子內，上面封着蠟及瀝青，火漆之類，在蠟層上面，有着幾個接頭（就是可以插接頭的銅片），這種接頭連到下面電池的正極的，或者每隔三個電池，有一個接頭，或者四個、五個，都不定（如圖34）。接頭的附近註着字樣，表示着所接的電壓，所以倘若將無線電收音機中的B電池組的二個接頭，負的接在（-）字上，正的接到40字樣上，意思

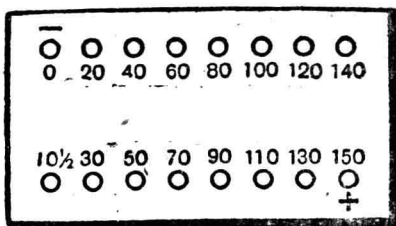


圖 34

就指這時真空管屏極上所得到的電壓是 40 伏特。

有一點須特別注意的，即乾電池雖因用的時間過多而生極化作用，但是最壞的還在於局部作用的產生。這種局部作用，就是不用的時候，仍舊在進行着，不過好的乾電池組中，局部作用很少很少，且因極化所生的害處，又能在停用時自動補救，所以好的電池組，攔了些時，不見有所損害。

5. 蓄電池

倘在水裏加一些硫酸，用二根白金片插在這個溶液中，然後用電池組將兩極接通，於是在溶液中，就有電流通過。這樣的過了些時，電池組拿掉，再將兩極用銅絲接起來，我們可以看到銅絲中間，竟有電流自陽極流向陰極；不過在這種情形之下，電流流的時間極短。這現象，就是列脫氏(Rilter)在製造最初的‘蓄電池’(Storage battery)時的情形。

現在我們用的蓄電池中，極片是鉛做的，如圖 35，有這樣的鉛片二片 A 和 K，插在稀酸中(以重量計，十分的水和以一分的酸)，通以電流，自 A 至 K，酸溶液就起分解，而在 A 片上有氧發現，在 K 片產生氫。但在 A 片上的氧就和鉛起作用，化合成棕黑色的過氧化鉛，在 K 片上的氫，則沿片而上，不起作用，所以 K 片仍舊是純粹的鉛。

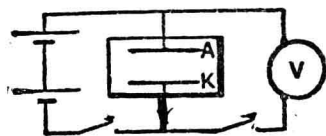


圖 35

上面的一種方法，稱為‘灌電’(Charging)。倘若這樣的

灌電片刻，將電池組拆去，而將 A 及 K 接到一個‘伏特計’(Volt meter) 上去(伏特計是一種用來測量電勢差或電動勢的器具)；則起初在計上所指示出的大約是 2 伏特左右的電勢差，而在外電路上的電流，是由 A 流向 K (注意正和灌電時相反)；但是過了些時，計上所指示的伏特數，逐漸的減少，結果等於零，完全停止了。以後再審察這二片東西，發見過氧化鉛及鉛都已變為硫酸鉛了。

倘若我們再將牠來灌電，——就是再用電流自 A 經過溶液至 K，則溶液中氧和氫仍舊分解出來，而生出來的氧，就將 A 片上的硫酸鉛再化為過氧化鉛，分出來的氫也和 K 片起還原作用，而將硫酸鉛變為純粹的鉛。換句話講，就是再灌電之後，兩極仍舊回到本來的狀態，A 是過氧化鉛，K 是鉛。

這樣一種裝置，就稱為蓄電池，英文中所謂 Secondary cell, Storage cell, Accumulator 等，就都是蓄電池的意思，這上面的陽極，就是正極，陰極就叫做負極。這裏有一點須申述的，就是所謂蓄電池者，並不是真蓄有什麼電，不過有這樣一種作用罷了。當牠在灌電時，就將電能變作每個離子中的勢能(即化學勢能)，而在放電時，就將這種勢能再化為電能。

上面已經講到，蓄電池灌電之後，K 片就變為硫酸鉛，但是事實上這種變遷，不如希望中的快；這是一種缺點。自從濱蘭推氏(Planté)用了交流灌電之後，這個缺點，纔被補救過來。所謂交流灌電，就是先把電流通過電解質，自 A 至 K，於是 A 片上就有過氧化鉛；過了些時，將電流換個方向，自 K 至

A,於是A片上的過氧化鉛,就因發生的氫而起還原作用,變為有孔鬆軟的鉛質,同時K片上,因產生氧而變為過氧化鉛;這樣反覆的灌電,結果我們得到的二片,一片是厚層的棕黑色過氧化鉛,就是陽極,也就是正極;還有一片是一層鬆孔的灰色的鉛,就是陰極,也就是負極;這種方法,稱為極片的‘製作’。

但是這種‘製作’的方法太麻煩了,為要免除這種麻煩起見,法爾氏(Faure)纔發見了一個簡便的方法,就是在電池灌電前,先用硫酸和紅鉛調成的漿狀物塗在兩極上,然後再令其灌電。這樣當灌電開始後,塗在陰極上的紅鉛,就立刻變為鬆孔的鉛層,而塗在陽極上的紅鉛,就起氧化作用而成過氧化鉛。後來又有伏克馬式(Sellon-volckmar)極片出現,因牠的極片是排成柵狀的,所以效力尤其顯明了。因此,蓄電池常有二種式樣,一種是潑蘭推極片‘製作法’,還有一種是法爾式或漿狀柵極片式。

蓄電池上的兩極,每多印有正負字樣,或正極上是紅印,負極上是黑印。

在無線電收音機中,蓄電池是多用來熱真空管的燈絲的,稱為‘A電池組’(A-Battery),簡稱A電。這種A電池組,普通是一個蓄電池(2伏特),大的也有二個蓄電池串聯起來的(4伏特),也有三個蓄電池串聯起來的(6伏特),這完全視需要而定。

B電池組也有用蓄電池的,但是通常總是用乾電池。

平常蓄電池不論大小,電動勢總在2伏特左右,但是所能

有的電流強度，卻視蓄電池中極片的大小，及其間隔的距離而定。像圖 36 的排列，是能得強電流的裝置法。圖中共有十三極片，六片正的連在一邊，七片負的連在另一邊，所以每一片正極片的二邊，都有着一片負極片（這是增大極片的面積）。

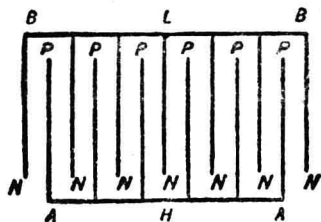


圖 36

再者，爲要得到強電流，內電阻當然是愈小愈好，所以極片間的距離，每縮至極短；但是太短了，容易碰着，所以在二極片間，總有着隔片。像圖 37，就是以絕緣物插在二枚近距離互相對峙的。金屬板間的情形。

在極片與裝電池的容器的底面間，必須留有相當地位，使有時從極片上落下的導體物質，不至攔在正負的極片間，促成短路，而傷電池。在普通用玻璃容器的大蓄電池內常用一種檔子，將極片掛起來，也有用木樁或橡皮片，將極片攔起來。這種裝置，都是用來避免上述的困難的。無線

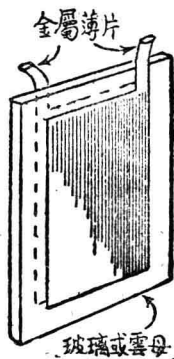


圖 37

電中的蓄電池的容器，多半是用人造象牙製的，並且在面上也有人造象牙的蓋子，用以防止醜物侵入電池，及避免金屬極端因酸的潤上而被銹蝕。

蓄電池的電容量，是用安培小時來量的；所以如：電容量

704 安培小時的大蓄電池，放電的最大強度是 64 安培（多由廠家規定），那麼牠足足可以供給這樣電量的電流，至十一小時。

通常蓄電池的設計，常以九小時或十小時作為放電時率；這就是說，倘若將這電池放電時的電流加以控制，使牠能作九小時至十小時之放電工作的，稱為效率最好；譬如有一隻十小時時率的蓄電池，知其電容量是 30 安培小時，則 $\frac{30}{10} = 3$ ，即此蓄電池放電的強度，最好是 3 安培。像這樣 3 安培的電流，牠恰能工作十小時，而一切情形都能保持安好。這樣的蓄電池，並不是說不能放大於 3 安培的電流，或小於 3 安培的電流，不過能夠像上述的那樣放電，結果是最好罷了。還有一點也是蓄電池的性質，我們須要知道的，就是倘若像上述那樣的一隻蓄電池，我們放電時電流強度只有 $1\frac{1}{2}$ 安培，那麼這隻電池，可以工作到二十小時以上（所以我們要說 30 安培小時值了）。這是一種特性，倘若放電的電流弱，牠的電容量可以比較大一些。又若強度是 6 安培，則此電池一定用不到 5 小時。這也是一種特性，倘若放電的電流強，牠的電容量就要比較小一些；這種大小，都是以 30 安培小時來作標準的。

蓄電池的廠家，每每註定一個最高放電率，用者切勿超過此值，倘若放電太厲害了，結果就會因過烈的化學作用而生熱，使此極片起不平衡的澎漲而彎曲，促成短電路，並且還要傷害漿質，及造成硬性的硫酸鉛（譯者註：這種硫酸鉛，一經形成，在灌電時，極不容易使其還原，故有害於電池，即容易

促短電池的壽命)。同樣的理由，蓄電池也切勿接‘短路’，因蓄電池的內阻極低（約計僅 0.001 歐姆，視極片之物質大小及間隔而定），倘一接‘短路’，總電阻總是極小，其結果就有極大的電流流動，於是生熱而產生硬性硫酸鉛（白色而堅強，並非普通之硫酸鉛），因而生內‘短路’，予蓄電池以極大之傷害。

蓄電池放電開始後，酸的比重及電池的電動勢，都逐漸的減少，所以一個蓄電池，可以用酸的比重或者用電動勢的大小來決定牠的能力。

蓄電池中酸的比重，雖然是因種類之區別而有出入，但是大概可以說在充分灌電之後，其比重為 1.25，放電一半後，比重減至 1.18，全部放電後，比重低至 1.11。平常為安全計，蓄電池當其酸的比重降到 1.15 的時候，總須重行灌電了；倘若比重降低到 1.15 之下，電池中往往容易產生硬性硫酸鉛。有一種儀器，稱為‘比重計’(Hydrometer)，就是用來測量這種比重的。

充分灌電後的蓄電池，其電動勢大約是 2.2 伏特（略高於 2 伏特），但一用電後，立刻降到 2 伏特，這樣保持着 2 伏特的狀態，可以有不少時候，於是再漸漸的降低。蓄電池的電動勢，當跌到 1.8 伏特時（其時仍在放電狀態中），應停止放電，再行灌電，切不可再繼續放電，如再繼續放電而致其電動勢降低於 1.8 伏特，則不惟硬性硫酸鉛又要產生，且往往內部生短電路，將予電池以重大之打擊。

普通充分灌電的蓄電池，其正極片往往是深褐色，其負極

像灰石板一樣的顏色。這種顏色，可以時常幫助你審察電池的情況。

蓄電池常常要使牠保持着充電的狀態，倘若放電之後，擱置了許多時候，不去灌電，每容易增加硬性硫酸鉛；因此就是不用的蓄電池，也最好隔二星期灌電一次。

蓄電池中溶液的表面，必須要蓋過極片的頂，溶液倘若因蒸發而減少了，可以加些潔淨的清水，不要使極片面露出來纔好。

在自製蓄電池中，如需要淡硫酸的時候，千萬要記住只可以將酸注入水中，而不可以將水倒入酸中去；如將水倒進酸中，其結果便會發生極危險的爆炸。

製蓄電池的廠家，往往註出灌電時電流的強度是多少，應該灌多少小時；所以我們在灌電的時候，也總要依着牠的指示，切不可看見酸的比重已經不再增加，就立刻停止；一定要等到酸像乳水一樣，而且在極片上，氣體可以很自由的跑出來時，方纔可以取用。

一隻蓄電池的電量的效率是：

$$\text{電量效率} = \frac{\text{放電時的安培小時數}}{\text{灌電時的安培小時數}}$$

這種效率平常總在百分之八十五到九十之間，但若灌電後立即取用，可以達到百分之九十五左右。

蓄電池的電能效率是：

$$\text{電能效率} = \frac{\text{放電時的瓦特小時}}{\text{灌電時的瓦特小時}}$$

這個數，大概是在百分之六十五到七十五之間。

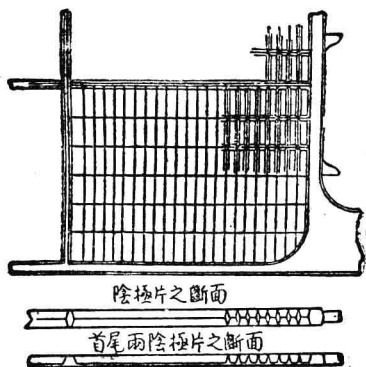


圖 38

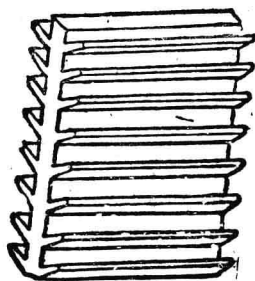


圖 39

市上賣的蓄電池片的種類很多，像圖 38 是表示一種陰極片的構造，圖 39 是表示一種陽極片的構造。陰極片間的漿汁，是用氧化鉛和比重 1.2 的冷硫酸的混合物。陽極片間的漿汁，是用紅鉛(二氧化鉛)和比重 1.1 的冷硫酸的混合物。

第四章

電容量及感應量——容電器及調諧線圈

‘電容量’(Capacity)及‘感應量’(Inductance),可以說是全部無線電結構中的兩件主要因素。我們時常聽到的無線電波的週率及波長,完全是由這兩件要素控制着的。廣播電臺(Broadcasting station)的波長及週率,也就是因了電容量及感應量的不同而各異。當你在旋轉無線電收音機的刻度盤時,你就是在變換電容量及感應量,以適合某電臺的波長及週率。關於這些,讀者漸漸的都能詳細明瞭的。

1. 容電器的原理

倘若把一塊金屬片 A 如圖 40 和一個電池組的正極用銅絲接連起來,則因電池的電壓高於金屬片,故有電自電池組中跑到 A 片上來,直至 A 片上也有着和電池組中同樣的電壓而

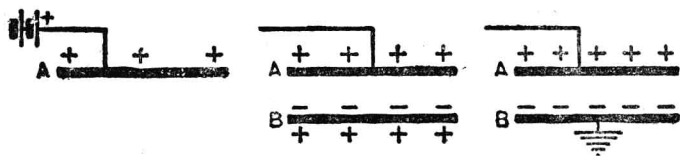


圖 40

停止;這是因為電不能在兩件等電勢的物體上流動的緣故。

A 片的面積倘若愈大,則顯然的其電容量也愈大;換句話說

(看第二章第八節)，就是需要更多量的電，方可使 A 片達到和電池組同樣的電壓。

這時候 A 片上顯然有着正的電荷。倘若再有一塊金屬片 B 以平行的方向放到 A 的附近去，B 片就立即因誘導（注意係因誘導）而生電荷；接近 A 的上層，荷了負電而下層則顯正電（第一章第三節）。B 的電壓，比 A 的要小些。

放了這一塊金屬片 B，與 A 有沒有影響呢？我們來看 A 片上的電壓，有了 B 片，究竟有沒有變化。A 片上的電壓，除其本來因荷電而生的 V 外，還有 (1) 因 B 上的負電誘導而生的負感應電壓，(2) 因 B 片上正電荷而生的正感應電壓。這個正感應電壓和負感應電壓，好像恰巧抵消，但事實上因為 B 片上的負電荷面較正電荷面接近 A 片，所以負感應電壓也強些；結果 A 的電壓就顯然的比沒有 B 時降低了些。在另一方面，因了 B 片，電池組中須再加電流入 A 片去增加牠的電壓，以達 V 值，且 A、B 片間的距離，也有關係，所以 B 放得愈近，則 A 的電壓減低得愈厲害，而要向電池組中需要補充的電也愈多。

現在倘若將 B 和地面接通，那麼 B 上的電，立即通入地中，B 的電壓，就減到零。這時候顯而易見，B 上是只有負電荷（比較第一章第三節的遮屏），這負電荷，實際上是比以前大了些，不過為什麼會大些的，我們不去解釋了。因了這個負電荷的增加，及正電的消失，A 片上的感應電壓顯然的就只有負感應電壓；換句話說，這時 A 片的電壓，是大大的減低了。所以電池組中又得大量的將電輸入 A 片，使牠重能達到和電

池組的電壓 V 一樣。這樣因接通地面的B片的影響，電池組是須將更大量的電輸入A片去，使A片達到電壓 V 值；也就是A片的電容量，比沒有B片時增加了不少。

這樣的兩塊導體的排列，中間隔着絕緣體(在上面這例中是空氣)，稱為‘容電器’(Condenser)；這兩塊導體通常稱為容電器的片，中間的絕緣體，稱為‘容電器的介體’(Dielectric)。

通常容電器的灌電，總是將A片接到電池組的正極，而將B片接電池組的負極(代替地面)，所以結果A片上有着極強的正電荷，而B片上是負電荷。這種作用，正和上面B片接着地面的一樣。

在這裏有一點須要注意的，即容電器的灌電，並不和蓄電池的灌電一樣；容電器雖然也接了電池組，但是並沒有電流通過，因容電器中非特不像蓄電池中間一樣的有可以通電的電解質，而且在其A、B兩片之間，反具有一層絕緣的介質呢！

有許多固體或者液體，像玻璃、蠟、雲母之類，倘若來代替容電器中的空氣，則其誘導作用比較更好。這些物件，就稱為有‘較高的介質常數’(Higher dielectric constant)，所以用了這種介質常數高的物體來作容電器的絕緣體，其效果比上述用空氣的更佳。又爲了像玻璃、蠟、雲母等固體比較的堅強些，所以實用上的容電器，多有用牠們來作介體的。

容電器的作用，用電子學說來解說，也是很有趣味的。這裏又要用着些想像了：倘若將容電器的A片接到電池組的正極，而將B片接到負極，一接好之後，立刻就有一大羣的電

子，從電池組的負極衝到B片，而同時A片上有一大羣的電子，跑到電池組的正極裏去。因此在B片上就有着多餘的電子，而A片上則有所謂失去電子的原子，謂之正離子。

A片的正離子和B片的電子間，有着極強的吸引力，所以在B片的電子，是極想越過這層絕緣的介體，到A片上去，同時A片上的正離子，也極力的在想將B片上的電子拉過來；但這絕緣介體正像洋洋大海，B上的電子，又怎樣能衝過去呢？所以B上的電子，盡其力只逐去介體中原子裏的電子而代之，再逐次進行而跑到A片上去，同時A片上也極力的拖介體中的電子而排斥所餘的正離子。

不過在介質裏面的電子和原子是極難分拆的。介質裏面也沒有游離的電子，所以上面這樣相逐相吸的結果，僅使在原子中電子所行的規道，起了變化而已。像圖 41 所示的，也可稱為應變。在圖中，我們更可以看到介體中的電子，是都向着A片傾動，而牠原子中的質

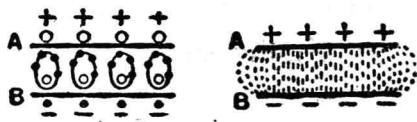


圖 41

子，都因受了A的排斥和B的吸引而傾向B片的方向；所以最後的結果，A片上是有着大量的正電，而B片上有着大量的負電，介體則因應變起了如上圖所示的現象。這樣就造成了我們所謂的灌了電的容電器，但是這裏面卻並沒有電流的通過。

上面已經講過，容電器是大部份用在收音機裏調節波長的；但是牠還有許多別的作用，像‘隔直流容電器’（Blocking

condenser)，就是用來隔絕直流電流的，因為直流電根本不能在容電器中通過；又如‘旁路容電器’(By pass condenser)，是用在振盪電流線路中的，因為振盪電流能通過容電器的。還有無線電中的天線，事實上也是一個容電器，天線上的線，是容電器的一片，而地面或者接着地面的物體，又是一片，中間的空氣是容電器的介體。這種容電器，因二片間相隔得這樣遠，顯然的，電容量是極小的了。

2. 容電器的電容量

在第二章中，我們說一件物體的電容量，是用電量來測定的。這個電量講得清楚些，就是物體要增加單位電壓時所需要的電量。所以倘若有一件物體需要五個單位的電量始能使牠的電壓增加一個單位，那麼我們說這物體有五單位的電容量。在容電器中，和這相像，不過在容電器中，我們是講增加兩片間的電壓。

所以一個容電器電容量的大小，就依需要多少的電量始能將其兩片間的電勢差增加一個單位電壓來決定的。

倘若容電器的一片是接着地面的，那麼這片的電壓就是零，所以兩片間的電勢差就以另外一片的電壓來決定。這樣的容電器，其電容量就以需要多少的電量，始能將這不連地面的一片的電壓，增加一個單位為定。所以有一片接着地面的容電器的電容量，就等於這不連地面的一片的電容量。

我們已經講過，電容量的單位是法拉。一個容電器倘若

是需要一庫倫的電量，方纔可以使牠兩片間的電勢差，增加一伏特，則牠的電容量就是一法拉。

在無線電中，我們多用法拉的一百萬分之一的‘微法拉’(Microfarad)，或者甚至用一百萬一百萬分之一的‘微微法拉’(Micro-microfarad)來作電容量的單位。

根據電容量的定理，我們得到下列的名式：

$$C = \frac{Q}{V} \quad Q = CV \quad \text{及} \quad V = \frac{Q}{C}$$

C 就是電容量以法拉計， Q 是要灌入的電量以庫倫計，而 V 即是兩片間灌電結果的電勢差（假設原來的電壓是零）。

這幾個式子，在計算中是時常用着的，所以讀者必須記熟；同時 C , Q , V 是什麼的代表記號，也要常在腦中存着印象。

上面已經講過，有些物體，倘若代空氣來做容電器中的介質，則容電器中兩片間所生的誘導作用，比較來得好。這種物體，就是說有較高的介質常數。譬如舉個例：先量得一隻以空氣作介體的容電器（或稱空氣容電器，像 40 圖中所示）的電容量為 0.0002 微法拉後；若將這原有的空氣處，完全充以雲母，則此雲母容電器的電容量，就是 0.00132 (0.0002×6.6) 微法拉，6.6 是雲母的介質常數（空氣的介質常數是 1）。

結上所論，一隻容電器電容量的大小視下列三條件而定：

1. 片之大小——片愈大，電容量愈大。
2. 片間距離——距離愈小，電容量愈大。
3. 介質——用介質常數愈大的介體，電容量愈大。

3. 串聯和並聯的容電器

容電器雖也像電阻一樣的能夠並聯或串聯，不過這兩者之間，有着一個極大的區別，讀者務須注意。

先講並聯，像圖 42 就是並聯着的三隻容電器——每隻的 a 片連接到用來灌電的電池組的正極，而 b 片連接到負極。這是很明白的，當灌電開始，其中每隻容



圖 42

電器的電勢差，都逐漸達到和電池組的電勢差 V 相等，同時每隻容電器各用去了牠們各自連接到電池組時所需的電量 ($Q = VC$)。現在倘若三隻容電器的電容量都相等，那麼 V 是不變，而三只總共需要的電量就等於 $3Q$ 。

像這樣並聯着的一隻大容電器，需要 $3Q$ 的電量始能達到 V 的電壓，那麼顯而易見的，牠比單獨一隻容電器達到 V 時所需要的電量，大了三倍，也就是牠的電容量大了三倍。

因此我們說，倘若三隻同電容量的容電器並聯起來，其總電容量即等於每隻的三倍。更廣義的講，若有電容電 C_1 及 C_2 的容電器並聯起來，那麼這一組並聯的容電器的總電容量，就等於 $C_1 + C_2$ 。

由此可見容電器並聯起來，其電容量是增大，不像電阻的並聯是減少的。這是一點恰巧相反的地方，須特別注意。

再就串聯來說，像圖 43 就是二隻串聯着的容電器：第一

的 b 片，接着第二隻的 a 片，第二隻的 b 片，又接着第三隻的 a 片，這樣連續的接過去；我們知道第二隻 a 片的電荷，就是由第一隻 b 片中流過去的，所以第二隻 a 片所有的電荷



圖 43

Q ，必和第一隻 a 片的相等；同樣第三隻 a 片的也必和第二隻 a 片所含的電荷相等；所以串聯的容電器，每隻所能得到的電量必相同。因電量的固定，及容電器各別電容量之不同，故每隻片間之電勢差逐異。今設總電勢差為 V ，每隻之電勢差為 V_1, V_2, V_3 ，而每隻之電容量為 C_1, C_2, C_3 ，則：

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\text{或 } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

C 就是這一組串聯的容電器的總電容量。我們看這個公式，恰巧和並聯的電阻的公式相似。記着，一個是串聯，一個是並聯，不要混雜。

因此，倘若有三個電容量各等於 C_1 之容電器串聯起來，其總電容量等於：

$$\frac{1}{C} = 3 \times \frac{1}{C_1}$$

$$\text{即 } C = \frac{1}{3} C_1 \text{ —— 祇有每隻的三分之一。}$$

由此可見串聯的結果，電容量是減少，不像串聯的電阻是

增大，這又是一點恰巧相異之處，所以也是必須注意的。

今舉一例：設有二隻容電器，其電容量各為 3 及 6 個微法拉，並聯起來，則其總電容量等於 $3+6=9$ 微法拉；設串聯起來，則總電容量僅：

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{9}{18}$$

$$\text{或 } C = \frac{18}{9} = 2 \text{ 微法拉}$$

再和電阻來比較，倘若有 3 歐姆及 6 歐姆的電阻，並聯起來的總電阻是 2 歐姆；串聯起來是 9 歐姆，恰巧相反。

正和電阻一樣，容電器在無線電應用中，有時串聯，有時並聯，視用處需要而定，以後當再為逐漸解釋。

4. 容電器的放電

灌了電的容電器，倘若將牠的兩片用銅絲連接起來，就有放電的現象發生；因放電的結果，電勢差就逐漸的消失，也就是兩片間的電壓，逐漸的達到相等的地位。

根據電子學說，我們對此現象，又可這樣解說：起初 a 片上有着大批的陽離子，就是少了一個電子的原子，而 b 片上有着大批多餘的電子；這多餘的電子的量，正和 a 片上所缺乏的電子量相等。倘若銅絲一接之後，b 片上的電子，就像第一章所講一般，成羣結隊的經導體而跑到 a 片上去，補足牠的不足，所以結果兩方的電壓正相等，也就是兩方均處於中和地位。

上節不過是通盤的講一講，實際上，這種現象卻沒有這樣

簡單。爲使讀者容易深刻的了解起見，我們再用一種幻想來幫助解說。倘若在一隻灌了電的容電器中，其 a 片上有着八個陽離子，而 b 片上有着八個多餘的電子（所以 a 片是荷正電而 b 片是荷負電，如圖 44）；則當銅絲一接通後，b 片上的電子，就衝向 a 片。如果銅絲的電阻不十分大，我們第一點要

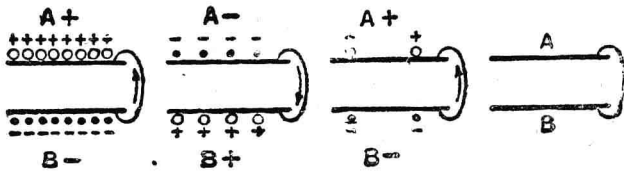


圖 44

注意的，就是衝過去的電子，不僅八個，另外 b 片上原子中的電子，也因這一衝勢，脫離原子而奔向 a 片。今假設是有十二個電子從 b 跑到 a，那麼顯而易見，內中的八個是和 a 片上的陽離子中和，而多跑過來的四個電子，就使 a 片荷了負電。同理 b 片上此刻是缺少了四個電子，故有着四個陽離子，就變荷了正電。於是 a 上多餘的電子又開始衝向 b 片，但是衝過去的又不僅是四個，又是多於四個，設爲六個，則此時 a 片上又有着兩個陽離子，而荷了正電，b 片上，又因多了兩個電子而荷負電；這樣的一來一往，電子的來往數，逐漸的減少，一直到 a 片及 b 片達同一電壓纔停止。圖 44 中最後的一圖，就是表示放電結果的狀態。

事實上，當然不僅是八個電子和八個陽離子，簡直是有幾百萬幾千萬，所以來往的次數多到不可計數，而一來一往的時

間，也快得無可形容。這樣的放電，稱為‘振盪放電’(Oscillatory discharge)，在無線電中，可以極顯明的見到。從B片到A片稱為一個‘振盪’(Oscillation)；從B片到A片，再從A片到B片，稱為一個‘振動’(Vibration)。每一秒鐘振動的次數，謂之這個振盪放電的‘週率’(Frequency)。振動一次所需要的時間（當然是極短極短的時間），謂之‘週期’(Period)。不久你就可明瞭像這樣情形的所謂電的‘高週率振盪’(High frequency oscillation)。

5. 無線電的容電器

普通的容電器，都是由相同的錫片(圖 45 之細線)、蠟紙片或雲母片(圖中粗線)組成，奇數的錫片接在一起，是容電器的A片，偶數的錫片接在一起，是容電器的B片；所以這樣的排列，就等於二片大的片子，中間隔着介體。無線電中所用的小‘固定容電器’(Fixed condenser)，多是這一類。



圖 45

所謂‘可變容電器’(Variable condenser)，顧名思義，即知牠的電容量，不如固定容電器的一定不變，而可有相當的變更的。可變容電器，在無線電中，用途極廣，其中最普通的即以空氣為介質的一種。這種容電器，也是由兩組間隔的片子組成，內中一組是固定的，稱為固定片，而另一組是可旋轉的，稱為動片。由動片的旋轉，改變兩組中金屬片間的相對面積，

以變更電容量的大小(電容量是和片的大小有關)。

平常這兩組的金屬片，都是半圓形的。如圖 46 的 A 就是能繞這黑點的中心旋轉的動片。當 A 全部旋入 B 時，電容量最大，當 A 全部旋出外面時，電容量最小。所以我們只要旋轉 A，以變更 A 與 B 的相對面積，就可得到所需要的電容量。

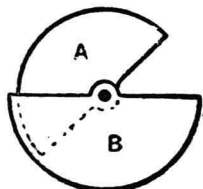


圖 46

在旋軸上，每多連着一個指針，當其旋轉時，即指出刻度盤上的度數，以表示旋轉的多少。

這種半圓形的容電器，其最重要的一點，就是牠因旋轉而變更的電容量，是一個常數，平均的增加，平均的減少，所以倘若我們將旋轉的度數，和因而所生的電容量的變更，用圖表表示出來，是一條直線。因此這種容電器，通常稱為‘直線容量容電器’ (Straight-line capacity condenser)。

上述的一種容電器，現在雖然還很多的製造和採用着，但是在最近新式的無線電收音機內，已多用另外的三種改良式來代替了。在未講這三種改良式以前，有幾點須先說明：

我們已經講過，你用收音機收取某一電臺的音時，你就該將連着容電器的刻度盤轉動；這個意思，就是在變動你收音機中的電容量，以適合該電臺所放出來的無線電波的波長。讀者總可以明白，對於一個較長的波長，你就應該增高電容量，較短的波長，你就應該減少電容量。波長較長，其週率較小，波長較短，其週率較高。——關於這，下面還須詳細介紹。

雖然如此，波長卻並不和電容量成正比，而和其平方根成正比。所以倘若將電容量增加四倍，則你所得的波長，卻並不比以前收得的大四倍，而只大了兩倍。又如電容量增加了十六倍，則所收着的波長，也不比以前的大十六倍，而僅大了四倍。因此讀者就可以明白，這種關係的連繫，在起初動片旋出來的時候，動前與動後相對面積的比，變更得極少，也就是電容量以倍數計，變更得極小；但是到將完了（完全出來）的時候，則稍稍一動，就有了極大的影響，幾乎要將電容量減去一倍，或甚至一倍以上；這種結果，就是譬如有許多電臺，牠們的波長都相差一個等數，那麼你旋轉這種半圓形的容電器，在開始的時候，電臺隔得很開（以度數計），譬如要旋轉三度或五度，纔到第二電臺；但是一到近旋完的時候，就分不開了，一度裏面，有時候要包含着幾家電臺，——這一點，就是半圓形容電器的大缺點。

現在我們若將這容電器片的形式改變一下，其結果使電容量和旋轉的度數的平方成正比例；換句話說，就是波長和旋度成了正比；那麼倘若我們本來在 10 度的地方，可收到波長 250 米的電臺，現在要收波長 500 米的電臺的時候，我們只須將刻度盤旋到 20 度處就可。這一種的容電器稱為‘平方律容電器’(Square law condenser)。假使我們將其旋度和波長的關係用圖解表出來，則可得一直線，所以這種容電器又稱為‘直線波長容電器’

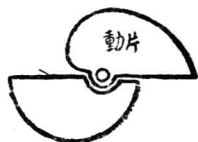


圖 47

(Straight-line wave length condenser)。圖 47 就是示其片之大概形式。

但是事實上，廣播電臺的波長的相差並非是一樣的，乃是其週率的相差為一常數。現在廣播電臺的週率，平常每隔一家，相差為 9000 週，或 9 千週（指英國而言），所以我們再該來研究，就是對於這種事實，容電器又應如何改良（為簡單起見，我們假設這週率的常數差是 10 千週以代替 9 千週）。

第六章，將講到任何電臺，其波長（以米計）及週率（以千週計）之乘積約為 300,000（由公式：波長 = $\frac{300000}{\text{週率(千週率)}}$ ）；所以若有一家電臺的波長是 200 米，則其週率是 1500 千週；又如一家電臺的波長為 300 米，那麼其週率應為 1000 千週。這兩個週率相間 500 千週，若以每差 10 千週有一家電臺計算，則此兩家電臺之間，可得 49 家其他波長或週率的電臺，——這是較長的波長的現象，兩家最遠的電臺的波長，相差是 100 米。現在再從較短的波長來看，如果有波長 50 米（6000 千週），及波長 150 米（2000 千週）相差亦為 100 米的兩家電臺，那麼在這兩家電臺之間，一定還可以有着 399 家其他的電臺，由此可以見到同樣的 100 米波長相差，倘若波長短的，其間可以有着近 400 家的電臺，但是波長長的，就只有近 50 家而已（如上例）。

因此，倘若以波長來作標準，如上述的平方律容電器，我們旋到將旋出的時候（收波長短的電臺時），就又有着許多電臺，聚在一起，而不易分開，所以又有所謂‘直線週率容電器’

(Straight-line wave length condenser)的發見，在這種容電器中刻度盤上的度數，不是和波長成比例，而是和週率成正比的。這種容電器的刻度盤上，差不多是將週率等差的電臺，均勻的分配着(所以謂差不多者，因為還須顧及其他的關係)，圖 48，即此類容電器之大概形式。



圖 48

不過像上式的一種容電器，當其完全展開時，占據的地位太多，所以這還是一個缺點，因此又有將固定片的形式再更改一下，而成為圖 49 的樣子，纔不像圖 48 的多占地面了。



圖 49

收音機內無意中造成的電容量，往往要擾亂容電器的作用，不過影響很微。還有，實際上知道，直線週率容電器，在開始旋出來的時候，有時也有不能分清的現象。圖 50 就是一隻屬於這一類的容電器。

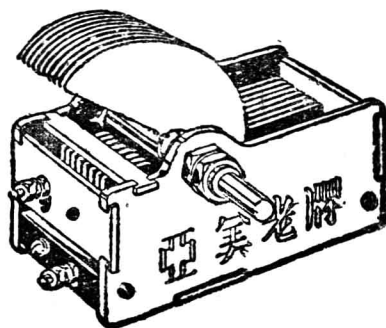


圖 50

此外又有用一個刻度盤來同時旋轉連接着的兩隻或三隻的容電器，稱爲‘同動容電器’(Ganged condenser)。還有所謂‘對數曲線容電器’(Log mid-line condenser)，這種容電器，其電容量是依對數曲線的中段部份而增加，故名之，但是事實上，直線週率容電器，總用得最普通，也比較便利。

還有一種‘差容電器’(Differential condenser)，這種容電器，有着彼此絕緣着的兩組固定片(這兩片有着不同的接端)，中間是動片(又有另一接端)。這三片是這樣的排列着，當動片旋出一片時，正旋入另一片。在精細的收音機中，還有一種小的可變容電器，稱爲‘游標容電器’(Vernier condenser)，這種小容電器，往往和機內的主要容電器，是並聯着的。

此外又有所謂‘電解質容電器’(Electrolytic condenser)。在這種容電器的中間，是一根鋁棒(這是器的一片)，四週充滿着特製的液體或漿質(這又是器的一片)。當電流通過(以鋁爲正極)，其中還沒有成功的容電器液體，就起電解，因電解乃生出非金屬，即不能導電的物體及氣體，附着在鋁棒四週，而成爲這隻容電器的絕緣體。這層絕緣體極薄，故此種容電器占據的地位極小，但是其電容量卻極可觀呢！

下面我們添附了幾個國產的容電器，目的在使讀者知道，我們現有很好的國貨；並希望讀者用容電器的時候，切勿因貪小便宜而買劣貨。

中雍中型可變容電器 No. 227, 229 (圖 51)

電容量 0.00035 微法拉

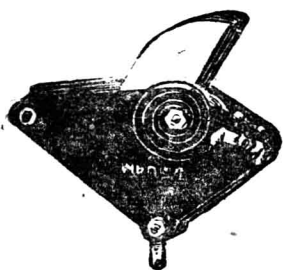


圖 51

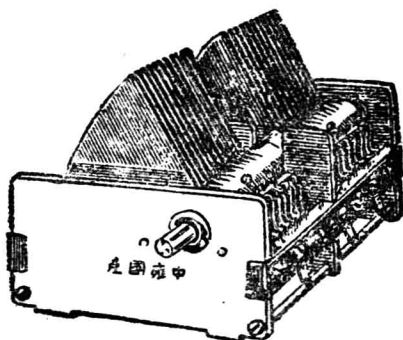


圖 52

中雍雙連可變容電器 No. 2221, 3221(圖 52)

電容量 0.00035 微法拉

亞美小型可變容電器 No. 305, 307, 313, 317, 323 (圖 53)

電容量 0.00005 微法拉(用於短波)

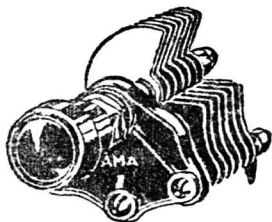


圖 53

No. 305

No. 307

No. 313

No. 317

No. 323

中雍雲母絕緣固定容電器

電容量 0.001 微法拉

6. 感應電流及感應電壓

上面已經講過，如有電流通過導體，則在此導體的四週，

一定形成磁場；一有電流，就有磁場，而電流一停止，磁場亦立即消失。當 1831 年的時候，法拉第氏發現一種和上述恰好相反的現象，他說倘若有一個銅圈，用任何方法使牠的四週（包括銅圈在內）變為磁場時，則此銅圈上立即就有電流發生。

根據事實，他指出幾點：

1. 磁場一成，圈上立即有電流，但這電流是暫時性的，一剎那就完全和沒有磁場時一樣了。

2. 若再將磁場消失，圈上又有一個暫時性的電流。

3. 倘若將磁場的強度增加，當增加時，圈上立即又發生剎那間的電流。

4. 同樣，倘若減小磁場的強度，當減小時，圈上也發生剎那間的電流。

這種由磁場的產生，消滅，增強，減弱而生的暫時性的電流，稱為‘感應電流’(Induced current)；同理所生的電壓，稱為‘感應電壓’(Induced pressure)。這種現象，則稱為‘電磁感應’(Electromagnetic-induction)。

7. 互感應與自感應

圖 54，CD 表示一個線圈，連接着電池組，而 AB 又是另一線圈，接着一隻‘電流計’(Galvanometer)（所謂電流計，是極簡單的一種裝置，裏面有一個線圈，圈的中央是一個釘住中心而可以旋轉的磁針；當

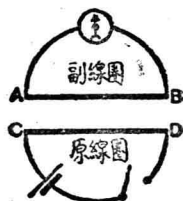


圖 54

有電流通入線圈時，針就因磁場的產生而旋轉，其旋轉的方向，即可用來指示線圈內電流的方向)。習慣上，CD 稱為原線圈，而 AB 稱為副線圈。

於裝置齊全後，若將 CD 的電路一通，即有電自 C 至 D，則在電流計中立即可以看到一動，這一動就是指示這時候，在 AB 線路中，亦有着電流；而因其動的方向，我們可知道在 AB 中的電流，是由 B 至 A，恰和 CD 中由 C 至 D 的電流相反，這很易明白：因通電流於 CD 線，即在 CD 周圍產生一磁場，而其一部份磁力線即跑到線路 AB 中去，所以 AB 中亦因磁而生電了。倘若將 CD 的電路斷絕，即其周圍的磁場消失，於是電流計上立即又是一動，這就表示在 AB 中又因 CD 中電流的消失而產生了的電流；其方向是由 A 至 B，恰和本來 CD 中的電流同方向。

同樣，倘若我們將 CD 中的電流的強度加以增減，也能得到同樣的結果。若 CD 中電流是增強，那麼在 AB 中的感應電流是由 B 流到 A；如若減小，則由 A 流至 B（CD 中的電流則係由 C 至 D）。

不惟原線圈中的電流，對於副線圈有這樣的影響，就是副線圈中的電流，也同樣能使原線圈發生這種影響，所以這種影響是相互的，乃稱為‘互感應’(Mutual induction)。

同時，應該注意的，即當我們在原線圈中自 C 至 D 通電時，看見在副線圈中因感應而生的暫時的電流是由 B 至 A，同時造成了一個磁場，這磁場和本來由原線圈中的電流所生的磁

場，方向恰巧相反。這感應電流的方向，是在阻止造成這感應電流的變化（另一線圈中電流的變化）。再看當 CD 中的電流停止時，感應電流是由 A 至 B。這個感應電流所造成的磁場，正和本來的磁場，同一方向，也是在阻止造成這感應電流的變化，即電流的消失。這種電磁感應的現象，就歸納到‘楞次定律’(Lenz law)；楞次定律是這樣說的：在任何情形之下，感應電流必阻止造成牠本身的變動。

我們已經知道，在一根導線內通電，牠的四週有磁場產生；這種磁場，倘若發生了變化，也能使這導線內有電流的行動；這就是說，因此磁場，對於這導線本身又生出一種電壓，或者亦可以謂之電動勢。這種電壓，在導體中要阻止電流的增強，其結果，就是：若要使電流增強，必需經過若干時間，先抵去了這種由感應而生的電壓。同樣，也可以看到，當電路斷時，磁場就立即消失，而因此消失，也有感應電壓及感應電流的產生，牠的方向，正和本來電流相同；所以這個感應電流，也正是在阻止電流的消失（所以我們得注意，在這兩種情形中，感應電流的方向，都是來阻止所以造成牠的變遷的）；增強及減低電流，我們也一樣的得到這種感應電壓的現象。這種影響稱為‘自感應’(Self induction)。

關於上述的現象，我們可以更進一步來解說。當電流通過導體時，由其所產生的磁場並不是立即就能完成，乃是

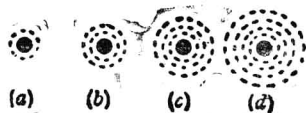


圖 55

逐漸的由導體中心(似乎是由導體中心),向各方推廣的。像圖 55 就是表示牠怎樣的逐漸擴大。

這種磁場的產生,當然是需要‘能’的;而這個‘能’,是完全從電流的電能中取出來的;這樣,顯而易見,電流缺乏了電能,不能立刻達到牠應達的量,卻緩緩的要等磁場完成後,不再取牠的‘能’時,方纔達到其最大值。這豈不是等於磁場生出一個反方向的電壓以阻止牠的增強嗎?又如當電流一斷之後,磁場是逐漸的在消失中,磁場中的‘能’,就又歸還到電流上去;而電流得了這一部份‘能’的幫助,當然不至於立即落到零,這又豈不是因磁場而生同方向的電流,以阻止其消失一樣嗎?

再從另一方面看,我們知道物體倘不受外力的影響,靜則恆靜,動則恆動;這種性質,對於物質愈重的愈顯明,這就是所謂‘慣性’(Inertia)。從上面看來,自感應顯見得也是一種慣性;當我們要想使導體中的電子活動時(即通電流),自感應或者就是牠們的慣性,要阻止其活動。若本在動了,我們要想牠立即停止時,自感應或慣性,又使牠不立即停止。

用一塊磁鐵接近一個線圈,同樣的,也改變了線圈周圍的磁場,而同樣的也發現了線圈中有了感應電流。又若這塊磁鐵不動,而將線圈在磁場內適當的運動,也可以有電流發生;這種也是感應電流,而其方向也如楞次定律中所謂的一樣。

8. 線圈的感應量·亨利及微亨利

像上述的現象,通常稱為感應量。一根直線導體的感應

量比較為弱，但若以許多線繞成一個線圈，則其感應量強得多；倘若這個線圈是繞在一個鐵心子上的，則其感應量更強了。這是因為在線圈中每一圈對於其他的各圈，都生影響，而有了已經磁化的鐵心子，乃更能增強磁場的緣故。

感應量(也可以說感應係數)的單位，是‘亨利’(Henry)。說一個線圈有一亨利的自感應量，就是說：這個線圈內，倘若牠的電流，在每秒鐘內增加一安培，則有一伏特的反電壓產生(以阻止這電流的增加)。同樣有二個線圈，說牠們的互感應是一亨利，就是說：在一個線圈中，有每秒一安培的電流變遷，在另一線圈中，就有一伏特的感應電壓產生；所以我們說：

$$\text{亨利} = \frac{\text{伏特}}{\text{每秒安培數}}$$

無線電中，多用‘微亨利’(Microhenries)以量感應量；微亨利是亨利的一百萬分之一(1/1000000)。無線電中用的鐵心子的變壓器，平常有幾個亨利感應量。

正和容電器一樣，感應線圈在無線電中，是極重要而不可缺的。牠也用來使收音機適合電臺中的波長及週率；當然牠還有其他的用處。在下面讀者可以看到：要收波長較長(低週率)的電臺，我們當增加感應；收波長較短(高週率)的電臺，當減小感應。

讀者當時時注意，任何電路中，有着三種特性：即電阻、感應量及電容量。感應量要在電流有強弱變化時纔產生，所以在直流電中，除出當開始電流及停止電流時發生影響外，其

餘在沒有電流變更的時候，是不需要顧及的；但是在交流電中，那就不然，交流電中電流的強度，是沒有一刻不在變的，逐漸增加，逐漸減小，變一個方向，又增加，又減下去，這樣的循環不已；所以在交流電中，是沒一刻無感應的影響；所以感應量在交流電中頗占重要的地位。電容量也祇是在交流電中始有作用，其重要當然不亞於感應量，但是在直流電中，牠就沒有影響了。所以我們知道在直流電中，只須注意電阻，而在交流電中，則三項須並重。

9. 無線電中的感應線圈·調諧線圈

有很多種類的感應線圈，用在無線電裏面，而各種都有着牠的特長，以適合某種情狀的需要。許多新式的收音機中，其感應線圈，每多是特製的，牠內部的接線、接頭（從線圈中提出來的線頭，預備和其他線路連接的，稱為接頭）都比較複雜些；不過關於這種，我們不預備在此處就介紹給讀者。我們在這一步中，先得介紹幾個比較普通及簡單的，來解釋牠的一般原理，同時也附帶的介紹幾種新式的式樣及其大概的結構。關於各種新式的線圈的詳細解釋，留在下面用到時再敘述。

僅幾年前（指英國之情形），實驗無線電及實習無線電裝製的人，都歡喜自己來製作線圈。這是好現象，因一方面固可增加實習者對於無線電的興趣，另一方面也往往因此對於線圈（就是其他的零件也如是）能有改良及發展。現在市上所售的線圈，都很便宜，而且也都很好（譯者按：此處都是講

英國的情況，非指我國，在中國，自己所製的線圈還很少，市面上充塞着的，多半是外貨，所以譯者是極希望讀者及我國業餘無線電研究者，都能充分的利用自己的知識，鼓起自己的興趣，把各種零件都由自己來模仿製造，別出心裁的來使其改良發展)。

這裏開始講的兩種線圈，在無線電中已是老資格了，直到現在還被每個無線電實習家沿用着。

第一種是有分線頭的感應線圈。這種線圈，雖然也有各種不同的形式，但是以原理講起來，總是像圖 56 的一種：牠們都是由絕緣導線繞成的線圈，一個或幾個組集而成，而此種絕緣導線多是繞在一種適當的線圈架上的——像硬紙片，或黑色硬橡膠。



圖 56

所謂分線頭，就是在這種繞着的線圈中，每隔幾圈提出來的線頭（如圖所示）。這種提出來的線頭，普通就直接接到其他線路的接端，然也有接到像圈中的接柱上去的。這種接柱，也是導體，不過另外有一個旋臂，可以在這些接柱上旋動。所以倘若我們把這個線圈的一端（設左端），接在其他的線路上的一端，又將這線路上的另一端，接在旋臂上，那麼電路就可以由旋臂以達線圈而通連。這時若將旋臂向左旋轉，就可減少這個線圈的感應量，向右旋轉，即增加其感應量。不過這種接法，還不如直接接出去的用得

多。

第二種是‘格子感應線圈’(Lattice inductance coil)。這

種線圈從前固然是研究無線電者的好朋友，就在現在，也還是極普遍的應用着。製這種線圈時，先有一個繞線的架子，架上有釘子(如圖 57 左方)，次將絕緣銅線，相間的繞在釘架上；

一層繞好後，再繞一層，繞完後，放在蠟溶液裏，微微一浸，乃將釘子、架子取掉，就完成了這類線圈中最普

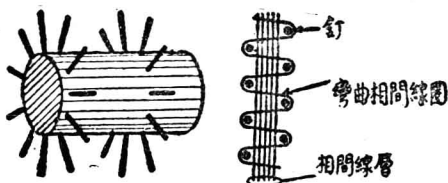


圖 57

通的一種。這種線圈繞法的形狀，如圖 58 所示，其架子上的

釘架，是奇數的，九隻，十一隻，或是十三隻。這種繞法稱為單間繞法，就是以每個釘子作單位，線一上一下的繞着。又有



圖 58

所謂複間繞法，就是以二個釘架作一單位而繞的一種，如圖 59

所示，並且其第一層和第二層線的交點也是間隔着的，實線表示一層，虛線就表示另一層。繞線圈的方法還有許多別的種

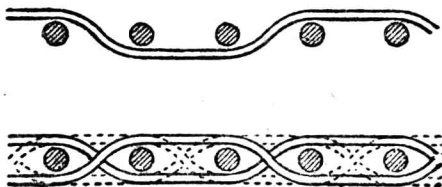


圖 59

類，有以第二層的線圈直接疊在第一層上面的，也有以第二層的圈子間在第一層的圈子之間的，但是主要的，還是上面的兩種方法。

圖 60 是‘插入式線圈’ (Plug in coil)，為一種極普通而且簡單的感應線圈。這個線圈的二端連接在用硬橡膠連着線圈的一隻腳及一個插頭上。在無線電裝置中，放這種線圈的，有一種特別的座子 (圖 61)，這座子上，也有着一隻腳和一個插頭，所以這個線圈就恰好安置在這座子上 (這是英國的普通式子，和我國的不同；我國的插入式線圈，都是用腳而無插頭的，可參看本節之末)。再如圖 62 是有二個線圈插位的座子，這上面可以安置兩個線圈，以產生互感應的作用；這兩個線圈，一個是原線圈，另一個是副線圈，且內中有一個是釘住的，所以因另一個的移前移後，就可以變動這兩個線圈間的距離。牠們移得愈接近，則感應也愈

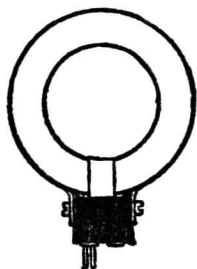


圖 60

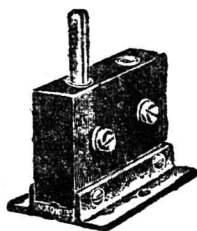


圖 61

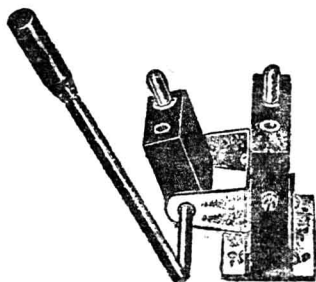


圖 62

大。也有用三個線圈接在一起，內中一個釘住，而在牠的二面的二個，都可以活動，用來變動感應的大小的。這種式樣，

在收音機中用得很多。

插入式線圈，也有提出一個分線頭，或二個分線頭的（普通稱為X線圈）。廠家往往因其適合於何種波長，特別給牠一個號碼子。

新式線圈的分線頭及接連的種種地方，都比較複雜。我們可利用開關的裝置（這種開關可以調節線圈的感應量的大小的），使這種線圈適用於收受中波（所謂中波的波長，即自220米以至550米範圍內波長），或收受長波（即550米以上的波長；在收受長波時，應將感應量增加）；因此我們就稱牠為‘長中波兩用線圈’（Dual range coil）。

還有，在收音機中用的一種‘再生圈’（Reaction coil），也是新式線圈的一種。

當然，線圈除了上述用來適應波長之外（稱為調諧線圈），還有其他的功用。

圖63是用圖線來表示一個接天線的調諧線圈，及其內部的連接。這種圖，讀者看下去，就可以明瞭的。S這根短棒，代表開關，當關上時，這個線圈就可以用來收長波，不關時，即收中波。圖64又是一種有接頭的線圈，

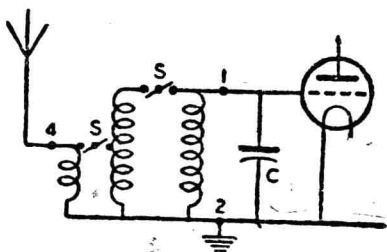


圖 63

裏面有着六個接端；不過這種線圈，現在還祇趁便先來一個提

示而已，在以後都須詳述的。

要明瞭這種新式兩用線圈的原理，看圖 65，很可以幫你了解。這裏面 S

是中波線圈，用 30 號的漆包線，繞在一隻直徑約五厘米的絕緣管上，繞 60 圈；L 是長波線圈，也同樣的繞 200 到 250 圈；S & R. 是 35 到 40 圈的中波再生圈，而 L. R. 則為近 70 圈的長波再生圈。這種再生圈的功用，讀者可以在下面逐漸的看到。事實上，L 及 LR，是繞在一個線架上的，其間相隔三厘

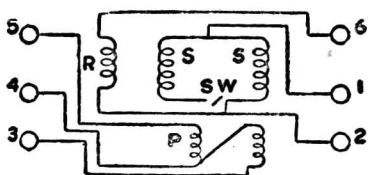


圖 64

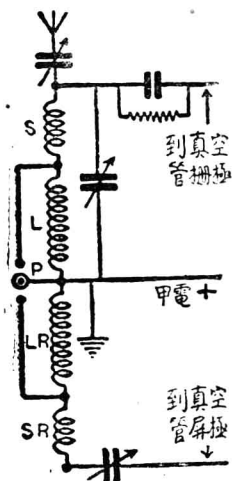


圖 65



圖 66

米弱；又 S 及 SR，是繞在別一個線架上的。這二個線架，通

常一直一橫，相交成九十度角。

至線圈的接法，就如圖中所示：P 是一個活塞式的開關，將 P 拔出來， x, y 就和這活塞相連，電路接通，所以當 P 拔起時，L 及 LR 的一部份，就因開關的短路，失其效用。這個調諧線圈是用來對付中波的。倘若將 P 插入， x 及 y 處的電路就斷，電流必須經過 L 及 LR。這個調諧線圈，就可適用於長波（這完全是因感應量的大小而生的關係）。圖 66 就是上述的兩用線圈的一種。圖 67 的一種，不但用來作為天線的調諧線圈（長波或中波），並且還用作真空管間的交流線圈；這種

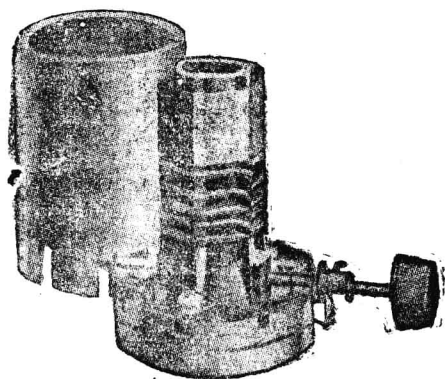


圖 67

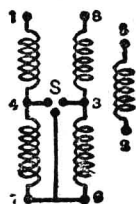


圖 68

線圈，外面有一個鉛質的遮罩，所以通常稱為‘遮罩二用調諧線圈’(Screened dual range tuning coil)；如圖 68 中，即指出其接頭的地位。

上面的這種線圈的中心，完全是空氣，但也可用鐵心子來增加感應的，不過用了鐵心子，當高週率電流經過時，鐵心子

裏面就有感應電流產生，而因這感應電流的產生，就要耗去不少的電能（所謂渦電流損失及落後現象就是——下章當為解釋）。所以新式的心子，不用整塊的鐵，而是用鐵的粉末的。將鐵粉末和絕緣物體一層間一層的舖起來，就成功了心子。有了這種心子，非但一切上述的損失都差不多完全避免，而且還因了鐵的增加感應量，線圈的圈數可以大大的減少；所以這種線圈，只要少數的圈數，就能得極大的感應量。這種線圈，就是‘鐵質心線圈’(Ferrocort coil)的一種。圖 69 是較簡單的一種，最便於初學，這圖上 C 就是線圈，四週的 F，就是像上述用鐵粉末製成的物體。S 是一個可以旋轉的螺絲；因 S 的旋轉，而升降上面的一個蓋，這個蓋也是和 F 一樣的物體；於是改變空氣 A 層的大小，而使線圈的感應量起強弱的變化。

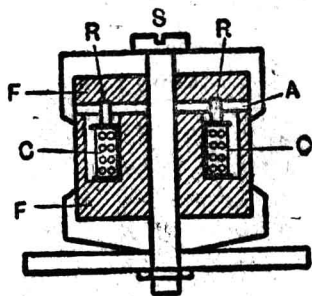


圖 69

所以這種線圈，只要稍稍旋轉一下，就可以生極大的感應量變化，因此這個磁導調諧線圈，恐怕在將來調諧線圈中，要占極重大的地位。

下面幾隻是國貨的線圈：

中雍固定三回路線圈 No. 334A (圖70)

亞美蛛網式三回路線圈 No. 531 (圖71)

所謂三回路線圈，就是將高週率變壓器的原線圈、副線圈

及再生線圈都繞在一起的線圈。

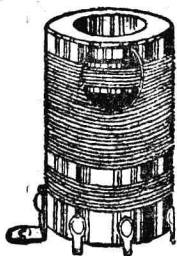
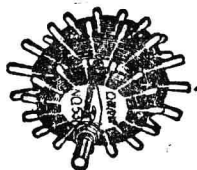


圖 70



No. 531

圖 71

插入式線圈管：

亞美 No. 564, 565, 566, 567 (圖72)



圖 72

No.

564, 565

566, 567

中雍 No. 414, 415, 416

10. 聽筒·微音器及揚聲器

在‘裴耳式磁鐵電話機’(Bell magneto telephone)中，其實就包括了在無線電中所必需的兩件器具：如其接收機就相當於無線電的‘聽筒’(Head phones)及‘揚聲器’(Loud speaker)；又發送機就相當於廣播電臺發音室中用的‘微音器’(Microphone)。前者是收音的，後者是傳音的。在電話中，這兩件器具的構造，完全一樣。如圖 73 就是牠的縱剖面；這裏面 M 是一根永久磁鐵，在牠的一端連着一塊軟鐵 S，這軟鐵的上

面，又繞着線圈 C（線都是絕緣的），C 的兩端接出來後，像圖中所示。在 S 的前面是一塊固定而能夠振動的薄軟鐵片 DD。



圖 73

其他的地方，差不多都是黑色硬橡膠的絕緣體。

這裏面的作用是這樣的：倘若我們先將牠當作發送機，則當拿起牠來講話的時候，音波就振動這裏面的薄鐵片。因薄鐵片的振動，就使這塊軟鐵心子裏的磁力線或磁場起了變化，而心子外面繞的是線圈，所以當磁力線改變時，在線圈 C 中就有感應電流產生，從二端傳出去。然講話時的音浪是高低不同的，所以鐵片的振動也就隨音浪的高低而異；振動既然不同，磁力線的變更當然也不同，所以在線圈中因此而感應的電流，就也有時強，有時弱，完全依照人的聲音而變化了。

從這發送機中接出去的線端，就接到接收機上。接收機也是同樣的一件器具，不過裏面的作用，恰巧和上述的相反罷了。發送機線圈 C 中的電，是通到接收機中來的；因這電流是隨講話人的音浪高低而改變，所以在此接收機中就產生了磁場的變遷，而這個磁場的主要部份，就是軟鐵心子，所以因了這軟鐵心子的磁性的變遷，纔將薄鐵片 DD 吸動。再因其強弱隨對方之音而變，所以吸 DD 的力量，也就因之而不同；換句話說，就是 DD 的振動也隨時不同。接收機中的薄鐵片振動完全是由於發送機中的薄鐵片振動而來，所以在接收機中的薄鐵片，其振動情形，一如發送機中的薄鐵片。在發送機中因音

波而生振動，在接收機中因振動而生音波。振動既同，音波自然也一樣；所以我們的耳朵，就聽到像發音者所發的同樣的聲音。

從上面二段，我們看到這二件器具，可以不藉電池而形成一個簡單的電話電路。

近來，這種表耳式電話機，差不多完全充接收機之用（如耳機），圖 74 就是近來通用耳機的大概結構：M 是一塊永久性的磁鐵（鈷鋼合金），通常作環形，夾在軟鐵架 P 裏。P 就是心子，上面繞着 C 線圈。D 是一塊鋼屬合金的薄片。其他的部份也都是黑色硬橡膠，或其他特種成分的絕緣物質。

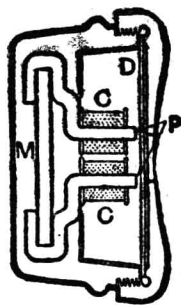


圖 74

在放音的一方面，就改用了微音器。如圖 75 就可用來解說一種新式炭質微音器的原理。在 M 兩片之間都是細小的炭粒，這二片中的一片是由開關接到電池組，另一片接着一個原線圈。副線圈就接到外面的電路，連到收音機——設為聽筒。

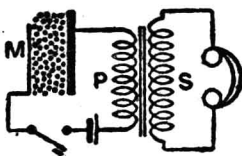


圖 75

當開關關上後，電池組中就有細小的電流經過炭質以達線圈，成一片全電路。這時如有人在 M 片前說話，片就因音波而起振動。由此片的振動，炭粒就有時壓緊，有時放鬆。

當炭粒被壓緊的時候，電流經過的距離短，電阻就減少，故電流即增強。反之，當炭粒被放鬆的時候，電流經過的距離長，電阻就增大，故電流即減弱。因此可知，由音波的不同，能生強弱各異之電流；這是指原線圈而說的。同時副線圈中，就因了互感應而產生電流，流到接收機中，使其起作用。我們已知道副線圈中的感應電流，是完全依了發音者聲音的高低而有忽強忽弱的變更的，所以接收機中磁鐵心子的力，也就忽強忽弱，引起了薄片的振動，結果聽的人，完全能夠因此相連的傳播，而聽到在微音器上所說的話。

‘利氏微音器’(Reisz microphone)是和上述相仿的一種，所不同者就是不用炭粒，而用一層極薄的炭粉，散在一塊大理石上，在大理石上面再放一層橡膠片，以代替上述的振動片。其作用是完全一樣的，不過沒有像炭粒的那一種往往有增高說者音符的弊病。

還有一種‘磁鐵式微音器’(Magnetophone)。這裏面有一個小的線圈，附在一片可以自由振動的薄片背後，同時就是在一塊磁鐵的兩極間的磁場裏。由音浪的發生，使片和線圈都起了振動，於是線圈中就產生強弱不同的感應電流。把這電流傳到接收機中，就能發生和發音者同樣的聲音。廣播電臺中所用的微音器，多是此式。

在任何一種微音器中，我們所須注意的，就是都因人的音波的強弱，而產生強弱不同的感應電流的。至此種電流的作用如何，當留在第六章中介紹了。

多少年來，揚聲器總得不到聽者的滿意，就是最近出品最新式的揚聲器，也總還是使人失望。

其實，要收音機放音好，並不全是揚聲器單獨的問題，如收音機的效力不佳，無論怎樣好的揚聲器，也放不出好的聲音來的；即使收音機很靈，也未見得一定能放出好的聲音。最重要的，是在揚聲器必須和收音機的輸出真空管有適當的配合；這在第十一章中，還須詳細的說明。

關於揚聲器的詳細討論，當然已非本書範圍，這裏不過是極簡單的講一講。平常揚聲器有三種：即所謂‘平衡銜鐵圓錐式的揚聲器’(Balanced armature cone type)、『動圈式的揚聲器’(Moving coil type)、『感應電動式的揚聲器’(Inductor dynamic type)；無論那一種，基本原理都和上面講的接收機一樣。

圖 76 就是平衡銜鐵式的一種。這塊銜鐵就是這一種裏面的主要品。銜鐵的上下，佈列着電磁鐵(如圖所示)。電磁鐵上面繞着線圈，而這些線圈是接連收音機的；所以從收音機中來的電流(強弱依音波而隨時不同)，就通入線圈，乃生大小不同的磁吸力，以振動銜鐵。銜鐵的一端，是接到這用紙或其他適當的物體所製的圓錐筒上去的，所以這些振動就藉以傳入空間而發聲。因電流強弱的不同，銜鐵振動的不同，故發生的聲音，也就完全依照所以促成電流強度的音波一樣。

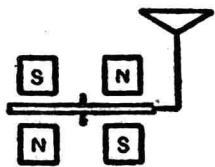


圖 76

這一類的缺點，就是在銜鐵附近的空氣隙要起變化而生噪音。在平衡式中對於這一點的影響可算已經減少不少。倘若這銜鐵僅一端釘住，而他端完全受磁鐵支配的，則此項影響更大。在圖 76 中雖然沒有畫出來，其實銜鐵還受着彈簧或其他類似物的控制，使牠不至於擦着磁鐵面。這種式樣，現在用的還很多，不過對於用‘五極輸出真空管’(Pentode output valves)的，總不適宜，除非另外有‘抗流圈’及‘調音器’(Tone corrector)的裝置。這些在第十一章中，都要詳為介紹。

倘若對於切實適合收音機中的輸出真空管這個問題是辦得到的話，動圈式的揚聲器，比較可以說是最使人滿意的。顧名思義，這裏面當然有一個可動的線圈，圖 77 的中間，就是一個動圈。圈裏面有隨音波而變的電流通過，圈外是一個磁場。因動圈內的電流隨時的變化，於是動圈起極細微而極有規則(完全依照來音)的前後移動。這個移動，也如上述一樣的藉器口傳入空間而發聲。

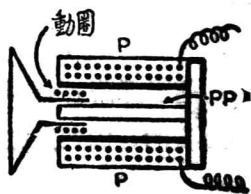


圖 77

關於這種揚聲器，平常多有用一隻輸出變壓器的(第五章)。所謂‘輸出電壓器’(Output transformer)者，就是輸出電路的最後一隻真空管處，接一個原線圈，而揚聲器中所得的電流，乃是由副線圈中感應而來的。

揚聲器中也有用永久性磁鐵來產生磁場的，市上售的多屬此種，平常就稱為永久磁鐵式動圈揚聲器。但也可用電磁

鐵來產生這個磁場的，像圖 77 中所示；這個電磁鐵的電流；就從機中主要電路中接出來。這種揚聲器的效率，比較上式的好一些。

第三種感應電動式揚聲器，是介於上述兩種之間的；但牠的動作，和動圈式的簡直一樣，所以一般人有將牠歸入動圈式的。這裏面有二個銜鐵，如圖 78 的 A 及四個磁極。這兩個銜鐵，由一根輕的棒連起來，棒的兩頭再連接着兩彈簧 S 及 S。當有強度不同的電流通入銜鐵後，這根輕的棒，就起前後移動的運動。這種移動和動圈式中線圈的移動正一樣，也是認為最適宜於傳音的移動；這個移動，就也由揚聲器口傳入空間而發音。

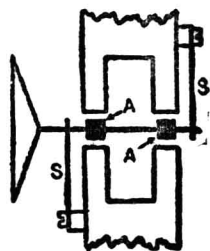


圖 78

這很難講，究竟那一式的揚聲器為最佳，是值得介紹給讀者去買的，因為這完全須依據你的收音機及你所用的那種真空管的種類而定的。最好的辦法，就是在買的時候，先裝在你的收音機上來試一試，揀買你聽了覺得最適宜的那一種。

嚴格的講，倘若能完全認真的製造動圈式，當然是最好的事，不過市上有許多售價極低的動圈式，那就和嚴格製造的相差得多了。

（譯者在這裏又要忠告讀者，即購買無線電零件，最須當心，貪不得便宜貨，因為便宜貨總容易損壞，所以希望各讀者當揀買的時候，寧可多出些錢，相差也有限。同時我們還希望各

廠家，能努力的改進，以副我們用者之望。）

再者，倘若你的收音機是不十分新式的，輸出能力及檢擇性都不十分良好的，那麼你買了一隻優好的揚聲器，反要使你失望。在這種情形之下，還是用平衡銜鐵式，倒可使你用得滿意。

現在市上有一種二可揚聲器出現，其中有二個揚聲器裝在一個底子上，一隻是特別計劃得適合於高音符，一隻是專為低音符的。這種裝置似乎是比較好些，也許將來收音機中都要用這一類的揚聲器。

還有一種‘靜電式的揚聲器’ (Electrostatic speaker) (亦稱容電式揚聲器)，這裏面既沒有線圈，也沒有磁鐵，只有二塊大而相對立的，且接連收音機中輸出電路的金屬片。因電流強弱的變動，改變二片間的吸引，乃因振動而生音波。這種揚聲器極適合於高音符，所以倘若有一隻適合於普通音符和低音符的動圈式揚聲器，和這種靜電式揚聲器合用起來，其結果一定可以有驚人的滿意。

現在，揚聲器在汽車等車上，已漸漸的廣用起來。這種車上用的，大半是小型揚聲器，因為小的揚聲器，適合於高音符的緣故。但是低音符，則需要較大的圓錐，所以現在小揚聲器有各種改良，欲使牠適合於任何音符，其原理則亦不外乎上述的。現在的揚聲器，又有附有B種放大性，不過以揚聲器本身言，其原理也無所分別。市上有出售像花瓶樣子，照片架樣子的揚聲器，實只求美觀，而不合實用，因其往往使幾種

音符尖銳難聽，以不用爲是。

當收音機電流通時，不要將揚聲器的接頭拔去，因這樣往往要產生高感應電壓，結果不但有害於揚聲器，抑且有害於真空管。下列的幾隻國貨揚聲器，用起來都很可以，而且價錢也並不貴；希望讀者需要時採用。

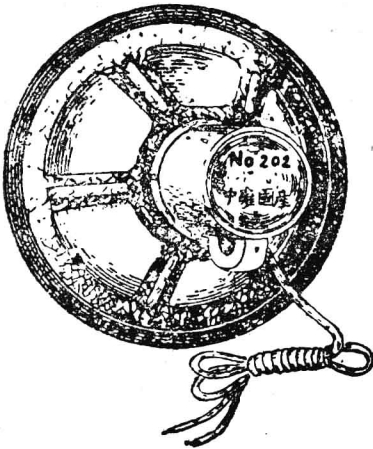


圖 79

中雍平衡銜鐵式揚聲器No.202(圖79)

中雍永久磁性式揚聲器No.505(圖80)

亞美平衡式揚聲器 No.1009 (圖81)

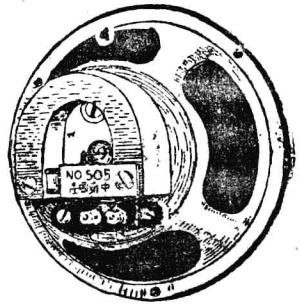


圖 80



圖 81

11. 助聲裝置

我們知道，揚聲器之所以能揚聲者，完全是由於這接連到器內原動部份（如動線圈）的圓錐筒，在空氣中前後的移動所

致。這種移動小而快，決非人目所能察得；倘若我們說發出來的音符的週率是 80，則這個圓錐筒在一秒鐘間要推前 80 次，推後 80 次。其他週率更高的音符，當然更厲害了。

當錐筒推前去的時候，筒前的空氣，就被壓緊，而筒後的空氣，就稀疏。這樣，顯然的造成了兩面氣壓的不平均，所以壓緊方面的空氣，就立即沿着錐筒的邊，流向疏的方面去補充。這種流動，不單阻礙筒的移動，且妨害音調，所以必須避免這種弊病；然要免去這種弊病，卻非使空氣自前面流到後面的距離增長不可。這樣纔可使空氣的流動，不致影響到錐筒的移動，不論週率高低如何。

從實驗和計算，將各種聲音的週率和空氣的行動距離的關係，列成下表：

聲音的週率	空氣的行動距離
30 週	9 英尺
60 週	$4\frac{1}{2}$ 英尺
100 週	$2\frac{3}{4}$ 英尺
200 週	$1\frac{1}{2}$ 英尺
1000 週	$3\frac{1}{4}$ 英寸
更 大	更 小

從表中可以看出週率愈高，需要的距離愈短。每秒 1000

週的週率音符，其距離只需要 $3\frac{1}{4}$ 英寸（這就是說空氣還不會從筒前流向筒後，筒已經由推前而改爲移後了，所以就是很短，也不生影響），但是對於低音符，則距離需要極長。所以我們在揚聲器中，必須有助聲的裝置。這好像圖 82 中，錐筒外面裝着一個環狀片。環狀片直徑的大小（以筒中心計起），與空氣由筒前流向筒後的距離有關，愈大則距離也愈長。當然揚聲器不但要適合高音符，而且也須適合於低音符；所以至少這助聲裝置的直徑，要在 16 厘米以上。

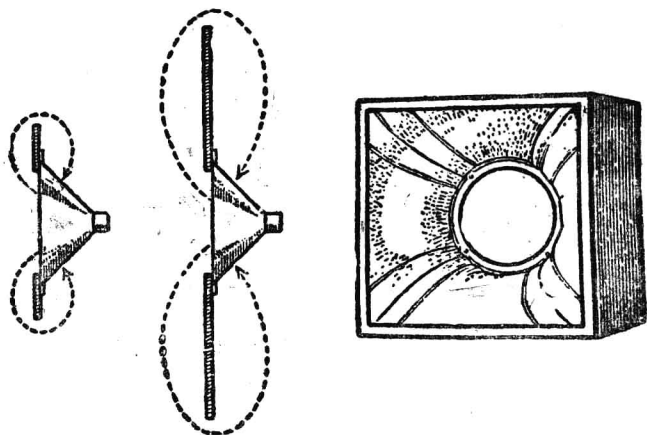


圖 82

不過市上的揚聲器很少有這種助聲裝置的。造揚聲器的，多將這種裝置和揚聲器一併裝成空盒樣子。盒的前面及邊上的大小就適合了應該有的空氣流動距離。不過這種裝式樣子，雖然改良了，但仍有弊端，尤其是當後底不通的時候，

往往因盒子而生‘共鳴’(Resonance)，擾亂音調；在低音符的時候更厲害，每有發生澎澎的雜音。揚聲器倘若是這種毛病的，無論收音機或者揚聲器內部的結構怎樣好，總得不到良好的結果的。

不過這種毛病，也並非不能補救的，在盒裏面，鋪上一層氈毛或羊毛，就可減少這種共鳴。我們曾經試用過這種裝置的揚聲器，結果很好，差不多沒有共鳴的影響。

第五章

交流電的各種現象——阻抗·抗流圈·變壓器

1. 再談交流電的各種現象

在未看本章之先，讀者最好複習第一章的第七節。交流電對於初學者，常以為不容易明瞭，但是現在也祇需介紹幾個基本原理及名詞足了。

我們已經知道交流電流的變化，最初是逐漸加大到最大值，然後逐漸減小到零；再從反方向又逐漸加大到最大值，然後又漸漸減小到零；又作同樣的變化，依此進行的。

在一線路中，交流電因由於所增加的交流電壓而產生，所以交流電壓的變化，就也必和交流電流的變化相吻合；就是最初也漸漸的增到最大，然後漸漸的減小到零，再由反方向漸漸增大，經過反方向的最大值後，又逐漸減小到零，再作同樣的過程。如果我們在交流電的變化過程中，認定某一點，從這一點到其次的一點，仍舊和上一點一樣的開始做同樣的變化，那麼其中所經過的時間，就稱為一個週期。一秒鐘內經過多少週期的數目，就稱為週率。交流電的最大值，叫做振幅 (Amplitude)，這個名詞從前已經說過；從圖 83，他們的意義，更可以看得明瞭，下面就是這圖的解釋：

假設圖中 OX 橫線代表時間，OY 直線代表電壓，那麼曲

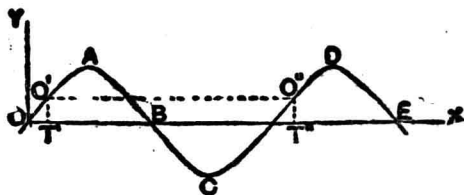


圖 83

線 OABCDE 代表某一個交流電壓。在 OX 上面的是代表一個方向的電壓數值，在 OX 下面的是代表另一個方向（相反方向）的電壓數值。

在這交流電的曲線上，我們如果任意取一點 O'，那麼 O'T' 就用來表示經 OT' 時間的電壓。倘若作 O'O'' 同 OX 平行，那麼 O''T'' 就代表經 OT'' 時間的電壓。O''T'' 的值不但恰和 O'T' 相同，並且 O'' 也正和在 O' 的時候一樣的再起開始的變化。所以 T'T'' 就代表週期。顯然我們也可以說，BE 是代表週期的。這二個所代表的時間，完全一樣。週率的意思就是在一秒鐘內，能含多少次 T'T'' 這樣的時間。A, C, D 各點是代表電壓的最大值，所以叫做振幅。從 O 到 B 稱為一個變程，從 B 到 E 稱為一個週。

交流電的週率，每秒鐘如果在 100,000 以上，平常就叫做高週率振盪電流。在無線電上，我們就不過是將交流電輸入天線，使其發射以太波——無線電波——但是這就需要高週率電流，普通總要在 100 萬週率以上的。

2. 落後電流及超前電流

我們總以為在一個線路中，交流電流及交流電壓的週率必完全相同，但是實際上卻有很大的區別。交流電流有時不一定和交流電壓作同樣的變化：牠的變化，可以比電壓超前，或落後。就是交流電流已經達到最大數值的時候，交流電壓未必一定也達到最大的數值；或者交流電壓已經達到最大的數值時，而交流電流仍沒有達到。這種情形，完全要看線路的種類而定。

如果一個線路，是具有很大的感應量的，那麼通了交流電以後，交流電流的最大值，總是在交流電壓已經經過最大值以後；這種交流電，稱為落後電流。反之，如果線路中具有很大的電容量，那麼交流電流的最大值，總比交流電壓的最大值先達到；這種電流，稱為超前電流。如圖 84，即表示一個線



圖 84

路，具有很大的感應量。V, V, V……表示牠的交流電壓，I, I, I……表示牠所生的交流電流。從圖上我們可知道，電流較電壓落後，而電壓較電流超前。

電流的超前或落後，最好的方法，是拿週期的單位來表示。如果交流電流的最大值，要待交流電壓的最大值經過後，再八分之一週期方纔達到，那麼我們就稱牠為落後八分之一

週期。若週率每秒鐘是 50，那麼這個落後數就是 $\frac{1}{8}$ 的 $\frac{1}{50}$ 秒鐘，即 $\frac{1}{400}$ 秒鐘。若一個週以 360 度計算，這個落後，也可以拿 $\frac{1}{8}$ 的 360 度來表示，即 45 度。

電流的落後與超前，我們有時亦稱爲‘相差’(Phase difference)。在一個線路中，每可以變動感應量及電容量，使電流既不落後，也不超前，在這種情形之下，電流與電壓就稱爲同相。

3. 交流電流在容電器中的流動

讀者也許聽到或看到過這樣的話：容電器不能使直流電流通過，但能使交流電流通過。事實上，在無線電的收音機上，容電器確常用作祇使交流電通過，而不使直流電通過的器具。但是這句話究竟怎樣？讀者非有一個深刻的認識不可。

我們現在假設有一隻容電器，牠的二片接在電池的兩極上；最初當然有電子從電池的負極，流到容電器的一片，一直到牠們有同樣的電壓爲止。同樣，電子亦從容電器的又一片，流到電池的正極（容電器的這一片，當然產生了很多的正離電子），也直到牠們的電壓相等而停止。經過這種現象之後，容電器是稱已經荷着電了，而這樣之後，就再也看不見有別的動靜；這全因爲容電器的中間的介體是絕緣體，阻斷了電的整個流動的緣故，所以除非將絕緣物破壞，不能再發生其他的作用。

這種現象，我們在第四章已講得很明白了；所以容電器可以阻止直流電的經過。

再關於交流電的現象，我們可以看圖 85。P 和 Q 是二隻容電器，L 是一隻普通的電燈泡，

M 是一隻交流電機（產生交流電）。爲容易明白起見，我們先假定在交流電第一個半週時，電子是從 M 流到 A（A 在這時是荷了負電），當然同時也就有一樣多的電子，從 B 流

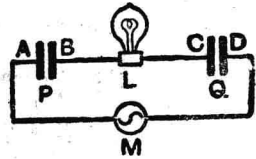


圖 85

到 C（B 是荷了正電，C 是荷着負電），而 D 也有電子流向 M（D 荷了正電），所以在這一個半週中，電子是從 B 流到 C，經過中間的燈泡 L。再看其次的半週，電子的流動，也是如此，不過方向完全相反，就是從 M 到 D，從 C 到 B，再從 A 到 M。所以在這半週中，也有電子經過燈泡 L，不過是從 C 流到 B。

從上面的現象看來，雖然電子是祇有在局部線路中有着流動；但是倘若拿 BC 這一段線路來看，這裏面有着一來一往的電流——完全和交流電的作用一樣，所以結果電燈泡就和平常一樣的發亮。從這一個實驗，我們就知道容電器不能阻絕交流電的作用，雖然交流電並不是真正的從容電器中通過去。但是因交流電而生的作用，卻並不因有了容電器的隔絕而消失。

4. 感應量對於交流電流的抗流作用

在無線電上，我們又常聽到這一類的話，就是說：交流電經過一個線圈時，遇到了線圈的抗拒作用，這種抗拒作用是特別對交流電來得大，尤其是這個線圈繞在一個鐵心子上的。實際上在無線電的線路裏，我們是常用一個線圈，來抗阻交流電的通過；這種線圈，須有很大的感應量及很小的電阻。電阻所以要小，完全是爲了可使直流電很通暢的通過。這種線圈，我們稱之爲‘抗流線圈’(Choke coils or chokes)。

抗流線圈的作用，完全是因牠的自感應而生的。如果我們假定有一個線圈，用粗銅線繞幾圈在圓的鐵心子上，牠的電阻當然很小(因爲是粗銅線)，但是牠的自感應量卻可以很大。如果有直流電通過這個線圈，起初當然也因爲電流的逐漸增加，而有感應電壓的產生，以阻礙電流的增進，不過當電流一達到應有的數量之後，感應量電壓立即自行消滅，而因爲線圈的電阻很小，所以電流就很通暢的通過去。但是如果有交流電通過這個線圈，那麼線圈的反應作用是常常存在，這種作用就阻礙交流電的增大，也阻礙牠的減低；而且不惟在這個方向是如此，在反方向也是如此；所以結果，這個線圈就不斷的對於這個刻刻在變動的交流電流，生出抗拒的作用。

簡單的講，我們可以說，抗流線圈在線路中，對於交流電的作用，正好像是極大的電阻，而對於直流電，卻沒有什麼關係。這就是因爲感應作用，對於交流電有很大的關係，而對

於直流電的影響極小。

至此，讀者不妨將感應量與電阻，再回憶一遍。電阻是完全依照導線的原料，及導線的分子與原子是否能使電子在其間經過而定；而感應則完全和由導線中電流的變動而生出的磁場有關；所以你可以有一根電阻很小的線，只要繞得得法，就可以生出很大的感應量；不過有一點是你所必須時時注意的，就是感應的產生只有在電流有變動的時期，如交流電，方顯出其重要性。

在無線電上，抗流線圈是時常用到的；這種抗流線圈，有的繞在鐵心上，叫做‘低週率抗流線圈’(L. F. C.)，有的沒有鐵心的，叫做‘高週率抗流線圈’(H. F. C.)；圖 86 是一個低週率抗流線圈。自從鐵屑做圈心成功以後，在市面上現在也有鐵屑心子的高週率抗流線圈了。



圖 86

5. 變壓器

‘變壓器’(Transformer)是應用互感應的一種裝置，所以我們可以說，抗流線圈是根據自感應原理而來的，而變壓器是根據互感應原理而來的。

變壓器中有二個線圈，一個稱為‘原線圈’(Primary coil)，另一個稱為‘副線圈’(Secondary coil)。圖 87 中，AA 是原

線圈，BB 是副線圈。這兩個線圈雖然繞在同一的鐵心上，但是不相連接的。變壓器專應用在動的電流或者交流電方面，牠的原理簡單的講，就是因原線圈內電流的

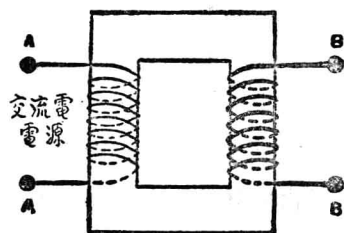


圖 87

變動而產生副線圈中的感應作用。也就是因為這兩個線圈都是繞在同一的鐵心上的，所以當原線圈中有了電流的變化時，鐵心中的磁場也就隨着而起變化，這個磁力線的變化，就影響到副線圈中磁力線的變化，而生感應電壓。原線圈中的電流是不斷的在變化的，所以副線圈中的感應電壓，也當然不斷的在變化。副線圈的感應電壓，其大小是完全由於這二個線圈的圈數來控制，實際上我們可以有下面的一個公式：

$$\frac{\text{副線圈的電壓}}{\text{原線圈的電壓}} = \frac{\text{原線圈的圈數}}{\text{副線圈的圈數}}$$

譬如變壓器的副線圈的圈數是原線圈的十倍，那麼副線圈的感應電壓，就要比原線圈中的電壓高十倍。就是說，因了這個變壓器所生的電壓變更，其比例是十比一。在此處我們為簡單起見，當然將各種能力的消失，略而不計；所以在原線圈中的電能，我們說是整個的傳到副線圈去，不增加也不減少。因電能是用電壓和電流的乘積來表示的（見第二章），所以我們可以一望而知，在副線圈中的電壓既然不和原線圈的相同了，電流自然也各異。其中的關係就可以用下面這個

公式來表示：

$$\frac{\text{原線圈的電流}}{\text{副線圈的電流}} = \frac{\text{副線圈的電壓}}{\text{原線圈的電壓}} = \frac{\text{副線圈的圈數}}{\text{原線圈的圈數}}$$

在商業上及無線電中常用的變電器有下列兩種：——

(1) ‘升壓變壓器’ (Step-up transformer)——這種變壓器，是使原線圈的交流電壓，經過副線圈的作用後，變成較高的交流電壓，所以副線圈的圈數，比原線圈的多。

(2) ‘降壓變壓器’ (Step-down transformer)——這種變壓器，是使原線圈的交流電壓經過副線圈的作用後，變成較低的交流電壓，所以副線圈的圈數，較原線圈的少。

以上所說的，是關於變壓器的基本原理，為讀者所應該知道的；至其餘比較複雜的學理，則已不是本書的範圍了。但是變壓器中有許多能力的損失，卻又不能不加以注意；下面是幾種常有的‘能’的消失：

(a) 線圈因通電而發熱的能力損失。

(b) 因電磁線的漏隙而損失能力——這是因為在原線圈中所生的磁線，不能完全依照理想的通過副線圈的心子。

(c) 因鐵心的渦電流 (Eddy-current)，及牠的電磁落後作用 (Hysteresis) 而使能力損失。

原線圈的交流電流，不但對於副線圈有感應作用，對於鐵心子亦有感應作用。這作用就造成鐵心子的渦電流，或稱‘佛科電流’ (Foucault current)。這當然是一種電能的損失。這種損失，既因渦電流而產生，那麼要減少這種損失，自然就

祇要阻止渦電流的流動。渦電流的流動，是同線圈平行的，若把鐵心子切成許多薄的縱斷面，在牠們的中間，隔着絕緣體，而疊成一個圓狀物，那麼電流也就無法流動了；但是磁線仍舊可以環行全鐵圈，並不發生阻礙。像這種可以用來減少渦電流的鐵心，普通稱為‘分片鐵心’(Laminated iron core)。

現在，假設有一個線圈，繞在一根鐵條上面，線圈中如果有電流通過，鐵條就被磁化；電流若逐漸減小，以至於無，磁場亦逐漸消失。但是在沒有電流時，鐵心中卻仍留有一部份的磁場，這留下的磁場，須再有反方向的電流起磁作用來抵消牠；所以磁場的變化，總是在電流變化之後。如果是交流電流，這種現象就更明顯。這種現象，稱為磁場的落後作用。在這種作用中，顯有一部份的電能損失，這就是因電磁落後而生的電能損失；在高週率時，這種損失尤為顯著。

圖 88 是表示現代一種名叫‘閉磁路變壓器’(Closed magnetic circuit transformers) 的構造原理；較舊式的，其中鐵心往往是不能整個繞轉的，叫‘斷磁路變壓器’(Open magnetic circuit transformers)。圖 89 是表示一種名叫‘自耦變壓器’(Auto-transformer) 的原理。在

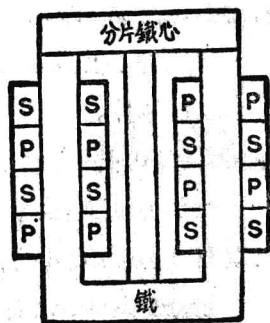


圖 88

這種變壓器內，原線圈繞在一個分片鐵心上，而副線圈卻和以前的不同：從原線圈的一部份(如圖中 SS)接出來，就算作為

副線圈。這樣一來，副線圈的電壓，總是小於原線圈的電壓

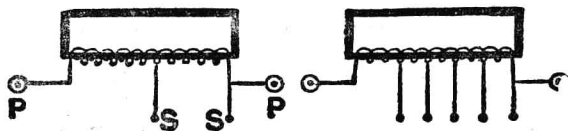


圖 89

的。牠同原線圈的電壓的比例，就等於接出圈數和全部圈數的比例。

在無線電上，讀者時常可以看見有二種變壓器：一種專用於高週率方面，叫做‘高週率變壓器’(H.F.T.)，一種專用於低週率方面，叫做‘低週率變壓器’(L.F.T.)。牠們的分別，就是低週率變壓器有鐵做的或合金做的心子，而在高週率變壓器裏，就沒有這種心子。如果變壓器有鐵心子，就要有渦電流以及磁場落後現象發生，能力就要消失。這種消失依週率而定，週率愈高，消失愈大。所以高週率變壓器以空氣為心子，也就為了這個緣故（空氣中可以使磁力線通過，但是不能使電流通過）。

圖 90 是一隻普通的低週率變壓器，至於高週率變壓器，就常常祇是二個分離的線圈，繞在一個架子上。有幾種線圈，可以用來做調諧線圈，而同時亦可以用做高週率變壓器的。

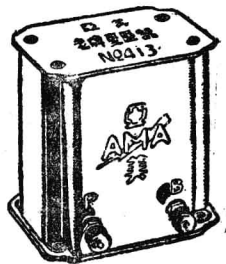


圖 90

6. 交流電流與電壓的量法

因為交流電是不時的在變動，所以適用於直流電上的以硝酸銀分解量法，及磁針的偏斜方法，都不能用來測量交流電的電壓和電流。換言之，就是電流向一方向流動的影響，正被緊跟着反方向流動的影響相抵消了。電的影響固是如此，但是生熱的影響，卻不因電流的變向而抵消：從這方向流的電，能夠生熱，換個方向流，也是一樣的能夠生熱；利用這一點，我們就可以來測量交流電的大小。

所以我們測量交流電流、電壓的大小，都是根據電流生熱作用的原理而量出的。電流的單位，稱為‘有效安培’(Virtual ampere)，電壓的單位稱為‘有效伏特’(Virtual volt)。這兩個名詞的定義如下：

一交流電流，如果牠通過導線所生出的熱量，和直流電一個安培電流在同一時間中所產生的熱量，完全相同，這個交流電的強度，就稱為一個有效安培。

一個有效安培電流的值，在理論上，我們可以證明是這個電流的最大值的 0.707 倍。

同樣，在一個電阻上，施以交流電壓而通電，所生出的熱量，倘若和在這個電阻上，加以直流電壓一伏特，在同時間內所生的熱量相等，這個交流電壓，就稱為一個有效伏特。

我們也可以證明，一個有效電壓的值，是交流電壓最大值的 0.707 倍。

交流電的有效值，有時也稱牠為均方根值，或者用 R.M.S. 來代表；不過現在我們也不去追究牠，為什麼這樣的稱呼。

7. 電抗·阻抗·共鳴現象

在直流電中，我們知道有所謂歐姆定律。倘若在電阻 R 的導線上，加電壓 E ，則有電流 I 流動；這三個數值的關係是：

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{電阻}} \quad \text{即 } I = \frac{E}{R}$$

$$\text{即 } \text{安培數} = \frac{\text{伏特數}}{\text{歐姆數}}$$

交流電上，關於這三個值的關係，也正和上述的相仿：

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{阻抗}}$$

這個‘阻抗’(Impedance)，正和直流電中的電阻相似；實際上，初學者對於阻抗，可以視為交流電中的有效電阻（我們計算阻抗也說有多少歐姆數），但是抗阻究竟和電阻有什麼分別呢？

我們已經知道，講到一個線路，有三點要注意的，就是電阻、感應量及電容量。在直流電中，對於電流大小有關係的，僅電阻而已，但在交流電中，這三項對於電流都發生關係（交流電的週率，當然也有關係）；所以在交流電上，對於這三個條件簡直是並重的。換句話說，阻抗這個名詞，不惟是含有線路上的電阻，而且也含有感應量及電容量，且對於交流電的週率，亦有關係。

簡單的說，我們先假定有一個線路，僅有電阻及感應量，而沒有電容量，所加的交流電壓是 E ，週率是 f ，那麼：

$$\text{阻抗} = \sqrt{(\text{電阻})^2 + (\text{電抗})^2}$$

所謂‘電抗’(Reactance), 就是因感應量及電容量所生的阻力。在這個線路中, 電抗約等於 $6fL$ (如果確切言之, 電抗 $= 2\pi fL$), L 是線路中的感應量。假設線路中電阻很小, 可以不必計算入內, 那麼線路全部的阻抗, 就等於電抗了, 所以:

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{電抗}} \quad \text{即 } I = \frac{E}{6fL}$$

我們已經知道, 在一個感應線路中, 電流較電壓的變動滯緩, 所以上面所講的電抗, 有時亦說牠是正電抗, 而且因為牠的值是 $6fL$, 所以正電抗的值, 是隨週率之變而變的, 週率愈大, 牠的值也愈大。

現在再假設另一個線路, 祇有電阻及電容量, 而沒有感應量, 那麼在這種線路中, 我們也可以證明出下面的簡單公式來:

$$\text{電抗} = \frac{1}{6fC} \quad (\text{如確切言之, 電阻} = \frac{1}{2\pi fC})$$

C 是線路中的電容量, 如果線路中的電阻很小, 可以不必計算入內, 那麼這線路的阻抗, 等於電抗, 所以:

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{阻抗}} \quad \text{即 } I = \frac{E}{\frac{1}{6fC}} = 6fCE$$

我們也已經說過, 一個有電容量的線路, 電流的變化, 較電壓為先, 所以上面的電抗, 有時亦說牠是負電抗, 而且牠的值是 $\frac{1}{6fC}$, 所以週率愈高, 牠的值愈小。

現在我們再假設一個線路，其中感應量及電容量都有，而電阻卻很小。我們已知道電流的落後，是因感應量而產生的，而電流的超前，是由於電容量而產生的；且實際上電流的落後，是依電阻及正電抗 $6fL$ 而定；電流的超前，是依電阻及負電抗 $\frac{1}{6fC}$ 而定；所以若電阻很小，而這兩個電抗就相等，那麼電流就沒有落後的現象，也沒有超前的現象了。但是怎樣方纔使這兩個電抗相等呢？我們看，在這二個電抗中， L 及 C 都是固定值，要使這兩個電抗相等，只要變動 f 。所以如果電流沒有落後或超前的現象，只有：

$$6fL = \frac{1}{6fC} \quad \text{即} \quad f^2 = \frac{1}{36LC}$$

$$\text{即} \quad f = \frac{1}{6\sqrt{LC}}$$

$$\text{(如果確切言之 } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{)}$$

因此我們的結論是：

在一個線路中，有感應量 L (單位是亨利)，及電容量 C (單位是法拉)，當交流電經過這個線路時，如果正電抗數值大，就生落後現象；反之，如果負電抗數值大，就生超前現象；但若交流電的週率，等於 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ 時，那麼既沒有落後現象，也沒有超前現象；在這時倘若電阻很小，那麼在此線路中的電流就很大。在這種情況之下，阻抗最小，電流最大，我們說牠是‘共鳴’(Resonance)；在無線電上，這種共鳴作用，是很重要的。

關於共鳴線路，有一點須注意：假設有一個線路，包含 A 和 B 二段互相串聯的線段，A 有 5 歐姆電阻及 5 亨利的感應量，B 有 10 歐姆電阻及 0.5 微法拉（一微法拉等於一百萬分之一的法拉）的電容量，則我們可用已知的 L 及 C 的數值來算 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ 的數值約等於 100。現在設有 200 伏特，100 週率的交流電，通過這線路，那麼因為所加的交流電的週率，是等於 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ 的數值，所以這線路是在共鳴的狀況之下。倘若我們將 A 段二端的電壓值，和 B 段兩端的電壓值，實地量出，則可得兩個電壓值都約在 15000 伏特左右，雖然我們所加的交流電壓，祇是 200 伏特。

讀者在下一章，可以知道，在無線電的發報臺上，常有一個原線路及一個副線路。在原線路中，通過高週率 f 的交流電流，而副線路卻是連接着發報的天線。這個天線內，包含有感應量的線圈及電容量 C 的容電器。現在倘若其中感應量 L 及電容量 C，都並不是固定的，那我們便可將牠變動，使 $\frac{1}{6\sqrt{LC}} = f$ ；這樣一來，路線就在共鳴狀態之下，所以在天線中的電流及電壓，既不落後又不超前，且因為天線的電阻很小，所以在天線中的電流就很大。不但如此，而且正像上面一個例中一樣，感應線圈兩端及容電器的兩端，都有着很大的電壓；這也就是說，在天線和地面之間，有很大的電壓；這種很大的電流及電壓，就使導線的四週發生強有力的電場（註：物體上有電存在，四週即產生電場，這種電場，和磁場相仿），和強有

力的磁場；以後我們就可以知道，因這種電場及磁場的發生，就有‘能’向四面放射，而形成所謂無線電波。

在上面所講的共鳴線路、感應量及電容量，都是串聯的；所以我們也時常叫牠爲串聯共鳴作用。尙有一種線路，牠的感應量和電容量是並聯的，我們也能使牠發生共鳴作用；在這種情形之下，我們可以量出在各線路中的電流是極大，但是總電流卻反而很小，並不等於牠們數值相加之和。這種線路，我們稱牠爲並聯共鳴；你將來就可知道，這種串聯和並聯的共鳴線路，常要用在無線電收音機的‘濾波器’(Wave traps)上。

以前我們曾說高週率振盪電流，就是一個每秒鐘有大於100,000週率的交流電流。但共鳴現象，在無線電上，實在是太普通了，所以我們習慣上說振盪電流，就是一個交流電流，牠的週率，在一個具有很小電阻的線路上，等於 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ 。

此式中L是線路的亨利數，C是線路的法拉數。

上面所講的，都是很粗淺而簡約的，所列出的公式或結果，也都是普通計算中最簡單的；其目的在使初學者對往往認爲很難懂的東西，得到一個簡單的觀念。

在高週率電流中，還有一點是要注意的，即導體對於高週率電流的電阻，較之對於直流電的電阻要大得多。這個原因(其一部份原因)，是因爲交流電振動得很快，所以沒有時間，可以使電流深入導體的實心，而僅在表面上流過，因之發生了較大的電流阻抗。這普通稱之爲集膚現象，週率愈高，這種

現象愈厲害，而電流受到的阻抗，也愈大。爲了這個緣故，所以往往有用薄的標準絕緣導線，來使高週率的交流電流通過，使電流通過的面積增大，而對於電流通過的阻礙減小。

第六章

無線電報·無線電話·廣播事業

1. 波

我們知道，倘若振動音叉，就可聽到聲音。這種聲音之所以能夠聽到，都是因了振動而發生音叉的振動，使在音叉近旁的空氣，亦起同樣的振動；而這部空氣的振動，又影響到牠旁邊的空氣而振動；於是這種振動，逐漸的傳散開來，達到我們的耳膜，耳膜亦因之起同樣的振動，即有所謂聲音的聽見。

音叉的振動波浪的一次擺動，即從一個波浪的最高點到最低點，叫做一次振盪。振動波浪的二次擺動，即從一個波浪的最高點，到第二個波浪的最高點，稱為一次振動。所謂波長，就是振動一次，擴張開去的波浪所走過的距離。週率就是每秒鐘內振動的次數。所以音波的速度（即每秒鐘音波所走的距離），可用下式表示：

$$\text{速度} = \text{波長} \times \text{週率}$$

音浪在空氣中傳播的速度是一定的，每秒鐘走 330 米，所以音叉的振動愈快，週率愈高，波長亦愈小；反之，如果週率愈低，波長也愈大；無論如何，週率和波長的乘積，必須等於 330。音叉的一個完全振動所需要的時間，我們叫牠是一個週期。

有一點須特利注意：音波和我們將要講的無線電波有一個極大的區別：就是音波是藉空氣來傳播的，如沒有空氣或其他的實質，就聽不到聲音；所以真空中——雖然這裏面有以太——是不傳音的。但是無線電波就不然，牠是一個以太的波，即藉以太傳播的波，而不是賴空氣來傳播的。所以無線電波可以在真空中通過。

從報紙上，倘若你是留心無線電的，你一定可以看到許多關於發報電臺的波長及週率的記載。譬如說：我國的中央廣播電臺發出電波的週率是 660 千週率（即 660000 週率），波長是 454 米；從這兩個數值上，我們可以看到牠們的乘積是 300,000,000，而這個數目，就是無線電波每秒鐘內所行的米數。這情形不惟中央電臺如此，若將任何其他電臺的週率和波長乘起來，結果也是一樣。所以各個電臺的波長和週率的乘積，總是一個常數；波長較長的，週率必較小；波長較短的，週率必較大。巧得很，我們可以證明這個無線電波的速度，正和光的發射速度相等，光的速度，也是每秒鐘 300,000,000 米。

現在假使你坐在鞦韆上，當這鞦韆向上運動的時候，如果有一個人依你運動的方向，把你一推，當鞦韆回過來又要向上盪的時候，再把你一推，而如此不斷的進行着，其結果就可以將你推得很高。但是那個人的推，卻並不能隨便，必須要正當你開始盪上去的時候方可；不然，不但不能使你升高，或者反要阻礙你的運動。用科學些的話來解說，就是說：推的週率，必須等於你盪的週率。

我們現在再回說音波的現象。假使你在鋼琴琴弦附近擊一音叉，使音叉振動而發音，你就可以看出有幾根琴弦，都受了音叉波浪的影響而起振動；其中振動最厲害的，就是那根週率和音叉相等的琴弦；在這時候，那根琴弦就有很大的振動，發出和音叉相同的聲音。

何以這一根琴弦特別振動得響呢？牠的原理和鞦韆之所以能夠推得很高，完全一樣。譬如說：第一個音波傳到那根琴弦上，就推牠振動，當牠振動回過來正要開始再向前振動的時候，第二個音波恰於此時達到，所以又把這根琴弦一推，如此的二盪一推，那根弦的振動正和鞦韆一樣，逐漸的加強了。其他的弦，因為週率和音叉的週率不相等，所以被第一個音波推動向前走以後，第二個波的推動，不是正當牠們回過來再向前去的時候；所以結果反而阻礙了牠們的振動，而沒有像前一根一樣的響了。

同樣，如果在一隻鋼琴的旁邊放一個花瓶，有時這隻鋼琴中某一根琴弦的振動，也可以使花瓶中發出同樣的聲音。這是因為由花瓶的大小和容量，可產生一個‘自由振動’ (Free vibration)，而這個自由振動的振盪率；倘若恰巧和鋼琴中某根琴弦所發出的音波的週率相等，那麼就有同樣的聲音發生；此即科學上所謂的共鳴現象。

上面所舉的，都是關於共鳴現象的例。二件物體，如果牠們的振動週率一樣，就會產生共鳴作用。這在無線電上很是重要。音波的共鳴作用，實際上和第五章中交流電流的共鳴

作用是一樣的。在交流電流的線路中，如果交流電的週率 f 等於 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ (L 是線路的感應量， C 是線路的電容量)，那麼，就有共鳴現象發生。所以這個 $\frac{1}{6\sqrt{LC}}$ ，其實就是電的自由振動週率。

除掉了空氣和以太之外，水也是一個可以傳播波浪的介質。水面上波浪的起伏，是因風和地心吸力所造成的。要解釋這一點，我們當先假想一種現象：倘若將一根棒鉛直的在水池中心一上一下的移動，水波就產生了；水的分子也跟着生起伏的波動，昇起來就成了所謂波峯，低下去就成了波谷；這種波動就逐漸的傳開去。水的分子雖然事實上是並沒有向四面推動，但是因為牠的一昇一伏，在我們看起來，就好像是在向四面散開去。這種散開去的起伏，就是所謂波浪。倘若我們假設水是先在波峯的狀態，那麼牠立刻就要低下去；這是因為水分子之間，有着所謂水面漲力，要使牠向下回到原來的狀態；但是當水回復到原來狀態後，也不立即停止，又因為水的運動產生慣性力，使水更向下運動，於是就形成波谷的現象。慣性力在這時候，已經消失，不過此時水面又不處常態之下，所以水面漲力，又使水面向上，而更因慣性關係，重再造成波峯。如此一上一下的運動，其鄰旁水的分子，也因而振動。如是逐漸推廣，就有所謂向外發散的水波了——（水面漲力和水的慣性力方向是垂直的）。

上面的現象，明白以後，就可以進一步來研究無線電中類

似的現象了。

2. 容電器中的振盪放電

在未往下看以前，希望讀者再一溫第四章第四節。

如果在一隻容電器中，有振盪放電，則電因振盪之來去而逐漸消失。這種現象，可以由圖 91 中的曲線來表示。這種振盪，能使附近空間的以太起有規則的週期振盪——即互相垂直的電場和磁場應變的有規則的週期振盪——所以這種有規則的週期振盪，就因以太的振動和應變，向四週以一定的速度傳播開去。這就是我們所謂的電波和電磁波；牠們的速度正和光的速度相等。無線電報、無線電話以及無線電廣播事業之所以成立，就都完全依賴了這種波的傳播。

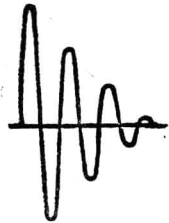


圖 91

在無線電中，正和上面所講的在容電器中一樣，我們使天線上起一種高週率的電振盪，於是也如第一章第九節中所講的，在空間的以太，就因此起了連續不斷的電場和磁場的應變的變化（這兩個變化是互相垂直的）。這種變化的結果，就產生了無線電的靈魂——無線電波。馬克斯威爾 (Maxwell) 在無線電尚未發明以前，已經由數學上推論到以下的結果：無論何處，如果有一個電場和一個磁場互相垂直，而不斷的起很急的變化，那麼我們就有所謂電磁波，因此向外發射運動。

讀者試想一想，當容電器放電的時候，究竟有些什麼？在

容電器中，有的是電容量；從容電器接出去的導線中，有的是電阻和感應量。在無線電中，線路之電阻，往往很小，所以我們可以不必去計較牠。換句話說，在這種線路上，我們所有的，祇是電容量及感應量。當然，導線的感應量是極小的，但是在線圈中，就大得可觀了。

我們可以證明，容電器上的電子振盪週率，是要看牠的感應量和電容量如何而定的。感應量和電容量愈大，振盪週率則愈小，週率愈小，波長則愈長。所以換句話說：感應量和電容量愈大，所發出去的以太的波長亦愈長。

何以有上述的現象呢？簡單的講，完全是因了感應量有阻礙性質，電子要向一方向行動，感應量就起而阻礙牠，如果電子已在行動中而要想停止，感應量也一樣的阻礙牠，要牠繼續向原方向前進。這樣的結果，就是說，電子要想在一個線路上來去振動，感應量總處處予以阻礙，所以牠的週率就勢必減小，而所生的波長也就增大。

容電器是使電子儲藏起來的，所以除非施以強迫，電子很不容易出來。這種現象，也就減少電子的振盪程度，結果週率減小，波長加大。

如果我們不計較線路上小量的電阻，我們可以有下例的公式：

$$\text{週率與 } \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ 成正比例}$$

$$\text{波長與 } \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ 成反比例}$$

L 和 C 是線路的感應量及電容量，因此 L 和 C 加大，週率就減小，波長就增長。

在以前所講的振盪線路中，我們先將容電器充電，然後將容電器連以導線或線圈，於是就產生了電子的振動及好些接連的電波。但是在一瞬間以後，容電器放電完畢，電波的產生亦即停止。我們如果再要電波，那就必須先將導線拆下，把容電器重行充電，然後再接導線，使牠放電而生電波。這種方法非特手續麻煩，而且因這樣而生的電波，還是很微弱，所以事實上是不用的。

圖 92 中，如果將啓閉器關在左面，容電器就因電池中流來的電流而充電；如果將啓閉器關在右面，容電器就經過線圈起振盪放電，電波就向外放射出來。所以如果將啓閉器一刻關在左邊，一刻關在右邊，這樣的繼續交換，容電器就不斷的

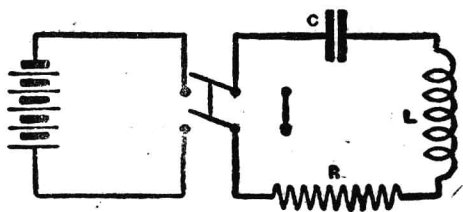


圖 92

充電和放電；因此就有連續不絕的電波向外傳播。不過由這種方法所產生的電波，還是很微弱，仍舊不是理想上最好的。下面所講的那方法，纔是我們普通用的。

容電器中振盪放電，牠的振幅是逐漸減低的。這種振盪，我們稱之為‘減幅振盪’(Damped oscillation)，所發生的電

波，稱爲‘減幅電波’(Damped wave)。無線電報上〔即普通的‘模斯電碼’(Morse code)，一點一劃的記號〕，就是用這種電波的。但是無線電話上(如言語等的傳播)就不然，牠必須利用無減幅振盪及無減幅電波〔或稱‘等幅波’(Undamped or continuous wave)〕。等幅波就是指不逐漸變弱而至於消失的電波。關於這種電波，下面幾節，就要講到。

3. 減幅電波傳播的無線電報

開始研究無線電的，對於收波，總比發波來得有興趣。不過，我們對於發報的普通知識，也應該知道。這裏就將無線電報發報的原理，很簡單的講一講，因爲這些也是我們應該知道的常識；至於那近代發報臺上極複雜的發報裝置，當然不能列入這裏的範圍了。

現在來看圖 93，其 C 中是代表這隻容電器中的電容量，L 是線圈的感應量，A 和 B 接到電池或其他的電源，使容電器充電。這裏有一點須注意，就是在這線路上，有一個空隙 S 通常稱爲電花隙。

當電源接上之後，容電器就充電，空隙 S 兩端之電勢差就逐漸增高。迨至空隙中空氣的阻力，不足以抵制高電壓的推動時，於是就有大量的電流通過這個空隙，形成一個電花。因了這個電花，就起電的振盪，電波乃向四方發射出來。但是這個電波，並不能長久維持，當振盪逐漸減小，電波亦要隨之而消失的。此時容電器已經放電，所以從電池中，就又有

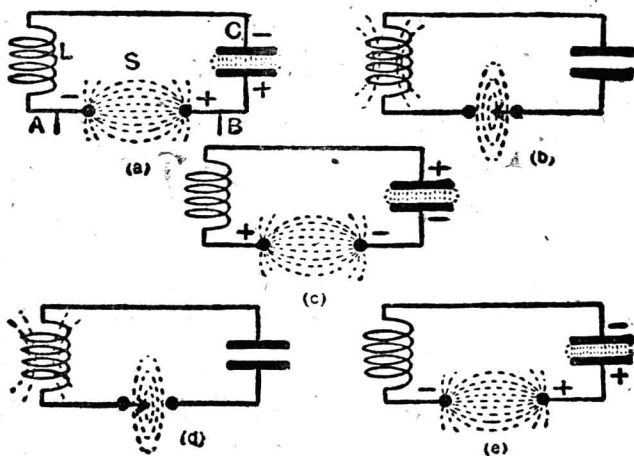


圖 93

電通入容電器，以增高其電壓，即所謂灌電。電壓增大之後，又放電而生電花，而生電波。倘若電池中的電路始終接通，這種灌電放電的現象，就循環繼續不已，電波乃繼續的向外發散，如圖 94 所示。

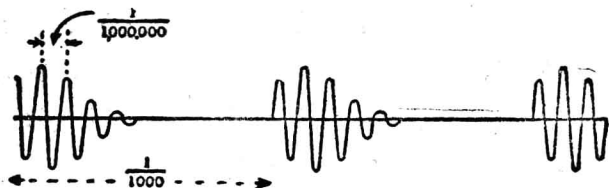


圖 94

在這圖上，我們假定，在每個電花走過的時候，振盪放電的週率，是每秒 1,000,000 週——這個，我們就稱牠為無線電波的週率；而電花的發生，則每秒鐘為 1,000 次（電花週率）。

從圖 93，可以知道，容電器先是在正方向充電，後來因為電子的擁來擁去，容電器有反方向的充電。這種電子的來去，就產生電力線，如圖(a)、(c)、(e)所示；並且又有磁力線的產生，如圖(b)、(d)所示。二種力線互相垂直，電波就和這二種力線垂直的方向向外放射出去。圖 93 表示電子來去一次的現象，當細味之。

觀圖 93，讀者應注意的：在圖(a)中，電場和電力線都已產生，但沒有電流通過，又沒有磁力線的出現。在圖(b)中，有了電流和磁力線，但沒有電力線；以後這樣的連續循環。從這樣看來，電場和磁場的變化，在一個振盪線路裏，是不能同時發生的；磁力線的發生，每較電力線落後或早四分之一的週期。這種情形，正和蒸氣引擎中活塞和活門的關係相彷彿。

可是要電波向外發射，這兩種電和磁的能都是需要的，並且這二種能還須是同相。這就是說：當一個振幅最大時，另一個亦須最大；最小時，另一個亦須最小。這種條件，對上面所講的因振盪而放的電波經過距離四分之一的波長之後，恰巧適合；在這個距離以內，二種能力祇不過不斷的波動，在距離四分之一的地方，就互相融合一同振動了。無線電波也就從這個距離起，和光一樣的速度向外傳播出去；這種現象，讀下去更可比較明瞭。

上面所說的，普通稱為‘通振盪線路’(Hertz oscillatory circuit)。這種線路裏，實際上只發出很小的能力。如果我們將容電器的兩片導體分開，如圖 95 所示，那麼線路就成為

‘斷振盪線路’(Open oscillatory circuit), 而其所發射之電波, 就實在是大量的‘能’。這圖 95 表示容電器兩極分開後的情況, 虛線表示生出來的電力線; 和這電力線垂直的, 就是磁力線。圖中並沒有電花空隙及充電的裝置, 因為在這裏祇要讀者先得一個簡明的觀念就夠了。

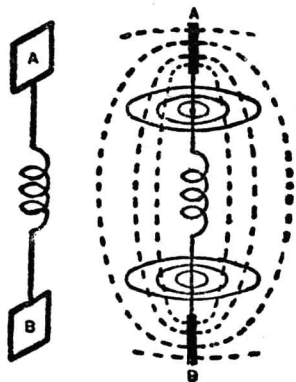


圖 95

在一八八八年時, 赫芝氏 (Hertz) 發表他關於無線電波的試驗, 這種試驗, 就是近代無線電的起點, 如下面所述。

赫芝氏在做實驗時, 常用一個器具, 叫做‘感應圈’(Induction coil)。這感應圈具有一個繞在鐵棒上的原線圈, 而這原線圈是連結到電池及一隻開關的, 同時又連着一個振動板。將開關關上, 這振動板就好像普通電鈴中的振動板一樣, 即起振動; 同時因牠的振動, 乃使電流通一停。在這個原線圈的外面, 有一個副線圈, 中間有一個電花空隙。

當原線圈的開關關上後, 因為有振動板的振動, 能使電流通一停, 所以在副線圈裏, 就有很高的感應電壓產生; 這種電壓, 足以使電花空隙中產生電花。

赫芝氏的振動器, 或者叫做發送機, 含有二片金屬片, 中間含有一個電花空隙 (如圖 96)。這兩片的電容量以及導

線的感應量，就是這個振盪線路中的電容量及感應量。實際上赫芝氏的器具，就是將圖 93 中容電器的二塊金屬片分開而成的。

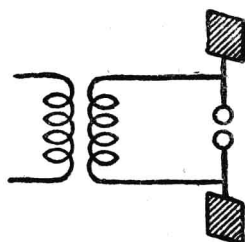


圖 96

這個器具的作用，和以前所講的原理是一樣的。當感應線圈有作用時，上面金屬片的電勢，高於下面的一片，於是就發生了電花。二片的電勢，經過電花的發生後，就變為相等；但是因這刹那的電花，電波就向四面發射出來了。

赫芝氏又把一個粗導線繞成且其中間也有一個空隙的圓圈（如圖 97），放在距離那個感應圈不遠的地方。當從感應圈中發出來的電波經過這個圓圈時，就使這圈中亦起感應電流的振盪，並在其空隙中也發生了電花。赫芝又說：倘若由這圓圈所產生的自由振盪週率（因圓圈大小而變），和那個感應圈的振盪週率恰為相等，那麼其所產生的電花就最強。這個現象，當然也是屬於我們以前說過的共鳴現象了。

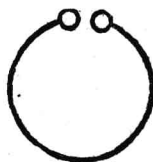


圖 97

當一千八百九十五年時，馬可尼氏 (Marconi) 發現：如果將赫芝氏的電花發送機下面的一片金屬片埋在地下，那麼地面就成了那個容電器的一片，而設若上面的一片，放得愈高，則所送出的電波也愈遠。

他又發現：上面的一片金屬片，可以用一根導線來代替

(即普通的天線)，而這根導線，就可以很高的用柱支撐起來；這時候，我們所要計算的電容量，就是那根導線本身的電容量了。導線和地面正成功一隻容電器，而其中間的介質，就是空氣。

圖 98，就是馬可尼氏發送機的裝置，在天線的線路上，有一個可變的感應圈，這個感應圈，是用來變動發出去的各種電波的波長的；左面的一部份，就是這隻發送機上主要的感應線圈。

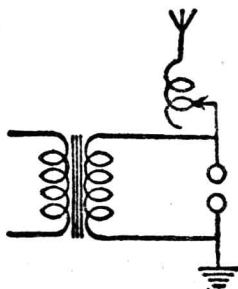


圖 98

在收音機方面，也需要同樣的一個天線；從發送機發出去的電波，遇到收音機上的天線，就使收音機的線路，發生電振盪作用。這時倘若將收音機線路中的感應量和電容量加以變動，使牠適合外來的電波，就可以收得發送機上發出來的音波及符號了。

何以要調諧收音機的線路呢？（即改變感應量及電容量）——這一點，就是無線電收音方面最重要的原則了。讀者須知道：天線是接着容電器和感應線圈的，所以牠們都是天線線路中的一部份；倘若感應線圈或者容電器是太大了，那麼天線線路裏的振盪週率就勢必減小；如果牠們太小了，週率就要增大。所以太大和太小的結果，就使天線線路中的振盪週率，不能和外來的電波週率相吻合，即不能產生共鳴作用以得到最良好的結果。改變電容量及感應量，換句話說，就是希望

天線線路中的電振盪週率，恰和外來的相同。更進一層說，就是我們希望當因第一個電波所促成的振盪，正在回復原狀的時候，要恰好是第二個電波達到天線，鼓動其振盪。這樣，正和以前講的鞦韆一推一往的現象相同，產生了共鳴作用。所以在我們收音的時候，第一步必須先變動收音機天線線路中的電容量及感應量，使因此所生的電振盪週率，正和外來電波的週率相等。

現在讀者須切實注意的，就是倘若你將收音機天線線路中的電容量及感應量加大，所收到者就是波長較長的電波。反之，將牠們減小，就可以收到波長較短的電波。同時又須知道，天線線路中所生的電振盪，都是高週率的電振盪。

圖 99 是我們日常所用的三種‘天線線路’ (Receiving aerial)。(a)表示線路中用可變感應線圈來調諧收受電波；(b)表示用一個可變容電器及一個可變感應線圈（也有用不可變感應線圈的）來調諧天線線路；(c)代表一隻可變容電器

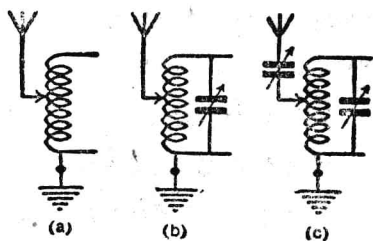


圖 99

和天線串聯（下面的感應線圈，可變不可變都可）。這種裝置，讀者以後更可以得到詳細的了解。當天線線路裝好後，我們須檢別電波究竟有否傳入；在從前，我們多用一隻‘粉末濾波器’(Coherer)接着天線，來指示電波之達到與否。

最簡單的粉末濾波器，如圖 100 所示。d, d 是二塊銅或銀做的圓片，各連二根導線 w 的末端。這二件東西，都裝在一玻璃管裏，而在這二塊金屬片的中間，放些金屬粉屑。二根導線，一根接通電池，一根接着一隻電鈴。在常態情況下，我們可以使金屬粉屑中祇有很少的電流通過，電鈴亦不發聲音。如果電波傳達天線時，這隻濾波器，因為感應電流的關係，金屬屑和金屬片中間的接觸突然變為良好，於是電流通過就加大而電鈴即發聲。將濾波器輕輕搖動一下，金屬屑和金屬片的接觸，又回復原狀，電流亦就減小而電鈴亦停止發聲。



圖 100

馬可尼氏用的濾波器，裝置如上述一樣，d, d 是用銀做的，金屬屑是銀和鎳的混合粉末，玻璃管是塞住的，而且是真空的。

現在我們該介紹馬可尼氏最早所用的無線電報發送線路的裝置了。在圖 101 中，電花空隙中間有二個很大的圓球，電花就由接連着感應線圈的小銅球，穿過這二個大的銅球。圖中原線路上的 K——稱為發送開關，——如果關上的時間較長，電花的發射也

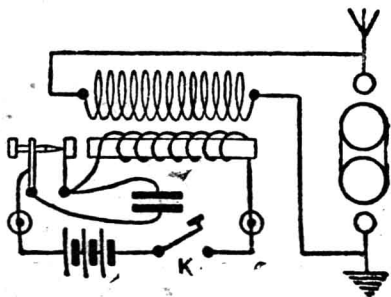


圖 101

就較長；如果關上的時間較短，則電花發射的時間也較短。因了電花發射時間的長短，在收報機方面，也就起了長時間和短時間的信號。這種信號就是近代莫斯電碼中的一劃一點。藉這點和劃的信號，我們就可以互通消息；下面我們再來比較更詳細的解釋。

圖 102 是馬可尼氏最早用的收音線路：天線收了電波以後，濾波器中的金屬粉和金屬片，便相貼近，於是電流就從

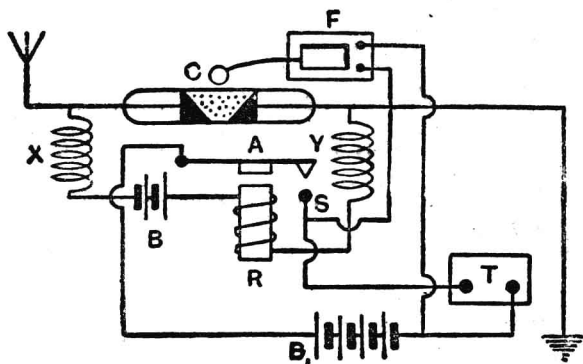


圖 102

電池 B ，依 $BRYCXB$ 方向流動；這電流的流動，即使鐵心 R 磁化，於是將鐵塊 A 吸下， S 處就互相接觸；因此電池 B_1 的線路就通了，電流就流過收受電報的器具 T ，而將信號記錄下來；同時 B_1 電池亦使電流通過 F ，而 F 是一隻電鈴，如有電流通過，牠就起振動；在 C 處將濾波器一擊，金屬粉和金屬片的接觸就不密，電流就中止，故又可做第二次收受電波的作用了。

其實，上面天線振盪電流，祇是使濾波器發生效用，再由

濾波器，使另一個電池來對 T 發生影響。

當然，讀者能想到發電者以開關 K 來發送電波，收電者必須以相同的信號來解釋發電者所送的電波。

我們祇須變動開關關上時間的短長，就可變動電流在天線線路中流動的時間；將開關關上三倍短的時間，就是一個長的信號；以短及長的信號，用在一起，就成了普通一劃一點的號碼，即普通的模斯電碼，如 A 爲 · -，B - · · ·，C - · - · 等。

我們上面所講的電花發送機裏，當每一個電花通過的時候，就有振盪電流產生；當這種電流漸漸消失時，第二個電花便接踵而至，因之又有電流通過，於是又漸漸的消失，如此不斷的進行。照這樣看來，雖然將開關關上，放出的無線電波各個波的中間，都仍舊有着時間的間隔，如圖 103 可以來表示這種情形。

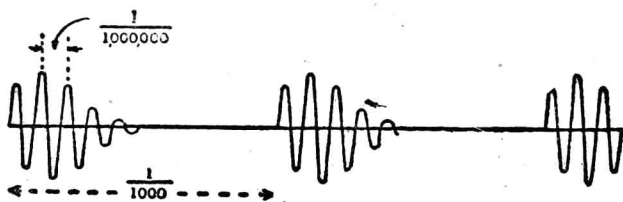


圖 103

高週率振盪電流的二個波峯相隔的時間是極小的，如圖 103 所示，大約在 $\frac{1}{1,000,000}$ 秒鐘左右。每二個電波相隔時間，比較長些，大約在 $\frac{1}{1000}$ 秒鐘左右。但是發報者關上開關發出一點信號的時間，又較長些，大約是 $\frac{1}{5}$ 秒鐘。所以

照這樣想來，雖然發報機僅發出一點的信號，但是在這一點的時間中，已有不少的電花產生（大約在二百左右）。所以雖然在電流的振盪中間有着空隙，但是對於發一劃和一點的信號簡直是毫無關係。

收音機上，除出天線之調諧線路外，顯然的還需要使我們能聽到收着的信號的裝置（如發聲器、揚聲器之類）。在前面我們已經知道，最初的粉末濾波器，如何能使另一個線路裏產生電流，使電報器具因而起作用。但是這種濾波器，現在已經不用了；我們現在所用的都是以‘礦石’（Crystal）或‘真空管’（Valve or vacuum tube）來代替的。我們在下面，將礦石約略的講一講，然後在第八章，當更詳細的研究關於礦石和真空管的作用。

收音機天線中的振盪電流是具有極高的週率的（每秒鐘在一百萬週率以上），如果將這種高週率振盪電流，通過揚聲器或發音器等，那麼這種器具裏面，動的部份絕對不能隨着電流一剎那這個方向，一剎那又換到相反的方向運動。因此我們要用一種方法，使振盪電流祇有一個方向的電流通到揚聲器裏面去，而將另外一個方向的電流取消；顯然的，雖然祇有一個方向的電流通入揚聲器之類，但是這一個方向的電流的變化，也完全依照天線中收來電波的變化；所以只使一個方向的電流，通入揚聲器，不但對收音機毫無影響，且也解決了上述的困難。礦石就是用來隔絕一個方向的電流而祇讓純一方向的電流通過揚聲器而工作的。所以礦石的作用，是使電

流通過，使牠祇能在某一方向流動；即使振盪的電流，一變而為直流的電流。在這裏，另一方向的電流流動，已被阻止了。如圖 104，即表示用礦石來檢波的一個裝置。在圖裏，接收機是專用來發聲音的；在天線上，因為有電波傳來，就發生振盪電流，但是因為礦石祇准一方向流動的電流通過，所以在天線上，雖然有着振盪電流，而經過礦石之後，則僅剩一個方向的電流（即直流電）。幸這種直流的電流，其變動完全是依據發送機上的電花的，所以在接收機中聽到的音波的週率，就完全和電花的週率一樣；有電花的發生，就有音波，電花停止，音波也就消失。

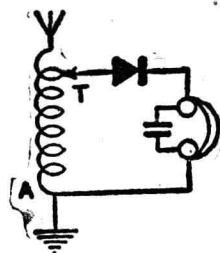


圖 104

觀圖 105，就可以更了解這種礦石的整流作用以及其整

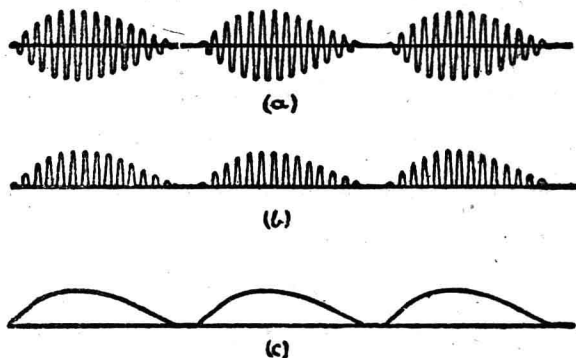


圖 105

流以後對於接收機的影響。礦石在這裏，就是將外來電波的

一半阻止了；如圖中基線下面的一半電波，就被礦石所阻止，而祇有上面的一半通過。這通過的一半電流，雖然也不斷的有強弱的變動，但始終是同一方向流過耳機的。

我們知道耳機是不能隨着如圖 105 (a) 的週率的振盪起同樣的作用的(這種振盪，每一次祇有 $\frac{1}{1,000,000}$ 秒鐘的時間)，同時牠也不能和圖 (b) 所示的一半電流起同樣迅速的變化。不過倘若我們把牠當做整個電流來看，這一羣羣的電流振盪，正好像是這樣較慢的電的起伏變動，如圖(c)所示，那麼這種電流在耳機中，就能起作用而發聲了。

我們再看圖 103 所示，每一個電流的流動，是在前一個電流流動的 $\frac{1}{1000}$ 秒鐘以後。電流的增大，就使聽筒的鐵片相吸，電流的消失，就使鐵片回復原處。普通耳機，能夠隨這種振動起同樣的振動週率，所以牠所傳出的聲音，是在普通人能聽到的範圍以內。

礦石，普通稱為檢波器，讀者在無線電料行購買的時候，也是稱為礦石檢波器的；但是我們也可以稱牠為整流器——因為牠能夠將交流電流經過一種整流的作用；就是說牠能夠將交流電變為同一方向的直流電。

真空管也是用來作檢波器的，以後還要詳細的解說。

在這本書裏，我們不能對於電花發送機的各種改進點，作詳細的介紹，如產生減幅電波等，並且因為這種發送機，現在已不常用，所以也不必過分的去研究牠。下面所講的是各種

改進點中的一點。

我們如將圖 93 所示的閉路振盪電火花空隙線路和天線線路相合一起，如圖 106 所示，那麼因前者的振盪作用，就引

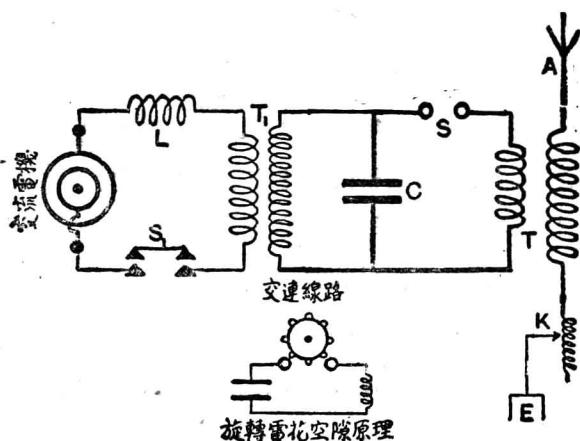


圖 106

起後者的振盪。天線線路中的K，是用來調諧感應量，使天線線路中的週率和電火花線路中的週率相等的。 T_1 是一個變壓器，副線圈接到電火花線路，原線圈接一隻交流電機， S_1 是用來產生一劃一點的開關。

這種發送機的二個線路，不能過分貼緊，不然天線上一部份的能力，再要回到容電器的線路上去，致使減少發出去的能力。有時候也有用旋轉電火花空隙的，這是一個可以旋轉而有齒的轉輪，放在容電器線路二端的固定齒中間。當這個固定齒恰和一個輪上的齒相對時，容電器正在此時充足電，電花就通過了。

在所謂‘斷隙電花式’ (Quenched spark gap) 中，電在空隙中的振盪，祇是在放電的時候，放電完畢以後，空隙就不能再通電。在放電時，天線已受到很大的‘能’，而因這個空隙不能再通電，所以天線線路上的‘能’，不能再回到電花線路上去。這樣就和上面所講的不同了：電波的減幅很少，波動是連續的，而且數目很多。在這種裝置中，二個線路就是相接很近，毫無妨礙。圖 107 表示在閉路線路中（即原線路）及在天線

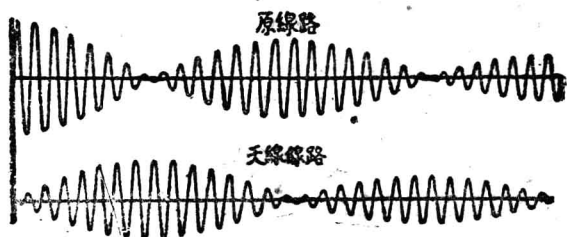


圖 107

線路中（副線路）的振盪現象（這二組線路是緊接的）。圖 108 表示在斷隙式中當 $2\frac{1}{2}$ 振盪以後電花即消失的振盪現象。從

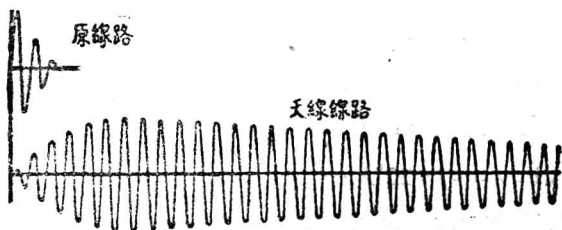


圖 108

這圖中，我們也可以看出上述的原理。

4. 連續電波的無線電報

固然從電花發送機產生的減幅振盪是可以用在無線電報上的，但在無線電話、無線電廣播或者在‘電視’(Television)上，就必需用無減幅波或稱為等幅波了。無減幅波在無線電報上也有用的，如圖 109，即表示無減幅波振盪的現象。



圖 109

這裏，可以數種方法產生的高週率振盪電流，也如上述的一樣，同是通到天線上去的；所不同者，就是這種高週率的振盪電波振動以太所生的電波，是無減幅電波而向四方發射的。當這種電波遇到收受機的天線時，就引起天線中的無減幅振盪，其週率正和發報機上的相等（當然收受機中的天線線路，是要先經過調諧的）。收受機的檢波器，阻絕一方向的電流，而祇讓另一方面的電流通過，以達於收受機的收受部份。但是收音部份，如何能收受電流而發音呢？後面我們就要講到了。

普通在發送機上，常用波而遜氏(Poulsen)之‘炭極弧光燈’(Carbon arc lamp)來產生無減幅高週率的振盪，如圖 110 所示；這裏面炭

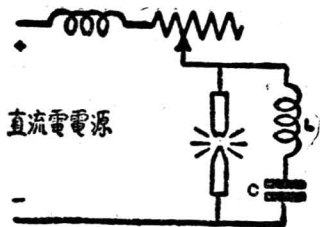


圖 110

極是用來代替以前的電花空隙的。先假定當容電器充電後，弧光產生在炭極的中間，而振盪電流也就發生，那麼在上半個循環時，振盪電流在炭極中通過的方向，正和電池裏來的直流電相同，但當下半個循環時，就變為反方向了。

我們知道，弧光燈兩極間的電勢差和電阻是依電流而定的：電流增大，電阻和電勢差就減小；電流減小，電阻和電勢差就增大。所以當振盪電流和炭極中從電池裏來的電流同方向時，電阻即減小，振盪就繼續的進行，不怎樣減幅；當振盪電流和直流電反方向時，炭極間的電勢差加大，因之使容電器開始充電；待炭極間的電勢差回到常態後，容電器就開始放電，以保持振盪電流的振幅。

這樣看來，所以無論振盪電流是那一個方向，結果其振盪總是等幅的，其所生的電波也是等幅電波。

圖 111 是‘弧光發送機’ (Arc transmitter) 產生等幅波的一種裝置。電弧上面同天線相串聯，下面接到地面；電弧和地面的中間又有一隻容電器用來隔絕直流電流，使之不流入地面。上面所講的電花發送機，是用開關來控制電花的發生與消失，藉以傳達音信的。但是這方法在此地就很不便當：如果我們也用這種方法，那麼當開

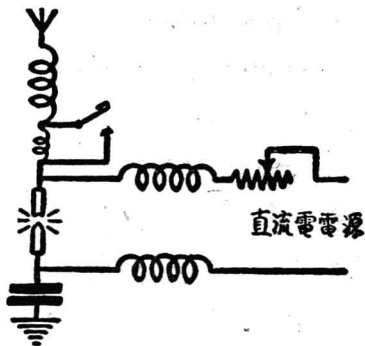


圖 111

關停止的時候，電弧就消失，若再要使牠發生，是很麻煩的事。所以我們將開關放在天線感應線圈的一部份中間，如此將牠開或關，就無形中使發出的電波波長改變；當把牠關上時，信號就發出，將牠開了，雖然仍舊有電波發出，但是牠僅代表信號中間的空處而已。圖 111 不過是大概的情形，祇表示開關和電弧的位置而已。

關於產生等幅振盪以及等幅電波，另外還有一種方法，就是用‘高週率交流機’(High frequency alternator)來產生(即發電機來產生交流電的)。在無線電上，所需的週率很高，所以這種交流機，必須旋轉迅速，而這在普通的發電機上，是不可能的。我們所用的是一種特別的高週率交流機(即亞力山大遜交流機)，並且還用一種‘週率變高器’(Frequency raising transformer)來幫助；譬如德力風根造的高週率交流機，同時利用牠的週率變高器，可以將產生的交流週率加高四倍。至於這種交流機以及週率變高器的構造，都是屬於電機工程的了，我們這裏，也不必作深切的探討。

用了上面這種很大能力的發送機，開關就不能直接裝在天線線路上來發射信號；我們祇能將牠接在發電機的磁場線路上來控制直流電的通過。

除以上所述的電弧發送機及交流機的發送機以外，我們還可利用‘真空管發送機’(Valve transmitter)來發送等幅波。現在這種方法，很是普遍。關於真空管以及牠的發送機的裝置，我們以後再講。

我們已知道，發射出去的電波是要週率不變的；假如發送臺的天線是直接接在發電機上的，那麼即如風的動搖，也要變更天線與地面間的電容量，使電波的週率發生了變動。爲要避免這種不好的現象，天線總是不接在發電機的線路上，而是用一隻變壓器來將發電線路中的振盪，傳到天線線路上去的（另外用一隻真空管，來使發電線路上起振盪作用）。這樣一來，所產生的電波週率，就全由振盪線路來控制，而天線上所受到的一切變動，都沒有影響了。這個發生振盪的線路，叫做‘控制振盪器’(Master oscillator or drive oscillator)。這種裝置，在現在的發報臺上，用得很多。

在 P. O. Rugby 無線電臺上，是用‘因鋼’(Invar)做的音叉來發出週率不變的電波的，而又用真空管線路來使音叉起不斷的振動。這種裝置，叫做‘音叉振盪器’(Tuning-fork drive)。在這種裝置裏，先使電流的振盪週率和音叉的相等，然後經過真空管，產生週率加高幾倍不等的振盪。從這種幾倍不等的振盪電流中，又取出某一個振盪電流，放大後通入天線線路以生電波。另外還有一種產生週率不變的振盪電流的方法，就是以‘水晶礦石’來代替上面的音叉。這種裝置，就叫做‘水晶振盪器’(Quartz oscillator)，這在短波發電臺上是常用的。

現在我們要講到收音機方面了。收音機天線裏的等幅振盪電波，我們可用礦石來檢波；這和減幅振盪電流是一樣的。經過檢波的電流，就變爲單方向的直流電，於是經過耳

機，產生聲音。但這同一方向的電流，並非是一起一伏的，而是始終一致的；所以在耳機中，當電流來時，金屬膜被電磁鐵吸過去，一直要到電波告一段落後，始回復原狀；因此收音機裏當有信號收到的時候，我們祇聽到‘的’的一聲而已，別無其他的聲，一直要到電波消失，纔又聽到‘的’的一聲（在這中間的時候，並無信號得到，一點一劃，當然無從表示）。所以消

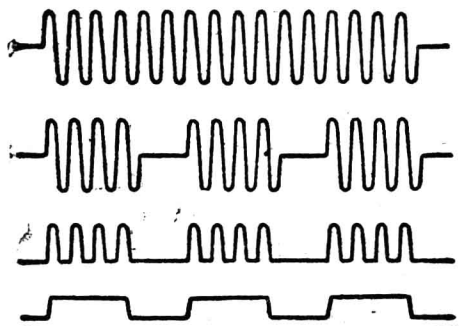


圖 112

息的傳達是很難的——因此我們必須想一種改良的方法，在發送機或收音機方面，另加一種裝置，使發出來的電波，依需要而分成段落，如圖 112 中所示。這樣一來，電流經過耳機時，就並非像上面只聽到‘的’的一聲，而是週率和分段一樣的聲音了。等幅波在發送機上，經過這一步手續再發出去的，我們稱牠為‘繼續等幅波’(Interrupted continuous wave), 簡寫作 I. C. W.。

另有一種方法，就是在檢波線路上，接一隻可以旋轉的‘斬波器’(Chopper)。接了這個斬波器後，雖然在天線上來的，

仍是一貫的電波，但在耳機上通過的，卻是斷續的等幅波了。

上面的各種方法，現在已用斐遜登氏(Fessenden)的‘他拍法’(Heterodyne method)來代替了。他拍法簡單的講起來，就是在收音機方面，另外產生一個電振盪，加到從天線中收到的電振盪裏去；但這二種振盪的週率，略有相差，所以拼合之後，由其所產生的電流之強度，就因了這二個振盪週率之不同而時高時低——這種變動，就是依這二個振盪週率的相差如何而定。圖 113 就是表示這個原理的。

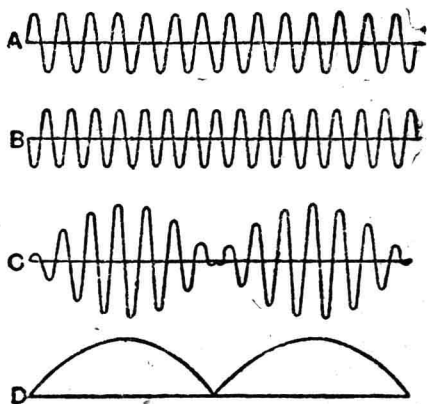


圖 113

A代表收到的高週率電振盪，B代表加進去的電振盪，B的週率和A的稍有相差，C代表二個相拼合後的電流。耳機就照D所表示的現象起振動；發出聲音的週率，也就依照拼合後的電流的變化週率而決定。這種聲音的產生和音樂上拍的現象相彷彿，所以也叫做‘拍頻接收法’(Beat reception)。

但是這個名詞，似欠妥當，因為實際上，耳機中聽到的聲音，並不是單純的音拍，乃是一種‘重合音調’。

在收音機本身上發生的電振盪，讀者看到第十章真空管線路及其作用後，就更可以明白了。

5. 等幅電波的無線電話及無線電廣播

現在我們該講無線電話及廣播無線電的發送及收音的原理了。第一點，我們須知道：這裏的電波，都是等幅電波。

在播音臺的天線裏，發生等幅的高週率電振盪以後，就產生等幅的無線電波，向四方發射（看圖 109）。這種電波，在廣播的時間，不斷地放射出來，我們稱牠為‘載波’（Carrier wave）。在發送機上，接着一隻微音器，其接法當視發音機的線路如何而定；這隻微音器，間接的對於天線有連帶的關係。當播音者在微音器前播音的時候，音波就使微音器裏產生了依聲音的週率而變化的電流——即依照着聲音而起複雜有規則的變化，使四週的以太波，就因了這種電流的變化而起波盪變化。這種以太波的變化，就完全和微音器前的音波步驟一致。當以太波遇到收音機的天線時，收音機天線中就引起了同樣複雜的電振盪，其強度的變化，也正和發音機上所發出的相吻合，也就是完全依照發音者所發出的各種聲音的音調。

收音機天線上的電振盪，經過檢波器後，被阻止了一個方向的振盪，而通過另一方向的電流；這種電流，其變化仍舊是完全依照發音者的音調週率，所以當牠經過耳機或揚聲器時，

就再由物體的振盪，而發出和微音器前所發的一樣的聲音來。

因此簡括的講：在播音臺方面，因音波而產生強弱不同的電流，由這電流激起以太的波動，傳到收音機的天線上，引起了天線的電振盪。這振盪電流經過整流器後，便將單純方向的電流，通入耳機或揚聲器，再由振動而產生音波。因這種作用都是相互呼應的，所以收音機中放出來的音波，正和微音器上所發出的音波完全相同。

圖 114 (a) 是表示載波的現象，(b) 表示發音者在微音器前講話時所產生的‘調幅電波’ (Modulated wave)。當然，載波的振盪數，實際上較圖上所示的要多得多。

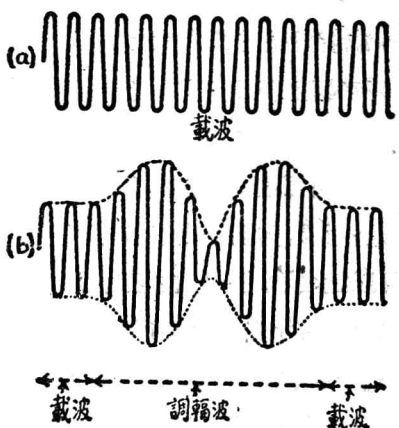


圖 114

下面有三點是讀者應該注意的：(1) 在發電臺的天線線路上，當發報的時候，高週率的電振盪，是不斷的在進行(即電

子在線路中一來一去，每秒鐘約有一百萬次的樣子），因此載波就不斷的從以太裏向四方發射，因之收音機的天線裏，亦有不斷的高週率電振盪（每秒一百萬次左右）。

(2)當廣播者講話的時候，他的聲音並不能變更振盪的週率或載波的波長，惟能變更振盪的強度（即每個振盪的電子數目）。這種振盪電流的強度變化，全依廣播者的音調如何而定。圖 114 即代表這種無一定規則的電波的強度變化。這種電流若經過檢波器，則牠的一半被阻絕了，而其他的一半即通入耳機，使振動片發生振動，產生音波；於是幾千里外廣播者的話，就能一字不漏的播送出來。

(3)上面的解釋，不論這個廣播者是唱歌的女郎，或者是報告新聞的男子，或者竟是音樂或唱片，都是一樣的，無論那一種情形都有高週率振盪發生，不過因各種聲浪音調的不同，所產生的電流強度變化有大小不同而已，即所產生的電波形狀，如圖 114 (b) 有不同而已。結果，在收音機的耳機上，金屬膜的振盪，亦隨之而異，因而發出各種不同的聲音。

因此，我們可以說：載波帶着這種因言語音樂而生的逐漸的變化，在以太中向四方送出去的情形，正好像飛機帶着飛機師，經過空中一樣。倘若沒有這種高週率的載波，那麼任你用力向收音器講話，或者向牠唱那最動聽的歌曲，以太總是不來睬你，也更沒有其他影響，祇你附近的人，聽到你所發出的聲音罷了。

有時，我們先將收音器中因聲音而發生的振盪放大了，或

者增強了，然後再和天線的振盪電流相拼合。也有時，我們在收音機方面，先將天線中收到的電振盪放大了，然後使其經過真空管檢波；而且也有將經過檢波的電流放大了，然後通入耳機或揚聲器發音的。關於這類的知識，我們以後都要更詳細的探討。從圖 115 中，我們可以看出，自發音者以迄收音者中間的各種現象，其中因振盪而生電流，因電流而生電波，因電波而再生電流，因電流而再生振動，整個無線電的裝置，實在是等於一個擺渡。

6. 無線電波的幾種現象

圖 116 (a) 是表示振盪器（赫芝氏的）中正要有電火花通過空隙時的電力線。當振盪器放電的時候，電力

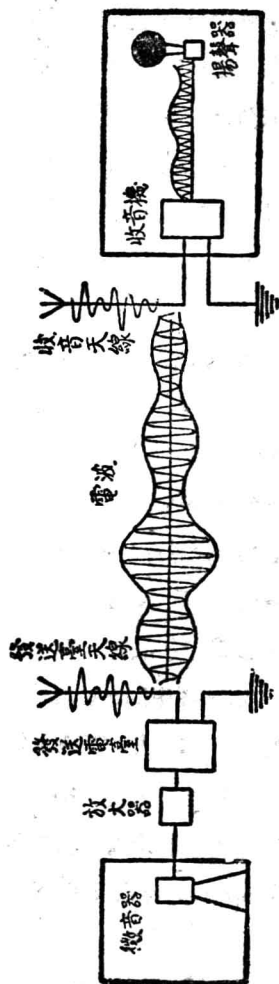


圖 115

線的兩端就沿棒極逐漸移近，以至於如電流流動的狀態；同時產生了磁力線，如圖 116 (b)。此中的M實線環又是代表磁

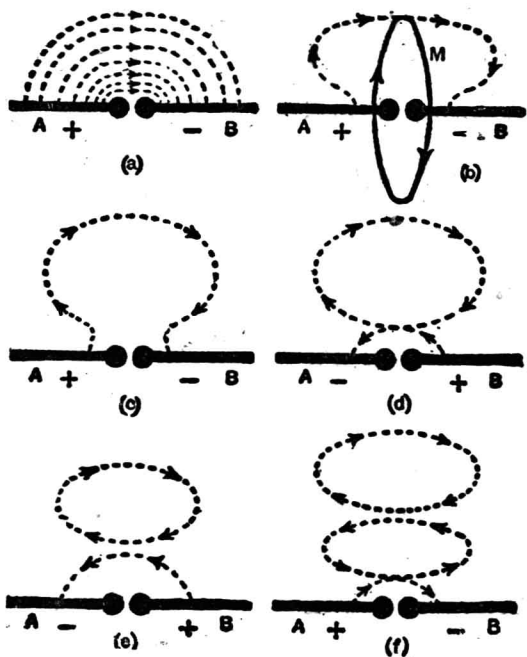


圖 116

力線的。但是電力線的外圈，其移近棒極的速度，遠不及兩端沿棒的來得快，猶如圖中 (c) 所示，所以電力線的兩端，就互相交接像 (d) 圖了。再過了一刻，上面的一環就脫離兩端所成的半環而流離開來，如 (e) 中所示的樣子。當第二羣電子擁進的時候，同樣的又產生另外一個流離的電力線圈，如圖 (f)。就因為這種電力線向外發散的緣故，於是成功了電力

發射的現象。這種電力圈向外發射的速度，每秒鐘有二十九萬八千仟米左右；並且讀者還應注意：這種電力線圈，其前面的和後面的力線圈，方向恰是相反，磁力圈亦如是；磁力線的方向和電力線的成直角。關於這種解說，倘若依科學眼光精確的來講，略有不妥之處，不過現在讀者也可以不必去研究牠。

我們說力線圈向外發射，不如說一個力線圈在一處消失，而在另一處又產生。每一根電力線在電流通過收小時，就產生磁力線；磁力線的一起一衰，再產生電力線；依此進行。所以這現象可以說等於在二種力線的空間中（即電力線及磁力線）的波的發射現象。這電力線和磁力線，就組成了電磁波。

我們來回看第三節中所講的一點，就是上面圖中的電花空隙的附近，電場和磁場的變動不是同相角，所以能力在這附近是時出時沒的；要在四分之一的波長以外，電力場和磁力場的變動纔同相角了——這是：一個在最大，那個也在最大；——電波就依光的速度向外發射。這二個力線互成直角，發射出去的方向又和牠們互成直角。

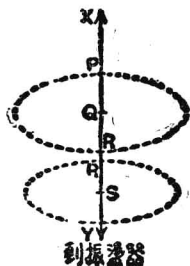


圖 117

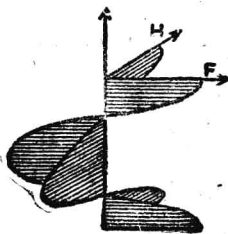


圖 118

圖 117 和圖 118，都是表示上面所講的意思：假如有二個力線圈離開振盪器四分之一的波長以外，如圖中所示，XY 是通過振盪器中點的法線，則在 P 點，磁場 H 與電場 F 的變化，都達到最大值；在 Q 點，其變化皆為零；在 R 點，二個變化又是最大，不過和 P 的恰處於相反方向；在 S 點，二個又是沒有變化；依此類推。電力場 F 與磁力場 H 互成直角，而皆垂直於牠們的運動方向。牠們始終是同相角，同到最大值，或同到最小值，不前不後。

在無線電報及無線電話上，因為發送天線下面的末端，是連接着地面的，所以力線圈的形狀，如圖 119 那樣，並且因為

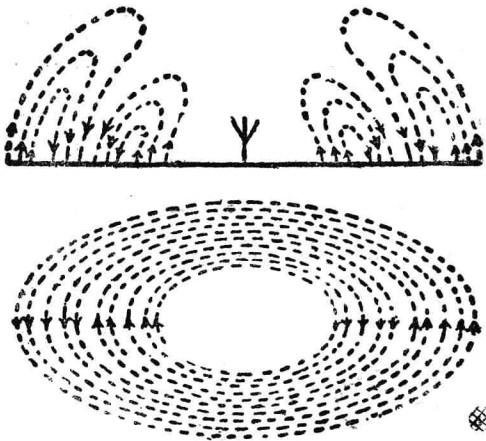


圖 119

地面將下一半的力線圈連絡，所以在地層上也有電流通過。圖下面的一半虛線，表示磁場力線的狀態。

現在假定當圖 119 中的電波，傳播到收音機的天線上時，而天線恰巧連着某電場中處於異電勢的二點，於是在天線之中，就有電流通過。因為天線是處於正電勢的地位，所以電子就從地面流到天線上去，使天線荷有負電。如果天線已經和發送臺調諧好了，那麼，天線就正處於將要放電的時候；這時正當下面半個電波傳到，而這半個電波，也就幫牠放電，放電以後，又幫牠反方向充電。

我們也可以拿磁力線的作用來代替上述的電力線，因其結果完全相同，所以我們也無需重述了。

在無線電歷史上很早的時候，有人以為如果整個的地球有一個圓的導體包圍牠，那麼在這個導體和地球之間，電波就可以通過，走的路徑是和地球的曲折率相附合，無線電波就可以環繞地球面傳播，不致消失到別的地方去。實際上無線電波，確是如此傳播的。

這種想像的導體，現在已確實證明牠存在，就是很有名的赫維賽德層(Heaviside layer)。這是因了太陽光的作用，使地球上層的空气成電離狀態，產生正負離子及遊離的離子，所以在 50 到 100 千米以上的空气，可以說就是很好的導體。以前的人對於這種現象的觀念，現在雖然已經稍有改革，不過長距離無線電波之所以不致於因為地面的彎曲而四散，大部份還是這個緣故。

我們已經知道，在無線電波通過空間的時候，地面上也因此有着電流的流動；造成這種電流的‘能’，當然是從電波裏分

來的。這種能的消耗程度，就視地面的電阻如何而定：乾燥的土壤，比較海水大得多；所以無線電波的傳播，在海上比在陸地上可以更遠。同時一個導體的電阻，對於通過的電流的週率有關係：週率大了，電阻也加大；所以高週率的電波，經過地面，其‘能’的消耗，尤為可觀。因之長波在陸上傳播的距離，較之短波在陸上傳播的距離遠得多。

我們也時常聽到說：無線電的傳播，外裏較白天好。這仍舊是因為太陽的關係：在白天裏，下面的空氣也因太陽光的作用，多少起些電離，所以一部份的無線電波的‘能’，就因此而消耗，傳播的距離，自然縮短。當太陽落下之後，空氣中的電離子，正的和負的互相再結合起來，‘能’的吸收減少，無線電波消耗的‘能’也就減少，電波的播送距離自然也就遠了。

空氣中發生異狀的時候，如雷電、電離子突然結合等等；對於收音機都有很大的影響。這種現象，稱為‘天電’(Atmospherics 或 Xs)，對於收音機是極不利的。

如果白天天氣陰沈有雲，這天的晚上，收音一定很好，這大概是因為白天裏下層空氣沒有被太陽很強的電離，而且地面上有充分潮溼之故。

在潮溼的天氣，天線線路得不到良好的絕緣，幸地面通電比較容易，所以不見得有怎樣大的影響。但是在熱天乾燥的天氣，下層空氣被陽光電離得很厲害，而且因為地面乾燥的緣故，電阻就增大，電波的傳播大受影響，傳播的距離也就減短。

二個電臺假如在通報的時候，一個正在夜裏，一個是在白

天，則電波的傳達，每很困難；這大概是因為在將要天亮的一個區域內，有反射及其他種種的緣故。這種作用，是由於空氣中不規則的電離而形成的。

還有一種現象，稱為電波的‘衰落’(Fading)。電波自發生後，往往在某一段距離內，極不容易收到，但是過了這段距離，電波又就回復常態，而可以很清楚的收着了。這種現象，也是無線電波中的一個缺點。對於這種現象，有一個解說是这样的：我們已經知道，空氣上層被太陽光電離，生出一層所謂導體式的赫維賽德層。

在圖 120 中，R 是收音地；倘若我們將收音機照發音臺 T 的波長調諧後，就可收到二種電波：一種是從 T 處沿地面而達到 R 的，另一種是先射向天空，然後因為赫維賽德層的反射，再向下傳到 R 的。

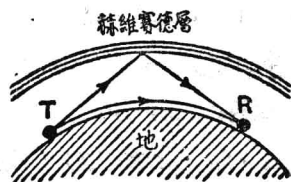


圖 120

前者的電波性質，比較有規則，而後者因為受反射的關係，略有一些歪斜。其理由我們可以不必探討，總之只知道這裏有二個電波，牠們走的路又是不同的。如牠們達到 R 的時候，恰好是同相角——一個在最高的時候，另一個也最高；最低的時候，另一個也最低——那麼信號就增強。如果二個相遇恰巧是反相角，則電波就必定要減小，信號也就減弱。

亞波耳登氏(Appleton)因實驗的結果，認為在赫維賽德層的上層，還有這樣的一層，就名之曰亞波耳登層。後來證明短波之所以能遠距離傳播者，就完全是爲了這一層的關係。

最近關於這種空氣上層現象，已經做過很多的觀察，結果我們可以有以下的幾點：

1. 接近電臺所收着的音，是完全沿地面而來的電波，如圖 120 中地面上的電波，而由天空中反射下來的電波，差不多沒有。

2. 距離電臺比較遠些的地方，在白天則以地面上的電波比較有力，因為天波當向下折射的時候，每因下層空氣之電離狀態，而消滅其能力；在夜裏，天波幾可和地波一樣的有力，而電波衰落的現象，也可以顯出來。

假所電波波長極短，牠的週率非常的高，當牠射向天空，赫維賽德層也不能將牠全部反射下來。如圖 121 中(1)就是因週率太高，未能反射回來的電波。但是電波(2)因為較為歪斜，其穿過電離空氣層的路較長，所以就反射了下來。地波僅能在發電臺的附近收得到，至距發電臺較遠的地方就不能，因為牠

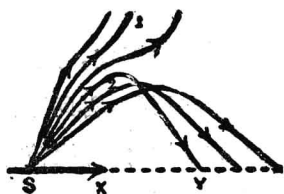


圖 121

是短波，牠在很短的距離內，就被牠所經過的地方完全吸收了。所以從 X 到 Y 這一個區域內，可以說沒有信號傳到，而過了 Y 以後，卻因了電波(2)的回射，仍能收着電波。XY 這段距離，就稱為‘跳越距離’(Skip distance)。

3. 在距離電臺很遠的場所，就完全沒有地波。在這種地方所收到的電波，完全是天波；晚上較白天為佳。

關於所謂無線電波回聲的現象(Wireless echoes),現在正研究得起勁。怎樣謂之電波回聲呢:譬如說,從發送機的第一個信號傳到後,平常總是隔了七分之一秒鐘以後,第二個信號纔傳到了,再七分之一秒鐘又是一個,如此類推。這種信號就是由地面上直接傳來的電波,但有時第二個電波要比正常的二倍半的時間以後纔傳到;有時竟隔了半分鐘以後纔傳到。這就並不是直接傳來的電波了,乃是穿過赫維賽德層以後,直向上空射去,走過很長的距離,然後遇到太陽裏來的電子,再折向下射的電波,所以時間就不同了。這種現象就稱爲回聲。

當你注意到波長、調諧及其他種種的時候,你就要遇到所謂‘旁帶’(Sidebands)的一個現象。每一個電臺,對於載波,都有一個特殊的電波長(即有一定的週率),其目的是爲了不致和旁的電臺發生干涉。我們對於某一載波,可以用一個方程式來代表牠;如果這種載波經過聲音的調幅,那麼結果所得的方程式,實際上就包含有三個部份:其中的一部份,仍舊是代表原有的載波,而另外二部份就代表所謂旁帶——一部份週率較載波的高,另一部份的週率較載波的低,至其切實數值,須視調幅的週率而定。當發電臺發出各種音樂或者唱歌等時;這種很複雜的調幅電波,都有一定的載波波長,這種波長的規定,就爲了要避免各電臺間的干涉。這種週率的相差,大約是九千週(在中國各電臺間,週率的相差是二萬週)。

還有一點我們要講的,就是旁帶,是關於發音者聲音的性

質的。在大電臺上傳播電波時，有將載波壓小的，這就是說，載波不是在發電臺裏發出，而是在收音臺中本身生出的。有時也有將收來的旁帶壓去一部。這種方法，當然須知道物理學的纔能明瞭，並且又要有數學的基礎，所以在這裏也不必去多研究牠。這種傳播，是帶有祕密性的，因為除非你知道發電臺上所用的振盪器，那你在收音機上，是無從收到牠的。這種方法，在紐約與拉倍的無線電路間常用着，在無線電廣播上，卻是沒有用處的。

從以前所說各方面看來，光和無線電波，似乎是一樣的：牠們都是以太裏的波，且速度又相同，同為約300000千米/秒；但牠們也有不同之點，就是光的週率較大，而波長較短。

以太中還有其他的波，其波長和上述的不同。據我們現在知道，最短波長的波，是‘貫穿發射’(Penetrating radiation)。近來知道這種波來自太究，波長約為0.00000000000005米。比較這種長一點波長的波，就是鎳質中發出的 r-射線，其次是 X-射線；再長一點的是紫外線；然後是紫色光，波長是0.0000003米；逐次增到紅色光，波長0.00000075米；再長些的是紅外線；其後就是無線電短波了；然後為中波（約在200至600米之內）；再後是長波；最長的，就是從普通交流機流出電流所生出的波，因為這種電流的週率是50，所以波長大約為6,000,000米，即3720英里。

第七章

收受天線及地面

1. 戶外天線

天線對於收音機，是一件很重要的東西，在裝置的時候，總要使牠完備週到。對普通收音機講，戶外天線較室內天線效力好。用紐絞成的金屬線來做天線，效果最好，因為牠既

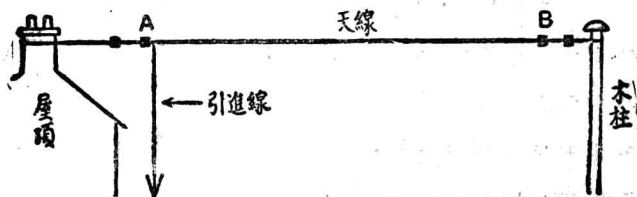


圖 122

牢固，而且對於高週率電流所生的電阻又是很小。天線的電阻小，就是電波在線中的能力消耗少。普通用的天線是銅做的，所謂 $\frac{7}{22}$ 的天線，就是指由七根二十二號線所絞成的這種銅線，其面上須塗漆，以防銹壞。

普通裝置天線的方式有二種：一種是倒L式，另一種是T式。前者如圖 122 所示，一端掛在木柱上、樹木、或其他高的建築上，另一端掛在放收音機的房子頂上；在近房子一端的天線上，接下一根引入線來，接到收音機上去。T式的天

線裝置與倒L式的不同的地方，就在引入線的接法；T式的引入線，是接在天線的中部的，如果天線是平的，接着點就在中間的一點，如果天線有一面高一面低的，則接着點就要偏近於低的一端。

我們已經說過，天線是收音機內的一部份，收音機必須調諧感應量及電容量，然後纔可以收到電波。天線本身也有其天然波長（各天線都不同），所以你如果不加調節器而單靠天線，那麼天線必定祇檢收和他週率一樣的電波。一個倒L式平的天線，和一個平的T式天線，如果是一樣長的話，那麼T式天線的天然波長，是L式的一半。

依照普通的規則，天線和引進線的總長不能超過三十米，即一百呎左右。對於普通的廣播電臺，這樣的天線長度，最為適宜；但是對於近代新式的收音機，其天線要在二十、二十五米左右為最好。

現在我們要問天線平掛的一部，究竟應長多少？直的部分多少？講到這一點，我們就要知道，收音機的重要點就在電波強度及選擇性：假使一隻收音機缺乏選擇力的，那麼當牠調諧收受電波的時候，不但牠的調諧器須有很大的變動，來隔開別的電波，而且別的電臺來的電波，雖其波長是不和牠所要的相同，有時候也要發生干涉。反之，如果收音機有很好的選擇力，那麼，不但調諧器祇須稍稍變動，就能收到電波，並且別的電臺的電波，也都不和要收的電波發生干涉作用。

現在我們知道，如果將天線的長度逐漸減短，收音機的選

擇力也就逐漸加大，但是所收到的電波比較要微弱些。所以實際上，天線的長度要使其恰得其中，不長不短。照理講，我們可以證明：天線的高度最好是在離地二十米左右，平的部份就依照直的部份多少而定；總之這二部份的總和，宜在三十米左右。所以我們當裝置天線的時候，必須首先決定天線的高度，一根六米高、二十四米長的天線，遠不及一根(指平的一段)十一米高、十九米長的效力好。

天線須避免近旁一切的東西的阻隔，如樹木、屋牆等等，因為這種物件不但使天線的有效高度減低，而且要吸去一部份的電波能力，造成了如遮屏的影響，同時這些物件本身還能回射能力。又如果在天線的近旁有電話線或者電報線時，最好將天線和牠們成直角方向。

有時也有用雙線天線的，如圖 123 所示，L 式或者 T 式都可以。這種天線最適宜於地位很小的地方，二根線相隔須在

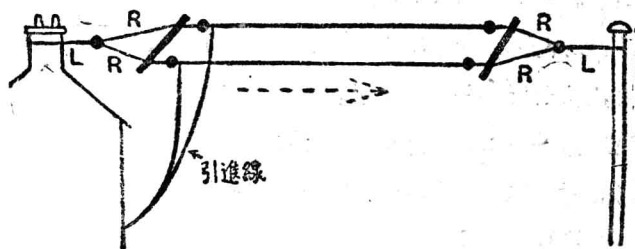


圖 123

一米至二米左右，平常往往用木棒將牠撐開；R 是極堅固的繩，牠的中間用一隻絕緣體和 L 接住。但是對於普通的收音

機，最好還是用一根導線的天線。

天線上最重要之點，就是使牠不致有電流的漏隙，所以在每一端上總要有二三個瓷質或玻璃的絕緣體，將牠和懸掛柱隔開，其間的距離，大約是二十厘米至三十厘米。如圖 122 及圖 123 中的黑點，及圖 124 中所示的形狀，就是平常用的絕緣體及牠的位置。



圖 124

圖 125 (a) 表示雙線天線上的絕緣子 A，B 並聯的裝置法（每一根線的一端，最好用二個絕緣體接牢，圖中祇畫了一個）。在圖 126 中，A, B 兩個絕緣子成功了串

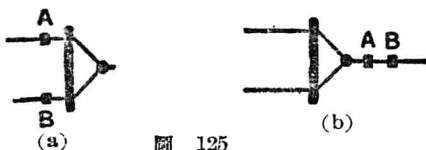


圖 125

聯的樣子。如圖 125 (b) 的裝法，對於防止電流漏隙的效力較大，所以許多實驗家，都將這二種方法互用，不過如圖 125 的裝法，實在已經是很好的了。

注意，如圖 122 的引入線，須和 AB 相聯絡，從 A 處接下來。如果是雙線天線，那麼每一根有一條引入線，在下面相接，然後再引到收音機裏（如圖 123）。全部引入線，最好始終和房子有一米左右的相隔距離——愈遠愈好，直至接入處為止。

引入線穿過窗架或牆壁的時候，必須用絕緣管子將牠不

和窗或牆接觸，以免能的消失；同時引入線在天線下面，最好保持垂直狀態。引入線的絕緣管子，須厚一些，兩端穿出窗架或牆洞約五厘米左右，能長一些自然更好。在房子裏，收音機放得和引入線愈近愈好，且使引入線和收音機的接着處短而且直。

天雷往往對於收音機有引起損害及危險的可能，所以最好在房子外面裝一個開關器，如圖 126 所示：A 處接引入線；S 通收音機；E 接連地線；在 A 的地方，有一個開關，如果將牠關在 S 上，天線就和收音機接通，如果將牠關在 E 上，天線就直通地面，可免去雷電的危險。

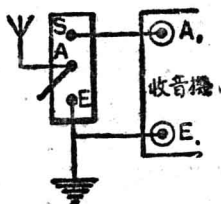


圖 126

2. 地 線

良好的地線，通常用一塊半米見方的金屬片，插到地底下一米左右的深（直插橫插都可以的）。從收音機通到這塊金屬片的導線，宜用粗的絕緣導線，愈短愈好。凡遇着牆或窗架，也應該和天線裏的裝置一樣，用一個絕緣的管子。那根粗的導線，須和金屬片切實焊牢；避雷器上的 E（圖 127）就也可以直接連接到這塊金屬片上。

在這塊金屬片四週的土壤，以潮溼為宜。倘若我們得不到這種土壤，或者為要在天乾燥時保持土壤的潮溼起見，我們可用幾隻四面鑽孔的管子，插在這塊金屬片土壤的上面，或者

附近，而將管口露出地面；這樣，當土壤乾燥的時候，就可以由這管口灌些水進去，使牠附近的土壤潮溼。也有將二三塊金屬片和幾個管子，連在一起的，這是在地面和金屬片接觸面大的時候用的。

如果地線下面有水管的話，那麼最好將地線接在水管上焊牢，或者繞牢。如果那個管子是僅和水漕器連通，或者是一個煤氣管，那就不能通用，所以必須要自來水管纔可。

地面上的電阻是愈小愈好，因此之故，地線有各種的裝置。譬如在英國，有一種叫 Ronnie 牌子的插管，牠是一個很粗的銅管子，四面有小孔，中間儲有化學物，管子的上端，頗像漏斗形和空氣相接觸。這種化學物能將空氣中以及附近土壤中的水分吸去，所以在牠的附近的地方，總是潮溼的，因之地面上的電阻也就減小了。這種化學物也可以放在近旁的土壤裏，如果再在附近的地方，插幾隻像上面所說的管子，則效力更可以增加。

另有一種地線的裝置，是用一根很粗且和天線一樣長的銅線，埋在天線對下來的地上，和天線平行。牠的一端是接着一個一米左右長的釘子，直插在地下的。若要較好，就可以將這線全部埋入地下，大概二十厘米深。再有更好的方法，就是用三根粗銅線，一根照上面所述的埋在天線對下來的地上，另二根埋在這種線的兩旁，相距約一米至一米半，三根線是平行的，牠們的頭連接起來，成功一根，接到收音機上去。

3. 平衡天線

用平衡天線(即地網)的裝置,也可以來代替地線的。圖

127 即為祇有一根天線的裝置法。在這個圖中,C是一根導線,和天線A一樣長。牠也是同樣的掛在天線下面離地約二米的地方,且其接法也和天線完全相同。在C線靠近房子

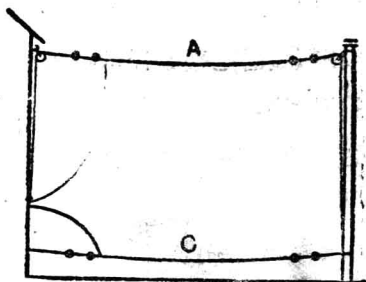


圖 127

的一端,接一根引入線,接到收音機的地線柱上去。

為發送或者收音所用的地網,都有很多的支撐,尤其是關於中波及短波的。所以普通家庭中的收音機,用了這種裝置,就不很便當,還不及用金屬片插入地上的好。但是對於選擇力不十分好的收音機,用了這種裝置,卻可得很好的效果。

4. 室內天線

一般人住在公寓式的房子裏,或者因為他種原因,不能裝一個戶外天線的時候,就可用室內天線來代替,雖然效用是不及室外天線。下面是室內天線的一種裝法:在一邊的牆的上部,釘三隻鐵鉤,大約相隔一米多;在對面的牆上也相對的釘上三隻;每一個鉤接牢一根短帶,且各帶的另一頭,又各接一個

絕緣器，在這三對鉤的絕緣器中間，各橫跨一根導線，從這三根導線一面多出來的線頭，就垂下來，接在一起，作為引入線。

另外比較簡單的方法，可以用一根七米長的絕緣導線，一端接上收音機，而另一端放在普通絕緣的架子上面，也是可以用的。

在離廣播電臺數仟米距離以內的地方，上面所講的室內天線裝置法，已足以收聽。不過如電臺遠了，這種方法的效力，祇能及到室外天線的十之三四而已。

5. 裝架天線

在強有力的真空管收音機裏，就常用裝架天線，或稱為‘架上天線’(Frame aerials)，圖 128 就是這種天線的一種形式，其

形如匣。其裝置法如下：先將長約一米半的木柱 A，豎直的裝在很穩固的木底上，次在這根直柱的中點上面約五厘米處，再橫架一根長約一米餘的木棒 B。在 B 的二端及 A 的頂端，各裝一根短的硬橡膠棒 V，且在其短棒上用鋸子刻上六條痕子，每條相隔約一厘米。同樣離底十五厘米

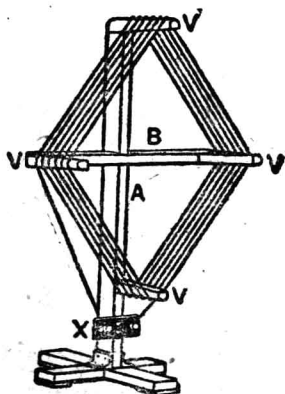


圖 128

的地方，也裝上一根硬橡膠棒，如圖中所示。X 也是一塊硬橡膠，上面裝着二個小銅柱。最後再用 18 到 26 S. W. G. 的不絕緣的銅線在這個架上沿痕繞上六圈，其起點和終點都接

在硬橡膠的二個銅柱上。在收音時，祇要將這二個銅柱接到收音機的天線柱和地線柱就可以了。上面所說的大小，對於收廣播電臺是適宜的，假使要收長波，線圈還須加多。

除上述的一種裝架天線外，還有一種，叫做‘金剛石式’(Diamond type)。這種式子和上面的匣狀天線相似，不過此處的線圈是繞在一個直的平面上的，如圖 129 所示。



圖 129

在收音時，裝架天線的方向頗有關係：當牠放在某一方向時，牠可以收取傳來的電波，但如果將牠轉換方向後，牠有時竟失其效用。我們已知道要使天線中電流強大，須把線圈的平面（也可以說如圖 128 中的木棒 B）對準發電臺，如圖 130 (a) 中所示。如果將架子旋轉九十度角，則線圈平面就和發電臺相對，傳來的電波都和平面成直角，如圖 130 (b) 所示，於是收到的電波就最小。

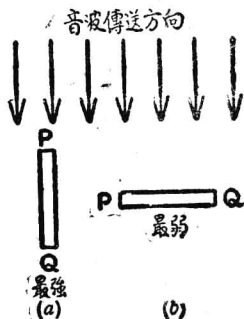


圖 130

匣狀式的天線，對於方向的性質，較金剛石式好。在用這種天線時，須先將牠慢慢旋轉，待收到的電波已達最大，然後停止。

可攜帶的收音機裏，天線也有裝在架子上的，並且藏在攜帶箱的裏面。

有時候，室外天線如倒 L 式的，也有方向的關係；倘若電波是先向引入線一端走的，如圖 123 中虛線所示的電波，則收

受較好。換句話講——當牠的方向和發電臺對準時，效力最好。不過這種影響是很小的，所以不必計較。

上面所講的，都是關於天線和地線的問題，大概對於讀者是比較有興趣，因為這種在普通家庭的收音機上都是極關重要的。在發電臺上，天線地線的裝置，當然更為複雜。關於無線電在船上或飛機上的方向的傳播，又需要另外特殊的天線裝置，並且另有一種定向天線，用來作遠距離的通信。不過這種裝置，說起來又很長，你在現在的時候，決無興趣，所以不談了。

第八章

礦石和真空管

1. 礦石

礦石分二種：一種是需要金屬線接觸的，稱爲‘貓鬚式’(Cat whisker)，如矽、硫化鐵、金剛矽、方鉛礦之類；還有一種是需要其他礦石接觸纔可用的，稱爲‘潑立剛式’(Perikon)，如白色氧化鋅、自然銅(即硫化銅)就屬於這一類。

在第一種中，要效力良好，每需要特殊的金屬線；如金剛矽或矽，須用鋼來接觸；硫化鐵，則以金接觸之爲最佳；方鉛礦，則金、銀、銅均可。

礦石檢波，有很多的方法。有一種是將礦石放在一個裝在玻璃管內一端的小銅杯上，這銅杯裏有一個繅絲，礦石就焊在繅絲上面，或用一種易熔合金，將礦石直接固定在銅杯上。玻璃管的另一端有一根金屬棒，帶着一根很細的金屬線(即所謂貓鬚)；這種金屬棒，可以旋轉或進退，細金屬線就可以輕輕的按着礦石面上的任何一點。銅杯的底和金屬棒的另一端，就接到收音機中檢波器的兩接頭上。如圖 131 就是這種礦石檢波器的裝置。

還有所謂固定礦石檢波器，其裝置和上面所說的相同，不過金屬線是已經很適宜的焊好在礦石上面了，無須自己動手

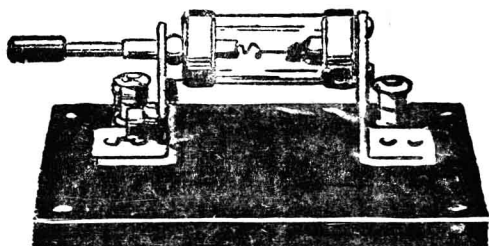


圖 131

的。

如用金剛砂作礦石，則需要一個小的電池，大約 0.6 伏特，和一種電勢計的裝置（可變電阻的）。

2. 真空管

現代的無線電收音機上，差不多都要用到真空管。牠的優點，是任何他種器具所不能及的。因牠的燈絲上面當熱的時候，可以有電子發射出來，同普通的電燈泡一樣，並且其中也同是沒有空氣，所以牠的效用很大。

在最早的真空管中，有一種叫‘二極管’（Diode），如圖 132 所示。二極管中有一個如普通電燈泡中一樣的‘燈絲’（Filament）F，又燈絲的上面有一塊金屬片 P；這塊金屬片，叫做‘屏極’（Plate），是真空管中的陽極。

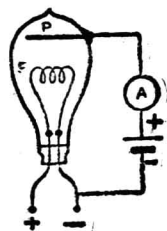


圖 132

如果我們把一個電池的二極連接在燈絲的 (+)(-) 二端上，則電流就通過燈絲而生熱。因為熱的緣

故，燈絲就放射出電子來。如果屏極 P，接着另一個電池的陽極(如圖右端)，那麼電子就被 P 吸去。電子從 F 飛到 P，就造成了電子的流動；由這種電子的流動，即產生電流(依習慣電流說，這種電流是從 P 片流到 F 的)。因此，如果在 A 處有一隻安培計，即可看出有電流通過的數值。

如果將屏極和燈絲間的電池，反過來接，就是屏極接着電池的負極，燈絲接着電池的正極，那麼真空管中就沒有電子流過。這是因為屏極變了負極後，牠只有拒絕電子的飛來，而決無吸引的作用，所以沒有電流。倘若我們不用直流電的電池，而用振盪電流來代替，那麼只有當振盪電流變到正的半週時，方有電子自燈絲(亦稱絲極)流向屏極。

這樣一來，你就知道二極真空管的作用了。牠正和礦石一樣，是將振盪電流變成只有一個方向的直流電流。現在讀者要注意的，就是如果要有電流通過真空管，一定要將屏極接在電池的正極。這稱電流，我們叫牠是屏極電流，或陽極電流。

在未往下講以前，讀者必須徹底了解上述現象。下面各點更須牢牢記住。

(1) 當你將電池接上絲極(+)、(-)二端後，電流就通過燈絲，燈絲發熱。這個電流當然就是電子從(-)端流向(+)端的現象。但是因為燈絲很熱，這種電子從經過燈絲很熱的部份時，發生各種劇烈的擾動，結果就有很多的電子，離開燈絲，向外活動。

(2) 將P接到右面另一個電池的正極後，因其變成了正極，所以將燈絲中流離出來的電子，吸了過去。電子達到屏極，就使屏極內的正電勢減低，不過因為連接屏極的電池的負極，仍舊是接到燈絲的，所以到屏極後的電子，仍舊經過電池，回到燈絲上去。這樣就造成了電流——即電子自絲極F，因被P吸引而達屏極P，再從屏極經過電池回到原處絲極F。這就稱為屏極電流，而因此電子的流動，在安培計A處，就可以看出有電。

電子是因燈絲受熱而放射出來的，所以燈絲愈熱，射出來的電子也愈多。燈絲最好的原料，是鎢；如果一個真空管的燈絲，以純粹的鎢來做的，我們就稱牠為‘白熱真空管’(Bright emitter valve)。如果牠的燈絲用氧化鋇或氧化鈦等和鎢的混合物來做的，那麼電子放射時所需要的熱度，比較稍低；這種真空管，我們稱牠為‘紅熱真空管’(Dull emitter valve)。現在我們所用的，都是這種紅熱真空管；每秒鐘內電子放射出的數目極大，當在幾千萬萬左右，而電子的速度，也是大得可觀。

比二極管新一些的，是‘三極管’(Triode)。三極管中也有一個屏極P，一個絲極F，除此以外，還有一個‘柵極’(Grid)G，放在屏極和絲極的中間，如圖133所示。這三個極都互相分開，並不連通。現在假使先使絲極F的二端接着一

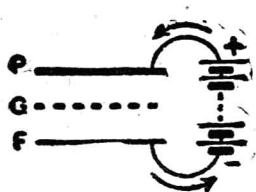


圖 133

個電池的二極，使之發熱，放出電子；次在屏極和絲極的中間接一個電池（大概 30 到 200 伏特的電壓），那麼電子就飛向屏極而去，電流也就從屏極向燈絲流動（這當然是指普通對於電流的觀念而言，實際上電子是從燈絲流向屏極的）。在圖 133 中，接燈絲的電池並沒有畫上。

現在假定外面有電池以其負極接柵極，使柵極得到負的電勢，那麼柵極對於電子的飛過，就有拒絕的作用，屏極電流勢必減小。假使柵極接電池的正極而得正電勢的話，那麼牠也能吸收從 F 來的電子，不過 P 的正電勢較 G 高，所以有很多的電子，到 G 後即穿過其中間的空隙，飛到屏極上去了。同時因為屏極也向絲極處吸收電子的，所以達到屏極上的電子增加，屏極電流也就增大。因之實際上的工作是柵極做的，但實利卻是屏極得的（註：柵極中間的空隙是很大的，所以牠吸去的電子數目不多）。

總而言之：柵極的電勢減小，屏極的電流亦減低，柵極的電勢增高，屏極的電流也加大（這完全指柵極的電勢是正電勢而言）。所以從這一點，你就可以看出，如果我們變動柵極的電勢，則真空管中從 F 到 P 的電子的數目，亦同樣的發生變化，而屏極電流遂亦隨之而大小。我們看圖 134，這一點更可以明瞭。這張圖中的曲線，是實地測量出來的。先使真空管的柵極，有某一個電勢，量出其時屏極電流的大小，然後再將柵極電勢逐漸改變，同時每改變一次，量一次屏極電流。當這許多相當數值得到後，就可以畫這張圖了。這圖中橫線代

表柵極電壓，直線代表屏極電流；凡橫線上有一點，則在直線上（即橫線上下方）亦必有一相當點；連此直線上各相當點，就成圖中所示的曲線了。舉個例：當柵極電壓是 5 伏特時，屏極電流從圖中可知，差不多是 1.9 毫安培。柵極電壓在 O 點之左是負的，在 O 之右是正的。

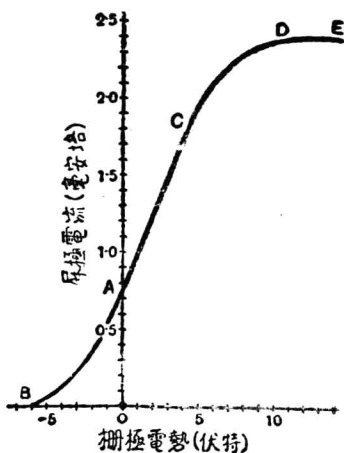


圖 134

從圖中看來，如果柵極電壓是負的 OB，那麼牠就阻止所有電子的通過，屏極電流乃等於零。若將柵極電壓逐漸升到零，屏極電流亦漸漸加大，如圖中 BA 所示。若將柵極電壓再增大，即使牠有更大的正電勢，則屏極電流亦隨之增大，如圖中 ACDE 所示的曲線了。這種曲線，我們叫牠是真空管的「特性曲線」(Characteristic curve)。你在各種真空管出品廠家的廣告上，可看到有很多這樣的曲線，下面我們也要附入幾張，介紹給讀者。

還有一點要注意的，就是：雖然在真空管裏的電子流動很迅速，但是因為牠們的質量微小，所以只要柵極電勢稍有變動，電子的流動就立刻起影響，屏極電流亦因此而增減。這種變化，差不多都是剎那間的。在收音機上，三極管還是很多用來檢波。關於這點，我們不久就可講到。

從第四章容電器的各種原理，我們可以知道，在三極真空管中，屏極和柵極的中間，是有電容量的存在；結果有時候從屏極到柵極，會送回大量的感應電能，而使收音機上發生叫聲。

若要補救這點，應使柵極中間的電容量極度減小。我們若在柵極和屏極中間，再插一個‘屏柵極’(Screening grid)，就造成了另一種真空管，叫‘屏柵真空管’(Screened-grid valve)，特別是用在高週率的放大。這個屏柵極，具有正電勢，但較屏極的電勢小，所以牠的作用，就好像在屏極和柵極的中間，加了一個遮屏，使應感電不致回到柵極上去。在普通收音機上，屏極的電勢大約是 135 伏特，而屏柵極的電勢是 80 伏特。有時屏極和屏柵極都接在一個電池的正極上，惟在屏柵極的線路裏，另加一個電阻，使屏柵極的電勢，小於屏極的電勢。

圖 135 就是這屏柵真空管的接法：

P 是屏極，SG 是屏柵極，G 是柵極（亦稱控制柵極），F 是燈絲。這種真空管最好是用作‘高週率放大’(High frequency amplification)，但有時也用牠來檢波。

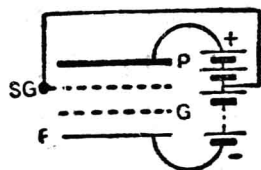


圖 135

上面所說的真空管，最好是用在柵極電壓變化很小的放大作用處。這種就是高週率放大作用。因為這裏的柵極電壓的變化，是直接從天線上來的，所以很小；並且因為這種真空管的特性曲線，並不很斜，所以只要柵極有一些很小的變

化，屏極電流就有很大的變化，因此放大率很大。如果柵極的電壓變化很大，屏極的電壓亦起很劇烈的變化，結果有時候屏極電壓竟會低於屏柵極的電壓，於是電子就要從屏極，被屏柵極反吸過去了。倘若將牠用來作低週率的放大時，那麼這現象時常發生。所謂‘低週率放大作用’(Low frequency amplification)，即檢波後的放大作用(參看第九章)。為要改良這缺點，我們又發明了‘五極真空管’(Pentode valve)。在五極真空管裏，屏極和屏柵極的中間，再加一個柵極，接着燈絲的負極。這個柵極就能夠阻止電子從屏極被屏柵極吸回去。圖136是表示這種五極真空管的接法。這種五極真空管，雖然是用在低週率放大的，但是高週率放大、檢波等作用，也都可以用牠。

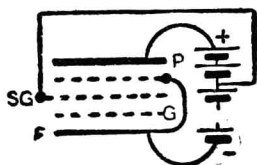


圖 136

在市上，現在有一種叫‘可變係數屏柵真空管’(Variable mu screened-grid valve)出現(放大係數，我們不久就要談到)。這種真空管，就是普通屏柵管的改良，用來做高週率的放大作用的。用普通的屏柵真空管，有的時候(不是時常發生的)要發生一種‘夾雜’(Cross-modulation)的現象。就是這隻真空管既可使某一電臺的載波和其所載的音波通過，又可使與牠鄰近電臺所發的音波通過，和那載波相混；結果在第二個真空管中所通過的載波必含着二個電臺來的波動。如果第一個電臺即那個要收的電臺的播音停止了，那麼其較近

電臺來的波，也就停止，雖然這電臺仍在繼續發播，結果就一個也不收到。

這一個缺點的主要原因，是因為真空管本身已經用之過度，其柵極電壓的變化已太小的緣故。若用了可變放大係數真空管，這個缺點就可避免，不過其中柵極的構造和前述的稍有不同，就是牠的特性曲線較屏柵管的來得平斜，所以柵極的電壓變化即使大些，也是無妨的（就是說柵極電壓可以大些，即柵極變更也可以大些）。把牠用在收音機上的時候，我們要使其能夠將柵極負電壓變動，則普通的方法，就是在柵極電池和柵極的中間，加一隻可變電阻器（或用一隻電壓計）。這種變動柵極電壓的裝置，大多用在音量控制的收音機上。

有時候，供給收音機裏的屏極正電勢及燈絲發熱的電，不用電池的電，而用電燈的交流電來代替，不過這種收音機所用的真空管，須有特別的構造。這種真空管，叫做‘交流真空管’(Mains valve)，又可分為三極管、屏柵管、或者五極管等等。

如果電源的供給是交流電，則在牠未輸入真空管屏極之先，必須先化之為直流電。但倘若這電是輸入燈絲的，則交流電也未始不可用，不過燈絲卻必須特別製造纔可：普通的方法，都是先將交流電通過裝在真空管內的另外一個發熱器，由這發熱器輻射熱度，而轉使燈絲（或負極）發熱的；所以這裏的燈絲是簡接的發熱。有一種真空管的絲極（負極），祇是一個面上塗有鋇及鎳的氧化物的鎳管子，而其中間放着發熱的鎢

絲（交流電通過鎢絲，和鎳管子是絕緣的）；當鎢絲發熱的時候，鎳管子的溫度也逐漸增高，以至紅熱。又由電燈線而來的交流電，電壓往往過高，須先用降變壓器，使牠的電壓降低到燈絲上所需要的，纔可使用。

如果所供給的電是直流電，那麼輸入屏極和絲極的電壓，都要用各種電阻來限制，使牠們適合於屏極或絲極的需要；太大或太小，都是不相宜的，並且有時爲要防止輸入的電壓本身有變化，還要應用各種有感應量和電容量的線路，不然，因了這種電壓的變化，在收音機裏就會有嘶嘶的聲音發生。

普通用電池輸電的收音機，若要將牠變成用電燈電源來輸電，也是極便當的事，只要配上幾件零件，因爲供給屏極電壓的乙電池，及燃熱燈絲的甲電池，都可以用電燈上的電源來代替的。

我們知道二極管祇有一個屏極和一個絲極；三極管除此以外，還有一個柵極；屏柵管則再要加上一個屏柵極，共成四個極；而五極管則在屏極和屏柵極之間，還要再加上一個柵極，所以是五個極。在這許多中間，你所知道的，以三極管爲最詳細，以後關於真空管的作用上，我們都要拿這個三極管來做解釋。

3. 真空管在無線電上的二種用處

我們現在要談到真空管在無線電收音機上的工作了。

圖 137 很可以幫助你的了解。這是一個真空管收音機的接

法，也叫做‘線路’ (Circuit)；在這裏有幾件日常需用的東西，都沒有畫上，因為這一張圖的主要目的，祇要使你明瞭真空管的作用及地位就足夠了。

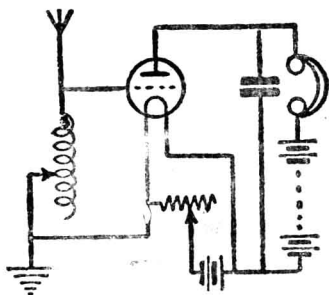


圖 137

右圖的最下面是用來使燈絲發熱的‘甲電池’ (Low tension battery)，通常爲了省電，都用蓄電池來代替牠，其電壓約在 2 到 6 個伏特間。有時這個電池的線路裏，還接着一個可變電阻（即箭頭所指着的方，作 \sim 形），來調節輸入燈絲的電流的過大或過小；不過在用最新式的真空管收音機裏，這種可變電阻，不是一定需要的。圖中右面的電池，是‘乙電池’ (High tension battery) (其電壓大約從 30 到 200 伏特的樣子，在電視機上，要用 300 以上的伏特)，牠的正極連接真空管的屏極及耳機。又天線感應圈的一端，接着真空管的柵極，而其另一端，則接着真空管的絲極，也可說連通甲電池的負極。橫跨在耳機及電池間的二條粗線，是代表容電器的；關於牠，讀者現在可以暫且不必去研究。

當電波傳到天線時，天線線路裏就引起電振盪，於是天線的感應圈兩端的電勢，就有變動；這種變動，即影響到柵極和燈絲中的電勢變化。在真空管中流動的電子，因了柵極電勢的變化，也引起同樣的變化，結果耳機的線路裏，乙電池的電

流，也發生相當的變化。這種強弱的變化，就使耳機發生聲音。實際上耳機線路中的電流變化，雖然是和柵極電壓的變化取同一步伐，但其變化的程度，每可以說，真空管不僅是檢波，而且有放大的作用存在。

這就是真空管的二種用處：(1)牠可以用來作檢波管，和礦石的作用一樣；(2)牠也可以用來作放大管，就是將收到的很微弱的電波放大，使耳機或揚聲器引起較大的振動而生很響的聲音。如上述的真空管，在用作檢波的時候，同時還帶着放大的作用。

放大的真空管，有將未經過檢波器，剛從天線裏來的微弱的電信，先行放大的，也有將已經經過檢波器後的電信，加以放大的；前者稱為‘高週率放大’(High frequency amplification)，因為電波是在高週率時被放大的(在普通的收音機上，這種方法等於將很遠的電臺，變成很近的電臺一樣)；後者叫做‘低週率放大’(Low frequency amplification)，這種放大的作用，能使耳機的發音加響，或者使一隻本來不能用揚聲器的收音機，可以用揚聲器來發音。

4. 真空管的放大作用

圖138是一種真空管的特性曲線。我們先來注意牠中間高起的一部份：當沒有電波傳來的時候，假使真空管的柵極的電壓是 OA ，則其相當的屏極電流是 AF ；當有電波傳來的時候，則天線中就引起電振盪(圖中基線下面的正弦曲線)而傳

到柵極線路，使其柵極電壓即起變化：即半個正電波，使柵極

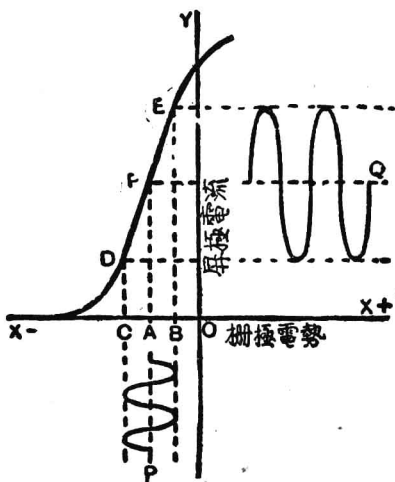


圖 138

電壓升高到 OB；半個負電波，使柵極電壓降低到 OC。當柵極電壓升到 OB 的時候，屏極電流從本來的 AF，增大到 BE；當柵極電壓降低到 OC 的時候，屏極電流也就從本來的 AF 降低到 CD。所以因了傳來的電波的關係，使柵極的電壓一高一低，在 OB, OC 的中間起變化，而屏極電流也就一起一伏的在 BE 和 CD 的中間起同樣的變化（如圖中第一象限上的正弦曲線）。屏極電流是完全依據柵極電壓的變化而變化的，而柵極電壓又是完全根據電波的變化而變化的，故無論電波變化的週率如何，屏極電流總是依收來的電波而起強弱的變遷的。

上面所講自 D 至 E 的一段，正是特性曲線中最陡直的一

部份，所以只要柵極電壓起很小的變動（如從C到B），屏極電流就起很大的變動（從D到E）。我們試看P，Q兩曲線，便更可明瞭：圖中的P是由天線電壓而生的柵極電壓的擺動，而Q是屏極電路中所引起的電流擺動；那Q和P相較，自然Q比P大得多了；由此可知曲線愈陡直，Q，P兩者相差也愈大。所以我們可以說真空管能將柵極裏很小的變化，變成很大。這就是真空管的放大作用。關於這一點，我們必須注意：要放大作用強，必須使真空管的作用，恰巧在牠特性曲線的近陡直的一部份，所以我們在應用真空管的時候，牠的特性曲線，便是首先應注意的。

真空管在無線電上，既如所前所說的重要，所以牠的作用和原理，讀者必須詳細了解；我們上面已經講過牠的放大作用，下面再來講牠的檢波作用。

5. 真空管的整流或檢波作用

真空管的第二個用處，就是檢波。關於這一種作用，我們所應注意的，就是真空管特性曲線的曲折度最大的一部份：如圖 139 (a) 中的 P 和 Q。這張圖中的曲線，已經加以放大，但為便利解釋及容易明瞭起見，我們更把牠改作如圖 139 (b) 所示。

假定當沒有電波傳來時，OA 是柵極的電壓，則屏極電流，就是 AP。當無線電波傳來時，則半個負的電波，就將柵極的電壓降到 OE，但是屏極電流並沒有起什麼影響，就是 ED，和

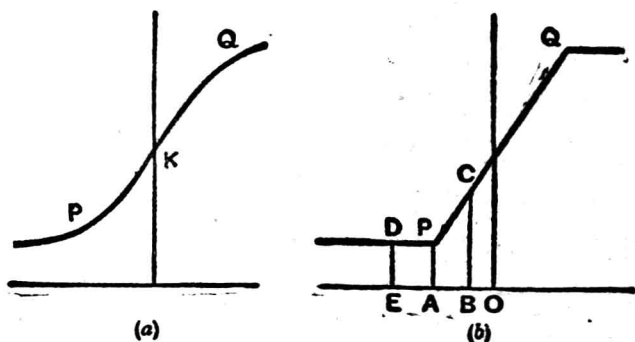


圖 139

起初 AP 是一樣的。當然半個正電波傳來時，柵極電壓就升到 B 點，屏極電流也就成爲 BC。因此我們知道，當正電波來的時候，屏極電流即從 AP 變到 BC，但負電波來的時候，屏極電流並不發生影響；所以真空管只影響於一個方向的電波的變動，正與礦石的作用一樣。要利用真空管的這一點性質，就必須使牠的作用，恰好在牠特性曲線曲折度最大部份纔可。

換句話說，當半個負電波來的時候，柵極的電壓由 A 降到 E，而屏極上卻毫無影響；當半個正電波來的時候，柵極的電壓由 A 增到 B，而屏極的電流也有增加的變化了。這種情形就是所謂的檢波作用。

圖140就是圖 138 下面一個彎曲度最大的地方，用在檢波中的情形。柵極先有負電壓如 OA 所示，而傳到天線裏來的電波是調幅電波，和上面所講的不同，於是柵極電壓就起同樣相當的變化，如圖中 P 所示；給果發生屏極電流的變化，就如 Q

所示。Q中向上的變化，遠大於向下的變化，實際上向下的變化等於零，所以總共說起來，屏極的電流是增大，並且因為曲線上部是直的，而不是曲的緣故，所以Q的變化和P的變化，差不多完

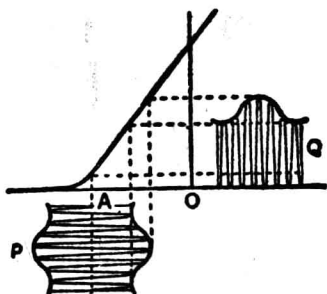


圖 140

全相似。換句話說，就是P和Q一個是輸入，一個是輸出，起互相成比例的變化。同樣，在曲線上面彎曲最大的一部份，自然也能夠有這種現象(見圖 139)。

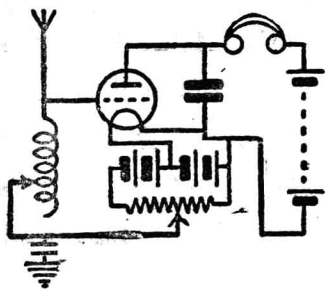


圖 141

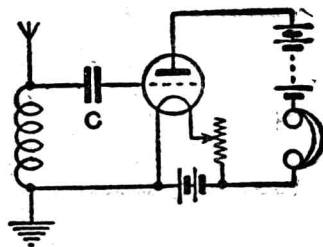


圖 142

這種真空管檢波的方法，我們稱為‘屏極檢波法’(Anode bend rectification)。圖 141 是以一隻接在天線線路上的真空管，用來表示屏極檢波的方法；從圖中我們可以看到地下面接連燈絲的電池，共有四隻，而燈絲祇接了其中的二隻，另外用一個電阻(叫做電勢計)，接牢電池外面的二端。倘若我

們將圖中所示活動接觸點變動，就可使柵極電壓變到如圖140中A時的情況。在這種情形之下，特性曲線的彎曲度最大，所以真空管就開始做屏極檢波的工作。

也許讀者的收音機，是用另一種叫做‘柵極檢波法’(Grid leak rectification)來檢波的。這種方法，就是要使真空管的檢波作用，恰好在牠特性曲線〔如圖139(a)〕K的地方。在這裏，柵極的電壓總是在零的附近；不過這種方法，對於初學者是最難解釋的。

現在先看圖142所示，在柵極線路裏，有一隻容電器C；C對於天線裏來的高週率電振盪，是不發生阻礙的(因交流電可通過容電器)。現在為簡單計，我們假定柵極電壓等於零。

當有電波傳到天線時，高週率的電振盪，就傳到柵極。如果上半個電波是正的，柵極就吸引從絲極中飛來的電子，有許多電子，就被牠吸住。這時，假使柵極電路上沒有容電器的話，電子就可以經過天線的感應圈，流到別處去；但是因有了容電器，電子就不能向他處流出，而完全附在柵極上面；其結果，就將柵極的電勢下降。

下半個電波是負的，所以更使柵極的電壓降落。再下半個電波，又是正的，所以柵極又吸引電子；但牠雖然吸取電子，而不能將電子放出，所以柵極的電壓逐漸降落。因柵極電壓的下降，我們知道，同時就影響到屏極電流的減小。換句話說，當電波傳來的時候，屏極的電流，愈過愈小，祇能起向下面的變化，而不能起向上方面的變化；這種現象，也是一種檢波

作用。

現在在這隻容電器 C 的兩端，再聯結一隻電阻極大的‘柵漏阻’(Grid leak) R (簡稱柵漏)，大約其電阻在一二百萬歐姆以上，如圖 143 所示。這種柵漏接上後，對於儲積在柵極的電子，即放開了一條出路，從柵極、柵漏，經過天線感應圈，回到絲極。不過這種走動，因為柵漏裏電阻極大，所以是很慢的，而且柵極亦必須達到某一個負電壓的時候，方有力量壓迫電子從柵漏中漏出。這種電子的漏出，就使柵極回復到原來的情狀，又可以作第二羣電波傳來的工作了。

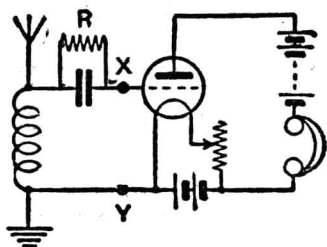


圖 143

所以由此看來，當天線上引起電振盪的時候，柵極就慢慢的增加負電勢，同時屏極電流也就漸漸的減低。但是當柵極上的電子聚得很多，達到某個負電壓的時候，這些電子就要從柵漏中流出去，使柵極的負電壓逐漸減低，而屏極電流慢慢的回復原狀。這種柵極上儲積電子的電壓變化，能引起屏極上電流相對的變化；因此，我們將耳機接在屏極線路上，就可以揚聲了。

照這樣看來，在柵極檢波的現象中，屏極的平均電流是減低的，而在屏極檢波中，極屏的平均電流是增加的。

下面也是柵極檢波的解釋，或者可使讀者更加明瞭。我

們知道當柵極的電壓較燈絲高的時候，牠就吸收燈絲中飛過來的電子，而成所謂柵極電流——即電子由燈絲飛向柵極。圖144就是表示這種現象的一個圖。這是一張真空管的特性曲線圖，但是不怎樣準確的，不過表示出我們要講的原理就是了。為便利起見，我們假定從O點起，柵極電流就開始流動。當柵極電

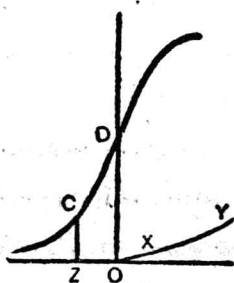


圖 144

壓逐漸的加大時，這種電流亦逐漸增大，牠增大的現象，可以看看XY（關於近代真空管中的這種曲線情形，以後我們還可看到）。

在柵極線路裏，我們放一隻容電器；又假定真空管是從D開始工作，O表示柵極電壓，DO表示屏極電流。現在假定有電波傳來，於是柵極上就發生電的振盪，當半個負電波到柵極的時候，柵極電壓就變成負，在圖上看來，柵極電壓就從O移向左面（如Z點），而屏極電流就減小至ZC。待下半個正電波來的時候，柵極裏的電壓要想從O的左面增高到O的右面去，這樣就產生了柵極電流；這就是說，有電子從燈絲飛來抵消了柵極加高電壓的作用，結果使柵極有負電的存在；且這種負電子，因有容電器橫阻在柵極的外面，祇能蓄藏在柵極內；因此，柵極電壓總不能夠升到O以右，而屏極電流也決不會比D更高；所以電波的作用，遂使屏極電流減小得比D更低，而電流的變化也在D以下，不致跑到D的上面去；結果真空

管在這種情形之下就產生了檢波作用。由此我們也可以說，柵極上半個負電盪，能使屏極裏產生同樣的變化，但其下半個正電盪，卻沒有這種作用，被隔絕了。這豈不就是檢波作用麼？

如果在這隻用作檢波的真空管前面，再另放一隻真空管來調節柵極上的電子量，則柵漏R(如圖143)就不應接在容電器C的兩端，而應接在X和Y的中間。這是因為容電器C可以使前一隻真空管的屏極的高電壓，不致因柵漏而使這隻檢波真空管的柵極發生妨礙。這種真空管的線路，逐漸的更可使你明瞭。

此外，還有所謂‘強力柵極檢波法’(Power grid detection)，這種方法的裝置，和柵極檢波法是一樣的，不過屏極的電壓最少在120伏特以上，有時可以到350伏特左右，又容電器和柵漏在這裏都比較小些。這種裝置，實際上就是使真空管作用在牠的曲線的另一部份上。這種方法，在強力的電臺附近，或者在屏柵高週率放大管後面，都可以用的。

6 真空管的失真放大現象

無線電收音機上的失真放大，全因為真空管的運用，不能確在牠曲線的較陡直部份的緣故。現代的放大真空管，大都在沒有電波傳來的時候，需要一個柵極電池來使牠的柵極保持着某種負電勢，以便牠做起放大工作的時候，能恰作用於牠曲線較陡直的一部份。這種所需要的負電勢，各廠家往往在

他們所製的真空管上註明白。假使柵極的電勢太高或太低，就要發生所謂失真放大的現象。

試回看圖 138，倘若加在柵極上的負電勢，開始是OA，那麼我們便得到很純粹的放大作用。但假使柵極的負電勢太大，如圖 145 中 OA 所示，那麼，放大作用的進行是太偏近於特性曲線上面的彎曲部份了。且這真空管除放大作用之外，

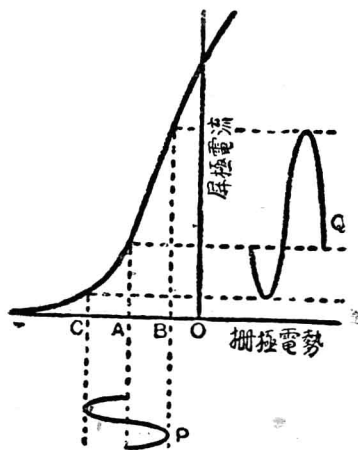


圖 145

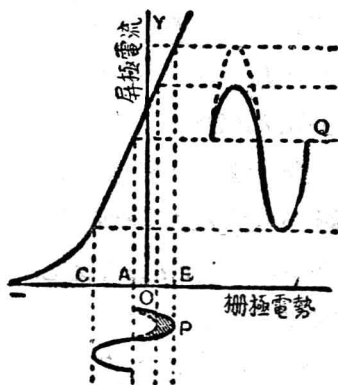


圖 146

還帶了些檢波作用，因此只得到些微的放大作用。又從圖上還可看到，屏極電流Q向下的擺動，比較向上的擺動小，於是柵極就負着過量的負電勢，所以我們不能得到純粹的放大作用。這就是由於柵極負電勢過大而生出的失真放大現象。

又倘若柵極的負電壓過小，如圖 146 中 OA 所示，那麼當柵極電壓變到O的右面的時候，柵極就負着正電勢，比較燈

絲的電勢更大。這樣一來，勢必產生柵極電流，而形成柵極檢波法；屏極電流向上的擺動，就比較向下的擺動小，結果也一樣的得不到純粹的放大作用。這就是由於柵極負電勢過小而生出的失真放大現象。

所以照這樣看來，要真空管有很好的放大作用，則牠的運用，必須要卻在牠特性曲線的較陡直部份，使屏極和柵極的檢波作用，都不致於隔離的產生，或發生失真放大現象。

7. 真空管的各種常數

(a)我們已經知道，柵極上電壓的變動，對於屏極電流生相對的影響，同時屏極電壓的變動，對於其本身屏極電流也生影響。但大多數的真空管，由柵極電壓的變化所生出的屏極電流的變化，較之由屏極電壓的變化所生出的屏極電流的變化為大。

假使由柵極電壓起 x 伏特的變化所生的屏極電流的變化和由屏極電壓起 y 伏特的變化所生的屏極電流的變化一樣的話，那麼 y 總比 x 大， y 和 x 的比例普通稱為這真空管的‘放大因數’ (Amplification factor)，而用 μ 來代表。現代的真空管中，有些 μ 是在 50 以上；有幾隻屏柵管，竟在 350 左右。

(b)如柵極電壓的變化為 x 伏特，而由其所生出的屏極電流的變化為 c ，那麼 c 和 x 之比例，稱為真空管的‘互導係數’ (Mutual conductance)。這常數，表示因柵極電壓的變化而生的屏極電流的變化率。

(c)假使由屏極電壓 y 的變化,所產生的屏極電流的變化是 c ,那麼 c 和 y 的比例,就稱為‘屏極斜導係數’(Plate slope conductance or anode slope conductance)。這個係數,就是屏極電流的變化和屏極電壓的變化的比例。

(d)屏極斜導係數的逆數即 $\frac{V}{c}$,稱為‘屏極斜導電阻’(Plate or anode slope resistance),但是普通也稱牠為真空管的電抗,以 R_a 來代表。從上面各個定義,我們可得下面一式:

$$\text{互導係數} = \frac{\text{放大因數}}{\text{真空管電抗}}$$

這幾個真空管的常數,都可從真空管的曲線裏得到。圖 147 是一隻英國 Mullard 公司 PM 256A 真空管的曲線。

假使我們先認定 C 點,在這裏屏極電勢是 100 伏特,柵極電勢是負 10 伏特。如果我們要使屏極的電流有 CB 的變化(約三十毫安培),那麼我們可以使屏極電勢增到 150 伏特,而柵極電勢仍舊是負 10 伏特;或者也可以使屏極電勢仍舊是 100 伏特,而將柵極電勢變更 CF (等於 CD),使曲線到 E 的地方;所以這隻真空管的放大因數為 $50 \div CD$ 。

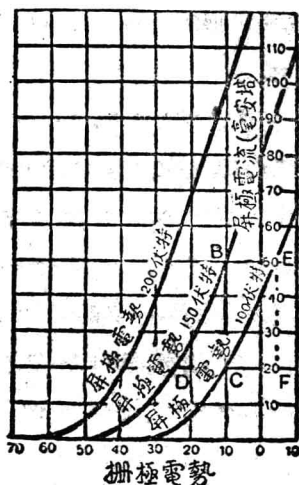


圖 147

同樣我們認定D點，牠的屏極的電勢常是150。若將柵極的電勢增大到C，則屏極電流就增加到B，電流的增加是CB，那麼 $\frac{CB}{CD}$ 就是真空管的互導係數，其中CB以毫安培為單位，CD以伏特為單位；所以這互導係數的單位，常以每伏特若干毫安培，或用mA/V來表示。

真空管的電抗，就等於放大因數除以互導係數——在行這個計算時，須注意先將電流的毫安培單位變成安培單位，方纔不致弄錯。

但是關於這些曲線，讀者在各種無線電實驗中，能覺着事實上的困難。我們知道，上面所說的，都是‘靜的真空管特性 (Static characteristics)’，這就是說，假定真空管上的電勢都是不變的，但是事實上在收音時，電勢卻時時發生變動。我們假使要知真空管的最大輸出量等，我們一定要曉得真空管動的特性。關於這點，我們也可以拿曲線來代表牠們，就是用橫線來代表屏極電勢，垂直極來代表屏極電流；這種曲線，就可以表示屏極電流在各種柵極電勢及屏極電壓時的大小。如果要將牠解釋詳細，不是本書所能及到，不過粗淺的觀念，我們應該介紹一下，如圖148就是這種真空管用作輸出級的曲線：A有伏特的柵極電壓，B是普通的柵極電勢，C有二倍於普通情狀的柵極電勢，D是普通時候的屏極電勢，而E是普通時候的屏極電流。現在經過X畫一根直線YXZ，使YX=XZ，然後再畫成三角形YPZ，於是我們就知道 $(YP \times PZ) \div 8$

就得出真空管輸出線路（如揚聲器）的能率，YP 以毫安培為單位，PZ 以伏特為單位，所以上面的公式所得出的能率，是以毫瓦特為單位的。且輸出的能率，倘若愈大，則響度亦愈大。所以實際上，YXZ 就是真空管動的特性。切實講來，YX

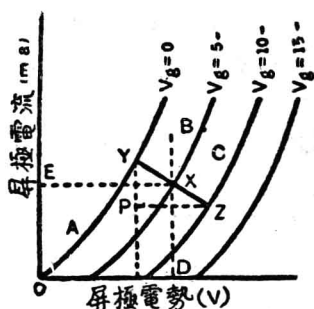


圖 148

和 XZ 並不相等，牠們的比例是 11 比 9；並且 $\frac{PZ}{PY}$ 即等於外面揚聲器的相當電阻。

8. 各式的真空管

當選擇真空管的時候，我們要注意下面的三點：(1) 我們須選擇比較有名的廠家的出品；(2) 選擇的真空管，須適合我們的需要，如專任高週率放大作用，專任檢波作用，專適合於低週率放大作用，以及最適合於最初輸出級真空管等等；(3) 所選擇的真空管的特性，須能與收音機其牠的各部共同合作。這最末的一點，在講收音機時還要提到。

在近代的無線電收音機上，高週率放大作用，大都是由屏柵極來擔任的，因為牠的放大作用很大，而且牠的各極間的電容量又很小。至於最後一級的輸出管，普通仍用強力或者超強力的三極真空管，但有時利用五極管，效力就很高。這就是因為五極管除了牠的極數多於另一個以外，同時牠的阻抗

較強力管的大，大約牠們的比例是 20,000 到 60,000 歐姆，和 3,000 到 5,000 歐姆之比。不過還得補說一句，如果就直接的將五極管來代替最末一級的強力管，而其他不加更改，則其結果反要使我們失望——尖聲很響，聲音不悅耳。但是如果用了適當的揚聲器，和輸出變壓器，或者抗流圈以及調音線路（在第十一章中解釋）等等，那麼五極管的特點，就能顯現出來，即放大作用增大，而聲音量亦加強了。

在三極真空管管基上，有四個腳，二個接着燈絲，一個接着屏極，另一個接着柵極。在屏柵管裏，屏極接在管的上面特別設置着的一端，屏柵極就接在如三極管管基上接着屏極的一個腳上。在五極管裏，屏柵極是從管的中央接出的。在‘旁熱式’（Heater type）的交流真空管管基上，有五個腳，二個接到管中的放熱絲，一個接到屏極，一個接到柵極，中央一個接到管中的陰極；有的時候五極管管基上亦有五個腳，一個腳是代替上面五極管管中間的一個極，即是接通屏柵極的。這都是指英國式的真空管而言，至美國式的真空管，就不是這樣了（通常屏柵管的抗流柵極，是在管頂上的）。

9. 新式真空管

自從一千九百三十三年以來，各式的新真空管，在收音機上，有很大的發展。這種新式的真空管，都就是上面所說的幾種基本真空管的改良品，目的僅在想收音上，可得較好的效果。本來在未研究過收音機的線路設計以前，來講到為何要

有這種新式管的改良等等問題，大概是容易明白的，最好當然是放在講了線路以後，但是因為以後常常要遇到這種真空管，所以也不妨在這裏先約略談一談。

自從一千九百三十三年以來，所有的新的真空管中用得最多的，恐怕就是‘乙類輸出管’(Class B output valve)。這種真空管，在收音機上，是用在最末一級作新式的低週率放大的。這種放大作用，叫做‘乙類放大作用’(Class B amplification)，在第十一章中還要講到，這裏不過簡單的談一談牠的好處及作用。我們知道，在輸出最末的一級，如果用兩隻真空管(如二隻五極管)，把牠適當的交連起來，則輸出的音量，可以大大的增加，同時電池裏電的消耗，也可以節省。乙類真空管，也就是因為這種需要而產生的。

牠不過是二隻三極管同裝在一個真空管中，有二個屏極，二個柵極，二個絲極，如圖 149 所示。其中 PP 是屏極，GG 是柵極，FF 是絲極；圖 150 就是普通的乙類真空管。

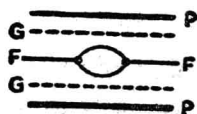


圖 149

在這種真空管的管基上，有七個腳，管座上亦有七個插洞，可以和這七個腳相合。圖 151 就是這種新式真空管的管座。我們在這個管座上，可以看到絲極祇有二個極接出，因為燈中二個絲極，可以合用這兩個極的緣故。管座上還有一個陰極。交流電通過燈絲後，燈絲就發熱，但是牠本身不發射電子，只使這陰極加高溫度，而陰極溫度一經增高，就自能放射電子出去。這種作用，在交流真空管裏，是極普通的，通



圖 150

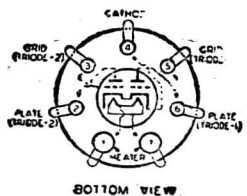


圖 151

常稱牠為旁熱式真空管。圖的中央表示管中大概的情形，我們一看這圖，就很容易知道這真空管的全部裝置。

在第十一章裏，將要談到關於乙類放大作用，以及乙類輸出管的線路。我們在那時，可以曉得乙類真空管的好處：——就是可以輸出很大的能力，差不多和交流管一樣，並且不發生失真現象，同時牠又很節省電的消耗。如有幾隻這樣的真空管，則其所輸出的響度，要較其他的強大十幾倍，而所消耗的電量，卻反較其他的小些。這就是因為普通的強力管，雖然在收音時中間有間斷，而消耗的電是一樣的；但是乙類真空管，就不是了，牠在中間間斷的時候，電池的電消耗，僅不過是二三個毫安培。

乙類真空管的燈絲電流，約為0.4安培(也有0.2安培的)，電壓為2伏特，輸出能力為2瓦特(普通的強力管，只有200毫瓦特，即0.2瓦特)。這種乙類管，具有很大的希望，即在用電池的收音機上，也要用到牠，這在第十一章裏，更可以明白的顯示出者。

另有一種重要的新式真空管，叫做‘二極三極學生管’(Double-diode-triode valve)。二極管的構造，我們已知道(見圖132)，其管中有一個絲極和一個屏極，牠祇是一個純粹的整流管，電流在其管中的通過，只在屏極荷正電勢時，荷負電勢的時候，就沒有電流通過，所以交流電在這個管中，就變成直流電了。因此這種真空管，不能如三極管一樣的有放大作用，牠在收音機裏，必須再有一隻低週率放大三極管，纔能將其所得的響度，和一個普通的三極管相比。要利用二極管的整流作用，和三極管的放大作用，我們就將牠們同放在一個真空管中，這樣就成了一隻二極三極學生管了。

在收音機上，有時因遠處電臺來的信號，會發生‘衰落現象’(Fading)，或者因近處電臺來的信號，起狂暴的響聲。這種現象都是必須改良的。新式的交流真空管，也就因此而問世。牠非但能將遠距離的信號放大，將近距離的信號減弱，使其響度適中動聽，並且還能自動的做這種工作，不須人來動手；這就是所謂‘自動音量控制’(Automatic volume control)，簡寫是 A. V. C.

還有一種，叫可變放大因數屏柵管，是用在收音機的高週率一級裏做放大作用的。牠的好處，就是使我們祇稍稍改變柵極的負電勢，放大作用就可加大(放大作用在這裏，是用這真空管特性曲線的較直的一部份來表示)。假使把柵極的負電勢加大，則放大就減小(放大作用在這裏，是用特性曲線較斜的一部份來表示)。這種現象，我們祇要看那隻真空管的

特性曲線，就可明瞭。

現在我們再假定用一隻檢波管，使牠的屏極接在一隻上面所說的高週率可變放大因數真空管的柵極上。這樣一來，檢波管就有控制這隻高週率放大管柵極上負電勢的力量。現在如果所收到的信號電力很微，那麼這隻高週率放大管柵極上的負電勢就減小，而放大作用就加大。反之，如果信號極強，那麼柵極負電勢加大，放大作用也就減小。這就是自動音量控制真空管的淺顯的原理。還有一點，我們要注意的，就是惟有二極管來輸出這種控制柵極電勢的電壓，方纔能達到上述的效用。

從上面各方面的推進，我們就又有所謂‘雙二極三極真空管’(Double-diode-triode valve) 的產生。牠有一個陰極(即三極管中的絲極，不過是另用一個放熱絲來發熱的)，一個柵極，一個主屏極 P (或者叫陽極) 及二個另外的小屏極 AP (我們稱牠為附屏極)，裝置如圖 152 所示；右邊是一隻普通的交流三極管，可和牠對照。這隻管中的主屏極、柵極和陰極(連發熱絲)合成普通的三極管，附屏極和陰極，更合成另外的二隻二極管。在牠們中，有一個用來作為間隔，使不致有干涉發生的遮屏。這隻雙二極三極管，可以用來檢波(因為有二極管的裝置)，同時也可以用作低週率放大(因為又有三極管的裝置)。二極管的一部份，可以接出來和一隻前面所述的可變放大因數管連接，產生自動音量控制(A. V. C.)的作用。

再將上面所說的加以改良，則又有所謂‘雙二極五極管’

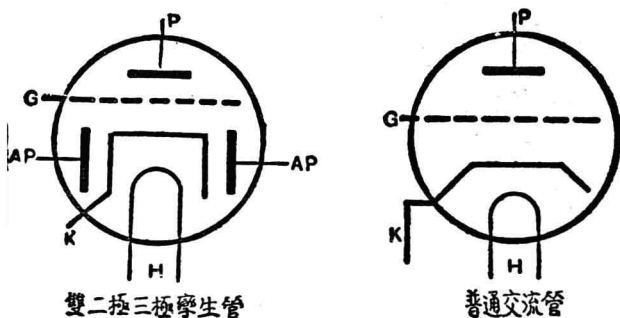


圖 152

(Double-diode-pentode valve)。這種真空管的原理，和上面的一樣，不過牠多了二個柵極。圖 153 就是一隻美國亞爾西愛勝利公司所出的 6B7 雙二極五極管，管中有二個二極管的裝置，及一個可變放大因數的五極管。其極片的排列，及燈基上七隻腳的位置，都如圖 153 所示。管頂上的一極，連接到管中的柵極。這個真空管的裝置，可以產生下面的作用，內中的二個二極管是具有檢波和自動音量控制的作用，五

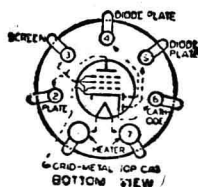


圖 153

極管的一部份具有低週率放大的作用；而且不但如此，自動音量的控制，在低週率和高週率級裏，都可發生效力，所以我們可以得到一個很圓滿的自動音量控制的作用。

原著者在本章有幾種常用的真空管介紹給讀者，不過他所介紹的，都是英國的出品，而現在我國真空管的市場，卻都被美國出品所佔據，所以要想買幾隻英國出品的真空管，在內地固然辦不到，就是在上海也是很難的。英國真空管雖然有幾隻是特別設計的，但通常用的，也和美國出品的差不多；就是說：以相當的美國出品來代替英國出品，雖然稍有出入，但也不致應響收音的成績。爲此譯者選出了幾種常用的美國真空管，附在下面，以便讀者採購：

美國出品的真空管，各廠訂有公議，所以凡是同號的真空管的特性，則各廠所出的，都是一樣，惟牠們的效力略有不同。如 RCA 勝利公司及沙爾文等名廠的出品，效力總比別家的出品靠得住，不過價格上也比較高一些。然讀者寧可多費些錢，購高等的出品，切不可貪一時便宜而買劣貨。

美國式真空管的命名，可分二部份：一種是舊式真空管，牠們的號數，是毫無意義的，如 30,31,32 號等等。但近來新出品的號數，就有意義了。祇要見這隻真空管的號數，差不多就可以明白這真空管的大概。牠們的號數，由三部份組成，第一部和第三部是數字，中間的一部份是一個字母，如 2A7，字母前面的一個數字代表燈絲的應有電壓的整數，譬如 2A7 號數的真空管的燈絲電壓是 2.5 伏特，2 就是代表牠的電壓的整數。

因為美國式真空管的燈絲電壓常在 2 伏特與 3 伏特之間，約為 2.5，所以就用 2 來代表 2.5 伏特。又如 6A7 前面的數字是 6，同樣的代表 6.3 伏特。但也有例外，如 2 伏特的省電式的真空管字母前面的數字是 1，如 1A6，照例牠的燈絲電壓應為 1，而其實不然，牠的燈絲電壓實有 2 伏特，這是爲了要和燈絲電壓為 2.5 伏特的真空管容易區別起見，所以纔定了 1 的數字。後面的數字，即代表這真空管的極數，如 2A7 即表示一個七極管：一個絲極，一個陰極，四個柵極和一個屏極。中間的字母代表真空管的式樣，如 2A7，6A7 中間的字母，都是 A 字，而且都是七極管，所以就可知這兩管的作用相仿，不過牠的燈絲電壓一為 2.5 伏特，一為 6.3 伏特罷了。但是如 6A7 和 6F7，雖然字母前後的數字相同，而字母不同，所以牠們的特性和作用，也就完全不同。

其他如飛利浦和馬可尼式的真空管，效力也不差，在我國亦頗通行，讀者也不妨採購。

茲另附幾種常用真空管的特性表和特性曲線於下，以供讀者參考。表中時常要看到很多的英文字母，而這種字母又各有各的意思；現在爲了方便，牠用簡寫字母來代表這許多字體冗長的名詞。茲將常用的幾個簡字列之於下：

A. C.	交流電	D. C.	直流電
E_f	絲極電壓	E_c	控制柵極電壓
V	伏特	A	安培
m.A	毫安培	I_f	絲極電流

r_p	屏極電阻	G_m	互導係數
μ	放大因數	E_{signal}	輸出電壓
I_p	屏極電流	C_c	柵極電流
R_p	荷阻	μ_f	微法拉
RMS	輸入乙類真空管之電壓		

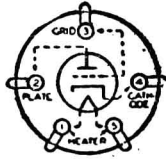
最普通的三極管為30號，是初學者最好的試驗品；和牠相似的，有交流式的27號，及飛利浦的A109號，尤其是27號的特性，差不多和30號的一樣，所以我們可以拼起來討論。下面就是這三種真空管的特性表、管座及特性曲線。

真空管號數	27			
燈絲電壓	2.5(A.C.或 D.C.)			伏特
燈絲電流	1.75			安培
屏極電壓	90	135	180	250 伏特
柵極電壓	-6	-9	-13.5	-21 伏特
屏極電流	2.7	4.5	5.0	5.2 毫安培
屏極電阻	11000	9000	9000	9250 歐姆
放大因數	9	9	9	9
互導係數	820	1000	1000	975 微姆歐
屏極柵極電容量	3.3			微微法拉
柵極絲極電容量	3.1			微微法拉
屏極絲極電容量	2.3			微微法拉

真空管號數	30	A109	
燈絲電壓	2.0(D.C.)	1.0—1.3	伏特
燈絲電流	0.080	0.06	安培

屏極電壓	90	135	180	20—150	伏特
柵極電壓	-4.5	-9	-13.5	-9	伏特
屏極電流	2.5	3.0	3.1	2.0	毫安培
屏極電阻	11000	10300	10300	20000	歐姆
放大因數	9.3	9.3	9.3	9	
互導係數	850	900	900	450	微姆歐
屏極柵極電容量		6.0		2	微微法拉
柵極絲極電容量		3.0			微微法拉
屏極絲極電容量		2.1			微微法拉

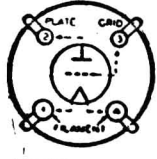
27



BOTTOM VIEW

圖 154

30 及 A-109



BOTTOM VIEW

圖 155

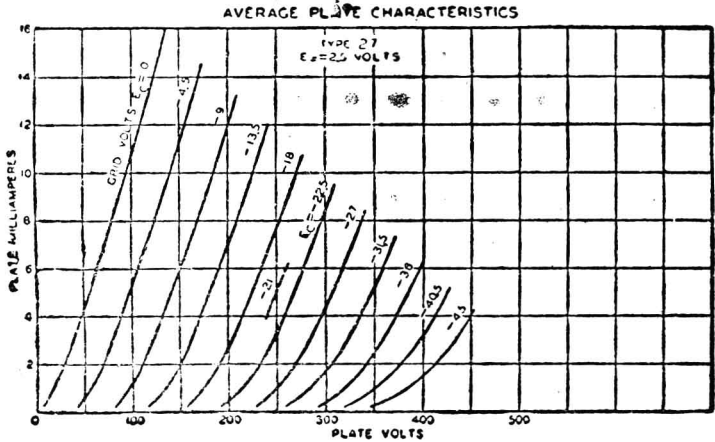


圖 156

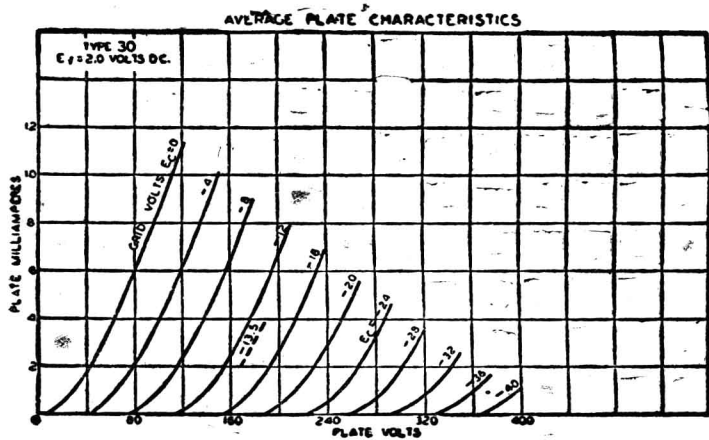


圖 157

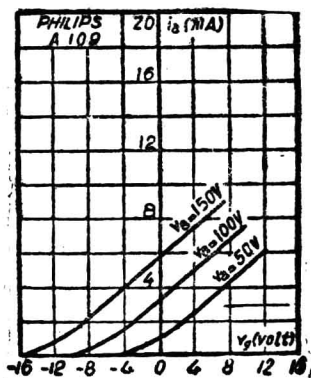


圖 158

30 號和 27 號，普通用作檢波管，也可以用作高放管或低放管，不過效力沒有像特別設計的屏柵管或五極管那樣好。

用牠作檢波管時，如以柵極檢波法，則屏極電壓不能超過 45 伏特，所用的柵漏和柵極容電器，以 1-5 百萬歐姆，和 0.00025 微法拉為最相宜，至柵極線路的一端接於甲電正極。用屏極檢波法時，屏極電壓可以達到牠的最高值，而柵極負電壓以屏流為 0.2 毫安培時所產生的為最好。

假使用一個 2 伏特的蓄電池，或用一個乾電池，來充 30 號真空管的甲電，則可不必接燈絲可變電阻；A-109 就不同，無論用蓄電池或乾電池來充甲電，都要接上燈絲可變電阻；至 27 號所用的甲電是交流電。

31 號的真空管和 45 號的交流管，都是普通常用的三極強力放大管，牠們的特性表、管座及特性曲線如下：

真空管號數	31		45			
燈絲電壓	2.0(D.C.)		2.5(A.C. 或 D.C.)			伏特
燈絲電流	0.130		1.5			安培
屏極電壓	135	180	180	250	275	伏特
柵極電壓	-22.5	-30	-31.5	-50	-56	伏特
屏極電流	8.0	12.3	31	34	36	毫安培
屏極電阻	4100	3600	1650	1610	1700	歐姆
放大因數	3.8	3.8	3.5	3.5	3.5	
互導係數	925	1050	2125	2175	2050	微姆歐
屏極線路阻抗	7000	5700	2700	3900	4600	歐姆
自生柵極負電壓電阻	2815	2440	1020	1470	1550	歐姆

輸出電能	0.185	0.575	0.825	1.6	2.0	瓦特
屏極柵極電容量	5.7			7		微微法拉
柵極絲極電容量	3.5			4		微微法拉
屏極絲極電容量	2.7			3		微微法拉

這兩隻真空管都可用作推挽式放大。兩隻 45 號，用作推挽式放大管時，其特性表如下：

	固定柵極負電壓	自生柵極負電壓	
燈絲電壓(A.C.)	2.5	2.5	伏特
屏極電壓(最大)	275	275	伏特
柵極電壓	-68	—	伏特
無信號時的屏流(每管)	35	36	毫安培
最大信號時的屏流(每管)	69	45	毫安培
屏極線路阻抗	3200	5060	歐姆
自生柵極負電壓電阻	—	775	歐姆
失真	5	5	%
輸出電能	18	12	瓦特

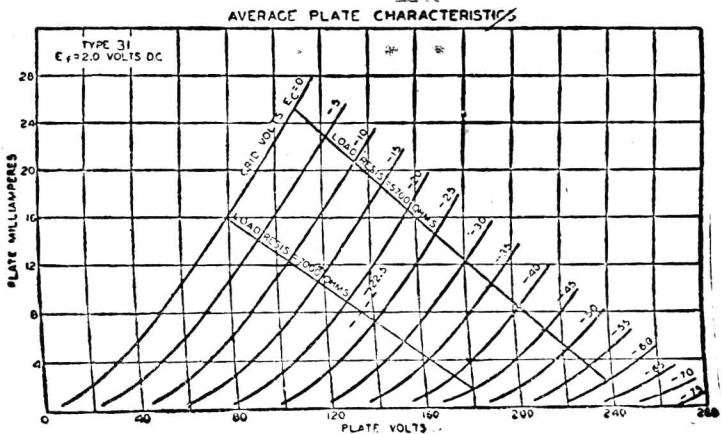


圖 159

31, 45

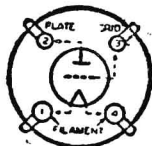


圖 160

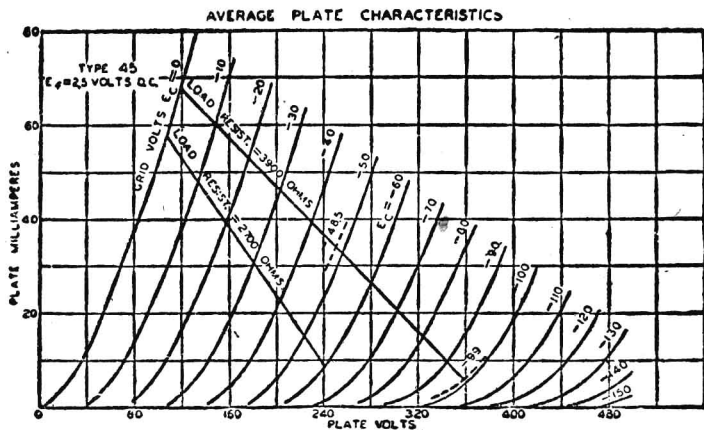


圖 161

31 號的甲電供給,和 30 號的一樣。還有 2A3 號的特性和 45 號的差不多,不過牠的輸入和輸出電能都太大,不適於讀者的試驗。

高週率放大管,通常都用四極屏柵管,因為有了屏柵極,屏極和柵極間的電容量,可以減至極小,可不生自振盪的現象。普通用作高放的屏柵管,以屏極和柵極間的電容量愈小愈好,而以放大係數愈高愈好。

高放管與普通的三極管不同，牠的外面總用金屬的罩子罩起來，否則會因其他各部份的影響，產生回授作用而自生振盪。特性表中的屏極、柵極間的電容量，也是當其外面有金屬罩子罩着時所測得之值。

如 32、35 號等真空管都是高放管；32 號為 2 伏特的直流管，而 35 號為 2.5 伏特的交流管。下面是牠們的特性表、管座和特性曲線：

真空管號數	32		35		
燈絲電壓	2.0(D.C.)		2.5(A.C. 或 D.C.)		伏特
燈絲電流	0.060		1.75		安培
屏極電壓	135	180	180	250	伏特
屏柵極電壓	67.5	67.5	90	90	伏特
柵極電壓	+3	-3	-3	-3	伏特
屏極電流	1.7	1.7	6.3	6.5	毫安培
屏柵極電流	0.4	0.4	2.5	2.5	毫安培
屏極電阻	0.95	1.2	0.3	0.4	百萬歐姆
放大因數	610	780	305	420	
互導係數	640	650	1020	1050	微姆歐
屏極柵極電容量	0.015		0.007		微微法拉
輸入電容量	5.3		5.3		微微法拉
輸出電容量	10.5		10.5		微微法拉

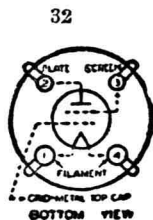


圖 162

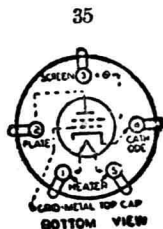


圖 163

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS

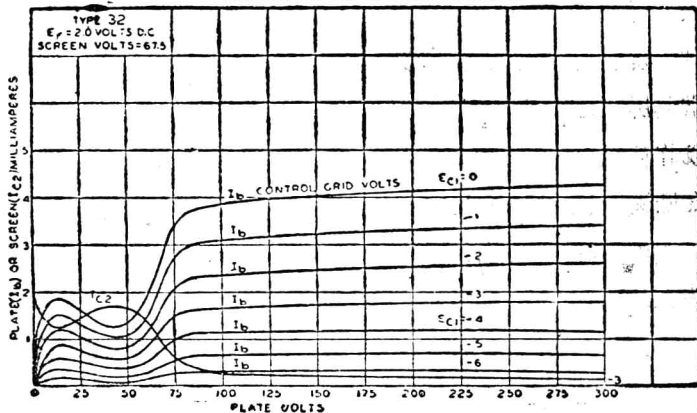


圖 164

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS

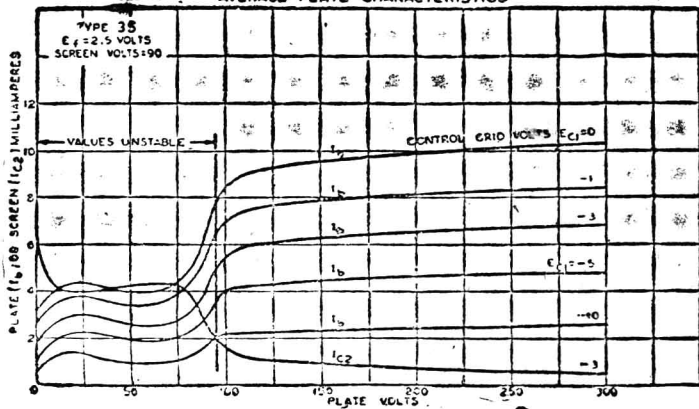
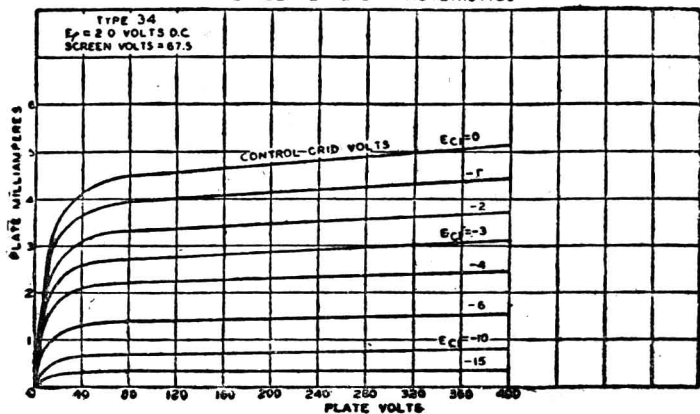


圖 165

四極屏柵管的屏極電壓，一定要高於屏柵極電壓，因為牠們的屏流，若當屏極電壓小於屏柵極時，極不穩定。就是說：32 號的屏流，當其屏極電壓小於 67.5 伏特，和 35 號的屏流，當其屏極電壓小於 90 伏特時，雖然其屏極電壓增加，而屏流或許會減少。要免去這種現象，應在屏極和屏柵極間，加一陰柵極，這陰柵極和絲極或陰極，連接在一起，所以雖多加了一個陰柵極，而外面的插腳，卻沒有增加。這種式樣的真空管，如 34 號和 39/44 就是。牠們的效力，比前面的四極屏柵管好。34 號是 2 伏特的直流管，39/44 號是 6.3 伏特的交流管，下面即是牠們的特性表、特性曲線和管座：

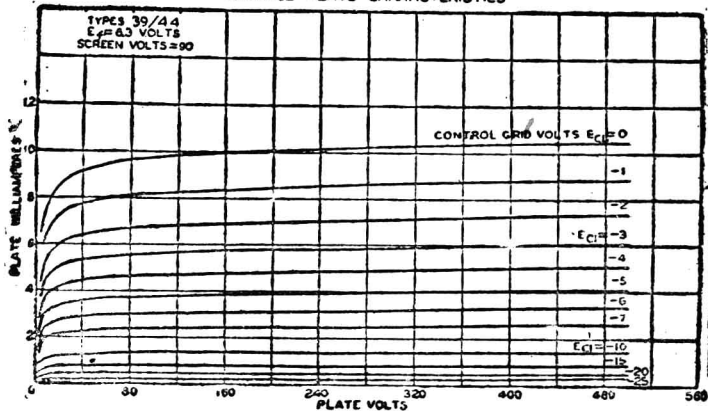
真空管號數	34			39/44			
燈絲電壓	2.0(D.C.)			6.3(A.C. 或 D.C.)			伏特
燈絲電流	0.060			0.3			安培
屏極電壓	67.5	135	180	90	180	250	伏特
屏柵極電壓(最大)	67.5	67.5	67.5	90	90	90	伏特
柵極電壓(最小)	-3	-3	-3	-3	-3	-3	伏特
屏極電流	2.7	2.8	2.8	5.6	5.8	5.8	毫安培
屏柵極電流	1.1	1.0	1.0	1.6	1.4	1.4	毫安培
屏極電阻	0.4	0.6	1.0	0.375	0.75	1.0	百萬歐姆
放大因數	224	360	620	360	750	1050	
互導係數	560	600	620	960	1000	1050	微姆歐
屏極柵極電容量	0.015			0.007			微微法拉
輸入電容量	6.0			3.5			微微法拉
輸出電容量	11.5			10			微微法拉

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS



■ 166

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS



■ 167

34

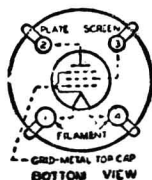


圖 168

39/44

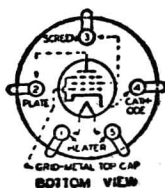


圖 169

32 號、34 號的甲電供給，和 30 號的一樣。35、39/44 號的陰極最好接在燈絲變壓器的副線圈的中心分線頭，或者在副線圈的兩端，接一約為 50 歐姆的電阻，而陰極接在電阻的中心。總之使陰極的電壓與燈絲的電壓的相差愈少愈好。

普通收音機中，最後輸出級的強力五極管的構造，和有陰柵極的高放管一樣，不過設計不同而已。強力五極管的優點為輸出的電力極大，而屏路的損耗電力倒很少，就是柵極輸入信號電壓極小時，屏路的電力輸出可以很大。所以在這種真空管如 33、41、47 號等的前面，用不到再加一級低放。33 號是 2 伏特的直流管，41 號是 6.3 伏特的交流管，47 號是 25 伏特的交流管。下面是牠們的特性表、管座和特性曲線：

真空管號數

41

燈絲電壓

6.3(A.C. 或 D.C.)

伏特

燈絲電流

0.4

安培

屏極電壓

135 180 250

伏特

屏柵極電壓

135 180 250

伏特

柵極電壓

-10 -13.5 -18

伏特

屏極電流

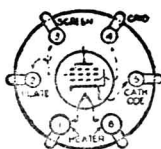
12.5 18.5 32

毫安培

屏柵極電流	2.2	3.0	5.5	毫安培
屏極電阻	94000	81000	68000	歐姆
放大因數	150	150	150	
互導係數	1600	1850	2200	微姆歐
屏極線路電阻	10400	9000	7600	歐姆
自生柵極負電壓電阻	680	630	480	歐姆
輸出電能	0.75	1.5	3.4	瓦特

真空管號數	33		47		
燈絲電壓	2.0 (D. C.)		2.5		伏特
燈絲電流	0.260		1.75		安培
屏極電壓	135	180	100	250	伏特
屏柵極電壓	135	180	100	250	伏特
柵極電壓	-13.5	-18	-7	-16.5	伏特
屏極電流	14.5	22	9.0	31	毫安培
屏柵極電流	3	5	1.6	6	毫安培
屏極電阻	50000	55000	103500	6000	歐姆
放大因數	70	90	150	150	
互導係數	1450	1700	1450	2500	微姆歐
屏極線路電阻	7000	6000	12000	7000	歐姆
自生柵極負電壓電阻	770	670	660	450	歐姆
輸出電能	0.7	1.4	0.33	2.7	瓦特
屏極柵極電容量	1.0		1.2		微微法拉
輸入電容量	8.0		8.6		微微法拉
輸出電容量	12.0		13.0		微微法拉

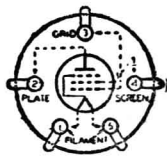
41



BOTTOM VIEW

圖 170

33,47



BOTTOM VIEW

圖 171

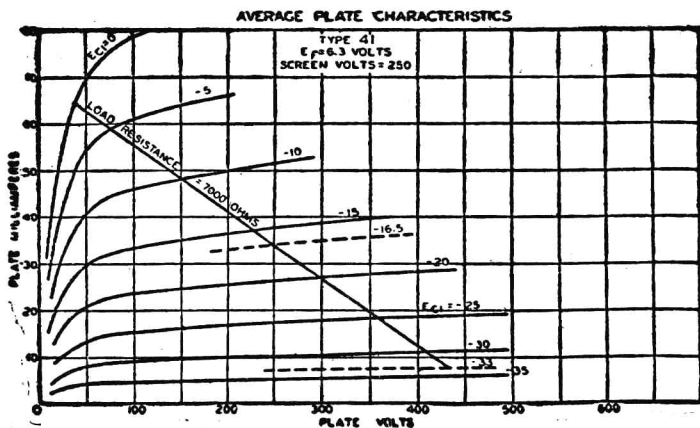


圖 172

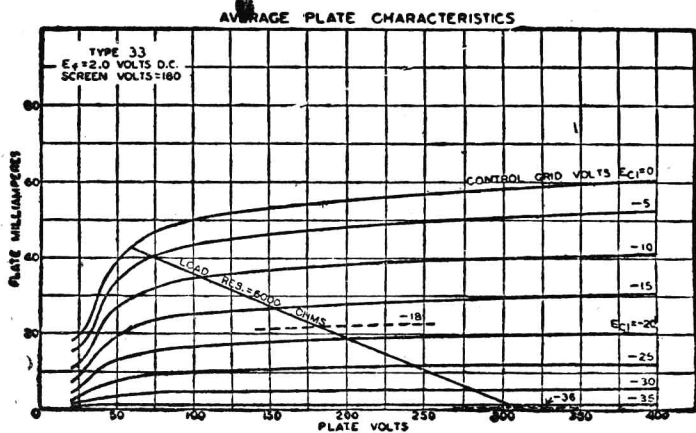


圖 173

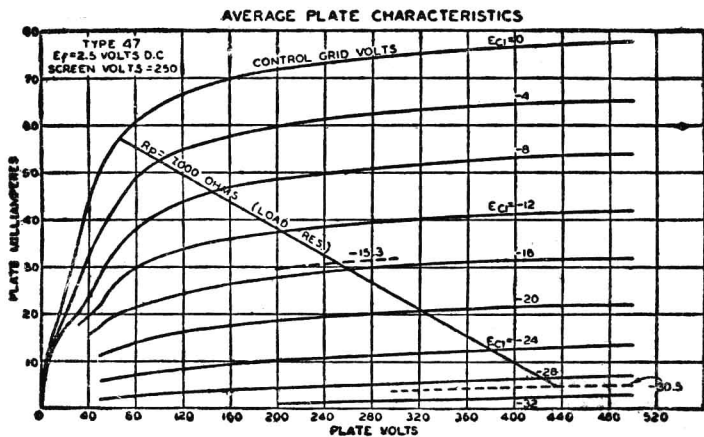


圖 174

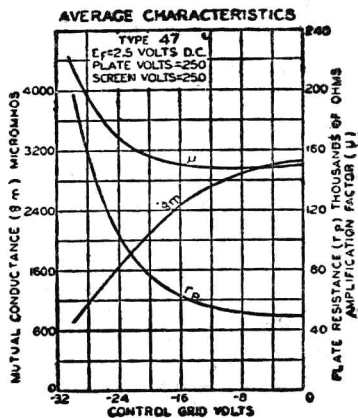
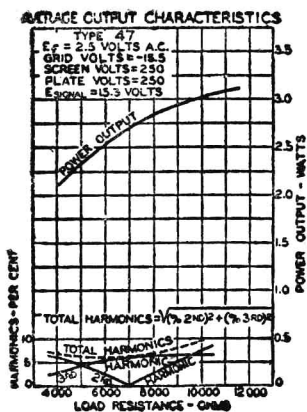


圖 175

33號的甲電供給,也和30號的相同;41號和47號的陰極接法正和35號的相同。這三隻真空管,用變壓器交連或抗流圈交連都可以,不過以電阻交連時,33號和41號的柵極電阻,不能超過1百萬歐姆,47號的柵極電阻不能超過0.5百萬歐姆。假使沒有自生柵極負電壓的裝置,柵極電阻的最大值,還不及此數:33號祇有0.05百萬歐姆,41號祇有0.1百萬歐姆,而47號祇有0.05百萬歐姆。假使二個同樣的真空管連在一起,作推挽式放大時,牠的自生柵極負電壓電阻的值,就應減少一半。38號真空管的輸出電能,較41號的小些,且牠的絲極電流亦較41號的小。通常這兩隻真空管,因特性相似,可以互用。41號的在應用時,通常玻璃泡發生高熱,所以關於這隻真空管的通風問題,極須注意。47號的在應用時,玻璃泡現出藍色光輝;這是因為電子在管內衝撞玻璃管發生所謂‘螢光’(Fluorescence)的自然現象的緣故,然這種自然現象,對於真空管的特性是無關的。

乙類放大的真空管,大都是二個三極的學生管;這種真空管是特別設計的。當沒有信號輸入時(就是沒有柵極負電壓),屏流很少,這樣祇以很小的電能消耗,即可得到很大的輸出電能。這種放大效力,固然很大,但設計時,就應特別注意。乙類放大的前面的推進管和輸入變壓器等,也應特別留意。這類真空管如19號、53號等,下面是牠們的特性表和特性曲線:

真空管號數

19

53

燈絲電壓

2.0 (D. C.) 2.5(D.C. 或 A.C.) 伏特

燈絲電流	0.26	2.0	安培
屏極電壓	135	300	伏特
最大信號時的屏流(每極)	50	125	毫安培

工作情形

屏極電壓	135	135	135	250	300	伏特
柵極電壓	-6	-3	0	0	0	伏特
無信號時屏流	1	4	10	14	17.5	毫安培
屏極線路電阻	10000	10000	10000	8000	10000	歐姆
平均電能輸入	95	130	170			瓦特
輸出電能	1.6	1.9	2.1	8	10	瓦特

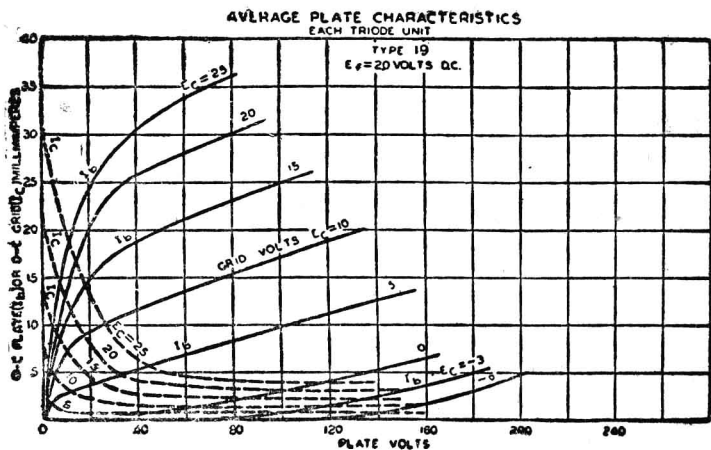
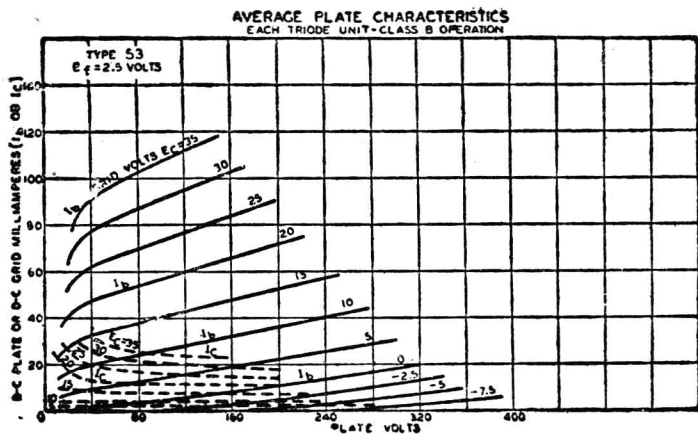
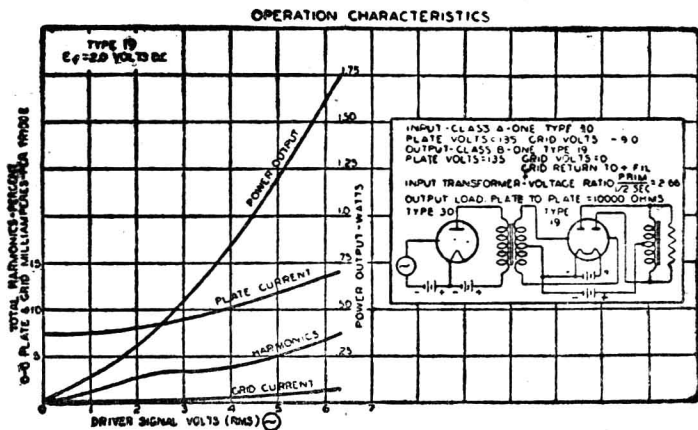


圖 176



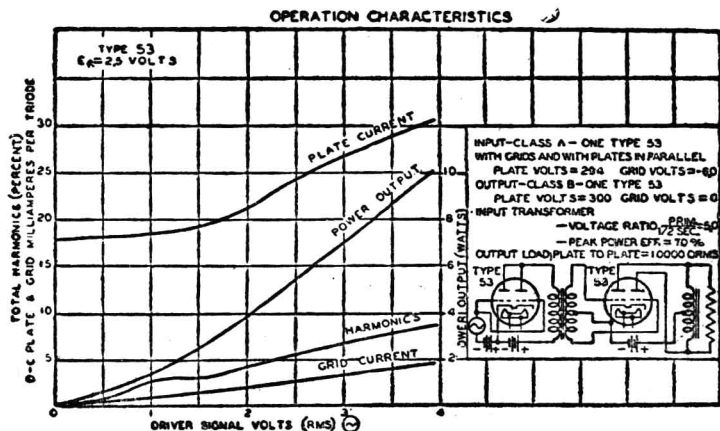


圖 179

19 號是 2 伏特的省電式真空管，其甲電供給和 30 號的差不多，應用時柵極可以不加負電壓，但是如施以負電壓時，乙電的消耗更可以省一些。53 號的也是一樣，柵極用不到施負電壓；其他如 6.3 伏特的 6A6 號和 78 號的性質也和 53 號的差不多。53 號的真空管可用作甲類放大，或用作乙類放大前面的推進管。53 號作甲類放大時，二個三極部份的屏極和柵極，都要並聯起來。牠的特性表、特性曲線和管座如下：

真空管號數	53		
屏極電壓	250	294	伏特
柵極電壓	-5	-6	伏特
放大係數	35	35	
屏極電阻	11300	11000	歐姆
互導係數	3100	3200	微姆歐
屏極電流	6	7	毫安培

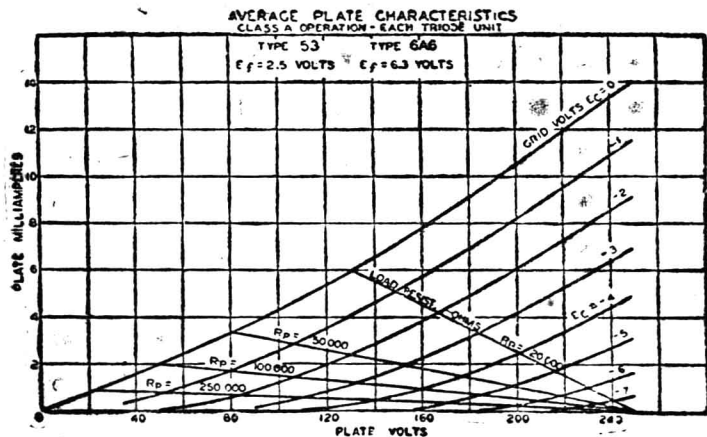


圖 180

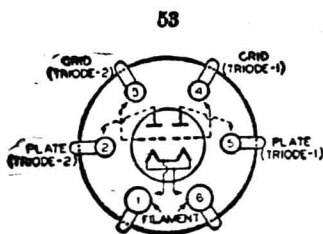


圖 181

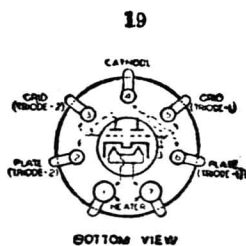


圖 182

裝自動音量調節器用的，都是雙二極和三極或五極的學生管，如 2A6 是 2.5 伏特的雙二極三極學生管，2B7 是 2.5 伏特的雙二極五極學生管，6B7 和 2B7 差不多，二極部份可以作檢波和自動音量調節器，三極和五極部份可依其特性作高放、低放及中週率放大。下面是牠們的特性表和特性曲線：

2A6 號 真 空 管

特 性

燈絲電壓	2.5(A.C. 或 D.C.)	伏特
燈絲電流	0.8	安培
屏極柵極電容量	1.7	微微法拉
柵極陰極電容量	1.7	微微法拉
屏極陰極電容量	3.8	微微法拉

三極部份作甲類放大時之特性：

屏極電壓	250	伏特
柵極電壓	-2	伏特
放大因數	100	
屏極電阻	91000	歐姆
互導係數	1100	微姆歐
屏極電流	0.8	毫安培

2B7 號 真 空 管

特 性

燈絲電壓	2.5(A.C. 或 D.C.)	伏特
燈絲電流	0.8	安培
屏極柵極電容量	0.007	微微法拉
輸入電容量	3.5	微微法拉
輸出電容量	9.5	微微法拉

五極部份作甲類放大時之特性：

屏極電壓	100	180	250	250	伏特
屏柵極電壓	100	75	160	125	伏特
柵極電壓	-3	-3	-3	-3	伏特
屏極電流	5.8	3.4	6.0	9.0	毫安培
屏柵極電流	1.7	0.9	1.5	2.3	毫安培
屏極電阻	0.3	1.0	0.8	0.65	百萬歐姆
放大因數	285	840	800	730	
互導係數	950	840	1000	1125	微姆歐

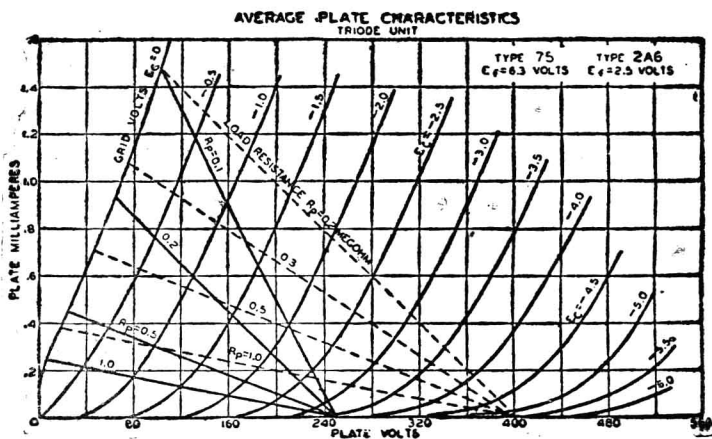


圖 18

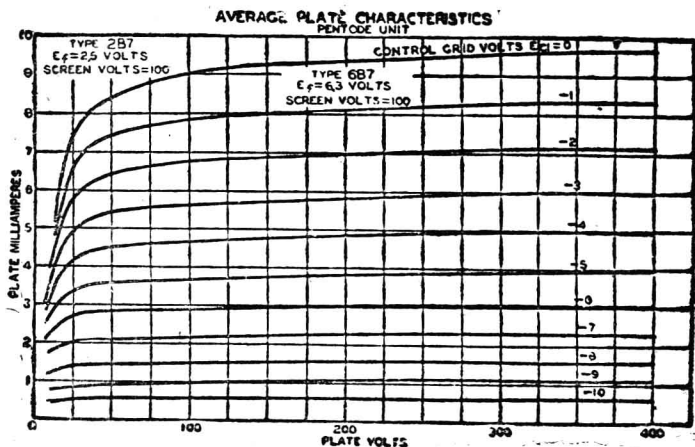


圖 184

2A6

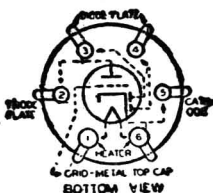


圖 185

2B7

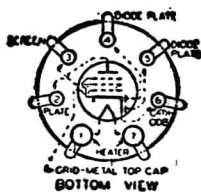


圖 186

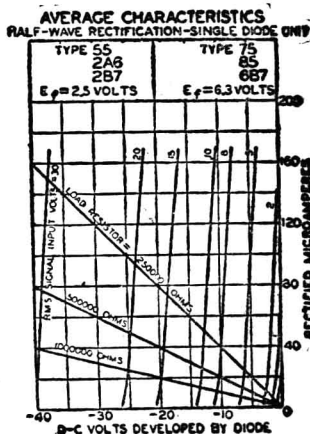
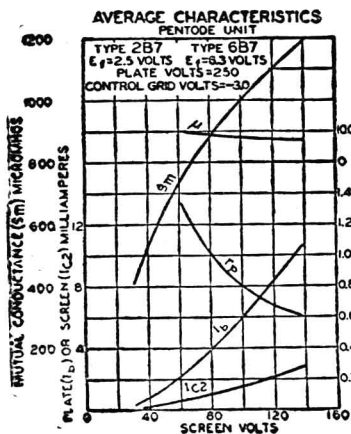


圖 187

外差式收音機中所用的變換週率五柵管(Pentagrid frequency converter),有兩種:(1)電池式的,如 2.0 伏特的 1A6,(2)交流式的,如 2.5 伏特的 2A7 及 6.3 伏特的 6A7。這種真空管,在本身線路中,自成振盪器而生自身振盪週率。若加以外來的信號週率,即成中間週率。在作用的時候,這種真空管需要罩子隔遮,以免受其他部份線路的應響。

1A6 號真空管 2A7 號真空管

特 性

燈絲電壓	2.0(D. C.)	2.5(A. C. 或 D. C.)	伏特
燈絲電流	0.060	0.8	安培
各極間電容量			
第四柵極和屏極	0.25	0.3	微微法拉
第四柵極和第二柵極	0.2	0.15	微微法拉
第四柵極和第一柵極	0.1	0.15	微微法拉
第一柵極和第二柵極	0.8	1.0	微微法拉
第四柵極和其他各極	10.5	8.5	微微法拉
第二柵極和其他各極	6.0	5.5	微微法拉
第一柵極和其他各極	5.0	7.0	微微法拉
屏極和其他各極	9.0	9.0	微微法拉

作週率變換管時之特性：

屏極電壓	180	250	伏特		
屏柵極電壓(No. 3,5)	67.5	100	伏特		
陽柵極電壓(No. 2)	135	200	伏特		
陽柵極電壓供給*	180	250	伏特		
控制柵極電壓(No. 4)	-3	-3	伏特		
陰極電流	9	14	毫安培		
工作情形					
屏極電壓	135	180	100	250	伏特
屏柵極電壓	67.5	67.5	50	100	伏特
陽柵極電壓	135	135	100	200	伏特
陽柵極電壓供給	135	180	250	250	伏特
控制柵極電壓	-3	-3	-1.5	-3	伏特
振盪柵極線路電阻	50000	50000	10000	50000	歐姆
屏極電流	1.2	1.3	1.3	3.5	毫安培
屏柵極電流	2.5	2.4	2.5	2.2	毫安培
陽柵極電流	2.3	2.3	3.3	4.0	毫安培

振盪柵極電流	0.2	0.2	1.2	0.7	毫安培
陰極電流	6.2	6.2	—	—	毫安培
屏極電阻	0.4	0.5	0.6	0.36	歐姆
變導係數	275	300	350	520	微姆歐
變導係數 (抗流柵極電壓 = -22.5 伏特)	4	4	—	—	微姆歐
陰極線路電阻	—	—	150	300	歐姆
控制柵極電壓 (變導係數 = 2 微姆歐)	—	—	-20	-45	伏特

* 如電壓超過 200 伏特時在陽柵極線路中，加一 20000 歐姆的電阻。

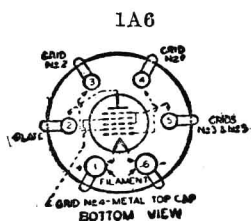


圖 188

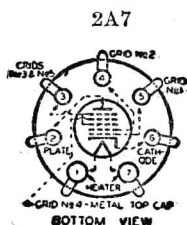


圖 189

整流管的選擇，是依收音機的需要、直流電流的多寡和電壓的高低而定的。真空式的如 80, 6Z4。汞氣式的如 82, 83。因汞氣式的整流管，一不小心，很易損壞，而且絲極需要的電流過大，所以不必介紹給讀者。全波整流的線路如下圖沒有註明數量的電阻和容電器，是依所需要的電壓而定的。

真空管	80		
燈絲電壓	5.0 (A.C.)	伏特	
燈絲電流	2.0	安培	
1 {	交流電壓(每屏極)	350	伏特
	直流電流輸出	125	毫安培
2 {	交流電壓(每屏極)	400	伏特
	直流電流輸出	110	毫安培

3*	交流電壓(每屏極)	550	伏特
	直流電流輸出	125	毫安培

* 輸入抗流圈必須大於 20 亨利

TYPICAL FULL-WAVE RECTIFIER CIRCUIT

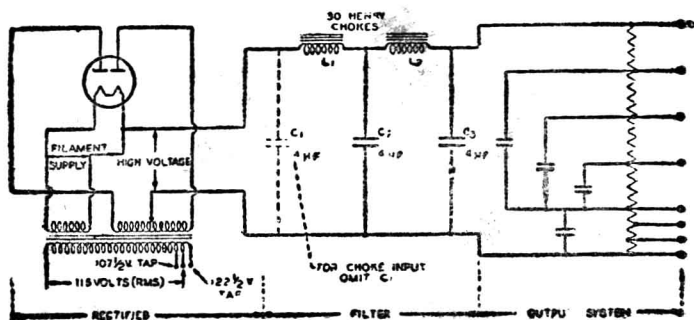


圖 190

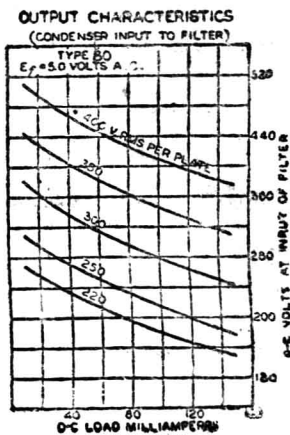
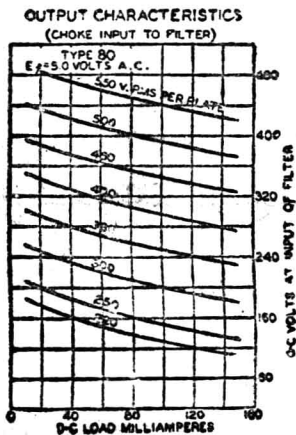


圖 191

第九章

礦石收音機

1. 兩個舊式礦石機的線路

現在礦石機是很少應用了，但還有些人因為離播音臺很近，或是要收礦石機範圍以內的波長的關係，依舊很樂用牠。同時還可用以作真空管收音機的救急品，以備萬一收音機損壞時之用。礦石機的價值很廉，沒有日常的消耗，而且可以收得清脆的聲音。茲略述幾種線路於下，以示其原理。

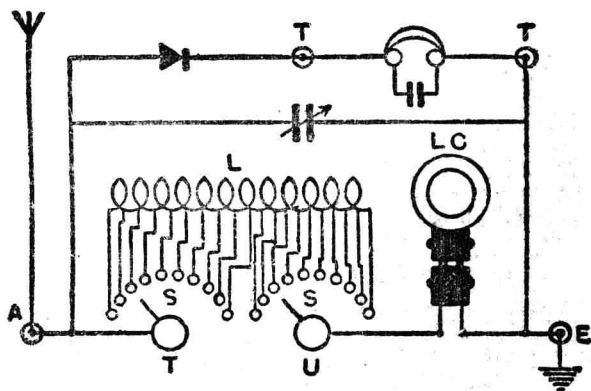


圖 132

無線電初發明的時候，研究無線電的，都注意於礦石機。

小的礦石機，可以藏在袋裏，然最大的要用小車纔能推得動。但是這種礦石機，在現在祇不過是用來解釋普通的原理而已。圖 192 是一隻感應量能夠變更的礦石機，線圈 L 是用二十四號的漆包線來繞在一隻七厘米直徑，十五厘米長的紙板筒上繞上一百圈而成的東西。這線圈分成兩組 U 及 T，在 U 線輪這一組裏，每一圈提出一個接頭；在 T 線輪這一組裏，每十圈提出一個接頭。這種提出來的接頭，都接到分線輪上，如圖所示。轉動分線輪的軸柄，就可與線圈的各線頭聯接。

於耳機的兩端，接一 0.002 微法拉的容電器，可以改進收音，因為這樣造成了一條旁路，使高週率的電波，即可由此通過，並且也可以幫助成音週率的電流通過耳機。收長波的時候，常將一特製的線圈 LC 插入，這是一種 150 圈或 200 圈的插入式線圈；但在收廣播波段時，就要將牠取下，且插線圈的接頭，必須同時接妥，使牠不致中間有斷路。

收音調節時，先將分線輪下的轉軸，放在 T 的第十圈或第二十圈的分線頭上，然後將 U 的轉軸慢慢的旋轉。假使 U 的轉軸轉完一轉，仍舊沒有收到聲音，將 T 轉至第三十圈，再慢慢的旋轉 U；這樣調節下去，就可收到響亮的聲音。

假使調節更要精細些，則在天地線的中間，可以接一隻 0.0003 或 0.0005 微法拉的可變容電器（如圖）。調節時，先用線圈的分線輪調節，如上所述，然後再旋轉可變容電器。有時所加的可變容電器，可與線圈串聯，不過串聯或並聯的效力，須依天線的情形而定的，最好二種方法都試一試。通常

並聯比較串聯好一點，尤其是對於長波，因為串聯容易減低所收的聲音。

圖 193 是一隻‘寬交連礦石機’ (Loose coupled crystal receiver) 的線路：線圈 PS，同裝在一可變線圈架上，P 是固定的，而 S 可以旋轉；祇要轉動 S 的位置，即可增減 PS 間的距離，因而改變牠們的感應量。可變容電器 C_1 的電容量，大約是 0.0005 微法拉，而 C_2 是 0.001 或 0.002 微法拉的固定容電器。

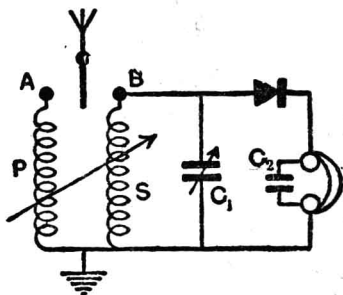


圖 193

天線與 A 點連接的時候，線路就成為交連式了。在這情形下欲收廣播波段時，P 用 35 圈或 50 圈的線圈，而 S 用 75 圈的線圈；欲收長波時，P 用 150 圈或 200 圈，而 S 用 200 圈或 250 圈（P 用 150 圈時，S 用 200 圈；P 用 200 圈時，S 用 250 圈）。調節時，變更 PS 間的距離，再轉動容電器，就能收到你所欲收的電波了。

這種裝置，我們稱為‘寬交連式的半無週率性的天線調諧’ (Loose coupled semiaperiodic aerial tuning)，其中包括一固定式線圈的天線線路，和一礦石線路的可變線圈，二者互成寬交連，而以 C_1 調節之。

如天線與 B 連接，則 P 即失卻效用，而成固定線圈線路。在這情形下，欲收廣播波段時，S 用 35 圈或 50 圈線圈；欲收

長波時，則S用150圈或200圈的線圈。

2. 適合現代廣播情況的礦石機

自從廣播電臺發達增多之後，選擇性就成為礦石機的主要問題；舊式的礦石機，是很難將四十哩以內的兩個電臺分隔清楚的。這是為了礦石會從電路中吸收電能而造成‘減幅’(Damping)的現象，因而就減低選擇性。雖然我們知道減低音量能幫助我們增加選擇性，但是礦石機卻不能如真空管那樣有放大的作用，而其所輸出的音量，本來僅是從天線中收得的微弱的電能，不減低也已經是很弱的了，那裏還經得起再減小呢？所以這方法也不是妥善的。但倘若減幅現象可以像線路中的電阻一樣的起變化，那麼音量就可增強；如圖194就是依此原理改良圖192而成的線路，其中礦石線路僅包含線圈的一部份；若移動線圈和礦石的接觸點，此電路的減幅現象就起變化，最優良的收音也就容易得到。

假使接觸點T和A點極近，則線圈的電壓極弱（這個電壓就是耳機和礦石線路間的電壓），結果音量自

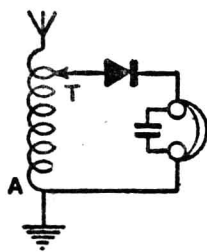


圖 194

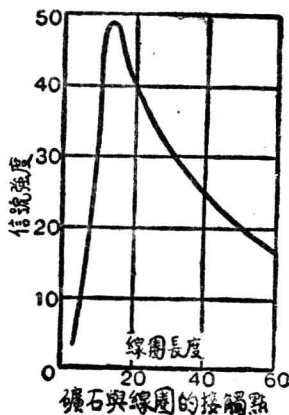


圖 195

然是很微小了。但如果接觸點T向上逐漸移動，則耳機與礦石線路間的電壓亦逐漸增加，音量也因而逐漸增強以迄最高點。既達最高點後，如再把接觸點向上移動，則非特不能增加音量，反而因產生減幅現象而使音量減低。這情形，就如圖 195 所示，圖中曲線即示接觸點T的地位和音量增減的關係。所謂調節，就是在尋出這曲線的最高點，使其選擇性達最好狀態。

所謂‘自動交連式的天線線路’(Auto-coupled aerial circuit)，即根據了圖 192 所示原理，以可以活動的天線接觸點(這

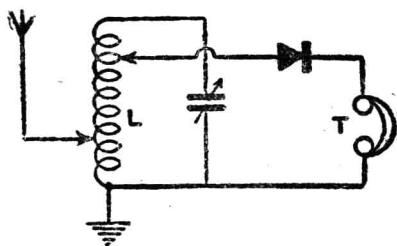


圖 196

接觸點可與感應線圈任意接觸而成天線線路)和礦石接觸點組合而成的，如圖 196 所示。圖中左面的箭頭是可以活動的天線線路的接觸點，右面的箭頭是可以活動的礦石線路的接觸點。利用這種方法，就可以得到很靈敏的選擇性。

又，舊式礦石收音機的礦石線路，都是直接接上天線的，所以礦石線路就成為唯一的調節器，因此其效果就不能如人意。新式礦石線路，往往利用天線線路的原線圈，與礦石線路的副線圈間的感應性來增加其效能的(舊式收音機如圖 193 所示，也應用這個原理)。調節天線線路時，移動天線和線

圈的接觸點，同時亦旋轉電容量，然後礦石線路也加以調節使和天線線路和諧。在這種情形下，因為礦石線路和天線線路是分開的，後者所有的減幅現象前者沒有，於是調節就覺敏銳，電波的干涉也就減少。圖 197 就是這個線路，天線線路中的容

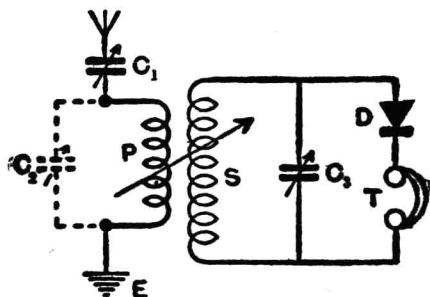


圖 197

電器，可與天線串聯，也可以並聯；線圈 PS 可用固定線圈，也可用可動線圈，如後者，即通常所稱‘真寬交連式’(True loose coupled)。礦石線路中，以容電器 C_1 調節之。

利用接觸點的移動和原線圈及副線圈間的感應量所製成的收音機，效力極好，如圖 198 所示：天線的接觸點，可在原線圈上移動；礦石線路的接觸點，可在副線圈上移動；更用一隻可變容電器，像通常一樣的加以調節。

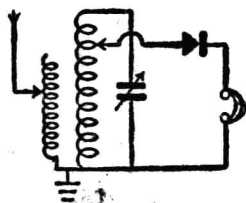


圖 198

3. 兩個新式礦石收音機線路

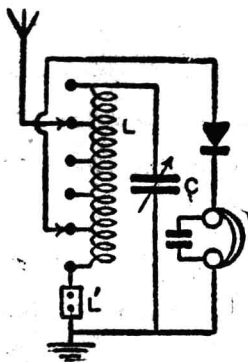


圖 199

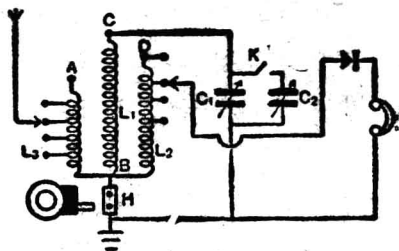


圖 200

根據上述的原理，我們就可設法製造能適用於現在的播音境況的礦石收音機。

圖199是我們所要介紹的一種。這是直接應用天線線路和礦石線路的移動接觸方法的礦石機線路。天線線圈是50圈，以D. C. C. 24號線繞在直徑三吋的紙板管上，或其他同直徑適用的物體上而成；每十圈分出一枝分線頭。L'是特製線圈插座；收長波時，將一150圈的線圈插入，收廣播波段時，將此線圈取下，並接通線路。可變調諧容電器C的電容量，為0.0005微法拉；天線和礦石線路的線頭，可以任意接在L的五個分線頭上，以試取收音最佳者，最後用C調節收音。

圖200是另一線路，利用天線線路和礦石線路的移動接觸法，和天線線路中的原線圈和副線圈的交連法而成的線圈。L₂是35圈以36號絲包線繞在直徑二吋半的圓筒上的線圈；在第二十圈、二十五圈、三十圈處分出三個分線頭。線圈L₁

是 60 圈，繞在同一圓筒上，不過所用的線較粗些。在圖上，好像 L_1, L_2 是分開的，其實 L_1, L_2 都是從 B 點開始，差不多一樣的長短，不過 L_1 繞在 L_2 的上面。線圈 L_3 是天線線路中的原線圈，用二十五圈的三十五號線繞成，每隔五圈，分出一枝線頭，也是從 B 點開始，繞在前二線圈（圖上也是分開的）上面的，不過中間用八小條硬橡皮隔開，硬橡皮是等距離的放在圓筒的圓周上，線圈 L_3 就緊緊的繞在這上面，他端接在 A 點。

容電器 C_1, C_2 的最大容量為 0.0003 微法拉。裝置既畢，遂開始調節：先將開關 K 啓開—— C_2 就不發生影響，將線圈架 H 接通，於是移動天線及礦石線路上的接觸點，使處於最好的地位，然後用 C_1 調節。第二步，不去管 C_1 及接觸點，特將製線圈插入，同時又將開關 K 關好—— C_1 及 C_2 成爲並聯，再調節 C_1 ，使得到最好的聲音。現在調節已經完畢，這隻收音機就可以供給你收長波或廣播波段之用。收廣播波段時，只要將 K 打開，將這特製線圈架接通；收長波時，將 K 關上，並插上這特製線圈。

做收音機的方法，和用濾波器及排除別的電臺干擾的方法，當於下章述之。

4. 礦石收音機音量之增強

研究礦石機的人，總想增強他所收得信號的聲浪，就是說總想在牠的耳機內聽得較響的聲音。要達到這目的的最好

方法，是用一個低週率的放大真空管；被礦石檢波過的顫動電流，經過這隻真空管後，就被放大而輸入耳機。研究真空管線路後，此法即能明白。

有人想不用真空管而增強礦石機所收得的聲音；雖然有些方法是成功的，但總沒有用真空管那樣好；圖 201 即其法之的。礦石機中插耳機處，接一單片耳機 T；耳機的震動膜上

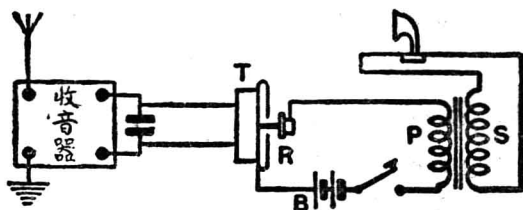


圖 201

接一小棍，棍的他端連接到一個小‘替續器’ (Relay)之一極；

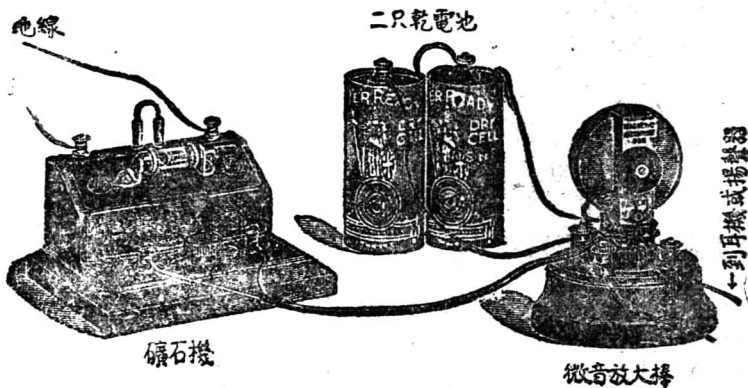


圖 202

替續器的兩極之間是炭屑，於另外一極經過（串聯）變壓器的原線圈 P，再接到有四個乾電池組的電池極；耳機或揚聲器就接在變壓器副線圈的兩極。

收音時，由耳機震動膜的震動，傳到替續器，替續器中的炭屑，就因此而生疏放寬，密壓緊的現象，電池組線路中之電阻，乃隨之而變更，遂生波動的電流，經變壓器的放大，輸入揚聲器。這揚聲器即能收得像耳機 T 中一樣的聲音，不過比較放大了。

市場上出售的微音放大棒，就是應用這相仿的原理裝置而成的。這件器具，接着通常礦石機的耳機的線路中 T，這線路中包括一變壓器，二隻乾電池及一耳機或揚聲器，如圖 202 所示。

上述的兩法已是無線電歷史上的遺跡了，不過這倒是無線電發展史上所經過的階段。

第十章

單管收音機

1. 再生裝置

歡喜無線電的人，在懂得礦石機裝置之後，不久，他的興趣就轉到真空管收音機上去了；於是單管機就成為這種轉變時的嘗試品而逐步的被研究上進。我們的確也可以說，單管機是愛好試驗者的良好試驗品。

在未講之先，讀者試回憶圖 141 及圖 143 中的真空管線路與天地線接法的大概情形。在圖 141 中，我們調節接在甲電兩端電勢器上的接點，使柵極平穩的電勢，降到真空管特性曲線下面的彎曲部份；這就是屏極檢波法。圖 143 是柵極檢波法，較屏極檢波法為常用。在這兩法中，天線線圈皆由其所收得的電波產生振盪電勢差，而把這電勢差施於柵極和絲極之間，結果在屏極上我們得到具有同樣變化的電流，不過是單方向的；把這種電流通過耳機，就會發出聲音。

上述的簡單線路，已很少應用，因為現在已通用可以增強信號的‘再生式’ (Reaction or retro-action or back coupling) 了。

上面講過，天線線圈所生的振盪電勢差，是施於真空管的柵極和燈絲之間的，其一部份的電能，就因柵極線路的電阻而

消失；這很容易明白，假使能把損失的電能用其他的方法補入真空管的柵極線路中，使柵極和燈絲間的電壓的波動較大，則屏流的變動也要增強，而收得的聲音也就較響亮。要達到這種目的，就要有再生式的裝置。

圖203就是這種裝置，圖中的線圈 L_2 ，叫做‘再生圈’(Reaction coil)，接在真空管的屏極線路中，和柵極線路中的 L_1 相交連。這兩個線圈，同裝在一個可變的線圈架上， L_2 可以移動，故 L_1 、 L_2

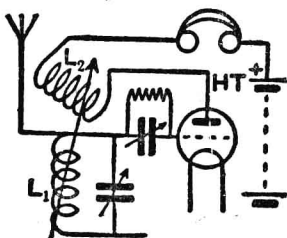


圖 203

間的距離就因此可以變動。調節 L_1 、 L_2 間的距離，使屏極線路中的振動電流，經 L_2 再對 L_1 發生感應而輸入柵極，則柵極線路中的電能就因之增強。換句話說，屏極線路中的電能，就因此而回到柵極線路，以補足柵極線路中因電阻而損失的電能；其結果信號強度被加強了。

這回授電能再生圈的連接法，必須使其屏極線路中的電能能夠回到柵極線路去增強原來的電能方法；所以假使將再生圈接近時而其所得聲音反為輕弱，那就證明線路已經接錯，應該掉換再生圈的兩頭，再接上去。

這種回授電能，並不是沒有限止的，假使回授至柵極線路的電能過大時，這收音機就要自生振盪，結果因‘自拍的影響’(Hetrodyning effect)，以致音樂和演說都要變作很響的怪叫。

在調節時，再生圈與柵極線路的線圈愈近愈好，只不過要

當心牠的自生振盪；假使牠發生自振盪的話，就得立即旋回一些，因為當剛要發生自振盪時，就聽不見音樂，祇有‘沙沙’的聲音，如稍旋調諸容電器，也就生尖銳的呼聲，或是怪叫。

倘能把再生式裝得好，選擇性和音量都可大有改進，因為回授電能可補償在柵極線路中因電阻而消耗的電能；所以對這種裝置，也可以說是在減少柵極線路中的有效電阻。電能損失既減少，調節自然敏銳了。

圖204也是一種再生式的接法，其中再生圈 L_2 和 L_1 是固定的，而另以可變容電器 C_4 來調節再生力；也有 L_1, L_2 仍舊可動，而用 C_4 來調節的：先將 L_2 移近 L_1 ，以恰不自生振盪為度，

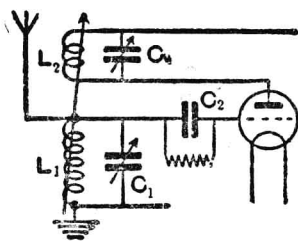


圖 204

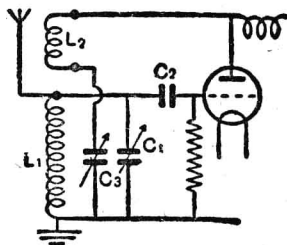


圖 205

然後調節 C_4 ，就可以收得清爽悅耳的音了。圖205 又是另一種再生式的接法，其中 L_2 是固定的，再生力完全由容電器 C_3 來調節；這線路就是第三節中所述的‘林內茲’(Reinartz)線路，在第十一章中讀者還會見到。

這幾種方法，都是現在通用的。圖203的電磁感應，固能增強聲音，但其中動線圈太佔地位，且沒有像容電器來調節

再生力的那樣穩定，所以許多人都歡喜用容電器來調節再生力，即圖 205 所示的方法。‘差容電器’(Differential condenser)是常常用在這種線路上的。

如上所述，在收音機的各部份中，往往會產生電容量和感應量的反應而自生振盪；這種現象，就是沒有其他的容電器和再生線圈時，也能產生，頗礙收音。要免除這種情形，就要注意收音機各部份的排列，尤其是真空管輸入部份（柵極線路）和輸出部份（屏極線路）的接線。現在有許多特別設計的線路和另件，和‘平衡電路’(Neutrodyne circuit)、有罩線圈（線圈的外面罩着金屬罩子）、電路金屬罩、屏柵真空管、鍍金真空管（外鍍金屬的真空管）等等，都是用來免除上述的缺點的；關於這種種，在下面講新式收音機線路時，都要一一講到。

2. 兩個簡單的單管收音機線路

開始，我們先講兩隻很簡單的線路，這些線路雖然現在也還有人用牠，不過牠的選擇性並不良好，在這裏不過是借牠來解述原理罷了。因為牠的結構等等，比我們將來所要討論的容易明白，而且稍加改良，就可得到較好的敏銳性和選擇能力，所以我們不妨先拿牠來講一講。

(1) 圖 206 是一簡單的電磁感應單管機線路：天線線圈 L_1 和再生圈 L_2 ，都是插入式線圈（譯者按：此書以後所用的線圈都是插入式線圈），同裝在一個可動的線圈架上，而 L_2 可以移動；天線可變調諧容電器 C_1 的電容量是 0.0005 微法拉，固

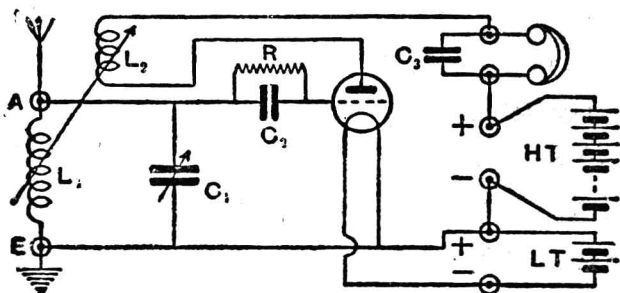


圖 206

定容電器 C_2 是 0.0003 微法拉，旁路容電器 C_3 (假使用的話) 是 0.002 微法拉，柵漏 R 是 2 百歐姆的電阻。有時在天線線路中，再加一 0.0001—0.0003 微法拉的容電器，去增進選擇性，但是稍稍要減低音量 (如圖 200)。這圖中的乙電負極，是接在甲電正極上的；以後我們可以看到，甲乙電的負極，也有都連在一起的。線圈 L_1 的圈數的多少，依天線而定：圈數愈少，選擇性愈好，不過太少了，選擇性雖很好，音量要大減輕；但是太多則選擇性和音量都要減低。 普通收低廣播波段時， L_1 大約用 35 圈，而 L_2 用 50 圈；收高廣播波段時， L_1 用 50 圈， L_2 用 75 圈；收長波時， L_1 用 150 或 200 圈， L_2 用 200 或 250 圈。

任何通用真空管或檢波管，都可以適用，其甲乙電電壓之大小，依真空管而定 (這是真空管廠家證明的)*。

*譯者以為此處以用 30 號或 109 號真空管為最佳。

耳機的兩端，接入屏極線路中，如圖所示。假使耳機上註明正負極時，則 (+) 的接於乙電正極，(-) 的接在乙電負極**，這樣電流的方向纔是正當，否則會減弱耳機的磁性。

**如無(+)(-)號，則花線爲正，素線爲負。

調節時，須將再生圈和天線線圈離得遠一些，接着調節 C_1 以直至收得最佳的聲音爲止，然後慢慢的將再生圈移近，以增大音量，而後再調節 C_1 ，這樣就可以收到很好的聲音。

(2)在未裝置真空管收音機以前，讀者諒能覺到，改良選擇性和排除別的電臺的干涉，是很重要的事。用有接觸點的天線線圈，或交連天線線路的原線圈和柵極線路

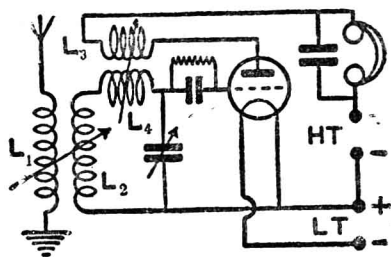


圖 207

的副線圈，就是兩個很好的改善方法，前面已經講過。圖207就是這種方法的應用，稱爲寬交連的電磁感應再生式。

在這線路中，副線圈是由線圈 L_2 和 L_4 所組成； L_2, L_4 互相裝成直角，以使牠們中間的感應力減至最弱；天線線圈 L_1, L_2 成感應交連； L_3 和 L_4 也成感應交連。收廣播波段時， L_2 用50圈， L_4 用35圈，還要用兩個可變線圈架，一個裝 L_1, L_2 ，一個裝 L_3 和 L_4 ；其他的部份都和前面的一隻一樣。圖207就是這隻收音機的線路，牠的裝置原理，讀者可自己去領悟。

市上出售的天線調諧線圈，都是用天線線路的原線圈，和柵極線路的副線圈交連的方法製成的。爲便利起見，牠還包含着接頭；假使要更簡單些，可以用插入式線圈。如圖206及圖207中，就可用插入式線圈來收各種不同的波長。現在還

有幾種新式調節器，我們可用種種方法來利用牠，使調節簡便：就是再生圈，也裝在調節器中，於是調節起來更可以簡便。

3. 兩個特別的單管機

以後研究無線電的人，也曾有幾種新奇的線路，而這幾種線路的原理，常被應用於現代的幾種改良的新式線路中，如 Reinartz, Flewelling 和 Armstrong 等的線路就是。所以在這裏來介紹一下牠們的簡單原理，或許會使人發生興趣，而幾種新式線路的原理，也或許可以藉此明白。

(1) Reinartz 線路，是用來收比廣播波段短的電波的，但也能用牠來收這種廣播波段的電波。這線路的特點，即為其所收電波的波長極少變動，故調節再生力時，可不必再調節天線線路，且再生力之扼制，也很簡易。圖205就是 Reinartz 的線路，其再生力和通常的一樣；若用可變容電器來調節牠，可得很好選擇性。

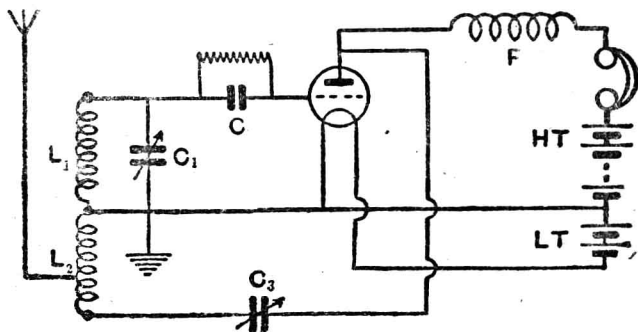


圖 208

圖208是Reinartz線路的另一方式,其中所用的線圈是插入式線圈, L_1 有75圈, L_2 是有分線頭的25圈插入式線圈;收廣播週段時, C_1 是 $0.0003 \mu\text{f}$ 的容電器, L_1 、 L_2 是平行的且緊裝在一個線圈架上的線圈。以 C_3 (0.0001 或 0.0002 微法拉)調節再生力。高週率抗流線圈F是270圈以34號絲包線繞在三厘米直徑的膠木管上而成。這高週率抗流線圈的功用,是在阻止高週率電流的通過耳機。收長波時, L_1 用300圈, L_2 用150圈,F用350圈或400圈,或更多些。調節時,先調諧 C_1 ,再以 C_3 調節再生力。這線路是很敏銳的,調節時應極仔細。

(2) 許多舊式線路,可以收得較響的聲音,而不發生收音機中的振盪。這種線路,稱為‘超再生式’(Super-regenerative circuits)。牠的原理,即是使電路中起減幅現象,抵消所生的振盪聲。Flewelling和Armstrong電路,就是屬於這一類的線路。這類電路的調節,是很不容易的,要熟練之後,纔能得到優良的效果。

差不多所有的超再生式線路,都是應用減幅現象以抵消柵極線路的振盪的。現以Flewelling線路為例:假使增加柵極線路的電容量,而加以適當的佈置,則柵極線路就生高週率的振盪(約每秒鐘15000週數);這種振盪,適和因回授電能而生的振盪相反,卻巧抵消。圖209就是這一種線路。

圖中的 R_1 是 0.5 — 4 百萬歐姆的可變電阻; R_3 和 R_1 一樣。固定容電器A,B,C的電容量同為 0.006 微法拉。其他和上述的一樣。接線的方法如下:

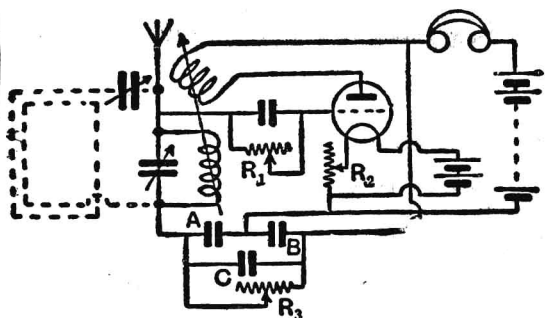


圖 209

先不將 A, B, C 連起來, 而先將經過 A 的線連通, 乃以通常的方法調節; 待至收到最佳的聲音時, 纔接上 A, B, C 再調節之。然後調節 R_1, R_3 , 直聽到有高銳的叫聲時, 稍微拖回 R_1 , 叫聲就輕下去, 變為抖動的雜聲; 再後這種雜聲再慢慢的輕下去, 於是清晰的聲音就可以聽見了。假使真能達到 Flewelling 式效力, 則音量、聲調都可很滿意的得到。

上面的這種線路的調諧, 是很不容易的; 但倘若用了環形天線, 如圖 209 虛線所示, 或許能夠比較好些; 不過我們最主要的, 還是在明白其原理, 實際試驗倒在其次。

最初的 Armstrong 線路的減幅現象是用另一個用以分別產生振盪, 而又與其線路交連的真空管來產生的; 這真空管所生的振盪, 卻巧和檢波管因回授電能而生的振盪抵消。以另外的線路來代替這種分別產生振盪的真空管, 也可得同樣的結果, 即另加線路, 可使其中一個真空管做二管的工作; 對於這種線路, 我們不預備再討論。

4. 三個新式單管收音機的線路

下面這三個收音機的線路，都可產生很好的音量，所以頗適合於現代無線電上的需要，茲且一一述之於下：

(1) 第一個線路如圖 210 所示， L_1 、 L_2 都是插入式線圈， L_1 是有分線頭的“x”式天線線圈， L_2 是可動的再生圈。以嘗試的方法，把天線接在 L_1 的任何分線頭上，去試出天線應接在何處，則可得最佳之選擇性。欲收某電臺的電信，則可以電容量為 0.0005 微法拉的可變調諧容電器 C_1 調節之。固定柵極容電器 C_2 的電容量是 0.0002 微法拉，柵漏的電阻是二百萬歐姆。甲電陽極線路上的開關 S ，是用來管理這隻收音機的，所以收音機不用時，用不到拆去乙電和甲電上的接線。這線路中甲電陰極和乙電陰極接在一起，平常用這種接法的很多。

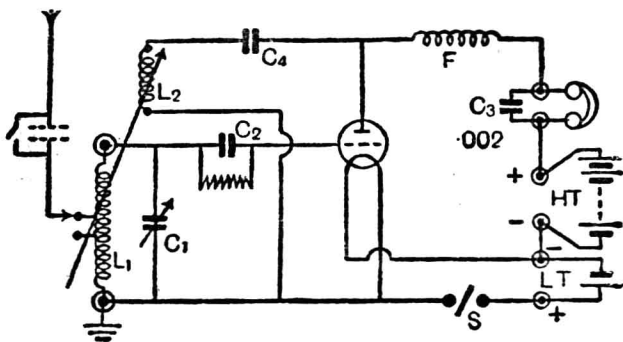


圖 210

這線路也是再生式；固定容電器 C_4 是 0.001 微法拉。

用 C_4 和高週率抗流線圈 F 的目的,和 Reinartz 線路中所述的一樣,在阻止高週率的電流通過 F 而流入耳機。這線路裏所用的真空管,是通常的檢波管*;其甲乙電電壓的大小,以真空管而定。

*這三隻線路的真空管,都可用 30 號或 109 號的。

線圈是依所收的波長而定的:收普通廣播波段時, L_1 是 60 圈 X 式的, L_2 用 30 或 35 圈;收長波時, L_1 是 250 圈 X 式的, L_2 用 100 圈。不過 L_2 的圈數,雖是這樣規定,而最好以試取最佳者為宜。

調節的方法,和從前所講的一樣,不過有一點是應注意的,就是再生力的調節,是每一個電臺都不同的,應該每換一個電臺,每先調節天線容電器 C_1 , 然後再調節再生圈,因為所收的電波愈長,需要的再生力也愈強。

(2) 圖 211 是另一個線路,這線路中有些部份和上面所述的完全一樣,讀者祇要仔細將牠研究一遍,差不多都能明白。

這線路中的線圈,都是普通的插入式線圈。天線的交通是和本章第二節第二個線路一樣。再生圈是可動的線圈(見第一節),但也可以用固定的,其再生力以容電器 C_4 來調節,可以調節得很敏銳。這容電器是 0.0001 微法拉的差容電器, a 和 b 是兩組固定片, c 是動片。將 c 由 b 而旋入 a , 則 AL_3acD 電路中的電容量就增加。電壓分析器 (400 歐姆) 是接在甲電的兩端間的,而牠的活動頭,接於柵漏 (2 百萬歐姆); 這樣,柵極的電壓就可以有伸縮的可能。在天裏線,串聯着一

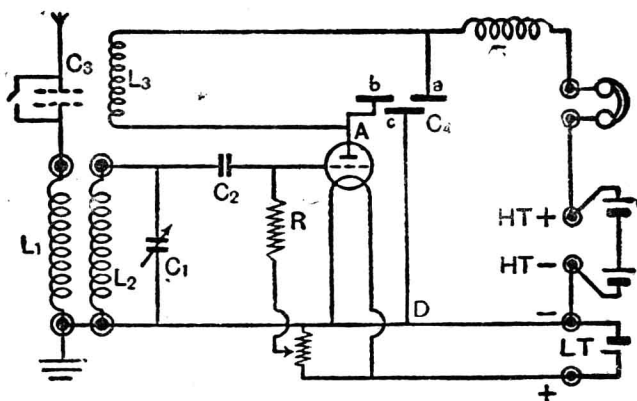


圖 211

個 0.0003 微法拉的可動容電器 C_3 ，這 C_3 可以控制收音機的選擇性。

線圈 L_1 用 35 圈， L_2 50 圈， L_3 50 或 60 圈。收長波時， L_1 改為 100 圈， L_2 為 200 或 250 圈， L_3 為 150 或 200 圈。

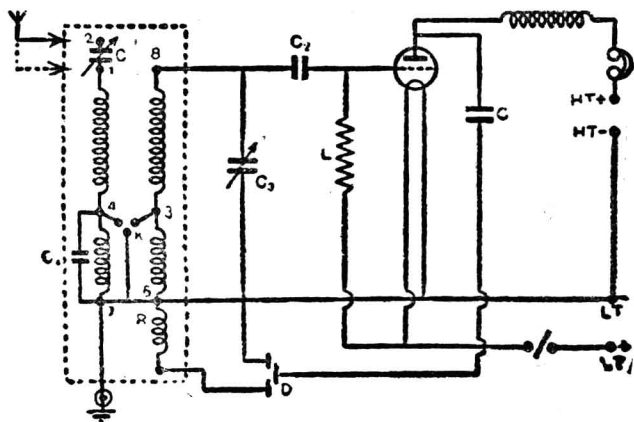


圖 212

(3) 第三個線路如圖 212，用 Telsen 氏長中波兩用天線線圈來代插入式線圈。這線圈可用以收長波，也可用以收廣播週段，祇要旋動三脚換波開關 K 就得。第四章已經講到過，收廣播週段時，祇要將收長波用的線圈接成短電路，感應量就減少。再生圈也和這線圈聯在一起，且用差容電器來調節再生力。

讀者看了這線路，就可明白牠的大概情形：左邊虛線範圍中的線圈是 Telsen 氏調節器；R 是再生圈，經差容電器 D (0.0003 微法拉) 和小固定容電器 C_1 (0.001 微法拉)，接於真空管的屏極(見下面第五節)。柵漏 L 的電阻是二百萬歐姆，接於柵極和甲電的陽極。柵極容電器 C_2 是 0.0003 微法拉。調諧容電器 C_3 是 0.0005 微法拉。接了容電器 C_4 (0.0003 微法拉)，選擇性就能較好。假使再要優良的話，可在天線上再加一半可變容電器 C_5 (牠的可變量自 0.00002 至 0.0003 微法拉)。倘若要收廣播週段，只要將開關 K 旋轉，使收長波用的線圈，促成短電路。

這線路是很有效力的單管機，關於其中的作用和接線方法，應該細心去體會。

因為單管機是一切真空管機的基本，所以讀者必須特別注意，務求完全了解。

5. 反交連電阻及容電器

在前面所講的線路中，有一點須注意，即在圖 210-212 中，

我們可看到屏極和乙電正極之間，接着一個高週率的抗流線圈，牠有很大的感應量。在屏極和地線間，也接着一個容電器。用高週率抗流線圈的目的，是在阻止屏極線路中的高週率電流的通過耳機與乙電，而強制使其經容電器而入地線，因為高週率電流能夠通過容電器，而不能通過抗流線圈。這種方法，在多真空管線路中，用得很多，叫做‘反交連電阻和容電器’(Decoupling resistance and condenser)。在多真空管收音機中，各真空管的屏極，都直接的或間接的接到乙電的正極；所以要有這樣裝置的緣故，是因為乙電對於高週率電流的阻力頗大，能使這電流回授到各管的屏極而生振盪，發生‘汽船叫聲’(Motor boating)以致收音不能穩定。汽船叫聲是因乙電和屏極的回授作用而生的，而這種叫聲，往往是由於電池組中有壞了的乾電池，或者電池組的電已經耗完而起；有時因為用了沒有個別屏極電阻的代乙電，也有這種聲音。

反交連的方法，可以除去上述的雜聲，因牠能阻止高週率電流通入乙電而起回授，卻使其經過容電器入地線，或者到乙電池組的負極。我們要注意，在多管機中，一管和他管間的交通，是用抗流圈的(見第十一章)。在反交連的場合，纔用電阻，除非是輸出級真空管或者乙電電壓過大。圖213是反交連電阻及容電器和真空管的連接法。檢波管的反交連，尤為重要。在這圖中， R 是20000歐姆， C 是2微法拉。假

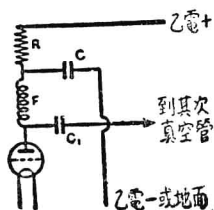


圖 213

使由乙電中輸來的屏極電壓不減少太多的話，R是愈大愈好；然C的電容量，卻可以比較減少。通常R的歐姆數，和C的微法拉數的乘積，總在35000至45000之間。

6. 濾波器——吸收電路及拒棄電路

假使附近有強力電臺，那麼別的較遠的電臺的電波，往往被其擾亂；那時就要用到‘濾波器’（Wave trap）來濾去這些不需要的電波了。

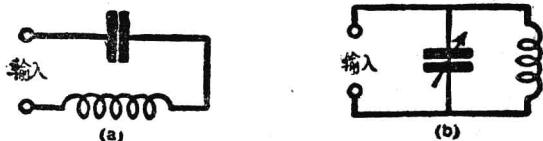


圖 214

現在，假定把一個可變容電器和一感應線圈串聯起來，如圖214(a)所示，那麼這線路就依照了電容量和感應量的值，有一定的固定週率：假使感應量大，電容量小，而電阻亦頗小時，牠祇讓和牠固有週率相同的電流通過，對於旁的週率的電流，都生極大的阻力。假使把這電路和收音機並聯起來，去調節不需要的電臺，則不需要的電波，就由此旁路濾過，而留着需要的電波，輸入收音機中。這種電路，稱為‘吸收電路’（Acceptor circuit）。

如把一可變容量器和一感應圈並聯，如圖214(b)所示，那麼祇有和牠固有週率相同的電波，不易通過，別的週率的電波，

都較容易通過。假使將這電路的週率，調節到和你所不需要的電波的週率一樣，然後用在收音機上，則不需要的電波，就被阻止，不能輸入收音機，而所能收入收音機的，只有所要的電波。這種電路稱為‘拒棄電路’(Rejector circuit)。這作用恰巧和吸收電路的作用完全相反。

圖 215 是一個包含吸收電路的濾波器的線路。這隻濾波器裏面祇有一隻容電器 C_2 ，和同牠串聯着的感應線圈 L_2 ，接在收音機天線線圈 L_1 的兩端。應用時，先調節濾波器中的容電器至不需要的電波的週率，則不需要的電

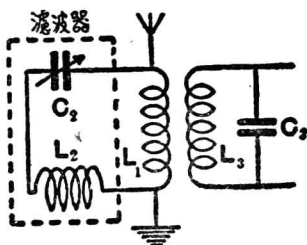


圖 215

波就很容易由此旁路 $C_2 L_2$ 濾過，而所需要收受的電波就可以用 C_3 來調節。在此處有一點必須注意：就是 L_1 和 L_2 定要裝成直角，離得愈遠愈好，否則就要互生感應，擾亂收音。

圖 216 上部虛線內是拒棄式的濾波器，其中有一個容電器和同牠並聯着的感應線圈。應用時，先將牠調節至不需要的電波的週率，串聯於天線上(所以有時稱為串聯拒棄器)，則不需要的電波，就被阻而不能流入，別的週率的電波，便可毫無阻礙的通過以至

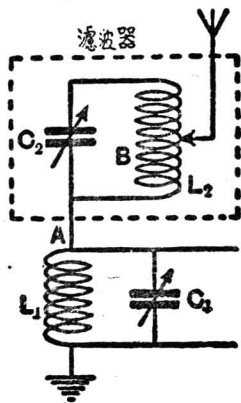


圖 216

L_1 。實際上調節的方法是這樣的：先將天線接在 A 上，調節 C_1 至不需要的電臺週率，於是接入這濾波器，如圖：天線接在 B 點；調節 C_2 直至聽不到不需要的聲音，就可以收別的電臺的播音了。

這種濾波器，讀者不妨先試做一個， L_2 是 60 圈，繞在六厘米直徑的橡膠管上的線圈， C_2 是 0.0005 微法拉的可變容電器，並聯或者串聯都可；這樣就可用牠來做一個初步的試驗。

7. 週段諧振的原理

要把兩個週率相近的電臺，分隔得清楚，收音機的選擇性，就甚為重要。除新式收音機中的許多方法外，我們再講一些關於‘週段濾波’(Band pass circuit)的情形，因為‘週段諧振’(Band pass tuning)的原理，在現在新式收音機中，應用很廣。

我們知道音樂和語言，經播音臺播送後，除了載波週率之外，尚有其他的週率，稱為‘旁帶’(Side band)。這種週率，較之載波的週率，或大些或小些，相差的週率數，有時可以大至約數千週率，於是收音機的選擇性，就因此成為嚴重的問題。

週率相近的電臺，固然要隔得清楚，但也不可太敏銳，竟將與載波不同的旁帶也濾去，以致音質失真，音量減小。

所謂調節，就是使收音機和信號發生共鳴(諧振)。圖 217 中 (a)

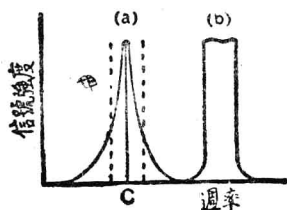


圖 217

是一個選擇性過敏銳的收音機的諧振曲線，我們可以看到兩旁的旁帶已被濾去。如圖 517 中(b)的諧振曲線，就好多了，

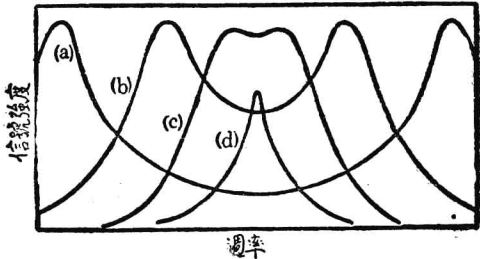


圖 218

因牠能將其他的電臺分隔得開，而對於所希望收的電臺，很是清楚，且旁帶的濾去也極少。

週段濾波器的目的，實際上是在於改良收音機的選擇性，同時也要牠不將旁帶濾去。這種裝置，是我們以前所說的交連調諧裝置的更進一步。在天線和真空管線路的副線圈間，如有一個適當的交連作用，就能發生這種效力。

詳細的解釋濾波器的原理，就要用到高深的數學，不過其大約情形，我們不妨在此地講一下。假使我們有一交連電路，其中互相交連着的兩個電路的固有週率都是 f ，則在振盪的時候，就有兩個不同週率的振盪發生，其一大於 f ，其一小於 f ，這兩種週率的合併振盪，就成爲‘拍’，兩拍之間所需要的時間，隨交連的不同而異。這兩個不同週率的振盪的產生原因，是由於這電路中的互感應對於自感應發生了影響。假使我們要畫出這電路的諧振曲線(如圖 217)，則可以週率的變

化及因振盪電壓而生的電流為座標，其所得的曲線有兩個最高點。如改良這電路，使這兩個最高點併在一起而成平頂，且成上下闊度差不多相等的曲線，那這收音機又能收得某一電臺所有的載波及旁帶週率，而濾去其他的電波。這就是週段濾波器的原理。

圖218中曲線(a)是緊交連(兩個線圈貼得很緊)的諧振曲線，牠有兩個尖端(就是說調諧容電器有兩處可以收到同一的電臺)。如將此電路改成稍寬的交連(就是將線圈移開些)，曲線中的兩個尖端，也比較移近些，如曲線(b)。如果再將這兩個交連線圈移得開些，曲線就變成差不多相並的樣了，如(c)兩旁的曲線。若再將這線圈移開，變成更寬的交連，則音量就減低(曲線的尖端降低)，調節就變為更敏銳了。週段濾波器的原理，就是將線圈改成較(c)稍寬的交連。具這種諧振曲線的收音機，可以收到某電臺的完全的週段週率(載波週率和旁帶週率)，而濾去別個電臺的電波，並且不致使音質失真。

圖 217 的諧振曲線，是理想的曲線。現在各電臺相差的週率大約是十千週率(其實僅九千週率)。如果圖 217 虛線所示的代表十千週率，則C的兩旁各為五千週率；假使C是代表與某一電臺的調諧，而且牠的諧振曲線如圖 217 (b)所示，那麼對於這電臺的週率的兩旁各五千週率，可以無阻礙的收到。也就是說，這線路可以收到其載波和旁週率的相差有十千週率程度的電臺的信號。

新式收音機中所用的各種週段濾波器，不過是我們上面

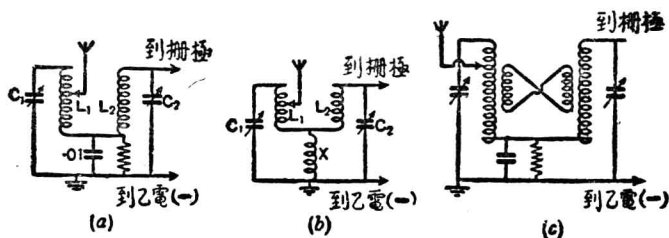


圖 219

所講的天線線路和調諧線路間的改良品而已；其原理相同，所不同者厥為調諧線路的位置。如圖 219 所示，即其三種聯接法：圖 (a) 是一個以可變容電器調諧的天線圈，和一個也以可變容電器調諧的柵極線路中的副線圈，且中間以 0.01 微法拉的固定容電器交連起來的一種裝置。圖 (b) 中，天線和柵極二調諧線路，合用一 X 式線圈。圖 (c) 是合上述兩法所成的線路，通常都是用這種方法的。這種裝置，我們叫牠為‘連接法’ (Link method)。

週段濾波器的目的，是在得到較為平頂的諧振曲線，這在實用上，現在可以說是成功了。多真空管收音機中，用了這種方法，線圈間和交連容電器中的配合，就能精確；如果不用週段濾波器而欲不至於濾去旁帶週率，也是可以的，就是在高週率一級中，先不去改善失真現象，待至低週率級中，再將牠改正；譬如高週率級中低音比較強些，那麼在低週率級中，我們用各種方法使高音加強，結果我們也能得到一個正確的音量。

第十一章

新式多真空管收音機

1. 真空管放大

從前講過，真空管有放大的作用。把從天線裏收得而未經檢波管以前的信號先加以放大的，稱爲高週率放大，簡稱高放；把已經檢波之後的信號加以放大而得較大的音量的，稱爲低週率放大，或成音週率放大，簡稱低放；而將放大管用於收音機最後一級的，則特稱爲末級放大，或輸出放大。這兩種放大的原理，大致相同，但也各有其特性：高週率放大的另件，要適合高週率放大的特性，低週率放大所用的另件，要適合低週率放大的特性。

用一級高放，和一級檢波的兩管收音機，其作用頗爲簡單。如下面所述：天線線圈因外來信號而起的電勢差，直接施於高放管的柵極和絲極；這真空管就利用其特性曲線的直線部份，將信號放大；信號放大後成爲波動的屏流。假使在屏極線路接一線圈，或一電阻，或一容電器，其間就有和信號一樣的波動電勢差發生；再將這已經放大的電勢差，施於第二個檢波管的柵極；這檢波管的作用如前章所述的一樣。

當然，收音機中，可以多加幾級高週率放大，但也有限止，因爲級數過多，反會自生振盪。

一級檢波和一級低放的兩管機的作用，和前者差不多一樣：檢波管屏極線路中的低週率單向波動，施於低放管的柵極，於是低放管的屏極線路中，就生出同樣的波動電流，不過已經放大。這種波動電流，是輸入耳機或揚聲器的。普通收音機中，可用幾級的低週率放大。

看圖 139 及圖 140，就可知道：如檢波管的輸入振盪愈大，則檢波的效力也愈好。距離太遠的電臺的信號，往往因為輸入振盪的振幅太微弱，以致無法檢波。所以我們說高放管可以增加收音的範圍，就是說，可以收得較遠的電臺。

低週率放大管，是用以放大已經檢波後而欲輸入耳機的低週率電流的。這很容易明白，用低放管的目的，是在增加收得的音量。

真空管間各種交連的方法，我們留在下節討論；或許讀者對於遠距離電臺的信號的放大，能較有興趣，因此我們不妨先來研究三極管的低週率放大。

2. 交連的意義

在未講真空管的交連裝置以前，我們先來討論幾種線路，如圖 220 及圖 221 所示。

我們先討論第一級真空管的屏流變化，輸入第二級真空管的柵極的事；如圖 220 中，連在 AB 間的一枝金屬導線，就表示牠連結着柵極和屏極的；但這沒有用，因為第二級真空管的柵極接在乙電的正極，實際上已變成屏極，故第二級真空管

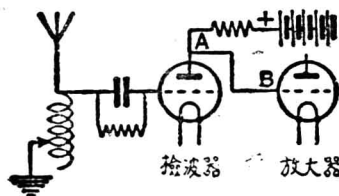


圖 220

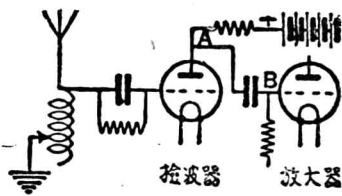


圖 221

就失去其效能。說得合理些，在沒有信號輸入的時候，自乙電輸入第一級真空管的屏流，是穩定而無變化的，這電路中，兩端的電勢差，因之也穩定；這穩定電勢差，可以施於第二級真空管的柵極，以致第二級真空管的應用錯誤，而效力大減的。那我們應該怎樣去改良呢？我們仍可使第一級真空管的屏極變化，輸入第二級真空管的柵極，而不將牠的柵極接在乙電的正極上。

我們曉得，容電器能使波動的電流通過，而阻止穩定的直流電流通過。利用這個方法，我們將電路接成如圖 221。這隻容電器，能讓第一級真空管放大後的波動屏極電流通過，而入第二級真空管的柵極，但牠阻止乙電池的直流電輸入柵極；這正是我們所需要的。

其他一法，是在第一級真空管的屏極線路中，加一變壓器的原線圈，而在第二級真空管的柵極線路中，加一變壓器的副線圈（如圖 222）。第一級真空管

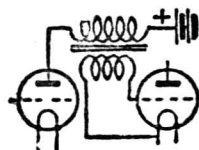


圖 222

屏流的波動，能感應副線圈，使牠也生同樣的波動而輸入第二

級真空管的柵極。用了變壓器，當然乙電正極的電壓，也不致影響到第二級真空管的柵極，這也是我們所要求的。

現在我們可以討論各種交連的方法了；我們須注意，下面第三、四、五節中，有些線路是完全的，有些線路祇有一部份。這是因為要引起讀者對於某部份特別的注意；不過這種一部份的線路，在講整個線路的時候，仍舊要遇到的。

3. 檢波管和低週率放大管間的交連

我們先來討論變壓器交連：圖 223 中，D 是一檢波管，A 是一低週率放大管。變壓器的原線圈 P 接於 D 的屏極，和乙電的正極，其副線圈 S 接在 A 的柵極和甲電的負極。真空管 A 必須利用牠的特性曲線的直線部份。因新式真空管的柵極往往需要負電壓，故應任 X 處接入幾個串聯的乾電池（丙電），牠的負極，經 S 而接於 A 的柵極。

檢波管的柵漏 R，接於甲電的正極，如第十章中最簡單的

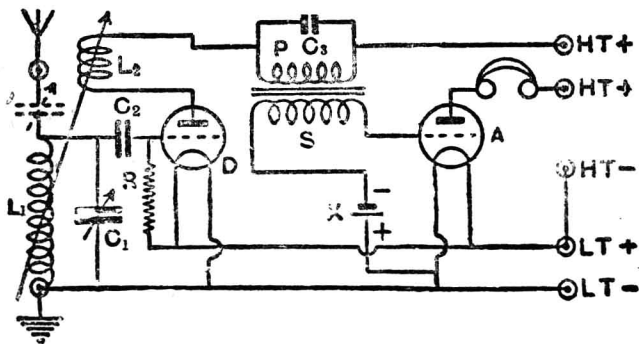


圖 223

線路一樣。又，檢波管和放大管的屏極電壓(廠家註明的)是不同的。其再生力用可變動的線圈來調節；如果用容電器來調節，當然一樣的也可以。

C_1 有 0.0005 微法拉， C_2 有 0.0003 微法拉。收廣播波段時， L_1 用 35 圈或 50 圈， L_2 用 50 圈或 75 圈。收長波時， L_1 改為 150 圈， L_2 是 200 圈。再生圈的圈數愈少愈好， R 的適當值是 2 百萬歐姆。

調節的方法和第十章所述的一樣，在天線線路中，加一小型容電器(圖中虛線部份)，及一個有分線頭的線圈(最大容量為 0.0003 微法拉)而調節之，就可增加選擇性。

用變壓器交連，則揚聲器輸出的音量最大；但變壓器的放大，每種週率不同，所以放大就不能均勻，音質有時因之失真。用了品質優良的變壓器，失真現象可以減少。通常變壓器對於高週率電流的放大較強，如在副線圈中加一電阻(0.5 百萬歐姆)，就可免除這種現象；然有時牠對於低週率電流的放大特小；這種現象，是爲了原線圈接在 D 的屏極上，而直流電通過這個原線圈要阻礙變壓器的鐵心的工作之故，因此就使原線圈的感應變弱，信號中低音的強度也減低了。用了特別的合金做變壓器的鐵心後，這種現象，雖然稍可減少，但是最好還是改良線路，如圖 224 所示，加一適宜的電阻 R 及 0.1 微法拉的容電器 C ，這樣直流電就不致直接輸入原線圈。 R 的值約比真空管的阻抗大二倍半，或三倍。這種接法，稱爲‘並給法’(Parallel feed)。

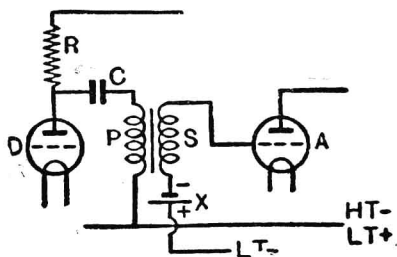


圖 224

其他一法，稱為‘電阻容電器交連法’(Resistance capacity-coupling)，如圖 224。RC 接於檢波管 D 的屏極和乙電正極。容電器 C_1 接於 D 的屏極和放大管 A 的柵極。外來信號經 D 檢波後的變動電流，使 RC 間生同樣變化的電壓，經

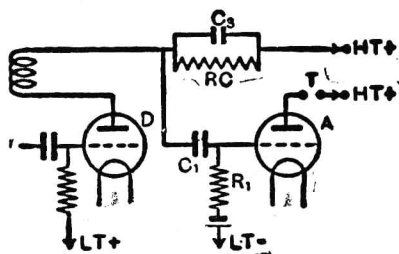


圖 225

容電器 C_1 輸入放大管 A 的柵極。RC 的電阻，依所用的真空管而定，普通約為 100000 歐姆，但也有用較大的。 R_1 的值要約比真空管的阻抗大三倍或三倍半為最好。容電器 C_1 的電容量依真空管的屏極電阻而定；如果用 30000 或 100000 歐姆時， C_1 約為 0.01 微法拉。如 R_1 之值較低， C_1 最好用 0.05 至 0.2 微法拉。

用了這種交連容電器，A 的柵極和絲極間就要加電阻 R_1 ； R_1 的作用，就是做柵極的電漏通路，如普通的檢波管中的柵漏一樣。高電阻 R_1 接在柵極電池的負極，而柵極電池的正極接於甲電的負極（注意柵漏常和甲電正極相連結）； R_1 用 1.0 百萬歐姆的比較好，但也可以用 0.5 或 0.2 百萬歐姆的；普通最好 R_1 的值大於屏極電阻四倍，就是說假使屏極電阻是 60000 歐姆， R_1 最好是 240000 歐姆，即 0.24 百萬歐姆。檢波管 D 的乙電電壓，比較再高一些，因為 RC 間有電壓降下，否則 D 的屏極電壓要太低了。

前面講過，變壓器放大的缺點，是放大不均勻，各種不同的週率，有各樣的放大，以致聲音失真。電阻交連的放大，就比較均勻得多了，自二百以至數千週率，都能得同樣的放大，不過放大沒有像變壓器交連那樣見效。

再有一法，稱為‘抗流圈交連’(Choke coupling)，如圖 226 所示。這種交連法中，最重要的，當然是一個抗流圈(如圖)。牠用在低週率交連時，是一個電阻很小(愈小愈好)，繞在一個鐵心上的線圈，其感應量愈大愈好。圖中 R_1 的電阻，最好要大於真空管的阻抗十倍或十二倍。

抗流圈交連的作用，和上述的差不多；從放大的效率說，抗流圈交連，稍遜於變壓器交連，而比電阻交連的為高；從傳真方面說，抗流圈交連，遜

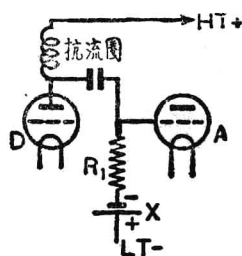


圖 226

於電阻交連，而比變壓器交連的好。

4. 檢波管和高週率放大管間的交連

檢波管和高週率放大管間最普通的交連法，稱為‘屏極調諧交連’ (Tuned anode coupling)，如圖 227 所示，A 是高週率放大管，D 是檢波管。

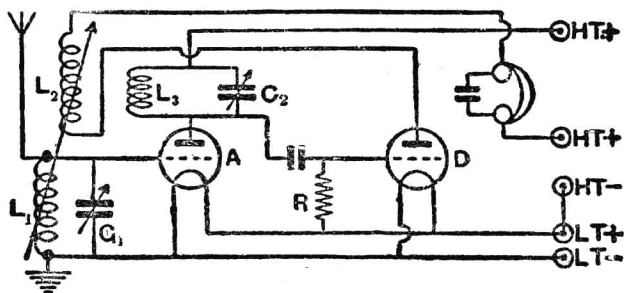


圖 227

真空管 A 的屏極線路，是由線圈 L_3 及可變容電器 C_2 並聯而成的。收廣播波段時， C_2 是 0.0002 微法拉 (接長波時 C_2 為 0.0005 微法拉)， L_3 用 50 圈或 75 圈。

再生力是由 D 的屏極線路中的線圈 L_2 和天線線圈 L_1 交連而得。雖然有時為了減少干涉可將 L_2 和 A 管的屏極線路中的 L_3 交連，但結果不及上面的一種好。再生力當然也可以用容電器來調節控制的。

還有一點須注意：柵漏 R 是接到甲電的正極的。放大管 A 的柵極需要負電壓，這由丙電來供給；這情形好像第三節所講的放大管一樣。

在這個線路中，先將 L_1C_1 及 L_3C_2 部調節到所需要的週率(或波長)，然後把外來的高週率的信號，直接輸入放大管A的柵極(利用此管特性曲線的直線部份放大)，於是A的屏極線路中就產生了放大的振盪，即 L_3C_2 間也起同樣變化，產生了和A的屏路中所生的振盪相當的電勢差。這經過了放大的電勢變化，就被施於檢波管的柵極，待經檢波後，再將牠輸入耳機去。

三極管用作高週率放大管的最大缺點，就是自生振盪，所以現在都用屏柵管來代替，已很少用三極管了。

將圖 227 的線路，再加改良後，即如圖 228。其中屏極線路中的線圈 L_3 ，改為有可變接觸點的線圈。這樣，選擇性就可以較為增強。

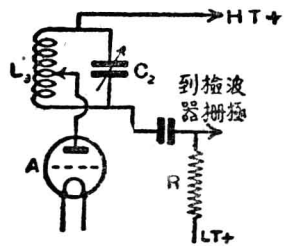


圖 228

圖 229，叫做‘柵極調諧線路’(Tuned grid circuit); 抗流

圈 L_1 接於 A 的屏極，和乙電正極之間。調諧線路 L_2C_2 接於檢波管 D 的柵極及其絲極。交連容電器 C_1 和平常的接法一樣。D 的屏極線路中的 LS，是接耳

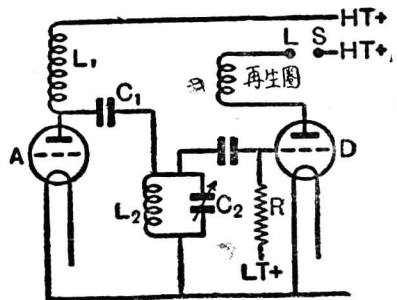


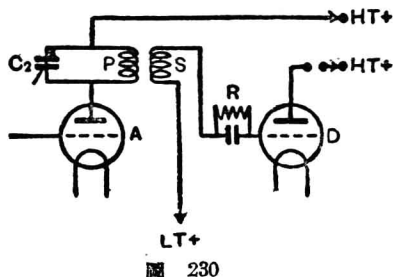
圖 229

機或揚聲機的地位。這線路的作用，和前面所講的差不多，留

着給讀者自己體會罷。

在新式收音機中，天線線路的可變容電器，和諧調線路的可變容電器，通常聯在一起，就是祇用一個轉軸來旋轉兩組容電器的動片。這樣調節時，可以較簡單些。

圖 230 是另一種方法，稱為變壓器交連，所用的是高週率變壓器*；牠的作用，和低週率變壓器一樣，最大的分別，就是沒有鐵心（不過有時也有用鐵屑做心子的）。



*高週率變壓器就是二個交連着的線圈。

這變壓器的接線法，如圖 230：原線圈 P 是在 A 的屏極線路中，副線圈 S 是接在檢波管 D 的柵極和絲極之間。我們的目的，是要使 D 的柵極的電勢差愈高愈好，所以 S 的調節，也要和 P 一樣，不過 P 和 S 連成‘緊交連’（Tight coupling）（P, S 兩線圈貼得很緊，稱為緊交連）；祇要在 P 的兩端，接一容電器 C_2 ，就同時可以調諧 P 和 S。 C_2 約為 0.0002 微法拉。

柵漏 R 可以接於柵極容電器的兩端，因為 S 和乙電正極並不相通，而是接通於甲電的正極的，所以不會有乙電中來的正電壓輸入 D 的柵極的。D 的屏極線路中的再生圈，可以與天線線圈交連，或者與變壓器交連。

市上出售的線圈，都可用作天線線圈，也可用作高週率變

壓器，圖 231 (d) 表示‘來柯氏兩用線圈’ (Lewcos six pin dual range coil) (可以用於長波及廣播週段)，現在的新式收音機，差不多都有這一類線圈。圖(a)是表示這線圈的裝置，S 是副線圈，P 是原線圈，這線圈的六個接頭都有數字註明

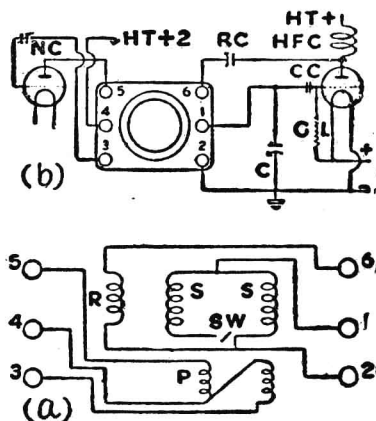


圖 231

(自 1 至 6)。我們從圖裏可以看見原線圈分成兩部，第四個接頭是由這兩部份線圈的中間分出。

圖 231 的 (b) 就是用這線圈的變壓器交連，左面的是高放管，右面的是檢波管，R 是再生圈，再生力調諧容電器 RC 的一端，接於第六個接線頭，他端接於檢波管的屏極。這一個線路，是用容電器來控制再生力的。

‘NC’ 是‘中和容電器’ (Neutralizing condenser)，牠的用法，將來就會講到。開關 SW [圖(a)] 專管波長的交換：或者收長波或者收廣播週段。將圖 231 加以詳細的研究，就可明

白這種線圈是合上面所講的原理做成的。

理論上，高週率變壓器的比數放大，調諧電路的電容量就愈大，選擇性也愈好，不過所用的高放管的放大係數也應該大。

圖 232 是電阻交連法——又是一種高放管 and 檢波管間的交連法。這個線路，祇要看第三節電阻交連一段，就可以明瞭。再如將 R 換為高週率抗流線圈，這個線路，就變成抗流圈交連了。牠的作用，也和從前所講的一樣。

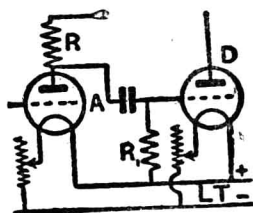


圖 232

5. 高週率放大

以三極管作高週率放大，最大的缺點，就是自生振盪。

因為三極管內的屏極和柵極間的電容量頗大，要發生和再生力調諧容電器同樣的作用，將屏極的電能回授到柵極上去，而回授電能過大，就自生振盪。最初的補救方法，是在調諧線路中另加一電阻，使這種振盪因電阻而起減幅現象而減少；或者在高放管的柵極線路中，加一‘電勢計’(Potentiometer)，使其柵極略帶正電壓，也可以免去屏極和柵極間因電容量而生的各種影響。

最好的方法，還是用一種中和電路的裝置，因為牠可以和真空管各極間的電容量起影響，而不減低固有的效能。

雖然現在有屏柵真空管和各種隔離罩的發明，好像這種裝置

是用不到了，但有幾種收音機和發報機上，仍舊是採用牠的。

我們想像在高放管的屏極線路中，有這樣一點，在這點的電勢，無論何時，適和屏極的電勢相反。又想像在這點和柵極之間有一可變容電器。顯然的，這點所有的電勢的電能會回授到柵極去，而其回授電能的方向，適和屏極線路中的回授電能相反；又藉這可變容電器電容量的調節，我們能使這兩種相反的電能相等而互相抵消，於是這收音機就沒有自生振盪的現象，成爲穩定。這就是中和電路的原理。

圖 233 是中和電路的一種式樣。高放管 A 的屏極線路中的線圈 L 的中點，有一接於乙電的正極的中心分線頭，而線圈的一端接於 A 的屏極，他端則經中和容電器而接於 A 的柵極。可變容電器 C 跨接於 L 的兩端；LC 電路就是普通的屏極調諧線路。

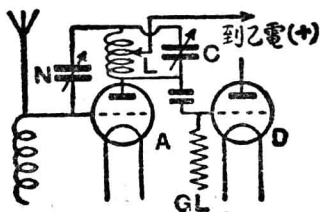


圖 233

從圖中，我們可以看到：因爲乙電正極是接在線圈 L 的中心分線頭的，所以線圈 L 就被分成兩段相等的線圈。因此我們倘若將 N 調節，就可使 N 的電容量正和真空管中屏極和柵極的電容量相等。所以屏極的回授電能，適和 N 的回授電能方向相反而大小相等，於是互相抵消而使收音機穩定；並且就是 C 變動的時候，或者 L 換了其他有中心分線頭的線圈的時候，收音也仍能穩定，沒有影響。

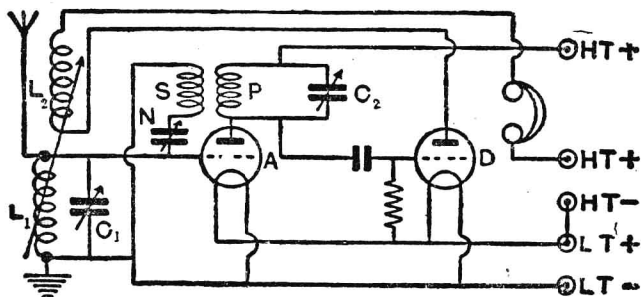


圖 234

圖 234 也是中和電路的一種。在這個線路中，高週率變壓器的原線圈 P，接在高放管 A 的屏極線路裏；副線圈 S 的一端，接於甲電負極，他端經中和容電器 N，接於 A 的柵極。

裝這線路時，天線線圈 L_1 用 35 線或 50 圈的插入式線圈；先將天地線和再生圈拆去，將容電器 C_1 旋至 10 度，旋轉 C_2 以至自生振盪；再調節中和容電器 N，使 C_2 在任何地位，不致有自生振盪發生；於是旋轉 C_1 至 20 度，再旋轉 C_2 ；如又有自生振盪發生，再調節 N；這樣試驗下去，務必使 C_1 、 C_2 皆在任何地位時，都沒有自生振盪的現象；這樣中和電路的裝置就告完成。

將 N 調節好後，就不要再動牠，然後接上天地線，並在 D 的屏極線路中，接一個 50 或 75 圈的再生圈，就可收音了。

實際上，回授現象並不僅因屏極柵極間的電容量而產生的，如各另件和接線間有電容量的形成，也就會發生這種影響。要免去這種缺點，收音機的各部份，可以用金屬罩子罩住，因金屬罩子所生出的渦電流，能使各部的互相感應作用減

少，所以金屬罩子也常常用來隔斷各部的線路。收音機的輸出部份，不可與輸入部份發生感應，因為輸出部份的電力比輸入部份的強得多，假使回授現象發生，立刻就生振盪，因此新式的金屬罩子之重要可知。

免除振盪的最好方法，還是用屏柵真空管(外面應有真空管隔離罩)。讀者諒可回憶第八章中曾述及這種真空管的屏極柵極間的電容量，還不及三極管的千分之一，因之由真空管屏極柵極間的電容量而生的影響，可算沒有，且這種真空管的放大係數和真空管的阻抗都比較高，所以由放大係數的關係也能增加高週率放大的效力(因為真空管的效率，與真空管的放大係數成正比例，而與阻抗的平方根成反比例)。

以屏柵管作高放管和普通檢波管的交連法，同前面所述的一樣。圖 235 就是用屏柵管的屏極調諧線路。屏柵管的

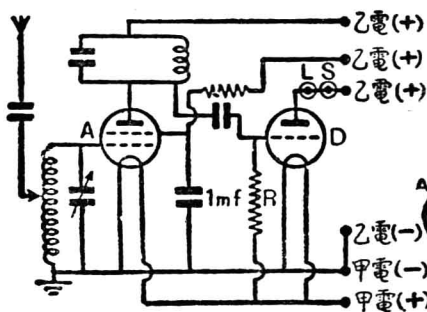


圖 235

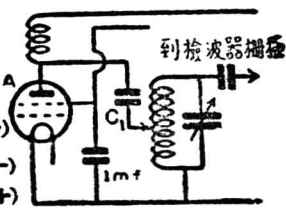


圖 236

屏柵極，接於乙電正極；電壓的大小各真空管有各自的規定，大致屏柵極的電壓等於屏極電壓的一半，或三分之二。圖

236 是改良柵極調諧線路，容電器 C_1 有 0.0001 微法拉，屏極和乙電正極之間，接着一個佳品的高週率抗流圈；其反交連容電器（見第十章），通常有 1.0 或 2.0 微法拉的電容量。

雖然照上面所述，屏柵管有很多特長的地方（即放大係數很大，而屏極柵極間的電容量很小），但是我們在第八章中已知道，屏柵管的特性曲線很直，所以柵極的電壓變動不能過大，否則就發生失真放大現象。這種現象，用了可變放大係數屏柵管，就可免除。這種真空管的接法，和屏柵管的一樣，不過牠的柵極電壓是可變的。當外來信號弱的時候，就減少柵極負電壓以增加其放大率；當外來信號強的時候，就增加柵極負電壓以減小其放大率。這種裝置，也可用作‘音量調節’（Volume control）的作用。

圖 237 是一個以週段選擇器線路來得可變柵極負電壓

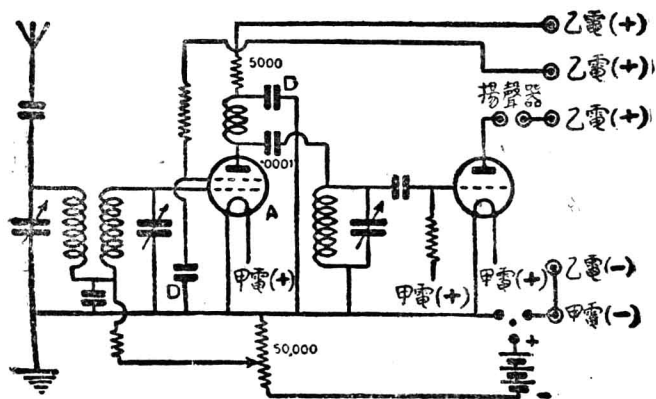


圖 237

的一個方法。在柵極電池組的一端，接一 50000 歐姆的電壓分析器，器的轉軸，接於柵極；旋轉這轉軸，柵極的負電壓就可變動，不過在線路中，一定要接一開關，否則在不用的時候，因電池仍舊是通路，亦消耗電能。柵極負電壓大約為負 15 伏特，且各真空管都有各真空管詳細的規定。還有，放大管的屏極線路、柵極線路中的反交連容電器 D 和電阻等，也是應加注意的。

6. 輸出級

以前所講的幾張圖中，耳機總是直接接在最末一級真空管的屏極和乙電正極之間的；其實這種接法，還不適宜：第一，因乙電的正電壓，經耳機的高阻力，降低得很多，結果因真空管所受的屏極正電壓過低而遜其效力；第二，假使揚聲器和收音機距離很遠的時候，其間接線所損失的電能也很大；第三，波動電流通過電池，要起低週率的雜聲。為免避這些缺點，就有所謂抗‘流圈輸出濾波器’(Choke output filter)的裝置：如圖 238，在強力輸出管的屏極和乙電正極間，接一約 25 亨利的低週率抗流圈(市上有特製的抗流圈出售)，以代揚聲器之直接接入屏極線路。屏極線路再接一 2 微法拉的容電器 C, C 的他端，接於揚聲器的一極，揚聲器的他端，再接於乙電負極。假使輸出管是超強力管，

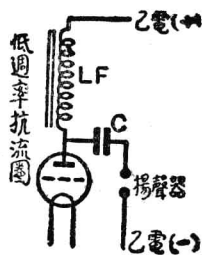


圖 238

則抗流圈最好用 20 亨利的，但用 25 亨利的也可以。

還有一種方法，是用一個輸出變壓器以代低週率抗流圈。原線圈接於屏極和乙電正極之間，揚聲器接於副線圈的兩端。通常副線圈有好幾個分線頭，可以變更變壓器的比數，使其與揚聲器適合而得最佳的傳真度。

五極管的放大率很大，且輸出電能也很強。除出有幾種線路外，放大管的輸出，都要用低週率濾波器或輸出變壓器和揚聲器相連接。五極管和揚聲器間的交通甚為重要，同時，因為五極管對於較高週率的放大率較大，有時必須用一‘調音器’ (Tone corrector)，以免有尖聲怪叫。

圖 239 是五極管輸出電路之一，所用的是抗流圈低週率濾波器。因抗流圈上有好幾個分線頭，故可得最好的調諧。調音器是一個 50000 歐姆的電阻 R 和 0.25 或 1.0 微法拉的容電器 C 串聯而成的，接在抗流圈的兩端。圖 240 是用輸出變壓器的五極管輸出電路，其中調音器接於原線圈的兩端，容電器的電容量約為 0.01 微法拉；如以 C 調節 R 的電阻，雜聲就能減少。

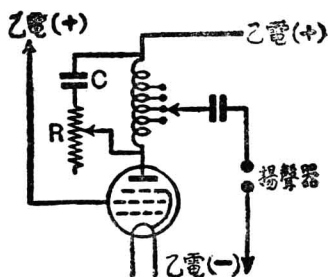


圖 239

圖 241 是上述兩法的合併，其中調音器接於有分線頭的抗流圈的兩端，揚聲器接於變壓器的副線圈兩端；倘若將調

音器直接接在屏極線路的揚聲器上，也能見效。

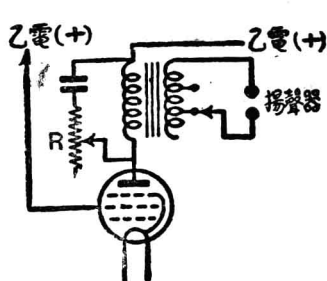


圖 240

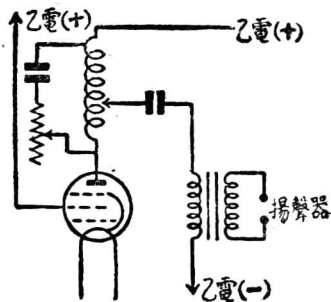


圖 241

假使需要更強的音量，只要在最後輸出級裏，用兩個相同的真空管並聯起來，就能得到。不過用了這種方法，檢波管的輸出力量，必須充分的大，而甲乙電的電力，也須顧到。接法如圖 242，兩管的柵極都接一 60000 歐姆的電阻，但是這種並聯法，已不通用。較普通的接法，稱為‘推挽式放大’(Push pull amplification)，如圖 243 所示。

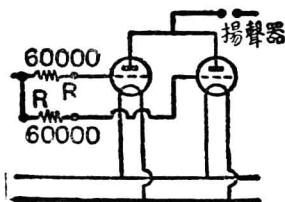


圖 242

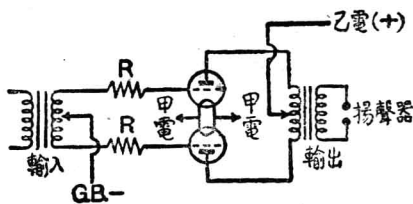


圖 243

7. 推挽式放大·靜推挽式放大·乙類放大

裝電池式收音機者及無線電工程師等，總想增加收音機

的音量，以達到和交流收音機差不多一樣的結果，但同時也要想不增加乙電的消耗。我們翻回去看圖 138，這就是輸出管的特性曲線，OA 是真空管的常態柵極負電壓，AF 即其相當屏流，也就是沒有外來信號時的正常屏極電流。現在假定有外來信號經變壓器而輸入（如 P），使柵極電壓在 BC 間波動，則相當的屏極電流就在 CD 和 BE 間變化，所以輸出的信號 Q 和 P 一樣，不過已被放大了。

現在假使希望得到較大的輸出 Q，那麼第一必須先有較大的輸入；就是說，必須要有較大的柵極波動，即 C 點就應該移向左面，B 移向右面。不過這是有限止的：假使 C 點移得太左，D 點就在特性曲線的彎曲部份，以致放大失真（見圖 145）；如 B 點移得太右，也有同樣的失真現象發生，如圖 146 所示；所以增強輸入信號的方法，好像是不可能的。

但是圖 243 的推挽式放大，卻可解決這問題。假使輸入信號的電能或柵極電壓的波動很大，我們可以將牠分成兩部份，輸入兩個真空管，這樣，輸入電能就容易控制了。要將輸入電能分成兩部份，我們要用一隻輸入變壓器，牠的原線圈和普通的線圈一樣。不過副線圈有一中心分線頭，這中心分線頭，實際上接通絲極，所以副線圈兩端的電壓，卻是相反，以相角言，相差 180 度。一端負最大正電壓的時候，那一端就負最大的負電壓；而且也可以說牠們兩線路中，二對相對的二點的電勢差，都卻巧相等，而是相反；因為兩管的柵極電勢差適相反，即一管的屏流增加的時候，恰當那管的屏流減少的時候。

講得通俗些，好像一管推出電壓，另一管正挽住電壓；推挽式放大是由此得名的。

這兩真空管的屏極電流，既相差 180 度（就是一個增加的時候，另一個正在減少，不論何時，兩個卻巧在相反的地位。如果我們說，這兩個真空管的屏流相差是 360 度，或是 2π ，那麼牠們的屏流變動是一樣的，不相上下），那我們要收受這種電流，就要有適當的方法，使牠發出最好的信號；這就仗圖 243 右邊一個變壓器的工作。牠的原線圈，也有中心分線頭的，副線圈接到揚聲器。因為這兩個真空管的作用卻相反，一個做‘推’的工作的時候，那個正在做‘挽’的工作，所以依照線圈的感應定律來講，牠們兩個工作相加，就產生出較一個真空管二倍大的效果來了。

照這樣講來，推挽式放大是很好的，但也有一個頗大的缺點：我們看圖 244，上半圈是一管的屏流變化，下半圈是他管的屏流變化；從這裏，可以看到假使一管需要四毫安培的電流，那麼兩管適為兩倍，所以推挽式雖然能輸入較大的電能，輸出較大的音量，但太消耗乙電，和我們的根本原則相背了。

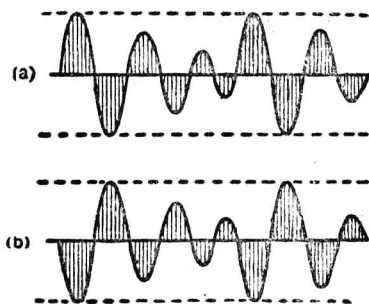


圖 244

到 1933 年，‘靜推挽式放大’(Quiescent push-pull ampli-

fication) (美國人就簡稱為推挽式)問世了。這是將兩個高放大係數的五極管連在一起而成的。牠的輸出較一管的輸出大一倍,有時大一倍多,但對於乙電的消耗,倒不十分多。

靜推挽式的裝置,和前面的推挽式的裝置差不多完全一樣,也是兩個真空管並聯在一起,也有二隻有中心分線頭的變壓器;其所不同的,就是各真空管的柵極負電壓較原來的增大一倍,如圖 145 所示,每隻真空管的柵極負電壓,增加到 C 點的地位,使牠作用在這曲線彎曲很厲害的地方。我們起初一看,就覺得很奇怪,因為我們知道如果將柵極負電壓降到如圖 145 A 的地位,就要發生失真現象,現在更降低至 C,當然失真現象更要厲害了;不過須知道這對於一隻真空管講,固然不錯,然在靜推挽式的裝置上,就不同了。

譬如柵極負電壓增加至大於 A 時,則輸出 Q 的下半部波動就減小,如柵極負電壓增加至 C 時,則 Q 的下半部波動甚小,而上半部波動仍舊很大。所以在靜推挽式放大中,輸入電能也和推挽式放大的一樣,分入二管,但其屏流的波動,就不像推挽式那樣的上下波動。

牠的波動,如圖 245 所示;因為柵極負電壓很大的緣故,每隻真空管對於負電勢增大而發生放大的作用,差不多可說沒有影響,所以當一個真空管對柵極

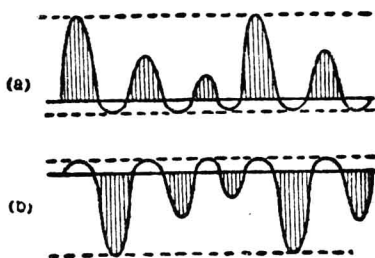


圖 245

電勢變動的一半放大的時候，對另一半就不發生放大，而另一隻真空管，則將那未曾放大的一半放大，而對那隻真空管已經放大的一半，就不發生影響，因此我們就得到很好的效果。讀者不妨細細的研究該圖的意義，再和圖 244 作一個比較，或者因此更可以明瞭：當一隻真空管在做放大工作的時候，那一隻就不做放大工作，而是處於靜止的狀態，所以我們稱牠是靜推挽式放大。

這樣，乙電的消耗就省了，因為有一半工作，是靜止而不消耗電能的。一管在半週靜止的情形下，所需的電能是 2 毫安培，但是對揚聲器音量的輸出，較一管時大二倍；五極管很適用於靜推挽式放大。圖 246 就是靜推挽式放大的線路。

在推挽式中，因輸入電能是分輸於二管的，所以輸入電能可以比單管的大一倍。在靜推挽式中，輸入電能可以比單管的大四倍，所以在輸出級的前面，可以多加幾級放大，而輸入變壓器的比數，也可以較大些，通常是 9:1。

在圖 246 中，用一個輸出抗流圈來代替輸出變壓器；這抗流圈的感應量要很大纔好，因為每一時候，祇有他的一半被應用着；但牠的電阻要很小。抗流圈的兩端所接的串聯容電器及電阻，就是調音器，也可以說是‘保險’，以免輸出部份有突然的變更，而損壞收音機。

靜推挽式放大，固然在現代的無線電上，用得很普遍了，但接踵而來的，又有一個更好的方法，稱為‘乙類放大’(Class B amplification)，牠所用的真空管是乙類放大管(前面已講

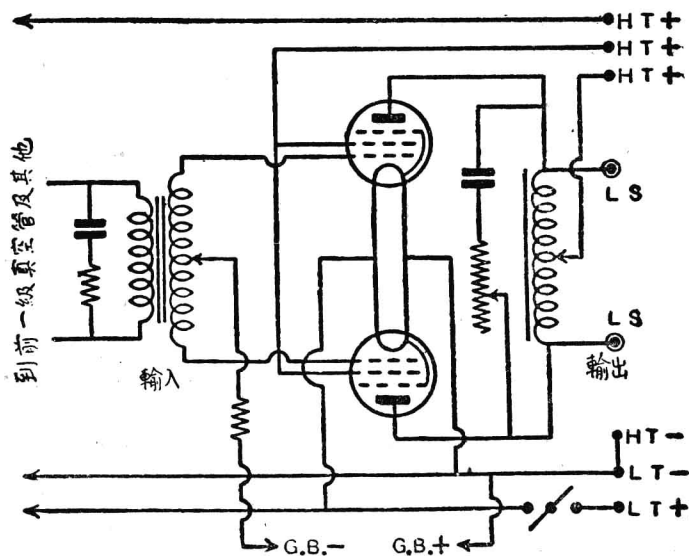


圖 246

過)。這種新式放大法的音量和交流機的差不多，但是牠的乙電消耗倒是很小，有時可比普通放大管還小。

圖 247 就是乙類放大的輸出線路。為簡便起見，把高放和檢波部份的線路都省去了。牠的裝置法，大致和靜推挽式放大的相同，也用副線圈有中心分線頭的輸入變壓器，和原線圈有中心分線頭的輸出變壓器（或是用有中心分線頭的輸出抗流圈），不過祇用一隻乙類放大管——乙類真空管中包含兩隻真空管，所以接線的方法，也和靜推挽式的類似。

我們再看圖 145，如柵極的電勢為零時，即圖中的 O 點，則屏流甚大，為圖中 OY 之長。當柵極負電壓增加時，屏

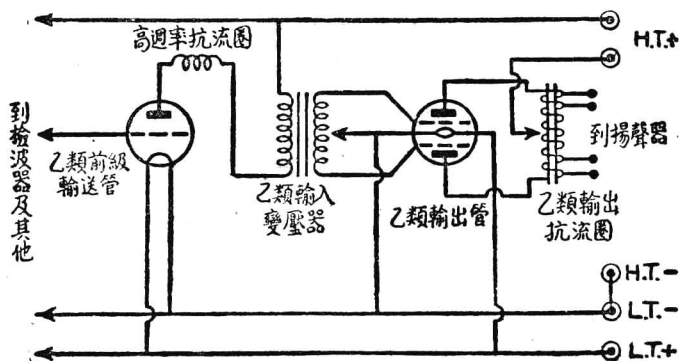


圖 247

流就減小。所以在靜推挽式放大時，我們給每個柵極以極大的負電壓，且利用真空管特性曲線的彎曲部份，使每隻真空管的放大作用，祇及電波的一半，當另一半電波到的時候，處於靜止的狀態，而留給其他一管去把牠放大。這在乙類放大中就不同了，乙類放大管是特別設計的，即使柵極電勢等於零時，屏流依舊很小，所以用不到增加柵極的負電壓。在定乙電電壓下，真空管的效力也是最大。但是在圖 146 講過，如柵極電壓為正時，柵極就有電流通過。普通的真空管放大，處這樣情形時，就要失真，但乙類放大管就不同了。

我們知道，乙類放大管的柵極，是接於輸入變壓器的副線圈的，而柵極電流是由前一管的屏極，經變壓器感應而輸入。下面二點，我們必須注意：第一，輸入變壓器的副線圈的電阻，應該小，所以在靜推挽式放大中所用的升壓變壓器，這裏用不到；這裏要用一個降壓變壓器，就是原線圈的圈數多於副線

圈的變壓器（通常無線電中所用的，都是升壓變壓器）。第二，因為用了降壓變壓器，就有放大損失，所以在乙類放大管的輸入變壓器的前面，要加一級普通的低週率放大管，稱為‘推進管’（Driver）。但雖然多用了這推進管，而乙電的消耗還比普通的收音機小；若在推進管的柵極施些負電壓，則乙電的消耗還可以更小些。普通調節推進管的輸出，只要使牠恰可以抵過在降壓變壓器中百分之二十的放大損失就是了。降壓變壓器的比數，依所用的真空管而定；至於輸入變壓器的副線圈，固然要有分線頭，而輸出變壓器的原線圈，也要有分線頭，不過這二者的電阻都要很小。

乙類放大的性質和靜推挽式放大的差不多，不過牠以很小的乙電消耗，而得極強的音量。普通的輸出真空管的放大作用，耗電很多，就是在沒有外來信號的時候，乙電的消耗仍是很大，而乙類放大，卻把這種無謂的消耗，減至很小，就是在工作的时候，也祇要用 1.5 到 2.0 毫安培的電流，所以很適用於乾電池式的收音機。

這種收音機的音調很好。假使有失真現象發生，應該將真空管的交連檢查一下，尤其是檢波管應特別注意。若在輸入變壓器的兩端和中心分線頭間，各接一 0.01 微法拉的容電器，又在輸出變壓器原線圈的兩端和中心分線頭間，各接一 0.005 微法拉的容電器，可以改善音調。如用輸出抗流圈時，則容電器可以不接。普通接在揚聲器兩端的調音器，在乙類放大中最好接到輸出管的前面；這樣，一方面可以免去因輸入

電能過大的波動，一方面也可以節省乙電的消耗。

8 自動音量調節器的接法

關於自動音量調節器的原理，前面第八章、第九節中已約略講過，其普通的裝置，如圖 248。控制電壓從前面兩極三極學生管中的一個二極管輸入。高週率放大管的柵極電流從屏極流向陰極，經過 R 回至 LC 電路。R 的

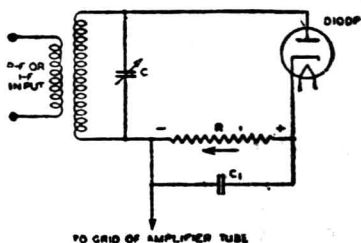


圖 248

近二極管陰極的一端，荷正電勢，而他端，荷負電勢。若將這負電勢施於高週率放大管的柵極，則成柵極負電壓的作用。現在，假定當某一信號來時，能產生適當的負電壓，而當信號強度減小時，電流就減小，則柵極負電壓可自動的減小。負電一經減小，敏銳性增強，音量就自動的增大。反之，如果信號增強，電流亦增強，放大管的敏銳性就減低，音量也就減弱。

圖 249 是這種二極三極學生管的接法。微弱的信號，固可以被牠收受，但因此微弱的雜音，也就放大了。所以我們有時祇使放大作用能發生於某一強度的信號，或較

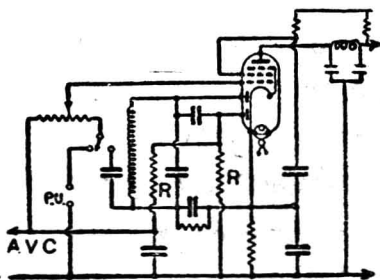


圖 249

強的信號之下。這樣，對較強強度小的，可使之不生作用。如在圖 250 中，二極管到 R 的中間，有一約十伏特的電池組的緣故，就是爲此。這樣一來，信號的強度，就至少要能發生 10 伏特電壓的力量的，然後纔有電流經過 R，而生自動音量調節的作用。我們把這種裝置，稱爲‘減緩自

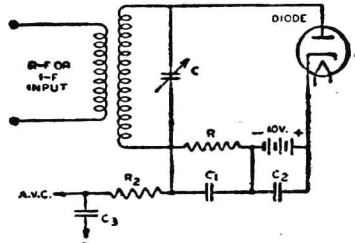


圖 250

動音量調節器’(Delayed automatic volume control)。

9. 揚聲器和輸出管的配合

揚聲器和最後輸出管間的配合，對於輸出電能及音調失真，大有關係；其整個的原理，要用高深的數學和物理學纔能解釋，非本文所及；現在祇講其大要和通常應用的幾點。

在未講以前，讀者要明白下面所講的，不是任何情形皆絕對適用的，其所得的效果，須依各種收音機的特殊情形而定：如收音機的電流、電壓等等；且所得的成績往往各人都不同，實沒有一個絕對的方法可用；所以我們祇就大體上改進而言，用起來或者可以有好的結果。

照理，某一收音機，當其屏極線路的阻抗(包括揚聲器)是真空管的阻抗的二倍時，其傳真度爲最大(這當然是過分之詞，因通常的放大，總有些失真的)；但實際還有問題，因爲阻抗是隨電流的週率而變的，週率大時，阻抗亦大(見第五章)，

因此我們祇能假定真空管的阻抗不因週率而變，而將屏極線路的阻抗，假定爲真空管的週率爲 500 時的阻抗。

我們假定揚聲器是直接接於真空管的屏極線路的，則屏極線路的阻抗，就是揚聲器的阻抗；所以如輸出管的阻抗是 2000 歐姆，則揚聲器的阻抗，必須是 4000 歐姆。假使輸出管的阻抗是 3000 歐姆，則揚聲器的阻抗應該是 6000 歐姆；如仍用 4000 歐姆的揚聲器，效力就要減低。明白些說：讀者購揚聲器時，須揀牠的阻抗，與你所用的真空管適合的，或者選真空管時，也要揀真空管的阻抗，與已有的揚聲器配合的。

我們曾經說過，很少揚聲器可以直接接在屏極線路上而得很好的效果的。我們在這裏，須用輸出變壓器以及抗流線圈，來使揚聲器和末級真空管線路作適當的配合。

譬如有一真空管，牠的阻抗爲 1000 歐姆，又有一動圈式揚聲器，牠的阻抗爲 20 歐姆，則依以前的定律，若要得最好的聲調，那麼屏極線路中的原線圈的阻抗，應爲 $1000 \times 2 = 2000$ 歐姆。現在又來一定理：若互相連結着的變壓器的副線圈，和動圈式揚聲器的阻抗相等，如皆爲 20，則所得的輸出效力最大。這裏應注意：最大傳真度的阻抗比例爲 1:2，而最大輸出率的阻抗比例爲 1:1，不可紊亂。其次來計算適合以上情形的變壓器的比數；假定比數爲 X，則由下列公式可求得：

$$\begin{aligned} X &= \sqrt{\frac{\text{原線圈的阻抗}}{\text{副線圈的阻抗}}} = \sqrt{\frac{2 \times \text{真空管的阻抗}}{\text{揚聲器的阻抗}}} \\ &= \sqrt{\frac{2000}{20}} = \sqrt{100} = 10 \end{aligned}$$

我們所需要的變壓器的比數為10：1，而其原線圈的阻抗為2000歐姆。有些輸出變壓器的原副線圈，都有分線頭，所以一個變壓器，可以同幾種真空管和幾種揚聲器相配合。通常製揚聲器的廠家，同時也製造與揚聲器配合好了的變壓器。

普通的抗流圈和容電器組成的低週率濾波器(見圖 238)因為能不使直流電直接通過揚聲器，故可改善收音的成績。抗流圈的阻抗雖大(電阻很小)，但對於揚聲器的配合，不生關係，所以真空管和揚聲器的配合，還是和上述的一樣。假使用了分線頭的抗流圈，則對配合就有關係了。又假使變壓器和抗流圈同時都用，變壓器原線圈的接法，和不用抗流圈時一樣，所以牠們的配合也不變。

現在各廠家對於牠們所製的真空管的屏極線路的阻抗都有規定，又揚聲器的阻抗也有註明。讀者祇要選擇阻抗和真空管的規定阻抗相等的揚聲器，直接接於屏極線路就得。假使要用輸出變壓器，則須照前面一樣的計算比數，公式中的分子，就是真空管屏極線路所規定的阻抗。

依實驗所得，假使所用的揚聲器是簧舌平衡式的，那麼，牠的阻抗隨週率而變，然真空管屏極線路所規定的阻抗太大，差不多應該減少一半。

五極管和普通放大管不同，其屏極線路的阻抗，應該很低，否則就會失真。各五極管的阻抗，各廠家都有規定，普通約為5000至10000歐姆。讀者可從上面的公式，來求變壓器的比數；譬如真空管的屏極線路的阻抗是10000歐姆，而揚

聲器的阻抗為 4000 歐姆，則得：

$$X = \sqrt{\frac{10000}{4000}} = 1.6$$

有時因揚聲器和五極管的配合效力稍差，或許會發生雜音；若接一調音器，即可免去此弊。所以五極管用作放大管時，各另件的設計，頗應仔細；不過設計好了的收音機，其效力就比普通三極管作放大的大得多。

10. 新式電池式收音機

讀者對在雜誌或報上所見的幾幅比較繁複的線路，總以為難懂難記，其實祇要了解前面的幾章基本觀念及基本作用，也就沒有什麼困難了。這裏所介紹的幾種新式標準線路，都是著者自己先試驗過的。

圖 251 是一效力很好的兩管機：一級三極管檢波，和一

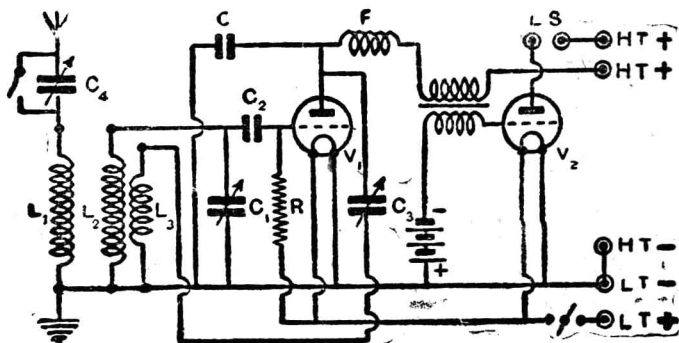


圖 251

級變壓器交連的低放。在這裏所用的線圈，也和以前的一樣，都是插入式線圈。這隻收音機的效力很好，能收聽許多本地或遠地電臺的播音。

註：這收音機所用的兩隻真空管，都可用 30 號；假使沒有插入式線圈，那麼別的圈數相當的線圈，也可以用。

L_1 、 L_2 、 L_3 都是插入式線圈，平行的裝在一線圈架上，其接線如圖。收中波（即廣播波段）的時候， L_1 用 25 或 35 圈， L_2 用 60 或 75 圈， L_3 用 50 或 60 圈。可變容電器 C_1 的電容量為 0.0005 微法拉，柵極容電器 C_2 的電容量為 0.0003 微法拉。再生力調諧容電器 C_3 ，接在檢波管的屏極和再生圈 L_3 之間；牠的電容量是 0.0003 微法拉，而再生力是以容電器來調節的（不用可動線圈）。天線線路中 C_4 ，是一最大電容量為 0.0003 微法拉的一半可變式容電器，其目的，在增加選擇性，不過牠會使音量減低，所以有時也不用牠。柵漏 R 的值為 2 百萬歐姆。

F 是高週率抗流線圈，和 C 聯在一起，其用法已經講過。低週率變壓器的副線圈，接於放大管的柵極和丙電負極；丙電的正極，接於甲電負極。各管電壓的大小，都有規定。調節的方法，和前面所講的一樣。收長波時， L_1 用 150 圈， L_2 用 200 圈， L_3 用 150 圈。

圖 252 是三極管的三管機線路，一級檢波，兩級低放。檢波管和第一級低放管間，為電阻交連；第一級和第二級低放間，為變壓器交連。天線調節，用「退生氏天線調節器」(Telsen

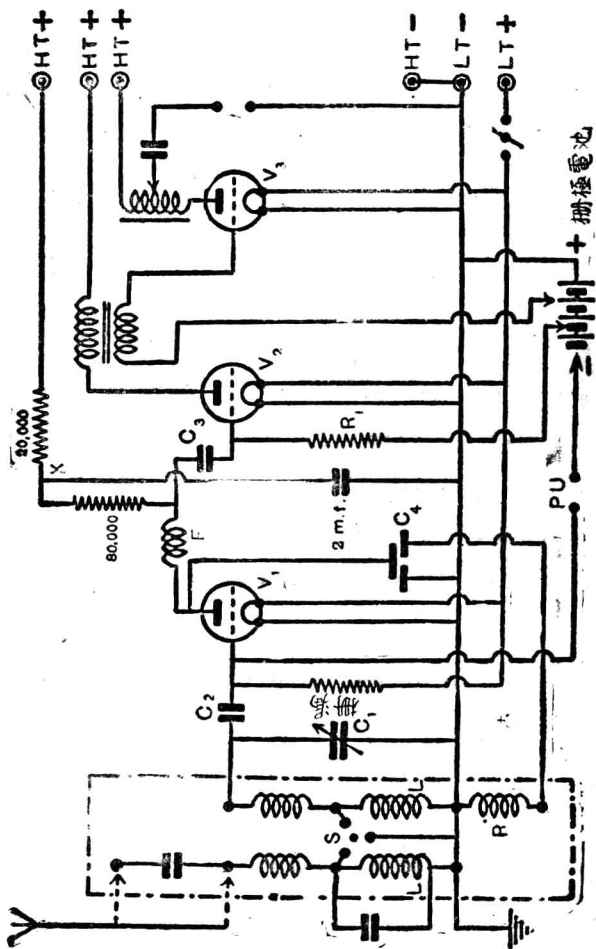


圖 252

aerial tuner) (見圖 66), 圖中虛線中間的, 就是這線圈的接線法。R 是固定再生圈。開了變換波長的開關 S, 圖中的三點就連在一起, LL 變成沒有影響, 於是中波就可收得。開了開關 S, 就如圖中所示, 即可收聽長波。天線容電器(在圖的上方), 可以用也可以不用。

天線調節容電器 C_1 的電容量為 0.0005 微法拉, 柵極容電器 C_2 是 0.0003 微法拉, 交連容電器 C_3 是 0.01 微法拉。再生力也是以差容電器 C_4 來調節的, C_4 的電容量為 0.00013 微法拉, 有一組動片和二組定片, 其動片接於檢波管的屏極, 一組定片, 接於再生圈, 他組定片, 接於甲電負極。檢波管的柵漏 R 也是 2 百萬歐姆, 且也和通常一樣的接於甲電正極; 檢波管的屏極線路有兩個電阻, 一為 80000 歐姆, 一為 20000 歐姆; 如用反交連的方法, 則可將 2 微法拉的容電器, 加入圖中 X 處。 V_2V_3 的柵極, 都要有負電壓。 R_1 的電阻是 $\frac{1}{2}$ 至 1 百萬歐姆。

揚聲器不直接接於屏極線路, 而用抗流圈輸出法配合, 第二級低放, 可用超強力管。

註: 檢波管和第一級低放管, 都可用 30 號; 第二級低放管, 可用 31 號。

效力最好的四管機, 如圖 253, 由一級高放, 一級檢波, 二級低放組成。高放用屏柵真空管, 末級低放用強力或放強力放大管。天線線圈 L_1 是有三個分線頭的插入式線圈, 天線可以接在任何分線頭上。每一接法的收音機的選擇性和

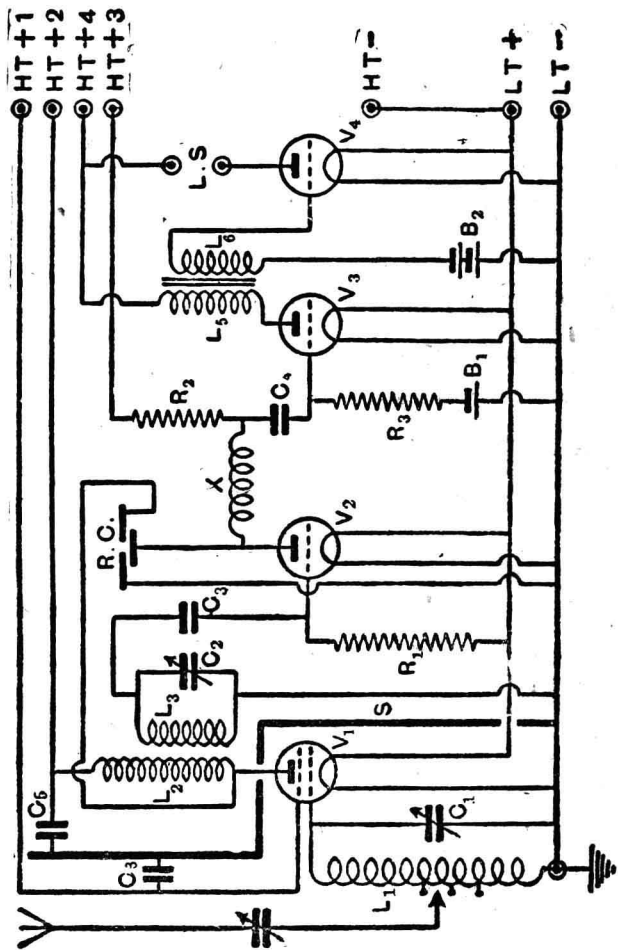


圖 253

音量都不同，以試得最佳者為合宜。收 500 米以上的波長時， L_1 用 60 圈，收長波時改為 200 或 250 圈。天線調諧容電器 C_1 的電容量是 0.0005 微法拉。 V_1 和 V_2 間是用變壓器交連。原線圈就是 L_2 ，副線圈就是 L_3 ，最好用兩個插入式線圈平行的裝在一起，收中波時， L_2 是 35 或 50 圈， L_3 是 60 圈。收長波時， L_2 是 150 圈， L_3 是 250 圈。

副線圈 L_3 和 C_2 配合，成為調諧電路； C_2 是 0.0005 微法拉的可變容電器。原線圈 L_2 是再生圈，牠的下端接一差容電器 RC 的一組定片。RC 的另一組定片，接於甲電的負極。RC 的動片接於檢波管 V_2 的屏極。 L_2 的一端，接在高放管 V_1 的屏極，他端接於乙電正極。 C_3 是 0.0003 微法拉。

V_1 的屏柵極，也接於乙電正極；這供給 V_1 的屏柵極和屏極的乙電的正電壓的大小，各真空管都有規定，大概屏極接 +120 伏特，屏柵極接 +80 伏特。高放管 V_1 的四週用鋁罩或銅罩 S 罩起來，如圖中的粗線，所以牠與別部份都隔絕。

檢波管 V_2 中的柵漏和普通的一樣，同是接於柵極和甲電正極之間。 V_2V_3 間用電阻交連， R_2 是 0.25 百萬歐姆。 X 是抗流圈。檢波管 V_2 的屏極，經過 X ， R_2 接於乙電正極。 R_3 約為 1 百萬歐姆，接於 V_3 的柵極和甲電負極之間。如用丙電 B_1 ，則 B_1 的正極，接於甲電負極， B_1 的負極，經 R_3 接於低放管 V_3 的柵極。

V_3 和 V_4 之間，是變壓器交連，低週率變壓器的原線圈 L_5 接於 V_3 的屏極和乙電正極；副線圈 L_6 接於 V_4 的柵極和甲

電的負極。 V_4 V_3 的屏極，都接於乙電正極。揚聲器用輸出抗流圈或輸出變壓器配合；圖中爲了簡便起見，所以將牠直接接入屏極線路。

註：高放管用 32 號，檢波管及第一級低放用 30 號，第二級低放用 31 號。

圖 254 是圖 252 的改良，天線線路及高放管（屏柵管）和檢波管間，都用‘列生氏調諧線圈’（Lissen tuning coil）。圖中虛線指示之處的兩線圈是相同的；如要這兩線圈收長波中波起變換，只要旋轉架上的刻度盤，使其操縱兩個開關 K 。 R 是再生圈， C_3 是再生力調節容電器（0.0005 微法拉）。第二調諧電路是在檢波管的柵極線路中，和第十章第四節所講的一樣。 C_1 和 C_4 都是 0.0005 微法拉的雙連容電器。柵極容電器 C_2 是 0.0003 微法拉。檢波管 V_2 和第一低放管 V_3 ，及 V_3 和第二低放管 V_4 之間都串聯着一變壓器。

變壓器副線圈間的電阻，是音量調節器（500000 歐姆）。可動接線頭，接於 V_3 的柵極。 V_3 V_4 的柵極，都施負電壓。 V_2 的柵漏，接於甲電正極。反交連器（見第十章第五節）中的 R_1 是 800 到 1000 歐姆； C_5 是 2 微法拉； R_2 是 8000 至 10000 歐姆， C_6 爲 2 微法拉。 C_7 爲 0.0001 微法拉。揚聲器用抗流圈和變壓器配合，不直接接於輸出級的屏極；抗流圈是 25 亨利，容電器是 2 微法拉。

圖 255 是一三管機的線路， V_1 是屏柵高放管， V_2 是普通三極檢波管， V_3 是五極輸出管。這裏所用的天線線圈，稱爲

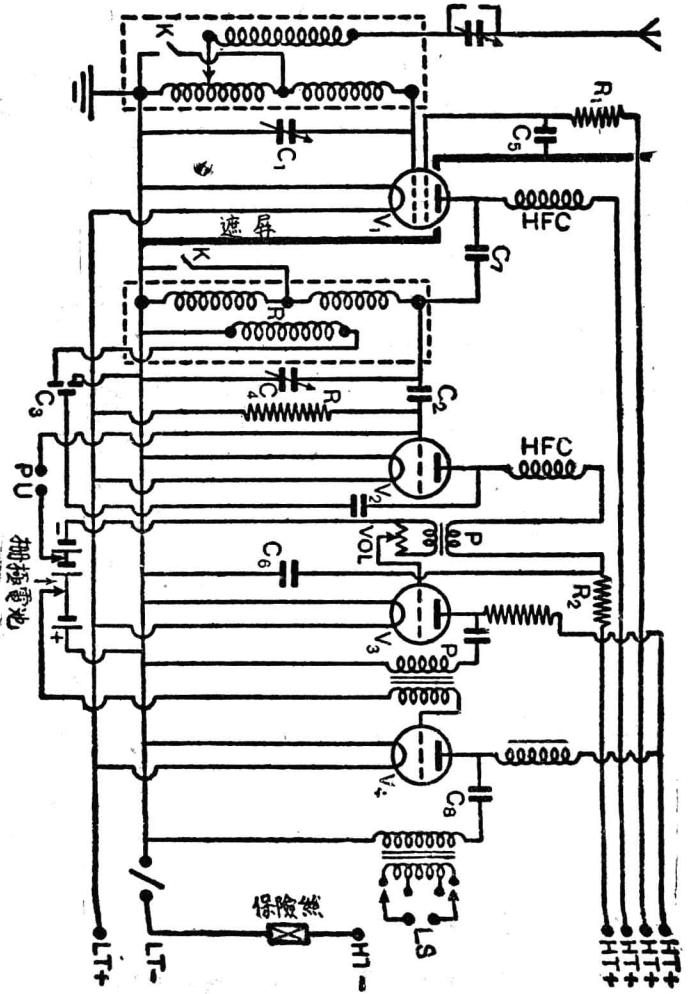


圖 254

DBA，但也可以用從前講過的天線線圈。前一種線路中的檢波管和五極管間，也可以加一級低放。 V_1V_2 間是抗流圈交連， V_2V_3 間為變壓器交連。輸出變壓器 T 用在揚聲器和五極管間。這線路和圖 253 一樣，也要用金屬罩。這種收音機，稱為旅行式的收音機，因為攜帶便利，而且在行動時對內部結構，不致發生影響。

註：五極放大管可用 33 號。

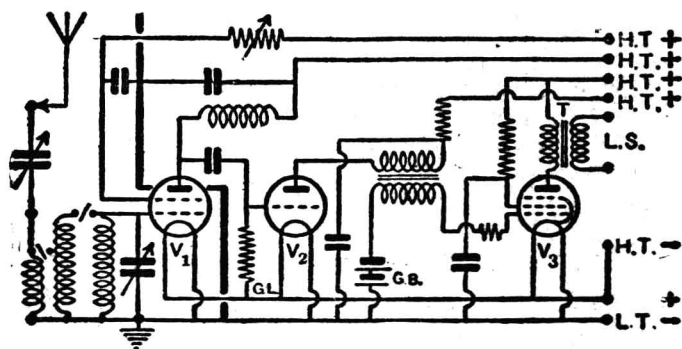


圖 255

圖 256 也是一隻三管機，一級可變放大係數屏柵管的高週率放大，一級三極管檢波及一級五極管低週率放大。牠的構造和作用，和前面幾個線路差不多。讀者祇將線路審察一下，就不難了解。

在丙電的兩端，接一 50000 歐姆的電勢分析器 P；高放管的柵極就因 P 的接觸點的變動，而得可變的柵極負電壓。如

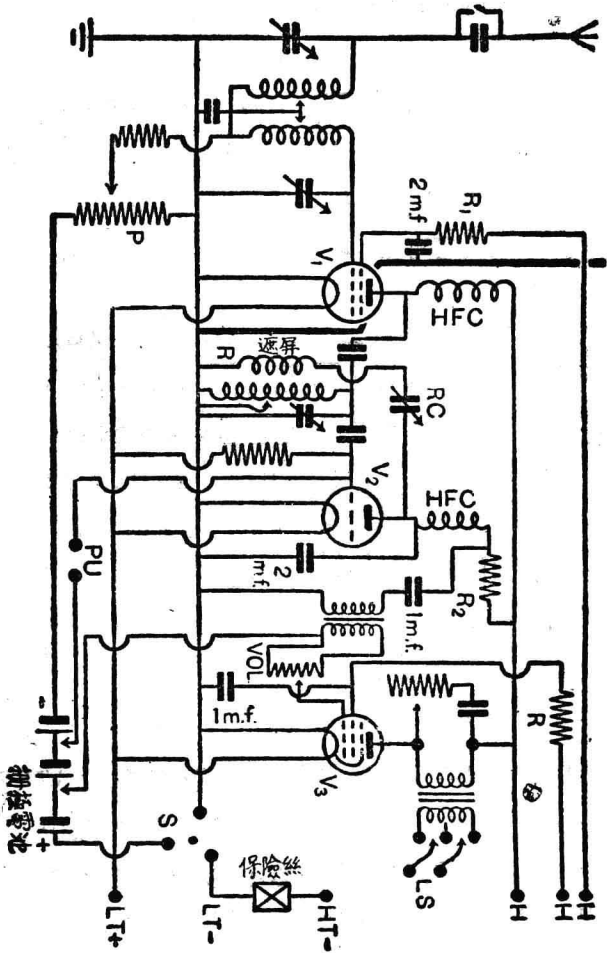


圖 256

關了開關 S，三點線頭就連接起來，丙電也即連入線路。開了開關 S，不僅收音機的線路不通，就是丙電及電壓分析器也成斷路。

這線路的週段諧調，是由一週段調諧器來控制的(如圖的左邊)。 V_1, V_2 間是柵極調諧交連。 V_3, V_4 間是變壓器交連。揚聲器接於輸出變壓器的副線圈；調音器接於原線圈。

註：高放管可用 34 號，三極檢波管可用 30 號，低放五極管用 33 號。

圖 257 是一隻很有效力的四管機，一級可變放大係數屏柵管的高放，一級檢波，一級低放，和一級五極管輸出放大。天線線路，用週段選擇器。檢波級用柵極調諧電路。 V_2, V_3 間是電阻交連。 V_3, V_4 間是變壓器交連。揚聲器以輸出抗流圈配合。 C_1 為 0.0005, C_2 為 0.0005, C_3 為 0.0002, C_4 為 0.0003, C_5 為 0.005—0.0001, C_6 為 0.0002, C_7 為 0.0005, C_8 為 1.0 微法拉。 R_1 為 80000 歐姆，P 為 50000 歐姆。別的另一件和前面幾個線路一樣。

註：高放管可用 34 號，五極管用 33 號。

圖 258 是乙類放大的線路，由一級檢波，一級低放，及一級乙類放大組成。其線路的大概情形，讀者可自己觀察，毋容細講。其中天線線路和檢波級的接線法，和圖 252 的線路一樣；不過將 V_1, V_2 間的電阻交連，改成變壓器交連而已。Y 是一乙類放大的輸出變壓器，其比數為 1.5:1, 2:1 和 2.5:1, 所以普通的揚聲器都能和牠適當配合。X 是同樣的變

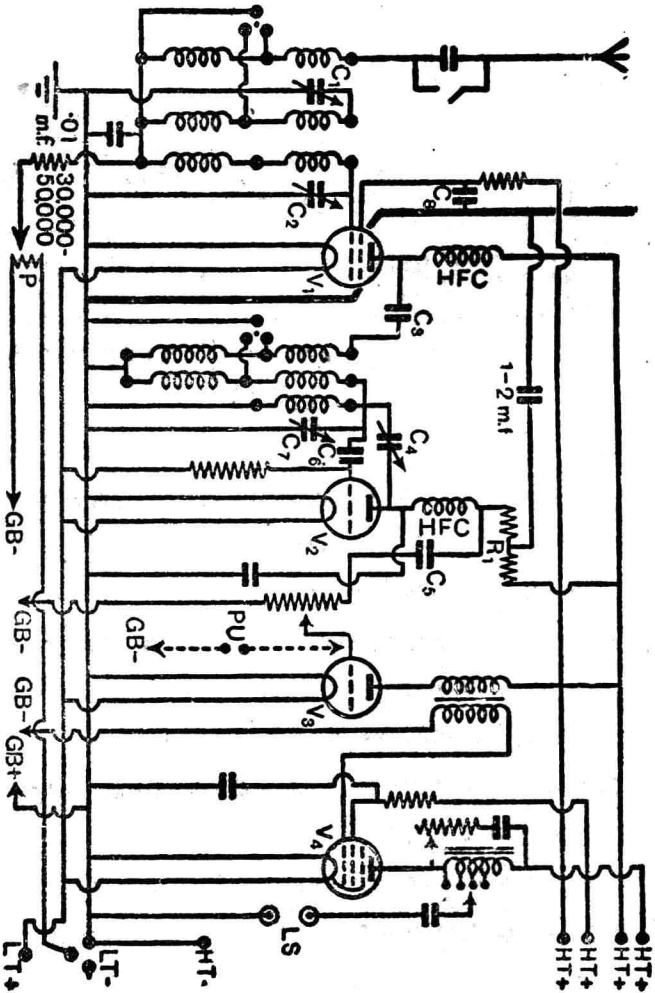


圖 267

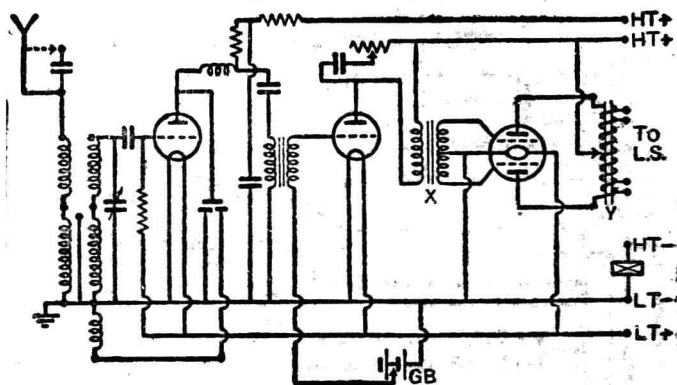


圖 258

壓器，比數為 1.5 : 1。調音器接在檢波管的屏極線路中。容電器的電容量為 0.01—0.04 微法拉。

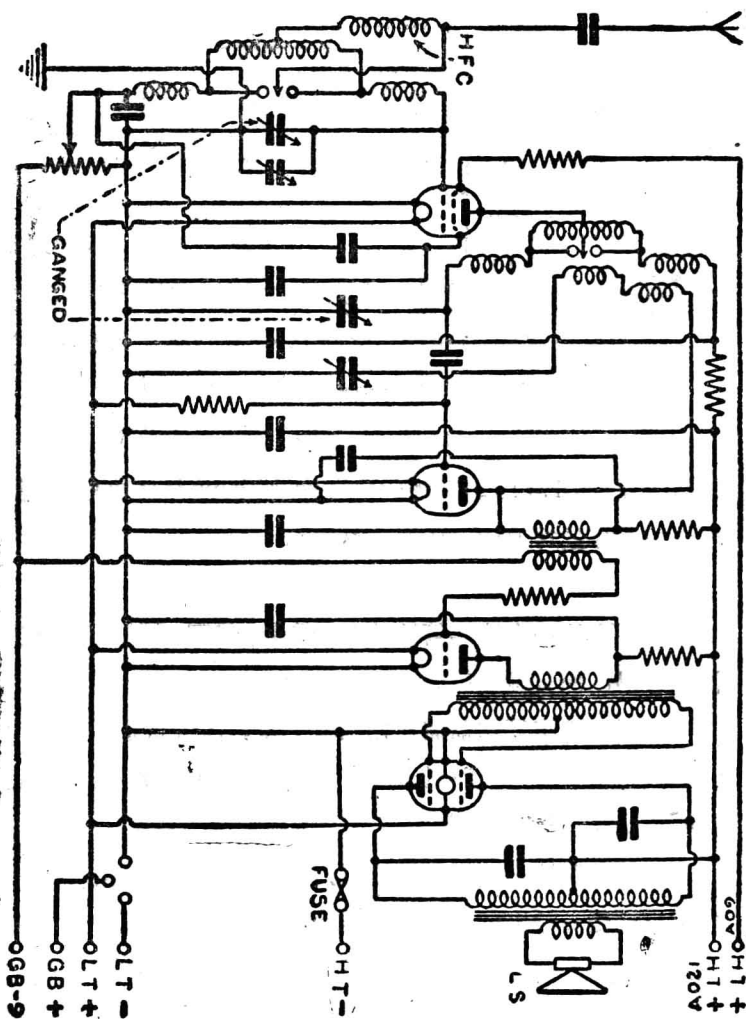
註：乙類放大管可用 19 號。

圖 259 是一直流四管機線路，音量、音調、選擇性、敏銳性，都很好，而且很省電。

所用的真空管和前面所用的差不多，高放管是一可變放大係數屏柵管、檢波管和第一級放大管都是普通的三極管，最後輸出級是乙類放大管。

天線線路接一高週率抗流圈，可以阻止長波的漏出。揚聲器直接接於輸出變壓器的副線圈；原線圈的兩端和中心分線頭間，各接一 0.005 微法拉的容電器。這裏的反交連須得注意。

調節器分為四級：(一)開關及音量調節器(後者用以變動



可變放大係數高放管的柵極負電壓)，(二)再生力調節器，(三)波長調節器，(四)波長變換開關。又拾音器的裝置也統完全，所以這種線路實包括了我們前面講過所有線路的優點。

11. 標準線路的裝配法

無線電的實驗，頗為重要，牠非但可以引起讀者的興趣，而且可以幫助讀者了解無線電的原理。在試驗無線電雜誌上各種線路之先，最好裝配幾個標準線路，以便先得一些經驗。圖 260 是一個標準線路，可算是一個比較新式而簡單的一個三管機線路，其音量很好，讀者不妨試一試。這線路是由一級屏柵管的高放，一級檢波和，一級五極管的低放組成。天

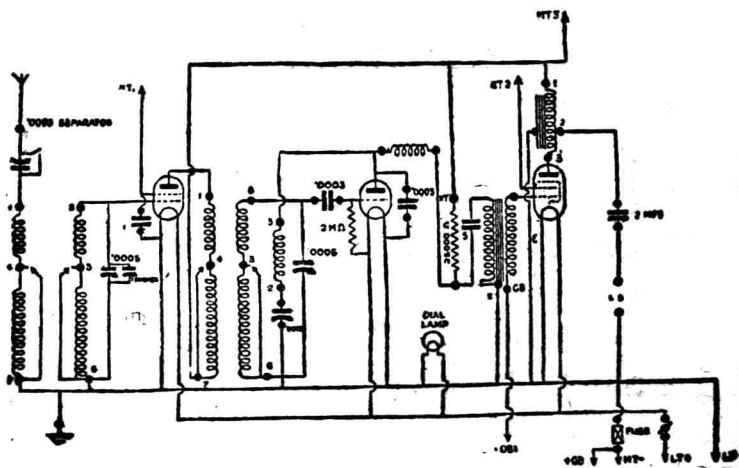


圖 260

線線路及高放管和檢波管間，各用二隻有鉛罩的線圈。檢波管和五極管以 10:1 的低週率變壓器交連。揚聲器用一有分線頭的低週率抗流圈和一 2 微法拉的容電器配合。調諧容電器，是連起來的，祇需要一個刻度盤來調節高放管和檢波管的柵極線路的調諧容電器；再生力以容電器來調節；另外以一個開關來交換波長。天線線路加一容電器，可以增加選擇性。這線路包括了好幾個前面講過的優點。牠的選擇性和音調都很好。

註：高放管可用 34 號，檢波管用 30 號，強放管用 33 號。

下面的一個標準線路，是前一線路的改良，其所用的另件，都須用罩子罩起來的，如圖 261 虛線所示。四個真空中，兩個是屏柵極的高放管，一個是檢波管，一個是放大管。天線和第一高放管間以變壓器交連，檢波管和五極管間依舊用 10:1 的變壓器交連。這線路的反交連的裝置也很好，選擇

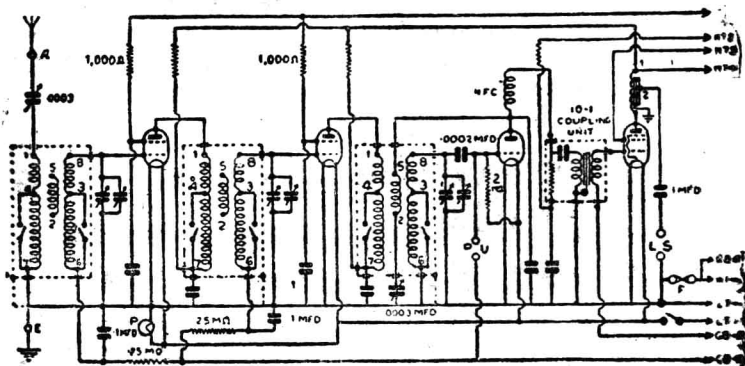


圖 261

性音量都不差，可以說是最完美的電池收音機，是值得介紹給讀者的。

12. 交流收音機

有許多收音機，是用交流電源的。這種交流電源，在供給屏極電流時，必須先經兩極管整流，變成直流電。同時因為交流電不適合真空管各種電壓的規定，所以要用變壓器來變更本來的電壓，使其適合於真空管的各種規定電壓；並且還須有使電流平穩的裝置（用容電器及電阻等）。

圖 262 即是在交流機中所需要的整流器。若變壓器的原線圈通以交流電，副線圈就有交流電因感應而產生。副線圈分兩部，A 及 B，有中心分線頭接於 N 及 P。V 是一兩極整流管，牠的兩組屏極 XY 接在 A 的兩端，燈絲接於 B 的兩端。

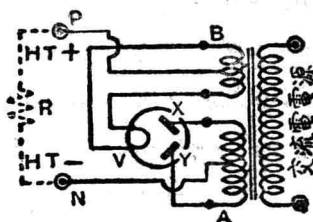


圖 262

在第八章中曾講過，當二極管的屏極電壓為正時，就有電流通過，而當電壓為負時，就沒有電流通過。如圖 262，副線圈 A 的兩端，總有一端是正電壓，他端是負電壓，因此也就是當一屏極為正電勢時，他屏極為負電勢；那麼總有一個屏極有電流通過，而牠的方向是由屏極到絲極（習慣電流）；但中心分線頭的電勢，對於正電勢的一端講，是荷負電勢的，所

以就有電流自屏極經絲極、P點、R電路、N，而再由這中心分線頭回至屏極，成一通路。假使當牠作代乙電，則P就是代乙電的正極，N是負極。這變壓器副線圈的圈數，是依真空管的規定電壓而定。這裏應該牢記着的是：絲極線路中的副線圈的中心分線頭，是代乙電的正極的。

上面的線路，稱為‘全波整流器’ (Full wave rectifier)，因為交流電正負方向的電流，都經牠整流而成直流。圖 263 的線路，稱為‘半波整流器’，牠祇有一個屏極，所以交流電僅一半被牠整流而成直流的。這線路的作用很易明白，讀者不妨自己想一想。圖中左邊所加的一部份，稱為濾波器，可使波浪式的單向電流，成為幾乎不波動的直流。

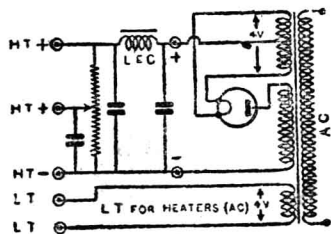


圖 263

還有一種整流器，含有兩種不同的金屬板，如鍍有氧化銅的銅板和鉛板，貼在一起，也可以使交流為直流。

圖 264 是一個交流收音機線路。由這個線路，讀者不僅可以明白交流收音機的要點，並可知道這收音機的效力，也很是不差。

高放管 V_1 ，檢波管 V_2 ，低放管 V_3 都是交流式的三極管。 V_1 ， V_2 和 V_2 ， V_3 間都用變壓器交連。天線調諧電路和普通的一樣，用一有分線頭的插入式線圈 L_2 和 0.0005 微法拉的

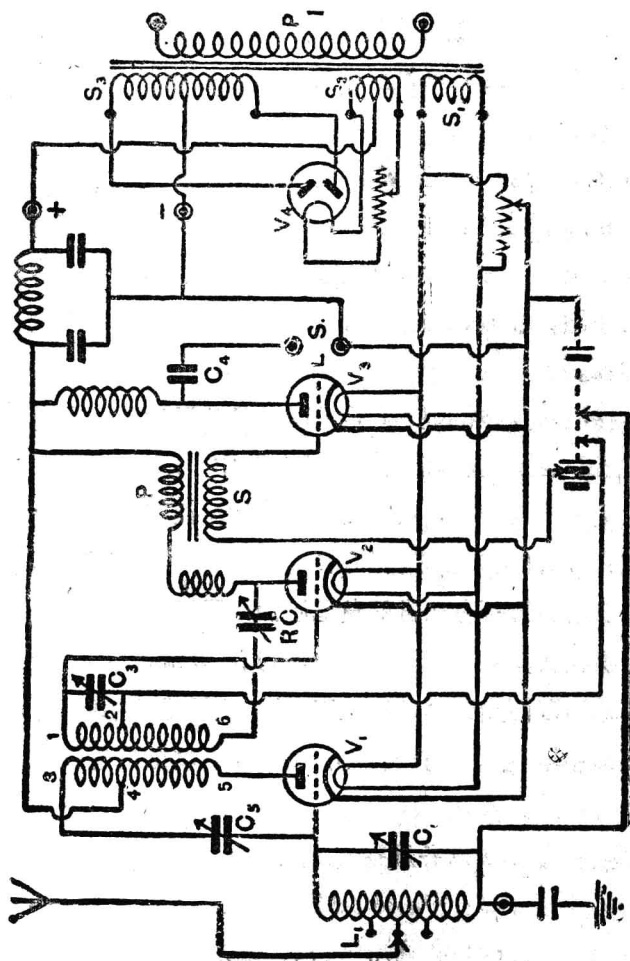


圖 284

可變容電器 C_1 。

V_1, V_2 間的交通高週率變壓器，是來荷氏 (Lewcos) 式線圈，有六個接線頭，原線圈的第四個接線頭，接於代乙電正極，第五個接線頭接於 V_1 的屏極，第三個接線頭，經容電器 C_5 接於 V_1 的柵極。這變壓器的副線圈，和調諧容電器 C_3 (0.0005 微法拉) 配合而成調諧電路。第一個接線頭，接於 V_2 的柵極，第二個接線頭，接於丙電的負極。第二個和第六個接線頭間為再生圈。第六個接線頭，經再生力調節容電器 RC 接於 V_2 的屏極。

檢波管 V_2 和低放管 V_3 間，就是普通的低週率變壓器交通，輸出抗流圈及容電器的接法如圖中所示。

這線路的特點，就是用屏極檢波法而不是用普通柵漏的檢波，所以高週率變壓器的第二個接線頭，必須接一丙電，使其檢波管的柵極有相當的負電壓而行屏極檢波。

這收音機的電源，完全是日常用的交流電 (即供給電燈的交流電)，電源變壓器的原線圈，接於交流電的插頭上，副線圈分三部， S_1, S_2, S_3 ，有三種不同的電壓，其數值是依電源變壓的設計而定。

S_1 是用來專供各真空管的燈絲發熱的，普通為 2.5 或 6.3 伏特。 S_2, S_3 都有中心分線頭。 V_4 是一個有二個屏極的全波整流兩極管 (如 80 號)。 S_2 的兩端，接於 V_4 的絲極，使燈絲發熱。 S_3 的兩端接於整流管的兩個屏極。 S_3 的中心分線頭就是代乙電的負極。 S_2 的中心分線頭，是代乙電的正極，接

法和用普通的乙電時一樣。

代乙電的直流電，是先經濾波器（由一低週率抗流圈和二個固定容電器組成），然後將其輸入各真空管屏極；這時的直流電，已變成不波電的電流，且無嗡嗡的交流聲。因為各真空管所需要的正電壓各不同，所以要用電壓分析器來調節，

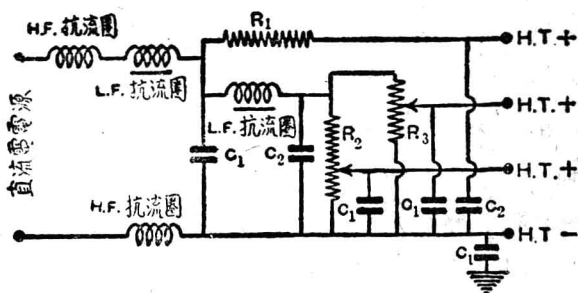


圖 265

如圖 265：圖中的 R_1 有 5000 歐姆，可以調節最大的正電壓； R_2 、 R_3 各為 50000 歐姆，可以調節較小的正電壓；容電器 C_1 為 2 微法拉， C_2 為 4 微法拉；燈絲的電壓也可用電阻來降低的。

13. 拾音器的裝置法

前面的幾個線路的低放管或檢波管的柵極線路中，有 PU 兩個字，這就是表明這裏可以接拾音器。

接拾音器的方法，如圖 266 所示。這裏所用的真空管是普通的檢波管，不過將柵極和柵極容電器的接線拆去，而將柵極接於開關 S 的中心。a 端接於柵極容電器，b 端接於音

量調節電勢計 P。P 的一端，接於拾音器而另一端接於丙電負極。如開關 S 和 b 接觸時，就可以收廣播電臺的音樂；如和 a 接觸，就可收聽唱片。假使這收音機有兩級低週率放大，則如將拾音器接於檢波管的柵極，音量恐怕太大，最好接在第一級低放管的柵極。

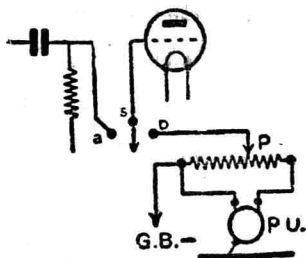


圖 268

拾音器的構造，就是用一個線圈，裝在二個永久磁鐵的中間。這線圈和唱針相連接，針一動，線圈亦隨之而動。現在假定 S 和 b 相接，輸出的電流就傳到拾音器，電流在線圈中的變化，就因為磁場的關係，使線圈本身波動，唱針亦隨之而動。如果唱針下面是一個旋轉不停的收音板，於是發來的電波，就收受下了。現在假使將這平板旋轉起來，唱針即生同樣的振動，變動的電流就從這振動的線圈發生。這種振動的電流，經過放大管後，聲音又發出來了。這樣的裝置，可使收來的信號，先記錄下來，過些時，又可使其所收得的信號發出，而成所謂無線電的留聲機。

14. 短波

廣播週段的範圍，約自 200 至 600 米，或 1500—500 千週/秒。這樣僅 1000 千週/秒的範圍內，而有很多的廣播電臺，自然免不了要有干擾；所以現在有許多人，就注意到短波

去了——就是週率較高的電波。

短波的波長約爲12至100米，約在20000千週/秒的範圍內，就是全世界有了很多的短波電臺，各電臺的週率也離得很寬，不至於互相干擾。

短波收音機的原理，和中波的一樣，不過祇用一個調諧線圈，卻不能包括短波的全部，所以往往用三四個線圈來分別管理。當調節各週段的電波時，必至發生振盪聲而後可；這種情形在中波收音機是不允許的，因這樣就要干涉鄰近的收音機，但在短波收音機中卻無妨事。

短波的傳播，完全靠赫維賽德層(見第五章)的反射，因爲其地波差不多都被地球吸收，不發生效力。通常的短波是用定向天線來播送的，而這種定向天線，是用幾根垂直的導線組成，牠們中間的位置，須特別設計，務使發送的方向一定，並將所有的電波都反射到這個規定的方向去。波長十米左右的電臺，都用這種天線，不過這種定向天線祇能當短波的波長和天線的波長相近或較小時有效，否則不會發生效果。

短波發送的效力，在晚上較白天爲佳；有效的波長，亦和時間、地位有關：在一日之中，一年各季的氣候，以及收受地方的白天或晚上等等，都是不同的。

第十二章

真空管發報機·超外差式收音機 電視術·電傳照相術·電傳電影術

在第六章，曾詳述電臺上用來播送振盪電波的方法，如火花發送機的，高週率交流機的等等；但是這種裝置，現在都用真空管來代替了。用真空管的發送機的裝置比較複雜，詳細的討論，非本書所能及，現在不過約略介紹些，使讀者知道怎樣能使真空管用來生振盪及電波。

1. 真空管發報機

讀者試回憶第六章所述，且將感應線圈 L 和容電器 C 接成通路，如圖 267。又假使我們使電子在這電路中流動，則此

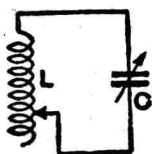


圖 267

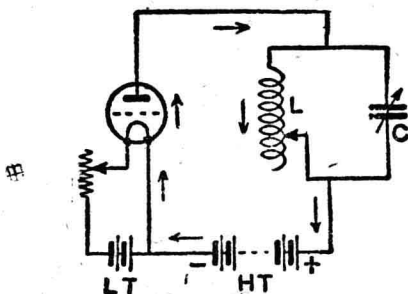


圖 268

電子即起前後的振盪，而容電器的兩片，忽荷正電，忽荷負電。假使這電路中的電阻不大，這種振盪電流能歷時稍久，不過終因減幅而消滅。所以單靠着這種線路，要使牠連續振盪而得到永遠不歇的振盪電流，是不可能的，除非另加裝置。這是第一個問題。

第二個問題，就是我們怎樣開始使這個電路生振盪電流。圖268 是一最簡單的單真空管線路，柵極沒有用處，CL 振盪電路，接在真空管的屏極線路。如將燈絲通乙電而生熱，即有電子流向負極，產生穩定的屏流，其方向自乙電負極經絲極、屏極、L 而入乙電的正極（這是電子流動的方向，習慣電流的方向卻巧和牠相反）。

但是我們所需要的，不是穩定的電流，而是時斷時續的波動電流；於是將柵極接上燈絲以調節屏流的波動，如圖 269 在柵極和絲極之間，接一線圈 L_1 。如 L 中有變動的電流， L_1 即感應，亦有電流通過，使柵極的電壓因之變動。因柵極的電壓有變動，於是屏極就生波動的電流，而這種突然變更的屏流即經 LC 電路而生振盪。這就是我們所需要的振盪。LC 電路既生振盪， L_1 也因感應而起同樣的電振盪，同時因 L_1 起振盪，能使柵極電壓也同樣的起變化，於

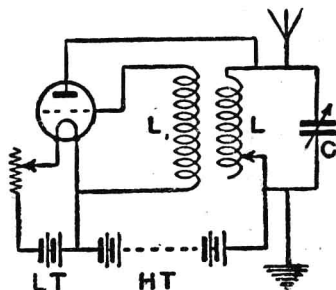


圖 269

是屏流由穩定變為波動，而 LC 電路就振盪不歇。

普通以為因 LC 電路、柵極線路、屏極線路的作用，就能生強烈的振盪，然嚴格的說，不僅如此單簡，下面這兩件事還須讀者明白的：

在未討論之先，讀者試回憶這種強烈的振盪，是怎樣產生的？怎樣在屏極線路中的 L，會有穩定的屏流？怎樣加了 L_1 ，柵極的電壓就生強化？怎樣屏流因之變化，而使 LC 電路生振盪電流？怎樣這種電流會感應 L_1 而生一樣的振盪，且柵極的電壓也跟着變化而生振盪的屏流？怎樣 LC 電路中會產生強烈的振盪？由 LC 電路中的振盪，能產生普通的以太電波，而這些電波的波長，可用可變容電器和線圈 L 來調節。

現在來討論天地線的接法。天地線是直接接在振盪電路 LC 的上面的，如圖 269；但也可用感應圈和這 LC 中的 L 相交連；這樣，天線因 L 的感應，就生同樣的振盪。

其次的問題，就是怎樣接微音器，使 LC 電路中的振盪，隨微音器中的波動電流而變成調幅電波，如圖 113 所示。這種電波的波動，是隨言語音樂而變的。接微音器的方法很多，圖 270 就是最簡單的一個。

微音器的副線圈 S，也接在真空管的柵極線路。聲音輸入微音器，就變為波動電流，感應 S，使 S 生同樣的波動電流。這種電流，也能變更柵極的電壓和屏流，於是振盪電波，也就隨着變化。

微音器中因聲音而生的波動電流，愈大愈好，用了 PS 變壓

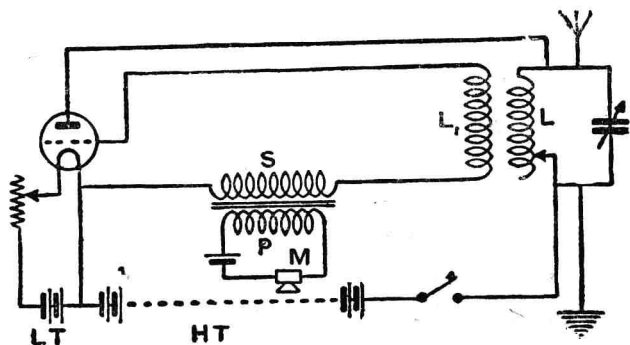


圖 270

器就可使這電流放大，但也可用一隻真空管來將牠放大。微音器的波動電流，先被接入放大管的柵極，然後以其放大後的屏流，再和振盪管交連，如圖 271。關於這個線路，諒讀者亦不難了解，放大管 M 稱為抗流管，T 稱為振盪管。

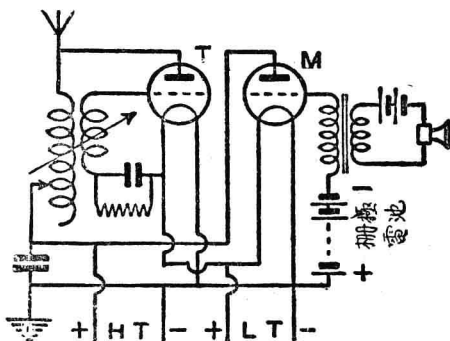


圖 271

2. 關於發報臺上的幾件事

發電臺因電力的輸出很大，故所用的真空管的能力也須

很大（如十萬或五十萬瓦特的冷水強力管）。這種真空管比我們收音機上常用的大得多；且不但這樣，有時在發報機上還要用幾個真空管，並聯或者串聯。

如發送電波的距離過遠，則真空管屏極的電壓應該很高（約12000伏特），這樣天線纜能輸出相當的電能。有許多電臺是用直流高壓發報機的。如用交流電的話，就應有整流器的裝置。二極管是最適宜的整流管，接法如圖 272 所示。交流電經升壓變壓器升高電壓，經二極壓整流後，再因容電器 C 而平穩，乃成直流電以供給發報機真空管之用（試和圖 214 比較）。整流管也有用氬氣管或汞弧管的。交流電源有單相的，可有用多相的。有些電臺因為要避免整流管的損壞起見，也有用交流電來轉動直流電的發電機，而

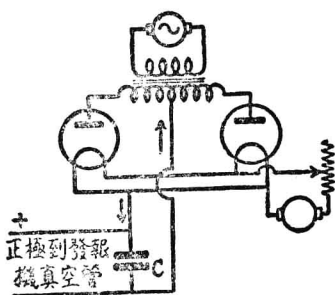


圖 272

而平穩，乃成直流電以供給發報機真空管之用（試和圖 214 比較）。整流管也有用氬氣管或汞弧管的。交流電源有單相的，可有用多相的。有些電臺因為要避免整流管的損壞起見，也有用交流電來轉動直流電的發電機，而

生供屏極的直流電。

供給絲極的電流，交直流都可用，有的用直流發電機發電，有的用降壓後的交流電發電。

微音器和振盪管

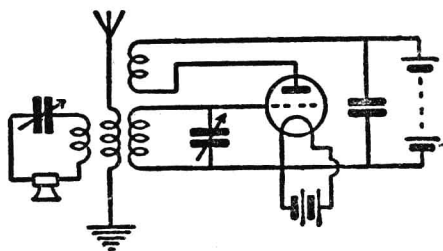


圖 273

之間的調幅，有幾種接法。圖271中的微音器是接於M的柵極的；如圖273中的調幅作用即在天線上，而圖274裏，調幅作用是在振盪管的屏極線路

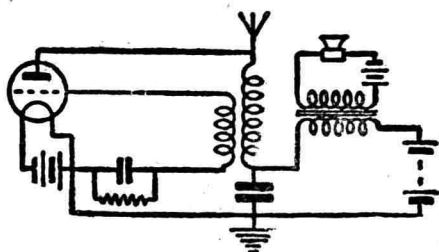


圖 274

中；不過這些線路，僅示其原理而已。微音器的波動電流，在調幅以前，須先經幾級放大。微音器的地位，也可以和發電臺離得很遠，即播音室可以和發電臺離得很遠。用微音器調幅屏極電壓的方法，在廣播電臺上，用得很多。如天線和電臺不在一起時，中間可用輸出線聯接起來。

發報天線的種類很多，且天線柱都是很高的。有的是鐵塔，但也有用木桿；有的是絕緣的，但有是通地的。天線柱的高，大概在 150 米以上。

關於大電臺的地線，很是重要，有的就直通入地下，有的是離地數尺而接於通地的金屬板上，有的完全不通地，在空中裝成平衡天線的。不過無論那一樣，都須依照需要的情形而特別設計，決不能隨便的。

3. 超外差式的收音機

現在的廣播事業，日新月異，廣播電臺的數目，一天一天的增加，電力也漸漸加大，這麼着，收音機的選擇性，就成爲重要

的問題了。因為電臺太多了，所以很難將各電臺的電波分隔清楚，於是‘超外差式收音機’(Superheterodyne receiver)就因此而產生。

高週率的放大，若週率愈高，愈不通用，因為各真空管之間，總免不了有些電容量，會妨礙高放管的工作的。超外差式的原理，就是為避免這點困難：先將外來的高週率信號，調幅成週率正常的電流，使通常的放大管得以應用，然後再經過通常的檢波，低放、輸入揚聲器。其特點就是在利用牠對於較低週率的放大效力特別好。

超外差式中的變換外來電波的週率的方法，和外差式收報機中收受連續電波的情形差不多(見第六章)。外來的電波和收音機中的振盪管所生的振盪電波，混合而成一種較低週率的電波、這電波的週率，即前兩種電波的週率之差。在外差式中，這種較低的週率，就是成音週率，但是在超外差式中，這混合電波的週率，仍舊很高，稱為中間週率；不過這很適合於通常放大法。至於收音機自生的振盪，是由一振盪真空管和振盪電流所生的；其原理已說得很詳細，讀者不難了解。

圖 275 是一外差式的前兩級線路， V_2 及容電器感應量電路 L_1C_1 是自生振盪的發源地。振盪管 V_2 和 V_1 是用線圈交連的。輸入變壓器 L_2L_3 的副線圈所輸出的混合電波，經中間週率放大管放大而輸入檢波管；當經檢波管檢波後，再經低放管而輸入揚聲器。這和普通的方法，完全一樣。還有一個方法，就是使第一級真空管，同時也做振盪管的工作；這

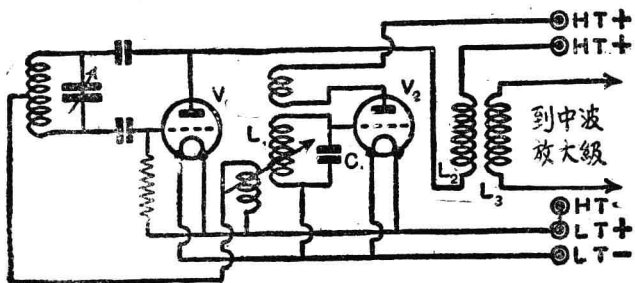


圖 275

真空管的輸出電流，就成中間週率，然後和前面一樣的輸入中間週率的放大管，再經檢波器、低週率放大器而入揚聲器。

用超外差式的線路，確可解決許多普通收音機中所有的困難，無論選擇性、音質、持久性等等；如將牠用在現代複雜的收音機中，也可以得到圓滿的結果。

這種收音機的運用，有四點是要控制的，即：調諧控制、音量控制、波長變換開關以及音質調整控制。同時在這機中，亦有自動音量控制。所以如此看來，超外差式收音機差不多含有近代無線電上的各種應用。

4. 電視

所謂電視，就是藉無線電的能力，將一個人的形狀或一處風景的形狀，從某一地方，傳到另一地方。

電視廣播的放影室和一個收影的視者，其間的種種關係，正和廣播電臺收音室，和一個收音的聽者的關係類似：有許多地方有着共同的原理，有着共同的裝置，也一樣的有無線電

傳放器、天線、地線、無線電波、無線電接受器和其他的種種副件。所以我們可以說，牠們不過是同根而異枝罷了。

同樣的，在電視中，也需要一隻接受器，不過這不如在收音時所用的揚聲器將隨音波而變化的電流變成聲音就是。在電視收形時用的，是一隻所謂‘電視器’。電視器就能夠將這收來隨時變化的電流，變到所要傳播的一個形狀。

電視的傳放，有兩種不同的方法：一種是用一隻所謂有韻律的盤子，一種是用附着幾面鏡子的鼓。前一種講起來，比較容易了解，且牠們的原理是一樣的，所以我們祇介紹這種用盤子的方法。

所謂有韻律的盤子，其實是一塊圓形板；在這板上，有着三十個洞，依螺旋的次序排列着（如圖 276），其中較次一個，總

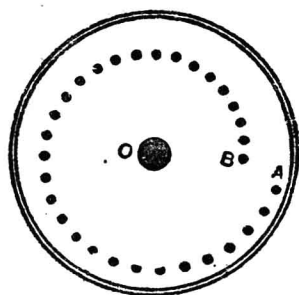


圖 276

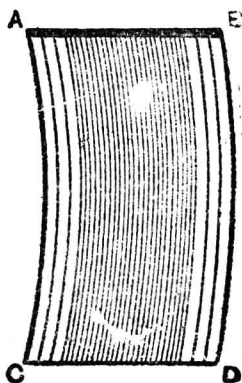


圖 277

比前一個近中心些。這個圓形板，是在旋轉的；通常牠的速

度，是每分鐘 750 轉。

這個盤子，就是電視放影室中的一個主腦。現在設若有人要‘放影’，這個人就面向着盤子；盤子的後面有一柱細的亮光，從一盞燈裏放出來。當盤的第一孔 A 經過這柱亮光的時，立即就有一點光線，通過 A 孔而射到人的面上。因為 A 孔是在動的，所以這一點亮光，也不是老射着面上的一部，而卻是自下至上，在這人的面上一掠而過，好像在人面上用光劃了一條線一樣。當第一孔旋過去了，接着就是第二孔旋過來，當經過這柱光時，於是又有一點光射到人的面上，自下至上一掠而過，以後便如此繼續下去。但是有一點必須注意：即第二孔因為比較第一孔近中心些，所以第二點光線所掠過的線路，並不仍舊是第一點所掠過的地方，而是稍偏左；這樣一孔一孔的旋過來，面上就有着一掠一掠的光線。倘若這掠過的光線，是永了存在的話，則當盤旋完一轉時，我們就在面上可看到像圖 277 一樣的光路。我們的布置是這樣安排着的，就是使向着盤子的人的面上各部份都受着光亮一次。這樣一轉內，光亮就在整個面上跑一次；而依盤旋轉的速度，我們知道，每分鐘內光亮跑着整個面部的次數，差不多有十三次；但是要記住，在每一剎那間，面上卻只受着一點的光亮。

那麼這樣子一亮一亮又有什麼道理呢？這就要利用物體的反射了。當亮光射上人面的時候，人面上受光的一部份，立刻按其反射強弱的不同而將光反射出來；所以我們知道，射在牙齒上的反射比射在臉上反射的光強一些，而射在臉上的

光的反射要比射在頭髮上、眉毛上的光的反射又要強些。

這種強弱不同的反射光線，是投射到一個特別的電池的負極上去的。這個特別電池，稱為‘受影電池’(photo-electric cell)(如圖 278)。這裏面A是負極(一片塗有鉀的片子)，B是正極(金屬柵)；裝這兩極的球內是真空的，或者充滿着不活潑的氣體，像氬。這兩極又連到電池組上去，如圖所示。故而B處於高電壓，而A處於低電壓，不過這中間並沒有電流，因為AB之間是絕緣着的。

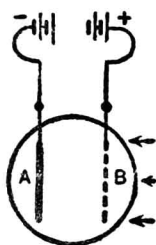


圖 278

但當光投射到這極上就不同了：有些電子從A跑向B去，換句話說，就是有了電流。電子的流動，在球內是由A至B，而在電池組內是由B至A(依習慣電流說，則恰相反)。並且倘若投射到負極的光強一些，那麼這個電子的流動，也厲害一些，就是電流也強一些。因此我們知道，自人的額上反射出來的光所影響而生的電流就比自眉毛上反射出來的光所生的電流要強得多。所以當光在人面上各部份一掠一掠的時候，就依照着人的面上的結構，以各種強度不同的反射光線，射到這受影電池的負極上去，使電池也生出強度不同的電流，而這電流就正和收音室的微音器裏所生的波動電流一樣的受處理，即擴大，傳入天線，使其成調幅無線電波而放射出去。

在接受的一方面，就完全和收音機裏一樣：即由外來的無線電波，使天線上起電的振盪，因以傳導到接受機上去；不過

這裏不用揚聲器，而用電視器了。圖 279 就是用來解釋這電視器的。這圖裏，N 是一隻氖燈，燈裏面充滿着氖，而且有着

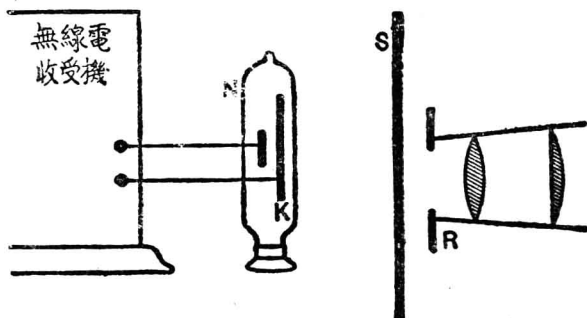


圖 279

兩塊鎳的極片。燈的右面 S，就是一塊和上面講過完全相同的有孔圓形板，也是以同樣每分鐘 750 轉的速度旋轉着。氖燈的兩極，接到一個高電壓的電燈組上去（K 接於負極），使二片之間，約有 200 伏特的電壓，因而放電。K 片的背面，就因這放電而顯出一層橙黃的顏色，這一層顏色，就完全依着二片間的電勢差而變的。倘若電壓大一些，顏色就濃一些，小一些就淡一些；所以這個接受機上的強度隨外來的無線電波而變的電流，就使牠用來改變這片間的電壓，因以改變 K 上的顏色濃淡度。這種顏色，就經過這隻在旋轉的圓形片 S，於是就可以在片後的望鏡中，看到傳授的人物。

現在要問，究竟怎樣能看到放影室中傳來的人面形影呢？那就靠着這隻旋盤了。第一點，我們要認定的：當放影室中的旋盤第一孔旋到最高點的時候，接受室中的旋盤，也一樣的第

一孔旋到最高點；於是在這剎那間，放影室方面的光線在面上一掠，同時受影電池中，立即受着面上的反射；於是天線上立刻將無線電波傳出來；於是也僅是在那一剎那間，接收室的一方面接着了無線電波；於是產生電流，產生電壓，增加在氙燈的二極間的本有的電壓；於是改變K片上的顏色的濃度；於是這時候接受室方面的盤子的孔，正恰好和放影室中的孔在同一地位；於是K片上的顏色，就由這孔中傳到望者的眼中，而望者所見的僅是一掠，不過這一掠之中，就把在放影室中的一掠所掠到的面上的光暗形式，都表現了出來。兩方的盤子，都在不斷的轉着。在放影室方面，光線在人的面上各部份一掠一掠的掠過去，而在接收室裏，也就一掠一掠的將面上形狀掠出來。

盤是這般快的旋轉着，整個的面部在一秒鐘內要被掠過十二次以上。雖然把這些面影細細分析起來，我們所看到的只是一條一條的面部，但是在人的眼中，實分不出這種細條來，正和你看電影一樣，你能看得出牠是一片一片的在過去嗎？電影影片的放映速率，每秒鐘也不過是十六次，或略多些，所以在接受者看來，也完全是一個完整的面，是那放影室中的放影的影像。

我們已經講到（這是極重要的一點），不但兩方盤子的速度要一樣，而且孔的相對地位也要一樣；就是說，倘若放影室中的盤子的最遠一孔在最高點時，接受室中的盤子的最遠一孔，也要在最高點。兩電臺相隔千里，這個情形似乎很不容易達到，但是事實上是**可以辦得到的**，不過似乎已離開了題，

就不在這裏介紹罷。

倘若有人想非但把牠的容貌姿勢傳出去，而且同時還要把他講話的聲音傳出去，當然也未嘗不可。只要在傳播方面的放影室中，再備一微音器，而在接收室中，再備一普通的無線電收音機及揚聲機，豈不就可以了嗎？

5. 電傳電影術·電傳有聲電影術

電傳電影術和上述的電視術，實在是完全類似的。圖280下半部所表示的L是一盞放光的燈；A是一塊凸透鏡，把由L來的光線集中到電影的軟膠片F上。這膠片是夾在Z的夾子裝置上而逐漸向上移動的。光線經過膠片之後，就射到一塊透鏡B；再因B的作用，乃在圓形板D上現出一個實像來。D就是和電視術中一樣的一個盤子，上面通常也是有着三十個孔；實影的光線，經過D的孔後，也就投射到一隻受影電池的負極上去（這裏是直接射過去，並不像電視中是由人面上反射過去的）。因了膠片上圖案顏色的濃淡，使透射到電池上去的光亮的強度也隨之而異，因此在受影電池上就生出強度不同的電流，乃藉無線電波以傳播。在收的一方面，就完全是隻電視機，像上節一樣的方法，可以看到活動的影像，正如看電影一樣。

聲音的傳播，也正和上面所講的差不多。要曉得聲音也是由膠片上傳來的；這句話怎樣講呢？有聲電影中的聲音都是完全附在膠片上的，而平常都附在膠片的右方。在這種電影

膠片的右方，特別有一條地位，在這地位，就有着因聲音的輕重大小而定的一線一線的濃淡的線。在這些膠片上的線條中，就含着人的言語或其他的音樂。因為有了這些濃淡不同的線，所以就引起下面的作用。

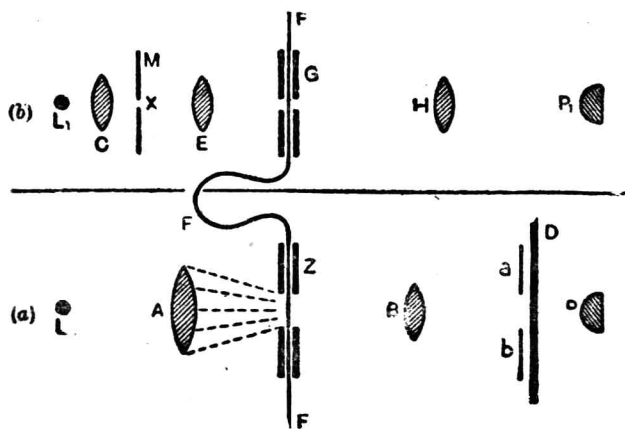


圖 280

在圖 280 下半部的情形是這樣：從 A 來的光線，只射在膠片的圖上，而不射到有線條的地位上來。當膠片通入上半圖的 G 時，情形就不同了。在上半圖中， L_1 也是一盞燈；光線由 L_1 經透鏡 C，再經 M 片的一個小孔 X，然後再因 E 而集中起來。這時集中的光線，就完全射在膠片的右方一條上。因為這條膠片上有着一條一條濃淡不同的線，所以透過去的光線，也就隨着有不同的強度。這些強度不同的光線，就再經過一個透鏡 H 而投射到其他一隻受影電池的負極上去，以生強度不同的電流。光線當變了電流之後的情形，就完全和普

通的微音器中所作用的一樣了，即藉無線電波而傳到接受的那方面，而在接受方面就用揚聲器將牠放出。這幾種電傳術裏面，最要緊的就在於所生的強度不同的電流的作用：因不同的音波或光線，生出不同的電流，因不同的電流，生出不同的無線電波，又因這不同的無線電波，還原到不同的電流，再從電流變回到原來的音波或光線。

從上面的圖上，還有一點是值得注意的：即在傳放器內，圖形膠片的傳放是先於音浪膠片的傳放。但是有聲電影的目的，是要聲音和影片中的動作完全符合的，所以聲音的膠片部份，不能就附在有關於這聲音的動作的膠片上，而應前一些，通常是比圖形膠片前十九張。譬如在某一張膠片上載着人的開口講話的情形，則他的言語須載在這張以前的第十九張片上。

6. 電傳照相術

現在許多有名的新聞事業公司，都已經用有線電或無線電來傳送相片了。其主要的裝置有三種：第一種是‘西門子——開羅列——德列風根’，現在用於英國德國及丹麥間；第二種是‘柏林’，法國都用牠；第三種是‘裴耳’，在美國差不多都用這種。現在我們只將‘裴耳’式的原理作代表來介紹一下，因為這三種都是相似的。

在傳放的一方面，將要傳送的一張照片（須要透明的，像照片底片一樣），裝在一個在旋轉的圓桶上。這張照片，一方

面固然跟着桶慢慢的旋轉，另一方面又漸漸沿桶的旋轉的方向移動；這個移動的作用，是由一個螺旋控制着的。

將一點和螺絲一樣闊的光線，投射到照片上去；因為照片是以旋轉式移動的，所以這點光線投射到照片上好像在劃一條一條連接而並起來的條子，而慢慢的將整個照片都照過。

因為照片是透明的，所以光線就從照片上透射過去，射到一隻受影電池的負極上；顯然的，因為照片中有明暗的不同，所以透過去的光線（也就是射在負極上的光線的強度），也有明暗之分了。這強弱不同的光線，於是也如上二節中一樣在受影電池中生出強弱不同的電流；而這個電流或者由電線中直接傳出去，或者放大之後，藉無線電波傳出去。

在接受的一方面，須用一隻特別的真空管，稱為光真空管（Light valve）（這和上面講的真空管完全不同）。在這隻光真空管內，有一條金屬片帶，這條帶是在一個因線圈所生的磁場之中。另外從一盞燈裏，放出一道光線來，經過這線圈中的一個孔，而投射到片帶上。這個孔是用二片可活動的夾子（像牙一樣）控制着的，可以使牠放大，也可以使牠縮小，總之能使牠完全遮住，不射到帶的那邊去。現在，當無線電波收到後，這電波就變成強度時時不同的電流。將牠經過一種加強放大的裝置，於是就通入這隻光真空管內。顯而易見，管內的磁場就因這強度一刻千變的電流而起變化了，於是金屬帶振動。金屬帶一發生振動，當然就不能夠再將光線完全遮住，所以就有一部份的光線，漏到背面去，而在這背面也就有着和傳放室中

一樣的旋桶的裝置，旋桶上也有着一片有兩種行動的攝影軟片，於是漏過來的光線就射在這張底片上，正如普通的相片，接受外來的光線一樣。

因為漏過去的光線的多少，是完全視金屬帶的振動程度而定的，而金屬帶的振動卻完全依照着收來的電流，也就是完全依照着傳放時的電流、傳放時的光線強度而定的，所以這漏過去的光線的多少，就完全依那透過底片光線的強度而變化。再將這光線透過一凸透鏡，就能發生強度不定的光線來。將這光線射到照片上，我們就得到和那傳送的照片同樣的一張照片了。

中西名詞對照表

一 畫

乙電池組 B-Battery, High tension battery

乙類放大 Class B amplification

乙類輸出管 Class B twin tube

二 畫

二極管 Diode

三 畫

干涉 Interference

三極管 Triode

久磁電機 Magneto

四 畫

元素 Element

水晶振盪器 Quartz oscillator

中間週率 Intermediate frequency

中和容電器 Neutralizing condenser

中間週率放大 Intermediate frequency amplification

分流 Shunt

分片鐵心 Laminated core

介體 Dielectric

介體常數 Dielectric constant

互感應 Mutual induction

互導係數 Mutual conductance

天線 Antenna

天電 Atmospherics

天線線路 Antenna circuit

天線線圈 Aerial coil

反交連 Decoupling

反電動勢 Back electromotive force

反交連電阻及容電器 Decoupling

resistance and condenser

戶內天線 Indoor antenna

五極輸出管 Pentode output tube

比重計 Hydrometer

五 畫

仟瓦 Kilowatt

失真 Distortion

以太 Ether

功率 Power

代替器 Eliminator

外差式 Heterodyne method

正離子 Cation

丙電池組 C-Battery, Grid battery

甲電池組 A-Battery, Low tension battery

半波整流 Half wave rectification

白熱真空管 Bright emitter tube

平衡電路 Neutrodyne circuit

平方律容電器 Square law condenser

平衡簧舌式揚聲器 Balanced armature type loud speaker

瓦特 Watt

瓦特小時 Watt hour

可變容電器 Variable condenser

可變放大係數管 Variable mu tube

六 畫

伏特 Volt

伏特計 Voltmeter

伏打氏 Volta

伏打電池 Voltaic cell

伏克馬氏 Sellon-volckmar

再生式 Regenerative

再生圈 Reaction coil, Tickler coil

交連 Coupling

交流電流 A.C., Alternating current
 交流收音機 A.C. receiver
 交流發電機 Alternator
 自感應 Self induction
 自由振盪 Natural oscillation
 自動音量調節器 Automatic volume control (A.V.C.)
 自生柵極負電壓 Self bias
 有效安培 Virtual ampere
 有效伏特 Virtual volt
 安培 Ampere
 安培氏 Ampere
 安培計 Ammeter
 安培小時 Ampere-hour
 耳機 Head phone
 因鋼 Invar
 列脫氏 Rilter
 共鳴 Resonance
 全波整流 Full wave rectification
 同連容電器 Gauged condensers
 百萬歐姆 Meg-ohm

七畫

佛來銘 Fleming J. A.
 扼制振盪器 Drive oscillator
 抗流圈交連 Choke coupling
 抗流圈 (抗流線圈) Choke
 抗流圈輸出濾波器 Choke output filter
 亨利 Henry
 亨利氏 Henry
 利氏微音器 Reisy microphone
 局部作用 Local action
 汽船聲 Motor beating
 吸收電路 Aceptor
 汞齊化 Amalgamate
 汞氣真空管 Mercury vapor tube

八畫

低週率 Audio frequency
 低週率放大 Low (audio) frequency amplification
 低週率抗流圈 Lower frequency choke
 低週率變壓器 Lower frequency transformer
 法拉 Farad
 法拉特氏 Faraday
 拍接收法 Beat reception
 波而遜氏 Poulsen
 波 Wave
 波帶 Band wave
 波動 Wave motion
 波長 Wave length
 林內氏 Reinartz
 並聯電路 Parallel circuit
 定向天線 Directional antenna
 阻抗 Impedence
 放大 Amplification
 放大係數 Amplification factor
 拒棄電路 Rejector
 亞波耳登氏 Appleton
 亞波耳登層 Appleton layer
 固定容電器 fixed condenser
 直流電流 D. C., Direct current
 直線容量容電器 Straight-line capacity condenser
 直線波長容電器 Straight-line wave length condenser
 直週線率容電器 Straight-line frequency condenser
 昇壓變壓器 Step up transformer
 負離子 Anion
 姆歐 Mho

九畫

長波 Long wave
 長中波兩用線圈 Dual range coil

紅熱真空管 Dull emitter tube
 (valve)
 拾音器 Pick up
 相 Phase
 相角差 Phase difference
 音量 Volume
 音量調節器 Volume control
 音叉振盪器 Tuning fork driver
 炭 Carbon
 炭極弧光燈 Carbon arc lamp
 屏極 Plate
 屏柵極 Screen grid
 屏極線路 Plate circuit
 屏柵極真空管 Screen grid tube
 屏極柵極電容量 Grid-plate
 capacity
 屏極電阻 Plate resistance
 屏極檢波法 Anode bend detection
 屏極斜導係數 Plate slope conduc-
 tance
 屏極調諧電路 Plate tuning circuit
 柵極 Grid
 柵漏 Grid leak
 柵極檢波法 Grid leak detection
 柵極負電壓 Grid bias
 柵極線路 Grid circuit
 柵極調諧電路 Grid tuning circuit

十 畫

氧 Oxygen
 原子 Atom
 原線圈 Primary coil
 馬克斯威爾氏 Maxwell
 馬可尼氏 Marconi
 庫倫 Coulomb
 庫倫氏 Coulomb
 高週率 High (radio) frequency
 高週率放大 High (radio)
 frequency amplification

高週率抗流圈 H. F. C., High
 frequency choke
 高週率變壓器 Radio frequency
 transformer
 高週率放大器 High frequency
 amplifier
 高週率交流機 High frequency
 alternator
 高週率振盪電流 High frequency
 oscillating current
 振幅 Amplitude
 振盪 Oscillation
 振動 Vibration
 振盪放電 Oscillatory discharge
 特性曲線 Characteristic curve
 旁帶 Side band
 旁熱式 Heater type
 旁路容電器 By-pass condenser
 真空管 Tube, Valve
 真寬交連 True loose coupling
 氫 Argon
 差容電器 Differential condenser
 降壓變壓器 Step down trans-
 former

十一 畫

氫 Hydrogen
 陰極 Cathode
 通路 Closed circuit
 通振盪線路 Closed oscillatory
 circuit.
 斬波器 Chopper
 副線圈 Secondary coil
 推進管 Driver tube
 乾電池 Dry cell
 控制柵極 Control grid
 習慣電流 Conventional current
 動圈式揚聲器 Moving coil type
 loud speaker

十二畫

揚聲器 Loud speaker
 無線電 Radio, Wireless
 強力放大 Power amplification
 插座 Socket
 插入式線圈 Plug in coil
 超再生式 Superregenerative
 超外差式 Superheterodyne
 陽極 Anode,
 陽柵極 Anode grid
 等幅波 Continuous wave (C W.)
 週 Cycle
 週率 Frequency
 週率變換管 Converter
 週期 Period
 週期表 Periodic table
 週段濾波 Band pass circuit
 週段諧振 Band pass tuning
 游標容電器 Vernier condenser
 媒介質 Medium

十三畫

電 Electricity
 電流 Current
 電壓 Electric pressure, Voltage
 電勢 Electric potential
 電子 Electron
 電阻 Resistance
 電視 Television
 電解 Electrolysis
 電極 Electrode
 電抗 Reactance
 電蟬 Buzzer
 電力場 Electric field
 電力線 Electric lines of force
 電池組 Battery
 電勢差 Electric potential difference

電流計 Ammeter
 電解質 Electrolyte
 電磁鐵 Electro magnet
 電容量 Capacity, Capacitance
 電子流動 Electronic current
 電磁感應 Electromagnetic induction
 電性應變 Electric strain
 電阻係數 Resistivity coefficient of resistance
 電阻與電容量交連 Resistance and capacity coupling
 電能, 電功 Electric energy
 電能力 (勢) Electromotive force
 電傳照相術 Tele-photography
 電壓分析器 Potentiometer
 電傳有聲電影 Tele cinematography and teletalkies
 電磁移後作用 Hysterisis
 微伏特 Micro volt
 微姆歐 Micro mho
 微法拉 Micro farad
 微歐姆 Micro ohm
 微微法拉 Micromicro farad
 福爾氏 Faure
 感應電動式揚聲器 Inductor dynamic type loud speaker
 鈾 Uranium
 隔離 Shielding
 載波 Carrier wave
 楞次定律 Lenz's law

十四畫

裝架天線 Flame antenna
 寬連 Loose coupling
 赫維賽德氏 Heaviside
 赫維賽德層 Heaviside layer
 赫芝氏 Hertz

對數曲線容電器 Log mid-line
condenser

模斯電碼 Morse code

磁鐵 Magnet

磁場 Magnetic field

磁力線 Magnetic lines of force

磁性變應 Magnetic strain

蓄電池 Storage battery,
Accumulator

廣播 Broadcast

麥耳式磁鐵電話機 Bell magneto
telephone

質子 Proton

慣性 Inertia

十五畫

遮罩兩用調諧線圈 Screened dual
range tuning coil

鋰 Lithium

線圈 Coil

線路 Circuit

緊交連 Tight coupling

調音器 Tone corrector

調幅電波 Modulated wave

膜片 Diaphragm

滲立剛式 Perikon

滲蘭維氏 Plante

十六畫

歐姆 Ohm

歐姆氏 Ohm

歐姆氏定律 Ohm's law

輻射線 Radial line

錳 Manganese

輸出變壓器 Output transformer

靜止挽式 Quiescent push-pull

靜電式揚聲器 Electrostatic speaker

靜電誘導 Electrostatic induction

導體 Conductor

燈絲 Heater

十七畫

應變 Strain

螺絲管 Solenoid

十八畫

斷續等幅波 Interrupted con-
tinuous wave

斷流容電器 Blocking condenser

雙二極三極學生管 Double diode
triode

雙二極五極學生管 Double diode
pentode

濾波器 Wave traps, Filter

鎳 Nickel

十九畫

礦石 Crystal

二十一畫

籃狀感應線圈 Lattice induction
coil

二十三畫

變壓器 Transformer

變壓器交連 Transformer coupling

鐵屑心線圈 Ferrocasi coil