

44
469244
實用無線電學

楊樹芬編
徐志方校

上海

亞達無線電公司出版



MG
TNO1
3

實用無線電學

楊樹芬編
徐志方校



3 1774 1924 3

ISBN 7-309-01774-3

上海

亞達無線電公司出版

上海亞達公司經售
SOLD BY
AMATEUR'S HOME, LTD.
SHANGHAI

購於民國二十九年二月二十日
南京青島街天泰元號
電器行

李以何周

談於中央黨部官學校特科電訊
訓練班

徐 序

作者與余，相識十餘載，固道義之交也。今歲余作客香島，蒙渠以本書原稿寄示，囑予以嚴格之批評。余頻年奔走，對於學理，拋荒已久，何敢作評！願翻讀原書，覺內容詳盡，取例明顯，足資初學者之借鏡，與業餘家之參考。蓋作者辦學有年，故書中編制體裁，悉依其實驗所得，與率爾操觚者不同。讀者循序而進，對於學理認識，可以得一確切之基礎。從而知作者之苦心，在誘掖新進者，作共同之研習；是又別乎以專家自許，將泊來品改頭換面，而矯稱著作之輩也。

此書不尚辭藻，以見科學書之本色；偏重圖例講解，故足為自習者之範本。讀者靜心參閱，當能發見其特長之點，毋待余之贅辭也。

民國廿七年十二月，徐志方序於香港。

自序

民國二十五年春，亞達無線電公司，鑒於國內無線電收音機銷數的激增，而修理技術人材，——尤其是內地——則異常缺乏。因為機件必有損壞，而每遇損壞，必轉輾遞送至各通商大埠，以覓取修理，誠為至感痛苦之事，且事實上不能外修者，尙不知凡幾。然則以我國如此廣大的區域，需要多量的技術人材，作普遍的服務，誠為當務之急。因此決定開辦一無線電修理訓練班。這個訓練班，在當時曾加調查，除了政府機關的訓練班外，要算是最先創辦的了。數屆招生的結果，入學人數，相當的可觀。甚至遠如冀，魯，粵，閩，蜀等處，也有人來入學，可見各方需要人材的殷切！當時主持教務的，是我友徐志方先生。課程方面，學理和實習並用。這樣，當訓練終了後，於無線電理論，已有相當基礎；而實習時間又較長，於是學成出而問世，就不至有扞格不通之弊。結果一般去做工作，或找到工作的人，都感到相當的滿意。

民國二十六年八一三後，滬江大學滬東公社之職工訓練班，其中的無線電技術班，由亞達公司任訓練之責，同時本公司的第四屆

訓練班，也已開始。當時徐先生因事忙不能兼顧，而由編者承乏，我們的教學，既集中於收音機，故所授理論，也集中於此。編者乃決定編一講義，用淺顯的文字，作初步理論的講解。於收音機材料，搜集特多。此後又因感到一般報務員，於日常接觸的收發機件，如果遇到損壞時，常不能自己修理，所以即開辦一通訊修理合併班，以宏造就。因是而報務員可以有機務的訓練，於服務上當更有效力。乃於講義中添入一部份收發報的材料。這樣的隨編隨教，集成一書。但是油印分發，魯魚亥豕的錯誤，觸目皆是，讀者苦之。乃決付之剞劂，因重加整理，最後復增編無線電話一章，則於無線電初步理論，殆已總其大成。於是無論習報務機務的以及業餘家的研究，乃至作研究工程的初步智識，有所取給於是。

本書的目的是用淺顯的文字，作實用理論的介紹；避免一切艱深算式，俾便初學。循是而進，學者可以涉門徑而窺堂奧。果爾，則編者將感於是書之不虛。惟是編者學識謬陋，而又匆遽集稿，謬誤實多，承老友徐君為之詳加訂正，復貢獻許多意見和材料，良友情殷，惠我獨多，書此謹致謝忱！

最後的話，則書成之日適為「滬達無線電學校」成立之日，乃定本書作課本。編者自審棉蕪，然而對於我國無線電學術界的發揚光大，實致其無窮的奢望，爰於此書出版之日，更祝頌其前途！

民國二十八年一月一日楊樹芬序於亞達無線電公司

目次

第一章 概 說

第二章 電 學

節數	頁數	節數	頁數
(1) 電子	4—5	(6) 電壓降和電工率	16—18
(2) 電流和電壓	6—9	(7) 乾電池	18—22
(3) 歐姆定律	9—13	(8) 蓄電池和充電	22—26
(4) 電阻的串聯和並聯	13—15	(9) 電池的接法	26—27
(5) 串聯並聯混合電路	15—16		

第三章 磁和電磁

(1) 磁石	28—30	(7) 電磁感應和直流發電機	37—38
(2) 磁感應	30—31	(8) 自感應和互感應	38—41
(3) 電生磁	31—33	(9) 感應線圈的串聯和並聯	41—42
(4) 磁生電和磁感應	33—34	(10) 儲電器和儲電量	42—45
(5) 林慈定律	34—35	(11) 儲電器的串聯和並聯	45—47
(6) 電磁感應和交流發電機	35—37		

第四章 交流電路

節數	頁數	節數	頁數
(1) 交流發電機	48—51	(7) 交流電的電阻電路	57
(2) 電波曲線和相位	51—53	(8) 電阻和感應迴阻的串聯	57—58
(3) 正弦波的加減和數值	53—55	(9) 電阻和儲電迴阻的串聯	58
(4) 感應迴阻	55—56	(10) 電阻感應迴阻儲電迴阻的串聯	58—59
(5) 儲電迴阻	56—57	(11) 電阻感應迴阻儲電迴阻的並聯和諧振	59—60
(6) 交流電路的混合阻力	57		

第五章 無線電路

(1) 振盪電路	61—63	(6) 諧振曲線和配譜	67—69
(2) 減幅波	63—64	(7) 感應圈繞法計算	69—74
(3) 等幅波	64—65	(8) 集膚作用	74—76
(4) 諧振	65—66	(9) 儲電量的計算	76—77
(5) 振諧週率的計算	66—67	(10) 交連電路	77—79

第六章 無線電波

(1) 無線電波	80—82	(3) 無線電波的接收	84—85
(2) 無線電波的放射	82—84	(4) 短波的性質	85—86

節數	頁數	節數	頁數
(5) 海氏層	86—87	(6) 衰落和騷擾	87—88

第七章 天 線

(1) 天線的種類	89—92	(4) 收音機用的天線	97—98
(2) 地線和地網	97—93	(5) 避雷器	98—99
(3) 短波天線	93—97		

第八章 真 空 管

(1) 二極管	101—102	(12) 真空管的互導	120
(2) 塗鈹與塗氧化的燈絲	102—103	(13) 三極真空管的檢波	121—127
(3) 二極管的特性	103—106	(14) 四極真空管	128—129
(4) 二極管的檢波	106—106	(15) 特種控制四極管	129—131
(5) 二極管的整流	107—109	(16) 五極真空管	131—133
(6) 三極真空管	109—111	(17) 二極三極雙生管	133—135
(7) 三極真空管的特性曲線	111—112	(18) 二極五極雙生管	135—136
(8) 三極管用作振盪	113—114	(19) 五極變換週率管	136—138
(9) 三極管的放大	114—117	(20) 電子光示管	133—140
(10) 傍熱式真空管(陰極管)	117—119	(21) 金屬真空管	141—142
(11) 真空管的屏極電阻	119—120	(22) 真空管特性表和管座	143—161

第九章 高週率放大電路

節數	頁數	節數	頁數
(1) 高週率放大	162—163	(5) 濾波器	167—169
(2) 變壓器交連放大	163—164	(6) 音量調節節	169—172
(3) 電阻器交連放大	165	(7) 自動音量調節	172—175
(4) 迴阻器交連放大	166—167	(8) 自動音量調節和指示器的關係	175—177

第十章 低週率放大電路

(1) 變壓器交連放大	179—180	(4) 推挽式電路	182—184
(2) 電阻器交連放大	180—181	(5) 音調調節器	184—186
(3) 迴阻器交連放大	181—182		

第十一章 電源整流與濾波器

(1) 整流管濾波器	187—189	(3) 電壓分析器	190—192
(2) 電液式儲電器和電糊式儲電器	189—190		

第十二章 喇叭與拾音器

(1) 磁力式喇叭	193—195	(3) 電氣拾音器	197—200
(2) 電動式喇叭	195—197		

第十三章 真空管收音機線路

節數	頁數	節數	頁數
(1) 同授式線路	201—202	(乙) 差過率與調幅	209—211
(2) 平差式線路	202—204	(丙) 超等外差式的情形	211—214
(3) 調整高放式線路	204—206	(丁) 超等外差式線路圖說	214—223
(4) 超等外差式線路	206	(戊) 超等外差式的另一線路—自差式	223—227
(甲) 何謂外差	207—209		

第十四章 真空管收發報機線路

(1) 米字南電路	228—229	(6) 石英控制電路	231—234
(2) 哈脫雷電路	229	(7) 電鍵的接法和裝置	234—236
(3) 考畢子電路	229—230	(8) 無線電報電波之類別	236—237
(4) 調屏調柵電路	230	(9) 真空管收報機線路	237—241
(5) 主振放大電路	230—231		

第十五章 無線電話

(1) 傳聲器	242—243	(丙) 儲電器式傳聲器	244—245
(甲) 炭精式傳聲器	243—244	(丁) 線圈移動式和帶條式傳聲器	245
(乙) 雙鈕式傳聲器	244	(戊) 晶體式傳聲器	245—246

節數	頁數	節數	頁數
(2) 調幅.....	246—247	(3) 廣播電台.....	255—256
(甲) 柵極調幅...247—248		(甲) 播音室.....	255
(乙) 屏極調幅或海心 調幅.....	248—250	(乙) 高週率 and 調幅 部份.....	255
(丙) 抑制極調幅	250—252	(丙) 電源部份...255—256	
(丁) 高度調幅與低度 調幅.....	252—253	(丁) 控制部份.....	256
(戊) 陶斗制的高週放 大.....	253—255	附錄 無線電各種符號	

實用無線電學

第一章 概說

無線電專業發展到今天，真是突飛猛進，一日千里。在電訊方面，亞洲和歐洲，亞洲和美洲，都已完成了廣大的國際通訊短波網，又因為各國國內長途電話網的遍佈，因此再加了相當的設備，有線電話和無線電話就可以連絡起來而通話。於是本來一國和一國的京城，或通商大埠，可以通話的，現在進而至於和一個較小的城市，也可以通話。一個人遠適異國，而因為有要緊的事情，要和家中人通訊，而家中人所住的地方，又是較小的城市；一旦有了聯絡線的無線電話網。這種便利和愉快真是無限。從前在越洋通訊方面，像大西洋兩岸建造了越洋通訊電台，費了無限的資力，作長波的通訊，可是他的效力，還是相當的低下。

在國際的通信網外，航海的大小船舶，也靠了無線電通訊的便利，救活了多少生命，避免了多少危險。在船舶通訊的便利上，進而作飛行通訊的設備。像美國商用的航空，可以經由菲律賓濱而到香港。歐洲呢，在英國可以經由海峽殖民地而到香港。在法國也可經由南洋羣島而到法屬的安南，這種航空上通訊的設備，在靠精密設

計的短波收發報機來應用，無論於天時氣候風向等方面，都要和航站聯絡。這種聯絡的重要性，都是靠着收發報機件來應付。

在各種通訊用途外，無線電在廣播方面，是佔了廣大的領域。廣播電台的設立，無論歐美各國多是密佈着；就是在中國講，也是像雨後春筍般的設立着。因此，用在接收廣播方面的收音機，大量的製造起來，在播音機的機件方面，和播音室設備方面，都是年年在進步。而收音機的進展，又是一日千里。從前在收的方面，一只收音機，在廣播台林立的地方，他的選擇性是很困難的。到現在，這個困難問題，就相當的解決。而本來的廣播是限於一國的自身，而現在呢，因為短波廣播電台的成立，於是國與國之間，也可以接收。因為廣播台的成立，是偏於民衆的娛樂方面，無論是音樂哩，戲劇哩，都使民衆得到相當的欣賞，是消遣的良法。而晚近來各國政府利用了廣播台，播送教育節目，名人演說，政治宣傳。而商業方面，亦利用他作商品價格，股票行市，戲院劇目和時間等種種報告。一個家庭裏置辦一只收音機，由一國之內，進而到國和國間的收聽。在一個僑居異國的人，一旦聽到了國外家鄉的消息，這種歡躍的神情，是不可名狀的。所以收音機既是大量的製造；於構造方面講，也是無限的進步。於接收的進步講，從國內距離到國外；於機件進步講，在真空管，則由玻璃到金屬；綫路方面，則從調整到外差，真是極光逐陸離之至，蔚為大觀。

自從無線電通訊的成功，到現在，不過四十年。這短短的四十年裏，進步的快，和功績的大，是任何科學所不能及的。有人說：無線電雖是科學的新產兒，可是已經跑在人家的前面，這句話實在不是虛言。至於最近的將來呢，超短波電訊的試驗，已有相當的成績。而無線電傳影，也已經由試驗的成功，而努力地改良。不久以後，也就要大量的問世。而醫學上利用無線電來做治療器械，也在不斷地創造，來增加人生的健康，也靡有止境。依我人的想像，以科學家不斷地研究，不斷地創造，將來的世界，真是要成為無線電的世界。這種利用厚生，福國利民，真要使人贊嘆佩服到五體投地呢。

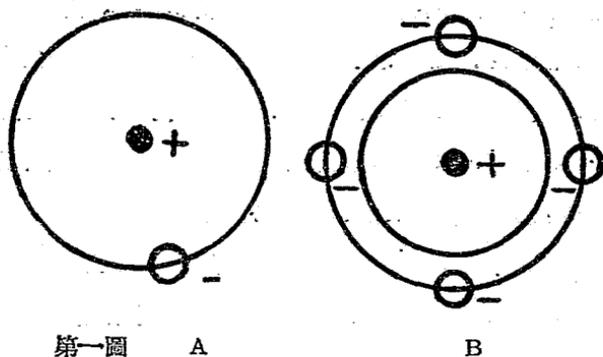
第二章 電學

(1) 電 子

無線電的傳播和接收，是由一種用電的機械藉着電力，而把所要播送的電磁波發送出去，或者把所要接收的電磁波接收進來。不過因無線電磁波的傳遞，中間的媒介物，並不像有線電報樣的，雙方用導線聯接着而通報。他是無形的，是看不見的一種電磁波。所以無論收的方面，和發的方面，除了發送者和接收者，本身所備的機械外，兩地所負傳遞的媒介物，是一種無形的電磁波放射關係。要知道電磁波的形成，應首先明瞭電子的學說，由電子的學說再進而研究無線電機內部的組織，和應用情形。

電子學說，是原子 (Atom) 論推演的結果。宇宙間有各種不同的物質 (Matter)，物質可以分成三大類：一固體，二液體，三氣體，例如銅和鐵是屬於固體類，水是屬液體類，空氣是屬於氣體類。而每種物質，是由一種或多種的元素 (Elements) 所構成。銅和鐵的物質是獨立的元素，而水由二種不同氫元素和氧元素所構成。每一種元素，其最小的單位，是叫原子。這是物理學裏稱為原子學說

(Atomic Theory)。直到近三十年來，學者繼續研究的結果，發現原子裏還有荷二種不同球狀形的成份。其一是帶陽電的核子，稱為陽核 (Nucleus)，又稱做正電子 (Protons)。而尚有環繞運行，於陽核周圍的東西，是負電子 (Electrons)。而我人通常所稱的電子，都是代表負電子。他運行的途徑和太陽系的運行一樣。陽核為一中心的太陽，而電子按一定軌道的環繞，就好像按一定軌道運行的行星。圖一A和B是電子環繞陽核運行的情形，外面的是負電子，中間的是正電子。



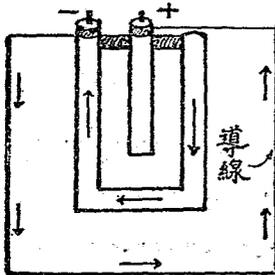
每一個原子裏正電子的數量，適等於環繞負電子的數量之總和。所以在平常狀態裏，兩者的數量，適相等而成中和。

在複雜的各種原子裏，其運行的軌道，有分作外層和內層。他環繞着而運行，是因為正電子和負電子之間，有異性相吸，和回

性相拒的理存在。不過假定另一種強力的原子，在他附近，因為強力的吸收，把原來原子裏負電子吸收去，或者因為原子本身的震動，一部份電子，游離在原子的外面。當電子離開了原子後，原子本身，就失去了一部份的負電，於是這個原子，就荷着正電體。假使一個原子，而吸收着外來的負電子，於是這種原子，就荷着負電體。在天空裏因為光熱和氣候的變化，原子本身的荷電體，隨時變更着，這種因變更而游離的電子，是稱做離子 (Ions)。

(2) 電流和電壓

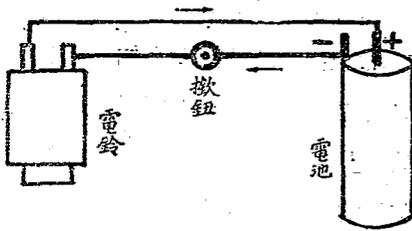
在原子裏的電子，是因為每種原子的力量不同，而發生吸引，或擊撞的結果，成為游離電子。這種自由行動的電子，如果接了一根導體而加以壓力，因此，這種電子，就可以從一根導體的此端而流向他端，這種電子的流動，就稱為電流。假使這種物質的溫度越高，原子的變動越劇烈，而電子的變化和運行亦越快。



第二圖

在電料店裏買一只甲種乾電池，或者手電筒裏用的小乾電，這種電池的頭部，中間有一個銅頭，是電池的正極；另一面在電池邊緣，連着電池外殼鉛皮質上的一個銅頭，是電池的負極（見第二圖）。（在手電筒裏的小電池，並沒有負極的銅頭，不過這種電池外

面，所包圍着的鋁皮，就代表負極)。現在我們把一根可以傳電的導體，(通常用電燈花線)把電池的負極，和正極連起來，因為電池的化學作用，他本體的負極，積聚了無數的電子，一經銅線接連後，在圖二的箭頭表示着，電子就會從電池的負極，走到正極方面去。而一方面，又因為電池內各種原子，爲了異性相吸的關係，在正極附近的電子，被正極吸力的影響，也就離開原子本身，跑到正極上面去。同時，這種失去電子的原子，亦可以吸收其他原子裏的電子，像這樣的互相吸引着，從電池的負極奔赴正極，就成了電子的流動。



第 三 圖

第三圖是一只乾電池，和電鈴連接。在一般家庭裏往往裝着一只電鈴。他本身是有二個頭，每一個頭，是和一只乾電池上的頭接連起來。

在導線的中間，接着一個揷鈕。揷鈕的用途，是在應用的時候，把揷鈕揷住，於是電池和電鈴的電路 (Circuit) 已通，就可以聽到電鈴的響聲。就是因為電池裏的電子，流向電鈴，而電鈴就響。再把揷鈕一鬆，電路裏電流已斷，電鈴就不響。這種已通的電路在電子行動時，稱做合路 (Closed Circuit)。而在把揷鈕鬆去時，電路不通，稱做開路 (Open Circuit)。在把揷鈕揷上時，電子不斷的流動，也就

是電流的流動，稱做電路 (Circuit)。

電流的單位稱做安培 (Ampere)。較小於安培數是「千分安培」 (Milliampere)。就是千分之一 ($\frac{1}{1000}$) 的安培。換轉來講，就是一安培等於1000「千分安培」。再小於「千分安培」的是「兆分安培」 (Micro Ampere)。就是百萬分之一 ($\frac{1}{1,000,000}$) 的安培。換轉來是1,000,000個「兆分安培」是一安培。第四圖，是一只量電流的電



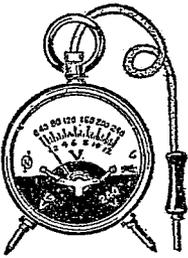
流表，共有二種，一種量較小電流的是千分安培表 (Milliammeter)。一種是量整數以上電流的，稱做安培表 (Ammeter)。

在靜電上，表示電量的單位，是庫倫 (Coulomb)。

在動電上，表示電流流動的單位，是安培。二者的分別，是在「時間」(Time)上。用庫倫來表示電量是沒有時間的因子在內。而用安培來計算電流，已經把時間加入。所以一個安培的電流，就是一庫倫的電量流於一秒鐘間。同樣假使在一根導線上，在二分鐘裏，流過的電量是240庫倫，這根導線上的電流，是每秒鐘2庫倫。可以稱這根導線上流過的電流是2安培。

電流和水流一樣，水在流動時必有一種壓力，使他流動。好像城市裏用的自來水，必有一只很高的水塔，儲蓄着相當的壓力。電在行動時，也必有一種壓力，這種壓力，就是電的原動力。稱做電動力 (Electro Motive Force) (E.M.F.) 或者就稱做電壓 (Electro

Voltage)。



第五圖

把一只乾電池的正負二極，通以導線，因電池的化學作用，就產生一種電動力，於是電流就跟着移動。同樣地把這只電池接在電鈴上，手揷着揷鈕，因為電池裏有電動力，電流就開始流動。如這只揷鈕一直揷着，直到電動力（即電壓）消耗盡了，電流也用盡而停止流動。電壓的單位是伏脫（Volt）。較伏脫大一千

倍的，是「基羅伏脫」（Kilovolt）。一個基羅伏脫，是等於1000伏脫。 $\frac{1}{1000}$ 的伏脫，是伏脫的小數，稱做「米厘伏脫」（Millivolt）。1000「米厘伏脫」等於一伏脫。還有百萬分之一伏脫， $\frac{1}{1,000,000}$ 是兆分伏脫（Microvolt）。1,000,000「兆分伏脫」等於一伏脫。要知道電壓的多少，可用電壓表（Voltmeter）來量。（見第五圖）

(3) 歐姆定律

水流在水管內流動時，他的水壓，在水管子的末端，比較靠近打水機的地方為小。這是因為水流，經過粗細導管時，須受管內的阻力妨礙水的行動之故。電流經過導線時，導線裏亦有一種阻力，妨礙電流的行動，這種阻力，是為電阻（Electric Resistance）。單位是歐姆（Ohm）簡寫符號是 Ω 。

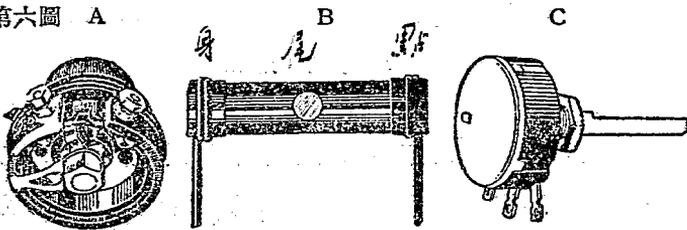
在無線電任何電路裏，都不能離開電壓，電流和電阻的關係。

普通家用電阻 褐=1 紅=2 橙=3 黃=4 青=5 藍=6
 紫=7 灰=8 白=9 黑=0
 褐=0 紅=00 橙=000 黃=0000 青=00000

電壓是電流通過電路的原動力，而電阻是阻礙電流的反動力。其數量的大小，視導體的性質，溫度，和截斷面積而定。銅和銀的阻力很微，所以適用為導體(Conductor)。鐵的阻力比較大些，而玻璃和瓷的阻力則極高。因之可以用為絕緣 (Insulator)。電阻和導體的長度成正比，導體越長，電阻越大，好像水管越長，則於水流的摩擦力越大的情形相同。而導體的橫斷面積越大，電阻越小，好像自來水管的口徑越大，水流就越快。

在無線電路裏，用於電阻上一種用具稱做電阻器 (Resistor)。電阻器普通分為兩類，凡阻力數有定值的，稱做固定電阻器 (Fixed Resistor)。見第六圖 B。而阻力數可以變動的，稱做可變電阻器 (Variable Resistor)。

第六圖 A



固定電阻器，通常用在無線電中，如電壓分析器上，和電阻交連，以及丙電阻等等。至於可變電阻器，分為二類：一類是用於低阻力的，像接在真空管裏燈絲上的，稱為可變電阻 (Rheostat)。見第六圖A。還有一種，是用在調節高阻力上的，像音量調節器 (Volum

例如 身尾在 他的 ohm's 2,00000
 紅黑青 此顏色表示他的 ohm's 有若干計凡

調 諧 電 路 的 電 學

Control), 和音調調節器 (Tone Control), 或稱為電位器 (Potentiometer)。見第六圖 C。這種種詳細的情形, 以後要加以說明的。

電阻的單位是歐姆 (Ohm)。大於歐姆單位的是「百萬歐姆」(Megohm)。一個「百萬歐姆」, 等於 1,000,000 歐姆; 小於歐姆單位的電阻為分數電阻, 是「兆分歐姆」(Micro-ohm)。一個「兆分歐姆」等於 $\frac{1}{1,000,000}$ 歐姆。

在無線電裏, 要知道電壓, 電流電阻, 相互的關係, 可用算式來計算出來。計算的方法, 是根據歐姆定律 (Ohmslaw)。現在把歐姆定律列下:

重 要	{	公式(一) $I = \frac{E}{R}$	即電流 = $\frac{\text{電壓}}{\text{電阻}}$
		公式(二) $R = \frac{E}{I}$	即電阻 = $\frac{\text{電壓}}{\text{電流}}$
		公式(三) $E = RI$	即電壓 = 電阻 X 電流

以上三公式中, I 代表電流單位是安倍, R 是代表電阻單位是歐姆, E 是代表電壓單位是伏脫。

關於歐姆定律的應用, 舉幾個淺例來說明如下:

例一: 假定一電路裏有 50 歐姆的阻力, 而所用的電壓是 100 伏脫, 問這電路裏通過的電流有多少?

依歐姆定律第一公式: $I = \frac{E}{R}$, 於是以 100 伏脫代入 E, 以 50 歐姆代入 R, 那麼,

答 $I = \frac{100}{50} = 2$ 安倍。

例二：假定一電路裏的電壓是3伏脫，而電阻是50歐姆。

問電路裏通過電流有多少？

答 $I = \frac{3}{50} = .06$ 安培

以上是在電路裏用歐姆定律來求電流，現在再來求電阻或電壓。

例一：假定電路裏的電壓是500伏脫，而電流數是.5安

培，問電阻有多少？

依第二公式代入方法 $R = \frac{E}{I}$

答 $R = \frac{500}{.5} = 1,000$ 歐姆。

例二：假使一只無線電真空管燈絲的電壓是5伏脫，而牠

的電流是.25安培，問電阻有多少？

答 $R = \frac{5}{.25} = 20$ 歐姆。

上面求電阻，以下求電壓。

例一：一只無線電真空管燈絲的電阻是50歐姆，而是需要.06安培的電流來應用。問這只真空管需要電壓多少？

依第三公式，和代入方法， $E = RI$

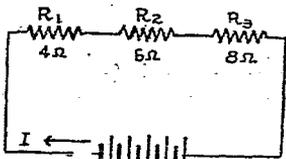
答 $E = 50 \times .06 = 3$ 伏脫

例二：多少電壓，要輸送在2安培的電流，和3歐姆的導線裏？

答. $E = 2 \times 3 = 6$ 伏脫

(4) 電阻的串聯和並聯電路

串聯電路 (Series Circuit), 是把幾只電阻, 首尾相連接的電路。而電流就在這電路裏通過。如第七圖, 一共三只電阻, 首尾連接



第七圖

着。(電阻器沒有首尾,這裏是假定的名詞)。第一只 R_1 是4歐姆,第二只 R_2 是6歐姆,第三只 R_3 是8歐姆。 R_1 和 R_3 的兩邊,連着一根導線,再接到一只電池的正負極上。於是電池裏,產生電動力,而電流開始流動,經過這三只電阻,如圖上箭頭所示。現在要知道這三只電阻的總阻是多少。 R 是代表總阻, I 為共同電流,依歐姆定律,於是各電阻所得電壓,是 IR_1 、 IR_2 和 IR_3 就等於總電壓,所以串聯電阻的算式如下:

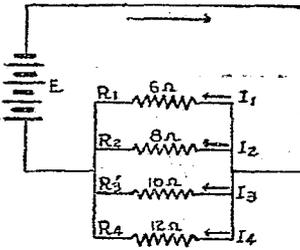
$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

總阻 = $4 + 6 + 8 = 18$ 歐姆。

這個三只電阻串聯的電路,他的總阻是 18 歐姆。換句話說, 18 歐姆的總歐姆,就是三只串聯電阻的總和。

第八圖,是一張電阻的並聯電路 (Parallel Circuit)。四只電阻,首和首相聯尾和尾相聯着,總電流 I 從 E 流出,流到四只並聯電阻時,就分成四股支電流,而仍舊回到 E 。依歐姆定律的算式:



第八圖

$$I_1 = \frac{E}{R_1}, I_2 = \frac{E}{R_2}, I_3 = \frac{E}{R_3},$$

$I_4 = \frac{E}{R_4}$ 。現在假定 I 為總電流， R 為總電阻。於是，

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}$$

$$+ \frac{E}{R_3} + \frac{E}{R_4} = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)$$

因為 $I = \frac{E}{R}$ 所以 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

於是 $\frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{12} = \frac{57}{120}$

所以 $R = \frac{120}{57} = 2.1$ 歐姆

在計算並聯電阻的時候，上述的算式如果覺得麻煩，可以用電導倒數的計算法來代替。就可以覺得很容易了。

既知道電阻在電路裏，是抵抗電流行動的一種阻力，因此和電阻相反的意義是電導 (Conductance)。電導的意思，是可以把電流引導着，他的意義，恰和電阻相反。因此假定電阻數是 8 的話，那麼電導數是 $\frac{1}{8}$ 。而電導數如果是 8，電阻數是 $\frac{1}{8}$ 了。就因為電阻和電導，立於相反的地位。換句話說，也就是在數目上的倒數。例如 3 的倒數是 $1 \div 3$ ，即 $\frac{1}{3}$ 。而 $\frac{1}{4}$ 的倒數，是 $1 \div \frac{1}{4}$ ，即是 4。因此在電路裏，電阻和電導的關係，可用算式表示如下：

$$G = \frac{1}{R} \quad \text{或} \quad R = \frac{1}{G}$$

上面公式中的G字是代表電導，單位是「摩」(Mho)。也就是Ohm的倒寫。R是代表電阻。

我們用電導的方法，來計算並聯電路，如第八圖，可以不必再經歐姆定律的算式，而直截的算出來如下表：

$$R_1 = 6 \text{ 歐姆} \quad \text{即} \quad G_1 = \frac{1}{6} \text{ 摩}$$

$$R_2 = 8 \text{ 歐姆} \quad \text{即} \quad G_2 = \frac{1}{8} \text{ 摩}$$

$$R_3 = 10 \text{ 歐姆} \quad \text{即} \quad G_3 = \frac{1}{10} \text{ 摩}$$

$$R_4 = 12 \text{ 歐姆} \quad \text{即} \quad G_4 = \frac{1}{12} \text{ 摩}$$

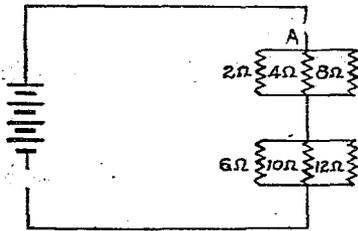
因為並聯電路的電導，就等於各個電導相加的總數。即

$$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = \frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{12} = \frac{20 + 15 + 12 + 10}{120} \\ = \frac{57}{120} \text{ 摩。}$$

再把「摩」來還原到「歐姆」，這並聯電路總電阻，就等於 $\frac{120}{57} = 2.1 \text{ 歐姆}$ 。

(5) 串聯並聯混合電路

第九圖是一種並聯和串聯混合的電路。在(A)電路裏，有三只



第九圖

並聯電阻。每只倒數的電導

是 $\frac{1}{2}$ 摩， $\frac{1}{4}$ 摩， $\frac{1}{8}$ 摩，總電

導是 $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$ ，結果

總電阻是 $\frac{8}{7}$ 歐姆。在(B)電

路裏也有三只電阻並聯着。

每只電阻倒數的電導，是 $\frac{1}{6}$

摩， $\frac{1}{10}$ 摩， $\frac{1}{12}$ 摩，總電導是 $\frac{1}{6} + \frac{1}{10} + \frac{1}{12} = \frac{21}{60}$ 。結果，總電阻是 $\frac{60}{21}$ 歐

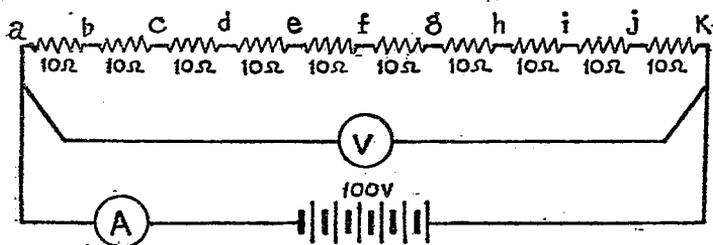
姆。現在(A)(B)兩電路的並聯電阻，都已求出。再把(A)(B)兩電

阻，作串聯的算法。於是祇要把 $\frac{8}{7} + \frac{60}{21} = \frac{84}{21} = 4$ 歐姆。

所以第九圖的並聯和串聯的混合電路，用電導的簡便求法，他的總數是4歐姆。也就很容易的求出了。

(6) 電壓降和電工率

在具備了電壓的電路，當電流在流動時，遇到電阻器，這個電路裏，就發生了相差的電勢 (Difference of Potential)。電勢差的意思，是每一電阻的兩端，必有一相差的電勢存在。電勢差和電壓降 (Voltage Drop)。是同樣的意義。第十圖是一只 100 伏脫的電池，和十只 10 歐姆的電阻串接着。這十只電阻的兩端，跨着一只伏脫表，於 a 和 k 之間，來指示電池的電壓。下面一只電流表，和電池電阻串接着。因電流表的指針指示，這只電池裏的電流是 1 安培。現



第 十 圖

在把伏脫表上的左方的接頭，從電阻 a 移到電阻 b 的接頭上，此時伏脫表的指針，就指示出祇有 90 伏脫。同樣在 c 上，電壓降到 80 伏脫。在 d 上降到 70 伏脫。而到 k 上，電壓就在零度。

電壓降又稱做 IR 降。依歐姆定律，E 是代表電壓，而 $IR = E$ 。所以把伏脫表左方的接頭 a 處，移到 b 處，那麼 10 歐姆和 1 安培相乘，就降落 10 伏脫電壓。依此類推，直到把 a 點移到 k 點上，電壓就等於零了。

在物理學裏，物質在任何時間內，有工作的能力時，這種物質就稱做有能力的物質，煤可以燃燒就有熱能 (Heat Energy)。把 220 伏脫的電燈，接在 220 伏脫的電壓上，電燈就會發光，發熱。光和熱的能力，是由電流通過電燈而得的，這是由於「電能力」(Electric Energy) 的轉變，電能是能力表現的一種，而運用這種能力所發生遲速的度量，稱做電工率 (Electrical Power)。電工率的單位是瓦特

(Watt)。一瓦特的電力，就是等於1安培的電流，在電路裏流動，而有1伏脫電壓的時候，因有下列三公式：

$$(1) \quad P=EI$$

$$(2) \quad P=I^2R$$

$$(3) \quad P=\frac{E^2}{R}$$

在實用上，瓦特的單位太小，所以都用「基羅瓦特」(Kilowatt)。1基羅瓦特等於1000瓦特。此外的工率單位是「馬力」(Horse Power) 1馬力等於746瓦特，所以1基羅瓦特和馬力的關係如下：

$$1KW=1,000Watts=1.34HP$$

$$1HP = 746Watts=.746KW$$

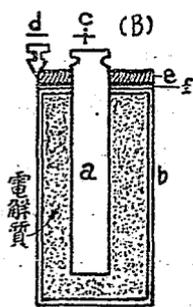
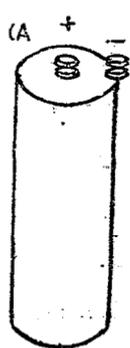
在無線電收音機上所用的電阻器，除了本身的歐姆數之外，還有瓦特的關係，瓦特的大小，是和電阻器上所流過的電流流量，成正比例。流量大瓦特數大，流量小，瓦特數小，無線電上電阻器的瓦特，是依電路上的需要而定。如果一只同樣歐姆的電阻，而用較小的瓦特，那這只電阻，因為經不起電力而燒壞，而需要加瓦特數了。譬如二只1瓦特10,000歐姆的電阻，並聯起來，他的總歐姆是減到5000歐姆，而瓦特數却變成2瓦。因為並聯的結果，歐姆數雖減少，而電流的流量可以加多。這於我們用電阻而和瓦特數有關係時所應注意的。

(7) 乾電池

以目前的情形，無線電收音機所用的電源，大部份是交流電，其次是直流的電燈電，再其次是電池 (Electric Cell)。而在收音機初發明時，所用的電源，都是電池式，直到現在，鄉村偏僻的地方，因為沒有電燈電，所以還沒有脫離電池。本書所以把電池來敘述一個大概。

依照所含容量，電池可以分做兩種：一只簡單所成的電瓶，稱做單電池 (Cell)。由兩只以上的電瓶，串連接成一組電池，稱做電池 (Battery)。收音機所用的電池，分做二種：一種是乾電池，一種是蓄電池。

乾電池裏所含的成份，並不是完全乾的。因為外表是封固而乾燥，又因為別於蓄電池的緣故，所以稱做乾電池。第十一圖 A 是



第十一圖

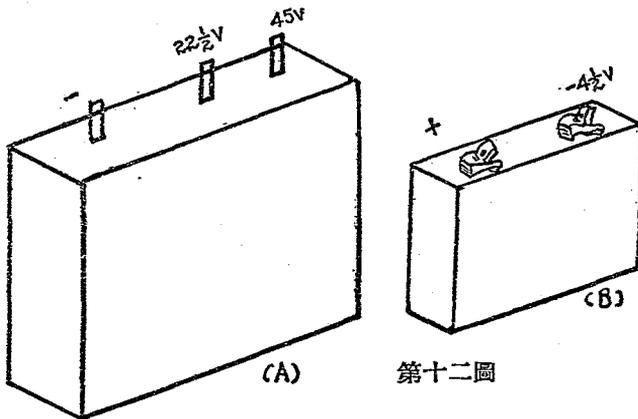
只乾電池的外形，B 是內形。B 圖裏中央一根柱子，通到外面的圓螺絲，是電池的正極 (+) (Positive)。而 C 的圓螺絲，是用作接線用的。正極是用炭精棒做成。旁邊 b 字，是電池的外殼。通常是用鋅做成，是電池的負極 (-) (Negative)。由鋅接連出去到 d 的一個圓

螺絲，是負極的接線頭。鋅筒內面四週，套着一層吸水紙，這是鋅筒

和電池內各種化學元素相絕緣，圖中箭頭所示的電解質，是由化學成份所成的糊狀物。通常是用二氧化錳(Manganese Dioxide)的混合物，浸於氯化銨(Ammonium Chloride)的溶液裏。這種糊狀化學物，所形成的電解質，放置在炭精柱的周圍，而同時浸漬在吸水紙上，經他的過濾作用，而和鋅面相接觸。e 是一層沙層，f 為木屑層，用來防止外來空氣，影響電池內化學藥液發生變化。而電池的上層，再加火漆封固。這種由化學所形成的電能，他的混合物，我人既知道他並不是乾的，不過因為加以固封，所以稱做乾電池。

在無線電上，所用的乾電池，共分甲種電池 (A Dry Cell)，乙種電池 (B Battery)，丙種電池 (C Battery) 三種。甲種乾電池，每只電壓的規定是 1.5 伏脫，所以稱做單只電池 (Cell)。是用在收音機真空管燈絲上的。

第十二圖 A，是乙種乾電池，他的電壓規定數是 45 伏脫。有時因為需要用 $22\frac{1}{2}$ 伏脫，可以在一只 45 伏脫電池中部，另接一頭，作為 $22\frac{1}{2}$ 伏脫。圖中左方的接頭是負極。右方第一個接頭是 $22\frac{1}{2}$ 伏脫正電壓，第二個接頭，是 45 伏脫的正電壓。乙種乾電池內部的組織，普通都是用手電筒裏的小型甲種乾電池來串連接成，譬如現在有十五只的甲種小電池，把他串聯起來，每只小電池的規定電壓是 $1\frac{1}{2}$ 伏脫，十五只就成為 $22\frac{1}{2}$ 伏脫的一只乙電池。而用三十只小電池串聯起來，就可以成為一只 45 伏脫。至於用小乾電池的原因，是因為大



第十二圖

號的甲電池，是用在真空管燈絲上的，所以電流量較大，通常都用安培數來代表。而小電池的電流量很少，所以串聯的結果，一只電池的電流量，是用千分安培，因此是可以用在真空管的屏極和簾柵極上的。

乙種電池的構造，和甲種電池是同樣的。至於電流數量的大小，那是製造配合時規定的。而各種電池的耐用與否，也是關於製造廠的製造時標準的高下。

第十二圖 B，是丙種電池，內部的構造，和甲乙兩種同樣，他是用在真空管的柵極上的。(詳真空管章)他所用的電壓，是介乎甲乙兩種之間。最普通的是用每只以 $4\frac{1}{2}$ 伏脫做標準。也有用到 $13\frac{1}{2}$ 伏脫，和36伏脫的，那是依每種真空管的性質，和需要而定。如果用 $13\frac{1}{2}$ 伏

鉛板蓄電池的活動物質 (active material)
與電液: 是 (electrolyte) 陽板, 二氧化鉛 PbO₂
陰板, 金屬鉛 Pb
電液, 硫酸 H₂SO₄ 的

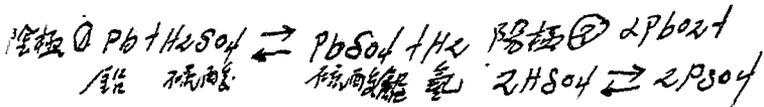
脫, 可以把三隻4½伏脫的丙電池串聯。用36伏脫時, 用八隻4½伏脫的丙電池串聯。

丙電池的用法和甲乙二種電池, 有一個異點。普通電池的負極他的電壓是等於零電位。而丙電池則相反, 他的負極是在零電位以上。換句話說, 就是負的增加, 圖B的丙電池, 在右方負極處, 是4½伏脫(負壓)。在左方一個接頭, 是電位的零點(正壓)。這個原因, 是因丙電池, 用在真空管的柵極。依照真空管的特性, 柵極是要供給負電壓的。所以製造廠就把丙電池電壓的增減, 和甲乙二種相反, 至於市上有出售的丙電池, 仍舊用負極作為零電位。而把正電壓作增加數。那是製造者不明丙電池應用性質的關係。關於這點, 在裝置無線電的人, 所應注意的。

關於電池放置的問題, 最好是放在乾燥涼爽的地方。因為乾電池最怕受潮和烘火, 越是潮濕和太熱的地方, 電池的壽命越容易短促。我人常遇到電池出水而潰爛, 大部份是受了潮濕侵襲或烘火曝太陽的原因。所以放置的地方, 也是值得注意的。

(8) 蓄電池和充電

在收音機接用乾電池來開唱, 等到電池的電壓和電流, 消耗完後, 電池就已損壞。如果再要開唱收音機, 那非再買新的乾電池來補充不可, 這樣時時的損壞, 時時的掉換, 經濟方面, 是太費了。所以有許多人用蓄電池(Storage Battery)來代替乾電池。蓄電池的購

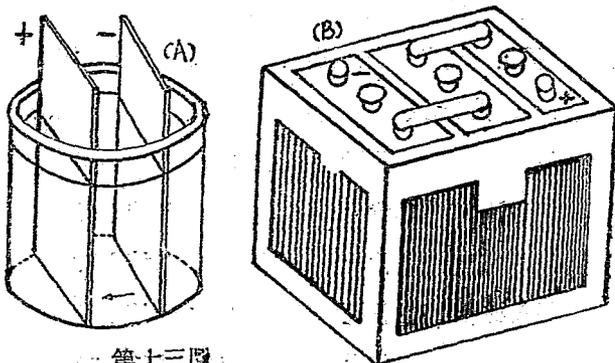


第二章 電 學 $+2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 23

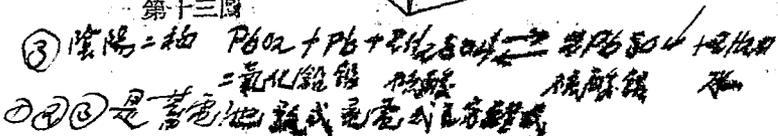
置，比較乾電池要貴上幾倍，不過假定用得小心，於是買了以後，可以很久的用下去，以此例彼就經濟得多了。

蓄電池和乾電池的異點，乾電池的電能，是出自電池本身的化學作用；而蓄電池呢，是需要外面的電能，輸送進蓄電池，把電池裏的化學物質轉變成化學能。而在應用時，再由化學能變成電能，輸送到收音機裏去。這樣一個轉變，由化學能而轉變為電能，顧名思義，「蓄電」的名稱所由來了。

第十三圖 A，是蓄電池內部的情形，B 是外形。最普通的蓄電池，是鉛板電池，每只電池有正負兩極，如圖 A 是一只簡單的電池。鉛板蓄電池，是用鉛板做負極，用二氧化鉛做正極。再把一分的硫酸加十分的純水成爲稀硫酸溶液。加進電池裏，藉着電解的方法，把負極與正極間造成電壓，每正負二片合成一組，就成單只蓄電



第十三圖



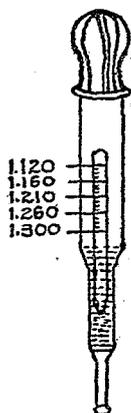
池。每只蓄電池的電壓，單位是二伏脫。要增加電池的容量，把每只電池加多幾塊正極板和負極板，然後並聯起來。要加多電壓，就把幾只單電池串聯起來。例如三只單電池串聯，就成爲一只 6 伏脫的蓄電池。大號的蓄電池，是用玻璃缸的，因此可以免去化學物的侵蝕性。電話局及小電廠多用之。還有汽車上用的，是硬橡皮做成外箱，取其雖在時常震動而不壞。

蓄電池的容量，是用「安培小時」(Ampere Hour) 做標準。一只有 100 安培小時的電池，在使用八小時，每小時用電流的限度，是 $12\frac{1}{2}$ 安培。假定用四小時，每小時就可以供給 25 安培電流，不過實際上，蓄電池的放電量，也有規定的。若需用的電流，低於規定，可以增加放電的安培小時。假使超過規定，則安培小時將減低。譬如一只 100 安培的蓄電池，他規定的放電量，是 5 安培，那可以用 20 小時，假使放電量用到 10 安培，却不能用足到十小時的。否則放電太快，就容易損及電池壽命。普通所用各種蓄電池的「安培小時」，現在抄在下面，以備參考。

甲電池	6 伏脫	100 安培小時
甲電池	6 伏脫	50 安培小時
甲電池	6 伏脫	25 安培小時
甲電池	2 伏脫	100 安培小時
甲電池	2 伏脫	50 安培小時

甲電池	2 伏脫	25 安培小時
乙電池	50 伏脫	8 安培小時
乙電池	50 伏脫	4 安培小時
乙電池	50 伏脫	2 安培小時

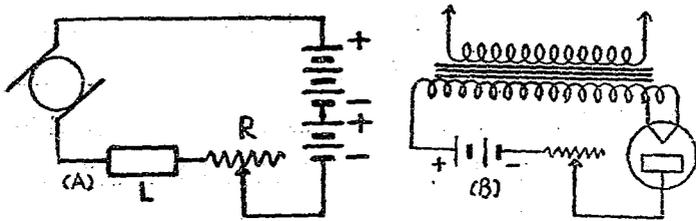
蓄電池在使用時，當他放電 (Discharge) 到相當的限度，就應加充電 (Charge)，因為在放電時，電池裏電解質的化學溶液，比重 (Density) 低落，電池的電壓下降。而在充電後，電池本身受到電能變換，把化學能力增加，於是電解質的溶液，變為濃厚，重量提高，直到化學能力充足為止。所以一只蓄電池在放電到相當限度，而消耗到不能再用，那就需要充電。如果過分放電，放後又不即為充電，結果會使在放電時所變成之硫酸鉛，在正負版上，成為晶體，使鉛版硬化而損壞。



第十四圖

在充電時，要知道電池是否已經充足，可以向藥房買一只比重表 (Hydrometer)。見第十四圖，這種比重表，在電池充電到相當時間，就可以把他插到蓄電池裏去量。在量時用比重表的頭部橡皮管，吸收電池裏的溶液上升到比重表上的某度數時，就知道電池充電已足與否，電池完全放電時是在 1.120 度。充足時候是 1.300 度。看過了電池裏溶液比重數後，仍把溶液放還到

電池裏去。第十四圖是附在比重表上的度數。至於充電時，所用的充電機 (Charger)，在有直流電的地方，是用「直流充電器」。在用交流的地方，用「鎢絲充電器」或「交流充電器」。圖第十五 A 是一只「直流充電機」的內部結構。圖十五 B 是「鎢絲充電器」的內部結構。

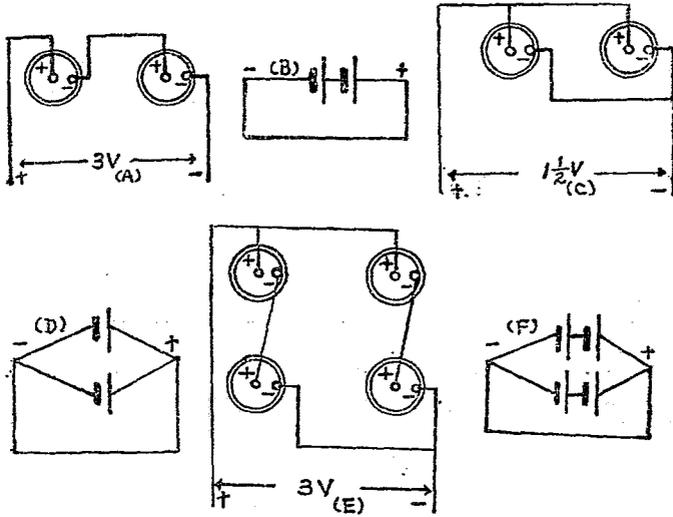


第十 五 圖

在蓄電池和充電器相連接時，最緊要的就是把充電器上的正極和蓄電池的正極相接，負極和負極相接。另一方面，還要注意甲乙種電池所連接的地位，(充電器上有註明)是否符合，就可以免除因誤接而倒充，以致損壞電池。

(9) 電池的接法

在無線電收音機上接用電池，因為要加多電壓或電流，可以用串聯並聯的接法。在要得到較多的電壓，可用串聯，要得較多的電流，可用並聯。這種接法，讀者可以參閱電阻章裏的串並聯接法，應用到電池上來。



第 十 六 圖

圖十六A，是二隻甲電池串聯接法，電壓增加到3伏脫，電流不變。B是串聯電池的符號 C是並聯接法，電壓仍是 $1\frac{1}{2}$ 伏脫。電流增加一倍，電壓不變。D是並聯的符號。E是串並聯接法，用四隻電池聯接，實際上電壓仍是3伏脫，而電流却已增加。看到F圖，可以更容易明瞭些。

電池的接法，在電池式收音機上，是極重要的。如果不明接法，很容易把真空管燒壞，這是遇到電池式收音機很多的地方，是要特別注意的。

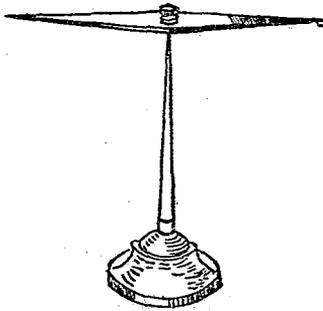
第三章 磁和電磁

具有磁性的物質，稱做磁石 (Magnet)，磁石分爲二種，一種是天然的，像有磁性的磁礦。一種是人造磁石，我們如用一根鋼棒向一塊具有磁性的天然磁石上摩擦，這根鋼棒，就成磁化，是稱做人造磁石。



第十七圖

無論天然和人造磁石，都有兩個極性，稱做磁極 (Magnetic Pole) 連接磁極的直線，稱做磁軸 (Magnetic Axis) 如第十七圖。現



第十八圖

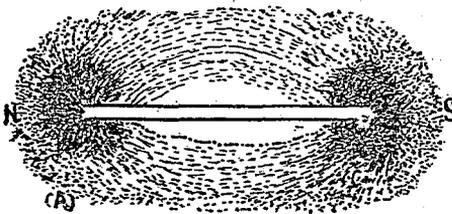
在把一只指南針，(見第十八圖) 這種指南針本身，已經具有磁性。他旋轉的方向，也有二極，指北向的極位稱做北極 (North Pole)。指南向的極位稱做南極 (South Pole) 如第十七圖所示，指南針和磁石同樣有兩極。

把一只指南針放在桌上，另

外用一塊人造磁和他接近，在人造磁的北極向指南針的北極相近時，指南針的北極必被人造磁石的北極所斥而移動。假使把人造磁石的北極，移向指南針的南極時，指南針和磁極，必會兩相黏着；相吸不動，因此就得下面的特性。

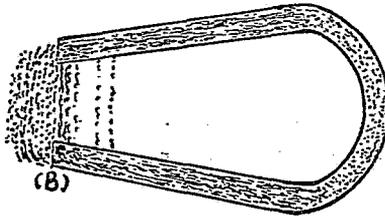
(1) 異性相吸 (2) 同性相拒

最易被磁化的物質，當推鋼和鐵。第十九圖 A 是磁石產生磁場的情形。因為一塊磁石，他周圍空間的地位，有一種磁場。現在假定



在一塊磁石上面覆着一張白紙，白紙上放一些鐵屑，再把磁石移動着，紙上的鐵屑，就不會失散。這種現象，因為磁石本身對於有磁性物質，具有相吸相拒的性質，這種空間，就稱做磁場。

第十九圖



而磁場的情形，就像第十九圖 A 所示。

假定把白紙上的鐵屑，加以振動，結果，紙上的鐵屑，會各沿一定的方向而排列起來。排列的次序，是依相吸的特性，在磁石南極

端上面的鐵屑必為北極端，而磁石的北極端上面的鐵屑，必為南極端。這情形，既是依吸拒特性關係，同時也是鐵屑本身，已經成了磁化，因此鐵屑也有南北極。第十九圖 A，是磁線分佈情形，稱做磁力線 (Magnetic Line of Force)。至磁力線的方向，是由北極出發而到南極的。

第十九圖 B，是一只馬蹄形磁鐵，南北極的距離很近。這種構造，可以使磁力線集中，而磁性强盛。在一根棒磁石的磁力線。從北極到南極時，要經過較長的空氣途徑而到南極，因為空氣不是好的磁性物質，磁力線的經過，要損失相當的力線。現在馬蹄形的磁鐵，可以集中磁線。所以無線電上用的聽筒 (Earphone)，拾音器 (Pickup)，和磁力喇叭 (Magnetic Speaker)，多用馬蹄形的磁鐵，利用磁力線集中，而形成強大磁場，來幫助發音。

(2) 磁感應

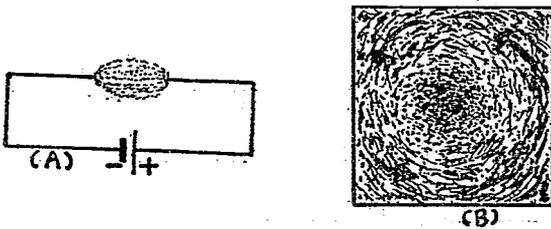
把一只鐵釘和一块磁石接觸，這只鐵釘亦會成為暫時磁石。同時還把這只鐵釘吸住。這只鐵釘成為暫時磁石後，同樣可以吸住另一只鐵釘。這種能吸取別種磁化物質，是因為磁石本身，具有磁感應的緣故 (Magnetic Induction)。

在上面說過，用一張白紙覆在一塊磁石上，白紙上面加些鐵屑，這種鐵屑給磁石吸住，而成磁化。如果把另外一些鐵屑，再加在原來的鐵屑上，結果所加的鐵屑，也被吸住。這亦是磁感應的原

因。

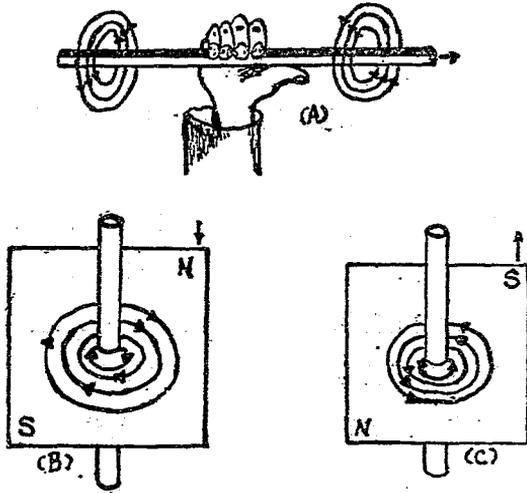
(3) 電生磁

在一根導體上，通以電流，這導體的周圍，就成爲磁場。這種利用電生磁而成爲「電磁石」(Electro Magnets)。是最方便的人工造磁法，電磁的強度，是隨電流的強弱而定。電流斷時，這根導體周圍的磁場也就消失。第二十圖A 上的電池，在電池的兩頭，接以導線，這導線的二端，就產生磁場。把一根導線穿過一張白紙的中心，而通以電流，這導線周圍磁場力線的情形，就像圖 B 所示。因之由實驗所得，知電流和磁力線的關係，是用「安培右手定則」(Right



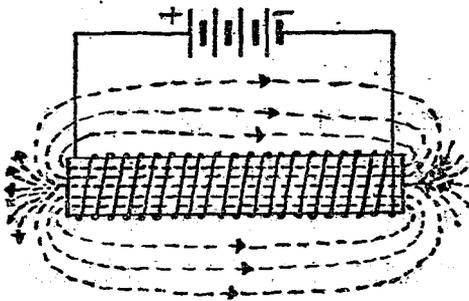
第 二 十 圖

Hand Rule) 來決定。如第二十一圖 A 所示。這定則的定義是假使用右手來握住導線，而大姆指所指的方向，是電流的流動，那麼其餘各指所指的方向，就是磁力線的方向。換句話說，電流和磁力線的方向，是互相爲直角的。所以依同圖 B 和 C 所示，就是電流和磁力線所走的方向。



第二十一圖

假定在電流所經過的導線，並不是一根直線，而是一個圓筒線圈的柱形狀 (Solenoid)。於是電流所經過這柱形線圈所發生的力



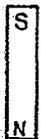
第二十二圖

線磁場，如第廿二圖所示，實際上就等於一根磁鐵棒本身，所發生的磁場相同。而同樣用安培右手定則來決定，所以安培右手

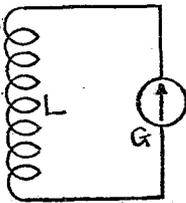
定則另一句話是：「假使把右手握着導線，而各指所指的方向，是導線電流的方向，於是大姆指所指的方向，是磁力線的方向。」

(4) 磁生電和電磁感應

在上節裏知道電流通過一根導線，他周圍就產生磁場，於是一位英國教授法拉特，就發現了如果把一根導體，在磁場裏移動，或者把一塊磁石，向導體移動，這根導體上，就能產生電動力 (Electro Motive-Force)。於是磁生電的基礎，就確立起來。從此以後，電氣工業的能飛黃騰達，直到現在，都是受這一個發明的賜予。因為發電廠所發的直流電或交流電，都是根據磁生電的原理而形成的。無線電裏的許多部份，也是磁生電的力量所促成的。



第廿三圖



第廿三圖是一只用導線繞成的線圈，兩端接在一隻測電表 (Galvanometer) 上，另外把一根磁棒的 N 端，投入線圈裏。於是測電表的指針就移動，直到這根磁棒投到線圈的底部而停止不動時，指針就回到零度。再把磁棒從線圈裏取出時，測電表上的指針又開始移動，不過這時移動的方向，恰和投入時相反。因這種實驗，知道磁鐵在導線裏移動，就可以

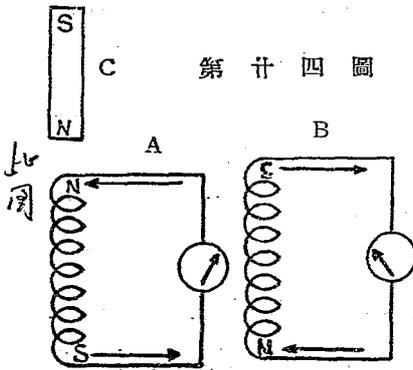
產生電流和電壓。(把導體向磁鐵移動，也是同樣的情形，) 至於因之而產生的電流和電壓的強弱，是根據磁鐵或線圈移動的速率，

楞次定律

和磁場的強弱，繞圈圈數的多少而定。這種情形，稱做電磁感應 (Electro Magnetic-Induction)。

重要 (5) 楞次定律 請仔細閱讀

楞次定律 (Lenz's Law) 在電磁感應上，佔極重要的地位。而在無線電的自感應和互感應，以及振盪電路等都很重要，讀者如能加以透澈的了解，下幾章所講的就容易明白了。



第十四圖 AB 兩個線圈，繞線的方向，假定是相反的；現在把一塊磁棒 C 的 N 端，投向 A 線圈內，因磁石的投入，而產生電流，流在線圈上，他本身既因感應生電，因此再由電生磁。線圈本身也產生磁場。這時線圈電流的流向

如測電表所示，指針向右移動。於是磁力線的方向，依右手定則，磁在線圈的上部是 N 極，因同性相拒的理，於是線圈上所生的暫時磁場，和投入的磁鐵相斥，而反對他投入。結果這塊磁鐵，因相斥的原因而投入比較慢些。在既投入後而要取出時，線圈上所感應的電流，和投入時相反。而測電表的指針，也向左移動，如圖 B 所示，因此線圈上的暫時磁場的兩極也倒置，上端是 S 極。於是因異性相吸

- ① 感應器通以電流所生成感應電流以相反方向相反使外來電流阻止。
- ② 當通過電流減小時則在磁棒示者相反供延遲。
- ③ 當電壓增加或減少時感應電流亦反之。

第三章 磁和電磁

的特性，在此磁鐵要取出時，磁鐵的 N 和線圈的 S 相吸，而阻止他取出，於是磁棒取出也比較地慢了。

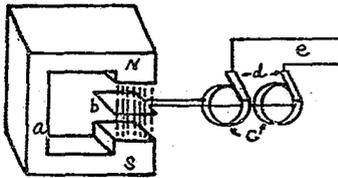
我們把 AB 兩個線圈當做一個時，就可以想像得出，在磁鐵投入時，所生電流和磁場情形，而在磁鐵取出時，又可想像出電流的流向，和磁場的情形，若把這種情形明瞭了，這就是林慈定律的基本情形。

在磁鐵投入的遲速，和線圈本身圈數的多少，因之感應電流的數量，也有增減。而磁場的力量，也隨之有強弱。所以在這種導體內，於增加和減少電流的時候，就產生一種反電壓 (Counter Voltage)；如上所述的磁鐵，在線圈內投入和取出，因之而變換磁場；由變換的磁場產生相反的電壓，由這時變換的電壓，取阻止和反對態度，也就是林慈定律的現象。

林慈定律的話是：「線圈裏因磁力線的增加或減少，而產生感應電壓時，這種感應電流所形成的磁力線，必和原有磁力線的變化相反。在原有磁力線增加時，其感應電流所生的磁力線，必和原有的反向，有反對其增加的趨向。假定原有磁力線減少，其感應電流的磁力線，必和原有的同向，而有阻止其減少的趨勢。」

(6) 電磁感應和交流發電機

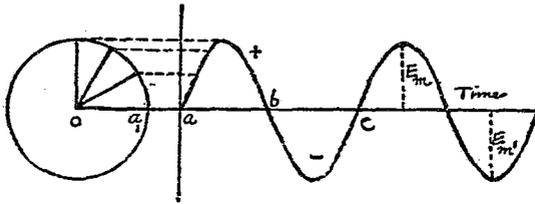
應用電磁感應的理，可以產生交流電，第廿五圖是一只簡單的交流發電機 (Alternator)。圖中 A 是永久磁石，NS 是磁石的二極，綫



第廿五圖

圈 b 連着旋軸，接到二個旋圈 C，而旋圈 C，緊觸着二個滑鍵 d 和外部線路 e 相接。

由上所述，磁石的 NS 兩極間，有磁力線存在，因此如果線圈 b，用外來的力使他旋動，於是可以切斷磁力線，如圖的情形，磁力線通過線圈最多。而線圈的旋轉，磁力線的改變，因感應而產生電壓。



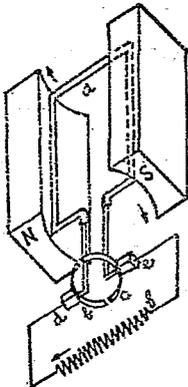
第廿六圖

第廿六圖是交流發電機發出的電波曲線。橫線代表時間，曲線代表電壓。當線圈 b 在旋轉時，線圈上所通過的磁力線也變更着，因此，在旋圈 C 處的電壓，也時時在變更。這種變更，在線圈一週，即重複一次。當電壓在變更時，從 a 的起點，是為零度，向上為正，到正的最高峰；然後再逐漸低落，到 b 處為零度。再向下行，是為負壓，直到負的最高峯，逐漸回上，到負的零度。這樣一個循環，從 a 到 C，謂

之一週(Cycle),也就是圖中半徑 Oa_1 旋轉一週,亦即第廿五圖上線圈 b 旋轉一週。而第廿六圖上的 E_m 是正電壓的最高度,同樣 E_{m_1} 是負電壓的最高度。這種的旋轉,在每秒鐘旋轉一週,謂之週率(Frequency)。

(7) 電磁感應和直流發電機

第廿七圖是一只簡單的直流發電機(DC Generator)。直流發電機,感應出的電壓是向一定的方向推動,並不像交流發電機的方向,是交替變換。他的不同點,直流發電機是用一個自動反向機關,即所謂整流器(Rectifier),所發出的交流電,變為單向性的直流。



第廿七圖

第廿七圖所示,磁石NS二極間,是一個線圈 ao 線圈的兩端連着軸而至兩個銅製環形的整流分截片 b 和 c (Commutator Segment)。外部的線路,和電阻器 f ,接到二個滑鍵 d 和 e 。

當線圈向 S 極旋轉時,在磁石內感應電壓,這種電壓向銅環 c 作外向的推動,同時線圈的另一面經過 N 極時,所感受的電壓,由銅環 b 作內向的推動。因此滑鍵 d 永遠是正極(Positive),滑鍵 e 永遠是負極(Negative)。而如圖上箭頭所指的情形。

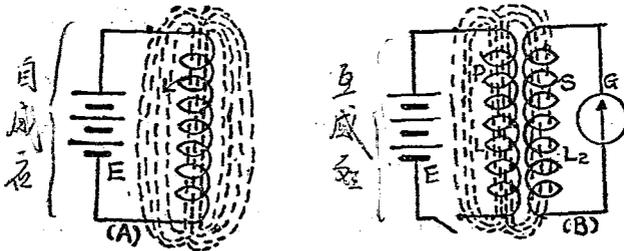
直流電機所產生的電壓,雖不像交流電機的時時變換其方向,

但其電力也時時變更，由零到最高度，再由最高度而到零值。

(8) 自感應和互感應

導體上因通過電流而產生磁場，如果把導體上所通過的電流增加或減少，其所產生的磁場也隨着變化。而磁場強度，也視所通過電流方向和強度力量去決定。同時在此磁場變化時，因為林茲定律關係，磁場變化時產生反電壓。這種因電流感應，由感應生磁，由磁生電；由磁場變化而產生反電壓的情形，稱做自感應 (Self Induction)。

上述的感應現象，如果發生到兩個各不相連的導體上，在已經產生磁場的導體甲，因電磁的感應到導體乙，甲和乙的中間，並不相聯。這種互相感應的導體，稱做互感應 (Mutual Induction)。



第 廿 八 圖

第28圖A 是自感應情形。線圈L 接電壓E 後，線圈上就產生磁場，由磁生電，再由電壓變換，影響磁場變換，而產生反電壓。B是互

感應的圖，把另一線圈 L_2 移近第一只線圈 L_1 ，因為線圈 L_1 上磁場的磁力線分佈，而感應到 L_2 上， L_2 上因磁生電，於是測電表上的指針就移動。

我們現在把 L_1 當做初級線圈 P ， L_2 做次級圈 S 。而在初級圈接電地方，加一個「開關」。當初級圈上的開關接連時，電池上的電流開始向初級圈上流動，於是初級圈上，產生磁場。因初級圈的磁力線感應到次級圈，於是和次級圈相連的測電表指針，開始移動。不過把初級圈上的「開關」啓閉時，電池的電流和初級圈隔斷，這時次級圈上電表指針，又開始移動，這種移動的情形，恰和初合時相反，而且是偏向左方。這是表示電路切斷後，電流成爲零。但是初級圈上的磁場，雖然消失，在次級圈上的磁場，却阻止其消失，結果使他慢慢的消失。假如將初級圈上電路再閉合，初級圈上的磁場再現，這時次級圈上的磁場，雖然因爲先前的電路已斷，磁場漸漸消失，可是現在電路雖通，却反對他相通，而使電流的增加甚爲遲慢。

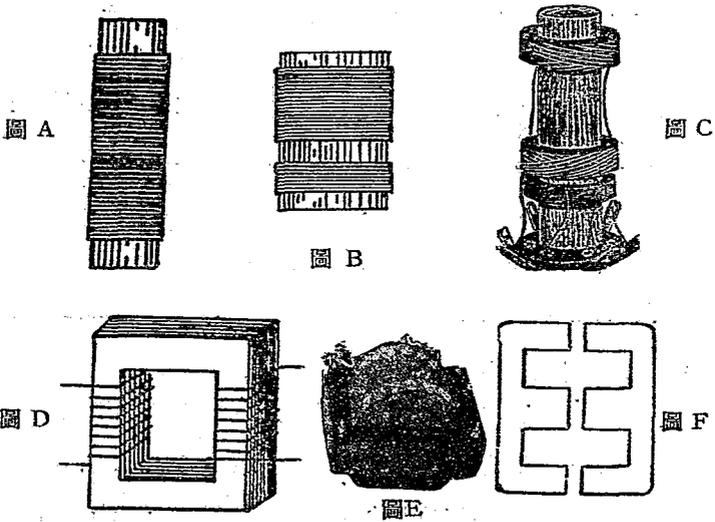
在感應電壓裏，常抱着阻止和反對電流變動的方向。因此在電路裏，某種電壓加於某電路時，要增到最大值，或者在切斷時使他到零值，都比較要遲緩，這是因林慈定律關係，產生反電壓現象。

在無線電收音機和播音機上，由導線做成自感應，互感應各種器具，如第廿九圖所示，大抵分成三類：一類是用空心膠木管；或紙

1 毫亨 = 100 微亨
10 亨 = 1 公分

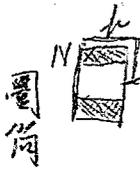
柏管繞成的線圈。把他用作天線交連線圈，和高週率交連線圈，也有用作振盪和中間週率線圈。如圖A和B。第二是用鐵片所疊成的鐵心，和線圈鑲成如圖D，用作電源變壓器，低週率變壓器，和低週率阻流圈等，鐵片如圖F，繞線情形如圖E，第三種是把線圈繞在木心上，或特種鐵心上，用作中週率變壓器如圖C。

講義 感應量的單位是「亨利」(Henry)。他的定義是：凡是導體裏有感應量1亨利，這時導體裏的電流，每秒鐘所流過的是1安培，而



第 廿 九 圖

同時所加的電壓是1伏脫。所以感應量的多少，是和電流電壓的增



特例式

$$L = \frac{.394 \mu N^2 l}{8a + 11c} = mH$$

特例式 41

減做正比例。

在無線電裏，所用的感應量，常用千分 $\frac{1}{1000}$ 亨利 (Milli-Henry) 縮寫是 M H。或兆分 $\frac{1}{1,000,000}$ 亨利 (Micro-Henry) 縮寫是 μH 。1000個「千分亨利」等於1亨利，百萬個「兆分亨利」等於一亨利。

感應量的單位，既是亨利，因此如用 N 代表線圈的圈數， ϕ 代表一安培的電流所產生磁力線的總數，L 代表亨利，則計算感應量的算式如下：

$$L = \frac{N \phi}{10^8 I}$$

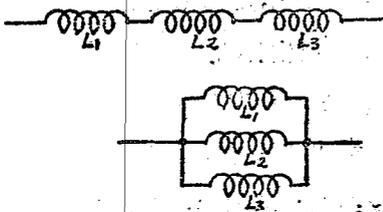
同公式

$$(L = \frac{.394 \mu N^2 l}{9a + 10b} = mH)$$

以上的公式，如果 N 等於 1，I 也等於 1，而 ϕ 等於磁力線 10^8 。於是 L 必等於 1。所以一個單線圈，他的感應量是一亨利，則其中所經過的電流一安培而產生的磁力線是一萬萬的數量。

(9) 感應線圈的串聯和並聯

感應線圈串聯和並聯接法，其計算方法和電阻器串聯並聯接法相同。第卅圖 A 是感應線圈的串聯接法，圖 B 是並聯接法。



第卅圖 A

$$mH = \frac{.394 \times 6.25 \times 10000}{22.5 + 3000}$$

第卅圖 B

$$= \frac{24625}{3022.5} = \frac{984}{121} = 8.1 \mu H$$

行字誤算

.394 是 []

其串聯計算公式如

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

而並聯計算公式則如

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$$

以上是計算感應線圈的串聯和並聯。不過如果用互感應 (Mutual Inductance) 時，則當普通計算二個線圈的總感應量，其互感應量也要計算在內。互感應的公式如

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

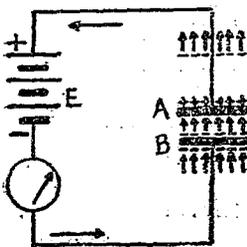
又因為互感應量尚有相當損失，所以還有兩種接法

(1) 串聯法輔接 $L = L_1 + L_2 + 2M$

(2) 串聯法反接 $L = L_1 + L_2 - 2M$

(10) 儲電器和儲電量

儲電器 (Condenser) 在無線電上，佔一部份重要地位，和感應



第卅一圖

器可以等量齊觀。把兩片導體 AB 如第卅一圖所示，用導線來接到電池上，兩片的中間是空着，用空氣做絕緣體 c (有的用雲母 Mica 或紙)。於是 A 片上荷着正電，而 B 片上荷着負電。因此 AB 兩片中間，有電壓的相差存在，因為二片上已儲蓄電

能，所以稱做儲電器。

儲電器AB二片中間，隔着絕緣體，無論是空氣雲母紙等，又稱他做誘電體(Dielectric)，誘電體之意義，電流雖不通過，電力線却能感應而從此片引導或推動到別一片，同時也有絕緣的力量存在。

誘電體既然可以感應電力線，我們如果把未曾充電的導片鋪以雲母，再把另一已經充電的導片加於其上，此未充電的導片即因雲母上誘電體的感應而也荷電。這種雲母誘電體的感應力，可以較同樣厚度的空氣大六倍。因此各物體的誘電體不同有如下表。而以乾燥空氣在普通氣壓之下，公認是標準的誘電體，他的感應率是1。

各物體的誘電率表

物 質	誘 電 率	物 質	誘 電 率
空氣(標準)	1	千層紙	4.6—8
蜂 蠟	1.85	瓷 器	4.38
橡 皮	2.22—2.3	紙 板	5—3
松 香	2.24—3.8	玻 璃	6.6—9.9
硬 橡 皮	2.5—3.5	甘 油	55.2
木	3—6	蒸 溜 水	81

上面的物體既有誘電力，而同時還有絕緣的力量。所以，如果要測驗一種物體的絕緣力，可以把這種物體置於金屬二導片間，而將二金屬導片所接的電壓漸漸增高，直到絕緣物體裏產生火花。在

這種時候，我們稱做絕緣破裂。通常試驗一物體的絕緣力，可以把絕緣體的厚度（公分）除最高的電壓，而所得的數量，就是絕緣力。

在儲電器本身的原子質裏，也含着正負的電子。當電池的正電壓加到A片上時，A片上的負電子，受電池正電壓上正電子的吸引，而奔至電池。B片上的正電子，則吸收電池負極的負電子。這是暫時電子流的現象。而同時誘電體本身的電子，也呈緊張與推動，則A片上，成為感應的狀態，而影響到B片上的電量。圖中電表的指針，也就移動。似此情形，B片上的負電子，比較地積聚得很多了。這是儲電器充電的現象。在此時，如把電池移去，而代以導線，於是B片上的負電子，即由導線而奔到A片上，此時電子的流動方向，却和上述充電時相反，也就是放電的情形。這種充電放電的情形，把他另成相反的狀態，祇要把電池的正負極掉轉來，再和儲電器AB兩片相接就可以了。當交流電充電在儲電器上時，充電的情形，比較要複雜。因為交流電是由正至負，時在變動着。A片上一忽充着正電子，一忽可以充着負電子。B片上亦然，交流電繼續流入AB兩片，一直是緊張着，而呈充電狀態。

從上面情形，就知儲電器何以能儲電。因之儲電器就包含儲電量，儲電量的單位是「法拉特」（Farad）。他的容量是和充電的電壓成正比，而他的定義是：積聚的電量一庫倫，而所加於儲電器

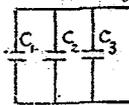
上的電壓是一伏脫時，這時儲電器的儲電量，是一「法拉特」(庫倫是電量，而無時間；庫倫和安培的異點是一安培為一庫倫之電量流於一秒鐘間。)

$$\text{計算儲電量的公式是：} C = \frac{Q}{E}$$

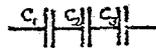
法拉特的單位太大，較小的單位是「兆分法拉特」(Micro-Farad) μFD 即 $= \frac{1}{1,000,000}$ 再小的還有「兆分兆分法拉特」(Micro-Micro Farad) 即 $\mu\mu\text{FD}$ $= \frac{1}{1,000,000,000,000}$ 譬如一只 360 兆分兆分法拉特的儲電器即等於 .00036 兆分法拉特 (即 $360 \mu\mu\text{F} = .00036 \mu\text{F}$)。

(11) 儲電器的串聯和並聯

儲電器和電阻器同樣有串聯和平聯的接法。第卅一圖 A 是儲電器的並聯接法。第卅一圖 B 是串聯接法。要計算儲電器的容量，數只



第卅一圖 A



第卅一圖 B

串聯或並聯的結果，他的總容量，恰和電阻串聯和並聯計算的總電阻相反。以三個儲電器相並接如第 31A 圖則其算式當如下列：

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

如上所列則知三只儲電器用並聯接法，總儲電量是相加。如果

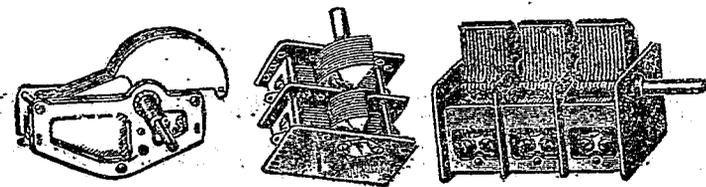
把三只儲電器接如第31B圖則其算式如

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

儲電器能容多少儲電量，是把導片的面積，距離，誘電體的常數做比例的。換句話說，電壓高，距離近，誘電體的常數大，儲電量就多，不過如果電壓太高，結果會因誘電體不夠耐壓，而被打穿，絕緣破裂而損及片子。

依上述的結論，儲電器所充的電壓，在直流電是單方面，而在交流電，則因忽正忽負，正負都可以充電，所以直流電是不能通過儲電器的。

在無線電上所用的儲電器共分二種：一類是變量儲電器(Variable Condenser)。一類是固定儲電器(Fixed Condenser)。變量儲電器隨着儲電量的大小，製成動片和定片的多少。而動片和定片的移動，是來變更儲電量的大小。在動片完全移到定片裏，和定片相合，



第卅二圖 A

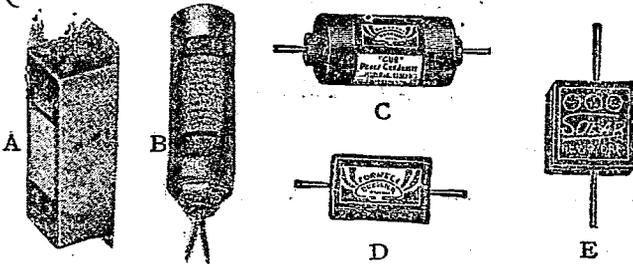
B

C

儲電量最大。第三十二圖A是單只變量儲電器，B是雙聯式(2Gang

)C是三聯式(3Gang)。是用來調節收音機的電路,和外來的電訊,得到諧振。

固定儲電器也分幾種用途,有的用在濾波方面,稱做「濾波儲電器」(Filter Condenser)如第三十三圖AB,可以斷流的,稱做「斷



第三十三圖

流儲電器」(Blocking Condenser)如圖C。用作枝路的,稱做「枝路儲電器」(Bypass Condenser)如圖C。用作柵檢波的,稱做「柵極儲電器」(Grid Condenser)如圖D和E等。

用在枝路,斷流,或柵極電路上的儲電器,容量極小,通常自.00025 兆分法到10兆分法,有的用到25兆分法,他的耐壓力是在25到600伏脫左右。這種儲電器的內容,分做正負兩極。其導片用薄鋁或薄錫紙相互疊成,誘電體用膠紙,捲成圓狀形如圖C。

還有用雲母做誘電體,疊成正方形的,如圖D和E等。這種種儲電器,一旦受潮或被高壓打穿,就會損壞。至濾波儲電器的內容和構造,當在濾波器節再詳細說明。

交流電在電阻回路中 I 與 E 同相
 在感電路中 I 落後 E 90°
 在容電路中 I 超前 90°

三原則

第四章 交流電路

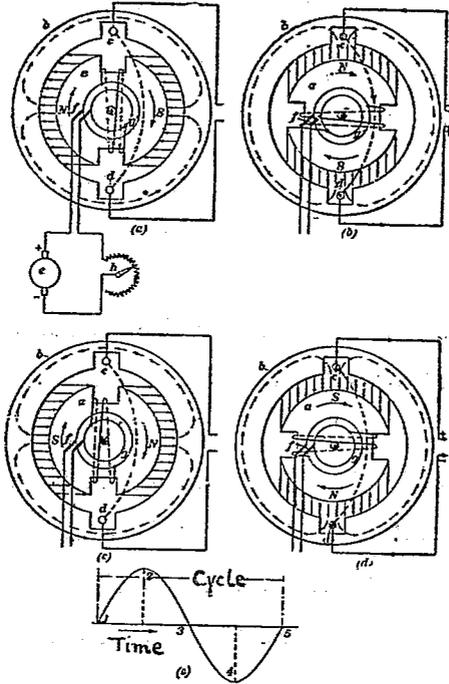
(1) 交流發電機

我人在第三章裏，曾經把簡單交流電情形，加以說明。本章所述，因有關交流電的相位等問題，故將交流電稍加複雜的說明，以便讀者。

交流發電機上有兩大部份，一是旋轉部份，稱為旋軸 (Rotor)；一是固定部份，稱為定軸 (Stator)。當發電機藉機械力再和磁力線產生電壓時，其感應電壓的導體，或是磁場的本身向導體移動，或是導體向磁場移動。這二個部份就是定軸和轉軸。

第卅四圖A所示，也是一只簡單的交流發電機，外面是定軸b，中間是旋軸a。旋轉的方向，如圖中旋軸旁的箭頭所示。定軸內部的圓形曲槽藏着感受電壓的線圈。圖中定軸上的c和d，是代表感應線圈的導線，而虛線所示，是指機身上的所連的接線。

圖A下端的e是一只小型的直流電動機 (Motor)，稱做激勵機 (Exciter)，裝於旋軸的軸桿上，隨旋軸旋轉。有時裝於發電機的旁邊而用皮帶拖動。當直流電經由滑鍵f而至旋軸上的圓圈g時，旋軸



第 三 十 四 圖

線圈感應生磁，同時因為線圈的旁有永久磁石，所以磁場強大。這種磁石的極性和磁力線是分佈在機內的空隙中。於是當旋軸 a 轉動，磁力線即切斷定軸上 c 和 d 的導線，因感應生電壓。當旋軸轉到 c 時，磁力線和導線成爲平行，此時電壓不生；而當旋軸轉至 d 時，磁力線切斷導線的範圍最廣，因此所感應的電壓最高。不過有一點須

注意者，即旋軸在b地位時，磁力線是N極，而旋軸轉至d時，磁力線是S極，因此他們所感應出電壓的方向也不同。

定軸上cd的導線是用串聯接法，因之而感應出的電壓，乃聯合而送至線圈外部的負載上去。在實際的交流機中，為要增加感應電壓的數量，導線是用數根繞成，同時繞成多數的線圈，排列於定軸的周圍。

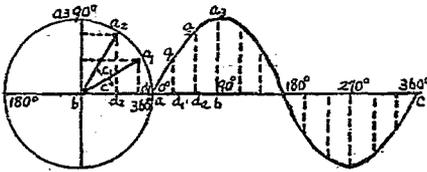
當旋軸旋轉一週，從圖 a 經bc到 d 時，所感應出電壓的起落，如圖 e 所示的曲線12345情形。這種情形，已在第三章簡單交流機的曲線情形加以說明，讀者可以參閱。惟這裏所要說明的，是當旋軸轉動如a圖時，磁力線的切斷力較低，所以感應出的電壓，由零度而緩緩提高。而當旋軸繼續轉動，速力增加，而感應出的電壓也就增加，此時即如圖 b 的情形，而電壓曲線是在 e 的2上。當旋軸由 b 繼續向前轉動，此時磁力線切斷導線的力量逐漸降低，就成為圖 c 的情形，而曲線所示，則為在 e 上從2到3點，是電流回到零度。這種曲線的波形，在交流電上稱之為正半週。

當旋軸再向前轉動，同樣地成為一個交流曲線的波形，不過方向是相反，而成為負半週了。因為第一個曲線，磁極是從N極出發，而第二個曲線，磁極是從 S 極出發，結果第二個曲線，就成為負半週，所以如圖 e 的所示，從3到5的情形。這樣的旋動，成為正負兩半週，合為一週。所以說，凡導體裏全組的正值和負值的電流量或電

壓量，稱做週波。第卅四圖仍是一個簡單交流機，所以旋軸每轉一週，產生一個週波。假使是一個四極的交流機，則旋軸旋轉一週，可產生二個週波。

(2) 電波曲線和相位

交流電理想的電波曲線如第廿六圖所示，稱做正弦曲線 (Sine Curve)。正弦波的構造，也就是第三十五圖所示，則半徑 ab 的終點

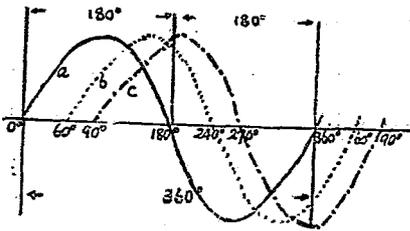


第三十五圖

是 a，隨着圓周的周線 (Circumference)，向前移動一週，成為三百六十度 (360°)。把這個圓周，分為四個

象限 (Quadrant)，按三角法，當半徑 c 角到 a₁ 的地位，此時終點 a 在右邊的橫線上向上移動，再用垂線 a₁d₁ 表之如圖，和 c 角的正弦成爲正比，這就是 $\text{Sin } C = \frac{a_1 d_1}{a_1 b}$ 。同理虛線 a₂d₂ 和 c₁ 角的正弦成爲正比，即 $\text{Sin } C_1 = \frac{a_2 d_2}{a_2 b}$ 。而虛線 a₃b 和 90 度的正弦成正比而等於一。同時此 a₃b 的垂線，即等於半徑 (Radius)，這是第一象限。當終點 a 經 90° 而由最高垂直線，降至最低垂直線時，即等於零，此爲 180° 而爲第二象限。因爲終點 a 在橫軸的上面移動，所以稱之爲正值。當終點 a 由第三象限移至第四象限，即由 180° 至 270° 乃至 360° 時，他是在橫軸的下面，所以稱爲負值。

第 三十五圖圓周上的ab橫坐標，把他向右伸展，到ac的一根橫線而把交流電波的曲線分成數段如 ad_1, d_1d_2, d_2b 等，這種分段等於圓周上ab半徑的終點a經過圓周線的 $a_1a_2a_3$ 各分段。因此上面說過圓



第 三 十 六 圖

周上終點a向上移動，在某一點點用垂線相交的地點是和c角成正比，於是橫線ac的長，也必和圓周線成爲正比。

在這根橫線上，我們把他在正半週分成五根垂線如 a, d_1, a_2, d_2 等，在負半週也分成五根垂線，像這樣所成的曲線，是謂之正弦波。

據上所述，當電波在一週所完成的時間，用度數以表示之。因此，如第三十五圖所示，在 $0^\circ, 180^\circ, 360^\circ$ 時，電流和電壓是等於零；在 90° 時，是電流電壓達到正的最高峯，而在 270° 時，是在負的最高峰。所以在最高度和零度間，一定是相差 90° ，而正值的最高度和負值的最高度，必相差 180° 。而又因爲一週所經過，有時間的成份在內，所以稱電時度 (Electrical Time-Degrees)。而交流發電機的旋轉，也是分爲 360° ，因又名之爲電位度 (Electrical Space Degrees)。

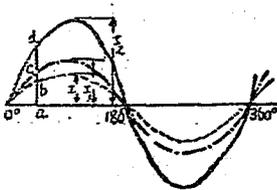
在交流發電機中，常有電位的不同，謂之相位 (Phase) 關係。因爲時有一個線路中，接着幾個交流機的。如果二個電流的週率相

同，而經過各數值的時期如正半週上的零度，最高度；負半週上的零度，最高度，都是相同的，我們稱之為同相(In Phase)。假使二個電流的週率是相同，但是他的數值不同，是稱做異相(Out of Phase)。所以兩個電波所相差的角度，稱之謂相角(Phase Angle)。而這種相差在一定角度的電流和電壓，稱做異相(Different in Phase)。

如第三十六圖所示，曲線a所代表的是電壓，曲線b代表的是電流，其間相位的相差是 60° 角度，這種角度的相差，電流是落後於電壓 60° 角度，而電壓是領前，所以稱為領前角(Angle of Lead)。而C曲線所示的電流，則落後電壓有 90° 角度，落後曲線b有 30° 角度，這種相位差，是電流在落後，所以稱之為落後角(Angle of Lag)。而二個電源所產生的交流電，他的週率數和相位是相同的，我們稱之為同步(Synchronism)。

(3) 正弦波的加減和數值

正弦波形無論在同相位或異相位，都可以把他相加或相減。第

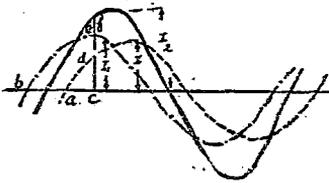


第三十七圖

三十七圖裏用點劃的曲線代表一個電流，他的最高度是 I_1 ；而用點形曲線的一個電流，他的最高度是 I_2 。他們的出發點相同而歸結也相同，所以稱為同相。我們把二個電流在同

時度的時候，將各數值相加，以 I 的垂直線 ab 和 I_1 的垂直線 ac 相加，而結果其總數值即是 ad ；像這樣的互相相加，結果黑線所示，即是二種正弦波相加的總數值，而也是同相位的。

第三十八圖 a 和 b 是異相位的二個正弦波。曲線 b 是領前，曲線



第三十八圖

a 是落後，而他們所處的地位， a 在正值時， b 或在負值； b 在正值時， a 或在負值。所以假定把他們相加，是要同在正值時，或同在負值時。把 cd 和 ce 相加則等於 cfo 而如一個較多的正值垂線和一個較少的垂直負線相加，結果必相減而所餘的可為正值。假使一個正值垂線的數值和負值垂線的數值是相等而相加，結果是等於零度。這種情形，我們在讀收音機線章裏，關於外差式收音機的差波情形時，可以更明瞭些。

在交流電路裏計算電壓數值，有常用的三個名稱，即最大值 (Maximum Value) 或最大電壓 (E_m) (Maximum Voltage)；平均值 (Average Value) 或平均電壓 (E_{avr}) (Average Voltage)；和有效值 (Effective Value) 或有效電壓 (E_{eff}) (Effective Voltage)。最大值乃是電壓所達的最高度，而平均值是各數值的平均數。要知道平均值的數量，可以把 $.636$ 去乘最大值。有效值是等於一個連續的電流，在電路裏可以產生同等數值的力量，要知道有效值的數量，可以把

。707去乘最大值。

有效值又稱「平均平方根值」(RMS)(Root Mean Square),是一安培交流電流的平均平方根值,其發熱量適等於一安培直流的熱量。在無線電上,交流電常須和直流電同用一個單位。但交流電和直流電不同,交流常改變其數量和方向,所以在測量時,交流方面,以和某直流電流產生相等熱量做根據。因此,在正弦曲線的交流電流,其每點值必須平方,然後取其平均值,再開平方,就為和直流產生等熱量的相當交流值。所以凡交流的最大值為一安培時,其平均平方值為0.707安培。在真空管的特性裏,整流管的交流屏壓,是要用平均平方根值來計算的。

(4) 感應迴阻

一個導體在有感應量,而由電流變更數量時,常發生反電壓,取反對和阻止的態度,這種現象,在交流電裏更為顯著。在感應量裏,所發生的阻力,稱做感應迴阻(Inductive Reactance)因為交流電通過導體時,磁場的強度和方向,是隨時變換,交流電的週率愈高,磁場變換愈快,而導體上所發生的感應力也愈大,然而依林慈定律,其結果,導體內的電壓,自會減低,因此和直流電路裏有電阻一樣,形成一種迴阻。於是感應迴阻,非祇限制線路內的電流,同時可以使電流落於電壓之後。

電阻和感應迴阻的分別,因為電阻的阻力,依導線的長度。橫

斷面積，溫度的高低，與物質的種類來定。而感應迴阻的大小，全視感應量的大小而定。線圈的圈數愈多，感應量愈大，於是迴阻也愈大。同時彎曲繞成導線的迴阻，也必較直線為大。鐵心的較空心的為大。而週率的大小，更是和迴阻成正比例的。感應迴阻的公式如下：

$$X_s = 2\pi fL$$

公式裏的 X_s = 感應迴阻，單位歐姆。

f = 週率，每秒钟的週數。

L = 感應量，單位亨利。

$$2\pi = 2 \times 3.1416$$

在線路裏，已經知道週率數和感應迴阻的數量，則可以求出感應量。其公式列下：

$$L = \frac{X_s}{2\pi f}$$

(5) 儲電迴阻

在儲電器裏，也和感應電路裏一樣有迴阻，稱做儲電迴阻 (Capacitive Reactance)。不過儲電迴阻和感應迴阻不同，感應迴阻和週率高低做正比例，而儲電迴阻則和週率的高低成反比例。因為儲電器的面積愈大，他本身所受到的電子必愈多，一方面週率如果愈高，在每秒钟內流動的電子數亦愈多。於是迴阻也愈小，所以儲電迴阻和週率成反比。因此，他可以限制電流的流動，同時可以鎮

前於電壓。茲列公式如下：

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}$$

公式裏的 X_C ＝儲電迴阻，單位是歐姆。

f ＝週率，每秒鐘週數。

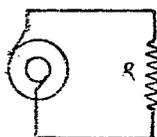
C ＝儲電量，單位法拉特。

(6) 交流電路的混合阻力

在交流電路裏，阻礙電流的行動，不止阻力一種，在電阻以外，還有感應迴阻和儲電迴阻兩種。所以把歐姆定律在交流電路裏，合電阻，感應迴阻，儲電迴阻三種，成爲混合阻力或總阻(Impedance)。總阻的代表字是 Z 。所以如在交流電路裏求電流，應用歐姆定律即 $I = \frac{E}{Z}$ 。

(7) 交流電的電阻電路

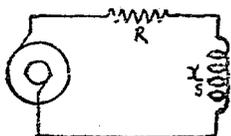
在最簡單的交流電路，在電路裏是沒有感應量，也沒有儲電量。換句話說，這電路裏祇有電阻器，而沒有儲電器和感應器。因此這種電路，也沒有相位的關係，領前或是落後，也就是沒有感應迴阻和儲電迴阻。所以計算這種電路，祇要依據最簡單的歐姆定律，即如 $R = \frac{E}{I}$ 就可求出電路裏的電阻值。這種電路就是平常的電燈電路，如第三十九圖所示。



第三十九圖

量。換句話說，這電路裏祇有電阻器，而沒有儲電器和感應器。因此這種電路，也沒有相位的關係，領前或是落後，也就是沒有感應迴阻和儲電迴阻。所以計算這種電路，祇要依據最簡單的歐姆定律，即如 $R = \frac{E}{I}$ 就可求出電路裏的電阻值。這種電路就是平常的電燈電路，如第三十九圖所示。

(8) 電阻和感應迴阻的串聯電路



第四十圖

依第四十圖所示，則此電路裏，已有電阻器 R ，同時還有感應器 X_s 。則依據混合阻力的公式是： $IZ=E$ 。而要求感應迴阻可依下列公式求之。

$$Z = \sqrt{R^2 + X_s^2}$$

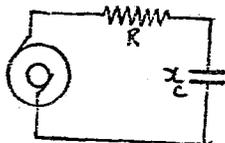
公式裏 Z = 混合阻力

R = 電阻

X_s = 感應迴阻

(9) 電阻和儲電迴阻的串聯電路

依第四十一圖所示，則此電路裏有電阻器 R ，同時有儲電器 X_c 。所以這電路裏非但有電阻，並且還有儲電迴阻。則其混合阻力的計算，當有如下的公式。



第四十一圖

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

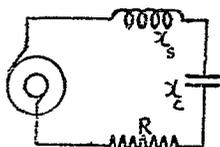
公式裏的 Z = 混合阻力

R = 電阻

X_c = 儲電迴阻

(10) 電阻，感應迴阻，儲電迴阻的串聯電路

假使一個電路沒有電阻，而祇有感應迴阻和儲電迴阻，則當感應迴阻和儲電迴阻相消的時候，電路裏的混合阻力必等於零。如果



第四十二圖

此一電阻大於彼一電阻，則其混合阻力為相差數。一方面，因為相位關係，感應迴阻較大，則電流落後，儲電迴阻較大，則電流領先，可是事實上電路裏必有電阻，所以如第四十二圖是一個電阻，感應迴阻和儲電迴阻的串聯混合電路。根據以前的迴阻公式：如果 $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$ ，則為感應迴阻等於儲電迴阻，於是電阻裏所餘者，祇有電阻一項，我們在諧振電路裏要加說明的，就是這電路如得到諧振點，則電路裏的感應迴阻和儲電迴阻必相消，而所剩的祇為電阻一種而已。

當感應迴阻較大於儲電迴阻，則計算公式如下：

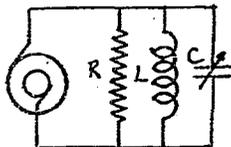
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_s - X_c)^2}$$

當儲電迴阻較大於感應迴阻，則計算公式如下：

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_c - X_s)^2}$$

(11) 電阻，感應迴阻，儲電迴阻的並聯電路和諧振

依第四十三圖所示，是一個電阻，感應迴阻和儲電迴阻並聯的



第四十三圖

電路。在收音機的諧振電路裏，大都是採用並聯電路的。所以如果計算並聯電路時，電路裏的電阻值為最小，則即成為諧振電路。試將計算並聯諧振電

路的例列下：

求並聯諧振電路的公式：

$$I = E \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2}$$

第四十三圖的R是100歐姆，感應圈L是0.5亨利，儲電器C是10兆分法，交流電壓是110伏脫，週率是50，求電流。如果在變換C時，問C在何種儲電量時，方成爲並聯諧振。

$$R = 100\Omega \quad \omega = 2\pi f = 3.14 \times 50 \times 2 = 314$$

$$\frac{1}{L\omega} = \frac{1}{0.5 \times 314} = \frac{1}{157} = 0.00638$$

$$C\omega = 10 \times 10^{-6} \times 314 = .00314$$

$$I = 110 \sqrt{\frac{1}{10000} + (.00314 - .00638)^2} = 1.165a$$

$$\text{因 } L\omega = \frac{1}{C\omega} \text{ 所以 } C = \frac{1}{L\omega} = \frac{1}{0.5 \times 314^2} = \frac{1}{49000}$$

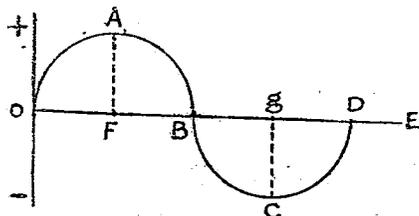
$$= .0000205 \text{ 法拉特} = 20.5 \text{ 兆分法}$$

儲電量大所發波長長 頻率低 反之波長短 頻率

第五章 無線電路

(1) 振盪電路

在說明振盪電路(Oscillating Circuit)前,要明瞭交流電(Alternating Circuit)的情形。則如第三章所述,交流電和直流電不同,直流電的出發,正壓永遠是正;負壓永遠是負。交流則不然,他在某一時間內,有正有負。圖44是交流電的曲線,他出發時,由零向上是



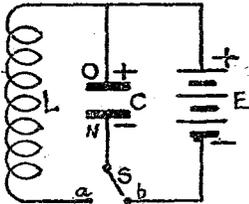
第四十四圖

正電壓,直到A點是正電的最高峰,再逐漸低落到B為零。由B向下為負,到C點是負的最高峰,再逐漸回上,到D

點再為零。這樣上下從OABCD稱爲一週(Cycle)。每秒鐘所有的週數,稱做週率(Frequency)。而A到F和C到G,稱做振幅(Amplitude)。在交流電發電廠所發的電,是低週率,在無線電上所發出與接收的電波,是高週率。

要明瞭無線電振盪(Oscillation)的發生,應先明瞭振盪電路

情形。第四十五圖內儲電器 C，感應圈 L，電池 E 和「開關」S 如圖所接；現在先把開關和 b 相接，於是 E C b 的電路完成；電池裏電流開



第四十五圖

始流動，儲電器充電，O 上充的是正電，N 上充的負電，直到 C 上所充到的電，和 E 的電壓相等為止。此時電流也就停止，現在再把 S 和 a 相接，此時 S 和 b 斷路，L C a 電路完成，C 開始放電到 L 去，L 因電

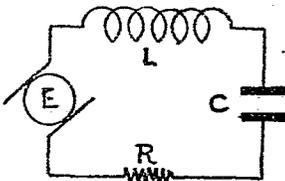
生磁，產生磁場，就產生電壓，取阻止的態度，同時 L 上的電壓仍是逐漸的增加，直到 C 上的電壓放電為零時，L 上的電壓最大，不過時間較長。此時 L 內已貯電能，乃開始向 C 放電，而 C 得到充電；但是此時 C 上所充的電，O 方是負，N 上是正。和第一次充電時恰成相反。而 L 的放電，因 L 本身磁場的變換取反對的態度，到 L 裏所積的電能，完全放電為止。然而 C 又復放電，這樣周而復始，循環往返，每次放電和充電，電流的方向，都互相更迭，直到此電路的電能，都成為熱能而消耗盡淨，振盪就停止。因為這電路裏還有電阻的消耗。

這種振盪電路裏所產生的電流，稱做振盪電流 (Oscillating Current)。而在振盪時所用的電能，純為電路裏自己供給，而並不是外來加入的，稱做自由振盪 (Free Oscillating)。

自由振盪，依時間而定，所以有「本身週期」(Natural Period) 的

名稱，而所計得的週率數，稱做「本身週率」(Natural Frequency)。

自由振盪的意義，是因為除了電路本身，最初充電時所供給的電源外，並沒有外界補充的電源。第四六圖的電源，是接在交流



第四十六圖

電上，他的週率和電壓的振幅，都有定值。即使電路的性質和振盪產生後，各種消耗隨時發生，可是因為供給電源的來源是不會消竭，所以電源的幅度，是不會減少。一方面振盪

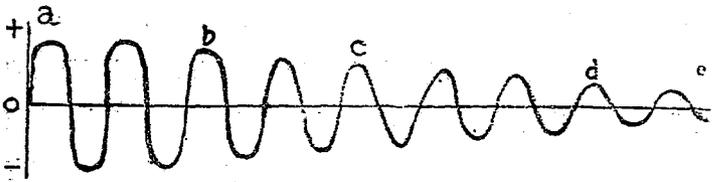
的遲速，也是和電源相同，電路自身，不能加以控制。這種振盪情形，稱做「強迫振盪」(Forced Oscillation)。

(2) 減幅波

假定在自由振盪電路裏沒有消耗，換句話說，沒有電阻的存在，他的振盪波幅(Maximum Amplitude)，可為常數而不變。而振盪的力量，就沒有止境。可是實際上，無線電上電能的消耗，是不能免的，於是每因振盪的消耗，振盪的波幅，乃逐漸遞減。這種因振盪而遞減的波幅稱做「減幅波」(Uncontinuous Wave)。

第四十七圖示各週的波幅，因電路裏電阻的關係，電能的消耗，幅波漸次遞減，由 a 至 b 至 c 至 d 直到 e 消耗淨盡，而振盪也停止。

減幅波在老式的無線電收發報機上，應用時成績不能滿意，就

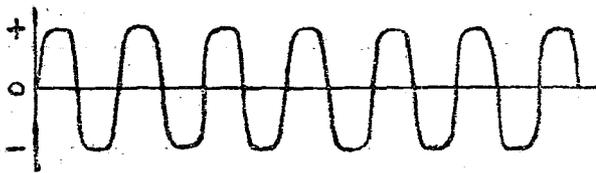


第四十七圖

是因為幅波逐漸低落，效能不高，影響到收發的距離，訊號不能遼遠。

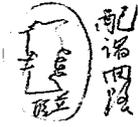
(3) 等幅波

要增加訊號的效能，因此後來在無線電發報機上，都用等幅波振盪 (Continuous Wave Oscillation) (又名連續波) 的方法，雖然我們知道電路裏，電阻消耗是不能免；不過祇要在幅波來源的地方，加以補充，這種振盪可以繼續循環，而不會停止，也不會遞減，而振盪波各週的幅度，也永遠相等。如圖四八，是表示波幅的來源，



第四十八圖

永遠是保持着常態，雖有電阻的損失，隨時在補充，使得收發報方面，可以得到數種便利，像射程比較遠；天線上的電壓分配，可以平

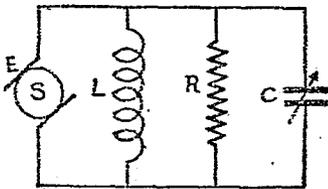


均，而接收方面又可以減少擾亂，容易調節。

(4) 諧振

如果電流在振盪電路裏經過時，所阻止電流的阻力，祇有電阻一項。換句話說，這電路裏既無感應迴阻，又無儲電迴阻，而電流值是在最高點，這種情形，稱做諧振 (Resonance)。我們可把聲學做比喻，假定有二只音叉，每只音叉在每秒鐘的自然振動次數，各不相同，現在置在相近的地點，先把第一音叉擊動，使他振動，於是此音叉即發聲；再把第二音叉擊動而發聲，把果這二種聲音在空氣裏，互相激盪而成共鳴的聲音裏，得到一個諧和點，這就是諧振。

在無線電路裏，我們既知一個感應器，電流的週率愈高，磁場的變動也愈快，而電流通過時，因自感應量高，而感應迴阻也愈大。一方面儲電器在週率愈高的情形下，儲電迴阻反愈小，假使把感應器和儲電器合併起來，可以把儲電量和感應量在某一個週率時相等；於是兩種迴阻可以相消。結果，電路裏所有的，祇有電阻，這種電阻較小，並不影響到電流的流動，因此電流增大到最高點。這種



第四十九圖

現象，就稱做諧振。在無線電裏配諧電路，大都用並聯諧振的方法，如第四十九圖所示。交流電壓 E 發送電流，經由感應圈 L ，再經相當的電阻，而由變量儲電器來調

節，到某一個週率在相等點，而兩種迴阻恰相消時，諧振點就成立。

(5) 諧振週率的計算

據上所述，在無線電收音機裏，當感應圈和儲電器互相配合而加以調節時，可以得到諧振週率。其公式如下列

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

公式裏 $f =$ 週率

$$\pi = 3.1416$$

$L =$ 感應器，單位亨利

$C =$ 儲電器，單位法拉特

但是感應器和儲電器的單位，還有用較小單位的，所以有如下的

的公式。

$$f = \frac{30000000}{\lambda} \quad f = \frac{159.2}{\sqrt{L \text{ 亨利 } C \text{ 兆分法}}}$$

$$F = \frac{30000000}{200} = \frac{5,033}{\sqrt{L \text{ 千分亨利 } C \text{ 兆分法}}}$$

$$= 15000000 = \frac{159,200}{\sqrt{L \text{ 兆分亨 } C \text{ 兆分法}}}$$

以上是求諧振週率，假使要求波長，則為如下之公式。(波長與

$$f \text{ (頻率單位周/秒)} = \frac{\text{波長 (300000000)}}{\text{波速單位公尺}}$$

週率的關係，參閱第六章第一節波長週率的計算)

$$\lambda = 2\pi v \sqrt{LC} \quad \lambda = \text{波長}$$

$$= 1,884,000,000 \sqrt{LC} \quad \lambda = \frac{300}{f}$$

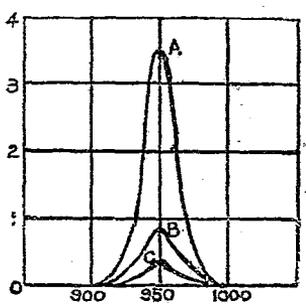
假使感應量和儲電量是用兆分享利和兆分法拉特，則計算波長可用下列公式

$$\lambda = 1,884 \sqrt{LC}$$

$$\text{波長} = f \times \lambda$$

(6) 諧振曲線和配譜

在諧振電路裏，當二項迴阻相消，總阻等於電阻而成諧振時，這時的週率稱做諧振週率 (Resonance Frequency)。我們再把曲線

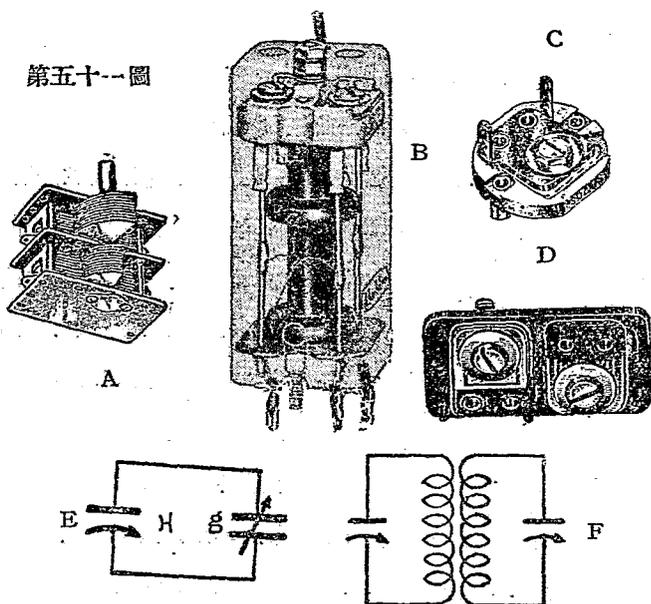


第五十圖

圖，加以說明，如第五十圖。曲線 A 上電流為最大，電路就得到諧振點。假定在諧振週率以外，給儲電迴阻所阻，而在較高時，給感應迴阻所阻，於是距諧振點稍遠，如圖 B 曲線。當某週率距諧振點已遠，電路裏電流低落，就如圖 C 曲線所示。

我人既知諧振點的重要，普通在振盪電路裏，藉調節儲電器和感應器而得到。惟因電台所發出的週率，每個不同。而收聽的人，須有加以配譜 (Tuning) 到一個諧振點的必要。假定配譜不適當，於是數家發出的週率，可同時收得，因此選擇性不佳，而干擾隨之。所

以配諧適當，機件的收聽，就有良好成績。配諧的方法，普通多用感應器的交連，和變量儲電器相調節。在外差式的收音機，尚有用一種「調整儲電器」(Trimmer) 和補整儲電器 (Padding) 來作配諧用的。茲簡單介紹如下。第五十一圖 A，是一只變量儲電器，在調節



線路上，轉動儲電器，來變更儲電量，再和感應圈配成諧振點。不過有時在配諧方面，尚感不足時，可以在儲電器上，再加一種「調整儲電器」。如圖 C 的樣子，而是裝在圖 A 的上面。這種調整儲電器，是小型式的，每只是上下二個銅片所形成，中間用雲母片做誘電體

(Dielectric) 上一銅片上，有一螺釘，用螺釘旋轉和下一個銅片相合，則儲電量大，反之則小。裝置的方法，在製造廠已經把儲電器用並聯的方法裝就。用符號來表示，則如圖E上的H，是指調整儲電器，E上的g是指變量儲電器。

在用調整儲電器，來幫助調節線路的配譜外，還有在感應線圈上，也加補整儲電器的。因為上面的方法，於配譜方面，還不能十分準確，於是在感應量上，加儲電量，把兩種迴阻，加以調節。圖B的線圈頭部，加二只補整儲電器，就是在第三章互感應節裏的感應線圈同樣，上面所加的儲電量，就是第五一圖D所示，也是用並聯的裝置，每只和每個線圈並聯着，而用符號的說明，如F圖所示。用這兩種方法，來幫助對於收音機的配譜，可以得到極大的効力。對於收音機的選擇性(Selectivity)，失真性(Distortion)，都可以有很大的改正，這是在外差式收音機中幾種獨特性。

(7) 感應線圈繞法計算

在收音機的諧振電路裏，是需要感應線圈和儲電器互相配合的。現在將簡單的幾種線圈計算公式列下，以資參考。

高週率的感應線圈，通常分做二大類：一種是用空心膠木管或是紙柏管所繞成，這種線圈比較的尙易計算。還有一種是用鉄心的，則因鉄的種類不同，透磁性能不同，計算比較難，因為尙須乘以透磁性能。這裏所述的是以空心線圈為限。

第五十二圖是單層線圈的式樣。 l 是代表線圈的長度， r 是代表半徑。計算的公式如下：

$$L = \frac{.0395r^2n^2K}{l}$$

公式中的 L = 線圈的感應量，單位

兆分亨利

r = 線圈的半徑，單位公分

l = 線圈的長度，單位公分

n = 線圈的圈數

K = 是係數，隨 $2r \div l$ 而變更

(係數和 K 可查第一表)

例：有一線圈的直徑是12公分，長度是12公分，用已經絕緣的銅線繞110圈，問他的感應量多少。

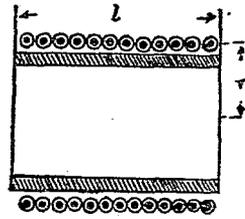
將題中各數代入公式中，則：

$$r = 6, l = 12, n = 110; \frac{2r}{l} = 1 \text{ 故 } K = .688$$

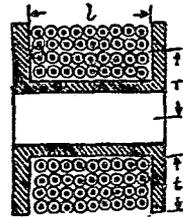
$$L = \frac{.0395 \times 6^2 \times 110^2 \times .688}{12} = \frac{.0395 \times 36 \times 12100 \times .688}{12}$$

$$= 13838 \text{ 兆分亨利或 } .013838 \text{ 亨利}$$

假使要繞一個多層線圈如第五十三圖，則其公式如下列：



第五十二圖



第五十三圖

$$L = \frac{.0395r^2n^2K}{1} - \frac{.0126n^2rt}{1} (.693 + E)$$

公式中的 L = 感應量，單位兆分享利

r = 線圈的折中半徑，單位公分

n = 總圈數

l = 線圈的長度，單位公分

K = 是係數，隨 $2r \div l$ 而變更，見第一表

t = 線圈的厚度，單位公分

E = $\frac{1}{t}$ 之變更係數，見第二表

例：有一多層線圈，他的厚度是5公分，長度是10公分，折中半徑是4.5公分，共有34層，每層為68圈，問感應量多少。

將題中各數代入公式中，則：

$$r = 7.5, n = 34 \times 68 = 2312, l = 10, t = 5, \frac{2r}{l} = 1.5 \text{ 所以}$$

$$K = .595, E = .12$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{.0395 \times 7.5^2 \times 2312^2 \times .595}{10} \\ &\quad - \frac{.0126 \times 2312^2 \times 7.5 \times 5 \times (.693 + .12)}{10} \\ &= \frac{.0395 \times 56.25 \times 5,345,344 \times .595}{10} \\ &\quad - \frac{.0126 \times 5,345,344 \times 7.5 \times 5 \times .813}{10} \\ &= 706,671 - 205,340 = 501,331 \text{ 兆分享利} \\ &\text{或 } 501.331 \text{ 亨利} \end{aligned}$$

假使要在蛛網板上繞線圈，則其公式如下：

$$L = \frac{r^2 n^2}{8r + 11t}$$

第一表 K(係數)的數值

第二表 E(係數)的數值

$\frac{2r}{l}$	K	$\frac{2r}{l}$	K	$\frac{2r}{l}$	K	$\frac{2r}{l}$	K	$\frac{l}{t}$	E	$\frac{l}{t}$	E
.00	1.000	.25	.902	.50	.818	.75	.748	1	.070	12	.289
.01	.996	.26	.898	.51	.815	.80	.755	2	.120	14	.296
.02	.992	.27	.894	.52	.812	.85	.763	3	.175	16	.302
.03	.987	.28	.891	.53	.809	.90	.771	4	.208	18	.306
.04	.983	.29	.887	.54	.806	.95	.779	5	.229	20	.310
.05	.979	.30	.884	.55	.803	1.0	.788	6	.245	22	.313
.06	.974	.31	.880	.56	.800	1.5	.795	7	.256	24	.316
.07	.971	.32	.877	.57	.797	2.0	.802	8	.266	26	.318
.08	.967	.33	.873	.58	.794	2.5	.809	9	.273	28	.320
.09	.963	.34	.870	.59	.791	3.0	.816	10	.279	30	.322
.10	.959	.35	.867	.60	.789	3.5	.823				
.11	.955	.36	.863	.61	.786	4.0	.830				
.12	.951	.37	.860	.62	.783	4.5	.837				
.13	.947	.38	.856	.63	.780	5.0	.844				
.14	.943	.39	.853	.64	.777	5.5	.851				
.15	.939	.40	.850	.65	.774	6.0	.858				
.16	.935	.41	.847	.66	.772	7.0	.865				
.17	.931	.42	.843	.67	.769	8.0	.872				
.18	.927	.43	.840	.68	.766	9.0	.879				
.19	.924	.44	.837	.69	.764	10.0	.886				
.20	.920	.45	.834	.70	.761	20.0	.924				
.21	.916	.46	.831	.71	.758	40.0	.973				
.22	.912	.47	.827	.72	.756	60.0	.983				
.23	.909	.48	.824	.73	.753	80.0	.992				
.24	.905	.49	.821	.74	.750	100.0	.998				

公式中的 L=感應量，單位兆亨利

r = 半徑，自線圈的中心量至線圈的中部

n = 圈數

t = 線圈的厚度，自第一圈量至外圈

例：有二寸半心的蛛網板，用21號單紗包線繞60圈，繞成厚度

爲1.8寸,問線圈的感應量多少。

以各數代入公式中,則:

$$r = (2.5 + 2.5) \div 2 = 2.5, n = 60, t = 1.8$$

$$L = \frac{2.5 \times 60^2}{8 \times 2.5 + 11 \times 1.8} = \frac{6.25 \times 3600}{20 + 19.8} = \frac{22,500}{39.8}$$

$$= 565.3 \text{ 兆分亨利}$$

導線的繞線圈數與阻力表

銅線 號碼 B.&S.	每1000尺 歐 姆 數	每 英 寸 圈 數					
		單紗包	雙紗包	單絲包	雙絲包	漆包線	絲漆包
8	.641	7.35	7.05			7.7	
9	.808	8.26	7.87			8.6	
10	1.02	9.25	8.85			9.6	
11	1.28	10.3	9.80			10.8	
12	1.62	11.5	10.9			12.1	
13	2.04	12.8	12.2			13.5	
14	2.58	14.3	13.5	15.0	14.6	15.1	14.7
15	3.25	15.9	14.9	16.9	16.5	16.9	16.5
16	4.09	17.9	16.7	18.9	18.3	18.9	18.4
17	5.16	20.0	18.5	21.1	20.4	21.3	20.5
18	6.51	22.2	20.4	23.6	22.7	23.8	22.9
19	8.21	24.4	22.2	26.4	25.2	26.5	25.8
20	10.4	27.0	24.4	29.4	28.0	29.7	28.4
21	13.1	29.9	26.3	32.8	31.0	33.1	31.5
22	16.5	33.9	30.0	36.6	34.4	37.2	35.0
23	20.8	37.6	32.7	40.7	37.9	41.6	39.0
24	26.2	41.5	35.6	45.3	41.8	46.5	43.1
25	33.0	45.7	38.6	50.3	46.1	52.1	47.9
26	41.6	50.2	41.8	55.9	50.8	58.5	52.8
27	52.5	55.0	45.1	61.8	55.6	65.4	58.1
28	66.2	60.2	48.6	68.5	61.0	73.5	64.4
29	83.4	65.4	51.9	75.2	66.2	82.0	70.6
30	105	71.4	55.6	83.3	72.5	91.7	77.9
31	133	77.5	59.2	91.7	78.7	103	85.3
32	167	83.4	62.9	101	84.8	115	93.9
33	211	90.0	66.2	110	91.7	130	103
34	266	97.1	70.0	121	99.0	145	112
35	335	104	73.5	132	106	161	123
36	423	111	77.0	143	114	180	133
37	533	118	80.0	154	121	204	146
38	673	125	83.3	167	128	227	157
39	848	135	87.0	180	137	256	172
40	1070	141	90.9	196	145	286	185

惟我人在繞線時，尚應知道線圈和線圈，有一種儲電量存在。這種儲電量稱做分佈儲電量(Distributed Capacity)。因為線和線有着絕緣體，同時也有誘電體，成為極微小的儲電器，所以在計算線圈時，以 1.78 乘線圈的圓周，即可得分佈儲電量。數量是兆分法。這種數量可以在諧振電路除去之。

(8) 集膚作用

我人知電流通過一導線時，在導線的周圍，必產生磁場，不過在交流電通過導體時，因迴阻關係，週率愈高，迴阻愈大，於是電流常流經於導線迴阻較小地方的外層。這種電流沿集導體外層的作用，稱謂集膚作用(Skin Effect)。因為這種現象，所以導線的中心面積，一部份失其效用，而同時却增加導線的阻力。因此在無線電高週率部份，所用的導線，大都用數根絞合繞成的編織線(Litz Wire)，來增加導線的外表面積，同時可以減少中心面積，因此導線的感應量可以增加，導線內的阻力減少，集膚現象也就減少。

要計算集膚作用的損失，可以就係數表來決定。這種係數表的係數和直流電加於導體上的阻力相乘，結果就成為交流電的阻力。茲將公式列下：

$$R_a = R_d A$$

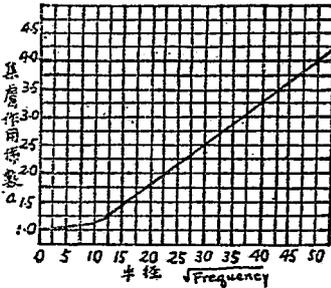
公式中 R_a = 交流電的阻力

R_d = 直流電的阻力

A = 集膚作用的係數 (即隨導線的半徑和週率的平方根相乘的得數而變動的數量)

美國標準銅線半徑值表

號碼	半徑 r 公分	號碼	半徑 r 公分
0	.413	21	.036
1	.367	22	.032
2	.327	23	.029
3	.291	24	.026
4	.259	25	.023
5	.231	26	.020
6	.205	27	.018
7	.183	28	.016
8	.163	29	.014
9	.145	30	.013
10	.129	31	.011
11	.115	32	.010
12	.102	33	.009
13	.091	34	.008
14	.081	35	.007
15	.072	36	.006+
16	.065	37	.006-
17	.058	38	.005
18	.051	40	.004
19	.046		
20	.042		



第五十四圖

例：假使現在有美國第十號銅線，他的直流阻力是 5 歐姆，現在用在 10,000 週率的交流電上，則交流阻力是多少。

我們查上表，知 10 號銅線的半徑是 .129，而查 54 圖則 10,000 週率的平方根是 100。把 .129 和 100 相乘就得到一個數值，這個數值，

是集膚作用的係數。現在兩數相乘的結果是12.9，則在係數表上查出等於1.25就等於A，所以

$$Ra = 5 \times 1.25$$

$$Ra = 6.25 \text{ 歐姆}$$

這是在10,000週率交流電裏的交流阻力，因此我們如果要除去高週率線圈上的集膚作用，可以把他算成交流阻力，而在諧振電路除去之。

(9) 儲電量的計算

我人在儲電器一章裏，既已說明儲電器的儲電量，是根據導片的面積，絕緣物的性質，常數，和誘電體的距離而定。這裏我們把如何計算儲電器的儲電量，導片的面積和導片的片數，以作實用上應用。

$$(甲) \text{ 計算儲電量的公式 } C = \frac{.0885 aK}{t}$$

公式中的 C = 儲電量，單位兆分兆分法拉特

a = 單片一面的面積，單位平方公分

K = 誘電體的誘電率

t = 誘電體的厚薄，單位公分

例：有一雙片的儲電器，每導片的長度為8公分，闊度為5公分，中間隔以雲母做絕緣，厚度是.025公分，而誘電率的常數是50將各數代入公式中，則：

$$C = \frac{.0885 \times 40 \times 5}{.025} = \frac{17.7}{.025} = 708 \text{ 兆分兆分法拉特}$$

(乙) 計算儲電器面積的公式

$$a = \frac{Ct}{.0885K}$$

例：要多少面積的單面導片，假使用雲母做絕緣物，他的厚度是.025公分，而欲製成一.00036的儲電器。

$$a = \frac{Ct}{.0885K} = \frac{360 \times .025}{.0885 \times 5} = \frac{9}{.4425} = 20.33 \text{ 平方公分}$$

(丙) 計算複片的儲電器公式

$$C = \frac{.085 \times a \times K(n-1)}{2}$$

公式中n代表儲電器的片數：

例：一只儲電器共有十個導片，每片的闊度為5公分，長度為8公分，中間隔以2公分厚的空氣做絕緣，而空氣誘電率的常數是1。

$$C = \frac{.0885 \times 40 \times 1(10-1)}{2} = \frac{31.86}{2} = 15.95 \text{ 兆分兆分法}$$

(丁) 儲電器片數的計算公式

$$n = \frac{Ct}{.0885aK} + 1$$

例：如果儲電器的儲電量是.00036兆分法，用雲母做絕緣，常數是5，而厚度是.025公分，同時儲電器的面積是20.33平方公分。

$$n = \frac{360 \times .025}{.0885 \times 20.33 \times 5} + 1 = \frac{9}{1.8} + 1 = 6 \text{ 片}$$

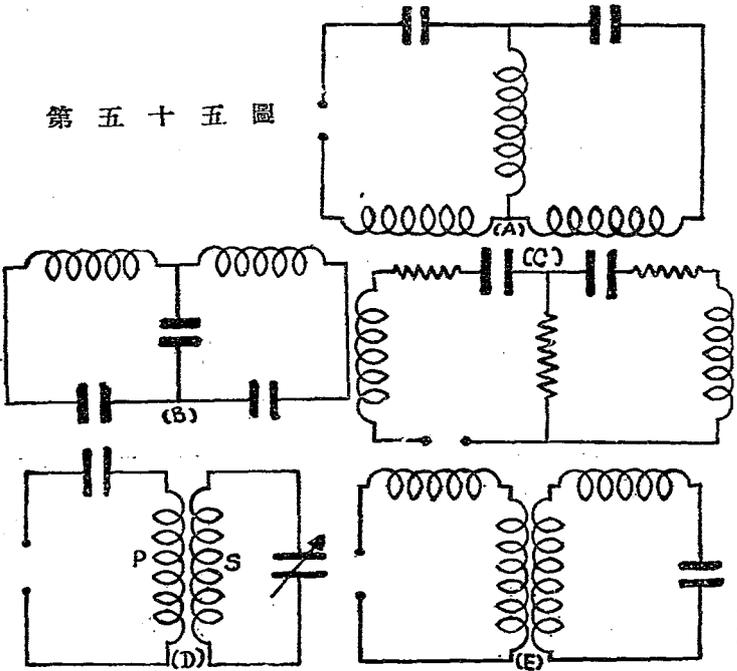
(10) 交連電路

在無線電路，需要用各種交連 (Coupling)，或稱做配合的方法，來形成電路相互的關係，是稱交連電路 (Coupled Circuit)。

交連電路有好多種，大別之如下：(1)直接感應交連 (Direct Inductive Coupling)；(2)感應交連 (Inductive Coupling) (3)儲電交連 (Capacitive Coupling) (4)電阻交連 (Resistance-Coupling)。

直接感應交連有幾種，如第五十五圖 A, B, C 所示。感應交連

第五十五圖



如圖D和E所示。而儲電交連又如圖B所示。至電阻交連則又如圖C所示。

在感應交連如圖D裏，第一個線圈P，是初級線圈；S是次級線圈，這就是成爲互感應。依一般而論，大抵互感應的交連近，（即緊交連）則感應力加強。因磁場加強。而交連遠（即寬交連）則感應力變弱。所以交連的寬緊，對於振盪電路上，是很有關係的。不過這種關係，也是依振盪的情形，而可配諧到最高的諧振點的意思，至其他幾種交連情形，待後幾章再加細述。

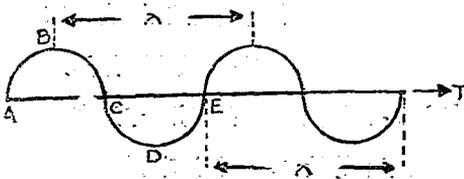
第六章 無線電波

(1) 無線電波

我們在電子學說裏，知道電子在原子裏，常有離合運動，成爲離子。這種情形的發生，有的是從這個原子去吸別種原子裏的電子，有的是原子內部，受到外界的吸收，相互吸放，集合了無數現象，就成爲電磁波放射(Electro-Radiation)。也成爲無線電波(Radio Wave)放射的基礎。

一個游離電子，由這層到彼層，這種放射電子量，每秒鐘有三萬萬(30⁸)公尺的速度，向空間推進。游離電子的變化越多，在一組一組的進行着，這種情形發生在空間，瀰漫了宇宙，成了電磁波的現象，也就是無線電波的產生。

無線電波是一種高週率的交流電，這種電波行動的情形，自一波的起始點，到次波的起始點，稱做一週(Cycle)。就是從ABCDE的一週。(圖第五六)，而在第一個高峰，到第二個高峯的距離，是週波的長度，稱做波長(Wavelength)，假定波的週數，在每秒鐘裏，所發生的週數，稱做週率(Frequency)，如圖第五六所示。因此我們知



第五十六圖

道波長是波與波間的距離，而週率是每秒鐘所發生波浪的次數。再把水的情形作譬：如投一

塊石子在水裏，必有浪花，波浪的激起在第一個水波峰到第二個水波峰，是水波的長度。而水波兩旁闊度的變化，在第一波浪起點，週而復始到第二波浪的起點，是水波的一週，現在把電波公式列下：

$V = f \times \lambda$ 公式中V是等於電波的速度(Velocity)

$f = \frac{V}{\lambda}$ f 是代表週率 (Frequency)， λ 是一個羅

$\lambda = \frac{V}{f}$ 馬字代表波長 (Wavelength)。

如果已知波長數，而要知道週率數，就以波長去除波速。舉例如下：假定波長數是454公尺 (Meter)，以第二公式計之。

$$\text{週率} = \frac{300,000,000}{454} = 660,000 \text{週} = 660 \text{〔千週〕}$$

已知道週率數，而要知道波長數，就把週率數去除波速；假定週率數是930,000週；以第三公式計之。

$$\text{波長} = \frac{300,000,000}{930,000} = 323 \text{公尺}$$

在無線電廣播上，每個廣播台，有一個規定的波長數和週率數，(近來都以週率作標準)所以在廣播台開始播音時，必先報告此

台的週率數，而在收音機方面，也依照收音機所裝刻度盤 (Dial) 所記的週率數來旋轉，就可以得到所收聽某週率數的播音台。

因為週率數的數字太多，為簡便計，普通都用「千週率」(Kilo cycle) 做代表，一個「千週率」等於 1000 個週率。也可用兆週率 (Megacycle) 代表，一個「兆週率」等於 1,000,000 個週率。

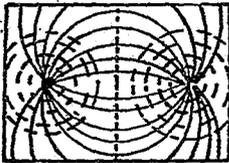
至於無線電波的長短波範圍，大概規定如下：

- 短波 10 公尺以下 短波 10—200 公尺
 中間波 200—3000 公尺 (包括廣播從 545M—200M)
 長波 3000 公尺以上

在電磁波裏，有電力線和磁力線存在。他們的關係，我們在第三章第三節裏，已知用一根導線，通以電流，導線的周圍，就有磁力線圍繞着，如該節第二十圖B所示。而電力線和磁力線，成了直角的相互關係。

(2) 無線電波的放射

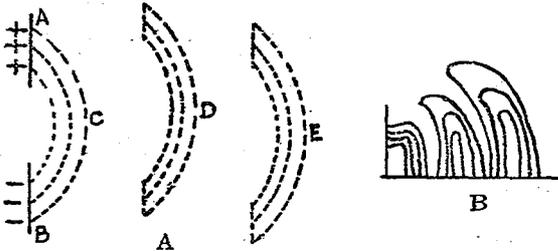
如第五十七圖中實線所示，是電力線分佈情形；而環繞在實線周圍的虛線，是磁力線的情形。無線電波既在天空裏行動，一波的力線向四周發射，必有磁力線環繞於電力線的周圍。因此得一結論



第五十七圖

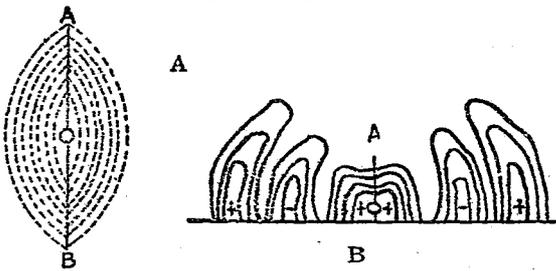
無線電波必有二部份所組成，一是電力線，一是磁力線。

第五十八圖

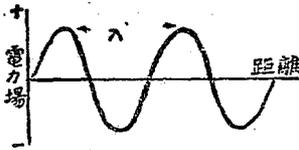


假定現在有根直立的天線，如第五十八圖 A，上部荷着正電，下部荷着負電，成爲電力線如虛線點所示。電波因波動而推動到鄰近，於是成 D 和 E 的情形。如果把下部截去，就可成爲五十八圖 B 情形。

第五十九圖



一根直立的天線，在 AB 上荷着正負電時，他電力的分佈，不是單方面，而是環繞於導線周圍，於是成了第五十九圖 AB 的情形。一方面 AB 導線的下面部份，因接着大地，大地的電位是等於零，所以電力線的分佈，成爲上面部份。

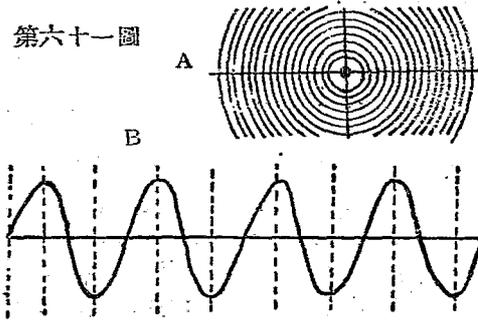


第六十圖

第五十六圖同樣的情形。

天線上電力線分佈情形，既如上述，於是磁力線既和電力線成直角，因此有電力線波行動的地方，必有磁力線圍着，而電力線的強弱，也就是磁力線的強弱。

第六十一圖



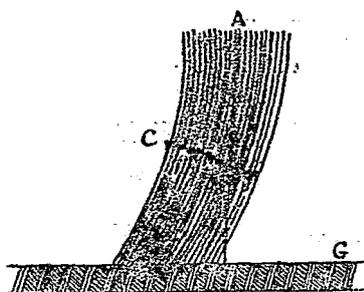
第六十一圖 A

是天線上電力線和磁場相互的情形。

橫的方面，代表磁場，縱的方面，代表電力線相伴而行的情形。於是天線周圍

圍有進行極快的無線電力線，和地面垂直着。一方面還有無數的磁力線，在水平線上，向前推進。這二種電力線合成一種電磁波，而在每秒鐘，有三萬萬公尺的速度，向四週放射，構成整個一體的無線電波 (Radio Wave)。成爲第六十一圖B的情形。

(3) 無線電波的接收



第六十二圖

無線電波放射，在第二節裏所述的情形，這是關於播送方面，像播音機發報機所裝置的天線，藉天線而放射無線電波於天空，於是接收者，也藉天線的裝置而收進去，輸入接收機上去。

假定接收方面，也用一直立的天線，下端是連着地線。第六十二圖所示 A，是直立天線，G 是地線，而 C 所示的是由天空傳進來的無線電波，當電波和天線接觸時，天線上因感應關係，發生許多電子，這種電子有正有負，是因為無線電波裏的電力線，也有正負性。一方面無線電波裏，既有電力線，那磁力線也隨之俱來，於是天線上也有感應而成磁場。而磁力線依水平方向，時時變換其磁場，於是天線上的感應磁場，也忽強忽弱，在這種情狀下，天線因感應而產生無線電流，也就是振盪電流，經由天線的引入線(Lead-In)，而輸入接收機去。

(4) 短波的性質

長波和短波的分別，是在波長的範圍。普通廣播的波長範圍，在200至550公尺之間，而短波範圍，是在10—200公尺之間，嚴格的講起來10—100公尺是短波，100—200公尺是中短波，為了波長的

長短，於是在放射和接收方面也發生了變化。

在一般的觀念，長波是接收遠程電波，而短波是接收近程。實則恰恰相反。長波的接收距離比較近，而短波倒是收遠距離的。

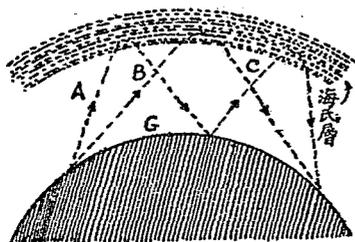
以我國而論，在普通的廣播收音機，要接收歐美的廣播節目，是不可能的，除非在收音機裏，加了短波的設備，於是歐美短波廣播台的節目，可以很容易的接收了。

無線電波的發射，普通循二道而行，一是向空發射，稱做天波 (Sky Wave)；一是沿地進行，稱做地波 (Ground Wave)。因為地是導線，所以地波沿地所經，恆給地所吸收，這種情形，在短波發射時為尤甚，天波則較遜。因此長波是賴地波為傳遞，而短波是賴天空為傳遞。所以短波發射時，在近距離裏，常不易收到。這種不易收到的地方，稱做「岑靜區」(Zone of Silence)。距離甚遠，反易接收，這種情形，稱做「越程」(Skipped Distance)。而其能越程者，因為天波在宇宙間，有光的性質，在高空裏有反射 (Reflected) 作用，因又稱做反射波。短波電波的能量越程，而向遠處傳遞，實賴天波反射作用的結果。

(5) 海氏層

海氏層 (Heaviside Layer) 是一種佈滿電子和離子的空層。高空離地約百哩左右，在太空裏低氣層是不良導體，一到高空，因為日光所輻射，空氣裏所含的氣體份子多，而游離電子也增多，於是

成爲良導體。因此短波所發射的天波，一到海氏層，因反射作用折而至遠。



第六十三圖

第六十三圖是海氏層的情形，G是地波，沿地面進行，ABC是天波，是向空間進行而抵海氏層後，即被反射。不過海氏層是依着時間移動，

大抵日間離地較近，夜間則較高，因此短波的收發，日夜是不同的。

(6) 衰落和騷擾

短波在接收方面常有衰落(Fading)現象，所謂衰落，是指收到的電訊忽高忽低。這是因爲海氏層有高低，而天波的行程，也忽長忽短。一方面天波的反射，有時和地波相加，有時和地波相消，也形成衰落現象，而氣候的關係也極大，因之夏季和冬季的收音，也就不同。

接收機因爲騷擾問題，常令接收者感到痛苦。騷擾的原因有二方面：一是屬於大自然的，一是屬於人爲的，前者因爲氣候有變遷，而在夏天爲尤甚。因爲夏天多雷雨，時雷時雨，就會感到接收機裏，常聽到粗大和連續的爆烈聲，冬季則就覺得平靜了。

至於人爲的騷擾，是隨環境不同，如居家於工業區，或其左右鄰近，多電氣設備，如打米機電氣升降機，電車電動機等，都足使接

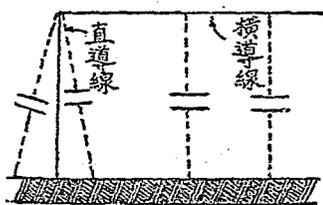
收的機件裏，發生軋軋和咯咯聲，使人厭聞。在無線電進步到現在，雖然可以除去一部份可厭聲，可是還沒有完全除去的方法。最近因超短波試驗的成功，這種騷擾有減除的可能性了。

第七章 天線

(1) 天線的種類

天線 (Antenna) 的種類很多,而且因為發射和接收的分別,天線的裝置,也各不同,現在把各種不同的天線,作一簡短的敘述。

我們在上章裏,既知用無線電接收和發射,都是一種電磁波做媒介物。當發射機所產生由低週率電流到高週率電流,要經由天線,方纔成爲電磁波,向四方發射。至於接收機方面,所能收到的高週率電流,再成爲低週率電流送到人的耳裏去,也一定要經過天線上所收到的電磁波,由感應而成爲高週率電流。所以天線在收發方面,佔一重要地位。雖然接收機方面,尤其是收音機,已經可以減少戶外天線的裝置,然而在機件本身,仍是需要天線作用的機構。至

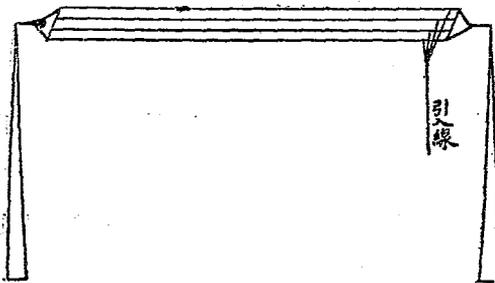


第六十四圖

於發射機用的天線,那更是絕對所需要的。

關於天線本身,實際上如用直立部份來發射電能,已足應用。而在直立部份的上面,再加以橫

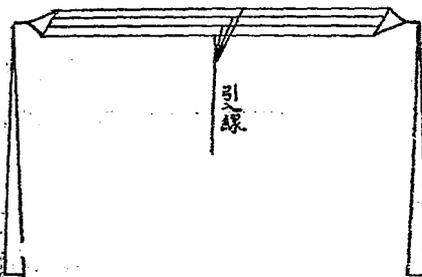
的平頂式導線，如六十四圖所示，是因為平頂部份，和大地成爲一只大儲電器，如圖虛線所示，這種無形的儲電器，因增加儲電量的關係，可以在天線上產生振盪，所以除了特種的直立式天線外，大都是用平頂式的。



第六十五圖

圖六十五是倒L式天線，普通一般廣播台，大都依此式裝置。而又因為要增加效率和儲電量，導線是用多

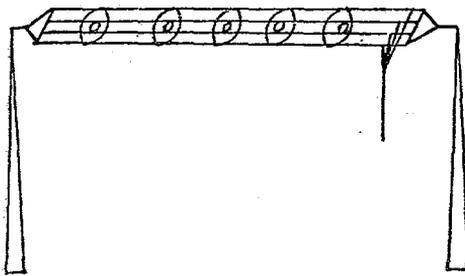
根的平行線，因此雖然在裝置高度稍低的電台也因為儲電量的增加，他本身的電力線和磁力線，也可以加大範圍。



第六十六圖

圖六六是T式的天線，他和倒L式所不同點，祇在引入線 (Lead-in) 的接頭處，倒L式接在平頂線的任何一端，而T式則接在導線中間，前者是具有方向性，引

入線所向的方向，感應力大，因為在天線的某一點先得到電磁波的緣故。而 T 式呢，兩面的電磁波，是平均分配的。

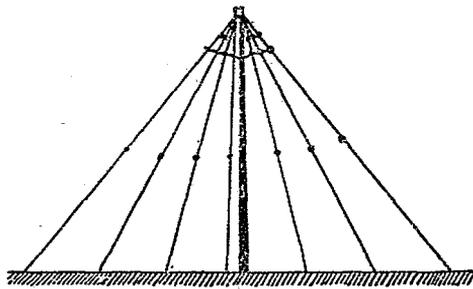


第六十七圖

圖六十七是籠式天線。和上二種相彷彿。不過平頂的線不是並行，而架設成鳥籠的樣子。此種天線，輪船上採用很廣，因既

有多線的效力，而地位是很省的。

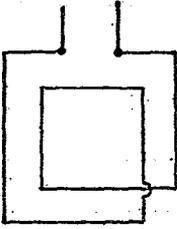
圖六十八是傘形天線，電磁波可以向各方發射，沒有方向性。效力甚高，但因構造複雜，現在已漸加淘汰。而收音機方面，更



第六十八圖

不需要這種複式天線。

圖六十九是環狀天線，在旅行式的收音機裝置這種天線，極為便利，因為旅行到處可去，所以就在收音機內部，裝了環狀天線。在



第六十九圖

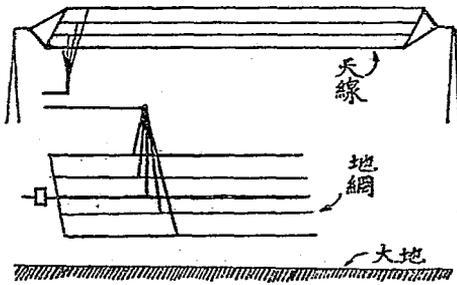
任何地點開唱時，就無須另接天線。在收報機上，也有裝置此種天線的，是利用他的方向性。在電磁波前進，而與環狀天線作垂直時，是不能得電波的感應；如和電磁波作並行，就可以容易接收。在發報時，可以預定收報的電台是在何方，就把方向指在何方。收音機也是如此，如果知道播音台在某方，就旋轉天線去對準所收的電台，可以得到最大的效果。

在船舶上，大抵用T式與倒L式者居多，也有用環狀天線，是因為取其有方向性。在飛機上，大概也用T式，或倒L式，利用機翼的闊度，來裝設天線。還有一法，是用一根二百呎左右的長導線，由飛機垂下，另一端則繫着有相當重量的球，當飛機在飛行時，天線拖在空中，像一條尾巴一樣。同時在機上裝一轉盤，以便在飛機着陸時，可以把天線迅速的捲起來。這種天線，依試驗的結果，效力極為宏大。還有在汽車上所裝收音機的天線，是盤置在車的內頂上，祇要收音機有相當靈敏度，天線稍短是無妨的，但現在全鋼車身的新式汽車，則天線均裝於車頂上面了。至於在警察所乘的警車上，所用收發報機的天線是需用特別設計的。

(2) 地線和地網

地線 (Ground Wire) 的裝置，在普通收音機方面，是極簡單

的。選擇卑濕的地點，用鉄梗縛牢地線的一端，埋在較深的地下。因為卑濕的地下，可以使地線減少阻力。如果沒有潮濕地點，就把導線接在自來水管上，成爲一種導體，同樣的有效力。如果遇到高亢乾燥的地方，而又沒有自來水管時，可以把地網 (Counterpoise) 來代。地網的裝置，在播音機上尤爲重要。用數根導線結成金屬的線



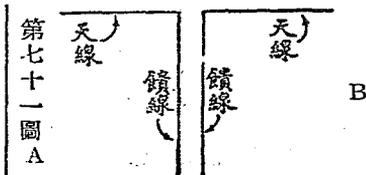
第七十圖

網，佈滿在天線的下面，一方面和地離開約二三尺，與地相絕緣，如圖第七十所示，較之不良的地線，效力大得多。而船舶上，

飛機上，汽車上，所用的地線，是以船壳，飛機的機身與汽車的金屬板當做地線。

(3) 短波天線

短波發射機的天線，多用赫志式 (Hertz Type)，這種天線是



第七十一圖 A

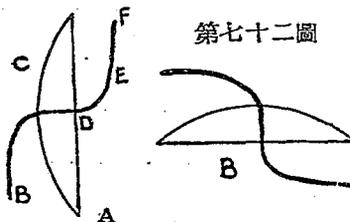
以直立式爲根據，如圖七十一 A。也有用橫式的如圖七十一 B。而兩根垂下的並行線，是作爲饋線 (Feeder)。

我們前已述及，天線本身，因有儲電量和感應量，同時還有電阻，所以成爲一個振盪電路。於是它本身也有波長，稱爲本身波長，也稱做「基本波長」(Fundamental Wavelength)。

通常要知道一根天線的長，就把天線的長度的 2.1 倍做根據，譬如一根天線的長爲 50 公尺，於是這根天線的基本波長是 105 公尺，換句話說。一根天線全部的長，就是天線基本波長的半數。

一根天線，除了基本波長外，還有副波 (Harmonic)，如二次波 (Second Harmonic) 四次波 (Fourth Harmonic) 等。二次波就是基本波的半數 ($\frac{1}{2}$)，四次波是基本波長的四分之一 ($\frac{1}{4}$)。假定本身波長是 84.46 公尺 (3550 千週波)，則二次波是 42.23 公尺 (7100 千週波)。如果到 21.11 公尺 (14200 千週波)，那就是四次波了。

在發射機內，發射波長和天線上的基本波長相諧振，則發射效力最強。如果不用天線的基本波長，而用天線的二次波，或四次波，也可以和發射機相調節，而成諧振。不過在四次波以上，天線上振盪的電力漸弱，不能再用了。至於要測知天線上的多少波長數，可



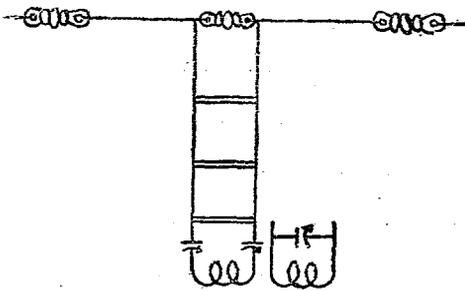
第七十二圖

以用「波長表」(Wavemeter) 來測驗，就可以得到一個確數。

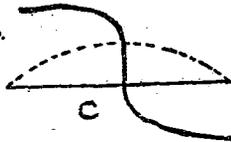
赫志式天線上，電流和電壓分佈的情形，如圖七十

一 A所示的一根直立式 則電壓和電流的分佈，如圖七十二A 所示，圖中C 所示的曲線，是代表電流，從天線的下端起，電流是在零度，再逐漸高上到中間，電流是最大。再上去到天線的上端，電流值復為零度。至電壓的曲線E，他在天線中間D處，電壓為零，逐漸向上，或向下，電壓都加大，直到FB兩點，電壓成為最大值。因此之故，電壓和電流，恰立於一個相反地位，電壓在底部和頂部最大值，此時，電流適為零度，而電流在最大值時，電壓適為零。

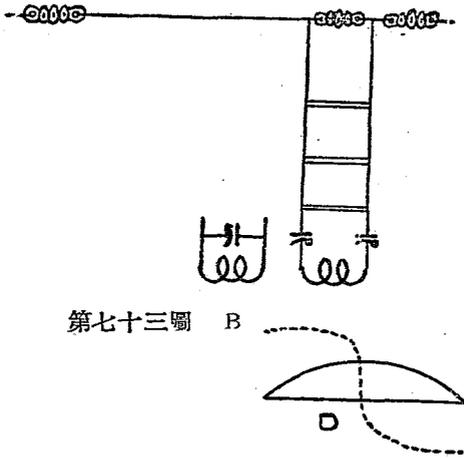
圖七十一B 是郝志平行式線，垂直的兩線是饋線 (Feeder)。因此他的電壓和電流分佈情形，就如圖七十二B 的情形。實際上和圖七十二A 一樣，不過一個是垂直，一個是倒臥，明瞭了A 式，就可以明白B 式。



第七十三圖 A



依上述情形，以郝志式的平行線做天線，而用一根垂立線做饋線，於是二種接用法：凡把饋線接在天線電流的最大部份，是謂電流饋送法 (Current Feeds)，如



第七十三圖 B

圖第七十三A 的情形。因為這兩根饋線所接着的天線正接在圖C 的最大電流部份。如果把饋線上天線電壓的最大部份，稱為「電壓饋送法」(Voltage Feeds)，如圖第七十三B 所示。因為

依圖中饋線所接天線的任何一端，是直指圖D 上電壓最高部份。

圖七十三 AB 饋線的接法，恆以平行式的天線分為兩截，然後以饋線接上。而接着饋線，在裝置時，把天線分成兩截，中間連以「絕緣子」(Insulator)。絕緣子的質料，佳者用匹來克司 (Pyrex) 式，其次是用玻璃或瓷質。在絕緣子的兩旁，相距一尺，引兩根平行饋線下來，線的長度，以發報機波長四分一的長度為佳。饋線上每隔五呎，用一呎長的膠木，把兩線支持着。兩根饋線，因為並行，而方向恰相反，所以饋線上的磁場，適互相中和而抵消，再串接兩只儲電器，和一個感應圈，如圖七十三A 所示，而加以調節。在調節極準確時，電流表的記數最大。因為天線和儲電器串接，則天線本身波

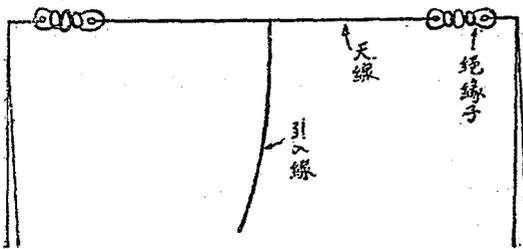
長減短，和感應圈串接則可增加天線本身波長。如是可因調節而增加效率，第七十三圖B的電壓饋送式，又稱做「徐柏林」(Zeeplin)式。

(4) 收音機用的天線

收音機方面用的天線，為便利裝置起見，大都用T式或倒L式。有的機件，除了無須裝置天線外，靈敏度稍高的機件，祇須裝一根屋內天線。所謂屋內天線，祇要在屋內環掛一根二十尺長的電燈花線接在收音機上，就可發生效力了。

倒L式和T式裝置時，天線的長度，通常在100尺至150尺之間。高度50尺左右，假使為地位所限，可用二根50尺的天線，平行裝置，效力是相仿的。裝在屋頂上或者曠地上，如在空曠地上時，天線的高度應愈高愈佳，大約和裝在屋頂上時同樣高低為度。

天線的導線，最好是用紫銅絲，通用的是七根 22 號的紫銅絲，絞合而成，引入線用黑皮線，在引入線和天線的接頭處，應用鉚錫



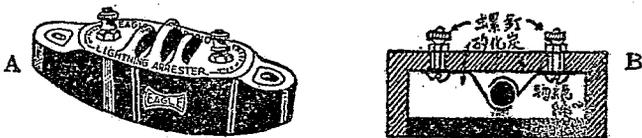
鉚牢，以免被大風吹落發生危險。在引入線引進屋內時和別種物質相碰的地方應

第七十四圖

把引入線套進磁管內，和別種物質相絕緣，然後再穿進屋內。至於裝天線的竹桿和木桿，應用鉛絲或棕繩拉緊，免致倒折。而天線兩端要用玻璃或瓷質絕緣子 (Glass Insulator or Porcelain Insulator)，把天線和竹竿或木桿隔絕。而如果天線的裝置，在和電燈線相近，應該把天線和電燈線紉成直角，就可以免除感應的危險。第七十四圖就是一根收音機天線的簡單裝置。

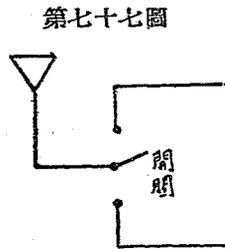
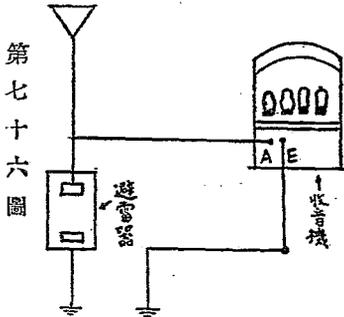
(5) 避雷器

當收音機在開唱時爲了要避免雷擊的危險，因有避雷器 (Lightning Arrestor) 的裝置。避雷器的外形，如圖七十五A所示，而



第七十五圖

他的內形，是B圖所示，最通用的避雷器，是瓷質做成。在天地線接線螺釘相連的兩個銅片處，留着一個空隙，和化學物矽化炭相連着，因此對於高電壓的電流經過，他的總阻極低，而對於普通電壓，則形成絕緣體。當接收無線電訊時，把收音機上的「天線柱」或「天線接頭線」接到所裝的天線上，而同時原來所裝置好的天地線間，已經把避雷器兩只螺釘，分別接好。再把收音機的「地線柱」或「地



線接頭線」和地線接好，如圖七十六所示，在這種情形下，外來的電訊，從天線上下來，經過避雷器，却不能從間隙裏穿過而至地，因為間隙的周圍，是絕緣物，所以直接走進收音機去。但是在發生雷電的高電壓時，避雷器上間隙部份，總阻極低，高電壓經過此間，發生火花，就跳過間隙而至地，却不再經過收音機了。於是此危險電流，不致損壞收音機，因此避雷器的裝置，是保護收音機被雷擊的一種方法，還有第七十七圖，是一只單刀雙擲開關 (Single Pole Double Through Switch)。在開唱收音機時，把天線所連的開關 (Switch) 扳到收音機天線柱上，而在遇到雷雨時，把開關扳到地線上，於是在雷雨時，雷的高電壓，可以經天線而入地。這和房屋上裝的避雷針同樣的情形，是不難了解的。

第八章 真空管

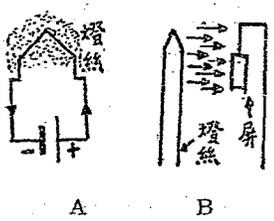


自從無線電裏應用了真空管 (Vacuum Tube) (第七十八圖是玻璃式真空管) 以後，無線電的進步，至足驚人。當1883年，美國大發明家愛迪生 (Edison) 氏，在試驗室裏，把一只燈泡，裏面加一金屬片，另外加一燈絲。在金屬片和燈絲之間，聯了一只測電表，當燈絲接着電，而同時把金屬片接着正電壓，測電表上指針即移動，表示有電流通過。假使把金屬片和負電相接，則指針就不動，此時燈泡內，表示沒有電流流動。在這種情形之下，燈泡內既屬真空而燈絲和金屬片，又不相聯接。則當然沒有相連的導體，則何以有電流從燈絲流到金屬片上去，在當時沒有方法說明，就稱做「愛迪生現象」(Edison Effect)。直到1889年，湯姆生 (Thompson) 氏方始用電子學說，解釋這種現象，是熱體放射電子的關係，因此真空管的理論，乃得確立。

我們在第二章電子學說裏，知道任何物質，是各種原子所形成。而原子裏，又經分析的結果，還有荷正電的陽核，和荷負電的電

子。而電子的行動，是環繞在陽核的周圍而運動着。同時因為異性相吸，同性相拒關係，此一個原子裏的電子，能為別一個比較大力原子裏的陽核所吸收；在兩個同性電子相遇，會相排斥而彈開去，一方面，在陽核周圍繞行的電子，他本身蓄有相當運動的能力，如在外面加點助力，他的運動速度加快。因為離心力的緣故，這種電子會軼出軌外，而脫離原子本身，於是成為放射原因。在七十九

第七十九圖



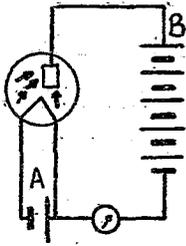
圖A上，把一根導線做燈絲，接到電池上，於是這燈絲的導體，就受着溫度，而蒸發似霧狀的電子，在他導線的周圍。假定另外用一塊金屬屏 (Plate) 上，接着正電壓，於是屏上的正電子，會因異性相吸的關係，從燈絲方面吸

收負電子。如圖B所示。因此，假定把燈絲和屏裝進在抽去空氣的玻璃管裏，就成了電子行動加速的情形。

(1) 二極管

利用了這種情形，在1896年佛來敏氏 (Fleming) 用愛迪生現象，發明了二極真空管 (Two Electrode Tube) 代表字為 (Diode)。我人既知物質燃燒到高溫度，就能散射電子。而又因為電子吸收的學說，因此在二極真空管裏如第七十九圖所示，把燈絲接了甲電池，再把屏接到乙電池，(燈絲普通用鎢絲 (Tungsten Wire) 製成。

德三 2.1V 1.75A 1.525
 6.3V 3A 1.25V 1.25



第八十圖

上面塗着可以放射電子的氧化物)。這種真空管裏的燈絲，接着甲電池的電壓時，燈絲就變熱而有電子射出，和一杯開水所蒸發的水蒸氣相像。這種電子蒸發的結果，就像圖第七十九A 的現象。於是由屏極正電子的吸收，因為屏極是接着正的高電壓，因吸收之故，電子走到屏極去。我們看第八十圖的情形，當電子飛到屏極時，因電子流動，就產生電流，於是圖中所接電流表的指針就移動，假使依前所述，把屏極接到乙電池的負極上，乙電池上的負電子，把燈絲上所蒸發的負電子排斥回去，電流表上的指針，也就停止。此時真空管裏就沒有電流。

電子在真空管裏行動，同時，跟着就有電流流動着。在實際上，電流的流動和電子的行動，是同向的。不過在歷來一般觀念上，電流的流動是和電子行動的方向相反。就是電子行動，由燈絲向屏極而電流流動，則從屏極向燈絲去。

(2) 塗鈾與塗氧化的燈絲

真空管因為要他蒸發多量電子，第一種方法，是在鎢絲上塗以鈾層(Thorium Layer)。在攝氏1500度時，他所蒸發的電子，可以較純鎢絲增多至130,000倍。一般新式真空管，都用塗鈾的燈絲，於是蒸發電子，異常靈敏。

塗鈦層的手續，通常在燈絲的表面，塗着鈦層，燈絲內部，再加着少量的鈦分佈着。電子完全從鈦層蒸發，而鎢絲的本身所加到的溫度，先散放電子到鈦層，再由鈦層發射出去。直到鈦層的原子蒸發淨盡，再由內部的鈦原子，移到外層，再繼續蒸發着，這樣可以見到純鎢絲，和塗鈦鎢絲蒸發電子的關係。

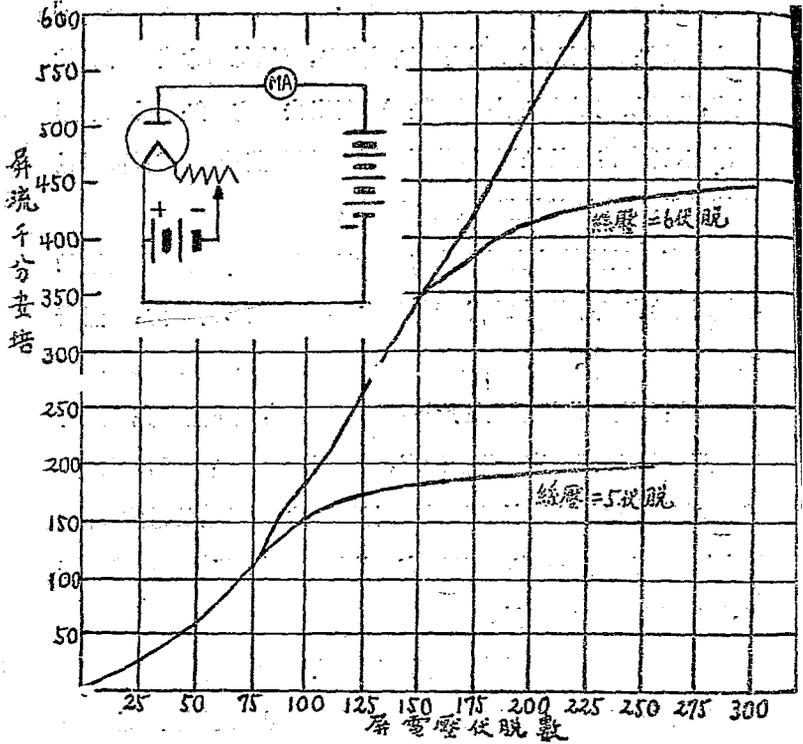
還有一種燈絲是塗以氧化物 (Oxide Coated) 如鋇鋇等。塗的手續，極爲複雜，而燈絲在塗着氧化物後，祇要加少許電力，其蒸發電子數就很可驚。

塗鈦和塗氧化物兩種的比較，塗鈦的表面，電子蒸發完後還可以用到內層。所謂真空管復活法者，就是利用內層鈦原子，再加蒸發。而塗有氧化物的燈絲，雖不能施行復活法，可是用的電力，却比塗有鈦層可以減少一半。而且塗有氧化物的燈絲，溫度可以減少許多，同時他的壽命也較長。

(3) 二極管的特性

第八十一圖裏一只小圖是一只二極真空管。屏極接到乙電正極，中間接着一只千分安倍電流表，用來指示電流的多少。燈絲極一端接甲電的正極，另一端則串接一只可變電阻，到甲電的負極，用來調節燈絲電壓的高低。甲電的正極，再和乙電的負極相接，大圖是一張二極管的特性曲線表。

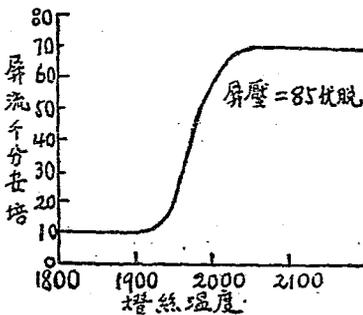
在曲線表上下面一根橫線，註明着燈絲電壓是5伏脫，而屏電



第八十一圖

壓是從零到300伏脫，如大圖所示。屏電壓的記數，在橫軸上，屏電流的記數，在縱軸上。當屏電壓在零時，屏電流也在零度。在屏電壓加到25伏脫時，此時的屏電流，也是25千分安培，如圖曲線所示。再看屏壓到75伏脫，此時屏流在150千分安培，這種屏流的昇高情

形，可以在圖A上電流表裏看得出。直到屏壓增加150到200伏脫時，依曲線所示，屏流再不能昇上去。這是因為屏壓雖盡量提高，可是絲極上的負電子，給屏上的正電子吸盡。即使加多屏電壓，燈絲上的負電子，再不能供給。所以屏流不再增加。這種現象，稱做「飽和」(Saturation)。直把燈絲用可變電阻，轉到6伏脫，於是屏電流再昇高如大圖中上一根橫線註明的6伏脫所示。當屏壓從125伏脫，加到200伏脫時，屏流從270千分安培，到410千分安培。過此以上，再把屏壓加高，屏流也不能再增加，於是在6伏脫燈絲電壓時，屏流復在飽和現象之下。在這種情形下，就可以看出依曲線所示，知屏電壓數量，與燈絲溫度的高低，如何影響到電流。



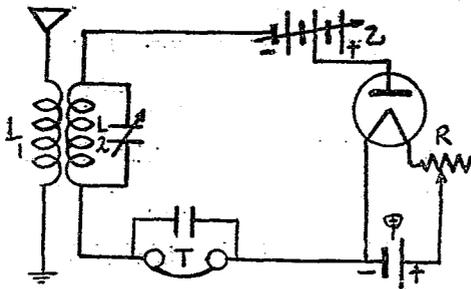
第八十二圖

假使把二極管裏的屏電壓，做成定值，如圖第八十二所示，則在變更絲極電壓，也就是變更燈絲溫度時。當燈絲溫度在1900度時，屏電流在10千分安培上，溫度再增加，屏流也增加，直至溫度到

2050度時，屏電流在70千分安培上，過此雖增加燈絲溫度，屏流再不能增加，這是因為屏電壓有定值，燈絲雖一再增加電壓，屏極上正電子，吸力已盡，結果燈絲上所放出的多量電子，既不給屏所吸

取，於是徘徊於屏和絲極之間，這種現象稱做「空間電荷」(Space Charge)。

(4) 二極管的檢波



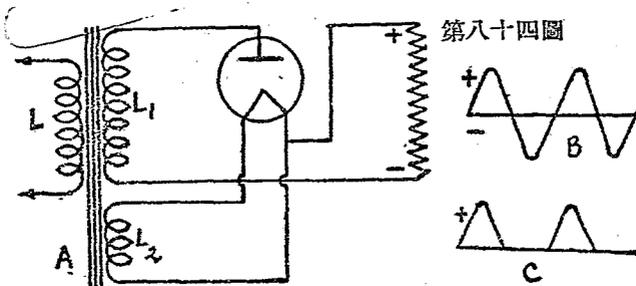
第八十三圖

第八十三圖是一隻二極真空管用作檢波 (Detector) 的線路， $L_1 L_2$ 是天線感應交連線圈，和 C 合成配諧電路， T 是聽筒，二極管

上屏極所接的是乙電而可以變量的。燈絲接的甲電和可變電阻串聯。當高週率電流經由天線再經 $L_1 L_2$ 到 C ，在正半週時，和乙電池的正電壓相加，屏流隨之變化而增加，在負半週時，和乙電池相減屏流因之低落，甚至可以到零度，這種情形，我們在二極管的特性曲線裏，可以看得出。(如八十一圖)一方面又可把乙電池變更數量，來增減屏流，結果在真空管裏，可以把外來高週率電流，檢成一半波形，就是截取正半週時的電波，而棄却負半週的電波，送到聽筒裏去。而聽筒依半波形的高低，發出聲音，二極管檢波到現在仍是利用着，像自動音量調節管，和第一檢波合併管，其檢波部分多數是用二極管擔任的。

(5) 二極管的整流

整流真空管 (Rectifier) 的意義，是把交流電流，整理成爲單向直流。收音機和發射機裏，所用的高壓電，都是直流電。爲了要節省用電起見，因電池式收音機，用電太貴。所以利用交流電，用整流的方法，變成直流。交流電既可由電燈公司或發電機來供給，所以一只收音機裏，是需要整流部份。

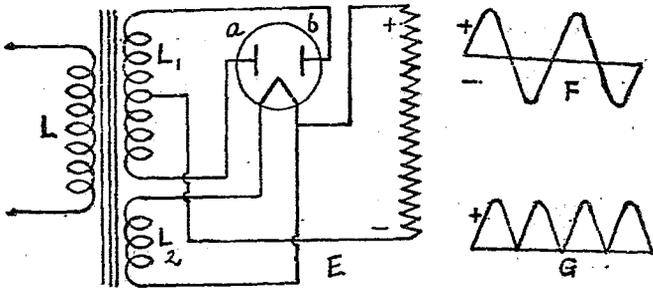


第八十四圖是一只半波整流圖， L 是初級線圈，用來輸入交流電壓， L_1 是次級圈之一，接到二極管的屏上，這個屏上所感應到的，是交流高電壓。 L_2 是另一次級圈，接到整流管的燈絲，他所感應到的，是交流低電壓。

我們知道交流電有正負二半週，如圖 B 所示。當正半週的電壓，輸進屏上時，屏就能吸收燈絲上的負電子，而產生屏流。當負半週時，電壓輸進屏上，屏上有負電，兩負相遇，相斥而不相吸，此時屏流不生，結果每正半週的電流，流向燈絲。這種經整流作用的電

流，從屏流向燈絲的方向，永遠是單向的。是祇能從屏流向燈絲的。於是從燈絲上，整流出的電壓，永遠是正電壓。經整流的結果，成為兩個正半週的顫動直流，如圖八十四C所示。至於燈絲本身所接 L_2 的低壓交流電，祇供負電子的放射，和整流成的正電壓，不相關涉。此點讀者應加特別認識，方不至混淆誤會。

第八十五圖



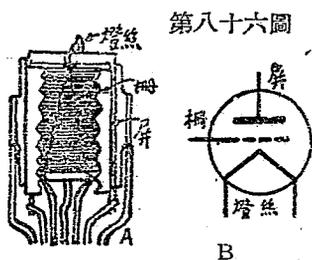
第八十五圖，是一只全波整流圖。一只真空管裏，裝置兩個屏。圖中L的兩個頭，接到管內的屏a和屏b。而另由 L_1 線圈的中間，抽出一個頭做中心分線，作為整流後的負極點。其餘是和第八十四圖同樣。當交流電的正半週，輸送至屏a時，燈絲上負電子，被他吸收而產生屏流，由單向式送到燈絲上去。此時屏b所得到的，是交流電的負半週。

當交流電在另一週時，此時的正半週，是輸進屏b，而屏a是負半週。於是屏b為正，能吸收燈絲上的負電子，也產生單向直流，送

到燈絲上去。於是燈絲上所受到的，從兩個屏上，都得到是正電壓，如圖G所示。因此當單屏所整流到的電流，是半波，稱做半波整流(Half Wave Rectifier)。兩個屏合成兩個半波，就成為全波，稱做全波整流(Full Wave Rectifier)。

(6) 三極真空管

在二極真空管裏，假使屏壓不變，把燈絲電壓逐漸增高，真空管裏成了空間電荷，因為負電子太多，電子就不易走到屏極去，而屏流低落，影響真空管的效率。為了減除這種缺點，因有三極真空管(Triode)的發明。三極管的形成，是多加一根柵極(Grid)，在真空

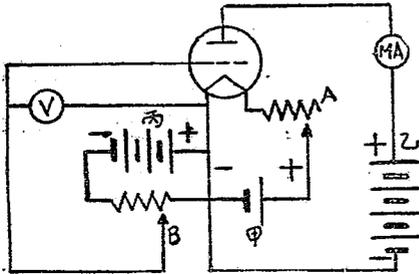


第八十六圖

管裏，如圖第八十六A所示。外面是屏極，裏面是燈絲，介於屏絲的中間是柵極。他是一種鋼質細絲，盤旋像籬笆，所以稱做柵。柵極的效用，可以控制屏流，因此又稱「控制柵極」(Control Grid)。真空

管裏有了「控制柵極」，可以在柵極上增減電壓，而無須再在屏和燈絲上，增減電壓。祇要在柵極上加少些電壓，屏流就得到極大的影響，也就影響到放大的效力。圖第八十六B是三極管的符號。

第八十七圖是一只三極真空管的接線圖，屏極和乙電的中間，是連接一只千分安培表，絲極串接一只可變電阻到甲電池，甲乙兩



第八十七圖

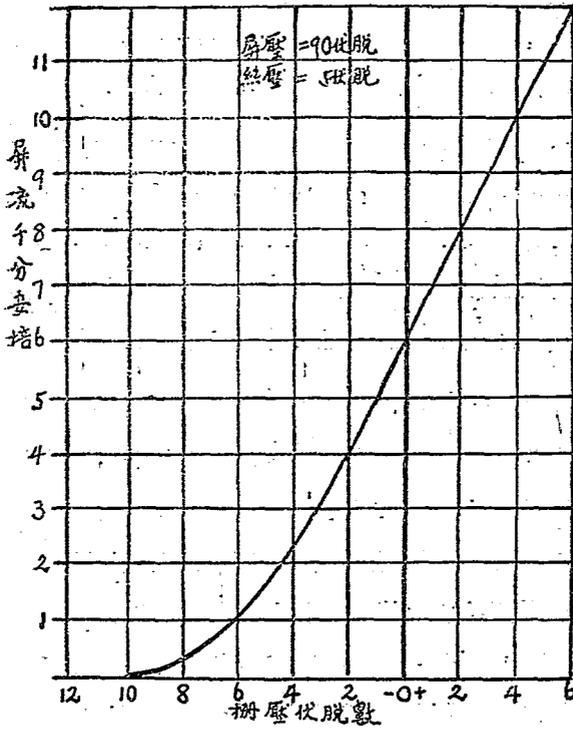
第八十七圖裏的丙電池，串聯電位器，箭頭是電位器上的滑桿，左右移動，可以增減丙電壓。增減的數量，在伏脫表V上，可以看得出，把丙電壓來增減，就是增減柵極上的電壓，影響屏流的高低，而圖中電流表上，就指出變化的情形。

當三極真空管的甲乙電接好後，然後燈絲受着溫度，就放射電子，而給屏極的正電子所吸收。而因負電子太多，屏極不及吸收，就產生空間電荷，真空管裏既多了空間電荷，燈絲裏所放射的電子，多給空間電荷所斥，不能飛至屏極，屏流就低落，此時就把丙電壓接在柵極上，假定柵電壓是正，柵極可以吸收電子，此時空間電荷減少。柵極既吸收電子，屏流就再增高。因為柵極吸了一部份電子，其餘的電子，可以穿越柵極而到屏極，因柵極本身是網狀所以能通過電子。假定柵極上所接的丙電是負壓，柵極上有負電子，結果空間電荷，較沒有柵極時更增，於是屏流越減，由減而零，實際上真空管柵極所用的電壓，都是負電。這是因為真空管的特性，是需要柵

電的負極相接。圖中丙電池的正極，接燈絲負極，串接一只電位器B再聯到真空管的柵極，柵和燈絲間，連着一只伏脫表。

極負電的加減，來控制屏流。

(7) 三極真空管的特性曲線



第八十八圖

我們看八十八圖的曲線表；橫坐標是代表柵電壓，縱坐標是代表屏流，由這張曲線表上所示，三極真空管的屏壓，是90伏脫，絲壓

是5伏脫，曲線表中一根粗線，是代表柵電壓在零度。由粗線向右行，是柵電壓正電的遞加數；由粗線向左行是柵電壓負電的遞加數。

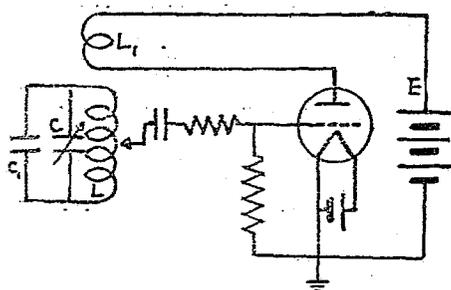
我們再看柵電壓在零度時，曲線和粗線相交點，自下而上在第六根橫線上，知道屏流是6個千分安倍，假使在柵極上加二伏脫的正電，加的方法，如第八十七圖，轉動電位器的滑桿，此時的屏流是8個千分安倍。同樣的增加4伏脫的柵電壓，屏流到10個千分安倍。6伏脫正壓，屏流昇到12個千份安倍，這種屏流的上昇，都可以在圖第八十七的電流表上指針指示出來。

我們再把柵電壓用到負電上去，就是把電位器轉到丙電壓的負方面，於是可以看出在2伏脫負電壓時，屏流低落到4個千分安倍；負電壓加到4伏脫，屏流低落到2.4的千分安倍，這樣的加下去，直加到10伏脫負壓，屏流就跌到零度。

從三極管的特性曲線表上，可以看出柵電壓的增減，影響到屏流增減的情形。從二極管的曲線，知道要增屏流必要加上大量的屏電壓，在第八十一圖裏，要增加50千分安倍，就要加上25伏脫屏電壓，而在第八十八圖的曲線表裏，祇要加少些柵電壓，屏流就上昇得很快。反之要他低落，就祇要加少些負壓，因柵極在真空管裏，既可以減少空間電荷，而同時又可以控制屏流的增減，做放大 (Amplifier) 作用，所以稱做控制柵極。

(8) 三極管用作振盪

我們在第五章無線電路裏，講到振盪情形，現在要把三極管來做振盪(Oscillation)放大，配就相當電路，可以發生和維持一種等幅



第八十九圖

波的交流振盪。第八十九圖三極管的屏路，接着感應量 L_1 和乙電池 E 。柵路裏配置感應量 L 儲電量 C ，和調整儲電器 C_1 ，當燈絲

加熱到適當溫度，發射電子，受屏極正電子的吸收，產生屏流；此時 L_1 上因屏流關係，發生自感應電壓，因之而生互感應至 L 線圈， L 上就生交流電壓，通至柵路，此時柵路受到交流電壓在正半週時，屏流上昇，成為放大作用；於是 L_1 的感應電壓愈大，而互感應到 L 也愈大。柵極的交流電，在下半週時，屏流下降，這樣的一來一往，就產生了振盪電流。同時還可以把儲電量 C 來調節。如果 E 的電源是維持不減，則振盪幅波也永遠是交流的高週率等幅波。

依上述情形，振盪電路的完成，和第五章裏所述的同樣。不過此處所述，是把三極真空管作振盪波幅的放大，而放大的能力，是由柵極去控制。振盪管的用途，在外差收音機是用作產生本地振盪

用的。而在發報機裏，則把三極管來做成高週率振盪電流，藉天線而發射到天空去，這兩種情形，以後再當詳細敘述。

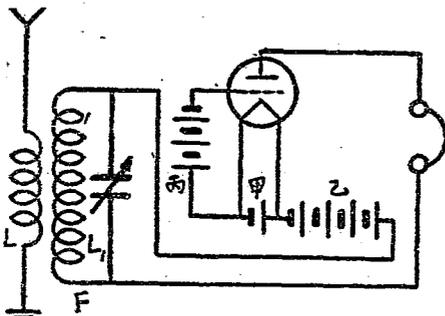
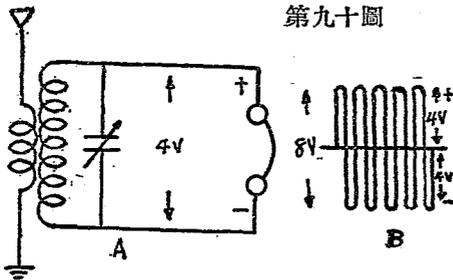
(9) 三極管的放大

真空管有各種工作的特性，可以用作放大振盪和檢波等。振盪情形已如上述。檢波管除二極管已有敘述外，三極管的檢波，待以後再為敘述。而關於放大的關係，每種真空管不同，因為真空管有許多種數，每一個種數，有牠放大的係數。何種可以用在何種特性的真空管，製造廠家是有規定。我們現在把放大係數 (Amplification Factor)，及真空管的放大作用，加以敘述。放大係數乃欲變動同樣屏流所需要的屏極電壓和柵極電壓的比例。譬如要使屏流由 20 千分安倍，增高到 50 千分安倍，我們須把屏極電壓由 30 伏脫增加至 70 伏脫 (柵壓不動)，換言之，即需要增加 40 伏脫的屏壓。但如屏極仍保持 30 伏脫，我們把柵壓由零而增至正 5 伏脫，同樣的屏流也可由 20 千分安倍而升高到 50 千分安倍。因此知道在柵壓上增加 5 伏脫的效力，等於在屏壓上增加 40 伏脫的效力。把 40 伏脫和 5 伏脫相比，我們即知道這只真空管的放大係數是 8。放大係數的符號是 μ ，單位是 MHO。

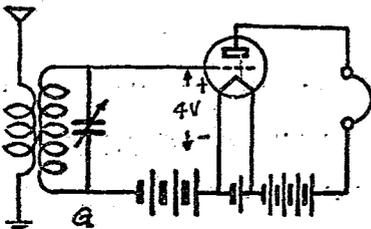
我們假定在第九十圖 A 裏，不用真空管做檢波，當收到外來高週率交流電波時，經過感應線圈和儲電量交連做調節，所配諧到的電波，直接輸送到聽筒裏去。假定聽筒的總阻，是 4000 歐姆，而外

來的交流電波，在正半波時，是4伏脫，在負半波時也是4伏脫，如圖B的情形。於是聽筒裏的情形，依歐姆定律即 $I = \frac{E}{Z} = \frac{4}{4000} = .001$ 安倍 = 1個千分安倍。

第九十圖

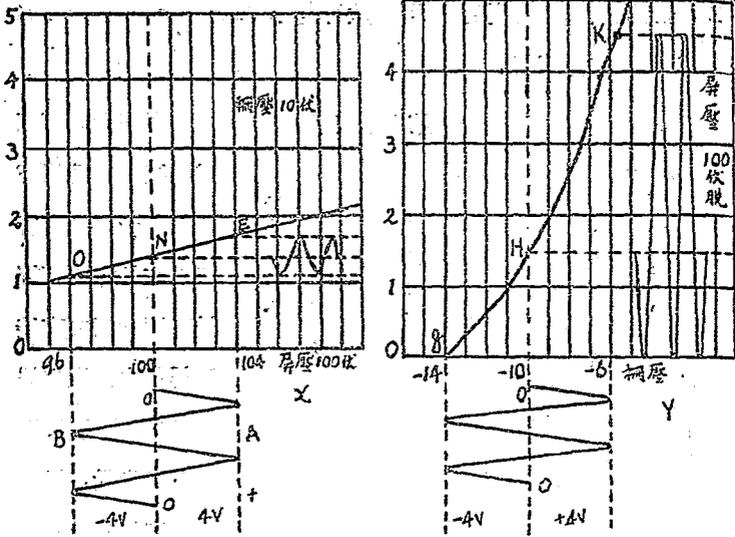


第九十圖



現在我們不用這種接法，而用 F 圖加接一只真空管把外來的電波，經過感應配諧而直接到屏路去，假定屏壓是100伏脫，柵壓是-10伏脫，(燈絲在規定數) 外來的電波在正半週是 4 伏脫，和屏壓相加是104伏脫，在負半週時，是100-4，等於96伏脫。因之屏的變化在96 到 104 伏脫之間。這種外來電波影響到屏流

第九十一圖



在九十一圖X曲線裏，當柵壓在10伏脫時，電路裏未收到外來的電波，而屏壓是100伏脫，此時的屏流是在N點上，為1.1千分安倍。當電路裏收到外來電波時，電波曲線由O—O畫出，假定電波曲線在負半週，-4伏脫；如圖上B點，則屏電壓100-4是96伏脫，依曲綫的投影，知道屏流1.1千分安倍在圖中的O點上。假定電波在正半週時，屏壓為104伏脫，屏電流在E點上，是1.7千分安倍。因此在聽筒的電流變化，是1.7-1.1=.6千分安倍。依這張曲線，柵極影響到屏流，如圖X上正弦曲線E和O的變化，祇得到極小的屏流。依這種F圖的

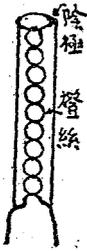
接法，雖然有一只真空管放置在線路裏，所得的結果，較沒有真空管而用聽筒時所得的効力減小，這是因為F圖的接法，是不合規定。

第九十圖G所示的接法，把配諧電路的感應線圈和儲電器直接接至柵路，此時屏電壓，仍為100伏脫，施於柵壓仍是一10伏脫。我們看到第九十一圖的Y線上，當外來電訊是正半週4伏脫時，柵壓 $-10+4=-6$ 伏脫，在負半週時，柵壓 $-10+(-4)$ ，等於-14伏脫。就是柵壓從-6到-14伏脫的變化，也就是J到K的曲線。而屏流可以從零到4.5千分安倍。電流既加，聽筒的發聲當然也加響。在這裏可以知道，當一張合乎規定的線路，而用真空管時，他放大的能力和不用真空管時要好得多。

每只真空管依其構造，有不同的放大係數，如27號真空管的放大係數是9，而6c6號真空管的放大係數是500，這兩種放大係數的相差很大，因為一是老式真空管，一是新式的進步真空管，於是可知真空管關係無線電是何等的重要。

(10) 傍熱式三極管(陰極管)

在用交流電收音機裏的真空管，燈絲部份的燃燒，是交流電源供給的。可是放射電子的任務，却不是燈絲本身，而是加於燈絲外身的「陰極」(Cathode)。這就是間接加熱法 (Indirectly Heated)，又稱傍熱式。而祇用燈絲直接放射電子的，稱做「直接加熱法」(Directly Heated)。直接由燈絲放射電子，他的電源都由乾電或蓄



電池供給。陰極管的用法，如圖九十二所示，中間是燈絲，外面所包的是一個薄的金屬管，塗着能放射電子的物質。燈絲仍是用鎢絲製成，而在相當溫度下，可以傳給熱力至陰極管，而陰極管受熱之後，即由彼任放射電子的任務，因此有陰極管的燈絲，稱做「傳熱者」(Heater)。

第九十二圖 這種真空管，大都應用在交流電收音機裏，因為用乾電和蓄電池，於經濟方面，覺得太費。在城市鄉鎮，如果有了電燈，祇要利用電燈電來供給收音機上的電源，豈非又廉又省事。所以在設計交流收音機時，用在交流機上的真空管，也應注意的一件事。尋常在直接加熱式真空管，用在交流收音機裏，每聽到一種惹人厭煩的營營聲(Hum)，這種是用交流電的交流聲。因為交流電的出發，成爲一正一負的正弦波曲線，不是像乾電和蓄電池是平直的電壓，所以在聽交流收音機時，播音節目，常挾營營聲以俱來，甚至播音節目，爲其所掩，這種不良情形要避免他，因此，陰極真空管是



第九十三圖

適應這種需要而產生的。陰極管既受了傳熱者(Heater)所供給的熱力，於是電力可以均勻分佈，陰極管上的營營聲就不會產生。第九十三圖是有陰極的三極真空管，在燈絲上面有一根陰極的符號。而真空管內各部的關係，都由陰極去

如此。當真空管屏極吸收燈絲電子時，如果屏極電阻 (Plate Resistance) 增加，則電流降低。屏電阻的意義是依屏壓伏脫數的變更，而所得屏流數變更的結果。

譬如現有一真空管，他的屏壓是90伏，而柵電負壓是4伏脫，假定將屏壓增加至105伏脫，此時屏流為3.68千分安培。如果將屏壓減至75伏脫，則屏流低落至1.26千分安培。結果，屏壓的變動，是105—75=30伏脫，而屏流的變動是3.68—1.26=2.42千分安培。所以如把2.42千安培去除30伏脫，所得的就是屏極電阻為12,400歐姆。

(12) 真空管的互導

真空管特性上，尚有一重要點，就是互導 (Mutual Conductance)。本章所述，前者有放大係數的求法，後者有屏極電阻的求法，而此節所述，則由放大係數和屏極電阻裏，可以求出互導。互導的單位是摩 (Mho)，通常所用者如兆分摩 (Micro Mho)。茲列公式如下：

$$G_m = \frac{\mu \times 1,000,000}{R_p}$$

公式裏的 G_m = 互導，單位兆分摩

μ = 放大係數

R_p = 屏極電阻，單位歐姆

所以假定屏極電阻是12,400歐姆，而放大係數是8，於是

$$G_m = \frac{8 \times 1,000,000}{12,400} = 645 \text{ 兆分摩 (約數)}$$

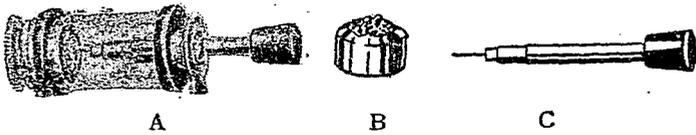
(13) 三極真空管的檢波

三極真空管除了可以做放大，振盪作用外，還有檢波的能力。關於檢波的情形，在本章第四節二極管檢波裏，有相當敘述。不過用二極管作獨立的檢波，事實上可以說已無人採用，現在所用的，大都是二種真空管裝置在一個管裏，用作「自動音量控制」和「第二檢波」等，即所謂雙生管，將於後幾節加以敘述。所以真空管用獨立的檢波，都採用三極管以至四極五極管等。於我們明瞭了三極管的檢波情形以後，同樣地可以明瞭四極管五極管的檢波。不過未講三極管檢波以前，還有一種礦石檢波先作一敘述，因為礦石機的裝置，在最初步無線電實驗上，是可以引起研究無線電者，極大興趣的。

(甲) 礦石檢波

無線電收音機，用最經濟最易製造的方法，要推礦石式收音機。如果用已經製成的礦石，和配好的觸針，如九十五圖A所示，裝

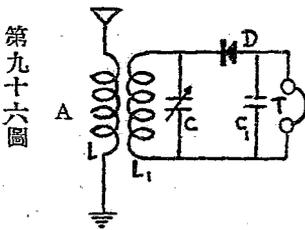
第九十五圖



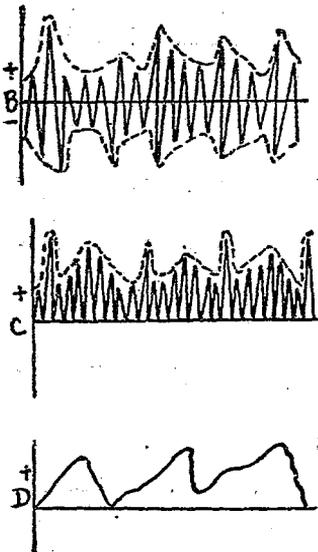
置更見便利。一套礦石的裝置，就是利用圖B和C合成。礦石的質料，有黃銅礦，方鉛礦等，取其單向通過電流的特性。而我國藥材店

裏出買的自然銅，也可以做礦石用。

礦石的所以能用作檢波，是因為電流通過礦石時，祇有一個方向可以通過去，故能截去另一方向的電流，而成爲單一方向的半波流。換句話說，就是檢取半個電波，所以稱做檢波(Detection)。



第九十六圖A 是礦石檢波的線路圖，L 是天線， L_1 是天線的次級感應圈，C 是變量儲電器，用來和 L_1 做配諧調節用。D 是礦石，其上的箭頭，是代表觸針，T 是聽筒(Earphone)。C₁ 是枝路儲電器，當無線電高週交流電波，由天線收入時，從 L 感應到 L_1 ，再到 C 成爲振盪電波，由 C 來變量，配成諧振點，此時電波的現象，成爲圖 B 的情形。當這種電波通過礦石，在正半週時，因為礦石上的特性，對於這個方向的電流的阻力小，所以容易通過，而在負半週時，阻力大，因不易通過而被牠截失，於是電流通過礦石，成爲如圖 C 的情

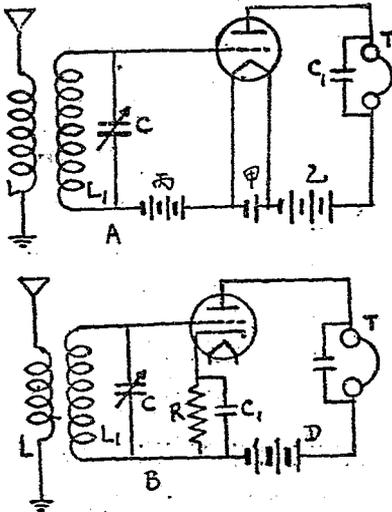


形，因此我們稱檢波的動作，是單方向的行動，而聽筒 T 所收到的高低不同的電波，就是圖D所示，

礦石收音機的缺點，是由於靈敏度不高，接收電波的範圍狹小，通常限於一個城市裏。不過如有強力的電台，在較遠的地點，還能收得到。還有一個缺點，就是無選擇性，所以往往幾家播音台所發出的電波，同時收進來。此外因為礦石沒有像真空管樣的放大能力，所以只能用聽筒來收聽，而不能用喇叭。

無線電既是一種科學，而他的前程無限，所以在小學校裏肄讀

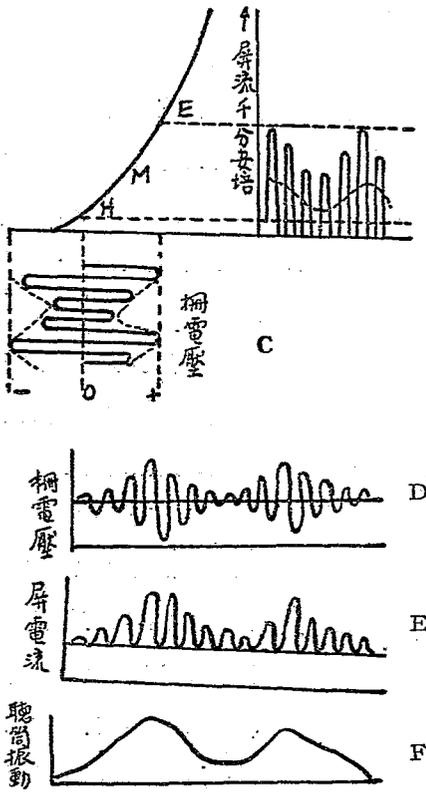
第九十七圖



的兒童，最好訓練這種前進的無線電科學，訓練最容易入手的方法，是把礦石機的裝置，來教給兒童，既容易引起兒童的興趣，又可以自幼即培養研究科學的基礎，這是辦理小學教育的人們，所應特別注意的。

(乙) 屏極檢波

在礦石檢波外，一般初裝置收音機的，用真空管來收音，初



第九十八圖

步的裝置，當然是用三極真空管來做檢波。再推到複雜的真空管。屏檢波實際上就是柵電壓的變換，也就是丙負電壓電阻的變換。(Grid C Bias)。第九十七圖A，是用丙電池供給柵壓的屏檢波電路。在燈絲的甲電池負極接到丙電壓的正極，而丙電壓的負極，接到C的動片經過感應圈L₁，再到柵極去。

丙電池接好，於是依圖A的情形，當外來電訊未收進前，真空管的屏和燈絲，因吸收電

子而產生屏流，再由丙電壓經由柵極，而控制屏流，成爲一種穩定屏流。此時假定外來電訊，經過天線或感應交連，和L₁C的配諧電路，而到真空管的柵極，於是外來的交流電訊，和本來的穩定屏

流相合。但是因為外來高週率的交流電，有時在正半週，有時在負半週；換句話講，是忽上忽下的。我們看圖C上柵電壓曲線，在上半週時，垂直線到屏流曲線的E。當兩種電流相合，而柵壓在零時，垂直線在M點上。在負壓時，垂直線在H點。這種因正負變化，而影響屏流，如圖C HME點的情形。像這種情形，依特性曲線所表示，就可以看見，外來電路輸入柵極，和直接輸入屏路的分別。

依上述情形，屏檢波的意義，是在截取半個電波。成單向性，而作放大。他所以能截取半個波長，而放大屏流時，是因為增加柵電壓到負半週時，可以使屏流在零點，如圖E所示。而外來柵壓的變化，如圖D所示，結果在圖A聽筒T裏，所收到振動的聲音，如圖F所示所檢得的電波。

圖B的電路，實際上和A一樣，不過一則用丙電壓，一則用負壓降的電阻R來得到規定數，輸送到柵極去。關於負電阻的降壓，當電子被屏極吸收產生屏流時，屏流流向是從屏到陰極；所以電阻R在接連乙電負極一端所得的降壓，根據歐姆定律 $I \times R = E$ 是負電壓。

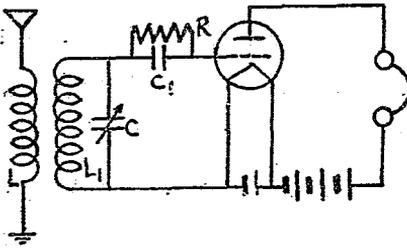
在一般的交流機上，所用的丙電壓，大都用丙電阻來代替丙電池，因其便利而價廉。至其作用，和上述的用丙電池是完全同樣的。

(丙)柵極檢波

三極真空管檢波的另一種方法，是柵極檢波。他的配置如圖九十九A所示。在真空管柵的前面，放置一只儲電器C，稱做「柵儲電

器」(Grid Condenser)，其上跨接一只電阻 R ，稱做「柵漏電阻」(Grid Leak Resistance)。其他的情形，和屏檢波一樣，不過少一只

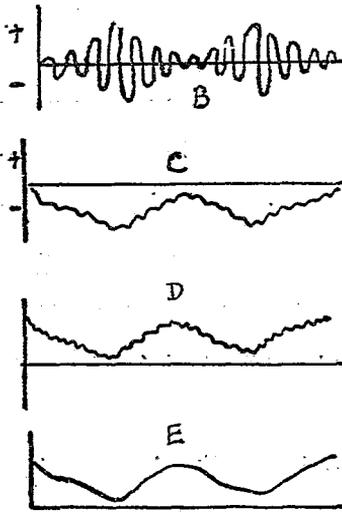
第九十九圖 A



丙電池或丙電阻。

在真空管屏極吸收燈絲電子，產生屏流，此時外來的電訊經由天線和配諸電路，而輸入如圖B 的情形，有正負兩

半週。但是此時的柵路上的儲電器，因為交流可以通過其上而到柵



極。所以當柵極荷正電壓時，柵極就能向燈絲吸收一部份電子而產生柵電流。但是因 C_1 的阻擋，因為直流電不能通過儲電器，柵極的迴路不通，所以柵電流不能由 C_1 向外流去；同時此時要注意的，柵極上因為沒有丙電池的連接，所以他本身沒有電壓；因此在下半週電訊流到柵極時，他本身因為在正半週時的電子，尚沒有流去，於是

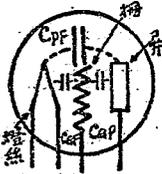
再加上了外來負電子，結果隨積隨多，這樣的幾週變換着，影響到屏流的低落，這是在前幾章裏已經詳加說明。但是這種屏流的減低，並不是壞現象，因為也可以使聽筒的薄膜，隨着屏流減低的高下；而發生振動，正和增加屏流時可以振動聽筒同樣的情形。不過假定這種電子永遠積着不去，結果屏流等於零度，而不再成爲檢波，所以在柵儲電器上，跨接一只電阻，這種電阻的作用，是作担任漏去電子的工作。當柵漏電阻加上去時，電子就慢慢地經柵漏流出去。所以外來的電訊，把電子積聚在柵極上，却由柵漏流出去，如圖C的情形。而屏流也時時變化着，如圖D的情形，而聽筒所得振動的情形，如圖E所示。於是檢波的工作也就完成。

在這種情形下，柵儲電器和柵漏電阻，是立於相反的地位。我們利用這種相反的關係，來做檢波的工作，而這種檢波方法，經實驗的結果，效力是異常良好，所以曾經普遍地採用着，而尤其在裝置一燈機二燈機，爲最普遍，因爲省費而收效宏。

柵儲電器的容量，普通常在.00025MF，而柵漏電阻是在2Meg和3-Meg方面；柵漏要大值的關係，是因爲可以阻止高週率的電訊經過而發生電壓降，影響檢波，而把他直接由柵儲電器上，感應過去。至於柵儲電器的容量，也是要適當配置，容量過小，則迴阻大，要減少柵極的電壓，容量過大，是需要大量電荷去充電和放電，也會使振盪變化，而影響檢波工作。

(14) 四極真空管

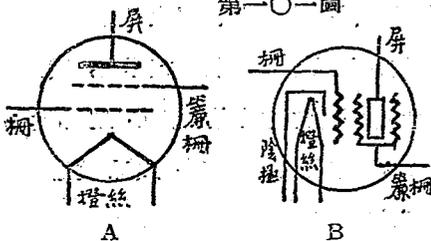
我們在儲電器一節裏，知道二個導片的中間，隔以絕緣體，如空氣雲母等；而把二導片接了電，於是因絕緣體裏有誘電體(Dielectric)，儲電器本身，就荷着電量。像這種儲電量，也可以發生在三



第一〇〇圖

極真空管裏，如圖第一〇〇的情形，在燈絲和柵極間，有無形的儲電器如虛線點所示的 C_{GF} ；而柵極和屏極間，同樣有 C_{GP} ，還有燈絲和屏間有 C_{PF} 儲電量存在。同時我們知道一只儲器電的儲電週阻，和週率成反比，週率高則週阻低，而週率低則週阻高。現在這只三極真空管裏高週率電流通過時，燈絲和柵，柵和屏，再在燈絲和屏間，既有儲電量，也有些微週阻存在。因此一部份的電流，不能運用自如，而真空管本身的控制力，不能如構造時本意的運用。其間最大的弊害，是在屏柵間有了儲電量的關係，當屏流在輸出時，很容易回授到柵路去，容易造成振盪電流，和嘶叫的雜聲。爲了這種不良的原因，於是四極管

第一〇一圖



(Tetrode) 就發明出來。

四極管的組織，是在柵和屏間，另加一個極，稱做「簾柵」

(Screen Grid)。如第一〇一圖所示。圖A 是沒有陰極的，可以用在電池式的收音機上。圖B 是有陰極的，用在交流電收音機上。簾柵極的作用，是把屏和柵路間的儲電量，平分爲二，而且成爲串聯儲電器，儲電器改成串聯，儲電量就大減，於是回授作用可以減除。

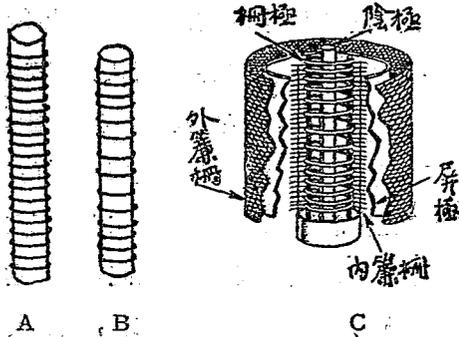
還有個重要點，在三極真空管裏，柵極是多接在負電上的，所以屏和柵極之間，還是多着空間電荷，影響真空管的工作。現在把簾柵極放置於屏和柵極之間，把簾柵極接着正電壓，既可吸收空間電荷，而屏流的增加，可以極小，於是真空管放大工作，就大見效力。一方面柵極控制屏流，也增加了不少的能力，所以簾柵管的發明，是真空管史上一個大進步。

(15) 特種控制四極管

在三極真空管特性和放大係數節裏，知道柵電壓對於屏流的影響，以及兩種不同線路的接法。因柵壓的多少，而成爲放大係數的比例情形。在四極管裏，爲了補救設計收音機時，所容易遇到「失真」(Distortion) 狀態，和夾雜 (Cross Talk) 等弊病，於是另外發明一種「可變放大係數簾柵管」(Variable μ Screen Grid Tube)，又稱做「特種控制高週率放大管」(Super Control R. F. A. Tube) 這種真空管，於柵極部份作特種構造，以形成特種控制於無線電上。

在普通簾柵管（即四極管）的控制柵極，他本身用鎢絲所繞

第一〇二圖



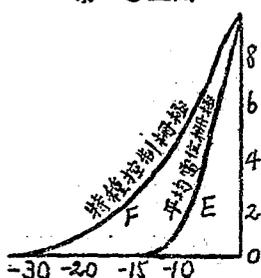
成的線，是用螺旋式自頭至尾均勻地繞成一個圓網形，如圖第一〇二A所示，於是當柵電壓加在柵極上，而控制屏流時，也是均勻地控制着。結果

負電加多，屏流易成零值。

在特種控制簾柵管裏，柵極部份的構造，和圖 A 不同。他在用鎢絲繞製時，上下兩端是用密繞，中間却疎疎的繞着，如圖 B 所示，也就是圖 C 所示。在圖 C 上，最中間的是陰極，陰極的外面是柵極，上下兩端密而中間疎。在柵極的外圍，是內簾柵，再外是屏，而圍於屏外的是外簾柵。依這種柵極的構造，當電子穿過柵極中間部份的多，而在上下部份的少。因為柵極上接有負電壓，陰極上的電子飛到屏極時，柵極上下兩端因密而負電多，同性相斥，不易給屏極所吸收；在中間疏處，電子被斥的少，而容易通過到屏極，結果上下兩端的屏流，易成零值，中間部份就有伸縮餘地了。

第一〇三圖所示，是特種控制簾柵管的特性曲線，橫軸代表柵壓，縱軸代表屏流，曲線 E 代表柵極平均繞製的構造特性，曲線 F

第一〇三圖



代表特種簾柵極的構造特性。依此種曲線所示，在用平均地位柵極的四極管，在柵壓 -15 伏脫時，屏極電流已到零值，而用特種控制四極管時，則柵極電壓直加到 -30 伏脫，屏流方纔截為零點。

綜上所述，我們知道兩種四極管的不同點，是在於柵極不同的構造，因之而影響到屏流的增減，和放大係數的比例。

這種特製真空管的號數，是24和35(真空管有各種號數，而特性也各不同)。通常都作高週波放大管用，當外來電訊(Signal)，除了柵極本身有相當負電壓外，在強力而也在下半週負壓時，屏流容易低落，利用柵極中間部份，可以使屏流加多。當外來電訊微弱，在下半週負電減少時，屏流增高。利用上下兩端部份，可使屏流稍稍減低。於是設計收音機，就便利而有迴旋餘地，而失真和夾雜等弊病，也可以相當的避免。

(16)五極真空管

在三極真空管裏，因為有儲電量和空間電荷的弊病，要把他避免。所以有四極管的發明。不過四極管也不能稱為無缺點，於是五極管就應運而生。

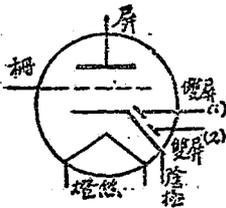
結果從屏極倒射回來的電子，由抑制極仍舊彈回屏極，因此屏流仍舊增加，而二次放射的不良現象，在五極管裏就不再發生。

二次放射的弊病免除後，五極管成立了兩大特點，在強力輸出方面，因為抑制極的關係，可以使屏流增加，此種強力管的號數是33, 38, 47 和 2A5等，在高週率放大方面，因了抑制極，可以得到高電壓的放大，當屏壓在適中時，換句話說，即使屏壓不高，也可得到極有效力的放大。這種代表真空管的號數是34和77等。此外還有可以得到特種控制的利益，在變動抑制極的負電壓時，像57和58真空管等。

(17) 二極三極雙生管

真空管的極數，逐漸的增加，是為了補救不良的弊病，所以有不斷的創造，上面所講增加的極數，大致已盡於此。本節所述是雙生真空管，為增加靈敏度，和節省電力，同時還可減少製造成本，所以有雙生管的產生。

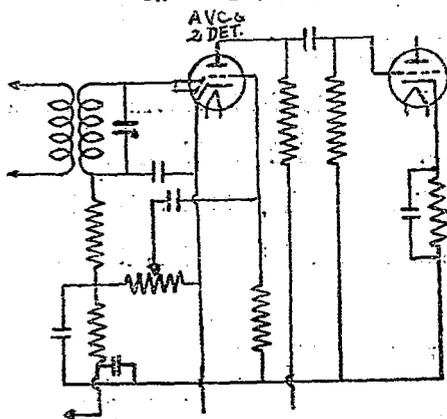
第一〇五圖



雙生管的製造，是把兩只不同構造的單真空管，併製在一真空管裏，第一〇五圖是一只二極三極雙生管 (Duplex-Diode-Triode) 的符號。其中陰極是公用的，在二極管方面，是雙屏一，雙屏二，和一個陰極；而三極管則一個屏極，一個柵

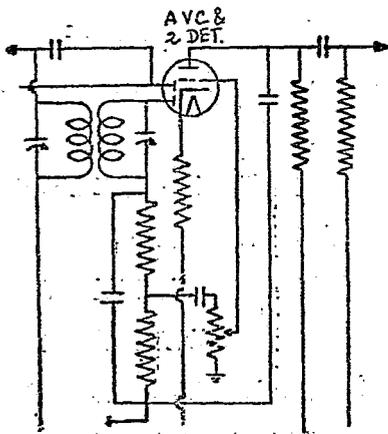
極，陰極是公用。因此一只二極三極雙生管，他本身既有二極管的作用，也有三極管的力量，而彼此的責任，又各自獨立。我們根據前

第一〇六圖



幾節所述，二極三極真空管的特性，二極管可以用作整流，也可用作檢波，同樣可以整成單向性電流。三極管部份是做放大工作。這種雙生管通常是用作「自動音量調節」(Automatic Volume Control)。現在把兩種不同整流情形，用圖說明如下：

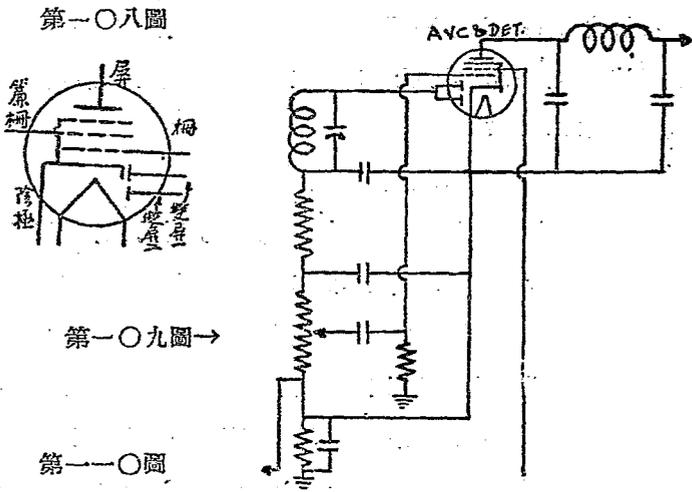
第一〇七圖



第一〇六圖，是雙屏以半波作整流的線路圖；第一〇七圖是雙屏以全波作整流的線路圖，都是二極三極雙生管。依此

種線路情形，是自動音量調節和第二檢波合用。自動音量調節和第二檢波的意義，在後幾章裏，作詳細敘述，這種真空管的號數是55, 75等。

(18) 二極五極雙生管



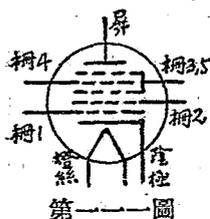
在二極三極雙生管外，還有二極五極雙生管 (Duplex-Diode-Pentode)。如第一〇八圖符號所示。圖中雙屏部份是二個屏，和陰極發生電子相吸作用。其餘是五極管部份，是和前節五極管部份

同樣。在這種合併管裏，每管也是合用一個陰極而又是各有自己的職務。其功用和上節雙生管同樣可以做自動音量調節和第二檢波。不過前者是用三極管放大，而這裏是用五極管作放大。

第一〇九和一一〇圖，是二種五極雙生管，用作自動音量調節和第二檢波用的情形。圖一〇九是雙屏作半波整流。圖一一〇是全波整流。五極管部份也和上節所述三極管同樣做放大用。這種真空管號數是2B7, 6B7。

(19) 五極變換週率管

在外差式收音機裏，有一個局部振盪週率。稱為「本地振盪」(Local Oscillator)。這種振盪週率由真空管加以放大。然後，把這種振盪週率輸送到檢波管去，與外來電波，互相混合產生差波。這種情形，待在外差式收音機線路節裏，再詳加敘述。這裏所要說的，是普通外差式收音機，必定有一只真空管做檢波，一只做振盪，而現在新發明的一只五極變換週率管 (Frequency Converter Pentagrid) 是振盪和檢波放大合併在一個真空管裏，再由這只真空管去

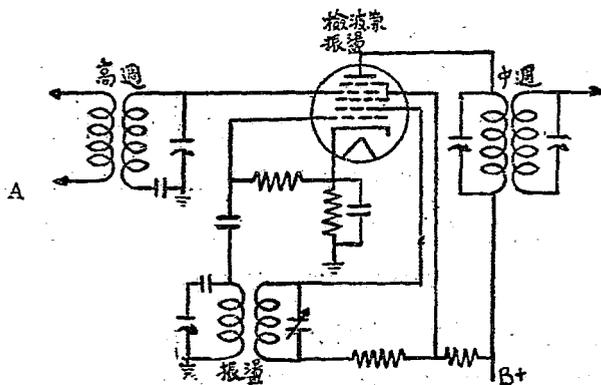


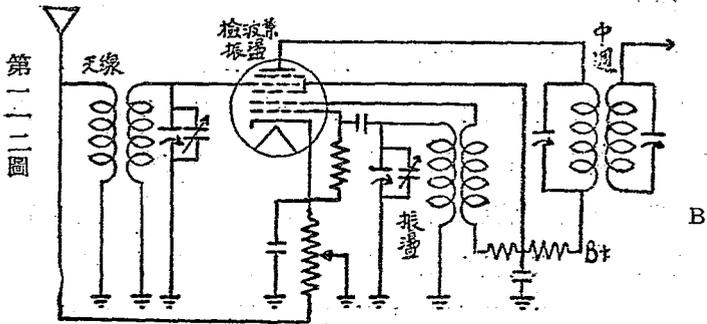
變換週率。因此這只真空管本身既有振盪放大的使命，又具有檢波放大的任務。依第一一一圖所示，柵1柵2和陰極是一只振盪管。柵3, 5柵4和屏極再加陰極，是用作檢波。振盪管的柵1，是等於平常三極真空管的柵極，而柵2

是用作屏極。因為他是接到正電壓的。他所以要用柵而不用屏。是因為用柵的構造，陰極的電子。仍可經由柵2飛到柵3, 5和屏上去。假定柵2用屏的構造。電子就不能飛到檢波管的屏極和簾柵極上去，柵2既接正電壓，合陰極柵1就成爲一只三極真空管。

像這種特性和構造，在外差式收音機裏，採用這種真空管，靈敏度可以增加，又可減少其他連接另一振盪管的材料，成本減輕，佔地又少，這就是他的特點。至於柵4的作用，是等於控制柵極；柵3, 5是等於簾柵極，而其所以能變換週率之故，是由於本地振盪的某種週率，輸送到檢波管裏來時，再加外來高週率電流混合在一管裏，同樣地加以放大，再用差波的方法，差出一種週率來。就變換成中間週率。因此就稱做週率變換管，這種真空管的號數是2A7, 6A7等。

第一一二圖

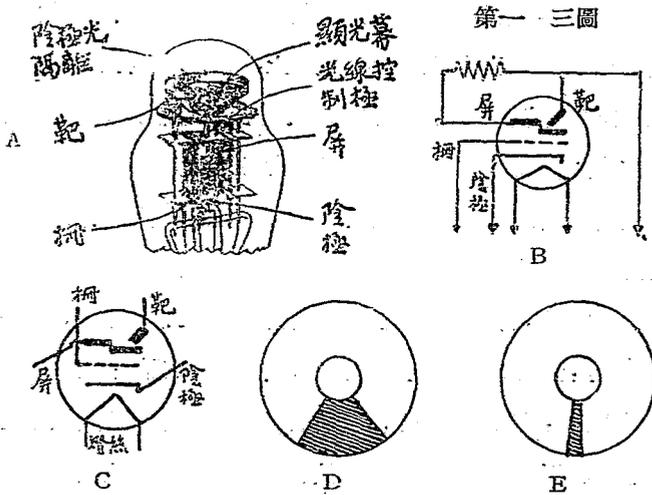




第一一二圖 A和B 都是這種真空管的接線圖。在圖A裏，外來高週率電訊，經高週率線圈，而到真空管，成檢波作用。再由本地振盪圈，配成的振盪週率，輸進同管裏，作振盪放大。經相互混合而成差波，再到中間週率線圈，圖 B是同樣的情形。不過圖 A 的外來電訊，經由高週率線圈而來，而圖B 却直接由天線線圈輸入。

(20) 電子光示管

還有一種構造很巧妙的真空管，非但在外觀上，覺得很美麗闊目，使人愛好，同時可作為調整音量的一種指示器，叫做「電子光示管」(Electron Ray Indication Tube)。這種真空管通常裝在「刻度盤」(Dial)的上面。他的頭部是透出在機箱面板外的，可以直接看出真空管顯光幕的大小，來決定調整音量是否在諧振點上，所以又稱做電眼，其外形和內部組織如圖一一三A 所示，在普通三極管的組織，包括陰極，柵極屏極外，還有控制光線極 (Ray Control Elec-

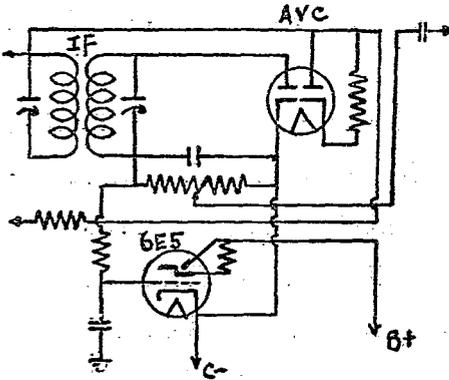


trode), 電靶 (Target), 陰極電光隔離 (Cathode Light Shield), 和顯光幕 (Fluorescent Coating) 四種, 不過他雖有許多組織, 但是和收音機發生直接關係的, 祇如第一一三圖 C 所示, 是六脚燈座所示的部份。

在三極管的原有組織外, 加上一個電靶, 如第一一三圖 B 裏的符號, 也和圖 C 一樣的情形。因之可以知道, 除了此四種組織外, 燈絲祇擔任傳熱任務, 其他幾種, 是和電靶有連帶關係的。

電眼的工作, 當管內陰極產生電子時, 給荷着乙正電壓電子所吸收, 而靶和屏間, 串聯一只電阻, 當柵極控制屏流的負壓減少時, 屏流增加, 於是屏流經由電阻 R 產生電壓降, 如圖一一三 B。於是

「控制光線極」到電靶的電壓也降低，顯光幕上的影子角度就放大，顯光幕上所以能顯出影子，是因為電靶上，塗有顯光物質，當陰極的電子，撞到顯光幕上時，便會顯出影子來。至於顯光的面積，是由「控制光線極」來加以控制，這種角度放大在九十度時 (90Degree)，是表示收音機未和外來電訊相諧振，如圖一一三D 所示。迨逐漸調整到諧振點時，影子會逐漸縮小，換句話說，假定柵極的負壓增高，屏流減少，電阻R 降壓也小，此時「控制光線極」的電壓增高，影子角度會縮小，如圖 113 E 所示，而此時的音量，是配諧到最佳點，影子可以到零度，此時收音機喇叭裏所放出的音調，就更顯得異常悅耳。這種由柵極負壓的增減來影響控制光線極到顯光幕，都是和自動音量調節的線路相關。圖一一四是自動音量調節，和電眼真空管相連的線路圖。 第一一四圖



第一一五圖

(21) 金屬真空管

根據以上的敘述，可以窺見玻璃式真空管進步的跡象，由簡單到複雜，由普通效率到驚人效率。但是玻璃式真空管，雖在不絕進步中，另一面，還有金屬真空管(Metal Tube)的發明，來供無線電界的採用，見一一五圖。

美國奇異 (GE) 公司，發明了金屬真空管後，非但在無線電真空管史上，另開一新紀元，而一般玻璃真空管製造商也遇了一個大勁敵，因為奇異公司有製造專利權的。

金屬真空管的優點是在形式小巧，堅固耐用。而外壳是用金屬的銅質，形成一種電罩；一方面因為管身小，所以內部各極間的導線減輕，因之極與極間的儲電量也減低，而且金屬真空管的散熱性，又比較容易。

金屬管內部的構造與玻璃管沒有大的差異，祇要明瞭每種金屬管的特性，就可以同樣認識無線電路的組織，和真空管的關係。普通玻璃管用在高週率放大時，要加一只隔離罩 (Shield)，而金屬管則本身已經構成一個隔離罩，和地相接，無須另加一只隔離罩。

在金屬管出世後，一般真空管的製造商，因為專利權的關係，故製一種玻璃式的金屬真空管。(Glass Type Metal Tube)內部的特性和插腳，都和金屬式的相同，不過外壳仍是用玻璃。所以就在金屬真空管的號數後面附加着一個G字。譬如金屬式是6K7，那玻

璃式是6K7G,實際上,如果我們說玻璃金屬式真空管,是玻璃和金屬的過渡者,也更覺恰當些。

[附]各種玻璃式,玻璃金屬式,金屬式等特性表如下面,並附各種燈座的插脚圖。

(22) 真空管特性表和管座

號數	種類	燈座	燈絲		用途	屏電壓	柵極負壓	簾柵電壓	屏電流 千分安培	簾柵電流 千分安培	屏阻力 歐姆	互導 兆分歐	放大係數	輸出負荷 歐姆	輸出電力 千分瓦特
			伏脫	安培											
O1A	三極	4-D	5.0	0.25	檢波放大	9J 135	4.5 9.0	.....	2.5 3.0	.....	11,000 10,000	725 800	8.0 8.0	.....	.....
1A4	四極管	4-K	2.0	0.06	高週放大	新號數是1A4T參閱下列特性									
1A4T	四極管	4-K	2.0	0.06	高週放大	180	3.0	67.5	2.3	0.7	750,000	700	525	.....	.....
1A6	混波管	6-L	2.0	0.06	週率變換	135 180	3.0 3.0	67.5 67.5	1.2 1.5	2.5 2.0	400,000 500,000				
1B4	四極管	4-K	2.0	0.06	高週放大	新號數是1B4T參閱下列特性									
1B4Г	四極管	4-K	2.0	0.06	高週放大	180	3.0	67.5	1.7	0.4	1兆歐姆	650	650	.....	.....
1B5/25S	雙屏, 三極管	6-M	2.0	0.06	檢波	135	3.0	.....	0.8	.....	35,000	575	20	.....	.....
1C6	混波管	6-L	2.0	0.12	週率變換	135 180	3.0 3.0	67.5 67.5	1.7 1.5	2.3 2.3	500,000 600,000				
1C7G	混波管	7-Z	2.0	0.12	週率變換	參閱1C6特性									
1D5G	四極管	5-K	2.0	0.06	高週放大	新號數是1D5GT參閱下列特性									
1D5GT	四極管	5-R	2.0	0.06	高週放大	參閱1A4T號特性									

1D7G	誤波管	7-Z	2.0	0.06	週率變換	參閱1A6號特性									
1E5G	四極管	5-R	2.0	0.06	高週放大	新號數是1E5GT號參閱下列特性									
1E5GT	四極管	5-R	2.0	0.06	高週放大	參閱1B4T號特性									
1E7G	五極雙生管	8-C	2.0	0.24	強力放大	135	7.5	135	6.5	2.0	220,000	1,600	350	24,000	650
1F4	五極管	5-K	2.0	0.12	強力放大	135	4.5	135	8.0	2.6	200,000	1,700	340	16,000	340
1F5G	五極管	6-X	2.0	0.12	強力放大	參閱1F4號特性									
1F6	雙屏五極管	6-W	2.0	0.06	檢波, 中週或高放	180	1.5	67.5	2.0	0.6	1兆歐姆	650	650	.....	.....
1F7G	雙屏五極管	7-AD	2.0	0.06	參閱1F6特性										
1G5G	五極管	6-X	2.0	0.12	強力放大	90	6.0	90.0	8.5	2.7	135,000	1,500	200	8,500	300
1H4G	三極管	5-S	2.0	0.06	檢波放大	參閱3號特性									
1H6G	雙屏三極管	7-AA	2.0	0.06	檢波	參閱1B5 / 25S號特性									
1J6G	三極雙生管	7-AB	2.0	0.24	強力放大	參閱19號特性									
1V	二極管	4-G	6.3	0.30	半波整流	250AC伏脫RMS, 60Ma. 輸出電流									
2A3	三極管	4-D	2.5	2.50	強力放大	250 300	45.0 62.0	.....	60.0 40.0	.....	800	5,250	4.2	2,500	3,500
2A5	五極管	6-B	2.5	1.75	強力放大	參閱42號特性									
2A6	雙屏三極管	6-G	2.5	0.80	檢波	參閱75號特性									

2A7, 2A7S	混波管	7-C	2.5	0.80	週率變換	參閱6A7, 6A7S號特性														
2B7, 7B7S	雙屏五極管	7-D	2.5	0.80	高放或中放	參閱6B7, 6B7S號特性														
2E5	三極管	6-R	2.5	0.80	電子光示管	參閱6E5特性														
2S / 4S	二極雙屏管	5-D	2.5	1.35	檢波															
2Z2 / G34	二極管	4-8	2.5	1.50	半波整流	每屏350伏脫交流, 輸出直流電流50千分安培														
5U4G	二極雙屏管	5-T	5.0	3.00	全波整流	每屏500伏脫交流, 輸出直流電流250千分安培														
5V4G	二極雙屏管	5-L	5.0	1.75	全波整流	參閱83V號特性														
5W4	二極雙屏管	5-T	5.0	1.50	全波整流	每屏300伏脫交流, 輸出直流電流110千分安培														
5X4G	二極雙屏管	5-O	5.0	3.00	全波整流	參閱5Z3號特性														
5Y3G	二極雙屏管	5-T	5.0	2.00	全波整流	參閱8J號特性														
5Y4	二極雙屏管	5-O	5.0	2.00	全波整流	參閱80號特性														
5Z3	二極雙屏管	4-C	5.0	3.00	全波整流	每屏500伏脫交流, 輸出直流電流250千分安培														
5Z4	二極雙屏管	5-L	5.0	2.00	全波整流	每屏500伏脫交流, 輸出直流電流125千分安培														
6A3	三極管	4-D	6.3	1.00	強力放大	250 325 325	45.0 68.0 .....	..... ..... .....	60.0 40.0 40.0	..... ..... .....	800	5 250	4.2	2 500 3 000 5,000	3,200 15,000 10,000					
6A4 / LA	五極管	5-B	6.3	0.30	強力放大	100 135 180	6.5 9.0 12.0	100 135 180	7.5 13.0 22.0	1.6 2.8 4.5	83,250 52,600 60,000	1,700 2,100 2 500	150 150 150	11,000 9 500 8,000	300 700 1,500					

6A5J	三極管	6-T	6.3	1.25	強力放大	250	45.0	.....	60.0	.....	800	5,200	4.2	2,500	3,750
						325	68.0	.....	40.0	.....	.....	.....	.....	3,000	15,000
						325	.....	.....	40.0	.....	.....	.....	.....	3,000	10,000
6A6	三極雙生管	7-B	6.3	0.80	強力放大 激 波	250	0.0	.....	14.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						300	0.0	.....	17.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						250	5.0	.....	6.0	.....	11,300	3,100	35.0	8,000	8,000
						294	6.0	.....	7.0	.....	11,600	3,200	35.0	10,000	10,000
6A7,6A7S	混波管	7-C	6.3	0.30	週率變換	100	1.5	50.0	1.3	1.3	50,000	350	.....	.....	.....
						250	3.0	100	3.0	3.0	360,000	520	.....	.....	.....
6A8	混波管	8-A	6.3	0.30	週率變換	250	3.0	100	3.0	3.2	500,000	500	.....	.....	.....
6A8G	混波管	8-A	6.3	0.30	週率變換	參閱6A7號特性									
6B4G	三極管	5-S	6.3	1.00	強力放大	參閱6A3號特性									
6B5	三極雙生管	6-D	6.3	0.80	強力放大	300	0.0	.....	8.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						310	0.0	.....	42.0	.....	24,010	2,400	58	7,000	4,000
6B7, 6B7S	二極五極雙生管	7-D	6.3	0.30	高放或低放	100	3.0	100	5.8	1.7	3,000	950	285	.....	.....
						180	3.0	75	3.4	0.9	1兆歐姆	840	840	.....	.....
						250	3.0	100	6.1	1.5	8,000	1,000	800	.....	.....
						250	4.5	5)	0.65	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6B8	二極五極雙生管	8-E	6.3	0.30	高放或低放	250	3.0	125	10.0	2.3	600,000	1,350	810	.....	.....
6B8G	二極五極雙生管	8-E	6.3	0.30	高放或中放	參閱6B7號特性									
6C5	三極管	6-Q	6.3	0.30	放 大	250	8.0	.....	8.0	.....	1,000	2,000	20	.....	.....
6C5G	三極管	6-Q	6.3	0.3	放 大	參閱6C5號特性准儲電量不同									
6C6	五極管	6-F	6.3	0.30	高放 檢波 低放	100	3.0	100	2.0	0.5	1兆歐十	1,185	1,185	.....	.....
						250	3.0	100	2.0	0.5	1兆歐一	1,225	1,500	.....	.....
						250	4.3	100	0.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						250	1.0	50	0.5	.....	3兆歐	600	1,800	.....	.....

6C7	二極三極 雙生管	7-G	6.3	0.30	檢波	250	9.0	.....	4.5	.....	16,000	1,250	20	.....	.....
6C8G	三極雙生 管	8-G	6.3	0.30	放大	250	4.5	.....	3.1	.....	26,000	1,450	38	.....	.....
6D6	五極管	6-F	6.3	0.30	高放	100 250	3.0 3.0	100 100	8.0 8.2	2.2 2.0	250,000 800,000	1,500 1,600	375 1,280	.....	.....
6D7	五極管	7-H	6.3	0.30	高放	參閱C6號特性										
6D8G	混波管	8-A	6.3	0.15	週率變換	100 250	1.5 3.0	50.0 100	1.0 3.0	1.7 3.5	550,000 320,000	300 500	.....	.....	.....
6E5	三極管	6-R	6.3	0.30	電子光示 管	200 250	串聯屏阻	電靶 1兆歐	4.0千分 4.5安培	6.5 8.0	棚壓在影 子零度					
6E6	三極雙生 管	7-B	6.3	0.60	強力放大	180 250	20.0 27.5	.....	23.0 36.0	.....	8,000 7,000	2,800 3,400	6.0 6.0	15,000 14,000	750 1,600
6E7	五極管	7-H	6.3	0.30	高放	參閱6D6號特性										
6F5	三極管	5-M	6.3	0.30	低放	250	2.0	.....	1.1	.....	66,000	1,500	100	.....	.....
6F5G	三極管	5-M	6.3	0.30	低放	參閱6F5號來性惟儲電量不同										
6F6	五極管	7-S	6.3	0.70	強力低放	250	16.5	250	34.0	6.5	75,000	2,500	185	7.00	3,000	
						315	22.0	315	42.0	8.0	70,000	2,650	185	7.00	4,000	
						250	20.0	.....	31.0	.....	2,600	2,700	7	4.00	850
						375	26.0	250	17.0	5.0	.....	.....	.....	.....	.....
						30	38.0	.....	22.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6F6G	五極管	7-S	6.3	0.65	強力放大	參閱42號特性										
6F7,6F7S	三極五極 雙生管	7-E	6.3	0.30	檢波中週	100	3.0	100	6.3	1.6	290,000	1,050	300			
						250	3.0	100	6.5	1.5	850,000	1,100	00			
6G5	三極管	6	6.3	0.30	電子光示 管	250	串聯屏電阻1兆歐,電靶電流3.0千分安培	棚壓22.0影子在零度								
						.....	3.5	.....	16,200	525	8.5				

6H6	二極雙生管	7-Q	6.3	0.30	整	流	每屏100伏脫交流,輸出4.0千分安培直流電流				.....	.....	.....	.....	.....
6H6G	二極雙生管	7-Q	6.3	0.30	整	流	參閱6H6號特性惟儲電量不同				.....	.....	.....	.....	.....
6J5G	三極管	6-Q	6.3	0.30	放	大	250	8.0	.....	9.0	.....	7,700	2,600	20	.....	.....
6J7	五極管	7-R	6.3	0.30	放	大	250	3.0	100	2.0	0.5	1.5兆歐	1,225	1.50	.....	.....
					檢	波	250	4.3	100	0.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6J7G	五極管	7-R	6.3	0.30	放	大	參閱77號特性									
					檢	波										
6K5G	三極管	5-U	6.3	0.30	放	大	100	1.5	.....	0.35	.....	78,000	900	70	.....	.....
					檢	波	250	3.0	.....	1.10	.....	50,000	1,400	70	.....	.....
6K6G	五極管	7-S	6.3	0.40	強力放	大	參閱41號特性									
6K7	五極管	7-R	6.3	0.30	放	大	250	3.0	100	7.0	1.7	800,000	1,450	1,160	.....	.....
6K7G	五極管	7-R	6.3	0.30	放	大	參閱78號特性									
6L5G	三極管	6-Q	6.3	0.15	放	大	100	3.0	.....	4.0	.....	10,000	1,500	15	.....	.....
					檢	波	250	9.0	.....	8.0	.....	9,000	1,900	17	.....	.....
6L6	五極管	7-AC	6.3	0.90	強力放	大	375	17.5	250	57.0	2.5	.....	.....	.....	4,500	6,500
					檢	波	250	16.0	250	60.0	5.0	.....	.....	.....	5,000	14,500
					檢	波	400	25.0	300	55.0	2.5	.....	.....	.....	6,600	34,000
					檢	波	400	25.0	300	55.0	3.0	.....	.....	.....	3,800	60,000
6L6G	五極管	7-AC	6.3	0.90	強力放	大	參閱6L6號特性									
6L7	混波管	7-T	6.3	0.30	混合管	放	250	6.0	150	3.3	8.3	兆歐	325	.....	.....	.....
					檢	波	250	3.0	100	5.3	5.3	800,000	1,100	.....	.....	.....
6L7G	混波管	7-T	6.3	0.30	混合管	放	參閱6L7號特性惟儲電量不同									
6N6J	三極雙生管	7-W	6.3	0.80	強力放	大	參閱6B5號特性									

6N7	三極雙生管	8-B	6.3	0.80	強力放大	參閱6A6號特性											
6N7G	三極雙生管	8-B	6.3	0.80	強力放大	參閱6A6號特性											
6P7G	三五極雙生管	7-U	6.3	0.3	檢波	參閱6F7號特性											
6Q7	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.30	檢波	100 250	1.5 3.0	..... .....	0.35 1.1	..... .....	88,000 58,000	800 1,200	70 70	..... .....	..... .....
6Q7G	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.30	檢波	參閱6Q7號特性; 惟儲電量不同											
6R7	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.30	檢波	250	9.0	.....	9.5	.....	8,500	1,900	16	.....	.....
6R7G	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.30	檢波	參閱6R7號特性; 惟儲電量不同				2.2 2.0							
6S7G	五極管	7-R	6.3	0.15	高放	10 250	3.0 3.0	100 100	8.0 8.2	2.2 2.0	250,000 800,000	1,500 1,600	375 1,280	..... .....	..... .....
6T7G	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.15	檢波	1 25	1.5 3.0	..... .....	0.3 0.9	..... .....	95,000 65,000	680 1,000	65 65	..... .....	..... .....
6U7G	五極管	7-R	6.3	0.30	高放	參閱6D6號特性											
6V6	五極管	7-AC	6.3	0.45	強力放大	25 255 300	12.5 15.0 20.0	25 250 250	45.0 35.0 39.0	4.5 2.5 2.5	52,000	4,100	218	5,000 13,000 8,000	4,250 8,500 13,000		
6V6G	五極管	7-AC	6.3	0.45	強力放大	參閱6V6特性											
6V7G	二極三極雙生管	7-V	6.3	0.30	檢波	參閱85特性											
6X5	二極雙生管	6-S	6.3	0.6	全波整流 每屏350伏脈交流, 輸出直流電流75千安培												
6X5G	二極雙生管	6-S	6.3	0.50	全波整流 參閱84號特性												

6Y5	二極雙生管	6-J	6.3	0.80	全波整流	每屏350伏脫交流,輸出直流電流50千分安培									
6Y7G	三極雙生管	8-B	6.3	0.60	強力放大	參閱79號特性									
6Z5	二極雙生管	6-K	6.3	0.80	全波整流	每屏230伏脫交流,輸出直流電流60千分安培									
10	三極管	4-D	7.5	1.25	強力放大	250 350 425	23.5 32.0 41.0	..... ..... .....	11.0 16.0 18.0	..... ..... .....	6,000 5,150 5,000	1,330 1,550 1,600	8.0 8.0 8.0	13.00 11.00 10,200	400 900 1,600
12A	三極管	4-D	5.0	0.25	檢波放大	90 135 181	4.5 9.0 13.5	..... ..... .....	5.0 6.2 7.7	..... ..... .....	5,400 5,100 4,700	1,575 1,650 1,800	8.5 8.5 8.5	5.00 9,000 10,650	35 130 285
12A5	五極管	7-F	12.6	0.30	強力放大	100 140	15.0 27.0	100 180	17.0 31.0	3.0 6.0	35,000 32,000	1,900 2,500	7.0 8.0	4,500 3,800	850 3,500
12A7	二極三極雙生管	7-K	12.6	0.30	整流放大	125 135	..... 13.5	..... 135	30.0 9.0	..... 2.5	..... 102,000	..... 975	..... 100	..... 13,500	..... 550
12Z3	二極管	4-G	12.6	0.30	半波整流	每屏250伏脫交流,輸出直流電流60千分安培									
15	五極管	5-F	2.00	0.22	檢波 振盪	67.5 135	1.5 1.5	67.5 67.5	18.5 18.5	0.3 0.3	630,000 800,000	710 750	450 600	..........	..........
18	五極管	6-B	14.00	0.32	強力放大	參閱42號特性									
19	三極雙生管	6-C	2.00	0.26	強力放大	135 135 135	0.0 3.0 6.0	..... ..... .....	27.0 25.0 2.0	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	..... ..... .....	10,000 10,000 10,000	2,100 1,900 1,600
20	三極管	4-D	3.30	0.132	強力放大	90 135	15.5 22.5	..... .....	2.8 6.0	..... .....	7,800 5,850	450 600	3.5 3.5	9,600 6,500	50 130
22	四極管	4-K	3.30	0.132	高放	135	1.5	67.5	3.7	1.3	250,000	500	125	.....	.....
24A,24S	四極管	5-E	2.5	1.75	高放 檢波	180 250 250	3.0 3.0 5.0	90 90	4.0 4.0 0.1	1.7 1.7	400,000 600,000	1,000 1,050	400 630.....	...............	...............

25A6	五極管	7-S	25.00,30	強力放大	95 135 170	15.0 20.0 20.0	95 135 180	20.0 37.0 38.0	4.0 8.0 7.5	45,000 35,000 40,000	2,000 2,450 2,500	10 85 100	4,500 4,000 5,000	900 2,000 2,750
25A6G	五極管	7-S	25.00,30	強力放大	參閱43號特性									
25B6G	五極管	7-S	25.00,30	強力放大	95	15.0	95.0	45.0	4.0	.....	.....	.....	2,000	1,750
25L6	五極管	7-AL	25.00,30	強力放大	110	8.0	110	45.0	3.5	10,000	8,000	.....	2,000	2,200
25L6G	五極管	7-AC	25.00,30	強力放大	參閱25L6號特性									
25S	二極三極雙生管	6-M	2.00,05	新號數是1B5/25S參閱上列特性										
25Z5	二極雙生管	6-E	25.00,30	倍壓整流	每屏125伏脫交流,輸出直流電流100千分安培									
25Z6	二極雙生管	7-Q	25.00,30	倍壓整流	每屏125伏脫交流,輸出直流電流85千分安培									
25Z6G	二極雙生管	7-Q	25.00,30	倍壓整流	參閱25Z5號特性									
26	三極管	4-D	1.51,05	放大	90	10.0	.....	2.9	.....	8,900	9.5	8.3	.....	.....
					135	10.0	.....	5.5	.....	7,600	1,100	8.3	.....	.....
					180	14.5	.....	6.2	.....	7,300	1,150	8.3	.....	.....
27,27S	三極管	5-A	2.51,75	放大	90	6.0	.....	3.0	.....	10,000	9.0	9.0	.....	.....
					315	9.0	.....	4.7	.....	9,000	1,000	9.0	.....	.....
					180	13.5	.....	5.0	.....	9,000	1,000	9.0	.....	.....
					250	21.0	.....	5.2	.....	9,250	975	9.0	.....	.....
					250	30.0	.....	0.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30	三極管	4-D	2.00,05	檢波放大	90	4.5	.....	2.5	.....	11,000	850	9.3	.....	.....
					135	9.0	.....	3.0	.....	10,300	900	9.3	.....	.....
					180	13.5	.....	3.1	.....	10,300	900	9.3	.....	.....
31	三極管	4-D	2.00,13	強力放大	135	22.5	.....	8.0	.....	4,100	925	3.8	7,000	185
					170	30.0	.....	12.3	.....	3,600	1,050	3.8	5,700	375

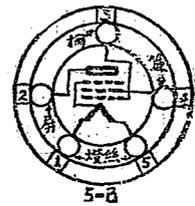
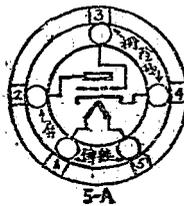
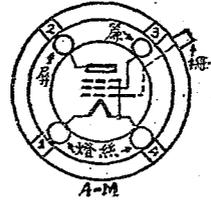
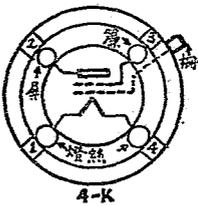
32	四極管	4-K	2.00.06	高 放	135	3.0	67.5	1.7	0.4	950,000	0	610	.....	.....
				低 檢	180	3.0	67.5	1.7	0.4	1.2兆歐	650	780	.....	.....
				高 放	180	3.0	67.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
				低 波	180	6.0	67.5	0.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
33	五極管	5-K	2.00.26	強力放大	135	13.5	135	14.5	3.0	50,000	1,450	70	7,000	700
					180	18.0	180	22.0	5.0	55,000	1,700	90	6 00	1,400
31	五極管	4-M	2.00.06	高 放	67.5	3.0	67.5	2.7	1.1	400,000	5 0	224	.....	.....
					135	3.0	67.5	2.8	1.0	600,000	600	360	.....	.....
				低 放	180	3.0	67.5	2.8	1.0	1 兆歐	620	620	.....	.....
					180	3.0	67.5	2.8	1.0	1 兆歐	620	620	.....	.....
35/51	四極管	5-E	2.51.75	高 放	180	3.0	90	6.3	2.5	300,000	1,02	305	.....	.....
				低 放	250	3.0	90	6.5	2.5	400,000	1,050	420	.....	.....
3 S / 1 S	四極管	5-E	2.51.75	高放或低放	參閱35/51號特性									
36	四極管	5-E	6.30.30	高 放	135	1.5	67.5	2.8		574,000	1,000	475	.....	.....
				檢 波	180	3.0	90	3.1		500 000	1,050	520	.....	.....
				高 放	250	3.0	90	3.2		550,000	1,030	595	.....	.....
				檢 波	250	6.0	20-25	0.1		.....	.....	.....	.....	.....
37	三極管	5-A	6.30.30	檢波放大	135	9.0	.....	4.1	.....	10 000	920	9.2	.....	.....
					180	13.5	.....	4.3	.....	10 200	900	9.2	.....	.....
				檢波放大	250	18.0	.....	7.5	.....	8,400	1,100	9.2	.....	.....
					250	18.0	.....	7.5	.....	8,400	1,100	9.2	.....	.....
38	五極管	5-F	6.30.30	強力放大	135	13.5	135	9.0	1.5	130 000	925	120	13,500	550
					180	18.0	180	14.0	2.4	110,000	1 050	170	11,600	1,0 0
				強力放大	250	25.0	250	22.0	3.8	100,000	1 200	120	10,000	2,500
					250	25.0	250	22.0	3.8	100,000	1 200	120	10,000	2,500
39/44	五極管	5-F	6.30.30	高 放	90	3.0	90	5.6	1.6	375,000	960	360	.....	.....
					180	3.0	90	5.8	1.4	750,000	1,000	750	.....	.....
				低 放	250	3.0	90	5.8	1.4	1 兆歐	1,050	1,050	.....	.....
					250	1.0	67.5	0.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
40	三極管	4-D	5.00.25	放 大	135	1.5	.....	0.2	.....	150 000	200	30	.....	.....
					180	3.0	.....	0.2	.....	150,000	200	30	.....	.....
41	五極管	6-B	6.30.40	強力放大	125	10.0	125	11.0	2.0	100 000	1 525	50	11,000	650
					180	13.5	180	18.5	3.0	81,000	1,850	50	9,0 0	1,500
				強力放大	250	18.0	250	32.0	5.5	68 000	2 200	150	7,600	3,400
					250	18.0	250	32.0	5.5	68 000	2 200	150	7,600	3,400

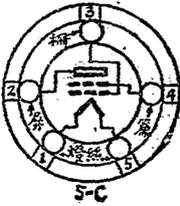
42	五極管	6-B	6.30.65	強力放大	250	16.5	250	34.0	7.5	79 000	2,350	185	7,000	3,400
					3.5	22.0	315	42.0	8.5	100 000	2,600	260	7,000	5,000
					250	20.0	...	33.0	.....	2,700	2,300	6.2	3,000	650
					350	33.0	.....	28.0	.....	.....	.....	.....	8,000	15 000
43	五極管	6-B	25.00.30	強力放大	95	15.0	95	20.0	4.0	45,000	2,000	90	4,500	900
					135	20.0	135	37.0	8.0	35,000	2,450	85	4,000	2,000
45	三極管	4-D	2.51.50	強力放大	180	31.5	.....	31.0	.....	1,650	2,225	3.5	2,700	830
					250	50.0	.....	34.0	.....	1,610	2,775	3.5	3,900	1,600
					275	56.0	.....	35.0	.....	1,700	2 050	3.5	4,600	2,000
46	四極管	5-C	2.51.75	強力放大	250	33.0	.....	22.0	.....	2,380	2,350	5.6	6,400	1,250
					300	0.0	.....	4.0	.....	.....	.....	.....	5,222	16 070
					400	0.0	.....	6.0	.....	.....	.....	.....	5,800	20 000
47	五極管	5-B	2.51.75	強力放大	250	16.5	250	31.0	6.0	60,000	2,500	50	7,000	2,700
48	四極管	6-A	30.00.40	強力放大	95	20.0	95	52.0	12.0	4,000	3,900	15.6	1,500	2 000
					25	22.5	00	52.0	12.0	11 000	3,900	43	1 500	3,000
49	四極管	5-C	2.00.12	強力放大	135	21.0	.....	6.0	.....	4 175	1 125	4.7	11,000	170
50	三極管	4-D	7.51.25	強力放大	300	51.0	.....	35.0	.....	2,000	1,900	3.8	4,600	1,600
					350	63.0	.....	45.0	.....	1,900	2,000	3.8	4,100	2,400
					400	70.0	.....	55.0	.....	1,800	2,100	3.8	3,670	3,400
					450	84.0	.....	55.0	.....	1,800	2,100	3.8	4,350	4,600
53	三極雙生管	7-B	2.52.00	強力放大	參閱6A6號特性									
55,55S	二極三極雙生管	6-G	2.51.00	檢 波	參閱35號特性									
56,56S	三極管	5-A	2.51.00	檢 波	250	13.5	.....	5.0	.....	9,500	1,430	13.8	.....	.....
					250	20.0	.....	0.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
56AS	三極管	5-A	6.30.40	檢 波	參閱76號特性									
57,57S	五極管	6-F	2.51.00	檢波放大	參閱6C6特性									

57AS	五极管	6-F	6.30.40	檢波放大	參閱6C6特性										
58,58S	五极管	6-F	2.51.00	高 放	參閱6D6特性										
58AS	五极管	6-F	6.30.40	高 放	參閱6D6特性										
59	五极管	7-A	2.52.00	強力放大	250	23.0	.....	26.0	.....	2,300	2,600	6.0	5 000	1,250
					250	18.0	.....	35.0	.....	40,000	2,500	100.0	6,000	3,000
					300	0.0	.....	20.0	.....	.....	.....	.....	4,600	15,000
					400	0.0	.....	26.0	.....	.....	.....	.....	6,000	20 000
71A	三极管	4-D	5.00.25	強力放大	90	16.5	.....	10.0	.....	2,170	1,400	3.0	3,000	125
					135	27.0	.....	17.3	.....	1,820	1 650	3.0	3,000	400
					180	40.5	.....	20.0	.....	1 750	1,700	3.0	4,800	790
75,75S	二極三極雙生管	6-G	6.30.30	檢 波	250	2.0	.....	1.0	91,000	1,100	100	.....	.....
76	三极管	5-A	6.30.30	放 大 檢 波	250	13.5	.....	5.0	9,500	1 450	13.8	.....	.....
77	五极管	6-F	6.30.30	高 放	100	3.0	60	1.7	0.4	650,000	1,100	715	.....	.....
					250	3.0	100	2.3	0.5	1.5兆歐	1,250	1,500	.....	.....
78	五极管	6-F	6.30.30	高 放	90	3.0	90	5.4	1.3	3 5,000	1 275	400	.....	.....
					180	3.0	75	4.0	1.0	1兆歐	1,110	1,100	.....	.....
					250	3.0	100	7.0	1.7	800,000	1,450	1,160	.....	.....
79	三極雙生管	6-H	6.30.60	強力放大	180	0.0	.....	7.5	.....	.....	.....	.....	7,000	5,500
					250	0.0	10.5	14,000	8,000
80	二極雙生管	4-C	5.02.00	全波整流	每屏350伏脫交流,輸出直流電流125千分安培 每屏400伏脫交流,輸出直流電流110千分安培 每屏550伏脫交流,輸出直流電流135千分安培										
81	二極管	4-B	7.51.25	半波整流	每屏700伏脫交流,輸出直流電流 85 千分安培										
82	三極雙生管	4-C	2.53.00	全波整流	每屏500伏脫交流,輸出直流電流125千分安培										
83	二極雙生管	4-C	5.03.00	全波整流	每屏500伏脫交流,輸出直流電流250千分安培										

83V	二極雙生管	4-L	5.0	2.00	全波整流	每屏400伏脫交流,輸出直流電流200千分安培													
84	二極雙生管	5-D	6.3	0.50	全波整流	每屏350伏脫交流,輸出直流電流60千分安培													
85	二極三極雙生管	6-G	6.3	0.30	檢波	135	10.5	.....	3.7	.....	11,000	750	8.3	.....	.....		
						180	13.5	.....	6.0	.....	8,500	975	8.3	.....	.....		
						250	20.0	.....	8.0	.....	7,500	1,100	8.3	.....	.....		
85AS	二極三極雙生管	6-G	6.3	0.30	檢波	參閱6C7號特性													
89	五極管	6-F	6.3	0.40	強力放大	160	20.0	.....	17.0	.....	3,300	1,425	4.70	7,000	300		
						180	18.0	.....	20.0	.....	80,000	1,550	125	8,000	1,500		
						130	0.0	.....	6.0	.....	.....	.....	.....	9,400	3,500
V99	三極管	4-E	3.3	0.063	檢波放大	90	4.5	.....	2.5	.....	15,500	425	6.6	.....	.....		
X99	三極管	4-D	3.3	0.063	檢波放大	90	4.5	.....	2.5	.....	15,500	425	6.6	.....	.....		
182/482	三極管	4-D	5.0	1.25	強力放大	250	35.0	.....	20.0	.....	2,500	2,000	5.0	4,500	1,350		
183/483	三極管	4-D	5.0	1.25	強力放大	250	65.0	.....	20.0	.....	2,000	1,500	3.0	4,500	1,800		
210T	三極管	4-D	7.5	1.25	強力放大	參閱10號特性													
485	三極管	5-A	3.0	1.25	檢波放大	180	9.0	.....	5.8	.....	8,900	1,400	12.5	.....	.....		
864	三極管	4-D	1.1	0.25	檢波放大	90	4.5	.....	2.9	.....	13,500	610	8.2	.....	.....		
						135	9.0	.....	3.5	.....	12,700	645	8.2	.....	.....		

真空管管座圖 (由下視)





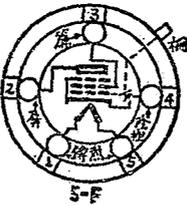
5-C



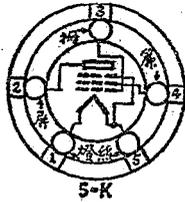
5-D



5-E



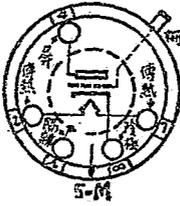
5-F



5-K



5-L



5-M



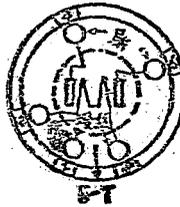
5-Q



5-R



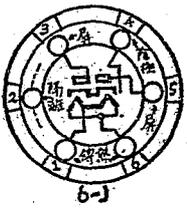
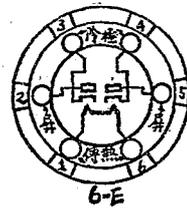
5-S

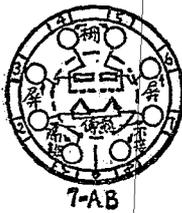
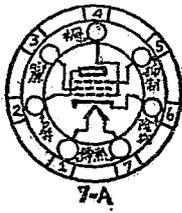
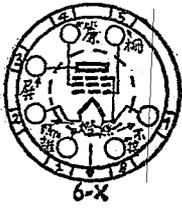
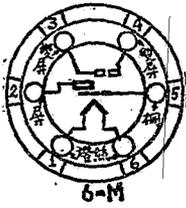


5-T



5-U







7-B



7-C



7-D



7-E



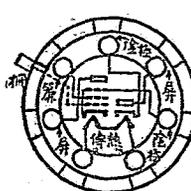
7-F



7-G



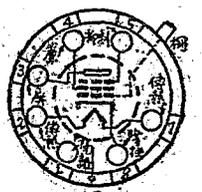
7-H



7-I



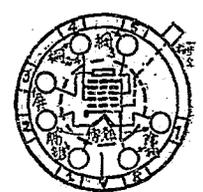
7-J



7-K



7-L



7-M



7-U



7-V



7-W



7-Z



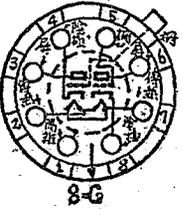
8-A



8-B



8-C



8-G



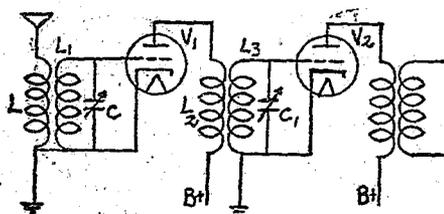
8-E

第九章 高週率放大電路

讀者對於真空管有相當認識後，進而認識收音機每一部份線路的構造，合成整個收音機線路，於是就可窺見整只收音機的組織與結構，於學者裝置和修理方面，都有跡象可尋，就比較易於着手。

(1) 高週率放大

無線電收音機，要從喇叭裏發出聲音來，必先要在高週部份，收到外來的電訊 (Signal)，而加以放大。而這種所放大的週率就稱做高週率放大 (Radio Frequency Amplifier) 又名射電週率放大。所謂高週率者，是每秒鐘的交流電週率在數十萬週左右，通常每秒鐘二萬週以上的週率，便已屬於高週率。這種高週率電波，是由發射方面，藉發射機發射高週率的電磁波在空中，再由接收機，把所發



第一一六圖

射的電磁波，由天線的感應成爲振盪電波，輸送進收音機裏，於是 L_1 和 C 的配諧作用，如圖第116所示，得到諧振

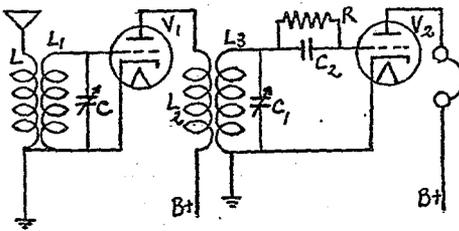
點後，輸送進V第一只高週率放大真空管，把電波加以放大。我們講無線電裏高週波部份，無論是「調整高放式」或「外差式」，都有高週率部份。然後經種種不同的構造，最後到喇叭裏，可以由人的耳朵聽出聲音來。高週率放大，除了真空管的放大和配諸電路外，還要應用幾種交連 (Coupling) 的方法，來形成一種週率電路。茲把三種交連方法列下：

1. 變壓器的交連 (Transformer Coupling)
2. 電阻器的交連 (Resistance Coupling)
3. 迴阻器的交連 (Reactance Coupling)

(2) 變壓器交連放大

圖117和118，是高週率放大用變壓器交連電路的情形。這種變壓器，就是所謂高放線圈，是用空心膠木管做絕緣物，來代替鐵心；因為空心線圈的交連，是適宜於高週率電波的感應。如果把鐵心加入高週率線圈，因渦流和磁滯關係，高週率要受到損失，週率

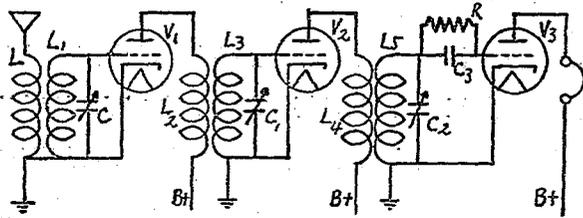
越高，損失越大，此高週率線圈用空心的原因。



第一一七圖是和116圖同樣的情形。

第一一七圖

L_2L_3 是變壓器交連線

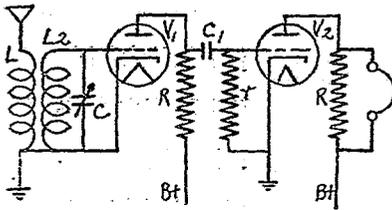


第一一八圖

圈，稱做高週率變壓器(Radio Frequency Transformer)。當外來電訊感應到 LL_1 天線線圈，藉着變量儲電器的調節，而成諧振點，再輸送第一真空管 V_1 的柵極，由柵極來控制屏流，而加以放大，再輸送到感應圈 L_2 由 L_3 交連的關係，把 V_1 裏所放大的電訊，再加放大。經這樣的連續放大，再經 C_1 的調節， C_2 和 R 的檢波，而由 V_2 作檢波放大，而到聽筒或喇叭裏去。照這樣情形， V_1 是高週率放大真空管(Radio Frequency Amplifier Tube)。經由變壓器交連放大，到檢波真空管完成一種電路工作。依這種情形，由一只高週率真空管，和一只高週率線圈做放大作用，稱為一級高放(Single Stage of Radio Frequency Amplifier)。

假定多加一只高放真空管，和一只高放線圈，就成為二級高放(Second Stage of Radio Frequency Amplifier)。這種逐漸放大，在高週率部份，是波幅擴大，在調整高放線路(Tuned Radio Frequency Circuit)裏，有用到三四級連續放大。第118圖是二級放大。

(3) 電阻器交連放大



第一一九圖

第119圖是用電阻交連的高週率放大線路圖。

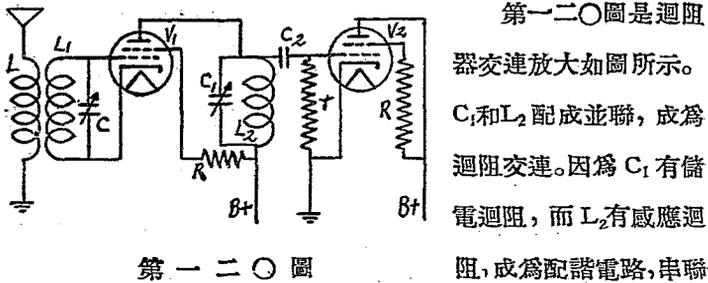
R 和 R_1 代替了變壓器的交連。當第一只真空管 V_1 把外來的電訊放大的結果，

就經過電阻而成為電壓降。 C_1 是斷流儲電器(Blocking condenser)。來阻止 V_1 上屏路裏輸出的高電壓流到 V_2 的柵極上。因為如果不加 C_1 是要損壞 V_2 的柵極，不過 C_1 雖然能阻止直流而 V_1 裏屏上輸出的交流電訊，仍可經由 C_1 到 V_2 的柵上去加以放大。 r 是柵電阻，牠裏面的電壓降(高週波)，是由 R 那邊經過 C_1 感應而來，故 V_1 的屏流是由牠依照外來的電訊加以控制和放大。而接到陰極上，可以使柵極得到負壓來控制屏流。

電阻器交連放大，實際上是由真空管的屏阻，和電阻 R 相加成為負載。因此而得放大。這是一種交連方式。同時因為要在屏路上得到較多的放大力量，屏外電阻 R 的數量必須配得準確。不過 R 值大則屏壓必須加高，這是因為 IR 降部份電壓給降去。所以在電阻交連和變壓器交連的屏壓，電阻交連的用電消耗是比較多。

電阻交連在高週率放大上，是很少用的，我們提出來討論，藉此可以知道一種交連的方式，做一種方式的參攷。

(4) 迴阻器交連放大



第一二〇圖

到第一只真空管 V_1 的屏路上，我們在第五章四節裏，討論諧振電路時，當感應迴阻和高週率成正比，儲電迴阻和高週率成反比，而電路裏電阻最小時，此時電流最高而成諧振。這種交連成為放大作用，於高週率放大電路上。是交連放大第三種方法。

迴阻交連對於屏電壓的需要較電阻交連為少，而如果把感應線圈 L_2 圈數加多，迴阻增加，同時可以產生感應電壓，而屏上所得的電壓，可以完全用在屏上，於是屏壓就可較小。

由上述的高週率放大，接了一個感應量較大而電阻較小的線圈，於是在高週電流經過時，可以有較大的迴阻，電訊輸送到次管的柵路上，又因為電阻的數值小，所以第一只真空管屏的電壓降也很小，所以正電壓用在屏路上，可以不必很高，而同時和電阻交連比較，可以得到較好的選擇性，因為高週率電流容易得到配諧點。

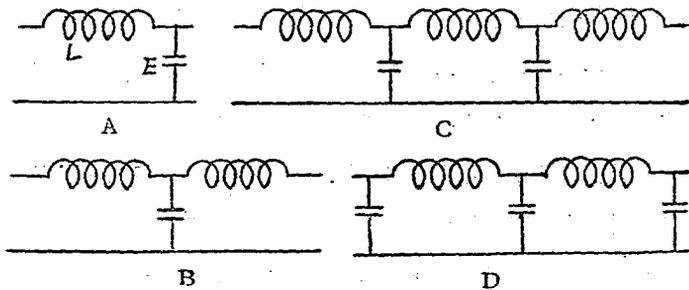
迴阻交連在高週率用三極管作放大，是不甚相宜。因三極管屏柵極間的儲電量回授作用在 C_1L_2 電路上，在調節到諧振點時，要產生振盪。而在多級放大時，其弊更易見。所以在高週率放大的迴阻交連，多用四極管作放大。這在我們敘述真空管時，已有相當的說明。

迴阻交連的接電方法，是和上述兩種不同，如圖所示 C_1 的動片是和 B 電相接，就是和高壓電相接。所以在 C_1L_2 的上面，應該加一只金屬的障蔽物如方形的隔離罩和地相聯，同時可以和 C_1 絕緣，因此可以避免高壓電和人體相觸的危險。

(5) 濾波器

在無線電路裏，濾波器 (Filter) 的地位，佔相當重要性。他能夠把直流和交流分開，或者把週率不同的交流分開。濾波器的種類，暫分二種來討論。

a. 低週率濾波器 (Low Pass Filter) 第一二一圖



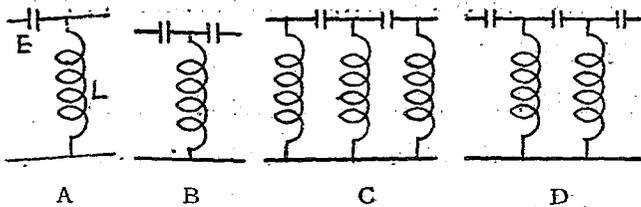
我們在述感應器儲電器時，知道感應器本身，有感應迴阻，而儲電器本身，有儲電迴阻。在低週率或直流電經過感應量時，因為迴阻小，就可以通過去，反之高週率電訊經過感應量時，因迴阻高，所以不易通過。而儲電器在高週率電流經過時，迴阻小而易通過，惟低週率電流，因迴阻大倒不易通過。現在把一只感應線圈L和電路串聯，而由儲電器E和電路並聯，就成爲一個低週率濾波器，如圖一二一A所示。因為L和電路串聯，而L的自身又是迴阻大，所以較高週率不易通過，而低週却很易走過。有時雖然較高的週率，勉強能通過，因L迴阻關係，這較高週率的電流也要低弱，而一方面因為儲電器E，和電路並聯，凡高週率的電流迴阻小，所以多當作枝路而歸到儲電器裏去，而低週率電流，因為迴阻大，就不易通過，結果所有流入的電流，都爲低週率。

低週率濾波器，在無線電路裏，用在收音機檢波管的屏路和音調調節器上。實際上這種濾波器，一只感應圈L就是一只低週率阻流圈(Low Frequency Choke Coil)。再加一只枝路儲電器(Bypass Condenser)，就合成一只低週率濾波器，用來濾去高週率部份電流，把低週率電流，輸送到低週率部份或喇叭裏去。

低週率濾波器的式樣有好幾種，如圖B,C,D所示。圖裏所用阻流圈和枝路儲電器較多時，則濾波的效能，更覺完好。

b. 高週率濾波器 (High Pass Filter)

第一二二圖



第一二二圖A的儲電器E，是和電路相串聯，而感應圈L，是和電路相並聯，如此即合成一個高週率濾波器。我們在上節裏，知道高週率電流是容易通過儲電器，低週率電流就把感應圈L做枝路。結果凡是高週率部份，電波都能通過如圖A所示，而低週率部份則以L為歸宿。因此這種濾波器可以濾去低週，而通過高週。和上節所講的恰是相反，實際上這種感應圈L，他就是高週阻流圈 (High Frequency Chokecoil)，和枝路儲電器相合成，這種濾波器，大都用來作濾去雜音用的。

高週率濾波器也有幾種式樣，如圖B,C,D等，這種用多只枝路儲電器和阻流圈，就是增加濾波的效力。

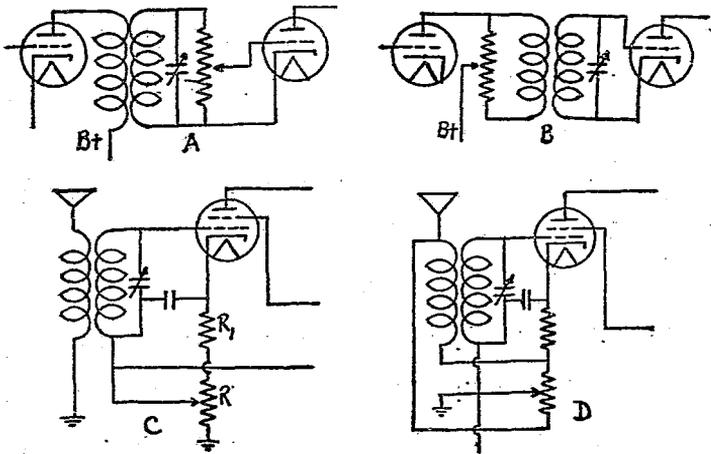
(6) 音量調節器

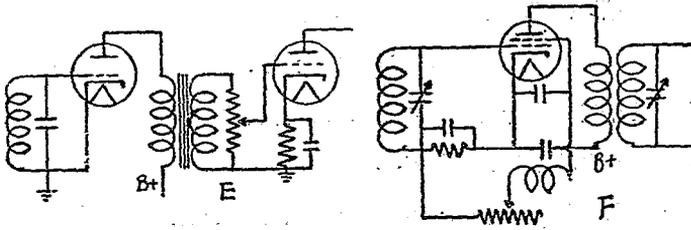
音量調節器 (Volume Control)，顧名思義是調節收音機上音量的範圍。因為收音機所收到的外來電訊，強弱不等，因此在喇叭裏放出來的音域也強弱不等，有時覺得太響，有時覺得太低，使收聽

者掃興，所以有音量調節器的裝置。在裝置了調節器後，當收到某一電台的音域太高時，可以把調節器旋低。當收到某一電台的音域太低，可以把他提高。

音量調節器的裝置不外是用變換電壓大小的電阻器。而裝置的方法有好多種。在老式收音機裏調節音量是用「可變電阻」串聯到燈絲上，因燈絲電壓經可變電阻的電壓降，使燈絲電壓減低或加高，同時柵極也隨之控制屏流的高低來變動音量。這種調節音量方法，除了業餘家裝置二三只真空管的收音機上仍舊用他外，其他新式收音機上，已經淘汰了。茲把目今所用的摘述幾種如下：(音量調節器的式樣參閱第二章第六圖C)

第一二三圖





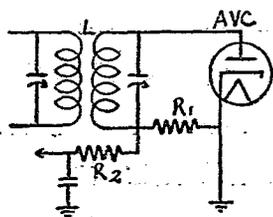
第一二三圖A的音量調節器是接在柵路的配諧電路。而配諧所得的電訊由他的「滑桿」所移動，再調節而輸送到柵路去。這種調節器的數量通常在250,000至500,000歐姆之間。

圖B是把音量調節器接在真空管屏路上，成為電壓降來調節音量。這種歐姆數在10,000和50,000之間。圖C的接法是把調節器接在真空管柵極的負壓上，用電壓降來增減負電壓。因其可以使柵壓控制屏流的高低影響到音量的高低，這種真空管如果是簾柵管，他的歐姆數在5,000到10,000之間。和調節器串聯的電阻是用來限制柵極的負壓不致過分的降小。圖D是把音量調節器並接在天線初級線圈上。初級圈另一個頭和真空管的陰極電阻相串聯，這種調節方法是控制天線上的感應電流，當外來電訊不強時，毋須用過分的調節，而當強電訊時，就可以應用。圖E的音量調節器，是接在低週率變壓器的次級圈上，把次級圈上所感應到的電訊，加以調節輸送到次管的柵極上。這種歐姆數可以用到500,000。還有一種是接在簾柵管簾柵極（Screen）上。調節器是變更簾柵的電壓來調節音

量，這種器具大概用到50,000歐姆數。

(7) 自動音量調節

在外差式收音機裏，用一種自動音量調節(Automatic Volume Control)法，使配譜方面得到更準確點。許多人都誤認這種調節方法是自動開關(Automatic Switch)。實則自動開關是一種自動機械的裝置，近年來方始有相當的進步，而在多數採用着。至自動音量調節是一種線路的設計，採用已經多年。自動音量調節，既可以使收音機於調節方面更準確些。結果除收音機線路本身的組織，外表是看不見「自動調節」的情形，除非再加上另外幾種調整裝置，如影示器，電子光示管等，方才有迹象可尋。



第一二四圖

在第一二四圖裏的一只真空管，是自動音量調節管。當中間週率線圈L來的電訊輸送至AVC(即自動音量調節的簡字)真空管的屏極上和AVC真空管本身的屏電流和合，由二極管

整成單向直流，流經同管陰極到電阻 R_1 上產生 IR 電壓降，再經 R_2 輸送到高週波放大級的次級圈，而到高放管的柵路上。

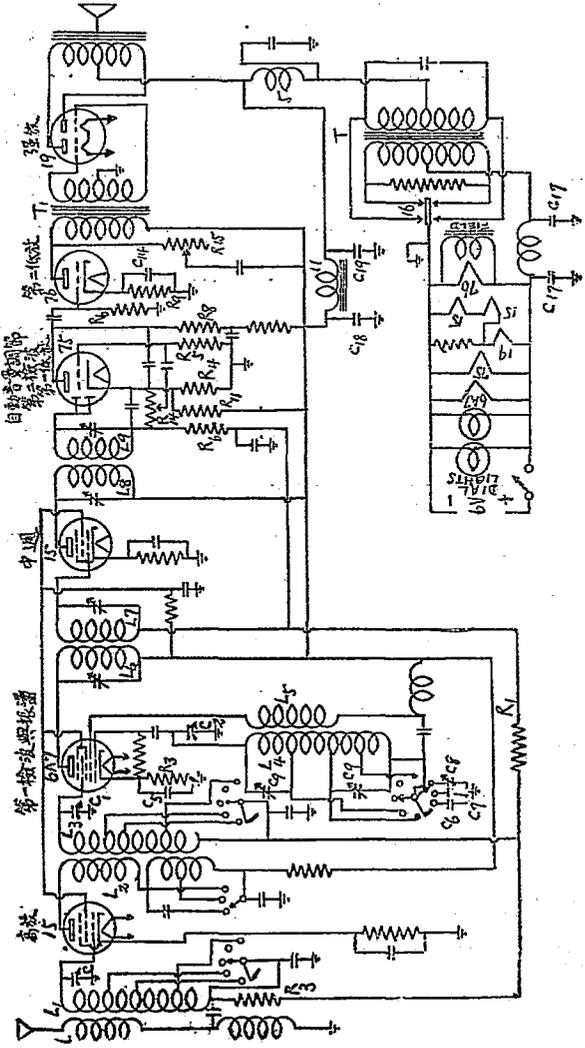
在這種情形下，假定中間週率級所輸入的高週電訊強時，這種強的電訊，在輸出至末級喇叭裏的聲音覺得太強，想用平衡方法，把強電訊使他弱些，於是先把電流經一電路，即經AVC屏路上。

電流再經該管陰極而到 R_1 ，得相當電壓降，通一電路，再由 R_2 輸送到高週率放大級次級圈。這種電壓，因為電壓降而成的負電壓，可以使高週率放大真空管柵極的電訊變弱，屏流降低。於是再經中間週率放大級輸出至喇叭的聲音就降低。反之如果從中間週率線圈輸送到AVC管的電訊較弱，這種屏流由第二檢波輸出至低放管而至喇叭所發的音覺得太弱時，此時AVC的屏流經該管陰極而到 R_1 的電壓降較小，因此這較小的電壓降流經 R_2 到高週率放大級次級圈的負壓就沒有第一次大，於是高放管柵極上的電力就較強，此時屏流增高，再流經中間週率而到末級喇叭時，聲音就可以加大。這樣的循環作用，強電訊使之較弱，弱電訊使之較強，在電路裏加了一種可以自動地來抑制和提高電流的一種裝置，稱做自動音量調節管。

圖125是用AVC真空管來調節音量的整個線路，第一只真空管是高週率放大。第二只是變換週率管，把高週率電訊放大後 L_2L_3 和本地振盪 L_4L_5 所產生的電波，混合在同只真空管裏，使成差波後，輸送到第一級中間週率線圈 L_6L_7 裏，再經中週放大管加以放大，再輸送到第二級中週放大線圈 L_8L_9 ，而到自動音量調節管。

當外來電訊經由高週中週到自動音量調節管時，管內雙屏所得如為強力電流，則整流而後的單向直流，經線圈 L ，而到電阻 R_0 時，成為 IR 電壓降而成相當負電壓，再經由電阻 R_1 ，輸送到感應

第一二五圖



圈 L_3 ，同時可輸送到感應圈 L_1 。這樣由 L_1 或 L_3 所輸送進高週管和中週管柵極時，柵極上所感受到的電流就較弱，此時柵極因得以較多負電壓控制屏流，結果高放管和中週管的屏流下降，於是輸出至自動音量調節管的電流低落，而由該管陰極到電阻 R_4 的降壓，或電阻 R_4 和 R_5 所得的負壓到自動管的柵極，於是自動管單屏電流低落，此時經由儲電器 C ，輸送到第二低週的力量就較弱，而喇叭所發出的聲音也較弱。依這種作用，因為外來電訊太強，所以由自動音量管來加以調節，可以使太強者調節成較弱。

另一方面當外來較弱的電訊，經由高週中週到自動音量調節管時，管內雙屏所感受的電流也較弱，而由線圈經電阻 R_6 和 R_7 產生的電壓降也較低，於是高放管和中週管柵極所感受的負壓不高，屏流就增加。因此自動音量三極屏部份屏流也增加，結果喇叭裏發出的聲音就加強。這是因電路裏電訊較輕，由自動音量管加以調節成爲較強。

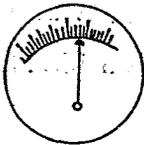
我們明瞭了上述情形，就可知道自動音量調節管所擔負的使命，也就可以明瞭何以需要裝置自動音量調節管的重要性。

(8) 自動音量調節和指示器的關係

有數種收音機在裝置自動音量調節線路外，每於收音機的刻度盤(Dial)上面加裝置一種指示器(Indicator)，來表示音量是否已經調節到準確點。於是在用聽覺來辨別音量是否準確外，還可用視

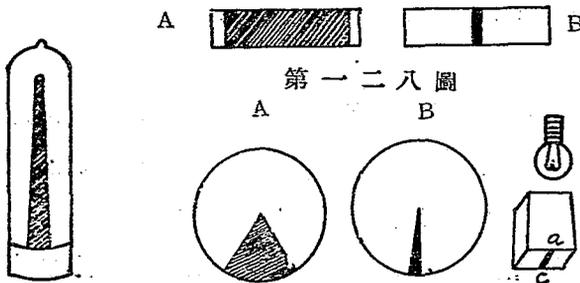
覺來分別音量的高低和準確。

指示器的裝置有好多種，大多和自動音量調節管的陰極線路或屏極線路相接。如上所述，當強電訊輸入時，自動音量調節管上有負電壓降，以之輸送到高放管或中週管，而自動音量調節管上的屏流，即隨之降低。在這時和AVC相關連的指示器也隨之變動。



第一二六圖是用電表 (Tuning Meter) 做指示器，由表上指針的移動，來表示調節點的準確與否。依理論言屏流低落，則自動音量調節管作用愈

第一二六圖顯，此時電表指針所指度數愈低。不過在商用收音機上為便易於了解收音機之調節最響亮點時，因此把電表反裝在自動音量調節管上，電流愈小，電表指針反愈大，倘發聲低而不準確，則電表低至零度。這種指示器採用的時間最早。



第一二七圖

第一二九圖

第一二七圖是用氖氣管 (Neon Light Indicator) 做指示器。當

收音機發聲最響亮而準確時，則氛氣管上下全部變紅色，反是則僅有極小部份之紅光。

第一二八圖是用黑影(Shadow Tuning Indicator)作指示器如圖AB所示。收音機開動而未入於諧振時，黑影的闊度如圖A所示。迨自動音量調節到準確點，於是黑影成爲狹條如圖B所示。此時聲浪最響而佳，蓋音量調節管已盡其調節之能事。

黑影的構造，有一個橙片，情形如圖c上a，裝置在黑匣裏。橙片的後面，有一隙部正對着小電珠(Pilot Lamp)。在高週和檢波的屏路裏連着一個感應線圈通到影示器。當電流大時黑影較闊，而電流小時此感應線圈部份，恰和燈光垂直成一直線，如圖B所示的情形。

第一二九圖AB是電子光示管，用作諧振點指示器，其作用和自動音量管的關係，讀者可參觀第八章第二十節電子光示管的情形，這裏不再複贅。

第十章 低週率放大電路

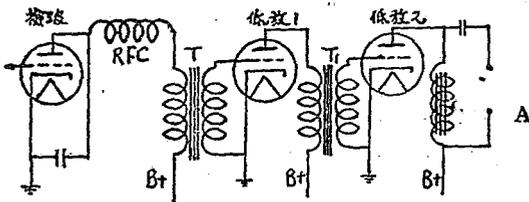
把外來的無線電波，經過高週率放大，而要送到人們耳朵裏，是要用低週率來應付，換句話說，人的聽覺，高的週率無法聽到的。所謂低的週率數，是指每秒點在1到50,000週之間；而普通人的耳朵所能聽到的週率，是在60到8000週之間。因之如果要把外來的電波，經高週而給人們所欣賞，把牠變為低週率是必經的階段。所以無線電波裏，是有低週率部份。與高週率部份，佔據同樣的重要地位。如果把低週率而加以放大就成為低週率放大(Audio Frequency Amplifier)，有的稱做成音週率放大。

有了低週率放大，應用在無線電路裏，於是設計了各種不同的電路，加了各種號數的低週率真空管，和各種交連的方法。就成低週率放大電路。牠和高週率同樣也用三種交連的方法，列之如下：

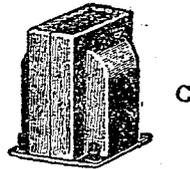
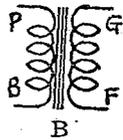
- (1) 變壓器交連低週率放大(Transformer Coupling in Audio Frequency Amplifier)
- (2) 電阻器交連低週率放大(Resistor Coupling in Audio Frequency Amplifier)

(3) 迴阻器交連低週率放大 (Reactance Coupling in Audio Frequency Amplifier)

(1) 變壓器交連放大



第一三〇圖



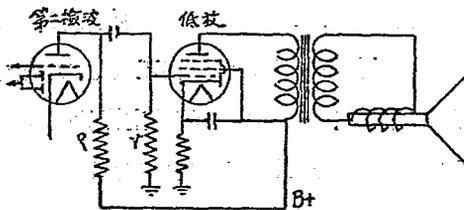
第一三〇圖A 是低週變壓器做交連的電路。第一只真空管是檢波，經檢波後的單向直流，經由 RFC (高週率阻流圈) 而到變壓器 T。這種變壓器如圖 C 所示。共有二個線圈如圖 B 所示。初級線圈上一個線頭 P，接真空管的屏。下一個線頭 B 接正電壓。次級圈上一個線頭 G 接真空管的柵極，下一個線頭 F 接真空管的燈絲或陰極。除了推挽式變壓器外，無論任何低週率變壓器都是四個接線頭，所以祇要牢記變壓器的 PBGF 四個接線頭，就容易認清。變壓器和線路裏的關係，如圖第一三〇圖A 所示。當檢波來的電訊，在

的初級部份，就感應到次級。低週率變壓器都是用鐵心，用以加強磁場而增加感應到次級圈。兩個線圈的比例，如1:3, 1:5等，當初級的電壓在一倍時，次級却要三倍或五倍，因電壓的增加，就把低週電訊放大。再經第一只低放真空管加以放大，這是低週率一級放大法。假定再加上一只變壓器，和一只真空管，就成為二級放大。此時喇叭裏的聲音，可以格外響亮。

用變壓器做交連放大，變壓器本身的設計和製造精良與否，是一個最重要的問題。良好的變壓器，其次級圈的電壓必等於初級線圈的電壓比比例相乘的數值。變壓器交連，在線圈上的電阻極小而變壓比例準確，電流在鐵心裏的損失極微，而且分佈儲電量也極低。

變壓器的放大工作，是在於初級線圈。因此其效力較之混合阻力和電阻交連為佳。此乃變壓器交連級數較少的原因。

(2) 電阻器交連放大



第一三一圖

第一三一圖是電阻器交連，用在低週率放大電路裏。當檢波管所檢到外來電訊加以放大

後，就由屏路輸出至電阻 R 上，產生電壓降。這種電壓降，等於電阻

和電流相乘的總數，即是 $IR = E_o$ 。也就是屏電路輸出的負載。在電阻器交連上，外來週率的變動和電阻 R 上負載，不相關涉，所以由負載上輸送到喇叭，或另一放大管而得到放大的效率。

電阻交連所得的放大數，全視真空管的放大係數和屏路所接的負載而定。圖中的 R 就是屏路的總電阻，是由於 $R_p + R$ 的結果。

至於柵極上的外來交流電訊，由正負兩半週 E_g 的造成的屏流，由下列公式計之：

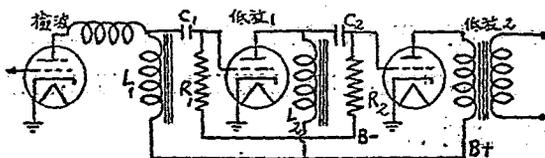
$$I_p = \frac{\mu E_g}{R_p + R}$$

於是此柵極交流所產生的屏流，流經負載電阻 R 所造成的輸出電壓 E_o ，可以下列公式計之：

$$E_o = I_p R = \mu E_g \frac{R}{R_p + R}$$

據上所述，則輸出電壓的曲線形，和原來輸入電訊曲線形同樣，是無可疑者，惟經過放大作用後，輸出量已經較大，所以電阻器交連，最大的優點，是在不失真。

(3) 迴阻器交連放大



第一三二圖

迴阻器交連放大，因為和週率的高低有密切關係，所以他的

負載是在於感應圈或儲電器。如果輸出電路中的電阻較感應迴阻大，則感應圈分析週率高低的力量薄弱，因此有等於電阻交連情形的傾向。現在迴阻交連中既有感應迴阻，同時還有儲電迴阻，則依據公式如 $X=2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}$ 。所以要知道屏電路負載的電流量則如下式：

$$I_p = \frac{\mu E_g}{\sqrt{(R_p+R)^2+X^2}}$$

而負載所輸出的電壓，可以下列公式計之：

$$E_o = I_p Z = \mu E_g \frac{\sqrt{R+X}}{\sqrt{(R_p+R)^2+X^2}}$$

公式中的 $Z = \text{外部線路的混合阻力即} \sqrt{R^2+X^2}$

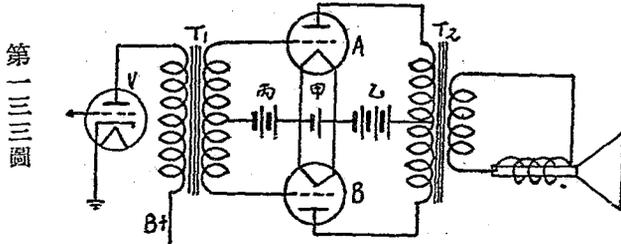
這樣，就如上面所說的，用迴阻負載時，其輸出電壓要隨週率的不同而變更。而同時此電路裏還需要一部份的電阻，否則週率的放大，勢必不相平衡，而要引起失真的。第一三二圖是低週率迴阻器交連放大。

綜上所述，電阻交連實比其他二種交連方法為佳。不過因為有IR降的原因，屏電壓是需要較高電壓的。至於其他二種，則迴阻交連，因線圈的電阻很小，不影響屏電壓。而變壓器呢，因有比例關係，放大力可以較大。

(4) 推挽式電路

在低週率放大電路裏，除了用上述三種交連電路作為低放外，

還有用推挽式電路作放大。第一三三圖是用一只三極管，和一只



推挽式變壓器(Push Pull Transformer)，做成推挽式電路。當前一只檢波真空管 V 的屏極，接入 T_1 變壓器的初級上，而 T_1 的次級圈上下二個線頭各接到 AB 兩真空管的柵極上。再由 T_1 次級圈的中心抽一中心分線 (Center Tap) 和丙電池相接。這樣接好後，再把 AB 兩真空管的屏極，接到 T_2 變壓器的初級圈兩個線頭上。再從 T_2 初級圈的中心，抽一個中心頭來和乙電池正極相接，而 T_2 的次級圈上兩個頭，接到喇叭的音圈 (Voice Coil) 上。

當兩只真空管的屏極，經由 T_2 的初級圈，和乙電池相接後，乙電池裏的電流，就平分輸送到屏上。但是因為電流輸送到屏極上，是由 T_2 初級的中心分線擔任，所以電流的流向在 AB 兩真空管上，是相反的，因此上下兩部份線圈所生的磁場也相反。依這種情形，雖然 AB 屏上的電流是反向，但是因電流反向，產生上下相反的磁場，可以中和而相消。

現在假使外來的電訊，輸送到 T_1 的初級圈上，由於正負的交流

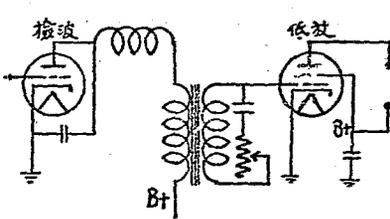
電壓，而產生變化的磁場。再感應出變化的交流電壓於次級圈上，不過因為次級圈上的電壓，是平分二部。於是外來的電訊可以平衡地輸送到二個柵極上，不至像單只真空管，因荷載過大而發生失真。

假使 T_1 次級圈上端，感應到的電壓是正，真空管A的柵極上電位，也趨於正，於是屏流增加。此時真空管B上柵極是荷着負壓，故屏流減少。用樣地 T_1 變壓器上的初級圈上半部線圈的電流增加，成為推進的形勢(Push)。下半部線圈的電壓減少，成為退回的形勢。即是挽(Pull)的意思。但是 T_2 初級圈是有中心分線的，因此上下兩半部的電流流向是相反着。可是磁場恰是相加，因為根據安培右手定則所示。一方面如果 T_2 初級圈上半部線圈，在電訊輸入時是減少，而下半部增加，磁場也是相加。結果 T_2 次級圈上所感應到的電壓都是相加的電壓。同時喇叭的混合阻力和真空管的屏電阻配合相等，因此電力的輸出最多，喇叭的發聲可以較單只低放管增加一倍。所以推挽式電路，是用於強力低放。然而乙電壓的供給却較低，這是推挽式電路用於低週率放大的優點。

(5) 音調調節器

當無線電播音機播送各種節目，由收音機收聽到時，因為每只播音機有不同的電力，於是所播送出的音域，也有強弱。一方面人們所要收聽的節目，有的喜歡高響，有的歡喜柔和。我們在前章

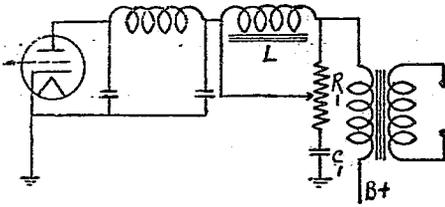
裏，知道控制音量的高低，除了自動音量調節，無須人的開動外，尚有音量調節器的裝置，來調節音量的高低。不過祇有一種調節器，在人們耳覺裏，還是不能滿足聽覺上的慾望，因為在高音調時，覺得太生硬，在低音調時，覺得太沉重。因此在收音機裏，另加了一種「音調調節器」(Tone Control)，來補上述的不足。這種調節器的裝置，也有好幾種。



圖一三四裏的音調調節器，是跨接在低週率變壓器次級圈上。當檢波成的電訊，經過低週率變壓器而加以昇壓時，因為儲電器 C，和音調調節器或

第一三四圖 串聯，其中一部份高週率電訊，可以經儲電器 C 成為枝路，而再到調節器上去，再移動調節器的指臂，R 上的阻力愈高，高週率的電流消耗愈多，結果低週率音調可以提高，而經真空管放大到喇叭裏去。

第一三五圖的音調調節器，是和低週率阻流圈 L (AFC) 並接。當調節器 R_1 的指臂移向儲電器 C_1 時，高週率的電流可以此為枝路。喇叭的發音就覺得沉濁。因為低週率都到喇叭去。如果把 R_1 的指臂向上移動，R 上電阻增加，阻流圈 L 總阻減低，而高週率電流比



第一三五圖

較更容易通過 L ，再到喇叭去。於是喇叭裏聲調，可以尖銳。所以實際上，音調調節器的效用，就是一種週率濾波器。因此而可以把某種週率的音調加強，某種週率的音調減低，來加以自由調節，以補音量調節器的不足。

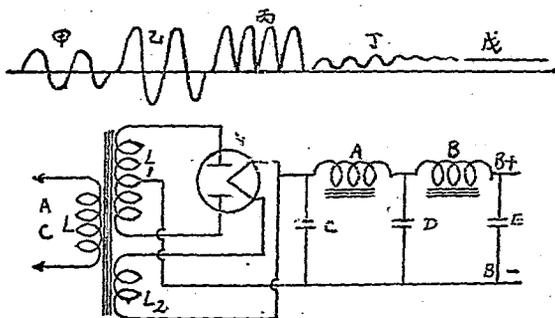
較更容易通過 L ，再到喇叭去。於是喇叭裏聲調，可以尖銳。所以實際上，音調調節器的效用，就是一種週率濾波器。因此而

第十一章 電源整流與濾波器

在交流電收音機裏，電源的來源是交流電，而須加以整流。整流的情形，在二極真空管整流一節，曾加敘述。可是整流以後，還是脈動(Pulsing Current)的直流，這種直流，仍是不能用到收音機裏各部份去，所以還要加以濾波，茲摘要述之如下。

(1) 整流管濾波器

第一三六圖



我們在第九章第五節裏，講濾波器的情形，在電源整流裏，也是需要濾波，不過性質不同。第一三六圖的 L 和 $L_1 L_2$ 是一只電源變

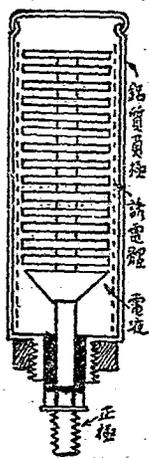
壓器(Power Transformer)。 L_1L_2 和真空管 V 構成的整流作用。AB和CDE構成濾波的線路。A和B是二只低週率阻流圈，跨接濾波儲電器CDE。我們既知道交流電(如曲線甲乙)，經過整流後，成爲單向直流。(如曲線丙)。不過這種直流，還是脈動的直流。當脈動直流經C則C儲電器即充電，同時一部份電流經A，此時A上即生感應電壓，同時產生反電壓。這種交流電假定是每分鐘 50 週，於是電流從零到最大，從最大到零，每秒的變換成爲 100 次。當儲電器充電到最大電壓數而變化到最小電壓數時，阻流圈 A 因爲自感應作用，當儲電要放電時，A 發生反電壓，反對其放電，當儲電器放電完後要充電，A 上生反電壓，阻止其增加，而 A 本身在充電而生感應，同時却放電到D和B上去，這樣充電放電，再加阻止和反對作用，可以把顫動直流逐漸成爲平穩直流，如曲線丁到戊時就成爲平穩直流，於是把這種直流，再應用到收音機各部屏極和簾柵極去，可以和乾電池蓄電池直流電同樣。

依上的述敘，可知 ABCDE 的裝置，是濾波器的另一種式樣。他的目的是把顫動直流，形成平穩直流。所以在收音機裏如果 A 或 B 損壞時，AB 上就不能產生磁場，直流的形成力已減。如果儲電器損壞，則整流管 V 有損壞之可能。有時在喇叭裏，可以聽到卜卜聲。這是因爲儲電器將壞未壞，收音機的高壓電，斷斷續續，所以有卜卜聲。在無線電交流收音機而用電動式喇叭時，A 或 B 可以借用

電動喇叭裏的勵磁圈 (Field Coil), 因為勵磁圈有大的鐵心, 可以構成強大的磁場。

(2) 電液式儲電器和電糊式儲電器

整流濾波器上用的儲電器, 他的儲電量較一般斷流枝路等儲電器為大。大抵在2MF到16MF 之間。濾波儲電器通常分為二種, 一是電液儲電器(Liquid Electrolytic Condenser), 一是電糊儲電器(Dry Electrolytic Condenser)。這種儲電器的式樣, 如本書第三章第十節第三十三圖 A B 的情形。而其內容如第一三七圖, 也分成正負兩極。



負兩極。負極的導片是用鋁片製成, 正極導片, 和負極一樣的質料。電液式的儲電器, 通常在正極的導片裏, 加入硼酸 (Boric Acid), 或硼酸銨 (Ammonium Borate) 溶液。在製造時, 當直流電接到儲電器正負極上時, 加入的電溶液, 就發生電解作用。正極周圍, 造成一種薄膜式的氣體, 作為正負二極間的誘電體。和第三章裏所述變量儲電器, 動片和定片間, 用空氣絕緣而有誘電作用一樣。這種薄膜所造成的誘電體, 可以有耐壓力。在無線電收音機上, 通常用的耐壓力, 從

第一三七圖 450伏脫到500伏脫。

電糊式儲電器性質, 和電液式同樣。他的構造是由二層極薄的

鉛片捲起來，中間用一層浸有化學品電糊的紗布相隔離，作為誘電體。故稱為電糊式。他的耐壓力，在收音機上也用到450到500伏脫。

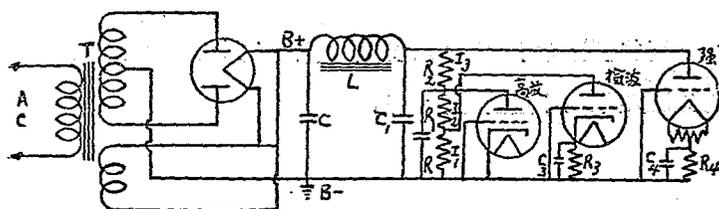
以上兩種儲電器，用於整流電源的濾波器上，儲電量的單位是在2兆分法 (2MF)，4兆分法 (4MF)，8兆分法 (8MF)到10兆分法 (10MF)。這種儲電量單位是在交流收音機上，至於用在交直流收音機上，耐壓力可以較小到175伏脫。而儲電量單位，則用到16兆分法。

濾波儲電器的壽命，和乾電池一樣，最怕受潮。除了受潮以外，依我人日常和收音機接觸的經過，時間長些，可以用到四五年，短些祇能一二年，所以收音機既時時有機會要更換儲電器，在中國設廠製造這種較準確而儲電量較大的電液式和電糊式的儲電器，實在是當務之急，來挽回一部份的漏卮。

至小量儲電器，用在枝路斷流柵極等處，他的導片用薄鉛片或薄錫紙相互疊成，中間隔以臘紙，構成絕緣和誘電作用。有的捲成圓狀式，如第三十三圖 C，有的捲成長方形式，如第三十三圖 E D 的情形。

(3) 電壓分析器

無線電機因為要節省用電，而採用交流電。而機件本身，仍是用直流電，所以在電源變壓器後，要加以整流。整流以後，還要加濾波。經過整流濾波，纔成為平穩的直流。我們要把這種直流，分別應用在機件內部份去，因是有電壓分析的作用。



第一三八圖

電壓分析器 (Voltage Divider), 是利用電阻的電壓降, 可以把所需要的電壓, 降成某種電壓數。第一三八圖是分析電壓的接線圖。圖中用高放, 檢波, 強放, 來代表整只收音機。圖中強力低放真空管所用屏電壓, 是直接從整流濾波器所輸出的直流電壓, 並不用到電壓降。因為強力管需用極高的電壓, 好像 47, 2A5, 41 等真空管, 他的最大屏壓是 250 伏脫直流, 因此強放管上屏流 I 也從 B+ 處經阻流圈 L 到強放管上, 而到 B- 的迴路。依此圖情形, 在設計電源變壓器的時候, 最高電壓是符合強放管的屏壓。

高週率放大和檢波管的屏壓是比較地小, 所以需要分壓電阻來降壓。此, 假定高放管祇需要 180 伏脫的屏壓, 於是 R_2 上的電壓降是 $250 - 180 = 70$ 伏脫。假定流經 R_2 的總電流 I_3 是 20 千分安培。依歐姆定律 $R_2 = \frac{70}{.02} = 3500$ 歐姆。這種分壓法, 同樣可以用在檢波管上, 用分壓電阻 R_1 。至於電阻 R 的歐姆數應較大, 可使電流 I_1 的值減小, 至於 R_3 和 R_4 是用作柵極負電壓用的。

分壓電阻通常是用線繞，是絲繞的電阻 (Wire Wound Resistor)。瓦特數加高而可耐熱力。比較炭質電阻 (Carbon Resistor)，更可以經久耐用，不過價值稍昂些。

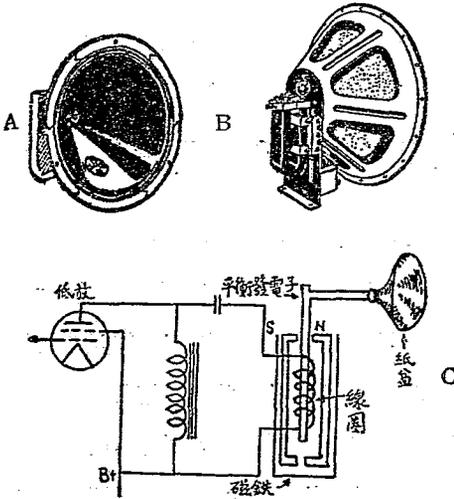
第十二章 喇叭與拾音器

無線電收音機上所用的喇叭，有好幾種，大別分爲二種。一是磁力式的喇叭 (Magnetic Speaker)，一是電動式喇叭 (Dynamic Speaker)，喇叭的作用，是把收音機裏的低週率部份，經過末級放大後，就輸送到喇叭裏，發出響亮的聲音來。我們在第八章十三節述礦石檢波時，因爲礦石本身沒有像真空管放大的能力，所以祇能用聽筒 (Headphone) 來收聽。可是當收音機用真空管來幫助，再加幾種交連線路的組織，就可以把外來高週率電訊，逐步加以放大，形成低週率電流。結果可以發生響亮的聲音。本來祇能在一副聽筒裏，供一個人的收聽，現在可以在一室裏乃至可以放置在更大的地方，供許多人的欣賞。關於後者，就像公共演講機，影戲院裏的放聲機，都是用大號而強力的喇叭。

(1) 磁力式喇叭

磁力式喇叭，最通用的是平衡發電子式 (Balanced Armature Type Speaker)。第一三九圖A是這種喇叭外面的前部，B是背面，C是喇叭的接線，和收音機末級真空管線路相接，B的後面有塊馬蹄

第一三九圖



鐵。感應圈在B的上端，連着一根軸，軸和紙盆上的薄膜相接。從C圖上可以看見感應線圈的周圍，是有一塊永久磁鐵如圖N S所示。

假定現在有低週的電訊，從低放管輸送到感應線圈，此感應線圈由電生磁，磁

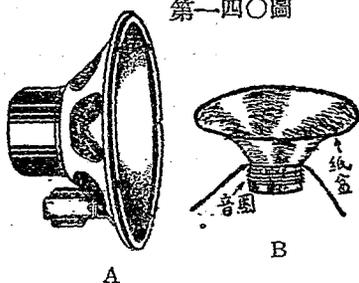
力線的方向是使左端是S極右端是N極，於是線圈左端，是給永久磁鐵S所斥而被右方永久磁鐵N極所吸引，發電子移向右方。假使電訊的電流，輸入感應圈時，所生磁力線在左方是N極，就給永久磁鐵的S所吸，而給右方的N所斥，於是發電子移向左方。如這樣的相吸相斥，發電子在左右移動，而連在發電子上端的軸心也移動，結果紙盆上的薄膜也發生振動；紙盆顫動而成聲。

磁式喇叭，其發聲的大小是和發電子中間的空隙有着密切的關係。如空隙較大，較強的電訊輸入時，不致因劇烈振動和感應線圈相碰，而發生雜音。可是太大了，在外來微弱電訊輸入時，

靈敏度就減弱，發聲就要失真。因此用磁力式喇叭的收音機，用過份強力放大的真空管，是不適宜，而祇能用在三四只真空管的收音機上。

(2) 電動式喇叭

電動式喇叭 (Dynamic Speaker) 的本身，有三種重要部份。第一種是連着紙盆 (Cone) 的音圈 (Cone Coil)，第二種是勵磁圈 (Field Coil)，第三種是輸出變壓器 (Output Transformer)。如第一四〇圖所示。

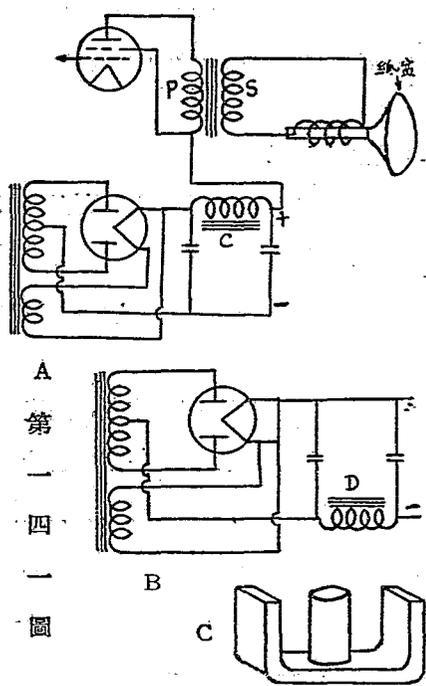


第一四〇圖

電動喇叭的本身，是沒有永久磁鐵。而他所幫助發音的磁場是靠暫時的磁場。這種暫時磁場。無疑地是以電生磁的方法來應用。第一四〇圖A上的勵磁圈，是幫助電動喇叭發

音的暫時磁場，此磁場是鐵質的圓心，周圍配置了圓的鋼板架，圓心的周圍，繞了圈數極多的線圈，通出兩根線頭來，在此二根線頭上，通以平穩的直流電，就產生強大的磁場。而鐵質圓心的頭部，套着紙盆相連的音圈，如圖B所示。

通常收音機上的勵磁圈，他接電的來源，直接從電源濾波器上的正電壓或負電壓上來的。所以電源濾波器上的阻流圈，如第一四



A
第
一
四
一
圖

一圖AB上CD所示，是借用電動喇叭上的勵磁圈。既可以作為濾波整流的效用，又可以把他激勵磁場。實在是一舉二得的事。電動喇叭上既有了磁場，於是音圈上所感受電流而作聲時音圈可顫動而成聲。其能顫動的力量，這勵磁的磁場，是促成顫動的一個因素。因此在勵磁圈中心的鐵質圓心上，所套着的音圈周圍，留

着相當空隙。這個空隙，就為便利顫動而留着的。至於音圈上的二個線頭，是接到輸出變壓器的次級線圈上。如第一四一圖輸出變壓器的接線所示，而變壓器裝置在喇叭上的地點，是在第一四〇圖下面部份的情形。

勵磁圈的接法，如上所述，有的從整流管的燈絲正極，接出來如第一四一圖A上C的情形。有的是從整流管雙屏的中心分線上，

接出成爲負極濾波的阻流圈，如圖D的情形。這種接法無論是正極濾波，和負極濾波，這勵磁場的電力，都是單向性，而且是穩定的直流。所以不單是交流電源不可用，即整流後的顫動直流，也應該經過濾波的階段，方可使勵磁圈的磁場，不產生忽強忽弱的作用，而生雜音。

至輸出變壓器的初級圈，（見第一四一圖P）是從低週率放大管屏極和簾柵極接出。這樣放大管的輸出電流，感應到音圈時，音圈上有電流通過，而成磁場。這磁場沿勵磁圈和鐵軸心，往復移動，因此和音圈相連的紙盆，也同樣振動着，而由電流顫動成音流。像這種喇叭所荷載的電力，甚爲強大，可以使收音機發聲，較之磁力喇叭，更爲響亮。所以電動式喇叭，是適宜於強力管的收音機的。

我人看到電動式喇叭後，知道音圈上的圈數極少，所以感應量也少。同時總阻也低，因此對於成音範圍的各種週率，都可以同樣地放聲。

有時在開唱收音機時，常覺着聲音裏夾着沙聲，這是紙盆音圈的位置，和勵磁圈鐵心的圓心相碰。此時應該把紙盆取出，和圓心相校正其位置，這種沙聲音就可以免除。

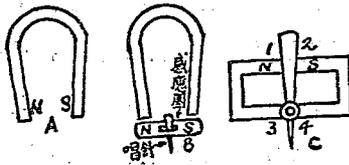
(3) 電氣拾音器

無線電收音機除了收音機本身外，還有一種連電動機(Motor)

(如圖一四四圖)，和電氣拾音器 (Electric Pickup)，如圖第一四二

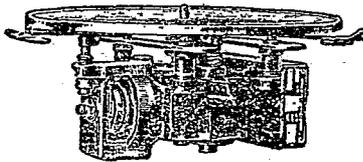


第一四二圖



第一四三圖

地式的木箱，因為有助聲板 (Baffle)，和回聲的關係，所以發聲特別圓潤悅耳。這種裝置，稱做無線電留聲兩用機 (Radio Gramophone Combination)。較之通常用手搖發條式的留聲機，既可以減少手搖



第一四四圖

的麻煩，又可以聽到圓潤響亮的聲調，價值是大不相同。

上，開着電動機 (俗稱馬達)，用電氣拾音器，使唱片上所灌着的各種音浪，藉收音機的喇叭裏發聲。這種發聲，因為靠了無線電低週率放大，所以特別響亮。而一般裝置以上設備的，都是用落地式的木箱 (Console Type)。落

地式的木箱，因為有助聲板 (Baffle)，和回聲的關係，所以發聲特別圓潤悅耳。這種裝置，稱做無線電留聲兩用機 (Radio Gramophone Combination)。較之通常用手搖發條式的留聲機，既可以減少手搖

圖一四三是一只拾音器加以分析情形，A 是馬蹄鐵，下端

有二個磁極，一是南極，一是北

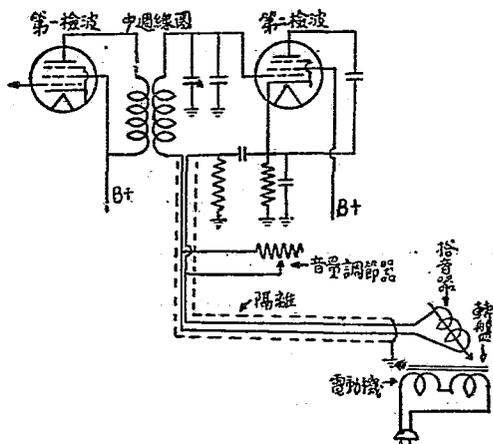
極。B 是馬蹄鐵，唱針 (Needle) 和感應圈合組成拾音器。(俗稱電唱

頭)的情形。

依一四三圖 B 拾音器的磁場，是由一只馬蹄鐵所構成。再和一個感應線圈相感應。實際上和磁力式喇叭有同樣的作用。唱針的裝置是插在線圈中間樞軸上。和發電子相連。當唱針在唱片波紋上，因唱片的轉動而震動時，此發電子即同時擺動着。當擺動時，發電子的上端偏向磁極的 N 端的 (1) 點，如圖一四三 C 的情形，於是他的下端就偏向右極 S 端 (4) 點處，於是 N 端的磁力線，就經過感應線圈透到 S 端 4 點上，感應線圈就產生感應電壓。假使發電子回到原來的地位，磁力線就減少，感應圈產生反電壓，其方向和增加相反。換過來說，如果發電子偏在右邊 S 極 (2) 點處時，右邊下端偏向 N 極 (3) 點處，和上面同樣的情形，產生感應電壓。這樣的互相振動着，所生週率性的感應電流，就經由拾音器的末端二個線頭，引入收音機低週率電路去，再輸送到喇叭。於是所發的聲音，和灌在唱片上的音域同樣，但是聲音是特別響亮了。

第一四五圖是拾音器和收音機的接線情形。二根線頭的接法，第一根是從中間週率線圈的次級圈接出。另一根從第二檢波管的陰極接出。這二線接到拾音器本身的線頭上，如第一四二圖上線頭，於是拾音器上感應到的電流，就經這二個線頭，輸送進第二檢波管裏，再加放大而到低放管，再由喇叭裏發出聲來。

留聲機在開唱時，因為有了無線電擴大聲域，所以發聲宏亮。



第一四五圖

不過如要把聲音減低些，就可以裝一只音量調節器，如第一四五圖箭頭所示。裝了這只調節器，就可隨開唱者的意思，來控制聲音的高低。這又是一種便利的裝置。

至於開無線電節目，和開唱留聲片時，另外裝了一只開關 (Switch)，把二方面隔開。要開唱無線電，把開關扳到無線電方面；要開唱留聲機，把開關扳到留聲機方面。如此就不至將二種聲音，在喇叭裏混雜在一起而發聲。

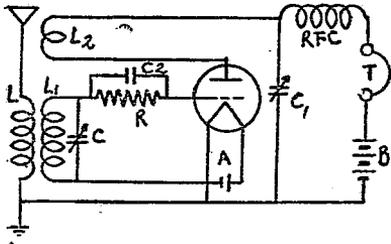
第十三章 真空管收音機線路

依本書以前各章的敘述，每章各有獨立性。但是把各章的理論連繫起來，又各有其相互性。因此如果把各章互相連繫，就可成爲整張的線路。在無線電學上，不論是收音機(Radio Receiver)和發射機(Radio Transmitter)，都有整個設計的線路。本章所述，是關於收音機的各種整個線路的情形，明瞭了整個的構造，進而研究高深的設計方法，就有軌道可尋，而同時可引起相當的興趣。

本章線路的敘述，依現在普遍使用者加以說明，其他已經落伍，或已經廢去不用者，都加略去。我們現在所述是(1)回授式線路(Regenerative Circuit)；(2)平差式線路(Neutrodyne Circuit)；(3)調整高放式線路(Tuned Radio Frequency Circuit)；(4)超等外差式線路(Super Heterodyne Circuit)。

(1) 回授式線路

第一四六圖是收音機上用的回授式線路。感應圈 L 和 L_1 以及儲電器 C ，構成配諧電路。由 C_2R 做柵極檢波，因檢波而截取半週的電波，由真空管 V 加以放大。此時真空管屏上的放大電流，經由感



第一四六圖

應圈 L_2 ，高週阻流圈(RFC)到聽筒裏發聲。不過感應圈 L_2 在屏上所得的電流，還可以和感應圈 L_1 作交連。我們在交連電路裏，知道兩個線圈交連的寬緊，對於磁力線

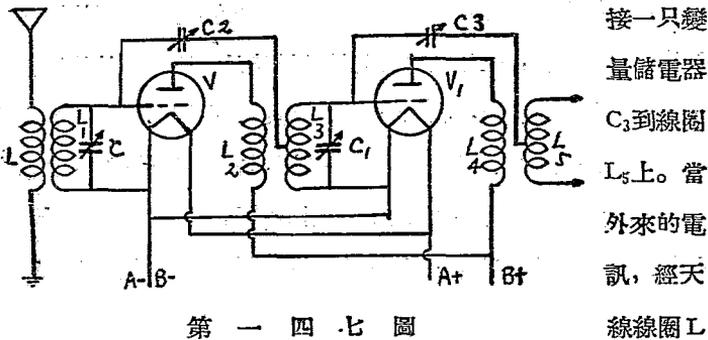
的強弱有關，也是對於振盪電力有關。感應圈 L_2 ，由真空管屏上所得的放大電流，再感應到感應圈 L_1 上，成為回授作用。於是 L_1 可以得到更大的感應電壓。這種更大電壓，經檢波方法，而到真空管裏去。此時真空管的放大作用更大，而聽筒所得的電訊更擴大。因之發聲更響。這是因為由感應圈 L_1 ，經柵檢波 RC_2 到真空管放大，再由感應圈 L_2 回授作用可加響音力的好處。至於RFC和儲電器 C_1 的作用，有二方面，第一點，RFC可以濾去雜音，使聽筒收音格外純粹；而 C_1 是可以調節回授線圈，可以得到更準確的諧振點。第二種，RFC和 C_1 在此處，是配成一濾波器，把外來的高週率電波濾去，所濾去的高週率，以 C_1 儲電器作枝路。於是聽筒所收到的電波，都是低週率，發音格外響亮。

(2) 平差式線路

我們在真空管章裏知道三極真空管的各極間，有「無形儲電量」存在。即CGF, CGP和CPF。(參閱第一〇〇圖)。因此當高週率

電波在三極管裏加以放大時，因儲電量的回授作用，而產生振盪，以致在喇叭裏發聲，容易形成嘶嘶的叫聲。這種弊病，除了有四極管的發明，以補救此種弊病外，在收音機線路而用三極管裝置時，有平差式的線路 (Neutrodyne Circuit)，來補救此弊病。

圖一四七是一只平差式的線路。三極真空管V的柵極迴路上，接一只變量儲電器C₂到線圈L₃上，同樣地在V₁真空管的柵迴路上，



第一四七圖

感應到L₁，和儲電器調節成諧振時，再輸進真空管V的柵極上，把電訊加以放大。此時放大的電訊，經由L₂感應到L₃上。不過如果V裏因為「無形儲電量」的關係，這種放大電波，可由屏極回授到同管柵極上去，結果真空管裏就產生振盪。現在把儲電器C₂加在柵極迴路和線圈L₃上，因為L₃上所感應到的電壓，和L₂上的相反，因相位(Phase)關係，可以把真空管V裏的回授電波，由C₂的調節，把牠相消。換句話說，就是把屏極和柵極的無形儲電量，由C₂加以抵

消。結果回授作用不再產生，收音方面就覺得清晰。至於真空管 V_1 的情形，和 V 同樣是相消作用。所謂不差者，是把因真空管產生的回授電波，平均地加以相差，使振盪不生。

這種線路，在收音機方面，自從四極真空管發明後，已經逐漸淘汰，不過在發報機上，還是很多採用着。

(3) 調整高放式線路

收音機在收取節目時，比較遠程的播音台，往往不易收到。調整高放式的機件，是比較容易接收較遠地點所播出的節目。同時電力稍弱的播音台，也比較容易收到。這是因為調整高放式的線路，多用高週放大的緣故。第一四八圖，是調整高放式的線路。除了一只整流真空管外，一共是用五只真空管。而其中高週率放大，是佔到三只。其餘二只，一是檢波，一是低放。這樣就完成整個收音機的線路。

在一四八圖上，當外來的高週波電訊，經天線迴路產生振盪，而成諧振，由儲電器 C 加以調節，於是由一級高放管加以放大。這種電訊的情形，如圖中甲上振幅情形，而在一級放大後，到 T 高週變壓器所感應放大的電訊，振幅如圖中乙的情形，同樣地把這種放大的電訊，經由第二真空管 v_1 把電流放大，而到高放變壓器 T_1 。此時的電訊振幅，成為圖中丙的情形。依這種放大，可以看到外來的電壓，每經一級放大，原來的電訊就增大，多用一級，則電訊振幅愈

大。此線路經了三級放大，到第四只真空管，再加以檢波，然後經 L 和 C_4C_5 ，配成的低週濾波器，再經電阻器交連，而輸送到低週率放大管去。依這種連續放大，在電訊的擴大，固然是不成問題，即使較遠微弱的電訊，在喇叭裏也可以容易聽得出。可是這裏有一個弊病，是選擇性不佳。因為依這種放大，外來電訊，可以平均地放大起來。譬如外來電訊在配諧時，收到是一家 660 千週率的電波，此時尚有一部份 680 千週率的電訊，因邊帶波的關係，攙雜在裏面，於是經過三級放大後，660 千週率的電波，固然放大了，可是 680 千週率的電波，也同樣地放大。結果喇叭裏所發出的聲音，在有 660 千週率播音台所發送的節目外，還有 680 千週率所發送的節目。這是對於選擇性方面成爲問題的。

依上敘述，知道調整高放式的線路，對於選擇性發生困難，而尤其是在電台密佈的上海。每一個播音台，和其鄰近的播音台，往往相差祇有 10 千週波。凡是選擇性比較稍好的收音機，有時尚不免同時可收到二家電台的節目。所以調整高放式線路，現在是淘汰着，而代以超等外差式線路了。

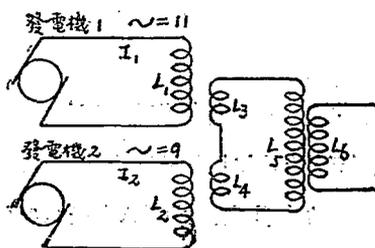
(4) 超等外差式線路

在無線電收音機的線路，選擇性好而靈敏度高，當推超等外差式，茲把這種線路的構造，加以較詳細的敘述，讀者如能仔細地認識，則收音機線路，不難全部地解決。

(甲) 何謂外差

我人在收音機中所聽得之各種節目，如語言音樂彈唱等，此種節目，在播音機中播送時，由機件的構造，使以上各種聲音的顫動，成爲電流的顫動，加於播音機之載波上，向外發射。凡言語音樂的顫動電流皆爲低週率，而載波則爲高週率。因此在播音機所放射的電波，有二種，一爲載波 (Carrier Wave)，在每秒鐘內有規定之週率數 (Frequency)，或波長 (Wavelength) 數。(此種規定數由政府之主管機關所頒給)，而高週率載波之發射，還須要由言語音樂所產生的低週率電流，加以調幅 (Modulated)。因爲載波是規定的等幅波，而由調幅波 (Modulated Wave) 加以調幅後，在收音機收聽時，方有高下曲折的顫動電波，可以聽聞。這情形在這第八章十三節礦石檢波裏，已經略加說明。

在外差式收音機裏，在收到外來已受調幅的載波，再和收音機

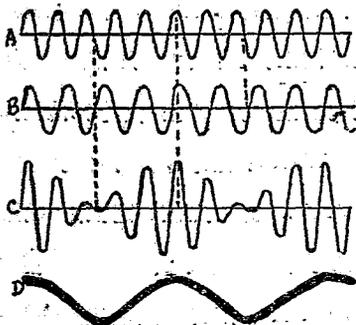


第一四九圖

本身所產生的本地振盪相混合。在二波相混合時，可以產生一種差波，再輸送到中間週率線圈裏。現把第一四九圖作說明。圖中是二只交流發電機，第一只發電機所產

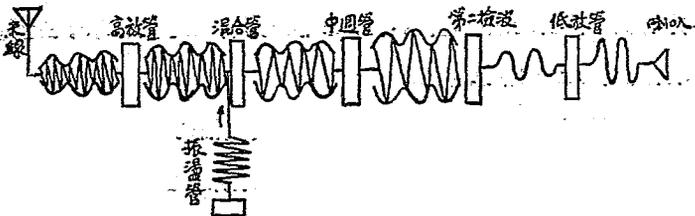
生的交流電，是每秒十一週，第二發電機所產生的交流電是每秒九

週。而此電路裏包括四個線圈 L_1 、 L_2 和 L_3 、 L_4 。十一週波可以由 L_1 感應到 L_3 。九週波可以由 L_2 感應到 L_4 。這是因為 L_1 和 L_3 交連， L_2 和 L_4 交



第一五〇圖

連。當電壓感應到線圈 L_3 、 L_4 時，我們可以參閱第一五〇圖的情形，圖上電波A是代表十一週波的曲線，電波B是代表九週波的曲線。假定在 L_3 、 L_4 的電波相混合時，於是混合後所產生的電波，就如圖C所示情形。這種電波



第一五一圖

的產生，是由於A、B二電波在同一正高峯或負高峯時，則相加；在正負相遇時，則相減。如圖虛線所示。於是相加相減而成相消，即是成爲相差。所以差出的電波，如圖C的情形。假使曲線A代表1,000,000週波，而曲線B代表1,010,000週波，結果電壓幅度的變更，於相混合的週波數，等於1,010,000—1,000,000成爲每秒10000週波、

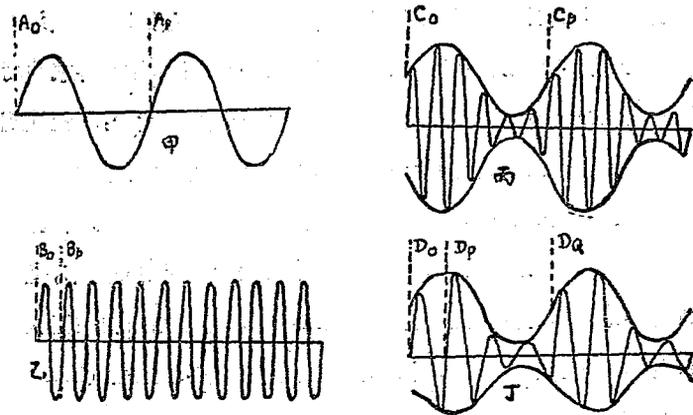
也就等於C的情形。假使把連貫的電流來表示，就如圖D的情形。

在收音機線路裏，可以把第一五一圖來加以說明。當外來的高週波電流由天線而到高放管時，電波由高放管加以放大，而輸送到混合管去，一方面收音機所產生的本地振盪週波，也同樣輸入混合管，這情形正和第一四九圖AB情形同樣。所以假定外來的電訊，經過調幅的載波，每秒1,000,000週，而本地振盪所產生的週率，是1,175,000週，同時輸入混合管時，這二種週率可以相加相減而成爲175,000的差波(Beat Frequency)，輸入中間週率放大管(Intermediate Frequency Amplifier Tube)，然後再經第二檢波，輸送到低放管，而至喇叭來發聲。這樣正和第一五〇圖，由AB因相加相減，而成爲C，然後經第二檢波而成D電流的曲折。D的情形，正是和喇叭所經到的顫動電流的情形。

依以上的敘述，在一個收音機裏，由天空裏所收到已經調幅的載波，在輸入到檢波管之前，再需要另外一種振盪電波，和收到的載波相混合，而產生差波。是謂之外差(Heterodyne)。這種差出的週率，稱做差週率(Beat Frequency)。

(乙) 差週率與調幅

第一五二圖甲的正弦曲線，是廣播機上所產生的調幅波，每秒鐘1000週。在A₀和A_p的距離，是每秒一千週中的一週。此種低週率是用於廣播機所發出的載波上的。乙是廣播機上所發射的載波，



第一五二圖

每秒鐘是1,000,000週，圖上 B_0 和 B_p 是代表載波每秒在1,000,000週中一週的情形。於是此1,000,000的載波，是給1000週的低週率所調幅如圖丙所示。調幅波 A_0 到 A_p 的一週，加於載波上，於是載波的等幅波就成為正弦曲線的波狀。換句話說，當載波在每秒1,000,000週時，加於其上的，是每秒1000週的調幅波。

假定把已經調幅的載波1,000,000週，混合在未受調幅，而由本地產生的振盪波每秒1,240,000週。於是載波和振盪波相加相減成為相差，結果是1,240,000—1,000,000得到每秒240,000週波的差波 (Beat Frequency)。這種240,000週波的差波，仍是受1000週的低週所調幅。這種情形如圖丁所示。

圖丁上的 D_0 到 D_q ，是示低週波在每一週的情形。正和圖甲 A_0 到 A_p 同樣的距離。而 D_0 到 D_p ，是代表差波在每秒 240,000 週的情形。因此在調幅波從 D_0 到 D_q 時，240,000 週的差波；同在一個時間裏進行着，而在1000週的調幅波完結時，也恰是240,000週的差波，進行完結的時間。

通常調幅波的週率，是沒有一定。不過總是在低週率的範圍。這種低週率範圍，就是在播音室裏所發出的言語音樂或彈唱節目。

上面所述每秒240,000週波的差波，就成為中間週率的電訊。假定再把中間週率電訊，經過第二檢波，把低週波和中間週波分開，而到喇叭裏去，這就第二檢波的任務。

(丙) 超等外差式的情形

上面所述外差式線路的差波，實際上在機件運用時，尚不如此簡單。廣播週率的範圍，在每秒550至1500千週。在這範圍內，任何一個週率，可作為載週率(Carrier Frequency)。為便於說明，以 f 作代表。而語言音樂的週率，在每秒50到8000週。這種是低週率，也就是調幅週率，以 f_1 代表。我們假定以1000千週為載週率，而調幅週率為5千週。於是

$$(1) f = \text{載週率} \quad \text{即} \quad 1,000,000 \text{週波}$$

$$(2) f_1 = \text{低週率} \quad \text{即} \quad 5,000 \text{週波}$$

$$(3) f + f_1 = \text{二種週率相加} \quad 1,005,000 \text{週波}$$

$$(4) f-f = \text{二種週率相減} \quad 995,000 \text{週波}$$

以上是調幅波和載週率的關係，在廣播機發射時，是1,3,4,三種，因為5千週是低週率，不能向空中發射，此乃屬於廣播機方面。當收音機在接收時，假定本地振盪所產生的週率，是1465千週，此種週率以 f_0 代表，結果收音機裏的現象，是有：

$$(5) f_0+f \quad 1,465,000+1,000,000=2,465,000 \text{週波}$$

$$(6) f_0-f \quad 1,465,000-1,000,000=465,000 \text{週波}$$

$$(7) f_0+(f+f_1) \quad 1,465,000+1,005,000=2,470,000 \text{週波}$$

$$(8) f_0-(f+f_1) \quad 1,465,000-1,005,000=460,000 \text{週波}$$

$$(9) f_0+(f-f_1) \quad 1,465,000+995,000=2,460,000 \text{週波}$$

$$(10) f_0-(f-f_1) \quad 1,465,000-995,000=470,000 \text{週波}$$

依上表，當外來已經調幅的高週率載波，再加了本地產生振盪週率，因相加相減成爲相差的結果，如第一五〇圖 C 的情形，可以得到的中間週率有三種，即(6)(8)(10)的週波如465,460,470,千週。這460和470千週，是中間週率邊帶波。其相差數是10千週。(假定是100%調幅)現在把1,005,000和995,000作爲載波的邊帶波，而其間的相差，成爲10000週波，也就是10千週波。所以在廣播波域裏，每二家播音台的距離，不能再較10千週爲近。再走進就要侵入中間週率的邊帶波，而發生干擾。所以管理播音事業的電政機關，當其頒發某種週率時，是限定三個週率，最狹的距離，是

10千週波。所以依第一五三圖，一五四圖和本節所述的 f_{f1} 和 f_{o} 相加相減的情形，就知超等外差式(Superheterodyne)的機件，他必具的條件是(1)外來加有調幅波的載週率(Carrier Frequency With Modulated Wave)，這種載週率是有邊帶波。(2)加了本地產生的高週振盪週率 1465KC。(3)把以上兩種週率合併到第一檢波管，結果可以得到六種週率。如2465KC, 465KC, 2470KC, 460KC, 2460KC, 470KC, 然後差成差波，即465KC, 460KC和470KC。這三種週率裏，主要的中間週率，是465KC，而460KC和470KC是邊帶波，再從中間週率輸入第二檢波。就得如下表：

$$(11) \quad 465 + 460 = 925\text{KC}$$

$$(12) \quad 465 - 460 = 5\text{KC}$$

$$(13) \quad 470 + 465 = 935\text{KC}$$

$$(14) \quad 470 - 465 = 5\text{KC}$$

$$(15) \quad 460 + 470 = 930\text{KC}$$

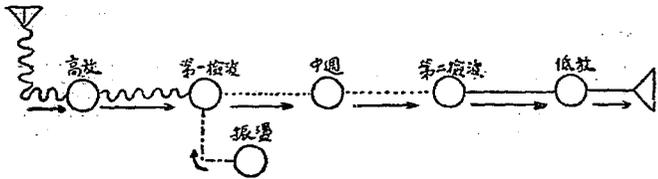
$$(16) \quad 460 - 470 = 10\text{KC}$$

依上表情形在第二檢波所得到的，是在六個週波。其中 925KC, 935KC和930KC都是中間週率波。因為中間週率波，通常是在 254千週到1000千週的範圍，因此在第一五四圖經過第二檢波到低放時，祇有三個週波，如5KC, 5KC, 和10KC，此種週波，都屬於低週率範圍。而輸出到喇叭發聲。

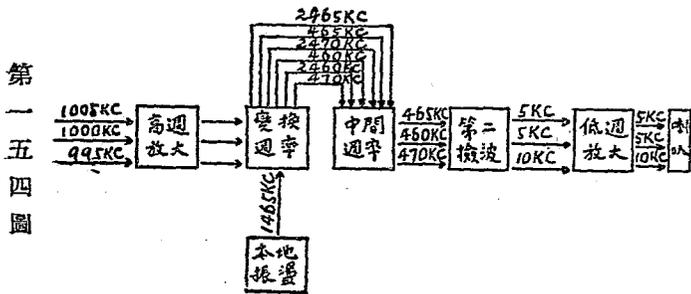
外差式和超等外差式的異點是，超外差式利用中週率的一個階段，就成就了選擇性靈敏度更佳的工作。

(丁) 超外差式線路圖說

超外差式的線路，依收音機進步的歷史講，有好幾種。現在摘錄幾張線路圖，並加以簡單的說明如下：

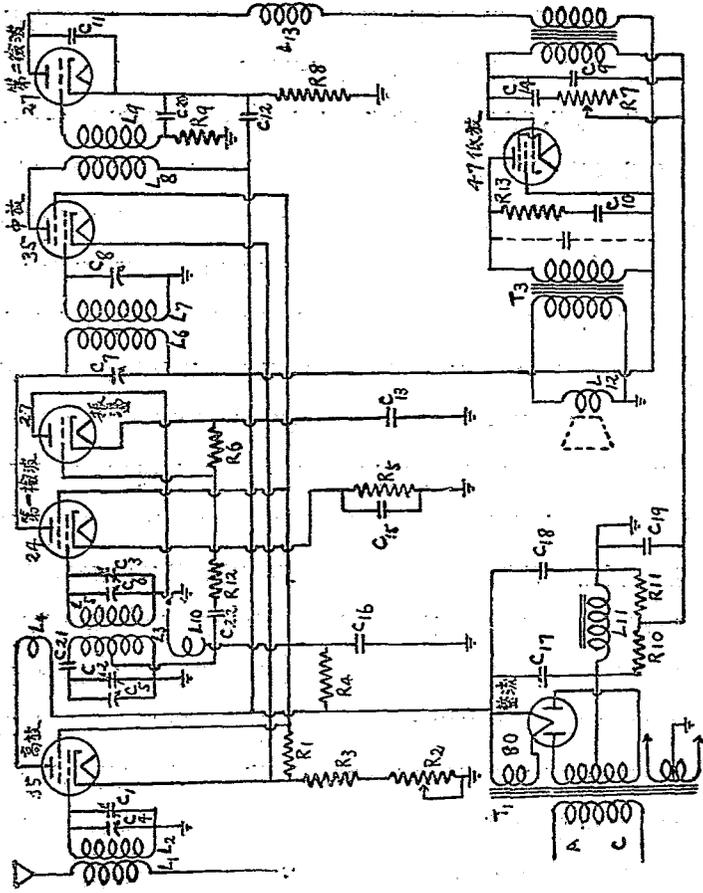


第一五三圖



第一五四圖

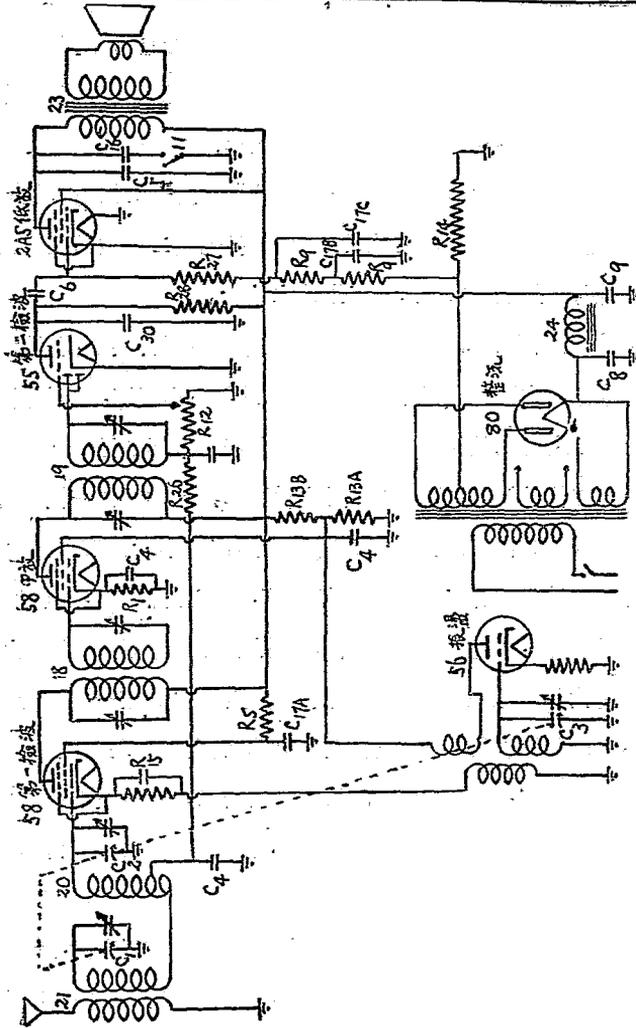
第一五五圖，是一只老式的超等外差式七只真空管收音機線路圖。高放管是35號用作一級放大。低放管是47號也是一級放大。中週真空放大管是35號也是一級。圖中交連的情形，中週方面是用二級中間週率線圈。低週方面，用一級低週率變壓器而到喇叭。第



第一五五圖

一檢波管是24號真空管，本地振盪管是27號。圖中振盪管屏極，連到線圈L—10再通到正電壓。而柵極所連的線圈L—3，是借用高週率線圈初級中心分線。L₁₀和L₃是有交連的關係。

依上排列，我們知道天空傳來的電磁波，由天線線圈 (Antenna Coil) 經儲電器C₁，配成諧振電路，而輸送到線圈L₄，由L₄回授到L₃，而L₃L₅是高週率變壓器以空氣作絕緣。L₃上既感應到外來電訊，於是因互感應而至L₅再由儲電器C₂和C₃的調節，使外來高週率載波，輸入於第一檢波管的柵極上，此時線圈L₁₀和L₃中心分線所產生的本地振盪週率，由27號真空管加以放大後，由L₃感應到L₅，也至第一檢波管柵極上。於是由第一檢波管加以差波，而得到的差週率，由第一檢波的屏和簾柵迴路輸入第一級中週率線圈L—7和L—8上。然後再由中間週率管35號加以放大。此時的電訊是載週率和本地振盪週率所差出的中間週率，就是175KC。其上是附有調幅低週率。再經第二檢波後，把中間週率的電訊，和調幅分開，由第二檢波管單單輸送調幅的低週率，到變壓器T₁上，由互感應而昇壓，輸入低放管47號柵極，由此管加以放大，再經由輸出變壓器T₂至喇叭而發聲。至於80號真空管是電源部份的整流管，已經在真空管章裏加以說明。



第一五六圖

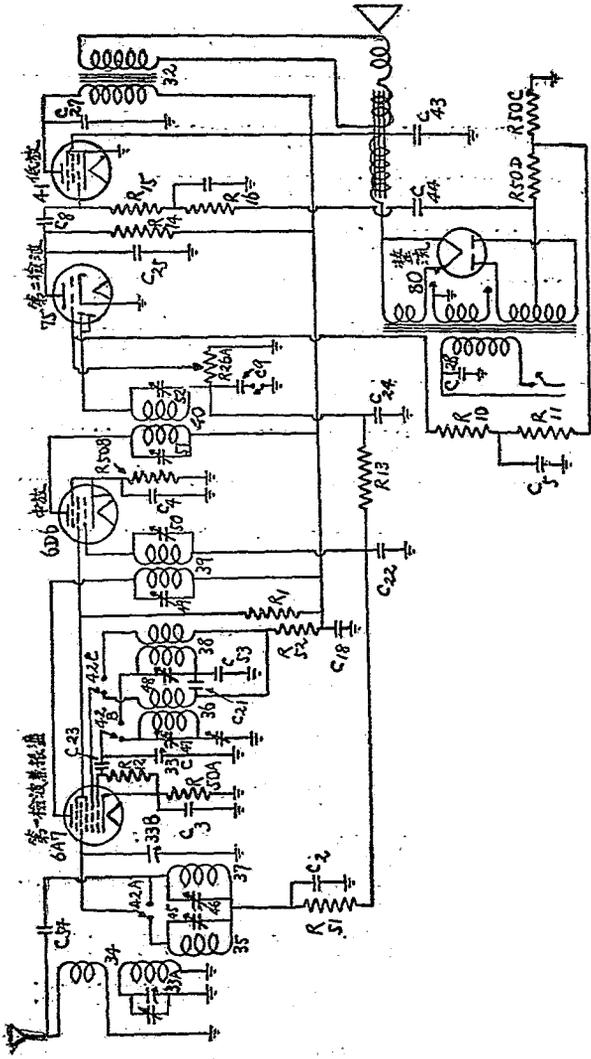
第一五六圖是比較進步的線路圖，其中真空管也用比較新的。因為上圖是用四極管，這裏高放，中週，和低放，都用五極管。圖中第一只58號真空管，用作檢波。第二只58號用作中間週率放大管，而以中間週率線圈第18號和19號作二級放大。此機的振盪管用56號，三個振盪線圈，是獨立的，位於56號的近傍。第二檢波是兼自動音量調節管，低放是用2A5真空管作強力放大。

這機的構造，除了電源部份外，天線線圈是用昇壓法，和儲電器 C_1 作配諧，再輸送到高週率壓器20和儲電器 C_2 作調節，而再作波幅的放大。圖上的高放線圈似乎是單只，實際上下面部份是抽出一個頭，作為初級。這種外來雜有調幅的載週率，輸送到第一檢波管58號柵極裏，同時由本地振盪管56號所產生高週率本地振盪電波，也輸送到第一檢波的陰極裏。這只振盪管，共有三只線圈，接着正電壓的屏極線圈，感應到柵極上所接的線圈，和儲電器 C_3 產生振盪週率，再由另一線圈所感應到的振盪週率，輸送到第一檢波管的陰極上，而和外來的載週率混合在一只真空管裏，產生差波。（此機上的儲電器 C_1 、 C_2 和 C_3 是同軸，如虛線點所示）此差波即輸入中間週率線圈，加以放大。再經由中週放大管柵極，由放大的屏流，流經第二中間週率線圈，作感應放大後，經自動音量調節管的二只小屏上。這只真空管是二極三極雙生管，雙屏作整流，三極作放大。此二小屏所整流的電流，經電阻 R_2 和 R_3 ，產生電壓降，輸送到高放

級的次級圈上，作自動音量調節的作用。而一方面二小屏上所整流的電流，輸入同管的陰極上，由三極部份加以檢波，如此再經低週率電阻器交連而到低放管柵極，而由屏極流經輸出變壓器 (Output Transformer)，而到喇叭裏發聲。

第一五七圖第一只真空管 6A7，是第一檢波和振盪的混合管。第二只 6D6 是中間週率放大管。第三只 75 是第二檢波管，兼自動音量調節管。第四只 41 號是低放管，這張線路圖，除了整流管 80 號，是沒有高放管。雖然沒有高放管，而同軸的調節儲電器，仍是三只。因為天線感應線圈連着一只 33A 的調節儲電器，而高週率變壓器連着一只 33B 的調節儲電器，另外一只就是附於振盪線圈上的 33C 儲電器。

根據這張線路，可以知道由天線迴路經調節儲電器所得的諧振電路，感應到高放變壓器 35, 37 上，然後再由 33B 儲電器的調節，把載週率的電訊，輸入 6A7 (變換週率管共有五個柵極) 第一檢波管的柵極 (G4) 上來控制屏流。另一方面，則由收音機本身，產生本地振盪，由振盪線圈 36 的次級，連到 6A7 的柵 2 上，而把初級連到柵 1 上，再和儲電器配合，構成振盪電路，由 6A7 下半只真空管，包括陰極柵 1, 柵 2 做振盪真空管放大，由陰極作為電子配合，和 6A7 的上半部四極管相合併。依這樣的情形，外來的載週率，和本地振盪週率相混合，而產生差波。再輸送到中間週率變壓器上，加以放

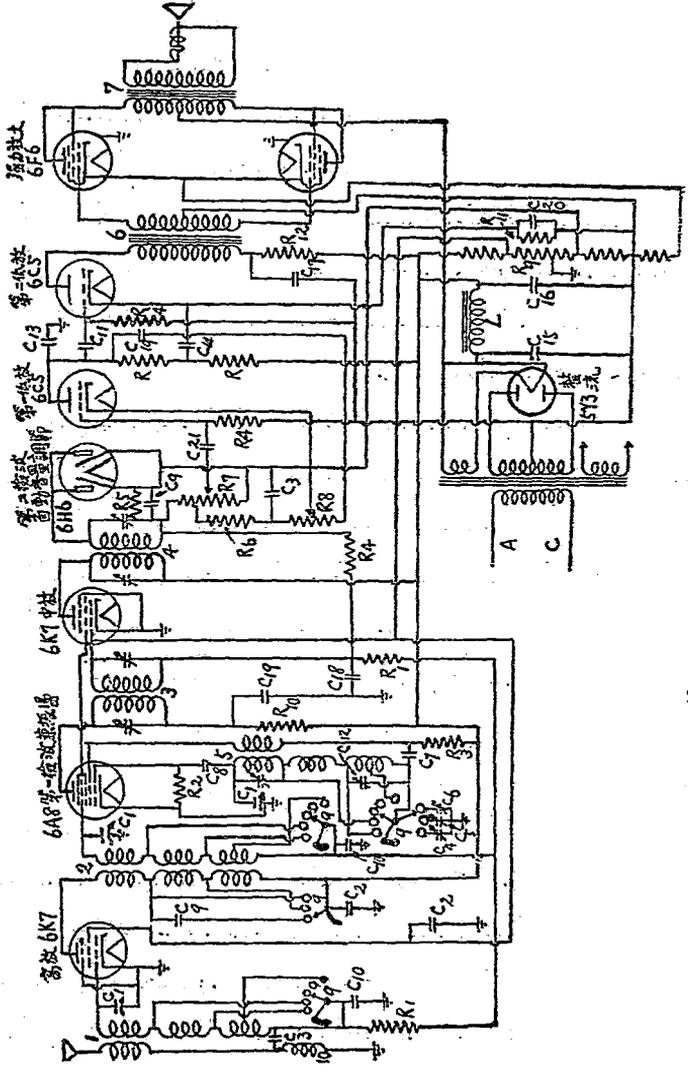


第一五七圖

大，而至6D6管，由真空管的力量，再加放大。此圖共有二級中週率線圈，即39和40號，作二級放大後，由75號自動音量調節管的二小屏作整流。整流的結果，經40的次級圈，而至電阻器13產生電壓降，再輸送到高放變壓器上，作自動控制音量的作用。一方面，第二中週率線圈所放大的電訊，經 R26A，輸送到75號的柵極，加以放大，和再檢波。然後檢成的低週率，由電阻器交連，而到低週率放大管，再經輸出變壓器至喇叭而發聲。

這張線路和上圖不同是：上圖的第一檢波和振盪管是二只真空管。此圖是一只真空管。內部的構造，是合併二只為一只。這是真空管製造的進步。同時可以省去許多接線的零件和地位。而且靈敏度更好。這就是在真空管章裏所述的五極週率變換管。是比較新式的真空管。至中間週率放大管 6D6，也較第一五六圖的58號為進步。雖然是同樣五極管，但是放大係數却比58號高。而且和58都是特種控制簾柵管。所以雖然是五只真空管的機件，實際是六管機。而效力却比較一五六圖更大。

第一五八圖是用金屬真空管(Metal Tube)做成的收音機線路圖。真空管的號數，因為金屬的名稱而不同。這張線路是附有短波線圈，因此可以收聽國外短波電台所播的節目。第一只6K7是高週波放大管。第二只6A8是第一檢波和振盪合併，成為週率變換的混合管。線圈3和4是二級中間週率放大，而 6H6 作為自動音量調節



第一五八圖

管，兼第二檢波管。此外這張線路裏，是用二級低週放大管，再加上推挽式放大的電路。用二只 6F6 作強力放大。於是喇叭裏的發聲，其音域的強大，是異乎尋常。這種收音機在接收長波節目外，還可接收短波節目，而用這種號數的九只真空管，短波方面所收到的節目，也無須顧慮到有微弱之虞。

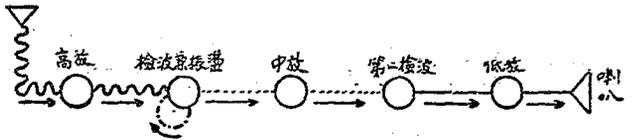
超等外差式收音機，在近年來真是盛極一時。在本書所述之各種線路，於選擇性、靈敏度等，都臻上乘。較之同授式調整高放式，要好得多，在未有發明較此種線路更好之外，一般製造廠，仍是一致地採用着。

(戊) 超等外差式的另一線路——自差式

在超等外差式線路裏，尚有一種線路，牠所用的本地振盪，並不另外用一只真空管，單獨的加以放大，而就直接把本地振盪週率輸送進檢波管，由檢波管加以放大，再加差波。（即混合管 Mixer）。這種線路，稱之為自差式（Antodyne）。

依學理言，在收音機線路裏，自差式並不是獨立的線路，實際上就是外差式的前身，不過在無線電修理工作上（Radio Repair Works），為便於分別起見，另成立一種自差式的名稱，因為當外差式線路初發明時，牠本身就是自差式。後來為要使機件更靈敏起見，在本地振盪方面，另外加一真空管，把這種振盪週率單獨的加以放大，然後再輸送進檢波管（也就是混合管）去，而加差波。編

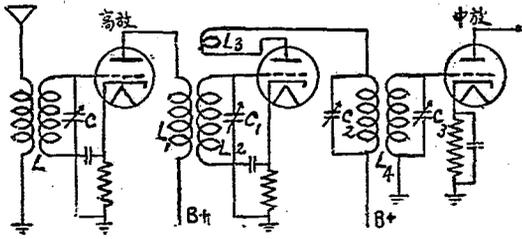
者爲一般肄習修理學員便利起見，把如何是自差式電路，說明如下：



第一五九圖

自差式(Autodyne)收音機之構造，和外差式同樣用差波的方法，來得中間週波。所以在選擇性方面，也具優點。所謂自差者，是利用一只真空管，把二種電波同時加以放大，然後再用差波的方法形成差波已如上述。如第一五九圖所示。當外來的高週率電訊，由高放管加以放大後，即輸送至第一檢波管，此時收音機本身，另由振盪電路，輸送振盪週率，也到第一檢波管，換句話說，高週率的載波，和本地振盪週率，由一只真空管同時加以放大，再互相混合產生差波，而成中間週率波。再由中週放大而至第二檢波，經低放而至喇叭。所以依圖中情形，振盪週率是附屬於第一檢波管。因爲振盪週率的放大，並不是獨立性質，而附屬於第一檢波管的。他們的責任各自獨立，各人負擔着自己放大的任務，而不是一身兼二種職務的。

第一六〇圖是一張老式自差式的線路圖。外來的電訊，經高週放大管到檢波管後，本地產生的振盪週波是用回授線路(Regenera-



第一六〇圖

tive Circuit) 的方法由線圈 L_3 回授到 L_2 上, 成爲另一電波, 這種電波就當作本地振盪波。而又因振盪週率的設計, 他的週率數是較高於載週率, 所以這樣的配置, 也很適宜。因此線圈 L_1 和 L_2 成爲高週率變壓器, 而 L_2 和 L_3 成爲振盪週率變壓器, 二種電波同在檢波管加以放大。差成差波後, 成爲中間週率, 而輸送到 L_4 中間週率線圈上。

第一六一圖是一只進步的自差式線路, 第一只真空管 57 號, 作第一檢波和振盪放大。第二只 58 號作中間週波放大。第三只 57 作第二檢波。第四只是低放管。從天線線路感應到高週率變壓器的載週率, 輸入第一檢波管, 同時和管中陰極所接連, 再和儲電器相聯之振盪初級圈, 其次級部份, 是接到正電壓。這樣就產生了振盪的高週率電波, 即仍就陰極本身, 輸到第一檢波管裏, 於是二種電波加以混合, 而產生差波。所得的差波, 輸送到第一級中週率線圈, 再由中週放大管加以放大, 而經第二級中週率變壓器, 再經電阻器交

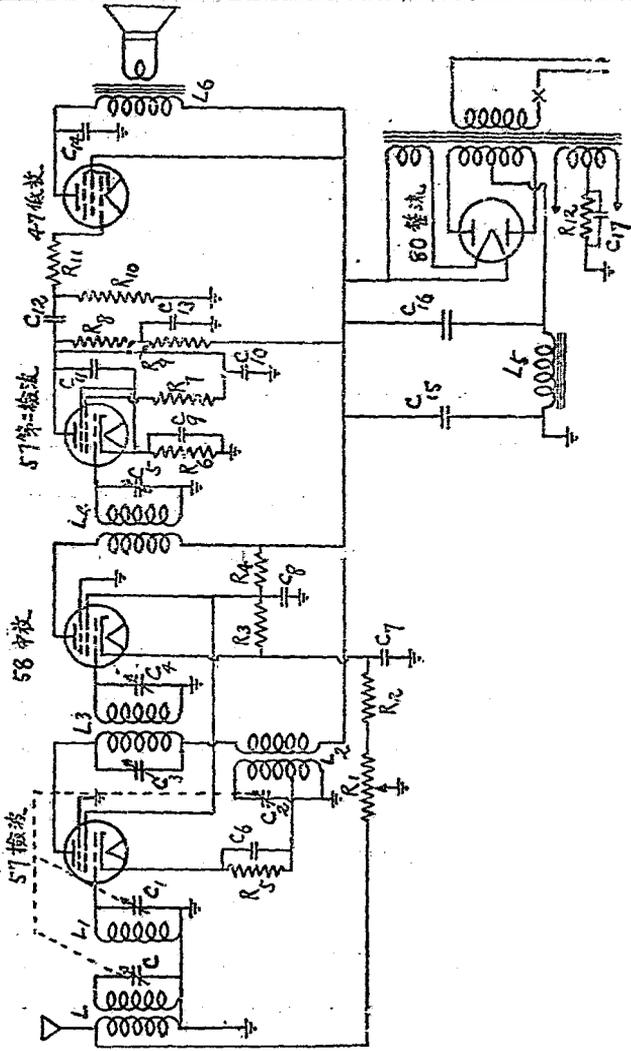


圖 一 六 一

連，而由低放管把低週率電波放大後，到輸出變壓器送到喇叭去。

根據以上的敘述，所謂自差者，實際上也是外差，因為同樣由外來的另一本地振盪，把振盪週率輸進混合管。而加以差波。不過自差式是用一只真空管，兼檢波和振盪放大。而外差式則檢波作用，由一只單獨檢波管加以放大。而振盪電波則另由一只振盪管也加放大。再互相混合於檢波管裏。讀者如能分別此中的異點，就容易明瞭何謂自差了。

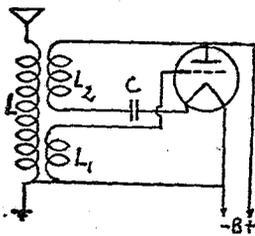
不過還有一點須加注意的，就是第一五七圖所用第一檢波和振盪合併管，表面上看去，似乎是自差式，實際上因為這是把二只不同的真空管，合併製造，所以他的運用，仍是二只真空管各有獨立的任務，所以仍應作外差式看。

第十四章 真空管收發報機線路

由於三極真空管的發明，高週率的電流可以用真空管和電路的相互作用，而產生高週率振盪，我人在真空管章的三極管節裏，已經加以說明如何會產生振盪的情形。而在收音機線路裏關於外差式自差式的機件，也都用本地振盪 (Local Oscillator)，和外來電訊相混合，而產生差波。在發報機上，同樣地要用一種振盪電路來產生高週率的振盪電波，而把電能發射出去。

上面所說關於產生振盪，是用三極真空管。因此我們先介紹幾種發報機的振盪線路如下：

(1) 米字南電路



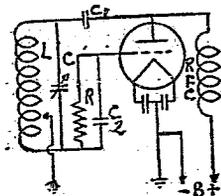
第一六二圖

米字南電路 (Meissner Circuit)，是德國米字南博士所發明。如圖 162 圖所示。當電能的傳遞，由屏路到柵路，是非常便利，而且又是感應交連，所以振盪的產生甚為容易。因為當屏極接了高電壓吸收燈絲的電子，就產生屏流。而線圈 L_2

得自感應，此時即生互感應電壓於線圈 L_1 上，再由 L_1 輸送到柵路上去，而把屏流放大，於是屏流至 L_2 的電流更大。這樣的往返作用，就產生高週率振盪電流，再感應到 L 的荷電路 (Load Circuit) 上，也就是天線電路，而向各方發射。

(2) 哈脫來電路

哈脫來電路 (Hartley Circuit)，是美國哈脫來氏所發明，用感



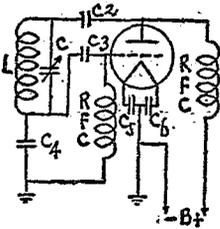
第一六三圖

應交連，和儲電器的調節，來產生振盪。他的配諧電路， L 的上下兩端是接到真空管的屏路和柵路上去，而燈絲則接在屏和柵所連的線圈 L 的某點上。他的振盪週率，是上面所說的決定在 L 和 C 上，而同時因為

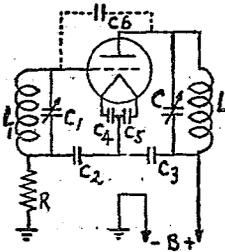
三極管裏屏和柵的儲電量也能夠影響到週率的決定。振盪週率產生的高下，是把 L 上的箭頭來移動。向上移而和屏極相近，則電力強大，反之則力弱。通常最適宜點是向下移在全線圈三分二的地點為最好，因此再加了天線的電荷，也就可以把振盪週率向天空發射出去。

(3) 考畢子電路

考畢子電路 (Colpitts Circuit)，是利用儲電器 C_2 C_3 交連的方法，同時又利用儲電器 C 和感應圈 L 的調節，而產生振盪。米字形的電路是純用感應線圈，而考畢子則在用儲電量交連外，再用感應



第一六四圖



第一六五圖

圈和儲電量的調節。這電路是美國考畢子氏所發明，他的特點是用儲電量做變換週率用。如第一六四圖所示。

(4) 調屏調柵電路

調屏調柵電路 (Tuned-Plate Tuned-Grid Circuit) 的縮寫，即 T. P. T. G. 電路。此電路是阿姆司屈郎氏 (E. H. Armstrong) 所發明。用屏路上的儲量電 C，感應量 L，和柵路上的儲電量 C₁，感應量 L₁，來互相配譜而得到振盪。而同時還有三極管內部的儲電量，如儲電器 C₀ 的虛線點所示，來作配合。

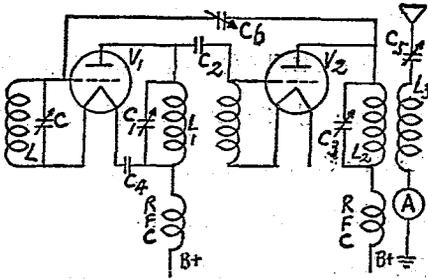
這電路裏的主要振盪點，是大部份集於屏路，而柵路是用回授作用來激勵振盪的力量。所以這電路的振盪，是用二只變量儲電器來加以調節；因此稱為調屏調柵電路。(參閱第一六五圖)。

(5) 主振放大電路

普通把振盪電波藉空際而發射出去，常因氣候的變化，溫度的高低，因之天線上的儲電量和感應量，也發生變化，影響到振盪週率。而天線的本身週率，也就不能穩定。發報機的週率，既發生變化，於是收報方面，也要感覺困難。可是主振放大 (Master Oscilla-

tor amplifier) 式的發報機是可以補救這種缺點的。

主振放大器是採用一級產生高週率的振盪電路，再把這高週率的振盪電路，輸進另一放大管的柵極。這種高週率放大管，是接在主振器的輸出部份，再輸出到天線上去。用這樣的裝置，天線和振盪器，並不直接相連，結果天線上的變化，不會使振盪週率發生變化，因之振盪就可以穩定。而由振盪級到放大級，再輸出電流到天線上，也因之穩定。據上所述，我們可以知道主振放大電路，和前述幾種振盪電路，就比較優越了。



第一六六圖

第一六六圖是主振放大器的線路圖，是採用調屏調柵的電路，真空管所產生的振盪，其電能即由儲電器 C_2 輸送到真空管 V_2 的柵極，把電能再

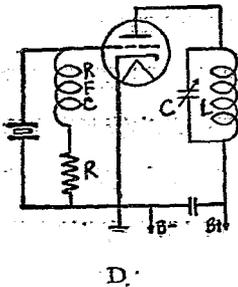
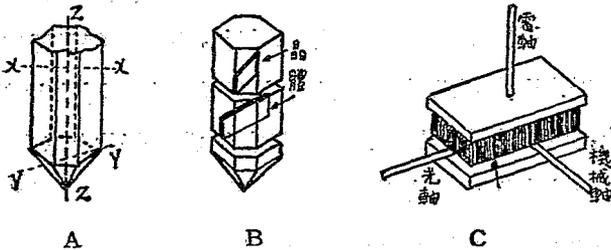
加放大。於是在 V_2 的屏電路上，更得極大的電能，然後輸送到天線而向外發射。圖中的 C_6 是平差儲電器 (Neutralizing Condenser)。

(6) 石英控制電路

在主振放大電路裏，固然是可以得到穩定的振盪週率，但是有時不免還有差異的地方。因為當屏柵和燈絲電壓的變換，也容易影

響週率的穩定，而尤其在用發電機來供給高電壓時，更容易使週率變動。因此比較更良好的方法，就採用石英控制 (Crystal or Quartz Control) 振盪，而尤其在短波範圍裏成績更為良好。

第一六七圖



第一六七圖 A 是一塊石英，他本身片子的情形，分成三個軸。X 是代表電軸 (Electric axis)，Y 是代表機械軸 (Mechanical axis)，Z 是代表光軸 (Optic axis)。和平面相垂直的片子是電軸，和長邊相垂直的是光軸，和電軸光軸相互垂直的是機械軸。

像這種形態，琢成的一個薄片，如圖 B 內箭頭所示處，取出來放置成如圖 C 箭頭所示的薄片。

石英(或稱晶體)的本質，是具有一種振動力，因之而可以產生一種振動週率。當熱力越大，晶體的振幅也越大。換言之，當高週率的電壓越高，而跨過晶體的壓力越大。不過振幅如過高，因石英內

部過份的壓力，也會損害晶體，所以加於其上的振幅力，也要加以限制的。

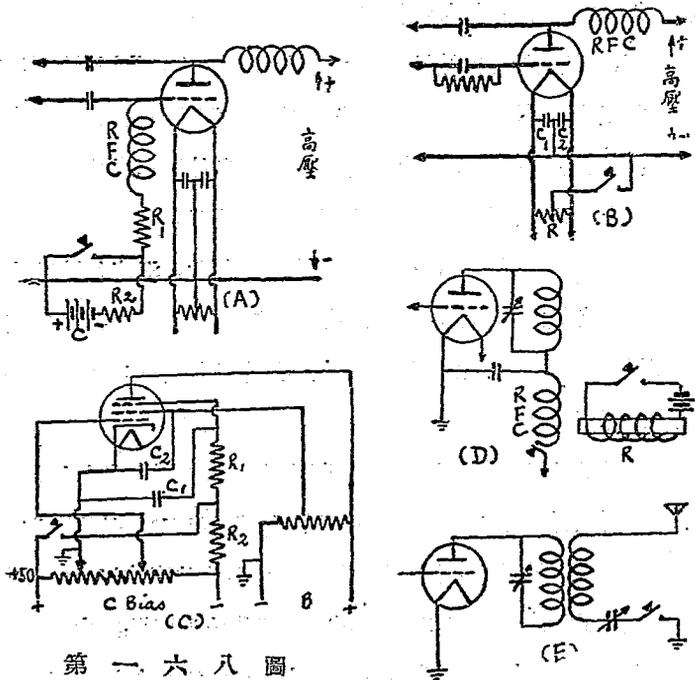
晶體的所以能產生振動，其原因當如下述：當某方面電壓，加在電軸上時，電軸部份會展開，而機械軸部份會縮小。反過來則機械部份會展開，而電軸部份會縮小。因這種原因，所以如果施以交流電壓，於是電軸和機械軸就相互展開，相互縮小。此振盪週率之所以能產生，正等於一個振盪電路，因交流電源的忽正忽負，往返循環，而產生振盪一樣。因此晶體本身，也有自然週率，如果外來加於晶體上的週率正相同時，結果所得的電壓更強。

晶體還有一個佳點，就是無論天氣怎樣變化，溫度怎樣高低，對於他本身的週率，極少影響。因此他本身週率可以稱為定值。而在振盪電路裏，本來是需要一種定值的週率，所以石英的採用，就異常地可靠了。

石英的裝置，是把琢成的一個薄片，如圖 C 上箭頭所示者，上下兩面用金屬薄片相夾，如圖 D 的左方符號。而圖 D 就是用石英做控制的一個振盪電路。圖中石英放置在柵路，當他產生振動而和屏路 LC 調節成為諧振週率時，石英就能產生強烈振盪。由這種振盪而成為一種定值週率，此時雖變更屏路上的 C 儲電量，也不致改變石英的週率。所以當這種穩定週率發射到天線上去時，各方面所收到的週率，也就異常穩定。綜上所述，石英控制式的振盪電路，近

年來在發報機上，採用甚廣；而前二年電政當局，曾令上海各家廣播電台也要逐漸換用石英控制，免得各電台有時互相干擾，也就可見石英控制效力一斑。

(7) 電鍵的接法和裝置



第一六八圖

發報機的線路，既如上所述。於是我們把訊號傳遞至於接收者，就是要用放射訊號的方法來發報。這種方法，是電鍵裝置法。

(Keying Method) 因此可以把電訊用等幅波來放射，現將各種電鍵接法略述如下：

第一六八圖 A 是電鍵接在柵路上。此柵路上有丙電壓 C，經 R_2 而到 R_1 ，再經 RFC 到柵極。因為柵極上有丙電壓，同時再有 R_2R_1 的負壓電阻，所以在電鍵未撤下時，屏流可以切斷，迨把電鍵撤下時，一部份負壓不復流經柵路，所以屏流就開始工作，就由電鍵所撤的「點」和「劃」而發出等幅波電訊與接收者。

圖 B 在燈絲的負極上，用中心分線的接電鍵法。電鍵的一極接在燈絲電阻的中點，另一頭接在兩只串聯儲電器 C_1C_2 的中間，於是柵流和屏流可以流經電鍵的另一個接頭處，如此一撤一放，則振盪電路的等幅波即隨之發射。此種接法，最為普通。

圖 C 是用抑制極的接電鍵法，在五極管的抑制極上，把另一個頭接在負電壓的正極上。(C Bias Supply) 當電鍵未撤時，抑制極上有負電壓流經電阻器，此時可以使屏流截止，而在電鍵撤上時，此時的抑制極可以得一部份正電壓，於是屏流復起作用，而開始作發射工作。

圖 D 是把電鍵接在屏路上，來直接控制屏流的產生，以之作發報用。不過這種接法，如果在較低的屏電壓上，是並無危險。假定屏路接了較高的電壓，報務員是有觸電的危險。補救的辦法，另外可接只繼電器 (Relay)，如圖 D 上有兩種接法，一是把電鍵直接接在

屏路，經RFC到屏極；另一個方法，是把電鍵接在繼電器R上。當繼電器上電鍵撤下時，電流流經R，於是繼電器上彈片因感應作用，和RFC上作啓閉作用，因此訊號可以經屏路而發射。

圖E是把電鍵接在發射天線上，因電鍵的開閉，可以使天線上的電流斷續而發射。這種接法是適合於小型發射機上。

(8) 無線電報電波的類別

無線電報最初發明的時候，一律都用火花式的電波 (Spark Wave)。這是一種減幅波，効力極弱。而那時真空管還沒有發明，故收報機都用礮石式。後來真空管發明，發報機的振盪產生，大家一律改用真空管，於是無線電報所採用的電波，就有下列三種：(1) 連續波 (Continuous Wave 簡稱 C.W.) (2) 調幅波 (Modulated Continuous Wave 簡稱 M. C. W.) (3) 斷續波 (Interrupted Continuous Wave 簡稱 I. C. W.)

連續波的射程最遠，効力最高，不過收報方面，收報機必須有產生差波的設備，方能收聽。簡單的可用同授式的收報機，倘用外差式收報機，必須另加低週差波振盪器，如下節所述。

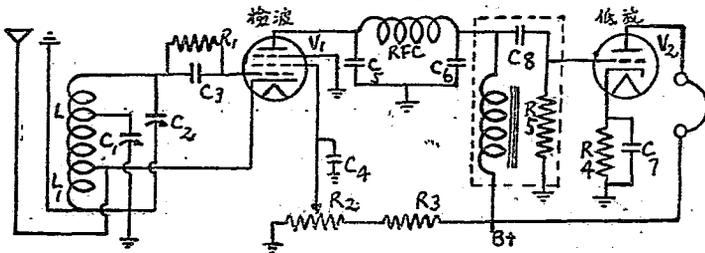
調幅波是連續波經過調幅的電波，最簡單的調幅方法，是用一只蜂音器，交連於振盪管的柵路或屏路上，那末發射出來的電波，就受到蜂音的調幅，使收音機所收到的電訊，有和蜂音一樣的聲音。考究一些，可用低週率振盪器來調幅，那末電波音調的高低，可

以隨意調節。是項電波，不論何種收報機，均可收聽，即礦石機也可收聽。

斷續波是把連續波，硬生生地把牠切斷，使每秒鐘有八百或一千的間歇，那末發出去的電訊，就等於有八百或一千的低週率的助波，使收報機易於收聽。切斷的方法，可用一只斷續器，如小馬達之類，把牠加於振盪的柵路或屏路裏。馬達拖動一個旋轉器，由導體和絕緣體相隔而成。當旋轉器經過絕緣體的階段，電波就被切斷，切斷快慢的次數，由馬達的旋轉速度和旋轉器的構造而決定。這種電波，普通收報機亦可收聽。

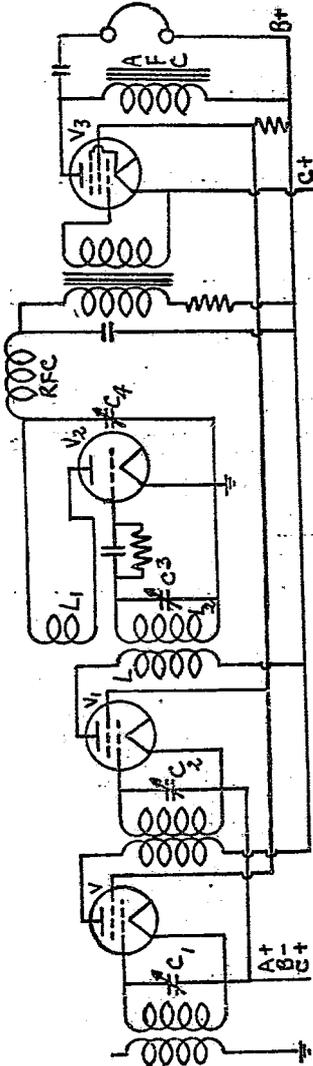
(9) 真空管收報機線路

發射機振盪電路，和電鍵接法，既如上述。本節所述，是收報機的線路，也加以簡單的敘述。



第一六九圖

第一六九圖是一只短波回授式電路(Regenerative Short Wave Receiver Circuit)。一具是二只真空管，當外來的電訊，經天線感應



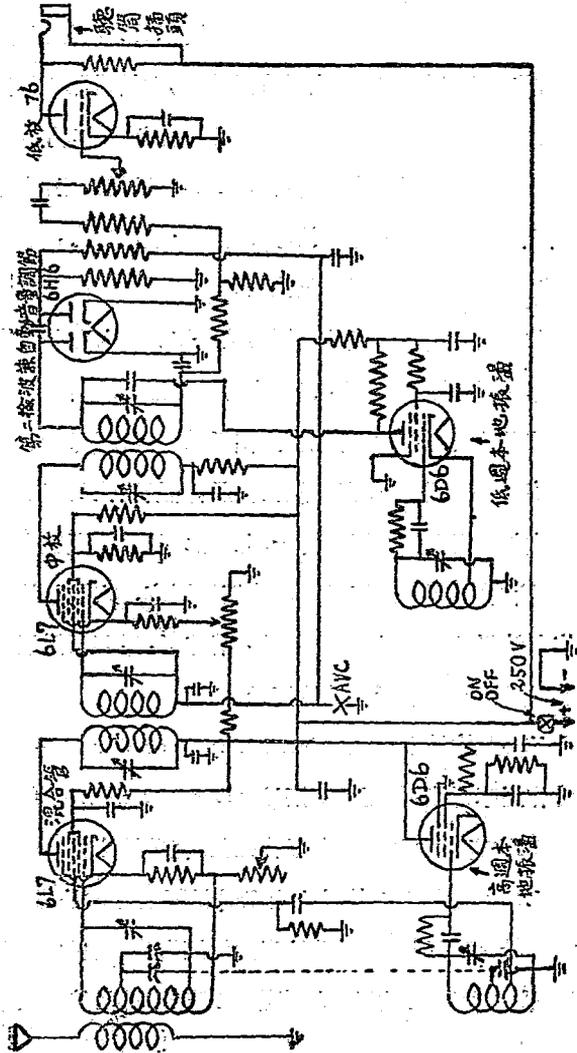
圖

七

第

到L和C₁成諧振，經R₁和C₃的檢波，而至真空管V₁的柵極，此時由屏路所放大的電波，再流經V₁的陰極，而至感應圈L₁，由L₁把電波回授（Feed Back）到L上，再產生振盪波，經C₂的調節，再經由R₁C₃而產生差波（Beat Frequency）於是由真空管V₁的放大，經濾波電路（RFC和C₅C₃合成），然後經電阻器的交連，而至低放真空管V₂加以放大，而到聽筒裏發聲。

如果要使收報機的地點：在遠距離方面也容易加以接收，可以再加高週率放大管。第一七〇圖是二級高週率放大管，第三管是檢波，第四管是低週率放大，然後再至聽筒。這張線路是用自差式（Auto-dyne）。讀者可以參觀第一六〇圖的情形。圖中用二只高



第一一七圖

週率真空管，把微弱的電波，加以放大。低週率放大部份，是用變壓器交連法。其前面還加 RFC（高週率阻流圈）和儲電器 C_1 作濾波電路，同時此 C_1 的儲電器，還用來和 L_1 在振盪電路時，作調節而產生差波用。在低放管後，再加濾波電路 C 和 AFC。這種線路，實際上也是同授式，不過如果設計準確，就可以得到自差的效力，和加了高放級後，遠距離的電訊，就很容易接收。

第一七一圖是超外差式收報機的線路圖。我人在收音機線路外差式一節裏，知道這種線路，靈敏度高選擇性好。所以當收報機也用超外式線路時，同樣地可以得到高靈敏度，好選擇性。在一般報務員服務於這種機件上，對於調節波段，是最愉快的事。

超外式收報機和收音機，有一不同點：是收音機在高週率後面，或第一檢波前，用本地振盪的產生振盪週率，來供給第一檢波混合管作差波用，而收報機則除了這種構造外，還要在低週率放大級前，第二檢波上，再加低週差波振盪。

圖中第一只檢波混合管（First Detector or Mixer）是用 6L7 金屬真空管作週率變換用。而本地振盪（Local Oscillator）的產生和放大，由 5D6 玻璃管式或 6K7 金屬管擔任。在差波以後的中間週率管，也用 6L7 金屬管。第二檢波和自動音量調節管，是用 6H6 的雙屏式金屬管。而在低週率作差波產生的振盪管，也是用 6D6 或 6K7，至於低週放大管，是用 76 玻璃管或 6C5 金屬管。然後把電訊輸

送到聽筒裏去。而差波的方法，在第一檢波的情形，在超外式收音機線路裏，已經詳加說明，讀者可以參閱。惟第二檢波後的電訊再經低週差波，(Beat oscillator in audio frequency) 乃可得到約 1000 週/秒上下的差波週率。這在收聽等幅波 CW 的電訊時是一種必需的設備。這差波振盪管上的儲電器 C，可以自由調節，以至外來電訊，成爲適當悅耳之週率爲度。惟在收聽調幅波 MCW 或斷續波 ICW 時，普通廣播式的外差式收音機，都可收取，毋須再用 Beat Oscillator。

第十五章 無線電話

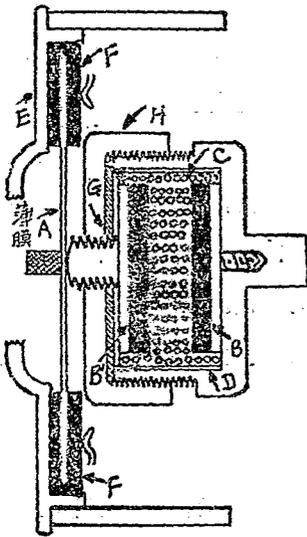
我們知道發報機和收報機所發出和接收，是用訊號來代表語言。一方用電鍵把『點』和『劃』一撇一放在發射機上放射出去，而在收報機上，用聽筒所聽到同樣的訊號，把牠記下來。此外還有把言語直接藉傳聲器 (Microphone) 的振動，而在機件上播送出去，而另一方面，是用聽筒來收聽。因是而雙方可以互相對話。前者用電碼的傳遞，是無線電報的收發，而後者是無線電話 (Radio Telephony) 的通話。這種無線電話的交通，我國交通機關所附屬的國際電訊局，於前年在上海所辦理的國際無線電通話網時，首先舉行的，就是中美兩國通話。其後還陸續和其他國家通話，這就是無線電話。

至於廣播無線電台 (Broadcasting Station) 的設立，是專把各種語言音樂，藉傳聲器播送到各方，而由各方的收音機，把牠接收進來，這是公開的無線電話。一方專事播送，一方專事接收。所以無線電話和廣播機的分別，前者是用定向的方法，後者是沒有方向性。本章所述，是把無線電話廣播機的幾種條件，加以簡單的說明。

(1) 傳聲器

用一種器械，來變更聲波(Sound Wave)，成為交流電流，而牠的週率仍是和聲波的週率相同，這種的器械，就是傳聲器(Microphone)。再由語言放大器(Sound Amplifier)，加以放大。

(甲) 炭精式傳聲器



第一七二圖

在無線電話上用的傳聲器最普通的是炭層式(Carbon Granule Type)。第172圖上A是具有彈性的薄膜(Diaphragm)，裝置在橡皮FF上，可以和E相接觸。同時此薄膜機械地連接着炭精層器的左邊B'，而器的右邊則為B。炭精層則以雲母G以及絕緣物H作絕緣。而炭精器上的BB'，是形成傳聲器的兩個電極。

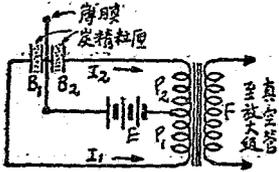
假定電動力的來源是接在B和B'上，於是電流經B穿過炭粒，而到B'。或由B'到B。因此當語言加於傳聲器上時，薄膜即行振動，而即機械地傳至B'，於是炭粒也發生變動，就變更炭粒上的阻力，此時電流即發生變化。

傳聲器上的薄膜，當其有一種壓力施於其上時，感覺甚為靈

敏。而傳聲器上所產生的電流，則甚為微弱，通常在0.1安培左右，而其平均阻力，則為50至100歐姆，所以炭精箱有一瓦特的電力。

(乙) 雙鈕式傳聲器

雙鈕式傳聲器(Double Button Microphone)，是用兩組炭精層配連如第一七三圖上的 B_1B_2 。而 B_1B_2 的中間，是放置着薄膜，於是聲波的壓力，在左方增加則右方減少；在右方增加則左方減少。此



第一七三圖

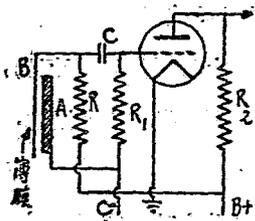
即等於推挽式電路，有同樣的作用。

用雙鈕式傳聲器時，要有一特置的變壓器，而初級圈是要加以移動的。因為在初級圈上相反的電流的流向，結果可成兩倍。而當傳聲器

上的電壓有增減時，變壓器次級圈的電壓，也隨之變動，不過電流值始終是穩定的。

(丙) 儲電器式傳聲器

儲電器式傳聲器(Condenser Microphone)，較好於炭精式。不



第一七四圖

過管理上比較的困難些，因為常容易成為短路。第一七四圖是儲電器式傳聲器的圖表，圖上厚片A處，有一鋼片薄膜B附着。同時A是一塊厚鋼片，互相絕緣，就形成一只小儲電器。兩片中

間，再加一種氣體如氮氣做成誘電體。這種儲電器儲電量極小，祇有幾個兆分法拉特。

圖中電池 B，是有幾百伏脫的高壓電，和電阻 R 成串聯，作為充電到儲電器上用。而 R 的電壓降是輸送到三極管的柵極上。當聲音的顫動經薄膜 B 片上時，因顫動使儲電器 AB 兩片間相互地移動着。因之儲電量也隨之變更，於是變動的電流流經放電迴路，因此這只高電阻 R 的電壓降隨着音波壓力的變動影響到三極真空管的柵極上，而做成放大管的作用。

(丁) 線圈移動式和帶條式傳聲器

線圈移動式傳聲器 (Moving Coil Microphone) 是用一個小線圈，連繫在薄膜上。當薄膜被音波振動，影響到小線圈時，線圈上因感應而產生磁力線，由磁力線而產生電壓。因為所產生的電壓小，所以能減少語言放大器上的失真性，以及雜音。此外還有用一根極輕的導體，放在線圈上如帶條式的薄鋁片，稱做帶條式傳聲器 (Ribbon Microphone)。在帶條上所感應到的聲波，等於變壓器上初級線圈的一圈，因此可以形成昇壓的力量在傳聲器上。此種傳聲器，因為靈敏度極高，而又總阻極小，所以效力極佳，採用者極多。

(戊) 晶體式傳聲器

近年來尚一種晶體式傳聲器 (Crystal Type Microphone)。晶體外面，再加銅片，成為電極，和傳聲器上的薄膜相配合。當音波激

動薄膜時，晶體也隨之機械地振動，因此即產生同樣的交流電壓於電極間。這種電極，是接到放大器真空管的柵極電路。

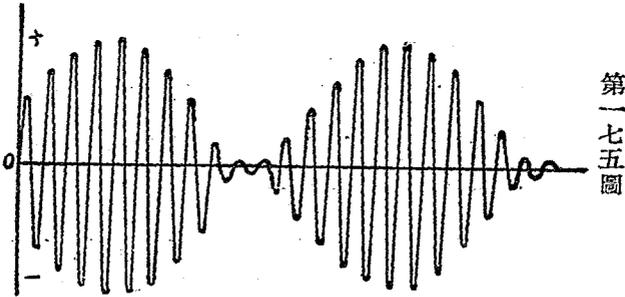
晶體式傳聲器的佳點，是直接被音波所激動，而無須如線圈之類等，再加感應。所以當產生振動波時，和音波的振動，絕對符合，而且可以得到較闊的低週率範圍。(可以到10,000週以上) 所以用在「節目播音」(Program Transmission)上，較之單人演講更為適宜。

(2) 調幅

我們在礦石檢波裏以及外差式收音機裏，曾經把調幅的情形，加以大略的敘述。可是在無線電話裏，調幅是佔極重要的地位，所以這裏再把調幅的方法，分段加以說明。

調幅的意義，是使振盪器(Oscillator)所產生的高週率電流，(即載波 Carrier Wave)，依聲音的變化，而改變其幅度。調幅的優劣，全視其交流幅度變化的大小而定。變化愈大，則調幅愈自然，而所傳的距離也愈遠。所以廣播播音機(Broadcasting Transmitter)的優劣，天線電路高週率電流的多少，還居次要，而調幅的優劣，却是廣播機的生命所關，我們應特別加以重視。

聲音在低週率中，佔着相當的範圍，不過我們用每秒鐘 500 週作調幅波的代表，而以最簡單的分析，稱牠是正弦曲線。而上面所稱依聲音改變幅度者，即是以聲音去調幅高週波，這就是說載週率

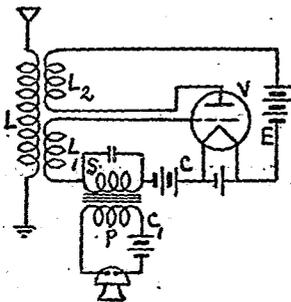


第一七五圖

的振幅，是依音域的高低，而加調幅。圖一七五是已經把載波加以調幅的調幅波。(參觀外差式章裏第一五二圖丙)明瞭調幅的淺近定義，我們再說明調幅方法的種類。

(甲) 柵極調幅

第一七六圖是振盪線路。線圈 L_1L_2 和真空管構成單管的振盪電路，由柵極作為激勵，而維持其振盪的定值。傳聲變壓器 $P-S$ ，

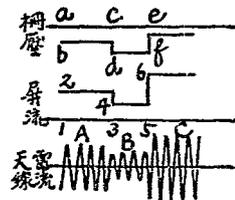


第一七六圖

有一電池和 P 作串接，經此用作調幅高週率用。當話筒上有聲浪臨其上，則其電流的變化依聲音的週率而高下。此種依聲音的週率而高下的電流流經變壓器 P 加以昇壓，(變壓器的比數是 1 與 50 之比)於是在 S 上感應到極少的電

壓伏脫數。當三極管上有負電壓而控制屏流時，變壓器次級 S_1 ，導一電壓於柵迴路，於是屏流發生變化。而線圈 L_1 和 L_2 生自感應再生互感應，成為高週率電波。不過當聲波未加入時，高週率電流在天線上為定值，可是當屏路因柵極變化而增加或減少時，天線電流亦因之增加或減少，因此而發射至各方面去。

第177圖的情形，是表示當柵極得負電壓如 ab 時，屏流等於 $1-2$ 。而天線電流則如 A 的振幅。常柵壓變化如 $c-d$ 時，屏流變化如 $3-4$ ，而天線電流如 B 的情形。至柵壓在少數負電壓時如 $e-f$ ，則屏流上升至 $5-6$ ，於是天線電流的振幅如 C 情形。此種柵壓的變化，

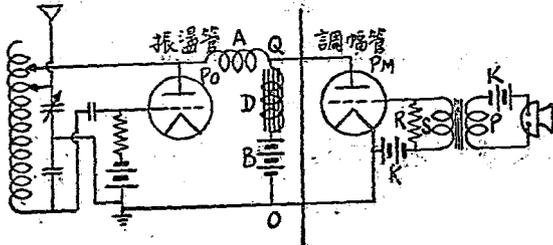


第一七七圖

由於固有柵電壓以及聲波之高低，影響於變壓器之昇降，而變化其音波的範圍。此天線電流亦隨其高低，於是發射於天空的載波，也隨之而變化。這就是稱做柵極調幅 (Grid Modulation)。

(乙) 屏極調幅或「海心」調幅

柵極調幅法，通常是用於小型的播音機上，而較大的播音台，則多用屏極調幅法 (Plate Modulation) 亦即所謂海心調幅 (Heising Modulation)。屏極調幅，簡單地說，就是屏壓的變化於振盪器上，而直接受聲波的影響。第178圖是屏極調幅的線路，振盪管是代表振盪器中真空管之一，因為較大的播音機，是須需用多只振盪管。



第一七八圖

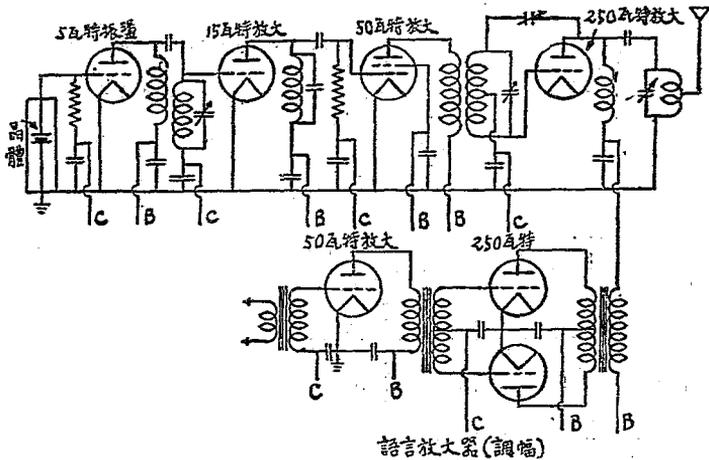
而一只是調幅真空管。在上圖柵極調幅裏，則一只真空管，既做振盪，又做調幅，而此圖則各自分開。

屏調幅之作用，純依鐵心誘導圈，即阻流圈 D 之作用。因两只真空管之屏流，皆須經由 D 而得。而其迴阻則極高，因迴阻高之故，電流經此甚為穩定，所以又稱為「定值電流調幅」(Constant Current Modulation)。

當傳聲器上的電流，經調幅管的柵極，柵極上電壓的上下高低，是依聲波的高低，於是影響到屏流。當總屏流流經阻流圈 D，因迴阻極高而為定值，於是屏流上升或下降，振盪管的屏流，因得而同樣上升或下降。結果振盪管的屏流，就可依調幅管上所得聲波的高下而高下。於是振盪電能輸送到天線電路上時，直接為調幅管之屏流數。

第 178 圖中的 A 線圈，是高迴阻流圈，可以阻止振盪管上的高

週率電能，回輸到調幅管上的屏迴路裏，而電阻R，是可以使傳聲器所傳的聲波，依聲域的高低均勻地發展着。



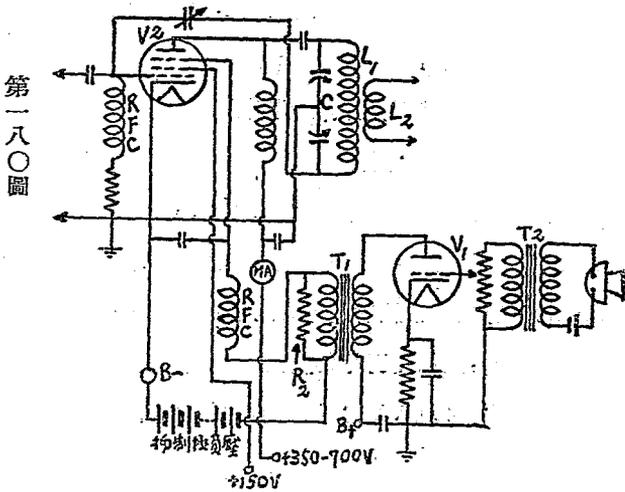
第一七九圖

第一七九圖是一具250瓦特播音機的線路，此圖電源部份並未加入。圖中調幅的屏電壓，是輸送至高週率放大管的末級上。而語言放大器的末級，是用250瓦特的推挽式電路，結果可以得到500瓦特的調幅電力，輸送到高放管裏。這種方法，用於屏極調幅，極為適宜。因為調幅管上用多量的電力，於高放管上是極有效力的。

(丙) 抑制極調幅

自從真空管進步到五極管後，在發射機的調幅上，也有用抑制

極調幅法 (Suppressor Modulation) 來應用的。抑制極的作用，在原來的真空管作用上，是免除二次放射 (Secondary Emission) 用的，所以在抑制上接的是負電壓。不過在五極管裏，抑制極有兩種接法，第一種是把抑制極和管內的燈絲或陰極接在一起，換句話說，就是抑制極和燈絲合用一只燈腳。第二種是和燈絲或陰極分開接，各有各的燈腳。(參觀真空管章第一〇四圖 AB) 而用在抑制極調幅法的真空管，即是用第二種的真空管。



第一八〇圖，是抑制極調幅法，用在小型發射機的線路圖。 V^2 是主振放大式的放大級， V^1 是調幅管。 V^2 的屏壓可以用到350到700伏脫，簾柵電壓用到150伏脫，抑制極的負電壓是從 -45 到 $-112\frac{1}{2}$

伏脫之間。當低週率由傳聲器經幅調變壓器 T_2 到調幅真空管時，由此管所放大的調幅波，經變壓器 T_1 再經電阻 R_2 至振盪放大的抑制極。這只電阻 R_2 是用來穩定調幅波的。

圖中抑制極的負壓，既然是從 -45 到 $-112\frac{1}{2}$ 伏脫，於是當調幅波直接輸送至放大管抑制極上時，再由抑制極上的負電壓來控制屏流，然後經儲電器 C 線圈 L_1L_2 ，而發射到天空裏去。

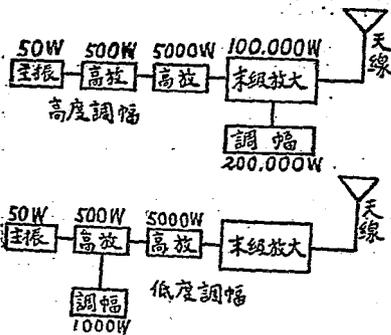
抑制極調幅法的佳點，在於構造上用件省而簡便，同時效力却很高，而且還可以得到百分之百的調幅效率。所以近年來發射機採用這種調幅的方法很多。

(丁) 高度調幅與低度調幅

調幅的優劣，通常用調幅百分數(Percentage of Modulation)來說明。當載波經過百分(100%)調幅後，其振幅(Amplitude)小的時候，可以變做0，大的時候，可以增到原來幅度的兩倍。故高峯電力(Peak Power)應等於平常放射電力的四倍。故一座一百瓦特(100 Watt)的廣播電台，如採用百分的調幅，那麼末級放射真空管的電力，須有四百瓦特(400 Watt)的大小，方能應付高峯電力的需求。

調幅的式樣，不外兩種，即高度調幅(High Level Modulation)和低度調幅(Low Level Modulation)。高度調幅，是把末級放射管的電流，加以調幅，調幅以後，就直接把電流通到天線，放射

出去。用這種方法的設備，是不很經濟。因為調幅管的電力，一定比末級放射管的電力還要大，方能達到 100% 的調幅。可是採用這種方法的廠家，總自己辯護，說高度調幅，可以免除失真 (Distortion)，雖然有相當充分的理由，但在強力的電力上，譬如說電力有一百基羅瓦特 (100 Kilo Watt) 以上，這種設備，究嫌不經濟。低度調幅，是把調幅應用在「主振放大」(Master Oscillator)。以後任何一級高週波放大管上，但不是末級後最大的一級，像上面所講的一樣。這樣調幅管所需的電力，並不用到十分大，而同樣地可以得到百分之百的調幅。看下面的圖解，便可更為明瞭。



第一八一圖 A 高度調幅
 第一八一圖 B 低度調幅

照第181圖所示，電力的末級放射電力是100,000瓦特，若用高度調幅，調幅真空管須有 200,000瓦特的電力，但若採用低度調幅用在主振後面的一級高週放大級上，因為經過調幅以後的電波，把牠來放大，就很容易引起失真。

(戊) 陶斗制的高週放大

無線電的進步，是日新月異的，在最近的一年內，我們就看到

對於低度調幅上的兩種非常重大的改革。第一種是所謂「平衡回授」(Stabilizing Feed Back)。用了這種方法，所有高週放大內所損失的高音，可以補回，以抵消失真，而增高效率。第二種是所謂「道斗」式高週放大制，講到「道斗」還是一位不到三十歲的美國青年，他從學校出來後，就進了「西電公司」的實驗室去服務，不二年——那是西歷1936年——他就發明了這種效率特高的高週放大制，現在西電公司已經把這種制度，註冊專利，別家廠家，不能做造，並且無線電家尊重這位青年發明家這種重大的貢獻，就把他的發明，冠以他的姓氏，稱為「陶斗制」(Doherty System)。依照他的制度，一個廣播電台的功率(Efficiency)，平常至多不過33%，現在可以增高到65%。這種在構造上使用上的節省，真是可稱為無線電界一種重大的革命。講到陶斗式的高週放大制，牠是採用二只分別的真空管，當沒有調幅的時候，內中一只真空管，是處於休止的狀態，毫無工作的。但當調幅開始的時候，這只靜止的真空管，就起來担任工作，與另外的一只，大家平分秋色，這樣一來，這個電台的功率，就增高了一半。以一座一百基羅瓦特的廣播電台而論，採用這種方式，機件較舊式的可以省去三分之二，換言之，製造的成本，可以減省一半以上，而效能却並不減低，也許更可以超過舊式機件之上，至於使用時對於真空管及電費的節省，更不必說了。

測驗調幅百分數，最方便的方法，是用陰極光測波器(Cathode

Ray Oscillograph), 加以測驗, 就可以明瞭調幅百分數的高低。

(3) 廣播電台

廣播電台的設立, 須具備 (一) 播音室, 傳聲器, 和語言放大器, (二) 高週率電路, 包括振盪器和調幅器。(三) 電源部份。(四) 控制部份。現在再逐項加以簡單的說明。

(甲) 播音室 (Studio) 應妥慎構造, 因此可以免除厭人的回聲。於是牆和地板, 以及天花板等, 都應要有減少回聲的設備。地板應鋪厚的地毯, 而牆上應懸以厚幕, 這種都是隔絕回聲的方法。天花板則應以半氣孔的物質裝置, 可以吸收一部份的聲音, 不過如果用過份的隔聲法, 要有礙於發聲的自然。所以播音室的協和, 是極重要的。

(乙) 高週率部份, 包括串聯的振盪器, (即幾級振盪) 和調幅器, 以及語言放大器。此外則用石英控制振盪級, 穩定週率之用。

(丙) 關於電源部份, 如果用於小電台, 可用一電動機, 拖動二具連續波的發電機。(或用整流和濾波電路作高壓, 而以交流電源作絲壓)。其中的一具, 則產生1500到2000伏脫做屏壓, 而以15—20伏脫做絲壓。而發電機的電壓, 是用勵磁調整器 (Field Rheostat), 以及濾波器, 用來減除交流電變化的波峯。

假定在一基羅瓦特以上的電台, 則用水冷真空管, 可以得到屏壓自 10,000 到 20,000 伏脫。在一氫汞氣和熱陰極整流管上產

生，再用小發電機來取得負電壓，以控制屏流。而較新式的方法，也用整流，來取得負壓。

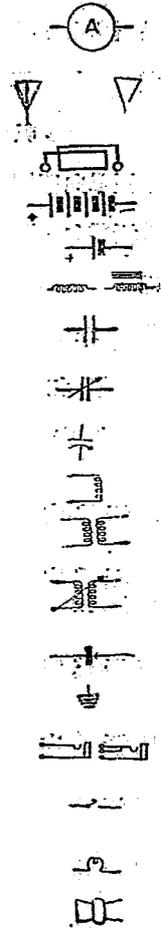
(丁)控制部份，除語言放大級有音量調節器外，尚有綜合的面板，加在播音機上，電台管理員可以任意選取傳聲器之一來應用。

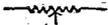
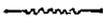
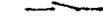
(大播音台有好多只傳聲器)

此外天線部份，則應加電流表，同時振盪器和調幅器的屏路和柵路，也應加置電流表。而調幅器輸出部份的電流表和伏脫表，是適合於語言範圍的變化，因此可以得到準確調幅的根據。

無電線各種符號

電流表	Ammeter
天線	Antenna
環狀天線	Antenna (loop)
電池	Battery
單電池	Cell
阻流圈	Choke
固定儲電器	Condenser, fixed
變量儲電器	Condenser, variable
調整儲電器	Condenser, trimmer
線圈	Coil
交連線圈	Coils, coupled
變量交連線圈	Coils, Coupling in variable
晶體檢波器	Detector, crystal
地線	Ground
插頭	Jack
電鍵	Key
小電珠	Lamp, pilot
傳話器	Microphone



電位器	Potentiometer	
晶體, 石英	Quartz, crystal	
電阻器	Resistor	
喇叭	Speaker	
單極單向開關	Switch S. P. S. T.	
雙極雙向開關	Switch D. P. D. T.	
聽筒	Telephone Receiver	
變壓器	Transformer	
兩線相接	Wire in Connection	
兩線未接	Wire in Disconnection	
二極真空管	Diode Vacuum Tube	
三極真空管 (直接式)	Triode Tube (Direct type)	
三極真空管	Triode Tube (Indirect Type)	
四極真空管	Tetrode Tube	
五極真空管	Pentode Tube	
週率變換管	Frequency Converter	
電壓表	Voltmeter	

版權所有不准翻印

實用無線電學

每冊實價一元二角

二十八年三月一日
售價一元二角

編者	楊樹芬
校者	徐志方
發行	亞達公司
	上海南京路八十八號 電話一四二四三號
印刷	華豐印刷鑄字所
	上海浙江路五三六號
書店總代理處	中國圖書雜誌公司
	上海福州路
分售處	上海與各省無線電公司各大書店

中華民國二十八年三月一日初版

亞達無線電公司

Oldar Engineering Corporation

承造

經售

各種陸地船舶收發報機以及放聲機廣播機等

各種無線電收音機暨無線電零件

附設——無線電修理部

專修各種上等收音機

四大特點

- (一) 歷史悠久
 - (二) 儀器精密
 - (三) 工作可靠
 - (四) 取費低廉
- ▲ 復有經驗豐富之工程師管理
- ▲ 電話通知免費檢查

地址

上海南京路八十八號

(惠羅公司東隔壁) 電話一四二四三號