

萬有文庫


第一集一千種

王雲五編

無線電報及無線電話

朱其清著

商務印書館發行



無線電報及無線電話

朱其清著

工學小叢書

編主五雲王
庫文有萬

種千一集一第

話電線無及報電線無

著清其朱

路南河海上
五雲王 人行發

路南河海上
館書印務商 所刷印

埠各及海上
館書印務商 所行發

版初月二十年二十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

WIRELESS TELEGRAPHY AND TELEPHONY

BY CHU CH'I TS'ING

PUBLISHED BY Y. W. WONG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1933

All Rights Reserved

目錄

第一章 無線電學概要

第一節 緒論

..... 一

第二節 電與磁

..... 三

第一段 電子概說

..... 三

第二段 電磁簡說

..... 四

第三段 電之種類

..... 五

第四段 電磁感應

..... 六

第五段 電流之性質

..... 八

第六段 耗阻感應量及容電量之解釋

..... 一四

第三節 振盪電路

..... 一七

第一段	電路聯接法	一八
第二段	電路振盪情形	二一
第三段	諧振	二四
第四段	無線電路與調準	二九
第四節	電磁波	三三
第一段	波浪	三四
第二段	電波之發生	三六
第三段	電波之前進	三八
第四段	電波之傳射	四二
第五段	電波之接收	四六
第五節	電源	五二
第一段	低壓電源	五三

第二段	高壓電源	五四
第三段	交流電之變直法	五五
第四段	變直器	五七
第五段	濾流器	六〇
第一章	電子管	六二
第一節	緒論	六三
第一段	電子發生概況	六四
第二段	愛迪生現象	六五
第三段	福來敏氏之發見	六六
第四段	電子管概況	六八
第五段	二極電子管之曲線	六八
第六段	三極電子管	七一

第七段	三極電子管之曲線	七二
第二節	電子管用作檢波	七五
第一段	檢波概況	七五
第二段	電子管檢波方法	七七
第三段	電子管用作檢波時應注意之點	八〇
第三節	電子管用作增幅	八一
第一段	阻耗式擴大器	八四
第二段	感應式擴大器	八六
第三段	甲乙丙三類擴大器	八七
第四節	電子管用作振盪	八九
第一段	電子管發生振盪之原理	八九
第二段	電子管發振電路	九一

第三段	自勵式基本電路	九二
第四段	他勵式電路	九五
第五段	發振管發振時之條件	九六
第六段	晶體控制發振器	九七
第七段	超短波無線電發振器	九九
第三章	傳受線	一〇五
第一節	天線概況與其種類	一〇五
第一段	天線概況	一〇五
第二段	天線之種類與形式	一〇八
第三段	天線電力之輸送方法	一一一
第三節	天線傳射性	一一三
第一段	天線傳射性	一一三

第二段	天線耗阻	.....	一一五
第三段	天線之電容量	.....	一一六
第四段	天線上電流電壓之分佈狀態	.....	一一八
第四節	地線	.....	一二一
第四章	無線電話學	.....	一二六
第一節	無線電話之傳射與接受	.....	一二六
第一段	無線電話成功之要素	.....	一二六
第二段	話筒	.....	一二九
第三段	發話電路之聯接法	.....	一三〇
第四段	無線電話機之射程	.....	一三二
第二節	電子管式無線電話機之調幅	.....	一三三
第一段	電力耗收法	.....	一三五

第二段	調準柵極電路電壓法	一三八
第三段	調準屏極電路電壓法	一三九
第四段	單獨旁波之發射	一四二
第五段	各式無線電話機電路發展之情形	一四二
第三節	無線電話電路之分析	一四三

無線電報與電話

第一章 無線電學概要

第一節 緒論

兩地通信，僅賴電波，而無所用乎電線之連接，或其他物質之憑藉者，是謂無線電信（wireless communication）或曰銳電信（radio communication）。無線電信之功用至廣，發展極速，就目前已成功之事業言，可別其用途爲五大類：一曰無線電傳報，係利用莫爾斯之信號，將電波分成點星，以盡其能事者；二曰無線電傳字，能使接收者直接讀其字句而免翻譯電碼之煩；三曰無線電傳聲，舉凡語言、音樂、歌曲等等，均能藉無線電波以傳遞；四曰無線電傳相，凡人之面目、物之形狀等

等，均能藉無線電波傳至遠方；五曰無線電傳影，凡在行動之人物，均能將其當時各種之行動，立即傳出，使在數百里外之某地，經無線電接收之後，完全能見其影，如視活動電影然。是故吾人今日而欲與遠地之親友接談會晤，誠可於頃刻之間，得親其聲音笑貌於咫尺，蓋亦奇矣。夫藉電線之力以通信，已屬難能可貴，但吾人尙不難了解其理，不足爲異。獨所謂無線電信者，則兩地之間，渺渺茫茫，毫無憑藉，既能通報，復可傳話，一如有線電報，且更能盡有線電機之所能爲，爲有線電機所不能爲。驟聞之下，嘗令人難於深信，然終不能不嘆爲驚奇，爲之咋舌也。雖然，吾人今固皆知無線電信之成功並非毫無憑藉，而實利賴一種電之波浪名曰電磁波 (electromagnetic waves) 或曰赫真波 (Hertzian waves) 者以成其能事。但試問電磁波究爲何物，其性質如何，如何使之發生；發生之後，如何使之前進，如何可以接收，以遂吾人隨心所欲之大願，則其理至深耐人探討。就中以無線電學既有賴夫電磁波，則電 (electricity) 與磁 (magnetism) 二者至爲有關，理應先明，爰爲分別述之於后焉。

第二節 電與磁

電之名詞吾人已習聞之，電之現象吾人已習見之，但試問何謂電，則雖最著名之科學家恐亦未能予以精確之解說。自電子學說（electron theory）創，對於電之爲物吾人始漸見明瞭，至近數年間，學者復創電子無類原理，並發見電子波動特性，使電子學說愈臻昌明。關於昔日電學上種種謬誤及不切之見解，現均可用電子說以明之。電子學理，中西書籍已多專論，本書限於篇幅，第述電子之概況並及電之大概。

* 詳 JHEE 48 卷第十一期 (Nov. 1929) W. V. Houston 氏著

(一) 電子概說 電子者，現今所假定爲物之最微小而能臆測之分子也。電子含帶負電性。集若干之電子，與某相當數含帶正電性且所共認而稱爲電母者相合，遂成昔日吾人假定爲物之最微小而能臆測之原子。每原子均含有若干之電子，惟其結合狀態則物物殊，有結合異常密切者，有結合異常疏稀者。凡物體中之電子結果密切者，則成爲絕緣體，其疏稀者則爲導電體，因前者電子

不易流動，後者則電子可以自由流動，故電導體之物可被奪若干之電子或於適宜部分外收受逾量之電子，而在絕緣體物中則甚難也。當物之電子較適宜數量為少時，吾人稱之為陽電荷，如為較多時，則為陰電荷。如電子與電母之量均衡，則為中和現家。按科學家之想像，吾人所衣之衣，所讀之書，所食之米，甚即推而至於我人之身體，全世界之無論何物，均為彼輩電子所組成。然彼衣也書也米也，似皆非含電性者，何也，此亦因其間電子與電母間相結合之量在均衡狀態故耳。電子雖極微渺，但亦具有質量，且可加以測驗。關於此種學識，以非本篇所當述，茲概從略焉。

(二) 電磁簡說 電究為何物，現雖尙未能完全確知，但其現象，吾人已有深切之認識與了解，

其現象維何，即當電流經過一金屬導線時該線之週圍，必發現磁性現象是也。研究電學者嘗分電為靜電 (electrostatics) 電磁 (electromagnetism) 及電流 (current electricity) 三者以討論之，然此三者實皆為同一之電所發生。何也，蓋靜電之現象，可由電流 (electric current) 以表現之。電磁之現象，則或用靜電放電，或用電流，均可以表現之。靜電電荷與夫電火花，一則為靜電工能，一則為動電工能，今則均可用一種之電力以表現之。是靜電電磁及電流三者，其根本實為同

一之電力可知。夫後世學者之所以分類討論者，初亦不過爲便利研究計耳。又電流與電磁二者實爲不可分離之物。蓋有電必生磁，而有磁復能生電也。故電磁與電流二者亦有併爲動電一類者。又電流之學，復包括陽歸線 (cathode rays) 瓦斯游離 (ionization of gases) 電解質及金屬物之遞電 (conduction through electrolytes and metals) 及電流之磁場效果 (magnetic effects of currents) 電波前進 (propagation of waves) 等學說。以上種種之分門別類，惟電流學中之後部學說爲無線電學之基礎原則，其理至深，興趣至多，實爲吾人所當研究，亦卽本書所欲討論者，是爲電磁波，特爲較詳說之。至於其他各類，因與電波有關，亦略述一二，其詳讀者可參攷中西電學專著可也。

(三) 電之種類 靜電動電，雖爲同一之電所發生，然因其性質之不同，常分爲正電負電以討論之。正電與負電之性質完全相反。例如若干之正電與同量之負電相遇，其結果必等於零，吾人統稱之爲中和 (neutralization) 恰如算術中正負二等數之相消，其命名爲正負之意亦以此。

流動之電又視其流動性質之不同，而分爲四種：一曰直流電流 (direct current)；二曰脈動

電流 (pulsating current) 三曰交流電流 (alternating current) 四曰振盪電流 (oscillating current) 振盪電流又視其振幅 (amplitude) 之衰減與否，及週率之高低，亦加以區別，滿幅波流 (undamped wave current) 與減幅波流 (damped wave current) 二種者，係以振幅之不同而分類者也。低週率 (low frequency) 振盪電流，高週率 (high frequency) 振盪電流及超高週率 (ultra high frequency) 振盪電流三種者，係以週率之不同而分類者也。直流交流二電，發生殊易，吾人日常多用之如電燈電話電車等之電是。振盪電流之發生，除高週波發電機之一種能直接發生外，餘均須賴直流或交流之電力，故其產生為間接的，情形自較複雜。無線電學之成功，即利賴此種振盪之電流也。

(四) 電磁感應 電磁學中又有一重要之現象，於無線電學有極密切之關係，其現象維何，即磁力線 (magnetic lines of force) 與動。此二者如同時發現於某導線，該導線中即有電流發現是也。

磁力線者何，為一種用以表現磁力作用之名詞，初非真有其線也。所謂動者何，乃力學中動靜

之動，亦為磁力線之增加或減少。蓋磁力線之時而增加，時而減少，倏而發生，倏而消滅，均為吾人之所謂動也。

例如取一綫圈與一顯電計如第一圖連接之，該顯電計並無指示。但設吾人另取一磁鐵驟置於線圈之中，顯電計之針即能擺動，如第二圖所示。又如第三圖，吾人取線圈二，甲線圈電路中接一顯電計，而無電源，乙線圈電路中則接一電瓶，同時置一開關 (switch) 或電扣 (key) 以作啓閉電路之用。是時各將甲乙兩線圈同置一處，而將電扣時按時否，則可見顯電計之針指擺動不已。



圖 一 第

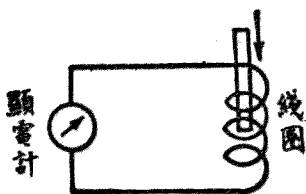


圖 二 第

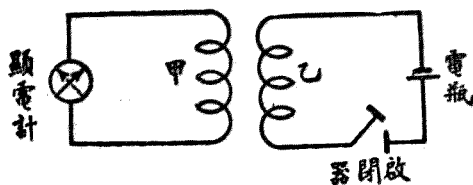


圖 三 第

電扣按次之多寡，在一定時間內與顯電計電路所生之電流成正比例。此外，甲乙兩線圈間之距離，綫圈圈數之多少，與夫電瓶電壓之大小，亦均為正比。換言之，即兩綫圈間之距離愈近，綫圈圈數愈多，電路內之電壓愈高，則所生之電流亦愈大，反之則愈小。夫第一二兩圖及第三圖之線圈電路原無電流之存在，不過因有磁力綫之關係，而電流以顯。此皆因磁與電二者互相發生感應作用所致。此種現象，吾人嘗名之曰磁電感應。(electromagnetic induction)。

在直流之電路中，磁力線之強度常為定值，故吾人非啓閉其電路，俾磁力線能時生時滅不可。如在交流電路中，則因其電流之值時有增減，磁力線之強度亦隨之變動，吾人乃可不必啓閉電路而仍能得同效之電磁感應，此讀者不可不注意者也。

(五)電流之性質 上述種種電流，對於無線電學均有重要之關係，其性質如何，應分別述之如次：

直流電——直流電之電流，當其電路通時，常自正極流向負極，其電流之強弱，常視其電壓之高低與夫其流動時沿途抵抗之程度如何為斷。假定其電壓為 E ，抵抗為 R ，電流為 I ，則 I 等於 $\frac{E}{R}$ 。

換言之， I 與 E 爲正比，與 R 爲反比。此公式在電學中甚爲重要，吾人常名之爲歐姆氏定律 (Ohm's law)。直流電之電壓值常不變動，故在直流電路中，其抵抗愈小者其電流則愈大。電流之大小以安培 (ampere) 計之，電壓之大小以伏而特 (volt) 計之，抵抗之大小則以歐姆 (ohm) 計之。 R 爲純粹直流之抵抗，或曰耗阻，亦曰電耗，以別於交流之抵抗也。其電流之形狀，以圖表出之，如第四圖。直流電僅能流過金屬相連接而不斷續之電路。

又直流電路中祇有純粹之耗阻，故其電流與電壓間當其發生之時，並無電相之相差 (phase difference) 電相云者，即電流與電壓二者流出時，時間上之相差度數也。電流與電壓間無相差時，是曰同相 (in phase)；否則，爲不同相，或曰差相 (out of phase)。

脈動電流——脈動電流與直流相似。亦係向一方面而流者，惟其電流如脈動，倏增倏減，故名。以

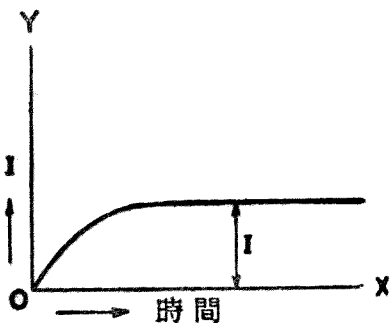


圖 四 第

圖表出之，如第五圖。經過無線電接收機內聽筒電路之電流常為脈動電流。

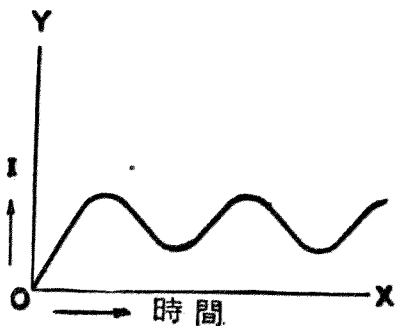


圖 五 第

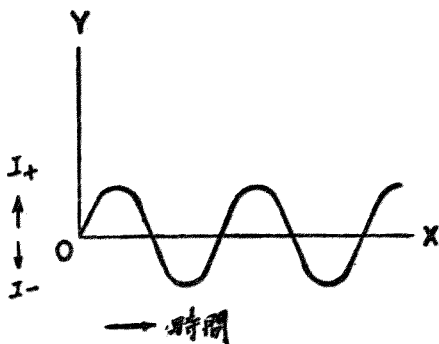


圖 六 第

交流電流——交流電為時刻變易方向而流之電流，初屬正電，其值繼續增高至一最高點時即轉而減小，并向反方向流，經過零值其性為負，而至一最低點，過是，復反向而流，經零值後又為正

電，而臻最初狀態，是為一週。如是往而復始，時正時負，所謂交流電者以此。以圖表出之，如第六圖。普通電燈用之交流電，每秒鐘變換之次數，常為五六十，吾人因名此項電流曰五十或六十週數之交流電。該項交流電，又有單相 (single phase) 三相 (three phase) 之分。通常城鎮電燈所用之交流電，單相之交流電也。其作電動機及他種電力用者，三相之交流電也。二相之交流電，則不常用。

交流電流之值既時常變動，故其抵抗之性質亦因以異，而不若直流電路之簡單。其電流之大小，當視其電路中之感應量 (inductance)，容電量 (capacity) 及週波數 (frequency) 之相互大小如何為定，以公式表之如下：

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}}$$
 為感應量單位以亨利 (henry) 計，C 為容電量單位以法拉 (farad) 計，f 為每秒鐘內之週波數。R 為抵抗或曰耗阻。以歐姆計，E 為交流電壓，以伏特計，I 即為以安培為單位之交流電流也。假以上列公式中之分母 $\sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}$ 用 Z 一字母

代表之，則該公式變為 $I = \frac{E}{Z}$ 。此與歐姆定律完全相同，故 Z 一項，吾人可稱之為交流電路之抵抗。交流電，能通過絕緣體如容電器之類，此於上列公式中可以見之，故其性質與直流電完全

不同。

交流電路之抵抗，既為感應與容電量二者之一或二者所合成，而非為純粹之耗阻，故其電流與電壓流出之時間，有時不能同時，換言之，電壓與電流為不同相，第七圖即表示二者不同相之情形。G 即為發生交流電之電機，E 表示交流電壓，I 表示交流之電流。乙丙兩圖與甲均有先後，即不同相之表示，甲圖因電路中祇有純粹之耗阻，其性質與直流電路同，故電流與電壓亦無相差也。乙圖祇具感應量，以相角言其電流常後於電壓若干度，——電度——，丙圖祇具容電量，其電流之相，則常先於電壓焉。

振盪電——振盪電路似交流電，不過交流電之週

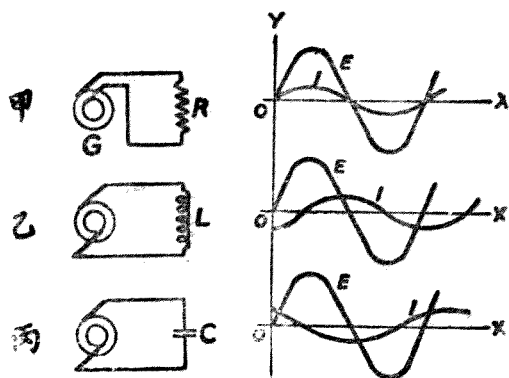


圖 七 第

波數甚低，每秒鐘僅十數次，而振盪電則在數萬次乃至數千萬次以上，此其大別也。故振盪電有時又名之爲射電週波電（radio frequency）直流電之週數實等於零，以其無變換也。振盪電以其週波數極高之故，乃能演成今日電學史上驚奇之成績。故其特異之點，一曰電流常沿導體之面而流動，是爲集膚現象（skin effect）。一曰電流常能放射，換言之即能脫離導體而發生射電現象是也。振盪電之公式與交流電同，惟 f 之值常甚大耳。以圖表之如第八圖。

振盪電除利用高週波發電機一種，能直接發生電流外，

餘均需用間接之方法，且必藉他種之電流而後可。至其他各種之電流，則均能直接設法發生之，例如直流電則可由直流發電機，或電池等物發生而供給之。交流電則可由交流發電機發生之是也。振盪電及交流電，因其電流倏增倏減，時有時無，故其感應作用，非常顯著，直流電因不發生變化，故

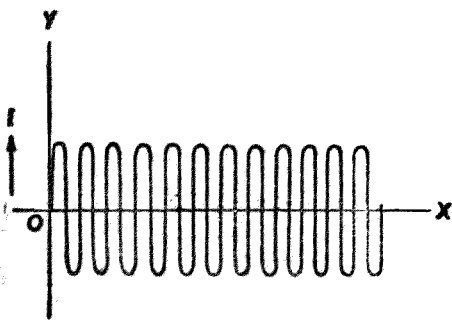


圖 八 第

無感應之現象，變壓器 (transformer) —— 俗稱方棚 —— 接入交流電路中即發生作用，如為直流電路，則毫不發生影響以此。又以上各種電流常能使之互相變化。如直流電有時可使之變為交流電，交流電亦有時可使之變為振盪電等是。此當視其所用方法如何為斷也。

(六) 耗阻感應量及容電量之解釋 在無線電路中有主要之物二：即感應量與容電量是也。此外又有耗阻為遏制電流暢流之主動物，比諸力學之磨擦實相若。設其值過大而發現於某一無線電路中時，常不能使該電路發振 (oscillate)，故耗阻在無線電路中吾人每以減低至最小限度為事，而不若感應與容電量之重要。但任何電路中多少總有耗阻，亦猶力學中之無處無磨擦力同也。耗阻值嘗以 R 或 r 代表之，其大小視電線之長短，粗細及物質而定其公式為 $R = \rho \frac{l}{A}$ 。1 為電線之長短， A 為電線切斷面之面積， ρ 為比電耗 (specific resistance)， ρ 之大小，各電線均不相同，惟每一種物質所製成之電線其值嘗為一定耳。

感應量分自感 (self inductance) 與互感 (mutual inductance) 二種，為能發生一種另增電流之現象。例如，有一電路置電瓶一，圈數甚多之線圈一，和一電扣。設將電扣時啓時闔，則當電

路開時，電扣之空隙間每發生火花，此發生之火花，即為另外增加之電流，是為自感性之表現。如在此線圈附近另置一第二線圈，則在此第二線圈中，亦可發生電流，是為互感性之表現。感應性之表現，必其電流常生變化，且其電線宜成環形。如環形之圈數愈多，其感應量亦愈大，感應之學理，可以磁力線作用解釋之。當電流發生變化時，其磁力線亦隨之變化，是時磁線乃切過各線圈之導線，其間乃發生電流，即前節所述磁生電，電生磁之現象。此多生之電流即感應作用之表現也。直流電路之電流，嘗為定值，其所發生之磁力線，亦不變化。故線圈在交流電路中始有感應。同樣線圈如在直流電路中則無感應，此理固至明也。感應電路中其電流嘗後 (Lag) 於電壓，相差 (phase difference) 為九十度，閱前第七圖乙可知。感應量嘗以 L 表示之。

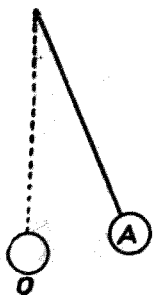
感應量可比之力學中之惰性。蓋當交流電最初通過感應線圈時，該線圈嘗阻遏之使不易流動，及當電流將斷之時，該線圈反助之前進，故有時感應線圈，亦名之為磁力惰性。線圈中可儲蓄磁力線，其能儲蓄磁線愈多者，其感應量亦愈大。鐵器常能增強磁力線，故一空心之線圈中，如加一鐵心，則其感應量更大。感應量且視其線圈之形狀，與磁線切過線圈之次數等為比例。單層圓筒形線

圈之感應量可依下列公式計算得之 $L = \frac{0.0395a^2n^2}{b} K$, L 為感應值以兆分享利計, n 為線圈圈數, a 為線圈平均半徑以公分計, b 為線圈長度以公分計, K 為線形系數, 其值有一定, 讀者欲知其詳可參閱 Robison's Manual of Radio Telegraphy and Telephony 第 717 頁第 19 表或 Radio Amateur's Handbook 第三版第 203 頁容量量 (capacity) —— 用二片或二片以上之金屬物, 中間隔以任何絕緣體, 相成之物, 即成容電器。其絕緣體則名之為通感體 (dielectric), 如將直流電壓加諸該器之上, 電壓即可聚積於斯, 是即為容量量之表顯。蓋是時如將該電路短路 (short circuit) 之, 即可發生火花 (spark) 故也。加電至容電器時之作用, 名之為充電 (charging), 發生火花時之情形是為放電 (discharge)。容電路中 (即電路中有容電器者) 其電流常先 (Lead) 於電壓, 相差為九十度。放電時電流之方向每與充電時之電流相反。故當容電器充電放電之時, 其間嘗有一種電流, 能流過其間。換言之, 交流電加諸容電器時, 中間雖有絕緣體但仍可通過。(攷直流電不能通過容電器, 以其間具有一絕緣體也)。容量量之大小, 與金屬片面積之大小, 多少, 及通感係數 K 成正比, 兩片間之距離遠近成反比, 以普迪公式表示之為 $C = \frac{KA}{36 \times 10^9 \times \pi d}$ 。此公式僅適

用於互相並行之片形容器，其屬於他種形式者則另有公式，茲不贅。上列公式中之 C 為容電量以兆分法拉單位計， A 每片之面積以平方公分計， n 金屬片數， k 某種絕緣物質的通感係數， d 兩片間之距離以公分計。

第二節 振盪電路

振盪之電路，必具有容電量及感應電量二者，已如前述。惟振盪有時為自由的 (Free oscillation)，有時為強迫的 (forced oscillation)。何謂自由及強迫之振盪，考振盪之電路當振盪時必消耗若干電氣能力於電路之中，方能表現其振盪特性。設此項振盪之電氣能力係受外界之節制者，則其振盪為強迫的，反之，則為自由的。換言之，凡一振盪電路，如其所發生之振盪，為受外加之正弦電壓波 (sine wave) 而成者，吾人得迫強振盪，如無是項外如電壓，即得自由振盪。茲舉一例以明之。取線一條一端繫以重錘如 A ，他端則固定之（第



第九圖

九圖)。今將A球舉至A點而縱之，則A球因地心吸力之故而左右振盪不已。設O、A間之距離愈遠，其振盪之力亦愈強。此項振盪之次數，在單位時間內恆視其線之長短而定，是即為自由之振盪也。今若將線之一端執諸手中，左右擺動而使之振盪，則此項振盪並非為自由之振盪而為強迫之振盪矣。如手之左右擺動數與錘線的自由振盪數相同，則其振幅將繼續增高，此即諧振(Resonance)之現象也。自由振盪與強迫振盪之電路，可用公式以表示之如次：

$$\text{自由振盪電路之公式爲} \dots\dots\dots L \frac{di}{dt} + Ri + v \int \frac{idt}{c} = 0$$

$$\text{強迫振盪電路之公式爲} \dots\dots\dots L \frac{di}{dt} + Ri + v \int \frac{idt}{c} = E \sin wt$$

(一) 電路聯接法 電路之聯接或為直接或為並接或為並直連接。直接之電路，必其電流流過之路祇有一條。並接之電路其電流流過時則可不止一條。並直連接之電路，則兼具直接與並接兩種電路之特性。今假設有一感應量L及容電量C，如用直接法連接之，則如第十圖所示，如用

並接法連接之，則如第十一圖所示。並直接之電路，則如第十二圖所示者是也。

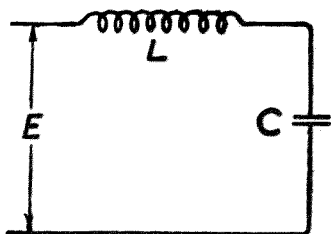


圖 十 第

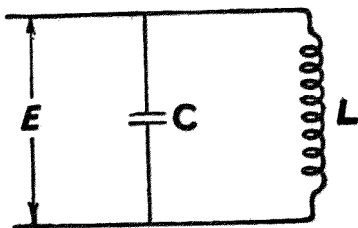


圖 一 十 第

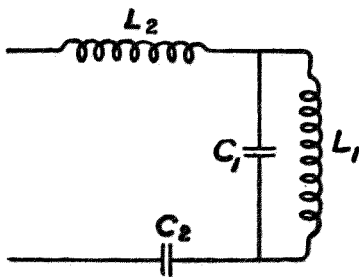


圖 二 十 第

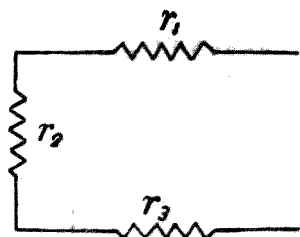
任何電路之聯接法總不外此三種。電路之直接連接與並接連接者，因其電流流過電路之不同，其性質迥異，其詳可參閱各種書籍，茲但分述耗阻感應量及容電量三者之種種聯接法如次。各種耗阻器直接聯接時，其耗阻總值為各耗阻器之耗阻量互相加之和，假命 r_1 r_2 r_3 等為各

耗阻器之耗阻量， R 為耗阻總和，則

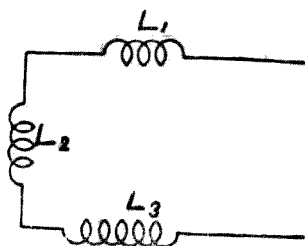
$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{第十三圖即表示各耗阻直接連接時之狀況。}$$

各種感應器直接連接時，其感應量之總值為各感應器之感應量相加之和，假命 L_1, L_2, L_3 為各感應器之感應量， L 為總感應量，則

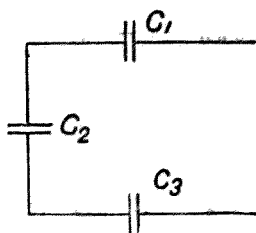
$$L = L_1 + L_2 + L_3 \quad \text{第十四圖即表示各感應器直接聯接時之狀況。}$$



圖三十第



圖四十第



圖五十第

各種容電器直接聯接時，其總值之倒數為各容電器的容電量倒數之和，以公式表示之如下

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad \text{第十五圖即為各容電量之連接圖。}$$

各種耗阻器並接連接時，其總值之倒數為各耗阻器之耗阻量倒數之和，以公式表示之如次

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad \text{第十六圖即為各耗阻器並接時之情形。}$$

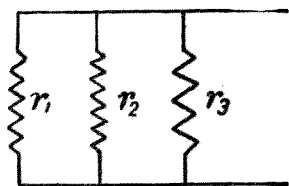
各種感應器並接時，其總值之倒數為各感應器之感應量倒數之和，以公式表示之如次

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \quad \text{第十七圖甲為各感應量並接時之情形。}$$

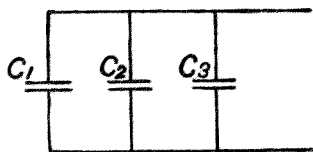
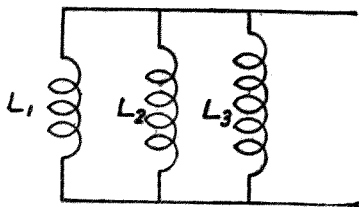
各種容電器並接時，其總值為各容電器之容量相加之和，以公式表示之如次

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad \text{第十七圖乙為各感應量並接時之情形。}$$

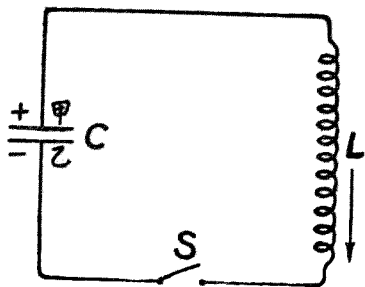
(二) 電路振盪情形 電路振盪必藉容電器與感應器。茲述其振盪情形焉。設 C 為容電器，L



圖六十第



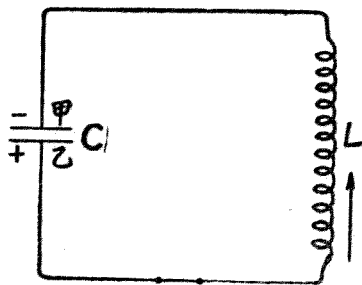
圖七十第



圖八十第

爲感應器，S 爲電門（參照第十八圖）。今將 C 設法充電（意即增加其電位）。充電時電門並不關閉。是時所有電力均儲蓄於該容電器中，是爲靜電功能。茲命 C 之甲片爲正電，乙片爲負電如第十八圖所示。今苟將電門 S 闕下（參照第十九圖），電路即通，電流乃生。是時甲之正電必向負極而流如圖所示以至於乙，當電流經過線圈 L 時而磁線以生，所有電力乃均儲存於感應器中，是即爲動電功能。是時若 S 並不開啓則電路仍通。同時若本電路中之電耗阻爲甚小，其電功能未必能立即用

盡，所剩餘之電力，將繼續工作。攷其時甲片上之電流均經感應圈而流至乙片。乙片上所有之電，既係由甲片而來故改爲正電。乙片上之電力既爲正電，勢必將再向負極而流，設電路仍通，電力仍存，剩餘者電流自復自乙片而流向甲片。吾人此時若注意其電流之方向，立見其與前一次者恰爲相反。又乙片之正電現均流至甲片，甲片斯時遂復有正電，至此情形全部電路已完全返至最初狀態，所不同者電流因循環變易方向需用電力，電流因之較爲略減耳。電流如此往復一次是爲一週數 (one cycle)。當 S 未閉之時，電均聚集於容電器，是爲充電。及 S 關閉電流發生電均儲於感應器是爲放電。所有靜電功能乃變爲動電功能。及電流由感應線流出至於容電器使乙片爲正電甲片爲負電時，電力復聚集於容電器，所有動電功能又變爲靜電功能。此時各電路中之電功能如仍未用盡，則第二週數之循環電流將繼續發生，往復不息，而第三而第四等次，以至電功能用盡



圖九十第

爲止。此種週而復始循環不已之充電放電現象即爲振盪現象，以圖表出之如第二十圖。

上述振盪電路之振盪爲自由的，以其振盪數（即週波數）之多寡，完全視C及L之大小爲定也。振盪電路週波數之範圍頗廣，每秒之振盪數約自數萬次以至數十萬萬次（如現今所用之超短波電台即爲此種極高振盪數之電路），與平常交流機所發生之電波其週數每秒僅在五六十次左右者其相差實甚遠。故吾人名前者之週波爲高週（high frequency）波，有時爲超高週（ultra high frequency）波，或曰銳電週（radio frequency）波，後者爲低週（low frequency）波，或曰可聞週（audio frequency）波，以示二種之區別云爾。

（三）諧振 振盪電路之自身振盪數設與外加電壓之振盪數爲相等時，吾人得一現象名曰諧振（resonance）。諧振之現象在無線電學中最爲重要。因吾人研究無線電學時幾無處無時不

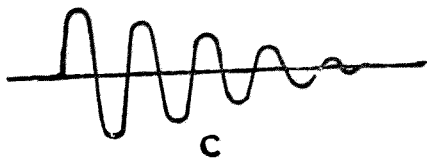


圖 十 二 第

談及諧振現象故也。諧振現象因其電路聯接之方法又別爲直聯諧振(series resonance)與並列諧振(parallel resonance)。此二種諧振之區別宜加特別注意。

有一電路如第二十一圖具有LC及R三者。今將此三者直聯連接之。假定經過此電路之電流爲I，其週波數爲f，其總阻耗爲Z。R之阻耗命爲R；L之阻耗通稱爲感應迴阻(inductive reactance)其值爲 $2\pi fL$ ，簡寫爲 X_L ；C之阻耗通稱爲容電迴阻(Capacitive reactance)其值爲 $\frac{1}{2\pi fC}$ ，簡寫爲 X_C 。

Z爲L、C及R各阻耗所組成，故各阻耗之向量和(Vector sum)爲

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}$$

今照歐姆氏定律，則

$$I = \frac{E}{Z}$$

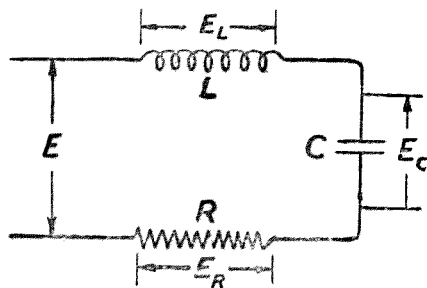


圖 一 十 二 第

設
$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC},$$

則
$$2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} = 0,$$

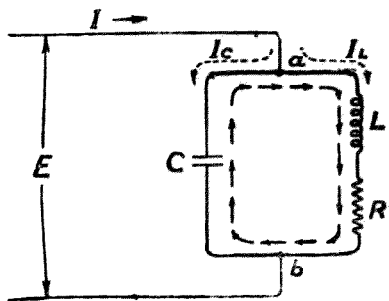
即 $Z = R$ 而 $I = \frac{E}{R}$, 其值為最大。

查 $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$ 即為諧振。由是觀之當諧振之時外加

電壓僅等於 IR , 而電流之值為最大, 但

$E = 2\pi fLI$ 而 $E_c = \frac{1}{2\pi fC}$

f 數常甚大, 而 C 值常甚小, 故 E_L 或 E_c 之值每大於外加電壓也。



圖二十二第

設一電路之 L 及 C 係并列連接如第二十二圖所示，則其現象與上述直聯連接之電路者完全相殊，因既屬並接，則 E_c 或 E_L 與 E_R 之和必各等於外加之電壓 E 毫無疑義。但試一考其電流之情形，則當電流 I 流至 a 時必分兩路能行一路沿 c 行，一路沿 L 行，故其值決不相同。茲分別命此兩路之電流為 I_c 及 I_L ，則

$$I_c = 2\pi fCE \quad \text{而} \quad I_L = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}}$$

又照第二十二圖所示， I_c 與 I_L 兩電流，其流動之方向相反。故 $2\pi fCE$ 之前每置一負號以分別之，因此

$$I_c = -2\pi fCE.$$

然總路之電流必等於 I_c 及 I_L 之向量和，則

$$I = E \sqrt{\left(2\pi fC - \frac{2\pi fL}{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}\right)^2 + \left(\frac{R}{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}\right)^2}$$

又 ωL 有時以 w 代表之故

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

設
$$\omega C = \frac{WL}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

則
$$I = \frac{ER}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

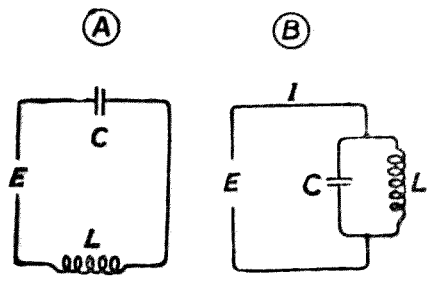
由此公式觀之，電壓與電流無相差，且 I 之值較 I_0 或 I_L 之值為小，因 I 式中分母項下有 R 之平方且加 W 平方之某數，而 I_L 式中之分母則為前式分母中原數之開方；至於 I_0 則不言已可知其必較 I 為大也。

由上二種諧振觀之，直接之電路當振盪時其總阻 (Impedance) 為極小。換言之，該電路對於同值週數之電波不加阻撓。在並接之電路當振盪時其總阻則為極大，故對於與該電路同值週數

之電流必不能流過，其理蓋甚明矣。

(四)無線電路與調準 一無線電之電路無論其為收或發，實不過為感應量與容電量二者互相連接之電路。如第二十三圖 A 與 B 所示，實為無線電學中所嘗見者。R 之值在無線電振盪電路中每設法減至最小限度，且其值如與總阻 Z 相較實為甚小，故除在諧振時應計算外，餘均可忽略之亦無關重要也。

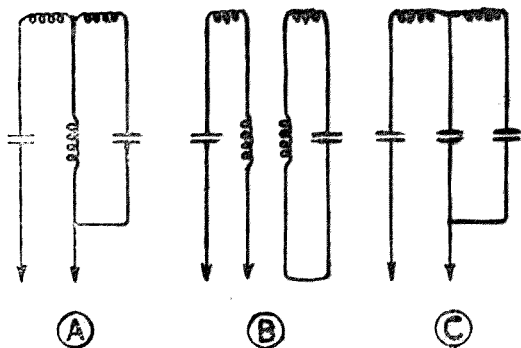
「第二十三圖 A 為直接之電路，B 為並接之電路，該兩電路之感應迴阻及容電迴阻各為 $X_L = \omega L$, $X_C = \frac{1}{\omega C}$ 完全相同，惟 A 圖之總迴阻為 $X_A = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ ，B 圖之總迴阻為 $X_B = \frac{1}{\omega L}$ 。故 X_A 與 X_B 之性質完全相反，換言之，如採用 A 圖時，如週率愈高，則感應迴阻占重要之地位，如週率愈低，則容電迴阻占重要之地位。今如採用 B 圖時，則情形適為相反，如週率愈高，則容電迴



圖三十二第

阻占重要之地位，週率一低，則感應週阻反占重要之地位，故當諧振之時（即 $WL = \frac{1}{WC}$ ），A 圖之總週阻為零而 B 圖者為無限大，因此之故，吾人欲思於某種週波數得到最大限之電流者，宜採用直接之電路（即 A 圖），欲於該種週波數阻止其電流流過者，宜採用並接之電路。」

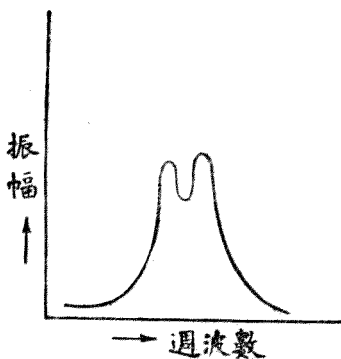
第二十三圖 A B 所示之電路為最簡單之電路，如將該項簡單之電路互相配合 (couple) 一處，即成複雜之電路。故複雜之電路，常名之為配合電路 (coupled circuits) 也。配合電路與簡單電路性質懸殊，惟在其間之配合程度如何耳。配合 (Coupling) 分直接配合 (direct coupling) 如第二十四圖 (A)，感應配合 (inductive coupling) 如第二十四圖 (B)，容電配合 (capacitive coupling) 如第二十四圖 (C) 等。電路一經配合則由甲之電路可將其電能傳至乙之電路。配



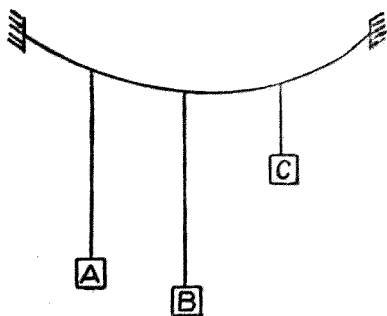
圖四十二第

合愈密 (close) 者其傳遞之電能亦愈多，愈稀 (loose) 者則愈少。惟愈稀之配合其諧振之程度愈尖銳 (sharp)，如過密則諧振弧嘗發現二峯，如第二十五圖，在無線電路中非所宜也。

調準 (tuning) 者無線電學中有一特別之意義，即增減某電路之感應量或容電量，使該電路之週波數與外來電波之週波數相同之謂也。此種調準手續用一擺錘證明更見明顯。如二十六圖



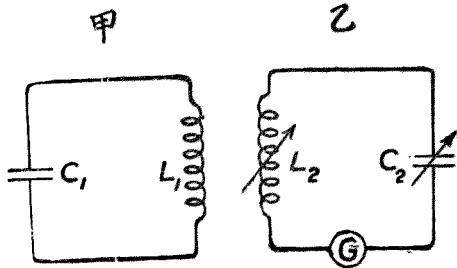
圖五十二第



圖六十二第

A B C 均為同重之擺錘，惟 A B 之長短相等，C 則或較長或略短焉。

茲僅觸 A 錘使之自由前後擺動而不觸 B C 二錘，則是時有可注意者一事，即當 A 錘擺動之後，B 錘亦逐漸擺動，愈擺愈烈，C 錘則毫無影響。此蓋因其長短不同之故之所致也。夫錘之長短，關係擺動之次數甚巨，錘之長短相同，則其擺動數亦同。當兩錘擺動數相同之時，一錘之動力可傳至不動之一錘，其擺動數不相同者則不能互相傳遞其動力焉。故欲得某錘之動力時，必增減已錘之長短使與某錘相同而後可。此增減長短之手續即調準之實例也。無線電之調準殊為重要，兩相調準之電路其相互間之感應極鉅，如其配合之程度愈密者其所受感應則更鉅。茲有甲乙兩電路，如第二十七圖。甲之電路蓄有電力，共 L_1 及 C_1 為固定。照 $\lambda = 2\pi f$ $\sqrt{L_1 C_1}$ 之公式其所發生電波之長亦為一定，設為 λ 。乙為第二電路其 C_2 及 L_2 均為變值，另加一顯電計 G 與 C_2 及 L_2 相聯接之。顯電



圖七十二第

計者所以驗該電路電流之有無或大小之用也。茲將 C_s 或 I_s 隨意增減之，同時注意 G 之針指，至其指一最大限度之時，即表示甲乙兩電路之波長為相同，該二電路即為調準之電路，換言之即為諧振之電路。設將乙之電路移近甲之電路，則 G 之針指更鉅，是即表示配合之程度愈密感應之程度亦愈增也。

第四節 電磁波

無線電信之傳受端賴電磁波之波能已如上述。電磁波究為何物，如何發生，誠為吾人所急欲知者。交電流之振動數 (oscillations) 每秒鐘在一萬迴轉 (cycles) 以上者恆稱之為高週波電流 (high frequency currents) 或振盪電流，具有脫離導體發生射電現象之特性，傳射線一名天線為最易傳射電氣之工具，如將此項高週波之電流使傳達至於天線，即能激動附近之太空（或曰以太）而生一種擾亂於其中，此種擾亂即吾人所謂之電磁波是也。無線電信既藉一種電波以傳受，請先言波浪。

(一) 波浪 研究波浪時有專門名詞四，為吾人所常見者，今為利便將來敘述起見，應先加以解釋。此四名詞為週波數 (frequency) 或四週率振幅 (amplitude) 波長 (wave length) 及波速度 (wave velocity)，茲分別述之如次。

(甲) 週波數 設取一繩固其一端而繫一重錘於他端，苟偶擊之，重錘必左右擺動是為振盪，循環來往，週而復始。每一循環之為一個週波。每一秒鐘中有若干之週波者是為週波數，常以 f 或 n 代表之。

(乙) 振幅 仍取上述之錘擺為例，錘向左或右擺動時，去不動位最遠之一點，其幅圓為最大。此最大之幅圓是為振幅，較此最大幅圓略小者不得名之為振幅。如第二十八圖 W 為重錘，A 為不動位，設 w 向 B 擺時，則 A B 為振幅。

(丙) 波長 波長常以希臘字 λ 代表之。波長者由第一

波峯至第二波峯間最短距離之稱也。如第二十九圖 ac 或

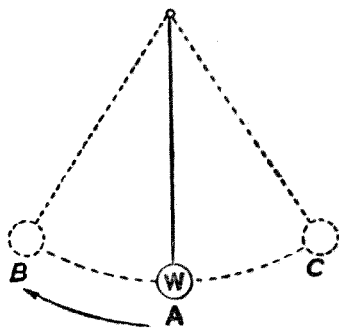


圖 八 十 二 第

ED 均爲一波長。又 a_1c_1 及 b_1d_1 亦各爲一波長。

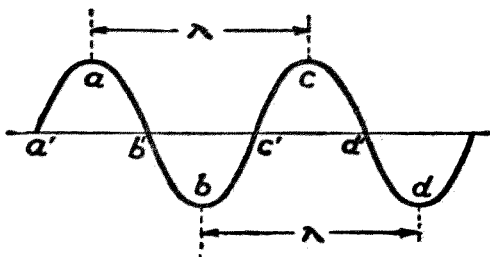
(丁) 波速度 每種波浪前進時，必具有一種速度，此項速度是爲波速度。

凡各種波動其速度週波數及波長間均有連帶之關係，即波浪速度每等於波長及振幅數相乘之積。例如池水興波，每分鐘高下十次，其兩峯間最短之距離爲二十尺，於是此波之速度爲每分鐘二百尺 ($10 \times 20 = 200$)。

用符號代表之，設命 V 爲波速度， n 爲週波數， λ 爲波長，即得公式如下：

$$V = n\lambda$$

凡一公式如欲使公式兩邊之數相等，其所用單位必均相同，故設 n 爲每秒鐘之週波數， λ 爲波長以公分計，則 V 必爲每秒鐘若干公分矣。



圖九十二第

電浪之速度業經實驗證明，爲與光波之速度相等，即每秒鐘爲 186,000 英里或 3×10^{10} 公分。電波之速度既知，則照上述公式，設某電波之週波數或波長二者之一爲已知，則亦不難求其餘數矣。

(二)電波之發生 欲明電波之發生，請先述耳能聞或目能見之種種波浪。茲試以聲波爲喻。欲使聲波發生其法甚多，或張口而呼，或以錘擊鐘均可，要不過使附近之空氣經急激之後發生一種振動或擾亂而已。此種振動或擾亂爲循環復生的，故必先有往復之振盪而後可以有波浪也。夫鐘之必經錘擊而後發聲者實因鐘擊之後，始有往復振盪之發生耳。此振盪即傳至附近之空氣，使其發生擾亂，而聲浪成矣。電浪之發生初亦相若，必先有能振盪之電流，使經過傳受線，振動附近之以太，而後擾亂可生。此項擾亂藉以太而四射以傳至遠處，此電波發生之大概情形也。

投石於水，波浪四起，凡波非遇斷阻皆四面廊廣。舉拳石投之池，微波以興；若擲巨石，則較大之波起矣。水波波長雖有大小之不同，但其範圍甚狹。無線電波之長短亦不一，當視其電路中感應量容電量等之大小及其如何組合爲定，但其範圍則甚廣，短者可至數千或數萬分一之公分，而長者

竟可至數十英里。

欲發生電波必需極高週波數之電流方可。已如前述，故平常用以燃電燈之交流電雖爲循環往復之電流，惟以其週數太低，不能適用。欲得週數高之振盪電流其法甚多。最簡易之法則莫若利用容電器蓄得之電流，使之放電於一有感應量之電路，各式火花式之無線電發電機卽其類也。他如迴轉火花放電盤式，弧光式，亞力山大發電機式，其他高週波發電機式，電子管式等均爲採用不同之方法以發生振盪電流之機件，其詳，因限於篇幅不贅。

凡能作振盪之物，必其物能交互聚蓄靜與動之功能，同時且無種種之磨擦力以阻止其動作。方可。譬如彈簧與重錘二者組合之物，必能振盪，緣彈簧能聚蓄靜的工能而重錘能聚蓄動的工能故也。但彈簧與重錘固能在空氣中振盪，但設將原物置諸極重厚之溶液中，則該物亦將不能振盪，此因磨擦力太大之故也。電氣如欲發生振盪亦必能符合如上所述之條件而後可，卽振盪物必須同時具有能交互聚蓄靜與動二種功能之特性是已。查容電器爲能聚蓄電力線場，感應線圈爲能聚蓄磁力線場之物已如前述。電力線爲靜功能之表顯，磁力線爲動工能之表顯。故將二者組成電

路，該電路必能振盪當無疑義。吾人對於振盪電路必需容電器與感應圈二者之理既明，請進而述電波之前進。

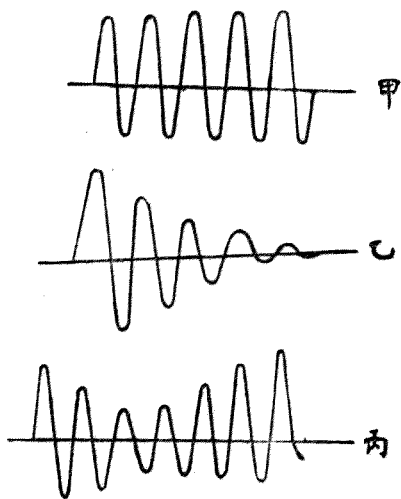
(三)電波之前進 欲興起一波使其前進必藉一種媒介，此種媒介且能交互傳遞動與靜之功能而後可。譬諸水波，水即爲其媒介，且水爲能聚蓄靜動二種功能者。以手壓水能成凹形，及手既放，凹處即行復原，此水有彈性之表示，亦即靜工能之表示也。水爲物質，乃有惰性，故其未動之時，欲使其動必費若干功能，及其既動，欲使之止之亦必費若干功能，此即動功能之表示也。水既同時具有此二種特性，且能交互聚蓄，故能發生波浪而成水波。惟電亦然。欲發生電波使之前進亦必賴一種具有靜電工能動電工能且能交互聚蓄之媒介，此項媒介吾人現假定其爲太空，而名之爲以太。故無線電波有時亦名之爲以太波也。以太之是否存在，目前科學家對之已發生疑義，但吾人此時似不必加以討論，祇爲便利解說磁電波之前進學理計，則姑以有以太之說較爲便耳。以太波之前進係藉電力線與磁力線二者之作用，一增一減，一生一滅，交互傳遞，以至於四方，瞬息萬里，以盡無線電通信之能事，蓋亦奇矣。

電波之發生端賴電氣之振盪。發生電波有長短，亦視振盪數之高低爲定，其間關係嘗成反比。此可於前述 $\lambda = \frac{v}{f}$ 公式中知之，故振盪數

高者其電波必短，其數低者電波必長。此理甚明，毋庸贅述。電波除有長短之不同，其形狀亦大有軒輊。有爲滿幅波者，有爲減幅波者，有爲種種之調幅波者，則視其變調示形狀如何爲定。第三十圖甲所示爲滿幅波，乙爲減幅波，以其振幅常遞減也。第三十圖丙所示則爲聲音調幅波。

以上種種電波又嘗概別爲調幅波與不調幅波兩種。屬於不調幅波者如滿幅波是，屬於調幅波者如減幅波等是。

電波之修短與其前進之情形亦各不同。自有無線電史以來，無線電波在地球球面上傳播之

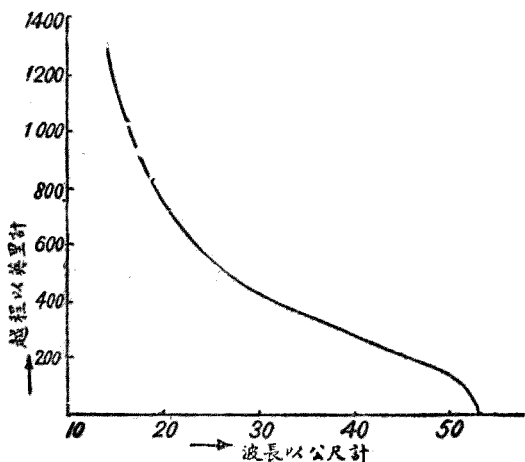


第三十圖

情形如何，即爲學者所亟欲研究之問題，因是時所用以作通信之電波均係長波，故對於長波傳播之學理已多所闡明，例如奧斯汀柯亨（Austin-Cohen）公式幾已成爲電波傳播時之定律，大概言之，長波無線電之前進，係利用其地面波（groundwave）爲主體，因之凡電波所經過之處而有種種阻礙電氣之物者，均足以耗損其電力，此項電波日間之耗損較晚間爲大，故其日間之通信亦較夜間者爲近，惟長波電波極少音衰（fading）之現象爲其優點，自短波之事業興，情形大異，昔日之學說，均難適用，短電波之進行，係以天空波（skywave）爲主體，其地面波之一部份因其週率過高，沿途耗損殆盡，不克致遠，且有三種特奇之現象，即越程（skip distance）回波（echo）及音衰是也，其電波愈短者，則所越之程亦愈遠，約至十公尺之波長時（即超短波之範圍時）其電波射出地層之外不復返至球面矣。越程者何，即無線電之信號在去無線電發電台某種距離時不能接收，及過此距離途程加遠時，其信號反變清晰而可接收之現象也。越程之變化除與週率（即波長）有關外，對於地位，大地磁場，氣候，四季及時間等等，亦均有關係，按照目前之經驗言之，夜間之越程較白晝爲遠，冬季之越程較夏季爲遠，越程又有第一程及第二第三程之多，惟第二程

以上之越程，其效力不甚顯著耳。第三十一圖爲表示各種波長與越程之關係，由該圖觀之，可見電波愈短者其所越之程愈遠。

短波又有回波及音衰現象，回波云者，即在接收機方面，於接得一信號之後，於極短時間內（約爲數十分之一秒）連續的復接得該同一之信號，此蓋因同一之電波分兩路到達一接收機之所致也，是爲回波現象。音衰云者，亦係指在接收機中，在某一時間內，可以暢收某一信號，乃在不足一秒鐘之時間內，該項信號倏然消滅，繼而復生，此種現象是爲音衰，音衰有時可以甚長，約在數秒或數分鐘後發現者。



圖一十三第

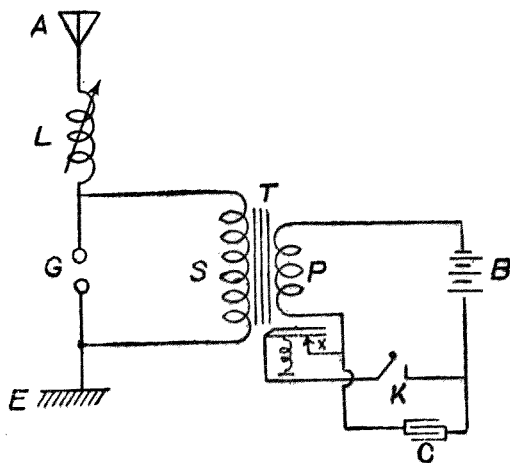
解釋短波傳遞上種種特性，不外用如下之學說，短波爲向天空進行之電波，天空之上有富有導性之大氣一層，名爲肯納萊海佛珊層(Kennelly-Heaviside Layer)，簡稱海佛珊層，該層導氣時升時降，短波到達該層時，每受折射及反射現象，以返至於地面，俾吾人復可設法接收。電波感受折射等作用，乃有越程之現象，海佛珊層時升時降，乃生四季日夜不同之射程，短電波之前進，如斯而已，至超短波之傳遞因其電波極高之週率，已與光波相接近，故其一切現象，殊與光波類似，其堪令人注意者，不過在光波射程之外，超短波之電波，現亦能互相通信是耳。

(四)電波之傳射 前段所述僅及電波之如何發生及其前進之理。實際如何傳射，傳射之後如何接收，本段及下段當爲分別述明之。電波既經發生，吾人每冀其能四面廊廣至遠弗衰。欲達到此目的，第一，必須使電波能傳射，第二，射出電波之電力須強，第三，射出電波之耗損須小。第一點之成功全賴傳受線之發明。第二點之成功在能增加電力之供給與發信機之效率。第三點之成功在能利用高週波之電波，及種種之預防。傳受線俗稱之爲天線，營架空而設，其形式不一，其詳當另篇述之。惟其長度與程式愈適合者，則其激發之電波也愈易，其天綫愈高者，其電波之傳達也愈遠，其

形狀愈開放附近愈無阻礙物者，其電波發射之效率也愈高。增加電力之法，昔時係利用火花隙於振盪電路之中，俾火花隙間之距離增大，而其供給之電壓亦可以增高也。厥後發明瞬滅及迴轉式火花機，電力乃自數十基羅瓦特 (KW) 或名千瓦可以增至數百千瓦。至弧光及高週波機發明，增加電力更易。電子管式發電機初則利用小電子管之并行連接以增加其電力者，今則製造家專注重製造單個強大電力之電子管矣。(上述種種無線電機系，以電子管式機爲用最著，讀者欲知其詳，請參閱民國十三年三月科學雜誌拙作『無線電信各系發信機之比較論』篇) 自超短波無線電機發現因普通之電子管不適應用，同時強大電力之超短波機用電子管目前尙不能設法製造，故電力之增加，不得不另採他法，而係利用多座天線之並接集射，成績尙有可觀，例如民國二十一年冬馬可尼氏代羅馬教皇建設之六十公分波長之超短波無線電台，即係接用五座天線並接後，再使之集射者，其靠日夜通行距離爲二十餘公里。電波耗損之大小，視其電波之區別波長之長短及他種情形而定，在二百公尺以上長之電波，其沿地面波(簡稱之爲地波)之耗損較小，其射程 (range) 與波長之增加爲正比，二百公尺以下約十公尺以上長之電波，其地面波之耗損較大。

惟其天空波之耗損則甚微，其射程與波長之增加為反比。十公尺以下之電波，因其天空波向天空進行後不復返至地面，吾人祇能利用其地波之一部份，故其耗損等情形復與二百公尺以上長之電波相仿矣。以目前所得之經驗言，二百公尺以內之電波，其射程之效率遠勝於二百公尺以上之電波。尤以其能需用不大之電力，極盡其遠程通信之能事，為難能而可貴，其詳容於後節述之。

傳發電波最簡易之法則，莫如利用平常火花隙發報機及容電式之天線，其接線圖如第三十二圖。惟此項發電機因其發生之電波擾亂殊甚，目前已為國際間所禁用，且曾明載於萬國無線電律中，則此後該項電機殆成為博物館之陳列物，當無疑義。惟因其關係無線電學基本原理，



圖二十三第

特申述之。A 爲天線，L 爲調整感應線圈，G 爲火花隙，T 爲磁感圈 (Induction circle)，P 及 S 爲其第一及第二次線圈，B 爲蓄電池，K 爲電扣作發報之用，X 爲磁感圈 T 之接觸點，C 爲大電容器以減少 K 及 X 間之火花者。當按 K 時，第一次線圈電路接通，X 因組織上關係，K 雖不開，而電路則開閉不已。於是第一次線圈中磁力線發生變化，以感應至第二次線圈。該線圈因圈數較第一次線圈圈數爲大，故所發生之電壓甚高，可以跳越 G 之間隙。當電壓未能跳越 G 時，S 之電壓完全用以充電於天線，及火花發生，天線電路連通，電流發生。此電流爲振盪的，因天線電流係由感應器 L 及電容式之天線 A E 所組成故也。電流既屬振盪故可激動附近以太，於是磁電波發生，以光波之速度向各方前進。磁電場離傳發天線漸遠，則其力漸弱，恰類水波。投石於水，石落波起，石落處水峯最高，漸遠漸低，終至波紋毫無。磁電波之爲狀正復相同也。發報機之強弱常以基羅瓦特 (KW) 或瓦特 (Watt) 計之。一基羅瓦特等於一千瓦。特故又名之爲千瓦。小電力之發報機其電力不過數瓦特，其強大者則有數百以至數千基羅瓦特者。電力弱者其射程近且不可靠。電力強者其射程遠。通常長波電機約有二三百千瓦以上之電力即可作全球之通信，短電波機則數十瓦特或數瓦特亦可。

惟欲期其通信之可靠則以增至數十千瓦爲宜也。（吾國最近所建造與歐美各國通信之真如圖際短波無線電台，其電力卽爲二十千瓦）射電力之強弱在某種距離外與距離之遠近成反比。夫射電之自身電力本已甚弱，則在數百或數千里外其力必異常微弱可知。此微弱之電波如何使能接受，此爲吾人所當研究之第二問題矣。

（五）電波之接收 耳機，俗稱聽筒，爲無線電機件中最靈感機件之一種。如無耳機，無線電之功效或不能如今日之著也。據各專家之試驗，接受天線上所感生之電流，約有十邁可安培（micro ampere）左右，或電力小至 1.23×10^{-14} 瓦特時，耳機中始可得一可聞之信號。夫 1.23×10^{-14} 瓦特之電力實至微極弱，耳機能受如斯微弱之電力而竟爲感動，其靈感可見。雖然，單用耳機亦未能盡接收之能事也。何也，耳機中有電磁線圈其前有薄膜鐵片一，該薄膜片因電磁線圈經電流流過後而吸引而振動而成聲浪。但其振動有一定限度，過此限度則不能振動亦不能成聲。攷此限度約在每秒鐘一千四五百次左右。無線電波爲振盪電流所激成，自不能動作耳機之電磁線圈，且無線電波之振盪數極高，遠超出此一千四五百次之限度數十倍以上，即使其電流能動作耳機之磁

圈矣，但以其速度之高亦不能使耳機薄片隨之振動也。故欲直接用耳機以接收無線電波實為不可能之事。無何，惟有設法使外來振盪之高週波電流變低，或變直（rectify）而後可。變直云者，即將交流性質之電流，變成直流電是也。變直之法甚多，茲僅述二種，最普通最切實用之方法如下，即利用礦石之變直性及電子管之變直性是也。

（甲）利用礦石者 礦石之種類不一，但有甚多之鑽石，如將交流電通過之，對於該交流之正負兩半電流（如三十三圖甲乙所示），僅能通過其正性一半，如甲甲，而不能通過其他一半，如乙乙。試取一 carborundum 鑽石 C 為例，照第三十四圖連接之，如將電門 S 關向左時，則電瓶 B 之電流由正極流出，經過礦石 C 之甲面流向乙，經電表 G 而至 B 之負極。是時注意電表 G 指針指示之大小，設為一。如將 S 關向右時，則電流之方向，當然與前相反，是時亦注意 G 之大小，設為零。今將 B 之電壓，逐漸增大，每增加電壓一次，仍照前述手續，將電門左右各動一次，而測電表 G 指示之大小，而記其值。吾

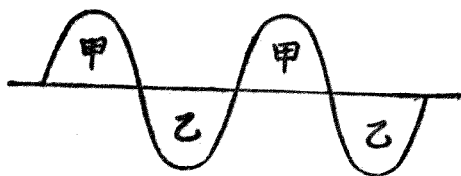
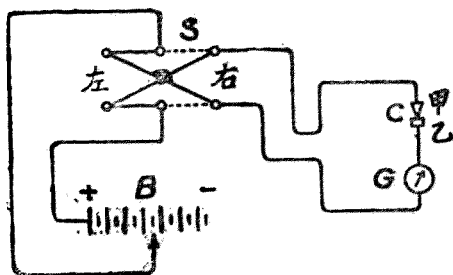


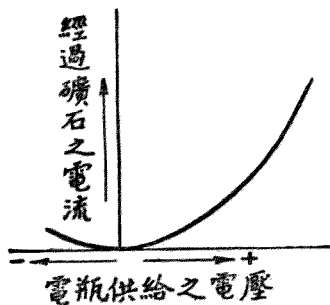
圖 三 十 三 第

人乃將所得之結果繪成一曲線，即得一約如第三十五圖所示者。此圖即係表示礦石具有使交流電變直之特性。

吾人亦可用第三十六圖之接線法以得同樣之結果。R 為分壓器 (Potentiometer)，S 為其



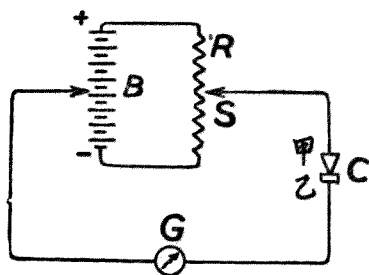
圖四十三第



圖五十三第

移動點當S點移動時，可得不同之電壓。如此，可仍照前法得一曲線。由以上所得之曲線弧觀之，可見外來電壓雖屬交換方向，但一經礦石，僅能讓某一方向之電流流過，此之謂變直性也。此種特性，對於無線電之檢波作用 (detector action) 極為有效。蓋外來高週波無線電之電波形約如第三十七圖A所示 (此處假定其為減幅波，如為滿幅波時應先採用音差節法，其詳當於後節述之)，經過礦石時即為之變直而如第三十七圖B所示，及其至耳機時，即如第三十七圖C所示。故是時高週波之交流電，已變為脈動電流矣。再第三十七圖所示之外來電波只有三浪，蓋即表示係由三個火花所發生者。此項火花通常每秒鐘使之發生一千次左右，於是耳機薄片之振動每分鐘亦在一千次左右，因此項振動數對於耳機薄片及吾人之耳覺經多人之試驗證明認為最為有效，故採用之也。

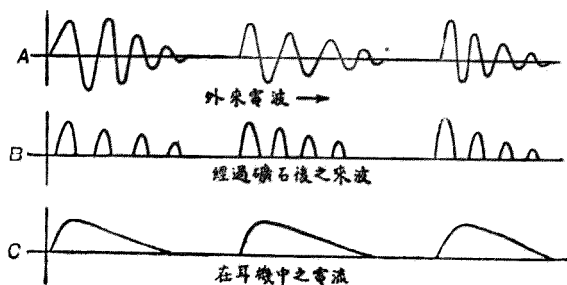
(乙) 利用電子管者 最初用作變直之機件為凝屑檢波器



圖六十三第

(coherer) 而今已變為歷史之陳列品。自凝屑檢波器發明後，磁性檢波器 (magnetic detector)、電解檢波器 (electrolytic detector)、晶體檢波器 (crystal detector) 等相繼發明。但最足使吾人羨美不置而其功效最著者厥為電子管之發明。自電子管出而無線電事業始日進於完善之境也。電子管之變直情形當於另章述之（詳電子管篇）。

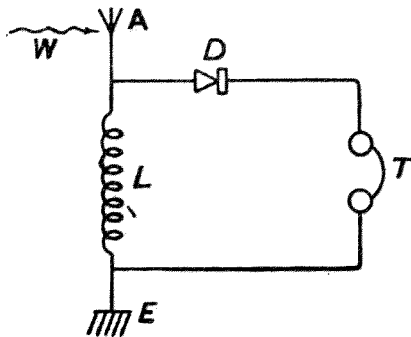
無線電波分調幅 (modulates) 與不調幅 (unmodulated) 兩種已如前述。接收二波之法則完全不同。昔時之礦石檢波器等祇能接收調幅之電波，自振蕩礦石發明後而調與不調幅之電波始均可接收矣。雖然以功效言，礦石不及電子管檢波器遠甚，礦石之能接收百里者電子管嘗能接收在千里以外，二者固不可同日語也。最簡單礦石式接收機之接線圖如第三十八圖所示。A E 為天地線，L 為感應線圈，D 為檢波器，T 為耳機，W 為外來電波，其形



圖七十三第

狀如第三十七圖之A。電波經過受信天線A時，即生感應於天線電路A₁LEA電路中。結果L之兩端發生電壓差（potential difference），此電壓差必沿LDTL電路而生電流。今因有D之關係，所有經過D後之電流其波形已如第三十七圖B所示，及電流經過耳機時則已如第三十七圖C之形矣。

無線電波之傳受約如上述。惟欲使兩地所傳受之電波各有意義，俾互相可以明了，則必使其電波或成電報或為電話或為電相等。藉麻爾氏（Morse）電扣（Key）將電波切成點畫，成為預定之電碼者，是為無線電報。籍話筒（microphone）將天線電波之振幅或天線之電流等，照聲波之變化而變化者，是為無線電話。籍光電池之作用使電波之變化與影像發生關係者是謂無線電相。當發信之時吾人或按電扣，或用話筒等等以發出帶有電報，或電話等之電波。此電波



第三十八圖

照光波之速度四射八達（如爲定向之傳受時其情形略異茲不贅），而凡在該電波勢力達到之地，如有接收天線與收授機時，頃刻卽生同樣感應於其中，而可聽得其信號，而別其或爲電報或爲電話等矣。發電機之電力弱者在數十或數百里內均可接收，其電力強者則雖隔高山大川亦可瞬息而至毫無阻礙，此無線電之所以可貴也。

第五節 電源

電之產生或藉化學之作用如蓄電池之類，或藉電磁感應之作用如發電機之類，日常電力之產生不外以上之二種。他若藉熱學之作用而發生之電如熱電組合（thermo couple）之類，及因磨擦而發生之電如靜電感應器之類，則非日常用之電已。

蓄電池等所發生之電其電壓常甚低，而其電流則有時可甚強。若欲增加其電壓非增加其蓄電池之個數而直續聯接之不可。且其所發生之電流係純粹之直流。發電機等所發生之電，或爲直流，或爲交流，或爲振流，其電壓之高低電流之大小均可任意所欲而待之。惟因製造上之種種困難，

此種發電機之電壓常以二三千伏而特爲限。過此，除特種製造之高壓直流發電機外，則另採他種間接之方法矣。

上述種種發生電力之機器，均可利用之以爲無線電傳受機之電源。但習常無線電機所需用之電壓甚高。在舊式之無線電機雖尙可利用高壓之交流，以供電機之用，而此項高壓之交流即使其電壓高至數萬或數十萬伏而特以上者亦不難以變壓器得之。然在今日所用新式之無線電機，所謂電子管式者，則非利用直流之高壓電不可。除接收機僅需數十以至百數十之伏而特又一二千瓦以下之小電力發信機所需之高壓直流電壓通常不過二三千伏而特外，其餘較大之發信機所需直流電壓，則每在三數千伏而特以至一二萬伏左右，二三千伏而特以內之直流吾人固可視其所需電流之強弱不難設法得之，在二三千伏而特以上者則非另行設法不可。茲當於次節詳述之。

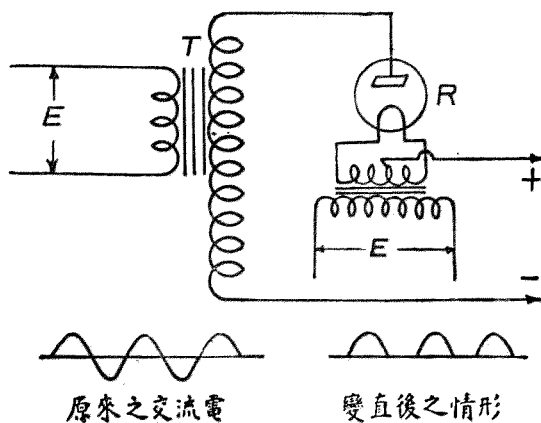
(一) 低壓電源 低壓電係指三十餘伏而特左右之電壓。普通低壓電源或取之於乾電池，或取之於蓄電池，或取之於低壓發電機，或取之於變低變壓器，或取之於壓降耗阻器，種種乾電池之

電量甚小，壽命有限，祇合於收受機及小電力發信機之用。蓄電池之電量可使之極大，壽命較長，其電流用完之後，復可加以充電，繼續使用，惟此物十分笨重，頗合於較大收發信機之用。低壓發電機如有適當及可靠之動力，供給最爲妥善，惟不宜於收受機之使用。由變低變壓器所得到之電源爲交流電源，其電力可大可小，惟如此項電源供給與收受機用之時，收受機內之電子管須採用交流電式始可應用，此應加以注意者也。壓降耗阻器係利用電流經過耗阻時之壓降，此種電源於供給真空管式發信機柵極之柵壓時，恆採用之。以上種種如嚴格言之，壓降耗阻器不得稱之爲電源，以其尚需先有外加之電流流過後，始表現其作用。又變壓器如無外加之交流電壓亦不克盡其供給電源之能事，此節所論不過表示種種低壓電源供給之方法耳。

(二)高壓電源 高壓電源如爲交流，則雖高至數百萬伏而特之電壓，現在亦不難以變高變壓器得之，此節所列論者，係就直流高壓電源而言也。直流之高壓電源，以現今之需要言之，最高約以三萬伏而特爲限，但欲得此三萬伏而特以內之高壓電源，已非藉特別方法不可，大概言之，乾蓄兩種電池雖可供作直流高壓電源之用，但實際上其電壓終以五百伏而特爲限，過此則不常採用

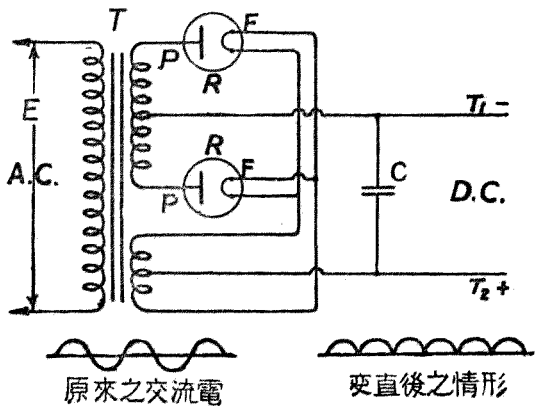
之其電流亦比較弱小蓋電流強大之高壓乾蓄電池雖為事實之可能但極不經濟也高壓之直流發電機如電動發電機代那馬達之類通常其電壓約在二三千伏而特，但一萬三數千伏之直流高壓發電機，事實亦非不可能，三數年前美國海軍電台即已有採用之者矣。惟製造上甚為困難耳。以上種種一則限於電壓過小，如加增大，則太不經濟，一則製造上發生困難，建設匪易，自交流變直法行而高壓電源始得完之解決。

(三) 交流電之變直法 交流電變成直流電之法，不外利用城市之交流電源經變壓器變高後，復通過變直器以整直其交流之方向而成高壓之直流，再經以濾流器以減除一切剩餘之餘波 (ripple) 而成



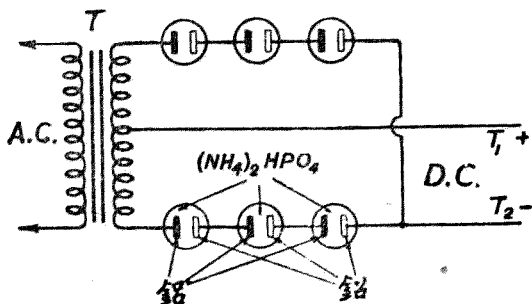
第 三 十 九 圖

純粹之高壓直流。該項直流電壓之高低完全視第一步變壓器變高之程度如何為定。如第三十九圖 T 為變高變壓器，E 為城市之交流電源，R 為電子管式之變直器。電壓由 E 經 T 變高，復經 R 而為高壓之直流。惟此種接法僅能利用 E 交流之一半電流，如第三十九圖下幅所示殊不經濟。如照第四十圖另添一變直器，則交流之兩半電流均可變直，其結果如第四十圖下幅所示。由上述兩種辦法所得之電壓，實則等於脈動之電流，而非為純粹之直流，此可於三十九四十兩圖之下幅所表示者見之，故此項電流必經濾流器濾流後，其電流始成為真正之高壓直流電矣。此種法則如能棄置城市低週率之交流電不用，而採用高週率之交流電，以變直高壓之直流，則更為便利，其原理暫從略焉。



圖十四第

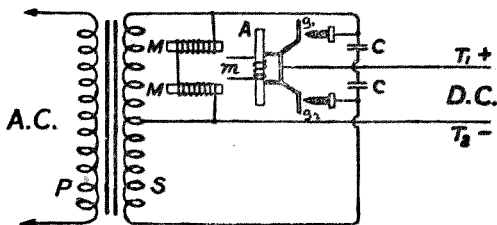
(四)變直器 (Rectifiers) 變直器者為變交流電成為直流電之一種器具。變直器概別之可為三大類。第一類為化學式之變直器，利用二種不同之金屬片為電極，置諸一種適宜之電液中即成。茲舉一例如下，用鉛鉛之金屬片置諸酸性磷酸銨 (ammonium phosphate ($\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) 電液之中。鉛為負極，鉛為陽極。照第四十圖連接，則可得高壓之直流電。此種法則最為省便，惜僅適用於小電力之供給，故一般無線家業餘家嘗喜用之，此種變直器使之清潔，頗不易，維護須周，且不甚可靠。最初使用時，且需經以長時間之通電，殊為美中不足耳。每只如上述之變直器可得一百五十伏爾特左右之電壓，其電流之強弱則視負極鉛片面積之大小為定，約每平方生的可得五至十米里安培 (ma)，吾人使用時，尚宜加以精確之計算也。



圖一十四第

第二類為機械式之變直器，利用某種機械之作用以遂其變直之功。茲舉一例以明之。如第四十二圖M為交流電磁，m為直流分極圈（polarizing coils），A為振動之軸。當交流電有電流時，M即生感應A軸於是振動不已（C為固定容電器不過用以減小接觸點 g_1 及 g_2 之電火花者）。茲因有m小線圈之存在，時而 g_1 連接焉，時而 g_2 連接焉，結果 T_1 、 T_2 兩線端所得之電流，因此機械式之動作而變為直流之電矣。此類變直器僅適用於低壓之直流電路，如作充蓄電池之用等，若用作高壓時非所宜也。

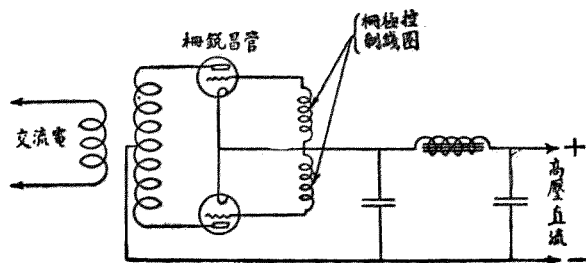
第三類為電子管（thermionic tube）式之變器具。此類變直器係利用兩極之電子管，以其具有變直之特性故也。其效率最高，為他種變直器所不可及，故舉凡強大電機以及其他需用強大高壓之直流電時，均惟此種法則是賴。其在無線電界之重要於此可見。其接線圖如第四十圖所示。R即為兩極電子管，或逕名變直電子管，以兩極之電子管



圖二十四第

必為變直之電子管故也。又此類電子管以其僅能變直電波之一半，故又名之為半波變直電子管。為一管中同時具有兩個極片P時，則成為全波變直電子管矣。欲得強大電流時則可用相當大之變直電子管。交流電經過R後即成為直流，可於 T_1 、 T_2 兩端得之， T_2 為正極， T_1 為負極。

變直之兩極電子管，除有半波及全波外，近更因電子管製造學術之進步，又有水銀氣變直電子管（mercury-vapour rectifier）及柵極控制變直管，一名柵銳昌管（Thyratron）之發明，前者係利用水銀化氣使與電子管內之空間電荷中和，俾其兩極間之電壓降落極小而有一定，而使其變直作用效率增大，（大概此項電壓降落約為十五伏特，）後者大體情形與水銀氣變直管相仿，惟管內多一電極，名為柵控制極，其作用為維持管內之游離現象使於柵極電壓至某一定數時然後發生，而無關乎屏極電壓之高低，游離現象一

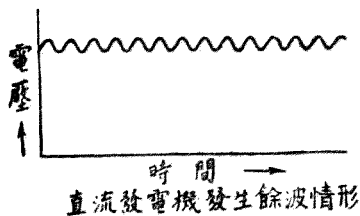


圖三十四第

發生時，柵極控制變直管內始有電流流過，此種電流，在最近製造之柵銳昌管，已可至數千安培之鉅矣。茲將利用該管將交流之電源變為直流電之接線圖表出之如第四十三圖。

以上所示各圖之變直法，雖能將交流之電變為直流，但此種變直之電流尚非為純粹之直流，故非另加濾流器 (filter circuit) 以減除其餘波不可，濾流器之情形將於次節述之焉。

(五) 濾流器 就實際言，任何高壓直流之電路中，除利用乾蓄電池者外，其電壓多少總有若干餘波 (ripples) 或變動，絕不能得純粹之直流，此種情形可用第四十四圖表示之。此種餘波，雖不甚大，但已足使天線中之高週波電流發生變調現象，如在無線電話機中，更能使所發之音調不清且生許多擾亂。故欲濾清此種餘波，俾使直流電十分穩定，實為必要。濾流器 (filter) 即為減除此種餘波之物。最簡單之濾流器為利用感應器及容電器二者所組成，其值各有一適宜之數。感應器之值常在一亨利 (Henry) 以上，能愈大愈佳，容電器之值嘗在半邁可



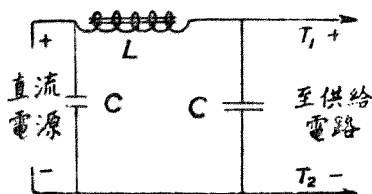
圖四十四 第

法拉 (mic of farad) 以上，亦以愈大為愈佳。連接之法初無一定，第四十五圖其一例也。感應器對於直流電及低週率如五六十週率之電流，其阻力甚小，例如感應器之感應量 L 為 .01h_v 電波每秒之週波數為五百時，則按照 $X_L = \omega L = 2\pi fL$ 之公式 $X_L = 2\pi \times 500 \times 0.01 = 32$ ，即該感應迴阻為三十二歐姆，設以同一之感應量 L 而將其電波的週波數增至每秒鐘百萬次，則是時之感應迴阻 X_L 為 $2\pi \times 1000000 \times 0.01 = 62800 \Omega$ 即為六萬二千八百歐姆，其阻力之大，將使該項電波完全阻止，故高週波之電流，決不能流過 L 於此可知。容電器 C 對於直流電之阻力絕大，但對於

高週率電則甚小，情形適與 L 相反，例如 $C = .001 \text{ mfd}$ $f = 500 \text{ S}$ 時，按照 $X_C = \frac{1}{\omega C}$ 之公式，其迴阻為 $\frac{1 \times 10^6}{2\pi \times 500 \times .001} = 320,000$ 歐姆。今設用同一之 C 而假定週率在 $f = 1,000,000$ 時則

$X_C = \frac{1}{2\pi \times 1000000 \times .001} \times 10^6 = 160 \Omega$ 故照第四十五圖連接之電路，如其電源之電壓有變

動者，此變動之電壓必為 L 所阻止而不能流出，即有變動之電流流出，亦必經由對於高週波阻力



圖五十四第

甚小之電路C而返回，其所有直流之電流則輕易經過L後而傳出，故 T_1 T_2 兩端之電流，經過C及L二物組成之濾流器後，可為純粹之之直流電矣。

第二章 電子管

第一節 緒論

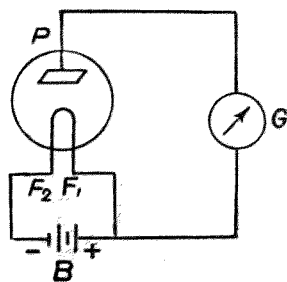
電子管，一名真空管，在無線電學中功用至鉅，既能檢集與變直電波，復可增力與發振。其作檢集電波用者，名之爲檢波電子管，簡稱之爲檢波管；其作變直用者爲變直管；其作增力及發振用者，則各名之爲增力及發振管；各視其組織及大小之如何而作各種不同之功用也。電子管最簡單之形式包含一真空之玻璃管，或金屬管，中置一金屬之燈絲 (filament) 及他種金屬物，或作網形，或作片形，或作圓筒形，分別環繞燈絲之四週，遂成電子管。管中所有之金屬物各成一電極。管中除有燈絲外，如尙具一電極者，則名之爲兩極電子管。兩極電子管僅具變直之特性，故爲用較小。管中除燈絲外，如尙具有二個電極者，則名之爲三極電子管。三極電管具有前述之一切特性，故爲用至鉅。

電子管亦有四極五極及六七八極者。各有其特殊之功用，尤以最近二三年間新式電子管之層出不窮爲可驚，幾使吾人不知適從，茲以限於篇幅，概從略焉。上述之電子管又視其構造上之大小，而定其或爲收信之用或爲發信之用。例如兩極管之小者僅可作爲檢波之用，其大者則可作爲發信機中變直強大交流之用。惟兩極管之作檢波用者，現因其效率低微，概用三極管以代之矣。三極管之小者祇限用於收信機，其大者則因其能經受數十千瓦之電力，故已爲極有效率之發射器矣。雖然以上所述係就嚴格言之耳，在普通之情形，極小之三極電子管，固亦能作發射之用也。又電子管因有本身構造上之限制及作用之不同，其合於長波之用者，必不合於短波之用，其合於短波用者，必不合於超短波之用，當使用之時，非慎加選擇不可也。電子管之作用全賴電子，故欲明其學理，不得不先以電子發生之情形進焉。

(一) 電子發生概況 電子爲現今所假定爲物之最微小而能臆測之分子，含帶負電性。其詳業於前章述之，不贅。查電子本身既爲帶有負電性之物，故爲導體。同時任何絕緣之空間，而有多量之電子存在於其間者，該空間亦必變爲導體矣。電子如何使之發生，乃爲吾人目前所亟欲知

者，發生電子之法甚多，而最簡易者厥為使物發熱。凡物熱則發射電子。今置一金屬絲於真空器中，通以電流，使其發熱，而電子以生。此項發生之電子最為自由，同時因受真空器之關係，此項電子既發生之後，不致散失，乃可供吾人之應用，厥功實至偉也。

(一) 愛迪生現象 (Edison Effect) 常人習知電燈為一抽去空氣之玻璃燈泡，中置有金屬之絲，通過電流，即能發光，應用迄今已及一世紀矣。然舍發光外，其具別種現象實無人忖度及之。取一久用之電燈泡，細查之，每見其內部發黑。實則此即表示電子之存在。愛迪生氏為發現此項新現象之第一人，渠為研究此項金屬絲奇異性質之現象起見，特於燈之內部置一金屬薄片 P，如第四十六圖，此片與燈絲 $F_1 F_2$ 不相接觸。茲用顯電計 G 由 P 連接至 F_1 ，P G F_1 之電路原無物質之接連，且 P F 間為真空，故電路並不可通，但經愛迪生氏之試驗，發現常電池 B 接至 $F_1 F_2$ 使燈絲發光時，一種可奇現象突然呈露，即顯電計之指針亦能顯示轉動是也。愛迪生試驗時係用直流電以燃

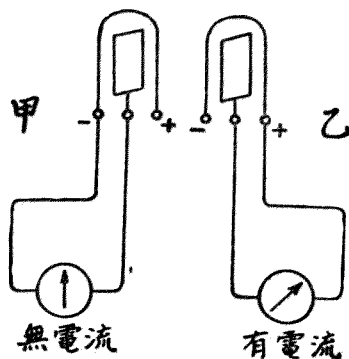


圖六十四第

燈絲，渠並發見如P接至電池B之正極時，G即示轉動如第四十二圖乙；如接至負極時，即示靜止，如第四十七圖甲。此種現象，科學家稱之為愛迪生現象。用以紀念愛迪生氏之發見。然當時誠無人能解釋其所以然，即愛迪生氏本人亦不能明瞭其理也。至福來敏(J. A. Fleming)氏其功用始大著。

(三) 福來敏氏之發見 照上述愛迪生之現象觀之，

可知燈泡之內發生電子，此項電子雖能在泡內自由流動，但祇能自燈絲以至P片，而不能於反對方向流動。茲述其理由如次，查電子係含帶負電性之物。按照電學根本原理，同性相斥，異性相吸，當P接至電池之正極時，P片受其電荷亦帶正性，電子既屬負電性，乃可被正電吸去，於是電子乃由燈絲發出，羣向帶正電性之金屬片流去，以至於P，結果由P至f間一段之空間，滿佈電子而成爲導體，電路乃通，結果電流乃能P自流至f，而G可以指示。今設將P接至電池之負極，P片遂亦



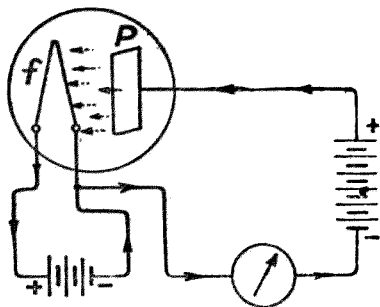
圖七十四第

變為負性，是時電子雖由燈絲發出，但因與 P 片為同性，乃互相排斥不能接近，結果電子不能流至 P 極，P F 間之電路成為斷路，不能相通，顯電計 G 因亦無所指示，此種祇能作單方向流過之特性，在無線電學中實至有價值，此為愛迪生氏現象之可資應用處，而為福來敏氏所發見者。以上現象結論如下：

(甲) 燈絲 f 發熱時可發射電子。

(乙) 將陽極片 P 使感受正電壓時，可將此類發射之電子，一部或全部吸至該片。

(丙) 當電子吸至 P 時， f 與 P 間真空之空間原為絕緣體者變為單方向之導體，換言之，即電流能自 P 流至 f ，而不能自反對方向流過也，如第四十八圖所示。圖內箭頭係表示電流流之方向，而非為電子流之方向，因電子流之方向為自負極至正極，而電流流之方向為自正極至負極，二者適相反，此不可不加以注意也。

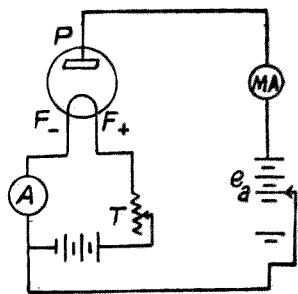


圖八十四第

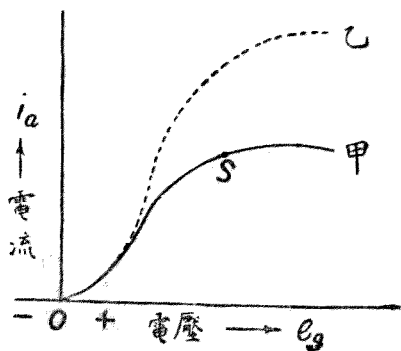
(丁) 凡能自 P 流至 F 之電流量，在某種情形之下，恆為一定——此點之學理，再於下節申述之。

(四) 電子管概況 電子管之燈絲，常用鎢 (tungsten) 為之，屏極柵極則常用鎳 (nickel) 鎢等為之，最近則各製造廠家每多採用炭精為之，電子管有壽命，與其壽命最有關係者厥為電子管燈絲之溫度，在事實上僅僅增減燈絲電流約百分之三時，大足以使電子管之壽命短少或增加一倍以上，故使用電子管者誠不可不加以注意也，又電子管之玻璃球，亦亟應留心保護，在發振之電子管，其溫度常在攝氏百度左右，如驟加以較冷之物與之接觸，亦必受損無疑也。

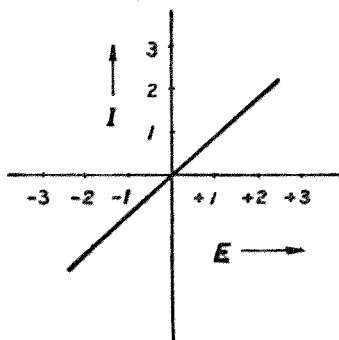
(五) 兩極電子管之曲線弧 取一兩極電子管照第四十九圖連接之成兩電路：一為陽極電路，為自 P 至 F₊，一為燈絲電路，為 F₊ 至 F₋。A 為電流計，用以測驗 f 電路之電流者，其電流愈大者 f 所發生之電子亦愈多。E₀ 為米厘安培電流計，用以測



圖九十四第

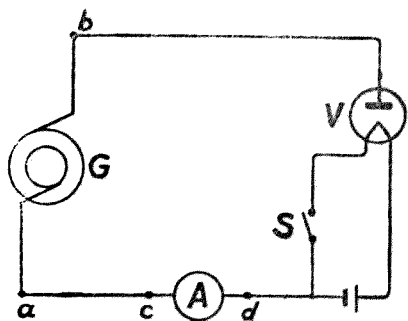


第五十五圖

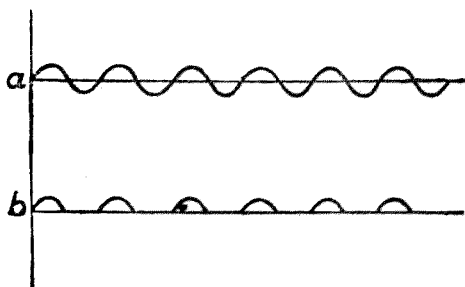


第五十五圖

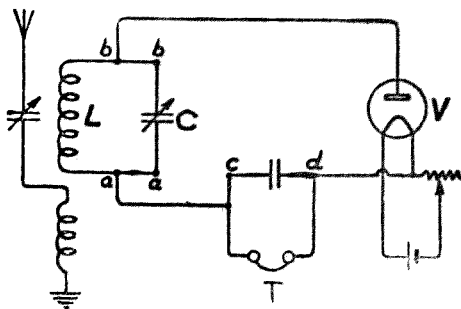
驗陽極電路之電流者。茲調準 A 至某一定數，假定為 0.1 安培。於是增減陽極電壓 i_a 以視 E_g 之大小，各得若干 i_a 及 E_g 之記錄，乃將其記錄，一一記下，凡 i_a 之值列入電壓一行， E_g 之值列入電流一行，相成爲直角乃得如第五十圖甲之曲弧。今如將 A 增至 0.2 安培，仍照原法進行，可得第二條曲弧，如乙。此種曲弧一望而知爲具有變直之特性，當 i_a 爲負時， i_a 等於零，當 i_a 增加過一定限度時



圖二十五第



圖三十五第



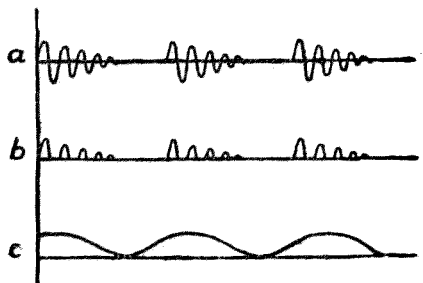
圖四十五第

(曲線上S點) i_a 並不再增，顯然到一滿足點。今試取一金屬線在空氣中通以電流，如其電壓增減時，其電流亦照樣增減，所得曲線則如第五十一圖。此種曲線則無變直之特性也。如第五十二圖G為高週波交流發電機，其所發生之電流，如第五十一圖之曲線a所示，將此G接至二極真空管

V, 如管之燈絲不熱時, (即開關S開啓之時) 直流安培計A無電流。當S關閉時, A即指示有電流通過此電流即如第五十三圖之曲線b。今設不用電表A而用耳機T代之, G之交流電則以外來之高週波無線電波代之, 其連接如第五十四圖所示。設外來之無線電波為減幅如第五十五圖a所示。此電波由天線電路而感應至LC電路, 經過V而為脈動電流, 如第五十五圖b及其至於耳機, 則如第五十五圖C所示, 而為可聞之電流矣。此種連接法, 實為福來敏氏最早採用之電路也。

(十六) 三極電子管 苟於前述之兩極管中, 另加一第三之電

極, 是為三極電子管。此第三電極名之為柵極(grid)。柵極常置於陽極與燈絲之間, 其形狀或為盤香形, 或為紗網形, 類以金屬之絲為之。其絲之大小稀密及與其他兩極間距離之遠近等, 均有莫大之關係。概別之可為二類即開柵式(open grid type)及閉柵式(closed grid type)是也。

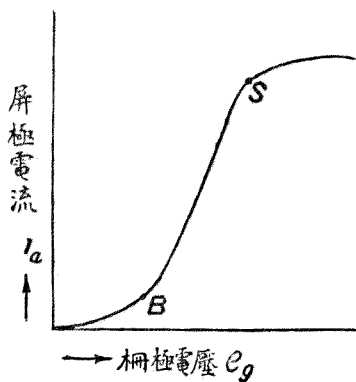


第五十五圖

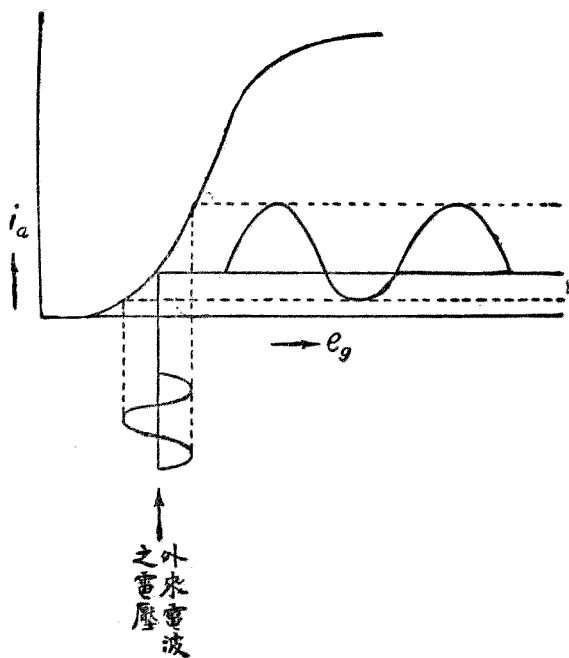
開柵式者其柵極之網甚稀，去燈絲之距離亦較遠；閉柵式則反是，其網較密所用之線甚細，去燈絲較去板極亦爲近。電子管又以其管中真空之程度而別爲硬式(hard tube)與軟式(soft tube)二種。管中之氣體能盡量抽盡者爲硬式電子管，如有餘多氣體者則爲軟式電子管。軟式電子管爲甚佳之檢波器，最早製造之電子管均屬此類，今則以製造之進步，鮮有用此類電子管者矣，至電子管之須用作發射者，則更非硬式電子管莫屬，其詳容於後節再述之。

(七)三極電子管之曲線 在兩極之電子管，當燈絲經電流通過時，該極即發生電子。其他一極——屏極——如加以正電壓時，此項電子均將向屏極流去，屏極電流於以發生。如在三極管，則因其間有柵極存在之關係，其情形大異，屏極電流之大小，將全視柵極電壓之如何而轉移。如柵極之電壓等於燈絲正電端之電壓時，則僅少數之電子能由柵極之空隙經過而至屏極，屏極始生電流。如柵極之電壓對於燈絲全爲負性時，則凡由燈絲所發生之電子雖欲離去，但因同性相斥之理終被柵極完全逐回不能達到屏極。反是，柵極之電壓較燈絲電壓略帶正電性時，則電子一部分因屏極正電之吸引，一部分更加柵極正電之協助，使之前進，結果電子達到屏極者甚多，於是屏極電

流大增，由上觀之，屏極電流之增減全被柵極之電壓所控制，故柵極有時亦稱之爲控制電極也。第五十六圖係表示三極電子管之一種曲線，其燈線電流 i_f 及屏極電壓 l 均爲定值。如 i_f 及 l 加以變換，則該曲弧之全體均將變換矣。曲線有 B 及 S 兩大彎曲處。S 點爲滿足點，過此，屏極電流不再增加。在 B S 兩點間之一段曲線甚直，幾成直線，由以上之曲線而加以研究之，吾人可得三事：(一) 柵極電壓有甚小之變化時，能使屏極電流發生強力之變化；(二) 因其中部之一段曲線爲直線，故 g 利用該部之曲線時，所有由柵極電壓之變化所激起屏極電流之變化，其間變化爲正比；(三) 柵極電壓無論爲正爲負，其屏極電壓均爲同一方向流之電流，——脈動電流，以上三事在電子管中含有極重大之意義，明此三義，以後對於所有電子管之種種作用，定可得一更深刻之了解也。



圖六十五第

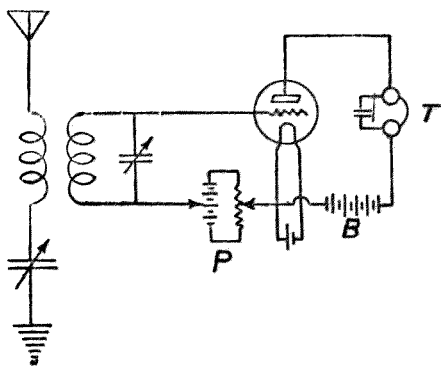


圖七十五第

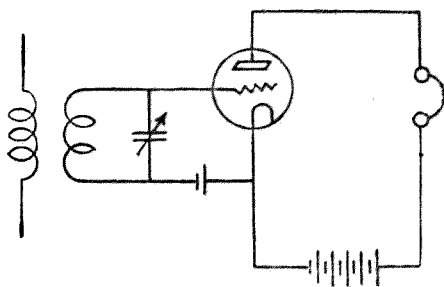
第二節 電子管用作檢波

(一)檢波概況 由前節所述三極電子管之曲弧觀之，可知三極電子管亦具有變直之特性。故如將外來電波使之傳達至柵極電路。同時使柵極電路之工作點（即柵極之電壓）在三極管曲線之彎曲部份，（即第五十六圖之B點或S點）則柵極電路所發生之變化，足以照樣控制屏極電路。此種情形，可由第五十七圖表示出之，其接線圖則如第五十六圖所示，屏極電路之電流因有B電瓶在，故其電力增強。耳機T係接於該電路之中，故耳機中得一與外來電壓同式而較強之信號，其靈敏固非普通礦石機所能與之比擬也。第五十八圖中之P為一分壓器（potentiometer）其作用係增減柵極之電壓使其工作於適宜點S或B，此種辦法昔日多採用之，以是時之電子管製造未精，同一式之各管其特性曲線不能使之一致，加以當時之電子管管內真空程度不高，其檢波特性異常靈敏，非加一調準柵極電壓之器如分壓器之類，每不得到美滿之結果也，自電子管之製造進步後，每管需用之柵極電壓已有一定，故可僅加以定值之電池，亦可達到同樣目的，此項接

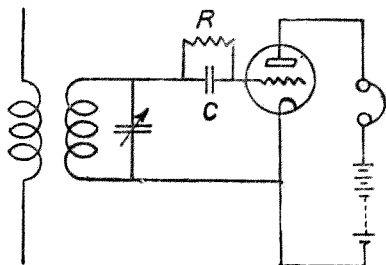
線圖如第五十九圖所示，其柵極之回線必接至燈絲之負極，柵極電路有時可不用分壓器或電池者，則如第六十圖所示是柵極容電器柵漏檢波法 (Grid-leak Grid-condenser detection) C 為柵極容電器，R 為柵漏 (Leak)。C 之用處在無外來電波時，阻止柵極電流 i_g 之發生，換言之，即



圖八十五第



圖九十五第



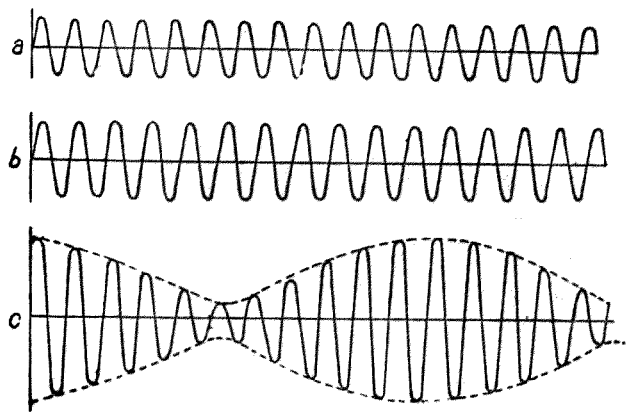
圖十六第

柵極與燈絲已被 C 所絕緣，電不能流通也。當外波來時，C 即受電荷，時正時負，在正電荷時，柵極可吸引若干電子，惟負電荷時，電荷將聚於柵極，其結果必致減少屏極之電流，與捨波之作用，而 R 之作用，即爲使此項聚集之電荷可以流去恢復電子管檢波之效用也。

(一) 電子管檢波方法 (Beat reception) 查前節所述，係單就電子管用作檢波時之大概情形而言，至其接收之法，則尙可分爲斷續法、差節法等論之，致無線電波有滿幅波與減幅波之分。第五十八、五十九、六十各圖所示者，均係用以接收減幅波或調幅波之接線圖。如外來電波爲滿幅波時，則此種電路不能適用。因滿幅波爲連續之高週波，且其振幅之大小均屬相等，如照前法聯接，則雖經電子管發生檢波作用後，其屏極電流變化之週率仍甚高，不能變爲成音週率，故不可聞，必也用一斷波器 (Chopper) 於收報或發報部份，將其電波切斷成爲若干段數，始可照常接收，而比較效率高大之法，則當推音差節法之接收，查如利用兩種週率相差之滿幅無線電波，使其同時作用於某一電路，則其結果之電波發生差節 (Beat) 現象，見第六十一圖，此種現象顯見業已失去原來滿幅時之情狀，而可與減幅波電波相比擬，因之吾人乃可照以前接收法接收而能達到

完滿之結果，由是觀之，除該兩種滿幅波之一種在實際接收時係由外來之無線電波所供給者外，吾人勢必另有一能發生滿幅波之電器以作音差節之用方可。是有二法，曰爲自差節接收法 (autodyne)，曰爲他差節接收法 (heterodyne)，利用檢波管自生之振盪以檢波者，爲自差節接收法，加另以發波器者，爲他差節接收法。

(甲) 自差節接收法 在第五十八、五十九、六十等圖之屏極電路中另加一線圈， L_1 如第六十二圖所示，再將該 L_1 與 L_2 線圈配合之，此種電路名爲再生電路 (regenerative circuit)，可以發生振盪。此種振盪數之大小，全視電路 $L_2 C$ 中之 C 及 L_2 之大小爲定。

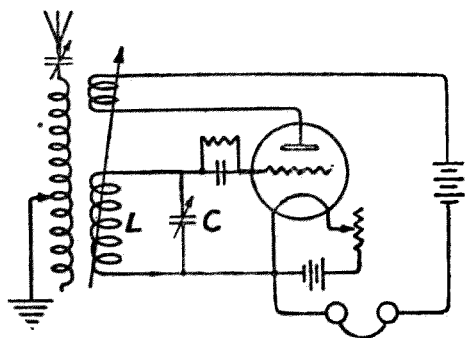


圖一十六第

故如用此種電路以之接外來滿幅之電波，則祇須將 C 及 L_2 調準，使該路之振盪數與外來電波之振盪數略差，即得音差節現象而可達到接收之目的，如前第六十一圖之 a 即可代表外來之電波，b 可代表再生電路之自生電波。外來之電波係感應於柵極電路，又因其同時與自生之電波相加，故結果得一如 c 之結果電波，以此結果電波用以變易柵極之電壓，於是屏極電路之電流亦隨之而變易，以盡其檢波之能事矣。

(乙) 他差節接收法 他差節接收法，係不用同一之

電子管做前節所述之二種工作，而係另用一第二管或他種方法以發生第二種之滿幅電波，以之配合至檢波電路，如第六十三圖所示。此種辦法有時較自差節接收法為靈敏，惟調準手續似較複雜而煩難耳。



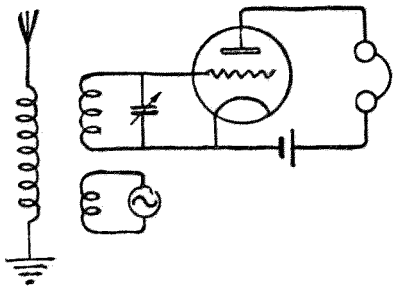
圖二十六第

(三) 電子管用檢波時應注意之點 電子管用檢波時，其應加注意之點如次。

(甲) 應採用開柵式 (open grid type) 之電子管。因此種電子管之檢波作用較閉柵式者為佳故也。但現今市上所售之電子管對於何者可用作檢波，何者可用作放大等等，類加註明，故此點已可不復為慮矣。

(乙) 柵極電壓——屏極電流曲線必愈直愈妙。因如此之後方可使柵極電壓有極微弱之變化時，耳機電路中之電流可得強大之變化，而音亦可響亮也。欲達到此目的，可選用適宜之電子管或調準燈絲變阻器 (rheostat) 及分壓器或使曲線在第五十六圖之 B 點作用等等即可矣。

(丙) 柵極電壓之變化應使愈大。此點固當視外來電波振幅之大小為定，但亦有一法可使之增大，即將該電路之感應量增加而減小容電器之量是也。此種辦法惜有一限制，即如感應量過大



八〇

圖三十六第

時，其耗阻亦隨之增加，而減幅（damping）以生，減幅大則不靈敏，非所宜也。至於容電量，亦不可過小，蓋感應線圈內亦有自身容電量，如C與L之自容電量相等或相近時，吾人萬難得好結果也。

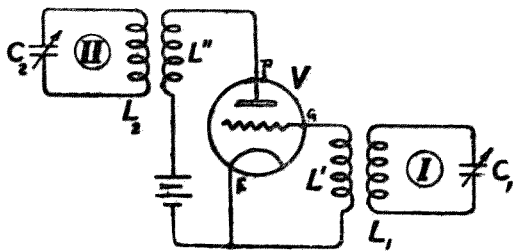
（丁）燈絲電流愈大者，耳機之音自增，但管之壽命常因之減小。故通常對於燈絲電流應予以限制，不可過大，同時以信號力不十分減小為度。

（戊）有時耳機之兩端應加接一約·〇一之固容電器如第五十八圖，俾高週波或變動之電流仍可經過，蓋耳機本身亦有感應量。屏極電路之電流為變換的，此變換之電流常易為耳機之感應量所阻止，如有此容電器，則此弊可免。又有此容電器後音調可以調準，俾更易於接收也。

第三節 電子管用增幅

討論電子管時，吾人每言及接於電子管外部之二種電路，即柵極電路及屏極電路是。柵極電路聯接電子管之燈絲與柵極，吾人每稱之為入電路，屏極電路聯接電子管之燈絲與屏極，則為出電路。欲設法增大之電流或電壓，必使之接入柵極電路，於是經過適宜之電子管及配合後，可於屏

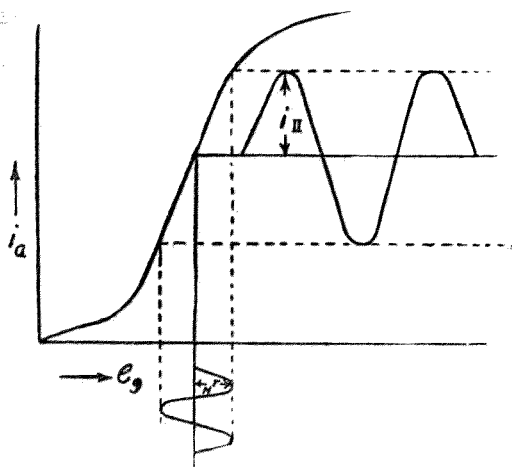
極電路中得到質地不變量確增加之電流或電壓，是即為電子管擴大或增幅 (amplification) 之作用。茲用一最簡單之電子管增幅電路以說明增幅之原理焉。如第六十四圖 G L' F 電路因接入於電子管 V 之燈絲 F 及柵極 G 之間，故為柵極電路，P' L' F 則為屏極電路，此外復接二同週率之振盪電路 I 與 II 分列與柵屏二電路相配合，在此種情形之下，所有電子管 V，實不過等於該二電路間之一種居間物 (link) 而已。今設有一微弱之高週波電流發現於 I 之電路，因 L_1 與 L' 之配合，相應之高週波電流乃感生於 L' ，而傳達至於柵極，於是屏極電路亦發生相應之電流變化以傳達至於第 II 電路路之中。茲再設第五十六圖之曲線為電子管 V 之曲線，當工作時柵極之電壓調準至該曲線直線部份之中間，若然則柵極電壓 e_g 與屏極電流 i_a 二者之變化，可稱完全相同，其間所不同者，即第二電路之電力較大於第 I 電路之電力，此可於第六十五圖見之，是即擴大



圖四十六第

之大概真象也。此類擴大通常又名之爲甲類擴大 (class A amplification) 以別於乙類及丙類之擴大器，其詳當於後節述之，茲設本節所稱之擴大器係接入於一接收電路，則第 I 電路可爲天線電路其電壓可爲外來電浪所供給，第 II 電路可爲收信機之二次線圈，包括耳機等等。每一電子管中能增幅之大小，恆視該管增幅系數 (amplification factor) 之大小與其電路配合之情形如何而定，在某種適宜情形之下，每管之增幅常可得到數十以至數百倍之多，此極微弱之無線電波現均可以設法接收也。

同一之電子管若利用反感式 (Feed back)，如第六十六圖所示，則其增幅程度可以更大，蓋

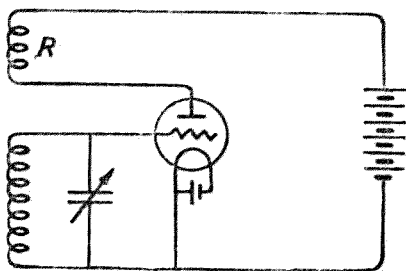


第六十五圖

屏極電路之電力已較大於柵極電路之電力，業如上述。茲復將屏極電路增大之電力，利用R線圈配合於柵極線圈發生反感，使柵極之電壓增加，則出電路之電力自必繼續增高無疑。然此僅就同一之電子管所得之結果，今設不用同一之電子管，而將第一管之出電路電力設法供給至第二管之入電路，不獨可得同樣之效果，且可增多此類之電子管，使第二管之出電路電力照樣供給至第三管之入電路，如此類推，則第末管所得之電力，當更為強大矣。此種法則，目前多採用之，每增一管是為一級。多級擴大器之聯接法，係用各種不同之配合式：或為阻耗式配合，或為感應式配合，或為迴感式配合等。以下述明各式之擴大器。

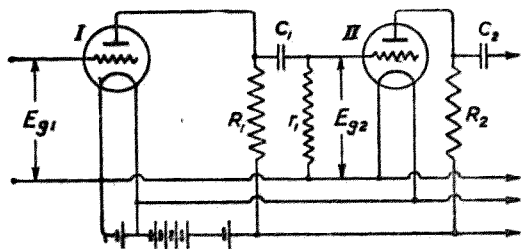
(一)阻耗式擴大器 阻耗式擴大器之接線圖，如第六十七圖所示， R_1 及 R_2 為數萬以至十數

萬歐姆之高值阻耗，即作配合之用者也。本圖僅表示兩級，如為兩級以上之增音，照樣遞增其電子

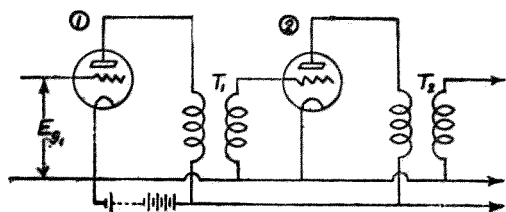


第六十六圖

管可已， E_{g2} 爲入電壓，當其供給至第一管 I 之柵極電路時，引起該管屏極電路交流電之電流 R_1 既在該電路之中，其間自有電壓差。第二管之柵極電路可受此電壓差以生變化，而傳遞至 R_2 。 R_1 之電壓差較 E_{g2} 爲大，故 E_{g2} 之電壓亦較 E_{g1} 者爲大，同時 R_2 之電壓差自較 R_1 之電壓差爲大矣，此即擴大之效果也。 r_1 亦爲阻耗，其值絕大，名爲柵漏 (grid leak)，可使柵極常有一定值之電壓，俾可在曲線中最適宜之一點工作。 C 爲必需之容電器，因無此器，前一管之高壓電壓，必將流向後一管之柵極也。阻耗管式擴大器，對於各種週率之電波，除極短波外均能發生美滿效果，甚少失真 (distortion) 現象，且其組織簡單，



圖七十六第



圖八十六第

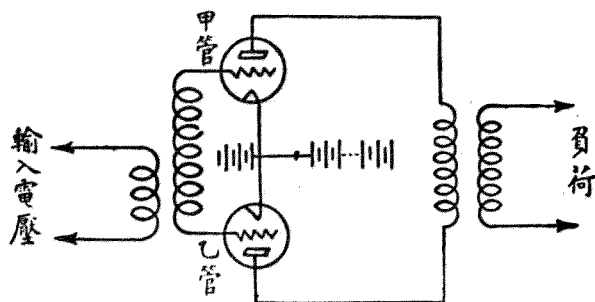
製造頗易，頗為可取，惟需用乙組電池之電壓，每較他式者為高，殊不經濟耳。

(二)感應式擴大器 感應擴大器之接線圖，如第六十八圖所示。其作用與前類似。 T_1 、 T_2 為變壓器。 T_1 之第一次線圈接在第一管之屏極電路。因 E_1 之電壓而發生電壓差，此電壓差經 T_1 之二次線圈而感應至第二管之柵極電路。而第二管之屏極電路亦發生電壓差，此種電壓差因電子管擴大之作用而遞增，常至數百倍之多，以達到擴大之目的。本節所述之擴大器，使用頗為普遍，對於各種週率之電波，除極長之電波須用較大之變壓器，極短之電波須用空心之變壓器（air core type）外，均有同樣之效率為可取也。 T_1 或 T_2 之組織與尋常之變壓器不同。此類變壓器初次線圈之總阻（impedance）必使絕大，較其二次線圈數必甚多，俾可得最佳之結果。

擴大器又分成音週率（audio-frequency）與射電週率（radio-frequency）二種，不經檢波而逕將外來電波增強者，是為射電週率之擴大；既經檢波之後，其電波之週數已甚低，是為成音擴大。成音擴大通常不過採用二三級已足。蓋二三級之成音增幅已足將電力放大過多，即發生噪音，非所宜也。射電週率之擴大，可至四五級或六七級，中間再加以中間週率之擴大，其功用較大於成音

擴大，對於增強弱小電力之信號每採用之，查長距離無線電通訊之成功射電週率，增幅器實有甚大之貢獻也。

(三) 甲乙丙三類擴大器 擴大器除有高週波及低週波之分別外，近年復有甲乙丙等之名稱，用以區別播音機之構造，甲類擴大器業於前節述之不再贅，茲請述乙丙二類擴大器，丙類擴大器者為一種高週率用之擴大器，用以增高電子管之效率者，其增高效率之法頗為巧妙，法將柵極負電壓設法增大之，使其數等於電壓之使屏極截止數之兩倍，例如柵極負電壓增至二十五伏而特時，屏極之電流完全截止，則丙類之擴大器應將其柵極負電壓增加之二十五伏而特之兩倍即五十伏而特，即得當今海星氏調幅法 (Heising Modulation) 之播音機中，其高週波擴大器悉為丙類擴大器，以其可得較高之效率也。乙



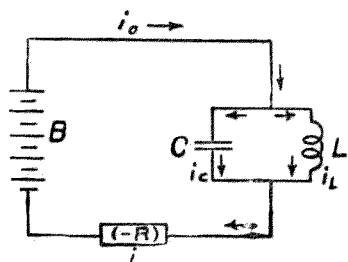
圖九十六第

類擴大器，又因其作用之不同，分爲高週率之乙類擴大，及低週率之乙類擴大，上述丙類已調幅之電力，有時尙嫌其過小，如需加大時，可利用高週率乙類擴大器，高週率乙類擴大與丙類擴大有不同之處，爲一則在其柵極上勵電，一則在其屏極上勵電，乙類高週率擴大之任務，既係將丙類之電力擴大，故其對於原有之調幅不可稍有變動，換言之，卽其輸出之電力應與柵極所勵電之電壓成正比，同時又因柵極輸入係高週率之電波，吾人可利用電波之上半部或下半部，而對於原來波形不致變更，因此之故，吾人乃可於柵極電路中增加其丙電壓，使之當柵極未受勵電壓時，屏極電流通不產生，及其既受勵電時，屏極電流可以暢流，其情形自較丙類擴大爲經濟矣。低週率之乙類擴大器或調幅器，其原理與高週率之乙類擴大器相似，惟此處既屬低週率之電流，爲避免電波失真 (distortion) 起見，當然不能僅利用電波之一半部，結果可利用電子管兩個，用推挽式聯接之如第六十九圖，兩電子管之柵電壓於未受勵電波時，仍均使之足以阻止屏極電流之流通，而勵電壓之某一半（假定爲上半週波）使其由甲管擴大，其下半週波則由乙管擴大，如是電波之原形不致失真，而其效率則大增矣。

第四節 電子管用作振蕩

(一) 電管子發生振蕩之原理 電子管除能用作檢波及增力外，尚可作為發振之用。以同一之三極電子管而具種種不同之作用，實屬難能可貴。今固有一管而可同時用為檢波增力或發振者。但欲得較佳之效果，因各種之作用終不相同，究非所宜也。加之強大電力之發振管日見需要，一切構造自趨於偉大之一途，而與玲小之收音電子管有別矣。其構結之如何，非本篇範圍所宜述，茲不贅。請進而論其發振之原理焉。

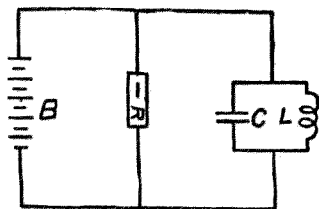
電子管者係能以直流之電源入，而能將振流電變出之機件。入以直流出生振流之機件，固不止電子管一物而已。如弧光發電機者，僅供給之以直流，亦能發生振盪之電流，其情形正復相同。查二者之成功，均因具有負性之阻耗，始能盡其能事。凡一



圖十七第

電路，包括直流電源，負性阻耗，及一具有感應 L 與容電器 C 之電路，如第七十或七十一圖接連時，則 L 、 C 電路中每能發生振流。其振盪電流之週波數，全視該電路自身 L 及 C 值之大小為定。換言之，此種組織即能利用直流之電源以發生振流之電之物也。負性阻耗者何？為一種相等阻耗，其性質與普通之阻耗相反，能使電流當經過該種相等阻耗時不但不減小且可增大，不若平常之阻耗在一電路中每阻止及消耗電流之流過也。惟其性質與通常者相反，故稱之為負性阻耗。電子管用作發振時所有之負性阻耗係得自屏柵兩極電路之負性感應配合，非為實際所設之電氣阻耗。夫電路供給之以直流電壓，而可在某種適宜情形之下，使 L 、 C 電路發生振流，其理至為有趣，惟其解說殊難詳明，無何，惟有以喻為進。

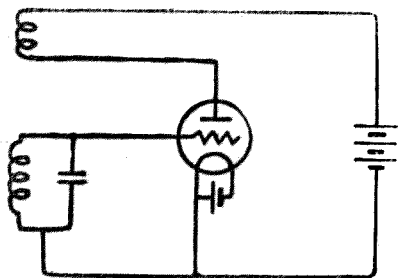
時計為吾人常見之物，終日擺動不息，此種動作實與電子管振蕩之情形相似。夫時計有擺錘，能左右往復擺動，此實可比之振盪電路之振流電，時計有擺輪，用以操縱擺動之次數，此與電子管



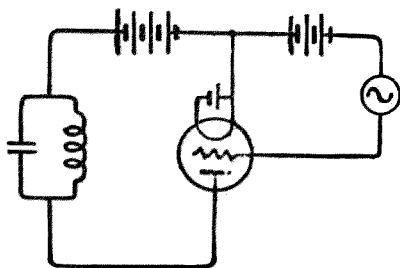
圖一十七第

之柵極控制屏極之電路相仿，時計中有彈簧，其力係向一方伸漲以供擺動之動力。此則酷似屏極電路中之直流高壓電源用以供給振盪電路之電力者，電子管屏柵兩極電路之負性感應配合，則可比諸擺輪於擺動左右一次中啓閉一次之情形，時計對於三種條件均具。此所以彈簧於開足時，繼續伸其漲力以達於擺錘，而擺錘得以永動不息焉。

(二) 電子管發振電路 用電子管以發生振流之電路連接法殊夥，但以其勵電之法則論，可大別之爲二類，即他勵式 (*separately excited*) 及自勵式 (*self-excited*) 是也。勵電者何，即藉磁力線或電力線之力以鼓勵其電路使發生振動現象之謂，恰如時計之擺，必先加以鼓勵 (即撥動)



圖二十七第



圖三十七第

而後經擺輪之控制始能往復擺動不息也。自勵式之電路所需要之勵電係自給的而不賴外界之電力如第七十二圖所示。他勵式則藉外界之電力以給之如第七十三圖所示。自勵式電路發生之週波數，全視其電路之L及C大小為定，而他勵式之週波數，則視該勵電電路之週波數為定也。

(三)自勵式基本電路 自勵式基本電路中最著名之電路，有邁斯涅 (A. Meissner) 電路，哈特力 (R. V. L. Hartleg) 電路，科爾匹茲 (E. H. Colpitts) 電路，阿姆斯特郎 (E. H. Armstrong) 電路，調屏調柵電路 (tuned plate tuned grid circuit) 等，茲分述之如下。

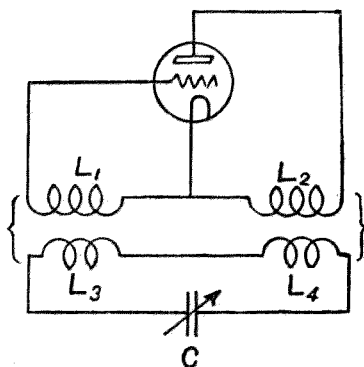
(甲)邁斯涅電路 此種電路為最通用而極富伸縮性之電路，為德國德律風報公司邁斯涅博士所發明。美國奇異公司每採用之。此電路之接線圖如第七十四圖。本圖及下列各圖為清晰起見，將高低電壓之供給柵漏容電器及阻流圈等均刪去之。C為變值容電器，實際可以代替天線，本電路有如下諸優點：一、天線可隨意變動，而發振電路不受若何之影響；二、可任意調準L₂與L₁之兩線圈，以變易天線電力之強弱；三、柵極電路之調準亦殊自在，因其並不視天線電路電壓之大小為轉移也。

邁斯涅電路所以有以

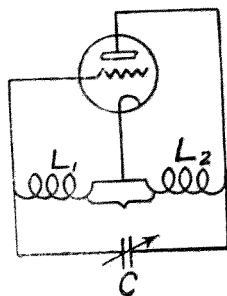
上特點者，厥為其佈置之妥善。即 L_1 與 L_2 兩線圈間並不互相配合。其配合之法，則如圖所表示，而由 L_1 與 L_3 配合及 L_2 又與 L_4 配合是也。又柵極電路同屏極電路不應與天線電路合調， L_2 不過如變壓器之作用，將屏極之電力傳達至天線電路而已。

由此電路而設法變化之，吾人可得甚多之電路，其著者如哈特力等。詳下：

(乙) 哈特力電路 哈特力電路之接法，如第七十五圖，為美國西方電氣公司哈特力氏所發明。本電路之特點，即 L_1 與 L_2 兩線圈間有磁力線的配合，圖中有 { 記號者，即表示有配合，此種



圖四十七第

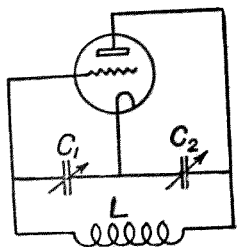


第七十五圖

電路發生振動甚易，惟 C 值不宜過小，故用於業餘家之小天線上，此類電路常不得美好之結果也。

(丙) 科爾匹茲電路 亦為美國西方電氣公司工程師科爾匹茲所發明。在美國一般無線電業餘家範圍中，最為盛行。因業餘家之天線容電量常不甚大，而該項電路頗合於小容電量之天線之勵電也。科爾匹茲電路與哈特力電路之基本學理，實無軒輊。吾人由接線圖（第七十六圖）即可知之。蓋一則利用 L 之配合，而一則易以 C 之配合也。

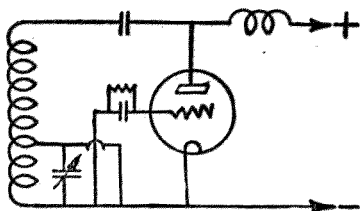
(丁) 阿姆斯特郎調板電路 本電路為阿姆斯特郎所計劃，與前所述者完全不同。因其柵極電路之勵電係利用電子管本身之容電量，由柵極及屏極所成者，而不若前此之利用外界之 L 或 C 之配合以成其能事也。本電路可單獨調準柵極電路如第七十七圖所示，或單獨調準屏極電路如第七十八圖所示，或同時調準屏極與柵極電路如第七十九圖所示。第七十七圖之電路，名之為調柵電路 (tuned grid circuit)，第七十八圖之電路，為調屏電路 (tuned plate circuit)，第七十九



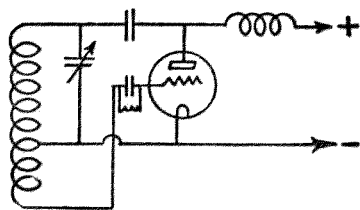
第七十六圖

圖所示為調屏調柵電路 (tuned plate tuned grid circuit 簡稱之為 T. P. T. G. circuit) 本電路所發生之電波，其振動數全視柵極電路之 LC 值為定。屏極電路雖亦有若干之影響，但不甚烈耳。因此之故，如天線電路係與屏極電路配合時所發生之電波，可不因天線之擺動等等而變易其振盪數。此在無線電之收發上實有莫大之利益。本電路既係利用電子管之電極容電量為配合，故 L_p 及 L_s 間毫無配合。

(四) 他勵式電路 柵極電路既為他勵式，則如他勵式之一部份亦係利用電子管以得振流，該電路至少必有兩個電子管，其理甚明。蓋發生振流電子管之勵電，係自另一電子管供給之也。故發生勵力之電子管，嘗名之為主振器 (master oscillator) 其他一管則為電力增



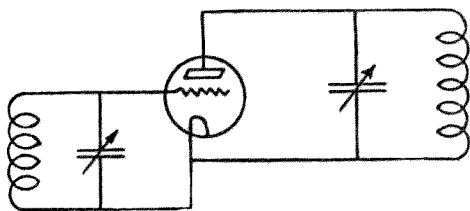
圖七十七第



圖八十七第

幅器 (power amplifier) 而此種機系又名之為主振電力增幅機 (master oscillator power amplifier 或 M. O. P. A.) 或簡稱之為主振器系 (master oscillator system) 此系中勵電管可用較小電力之電子管。因其另用一管作為發振，故其週率之變動極少，此為較優於自勵式機最重要之一點。

(五)發振管發振時之條件。發振管發振時有必要之條件四。一曰必有一振盪之電路以作輸出其電力之用，而其電路必調準至一需要之週波數；二曰柵極同屏極電路間必有一種配合；三曰電路中之電相關係必在適宜地位；四曰電路中必有一電源之供給。四者缺一不可，否則該電子管電路必不能使之發振也。但有時以上四項均已辦到，而電子管仍不振盪者則其故甚多：大概不外（一）屏柵極間之配合值太小，（二）增幅系數太小，（三）屏極電路之阻耗太大，（四）振盪電路之阻耗太大，（五）振盪電路之容電量過大等等。吾人當試驗時，不可不注意



第七十九圖

及之也。以上所述，係電子管不易振盪之情形，但有時電子管因其管內屏極與柵極二極間所成之容電量過鉅之關係，發生過度之再生作用，而極易振盪，此在短波發振電路中為常有之事，在長波機中則因所用週率較低，此極小之容電量不致發生關係也，不欲其振盪而振盪，亦非所宜，故當設法取之，取之之法甚多，而最普遍者，莫若利用另一容電器，接入於電子管屏柵兩極電路之中，以中和電子管內屏柵兩極之容電量，頗為有效，此類容電器，吾人常名之為中和容電器 (neutralizing condenser)，其值常甚小，惟因其與波長有關，中和之時手續頗為繁難，如於三極電子管中另加一第四極，名為簾柵極者 (screen grid)，則自勵可將該管內之屏柵極間容電量中和，而無需另加中和之容電器矣。

(六) 晶體控制發振器 前章所述之發振器，其週率常不能使之十分隱定不變，天線之擺動，高低電壓之變化，電子管之過熱等等，在在足使其發振器發出電波之週率變動，影響於無線電信之接收也。至鉅，至晶體控制式發振器 (crystal-controlled transmitter) 出，而後此種缺憾以去，晶體式之發振器，係利用一種晶體，在適宜情形之下，接入於一電路（照第八十圖連接之），則

該電路之振盪次數，將完全視該晶體之本身振盪數為定，不再變動，目前所有新式之發信機及週率易受變動之發射機如飛機上之發射機等，均採用此種晶體式之電路，即此故也。晶體大概以石英（quartz）為之，使用之時，磨成片形，具有電氣機械之特性，能發生振盪，其振盪數，則完全視其本身之厚薄而定，片愈薄者，其振盪之數愈高。大概週率高至三千五百基羅週（基羅週即千週）時，石英片已至極薄之程度，極易破碎，故發振器之週率在3500基羅週以上時，如仍須使用石英以作控制週率之用，則非設法利用該週率之倍波（frequency doublers）不可矣，石英雖為目前最切實用最為盛行之控制週率穩定器，但亦不無缺點，如石英本身週率，往

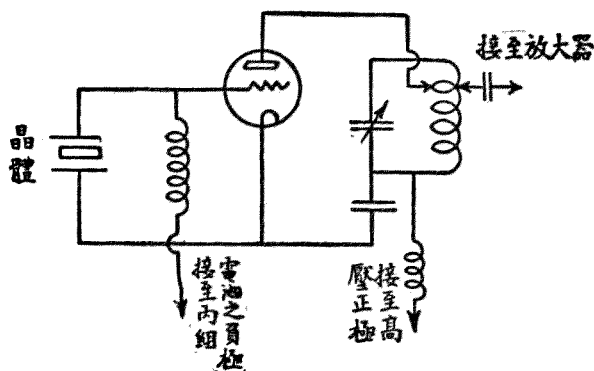


圖 十 八 第

往隨熱度而變遷，故必需另加自勵調節熱度高低之設備，又每塊石英祇可得一個固定週率變換週率，手續極為煩雜等等，此近年學者復又設法研究他種穩定週率之方法也，其已為吾人所知者，為磁性容電器 (magnetic condenser) 之週率控制，磁棒控制發振器 (magnetostriction oscillator) 電子配合發振器 (electron-confected oscillator) 及平均佈置電路法等，因非為本篇範圍內所當述不贅焉。

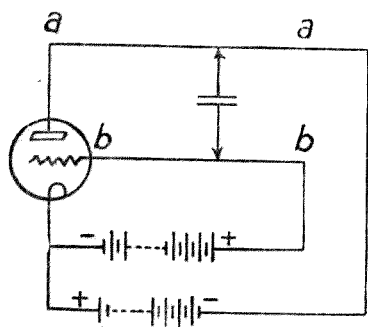
(七) 超短波無線電發振器 超短波 (ultra short wave) 無線電波亦名微波 (micro wave) 無線電波，其波長較短波為尤短，凡自十公尺以下，約百分公厘以上之波長，均可名之為超短波，在事實上，自十公尺以下約一公尺半以上長之電波，可以普通短波機之設備獲得之，在一公尺半以下長之電波則非藉特別之裝置及電子管不可，昔時吾人之觀念，以為短波之效率，不如長波，故昔時均用長波機件，及短波機發明，吾人始恍然知昔日觀念之錯誤，但是時以為短波之效用，祇限於十公尺以上之波長，再短則電波射出地層之外，不復返至吾人寄存之地球，不能利用，洎夫晚近，吾人始又證實此點之錯誤，蓋十公尺以下之微波無線電波，其地面波之效用，有奇特之成效。

此固非吾人始料之所及也。致超短波電波，遠在西歷一八八七至一八九四年間赫氏及李氏 (R. Chi) 諸子，卽已從事研究，一九二四年間葛那女士 (Glagowela-Arkadiewa) 更能利用火花式機產生 0.008 公厘長之電波，蓋已深入於熱波範圍之內矣，惜當時此種發明均未能成爲實用，此皆因當時之電波均爲減幅波之程式，且發射機之電力過於微弱，收受機之調整異常困難，電波之振盪至不穩定諸故，在最近一二年間，此種困難已能設法去除，更加以特種電子管之改造，於是超短波之成功，乃日進於完滿之域，而大有取而代之有線電線路之勢，對於軍用上更有特優之貢獻，爲可喜也，查約二公尺以上之超短波電波，用普通之電子管電路，卽可產生，前章均經述及，故不再贅，今將各種特別之超短波發振器分述於下：

比克氏發振器 致欲產生一公尺以下之波長，如用前節所述之種種裝置，甚爲困難，非另辟新徑不可，利用電子之振盪以產生超短波之電波，乃爲目前最重要之發明，此種法則，係由德人白豪生 (Barkhausen) 與庫志 (Kurz) 二氏於試驗電子管抽空時無意中發見，其法係使柵極受甚高之正電壓，而使屏極受負電壓，與普通電子管屏柵極間電壓供給之情形適相反，在此種情

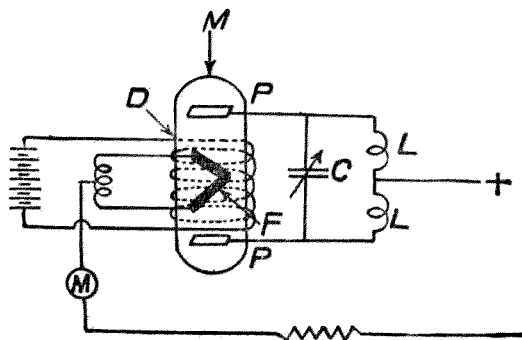
形之下，照理，屏極電路中應產生一微弱之負性屏電流，換言之，即屏電流之方向，應與普通之屏電流相反向，但實際吾人所得者，仍有正性屏電流之發現，此蓋因電子管內部之電子發生振盪所致，此種振盪可用李析線 (Lecher wire) 兩條如 *aa*, *bb* (第八十一圖) 分別連接於屏柵兩極間即能察出之，其振盪似與外連電路中之磁感量及容電量無關，而為環繞柵極周圍之一種電子振盪，每秒鐘振之數極高，可為產生超短電波之用，吾人名此類振盪器為白豪生、庫志振盪器簡稱之為比克氏振盪器 (B-K oscillator) 用以紀念二氏發明之功也。厥後美國奇莫二氏 (Gill and Morrell) 繼續加以研究，發明在某一限度內，與振盪電子管外部連接之電路，亦頗有重要關係，此種振盪器因又稱之為奇莫氏振盪器焉。

麥尼昌發振器 利用雙屏電子管，外加磁力線圈，以控制電子管內電子之流動，將發振電路



圖一十八第

接至該管之兩屏極時，亦可產生超短之電波，此類振盪器，名之為麥尼昌振盪器 (magneron oscillators)，其接線圖如第八十二圖所示，M 為麥尼昌管，P、P 為其兩屏極，F 為其燈絲極，D 為直流電勵電之磁場線圈，環繞於燈絲極 F，但繞於管之外部，M 為米厘電表，如屏極供給之以正電壓時，則 LC 之電路可發生極高之振盪，茲將用一美國奇異公司 (General Electric Co) 出品之 FH-II 式麥尼昌管，照左圖之連接法所得之結果列如下表，藉見一斑。(其屏極所用之電壓為一千五百伏而特屏極電流約自四十五至六十米厘安培之間，磁線圈用二千六百餘轉之轉數，以一百伏而特勵電之，所經過之電流為五六安培。)



圖二十八第

振盪電路之容電器

振盪電路之感應器

所得到之波長

輸出電力

C (以 F F T D 計)

L

(以公分計)

(以瓦特計)

0

離 P 一吋處將 P P 短路之

七五

五

0

一寸半直徑之線圈一匝

100

一五

日人八木秀次 (Yagi) 及岡部金次郎 (Okabe) 二氏對於麥尼昌發振器之研究為甚有貢獻之人，渠等已能利用麥尼昌管產生短至三公分長之電波矣。

發生超短波之振盪器不外上述二類，他如火花式發振器 (spark oscillators) 及再生式發振器 (regenerative oscillators) 雖亦能發生超短波但實際上之效率則甚微薄，故不切實用也。超短波之電波，在近二三年間，有新奇之發展，其前途希望極鉅，吾人亟應注意研究，不可忽視，茲查超短波之用途，其特性，及其發振器之組合，視其電波長度之不同而變易，非為盡同，爰將以上種種並將其極有希望之用途列為下表，以作本章之結論焉。

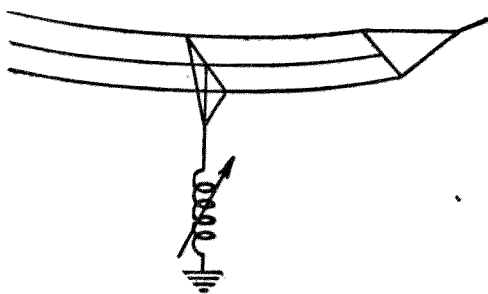
波長 (以公尺計)	各種波長之電波特性	各種波長之發振器	各種電波之	用途
10	電波射出地層之外不復返至球面 音衰(fading)現象極著 可以穿過雲霧之波長	再生式發振器	各種事實者	或有可能者
1	紫外光線 熱波範圍	比克氏發振器	樂已見諸事實者	前途極有希望者
.1	可見光波	麥尼昂發振器	極皮(極電)及播之	之到物
.01	透霧波長	火花式發振器	亂果(果電)及播之	(1) 無線電之
.001	特種光電池	比克氏發振器	之之之之之之之之之之	(2) 遠程之
.0001	特種光電池	麥尼昂發振器	之之之之之之之之之之	(3) 之之之之之之之之之之
.00001	特種光電池	火花式發振器	之之之之之之之之之之	(4) 之之之之之之之之之之
.000001	特種光電池	比克氏發振器	之之之之之之之之之之	(5) 之之之之之之之之之之
	特種光電池	麥尼昂發振器	之之之之之之之之之之	(6) 之之之之之之之之之之
	特種光電池	火花式發振器	之之之之之之之之之之	(7) 之之之之之之之之之之
	特種光電池	比克氏發振器	之之之之之之之之之之	(8) 之之之之之之之之之之
	特種光電池	麥尼昂發振器	之之之之之之之之之之	(9) 之之之之之之之之之之
	特種光電池	火花式發振器	之之之之之之之之之之	(10) 之之之之之之之之之之

第三章 傳受線

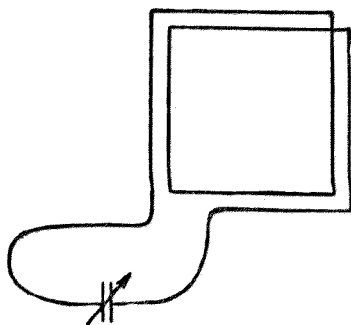
第一節 天線概況與其種類

(一)天線概況 無線電信之成功端賴一種磁電波浪，而磁電波浪之傳受又惟憑藉一種天線，即所謂傳受線者是也。傳受線之式樣甚多，然可概別之爲二類：一爲容電式傳受線 (capacitive antenna) 一爲磁感式傳受線 (inductive antenna) 平日吾人所見之一種電線，懸於空際，架於高桅之上者，電容式之傳受線也。繞成線圈，或成框形，或成三角，或成長方等形式，或爲固定，或爲旋轉者，磁感式之傳受線也。磁感式之傳受線最宜於定向及減少天電擾亂之用，而對於傳發上似遠遜於容電式之傳受線，故常用作收信。傳受線當使用之時，無論其爲收爲發，除特種情形外，均須加以調準之手續，俾達到最有效之功能。調整容電式之傳受線，當加變值感應線圈。調準感應式之傳

受線管加變值之容電器。第八十三及八十四兩圖即分別表示其組合，採用感應式之傳受線時，有可注意者一事，即該項傳受線無需乎地線是也。此外，感應式與容電式之傳受線尚有一不同之點，即前者傳受電波恆有定向，線圈平面與電波方向並行者其傳受力為最大，如為



圖三十八第



第八十四圖

直角者，其力為最小。而後者之傳受力則大概而論，電波與其佈置之方向無有極大之影響是也。至該二種天線之作用，實為二而一，一而二者。或有以為感應式之天線係因磁電力場而作用，容電式

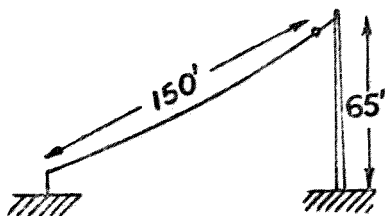
天線係因靜電力場而作用。此種學說實爲錯誤。查此種錯誤之發生，至爲普通，各國通俗無線電書籍中時有類似之文章，列論天線傳受之學理。其爲錯誤而尤常見者，除上述一點外，有下列諸點：

(一) 開暢式之電路能射電，關閉式之電路則不能射電；

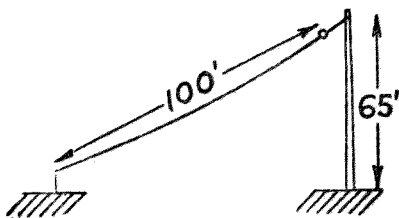
(二) 低週率週波之電路不能射電，惟高週率週波電路能射電；

(三) 感應 (induction) 與射電 (radiation) 爲同種現象。因此之故，一般人之見解以爲欲傳射電波必架高大之天線，務使其電線開暢而未敢有用環形式之天線以爲傳發者。實則近今各國無線電家正在研究利用線圈以爲傳發者。據渠輩試驗之結果，證實圈形天線之射傳性較容電式者爲高。由此可知關閉式之電路亦未始不能射電也。至低週率波之電路，如用適當之天線，實亦能射電，不過其效率低微，且極不經濟耳。若感應與射電二種現象，則「感應」係能固定於空間，其靜電與磁電場可設法分離之；而「射電」則係能以光線之速度移動於空際，其靜電與磁電場完全相關無法分離。二者性質完全不同。茲若併爲一談，誠爲事實上所不許者也。以上爲無線電傳受天線大概之情形。

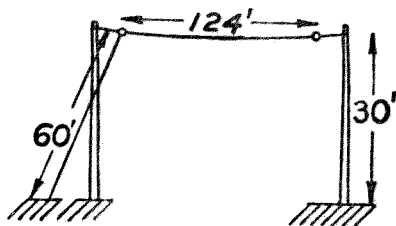
(二)天線之種類與形式 天線之種類分感應及容電量二種已如前述。感應式之天線每用線圈，或為框形，如第九十四圖；或為圓形，如第九十五圖；或為三角形，如第九十三圖；以及他種形式之天線。查英國之廠家每喜採用三角形之天線，而德美諸國則喜採用框形之天線，實則其功用一也。容電式之天線，式樣更多，不可列舉，惟其普通者為T形，如第九十一圖，倒L形，如第八十八及八



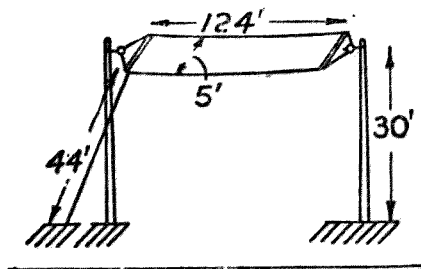
圖五十八第



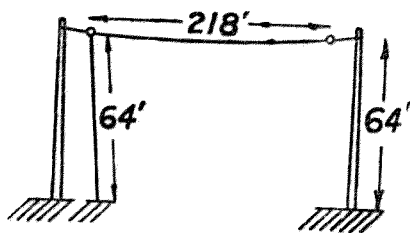
圖六十八第



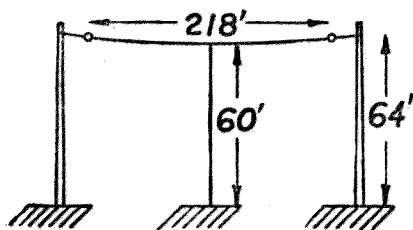
圖七十八第



圖八十八第

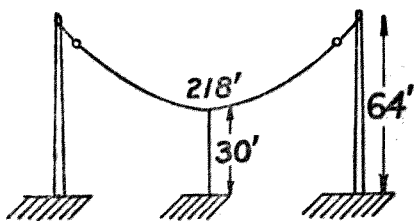


圖九十八第

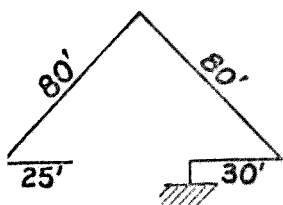


圖十九第

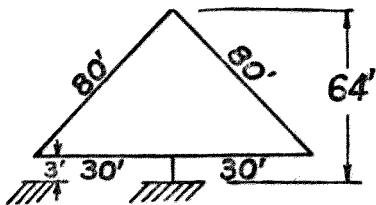
十九圖，及赫氏天線等。赫氏天線或為垂直，或為平行，或為彎曲，如第九十六圖。他若扇形式尖筒形式，傘形式，複式天線等等，則嘗於大電臺及長波電臺見之耳。較大電力之短波電臺天線則多採用定向式或集射式 (beam Antenna)，其種類之多，何慮百數十種，惟以利用反射器 (reflector) 者最為普通，利用導波器 (wave director) 者最為別緻，因限於篇幅不贅焉。



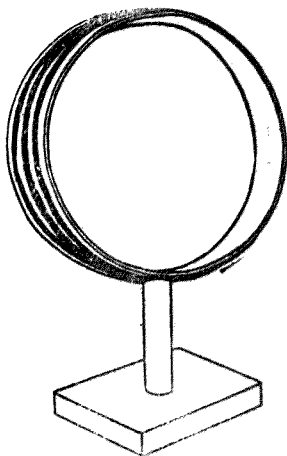
圖一十九第



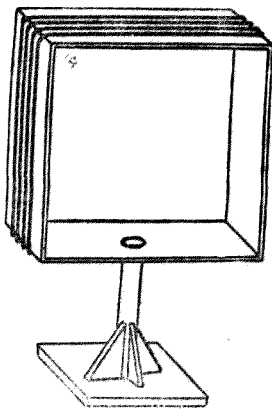
圖三十九第



圖二十九第



圖五十九第

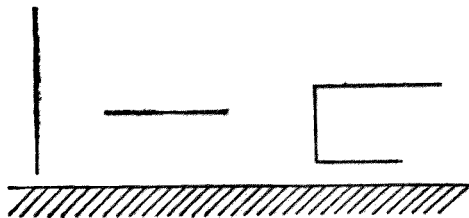


圖四十九第

第二節 天線電力之輸送方法 (Feed system)

天線電力係由發信機所供給，故其間必有電線之聯接，俾可將發信機之電力輸送至於天線。在昔時使用長波機之時代，因天線占據之面積頗廣，裝置發信機之房屋，即可建於天線之下，其輸送線較短，且天線電力之耗損問題，亦不十分注意，故對於天線電力之輸送，不加研究。洎夫短波機興，關於天線電力之耗損，必設法減少至最小限度，故天線之建設，宜遠離房屋、樹木及其他之障礙物。結果天線與發信機間，必需一種較長之電線，以輸送高週率之電力於天線，因而有各種之輸送方法。在敘述輸送方法之先，請一言裝置輸送方法之必要條件，即在何狀況之下，輸送之電線上，必不可自行放射電能是也。蓋第一若輸送線上有強烈之放射，則其電磁場常能影響及於天線，而減小天線有效之放射；第二即使輸送線上之放射為有用者，亦非吾人之所欲，以其與吾人迴避障礙物之目的適相反也。

在赫氏式之天線，其輸送電力之方法有二，一為配諧輸送法 (tuned feeder system) 一為不配諧輸送法 (untuned feeder system)。配諧輸送法，係以兩條並行，而相距不遠之電線組成之。當輸送電力之時，線上常有定波 (standing wave) 發生，但以兩線距離相近，且係並行，故對外幾無放射。此類輸送線，其長度有定數，其到達天線之一端，或與天線電流最大處相配合，或與天線電壓最大處相配合，前者稱為流給方法 (current feed)，後者稱為壓給方法 (voltage feed)。此種輸送線之組織極簡單，故用者頗多，惟其長度常不能與環境相適合，此為其最大之缺憾也。不配諧輸送線亦有兩種，一為單線式 (single-wire untuned feed)，一為雙線式 (two-wire)，此種輸送線，因其特性總阻與天線之荷載總阻相配合，故線上無定波發生。因之亦無電能之放射，而使用之時，該輸送線之長度，可無關係，均得通用。此為不配諧之輸送線較優於配諧輸送線之處。所可惜者，當設計之

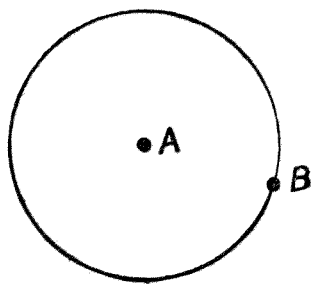


圖六十九第

時，非有極準確之計算不可耳。

第三節 天線傳射性

(一)天線傳射性 由前節觀之，吾人知天線有種種之形式，於是乃有一問題發生。其問題爲何？即各項天線電力之傳發是否同一是也；換言之，即電力傳發之效率及其性質是否相同是也。是謂天線之傳射性。吾人攷諸實際，發現天線之傳射性完全視天線之形式而定。茲可將其傳射性用曲線表示之。測得此曲線之法則殊爲易易。通常用一接收機外附一成音度計 (audibility meter) 或他種測驗弱小電流之紀錄儀器，俾可測定接收之天線電流。茲於A處（下列各圖）置一無線電發電機，並佈置各式欲測定其傳射性之天線，（惟測驗一次祇佈置一種之天線，）而於距A某距離外之四週任何一點，設爲B，將上述之接收機安置妥當，俾可接收A處來之信號，設其所得強度爲 R_1 ，（通常用以表示接聽



圖七十九第

得信號之強弱者，其各值為自 R_1 至 R_2 ， R_1 為最弱之信號， R_2 為最強之信號。然後將該機環 A 點而

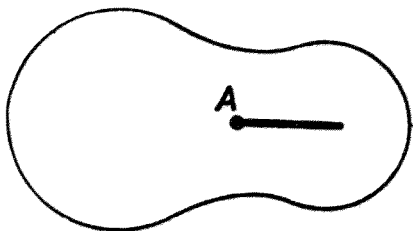


圖 八 十 九 第

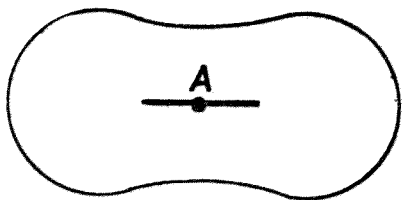


圖 九 十 九 第

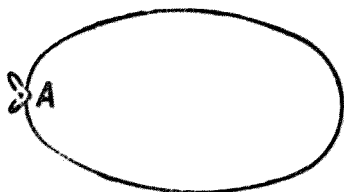


圖 百 一 第

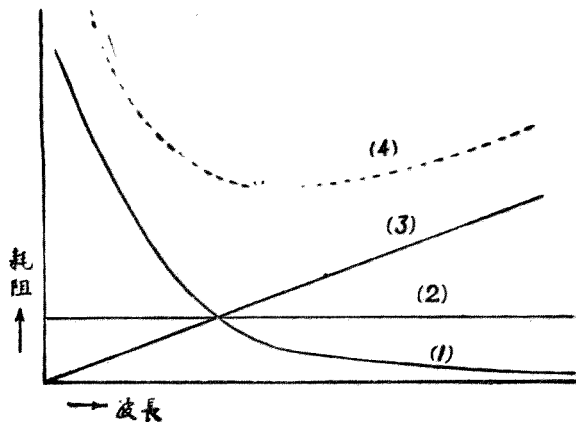
行，務使該機所得之信號力常為假設之強度 R_1 ，乃得種種之曲線。如第九十七圖之曲線為表示一單根垂直式天線之傳射性。第九十八圖之曲線為表示倒 L 式天線之傳射性。第九十九圖之曲線

爲表示T形天線之傳射性。第一百圖之曲線爲表示定向式天線之傳射性。俗稱之爲心形圖者是也。（見民國十二年八月科學拙作「晚近無線電信之發展」篇）

(二)天線耗阻 攷天線上之耗阻絕非單純之直流歐姆耗阻，而實包含放射通感種種之耗阻會合而成者也。電力傳達至於天線，電波發生，四面放射，乃生所謂放射耗阻。(radiation resistance) 週波數愈高者，其耗阻亦愈大。故若以曲線表示之，如第一百零一圖之第一曲線。天線既爲電線及地線所組成，則電線及地線中自生歐姆耗阻，卽純粹之直流耗阻。此外，電線因高週波電流之關係，又發生集膚現象 (skin effect)。凡此種種均爲天線電路中之一種損失，一種消耗，亦卽爲該項耗阻之表示。此種耗阻，若以曲線表示之，如第一百零一圖之第二曲線。建設天線常在空曠之處。緣房屋樹木等等，如靠近天線，每每發生種種損失。換言之，天線附近如有是類房屋樹木等等，其耗阻必增。此類耗阻，影響天線之通感體而發生，與週波率成反比。若以曲線表示之，約如第一百零一圖之第三曲線。天線之耗阻既爲以上種種之耗阻合組而成，故其耗阻必爲以上諸種耗阻之和。茲將以上之曲線相加，乃成第四曲線，卽虛線所示之第四曲線弧是。由此曲線弧觀之，吾人得

一有趣現象，即傳受線之耗阻在某一種電波波長時，常有一最小限數是也（第四曲線之X點即是）。查當吾人試驗一電臺用某一種波長之電波時其電流嘗為最大，如與該電波波長較長或較短時，每不能再得如許大之電流，蓋即此故也。又海水之歐姆嘗為最小，故為最佳之地線。此海面上之通信所以常較陸地上之通信為易也。（考如用長波及中波無線電機則船舶電臺之天線耗阻常在一二歐姆左右，陸地電臺者即常在四五以至十數歐姆左右。如為短波電機則天線之放射耗阻約在八十歐姆左右）。

（三）天線之電容量 天線之電容量與自身之高低用線之多少佈置之形狀等莫不有關係。著者在



第一零一圖

英國馬可尼工廠試驗各式天線時，曾得有種種之結果。是項結果頗能表示電容量與各式天線之關係。茲特別表如下以明之。下表殊為明顯，不再說明。

天線形式	天線	天線	天線
高度長度 (以英尺計)	容電量	感應量	基本波長
(參看某圖)	(以mf計)	(以mh計)	(以meter計)
第85圖	0.00014	60	300
第86圖	0.00026	25	160
第37圖	0.00032	85	320
第88圖	0.000515	55	315
第89圖	0.00053	30	385
第90圖	0.000438	93	370
第91圖	0.000678	25	245

圖92

0.00063

45

315

圖93

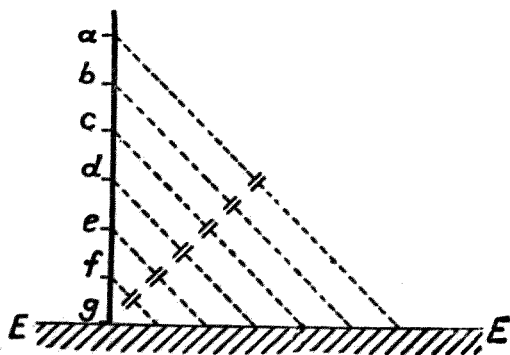
0.000625

55

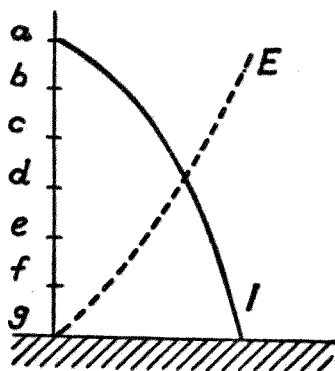
346

天線之容電量及大小與無線電發信機之電力及波長至為有關，尤以在長波與超短波及用強大電力之發信機時為最。蓋如採用長波及強大電力，天線之容電量必與之俱增，方可得美滿之結果，故工程極鉅。如採用短波及超短波，則天線之容電量不必甚大。天線容電量既小，高大之電杆均可無需，此所以短電波及超短波之電臺建設甚為易也。

(四)天線上電流電壓之分佈狀態 天線最簡單之形式為一單根而垂直之電線。如第一百零二圖之 ab 是。此種天線雖屬一垂直之線，然亦同時具有少許之感應量與容電量。其感應量係平均分佈於該電線之全部，而其容電量，則在電線之下部較大，並非平均分佈，其理由如次。參照第一百零二圖 ab 天線可分為若干段，設為六段， ab, bc, cd, d, ef 及 fg 。每段電線與地面 EE 均成一種容電器，而空氣為其通感體（見前容電量篇）。在同一通感體中，其二金屬片間之距離愈遠者，其容電量愈小。故 ab 一段電線對地面而言，依次較遠於 bc, cd 以至於 fg 。故 fg 之電



圖二零百一第



圖三零百一第

容量依次較大於 $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots$ 等之電容量也。夫天線既屬具有感應與容電量之電路，苟有適宜之勵電加諸其間，自能發生振盪而生電流。夫電流之大小依容電量之大小為轉移，容電量愈大者其電流亦愈大，從 $I = \frac{2\pi f C E}{\sqrt{L}}$ 公式中可知，對於天線亦然。天線之容電量愈大者其電流亦愈大。查天線近 ∞ 處之容電量為最大，故在該處之電流亦應為最大。反是，電流在 0 處者應為最小。由是觀之，沿天線上之電流，並非均勻分佈，而實如第一百零三圖 I 弧所表示。試攷其電壓之分佈，亦類乎此，惟適與 I 弧相反。緣電壓接地處必為零，去地線漸遠，電壓亦漸高，在天線最遠之一點 ∞ 時，其電壓為最大。蓋電容量愈小之處，電壓當為最大，亦可從前 $I = \frac{2\pi f C E}{\sqrt{L}}$ 公式中可知之。故天線上電壓之分佈形狀，如 E 弧，亦非平均分佈也。

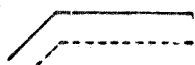
吾人嘗見天線之懸掛處每用絕緣體。在強大力之電臺，其所用之絕緣物亦愈大，蓋亦因該處之電壓為絕高，非如此，恐生漏電之虞也。又電流計之位置，常接在近地線之處，亦以該處之電流為最大也。

第四節 地線

地線分二種一曰直接地線 (direct ground) 一曰容地線，亦曰對地線 (counterpoise)。直接地線係用若干之金屬片或電線埋入地下，俾與地層相接觸即成對地線係用若干之電線照佈置天線之法則，用種種之絕緣物，將電線拉緊，惟僅高出地面四五尺以至十數尺即可。對地線之位應即在天線之下面，其容電量，至小之限度亦須與天線上之容電量相等，故對地線所占之面積，皆較大於天線。

建設地線時首當研究之問題，厥為如何可以減小其電路中之耗阻。其減小之法，如用直接地線時，當一當覓一潮濕之地，然後將鋅片或紫銅片埋入之。去地面之深當在一尺以上。各紫銅片間相隔之距離應約與其片之闊相等，更應相互用電線連接之。地線所占之面積能愈大愈佳。尤宜注意者，即其所占之面積，應在天線之下是也。若不用銅片亦可用金屬樁為之。其法，以此項樁子打入地中，愈深愈妙，各相距可三五尺，埋妥之後，仍照前法，用錒錫互相連接之，亦一良善之地線也。銅片

與樁固可成一種良善之地線，但最佳者仍莫若對地線，因其歐姆之耗阻實至為微小故也。對地線與地線不宜同時並用，但自信能配置得宜者則自較用單種者為佳，惟殊為不易耳（見民國十四年二月科學拙作『自由振盪直接連接之電路及其對於無線電信之功用』篇）。陸地電台通常採用對地線式之地線者頗多。船舶電台之地線則惟有用海水為之，然實為一最良善之地線而無有能與之相較者。廣播接收用之地線則嘗以水管為之，水管之耗阻約在二三歐姆之間尚不惡劣，茲將各式天線之耗阻容量等列表如下，以作本章之結論焉。



圖四零百一第



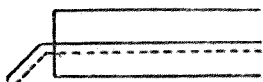
圖五零百一第



圖六零百一第



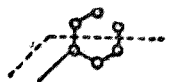
圖七零百一第



圖八零百一第



圖九零百一第



圖十百一第



第一百一十一圖



第一百一十二圖



第一百一十三圖



第一百一十四圖



第一百一十五圖



第一百一十六圖

各式天線定數表

天線式樣	天線大小 (以呎計)		地線大小及其式樣	各式天線平面圖	基本波長以米達計	天線電容量以mmf計	最小有效阻以歐姆計
	長度	高度					
倒	100	20	單根對地線式線亦長百呎	104	200	200	24
	100	20	地樁四處地甚潮濕	105	220	270	56
	150	27	3' x 6'面積金屬片埋入地下者	106	270	400	57

	150	3	單根對地線式線長150'	104	330	420	46
	150	3	3' x 12'之金屬片置于地面者	106	270	450	92
	150	3	地樁四處地質平常	104	370	550	88
L	150	20	單根對地線式線長150'	104	325	320	33
	150	20	二根地線式相隔甚近各長150'	107	315	345	32
	150	20	二根對地線式相隔4'各長150'	107	300	335	23
	150	20	二根對地線式相隔12'各長150'	107	280	325	22
	150	20	三根對地線式相隔12'各長150'	108	225	350	17
式	150	20	三張3' x 6'之金屬片地蓆各相距10'	109	257	350	49
	150	20	三張3' x 6'之金屬片地蓆各相距3'	109	230	320	64
	150	20	地樁六處	110	255	330	74
	150	20	地樁四處	105	245	350	60

150	20	地樁二處	111	240	370	85
200	20	200'長之單根對地線式	104	340	400	38
200	20	120'長之單根對地線式	104	340	350	37
六 十 度 V 字 形 式						
每邊100	24	二根對地線式各長100'	112	255	400	32
每邊100	24	三根對地線式各長100'	113	245	410	23
每邊100	24	三張2'10"×5'9"之地蓆	114	265	410	46
每邊100	24	一張埋入地下之1'×6'地蓆	115	235	465	59
每邊100	20	二張埋入地下之3'×12'地蓆	116	240	420	34
每邊100	24	各長150'之雙根對地線式地線	112	340	588	24
每邊100	24	各長100'之雙根對地線式地線	112	300	550	31
每邊100	24	各長150'之三根對地線式地線	113	300	600	21
每邊100	34	各長100'之三根對地線式地線	113	360	600	18
每邊100	24	二張3'×12'之地蓆	116	310	620	45




第四章 無線電話學

第一節 無線電話之傳射與接受

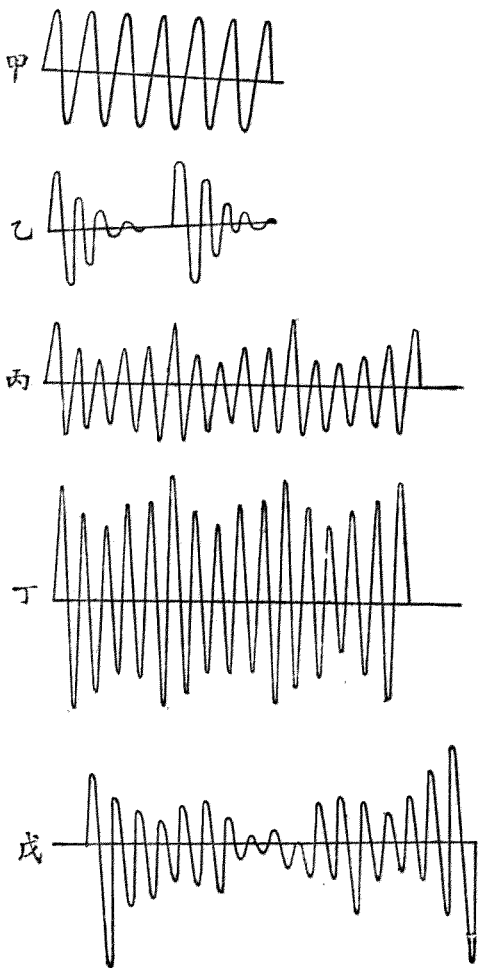
自無線電報發明後，學者即思從事於無線電話之研究，不期年而成效果著。雖其時電力增大，不易控制費事，電波粗糙，去實用之期尚遠，但確已能盡無線電話傳發之能事。夫無線電話之爲物，頗與無線電報相似，所不同者，一則係藉摩爾斯電碼 (Morse code) 爲信號，一則係藉話筒 (microphone) 而發音爲其差別耳。是故無線電話之於無線電報，實若有線電話之於有線電報。明是理，則對於無線電話之學，知過半矣。

(一) 無線電話成功之要素 上述無線電話，最初試驗之缺點，其重要原因有二：一爲滿幅電波之無線電發信機 (undamped wave or continuous wave transmitter) 尙未發明，故是時

所用以傳發音波之無線電機均爲減幅式 (damped wave system) 平常減幅式之發電機其放電週波數 (discharge frequency) 每甚低。如是項放電週波數與吾人所發聲浪中最高之音波週波數相差甚微，則無線電話之傳發決不能得美滿之結果也。一爲調整電波使其變成音波之利器，尙不能容載強大之電流量，而當時之無線電話機其調整電波之電路中之電流每每強大。有此二因，無線電話雖自發明後十數年間，尙不能臻於實用之途，誠屬憾事。

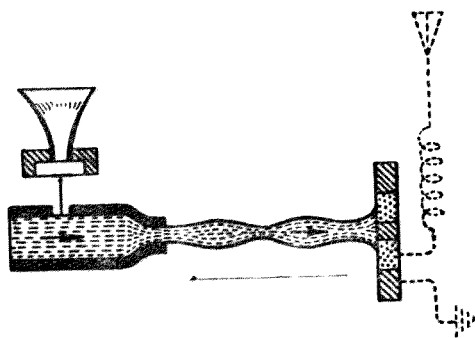
由上觀之，無線電話如欲得美滿之結果，第一磁電波之來源宜爲滿幅波，第二調整電波電路之電流能使弱小。蓋電流弱小，則電路之控制自易，無線電波如爲滿幅，則當調幅時對於音波之週波數不受其限制，而在接收方面成音亦自準確，茲舉一例如下，以明滿幅與減幅波對於電話之關係焉。第一百十七圖甲爲滿幅無線電波，乙爲減幅無線電波，丙爲有線電路中代表  音之音波電波。設將丙圖之音波傳至甲種電波之發電機，則其結果之電波變若丁圖，查其形狀，仍不失  音之電波。今設將同一丙圖之音波，傳至乙種電波之發電機，則其結果電波如戊圖所示。試將丁戊兩圖相較，立可見其差別，而戊圖所示，決不能再代表  音亦殊明顯。(如週率不同，其間差別將更甚) 故

圖七十七百一第



曰無線電話宜用滿幅電波者即此故也至欲減小控制種種困難，需使調整電路之電流弱小其理由於下節述之。

(一)話筒 話筒 (microphone) 爲一種電器，其作用能使該器之容電量或耗阻量等，因受外間空氣之振動（如聲浪等）而生有規則之變化，更因此變化之容電或耗阻量以之控制或調幅 (modulate) 電路之電流。調幅者何？即因吾人聲浪振動發生之變化，使在無線電路中之電流亦起同樣之變化，所有電流振幅之大小，週波數之高低，波形之凹凸等等，均生相應之變化之謂也。話筒之種類頗多，或用珠粒之炭精，如有線電話之話筒，或用流通之溶液如第一百十八圖所示馬約蘭那 (S. Majorana) 氏所發明之話筒，或用容電器話筒，利用容電量之變化，或用火焰話筒，利用火力強弱之變化，或用鋼帶話筒，利用磁性速度之變化種種，形式新奇，要在能達到調幅之目的。但現今吾人所採用者，大都以珠粒之炭精式及容電式之話筒爲多，尤以炭精式者更爲普通，以其最爲靈便故也。惜此類話筒不能經受強大之電流。電

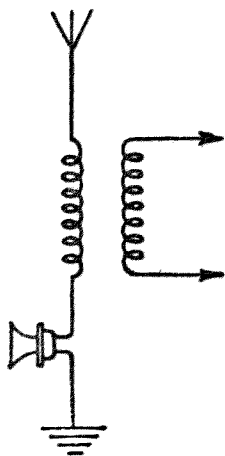


第一百十八圖

流約在一安培以上時，炭精粒珠已異常發熱，黏結不靈。失其效用。攷昔時無線電發話機安置話筒之電路中，其電流每甚大，故此類話筒，不適應用，而惟有採用不靈便之溶液等話筒矣。雖然自電子管發音機發明，話筒可置於柵極電路中，柵極電路中之電流常甚小，如用炭精或容電式話筒以之控制電話之傳發，自無困難而覺其靈便也。

(三)發話電路之聯接法 無線電話所採用之電路不一，電力小者，可將話筒直接聯入天線電路中，以控制天線之電流，如第一百十九圖所示。此種辦法最爲簡易。天線電力較強，此項電路勢不適用，則可將話筒間接聯入天線電路，如

第一百二十圖及第一百二十一圖。但此種控制於究屬有一限度，過此，則不復生效，因此又有磁鐵控制法之發明。法以話筒接入發電機之磁場電路。因話筒受聲浪振動所生耗阻量變化之關係，影響及於磁場，而發生同樣變化於發電機，結果，天線電路亦因之變調，受其控制。第一百二十二圖其



第一百十九圖

一例也。上述種種法則能盡調幅之功用，而惜不能臻於完善之域。自電子管發明，而無線電話之進步始著。電子管為發生滿幅波最便捷之利器，而其具有強大電力之屏極電路，足為低小電力之柵極電路所控制，此種特長，對於調幅甚為有功，即在電力強大之電機亦不生問題。一機而二善俱備，此目前所有之無線電話機所以均採用電子管式之發射器也。故本篇所述之無線電話學，亦以利

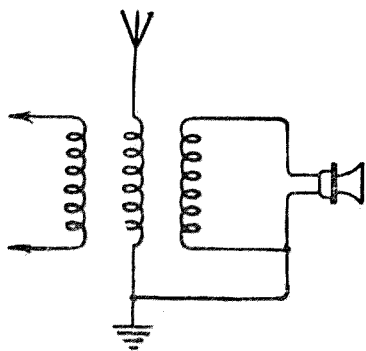


圖 一 二 百 一 第

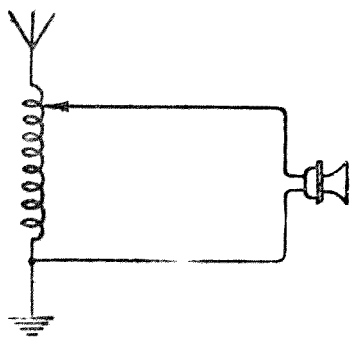


圖 一 二 百 一 第

用電子管式者爲限，電子管發生滿幅電波情形，已述於前，不贅。茲於下節述電子管之調幅。至無線電話之接收與接收無線電報之情形，除特種種需要如自動音度調準器 (a. v. c. = automatic volume control) 揚聲器 (loud speaker) 等外，大概言之，可無分別，茲亦不贅焉。

(四) 無線電話機之射程 論及無線電話機之射程，吾人有一應注意之事，即其射程並非專視天線電力之強大即可致遠，必其致遠之電力，有滿足之變化，使接受方面能明了其變化，始爲無線電話機真正之有效射程也。因此之故，無線電話機之調幅百分數，能使愈大，愈妙，大概言之，同等電力之無線電報及電話機電話機之射程約爲電報機之三分之一。下表表示天線電力與射程之關係，發射機之調幅百分數，假定在百分之五十以上，又表內所列之射程，係指最可靠之地面波之射程。如天電靜止，收音良好，使用者之技術優

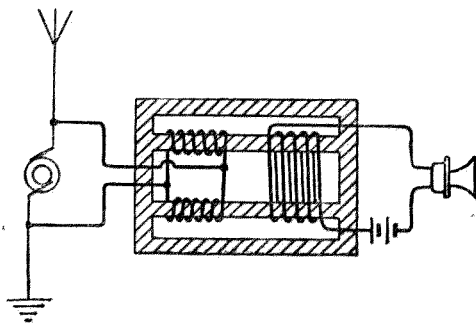


圖 二 十 二 百 一 第

良時，其射程恆可增至十數倍以上，亦非不可能之事也。

天線電力(以瓦特計)	可靠射程(以英里計)
5	10
100	50
1,000	200
10,000	500

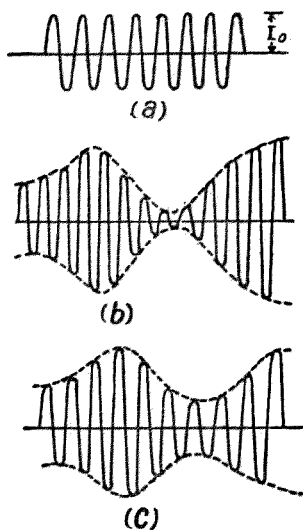
第二節 電子管式無線電話機之調幅

調幅百分數 無線電話機之效率，現均視該機調幅百分數之大小而定，調幅分數至百分之一百時，為最佳最普通之程度。何謂調幅百分數，調幅如何能達百分之一百，用何法可以測量之，乃為本章所欲討論之問題。查無線電話樣之天線電流在未說話前，即未經調幅時，其值為不變的，如

第一百二十三圖 a，是為載波之電流，命為 I_0 ，及其既經調幅之後，天線電流乃發生變化，此變化之電流，即為旁線 (side bands)。如在適宜情形之下，此項發生變化之天線電流，在天線電流表中之指示，應向上增加。在事實上，則忽增忽減，如第一百二十三圖 b，命 D_1 為 I_0 與天線電流最小值之差，則調幅之百分數等於 D_1 與 I_0 之百分比， M 為調幅百分數，則可以下式表示之：

$$M = \frac{D_1}{I_0} \times 100$$

由上公式觀之，如 $D_1 = I_0$ ，則 $M = 100\%$ ，是為最佳之現象，b 圖即表示 100% 調幅，c 圖則不過百分之五十耳。測量發話機調幅之百分數，或用調幅測量表，或視天線電流表增加之電流量，如向某一發話機之話筒，說一長聲之“ Δ ”時，同時視其天線電流表增加之度數，如能較未說話時之



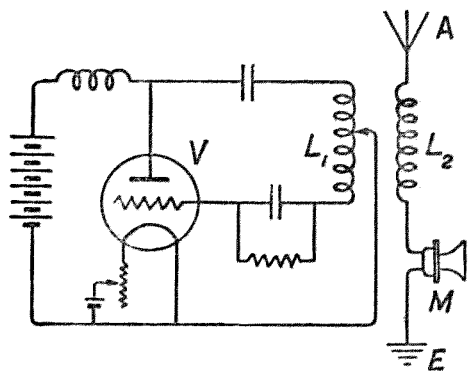
圖三十二百一第

電流增加至百分數二十二三時，即得百分之百之調幅矣。

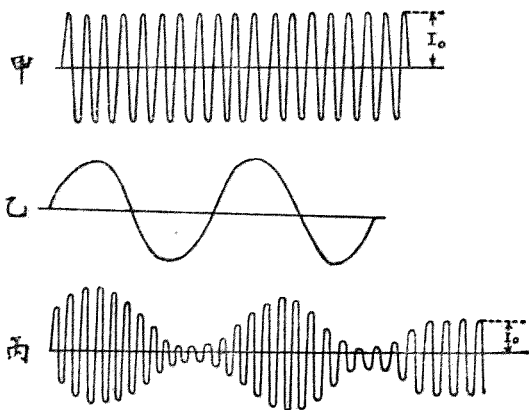
用電子管以作無線電話之傳發，其調幅之法，概別有三，茲分別述之如次。

(一) 電力耗收法 *modulation by power absorption* 此類法則為最普通而最簡單者，即

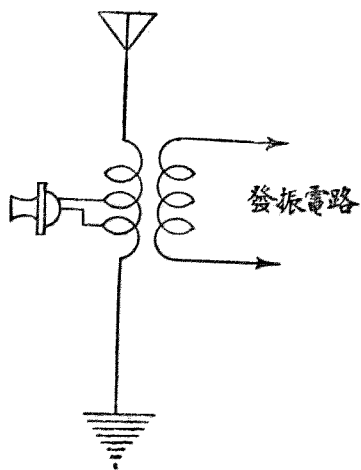
如前節所述，將話筒直接接入天線電路之類是也。用一電子管照前述，任何式發振管電路聯接之，俾發生振流。如第一百二十四圖， V 為發振電子管，圖中所表示者為哈特力 (Hartley) 氏接法。 V 管發生之振流為滿幅波，將此項振流用 L_1 感應線圈以之配合至感應線圈， L_2 而傳至天線電路 $A L_2 M E$ 。 M 為話筒。當話筒靜止之時（意即未向之說話時），天線電路之電流狀況如第一百二十五圖甲所示。此即吾人所謂之載波 (carrier wave) 今若向話筒說話，話筒中之炭



第一百二十四圖

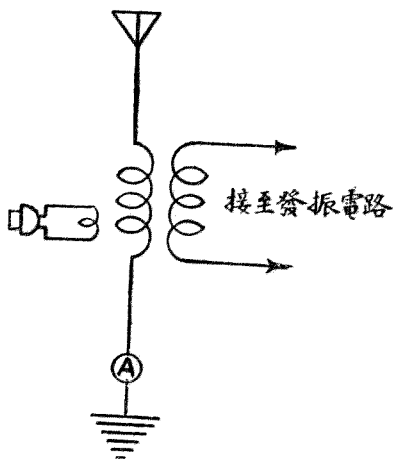


第一百二十五圖



第一百二十六圖

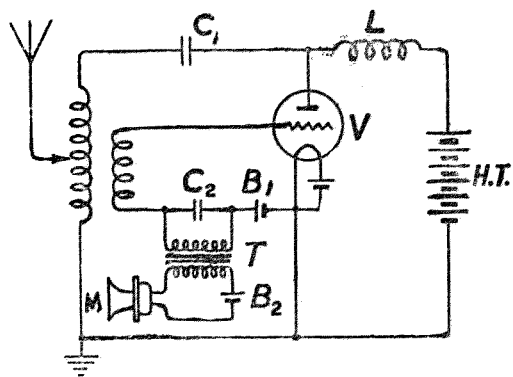
精粒受聲浪之振動而亦振動，其電耗阻量因振動而發生變化。話筒既接入於天線電路之中，天線之電流乃隨耗阻量之變化而亦變化，其變化之程度，完全視聲浪之如何變化為定。設聲浪之變化為簡明計為一音叉所發出之正弦波，如第一百二十五圖乙所示。天線中之電波乃成為如丙圖所示。此即所謂調幅波也 (modulated wave) 天線電流原為滿幅，今因話筒耗阻變化之故，波形成為凹凸，蓋其一部分之電流已耗收於話筒中之耗阻量矣。致此種調幅之成功係利用耗收其一部分電力，故其調幅法因名為電力耗收法。此種法則，效率極低，且電力一大更不適用。雖發話話筒可設法用感導配合 (conductive coupling) 如第一百二十六圖，或感應配合 (Inductive coupling) 如第一百二十七圖，以之聯接至天線電路，但其效率增加有限，實際仍不甚採用之也。



圖七十二百一第

(二)調準柵極電路電壓法(modulation by variation of the operating grid voltage)

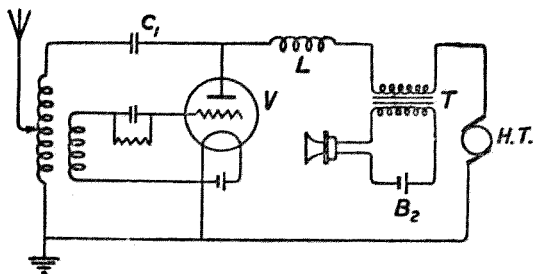
本法簡稱柵極調幅法(grid modulation)無線電話之調幅而採用此種法則者，常用一傳話變壓器(microphone or speech transformer) (第一百二十八圖中之T)而將其二次線圈(secondary winding)接入於柵極電路中，其一次線圈則連接至電池 B_2 與話筒M。話筒說話時，一次線圈中電流發生變化，其變化情狀，完全與聲波相應，故可名之為傳話電流(speech current)。此傳話之電流感應至二次線圈，結果，柵極電路之電壓因趣同樣變化。吾人已知柵極電路有控制電子管出電路電力之能力，今天線電路為與電子管之出電路相配合者，故話筒電路中之傳話電流自能使天線電流亦生同樣變化。圖中 B_2 為電池為供給話



圖八十二百一第

筒電流之用， B_1 爲調準柵極電路電壓使至合宜點之用。（仍可採用他法代之如前第 58 及 60 圖所示者） $H.T.$ 爲高壓直流電源，供給電子管 V 屏極電路之用者。 C_1 爲高壓固定電容器，以阻止高壓直流短路（short circuit）之用。 L 爲高週波遏阻線圈（radio frequency choke），用以遏制振盪電流，流入高壓電源者。本段所述之調幅法，使用尙易，惟調幅度極低，因當柵壓過負時電子管有停止發振之虞也。故調準之時，須十分小心，使柵極電壓工作在一最宜之點。但實際上此項調準頗爲困難。故用此類電路爲無線電話之傳發，而能得美滿之聲浪者，尙不多觀也。

（三）調準屏極電路電壓法（modulation by variation of the operating plate voltage）本法簡稱屏極調幅法（plate modulation）其最顯明之接法，爲將話筒電路接入於電子管 V 之屏極電路，以變易屏極電路之電流，如第一百二十九圖所示，夫



圖九十二百一第

屏極電路之電力既為電子管發振時之電源。今電源之電壓變化，則其輸出電路，以至於天線電路之電流，當然亦隨之變化，而調幅之能事於焉以盡。此種調幅之法則，為三法中之比較最完善者，實際上如再加以若干之改良，可適用於強大電力之發射，（如完全按照第一百二十九圖之接法，則其最大限之電力，約為五瓦特。）故現今無線電話機中多採用之。

前述三種調幅法則，實為用電子管作無線電話時調幅之基本法則。吾人可由此種基本法則中，另加改良變化，而得新式之電路也。例如第一百三十圖所示，雖話筒接入電子管 V_1 之柵極電路中，其實為一電力耗收法之調幅電路也。第一三一圖所示為柵極調幅之又一種線路也。第一三二圖所示儼若柵極調幅之電路，而實為一屏極調幅之電路也。茲為便於讀者分析起見，將調幅部分，另用虛線表

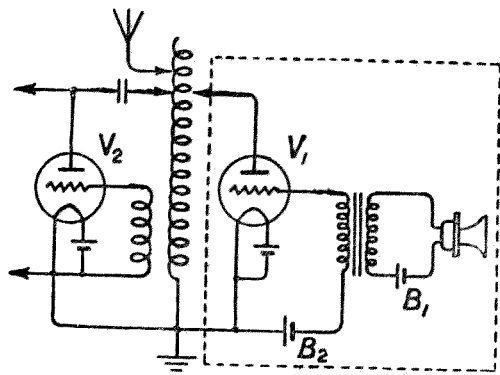
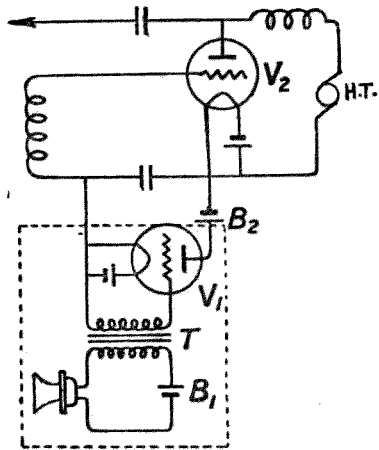
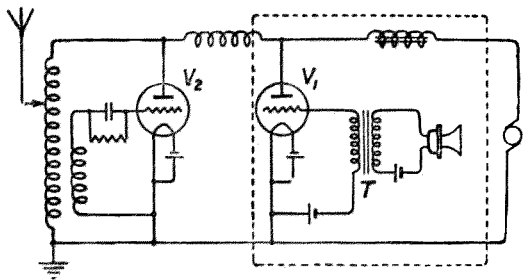


圖 十 三 百 一 第

出之，然後再加以詳細之攷求，當不難知其分別之處也。又第一百三十二圖所示即為甚著名之海新氏調幅法(Heising system of modulation)。此外，尚有種種調幅電路，茲因限於篇幅不贅焉。



圖一十三百一第



圖二十三百一第

(四)單獨旁波之發射。無線電話機在發射之時，除有載波外，尚有兩種旁波之發射，已述如前。假定命 f 爲載波之週率， f_1 爲調幅時之週率，則此兩種旁波一爲 $f+f_1$ ，一爲 $f-f_1$ ，前者爲上旁波 (upper side band)，後者爲下旁波 (lower side band)，以實際言之，載波 f 初不過供載是項旁波之用，如能於收音方面供給之，亦未始不可，與電話之真象決不發生影響也。又上述二種旁波中之任何一種，已能完全代表電話之真相，故祇傳射一種旁波，亦決不致影響電話之失直也。因此之故，吾人有時可於無線電發電機中將其載波及某一種旁波去除，而祇發出一種旁波，亦能同樣盡發話之能事，此種發射，名之爲單獨旁波發射 (simple side band transmission)，既可省減電力之消耗至百分之八十左右之鉅，復可減低耗帶之調度使電波路線可以加多，擾亂可以減少，此長距離無線電話之通信，均採用此種方法之發射也。

(五)各式無線電話機電路發展之情形。最初之廣播無線電話發音機多採用自勵發振電子管式，其天線中之電力，卽直接由該發振管供給之，其調幅之法大都爲海星式，惟海星式之最大調幅百分數，爲自 15% 至 30%，且其發振管之週率，不能十分穩定，爲其最大之缺憾，厥後乃採用一

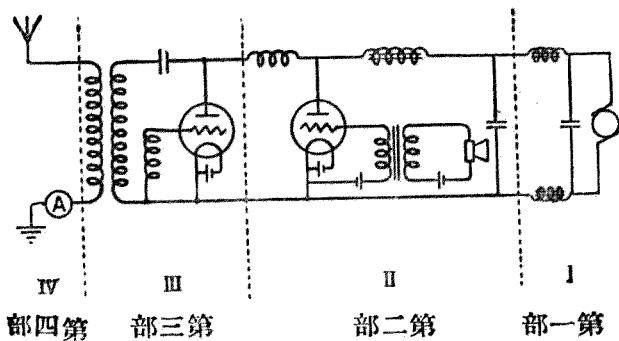
主振電子管以代替自勵式之電路，電波週率乃漸穩定。自晶體控制電路發明，其效率較主振式者更高，此所以今多採用晶體控制之電路也。但此類晶體式之機件，其設置費與維持費均異常昂貴，不合經濟原則，殊為美中不足。自乙組成音週率擴大器發明，以之調幅於丙組射電週率擴大器之屏極電路，結果機件電力可以減小，而效率反見增加，目前此類組合為一般人所重視，公認為在無線電話機中最新式最完善之電路也。

揚聲機 前節所述之耳機，固能盡收音之能事，惜其音浪微弱，不合供多人收聽之用，自廣播之事業興，此種需要，更見增加，乃有揚聲器 (Loud speaker) 之發明。

第三節 無線電話電路之分析

由前述種種電子管之電路觀之，甚覺其電路之複雜，不易明了。茲為便利研究起見，如第一百三十三圖所示，將電路分析之為四部，則自覺其清晰而易於了解矣。其四部電路：一為電力供給部，即高壓之直流電源，該部電路中所有電力，均為直流電，故另為一部。二為調幅部，即話筒及其附屬

品所組成之電路，用以發生成音之電流者。該部電路中所有電力一部分為直流電，一部分為低週波電流，而決無高週波電流之存在。第三部為發振部，即為滿幅高週波電流之發祥地。該電路中之電流有直流電流，或低週波電流及高週波電流。第四部為天線部，即發生磁電波之電路以傳達於四方者。該電路中之電流為高週波電流，惟因受調幅部之作用，其所有電流振幅均經變化，即所謂調幅是也。因此調幅之電流傳至於收音機，而吾人所聞者始為成音之電話，而非前章所述之摩爾斯號碼所謂無線電報者矣。



圖三十三百一第

