

短波发报机

短波發報機序

世界科學之演進，必由研究而實驗而應用。應用之後再求改進，斯發現更新蹊徑。於是再由研究實驗而臻乎應用，如是循環進展，將永無止境。惟在此進展之過程中，締造增益，昭融昌大，斷非盡一人之智力能著效，亦非盡一代學者之精神能奏功。是必欲集古今中外學者積世累葉，切磋研究，方克有濟。前規垂遠，載道以文，斯學者著述尙矣。原夫無線電學，自麥克斯惠窮究數理而倡電磁波動之說，惟時在公歷一八六三年。哈慈本其學說，證之實驗，則在公歷一八八七年。馬可尼卽此實驗，更應用之爲人類交通利器，則始于公歷一八九六年。是古今人學術之一貫繼承，必有賴夫載籍。設書闕有間，則年湮代遠，保無傳聞異辭之憾乎。迨夫無線電已臻商用，更欲求通信距離之遙遠，益復縱事於電力之擴大，故當時發報台有達千呎以上者。顧強電力之發射機構造龐大，所用天線或且長數里，高及千尺，殊不合工程經濟。乃羣起研求波長之縮，以期機器簡小，而束射等之理想亦可實現。歐美其餘無線電家，更從事短波試驗，迨既獲效，各國政府又從而施之商用。故短波無線電之成功，亦斷非出之一人之

力。然彼研究與試驗者，散處各國，乃仍得互資觀摩，交相繼述，則又賴乎各國學者著述以爲溝通。我國對於近代科學，素稱落後，習無線電者競奉西籍爲圭臬，而無獨立著述。友人邱夏二君恥之，爰發大願，合撰短波發報機一書行世。於歐美各國機器之原理，介紹靡遺，而對於本人經驗心得，尤闡發詳盡。國人之有志攻習無線電學者，獲茲一編，既足爲他山之攻錯，又可爲解惑之師承。異日國人士苟於無線電界闢有更精晉之蹊徑，則推輪大輅，茲芟芟者之懋績，窮規可傳也。民國二十二年八月張承祜序於交通部國際電台。

編輯大意

自無綫電創始，工程浩大之水綫，遂有所代替。最近短波興用，而糜費鉅萬之長波電台，亦漸歸淘汰。良以現代科學建設，均以效率與經濟二者為基本原則。短波電台，以不足二十瓩之輸出電力，即可超越千萬公里之距離，而毫無障礙。較之昔日長波，動須數百以至千瓩之電力者，其節省奚止數十倍。是故今日世界各國之無綫電通訊，已一致趨向短波無疑。我國之無綫電事業，創辦迄今，雖亦近三十年。但以前長波時代，毫無成績可言。直至六七年前應用短波，及三年來國際短波大電台，相繼成立，始引起社會一般人士之注意。及至今日，短波電台，已能遍及全國各大都市。專門學者及服務電台人員，年有增加。而研究無綫電之書籍雜誌及報章等亦漸多。惟關於最切要之短波無綫電專著，尚付闕如。有志研究者，必須借助外國書籍，否則幾無問津之途，實為美中不足。著者等有見於斯，不自揣譾陋，爰於服務餘暇，搜集歐美無綫電名著，暨中外各種雜誌，擇其要者，草成此篇。舉凡短波發展之歷史，傳遞之情形，發報機件之原理構造與使用，天線之計算，以及檢音器測週器等，均於可能範圍內，詳細闡

明。尤以定向天線及輸送線，爲短波發報機之特殊設備，故討論更詳。至國際電台，爲我國近年來最大成功建設之一，其發展之經過，組織之內容，與大機件之構造，當爲國人所樂知，茲均詳加說明，以期不負本書之使命。他若超短波，爲近年來無線電界之新供獻，且有關軍事與科學之研究，故特闢專章，介紹於國人焉。然掛一漏萬，勢所難免，尙望海內科學專家，工業先進，教而正之幸甚。是書之成，賴國際電台諸同仁之輔助者爲多，尤感現任國際電台管理工程師張承祐先生之懇切指教，並承撰序題字，藉以生色。此外又蒙我國著名無線電機製造者中華三極銳電公司惠贈各種圖照及說明。至書內各種圖表，則承邱林南先生精細繪製，均所深謝。民國二十二年八月邱越凡夏承樞識於國際電台楓林橋發報台

短波發報機

目次

第一章 總論		頁
第一節	短波發展史述略	1—5
第二節	短波在我國發展之經過	5—9
第三節	短波之傳遞	9—16
第四節	短波發報機之種類	16
第二章 自振盪式發報機		
第五節	振盪原理	17—24
第六節	發報線路	24—40
	1. Hartley 線路	25—28
	2. Colpitts 線路	29—33
	3. Meissner 線路	33—34
	4. Armstrong 線路	34—36
	5. Mesny 線路	36—38
	6. 自整流線路	38—40
第七節	構造概述	40—57
	1. 真空管之選擇	41—44
	2. 線路之解剖	44—45
	3. 報鍵之設置地位	45—49

	4. 各種零件之構造	49—53
	5. 電源之供給	53—57
第八節	調準方法	58—70
第九節	發報機弊病之檢舉	70—75
第十節	各種實用短波發報機	76—86
	1. 攜帶用輕便發報機	76—78
	2. 150Watts業餘發報機	78—80
	3. 250Watts國內電台所用之發報機	80—81
	4. 500Watts商用發報機	81—83
	5. 1500Watts長短波發報機	83—86
	6. 2000Watts國貨短波發報機	86

第三章 主振盪式發報機

第十一節	勵振器及穩定週率之方法	87—104
	1. 石英控制振盪器	90—98
	2. 他種穩定週率方法	98—104
第十二節	擴大器及平差線路	104—111
	1. 擴大器及倍週器	104—106
	2. 平差線路	106—111
第十三節	構造概述	111—117
第十四節	調準方法	117—121

第十五節 交通部國際電台設備概述	122—148
1. 組織概況	122—123
2. 楓林橋發報台	124—130
3. 中美電台	130—137
4. 中法電台	137—144
5. 中英電台	145—148

第四章 短波發報天線

第十六節 交流電在導線上之傳遞	149—169
1. 機械振動在繩上之傳遞情形	150—158
2. 交流電在導線上之傳遞情形	158—169
第十七節 普通天線	169—185
1. 天綫本身波長之計算	170—173
2. 輸送方法	173—182
3. 天綫之構造與應用	182—185
第十八節 定向天線	185—228
1. 定向天線之利益及其種類	185—188
2. 電波鏡原理	188—191
3. 電波簾定向天線之原理	191—201
4. 定向天線各部名稱及計算放射強度 之單位	201—206

5. 定向天線電流之供給方法……………206—222
6. 定向天線之構造與應用……………222—226
7. 定向天線之調準方法……………226—228

第五章 超短波發報機

- 第十九節 波長在一公尺以上之振盪器……………229—233
1. 週率56mc. 之振盪器……………230—231
 2. 1m.至1,5m.之超短波振盪器……………231—233
- 第二十節 由電子振盪產生超短波之振盪器……………233—239
1. Barkhausen-Kurz之振盪器……………233—235
 2. Gill-Morrell之振盪器……………235—236
 3. Scheibe之兩管振盪器……………236
 4. 真空管內電子振盪之理論……………236—239
- 第二十一節 超短波之特性及其應用……………240—241

第六章 檢音器及測週器

- 第二十二節 檢音器……………242—245
- 第二十三節 測週器……………246—255
1. 吸收式測週器……………246—251
 2. 外差式測週器……………251—255
- 附錄 新式由長線控制週率之發報機……………256—266

短波發報機

第一章 總論

第一節 短波發展史述略

在一九二〇年以前，無線電學者，均以爲二百公尺以下之電波，不能適用於遠距離之通訊，緣其有多種吸收因子 (Absorption factor) 也。惟該時有少數之業餘家，已開始作二百公尺以下短波之實驗。其中最早者，如美國之 Boyd Phelps 氏，曾試驗一種三十三公尺之火花式發報機。惜當時無一人能以此種波長，與之通訊。直至一九二〇年，在 Hyattsville, Md 之 Harry Lyons 氏，及在華盛頓之 Kruse 氏，二人方始成功雙方通訊。所用波長爲一百九十公尺。次年，二氏復各在原地，改用真空管發報機，互相通訊。波長減爲一百六十公尺。二氏之試驗，當爲短波通訊成功之嚆矢。

一九二一年八月，在 Brookline 之 J.C. Ramsay 氏，與 Boyd Phelps 氏，亦用真空管發報機，成立雙方通訊。所用波長更短，爲一百十二公尺。同年 Boyd Phelps 氏又與 Pittsburgh 之 Conrad 氏通訊，波長僅九十公尺左右。

雖有上述顯著之事實，一般無線電專家之意見，仍以爲在二百公尺以下波長之通訊，用真空管發報機，難以實

現。然此時又有 John Rineartz 氏，發表其用真空管之短波再生式收報機 (Regenerative receiver)，可收二百公尺以下之波長。

一九二二年，因短波試驗之發展，美國商務部決定業餘無線電家通訊波長，限用一百五十至二百公尺。但少數特許者，得用較長之電波。

一九二三年三月，Kruse 更進而試用一百公尺之波長，以考查其傳遞之效果。因是而引起業餘者，羣趨一百公尺波長之研究。同年五月份之美國 Q.S.T. 雜誌，發表聽到波長自八十公尺至一百九十公尺之電台，共有廿六處。

以上所述，均係美國業餘無線電家，對於短波通訊努力之成績，其試驗範圍，亦不出美國大陸。惟同時歐州諸國，對於短波之興趣，亦頗濃厚，因而短波之越洋通訊，遂在業餘無線電家朝夕企劃之中。在一九二一年春間，英美雙方，已作最初試驗，不幸毫無成功。迨同年十二月，重行試驗，結果竟有三十餘美台之信號，為英國收得。於是般人大為驚異，而短波不能致遠之成見，由是打破。次年十二月，復作試驗。除多數美台為歐州所聞外，歐州亦有兩台，為美所聞。緣此時美國發報台極多，而歐州則寥寥數處而已。然此均係單方通訊之成功，至歐美兩方之相互答問，則直至一九二三年十一月廿六夜間，始初次告

成。當時雙方主事者，一爲美國 West Hartford 之 Fred Schnell 氏，一爲法國 Nice 之 Leon Deloy 氏。所用波長，爲一百公尺。同日夜間，Fred Schnell 發報機製造之襄助者 Rineartz 氏，亦與法國 Leon Deloy 氏，成立通訊。

在此期間，美國海軍無綫電界，對於業餘者短波通訊之發展，異常注意。海軍無綫電工程師 Dr.A.Hoyt Taylor，即從事作短波試驗，與業餘諸電台通信，頗著成效。氏嘗云“今日之短波工作中，似以週率有 3000K.C. (波長一百公尺) 左右之波帶，爲最有趣味。此種週率訊號之接收，強度奇大。使人相信普通之傳遞定律，決不能應用於此種波長。余意大氣上部之電離空氣層 (Ionized layer of atmosphere)，對於此種電波，當有一極完全之反射作用存在焉。”

一九二四年，氏由多次試驗之結果，遂成立其短波越遠理論 (Skip distance theory of short wave)。

同年七月，H.S.Shaw 發表晶體控制振盪器 (Piezo-electric oscillator) 之應用，此爲晶體控制短波發報機之嚆矢。

同年八月，F.E.Blierly 氏作更短波長五十公尺之通訊試驗。繼之者，有 Rineartz, J.H.Lee 等多人，作四十公尺波長之通訊，於日間結果頗佳。

在此期間，適有日蝕。業餘無線電專家，羣趨于二十，四十，至八十公尺波長之試驗，以研究日蝕對於短波傳遞之影響，但結果並無發現何種特別現象。

一九二五年末，短波在活動船體之通訊，亦由 Fred Schnell 氏之試驗而告成功。

因短波通訊實用之逐漸發達，而需要特殊之真空管，其內部各極間之電容量，宜甚微小。三極管之發明者 Lee De Forest 氏，於一九二六年二月，創製適合此種條件之真空管。

愈有所得，愈不自滿。業餘無線電家，依舊邁進，努力不怠。所用波長，愈趨愈短，漸入於十公尺以下之所謂超短波 (Ultra short wave) 範圍。一九二六年七月，Boyd Phelps 氏，在 Grasmere, Staten Island 以五公尺之波長，與在 Glasetonburg 之 Kruse 氏通訊。兩地之距離，為一百二十英哩。試驗結果，唯于天氣晴和時，方有成效。如發報台週圍，有霧氣時，信號即忽強忽弱，終致消失。同時西部海岸電台，更有作一至五公尺波長之試驗者，通訊能達二十英哩左右。

在此期間，歐州之業餘專家，亦有作五公尺波長之試驗者。Philipini 大佐，曾在一千六百英哩之距離，接到意台 1ER 之信號。

一九二七年七月，Krusse 更進而試驗波長 $\frac{3}{4}$ 公尺之發報機。

一九二八年春，Krusse 在 Santa Monica Calif. 及 New Orleans 兩地，收到 Jamaica, N.Y. 之信號，波長爲五公尺。

關於超短波發展之過程，詳見後第五章，茲不具述。

綜上所述，大都爲美國業餘無線電家，對於短波通訊之研究，及其發展情形。同時他國業餘專家，作同樣之努力者，亦不在少數。故當時全球各處，均能以短波成立通訊。短波無線電，遂由研究而入於實用之途。自馬可尼 (Marconi) 氏創製束射天綫 (Beam Antenna)，應用光學原理，使電波經反射作用 (Reflection) 集中放射于極狹角度內，能以甚小之電力，達極遠之距離，於是短波之效用益著。因此今日無線電之交通，除特種情形，仍有保用長波外，大抵一致採取短波，以其費廉而效宏也。

第二節 短波在我國發展之經過 (1)

我國無線電事業，始創迄今，雖亦近三十年。然于七八年前，爲應用長波時代。且以種種內政腐敗原因，致虛糜鉅萬國幣，而毫無成績可言。直至民十五年，國軍北伐，軍隊中首先試用短波無線電機，頗着成效，遂引起一般人

(1) 參閱中國建設第六卷第一期鍾鏗著‘中國之無線電事業’及

王崇植譚震合著‘無線電與中國’

士之注意。今日我國無線電事業之勃興，亦以此爲起點。

十六年國軍克復寧滬後，先於上海廣州，設立臨時短波電台，以通前後方軍事消息。繼復成立無線電機製造廠，及無線電訓練所。由國內無線電專家主其事，從事製造新式短波機器，及培養機務報務專門人才。一年之內，進步極速，成績斐然。唯此時無線電隸屬軍事委員會，實用亦限于軍事範圍，及交通部成立，即設立無線電管理處，負責籌辦，並製定通信網，以期逐步發展全國無線電交通事宜。同時建設委員會，見於無線電應用之便利，亦設立短波電台，收發商報。此外各省市地方政府之自行設台通報者，尤不一而足。在此當日，各方雖曾發生權限之爭執，但此新興之短波無線電事業，反因互相競爭，而日益發展。迨至十八年八月，建設委員會無線電，移歸交通部後，事權漸趨統一。截至最近止，交通部所屬國內電台，都五十餘處。一切商業，金融，政治，軍事等消息，莫不藉此而暢通矣。

以上所述，係短波無線電在國內發展之經過。至於我國之國際通訊，向操持於大東，大北，太平洋等水綫公司之手⁽¹⁾，各使館及租界地更多擅設長短波電台。除傳遞軍政消息之外，甚且兼通商報。主權僥落，抗爭無效。民

(1) 最近已由交通部收回一部份主權

$$K = 1000 W.$$

國十五年前，國家多故，戰亂相尋。惟東北地處關外，未受政局之影響，得以從容建設。因於十六年末，在瀋陽裝置德律風根 (Telefunken) 10Kw 短波發報機一座，直接與德國通報，此為我國自營國際通訊之第一聲。後該台逐漸擴充，添購德律風根 20 Kw發報機，及美國無線電合組公司 (R.C.A.) 20Kw 短波大電台各一座。與歐美各國通訊，成績甚優。不幸此偉大之國際通信機關，於九一八瀋變時，墮於日人之手，言之良堪痛心。

至中國內部，則于十八年二月時，建設委員會先以自製之機件，與菲列賓通報，並以該處作對世界通訊轉報之中心。同時交通部，亦成立中國至西貢之通報，作國際通訊之籌備手續。十七年末，建設委員會曾向美國R.C.A.公司，訂購20Kw短波定向大電台二座，與瀋陽者同式。預備一通美國，一通德國。後復向德律風根公司，訂購2Kw短波電台四座，供國內聯絡，及香港南洋羣島等地之通訊。交通部則于十八年初，向法商長途電話公司，訂購15 Kw短波定向大電台一座，預備中法通報。迨同年八月，建設委員會之無線電事業，歸併交通部接辦後，遂以中美中德中法三電台，合併裝於真茹一處。至德律風根四機，則設於滬西楓林橋。收報機，均在瀏行一處。總收發處，則設在上海外灘沙遜大廈。各處工程，積極進行，先後完

成。十九年四月，楓林橋電台，正式與香港，菲列賓，爪哇等處通報，同年十二月，真茹中美中德兩機，正式通報。二十年二月，中法機正式通報。諸台成立迄今，不過二三年，賴各方主事人員，以堅強不撓之精神，努力求進，工作不懈，故業務進展極速，頗受中外人士之重視。尤可稱者，當去年一二八滬戰期間，各電台適處軍事區域，形勢危亟，幸賴一方主管人員，策劃得宜，苦心維持，一方服務人員，奮勉從公，不避艱險。結果竟未使報務一日中斷。此非獨見譽國人，亦且受海外鄰邦之噴嘆，（美國無線電報務聯合會嘗特致賀電）是又難能可貴者矣。

國際電台，現復從事擴充，蓋以歐州報務，英爲最多，向由巴黎或柏林轉達，遲延遺誤，勢所難免。交通部有鑒於此，因於本年初，向英國馬可尼無線電公司，訂購20 Kw 短波定向大電台二座。發報機將與其他電台併裝于真茹。收報仍在瀏行。現正積極建築基礎工程。預計本年底，可以全部完工，正式通報。將來並擬通行歐亞兩大洲之無線電話，是則又爲我國對外通訊之一新發展矣。

綜上而觀，短波無線電之於我國，在數年中，由國內而至國際通訊，均得次第完成，是其進步之速，可爲我國各種新興事業之冠。推其原因，則（一）由於短波之費廉效宏，適合我國之國情。（二）由於各專家之努力提倡，不遺

餘力，有以促成之也。迄於今日，全國電台，合交通陸軍海軍航空航海以及其他機關而言，不下數百處，可謂盛矣。然吾人不可以此爲滿足，宜作更進一步之努力。茲就管見所及，略述一二，以資研究。第一我國幅員廣大，交通阻塞，爲貫通各地聯絡起見，尙有推廣設立無線電台之必要。第二當今所有之短波電台，屬於交通部者，對於週率及呼號之規定，行政及機器之改進，均有清晰之系統與完善之計劃。但其他電台，往往有任意採用呼號週率，各不相謀，以致互起干擾，而妨礙無線電事業之發展。是故今日亟應會同各方，謀一統籌辦法。若能達到使各種業務之電台均由一機關管理，則發展之易，可無疑義。惜在今日我國之政局，決難希望於短期間之內者也。第三無線電事業，日新月異，進步極速。歐美各國，對於提倡改良之道，無不盡力求之。反觀我國，無線電專門人材，尙感缺乏。機件則除少數能自行製造者外，大牛均採自外洋。欲圖補救此種缺點，則宜培養人才，獎勵製造，以應將來無線電在全國普遍發展時之需要。

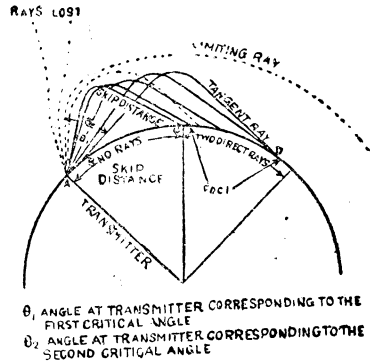
第三節 短波之傳遞

短波前進時，在地面上，常遇多種吸收因子。故其能力消失極速，不宜達遠。然事實則正相反。吾人以數百瓦之電力，常能達數千公里之通報距離。是其傳遞，必有特

異之現象，而與長波不同者也。今試以下列之實驗方法考之。吾人取一甚靈敏之收報機，自發報台出發，沿一直綫前進。初時收得之音號，由強而弱，減低極速。及至數十英哩外，即完全消滅，此時雖加強放射電能，亦無多增益。如仍前進，至數百或數千英哩外，音號忽又重顯，且甚強烈，瞬即達於最高點。再遠則又逐漸衰落，但極緩慢。此種現象，隨波長，時間，月季等而有顯著之變化。與普通長波之傳遞情形，顯然不同。學者因而思及短波之傳遞，與空氣或有密切之關係。前已述及美國海軍工程師 Dr H. Taylor 之意見，謂大氣上部之電離空氣層，對於短波，當有甚完全之反射作用存在。其後經多數學者，引伸其意，而成一比較完全之理論。今略述之如下：

短波自天綫射出，係向各方前進。其沿地面而進行者，稱為地波 (Ground wave)。因受地面強烈之吸收，能力消失極速，瞬即達於收報有效值(10 microvolts/meter)之下。吾人於發報台附近所收得之音號，即係由地波傳達者，故強度之減低極速。此外向天空射出之電波，稱為天波 (Sky wave)。在適當角度內，能受電離空氣層之屈折或反射作用，而重回至地面之遠處。且以未受多量之吸收，故具有異常強烈之電能。圖中，A 為發報台所在地。AB 為地波所能達之範圍。CD 部份為屈折波所及之區域。在

BC 所包含之面積，不能收得音號，故名靜默區域 (Zone of silence)。
 至 AC 之距離。則稱為越程 (Skip distance)，即由發報台至最近音號重現處之距離也。越程之長度，依波長，時間，月季，而有顯著之變動。但與發報機之電能，無甚關係。一般言之，波長逾短，則越程愈大。冬日較之夏日，夜間較之白晝，越程亦均加大。下表為 Taylor 氏，日間實驗之結果。



第 1 圖 短波之傳遞現象

波長	越程 (約數)
15 m.	2000 Km.
20 ,,	1000 ,,
32 ,,	500 ,,
40 ,,	400 ,,

自 50 以至 70 公尺之波長，在日間已難查出越程之存在，但夜間常能重顯。其理由似波長愈長，則反射波離發報台亦愈近，終至與地波相連接，而越程之存在，遂消滅不見。

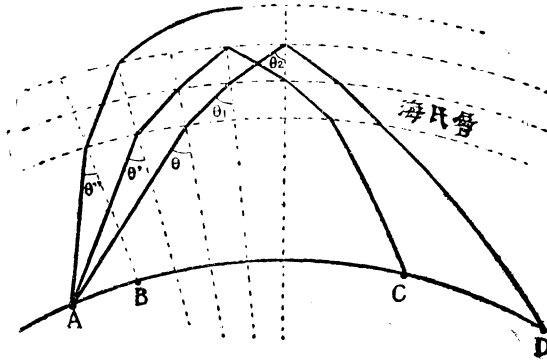
若吾人欲解釋此種現象，則宜明瞭電離空氣層之構成，及其使電波屈折或反射之情形。

所謂電離空氣層，亦稱海氏層 (Heaviside layer) 者，

爲英人 Heaviside 及美人 Kenelly, 在一九〇二年, 所創之假說。意謂在空氣中, 常有自由負電子 (Free negative electron) 及正游子 (Positive ion) 之存在, (正游子即中性 (Neutral) 氣體分子之有負電子脫去者) 以至構成一種半導體式之電離空氣層。其主要成因, 則以受太陽紫外綫之照射, 使中性氣體之分子, 自行分解。再則自太陽黑點, 有速度極高之電子流射出, 以其衝擊之力, 亦能使氣體分子, 起分離作用。且此種電子流, 在接近地球時, 常受地磁 (Earth's Magnetism) 之影響, 而沿地繞行大圈。因之彼等能衝入未受陽光之地帶, 而造成夜間海氏層之電離作用。在同一情形下, 海氏層中電離程度, 與其高度成正比例。即愈入高處, 空氣中所含之正游子及自由負電子愈多。據計算, 最大密度, 日間約在三百公里之處, 夜間則約在九百公里。而冬日亦較夏日爲高。此與陽光之多少, 及氣體之稀密, 當爲直接之因果。而越程隨時季之變化, 亦易於解釋。今試述電波受海氏層屈折或反射之理論。

英國學者 Beales 氏, 曾證明空氣中之電離現象, 能使屈折指數 (Refraction Index) 減小。設此說可信, 則當高週電波, 射入海氏層中時, 將隨電離程度之增加, 而逐步屈折。換言之, 其投射角逐步增大, 終至受全反射 (Total Reflection) 而重反至地面。吾人可設想此種現象與光波極

相類似，而以下圖簡單表明之。



第 2 圖 電波在海氏層屈折之情形

如圖， θ 爲投射角 (Incident angle)，愈入高層，其值愈大，亦即屈折愈甚。在電波初步射入海氏層時， θ 值愈小者，反射波及地之點，離發報台亦愈近。至 $\theta = \theta'$ 時，反射波及地之 C 點離發報台最近。 θ' 稱爲第一界角 (First critical angle)。但 θ 較此 θ' 更小時，C 點又漸遠。及最後至 $\theta = \theta''$ 時，放射波在海氏層中，雖能屈折，但不能重回地面。此 θ'' 稱爲第二界角 (Second critical angle)。即投射角 更小之電波，均消失於空間，而不能利用，故稱爲損失綫 (Lost rays)。再屈折指數 n 與波長 λ 之關係，據計算設 N 爲每單位容量氣體中游子之數目，則在某電離空氣層中 $N=10^5$ 時，有如下之公式：

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{75}\right)^2}$$

此公式祇能適用於 75 公尺以下之電波。

若投射角 θ 之值，使 $\sin \theta = n$ 或 $\cos \theta = \frac{\lambda}{75}$ 時，投射波即受全反射作用。故小於此角度之投射波，不能重反地面。此外有較大投射角之電波，均能經反射及地也。

若用此假說 (Hypothesis)，研究靜默區域及越程之變化，甚為明顯。如前圖，電波自 A 點出發。其切近地面之電波，以最大之投射角，射入海氏層，經層層之屈折後反射至地面 D 點，(地弧與切線相遇點)。另一方面，以 θ 角度投射之電波，將重回地面，落至距 A 更近之 C 點。設 B 點為地波所能達之最遠處，則 B、C 二點間之部分，當然為靜默區域，而不能收到音號。再則海氏反射層愈高，則 C、D 二點離 A 點愈遠，此理甚明。故越程 AC 及有音號區域 CD 冬日及夜間，較之夏日及日間均大，亦不言而喻。由上式 ($\cos \theta = \frac{\lambda}{75}$)，復可證明波長 λ 愈短，則投射角 θ 宜愈大。故必有一界波 (Critical wave) 使 CD 二點，合而為一。此波長度，約在十公尺左右。即在此值以下之電波，均不能反射，只能由地波傳達甚短距離。後第五章言超短波，不能致遠原因，亦可由此說明。

短波除越程外，尚有數種特異現象，今分述如下。

衰落 (Fading)。——信號之暫時間完全消滅或減弱，稱為衰落。此種現象，與波長，時間，及地點有密切之關係，但其變化極不規則，其成因可由波之干涉 (Interfer

ence)作用說明。設於A點置一發報機，B點置一收報機。放射波沿地面傳達者，經過路程 a 。反射波則經路程 a' 。如 $a' - a = 2K \frac{\lambda}{2}$ ，(K爲一整數)，則B點可接到強烈之音號。今變 λ 之值爲 λ' ，使 $a' - a = (2K + 1) \frac{\lambda'}{2}$ ，音號即告消失。再令 $\lambda = \lambda_2$ ，使 $a' - a = (2K + 2) \frac{\lambda_2}{2}$ ，則音號復現。以此類推，已知 λ 及 a 之值，因而可得 a' 之值，及海氏層之高度。

重反射 (Multiple Reflection)。——某種波長之電波，在某時間，經反射落地後，尙能復回天空，作第二次之反射，而重落地。吾人於靜默區域，及反射區域外更遠之處，有時亦能獲得音號者，即係重反射電波之作用也。

回音 (Echo Signals)。——吾人有於極短時間內，兩次接到同一之信號。其第二次收到者，稱爲回音，以其類似聲學中之回音現象也。其成因係電波或自反對方面繞至，或由同方向繞地球一週或數週而重至接收機者，亦有因得到較長之時差 (Time interval) 約數秒鐘，而謂電波或能透出海氏層，至其他星球附近，而重行折回地球者。回音現象，多見於春末，以清晨及傍晚爲最盛。更由實驗而知，在十公尺至三十公尺以內之數種波長，最易發現回音。較大之波長。則屬罕見。此種現象，頗干擾音號之接收。如收發均用定向天線，可減小其分量甚多。

一般言之，短波之傳遞，甚不規則，至今尙未能完全

明瞭。上述海氏層之理論，比較上最近乎事實，最易于了解，而為多數學者所贊助。然實驗上，往往隨時可以遇到異常之現象，不能解釋。故若遽稱為不易之定論，則尚有待于更深切更完備之探討矣。

第四節 短波發報機之種類

當今各國所用之短波發報機，大別之可分兩種。一為自振盪式發報機 (Self-controlled oscillator)。一為主振盪式發報機 (Master Oscillator)。

自振盪式發報機，係以一個或兩個強力真空管所產生之高週率電流，直接輸入天線，作為發報之用是也。其構造甚簡單。唯所發出電波之週率，不甚穩定。收報以耳聽為限，不能利用自動快機，故通信之效率頗低。現在國內電台所用之發報機，以此類為多。

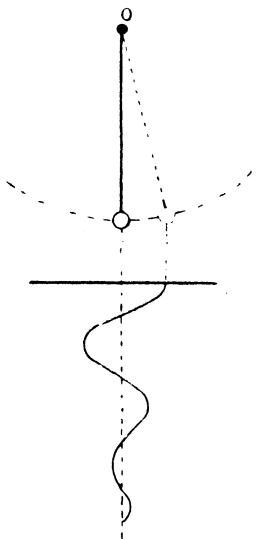
主振盪式發報機之構造，較為複雜。先由一小電力之真空管，產生振盪。再經數級倍週器 (Doubler of frequency) 及強力擴大器 (Power Amplifier) 之擴大，將最後所得之高週率電流，輸入天線，作為發報之用。此種發報機，因振盪器不受天線之影響，發出之電波，異常穩定。收發兩方，均得利用快機，通信之速率甚高。惟建設及維持經費，若電能甚強者，頗為浩大。現在交通部國際電台所用之發報機，則多屬此類。

第二章 自振盪式發報機

第五節 振盪原理

真空管能產生振盪之原理，各無線電書籍中，均有述及，原無重行解釋之必要。但使讀者，對發報線路有確切之認識起見，特將其較為重要之各點，從略申述如次：

今取一擺，(如第 3 圖)，離其靜止之垂直線，而任其擺動。幅度初時最大，繼則漸次減小。經若干時間後，復回到原來之垂直地位，而自行停止其動作。此種振盪，稱曰擺之自由振盪(Free Oscillation)。設劃一曲線，代表此

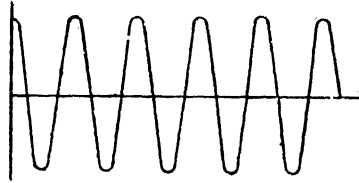


第 3 圖 減幅波之狀態

擺之動作，其狀態將如第 3 圖下端所指之減幅波。(Damped Wave)

。幅之漸減，因擺在擺動時，受空氣，磨擦等各種阻力，使初加之能力，漸次損耗。及其完全消滅後，擺之動作遂停。

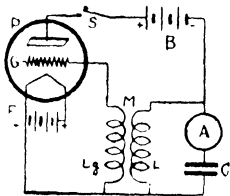
錶內之搖輪，(Balance Wheel) 亦擺之一種。然以其受一開放器(Escapement System)之控制，動作狀態，為第 4 圖所指之等幅波。(Continuous Wave) 開放器之作用



第 4 圖 等幅波之狀態

，在使搖輪擺動時，于每週相當期間，有一外來之能力加于其上，低償其各種損失，故振盪遂得保持不息。至能力之來源，則取給于另一原動力，即錶內之動力彈簧 (Main Spring) 是也。

今取一真空管，裝置如第 5 圖。若以電鑰 S 按下，屏絲間即有電流通過。于是屏線圈 L 之兩端，具一電壓，振盪電路 LC 內，遂有振盪電流 (Oscillating Current) 之產生。此為 LC 之自由振盪，其狀態為減幅波。



第 5 圖 振盪真空管
之裝置法

然以屏柵兩線圈 L 及 L_g 互相切近之故，屏線圈內既有電流通過，柵線圈 L_g 之兩端，遂產生一感應電壓，再依真空管之原理，柵電壓設有變遷，屏電壓亦隨之而變。而屏電流之變遷，復使屏線圈 L 之兩端，多加一自感應電壓。此後加之電壓，可有下列三種情形：(1) 若其值較原有者為小，則振盪為減幅，不久自行停止。(2) 若其值適等於原有者，且與之同向，則振盪可保持不

息。(3)若方向既同，其值又較原有者為大，則振盪得擴大。振盪既大，柵電壓復隨之而增高。如此循環作用，直至柵電壓達于一定高度，使真空管之工作點，往來於特性線之全部並達及上下兩彎曲處，此時屏電流不能再行增大，振盪之幅，遂確定矣。

由此觀之，可知真空管在相當情形之下，得發生振盪。且其狀態，為等幅波。至於屏電流之來源，則取給于 B 電池。柵之作用，乃使此外來電力，在相當期間，加諸振盪電路，作為低償其損失之用。此種情形，實與錶之作用，完全相同。振盪電路，猶如錶之搖輪。柵為開放器，B 電池乃彈簧也。進而言之，錶之遲速，由搖輪之重量及油絲 (Hair spring) 之彈力規定之。發報機之波長或週率，由其振盪電路 L 之感應，及 C 之容量規定之。計算波長或週率之公式如下：

$$\lambda = 2\pi V \sqrt{LC}$$

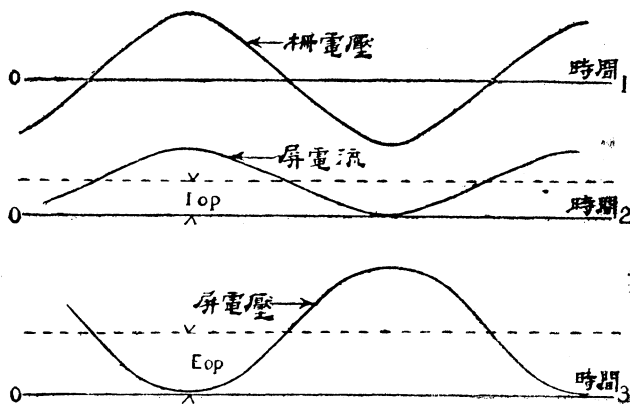
$$\text{或 } f = \frac{V}{\lambda} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

其中 λ 為波長(公尺)， f 為週率(K.C.)， V 為電波速率，等於 300,000 Km/sec.

上述者，為解釋真空管產生振盪之最簡單方法。至數

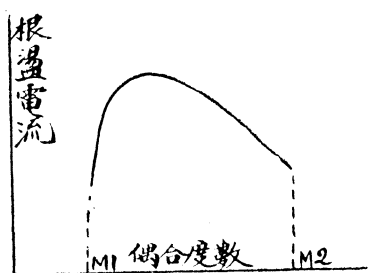
學的證明，雖更確切，但異常繁雜，本書限于實用，故從略不及。然于討論線路之前，尚有數種關於振盪真空管之現象，必須加以說明。此種現象，即由數學方法求得者，因其有關實用頗多，不得不述及也。

前已言及，欲求振盪之產生，屏線圈 L 兩端之自感應電壓，必須與其原有之電壓為同方向。依數學之證明，屏柵兩線圈之互感應 (Mutual Inductance) M ，應為負數。換言之，兩線圈之方向，應相反是也。因此柵電壓之方向，常與屏電壓相反。至於屏電流，因隨柵電壓而變遷，故與柵電壓為同向，而與屏電壓為反向。此種情形，在無論何種發報線路均有之。故發報機之屏電壓，柵電壓，屏電流等各代表曲線。常如第 6 圖所指者，此其一也。



第 6 圖 發報真空管之屏電壓，屏電流，及柵電壓之狀態

若將第 5 圖之屏柵 L_s, I_{g_2} 兩線圈分離，使其互相不切近，或作極疏之偶合 (Coupling)，則屏電流之變遷，不能使



第 7 圖 振盪電流與耦合度之關係

柵極產生感應電壓，因而振盪無從發生，電流表 A 亦完全無指數。既而漸次加大兩線圈之偶合，及至一定之地位 M_1 ，電流表之指針，猝然跳動。此時振盪已經發生，但其值甚小

。若再加偶合，振盪電流亦隨之而加大。瞬即達一最高值，此為振盪最佳之點。過此則振盪電流復行減小，且愈緊則愈弱。及至另一 M_2 點，振盪又完全停止矣。所得結果，如第七圖所示。

因此在任何發報機，欲求其有最大之振盪電流，屏柵兩線圈，必須有適當之偶合。在實驗上，稱為調準發報機之柵極激勵 (Grid Excitation)。此其二也。

因偶合太小，而使振盪停止之 M_1 點，稱曰振盪之界點，其數量名為界值 (Critical Value)。由數學之推計，界值為：

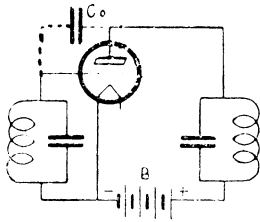
$$(1) \quad -M = \frac{1}{\mu} (L + CR_p R_L)$$

其中 M 為屏柵兩線圈之互感應， μ 為真空管之擴大係數 (Amplification factor)， L 為屏線圈之感應， C 為振盪電路之

容量， R_p 爲真空管之內耗阻 (Internal Resistance)， R_L 爲振盪電路之耗阻。由此公式，可以推知，凡具有較高擴大係數及較低內耗阻之真空管，易於產生振盪。換言之，即具有高互導 (Mutual Conductance) 之真空管，宜作發報之用。因互導之值爲：

$$(2) \quad g = \frac{\mu}{R_p}$$

如前所述，欲求真空管之發生振盪，其屏柵兩電路，必當有適宜之偶合。偶合方法，除上述之感應偶合 (Inductive Coupling) 外，利用容量偶合 (Capacitive Coupling)，所得結果亦同。實則無論何種發報線路，均有容量偶合。因



真空管之屏柵兩極，自成一電容器 (第八圖虛線所指的 C_0)。此容量稱曰屏柵極際容量 (The inter-electrode capacity between plate and grid)

第 8 圖 屏柵極際容量，或屏柵自然容量。其值雖極微弱，然對於短波，關係甚大。單藉其作用，即可使真空管發生振盪。是故發極短電波時，往往因此容量之太大，以致偶合太甚，必須使屏柵兩線圈之互感應爲正，方可發生振盪。而長波真空管，不宜用於短波，此亦一大原因也。

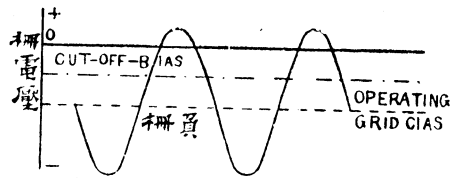
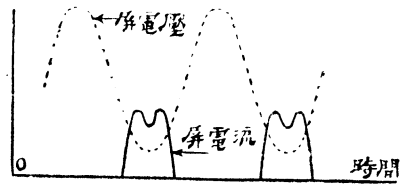
再吾人之發報機，實爲一能力變換器。其作用以屏極

之直流電，由真空管之媒介，在振盪電路內，變成一種高週率電流。然欲使能力變換器之經濟耐用，必須增高其效率 (Efficiency)。效率者，輸出能力，與輸入能力之比數也。輸出能力之減小，由於變換器內部之損失太大所致。增高效率，即所以減小其內部損失，而增大其輸出能力。發報機亦然，往往因效率之增高而能延長真空管之壽命，及加大輸出之電力，例如 UX210 真空管，其屏極額定電能為 15watts，若此電能，盡行損耗于真空管之內部，則屏極必至極紅，不能接受，然而普通此種真空管，往往有四五十瓦電能之輸入，而毫無損傷者，即以發報機有高效率之故。因此無論何種發報機，必須具有高效率者，此其三也。

增高真空管效率之方法，在實驗上，為加大柵負 (Grid Bias)。其理由可以數學證明之。若就物理方面觀察，則有如下之解釋。

柵負既甚高，屏電流但能于電波每週極短時期內通過。設柵極之高週電壓，在正方者，足使真空管之屏電流，達于飽和點而超過之，則屏電流狀態，將如第 9 圖所示，完全失去其普通正弦 (Sine) 式之現象。至振盪電路，因有惰性作用，故振盪電流之狀態，不若屏電流變更之甚，仍為上下相等之正弦形交流電。此猶四循環內燃機，其動

力雖佔每週期四分之一之時間，然因飛輪之惰性作用，仍可平穩轉動也。至增高柵負，可使效率加大之理由，實以屏電流通過真空管之時間極短，故其內部損失之平均值，得以減小甚多也。唯柵負既經增高，屏柵之偶合，即須



第 9 圖 加大柵負後屏電流與屏電壓所成之狀態

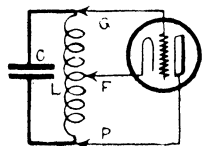
加大，否則振盪電流，必至減弱。再柵負亦不宜過高，過高可發生兩種弊病。或真空管不能產生振盪，或因之增多副波 (Harmonic Wave) 擾亂其他電台。此兩種現象，均不應有。在主振盪式發報機，大抵因需要副波，其勵振器 (Exciter) 之柵負甚高，此層將於討論該類發報機時言之。產生柵負之方法，在實驗上，使用一極大耗阻 (Resistance)，連于發報真空管之柵。當振盪發生時，因有柵電流通過此耗阻，遂使柵極自動加上一負電壓。此耗阻稱曰柵漏 (Grid Leak)。其值隨真空管之構造，約在數千與數萬歐姆之間。例如耗阻為 10,000 ohms，柵電流為 0.02A 則柵負為 $10,000 \times 0.02 = 200 \text{ volts}$ 是也。

第六節 發報線路

欲振盪之產生，真空管柵屏兩電路，必當有適宜之偶合。偶合方法，或由感應，或由容量，均于前節述及矣。因偶合方法之不同，遂有各種線路之發明。線路種類，極形繁雜，頗難盡述。然大別之可有下列之六種：

- (1) Hartley 線路
- (2) Colpitts 線路
- (3) Meissner 線路
- (4) Armstrong 線路或稱屏柵諧振線路 (Tuned Plate Tuned-grid Circuit)
- (5) Mesny 線路或稱推挽線路 (Push Pull Circuit)
- (6) 自整流線路 (Self Rectifying Circuit)

(1) Hartley線路。——此線路，為美國西電公司工程師 R.—V.—L. Hartley, 氏所發明。在法國稱為外差線路 (Montage Hétérodyne)。其構造如第10圖所示，振盪線圈 L 之上，有 P, G, F 三點。外端 P, G 兩點，連于真空管之



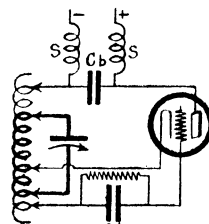
屏柵兩極。中間之 F 點，則接于燈絲之一端。如是線圈 L 分成兩部份，PF 稱為屏線圈，GF 稱為柵線

第10圖 Hartley線路圈 圈。振盪之發生，由于此兩線圈，既互相偶合，又自成反方向所致。在此線路，調準柵極

(Parallel Feed)，一稱連給(Series Feed)。在 Hartley 線路，此兩種方法，均可應用，茲將並給與連給之意義，說明如次：

並給者，係將高壓電，經一高週阻流圈S (Radio Frequency Choke Coil 或縮寫為R.F.C.)，直連真空管屏絲兩極 (如第11圖)。阻流圈之作用，在使直流電，能直達屏極，而高週電流，則被阻不能回至電源，以免高週電流受無形損失，或毀壞電源各部機件。此外使高壓電不致因振盪線圈而短路，在屏極與此線圈之間，必須接一電容器 C_b ，稱為斷路電容器 (Blocking Condenser)，或傍路電容器 (By pass Condenser)。斷路者，指其可以阻斷直流電通過而言。傍路者，因此電容器對於高週波電流之迴阻 (Reactance)甚小，故可以通行無阻也。普通此電容器，都為固定式。其容量應較振盪電容器 C_s 至少大十倍，使高週電壓，在此器之降落甚小。短波機所用者，約為 .002 μ f，有時亦可使其容量為可變者，而作為調準發報機效率之一種附屬方法。

連給者，係將高壓電及振盪線圈，作連串式，接于屏絲之間 (如第12圖所示)。電容器 C_b 之設，使高週電流直達

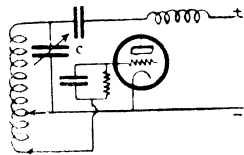


第 12 圖
連給方法

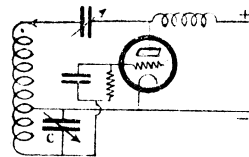
屏極。在電源引入線之兩端，各有阻流圈一個，為防止高週電流通過電源之用。

Hartley 線路，除上述稱為通用者外，尚有甚多變相線路，今分述如下：

若電容器C 接于屏線圈，如第13圖，則稱為諧屏線路 (Tuned plate)。若電容器C 在柵極，如第14圖，則稱為諧柵線路 (Tuned grid)，後者，即收報機中有名之Rineartz 線路是也。

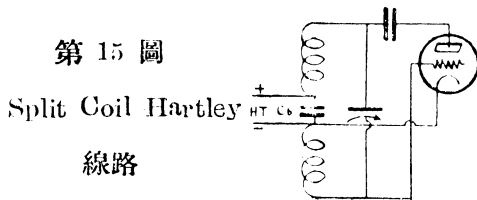


第 13 圖 諧屏線路

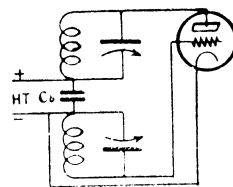


第 14 圖 諧柵線路

若將線圈分作兩部，中間置一大電容器 C_b ，如第15圖或第16圖，則成為 Split Coil Hartly 線路。第16圖之線路，與屏柵諧振線路相類似，但無須調準屏柵兩電容器，至同一度數。法人 Fleaud氏，曾用此線路，以極小電力，在我國洋面，與法國通報。據其意見，在此線路之各種損失，較其他線路為小，故有極高之效率也。

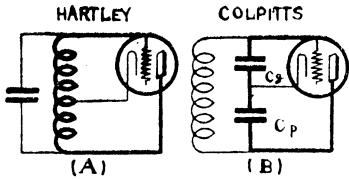


第 15 圖
Split Coil Hartly
線路



第 16 圖
另一種
Split Coil
線路

(2) Colpitts線路。(1) ——Hartley 線路之構造，係以屏柵兩極連於振盪線圈之兩端，燈絲則接線圈中間之一點（如第17圖A）。當高週電流，通過此線圈時，由感應迴阻 (Inductive Reactance) 之作用，每圈間有一電壓降 (Voltage Drop) 以屏柵之電壓為最大，且互成反方向。燈絲之電



第 17 圖 Hartley 與 Colpitts 兩種線路之比較

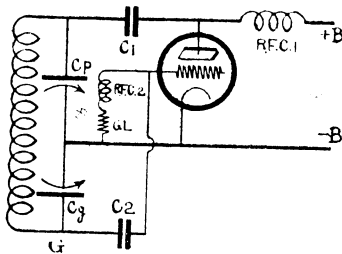
壓，則等於零。至 Colpitts 線路之構造，則以屏柵兩極，連電容器之兩端，燈絲則接于電容器之中間，（第17圖B）。當振盪發生時，由

電容器容量迴阻 (Capacitive Reactance) 之作用，使屏柵兩電容器間，各有一電壓降。所得結果，與 Hartley 線路相同，即屏柵之電壓，仍為最高而互為反向，燈絲之電壓，仍為零是也。

在 Hartley 線路，若將柵極圈數加多，則以感應迴阻之增高，柵極之電壓遂大。在 Colpitts 線路，因容量之作用，適與感應相反。若將柵極之容量加大，容量迴阻減低，柵極之激勵遂小。反之若將屏極電容器 C_p 加大，則屏電壓降低，柵電壓增高，柵極之激勵遂大。不特此也，在 Colpitts 線路，屏柵兩電容器，更為振盪電路之一份子。

(1) 此線路為美國西電公司工程師 E.-H. Colpitts 氏所發明

設有移動，波長必隨之而有甚大之變遷。在 Hartley 線路，移動 F 點，雖亦有變更波長之處，然以其不變振盪電路感應或容量之值，故所差甚微也。Colpitts 線路之柵極激勵及波長，既有連帶之關係，故調準手續甚繁，而為一般人不喜用此線路之一大原因。但細加審察，可知此線路之屏柵兩電容器，對於柵極激勵，有相反之作用。設將其活動片，連于同一軸上，則當轉動時， C_g 及 C_p 之容量，將同時增加，或同時減小。而可保持屏柵兩電壓之分配情形，使之不變。若此，則不變柵極激勵，而得範圍甚廣



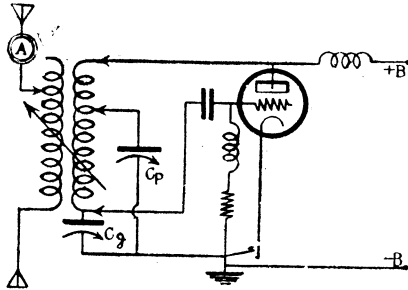
第 18 圖 變更 Colpitts 線路之柵極
激勵方法

之波長。且線圈上無需夾子 (Clip)，更換波長，極稱便利。普通 C_g 之容量值，較 C_p 約大一倍。

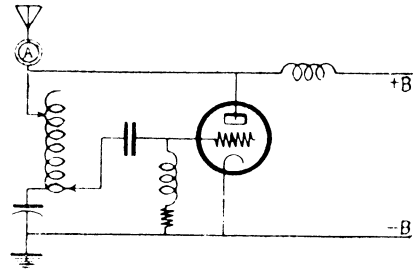
再則在 Colpitts 線路，柵漏之接法，必須如第 18 圖所示者。若用第 11 圖之接法，將有電子堆積于柵極而使真空管失其效用之弊。

調準柵極激勵之方法，除上述者外，又可變更柵極耦合電容器 (Grid Coupling Condenser) C_2 之容量，或移動其連線圈之 G 點 (18 第圖)。另一方法，以屏極電容器 C_p ，騎跨于線圈之一部分，而移動其一端 (第 19 圖)。

若將天線直連發報線圈，而以 C_p 由天線容量替代，則設置更為簡單，（如第20圖）。欲此線路，盡其效用，天線容



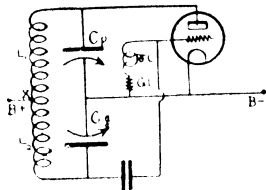
第 19 圖 電容器 C_p 騎跨放線圈一部份之情形



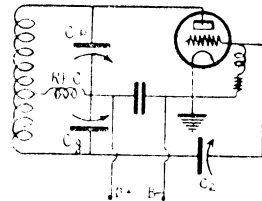
第 20 圖 最簡單之 Colpitts 發報機

量必須甚小。而短波天線往往有此性質，故歐美業餘家，凡用此線路，大抵得到甚佳之結果。

如前述，Colpitts 線路之屏柵兩極高週電壓，常為反向。故線圈中間，必有一零電壓之 X 點。若以高壓直流電連于此點，則可無須應用阻流圈（第21圖）。此線路稱曰 H-C 平衡線路 (Hoffman-Colpitts Balanced Circuits)。第 22 圖為國際電台楓林橋發報台，第一級勵振器所用之線路（不用石英控制時）。其間 C_g , C_p 為兩只容量相等

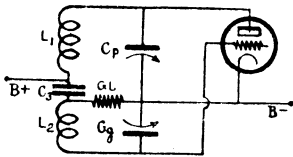


第 21 圖 Hoffman Colpitts 平衡線路



第 22 圖 連給式之 H-C 線路

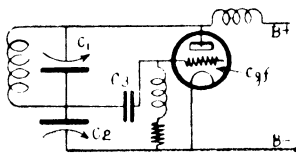
之電容器，故 X 點在線圈之正中點。為避免構造不能完全平均起見，另置一阻流圈于線圈及電容器之間。高壓電之供給，為運給式。C_g, C_p 兩電容器，係連于一軸。變更波長時，祇須轉此電容器。振盪之大小，則由柵極偶合電容器C₂ 主使之。



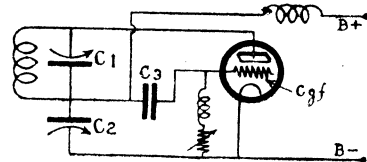
第 23 圖 不用阻流圈之平衡線路

若將線圈分作兩部，中間置一傍路電容器 C₃，因高壓可不及于柵，柵漏之接法可如第23圖。此線路之特點，在於完全不用阻流圈。

在第19圖之普通 Colpitts 線路中，如將電容器 C_p 連于線圈之兩端，則成為第24圖之 Ultraudion 線路。用此線



第 24 圖 Ultraudion線路

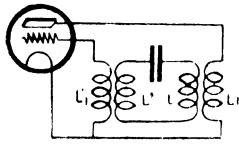


第 25 圖 適用於極短波之線路

路，可產生達一二公尺之極短電波。發極短電波時，為減少漏電損失起見，宜以屏極阻流圈接近柵之一端如第25圖。因在此線路，柵極之高週電壓，較屏極為低。圖中C₁ 用以調準波長，C₂ 用以配合柵極激勵。C₂ 之容量，約為.000075 μfd。柵漏以可變式為佳，其值約在 10000 至

15000 ohm 之間。

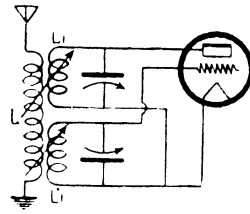
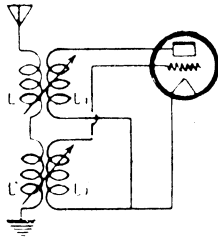
(3) Meissner線路。——此線路為德國德律風根公司 A.Meissner 博士所發明。其構造如第26圖。在振盪電路內



有 L 及 L' 兩線圈。 L 與屏線圈 L_1 相偶合。 L' 與柵線圈 L_2 相偶合。而 L_1 及 L_2 ，則不作任何偶合也。

第 26 圖 Meissner線路圖 其原理以屏電壓感應于振盪電路，再由振盪電路及於柵線圈而變更其電壓。若此循環作用，遂可發生振盪。

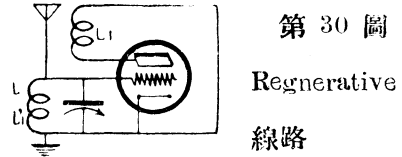
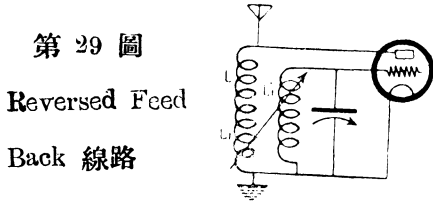
在第26圖之線路中，若將振盪電容器，代以天線之容量，則有第27圖之 4Coils Meissner 線路。在此線路，發



第 27 圖 4Coils Meissner線路 第 28 圖 3Coils Meissner線路

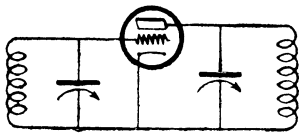
報機之波長，完全由天線所規定，故必須將其緊拉，不可稍為動搖。否則，波長將有甚烈之變遷。再此線路不宜用於 100 或 60 公尺以下之波長，因屏柵兩極甚易失其諧振情形也。若將 L 及 L' 併合成一線圈，則有第28圖之 3Coils Meissner 線路。若再將 L 及 L_1 之偶合加甚，至於相合，則

有第29圖之 Reversed Feed Back 或 Tickler Coil 線路。反之，若以L 及 L₁ 併合，則有第30圖之著名再生式 (Regenerative) 收報線路。



Meissner 線路，極富伸縮性。用此線路之發報機，效率頗高。然以構造複雜，調準困難，用者甚少。短波發報機中，以屏柵諧振線路為最多。有人以此為 Meissner 線路，實屬不確。

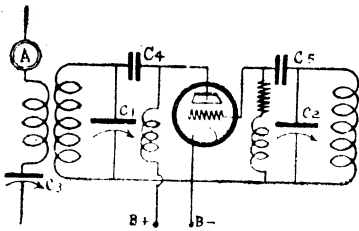
(4) Armstrong 線路或屏柵諧振線路 (T.P.T.G.)。此一線路為著名無線電專家 E H. Armstrong 氏所發明。其構造如第31圖。當屏柵兩振盪電路調準至同一波長時，藉



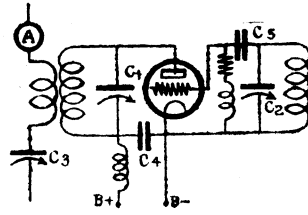
第 31 圖 屏柵諧振線路圖

真空管屏柵自然容量之回授作用，遂可發生振盪，此線路對於短波，有許多優點。第一所發出之電波，頗為穩定。第二調準手續，亦甚簡易，當屏柵兩電路在諧振時，屏電流有一降落點 (Dip) 可見，此為振盪最佳，效率最高之現象。第三變更波長，祇須掉換線圈，異常迅速。

在屏柵諧振線路，高壓電之供給，並給與連給兩種方法，均可適用。第32圖，為並給之接法。第33圖，為連給之接法。

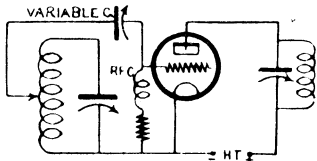


第 32 圖 並給之接法



第 33 圖 連給之接法

發極短波長，例如在二十公尺左右者，用此線路，有時可發現一種缺點，即屏柵兩振盪電路，在諧振時，屏電流之值太大，而無法減小之。其原因由于屏柵之自然容量，或斷路電容器 C_4 、 C_5 之容量太大，以致屏柵之偶合太甚，不能使真空管之振盪，在效率最佳點。改善之方法，可偏屏柵兩電容器 C_1 及 C_2 之度數。普通減小柵極電容器之容量，屏電流即降低。惟用此方法，能使發報機產生兩

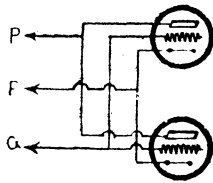


第 34 圖 變更屏柵諧振線路
柵極激勵之方法

個不同波長之電波。使用時，由一波換至他波，訊號將極不穩定。最妥辦法，如第34圖所示，于柵極連一夾子，在柵線圈上移動，而變其柵極激勵。

夾子愈近燈絲，屏電流亦愈小。若變更柵極斷路電容器 C_4 之容量，亦可得到相等之結果。

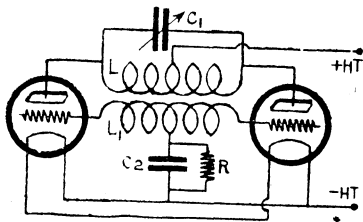
(5) Mesny 線路，或推挽線路。——若欲增加發報機之電能，可將兩真空管並聯 (In parallel) 而用之。並聯方法，乃屏與屏連，柵與柵連，如第35圖。其作用與單真空管相同，故上述各種線路，均可適用。惟此種用法，對於短波，不甚相宜。第一因屏柵自然容量，較單個真空管大一倍。故通過真空管之高週電流，即其內部損失，亦隨



第 35 圖 真空管並聯之接法

之而增高，音號遂有不穩定之弊。第二若兩真空管之特性，不能完全相同時，更有發生擾亂振盪 (Parasitic Oscillation) 之患。此種擾亂振盪，可使真空管發生極強熱度，而

減小發報機之效率。為免除上述各種弊病起見，乃有推挽線路之創造。此線路為法國著名無線電專家 R. Mesny 氏所發明。其構造如第36圖。屏線圈 L 之兩端，連于兩真空管之各一屏。柵線圈 L_1 之兩端，連於兩管之各一柵。高壓電之正極，則接于屏線圈之中心點，至柵線圈之中心點，經

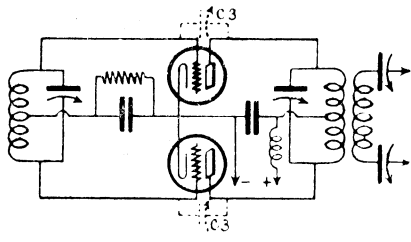


第 36 圖 Mesny 氏之推挽式線路 柵漏 R 達于燈絲，或高電壓之

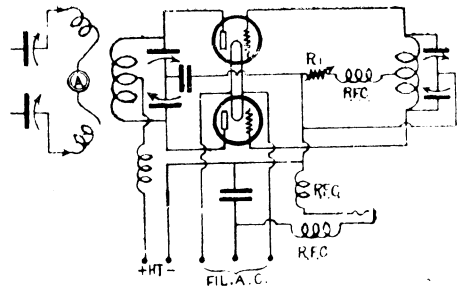
負極。在此線路，欲求良善之結果，其屏柵兩線圈，除須為反向者外，偶合又不可不緊。因此所發出之電波，頗稱穩定也。

此線路之振盪作用，與成音週波之推挽式擴大器相同。當一管柵極之高週電壓為正時，他管之柵電壓為負。換言之，兩真空管輪流工作，產生振盪。至屏極之輸出電能，則為相加也。

普通短波發報機所用之推挽線路，以第37圖所示之屏柵諧振線路為最多。因兩真空管之屏柵自然容量，在此線路為串連 (In Series)，故其值甚小，極合短波之用。若發報真空管如 UX-852 之類，具有太小之自然容量，則有時因回授作用不夠，在屏柵之間，必須另加一小電容器 C_3 ，約25 微微法，方可使其發生振盪。



第 37 圖 推挽式屏柵諧振線路

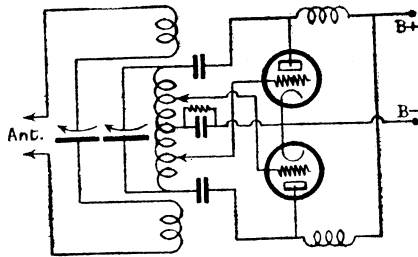


第 38 圖 推挽平衡式線路

若欲發極短之電波，例如在十公尺左右者，則以第38

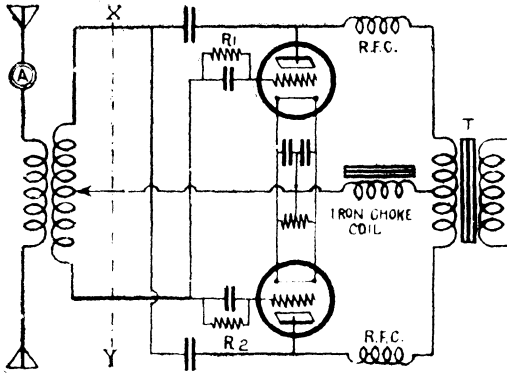
圖之推挽平衡式線路 (Push Pull Balanced Circuit) 爲更適宜。其作用與前述之 Hoffman Colpitts 線路相同。

第39圖所示者，稱爲 Push Pull Hartley 線路。



第 39 圖 Push Pull Hartley 線路

(6) 自整流線路。——欲求信號之清晰與尖銳，發報機之高壓電，必須用純粹直流電 (Pure D.C)。然而大都市電源多屬交流，如以純交流電 (Raw A. C.) 直接加于屏極，雖屬經濟簡便，但所發出之電波，其音調異常粗劣難聽。若經整流器，變爲直流電，則設置經費甚大。屏極自整流線路之構造，係應用兩真空管，使一管在電源半波爲正時工作，他管在他半波爲正時工作。所得結果，雖不及直流電之清晰，但較之純交流電，則優越多矣。其接法，如第40圖所示，高壓變壓器之次圈，共有三極。外端兩極，連兩真空管之各一屏，中間之極，經一鐵心阻流圈 (Iron Choke Coil)，而達於絲。阻流圈作爲平均電流之用，然非必要者。兩柵漏 r_1 及 r_2 最好用可變式。若將兩柵

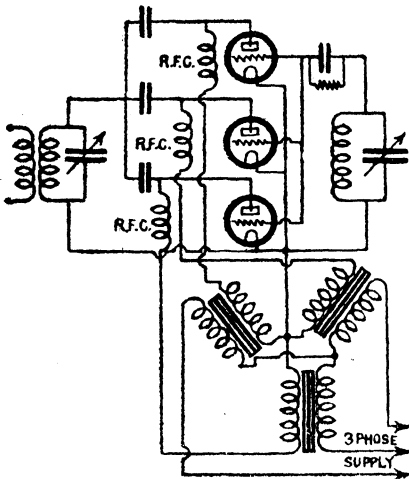


第 40 圖 全波自整流線路

並聯，而用一柵漏，亦無不可。此圖稱為自整流 Hartley 式線路。然于XY 線之左部，可配一上述之任何線路，故自整流線路，不能獨成一類，祇可稱為發報機高壓電之另一接法而已。

。最初用此線路者，為 Mac Millan 氏，于 1924 年作北極探險時，藉與各處通報，其呼號為 WNP，故有時亦稱之為 WNP 線路。

第41圖，為三相自整流線路 (Three phase Self Recti-



第 41 圖 三相自整流線路

fying Circuit)。此線路雖不常多見，但依理亦無不合。且以電源之多一相，音調或較上述之單相全波整流式為佳。讀者如欲一試，固非難事，蓋三相交流電，各大都市中，均有之也。

各種發報線路，已如前述。初學者，往往欲知其中以何者為最佳。對此問題，實難解答。依理任何線路，均可作為發報之用。若構造合理，調準得宜，所得結果，亦復相同。各人意見不能相合之故，實由于使用情形之互異所致。蓋發報機之構造，除線路外，尙有其他因數在焉。如電波之長短，電能之大小，真空管之程式，以及其他一切附屬機件之構造，對於發報機之效率，皆有直接之關係。人以某種線路為佳者，祇可謂其所處情境，適合此種線路，故有極佳之效果。而不能遽謂其他線路，都不適用也。以著者意見，凡線路之構造簡單，與調準便利者，較為切于實用。今日我國短波發報機所用之線路，以第 11 圖之 Hartley 線路，第 32 圖之屏柵諧振線路及第 37 圖之推挽線路等，最為普及者，此亦一大原因也。

第七節 構造概述

短波發報機之構造，甚屬簡單。因波長既短，一切機件，如發報線圈，振盪電容器，阻流圈，天線等，均佔甚小體積及極輕重量，最合行軍飛機等攜帶之用。再調準方法，皆藉變量電容器 (Variable Condenser)，應用尤感便利，此係短波機之特長，而為長波機所不可及者也。惟短波發報機，于構造時，有數種原則，必須注意。第一，因短波電流之週率甚高，感應作用極大，一切線圈或接線地

位，宜慎重選置，以免互相發生擾亂。第二，因短波極易通過電容器，各種電能之損失中，屬於容量方面者為最大。例如， $.001\mu f$ 之電容器，于20及30公尺之電波，其迴阻僅15ohms。至一公尺長之銅線，反有100ohms之迴阻。迴阻既大，感應電壓必高，故欲求減小短波機之損失，必須用極良之絕緣體。第三，感應偶合之作用，在短波往往被容量偶合所蒙蔽，是故在大電能之發報機，其天線常係直接或由容量偶合，連于發報機。至電能較小者，仍以用間接之感應偶合為多，蓋取其可得尖銳之音號也。

上述者，為製造短波發報機所常宜記憶之原則。若欲明瞭全部結構情形，則應有更詳細之解說。茲分為五段討論之。

- (1) 真空管之選擇。
- (2) 線路之解剖。
- (3) 報鍵之設置地位。
- (4) 各種零件之構造。
- (5) 電源之供給。

(1) 真空管之選擇——在製造發報機之前，必須先行決定所用之真空管為何式。因其他一切機件之體積，重量，價值等，皆隨真空管之電能及其屏電壓而變遷也。發報真空管之種類甚多，下表所列者，均屬美國出品，在我國通行甚廣。至其他各國之真空管，亦皆可用，惟所宜注意者，真空管在使用時，切不可超過其額定電能。而電源之供給，更宜充實。設真空管之荷載過大，或電壓之變遷甚

烈，所發出之音號，必萬分惡劣，不適用於用。再短波之傳遞，並非全恃電能之大小，已于第一章詳言之。欲求報務之暢達，在實用上，唯信號之穩定與清晰者，方可收聽無誤。若業餘家用一最小之 UX-199 真空管，在適宜時期，竟可通達全球之情形，已數見不鮮。不過大電能之發報機，對於遠距離之通信，較之小電能者更為可靠而已也。

以同一真空管論，其輸出電能亦無恆值，往往隨所用波長而互異。普通波長愈短，或週率愈高，輸出電能亦愈弱。因週率增高之後，在實用上，必須減低屏電壓，使其不致發生過大之熱度。此種情形，在大電能之真空管，甚為顯著。下表係表示 20Kw 之 UV-858 真空管，輸出電能與週率變遷之關係。

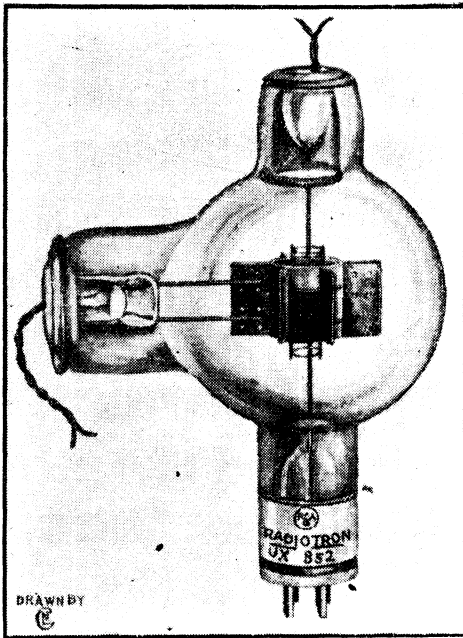
週 率	最大直流 屏電壓	最大輸出 電能	屏 電 流	柵 負
Frequency in K.C.	Max. Plate Volts	Max. Output K.W.	Normel pla- te Amps.	Approx. Gr- id Bias Volts
1,500	20,000	27	2.0	4000
10,000	18,000	24	2.0	3600
20,000	15,000	20	2.0	3000
30,000	12,500	14	1.7	2500
40,000	10,000	9	1.4	2000

美國無線電合組公司各種發報真空管一覽表

程 式 Type	應用 Use	輸出電能 Normal Output (Watts)	屏電壓 Plate Volts (Eb)	罩柵電壓 S.-G. Volts (Ed)	屏電流 Plate Ma. (Ip)	柵 負 Negative Grid Bias Volts (Ec)	絲 壓 Fil. Volts (Ef)	絲 流 Fi. Amps. (If)	其他特性 Typical Characteristic Values		
									擴大係數 Amp. Factor (μ)	屏總阻 Plate Impedance Ohms(Rp)	互 導 Mutual Conductance Micromhos Gm
氣冷管 (Air Cooled Tubes)											
# 211	A	1.6	425		18.0	39.0	7.5(a.c.)	1.25	8.0	5.000	1600
	B	12.0	350		43.0	39.0					
	C	10.0	350		60.0	160.0					
842	A,M	3.0	425		28.0	100.0	7.5(a.c.)	1.25	3.0	2.500	1200
	C	7.5	350		60.0	250.0					
843	A	1.0	350		25.0	25.0	2.5(a.c.)	2.50	7.7	4.800	1600
	B	8.0	350		20.0	40.0					
	C	5.0	350		40.0	100.0					
# 844	A	—	425	180	—	—	2.5(a.c.)	2.50	75.0	125.000	600
	B	—	500	180	20.0	—					
	C	5.0	500	180	30.0	7.0					
# 865	B	7.5	500	125	30.0	40.0	7.5(a.c.)	2.0	150.0	200.000	750
	C	7.5	500	125	60.0	90.0					
203-A	B	160.0	1000		30.0	35.0	10.0(a.c.)	3.25	25.0	6.000	4200
	C	100.0	1000		175.0	100.0					
# 850	B	120.0	1000	175	100.0	8.0	10.0(a.c.)	3.25	550.0	200.000	2750
	C	160.0	1000	175	175.0	150.0					
211	A	10.0	1000		65.0	52.0	10.0(a.c.)	3.25	12.0	3.400	3530
	B	160.0	1000		130.0	75.0					
	C	100.0	1000		175.0	200.0					
	M	—	1000		25.0	68.0					
845	A,M	23.0	1000		75.0	147.0	10.0(a.c.)	3.25	5.0	1.800	3000
# 852	B	120.0	2000		60.0	150.0	10.0(a.c.)	3.25	12.0	10.000	1200
	C	100.0	2000		100.0	250.0					
# 860	B	120.0	2000	300	60.0	50.0	10.0(a.c.)	3.25	200.0	180.000	1100
	C	100.0	2000	300	100.0	200.0					
204-A	B	340.0	2000		143.0	70.0	11.0(a.c.)	3.85	25.0	6.300	4000
	C	350.0	2000		275.0	175.0					
847	A,M	160.0	3000		100.0	132.0	11.0(a.c.)	5.0	19.0	3.200	6000
	B	660.0	2000		260.0	95.0					
	C	450.0	2000		350.0	200.0					
# 831	B	600.0	3000		167.0	185.0	11.0(a.c.)	10.0	14.5	6.450	2250
	C	540.0	3000		350.0	300.0					
# 861	B	600.0	3000	500	167.0	60.0	11.0(a.c.)	10.0	300.0	243.000	2100
	C	540.0	3000	500	350.0	260.0					
851	A,M	100.0	2000		270.0	65.0	11.0(a.c.)	15.5	20.0	14.000	1500
	B	1200.0	2000		475.0	85.0					
	C	1250.0	1000		1000.0	200.0					
水冷管 (Water Cooled Tubes)											
846	B	4000	6000		600	190	11.0(a.c.)	49.0	38.0		
	C	4000	7500		1000	600					
1652	B	4000	6000		600	450	14.5(a.c.)	52.0	14.0	3.000	47000
	C	4000	6000		1250	1200					
207	B	14000	12000		900	600	22.0(a.c.)	52.0	20.0	3.500	5700
	C	15000	12000		2000	2200					
848	M	—	10000		650	1040	22.0(a.c.)	52.0	8.0	2.400	3300
	C	15000	12000		2000	2600					
863	B	14000	12000		900	250	22.0(a.c.)	52.0	50.0	7.200	7000
	C	15000	12000		2000	2000					
# 858	B	21600	18000		900	450	22.0(a.c.)	52.0	42.0	8.700	4800
	C	22000	18000		2000	3500					
862	B	100000	18000		4200	380	33.0(a.c.)	207.0	48.0	2.800	17150
	C	100000	18000		10000	4000					

A 成音週波擴大器 (Audio Frequency Output Amplifier) M 海氏調幅器 (Heising's Plate A. F. Modulator)
 B 已經調幅之高週波擴大器 (R. F. Power Amplifier for Modulated R. F.)
 C 振盪器或高週波擴大器 (Oscillator or R. F. Power Amplifier) # 宜作短波振盪或擴大器之用

短波發報真空管之構造，與長波所用者，亦屬不同。第一，各極間之自然容量，在短波宜甚小。蓋此種容量，非特使真空管不易產生振盪，且將有極大電能損耗其間，因而限制其輸出電能。在實驗上，為減小此等容量起見。



第 42 圖 75 Watts 短波發報真空管

製造者往往將屏柵各極，分別置于玻璃管之四週而遠離之。第42圖所示之 UX-852 真空管，即專為短波而設者。第二，管內之真空度，對於短波，有甚大之關係。有時在長波為適用，于短波或尙嫌不足。真空度不足，可使電波有不穩定之弊。第三，各部原料必須選用最上等者。真空管在短波發報機，有時可發現一種極奇特之現象。即各極與玻璃管接合處，于週率過高時，玻璃自行軟化，而變其形態。

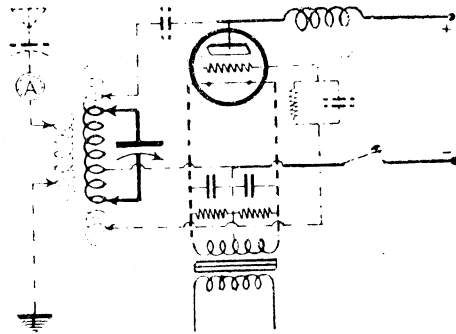
其原因由於玻璃之黏力，隨週率而增高也。現時最新式之

真空管，其接合處有以石英(Quartz)代金屬物者，即爲免除此種變化之故。至美國之水冷式真空管，則另用一種特製玻璃，名曰 Hard Nonex Glass，與石英有類似之性質。現今製造真空管之各廠家，雖日在改良途中，但確能完全適合短波條件之真空管，則尙未實現。然科學萬能，在最短期間，或能成功，亦未可知。短波之發展，必將藉此而有更大之進步矣。

(2) 線路之解剖——在研究發報機構造之前，第一要着，爲認明線路之各部作用。以著者意見，任何線路，都可分爲下列之四大部份。

(a) 極強高週電流部份。其位置即爲振盪電路，如第43圖粗線所表示者。此路亦稱儲積電路 (Tank Circuit)，取其有極強電流儲蓄之意。在此部份，一切接線，必須短而粗，普通多用寬銅皮或粗銅管等。且其感應作用甚大，其他不應與之作偶合之線圈或接線，均須一概遠離之。若接線太長或太細，能使振盪電流減弱甚多，或竟使發報機不能發生振盪。

(b) 高週電流部份。即第43圖，斷續線所指者。此部份之接線，可不必如振盪電路之粗，然亦不可太細，以免有過大之耗阻，發生無益之熱度。尤以天線部份，最爲重要，電能不可稍受損失。故絕緣體，必須用最佳者，一切



第 43 圖發報線
路之解剖

金屬物，尤宜遠離之，以防電能被其吸收。

(c) 燈絲部份，即圖中以粗虛線所指者。此部份無須特別注意，惟有時電流甚大，宜用粗接線。兩線最好緊靠，以免吸引高週波，使真空管發生危險。

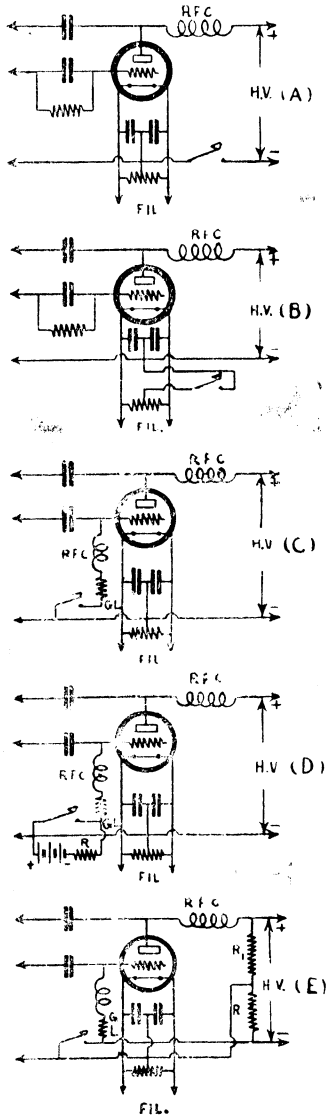
(d) 高電壓部份，即圖中以普通直線所指者。此部份之接線，無須甚粗，蓋電流極小也。惟電壓甚高，絕緣必須極佳。于發報機使用時，人體更不可接近或觸及之。否則危險特甚，有生命之虞。在大電能之發報機，其門上往往裝有電鑰。開門時，高電壓電路，即被切斷，此為一種最佳之保險方法也。

(3) 報鍵之設置地位。——發報機在應用時，由報鍵之開閉動作，將其輸出電能，依照信號之點劃，截成段落。切斷之方法甚多。惟報鍵必當在適宜之地位，發報機更宜有精確之調準，方可避免鍵擊 (Key Thumps) 鍵嘈 (Key Chirps) 等不規則之擾亂。鍵擊可以擾亂鄰近之收音機，

鍵嘈則使信號極難收聽也。

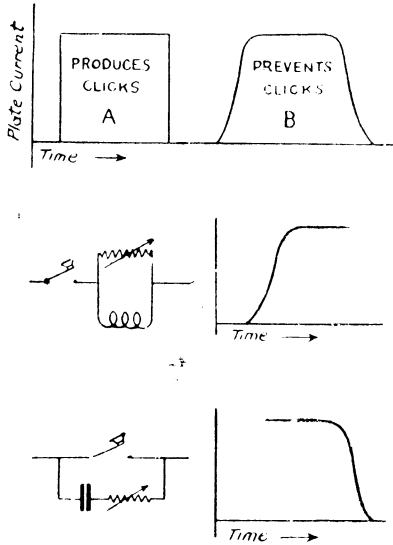
在實用上，報鍵之設置方法有五種。在第44圖A，報鍵與高壓電之負極成串聯。其作用甚明顯，亦方法之最簡單者。但祇能用于甚小電能之發報機。在B圖，報鍵置于燈絲及高壓電負極之間。若細加審察，可見屏柵兩電路，當鍵開時，係同時截斷。C圖中，報鍵與柵漏串聯，其作用于鍵不下時，柵為斷路，其上可堆積甚多電子，遂有極高之負電壓，而阻止屏電流之通過。然在實際上，往往有逃漏電子達于屏極，使真空管發生微弱振盪，稱曰反波 (Back-wave)，故此法不甚善也。D、E兩圖，稱為斷柵方法，當鍵不下時，柵極上有一甚大負電壓，可以完全阻止屏電流之通過。在D，此負電壓由一電池供給之，其值應較屏電壓與真空管擴大係數之比數稍大。圖中之耗阻 R ，所以使報鍵按下時，電池不致因短路而損壞。普通每45V之電壓，約取5000 ohms。在E，柵極負電壓，則由兩分壓耗 R_1 及 R_2 得之。 R_1 及 R_2 之比數，應較真空管之擴大係數為小。至 R_1 、 R_2 相加之總耗阻，則宜甚大，以免高壓電有太甚之損耗。計算方法，與整流器之平壓耗阻 (Drain Resistance) 相同。

打報時，若振盪猝然發生或猝然停止，如第45圖上端左角所示之情形，則可以擾亂其他業務之收報機或收音機



第 44 圖 五種報鍵設置方法

。是稱為報鍵之响嗒聲，(Key Clicks)。此種現象，以用整流器之發報機，最易發生。因報鍵未按下時，濾波電容器所負電壓為甚高之銳電壓 (Peak Voltage)。是以初按下時，真空管之振盪，特別強大，似有錘擊之音。新式發報機，往往于屏極高壓電之輸出處，置一平壓耗阻，使常有電流通過整流器，而平其電壓，上述之擾亂，遂可減去甚多。通過平壓耗阻之電流，普通約取真空管屏電流之 25%。設真空管為 210 者，其值約為 15ma。再屏電壓若為 500v，平壓耗阻量，將為 $500 / 0.015 = 33000\text{ohms}$ 。用水銀管之整流器，平壓耗阻值，尚可稍小。如 210 真空管，用 20000ohms 已足。其間通過電流約為 25ma。

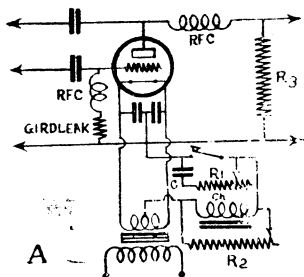


第 45 圖 滯後電路之作用

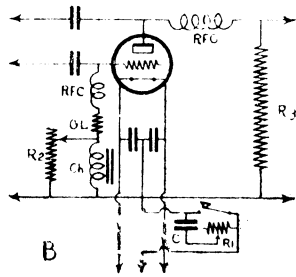
應用上述方法之後，固可減去甚多報鍵之擾亂，然有時仍嫌其不足。尤以大電能之發報機，鍵之接觸間，常有火花發生。避免之道，可用一耗阻及一電容器，與報鍵相連，如第46圖左端下角所示者，電容器之容量，約為 0.5至1mf。耗阻則在 500 至 1000ohms之間。

報鍵之啞嗒聲，由於振盪之猝然發生或停止而來，免除方法，往往利用感應之惰性或容量之彈性，于發報電路內，作適度之配合，使振盪得逐漸產生或逐漸消滅。上述之容量及耗阻設置方法，可使振盪逐漸消滅，故曰滯後電路 (Lag Circuit)，因于鍵起時，電容器之電壓，經耗阻而漸完盡也(如第45圖右端下角所示)。至報鍵按下時，亦可用一滯後電路，使電流逐漸增高。此滯後電路之組織，由一感應線圈，及一耗阻，接連如第45圖中間左端所指示。發生或停止振盪所用之滯後時間，亦不宜過長。否則，信號將甚模糊，無法接收。故滯後電路之感應，容量，以及耗阻，必須慎重選擇，使報鍵之擾亂，達于最低限

度，信號復清晰易收爲是。茲復插入二圖（第46圖及第47圖），表示滯後電路，在發報機線路中所處之地位，以供考。



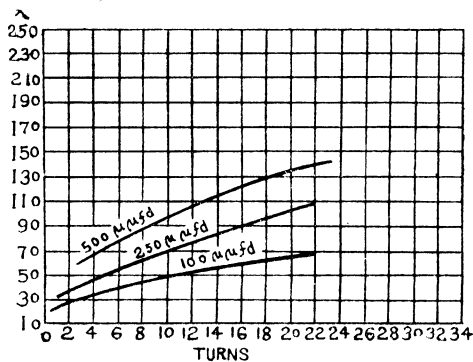
第 46 圖 滯後電路之位置



第 47 圖 滯後電路之另一接法

(4) 各種零件之構造。

(a) 發報線圈，爲振盪電路之一份子。依前節所述，振盪電路內電流甚強，故必須用極粗之導線製成。所以減小其電耗阻，使電能不致變成熱度，而作無用之消耗。設線圈之導線過細，非特可以發生極強熱度，且使信號極不



第 48 圖 線圈圈數與波長之關係

穩定，屏電流復加大而限制真空管之輸出電能。普通發報線圈，均以銅管製成。1/16"或1/4"之圓徑，用于100watts發報機，頗爲合宜。至電能較大者，如250watts之類，最好用

$\frac{3}{8}$ " 或更大之圓徑。線圈除感應外，尚有分佈容量 (Distributed Capacity)。欲減小此種容量，而得發較短之電波者，必須將各圈分離甚遠。第48圖係表示 $\frac{3}{2}$ "直徑，及每圈相距 $\frac{1}{4}$ "之線圈，波長與圈數互相關係之曲線，可作為製造與應用發報機時之參考。

銅管固非製造發報線圈之唯一材料。然以其易於工作，且頗堅硬，無須應用任何架子，故為一般人所樂用。其他如寬銅皮，亦可製成極佳之發報線圈。對於發報線圈，所宜注意之點，即各圈距離，不可以振動而變更。否則所發出電波，將極不穩定也。

(b) 電容器，為發報機之又一重要份子。故亦必須減小其間之損失電能。電容器之損失，屬於絕緣者為多。因高週電流，頗易穿過不良之絕緣體。設發報機有此弊病，則發出音號，異常粗劣難聽。且亦無法改善之，必須換以另一電容器。是故今日最優良之電容器，其絕緣部份，均用石英代其他物體。蓋石英之絕緣性，最為良好也。

發報電容器之體積，隨屏電壓之大小而異。電壓在500v. 以下者，可用收報式電容器，取其價廉而易得。于較大之電壓，則必須用特製之發報電容器。凡電壓愈高，或電能愈大，固定與活動片之距離，亦宜愈遠。短波發報機所用之變量電容器，其容量值約在 200 至 500 μfd 之

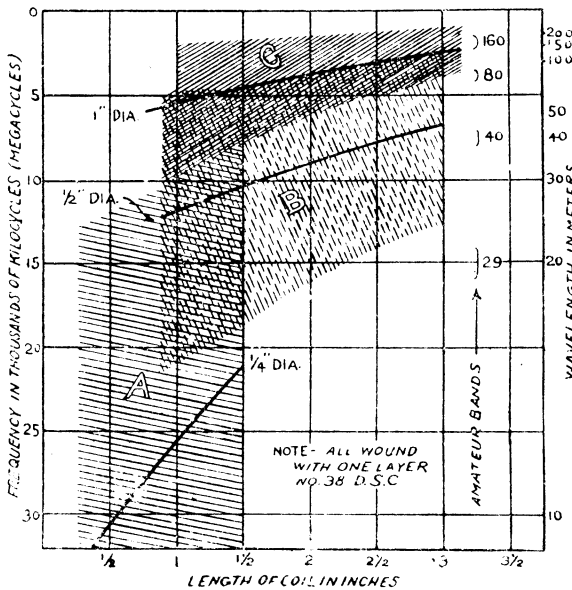
間。如單只電容器之容量太弱，可取數只並聯用之。

對於電容器機械方面之構造，亦宜極端注意。著者常見國內所用之發報機，其電容器之活動片，在打報時，自行移動，以致波長常有變更之虞。此種不佳現象，亟宜改良之。市上所售之電容器中，有于活動片背後，置一半圓形重物。或將活動片分爲兩部，各佔圓周之 180° 。此等構造，皆所以使活動片之重量，在任何度數，均得平衡，不致有自行墜落之弊。此外如應用齒輪，或他種交連方法，亦得減小此種弊病也。

至固定電容器，以雲母或空氣絕緣者爲佳。臘紙電容器，其容量往往能自行變更，或具有感應，不宜用於短波。電壓在 500v. 以下之發報機，固定電容器，可用優良之收報式雲母絕緣者。若爲較大之電壓，則必須用特製之發報式電容器。

(c) 高週阻流圈。依理阻流圈必須適合于發報機之波長。在實際上，往往以一個阻流圈，作數週帶 (Frequency Band) 之用。每個阻流圈，有一本身週期 (Natural Period)，由其感應及分佈容量所規定。接于發報線路後，線圈之週期即變，在短波發報機，以配諧最尖銳者，稱其所用之阻流圈，適合于所調準之波長。單層分離纏繞 (Single Layer and Space Wound) 線圈，而直徑不超過二

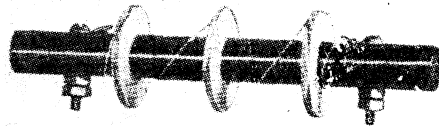
英吋者，似為最佳之阻流圈。分開各圈之距離，可以減小線圈之分佈容量而加大其兩端破壞電壓 (Break down Voltage) 之值。因阻流圈每圈間之電壓，在任何電能之發報機，均甚大也。各圈不分離之線圈，有時亦可應用。下圖所示，為數種阻流圈之長度與週率之關係。A為 1/4" 直徑阻流圈，能適用於各種週率之區域。其間之粗黑線係表示阻流圈本身週率，與其長度之關係。B為 1/2" 直徑阻流圈之適用區域。C則為直徑 1" 所宜有者。此各種線圈所用之線，為美國測徑之雙絲包38號 (B & S N^o 38 D.S.C.)，每英吋長約有一百圈。另有一種阻流圈，如第50圖所示者，由三個線圈串聯而成。每個線圈，各有一



第 49 圖 阻流圈適用於各種週率之範圍

百圈，其直徑約 1 1/4"。兩線圈之距離為 1"。

阻流圈在發報機之地位，第一宜遠離振盪線圈，以免由感應作用，吸收振盪電流。第二各阻流圈，亦不可互相太接近。第三線之絕緣尤須特



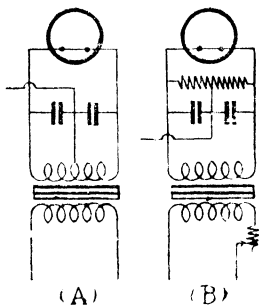
第 50 圖 三個線圈併成之阻流圈

別注意，以減小各種無形損失為要。

(5) 電源之供給

(a) 絲極電流。發報真空管之絲極電流，交直流均可應用。直流由蓄電池或低壓發電機供給之。交流則由降壓變壓器 (Step down transformer) 供給之。

絲極電壓，不可過高，亦不宜過低。過高可以促短真空管之壽命，過低則發報機不能發生振盪。是以絲極電壓表 (Filament Voltmeter)，為發報機不可缺少之設備。實用電壓，以較額定值小 5% 者，為最佳。因一方無損發報機之效率，一方又可延長真空管之壽命，實為最妥善之辦法也。



第 51 圖 絲極變壓器之兩種接法

用交流電時，絲極變壓器之次圈，宜有一中極 (Center tap)。而于兩端及中極間，連兩只傍路電容器 (第51圖 A)。此電容器之設置，專為防止高週電流通過變壓器次圈之用。若變壓器無中極者，可用一耗阻，接連如第51圖 B，以造

成一假中極。至電流調節器，則常設於變壓器之初圈。

(b) 屏極高壓電之來源，則取給于發電機或整流器。發電機有兩種，一為“電動機—發電機”(Motor-Generator)，一為“發電電動聯合機”(Dynamotor)。前者用于電能較大之發報機，後者則用于電能較小者。發電機所具電能，至少等於真空管屏電壓乘屏電流之積。電動機之電能，則較發電機更大 $1\frac{1}{4}$ 或 $1\frac{1}{2}$ 倍。

整流器之種類甚多，約言之有電化整流器(Electrolytic Rectifier)，電子管整流器(Thermionic Rectifier)，氣導管整流器(Gaseous Conduction Rectifier)，水銀管整流器(Hot cathode Mercury Vapor Rectifier)，弧光整流器(Mercury arc Rectifier) 等五種。整流器之原理，諒為讀者所深知，且以其越出本書範圍之外，故不述及。惟第四種之水銀管整流器，應用最廣，且甚合于發報機之用。故略述一二，以供參考。此種整流管如 866, 872 之類，自數百直至 3500 volts 之電壓，皆可適用。其限值(Ratings) 與電子整流管完全不同。電子管所能受之最大電壓，幾盡由管內之絕緣程度而規定。至水銀管，若漸次加大其電壓，迨及一危險數值，稱為反弧電壓(Arc-backvoltage) 者，管內猝然有一極強電流通過其間而損毀之。此外通過水銀管之最大安全電流值，由其燈絲放射電子(Filament

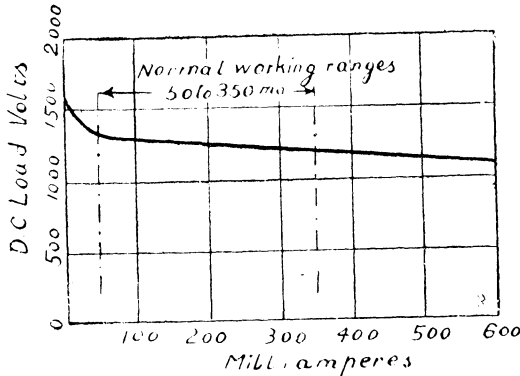
Emission) 限定之。是故此種整流管，常有所謂最大反銳電壓 (Maximum inverse peak voltage) 及最大反銳電流 (Maximum inverse peak current) 等名詞，可爲此種整流管之額定數量。最大反銳電壓之意義，爲整流管所能接受之最大反向電壓，而無損其安全者。反銳電流之意義亦與此相同。反銳電壓之值，在實際上，即變壓器高壓電之銳值 (Peak Value)。設電源爲純粹正弦波形 (Pure sine wave)，則等於變壓器之全部有效電壓 (Effective voltage) 乘 1.41。例如吾人有一全波整流器 (Full wave Rectifier)，變壓器一端與中極間之電壓爲 1500volts，其全部電壓爲 $2 \times 1500 = 3000$ volts。故每整流管之反銳電壓，爲 $3000 \times 1.41 = 4230$ volts。銳電流隨濾波器 (Filter) 之程式，及其輸入電路之構造而異。設輸入處爲一 $2\mu f$ 之電容器，每管之銳電流，等於荷載電流 (Load current) 之三倍。例如荷載電流爲 200ma，銳電流等於 $3 \times 200 = 600$ m，此即 866 整流管之最大安全電流也。若以 10 Henry 或較大之阻流圈，連于整流器及濾波器輸入電容器之間，則上述之倍數，將降低至 1.5。

水銀整流管之最大利益，在於電壓在管內之降落甚小，平均每管祇有 15volts。故輸出電壓，不因荷載之大小，而生重大之變化。因是稱爲有良好調節 (Good Regulati-

on) 之整流器。

若整流器構造合理，使用得宜，發報機所發出之音號異常優良，與最佳之直流發電機，不分上下。不同之點，在於整流器之使用，較為困難。有時因發報機調準不合，信號帶有交流電音 (Raw.A.C.)。此種弊病，並非全在整流器之構造不良，若將發報機稍事更動，往往有顯著之改善。雖天線電流或因此而減小，然于收報機無多大影響也。

在整流器中，有兩種現象，宜分別認清。一為平緩 (Smoothing)，所以減小輸出電流之波動，以衰落恆數 (Attenuation Constant) 表示之。用于發報機之整流器，此恆



第 52 圖 整流器電壓與電流變遷之狀態

之商之百分數。如下公式：

$$R = \frac{E_{\text{no load}} - E_{\text{load}}}{E_{\text{no load}}} \times 100$$

普通若有 10% 之調節，即為最佳之整流器。然而無論調節之若何良善，在整流器無荷載時，濾波電容器兩端之

數，不必超過 5。因此時餘留之交流電，較之未濾波前，已不及 10% 矣。一為調節 (Regulation)，即無荷載時與有荷載時兩電壓之差，為無荷載時電壓所除得

電壓，爲變壓器之銳電壓，即其額定電壓之1.41倍。當報鍵下時，整流器之電壓，猝然下降，發生錘擊現象。欲減小此弊病，則有如前述者，于整流器輸出兩端，加一平壓耗阻即可。故整流器之工作範圍，有如第52圖所示，在兩個電流界限之間。茲將各種整流管，列表如下，以供參考。

美國無線電合組公司各種整流管一覽表

整流管 Tube	絲壓 Fil. Volts	絲流 Fil. Amps	每屏最大 電壓 Max. Volt- age (a.c.r. m.- s.)	最大反銳 電壓 Max. Inverse Peak Voltage	輸出直流 電流 D.C. Output Current in MA.	銳電流 Peak Current in MA.	程 式 Type
280	5.0	2.0	350 400 550		125 110 135		全波真空式
281	7.5	1.25	700		85		半波真空式
217A	10.0	3.25		3500		600	半波真空式
217C	10.0	3.25		7500		600	半波真空式
866	2.5	5.00		7500		600	半波水銀式
871	2.5	2.00		5000		300	半波水銀式
872	5.0	10.00		7500		2500	半波水銀式
869A	5.0	20.00		20000		5000	半波水銀式
218	11.0	14.75		50000		750	半波真空式
219	22.0	24.50		50000		2500	半波真空式
214	22.0	52.00		50000		7500	半波真空式 (水冷)
857	5.0	37.0		20000		20000	半波水銀式

第八節 調準方法

調準爲使用發報機最重要之工作。傳遞之達遠，音號之清晰，皆在此一舉得之。且構造最精設備最全之發報機，設調準不得其宜，即可完全失去效用。故調準之重要，不言而喻。又人皆以調準手續，必須付諸無綫電工程專家者，亦非盡然之見解。在電台初裝之時，第一次之調準，托由專家，自爲妥善之辦法。然而在日常通報之時，對方常有要求更變波長，或改善音號之舉。此種要求必須立刻解決，故管理或使用發報機之機務員或報務員，亦宜明瞭發報機之調準手續。調準，亦稱配諧 (Tuning)。配諧，非僅轉動幾只變量電容器而已，尚有甚多之其他手續在焉。但亦並非難事，知其原理，依次進行，則無論何人，皆可得優良之結果。茲先將其原理，述之如次：

今以交流電通過一線路，如第53圖所示者。其中線圈 L 及電容器 C ，與交流發電機爲並聯。設 E 爲發電機之電壓， I_C 爲通過電容器之電流， I_L 爲通過線圈之電流，依交流電原理，有下列之兩公式：

$$(3) \quad I_C = \omega CE$$

$$(4) \quad I_L = \frac{E}{\omega L}$$

其中 $\omega = \frac{f}{2\pi}$ ， f 爲電之週率

吾人又知電容器內之電流 I_C 在電壓之前 90° 。線圈內之電流 I_L ，在電壓之後 90° 。故兩者之方向常反。因此通過發電機之電流為：

$$(5) \quad I = I_L - I_C = \frac{E}{\omega L} - \omega C E = E \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega \right)$$

設

$$\frac{1}{L\omega} = C\omega \quad \text{或} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega_0 \quad (\text{即 } f = f_0)$$

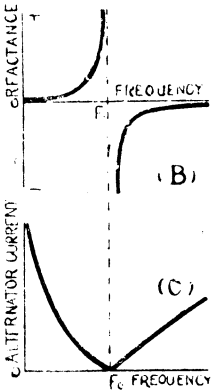
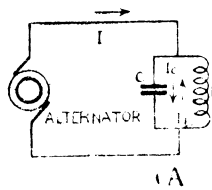
稱為 LC 線路之本身週率。

則 $I = 0$ ，即電之週率，等於 LC 線路之本身週率時，通過發電機之電流甚小。換言之 LC 線路，對於發電機之總阻甚大。此種現象，稱曰並聯諧振 (Parallel Resonance)。再于諧振時 LC 線路內電流為：

$$(6) \quad I_L = I_C = \omega C E = \frac{1}{\sqrt{LC}} C E = \sqrt{\frac{C}{L}} E$$

其值可甚大。故有時稱此線路為儲積電路 (Tank Circuit)，取其有甚大電流儲積其間也。設耗阻為零，則電流一經通過此線路，取去發電機，仍得流動不息。但在實際上，電路內必有耗阻，故須由發電機供給電能，抵償熱度之損失。惟耗阻愈小，發電機之輸出電流亦愈弱。若以此種原理解釋發報機之作用，最為明顯。吾人之發報真空管，實一交流發電機。振盪電路，即上述之儲積電路。至發報機之週率，既由其振盪電路之本身週率所規定，自然常有並聯諧振之現象，因而有下列之兩種重要結果。第一，振盪電

路內之電流甚大。故其構造與設置，必須極端慎重，以減小其各種損失。第二，在振盪時，屏電流必小。蓋此電流，用于低償振盪電路之耗阻損失，而此耗阻則往往甚小也。

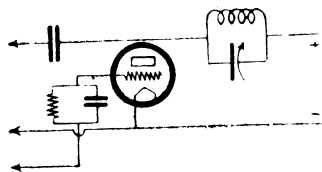


第 53 圖

並聯諧振電路

若吾人再進而研究公式 (5)，即求發電機電流 I 之如何隨週率而變遷。其情形可于第53圖 C之曲線見之。週率漸次增高，電流則先行下降。及至 $f=f_c$ ，即儲積電路本身週率適等於電之週率時，電流達其最小值。過此，電流復隨週率而增加。發報機亦有此種現象，尤以在主振盪式者最為顯著。當擴大器之屏極振盪電路，稍不配諧時，屏電流遂大增。其于自振盪式之屏柵諧振線路，當屏柵兩電路調準至同一波長時，屏電流有一降落點 (Dip)。可見，其理由亦以此時電之週率與屏電路

之週率適等之故也。



第 54 圖 用並聯諧振電路

代阻流圈之接法

並聯諧振電路，以其對外有甚大之總阻，故有時用以代阻流圈，(第54圖)。前未述及，茲補誌

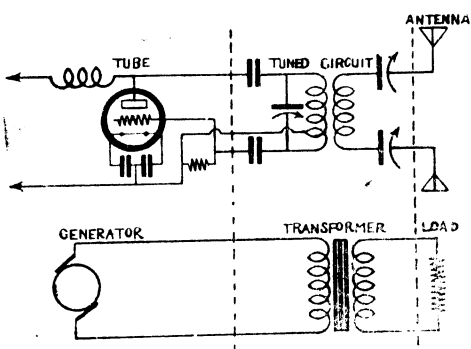
之。

讀者若以上述之原理，不易了

解，則以下述之物理解釋，較為醒目。

吾人可以發報真空管作交流發電機，振盪電路及天線配諧 (Antenna Tuning) 設備作變壓器，再以振盪線圈爲此變壓器之初圈 (Primary)，天線線圈，爲其次圈 (Secondary)。至天線之放射及其一切損失，可以一耗阻式荷載 (Resistive Load) 代之。兩者相對之比較，可於第55圖見之。茲將其作用，分別述之如次。

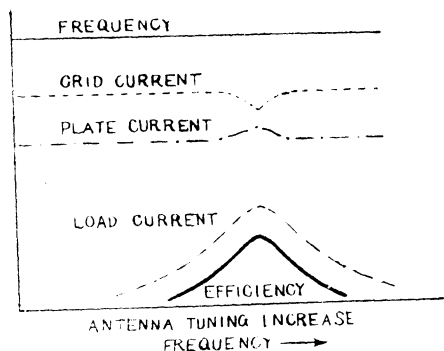
當變壓器無荷載時，初圈對於發電機，必須有甚大之總阻，換言之，通過初圈之電流甚小。其理由以此時變壓器不受任何反抗力，故無需甚大之電能也。若初圈之總阻，適等於發電機內部之總阻，則將有一半電能，盡行消耗于初圈內而使之發生極強熱度，變壓器之設計，即屬不合。此種現象，爲實用上所當避免者也。依同樣原理，發報



第 55 圖 發報機物理作用之解釋

機于未連天線，即無荷載時，振盪電路之總阻，較真空管之屏總阻，所大甚多，故此時屏電流必甚小也。因此發報機振盪電路之總阻，宜與屏總阻配合之言，實屬一種誤解，亟宜注意及之。

及變壓器之次圈，一有荷載，初圈內電流，即隨荷載而增加。此種情形，于發報機亦然。當其連於天線而有放射時，屏電流亦隨天線之荷載而加。即天線電流愈大，屏電流亦愈大也。此為任何發報機，均有之現象，讀者宜牢記之。至荷載之大小，可由天線偶合 (Antenna Coupling) 及天線配諧 (Antenna Tuning) 變更之。發報週率，荷載電流，屏電流，柵電流等與天線配諧之關係，可于第56圖見之。由此種曲線，吾人可推知兩種結果。第一，屏電流隨荷載電流而增加。當荷載電流經過其最大值時，屏電流亦最大，此為吾人所已知者。第二，柵電流之變遷，與屏電流或荷載電流相反。其理由甚簡單，因屏極有荷載時



第 56 圖 發報機各種係數隨天線配諧而變遷之情形

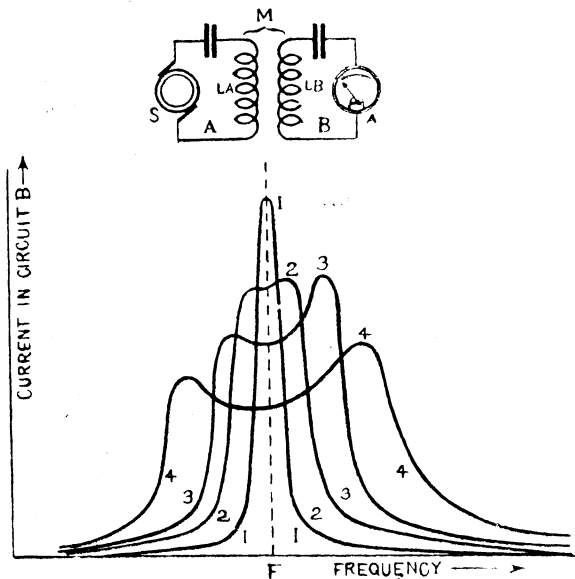
，屏電壓即下降。而控制屏電壓之主動者，為柵電流。是以屏流愈大，柵流必愈小。當屏流達其最高值時，柵流達其最低值。此猶變壓器之電壓，或電動機之速率，皆隨荷載而減小也。

再則欲求發報機之有最大輸出電能者，其荷載總阻 (Load Impedance) 必須與屏總阻 (Plate Impedance) 相等

，此層將于第四章述天線時討論之。

第56圖各曲線，係表示發報機與天線，作極疏偶合時所得之結果。其中最使吾人注意者，即週率穩定不變。其代表線，為一平行之直線。設振盪線圈與天線圈之偶合太密，則有時發報機可同時產生兩種電波。在使用時，由一波猝然換至他波，信號甚不穩定，難以收聽。此為普通最易犯之弊病，亦調準最複雜之一問題。以其關係發報機全部功效甚大，不得不詳加研究如次：

今設有A,B 兩振盪電路如第57圖，作甚密之偶合。設

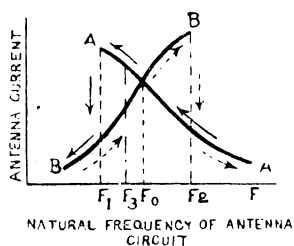


第 57 圖 在自由振盪電路內，因偶合太甚致產生兩個週率之情形

A 電路有自由振盪，即S 之週率，由其本身週率規定者。則依無線電學著名原理，若變更 B 電路之本身週率，而測其電流，則可得兩峯，如 2,3,4 等曲線所示者。偶合愈甚，兩峯相距亦愈遠。此即表明

在自由振盪電路A 內，同時有兩種週率產生，因其能使振

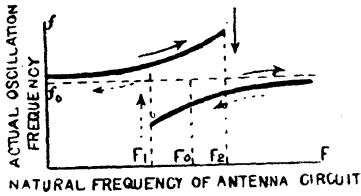
盪電路B有兩諧振點也，若欲祇有一峯，則必須使兩電路作甚疏之偶合。再則A電路之特性，亦將受B電路之影響而完全變更。發報線路之構造，實與此相同。A電路為其盪電路，（設其本身週率為 E_0 ），B電路則即天線配諧電路也。今若將報鍵按下，而轉動天線內電容器，以變更其本身週率。當週率由大而小下降時（電容器自零至百度），天線電流，沿AA曲線上升（第58圖）。及達一定值 F_1 時（小於兩電路之共同週率 F_0 ），電流猝然墮落，及於BB曲線。設此時再減週率，電流即沿此線而下降（實線之矢）。



第 58 圖

若將週率由小而大，漸次增高（電容器由百至零度），電流先沿BB線上升。及至 F_2 點（大於共同週率 F_0 ），又猝然墮落，及於AA曲線，而沿之下降（虛線之矢）。此種現象，在實際上，甚易遇到。吾人于調準發報機時，最初見天線電流表之指數甚大（ F_3 點在AA曲線之電流）。及啓報鍵復行按下時，電流即自行低落甚多（ F_3 點在BB曲線。以發報線圈與天線線圈之偶合太甚，電流可自AA曲線，猝然換至BB曲線也。

在前述試驗中，若吾人再以量波表測驗天線之波長，則所得結果，有如第59圖所示。當天線本身週率，由小而

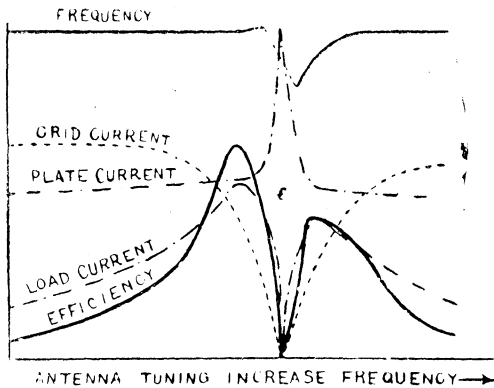


第 59 圖 偶合太密時，發報週率變遷之狀態

大增加時，電波週率，先較諧振週率 (Resonance Frequency) f_0 為大，繼而逐漸增高。及至 F_2 點，猝然減低，小於諧振週率 f_0 。

繼復加大，而漸逼近 f_0 (實線之矢)。反之，當天線本身週率，由大而小減低時，電波週率，先行下降。及至 F_1 點，猝然上升，既而再漸次減低，與諧振週率相靠近(虛線之矢)。故週率在此情形，將極不穩定。以其可由一曲線，猝然換至他線也。

上述各種現象，無論長短波發報機，于天線偶合太密時，皆能有之。第60圖各曲線，係由一普通發報機，在實驗時，所求得者。



第 60 圖 天線偶合太甚之發報機，各種係數隨天線配諧情形而變遷之狀態

當增加天線之本身週率時，天線電流先隨之加大。同時屏電流及週率，亦漸加大。然為狀甚緩。迨電容器至一某度數時，電流經過其最大值。過此，電流降落甚速，發報機瞬即停止振盪。

此時屏電流猝然上升，達一極高值。再進則振盪復生。不久天線電流又達另一最大數，但較第一次所得者爲小。設此時再量電波週率，則已減小甚多矣。此種情形，與前述之原理相符合，讀者宜切記之。

若天線之偶合甚疏，則上述之各種複雜現象，可不致發生。惟偶合太疏，輸出電能，必至減小，亦爲一種缺點。故長波機，有時不得不用較大之偶合。再依更深學理，則可證明上述兩週率之穩定狀態，並不相同。其中有一波長，恆較他波長爲佳。惟究爲何者，則須視天線偶合之情形，發報線路之結構，以及真空管之特性而定。依經驗所得似以兩波長中幅度 (Amplitude) 之較小者，宜作發報之用。至短波通信之最要條件，爲週率之穩定。天線電流，往往相差25%，而收報方面，毫不覺得。故短波發報機之調準，以偶合小者爲宜也。

前述各種原理，既經明瞭之後，則調準方法，並無困難，祇須依序進行，自無有不收功效者。茲將自振盪式發報機之調準手續，從略述之如次。其中前三段爲調準之預備手續，後數段則調準之正式手續也。

(1) 先行檢驗發報機及電源之各線路及接線，是否堅牢，有無錯誤。繼當視察發報線圈，是否與所欲發之波長相合。若有波長表，則更可置各電容器于相近度數，以節

省調準時間。再天線宜與發報機脫離，或兩者之線圈，作甚疏之偶合。若偶合有度數者，應置于零度。

(2) 燃點真空管絲極，而校對其電壓，至額定值，或略小百份之五。絲壓不宜過低，以防不能產生振盪。在冬季天氣嚴寒時，尤須將真空管之絲極，先熱一二分鐘，然後再將屏電壓加上。

(3) 調準時屏電壓宜低，普通可取額定值三分之一或二分之一。讀者應知高壓電，對於人體有甚大之危險，故每次于發報機內部，有所更動時，必須先去其屏電壓，不可忘卻也。

(4) 調準發報機之最重要手續，為配置柵極之激勵。所謂配置柵極激勵者，即變更屏柵之偶合，使振盪電路內有最大之電流，亦即真空管有最高之效率是也。若振盪電路內，無交流電表，可注意屏極之直流電表。蓋振盪電流最大時，屏電流為最小。減低屏電流之方法，隨線路之構造，稍有不同。在 Hartley 線路，可移動 F 點。向柵則屏流小，向屏則屏流大。振盪最佳點，約在屏柵圈數之比為 $1/3$ 或 $1/4$ 時。其于 Colpitts 線路，可變更屏柵兩電容器。凡柵極容量愈大，屏流愈小。屏極容量愈大，屏流愈大，適與 Hartley 線路相反。振盪最佳點，約在兩容量之比為 $1/2$ 時。若兩電容器，連于一軸，則柵極激勵為固定

，而難以配置矣。惟另有一方法，即如第22圖中變更柵極偶合電容器 C_2 之容量可也。線路中最易調準者，為屏柵諧振線路。其于諧振時，屏電流有一降落點可見，此即振盪最佳之點也。惟欲求週率之穩定，在無論何種線路不宜有最大振盪電流。因此時太近界點，振盪有猝然停止之危險。故實用上，往往使屏柵之偶合度，較最大電流時，約大 10%。例如在 Hartley 線路，可將柵線圈增加一圈或半圈。在屏柵諧振線路，祇須稍加柵極電容器之容量而已。此外尚有二事，最宜注意者。即第一，此時發報機既無荷載，屏電流必甚小，無論真空管之大小，不得超過30或40 Milliamperes。否則，非調準不得其宜，即振盪電路之耗阻太大，皆宜設法改善之。第二，凡柵極激勵有變動時，波長必隨之而變更。此種情形，尤以 Colpitts 線路為最甚，讀者宜注意及之。

(5) 以量波表 (Wavemeter)，檢驗振盪電路之波長，是否與所欲發者相同，若不然，則轉動振盪電容器及上述各手續，至達其欲發之波長為止。

(6) 發報機既經調準至最佳效率，及適合之波長後。可將天線接上，或加緊兩者之偶合。同時又轉動天線內電容器，使天線電流，及屏電流，漸次上升，達其最大值。不足則再加偶合。普通偶合愈緊，天線電流亦愈大。惟此

手續，不宜行之過甚。以其可使真空管停止振盪，或產生兩波。欲證明週率之是否穩定，則于得到最大電流後，啓其報鍵，復行按下。此時天線電流表之指針，應上升至初次調準時之度數，否則必須減小偶合，至無差別爲止。故普通對於調準天線方法，有如下之手續：先使天線電流達于最大值，再減小偶合，使其降落至最大數之85%。既得後，復偏移天線電容器，使最後之天線電流，爲此85%數之又85%。

(7) 若再量波長，吾人察得與未接天線時，稍有不同。其理由甚簡單，以偶合時，振盪電路之感應，除自感量外，復有兩線圈之互感量，故波長因之而變更。是以調準發報機時，振盪電路之電容器，天線之電容器，天線之偶合，三者宜同時使用。更動其一，必須更動其二，方可保持波長之不變。此層最宜注意及之。

(8) 發報機于完全調準之後，方可增加屏電壓，至真空管之額定值。然屏總阻往往隨屏電壓而變遷，故此時之振盪情形及波長，亦有更動之虞。於是前述之柵極激勵，天線偶合等，或再有稍加調準之必要。

(9) 上述各項手續，既經實行之後，調準工作，似已告終。實則尚須經檢驗音調之後，方可確定其得失。檢驗音調之方法，或用檢音器 (Monitor)，或要求對方電

台，試聽此方所發出之信號，是否穩定清晰。辨別音號之優劣，以應用美國合組無線電公司之訊號性質縮語表，最為合宜。此縮語表，由 FRAME 五字組成，其解釋如下：

F.....(Frequency) (週率)

R.....(Relative Signal Strength) (訊號之強度)

A.....(Amplitude Variations) (Fading)

(幅度之變遷情形)

M.....(Musicality of Note) (音調優良程度)

E.....(Estimated Commercial readability)

(商業性質通訊速率)

每字復附一數目字，自一至九，用以表示每種字性質之優劣。其數愈大愈佳。凡報務員均能道其詳。在此縮語表中，F及M兩字，純為發報機之本身問題，最宜注意。R及A，非僅與發報機有關，且隨波長，氣候，時季，距離等而變遷，甚難控制。至E字，則為前四字之總結果，最關重要。由此可知欲得最完美之訊號，實非易事也。

第九節 發報機弊病之檢舉

凡構造精良之發報機，不問其線路之為簡單或複雜，皆可以調準方法，得到最佳之效果。反之，若設計不良，或所用原料不佳，因此發生之弊病，則非調準所能祛除也

。此種弊病，隨時可以遇見，爲研究發報機者所不可不知。
。茲擇其重要者，述之如次：

(1) 擾亂振盪 (Parasitic Oscillation)。此種不規則之振盪，大抵在兩真空管並聯或推挽式發報機中，最易發生。其原因由于真空管之自然容量，及各接線之直線感應或容量，(Stray inductance or capacity) 互相偶合而來。此種振盪之週率，往往甚高，不易測出。凡真空管之熱度，特別高強。或屏柵輸出線發熱。或電能之輸入甚大，而輸出甚小。或柵漏發熱，而毫無輸出電能等。皆爲發報機有擾亂振盪之可疑點。擾亂振盪之結果，使訊號異常粗劣 (Rough)，且非調準方法所能改善。若主振盪式發報機之擴大器，發生此種擾亂振盪則更使平差 (Neutralization) 無法實現。掃除擾亂振盪之方法，或異屏柵接線之長度，使失其諧振而消滅之。或于每柵加一小耗阻器或阻流圈。耗阻之值，約 100ohms，並取其無感應者。阻流圈之製造，以半英吋直徑之絕緣管，縛20圈細線即可。

(2) 電容器絕緣不良。若電容器之絕緣不良，即有高週電流，穿過其間。訊號將變成模糊不清，週率亦浮盪不定。此種弊病，不能以調準方法祛除之。祇有換一絕緣良善之電容器，庶幾爲改善之道。凡漏電之絕緣體，間有小電弧穿過之。其于電木 (Bakelite)，凡經高週電流穿過之

點，有凸起形可見。然普通往往毫無標記可尋，故極難確定弊病之所在。若活動電容器，積有塵埃，亦可使高週波漏電，故發報機必須整理清潔也。

(3) 振盪電路耗阻太大。其現象在發報機無荷載時，屏電流已甚大。若減小屏電流，真空管即停止振盪。此種情形，或以振盪線圈之線太細。或其地位不宜，以致高週電流，為其他物體所吸收。線圈與電容器接觸不良，亦為一大原因。改良方法，宜清拭其接連處，而緊其接觸。設無效，再換較粗之線圈，或變更其地位。振盪電路耗阻太大，亦可使週率不穩定。

(4) 機械式振動。凡線圈質地太軟或地基太弱，皆可使發報機之線圈及其他接線起震動。而發生劇烈之波長變遷。補救方法，將發報機置于一甚重桌上，或墊以有彈性之物體，如海綿之類。

(5) 天線及引入線之擺盪。普通發報台波長之不穩定，多由於天線及引入線之擺盪。尤以引入線之關係為最大，其現象可于天線電流表指針之搖動見之。故天線及引入線，必須拉緊，不可為風吹動。

(6) 電源電壓上下無定。凡電壓高抵不平，或瀘波不淨，亦可使波長不穩定，與音調惡劣。改善之道，可稍偏天線之調準。設無效，則需更換發電機，或改良瀘波

器。

(7) 振盪電路之容量太小。發報真空管內部各極之距離，常因熱度而變更，以致所發出之週率，不能穩定。故新式發報機振盪電路之構造，皆取大容量與小感應。稱曰高容發報機 (High-c transmitter)。因振盪電路之容量既大，真空管極際容量變遷之關係即小。再此種電路，亦稱低荷總阻 (Low Load Impedance) 之電路。屏電流受天線荷載之影響較小，故屏總阻之變遷亦小（按屏總阻等於屏電壓與屏電流相乘積之二分之一，屏流既變，總阻亦變）因此高容發報機所產生之週率，異常穩定也。

(8) 阻流圈迴阻太小。若阻流圈之迴阻太小，將使真空管不能產生振盪。此種情形，尤於高阻真空管 (High impedance tube) 爲甚。而高迴阻之線圈，又不易製造，故有時發報機不用並給方法，而取聯給方法。

(9) 真空管之內總阻太大。用高總阻真空管之發報機，其構造與普通低阻真空管，稍有不同。第一，柵漏之耗阻宜甚大。第二，振盪電路，宜用大線圈與小容量，適與高容電路相反。

上述各種弊病，祇就其犖犖大者而言。未經述及者尙甚多。茲爲便利讀者，易于檢查起見，特將發報機各種弊病之現象，原因，及補救方法，列表如下：

發報機弊病一覽表

弊病現象	弊 病 原 因	補 救 方 法
電波不穩 定或訊號 浮動	天線及引入線被風吹動	拉緊天線及引入線
	線圈及接線之振動	更換線圈或將發報機置于海綿墊上
	線圈之線太細	更換線圈
	振盪線圈及天線線圈之偶合過甚	減小偶合度或稍偏天線電容器
	真空管及其他機件之發熱	改善調準或增加柵漏耗阻，或稍行減小輸入電能或用高容量
	有擾亂振盪	于每柵置一耗阻，或阻流圈
音調粗劣	電源高低不一	更換發電機，或濾波器。
	電容器絕緣不良 電容器或線圈積有塵埃 濾波不淨潔(指電源) 報鍵設置不妥	更換電容器 宜拭清之 宜改善濾波方法 依照報鍵設置方法改善之
屏流太大 或屏極發 紅	有擾亂振盪	于每柵加一耗阻，或阻流圈
	柵極激勵太大	隨線路之性質，或移絲點或變更柵極電容器之容量等。
	停止振盪	依照停止盪現象柵內方法改善之
	線圈太細，耗阻太大	換以粗線圈
	柵漏耗阻太小	加大柵漏耗阻
	振盪線圈及天線線圈偶合太甚	減小偶合度
	振盪線圈圈數太少(指高阻真空管)	加多圈數
	真空管荷載不勻(指兩真空並聯或推挽式)	更換真空管或更換線路
屏極固定電容器(並給)短路	更換電容器	

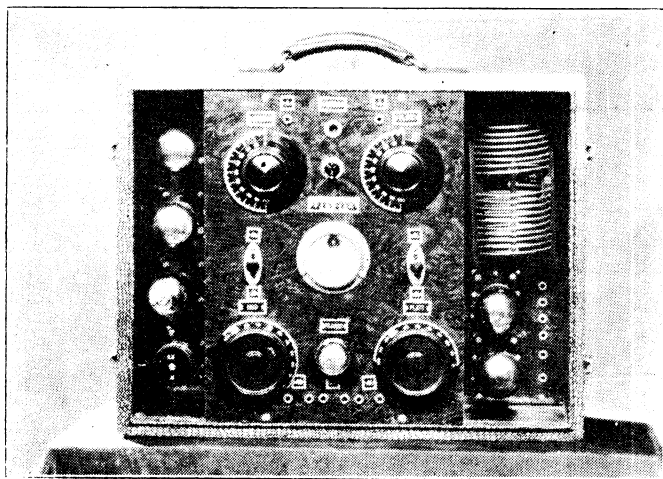
屏電流太小	柵極激勵太小 柵漏耗阻太大 天線放射太少 振盪線圈及天線線圈偶合太小	參考發報線路節 減小柵漏耗阻 參考天線章 加大偶合度
停止振盪 或不能發生振盪	振盪線圈天線線圈偶合太甚	減小偶合度成稍偏天線電容器
	柵極激勵過小或過大	參考發報線路節
	屏電源斷路	檢查保險器及接線
	振盪線圈及振盪電容器連合處，接觸不良。	宜拭清之
	柵漏耗阻中斷	更換柵漏耗阻
	線圈太細，耗阻太大	換以粗線圈
	阻流圈迴阻太小	加多圈數，或更換之，或變並給為連給
反 波	有擾亂振盪	于每柵加一耗阻或阻流圈，或異屏柵接線之長度或去絲極變壓器兩端之傍路電容器
	屏極固定電容器（連給線路內）短路	更換電容器
反 波	報鍵漏電	更換報鍵，或更換其絕緣體。
	柵負不足	加大負電壓，或變更發報機之調準。

第十節 各種實用短波發報機

短波發報機，既能達遠，又易處理，故為一般人所樂用。其體積與重量，較長波所小甚多，最合行軍飛機等攜帶之用。今日各國，莫不以此為唯一之通信利器。茲略述數種，以供參考：

(1) 攜帶用輕便發報機——下面照片I及II所示之發報機，為歐美各國軍隊中或飛機上所用者。其體積甚小，二三人即可搬運。構造與應用，亦甚簡單。

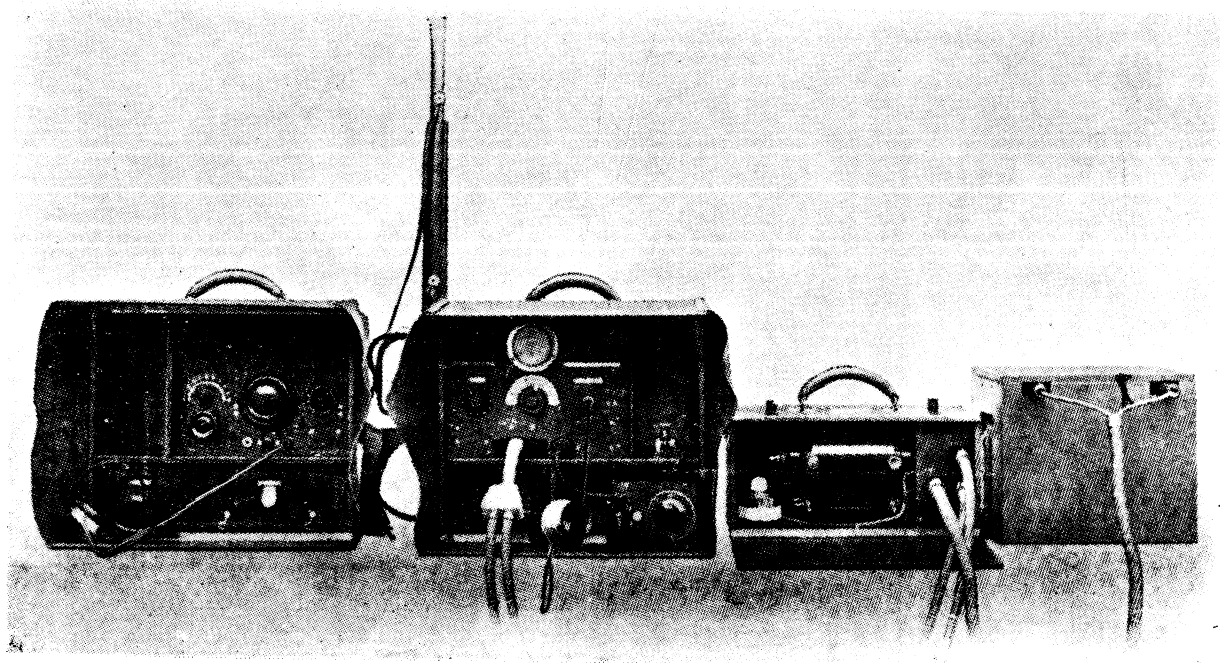
第61圖所示，為我國自製之 5 watts 發報機。(1) 其構造甚簡單。收發兩部份，合裝于一皮箱內。上部為發報機，下部為收報機。收報線路，為普通之三管式。發報線



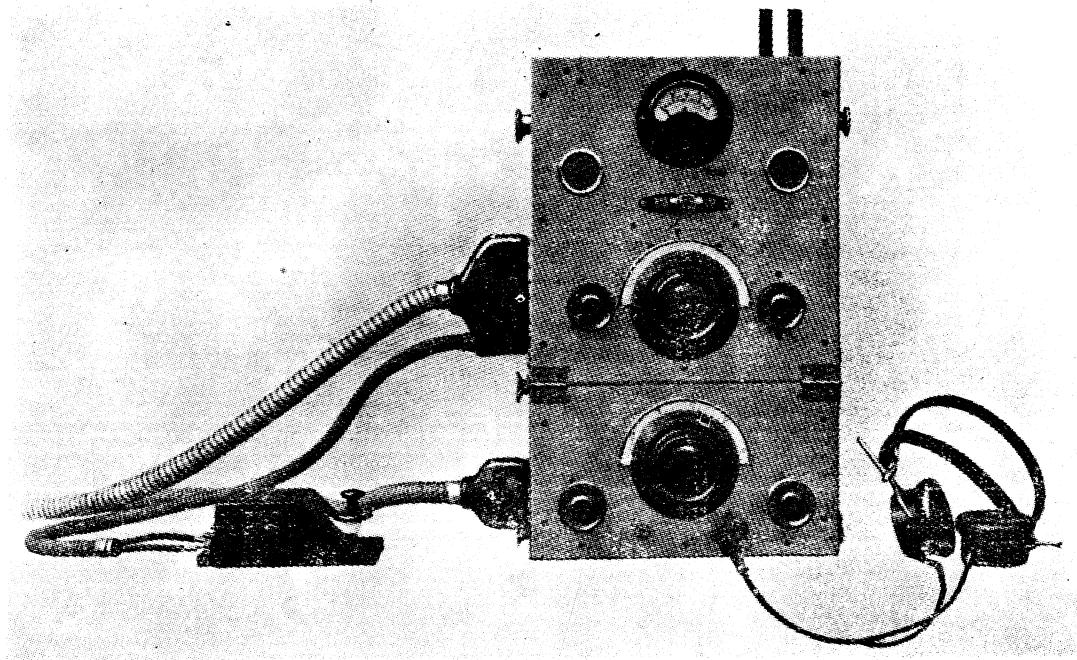
建華公司出品之 5 Watts 輕便發報機

路，為兩管並聯之 Hartley 式。此機可作通報通話兩用。其調幅方法頗特別。調幅變壓器之次圈，連于 +A 及 -B 之間。故

(1) 此機為上海建華公司之出品

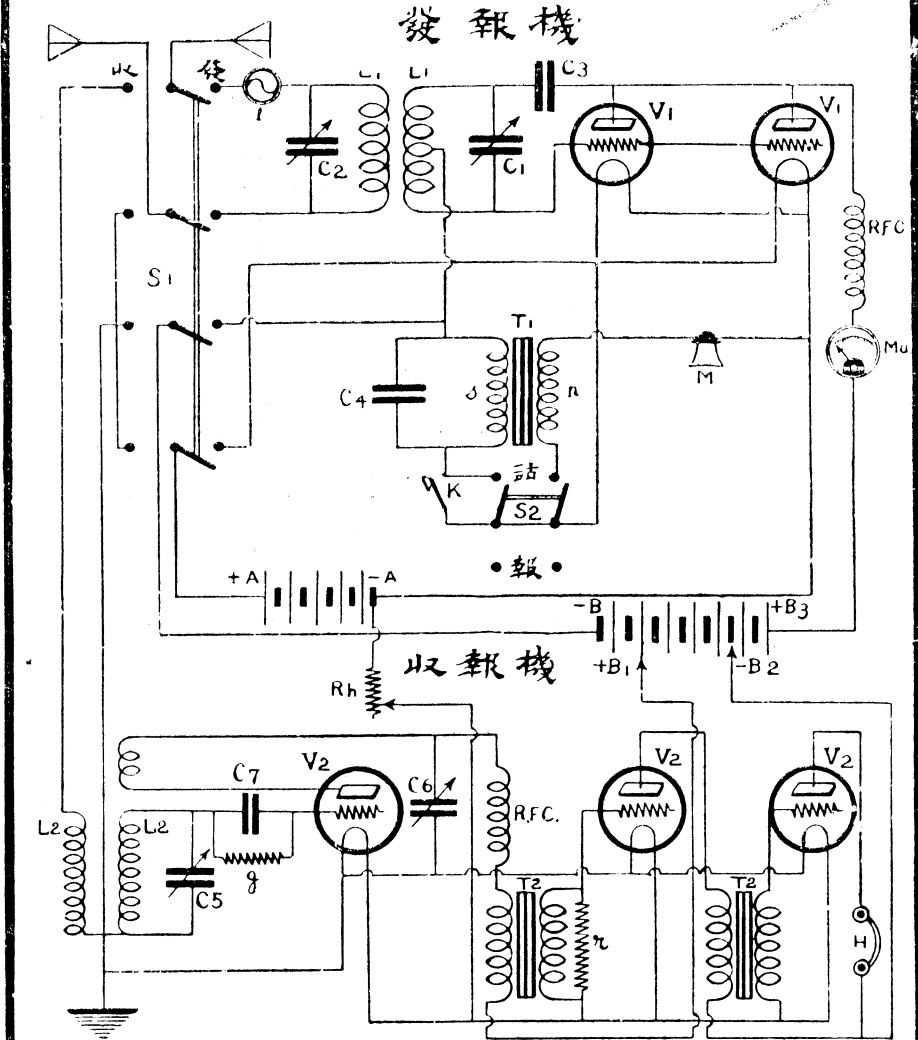


I. 輕便發報機之一



正. 輕便發報機之二

五 華 特 收 發 報 機 線 路 全 圖



V₁ 發報真空管
(Philip B405)
L₁ 發報線圈
C₁ 屏極電容器
C₂ 天線變量電容器
S₁ 收發交換電鍵
S₂ 報話交換電鍵

M 播音器
T₁ 調幅變壓器
K 報鍵
C₃, C₄ 高週率傍路電容器
l 小灯泡

M_a 千分安培表
RfC 高週率阻流圈
V₂ 收報真空管
(Philip A409)
L₂ 收報線圈
C₅ 收報柵極變量電容器

C₆ 收報調音變量電容器
T₂ 成音變壓器
g 柵扇
C₇ 傍路電容器
r 高耗阻
H 耳機

第 61 圖 5 Watts 收發報機線路圖

屏柵兩極，同時受成音週率之影響，而得較大之調幅率 (Percentage of Modulation)。此種調幅方法，稱曰 David 調幅法。且屏電流通過變壓器次圈，使其兩端，有一電壓降數，作為柵負(Grid bias)之用。因此調幅變壓器，必須特別設計製造，非普通者所可用也。發報真空管，用 Philip B405。收報真空管，則為 Philip A409。其他詳細情形，觀圖中所附名詞表即易明瞭，無庸贅述。

(2) 150 Watts 業餘發報機——短波發報機之效率，常隨波長而異。例如在 3500KC 效率甚佳者。用於 7000KC，或不甚合。及 14000KC，則更惡劣。在 28000KC，或竟不能發生振盪。此種現象，大抵由于發報機之各項機件，配置不當，致真空管發生擾亂振盪，或高週電流有特大損失而致。且波長愈短，愈易產生此種不佳現象。故週率甚高之發報機，于構造時，必須特別注意，不可忽略。照片Ⅲ為用于 14000KC 至 28000KC (波長 20 至 10 公尺) 之發報機。(1)

此機線路，如第 62 圖所示，為高容之平衡推挽式。發報真空管，為專用于短波之 852。故其輸出電能，約有 150 watts 之譜。此線路有如下之各特點：第一，可完全不用

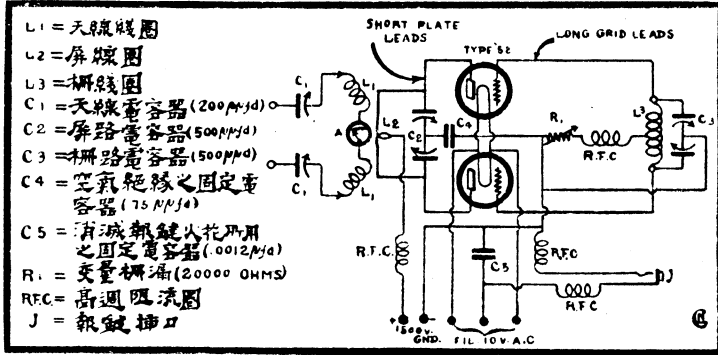
(1) 曾載於美國 Q.S.T. 雜誌 (June, 1930 Advanced Transmitter Design by James J. Lamb)

斷路電容器。即僅有之 C_4 電容器，亦可免除，而無礙發報機之工作。第二，高週阻流圈，亦可不用。因其連於線圈之中心點，而此點之高週電壓，常等於零。第三，屏柵兩電容器活動片之高週電壓為零。至此點之直流電壓，亦以連地而甚小，即使發報機于應用時，偶有不慎而觸及，亦無危險。第四，最可注意之點，即屏柵兩極接線之長度各異。連屏者，僅 3.5 英寸。連柵者，則有 13.5 英寸。如此可不用阻流圈或耗阻等而祛除擾亂振盪。第五，依同一原理，絲極無傍路電容器。

再則此線路為平衡式，兩真空管接線之長度，必須完全相等。尤以屏柵兩線圈之中心點，宜慎重選擇。各線圈皆以 $\frac{1}{4}$ " 紫銅管繞成，其圈數，圓徑等如下表：

	圈數	圓徑	各圈距離
L_1	5	2"	
L_2	28mc. 2	2"	$1\frac{1}{2}$ "
	14mc. 4	3"	$\frac{1}{2}$ "
L_3	28mc. 2	2"	1"
	14mc. 6	2"	$\frac{1}{2}$ "

其他一切詳情，參考第 62 圖所附之名詞表，即可了解無遺也。



第 62 圖 150Watts 發報機線路圖

(3) 250Watts 國內電台所用之發報機——第63圖，及照片，為現時國內電台所用發報機之一種。此機為上海三極銳電公司之出品。其線路為屏柵諧振式。高電壓之正極，經阻流圈 RFC₁ 直達于屏，故為並給式。報鍵 K 設于高電壓之負極及燈絲之中極間。其兩端連一固定電容器 C₆，所以消滅報鍵兩接觸間之火花。發報真空管為 UV-204-A，具有 250watts 之輸出電能。至電源，則用以燃熱絲極者，由一低壓發電機 G₁ 所供給。其電壓之大小。以變量耗阻 Rh₁ 調準之。用于屏極者，由另一高壓發電機 G₂ 所供給。其電壓之大小，可由連於該發電機磁場線路內之變量耗阻 Rh₂ 更換之。兩發電機復藉連于同軸之直流電動機而轉動。再電動機及高壓發電機磁場內所需之電流，則由一外加之直流發電機 G₃ 所供給。用于發報機之各

種電壓宜平直不變，故發電機之磁場，皆用混合縛法 (Compound Winding) 也。

(4) 500 Watts 商用發報機 (照片 V)——此機專供近距離固定電台或軍艦商船等之用，爲法國無線電公司 (Societe Francaise Radioelectrique) 之出品。其輸出電能，約 500 watts，波長範圍，在 15 與 70 公尺之間。另由一特製波長變換器，任意選用三種波長，而無需更換線圈。

此機之構造，如第 64 圖所示，分電源 (Power-plant)，配電板 (Switchboard)，斷電器 (Circuit-breaker)，報鍵板 (Keying panel) 及發報機 (Transmitter) 五部。

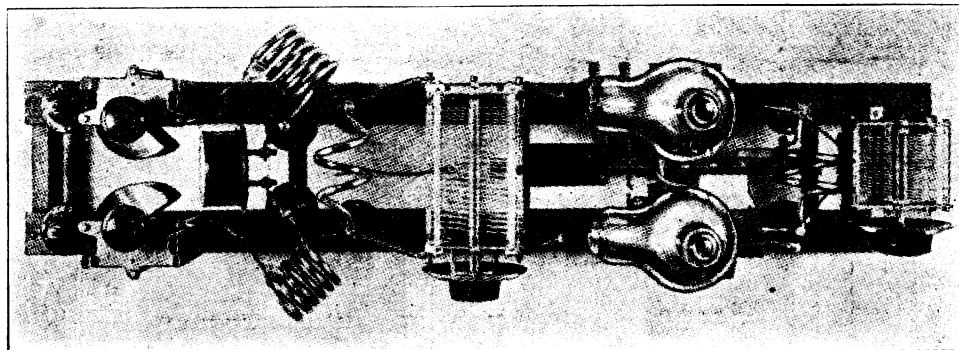
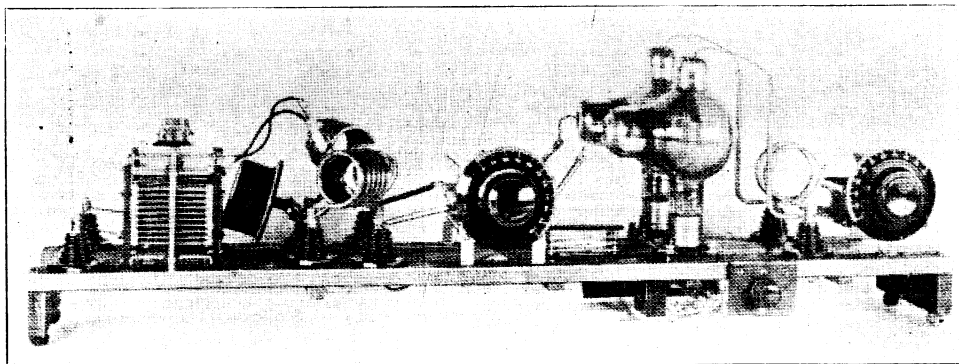
發報機之線路，爲 Hartley 式，而由一固定電容器，直連天線。真空管之名稱，爲 E.954M。其特性如下。

絲電壓： 13 volts

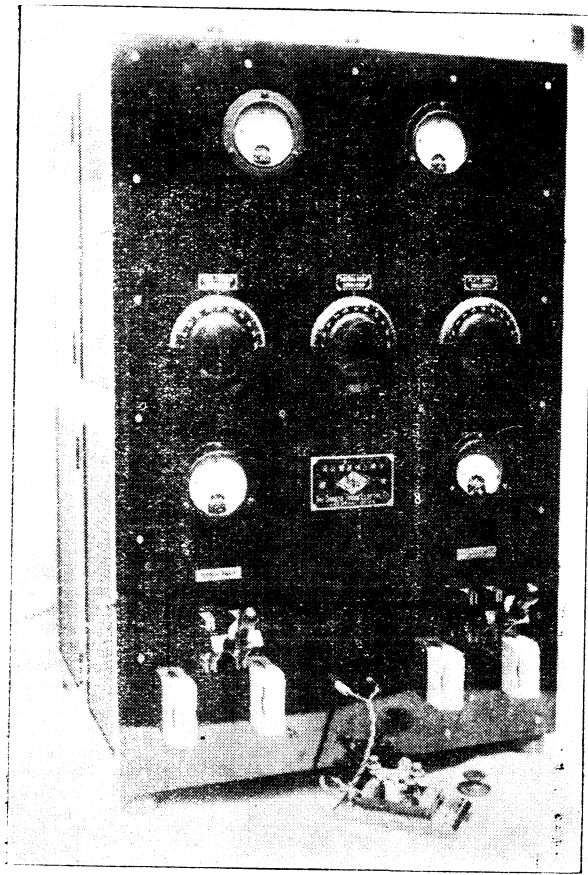
絲電流： 25 amperes

屏電壓： 3200 volts

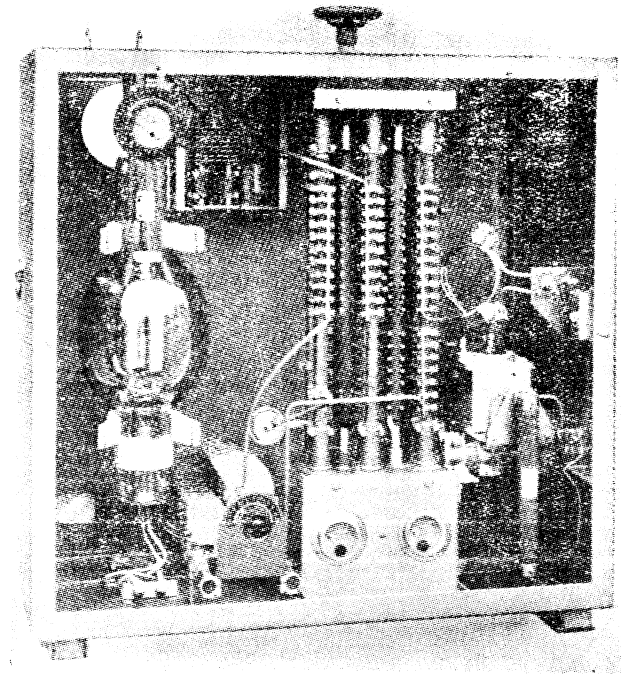
此機可發等幅 (C.W.) 電報，或斷幅 (I.C.W.) 電報。發斷幅電報時，于發報真空管之柵極，加一由成音週率交流發電機所發出之電壓。發報方法，與振盪線圈相偶合之一圈線圈，于報鍵按下時，自成短路，而得 10000 週之差數。爲保護發報機之安全起見，于配電板上，設有斷電器。斷電器由兩個自働電鑰組成。其一用以切斷高壓發電機



III. 150 Watts 業餘短波發報機



IV. 三極銳電公司出品之250Watts短波發報機



V. 法國出品之 500 Watts短波發報機

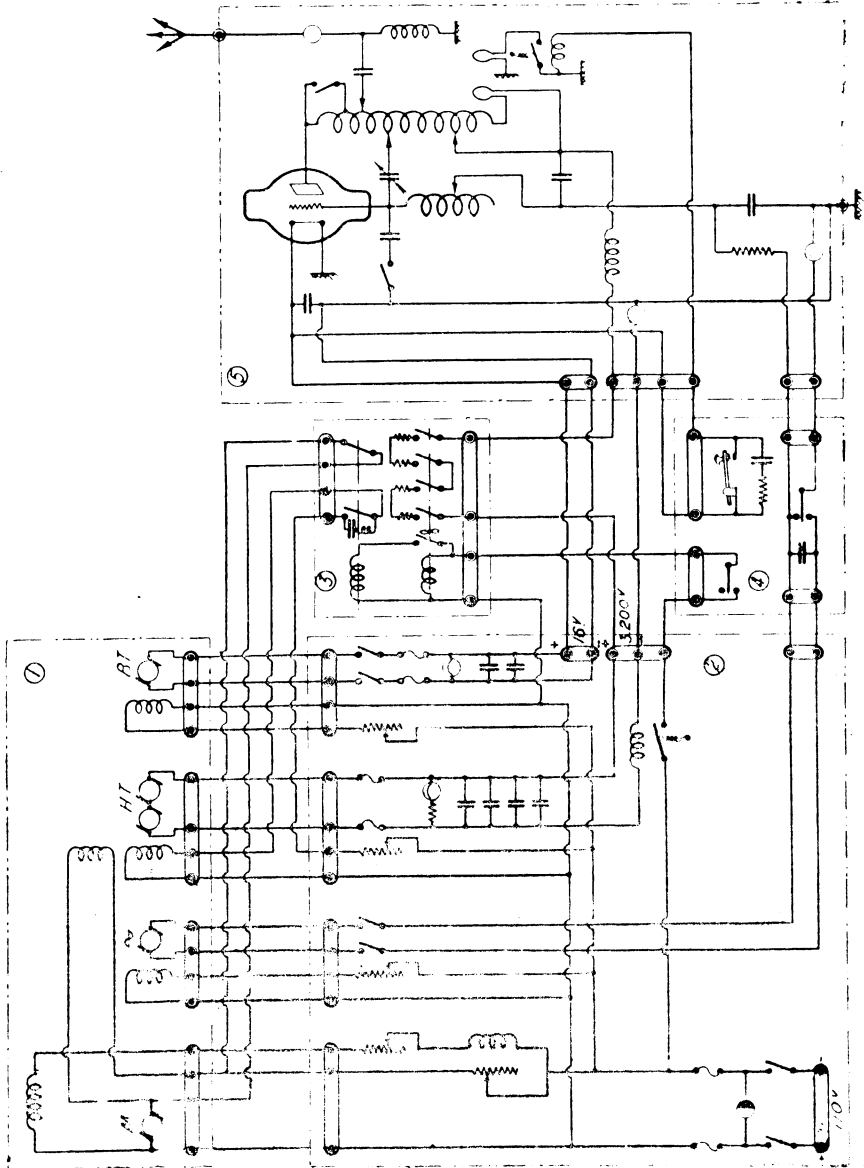
之電路。其他置于發電機之磁場線路內。此外在吸引電鑰之兩磁感線圈之電路內，有一過荷繼電器。繼電器之電流，則由屏電流所供給。因此設屏電流，超過其最大值 0.6 ampere 時，即使磁感線圈之電路，猝然中斷，電鑰遂自動啓開矣。

此機之電源，由連于同軸電動機之兩發電機供給之。一爲 3200volts, 0.6 amperes。一爲 16volts 25amperes。此外更有 500 週之交流發電機一只，作爲斷幅波之用。設所處地點，無電源之供給者，則用一 3KW 之汽油發電機，轉動此電動機亦可。

(5) 1500 Watts 長短波發報機 (1) ——此機爲美國 Heintz & Koffmann 公司之出品，亦即交通部上海海岸電台所用之發報機也。其構造頗精緻(照片 VI)，除發電機外，一切發報機件及整流器等，均裝一鐵箱內。且佔地頗少，甚合船舶之用。發報箱之前面，設有各種變換波長之電鑰，故更換波長，異常迅速。一切發報機件，裝于發報機前面之門上，故對於修理，甚感便利。門上復裝有電鑰，啓時，高壓電路，即被其切斷，故不致發生任何危險也。

此機之發報線路，爲 Push Pull Hartley 式(第65圖)，即一管之屏，經偶合電容器 C_g ，達他管之柵。他管

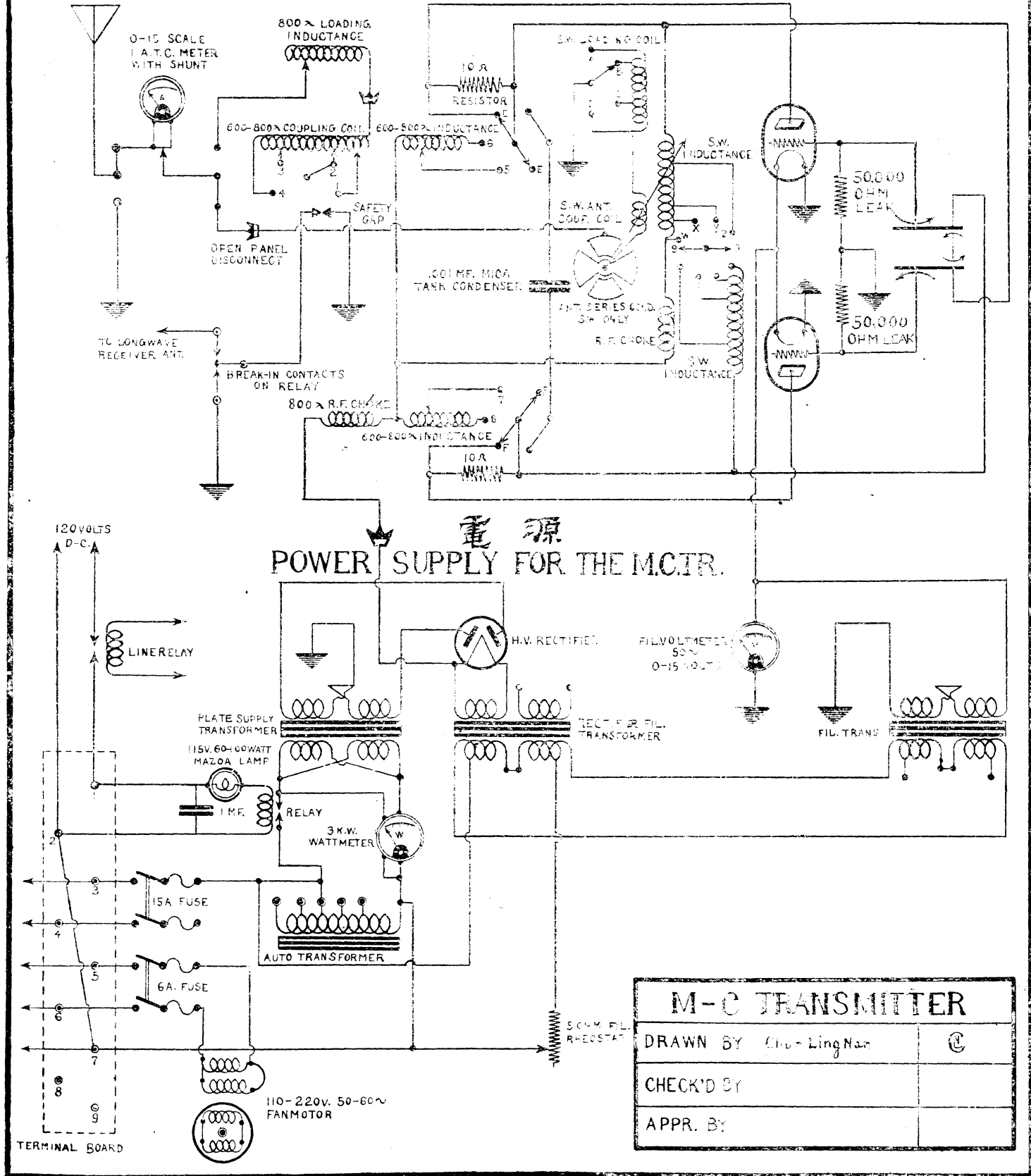
(1) 大來輪船公司，即採用此發報機



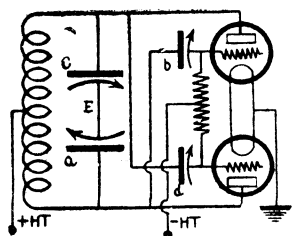
第 64 圖 500 Watts 發報機線路圖

交通部上海海岸電台發報機線路圖

OSCILLATORY CIRCUIT 發報機



第 66 圖 交通部上海海岸電台發報機線路圖



第 65 圖 Push Full
Hartley路綫

之屏，經另一偶合電容器 C_g 達此管之柵。圖中 a與b，或 c與d既直連，可各以一固定片代之。故此機之變量電容器，構造頗為特別。有固定片二，即所以代ab及cd者。活動片分兩部，一部為 E，作調準波長之用。一部為連兩管柵極之兩活動片，共連一軸，作調準柵極激勵之用。因此調準之手續，甚簡易也。

此機全部線路，如第66圖所示，其作用甚為明顯。發短波時，以中間兩電鑰置于 EE 及 FF。發長波時，則置于5,7 或 6,8 之地位。此外短波方面，其天線部份，有偶合線圈 (Coupling Coil)，變量電容器及荷載線圈 (Loading Coil)等。長波方面，振盪電路內，多一固定電容器。天線則祇有偶合線圈與荷載線圈而已。

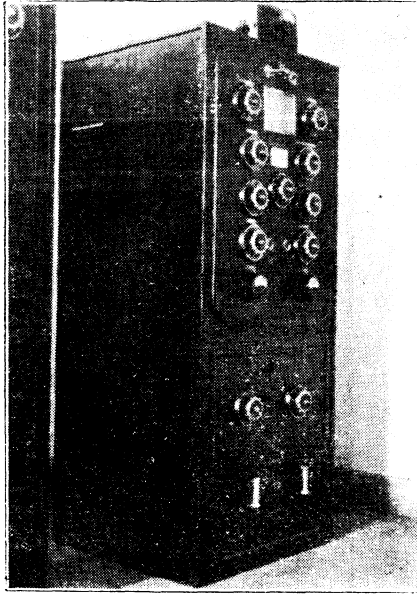
電源由一500週及250 volts 之交流發電機所供給，經一降壓變壓器，以燃點絲極。高壓電則以變壓器加高電壓之後，再經一全波水銀整流管，變成1000週之波動直流電而輸入屏極。發報機之輸入電能，由一電能表 (Wattmeter) 表示之。絲極變壓器之初圈內，有一變量耗阻，用以調準絲電壓，其值由一電壓表指示之。高電壓則由接于高壓變壓器初圈之自生變壓器 (Auto transformer)，變其比

數 (Ratio) 而得之。發報方法，是以繼電器，切斷高壓變壓器初圈之電路。

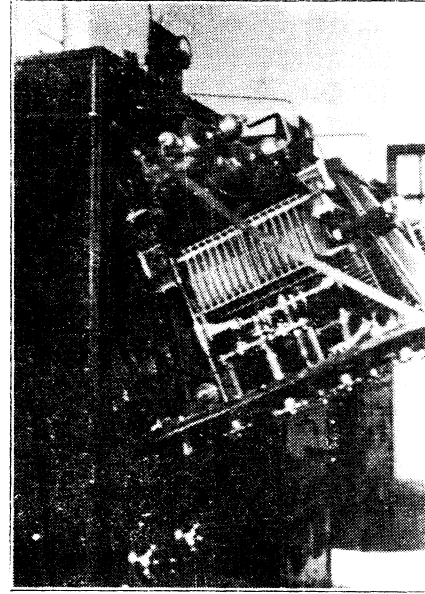
(6) 2000 Watts 國貨短波發報機。——照片Ⅷ爲中華三極銳電公司⁽¹⁾ 自製之 2000 Watts 短波發報機。式樣壯麗，管理便利。祇用飛利浦 2KW 發報真空管一只。波長自12至60公尺，變換極爲敏捷。關於電力之供給，均爲交流電。其用以燃熱絲極者，卽屬普通之50週交流電，經變壓器之作用，以降低至適當電壓。至供給屏極用者，乃自特製之 250volts 及500週交流發電機，經升壓變壓器，及電壓變換器後。舉凡 4000,6000,8000,10000 volts 之高壓電，均易控制。發音亦清晰純正。去年一二八滬戰時，交通部真茹國際無線電台，因受暴日威挾，不能工作。曾借用該機，暫充國際通信一部分之用，與爪哇（距上海有4800餘公里）等處通報，甚著成效。

(1) 中華三極銳電公司爲我國無線專家張貢九朱其清等先生所經辦

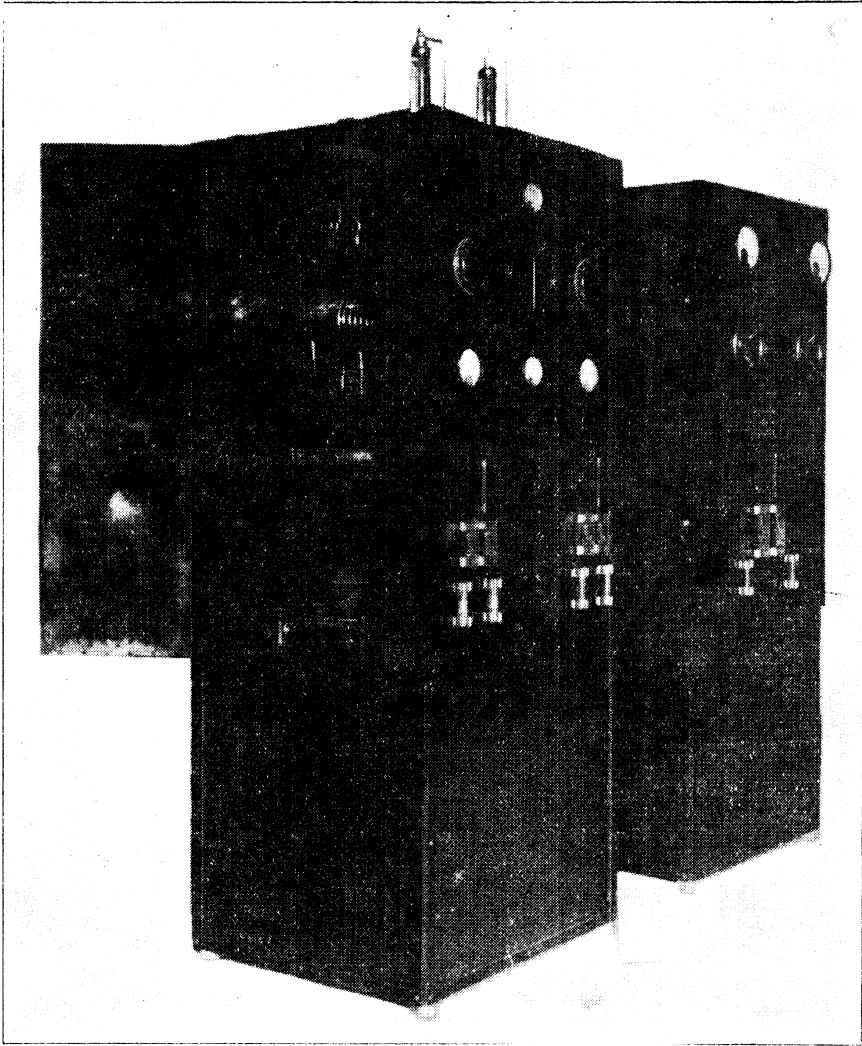
VI. 交通部上海海岸電台之長短波發報機



(A) 外觀



(B) 內部構造



VII. 三極公司出品之 2000 Watts 短波發報機

第三章 主振盪式發報機

第十一節 勵振器及穩定週率方法

短波通訊第一要着，厥爲週率之穩定，已于前節述及矣。自振盪式發報機，若構造合理，調準得宜，固可使週率穩定，而有極佳之音調。然以其振盪電路，直接與天綫偶合，設天綫之特性（即感應與容量），稍有變遷，影響於振盪電路之波長甚大，其理由已於前節調準段內，詳加討論，無庸贅述。且此種變遷，乃常有之事。凡風霜雨雪，均足以致之。此實自振盪式發報機，波長不穩定之一大原因也。主振盪式發報機發明用意，即使產生高週波之振盪器，與天綫隔離，不受其影響。故波長之穩定，易於維持。

波長之不能穩定，其故雖半由于天綫之影響。然振盪器自身之缺點，亦占重要位置。此種缺點或弊病，在第九節中業已述及。茲更錄取電信第一卷第二期之新式穩定振盪器概論內所載，週率不穩定之原因如下：

凡真空管振盪器之週率頻變者，其主要原因有二。一受管內總阻之影響。若管內總阻平均值，稍有變更，即足變更其所發之週波。至管內總阻發生變化之原因，主要者

(1) 此篇論文爲 Ross Gunn 原著由吳激棣君譯。

，有下列六種：

- (a) 屏電壓之變動。
- (b) 柵電壓平均值之變動。
- (c) 絲極電壓之變動。
- (d) 絲極電壓以外之變動，足以影響電子之發射者。
- (e) 管內各極間空隙之變動。
- (f) 報鍵開闔之影響。

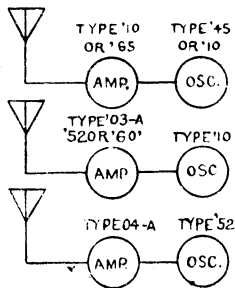
第二大原因，乃為機械方面的影響。因振盪電路中各部機構之變動，足以變易電容量及電感量之有效值，間接變易其所發之週率。其主要原因有三：

- (a) 溫度變化之影響。
- (b) 機械振動力之影響。
- (c) 電力與磁力之影響。

是故主振盪式發報機之振盪器，或稱勵振器 (Exciter) 者，其構造必須極端慎重，不可使其發生上述之各種弊病，致失去主振盪式發報機全部效用者，此為最宜注意之點。

因此上述之自振盪式發報機各種穩定週率方法。在勵振器，宜儘量採用。即第一為利用高容電路 (High-C Circuit)。其容量值，電波在四十公尺以上者，約可取400至500 $\mu\mu\text{fd}$ 。在四十公尺以下者，可用250至400 $\mu\mu\text{fd}$ 。

真空管以 245, 210 及 852 等作勵振器為最佳。擴大器可用 210, 203-A, 852, 204-A 之類。至 203-A 為一極佳振盪管。第 67 圖，係表示幾種普通配合方法。第二，柵負宜高，



第 67 圖

各種真空管在主振盪式發報機配合方法

宜用純粹直流電

(Pure D.C.)，且不可因報鍵開闔而變遷。再其值宜大，如此則電壓變遷之百分數 (Percentage Variation) 既小，週率變遷之百分數，亦隨之而小。故勵振器之屏電壓，可與自振盪式發報機所用者相同。惟屏電流宜調準至較普通發報機為小，不使屏極微紅。與擴大器又不可作過甚之偶合，致有過大之荷載。第四，報鍵宜設於擴大器。屏電源最好用兩具，勵振器及擴大器各占其一。若電源之電壓，變遷不甚大者，合用一具，而以勵振器作擴大器之平壓耗阻 (Drain resistor)，亦無不可。第五，平差宜在擴大器。使週率不因平差而變更，調準手續，

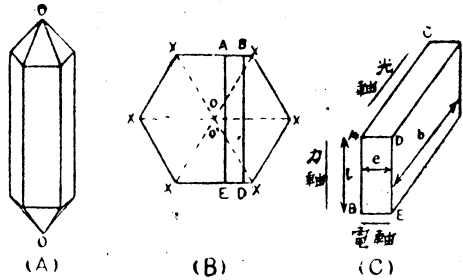
使屏電流通過真空管之時間，僅占每週期極小部份。如此則真空管之效率最高 (但輸出電能，未必最大) 內部熱度亦最小。故各極間自然容量，不致變更，電波遂穩定。因此勵振器之柵漏耗阻。較普通發報機所用者為大。如 210 或 852 之類，可用 20,000 ohms。至於 245，則須用 50,000 至 100,000 ohms。第三，屏電壓

亦將簡便多矣。

由勵振器及擴大器所組成之發報機，其週率較之普通自振盪式者，已穩定甚多。惟電台日多，高週波帶之範圍有限，報務漸繁，速率之競爭亦愈甚。在實用上，似覺週率之變遷，不超過 $1/100000$ 者，方為滿意。若此穩定程度之電波，殊為普通真空管振盪器所難獲到。然而科學日益昌明，吾人今日已知利用其他穩定週率之方法。其中最著者，即為石英控制振盪法。其應用日見推廣，尤于大電能之短波發報機中，世界各國，莫不一律採用。今先將石英之性質，及其作用，詳加討論如次：

(1) 石英控制振盪器 (Quartz Crystal Controlled Oscillator) — 石英之能作為振盪器，以其有電振 (Piezo electric) 性質也。此為1880年，法國物理學家 Pierre Curie 所發現。其用于發報機，則自1912年，美人 W.G. Cady 始。其他結晶物體，雖亦有此種性質。然而機械方面，或電氣方面，不若石英之顯著與適用。故在短波發報機，石英遂成為專用品。

石英為純矽結晶體 (Pure Crystallised silica)，其狀態如第68圖A。連接OO兩頂之線，稱為晶體之光軸 (Optic axis)。第68圖B，為晶體之橫截面。三對角線XX，稱為電軸 (Electric axis)。今沿光軸而垂直於一電軸，切一長方體



第 68 圖 石英之光電力軸及其切法

ABDE。第68圖C表示此長方體之形狀。其AB方向，稱為力軸 (Mechanical axis)。此長方形之石英，有特異之性質。

(a) 設于 ABC 及 DEF 兩面，依電軸方向，加以機械的壓力。則此兩面上，即荷有正負不同，而數量相等之電。

(b) 反之，設于此兩面上，加一電壓。兩晶體沿電軸而伸長或縮短（以電壓方向為標準）。同時沿力軸 AB 方向，亦發生伸長或縮短之現象。但光軸方面，則無變更。

再以上兩試驗，如除去外因，石英即復原狀。

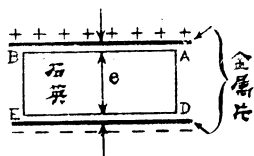
(c) 設於光軸方面，實行以上兩種試驗，則毫無作用。

(d) 如沿力軸，即垂直於ADC及BEF兩面，加以機械壓力，則ABC及DEF兩面上，亦有正負電之產生。

總之，除光軸外，其他方向，均能起變化。

上述之長方石英，其主切面係垂直於電軸 XX 者，故稱 X cut。如主切面與電軸平行者，則稱爲 30degree cut。

今以 X cut 之石英一塊，置於兩金屬片間 (第69圖)，而加以交流電壓。在每半週期間，石英即伸長或縮短。同時沿力軸方向，亦起同樣變化，但均極微小。吾人可設想此種機械之變形，與聲學中之振動棒相似，即其有一固定週



第 69 圖 石英之電

振性質

率。在石英兩面，其振動幅最大，而爲一峯 (Loop)。中間最小，而爲一谷 (Node)。換言之，即石英依半波振動。如是吾人可由下式，計算其週率：

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

其中 v 爲機械振動在石英體中傳遞之速率，等於 5.5×10^6 ， λ 爲波長。石英既依半波振動，故 $\lambda = 2e$ 。(e 爲厚度)。於是遂可求石英之週率如次：

$$\lambda = \frac{5.5 \times 10^6}{f} = 2e$$

$$\therefore f = \frac{2.75 \times 10^6}{e} = \frac{2750}{e} \text{ K.C./sec.}$$

由此公式，可知厚一公厘 (Millimeter) 之石英，其機械率週，爲每秒 2750 K.C. 與此數相合之電波長度爲 110m。

$$(1) \lambda = \frac{v}{f} = \frac{300,000}{2750} = 110 \text{ m}$$

但實際所測得者。略較此數爲小，約在105m左右。

要之一塊切成之石英，在電軸方向，有一固定之機械振盪週率。設其上加一同週之電氣振盪，則彼此遂起諧振作用。更由石英之電振性質，其兩面得產生同週率之電氣振盪。如此循環不絕，振盪因以維持。此猶一線圈及一電容器組成之振盪電路，以其自身之固定週率，能與外來振盪，起諧振作用，此卽石英之所以能控振盪之原理也。

如前所述，石英有兩種割法。其週率亦不相同。以同一週率論，Xcut片，較 30 degree Cut片稍厚。Xcut片，通常祇有一主要週率，30 degree Cut片，則可有兩個週率，相差約 1 Kilocycle。由上述公式，可知石英之週率，與其厚度成反比例，卽厚度與週率之乘積爲一恆數。在 X Cut片： $f \times e = 112.6$ 其於 30 degree Cut片，則 $f \times e = 77.0$ 。其中 f 爲週率 (Kilocycles)， e 爲厚度 (inches)。故已知割之方法，量其厚度，卽可知石英之本身週率。厚度之量法，可用一準確測微器 (Micrometer)，如 Starrett No 21 8—C, $\frac{1}{2}$ inch 之類。週率在 3500KC. 以上者，石英將異常薄弱而易破裂，但石英控制振盪器，除主週率 (Fundamental frequency) 之外，尚有許多副週率 (Harmonic frequency)。發極短波長時，可利用此種副週率而擴大之。是以在主振盪式發報機中，有增週器 (Multiplier of frequency)。

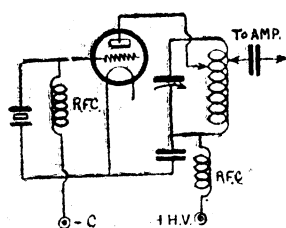
ney)之設。普通所用者，爲倍週器 (Doubler of frequency)，即每次將週率增高一倍是也。

石英本身之週率，極爲固定。故以之控制發報機週率，無論天線之搖蕩，屏電壓之高下不平，以及發報真空管發熱等，均不足變更之。音號之穩定與悅耳，實無可比擬。

石英之面，須完全平滑，不可稍有痕迹。若厚度不勻，即不能產生振盪。金屬片之裝置法，有兩種。或使石英與上端金屬片中間，留一空氣隙 (air gap)，約千分之一英寸。或使兩金屬片與石英平面相遇。金屬片須異常平滑，且不可緊壓石英。否則將阻止石英之機械振盪，而不能工作。石英宜時常清理之（指無匣者言）。清理物品，可用如滅火器內之 (Carbona 或 Carbon tetrachloride)。若欲變更石英之本身週率，則置于一極平玻璃面上，用 No 120 carborundum 粉和水或火油磨薄之。使行此種手續時，宜極端小心。若週率祇差數 Kilocycles，可用最細之 FF 或 FFF 度 Carborundum 粉磨之。磨時不可用手指。蓋石英之面，若染有油膩或水氣等，即可阻礙振盪之產生也。

石英在振盪器之接法，如第70圖所示。此綫路與屏柵諧振綫路相似，即以石英代柵極振盪電路是也。當屏電路調準至週率與石英本身週率相同時，屏電流由真空管極際容量，回授於柵極，石英再藉其電振性質之作用，使真空

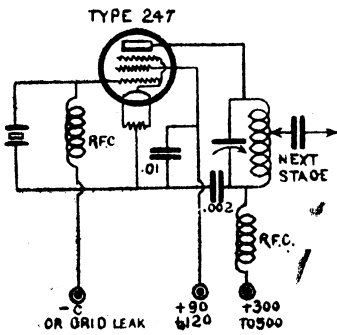
管隨其本身週率而發生振盪。設屏極電容量，稍有變遷，週率仍屬不變，此為石英振盪器之特長也。若就極準確之試驗結果而言，設屏電路之調準差 1%，發報週率之差，不過 $1/100,000$ 。電源電壓變更 10%，發報週率之差，尚不及 $1/100000$ ，其穩定有如是者。



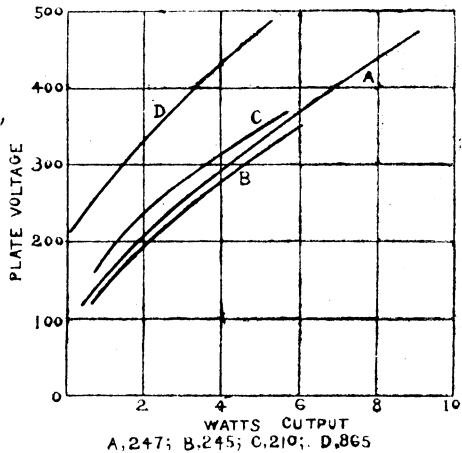
真空管之電能，及其柵極激勵，在石英控制振盪器，不宜過大。因若有過強之高週率電流，通過石英，以其機械振盪之太烈，遂發生熱度而使週率

第70圖 強力石英振盪器 浮動不定，或竟自行破裂，甚為不宜。普通勵振器所用之真空管，為 210 或 245 之類。其屏電壓甚低，不過 200 或 250 V。故輸出電能亦甚小。是以在石英控制之發報機，欲求甚大輸出電能者，必須用多級擴大器。為減少擴大器級數，及節省經費起見，振盪器宜有較大之輸出電能，然以無損石英之安全為條件。近年有所謂 強力晶石振盪綫路 (Crystal power oscillator circuit) 者，即用此綫路，石英有較大之輸出電能。第70圖所示者，為其綫路之一種。在此綫路，吾人可見屏極不連振盪電路之一端，而約在屏線圈之中心點。當屏極向綫圈下端移時，其高週率電壓遂減小，故回授及于石英之電壓亦減小，是故增加直流高電壓(即增加真空管之輸出電能)，亦無損於

石英之安全也。最近復證明五極管如 247 之類，極宜作振盪器之用。以同一屏電壓論，回至石英之高週率電壓，五極管較三極管所小甚多。其直流屏電壓，即增至 500v，亦無大礙。其理由，因五極管之屏柵極際容量甚小也。然為保持安全起見，五極管所用之電壓，亦不宜過高，普通罩柵 (Screen grid) 為 90 至 120v，屏為 180v 或稍高者。罩柵更宜有一固定電容器 (0.05 μ fd 或較高者) 連于絲極，方得盡其效用。五極管石英控制振盪器之綫路接法，如第 71 圖。第 72 圖，係表示幾種作為石英控制振盪器之真空管，其輸出電能與屏電壓之關係曲綫。



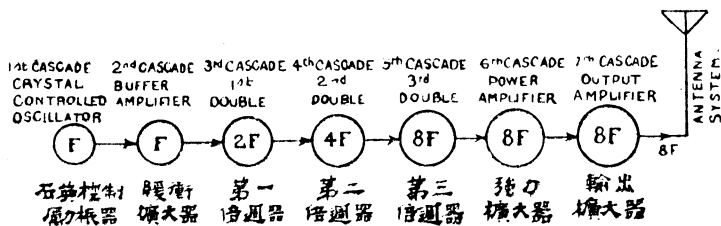
第 71 圖 用五極管之石英振盪器



第 72 圖 石英振盪器輸出電能與屏電壓之關係

石英控制振盪器之輸出電能，為其微弱，平均不過二

三華特至六七華特。再波長在八十公尺以下者，石英又因太薄易碎，不易使用。故欲以石英控制大電能之發報機，必須如前所述，應用多級擴大器及倍週器。故現時大電台之構造，大致均如第 73 圖所示者，圖中第一級爲石英控制振盪器 (Crystal controlled oscillator)，週率爲 F 。第二級爲緩衝擴大器 (Buffer amplifier)，其作用一方減輕振盪器之荷載，一方擴大由振盪器產生之主波，及其他副波之振幅。此級週率，仍爲 F 。第三級爲第一倍週器 (1st Doubler of frequency)，週率爲 $2F$ 。第四級爲第二倍週器 (2nd Doubler of frequency)，週率爲 $4F$ 。第五級爲第三倍週器 (3rd Doubler of frequency)，週率爲 $8F$ 。第六級爲強力擴大器 (Power amplifier)，第七級爲輸出擴大器 (Output amplifier)。週率均爲 $8F$ 。第八級，爲調準天綫用各設備。此級或與末級擴大器相連，或自成一級。至天綫則大都爲定向式。由此觀之，可知石英控制式發報機之組織，甚爲複雜。設置經費，亦必甚大。惟述上者，



第 73 圖 石英控制式發報機之設備情形

乃對於大電能之發報機言，如國際電台真茹之中美電台然。至於電力較小之石英控制式發報機，其構造尙爲簡單，蓋倍週器及擴大器之級數，無若是之多也。

勵振器所用之柵負 (Grid bias)，在 210或247 真空管，約22.5 volts。在245及865爲90 volts。若用柵漏，亦無不可。其耗阻數量，約在1,0000至50000 ohms之間。

石英本身週率，往往隨熱度而變遷。其變遷程度如次：在 X Cut 片，熱度係數 (Temperature coefficient) 爲負。即熱度增高，則週率減低。在 30degree cut片，熱度係數爲正，即熱度隨週率而增高。在 X Cut片，熱度係數，每攝氏一度爲 $\frac{3}{100000}$ 。即熱度每變 0.3度，石英之週率變 $\frac{1}{100000}$ 。爲保持週率完全不變起見，新式之發報機，往往備有保溫器 (Thermostat)，可保持石英熱度之恆定在 $\frac{1}{10}$ 度內。保溫器之構造甚簡單，普通爲一電燈與石英同置于一封閉匣內。另加耗阻及寒暑表等，自働調節熱度之高低。

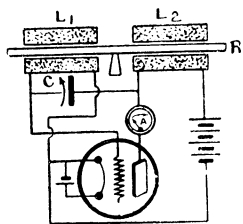
(2) 他種穩定週率方法——以石英控制振盪週率之穩定，在實用上，固無可比擬。然亦有數種缺點。第一，每塊石英，祇可得一個固定週率。但依近年短波通訊之經驗，每日至少必須更換波長兩次。通報之時，又常因其他電台之擾亂，有時不得不稍形變更發報機之週率。石英之

週率，既無法可變，則通報必受影響，此其一端。再石英脆弱易碎，價值復昂，週率在 3500 K.O. 或 7000 K.C. 以上者，所費不貲，不合商用，此其二端。是以近年學者，復有研究他種穩定週率之方法，用以代替石英。此種方法，雖多未見實用。然科學進步無已，將來或有發展餘地，亦未可知。茲錄取數種，述之如下，以供讀者之研究。

(a) 磁棒控制振盪器 (1) (Magnetostriction oscillator)。其作用與石英相彷彿。然於運用上，製造上，及經濟上，均能優勝于石英，且週率範圍甚廣，自成音以至射電，皆可適用。惟於極高週率，振幅殊微小。如以其副週率，轉再擴大，亦未始不可代石英而利用之。此種振盪器，為美國哈佛大學教授 G.W. Pierce 氏所發明。綫路接法如 74 圖。L₁ L₂ 為綫圈，R 為鎳製之磁棒，C 為變量電容器。磁棒能控制振盪之原理如次：當鎳棒置於一 高斯 (Gauss) 之磁場中即縮短全長之兆分之一。因須反抗鎳棒內部之極大彈力，故縮短極小。若磁場強度，依時變換，且其週期適與鎳棒之本身週期相等，則鎳棒之伸長或縮短，較前述者，增加一百倍。此時磁場強度之有效值，亦為一高斯。至其增加之理，實因彼此諧振，鎳棒伸縮，不反抗其

(1) 倪尚達氏無線電學

彈力而反抗其滯性 (Viscosity) 故也。反之，若將鎳棒拉緊，則在磁場內所受磁化程度，即為變換。



第 74 圖

磁棒控制振盪器

如第74圖，設屏流稍有增減時， L_2 中磁場強度，即起變化。根據上述之理，鎳棒為之伸長或縮短。此種伸縮，由棒之右端，漸及其左端，抵左端後，即變換其磁化程度，亦即變換 L_1 中之磁場強度。 L_1 上遂有感應

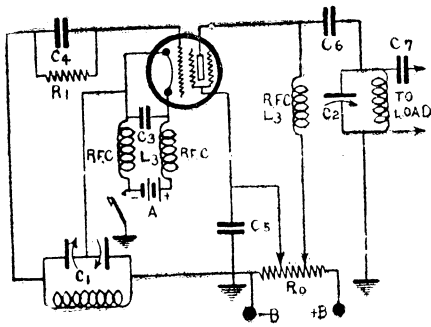
電壓。此種電壓，用於柵路，經擴大後，在屏路得較大電流。其週率大小，依鎳棒橫軸之振動次數而定，實際上得視為定值。

在此綫路 L_1 與 L_2 之繞法，應使屏流或柵流所產生之磁場，沿綫圈之軸，彼此同向，適與回授圈電路中 L_p 與 L_g 之接法相反。三極管之ABC電壓，及特性曲綫，或 C (變量電容器) 之為大為小，對於振盪週率，毫無影響。有影響者，惟溫度而已，此點似較遜於石英。但將製棒原料，妥為選擇，亦得同樣結果。原料中經過試驗，認為合格者，有純鎳 (Pure-Nickle)，鎳鐵，鎳鉻 (Chromium)，鎳銅，鎳鈷 (Cobalt) 及鎳鉻等各種合金。

(b) 電子偶合振盪器 (Electron-Coupled Oscillator)

石英在實用上，最感不便之點，為週率之不能變更。而普

通之自振盪式勵振器，又以偶合之影響，使其他擴大器或倍週器之荷載，回授及于勵振器，而變更其週率。所謂電子偶合振盪器者，係一種特製線路，使各級間輸入與輸出電能之授受，不依普通所用之容量感應或導電等偶合，而藉電子導電方法完成之。故勵振器與其他各級，不發生回授作用，而週率之穩定，遂得保持。且以不用石英，極易變換波長。近年因罩柵真空管之發明，此種綫路，頗易實行。



下圖為一 Colpitts 式電子偶合振盪器綫路。其異於普通綫路之點，在罩柵除作為振盪器之屏極外，又作靜隔電離 (Electrostatic shield) 之用。使罩柵及絲極間電

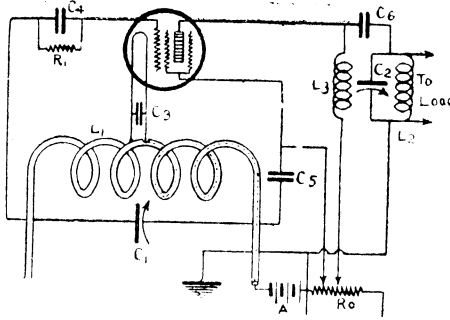
第 75 圖 Colpitts 式電子偶合線路

子，不受屏極之影響，故須

將其經 C_5 而連地。同時以極絲上有高週電壓，必須用阻流圈，及傍路電容器，阻其通過電源(圖中之 L_3 及 C_3)。至連屏之振盪電路，可調準于振盪器之主波，或其副波之一。

電子偶合綫路，既有上述各種特長，而構造與調準，亦較他種穩定週率方法為易，故其應用，大有推廣之可能性。為使讀者得了解此種線路起見，茲復略述 Hartley 式電

子偶合綫路如次。其構造(第76圖)與上述者相類似，罩柵經電容器 C_5 ，而連地。故絲極上有高週電壓。爲使此電壓不致因絲極電源而成短路起見，以電源之一端連振盪綫圈，他端則在圓管形振盪綫圈中間通過。再此綫路，異於普通 Hartley 之點，在于柵絲間圈數，宜較屏絲間圈數爲多。



第 76 圖 Hartley 式電子偶合綫路 (plate circuit)。經過諧振點 (Resonance) 時，屏極之直流電表，有一降落點可見。

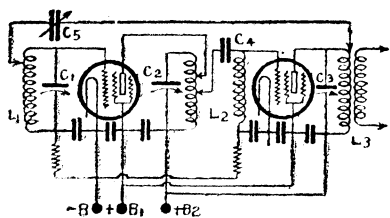
關於電子偶合式發報機之全部綫路，於後討論發報機之構造時，當再述之。

(c) 機械式之穩定週率方法。此爲一種特別方法，如國際電台之中法電台所用者。茲姑勿論，讀者可于討論國際電台之設備時見之。

(d) 輾轉循環 (Reentrant circulation) 振盪器。(1) 其原理係利用諧振濾波器 (Tuned Filter or coupling units)

(1) 新式穩定振盪器概論電信第一卷第二期

，以輾轉循環法，將振盪電流，通過濾波器之各部，使除一單週波，得以產生外，餘悉消滅之。其功效一如用無數濾波器，所得之消滅作用。其未消滅之週波，經擴大後，成單週波之振盪。用此方法產生之週波，受屏電壓，絲電流，及報鍵開闔之不穩定影響，僅十萬分之一。且又極富伸縮性，用作普通無線電發報機，自最低週率以至二萬 KC. 均可，無須再用倍週器，是其能解決無線電通信上之困難問題甚多也。



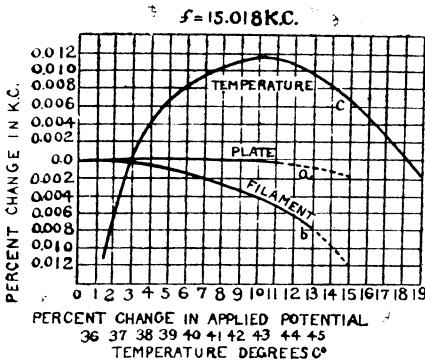
第 77 圖 輾轉循環振盪器

第77圖爲此種綫路之一。由兩只真空管連合組成，彼此有完全相同之綫路。第一管之屏，由電容器 C_4 ，連于第二管柵。而第二管之屏，復由電器

C_5 ，回授于第一管之柵。其構造實與無線電測量儀器中之複波振盪器 (Multivibrator) 相彷彿。當 $L_1 C_1$, $L_2 C_2$ 及 $L_3 C_3$ 三電路，在諧振時，對其所配諧之週率，有甚大總阻。此時若將第一管之柵電壓，加以適當之變更，則此種變化得以擴大，於是影響及於第二管，再由第二管返於第一管之柵。若回授之振動，大於最初，則因二者皆配諧于同一週率，此種振盪將逐步擴大，循環不已，成爲不斷的振盪矣。反之，對於其他週率，偶合路之並聯總阻甚小

，其擴大效力甚微，如是幾經衰減，結果幾等於零。由此觀之，利用多級濾波器之輾轉循環振盪，其選擇性必甚佳也。

第78圖係表示週率在此種線路之變遷程度。a 為屏電壓與週率變化之關係。屏壓變百分之十，週率變四十五週，僅為原週率一百萬分之三。b 為絲極電壓與週率變化之關係。凡絲電壓變百分之八，週率至多變四百週。



第 78 圖 在輾轉循環振盪器週率變遷之情形

化之關係。凡絲電壓變百分之八，週率至多變四百週。

c 為四週溫度與週率變化之關係。普通溫度變一度能週率至多變一百萬分之六十。

于此可見此種綫路，極保持週率之穩定也。此路綫缺點，則為第一各級真空管必須有極佳之隔離 (Shielding)。

第二各電路必須調準至極銳配諧，稍有差誤，振盪即立行停止，此實為其不能施諸實用之一大原因也。

第十二節 擴大器及平差綫路

(1) 擴大器及倍週器——主振盪式發報機，依照其構造原理，必須有一級或數級之高週率擴大器。此外以石英控制者，則更須有增週器。增週器之作用，與擴大器相似

，亦有擴大作用。但擴大器之屏柵兩電路，宜調準于同一週率。而增週器之屏電路，則諧配于柵電路副週率之一。普通所用者，爲倍週器。蓋屏電路諧配之週率，爲第二副週率也。

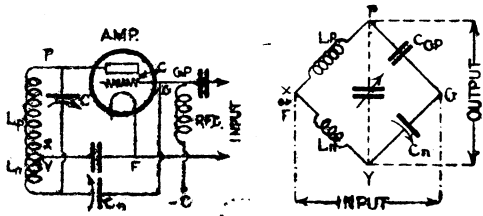
對於擴大器之構造，有數點宜加注意。第一，因屏柵兩電路，爲同週率，除利用罩柵真空管(Screen grid tube)外，其綫路必須平差(Neutralization)。第二，欲擴大器之有較大輸出電能，其屏極振盪電路之構造宜感應大而容量小。綫圈圈數，約大于振盪器所用者一倍。故電容器有250 μ f之容量，即足敷應用。第三，柵負(Grid bias)最好用耗阻與電池混合方法。如此電池可于振盪器停止振盪時，減小擴大器之屏電流，而保障真空管之安全。耗阻之作用，係使真空管，于有振盪電壓時，在最適當之柵負工作。電池電壓，對於各種真空管，45V均足用。至于852及860應稍大以90V爲適度。第四，各級擴大器，宜彼此或與勵振器，互相隔離，以免發生直接磁或電之感應作用。

倍週器，因屏柵兩電路之週率各異，不易自行發生振盪，故無須平差。但依經驗所得，設能平差，結果更佳。倍週器所用之真空管，以罩柵者爲宜。普通三極管，應擇其有高擴大係數(High- μ tubes)者，再倍週器之柵負及其柵極激勵宜大，使有較大副週率之輸出。此外，

因屏柵兩週率之各異，故倍週器之效率 (Efficiency) 甚低。

(2) 平差綫路。——普通以三極管作擴大器時，因高週電流，可以通過屏柵之極際容量，使真空管發生振盪，而失其效用。然屏柵極際容量係自成，而無法取消者。但吾人可于此容量之兩端，另加一交流電壓。設此電壓，與原有者，既為等幅與同週，復互成反方向者，則兩者可抵銷，不致發生回授現象，擴大器遂得盡其最大之效用，此即平差之原理也。再依反電壓來源之不同，而有各種平差線路之產生。發報機所用之平差方法，可分兩種。一為屏路平差 (Plate circuit Neutralization) 或稱 Roberts circuit。一為柵路平差 (Grid circuit Neutralization) 或稱 Rice circuit，茲將此兩種綫路，分別討論如下：

第79圖為屏路平差綫路，X點之高週電壓，因連絲而為零，故P及Y之電壓，常為反向，是平差第一條件已具。再若PX及XY之感應適相等，則平差容量 C_n ，調準等於屏柵自然容量 C_{gp} 時，擴大器即得完全平差無誤矣。若以右端所列之相等 Wheastone橋式電路解說其作用，則更易明瞭。圖中 L_n 為平差感應， L_p 為屏極感應。設 $L_n = L_p$ 而欲橋路之得平衡，必須使 C_n 即 C_{Gp} ，可無疑義。若 L_n 及 L_p 內之直流耗阻為零，則PY間電壓(輸出電壓)



第 79 圖 屏極平差線路

之變遷，對 GF 兩端，毫無影響，亦不隨週率而變更，遂得完全平差矣。設 L_p 及 L_n 之圈數，為不等者。則平差容量 C_n ，可由

下列之公式計算得之(注意感應 L 正比於圈數之平方)。

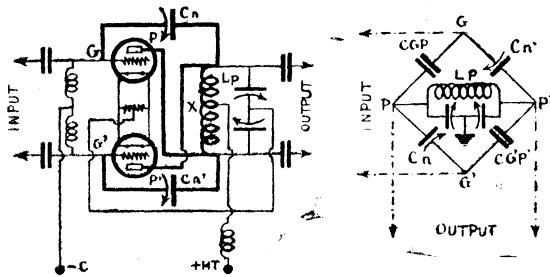
$$C_N = \left(\frac{\text{Plate Turns}}{\text{Neut. Turns}} \right)^2 \times C_{gp}$$

普通屏綫圈數，約較平差綫圈多一倍，即 $C_n = 4C_{gp}$ 。

下表係表示各種通用真空管 C_{gp} 及 C_n 之數量。

Tube	Grid-plate Cap. C_{gp}	Neut. Cap. C_n
210	8.0 $\mu\mu\text{fd}$	32 $\mu\mu\text{fd}$
203-A	22.5 ,,	90 ,,
211	18.5 ,,	74 ,,
852	2.5 ,,	10 ,,
204-A	17.0 ,,	60 ,,
849	35.0 ,,	140 ,,
831	4.0 ,,	16 ,,
851	55.0 ,,	220 ,,
846	8.0 ,,	32 ,,
652	27.0 ,,	108 ,,
207	27.0 ,,	108 ,,
848	27.0 ,,	108 ,,
863	27.0 ,,	108 ,,
858	18.0 ,,	72 ,,
862	80.0 ,,	320 ,,

至推挽式擴大器之平差綫路，如第83圖所示。一管之柵，經平差電容器 C_n ，達於他管之屏。他管之柵，經另一平差電容器 $C_{n'}$ ，達于此管之屏。彼此交叉，故有十字形



平差法 (Cross Neutralization) 之名。觀右圖之橋式相等綫路，即可明瞭其作用。當兩平差電容器 C_n

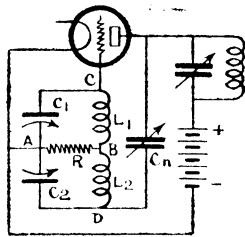
第 83 圖 推挽平衡式擴大器

之容量，等於兩真空管之屏柵極際容量時，平差即完全實現矣。

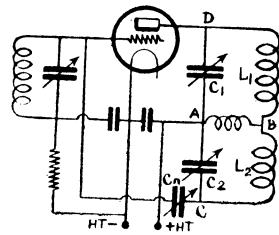
在此平差綫路，祇須確定 L_p 之中心，即 X 點。其輸入或輸出綫圈感應之大小，對平差並無關係。是以經一次平差之後，即可不再調準。此層對於更換波長，極為便利。至其他綫路，則常因更換綫圈，必須重行平差也。再輸出振盪電路之變量電容器，應分成兩部，接連如圖，否則恐有擾亂振盪之發生。此種綫路稱為推挽平衡式 (Push pull balanced circuit)。在大電能之發報機，應用甚廣也。

為減少擾亂振盪，及便利變換波長起見，單管之擴大器，亦以應用平衡綫路為最宜。此種綫路，又稱 Growth-Tingey 綫路。第84圖為柵路平差之一種。在此綫路， $L_1 = L_2$, $C_1 = C_2$ ，故自成一平衡橋式綫路。因此 CD 兩

端電壓之變遷，對於AB兩端，毫無作用。耗阻 R 作為柵漏及避免擾亂振盪之用。平差時，祇須調準 $C_n = C_{gp}$ 而已。第85圖為屏路平差之一種。其橋式振盪電路在屏極。AB 之間，為一阻流圈，由此供給高電壓於屏極，並作為避免擾亂振盪之用。且 AB 兩點之高週電壓甚低，幾等於零，故阻流線圈之構造，不必十分精良也。此綫路為國際電台楓林橋發報台所用之綫路，成績異常優良。



第84圖 單管柵路平衡式平差線路

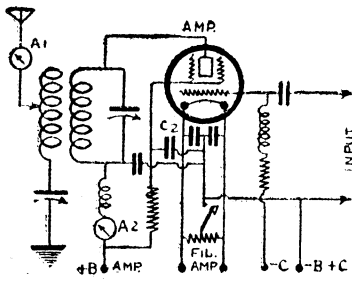


第85圖 單管屏路平衡式平差線路

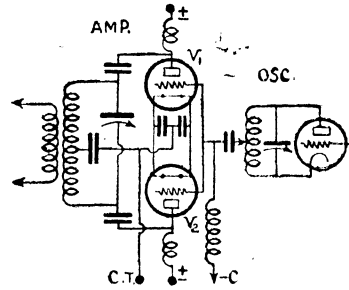
近年因單柵真空管之發明，用此作擴大器，可無需平差。因其屏柵間之自然容量，異常微弱也。下表係表示幾種單柵管極際容量之值：

Tube	C_{gp}	C_{gf}	C_{pf}
865	0,05 $\mu\mu\text{fd}$	10,0 $\mu\mu\text{fd}$	7.5 $\mu\mu\text{fd}$
850	0.2 ,,	17.0 ,,	26.0 ,,
860	0.05 ,,	8.5 ,,	9.0 ,,
861	0.10 ,,	17,0 ,,	13,0 ,,

第86圖爲罩柵管擴大器之綫路。在此綫路，應加注意之點，爲連罩柵之傍路電容器的容量宜甚大，使其有電隔離作用。普通 C_2 之容量，約爲 $0,25\mu f$ 。



第 86 圖 用罩柵真空管之擴大器



第 87 圖 自整流式擴大器

此外自整流式綫路 (Self Rectified Circuit)，即屏電壓用交流電者，亦無須平差。第87圖，爲自整流式擴大器之綫路。若 V_1 V_2 兩真空管之屏柵自然容量，能完全相等者，則因兩管不同時工作，當一管工作時，他管之自然容量，即作平差容量之用。觀圖即可明瞭無須平差電容器也。

第十三節 構造概述

在短波無線電通訊中，欲求報務之迅速，以及免除空間互相擾亂者，以週率之穩定，爲最要條件。主振盪式發報機之設，即本此意，在前已屢經述及矣。然其設置與維持費之浩大，機件與綫路構造之複雜，與夫調準與使用之

困難，亦爲其缺點，致不易普及應用。實則除經濟問題外，主振盪式發報機之製造與應用，設能明乎其理，亦無極大困難。且國人於短波通訊，若欲求更美滿之效果，兼減少現今所遇之種種困難與擾亂者，則以著者意見，唯有採用主振盪式發報機，最爲合宜。

主振盪式發報機，因織組之複雜，有勵振器，擴大器，倍週器等，故綫路與構造，無一定之標準。現所欲言者，爲構成優良發報機應具之條件，及數種綫路配合方法之大概情形。然運用之道，隨境而異，變化無窮，惟使用者自加研究焉。

在設計製造主振盪式發報機時，第一要着，必先確定各級所用真空管之程式，及其電能。設所用真空管之電能過強，則必受無益之損失。蓋非獨管價甚高，其他絲壓屏壓等電源設置費，亦隨之增加。反之若所用真空管之電能太弱，則末級擴大器之輸出電能（即天綫電能），不能獲得最高值，發報機之效率，必至減弱也。再于高週率擴大器，其擴大例數（Amplification ratio）頗低。換言之，即柵極所需電能甚大，普通常爲屏極輸出電能十分之一。例如欲屏極輸出 50 Watts 者，其柵極必須有 5 watts 之激勵方可。至倍週器，因屏柵兩電路之週率不同，其擴大例數更小，柵極所需之電能亦更大也。

真空管之選擇，視發報機之勵振器爲自振盪式，或石英控制式而異。因前者之電能，並無限制。故擴大級數，及所需用之真空管，並無一定方式，須視勵振器真空管之電能而定。如前第67圖所示者，爲數種普通適宜之配合。至石英控制振盪器，因輸出電能有限，故級數與所需真空管，常有一定程式，其大概情形如次：

振盪管用210或245之類，及 250V 之屏電壓。最大輸出電能，約五至六華特。以此電能，作下級緩衝擴大器（同週）210 真空管輸入之用，頗爲豐裕。在此第二級擴大器，其輸入直流電能，約有30至50 watts。至輸出之高週電能，已足夠供給一只或兩只 75 watts 真空管，如203—A或 852 之用。若欲更大之輸出電能，尙有一經濟辦法，即振盪器用強力式 (Power Type) 及 500V 之屏電壓。中間用 75 watts 擴大器一級，最末輸出級，則用 250 watts 之 204—A 真空管一只可也。

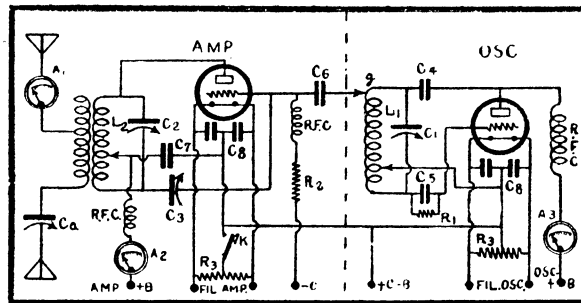
上述之配合方法，係就同週率之擴大器而言。若更需倍週器者，則級數更多，頗難盡述。最複雜之結構，如第73圖所示者，其詳細情形，讀者于後述國際電台之中美電台見時之。

爲便利製造起見，性質相同之各級，最好用屏電壓相同之真空管。至電源之供給，宜將繼續工作之各級，與設

報鍵之各級分開。使繼續工作各級電壓，不因報鍵之開闔而變遷。

爲易於明瞭主振盪式發報機構造起見，茲略述數種可能的配合綫路，以供讀者之參攷。

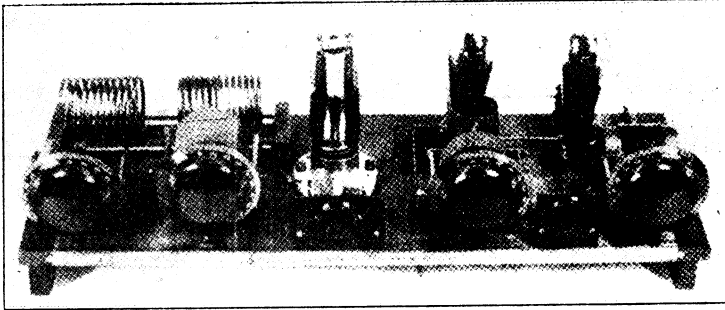
第88圖爲一最簡單兩真空管主振盪式發報機綫路。右端爲 Hartley 式高容振盪器。左端爲屏路平差擴大器。中間之虛綫，表示用以隔離二級之導電體。報鍵設于擴大器之絲極及一B 之間。故振盪器及擴大器，宜各有絲極變壓器一具。下表復指示各種真空管，在此綫路之配合情形，及其所用材料之數值。



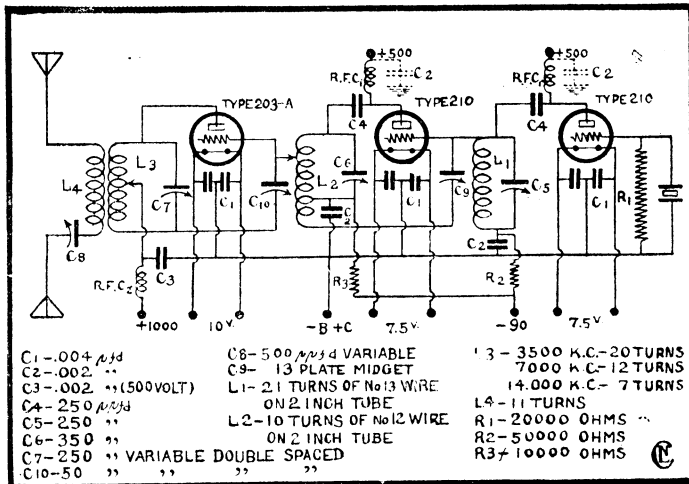
第 88 圖 兩級主振盪式發報機綫路

	振盪器			擴大器					
	245	210	852	210	865	203-A	852	860	204-A
C ₁ -500μμfd 變量電容器	R	R	T ₁						
C ₂ -270 " "				R	R	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂
C ₃ -50 " "				T ₁	T ₁	T	T ₂	T ₂	T ₂
C ₄ -250 " "	R	R	5000v						
C ₅ -100-350μμfd 固定電容器	R	R	R						
C ₆ -100μμfd				R	R	5000v ¹	5000v ¹	5000v ¹	5000v ¹
C ₇ -.002μμfd				R	R	5000v	5000v	5000v	5000v
C ₈ -.002μμfd	R	R	R	R	R	R	R	R	R
R ₁ -柵漏25w	50,000	20,000	20,000						
R ₂ -10,000ohms				10watts	10watt	25watt	25watt	25watt	25watt
R ₃ -100ohms	10watt	10watt	10watt	10watts	10watt	10watt	10watt	10watt	20watt
L ₁ -3500K.C. 12圈2½"徑 7000K.C.	¼"銅管	¼"銅管	¾"銅管						
5圈2½"徑 14,000K.C.	"	"	"						
3圈2½"徑 L ₂ -3500K.C.	"	"	"	No14線	No14線	¾"銅管	¾"銅管	¾"銅管	¼"銅管
20圈2½"徑 7000K.C.				或3/16銅管	或3/16銅管				
10圈2½"徑 14,000K.C.				"	"	"	"	"	"
6圈2½"徑				"	"	"	"	"	"
A ₁ -R.F.Ammeter				0-1.5	0-1.5	0-4	0-4	0-4	0-8
A ₂ -D.C.milliammeter				0-500	0-150	0-300	0-300	0-300	0-500
A ₃ -D.C.milliammeter	0-100	0-100	0-200						
屏電壓	350	500	2000	500-750	500	1000-1500	2000	2000	2500
柵負				45	45	45	90	45-90	45

R-Receiver type (approx.1000volt Breakdown). (1000v收報式)
T₁-Transmitting type 2500volt or higher rating. (2500v發報式)
T₂-Transmitting type 3500volt " " " (3500v發報式)
L-air Condenser. (空氣絕緣電容器)



三 級 主 振 盪 式 發 報 機

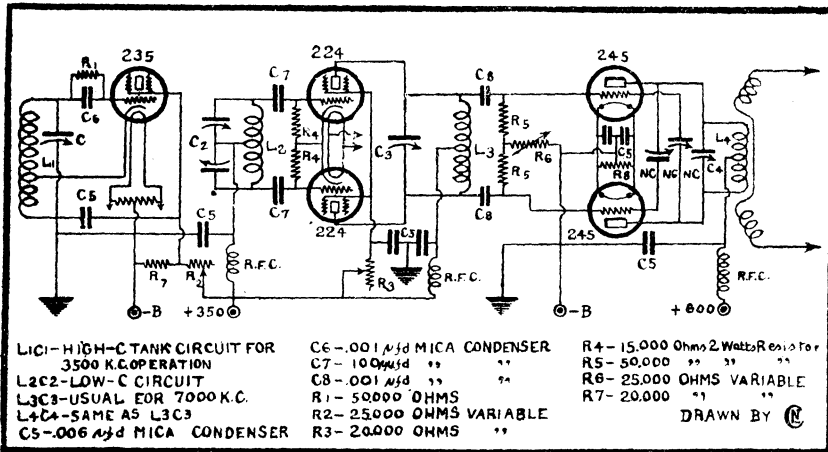


第 89 圖 三 級 主 振 盪 式 發 報 機 綫 路

第89圖，為三管式石英控制振盪發報機之綫路。右端第一級，為石英控制式振盪器。所用真空管，為210，及250V之屏電壓。第二級，或作緩衝擴大器(3500KC)，或作倍週器(7000)。真空管為210及500V之屏電壓。第三級為擴大器。如需特高之週率(14,000KC)，此級亦須作為倍

週之用。惟倍週器之效率，較擴大器所差甚多。故若欲較大之輸出電能，必須再加一級擴大，方為適宜。在此綫路中，前兩級屏極之供給，為並給式。第三級之屏電壓，則為連給式。第二級之平差，由電容器 C_9 及綫圈 L_2 之一部份得之。第三級之平差，由電容器 C_{10} 及 L_3 綫圈之一部份得之。圖上虛綫所示之電容器 C^2 ，為第一第二兩級之屏電壓，用同一電源時(如用分壓器)，所不可缺少者。否則高週率電流，可在各級漏電，而致次級真空管，無法平差。若電源係分開者，則無須用矣。

第90圖為一電子偶合式發報機綫路。第一級為電子偶合振盪器。真空管為235，屏電壓為 350V。第二級為兩只



第 90 圖 電子偶合式發報機綫路

224之推挽式緩衝擴大器，屏電壓350V。末級為兩只245推

挽式擴大器，屏電壓600V。末級之輸入直流電能，可以增加至 80watts。

在此線路，振盪器之輸出電路，必須爲低容量(Low C)。
。因其輸出電能，與 L及C 之比例，大有關係也。緩衝擴大器之應用，因235之輸出電能，不足供給245柵極之用，故用 224兩只，作推挽式，使其有較大之輸出電能，而供給下級兩真空管，較爲平穩也。柵負不用 C電，而單用耗阻。故調準時，振盪器不可停止工作。R₆ 之數量，對於輸出級之效率，頗有關係。屏電壓之供給，振盪器及緩衝器，合用一具。擴大器則另用一具。由此機發出之訊號。清晰穩定，與石英不相上下也。

第十四節 調準方法

主振盪式發報機，以其構造之複雜。調準手續，較自振盪式困難甚多。然各級構造，往往相同，知其一即知其他，故實際情形，並不若理想中之繁難也。近年自利用罩柵真空管之後，各級無須平差，則簡便更多，直如調準一屏柵諧振線路而已。主振盪式發報中最困難之調準手續，爲擴大器之平差。茲先就此述之如次：

(1) 先使振盪器產生振盪，及調準至所欲發之波長。此種手續，已於自振盪式發報機詳述矣。

(2) 燃點擴大器之絲極，及加上柵負電壓。惟屏電壓

必須于平差完全實行之後，方可加上。

(3) 置平差電容器于零度，先轉動柵路電容器，或移動連振盪綫圈之一端(如第88圖之g 點)，使擴大器之柵極直流電表，有最大之指數。繼則轉動屏路電容器，自零度至百度，同時並注意擴大器之柵極直流表。若擴大器尚非平差者，則當屏柵兩電路銳諧振時，其指針猝然跳動。乃漸次增加平差電容器之度數。至某點時，屏極電容器任何轉動，柵路電流表之指針，竟完全不動。此時平差電容器之度數，較真正平差數量，約少10%至20%者。再繼續增加平差電容器，至又一某度，當屏柵兩電路諧振時，柵電表之指針復行跳動。此時平差電容器之度數，較真正平差數量約大10%至20%。故真正平差電容器之度數，在此兩度數之中間。置于此度，則擴大器之平差，遂得完全實現。在未達平差之前，柵電表指針，所以跳動者，因高週率電壓，可由柵經屏柵間之自然容量，達於屏極。當屏柵兩綫路諧振時，屏路之吸收力最大，柵極電流，遂起變化矣，此時若以氖氣管 (Neon tube) 觸擴大器之屏極，則現紅光，此即屏極有高週電壓之明證。及平差之後，柵電壓不能達於屏極，屏柵兩線路，完全隔離，不相關連，無論屏電路起何變化，于柵電流毫無影響，故指針不動。此時若以氖氣管，再觸屏極，則不能發光矣。若柵極無電流表，

則或用氖氣管，或以二圈銅綫，連一小燈泡，靠近屏線圈，而測其明暗，亦可得相當之結果。但此兩種方法，不若柵電表之準確也。

在屏電壓加上之前，尙有一法，可以證明平差之是否實現。即轉動擴大器之屏路電容器，而注意振盪器（或前級擴大器）之屏極直流電表。若擴大器已平差者，當屏路經過銳諧振時振盪器（或前級擴大器）之電表指針，必完全不動也。

(4) 擴大器既經平差之後，可將屏電壓加上。此時轉動屏極電容器，設平差爲完全者，可見屏電表與柵電表之指針，背道而馳。其情形與自振盪式發報機相同。若兩表之指針，同時上升，或同時下降者，則爲平差尙未達到之明證。此時須將平差電容器，重行向左或向右轉動，至於達到完全平差之目的而後止。蓋平差不全，擴大器內部，卽有電能損失，發報機之效率，必將大減矣。有時欲得完全之平差，頗感困難，必須經過長久時間之各種調準，方有結果。此種情形，尤于末兩級擴大器爲最甚。至于倍週器，因屏柵兩電路，週率不同，稍有回授作用，亦無大碍，故平差手續，簡易甚多。

對於平衡式或推挽式之平差，祇須調準平差電容器之容量，等於屏柵自然容量卽可。手續較爲簡易。且變更波

長，平差電容器之度數，亦不大變。至於第 79,80,81,82 等圖之直接偶合線路，其平差線圈 L_n 之圈數，常與屏線圈 L_p 之圈數不同（普通約等於屏圈數之一半）。在初次調準時，常有更動線圈中極連絲端地位之必要，使平差容量，不致在度數之最低或最高處。再更換線圈，平差電容器之度數，常須大事更動，故較為麻煩。

平差手續既明，全部發報機之調準方法，自易了解，祇須依照下列之次序進行，即無困難矣。

(1) 將各級所有之屏及柵之電容器度數，置于零度。各級之偶合度，亦置于最小處。

(2) 燃點各級燈絲。

(3) 除振盪器外，各級屏電壓電鑰悉開(Open)之。

(4) 先使振盪器產生振盪。加大第一第二兩級之偶合度，並轉動第二級之柵極電容器，至于柵電表有最大之指數。

(5) 第二級平差。

(6) 關(close)第二級之屏電鑰，並加屏電壓。轉動第二級之屏電容器，使屏電流達最低度數。蓋屏電路在諧振時，其電表有降落點可見。降落情形，較之屏柵諧振綫路，更為尖銳，故轉動屏電容器時，宜徐徐而行，不可草率，如平差完全，則屏柵兩電表指針，背道而馳。以屏流最

小，柵流最大，爲調準適度。

(7) 增加第二第三兩級之偶合度，及轉動第三級之柵極電容器，使達最大之柵電流。此時第二級之屏電流，因有荷載而增加。但其電路性質，因偶合而變更，故此時更須重行調準，使屏流至最小適當度數。至其他各級之調準，均可如法進行，直至最後擴大級爲止。

(8) 若天綫爲普通式者，其調準手續，與自振盪式相同。卽屏極電容器，屏極與天綫兩線圈之偶合度，天綫電容器，三者宜同時調準。動其一，必須動其他二者，使達到最大天綫電流，及相當之最小屏電流爲止。屏綫圈及天綫綫圈之偶合稍緊無妨，蓋週率之穩定，在主振盪式不受天綫之應響也。

(9) 發報機既經調準之後，須證明各級是否完全平差，不致自行發生振盪。其法故意以第一級之振盪停止，此時所有各級柵電表之指針，須盡回至零度。若有一級不回至零度者，卽證明該級自行發生振盪，必須重行平差。停止振盪方法，或取去石英，或開第一級屏電鑰均可。

(10) 最末手續，用檢音器檢驗音調之是否清晰與穩定。有時因各級之偶合太甚，或平差不全，以致音調惡劣者，先察其弊病之所在，而後設法改良之可也。

第十五節 交通部國際電台設備概述

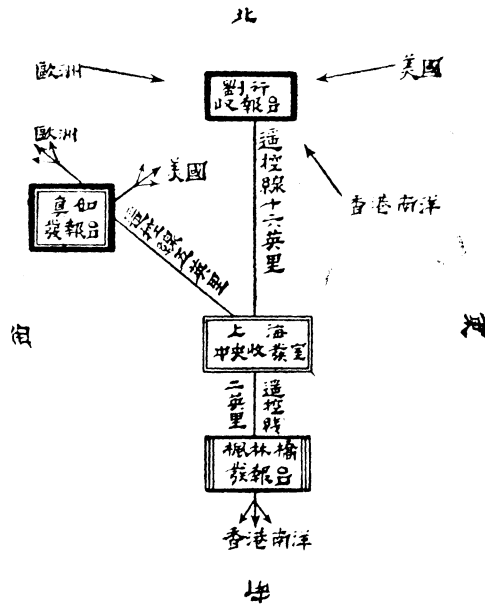
自九一八後，瀋陽之國際電台入於日人之手，交通部直轄之上海國際無線電台，遂成今日我國唯一之自主國際通訊機關。其籌備成立，以及發展之經過，讀者已於第一章內見之。本節所述，只限於組織之大略，及發報台主要機件之構成。此外不屬於本書範圍者均略。

(1) 組織概況——上海國際無線電台之組織，共分三部如下：

- (a) 中央收發室。——地點，上海外灘沙遜大廈，營業處亦設於此。
- (b) 發報台。——地點，甲上海真茹區。
乙上海南市楓林橋。
- (c) 收報台。——地點，寶山縣劉行鄉，在上海西北約十五六英里。

中法中美中德及方在建設之中英各發報台，均在真茹。楓林橋則通香港南洋之報務。但有時各電台亦可互相通用。各路收報，均在劉行。中央收發室，則以遙控專線，與收發報台，直接連絡，如第91圖。蓋收發報台，專司電波之收發。至電報之往來，則必須經過中央室報務員之手，而以遙控線為傳達之工具。此種組織，稱為遙控制。凡大規模之電台，均取此法。蓋三部各有其特性，為便於管

理及維持起見，決難置於一處。如中央收發室，宜設於商業與金融匯粹之處，庶幾可收報務暢達，營業發展之效用。反之，收發報台，往往佔地甚廣，天線龐大，且須避免一切干擾及障礙電波進行之物，如高大建築，樹木，電線，電車，電機等，故宜擇鄉間空曠之處，而有適宜方向者建設之。再收發報台，距離至少須五英里，以免電波自相干擾。我國國際電台，在籌備期間，對於各地點問題，曾經詳細之研究與考查，故各部份位置，均極恰合上述諸種條件。



第 91 圖 交通部國際電台組織情形

(2) 楓林橋發報台。——楓林橋發報台，爲上海國際電台中規模較小之電台。共有 2 KW 石英控制式發報機四座，皆爲德國德力風根 (Telefunken) 公司出品。以真空管不用水冷式，電源又由發電機直接供給，故一切設備，較之真茹各電台，簡單甚多。爲使讀者易於明瞭大電台之組織起見，特先述之。

全機構造分五部，計有：

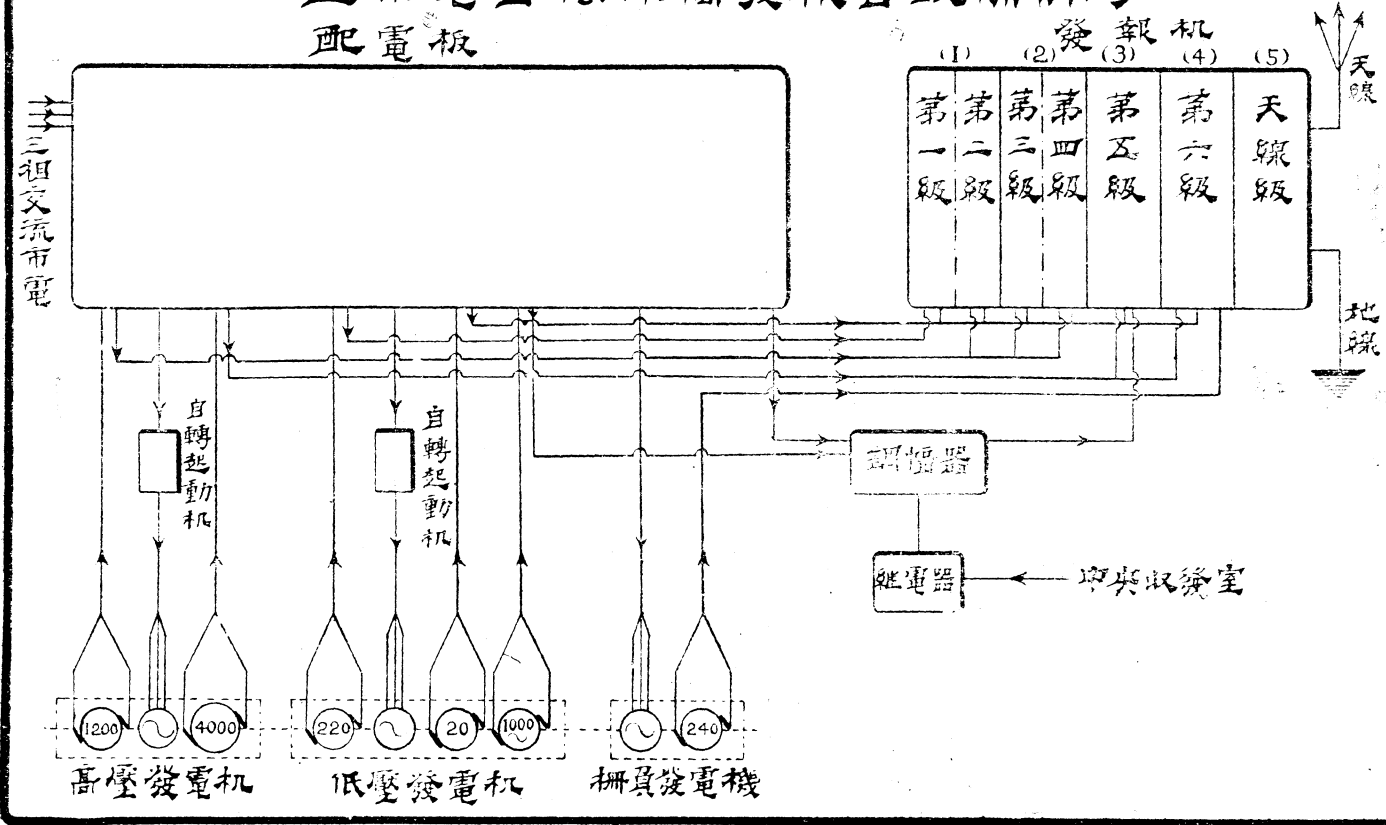
- (a) 發報機 (Transmitter)。
- (b) 直流發電機 (D.C. Generator)。
- (c) 配電板 (Switchboard)。
- (d) 調幅器 (Modulator)。
- (e) 繼電器 (Relay)。

各部連絡情形，如第92圖。茲以限于篇幅，吾人祇對於發報機，及調幅器，加以說明，餘均從略。

(a) 發報機——第93圖，爲發報機全部線路圖。計有振盪一級，緩衝擴大一級，倍週兩級，強力擴大兩級。各級線路完全相同，茲將其作用，分別述之如次。

第一級爲振盪器，或由石英控制，或不用石英而成自振盪式勵振器。線路之解釋，在兩種情形各有不同。用石英時，則爲屏柵諧振線路，而以 C_g 作控制晶體偶合 (Crystal Coupling) 之用，即所以調節高週率電流由屏回柵之

國際電台楓林橋發報台設備情形



主 振 盪 式 發 報 機

第 92 圖 國際電台楓林橋發報台設備情形

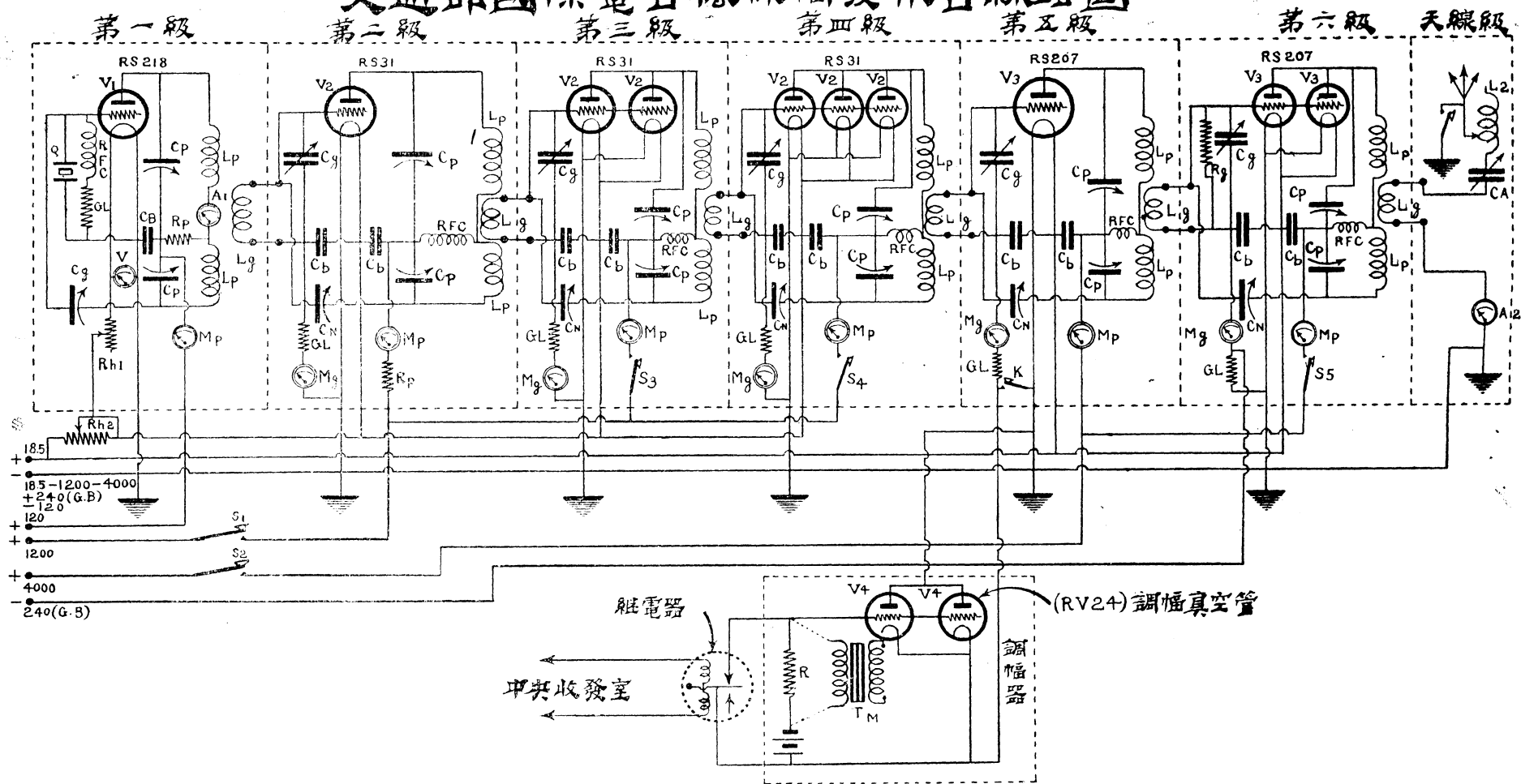
值是也。不用石英時，則為第二章所述之 Hoffman Colpitts 平衡線路(見第22圖)。其屏極振盪電路，由兩個圈數相等之線圈 L_p ，及兩只容量相等之電容器 C_p 組成。屏電壓經屏流表 M_p ，降壓耗阻 R_p ，及屏線圈 L_p 之半部而達於屏，故為連給式 (Series fed)。其他 R.F.C. 為柵極阻流圈，GL 為柵漏， R_{h1} 為絲極調節器， A_1 為振盪電流表， V 為絲極電壓表， C_b 為高週傍路電容器等。此級所用真空管之程式為 RV218。絲壓為 7.5V，屏壓約 200V，輸出電能，不過四五華特，週率為 F 。

第二級為緩衝擴大器，其線路為本章第85圖之 Crowther Tingey 線路。其中 $L_p C_p$ 為屏極橋式平衡振盪電路。 $L_g C_g$ 為柵極配諧電路。 C_n 為平差電容器， M_p 為屏流電表， M_g 為柵流電表， R_p 為降壓耗阻等。此級所用之真空管為 RS31。其絲壓為 10V，屏壓約 1200V，輸出電能，約五十華特，週率仍為 F 。

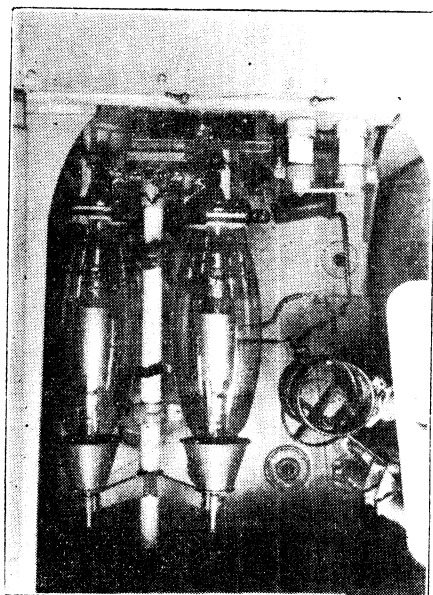
第三級，為第一倍週器，線路與第二級同。用兩只並聯之 RS31真空管，週率為 $2F$ 。

第四級為第二倍週器。用三只並聯之 RS31 真空管。週率為 $4F$ 。

交通部國際電報林橋發報台線路圖



第 93 圖 楓 林 橋 發 報 台 線 路 圖



楓林橋電台發報機之第六級
內部構造圖

第五級爲強力擴大器。線路與前數級，完全相同。所用真空管之程式爲 RS207。其額定輸出電能，爲 1 Kw。絲壓爲 16.6V。屏壓約 4000V。報鍵則設於此級之柵路。

第六級爲輸出擴大器，用兩只並聯之 RS207 真空管。此級因柵極上之高週率電壓甚大，故除柵漏外，尙有柵負，其值約爲 240V。

第七級，爲天線級。由一個線圈，及一只電容器，組織而成。

在此發報機，因所用之真空管爲三極式，故各級擴大器，必須有完全之平差。惟線路爲平衡式，且各級屏柵之偶合，可以變動。(柵線圈可移動)。故調準手續，尙非甚難。其方法一如第十四節所示，無庸贅述。

全部發報機，盛於五個鋁製箱內(如所附之照像)。而有如下之配置：

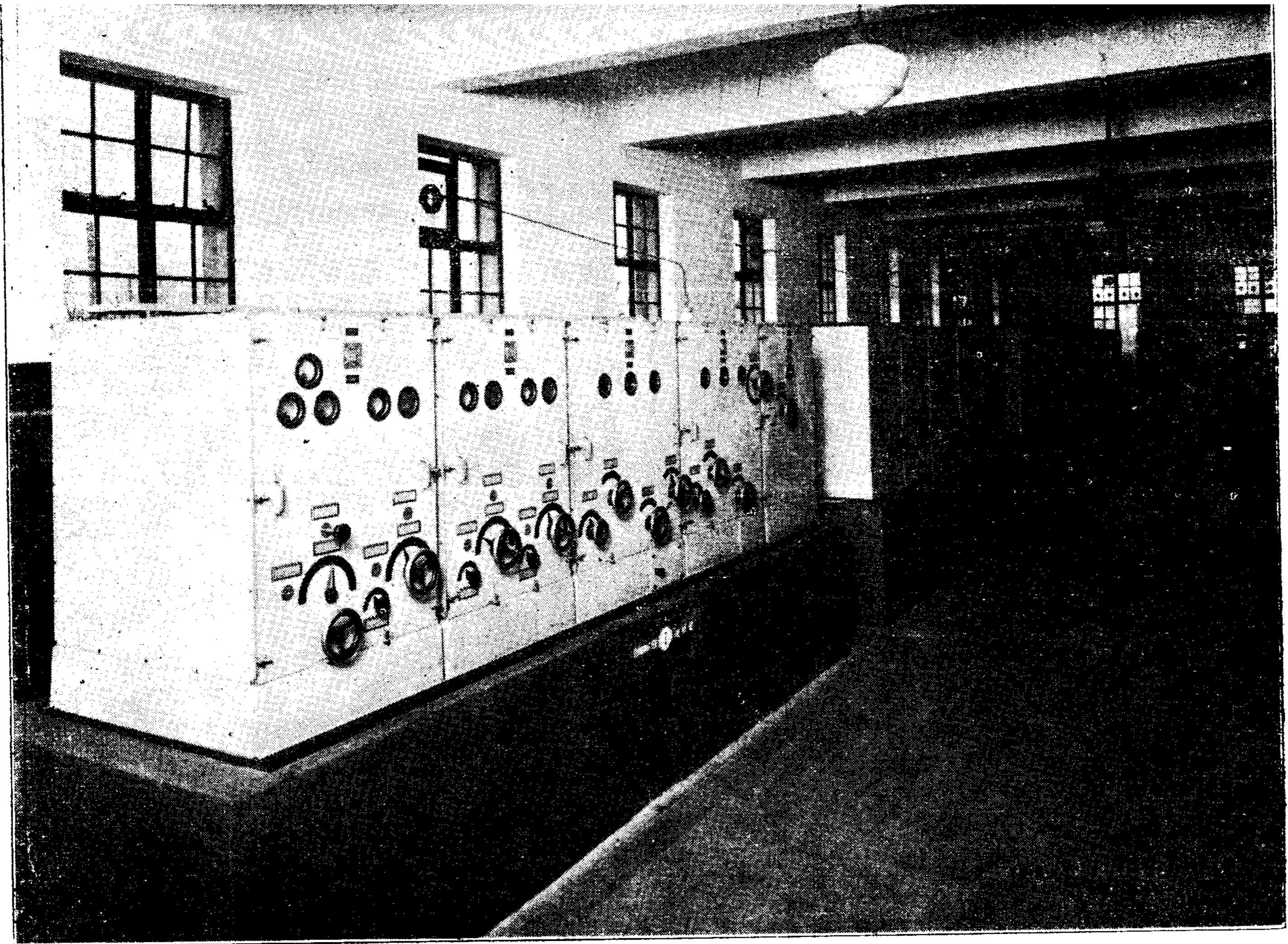
第一箱 振盪器及緩衝擴大器。

- 第二箱 第一第二兩倍週器。
- 第三箱 強力擴大器。
- 第四箱 輸出擴大器。
- 第五箱 天線級。

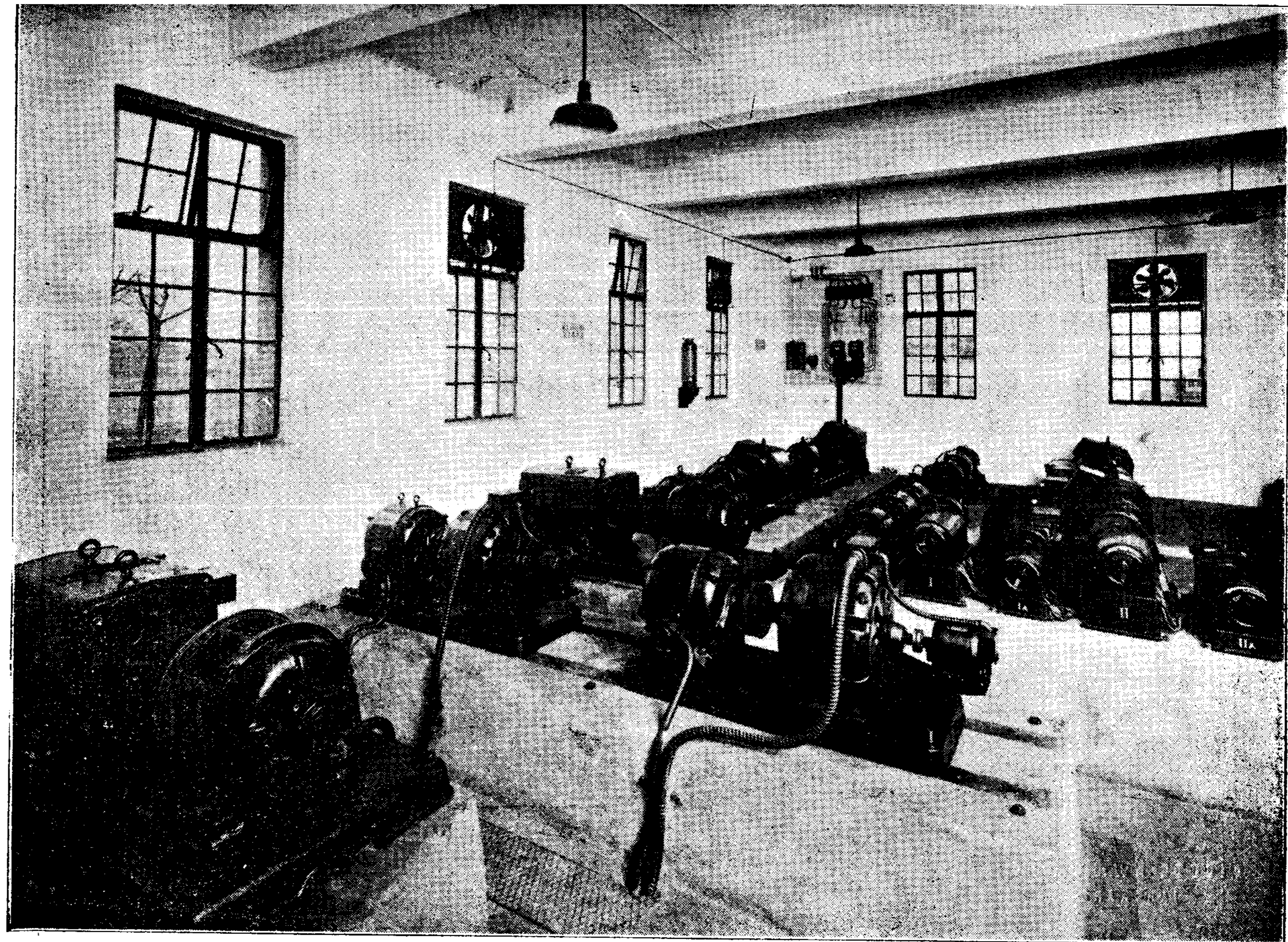
(b) 發電機——此機各級真空管之絲，屏，柵三種電源，皆由直流發電機供給之，其組織情形如次，(第92圖)

各級真空管之絲電流，統由一只 20V 直流發電機供給之。第一級之絲壓為 7.5V，故于發報箱內，有一變量耗阻，以調準至適宜之電壓。第二三四各級之絲壓為 10V，由另一變量耗阻調準之。至第五六兩級之絲壓為 16.6v，直接由發電機供給也。此發電機為分勵式 (Separate excited)，即其磁場之電流，取自另一只 220V 之發電機。後述之發電機，同時又供第一級振盪器屏電壓之用。此兩發電機，以一只三相交流電動機轉動之。在同軸上，又有 1000 Cycles 成音週率之小發電機一只，作為斷幅波 (I.C.W) 發報之用 (見調幅器)。綜此四機，稱曰低壓電源。

至高壓電部份，有發電機兩只。一為 1200V，供第二三四各級真空管屏極之用。一為 4000V，供第五第六兩級之用。兩者連于一軸，由另一只三相交流電動機轉動之。此兩發電機，亦為分勵式。其磁場電流，即由上述之 220 V 發電機供給之。



楓林橋電台之發報機

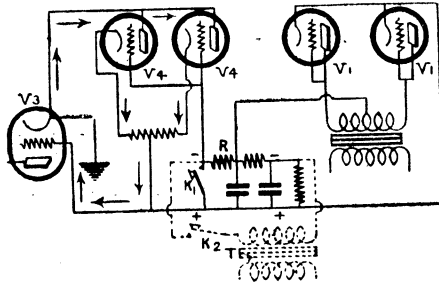


機 林 橋 電 台 之 電 機 室

至第六級所需之柵負電壓，則由一只 240V 之小發機，及一電動機所供給也。

(c) 配電板——一切電壓之調節，安全之設備，以及起動或停止電鑰等，皆設於配電板，而由此控制全台之工作。其構造頗複雜，且又越出本書範圍之外，故不述及。

(d) 調幅器——此器之設，為使發報機得作為等幅電報(C.W.)，斷幅電報(I.C.W)，或無線電話(Phone)之用。其構造如第94圖。其中 V_4 為兩只並聯調幅真空管。其程式為 RV24。其屏路與第五級擴大真空管之柵路成串聯(In series)。 V_1 為兩只整流真空管。當報鍵 K_1 未按下時，調幅管柵極上有一甚大(由整流管供給)之負電壓，使屏絲間無電流通過。換言之，即此時無信號發出。反之，按下報鍵，則如圖所示， V_4 之絲柵為直連，其內耗阻，因之減低， V_3 柵極之高週率電壓，遂可通過之，信號即由此發出矣。此為用等幅電報時之情形。至用斷幅電報，或無線電話時，則另有一調幅變壓器 T (虛線所示者)，加于調幅管柵路內。用此方法發報，可異常迅速，不致發生尋常報鍵擾亂等弊病。唯調幅管之柵負宜頗高，否則于報鍵未按下時，將有遺漏電子，達于調幅真空管之屏，而發生反波焉。



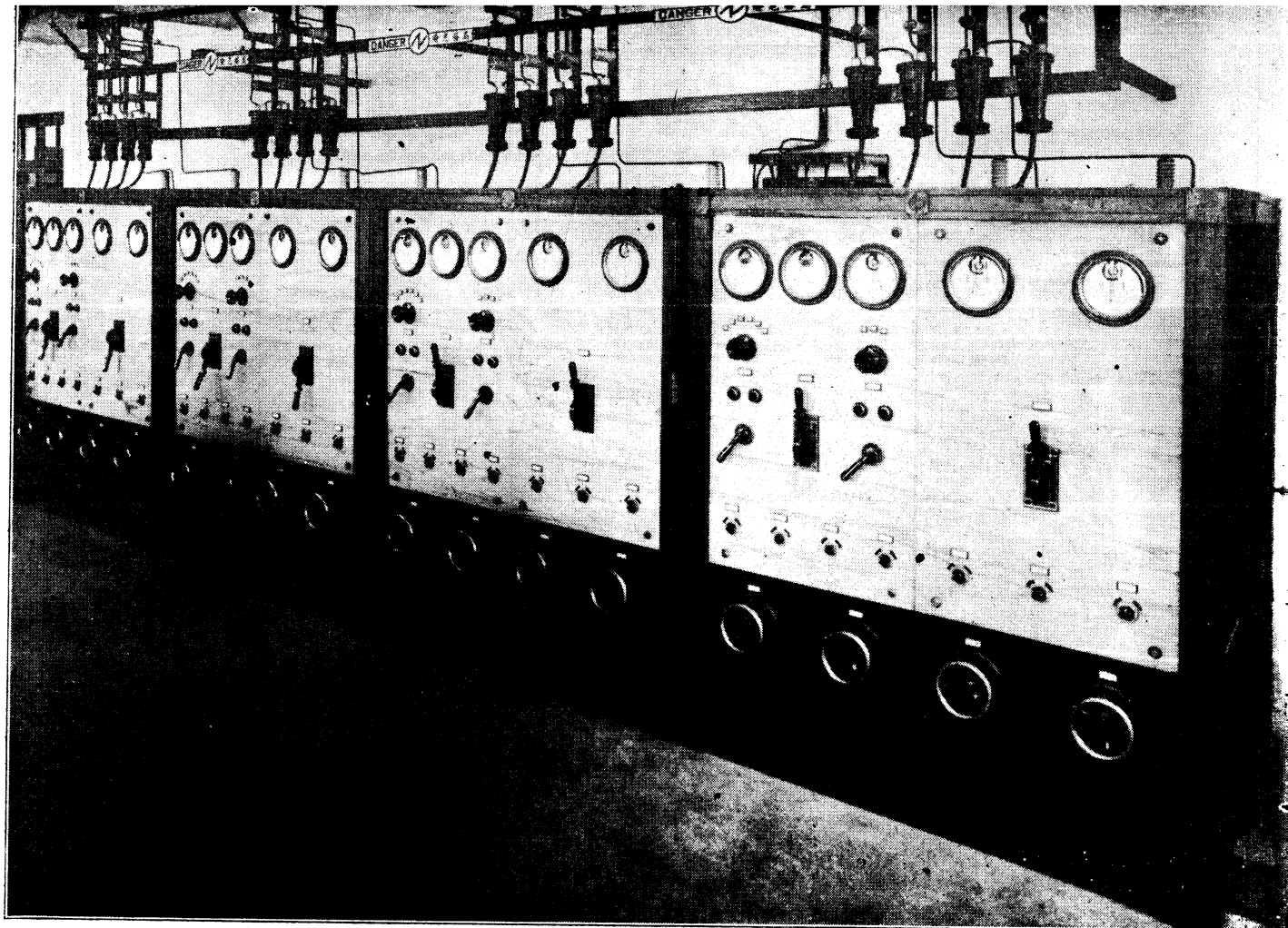
第 94 圖 楓林橋發報台之
調幅器

(e) 繼電器——該台所用之繼電器，爲分極性式(Polarized)。此種繼電器，以其惰性甚弱，故可追隨極速之信號。惟報鍵之一開一闔，必須有兩個反向電流，通過其線圈。此等電流，則由中央收發室供給。

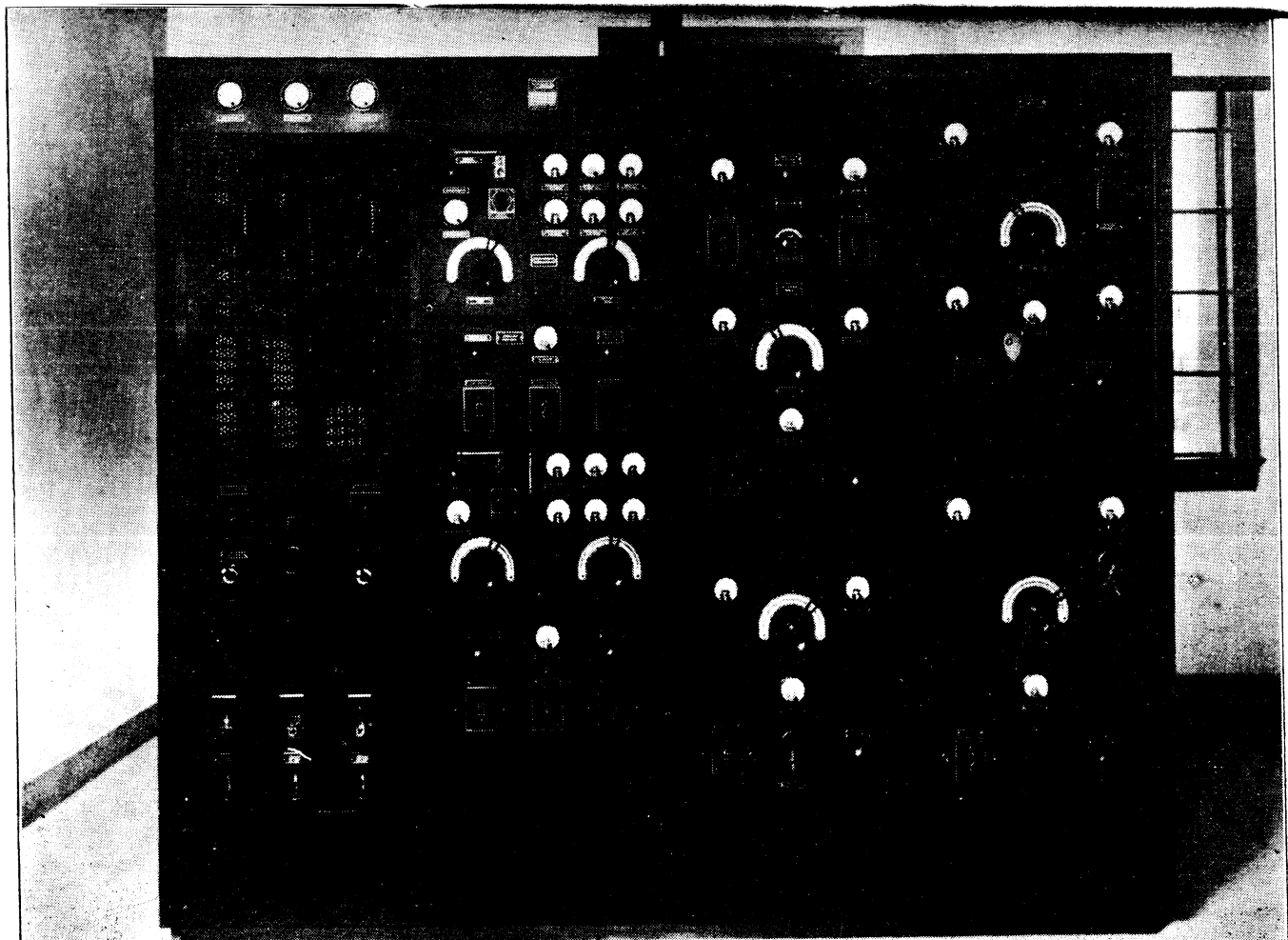
附註：于應用無線電話時，因調幅在第五級之柵極，故第六級爲“B”類擴大器 (B Class Amplifier)。其調準方法，與發報時不同。先校對柵負，達于真空管特性線之截止點 (Cut-off Bias)。再諧配天線，使其有最大電流。末則減小五六兩級之偶合，使天線電流，或第六級之柵電流，降至半數以下。同時調幅管之柵負，亦須調準至最適宜者。凡此各種手續，皆可于此機得之。

(3) 真茹中美中德電台 (1) ——本台有20KW短波發報機兩架，一通美國，一通德國。機係美國無線電合組公司 (R.C.A.) 所製。波長範圍，自十四公尺至四十二公尺。其最高輸出電能，在十四公尺時，爲 20KW。在四十

(1) 下述者，係轉載電波第二期張承祐先生所著之二十瓦短波發報機



楓林,橋電台之配電板



EXCITER UNIT, 20-KW. TRANSMITTER.

中美電台之勵振機

二公尺時，爲 40KW。每機可調準兩種波長，交互替用。本台現用者，一爲 16.04及37.64公尺。一爲 18.30 及 39.58公尺。

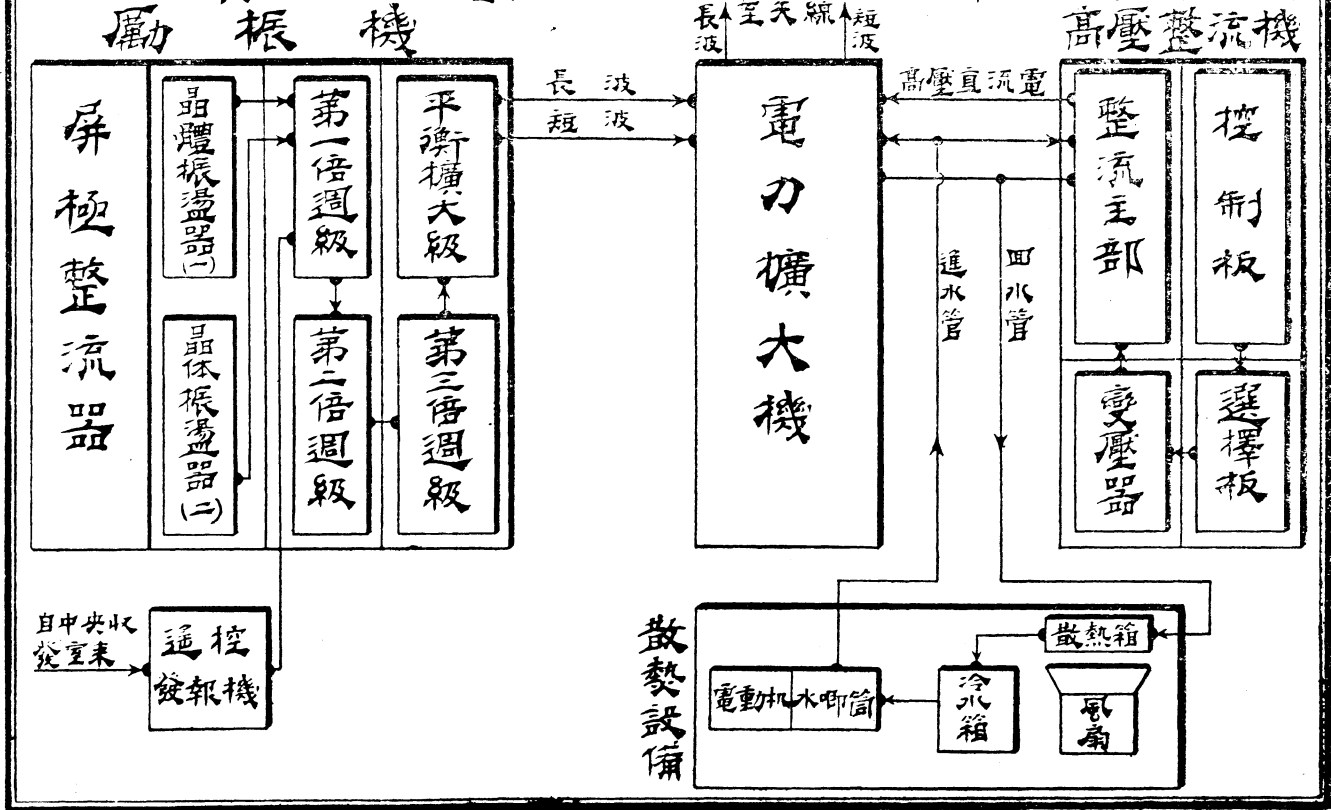
全機構造，可分五部

- (a) 勵振機 (Exciter)
- (b) 電力擴大機 (Power Amplifier)
- (c) 高壓整流機 (H.T.Rectifier)
- (d) 遙控發報器 (Keying Unit)
- (e) 冷水散熱設備 (Cooling System)

各部聯絡情形，如第95圖。

(a) 勵振機。——勵振機爲高週振盪產生處。亦可單獨運用，爲 1 KW 之發報機。其結構分四部，相並橫列。自左至右，第一部爲屏極整流器，供給勵振機各級真空管屏流之用。第二部有晶體振盪器兩具，每具可調準於某一波長，交替應用。第三部爲第一第二倍週級。第四部爲第三倍週級，及平衡擴大級。由晶體振盪器發出之振盪電流，每經一倍週級，則週率加倍，即波長減半，而同時電能加增。至第三倍週級時，其波長係晶體級之八分之一，是即發報機之波長。至經平衡擴大級，其輸出電能，約得 1 KW。若選接天綫，即爲 1 KW 之發報機。如接入電力擴大機之柵極綫路，則可擴大電能至 20KW 以上。

真茹中美電台發報機全部機件聯絡圖



第 95 圖 真茹中美電台設備情形

圖器機振勵電中真茹

晶體振盪級
CRYSTAL OSCILLATOR

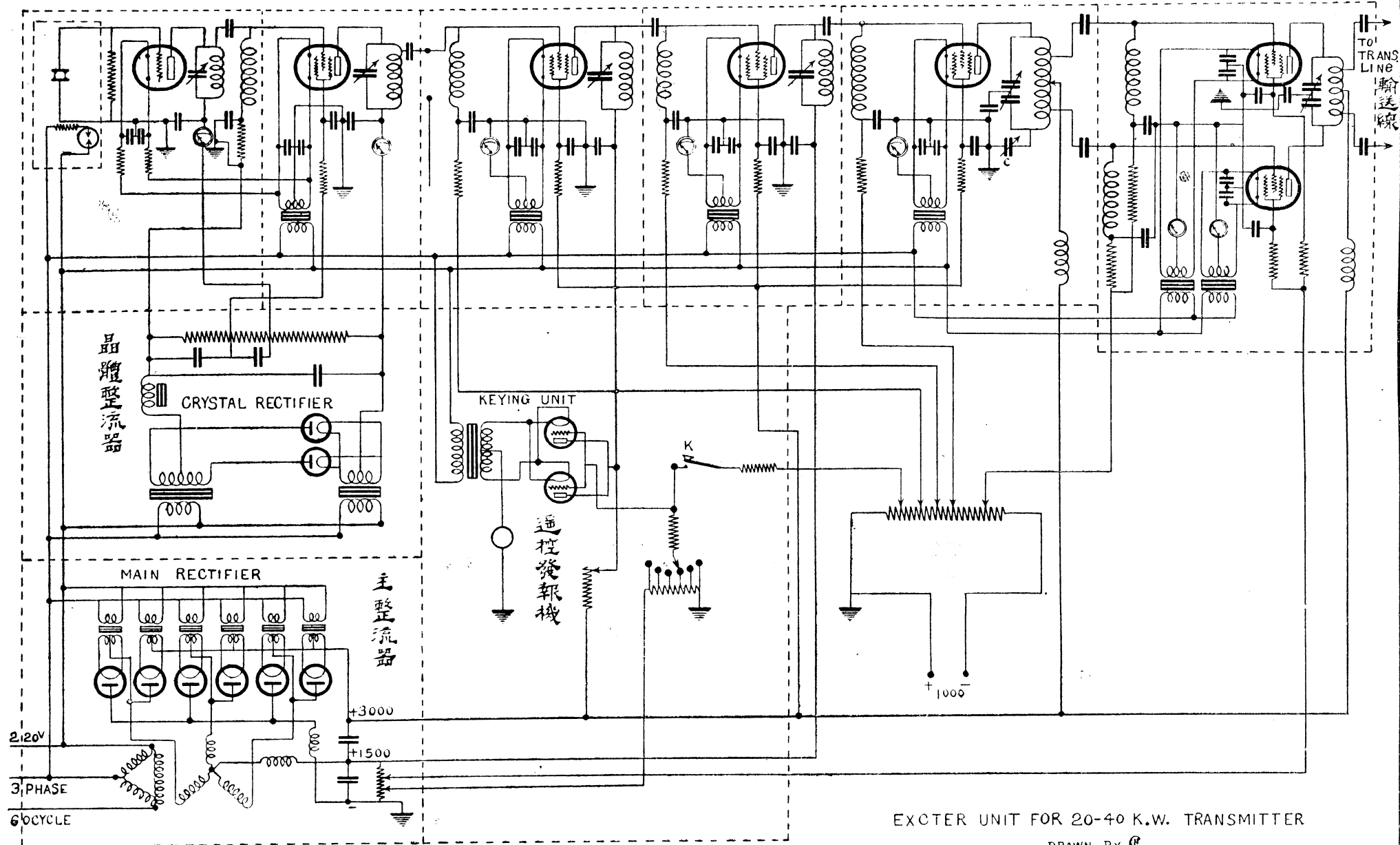
緩衝擴大級
BUFFER AMP.

第一倍週級
FIRST DOUBLER

第二倍週級
SECOND DOUBLER

第三倍週級
THIRD DOUBLER

強力擴大級
POWER AMP.



EXCITER UNIT FOR 20-40 K.W. TRANSMITTER

DRAWN BY ©

第 96 圖 真茹中美電台勵振機線路圖

勵振機全部線路，如第96圖。

左端第一部爲晶體振盪器。所用真空管爲 UX-210。屏電壓約爲 250V。晶體置於柵路內，用一保溫器 (Thermostat) 保持其溫度於 45° C。屏極電路之調準，用一變量電容器，令其週率較晶體所固有者微高，若此則屏路略呈感應迴阻 (Inductive Reactance)，此爲良好使用特性曲線之主要條件。

晶體振盪器之後，爲緩衝擴大級。所用真空管爲四極罩柵式之 UX-860。此級之設，專爲防止後級高週率電流，反應及於晶體，並增加從晶體而來之電能。勵振器及緩衝擴大器之屏電源，由一整流器，名晶體整流器 (Crystal Rectifier) 者所供給。緩衝擴大器之後，有三級倍週器。

第一倍週級與遙控發報器相連。後者用兩並聯真空管 UV-211。其屏絲間電路，與第一倍週級之屏路爲並聯 (In Parallel)。當報鍵 K 未按下時，以 UV-211 真空管之柵，常有少許正電壓，故其屏極吸收多量之電流，而使第一倍週級之屏電壓，降低至通常值 (Normal Value) 之下。若此級之柵，有一負電壓，則實際上即足以切斷其屏電流。當報鍵按下時，UV-211 之柵，即加上一負電壓，管內總阻，因之大增，屏電流不能通過，第一倍週級之屏電壓，遂升至通常值，信號即于此時發出矣。此種構造，極

適用於高速度通訊，以其並無必需完全停止第一倍週級之能力也。再其屏路所發生較弱之振盪，並不足以克服次級真空管柵極之負電壓(400v)。此級單柵之正電壓爲 325V。屏極振盪電路，備有3000至6000 KC之週率。

第二倍週級所用之真空管爲 UX-860。週率爲6000至12000 K.C.。柵負爲 550V，屏電壓爲 1500V。

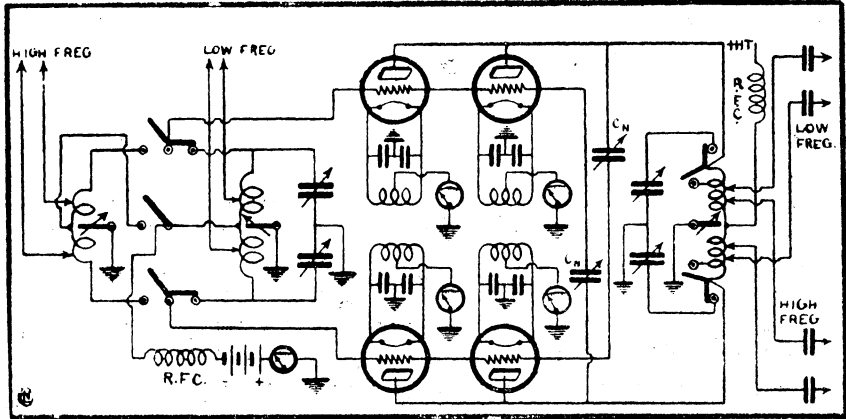
第三倍週級，用 UV-861 四極單柵真空管。其作倍週用者，只限於週率 12000 K.C.(25m.) 以上者。如週率在此數目之下，則屏極振盪電路調準與其柵極相同之週率。換言之，即以之作擴大器是也。此級之柵負爲 880V，屏電壓爲 3000V。此級之屏極高壓電，連於振盪線圈之中心點，使振盪線圈分作兩部。每部出一導線，連于下級平衡擴大器兩真空管之柵。如是則兩輸出電壓 (Output Voltage) 適成 180° 之相 (Phase) 差，用以勵振平衡擴大器之兩柵。爲平均輸出電路之作用起見，另有一變量電容器 C，連於振盪線圈之一端及絲極之間。

平衡擴大器，用兩只 UV-861 真空管，作推挽平衡式 (Push Pull Balanced Circuit)。其輸出綫路，或逕接天綫，作 1KW 之發報機，或連於電力擴大機之柵，而再擴大之。

(b) 電力擴大機。——電力擴大機爲 20KW 發報機

之末級。其輸入線路，來自勵振機，而輸出綫路，則逕接天線。真空管屏極所用之高電壓，取給於高壓整流機。其屏柵二極之振盪電路，均有長短波各一組，調準於長短二種波長。用交換電鑰一具，以司更替。此機之線路，如第97圖，仍為推挽平衡式。共有真空管四只，每兩只作並列，再以每列接成推換式是也。真空管之種類，為 UV-207 之水冷式，屏電壓自 6000V 至 10000V，柵負約 1200V。自動振機所來之導線，分接於柵極兩個線圈。其一供給 21500K.C 至 10000K.C。另一則供給 10000K.C 至 6670K.C。輸出綫亦分兩支，分接於兩天綫。振盪電路之配諧方法頗特別。用一圈之小綫圈，在振盪線圈之中間轉動。藉以變更其互感應，而作調準波長之用。再 UV-207 真空管，為三極式，故必須平差，圖中之 C_n ，即其兩只平差電容器也。

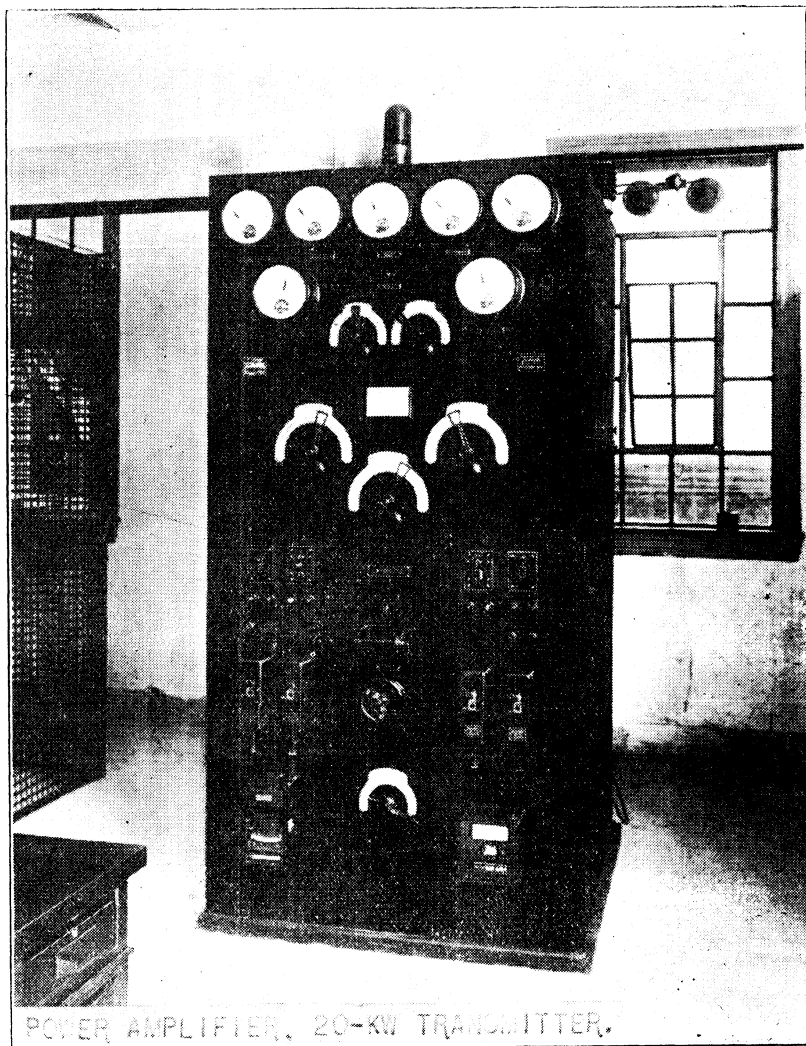
(c) 高壓整流機——高壓整流機之組織，亦分四部（第95圖）。一變壓器。以 220V 之市電，變成 6000 至 10000V 之高電壓。二控制板。電源之啓閉，電力之記錄，均於此行之。三選擇板。高電壓自 6000 至 10000V，共分八級，需用若干，即於此板上採取之。四整流主部。係六相全波式高壓交流電，經此處之整流真空管及濾波器，即得高壓直流電，以供給電力擴大器之屏極。



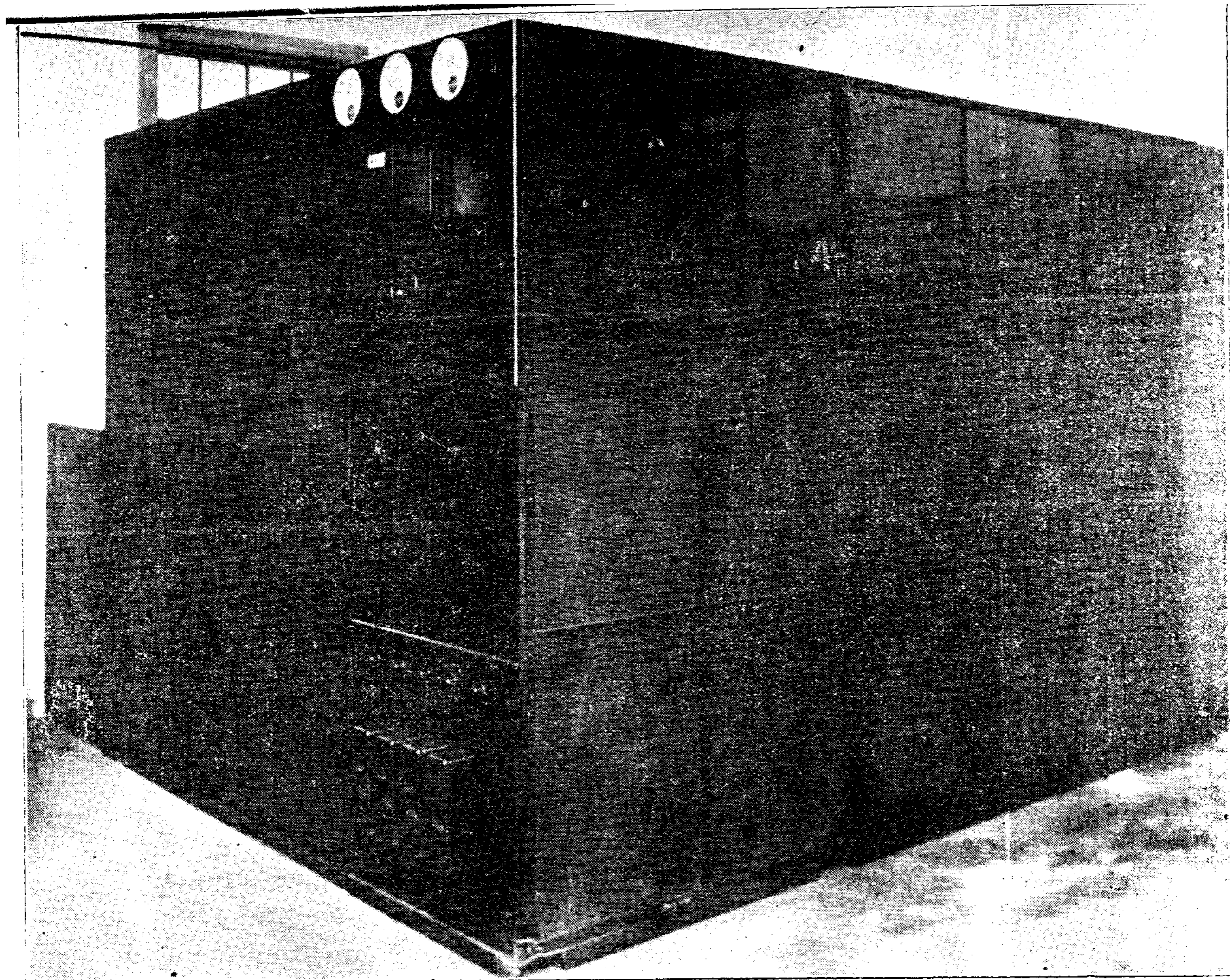
第 97 圖 中美電台電力擴大機線路圖

(d) 遙控發報機——係用兩真空管，其屏絲二極，接入勵振機第一倍週級之屏極電源綫內。中央收發室中報鍵之啓閉，利用遙控線及繼電器等，以直接控制該真空管屏絲間之耗阻，即間接控制第一倍週級屏極電源綫路之斷續，於是電波之發射與否，亦隨之而定。一切詳細情形，已于勵振機內述及，故從略。

(e) 散熱設備。——電力擴大機，及高壓整流機中所用真空管之電力甚強，其耗費於屏極之熱量甚巨。若不消散使冷，則真空管立即毀損，故有冷水散熱之設備。冷水貯於水桶，由唧筒之作用，使經過水管而入真空管座上之水套。吸收巨量熱力後，經回水管而入散熱箱。該箱作蜂巢式，與汽車上散熱箱相似，以大風扇吹之，使水冷後。



中美電台之電力擴大機



中美電台之高壓整流機

仍回水箱，如是循環應用，故水量並無耗費。

本機各部，均設自動安全機關，以保護機器，並避免使用者身體上之危險。此項安全機關，依其動作，可分四類。一，開機之前，各部外護柵門，務須關閉，使無論何人，不能觸及機器內部。二，開機停機，均有一定程序。三，開用電力擴大機及高壓整流機之前，務須先開冷水唧筒，使真空管座之水套內，有冷水流通。四，機器在使用時，遇有任何障礙，即自行停止，並發出警告聲音。

因有上述各項安全機關，故機器之運用，及管理，至為簡易。雖偶有不慎，亦鮮有發生危險。惟管理者仍須洞悉全機原理，運用得宜，則機器效能，得以保持，而偶遇障礙，亦可立時探得病源，速予修復矣。

(4) 真茹中法電台——本台機件，為法國無線電公司 (S.F.R.) 出品。其構造頗奇特，有發報機兩座，或調準于同一波長，合併而為 15KW 之大電台。或分別應用，而為兩座 8KW 之發報機。其內部機件之裝設，共分三大部如下表。而其互相連絡之關係，則如第98圖。

(a) 電力供給

總配電板

柴油發電機

充電機三種

電池三種

整流機

(b) 散熱設備

氣唧筒

油唧筒……油箱

水唧筒……蒸溜水箱

(c) 發報機件

振盪器

工作台

控機台

整波器

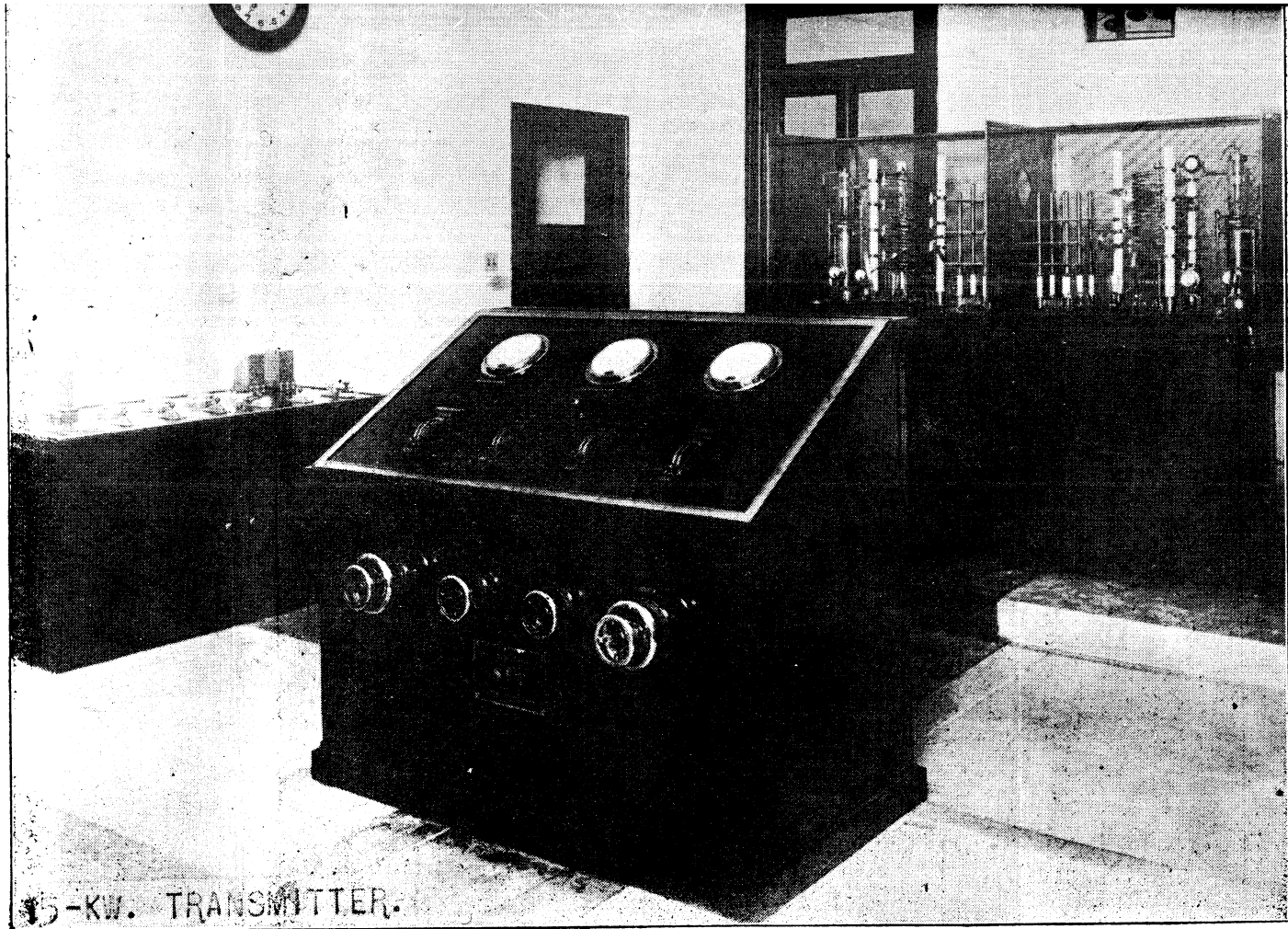
檢音器

測週器

電源由閩北水電公司供給。柴油機則僅為市電中斷時應急之用。上表 a,b 兩項，與本書無關，均從略。(1) 現所欲言者，祇限於 C 項之振盪器及整波器之構造而已。

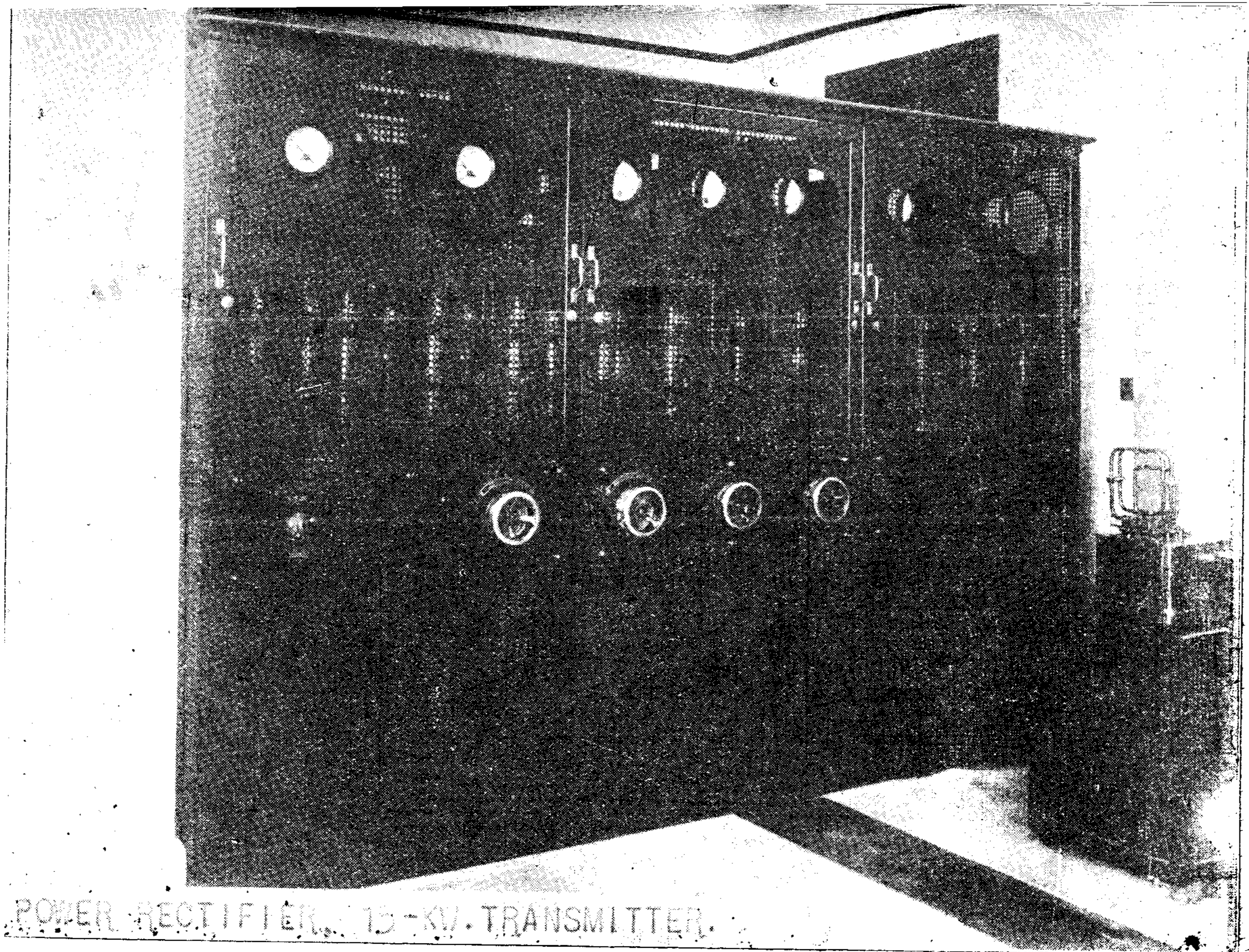
(d) 振盪器。——本台之振盪器，係自振盪式，而以一种特別機械方法，保持週率之穩定。振盪器共二座，線路完全相同，並置於一枱上。可調成二種波長，分別應用

(1) 如讀者欲知其詳，可參閱中國建設雜誌第六卷第二期候昌國先生所著之中法國際通信大電台述要



15-KW. TRANSMITTER.

中法電台之發報機，工作台，及控機台



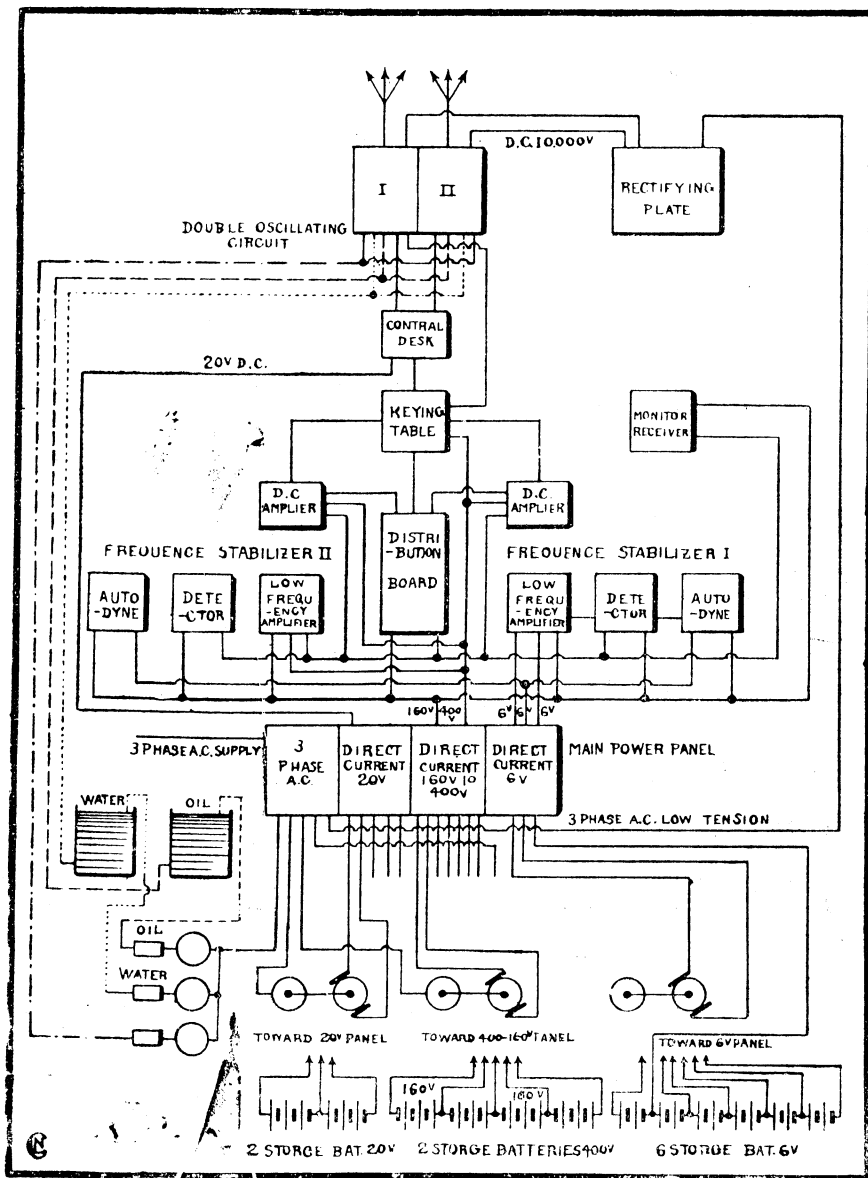
POWER RECTIFIER, 15-KV. TRANSMITTER.

中法電台之高壓整流機

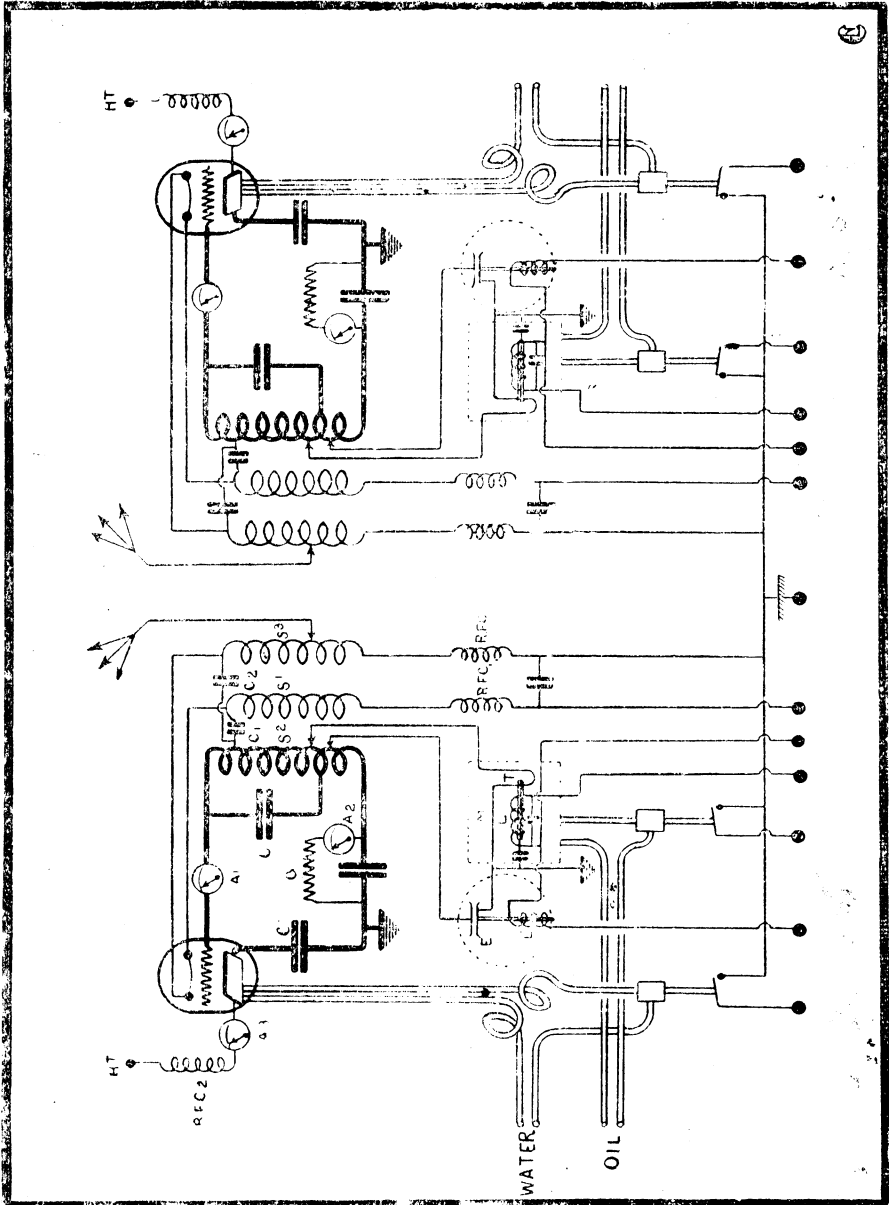
。或調至一種波長，作推挽式或並聯式，以增大天線內之電能。故又稱爲雙式振盪器 (Double Oscillator)。第 9 9 圖所示爲其線路，每部振盪器，有如下之結構，T 爲一強力 15KW 水冷真空管。S 爲三極磁感線圈 (Triple induction coil)。其中極 S^2 ，連於柵極，與電容器 C，合併成爲發報機之振盪電路。由此確定發報機之波長。S¹ S³ 兩極，爲感應偶合線圈。惟同時用爲絲極電流之來回導線，故于絲電源之引入端，置兩阻流圈 R F C₁，以防高週電流之通入絲極電池。當 S² 振盪電路內，產生振盪時，由感應作用，使 S¹ S³ 兩極，亦產生同樣之振盪，而三極任何點之電壓亦相等。爲使 S¹ S³ 兩極之高週電壓，完全平均起見，更有 C₁，C₂ 兩電容器連於中極 S² 及 S¹ 與 S³ 之一端。若此則高週電流，不能及於燈絲，而起危險。真空管之屏極，經斷路電容器 C' 而連地，故高週率電壓爲零。其作用使屏電壓不受高週電壓之變遷，而得易于保持週率之穩定。(1) 此外 G 爲柵漏，用以加大柵負，而減小屏電流。真空管之屏電壓，約 9000V，由整流器供給之。其正極經阻流圈 R F C₂，及直流電表 A₃，而達于屏。A₁ 爲一高週電流表，用以表示通過真空管屏柵間之高週電流。至 A₂，稱爲柵漏安培表 (Grid Leak Ammet

(1) 與電子偶合電路 (Electron Coupled Circuit) 相彷彿

er，用以表示柵極之平均直流電也。

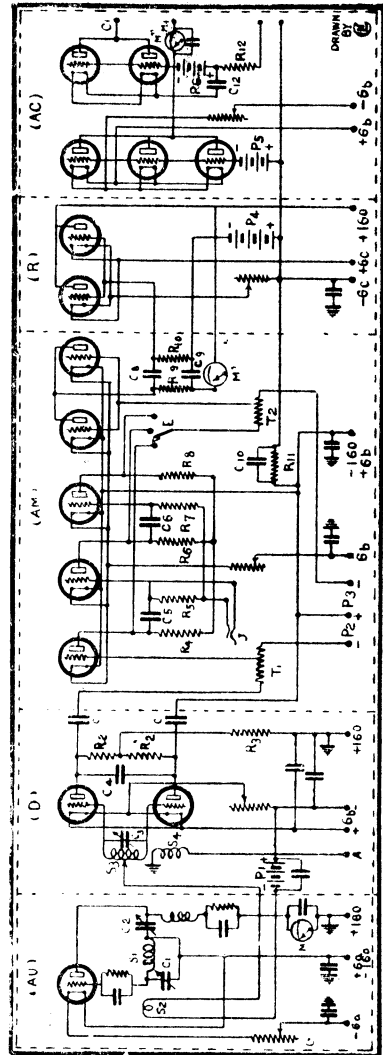


第 98 圖 中法電台設備情形



第 99 圖 中法電台發報機線路圖

發報機信號之發出，與週率之調準，藉電磁電容器 (Electro magnetic condenser) E，及調幅器 (Modulator) M 爲之。電磁電容器，由兩導片 (Armature) 組成。其中一導片，可依通過線圈L'中電流之大小而移動，故兩導片間之距離，即隨之或增或減，而其電容量乃隨之或小或大。調幅器 M 則隨飽和磁感圈 (Saturation Coil) L 及自生變壓器 (Auto transformer) T 所組合而成。磁感之增減，依通過 L 中電流之大小而定。調幅器及電磁電容器 E，接于 S² 之一部份。故由此兩器所組成之電路，與振盪電路成並列。(1) 是以調幅器中磁感量之變換，或電磁電容器容量之變換，皆足以影響發報機之波長。而信號之發出，與波長之調準，全恃此種變換，能否達到適當



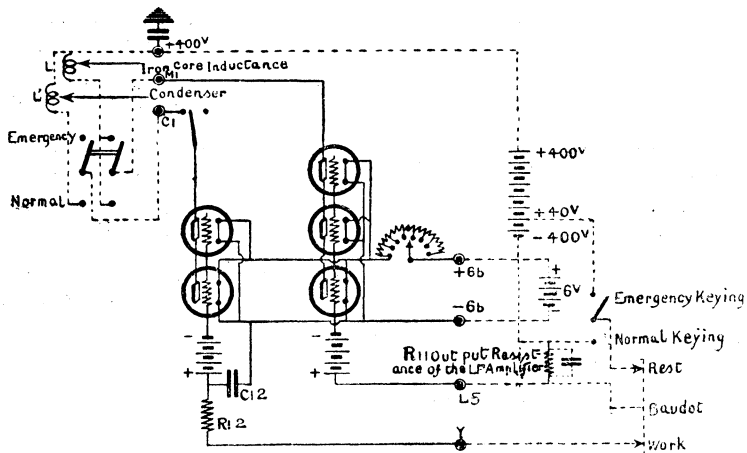
第 100 圖 中法電台整波器線路圖

(1) 實際情形，T接于S³之某點，E接于S¹之某點。

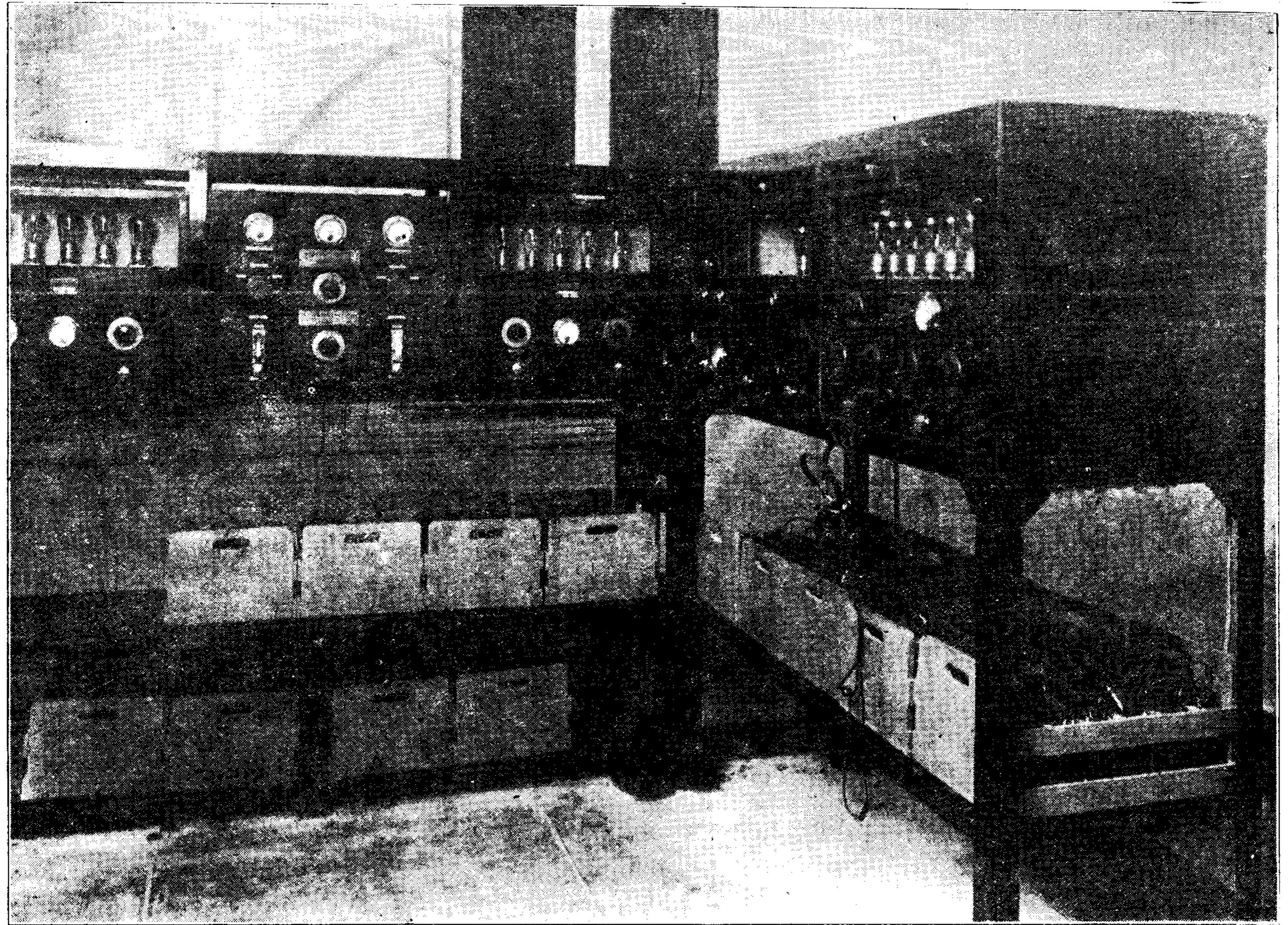
條件。此條件之如何實現，則由整波器主使之。

(β)整波器。——整波器為附屬於發報機之主要部份。其作用在維持波長之穩定，並控制信號之發出。其構造如第100圖。第一級(AU)。為一電力甚微，但可產生極穩定週率之自差器(Autodyne)。第二級(D)為檢波器(Detector)。此器既收到自差器之週率，復由一小天線(A)，收到發報機之週率。今若調準自差器之週率，略較發報機為高，如是則由週差(Beat)作用，經檢波後，變成一種低週率電流。此低週電流，復經第三級(AM)之低週擴大器，而擴大之。由此再經第四級(R)之整流器，變成波動直流電，而後通入第五級(AC)之直流擴大器。此末級擴大器有真空管五只，分成兩組。一組有並聯真空管三只，其屏極輸出電路，接入調幅器磁感線圈之初圈L。其他兩真空管，亦並聯而接于電磁電容器之線圈L¹(第101圖)。報鍵則設於兩直流擴大器之柵路。當其在停止點(Rest)時，因整流器(R)之輸出耗阻(Output Resistance) R_u 被短路，故與磁感線圈，不生關係。同時電磁電容器線圈之擴大真空管亦以柵路之截斷，不生變化。此時發報機發出一種週率，但非通信所需者，故與天線不配諧，而天線之放射電能，幾等於零。如將報鍵按下，則低週電流，經整流後通於鐵心磁感線圈之初圈。其次圈因連於振盪電路，由其

感應之變更，使發報機之週率，突有數千週之變化。此時發報之週率，恰巧與天線調準，故放射能力極大，信號即由此發出矣。再則發信號時，設振盪電路之本身週率有變化。例如因某種原因，其週率突然增高者，則整波器之週差減小。而低週電流，與週差成正比例，故亦隨之減小。於是通過調幅器鐵心磁感線圈之直流電流，亦因之降低，其次圈之感應遂加大，發報機之週率，即藉此而減低矣。此外供給電磁電容器線圈之直流擴大器，因其柵極之耗阻R12 及容量 C12，具有慢性作用，可以自働調準甚大與遲緩的週率之變遷。至磁感線圈之作用，則專為改正週率迅速之變化也。



第 101 圖 中法電台整波器之末級直流擴大器



中法電台之整波器

(5) 真茹中英電台——方在建設之中英電台，係馬可尼公司 (Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd) 之機件。天線輸出電能爲 18 KW，波長 15至60m。其構造大致如下：

(a) 發報機——每機包含勵振器 (Drive) 一級，中間擴大器 (Intermediate Magnifier) 三級，及最後主擴大器 (Main Magnifier) 一級。每座機有勵振器及中間擴大器兩副，可調成兩種波長應用。

勵振器爲保持週率不變之主要部份，與其他各部，完全隔離，使一切足以變動週率之外因，均得除去。其構造爲一小電能之主振盪式發報機。其輸出電路疏偶合於一倍週振盪電路，而以容量偶合方法，達于第二真空管。

接於勵振器之下者，稱爲第四擴大器，用馬可尼空氣冷真空管 (Type M.T.12) 一只。線路爲平衡式。設勵振器有妨礙不能用時，此級亦可調成主振盪器。

第四號擴大器，以倍週之振盪電路，偶合於第三擴大器。此器仍用空氣冷真空管一只 (M.T.9F)。線路爲平衡橋式，而有一平差電容器。

第三號擴大器，以振盪電路，偶合於第二號擴大器。此器用空氣冷真空管 (M.T.9F) 兩只。線路爲推挽平衡式，而有兩平差電容器。爲使平差得完全實現起見，每平差電容

器，更連有變量耗阻一節，用以平均橋式電路之耗阻。再第二，三，四，各擴大器，係合盛于一鐵箱內，作為發報機件之一部份。

第二擴大器，以偶合線圈，連於第一擴大器之柵極。此器用油冷真空管 (CAM.2) 兩只。線路仍為推挽平衡式。其平衡電容器內，亦有變量耗阻。

第一擴大器偶合于輸出線路。此線路有並聯偶合線圈兩個。其兩端復連一固定電容器及四圈之線圈一個。以偶合線圈及電容器，作調準之用。四圈之線圈，則接輸送線，而有自生變壓器 (Auto transformer) 之作用。

(6) 發報方法——此機之發報方法，稱為吸收發報式 (Absorber keying)。其原理以主要振盪器 (Main Oscillator) 高壓電之能力，于不發報時，為一連于吸收真空管 (Absorber Valve) 之耗阻，所消耗是也。

吸收器用兩只 CAM.2 之油冷真空管。其前更有一副吸收器 (Sub Absorber)。當報鍵未按下時，副器真空管之柵極，有一甚高負電壓，致無屏電流通過，而有甚高之屏電壓。此電壓復傳至吸收器之柵極，超過其由電池供給之柵負。結果使吸收器之柵電壓為正，故有甚大之屏電流，通過其間，而電能為耗阻所消耗矣。此時吸收器之屏電壓，因受耗阻之吸收故甚低，致與其相連之第二擴大器，

無電能之供給，不能產生振盪，因之第一擴大器，（即天線）亦無振盪發出矣。

反之，于報鍵按下時，副器之柵爲正，其屏電壓即降低。吸收器之柵極固定負電壓，將超過此電壓，而有一甚大之柵負。於是屏壓遂高，第二擴大器得產生振盪，而使第一擴大器工作矣。

用此方法發報，速率甚高。蓋荷載爲恆定，任何時間，皆可使發報機輸出最大之電能也。

(c) 電源之供給——各級真空管之絲極電壓，由兩具發電機所供給。每具可輸出 250 Amps 及 25 volts。至屏電壓，則由整流器供給之，其構造爲六相全波式。整流器用 M.R.TA 空氣冷真空管十二只。此外勵振器之屏電壓及擴大器之柵負，亦皆由整流器供給之。

(d) 散熱設備。——主擴大器及吸收器所用之真空管，皆爲油冷式，故有油唧筒以流動之。此外爲消除吸收耗阻之熱度，則以風扇吹之。油冷真空管較水冷真空管優點甚多，因油可減小損失至最低限度，且爲一優良之絕緣體也。所用者爲白臘油 (Paraffin) 而加以少許變壓器油 (Transformer oil) 以增加其絕緣性。白臘之性質易於散熱，價值既廉，絕緣又佳，着火點 (Flash point) 亦甚高，且於適當熱度下，不易炭化 (Carboused)，此均其特點而爲

該公司採用之原因也。

第四章 短波發報天線

第十六節 交流電在導線上之傳遞

天綫爲發報機重要部份，以高週波電能，藉此而送出也。故其有關傳遞之遠近，及訊號之優劣甚多。若計算不確，應用不宜，則竟可使最佳之發報機，全失效用。故本書特闢專章，以資討論者，此其一也。天綫之作用，與振盪電路相同。欲求其有最大之放射，必須使天綫本身週率，與發報機振盪週率，互相配合。惟振盪電路，各點電流均同。而天綫則沿其長度，各點有其不同數值。且天綫本身波長，與其長度有直接關係，不若振盪電路之由感應及容量而規定也。是天綫振盪情形，須另加研究者，此其二也。吾人知無綫電波，與光波性質相同。凡光學上各種傳光方法，如反射鏡波簾之類，亦可用於傳遞無綫電波之用。但此種器械之體積，必須與波之長度相當，或較其所大甚多。昔者長波無綫電，因電波太長，往往不能施諸實用。今日所用之短波，則波長既短，實行較易。故短波發報天綫之種類，較長波爲多。其中最著者，爲定向天綫。至定向天綫之利益，在使電能集中於一極小角度內射出，故效率奇高。例如昔日長波電台1000KW之放射電能，今日可於20KW短波定向電台得之。利益之大，無可諱言。

故吾人對於短波天綫，必須有更深切之認識者，此其三也。天綫之位置，不可與房屋，樹木，電綫及其他一切障礙物相接近。蓋此種障礙物，均能吸收天綫電能而減小其放射功效。故天綫常與發報機相距甚遠，而另以傳遞綫或輸送綫 (Transmission line or feeders)，輸送發報機之電能于天綫。輸送綫之性質：第一宜傳送發報機之最大電能于天綫，第二其本身不可放射電能，否則將與避讓障礙物之目的相反。但應如何使其適合此兩條件，則必須詳加研究者，此其四也。

綜上而觀，可知吾人于天綫，應加研究之問題甚多。惟欲知其詳，非借重於高深數學不可。故普通無綫電書籍，多從略不述。然著者以爲天綫及輸送綫之重要，不下於振盪電路，而爲研究短波發報機，所不可不知者，故對其原理，特加闡明。原理爲何，即交流電在導綫上之傳遞是也。明乎此，則一切天綫及輸送綫之作用，均可了解無遺，蓋此爲因而彼爲果也。

(1) 機械振動在繩上之傳遞情形。——電流在導綫上之傳遞，與機械振動，在繩上傳遞之情形相同。故先行討論機械振動之傳遞，使易於明瞭。

(a) 無限長繩。今設有一無限長繩 AB (如第102圖)。以尺猛擊A點。則此點之振動，將依一定之速率 u ，沿

繩推進。離 A 距離 X 之 M 點，須經 θ 時間之後，振動始可到達。故 $X = u\theta$ 。

今於 A 點，在垂直 AB 方向，加一單弦振動。

$$Y_A = a \sin \frac{2\pi t}{T}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T \text{ 爲振動週期}$$

在 t 時， M 點之振動，必與 A 在 $t - \theta$ 時之振動相同。蓋 A 點之振動，須經 θ 時後，方可達到 M 點也。故

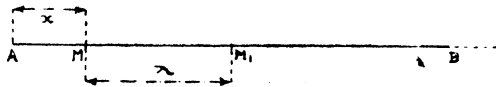
$$Y_M = a \sin 2\pi \left(\frac{t - \theta}{T} \right)$$

若以 $\theta = \frac{X}{u}$ 代入，則

$$Y_M = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X}{uT} \right)$$

但 u 及 T ，均屬恆數。設以 λ 代 uT ($\lambda = uT$)， λ 亦必爲一恆數，即所謂波長是也。最後結果，繩上任何點 M ，在 t 時並離起源點 X 遠之振距爲：

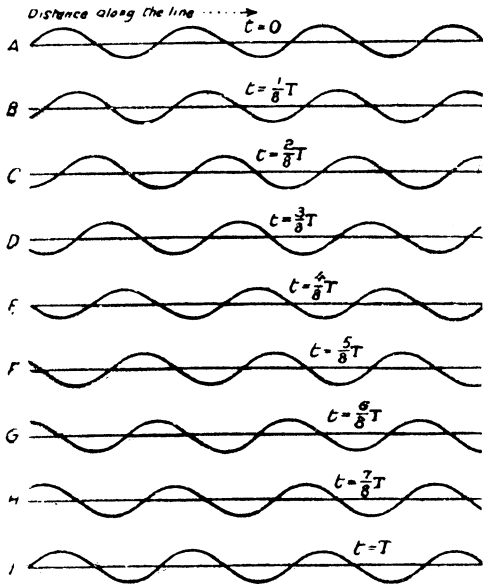
$$\boxed{Y_M = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)} \quad (1)$$



第 102 圖 無限長繩

設另有一點 M_1 ，(第 102 圖) 離 M 之距離爲 λ ，則 M_1 點之振動，可由 $X + \lambda$ 代 X 于公式 (1)，求得之：

$$Y_{M1} = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X + \lambda}{\lambda} \right) = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X}{\lambda} \right) = Y_M$$

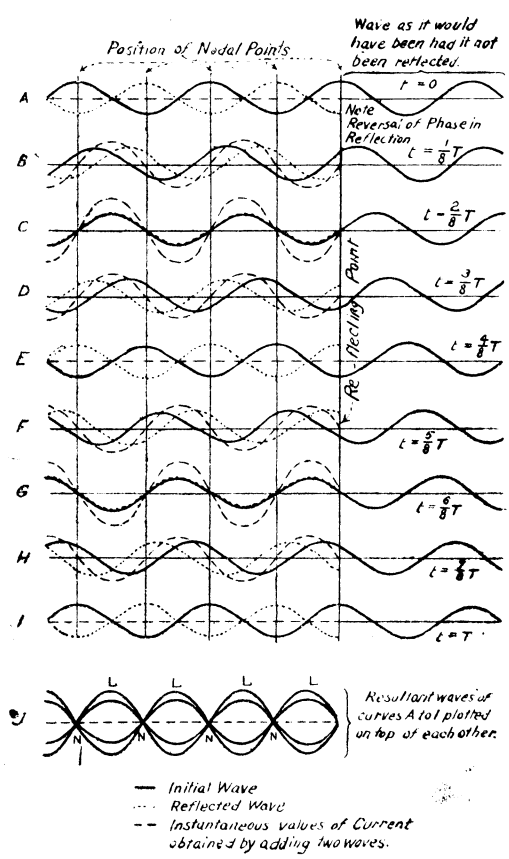


是故繩上任何兩點，若彼此相距一波長，其振動情形必相同也。第 103 圖，表示振動依時沿繩推進之情形。設 $t=0$ 時，其振動狀態如 A。稍過即至 B，既而及 C 及 D..... 以至 I 等。

第 103 圖 機械振動在無限長繩上之傳遞情形。

(b) 遇障礙而反折之振動，或稱變符號之反折振動 (1)。今若以 B 點，縛于障礙物，則此點既固定不動，其振距于任何時，必等於零。其他各點，以振動到達 B 點之後，遇障礙而反折。故繩上有兩種振動之傳遞，一為原波 (Initial Wave)，一為反波 (Reflected Wave)。原波之傳遞方向，由 A 至 B。反波則由 B 至 A。兩種振動相加之結果，在繩上有如次之現象 (第 104 圖 J)。

(1) 即原波與反波在 B 點之振距互為反向者



第 104 圖

機械振動由變符號之反折所發生之現象

有點如N者，其振幅在無論何時，常等於零，稱曰振動之谷 (Node)。有點如L者，其振幅在無論何時常最大，稱曰振動之峯 (Loop或Anti-node)。此種現象，稱曰定波 (Standing Wave)。今以數學方法，求谷與峯之所在點如次：

依經驗所得，反波之振動，與來自 A點對面之 A₁ 點

($AB=A_1$ $B=l$) 而與A點振動反向者相同(第 105 圖)。設A點之振距爲：



第 105 圖

有限長繩遇障礙而反拆之情形

$$Y_A = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

A_1 點之振距爲：

$$Y_{A_1} = -a \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

則繩上任何點M。有兩種振動：

$$Y_1 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l-z}{\lambda} \right)$$

$$Y_2 = -a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l+z}{\lambda} \right)$$

Y_1 來自A點者， Y_2 來自 A_1 (即B) 點者。故M點之振距爲此兩振距之和：

$$Y_M = Y_1 + Y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l-z}{\lambda} \right) - a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l+z}{\lambda} \right)$$

若以

$$\varphi_1 = \frac{2\pi(l-z)}{\lambda}, \quad \varphi_2 = \frac{2\pi(l+z)}{\lambda}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\begin{aligned} \text{代入，則有：} \quad Y_M &= a \sin(\omega t - \varphi_1) + a \sin[\omega t - (\varphi_2 - \pi)] \\ &= A \sin(\omega t - \Phi) \end{aligned}$$

Y_1 及 Y_2 爲不同相 (Phase) 之單弦振動，欲求其和，必用矢量。如第106圖所示，若以OM代表 Y_1 ，MN

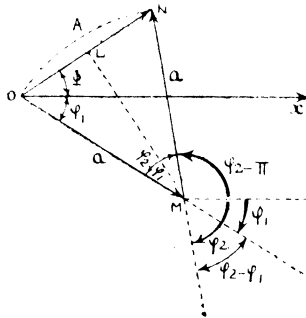
代表則ON可代表 Y_M 。在等邊三角OMN內，可求得 Y_M 之最大振幅：

$$A = ON = 2OL = 2a \sin\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) = 2a \sin \frac{2\pi Z}{\lambda}$$

故繩上任何點M之振距為：

$$Y_M = 2a \sin \frac{2\pi Z}{\lambda} \sin(\omega t - \Phi) \quad (2)$$

至相角 (Phase Angle) Φ ，亦可由矢量求得，但不甚重要，茲姑從略。



第 106 圖

單弦運動之矢量和

由公式(2)，吾人可推知，若 $\sin \frac{2\pi Z}{\lambda} = 0$ ，即 $\frac{2\pi Z}{\lambda} = k\pi$ ，

$$\text{或 } Z = k \frac{\lambda}{2} \text{ 時，}$$

(k 為整數0,1,2,3 ……………等)。

則 Y_M 之值常等於零，故為谷之所在點。反之，振幅最

大，即峯之所在點，為 $\sin \frac{2\pi Z}{\lambda} = 1$ ，即 $\frac{2\pi Z}{\lambda} = (2k+1) \frac{\pi}{2}$ ，

$$\text{或 } Z = (2k+1) \frac{\lambda}{4}$$

至峯谷之如何產生，參觀第104圖，甚易明瞭。

(c) 不變符號之反折振動。設繩之點終B，不繫於障礙物而能自由振動者，則由經驗而知，繩上仍有來回兩種振動，而產生定波。但反波與原波在B點之振距為同向，故稱其為不變符號。在繩上任何點M，吾人可設想原波所經之路程為AM=l-z，反波所走者則為AB+BM=l+z。故在M點所產生之振距為：

$$Y_1 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right)$$

$$Y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l+z}{\lambda} \right)$$

再由矢量和方法可求得：

$$\boxed{Y_M = 2a \cos \frac{2\pi Z}{\lambda} \sin(\omega t - \phi)} \quad (3)$$

谷之所在點，為 $\cos \frac{2\pi Z}{\lambda} = 0$ ；即 $\frac{2\pi Z}{\lambda} = (2k+1) \frac{\pi}{2}$ ，或

$$Z = (2k+1) \frac{\lambda}{4}$$

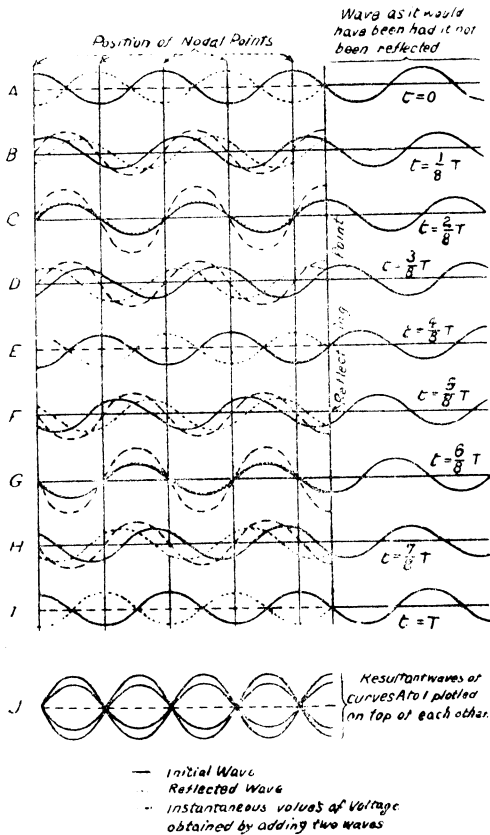
峯之所在點，為 $\frac{2\pi Z}{\lambda} = k\pi$ 或

$$Z = \frac{k\lambda}{2}$$

k 為整數0,1,2,3……等。

此結果與上述之變符號者適反。即(b)之谷點，為(c)之峯

點。(c)之谷點，爲(b)之峯點。若以第104圖與下示之107圖，並列參觀，即可明瞭其實在情形。再此兩種現象，亦即電流與電壓，在天線上之分配情形。電流之反折爲變符號的，電壓之反折，爲不變符號的，此層將于述天線時證明之。

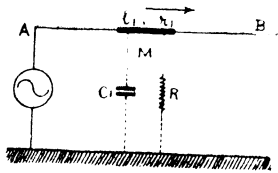


第 107 圖
機械振動由不變符號之反折所發生之現象

就物理性質而言，峯谷之所以產生，頗易解釋。谷點，即來回兩振幅，在此點常相等，但方向則相反，故彼此

互相抵消，而等於零。峯點則由來回兩振動，既相等而又同向，故相加而得最大之振幅。

(2) 交流電在導線上之傳遞情形。——今設有一無限長導線，如第 108 圖。若此線性質，各點均同。則每尺長線，必有分佈感應 (Distributed Inductance) l_1 ，分佈容量



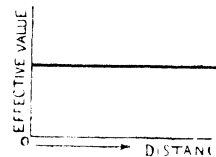
第 108 圖

無限長導線之性質

(Distributed Capacity) c_1 ，耗阻 r_1 ，等。設線之絕緣不甚良，則沿每尺長線，復有損漏 (Leakance) G_0 (所謂損漏者，導線絕緣耗阻之倒數也，

$$G = \frac{1}{R}$$

(a) 導線為無限長今于導線之一端 A，加以交流電壓 $v = V_0 \cos(\lambda t)$ ，則其電流，將依一定之速率 u ，沿導線漸次推進。其情形與機械振動，在無限長繩上之傳遞相同。即第一在某一瞬間線上各點之電壓與電流均不同。第二導線上無定波，設以交流電表，測量沿線各點之電流或電壓，則恆定不變，如第 109 圖所示。



第 109 圖

無限長導線上電流或電壓之有效值

設導線之絕緣甚佳，並無損漏 (即 $G=0$)。同時耗阻 r_1 又甚小於感應迴阻 $l_1 \omega$ (此種情形，在無綫電，因

(1) 指有效值 (Effective value) 言

ω 甚大，常得實現），則線上各點電壓或電流之值，不難計算。(1) 今列其結果如次：

$$\begin{cases} v = V_0 \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \\ i = V_0 \sqrt{\frac{c_1}{l_1}} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \end{cases}$$

其中 x 為 M 點離 A 之距離， λ 為波長，($\lambda = vT$)。

由此兩公式，吾人可推知線上任何點在某一瞬間之電壓與電流，常屬同相。再若以電壓與電流相除，則有：

$$\boxed{\frac{v}{i} = Z_0 = \sqrt{\frac{l_1}{c_1}}} \quad (4)$$

Z_0 稱為導線之特性總阻 (Characteristic or Surge impedance)，因 $\frac{v}{i}$ 係表示總阻之意義也。然一則 l_1 及 c_1 ，均為恆數，故特性總阻亦為恆數。一則電壓與電流為同相，故特性總阻之性質為耗阻 (Resistance) 式。(2)

要之交流電在無限長線上之傳遞，有如下之結果：

(α) 電波沿線依次推進，而無定波。

(β) 線上各點電壓或電流之有效值均等。

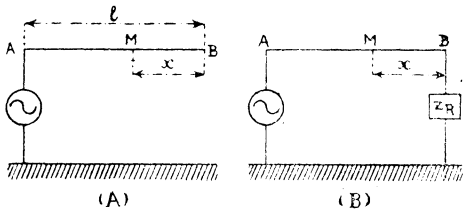
(γ) 電壓與電流為同相。

(δ) 導線有一耗阻式之特性總阻， $Z_0 = \sqrt{\frac{l_1}{c_1}}$ 。

(1) 此計算雖非甚難然以其涉及二次微分方程式故從略

(2) 因在任何交流電路內，祇有耗阻而無迴阻者，電壓與電流方為同相。

(b) 導線為有限長。在實用上，線之長度，必定有限。或如第110圖(A)，以B為止端，則為天線之狀態。或如(B)圖，其盡端連一荷載總阻(Load Impedance) Z_R ，則為輸送線 (Transmission Line 或 Feeder) 之狀態。要之無論



第 110 圖 有限長之導線

若何情形，設線之長度為有限，其傳遞情形，與有限長繩之振動相同，即線上有來回兩電波，而產生一種定波。換言之，即線

上之電壓或電流，有谷或峯之產生也。

來回兩波之值，可由數學求得。以其涉及二次微分方程式，茲姑從略。至其結果，則甚明顯，有如下述者：

設 I_1 為原波由A達B之B點電流， I_2 為反波在B點之電流。則離B有x遠某點之電流與電壓為：

$$\left\{ \begin{aligned} I_x &= I_1 e^{+Px} + I_2 e^{-Px} & (5) \\ &\begin{array}{cc} \xrightarrow{\text{原波}} & \xleftarrow{\text{反波}} \end{array} \\ V_x &= Z_0 I_1 e^{+Px} - Z_0 I_2 e^{-Px} \\ &\begin{array}{cc} \xrightarrow{\text{原波}} & \xleftarrow{\text{反波}} \end{array} \\ &= Z_0 [I_1 e^{+Px} - I_2 e^{-Px}] & (6) \end{aligned} \right.$$

其中 Z_0 為導線之特性總阻， e 為一恆數 ($e=2.718\dots$)。P 稱為傳遞恆數 (Propagation Constant)，設 $r_1 < l_1 \omega$ 及

$G=0$ ，則 $P = \frac{j2\pi}{\lambda}$ ，因 $j = \sqrt{-1}$ ，故 P 爲虛數 (Imaginary)；因此 I_x ， V_x 等，均爲虛數。凡于數學稍有根底者，皆可知(5) (6) 兩公式之解釋。如讀者不甚明瞭，不妨暫時視爲普通實數可也。(1)

若以(5)除(6)

$$Z_{x//} = \frac{V_x}{I_x} = Z_0 \frac{I_1 e^{+PZ} - I_2 e^{-PZ}}{I_1 e^{+PZ} + I_2 e^{-PZ}} \quad (7)$$

Z_x 爲導線每點之總阻。例如欲求A點之總阻，則可以 $x = \lambda/2$ 代入公式(7)。

$$Z_A = Z_0 \frac{I_1 e^{+P\lambda/2} - I_2 e^{-P\lambda/2}}{I_1 e^{+P\lambda/2} + I_2 e^{-P\lambda/2}} \quad (8)$$

至於B點， $x=0$ ， $e^0 = 1$ ，故 B點之總阻爲：

$$Z_B = Z_0 \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \quad (9)$$

公式(9)更可縮寫如次：

$$\frac{Z_B}{Z_0} = \frac{1 - \frac{I_2}{I_1}}{1 + \frac{I_2}{I_1}} = \frac{1 - m}{1 + m} \quad , \text{其中以 } m \text{ 代 } \frac{I_2}{I_1} \quad ,$$

$$\text{由此可求得 } m = \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_0 - Z_B}{Z_0 + Z_B} \quad (10)$$

(1) 按虛數爲計算交流電，不用矢量而用數算之一種便捷方法。計算之時，可以視爲實數。惟所得之結果，仍需用矢量表出，而求其實數是也。

m 稱爲反折係數 (Reflection Coefficient)

設以 m 代入公式(8)：

$$\begin{aligned}
 Z_A &= Z_0 \frac{e^{+Pl} - me^{-Pl}}{e^{+Pl} + me^{-Pl}} = Z_0 \frac{e^{+Pl} - \frac{Z_0 - Z_B}{Z_0 + Z_B} e^{+Pl}}{e^{+Pl} + \frac{Z_0 - Z_B}{Z_0 + Z_B} e^{-Pl}} \\
 &= Z_0 \frac{(Z_0 + Z_B)e^{+Pl} - (Z_0 - Z_B)e^{-Pl}}{(Z_0 + Z_B)e^{+Pl} + (Z_0 - Z_B)e^{-Pl}} \\
 &= \frac{Z_0(e^{+Pl} - e^{-Pl}) + Z_B(e^{+Pl} + e^{-Pl})}{Z_0(e^{+Pl} + e^{-Pl}) + Z_B(e^{+Pl} - e^{-Pl})} \\
 &= \boxed{Z_A = Z_0 \frac{Z_0 + Z_B \coth Pl}{Z_B + Z_0 \coth Pl}} \quad (1) \quad (11)
 \end{aligned}$$

公式(11)，在實驗上應用頗廣，讀者宜記憶之。

(c) 電流在天線上之傳遞情形。設 B 端爲絕緣，(如第110圖A)，則導線成爲天線之狀態。B 點既絕緣，其電流常等於零。

$$I_B = I_1 + I_2 = 0, \quad \text{即 } I_2 = -I_1。$$

若以 I_2 之值，代入公式(5)及(6)：

$$I_x = I_1 (e^{+Px} - e^{-Px}) = 2I_1 \operatorname{sh} Px$$

$$V_x = Z_0 I_1 (e^{+Px} + e^{-Px}) = 2Z_0 I_1 \operatorname{ch} Px$$

(1) 依定義 $\operatorname{sh} x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$, $\operatorname{ch} x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$, 故 $\operatorname{coth} x = \frac{\operatorname{ch} x}{\operatorname{sh} x} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$

而 $P = j \frac{2\pi}{\lambda}$ ，其中 $j = \sqrt{-1}$ ，因此 ⁽¹⁾

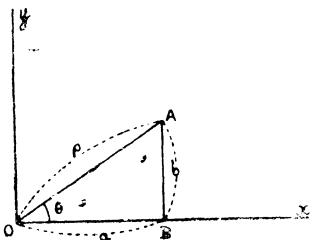
$$I_x = 2I_1 \operatorname{sh} \left(j \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = j2I_1 \sin \frac{2\pi x}{\lambda}$$

$$V_x = 2Z_0 I_1 \operatorname{ch} \left(j \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = 2Z_0 I_1 \cos \frac{2\pi x}{\lambda}$$

若欲將虛數，回至實數，須將虛數之定義，加以解釋。凡數之如：

$$A = a + jb$$

稱曰虛數 (Complex Quantity)。設於第111圖，取 $OB = a$ ，



第 111 圖

$$AB = b,$$

則 OA 將代表此虛數。

$$a = \rho \cos \theta \quad b = \rho \sin \theta$$

$$\text{故： } A = \rho (\cos \theta + j \sin \theta)$$

若 $\theta = 0$ ，則 $A = \rho$ 。

若 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 則 $A = j\rho$ 。

換言之，凡數之如 $j\rho$ 者，其代表矢量，在實數 ρ 之前 90° 。若以此結果，用於上述公式，即可求得 V_x 及 I_x 之實數。

(1) 依數學定義 $\cos \theta + j \sin \theta = e^{j\theta}$ 故有：

$$\operatorname{ch} \theta = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2} = \frac{\cos \theta + j \sin \theta + (\cos \theta - j \sin \theta)}{2} = \cos \theta$$

$$\operatorname{sh} \theta = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2} = \frac{\cos \theta + j \sin \theta - (\cos \theta - j \sin \theta)}{2} = j \sin \theta$$

$$v_x = 2Z_0 I_1 \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin(\omega t) = V_m \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin(\omega t) \quad (12)$$

$$i_x = 2I_1 \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = I_m \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \cos(\omega t) \quad (13)$$

式中 $V_m = 2 Z_0 I_1$, $I_m = 2I_1$ 。由此兩公式，可以推知：

(1) 天線上必有定波，參看公式(2)及(3)。惟電壓之峯或谷所在點，與電流適反。(因 $\cos \frac{2\pi x}{\lambda}$ 最大時， $\sin \frac{2\pi x}{\lambda}$ 為最小)。

(2) 就時間而言，電壓與電流相差 90° 。即其電路性質，為迴阻的 (Reactive)。

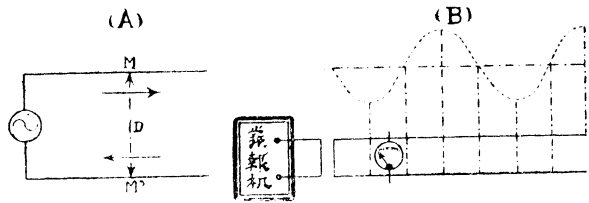
(3) 天線有一特性總阻 $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 。

(d) 電流在輸送線上之傳遞情形。設 B 端連一特性總阻 Z_R ，則導線變成輸送線，(如第112圖 B)。其 A 端連發報機，有一總阻 $Z_A = Z_S$ 。B 端之總阻為 $Z_B = Z_R$ 。此外導線有一特性總阻 Z_0 。設：

(a) $Z_R \neq Z_0$ 或 $Z_R = 0$ (短路)。在此種情形，導線上常有來回兩波，故產生定波。而導線上有電壓或電流峯谷之存在。

在實用上，輸送線皆為來回兩線，如第112圖 A。其結果與單線式相同。蓋于單線式，地面即作為回綫之用也。所不同者，雙綫式若兩線彼此相距不甚大，則任何兩相

對點之電流方向常反，故即使有定波，兩線外部任何點之電磁場，可互相抵消。換言之，即此種輸送線，不能放射電能。至兩點中部，則電流與電壓，均有峯谷。測驗方法，可以一電壓表或氖氣管，沿兩線移動。電表之指數，或氖氣管之光亮，各點不同。第112圖B，係表示線上電壓之狀態。



第 112 圖 雙線式輸送線

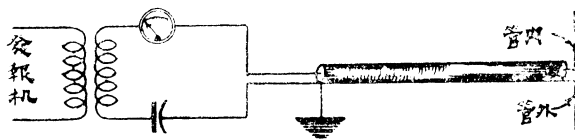
在雙線式輸送

線，其 L_1 及 C_1 之值，頗易計算，故特性總阻，亦可求得，其公式為：

$$Z_0 = 276 \log_{10} \frac{D}{d}$$

D 為兩線之距離（以線徑之中線，為起算點）。 d 為線之直徑。至 $d \cdot D$ 兩數之單位不計，但需相同而已。

另有一種輸送線，稱為雙層地纜式 (Concentric Cable)，在定向天線應用甚廣。其構造如第113圖。外層為一連地



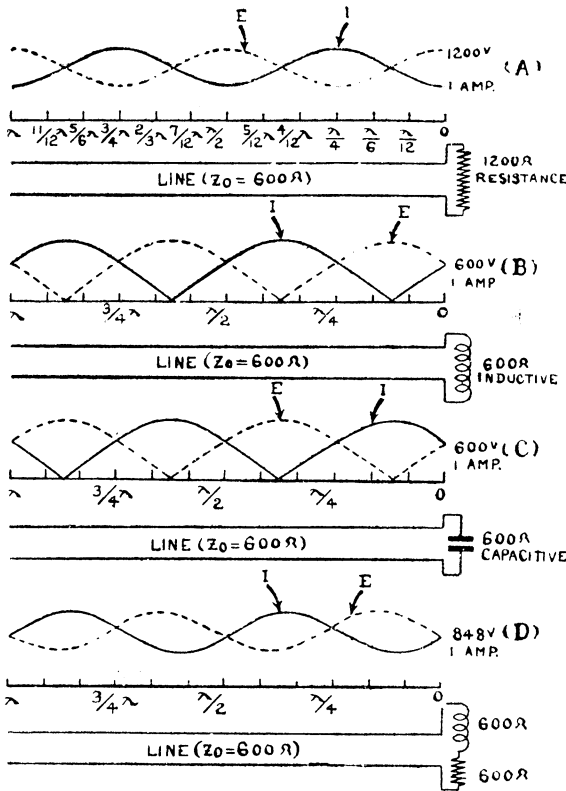
第 113 圖 雙層地纜式輸送線

之鐵管，中間則為一絕緣甚佳之導線。其特性總阻之公式為：

$$Z_0 = 138 \log_{10} \frac{b}{a}$$

b 為外層鐵管之內徑 (Inside diameter)， a 為內層導線或銅管之外徑 (Outside diameter)。

第 114 圖所示，為輸送線上電壓或電流峯谷之地位，



第 114 圖 輸送線上電流及電壓隨荷
載性質變遷之情形

流相反耳。此種曲線，對於調準定向天線，頗為有用，讀者宜注意之。

(B) $Z_R = Z_0$ ，即荷載總阻適等於特性總阻，則依公式(10)：(1)

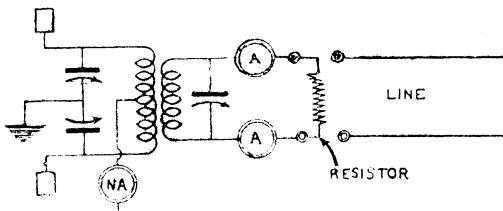
(1) Z_B 應為耗阻式，若非耗阻式，公(10)式仍不能等於零。蓋其為虛數，與矢量之性質相同也。

隨荷載總阻性質而變遷之情形。設荷載為耗阻（如 A）而不等於特性總阻者，則電流 I 各峯點，適為 $\frac{\lambda}{4}$ ， $\frac{3}{4}\lambda$ 入 … 等。谷點為 0， $\frac{\lambda}{2}$ ， λ … 等。設荷載為感應（如 B），則電流之峯點向後退。在 $\frac{\lambda}{4}$ 及 $\frac{\lambda}{2}$ 之間，或 $\frac{3}{4}\lambda$ 入 及 λ 之間等。設荷載為容量（如 C），則電流峯點向前移。至於電壓亦有同樣之現象，惟情形與電

$$m = \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_0 - Z_B}{Z_0 + Z_B} = 0$$

故 $I_2 = 0$

輸送線上無反折電流，即無定波產生。再依放射原理言，既無定波亦無放射，故輸送線得盡其輸送之責。就物理方面觀察，此種結果，頗屬明顯。蓋我人知無限長導線有一



第 115 圖 荷載總阻與特性總阻相等之解釋

耗阻式特性總阻。今若將導線截斷(第 115 圖)，其右端仍為無限長，故特性總阻之值不變。若于發報機之一端，連一等於此特性總阻之耗

阻，則所得結果，與無限長線必同。換言之，線上無定波發生也。再(5)，(6)兩公式，在此情形，成爲

$$V_x = Z_0 I_x$$

故電壓與電流爲同相。更依公式(11)，在此情形， $Z_A = Z_0 = Z_B$ 。即輸送端之總阻，與收受端之總阻適等，故收受端有最大之電能。

綜上而觀，可知若荷載總阻爲耗阻式，而適等於導線之特性總阻者，則有如下之各種結果：

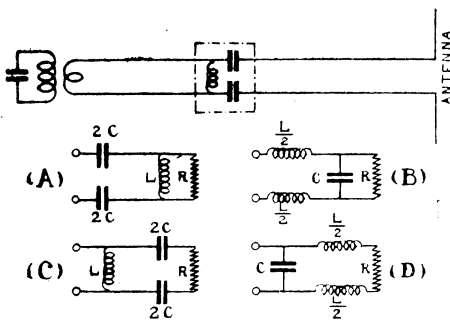
(甲)線上無定波，故無電能放射，且與線之長度，不

生關係。

(乙)線上任何點之電壓與電流，常為同相。

(丙)有最大電能，達於收受端。

上述者，為輸送線必需具有之條件。在實際上輸送線之特性總阻 Z_0 。往往不能等於天線之荷載總阻 R ，是以在定向天線，普通有一種配合總阻 (Impedance Matching) 之設備，如第116圖。其作用猶如一變壓器。設 $Z_0 > R$ ，宜



用降壓變壓器 (Step down transformer)。設 $Z_0 < R$ ，則用增壓變壓器 (Step up transformer)。左端第116圖各圖，為四種習用之變壓器。A,B 屬增壓式，C,D 屬降壓式。其中L及C之數值，

第 116 圖 幾種用以配合總阻之變壓器

可由下列各公式求得之：

$$(A) \quad L\omega = \frac{R}{m-1}, \quad \frac{1}{C\omega} = R \sqrt{\frac{m-1}{m}}$$

$$(B) \quad L\omega = \frac{R \sqrt{m-1}}{m}, \quad \frac{1}{C\omega} = \frac{R}{\sqrt{m-1}}$$

$$(C) \quad L\omega = \frac{R}{m(1-m)}, \quad \frac{1}{C\omega} = R \sqrt{\frac{1-m}{m}}$$

$$(D) \quad I(\omega) = R \frac{1-m}{m}, \quad \frac{I}{C\omega} = \frac{R}{\sqrt{m(1-m)}}$$

其中， $m = \frac{R}{Z_0}$ ， Z_0 為輸送線之特性總阻， R 為收受端之荷載總阻。

附註：(B) 為 R.C.A. 定向天線所用之配合總阻方法。其中 $Z_0 = 500 \text{ohms}$ $R = 1200 \text{ohms}$ 。

第十七節 普通天線

短波發報天線，有下列之四種：

- (1) 馬可尼天線 (Marconi Antenna)
- (2) 赫志天線 (Hertz Antenna)
- (3) 電波鏡 (Wave Mirror)
- (4) 電波簾 (Wave Curtain) 或稱定向天線

馬可尼天線，即長波所用之各種天線，有時亦稱直立天線 (Vertical Antenna)。于短波初發明時，用之者頗多。此種天線，在短波之應用方法有二，或為配諧或為不配諧。普通以不配諧之成績為佳。

赫志天線，或稱雙線式 (Doublet) 者，其狀態與 Hertz 氏，初次發明無綫電時所用者相似，故取其名。歐美業餘家，大抵用此天線。我國內電台，亦一致採用焉。

電波鏡之原理，與光學上之反射鏡相同。其狀態以拋

物線爲最多。此種天線，在初試定向天線時嘗用之。現已廢棄。但于超短波(Ultra Short Wave)，亦有用之者。

電波簾，爲現時各國一致採用之定向天線。其原理爲利用光學上之干涉(Interference)作用。此種天線之定向性甚強，能集中電能于極小角度內。

本書對上述各種天線，分爲兩部份討論之。以一二兩類，稱爲普通天線。三四兩類，稱爲定向天線。本節所述者，爲普通天線。

(1) 天綫本身波長之計算——各種天綫，皆有一本身波長(Natural Wavelength)，與其長度有極簡單之關係。計算方法，則隨其狀態而變遷。

(a) Hertz 天綫之本身波長。第 117 圖 A，爲 Hertz 天綫。設綫長爲 l ，由公式 (12)，電壓峯之所在點，爲

$$\cos \frac{2\pi x}{\lambda} = 1$$

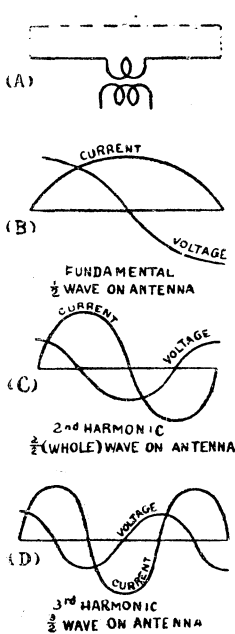
或
$$\frac{2\pi Z}{\lambda} = k\pi$$

即
$$\boxed{Z = k \frac{\lambda}{2}} \quad (14)$$

k 爲整數(Integer) 1.2.3.4. 等。設 $k=1$ ，

$$\lambda = 2l$$

此爲天綫之本身波長。故 Hertz 天綫，亦稱爲半波天綫(Half wave Antenna)。至電壓與電流之分配狀態，如



第 117 圖

Hertz天線上電流及
電壓之分配情形。

第117圖B所示。依公式(14)，天綫除本身波長之外，尙有其他波長，可以應用。設 $k=2, l=2\frac{\lambda}{2}=\lambda$ ，於是稱天綫之振盪，爲第二副波，如圖C。如 $k=3, l=3\frac{\lambda}{2}$ ，則稱天綫之振盪，爲第三副波，如圖d。其他均可類推，在實用上，(Hertz)天綫本身波長，並非完全等於長度之一倍，而爲長度乘 2.1或2.07。因于上述計算中，係根據導綫完全無耗阻及損漏(Leakance)者。實則導線必有耗阻與損漏，使傳遞速率減弱。而波長與速率，有密切之關係， $\lambda = VT$ 。速率既減，波長遂短。故綫之長度，宜配較長之波長也。再天綫之分佈容量，及分佈感應，亦隨天綫附近之導體，及天綫之粗細而變。週率愈高，則此種影響亦愈大。週率在28mc以上，或波長在10m以下，天綫本身波長與其長度之比，有時且或超出 2.1。惟天綫長度，無需十分準確，因天綫之諧振，並非極度尖銳也〔其直流耗阻 (Ohmic Resistance) 及放射耗阻 (Radiation resistance) 之總值，約爲 70 Ohms〕。即使其長度有 2% 之錯誤，對於放射，並無甚大之關係。下列各公式，爲通常用以計算 Hertz 天綫長

度之用。

天綫長度(公尺) $=0.475 \times$ 本身波長(公尺)

或 天綫長度(英尺) $=1.56 \times$ 本身波長(公尺)

若用週率計算，則有：

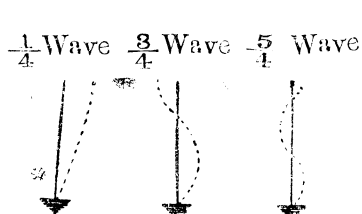
天綫長度(公尺) $=\frac{142,500}{\text{週率(K.C.)}}$

天綫長度(英尺) $=\frac{468,000}{\text{週率(K.C.)}}$

在上述各公式中，係取天綫本身波長與其長度，為2.1與1之比。換言之，天綫實用長度，等於本身波長半數之95%是也。

(b) 馬可尼天綫之本身波長。馬可尼天綫者，一端連地之天綫也。其振盪情形，與機械振動遇障礙而反折者相同。即電流達地時，有變符號之反折。故計算波長，宜用下列之公式。

$$L = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$$



第118圖 直立天綫上電流及電壓之分配情形

若 $k=0$ ， $L=\frac{\lambda}{4}$ ，此為馬可尼天綫之本身波長，故稱其振盪為四分之一波長(Quarter wave)。至其他副波，為(第118圖)

$$k=1, l=3\frac{\lambda}{4}$$

$$k=2, l=5\frac{\lambda}{4}$$

$$k=3, l=7\frac{\lambda}{4}$$

由此可知馬可尼天綫，但能適用於四分之一波長之單數 (odd number)。

至上述 Hertz天綫，能適用之波長為：

$$l=\frac{\lambda}{2}, l=2\frac{\lambda}{2}, l=3\frac{\lambda}{2},$$

$$\text{即是：} l=2\frac{\lambda}{4}, l=4\frac{\lambda}{4}, l=6\frac{\lambda}{4},$$

故 Hertz天綫之振盪，稱為四分之一波長之雙數 (Even number)。此即赫志天綫與馬可尼天綫不同之點也。

(2) 輸送方法 (Feed system)——天綫電能，係由發報機所供給。而欲天綫之得自由放射，必須設於空曠場地，不可與房屋，樹木，水漏，電綫等障礙物相接近，致電能受無謂之損失。故必須以他種導綫，輸送高週率電能於天綫，因而有各種輸送方法。

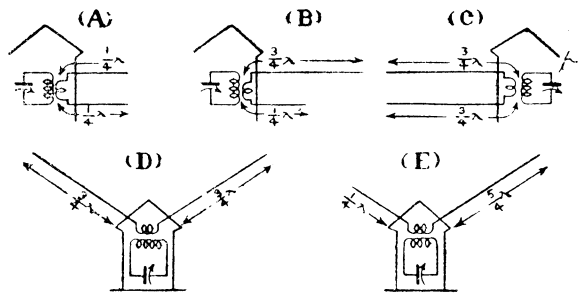
依理，輸送綫不可自行放射電能。蓋第一若輸送綫有甚強之放射，則其電磁場常能影響於天綫，而減小其放射能力。第二即使輸送綫之放射為有用者，亦非吾人所欲。以其與吾人迴避障礙物之目的相反也。

在 Hertz 天綫，有兩種輸送方法：一爲配諧輸送法 (Tuned feeder system)，一爲不配諧輸送法 (Untuned feeder system)。配諧輸送法，由兩條不能放射電能之綫構成，如第 112 圖所示者。綫上有定波發生，但以兩綫相距甚近，對外幾無放射。其長度有定數。到達天綫之一端，或與天綫之電流峯相配合，或與天綫之電壓峯相合。前者稱爲流給方法 (Current feed)，後者稱爲壓給方法 (Voltage feed)，此種輸送綫之構造甚簡單，故用者頗多。惟長度常不能與所處地位適合，此爲其最大之缺點也。不配諧輸送綫，亦有兩種。一爲雙綫式 (Two wire)，一爲單綫式 (single wire)。以其特性總阻與天綫之荷載總阻相配合，故綫上無定波發生(即無放射)，其長度可不計(任何長度，均得適用)。同時又得傳導發報機最大電能于天綫，是以有甚佳之效率。惟此類輸送綫，與其天綫之各特性，必須有極準確之計算，故用者頗少。其于大電能之發報機，則有顯著之功效。

(a) 流給方法 (Current feed system)。係將輸送綫，接于天綫電流峯之一是也。設天綫在其本身波長而工作，則吾人知天綫之中心點，爲一電流峯。故若以天綫折成如第 119 圖(A)，即成一最簡單之流給方法。若天綫在副波工作，則尚有甚多電流峯，可以連接輸送綫，如第 119 圖之

各圖所表示者。

吾人知(A)(C)
) 各天綫之放射功
 效必甚微，以天綫
 每半部放射電能，
 可爲他半部抵銷也



第 119 圖 幾種最簡單之流給方法

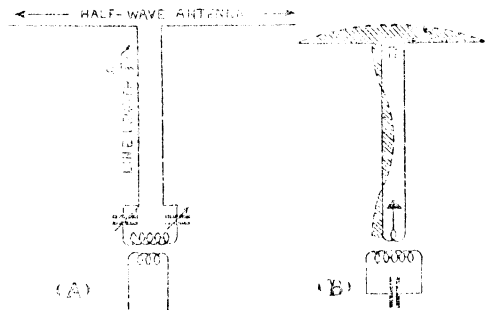
。若以天綫折成V字形，如圖D或E，則可改善其放射效能。然一則或不能適用於所處地位，一則天綫必有一部分，經過房屋，妨碍放射。固非上策也。其正眞之流給方法，則以下述者爲最佳：

吾人知有定波之任何導綫上，兩電流峯之距離，必等於四分之一波長之雙數， $l = 2k \frac{\lambda}{4} = \frac{k}{2} \lambda$ ，其中k爲整數1, 2, 3, 4 一等。設吾人取輸送綫之長 $l = \frac{k}{2} \lambda$ ，則R點常爲一電流峯，(如第120圖B

)。故吾人于此點，可連天綫電流峯之一點，而使天綫全部份在空曠之處。若此則放射不受阻碍，所得結果，必更佳也。

依公式(11)，設 $l = \frac{k}{2} \lambda$ ，

$$P_i = j2 \frac{\pi}{\lambda} \times \frac{k}{2} \lambda = jk \pi,$$



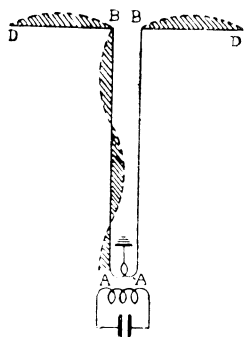
第 120 圖 流給方法

$$\text{Coth} \rightarrow \infty,$$

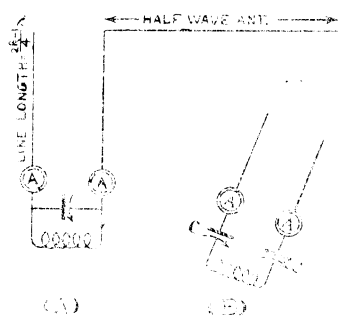
$$Z_A = Z_B,$$

即收受端之總阻，適等於供給端之總阻。故供給端之情形，得重顯于收受端。換言之，此輸送綫之作用，猶如一只一比一之變壓器。此層宜記憶之。蓋此種輸送綫在定向天綫，亦有用之者。

(b) 壓給方法 (Voltage Feed systems)。係將輸送綫接於天綫電壓峯，即電流谷之一，(如第 121 圖)。輸送綫之長度，應為 $l = \frac{2l-1}{4}$ 入，壓給方法中最著者，即為徐伯



第121圖 壓給方法



第122圖 徐伯林天綫

林天綫 (Zeppelin Antenna)。名稱來源，由於第一次用此天綫者，係此飛船也。其結構以輸送綫連于 Hertz 天綫之

一盡端，蓋此端常為一電壓峯也。(如122圖)

在壓給方法，天綫端既有甚高電壓，甚小電流，其總阻必大。反之，發報機端方面，電流甚大，電壓甚小，故總阻必小。若以 $l = \frac{2k-1}{4}$ 入，代入公式(11)，可求得：

$$Z_A = \frac{Z_0^2}{Z_B}$$

此種輸送線(或種四分之波長綫)之作用，猶如一升級變壓器。以發報機方面之低電壓及大電流，在天綫方面變成高電壓與低電流是也。

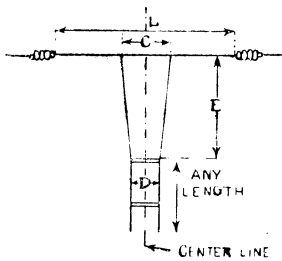
(c) 雙綫不配諧輸送法 (Two wire untuned feeder system)。在上述各種配諧輸送法，輸送綫或連于天綫之電流峯，或連于天綫之電壓峯。至發報機端，則常為一電流峯也。故綫上有定波，且必須配諧。其所以不能放射者，因兩綫任何點之電流，常成 180° 之相反，故一綫之放射，可以抵銷他綫之放射也。此種輸送綫之作用，猶如一變壓器，其長度有一定之比例，不可任意亂用。若輸送綫之特性總阻，與天綫之總阻相配合，則輸送綫上可無定波，長度不必規定，亦無需配諧。同時發報機得傳其最大電能于天綫，其利益固甚大也。此種輸送方法，稱曰配合總阻輸送法，(Matched impedance feeder system) 雙綫不配諧輸送法，即屬此類。如前所述，吾人知任何兩並行輸送綫，均有一特性總阻，其數值為：

$$Z_0 = 276 \log_{10} \frac{D}{d}$$

其中D為兩綫之距離，d為綫之直徑。在實驗上特性總阻，祇隨此兩數之比例而變遷。其與綫之長度，則無關係也。

第124圖所示，為雙綫輸送法之狀態。有時亦稱雙極

天線 (Doublet antenna) 之 輸送線之特性總阻，由天線之 耦合節 (Coupling) C 之總阻相配合。天線之長度 L ，輸送線之分離節 (Feeder clearance) E ，兩綫之距離 D ，以及耦合節 C ，均為計算此種天綫之重要數值。其計算必須十分準確。否則總阻不能配合，天線即失其效用。故應用較上述之配諧天綫為難。計算之方法如次：



第123圖 雙極天綫

(d) 天綫之長度 L ：

$$L(\text{英尺}) = \frac{492,000}{F} \times K$$

$$\text{或 } L(\text{公尺}) = \frac{150,000}{F} \times K$$

F 為天綫之本身週率。 K 為一恆數，隨週率而變遷。凡週率低于 3000

KC (即波長在 100m 之上)， $K=0.96$ 。
週率在 3000 及 28000 KC 之間， $K=0.93$ 。週率在 28000 KC 之上， $K=0.94$ 。

(β) 天綫耦合節 C 之長度：

$$C(\text{英尺}) = \frac{492,000}{F} \times K_1$$

$$\text{或 } C(\text{公尺}) = \frac{150,000}{F} \times K_1$$

週率在 3000 KC 以上， $K_1=0.25$ 。週率在 3000 及 28000 KC 之間， $K_1=0.24$ 。週率在 28000 KC 之上， $K_1=0.23$ 。

(3) 輸送綫分離節 E 之長度：

$$E(\text{英尺}) = \frac{492,000}{F} \times K_2$$

$$\text{或 } H(\text{公尺}) = \frac{150,000}{F} \times K_2$$

$K_2 = 0.20$, 各種週帶均同。

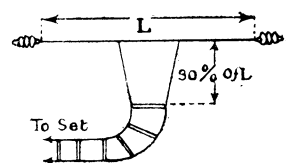
再上述三公式，祇能適合於輸送綫具有 600 ohms 之特性總阻者(為實用輸送綫之標準數量)。若非此數，即不可用。在 600 ohms 之輸送綫，其距離與直徑，更有下列之關係：

$$D = 98 \times d$$

D 為兩綫中心點之互相距離，d 為綫之直徑。至通常所用綫之直徑，可參考下表：

B&S Gauge	Diameter in inches	Diameter in millimeters	Nearest Equivalent British S.W.G.
No 10	0.1019	2.59	No 12
,, 12	0.080	2.05	,, 14
,, 14	0.064	1.63	,, 16

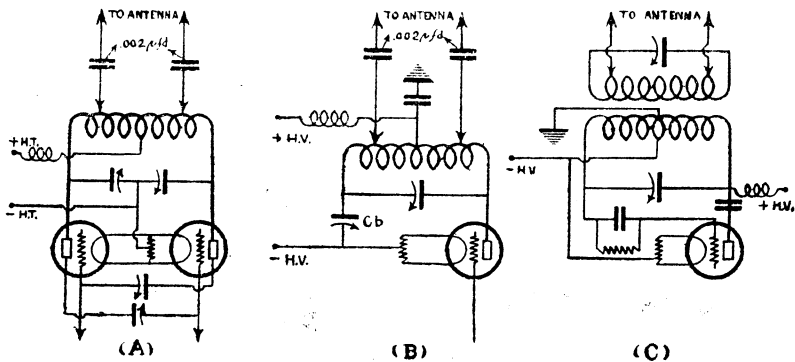
輸送線之長度，並無規定。任何長度，均得適用。普通有用至 1200 英尺，而仍有甚佳之成績。在此天線，宜加注意之點，即兩綫之距離，必須使之完全不變，因特性總阻由此而確定也。輸送綫宜與天綫成直角。設因地位關係，稍為灣曲，亦無不可。惟分離節，無論如何必須與天線垂直(第 124 圖)。再此種天線，雖可用於副波之一，然實際上祇限用



第125圖 雙極天線之分離節宜與天線相垂直

於主波 (Fundamental) 而已矣。

此天線最宜用於推挽式發報機 (第 125 圖 A)。兩輸送綫連於離綫圈中綫相等圈數之兩端，以平衡每管之荷載。求尋最適宜偶合點之方法，係將輸送綫漸次遠離綫圈之中綫，至真空管有其額定之輸入電能為止。兩固定電容器 C 之設，專為防止屏電壓，不致因輸送綫偶然觸地而短路之用。輸送綫內電流，通常甚小，不易顯示天綫之輸出電能，故調準此種天綫時，以觀察屏極電流表，作為確定輸出電能，似屬更宜。B 圖表示單只真空管連兩輸送綫之接法。其間有一電容器 C_b ，連於屏綫圈之一端，及絲極之間。其目的為使屏綫圈在中綫之兩端，有平衡之電氣關係。C 圖則為無法使綫圈平衡時，所用之接法也。



第 125 圖 雙極天線與發報機之接法

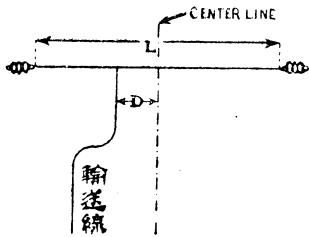
雙極不配諧天綫，以用於大電能之發報機，最為適宜。如真茹之中美電台，有時即應用此種天綫，以代其定向

天綫，至於週率，最好在14000KC之上。蓋其他週率，頗難調準也。

附註：在普通之流給式半波Hertz天綫，于諧振時，其中間有一荷載耗阻，約等於65ohms。此值于任何週率，常不變。今若連以兩輸送綫，設輸送綫之特性總阻，適等於65 ohms，則兩者之總阻既配合，遂與上述兩極天綫之情形相同。然依公式 $Z=276 \log_{10} \frac{D}{d}$ ，若變 $\frac{D}{d}$ 之值，雖至兩綫相遇，Z不能小於83 ohms。故並行裸綫，不能用於配合Hertz天綫之總阻也。但于雙層地纜式輸送綫，如第113圖所示者， $Z=138 \log_{10} \frac{b}{a}$ 若 $\frac{b}{a}=2.96$ ，Z適等於65。故以半波 Hertz天綫，連此特製之雙層地纜輸送綫，即成爲配合總阻之輸送法矣。

(d) 單綫不配諧輸送法(Single wire untuned feed system)。若吾人有一半波 Hertz天綫，而連一單根輸送綫，如126圖。設此天綫之長度 L，與其主波適配合，且輸送綫離天綫之中心點，有相當之距離 D者，則可取消輸送綫上之定波，不使其放射。此種形狀，稱曰單綫不配諧輸送法。其L及D之長度，可由實驗方法規定之。(1) 先于輸送綫之兩旁，在長短兩截天綫內，置兩電流表，而變更發

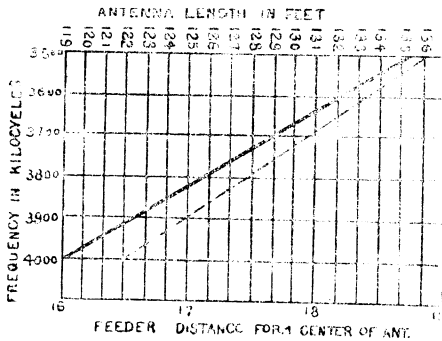
(1) 此種天綫之原理頗複雜，如讀者欲知其詳，可參閱Proceedings of I. R. E. Volume 17 Number 10 所載之Single Wire transmission lines for short wave antennas by W. L. Everitt and J. F. Byrue



第126圖 單綫不配諧
輸送法

報機之週率，或天綫之長度，使彼此有相等之指數。繼則置電流表於天綫之中心點，而變更 D 之長度，當電表之指數，達其最大値時，即為輸送綫與天綫接合之最適宜點也。普通 D 之長度，約等於 L 之 12.5%，或由下列

之曲綫圖求之。此種天綫，亦得用副波之一。天綫與輸送綫，宜互相垂直（至少離天綫長約 30% L 之一節）。

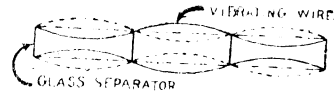


(3) 天綫之構造與應用

。——對於天綫之構造，宜分作兩部份討論之。一為導電體 (Conductors)，一為絕緣體 (Insulators)。導電體之耗阻宜小；絕緣體之耗阻

宜大。在中等或甚小電能之發報機，導綫可用14號之紫銅綫。其電能較大者，至少用12號或較粗者。天綫宜由全根銅綫構成，不可有甚多之銲接處。在配諧式輸送法，輸送綫內與天綫有同等之強大電流，故必須用粗導綫。至不配諧之輸送綫，其電流較弱，故得用較細之導綫也。此外在雙綫輸送法，最要者厥為兩綫之距離，宜保持其恆定不變，故分離兩綫之隔離物，宜以輕質者製成，若用玻璃等重

物，在發生大風時，兩綫可自行搖盪(第 127 圖)，而使信號極不穩定矣。



第127圖 輸送綫之搖盪現象

天綫所用之絕緣體，以特製玻璃，稱曰 Pyrex 者，為最佳。天綫或輸送綫之盡端，均為電壓峯(即最高電壓)，故其絕緣，必須特別注意。普通可用 7" 或 12" 之 Pyrex 玻璃絕緣棒。天綫或輸送綫引入屋內時，最好用特製之玻璃碗 (Pyrex Bowls)。至於天綫桿宜粗。天綫更須拉緊，不可為風吹動。此皆對於應用天綫極宜注意之點也。

在配諧輸送法，輸送綫必有一定之長度。而天綫綫圈，足以變更天綫之特性。為抵銷其擾亂起見，更有一或二與其續連之電容器(第 120 圖)。有時綫圈與電容器為並聯的(第 122 圖)。例如在壓給方法，若輸送綫之長度，超

過四分之一波長之單數，電容器宜串聯。若輸送綫之長度不及四分之一波長，則用並聯。右表係指示徐柏林天綫之各種配諧情形。

輸送綫長度 (英尺)	各種電容配法				
	1750 KC 160m	3500 KC 80m	7000 KC 40m	14000 KC 20m	28000 KC 10m
120	SER.	PAR.	PAR.	PAR.	SER. OR PAR.
90	PAR.	SER.	SER.	PAR.	SER. OR PAR.
60	PAR.	SER.	PAR.	PAR.	SER. OR PAR.
40	()	PAR.	SER.	PAR.	PAR.
30	()	()	SER.	PAR.	SER. OR PAR.
15	()	()	PAR.	SER.	PAR.
5	()	()	()	PAR.	SER.

() 不亂用

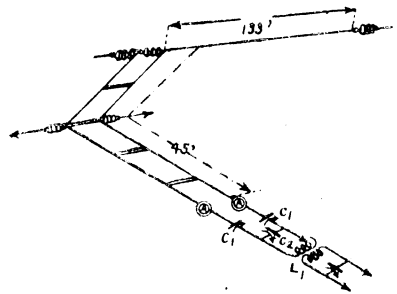
至調準天綫之方法，先將其綫圈與屏綫圈相偶合，再轉移電容器(在串聯式，其度數由大而小。在並聯式，其度數由小而大)，使天綫電流表，有最大之指數。此時

屏電流，亦以有荷載而加大。若發報機猝然止停振盪，或電流表有兩個最大指數，則宜將偶合度減小。其於自振盪式發報機，天綫不宜與發報週率完全配諧。普通稍偏電容器之度數，使天綫電流，較其最大值略小15%。若此則信號更爲穩定也。其於主振盪式發報機，天綫之偶合，不妨稍緊。但以其足以變更屏電路之諧振情形，故於調準天綫時，宜將屏極電容器，天綫電容器，及偶合度，三者同時移動，而求其最佳之結果。

爲便利更換波長及限制地位起見，有時以一天綫作數週帶之用。在不配諧輸送法，以輸送綫與天綫之接合點，有關總阻之配合，故難於適用。至配諧輸送法，以各副波之峯谷點，各不相同，使輸送方法或成壓給式，或成流給式。而在此兩種供給方法，輸送綫必須有一定之長度，故一天綫供數週帶之用，在實際上亦非易事。

茲採取兩個例題，作爲參考。

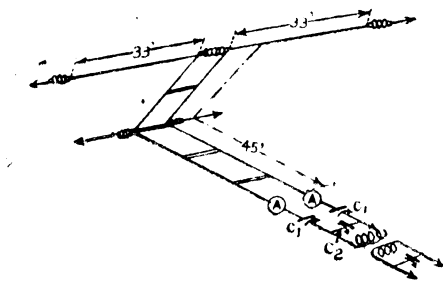
第129圖，爲一徐柏林天綫，故輸送綫爲壓給式，以其連天綫端，常爲一電壓峯也。如圖，此天綫之本身週率爲3550KC 而可于用3550至3600 KC 間之任何一週率。輸送綫



第128圖 用于數週帶之壓給天綫

之長度，于 3550KC，約較 $\frac{\lambda}{4}$ 稍短，故天綫之調準，宜用並聯電容器。若用于 7000KC 之週帶，則輸送綫將長于 $\frac{\lambda}{4}$ ，故調準宜用串聯電容器。若用于 14000KC 或 28000KC，以輸送綫較 $3\frac{\lambda}{4}$ 或 $5\frac{\lambda}{4}$ 均長，故仍宜用串聯電容器。至 C_1 及 C_2 之數值，約可取 250 至 350 $\mu\mu$ fd。

第 129 圖，係輸送綫連於天綫之中間者。天綫之本身週率為 7100KC。在此週率，天綫為流給式，輸送綫之長度，較 $\frac{\lambda}{2}$ 稍短，故電容器宜並聯。若用于 14200KC，即第二副波，則天綫之中心點為一電壓峯，故天綫變為壓給式。



第 129 圖 連于天綫中心點之
數週帶天綫

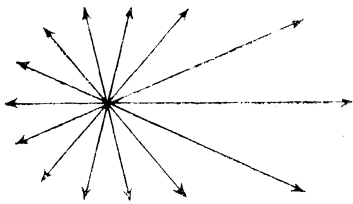
輸送綫之長度，較 $3\frac{\lambda}{4}$ 為長，故電容器宜串聯。至於 28400KC，即第四副波，天綫之中心點為電壓峯，而輸送短于 $\frac{7}{4}\lambda$ ，宜用並聯電容器。至 C_1 及 C_2 之數值，則與上述者相同。

第十八節 定向天綫

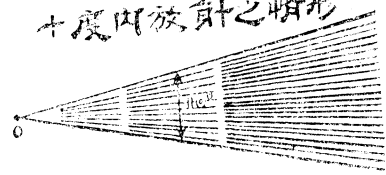
(1) 定向天綫之利益及其種類——定向天綫之英文名稱，曰 Directional antenna 或 Beam antenna。其構造係利用一種反射鏡，(Reflector)，以發報機之電能，集中于十度左右之微小角度內。故接收台所能收到之電能，較之普通

天綫四面放射者 (360°) 約大36倍(第130圖)。故以對接收方面而論，在十度內放射之10KW發報台，其功效實與四面放射之 360KW電台相等也。

四面放射之情形



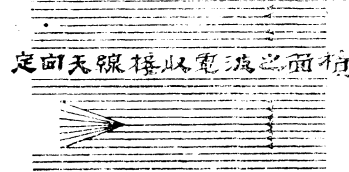
十度內放射之情形



第 130 圖 四面放射及十度內放射之發報機

若接收方面，亦利用一種反射鏡，則有一甚大之電波面積，集中于接收機(第 131 圖)，故所收得電能，藉之增大。設其構造又與放射天綫完全相同，亦為十度之反射鏡，則依同一原理，收得電能，亦將增大36倍。因此收發兩

普通天線接收電波之面積



第131圖 普通及定向天線

接收電波之面積

方，若同時利用此種定向天綫，所收得之電能，較之通常方法，可增加 $36 \times 36 = 1300$ 倍。如是則10KW之定向收發電台，功效與通常1300KW之電台相等。利益之大，不言而喻。

更有進者，放射電能，既得集中于極小角度內，則在同一地點，對於地球各方向，即用一種波長。亦不致有互

相干擾之患。然則無綫電通訊之伸縮性，必因之而大增矣。至接收方面，亦以定向性質之關係，訊號強度，往往可超出天電 (atmospheric) 及其他一切干擾 (Interference)，通訊速率，即隨之大增。此又爲普通通訊方法所望塵莫及也。

惟定向天綫之形體大小，與波長之方數成正比例，故祇能適用於不超過 150公尺之短波。雖短波之傳遞，隨高空之電離層而變遷。但依經驗所得，凡 25KW 之短波定向電台，遠及 12000哩以上之距離，每日可有二十四小時繼續通訊工作之能力，且勝于昔日長波 1000KW 電台所有之成績。是故今日之越洋無綫電通訊，莫不應用短波定向電台。此實爲促成短波通訊發達之一大原因也。

如前節所述，定向天綫有兩種。一爲電波鏡 (Wave mirror)，一爲電波簾 (Wave curtain)。兩者構造原理，完全不同，茲從略述之如次：

電波鏡爲世人最初試驗定向天綫用以集中電能之方法。其原理係利用光學之反射 (Reflection) 作用，將電源置于一點，再由背後之反射鏡，集中各放射綫于一點或一方向是也。粗視之，此種定向方法，甚屬簡單。實則如欲反射鏡能盡其效用者，其體積必須大過於波長。光波極短，故能適用。吾人所用之短波，較光波長數萬倍。若用反射

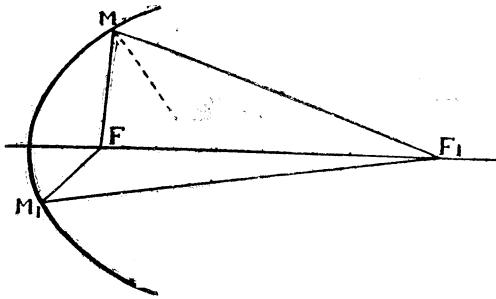
鏡，其體積將碩大無比，不易實行，故此種定向方法，現已廢棄不用。近年正在研究之超短波 (Ultra short wave) 或稱賽光波 (Quasi Opical wave) 者，因其波長較之普通短波，減小甚多，故此種定向方法，又有用之者焉。

電波簾或稱闊邊拋射式天綫 (Broadside projector antenna) 者，為現今各國一致採用之定向天綫。其構造由多數普通單具天綫，排列成一廣闊之面積。各單具天綫之距離相等，電流則均屬同量與同相。依光學干涉 (Interference) 原理，在空間任何一點，視電波到達時或為同相，或為反相，其電磁場即有相加或相消之作用。換言之，電能之放射，隨方向而變更也。再依數學之計算，及實驗之結果，設增加單具天綫之數量，及變更電流之相位，可使放射電能集中于一單獨方向之極狹角度內。其他方向之放射，幾盡行消滅，而等於零。此即今日短波定向天綫之原理也。

茲將上述兩種定向天綫，分別陳述如次：

(2) 電波鏡原理——就學理言，有三種不同式樣之電波鏡，即橢圓形，拋物綫形，及圓形是也。

(a) 橢圓形電波鏡。今設有電波於 F 點(第132圖)。若欲求其放射綫成行集中於另一 F_1 點，而電波均為同相者，可用一反射鏡。惟鏡之形態，宜具有下列之兩特性：

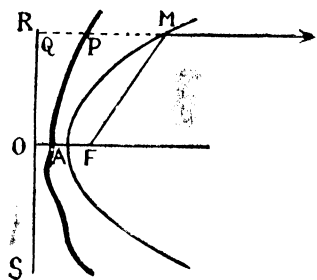


第 132 圖 橢圓形反射鏡

第一各傳遞綫長度 FMF_1 ，必須完全相等。使電波到達 F_1 點時，均屬同相。第二 M 點之垂直綫，分 FMF_1 為等角，以適合反射之定律。吾人知此鏡狀

態，必為一橢圓形，蓋以其能適合此種條件也。實行方法，可有三種。或置發報機及天綫于焦點 F ，經反射而集中于 F_1 。或置發報機於 F ，由許多導綫 $MF, M_1 F$ 等，輸送電流達於鏡面上各天綫 M, M_1 等(依傳遞原理，各天綫 M 內電流，較 F 點電流，有一相差，等於 $-\frac{2\pi FM}{\lambda}$)，再由各天綫之放射，集中電能于 F_1 點。或置發報機于任何地點，而以導綫連鏡面各天綫。惟導綫長度，必須預先計算，使各天綫內電流，有如前之適當相差也。

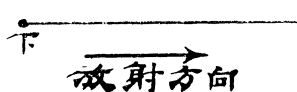
(b) 拋物綫形反射鏡。若以橢圓形焦點 F_1 ，引至無窮，則橢圓形成為拋物綫形(第 133 圖。)故上述各種實行方法，均得適用。此外吾人又可置天綫於任何曲綫上，祇須使各天綫內電流，有適當之相差而已。設天綫在 P 點，而電流有一相差，等於 $2\pi \frac{MP - MF}{\lambda}$



第 133 圖 拋物綫形反射鏡

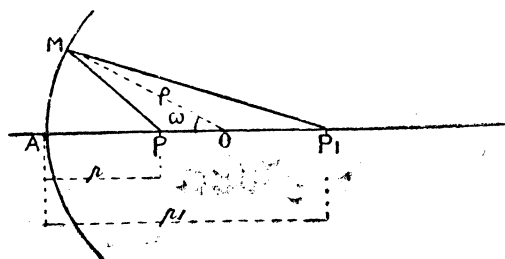
者，則此天綫作用，與設在拋物綫上M點無異(1)。故PA曲綫，可以代拋物綫也。若此曲綫，爲拋物綫之準線 RS，則 $QM=MF$ ， $QM-MF=0$ ，于是各天綫內電流，均屬同相，此即現今所用闊邊拋射式天綫 (Broadside arrays) 之情形。其放射最大方向，垂直于天綫之面也。

設焦點 F，漸次接近拋物綫之頂 A，則拋物綫漸次縮成扁形。及 F與A 相遇時，拋物綫將成一直綫。綫上各天綫電流之相，隨其離 F點之遠近而異。放射最大方向，即綫之本身方向。此種天綫，稱曰單向拋射 (Endfire Arrays)，此即現今反射天綫 (Reflector) 之原理也。



第134圖 單向拋射天綫

(c) 圓形反射鏡。今設有一圓鏡，(第135圖)。電波



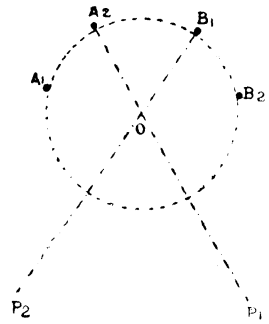
第 135 圖 圓形反射鏡

在P點，經 M 點之反射，達于P₁ 點。依光學著名定律，P₁ 點之距離，可由 $\frac{1}{P} + \frac{1}{P_1} = \frac{2\cos\omega}{\rho}$ 公式求得之。故 P₁ 點隨 P點而移動，不能集

中電能于一點，此爲圓鏡之特性。但吾人于各天綫內電流

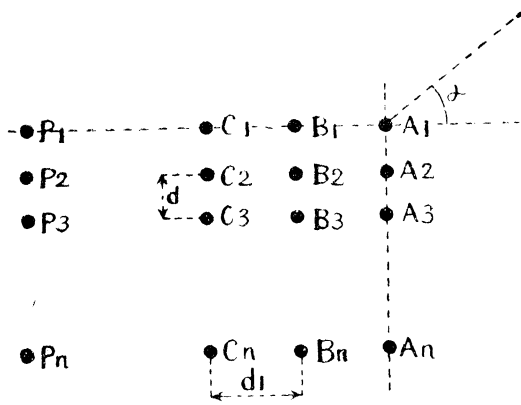
(1) 因M點電波較 P點遲後 $\frac{2\pi MP}{\lambda}$ 。若P點電流，向前 $2\pi \frac{MP}{\lambda}$ ，遂可互相抵銷。故P點與M點之情形，實屬相同。

，可給以相當相差，使其仍有橢圓形或拋物綫形各種定向結果也。再設有一圓周，其上設立極多天綫。弧度 $A_1 B_1$ 各天綫，可集中電能于 $A_2 P_1$ 綫上。 $A_2 B_2$ 之天綫，可集中電能于 $B_1 P_2$ 綫上。故圓形反射鏡，又得同時集中電能于數方向也(第136圖)。



第136圖 圓形反射鏡
集中電能于數
方向之情形。

(3) 電波簾定向天綫之原理。設有一羣 $n n'$ 直立天綫，其間電流，盡屬同量與同相。第137圖所示，為各該天綫之平面圖。兩天綫如 $C_2 C_3$ 者其距



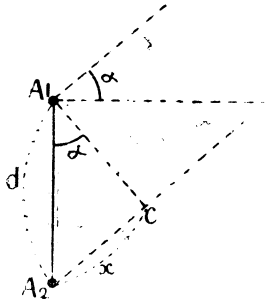
第 137 圖 $n n'$ 天綫之平面圖

離為 d ，兩天綫如 $B_n C_n$ 者其距離為 d_1 。 $A_1 A_n$ 上共有 n 天綫， $A_1 P_1$ 綫上，共有 n' 天綫。茲欲求由此 $n n'$ 天綫，在 d 方向所產生之電磁場。于解答此問題前，吾人先以兩天綫 A_1

A_2 之情形，略述如次：

(a) 兩天綫之電磁場。今有兩天綫 $A_1 A_2$ (第138圖)。離此頗遠任何方向 d 之電磁場，為兩天綫在此方向電磁

場之和數。設 A_1 天綫之電磁場，爲 $y_1 = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$ 。由



A_2 天綫產生之電磁場，因其必須多行 X 路長，故較 A_1 天綫多一相差，等於 $-\frac{2\pi X}{\lambda}$ (第十六節公式(1))

$$y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{X}{\lambda} \right)$$

$$= a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d \sin \alpha}{\lambda} \right)$$

第138圖 兩天綫之電磁場

因 $X = d \sin \alpha$ 。

$y_1 = y_2$ 之和數爲：

$$Y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \Phi \right)$$

依照第十六節公式(3)

$$A = 2a \cos \frac{2\pi d \sin \alpha}{\lambda}$$

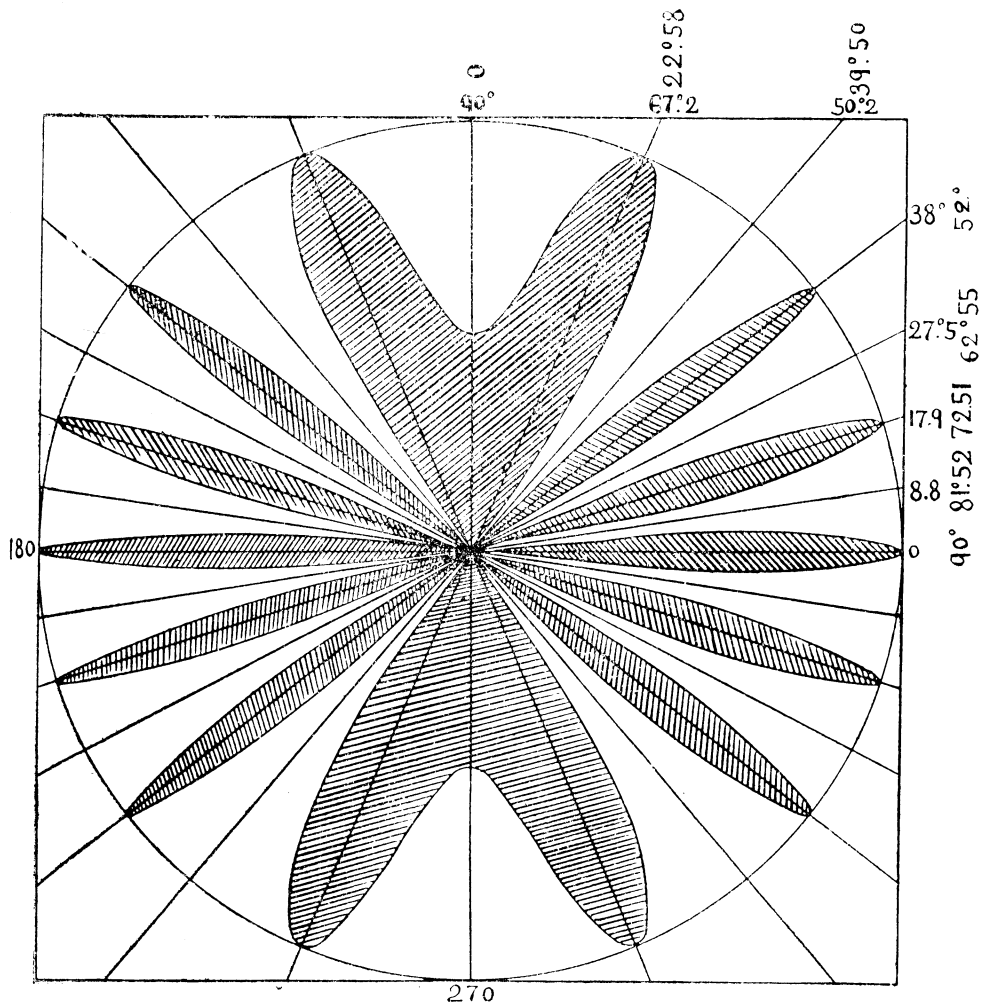
A 之最大數爲：

$$\frac{2\pi d \sin \alpha}{\lambda} = K\pi \text{ 或 } \sin \alpha = K \frac{\lambda}{d}$$

因此由兩天綫產生之電磁場或放射電能 (1)，可有幾個最大方向。今若以各方向之電能數量，在其角度綫上以長度表出，所得狀態，稱曰定向天綫之電能分佈角曲綫 (Polar diagram of power distribution)。第139圖表示該類曲綫之一種，其間 $\frac{d}{\lambda} = 3.27, \sin \alpha = \frac{K}{3.27}$ 若吾人注意 $\sin \alpha$ 不能超過1，則依次取 $K=1, K=2, K=3$ ，可以計算各最大方向 α 之數量。在90度間爲 $\alpha = 0, \alpha = 17^\circ 9', \alpha = 38^\circ$ ，

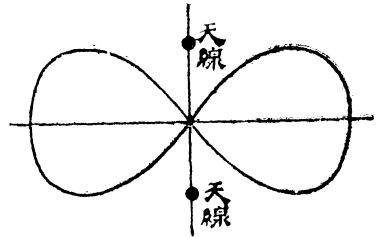
(1) 電能與電磁場之方數，成正比例。

$d = 67.2$ 四個方向。



第 139 圖 兩天綫之電能分佈角曲綫

第 140 圖，爲兩天綫之距離，適等於半波長 ($\frac{d}{\lambda} = \frac{1}{2}$)。 $\sin \alpha = 2k$ 。 $k=0$ ， $\alpha=0$ 或 $\alpha=180^\circ$ 。 電能最大方向，在兩天綫所成平面垂直綫之左右。此即美人 J.S. stone 氏之定向天綫也。

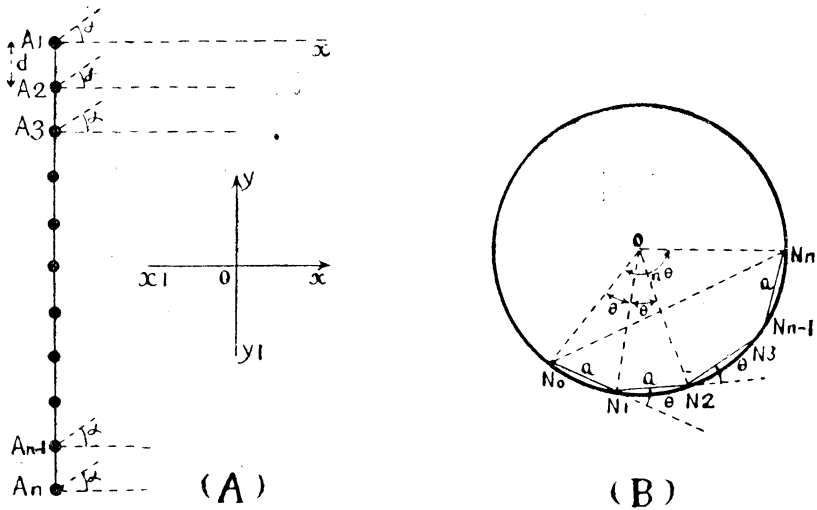


第 140 圖 J.S.Stone 氏定向天綫之電能分佈圖

(b) n 天綫 $A_1 A_2 \dots A_n$ 之電磁場。設由 A_1 天綫所產生電磁場之幅爲 $N_0 N_1 = a$ ，如前所述， A_2 天綫之電磁場，較 A_1 天綫有一相差，等於 $\frac{2\pi d \sin \alpha}{\lambda}$ 。設以 $N_1 N_2 = a$ 代表 A_2 電磁場之幅 (1)， $N_0 N_1$ 與 $N_1 N_2$ 將成一角度 θ (第 141 圖 B)。而 $\theta = \frac{2\pi d \sin \alpha}{\lambda}$ 。依同樣原理，天綫 A_3 之電磁場，將由矢量 $N_2 N_3 = a$ 表示之，而 $N_2 N_3$ 與 $N_1 N_2$ 成一角度 θ 。依此類推， A_n 天綫，由 $N_{n-1} N_n = a$ 矢量代表之，而與 A_{n-1} 天綫矢量，成一角度 θ 。

若將第 141 圖 (B)，詳加審察，可將 $N_0 N_1, N_1 N_2, N_2 N_3, \dots, N_{n-1} N_n$ 等矢量，分列于一圓周上。 n 天綫在 α 方向之總電磁場數量，將由直綫 $N_0 N_n$ 代表之。今試求其值：

(1) 因各天綫之電流，均屬同相與同量，故電磁場之幅，必相等也。



第 141 圖 n天綫之電磁場計算方法

角度 $\widehat{N_0 O N_1} = \theta$ (1)，故角度 $\widehat{N_0 O N_n} = n\theta$ 。在兩等邊三角形 $N_0 O N_1$ 及 $N_0 O N_n$ 中，可求得：

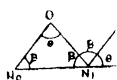
$$N_0 N_1 = 2R \sin \frac{\theta}{2}$$

$$N_0 N_n = 2R \sin \frac{n\theta}{2}$$

兩相分除，得：

$$N_0 N_n = N_0 N_1 \frac{\sin \frac{n\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

若以 $N_0 N_1 = a$ ，及 $\theta = \frac{2\pi d \sin \lambda}{\lambda}$ 代入，則有：

(1)  $N_0 O N_1$ 因爲一等邊三角， $\widehat{N_0 O N_1} = 2\beta = \theta$

$$N_o N_n = E_1 = a \frac{\sin \left(n \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda} \right)}{\sin \left(\frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda} \right)} = a \frac{\sin nx}{\sin x} \quad (1)$$

此即為 n 同相及同流天綫，在任何方向 α 之電磁場。在此公式，吾人可以求得， $\alpha = 0$ (0°) 及 $\alpha = 180^\circ$ (180°)，為電磁場最大之兩方向。其值為 $N_o N_n = E_1 = na$ (1)。

其他等於零之方向，為 $\sin nx = 0$ ，而 $\sin x \neq 0$ ，換言之：

$$n \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda} = K\pi \text{ 及 } \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda} \neq K'\pi$$

其中 K, K' 為整數 1, 2, 3, …………… 等。設欲使 oy 及 oy_1 兩方向之電磁場等於零 ($\alpha = 90^\circ, \alpha = 270^\circ$)。則宜有：

$$n \frac{d}{\lambda} = K \text{ 及 } \frac{d}{\lambda} \neq K'$$

例如 $n=4, K=1$ ，於是：

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{1}{4}$$

$$E_1 = a \frac{\sin(\pi \sin \alpha)}{\sin\left(\frac{\pi}{4} \sin \alpha\right)}$$

在 $\alpha = 0$ 方向

$$E \rightarrow a \frac{\pi \cos \alpha \cos\left(\frac{\pi}{4} \sin \alpha\right)}{\frac{\pi}{4} \cos \alpha \cos\left(\frac{\pi}{4} \sin \alpha\right)} \rightarrow 4a$$

(1) $\Sigma_i = \frac{\sin nx}{\sin x}$ ，若 $x=0$ ， $E_1 = \frac{0}{0}$ ，為無定數。欲求其值，須求分子及

分母導數 (derivative) 之比例。 $E_1 = \frac{n \cos nx}{\cos x}$ ，若 $x=0$ ， $E_1 = E_1 = n$

在 $\alpha = 90^\circ$ 方向，

$$E_1 = a \frac{\sin \pi}{\sin^4 \frac{\pi}{4}} = 0$$

n 同相及同流天線之電能分佈圖，如第 142 圖所示。

大部分電能，咸集中

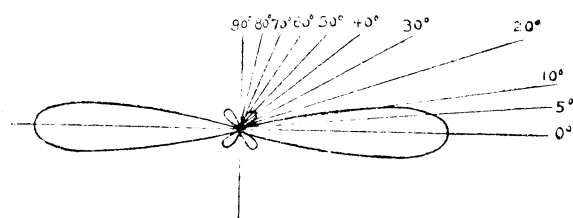
於 OX 及 OX_1 兩方向。

凡天線愈多（即 n 愈

大），則特宜方向之

電能愈大，集中之角

度亦愈狹。



第 142 圖 闊邊拋射式定向天線之電能分佈圖

(c) nm' 天線之電磁場。吾人于此，可將上述之計算方法，重行申述。以 $N_0 N_1$ 代 A_1, A_2, \dots, A_n 天線之電磁場。以 $N_1 N_2$ 代 B_1, B_2, \dots, B_n 之電磁場。 $N_0 N_1$ 與 $N_1 N_2$ 成一角度 $\theta = \frac{\pi d \cos \alpha}{\lambda}$ 是以由 nm' 天線產生之電磁場為：

$$(2) E_2 = N_0 N_n = N_0 N_1 \frac{\sin \frac{n^2 \pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}{\sin \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}$$

$$= a \frac{\sin \frac{n \pi d \sin \alpha}{\lambda}}{\sin \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda}} \cdot \frac{\sin \frac{n^2 \pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}{\sin \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}$$

(d) A_1, B_1, \dots, P_1 等 n' 天線之電磁場。可由公式 (2)，代以 $n=1$ 得之。

$$(3) E_3 = a \frac{\sin n' \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}{\sin \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}}$$

其最大電能方向，爲 oy 及 oy_1 。

(e) 由 A_1, B_1, \dots, P ，等 n' 天綫，其間各天綫電流與毗鄰者，有一相差 $2\pi\varphi$ ，所產生之電磁場。設 A_1 之電磁場爲：

$$y_1 = a \sin \frac{2\pi t}{T}$$

B_1 之電磁場，將爲：

$$y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \varphi - \frac{d_1 \cos \alpha}{\lambda} \right)$$

欲計算 n' 天綫之總電磁場，祇須在公式(1)，代以：

$$n = n', \theta = 2\pi\varphi - \frac{2\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}$$

即可求得

$$(4) E_4 = a \frac{\sin n' \left(\pi\varphi - \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda} \right)}{\sin \left(\pi\varphi - \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda} \right)}$$

在實用上，往往取 $2\pi\varphi = 2\pi \frac{d_1}{\lambda}$ ，即所謂天綫電流之相差，適等於天綫與天綫之距離 (Element current phasing equal to element spacing)，公式(4)將變成簡易的公式(5)

$$(5) E_5 = a \frac{\sin \left[n' \frac{\pi d_1}{\lambda} (1 - \cos \alpha) \right]}{\sin \left[\frac{\pi d_1}{\lambda} (1 - \cos \alpha) \right]}$$

電能最大方向，爲 OX_0 。蓋 $d=0$ ， $E_3 \rightarrow n^2 a$

若更有 $\frac{d_1}{\lambda} = \frac{1}{4}$ ，則：

$$E_3 = a \frac{\sin \left[n \cdot \frac{\pi}{4} (1 - \cos d) \right]}{\sin \left[\frac{\pi}{4} (1 - \cos d) \right]}$$

在 OX_1 方向 ($d=180^\circ$)：

$$E_3 = a \frac{\sin \frac{n'\pi}{2}}{\sin \frac{\pi}{2}}$$

祇須 n' 爲一雙數，則 $E_3 = 0$ 。換言之，電能祇能在 OX 單方向放射。此即反射天線 (Reflector)之原理也。

(f) 由 n 組天綫，每組如 A_1, B_1, \dots, P_1 等 n' 天綫，各毗連兩天綫，電流有一相差 $2\pi\varphi$ ，所產生之電磁場。每組之電磁場，如公式(4)，故 n 組之電磁場，可由公式(1)，以 E_1 代 a 求得之：

$$\begin{aligned} (6) \quad E_6 &= E_1 \frac{\sin \left(n \frac{\pi d \sin d}{\lambda} \right)}{\sin \left(\frac{\pi d \sin d}{\lambda} \right)} \\ &= a \frac{\sin n' \left(\pi\varphi - \frac{\pi d_1 \cos d}{\lambda} \right)}{\sin \left(\pi\varphi - \frac{\pi d_1 \cos d}{\lambda} \right)} \frac{\sin \left(n \frac{\pi d \sin d}{\lambda} \right)}{\left(\sin \frac{\pi d \sin d}{\lambda} \right)} \end{aligned}$$

此爲計算定向天綫之電磁場或電能，最完備之公式也。

在實用上，往往有下列之情形：

$$\varphi = \frac{d_1}{\lambda}, d_1 = \frac{\lambda}{4}, n' = 2,$$

於是

$$E_6 = a \frac{\sin \left[\frac{\pi}{2} (1 - \cos \alpha) \right]}{\sin \left[\frac{\pi}{4} (1 - \cos \alpha) \right]} \frac{\sin n \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda}}{\sin \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda}}$$

其最大方向為OX。因 $\alpha = 0$ ，第一因數等於 $\frac{\pi}{2} = 2$ 。第二因數，等於 n 。

$$E_6 = 2na$$

在OX₁方向($\alpha = 180^\circ$)，第一因數等於0，故 $E_6 = 0$

在OY($\alpha = 90^\circ$)，或OY₁($\alpha = 270^\circ$)方向，可使第二因數等於零，祇須選擇適當之 d 及 n 數量而已。設 $d = \frac{\lambda}{2}$ ，及 $\alpha = 0$ ，則第二因數，將成爲：

$$\frac{\sin n \frac{\pi}{2}}{\sin \frac{\pi}{2}}$$

祇須取 n 等於一任何雙數，即可取消OY方向之電磁場。要之此種天綫，其唯一放射方面為OX，故有時亦稱爲單向定向天綫 (Unidirectional Antenna)。

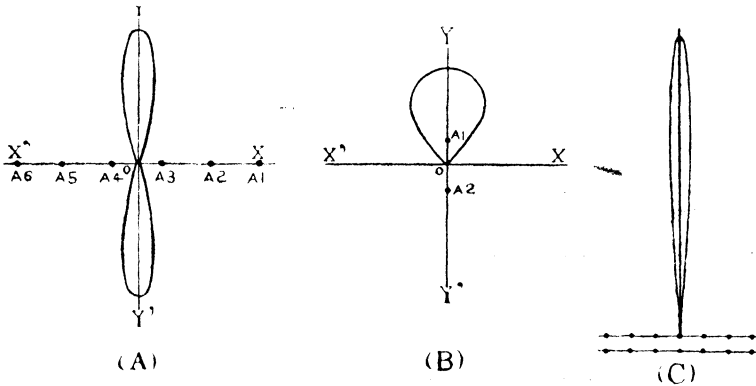
結論(1^o)設各天綫之排列，如 A_1, A_2, \dots, A_n 等，其中電流均屬同相與同量，則放射最大方向為OY及OY₁ [公式(1)] (第143圖A)。此種天綫之排列，稱曰關邊排列

(Broadside arrays) • 可有前後兩最大放射方向。

(2°) 設各天綫之排列，如 A_1, B_1, \dots, P_1 等，其間電流，均屬同量，但有一相差，與天綫距離有相當關係者 (例如 $d = \frac{\lambda}{4}$ 而相差為 $\varphi = \frac{1}{4}$)，則放射方向，或為 OY 或為 OY_1 [公式 (5)] (第143圖B)。此綫天綫之排列，稱曰單向排列 (End fire arrays)，祇有一最大放射方向。

若吾人劃出電能之角曲數，則可見在闊邊排列，較單向排列為尖銳。

(3°) 實用定向天綫之構造，往往由上述兩種排列方法併合而成。其電磁場之計算，可用公式 (6)。因其結果，可增大天綫之定向性，而使其祇有一個放射方向 (第143圖C)。



第 143 圖 定向天綫排列方法之作用

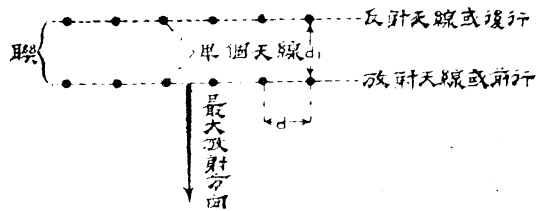
(4) 定向天綫各部名稱及計算放射強度之單位。現今

各國所用之定向天綫，其構造大抵如下述者：

由許多直立或他種形狀之半波長普通天綫，稱曰單具天綫 (Elements) 者，排列成一極寬之面，各單具天綫之距離，常等於波長之一比數，故天綫之寬度，亦以波長數計算。每排單具天綫稱爲一行 (Row)。每行單具天綫之電流，均屬同相與同量。普通定向天綫，往往有兩行

(第 144 圖)。在前者稱曰前行 (Front row) 或放射天綫 (Radiator)。

在後者，稱曰後行 (Back row) 或反射天綫 (Reflector)。

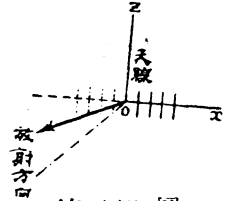


第 144 圖 定向天綫各部名稱

前後兩行之距離，常等於 $\frac{\lambda}{4}$ ，或爲此數之一單數倍數。後行天綫電流之相，較前行向前 (Leading) $2\pi\varphi = 2\pi\frac{d_1}{\lambda}$ (設 $\frac{d_1}{\lambda} = \frac{1}{4}$ ， $2\pi\varphi = \frac{\pi}{2}$)。若後行天綫電流之相，較前行遲後 $2\pi\varphi = 2\pi\frac{d_1}{\lambda}$ ，則後行變爲前行，前行變爲後行，最大方向適在第 144 圖之背後矣。故定向天綫放射與反射部分之名稱，不可指定一行天綫而言。有時祇供給電流於一行天綫，他行內電流，則由感應產生，而作爲反射之用。

合前後兩列，稱爲一聯 (Bay)。若欲增加放射強度，

及減小集中角度，可以數聯並列用之。普通有用至兩聯或三聯者。若再欲增加直面(Zenithal plane) YOZ之定向性 (1) (第145圖)，則將數聯疊起。每聯稱爲一層(Tier)。在構造最完備之定向天綫，常有用至三層者。



第 145 圖
定向天綫直面上之
放射角度

增加定向天綫之聯數或層數，即可加強其放射電能。其電磁場之倍數，可由上述各公式，計算得之。在實際上，測量天綫放射之強度，通常用一種更簡單之方法與單位表示之。其法以一直立 Hertz 式半波天綫，作爲測量之比較標準 (Standard of comparison)。設于同一放射方向，標準天綫與定向天綫之電磁場強度爲相等，兩發報機需要電能之比數，稱曰定向天綫之改善因數 (Improvement factor)，而以一單位名 Decibel 者表示之。其理由甚簡單。設吾人有普通天綫，排列成一定向天綫。如前述，在放射最強方向，由此 n 天綫產生之電磁場，較單具天綫大 n 倍。換言之，設每單具天綫之放射電能爲 RI^2 (I 爲單具天綫內電流， R 爲放射耗阻)，則 n 天綫之放射電能，如各天綫無偶合 (Coupling) 作用者，將爲：

(1) 依電子屈折 (Ionic Refraction) 原理，電波之放射，于直面上有一弱小角度者，最宜遠達。

$$(1) \quad P_d = n(RI^2)$$

若欲從一個單具天綫，得到與 n 天綫，有相等之磁場強度者，則須將其電流增加 n 倍。蓋電磁場與天綫電流成正比例也。是以此單具天綫之放射電能爲：

$$(2) \quad P_o = R(nI)^2$$

以(1)及(2)相除，得：

$$\frac{P_o}{P_d} = n$$

換言之，以同一電磁場強度而言，定向天綫所需電能，祇及單具天綫之 $\frac{1}{n}$ 是也。數量 $G = 10 \log_{10} \frac{P_o}{P_d} = 10 \log_{10} n$ ，稱爲定向天綫之利益 (Gain) 其單位曰 Decibel。(1)

因增加聯數或層數等所得利益，由第 146 圖各曲綫表示之。

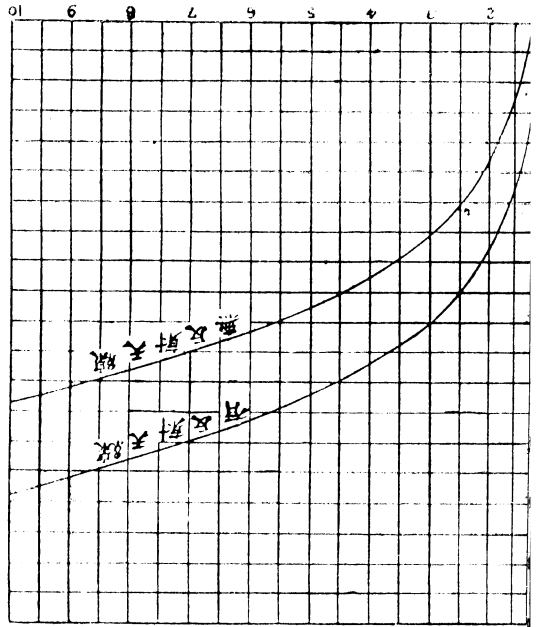
A 圖表示在闊邊排列法，天綫寬度與利益之關係。橫綫代表天綫寬度，以波長數計算。豎綫代表利益，以 Decibel 計算。再以各單具天綫距離之不同，而有各種曲綫。由此等曲綫，吾人可注意若兩單天綫之距離，不超過 $\frac{\lambda}{4}$ 入者，寬度大一倍，利益約增 3 Decibels。

B 圖表示在單向排列法，天綫寬度與利益之關係。所

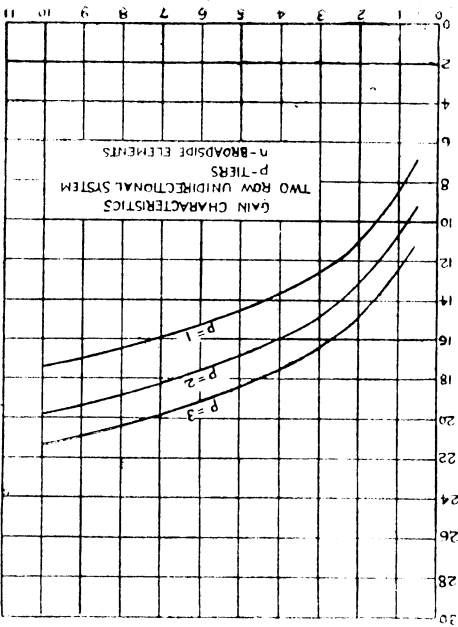
(1) 用對數 (logarithm) 之理由，因其可將乘法變作加法，應用極感便利。與電話中之傳遞單位 (Transmission Unit)，有異曲同工之作用也。

第 148 圖 表示定向天線增益之各種曲線

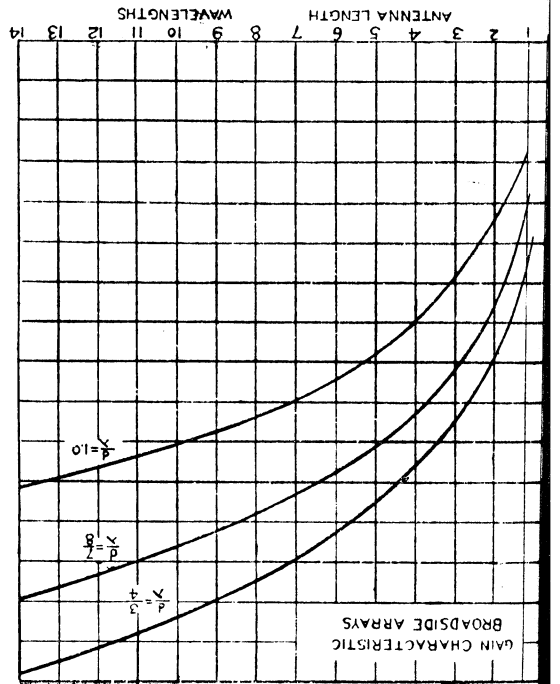
(C)



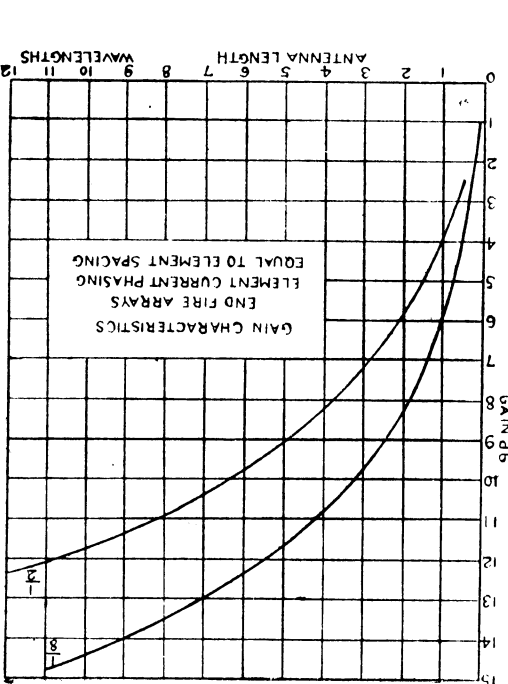
(D)



(A)



(B)



得結果，與前圖類相似。

C 圖表示闊邊天綫之背後，有反射天綫及無反射天綫之情形。若有一反射天綫，利益增加3 decibels

D 圖表示由增加層數所得之結果。普通每加一層，利益約增 2 decibels。

下列者爲一 $16m^{35}$ 之定向天綫。其寬度等於 8.5λ 。共有三層。由上述各曲綫，可以求得其利益：

gain for Broadside of 8.5 wavelengths (寬 8.5 波長闊邊排列之利益)	14.2db
gain for Reflector (反射天綫之利益)	3.0
gain for three tiers (三層排列之利益)	4.0 21.2db

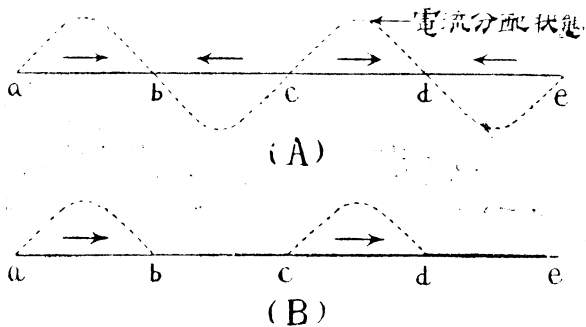
此天綫設在美國 Deal. N. J.地方，而在英國New Southgate 量其天綫之利益。所得結果爲 21.7db。故與學理上之計算，無甚差別也。

綜上而觀，可知無論左右，前後，或上下，每加一排天綫，利益約增 3.0 decibels。若此似乎無限的增加排數，即可無限的增加天綫之利益。實則定向天綫之體積，常爲其他情形所限制。其原因頗多，固非一言能概括之。在實用上，爲節省設置及常年經費起見，天綫之體積至一定大小之後，設再欲增加訊號強度，則以增加發報機之電能

較增加排數更簡易而經濟也。此外短波之傳遞，大半專恃空氣電子層之反射，設放射角太為尖銳，反使衰落(fading)及信號忽強忽弱(attenuation)等不良現象之加多，致減弱全部利益，此不可不注意者也。然而此種情形，往往隨所用之波長而異。例如在 16m 之波帶，其天綫利用三層者，似甚有用。至 30m 以上之波帶，若天綫之設置為二或三層者，有時反見其害也。

(5) 定向天綫電流之供給方法。如前所述，吾人知每排(Row)單具天綫之電流，均須同相。而電流之于導綫，更隨其長度，發生相差(1)。故欲取發報機電流，輸送達于各單具天綫，而使其有同相者，實為一極困難之問題。但在實用上，另有一如下之簡單方法在焉。

吾人知具有定波(Standing wave)之導綫(第147圖A)·綫上任何兩點，相距半波長，其電流之方向必反。故 ab 間之電流，與 bc 間之電流為反相。cd 與 de 亦為反相，而 ab 與 cd，或 bc 與 de，則為同相。今若設法取消

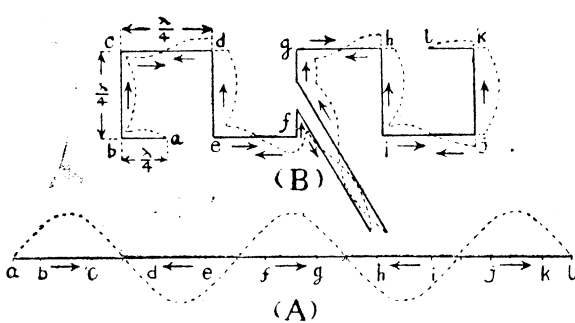


第 147 圖 波定在導綫上之分配情形。

(1) 參閱第十六節電流在無限長綫上之傳遞

bc及de間反相電流，則所餘之 ab,cd 等導綫內電流，皆為同相(第147圖B)。於是 ab, cd 等，可作為定向天綫之半波單具天綫之用矣。再現今所以有各種不同形式之定向天綫者，亦即由於取消反相電流方法之不同而來。茲擇其數種，略述如次：

今設有一導綫 a b c d e f g h i j k l,其電流分配狀態及方向，如148圖所示。若以此綫折成如B圖之城牆形。其



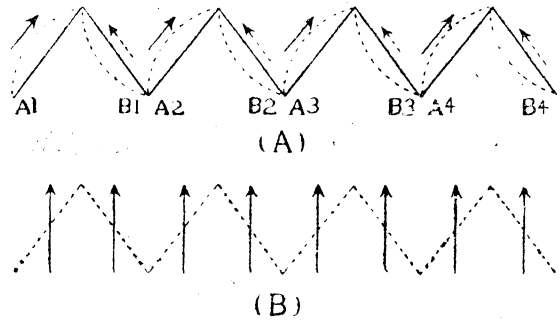
第 148 圖 城牆形定向天綫或稱 Antenne en grecques

間 bc,ed,fg,ih,jk等長度，均為 $\frac{\lambda}{4}$ 。由圖可見bc,ed,fg,ih,jk等豎綫內電流，均屬同相。而 cd, ef, gh,ij,等橫綫，因同時有兩種反相

電流，故對外無放射作用。結果此城牆形曲綫，猶如五個 $\frac{\lambda}{4}$ 長之同相單具天綫，兩單具天綫之距離，亦為 $\frac{\lambda}{4}$ 。此種定向天綫為法國無線電專家R. Mesny氏所發明。法文名稱曰Antenne en Grecques。

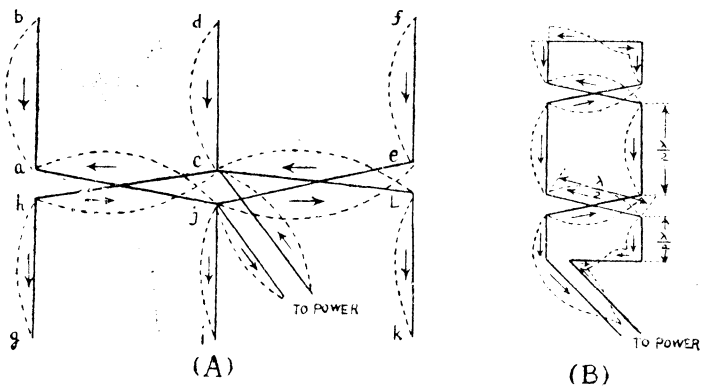
另一方法，將綫折成鋸齒形 (第 149 圖)。綫之長度，適等於半波長 ($\frac{\lambda}{2}$)。由圖A可見 A₁, A₂, A₃, A₄，內電流，均屬同相，可作為定向天綫之一排單具天綫。B₁,B₂,

B_3, B_4 , 內電流, 亦係同相, 作為另一排單具天綫。兩排互成直角, 其對外放射之作用, 與一排直立半波天綫 (



第 149 圖 B), 垂 第 149 圖 鋸齒形定向天綫或稱Antenne C—M 直於鋸齒中綫之上者相同。此天綫, 又稱 Antenne C—M 為法國無線電公司 Chireix 及 Mesny 二氏所發明, 亦即現時國際電台中法電台所用之定向天綫也。

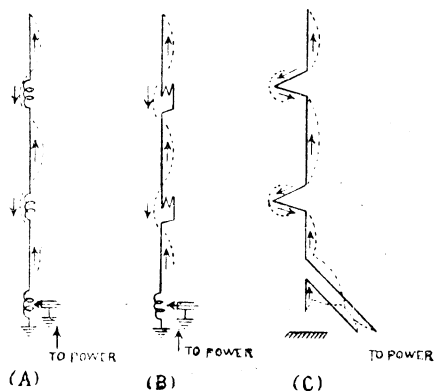
此外尚有甚多折綫方法, 如第150圖 A, 為一種直立天綫之構造。觀圖可知橫綫內有兩個交叉反相電流, 故對外無放射作用, 所餘之 ab,cd,ef,gh,ij,kl, 等豎綫, 以其為



第 150 圖 直立及長方形定向天綫

同相，故得放射也。(B)圖之長方形天綫，亦以橫綫內電流之得互相抵消，故可作為定向天綫之用。

反向電流之放射，更可用感應耗阻等方法取消之。此為英人 Franklin氏之原理。第151圖(A)表示用感應之方法，(B)為用耗阻之方法，(C)則為灣曲反向電流部份，使其無放射是也。



第151圖 Franklin氏三種定向天綫

定向天綫之種類頗多，本書限于篇幅，不能盡述。但為使讀者有更深切之認識起見，特將我國國際電台所用之各種定向天綫，略述如次。

(a) 美國無線電合組公司闊邊拋射式定向天綫 (R. C. A. Broadside Projector Antenna)。此天綫為國際電台之中美電台及中德電台所用者。共有前後兩排(Row)。每排有24根半波單具天綫⁽¹⁾。兩單具天綫之距離為 $\frac{\lambda}{8}$ 。故每排之寬度，為 $24 \times \frac{\lambda}{8} = 3\lambda$ (三波長)。兩排之距離為 $\frac{5\lambda}{4}$ 。各排內電流均屬同相。而後排電流之相，較前排向前 (Leading phase) $2\pi \times \frac{5}{4} = \frac{5\pi}{2}$ 。

若吾人取公式(6)，代以：

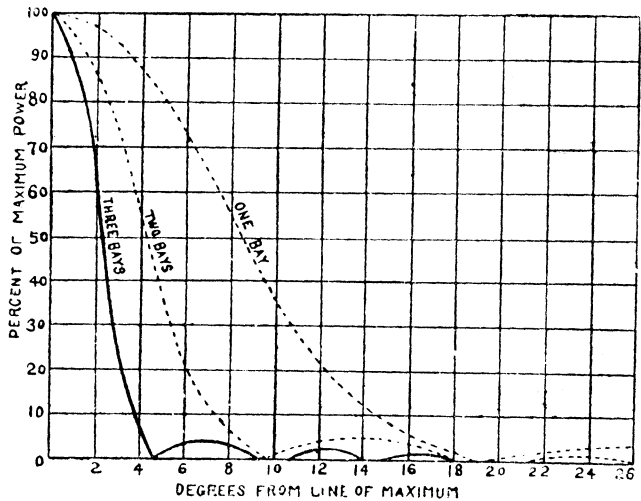
(1) 在實際上，單具天綫之長度，等於 0.925λ

$$n' = 8, n = 24, d_1 = \frac{5}{4}\lambda, \varphi = \frac{5}{4}, d = \frac{\lambda}{8}$$

$$E = a \frac{\sin \left[\frac{5\pi}{2} (1 - \cos \alpha) \right] \sin(3\pi \sin \alpha)}{\sin \left[\frac{5\pi}{4} (1 - \cos \alpha) \right] \sin \left(\frac{\pi \sin \alpha}{8} \right)}$$

最大放射方向，為 $\alpha = 0, E = 48a$ 。至於其他方向 α 之電磁場，可由上述公式推算得之。並得由此劃出電能分配之角曲綫。若欲再加其強度，則以數聯 (Bay) 併成用之。其最大方向之電磁場，將為一聯之電磁場乘聯數而已。例如用三聯者，最大方向之電磁場，為 $E = 48a \times 3 = 144a$ 。同時因聯

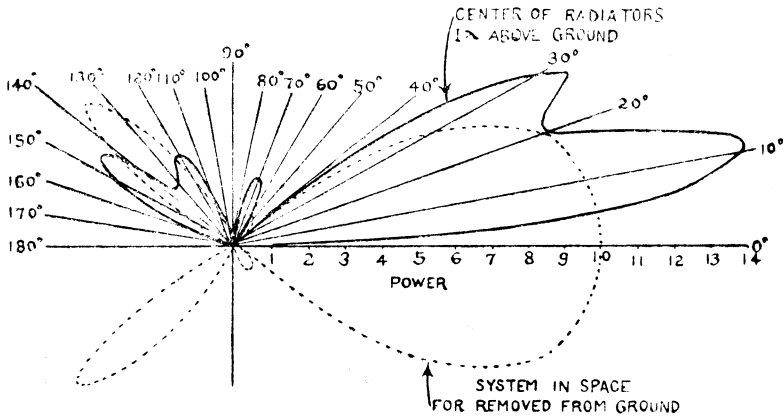
數之增加，定向性亦加強。換言之，稍行離開最大方向，電能即降落達于頗低之數。第 152 圖表示一二，三聯，電能離最大方向



第 152 圖 R.C.A. 定向天線之聯數與定向角度之關係

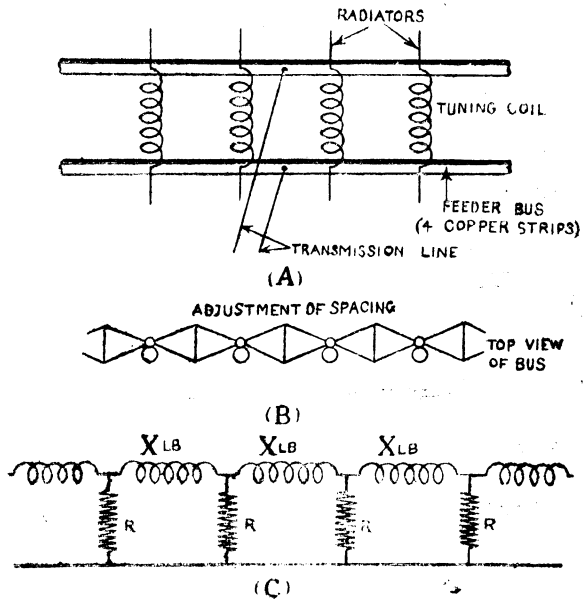
第 153 圖表示該天綫電能，在豎面上之分配現象。其狀態受地 (ground) 之影響而變更也。

各單具天綫電流之供給，如 第 154A 圖 所示。來自發



第 153 圖 R.C.A.定向天線放射電能分佈圖

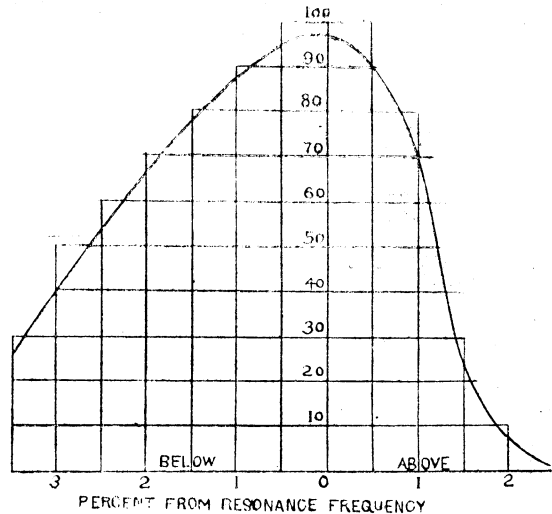
報機之兩輸送綫，達于每排天線之中間。即在其左右兩端，各有半波單具天綫十二根。而另以兩輸送桿 (Feeder Bus)，轉送電流于各單具天綫。為欲使各單具天綫內電流，均能達于同相起見，每單具天綫之中間，有一配諧線圈 (Tuning coil)。當此綫圈之感應與天綫及輸送桿之分佈容量，互相配諧時 (即能互相抵



第 154 圖 R.C.A.定向天綫之配諧方法

消費者)，則A圖之設置，可以(C)圖之相等綫網(Equivalent Network)代之。其中 X_{LB} 為輸送桿之分布感應，R為各種損失及放射替代耗阻。若再給單具天綫以相當長度，(即小於半波長)，則可使各天綫內電流，幾盡為同相。惟強度自中間達于盡端，稍為降落耳。此種情形，稱為天綫之諧振情形(Resonant condition)。若電波週率，稍有變動，諧振情形，不能實現，放射電能，因之減小。故此天綫之調準方法，有如下述者：

取一接收器，及一熱電表(Thermo-couple)，在天綫放射最大方向二千英尺之外，量其放射電能。同時又劃一週率與電能互相變遷之關係曲綫，如第155圖。設諧振週率，較所欲發週率或長或短，則移動每輸送桿之距離(154圖B)以變更其分佈容量；而得適宜之諧振週率可也。



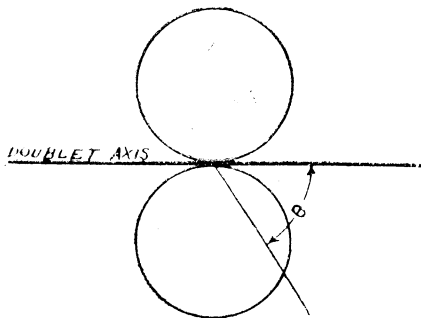
第155圖 R.C.A. 定向天綫放射電能與週率變遷之情形

此外發報機連天綫之輸送綫，為雙層地纜式(Conce-

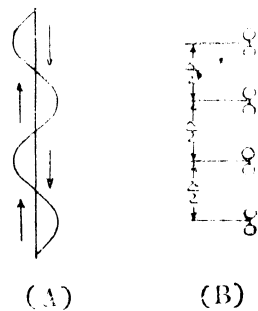
entric cable)。其特性總阻(Surge Impedance)爲600 ohms。而另有一總阻配合箱(Impedance Matching Box)，用以配合天綫之荷載總阻(Load Impedance)，及輸送綫之特性總阻。藉以取消輸送綫上之定波(Standing wave)，而使天綫得放射最大之電能。

(b) 美國R.C.A.公司 V 字形定向天綫上面所述者稱爲 R.C.A.之 A 式 (Model A) 定向天綫。近年來該公司更進而研究他種方式之定向天綫，其已告成功而見諸實用者，有 B,C,D 三種。構造原理三式皆同，但與 A 式迥異。係根據長波收訊天綫之稱爲 Beverage 或電波天綫 (Wave Antenna) 者而構成，蓋此種天綫富有定向性也。

吾人知甚短之 Hertz 式雙極綫 (Dipole)，其最大放射。在與軸成垂直之方向，至沿軸綫方向之放射，則等於零。第 156 圖表示其電磁場之角曲綫，故雙極綫放射之具有

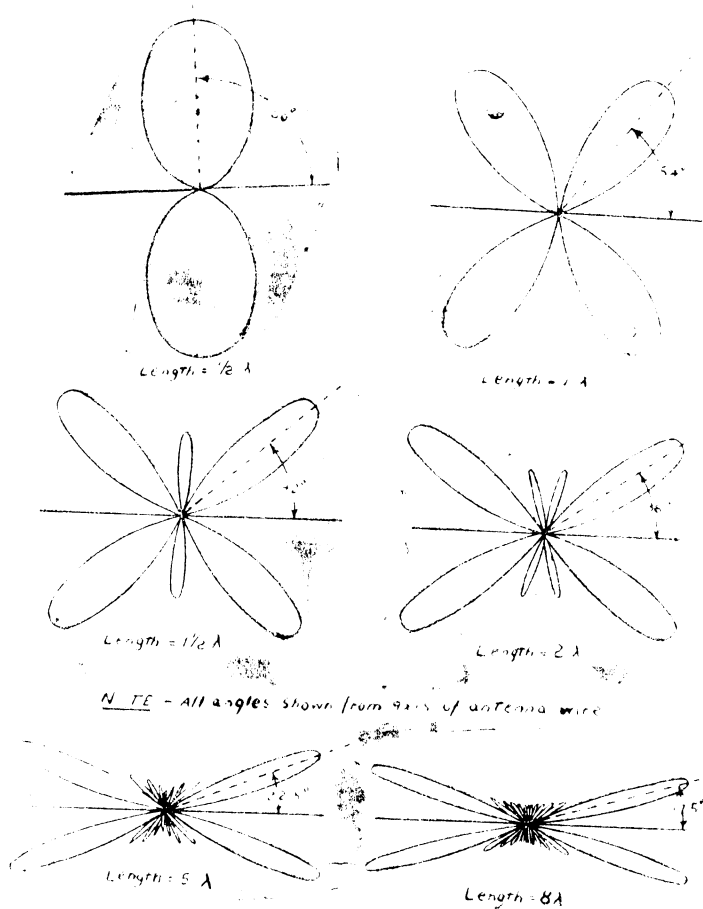


第 156 圖 雙極綫之放射圖



第 157 圖 長直綫之放射作用

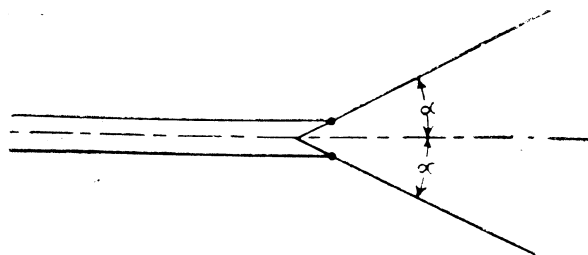
定向性，甚為明顯。今若有一直綫，長度為波長之數倍，其間電流分佈狀態，如第157圖 (A) 所示，可視為由四個半波 Hertz 天綫或四個雙極綫 (第157圖B) 所組成。依數學之推算及實驗之考查，可證明此綫之放射具有定向性。其強度及電磁場之分配情形，則隨綫之長度而異，第 158



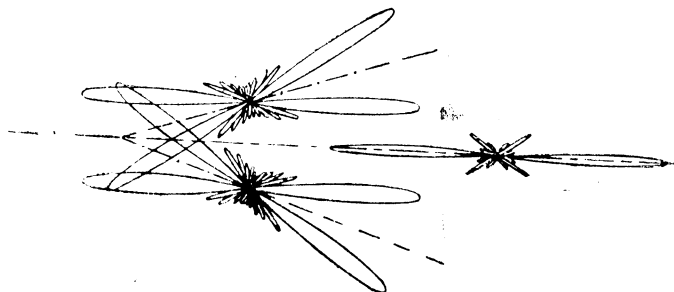
第 158 圖 各種不同長度直綫之放射圖

圖即表示各種不同長度直綫之放射角曲綫也 (1)。

R.C.A. D式 (Model D) 定向天綫爲我國國際電台所採用之一種，即係應用上述原理構成者，但以數波長之直綫折成 V 字形，故又稱 V 字形定向天綫 (第 159 圖)。蓋此種設置可以消滅單綫所有其他方向之附屬放射，而使成爲一種強性定向放射也 (第 160 圖)。



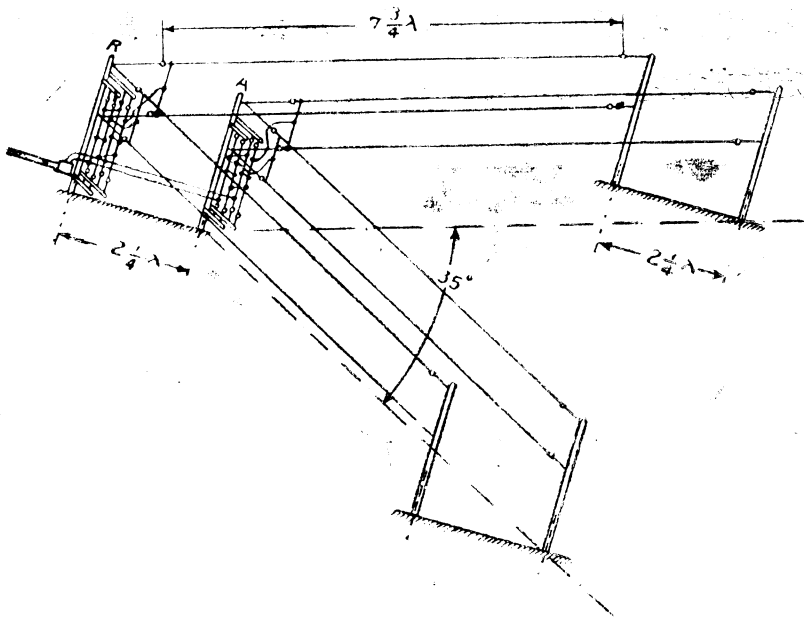
第 159 圖 V 字形定向天綫



第 160 圖 V 字形定向天綫之放射

(1) 電磁場之計算頗複雜，讀者欲知其詳，可參閱 Proceedings of I.R.E., Vol.19 No.10 所載之 Development of Directive Transmitting Antenna by R.C.A. Communications, Inc.

第161圖爲一已構成之V字天綫。全體共分A,R兩部，相距 $2\frac{1}{4}$ 波長。每部復有上下兩層，相距則約半波長。A部內電流之相，較之 R 部分向前或向後 $\frac{1}{4}$ ，使最大放射方向，或爲A—R，或爲R—A，如在.161圖之接法，則爲

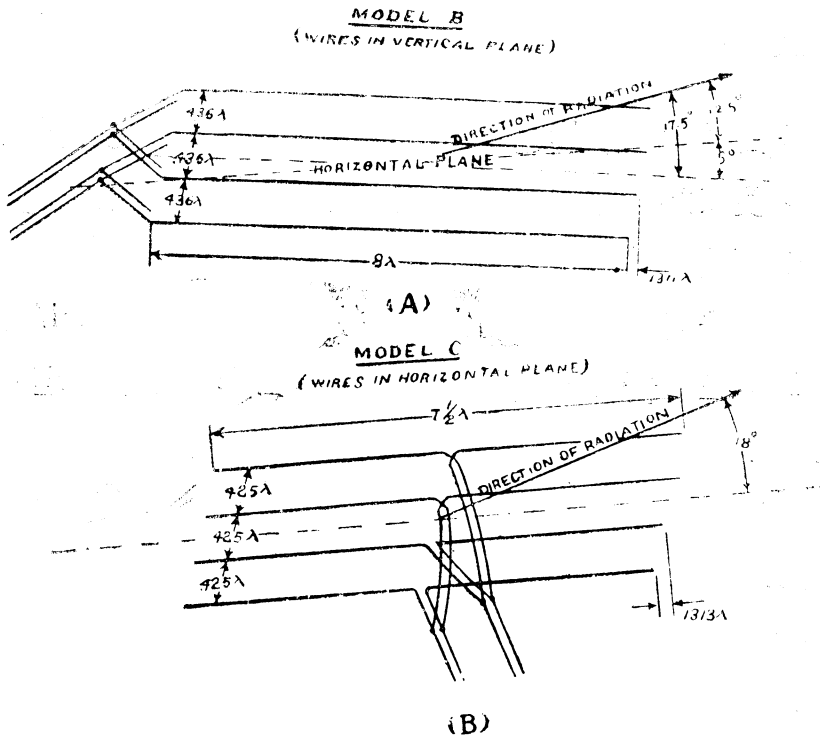


第 161 圖 V字形定向天線之構造

R—A也。然欲使其成爲A—R，則祇須交換 A及R 之兩輸送線即可。

此外R.C.A 之B 式及C 式兩種天綫(我國尙未採用)，亦係根據同樣原理，應用甚長直線及相當之配置，使其祇有單向(Unidirectional)之放射，第162圖A爲B 式定向天綫

之構造，B圖則為C式之形狀也。其不同點，在B式各綫均設于一豎面上，故有垂直分極放射 (Vertically polarized radiation) 在 C式則各綫均在一平面上，故其放射為水平分極電波 (Horizontal polarized Wave) 也。



第 162 圖 R.C.A.之B及C兩定向天綫

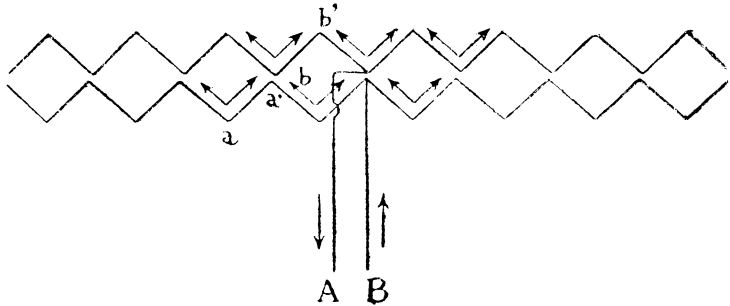
上述之R.C.A. 四種天綫，若據該公司歷年試驗所得而比較之，則有下列之結果：

	Decibels Gain Over Half Wave Dipole 利益	Power Ratio To Half-Wave Dipole 電能比數	Directivity 定向性
Model A	10	10	16.4
Model B	12	16	26.3
Model C	12.4	17.5	28.7
Model D	16	40	65.6

其原理由於此種狀態之設置，可取消單線所有之各種放射附葉，使成爲一種富有極強定向性之放射，觀之第 161 圖，可知其大概情形也。

(c) 法國無線電公司定向天綫 (S. F. R. Aerial, type C—M)。在前吾人已述及 C—M 或鋸齒形天綫之原理。今

若以兩具此種天綫，疊成如第 163 圖之形狀。而以兩輸送綫 AB



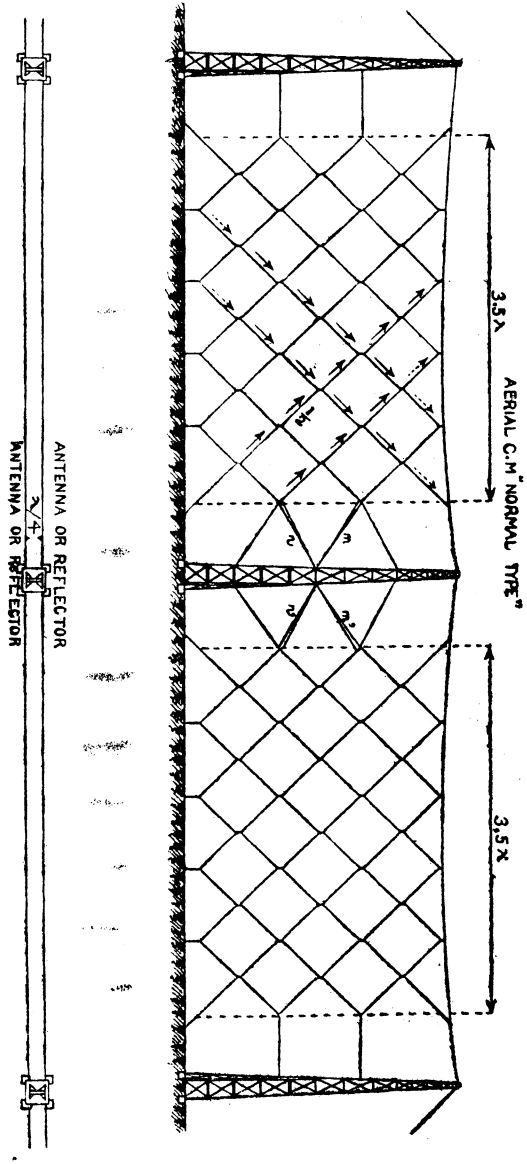
第 163 圖 兩層鋸齒定向天綫

，供給其電流。各單具半波天綫，如 aa' ， bb' 等之電流方向，如圖中各矢所指，故均屬同相，可視爲等於一波長之天綫。而使天綫在豎面之定向性，得以加大。

AB 兩綫輸送線，因相距甚近。其任何相對兩點之電流，常為反相。故無放射作用，不致擾亂天綫上電流之分配狀態。即使其有數波長之長度，亦無大碍。但于用極長輸送綫時，而同時又須傳遞甚大之電能者，則最好用配合總阻法，取消綫上之定波，以減小電能之損失。

第 163 圖之天綫，共有三十二根半波單具天綫，而造成甚多 X 形或方形。全部寬度，約等於五至六波長。定向角度，約在 20 度之內。凡離開最大方向 5 度左右者，電能即減小至半數以下。該公司之正式 C—M 天綫 (Aerial

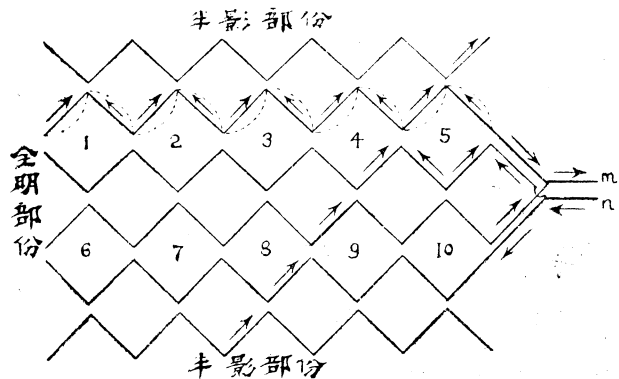
第 164 圖 法國無線電公司之 C—M 定向天綫



C—M, Normal type), 其面積更大, 故定向性亦愈強。全部設置情形, 如第 164 圖。

在此天綫, 每半面共有十個方形(第165圖), 即四十根半波單具天綫, 故全部共有八十根半波單具天綫。引入綫 m, n, m', n' , 爲等長, 而連于鐵塔中間下面之輸送箱 (Feeder Box)。在兩列方形或X形之外, 上下各有一列半X形, 稱曰半影部份 (Penumbra or dimlight Zone)。至中部之全X形, 稱曰全明部份

(Active or full light Zone)。因全明部份, 可于半影部份, 產生較小之感應電流, 自動增加天綫之排數, 故此種



第 165 圖 C--M天綫之半面構造情形

設置, 極爲有益。蓋否則天綫感應電流, 將于鐵塔或拉綫內損耗, 而今則變爲有用之放射電能矣。

在此放射天綫之背後, 更有構造完全相同之反射天綫。兩者之距離爲 $\frac{\lambda}{4}$ (第 164 圖)。依後者電流之較前者向前或遲後 $\frac{\pi}{2}$ (1) 而能取消後面或前面之放射。因此有兩個相

$$(1) 2\pi\varphi = 2\pi \frac{d_1}{\lambda} = 2\pi \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2}$$

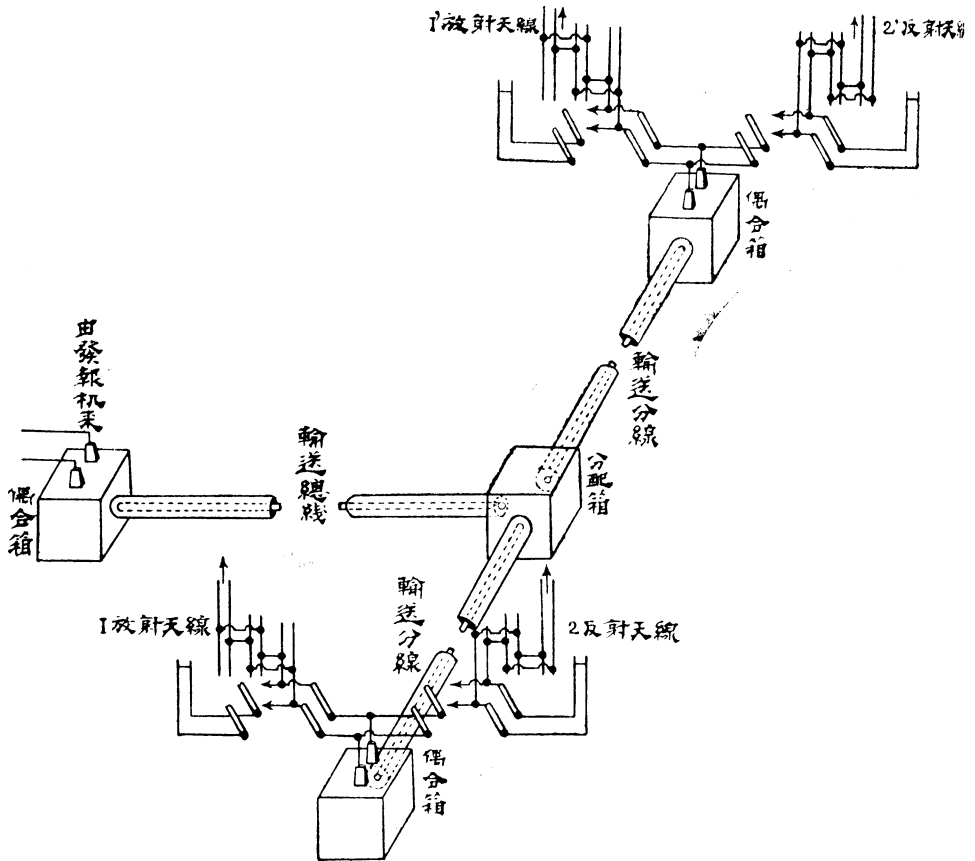
對方向傳遞之可能性。

此天綫甚易構造，且能拉緊。調準亦不費時，祇須取消輸送綫之定波，以及較對前後兩排天綫電流之相位而已，故于數小時內，即可完工。

若週率稍有變更，或方向不甚準確，對於放射，亦無大碍。例如在 25m 週帶者，即使週率差 200KC，天綫之效用仍不減弱。故一天綫得同時作為發送數週率之用。此外設方向不甚準確，則可變更前後兩排天綫電流之相位而校正之。

第 166 圖表示天綫電流之供給方法。此天綫為該公司新式晶體控制發報機，用于 16m.44 者（與真茹所用者不同）。共有兩聯。電流之輸入，在每聯之中間，故有四部份。以 1:1' 為前行，2:2' 為後行。其設置情形如次。中間為 400m 長雙層地纜式之輸送總綫。而由一偶合箱與發報機相連。偶合箱之作用，為使發報機對地平衡之高週電壓，變成單向式。以一端連絕緣之綫，一端接鉄管而通地。絕緣之輸送總綫，達一分配箱，而供給兩輸送分綫。兩分綫各達一偶合箱，其作用與台內之偶合箱適反，所以使輸出處，有對地平衡之電壓。偶合箱之輸出處，接入兩可變長度之綫。此綫上有定波，但以天綫有放射，故不致甚大。此綫長度宜調準，使連偶合箱之端，為一電流峯。蓋

若此可使偶合箱之荷載，猶如一耗阻。此外另有兩換向電
 鑰R。如圖，1及1'作為放射天綫。2,2'為反射天綫，而不供
 給電流。取消反射天綫背後電磁場之方法，以2,2'之下垂



第 166 圖 C—M天綫之輸送方法

導綫s 短路，而調準其長度，使反射天綫內之感應電流，
 有適當之幅與相是也。

(6) 定向天綫之構造與應用。——如前所述，吾人將

導綫折成各種形態，即能造成形式不同之定向天綫。實則導綫之幾何形體，可變更電流之分配情形。例如綫之定波，往往受轉角或偶合等不規則反射作用，發生甚大之變化，致學理上所擬就之方法，完全失其效用。雖各種定向天綫，未必有同樣情形。然而于數波長之曲綫，其長度與學理上之半波長天綫之計算，相差至2或5%。再導綫上電流之幅與相，在供給點及綫之盡端，不能完全相等，故綫之長度，往往受有限制。普通定向天綫之長度，不超過三或四波長。

定向天綫與發報機，往往相距甚遠，故必須應用無定波之輸送綫，作兩者聯絡之方法。輸送綫有兩種，一爲平行裸綫式 (Balanced open wire type) 一爲雙層地纜式 (Concentric tube type)。地纜式對於內導綫 (Inner conductor)，有隔離作用 (Shielding effect)，是以無放射之損失，效率較裸綫爲高。但構造不易，價值頗昂。裸綫式價值低廉，且易與天綫相接連。惟設置裸綫時，宜十分留意。最要者，兩導綫之長度，必須完全相等。例如轉角處，可發生不平均之現象，宜折成環狀，設法取消之。其他輸送綫與天綫，可產生不正當之偶合。此種情形，以接近天綫處爲尤甚。亦當設法減至最低限度。再因此而產生之感應電流，可影響發報機之工作，致大部份電能，由放射或通地而

損失。但此種感應電流，不易檢查，故必須於設置天綫時避免之。

欲避免天綫之電能返至輸送綫，而產生反射損失者，必須使天綫與輸送綫接連處之總阻，等於輸送綫之特性總阻。但實驗上兩者之總阻，常不能相配合，故有應用變壓器之必要。其形式大抵為配諧的，稱曰配諧變壓器 (Tuned transformer)。但有時亦可用一節輸送綫 (Transmission Line)，以代變壓器，較為簡便而經濟也。

設吾人有一節輸送綫，其長度為 l ，特性總阻為 Z_0 。若 Z_r 為接受端 (Receiving End) 之總阻， Z_s 為發送端 (Sending End) 之總阻，吾人知其有兩種情形。設綫長等於半波， $Z_s = Z_r$ ，其作用猶如 1:1 之變壓器。若綫長等於 $\frac{\lambda}{4}$ 則有：

$$Z_s = \frac{Z_0^2}{Z_r}$$

其作用猶如一升壓變壓器 (Step up transformer)，或一降壓變壓器 (Step down transformer)。其比數 (ratio) 隨特性總阻 Z_0 ，即輸送綫之寬度 (Spacing)，及綫之直徑 (Diameter) 而變遷。欲知總阻之電能配合與否，可由接受端電流 I_r 及發送端電流 I_s 求之。設吾人以爲收發兩端之電能為相等者：

$$Z_s I_s^2 = \frac{Z_0^2}{Z_r} I_s^2 = Z_r I_r^2$$

由此，可以求得：

$$\begin{aligned} Z_r &= Z_0 \frac{I_s}{I_r} \\ Z_s &= Z_0 \frac{I_r}{I_s} \end{aligned}$$

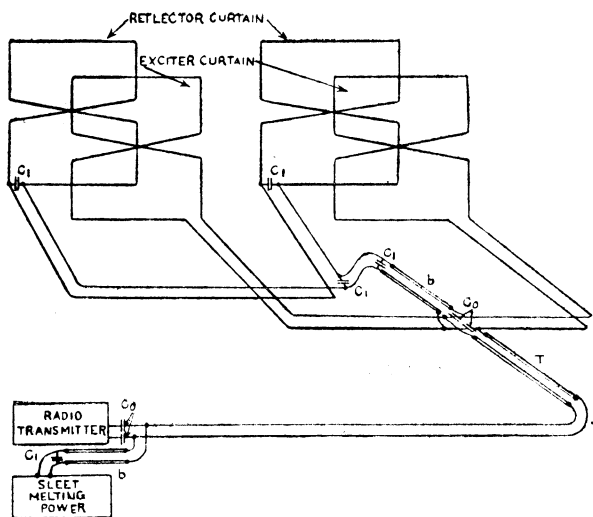
因此若輸送綫之任何兩點，凡相距 $\frac{\lambda}{4}$ 而有相等電流者，即爲總阻之能配合矣。

再則， $\frac{\lambda}{4}$ 長導綫之另一極佳性質，即接受端之荷載，幾等於零。而發送端之荷載，則甚大。是以可利用之，使天綫內各種擾亂電流，通地而消滅之。或作爲通過去潮電流 (Sleet melting current) 之用。至高週電流，則以有極大總阻，不能通過此種導綫也。

在闊邊拋邊式天綫，無須將每單具或每排天綫之總阻，與作爲變壓器輸送綫之特性總阻，完全配合。例如在15 m，即使總阻之配合，差百分之五十，亦不致有極大損失。此層對於製造及調準手續，便利甚多。

氣候對於裸綫之關係甚大。其絕緣耗阻 (Insulation resistance) 傳遞速率 (Velocity of propagation) 特性總阻 (Surge impedance) 等，咸受其影響。例如既經與天綫配合之輸送綫，在潮濕或雨雪時間，綫上可發生極強之定波。其原因由於輸送綫之分佈容量，受雨雪而變更也。欲去此弊病，則于輸送綫及天綫之內，通一電流，使之發生熱度，而溶化雨雪。此電流即稱爲去潮電流 (Sleet melting curr-

ent)者也。第167圖所示，為倍爾電話公司 (Bell telephone laboratories, Inc. New York City) 定向天綫所用之去潮綫路 (Sleet melting circuit)。天綫為長方形闊邊拋射式，有放



第 167 圖 倍爾電話公司天綫之去潮方法

射及反射兩部。使高週電流及去潮電流不致互相混雜，而各盡其用者，有如下之構造。如圖，斷路電容器 (Blocking condenser) C_0, C_1 ，可阻止直流電，而使高週電流，得自由通過其間。其四分之一波長綫 (Quarter-wave line) b ，則對於高週電流，有極大之總阻，而直流電可以自由通過。故若細察此圖，可知去潮電流，所行之電路為串聯。高週電流所行之電路為並聯。此外 (T) 為一節輸送綫，作為配合總阻變壓器之用。

(7) 定向天綫之調準方法。下列之調準方法，係對反射天綫不供給電流者言。雖未必能適用於各種定向天綫，但可以作為一種參考。

射及反射兩部。使高週電流及去潮電流不致互相混雜，而各盡其用者，有如下之構造。如圖，斷路電容器 (Blocking condenser) C_0, C_1 ，可阻止直流電，而使高週電流，得自由通過其間。

(10) 調準之第一步手續，宜將反射天綫，先行配諧。因反射天綫，可以變更放射天綫之迴阻 (Reactance)，而變其諧振週率 (Resonant frequency)。設為第一次之調準，而無過去相當結果，可以查考者，則于各單具天綫內，設一電表，以確定及變更線上之定波，使其在適當之地位。變更定波方法，或加長或減短導綫長度，或用他種調準方法，均無不可。反射天綫內所需電流，或由發報機供給，或由感應產生。繼則以電能輸入放射天綫，而變更電波之週率。同時于天綫背後，相離約一英哩處，測量其電磁場之強度。當其達一最小數時，則稱反射天綫已配諧 (In tune)。此部份調準手續，即于此告終。電磁場之降落，經過配諧時，往往甚速且甚深，此時反射天綫內之感應電流，亦為最大。

(20) 反射部份，既經配諧之後，再將放射天綫配諧。其方法亦係變更各單具天綫之長度，使電流之谷或峯，得在其適宜之地點。在實際上。反射天綫，各單具天綫之長度，應較學理上半波長，略長2至5%。放射天綫，應較半波短10%。

(30) 此後再令放射部份之總阻，與中間交接綫 (Inter-connecting lines) 之特性總阻相配合。若綫為四分之一波長綫 (Quarter-wave bars)，必須調準其長度，使在接受端

(連天綫處) 爲一電流谷或電流峯。由此綫兩端電流表指數之比，可推知其每端總阻與特性總阻之關係。既而變更此綫之寬度，以取消發送端輸送綫上之定波，使其各點有相等之電流。

(40) 最後之調準，爲增益週率之測量(Gain Frequency Measurement) 其方法在放射部份，二三英哩之前，測驗電磁場之強度。而劃一電能與週率變遷之曲綫，藉以求尋電能之最大值。在此測量，宜另用一垂直天綫，作爲比較之標準，惟此天綫應與定向天綫相距頗遠，以免發生各種差誤也。

第五章 超短波發報機

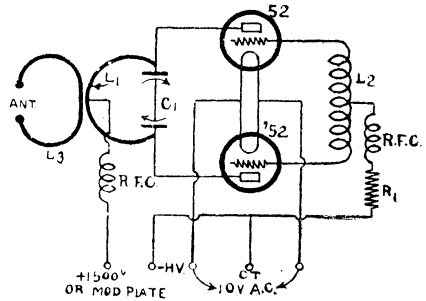
第十九節 波長在一公尺以上之振盪器

自短波無線電興用以來，日新月異，進步極速；唯以其應用之廣而地球幅員之大，波長分配遂成一重要問題。無線電學者因更進而研究週率更高之超短電波，以期有所利用。及至近年，超短波漸形重要，已由業餘者之試驗，步向實用之途，與短波初時發展之情形，正復相似。其前途之光明，當在吾人意料之中也。

超短波之範圍，約可分爲二類：自10m至1.5m爲一類，自1.5m至數mm.爲又一類。前者可以普通短波設備獲得之，後者則須藉用特別之裝置及真空管，始克有成。在昔日已有人利用赫氏振盪器 (Hertz's Oscillator)而得到極短之減幅波，甚至長不及1mm，與光波中最長之內紅線 (infra red 0.32mm)接壤，而光波之反射，屈折，分散 (diffraction)，分極 (Polarization) 等現象，亦可由此種極短之電波，呈現若干。物理學者嘗謂赫氏波與光波，同爲電磁波，其區別祇在波長之不同。此種理論，由是可得一有力之證據。故在物理學上貢獻甚大，但於無線電範圍，則無何等意義，蓋現時無線電所需要者爲等幅波，而非減幅波也。今將各種超短波振盪器分述於下。

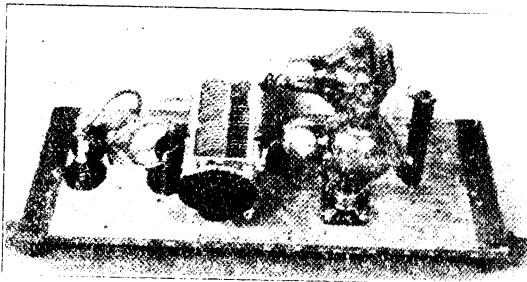
(1) 週率56—mc之振盪器——波長 1m以上之超短波振盪器，已漸見諸應用，尤以週率56—mc 左右之波長(約5m)為最合宜。此種波長，用任何種普通線路，均可得到。然欲求其效果優良，週率穩定，則應選擇一種適宜線路。

第168圖為Armstrong 屏路高電容量之雙管推挽式 (push-pull) ，成效頗佳。屏柵兩電路，用容量偶合，較磁感偶合為優。屏路以較高電容器 C_1 調節，柵路有一固定磁感量 L_2 ，與真



第168圖 強電力5m波長發報機

空管內部屏柵兩極間之總容量(兩管容量串聯)成並聯，屏極振盪線路，完全對稱。高壓直流連絡，須在磁感量 L_1 之中央。活動電容器，係有兩個固定部分 (stator) 者。柵電壓供給，經過一阻流圈 R. F. C.，而接於 L_2 之中點。絲極線路，亦應兩部完全相等，否則能影響波長之穩定。

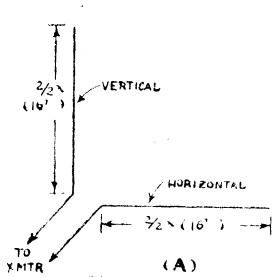


5m超短波發報機圖

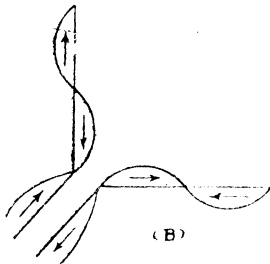
右圖為此振盪器之攝影，如接於微音器及調幅器，則甚適於語言之傳達。

所應用之天線，最簡便者有二種。一種如

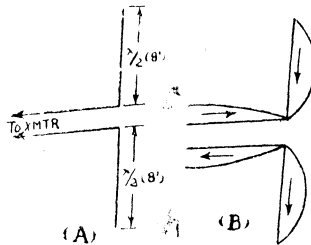
第 169 圖 A 所示，共分兩部互成直角，每一部分均為一波長。垂直部分為一高角度放射器 (high-angle radiator)，



在垂直面上分極 (polarization)。水平部分，亦為一高角度放射器，在水平面上分極。電流在天線及輸送線上分佈之狀態及方向，略如 B 圖。



第 169 圖 5m 超短波放射天線之一



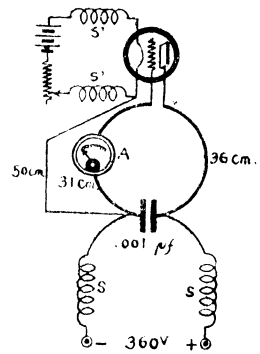
第 170 圖 5m 超短波放射天線之二

為一低角度放射，及垂直面上分極之放射天線。B 圖為其電流分佈之情形，兩部分半波長之天

線，受同位相勵振 (excited in phase)。結果放射電能，集於與系軸成垂直之一平面內。因天線兩部，均係垂直，上下相疊，故電波之分極亦在垂直面上。

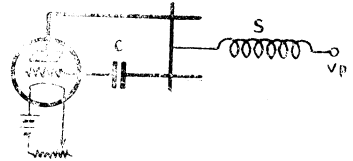
(2) 1m. 至 1.5m 短波振盪器。——

(a) 一管振盪器。1919 年，法國 Gutton 及 Touly 二氏，用第 171 圖之裝置，獲得波長短至 1.5m 之振盪。其後 Holl-



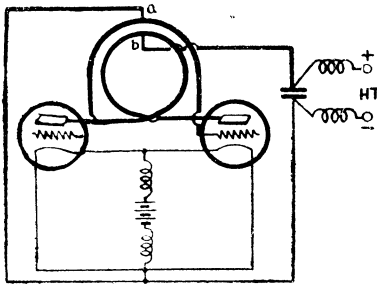
第 171 圖 Gutton 及 Touly 之超短波振盪器

mann 氏，將此線路略加改良(第172圖)，而得到最短92cm之波長。此種裝置，所不便者，為須用阻流圈S，以免高週電流消失於連接電池之線路中。



第172圖 Holmann氏超短波振盪器

(b) 兩管振盪器。Holborn及Mesny 二氏，用二真空管並列之振盪器(第173圖)，甚易得到電能較強之超短波(入_{min}=1.2m)。在此器



第 173 圖 Mesny氏兩真空管之超短波振盪器

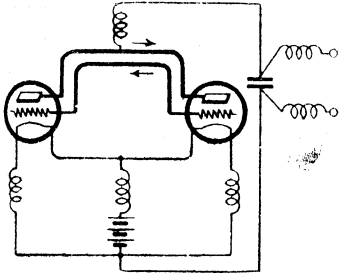
中，屏極連線呈交叉形，使屏路與柵路間之互感(Mutual inductance)為負數，所以便於維持振盪也。偶合增加，則波長亦增加。

電池之連線，須固定於屏路

及柵路之中點(圖中a及b點)。

設兩真空管完全一式，則在此兩

點之電壓，穩定不變，故無須另加阻流圈。謹慎處理屏連線，柵連線及其偶合度，即可獲得甚強之振盪矣。真空管內部之容量甚足應用，不必另置電容器。且在甚短之波長，此種管內容量，有時過大，使屏柵線路間產生過高之偶合，而不得利用零或竟正數之互感量，以消滅之。如第174圖(C.Gutton及E.Pierret)所示，屏極連線，並不交叉，故偶合增加反使波長減短。用此裝置獲得1m至1.1m之



第174圖 Gutton氏兩真空
管之超短波振盪器

波長甚易。但欲求更短者，則常因
連線之不能再短，而無法實現。其
後Kohl氏減小真空管內各極之面積
，並設法將振盪線路裝設於真空管
內部，如此可得到30cm至150cm之
波長，同時並察出有負耗阻 Negative
resistance之存在。

上述數種裝置，屏極電壓均為正數（對絲極而言），
自200V以至600V。柵電壓與絲極相近。所產生振盪之波
長，由各極間連線及真空內部容量所構成之振盪電路而定
。至各極電壓之高低，及絲電流之強弱，對於波長變化，
則祇有極微之影響。振盪之維持廢續，由于屏柵兩電路之
耦合，與長波同理。但 Kohl 氏則謂，據彼所研究之超短
波振盪，其維持係由于負耗阻之作用。

第二十節 由電子振盪所產生超短波之振盪器

欲求1m 以下之波長，用前節所述之裝置，甚為困難
，故須另覓新途，此則有賴於 Barkhausen 氏之發現也。

(1) Barkhausen — Kurz 之振盪器，——1919年末
Barkhausen及Kurz 二氏研究真空管之抽空程度時，使柵
極受甚高之電壓（對絲極而言），屏極則加以微弱之負電壓
。設抽空甚佳，則應無屏電流存在。但如抽空不佳，則飛

向柵極之負電子，能于途中衝擊氣體之原子，使脫離所含之負電子，成爲游離狀態之正游子 (positive ions) 而飛向負電極(即屏極)，如是應產生一微弱之負屏電流(即與普通之屏電流相反向)。在此試驗中二氏所引爲驚異者，即在某種情形之下，雖加屏極以甚高之負電壓(—100V)，乃竟有正屏電流之發現。此種現象，只可以有特種振盪之存在解釋之，如屏極上由此種振盪所產生之電壓，其振幅較大於外加之負電壓時，則屏極在此時即呈正性而能吸收負電子，如是即有正屏電流通過矣。今用 Lecher 線 (測量波長用見後附註) 兩條連於屏極及柵極，此種振盪即可察出。所得波長甚短，在 1m 左右，並可證明波長依下列諸值而變更。

1. 柵電壓 V_g $V_g = 500V$ 時
 $\lambda_{min} = 43cm.$
2. 屏電壓 V_P V_P 自 +4 至 —300V 時
 λ 自 240cm 至 104cm.
3. 線電流 I_C I_C 自 0.8A 至 1.5A 時
 λ 自 214cm 至 131cm.

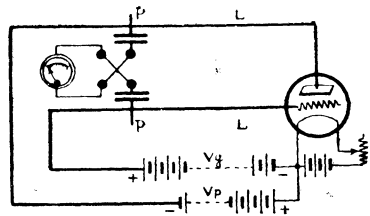
再波長與柵電流(正數)之關係，可以下式代表之：

$$\lambda^2 V_g = \text{Const.} \dots \dots \dots (1)$$

此種振盪，似與外連電路中之磁感量及電容量無關，

故彼等設想為環繞柵極周圍之一種電子振盪 (Electron oscillation)，今即稱為 Barkhausen—kurz 振盪，茲後簡書為B—K振盪。

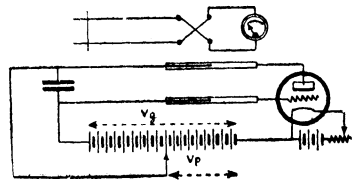
第175圖為B—K振盪器之裝置，屏極為負電壓，柵極正電壓，振盪產生於真空管內部，可由 Lecher線察出之。



第175圖 Barkhausen—Kurz 之超短波振盪器

其後1922—1923年中 Scheibe 氏用特形真空管作同樣之試驗而證明Bardkhausen氏之結果。

(2) Gill—Morrell之振盪器——1924—1925 年中，美國Gill及Morrell二氏重作試驗，第一次用 Barkhausen之裝置，屏電壓 $V_P = 0$ ，結果證明上列公式之正確。第二次用第176圖之裝置，施正屏電壓 $V_P = +160V$ ，柵電壓則更高，測量線則用偶合方法，結果獲得下列公式：



第176圖 Gill—Morrell之超短波振盪器

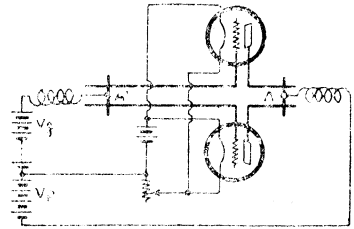
$$\lambda_2 (V_g - V_P) = \text{Const.} \dots \dots \dots (2)$$

二氏試驗所得振盪之週率，並不由各極之面積及其電壓而定。反之，在某一限度內，外連振盪電路頗有重要關係，此種振盪稱為 Gill—Morrell 振盪，以後簡書為 G—M

振盪。

(3) Scheibe氏兩真空管之振盪器——在各種單管裝置之振盪器，振幅均甚微弱，故不得不用高柵壓及強絲流，因而真空管之壽命變為極短。是以欲求較強之振盪，宜用兩個或更多之真空管並聯，Scheibe氏首先應用此法(第177圖)而獲得五倍至七倍強度之振盪。

唯兩管須完全一式，再通電壓之連線須在電壓之谷點Voltage Node(圖中AA'兩點)。因在兩屏連線及兩柵連線上有定波 (Standing wave) 生成故也。



第177圖 Scheibe氏之超短波振盪器

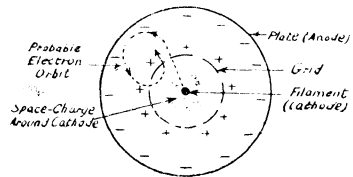
Scheibe氏用屏電壓0至—300V而獲得 30cm.至300cm之波長。

(4) 真空管內電子振盪之理論。——真空管內電子振盪之週率，所關因子 (factor) 至多，如各極之面積，形狀，距離，電壓，絲極電流之強弱，管內剩餘氣體之壓力，以及管外線路等，均有多少重要影響。學者常根據其本人實驗之結果而理論遂有出入，往往善能解釋一部分現象者，於其他現象即難說明。良以此種振盪，內容頗不明晰，諸因子常互相關連。變其一其他因子往往亦隨之而變，因使現象複雜。且有時二因子變化所生之結果完全相反，以致

實驗之結果甚不可靠。故至今尙無一完滿之理論，足以包羅一切，善能解釋此中玄妙也。

但今日已認爲毫無疑意者，即此種振盪確係由於真空管內部各極間所產生之電子振盪而成。絕非如普通振盪器，由屏柵兩線路之容量或磁感偶合所生之回授作用 (regenerative action) 而引起之振盪也。據Hollmann氏詳細研究之結果，電子振盪可分爲數種，其中最重要者，即前述之B—K振盪及G—M振盪兩種。Hollmann氏之理論，比較上最近乎事實，茲略述如下：

(a) Barkhausen—Kurz 之振盪——如柵極施以甚高之正電壓(對絲極而言)，屏極電壓則爲零或微負，則真空管內電子運動之情形，可如下解釋之。絲極放出之電子羣，爲高柵壓所吸引，而以極大之速度向前進行。其中有因速度過高而能穿過柵極逕趨屏極者，但爲屏極負電壓所反逐而徘徊不前，終乃返回原路，復穿過柵極而與絲極新放出之電子隊結合，再作新攻擊，如是往返不息即成電子振盪矣。每一電子所走之路經，當如第178圖所示。振盪之週率，即由此路經之長短及電子之速度而定，與真空管外連線路之各種數值無關。路經之長短，當然取決于各極間之



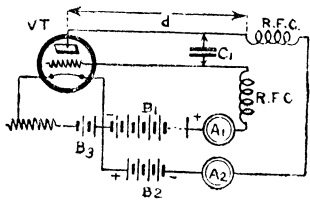
第178圖 電子振盪之狀態

距離。電子速度則依柵極正電壓而變。今用一真空管作試驗，設各極均為平面，且距離相等，屏絲電壓均為零，則可證明下列之公式：

$$\lambda = \frac{1000d_a}{\sqrt{V_g}}$$

此即前節之公式 (1)，特常數 (Constant) 已經決定耳。式中 d_a 為兩極之距離， V_g 為柵電壓。游離電子 (Space charge) 之作用，則未算入 (在低柵壓時游離電子甚關重要)。

(b) Gill-Morrell 之振盪。如第 179 圖之裝置，所用真



第179圖 產生B-K及G-M

兩種振盪之線路

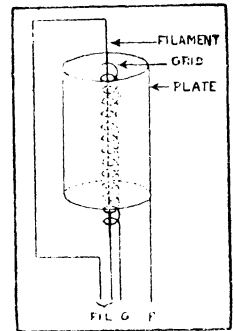
空管電極為圓筒形，電容器 C_1 在屏柵兩極之平行連線上，成一滑動之橋，距離 d 因之可長可短。Hollmann 氏用此裝置證明 d 之長短在某一

範圍內時，振盪器產生 B-K 振盪，其性質已如上述。在此範圍內，振盪週率與距離 d 之變化，無甚關係。但如 d 之數值出此範圍時，則另有一種振盪產生，是即 Gill-Morrell 之振盪也。其性質與前者迥異，蓋其週率實際上與各極電壓無關，幾全受外連振盪電路數值之支配。兩者同由一器發生，皆為電子振盪，但其性質相反如此，似不可解。Hollmann 氏則謂 G-M 振盪，係由於導入振盪線圈之交流電壓，重複於各極上原有之直流電壓而成。蓋定止之靜電場與振盪週率之交流電場相重疊，

能使電子振盪之週率增加，電子運動遂異於純粹之B—K振盪，結果有一種新振盪產生，瞬即達到穩定狀態，而以外連振盪電路本身之週率為其振盪週率，此即G—M振盪之成因也。一般言之，以相同之極壓，G—M振盪較B—K振盪強度為大，週率亦較高。Hollmann氏曾用特式之真空管作試驗，將振盪電路設于管內，結果得到波長 21cm 之B—K振盪。但如調節適當，則波長15cm之純粹 G—M 振盪，甚易獲得。

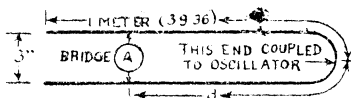
在兩種振盪交界處之部分中，兩種振盪同時存在。唯較強之G—M振盪，常掩蔽較弱之B—K振盪，以致後者不易察出。

由多數實驗之結果，知欲產生電子振盪，以電極呈圓筒形及具有同心軸之真空管，為最適宜(第180圖)。



第 180 圖
圓筒形電極及同心
軸之真空管

附註：超短波之測量器——第181圖之裝置，稱為Lecher wire system, 可用以測量2m



第181圖 Lecher wire system
為2m 以下超短波之測量器
長，當為d長度之二倍。

以內之波長。測量時此器應與振盪器成疏耦合 (Loose coupling)，移動橋之位置至A表指示最大之電流時，即達到諧振。所量波

第二十一節 超短波之特性及其應用

在短波範圍中，波長愈短則愈能及遠，然一入10m以下之超短波境域，其致遠能力反形消失。前第一章第三節短波之傳遞問題中已言及之。蓋超短波在海氏層中，或則完全不能反射，或則反射而投出地面之外，故祇能藉地波爲其傳遞之媒介。地波易被吸收不能及遠，則吾人早已知之。超短波雖有此重大缺點，然以其具有特殊性質，用作短距離通訊，極爲適宜。

超短波週率與光波接近，故其性質亦多類似，如其傳導之方向概依直線進行，絕無迂迴曲折之象，故短波所常遇之衰落 (Fading) 回聲 (Echo) 變音 (distortion) 等現象，爲超短波所不經見，且不易受中途障碍物之影響。射程之遠近亦有一定範圍，與所用電力之大小及所居地位之高低爲直接因果，故能自由控制，此于通訊之秘密極關重要。

超短波又能如光波利用金屬弧面，使之集中向一定方向反射，因之可以增加電力。且波長既甚短，所需之反射鏡亦不過大，易於設置。

再則對於電波之干擾，以及天電，氣候，時季等各種困難之障礙，超短波均能不受重要影響。而其波帶之豐富，更屬運用不窮，實爲短距離通訊無上之利器也。

超短波之興起爲時無幾，現尙在努力研究之中。然自1934年春季英法海峽兩岸以18cm之波長成立通話後，卽已正式步入實用之途。同年底美國R.C.A.公司復成立夏威夷島之超短波無線電話。超短波既有各種異常性質，則其將來發展之途徑，當極廣大。其已見諸實用或正在研究，以及吾人意念之中者，已屬指不勝屈，例如短距離之無線電報與電話，海陸空各種交通工具之相互通訊及其與陸上之通訊，城市內之廣播，電圖，電視等，以及天文，氣象，航海，軍事，探礦，醫學，科學等幾于無路不通，其前途之光明偉大，誠難預加估計也。

第六章 檢音器及測週器

無綫電通訊日形發達，電台亦漸多，欲其不相干擾，則各電台必須絕對遵守其所分配之週率。尤以業餘家，因適用之週帶，受有限制，更應特別注意，使不致觸犯萬國無綫電公約之條例。下表爲其應用之週率及宜遵守之範圍：

額定週率 K.C.	1750	3500	7000	14,000	28,000	56,000
各週帶 之範圍	1715—2000 K.C.	3500—4000 K.C.	7000—7300 K.C.	14,000—14,400 K.C.	28—30 M.C.	56—60 M.C.

是故鑒定發報機信號及波長之器械，極關重要。此種器械可分兩類：一爲檢音器 (Monitor)，用以檢察發報機所發出之音號，是否純正清晰，或週率有無變動。一爲更較精確之測週器 (Frequency Meter) 或稱量波表 (Wavemeter)，用以確定所發電波之週率或波長。此二器械，實爲電台不可缺少之主要附件，其構造亦應詳加審慎。今分論之如下。

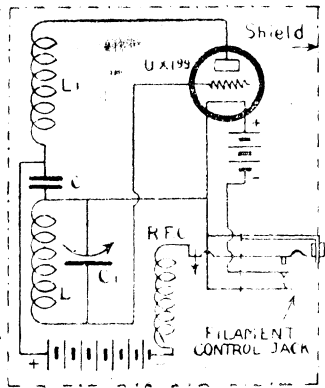
第二十二節 檢音器

欲知電台所發出之訊號，是否純正清晰，或週率有無變動，則應備一靈敏之檢音器，時時察驗之。所謂檢音器者，實卽一小型之振盪器，或依更確切之解釋，爲一自差式接收機 (Autodyne Receiver)，置於完全隔離之金屬箱內

。欲其功效優良，則須滿足下列條件：

- (1) 在所需之波帶內穩定振盪。
- (2) 所需之波帶宜適當分配於全刻度盤。
- (3) 隔離裝置宜完善，庶可使檢音器置於發報機附近，而與其主週率產生週差(Beat)時，不致有不良之音號。
- (4) 各部分品質，須優良耐用。
- (5) 分度 (Calibration)宜精確，且有持久性及不受人手之影響。

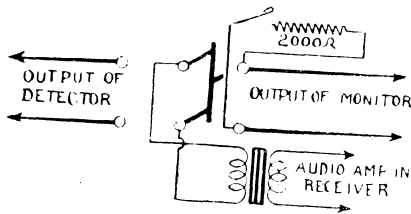
第 182 圖爲一簡單檢音器之構造。細察之可知其乃一



第 182 圖 檢音器之構造

連給之 Split Coil Hartley 線路也。絲電流由一 3V. 之乾電池供給，屏電流則由一小型 22½ V. 乾電池供給。隔離箱係用鋁製成。圖中之阻流圈 R. F. C. 用以防止發報機之高週電流，不致由耳機之導綫影響及于檢音器。

檢音器可單獨應用，祇須以耳機用插足 (Plug) 插入插口 (Jack)，由週差之作用，收聽發報機之音號。若因發報機之電能過小，或欲求更大音訊，則于檢音器之後，接一成音週率擴大器。成音週率擴大器，無須另行添置，可裝一兩面電鑰，接連如第 183 圖與收報機所用者合用可也。



第 183 圖 收報機成音週率擴大器之接法

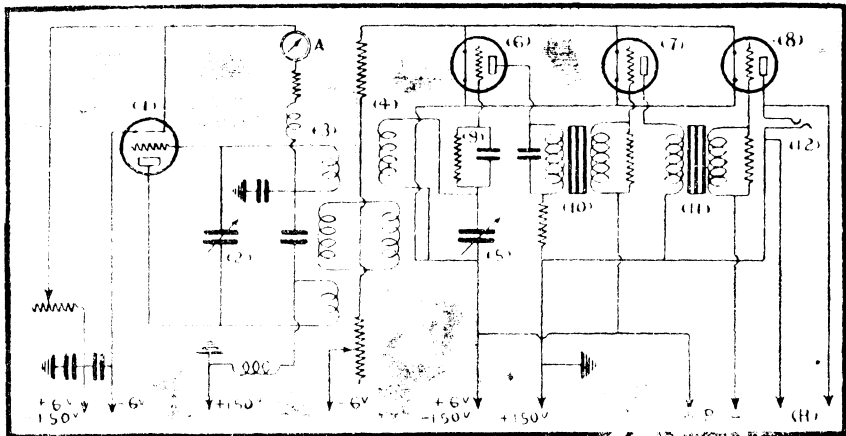
圖中 2000ohms 之耗阻，專為檢音器作振盪器時，用以代耳機之內耗阻也。

檢音器亦可與一普通收報

機連用，藉以檢驗發報機之週率。欲實行此方法，則檢音器或收報機，宜有分度。設檢音器有分度，則先調準其變量電容器，至耳機內聽到發報機之音號，既而再偏其度數，使此音號重行消失，此時發報機之週率，適與檢音器之週率相等。蓋兩者既為同週，其週差為零 (Zero Beat)，故無聲可聞也。既而再行檢查檢音器之分度曲線 (Calibrating Curve)，即可知發報機之週率。檢音器因所需電能甚弱，一切足以變動週率之外因，如熱度等，皆可減至最低限度，故其所產生之振盪，異常穩定，可以作發報機週率比較之用。但所用電池之電壓，宜時時量之，不致因降落過甚，變更其分度。若分度在收報機，則檢驗發報機週率之方法，先調準檢音器使與發報機有同週，再調準收報機與檢音器為同週，其所以必須經過檢音器者，因收報機之隔離往往不佳，且接電池之導線，可吸收發報機之甚強電能，使週差難於實現，耳機祇聞鍵嘈之聲，測驗結果，將極不確實矣。反之檢音器因其全部與外面隔離，故電能放射甚

弱，易得清晰之音調，與準確之度數也。

第 184 圖爲國際電台中法台所用之檢音器。左部爲檢音器，即一外差器(Heterodyne)也。右部則爲一收音機，有檢波一級及成音週率擴大兩級。外差器之週率，由電容器(2)規定之。再由與線圈(3)相偶合之中部線圈，傳至線圈(4)，在線圈(4)中，與發報機之振盪相遇，即產生週差而



第 184 圖 中法電台之檢音器

至檢波器。其被檢電流之大小，與聲音之強度，須視檢波器內電容器(5)調整之程度如何而定。此種被檢之電流，更由(7)(8)兩真空管擴大之。其成音電流，可由(12)傳至耳機，或由導綫(H)傳至揚聲器(Loud Speaker)，由此乃得檢察發報之音號。外差器及檢波器擴大器等合裝于一隔離之鐵箱中，但外差器另以鐵板單獨隔開，俾該器所產生之振盪，可以穩定不受影響，圖中虛線，即表示此隔離片。

第二十三節 測週器

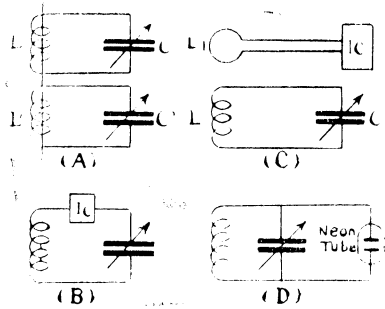
檢音器雖可以檢察發報機所發出之週率，但不甚準確，故電台中必須備有更精密之測週器。其精確程度，更不容忽視。普通所用短波之範圍約在 3000K.C.(100m)至30000K.C.(10m)之間。例如具有同一選擇性(Selectivity) 10K.C.者之收報機言，則對於 10000 K.C. (30m) 之週率，其準確程度，應為 $\frac{10}{10000}$ (0.1%)。至於長波如 300m (1000 K.C.)者，則以同一之週差10K.C.而論，其準確程度為 $\frac{1}{100}$ ，由此觀之，短波測週器之構造與使用，必須十分慎重，方能得到相當之準確程度也。

測週器可分兩種：一為吸收式 (Absorption type)，一為外差式 (Heterodyne)。前者多為一簡單之振盪電路，後者則一真空管之振盪器也。茲分述之如下：

(1) 吸收式測週器——其原理甚簡單，設吾人取一振盪電路 LC(第185圖A)，接近一通有高週電流之其他線路 L'C'，則L'C'之一部分電能，為LC所吸收。兩者之偶合度愈大，所吸收者亦愈多。LC 稱為吸收線路，由一線圈 L 及一變量電容器C所組成，L'C' 則為發報機或收報機之一部分也。若LC調準至與L'C'同一週率，則兩電路起諧振(Resonance)現象，此時LC吸收電能亦最大。測量此電能之方法，甚為簡易，其線路內置一表示電流或電壓之儀器即可

。前者爲一熱電流表 (Thermo-ammeter)，或一小燈泡。
 。普通與 LC 線路成串聯 (in Series)，如第185圖B 所示。
 。唯 LC 線路內，因此多加一耗阻(小燈泡約有 25ohms)而減小測量之準確度，故不如以電流表 I_c 連一圈綫圈 L_1 ，而與LC相偶合(第185圖C)，結果更優。當 LC 在諧振時， L_1 內之電流亦最大。

若不用電流表而用表示電壓者如氖氣管 (Neon tube)，裝置如第185圖D，則當LC 起諧振時，電容器C 兩端電壓最高，氖氣管現淡紅色，且以其與LC成並聯 (I_n Parallel)，不致加大其耗阻，故諧振甚爲尖銳。



第 185 圖 各種吸收式測週器

應用測週器時，以之接近發報機而旋轉其電容器，至電流或電壓表指針呈最大之指數，然後再檢查分度曲線（以電容器度數及週率或波長爲縱橫二坐標），即得所測之週率或波長矣。但測週器與發報機應有相當之距離，使所得者，祇有一尖銳之最大數。若距離過近，則其最大數不甚明顯，有時且能變更發報機之週率，此不可不注意者也。

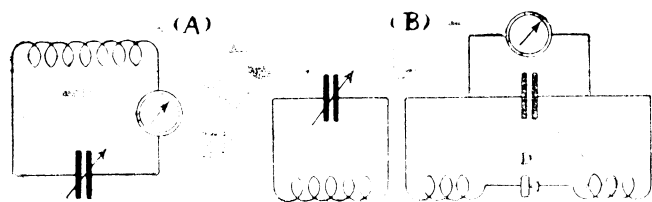
欲求測週器之精確適用，則其構造方面，應具有下列

諸條件：

1. 線圈與電容器應為無消耗者，換言之，其絕緣部分，宜用對高週波有極佳之絕緣性者。
2. 線圈與電容器之構造，在機械方面，宜極堅固，不可依時令而變態。
3. 刻度盤應有精細之度數，最好為微分度數盤 (Vernier Dial)。
4. 電容器與度數盤之交連應不依時而變動。
5. 宜有精密準確之分度 (Calibration)。

普通吸收式之測週器，其準確度約自0.5%至2%

下 186 圖及照片為國際電台所用之兩種測週器。第一



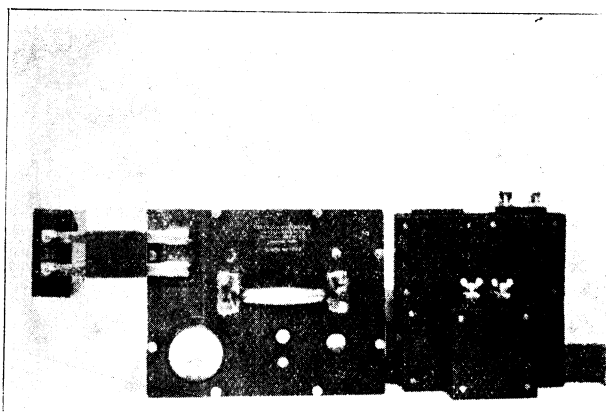
種(圖A) (1) 之構造甚簡單，但其各部機件，極為精良，故異常準確

第 186 圖 國際電台所用之兩種測週器

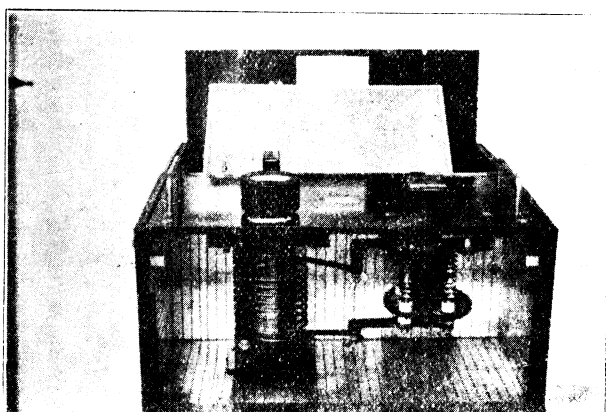
，能達0.25%。可測波長範圍，自15至600m。第二種 (2) (圖B) 有兩振盪電路，D為檢波礦石，故可兼用耳機，以察其音調。

(1) 美國 General Radio Co. 出品

(2) 德國 Telefunken 出品



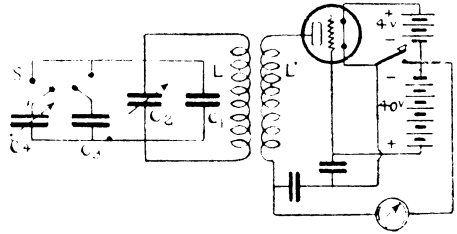
美國出品之測週器



德國出品之測週器

真茹國際電台中法台所用之測週器，亦為吸收式，唯其構造與原理，稍形複雜

。雖用真空管，但不作振盪器用。其線路如第 187 圖所示。



第 187 圖 中法電台之測週器

振盪線路由一磁感線圈 L 及合組電容量 C_1, C_2, C_3, C_4 組織而成。合組電容量構成之四部分如下：

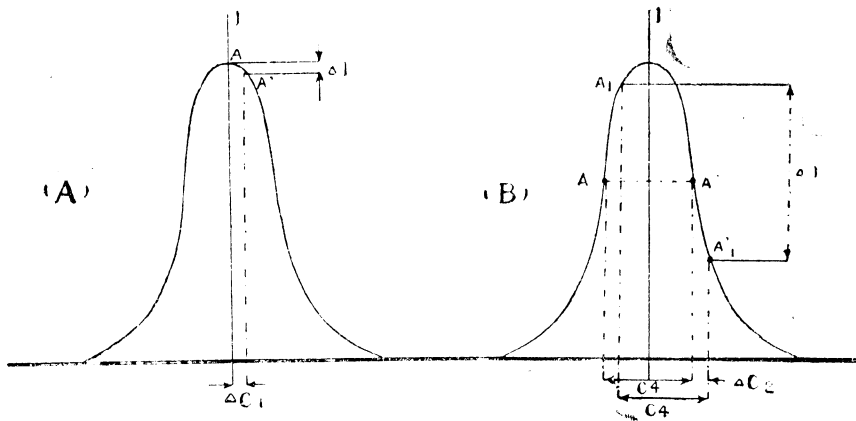
1. 固定容量 C_1
2. 變量容量 C_2
3. 微量固定容量 C_3
4. 計量容量 C_4

容量 C_1 常與磁感 L 並列不變，但將 C_2 變動，即可量一種週率之值，並至該值之 1.13 倍。若更將 C_3 列入，則可量該值之 1.25 倍。至磁感 L 共分五組，可測量之週率，自 9150 K.C. (32.7m) 至 21500 K.C. (14m)。如再將計量容量 C_4 加入，則所量週率之準確程度更高，能達 $\frac{1}{20000}$ 。

磁感 L 與真空管屏路之磁感 L 相耦合，真空管之柵壓為 +40V。

當 L 線路內無振盪時，真空管屏極電路中之直流電等於零。但如 L 線路與發報機之波長，起諧振現象而產生振

盪時，則由L'所感應之高週電壓，即加於真空管之屏極。故當每半週期，由正電壓所產生之電流，必經過千分安培表M。今旋轉電容器 C_2 ，使M呈最大值，則測週器與發報機之諧振達到。但此種諧振不甚精確，觀第188圖(A)即可知之。設 C_2 受微量之變化 ΔC_2 ，則經M表電流之變化亦僅 ΔI (即自A點移至A'點)，其值甚小，不易察出。如欲得最精確之調準，則須將計量容量 C_4 加入(由電扭S管轄之， C_3 已先加入)。 C_4 加入後，振盪電路之諧振條件即被擾亂，而使通過M表之電流減低。吾人乃將 C_2 旋轉，至電流



第 188 圖 中法電台測週器之使用方法

達於某值(B圖中A'點)，使將 C_4 取消時，電流仍不變，即其作用點由A'恰好移至同值之A點也。此時調整即為滿足。作用點既不在諧振曲線之最高處而在中部之A點，其變化量亦特大。設將 C_2 之值稍加變更，則當電扭S按下時，

其電流呈甚大之變化。即由A及A'二點移至A₁及A'₁二點也。故用此器測量週率之法，在調整C₂之值，使無論C₄加入與否，M表所示者均為一固定之值，始為滿足。

固定電流之值既得，則由該器分度盤所示之度數，檢查分度曲線表，即得所求之週率，亦即得所求之波長矣。

(2) 外差式測週器 (Heterodyne type)——上述之吸收式測週器，大抵不能十分精確，因其可以變更欲測電路之特性。若用極鬆之偶合，固可增加其準確度，但往往因之失其效用。故今日歐美各電台之測週器，多用外差式，取其更為精確。此種測週器，即是一小振盪器。其準確度普通自 0.25% 至 0.1%。其優點如下：

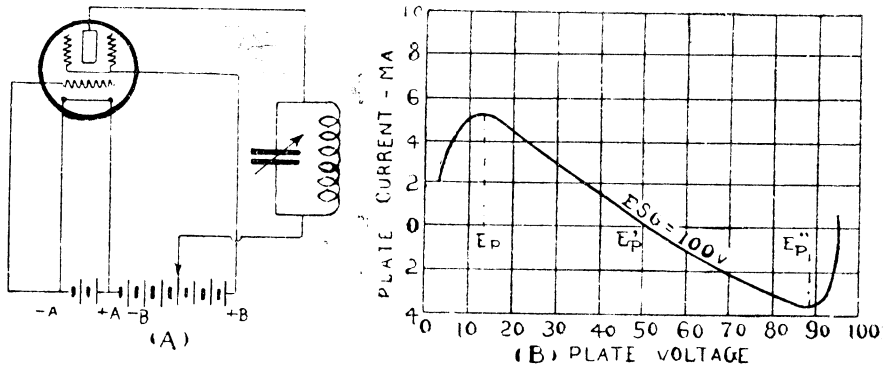
1. 可以用極鬆之偶合，使測週器與欲測之電路不相影響，因之分度 (Calibration) 不起變化。
2. 分度能長時間保存。
3. 指數尖銳。

外差式測週器種類甚多，最簡單者即與前述之檢音器相同。兩者之互異處，在於測週器除必須有分度外，第一不可作收訊之用，第二週率宜極端穩定不變，第三用一固定線圈，故祇可得一極狹之週帶，至量較高之週率，則可尋其副週率與發報週率之週差。

依理任何振盪器，皆可作測週器之用，但其中有數種

較爲適用，最著者，有反流振盪器(Dynatron oscillator)及電子偶合測週器(Electron-coupled frequency meter)等，茲分述之如下。

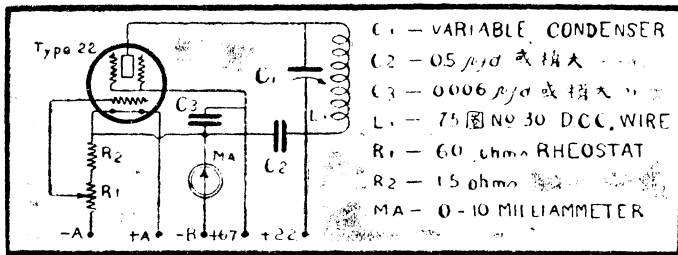
(a) 反流振盪器——今用一單柵真空管，裝置如第189圖A，其單柵之電壓較屏電壓爲高。試變動屏電壓而考



第 189 圖 反流振盪器

察其屏電流之變化情形，則可得一曲線如第189圖B。最初屏電流隨屏電壓一同增加，及屏電壓等於 E_p 時，屏電流達一最大數。此後即逐漸降低，至 E'_p 時電流等於零。既而轉變方向，及至 E''_p 時屏電流達一最大負數，過此則復隨屏電壓而增加甚速。其電流之所以降低而反向者，並無確切之解釋，大概情形，由於電子以甚大之速度射擊屏極，因而有一種次放射電子(Secondary emission electrons或Impact electrons)自屏極產生。其方向則與來自絲極者相反，即其電流之方向亦相反也。當電壓達 E_p 時，屏極有

次放射電子發生，故屏電流即逐漸減小，至 E_p 時兩反對方向之電子流適相等，故屏電流等於零。過此則次放射電子多於放射電子，屏電流遂轉變方向矣。總之，在 E_p 及 E'_p 之間，電壓愈大則電流愈小。或謂其有一負耗阻 (Negative resistance) 之作用，亦無不可。設于屏極連一振盪電路如第190圖，則依 A. W. Hull 氏之證明，如



第 190 圖
反流測週器

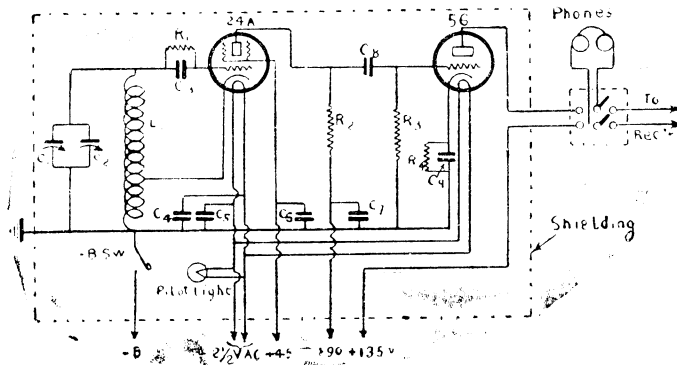
$$r < \frac{L}{RC}$$

則可產生振盪。式中 r 為負耗阻， R 為 LC 線路之耗阻。此種振盪器，稱為反流振盪器 (Dynatron 或 Polydynatron) 以之作測週器，優點甚多，例如：

1. 有高度之穩定性 (Stability)。
2. 構造簡單，祇有一振盪電路而無反應線圈，柵漏，斷路電容器等。
3. 振盪電路可用較小之 C/L 比數，故副週率 (Harmonic) 之強度得以增加。
4. 能不依電池陳舊而變遷其分度。

反流振盪器在 10000KC(30m) 之上，不易使之振盪，因具有甚高總阻之振盪電路，實際上極難製成。但吾人可利用其副週率，作為較高週率之測量，故測週器祇須能包含週率 3500KC(86m) 已足應用，其他較高之週率，利用第二或第四副週率可也。

(b) 電子偶合測週器——此為現時最新式之測週器。前第三章中曾論及由電子偶合振盪器所發出之週率，甚為穩定。最著之點，即當屏極電壓有甚大之變遷時，其週率仍不變。故以之作測週器，可保持其分度 (Calibration) 甚久。且所產生之副波甚強(直至 20m 左右)，應用尤為便利。第 191 圖所示，為此類測週器之一種，所用之真空管為 24—A，另加一 56 真空管之檢波器，以備作檢音器之用。



第 191 圖 電子偶合測週器

容量較大之電容器 (C_2)，調準于 1715 週帶低週率之一端 (Low frequency end) 後，即固定之而不動。調準則用較

小之三片電容器 (C_1 ，如此可避免甚多之差誤也。

檢波器爲直線式(linear type)，其輸出幾與振盪器之強度無關，而與欲測之訊號成正比例。

縱上所述各種測週器，雖未能詳盡一切，然原理與構造，均無甚大之變化，所重要者，精確之程度，大有區別耳。一優良之測週器，準確度能達0.01%以上，惡劣者則誤差常能超過百分之二三，故欲求電波週率之準確，測週器構造之優劣，宜十分注意也。

至於使用方法，在吸收式可直接由分度曲線，表示所欲測量之週率。其於外差式，必須與檢音器及收報機連用。例如欲測發報機之週率，則先用零差(Zero Beat)方法，移其週率至檢音器。既而再藉收報機之媒介，取檢音器之週率，與測週器相比較。由此可知應用此種測週器，其手續甚繁也。

欲測週器盡其效用，則分度必須十分準確。分度方法，或與準確之測週器相比較，或與商用電台(Marker Station)，所發之週率相比較。其最準確之方法，則接收標準週率電台(Standard Frequency Stations)之訊號，作校對測週器之用，蓋此種電台，所發出之週率，其穩定程度，不越 $\frac{1}{10,000}$ 或 0.01%。其在美國者，一切詳情，均載於每月之 Q.S.T. 雜誌。

附錄

新式由長線控制週率之發報機⁽¹⁾

在短波通訊中，以週率之穩定為最重要，在第三章中已一再言及。穩定週率之方法頗多，其中最著者，為用石英控制。蓋石英猶之一具有甚低電能係數 (Power Factor) 及固定體積之振盪電路也。由石英控制之發報機，其發出週率之穩定程度，無可比擬。但石英有兩種缺點，第一週率之範圍受有限制，不能超過5000K.C. 第二所能輸出之電能甚弱。有此兩種缺點，使發報機之構造甚為複雜，必須備有許多級之增週器及擴大器，例如在40KW之短波發報機，須用至八級之多，因此設置及維持之經費，使用及管理之手續，皆異常浩大而繁雜也。

再則在 35,000及100,000K.C. 新發現之商用超短波週帶內，使用石英，諸多不便，必須研究其他較為簡單之方法。茲先將在此週帶，不宜應用石英之理由，略加申述：

第一，對於防止干擾 (Interference) 言，則電波在35,000K.C.之上者，因其週帶甚寬，且祇能達數百英哩之距離，故週率之控制，無須十分準確也。

(1) 轉譯Proceedings of I.R.E. Vol.19, No11. New Methods of Frequency control employing long lines by J.W.Conklin J.L.Finch, and G. W.Hansell

第二，對於雜音程度 (Noise level)言，則在此週帶，尤以應用定向天線之後，固甚低也，故接收機無須具有極大之週率選擇性，即使發報機有甚大之週率變遷，亦無大碍。

第三，超短波之傳遞，祇與地面之彎度有關。若增加發報機之電能，幾不生效用，普通甚小之發報機，亦能達最遠之距離。設在此甚小電能之發報機，加以石英，則反多麻煩，使金錢受無益之耗費。

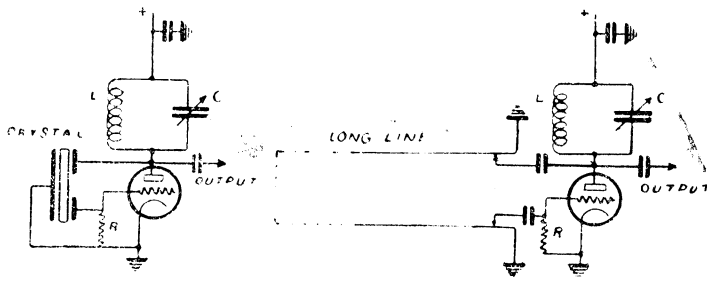
由上述之種種原因，故 R.C.A. 各工程師即設法利用他種控制週率之方法，使與石英有相等之準確度，而無石英之各種缺點。結果發明用長高週輸送線 (Long Radio Frequency transmission lines) 控制週率之方法。此法業經實行，將來必有甚大之發展希望。下述者，為1930年底所達到之各種情形。

通常用長線控制週率之方法，可有兩種。第一種以長線作為諧振電路 (Resonant circuits) 而控制週率，其原理與石英相同。第二種以長線作發報真空管之屏柵回授偶合 (Regenerative coupling) 之用，且使線之總阻 (Impedance)，與柵極電路相配合 (Matched)。若此則電波依照單獨方向，由屏極經輸送線傳至柵極。再則線上既無反波，可視作為無配諧性 (Aperiodic) 電路，故電波在線上之傳遞速率

，係恆定不變。設振盪器之週率，稍有變動，則輸送線盡端電壓之相(即柵極電壓之相) (1) 必隨之變更，再由此而變屏電流之相。然屏電流與屏電壓為反相 (2)，故得互相起反抗作用，而能阻止發報機週率之變遷矣。

(1) 配諧長線之控制週率——今有一輸送線，若其設計與構造為合理者，則其作用，猶如一固定及具有弱小電能係數(Power factor) (3) 而能收受大 Volt-Ampere 之電路 (4)，故得作穩定週率之用，其情形與石英之在小電能發報機者相同。然而即使以最佳之輸送線論，其設置經費，較所取消之各級真空管，仍節省甚多，故此種方法，在實用上，就經濟言，固有極大之價值也。

第 192, 193, 194 三圖表示三種石英振盪電路及其代



第 193 圖
配諧長線控制
週率線路之一

(1) 線上離起源點X 遠某點電壓之相為 $\frac{X}{\lambda}$ ，週率既變， λ 隨之而變，

故 $\frac{X}{\lambda}$ 亦變

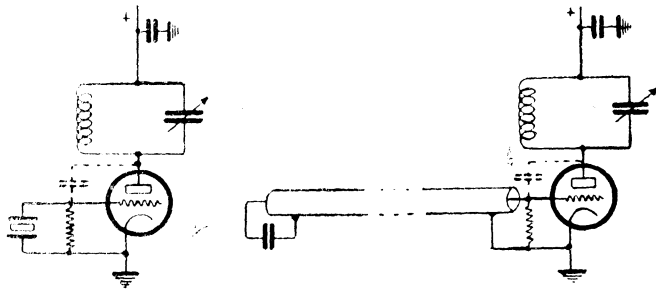
(2) 參閱第6圖

(3) 即損失甚小

(4) 即能收受甚大外顯電能 (Apparent Power)



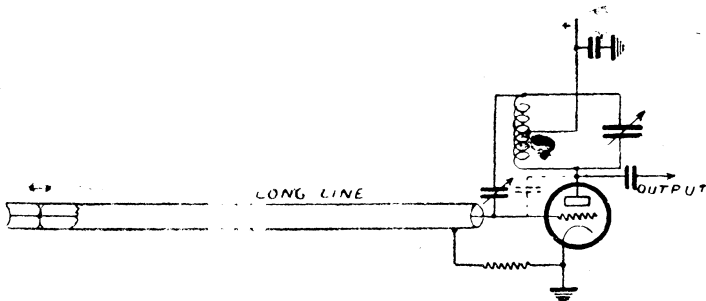
第 193 圖 配諧長線控制週率線路之二



第 194 圖 配諧長線控制週率線路之三

以長線時之相等線路。

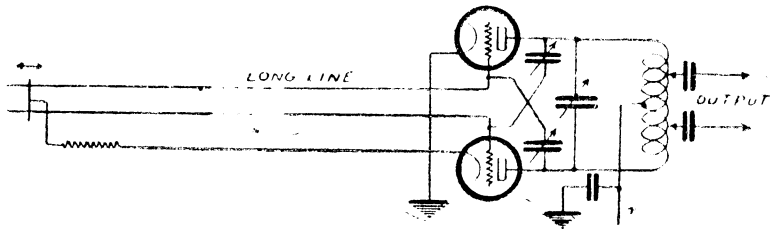
第195圖之線路，與第194圖相同，其間祇多一平衡電容器 (Neutralizing Condenser)，用以平衡真空管內極際容量 (Interelectrode Capacity)，而控制週授之大小。欲產生



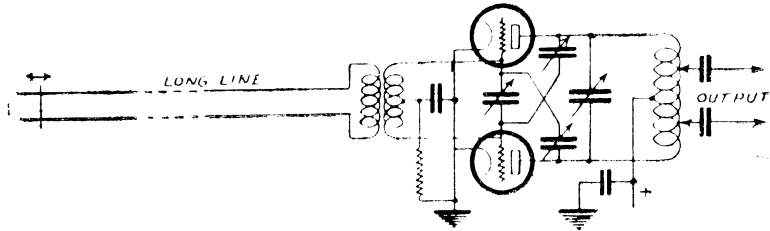
第 195 圖 有平衡電容器之長線控制週率線路

較低週率時，此電容器宜與真空管之內容量並聯，以增加回授之作用。

第 196, 197 兩圖，表示配諧長線用於推挽式線路之接法。

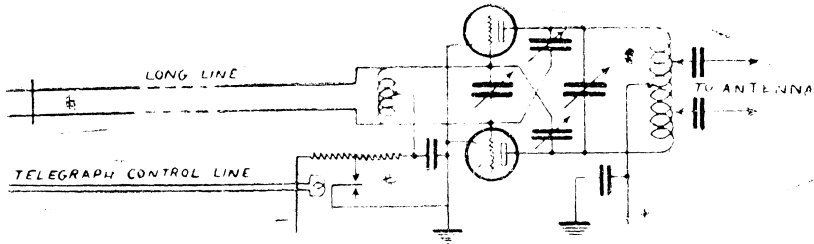


第 196 圖 推挽式長線控制週率線路之一



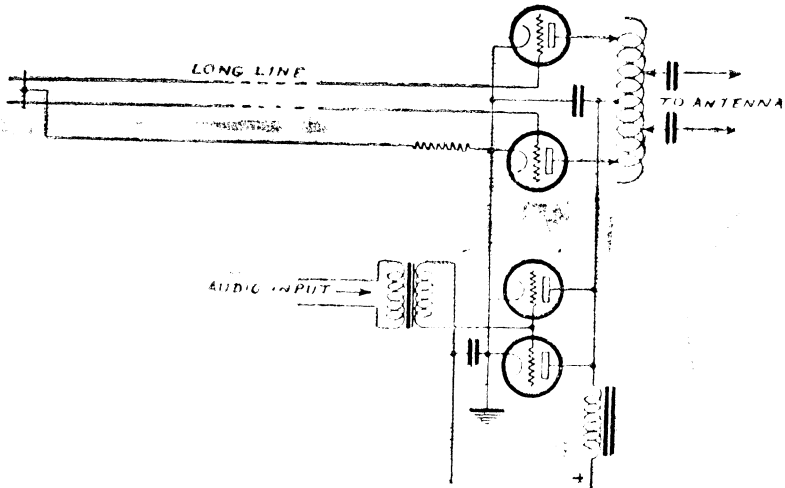
第 197 圖 推挽式長線控制週率線路之二

第198圖為WIK電台所用之發報機，其週率為 13,930 K.C.，振盪器用兩只20KW 水冷真空管，而由長線控制其週率。其電能直接輸入天線。輸送線由No6 B & S銅線製成，其長度為 10.25 波長，裝于發報室屋頂之下。雖全部房屋，受其他電動機等之振動，而週率變遷之平均值，仍極微弱，故此種控制週率之方法，頗能適用於商業性質之發報機也。



第 198 圖 美國 WIK 電台長線控制週率之發報機

第 199 圖表示一只用于無線電話之長線控制週率發報機。所用週率，為 35,000K.C.，其週率之變遷程度甚小。由經驗知，最關重要者，厥為線之溫度。但若用相當之構造，可使溫度即有 10°C 之變遷，週率之變遷，仍得保持在 0.02% 之內。若設法保持線之溫度，例如用具有較低熱度係數 (Temperature Coefficient) 之銅綫，或利用自動揭制溫度變遷之方法，則所得結果，必更佳也。



第 199 圖 用于無線電話之長線控制週率發報機

(2) 不配諧長線之控制週率——普通任何振盪器（包括前述者在內），其週率祇隨振盪部份之時間恆數（Time Constant）而規定。在真空管之振盪器，欲使週率之穩定，唯有保持其本身週期（Natural periods）之不變，於是必須應用甚多之方法，其中較為重要者，例如電壓之宜平直不變，內部機件之堅牢不動，線路之無損失及甚小之荷載（Load）等，石英及配諧長線能穩定週率之理由，以其作用，猶之一固定及具有甚小損失之振盪電路，故本身週期，易於保持不變。

真空管振盪器之柵極交流電壓，往往與屏極交流電壓成反相。若因外來之反應作用，發報機之週率，稍有變動，則真空管常不能自動加一反方向之能力（Energy）於振盪電路，以抑止此種反應作用而減小週率之變遷。

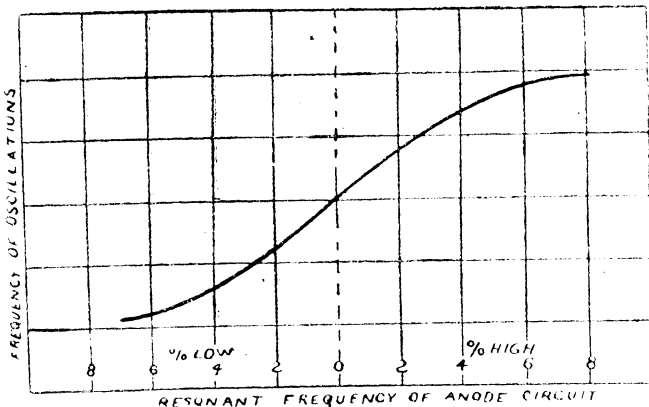
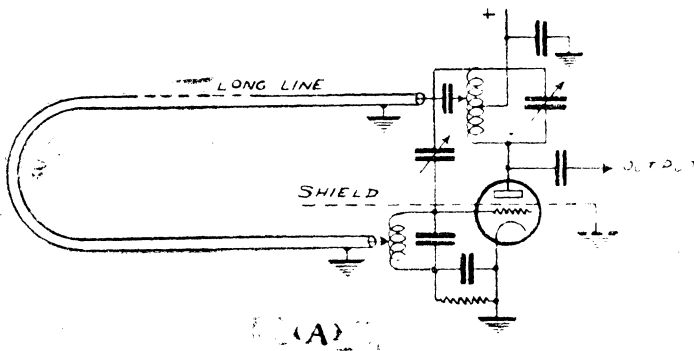
不配諧長線控制週率之方法，係利用變換屏柵兩電壓彼此之相位，籍以保持週率之穩定是也。其所以能揭止週率之變遷者，以此相位之變換，適足以使屏電流給以相當之能力於振盪電路，消除其外因也。設所加者甚大，則振盪之週率，不隨其本身週期而依線之電氣長度（Electrical length）規定矣。

再柵電壓之相位變換，于屏電流與振盪電流之比數較大時，對於抑止週率變遷之效用亦更大，因此可利用具有

較大感應與容量比數之振盪電路，以減小振盪電流之值。

此外在任何發報機，屏電流與振盪電流之比數，隨荷載而增加，故長線之效用，亦隨荷載而增加，此為與他種振盪器不同之點，蓋後者必須用甚小荷載，方可保持週率之穩定也。

第 200 圖 A 為不配諧長線控制週率之一種線路。其間



用平差電容器及相當之隔離，以祛除不正當之耦合（如屏柵間之極際容量等），至於需要之耦合，則經長線，由屏達柵。在此線路，柵極之柵漏 (grid Leak)，用以使柵電路

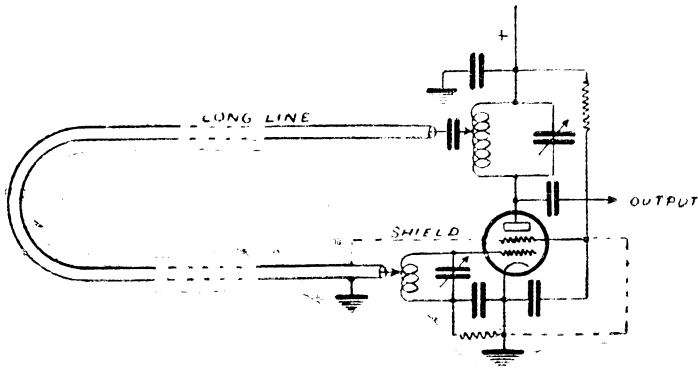
第 200 圖 用三極管之不配諧長線控制週率之線路

有一恆定之荷載耗阻 (Load Resistance)。而長線連於柵電路之一點，使其輸出端之荷載耗阻，等於線之特性總阻 (Characteristic impedance)，若此則電波可繼續而無反折由屏電路傳至柵電路，而為柵路所吸收。再如前所述，線之作用，由變更柵電壓之相，再及屏極之電壓，以阻止週率之變遷是也。

在此振盪器，屏電流與振盪電流之比數，隨相之變換程度而增加。故長線抑止週率變遷之作用，在零相變換 (Zero phase shift) 之兩端為最大，而在振盪器效率最大時為最弱。第200圖 B 表示長線控制週率，在振盪器效率最大附近之四週情形。

再以線之一定長度言，其保持週率之穩定程度，對於任何週率，準確度均係一例相同也。

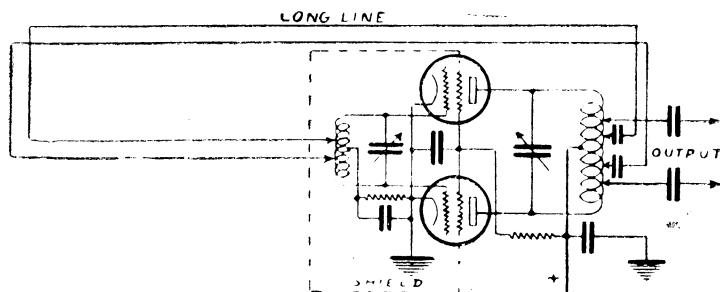
第 201 圖為罩柵管 (Screen grid tube) 之長線控制週率



第 201 圖 用罩柵管之長線控制週率線路

線路，在此線路，可無須應用平差電容器。

第 202 圖為推挽式長線控制週率線路。上述之三線路，皆已經試驗實用者。第 201 圖用於飛機及船舶電台，第 202 圖則用於 40KW 短波無線電話機。



第 202 圖 推挽式長線控制週率之線路

(3) 各種實用輸送線之程式

(a) 裸線 (Open Wire Line)——若有相當地位，則裸線頗適宜，蓋以其具有較弱之損耗 (Attenuation) 及較小之特性總阻 (Characteristic Impedance) 諸有利性質也。用此線控制週率，以裝于屋內為宜，若設于露天，則電波在線上之速率，常因受風雨而變更。

(b) 雙層地纜線 (Concentric Conductor line)——此為優良輸送線之一種，此線之外殼連地，內線則作傳送電波之用。以其所佔地位頗少，對於實用，甚感便利。若用於單管之振盪器，則更為相宜。

(c) 圈形線 (Solenoid Lines) 即以線纏成甚長之線圈，

故其所佔地位甚小，應用甚感便利。但有一種缺點，即特性總性甚大，不易與振盪管相配合。此外必須應用絕緣架子，使損耗增加，而限制線之長度。線之形狀，以徑與波長之比數小者爲宜。

(4) 長線控制與石英檢音器合用之方法——由長線控制之發報機，其週率不能如石英控制之穩定，故不能作週率之標準 (Standards of frequency)。若欲得更準確之週率，則可以長線與石英之控制合用。其法用一石英振盪器，及其增週器，而以其輸出週率，與長線控制之發報機，時時或恆久相比較。此石英振盪器，因電能甚小，故所費無多也。

(5) 結論——長線控制發報機之應用，雖不能預言其範圍，但其能節省設置及維持經費，已無疑義。同時所發出週率之準確度，並不因之而減小。若與石英檢音器合用，且或因之而增加，蓋長線可以揭止週率甚速之變遷，檢音器則可保持週率之平均值也。

中西名詞對照表

A			
Absorber keying	吸收發報器	electrical	電軸
Absorber valve	吸收真空管	optical	光軸
Absorption factor	吸收因子	mechanical	力軸
Alternator	交流發電機		B
Amateur	業餘無線電家	Bakelite	電木
Amplification	擴大	Beat	音差
Amplification factor	擴大係數	Broadside arrays	闊邊排列式
Amplification ratio	擴大例數		C
Amplifier	擴大器	Calibration	分度
buffer	緩衝擴大器	Calibration curve	分度曲線
output	輸出擴大器	Capacity	容量
power	強力擴大器	distributed	分佈容量
Amplitude	幅度	inter-electrode	極際容量
Anode	陽極	stray	直線容量
Antenna	天線	Cathode	陰極
broadside projector	闊邊拋射式天線	Center tap	中極
directional (or beam)	定向天線	Characteristic	特性曲線
doublet	雙極天線	Circuit	線路, 電路
natural wavelegth of	天線本身波長	balanced	平衡線路
wave	電波天線	grid	柵電路
Antenna tuning	天線配諧	high-c	高容電路
Aperiodic	無配諧性	lag	滯後電路
Apparent power	外顯電能	oscillating	振盪電路
Armature	導片	parallel	並聯線路
Atmospherics	天電	plate	屏電路
Attenuation	損耗, 衰落	push pull	推挽線路
Attenuation constant	衰落恆數	push pull balanced	推挽平衡線路
Autodyne	自差式	self rectifying	自整流線路
Axis	軸	short	短路
		sleet melting	去潮線路

tank	儲積電路	inductive	感應偶合
tuned grid	諧柵線路	loose	疏(或鬆)偶合
tuned plate	諧屏線路	regenerative	回授偶合
t.p.t.g.	屏柵諧振線路	Critical angle	界角
Circuit breaker	斷電器	Critical value	界值
Coil	線圈	Crystal	晶體
audio frequency choke	低週阻流圈	Current	電流
choke	阻流圈	alternating (a.c.)	交流電
coupling	偶合線圈	direct (d.c.)	直流電
loading	荷載線圈	filament	絲極電流
radio frequency choke	高週阻流圈	grid	柵電流
saturation	飽和磁感圈	high frequency	高週電流
triple inductance	三極磁感圈	load	荷載電流
tuning	配諧線圈	oscillatory	振盪電流
Complex quantity		plate	屏電流
(or imaginary)	虛數	sleet melting	去潮電流
Condenser	電容器	Cut off bias	截止柵負
adjustable	調整電容器		D
blocking	斷路電容器	Detector	檢波器
by pass	傍路電容器	Decibel	十分倍爾
electro-magnetic	電磁電容器	Diffraction	分散
grid coupling	柵極偶合電容器	Dip	降落點
neutralizing	平差電容器	Dipole	雙極
variable	變量電容器	Distortion	失真, 變音
Conductance	電導	Drive	勵振器
mutual	互導	Dynamotor	發電電動聯合機
Coupling	偶合		E
antenna	天線偶合	Earth's magnetism	地磁氣
capacitive	容量偶合	Echo signal	回音
close	密偶合	Efficiency	效率
crystal	晶體偶合	Effective value	有效值
degree of	偶合度	Electrical length	電氣長度

Electron	電子	beat	週差
Electrostatic shield	靜電隔離	fundamental	主週率
Elongation	振距	multiplier of	增週器
Endfire arrays	單向拋射	natural	本身週率
Energy	能力	radio	射電週率
Equivalent net work	相等線網	resonant	諧振週率
Excited in phase	同位相勵振	standard of	週率標準
Exciter	勵振器	Frequency band	週帶
	F	Frequency doubler	倍週器
Fading	衰落	Frequency meter	測週器
Feed	輸送	absorption type	吸收式測週器
Feed current	流給方法	electron coupled	電子偶合測週器
Feed parallel	並給	heterodyne type	外差式測週器
Feed series	連給		G
Feed voltage	壓給方法	Gain	利益
Feedback	回授	Gas engine	柴油發電機
Feeder	輸送線	Generator	發電機
Feeder box	輸送箱	Grid	柵極
Feeder clearance	分離節	Grid bias	柵負
Feeder system	輸送法	Grid excitation	柵極激勵
Feeder tuned	配諧輸送法	Grid leak	柵漏
Feeder untuned	不配諧輸送法		H
Filament	絲極	Harmonic	副波
Filament emission	絲極放射電子	Heaviside layer	海氏層
Filter	濾波器	Heterodyne	外差式
Filter band pass	選界濾波器		I
Filter high pass	高週濾波器	Impedance	總阻
Filter low pass	低週濾波器	characteristic (or surge)	特性總阻
Frame	R.C.A. 訊號縮語	load	荷載總阻
Free negative electron	自由負電子	low load	低荷總阻
Frequency	週率	plate	屏總阻
Frequency audio (A.F.)	成音週率	Impedance matching	配合總阻

Impedance matching box 配合總阻箱
 Improvement factor 改善因數
 Incident angle 投射角
 Inductance 感應
 distributed 分佈感應
 mutual 互感應
 self 自感應
 stray 直線感應
 Infra red 內紅線
 In parallel 並聯
 In series 續聯, 串聯
 Input 輸入
 Insulator 絕緣體
 Interference 干涉, 干擾
 Interlock 安全開關
 Ions 游子
 Ionization 電離
 Ionized layer of atmosphere 電離空氣層
 J
 Jack 插口
 K
 Key 報鍵
 Key chirps 鍵嘈
 Key clicks 鍵之响嗒聲
 Key thumps 鍵擊
 Keying panel 發報板
 Keying unit 報鍵部份
 L
 Leakage 損漏
 Line 線
 concentric conductor 雙層地纜線
 control 遙控線

open wire 裸線
 solenoid 圈形線
 transmission 輸送線
 Life 壽命(真空管)
 Load 荷載
 resistive 耗阻式荷載
 Loop(or antinode) 峯
 Lost ray 損失線
 Loud speaker 揚聲器
 M
 Magnifier 擴大器
 Match 配合
 Match impedance 配合總阻
 feeder system 輸送法
 Maximum inverse peak 最大反銳電流
 current
 Maximum inverse peak 最大反銳電壓
 voltage
 Micrometer 測微器
 Modulation 調幅
 percentage of 調幅率
 Modulator 調幅器
 Monitor 檢音器
 Motor-generator 電動機發電
 Multivibrator 複波振盪器
 N
 Natural frequency 本身週率
 Natural period 本身週期
 Natural wavelength 本身波身
 Neon tube 氛氣管
 Neutralization 平差
 cross 十字形平差

grid circuit	柵路平差
plate circuit	屏路平差
node	谷
noise level	雜音程度
normal value	通常值
O	
oscillation	振盪
electron	電子振盪
free	自由振盪
parasitic	擾亂振盪
oscillator	振盪器
crystal controlled	晶體控制振盪器
double	雙式振盪器
dynatron	
(or polydynatron)	反流振盪器
electron coupled	電子偶合振盪器
hertz	赫氏振盪器
master	主振盪器
magnetostriction	磁棒控制振盪器
piezo-electric	晶體控制振盪器
self controlled	自振盪器
Output	輸出
P	
Peak value	銳值
Period	週期
Phase	相, 位相
Phase angle	相角
Piezo-electric	電振性質
Plug	插足
Polarization	分極
Positive ions	正游子
Power	電能

Power factor	電能係數
Power plant	電源
Primary	初級, 初圈
Propagation	傳遞
velocity of	傳遞速度
Propagation constant	傳遞恆數
Q	
Quartz	石英
R	
Radiation	放射
high angle	高角度放射
horizontal polarized	水平分極放射
low angle	低角度放射
vertically polarized	垂直分極放射
Radiation resistance	放射耗阻
Radiator	放射天線
Reactance	迴阻
capacitive	容量迴阻
inductive	感應迴阻
Rectifier	整流器
electrolytic	電化整流器
full wave	全波整流器
gaseous conduction	氣導整流器
half wave	半波整流器
hot cathode mercury	
vapor	水銀管整流器
mercury arc	弧光整流器
Receiver	接收機
autodyne	自差式接收機
heterodyne	外差式接收機
linear type	直線式接收機
regenerative	回授式接收機

Reflection	反射
multiple	重反射
total	全反射
Reflection coefficient	反射係數
Reflector	反射天線
Refraction	屈折
Regenerative action	回授作用
Regulation	調節
Regulator	整波器
Relay	斷電器
Remote control	遙控制
Resistance	耗阻
drain	平壓耗阻
internal	內耗阻
insulation	絕緣耗阻
load	荷載耗阻
negative	負耗阻
ohmic	直流耗阻
Resonance	諧振
parallel	並聯諧振
series	續聯諧振
S	
Saturated point	飽和點
Secondary	次級，次圈
Secondary emission electron	次放射電子
(or impact electron)	
Selectivity	選擇性
Separate excited	分勵式
Shielding effect	隔離作用
Skip distance	越程
Skip distance theory of	
short wave	短波越遠理論

Signal	訊號
Smoothing	平緩
Space charge	游離電荷
Stability	穩定性
Switchboard	配電板
T	
Temperature coefficient	熱度係數
Thermo-ammeter	熱電流表
Thermo-couple	熱電絲
Thermostat	保溫器
Time constant	時間恆數
Time interval	時差
Transformer	變壓器
auto	自生變壓器
high tension	高壓變壓器
step down	降壓變壓器
step up	增壓變壓器
tuned	配諧變壓器
Transmitter	發報機
high-c	高容發報機
spark	火花式發報機
vacuum tube	真空管發報機
Tube (Vacuum)	真空管
high impedance	高阻真空管
high-mu	高擴大係數之真空管
screen grid	罩柵真空管
water cooling	水冷式真空管
Tuned filter	諧振濾波器
Tuning	調準，配諧
U	
Ultra violet ray	紫外線
V	

Vector	矢量	Wavelength	波長
Vernier dial	微分度數盤	Wavemeter	量波表
Viscosity	滯性	Wave mirror	電波鏡
Voltage	電壓		Z
arc-back	反弧電壓	Zenithal plane	直面
break-down	破壞電壓	Zone of silence	靜默區域
effective	有效電壓	Zero beat	零差
filament	絲電壓	Zero phase shift	零相變換
grid	柵電壓		
plate	屏電壓		
Voltage drop	電壓降		
	W		
Wattmeter	電能表		
Wave	電波		
back	反波		
continuous (C.W.)	等幅波		
critical	界波		
damped	減幅波		
ground	地波		
initial	原波		
interrupted continuous			
(I.C.W.)	斷幅波		
long	長波		
quasi-optical	輻光波		
reflected	反射波		
refracted	屈折波		
short	短波		
sky	天波		
standing	定波		
ultra short	超短波		
Wave band	波帶		
Wave curtain	電波簾		

勘 誤 表

頁	地 位	誤	正
3	8行	週率有	週率在
6	11行	在此	此在
14	7行	以 \odot ,	以 \ominus '
15	15行	Intervol	interval
21	第7圖	根盪電流	振盪電流
25	第10圖	線路圈	線路圖
29	附註	Colpifs	Colpitts
31	第19圖	騎跨放線圈	騎跨於綫圈
31	第20圖	Colipitts	Colpitts
33	1行	Ollums	Ohms
34	第31圖	線路圈	線路圖
46	15行	耗 R_1	耗阻 R_1
49	9行	供考	供參考
59	11行	$I_L = I_C \omega C E$	$I_L = I_C = \omega C E$
73	9行	相乘積	相除商
82	第63圖	波發短報機	短波發報機
96	20行	爲甚	甚爲
99	2行	3500 K.O.	3500 K.C.
103	12行	管柵	管之柵
103	13行	電器	電容器
104	10行	能週率	週率
104	12行	極保持	極能保持
108	8行	Hartley	Hartley
109	8行	C_n	C_n, C'_n
115	4行	7000	7000 K.C.
117	17行	發報中	發報機中
127	——	照片印倒	
129	1行	小發機	小發電機
138	15行	兩項	兩項

頁	地 位	誤	正
147	20行	Flash poinx	Flash Point
147	21行	Carbouised	Carbonised
155	1行	代表	代表 Y_2
156	3行	點終	終點
175	13行	4一等	4,等
176	4行	輸途線	輸送線
177	1行	或種	或稱
184	20行	于用	用于
192	8行	$\frac{y_1 = y_2}{N_0 \text{ o } N_1}$	$\frac{y_1 + y_2}{N_0 \text{ ON}_1}$
195	1行	$\frac{N_0 \text{ o } N_n}{N_0 \text{ ON}_n}$	$\frac{N_0 \text{ ON}_n}{N_0 \text{ ON}_n}$
195	1行	$\frac{N_0 \text{ o } N_n}{N_0 \text{ ON}_n}$	$\frac{N_0 \text{ ON}_n}{N_0 \text{ ON}_n}$
197	13行	$\Theta = \frac{\pi d \cos \alpha}{\lambda}$	$\Theta = \frac{\pi d_1 \cos \alpha}{\lambda}$
219	1行	兩綫	兩
250	7行	扭	鈕
257	20行	Conpling	Coupling
258	附註(1)	$\frac{X}{\lambda}$	$2\pi \frac{X}{\lambda}$
261	7行	Tampereture	Temperature

建華公司編輯部出版

各種無線電叢書

現已出版者

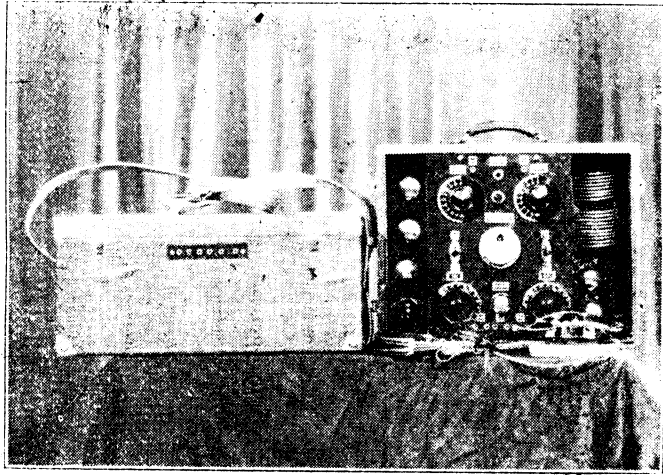
- | | |
|------------------|------|
| (1) 無線電新公約 | 每冊四角 |
| (2) 倪尙達氏無線電學習題詳解 | 每冊八角 |
| (3) 無線電交流收音機概要 | 每冊二元 |
| (4) 蓄電池乾電池及充電器 | 每冊一元 |
| (5) 短波發報機 | 每冊三元 |
| (6) 無線電字典 | 每冊二元 |

在編著中者

建華無線電雜誌 (月出一冊)

無線電話播音機

軍用輕便短波發報機



本公司專門

(一) 製造各種長短波收發報話
機器

(二) 經售及推銷中外名廠無線
電零件及各式交直流收音
機

(三) 編著及發行各種無線電專
門叢書

上海建華電機材料公司

地址 福煦路三九三號

電話 八三三二四號

電報掛號 七五三四號

建華牌電機公司

欲得收音最良結果請用



新法製造建華牌乾電池

地址 上海福州路三九三號

電話八三三二四號

電報掛號七五三四號