

百 科 小 叢 書 第 八 十 四 種

無 線 電 原 理

王 錫 恩 著



商 務 印 書 館 出 版

無線電原理

第一章 緒言

一 無線電略史

一八三八年，德人司太赫爾(Steinhell)查知地能傳電之後，欲由地達報，而毫不用金屬之導電體；然僅於甚近之處，可以有效。據云此即首次達報之無線者；然所達之報，不能遠於五十英尺之外。

一八四二年，美人莫爾司(Morse)試知電能過河，除水之外，則毫不用他類導電體。

一八四五年，英人法拉德(Faraday)使平動之極光線，經過電磁件，則能轉其極光面，是光電二者之間，顯然有相關之理也。因作一書，名之曰光線振動上之思想，證明射發之種類，如光熱

等，乃由磁界內高等力線之振動而生也。法拉德之思想，於光之電磁理，可謂發軔家也。

一八六四年，有英人馬克斯韋爾 (Maxwell) 證明電動與磁動在居間物之內，所生力線之相關，電磁波經電磁界，向外散佈，每秒之速度約有十八萬六千五百英里。吾人已知光之速度，每秒十八萬六千英里，彼云電磁波之速度與光之速度幾相近合，以電磁例推之，則光似為電磁之阻擾以成波，由電磁界以散佈於他處也。馬克斯韋爾之擬理，則以為有一種玄妙之氣，充塞宇宙之間，體物不遺，此氣無論何處被阻擾，則此阻擾即成波形，以散佈於各方，而各射發力之外狀，如光如熱，實因此氣之阻擾，向外散佈以成電波也。此玄妙之氣，無可為名，名之曰以脫 (ether)。以脫波之顯者，乃光波也，而高週率之電溜，所生之長波，亦以脫波也。此二種波速度之方程，皆為 $\lambda = \frac{v}{f}$ ，此處之 v ，乃代其速度， λ 代其波之長， f 代其每秒振動之次數也。雖其散佈之速度，每秒皆為十八萬六千五百英里，而其波之長短，則為數各異。以脫波在可見定長之間，即能生出光之

感覺，而較此略長之波，即生煖之熱波，較此甚短之波，即通物電光之波。而以脫波之長若干米達，或若干英里者，即飛渡大西洋，以帶舊世界之新聞至新世界之電波也。

一八八二年，波斯盾 (Boston) 人，頭福紫大學教授達倍耳 (Dolbear) 以送話器連於感電圈之原線內，其副線之兩端，一與高懸線相連，一與地相通，其收報處，亦有一高懸線，而收聲器則連於高懸線與地之間，乃憑靜電感電之理，凡送話器所有之振動，而收聲器亦必歷歷仿效之，故言語之聲音，因之復出而得聞矣。惜乎達報之距離不遠，未能供諸實用也。

一八八八年，德人赫爾資 (Hertz) 以二金屬圓片，各連於金屬桿上，而桿之一端，有磨滑之小金屬球，再將此物各連於感電圈副線之二端，而二小金屬球間，留一甚近之火花隙口；於電跳火花之際，隙口間之以脫被阻擾，而成斷續之電波。彼又用一銅線環，留一隙口於二金屬球之間，有螺旋以節制其隙口之距離，此器名之曰電波環。赫爾資查知電波落於此環，則能生一交換電

溜，其週率與原有之週率相同，彼用此電波環，查知電波之被返被折，具有光波之各種性情也。

義大利人銳赫 (Righi) 又將赫爾資發波器之金屬球，置於油中，免其養化，致生不依次序之動作。

法人勃藍利 (Branly) 創粘連器，以代赫爾資之電波環。

銳赫之弟子馬可尼 (Marconi) 始集大成，而置無線電報於實用之地。一九〇一年，馬可尼於

英國西端之怕爾德 (Poldhu) 電臺，與紐芬蘭島東端之聖約翰 (St. John) 電臺，爲大西洋較窄處之通信，此神妙莫測之電波，果從怕爾德越海飛來，顯音於聖約翰，馬氏既奏此奇功，馬可尼之名遂炫耀於全球，而執無線電界之牛耳矣。此後各國創製無線電報之科學家，接踵而起，如美國之

費森登 (Fessenden)，狄法赫斯提 (DeForest)，克拉耳克 (Clark)，石統 (Stone)，馬西 (Masrie)；

英國之羅治 (Lodge)，莫爾赫德 (Marshall)，福廉明 (Fleming)，湯姆生 (Thomson)，茹斯福耳德

(Rutherford) 德國之斯勒伯 (Slaby) 阿耳耳 (Arco) 卜倫 (Braun) 法國之棣克銳特提 (Ducretet) 勃藍利 (Branly) 羅施福耳 (Rochefort) 踢撒提 (Tissot) 義大利之撒勒銳 (Solari) 開斯太利 (Castelli) 湯馬斯拿 (Tommasina) 西班牙之柏弗勒 (Baviera) 俄羅斯之撲撲夫 (Popoff) 奧斯馬加之斯克腓耳 (Schaefer) 比利時之格銳尼 (Guarini) 阿真廷之銳渴登尼 (Recondoni)。

上所述諸人，俱各自創一式，以成其名。日本人亦創出一式，於日俄交戰之時，曾實用之，且頗得其利焉。歐戰以來，法國人又發明三極電燈電能放大器，及電波測角器，今日各國之研究家，更僕難數，不勝枚舉矣。

二 無線電實用

一九〇二年，馬可尼創成無線電報之後，而東西各國，舉凡邊防要塞，海舶巨鎮，莫不建設電臺，互相通報，雖重洋遠隔，峻嶺橫阻，而傳遞消息，極稱便利。願無線電報，其利固甚溥矣，陸地有線

電報，桿線尋查，費資甚鉅，海底電線，工程浩繁，動輒數百萬，一經損壞，修理尤爲困難。若用無線電報，則兩岸各設一局，所發電波，借空中以脫，以光之速度而傳播，收發迅速，耗費較少，此無線電利於經濟者一也。自來兩軍交戰，首賴消息之靈通，故電報尙矣，然在陸地有線電報，樹桿架線，工程極鉅，况兩軍開戰，其惟一之手段，卽割敵人電線，若用無線電報，而欲割斷電波，則非人力所能爲也。海軍散佈洋面，主帥欲招集之，難於一時皆至，若用無線電報，則一呼齊來，一九〇五年日俄之役，俄人保勒底海艦隊，四十餘船，經過臺灣海，東海，如入無人之境，將近旅順，日人藉其無線電報，招號兵船，羣集攻擊，俄人四十餘艦隊，一掃而空，此無線電報利於軍用者二也。大洋郵船，時而遇險，將伯無助，倘裝置無線電報，若遇危險時，則立發……(SOS)救命符號，並佈告所在經度緯度，他船聞之，立即往救，卽冰山之地點，暴風之報告，莫不一一備悉，此無線電報利於救命者三也。船行海面，四顧茫茫，與陸地隔絕，音問不通，如在囚鄉，自無線電報發明後，各國船舶，莫不裝

設無線電機，以便互相通報，或與海岸局傳遞消息，每日刷印新聞散給乘客，其材料皆自各地無線電傳來者。且船上電報處，可代收發電報，遊子天涯，得與家人互通消息，此無線電便於海行者四也。船在洋海，若遇大霧，不見天日，則不知去向，爲駛船者所最懼，自有電波測角器，雖大霧漫天，亦可測知海口及他船方位，而定其行向，此無線電便於行船者五也。天文家測各地面經度，概用度時表或月掩星，其推算浩繁，測驗不易，自有無線電報，若中央觀象臺報告準時，凡在四周電力範圍之內者，皆可同時較對時表，而知本處之經度矣，此無線電便於測經度者六也。他如指揮軍艦，調查礦務，以及報告氣象等事，無一不用無線電矣。居今日而預卜將來，則有線電報，或棄置不用，而無線電報成爲世界普通之用品矣。

三 各國無線電之設備

據一九二〇年之調查，美國無線電事業爲最盛，國際通信，百分之十五，已由無線電爲之，近

年來增設大電臺，尙奮進不已。三年以來，無線電之發展，非常迅速，其無線電事業，分國內國外兩項，國外通信，在長島建設強電力之電臺，名爲紐約中央電臺，期使紐約成爲全世界無線電交通之輻輳點，臺中裝有四百一十英尺高之鐵塔七十二座，面積十方英里，能使美國同時與六外國通電，此外尙有橫渡大西洋電臺數處，橫渡太平洋電臺一處。新式之無線電臺，皆用真空管式，其管理之總機關，在紐約城內，美國商界皆知無線電之效用，火車公司，水力公司，旅館，報館，無一不用無線電以經營其事業，更有以無線電拍照片於遠方，此又事之甚奇者矣。近來美國製造家新創一種無線電話收話機，與留聲機之助音筒頗相類似，能將所收之聲音放大，使一室中之人，皆可聽之，不必各人用一收聲器也。美國全國私人設置之無線電臺，計已有一萬四千所，可由之發演說或音樂，以供四周遠方之聽也。德國無線電事業，擬分爲三類：第一類爲世界制，第二類爲國內制，第三類爲特設制。世界制之無線電臺，以勞安及愛爾惠司地方者爲海上通信之用，以康

尼格斯地方者爲歐陸通信之用，國內通信，則以純粹德國式之十五電臺，爲收發之用，其十三處海岸電臺，則專供船隻通信之用。特設制中包括甚廣，如傳達新聞，報告工業界與經濟界之情形，及氣候時刻，暴風颶風。凡關於航海航空之重要通信，俄國統計發報局三十八所，受信局有二百九十所。近於莫斯科附近之波哥落斯克建一大力電臺，可供大西洋通信之用。該臺天線鐵塔高九百英尺，較德國之腦恩大電臺鐵塔高出三百英尺，其電力爲五百啓羅瓦德，實爲近世大電臺之一。俄國政府雖貧，然近數年來，對於無線電事業，竭力經營，發展甚速。至於英國，除國內各機關及船舶皆用無線電外，擬於英格蘭，加拿大，澳大利亞，南非洲，印度，埃及，東非洲，新嘉坡，香港，皆設真空管電臺，以資聯絡，其及遠力均二千英里。我中華全境共有無線電臺三十五所，其中由日本管理者十七所，英國三所，法國三所，美國二所，蒙古及俄紅黨一所（庫倫）中國自有者九所，電力僅自三至十啓羅瓦德，如日本設在滿洲之許多小電臺，法人設在雲南及廣州灣之電臺，及喀什

噶爾英領事署之收信電臺等。今日在中國最大之電臺，爲大連灣日人所設之電臺，電力爲三十
五啓羅瓦德，其及遠力日間一千六百海里，夜間四千海里。北京美國之海軍電臺，電力三十啓羅
瓦德，其及遠力日間一千八百海里，夜間三千二百海里。香港英國之電臺，電力三十啓羅瓦德，其
及遠力日間一千五百海里，夜間三千海里。庫倫俄紅黨管理之電臺，電力二十五啓羅瓦德，其及
遠力日間一千二百海里，夜間三千海里。又有兩電臺，方在建築中，一卽雙橋電臺，擬備電力五百
啓羅瓦德，一在大沽，擬備電力八百啓羅瓦德。至馬可尼公司承造之烏魯木齊及喀什噶爾兩電
臺，與庫倫之電臺相同，電力俱係二十五啓羅瓦德。又美國合衆無線電公司所訂無線電臺合同，
爲在上海建造一千啓羅瓦德之電臺一所，在哈爾濱建造二百啓羅瓦德之電臺一所，又於上海，
北京，廣州三處，各建六十啓羅瓦德之電臺一所。雲南，武昌，迪化，煙臺，青島等處，亦皆有無線電臺。
法國無線電事業，進步甚速，近來又創出電波測角器，日本人有獨出心才所造之無線電報，爲軍

用甚是靈便，由近數年來觀之，無線電之進步甚猛，一日千里，其前途不可限量，將爲世界傳達消息，普通之用品，而大有有線電報革命之勢矣。

第二章 電氣振動

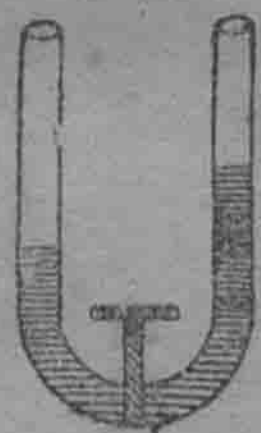
一 振動放電

凡蓄電器，如來頓瓶之電，若二放電球間，空氣之抵抗力大，則其電雖能破空氣而飛過，然乃一躍即止，不能往復振動，是爲非振動放電。若二放電球間空氣之抵抗力略小，則其電以極大之速率，往復振動，放於其間，是謂振動放電。蓋電氣自陽極移於陰極，本一渡而中和，歸於消滅，然電位甚高之電，其始受空氣之抵抗，迨空氣之抵抗不能支，電氣即破空氣而過，自陽極全量移於陰極。陰極忽增高其電位，而變爲陽極，原來之陽極反變爲陰極，復乘空氣之抵抗尙未復原，反其向而通過之。於一剎那間，以每秒數十百萬回之速度，往復振動，至兩極電位齊平，始歸寂滅。蓋電氣

之振動，亦一種由強漸弱之振動，如琴絃之振動，始則振幅最廣，以次振幅漸狹，終於寂滅者也。電氣之何以起振動，本難直解，聊取一事譬之，如以U形玻璃管盛水，中設塞門，其塞門二邊之水平面，高低不等，以代表陰陽電位之不同，如第一圖所示。若微開其塞門，則水之流動頗難，必緩緩流過，而成一向之溜，此喻空氣之抵抗力大，而電氣一躍即止，不能往復振動。若全啓其塞門，則水流無阻，必往復動蕩，至二股水平面齊平而止，此喻空氣之抵抗力小，而電氣往復振動，直至陰陽電位齊平而止也。

二 電氣振動之實驗

來頓瓶放電時，其火花遞次飛過，原非一躍即止，大抵往復飛躍二三十次，其時間約為千萬分之一秒，因其時甚短，在人目視之，僅為一小閃耳。然以旋轉鏡返於屏壁，則見其為絡繹不絕之無數火花連續而成，如第二圖所示。S為火花隙口，M為旋轉鏡，P為映屏，當旋轉鏡旋轉極速之



第一圖 水溜振動

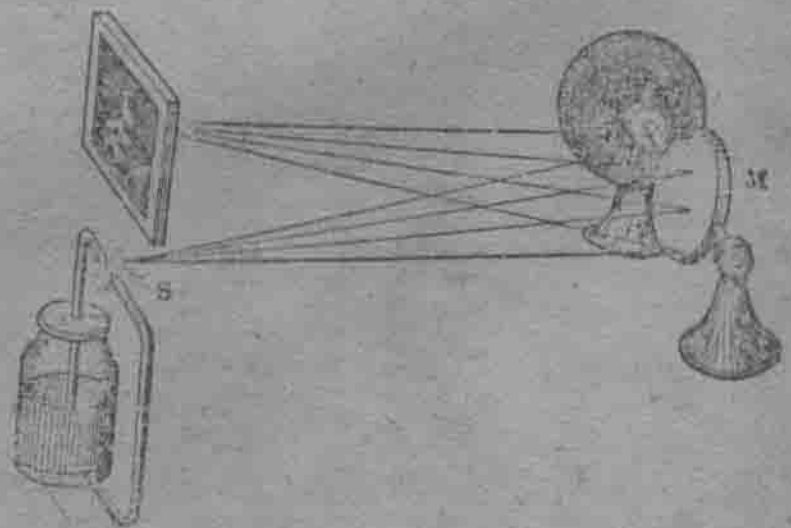
時，其所反映之像，如 P 屏上之式。據此實驗，足徵來頓瓶之放電，為往復之振動放電，他如感電圈，變電機，亦皆為振動放電，此等振動放電，實為發生電波之原因，而為無線電報之基礎也。

三 電氣振動之關係

振動放電與非振動放電，概由電路之自感率，電容量，及抵抗力三者之支配如何而定。設一蓄電器之電容量為 K ，放其電由一抵抗力 R ，及自感率 L 之銅線圈而過，計其絡繹之振動，能得與否，惟視 R 大於 $\frac{2L}{K}$ 即 $\frac{2L}{K} > R$ 或小於 $\frac{2L}{K}$ 即 $\frac{2L}{K} < R$ 而定，（式中

之 K 以法拉計， R 以歐姆計， L 以亨利計）若式中之 $\frac{2L}{K} > R$ 則為振動放電， $\frac{2L}{K} < R$ 則

為非振動放電，是知電路之抵抗力 R ，必如前之不等式，其抵抗程度不可過大，若抵抗力至超過



圖二第 電氣振動之實驗

極限，而成後之不等式，即不能起振動放電，而成非振動放電矣。自感率，電容量，抵抗力，三者之支配，於電氣振動之關係，頗難詮釋，且援簧條之振動，反復比擬之，如第三圖所示。A 爲螺旋形有彈性之金屬絲，B 爲其下端附着之重物，上端固定之於○，引伸 B 重物而弛之，則一時伸縮上下，運動不已，是謂簧



圖三第

條之振動。此簧條振動之活潑與否，及其振幅之大小，視其本體 A 之長短，本體與 B 物之共重，及引伸距離之遠近，三者之支配而定，猶之電氣之支配於自感率 L ，電容量 K ，及抵抗力 R 之三者也。自感率可比簧條之長，電容量可比簧條與 B 物之共重，抵抗力可比引伸距離之遠近，簧條愈增長，而 B 物之重量不變，則長引伸之，亦無礙其運動，自感率愈增多，而來頓瓶之電容量不變，即增長火花隙口，亦可起振動放電，因 L 愈增大， R 亦同時增大，仍合於前之不等式也，簧條愈減短，而 B 物之重量不變，則引伸之度，亦宜減小，自感率愈減少，而來頓瓶之電容量不變，則火花隙

口之距離，亦宜減小。因 L 減小， R 亦同時減小，若 L 減小，而 R 常不變，則成後之不等式，而為非振動放電矣。

四 振動數及振動週期

電氣於一秒時間內，所振動之次數，謂之電氣之振動數，每一振動所需之時間，謂之電氣之振動週期。設 N 為振動數，據物理家所推公式，為
$$N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{KL} - \frac{R^2}{4L^2}}$$
 設 $K = 0.01$

米扣法拉， $L = 0.00001$ 亨利， $R = 0$ 則 $N = 503000$ ，若 R 為數甚小，則
$$N = \frac{1}{2\pi \sqrt{KL}}$$

欲振動之次數變少，則增 R 之數，或增 L 之數即可。若以 T 為振動週期，則
$$T = \frac{1}{N} = 2\pi \sqrt{KL}$$

由此式觀之，可知振動週期，視自感率與電容量之相乘積而變。電容量增加，而自感率減少，與增加自感率，而減少電容量，其振動週期，仍可相等也。即電氣振動之週期，等於自感率與電容量相乘積之平方根，而以六·二八三二乘之者也。

第三章 論電波

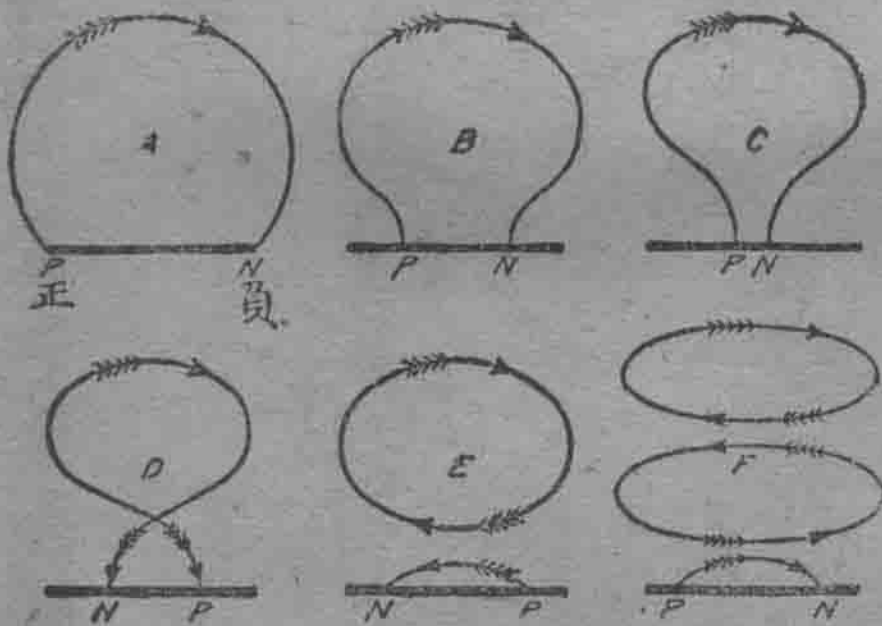
無線電賴以達報之元素，恆曰電波，而電波之理解有二，一曰電力線說，二曰磁力線說，茲將

二說分論如下：

一 電力線說

據赫爾資與亥克 (Dr. F. Hack) 等所論，發波器發出

一電波，乃發出一有力之合鈕圈，並非浪形之電波也，此等問題，甚難簡言以該之。然其大旨，則如第四圖所示，此曲線乃代表陰陽極間，其若干電力線中，一線之形式及其方向也。其A，B，C，D，E，F，乃代表合鈕圈之漸變狀也，於電溜往復振動之際，則靜電力之線，由此而過，因而成一合鈕圈，而此合鈕圈，因



圖四第 電力線合鈕圈