

蘇聯大眾科學叢書

無線電探測

Ф. И. 切斯特諾夫著 華坡譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書。

無線電探測

Ф.И.切斯特諾夫著

筆 坡 譯

郭 壽 鐸 校

商務印書館

無線電探測——雷達——是現代科學技術中最傑出的成就之一。今天雷達在它發展的前途上，僅僅才跨出了第一步，但已經有了很多新鮮的事物展現在我們的眼前，所以它是一門既年青而又最有前途的技術。本書是一本專門介紹雷達的通俗小冊子。開始先從最基本的無線電波講起；以後講述了無線電的基礎——電振盪；再以後由無線電通訊講到雷達的實現和它的工作原理。最後又生動地介紹了許多雷達的新奇用途：從探測地面的目標到研究遙遠的星體，都有它參加在內。

本書根據蘇聯國家技術理論書籍出版社出版的科學普及叢書之一“Радиолокация”譯出（1952年版），著者為 Ф. И. Честнов

蘇聯大眾科學叢書

無線電探測

華坡譯

★版權所有★
商務印書館出版
上海河南中路二一一號
新華書店總經售
商務印書館北京廠印刷
(68214)

1954年3月初版 版面字數45,000
印數1—12,000 定價¥2,400

目 次

引 言	1
(I) 無線電波代替了導線	2
無線電的基礎是電振盪	2
振盪環路裏的高頻電流	5
作用最迅速的儀器	8
真空管振盪器	10
電波向四週發射	11
由無線電通訊向雷達發展	14
(II) 雷達是怎樣實現的	16
遇到障礙就反射回來	16
為什麼必須用超短波	17
在超高頻領域內	19
不但測距離，還能測方向	24
無線電波束是怎樣產生的	30
無線電回波帶來的報告	33
雷達的電子“錶”	38
環視電台	43
(III) 雷達的用途	47
看不見的嚮導	47
現代航空的眼睛	52

用無線電波測量高度.....	53
氣象學家的新助手.....	55
在觀測天體上的應用.....	57
尾 語	66

無線電探測

引 言

雷達(正確的譯名為“無線電探測”，但本書在敘述中仍採用俗名“雷達”——編者)是今天科學技術上最出色的成就之一。在不久以前(大約二三十年前)，人們都還把關於雷達的故事當做是一個大胆的幻想，然而，這個幻想現在却實現了，同時還解決很多複雜的科學技術問題：利用雷達可以發現隱藏在煙霧中的船隻或飛機，探測它們朝哪一個方向、用多大的速度進行；雷達可以幫助船舶的近岸領航，使得船舶在遇霧時不致相撞。夜間飛行或在高空雲上飛行時，利用飛機上的雷達可以“看到”地面。雷達又能幫助飛行員在廣闊的天空中找到正確的航路。

雷達擴展了我們的眼界，並且成為研究大自然的新式設備而豐富了科學。雷達的發明和發展，標誌着蘇維埃科學技術的無限威力，標誌着我國那些繼承了無線電發明家 A. C. 波波夫的事業、並研究了無線電波空前的新用途的學者們的天才和智慧。

雷達這個名詞原來的意思是表示利用無線電波測定某種目的物(船舶、飛機、汽車)的位置。為了瞭解雷達是怎樣工作的，我們首先必須知道無線電波的性質，必須知道利用它把信號傳遞到遠方的原理。

(I) 無線電波代替了導線

無線電的基礎是電振盪

無線電這個名子是每個蘇聯人都曉得的。從前，在它誕生不久的時候，人們曾經把它叫做無線電報，因為那個時候還只不過是用它來拍發簡短的電訊；而今天呢，我們就可以利用無線電聽到活生生的言語，歌唱和音樂了。A. G. 波波夫的偉大的發明在我國獲得了驚人的發展，並且已成為每個公民都能享受到的人民的財產。莫斯科廣播電台的無線電波，向我們報導着新聞、科學講座和戲劇表演。在無線電波的世界裏，到處傳播着建築工地、工廠和運動場等的聲音。在祖國寬闊的土地上每一個角落裏，在國外遙遠的地方，都可以聽到它。所有這些廣播都反映着蘇聯人民活躍的繁榮的生活。

今天的無線電已經達到很完善的程度。它在科學、技術和工業的各個部門中佔着重要的地位，並且在各方面的應用也都表現着優異的效果。俄羅斯人的這一發明，運用的範圍越來越廣，它在人們日常生活中的意義，也一天天增加着。

無線電的基礎是高速的電振盪。電振盪發生於發射電台，不需要利用連接導線，就可以傳播到裝設着接收機的地方。這種傳播過程是以振盪開始的，也是以振盪結束的。

振盪是一種每隔同等的時間重復一次的有節奏的運動或有節奏的變化。假如你用手觸動一下吊在一條線上的小球，這小球就會很有規律地往復搖盪起來，這是很容易引起的一種振盪。當你彈撥六弦琴或

其他弦樂器的琴弦的時候，你可以清楚地看見被彈撥的琴弦在振動着。弦的振動引起了周圍空氣的振動，於是就產生了聲音。

振盪的形式是多種多樣的，它能以光、聲音、電流和無線電波等形式表現出來。各種振盪在科學技術上都有着廣泛的用途。照明用的和供給電動機用的交流電，便是電振盪的一個例子。這裏，循着金屬導線運動的電子（帶負電荷的微小質點），在不停地振動着；它們離開了自己的原子，在導線的金屬物質原子和原子之間流動着。這些電子，我們把它叫做自由電子，以便跟拘束在原子內部的電子有所區別。

平常，自由電子的運動是沒有秩序的。但是，只要把導線的兩端接於電池的兩極，連接成一個使得自由電子能夠有秩序地運動的閉合電路。這些微小的帶電質點就會造成一種看不見的流動，我們把它叫做電流。假如電路裏電子運動的方向和速度是不變的，所造成的電流就叫做直流。可是，在很多情況下我們並不使用直流，而使用一種強度和方向都在不停地變化着的電流，也就是交流。因為使用交流比較合適。

圖1的下圖是交流的曲線圖。橫軸表示時間，縱軸表示電流值或電流強度。在電流曲線上我們可以看到：電流值起初是漸漸增長，達到最大值以後，又慢慢地下降到零。從這時起電流變換方向，它的值開始上昇，達最大值後又漸漸下降到零值。此後，這一過程準確地重複着。每循環一次所需要的時間，叫做一週期。如果把交流的變化情況，拿來跟吊在線端的擺動着的球（圖1的上圖）的運動相比較，就不難看出它們之間有相似的特徵：就是都在進行着振盪。

電流的振盪一次跟着一次，每次經歷的時間就是一週期。週期愈短，電流變化進行得愈快。

圖2表示兩種週期不同的電流振盪：曲線A的週期較大，曲線B

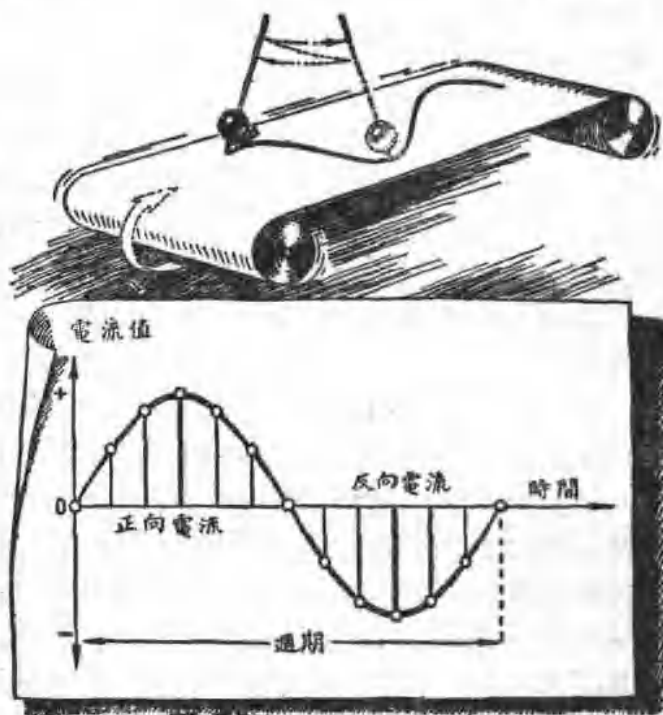


圖 1 上圖——擺動着的球所畫的振盪曲線。
下圖——電振盪(交流的曲線圖)。

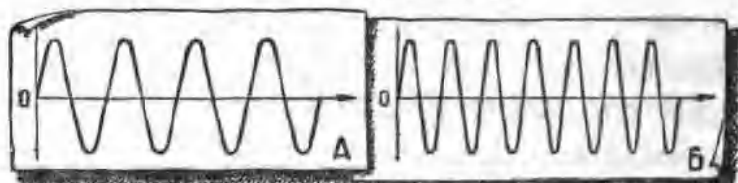


圖 2 頻率不同的兩個振盪曲線圖。

的週期較小。曲線 B 所表示的電流，每秒內變化次數較多，每秒的變

化次數或循環次數叫做頻率。

電燈用的交流，每秒振盪五十次，變換方向一百次。可是對無線電來說，這樣的振盪次數是根本不夠的。無線電所採用的振盪頻率，通常是每秒數萬週到數十萬週，有時還要多一些。所以，電燈用的交流的振盪頻率，跟無線電發射用的高頻振盪比較起來，那是少得太多了。

爲了產生上述的高頻電流，我們利用一種簡單同時也很奇妙的裝置，就是振盪環路。

振盪環路裏的高頻電流

振盪環路的組成部份，除了連接導線之外，一共只有兩個零件，就是感應線圈和容電器。在圖3裏，這兩個零件都畫成實物圖，並且跟無線電線路圖的畫法是一致的。

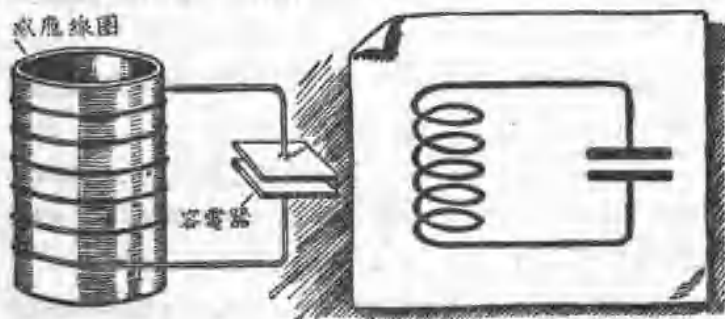


圖3 振盪環路；右圖是它的線路圖。

感應線圈是用金屬導線繞成的螺旋圈，繞多少圈，依需要的情況而定；比較簡單的容電器是兩片平行相對的金屬片，中間用薄層絕緣體（如空氣、雲母等）隔離而成。容電器具有容納蓄積電荷的性能，好比空

容器可以裝盛一定數量的液體一樣。

要使容電器充電並不難：只要把從容電器兩塊金屬片上接出的兩根導線，觸在電池的兩極上就行了，這時，正電荷就蓄積在其中的一片上，負電荷蓄積在另一片上。

現在，如果將容電器跟感應線圈連接起來，那麼，由於異性電荷互相吸引的作用，蓄積在負片上的電子就開始運動。這些電子順着連接導線向帶正電荷的一片流動。

環路裏的電流，並不能馬上達到可能的最大值。它是漸漸地增長。容電器的放電也是逐漸進行的。爲了瞭解以上所講的過程，我們來舉一個簡單的例子：要使某一物體由靜止而運動，我們必須拿一定數量的力作用於它；要使它停止運動，也需要用一定數量的力。使靜止的物體運動和使運動的物體停止，都必須克服物體的慣性。物體的質量愈大，它的慣性也愈大。物體的慣性，反對由靜止而突然運動，也反對在運動中改變速度。

振盪環路裏，由於感應線圈的存在，產生一種反對電流變化的電的慣性。

當容電器放電時，電荷順着導線流動的速度逐漸增大，直到容電器將電荷全部放掉時，電荷才流動得最快，這時電流達到最大值。此後，電荷流動並不馬上停止，它的速度逐漸減小。

感應線圈的電慣性，阻礙着電流的突然停止。正在減弱的電流開始給容電器充電，原先帶正電的那一片，開始獲得新的自由電子，增加負電荷的蓄積。在這同時，另一片上增加正電荷的蓄積。這樣將一直繼續到容電器不再充電，而電流尚未減到零時爲止。

以後怎樣呢？

容電器又開始放電。但是，這時容電器兩片上的電荷互相交換了位置，電流的方向跟以前相反了。電流值逐漸增長到最大值後，逐漸下降到零。這時，電容器又形成充電狀態，情形跟我們起初觀察到的一樣。上述的過程，一次又一次地重復下去。容電器一會兒充電，一會兒放電，環路裏產生交流，換句話說，我們得到了電振盪。

在無線電所用的振盪環路裏，這樣振盪進行的速度，往往都是很大的。振盪的週期只有幾十萬分之一秒，甚至幾百萬分之一秒，也就是說，頻率達到每秒幾十萬週，甚至每秒幾百萬週，這便是無線電所要求的頻率。可是，由上述方法所得到的振盪實際上是不能用的，因為這種振盪的繼續時間非常短促。

道理是這樣的：容電器充電時由電池所得到的電能，很快地被消耗掉，因為放電時所產生的電流流經線圈和連接導線，使它們發熱（跟電流通過電燈絲使它發熱的情形一樣）。不過，線路裏的電燈，是由發電機不斷地供應電能的，而孤立的振盪環路，却缺少這樣的補充條件；環路裏用以產生振盪的能，漸漸地都變成了熱，散失在週圍的空氣中。環路裏振盪的強度（振幅）愈來愈小，終於消滅了，這種情形，跟琴弦或吊在線端的小球被彈動後很快地就停止振盪一樣（圖4，A）。

要使吊在線端的小球的運動不致停止，必須跟着振盪的拍節，有節

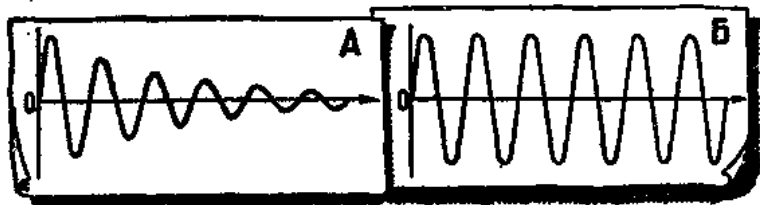


圖4 A——阻尼振盪；B——等幅振盪。

奏地推動它才成。每推動一下，就給它一點點能量，用來補償由於空氣阻力所造成的能量損失，和因線的懸掛點的摩擦而引起的能量損失。如果我們的推動力大小適中，球由這一邊盪向那一邊來往的步度（振幅）一定，就可以得到等幅機械振盪（圖4 B）。

因為等幅振盪是無線電所必需的，所以振盪環路也必須受到與上述相似的處理，就是要非常有節奏地跟着振盪的拍節將電能供給環路，用來補償因發熱所損失的能量，這樣，振盪的強度就會固定不變了。

能够“監督”和“跟得上”環路裏所產生極其頻繁的振盪的，只有人們都知道的一種叫做無線電真空管的儀器。

作用最迅速的儀器

這種儀器，自從它具有普通電燈泡的外形時起，就有了“燈泡”的名稱。其實，它的內部構造，工作原理和用途等，跟電燈泡是完全不同的。在這裏，我們拿三極管（一種最簡單的真空管）為例，來把它介紹一下。

在抽出了空氣的三極管管壳裏（圖5），裝有三個叫做電極的金屬導體。這三個電極，都跟管壳外的插腿相連，利用這插腿可以使真空管容易插入線路裏。

真空管的三個電極中，有一個叫做陰極，這是一條用電流燒熱的金屬絲。燈絲（就是陰極）一經燒熱，便放出自由電子，這些自由電子向帶正電荷的電極（就是陽極）衝去。因此，在沒有空氣的管壳裏就有電流通過，這種電流，平常叫做陽極電流，陽極電流的大小，由第三個電極來控制。這第三個電極，位在陰極和陽極之間電子的通路上，並具有柵欄的形狀，所以我們稱它為柵極。

如果使柵極帶負電，它將排斥帶同性電荷的電子，阻礙它們衝向陽

極。變換這柵極上的電荷，給它選擇一個適當的值，使得陽極電流降低到零。這時，電流沒有通路，也就是說真空管“窒息”了。

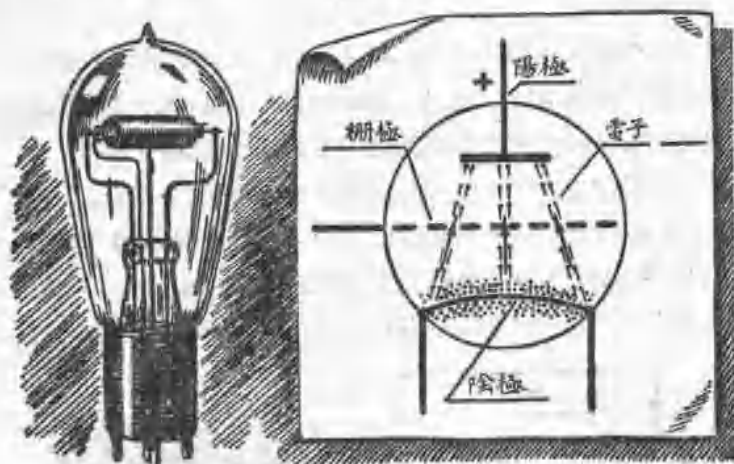


圖5 玻璃壳三極管；右圖是它的示意圖。

當柵極帶正電時，情況就完全不同了。這時柵極不但不妨礙電子運動，而相反地，幫助電子衝向陽極。於是陽極電流增加。

真空管裏的電子流，隨着柵極電壓的變化而變化。這個道理是很顯然的，因為這些最微小的質點對於電力作用很靈敏的，而且能够立即服從柵極的所有“命令”。甚至於柵極電壓極微小的變化，也會立刻引起陽極電路裏電流的極顯著的反應。

無線電真空管是一種幾乎沒有慣性的電子的儀器，因此，應用在控制高速變化過程上，它的優點是不可比擬的。同時，用它做不變頻率而能放大振盪強度的放大器，也是很方便的。非常微弱的電的信號，譬如，收音機天線所接收到的信號，也可以用它放大到相當強度，使得隨

後不難變成很響的聲音。

真空管振盪器

我們已經知道，要在環路裏保持振盪不停，必須經常補充在振盪過程中所造成的能量損失。補充這個損失的源泉，可以用一般的蓄電池組來担任，而控制供給電能於環路的調節器，却由真空管來担任。

下面就是真空管振盪器的線路圖(圖 6)。在這圖上，我們看到：所謂陽極電池組(它的正極接到真空管的陽極)、振盪環路和真空管所組成的完整電路。另有一個獨立的電池是燒熱陰極用的。柵極和陰極的引出線之間連接一個輔助感應線圈，這就是柵極線圈。

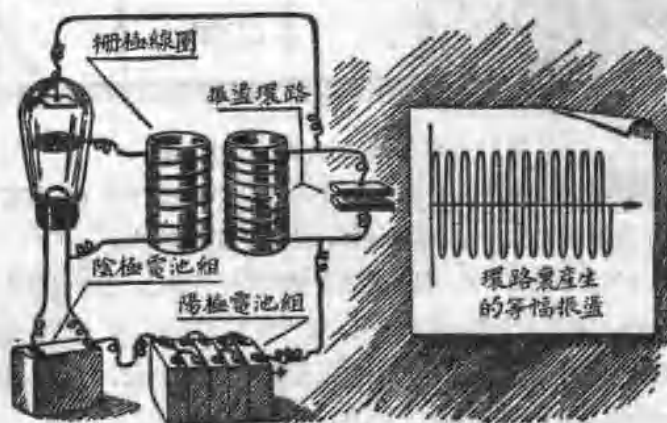


圖 6 真空管振盪器。

振盪器的任務，就是製造等幅電振盪。現在讓我們看一看，等幅振盪是怎樣產生的。

當電池組接在陽極電路裏時，環路裏的容電器就被充電。前面已

經說過：容電器裏有著積的電能存在時，藉着跟它相連接的感應線圈的幫助，能進行放電並引起電振盪。

柵極線圈是跟環路線圈並排着的。它們之間存在着一定的相互作用的關係：當其中一個線圈裏有交流通過時，另一個線圈裏就會產生交流電壓。這就是說，環路裏只要在極其短促的時間內有極微弱的振盪發生，柵極線圈裏就會立刻發生交流電壓。柵極一會兒帶正電，一會兒帶負電，使得陽極電路（由陽極電池組供電的電路）裏的電流強度受到變化。這時，有少量電能由電池進入振盪環路，跟環路裏所發生的振盪拍節正好一致。

於是，柵極電壓支持着環路裏的振盪，而振盪環路呢，由於感應線圈的互相作用，又反過來影響柵極。環路裏的損失受到補償，一定強度的等幅振盪也就建立起來了。

在頻率極高的振盪中，柵極具有調節電能由陽極電池供給於環路的性能。它在這種控制工作中所消耗的能量，只是所產生的振盪能的一小部份。這樣在真空管振盪器裏，用以製造無線電波所必需的高頻振盪，就自動地（不用外來的幫助）維持着。

電波向四週發射

真空管振盪器是現代電台的心臟，但是它所製造的振盪却往往是很微弱的。利用真空管把這振盪放大，使它受到改造，然後引向發射機天線。從這裏起，它就開始了到無線電接收機去的旅途，這是沒有任何導線的旅途，並且往往都是很遙遠的。

發射天線是無線電波的發源地。一般只是一條鉛直地裝在地面的金屬導線。

創造天線的榮譽屬於無線電發明家 A. G. 波波夫。起初他用天線來接收無線電信號，結果接收性能改善了，無線電通訊的距離也馬上增加了。此後不久，A. G. 波波夫給發射機也安上了鉛直天線。於是，天線不僅用在無線電接收上，也開始用在發射上了。

高頻電流的電能由發射機進入天線，然後向空中發射。要明瞭發射的進行過程，我們必須先解釋一下電場與磁場的原理。

大家知道，如果拿化學梳子在頭髮上梳幾下，再把它拿到碎紙屑的近旁，它便會把紙屑吸引起來。這是因為梳子上已經帶電的原故。這一吸引現象，甚至在隔開一些距離時還可以看得出來。這就是說，集聚在梳子上的電荷，它的電力作用到週圍的空間。電荷的作用範圍叫做電場。電場，我們是看不見的，但是它表現得很明顯：以一定的力排斥同性的電荷；吸引異性的電荷。

距電荷愈近電場愈強，愈遠則愈弱。電場具有使電荷運動的能力，這證明它能够做功，也就是它具有一定的能量。

現在我們來認識一下磁鐵（具有吸引鐵的性能的物體）週圍的力場。

地球是一個巨大的天然磁鐵。地球磁場對羅盤針的作用，在測定方向上應用很廣。

每塊磁鐵總有兩個磁極，就是北極和南極。跟正、負電荷一樣，同名磁極也是互相排斥，異名磁極互相吸引。有趣的是：在一定條件下，電場跟磁場是彼此互相作用的。兩力場之間的相互關係，在它們發生變化時就顯現出來。

如果磁鐵跟電荷都處在靜止狀態中，即或在一起，也表現不出彼此之間的影響來。這時，每一力場都跟獨立地存在着一樣，它們之間沒有任何關係。但是把磁針移近一根有電流通過的導線，你就能看到：磁