

简明无线电原理

苏联 С. Я. 屠尔雷金 著

翁亦年 翁龙年 译

人民邮电出版社



73.45

簡 明 无 綫 电 原 理

苏联 С. Я. 屠尔雷金著

翁亦年 翁龍年譯

人 民 郵 电 出 版 社

С. Я. Турлыгин

ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ РАДИОТЕХНИКУ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МОСКВА 1952

內 容 提 要

本書以深入淺出的方式來說明一些無線電工程中佔重要地位的一些原理，如電磁波及振盪的特性與產生，天綫的種類及其基本工作原理等。書中着重於各原理的物理概念，以許多日常的自然現象作為比喻，故雖然沒有高等數學修養的讀者亦能閱讀，使讀者對較高深的若干理論亦有一明確的概念。

本書的讀者對象為較有經驗的廣大業餘無線電愛好者以及各部門中從事無線電技術工作的專業人員。

簡 明 無 綫 電 原 理

著 者：蘇聯 С. Я. 屠 爾 雷 金
譯 者：翁 亦 年 翁 龍 年
出 版 者：人 民 郵 電 出 版 社

北京東四 6 條 13 號

(北京市書刊出版登記證出字第〇四八號)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 廠
發行者：新 華 書 店

開本 850×1168 1/32

印張 7 頁數 112

印刷字數 162,000 字

印數 14,317—16,866 冊

1956 年 1 月南京第一版

1958 年 8 月北京第四次印刷

統一書號：15045·總 276—無 74

定價：(10)1.22 元

序 言

本書之目的是在敘述無線電工程的一般主要原理，并用極少數例子指出在人類的生活生活中由于利用無線電技術而已經達到的極廣闊領域。任憑這些已達到的領域是多麼廣闊，它們還是一日千里地繼續擴張着。其發展的範圍，在今日甚至無法加以指出。《見所未見，聞所未聞》的事情從地球的各個角落互相呼應着，鑽入前所未到的高空，調查萬丈千仞的深淵——所有這些以及其他等等，真是使《神話變成事實》了。但所有這一些，還只是個開端。

的確，從日常的生活習慣中，我們知道無線電是人類相互廣泛聯絡的工具，用弗·依·列寧的話來說，無線電是《不用紙張和沒有距離的報紙》。我們還知道，無線電又好象是一條非常大的輸送管，如政治和科學的智識、最卓越的專家們所作的演講、最優秀音樂家所演出的音樂會、運動會和體育比賽的影片以及其他許許多多都可以經由這條管子輸送到每一個人那里。所以，無線電實在是最有力的文化工具之一。大家還知道，無論與熟悉的或陌生的通訊者進行聯絡，無線電都是極其方便的通信工具。譬如說，當輪船在海洋中出事時，無線電就是遇難者求救的主要希望。利用了無線電，無論在陸地或在海洋，都能夠極精確地測定本身所在的位置，看出周圍的物體，找到隱蔽的金屬以及地下礦藏。大家還都知道，利用無線電可以校正輪船的航線，甚至可以不用駕駛員來駕駛飛機和輪船，而由無線電來控制它們，這就使無線電又成為運輸中有力的操作工具了。

在工業方面無線電可以烤烘木材、假漆，製造塑體，熔鍛金屬

及淬火，融煉油脂，製造最好的罐頭食品，控制最複雜的技術過程，進行最精密的測量。在醫學上，無線電則能治療並真正恢復那些如沒有無線電就必須立即用外科手術來剷除的人體組織。在天文學方面，無線電不僅追隨時間，幫助製圖學的研究，而且還能研究天體，及敏銳而精確地觀察《地球本身》的旋轉情況。隨着無線電的發展，地球已被迫《供認》，它的轉動是不均勻的了。

無線電的使用範圍，幾乎可以無限制地擴展。

無線電是在我國誕生的。

它的發明人是亞歷山大·斯捷潘諾維奇·波波夫。他在1889年第一個發表了電磁波可用來在遠距離間傳輸信號的意念。1895年5月7日，A·C·波波夫在俄羅斯理化協會物理分會的公開會議上表演了第一次無線電傳輸。A·C·波波夫卓越地看到了無線電波所具有的、足以保證它來日能廣泛應用的那些特性。他造成了第一付天綫、第一架無線電收音機，他第一個發現由於雷雨放電所引起的雜散電磁波，第一個想出辦法來收聽無線電信號，並把它們記錄下來。實質上，他曾進行了第一次的雷達試驗。第一個無線電報也是由A·C·波波夫發出的，目的是爲了拯救一批隨冰塊而沖入大海的漁夫們。

今日的無線電事業是弗·伊·列寧和約·維·斯大林對無線電大力支持的結果。這是很馳名的事，列寧和斯大林曾發出了第一個無線電廣播電報：《給全體同志們。給全體團委員會、師委員會、軍團委員會、集團軍委員會和其他委員會，給革命軍隊的全體戰士們和革命艦隊的全體水兵們》。這是關於和平談判的通電。這個通電到達極廣泛的羣衆那裏，起了非常大的作用。

今日，無線電正以蘇聯各族人民的各種語言進行着廣播，而成爲對勞動人民進行共產主義教育的有力工具。

目 錄

序 言

第 一 章 波動和電磁波

1. 週期性和重複性的過程..... (1)
2. 波動..... (8)
3. 電磁場..... (18)
4. 電磁波..... (40)
5. 綫路上和空間中波的運動..... (50)
6. 回聲探測器和雷達..... (67)
7. 波的表面反射和體積反射..... (91)

第 二 章 無綫電傳輸的輻射及無綫電傳輸技術

1. 單天綫..... (98)
2. 複合(混成)天綫..... (110)
3. 透鏡和稜鏡..... (119)

第 三 章 無綫電波的運動

1. 長波和短波的運動..... (133)
2. 超短波(米波)和更短的波的運動..... (147)

第 四 章 振盪

1. 簡單的(孤立的)振盪系統..... (151)
2. 耦合系統..... (162)
3. 《真空》中和物質中的交變場..... (165)
4. 循環過程和非直綫振盪..... (172)

第 五 章 電 子 學

1.自由電子..... (181)

2.電子管和電子設備..... (193)

第一章

波動和電磁波

1. 週期性和重複性的過程

看得見的光和看不見的光 首先應當說明，無線電發射所利用的基本現象與光的現象完全相似。正如閃爍的燈塔向各方面發出斷續的光綫一樣，無線電發報台也向各方面發出斷續的《光》綫，而無線電發報台工作的持續和間斷則與電碼的符號相符合。燈塔的光和無線電發射機所發的《光》，二者之間的全部差別祇不過是：燈塔所發的光對我們的眼睛發生作用，而無線電所發的《光》則對眼睛不發生作用。無線電台所發的射綫是暗的，它們祇能對無線電收音機發生作用。

我們知道，暗的射綫很多，老實說，我們所知道的所有射綫中，祇有極少一部分是看得見的射綫。而其他極大部分都是對眼睛不起作用的暗射綫。祇有間接地根據它們各種各樣的許多現象，我們才能認識這些射綫。例如，暗的倫琴射綫能使照相軟片發黑，能使塗着硫化鋅和其他化學藥品的屏板發光。暗的紫外綫（即所謂《礦山太陽燈》）也能使照相軟片發黑，使屏板發光，使皮膚黝黑和炙傷，引起腦皮質的抑制作用以及其他現象等等。最後，大家還知道所謂“熱”射綫，熱射綫由每個熱體發出，它對眼睛也不發生作用，但是皮膚卻能感覺到。因此，爲了發現暗射綫就必須有輔助設備，而對於無線電射綫來說，這種設備就是無線電收音機，它發現無線電射綫而再把無線電射綫作用於我們的耳朵，或作用於我們的

眼睛（在接收電視時）。《無線電》這名詞是從拉丁字（古羅馬字）《radius》變出來的，它的意思就是發出光綫、發光。

如果無線電射綫是一種看不見的光的射綫，那末它們就應該具備一般光綫所固有的全部基本特性。象所有射綫一樣，它們應該以每秒 300,000 公里的光速傳播（由於這種速度，它們能在 1 秒內繞地球 7.5 次）。它們應當為鏡面所反射，在斜投射時它們應當在物體和媒質的交界面上發生折射作用，當它們穿過媒質時它們應當或多或少地被媒質吸收掉一部分，它們應當互相迭加（干擾），應當能繞過其路上的障礙物（繞射），應當對它所落入的物體產生壓力，以及其他等等。實驗證明，無線電射綫確實具備所有這些特性。

那末，說實在話，無線電射綫與所有其他射綫間的不同點到底是什麼呢？各射綫間是以什麼來互相區分的呢？

所有的射綫相互間有一個共同點，即它們都是由波動所形成的。各種射綫間的基本差別是在於它們的周期 T 的延續時間不同，亦即一個波所經過的時間不同，或者說，也就是它們在空氣中的波長不同。

周期和頻率 由上所述，決定每種射綫性質的基本且重要的特征就是它的周期（它的波長）。

現在來說明一下，周期這一名詞標誌些什麼呢？

在自然界中往往能發現許多千篇一律的現象，它們不斷地以嚴格的順序，一次接一次地，每經過某一時間間隔而重複着。如果這一時間間隔老是完全不變的，也就是說，如果有一現象，在某一個不變的時間間隔 T 秒中能進行一次完全一定而且全部完結的過程，然后再行重複，那末這一現象就叫做周期性現象，而此時間間隔 T 秒就叫做這一現象的周期。

如果 T 並不是一個固定的數值，那末即使這現象能夠重複，它仍不是週期性的。

讓我們來列舉一些最簡單的週期性現象的例子：《週期性》的出版物——報紙和定期雜誌就是這樣的（通常報紙的週期 T 是一晝夜，雜誌的週期 T 等於一個月）；鐘擺的擺動是週期性的（有些鐘裏 T 是1秒；有些鐘裏 T 是 $\frac{1}{2}$ 秒）；地球週期性地繞着太陽旋轉（ T 等於壹年）；心臟的跳動是週期性的（ T 大約等於1秒）。週期性的現象在自然界中極多，所呈現的週期也各各不等，最短的幾乎等於零（等於 $\frac{1}{10^{18}}$ 秒），最長的可到數萬萬年。

現象的“頻率”，這一名詞也有同樣的重要性。頻率就是表示該現象在1秒內重複幾次的數字，以 f 代表。很明顯，每秒內現象（或循環）的次數 f 等於：

$$f = \frac{1}{T}。$$

在1秒內有1次現象（1秒內有1次循環）就叫做1週。

相位 任何現象（包括週期性的在內）的完成都需要若干時間。既然現象是隨着時間而發展的，所以我們可以在各個不同的時間來識別現象的各個狀態，或者來識別所謂現象的相位，例如最初相位或最後相位。

極為明顯的，譬如說，月亮的各種相位是大家都知道的。在這裏，週期性現象（月亮朝向我們的那一面，受太陽照耀的程度的變化）的整個循環要持續28天左右（ T 等於28個晝夜）。這現象的相位不斷地改變着，而其最最典型的四個時候還得了專門的稱號：新月；上弦；滿月；下弦。很明顯的，相位可以由現象開始後所經過的秒數 τ 來決定，或由比例 τ/T 來決定。

假設我們有兩個完全一樣的彈簧擺，每一個擺都是繫在彈簧上

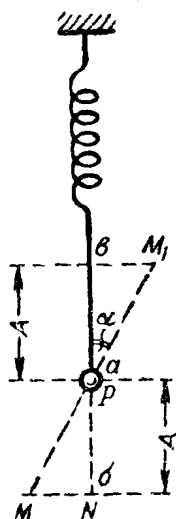


圖 1. 彈簧擺

A —彈簧擺振動的振幅。測量，測出來的時間就是振動的週期（ T 秒）。

這裏，我們所測量的是圖上用字母 δ_1 和 δ_2 所表示出的二個相隣

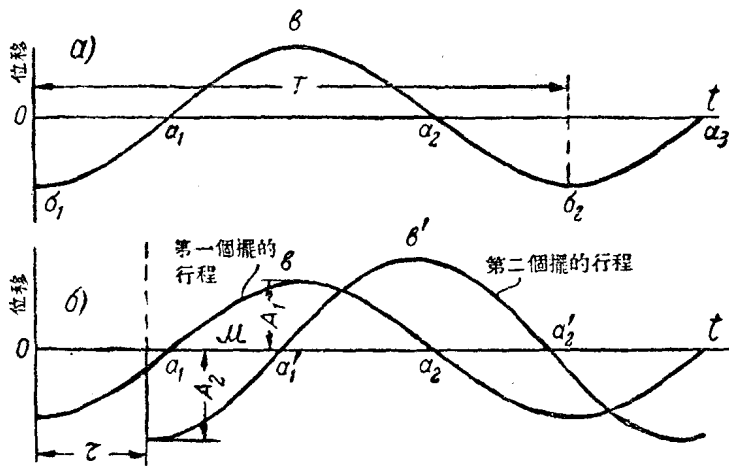


圖 2. a —擺在不同時間的振動位移， T —振動週期； b —有着相位差的二個擺的振動， τ —它們在時間上的差異。

的初相位之間的時間（週期）。假如我們在任何二個相隣的同相位的兩點之間來測定週期，譬如說，在 a_1 和 a_3 之間（這裏 a_1 和 a_3 就是當小錘 P 往上運動時經過平衡位置的一刹那），那末週期——時間 T ——還是一樣的。

現在讓我們來研究一下二個同樣的擺的振動情況，也就是說，研究二個有着完全相同週期的擺的振動情況。關於這類週期完全相同的擺，我們說：它們是處於諧振狀態。諧振這一名詞的意思我們將在以後說明。

如果我們觀察二個或二個以上同樣的擺的振動，那末我們首先應該注意到它們振動的相位在各時間上是否都重合。如果我們把這些擺都拉到 δ 的位置，而在同一時間放手讓它們振動，那末這些擺振動的初相位 δ_1 是相同的，即於同一時間出現的。又因為兩個擺的週期 T 是相同的，所以不管在什麼時候，它們的振動相位都會相同，都會重合；這二個擺始終不會有位置的差別，即不會有相位的差別。

如果我們從 δ 點放開這些擺，但並不是在同一個時間，而是先放一個，然後經過 τ 時間再放開另一個，那末此兩擺的振動在相位上將不會重合。事實上，當第二個擺開始振動的時候，第一個擺已經振動了時間 τ ，故它的相位等於 τ/T 。如果把它們的運動畫成圖表（圖2.6），那末這些圖表的特性點 a_1 和 a'_1 、 a_2 和 a'_2 並不重合，而是彼此分離，相差 $\tau = a_1 a'_1 = a_2 a'_2$ 一段。

在連續不斷的振動中並沒有必要去知道振動是什麼時候開始的。我們將像通常那樣，把 a_1 點和 a'_1 點作為振動的開始點。時間的計算可以從任意一點 M 開始，即使 M 是在 a_1 和 a'_1 之間也可以。那時候，第一個振動的開始點是在 M 點的左邊，而和 M 相距 a M 秒，

这一振动的相位等于 $\eta_1 = a_1 M/T$ 。同样理由，第二个振动的相位等于 $\eta_2 = a'_1 M/T$ 。这相位是落后的，或称滞后的。很明显，这两个振动的相位差将是 $\eta_1 - \eta_2 = \tau/T$ 。显然，这差值与计算时间的开始点无关，与 M 点的地位无关。请注意，相位不但可用周期的分数 τ/T 来测量和确定，而且还可以用相位角 $\varphi = 2\pi\tau/T$ 来测量。

为了解这些重要的概念——周期、相位和振幅，读者可以画出下列二个摆的运动图线：（1）同样的摆，即二摆有着同样的周期（等于12秒），振动时没有相位差，但有不同的振幅，（2）《不同的》摆，它们以同样的振幅振动着，但其周期不同（譬如说， T_1 等于12秒，而 T_2 等于16秒），而在同一时间开始振动；（3）《同样的》摆，它们以不同的振幅振动着，相位差为1周期、 $\frac{1}{2}$ 周期和 $\frac{1}{4}$ 周期。

能量 现在让我们来注意一下摆的振动能量。振动开始前在平衡位置 a 的时候，作用于摆上的所有各力是互相平衡的，所以没有运动。这时候我们可以把这一小锤简单地看作其上并无任何力作用着的质点，因为小锤的重量和弹簧的张力在这种情况下正好互相抵消。从这一位置出发，无论是将小锤朝上移动或是朝下移动，我们都必须对重物施加力量。

为了要引起振动，我们先把弹簧往下拉到 b 的位置，即为弹簧的伸长而作了功。因为弹簧的张力是与它的伸长尺寸成正比例的，所以应力的图解将为直线 PM （图1），而我们所应该加给它的最大应力则以某种比例用线段 MN 来表示。我们所化费的全部功 P_0 ，很明显的，将等于平均应力 $\frac{MN}{2}$ （用同一比例）乘以长度 PN ，也就是说，功 P_0 等于：

$$\frac{NM}{2} \times PN,$$

即等于三角形 PNM 的面积（当然也是按同样的比例）。假如知道

应力 MN 和路綫的長度 PN ，我們就会知道聚集于彈簧（因為我們把彈簧拉長了）中的能量儲量是多少千克力了。所以， P_0 的值是与 N 点的位置有关，而 P_0 就叫做位置的能或称位能。当彈簧为已定时，彈簧的彈性可以用角度 α 來表示，因此 $\triangle PNM$ 的面積就等于：

$$\frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha \times PN^2,$$

也就是說，与振動振幅的平方成正比：

$$P_0 = k \times A^2$$

當我們在 δ 点將小錘一放手的时候，彈簧就开始把小錘往上拉。这时彈簧獲得了某一速度 v ，該速度在不同的振動相位时都不相同。在速度 v 的时候，小錘所具有的动能（运动的能量）为：

$$\frac{1}{2} \times m \times v^2。$$

既然动能和位能的总和应为常数而等于 P_0 ，所以当动能增加时，小錘的位能就减小。在 a 位置时，沒有任何力量作用于小錘上，而它的位能就等于零，但在这一刹那間，它却有最大的速度 v_0 。小錘的动能 P_k 在这时候是最大而等于最初的位能：

$$\frac{1}{2} \times m \times v_0^2 = P_0。$$

在 $\delta-a$ 和 $a-\delta$ 之間的各中間位置时，小錘的速度 v 將小于 v_0 ，所以 $P_k < P_0$ ，因为这时候还出現了一些位能。

当振動时，能量老是在相互轉換的，在現在所說的这种情形中，动能周期性地轉变为位能，然后再变回來。但是各系統的振動性能是决定于它們的結構，而并不是决定于它們的能量。能量只决定振動的强度，振動的振幅（擺幅）。

2. 波 動

波 我們已掌握了週期、頻率、振幅和相位這些概念，那末現在就來研究一下波動現象。當黑麥或小麥長穗的時候，誰沒有看見過波浪起伏的黑麥地或小麥地呢？依着風的方向一浪跟着一浪滾滾而來，往往相互間隔着完全一樣的距離。這些波形成一整條的波浪（圖3），其長度（在與風運動的方向垂直的方面測量）常常是極

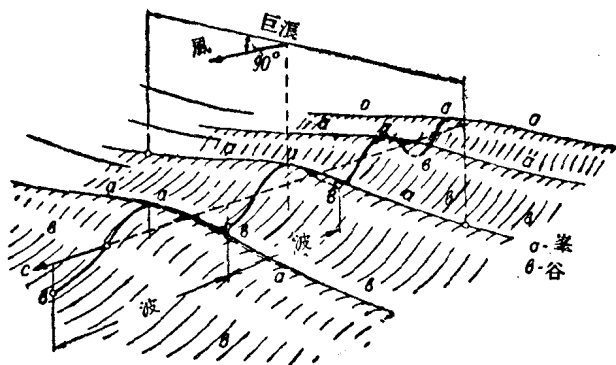


圖 3. 麥地(麥穗)的波形運動

不相同的。可以遙遠注意某一個波浪，它將越來越近，最後，經過我們身邊而在遠方某處消失不見了。

這種景象告訴我們些什麼呢？我們能作出些什麼結論呢？

首先我們看到，雖然每一麥穗是和它的麥桿連着的，而祇能在麥桿擺動所許可的很小距離間移動，但是波（波浪）却能走過極大的距離，往往幾乎為我們目力所不及。

這幅麥浪起伏的圖畫明顯地說明一切波形運動所具有的三點重要特徵。這些特徵是：

1. 波是由許多個別微粒（在上述的情況中就是麥穗）的運動

所形成的，这些微粒来回振动于其静止位置的附近，而其移动的距离是很小的。

2. 因微粒振动而形成的波，其所走过的距离有时候要比以本身运动来形成波的各微粒所移动的距离大几十亿倍。

3. 只有当微粒（麦穗）的振动是依着一定的顺序开始时，这时候我们才能看到波。如果说，麦地中原先直立着的所有麦穗都是同时开始下弯，然后同时伸直，也就是说，变成了没有相位差的振动，那末从远处眺望麦穗时，我们就看不出任何波。我们会觉得，麦地一会儿变得高些，一会儿变得低些——如此而已。因此常必须提到波的速度，这速度既不能是零，也不能是无穷大。由于波有速度故虽然微粒并未远离其静止位置但波能《奔跑》，移动。如果在某一地方、某一微粒所开始的振动，将在若干时间中（由波动的速度来决定）从这一微粒传到别的许多微粒，在这种情况下才会发生《行》波（奔跑着的波）。这时，一些新的微粒将开始振动，但开始振动的的时间则与第一微粒开始振动的的时间不同，也就是以不同的相位振动。

任何一个微粒，若它跟第一个微粒（波就是由它的振动激发起来的）相距得越远，那末它所发生的振动就滞后得越多，它的相位就与最初微粒的相位相差得越利害。波移动得愈快，微粒运动得愈慢（微粒振动的周期愈大），则波也就愈长。

波長(λ) 在波动直线上彼此最近的以同样的相位（即它们之间的相位差等于一个周期 T ）振动着的微粒，它们之间的距离我们称为波長(λ)。例如在圖3中，波長就是二个相鄰的波峯間的距离（即波的最高点之間的距离），或是波谷間的距离。

如果已知周期为 T 秒，波动的速度为 C （米/秒），就很容易算

出波長(λ)。設 AB 為波長；這就是說微粒 A 和微粒 B 以同樣的相位振動着(它們間的相位差等於 T)。換句話說，當微粒 A 花費了 T 的時間完成一次振動的這段時間中，波從 A 傳到了 B 。所以 AB 就是波在 T 時間中所經過的路程，而一切路程都等於速度乘時間，所以：

$$AB = C \times T = \lambda。$$

譬如說，麥地中的波速等於5米/秒，而麥穗擺動的週期等於3秒，則波長為：

$$\lambda = 5 \times 3 = 15 \text{ 米}$$

因為在自由空間中波的速度(我們所要討論的就是關於自由空間的)是一個不變的數值，因此，要說明一種波無論用波長 λ ，或是用與波長成正比的週期都可以。但是，為了更正確一些，應該用頻率 f 或是週期 T ($T = 1/f$)來說明較好。其理由是因為波從一種媒質傳到另一媒質時(在前一媒質中波的速度等於 C_1 ，而在後一媒質中波的速度就變了，譬如說是 C_2)，在那些媒質中波的長度將會不一樣的：

$$\lambda_1 = C_1 T = \frac{C_1}{f}; \quad \lambda_2 = C_2 T = \frac{C_2}{f}。$$

這裏祇有頻率 f 和週期 T 保持不變。

我們前面所講的麥浪起伏的情景，雖然很明白，却並不完全確切。不確切的原因是因為我們所說的許多麥穗彼此並不是直接連着的；而任一麥穗，當其尚未傾斜得這樣厲害以至壓到相鄰的麥穗以前，它的運動決不能傳給相鄰的麥穗。祇有當第一麥穗將能量傳給第二麥穗時，第一個麥穗才能使第二麥穗運動。沒有能量交換，麥穗是不會產生行波的。但由於各麥穗並非立刻就開始能量交換而引起的不確切性並不大。