



# 無線電基礎

陈 章 編

高等教育出版社

电子学研究所图
73.45
602
C4

# 無線电基础

陈章編



本書原为二年制無線电廣播專修科而編寫的，但同时也可用作無線电有关的中等技術学校和师范学院物理系参考書。本書內容共分二十四章。前六章包括緒論，电路元件及簡單和偶合迴路；第七、八、九、十这四章敘述一般及特式电子管；十一至十六章重点地討論各种类型的放大器，是全書的核心；十七至二十章在放大器的基礎上扼要地介紹振盪、調制和檢波的原理与綫路；二十一章敘述無線电接收机和發射机；二十二、二十三兩章簡單地接触到电波和天綫問題；二十四章敘述真空管电源供給。本書每章末附有复習提綱，便於讀者自学思考。

2403/13

## 無 綫 电 基 础

陈 章 編

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第054号)

商务印書館上海厂印刷 新华書店發行

統一書号 15010·163 开本 850×1168 1/32 印張 12 11/16 字數 300,000 印數 8,001—9,000  
1954年8月第1版 1957年2月第2版 1958年6月上海第3次印刷 定价(10) 1.90

# 目 錄

第一章	緒言	5
第二章	电阻	15
第三章	电容	25
第四章	电感	32
第五章	簡單諧振电路	44
第六章	电感偶合电路	56
第七章	电子發射与二極电子管	65
第八章	三極管特性	77
第九章	四極管与五極管	88
第十章	特式电子管	97
第十一章	放大器的基本概念	103
第十二章	音頻电压放大器	119
第十三章	音頻功率放大器	138
第十四章	射頻电压放大器	168
第十五章	射頻功率放大器	183
第十六章	反饋放大器	204
第十七章	振盪器一般原理	221
第十八章	真空管振盪器綫路	231
第十九章	調波与調波器	251
第二十章	檢波原理与綫路	278
第二十一章	接收机与發射机	301
第二十二章	电波的推進	323

---

第二十三章 天綫 .....	359
第二十四章 真空管电源供給 .....	389

# 無 綫 電 基 礎

陳 章 編

高 等 教 育 出 版 社

本書原为二年制無線电廣播專修科而編寫的，但同时也可用作無線电有关的中等技術学校和师范学院物理系参考書。本書內容共分二十四章。前六章包括緒論，电路元件及簡單和偶合迴路；第七、八、九、十这四章敘述一般及特式电子管；十一至十六章重点地討論各种类型的放大器，是全書的核心；十七至二十章在放大器的基礎上扼要地介紹振盪、調制和檢波的原理与綫路；二十一章敘述無線电接收机和發射机；二十二、二十三兩章簡單地接触到电波和天綫問題；二十四章敘述真空管电源供給。本書每章末附有复習提綱，便於讀者自学思考。

2403/13

## 無 綫 电 基 础

---

陈 章 編

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第034号)

商务印書館上海厂印刷 新华書店發行

---

統一書号 15010·163 开本 850×1168 1/32 印張 12 11/16 字數 300,000 印數 8,001—9,000  
1954年8月第1版 1957年2月第2版 1958年6月上海第3次印刷 定价(10) 1.90

# 目 錄

第一章	緒言	5
第二章	电阻	15
第三章	电容	25
第四章	电感	32
第五章	簡單諧振电路	44
第六章	电感偶合电路	56
第七章	电子發射与二極电子管	65
第八章	三極管特性	77
第九章	四極管与五極管	88
第十章	特式电子管	97
第十一章	放大器的基本概念	103
第十二章	音頻电压放大器	119
第十三章	音頻功率放大器	138
第十四章	射頻电压放大器	168
第十五章	射頻功率放大器	183
第十六章	反饋放大器	204
第十七章	振盪器一般原理	221
第十八章	真空管振盪器綫路	231
第十九章	調波与調波器	251
第二十章	檢波原理与綫路	278
第二十一章	接收机与發射机	301
第二十二章	电波的推進	323



---

第二十三章	天綫 .....	359
第二十四章	真空管电源供給 .....	389

# 第一章 緒言

1.1. 無線電發展簡史——無線電工程事業在今天已成為現代化國家文化交通事業上不可缺少的一環。遠溯它的發展歷史，雖則在理論上麥克斯韋氏已經在 1865 年預測電磁波的存在，赫茲氏在 1888 年在實驗室發生並檢得了這種電磁波，而在實用上相隔一距離，且不經過任何金屬導綫利用電磁波獲得通信的成功的是應歸功於俄國的亞·斯·波波夫。他是在 1895 年 3 月在列寧格勒大學物理試驗室當眾証明了無線電通信的可能，並在 1896 年，他將這種通信的距離擴展到了 250 公尺。從這以後無線電漸被各國採用作長短不等距離通信的利器。到 1904 年二極真空管，1908 年三極真空管陸續出現，使收發設備大為改進。1914 到 1918 年真空管製造與應用的技術又邁進了一大步。到 1920 年無線電進而作為播送語言、音樂於廣大區域的應用，形成了今天燦爛光輝的廣播事業。三十年來的廣播事業，是在不斷的前進中，例如小功率變為大功率，調幅進而為調頻，傳音進而為傳景，其他如音質的改善，收發機件的精進，超高頻的發展等，不是簡單幾句話說得盡的。根據了無線電以往五十多年來的進展，我們可以預見以後的歲月中這一項教育、宣傳、娛樂與交通的科學產物，它的前途是一定漫無止境的。

1.2. 無線電在新中國——在我國無線電的開始應用，也還可以追溯到 1911 年以前的滿清政府，但它的情況是微不足道的。1911 年以後軍閥時代雖稍有進展，也不過是等於各帝國主義在中國市場的樣品。到了國民黨反動統治時期，無線電不能說沒有

進展，但是被利用着作为帝國主义經濟、政治侵略的工具与反动政府作反动宣傳压迫人民的武器。直到全國解放，無綫电事業，始回到了人民的手中。

新中國的無綫电事業也和其他事業一样經過了改造与整理，現在已進入了發展的階段。單从廣播一項而言，它的進展的敏速与日益發展的重要性，是值得一提的。中國人民第一个人民廣播电台，是在 1945 年 9 月在延安建立的，名称是新華廣播电台。通过了这个电台所發射的电波，把中國共產党的政策，解放区人民工作和生活动人事實，告訴了全國人民。中華人民共和國成立以后，廣播事業更大大發展了。以功率計，1957 年底將比 1949 年大 24 倍。在歷年各次偉大运动里，廣播事業起了很大的教育与組織的作用。此外，如用少数民族的語言作廣播，對於团結少数民族，用外國文字向國際廣播，對於团結爱好和平的各國人民均有莫大的功能。

通信与广播，仅为無綫电重要应用之一，实际上無綫电技术的原理与方法已被广泛地採用在国防交通、工業和几乎所有的科学部門，它的發展前途將無止境，新中国在这方面虽已有若干進展，但远远赶不上社会主义建設的需要。迎头赶上是必要的。

1.3. 無綫电波——無綫电通信的成功完全憑了無綫电波。無綫电波从導綫輻射到空間和投石於水池所引起的水波从投石处向四方散播有很多相同。無綫电波簡称电波，輻射到空間以后，行

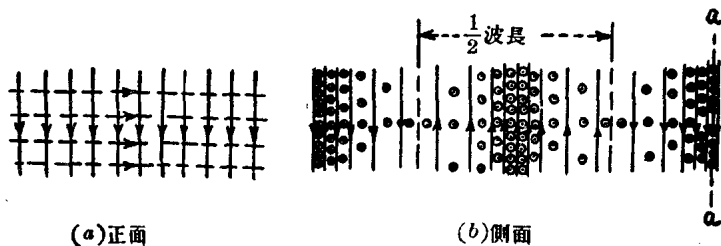


圖 1.1

進的速度和光的速度相同，就是每秒 30 萬公里。它包含兩部分：一是電場，另一是磁場。它們是互相垂直着，相生相輔而前進。假使我們肉眼可以看到，它們在空間的形態大概如圖 1.1。

從側面圖，垂直綫代表電場，密度代表強度，小圓代表磁場，密度代表強度。它們強度對距離的變化在某一瞬息間中是隨正弦曲綫而變化的。因為電波是在行進，所以某一空間點下，電波強度跟時間的變化，也隨這曲綫而變化。電波的能量，一半存在於電場，另一半在磁場。

1.4. 電波的頻率與波長——除強度與速度以外，電波最主要的特性要算頻率和波長了。在圖 1.1 中，電波強度最大一點到下週相同的最大一點的距離就是一波長。所謂頻率就是每秒鐘的週數或波長數，像其他波浪運動一樣，等於行進速度被波長相除的商數。換句話說，

$$f(\text{頻率}) = \frac{300,000,000}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \quad (1.1)$$

$f$  是頻率，其單位是每秒鐘週數，簡稱赫， $\lambda$  是波長，其單位是公尺（或米）， $3 \times 10^8$  每秒公尺是電波的速度。這是無線電工程中最重要基本公式。從公式可以知道，頻率和波長相互成反比例，短波長就是高頻率，長波長就是低頻率。頻率尋常是拿每秒週（ $c$ ）來計算，1000 週稱千週（kc），1000000 週稱兆週（mc）或百萬週。

1.5. 電波的分段與各波段的特性——無線電波和光波， $X$

波 浪 名 稱	波 長 (公分)	頻 率 (週/秒)
無 線 電 波	$0.3-3 \times 10^6$	$3 \times 10^{11}-1 \times 10^4$
熱 波 (紅 外 綫)	$7.7 \times 10^{-5}-0.1$	$3.9 \times 10^{14}-3 \times 10^{11}$
光	$3.9 \times 10^{-5}-7.7 \times 10^{-5}$	$7.7 \times 10^{14}-3.9 \times 10^{14}$
紫 外 綫	$5 \times 10^{-6}-3.9 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{15}-7.7 \times 10^{14}$
X-光	$1 \times 10^{-9}-5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{19}-6 \times 10^{15}$
$\gamma$ -射綫	$8 \times 10^{-12}-1 \times 10^{-9}$	$3.7 \times 10^{21}-3 \times 10^{19}$
宇 宙 綫	$8 \times 10^{-13}-8 \times 10^{-12}$	$3.7 \times 10^{22}-3.7 \times 10^{21}$

光波等相同，是整个电磁波帶内的一部分，所不同的地方就在頻率或波長的不同。上表列举电磁波帶内各种波浪的波長与頻率。

各种电磁波由於頻率或波長的不同，所以有各种不同的特性。就在無綫电波帶内从最低頻率(就是最長波長)到最高頻率(就是最短波長)範圍内，我們也可以分成七个不同的波帶，也有不相同的特性。無綫电波帶的分段見下表：

波 段	頻 率	波 長
極 低 頻 率	10—30kc	30,000—10,000 公尺
低 頻 率	30—300kc	10,000—1000 公尺
中 頻 率	300—3000kc	1000—100 公尺
高 頻 率	3—30mc	100—10 公尺
極 高 頻 率	30—300mc	10—1 公尺
超 高 頻 率	300—3,000mc	100—10 公分
超 超 高 頻 率	3000—30,000mc	10—1 公分

电波由於頻率的不同，在空間推進的狀況也大有差別。一般講來，若沿地球表面前進，波長愈長，可能達到的距離也愈遠。所以極低頻率曾經用作越大洋通信，不過需要很大的功率。中頻率通信距離較近，尋常在 1500 公里到几百公里。一般用廣播頻率 500 到 1600kc 即在此範圍以內。波長再短到高頻率帶，情況又不同。由於天空电离層的折射作用，高頻率又可應用於遠距離的通信如一千公里至數千公里，同時所需功率極小。所以現在長距離的通信几乎都在利用了到 30mc 的高頻率。超高頻率电波遇到电离層穿過而不能折射返到地面，所以只限於可望見的短距離。但因為它的利益很多，應用的場合像電視航空雷達等等還是不少。超超高頻率情況與超高頻率的情況相似，但因頻率太高，困難較多，還在繼續研究中。

**1.6. 电波的輻射**——每一載有交流的电路輻射一部分能量到空間，這部分能量稱作輻射量能。除非电路的量度(即其型式的

大小)同所輻射的波長相當,輻射能量是很微細的。例如載有 50 週相距 10 公尺的兩導綫幾乎沒有能量可以輻射出去,因為 50 週的波長等於 6 兆公尺比了 10 公尺大了很多。另一方面假使有 10 公尺的綫圈載了 2000kc 的交流,輻射能量很大,由於 2000kc 的波長是 150 公尺比了 10 公尺還算靠近。我們在實際上所能建築的輻射體,又稱天綫,只限於幾公尺到幾百公尺。可見所用交流一定是比了尋常發電廠所用的交流頻率要高得多,至少也得在 10kc 以上。另一種看法,就是輻射能量是和頻率的平方和無綫電流的平方成正比,就是

$$P_r = KI^2f^2 \quad (1.2)$$

式中  $P_r$  代輻射功率,  $f$  代頻率,  $I$  代天綫電流,  $K$  代比例常數,和天綫量度對波長的比率有關。尋常電源都屬直流或如 50 週的低頻率。所以如何將這直流或 50 週頻率電源轉變作適合於輻射電能的高頻率電流是發射機內主要的問題。

每一根天綫常有它的定向性,就是對於各個不同方向可以發生強弱不同的電場和磁場。例如一根垂直於大地的天綫,在水平面,各方向的電場和磁場不可能有不相等,所以沒有什麼定向性。但在垂直平面,輻射能量的變化可能從水平方向的最大值到垂直方向的零,如圖 1.2 所說明。這就是它的垂直平面的定向性。我們常利用天綫的定向性來集中能量在互通信的某一特殊方向,同時消除或減少能量在不通信的其它方向,這種利益是很顯然的。

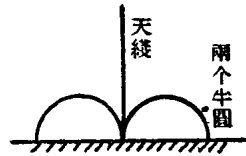


圖 1.2

1.7. 無綫電發射機——無綫電發射機是拿直流或電廠低頻率變換成無綫電高頻率,並將所發信號加到高頻率後發射到空間的整個機器。無綫電發射機的类型很多,但大多數都已經變了歷史的陳蹟,只能作理論的研討。在今天只有用真空管振盪器或修

改型式在發射机型式內有重要的地位，因為真空管振盪器變換直流功率為交流功率，頻率範圍從每秒鐘不到一週直到每秒 300 兆週，沒多大困難。假使用特殊管如調速管及磁控管，所發頻率可更高。功率小至不到 1 瓦大至數百瓩，功率變換的效率約在 50% 左右或更高。這幾個特點都是以前舊式發射機所不能及到的，也就是今天真空管振盪器幾乎成了發射機的惟一型式的緣故。

1.8. 無線電信號的接收——無線電波經過在空間的推進，它的強度由於擴散和能量被吸收的緣故，隨距離而減退很利害。電波強度通常拿靜電電場在空間所發生的電壓應力來測量，所用單位是每公尺多少伏或用每公尺微伏，就是每公尺一百分之一伏（簡寫  $\mu v$ ）。交流電波所發生的應力，也和交流電一樣，隨正弦曲線而變化，所以我們也常拿它的有效值（等於最大值的 70.7%）來表示。

電波經空間推進雖經過巨量的耗損而變成很微弱，但由於有灵敏的接收機仍舊可以發生有效作用，達到接收滿意狀態。所需要的強度究竟多少，要看當時當地的干擾來決定。在最有利的狀態下，電波強度如有每公尺  $0.1\mu v$  的強度，我們就可以得到可供辨認的信號。但尋常由於人為和自然的干擾的存在，較高的強度是必要的。一般講來在鄉村曠野或沒有電力設備的地方每公尺  $100\mu v$  左右的強度方可以得到認為滿意的廣播節目，但在工業化或電力化的城市，人為騷擾特別利害，必須有每公尺 5000 到  $30000\mu v$  的強度，才可以保證終年終日的在任何時間內優良接收狀態。

我們要接收無線電信號，必須在接收地點設法吸收經過電波的能量；次一步接收機必須能將要收的信號從不要收的信號或干擾中分出來；最後設法使要收信號重復出現。此外接收機常設置了放大設備，使接收機的輸出，比所收的能量還要大。

輻射能量的天線同時也能作吸收能量的接收天線。接收天線

內的感應電勢等於天綫的有效高度和電波強度兩者相乘的積數，例如電波強度是每公尺  $0.5 \mu v$ ，天綫有效高度是 10 公尺，所以感應電勢應該是  $0.5 \times 10 = 5 \mu v$ 。感應電勢的波式和原來的電波相同。天綫內的電流也就等於這電勢克服了綫路內的阻抗以後的電流。為了加強這個電流，並且將要收信號和干擾信號分別起見，綫路常佈置在諧振狀態。綫路內的感抗和容抗相抵消，余下的阻抗只有電阻部分。關於這方面詳細討論，留在下列各章。

1.9. 電波的調波、檢波和放大——我們要通过無綫電波來

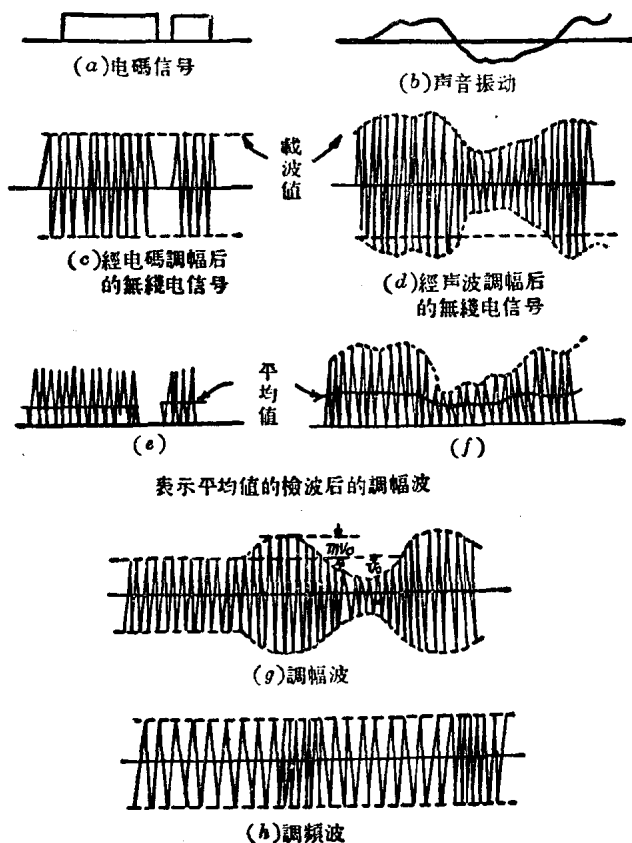


圖 1.3



傳遞信號，很明顯的，我們必須用適當的方法來控制電波的特性。在無線電報，我們可以按照點劃來開閉電路。例如圖 1.3 的 (a) 電波的方式，經過控制就變成 (c) 圖所示。聲波控制電波的方法至少有兩種。聲音的波浪如 (b)。方法的一是按照聲音壓力來變化高頻率電流的波幅，控制後的電波狀態如 (d)；另一方法是按照聲音壓力來變化高頻率電波的頻率。圖 (g) 和 (h) 是表示以同樣純粹正弦波低音頻用兩種不同方法來對於高頻載波調波後被調波的波式，這個信號的變化總是寄托在高頻率波上傳到遠地來完成通信的任務。這種拿信號波來改變高頻率波的特性如波幅或頻率的步序叫做調波，被調波後的電波叫作被調波。變化波幅的調波叫波幅調波，簡稱調幅。變化頻率的調波叫做頻率調波，簡稱調頻。調幅方法比較簡單，調頻比較進步，但嫌複雜。

信號從發射機發出後到達接收機從被調波重復出現的步序叫做檢波。因為是信號從高頻波的回原，所以又稱作反調波。調幅波的檢波實為高頻率電流的整流後的結果，被整流後的電流變化與原有信號的方式相同，所以信號可以重復出現。如調幅波被整流後的 (f)，它的平均值和原有的信號方式相同。電報收發的整流電流也使點劃重復出現如 (e) 那樣，這可以使用音響器。假使要將信號在電話聽筒里接收，還需要用適當方法使點劃斷續割裂在音頻速度發出可聽的音節。

我們雖可以僅僅利用自接收天綫獲得的能量來辨認數千公里以外發來的信號，但假使拿接收來的能量按照原來波式加以放大，接收更可滿意。這種放大作用可以加在檢波的前面稱作高頻或射頻放大，或者加在檢波的後面稱作低頻放大或音頻放大。

我們應用了放大作用，可以使極微弱不能收聽的信號變成清楚而可以辨認的信號，又可使接收信號強度升高到任何我們所要求的音量水準，即使在充滿雜聲的環境也可以滿意接收。常用的