

128676



無線電學

上 冊

倪 尚 達 編 著



中國科學圖書儀器公司

印 行

無線電學

上 冊

一九五一年五月增訂本初版

版權所有 翻印必究

編著者 倪 尚 達

發行者 中國科學圖書儀器公司

發行所 中國科學圖書儀器公司
印 刷 所 上海(18)延安中路537號

分發行所 中國科學圖書儀器公司
南京：太平路273號
廣州：永漢北路204號

實價 ¥ 40,000

EE5 2/2 0.15

是書脫稿適逢先慈忌辰
敬誌卷首紀念雙親

重版序言

本書於一九二八年初版印行後，曾隨無線電之進步，再四增訂。至一九三七年內容更繁，搜集材料，計劃重版。七七事起，所有稿件，於前國立中央大學科學館無線電實驗室盡告遺失。抗戰期間，人事播遷，參考缺乏，無從編纂，以致斷板，不勝悵恨。一九四六年復員南京後，承各方愛讀者，惠函催促，開始撰述，亦因環境關係，作輟無常，直至最近始行脫稿，而二次大戰後的無線電，已是面目更新。

昔時真空管製造採通用制，現代真空管設計變成專用化。就某種工作的特別性質，以成一種真空管的特別製造，極數增，結構繁，品類之多，不勝枚舉，僅擇典型，加以詮釋。雷達商用，電視風行，調頻廣播，漸有替代調幅之勢，故於短波，超短波乃至微波等的學理技術，如定向天線，傳遞線，導波管以及共振腔等等，掇其精華，廣為介紹。各種基本電路的分析，亦如初版，仍以中等數理程度為主，惟為說明簡便，微分符號隨處應用，一切演解可用作圖法或向量圖者，不避重複，詳加說明。至於微分方程或傅立葉級數等的解答，或作附註，或詳附錄，各隨所需，以便檢考。

總之，無線電早成一種專門學科，且隨電子學的發展，進步更快，範圍更廣。放大，調變，天線，微波等等，各有專籍，形成學術的高度專門化。萬緒千端，搜集難盡，故本書僅就無線電的普通範圍，依據作者廿餘年來的教學經驗，並照合理順序，分章編述。較之初版，取材仍是扼要，說理仍是淺出，內容則普遍提高，篇幅則幾增三倍。備作大學，或專科學校無線電的教學用書，或一般有志研究無線電者的參考用書。節目較繁，疏漏孔多，謹希讀者，隨時指正。

是書成，深感上海中國科學圖書儀器公司總經理鄭尚立先生的鼓勵，和編審處印刷部諸先生的協助，得使本書精緻印行。各種圖表，均承金陵大學同學石家瑞、樓朝城、郭作冬及同事李萱等諸先生，精細繪畫，謹此誌謝。

一九五一年五月一日作者誌於南京金陵大學

初版序言

是書之纂，始於一九二六年正月。初用於杭州工專甲種電機科，繼用爲上海南洋大學及天津北洋大學普通無線電演講材料。一再用爲上海無線電訓練所教材。今年春，南京交通技術學校成立，尙達謨膺教席，整理舊稿，印爲講義。秋後建委會無線電報務人員養成所開辦，又採爲課本。積三年經驗，深感學者程度不齊，取材不易。若簡於理解，則實用者不能盡會。詳於理論，則玄奧而困於致用。藉應有原理，解實用所在，乃編纂此書時之初旨也。本書於直流電路，交流電路，及振動電路等，依代數、幾何、三角及普通物理等程度爲標準，不避繁瑣，詳爲解釋。數理推證之外，又藉比喻，引起物理觀念，使初學者便於冥想默索。真空管章各種收發報機之基本電路，廣爲搜集，使於實用上有相當認識。定頻控制及無線電活動傳影等亦有簡單介紹，使窺無線電最近趨勢。然掛一漏萬，在所難免。海內同志，時加指正，以匡不逮，作者幸甚。是書成，得校校諸先生之輔助者多，尤感殷摩斗、王受培二先生隨時校正。各種圖表均蒙中央大學張季言先生精細繪畫，且付印後又承校對，特此誌謝。

一九二八年十二月尙達謨於南京寓次

上 冊 目 錄

第 一 章 概 論

節數	頁數	節數	頁數
1-1 引言	1	1-7 無線電話	6
1-2 有線電報與無線電報 之比較	1	1-8 短波與長波無線電台 之比較	7
1-3 無線電內容	2	1-9 定向傳遞及超短波	8
1-4 無線電波及其產生	3	1-10 無線電波頻帶分類表格	9
1-5 無線電之發射	4	1-11 結論	10
1-6 無線電之接收	4		

第 二 章 直 流 電 路

節數	頁數	節數	頁數
2-1 電流與水流	11	2-13 電子	32
2-2 電量	13	2-14 容電器	33
2-3 歐姆定律	14	2-15 電容之串聯與並聯	35
2-4 電壓之產生與保持	15	2-16 磁體	37
2-5 電路	16	2-17 電磁	38
2-6 電位降	18	2-18 磁力線和磁通量	39
2-7 惠斯登電橋	20	2-19 磁電與楞次定律	40
2-8 克希荷夫定律	21	2-20 應電壓	42
2-9 電阻之串聯	24	2-21 自感	43
2-10 電阻之並聯	25	2-22 互感	45
2-11 薩凡寧定律	27	2-23 自感之串聯或並聯	47
2-12 電功率	29	習題 64 問	50-56

第三章 交流電路

節數	頁數	節數	頁數
3-1 簡諧運動	57	3-18 交流及電壓之有效值	80
3-2 週期與頻率	59	3-19 自感電路	81
3-3 簡諧運動之速度	60	3-20 自感電路中之電功率	83
3-4 鐘擺爲簡諧運動之實驗	61	3-21 電阻與自感之串聯電路	84
3-5 向量	62	3-22 電功率和功率因數	87
3-6 向量之圖表	62	3-23 交流電路中之容電器	89
3-7 向量之加減	63	3-24 電容電路	90
3-8 複數	67	3-25 電容電路之功率	92
3-9 複數之運算	69	3-26 電阻與電容之串聯電路	93
3-10 簡單交流發電機	72	3-27 阻抗之串聯	95
3-11 交流電壓之公式	73	3-28 阻抗之並聯	98
3-12 交流電壓之頻率	75	3-29 互感電路	101
3-13 電機度	75	3-30 非正弦式之交流及 交流電壓	103
3-14 相角	76	3-31 脈動電流或電壓	105
3-15 交流電壓之平均值	77	3-32 公式摘要	105
3-16 電阻電路	78	習題 60 問	106-111
3-17 電阻電路之電功率	79		

第四章 振動電路

節數	頁數	節數	頁數
4-1 線圈中電流之產生 與衰落	112	4-6 自由振動之電流和電壓	120
4-2 容電器之灌電和放電	114	4-7 積於線圈之磁能	121
4-3 自由振動	118	4-8 自由振動之週期頻率 及放長	123
4-4 機械上之自由振動	119	4-9 阻尼振動及無阻尼振動	125
4-5 積於 C 之電能	120	4-10 通路振動器	126

節數	頁數	節數	頁數
4-11 蜂器振動器	128	4-15 電花隙發報機	136
4-12 強迫振動	129	4-16 晶體接收機	138
4-13 耦合電路之自由振動	131	習題 32 問	142-144
4-14 機械上之耦合振動	133		

第 五 章 無 線 電 路

節數	頁數	節數	頁數
5-1 無線電路與交流電路 之比較	145	5-9 電化容電器	159
5-2 皮膚作用	146	5-10 容電器損失	161
5-3 線圈之皮膚作用	147	5-11 容電器內之串聯電阻 或並聯電阻	162
5-4 自感之公式	148	5-12 線圈損失	164
a. 單層線圈之自感	148	5-13 有效電阻	164
b. 多層線圈之自感	149	5-14 電抗圖表	165
c. 單根導線之自感	151	5-15 串聯共振	166
d. 二根並行導線之自感	152	5-16 並聯共振	168
5-5 線圈間之互感	152	5-17 耦合電路	179
5-6 鐵心線圈	152	5-18 耦合電路之電阻和電抗	181
5-7 增磁係數	155	5-19 耦合電路之共振	183
5-8 電容之公式和容電器 之種類	157	5-20 最大 I_2 軌跡之應用	189
a. 空氣容電器之電容	157	5-21 濾波器	191
b. 分佈電容	157	5-22 濾波器之分類及組織	191
1. 單根直立導線之電容	157	1. 通高頻濾波器	191
2. 單根水平導線之電容	157	2. 通低頻濾波器	193
3. 二根平行導線之電容	158	3. 通頻帶濾波器	194
c. 電容器之種類	158	5-23 屏蔽	197
		習題 30 問	199-201

第六章 真空管通論

節數	頁數	節數	頁數
6-1 沿革	202	6-20 板路電阻的量法	237
6-2 類別及應用	203	6-21 三極管之互導	238
6-3 結構	203	6-22 三極管復活法	240
6-4 真空管作用原則	204	6-23 四極管	242
6-5 燈絲的類別和發射效率	204	6-24 五極管	245
a. 發射燈絲	205	6-25 交流管	247
b. 塗有氧化物之燈絲	206	6-26 梁型功率管	249
6-6 燈絲的式樣	208	6-27 梁軌放大管	250
6-7 二極管及其特性	208	6-28 四極管，梁型管及 五極管的常數	252
6-8 飽和之解釋	210	6-29 四極管和五極管的 等效電路	254
6-9 殘氣作用	212	6-30 多極管	257
6-10 三極管	214	6-31 複式管	260
6-11 三極管的比喻	215	6-32 混合管	262
6-12 三極管的特性	216	6-33 可變放大管	254
6-13 板路電阻和柵路電阻	217	6-34 柵極控制貯氣整流管	266
6-14 管內電容器	220	6-35 冷絲發射管	268
6-15 三極管的放因數	220	6-36 顯示管	271
6-16 真空管電路的符號	223	6-37 結論	272
6-17 三極管的等效電路	220	習題 25 問	273-274
6-18 三極管的輸入電容和 阻抗	231		
6-19 放大因數的量法	236		

第七章

放大器

節數	頁數	節數	頁數
7-1 放大器之類別	275	7-2 失真放大	277

節數	頁數	節數	頁數
7-3 失真放大之類別	279	3. 聯合反饋	329
7-4 電阻負荷放大器	282	7-18 多級放大器的再生現象	334
7-5 電阻耦合之成音放大器	285	7-19 直流放大器	336
7-6 阻抗負荷放大器	290	7-20 像頻放大器	338
7-7 阻抗耦合之成音放大器	293	7-21 射電頻率放大器	341
7-8 變壓器耦合之成音 放大器	295	7-22 調諧放大器	342
7-9 推挽式之成音放大器	300	7-23 直接耦合調諧放大器	343
7-10 放大器的負載壓	306	7-24 變壓器耦合調諧放大器	344
7-11 推挽式的乙類放大	308	7-25 通頻帶調諧放大器	345
7-12 推挽式的甲乙類放大	309	7-26 射頻放大的再生及 其防止方法	348
7-13 傳遞單位	310	7-27 平差電路	350
7-14 電壓放大的量法	313	7-28 三極管之倒用	354
7-15 功率放大的輸出和失真	313	7-29 放大器的噪音	355
7-16 負荷電阻和最大輸出	319	7-30 微音作用	356
7-17 放大器的反饋	324	7-31 交流電源的榮榮聲	357
1. 電流反饋	326	習題 20 問	358-359
2. 電壓反饋	328		

附 錄 一

a. 電流之孳生	360
b. 阻尼振動	362
譯名索引	365-375

概

化論

1-1. 引言 無線電傳訊之成功，開始於本世紀初葉。馬克士 威氏創電磁波理論於先。赫芝氏實驗證明於後。繼由蘇聯波波夫教授，於60米內完成電花式無線電信的收發。門人馬可尼，上承師訓，下集大成，以致商用。初則機件不良，報程不遠。今則遍及全球，通信可靠。繼傳信而起者，又有無線電話。歐美人士，爲之狂熱，廣播台之建築，多如雨後春筍。收音機之普遍，幾於家家購置。一切時事變幻，天氣預告，商場情況，時彥演說，以及名角歌曲，主義宣傳等等，發音一室，播送千里。近今無線電影，又告成功。如是傳音之外，又能傳形，舉凡世間一切可聞可觀之事物，均得藉無線電爲之傳播。千里眼順風耳之說，已由無線電爲之完成，偉哉無線電也。茲分述其大概，以開以下各章之門徑。

1-2. 有線電報與無線電報之比較 凡藉電能以間接傳遞吾人之智慧，即用電碼‘·’‘—’或‘特’‘達矮’等不同之組織以代文字者曰電報。直接傳送吾人之言語者曰電話。電能之藉極長導線以傳

遞者曰有線電，不藉極長導線以傳遞者曰無線電。惟有線電報，因有線之故架線千百里，經費浩大，管理複雜，苟有損壞，修理艱難。然傳信秘密，機件單簡，裝置快機一分鐘內最少可傳六百字。且有單工，雙工，四工等各種組織。甲局與乙局間同時得互通一報二報或四報以上，故效率極大。無線電報因無線之故，建費低廉，管理簡易，即有損壞，限於一台，未見艱難。且發於一地，聞於全球。公共消息之傳播，可謂盡善盡美。惟傳信不秘密，二台間難於同時收發，一分鐘內僅能傳百餘字，故效率不大。可知有線電報與無線電報各有利弊，但相行不悖。尤宜彼此聯絡，以增進吾人智慧傳遞之便利。美國電信，最稱發達，成效若此，乃在有線電與無線電通信的充分聯合。

1-3. 無線電內容 既曰無線電，與電關係，密切可知，故凡電學上及電機工程上，學理應用，均需有相當智識，否則扣盤捫燭，難得真相，至所謂相當智識者，可分下列四門：——

(1) 直流及交流電路之大意

(2) 直流及交流電機之大意

(3) 高頻電流(每秒內電流來往更迭之次數曰頻率)及容電器放電作用

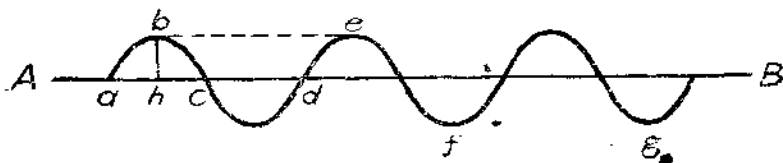
(4) 電流在導線上或真空內通行之作用

就無線電本身言，亦得分三大綱如次：——

(1) 無線電波(Radio Wave)及其產生

(2) 無線電之發射 (Radio Transmission)(3) 無線電之接收 (Radio Reception)

1-4. 無線電波及其產生 以竹桿上下運動於池湖中心，水面起伏，遂成波浪。因波浪之前進，竹桿動能，傳及池岸。如 1-1 圖， AB 直線，表示水面平靜時之狀態， ag 曲線表示水浪發生後之狀態； be 二點，為水浪相鄰最高之處，凡水浪相鄰最高處間之距離曰



1-1 圖

波長 (Wave Length) (即 be 之長)。 $abcd$ 之一起一伏曰週 (Cycle)。 每秒內所有週數曰頻率 (Frequency)。 bh 之高度曰幅 (Amplitude)。 ad 與 be 之長相等，故以頻率乘波長後，即為水浪每秒內前進之速率，稱曰波速，得用公式表之如下：——

$$\text{波速} = \text{波長} \times \text{頻率} \quad v = \lambda f \quad (1-1)$$

電流在導線上為往返極速之流動，導線週圍即生無線電波。與水波相似。因無線電波之前進，將電子振動之電能，傳於遠方，惟無線電波非吾人五覺所能鑒察，故不若水波之易於領悟。然自無線電波發生之作用，均得試驗推演。波長頻率以及波速等等均有公式計算，且由物理學家之證明，無線電波速與日光為同速。

無線電流之頻率甚高，故產生此電流者，非尋常由交流發電機產

生者可比，最近使用，則爲真空管發射機。以直流或低頻率電能，加於真空管，藉真空管爲樞紐而產生無線電能。效率高，運用便，建費低廉，推廣迅速。故舊有機件，如電花式發報機，高頻率發電機等可以產生無線電能者，現已淘汰。

1-5. 無線電之發射 由無線電流而成無線電波時，以電能傳遞空間者曰天線。故以無線電發射之順序言：先由無線電機所生之高頻電流傳於天線，繼由天線射於空間，遞及遠地。運用無線電報機者，使無線電波之發生，照電碼之配合，或有或無，或多或少。於是無線電波，多少繼續，向外發射。發射時又因無線電波形之不同而異其發射之名：一曰等幅波發射(C.W. Transmission)即無線電波幅相等之謂；二曰漸續等幅波發射(I.C.W. Transmission)，即以一秒內之等幅波，再分爲一千個左右的節段而發射者；三曰調變波發射(Modulated Wave Transmission)，例如等幅波電能，經過音流(Voice Current)之影響，變成不等幅電能而發射者。發射波形，固由機件配合之不同，但整個無線電能之產生，均以真空管爲中心。

1-6. 無線電之接收 無線電之接收，亦以天線爲門戶。天線與外來之無線電波相感應而生無線電流，此電流傳於接收機(Receiver)電路，經檢波器(Detector)之作用，於聽筒內即聞電信之聲。如外來者爲廣播台之音樂，則聽筒內所聞者爲音樂；爲電報則聽筒內所聞者爲‘特’或‘達倭’之聲。‘特’及‘達倭’之種種組合，代表字母，

以其代表者錄出，即成無線電報。

檢波器有二種：一曰晶體檢波器(Crystal Detector)，二曰真空檢波器(Vacuum Tube Detector)；前者僅能接收斷續等幅波或調變波電訊(即無線電話)；後者對任何電波接收均無困難。且機件靈敏，工作可靠，現時接收機均用真空管。

由天線接得之無線電流，往往為值細微，經檢波器作用後，於聽筒內成音不辨，無從紀錄，故接收機中，又有放大器(Amplifier)之裝置，以補外來電能之不足。放大器亦有二種：將成音頻率之電流放大者，曰成音頻率放大器。將無線電流先行放大，而後經檢波器及聽筒等接收者，曰射頻放大器。所謂成音頻率者，與人耳能聞聲音之振動次數相等，每秒內約自 30 而至 5000 週。射頻恆在一兆週左右，較成音頻率大十百千倍。

無線電台日多，空中無線電波，愈為複雜。不有約束，無以維秩序而利此台與彼台之區別，故無線電律尚焉。運用無線電機者，不明國際間無線電律，不特不能收發且又禁止收發。國際無線電律經國際無線電會議所訂定者，最新之版，譯有中文，我國人士，有志於此者，不可不人手一冊。至電台本身亦須有一定頻率(或波長)及呼號等，以便與其他各台通報。接收機波長範圍，應包括各電台波長，以利接收。運用接收機，以期接收一定電台之電報時曰調諧(Tuning)；聽筒內聞欲得之電信最大時曰共振(Resonance)；得共振後，將接收機稍為調節，而即夫共振者，曰銳調諧(Sharp Tuning)。接收各電台頻率不同之電信，均能得銳調諧，而不受干涉

(Interference)者，則曰此接收機之選擇性(Selectivity)優良。接收細弱電訊，而於聽筒內仍有相當之可聞度(Audibility)者，則曰此接收機之靈敏度(Sensitivity)極高。接收廣播台之音調，於聽筒或喇叭內成音正確者，則曰此接收機之傳真度(Fidelity)極大。總之，當此無線電事業發達，宇宙間無線電波瀰漫充滿之時，若接收機而無優良之選擇性，相當的可聞度，極高之靈敏度及極大之傳真度者，即不能盡接收之能事。故購置或製造接收機者，上述四點，應加注意。

1-7. 無線電話 凡用過電話機者，當知吾人聲音，可藉電流在導線上之通行，傳於遠方，聞於接話者之耳，故曰在電話機內，聲音得變成電流，電流又可變為聲音。電流在導線上移動迅速，行程遼遠。因聲電互變之可能，聲音之僅可及數百尺者，得傳於數十百里之外。無線電話內，聲電互變之理，與有線電話相似，特前者因無線電之故，機件繁多，方法不易。

傳遞聲音之電流為音流，其頻率與聲音之振動數相同，每秒內平均在一千次左右(即成音頻率或曰音頻)。此種音流，不能成無線電波而發射空間，必須借導線為傳導。故欲其於空間隨便發射，非以之寄存於無線電流上不可。是猶木塞，固不克自動而抵遠地，倘投於江水之源，木塞必可藉江水之流，而東下入海。電話機上有必要之機件二種：一曰收話器，二曰微音器。微音器司聲音變成電流之作用；收話器司還元作用。無線電話機大別之亦有二種機器：一曰