

職業教科書委員會審查通過

無線電工程學

陳章編著



商務印書館發行

中華民國二十三年一月初版
中華民國三十五年八月增訂十四版

◆(68210-2)

職業學校
教科書
無線電工程學一冊

基本定價壹元柒角

印刷地點外另加運費

編著者 陳 章

發行人 陳 懋 解
上海河南中路

印刷所 商務印書館
印刷書廠

發行所 商務印書館
各地

版 翻
權 印
所 必
有 究

(本書校對者 李家超 王煊蕃)

四 版 增 訂 弁 言

本書三版增訂發行以來，各方之採作教本或參考書者，接踵而起，行銷頗廣，而二三年來無線電技術顯然又有長足之進展。欲使本書得與時俱進，爰有四版訂正之舉。此次增訂材料，最重要者凡二：其一爲特式真空管，另立一章；其二爲超短波，與原有之短波，共列一章。又以真空管收發機件電源供給方法之繁多與重要，擴充而彙集之，又自成一章。又如收發所用電容量，與自感量之原理與構造，線圈天線定向原理及石英晶體控制週率等等，復有較詳明之敘述。其他補充增訂之材料，幾乎每章均有，讀者自能辨之。編訂之後，嘗覺無線電學術進展之速，園地之廣，爲近代他種學術所僅見，而欲以簡短篇幅之內，提綱挈領鉅細靡遺，同時又須求其不失時效，不炫新奇，其難能可見。茲編之作，編者非敢自詡有成，不過據其所見，盡力以行之，以求比諸二版三版時之更進一步。至於參證而光大之，是在於讀者。本書所譯名詞，仍本其舊，一俟國立編譯館對於電工學名詞，頒佈標準，自當遵改。此次承閔華同學襄助整理，並書此誌謝。

陳章識於國立中央大學工學院。二十四年四月一日

三 版 增 訂 弁 言

民國十五年，余編『無線電工程概要』一書，由商務印書館出版印行。數年來無線電技術，突飛猛進，舊編材料，遂日見陳腐而簡略，不愜於懷者久矣。十八九年間，於講授之暇，將原稿增訂，內容幾什九更新，改爲今名，復交商務發行。中間因館方印務忙迫，轉輾遷延，於二十一年之初，排版方竣，出版有日，「一二八」淞滬之役，與全館同付一炬。年來將殘稿重加整理，材料又復增加，始成今編，已煞費經營矣。本編先後在浙大工學院高工電機科及南京軍部技術教練所，作爲無線電講義，尙稱適當。其理論數學方面，似不適於工科大學，而因其應用國文，說理淺顯，或亦可爲參證之助歟。本編之成，承中央黨部廣播電臺，國際無線電臺，德律風根公司，美國無線電合組公司等，供給照片。所有圖形，二次增訂，全由浙大工學院同學朱國棟君獨任。三次增訂，則由技術教練所諸同學任之，其中尤以勞兆來，尤佳選，顏本豪三君工作爲最多；勞君又任最後核閱之職。凡此皆使此編成功之由，謹書此誌謝。

陳章識於南京中央大學工學院。二十二年四月十五日

編輯例言

一、本書適用於高級職業學校電機科，及各級報務工務人員訓練學校，而於收音業務人員，亦可作有價值之參考。

二、研讀本書，學者必須於基本學科如代數，三角及物理等，有相當根基。如已讀過電磁學及電機工程，尤易瞭解。

三、已習過電磁學者，本書第一章，可以刪去不教。

四、本書材料，可供一年每星期四小時至五小時之課程，此外教授者可以酌添參考資料，以資伸縮。

五、本書所用度量衡制，均採用標準制。

六、本書內所用專門名詞均採現今已經通用者，將來國立編譯館頒佈標準電機工程名詞後，其不符者，當於再版時，加以修正。

七、無線電工程，日新月異，故此項書籍貴能隨時代以俱進，編者願於每三數年，修正一次，以求時效。

目 錄

四版弁言

三版弁言

編輯例言

第一章 電學基本原理概要1

1. 電子學說	1
2. 電流與電壓	4
3. 電阻及歐姆定律	5
4. 串聯及並聯電路	7
5. 電流之測量	9
6. 電壓之測量	10
7. 電阻之測量	11
8. 熱線電流表	14
9. 電能力與電工率	15
10. 磁場	17
11. 電磁感應	18
12. 自感應與互感應	18
13. 磁感量與自感量	19
14. 磁感量之計算	21
15. 電力線與電場	22
16. 電容量與電容器	22

17. 電容量之計算.....	25
18. 電容器之串聯及並聯.....	27
19. 通感常數與絕緣能力.....	30
20. 變壓器.....	31
21. 效率.....	33
22. 電池.....	33
23. 蓄電池.....	35
24. 蓄電池之容量.....	37
25. 愛迪生蓄電池.....	40
26. 鉛電池與愛迪生電池之比較.....	41
27. 電極概說.....	41

第二章 無線電交通大意.....43

1. 無線電波.....	44
2. 聲波光波與無線電波之關係.....	45
3. 波長.....	45
4. 週率與波長之關係.....	46
5. 無線電波之分類.....	48
6. 電磁波之放射與推進.....	51
7. 發射機之要素及種類.....	52
8. 接收機之要素及分類.....	53
9. 無線電交通之障礙.....	54
10. 無線電通信距離與電工率.....	55
11. 無線電之用途.....	57
12. 無線電通信之缺點.....	60

第三章 振盪電路及諧振.....63

1. 磁感量內儲蓄之能力.....	63
2. 電容量內儲蓄之能力.....	64
3. 磁感週阻與電容週阻.....	65
4. 總阻及交流電之歐姆定律.....	66
5. 高週率之實效電阻.....	69
6. 集膚作用.....	69

7. 振盪電路	74
8. 自由振盪與強迫振盪	75
9. 機械界之振盪	76
10. 減幅波與等幅波	77
11. 自然週率及自然波長	78
12. 減幅率之計算	82
13. 諧振	83
14. 串聯諧振	83
15. 並聯諧振	88
16. 交連之種類	91
17. 交連電路之諧振	94
18. 配諧之重要	96
19. 交連寬緊之影響	96
20. 波長表之原理及應用	97
21. 無線電電容器	102
22. 電解質電容器	107
23. 電容器之工率損失工率因數及相差	108
24. 無線電磁感圈	109
25. 線圈之分佈電容量	111

第四章 減幅波無線電報 114

1. 機械界之交連	114
2. 交連電路之現象	115
3. 減幅波發生之方法——火花	119
4. 火花式發報機之使用方法	121
5. 火花隙之作用	123
6. 減幅波之接收	124
7. 聽筒	125
8. 檢波器之需要	126
9. 晶體檢波器	127
10. 晶體接收機	130
11. 晶體接收機之種種線路	130
12. 單路與雙路之比較	133

13. 天線電容量之改變及配置.....	133
14. 晶體檢波器接收等幅波之作用.....	134
15. 減幅波之弊害.....	137
16 無線電路所用之圖號.....	139

第五章 等幅波無線電報..... 144

1. 等幅波發射機.....	144
2. 亞氏高週率交流發電機.....	145
3. 哥氏交流發電機.....	148
4. 弧光.....	150
5. 等幅波發報機之電鍵裝置.....	154
6. 等幅波發射機之核定工率.....	156
7. 各式等幅波發射機利害之比較.....	158
8. 等幅波電信之接收法.....	160
9. 差週率接收法.....	163
10. 差週率接收法之利益.....	166
11. 差週率接收方法之解析.....	170
12. 斷續等幅波電信.....	174

第六章 電能發射與天線..... 175

1. 電磁能力之放射.....	175
2. 垂直天線放射之理論.....	178
3. 天線之各種方式.....	180
4. 地線.....	184
5. 收報臺之天線與地線.....	185
6. 地網.....	186
7. 裝置天線之要點.....	186
8. 天線電阻.....	189
9. 天線之電容量與自感量.....	191
10. 天線之實效高度.....	192
11. 放射電阻.....	193
12. 天線之定向性.....	195
13. 長波之推進.....	196

14. 線圈天線.....	198
15. 無線電定向器.....	201
16. 線圈天線之設計.....	205
17. 線圈天線之配製.....	208
18. 電波強度之測量.....	209
19. 定向天線及其他.....	210
第七章 三極真空管.....	214
1. 熱體散射電子之現象.....	216
2. 立卻特遜氏之定律.....	217
3. 二極真空管.....	218
4. 二極真空管之檢波作用.....	221
5. 真空管內之遊離作用.....	222
6. 二極真空管在無線電界以外之應用.....	223
7. 三極真空管.....	226
8. 三極真空管之特性曲線.....	226
9. 屏流之公式.....	231
10. 真空管之常數.....	232
11. 三極真空管之檢波作用.....	237
12. 三極真空管之放大作用.....	239
13. 三極真空管之振盪作用.....	241
14. 真空管內電容量.....	243
15. 真空管之構造.....	245
16. 電子之二次散射.....	250
17. 真空管之復活法.....	251
18. 真空管之校驗.....	252
第八章 真空管放大器.....	259
1. 三極真空管之活動特性曲線.....	259
2. 電阻負荷於屏極電流之影響.....	263
3. 總阻負荷於屏極電流之影響.....	265
4. 電壓放大.....	265
5. 電工率放大.....	267

6. 輸入電路之總阻	268
7. 連續放大	270
8. 連續放大方法之種類	270
9. 成音週率放大器之種類	272
10. 電阻交連之成音週率放大器	273
11. 總阻或磁感量交連之放大器	276
12. 變壓器交連成音週率放大器	279
13. 電阻交連射電週率放大器	283
14. 總阻交連之射電週率放大器	283
15. 變壓器交連射電週率放大器	284
16. A. B. C. 三類放大器	284
17. 放大器內雜音之原因及防止法	286
18. 放大器之失真	288
19. 其他放大線路	289
20. 回授放大之原理	289
21. 推挽式之成音週率放大器	292

第九章 真空管接收機 296

1. 屏極檢波	296
2. 柵極檢波	300
3. 自差及外差接收機	303
4. 自差接收線路	303
5. 超等回授放大接收線路	307
6. 外差接收線路	311
7. 平差接收線路	312
8. 超等外差接收線路	314
9. 信號強度之簡單控制方法	319
10. 濾波器	320
11. 收音器	325
12. 接收機品質之標準	329

第十章 真空管發射機 331

1 真空管振盪作用之解析	331
--------------	-----

2. 真空管發射機線路之種類	334
3. 振盪之主要條件	336
4. 真空管振盪線路之週率	339
5. 振盪振幅與交連程度之關係	340
6. 振盪振幅與柵壓之關係	341
7. 輸出工率與屏極電壓之關係	343
8. 真空管之核定工率及效率	343
9. 多次波之振盪	345
10. 哈得雷氏實施發報線路	346
11. 米字雨氏實施發報線路	347
12. 克爾畢子氏線路	349
13. 並聯及串聯饋電法	350
14. 奧斯德郎氏線路	351
15. 主管振盪線路	352
16. 石英及壓電現象	354
17. 石英控制主管發射線路	358
18. 真空管並聯使用法	362
19. 真空管發射機之使用法	363
20. 真空管發報機內之電鍵裝置	365
21. 真空管發射機弊病之搜求與矯正	366
22. 真空管發報機線路舉例	367
第十一章 特式真空管及其應用	371

1. 簾柵管或四極真空管	372
2. 簾柵管內之屏流公式	374
3. 簾柵管內之電子流	375
4. 簾柵管之特性曲線	376
5. 簾柵管之應用	379
6. 簾柵管與三極管之比較	381
7. 空間電荷極管	383
8. 五極管	383
9. 變 μ 管	385
10. 孖生二極三極管	387

11. 孿生二極五極管.....	389
12. 二柵管與三柵管.....	389
13. 五柵管.....	390
14. 其他特式三極管.....	393
15. 利用特式真空管之音量控制.....	394
16. 音調控制.....	399
17. 交流配諧射電週率收音機線路舉例.....	400
18. 交流式最新超等外差收音機線路舉例.....	402
第十二章 真空管收發機之電源供給.....	406
1. 燈絲電源之供給.....	407
2. 屏極電壓之供給.....	410
3. 自整流線路.....	410
4. 'B'電池免除器.....	411
5. 電源變壓器.....	412
6. 整流器.....	413
7. 強力發射機之整流線路.....	415
8. 濾波器之應用.....	417
9. 分壓器.....	418
10. 電源電壓調節.....	418
11. 柵極電壓.....	419
第十三章 無線電話.....	421
1. 音樂語言之週率.....	421
2. 調幅之需要.....	422
3. 無線電話之傳話器.....	422
4. 調幅之程度.....	425
5. 調幅波之成分.....	427
6. 調幅之種種方法.....	435
7. 單邊帶無線電話.....	438
8. 越洋無線電話.....	439
9. 廣播電臺之設備.....	440
10. 商用廣播發射機舉例.....	445

第十四章 短波及超短波無線電	448
1. 短波與長波無線電交通之比較	449
2. 短波之推進	451
3. 短波收發天線	455
4. 短波發射機	459
5. 短波收報機	463
6. 短波無線電報通信之距離	466
7. 超短波之特性	467
8. 超短波振盪之發生	469
9. 超短波發射機實施線路	473
10. 超短波接收機實施線路	474
附錄一 習題	477
附錄二 無線電發達史年鑑	487
附錄三 國際協定無線電報號碼	493
附錄四 國際協定無線電臺呼號分配表	495
附錄五 無線電報縮語表	498
附錄六 國際協定萬國週率分配表	505
附錄七 <u>美</u> 規實心銅線表	509
附錄八 <u>英</u> 文無線電學參考書目一斑	511
附錄九 本編專門名詞 <u>英華</u> 對照表	515

無線電工程學

第一章 電學基本原理概要

(Elementary Principles of Electricity)

電爲能力之一種，而其表現方式，在在相同，爲吾人所熟知者，如發光電燈之電，收發電報電話之電，以及轉動機械之電。而無線電其實亦不過電所表現方式之一種，於根本性質及原理，與上述各種之電，本無差異，徒因無線電之導引，自此方達於彼岸，有如雷電之射出，並不藉銅線或任何金屬導體而推進，故稱之曰無線電。本章即先探討電究爲何物，及其主要性質及名稱，略予解釋，而使讀者對於下幾章之閱讀，便於了解。

1. 電子學說 電之究爲何物，至今尚無定論。然在此時比較更適當之學說未發現以前，電子學說，足稱爲唯一的電的理論，茲將電子學說略述之：

吾人於基本化學及物理上，已知世間萬物之有三態 (three

states of matter), 謂之氣體(gas)液體(liquid)及固體(solid)。因溫度及壓力之異同, 則物體於氣液固三體可遞嬗變更, 如水之爲汽爲水爲冰; 氧在尋常溫度爲氣體, 去熱至相當溫度可變爲液體及固體; 鐵在尋常溫度爲固體, 加熱至相當溫度時, 可化爲液體及氣體。而在化學上根本分析之宇宙萬物, 不論動植礦氣體固體之別, 俱爲九十餘種不同之元素 (elements) 組成。此種元素或獨立如金銀硫磷之類, 成爲本物, 或與他元素, 如鈉與氯化合而成之食鹽, 如此而成之化合物 (compound) 皆得稱爲物質。每一元素其最小分子謂之原子(atoms), 而此原子已不能再行化學之分析。同種物質之原子各個相同, 故萬物之基本單位均爲原子。此爲原子學說 (atomic theory) 之大概, 化學家用以解宇宙之謎, 世人奉之而不疑, 已百餘年, 直至近三十年, 學者始將原子學說推演, 電流學說推翻, 而倡所謂電子學說。

世間科學家以各種物質之氣液固三體, 可互相變更之公共性質, 早疑各種原子之究竟仍爲相同, 及得真切之試驗結果, 始下肯定之斷語, 電子學說之大意 乃 謂原子之結構, 並非原始單位, 尙有分析之餘地, 每一原子在其中心有質量 (mass), 此質量包含正電子 (protons) 故常荷正電, 謂之原子核 (nucleus), 原子核之四圍有兩個或數個以上之負電子 (electrons), 或簡稱電子, (按尋常所用之電子二字, 若不冠以正或負時, 其意均指負電子), 向之環繞運行, 速度甚高, 所有每一原子內之正電量, 適等於其餘負電子之負

電量之和，故平時正負二電適相抵消而成中和，向外並無電力表現。負電子不論在同一原子，或他原子間，均相同無異，且爲在可能中所得之最小負電荷 (negative charge of electricity)，其形狀大約如圓球，間接測得其直徑爲 2×10^{-13} 或 $\frac{1}{5,000,000,000,000}$ 公分（即生的米達 centimeter），質量爲 8.8×10^{-28} 克（即克蘭姆 gram）。氫原子尚較大 60,000 倍，其微渺可知，每一電子之所負荷電量爲 1.59×10^{-19} 庫倫 (coulomb 爲電量之實用單位)，電子各個之環正電子而行，各有軌道，不相隕越，其全部結構，頗似宇宙間之太陽系 (solar system)，太陽處中央，羣星環繞而行，其異處則行星各個不同，而電子各個間毫無差異，各原子之所以成爲九十餘種者，只因其環繞而行之電子數目，及軌道位置之不同，故原子重量不一，性質亦異，例如氫只有一個電子最輕，而鈾有九十二電子，故甚重也。

觀上述電子論，可知物質究竟爲電子所構成，電子則爲物質之本，宇宙之中，無往而非電，無一而非電，其理雖覺玄妙，事實亦簡單，平常物質之不表現電力作用者，乃每個原子中，正電荷之力，適與負電荷之力相抵消，假若該原子或該物質，被奪去其原有負電荷之一部或全體，則此原子或物質，即能表現正電荷性質，反之，若其負電子數多於其尋常所有之數，則此原子或物質，即能表現負電荷性質。又於下述之電流，即爲電子在該物質內繼續流動之現象，至於其他電之現象，罔非電子論所能解釋。自三極真空管發明