

中等专业学校教学用书

无线电工学

高崇龄 編著

人民铁道出版社

中等专业学校教学用书

无 线 电 工 学

高 崇 龄 編 著

人 民 鐵 道 出 版 社

1 9 6 5 年 · 北 京

本书系中等专业学校教学用书。除对无线电的基本原理作较系统的叙述外，还就 KP-1 和 KP-3 型无线电电台、铁路运输中的无线电通信问题作简单的介绍。再则，本书中对通常检修调整机器的经验和注意事项也有所说明，并列出了常用的电子管的数据，以备查考。

本书较前版增订了微波技术和晶体管及晶体管电路二章，内容通俗、简要、易懂。

本书除供中等电信专业学校教学外，亦可作为一般从事电信工作的技术人员阅读之用。

中等专业学校教学用书

无线电工学

高崇龄 编著

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号915 开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $12 \frac{3}{4}$ 插页10 字数315千

1958年4月第1版

1965年8月第2版第11次印刷

印数5,500册〔累〕40,590册 定价(科四)1.80元

目 录

緒論	1
第一章 电路的元件	
1—1. 电路元件的种类	8
1—2. 电阻器	8
1—3. 电感器	13
附表一 k 值和 D/I 的关系	15
1—4. 电容器	18
习题一	25
第二章 电子管	
2—1. 热电子的发射	26
2—2. 阴极的构造	27
2—3. 电子发射的其他方式	29
2—4. 二极电子管	30
附表二 国产二极管的特性表	33
附表三 国产稳压管与光电管的特性表	34
附表四 国产晶体二极管的特性表	35
2—5. 二极管的整流作用	37
2—6. 整流器的滤波电路	42
2—7. 单管全波整流器	44
2—8. 倍压整流器	46
2—9. 三极电子管的构造和作用	48
2—10. 三极电子管的静态特性曲线	51
2—11. 三极电子管的参量	55
附表五 国产三极管和双二极三极管的特性表	62
2—12. 三极管的等效电路	64
习题二	68

2—13. 三极管的动态特性曲线	68
2—14. 四极电子管	74
2—15. 五极电子管	78
2—16. 束射功率管	81
2—17. 变 μ 管	84
2—18. 阴极射线示波管	87
附录一 电子管的型号	89
附表六 国产电压放大五极管的特性表	90
附表七 国产功率五极管和束射功率四极管的特性表	92

第三章 音频放大器

3—1. 放大器的种类	94
3—2. 甲、乙、丙类放大器	96
3—3. 电阻耦合电压放大器	104
3—4. 放大倍数及电平的分贝表示法	113
习题三	116
3—5. 抗流圈耦合放大器及变压器耦合放大器	116
3—6. 放大器的失真现象	120
3—7. 甲类功率放大器	123
3—8. 乙类推挽式功率放大器	130
3—9. 倒相器	134
习题四	136
3—10. 负回输放大器	137
习题五	148

第四章 扩音设备

4—1. 扩音设备的线路系统	149
4—2. 微音器	151
4—3. 拾音器	154
4—4. 扬声器	156
4—5. 50瓦扩音机	161
4—6. 低阻抗输送线上扬声器的配合	164
4—7. 常值阻抗式的负载	167

4—8. 高阻抗輸送綫上揚聲器的配合	168
4—9. 列車扩音机	171
习题六	177
4—10. 揚聲器的裝置及播音室的概念	178
4—11. 扩音机的检修	182
附录二 100 瓦扩音机电路及使用說明	185

第五章 振蕩器

5—1. 振蕩器的概念	188
5—2. 調柵振蕩器	189
5—3. 調屏振蕩器	191
5—4. 自耦变压器耦合振蕩器	196
5—5. 調柵調屏振蕩器	197
5—6. 晶体振蕩器	199
5—7. 振蕩器乙电源的鎖电方法	204
习题七	206

第六章 調制

6—1. 調制的种类	207
6—2. 調幅的原理	208
6—3. 幅調波功率的关系	212
6—4. 柵极幅調放大器	214
6—5. 載波遏止平衡幅調器	218
习题八	225
6—6. 調頻	225
6—7. 調相	228

第七章 射頻放大器

7—1. 射頻放大器的目的与种类	232
7—2. 調諧回路直接耦合的高頻放大器	233
7—3. 單調諧式变压器耦合高頻放大器	234
7—4. 雙調諧帶通式中頻放大器	236

第八章 檢波器

8—1. 半导体檢波器	240
-------------	-----

8—2. 二极管直线性检波器	243
8—3. 双二极管极管	245
习题九	249
8—4. 调频信号的接收	250

第九章 接收机

9—1. 无线电波的概念	254
9—2. 超外差式接收机的线路系统	258
9—3. 变频器	259
附表八 国产变频管的特性表	263
9—4. 超外差式收音机的实际电路	263
9—5. 电眼(电子调谐指示器)	267
附表九 国产电子调谐指示管特性表	270
习题十	270
9—6. 接收机的调整 and 检修	270
习题十一	273
附录三 接收机安装的注意事项	273
附录四 TY-50A 型四用扩音机说明	274

第十章 ЖР 型无线电台

10—1. ЖР-1 型无线电台的用途	279
10—2. 电台的组成	282
10—3. 发送机电路	283
10—4. 接收机电路	291
10—5. 各部分的构造	300
10—6. 电台的安装	308
10—7. 电台的运用	310
10—8. 电台的检修	313
附表十 ЖР-1 型电台收发机电子管的特性	316
附表十一 ЖР-1 型电台收发机及操纵盘元件表	317
附表十二 ЖР-1 型电台电压稳定器元件及线圈规格表	321
10—9. ЖР-3 型无线电台	322

第十一章 铁路運輸中的无线電通信

11—1. 铁路運輸无线電通信的特点	330
11—2. 站內无线電通信	332
11—3. 列車无线電通信	333
11—4. 微波多路接力通信的概念	337

第十二章 微波技术

12—1. 波导中电磁波的传输	346
12—2. 矩形波导	348
12—3. 圆形波导	350
12—4. 波导和微波电路的耦合	352
12—5. 波导的阻抗匹配	353
12—6. 其他主要波导元件	355
12—7. 空腔諧振器	359
12—8. 微波三极管	360
12—9. 反射速調管	364
附表十三 国产反射速調管特性表	368
12—10. 行波管	368
附表十四及十五 行波管特性表	372
12—11. 噪声和噪声系数	373

第十三章 晶体管及晶体管电路

13—1. 导体、絕緣体及半导体的能带	375
13—2. 面結型晶体二极管	377
13—3. 点接触型晶体二极管	379
13—4. 晶体二极管內的噪声	381
13—5. 晶体二极管可变电容参量放大器	382
13—6. 面結型与点接触型晶体三极管	385
13—7. 晶体三极管的等效电路	387
附表十六 国产面結型晶体三极管的特性表	391
13—8. 多級阻容耦合晶体三极管音頻放大器	392
13—9. 晶体三极管电路的其他应用	394

緒 論

(1) “無線電工学”課程的目的

为长途通信、选号通信及传真电报等打下基础，并使学生掌握扩音设备和无线调度装置的一般原理和运用检修的技能。

“无线电工学”这门课程的目的是：

① 研究现代无线电通信工程中的一般技术知识和铁路特种无线通信的一般概念；

② 使学生掌握扩音设备、接收设备和无线调度装置的一般原理和运用检修的技能；

③ 为“长途通信”、“选号通信”及“传真电报”等课程打下基础。

在我国现阶段的铁路上，扩音设备和无线调度装置是应用无线电技术最重要的两项设备。长途电话电报要应用电子管放大、振荡、调幅及解调的原理，选号电话和传真电报要依靠电子管放大，无线电工学这门课程即围绕上列的要求来叙述无线电工程的一般技术知识和实用技能。

(2) 無線電的优越性

無線電通信在空間中不要用導線連接，通信的距离非常远，通信的速度每秒 3×10^5 公里。

无线电的优越性，在于它能够克服空间战胜距离。无线电通

信在空间中不要用导线连接，通信的距离能够达到很远，通信的速度可达到每秒 300000 公里。地球上最远的两个地点是 20000 公里，无线电波却能在 $\frac{1}{15}$ 秒内跨越这一段距离。列宁对无线电的优越性曾经这样说过：“对于苏维埃联邦和广阔的版图来说，无线电通信，特别是无线电广播，将有何等的意义！不用纸张和没有距离限制的报纸和亿万听众的大会”。我国疆土很广，无线电波能在一刹那间走遍全国，因此边区得以接近中心，远方得以变成近邻。

(3) 无线电的诞生和发展

无线电是俄国科学家 A·C·波波夫在 1895 年发明的。

伟大的俄国科学家 A·C·波波夫是无线电的发明者。在 1895 年 5 月 7 日波波夫在俄国物理化学学会的会议上宣读了他的发明论文，并以他创制的“雷电指示器”（这是有名的第一台电磁波接收机）做了实验。

在波波夫关于自己创制接收机的第一次公开演讲的一年以后，也就是这接收机线路图发表在杂志上的半年以后，意大利人马可尼带着一个类似的收报机到了英国，他宣扬这是他的发明。无耻的意大利企业家，从俄国科学家发明上赚得了大量金钱，并制造了许多广告，把马可尼说成是无线电的发明者。因此，在资本主义国家和旧中国的无线电发展史上，都把马可尼说成为无线电的发明者。

事实上，无线电的发明不是马可尼，而是俄国科学家 A·C·波波夫。

电子管的发展，从二极管到五极管，从复式电子管到特殊电子管，使电子管广泛应用于无线电报电话、无线电广播、无线电导航、雷达、电视、无线电远程控制等。

在1913年以前，初期的无线电通信工具是用火花式发送机和粉末或晶体检波接收机。在发展的过程中，也曾采用过电弧发生器和高频发电机做为发送机；但自三极电子管（1907年）出现后，电弧式及高频发电机式发送机就逐渐被完善的电子管发送机所排挤。电子管的发明可以说是无线电发展中的一个重大而且是划时代的事件。现在几乎没有一个无线电仪器不利用电子管的。

随着电子管的改进，从二极管、三极管、四极管、五极管、复式电子管、超短波用电子管、微波用电子管而至特殊电子管。无线电的应用范围也就日益扩大。当火花式、电弧式和高频发电机式的发送机基本上是用无线电报的时候，电子管发送机迅速而有效地为无线电话、无线电广播的发展开辟了新的境界。在现代，无线电广播在全世界各个国家里，都有着巨大的发展。

电子管还给无线电开辟了一个非常重要的部门，这就是无线电导航。现代的无线电导航是引导飞机和船舶航行的最好方法。利用无线电仪器就能很准确地确定船舶的方位，测量从飞机到地面的距离。

电子管更使无线电应用到雷达方面。雷达是利用无线电脉冲波去测量目的物（如飞机、船舶、坦克等）的准确位置。战时雷达代替探照灯侦察敌人飞机的方向、引导自己的驱逐机、发现舰艇、并能帮助大炮的瞄准。在和平时期雷达可用来作为无线电测距仪器和气象的探测仪器。

电视的发明，把人类的眼界扩大了。电视是把活动的图象传递到遥远的地方去。光电管和阴极射线示波管的制造为电视奠定了基础。

电子管更使无线电应用到远程控制方面。目前无线电操纵装置已可应用于任何种类的船舶。没有飞行员的飞机完全服从无线电的操纵也已实现。人造地球卫星和宇宙飞船的飞行轨道也是从

地面站利用无线电遙控方法加以控制。

(4) 无綫电在铁道运输中的应用

鉄路上載波電話电报、調度通信设备、機車信号设备、車站里和列車上的扩音设备都是应用电子管和无綫电的技术，調動車輛、列車运行和調度員的联系，也是使用无綫电设备。

在铁道运输中已将电子管的应用和许多无线电技术上的方法引用到有线通信方面，就使得电话传输的有效距离显著地增加了，同时使有线多路电话电报的传输也成为可能了。铁路上长途有线电话和长途有线电报，就是引用电子管和无无线电的技术。

鉄路上的行车调度通信设备和电子轨道电路、机车信号设备等，也是引用电子管的技术的。

在铁路调车場里，也是应用无线电来调度车辆。在铁道线上来回奔驰着几台调车机车，它们选择着车辆，把车辆从一条铁道线转送到另一条。把那些长长的车列，重新组合成新的车列。调度员用无线电发出命令，调车机车的司机从机车里的无线电台得到命令。因为利用了无线电，车辆的选择和列车的编组现在已比从前快多了。在列车上司机和调度员间的联系也可利用无线电。

每个车站里的有线扩音设备和列车上的有线扩音装置，也是引用电子管放大的技术。

在铁路系统里，也有设立无线电广播电台或转播站的，利用无线电广播消息和节目。在有线架空线还没有设置前，或有线通信发生故障时，铁路上也使用无线电收发报机和收发话机来替代。

微波多路接力通信也将被应用于铁道运输中。

(5) 无线电技术对国家社会主义工业化的作用

高频电热用来熔化金属、鍛接金属、烘干材料，电子管用来控制电机、控制温度、控制制造工业的生产步骤、控制发电站的自动化操作程序，对于提高生产速率、改善产品品质、加速增产、节约人力，因而对加速国家社会主义工业化具有重大的作用。

电子管和无线电的技术在工业上的应用也很广。

高频电热被用来熔化金属、烘干材料和鍛接金属制品。高频电热是利用电子管设备产生高频的交变电流，借感应发热或介质发热的方法把金属、木板、电木或其他介质材料提高温度而发生热的现象。感应发热是把导电的物体，放在线圈所产生的交变磁场中，借感应作用而使物体内部感应电流产生损耗，变成有用的热。感应电热的方法，很早曾经应用于冶金、电灯泡和电子管的制造工业方面，用来除去电灯泡或电子管内部金属所含的气体。近十年来高频感应电热更广泛地被用到金属的热处理，如熔化金属、鍛接金属等。介质发热，是把非导电的材料，放在电容板间做为介质，受到了高频交变电场的作用引起损耗，因而发热。介质电热是比较新颖的电热方法，被用在非金属材料，如烘干材料、胶接木板、制造电木橡胶等。

光电管、闸流管、或其他电子管广泛地被用来控制电焊、控制电机、调节电压、调节速率、控制时间、控制温度、控制制造工业的某一生产步骤或控制发电站的自动化操作程序。一般的光电管控制设备，先是把光线集中到光电管，使光电管产生电流，再经过放大器放大后，控制某些机件的动作，如控制炉门的开启、电动机或发电机的运转。光电管控制并被用做报警和安全设备，以保障工作人员的安全。

电子管设备和技术应用到工业上后，对于提高生产速率、改善产品品质、加速增产、节约人力物力，有着决定性的影响；并

为生产程序自动化准备了优良的条件；显然地对于加速国家社会主义工业化具有很大的作用。

(6) 我国无线电的发展

我国超外差式接收机、扩音机及载波电话机的电子管已完全自制，微波电子管已开始制造。2000瓦扩音机已开始使用，调车无线电已使用于铁路，多路的载波电话机已广泛地被使用着，微波接力通信设备已开始生产，电视广播和工业电视也有了发展。

三十年来我国的无线电事业，因受到旧社会环境的阻碍，进展比较迟缓。但自新中国成立后，尤其是我国发展国民经济第一个五年计划开始后，我国的无线电也开始转入一个新的阶段，开始进展着。

解放前，无线电零件的制造，简单的80号孪生二极管和30号三极管的制造，无线电发送机及接收机的装配修理，雷达的使用和修理，无线电定向台及罗盘的运用和修理，75千瓦及10千瓦广播电台的装设，仅有少量设备。解放后15年来，电子管的制造事业已得到进一步的发展，各种超外差式接收机的电子管已完全可以自制；750瓦以下的较大功率电子管、10千瓦的风冷管、和100千瓦的水冷管也已自制；载波电话总机及扩音机使用的电子管都是自制；超短波和微波电子管已开始制造；晶体二极管、三极管和微波晶体二极管也已生产。电解电容器、电阻器、微音器及扬声器的制造已进一步地得到质的改进和量的扩大。各地的有线扩音设备大量地发展，使用功率达到2000瓦的扩音机已经开始需要。多路的载波电话机已广泛地被铁路和邮电部门使用。

党第八次全国代表大会已通过关于发展国民经济的第二个五年计划的建议，在第二个五年计划期间，加强工业中的落后部门——石油工业、化学工业和无线电工业的建设。

无线电广播网和无线电转播站愈来愈多地分布于我国各城市和各乡村。不仅中波、短波和超短波的应用越来越广，更短的厘米波也已被广泛地利用着。微波多路接力通信设备也开始运用。

目前，许多城市电视台已建成。电影和剧院的演出也可在我们的家里观看。

无线电调车和列车无线电通信将要广泛地在铁路上应用，传真电报将被推广到铁路上使用，编组场也将应用电视。

在最近十多年来，由于工程物理学和电子学的飞跃发展，研究制成了很多形式无接点元件，如各种半导体元件、铁磁元件、铁电体元件以及冷阴极管等，特别是半导体收音机及电子计算机等也在大量生产。这些都是为了我国无线电的未来打下了更好的基础。

第一章 电路的元件

1-1. 电路元件的种类

组成电路的基本元件，有电阻，电感，电容，半导体，压电晶体和电子管等。

电路的基本元件，有电阻，电感，电容，半导体，压电晶体，电子管等，一般地可以分类如下：

- (1) 电阻器：线绕电阻，炭粉复合电阻，炭膜电阻；
- (2) 电感器：空心线圈，铁磁线圈；
- (3) 电容器：云母，纸质，陶瓷，电解，空气电容器；
- (4) 半导体：向性电阻（方铅矿、氧化铜、硒）；光敏电阻（硅、锗）；热敏电阻（氧化锰，硫化银）；
- (5) 压电晶体：石英（控制射频）；洛希尔盐（音频微音器及扬声器）；
- (6) 电子管：见第二章。

1-2. 电 阻 器

电阻器的主要特性有五点：（1）电阻值和容许差度；（2）功率耗散定额；（3）频率特性；（4）对于温度，湿度，电压的稳定性；（5）噪声电平。在线绕电阻器，炭粉复合电阻器，薄膜电阻器的三类电阻器中，薄膜电阻器比较好，复合电阻器和薄膜电阻器都用身尾点颜色标记法或三环（或四环）颜色标记法来表示电阻值。

电阻器的构造，普通有三类。第一类是由金属或合金的电阻线在绝缘体上绕成线圈形状，叫做线绕电阻器，依线的材料，粗

细和长度决定电阻值。线绕电阻器的电阻线，是由适当的合金制成的，电阻系数要大，而温度系数要小。铜和镍的合金线是最普通的电阻线；铜和锰的合金电阻线，温度系数几乎为零，电阻不随温度变动，适用于高度准确性的地方。

第二类是由石墨粉、粘土、煤烟等材料复合后压成棒状圆体叫做炭粉复合电阻器，依炭粉和绝缘体复合的比率决定电阻值。第三类是炭的薄膜或金属薄膜附着在绝缘体上，叫做薄膜电阻器，依薄膜的材料和面积决定电阻值。这三种各具优缺点，分别应用于不同的场合。

电阻器的主要特性有：电阻值与容许差度；功率耗散定额；频率特性；对于温度、湿度、电压的稳定性；噪声电平。

今就其中几个主要特性加以解释。

频率特性：电阻器的目的虽在获得电阻，但实际构造上，不能避免少数的电感和分布电容。

图1—1(甲)表示电阻器的等效电路，其中主要电阻 R 和串联电感 L 串联后，再和分布电容 C 并联，好象一个二端网络。图1—1(乙)表示和图1—1(甲)等效的二端网络，其中 R' 代表有效电阻， L' 代表有效电感，就是说电阻器因为构造上不能避免的电感和电容，以致电阻器两端，实际获得的不是原有的电阻而是有效电阻 R' ，并且还有串联的有效电抗存在。设计时必须注意减少 L 、 C 的影响，以使有效电抗互相抵消，获得纯电阻，使电阻器的量值不受频率的影响而有所变动。

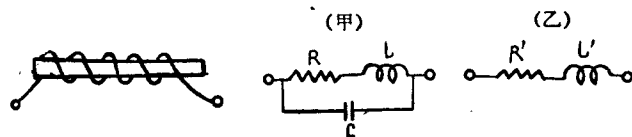


图1—1 电阻器的等效电路

一般炭粉复合电阻器和炭膜电阻器的电感和电容很少，线绕