



中等专业学校教学用书

无线电发送设备

(上册)

原编者：重庆邮电学院发送教研组 郑吉申

审校者：邮电学院无线电发送设备教材选编组

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是按照邮电部中等专业学校无线电通信专业的“无线电发送设备”教学大纲(1962年修订草案)编写的。

本书主要讨论无线电发送设备中高频振荡的产生与放大的基本理论、电路图、调谐、调整等操作方法、基本计算等,内容适合中专学生在数学、电工、电子管与无线电基础等方面的水平,并注意物理概念的阐述和电路图、工作原理、理论计算、实际操作等之间的有机联系。

本书各章均附有复习思考题和习题。

本书可作电信中等专业学校无线电发送设备课程的教学用书,也可供维护和设计无线电发送设备的技术人员参考。

无 线 电 发 送 设 备 (上 册)

原编者:重庆邮电学院发送教研组 郑吉申

审校者:邮电学院无线电发送设备教材选编组

出版者:人 民 邮 电 出 版 社

北京东四6条13号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者:北 京 市 印 刷 一 厂

发 行 者:人 民 邮 电 出 版 社

开本 787×1092 1/32 1962年6月北京第一版

印张 10 24/32 页数 172 1963年5月北京第二次印刷

印刷字数 249,000 字 印数 2,501—5,620 册

统一书号:K15045·总1306—无343

定价:(9)1.20元

序 言

1958年以来，在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，我国邮电教育事业在贯彻执行党的教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合的方針方面取得了很大的成績。在教学改革过程中，对教学体系、教学内容和教学方法等都作过很多改进，使教学质量有了显著的提高。

“无綫电发送設備”課程的教学工作，在党的正确领导下，在各院校教师辛勤劳动下，也得到了不断的改进，积累了不少經驗。但是，在更好地贯彻教育方針，贯彻理論联系实际方面，还缺乏适合大綱，結合当前中专学生水平的教材，为学生学习和钻研带来不少困难。

为了进一步适应祖国邮电建設事业不断发展的需要，及时总结几年来各院校在教学改革中所积累的关于无綫电发送設備課程的教学經驗，根据邮电部干部司的指示，組織了无綫电发送設備教材选編組，进行本书的选編工作。

本书由重庆邮电学院无綫电系发送教研組郑吉申同志負責执笔編写。編写时，既結合历年教学工作的經驗，并广泛征求了各兄弟院校的意見；还注意到教学要求和教学方法，使学生能够在規定的学时內順利地完成本課程的学习。因此在內容上力求适合中专学生数学、电工、电子管与无綫电基础等課程的水平，注意物理概念的闡述和电路图、工作原理、理論計算和实际操作之間的有机联系。

参加本书选編工作的有江苏邮电学校周之干同志，成都邮电学校陶继昌同志，武汉邮电学院欧阳文齐同志和重庆邮电学院郑吉申、陶庆荣同志。上述同志对原稿作了詳細的討論、修

改，并拟出各章复习思考题和习题。

本书分上、下两册出版。上册主要内容是讨论无线电发送设备中高频振荡的产生与放大，至于高频振荡的调制部分将在下册中讨论。书中用小字排印的部分可以根据学生具体学习情况和时间安排等决定是否讲授。

本书的绘图工作由重庆邮电学院邮电机械教研组及其他有关教师担任。

由于经验不足、选编时间短促、水平有限等原因，本书内容难免有不够妥善甚至错误之处，希望读者，特别是使用本书的教师和同学提出改进意见，以便今后修订提高。

1962年2月

上册目录

第一章 緒 論

§ 1 无线电发送設備发展簡史	1
§ 2 无线电发送設備概論	6
1. 無線电发射系統的組成	6
2. 对于現代发射机的各种要求	7
3. 現代無線电发射机	8
复习思考題	9

第二章 发生器电子管

§ 1 发生器电子管的特点	10
1. 构造方面的特点	10
2. 特性曲綫方面的特点	11
3. 各极材料	12
§ 2 三极管的靜态特性曲线	13
1. 三极管中的电流	13
2. 总电流的靜态特性曲綫	14
3. 柵流的靜态特性曲綫	15
4. 板流的靜态特性曲綫	17
§ 3 三极管靜态特性曲线的理想化	18
1. 特性曲綫理想化的目的、原則和方法	18
2. 三极管总电流理想特性曲綫及其方程式	19
3. 三极管柵流理想特性曲綫及其方程式	22
4. 三极管的板流理想特性曲綫及其方程式	25
§ 4 四、五极管靜态特性曲线的理想化	28
1. 四极管的电流与参数	28
2. 五极管的电流与参数	30
3. 四、五极管的理想特性曲綫方程式	32
复习思考題	36
习題	37

第三章 他励发生器的板极电路

§ 1 发生器的一般概念	38
1. 他励发生器的原理图	38
2. 他励发生器的工作状态	39
§ 2 他励发生器的工作原理	42
1. 并联调谐回路的阻抗	43
2. 发生器栅压、板流、板压间的相位关系	45
§ 3 他励发生器的板极电源馈给电路	47
1. 构成板极电路的一些原则	47
2. 板极电源的串馈电路	48
3. 板极电源的并馈电路	49
4. 两种电源馈给电路的比较	51
§ 4 欠压状态下的动态特性曲线	52
1. 动态特性曲线的概念	53
2. 欠压状态动态特性曲线的分析	53
3. 动态特性曲线的绘制	57
§ 5 板压利用系数	58
1. 板压利用系数的意义	58
2. 边界板压利用系数的计算式	59
3. 用板压利用系数来表示工作状态	61
§ 6 欠压状态下板流脉冲的分析	63
1. 欠压状态板流脉冲的形状和通角的意义	63
2. 尖顶余弦脉冲的表示式和分解	64
3. 平顶余弦脉冲的分解	69
§ 7 发生器板极电路的功率、效率和通角的选择	70
1. 板极电路中的功率平衡关系	70
2. 发生器板极电路的效率	71
3. 通角的选择	71
4. 通角与激励电压、栅偏压的关系	72
§ 8 电子管发生器的等效电路	76
§ 9 电子管的利用系数和额定功率	78

§10 他励发生器的調諧	82
1. 調諧的目的	82
2. 失諧发生器的分析	82
3. 他励发生器的調諧方法	90
复习思考題	91
习题	92

第四章 他励发生器的柵極电路和灯絲电路

§ 1 他励发生器的控制柵电路	93
1. 柵偏压电源的饋給电路	93
2. 級間耦合电路	95
3. 构成柵极电路时的注意点	102
§ 2 柵极电路內的功率平衡关系	103
1. 欠压状态下各柵极电流的近似計算	103
2. 控制柵极电路內的功率平衡关系	105
§ 3 自生柵偏压电路	106
1. 利用总电流的自生柵偏压电路	107
2. 利用柵流的自生柵偏压电路	109
3. 自生柵偏压电路的优缺点	111
§ 4 帘柵压和抑制柵压的供給方法	112
§ 5 灯絲电压供給电路	115
1. 供給灯絲电压时的注意点	115
2. 交流声的形成及其防止	116
复习思考題	118
习题	118

第五章 他励发生器的技术計算

§ 1 引言	119
§ 2 边界状态发生器的技术計算	124
1. 按額定功率充分利用計算	124
2. 按指定功率和通角計算	126
3. 按指定功率和放射电流利用系数計算	127
4. 实例	127

§ 3 过压状态发生器的技术计算	137
1. 强过压状态的动态特性曲线	138
2. 弱过压状态的动态特性曲线	140
3. 弱过压状态栅流板流的计算	141
4. 强过压状态栅流板流的计算	142
5. 过压状态发生器的技术计算步骤	144
6. 实例	146
7. 过压状态发生器的优缺点	150
§ 4 发生器的负载特性曲线	150
§ 5 并联发生器	155
1. 并联电路及其计算方法	155
2. 实例	158
3. 并联电路的优缺点	159
§ 6 推挽发生器	160
1. 推挽电路及其工作情况	160
2. 推挽电路的计算方法和计算实例	164
3. 推挽发生器与激励器的耦合电路	166
4. 推挽发生器的优缺点	169
5. 并联推挽发生器的概念	170
复习思考题	170
习题	171

第六章 发射机的输出级

§ 1 具有简单输出电路的输出级	173
1. 几种简单输出电路及其比较	173
2. 简单输出电路的计算	178
3. 简单输出电路发生器的调谐与调整	182
§ 2 具有复合输出电路的输出级	184
1. 复合输出电路的分类和质量分析	184
2. 复合输出电路的计算	187
3. 复合输出电路发生器的调谐与调整	194
4. 简单输出电路与复合输出电路的比较	196

复习思考题	196
习题	198

第七章 发射机的中间级

§ 1 基频中间放大器	199
§ 2 缓冲放大器	207
§ 3 倍频器	210
1. 倍频器的工作原理及其重要作用	210
2. 二倍频器	211
3. 三倍频器的概念	218
复习思考题	221
习题	222

第八章 自励发生器

§ 1 自励基本原理——产生和维持振荡的条件	223
§ 2 三端式电路的一般组成规律	226
1. 传导反馈的振荡器电路	227
2. 电容反馈的振荡器电路	228
3. 组成三端式电路的规律	229
4. 双回路振荡器电路	229
§ 3 振荡频率	231
§ 4 反馈线与振荡特性	233
1. 反馈线	233
2. 振荡特性曲线的意义及其形状	234
3. 反馈线与振荡特性的交点与平衡方程式	236
§ 5 软自励与硬自励	240
§ 6 振幅稳定平衡与相位稳定平衡	243
1. 振幅稳定平衡	243
2. 相位稳定平衡	247
§ 7 计算自励发生器的一般原则	249
1. 发生器工作状态的选择	249
2. 计算振荡器回路的一般法则	250

§ 8 振荡器的实际电路	252
复习思考题	256
习题	256

第九章 频率的稳定

§ 1 发射机频率稳定的要求与标准	257
§ 2 导致频率不稳的因素和稳定频率的方法	259
1. 振荡器零件的机械变形	259
2. 温度的变化	260
3. 电源电压的波动	262
4. 负载的不稳定性	263
5. 空气湿度和气压的变化	263
6. 外在物体对振荡器电磁场的影响	263
7. 振荡器损坏部份的置换	264
§ 3 晶体振荡器	264
1. 石英及其特性	264
2. 石英的压电效应和等效电路	266
3. 晶体振荡器的实用电路	270
4. 晶体振荡器的优缺点	274
5. 晶体的使用与维护	275
复习思考题	276
习题	276

第十章 中和与寄生振荡

§ 1 中和的必要性	278
1. 板栅极间电容对放大器的不良影响	278
2. 克服的具体方法	279
§ 2 中和电路	280
1. 线圈中和法	280
2. 电桥电路的基本性质	281
3. 单边中和电路	282
4. 推挽中和电路	285
§ 3 实用的中和方法	288

§ 4 短波段使中和困难的因素	292
§ 5 关于共栅电路的概念	294
§ 6 寄生振荡的概念及其种类	300
§ 7 寄生振荡的现象及其抑制	306
复习思考题	309
习题	310

附 录

附录 I 尖顶余弦脉冲分解系数表	312
附录 II 平顶余弦脉冲分解系数表	317
附录 III 发射管的主要参数	323

第一章 緒 論

§ 1 無線電發送設備發展簡史

什么是無線電發送設備。

無線電通信、廣播、導航、測位等，都以利用電磁波傳遞信號為基礎。電磁波的能量是由高頻振盪的能量轉換而來，這一轉化由發射天線來完成。至於高頻振盪則由無線電發送設備產生。因此，產生高頻振盪便是無線電發送設備的首要任務。

其次，為了用無線電傳遞某一信號，就必須使高頻振盪發生某種變化反映出被傳遞的信號。為此，可以設法按照信號來改變高頻振盪的某一參量，例如高頻振盪電流的振幅、頻率或相位。這種按照信號來改變高頻電流某一參量的過程稱為調制。所以，對高頻電流進行調制是無線電發送設備的又一重要任務。

由此可見，所謂無線電發送設備，就是旨在產生已調制的高頻電流的設備。

與其他科學技術比較，無線電發送設備的發展歷史不算很長。但是由於無線電科學技術工作者的辛勤勞動，它的发展速度是很高的，現代無線電發送設備不論在技術上或者是理論上都已漸臻完善。當然，無線電發送技術在今天仍舊是一門年輕的科學技術，它的未來還將由於人們創造性的勞動而大放異彩。

在具体學習現代發送設備的理論和技術以前，讓我們先來回溯一下無線電發送設備的發展簡史：

1895年5月7日，偉大的俄羅斯科學家亞·斯·波波夫揭開了無線電技術史的第一頁。這一天，他在俄國物理化學學會

的會議上，表演了世界第一部無線電接收機——雷電指示器。第二年3月24日，他在同一學會的會議上，又表演了世界上第一個無線電報的發送，通信距離達250米。

波波夫當時所用的是火花式發射機，它利用火花放電器產生衰減的高頻振盪。它的電路如圖1-1所示，簡單工作原理如下：按下電鍵 K ，感應圈 KP 初級通電，斷續器 Π 振動，使電路斷續，在 KP 次級感應出高電壓，對天綫充電，當充電到超過火花隙 $\Pi\Pi$ 的絕緣電壓時，火花隙放電，產生阻尼振盪，就有電磁波向空中輻射。

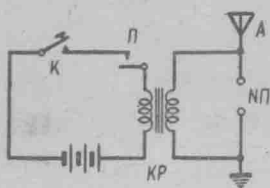


圖 1-1 火花式發射機的電路圖

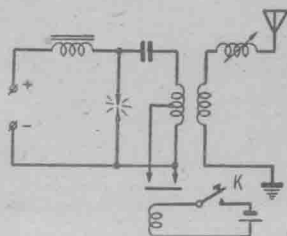


圖 1-2 電弧式發射機示意圖

由於火花式發射機所產生的振盪是阻尼振盪，因此有不少缺點：(1)阻尼振盪所占的頻帶很寬，造成各電台間的相互干擾，而且電台功率越大，干擾越強；(2)阻尼振盪在最初幾個周期內電壓振幅太大，增加天綫絕緣的困難；(3)不能實現滿意的無線電通話。

於是，就開始探求用別的方法來產生高頻振盪。1912年開始建成電弧式發射機。如圖1-2所示，電弧式發射機是利用弧光放電來產生等幅的高頻振盪，它比火花式發射機有所改進，並且曾經在天綫電路內接上特制的微音器作過通話試驗。但是這種發射機也有不少缺點：(1)它所產生的振盪包含許多譜波，仍

会造成干扰；(2)由于电弧（气体放电）的惰性，只能得到緩慢的振盪，相当于波长在几万米以上的长波；(3)頻率不穩；(4)操作复杂；(5)大功率調幅仍不可能。

代电弧式发射机而起的是高频发电机。这是 20 年代初期远距离电报通信所用設備的基本程式。它的优点是效率較高；頻率較穩；沒有諧波，頻帶較窄，所以当时常用作大功率的机器。但是，它的最大缺点是只能在长波範圍內使用。因为从决定发电机頻率的基本公式 $f = \frac{pn}{60}$ 来看，要得到較高的頻率 f ，必須增加磁极的对数 p 和每分钟的轉数 n ，显然， p 和 n 都是不能无限增加的。此外，高频发电机的构造比較复杂；造价比較昂貴；維護也比較复杂；而且用来作无綫电通話仍有困难。这些缺点都限制了它的进一步发展。

20 年代初期电子管的出現，对无綫电发送技术起着革命性的影响。苏联学者邦奇—伯魯也維奇首先使无綫电工程人員注意到利用电子管来产生高频振盪的广闊前景。

由邦奇—伯魯也維奇领导的尼斯城无綫电實驗室，1919 年就制成 950 瓦的大功率管；1923 年、1925 年又相继制成 35 瓩和 100 瓩的水冷管，为現代大功率电子管发射机的发展奠定了基础。因此，在 1920—1929 年不到十年內，苏联又先后制成第一部 2 瓩的无綫

电话发射机、12 瓩的“共产国际电台”

（电路图如图 1-3 所示，工作原理将在以后分析）、40 瓩的“新共产国际电台”和 100 瓩的

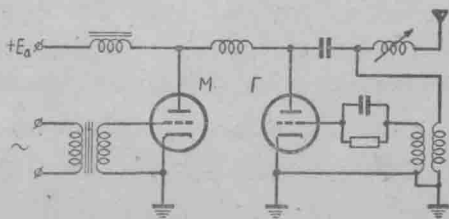


图 1-3 电子管发射机电路举例

“苏联职工总会电台”。

电子管发射机具有下列一系列优点：(1)效率较高；(2)实现调制和键控都很方便，利用低频电子管放大器，还可能实现大功率调制；(3)可以产生较高频率的振荡；(4)可以获得大功率发射。因此，它逐渐排斥了高频发电机，成为现代发射机的主要形式。

自从采用了电子管发射机，无线电发射技术便展开了新的一页。例如：发射机由单级迅速地发展到多级，提高了频率稳定度；采用了邦奇—伯鲁也维奇所提出的栅地电路，解决了高频放大器工作在短波波段中的困难；在调制方法方面，最初在单级发射机中采用的是板极调幅；随着发射机级数的增多和功率增大，采用了小功率级的栅极调幅，并在以后各级采用已调波放大；用这种已调波放大制的发射机效率较低，又逐渐被“乙类板极调幅”所代替；乙类板极调幅常在末级进行，需要很大的调幅设备，如调幅器和调幅变压器等，很不经济，于是在广播发射机中自动板极调幅得到了运用和发展。

随着无线电台的日益增多，天空中出现日益拥挤的现象。为了减少相互干扰，就要求不断提高发射机的质量指标，这就促进了一系列新技术的发展。例如：在短波无线电电话通信方面，采用了单边带传送，提高了信号杂音比；在无线电报通信方面，频率键控得到了广泛的应用，它的主要优点是抗干扰性强；近年来超高频技术发展很快，频率调制和脉冲调制等新的调制方法，也逐渐被掌握，因而多路中继无线电通信得到了极为迅速的发展，通信质量日臻完善。

在社会主义阵营优越的社会制度下，为无线电发送技术的迅速发展提供了极为有利的条件。如苏联四十多年来在无线电发送技术方面就取得了巨大的成就。

我国无綫电事业在中国共产党和人民政府的英明领导下，同样得到了高速度的发展。

旧中国的无綫电事业只是反动統治者和帝国主义压迫劳动人民的工具，而且在國內很少制造无綫电发射机，設備主要靠进口来解决，因此发展很慢。

我国开始使用火花式无綫电通信装置是在波波夫发明无綫电后的九年——1904年（光緒30年）。到1927年，才开始采用短波电报机进行无綫电通信。到1936年全国共只有通信电台50余处，发射机200多部，最大功率是40瓩。

真正服务于人民的无綫电事业是随着紅軍的建立而建立起来的。早在1941年，延安就开始試驗性播音。1945年在延安成立的新华广播电台是我国第一个人民的广播电台。这个电台在宣传中国共产党的方針和政策，报导國內外时事，介紹解放区生活，瓦解敌軍等方面都起了巨大的作用。到1948年底解放区已有人民广播电台16座。

解放后，由于党和人民政府对无綫电事业的重視和我国无綫电工作人員的努力，我国的无綫电发送技术有了飞跃的发展。广播电台发射功率成倍地增长；通信方面建成了以北京上海为中心的国际无綫电通信网，并且加强了边远地区和首都及內地的通信，无綫电发射机总数和发射总功率都有了很大的增加，还建立了超短波及微波中继通信电路。在无綫电工业方面，发展也很迅速。

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我国的无綫电发送技术又得到更大的发展。广播发射台功率迅速增加。在通信方面，如多路单边带通信、移頻装置及微波多路中继通信等新技术，都得到了很好的发展。

§ 2 無線電發送設備概論

1. 無線電發射系統的組成

無線電發射系統 (發射台) 通常包括下列組成部分:

(1) 發射機。包括: 整流部分, 將低壓交流電能轉變為直流電能; 高頻部分, 將直流電能轉換成高頻電能; 低頻部分, 將話音信號放大以便對高頻進行調制; 控制部分, 保證發射機按照一定的程序開、關機, 並有指示設備和保安設備, 保護工作人員的安全和發射機的正常運用。

(2) 天綫、饋綫系統及其交換設備。天綫的作用是将高頻電流的能量轉化為電磁波的能量向空中發射; 饋綫則是用来將發射機的高頻電流傳送到天綫; 交換設備用以換接發射機的天綫。

(3) 遙控綫及其交換、測試、指示設備。遙控綫是傳送信號 (話音或電報信號) 用的, 它将市區報話局需要經無線電傳遞的信號傳送到發射台來 (發射台通常位於郊區)。遙控綫進台後, 先經過交換、保安設備, 分配到各發射機。為了保證正常工作, 遙控系統常裝有測試和指示設備。

(4) 配電系統及備份電源。配電系統的作用是将來自電力站的高壓交流電轉變為低壓交流電并分配給每部發射機。備份電源是為了保證在電力站由于某種原因停止供電時, 電台能够自行發電, 維持通信不致中斷。

(5) 其它輔助設備。例如自動設備, 用以減輕維護人員的勞動強度; 大型台的發射機中采用水冷電子管的, 還有一整套水冷系統。

本課程只限于研究中、短波發射機中的高頻部分和調制部分, 至于有关天綫、電源、或者超高頻、微波發射機等內容,