

晶体管收音机

东北三省职业技术教育教材编写组编



0.2

辽宁科学技术出版社

晶体管收音机

Jingtiguan Shouyinji

东北三省职业技术教育教材编写组 编

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: $16 \frac{3}{8}$ 字数: 380,000

1985年11月第1版

1985年11月第1次印刷

责任编辑: 刘绍山

责任校对: 丁东戈

封面设计: 邹君文

印数: 1—49,000

统一书号: 15288·179

定价: 2.80元

前 言

为了适应中等职业教育不断发展的需要,东北三省职业技术教育协作会无线电教材编写组在编写了无线电专业课教学大纲的基础上,编写了一套专业课教材,计有《电工基础》、《晶体管电路基础》、《脉冲电路基础》、《晶体管收音机》、《电子管收音机》、《晶体管录音机》、《晶体管黑白电视机》、《彩色电视机》等八本。

这套教材可供三年制职业中学无线电专业的师生在教学中使用,也可供二年制无线电专业的师生选用。

为了使教材既切合职业中学的教学实际,又遵循无线电专业本身的科学规律,我们在教材编写过程中,认真注意了如下几个问题:

1. 力图体现以基本晶体管电路为基础,以晶体管收音机、电视机为重点的适应职业中学培养目标的知识体系。

2. 努力保持八本书在专业整体上的系统性,处理好它们之间的纵横关系。

3. 教材内容尽量浅显通俗,着重基本原理、基本概念的叙述和分析,注意知识的由浅入深、循序渐进。

4. 根据学生的基础实际,尽可能避免繁琐的数学推导,对必要的定量分析尽量采用简化计算方法,以便于理解接受。

5. 结合职业中学的特点,在教材中体现了对实验和实习教学的足够重视,用较大的篇幅编写了实验和实习的设计思路、原理、方法和结果分析等内容。

6. 根据职业中学的教材特点,各章节中均有不少例题,每章章末均有小结和适量的习题,以供教师教学中参考和学生复习之用。

7. 为了贯彻“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的战略方针,在处理好传统教材和现代科学文化新成就的关系及培养学生能力,适应知识更新的需要方面做了一些不成熟的尝试。

《晶体管收音机》一书是无线电专业的一门专业技术课。该书主要讲授晶体管超外差式收音机的基本原理、基本电路、调整与测试、故障检查与排除等知识,对调频收音机和集成电路收音机的工作原理、基本电路、安装调试等亦作了介绍。该书理论联系实际,而且介绍了在没有专门仪器、仪表的情况下,如何调试、检修收音机的方法,具有较强的实用意义。该书由马效先等同志执笔,由辽宁教育学院左海峰同志审订。

由于职业教育的发展尚属初创阶段,在教学领域内有许多问题均有待于进一步探讨。虽然我们主观上希望本套教材能对职业中学教学工作有所贡献,但因时间仓促,经验不足,加之这套教材没有经过教学实践的检验,错误和不妥之处在所难免,恳请广大师生及其他读者提出宝贵意见,以便进一步修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1985年4月

目 录

第一章 无线电广播的发射与接收	1
第一节 无线电波	1
第二节 无线电波的传播	2
第三节 无线电广播的发射	5
第四节 无线电广播的接收	8
第五节 晶体管收音机的性能指标	9
第六节 调幅晶体管收音机的工作原理	11
本章小结	14
习题一	15
第二章 超外差式收音机电路分析	16
第一节 输入回路	16
第二节 变频电路	26
第三节 中频放大电路	45
第四节 检波与自动增益控制电路	63
第五节 低频放大电路	78
第六节 整机电路分析	104
本章小结	117
习题二	118
第三章 超外差式收音机的调整 and 测试	121
第一节 收音机的质量指标	121
第二节 调、测用仪器、仪表	126
第三节 收音机的调整	137
第四节 收音机的测量	148
本章小结	165
习题三	165
第四章 收音机故障的检查与排除	166
第一节 检修收音机的注意事项	166
第二节 收音机故障的检查方法	167
第三节 收音机检修步骤	170
第四节 收音机故障的排除	171
本章小结	184
习题四	184

第五章 晶体管收音机的附加电路	185
第一节 短波增益提升电路	185
第二节 二次自动增益控制电路	186
第三节 音调控制电路	188
第四节 来复和自动音频限幅电路	195
第五节 调谐指示电路	196
第六节 输出电平指示电路	198
本章小结	199
习题五	200
第六章 调频收音机	201
第一节 调频波基本知识	201
第二节 调频广播的发射与接收	204
第三节 超外差调频收音机电路分析	208
第四节 超外差调频收音机调试概要	216
本章小结	217
习题六	218
第七章 集成电路收音机	219
第一节 集成电路基本知识	219
第二节 集成电路收音机的基本电路	221
第三节 集成电路收音机的安装与调试	229
第四节 集成电路收音机的附加电路	238
第五节 集成电路收音机实用电路举例	242
本章小结	246
习题七	247
第八章 实习	248
实习一 无线电元件的识别与测试	248
实习二 中频放大电路	250
实习三 收音部分电路装配	252
实习四 超外差式收音机的安装	253
实习五 超外差式收音机的调整与测试	255

第一章 无线电广播的发射与接收

所谓无线电广播，就是利用无线电波把广播节目的内容发送给广大听众的过程。

第一节 无线电波

电工学基础知识告诉我们，在通有交流电流的导线周围，总是存在着变化的磁场；在变化的磁场周围，总是感生变化的电场。而变化的电场又在它周围更远的地方感生变化的磁场……它们相互依存，相互转化，连续不断，由近及远地向四周空间传播开去，形成了一种磁场和电场的交替变化的运动。在无线电技术中，我们把能够向四周空间传播一定距离的交替变化的电场和磁场，叫作无线电波，又叫电磁波，简称电波。

无线电波的性质是：

1. 无色无味，看不见，摸不着。
2. 无线电波是特殊物质（变化的电场和磁场）的一种运动形式。
3. 无线电波在真空中的传播速度和光速相等，每秒约三十万公里（ 3×10^8 米/秒），相当于一秒钟能绕地球的赤道转七圈半。从地球上发射的无线电波，只需约 1.3 秒的时间即可到达月球，约八分钟的时间即可到达太阳。
4. 无线电波能在各种物质（包括气体、液体和固体）中传播。其传播速度与在真空中传播的速度基本相同，但各种物质均对无线电波有衰减作用。其中，气体对无线电波的衰减作用较小，液体和固体对无线电波的衰减作用较大。某些物质（如铜、铁等导体），能使无线电波在其中迅速衰减，甚至被全部吸收掉。

无线电波除用传播速度表示外，还可用波长和频率来表示。所谓波长，是指电场和磁场交替变化一次所传播的距离；所谓频率，是指一秒钟内，电场和磁场交替变化的次数。显然，波长、波速和频率之间存在着这样的关系：波长 = 波速 / 频率，频率越高，波长越短；频率越低，波长越长。用公式可表示为

$$\lambda = \frac{u}{f}$$

式中， u 表示波速，常用单位是米/秒； λ 表示波长，常用单位是米； f 表示频率，常用单位是赫、千赫和兆赫，1 千赫 = 10^3 赫，1 兆赫 = 10^3 千赫 = 10^6 赫。用上述公式很容易算出已知频率的广播电台的波长。例如，中央人民广播电台第一套节目采用的广播频率中有一个是 540 千赫，它的波长就是 $3 \times 10^8 / 54 \times 10^4 \approx 556$ 米。

无线电波依据频率的不同，其特性和传播规律都不尽一致，在应用上也有所区别。为便于研究和应用，通常把无线电波划分成几个波段。各波段的波长、频率、频段及主要用途见表 1—1。

表 1—1 波 段 的 划 分

波段名称	波 长 范 围	频 率 范 围	频 段 名 称	主 要 用 途
超 长 波	$10^5 \sim 10^4$ 米	3 ~ 30 千赫	甚低频VLF	海上远距离通信
长 波	$10^4 \sim 10^3$ 米	30 ~ 300 千赫	低频LF	电报通信
中 波	$10^3 \sim 200$ 米	300 ~ 500 千赫	中频MF	无线电广播、电报通信
中 短 波	200 ~ 50 米	$500 \sim 6 \times 10^3$ 千赫	中高频IF	无线电广播、电报通信
短 波	50 ~ 10 米	6 ~ 30 兆赫	高频HF	无线电广播、电报通信
米 波	10 ~ 1 米	30 ~ 300 兆赫	甚高频VHF	电视、导航、无线电广播
分 米 波	10 ~ 1 分米	300 ~ 3000 兆赫	特高频UHF	电视、雷达、导航
厘 米 波	10 ~ 1 厘米	3000 ~ 30000 兆赫	超高频SHF	雷达、卫星通信、接力通信
毫 米 波	10 ~ 1 毫米	30000 ~ 300000 兆赫	极高频EHF	电视、雷达、导航
亚毫米波	1 毫米以下	300000 兆赫以上	至高频	无线电接力通信

通常所说的超短波包括米波和波长大于30厘米的分米波。通常所说的微波包括波长小于30厘米的分米波和厘米波。

应该指出，波段的划分是相对的，各波段之间并没有严格的界线。根据不同的研究或应用的需要，可以有不尽相同的划分方法。

无线电广播应用的波段有中波、中短波、短波和米波。我国无线电广播在调幅制中使用的频率范围有两个：中波535~1605千赫，短波1.6~26兆赫，在调频制中使用的频率范围只有一个：88~108兆赫。

在分配电台频率时，原则上一个频率只能由一个电台使用。电台与电台之间的频率间隔，我国的规定是：调幅广播为9千赫，调频广播为100千赫。若两个电台使用同一个频率，两台的地理位置必须相距很远，才不致发生混台现象。如广西台和沈阳台都使用了792千赫的广播频率。

第二节 无线电波的传播

目前，无线电波的传播主要有三种方式，即地波传播、天波传播和空间直接波传播。地波，就是沿地面传播的无线电波；天波，就是向空中发射后依靠离地面100多公里的电离层的反射和折射而传播的无线电波；空间直接波，就是沿直线传播的无线电波。

一、地波传播

地波传播又叫绕射传播，图1—1就是这种传播方式的示意图。

地波传播的特点是：

1. 地波的传播较稳定, 它不受昼夜、季节和气温变化的影响。即使在核爆炸时, 对其影响也微乎其微。

2. 具有绕射能力。地波传播时, 如遇到地面障碍物, 它能够绕着障碍物的表面前进。这种现象称为无线电波的绕射。影响无线电波绕射能力的因素有三个:

(1) 电波频率。频率越低, 绕射能力越强; 频率越高, 绕射能力越弱。一般地, 在功率相同的情况下, 长波可沿地面传播几千至几万公里, 中波可沿地面传播几百公里, 短波可沿地面传播一百多公里。

(2) 传播距离。距离越近, 绕射能力越强; 反之, 越弱。

(3) 电台发射功率。功率越大, 绕射能力越强; 反之, 越弱。

无线电波虽有绕过障碍物传播出去的能力, 但在障碍物面对电波传播方向的另一侧的下部有时会有一块无线电波到达不了的死角, 一般称为荫蔽区。这就是有的居住在大山沟里的居民, 用收音机收不到电台播音的原因。荫蔽区的大小, 通常与电波传播距离、障碍物的高度、电台的发射功率及使用的频率有关。

3. 由于地球表面对地波有吸收作用, 所以地波总是越传越弱。不同的地貌对地波吸收的情况是不同的, 现分述如下:

(1) 当地波沿地面传播时, 地波对地面有渗入作用, 能使地面产生感应电势及传导电流。也就是说, 地面吸收了地波的能量, 使之转化为地中的热损耗。

在这种情况下, 地面吸收地波能力的大小首先取决于地面的导电性能。如地面导电性能好, 地波就能比较容易地向前传播, 渗入地下的损耗就小, 衰减就慢, 传播的距离就远。所以在电台功率、频率、土壤、地形等条件相同时, 地波沿湿地传播的距离比沿干地传播的距离要远些。其次取决于地波的频率。对同一性质的土壤来说, 随着频率的升高, 地面的导电性能变差。显然, 在电台功率、地面湿度、地形等条件相同时, 频率低的地波比频率高的地波传播得远些。

(2) 当地波沿森林地带传播时, 由于森林对地波有较大的吸收作用, 故其传播距离通常只有沿平坦地面传播距离的十分之一到四分之一。

(3) 当地波沿水面传播时, 因为水的导电性能比一般土壤好, 所以地波的衰减较慢, 传播的距离比沿地面远。但在海上, 温度、湿度、气压、气候等变化频繁, 常会引起地波信号忽强忽弱, 不够稳定。

(4) 当地波沿城市传播时, 城市建筑物对地波既有衰减作用, 又有反射作用。衰减作用来源于地波穿透障碍物时的“吸收损失”和超越障碍物时的“绕射损失”。反射作用容易造成不同频率的地波间的互相干扰。



图 1—1 地波传播示意图

二、天波传播

天波传播是靠电离层对无线电波的反射和折射作用完成的。图 1—2 为天波传播示意

图。

离地面约 70~400 公里的高空，空气稀薄，受太阳紫外线辐射及宇宙射线的影响，气体分子被电离，产生大量的自由电子和正离子。这种被电离的大气层就叫电离层。

电离层的性质常用电离密度来表述。电离密度是指单位空间内所含自由电子和正离子的多少。多者密度大，少者密度小。一般地说，夏季电离层的电离密度比冬季的大；白天电离层的电离密度比夜间的大；中午电离层的电离密度比黄昏的大。

当无线电波碰到电离层后，会发生被吸收、被反射（和折射）或穿而过之等三种情况。电离层对中波吸收较多，反射和折射较少；对短波吸收较少，反射和折射较多。频率高于 30 兆赫的无线电波能够穿透电离层传向宇宙太空而一去不复返。因此，天波传播适用于短波波段。

电离层之所以会吸收无线电波，是因为当电离层内的自由电子受到无线电波的作用而产生运动时，会与其它电子、离子等发生碰撞，消耗掉一定的能量，而这些消耗掉的能量正是由无线电波供给的。

电离层能够反射和折射无线电波的原因是：电离层与邻近电离层的空气层是两种性质不同的介质。当无线电波从空气层传至电离层的时候，就相当于从一种介质传到另一种介质。根据物理学的有关规律，无线电波的传播方向会沿着两种介质的结合面发生变化，从而产生了反射和折射。

由于无线电波对电离层的入射角度不同，电波被反射和折射后，不会全部返回地面。反射回地面的那部分无线电波，一部分被地面吸收掉，一部分由于地面的反射作用再次射向电离层。然后，一部分电波又被电离层反射回地面，地面再将其反射回电离层。如此不断反射，无线电波就会越传越远。同时，不断损耗衰减，越传越弱，直至消失。所以，传播距离（指地球表面发射点与接收点之间）很远是短波传播的一个特点。

无线电波被电离层反射的程度除与电波的频率有直接关系外，还与下列两个因素有关：

1. 电离层的电离密度。电离密度越大，无线电波越易反射。
2. 无线电波对电离层的入射角。入射角越大，无线电越易反射。

天波传播的缺点是：

1. 不稳定。因为天波传播离不开电离层，而电离层的高度、厚度和电离密度等参数极不稳定，每时每刻都在发生变化。相应地，被电离层反射回地面的无线电波的强弱也会变化不定。这样，收音机收到的信号就会忽强忽弱，影响收听效果。

2. 可靠性差。有的电台的播音白天收不到，而晚上能够收到；有的白天能收到的电台播音，晚上却收不到了。这是什么原因呢？前一种情况是因为夜间电离层的电离密度小，电波损耗小，所以夜间能收到的短波电台播音远远比白天多而且强度比白天的大。后

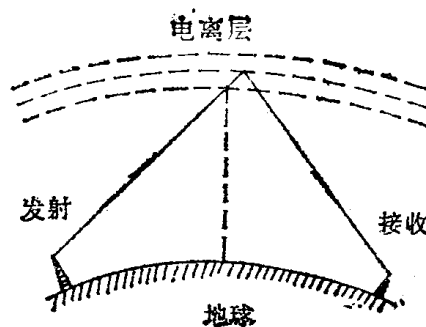


图 1—2 天波传播示意图

一种情况是因为电离层反射无线电波的球形面在白天是某个高度，到了夜间可能是另一个高度，而不同高度的电离层在同一区域反射的无线电波，在传至地面时，其着地点往往是不一样的，所以白天能收到的短波电台播音，很可能晚上却收不到。

5. 干扰大。由于电离层对电波的反射和折射情况（角度、强弱等）总是随电离层的变化而变化的，因而在地面上某一点收到的播音信号并不是从单一方向、由单一路径传来的，而往往是从几个方向、由多条路径同时传到的诸信号的迭加。显然，诸信号的相位关系是变化不定的，有的相互一致，有的相互相反；有时相互一致，有时相互相反，迭加到一起，必然互相干扰。同时，冥冥天际中存在的种种杂乱无章的电磁波，也往往会混迹于有用信号之间，充当干扰者的角色。由于天波传播距离远，传播的路径复杂多变，与干扰信号相遇的机会较多，所以，干扰就大些。

4. 有静区。短波的地波由于衰减很快而传播距离较近。短波的天波从电离层反射回地面时，其“着地点”可能离发射台较远。这样，就可能有一窄带地区既收不到地波信号，又收不到天波信号。此现象称为静区现象，是天波传播所特有的，通常发生在离发射电台 80~120 公里的地段上。为缩小以至消除静区现象，可提高电台的发射功率或降低工作频率，使地波传播的距离适当增大，天波跨越的距离适当缩小。

三、空间直接波传播

空间直接波传播亦称“视距传播”，常用于超短波和微波。其示意图见图 1—3。

空间直接波传播的形式和光波很相似，是沿直线传播的。由于地球表面是球形曲面，所以，空间直接波传不远，一般只能传五、六十公里。若要传向远方，就要设一系列中继站，象“接力赛跑”似地一站一站往前传去。



图 1—3 空间直接波传播示意图

空间直接波传播的距离除与频率有关外，还与电台的发射功率、电台发射天线的高度有关。功率大、天线高，传得远些；反之，传得近些。

总之，根据无线电波上述三种不同传播方式的不同特点，中波电台最适宜采用地波传播方式，短波电台最适宜采用天波传播方式，调频电台和电视广播最适宜采用空间直接波传播方式，即所谓“用其所长，避其所短”。

长波虽然沿地面传播的距离很远，且比较稳定，但是天线设备十分庞大，故长波电台地球上为数很少。

第三节 无线电广播的发射

一、发射原理

在电工基础知识里，我们学过闭合振荡电路，如图 1—4(a)所示。在闭合振荡电路

内,虽然存在交替变化的电场和磁场,但不能用它有效地发射无线电波。这是因为,闭合振荡电路的电场主要集中在电容器极板间很小的空间内,磁场在线圈周围所占的空间也不大,而且,电路内的电流方向不同,相位相反,相互间距离又很近,辐射出来的无线电波很快在附近相互抵消,难以远传。如果我们把闭合振荡电路的结构改变成图1—4(b)、

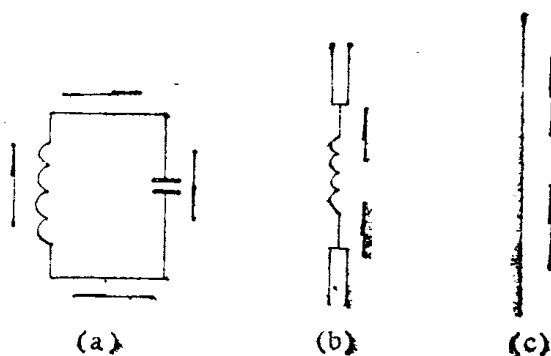


图1—4 闭合振荡电路和张开振荡电路

(c)所示的张开振荡电路的结构,并使其一端伸入空中,成为天线,另一端接地,成为地线,那么,情形就大不一样了。在这种振荡电路里,电容和电感不再是集中的,而是分散的;变化的电场和磁场所占的空间显著增大;电路内的电流具有相同的方向,辐射出来的无线电波不会再相互抵消。这些,就为无线电波的发射供提了必要条件。事实上,目前无线电广播广泛采用的发射天线就是根据这个原理制造的,发射天线的电路本质上就是张开形式的振荡电路。

发射天线的功能是把高频电流的能量转换为电磁波能量。它既然是一种张开形式的振荡电路,就必然有它的独特工作方式。天线和地线间看上去没有通路,实际上是依靠了天线和地线间许多分布电容而获得通路的。当电振荡的频率较低时,这些分布电容对振荡电流所呈现的容抗很大,因此辐射电磁波的能力很低。当电振荡的频率较高或很高时,这些分布电容所呈现的容抗很小,振荡电流能顺利通过。由此产生的交变电磁场获得足够的能量,摆脱约束,传向远方。

二、调幅波

所谓调幅,就是利用音频信号(语言或音乐)对高频振荡电流(或电压)的振幅进行有效的控制,使高频振荡电流(或电压)的振幅随着音频信号的变化规律作相应变化的调制方式。所谓调幅波就是用调幅方式发射的无线电波。在调幅技术里,高频振荡信号(电流或电压)叫做载波;控制高频信号振幅的音频信号叫做调制波;经过调制的高频信号,即高频振荡信号与音频信号的复合体叫做调幅波。打个比方,高频振荡信号好比飞机(运

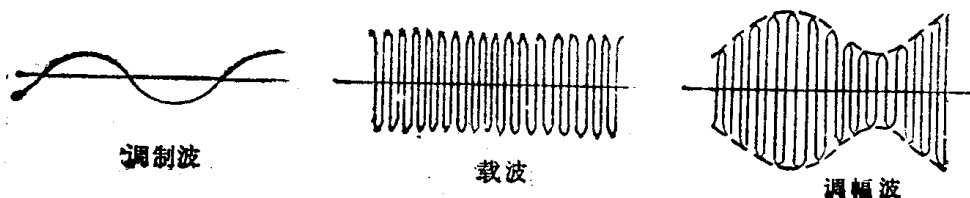


图1—5 调制波、载波和调幅波

输工具)，音频信号好比人（乘客），而飞机又受人控制，并且载着人飞向远方。图 1—5 所示分别为音频调制波、高频载波和调幅波的波形。

调幅信号是通过调幅电路得到的。调幅电路的种类很多，仅晶体管调幅电路就可分为基极调幅电路、发射极调幅电路、集电极调幅电路等。因为基极调幅电路灵敏度高，所需调制功率小，所以得到广泛应用。图 1—6 就是一典型的基极调幅电路。它包括三部分：虚线框左边是输入部分，虚线框内是调幅晶体管工作电路，虚线框右边是由 LC 谐振回路构成的滤波器。三部分的工作原理分别是：

当高频载波信号和音频调制信号到达输入端时，由于 C_1 和 C_2 对高频信号的阻抗很小，故高频载波信号便可顺利通过 B_1 耦合后加到调幅管的 $b-e$ 间。又由于 C_2 、 L 、 B_1 和 C_1 对音频信号的阻抗很小，而 C_1 对音频信号近乎开路，所以音频调制信号也能顺利地加到调幅管的 $b-e$ 间。电感 L 起隔离作用，可避免音频调制信号与高频载波信号在输入调幅管之前可能产生的相互影响。

调幅管工作电路由偏置电阻 R_1 和 R_2 控制其工作点，以保证其工作非线性区域内。这时，调幅管的电流放大倍数 β 与基极电流 I_b 成正比关系。而基极电流 I_b 又随输入的音频调制信号的强弱（振幅大小）成正比变化。所以， β 亦随音频调制信号的强弱成正比变化。由于不同时刻 β 值的不同，使原来等幅的高频载波信号在通过调幅管放大后，变成不等幅的了。在这里，调幅管的非线性工作状态是变化的关键。音频调制信号控制了调幅管 β 值的变化，而 β 值的变化又控制了高频载波信号幅度的变化。也就是说，音频调制信号通过控制调幅管的电流放大倍数控制了高频载波信号的幅度变化，即载波信号受到了调制信号在幅度方面的调制。这时，电路输出的信号就是调幅信号了（见图 1—6）。

滤波器的作用是，滤除调幅管工作电路输出的调幅波中，由于某种原因混入的多余频率成分，以尽量减小信号的失真。

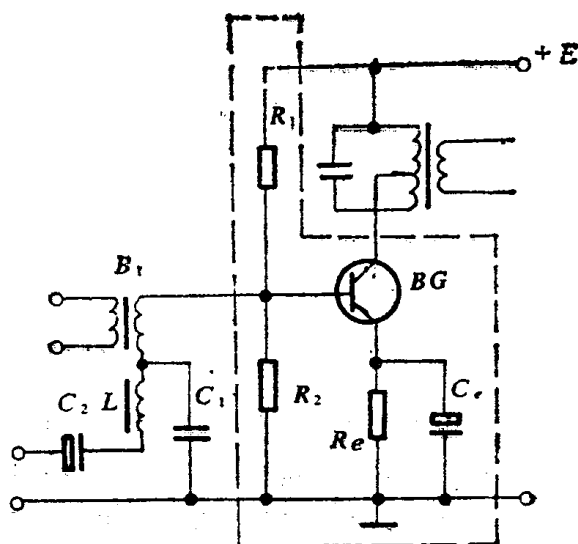


图 1—6 典型基极调幅电路

三、广播节目的发送过程

调幅制广播电台发射的中波或短波广播信号就是上面所说的调幅波。广播节目的发送过程如图 1—7 所示。

首先，将要播出的节目（语言或音乐）送入话筒，话筒能把声能转换成相应的电能（音频电流或电压）。同时，启动高频振荡器，使之产生等幅高频振荡信号。接着，将两者一起输入调幅电路，在输出端得到调幅信号。然后，把调幅信号送入高频放大器进行充分的放大，使之获得足够的输出功率。最后，功率充足的调幅信号被通入发射天线——高耸云天

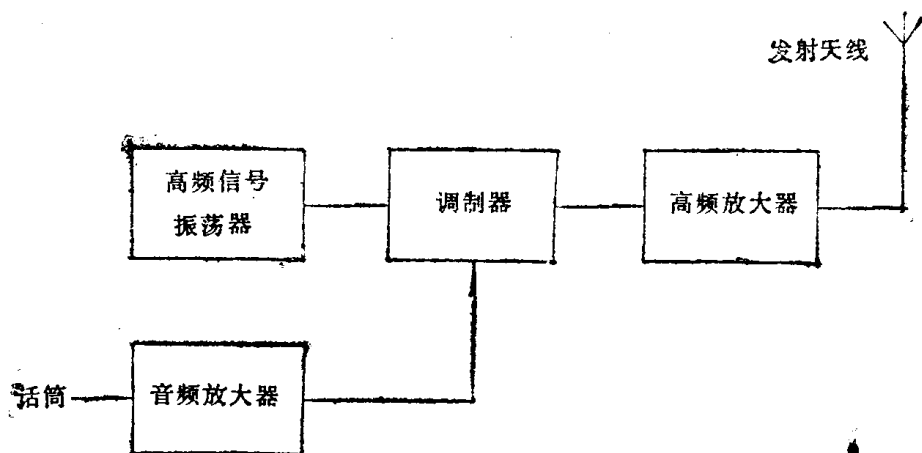


图 1—7 广播节目的发送过程

的发射塔。在那里，强大的调幅波传向四面八方。

第四节 无线电广播的接收

接收无线电广播的任务是由收音机担当的。收音机都备有接收天线。当广播电台发送的调幅波遇到收音机的接收天线时，就会在接收天线上感应出微弱的调幅信号。由于空气中存在着许多个电台的调幅波，所以它们混杂在一起，都会在收音机的接收天线上显示自己的存在（感应出不同频率的微弱信号）。来者不拒的接收天线把它们统统接收下来。犹如一个庞大的飞机场，让一架架飞临的“客机”都降落在它的上面。

但是，人的耳朵是不能同时听清许多电台的播音的。为了“百里挑一”，收音机的调谐回路“秉公办理”，只让开机者选中的那个电台的调幅信号得以顺利通过，进入后面的放大、检波等电路，而将其余的所有感应信号统统“挡驾”。这好比机场工作人员将舷梯靠到一架客机旁，只让这架客机上的乘客踏梯下机，而让其余客机上的乘客稍候。

某一频率的调幅信号由调谐回路进入放大电路，再进入检波电路。检波电路的功能就是把调幅波中的高频载波信号与音频调制信号相互分离开来，并且把高频载波信号滤除，只留下音频信号。犹如乘客沿舷梯下机后，运输工具与乘客分开，飞机完成了运输使命，而人开始踏上新的旅程。检波电路起了将乘客与运输工具分开的作用。

从检波电路输出的音频信号被导入低频放大电路进行放大后，送入扬声器，引起音圈和纸盆振动，完成电能至声能的转换。这样我们就可以听到广播电台播送的节目了。

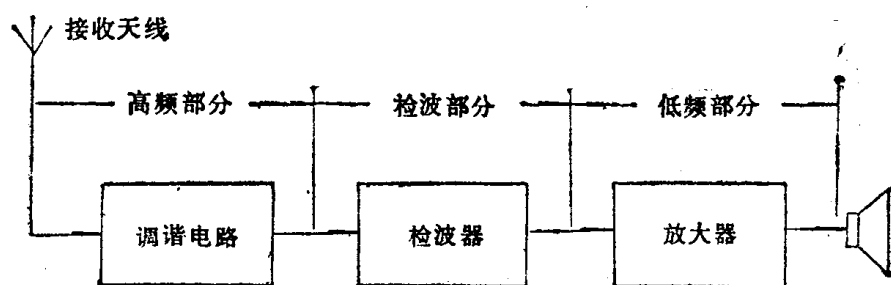


图 1—8 无线电广播的接收过程

以上所讲的无线电广播的接收过程可以用图 1—8 来表示，这也是一台简单收音机的方框图。

第五节 晶体管收音机的性能指标

国产晶体管收音机的电、声性能指标主要有频率范围、灵敏度、选择性、输出功率、整机频率特性、假象波道衰减、中频波道衰减等。现分述如下。

一、频率范围

指某台收音机只能收到某一个或几个频率范围内的电台的播音，范围外的电台的播音都收不到。如只有中波段的收音机只能收到频率为 535~1605 千赫范围内的电台的播音，短波电台和超短波电台的播音都收不到。通常，收音机的频率范围是在进行技术设计时确定的，并体现在收音机所能收听的波段数上。一个波段就是一个频率范围，一般中波只分为一个波段，短波可分为一个或几个波段，超短波(调频广播)亦可分为一个或几个波段。

二、灵敏度

指收音机接收电台微弱信号的能力。灵敏度低的收音机，只能收到功率大或距离近的电台的播音，收的台少；灵敏度高的收音机不仅能收到功率大、距离近的电台的播音，而且能收到功率较小、距离较远的电台的播音，收的台多。

收音机的灵敏度是这样规定的：当收音机输出端输出标准功率(台式机 50 毫瓦，便携式机 10 毫瓦，袖珍式机 5 毫瓦)，信噪比又达到一定要求的时候，输入端必须输入的最小信号电压值。

信噪比是收音机信号电压与噪声电压的比值。噪声电压的来源有两个：一是收音机接收天线里，除了能感应到电台的播音信号外，还会感应到雷电、电机、电器设备等发出的多种干扰信号。这些干扰信号杂乱无章，虽然收音机线路里采取了种种排除它们的措施，但仍有残余成分经收音机放大后由扬声器放出。二是收音机本身的元器件在工作中也会程度不同地产生噪声。显然，信噪比越大越好。

灵敏度可以用两种方法表示。对使用磁性天线(磁棒和线圈)的收音机，用输入的电场强度表示，单位是毫伏/米(mV/m)；对使用拉杆天线或外接天线的收音机，用天线端需要输入的高频信号电压值表示，单位是微伏(μV)。

三、选择性

指收音机选择不同频率的电台的能力。虽然，所有收音机都装有选择电台的线路(调谐回路)，但选择能力有强有弱。选择性好的收音机，能准确选出需要收听的电台信号，

不让其它电台的信号混杂其间。

收音机选择性的规定方法是：将收音机调谐在某一个信号频率上，使收音机输出标准功率，并记下这时输入的调谐频率信号的强度。然后将收音机偏调10千赫（即调谐频率 ± 10 千赫），逐渐加大输入信号的强度，使收音机的输出仍然达到标准功率，再记下这时输入的失谐频率信号的强度。最后算出失谐频率信号强度与调谐频率信号强度的比值，并换算成分贝数表示，就得到这台收音机的选择性的标称值。分贝数越大，选择性越好。

分贝是无线电技术中经常会遇到的用于衡量信号增益或衰减的单位，它等于输出功率和输入功率比值的对数乘以10，即

$$\text{分贝数} = 10 \lg \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}}$$

正的分贝数表示功率增益，负的分贝数表示功率衰减。

使用分贝这个单位主要有两大优点。其一，可以把复杂的乘法运算简化为加法运算。我们知道，一台收音机的总放大倍数等于各级放大倍数的连乘积。计算连乘积时，比较麻烦，而且数值往往大到八、九位数，运算过程中容易发生差错。如果把连乘积取为对数，那么就可把连乘积的形式转变为简单的加法形式。不仅计算方便，而且数值只有两、三位，不易发生差错。例如，总放大倍数等于 10^8 的一台收音机，若用分贝表示其增益，则可写为80分贝(dB)。其二，使用分贝跟人耳对声音强度的主观感觉有关。如果声音的功率增加一倍，而人耳听起来变化很小，并没有增加一倍的感觉。原来，人耳对声音强度变化的主观感觉，并不与声音功率的变化成正比，而是和声音变化之比值的对数成正比。就是说，当声音强度成指数关系增加时，人耳的主观感觉却是倍数关系。所以，用分贝作单位正好反映了人耳对声音强度变化的主观感觉的特点。

四、输出功率

收音机的输出功率有三种表示方法：

1. 最大输出功率，指不考虑失真大小，收音机所能输出的最大功率。
2. 不失真输出功率，指非线性失真（来源于收音机中的电容、电感、晶体管等非线性元件）不大于10%的情况下，收音机实际能够输出的功率。
3. 额定输出功率，指收音机最低限度应该达到的不失真输出功率，又叫标称功率。

五、整机频率特性

又叫整机频率响应。指收音机重现输入信号中音频频率成分的能力。频率特性好（频率响应宽）的收音机，能把输入信号中的所有音频频率成分，特别是某些音乐的高音和低音成分，尽可能齐全地重现出来，从而能收到良好的重放效果，音质很逼真、优美。而频率特性差（频率响应窄）的收音机，在重放音频成分时，往往有“掐头去尾”（丢掉某些高音和低音的频率成分）的现象，重放效果欠佳，音质相形见绌。

六、中频波道衰减

指收音机抑制中频干扰的能力。一般来说，收音机对中频干扰信号的灵敏度是很低的。但有时由于输入回路不良，中频干扰信号亦可进入收音机，影响正常收听。

中频波道衰减表示法是：当收音机调谐在 535 千赫时，算出收音机对中频干扰信号的灵敏度与对 535 千赫信号的灵敏度的比值，并换算成分贝数表示。分贝数越大，表示收音机对中频干扰的抑制能力越强。

七、假象波道衰减

指收音机抑制假象干扰的能力。假象干扰来源：在超外差式收音机中，本机振荡频率总是比接收的信号频率高 465 千赫。本机振荡信号和接收的信号经过变频器后便产生固定的差频——465 千赫中频信号，进入中频放大器放大。如果在接收某一电台的信号时，恰好有一个频率高于此电台信号 465 千赫的干扰信号，由于输入回路“把关不严”（性能欠佳）而混入变频器，那么它也会产生一个 465 千赫的中频信号进入中频放大器放大。其结果是“鱼目混珠”，影响收听效果。

假象波道衰减是这样表示的：用收音机对假象干扰信号的灵敏度除以接收的电台信号的灵敏度，并将所得商换算成分贝数表示。分贝数越大，表示收音机对假象干扰信号的抑制能力越强。

第六节 调幅晶体管收音机的基本工作原理

一、高放式收音机的基本工作原理

高放式收音机通常都含有再生来复式电路，所以又叫做再生来复式收音机。其结构方

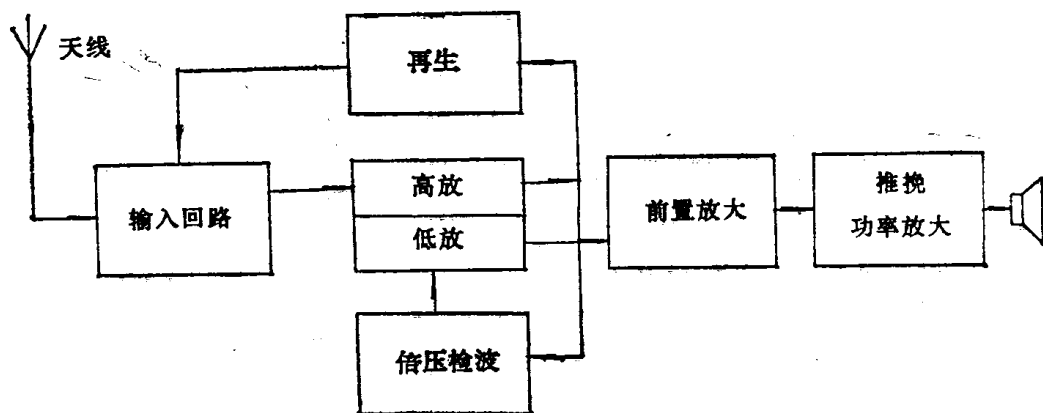


图 1—9 再生来复式收音机结构方框图

框图见图 1—9。

这种收音机常见的种类有单管、两管、三管和四管等。但是，无论多少管，它们的共同特点是：

1. 在检波前，一直不改变调幅信号的频率。
2. 检波电路一般都采用倍压检波结构。
3. 电路中一般都含有“再生电路”和“来复电路”，做到了一管多用。

何谓“再生电路”和“来复电路”？图 1—10 就是典型的再生来复电路。其工作原理是：电台信号经 C_1 和 L_1 组成的输入调谐回路选择后，通过磁性天线耦合到 L_2 ，并立即从基极进入高频晶体管 BG 予以放大。放大后的高频信号从集电极输出，一路经 C_5 送至二极管检波，另一路经 C_3 、 LL_3 和公共地线回到发射极。因 L_3 和 L_1 同绕在一根磁棒上，所以通过 L_3 的那部分高频信号便感应到 L_1 和 C_1 组成的调谐回路。这种现象称为回授。当回授的高频信号与天线直接感应的高频信号相位相同时，两个高频信号便互相叠加。这个叠加的高频信号补充了调谐回路的能量损耗，相对增强了高频晶体管的输入信号。相应地，高频晶体管的输出信号大大增强。这就是“再生电路”的工作过程。

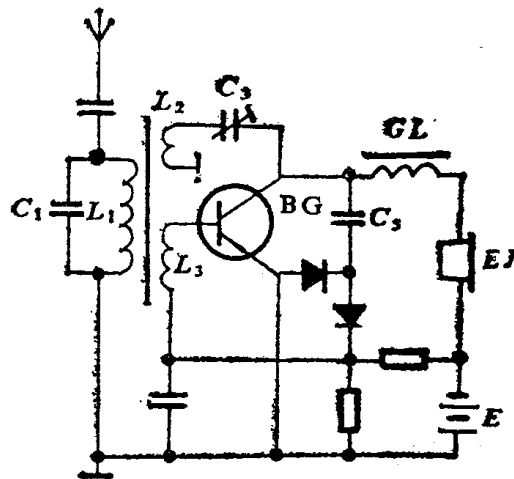


图 1—10 再生来复电路

经 C_5 送至二极管检波的高频信号经检波后只剩下音频信号。音频信号通过 L_2 再送到高频管进行低频放大。放大后的低频信号从集电极输出。由于 C_5 的容量很小，对低频信号所呈现的容抗很大，此路不通。而高扼圈 GL 是电感性元件，它能阻挡高频信号，对低频信号近似短路。所以，经集电极输出的低频信号能顺利地通过高扼圈流向耳机 EJ 。这样，一只高频管既用于高频放大，又用于低频放大，互不干扰，一管多用。这就是“来复电路”的工作过程。

何谓“倍压检波”？图 1—11 就是倍压检波的工作原理示意图。此图是图 1—10 的一部分，图中 C 、 E 两点分别表示高频管的集电极和发射极。当高频信号在负半周时，信号电流按实线箭头方向经二极管 D_1 流向 C_5 。此时，晶体二极管 D_1 上加的是正向电压，处于导通状态；晶体二极管 D_2 上加的是反向电压，处于截止状态。 C_5 被信号电流充电，极性是上负下正。当高频信号变到正半周时，信号电流按虚线箭头方向经 C_5 流向 D_2 和检波负载电阻 R_2 。此时， D_1 加的是反向电压，处于截止状态； D_2 上加的是正向电压，处于导通状态；加在 D_2 和 R_2 上的电压值等于信号电压 e_2 与负半周时 C_5 上所充的电压 e_1 的和。 e_2 和 e_1 好似串联起来的两节电

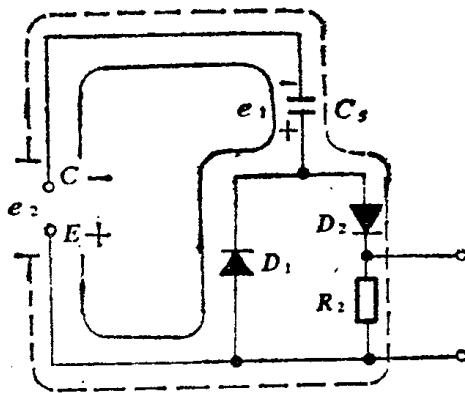


图 1—11 倍压检波示意图