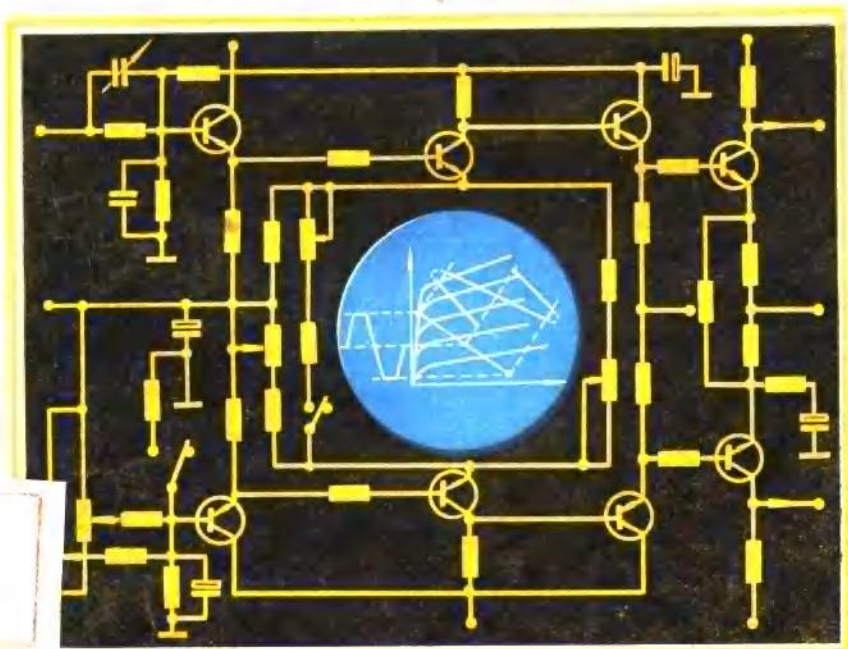




电子工业工人初级技术教材(三)

无线电知识

电子工业工人技术教材编写组 编



国防工业出版社

内 容 简 介

《无线电知识》是一本青、壮年工人初级技术基础理论课教材，全书共分八章。第一章介绍无线电通信基本概念；第二章介绍基本元件、谐振电路及滤波器；第三章介绍无线电器件；第四章介绍晶体管放大电路；第五章介绍晶体管直流稳压电源；第六章介绍正弦波振荡器；第七章介绍调制、解调与变频；第八章介绍无线电技术的应用。

本书可作为电子工业四级工以下工人培训用书，也适用于未经过专业培训、具有初中文化水平的干部、工人和业余无线电爱好者阅读。

电子工业工人初级技术教材（三）

无 线 电 知 识

电子工业工人技术教材编写组 编

*

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092¹/₃₂ 印张9³/₄ 205千字

1983年7月第一版 1983年7月第一次印刷 印数：104,601—50,000册

统一书号：N15034·2619 定价：1.20元

前 言

为了适应电子工业青、壮年工人的专业技术培训的需要,按照部颁《电子工业工人初级技术理论教学计划、教学大纲》的要求,我们组织有关单位分别编写了《无线电知识》、《无线电识图与制图》、《无线电通用材料》、《无线电钳工装配工艺》、《无线电测量与仪器》、《电工》、《电子线路》、《脉冲技术》、《微波技术》、《机械制图》、《化学知识》等十一门工人初级技术基础理论课教材。

这套教材可作为电子工业四级工以下青壮年技术工人培训用书,也适用于未经过专业培训、具有初中文化水平的干部、工人自学参考。

我们在编写《无线电知识》的过程中,得到了中原机械厂、上海无线电三厂、国营天津实验工厂和上海仪表局的大力支持,在此表示感谢。

本书第一、二、三、四、七章由徐光复编写,第五、六、八章由钟景贺编写。全书由董有发审稿。

在编写过程中,我们力求在内容上适合电子工业工人技术培训的需要,在文字叙述上简明扼要、通俗易懂。但由于时间仓促,又缺乏经验,书中难免有不妥之处。我们诚恳希望读者提出宝贵意见。

电子工业工人技术教材编写组

目 录

第一章 无线电通信的基本概念	1
第二章 基本元件、谐振电路及滤波器	14
第一节 无线线路的基本元件	14
第二节 谐振回路	22
第三节 二端网络及滤波器	42
第三章 无线电器件	51
第一节 半导体基本知识	51
第二节 硅稳压管	70
第三节 线性集成电路与光电二极管	72
第四节 电子管与场效应管	78
第四章 晶体管放大电路	89
第一节 低频电压放大器	89
第二节 负反馈放大器	107
第三节 低频功率放大器	114
第四节 直流放大器	124
第五节 集成运算放大器	130
第六节 调谐放大器	137
第五章 晶体管直流稳压电源	142
第一节 整流和滤波	142
第二节 稳压电路	170
第六章 正弦波振荡器	186
第一节 振荡的基本原理	186
第二节 振荡器	194

第七章 调制、解调与变频	225
第一节 调幅	225
第二节 调频	239
第三节 变频器、检波器、限幅器和鉴频器	248
第八章 无线电技术的应用	279
第一节 收录两用机原理简介	279
第二节 电视接收机的基本原理	286
第三节 雷达的基本原理	291

第一章 无线电通信的基本概念

一、无线电的重要性

无线电技术应用从十九世纪末开始到现在，只有 80 多年的历史，与其它工业部门相比，还是一个相当年轻的工业部门，但它发展快、渗透深、生命力强、影响大。

无线电技术开始用于电报、电话和图片传真。现在，各式各样的信息（人造卫星上收集到的科学资料，宇宙飞船的对接图象，宇航员在月球上的活动情形），都是利用无线电传递的。并且利用多路通信设备还能同时传递几十、几百甚至是几千路信息。无线电通信的领域，现在已从洲际通信扩展到宇宙之间，成为星际通信必要的工具。

在人们的日常生活中，无线电广播和电视已成为不可缺少的东西。它不但能传递语言和音乐，还能传递黑白和彩色图象。

在工业、农业、医学、科学研究方面，无线电技术也都获得了广泛的应用，例如：用工业电视监测炼钢炉的铁水；医学上用无线电设备（心电图仪、脑电图仪等）来检查心脏、头脑的功能是否正常；农业上用雷达测量远方的云雨和台风；科学领域中用的探空火箭、人造卫星、射电望远镜……也都离不开无线电技术。

在国防建设方面更为突出。无线电技术已经成为现代化

武器装备的耳目和神经中枢。例如：通信联络，指挥作战，侦察敌情，收集情报，预报空袭，测距、测高和炮瞄，全球通信，定位导航与自动驾驶，卫星发射与回收的自动控制，以及弹道导弹航行等方面都离不开无线电技术。从指挥部到战斗组的各级通信联络，合成军种的协同指挥，以及与飞机、舰艇，坦克等的通信联络，都必须采用无线电通信。

二、无线电通信的过程

把信息从一个地方传递到另一个地方，叫通信。通信的方式很多，用无线电波传递信息的方式，叫无线电通信。

无线电通信的过程，如图 1-1 所示。信息源（如语言、音乐、电报，图像等）通过声电变换器件（如话筒）或光电变换器件（如摄像管）变换成相应的低频电信号或视频电信号，发信机通过天线将这些电信号转变成无线电波辐射出去，经过空间的传送由接收天线将其接收并变成电信号，由接收机送到终端设备（如扬声器、显像管）还原成原来的信息，这样就实现了无线电通信。

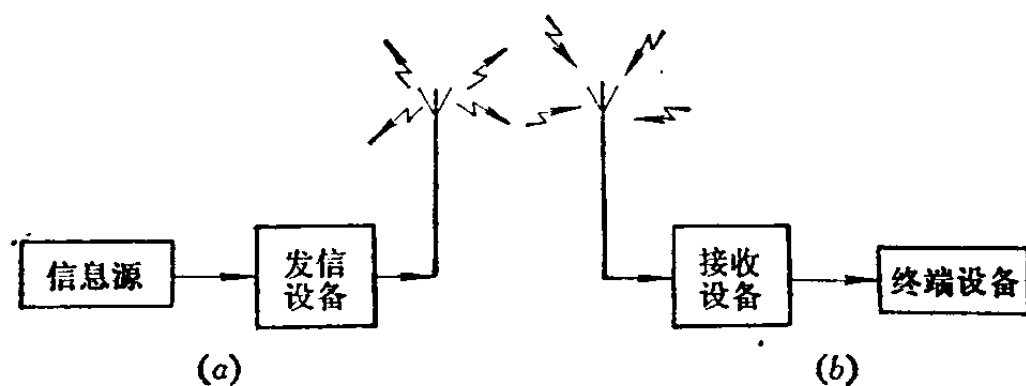


图1-1 无线电通信过程示意图

三、无线电发信机

无线电发信机的作用是产生高频振荡，把低频信号调制到高频振荡上，送到发射天线发射出去。

1. 发信机的组成

发信机一般由低频部分，高频部分和发射天线组成。发信机的组成方框图，见图 1-2。

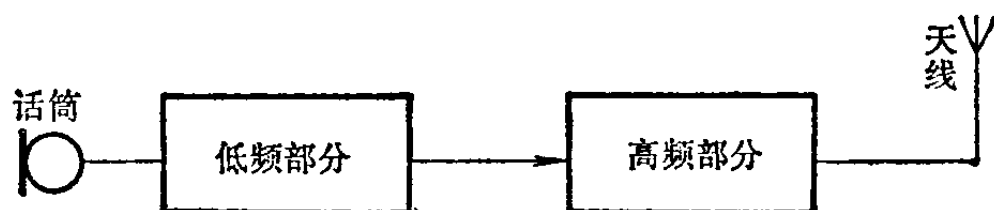


图1-2 发信机组成方框图

高频电振荡表示式为

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$$

式中 U_m ——振幅；

ω ——角频率；

φ ——初相角。

利用低频信号去调制高频电振荡，使高频振幅 U_m 的幅度随低频信号的幅度变化而变化的叫调幅；使角频率 ω 随低频信号的幅度变化而变化的叫调频；使相角 φ 随低频信号的幅度变化而变化的叫调相。调幅、调频用得较多，在此只讲调幅和调频。

2. 调幅发信机

图 1-3 是调幅发信机的组成方框图，它由三部分组成。一是声音的变换与放大，即低频部分；二是高频振荡的产生、

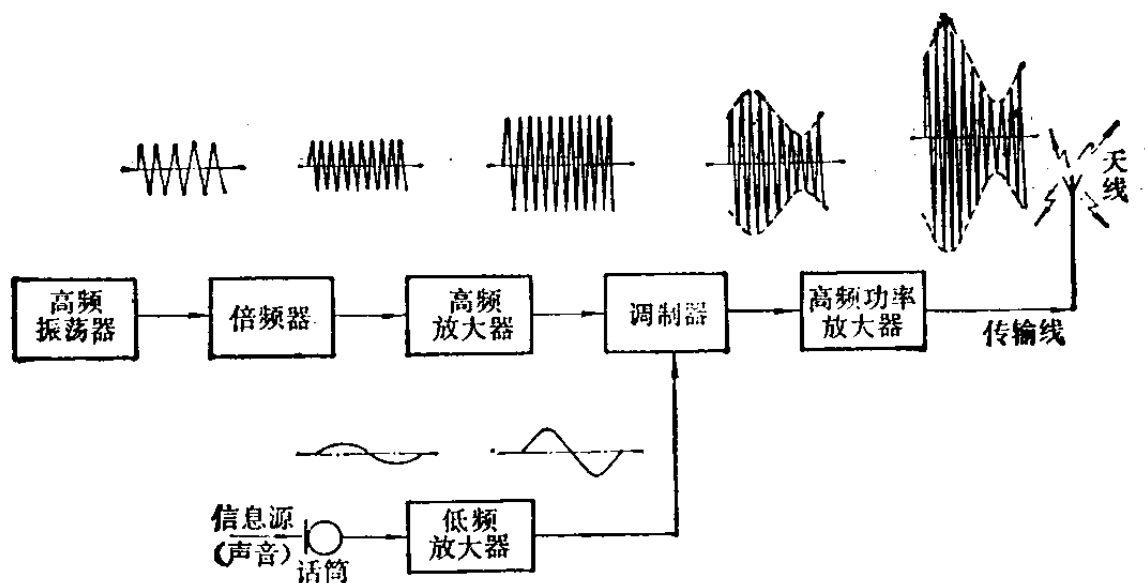


图1-3 调幅发信机的组成方框图

倍频、放大、调制和高频功率放大，即高频部分；三是天线。

1) 低频部分 它包括话筒和低频放大器。

(1) 话筒 话筒将声音转变成电信号（电压或电流），这个电信号的变化规律与声音的变化规律是一致的。

(2) 低频放大器 由话筒得到的电信号一般都很弱，通常只有几毫伏到零点几伏左右，不能直接调制高频振荡，需要用低频放大器加以放大。低频放大器可以是单级，也可以是多级。

2) 高频部分 它由以下各部分组成：

(1) 高频振荡器 由它产生高频振荡，以运载低频信号，称为载波，它的频率叫载频。

(2) 倍频器 如果发信机的载频频率等于高频振荡器的振荡频率，则不需要倍频。有些发信机载频频率很高，而高频振荡器的振荡频率不可能那样高（因为频率很高时，频率稳定度较差），这样，高频振荡器产生的频率，可能是载

频的若干分之一，所以需要倍频器将它的频率提高到载波频率。这样现代的广播、通信、雷达等发信机都要求有较高的频率稳定度。采用石英晶体振荡器作为高频振荡时，如果频率很高，不但石英晶体加工困难，而且稳定度也难以达到。因此，大都采用频率较低的石英晶体作振荡器，再用倍频器将频率提高到所需的频率。

倍频器可以是一级，也可以是多级，它根据具体情况而定。

（3）高频放大器 高频振荡器或倍频器输出的功率有时还不够大，不能推动调制器工作，必须用高频放大器去放大载波频率的信号幅度，提供给调制器。

（4）调制器 用低频信号去控制载波频率的振幅，使载波频率的幅度随低频信号的变化而变化。经调制器后的波形叫已调波。

发信机中为什么要采用调制呢？我们知道，发射天线是辐射电磁波的，但是天线的尺寸必须足够长，才能有效地辐射无线电波。具体地说，天线长度必须和电磁波的波长相比拟，一般为波长的四分之一，才能有效地辐射电磁波。当音频频率为 $20 \sim 20000$ 赫时，即其波长范围是 15×10^3 至 15×10^6 米，要制造出与此相适应的天线显然是不可能的，而且即使辐射出去，各个电台所发出的信号频率都相同，它们在空中混在一起，收听者也无法选出所需接收的信号。为此，要在远方收听到音频信号，就必须采取措施使音频信号“载”在高频信号上一起辐射出去。这个过程叫做“调制”。不同的电台可采用不同的高频振荡频率，将不同电台区别开来，使它们之间互相不干扰，使接收者能区别开不同频率的原始

信号。与此同时，天线的尺寸也可以作得比较小。

(5) 高频功率放大器 当由调制器送来的已调波信号功率较小时，要经过高频功率放大器进行放大，然后送到天线。

3) 天线 将高频功率放大器的已调波信号经过传输线送到天线，由天线变成电磁波向空中发射。

3. 调频发信机

调频的方法通常有两种——直接调频法和间接调频法。以下简单介绍直接调频法。所谓直接调频法就是用调制信号直接改变高频振荡器（亦叫主振级）频率的方法，图 1-4 为直接调频发信机方框图。调制信号经过调制器去控制高频振荡器，使高频振荡器的频率，按照调制信号的幅度而变化，然后经倍频器和功率放大器通过天线发射出去。

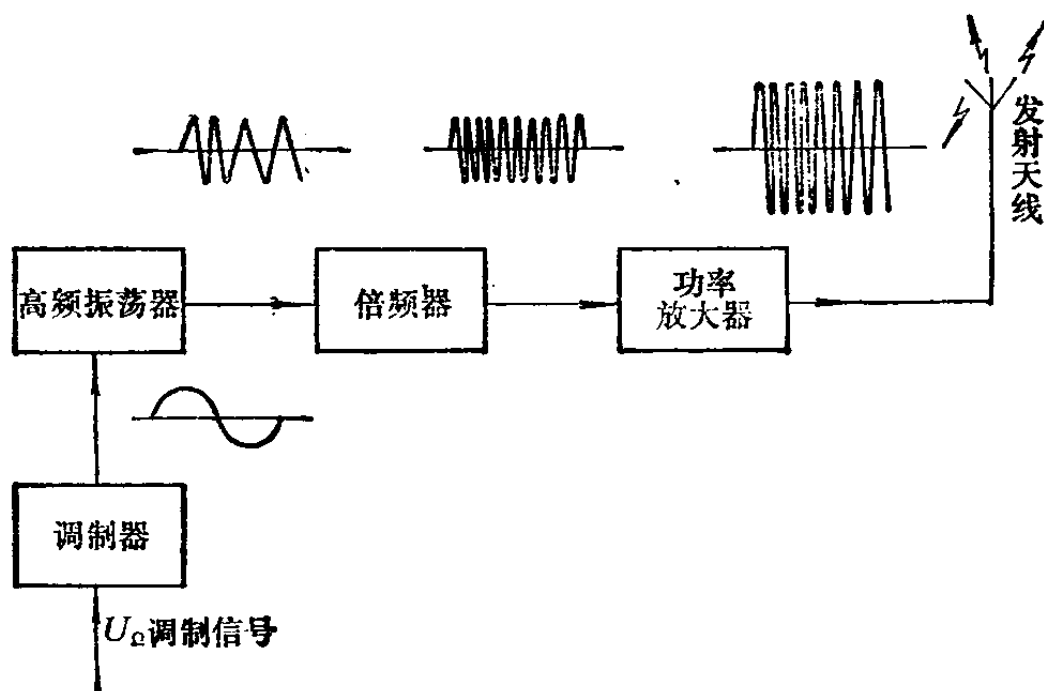


图1-4 调频发信机方框图

四、无线电接收机

1. 接收机的作用

无线电接收设备是通信系统中主要组成部分（如收音机是简单的接收设备），它包括接收机和终端设备两部分。最简单的终端设备如耳机、扬声器。

接收机的作用是接收发信机发出来的电磁波，经过接收天线将电磁波转换成高频电流（或电压），接收机将高频电流（或电压）变换（恢复）成发信端发送的信息。要达到这一目的，不论哪一种接收机，都要有选择信号、放大信号与解调信号的功能。

在空间同时存在着各种各样电台发射的电磁波，接收机要有选择的接收所需要的电台电磁波，而有效地抑制不需要的电台电磁波，这就是选择作用。

由于发信机发出的电磁波，经过一定距离的传播，强度有很大的衰减，到达接收机天线的能量非常微弱，有的仅为 $10^{-12} \sim 10^{-1}$ 瓦，必须加以放大，才能推动终端设备（如扬声器）正常工作，接收机必须把微弱信号加以放大。

接收机收到的是高频已调波（如调幅、调频信号），它不能在终端设备（如耳机、显像管）中直接显示出来，如广播电台发出的高频信号，在耳机或扬声器中都不能直接听到，必须经过接收机中的解调器将低频信号从已调波上取出来，恢复为原来的低频信号（这过程叫解调）。

2. 调幅接收机

图 1-5 为直放式接收机方框图。接收天线将接收到的所有电磁波送给输入电路；输入电路由谐振回路构成，它主要

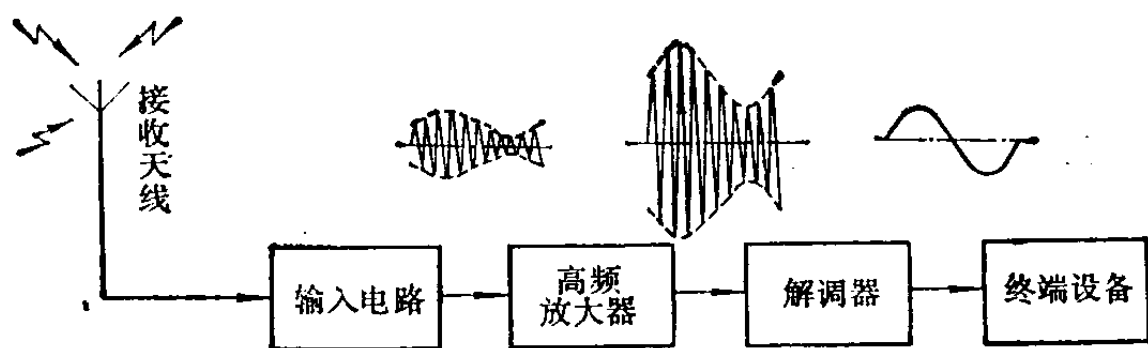


图1-5 直放式接收机方框图

起选择信号的作用（即选择所需电台的信号）；高频放大器主要起放大信号的作用，同时具备选择能力；解调器将高频信号还原为低频信号；终端设备可以是耳机、扬声器或其他器件。这种接收机称为直放式接收机，它有很多缺点，如为了有足够的放大量，需要很多高放级连接工作，这就容易造成接收机不稳定，而且每级放大器负载都是谐振回路，都要同时调谐，使调谐机构复杂。因此在现代通信接收机中都采用超外差式接收机。

图 1-6 是超外差式接收机的组成方框图，它与直放式接

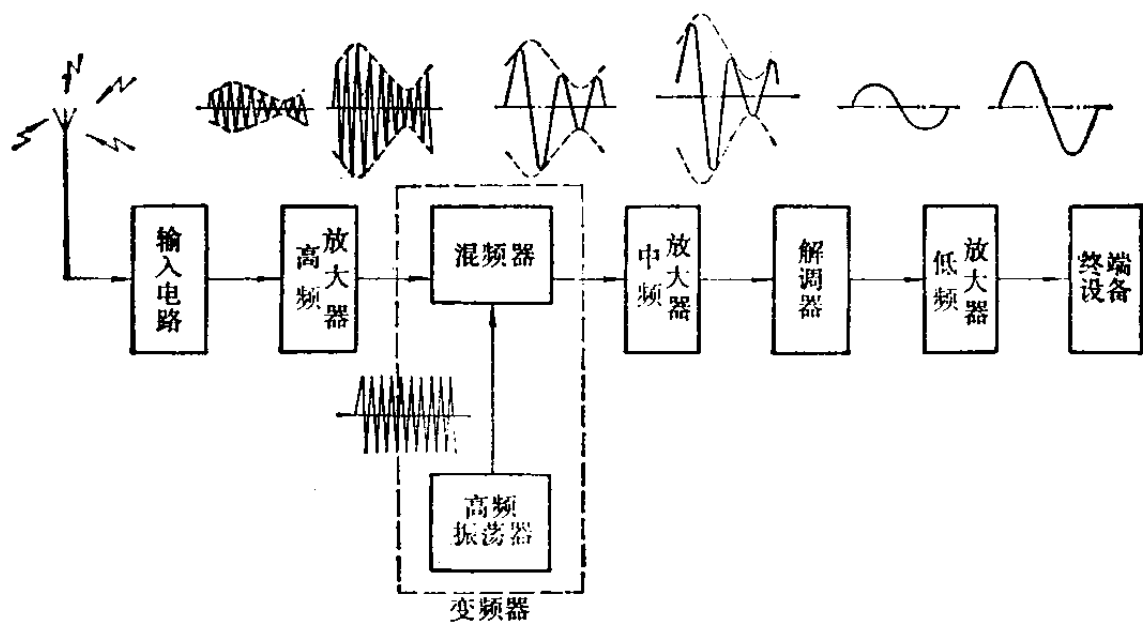


图1-6 超外差式接收机方框图

收机相比较，主要是在解调与高放级中间增加了变频级与中频放大器。

变频器的作用是将高频放大器输出的高频信号频率 f_s 与变频器本身的高频振荡器（又叫本机振荡）产生的振荡频率 f_n ，同时加在混频器上进行混频，在其输出端将有 $f_n - f_s = f_i$ 被选出， f_i 为中频频率，此时，频率虽然变了，但波形的包络形状却没有变。如：收音机的中频频率是 465 千赫；电视机的图象中频频率为 37 兆赫。

中频放大器将变频器送来的信号加以放大。由于中频放大器的频率是固定的，无需重新调谐，易于采用多级放大获得较大的增益，所以在解调器前的放大量主要靠中放；有的接收机为了提高选择性和增益，采用多次变频（如民用电台将高频信号第一次变为 10.7 兆赫的中频，然后再经过第二次变频变为 465 千赫），主要依靠最后一次变频后的中放来提高增益，中放的频率远低于载波频率，增益可以做得很高。

3. 调频接收机

调频接收机的组成见图 1-7。

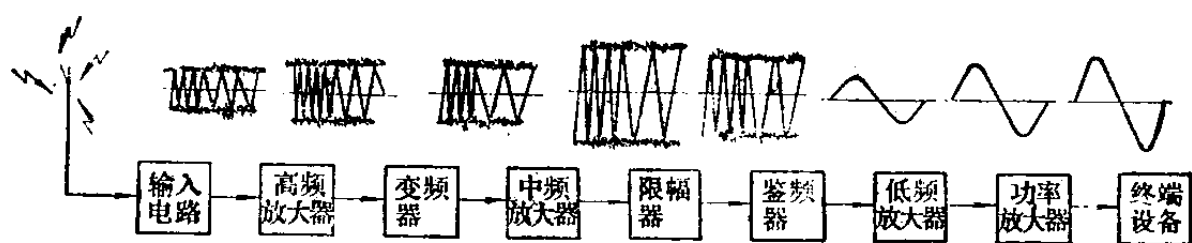


图1-7 调频接收机方框图

输入电路选择出所需的电台信号频率，经高频放大器放大，再由变频器变为中频，此时信号幅度嫌小，信号经中频放大后再经限幅器对信号限幅，将干扰信号除掉，然后经鉴频

器还原为低频信号，由低频放大器、功率放大器推动扬声器，发出声音。

五、电 波 传 播

发信机工作时，由于天线中有变化的电流在流动，在天线的周围就产生变化的电场，变化的电场周围产生变化的磁场；同样，变化的磁场又要产生变化的电场，这种电场、磁场的交替运动，起伏地向前推进，象波浪一

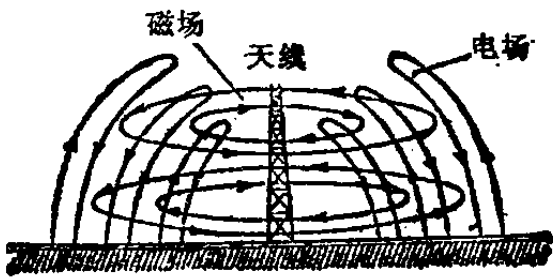


图1-8 电磁波形成示意图

样传播出去，形成电磁波，也就是无线电波（简称电波）。电磁波形成示意图，见图 1-8。无线电波的频率范围，从几十千赫到 3000千兆赫（波长从几千米到 0.1 毫米左右）。

1. 波段的划分

无线电波的频率范围很宽，频率不同，无线电波的传播特点、用途也不同。为了方便起见，通常把整个无线电波的波长（或频率）范围划分为几个波段（见表 1-1）。

表1-1 无线电波的波段划分

波段名称		波长 (米)	频 率	频段名称	电波传播主要方式	用 途
长 波		30000~3000	10~ 100千赫	低频	表面波	通信、导航 广播
中 波		3000~200	100~1500千赫	中频	表面波	
中短波		200~50	1500~6000千赫	高频 甚高频	电离层反射	通信、导航 通信、广播、 电视导航
短 波		50~10	6~ 30兆赫			
超短波		10~1	30~ 300兆赫			
微 波	分米波	1~0.1	300~3000兆赫			
	厘米波	0.1~0.01	3~30千兆赫			
	毫米波	0.01~0.001	30~3000千兆赫			

2. 电波的传播方式

电波传播的途径（见图 1-9）有以下三种：

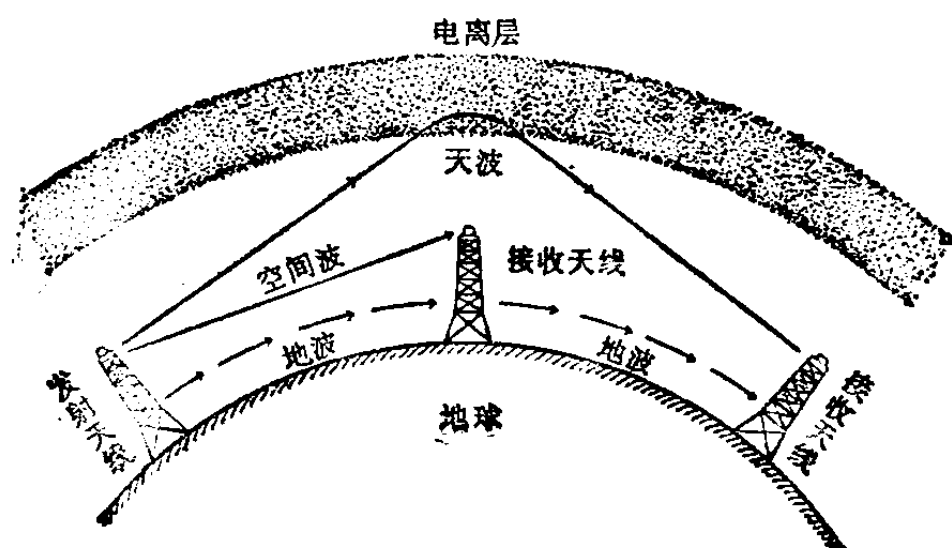


图1-9 电波传播的途径

1) 地波传播 无线电波沿地球表面传播这是无线电波的绕射现象，称为地波传播。无线电波沿地球表面传播时，将有一部分能量被损耗掉。这种损耗主要与电波的波长有关。波长愈长，损耗愈小；波长愈短，损耗愈大。在通常情况下，利用地波传播时，中、长波比短波和超短波损耗小，传播距离远。由于地面的电性能在较短时间内变化不会很大，所以信号由地面波传播比由天波、空间波传播要稳定。

2) 天波传播 利用电离层的反射来传播电波的方式叫天波传播。在太阳的照射下，离地面大约五、六十公里高空的大气层，被电离而形成电离层。它好象是悬空的大盖子似的，电波射到电离层就会反射回来。电离层不仅能反射电波，而且还能吸收电波。吸收电波的程度与其波长和昼夜、季节有关。例如在收听中波广播时，有些电台的广播在白天收不到，而到了夜里却能收到。这就是因为天波在白天几乎全被电离层吸收掉，夜间吸收弱的缘故。

这种反射现象还不限于电离层，电波遇到其它物体，如飞机和轮船等也会反射，雷达也就是应用了电波反射的原理来发现目标的。

有的短波也能穿过电离层，它可以用于宇宙通信，我国人造卫星就是采用波长约为 15 米（频率为 20.0009 兆赫）的短波来播送《东方红》乐曲和遥测信号的。

3) 空间波传播 超短波和微波的传播特性是它既不能绕射，也不能被电离层反射，只能直线传播。由于地球表面是曲面，空间波不会拐弯，因此空间波传播的距离就受到了限制。发射天线架得越高，空间波传播越远。故一般电视发射天线（电视塔）都比较高，在距电视发射台较远的地方，电视接收机的天线要尽量架得高一些。尽管如此，传播距离一般只能在 50 公里左右。由于空气对超短波还具有折射和散射作用，有时也可能传到几百公里以外，但接收起来很不稳定。