



王世佐 张维祥 李泰桢 编译 人民邮电出版社

调频收音机及立体声 收音机原理和维修

调频收音机及立体声 收音机原理和维修

李泰桢 王世佐 张维祥 编译

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了调频收音机及调频立体声收音机的原理和故障检修方法。书中还较通俗地叙述了在这些收音机中应用的一些新器件和新技术。

书中,力求避免用过深的数学分析,而是以物理概念为主来叙述、解释各种现象及电路作用过程,使文化程度较低的读者也能顺利阅读。

调频收音机及立体声收音机原理和维修

李泰楨 王世佐 张维祥 编译

责任编辑:沈成衡

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16

1984年11月第 一 版

印张: 24 页数: 192

1984年11月河北第一次印刷

字数: 602千字 插页: 2

印数: 1—120,000册

统一书号: 15045·总2917-无6296

定价: 2.70元

前 言

由于超短波调频广播的明显优点，例如信噪比高，抗干扰能力强，动态范围大，频响宽，在较大的区域内频率可以重复使用，不致相互干扰等，使它获得极为迅速的发展。

近几年来我国调频广播发展的势头也很猛，尤其是采取了中央、省、市、县四级办调频广播的办法以后，有的县已开始搞起了调频广播。

立体声调频广播在各大城市已有所发展，至今已有十几个省市正式开始或试播了立体声调频节目。

由于收、录机的兴起，调频及立体声调频接收机普及的速度也相当的快。

在这种情况下，广大无线电爱好者及从事无线电接收设备修理人员等迫切要想了解、掌握调频及调频立体声广播及接收机原理、修理等知识和技术。

本书是根据1980年美国出版的《*The Theory and Servicing of AM, FM, and FM Stereo Receivers*》一书（Clarence R. Green 及 Robert M. Bourque 著）编译而成。鉴于国内已出版了不少有关调幅收音机的资料，我们在编译时将这方面内容删去了。另一方面，为了使本书适合我国情况，在调频立体声原理及实际电路方面，作了适当的改写与补充。

编译者

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 调频原理	(1)
一、调频信号的特点	(1)
二、调频广播的特点	(8)
第二节 超外差式收音机	(11)
一、调幅(AM)收音机	(12)
二、调频(FM)收音机	(13)
三、FM/AM收音机	(14)
四、FM立体声收音机	(14)
小 结	(16)
第二章 基本电路和元器件	(18)
第一节 主要半导体器件	(18)
一、晶体管	(18)
二、结型场效应管(JFET)	(34)
三、绝缘栅型场效应管(MOSFET)	(44)
四、变容二极管	(49)
五、集成电路(IC)	(51)
第二节 主要部件	(52)
一、谐振回路	(52)
二、中频变压器	(54)
三、收音机对选频滤波器的要求	(56)
四、集中滤波器	(58)
五、陶瓷滤波器	(59)
六、晶体滤波器	(63)
七、声表面波(SAW)滤波器	(64)
小 结	(66)
第三章 音频放大器	(68)
第一节 前置放大器	(68)
一、噪声	(68)
二、放大器的失真类型	(69)
三、阻容耦合放大器	(71)
四、直接耦合放大器	(71)
五、射极跟随器	(73)
六、均衡器	(74)
第二节 音调控制电路	(76)

一、衰减型音调控制电路	(76)
二、负反馈式音调控制电路	(78)
第三节 功率放大器	(80)
一、甲类功率放大器	(81)
二、乙类功率放大器	(81)
三、超甲类功率放大器	(89)
第四节 立体声放大器	(96)
一、对立体声放大器的要求	(96)
二、平衡控制器	(96)
三、分立元件的立体声放大器	(97)
四、集成电路立体声放大器	(97)
第五节 扬声器与放大器的配接	(101)
一、对扬声器的要求和使用注意事项	(101)
二、扬声器的组合方式	(102)
三、分频电路	(102)
小 结	(106)
第四章 维修基础知识	(108)
第一节 维修的基本知识	(108)
一、检修工具及其应用	(108)
二、焊接和拆焊	(111)
三、常用测试仪表	(112)
四、元器件的置换	(117)
第二节 维修步骤	(122)
第三节 寻找故障的三种基本方法	(123)
一、信号注入法	(123)
二、信号寻迹法	(127)
三、电压—电阻分析法	(130)
小 结	(134)
第五章 调频收音机原理	(137)
第一节 高频放大器	(137)
一、高频放大器的基本问题	(137)
二、晶体管高频放大器	(139)
三、结型场效应管(JFET)高频放大器	(142)
四、单栅MOS场效应管高频放大器	(142)
五、双栅MOS场效应管高频放大器	(143)
六、MOS场效应管、结型场效应管和一般晶体管(双极性管)的比较	(145)
七、自动增益控制(AGC)	(146)
八、噪声	(149)
第二节 变频电路	(153)
一、变频(外差)原理	(154)

二、基本振荡器电路	(155)
三、混频器	(160)
四、变频器	(163)
五、变频电路中的若干问题	(164)
六、自动频率控制(AFC)	(166)
第三节 中频放大器	(170)
一、单调谐放大器	(171)
二、双调谐放大器	(172)
三、集中滤波中频放大器	(174)
四、用固体滤波器的中频放大器	(175)
五、集成电路中频放大器	(176)
第四节 调频解调器	(185)
一、限幅器	(185)
二、正弦波的向量表示法	(187)
三、鉴频器	(189)
四、预加重和去加重	(198)
第五节 调频收音机电路	(199)
一、高频部分	(199)
二、中频部分	(202)
小 结	(203)
第六章 FM/AM收音机	(207)
第一节 FM/AM收音机典型电路	(207)
一、FM/AM收音机的程式	(207)
二、FM和AM高频部分分开的FM/AM收音机	(208)
三、FM第一中放兼作AM变频器的FM/AM收音机	(213)
四、高、中频部分全部分开,只共用低放的FM/AM收音机	(216)
五、FM/AM收音机的调谐指示器	(220)
第二节 FM/AM收音机的主要性能和测试方法	(222)
一、FM/AM收音机的主要性能	(222)
二、FM/AM收音机的分类和基本参数	(224)
三、FM/AM收音机的测试方法	(229)
小 结	(236)
第七章 FM/AM收音机的维修和调整	(238)
第一节 AM收音机的维修和调整	(238)
一、无声	(239)
二、收不到电台	(242)
三、交流声大	(244)
四、声音失真	(245)
五、灵敏度低	(247)
六、音量弱	(249)

七、自激振荡	(250)
八、噪声大	(250)
九、间歇现象	(251)
十、调幅收音机的调整	(252)
第二节 FM、FM/AM收音机常见的故障及其原因	(256)
一、AM正常, FM不工作	(257)
二、FM或AM之一, 或两者都收不到电台	(261)
三、AM正常, FM灵敏度低	(262)
四、AM正常, FM有自激振荡	(264)
五、AM正常, FM声音失真	(264)
六、AM和FM灵敏度都低	(265)
七、AM正常, FM噪声大	(265)
第三节 FM收音机的调整	(265)
一、用AM信号发生器调整FM中频放大器的方法	(266)
二、用扫频仪调整FM中频放大器的方法	(268)
三、用扫频仪调整FM高频部分的方法	(272)
四、用FM信号发生器进行整机调试的方法	(275)
小 结	(277)
第八章 调频立体声原理	(279)
第一节 立体声基本原理	(279)
一、什么是立体声	(279)
二、怎样欣赏立体声	(284)
第二节 调频立体声广播制式	(288)
一、对立体声广播系统的基本要求	(288)
二、几种广播制式的比较	(289)
第三节 导频制立体声复合信号的特点	(293)
一、和差方案	(293)
二、立体声复合信号的频谱	(294)
三、辅助通信业务(SCA)	(299)
第四节 导频制调频立体声广播	(300)
一、调频立体声发射机	(300)
二、调频立体声收音机	(306)
小 结	(314)
第九章 调频立体声解调器	(317)
第一节 矩阵式解调器	(317)
一、电子管矩阵式解调器	(317)
二、晶体管矩阵式解调器	(321)
第二节 开关式解调器	(322)
一、分立元件开关式解调器	(322)
二、集成电路开关式解调器	(332)

三、锁相环解调器.....	(344)
小 结.....	(354)
第十章 调频立体声收音机的维修和调整	(357)
第一节 常见的故障及其原因.....	(357)
一、一个声道完全不工作.....	(358)
二、AM正常, FM和FM立体声部分不工作	(360)
三、在FM立体声状态, 一个声道不工作... ..	(361)
四、FM立体声状态时无立体声效果.....	(361)
五、立体声指示灯不亮.....	(363)
第二节 立体声解调器的调整.....	(365)
一、矩阵式解调器的调整.....	(365)
二、开关式解调器的调整.....	(368)
小 结.....	(374)

第一章 概 论

无线电广播已有六十多年的历史了，目前世界上已有200多个国家和地区办起了声音广播，各类收音机总共有十亿多部。声音广播的发展大致可以分成两个阶段：三十年代以前是长、中、短波发展阶段，由于各国竞相发展，电台日益密集，频率不够分配，发射功率不断增大，干扰日甚一日。加上调幅广播音质不佳，迫切需要寻求一种新的频段和调制方法，这就促进了三十年代后期超短波调频广播的发展。

1922年卡森(Carson)等人发明了调频理论，早期只限于窄带调频的研究，但由于信噪比不佳而不能付诸实用。1935年宽带调频理论的研究成功，证明了在有限带宽的条件下，调频比调幅确能大幅度地抑制干扰，改善音质，从而使广播进入了一个新时代。

1941年5月美国首先实现了超短波调频广播，与此同时英国对调频和调幅也做了全面比较，证明无论在技术上或经济上，调频都比调幅有利。于是不久世界各国就相继建起了调频广播网。

调频广播的实践进一步证明：调频广播比调幅广播的频带宽、音质好、信噪比高、抗干扰能力强、造价低、使用维修方便，并能很好地解决中波广播电台频率拥挤的困难，因此受到了普遍的欢迎，特别近二、三十年来得到了很大的发展。

然而，随着科学技术的不断发展，人们物质文化生活水平的不断提高，对声音广播的质量要求也越来越高了。双声道立体声比单声道，不仅能反映出声音的强度、音调和音色的变化，而且能如实地再现实声场中各种声源的方位和空间分布的效果。这种临场感和真实感大大地增强了艺术的感染力和表达力。因此音频立体声技术的新进展很快地就被引进到无线广播系统中来了。经多年的研究、多种制式的比较，美国于1961年6月完成了调频立体声制式的理论研究和试验论证工作，实现了调频立体声广播。日本也于1963年6月开始了立体声广播，目前世界上许多国家都相继开办了调频立体声广播。

现在仅美国就有调频广播电台3500多座，覆盖面积达95%以上的人口，其中大多数音乐节目都实现了立体声化。日本也建立了一条从北海道到冲绳的微波干线，用来传送立体声节目，并通过差转，构成了几乎遍布全国的立体声广播网，现在东京100%的音乐节目都已立体声化了。

目前无线电广播的发展状况是单声道的调频广播处于普及阶段，双通道的调频立体声广播处于发展阶段，而调幅立体声则处于刚开始实用阶段，各国并正致力于四声道全景声立体声和八声道三维空间环绕声广播系统的研究。总之，声音广播已进入高保真立体化阶段了。

第一节 调频原理

一、调频信号的特点

1. 超短波的传输特点

大家都知道，人们的语言、音乐等的声信号，其频率比较低，在空气中的传播速度是很

慢的（约为340米/秒），而且衰减也很快，不能直接传送到远方，必须借助于比它们的频率高得多的电磁波——无线电波来运载音频信息。打个比喻来说，语言或音乐好比是货物，无线电波好比是火车，用火车载着货物，就能快速地把货物运送到很远的地方，然后再把货物卸下来。

无线电波是电磁波的一种。它虽看不见、摸不着，但却是客观存在于我们周围的一种能量形式。由于它具有光一样的速度——每秒30万公里，因此用它载着音频信息，瞬息之间就能把电台播送的语言或音乐节目传送到很远的地方。

无线电广播的应用范围很广，但由于频率和调制方式的不同，其特性和用途也各不相同，如表1-1所示。

表 1-1 无 线 电 广 播 的 传 输 特 点

频 段	频 率	调 制 方 式	主 要 用 途	传 输 特 点
长 波	30~300KHz	调 幅	广 播、 通 信	由地波和天波两种方式传播，长波沿地面传播可达8~4千公里，夜间经电离层反射，可达几千甚至上万公里，由于地面对它吸收较弱，所以白天和晚上场强变化较小。但干扰相当严重，设备庞大。最适合于超远距离通信和广播。
中 波	0.3~3MHz	调 幅	广 播	地面对中波吸收较强，沿地面传播不太远（数百公里），夜间比白天的影响小，适于近距离、国内广播。
短 波	3~30MHz	调 幅	广 播、 电 报、 通 信	地面对短波吸收极强，主要靠天波电离层反射，可远距离传播。但受季节、日夜、气候的影响较大，电波衰落现象很严重，信号忽强忽弱。适于远距离通信，对边疆、山区以及对外广播。
超短波	30~300MHz	调 频	广 播、 电 视	视距传播，可传送几十~上百公里。适于电视、调频广播。

由于调频广播工作在超高频频段，其工作频率大约为调幅中波广播频率的100倍，因此其电波传输特性与一般中波、短波的调幅广播也不相同。

由于超短波绕地面传播的能力很弱，也不能被电离层所反射，因此它的传播距离仅略大于视线距离。其最大作用距离取决于发射功率和收、发射天线的高度（如图1-1所示）。在发射功率一定的条件下，要想增大发射距离，扩大覆盖面积，需增加收、发天线的高度，所以一般将发射天线建于高楼、铁塔或山顶上。

超短波的这种传播特性只是由于它的工作频率较高，而与调制方式（是调频还是调幅）并无关系。正因为其波长较短，所以易受地形地物的影响（见图1-2），尤其易受金属物体的反射。由直射波与反射波相叠加的结果，使接收情况比较复杂，使接收地点（相同距离）的

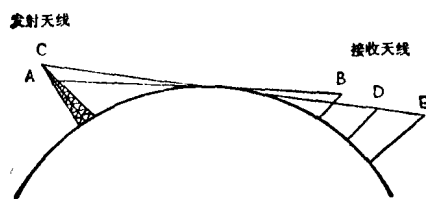


图 1-1 超短波的传输特点

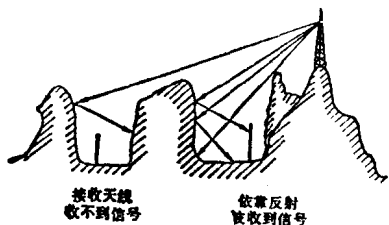


图 1-2 超高频电波之反射

场强有的地方强，有的地方弱。这就是为什么当接收天线略微移动几米，接收场强就会急剧变化的原因。

此外，地面上的许多物体对超短波有很强的吸收作用，如树木、房屋，特别是各式各样的混凝土建筑物，吸收作用尤为厉害。减小损耗的方法是尽量高架天线，这对超短波来说是很方便的，因为与中、短波天线相比，超短波的天线简单、尺寸小、效率高、易架设，也容易实现定向。

2. 调频与调幅的区别

现在我们来研究调频与调幅的区别，在讨论这个问题以前，首先必须弄清楚调频波与调幅波是怎样形成的？音频节目是怎样调制在载波频率上的？

(1) 调幅、调频和调相

众所周知，对于无线电广播来说，一般载波都是一个正弦波，即

$$U = U_m \cos(\omega_c t + \theta)$$

它包含有三个参量：

U_m ——高频载波的幅度

ω_c ——高频载波的角频率($2\pi f_c$)

θ ——高频载波的相位

如果分别将这三个参量按另外某个信号的规律而变化，那我们就可得到三种不同的调制方式，即调幅(变 U_m)、调频(变 ω_c)和调相(变 θ)。其实，调相本质上也是一种调频，因此，我们只研究调幅和调频的形成过程及其差别。

(2) 调幅波的形成

设图1-3中(a)是一个音频调制信号：

$$u = U_0 \cos \Omega t = U_0 \cos 2\pi f_a t$$

(b)是一个高频载波信号：

$$U = U_m \cos \omega_c t = U_m \cos 2\pi f_c t$$

式中：

f_a —表示音频信号的频率

f_c —表示高频载波信号的频率

U_0 —为音频信号的幅度

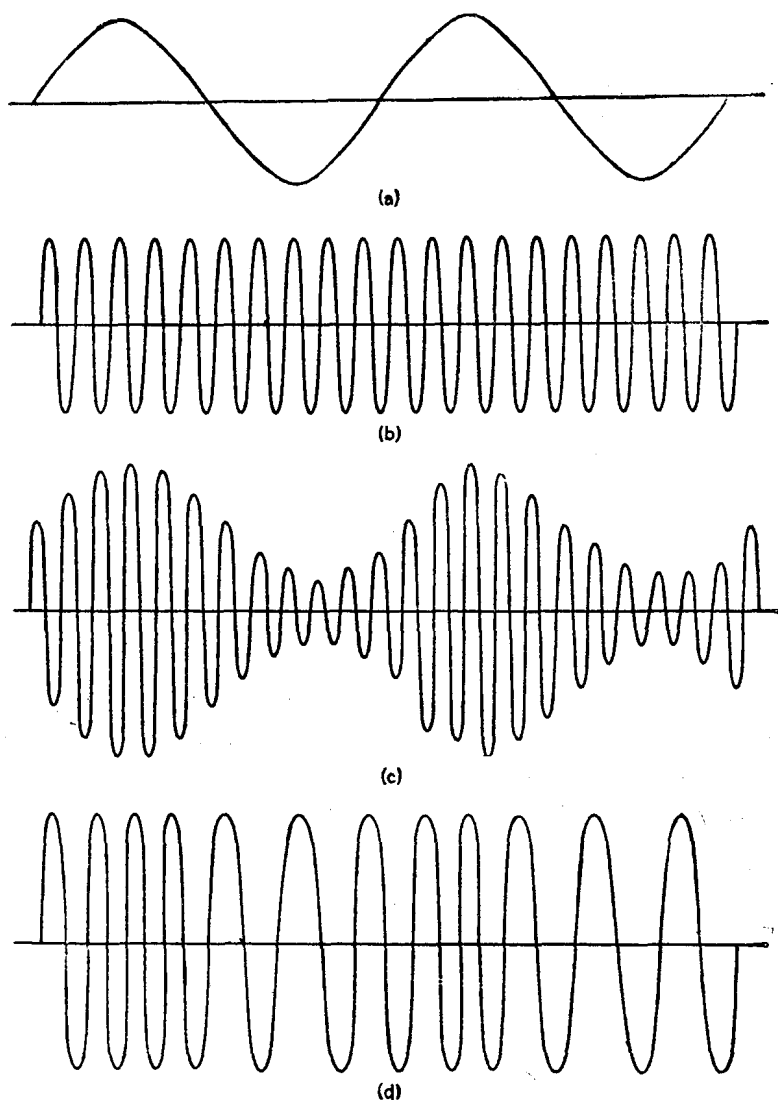
U_m —为高频信号的幅度

所谓“调幅”(AM)是指高频载波的幅度(U_m)随音频信号的变化而变化，而载波的频率(f_c 或 ω_c)不变化。如图1-3(c)所示。例如，加到话筒上的声音经话筒变成音频电信号，此音频信号改变了发射机中的高频载波的振幅。声音越大，高频电波的振幅变化也越大；仅当话筒上不加信号时，高频波的振幅才保持不变。用专业术语说，调制信号的幅度越大，调制度也越大(深)；调制信号的频率越低，已调信号的包络频率也越低。我们通常收听的长、中、短波广播均采用这种调制方式。

调幅波也可以用数学公式来表示：

$$U_{AM} = U_m (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_c t$$

式中： $m = \frac{U_0}{U_m}$ ，称调制系数或调制度，即音频信号的幅度与高频载波的幅度之比。从公式可见，高频载波的幅度是随着音频调制信号的规律而变化的。



(a) 音频信号 (b) 高频载波 (c) 已调幅波 (d) 已调频波
图 1-3 调幅波与调频波

(3) 调频波的形成

“调频”(FM)则是使音频信号去调制高频载波的频率，即高频载波的频率随音频信号而有规律地变化，而高频载波的幅度则保持不变，如图1-3(d)所示。在图中可看出，音频信号处于正半周时，调频波的频率就增高；音频信号处于负半周时，调频波的频率就降低（当然，也可能是反过来），形成一疏密相间的高频波形。仅当无声音作用时，高频载波的频率才不改变。

为了阐述频率偏移这一重要概念，有必要用图1-4来进一步说明载频的变化规律。图中(a)为一音频调制信号，(b)为载波频率变化情况，A为音频信号的起点，此刻载波的中心频率为 f_0 。当音频信号电平上升到B点时，载频也相应地移到一个较高的频率B点，并于C点时达到最大。然后随音频电压向负峰G点移动，载频也相应地降到最低频率，最后经过H

点和 I 点, 逐渐返回到中心频率, 从而完成了音频一个周期的调频过程。

调频时, 高频载波的频率对其平均频率 (或叫中心频率) f_c 的最大偏移称 频偏 ΔF 。声音较强时, 频偏就加大, 反之频偏就减小, 即载波的频率偏移随音频信号的大小而改变。或者说, 频偏与调制信号的幅度成正比。在调频广播中, 其最大频偏规定为 $\pm 75\text{KHz}$ 。

而高频载波频率变化的速度则由调制信号频率的高低来决定。音调高时, 载波的频率在其中心频率附近变化的速度也越快, 反之则慢。

最大频偏 ΔF 与音频调制波频率 f_m 之比叫调频指数。

调频波也可用数学公式来表达:

$$U_{FM} = U_m \sin(\omega_c t + M \sin \Omega t)$$

式中: $M = \frac{\Delta \omega}{\Omega} = \frac{\Delta F}{f_m}$ 。鉴于频偏 ΔF 与调制信号的幅度成正比, 而与调制信号的频率无关, 因此, 调频指数 M 与调制信号的幅度成正比, 而与调制信号的频率成反比。

频偏和调频指数是描述调频波的两个重要参数, 现举例来说明它们的物理意义, 以及调制度与调频指数 (也叫调制指数) 的差别。

频偏 频偏是调频波的瞬时频率 f 与原高频载波频率 f_c 之差, 即

$$\Delta F = f - f_c = \Delta F_m \cos \Omega t$$

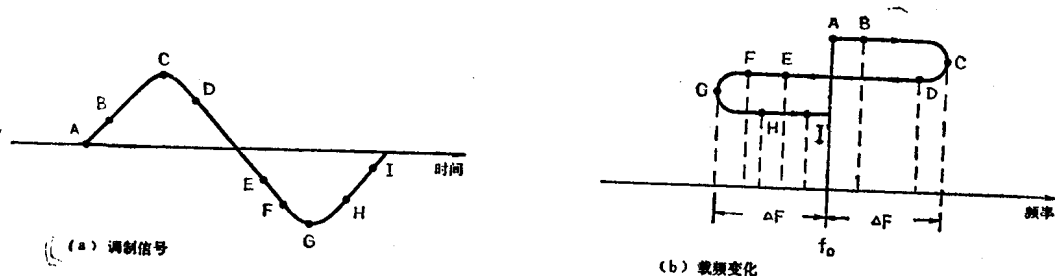


图 1-4 载频随调制信号而变化

一般国际上规定调频广播允许的最大频偏为 $\pm 75\text{KHz}$ 。至于所以这么规定, 一方面是为了获得高保真的传输所必须的带宽, 另一方面是为了有效地利用有限的频道间隔, 在这两者之间进行了人为的折衷。

调制度(m) 也叫调频度, 如果以 75KHz 的频偏作为 100% 调制的话, 那么对于小于 100% 的调制可以用该时的频偏与 75KHz 最大频偏的比值 (调制百分数) 来表示。例如, 45KHz 的频偏就相当于 60% ($\frac{45\text{KHz}}{75\text{KHz}}$) 的调制度等等。显然, 一个信号的调制度 m 可以定义为该信号的振幅所产生的频偏 ΔF 与该调制系统所允许的最大频偏 ΔF_m 之比, 即 $m = \frac{\Delta F}{\Delta F_m}$ 来表示。

调频指数 调频指数与调制度 (调频度) 的概念大不一样, 它是指由调制信号的振幅产生的频偏与调制频率之比, 即 $M = \frac{\Delta F}{f_m}$ 。这里 f_m 是该调制信号的频率。例如: 一个 2KHz 的调制信号, 由其幅度产生了 30KHz 的频偏, 则该信号的调频指数 $M = \frac{30}{2} = 15$ 。若增加调制信号的幅度, 使它产生 60KHz 的频偏, 则调制指数则变成 $M = \frac{60}{2} = 30$ 。若此时有另一个 3KHz 的调制信号, 它的幅度与上述 2KHz 的幅度相同, 所产生的频偏也为 30KHz , 那么其调频指数则变为 $M = \frac{30}{3} = 10$ 。由此可见, 调制信号的幅度越大, 调频指数也越大; 但是随着调制频

率的增加, 调频指数却要减小。调频指数与调制度之间的关系是 $M = m \frac{\Delta F_m}{f_a}$ 。调频指数 M 对于确定调频频谱中边带的个数及其幅值大小是极为重要的。

3. 调频信号的频谱

对一个载波进行频率调制所产生的频谱与对它进行幅度调制所产生的频谱有着明显的区别。一个单音调制信号所产生的已调幅波频谱是由一个载频加上一对边频所组成的, 需强调的是在载波的两边只有一对边频。对于有一定频带的音频节目信号, 在载波的两边也只有一对边带 (如图 1-5 所示)。每一边带的频宽等于音频调制信号的频宽, 因此, 发射机和接收机的通频带为最高调制频率的两倍就足够了。

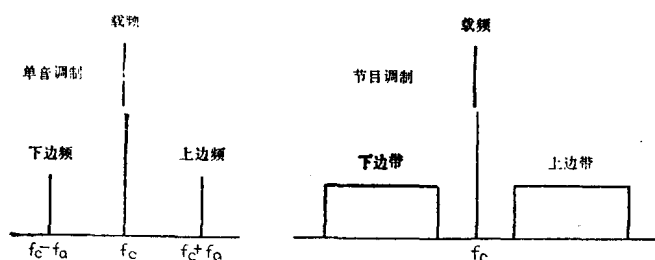


图 1-5 调幅信号的频谱

调频信号的频谱则不然, 其调制信号的幅度和频率对调频波的频谱结构都有影响。理论上, 由单音频调制所产生的调频波的频谱应在载频的两边对称地有无限多个边频, 边频的间隔等于音频信号的频率 f_a , 两边频的幅度则取决于调制频率和调频指数 (即频偏与调制频率之比)。严格地说, 每一对边频的幅度可由贝塞尔 (Bessel) 微分方程的求解来确定, 但这里不打算详细地进行数学分析和推导, 只想根据数学分析所得出的结论举几个例子来说明调频波的边频间隔和幅度与调制信号的频率和频偏的一般关系, 并由此来确定调频波的有效频谱宽度。

图 1-6 示出了典型的调频信号的频谱, 其中 (a) 部分为自上而下画出的已调信号频谱。它们的调制信号的频率保持不变 ($f_a = 5\text{KHz}$), 但逐渐增加调制信号的幅度, 也即逐步增大 ΔF 及 M 。调制信号的频率为 5KHz , 频偏 ΔF 从 5KHz 逐渐增大到 10 、 30 、 60 和 75KHz 时, 调制指数 $M = \frac{\Delta F}{f_a}$ 则分别为 1 、 2 、 6 、 12 和 15 。由图我们看到: 各边频的间隔不论在何时都保持不变, 但随着频偏的加大, 出现了更多的边频。

图 (b) 部分是保持调制信号的幅度不变 (故频偏也不变), 改变调制信号的频率 f_a , 看调频频谱的变化规律。当频偏保持 18KHz 不变时, 调制信号的频率从上到下逐渐增加, 分别为 2 、 3 、 6 、 9 和 12KHz , 于是调制指数 M 则分别为 9 、 6 、 3 、 2 和 1.5 。我们看到随着调制频率的增加, 边频间隔加大, 同时边频数量减少, 幅度加大。

此外, 我们还注意到, 中心频率的幅度并不是固定不变的。当 M 增至某一值以上时, 载频分量会完全消失。鉴于调频发射机输出的平均功率总是恒定的, 不随调制度而变化, 因此, 此时全部的发射功率都包含在边带里, 从能量的观点看, 效率最高。

根据上述对边频幅度的图解分析, 我们可以得出调频指数 M 与所需传输的边频数目之间的基本关系, 即调制指数越大 (调制信号的频率越低, 或频偏越大), 所需传输的边频数也越多; 反之, 调频指数越小 (即调制信号频率越高, 或频偏越小), 需传输的边频数也越少。

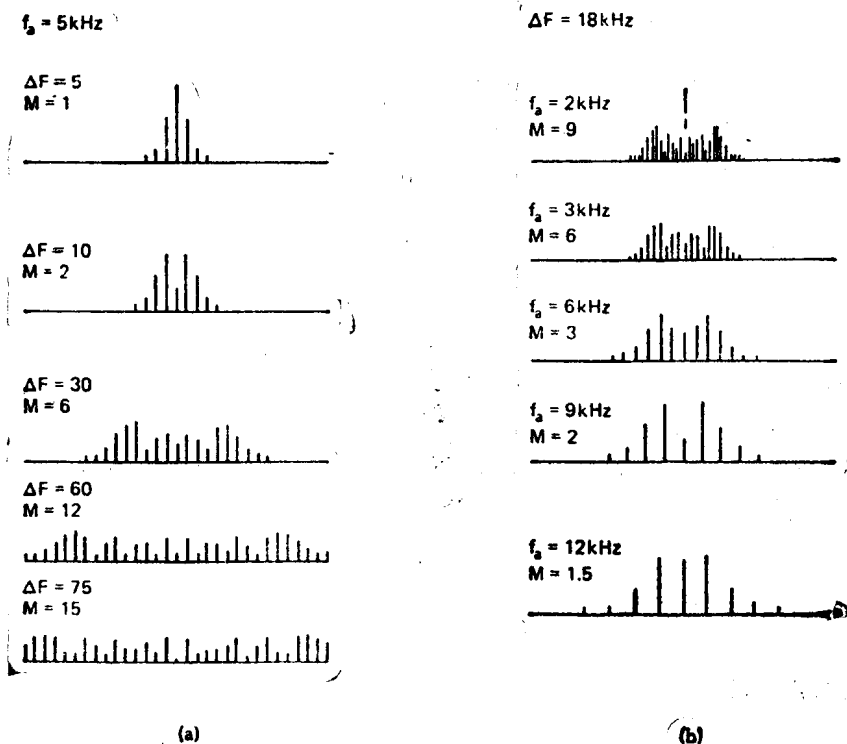


图 1-6 典型的调频信号频谱

对于一个单音频尚且如此，那么对于一个有较宽频带的音乐节目，调频波的频谱就相当复杂了，所要占用的频带就很宽。为了让这么宽的信号通过，收音机的通带必须设计得很宽才行。然而，由于受到频道间隔的限制，这是办不到的。

实际上，由于远离中心频率的边带幅度（能量）很小，小到一定程度时甚至可以忽略不计。又根据理论分析，要想得到基本满意的传输质量，必须传输99%的频谱能量。调频波频谱宽度从图1-6可知它是与 M 成正变的， M 越大它就越宽，由贝塞尔函数的公式推导而知，需要传输的边频数为 $N \geq M+1$ ，即需要传输的有效频谱宽度为 $\pm(M+1)f_m$ 。例如，一般调频广播的最大频偏为 $\pm 75\text{KHz}$ ，假设要传送的最高调制频率为 15KHz ，对单声道调频广播而言，调制指数 $M = \frac{75}{15} = 5$ ，于是所要传输的有效频带宽度应该为 $\pm(5+1) \times 15 = \pm 90\text{KHz}$ （即带宽为 180KHz ）。对立体声信号来说，最高传送频率要达 53KHz ，而 $\pm 75\text{KHz}$ 的最大频偏仍不变，因此，调制指数 $M = \frac{75}{53} = 1.415$ 。于是调频立体声广播所要传输的有效带宽则为 $\pm(1.415+1) \times 53 = \pm 128\text{KHz}$ （即 256KHz ）。

此外还要考虑到由于发射机的载频和接收机的本机振荡器频率较高，易不稳定等因素，因此，收音机的实际通带还必须比理论值更宽一些。显然，这样宽的通带不能适用于中短波广播频段，只能用于超高频频段。

4. 噪声频谱

调幅波与调频波的噪声频谱也不一样，如图1-7所示。对于调幅波，由噪声所引起的调幅与调制频率无关，其噪声频谱呈矩形，即在整个调制频率范围内，所有的噪声都一样大小；

而调频波的频谱则呈三角形,也就是说,随着调制频率的增高,噪声也越大,调制音频范围越宽,输出的噪声也越大。

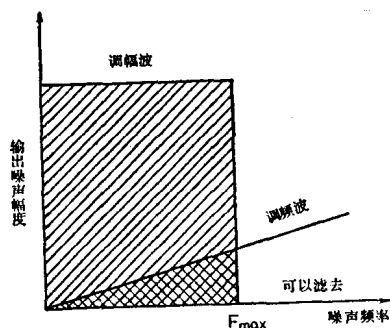


图 1-7 噪声频谱

为了进一步抑制高频段的噪声,一般在调频发射机的调制器前加有预加重网络,把调制频率中的高频有用信号分量预先人为地进行提升,以提高高频段的信号噪声比。而在接收机里,为了恢复原来调制频率之间的比例关系,需在检波器之后(或立体声解调器之后)接一个相应的去加重网络。当然,预加重网络和去加重网络的特性应正好相反。采取这样的措施以后,能有效地减少高频噪声的影响,进一步改善调频广播的信噪比。

此外,在收音机的中频放大器之后还接有限幅器,能切除调制在有用信号上的噪声干扰,进一步提高了信噪比。因此调频广播比调幅广播的信噪比高得多,凡听过调频广播和电视伴音的人都会明显地感到调频广播的声音确实干净,背景噪声小,理由就在于此。

二、调频广播的特点

1. 调频广播的优点

由于调频与调幅所采用的频率、调制方式及电路程式不同,因此调频与调幅无论是在发射、传输,还是接收上相比,都具有许多优点。

(1) 抗干扰能力强、信噪比高

现有的调幅广播,无论是在发射功率上,还是在频谱的利用上都已达到了“饱和”的程度。加上发射功率大,作用距离较远,相互间的干扰就更难以避免了。据统计,光美国就有调幅电台4500座;欧洲光中波广播电台就有1400座,平均每个中波广播频率上就有11个广播电台。甚至象梵蒂冈这样一个有效覆盖面积只有9平方公里的国家,中波发射台的功率竟达1000KW。其电台之密、干扰之强便可想而知了。

除了有用信号之外,我们所处的空间是复杂的,还存在许许多多的干扰,如自然干扰(宇宙、天电干扰),人为干扰(工业、家用电器、敌台干扰等),以及本设备内部产生的干扰等,因此,接收机必须能在各种不同的干扰下正常地工作。这些干扰对长、中波影响最大,短波次之。对超短波来说,大气干扰几乎不起作用,也不会有电波衰落现象,主要是工业干扰,因此受影响也最小。

这些干扰常使有用信号的幅度和频率发生变化。对调幅收音机来说,由干扰引起的频率变化影响不是很大,但由干扰引起的幅度变化则与有用信号混在一起,很难把它们分开。何况大多数的干扰又往往以调幅的形式出现,叠加于有用信号上,这将使收音机中产生杂音。尤其对于灵敏度较高的收音机,这种现象越发明显,到现在为止,尚未找到一种避免干扰最有效的办法。采用限幅器,虽然能将杂音所引起的振幅变化削去,但同时也会削去有用信号的正常调制,使信号产生严重的失真。

缩减收音机的通带,固然可减少干扰,但收信质量却要降低。例如,欲传送最高调制频率为5KHz的音频节目,收音机的通带就应不窄于10KHz。然而调幅收音机的中频通带必须