

责任编辑：王本玉

封面设计：平原

调幅立体声广播与接收技术

陆伟良 编著

*

中国广播电视出版社出版

河北省阜城县印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

*

787×1092毫米 1/32 4.75印张 101(千)字

1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷

ISBN 7-5043-0093-4/TN·19

印数：1—15,000

定价：2.00元

前 言

中波调幅广播有着悠久的历史，从1920年美国匹兹堡市开始广播以来，已经历了60多年。由于中波调幅广播电波传播稳定，覆盖范围大，收音机价格低廉，所以普及很快，拥有最多的听众。但是，现行单声道中波调幅广播频带窄，缺乏立体感，因此这样的声音质量远不能满足听众要求。为了提高调幅广播声音质量，近几年来不少国家已开展了中波调幅立体声广播，尤其是美国更为活跃。可以说，调幅立体声广播已成为当今国内外广播界普遍关注的一门新技术。

调频(FM)立体声广播音质比调幅(AM)广播好，这是多年来人们所公认的，随着FM立体声广播的发展，AM广播面临了严重的挑战，据有关文献介绍，美国1986年接收FM广播的听众占全体听众的70%以上，而收听AM广播听众每年将以8%的速率下降。AM广播为了与FM广播相抗衡，争取失去的听众，唯一的出路就是努力提高广播质量，使之与FM广播相媲美。目前提高AM广播声音质量技术上主要采用广播节目预加重和AM立体声广播。

在中波段实行调幅立体声广播，不仅可以获得立体感强和音质好的声音，而且还可以克服FM立体声广播许多不足之处，例如米波段电波容易被阻挡、传播距离不远、覆盖范围小，尤其在高楼大厦林立的大城市，存在着许多电波传播的阴影区，由于电波多径传输的影响，接收条件不佳的地方音质受到损害。特别是汽车在运行中接收FM立体声广播效果很差。FM立体声广播中存在的这些问题在中波AM立体声

广播中都可以得到解决。因此，开展中波AM立体声广播 必将受到广大听众的欢迎，有着不可低估的社会效益和经济效益。

作者从事调幅立体声教学与科研工作多年，并与国内外学者建立了广泛的学术交流关系，先后发表了一批论文获得了国内外同仁的好评。鉴于目前国内还没有调幅立体声方面的专著，而读者又迫切需要了解这一新技术，现将我们的经验与体会编写成本书奉献给广大读者，以促进我国调幅立体声广播的研究和发展。

本书由南京工学院无线电系陆伟良副教授主编，南京无线电厂第二设计所朱朝阳工程师参加了第五、六章编写，特请广播电影电视部章之俭副总工程师主审。在编写过程中曾得到华南工学院无线电系黄贯光教授的指导，还得到广东人民广播电台技术部戎明亮高级工程师、电子工业部广播电视研究所李泰祯高级工程师、浙江人民广播电台技术部陈庆新和王大壮高级工程师，江苏省广播电视研究所陈楚生高级工程师、江苏人民广播电台副台长熊崇悌高级工程师的许多帮助。京津沪宁电声情报网网长马金波工程师及南京工学院科研处姚建楠和南京841研究所安翔助理工程师协助我们作了许多具体工作。南京工学院无线电系系主任谢嘉奎教授，副系主任何立权副教授对本书的编写作了许多支持。在此，一并向他们致以谢意。

限于作者水平，书中的错谬之处请读者批评指正，以便再版时修改。

作者

1988年2月于南京

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 调幅广播	(1)
一、调制与解调	(1)
二、调幅波的数学表达式	(2)
三、调幅波的频谱	(3)
1.2 国外调幅立体声广播的发展历史	(4)
1.3 中波调幅立体声广播在我国发展的 探讨	(8)
1.4 国内中波调幅立体声发展动向	(10)
第二章 调幅立体声广播制式的工作原理 及其比较	(15)
2.1 调幅-线性调相制工作原理	(16)
2.2 调幅-调频制工作原理	(17)
2.3 兼容正交制工作原理	(19)
2.4 独立边带制工作原理	(22)
2.5 兼容相位多工制工作原理	(24)
2.6 调幅立体声调制方式的比较	(27)
一、五种制式的比较	(27)
二、莫托罗拉制与卡恩制的竞争	(29)
三、浙江人民广播电台对调幅立体声制式选择	

的主要依据.....	(37)
四、我们对调幅立体声制式的看法.....	(38)
第三章 莫托罗拉制调幅立体声发射系统	(41)
3.1 莫托罗拉兼容正交制基本原理.....	(41)
3.2 莫托罗拉兼容正交调制激励器工作 原理.....	(46)
3.3 监视器工作原理.....	(59)
3.4 发射机的改装.....	(69)
第四章 莫托罗拉制调幅立体声接收 系统	(84)
4.1 C-QUAM制接收机的种类	(85)
4.2 二片式中波调幅立体声收音机电路原 理.....	(86)
4.3 三片式中波调幅立体声收音机电路原 理.....	(95)
4.4 莫托罗拉公司新推出的几种新型集成 电路.....	(98)
第五章 卡恩制调幅立体声系统	(103)
5.1 卡恩制发射系统的工作原理.....	(104)
5.2 卡恩制的特征.....	(117)
5.3 卡恩制接收系统工作原理.....	(124)
第六章 调幅立体声同步广播	(130)
6.1 同步广播的基本概念.....	(130)
6.2 同步广播实验系统.....	(131)

附录 1 调幅立体声信号发生器主要性能…………… (143)

附录 2 C-QUAM制调幅立体声专用接收机型号
…………… (144)

第一章 概论

1.1 调幅广播

一、调制与解调

我们知道，调制是将信号“装载”到高频载波上去的过程。它是由待传输的低频信号（调制信号）去控制高频载波的振幅、频率或初相位来实现的。而在无线电广播中，按调制方式分，又有调幅制和调频制。调幅制就是使高频载波的振幅按调制电压特性而变化；调频制是使高频载波振幅保持不变，而其瞬时频率按调制电压特性变化。现设一个未经调制的高频载波为：

$$v_0(t) = v_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \quad (1-1)$$

式中： v_0 为振幅、 ω_0 为角频率， ϕ_0 为初相位。

若用一调制信号去控制 v_0 ，使其随调制信号变化而变化，则为调幅；若去控制 ω_0 或 ϕ_0 ，使其随调制信号而变化则分别称为调频或调相。

经过调制后的高频载波称为已调波。已调波的波形不是用调制信号和载波相加得到的，而是通过非线性电子器件来实现的。

由于各电台的载波频率不同，所以接收机选择的电台也不同。接收机接收到某一电台的信号后进行解调，即将接收到的高频已调波放大，然后把载波上“装载”的信号取出来（按调制方式的不同，解调方式也随之不同）。调幅波需

要用幅度检波器进行幅度解调，而调频波则需要用鉴频器进行频率解调。

二、调幅波的数学表达式

在单信号调制下，设调制信号为：

$$v_{\Omega} = v_{\Omega m} \cos \Omega t = v_{\Omega m} \cos 2\pi F t \quad (1-2)$$

$v_{\Omega m}$ 为振幅； Ω 为角频率。未经调制的高频振荡即载波信号为：

$$v_c = v_{cm} \cos \omega_c t = v_{cm} \cos 2\pi f_c t \quad (1-3)$$

并且 $F < f_c$ （一般满足 $F \ll f_c$ ）。 v_{cm} 为高频载波振幅； ω_c 为角频率。 v 对 v_c 调幅后，在理想情况下，其调幅波的振幅为：

$$\begin{aligned} v_m(t) &= v_{cm} + k v_{\Omega}(t) \\ &= v_{cm} + k v_{\Omega m} \cos \Omega t \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中： k 为比例常数，表示调制信号强度与调幅增量间的比例关系。已调波的表达式可写为：

$$\begin{aligned} v(t) &= v_m(t) \cos \omega_c t \\ &= (v_{cm} + k v_{\Omega m} \cos \Omega t) \cos \omega_c t \\ &= v_{cm} (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_c t \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中： $m = k \frac{v_{\Omega m}}{v_{cm}}$ 是调幅系数，简称调幅度。当 $m > 1$ 时，

将出现过调幅，为了减少调制过程中引入的失真，必须使 $m \leq 1$ ；同时，还应力求减少附加频率分量的数目及其振幅，并使两边带长度相等。

将式 (1-5) 用三角函数展开, 求得组成调幅波的频谱分量为:

$$\begin{aligned}
 v(t) = & v_{cm} \cos \omega_c t + \frac{1}{2} m v_{cm} \cos (\omega_c + \Omega) t \\
 & + \frac{1}{2} m v_{cm} \cos (\omega_c - \Omega) t \quad (1-6)
 \end{aligned}$$

上式表明, 单音调制时, 在组成调幅波的频谱分量中间, 除角频率为 ω_c 的载波分量外, 还含有角频率为 $(\omega_c + \Omega)$ 和 $(\omega_c - \Omega)$ 的上下边带分量, 这两个边带分量的振幅均为 v_{cm} 的 $\frac{1}{2}$ 倍。

三、调幅波的频谱

根据式 (1-5) 和 (1-6) 画出单音调制时调幅波的波形图和频谱图。如图 1-1 所示。它们完整地反映了调幅

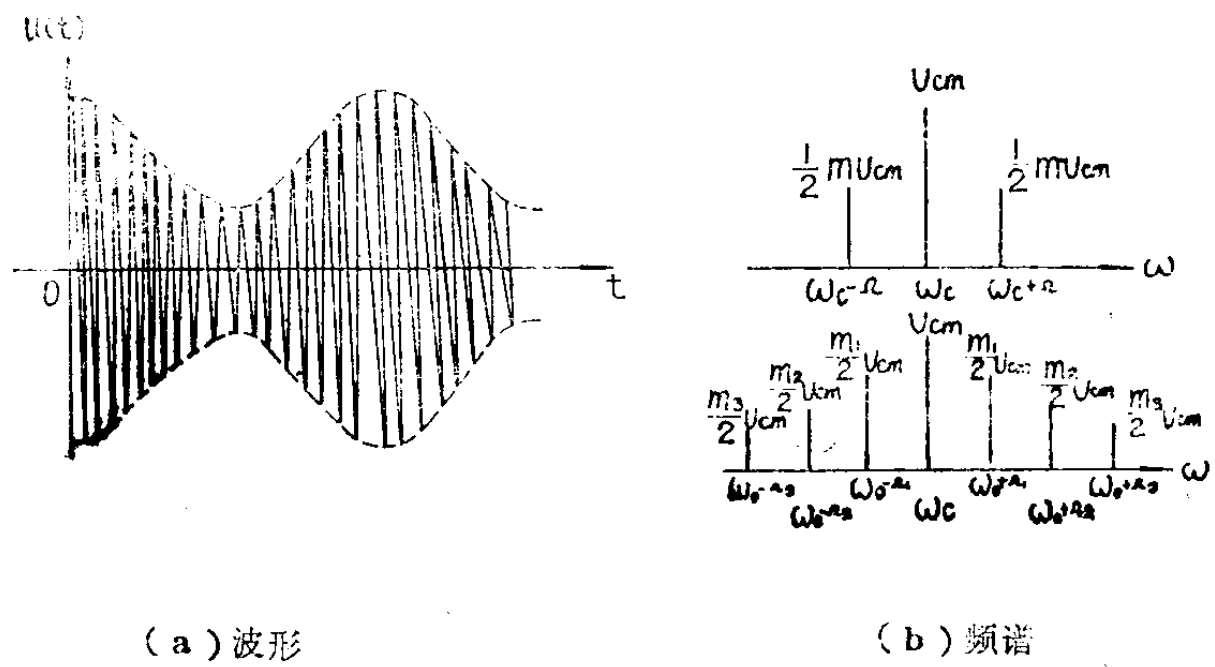


图 1-1 单音调制时的调幅波

波的时域和频域的特性。若调制信号含有 n 个频率分量，则其调幅波将含有载波分量、 n 个下边带分量和 n 个上边带分量。边频分量的幅度为 $\frac{1}{2} m_n v_0$ (m_n 为每个频率分量对应的调幅系数)。

由上可见，调幅实际上是一频谱搬移的过程。经过调幅后，调制信号的频谱被搬移到载频两边。因此，带宽为 Δf 的调制信号，其调幅波的带宽为 $2\Delta f$ 。

1.2 国外调幅立体声广播的发展历史

早在1926年，当时调频广播尚未开始，美国电话电报公司P.K.Poller就提出了一种调幅立体声广播制式（正交调制方式），但是这种制式在利用原有广播发射机及与单声道兼容上都不能令人满意。到50年代末60年代初，美国许多公司又都进行了调幅立体声广播制式的研究。由于当时调频广播尚未得到充分发展，许多广播电台不热心于调幅立体声广播，加上政府不予支持，使得调幅立体声未得到发展。近年来，由于商业上的原因，特别是汽车行业的需要，美国又积极地研究起调幅立体声广播，1977年前后提出了五种制式，即贝拉（BELAR）电子研究所的AM-FM制、哈里斯（HARRIS）公司的兼容相位多工制（CPM）、卡恩（KAHN）通信公司的独立边带制（ISB）、马格纳伏克斯（MAGNAVOX）公司的调幅-调相制（AM-PM）及莫托罗拉（MOTOROLA）公司的兼容正交制（C-QUAM），并向美国联邦通信委员会（FCC）提出了报告。由于当时技术和其它方面的

原因，FCC推迟了选用哪种制式的决定。这主要是考虑到中波调幅立体声广播频道间隔由10kHz改为9 kHz；调幅立体声的广播频带比单声道宽，夜间邻频干扰严重，与单声道的兼容还不够理想，多少会产生一些失真。另外，调幅立体声要求的负峰调幅度不得过大，覆盖半径比单声道广播小；与邻国之间原有广播协议的限制，即制式的选择涉及到邻国；接收机价格等问题。所以FCC规定以下几条标准作为立体声广播的必要条件：

1．AM立体声广播应能和现有的单声道AM广播兼容。即单声道的AM收音机可以满意地收听AM立体声电台的节目（但没有立体感），而立体声收音机可以收听单声道AM电台的节目。

2．AM立体声电台占用的频带宽度不应大于单声道AM广播所规定的带宽，以免造成对邻近频道的干扰。

3．将单声道AM电台改装成立体声电台时，原有的发送设备不应作大的改变，其覆盖范围不应显著减小。

4．立体声接收机电路应比较简单，价格应合理。

1980年4月，FCC委托美国科学技术研究院决定统一制式，研究院根据7人组成的裁判委员会投票结果决定采用马格纳伏克斯公司的调幅-线性调相制，并作为工业界调幅立体声标准制式。

美国FCC于1980年公布对五种制式的评价，如表1-1所示。

但由于表1-1所给出评价打分不够科学等原因遭到多数人反对，FCC在历史上破天荒第一次取消了自己原有的决定，重新审议五种制式。最后宣布：自1982年3月4日起，

表1-1 调幅立体声制式评价

总分：100分	马制	莫制	哈制	贝制	卡制
(1) 兼容性能					
①平均谐波失真(15)	15	9	6	9	12
②失谐的影响(5)	5	5	5	5	5
(2) 干扰特性					
①占有带宽(10)	3	4	10	5	6
②干扰保护比(10)	7	7	8	1	9
(3) 覆盖范围(以单声道为基准)					
①立体声发射，单声道接收(5)	5	5	5	5	5
②立体声发射，立体声接收(5)	/	/	/	/	/
(4) 发射机性能					
①失真(10)	8	8	6	8	4
②频响(10)	8	5	5	6	8
③杂音电平(10)	6	10	8	6	8
④分离度(10)	10	10	10	8	3
(5) 收音机的立体声效果指向天线和移动环境的影响、接收性能的变化(10)	9	8	9	5	5
合计总分	76	71	72	58	65

五种制式均可在美国进行广播，并通过市场竞争来最终确定哪一种制式。

经过四年多的竞争，趋势渐明。BELAR首先退出，MAGNAVOX态度消极，美国National Semiconductor公司原生产的解码器LM1981已停止生产。1984年4月HARRIS制将其导频频率由55Hz改为25Hz，表示向MOTOROLA靠拢。1984年12月两家公司经过协商，HARRIS公司决定不再参加竞争，所属工厂只生产MOTOROLA制调幅立体声激励器。目前在美国实际上只存在KAHN与MOTOROLA两种制式的竞争。

全美国共有调幅广播电台约4500个，据美国无线电广播协会调查，其中1/3的电台希望调幅立体声广播早日实施。据统计，世界上已有400多个中波立体声广播电台，试播的国家有美、日、澳大利亚、加拿大、巴西、南非、南朝鲜、新西兰、西班牙、北爱尔兰、哥伦比亚、委内瑞拉等12个国家。其中澳大利亚和巴西分别于1984年10月和1986年1月选择MOTOROLA制式作为国家标准制式，加拿大也于1987年4月作了同样选择。

近年来，日本有关部门也很热衷于研究调幅立体声广播，有的工厂已研制出优质中波收音机，证明中波广播可以有很好的音质，有的公司还做了调幅立体声同步广播的室内试验。但是，日本邮政省对制式的选择持冷静态度，不象商业电台那样热火朝天，生产厂商注意到多种制式并存的局面，研究生产多种制式的调幅收音机。

1.3 中波调幅立体声广播

在我国发展的探讨

众所周知，目前流行的调频立体声广播由于工作在超短波波段（87~108MHz），使用的是调频方式要比调幅方式有很多优点，即频带宽、抗干扰性能好、失真小、动态范围大，所以调频收音比调幅收音的音质要好。同样地，调频立体声要比调幅立体声的效果好。

但是，世界上的事物是复杂的，有些结论的成立往往有一定的条件。是否因为实现了调频立体声广播就用不着去搞中波调幅立体声广播了呢？从国外发展情况来看，中波调幅立体声是在调频立体声有很大发展情况才进一步发展的。究其原因就是因为中波与超短波比较各有优缺点，从电波传播角度看，超短波是视距传播的，即调频立体声只限于大中城市。而中波传播的距离比较远，几百公里外仍有可能接收中波广播，这是超短波无法实现的。我国幅员广大，地形复杂，利用调幅广播可将全国连成片、结成网。此外，调频广播在服务边界处收听效果较差。在大城市中，由于许多高层建筑的影响，调频广播还存在着多径传输问题，收听效果也不理想。尤其在大城市中，汽车收音机接收调频立体声广播效果较差，而用中波调幅立体声广播收听效果就大大优于调频立体声广播。

另外，单声道中波调幅广播仍是目前传送节目的主要方式（估计今后相当长的一个时期内，调幅广播仍将是我国广播的主要手段）它拥有最大多数的听众，充分利用中波广播

并改善其质量来满足人们的要求还是十分必要的。很久以来，许多人认为中波广播由于频带较窄、音质差、夜间干扰严重，实现立体声是不必要的。然而，正如上节所指出的，国外许多科学家对中波调幅立体声广播作了深入研究，认为中波仍是传送声音的优良媒介。中波广播虽不能说比调频广播好，但也可以达到好的音质。过去中波广播音质不好，除了广播电台本身的原因外，还有收音机的质量不好造成的。现代集成电路工艺及降噪技术的发展完全可以使中波调幅收音机质量改善。预加重技术的应用完全可以使中波发射质量获得改善。在此基础上应用调幅立体声新技术，将使中波广播出现新的面貌。

为此作者认为：第一，国内一些城市在发展调频立体声广播时，可同时发展中波立体声广播。这样可以改善拥有最多听众的中波广播的质量。在对外开放及旅游城市可利用中波立体声建立交通安全电台用来指挥汽车安全驾驶，减少交通阻塞与人身伤亡事故。

第二，在国内还未发展调频立体声广播的中小城市优先发展中波调幅立体声广播。这是因为改造原有调幅发射机所化的费用不多，群众购买调幅立体声收音机只需增加不多的费用可接收远比目前单声道要好听得多的调幅立体声节目，将是可以接受的。从社会效益看，由于中波立体声广播可以大大改善收听面，增进人民身体健康，正确引导广大青少年欣赏高尚的音乐，抵制黄色音乐毒害青少年。

第三，在美、日等技术先进的国家对中波立体声制式未统一，各制式竞争剧烈情况下，我国抓紧时机看准国际发展潮流，及早确定制式，发展中波立体声，这样可以大大推动

国产中波立体声收音机的发展，早日打入国际市场。

另外，国内生产中波立体声收音机还可以作为汽车收音机安装于中外合资生产的汽车（如上海与西德合作生产的桑塔纳轿车、南京与意大利合作生产的菲亚特汽车等），争取创汇。

第四，国内发展中波立体声可以促使收音机技术更新，刺激目前不景气的收音机生产发展。新型中波立体声机将采用降噪技术（如采用DNR系统）及数字选台技术，这样可为现有比较陈旧的收音机带来新的生命力，可以大幅度地促进收音机、收录机的需求量。据不完全统计，仅广东省就拥有2500万台收音机，如更新20%，每台新机器以30元计，收音机潜在市场就达1~1.5亿人民币。

以上是有利方面的分析，而在我国发展中波立体声广播还需解决一系列技术问题，如我国中波广播已构成了全国同步广播发射网，中波立体声广播需解决与同步广播的相容问题，否则将会影响中波广播的服务范围，降低收听质量。此外，从发展中波立体声接收商品市场方面，也需要作进一步的技术经济分析。为此，在我国发展中波立体声广播的技术政策需待有关主管部门在分析研究的基础上制订。

1.4 国内中波调幅立体声发展动向

近年来，国内有不少专家、学者专门撰文介绍中波调幅立体声技术。

国内已有浙江人民广播电台通过引进MOTOROLA制式激励器改造一部10kW国产发射机已于1986年7月19日开始

试播，这样可以对MOTOROLA制式发射与接收质量进行全面试验验证。

南京工学院无线电系在无线电收发设备研究方面具有悠久历史，在中波调幅立体声方面开展工作已有多多年。1986年6月研制成一套MAGN A VOX制式小功率发射实验系统，并以1520kHz频率作了开路试验取得了一定的经验，南京工学院与江苏人民广播电台、南京无线电厂联合于1986年5月2日达成共同开展“中波广播调幅立体声发射与接收研制”的协议。

华南工学院无线电系在此领域已就“调幅立体声广播制式的论证”及“中波立体声同步广播的失真度、分离度的研究”取得了不少理论研究成果。

广东省广播电视厅于1985年12月26日向广播电影电视部技术局提出关于申请承担中波广播调幅立体声制式验证科研任务的报告。

1986年9月26日浙江人民广播电台和南京工学院无线电系联合发起在杭州召开了调幅立体声学术研讨邀请会，到会单位有广东、上海、江苏人民广播电台、华南工学院、南京无线电厂、南通无线电厂、杭州群英无线电厂等单位。会议主要内容为交流学术报告；参观浙江人民广播电台调幅立体声发射台，试听调幅立体声广播；探讨发展我国调幅立体声的途径。与会代表对浙江中波调幅立体声实验播送试听情况表示满意，实测调幅立体声发射机的主要技术指标都超过了FCC对调幅立体声广播技术的要求，对浙江台于1986年7月19日首次在我国实验试播中波立体声广播表示祝贺。这为改善和提高中波广播质量迈出了可喜的一步。由南京无线电厂和南