

单边带通信

应忠于 主 编

杨占同 主 审

大连海事大学出版社

内容提要

本书主要讨论 IC—M710 电台工作原理。全书共分八章，第一章为单边带通信概述；第二章为单边带通信机；第三章为 IC—M710 电台的使用；第四章为 IC—M710 电台方框图及工作原理；第五、六章为 IC—M710 各单元工作原理；第七章为电台的故障分析与维修；第八章为 TCR—154 自适应跳频短波数字化电台。

序

出于职业需要，我一直关注着图书市场公开出版的有关单边带短波通信方面的书籍，可结果总是令人失望，根本无法用“缺乏”来形容这种现象，确切地说应是“空白”。好不容易找到一本，翻开一看，却是 20 世纪 70 年代短波电台（如 74 型单边带电台）的介绍，而目前实际工作中使用的新型单边带设备的介绍书几乎没有。

听闻应忠于副教授要公开出版《单边带通信》一书，心里甚感欣慰。在被应邀写序时，起初心里很怵，毕竟是专业性极强的书籍啊！可翻阅整稿后，本人为本书及本书的作用所感动，一是本书内容前沿，所介绍的设备是目前广泛使用的机型，具有极强的实用性；二是本书介绍详细，前后层次分明，尤其是书中的工作信号流程图分析，逻辑性强且易懂，可见作者在这方面是花了深功夫的；三是专业书的编写需要足够的勇气。专业书必须严谨、严密，它的立足点就是作者必须具备雄厚的专业知识，所以一般人是不敢动笔的，这也是图书市场极少见到此类书籍的原因之一。作者的勇气感染了我，于是，我也斗胆地为此书写序，与其说是序，倒不如说是本人对此书的一点感叹。

也许此书在编写的连贯上尚有欠缺之处，在信号流程的分析上透彻力和深度不够，个别内容的分析思路也会引起同行们的争议。但我坚信，此书的公开出版，不仅将成为广大通信工程人员的学习参考书，而且也将成为研究单边带电台信号流程的专业工具书。

黄胜波

2004 年 10 月

前 言

本书在多年教学实践的基础上，依据新的课程教学大纲编写而成。本书刻意于基础性与实践性。在分析介绍基本物理概念的基础上，对目前海警部队较多使用的 IC—M710 电台进行了重点的分析讨论，并对具体的故障进行了归纳分析，同时还对新近发展的数字化电台及新的通信技术做了必要的介绍。本书既可作为公安边防通信技术专业（大专）的教材，也可作为公安边防海警部队的培训及相关人员学习使用。计划教学时数为 90 学时。

本书由公安海警高等专科学校雷通教研室主任黄胜波、副教授杨占同审阅。在编写过程中，还得到本教研室的徐双珊教员的大力帮助，在此一并致谢。

由于编者学术水平有限，书中存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 8 月 18 日

目 录

第一章 单边带通信概述.....	(1)
第一节 单边带信号分析.....	(1)
一、语音调制的调幅信号	(1)
二、语音调制的单边带信号	(2)
第二节 单边带通信制和调幅通信制的比较.....	(3)
一、单边带通信制的优点	(3)
二、单边带通信制存在的问题	(4)
第三节 单边带通信的工作种类.....	(5)
一、单边带通信工作种类的规定	(5)
二、船舶通信用常的工作种类	(6)
第四节 单边带通信线路上数据信号的传送.....	(7)
一、数据信号简述	(7)
二、数据信号传输的几种键控制度	(8)
三、频率键控信号的产生	(9)
四、频率键控信号的接收.....	(11)
思考题	(12)
第二章 单边带通信机	(13)
第一节 单边带通信机的主要性能指标	(13)
一、发射系统的主要性能指标.....	(13)
二、接收系统的主要性能指标.....	(14)
三、发射机的输出功率和驻波比的测量.....	(15)
第二节 单边带发信机	(16)
一、单边带发信机的组成及各部分的作用.....	(16)
二、单边带信号的产生.....	(18)
第三节 边带滤波器	(21)
一、滤波器的一般概念.....	(21)
二、边带滤波器.....	(22)
第四节 单边带信号的放大	(25)
一、高频宽带前置放大器.....	(26)
二、传输线变压器.....	(29)
三、功率合成器.....	(31)
四、自动电平控制电路.....	(31)
第五节 单边带收信机	(32)
一、单边带收信机的组成框图.....	(32)
二、单边带接收机的主要电路.....	(33)

第六节 单边带信号的接收	(36)
一、单边带信号的解调	(37)
二、单边带收信机中恢复载频产生的方法	(38)
第七节 单边带接收机的自动增益控制系统	(39)
一、自动增益控制电路(AGC)的作用	(39)
二、自动增益控制电路(AGC)的组成及原理	(40)
三、单边带收信机自动增益种类	(41)
思考题	(44)
第三章 IC-M710 电台的使用	(45)
第一节 电台的技术性能	(45)
一、性能概述	(45)
二、发射机	(45)
三、接收机	(45)
第二节 电台的组成、安装和连接	(46)
一、电台的组成	(46)
二、电台的安装	(46)
三、电台连接	(47)
第三节 常用天线的性能与使用	(48)
一、天线的种类	(48)
二、常用天线介绍	(48)
第四节 前后面板的功能	(51)
一、前面板	(51)
二、显示屏	(53)
三、后面板	(54)
第五节 电台的通信操作	(55)
一、波道选择和使用	(55)
二、频率置入	(55)
三、语言通信操作	(56)
四、扫描操作	(56)
第六节 电台的菜单及功能设定	(56)
一、面板菜单设定	(56)
二、内部功能菜单设定	(57)
第七节 电台其他功能的开发与应用	(59)
一、等幅报的发送与接收	(59)
二、移频报的发送与接收	(59)
三、警用 GPS 护卫王数据通信	(60)
思考题	(61)
第四章 IC-M710 电台框图及工作原理	(63)
第一节 电台的整机结构及功能	(63)

一、电台板块组成·····	(63)
二、各单元的位置与连接·····	(63)
三、各单元的功能·····	(63)
第二节 收信机框图及频谱·····	(65)
一、收信机框图·····	(65)
二、频谱分析·····	(67)
第三节 发信机框图及频谱·····	(70)
一、发信机框图·····	(70)
二、自动电平控制电路·····	(71)
三、频谱分析·····	(72)
思考题·····	(73)
第五章 IC-M710 电台主单元工作原理·····	(74)
第一节 主单元收信道工作原理·····	(74)
一、输入电路·····	(74)
二、频率搬移——混频器电路·····	(77)
三、线性放大部分·····	(78)
四、接收功能控制电路·····	(80)
第二节 主单元发信道工作原理·····	(83)
一、调制器和二中频放大电路·····	(83)
二、发信第三混频器·····	(84)
三、射频宽频带放大电路·····	(85)
四、自动电平控制电路(ALC)和降功率控制电路(APC)·····	(85)
第三节 主单元电源电路工作原理·····	(88)
一、常8 V、5 V供电电路·····	(88)
二、-5 V供电电路·····	(89)
三、收、发8 V产生电路和键控电路·····	(89)
思考题·····	(90)
第六章 IC-M710 电台其他单元工作原理·····	(91)
第一节 功放单元工作原理·····	(91)
一、功放单元电路·····	(91)
二、电源供给电路·····	(92)
三、保护电路·····	(94)
第二节 锁相环单元工作原理·····	(95)
一、锁相环框图·····	(96)
二、信号电路·····	(96)
第三节 电台控制工作原理·····	(97)
一、逻辑单元控制电路·····	(98)
二、主单元控制电路·····	(98)
三、音频信号处理电路·····	(100)

第四节 滤波器单元工作原理	(101)
一、滤波器工作方式	(101)
二、滤波器电路工作原理	(102)
三、天线开关电路	(104)
思考题	(105)
第七章 电台的故障分析与维修	(106)
第一节 检修的基本知识	(106)
一、检修程序	(106)
二、检修原则	(107)
三、压缩步骤	(108)
四、检修方法	(109)
五、针对本电台的维修方法	(113)
六、检修注意事项	(113)
第二节 常用仪表、工具使用	(114)
一、万用表	(114)
二、示波器的使用	(116)
三、W570 功率计的使用	(120)
第三节 电台内部主要器件外形及功能	(122)
一、主要外设接口	(122)
二、电台元器件名称与结构对照	(123)
三、主单元 IC ₁₃₂ 管脚功能描述	(125)
第四节 电台的拆卸、组装与调试	(126)
一、电台的拆卸、组装	(126)
二、电台的调试	(127)
第五节 常见故障及排除方法	(134)
一、误操作造成的表面故障	(134)
二、安装不慎或误操作引起的机器外围故障	(135)
三、机器内部器件变质产生的常见故障	(136)
思考题	(138)
第八章 TCR-154 型数字化电台	(139)
第一节 短波无线电通信发展方向	(139)
一、比较成熟的短波通信技术	(139)
二、短波电台向软件化发展	(140)
三、通信设备的制造工艺	(141)
第二节 TCR-154 型数字化电台概述	(142)
一、概述	(142)
二、收发信机使用性能	(142)
三、发信机电性能	(143)
四、接收机电性能	(143)

五、数字式自动天线调谐器性能	(143)
六、自适应/跳频单元电性能	(144)
第三节 TCR-154 型数字化电台的操作	(144)
一、TCR-154 电台面板	(144)
二、编程	(147)
三、通信操作	(152)
第四节 TCR-154 型数字化电台框图及信号流程	(158)
一、各单元板块的功能	(158)
二、收信道信号流程	(159)
三、发信道信号流程	(160)
第五节 自动天线调谐器	(160)
一、引言	(160)
二、自动天线调谐器的基本原理	(160)
三、自动天线调谐器安装、使用与维护	(162)
思考题	(162)
参考文献	(163)

第一章 单边带通信概述

我们知道，人耳能听到的声音频率约在 20 Hz~20 kHz 的范围内，通常把这一频率范围叫做音频。声波在空气中传播的速度很慢，约为 340 m/s，且衰减很快。一个人无论怎样喊，声音也不会传得很远。为把声音传向远方，常用的方法是把它变成电信号播送出去，这任务一般由话筒和扬声器完成，当人们讲话时，话筒输出相应的电压，电压的变化规律与声音的变化规律相同，经过媒介以后到扬声器转换成声音信号，达到远距离传输的目的。

从话筒获得的电信号的强度一般很小，通常为几毫伏至零点几伏，需用音频放大器进行放大。放大后的信号利用导线传播出去，再经喇叭还原成声音，这就是有线广播。

怎样才能不用导线将声音传播出去呢？

我们知道，交变的电磁场可以利用天线向天空中辐射，但天线的尺寸必须和电磁振荡的波长可以比拟，才能把电磁振荡有效地辐射出去。音频的波长为 $1.5 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^6 \text{ m}$ ，要制造与音频尺寸相当的天线显然是不可能的。因此，直接将音频信号辐射到空中去是很不容易的。即使辐射出去，各电台发射的信号频率可能都相同，在空间多种信号混合后收听者也无法选择接收信号。

因此，必须利用频率更高(波长更短)的电振荡，并设法将音频信号“装载”到高频振荡之中，然后由天线辐射出去。这样，天线尺寸可以比较小，不同的电台也可以采用不同的高频振荡频率，彼此之间可以互不干扰。

需要辐射出去的信号除了音频信号外，还有如雷达、电视、电报、数字通信中的各种信号等等。

对这样一些要借助于高频振荡传输出去的原始信号，我们称之为控制信号或调制信号。

调制信号控制高频信号的过程叫做调制。被调制的高频信号称为载波，经过调制后的高频信号称为已调信号。

接收端从已调信号中检取出原始信号的过程称为解调或检波。

调制的方法是多种多样的，例如对连续波的调制方法有：调幅、调频、调相、边带调制等；对数字信号的调制有移频键控、移相键控等。

随着无线电通信的迅速发展，在短波波段内出现两个突出问题，一是在本波段范围内尽量增加无线电通道数目，即力求压缩每个信道的带宽；二是减少不必要的辐射，增加通信距离。单边带通信是在调幅制基础上发展起来的一种高效率的通信方式，已在中频、高频、甚高频通信中得到了广泛的应用。

第一节 单边带信号分析

一、语音调制的调幅信号

通常的语音信号是包含多种频率成分的信号，可用下式表示：

$$U_{\Omega}(t) = \sum U_{\Omega n} \cos(\Omega_n t + \Psi_n)$$

式中, $U_{\Omega n}$ 、 Ω_n 、 Ψ_n 分别表示语音信号中第 n 个频率分量的振幅、角频率和初相角。设载波为

$$u_c(t) = U_c \cos(\omega_c t + \Psi_c)$$

由调幅概念可知, 受语音调制的调幅信号的表示式为

$$u_{\Omega}(t) = U_c [1 + \sum m_n \cos(\Omega_n t + \Psi_n)] \cos(\omega_c t + \Psi_c)$$

式中, m_n 是调制信号中第 n 个频率分量的调幅系数。此式表明: 受语音调制的调幅信号的包络与调制信号的波形一致[其波形及频谱图如图 1-1 (b) 所示], 可改写成

$$\begin{aligned} u_{AM}(t) = & U_c \cos(\omega_c t + \Psi_c) + \\ & 1/2 U_c \sum m_n \cos[(\omega_c + \Omega_n)t + (\Psi_c + \Psi_n)] + \\ & 1/2 U_c \sum m_n \cos[(\omega_c - \Omega_n)t + (\Psi_c - \Psi_n)] \end{aligned} \quad (1-1)$$

这表示受语音调制的调幅信号是由载波及上、下边带所组成。从式中可看出, 强大的载频中不包含任何信息, 载频本身和调制信号无关, 所要传递的调制信号(声音信号)在上下边带之中, 而且两个边带中包含着完全相同的信息。

另外, 调幅波所占有的频带宽度是调制信号中最高频率的两倍, 即

$$B_{AM} = 2\Omega_{\max}$$

而在调幅波的功率中, 真正有用的是边带功率。由计算可知, 当 $m=1$ 时, 上、下边带的功率之和仅是载频功率的一半。

由以上分析可知, 调幅制通信是一种低质量的通信方式, 它的功率的利用率不高, 设备的利用率不高, 占有的频带宽。在短波通信十分拥挤的当代, 后一点是很大的缺陷。同时, 从电波传播的角度来看, 调幅制通信中还存在着选择性衰落现象, 电波会产生严重的失真。

由于在调幅波的每一个边带中都含有所需传递的全部信息, 所以理想的调制方式应当是: (1)没有载频; (2)只有一个边带。采用一个边带传送, 而抑制另一个边带和载频(或部分抑制载频)的通信方式称为单边带通信。

二、语音调制的单边带信号

从调幅信号中任取一个边带(如上边带), 即为

$$\begin{aligned} u_{USB}(t) = & \frac{1}{2} U_c \sum m_n \cos[(\omega_c + \Omega_n)t + (\Psi_c + \Psi_n)] \\ & (1-2) \end{aligned}$$

式(1-2)即为受语音调制的单边带信号的表达式。将式(1-2)与(1-1)绘制成波形图和频谱图[如图 1-1 (b)、(c) 所示], 从波形和频谱上相比较可知:

(一)从频谱上看

调幅信号由载频和上、下边频三部分组成, 被传递的信息仅仅包含在两个边频之中; 单边带信号的各频率分量, 是把调制信号的频谱在频率轴上平移 ω_c 所得, 即单边带调制实际上是使调制信号的频谱在频域上作直线运动。

(二)从波形上看

1. 调幅波的包络形状和调制信号的波形一致。

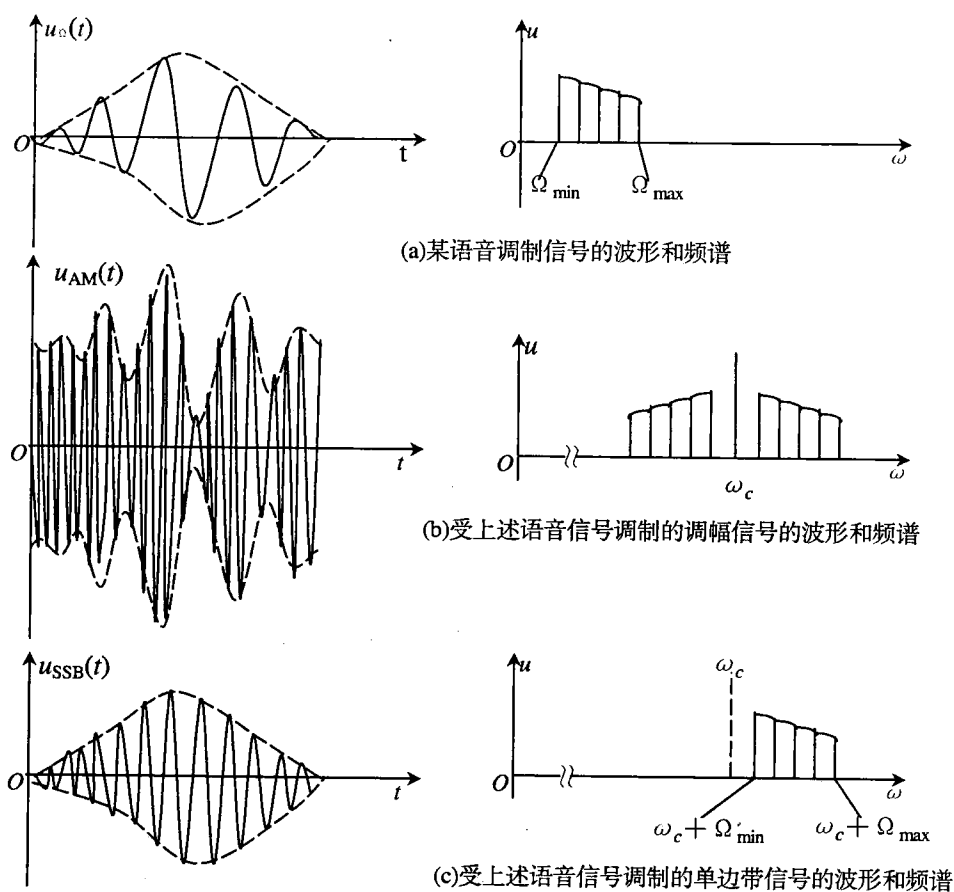


图 1-1 受语音调制的调幅信号和单边带信号的波形和频谱

2. 单边带信号的包络形状与调制信号的包络形状一致，而和调制信号的波形不同。

3. 单边带信号各频率分量的振幅是调制信号相应分量的 $\frac{1}{2} m_n$ 倍，相位 $(\omega_c + \Omega_n)t + (\Psi_c + \Psi_n)$ ，是个调幅调相波，也即接收单边带信号不能像接收调幅信号一样采用包络检波的方法来恢复信号，而应类似单边带调制一样，将单边带信号进行频谱搬移，恢复原调制信号的频谱，此过程称为单边带信号的解调，也即相干解调。

第二节 单边带通信制和调幅通信制的比较

在研究了受语音调制的调幅信号和单边带信号的波形和频谱的基础上，本节进一步比较两种通信制度的优缺点。

一、单边带通信制的优点

(一) 节约频谱

单边带通信是利用一个边带传递信号，而调幅通信是利用二个边带进行通信，其频谱宽

度小于调幅信号频谱的一半，故可提高信道利用率。

（二）节约功率

由相关计算可知：当 $m=1$ 时，单音调制的调幅波载波功率占总功率的 $\frac{2}{3}$ ，一个边频的功率仅占总功率的 $\frac{1}{6}$ 。

当 $m<1$ 时，边频占的比重更小，由此可见，调幅波的总功率大部分消耗在不含信息的载波上，而包含信息的边带功率只占极少的部分。

对于单边带通信来说，由于抑制了载波，其发射的功率几乎全部用来传递信息，所以节约了功率。

（三）受电波传播条件影响小

对于远距离的短波通信，电波传播是靠电离层反射实现的，而电离层也具有折射和吸收作用。折射和吸收对电波有什么影响呢？

电离层的吸收性对电波的影响。由于电离层对不同频率的电波吸收能力不同，使信号各频率分量之间的大小发生相对变化，造成传播过程的失真。

由于电离层的吸收和折射作用，调幅信号载波衰减或相移的结果会使调幅信号产生严重失真，且通信距离越远，这种选择性衰落就越严重；对于单边带信号，由于载波已被抑制，边带信号各频率分量之间又没有直接的相位和幅度依从关系，故大大减少了选择性衰落的影响。

（四）便于实施多路复用

在调幅制通信中，只能传送一路话，但在同样宽的频带中，单边带通信制却可以同时传送两路单边带话。

另外，如果进行移频电报通信，一路单边带话可通二路移频报；若采用频分制的方法，一路单边带话路内可同时传递 12 路报。

综上所述，单边带通信制是一种高效率的无线电通信方式。

二、单边带通信制存在的问题

（一）收发两端的载频要求严格同步

单边带信号的调制和解调过程实际上是一个频率搬移过程，为了在接收端恢复出原来的调制信号，要求收信机的载波频率和发信机的载波频率严格同步。

（二）对边带滤波器的衰减特性要求高

单边带信号的产生主要采用滤波法，因调制信号频率较低（300~3 000 Hz），而载波频率较高，故经过调制后的有用边带和无用边带相距很近，只差 600 Hz，要完成滤除无用边带的任务，对滤波器的衰减特性提出很高的要求。

（三）对收、发信设备的线性要求高

单边带信号放大器必须是线性的，否则不但会使信号产生严重的失真，而且因交叉调制的出现还会对相邻频道产生干扰。

据此，单边带收、发信机的设备比较复杂。由于单边带收、发信机的频率稳定度高，就为移频印字报通信创造了条件，也为预置好工作频率后可以不寻找、不微调，使用方便提供了可能。

第三节 单边带通信的工作种类

一、单边带通信工作种类的规定

工作种类又称工作类型或者发射类型，单边带发信机是多功能的，应能满足各种通信任务的要求。

1979 年国际电联无线电行政大会通过的无线电规则中规定：完整的工作类型包括五个字符。其中前三个字符是必须遵循的基本特征，后两个字符是可以选用的附加特征。

基本特征由两个字母和中间夹一位数字组成。其中：

第一位字符为字母，表示主载波的调制方式。

其中：A —— 双边带调制；

B —— 独立边带；

C —— 残余边带；

F —— 频率调制；

G —— 相位调制；

H —— 单边带全载波；

J —— 单边带全抑制载波；

K —— 用幅度调制的脉冲系列；

P —— 未调制的脉冲系列；

R —— 单边带减幅或变幅载波。

第二位字符为数字，表示调制信号的性质。

其中：1 —— 单路，不用调制副载波，但包括量化或数字的信息；

2 —— 单路，采用副载波调制，包括量化或数字的信息；

3 —— 单路，包含模拟信息；

7 —— 双信道或多信息，包括量化或数字的信息。

第三位字符为字母，表示所发信息的类型。

其中：A —— 人工接收的无线电报；

B —— 自动接收的无线电报；

C —— 传真；

D —— 数据传输，遥测技术，遥控操作；

E —— 无线电话(包括广播)；

F —— 电视(视频)。

第四位符号为字母，表示信号的详细说明。

例如：A —— 各单元具有不同数目或持续时间的双态代码；

B —— 没有纠错的各单元具有相同数目和持续时间的双态代码；

C —— 有纠错的各单元具有相同数目和持续时间的双态代码；

F —— 每个状态或状态的组合代表一个字符的多态代码；

J——商用音质的声音。

第五位符号也为字母，表示复用的性质。

例如：N——没有复用；

C——码分复用；

F——频分复用。

二、船舶通信常用的工作种类

(一)电话体系

电话体系方面常用的工作种类有：A3E, H3E, R3E, J3E, F3E, G3E 等。

1. A3E——双边带调幅电话

双边带调幅发射虽然无线电已不许使用，但广播业务仍在使使用。这类发射是射频载波全幅发射，其上、下两个边带携带同一信息。最高调制峰值功率比载波功率高 6 dB。如以 M 表示最高调制频率 (Hz)，则发射需要的带宽为

$$B_n=2M$$

其频谱图如图 1-2(a)所示。

2. H3E——单边带全载波电话

这类发射虽然只有一个边带，但载波照常发射而没有衰减，其最高调制峰值功率同样比载波功率高 6 dB。H3E 工作种类主要应用于遇险和安全的目的，规定在 2 182 Hz, 4 125 kHz, 6 215.5 kHz 的频率上使用，这样也能为一般调幅机所接收，即与调幅制兼容。此类发射带宽为

$$B_n=M$$

其频谱图如图 1-2(b)所示。

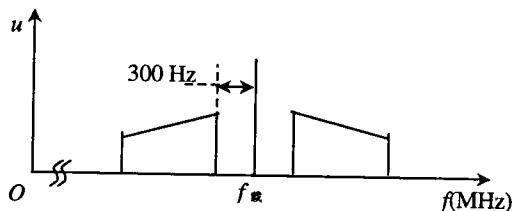
3. R3E——单边带减幅载波电话

这类单边带发射是使载波功率降低到最高调制峰值功率以下 16~26 dB，随同边带一起发射出去。接收机可以从 R3E 信号中提取导频作标准频率，利用它来控制接收端的频率源，使收、发端的载频保持同步，以减轻对频率稳定度的要求；便于和从事搜索救助的飞机进行通信，因为在航空通信中，为克服飞机高速运动中产生的多普勒频移，单边带机工作在 R3E 类；便于在无线电中使用压缩扩张系统，利用导频提供连续信号，以控制接收机的频率和增益。

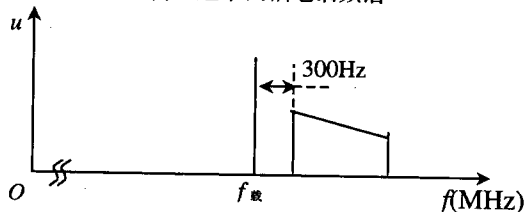
此类发射带宽为

$$B_n=M$$

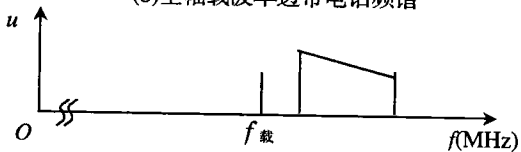
其频谱图如图 1-2(c)所示。



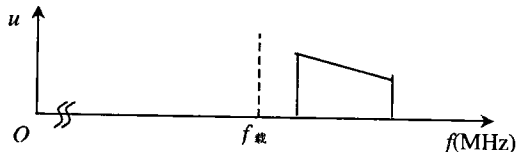
(a)双边带调幅电话频谱



(b)全幅载波单边带电话频谱



(c)减幅载波单边带电话频谱



(d)抑制载波单边带电话频谱

图 1-2 无线电电话频谱图

4. J3E——单边带抑制载波电话

这类发射只发送一个边带，而将载波几乎全部抑制掉，抑制后的载波电平低于最高调制峰值 40 dB，目前使用的频率源或频率合成器，其置定频率稳定度可达到 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 的数量级，因此可以不用自动频率控制而进行抑制载波发射。

抑制载波发射特别有利于军事无线电话通信，因为敌方要利用测向器来测定抑制载波发射机的位置比利用上述其他工作种类困难得多。

此类发射带宽为

$$B_n < M$$

其频谱图如图 1-2(d)所示。

5. F3E——调频电话；G3E——调相电话

(二)船用电报体系

在船用电报体系方面常用的有：A1A，A2A，H2A，F1B 等。

其中：A1A——双边带等幅键控报。也叫连续波振幅键控，常用字母 CW 表示的是用二进制电报信号直接启闭发射机的射频载波。

A2A——双边带调幅键控报。调幅波振幅键控不同于连续波振幅键控，电报信号控制的不是等幅波，而是一个音频调制的已调波——调幅电报。

H2A——单边带全载波调幅键控报(在单边带机中代替 A2A)。

以上属于人工键控的莫尔斯报。

F1B——移频键控自动报。移频键控报是使用两个幅度相等，但不同频率的音频振荡波来传递电码符号，按照电码的规律，传号采用较低的频率 f_1 ，空号采用较高的频率 f_2 。

第四节 单边带通信线路上数据信号的传送

一、数据信号简述

数据信号是不连续的离散消息，由码元所组成，而每个码元只有两种状态，通常用“1”或“0”表示。

“1”表示支路内有电流或是正方向电流，称有电信号或“传号”。

“0”表示支路内无电流或是反方向电流，称无电信号或“空号”。

电码是数据信号的一种，有均匀码和非均匀码两种。非均匀码又称莫尔斯电码，这种电码是以不同数量的基本电流脉冲的不同组合来代表报文中每个符号的。如图 1-3 所示为不均

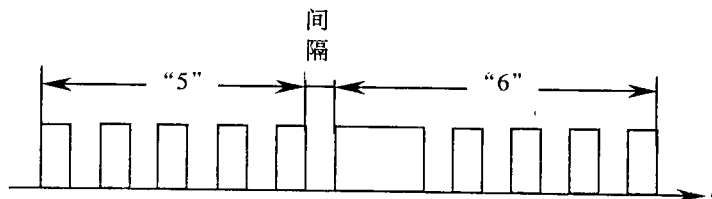


图 1-3 不均匀电码组合举例

匀电码组合举例。

均匀电码是以数量相同宽度相等的基本电流脉冲码元的不同组合来表示报文中的不同符号。数据信号不能直接用无线的方式传播，必须将数据信号调制到高频振荡上，才能进行无线传送。

二、数据信号传输的几种键控制度

一个高频振荡有 3 个可调制的参量，即振幅、频率和相位。所以用离散的数字信号对高频振荡调制时对应应有 3 种不同的键控制度，即振幅键控制、频率键控制和相位键控制。

(一) 振幅键控制 (ASK)

振幅键控制是最简单的线性调制。它是利用负载信息的数字信号的两个不同状态键控一个连续的载波（高频振荡），使载波时有时无，有载波振荡时表示发送“1”，无载波振荡时发送“0”，键控后的高频振荡的波形如图 1-4 所示。

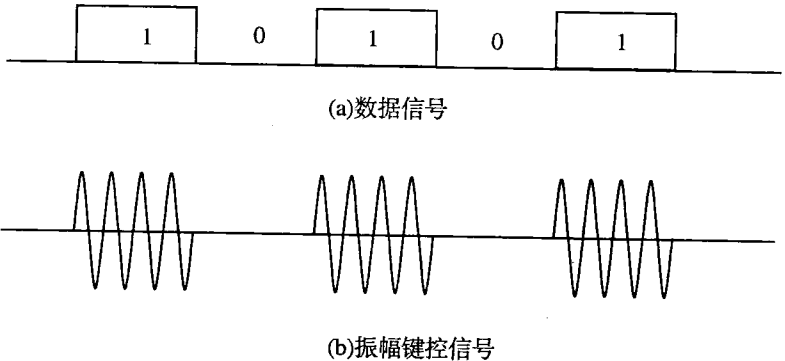


图 1-4 振幅键控时的高频振荡

(二) 频率键控制 (FSK)

频率键控是指高频振荡的频率受数据信号的不同状态控制。当数据信号为电报信号时，由这种频率键控制方法所得到的信号称之为移频电报信号。

在只传送一路数据信号的情况下，由于数据信号只有两种不同状态，所以可用两个不同的振荡频率分别表示，如“1”时频率为“ f_1 ”，“0”时的频率为“ f_0 ”。 f_1 、 f_0 称为“键控频率”，受键控的高频振荡的波形如图 1-5 所示。

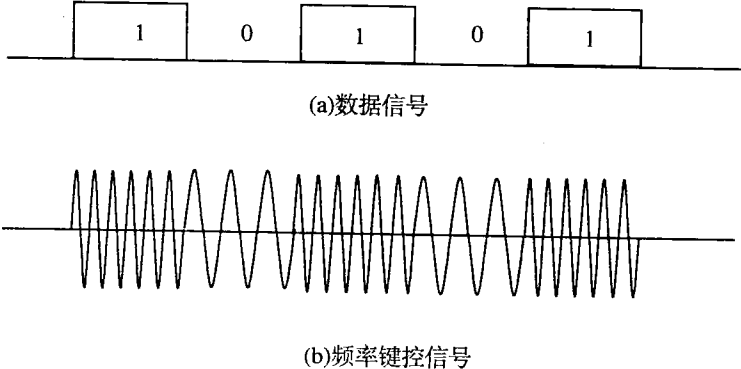


图 1-5 单路频率键控时的高频振荡