

·高等学校教材·

微波中继通信

杨家成 曹达仲 编

黑龙江科学技术出版社

一九八七年·哈尔滨

内 容 提 要

本书全面地论述了微波中继通信系统的工作原理及各种组成方案。

全书共分七章：微波中继通信系统的基本概念；微波中继通信系统的基带信号；FDM-FM制微波中继通信系统的高频设备；微波中继通信系统的噪声及失真；微波传播及天线；数字微波中继通信；微波中继通信系统的设计原则。全书以模拟通信系统为主，以系统的组成方式为重点。

本书是高等工科院校通信专业、无线电技术专业教材，也可供从事这方面工作的科技人员参考。

责任编辑：焦德福

微波中继通信

杨家成 曹达仲 编

黑龙江科学技术出版社出版

（哈尔滨市南岗区建设街35号）

依安印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米16开本 9.625印张 210千字

1987年6月第1版·1987年6月第1次印刷

印数：1—3,000册

书号：15217·233

定价：2.10元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

目 录

第一章 微波中继通信的基本概念	(1)
第一节 微波中继通信概述	(1)
第二节 微波中继通信系统的工作原理	(2)
第二章 微波中继通信系统的基带信号	(5)
第一节 多路电话信号的复用及基带	(5)
一、概述	(5)
二、频分复用的原理	(6)
三、基带信号的组成	(6)
第二节 电视信号的基带	(10)
一、电视信号的组成	(10)
二、电视信号的基带	(10)
第三章 FDM-FM 制微波中继通信系统的高频设备	(12)
第一节 微波中继通信系统的组成	(12)
一、微波中继通信系统的各类站	(12)
二、各类站的频谱关系	(13)
第二节 微波中继通信系统的调制制式	(13)
一、调制的分类	(13)
二、微波中继通信中的调制制式	(14)
第三节 频分制微波中继系统的高频设备	(14)
一、调制制式的确定	(14)
二、终端站的高频设备	(14)
三、中继站的高频设备	(15)
第四节 微波收发信机	(18)
一、微波收发信机的组成	(18)
二、电平的概念及表示法	(20)
三、微波收发信机的主要技术指标及其意义	(20)
四、微波收发信机电平图	(21)
第五节 波道倒换与导频	(23)
第六节 微波联络机	(24)
第七节 主站设备组成及系统方框图	(25)
第八节 基本的微波部件	(25)

一、微波固体振荡源	(25)
二、微波混频器	(30)
三、分路滤波系统	(34)
第四章 微波中继通信系统的噪声及失真	(36)
第一节 关于噪声的基本概念	(36)
一、概述	(36)
二、噪声系数	(36)
三、等效输入噪声温度	(37)
四、多级网络的总噪声系数	(38)
五、多级网络的总等效输入噪声温度	(39)
六、无源网络的噪声系数和等效噪声温度	(39)
第二节 调频热噪声	(41)
一、单正弦波对载频信号的干扰	(41)
二、群频热噪声	(42)
三、话路单元频带 dF 内调频热噪声功率	(43)
四、话路中的热噪声及信噪比计算	(44)
第三节 微波中继系统里的信号失真	(46)
一、概述	(46)
二、群时延	(47)
三、群频电路的非线性失真	(48)
四、调频通道的线性失真	(50)
五、微分增益与微分相位	(52)
六、调频传输系统中的小反射对基带信号的失真	(56)
第五章 微波传播及天线	(58)
第一节 电波在自由空间里的传播	(58)
第二节 地面对电波传播的影响	(59)
一、概述	(59)
二、电波在光滑地面上的传播	(60)
三、电波在球形地面上的传播	(62)
第三节 大气对微波传播的影响	(65)
第四节 微波在传播中的衰落	(66)
一、概述	(66)
二、衰落的表示法	(68)
三、用瑞利衰落概率分析衰落特性	(69)
第五节 抗衰落的一般方法	(70)
第六节 微波天线的主要特性及形式	(73)
一、天线的方向性图	(73)
二、天线增益	(74)
三、微波天线的形式	(75)

第六章 数字微波中继通信	(79)
第一节 数字微波中继通信的特点及组成	(79)
一、数字微波中继通信网的组成	(79)
二、数字微波中继通信的特点	(80)
第二节 信号的 PCM 编码	(82)
一、PCM 制的编码和解码	(82)
二、同步与时分多路	(83)
三、PCM 系统的带宽 B	(85)
四、数字信号传输的要求	(86)
五、信噪比与传送差错的关系	(87)
六、再生中继	(89)
第三节 数字微波调制与解调技术	(89)
一、基本概念	(89)
二、二相调相、解调器	(91)
三、四相调相器	(93)
四、数字调相信号的解调	(95)
第四节 提高频谱利用率的高速传输方法	(98)
一、八相 PSK 方式	(99)
二、正交调幅 (QAM)	(101)
三、幅相键控 (APK)	(105)
第五节 同步信号恢复	(108)
一、数字信号的频谱	(108)
二、用直接法提取载波	(108)
三、位同步信息的提取	(112)
第六节 数模兼容	(116)
第七节 数字微波通信系统举例	(117)
一、主要技术指标	(118)
二、系统的微波收、发信机组成	(118)
第七章 微波中继通信系统的设计原则	(123)
第一节 射频频率配置	(123)
一、概述	(123)
二、波道频率配置的原则	(124)
三、波道频率配置与系统内各种干扰的关系	(124)
四、波道频率排列的设计方法举例	(128)
第二节 对系统特性的主要要求	(130)
一、微波中继通信线路的基本方程	(130)
二、基本参数	(130)
第三节 系统设计中的抗噪声考虑	(131)
一、调频接收机的门限电平	(131)

二、预加重及去加重技术	(132)
第四节 路由选择	(136)
第五节 系统的主要指标分配及设计举例	(137)
一、频分制微波中继系统的参考假设电路	(137)
二、加权	(138)
三、噪声分配	(139)
四、举例	(139)
五、电视假设参考电路	(142)
复习题	(144)
参考文献	(145)

第一章 微波中继通信的基本概念

第一节 微波中继通信概述

微波中继通信是现代化的通信手段之一。它是要解决城市与城市之间、地区与地区之间、部门与部门之间的大容量信息的传输问题。微波中继通信线路主要是服务于长途电话及电视节目的传输。采用微波中继通信线路在某些工矿企业，如石油、电力、铁路部门可以建立专线来传输遥控、遥测及通讯信号。

在大容量信息的传输中，传递的信号是多路信号。因此，这种系统的重要特点之一，就是要实现多路复用，对所传输的各种信号能合起来，也能分得开，使它们互不影响。现在常用的复用方法是频分复用及时分复用两种制式。在大容量的多路通信中，多采用频分复用的制式；如果要求有较好的抗干扰性，则采用时分复用方式为宜。为了能容得下多路信号，微波中继系统就要有较宽的通频带。另外，为了能传输较宽频谱的基带信号，通信系统的射频频率就应当高一些。所以这种系统的第二个特点就是射频工作在微波波段。微波是以空间波的形式在站间进行传播的，在传播过程中容易受地面障碍物的影响而产生反射及绕射。它的传播特性与光的传播特性相似，通常只能在视距内传播。所以，如果要进行远距离传输的话，就只能采取接力的方式，即采用中继方式，这就是此种通信系统的第三个特点。

微波中继通信干线的射频波长通常是5厘米到20厘米。从技术上讲，工作在高波段的设备在制作上比较困难，但却较易获得足够宽的频带。在大容量干线上常用的波段有三个：1700~2300MHz，平均波长为15厘米；3400~4200MHz，平均波长为7.89厘米；5900~6400MHz，平均波长为4.88厘米。第一个波段用于600路的设备，第二个波段用于960路，第三个波段用于1800路。在微波中继通信中不使用波长短于3厘米的波段，因为在这个波段上大气情况对传播的影响较大。

根据微波的传播特点，微波中继通信线路上的中继站（或称中间站）的配置通常是彼此之间相隔40~60公里，以相距46公里为一个标准段。微波天线安装在铁塔上，铁塔的高度应当保证两相邻台站的天线满足微波作视距传播的要求。由于地面的高低不平及为了避开地面上的一些障碍物，天线塔一般高达几十米。微波收发设备就安装在天线塔附近。为了缩短连接天线与微波收发信机的高频馈线的长度，可以建筑一个专门的混凝土塔楼，在楼顶安放天线，在塔楼里安装有关设备并设置工作室。

在山区架设天线时，不一定要架塔。当地理条件有利时还可适当增加两站间的距离，一般以不超过100~150公里为宜，否则由于信噪比过份减小而影响传输质量。如果受到地形限制而不得不增大站间距离，就只能通过改进设备性能来保证传输质量。如我国已建成的一万多公里960路微波中继通信线路中，由于多种原因，普遍存在着站距过长的问题。据不完全统计，站距超过60公里的中继段占总段数的百分之三十七，其中超过80公里以上的中继段占百分之八点五，有的站距达到160公里。在这些中继段上，两端

站的接收信号电平比标准段收到的电平低，线路的噪声电平增加，通信质量受到严重影响。若由于地形条件不能缩短站距，就只能从改进设备性能来提高信噪比。解决的措施是在高频机架收信混频器之前加装低噪声前置放大器，以便降低接收机的噪声系数，保证获得足够的输出信噪比，使通信质量达到要求。

微波中继通信与其他波长较长的无线电通信相比，有以下的优点：

(1) 工作在微波波段的收发信机可以具有很宽的通频带，所以能传输宽频带的信号如电视信号或路数很多的电话信号。

(2) 微波波段的电磁波传播基本不受昼夜及季节的影响，所以比较稳定。

(3) 在微波波段，天电及工业干扰等脉冲性干扰实际上不起作用。所以，微波中继通信受这些干扰的影响很小。

(4) 在微波波段工作的天线可以获得很好的方向性。由于天线增益高，可以减小发射功率的要求而获得满意的通信效果。

(5) 在某种程度上能比较方便地克服地形带来的不方便，有很大的灵活性，比电缆通信的成本低，可以节省有色金属，施工也较快。

微波中继通信的缺点是中继站比较复杂。有时为了适合地形条件，不得不把中继站设置在山顶上，这就给维护检修工作带来不便。从通信保密性上看，与其他形式的无线通信一样，微波中继通信也是容易失密的。由于它的方向性好，所以其保密性比一般的无线通信好一些。但尽管如此，在天线主波瓣复盖的范围之内，还是有可能截获信号的。因此，在国境附近或对于保密性要求较高的部门，在使用这种通信手段时应考虑到怎样解决保密问题。

第二节 微波中继通信系统的工作原理

微波中继通信系统是由若干个终端站及中继站所构成。对于一条线路，具有两个终端站，而中继站的数目将决定于线路的传输距离。在每个站上设置许多复杂的设备，包括微波收发信机，天线及馈线设备，电源及辅助设备等等。对于要“加上”或“取下”话路（或电视）的站，还应设置相应的复用设备。

在微波中继通信线路上可以传输多路电话及电视节目。为了提高通信容量并节省设备，通常在一条线路上配置几个“高频波道”。每一个高频波道本身就是一个完整的传输系统，它有独立的射频及相应的设备。我国现已投入使用的 960 路微波设备包括有六个高频波道，每一个高频波道可以传输 960 路电话或一路彩色电视节目。各个高频波道之间有一定的频率间隙以防止互相干扰。从设备上，每个高频波道是由一连串的收发信机等组成，如图 1-1 所示。各高频波道的发射机所输出的信号经过相应的滤波网络（称为分路滤波器）加到同一副天线上辐射出去。图中共有 N 个高频波道， T 表示微波发射机， R 是微波收信机， F 表示相应的分路滤波器。对于同一个方向，每一个站上可安装一副发射天线及一副接收天线，也可共用一副天线兼作发射及接收之用。如果是共用一副天线，就应采用不同的电波极化方式，用极化分离器把收、发信号分开。

对微波中继通信设备的电气性能及结构性能有很严格的要求，这是为了保证整个系统有好的质量指标及可靠性。微波中继线路上的发信机功率不太大（约几瓦），所以接

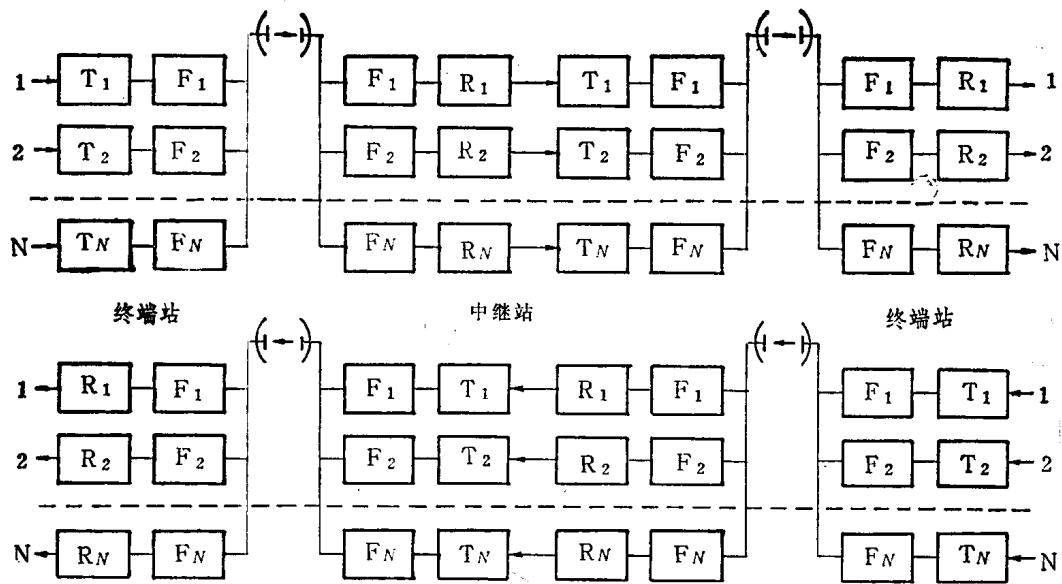


图 1-1 由 N 个高频波道组成的微波中继系统

收机要有很高的灵敏度和很小的固有噪声电平。为了降低串音，无论是发信机还是接收机都要求有好的频率特性及小的非线性失真。对于频率失真可以用均衡网络来校正。非线性失真主要是由调制器与解调器的非线性特性所产生，因此要减少非线性失真必须减小这两个部件的非线性。为了使失真限制在允许的范围之内，在系统设计上采取配置几个高频波道的办法，使每个高频波道的相对带宽不至于太宽，以确保调制设备、放大设备工作在线性区域。

在微波中继通信线路上的各站里既有发射设备，又有接收设备，它们被安装在同一个机架上。发、收的信号电平相差悬殊，为了防止回授干扰，即避免发射的信号被本机架的收信机接收到，收信和发信频率应当不相同。当然，每个中继站均可选择不同的频率，但这样会使系统占的频带太宽。实际上，微波波段的电磁波通常是在视距内传播，距离较远时信号就很微弱了，越站干扰是很小的。因此，可以每隔一站重复使用某一个射频频率，在整个线路上只需两个频率即可，这称为“二频制”，如图 1-2 所示。对于

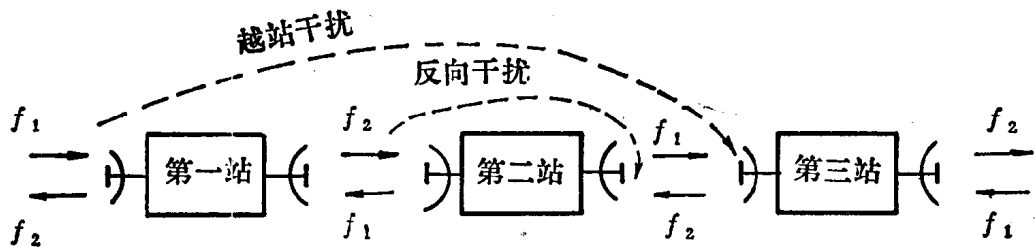


图 1-2 二频制频率配置

其中某一个站来讲，同时向两个方向进行发射和接收。该站的两部收信机工作在相同频率，两部发信机则工作在另一个频率。相同电平级的信号具有相同的频率，而收、发频率之间保证有一定的频率间隔，这样就抑制了回授干扰。二频制的优点是所占的频带较

窄，所以在多波道的系统中常采用二频制。其缺点是某个方向的收信天线可能会收到从相反方向来的信号，如图 1-2 中的虚线所示。第一站向第二站发射信号的频率为 f_2 ，第二站右边的天线应当接收第三站发射来的信号，其频率也是 f_2 。实际上，第二站的左、右向两副天线是安装在同一个天线塔上，如果右边天线的反向防卫度不够高，那么就可能收到从第一站来的信号而引起干扰。为了减少这种干扰，要求天线具有很高的反向防卫度，使反方向来的信号比正方向来的信号衰减 70dB 左右。但这种方法不能消除由天线附近的建筑物、山丘等的反射所引起的反方向干扰。因此，在选择每个中继站位置时应仔细观察周围的环境。这是很重要的。

除了二频制以外，还有一个办法是采用“四频制”。所谓四频制就是在一个中继站上采用四个不同的频率。它们分别被用于前、后两个方向的收、发信机。每隔一个站四个频率又重复使用一次。如图 1-3 所示。由于前向、后向接收到的信号之间有一个频率差，所以可避免反向干扰，对天线的反向防卫度的要求也可以降低些。这种方案的缺点是所占用的频带比二频制的频带宽。另外，由于地形及传输条件的关系，在线路上可能会产生越站干扰。

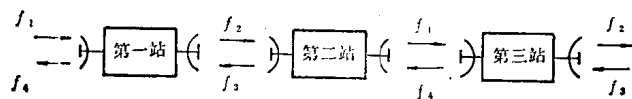


图 1-3 四频制频率配置

第二章 微波中继通信系统的基带信号

第一节 多路电话信号的复用及基带

一、概 述

普通的单路电话线路只能传输一路话音信号。这种线路很不经济，特别是远距离传输时线路的造价很高，仅传输一路信号显然是很浪费的。复用就是使多路信号能同时在一条线路上传输，以提高经济效益。

线路的复用是通过专门的复用设备实现的，这种设备被称为终端设备。不同的复用方式，不仅对终端设备的要求不一样，而且对整个通信系统的性能要求也不一样。微波中继通信的复用有两种方式：频分复用（FDM）和时分复用（TDM）。频分复用是借助于频谱搬移技术按一定规律将各路话音信号的频谱互相错开，顺序排列，组成一个宽频谱的综合信号，实现多路信号的同时传送。而时分复用是使每路信号在时域内分别占用不同的时间间隔，以实现多路信号的同时传送。

目前使用的载波机主要是采用频分复用的方式，而在微波中继通信系统中为了便于与有线传输接口、有利于有线与无线的转接，就直接采用各种载波机的程式来组成频分复用的终端设备。对于时分复用的中继通信要用专门的脉冲调制终端设备。关于脉冲调制的问题将在第六章阐述。

频分复用的微波中继通信线路的方框图示于图 2-1。各路的话音信号电流送入设

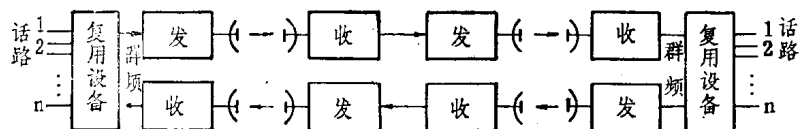


图 2-1 复用的微波中继线路

置在长途电话局里的载波机（终端设备）被组合成综合信号，称为群频信号，用这个群频信号去调制高频振荡。在线路的接收端，这个高频信号被检波而恢复出群频信号，再经过终端设备（载波机）把群频信号分成各路话音信号送到用户。在频分复用的微波中继通信线路上使用的微波收发信机通常采用调频制（FM），即把群频信号对高频信号进行频率调制。因为这种方式能得到较好的抗噪声性能，使系统的输出信噪比增大，提高了传输质量。在时分复用方式中，由于所采用的 PCM（脉冲编码调制）系统本身已有了较好的抗干扰能力，所以对高频的调制采用振幅调制。如果再用频率调制的话，则所占的频带就太宽了。

二、频分复用的原理

能够实现频分复用的基本根据是：

- (1) 利用变频器对信号进行频谱的搬移；
- (2) 利用滤波器对不同频率的信号进行分隔。

频分复用的原理可以用图 2-2 来说明。有 n 条话路 S_1, S_2, \dots, S_n 分别送入振幅调制器 M_1, M_2, \dots, M_n 而得调幅信号。我们安排每一个调制器的载频是不相等的，

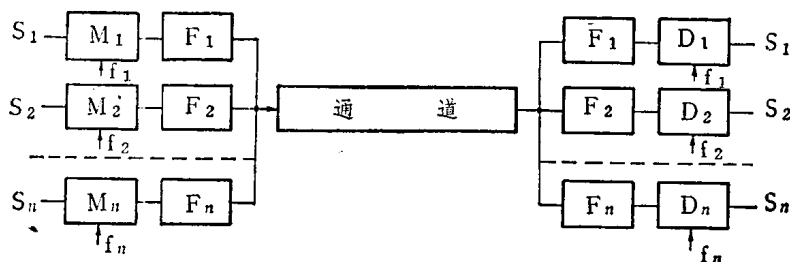


图 2-2 实现频分复用的方框图

它们依次排列在频率轴上，互相间有一定的频率间隔。所得的各调幅信号分别通过带通滤波器 F_1, F_2, \dots, F_n ，这些带通滤波器只让调幅信号的下边带通过，而滤除其上边带及副载频 f_1, f_2, \dots, f_n 。然后，把各个下边带滤波器的输出信号相加，便可得到一个综合信号，即群频信号。这个群频信号经通道传输到达接收端，使用与发端相对应的手段对该信号进行滤波分离，分别取出各路的下边带信号。最后，在各单边带解调器上分别注入副载频信号 f_1, f_2, \dots, f_n ，于是可恢复得各路的话音信号。

频分复用的办法是很巧妙的。各路话音信号之所以能顺从地进行频谱搬移、合并，又分离成各话路，其关键是各部件的工作频率要很准。对收发两端滤波器的特性应有严格的要求，否则就会产生频率失真。更为重要的是收发两端的副载频必须频差极小，如果它们的频差超过 50 赫，就会引起严重的失真。采用单边带调制的目的是节省频带，减少干扰。至于滤除上边带还是下边带并

无原则区别。但因为采用下边带传输可以充分利用设备的频带，所以载波机本身一律采用下边带传输，其频谱示于图 2-3。图中 (a) 表示一般的调幅信号频谱；(b) 表示下边带频谱。为了

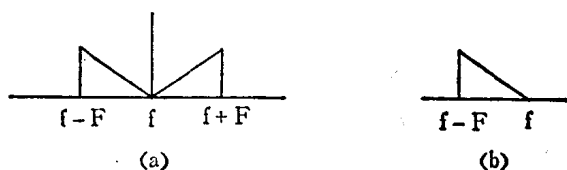


图 2-3 调幅信号频谱表示法

便于分清调制信号高低频分量的位置，用三角形的长直角边表示频率轴，用三角形的短直角边表示高调制频率的谱。

三、基带信号的组成

1. 基群信号的组成

载波机的型号、规格已经标准化、系统化了。在干线通信线路中，载波机的系列是

以 12 路信号的综合作为一个基本群信号,称为基群。两个基群就构成 24 路,五个基群构成 60 路。依此类推,可有 120 路、300 路、600 路、960 路、1800 路载波机等。

现在来分析 12 路载波机的频谱关系。为了便于理解,用图 2-4 说明。图中的 12 个话路信号各自通过低通滤波器,把频谱限定在 0.3~3.4kHz 之内。副载波频率分别选为 64, 68, 72, 76, 80, 84, 88, 92, 96, 100, 104, 108kHz。调制以后取出每一路的下边带, 12 路的下边带合起来得到从 60~108kHz 宽的群频信号,即基群, 又称 12 路组。为了

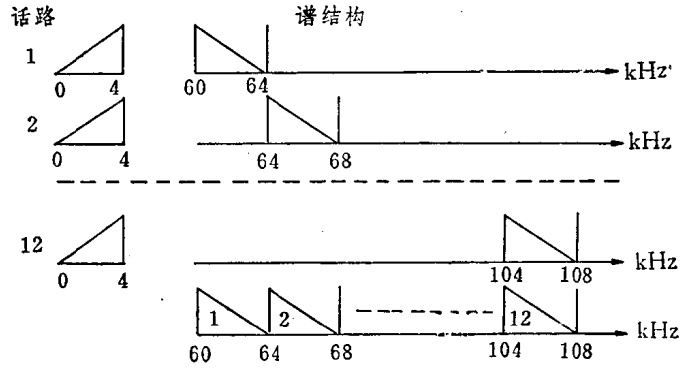


图 2-4 12 路载波机信号谱结构

简化讨论,把基群信号用一个符号表示,如图 2-5 所示。在图 2-6 里示出了实现 12 路组信号谱结构的简单方框图,这是第一路的方框图,其他十一路与此相仿,只是将副载波频率及带通滤波器的频率作相应变动即可。输入端的话路信号经差分电路进入调制器,差分电路对于从接收支路过来的信号有很大的衰耗。

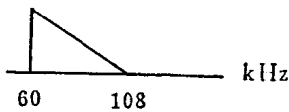


图 2-5 一个基群的频谱

使收、发总回路中不会产生振鸣。话音信号经过调制器,取出下边带,再与来自其他话路发送支路的下边带相合,即得 12 路组信号。话路的调制器与解调器共用一个振荡器供给副载波。用谐波振荡器产生 4 kHz 倍数的相应副载波。取出下边带的带通滤波器通常是用晶体滤波器来实现的,它的特性陡峭,能保证区分开各个话路。因为晶体滤波器结构上的限制,它的截止频率不能低于 50~60kHz,因而就决定了基群信号的最低频率不得低于 60kHz,也就限制了 12 路组的工作频带。

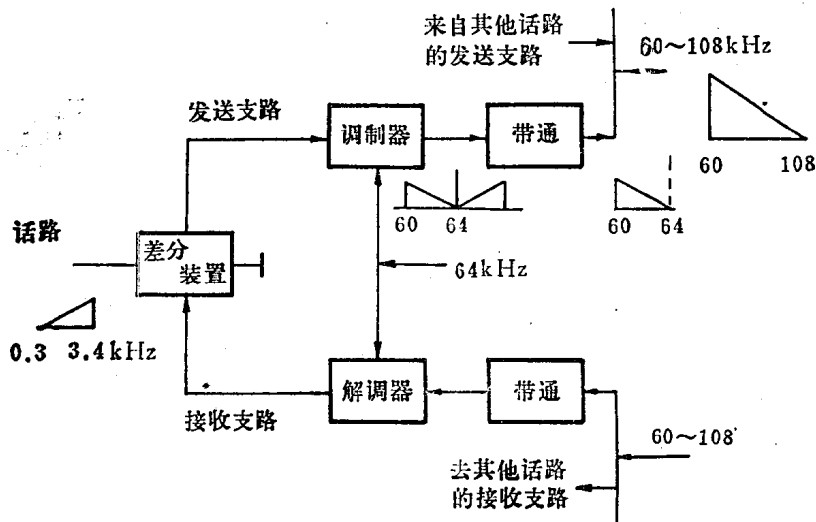


图 2-6 实现 12 路组信号谱结构的简单方框图

2. 24路组信号的组成

如果用一个120kHz的振荡信号与基群进行群频率变换,就可得到12~60kHz的另一个12路组,再与原来的基群相合即得24路组信号。12~60kHz的12路组信号可由图2-7所示的方案获得。60~108kHz的基群经过带阻滤波器加在群调制器上,与120kHz的群载频信号进行群变频得到12~60kHz的群信号。低通Ⅰ用以滤除60kHz以上的分量,带阻滤波器的作用是滤除120kHz群载频振荡的反向泄漏。低通Ⅱ是保证60~108kHz的基群通过。低通Ⅲ的作用是让12~60kHz的群信号通过,而抑制掉180~228kHz的镜像干扰频带。所谓镜像干扰是120kHz的群载频与60~108kHz的基群产生的和频所形成的干扰。

图2-8所示的方框图,表示出将基群与12~60kHz群信号相加即得24路的群信号。图中用两个标准的12路组直接得到24路输出,各部分的功能一目了然,不再赘述。

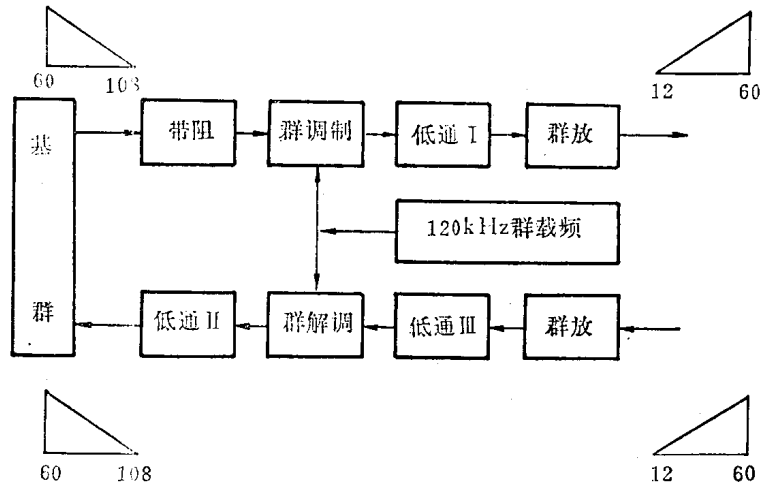


图 2-7 12~60kHz 群信号的获得

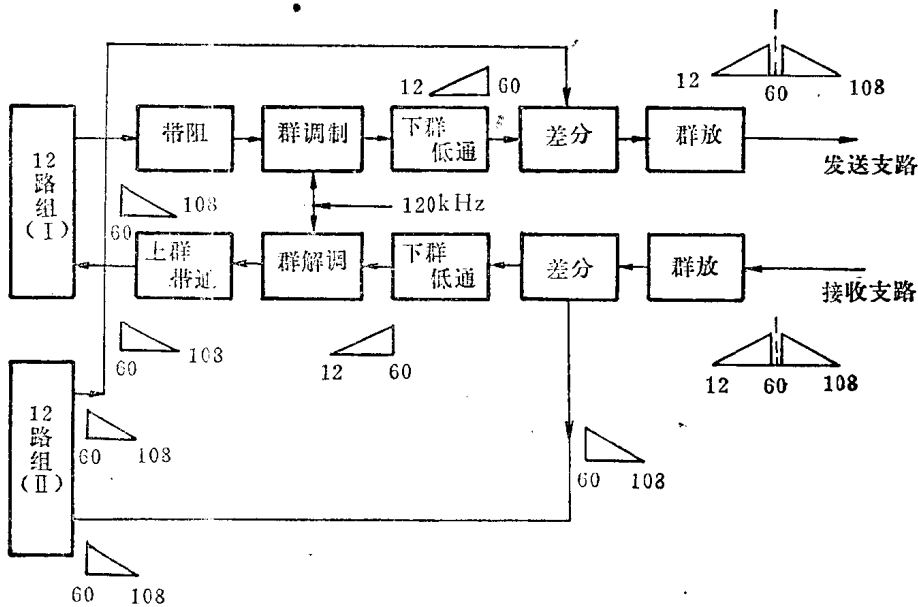


图 2-8 24路组设备的构成原理

3. 高路组的组成

采取与上述相类似的方法，对基群进行第二次群变频，就可得路数更多的群信号，从而得到高路组输出。现在通用的标准是对五个基群进行组合，得60路组，称为超群。图2-9表示一个超群设备发送支路的构成原理。五个基群信号分别被副载频420, 468, 516, 564, 612kHz所调制，在群调制器的输出端经过带通滤波器 F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 分别取出312~360, 360~408, 408~456, 456~504, 504~552kHz的频带信号。整个设备的输出为312~552kHz的60路群信号。

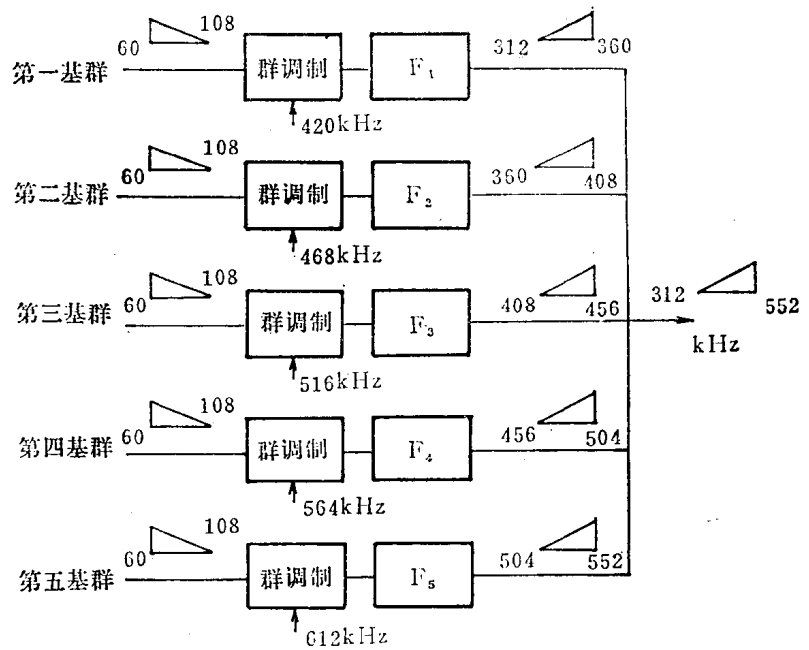


图 2-9 超群发送支路构成原理

关于接收支路的构成，与发送支路相似，只要将群调制器改为群解调器即可。

利用超群信号的组合还可以得到路数更多的路组，称为主群。图2-10是获得960路信号的发送支路原理图。960路是16个超群组合成的主群。超群信号是从312~552kHz，而为了充分利用频带，在312kHz以下再安插一个超群。这16组群信号除去第二组之外，

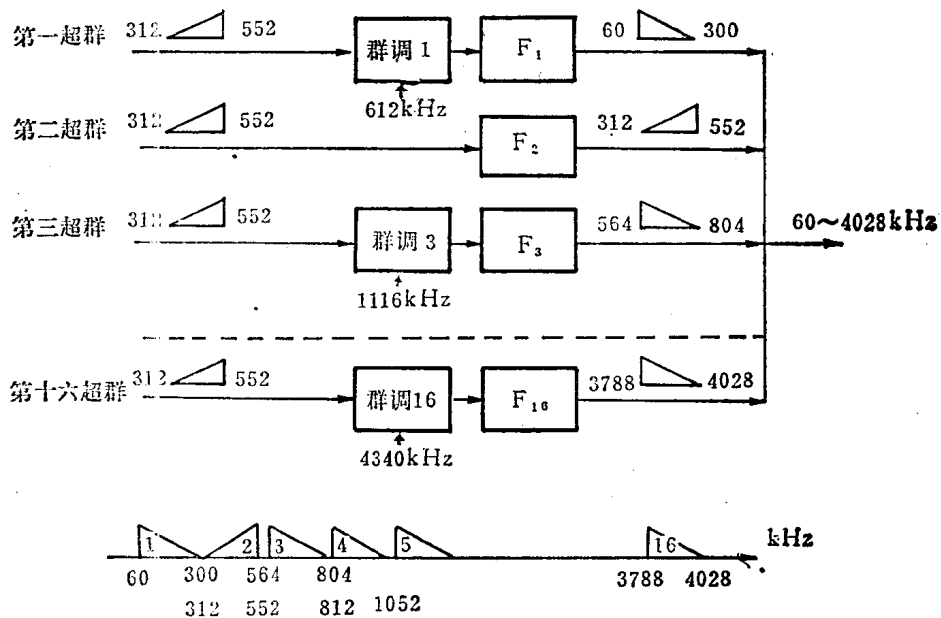


图 2-10 960路组终端设备发送支路构成原理

其他15组要再经过一次群调制,取出下边带。15个超群副载频分别为612, 1116, 1364, 1612, 1860, 2108, 2356, 2604, 2852, 3100, 3348, 3596, 3844, 4092, 4340kHz。为了使各个超群信号之间不至于因为滤波特性不佳而引起干扰,在超群与超群之间留有8kHz或12kHz的频率间隔。由以上分析可知,不同的路组得到不同频宽的群频信号。960路电话的群频频谱为60~4028kHz。

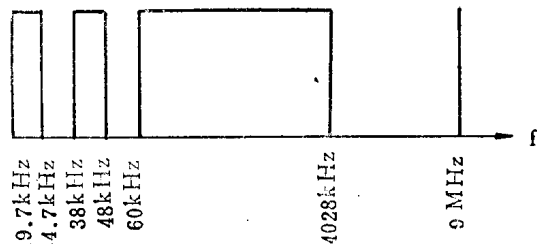


图 2-11 960 路电话信号的基带组成

实际上除了群频信号之外,在制式上还可加入两路由广播终端机送来的广播信号,频率分别为19.7kHz~34.7kHz和38kHz~48kHz。同时,还要加入9MHz的导频信号(见第三章,第五节),与群频信号一起组成960路电话信号的基带信号,如图2-11所示。

第二节 电视信号的基带

一、电视信号的组成

电视信号是反映运动景物的图象信号,是从零频率直至6MHz的宽带视频信号。根据我国的电视标准,采用625行,25幅的隔行扫描制。就是把每幅图象分成两场,即由奇数行构成的场及偶数行构成的场。所以行扫描的频率为15625Hz,场扫描频率为50Hz。为了保证收端图象与发端图象的同步,在传输视频信号时还必须加入行同步和场同步信号。用同步信号来控制电子束的扫描速度及扫描顺序。但是每当电子束扫描完一行(或一场)要返回到下一行(场)的起点时,就会在屏幕上出现回扫线迹,因而破坏了图象质量。为此,必须相应地加入行、场消隐信号。当电子束回扫时,消隐信号关掉电子枪的发射,使屏幕上实际不再显现回扫线。所以,一个全电视信号由视频信号,行、场同步信号及行、场消隐信号所组成。

二、电视信号的基带

1. 电视系统的分解力

电视传输的基本原理是把一幅图象分解成许多象素,并且把这些象素按照一定的规律变成电信号再进行传输。电视图象的清晰度,决定于电视系统的分解力,而电视系统分解的最小图象单元为象素。所以,电视图象的清晰度决定于所传输的象素数目。

分解力分为垂直分解力与水平分解力两种,它可以用一定调制度下的线数来衡量。垂直分解力表示了垂直方向能分辨出黑白相间条纹的最大数值。它决定于扫描行数,但并不等于扫描行数。因为在一场周期内,电子束扫描有正、逆程两个过程,在消隐掉场