

# 调频电话电视 微波传输

---

43.2

---

四川科学技术出版社

责任编辑：王蜀瑶

封面设计：胡绍中

技术设计：周红军

**调频电话电视微波传输**

张燕迪 张郢初 李晋德 编著

---

四川科学技术出版社出版、发行

(成都盐道街三号)

新华书店重庆发行所经销

重庆新华印刷厂印刷

统一书号：15298·302

---

1987年4月 第一版 开本787×1092毫米1/16

1987年4月 第一次印刷 字数420千

印数1—6,500册 印张16.25 插页1

定 价：3.55元

---

## 内 容 提 要

本书较详细地论述了用于传输调频电话、电视信号的模拟微波中继系统。

依据国际标准和国家标准，通过对系统的理论分析和各种噪声及失真的产生、计算和测量，给从事微波传输工作的工程技术人员提供了系统设计的理论依据。

---

## 前 言

在当今信息社会中，通信是人们获取、传递、交换信息的重要途径，而微波通信正是现今投资省、效益高、容量大的一种现代通信方法。我国已把微波通信作为电话、电视、广播等多种信息传输的重要手段，并建立了各种微波传输专用网。为此我们编著了这本书，从理论和实践上依据国际和国家有关标准对模拟微波通信系统进行了详细的分析计算和论述。本书兼顾理论和设计两方面，既考虑到了理论系统的完整性，又考虑到了工程设计上的实用性。

本书主要供从事模拟微波电话电视传输的科研、设计、维护工程技术人员阅读，对高等院校微波通信专业师生也有一定参考价值。

本书系由高级工程师李侗、向子曦同志审阅，在此向他们表示诚挚的谢意。并对在编写过程中给予我们帮助的各方人士表示衷心感谢。

## 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第 一 章 微波多路通信概述</b>       |     |
| §1-1 微波多路通信的特点 .....        | 1   |
| §1-2 频分多路复用原理 .....         | 3   |
| §1-3 微波通信线路和收、发信设备的组成 ..... | 9   |
| §1-4 微波通信中的频率配置 .....       | 14  |
| §1-5 视距微波通信模拟参考电路 .....     | 20  |
| <b>第 二 章 频分多路和调频信号的特性</b>   |     |
| §2-1 信号电平单位和噪声单位 .....      | 21  |
| §2-2 概率论及随机过程理论常识 .....     | 26  |
| §2-3 白噪声及多路信号主要特性 .....     | 32  |
| §2-4 调频波的特性 .....           | 42  |
| <b>第 三 章 热 噪 声</b>          |     |
| §3-1 概述 .....               | 51  |
| §3-2 噪声系数 .....             | 52  |
| §3-3 等效噪声温度 .....           | 54  |
| §3-4 收信机的调频热噪声 .....        | 58  |
| §3-5 调频接收机的门限电平 .....       | 64  |
| §3-6 基带内噪声分布的均衡——加重技术 ..... | 65  |
| §3-7 热噪声的叠加 .....           | 69  |
| §3-8 微波接收机输入端电平 .....       | 73  |
| §3-9 收信机噪声系数的测量原理 .....     | 76  |
| <b>第 四 章 非线性失真噪声</b>        |     |
| §4-1 群频电路中的非线性失真及其产物 .....  | 79  |
| §4-2 输入低通白噪声时非线性失真信噪比 ..... | 82  |
| §4-3 多路信号非线性失真测试音信噪比 .....  | 88  |
| §4-4 调制器和解调器微分特性的测量 .....   | 93  |
| <b>第 五 章 调频通道的失真噪声</b>      |     |
| §5-1 调频波通过传输通道后的失真 .....    | 98  |
| §5-2 幅频特性不平坦引起的串噪声 .....    | 111 |

|                           |                              |     |
|---------------------------|------------------------------|-----|
| §5-3                      | 调频通道幅频特性的不均匀度 .....          | 117 |
| §5-4                      | 微分增益特性及幅频特性的测量 .....         | 119 |
| §5-5                      | 相频特性非线性引起的串噪声 .....          | 120 |
| §5-6                      | 群时延特性的测量 .....               | 124 |
| <b>第 六 章 调幅调相变换噪声</b>     |                              |     |
| §6-1                      | 调频通道中寄生调幅的来源和AM-PM变换机理 ..... | 130 |
| §6-2                      | 调幅调相变换产生的寄生瞬时相位移 .....       | 131 |
| §6-3                      | 调幅调相变换产生的串噪声 .....           | 132 |
| §6-4                      | 由于热噪声干扰引起的AM-PM变换串噪声 .....   | 134 |
| §6-5                      | 调幅调相变换系数的测量 .....            | 136 |
| §6-6                      | 回波产生原因及回波失真寄生瞬时相位差 .....     | 138 |
| §6-7                      | 寄生瞬时相位差的谱密度 .....            | 140 |
| §6-8                      | 回波失真测试音信噪比 .....             | 143 |
| §6-9                      | 中频反射损耗的测量 .....              | 147 |
| §6-10                     | 各种噪声的叠加与分配 .....             | 150 |
| §6-11                     | 话路中热噪声、串噪声的测量 .....          | 152 |
| <b>第 七 章 彩色电视制式及全电视信号</b> |                              |     |
| §7-1                      | 彩色电视广播制式概述 .....             | 156 |
| §7-2                      | 三种彩色电视制式 .....               | 156 |
| §7-3                      | 全电视信号的波形及特点 .....            | 160 |
| §7-4                      | 电视信号传输网 .....                | 164 |
| <b>第 八 章 杂波(噪声)</b>       |                              |     |
| §8-1                      | 行频以下的杂波 .....                | 166 |
| §8-2                      | 行频以上的杂波 .....                | 169 |
| §8-3                      | 随机杂波信杂比 .....                | 177 |
| <b>第 九 章 线性失真</b>         |                              |     |
| §9-1                      | 概述 .....                     | 182 |
| §9-2                      | 亮度波形失真 .....                 | 183 |
| §9-3                      | 色度-亮度不均匀性 .....              | 191 |
| <b>第 十 章 非线性失真</b>        |                              |     |
| §10-1                     | 概述 .....                     | 199 |
| §10-2                     | 亮度信号非线性失真 .....              | 199 |
| §10-3                     | 色度信号非线性失真 .....              | 201 |
| §10-4                     | 同步信号的非线性失真 .....             | 204 |
| §10-5                     | 电视传输中的加重技术 .....             | 204 |

## 第十一章 调频通道中的回波比对电视信号产生的失真

- §11-1 调频通道中的回波使调频通道产生线性失真 .....211
- §11-2 调频通道中的回波使视频信号产生线性失真 .....212
- §11-3 调频通道中的回波使视频信号产生非线性失真 .....214

## 第十二章 电视传输测量

- §12-1 概述 .....217
- §12-2 介入增益及其稳定度的测量 .....218
- §12-3 杂波测量 .....219
- §12-4 线性失真测量 .....221
- §12-5 非线性失真测量 .....226
- §12-6 插入行信号测试法 .....231

## 第十三章 电视传输的模拟参考电路和传输指标的叠加规律

- §13-1 电视图象质量的主观评价 .....236
- §13-2 电视传输模拟参考电路 .....237
- §13-3 模拟参考电路的设计指标及容限 .....238
- §13-4 伴音传输指标及容限与加重、加权特性 .....239
- §13-5 失真及杂波的叠加规律 .....240

## 附 录

附录一

附录二

# 第一章

## 微波多路通信概述

### §1-1 微波多路通信的特点

微波通信是一种新兴的通信技术。三十多年来,微波通信获得了迅速的发展和广泛的应用,这是由于它本身有一系列特点的缘故。

在无线电通信方面,过去国际通信大都采用短波,在国内长途通信中短波也是一种重要手段。但是,短波波段频带窄,工作的电台太多,频率拥挤,互相干扰的现象很严重,短波通信容量太小,一套收发信设备最多只能传送四路电话;短波通信容易受昼夜变化和外来干扰的影响,太阳黑子爆发时还可能使通信中断,因而通信很不稳定。微波通信却没有这些缺点,和短波通信比较,微波通信有下列特点:

(1) 微波波段有很宽的频带,全部长波,中波和短波波段的频带宽总共不到30MHz,而微波波段(300MHz~300,000MHz)的频带为299,700MHz,这几乎是前者的10000倍,因此,在微波波段可以容纳多得多的无线电台同时工作,互相干扰的影响要小得多。

(2) 在微波波段,通信设备的通频带可以做得很宽。例如,对频率为4000MHz的设备,回路Q值按100计算的通频带可达40MHz。由于通频带很宽,就可利用一套收发信设备进行路数很多的通信,如600路,960路甚至几千路电话(或一路彩色电视和几百路电话)。此外,微波通信还可以采用宽频带调频和脉冲编码调制等新的调制方式,这些调制方式可以提高通信系统的抗干扰性和其他指标性能。

(3) 在微波波段,天电干扰、工业干扰以及太阳黑子的变化基本上不起作用(当频率高于100MHz时,这些干扰的影响就极小)。因此,微波通信可以达到很高的传输质量和稳定性。

(4) 在微波波段天线增益高,可以大幅度减小发射功率。这是因为微波波长较短,同样的反射面,对微波就显得尺寸很大,通过它的反射可以象探照灯一样,把电磁波聚成一个很尖锐的波束,而其他方向辐射的电磁波功率可以控制得极小。用这样的微波天线进行发射或接收,和四周均匀辐射电磁波的理想无方向性天线比较,在接收点获得同样场强的情况下,发射功率可以减少到千分之一左右。因此,在微波波段,发信机只需发射零点几到几瓦的功率就够了。此外,由于天线方向性很强,因而通信中互相干扰的现象也就大多减弱。

(5) 在微波波段,电磁波功率主要是在空间视距范围内传播。考虑到地球表面的弯曲,



通信距离一般只有几十公里，因而在地面上利用微波进行的长途通信需要采用接力的方式，将信号多次转发。如一条2500公里的微波线路，中间大约有接力站50个左右。因此，这种通信称之为视距微波通信或微波接力通信或微波中继通信。

视距微波通信并不是微波通信的唯一方式。当采用大功率发信机、低噪声收信机和方向性很强的天线时，微波可以从高度为5~10公里的对流层散射回地面，通信距离一次可达几百公里，称为散射通信。而利用人造地球卫星作为接力站，一上一下可以在地面上跨越上万公里，称为卫星通信。散射通信和卫星通信时，每一个高频波道都可以传送电视信号或几百路电话。还有，利用圆波导  $H_{01}$  波，在毫米波段可以实现微波接力通信，称为波导通信。因毫米波频带极宽，因而波导通信容量极大，且电磁波在波导管内传播，保密性强，通信稳定可靠。现在许多国家正在进行波导通信的研究和试验，但还没有大量生产使用。光通信更是超大容量的通信方式，因按习惯不属于微波通信故此处就不多介绍了。

综上所述，微波通信最基本的特点是：微波、多路和接力(中继)。

在长途通信方面，过去主要采用有线载波通信，如架空明线、对称电缆等。利用微波线路进行长途通信，其作用和对称电缆是一样的，因而微波通信和有线通信在信号传输标准方面、在载波终端机的制式方面大多是相同或相似的。同轴电缆在有线通信中有较高的通信质量，和同轴电缆比较，经过周密设计的微波线路在通信容量、通信距离、通信质量等方面都是不相上下的，而且微波通信还有以下特点：

(1) 微波通信线路的建设费用比同轴电缆线路小得多。在通信容量相差不多的情况下，按相同的话路公里数(话路数乘公里数)平均计算，微波线路的建设费用只有同轴电缆线路的1/3到1/2，而且可节约大量的有色金属，如铜、铅等。但消耗的钢材要多些，日常维护费用要大一些。

(2) 微波通信线路建设时间短，灵活性大，通信容量的伸缩性也大。

(3) 微波通信较易适应山区、海峡、水面以及有断层的特殊地形，而这些地形敷设电缆线路是很困难的。

(4) 微波通信保密性较差。因发射出去的电磁波的一部分可超越视距，在一定条件下敌人可以设法窃听。因此，在边境地区或其他便于安窃听装置的地区，微波通信的使用受到限制，对机密通信内容需要加密。

由上面分析可见，微波通信与电缆通信各有优缺点，它们在整个长途通信网络中是相辅相成的，因此，在通信干线的建设中，一方面要在重点的干线敷设光缆或电缆线路，一方面也要在许多干线建设微波通信线路和发展卫星通信。近十年来，微波通信线路在各国长途通信中所占比重都迅速增加，很多国家都已超过50%。在长距离电视传输方面，各个国家几乎全都采用微波线路。此外，由于微波通信有建设快，投资少，机动灵活等特点，因此它不只是用于邮电通信部门，而在国防、铁道、广播、石油、电力等部门的专用通信也都广泛采用。

我国微波通信是解放后才开始应用的。解放前，我国通信事业极端落后，解放后不几年，我国在京保线上就安装了进口的24路微波设备。1958年，我国开始自行试制60路和240路微波设备，以后60路微波设备安装在京津电路上使用，240路微波设备发展成为600路微波设备，并成批生产和安装在微波线路上使用。后来我国又于1970年试制成功960路半固体化的微波设备，并成批投入生产使用。目前，1800路微波设备已经通过鉴定并已批量生产。现在我国微波干线已发展到10000多公里，开始形成一个独立的微波通信网。

此外在电力、广播、石油、铁道、钢铁等部门，现在也越来越多地采用微波通信。诚然，同国际先进水平相比我国在基本理论、设备、仪器制造方面还比较落后，这都有待致力于微波通信的科技人员不懈努力迎头赶上。

### §1-2 频分多路复用原理

利用一条传输通道同时进行多路通信称为多路复用。目前多路通信实际上采用两种复用系统：按频率分路的复用系统和按时间分路的复用系统。前者简称为频分多路(FDM)。实现频分多路的设备，即有线通信中的载波机，它不仅广泛应用于有线电缆通信线路，也同样广泛应用于微波接力通信线路。后者简称为时分多路(TDM)，现在应用日益广泛的脉码调制设备就是采用这种分路方法。采用脉码调制(PCM)的时分制具有很大的优越性，目前国外新建微波电路，多采用时分脉冲编码调制方式(TDM-PCM)。但由于频分调频系统发展较早，技术成熟，已建成很多实用电路，因此，在相当时间内，可能存在模拟和数字系统并存的局面。关于数字微波通信系统已有专门论著，本书就不作介绍了。

#### 1-2-1 频分多路的简单原理

频分多路是按频率高低来划分电路的。为了实现这种分路方法必须将各个话路的信号变换到不同的频率上，然后用滤波器将它们合并为多路信号或将多路信号分离成各个话路的信号。

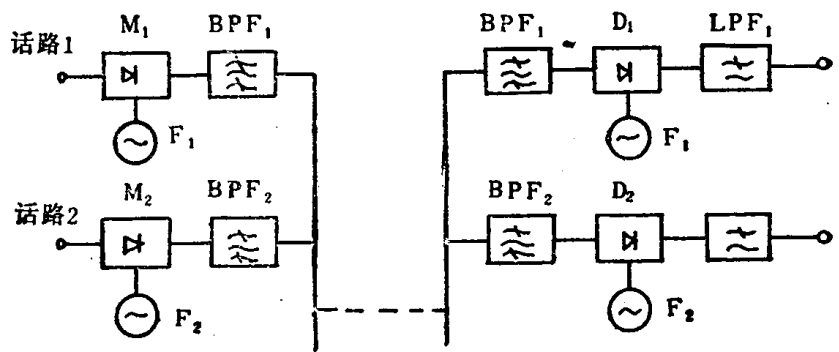


图 1-1 频分多路复用设备简图

图1-1是频分多路复用设备简图，图的左面是发信端，其中话路1的信号被加到话路调制器 $M_1$ 进行调幅并抑制其载波，在调制器输出端得到残余载频和上、下两个边带，用带通滤波器 $BPF_1$ 取出一个边带(上边带或下边带)，得到单边带信号。同理，将话路2的信号加到调制器 $M_2$ ，并对载波 $F_2$ 进行调制，用带通滤波器 $BPF_2$ 滤波后得到话路2的单边带信号。因为话路频带取为300~3400Hz，故取 $F_1, F_2, \dots$ 的间隔为4KHz，即一个话路占用频带4KHz。将各话路的单边带信号合并起来就成为多路电话信号，如图1-2。

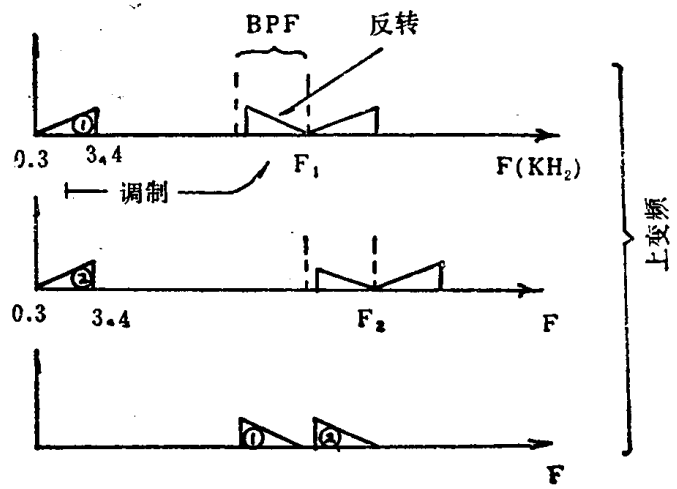


图1-2 调制频谱

在收信端，各个话路的单边带

信号由带通滤波器 $BPF_1$ ,  $BPF_2$ 从多路信号中分离出来,然后在 话路解调器 $D_1$ ,  $D_2$ 和载波 $F_1$ 、 $F_2$ 拍频, 还原为各个话路的信号并由低通滤波器 $LPF$ 选出, 如图1-3。

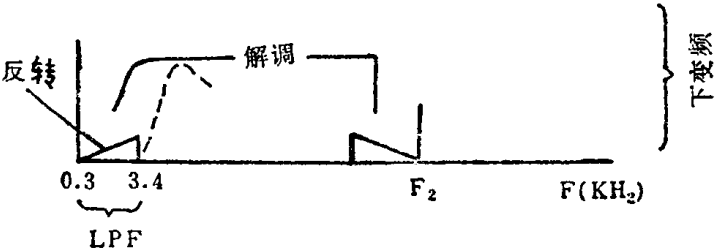


图1-3 解调频谱

在图1-2、1-3中, 将话音电流的频谱用三角形表示, 使功率较高的分量占有较大的纵坐标。因此, 按频率的顺方向排列的频谱用符号 $\triangle$ 表示; 按频率逆方向排列的频谱用符号 $\nabla$ 表示。

在图 1-3 中还可以看出, 经过变频后的信号有时发生频谱反转, 有时不反转。在上变频后取上边带, 信号频率不反转; 如果变频后取下边带, 则频谱反转。在下变频时, 如果载频低于信号频率, 则频谱不反转; 如果频谱高于信号频率, 则频谱反转。在载波通信和微波通信中, 频谱反转问题对信号的正确传输和传输性能都有重要影响。

1-2-2 多级变频—基本的频谱序列

上述频分多路复用原理是有线通信载波机的基础。为了使载波机能够复用更多的话路, 只采用一级变频是不行的, 因为路数越多, 载波频率就越高, 相邻话路就越难分隔, 因而就有必要采用多级变频。在另一方面, 为了使容量不同的载波机许多基本部件能互相通用并便于转接及减少滤波器种类, 便于生产和维护, 载波机的频谱系列和设备制式等都已经标准化,

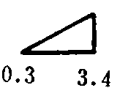
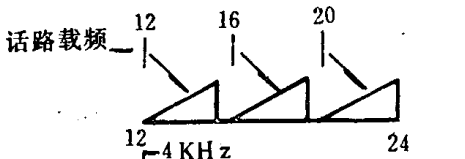
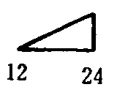
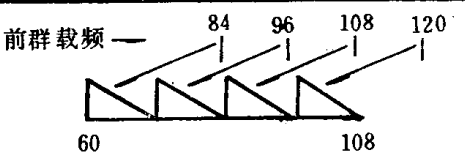
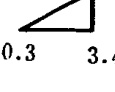
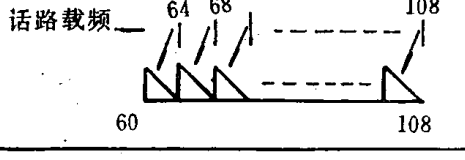
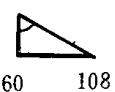
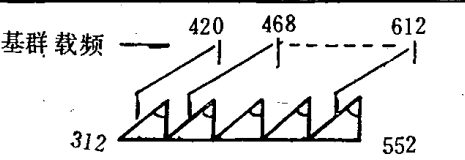
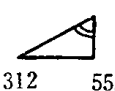
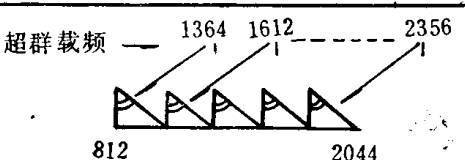
| 调制信号                                                                                                      | 上变频过程及频谱                                                                                                                       | 基本群                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>0.3 3.4<br/>话路</p> |  <p>话路载频 — 12 16 20<br/>12 24<br/>4 KHz</p> |  <p>12 24<br/>前群 (3 路)</p>      |
|  <p>12 24<br/>前群</p>   |  <p>前群载频 — 84 96 108 120<br/>60 108</p>     |  <p>60 108<br/>基群 (12路)</p>     |
|  <p>0.3 3.4<br/>话路</p> |  <p>话路载频 — 64 68 108<br/>60 108</p>         |  <p>60 108<br/>基群 (12路)</p>     |
|  <p>60 108<br/>基群</p>  |  <p>基群载频 — 420 468 612<br/>312 552</p>      |  <p>312 552<br/>超群 (60路)</p>    |
|  <p>312 552<br/>超群</p> |  <p>超群载频 — 1364 1612 2356<br/>812 2044</p>  |  <p>812 2044<br/>主群 (300 路)</p> |

图1-4 基本群在发信端的频谱变换

它们是由下列基本群组成的。

1. 前群：又称3路群，由3个话路经变频后组成，话路载频分别为12、16、20KHz，取上边带，得到频谱为12~24KHz的前群信号。

2. 基群：又称12路群，12路群可以由4个前群经变频后组成，前群载频分别为84、96、108、120KHz，取下边带，得到频谱为60~108KHz的基本群信号。

12路群也可以由12个话路经过一次变频后组成，话路载频分别为64、68……108KHz，取下边带，这样，同样可得到频谱为60~108KHz的基群信号。

3. 超群：又称60群，由5个基群变频后组成，基群载频为420、468、516、564、612KHz，取下边带，得到频谱为312~552KHz的超群信号。

4. 主群：又称300路群，在路数更多的载波机中采用，主群信号由5个超群经变频后组成，超群载频为1364、1612、1860、2108、2356KHz，取下边带，得到频谱为812~2044KHz的主群信号。

上述基本群在发信端的频谱变换示于图1-4；在收信端，频谱变换过程正好相反。此外，为了实现更多路的载波通信，在主群以上还有超主群(900路群)和巨群(3600路群)，最大的话路数可达到10800路。

下面用12路群的简单方框图来说明基本群在双向通信时的工作原理。在图1-5中，DC称为差动系统或混合线圈，是一只8端网路，可以将由用户电话线来的二线线路变换为载波机

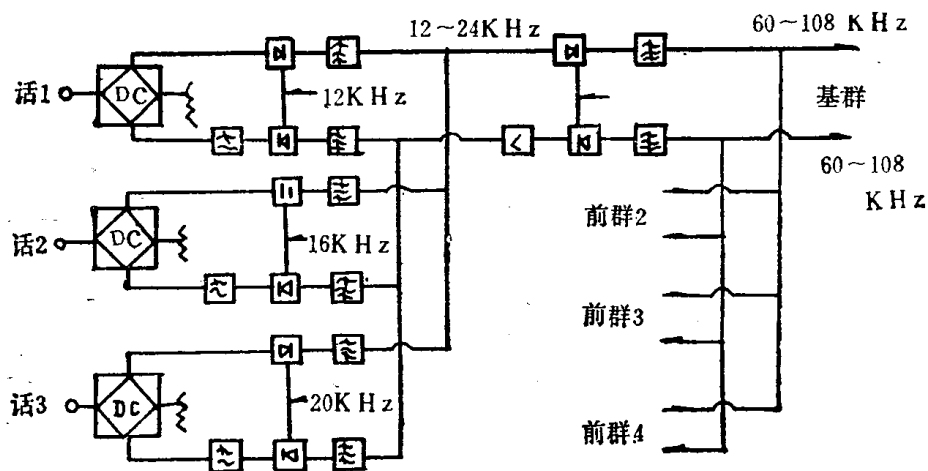


图1-5 基本群简化框图

中的四线线路，其主要特性是对端衰耗很大，邻边衰耗很小，并保证与相邻部件的阻抗匹配。图中其他符号与图1-1相同。话路载频和前群载频可以由载供架送来，因而只用箭头表示。

上述几种基本群信号，一般都还不是直接在电缆线路或载滤线路中传输的频谱。为了传到在微波线路中传输的群信号(简称为线群)，还需要再变频。下面介绍一些在微波通信中常用的线路频谱。

1. 24路载波机：线路频谱为12~108KHz，是由1个经过群变频的12路群(群载频为120KHz，变频后取下边带，频谱为12~60KHz)组成，如图1-6所示。

2. 60路载波机：线路频谱为60~300KHz，是

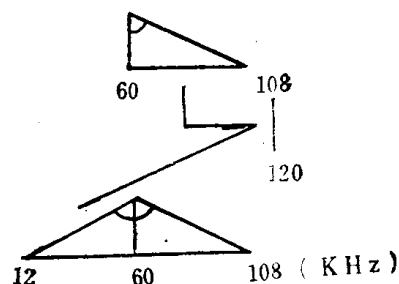


图1-6 24路线路频谱

由一个超群(频谱为312~552KHz)经过超群变频而来(超群载频为612KHz,取下边带)。

3. 120路载波机: 将60路载波机的群信号再加上一个超群信号, 就可以得到120路载波机的线群信号, 频谱为60~552KHz。60路及120路线路频谱见图1-7。

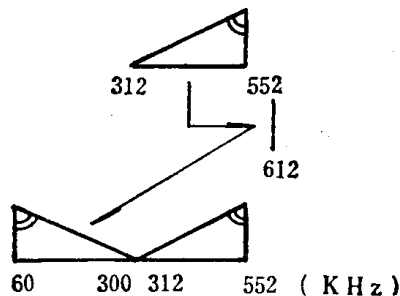


图1-7 120路线路频谱

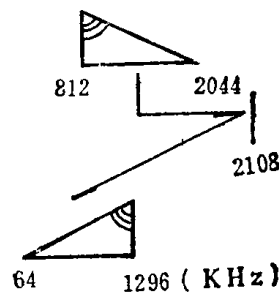


图1-8 300路线路频谱

4. 300路载波机: 将主群经主群变频(主群载频为2108KHz),取下边带可以得到300路载波机的线群信号, 频谱为64~1296KHz, 如图(1-8)所示。

5. 600路载波机: 线路频谱为60~2540KHz。由120路载波机的线群再加上8个经过变频后的超群组成。超群载频为1116、1364、1612、18、60、2108、2356、2604、2352KHz,取下边带。

6. 960路载波机: 线群频谱有60~4028KHz和60~4148KHz两种。

频谱为60~4028KHz的960路线群是由16个超群经过变频后组成。它比600路载波机还多6个超群, 所增加的超群载频为3100、3348、3596、3844、4092、4340KHz。600路和960路载波机的线群频谱如图1-9。

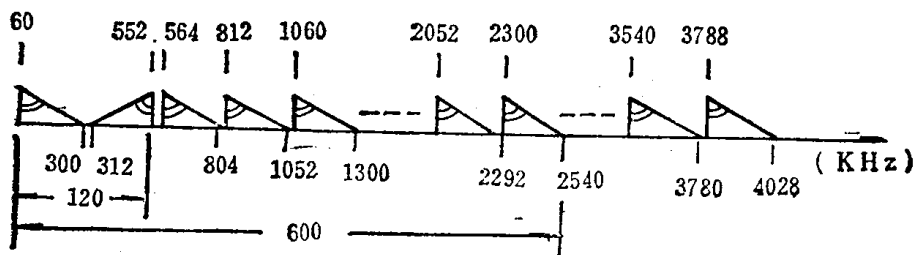


图1-9 600路、960路群组成

另一种960路载波机的线群频谱为60~4148KHz, 是660路线群再加上一个经过变频后的主群而来。主群频谱为812~2044KHz, 主群载频为4960KHz, 取下边带到频谱为2916~

~4148KHz的线路频谱, 如图1-10所示。加入主群信号的优点有三: ①可以容纳相当于300路带宽的通信业务, 如可视电话, 彩色图象传真等; ②主群与600路群间的频率间隙很大, 因而可用带通滤波器从线路频谱中直接将主群信号分离出来; ③滤波器的制造工艺比较容易。

下面将960路载波机终端的组成作一简单介绍, 它由六种机架组成, 如图1-11所示。

1. 音频终端架: 它可以用户电话机来的

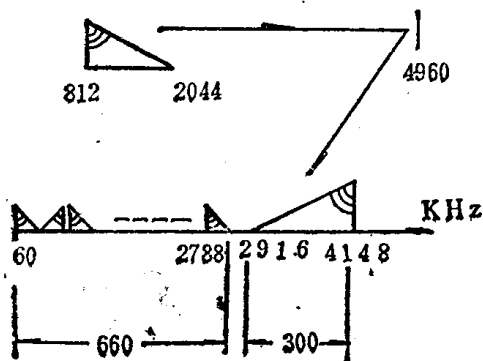


图1-10 960路线群组成

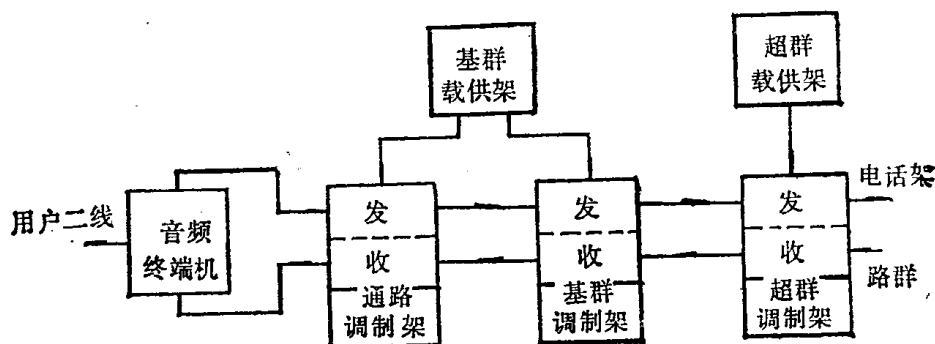


图1-11 960路载波终端机框图

两线线路转换为收发分开的四线线路,每个机架容量为120个话路,共需8个机架。

2. 通路调制架: 它可以将音频终端架来的电话信号变换为基群,每个机架容量为10个基群或120个话路,共需8个机架。

3. 基群调制架: 它可以将通路调制架来的基群信号变换为超群,每个机架容量为4个超群或20个基群,共需4个机架,

4. 超群调制架: 它可以将基群调制架来的超群信号变换为960路的线群,只需一个机架。它的输出端通过电缆线与微波机中的电话调制架连接起来。

5. 基群载供架: 它提供通路调制架和基群调制架所需各种载频,每个机架容量为480路,共需两个机架。

6. 超群载供架: 它提供超群调制架所需各种载频,只需一个机架。

以上1、2、3、4所述的机架作用是就发信方向而言。对于收信方向,性能正好相反。而且在机架构造方面,收和发实际上是装在一个机架里的。

多路信号在电缆线路或微波线路中传输,往往需要在某些站引出和插入若干话路,这就需要在线路的两个方向安装载波机。当两个方向的载波机是在音频互相联接时就称为音频转接,这时需要安装两整套载波终端机。为了减少载波机设备并减小转接过程中产生的失真和噪声,有时将载波机进行基群转接或超群转接。基群转接是在60~108KHz频谱上进行的,这时载波机可以省去通路调制架和音频终端架,但需增加基群转接架,以引出或插入若干个基群。超群转接在312~552KHz频谱上进行,这时线路中可以省去基群调制架,通路调制架,基群载供架,音频终端架。但需增加超群转接架,以引出和插入若干个超群。

#### 1-2-3 在微波线路中传输其他信息

现代长途通信要求传送的信息有很多种、包括语言信息(电话、广播),数字信息(电报、数传)和图象信息(传真、可视电话、电视等)。这就要求多路复用系统中的话路能够通用,即不仅对电话通路适用,对电报、传真等其他信息也能适用。人们可以利用一个话路的频带传送这些信息,必要时也可利用一个基群或更宽的频带传送这些信息,有时人们把这种利用话路传送它种信息的复用方法称为二次复用。

最常见的二次复用是音频电报。将电报脉冲对一个音频振荡进行调幅或调频,就得到一个音频电报信号。一个话路频带为300~3400Hz,借助于二次复用可以容纳16~24个按频率划分的报路。设一个报路的带宽为140Hz,相邻报路的载频间隔为180Hz,则一个频带为3100Hz的话路可以安排18个报路。利用话路通音频电报时应采用四线路工作,因而二线变换为四线的差接系统必须去掉。

另一种二次复用是传真。所谓传真是利用电气方法传送书面信息(如书信、文件、图片)。传真机可以将纸面上黑白深浅不同的色调依次变为电信号,并将接收的电信号依次地记录在纸面上。传真电报信号的传送可以利用各种通信线路,信号的传送速度与所占频带宽和信息的复杂程度有关,一般分为低速传真和高速传真两种。低速传真占用一个话路频带。传送一页文件大约需要1~4分钟。高速传真占用一个基群频带或一个超群频带,一般用来传送报纸、图纸等,传送速度可以大大加快。例如,当使用新闻传真机,利用一个超群频带(带宽240 KHz)传送信息时,只需几分钟就可以将整张报纸的版面传送到远方。

数传信息的传送和传真电报的传送是相似的。根据数码不同,数传机可以分为低速和高速的。低速数传机占用一个话路的频带或多路数传机合用一个话路,高速数传机则需占用一个基群甚至更宽的频带。

广播信号的带宽通常为50~10000Hz,如利用单边带调幅的方法,就需要将几个话路的频带合并起来使用,但这种方法难以达到广播节目要求的质量指标。目前使用的方法是将广

表1-1

| 话路数  | 基带频的频带宽 (KHz)                         | 进口阻抗 ( $\Omega$ ) | 接口每话路的相对电平 |          | 每话路有效频谱 (KHz)  | 连续性导频                |                 |
|------|---------------------------------------|-------------------|------------|----------|----------------|----------------------|-----------------|
|      |                                       |                   | 输入 (dBr)   | 输出 (dBr) |                | 频率 (KHz)             | 有效频偏 (KHz)      |
| 24   | 12~108                                | 100对称             | -45        | -15      | 50, 100<br>200 | 116<br>119           | 20              |
| 60   | 12~252<br>60~300                      | 150对称<br>75非对称    | -45        | -15      | 50, 100<br>200 | 304<br>331           | 25, 50<br>100   |
| 120  | 12~552<br>60~552                      | 150对称<br>75非对称    | -45        | -15      | 50, 100<br>200 | 607                  | 25<br>50<br>100 |
| 300  | 60~1300<br>64~1296<br>(60~1364)       | 75非对称             | -42        | -20      | 200            | 1499<br>3200<br>8500 | 100<br>40       |
| 600  | 60~2540<br>64~2660<br>(60~2792)       | 75非对称             | -45        | -20      | 200            | 3200<br>8500         | 140             |
| 960  | 60~4028<br>316~4188<br>(60~4287)      | 75非对称             | -45        | -20      | 200            | 4715<br>8500         | 140             |
| 1800 | 312~8204<br>316~8204<br>(309~8248)    | 75非对称             | -37        | -28      | 140            | 9023                 | 100             |
| 2700 | 312~12388<br>316~12388<br>(308~12435) | 75非对称             | -37        | -28      | 140            | 13627                | 100             |

注:表中第二列括号内的数字是基带的频带宽,输入指向电话架输入,输出指向载波机输出。

播信号对一些特定的副载波进行调频,然后按频率顺序排列起来或插入适当的群频带内。副载频被调频后占用频带较宽,一般为100~300KHz。

电视信号包括图象信号和伴音信号,图象信号频谱为0~5.5MHz(或0~6MHz),伴音信号频谱为30~15000Hz。对8MHz的副载波进行调频,然后按频率复用原理和图象信号叠加在一起。通常用一路彩色电视图象加一路伴音就大致和960路电话信号的容量相当。如果微波线路可传1800路电话,则可传送一路彩色电视图象和四路伴音。

可视电话的图象分活动的和静止的两种:活动图象信号占用频带约1MHz,原理和电视相同;静止图象只占用一个话路的频带,每隔半分钟换一次,原理与传真相同。

由载波终端机送到微波终端机的信号,除上述的多路信号外,还有一些导频信号。一类导频信号是载波机本身的调整和监控信号,用来进行自动电平调整、自动监控、同步控制等。另一类导频信号用来指示微波线路中多路电话信号的有无(例如载波机与微波机间的传输线是否接通)和电平的稳定性,称为连续性导频或监频,对于60路以上的系统,常采用308KHz。上述两类导频信号多安排在群信号频谱间隙,有时也可以略高于或略低于群信号的频谱。通常把有线系统传送到微波线路的信号频带称为基带,它应当包括群信号和上述两种导频在内的全部频带(在本书中有时也将基带称为群频、视频)。

此外,微波通信系统本身也需要有连续性导频,用作微波线路通、断的监测和控制。微波系统本身的连续性导频应当位于基带以外,以免进入有线系统内造成有害的影响。关于微波系统连续性导频的选择,国际会议已有建议〔见表(1-1)〕。现在960路微波系统选择为8500KHz和9023KHz。

表(1-1)表示有调频多路电话传输时不同话路的群频带宽、基频带宽、接口条件、微波系统连续性导频频率和频偏等参量,是国际无线电咨询委员会(CCIR)的建议,可供参考。

### §1-3 微波通信线路和收、发信设备的组成

#### 1-3-1 微波站的分类

一条长为几千公里的微波通信线路是由距离为50公里左右的许多微波站连接起来的。微波站中装设有微波机、发信机和天线、馈线等设备,可以将接收到的微波信号加以变频和放大,并经馈线和天线转发到下一站。

就微波线路担负的通信任务来说,微波站可以分为两类:一类是终端站,一类是中继站。微波线路是用来传输多路电话信号(或电视信号)的,信号可以分出和加入的地方,就是线路的一个终端。因此,终端站应当是装有调制和解调设备的站,故也称为调制解调站或简称为调制站。另外的一些站,它们不需要分出和加入信号,因而不安装调制解调设备,只起微波信号的放大和转发作用,这种微波站就称为接力站或中继站。在实际微波通信业务中,有时还采用枢纽站、分路站等名称。枢纽站一般有四个方向以上的微波线路,其结构相当于将两个终端站合在一起。分路站与枢纽站的区别是不设载波机而只设分路机,只将基带边上的部分电话信号滤出或送入。

#### 1-3-2 终端站微波收发信机的原理方框图

在终端站微波发信机的任务是将被传送的信号对高频振荡进行调制,然后用微波频率将信号发射出去。对于频分——调频制微波发信机的要求主要是:调制直线性好,调制灵敏度的变动小,调制波中心频率偏差小,群频振幅——频率特性好。微波发信机可按下列三种方



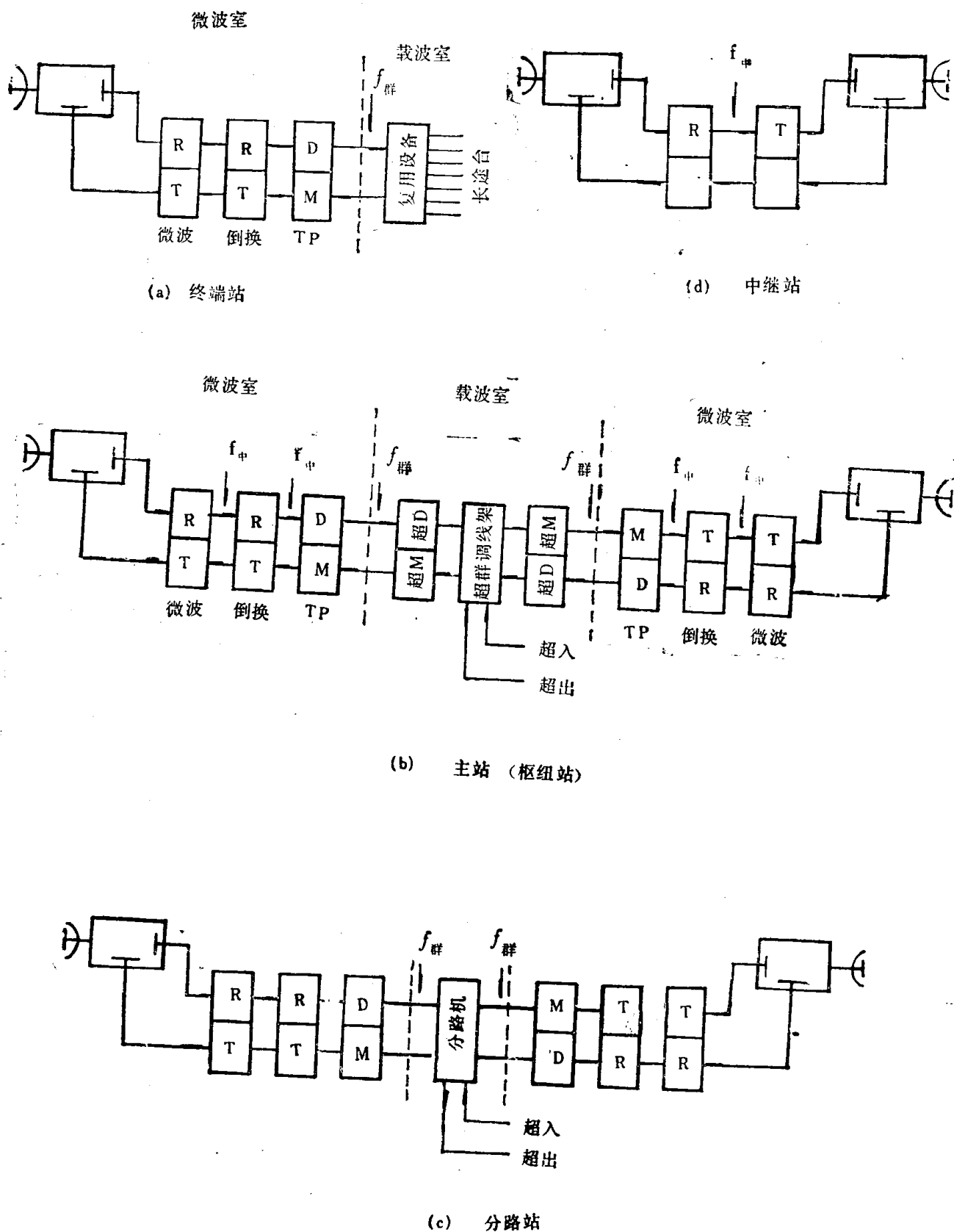


图1-12 微波线路中不同类型微波站方框图