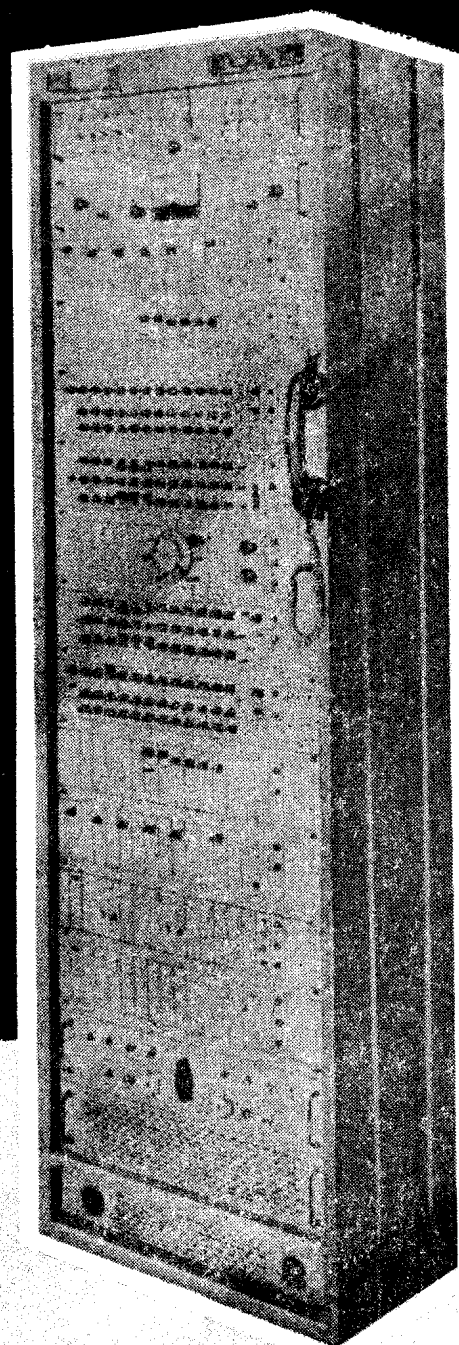


ZW-II型 微波用载波终端机



水利电力出版社

ZW-II型微波用载波终端机

杨维娜 主编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 17印张 383千字

1988年11月第一版 1988年11月北京第一次印刷

印数0001—2590册 定价4.30元

ISBN 7-120-00381-X/TN·8

内 容 提 要

本书主要介绍了 ZW-II 型微波用载波终端设备系列产品的组成和工作原理,并对设备中的主要系统及部件(如调制系统,载供系统,音终接口等)的具体电路作了较详细的分析。同时对载波机的测试、维护和故障处理也作了简单阐述,并且提供了维护所必需的技术数据。

本书主要供从事模拟微波通信的专业人员阅读,也可供从事有线通信的技术人员及院校有关专业的师生参考。

前 言

目前我国通信系统的设备状况是模拟微波和数字微波并存,仍以前者居多。ZW-II型载波终端设备用于同模拟微波信道机配套,构成微波中继通信系统。随着通信容量扩大,载波终端机的组成越复杂,对具体部件的要求也就更高。ZW-II型载波终端设备的系列产品中,ZW960-II的容量为960路,是我国目前最大容量的多路载波机。此类设备要求使用和维护人员掌握更多的新技术和更宽的专业面,本书正是为了满足这一需要而编写的。全书结合具体的ZW-II型载波设备,系统的介绍了各部分的工作原理。对于设备涉及到的一些较新的技术和较深入的内容,如锁相技术,负反馈放大器的稳定性问题等,都在相应章节中作了原理性的解释,以便读者可以顺利地掌握它们在载波设备中的应用。对于比一般载波设备扩充的内容,如各种音终接口也作了较详细地介绍,有利于读者掌握载波电路在电话网中的具体应用。在最后介绍的有关载波机调测方面的内容可供读者在维护使用中参考。

本书共分九章。第一、四、五、六章由杨维娜同志编写,第二章由罗亮同志编写,第三章由方俊明同志编写,第七、八章由卢炳汉同志编写,第九章由陈学道同志编写,由杨维娜同志任主编。

书稿由南京电力学校秦国屏老师审阅,提出了不少宝贵建议和意见,谨此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免存在不少错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

1987.6

目 录

前 言

第一章 ZW-II型微波用载波终端机总体介绍	1
第一节 载波通信的基本原理	1
第二节 ZW-II型系列载波终端设备的构成	9
第二章 音终接口	22
第一节 音终接口应用及种类	24
第二节 各类接口工作原理	30
第三节 主要电路原理分析	49
第四节 一般故障处理	56
第三章 调制系统	59
第一节 调幅器电路及其工作原理	59
第二节 调幅器电路特性分析	69
第三节 调幅器常见故障分析	82
第四章 载供系统	92
第一节 技术要求和组成	92
第二节 主振器电路分析	96
第三节 4、12、124kHz基频发生盘	102
第四节 锁相技术在载供系统中的应用	109
第五节 载供系统的同步	121
第五章 载波机中的群放大器	126
第一节 群放大器的特点及技术指标	126
第二节 混合负反馈	129
第三节 放大器的稳定性	136
第四节 ZW60/120型载波设备中的线群放大器	145
第五节 ZW960-II型载波设备中的线群放大器简介	151
第六章 群导频系统	154
第一节 ZW60/120型载波设备的基导系统	154
第二节 ZW60/120型载波设备基导系统的电路分析	156
第三节 具有自动电平调节作用的群导频系统	169
第七章 告警系统	175
第一节 概述	175
第二节 告警系统的组成及机盘电路介绍	177
第三节 告警系统故障分析	189
第八章 电源供给系统	192

第一节	概述	192
第二节	电路原理分析	194
第三节	告警电源	203
第四节	电源系统常见故障分析	204
第九章	测试与维护	205
第一节	载波电路传输质量指标的测试	205
第二节	载波机中载供系统和振铃系统的测试	223
第三节	维护与使用	229

第一章 ZW-II型微波用载波终端机总体介绍

通信是传送信息的一种手段。现代通信的种类很多，主要有电话、电报、传真、广播、电视及数据传输等。

ZW-II型微波用载波终端设备的主要产品有ZW960-II、ZW300、ZW60/120型三种。它们与微波设备，例如4GC设备、2GC设备配套，可组成除电视信号外，其它信号均可传送的模拟微波中继通信系统。图1-1为甲地和乙地用户之间长途通信示意图，图中用户信号是指电话、电报、传真或传输数据等信号。

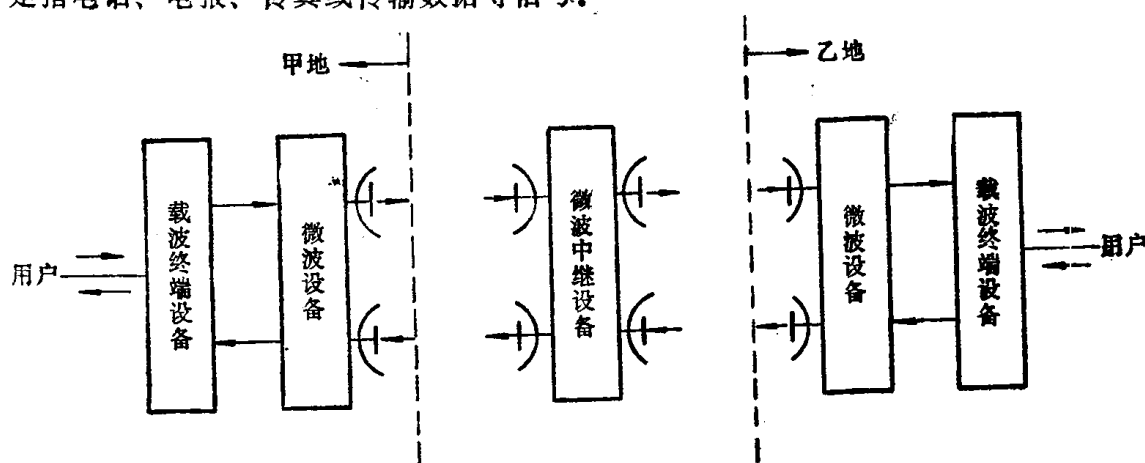


图 1-1 由微波设备和载波终端设备构成的长途通信电路

ZW代表微波用载波设备，ZW960-II表示利用一条微波通信线路可同时传输多路电话，其容量为960路的载波设备II型机。同理ZW300表示此设备的容量为300路，ZW60/120则为60路或120路。

ZW-II型载波设备若用来为其它用户传输信息，只要其负荷不超过话音负荷，使用时可不受限制。如利用一个电话通路可以开放十六个调频制双向载波电报或开放会议电话。表1-1给出了十二路群负荷开放电话和其它业务的情况。

本书对ZW-II型载波设备各部分的原理和电路作了详尽的分析，并为了维护、运行的需要，对设备的测试和调整也作了介绍。

表 1-1 十二路群负荷开放电话和其它业务的情况

12路群负荷方案	电 话	调频电报	调幅传真	广 播
1	12			
2	9	3		
3	11		1	
4	8	1		1

第一节 载波通信的基本原理

在通信技术中一个重要的问题是如何有效地利用通信信道，即如何在一对通信线路上

实现很多对电话同时通话而又相互不产生干扰，这就是所谓通信“多路化”，也叫做线路的“复用”。目前，实现通信多路化有两大体制，即频分制和时分制。频分制就是设法把各个用户信号的频谱安排在不相重叠、相互区分开来的频带内，使之同时在线路上互不干扰地传输；时分制则是设法把各个用户信号的传输按时间区分开来，每一用户按规定时间轮流占据线路，从而实现多路化。

载波通信是基于频分制的原理，下面就如何实现频分复用进行讨论。

一、电话信号的频带和通路带宽

电话信号就是人的语声通过换能器（话筒）产生的电信号，根据语言学的研究，人们的语声包含着丰富的频率分量，通常话音频段约为80~8000Hz。那么传输语声是否需要如此宽的频带呢？从语声的能量分布情况（男声集中在250~500Hz，女声在300~600Hz），从人耳感受声音灵敏度情况（人耳对800~1200Hz最敏感，在高频及低频处灵敏度都很低），以及从限制了部分带宽对传送语声清晰度的影响来分析，传输电话信号所需要的频带可以比上述数值窄，目前载波机所选用的电话信号的频带有两种：

0.3~2.7kHz 称窄频带，供短程载波用；

0.3~3.4kHz 称宽频带，供远程载波用。

所以电话信号的实际带宽对于窄频带为2.4kHz，宽频带为3.1kHz。但在利用频分制实现多路复用时，为了避免在线路上各路之间由于频带靠得太近而引起干扰，各话路频带之间要留有适当间隔，为此称作通路带宽的一个话路所占据的带宽，对于窄频带为3kHz，宽频带为4kHz。

二、通信信道

通常说的通信信道或通信线路是指传送信号的路径，它可分为有线和无线两大类。架空明线、对称电缆、同轴电缆、光导纤维、高压输电线等属有线信道。无线信道则包括所有可以传输各种信号频率的波段，如中波、短波、超短波及微波等。

各种有线或无线信道，它们传输信号的频带各不相同。架空明线（铜线）传输的信号可从音频到150kHz，对称电缆的最高频率约为600kHz，微波信道则根据所在频段可以达

凡千~几十千MHz。总之它们允许传输信号的频率范围都远远超过了一个通路带宽，这就是实现频分制多路复用的先决条件。

三、实现频分复用的基础——非线性元件的变频作用

非线性元件是指外加电压和电流关系不符合欧姆定律的元件。如二极管、晶体管等。它们的伏安特性，如图1-2所示是一条曲线，元件中的电流*i*与外加电压*u*

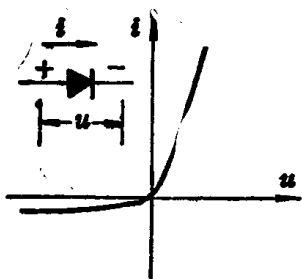


图 1-2 非线性元件的伏安特性

的关系可用下式表示：

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + \dots \quad (1-1)$$

式中 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 ……是由非线性元件的特性曲线的形状和所选择的工作状态决定的系数。式(1-1)中取的项数越多，越能精确地表达出非线性元件的特性，一般取前三项即可，

即,

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 \quad (1-2)$$

如果将两个不同频率的正弦电压 $u_f = U_f \sin \Omega t$ 和 $u_F = U_F \sin \omega t$ 同时加到非线性元件(二极管 D)上, 如图1-3(a)所示, 若图中 B_2 原边线圈的压降很小, 可以忽略, 则根据式(1-2), 这时流过非线性元件的电流为:

$$i = a_0 + a_1 (U_F \sin \omega t + U_f \sin \Omega t) + a_2 (U_F \sin \omega t + U_f \sin \Omega t)^2 \quad (1-3)$$

应用三角公式: $\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$

$$2 \sin x \sin y = \cos(x-y) - \cos(x+y)$$

式(1-3)可化成下面的形式:

$$\begin{aligned} i = & a_0 + \frac{a_2 U_F^2}{2} + \frac{a_2 U_f^2}{2} + a_1 U_F \sin \omega t + a_1 U_f \sin \Omega t - \frac{a_2 U_F^2}{2} \cos 2\omega t \\ & - \frac{a_2 U_f^2}{2} \cos 2\Omega t + a_2 U_F U_f \cos(\omega - \Omega)t - a_2 U_F U_f \cos(\omega + \Omega)t \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中 $\Omega = 2\pi f$;

$\omega = 2\pi F$.

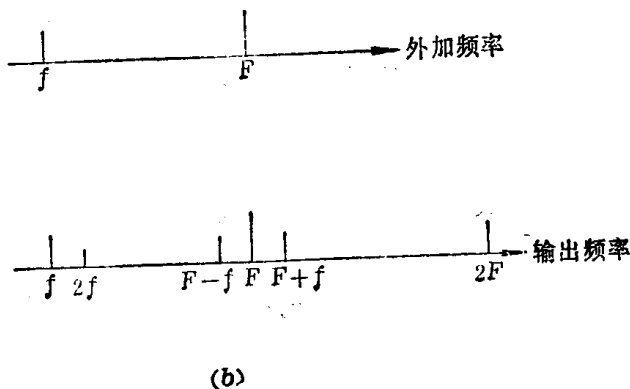
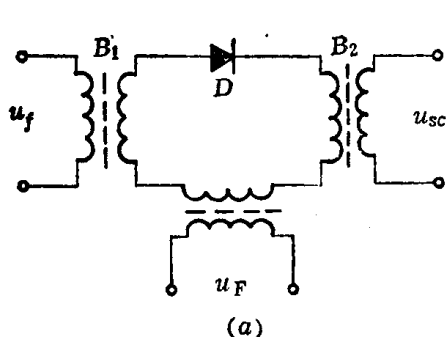
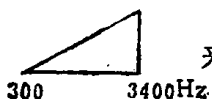


图 1-3 非线性元件的变频作用

由式(1-4)可看出, 在输出电路里的频率成分如图1-3(b)所示, 它不仅包含外加频率 F 和 f , 外加频率的二倍频 $2f$ 和 $2F$, 而且还包含有两个外加频率的和频以及差频 $F \pm f$ 。通常把 $F+f$ 项叫上边频, 把 $F-f$ 项叫下边频。

如果输入信号 u_f 是一个占有频带为 $300 \sim 3400 \text{ Hz}$ 的语音信号, 则输出电路里除了原信号 $300 \sim 3400 \text{ Hz}$ 及 F 外, 还将含有它们的二倍频 $2 \times (0.3 \sim 3.4 \text{ kHz}) = 0.6 \sim 6.8 \text{ kHz}$ (图1-4中用虚线三角标出) 及 $2F$, 以及原信号的和频项 $F + (0.3 \sim 3.4 \text{ kHz})$ 及差频项 $F - (0.3 \sim 3.4 \text{ kHz})$ 等。类似于 u_f 为单一频率时的上边频和下边频, 此时前者称上边带, 后者称下边带。

如果用一个直角三角形



来代表原语音信号的频谱, 即假定信号的各频率

分量振幅随频率升高而增大, 则不难得出此时的输出频谱应如图1-4所示。显然, 上、下两个

边带的频带宽度仍是原来话音频带为3.1kHz，而且上边带频谱三角形与原话音信号的频谱三角形顺序一致，即随频率升高，其振幅也变大，明显地保持了原话音信号振幅与频率关系的特征。至于下边带的频谱三角形，虽然从表面上看与原话音信号的频谱三角形倒转过来了，但实际上振幅关系并没有改变。因为现在 $(F-3.4\text{kHz})$ 的频率成分是对应于原信号中3.4kHz，其振幅仍然最大，所以并没有丧失原话音信号的特征。

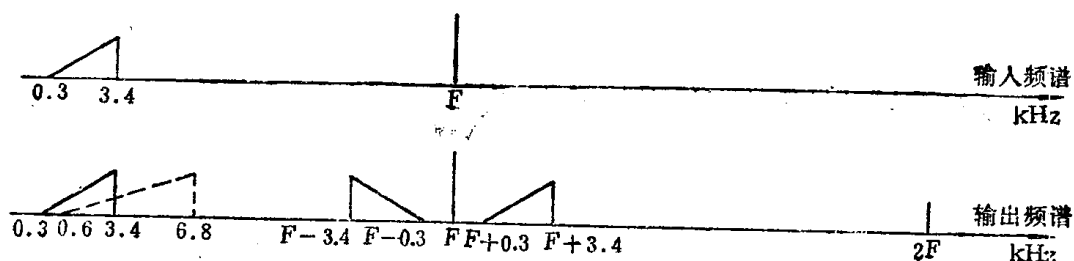


图 1-4 输入 u_r 为一话音信号时的输出频谱

这里值得我们注意的是由于非线性元件的作用，输出电路里出现了新的频率分量，其中上边带和下边带可以看成是由于 u_r 同时加入，将原话音信号频谱0.3~3.4kHz搬移到了 $F+(0.3\sim 3.4\text{kHz})$ 或 $F-(0.3\sim 3.4\text{kHz})$ 。搬移后的信号不失原信号的特征。载波通信正是基于以上非线性元件的变频作用，将信号频带进行频带搬移来实现频分复用的。

利用非线性元件进行变频的部件称作变频器，用符号  表示， u_r 称作载波信号，

其频率 F 值由频率搬移的需要而定。

下面介绍用了变频器以后，是怎样传输载波电话的。图1-5为单路载波机一个传输方向的简单方框图，发端的话音信号0.3~3.4kHz经载频为 F 的变频器后，输出上、下频带及其它产物，经某带通滤波器（允许某个频率范围的信号通过），只有上边带 $F+(0.3\sim 3.4\text{kHz})$ 在线路上传输。此信号到达接收端后，又经一个变频器（载频也为 F ），输出的上边带为 $[F+(0.3\sim 3.4\text{kHz})+F]=2F+(0.3\sim 3.4\text{kHz})$ ，下边带为 $[F+(0.3\sim 3.4\text{kHz})-F]=0.3\sim 3.4\text{kHz}$ （还有其它产物），它们经截止频率为3.4kHz的低通滤波器（允许3.4kHz以下的频率成分通过）后，只有0.3~3.4kHz信号输出，即恢复了发端原信号。如果发端带通滤波器的通带使变频器的下边带输出，则经收端变频器及低通滤波器后，同样可以恢复出原话音信号，读者可自行分析其工作过程。

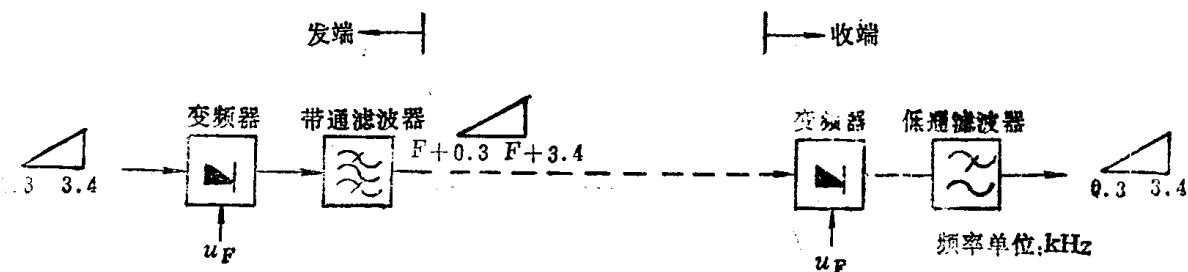


图 1-5 单路载波机一个方向的简单方框图

由此看到,在发端的变频器把话音信号的频带搬移到适合线路传输的频带,在收端的变频器将线路频带搬移回原话音信号的频带。发端和收端的变频器的工作实质是相同的,所以电路也是相同的(详见第三章)。为了区分发端和收端设备的变频器,在载波机中把发端变频器称为调制器,收端则称为反调制器或解调器。

由此可见,信号在载波机中的传输过程其核心就是对信号的调制和解调过程。

四、频分多路通信的构成

由于任何通信信道可以传输的信号频带远远大于一个通路带宽,于是从单路载波电话的概念不难得出推论:在一条信道上可以同时传输多路载波电话,这就是对各个通路用不同的载频进行调制,使各个通路在线路上的频带不发生重叠。图1-6给出了3路载波电话同一传输方向的方框图。由图可见,每个通路经各自的调制器和带通滤波器以后,再汇合在一起,经放大器放大,送往线路。这里各通路的载频依次相隔4kHz(F_1 、 F_2 、 F_3 分别为8、12、16kHz)。带通滤波器取调制器输出的下边带,分别为4.6~7.7kHz、8.6~11.7kHz和12.6~15.7kHz。对方接收时,先由各路带通滤波器选出本路的相应边带,再由反调制器及低通滤波器使信号还原成原话音频带。

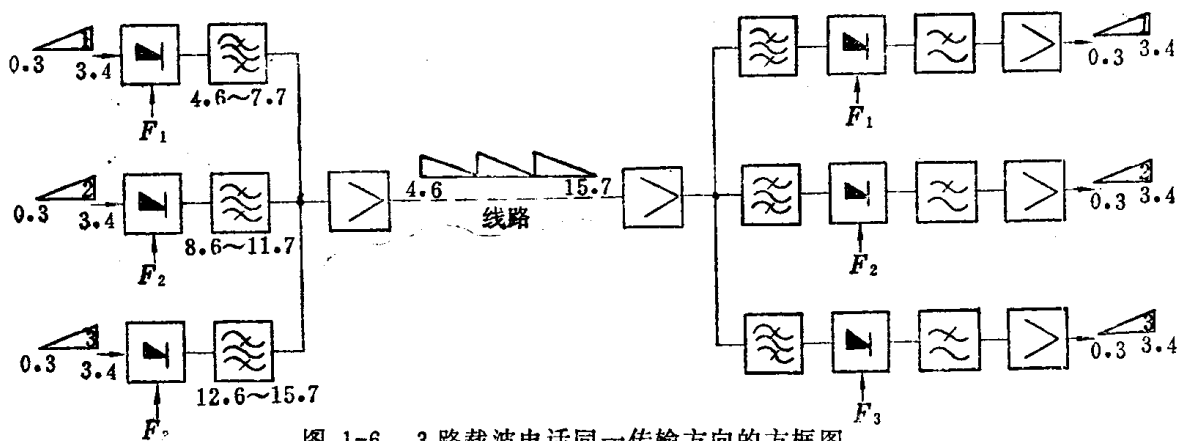


图 1-6 3路载波电话同一传输方向的方框图

调制器后的输出产物中,上边带和下边带都保持原信号特征,为经济利用线路的频带,多路载波电话大多采用单边带载频抑制的方式,即只传送一个边带,并把载频抑止以阻止载频占据发送功率。图1-6就是采用这种方式,每个通路在线路上只占据4kHz带宽。由此可见,信道的频带越宽,可复用的通路数将越多。

1. 多级变频和群变频

图1-6所示的3路载波电话的传输方案可称为单级变频方案。但在路数很多时,若仍然采用单级变频,即一次就将信号变到适合信道传输的频率,是行不通的,必须采用多级变频。

所谓多级变频就是频率的多次搬移,也就是说,把原始信号搬移到线路的传输频谱上,不是一次完成,而是通过多次变频过程来完成。

如3路载波机的线路频带为18~30kHz(每个通路占据4kHz,3路频带分别为18~22kHz、22~26kHz、26~30kHz)。若经二次变频过程完成(如图1-7所示),第一次用载频为8、12、16kHz进行调制,为方便起见,这里话音信号用0~4kHz代表,调制

后取下边带得 4~8kHz、8~12kHz、12~16kHz 三个频带，因频带互不重叠，将它们合路后互相不会产生干扰。合路后的信号称群信号，频带为 4~16kHz，再经载频为 34kHz 的调制器进行第二次调制，取其下边带才得到所需的线路频带 18~30kHz。

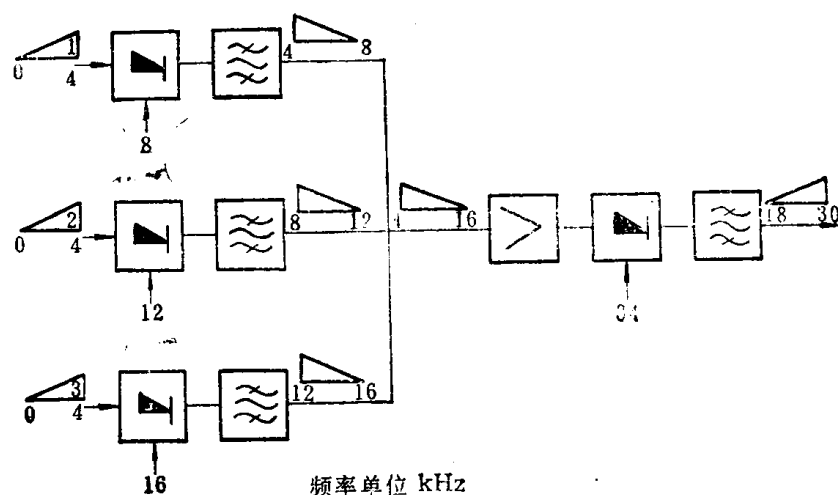


图 1-7 多级变频和群变频举例

为什么要采用多级变频呢？这主要是通信组织和生产技术上的原因。

(1) 通信组织的原因。在较大容量的通信系统中，不可避免地会遇到分路和转接问题。所谓分路，就是在干线的主要地点，将一部分通路（如 12 路、60 路）分支下来，而其余通路则继续传输。转接是指一条干线上载波设备分支下来的话路，再接往另一干线的载波设备继续传输。转接往往是一个通路以上的群路，如 12 路群路转接，60 路群路转接等。由此会遇到不同制式载波设备之间的联系。为了转接方便和生产系列化，应该使转接处电平、阻抗、频率一致，为此，CCITT（国际电话电报咨询委员会）规定了以下几种标准频谱：

基群 60~108kHz 共有十二个通路；

超群 312~582kHz 共有五个基群（含 60 路）；

主群 812~2044kHz 共有五个超群（含 300 路）；

超主群 8516~12388kHz 共有三个主群（含 900 路）；

十五个超群组。312~4028kHz 或 8620~12336kHz（含 900 路）。

对于任一载波设备，其具体的变频方案可以根据具体的生产技术条件安排，但在变频过程中必须包含标准频谱。如 60 路载波设备，将十二个通路组成一个标准基群（60~108 kHz），然后由五个基群组合成标准超群（312~552kHz），最后再经变频到达线路的传输频带，这就势必经过多级变频。

(2) 生产技术的原因。根据生产实践证明，一个符合较高指标要求的带通滤波器，对元件的品质因数 Q 值的要求有如下关系：

$$Q \geq (20 \sim 40) \frac{f_0}{\Delta f} \quad (1-5)$$

式中 f_0 为通带中心频率， Δf 为通带宽度。这就是说，滤波器的相对通带 $\left(\frac{\Delta f}{f_0}\right)$ 越

窄,或者说 f_0 越高,则对 Q 值要求越高。

如从目前制造电感线圈的磁芯来看,它所能达到的 Q 值约为200~300,如以一个通路带宽 $4f=3.1\text{kHz}$ 代入式(1-5),则可求出最大的 f_0 为:

$$f_0 \leq \frac{Q \cdot 4f}{20} = \frac{300 \times 3.1}{20} = 46.5\text{kHz} \quad (1-6)$$

可见,根据制作滤波器的 L 、 C 元件情况,对一个通路的频率搬移,若用一级变频,其最高频率约为45kHz左右。如果充分利用通信线路的传输频带,一般传输线路的传输频率都高于45kHz。如明线十二路载波机,在线路上通路的最高频带为138~142kHz,所以采用 L 、 C 滤波器的一级变频方案是行不通的。

采用了多级变频方案,即使线路频带在45kHz以上仍可采用一般 L 、 C 元件的滤波器。在群变频时,式(1-6)中 Q 值虽不变,但因滤波器提取有用边带的是群路信号, $4f$ 比一个通路大,所以 f_0 也可以提高。

同时,从以下将看到,采用多级变频后,调制器、载频和滤波器的品种将大大减少,这在生产上也是很可取的。

2. 双向通信的实现

图1-7所示传输过程中存在着放大器等单向性部件,所以它只能实现一个方向的传输过程,而电话通信总是要求双向性的,这就要求收发双方同时具备包括调制器、滤波器和放大器在内的收信支路。由此就存在着收、发支路如何连接的问题。现以单路载波通信为例,如果象图1-8那样直接连接起来,实际上非但不能解决双向通信,就连单向通信也无法进行。这是因为收、发支路首尾直接相连,会出现“收后重发”和“自发自收”的现象,甚至由于上述现象的往复循环而引起电路振荡,使通信无法进行。

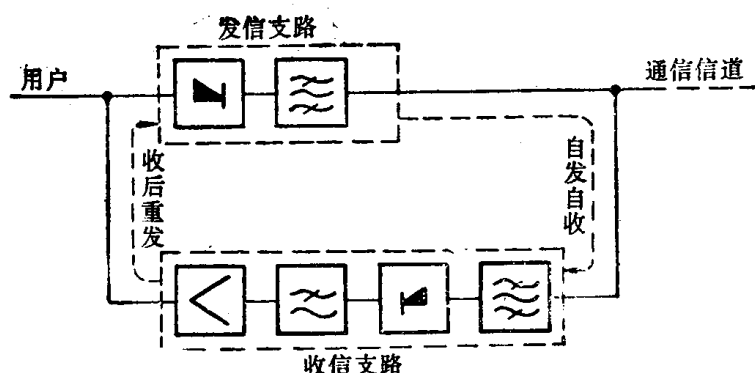


图 1-8 收、发支路直接连接图

为解决双向通信问题,在用户侧通过一个如图1-9(a)中所示的“混合线圈”,再把收、发信支路连接在一起,如图1-9(b)所示。混合线圈是一个八端体,其示意图和最常用的三线圈变压器式混合线圈的电路图示于图1-10(a)和(b)中。

设三线圈变压器 H 的匝数比为 $1:m:n$,1-1端接用户侧,其阻抗为 Z_L ,3-3端接阻抗 Z_N ,选择参数使 $\frac{m}{n} = \frac{Z_L}{Z_N}$,则变压器线圈 m 、 n 、 Z_L 和 Z_N 组成一个平衡电桥。于是混合线圈就具有这样一种性能:当信号向对边方向传输时,如从4-4端向2-2端传输,呈现很大

的衰减；而向邻边传输时，如从1-1端向2-2端传输，呈现很小的衰减。利用这个特点将混合线圈1-1端接于用户侧，2-2端接于发信支路，4-4端接于收信支路，就可以在用户侧避免“收后重发”的现象。混合线圈在此把用户二线端接到载波机收、发信支路的四线端，所以此混合线圈也可称为二/四线转换电路。

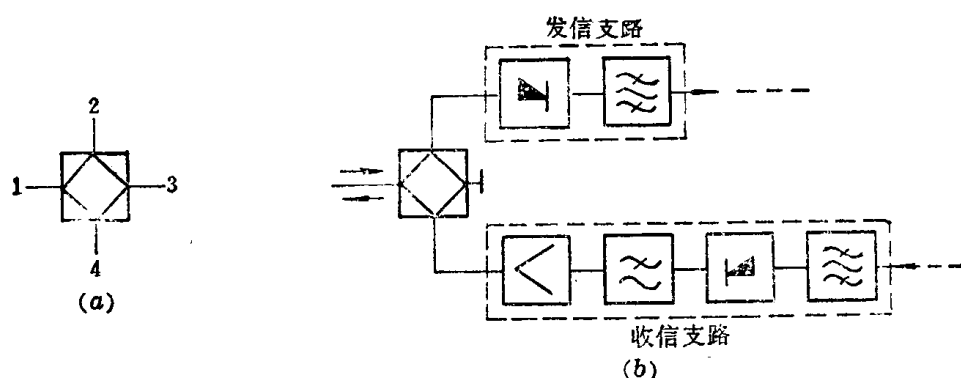


图 1-9 混合线圈符号及用其将收、发支路连接示意图
(a)混合线圈符号；(b)用混合线圈将收发支路连接示意图

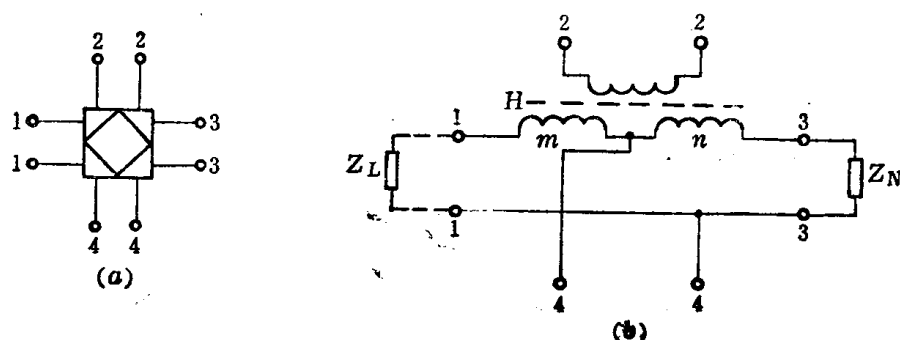


图 1-10 混合线圈的示意图和三线圈变压器式混合线圈电路图
(a)混合线圈示意图；(b)三线圈变压器式混合线圈电路图

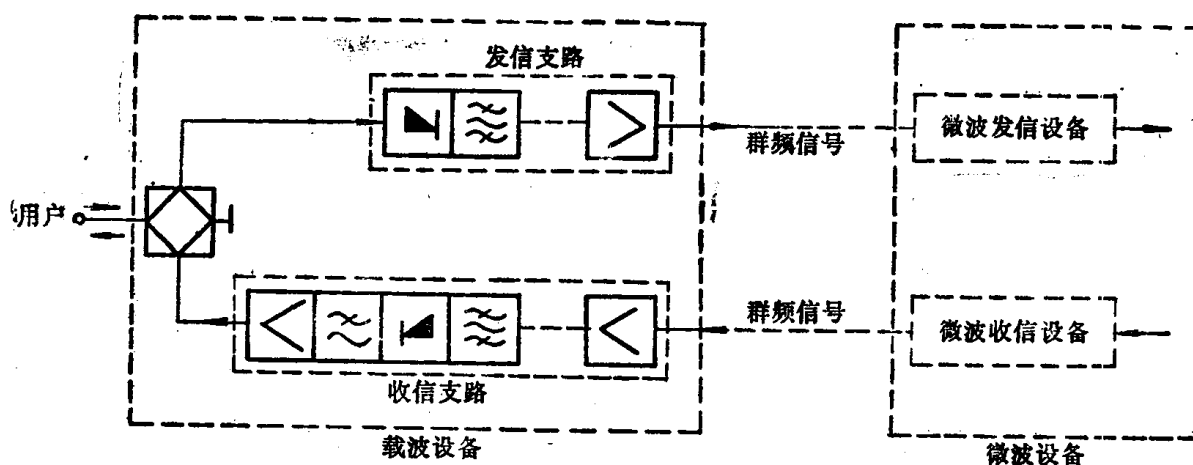


图 1-11 载波设备与微波设备的连接示意图

为解决双向通信问题，在线路侧采用的方法与线路类型有关。当用微波电路作信道时，采用单频带四线制，即用两对导线（共四线）将收、发两个传输方向分开，收、发采用相同的频带。图1-11为载波设备的线路侧与微波设备的连接示意图。当用电缆为通信线

路时，由于敷设一条电缆可拥有许多线对，所以也采用单频带四线制实现双向通信。

还有一种方式主要用于架空明线，就是双频带二线制，即在一对导线的来去两个方向采用两个不同的传输频带。这里不作详述，读者可参阅十二路明线载波机的有关内容。

第二节 ZW-II型系列载波终端设备的构成

通路数较多的载波设备，其实际组成是比较复杂的。为了清楚起见，可以按照作用的不同，将载波设备划分成若干个系统逐个去了解它。

一、载波终端设备的组成

1. 调制系统

(1) 频率搬移程序。载波设备的最终目的是在发送支路将多路话音信号搬移到适合信道传输的频带；在收信支路把接收到的信号频带还原出多路话音信号。在载波设备中用作频率搬移的部件称作调制系统。

调制系统包含各级调制器和反调制器。它们的具体设置决定于频带搬移过程。ZW-II型系列载波设备的频带经多级变频后，最终到达群频信号的频带为：

ZW60/120	60~552kHz
ZW300	60~1300kHz
ZW960-II	60~4148kHz

从生产的系列化和标准化出发，它们的具体变频过程是有联系的。ZW960-II型载波终端设备是基于ZW300设备，而ZW300又基于ZW60/120设备。图1-12、图1-13和图1-14分别给出了ZW60/120、ZW300和ZW960-II载波设备的变频程序。

下面用图1-12来说明ZW60/120载波设备的四次具体变频程序：

1) 通路预调制。将全部0.3~3.4kHz（为方便起见写成0~4kHz）的话音信号，各自由预调载频116kHz调制，取其上边带得到预调频带116~120kHz。

2) 通路调制。将预调频带按十二个作为一组，对这一组中每个预调频带分别由十二个通路载频180、184、188、192、196、200、204、208、212、216、220、224kHz调制，取其下边带，组成CCITT建议的标准基群频带60~108kHz。

3) 基群调制。将基群频带按五个作为一组，对这一组中每个基群频带分别由五个基群载频420、468、516、564和612kHz调制，取其下边带，组成CCITT建议的标准超群频带312~552kHz。

4) 超群调制。对两组312~552kHz的超群频带，一组由超群载频612kHz调制，取其下边带，得到60~300kHz作为第一个60路群，可称第1超群；另一组312~552kHz超群频带不需要再经过频率变换而直接作为第二个60路群，可称第2超群。

1超群与2超群汇合后即组成60~552kHz的120路群频信号。

ZW300载波设备的四次变频程序：

ZW300载波设备包含五个60路群，每个60路群组成的过程与ZW60/120载波设备完全相同，即有与上述相同的通路预调制、通路调制和基群调制。

第四次超群调制：第一、二个60路群，即第1、2超群仍与ZW60/120载波设备相同，超群调制后得到60~552kHz。第3、4、5超群分别由超群载频1116、1364和1612

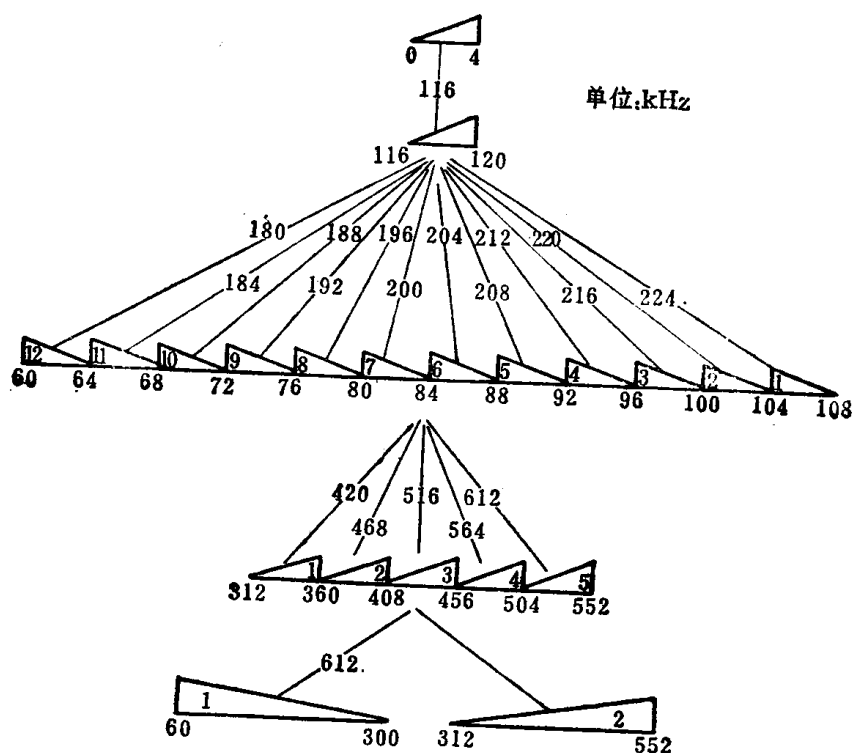


图 1-12 ZW60/120载波设备的变频程序

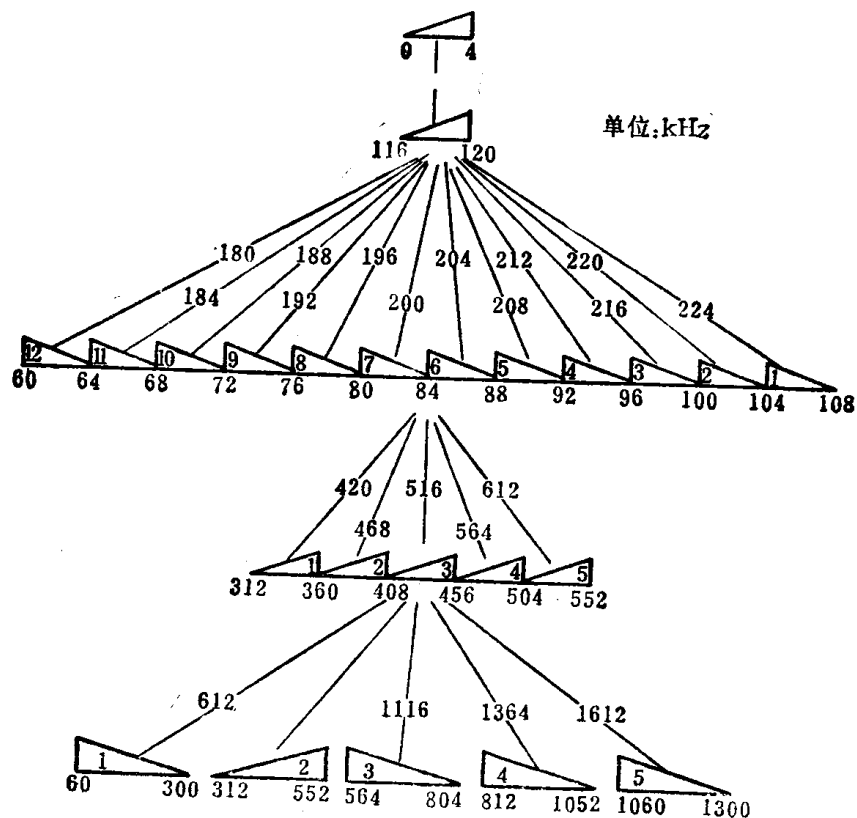


图 1-13 ZW300载波设备的变频程序

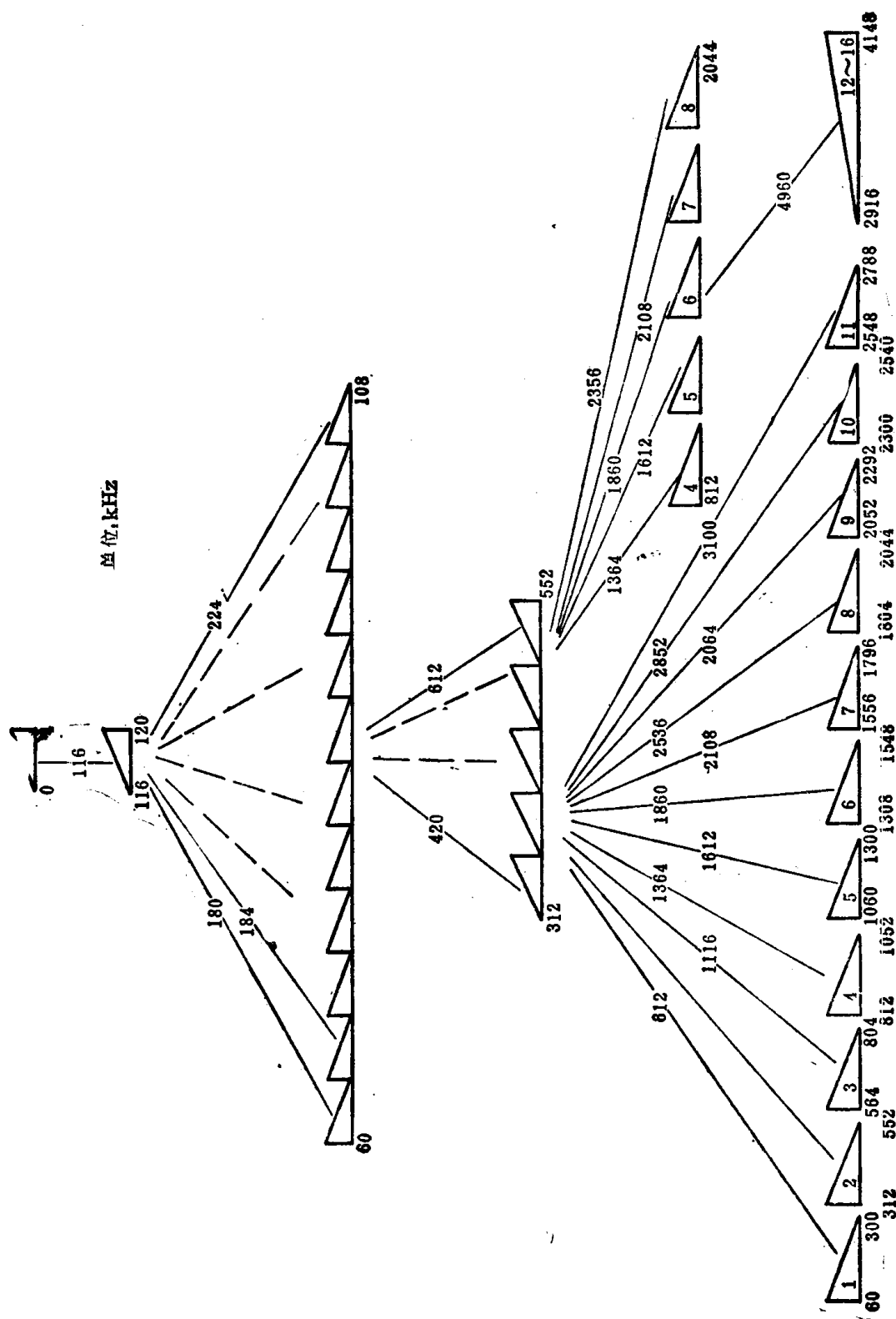


图 1-14 ZW960-II 载波设备的变频过程