

中等专业学校试用教材

载波电话通信

顾音知 主编

中国铁道出版社

内 容 提 要

本书共分十二章,包括:载波电话的基本原理、差分和汇集系统、振铃系统、变频系统、群放大器、载频供给系统、自动电平调节系统、监测系统、电源设备和远供系统、BZ-12型晶体管十二路载波机介绍、300ZDT-1型三百路载波机介绍、载波电路的传输质量及测试,还附有实验内容。

本书为中等专业学校试用教材,也可供从事载波电话通信工作的技术人员自学和参考。

中等专业学校试用教材

载波电话通信

顾音知 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 22.25 字数: 528 千

1980年8月第1版 1980年8月第1次印刷

印数: 0001—10,000 册 定价: 1.80 元

前 言

《载波电话通信》是根据铁道部教育局1978年《铁路中等专业学校教学计划试行草案》编写的，为铁路中等专业学校有线通信专业的试用教材。

本书内容包括载波电话通信和载波机各个构成系统的基本原理，以及载波电话的传输质量。书中通过叙述BZ-12型晶体管载波机的电路和300ZDT-1型小同轴电缆载波机的特殊电路，介绍了各个构成系统的工作原理和分析方法，以便读者对铁路载波电话通信设备有一个完整的概念。

本书共分十二章。第一章阐明载波电话通信的基本原理，第二章至第九章对载波机的各个构成系统作了详细的分析和讨论，第十、十一章对BZ-12型晶体管载波机和300ZDT-1型小同轴电缆载波机的构成作了介绍，第十二章介绍了载波电话的传输质量和测试方法，还附有实验内容。

由于我们业务水平有限、实践经验不多，书中若有不足之处，恳请读者批评指正。

本书除第三章、第十章和第十一章由天津铁路工程学校袁裕民执笔外，其余诸章由济南铁路机械学校顾音知执笔并主编全书，实验部分由南京铁路运输学校章守庆执笔并主审全书，参加审稿的还有兰州铁路技术学校黄明升。

编写过程中，得到铁道部上海通信工厂史美瑜的大力支持，在此表示感谢。

编 者

目 录

第一章 载波电话的基本原理	1
第一节 概述.....	1
第二节 频率复用的基本原理.....	3
第三节 多路载波电话的组成.....	9
第二章 差分和汇集系统	17
第一节 作用和要求.....	17
第二节 电阻式差分器.....	17
第三节 对称混合线圈.....	20
第四节 不对称混合线圈.....	29
第五节 低阻汇集网络.....	36
第六节 三变量器汇集网络.....	39
第三章 振铃系统	43
第一节 作用和组成.....	43
第二节 基本要求和主要技术措施.....	45
第三节 BZ-12型载波机振铃电路.....	46
第四章 变频系统	61
第一节 作用和要求.....	61
第二节 二极管变频器.....	61
第三节 无源三极管变频器.....	72
第四节 有源三极管变频器.....	76
第五章 群放大器	83
第一节 群放大器的质量要求.....	83
第二节 桥式负反馈放大器.....	87
第三节 深负反馈放大器的稳定.....	91
第四节 群放大器电路实例.....	95
第六章 载频供给系统	115
第一节 作用和要求.....	115
第二节 载供系统的构成.....	117
第三节 晶体主振器.....	119
第四节 谐波发生器.....	127
第五节 分配电路与转换电路.....	133
第七章 自动电平调节系统	136
第一节 作用和组成.....	136
第二节 热电式自动电平调节系统的工作原理.....	138

第三节	BZ-12型载波机自动电平调节系统电路分析	144
第四节	300ZDT-1 型三百路载波机自动电平调节系统电路分析	173
第五节	自动电平调节的动态过程	205
第八章	监测系统	209
第一节	作用和组成	209
第二节	简单工作原理及技术要求	211
第三节	300ZDT-1 型三百路载波机超群监测接收控制电路分析	212
第九章	电源设备和远供系统	223
第一节	作用和组成	223
第二节	BZ-12型载波机稳压电源盘电路分析	225
第三节	300ZDT-1 型载波机远供系统电路分析	227
第十章	BZ-12型晶体管十二路载波机介绍	245
第一节	BZ-12型明线十二路载波端机和增音机方框图及工作原理	245
第二节	BZ-12型电缆十二路载波端机和增音机方框图及工作原理	254
第三节	十五路无人增音机	272
第四节	载波话路的运用举例	275
第十一章	300ZDT-1 型小同轴电缆三百路载波机介绍	281
第一节	总体介绍	281
第二节	终端设备	283
第三节	线路设备	289
第四节	均衡系统	296
第五节	60路分支设备	302
第十二章	载波电路的传输质量及测试	308
第一节	BZ-12型明线载波端机的指标与测试	308
第二节	载波电路的指标与测试	314
实 验		331
附表 1	电平、功率与电压换算表	346
附表 2	反射损耗-反射系数换算表	350

第一章 载波电话的基本原理

第一节 概 述

载波电话是目前有线长途通信中应用最广泛的一种通信方式。

早期的有线长途通信是用架空明线或电缆线路，把安装在不同地点的两个电话机直接连接起来而实现的。这是一种最简单的音频长途电话，如图 1—1—1 所示。这时，决定长途电话通信距离的最主要的因素是声音的响度。而声音的响度又是由线路种类、长度以及送受话器的特性等因素来决定的。在现代电话机中所使用的送话器发出的功率 P_i 可达 1 毫瓦，受话器的灵敏度 P_o 为 1 微瓦。在这种情况下，长途线路能允许的最大衰耗为

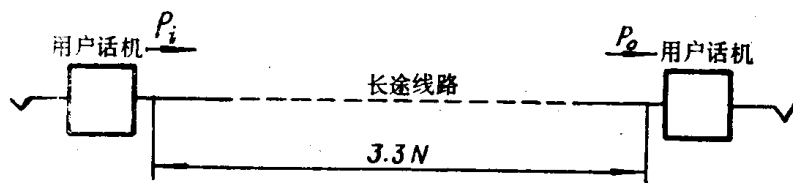


图 1—1—1 最简单的长途电话通信

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{2} \ln \frac{P_i}{P_o} \\ &= \frac{1}{2} \ln \frac{10^{-3}}{10^{-6}} \\ &= 3.45 \text{ N} \end{aligned} \quad (1-1-1)$$

因此，通常认为，连接两个用户话机的线路对频率为 800 赫的衰耗，如果不超过 3.3 奈，则电话的传输质量就是合乎标准的。

但是在实际上，用户话机是经过用户线路、电话所、中继线路和长途机械室才接到长途线路的。因此，为了保证电话的传输质量，必须使两端用户话机间的传输衰耗不超过 3.3 奈。两端用户话机间各部分电路的衰耗分配如图 1—1—2 所示。

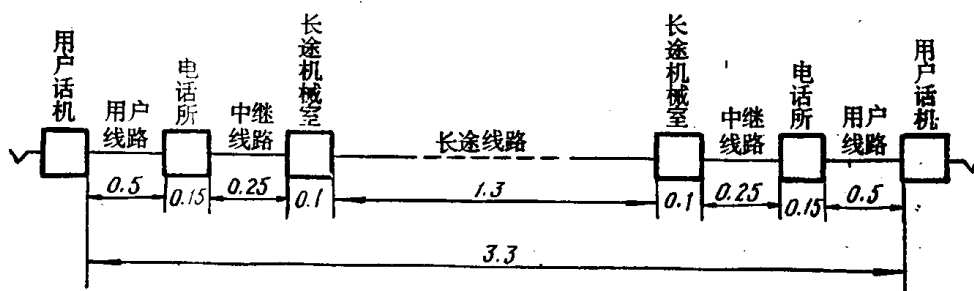


图 1—1—2 用户话机间的衰耗分配 (单位: N)

由上图可知，从每一个用户话机到长途线路的起点，衰耗可达 1.0 奈。因此，为了满足正常通话质量的要求，长途线路的衰耗不应大于 1.3 奈。

对于线距为 200 毫米、直径为 4.0 毫米的架空铜线，每公里线路存在的衰耗为 0.00277 奈，

如以1.3奈为线路最大衰耗，则音频电话的最大通信距离为470公里。由此可见，音频长途电话的传输距离不可能太远。

音频长途电话的另一个缺点是线路利用率太低。因为在长途通信中，长途线路的成本很高。例如，一对架空明线，如果只通一对电话，则线路成本约占全部成本的95%以上。这显然是不经济的。因此如何延长通信距离，提高长途线路利用率，实现通信的多路化是长途通信发展的一个重要问题。而载波电话就是一个最有效的办法。

所谓载波电话，就是采用“频率复用”的方法，将每一话路的话音频率，在送到长途线路传输之前，先搬移到不同的高频频率，然后再送往长途线路；到接收端再将各路频率用滤波器区分开来，并且还原为各路的话音频率。这样，由于搬移后的各路频率范围不同，就可以在同一对长途线路上传输许多个互相不干扰的话路。实现载波电话通信所用的机械设备叫做载波电话机，简称载波机。在一对长途线路上，除音频电话外，能增加一对用户同时通话的载波电话机，就叫做单路载波机；能增加三对用户同时通话的载波电话机，就叫做三路载波机；能增加十二对用户同时通话的载波电话机，就叫做十二路载波机。……

这种原理也可以应用到电报通信上，使电报通信多路化。用在电报通信上的载波机，叫做载波电报机。

与音频电话相比较，载波电话有许多优点。首先大大提高了线路的利用率，使用载波机可以在一对通信线路上实现多路通信。如果在一对架空铜明线线路上开通一套三路载波机，再开通一套十二路载波机，这对长途线路就可以使16对用户同时通话，这样就相应地增加了15个话路。其次，由于在载波机中装有各种放大器，还可以在线路中加装增音机，使通信距离延长，并能保证足够的音量。现代载波电话机中还有许多自动调节设备，可以在很长的距离上保证良好的通信质量。最后，载波电话比音频电话保密性好。一般音频电话，只要在线路上并接一只普通的电话机就可以听到双方的通话。而载波电话在线路上传输的是高频，用普通的电话机并接在线路上是听不懂的，在这个意义上它比音频电话的保密性能好。

目前，载波电话的发展速度很快。随着长途线路的改进，线路的传输频带越来越宽，使载波电话有可能提供越来越多的通路。目前架空明线，能开通15个载波话路，最高传输频率到150千赫；对称电缆可以开通120个载波话路，传输频率到552千赫；而同轴电缆则可开通10800个载波话路，传输频率达到60兆赫。

随着元件和工艺的发展，早期的电子管载波机已逐渐被晶体管载波机所代替。在小型新的机械滤波器和集成电路出现以后，集成化的载波机也开始应用。例如采用混合式集成电路和机械滤波器的通路架容量可达900路，大大缩小了占地面积，并使载波机的生产制造水平进入了一个新的阶段。为了提高载波电话的可靠性与稳定性，也开始采用锁相技术、预均衡预调节、相位自动均衡、自动转换等新技术。此外，电子数字计算机在载波通信中也开始得到应用，例如实现载波信道和网络的自动测试，构成自动传输监测系统和海底电缆遥测系统等。

随着科学技术的不断发展，对载波通信提出越来越高的要求。由于电子自动电话交换机、电子计算机及电视机的大量应用，要求利用载波通信构成全国范围内的长途自动电话网、数据传输、电视转播以及电视电话等。因此近代大容量的载波通信常常是通过多种通信手段来组成长距离通信的，例如用载波通信系统、微波通信系统、卫星通信系统、海底电缆通信系统等共同完成长距离通信；另一个特点是多种信号同时传输，例如10800路载波通信可同时传送电话、电报、广播、数据、传真、电视转播、电视电话等各种信号。

此外,随着通信容量的增大,同轴电缆除了向大尺寸发展外,微波和卫星通信系统除了向更高的频段发展外,目前通信系统正在使用波导或光纤作为传输线路,尤其是光纤具有衰耗低、频带宽、抗干扰性强、保密性好的特点,所以有极大的发展前景。

第二节 频率复用的基本原理

载波电话的频率变换是利用非线性元件的变频作用。因此先分析非线性元件的变频作用,然后再分析频率复用的原理。

一、非线性元件的变频作用

电路元件依其外加电压和通过元件本身的电流之间的关系可划分为线性元件和非线性元件两大类。

线性元件是指电压、电流关系符合欧姆定律的元件。以纯电阻(R)为例,通过元件的电流(i)可按下式计算:

$$i = \frac{u}{R} \quad (1-2-1)$$

式中 u —— 加在元件上的电压。

如用电导 $g = \frac{1}{R}$ 代入公式 (1-2-1), 则得

$$i = g u \quad (1-2-2)$$

上述关系可用图 1-2-1 表示, 即 i 和 u 的关系是一条直线。 g 代表直线的斜率, 即电阻越大, 斜率越小; 电阻越小, 斜率越大。通常把表示元件中的电流与两端电压之间关系的曲线叫做伏安特性曲线。

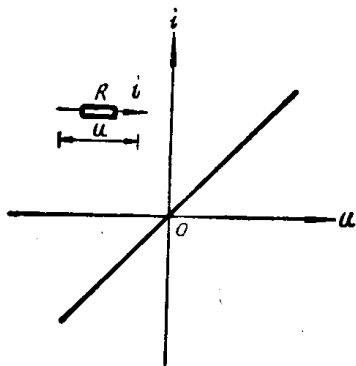


图 1-2-1 线性元件的伏安特性

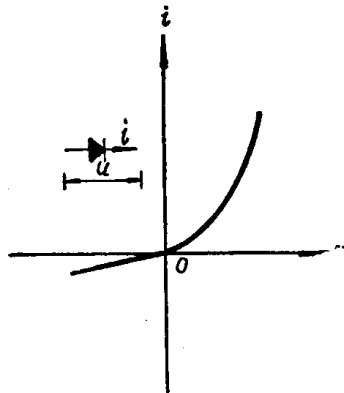


图 1-2-2 非线性元件的伏安特性

非线性元件是指电压、电流关系不符合欧姆定律的元件, 如二极管、三极管等。这时伏安特性是一条曲线, 如图 1-2-2 所示。

非线性元件的伏安特性可用下式表示:

$$i = A_0 + A_1 u + A_2 u^2 + A_3 u^3 + \dots \quad (1-2-3)$$

式中 i —— 通过元件的电流;

u —— 加在元件上的电压；

$A_0, A_1, A_2, \dots$ —— 由曲线形状和所选择的工作点决定的系数。

公式 (1-2-3) 中所取的项数越多，越能精确地表达出非线性元件的特性。一般只取前三项就能近似地表达出非线性元件的特性，即

$$i = A_0 + A_1 u + A_2 u^2 \quad (1-2-4)$$

设把正弦波电压 $u = U_f \sin \Omega t$ 加在非线性元件上，则通过元件的电流将变为

$$i = A_0 + A_1 U_f \sin \Omega t + A_2 U_f^2 \sin^2 \Omega t$$

应用三角函数关系式

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$$

$$i = A_0 + \frac{A_2 U_f^2}{2} + A_1 U_f \sin \Omega t - \frac{A_2 U_f^2}{2} \cos 2\Omega t \quad (1-2-5)$$

式中 $\Omega = 2\pi f$ 。

可见非线性元件中的电流，除了包含外加频率 f 以外，还包含直流成分和外加频率的二次谐波。如果电路中接入变量器，则在输出中将只含有外加频率 f 和它的二次谐波 $2f$ 。如果按公式 (1-2-3) 来计算，则输出中还会包含外加频率的三次、四次和更高次谐波，不过它们的幅度越来越小。

如果将两个不同频率的正弦波电压 $u_f = U_f \sin \Omega t$ 和 $u_F = U_F \sin \omega t$ 同时加到非线性元件上，如图 1-2-3 (a) 所示。这时流过非线性元件的电流将是

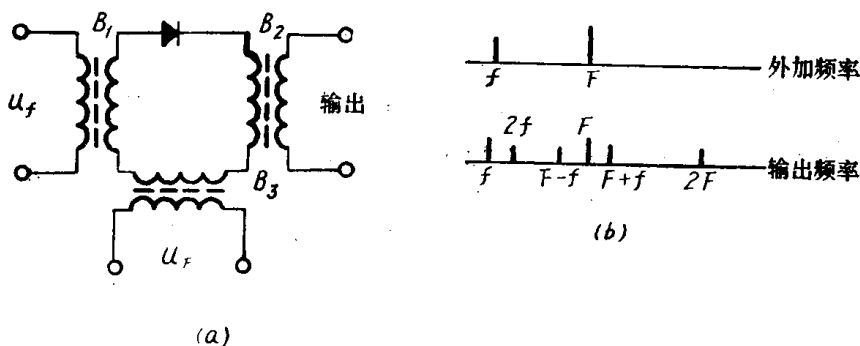


图 1-2-3 非线性元件的变频作用

$$i = A_0 + A_1 (U_f \sin \Omega t + U_F \sin \omega t) + A_2 (U_f \sin \Omega t + U_F \sin \omega t)^2$$

应用三角函数关系式 $\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$ 和 $2 \sin x \sin y = \cos(x-y) - \cos(x+y)$ ，则上式可化为

$$\begin{aligned} i = & A_0 + \frac{A_2 U_F^2}{2} + \frac{A_2 U_f^2}{2} + A_1 U_F \sin \omega t \\ & + A_1 U_f \sin \Omega t - \frac{A_2 U_F^2}{2} \cos 2\omega t - \frac{A_2 U_f^2}{2} \cos 2\Omega t \\ & + A_2 U_F U_f \cos(\omega - \Omega)t - A_2 U_F U_f \cos(\omega + \Omega)t \end{aligned} \quad (1-2-6)$$

式中 $\Omega = 2\pi f$, $\omega = 2\pi F$ 。

由公式 (1-2-6) 看出，在输出电路里，不仅包含外加频率 F 和 f ，以及外加频率的二次谐波 $2F$ 和 $2f$ ，而且还包含两个外加频率相加相减的频率 $F \pm f$ 。通常把 $F \pm f$ 叫组合波频率，其输出频谱如图 1-2-3 (b) 所示。如果考虑到高次项的影响，则输出频率将更多。

二、频率搬移

一般人说话包含的频率在80~8000赫之间，男性话音频率低些，女性话音频率高些。一般正常人耳可闻频率范围约在16~20,000赫之间，绝大多数人能听到的声音是在100赫到8,000赫的频率范围之内。经过大量测试表明，保持语言清晰度的最重要部分是50~2000赫。显然，每个话路占用的频带越宽，语言就越逼真自然，但通路的利用率就降低了。兼顾这两方面因素通常规定：

300~2700赫 称为“窄带制”，供短程载波用。

300~3400赫 称为“宽带制”，供远程载波用。

话音频带常用一个三角形来表示，三角形左低右高，形象地表征了话音频率由低到高，三角形的锐角代表话音电流中的低频（300赫），直角代表话音电流中的高频（2700赫或3400赫）。

所谓频率搬移，就是将频率从原来位置，经过非线性元件的变频作用，搬移到新的位置上。这个频率搬移的过程又叫变频。例如将话音频带0.3~3.4千赫搬移到12.3~15.4千赫，或者搬移到16.3~19.4千赫，或者搬移到20.3~23.4千赫等，如图1—2—4所示。

发送端利用非线性元件把音频变成高频，到对方接收端又通过同样的非线性元件把高频还原为音频。由话音频率 f 变到高频 $F \pm f$ 的过程叫调幅。由高频 $F \pm f$ 还原为话音频率 f 的过程叫做解调或反调幅。通常把高频 F 叫做载频，把 $F + f$ 的频带叫做上边带，把 $F - f$ 的频带叫做下边带。

根据非线性元件的特性可知，经过调幅以后，输出电路里包含着载频，上边带和下边带以及其它的频率。在接收端，所接收的任一边带经反调幅都可还原为原有信号。因此，在发送端不必将载频和上下边带都送往线路，只需传输一个边带就可以进行载波通信。这就是

“载频抑制式单边带载波电话”，现代载波机几乎全部采用这种方式。

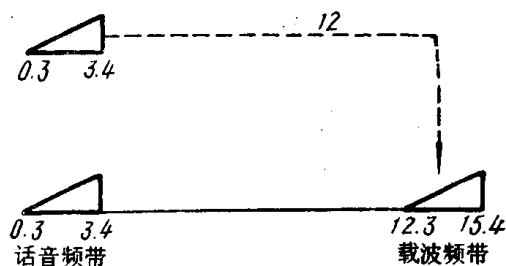


图1—2—4 频带搬移（单位：kHz）

三、单路载波电话原理

单路载波电话机是在一对架空明线线路上，开通两对电话：一对载波电话，一对音频电话。

载波电话是通过频率搬移来实现的。在发送端利用调幅器把频率提高，然后再用滤波器选出所需要的边带电流，如图1—2—5所示。在调幅器上加一个频率为6千赫的载频，在它的输入端送0.3~2.7千赫的音频，这样在它的输出端就会产生上边带6.3~8.7千赫和下边带3.3~5.7千赫。如果在调幅器后边加上一个通带是6.3~8.7千赫的带通滤波器，那么就可以把上边带6.3~8.7千赫的信号送到线路上去，而3.3~5.7千赫则被滤波器所阻止。

在接受端利用反调幅器把高频还原为音频。在反调幅器加一个频率仍是6千赫的载频，从它的输入端输入对方送来的上边带6.3~8.7千赫信号电流。这样，经过反调幅器非线性的

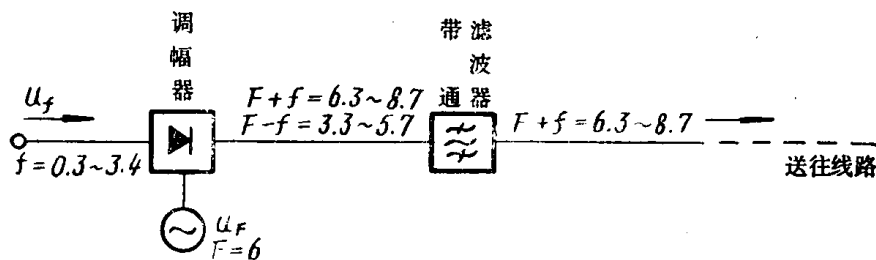


图 1—2—5 发送方向的调幅过程 (单位: kHz)

作用, 在它的输出端就会产生上边带 $12.3 \sim 14.7$ 千赫和下边带 $0.3 \sim 2.7$ 千赫, 这个下边带就是还原后的音频电流。在反调幅器后面接一个截止频率是 2.7 千赫的低通滤波器, 就可以阻止上边带, 而选出 $0.3 \sim 2.7$ 千赫的音频信号送到用户。其过程如图 1—2—6 所示。

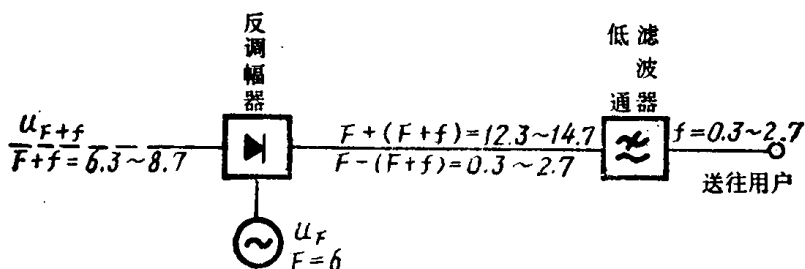


图 1—2—6 收信方向的反调幅过程 (单位: kHz)

图 1—2—5 和图 1—2—6 表示了单方向的通话原理, 这是为了便于了解载波电话的通话过程, 而实际通话总是双方向的, 这就需要解决双方向通话的问题。

但是把发信、收信设备简单地并接起来使用, 就会出现一些新的问题。

如果在载波用户端, 把收信、发信直接连接, 就会使接收的音频信号又从发送电路送出去了, 这样循环往复造成振鸣现象。为了解决这个问题, 在载波电话用户端加装一个差分系统, 就能把收信电路和发信电路分开, 防止振鸣。

而且双方向的发送频带不能重合, 否则会造成自发自收的现象。这样就需要使两个方向采用不同的发送频带, 并通过一个设备把它们分开。例如一个方向传输频带是 $6.3 \sim 8.7$ 千赫, 另一个方向传输频带是 $3.3 \sim 5.7$ 千赫, 然后用滤波器把二个方向分开, 这组滤波器又称方向滤波器。

音频电话和载波电话是用一组高、低通滤波器把它们分开的。高通滤波器的通带在 2.7 千赫以上, 通过载波电话的高频边带。低通滤波器的通带在 2.7 千赫以下, 通过音频电话的

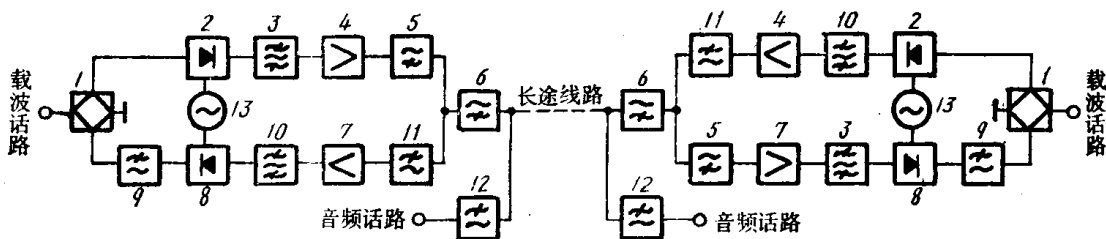


图 1—2—7 单路载波机方框图

1——差分系统; 2——调幅器; 3—— $6.3 \sim 8.7$ kHz 带通滤波器; 4——发送放大器; 5——方向滤波器高通; 6——线路滤波器高通; 7——收信放大器; 8——反调幅器; 9—— 2.7 kHz 低通滤波器; 10—— $3.3 \sim 5.7$ kHz 带通滤波器; 11——方向滤波器低通; 12——线路滤波器低通; 13——载频振荡器。

话音频率。这样音频电话和载波电话就互不干扰了。这组滤波器又称线路滤波器。

综合以上这些设备就可以得到比较完整的单路载波机方框图，如图 1—2—7 所示。

四、三路载波电话原理

三路载波电话机可以在一对线路上同时开通三个载波电话和一个音频电话。三路载波机的方框图和频谱位置，如图 1—2—8 所示。

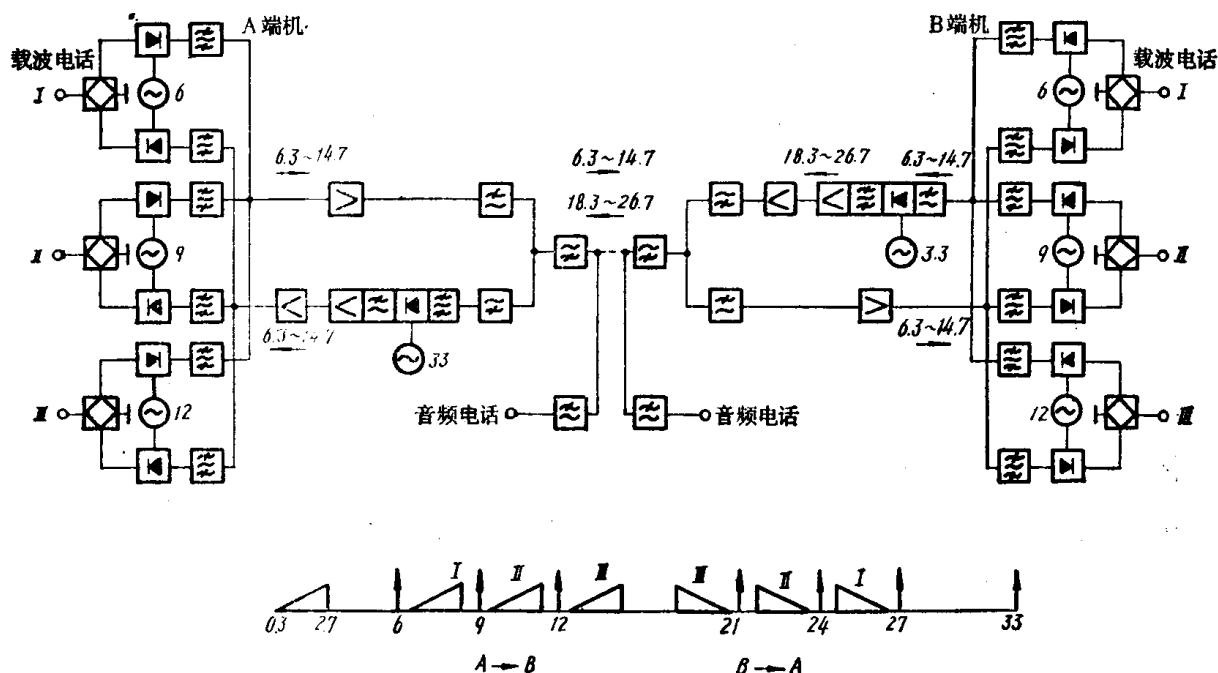


图 1—2—8 BDZ-3型三路载波电话机方框图 (单位: kHz)

按规定，对于三路载波机，以发送低频群、接收高频群的终端机叫A端机；以发送高频群、接收低频群的终端机叫B端机。图 1—2—8 中左边为A端机，右边为B端机。

由上图可看出，A→B方向的三路话音电流分别经一次调幅送往长途线路；到达对方后，经一次反调幅又分别还原成话音电流。即三路话音电流0.3~2.7千赫分别经6、9、12千赫载频调幅后，由带通滤波器取出上边带，第I路6.3~8.7千赫、第II路9.3~11.7千赫、第III路12.3~14.7千赫。三个边带电流组成6.3~14.7千赫低频群，再经发送放大器、方向低通滤波器、线路高通滤波器送往长途线路。到达B端机后，先经线路高通滤波器、方向低通滤波器和接收放大器等群路设备，再由各路反调幅带通滤波器选出所需边带电流送到反调幅器。各路边带电流分别经6、9、12千赫的载频反调幅，最后由低通滤波器选出话音电流，再经差分系统送往长途台。

B→A方向，话音电流需经过两次调幅才送往长途线路，到达对方也需经过两次反调幅才还原成话音电流。亦即话音电流经分路调幅后产生6.3~14.7千赫的边带电流，再用33千赫做载频进行群调幅，用带通滤波器取下边带18.3~26.7千赫，再经发送放大器、方向高通滤波器、线路高通滤波器送往长途线路。因此，B→A方向外线频率是18.3~26.7千赫的高频群。到达A端机后，经线路高通滤波器及方向高通滤波器，进入群反调幅器经33千赫载频反调幅，用低通滤波器取出下边带电流6.3~14.7千赫，经接收放大器后，分别进入各分路带通滤波器和反调幅器，经载频6、9、12千赫反调幅，最后由低通滤波器选出话音电流，

再经差分系统送往长途台。

通常把各路单独使用的设备叫分路设备；各路公用的设备叫群路设备，它包括发送放大器、收信放大器、群变频器、方向滤波器和线路滤波器等。因此，发送放大器和接收放大器也叫做群放大器， $B \rightarrow A$ 方向二次变频也叫做群变频。方向滤波器用来连接发送和接收两个不同传输频带。线路滤波器用来连接三路载波电话和音频电话。

图 1—2—9 是三路载波电话增音机的方框图。其上边支路用以放大 $A \rightarrow B$ 方向的边带电流，下面支路用以放大 $B \rightarrow A$ 方向的边带电流。音频话路则由线路低通滤波器取出。

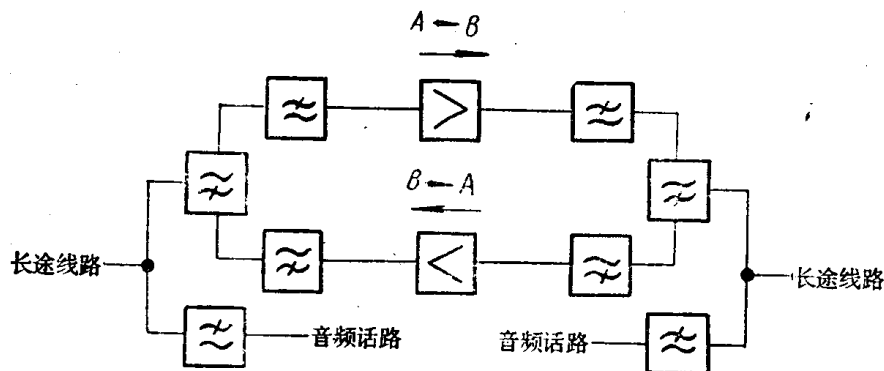


图 1—2—9 三路载波电话增音机方框图

图 1—2—8 和图 1—2—9 只画出了载波机的构成和频谱位置，实际上还有许多设备没有画出，如载频供给设备、自动电平调整设备、振铃呼叫设备等。

五、单带四线制载波电话

载波电话按线路传输方式不同可分为双带二线制和单带四线制两种。双带二线制是指长途线路用两条线，发、收采用不同频带；单带四线制是指长途线路用四条线，发、收采用相同的频带。前者适用于明线载波电话，后者适用于电缆载波电话。

前面介绍的单路、三路明线载波电话都属于双带二线制载波电话。

图 1—2—10 是单带四线制载波电话的方框图。这种通信制式，由于收、发两个方向采用相同的频带，因而在同样频带宽度情况下，比双带二线制的话路数可增加一倍。同时，由于发、收两个方向采用同一频带，可省去方向滤波器。由于低频段电缆的阻抗和衰减特性变化较大，阻抗不容易匹配，衰减频率特性也不易校正。同时因为一条电缆中线对数目较多，音频频段可不加利用，只传输载波电话，所以也省去了线路滤波器，使机械成本降低很多。

下面着重说明一下为什么明线载波电话适合于采用双带二线制，而电缆载波电话适合于采用单带四线制的理由。

从技术上来说，明线载波电话必须采用双带二线制，而不能采用单带四线制。因为单带四线制发、收两方向采用相同的传输频带，很难克服由线路引起的严重的近端串音；而双带二线制发、收采用不同的传输频带，近端串音电流正好落在方向滤波器的阻带内，从而减轻了串音影响。此外，由于明线线路上能够容纳的线对数目是有限的，采用双带二线制可以节省线对数目，从而减少了建设的投资。

电缆载波电话采用单带四线制，是因为对电缆载波来说，采用单带四线制比采用双带二线制经济。由于电缆线径细、衰减大，增音站距离近、数目多，因此节省机械设备成本就显

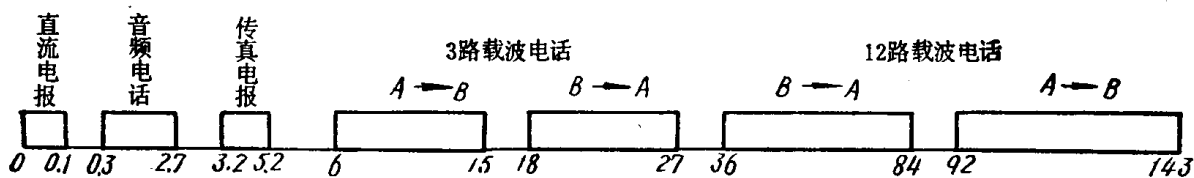


图 1—3—1 架空明线全复用线路频率分配图 (单位: kHz)

移的过程。

从话音频带变换成长途线路上所传输的频带, 需经过多级调幅。A → B 方向的线路传输频带 92~143 千赫是经过三级调幅而得到的; B → A 方向的线路传输频带 36~84 千赫是经过二级调幅而得到的; 如图 1—3—2 所示。

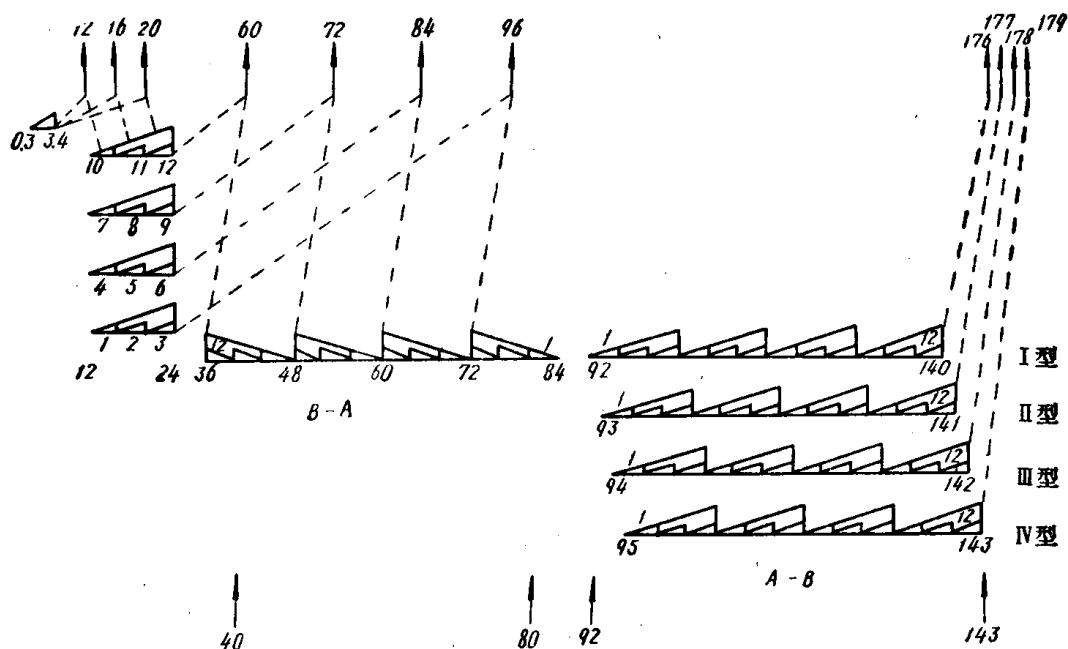


图 1—3—2 BZ-12型载波机频带搬移图 (单位: kHz)

第一级为分路调幅, 将 12 个 0.3~3.4 千赫的话音频带分成 1、2、3; 4、5、6; 7、

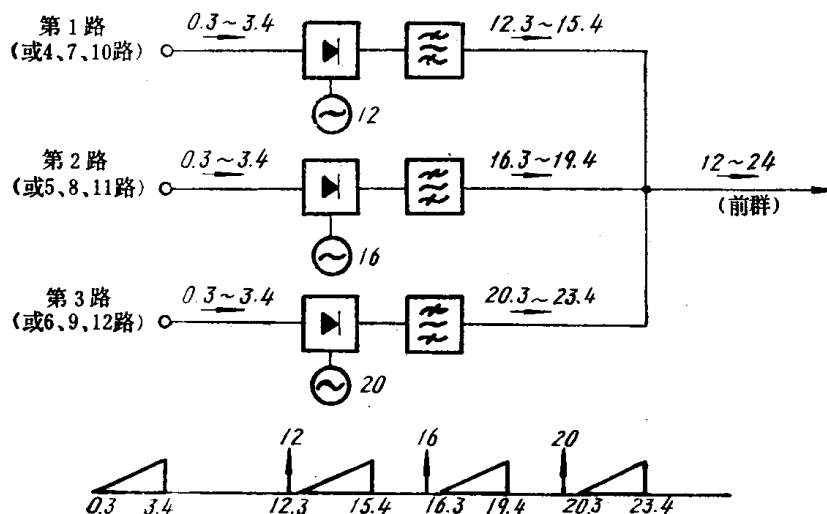


图 1—3—3 分路调幅原理及频谱图 (单位: kHz)

8、9、10、11、12四个小群（称为前群）。每个小群中的3个话音频带分别与12、16、20千赫的载频进行分路调幅。分路调幅后由带通滤波器取其上边带，三路汇合后的频带为12~24千赫，调幅原理及频谱图如图1—3—3所示。

第二级为前群调幅，四个前群输入的频带均为12~24千赫，分别与96、84、72、60千赫前群载频进行第二次调幅。由带通滤波器取其下边带，四群输出经差分设备汇集后，即得到B→A方向线路传输频谱36~84千赫，调幅原理如图1—3—4所示。

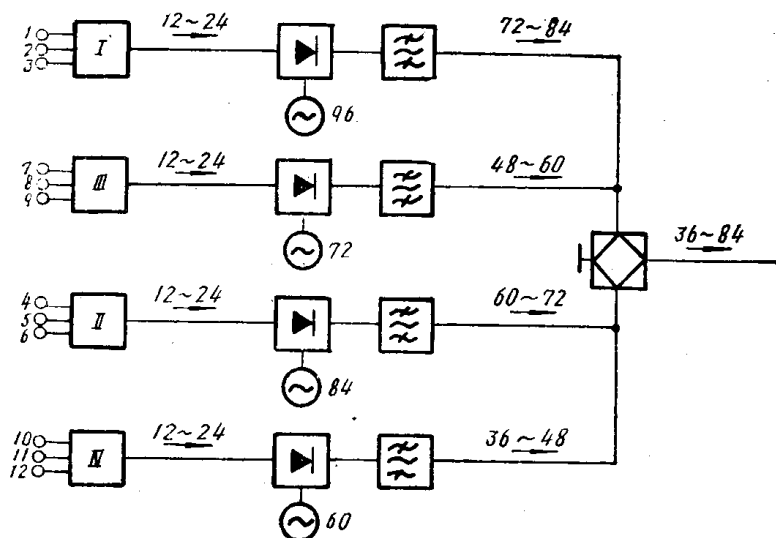


图1—3—4 前群调幅原理图（单位：kHz）

因为BZ-12型载波机采用双带二线制，所以在A→B方向还要经过一次方向调幅，即将36~84千赫信号频带与方向载频176（或177、178、179）千赫进行调幅，取其下边带得92~143千赫的A→B方向四种线路传输频谱，如图1—3—5所示。

从前面分析可以看出，十二路载波机的端机方向与三路载波机的端机方向不同。在三路载波机中，A端机发送低频群，B端机发送高频群；而在十二路载波机中，A端机发送高频群，B端机发送低频群。两者正好相反。这是因为，如果按图1—3—6那样，十二路载波机也和三路载波机相同，A端机发送低频群，B端机发送高频群，则三路载波机B端机的二次谐波正好落在十二路载波机B端机的接收频带之内，造成近端串音。若按图1—3—7那样，十二路载波机A端机发送高频群，B端机发送低频群，则可避免上述串音。

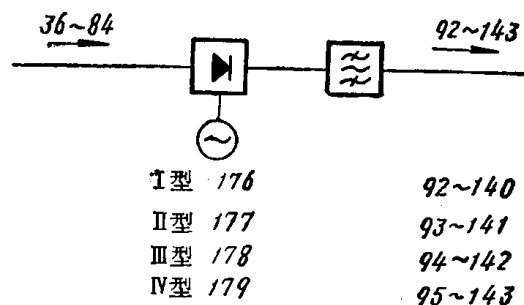


图1—3—5 方向调幅原理图（单位：kHz）

在明线长途通信中，需要在一趟线路上同时开放许多个十二路载波电话机和三路载波电话机。为了减小彼此之间的串音，除对线路上各线对间的串音衰减提出一定的要求外，在载波机的频谱安排上也采用了多种线路频谱。这些线路频谱经常采用倒置和位移的方法。

所谓频谱倒置是指两个载波机的频谱位置相同，但两者的载频和所取上、下边带不同。现以图1—3—8所示BDZ-3型三路载波机为例，说明采用频谱倒置法减轻串音影响的原理。由图1—3—8看出，在两个频带中，一个是用6千赫做载频调幅取上边带，一个是用

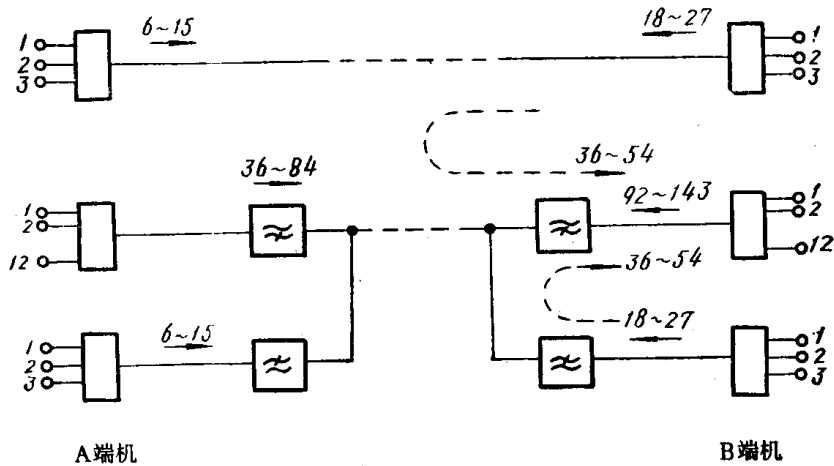


图 1—3—6 端机方向不合理 (单位: kHz)

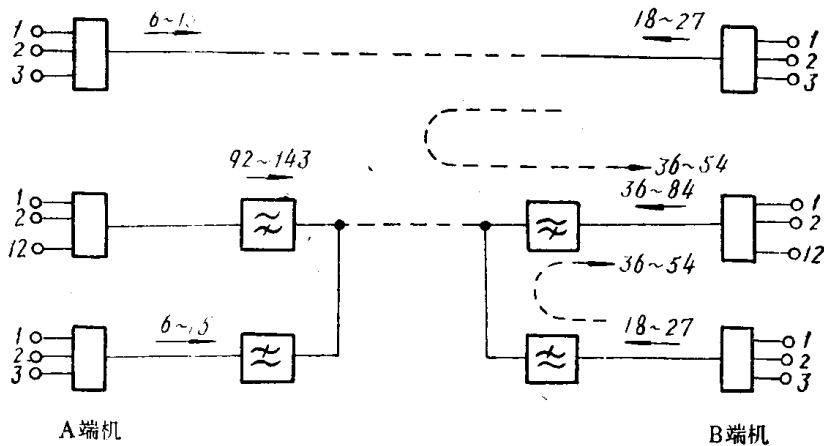


图 1—3—7 端机方向合理 (单位: kHz)

9 千赫做载频调幅取下边带, 因而得到的频带都是 6.3~8.7 千赫。对于通话电流来说, 这两种频带经反调幅后均可还原为 0.3~2.7 千赫的话音频带, 因而对通话没有影响。对于串音电流, 因反调幅时载频不同, 所以经反调幅后, 串音电流中的 300 赫落在被串话路话音频带的 2700 赫的位置; 串音电流中的 2700 赫落在被串话路话音频带的 300 赫位置。也就是说整个频带颠倒了, 这样可把听得懂的串音变成听不懂的杂音, 从而减轻了串音的影响。

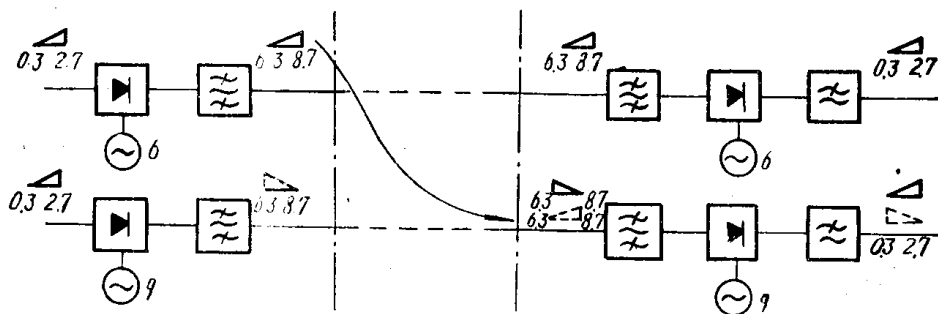


图 1—3—8 采用频谱倒置法减轻串音影响的原理 (单位: kHz)

所谓频率位移就是两个载波机的频带相对错开了一些频率。如 BZ-12 型十二路载波电话机 A→B 方向的四种频带: 92~140 千赫, 93~141 千赫, 94~142 千赫, 95~143 千赫。它们