

通 仗 技 术

载 波 电 话

中国人民解放军通信学院训练部

一九七八年八月

你們是科學的
千里眼順風
耳

高举毛主席的
伟大旗帜，为加速
我军通信现代化
而努力奋斗。

华国锋

目 录

第一章 小通路载波电话系统	(1)
§ 1—1 概述	(1)
§ 1—2 频分制多路通信的基本原理	(5)
一、什么是载波电话	(5)
二、载波电话通信的基本工作过程	(6)
三、载波电话的优点	(13)
§ 1—3 载波电话机通用部件的基本原理	(13)
一、差分系统	(13)
二、变频器	(15)
三、滤波器	(18)
四、振荡器	(22)
五、放大器(略)	(23)
1—4 话音及边带图示法	(24)
一、频率直角三角形法	(24)
二、能量直角三角形法	(25)
§ 1—5 电平计量	(28)
一、常用对数与自然对数	(29)
二、分贝与奈培	(30)
三、相对电平与绝对电平	(34)
四、功率电平与电压(电流)电平	(36)
五、跨接测量与终端测量	(39)
§ 1—6 3ZDL—20型晶体管三路载波电话机	(49)
一、用途	(49)

二、战术技术性能·····	(49)
三、变频过程·····	(54)
四、频带参差与频带倒置·····	(56)
五、方框图及其简要工作过程·····	(57)
六、终端机的开通方法·····	(63)
§ 1—7 十二路载波电话·····	(69)
一、架空明线的全复用·····	(69)
二、多级调制的概念·····	(71)
三、12ZD—26型晶体管明线十二路 载波电话机·····	(83)
§ 1—8 双频带二线制传输和单频带 四线制传输·····	(97)
第二章 大通路载波电话系统 ·····	(99)
§ 2—1 概述·····	(99)
§ 2—2 高频对称电缆与同轴电缆·····	(104)
一、高频对称电缆·····	(105)
二、同轴电缆·····	(112)
§ 2—3 六十路以上电缆载波电话·····	(126)
一、60路对称电缆载波电话·····	(127)
二、300路小同轴电缆载波电话·····	(133)
三、1800路中同轴电缆载波电话·····	(145)
第三章 载波话路的二次复用 ·····	(147)
§ 3—1 什么叫二次复用·····	(147)
§ 3—2 二次复用的基本方法·····	(148)
一、压缩话音频带，增开载波电报·····	(148)
二、牺牲电话，改通其它·····	(154)
第四章 载波电话机的组织运用 ·····	(158)
§ 4—1 载波机的对通条件·····	(158)
一、两端机的收发频率必须对口，	

而且不参差、不倒置·····	(158)
二、两端机的通信距离不超过标称值·····	(159)
§ 4—2 运用方式·····	(160)
一、多路重叠运用·····	(160)
二、转接运用·····	(162)
三、开口运用·····	(163)
附录一、载波电路质量指标及通用测量方法·····	(179)
一、净衰耗·····	(179)
二、频率特性·····	(181)
三、稳定度·····	(183)
四、振幅特性·····	(187)
五、串杂音·····	(188)
六、载频同步·····	(190)
七、振铃边际·····	(192)
附录二、变频器输出频率的分析·····	(193)

第一章 小通路载波电话系统

§ 1—1 概 述

在长途通信系统中，通信线路的投资占有较大的比重，一对线路如果只通一路电话，未免太不经济。随着革命和建设事业飞速发展，话务量日益增多，一对线上通一路电话，显然远远不敷需要，为了充分利用线路，在线路传输能力允许条件下，应该尽可能开通比较多的载波通路。

载波电话是利用频率分割制（简称频分制）的原理，在一对线（二线制）或两对线（四线制）上同时传输多路电话。

普通电话的传输方法是把音频直接传输到对方，整个传输过程中频率是不变的。载波电话是将发送端送出的各路音频经过一次或多次调制，分别调到不同的线路传输频带，经线路和增音设备传输到接收端，再由各自对应的带通滤波器选出所需信号，经一次或多次反调制还原成各路音频。由于采用滤波器将各路频带分隔开，因此各个话路互不干扰。

载波电话设备不仅供多路电话通信用，还可二次复用开放载波电报、广播节目、电视、传真和传输数据等。

通信线路是有线电通信的动脉。一对线路乍看起来只是两根平滑的线条，其实不然，每根线上都有均匀分布着的电阻和电感，两根线中间又有均匀分布着的电容和绝缘电阻。电阻和电感，电容和绝缘电阻都不易截然分开，因此，电话线实际上是一种分布参数的电路，如图 1—1 所示。

因为线路上有串联着的电感和电阻，因此话音电流通过线路时要产生电压降，并且经过线间的电容和绝缘电阻使一部分电流

在中途跑回送话用户。这样线路上传输的电压越来越低，电流也越来越小，如图1—2所示。

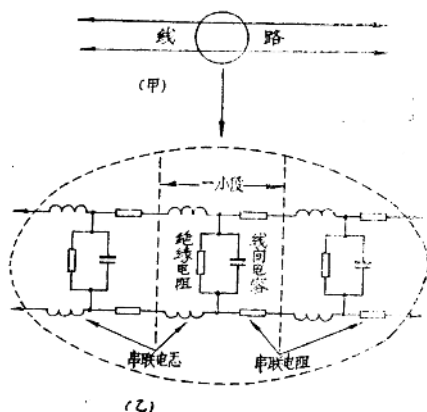


图1—1 通信线路的等效电路

电压越来越低，电流越来越小，说明线路上有功率衰耗。线路越长，衰耗越大。线路衰耗的大小与传输信号的频率高低也有很大关系。信号频率高，电感的感抗和电阻的阻值都会随之增大，使得电压降增大；同时电容的容抗和绝缘电阻的阻值都会随之降低，使得电流的分流加大。这样线路的功率衰耗就会变大。正因为如此，通信线路所允许传输信号的频率是有限的。铜线线路通常容许最高信号传输频率为150千赫（铁线线路通常为10千赫）。超过该值线路衰耗特性急剧变坏，信号将以线路为天线以电磁波的形式向空间发射，到达收端的能量将很微弱。同时，串音加剧，还会受到无线长波的干扰。当信号频率超过150千赫时，就得换用其它通信线路，如对称电缆线路或同轴电缆线路。

多路载波电话是长途通信的一种重要手段。一个国家的长途通信网的建立和发展都是在不同程度上，依靠各种类型载波电话

机的装备来实现的。载波电话按其传输信道可分为明线载波电话和电缆载波电话两类。按其话务容量可分为单路、3路、12路、24路、60路、120路、300路、960路、1800路、2700路、10800路等。通常将60路以下称为小容量（通路）载波通信。

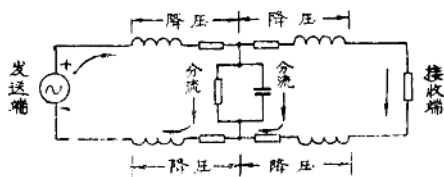


图 1—2 信号通过线路要产生损耗

一、明线载波电话

它的传输线路采用架空明线，线的种类有铜线、铁线和铝线，线径一般采用2.6~4.0毫米。

由于话路数越多，使用频率越高，频率越高，线路的传输损耗就越大，线间串音也越严重，因此明线载波电话的通信容量受到限制。通常一对架空明线能传输一个3路和一个12路载波电话，有时也用来传输24路载波电话。在短程通信和野战情况下也开通单路载波电话。

明线载波电话传输方式为二线异频制，即发和收公用一对外线，双方传输频带不一样。

明线载波电话的容量小，通信保密性差，容易受到外界影响而产生干扰或使通信中断，因此不能满足通信发展的需要。

二、电缆载波电话

用于载波电话的电缆通常有两种，对称电缆和同轴电缆，对应的载波电话机也有两种，对称电缆载波机和同轴电缆载波机。

1. 对称电缆载波电话。又称平衡电缆载波电话，用埋设于地下的对称电缆传输。传输方式有：二线异频单电缆制，开放12

路载波电话；四线同频双电缆制，开放12、24、60、120路等载波电话。

电缆载波电话的特点：通信性能稳定，受气候影响及其它干扰的影响较小；通信容量远比明线载波电话大；使用年限长，维护费用少。由于传输损耗大，沿途需要的增音站多。

2. 同轴电缆载波电话。是以同轴电缆为传输线路的载波电话。由于同轴电缆可传输的频带宽，受外界的电干扰小，因此大大提高了传输通路数量和传输质量，为长途电话自动化和二次复用开放多种业务提供了条件。

同轴电缆中使用较多的为小同轴电缆和中同轴电缆。使用小同轴可传输300路、600路、900路、2700路载波电话；使用中同轴电缆可传输1800路、2700路、7200路、10800路载波电话。线路传输均采用四线同频单电缆制。还有海底电缆载波电话，它是利用海底电缆跨越海洋，在大陆或岛屿间进行的多路载波通信。特点是容量大（从几百路到几千路）；寿命长（一般在20年以上）；通信距离远（从几千公里到上万公里）；串杂音小（每公里为1微微瓦，而陆上电缆系统每公里为3微微瓦）；不易受外界干扰，保密性较好。但因电缆敷设在海底，维修困难，因此对电缆质量和施工质量要求高。为防止电缆受捕鱼、抛锚等机械损害，浅海电缆多用单层或双层钢丝铠装，挖沟埋设。

还有利用高压输电线来传输载波电话，叫“电力线载波电话”，目前大多使用在电站间或电站与变电站间的通信联络。主要优点是：电力线的导线直径大，传输损耗小；杆塔坚固，受外界影响小。缺点是易受50赫高压及其谐波的干扰和高压电晕、电弧放电的高频干扰。

此外，在卫星通信和微波接力通信中也要使用载波电话机作为终端设备。

鉴于我军通信线路不但有明线、对称电缆和同轴电缆，实施机动通信时还用野战电缆，因此载波设备也要适应这种状况，不

但要有固定台站使用的载波机，还要有装车使用实施机动通信的载波机，为减少机器种类，增加装备的通用性，还生产了明缆两用的载波机，在使用中只要变动相应的“明/缆”位置和使用相应的增音机即可在明线或电缆上进行载波通信。

随着电子工业的发展，在电子管载波机的基础上，大力发展了全晶体管的载波机。它具有耗电省、体积小、寿命长等优点，使载波通信出现了质的跃进。

尽管载波机的类型很多，但其基本原理都是采用频率分割的方法以实现多路通信的。

§ 1—2 频分制多路通信的基本原理

一、什么是载波电话

利用音频电话通信，线路利用率很低。在一对线路上，在同一时间里只能允许一对用户通话。如果让两对或两对以上的用户同时讲话，那就会互相干扰。从图 1—3 可以看出：甲用户讲话，其它三个用户都能听到，大家同时讲话，谁也听不清楚。为

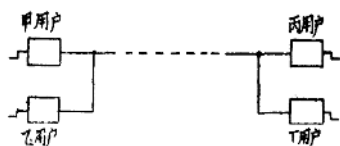


图 1—3 用普通单机在一对线路上不能同时有两对用户通话

了克服上述缺点，人们在反复实践的过程中，发明了一种新的通信工具，叫载波电话机。运用载波电话机，就可以在—对通信线路上实现多路通信。即让几对、几十对、几百对、甚至几千对用户同时讲话而互不干扰。

为什么加了载波电话机后，就能在一对通信线路上实现多路通信呢？其道理是：在一对通信线路上，只有一对用户用音频频

带传输，而其它用户则用载波电话机把音频频带搬移到不同的高频频带进行传输。送到对方后再用载波电话机把高频频带还原成音频频带送到用户。如图 1—4 所示，丙用户与丁用户利用线路直接传输音频频带而进行通话。甲用户与乙用户利用载波电话机把音频频带搬移到高频频带，在线路上进行传输，到对方后再还原成音频频带。这样甲与乙、丙与丁两对用户在一对线路上同时通话时，由于在线路上传输的频带不同，因此就有可能分开。

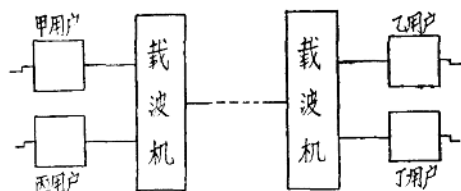


图 1—4 用载波电话机实现多路通信

我们通常把音频频带搬移成高频频带，在通信线路上进行传输的电话，叫做载波电话。而能够达到这个目的的设备，叫做载波电话机，简称载波机。在一对通信线路上除了通音频电话外，能增加一路载波电话的设备叫单路载波机（如国产的 B—845 机）；增加三路载波电话的设备叫三路载波机（如国产的 3 ZDL—20 型机）；增加十二路载波电话的设备叫十二路载波机（如国产的 12 机、12ZD—10 型机）。

二、载波电话通信的基本工作过程

载波电话通话的过程，可以归纳为“一变、二分、三还原”。所谓“变”就是发信的一方用变频器把音频频带变成高频频带。所谓“分”就是用滤波器把音频电话与载波电话的信号分开，或用滤波器把不同的传输频带分开。所谓“还原”就是接收一方用反变频器把高频频带还原为音频频带。

发信一方的变频器，又叫调幅器；受信一方的变频器一般叫反

变频器或反调幅器。下面我们较具体地讨论如何“变”、“分”与“还原”的。

(一) 发信方向是怎样变的

图 1—5 表示了发信方向“变”的过程。用户发出的语音频带经过变频器把频率提高，经放大后再用滤波器选出所需要的高频频带发送到长途线路上去。

变频器是怎样把频率搬高的呢？我们把用户电话机和载频振荡器都加到变频器上，当用户讲话时，他的电话机就把语音信号频率为 f 的语音信号电流送入变频器，载频振荡器的载频频率为 F 的信号电流，也同时送入变频器，在它的输出端就得到很多新的不同频率的电流。其中主要有和频组合波 ($F + f$) 与差频组合波 ($F - f$)，这就是上边带与下边带。根据单边带传输制度，只需要将两个边带之中的一个发送到线路上就可以了。为此，在变频器之后设置了一个带通滤波器，用以选择一个边带送到长途线路上去。

举例说明：用户电话机输出的语音频带为 $0.4 \sim 2.1\text{KHZ}$ ，载频为 5.5KHZ ，变频以后的上边带为 $F + f = 5.9 \sim 7.6\text{KHZ}$ ，下边带为 $F - f = 3.4 \sim 5.1\text{KHZ}$ ，若带通滤波器选取上边带，于是在长途线路上传输的高频频带为 $5.9 \sim 7.6\text{KHZ}$ 。

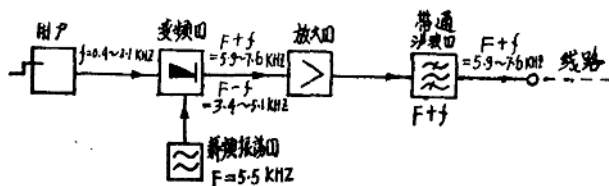


图 1—5 发信方向的变频过程

(二) 收信方向是怎样“还原”的

图 1—6 表示收信方向的还原过程。收信过程可以看作是发

信的反变换过程，所不同的是送入反变频器的信号不是音频频带，而是经由长途线路送来的高频频带。

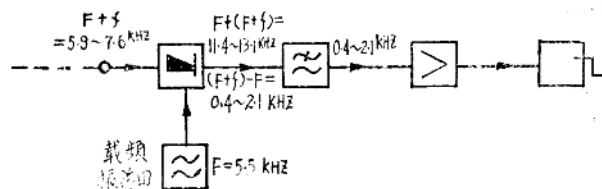


图 1—6 收信方向的还原过程

由于发端载频 F 没有送过来，在收信端为了实现反变频，必须用载频振荡器重新产生载频 F 送入反变频器。同时对端传输过来的高频频带 $F+f$ 也进入反变频器，经过反变频器作用后，在它的输出端得到两个边带，上边带为 $(F+f)+F=2F+f$ ，下边带为 $(F+f)-F=f$ ，后者就是被还原的话音频带，经过低通滤波器选取下边带 f ，放大后送往受话用户单机。

举例说明：由线路传输来的高频频带为 $5.9\sim7.6\text{KHZ}$ ，载频为 5.5KHZ ，反变频以后得到的上边带为 $2F+f=11.4\sim13.1\text{KHZ}$ ，下边带为 $f=0.4\sim2.1\text{KHZ}$ ，低通滤波器选取下边带，于是只将话音信号频带送往用户。

（三）音频电话和载波电话是怎样“分”开的

音频电话的话音频带和载波电话的高频频带是利用一对高、低通滤波器把它们分开的。图 1—7 表示了这个原理。

图中所示的高通滤波器的通带在 3.3KHZ 以上，能通过载波电话的线路传输边带信号，阻止 2.1KHZ 以下的音频电话信号。低通滤波器的通带在 2.2KHZ 以下，能通过音频电话的话音频带，而阻止频率在 3.4KHZ 以上的载波电话信号。这样，音频电话和载波电话的不同频带就被区分开了。因为高低通滤波器直接与外线相联，称为线路滤波器。

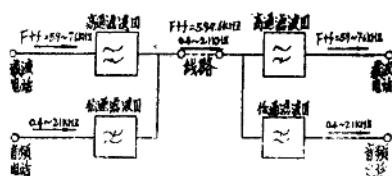


图 1-7 利用高、低通滤波器把音频电话与载波电话分开

从上面分析载波电话的“一变、二分、三还原”的过程中可以看出，要实现载波通信，载波机必须具备下列主要部件。

1. 变频器——它的作用是：在发信方向将音频频带变成高频频带；在收信方向将高频频带还原成音频频带。归纳起来就是起到了变换频率的作用。

2. 载频振荡器——它的作用是供给变频器一载频电压，使变频器按载频的高低来变换频率。本端收信和对端发信方向的两个载频频率要一样，否则会影响正常通话，甚至不能对通。

3. 滤波器——它的作用是选频和分路。带通滤波器和收信低通滤波器都是选择所需要的边带信号，而上面讲到的那一对线路高、低通滤波器，则是将载波电话和音频电话分开。

除了这三个主要部件外，载波电话机还有其它的部件。例如放大器，它的作用是为了提高信号的能量，以延长通信距离。图 1-8 表示了载波电话单方向通话原理方框图。

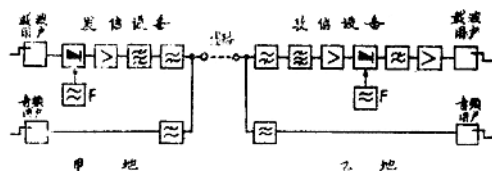


图 1-8 载波电话单方向通话原理方框图

(四) 载波电话是怎样完成双向通话的

1. 四线制载波电话通信的基本原理

图1—8表示了载波电话单方向通话过程，但是，通话总是双向的。要从图1—8解决双向通话的问题比较简单的方法是：在甲地也设置一套与乙地相同的收信设备；同样，在乙地也设置一套与甲地相同的发信设备，并再用一对通信线路把乙地的发信设备和甲地的收信设备连通，这样就解决了双向传输的问题。如图1—9所示。

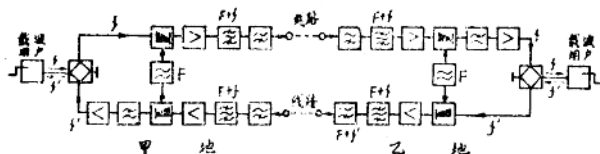


图1—9 四线制载波电话双向通话方框图

从图1—9可知，由于收和发的载频是一样的，所以它们可以合用一个振荡器。另外，由于载波电话的发信频带和收信频带都是选用上边带 $F+f$ ，即收发信频带相同。我们通常把收、发采用相同频带、并用四根（两对）通信线路供给两个不同通话方向的传输方式，叫做“四线制单频带载波电话通信”。简称“四线单带制通信”。

由于电话单机是采用二线制，这就产生了它怎样与载波电话收、发信设备四根连线直接接通的问题。不论是甲地或是乙地，载波电路的发信电路和收信电路是不能直接并联起来变成两根线的。为什么呢？因为这样在甲地就会使收信设备收到乙地送来的话音电流后又通过发信设备重新发送出去；同样，在乙地收信设备在收到甲地送来的话音电流后又重新通过发信设备送到甲地，而形成两地“收后重发”。这种现象反复进行，使电路不稳，严

重时就像振荡器一样将产生“振鸣”，使通话无法进行。为了防止“收后重发”的问题，在载波机中常常采用差分系统来解决二线与四线间的连接如图 1—9 所示。差分系统上下两端，分别与发收电路相接，侧端与载波电话用户联通。有了差分系统，收信支路送出的语音电流只能送给用户而不会窜入发送支路。用户讲话时，语音电流可以送往发信设备。差分系统犹如十字路口的交通警，指挥着车辆按照一定的途径行驶。从而解决了二、四线电路的联接问题，防止了电路振鸣。

2. 二线制载波电话通信的基本原理

利用上述四线制单频带载波电话通信的基本电路，固然可以解决载波电话的双方向通话问题，但必须用两对通信线路。能不能只用一对通信线路来完成载波电话的双方向通信呢？回答是可以的。但线路上传送的信号频带不能像四线制那样都是相同的，而应该是传送不同频率范围的两种频带，这种通信方式，就叫做二线制双频带载波电话通信，简称“二线双带制载波通信”。其基本原理如图 1—10 所示。

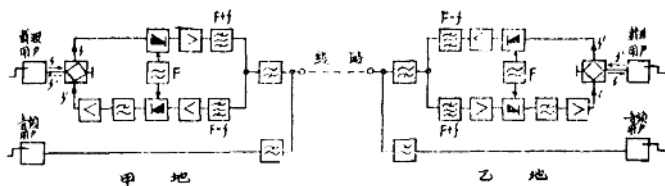


图 1—10 二线制载波电话双向通话方框图

从上图可知：当甲地载波用户讲话时，语音信号频率为 f （假设 0.4—2.1KHZ）通过甲地发信设备的变频器变换频率后，由发信带通滤波器选出上边带 $F + f$ （如 $F = 5.5\text{KHZ}$ ，