

内 容 提 要

本书讲述载波电话机的基础知识。全书共分载波电话基本概念；电子管和电子管放大器；电子管振荡器；晶体管放大器；晶体管振荡器；调幅器；滤波器、均衡器、衰耗器、限幅器和差动系统等八章，内容以基本部件的原理为主，着重物理概念的阐述，尽可能避免应用高深数学。

本书适用于具有初中或相当初中文化程度的电信工人自学参考。

载 波 电 话 基 础

(电信技术基础自学丛书)

人民邮电出版社编辑、出版
北京东长安街27号
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店发行

开本：787×1092 1/32 1975年6月第一版
印张：11 页数176 1975年6月河北第一次印刷
字数：231千字 印数1—52,000册

统一书号：15045·总2017—有508

定价：0.75元

前 言

无产阶级文化大革命以来，随着邮电通信事业的发展，载波电话的装备日益增加。现在不仅是电子管的载波设备使用广泛，晶体管的载波设备也在广泛地应用，许多中小城镇和农村也装用了载波电话机。广大电信人员，特别是新工人同志为了掌握载波电话技术，为通信事业服务，迫切希望有一种比较通俗、便于自学的基础读物。我们根据这种反映，从一些有关单位编写的《载波电话》、《半导体载波机》等讲义，选取其基础部分，加以整理，改编成这本《载波电话基础》。

本书共分八章，内容以基本部件的原理为主，着重从物理概念阐述载波电话的基本概念，并比较系统地介绍了载波电话机各主要部件的作用和基础知识。在编写方面力求由浅入深，通俗易懂，以便适合具有初中或相当初中文化程度的电信工人同志自学参考。

目 录

前 言

第一章 载波电话基本概念..... (1)

第一节 电话的基本知识..... (1)

一、电话通信的基本原理..... (1)

二、听觉和话音..... (2)

三、电话的传输频带..... (3)

第二节 载波电话通信的基本原理..... (4)

一、什么是载波电话..... (4)

二、载波电话有哪些优点..... (6)

三、载波电话通信的基本过程..... (7)

第三节 传输电平概念..... (13)

一、衰耗和增益..... (13)

二、绝对电平和相对电平..... (14)

三、电平加减的计算方法..... (22)

四、传输电平的测量..... (26)

第二章 电子管放大器..... (28)

第一节 电子管和电子管的放大作用..... (28)

一、电子管的种类及参数..... (28)

二、电子管的放大作用..... (41)

三、电子管的使用常识..... (42)

第二节 放大器的基本原理	(47)
一、放大器的基本电路及工作过程	(47)
二、放大器的电源供给	(52)
三、放大倍数与增益	(55)
四、放大器的失真	(58)
第三节 单管放大器	(65)
一、单管放大器的基本电路	(65)
二、单管放大器的阻抗匹配	(66)
三、增益—频率特性分析	(68)
四、单管放大器中频段的增益计算	(73)
第四节 电子管功率放大器	(74)
一、引言	(74)
二、单管功率放大器	(76)
三、功率管的并联运用	(77)
四、推挽放大电路	(79)
五、并联与推挽运用的优缺点比较	(81)
第五节 多级放大器	(83)
一、多级放大器的耦合电路	(84)
二、阻容耦合放大器	(85)
三、多级放大器的电源供给	(92)
第六节 负反馈放大器	(94)
一、负反馈的基本概念	(94)
二、负反馈对放大器质量的改善	(96)
三、负反馈的基本电路	(99)
四、强负反馈放大器	(107)
第七节 放大器的寄生反馈和杂音	(111)

一、放大器的寄生反馈及减小办法·····	(111)
二、放大器的杂音及减小办法·····	(112)
第三章 电子管振荡器·····	(115)
第一节 振荡器的基本原理·····	(115)
一、自激振荡的基本电路·····	(115)
二、自激振荡的条件·····	(117)
三、增幅振荡和减幅振荡·····	(118)
四、振幅的建立与稳定·····	(119)
五、振荡器中栅偏压的供给·····	(123)
第二节 常用 LC 振荡电路·····	(125)
一、阳极调谐振荡电路·····	(126)
二、调栅振荡电路·····	(127)
三、三点式振荡电路·····	(127)
第三节 振荡频率的稳定和振幅的稳定·····	(129)
一、振荡频率的稳定·····	(130)
二、振荡振幅的稳定·····	(134)
第四节 电子管电路中的石英晶体振荡器·····	(137)
一、石英晶体的特性·····	(137)
二、石英晶体的等效电路·····	(138)
三、振荡电路·····	(139)
第四章 晶体管放大器·····	(142)
第一节 单管低频放大器的分析·····	(142)
一、简单电路及工作原理·····	(142)
二、图解法求放大器的工作点·····	(144)

三、放大器的动态工作情况·····	(149)
四、三种放大电路的比较·····	(150)
第二节 工作点的稳定及偏置电路·····	(153)
一、温度变化对静态工作点的影响·····	(153)
二、稳定工作点的措施·····	(157)
第三节 多级放大器·····	(162)
一、耦合与匹配·····	(163)
二、多级阻容耦合放大器放大倍数的计算·····	(167)
三、阻容耦合放大器的频率特性·····	(169)
四、变量器耦合放大·····	(170)
五、复合管放大器·····	(171)
第四节 功率放大器·····	(174)
一、功率放大器的特点·····	(174)
二、功率放大器的种类·····	(175)
三、单管甲类功率放大器·····	(177)
四、推挽功率放大器·····	(180)
第五节 直流放大器·····	(185)
一、直接耦合放大器·····	(185)
二、差动放大器·····	(187)
第六节 放大器中的负反馈·····	(191)
一、负反馈的判断方法·····	(191)
二、常用负反馈电路·····	(193)
第五章 晶体管振荡器·····	(198)
第一节 LC 振荡器·····	(198)
一、变量器反馈振荡器·····	(198)

二、电感三点式振荡器.....	(200)
三、电容三点式振荡器.....	(201)
第二节 晶体振荡器.....	(201)
一、第一种类型.....	(202)
二、第二种类型.....	(204)
第六章 调幅器	(205)
第一节 线性与非线性元件.....	(205)
一、线性元件.....	(205)
二、非线性元件.....	(206)
三、用非线性元件进行变频的概念.....	(207)
第二节 环式氧化铜调幅器.....	(211)
一、环式氧化铜调幅器的电路组成.....	(211)
二、环式氧化铜调幅器的工作原理.....	(212)
三、环式调幅器的工作损耗与载漏.....	(218)
第三节 晶体管调幅、反调幅器.....	(222)
一、概述.....	(223)
二、无源单管调幅器.....	(224)
三、无源双管调幅器.....	(226)
四、有源双管调幅器.....	(229)
五、有源四管调幅器.....	(230)
第七章 滤波器、均衡器、衰耗器、限幅器	(234)
第一节 二端网络.....	(234)
一、二端网络的一般概念.....	(234)
二、电抗二端网络的电抗曲线.....	(234)

三、倒量网络.....	(242)
第二节 四端网络.....	(245)
一、四端网络的输入阻抗.....	(247)
二、特性阻抗.....	(249)
第三节 滤波器.....	(253)
一、滤波器的作用及分类.....	(253)
二、 T 型滤波器的传通条件.....	(255)
三、定 K 式滤波器.....	(257)
四、 M 式滤波器.....	(264)
五、组合滤波器.....	(274)
六、滤波器的并联.....	(281)
七、最少电感滤波器介绍.....	(284)
八、其它型式的滤波器.....	(290)
第四节 均衡器.....	(292)
一、均衡器的作用.....	(292)
二、均衡器的衰耗特性分析.....	(293)
第五节 衰耗器.....	(300)
一、衰耗器的结构及作用.....	(300)
二、衰耗器的使用.....	(303)
第六节 限幅器.....	(307)
一、限幅器的作用.....	(307)
二、限幅器电路的组成及简单工作原理.....	(307)
第八章 差动系统.....	(315)
第一节 差动系统的作用与构造.....	(315)
一、作用和要求.....	(315)

二、差动系统的构造·····	(316)
第二节 差动系统工作原理·····	(317)
一、变量器式差动系统的工作原理·····	(317)
二、电阻式差动系统的工作原理·····	(323)
附录一 晶体管的使用常识·····	(327)
附录二 电平换算表·····	(337)
(一) 电压电平—电压换算表·····	(337)
(二) 电压电平换算为功率电平时的修正值·····	(338)
(三) 从 1 到99的自然对数表·····	(338)
(四) 奈(N)与分贝(dB)换算表·····	(339)
附录三 常用电子管的新旧型号对照表·····	(340)

第一章 载波电话基本概念

第一节 电话的基本知识

一、电话通信的基本原理

电话通信的任务，就是利用电流将人们说话的声音从甲地传向乙地。

图1—1表示电话传输的主要过程。

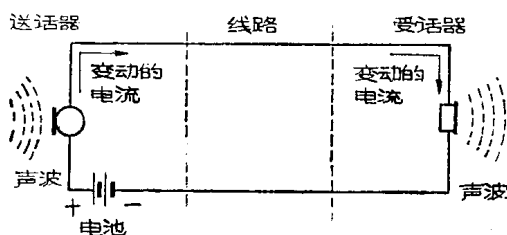


图 1—1 电话传输过程示意图

当发话者在送话器前讲话时，声波作用于送话器上，在送话器电路内产生相应的电流变动，沿线路的导线传送到远地的受话器。

受话器接收到此变动的电流后，就把它转变为声波，传播于空气中，并作用于听者的耳膜上，于是听到讲话声。

在发送端通过送话器，变声波为变动的电流（音频电流），而在接收端通过受话器，将变动的电流转换成声波。

这就是电话传输的基本原理。

二、听觉和话音

电话与人的听觉和话音有密切的关系，下面简略介绍一些有关听觉和话音的知识。

1. 听觉的特征

听觉的范围 人耳的听觉范围可认为是在 16 赫至 20000 赫的频带内，但并不是在上述频带内对各种频率的感觉都同样地灵敏，而是最易接受 1000 至 4000 赫范围内的声音。但即使在听觉范围以内，若声强（声波本身能量的大小）过小，人耳也会听不到；若声强过大，人耳又会感到痛苦，因此声强的变化范围应有其上、下界限。这种上限和下限对于不同的频率各不相同。

响度与声强对于频率的关系 随着声强的增大，响度（人耳感觉到的声音的强弱）也会变大些。但是这种关系只有在同一频率下才是正确的，因为人耳对于不同频率的声音（在相同的声强下），其感觉不一样。

在某一频率下，响度与声强的关系，可用对数定律来近似地求得，即响度增加的倍数与声强增加倍数的对数成正比。

若以 J 和 J_0 分别表示现有的和原来的声强值（即声强增加的倍数为 J/J_0 ），则响度增加的倍数值 S 可用下式表示：

$$S = \lg \frac{J}{J_0},$$

例如声强增加 100 倍，则响度也增加，但不是同样地增加原有的 100 倍。这就是说，响度感觉的增长比实际声音强度的增长程度要慢得多。

2. 话音

话音频率范围 人们话音的基本频率范围是80—1200赫。实验证明，话音的频带在80—8000赫范围内。

话音声波的能量 话音所发出来的声波能量可用下列数据说明：

低声谈话	10^{-3} 微瓦
平常谈话	10^{-1} 微瓦
高 叫	10^3 微瓦

由上可见，人们话音所发出的功率是很微小的，但是变化范围却是很大的。

在电话机前说话所需功率约为1—10微瓦，与平常谈话一样。

三、电话的传输频带

在电话通信中，并不要求接收设备把发送设备前的声音重新很准确地再发出来，因为要求毫不失真地重复产生原声波的波形，就需要将整个频带通过电话设备传送过来，这样电话通信的服务质量虽然提高了，但相应地对电话设备的质量要求也大为提高，因而很不经济。因此在实际上，只要求能听懂所发送的语言，也就是通过电话设备只传送出语言频带范围内最主要的一段频带就可以了。传送哪一段频带最好可以用清晰度来评定。

清晰度是通过传输没有意义的音节，用在受话端能正确记录下来的音节数的百分率表示。例如在发话端传输50个无连贯意义的音节，在受话端只正确接收45个，那么，清晰度是 $\frac{45}{50} \times 100 = 90\%$ 。

经验证明：如果清晰度在85%以上，则说明语言的可懂度良好；如果低于70%，则电话的传输质量就不能令人满意了。采用清晰度衡量通话电路品质的方法，可以决定电话传输频带应有的宽度。

通过实验知道，清晰度和话音声波的能量与频率有关。分析结果：高频部分对清晰度比较重要。因此要使电话听得清楚，必须传送 1000 赫以上的频率，不过要保留 2500 赫以上的频率，意义就不大了。其次，对能量而言，低频部分包含的能量比较多，如果把低频部分除去，虽然清晰度还符合要求，但所传输的声波能量就不够了。所以电话通信的传输频率，要从清晰度与能量两方面来考虑。

根据上述推理，电话传输频率一般应在 300—2700 赫。另外，我们把 800 赫规定为平均计算频率。

第二节 载波电话通信的基本原理

什么是载波电话？与普通电话有什么不同？为什么要用载波电话？载波电话的基本原理是什么？这一节主要就介绍这些概念。

一、什么是载波电话

前面已经讲了普通电话的简单概念，因为它是把人说话的声音通过送话器变成音频电流，经过线路传送到对方，对方话机的受话器把音频电流还原成声音而实现通话的，所以这种电话也叫音频电话，或者叫做实线电话。

这种通话方式在一对通信线路上，在同一时间只能允许

一对用户通话，因此电话线路的利用率太低。为了提高线路的利用率，人们在反复实践过程中研究出一种设备叫做载波电话机，运用载波电话机，可以在一对线路上实现多路通信，也就是可以有多对用户在一对通信线路上同时通话而互不干扰。例如图1—2，在一对通信线路上，已经有一对用户（甲、乙）在通话。如果我们加装了载波电话机，另外一对用户（丙、丁）就可以通过载波电话机也在这对线路上通话，而与用户甲、乙的通话没有干扰。这是什么原因呢？原来是用户丙讲话的音频电流，通过载波电话机时，加上了一个高频电流，叫做载波，用户丙的音频电流就变成了高频的电流送到线路上，这种高频电流只有通过对方的载波电话机，才能还原成用户丙原来的音频电流，所以只有丁用户才能听到丙用户的讲话。这样就在一对线路上实现了两对用户同时通话。

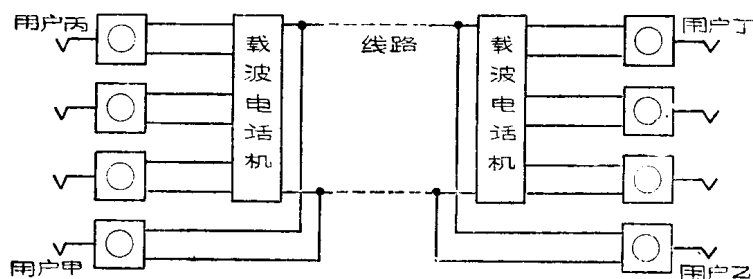


图 1—2 用载波电话机实现多路通信

因为载波电话机是把音频变成高频来传送的，所以载波电话也叫高频电话。载波电话机也可以叫做高频复用设备。习惯上通称载波电话机，简称载波机。

在一对通信线路上，除了音频通话，能增加一对用户通话的载波电话机，就叫做单路载波机；能增加三对用户通话

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。

二、载波电话有哪些优点

载波电话有不少有重要意义的优点，例如：

1. 载波电话可以大大提高线路的利用率

前面已经说过，使用载波机可以在一对通信线路上实现多路通信，因此可以大大提高线路的利用率。在电话通信中，线路建设投资费用很大，需要大量的金属材料 and 木材或水泥，特别是长途线路，提高线路利用率具有很大的经济意义。如在一路3毫米铜线的架空明线线路上，利用载波电话，可以装一套三路载波机，再装一套十二路载波机，这线路就可以使16对用户同时通话，线路利用率相应地提高了十六倍。但是各种通信线路使用载波机有一定的限度，例如铁线线路一般只能开通三路载波机，铜线线路一般也只能比铁线再多开十二路。更多路的电话，在高频电缆线路上才能开通。

2. 载波电话可以提高通信距离和质量

音频电话由于线路上的衰减，通话距离有很大的限制。例如，3毫米铁线线路的容许通信距离为65公里；3毫米的铜线线路的通话距离为300公里。载波电话由于载波机中装有各种放大器，还可以在线路中加装增音机，因此可以使通话的距离大大增加，而且还能保持足够的音量。现代载波电话机中还有许多调节设备，可以在很长的距离上保证良好的通信质量，这也是音频实线电话不可比拟的重大优点。

3. 载波电话比音频电话保密性好

在阶级斗争尖锐复杂的情况下，保密是很重要的。一般音频电话，只要在线路上挂上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送的是高频，用普通的电话机挂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较好。

三、载波电话通信的基本过程

1. 实现载波电话通信要解决哪些基本问题

实现载波电话通信需要用载波电话机，载波电话机至少要有哪些基本性能，才能实现载波通信呢？归纳起来，主要要解决三个基本问题，一是**变**，二是**分**，三是**还原**。现在分别讲述如下。

变 前面已经说过，载波电话的基本特点就是将音频变成高频，因此变是载波电话机要解决的第一个问题。载波机里有一种变频的设备叫做调幅器（也叫变频器），它把音频频带变成高频频带。

分 各种高频频带的载波电话和音频电话的音频频带都在一对线路上传送过去，怎样才能把它们分开让它们和各自要求的对方通话而不互相干扰呢？载波电话机里有一种可以把各种不同频带的信号分开的设备，叫做滤波器。

还原 频带虽然分开了，但是高频的频带，对方用户还是不能收听，因此载波电话机还必须解决第三个基本问题，就是要把高频**还原**成原来的音频，载波机里解决这个问题的设备叫做反调幅器，它也是一种变频器。

下面我们就来介绍一下变、分、还原的过程。

2. 发信方向是怎样“变”的

图1—3表示了发信方向“变”的过程，它是利用调幅器把频率提高，然后用滤波器选出所需要的信号频带。

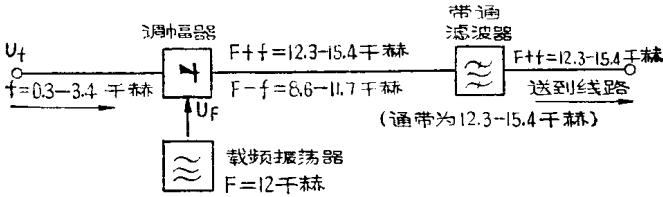


图 1—3 发信方向的调幅过程

调幅器是怎样把频率搬高的呢？

在调幅器上加一个频率为 F 的载频电压 U_F ，在输入端送入一个频率为 f 的音频电压 U_t ，这样，在它的输出端得到的既不是输入的音频电压 U_t ，也不是载频电压 U_F ，而是这两个频率的和及差的电压，即：频率为 $F \pm f$ 的电压。例如加到一个调幅器的载频 F 是12千赫，输入的音频 f 是0.3—3.4千赫，通过调幅器后，在输出端就有12.3—15.4千赫和8.6—11.7千赫的两个边带信号电压，其中12.3—15.4千赫称为上边带，因为它是 $F + f$ 得来的；8.6—11.7千赫称为下边带，因为它是 $F - f$ 得来的。如果在调幅器的后边加上一个滤波器，它的通带是从12.3—15.4千赫，那么我们就可以把12.3—15.4千赫的信号送到线路上去，而8.6—11.7千赫被滤波器所阻止。

3. 收信方向是怎么“还原”的

图1—4表示收信方向的还原过程，它和发信方向的调幅过程是一样的，所不同的，只是反调幅器的输入端送入的不是音频电压，而是对方送来的频率为 $F + f$ 的高频频带电压 $U_{(F+f)}$ 。经过反调幅器作用后，在它的输出端便有频率为