

邮电技工学校试用教材

载波电话学 上



王荣富 编 周德麟 审

5

人民邮电出版社

内 容 提 要

《载波电话学》是根据邮电技工学校《载波电话学》教学大纲的要求编写的，全书分上、中、下三册。

上册共两篇九章。第一篇两章，论述载波电话通信的基础知识，结合单路机讲述载波电话通信的基本原理。第二篇七章，论述了ZMX201—IV型晶体管三路载波电话机的发信、收信、载供、导频、电源以及附属设备等部分的组成、作用、工作原理、调测和常见故障的处理。每章有内容提要，章后附有小结和复习题，以便自学。

本书体现了以操作技能训练为主。着重物理概念的讲述，起点较低，内容通俗易懂。本书不仅可作技工学校教材也可作中级培训教材和职工自学使用。

邮电技工学校试用教材

载波电话学(上)

王荣富 编

周德麟 审

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河 南 邮 电 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

开本：787×1092 1/16 1989年10月 第一版
印张：16 14/16 页数：135 1989年10月河南第1次印刷
字数：411千字 插页：8 印数：1—5 000册

ISBN7-115-04062-1/TN·265

定价：6.25 元

前 言

邮电技工教育是邮电教育体系中的一个重要组成部分。

随着通信业务技术的发展，培养大批有适当基础理论知识和熟练操作技能的通信技术工人和业务人员是邮电技工教育的重要任务，要求邮电技工学校培养出来的通信技术工人和业务人员有良好的职业道德和适应实际生产需要的技术业务能力。在知识和能力上基本上达到中级工水平。

为此我局组织全国邮电技工学校根据劳动人事部关于技工教育的要求和邮电技工教育的特点，研究制订了教学计划和教学大纲，并从邮电技工学校的教师和部分现业单位的业务技术人员中，选出有技工教育实践经验的人员编写邮电技工统编试用教材，并由邮电技工教材编审委员会组织审定，供全国邮电技工学校教学使用，也可供各地通信部门用作中级技术工人和业务人员的培训材料。

这套统编的邮电技工试用教材，密切联系生产实际，力求体现“基础理论教育适当，操作技能训练从严”的方针。但是由于是初次编写，难免有缺点或不当之处，希望各地邮电技工学校在试用过程中，把发现的问题和意见告诉我们，以便研究改进，进一步提高。

邮电部教育局

一九八七年三月五日

编 者 的 话

《载波电话学》是邮电技工学校载波专业的专业课。根据邮电技工学校的培养目标，在教材的编写上贯彻“基础理论教育适当，操作技能训练从严”的原则。本书的任务是：使学生掌握常用的单路、三路、十二路载波电话机的工作原理、基本测试技能和常见故障的处理。为今后维护和检修工作奠定必要的基础。

《载波电话学》上册，是根据邮电技工学校教学大纲编写的。

本书在编写过程中，从实际角度出发，在基础理论方面力求深入浅出，重点讲述了各部分的组成、作用和工作原理，避免了抽象的数学推导和高深的理论分析。在操作技能方面，重点讲述了各部分主要指标的测试与调整，常见故障的分析处理。

上册起点是单路，重点讲三路。以全国通用的ZMX201—VI型晶体管三路载波机为例，进行系统的介绍。在章节的划分上，发信部分和收信部分各单列一章，并以盘为节进行编排。

为便于教学和职工自学，本书在每章的开头有内容提要，突出本章重点。在每章后面附有小结和复习题，便于巩固所学内容，加深对理论知识的理解。

由于编者水平有限，加之写作仓促，书中还有不少缺点和错误，恳请广大读者，特别是从事技工和职工教育工作的老师们，多多给予批评和指正。

本书承蒙哈尔滨电信局总工程师周德麟同志审校，特此致谢。

编者 王荣富

一九八七年六月

目 录

第一篇 载波电话通信的基本原理

第一章 载波电话通信的基础知识.....	(1)
内容提要.....	(1)
第一节 电信系统的构成和分类.....	(1)
一、电信系统的构成.....	(1)
二、电信系统的分类.....	(2)
三、电信系统的组织与连接.....	(3)
第二节 电话信号的传输频带.....	(4)
一、语音的频率范围.....	(4)
二、人耳听觉的频率范围.....	(4)
三、电话信号的传输频带.....	(5)
第三节 音频长途电话.....	(6)
一、音频直达长途电话.....	(6)
二、最大通信距离.....	(6)
第四节 长途电信中的主要问题.....	(7)
一、问题的提出.....	(7)
二、长途电信需要解决的问题.....	(7)
三、充分利用线路的传输频带.....	(7)
第五节 实现多路通信的方法.....	(8)
一、频分制.....	(8)
二、时分制.....	(8)
本章小结.....	(8)
复习题.....	(9)
第二章 载波电话通信的基本原理.....	(10)
内容提要.....	(10)
第一节 非线性元件的变频作用.....	(10)
一、线性元件.....	(10)
二、非线性元件.....	(11)
三、非线性元件的变频作用.....	(11)
第二节 信号频带的搬移.....	(13)
一、频带搬移的概念.....	(13)

二、频带搬移的方法.....	(14)
第三节 载频抑制式单边带通信.....	(15)
一、载频抑制式单边带通信的概念.....	(15)
二、载频抑制式单边带通信的优点.....	(15)
第四节 载波电话通信的基本过程.....	(15)
一、载波电话通信的基本过程.....	(16)
二、B845B型单路机单方向通信的过程.....	(17)
第五节 载波电话的双向通信.....	(19)
一、问题的提出.....	(19)
二、载波电话双向通信的实现.....	(19)
三、B845B型单路A端机骨干方框图.....	(20)
第六节 载波机端别的配置和程式的选择.....	(21)
一、明线载波电话通信.....	(21)
二、载波机端别的配置.....	(22)
三、载波机程式的选择.....	(24)
本章小结.....	(25)
复习题.....	(26)

第二篇 晶体管三路载波电话机

第三章 概述.....	(27)
内容提要.....	(27)
第一节 一般介绍.....	(27)
一、用途.....	(27)
二、通信距离.....	(28)
三、供电方式.....	(28)
四、工作条件.....	(28)
五、结构.....	(28)
第二节 技术要求.....	(29)
一、一般特性.....	(29)
二、通路特性.....	(29)
三、载供部分.....	(30)
四、导频部分.....	(30)
五、振铃部分.....	(31)
六、电源部分.....	(31)
七、工作条件.....	(31)
第三节 线路频谱与频带的搬移.....	(31)
一、线路频谱.....	(31)
二、频带的搬移.....	(32)
三、安排两种不同频谱的作用.....	(34)

第四节 ZMX 201—IV 型机的组成	(35)
一、方框符号及名称	(35)
二、组成和作用	(36)
本章小结	(38)
复习题	(39)
第四章 发信部分	(40)
内容提要	(40)
第一节 发信部分信号的传输过程	(40)
一、信号传输的路径	(40)
二、信号传输过程	(40)
第二节 音频终端盘	(43)
一、概述	(43)
二、差接装置	(46)
三、振铃器	(61)
第三节 分路调幅器	(72)
一、概述	(72)
二、晶体三极管无源调幅器	(75)
三、分路调幅器	(77)
四、调幅器的测试	(85)
五、分路调幅器常见故障的处理	(86)
第四节 分路带通滤波器(发)	(87)
一、带通滤波器的概念	(88)
二、分路带通滤波器(发)	(88)
三、滤波器的测试	(91)
四、分路带通滤波器(发)常见故障的处理	(93)
第五节 发信汇接盘	(95)
一、电路组成	(95)
二、通路汇接放大器	(96)
三、导频发送馈入网络	(97)
四、均衡器	(97)
五、可调衰减器	(97)
六、三极管各极工作电压	(97)
第六节 群调幅器	(98)
一、晶体三极管有源调幅器	(98)
二、群调幅器	(101)
三、群调幅器常见故障的处理	(105)
第七节 辅助放大器	(107)
一、概述	(107)
二、放大器的测试与调整	(109)

三、辅助放大器	(113)
四、辅助放大器常见故障的处理	(116)
第八节 线路放大器	(120)
一、作用和组成	(120)
二、技术要求	(121)
三、直流电路	(122)
四、交流电路	(124)
五、其它元件的作用	(124)
六、防止自激的措施	(124)
七、三极管各级工作电压	(125)
八、线路放大器常见故障的处理	(125)
第九节 方向滤波器	(127)
一、低通滤波器	(127)
二、高通滤波器	(127)
三、方向滤波器	(128)
第十节 线路滤波器	(129)
一、电路结构	(129)
二、作用	(130)
三、线路滤波器的测试与常见故障处理	(130)
第十一节 阻抗匹配变压器	(131)
一、电路结构与作用	(131)
二、使用	(131)
三、技术要求	(131)
四、测试	(131)
第十二节 发信部分各点电平的测试与调整	(133)
一、目的	(133)
二、要求	(133)
三、测试方法	(133)
四、调整	(134)
五、注意事项	(134)
本章小结	(134)
复习题	(136)
第五章 收信部分	(139)
内容提要	(139)
第一节 收信部分信号的传输过程	(139)
一、信号传输的路径	(139)
二、信号传输的过程	(139)
第二节 群反调幅器	(141)
第三节 分路带通滤波器(收)	(142)

第四节 分路反调幅器.....	(142)
第五节 音频放大器.....	(143)
一、组成和作用.....	(143)
二、直流电路的分析.....	(144)
三、交流电路的分析.....	(146)
四、校正网络.....	(147)
五、其他电路及元件的作用.....	(148)
六、三极管各级工作电压.....	(148)
七、音频放大器常见故障的处理.....	(149)
第六节 收信部分各点电平的测试与调整.....	(150)
一、目的.....	(150)
二、要求.....	(150)
三、测试方法.....	(151)
四、调整.....	(151)
五、注意事项.....	(151)
本章小结.....	(151)
复习题.....	(152)
 第六章 载供部分.....	(153)
内容提要.....	(153)
第一节 概述.....	(153)
一、载供部分的组成和作用.....	(153)
二、载供部分的技术要求.....	(154)
第二节 晶体主振器.....	(155)
一、石英晶体振荡器的基本类型.....	(155)
二、晶体主振器.....	(156)
第三节 谐波发生器.....	(158)
一、对谐波发生器的要求.....	(158)
二、切角式谐波发生器.....	(158)
三、谐波发生器.....	(159)
第四节 分路载频放大器.....	(161)
一、载频放大器的作用和组成.....	(161)
二、导频稳幅器.....	(161)
三、分路载频放大器.....	(161)
第五节 群载频放大器.....	(163)
一、作用和组成.....	(163)
二、电路分析.....	(164)
第六节 载供部分的测试与调整.....	(166)
一、主振器输出频率与输出电平的测试.....	(166)
二、载频电平的测试与调整.....	(167)

三、载漏的测试与调整.....	(168)
四、导频电平的测试与调整.....	(169)
第七节 载供部分常见故障的处理.....	(169)
一、载频不稳.....	(169)
二、载频无输出.....	(170)
三、载频电平输出不正常.....	(171)
本章小结.....	(171)
复习题.....	(172)
第七章 导频部分	(173)
内容提要.....	(173)
第一节 概述.....	(173)
一、线路衰减的变化对传输电平的影响.....	(173)
二、导频部分的作用.....	(174)
三、导频部分的构成和工作原理.....	(175)
第二节 导频发送设备.....	(176)
一、对导频信号的要求.....	(176)
二、导频发送.....	(177)
第三节 导频放大器.....	(177)
一、组成和作用.....	(178)
二、导频放大器电路分析.....	(178)
三、导频窄带滤波器.....	(179)
四、输出电平调整.....	(180)
五、三极管各级工作电压.....	(180)
第四节 导频接收器.....	(180)
一、导频接收器的组成和作用.....	(180)
二、接收放大器.....	(181)
三、导频告警电路.....	(182)
四、预热调节控制电源电路.....	(184)
五、三极管各级工作电压.....	(185)
第五节 导频告警盘.....	(185)
一、导频告警盘的组成和作用.....	(185)
二、迟延电路.....	(185)
三、告警动作电路.....	(186)
四、其它元件的作用.....	(187)
第六节 导频扩张器.....	(187)
一、扩张的基本知识.....	(187)
二、导频扩张器.....	(189)
第七节 平调放大器.....	(191)
一、组成和作用.....	(191)

二、衰减器.....	(192)
三、线路均衡器.....	(192)
四、平调放大电路.....	(193)
五、平调调节器的调节方式.....	(196)
六、三极管各级工作电压.....	(197)
第八节 斜调放大器.....	(197)
一、组成和作用.....	(197)
二、可变均衡器.....	(198)
三、斜调放大电路.....	(199)
四、汇接电路.....	(201)
五、斜调调节器的调节方式.....	(201)
六、三极管各级工作电压.....	(202)
第九节 导频部分电平的自动调整过程.....	(203)
一、A—B方向电平的自动调整过程.....	(203)
二、B—A方向电平的自动调整过程.....	(204)
第十节 导频部分的测试与调整.....	(204)
一、接收导频电平的测试和调整.....	(205)
二、导频放大器输出电平的测试与调整.....	(205)
三、导频通路净衰减的测试调整.....	(206)
四、导频高、低告警的调整.....	(207)
第十一节 导频部分常见故障的处理.....	(208)
一、导频部分常见故障的判断.....	(208)
二、导频部分常见故障的处理.....	(209)
本章小结.....	(211)
复习题.....	(212)
 第八章 电源部分.....	 (214)
内容提要.....	(214)
第一节 概述.....	(214)
一、电源部分的要求.....	(214)
二、晶体管三路载波机的供电方式.....	(215)
第二节 电源供给系统.....	(218)
一、工作电源与要求.....	(218)
二、电源供给系统.....	(218)
第三节 电源告警系统.....	(219)
一、组成和作用.....	(219)
二、熔丝告警装置.....	(220)
三、其它元件的作用.....	(222)
第四节 ZMX 201—IV型机的交流供电.....	(222)
一、结构特点.....	(223)

二、技术要求	(223)
三、电路分析	(223)
四、电路中各点工作电压	(228)
第五节 电源部分的测试与调整	(228)
一、电源电压的测试调整	(228)
二、电流的测试	(229)
三、纹波电压的测试	(230)
第六节 电源部分常见故障的处理	(230)
一、直流供电系统常见故障的处理	(230)
二、交流供电系统常见故障的处理	(231)
本章小结	(233)
复习题	(234)
第九章 载波机的附属设备	(235)
内容提要	(235)
第一节 ZMX 201—IV型机的附属设备和作用	(235)
一、ZMX 201—IV型机附属设备	(235)
二、作用	(235)
第二节 讲话盘	(235)
一、25赫铃流发生器	(236)
二、二线通话与25赫振铃	(237)
三、四线通话与2100赫振出	(238)
四、监听	(238)
第三节 2100赫信号振荡器	(239)
一、组成和作用	(239)
二、电路分析	(239)
三、调整与常见故障处理	(240)
四、三极管各级工作电压	(241)
第四节 测试振荡器	(241)
一、组成和作用	(241)
二、800赫振荡器	(242)
三、校正振荡器	(242)
四、三极管各级工作电压	(243)
第五节 测量盘	(244)
一、组成和作用	(244)
二、电平测量部分的技术要求	(244)
三、输入电路	(244)
四、放大电路	(245)
五、整流电路	(246)
六、电表指示电路	(247)

七、三极管各级工作电压.....	(247)
六节 引入设备.....	(247)
一、引入设备的组成.....	(247)
二、载波机的防雷.....	(248)
三、ZMX 201—IV型机的防雷措施.....	(250)
四、60线端子板.....	(251)
本章小结.....	(252)
复习题.....	(252)
附录 I 奈、分贝换算表.....	(253)
附录 II 分贝、奈换算表.....	(254)
附录 III 由串杂音和杂音电平计算串音电平修正值.....	(255)

第一篇 载波电话通信的基本原理

第一章 载波电话通信的基础知识

内 容 提 要

本章主要介绍载波电话通信的一些基础知识，为下一章结合单路讲述载波电话通信的基本原理奠定基础。

通过对本章的学习，要求达到：

1. 了解电信系统的构成和分类；
2. 掌握电话信号的传输频带；
3. 了解音频长途电话通信；
4. 熟悉长途通信中的主要问题；
5. 掌握实现多路通信的方法。

第一节 电信系统的构成和分类

一、电信系统的构成

电信是利用电子技术来传递语言、文字、图象或其它信息的各种通信方式的总称。电信系统是由传输、交换和用户终端等部分组成的电通信网。为说明电信系统的基本构成方式，这里先介绍简单的电话通信。

1. 电话通信

图1—1是电话通信示意图。当发话人在送话器前讲话时，其声波通过电话机的送话器变成电信号，经传输线（信道）传输到对方，对方话机的受话器（耳机）将电信号还原为声波



图 1—1 电话通信示意图

送给受话人。从而完成了最简单的电话通信。这个简单的通信系统可分为五部分：

(1) 信号源—发话人在送话器前讲话时发出的声音, 是信息的来源。
 (2) 变换器—能把发话人讲话时产生的声波变换成能在线路上传输的电信号的装置, 这里指送话器。

(3) 传输线—传递电信号的通信线路。

(4) 反变换器—将电信号还原成声波的装置, 这里指受话器。

(5) 信宿—受话人收到发话人的信息。

2. 电信系统的构成

电信系统的形式很多, 但仍然可以归纳为五部分。如果考虑噪声源的干扰, 则电信系统的示意图如图 1—2 所示。信号源产生信息, 经过发机(变换器)处理后沿传输线发送到对方, 在接收端由收机(反变换器)把电信号还原成原来的信息, 送给受话人。在传输和接收的过程中, 电信号要受到各种噪声源的干扰, 这些干扰通常用一个干扰源来表示。

实际通信中, 按不同的信源和不同的信道可构成不同类型的电信系统。

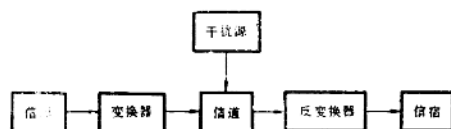


图 1—2 电信系统示意图

二、电信系统的分类

现代通信的种类很多, 分类方法也不完全一致。按业务内容可分为电话通信、电报通信、图象通信、数据通信等。

下面介绍按业务内容划分的四种类型。

1. 电话通信

电话通信是一种利用电信号传递信息互通语言的通信方式。按照电话通信的区域可分为:

(1) 市内电话

供城市区域内使用的电话。特点是: 用户多、密度大、距离短。

(2) 长途电话

供一个城市(或一个地区)的用户和另一个城市(或另一地区)的用户之间的通话。特点是: 距离远。长途电话系统示意图如图 1—3 所示。



图 1—3 长途电话系统示意图

(3) 农村电话

县城以下城镇和农村地区使用的电话。特点是: 用户分散、线路较长、服务面积大。通信网应构成以县局为中心, 并逐步使农村电话通信具有迂回的性能。

2. 电报通信

电报通信是利用电信号在远距离间传递文字、符号、图表等信号的一种通信方式。

传递的方法有编码电报和传真电报两种。编码电报又分直流电报和载波电报。

(1) 直流电报

直流电报是先把文字、数字和符号编成电码，发报方面按照所编的电码发出信号脉冲，在收报方面又把收到的信号脉冲译成文字、数字和符号的通信方式。

(2) 载波电报

载波电报也叫音频载波电报，它是利用频率分割的方法将1个电话通路($300\sim 3400H_z$)，划分成若干个载波电报通路来实现载报通信。

(3) 传真电报

传真电报是采用扫描技术直接传递文字或图表原样的利用载波电话电路进行传送的电报。

3. 图象通信

图象通信是利用传递电信号的方法传递文件、图片、照片以及活动形象等信息的通信。

4. 数字通信

数字通信是近几年发展起来的一门新技术，它是把需要传递的原始信号变换成一系列数字脉冲来传输的通信方式。

数字通信系统示意图如图1—4所示。

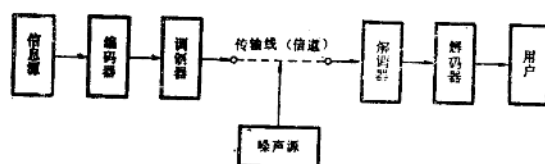


图 1—4 数字通信系统示意图

三、电信系统的组织与连接

图1—5为电信系统组织示意图。它是由用户、市内电话局、长途电信局、增音机、微波收发信机、微波接力站、地面卫星站、线路和通信卫星等设备构成。

本书主要讨论有线长途电话设备的原理。有线长途电话的通话途径如下：

用户话机—市内电话局（市内交换机）—长途电话交换设备—载波通信设备—终端增音站（本端）—线路（包括中间增音站）—终端增音站（对端）—载波通信设备—长途电话交换设备—市内电话局（市内交换机）—对方用户电话机。

其中：

市内电话局（市内交换机）连接市内电话用户，长途电话交换设备将市内电话用户连接到长途电话电路上，载波通信设备用于实现多路通信，可提高线路利用率，增音机用于延长

通信距离。

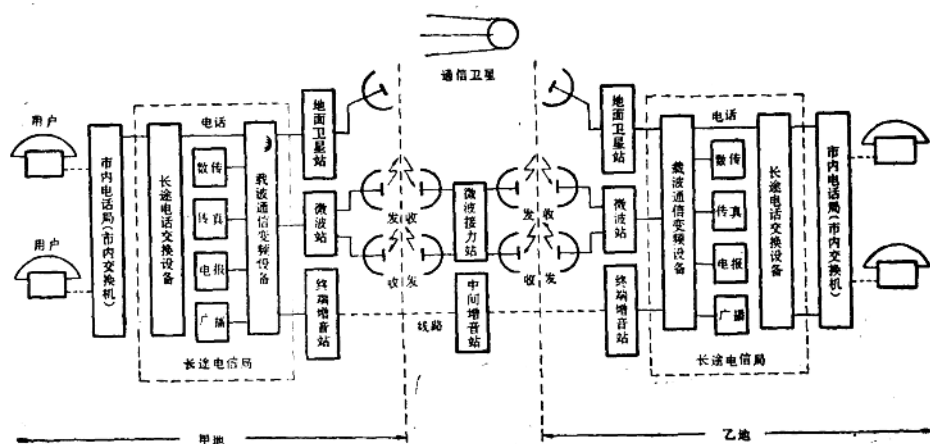


图 1-5 电信系统组织示意图

第二节 电话信号的传输频带

一、语音的频率范围

人们说话的声音连续分布在 $80\sim 8000\text{Hz}$ 的频率范围内。人声纯音成份的振幅特性如图 1-6 所示。由图看出，频率在 $300\sim 1000\text{Hz}$ 之间的纯音具有最大的振幅。其中：男低音的最大振幅在 300Hz 附近，男高音的最大振幅在 500Hz 附近，女高音的最大振幅在 800Hz 附近。

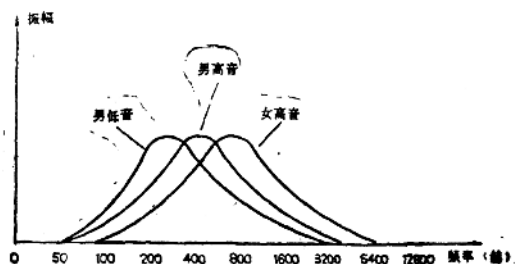


图 1-6 人声纯音成份的振幅

二、人耳听觉的频率范围

人耳的听觉范围是有限的，根据实验表明，人耳只能听到频率约 $16\sim 16,000\text{Hz}$ 范围内的声音。但并不是在上述频率范围内对各种频率的听觉都同样灵敏，其中人耳对频率为 $1000\sim 2000\text{Hz}$ 的声音听觉最灵敏，而对高于或低于这些频率的声音听觉比较迟钝。