

邮电技工学校试用教材

有线电信传输原理

贾玉明 熊共怡 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是根据邮电部教育局颁发的邮电技工学校《有线电信传输原理》教学大纲编写的。

内容包括：电信传输的基本概念、传输电平的计算与测量、网络的基础知识、网络的具体应用（如滤波器、均衡器、衰减器等）、线路的传输特性以及传输理论在线路测试中的应用。

本书针对技工教育的特点，用通俗易懂的语言讲清传输理论的物理概念，将必要的定量分析，改用初等数学来表述，并加强了理论联系实际和实验环节，书中设有一章实验内容和方法。每章后都有思考题与习题。

本书是技工学校的教材，也可作为中专和岗位职务培训以及通信技术人员的参考用书。

邮电技工学校试用教材 有线电信传输原理 贾玉明 熊共怡 编著

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1988年5月第一版
印张：12 16/32 页数：200 1988年5月河北第1次印刷
字数：284 千字 印数：1—11 000册

ISBN7115-03568-7/TN·062

定价：2.60 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

序 言

《有线电信传输原理》是技工学校有线电信各专业的一门重要的专业基础课。它主要讲解电信号在集中参数网络和具有分布参数的传输线中的传输规律和特性。

为了适应技工教学的特点，遵照“基础理论教育适当”的要求，在编写过程中，本着多用多讲，少用少讲、不用不讲的原则，加强了针对性，突出了理论联系实际和实验环节，为“操作技能训练从严”提供了必要的理论基础。

技工学校使用的《有线电信传输原理》教材，过去还没有编写过。因为一般认为这门课程的理论较深、高等数学推导较多，不易被技工所接受。但在实际工作中，特别是现代电信技术的发展，又要求技工必须掌握这门课程的基础知识。因此，我们试图用通俗易懂的语言，把高深的理论从物理概念方面去讲清楚，把复杂的数学推导，改为简单的数学运算，用实例作定量分析，使抽象的概念具体化，从而使学生具有必要的技术理论知识。

本书第一、二、五、六章由贾玉明编写，其余各章由熊共怡编写。编写这样的教材，是一项难度较大的新的尝试。我们根据多年在工作和教学中的体会，力求理论联系实际，符合教学要求；但由于是初次编写这种类型的教材，不可避免地会出现某些不够严密甚至可能有不当之处。恳请广大读者，特别是技工学校的老师们，把教学中发现的问题及时反映给我们，以便修订时改正，在此表示衷心地感谢。

作者 1987年3月于北京

本书主要符号索引

- A_f 串音防卫度
 A_{fj} 近端串音防卫度
 A_{fy} 远端串音防卫度
 A_j 近端串音衰减
 A_y 远端串音衰减
 a 四端网络的固有衰减常数、两导线中心间的距离
 a_f 反射衰减
 a_w 工作衰减
 b 四端网络的固有相移常数
 C 电容
 D 导线直径
 D_o 内导体直径
 D_b 外导体内直径
 D_c 铜包钢线的钢心线径
 G 绝缘电导
 β 四端网络的固有传输常数
 H 磁力线
 I_F 反射电流
 I_i 入射电流、输入电流
 I_{LF} 终端反射电流
 I_{Li} 终端入射电流
 I_o 回路或网络的输出电流
 I_w 涡流

- j $\sqrt{-1}$
- L 电感、导线长度
- l 线路长度
- L_i 回路或网络的输入电平
- L_j 近端串音电平
- L_r 功率电平
- L_s 被串回路接收端的串音电平
- L_u 被串回路接收端有用信号电平
- L_v 电压电平
- L_z 至障碍点的距离
- L_y 被串回路远端串音电平
- L_c 负载阻抗等于电源内阻时的电平
- P_i 回路或网络的输入功率
- P_j 回路近端串音功率
- P_y 回路远端串音功率
- R 有效电阻
- R_A 铝线电阻
- R_{AF} 钢心铝绞线电阻
- R_o 内导体电阻
- R_b 外导体电阻
- R_c 铜线电阻
- R_{CF} 铜包钢线电阻
- R_F 钢(铁)线电阻
- R_G 绝缘电阻
- R_L 环路电阻
- R_t 在温度为 t 度时的电阻
- R 直流电阻

- R_{\sim} 交流电阻
 R_1 集肤效应引起的附加电阻
 R_2 邻近效应引起的附加电阻
 R_3 相邻金属中的涡流损耗引起的附加电阻
 R_{20} 标准温度时的电阻
 S 导线截面积
 S_p 铜包钢线中的钢部截面积
 t 温度
 U_r 反射电压
 U_i 入射电压, 输入电压
 U_f 近端串音电压
 U_{Lr} 终端反射电压
 U_{Li} 终端入射电压
 U_o 回路或网络的输出电压
 U_y 远端串音电压
 v 波速
 Y 导纳
 Z 阻抗
 Z_c 特性阻抗
 Z_i 输入阻抗
 Z_L 负载阻抗
 Z_o 输出阻抗
 Z_s 电源内阻
 Z_o 负载短路时的输入阻抗
 Z_{∞} 负载开路时的输入阻抗
 α 金属导线温度系数, 均匀传输线的衰减常数
 β 均匀传输线的相移常数

- γ 均匀传输线的传播常数
 ϵ_r 导线间介质的相对介电系数
 λ 波长
 μ_r 导线材料的相对导磁系数
 ρ 金属导线电阻系数
 ϕ 相角
 ω 角频率

目 录

第一章 有线电信传输的基本概念	(1)
第一节 电信传输及其特点	(2)
一、什么是电信	(2)
二、什么是电信传输	(4)
三、有线电信传输的特点	(5)
第二节 电信号的类型与特征	(8)
一、什么是信号	(8)
二、信号的特征	(8)
三、什么是模拟信号	(9)
四、什么是数字信号	(12)
第三节 提高传输线路利用率的方式	(16)
一、平衡电桥法	(16)
二、频带分隔法	(18)
三、时间分割法	(20)
第四节 通信网	(23)
一、通信网的概念	(23)
二、长途通信网	(26)
三、地方通信网	(26)
四、通信网的传输标准	(29)
本章小结	(33)
思考题与习题	(34)

第二章 传输电平	(36)
第一节 传输电平的概念	(36)
一、传输电平的意义	(36)
二、为什么要采用功率比值	(37)
三、为什么要采用对数关系	(38)
第二节 电平的单位	(39)
一、分贝的定义	(39)
二、奈培的定义	(42)
三、分贝和奈培的换算	(43)
第三节 绝对电平	(44)
一、什么是绝对电平	(44)
二、什么是绝对功率电平	(45)
三、什么是绝对电压电平	(45)
四、功率电平与电压电平的关系	(46)
五、绝对电平的正负	(49)
第四节 相对电平	(49)
一、什么是相对电平	(49)
二、相对电平与绝对电平的关系	(51)
第五节 电平的计算	(52)
一、总电平的计算	(53)
二、分电平的计算	(55)
第六节 电平测量	(56)
一、电平的测量方法	(56)
二、电平测量结果的分析与修正	(63)
本章小结	(67)
思考题与习题	(69)
第三章 网络基础知识	(72)
第一节 二端网络的概念	(72)

一、什么是二端网络	(72)
二、二端网络的特性分析	(74)
第二节 四端网络	(94)
一、什么是四端网络	(94)
二、四端网络有哪些种类	(95)
三、常用四端网络的结构型式	(96)
四、四端网络的特性分析	(98)
本章小结	(127)
思考题与习题	(128)
第四章 四端网络的应用	(136)
第一节 衰减器	(136)
一、什么是衰减器	(136)
二、衰减器有什么用途	(137)
三、固定衰减器的制作与使用	(139)
四、可变衰减器	(147)
第二节 滤波器	(152)
一、滤波器的一般概念	(153)
二、梯型滤波器的基本原理	(155)
三、滤波器的电路分析	(158)
四、组合滤波器	(175)
五、常用滤波器简介	(179)
六、晶体滤波器和机械滤波器的概念	(182)
七、滤波器的并联运用	(188)
八、滤波器常见故障及检修	(195)
第三节 通信变量器	(200)
一、变量器的工作原理和特性	(201)
二、转电线圈	(205)
三、阻抗匹配线圈	(209)
第四节 均衡器	(213)

一、传输信号失真的概念	(214)
二、幅度均衡	(218)
三、相位均衡的概念	(231)
本章小结	(235)
思考题与习题	(238)
第五章 传输线	(243)
第一节 传输线的概念	(243)
一、什么是传输线	(243)
二、通信线路概述	(245)
三、光缆	(250)
四、波导管	(255)
第二节 均匀线的一次参数	(256)
一、什么是一次参数	(256)
二、什么是均匀传输线	(256)
三、一次参数的物理意义	(257)
四、一次参数的分布情况	(282)
五、对称电缆一次参数的特点	(282)
六、同轴电缆一次参数的特点	(284)
七、一次参数在线路测试中的应用	(285)
第三节 均匀线的二次参数	(286)
一、什么是二次参数	(286)
二、二次参数的物理意义	(286)
第四节 正弦波在均匀线上的传播	(301)
一、正弦波在匹配连接的均匀线上的传播	(302)
二、波长与传播速度	(304)
第五节 电磁波的反射	(309)
一、反射的产生	(309)
二、各种失配情况下的反射	(311)

三、反射系数	(313)
四、反射衰减	(316)
五、利用反射原理测试线路障碍	(316)
第六节 均匀线的输入阻抗	(319)
一、均匀线输入阻抗的定义	(319)
二、输入阻抗与长度的关系	(320)
三、输入阻抗与频率的关系	(322)
四、输入阻抗随频率变化的原理在线路障碍测试中的 应用	(323)
第七节 传输线的不均匀性	(325)
一、线路不均匀性的概念	(325)
二、不均匀点对传输信号的影响	(326)
三、明线与电缆的匹配连接	(327)
本章小结	(329)
思考题与习题	(332)
第六章 通信线路串音与交叉的概念	(334)
第一节 产生串音的原因	(334)
一、什么叫串音	(334)
二、产生串音的原因	(335)
三、近端串音与远端串音	(337)
第二节 串音衰减与串音防卫度	(339)
一、什么叫串音衰减	(339)
二、什么叫串音防卫度	(340)
第三节 减少串音的措施	(344)
一、加大线对间距离	(344)
二、改善回路导线的安排方式	(344)
三、线路交叉	(345)
第四节 明线交叉的基本概念	(347)

一、交叉能减少串音的原理	(347)
二、交叉的术语	(349)
三、现用交叉制式的特点	(353)
本章小结	(356)
思考题与习题	(357)
第七章 实验	(358)

第一章 有线电信传输的 基本概念

内 容 提 要

本章首先阐明学习《有线电信传输原理》的意义，使学生明确学习本课程的任务和性质。然后着重讨论有线电信传输的一些基本概念，使学生对什么是电信、什么是电信传输、有线电信传输的特点、传输信号的种类与特征、提高电信传输利用率的方法以及通信网的构成等，有个初步了解。从而，使学生明确本课程所要研究的对象和内容，为本课程的学习打下基础。

《有线电信传输原理》是有线通信各专业的基础课，在学习各专业课之前，应该对有线通信的信号传输方式、特点以及传输设备或部件的结构、特性有初步的了解。从而掌握电信传输的一些基本概念和基本规律，这是电信技术各专业共同的、必要的基础理论。它不象专业课那样具体地讲解某一典型的设备，而是涉及到电信号高质量地产生、输送和传递的问题，因此与各种通信设备课程都有密切的关系。比如，我们讲电信号，它可以是指电话信号、也可以指电报信号，或者是指电视信号。再比如讲衰减器或滤波器，它可以是三路载波机中的部件，也可以是多路载波机中的部件等等。

有线通信的基本任务是将电的信号从电路的一端、经过线

路或再经过一些部件而传输到电路的另一端。我们希望电信号在传输过程中，能够满足以下几点要求：

一、由发送端输出的电流波形（信号），传输到接收端后，不发生畸变，也就是没有失真或者失真较小；

二、不管距离多远，电信号传输到接收端后，仍能保持有足够的能量使接收机件正常工作。也就是传输设备对信号所产生的衰减不能太大；

三、能满足多路通信的需要，也就是要求传输设备要有良好的频率响应；

四、尽量避免或减少其它杂音对电能的干扰，以保证通信的清晰度。

为了满足上述各种要求，高质量地传输信号，就必须研究有线电信传输原理，掌握信号的传输规律，了解通信线路和传输设备或部件的特性，从而可以找出解决信号传输中的问题，得出改善通信质量，提高传输能力的方法。同时从传输原理中也可以得出测量线路故障或部件障碍的原理和方法。

第一节 电信传输及其特点

一、什么是电信

人们经常要把自己的想法、意见、消息、情报进行交换，这种互通信息的方式或过程就叫通信。两个人的交谈就是一种最简单的通信。人们讲话的声音通过空气传送到对方，使对方听到后获得消息，这就完成了通信的过程。再比如旗语通信，不同颜色的旗帜或旗帜的位置不同，可代表某些事先约定的消息，对方看到后就可以获悉旗语所表达的信息。这些都是最简

单的通信方式，但是这类通信方式受到空间距离的限制，只能实现近距离的通信；直到十九世纪，人们借助于电技术，即利用电把声音、文字、图象等消息传送到对方去，才实现了远距离的通信。例如电报通信是把文字变成电信号传送到远方去的通信方式；电话通信是把语言变成电信号传送到远方去的通信方式；图象通信是把固定的或活动的图象变成电信号传送到远方去的通信方式等等。这些都是利用电进行通信的方式，简称电信。所以，**电信就是利用电的技术进行的通信，是利用电磁波的传播进行的。通常有两种形式，一种是电磁波沿导线进行传播，借助于导线作为传输媒介。例如：架空明线、电缆、波导管、光缆等，这类通信称为有线通信；另一种是电磁波在自由空间进行传播，借助于空间无线电波来传递信息的。例如：中波、长波、短波通信以及微波通信等等。这类通信称为无线通信。**

在电子计算机问世以后，特别是科学技术高度发达的今天，通信已不再局限于人与人之间进行了。例如，工厂企业的生产数据、科学实验数据，统计数据、情报数据等的互相传递；地面对人造卫星、宇宙飞船发出的指令以及飞行体发回探测数据等这一些通信，都是在人与机器或者机器与机器之间进行的，叫做数据通信。然而，无论采用何种通信方式，其实质都是要把信息从一地传递到另一地。

在当代社会里，用电技术传递消息的电通信应用越来越广，几乎已成为“通信”一词的同义词了。因此，本课程中凡是提到的“通信”，实际就是指“电通信”的方式。