

邮电高等函授教材

通信技术概论 上册

李文海 王钦笙 编
鲜继清 苏开荣

YOU DIAN GAO DENG

YOU DIAN GAO DENG

HAN SHOU

YOU DIAN GAO DENG HAN SHOU

JIAO CAI

HAN SHOU SHI YONG

GAO HAN

邮电高等函授教材

通信技术概论

上册

李文海 王钦笙 编
鲜继清 苏开荣

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书比较全面概括地讲述了现代通信技术领域的基本技术知识和发展概况。全书共分上、下两册。上册内容包括：概述；数字通信；数据通信；程控交换；现代通信网。下册内容包括：移动通信；光纤通信；数字微波及卫星通信等，每章讨论一个课题。对每一专题内容，除阐述基本原理外，还讨论了与其相关的实际应用技术及其相应学科领域的技术发展趋势。

本书为邮电高等函授教材，也可供通信部门管理干部和技术人员学习参考。

邮电高等函授教材

通信技术概论

上 册

李文海 王钦笙 编
鲜继清 苏开荣

人民邮电出版社出版发行
北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号
煤炭出版社印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

开本：850×1168 1/32 1995 年 1 月 第 一 版
印张：11.75 1995 年 1 月 北京第 1 次印刷
字数：309 千字 插页：1 印数：1—4 000 册

ISBN 7-115-05435-5/TN·803

定价：12.50 元

编者的话

通信是人类社会传递信息、交流思想、传播文化知识不可缺少的一种手段，在各种社会活动和经济活动中都起着重要的作用。随着社会经济、科学技术的不断发展，人类智力活动范围的不断扩大，人类社会正步入一个新的历史时代，即信息化时代。能源、材料和信息将构成现代经济的三大支柱，以微电子、光电子、计算机、通信和信息服务业构成的信息产业将成为信息化社会的基础。随着微电子、光电子和计算机应用科学的迅速发展，特别是通信与计算机的密切结合，使通信技术日新月异，迅速发展。进入 90 年代的今天，作为社会基础设施的通信系统和通信网正在向数字化、智能化、综合化、宽带化和个人化等方向发展。

本书共分九章，分别对数字通信、数据通信、程控交换、现代通信网、移动通信、光纤通信、数字微波及卫星通信等有关内容进行专题讨论。全书分为上、下两册。上册为第一章到第五章，第一章和第五章由李文海编写；第二章由鲜继清编写；第三章由王钦笙编写；第四章由苏开荣编写。下册为第六章到第九章，第六章由方建邦编写；第七章由张金菊编写；第八章由张政编写；第九章由罗先明编写。全书由李文海统编。由于编者水平有限，书中一定有一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

1994 年 5 月

目 录

第一章 概述	1
1.1 通信及通信系统	1
1.2 通信网及其构成	3
1.3 通信技术的发展	7
1.4 本书各章内容安排	9
习题	10
第二章 数字通信	11
2.1 数字信号.....	11
2.1.1 模拟信号与数字信号.....	11
2.1.2 数字通信的特点.....	13
2.1.3 数字通信系统的主要性能指标.....	14
2.2 话音信号数字化.....	15
2.2.1 脉冲编码调制 (PCM)	16
2.2.2 抽样.....	16
2.2.3 量化.....	22
2.2.4 编码与解码.....	34
2.2.5 单路 PCM 编解码器	40
2.2.6 差值脉码调制.....	42
2.3 数字多路通信.....	44
2.3.1 时分多路复用模型.....	44
2.3.2 PCM30/32 路数字基群系统.....	46
2.4 PCM 高次群	58
2.4.1 数字信号的复接.....	58
2.4.2 数字复接中的码速调整.....	60

2.4.3	高次群的帧结构	61
2.4.4	准同步数字复接系列 (PDH)	63
2.4.5	新的同步数字系列 (SDH)	64
2.5	数字信号基带传输	68
2.5.1	数字基带传输信道	68
2.5.2	传输码型	70
2.5.3	数字信号再生	73
2.5.4	数字基带传输系统的主要指标	84
2.6	数字通信新技术	89
2.6.1	数字编解码新技术	89
2.6.2	数模接续技术	89
2.6.3	数字网	90
2.6.4	数字环路技术	90
2.6.5	数字倍增设备 (DCME)	91
2.6.6	数字交接系统 (DACS)	92
本章小结		94
习题		96
第三章 数据通信		99
3.1	数据通信概述	99
3.1.1	数据通信的定义和特点	99
3.1.2	数据通信系统的构成	100
3.1.3	数据终端设备	102
3.1.4	数据通信系统的通信方式和传输方式	103
3.1.5	数据信号的基本形式	105
3.1.6	传输代码	107
3.2	数据链路传输控制规程	110
3.2.1	数据链路	110
3.2.2	数据链路控制规程	112
3.2.3	数据链路控制规程的种类	114

3.2.4 差错控制	123
3.3 数据传输	128
3.3.1 数据传输的基本形式	128
3.3.2 频带传输用的调制解调器	129
3.3.3 数字数据传输	136
3.4 数据通信网的交换方式	139
3.4.1 电路交换方式	139
3.4.2 报文交换方式	141
3.4.3 分组交换方式	143
3.5 分组交换的基本原理	144
3.6 数据通信网的通信协议	148
3.6.1 协议的概念	148
3.6.2 开放系统互连 (OSI) 参考模型	149
3.6.3 CCITT X 系列建议	151
3.6.4 分组装拆设备 (PAD)	155
3.6.5 网路管理中心	157
3.7 分组交换数据网	159
3.8 我国公用分组交换网的现状	167
3.9 我国公用分组交换网的发展	169
本章小结	174
习题	175
第四章 程控交换	177
4.1 概述	177
4.1.1 程控交换机概念	177
4.1.2 程控交换机类型	179
4.1.3 程控交换机的发展	181
4.1.4 程控交换机的优点	182
4.1.5 程控交换机的组成	183
4.2 数字程控交换机 (DSPC)	183

4.2.1	数字程控交换机基本结构	184
4.2.2	用户电路 (BORSCHT)	186
4.2.3	数字交换机和数字交换网络	188
4.2.4	时间接线器 (T 接线器)	190
4.2.5	空间接线器 (S 接线器)	193
4.2.6	TST 交换网络	195
4.2.7	复用器与分路器	197
4.3	呼叫处理的控制原理	198
4.3.1	呼叫处理过程	199
4.3.2	扫描和呼叫识别	201
4.3.3	去话分析	207
4.3.4	号码接收、计数和存储	210
4.3.5	数字 (号码) 分析	217
4.3.6	来话分析	219
4.3.7	呼出被叫和被叫应答	220
4.3.8	状态分析	221
4.3.9	接通话路及话终处理	222
4.3.10	空闲路由选择原理	224
4.3.11	呼叫处理程序的归纳	225
4.4	软件组成及程序的执行控制	227
4.4.1	程序的种类和组成	228
4.4.2	交换局的数据	232
4.4.3	程序文件	232
4.4.4	程序的执行管理	233
4.5	S-1240 机简介	238
4.5.1	系统概况	238
4.5.2	硬件组成	240
4.5.3	软件组成	251
4.5.4	本局接续概述	254

本章小结.....	255
习题.....	257
第五章 现代通信网	260
5.1 我国电话网的等级结构及交换中心的设置	260
5.1.1 我国电话网的等级结构	260
5.1.2 交换中心的设置及其连接	262
5.1.3 本地网及长途网	263
5.1.4 路由的设置	265
5.2 通信网的质量测度	269
5.2.1 对通信网的要求	269
5.2.2 接续质量	270
5.2.3 传输质量	275
5.2.4 稳定质量	277
5.3 传输链路方式及传输链路标准规范	280
5.3.1 传输链路方式及其连接	280
5.3.2 传输链路标准规范	286
5.4 电话网的信号系统	291
5.4.1 基本概念	291
5.4.2 随路信号方式	293
5.4.3 公共信道信号方式及 7 号信号系统	304
5.5 通信网的规划设计	313
5.5.1 通信网规划设计的目的与任务	313
5.5.2 业务发展预测及话务量统计计算	314
5.5.3 多局制市话网的分区及局所规划	319
5.5.4 交换机容量及话务处理能力的核算	321
5.5.5 用户环路设计	322
5.5.6 中继路由的组织与计算	327
5.5.7 电话网的编号及计费	331
5.6 电话网的网路管理和监控	338

5.6.1	网路管理和监控的基本概念	338
5.6.2	网路状态的监视和数据收集	339
5.6.3	我国电话网的网路管理系统	340
5.7	通信网的数字化发展及 ISDN	342
5.7.1	通信网的数字化发展	342
5.7.2	数字网的网同步	343
5.7.3	综合业务数字网 ISDN	348
本章小结		363
习题		365

第一章 概 述

本章概括地介绍了通信及通信系统、通信网及通信网的构成等基本概念，并简要介绍了近几年通信技术领域的发展概况及发展趋势。

学习要点：

- (1) 通信系统的构成模型及各部分的主要功能；
- (2) 通信网的基本结构类型及通信网的构成要素；
- (3) 通信网各构成要素的主要功能；
- (4) 通信技术领域的发展概况及发展趋势。

1.1 通信及通信系统

通信是指信息的传递和交换。这对人类社会是不可缺少的，尤其在近代社会中，信息的传递和交换日益频繁，随着通信技术和计算机技术的发展，克服空间和时间的限制，大量的、远距离的信息传递和存取已成为可能，通信的作用就更为重要。

本课程中的通信指的是以电信号的形式来传递和交换信息的方式，即是利用有线电、无线电、光或其它电磁系统对符号、信号、文字、图像、声音或任何性质信息的传输或交换。

信息是客观世界中各种事物的特征及发展变化的反映。信息是客观存在的，人类有意识地对信息进行加工、传递，从而形成了各种消息、情报、指令、数据及信号等。

要完成信息的传递和交换需要通过一套设备。将一个用户的信息传送到另一个用户的全部设施称为一个通信系统。通信系统的构成可简单地概括为一个统一的模型，如图 1.1 所示。这一模型包括有：信源、变换器、信道、噪声源、反变换器和信宿六个部分。

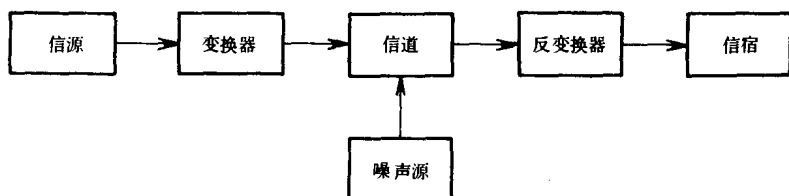


图 1.1 通信系统构成模型

信源是指发出信息的信息源。在人与人通信的情况下，信源就是指发出信息的人；在机器与机器通信的情况下，信源就是发出信息的机器。

变换器的功能是把信源发出的信息变换成适合于在信道上传输的信号。如电话通信系统的变换器就是送话器，它的作用就是把语声信号变换成电信号。当然，为了更有效、更可靠地传递信息，可能还需要更复杂或者功能更完善的变换和处理装置。另外，信源发出信息的形式不同，也要求有不同的变换和处理方式，因而也就构成了不同类型的通信系统。如对应于语声形式的信源，就有电话通信系统；如果信源的信息形式是文字和图形，就有电报通信系统和传真通信系统等。

信道是信号传输媒介的总称。不同的信源形式所对应的变换处理方式不同，与之对应的信道形式也不同。从大的类别来分，传输信道有两种类型。一种是使电磁信号在自由空间中传输，这种信道叫无线信道。另一种是使电磁信号约束在某种传输线上传输，这种信道称为有线信道。

反变换器的功能是变换器的逆变换。即把从信道上接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息。

信宿是指信息传送的终点，也就是信息接收者。它可以与信源相一致，构成人——人通信或者机——机通信。它也可以与信源不一致，构成人——机通信或者机——人通信。

噪声源并不是人为实现的实体，但在实际通信系统中又是客观存在的。模型中的噪声源是以集中形式表示的，实际上这种干扰噪声可能在信源信息初始产生的周围环境中就混入了，也可能是构成变换器的电子设备引入的。另外，传输信道中的电磁感应以及接收端各种设备中引入的干扰都要产生影响。在模型中我们把发送、传输和接收端各部分的干扰噪声集中地由一个噪声源来表示。

1.2 通信网及其构成

图 1.1 所示的通信系统只能为一对用户提供单方向的信息传递，如果要构成可以相互传递信息的双向系统，就还需要有一套相同的设备作反方向通信的装置。如果有多个用户都需要相互传递信息，最简单的办法就是相互成对地连接起来，如图 1.2 所示。图中的每一个端点即表示一个用户，称之为用户终端。在一般概念上讲，用户终端对应于图 1.1 所示电信系统模型中的信源和信宿，在某些情况下还包括变换器和反变换器。各端点间的连接线则对应于信道，在通信网中也称之为传输链路。

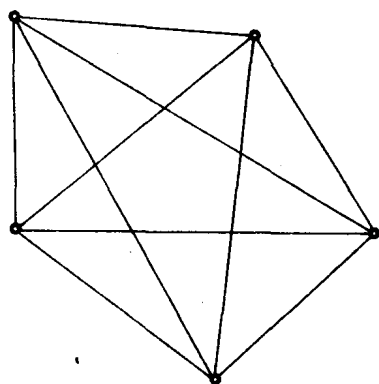


图 1.2 完全互连网络结构

这样一个多用户通信系统互连的通信体系就叫作通信网。这样的通信网是多个用户之间直接互连而成，在通信技术术语中叫作直

接互连网或完全互连网。当用户终端数较多时,实现完全互连网就变得相当困难和很不经济。如网中有 N 个用户终端,其中每一个用户都要能与其它 $(N-1)$ 个用户之间进行通信,就必须设置 $\frac{1}{2}N(N-1)$ 条传输链路。当 N 的数值较小时还算可行,但当 N 的数值较大时就很难实现了。完全互连网网路结构的缺点是经济性很差,特别是通信距离较远时,需要大量的通信线路,这种不经济性就更为显著了。一个用户一般不可能同时与其它所有用户通信,在一天 24 小时内也并非时时刻刻都需要通信,所以,采用这种网路结构时传输链路的利用率很低。这是一种非常不经济的网路结构。

通信网按其所能实现的业务种类来分有通常所说的电话通信网、数据通信网以及广播电视网等。按网路的服务范围又可分作市内网、长途网及国际网等。但不管实现何种业务,其网路的基本结构形式都是一致的。目前,通信网实现的基本结构有如图 1.3 所示的五种形式。

①网型网:多个用户之间直接互连而成的通信网,也叫直接互连网或完全互连网。具有 N 个节点的完全互连网需要有 $\frac{1}{2}N(N-1)$ 条传输链路。因此,当 N 值较大时传输链路数将很大,传输链路的利用率较低。这是一种经济性较差的网路结构。但这种网路的链路冗余度较大,因此,从网路的接续质量和网路的稳定性来看,这种网路结构又是有利的。

②星型网:设一个转接中心,所有用户只与转接中心直接连通构成的通信网。各用户之间需要通信时都需通过转接中心转接而达到通信的目的。具有 N 个节点的星型网共需设置 $(N-1)$ 条传输链路。很显然,当 N 值较大时它较网型网节省大量的传输链路。由于星型网需要设置转接中心,因而需要增加一定量的转接设备的费用。通常当网型网较星型网所使用的多余的链路之和的费用高于转接交换设备费用时才选用星型网路结构。对设置转接交换中心的星型网结构,当转接交换设备的转接能力不足或设备发生故障时,将会对

网络的接续质量和网络的稳定性产生影响。

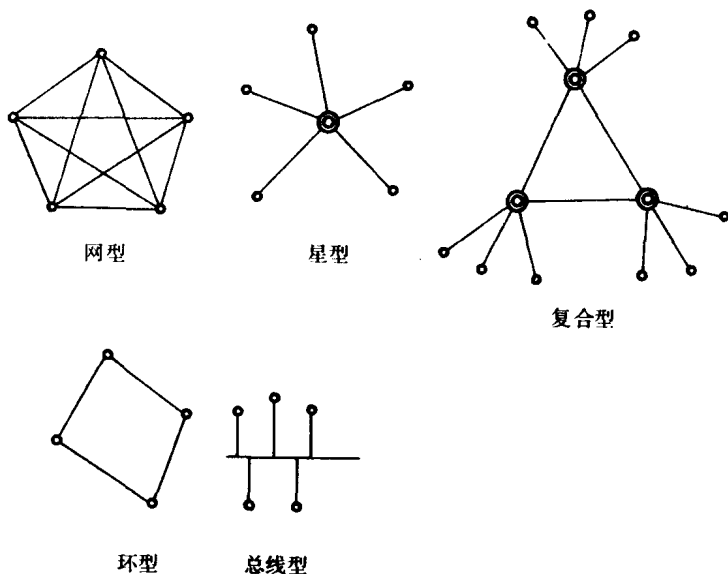


图 1.3 通信网的基本结构形式

③复合型网：这是网型网和星型网复合而成的网路。它是以星型网为基础并在通信量较大的区间构成网型网结构。这种网路结构兼取了前述两种网路的优点，比较经济合理且有一定的可靠性。在这种网路设计中要考虑使转接交换设备和传输链路总费用之和为最小。

④环型网和总线型网：这两种网型在计算机通信网中应用较多。这种网中传输流通的信息速率一般较高，它要求各节点或总线终端节点有较强的信息识别和处理能力。

从通信网的基本结构可以看出，构成通信的基本要素是：终端设备、传输链路、转接交换设备。

终端设备是通信网中的源点和终点，它除对应于模型中的信源

和信宿之外还包括了一部分变换和反变换装置。终端设备的主要功能是将待传送的信息和在信道上传送的信号之间相互转换。也就是在发送端需要发送传感器来感受信息并将之转换为在线路上传输的信号，在接收端则是从线路上接收信号并将之恢复成能被利用的信息。终端设备的第二种功能是对信号进行处理以便使之能与信道匹配。另外还需有的第三种功能是能产生和识别网内所需的信令信号或规约，以便相互联系和应答。对应于不同的通信业务有不同的信源和信宿，也就有着不同的变换和反变换装置。因此，对应不同的电信业务也就有不同的终端设备。如电话业务的终端设备就是话机终端；传真业务的终端就是传真终端；数据业务的终端就是数据终端等等。

传输链路是网路节点的连接媒介，也就是信号的传输通路。它除主要对应于通信系统模型中的信道部分之外也还包括了一部分变换和反变换装置。传输链路的实现方式很多，最简单的传输链路就是简单的线路，如明线、电缆等，它们一般用于市内电话网的用户端链路和局间中继链路。其次，如载波传输系统、脉码调制(PCM)传输系统、光纤传输系统、数字微波传输系统及卫星传输系统等都可作为通信网的传输链路的实现方式。

转接交换设备是现代通信网的核心，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配。对不同的通信业务网路，转接交换设备的性能要求也不同。例如，对电话业务网的转接交换节点的要求是不允许对通话电流的传输产生时延，因此，目前主要是采用直接接续通话电路的电路交换方式，目前也正在研究用于话音交换的分组交换方式。对于主要用于计算机通信的数据业务网，由于数据终端或计算机终端可有各种不同的速率，同时为了提高传输链路的利用率，可将流入信息流进行存储，然后再转发到所需要的链路上去。这种方式叫作存储转发交换方式。例如，分组数据交换机就是利用存储转发方式进行交换的。这种交换方式可以做到较高效率的利用链路网络。

1.3 通信技术的发展

随着社会经济、科学技术的不断发展，人类智力活动范围的不断扩大，人类社会正进入一个新的历史时代，即信息时代。能源、材料和信息将构成现代经济的三大支柱。以微电子、光电子、计算机、通信和信息服务业构成的信息产业将构成信息社会的基础。90年代通信技术的发展大致有如下几个方面：

数字技术的飞速发展使信息传输和信息处理形式发生了巨大的变化，这就是数字通信方式与计算机结合的实用化。近年来以 PCM (Pulse Code Modulation) 为代表的编码技术以及数据通信的实用化使数字通信开辟了新的局面。利用 PCM 的数字通信技术可以实现抗干扰性强的通信电路，可实现电话交换的数字化及数字中继传输的多路化，可以实现语声、图像、数据等多种业务的综合传输和交换。

在宽带化信息传输技术方面的光纤通信、数字微波及卫星通信等近几年来都有突破性的发展。

光纤通信是门新兴技术，发展速度十分惊人。它具有频带宽、容量大、中继距离长、抗干扰性能好等许多优点。在短短一、二十年中已从 $0.85\mu\text{m}$ 的短波长多模光纤发展到 $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 的长波长单模光纤，并开发出许多新型光电器件。到 1989 年底全世界光纤敷设总长度已达 1000 多万公里。最近几年我国光纤通信的发展也较快，“八五”期间我国将敷设从首都北京到各大行政区和沿海地区的光缆干线网其总长度达 2 万公里。

微波通信也是当今通信领域中主要的传输手段之一。为了适应数字通信技术的发展，70 年代以来世界各国都在大力发展数字微波，研制装用了各种频段的 34Mbit/s (480 路)、 $2 \times 34\text{Mbit/s}$ (960 路) 以及 140Mbit/s (1920 路) 等容量的数字微波通信系统。数字