

邮电高等函授教材

# 现代通信网

王迎春  
李文海  
编著

北京邮电大学出版社

(京)新登字 162 号

## 现代通信网

作 者：王迎春 李文海

责任编辑：郑 捷

\*

北京邮电大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

高碑店市印刷厂印刷

\*

850×1168 毫米 1/32 印张 13.125 字数 337 千字

1995 年 3 月第一版 1995 年 3 月第一次印刷

印数：1—8650 册

ISBN 7-5635-0175-4/TN·77 定价：11.00 元

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信网/王迎春, 李文海编著. —北京: 北京邮电大学出版社, 1995, 6

ISBN 7-5635-0175-4

I. 现… II. ①王… ②李… III. 通信网-概论 IV. TN913.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 00826 号

## 内容提要

本书简要介绍了现代通信网的基本理论, 如图论基本知识、排队论基础、可靠性理论基础等, 以及这些基本理论在网络设计中的应用。在介绍基本理论的基础上, 侧重于通信网基本技术方面的讨论, 如电话网的等级结构及传输链路方式、通信网的规划设计、电话网的信令系统, 通信网的数字化发展及 ISDN、电信新业务等。

本书可作为高等院校通信专业教材, 也可供通信方面的工程技术人员和研究人员参考。

# 前 言

通信网技术是通信工作者应较好掌握的一项较综合性的技术。它与通信网的发展建设、规划以及通信设备的研制、生产等方面密切相关，且涉及到各种通信技术、设备的应用及其如何更有效地发挥效益的问题。虽然通信网的实践已有相当久的历史，但其基本理论最近一二十年才基本形成体系，到 80 年代，在图论、排队论和可靠性理论的发展中，网的理论基础构成才逐渐明确，这些可以作为通信网的理论基础。

本书在简要阐述通信网的有关基本理论的基础上，侧重于讨论和描述有关通信网的基本技术方面的问题。

本书是根据 1993 年 7 月邮电高等函授教学指导委员会审订批准的“现代通信网”教学大纲编写的。全书共分七章，第一章概论，第二章电话网的等级结构及传输链路方式，第三章通信网路设计基础，第四章通信网的规划设计，第五章电话网的信令系统，第六章通信网的数字化发展及 ISDN，第七章电信新业务简介。其中第七章的内容并非通信网本身的内容，它只是作为新技术在通信网增值业务的应用方面给予简要介绍。关于这方面的内容，参考书目较少，本章主要内容是参考周宝信等编写的新技术培训系列教材中“电信新业务”一书。

本书第一、二、三、四章由王迎春同志编写，第五、六、七章由李文海同志编写，全书李文海同志统审、定稿。

# 目 录

## 第一章 概论

- 1.1 通信系统与通信网 ..... (1)
  - 1.1.1 通信系统的组成 ..... (1)
  - 1.1.2 通信网的基本结构与构成要素 ..... (3)
- 1.2 通信网的质量测度 ..... (7)
- 1.3 通信网的发展..... (11)
- 1.4 通信网研究的基本问题..... (14)
- 复习思考题 ..... (15)

## 第二章 电话网的等级结构及传输链路方式

- 2.1 电话网的等级结构及本地网与长途网..... (16)
  - 2.1.1 电话网的等级结构..... (16)
  - 2.1.2 本地网..... (18)
  - 2.1.3 长途网..... (22)
  - 2.1.4 网路等级结构的发展变化..... (25)
- 2.2 路由的分类及设置..... (26)
  - 2.2.1 路由及其分类..... (26)
  - 2.2.2 路由的设置与选择..... (28)
  - 2.2.3 路由选择新方式简介..... (31)
- 2.3 传输链路方式及其应用..... (32)
  - 2.3.1 传输媒质..... (32)
  - 2.3.2 传输链路方式..... (38)
  - 2.3.3 传输链路方式的比较与选择..... (44)

2.4	传输链路标准规范	(48)
2.4.1	概述	(48)
2.4.2	响度当量、传输损耗及指标分配	(50)
2.4.3	杂音、串音和衰减频率失真	(56)
2.4.4	电平配置	(60)
附录一	杂音、串音及衰减频率失真标准	(62)
本章小结		(65)
复习思考题		(66)
习题		(67)
<b>第三章</b>	<b>通信网路设计基础</b>	
3.1	网路结构设计基础	(68)
3.1.1	图论基本知识	(69)
3.1.2	路径选择	(82)
3.1.3	站址选择	(93)
3.2	网路流量设计基础	(101)
3.2.1	网路流量的基本概念	(102)
3.2.2	排队论基础	(107)
3.2.3	排队论在通信网中的应用	(126)
3.3	可靠性理论基础	(134)
3.3.1	可靠性数学基本概念	(135)
3.3.2	局间通信的可靠性	(149)
3.3.3	通信网的可靠性	(154)
本章小结		(159)
复习思考题		(161)
习题		(163)
<b>第四章</b>	<b>通信网的规划设计</b>	
4.1	概述	(165)
4.1.1	通信网规划设计的目的与任务	(165)
4.1.2	通信网规划设计的主要步骤	(166)

4.1.3	通信网规划设计的主要内容 .....	(167)
4.2	通信业务预测 .....	(168)
4.2.1	通信业务预测的概念 .....	(168)
4.2.2	用户预测与业务量预测的常用方法 .....	(170)
4.2.3	局间业务流量的预测方法 .....	(179)
4.3	局所规划 .....	(183)
4.3.1	最经济局所容量 .....	(184)
4.3.2	交换区界的划分 .....	(191)
4.3.3	交换局址的确定 .....	(192)
4.4	中继路由的组织与计算 .....	(195)
4.4.1	中继路由的组织方法 .....	(196)
4.4.2	中继路由的计算与选择 .....	(197)
4.5	交换设备的选择 .....	(206)
4.5.1	程控交换机的选型原则 .....	(206)
4.5.2	程控交换机容量的核算 .....	(209)
4.5.3	程控交换机话务处理能力的核算 .....	(210)
4.6	用户环路设计 .....	(211)
4.6.1	配线方式 .....	(212)
4.6.2	电缆对数的确定 .....	(215)
4.6.3	用户环路的传输设计 .....	(217)
4.7	计算机在网路规划设计中的应用 .....	(221)
4.7.1	计算机辅助局所规划的基本原理与流 程图 .....	(222)
4.7.2	划分交换区界的子程序 .....	(223)
4.7.3	局址优化子程序 .....	(226)
4.8	电话网的编号计划 .....	(228)
4.8.1	编号原则 .....	(228)
4.8.2	编号方法 .....	(229)
4.8.3	市话网电话号码的升位 .....	(231)

4.9 计费方法 .....	(232)
附录一 局所位置偏离几何中心时用户线平均长度计算公式的推导 .....	(236)
附录二 中继线平均长度计算公式的推导 .....	(237)
附录三 我国长、市话特种业务号码表 .....	(239)
本章小结 .....	(240)
复习思考题 .....	(243)
习 题 .....	(244)

## 第五章 电话网的信令系统

5.1 基本概念 .....	(247)
5.1.1 信令的基本功能 .....	(247)
5.1.2 信令的分类 .....	(249)
5.2 用户线信令 .....	(251)
5.2.1 用户话机发出的用户线信令 .....	(251)
5.2.2 交换机发给用户话机的信令 .....	(253)
5.3 随路信令方式的局间信令 .....	(254)
5.3.1 随路信令方式的基本概念 .....	(254)
5.3.2 我国电话网中使用的随路信令方式 .....	(256)
5.3.3 局间中继信令接口配合方式 .....	(268)
5.4 公共信道信令方式及 No. 7 信令系统 .....	(270)
5.4.1 公共信道信令方式的基本概念 .....	(270)
5.4.2 国际信令系统及 No. 7 信令系统的发展 .....	(272)
5.4.3 No. 7 信令系统结构 .....	(275)
5.4.4 No. 7 信令系统的基本消息格式 .....	(280)
5.4.5 No. 7 信令的数据链路 .....	(285)
5.4.6 No. 7 信令的链路控制功能 .....	(287)
5.4.7 No. 7 信令系统的信令网及信令点编码 .....	(289)
5.4.8 No. 7 信令系统的信令网功能 .....	(293)
5.4.9 No. 7 信令系统的电话用户部分 .....	(296)



本章小结·····	(299)
复习思考题·····	(301)
<b>第六章 通信网的数字化发展及 ISDN</b>	
6.1 通信网的数字化发展·····	(302)
6.2 数字网的网同步·····	(304)
6.2.1 网同步的基本概念·····	(304)
6.2.2 滑动的产生及指标要求·····	(305)
6.2.3 实现网同步的方式·····	(308)
6.2.4 我国数字网的网同步方式·····	(310)
6.3 同步数字系统——SDH·····	(312)
6.3.1 SDH 的提出及 SDH 速率·····	(312)
6.3.2 统一的网路节点接口·····	(313)
6.3.3 SDH 帧结构及基本复用原理·····	(314)
6.4 综合业务数字网——ISDN·····	(318)
6.4.1 ISDN 的基本概念·····	(318)
6.4.2 ISDN 的网路结构及功能体系结构·····	(320)
6.4.3 用户/网路接口及接入参考配置·····	(325)
6.4.4 用户/网路接口的实现技术·····	(335)
6.4.5 ISDN 的网路协议及规程简介·····	(342)
6.5 宽带 ISDN 的基本概念·····	(345)
本章小结·····	(353)
复习思考题·····	(355)
<b>第七章 电信新业务简介</b>	
7.1 引言·····	(357)
7.2 语音信息服务业务·····	(357)
7.2.1 语音信箱业务·····	(358)
7.2.2 电话信息服务业务·····	(362)
7.3 分组交换数据业务·····	(371)
7.3.1 数据通信业务和数据通信系统构成·····	(371)

7.3.2	现有电话网上的数据通信 .....	(373)
7.3.3	数据通信的电路交换和分组交换 .....	(374)
7.3.4	分组交换数据网 .....	(479)
7.3.5	数字数据网——DDN .....	(385)
7.4	非话信息服务业务 .....	(388)
7.4.1	概 述 .....	(388)
7.4.2	电子信箱 .....	(388)
7.4.3	电子数据交换 .....	(391)
7.4.4	可视图文业务 .....	(395)
7.4.5	传真存储转发 .....	(400)
	本章小结 .....	(402)
	复习思考题 .....	(405)
	参考文献 .....	(406)

# 第一章 概 论

本章是对通信网作概要的介绍,主要包括以下几方面的内容:

1. 由通信系统的构成引出通信网的定义。
2. 通信网的一般概念,包括通信网的基本结构、构成要素和质量测度。
3. 通信网的发展方向。
4. 通信网研究要解决的主要问题。

## 1.1 通信系统与通信网

### 1.1.1 通信系统的组成

系统通常是由具有特定功能、相互作用和相互依赖的若干个单元组成、完成统一目标的有机整体。通信系统是用电信号(或光信号)传输信息的系统,也叫电信系统。通信系统的类型多种多样,按通信业务的不同可分为电话、电报、传真、数据通信系统,按信道中传输的信号形式可分为模拟通信系统和数字通信系统,等等。任何一个通信系统不可缺少的要有以下几个部分:信

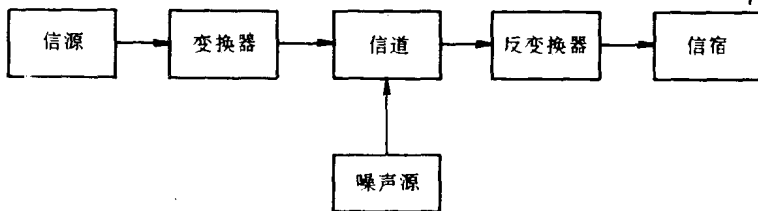


图 1.1 基本通信系统

源、信宿、变换器、反变换器和信道，如图 1.1 所示。

信源是发出各种信息（语言、文字、图像或数据）的信息源，可以是人，也可以是机器，如计算机等。

变换器的作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号。对应不同的信源，变换器有不同的组成和变换功能。在进行电话通信时，送话器将人发出的语音信号变换为电信号，再经过必要的变换和处理才能使之可靠有效地通过信道传输。对于模拟电话通信，变换器中除了送话器还可包括放大器、滤波器、调制器等；对于数字电话通信，还应包括数字信号处理装置，其中主要是编码器。

信道是信号的传输媒介。信道可分为两类：有线信道和无线信道。在有线信道中电磁信号（或光信号）约束在某种传输线（架空明线、电缆、光缆等）上传输，在无线信道中电磁信号沿空间（大气层、对流层、电离层等）传输。信号在不同的信道中传输，要经过不同的变换设备进行处理和变换。

反变换器的作用是从信道上接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息。从信道出来的信号一般不能被信宿直接接收，必须通过反变换器的作用变换为人可以接收的语言或机器可接收的代码等。反变换器包括受话器、解调器、解码器等。

信宿是信息的接收者，它可以是人或机器。

噪声源是系统内各种干扰影响的等效结果。系统的噪声来自各个部分，从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件，到信道所受到的外部电磁场干扰，都会对信号形成噪声影响。为了分析问题方便，将系统内所存在的干扰均折合到信道中，用噪声源表示。

以上所述的基本通信系统只能实现两用户间的单向通信，要实现双向通信还需要另一个通信系统完成相反方向的信息传送工作。而要实现多用户间的通信则必须将多个通信系统有机地组成一个整体，使它们能够协同工作，即形成通信网。多用户间的相

互通信，最简单的方法是在任意两用户之间均用线路相连，但由于用户众多，这种方法不但会造成用户线路的巨大浪费，而且也是不可能实现的。交换机的引入解决了这一问题，即每个用户都通过用户线与交换机相连，任何用户间的通信都要经过交换机的转接交换。所以图 1. 1 所示是两个用户间的专线系统模型，而实际中一般使用的通信系统则是由多级交换的通信网提供信道，在一次呼叫中所构成的系统。

### 1.1.2 通信网的基本结构与构成要素

如前所述，通信网可由表示用户设备的端点和端点之间的传输线路或者由表示用户设备的端点和起交换作用的转接交换点及它们之间的连接线路组成，这些用户端点和转接交换点在通信网术语中就叫作节点。通信网中的节点分为终端节点和交换节点，终端节点指各种终端设备，交换节点指各种交换设备。故通信网可定义为由一定数量的节点和连接节点的传输链路相互有机地组合在一起，以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。关于传输链路的概念可见随后的叙述与第二章的相关内容。

通信网可以分为不同的种类，按所传输的信号形式可分为数字网和模拟网；按业务种类可分为电话网、电报网、数据网、传真网、广播电视网等；按其服务范围可分为本地网、长途网和国际网等；按运营方式可分为公用通信网和专用通信网；按组网方式又有移动通信网、卫星通信网等等。无论何种通信网，网路的基本结构和构成要素都是类似的。

#### 一、通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有网型、星型、复合型、环型和总线型五种，如图 1.2 所示。

1. 网型网：网内任何两个节点之间均有线路相连。如果有  $N$  个节点，则需要有  $\frac{1}{2}N(N-1)$  条传输链路。当节点数增加时，传

输链路数将迅速增大。这种结构网的线路利用率不高，经济性较差，但网络的冗余度较大，稳定性也较好。

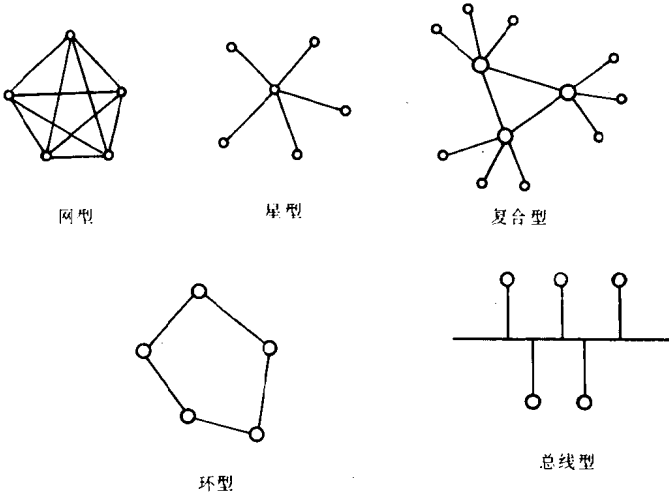


图 1.2 通信网的基本结构

2. 星型网，也可称为辐射网：将一个节点作为辐射点，该点与其他节点间均有线路相连。具有  $N$  个节点的星型网至少需要  $N - 1$  条传输链路。这种网的辐射点就是转接交换中心，其余  $N - 1$  个节点间的相互通信都要经过转接交换中心的交换设备，因而该交换设备的交换能力和可靠性会影响网内的所有用户。当交换设备的费用低于相关传输链路的费用时，这种结构的网与网型网相比经济性较好，但稳定性较差。

3. 复合网：由网型网和星型网复合而成。根据网中业务量的需要，以星型网为基础，在业务量较大的转接交换中心区间采用网型结构，可以使整个网路比较经济且稳定性较好。复合网具有网型网和星型网的优点，但网路设计应以交换设备和传输链路的总费用最小为原则。

4. 总线型网：所有节点都连接在一个公共传输通道——总线

上。这种网结构需要的传输链路少，增减节点比较方便，但稳定性较差，网路范围也受到限制。

5. 环型网：将总线型网的两个端点连接在一起就构成了环型网，与总线网相比这种网提高了稳定性。

通信网的五种基本结构各有其优缺点，因此有不同的适用范围。例如，电话网中的用户和所属交换中心之间采用星型连接，长途网中一级交换中心之间采用网型结构，大、中城市的电话网间采用复合网结构等等。

## 二、通信网的构成要素

通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体，用以完成规定的功能。通信网的功能就是要适应用户呼叫的需要，以用户满意的程度传输网内任意两个或多个用户之间的信息。通信网在设备方面的构成要素是终端设备、传输链路和交换设备。为使全网协调合理地工作，还要有各种规定，如信令方案、各种协议、网路结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等。

### 1. 终端设备

终端设备是用户与通信网之间的接口设备，其主要作用是待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换。它包括图 1.1 中的信源、信宿和变换器与反变换器中的一部分。终端设备需要具有三个功能，第一是感受信息和恢复信息的功能，由发送传感器和接收传感器完成，第二是将信号与传输链路相匹配的功能，由信号处理设备完成；第三是信令（信令信号）的产生和识别功能，用来产生和识别网内所需的信令信号或协议，以便相互联系和应答。常见的终端设备有电话机、电报机、数据终端机、传真机、无线寻呼机、移动电话机、电视机等。

### 2. 传输链路

传输链路是信息的传输通道，是连接网路节点的媒介。它一般包括图 1.1 中的信道和变换器与反变换器的一部分，因为除了简单的传输链路，如用户线，只是一条电缆作为传输通道外，其

他都要加一些必要的设备才能构成传输链路，尤其是多路信号复用时。传输链路可以分为不同的类型，其各有不同的实现方式和适用范围，这些将在第二章第三小节中给以详细介绍。

### 3. 交换设备

交换设备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，实现一个呼叫终端（用户）和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。它是现代通信网的核心。它包括各种电话交换机、电报交换机、数据交换机、移动电话交换机、分组交换机、宽带异步转移模式交换机等。

考虑到交换设备在网中的重要性和非交换专业学生的特点，此处对交换方式和电话交换设备作一简要介绍。

根据网中所传信号的性质，对交换设备的性能要求是不同的。如果以交换方式进行分类，可以将交换机分为两类，一类采用电路交换方式，一类采用存储转发交换方式。在电路交换网中，如果两个用户要进行通信，则交换机为其接通一条暂时的通信路径，一旦通话完毕，该路径就被拆除。电路交换方式适用于话音信号的传输。在存储转发交换网中，用户将信息发送到交换节点后可以在交换机中作暂时存储，然后再转发到所需要的链路上去。这种方式适用于数据信号的传输，因为数据信号不象话音信号有很强的实时性，所以可以允许一定的时延。电路交换方式为信息建立一条物理通道，可将信息立即进行交换和应答，但线路和交换设备的利用不充分。因为在通话过程中，一方面存在很多空闲的时间间隙，另一方面来话时，一般去话的中继线路是空闲的。存储转发方式提高了线路和交换设备的利用率，但付出的代价是信息的传输有了时延。

现在数据通信中采用的分组交换是存储转发方式的一种。分组交换是将来自用户的信息暂存于存储装置中，并将信息分成一定长度的数据组，每个分组前都有固定格式的分组标题，指明该分组的发端地址、收端地址和分组序号等，然后送到可达目的地



的多个路由上,到接收交换机后再将分组信息按分组号重新组合,去除分组标题后送到数据接收端机。目前用于话音信号的分组交换方式还处于研究阶段。

电话网中使用的交换机主要经历了三个阶段:第一阶段是人工交换机,交换过程中的接线、拆线等动作由话务员的人工操作来完成。这种交换机接续速度慢,设备容量低,易出差错,通信质量难以保证。使用人工交换机的通信网,其功能和规模都很有有限。第二阶段是机电制交换机,交换过程中的接线、拆线等动作是由交换机的机键和信令信号设备自动控制完成,接续速度和设备容量有较大提高,通信质量也有明显改善。使用机电制交换机的通信网,其功能和规模均有了较大的发展。但这种交换机机械动作的惰性大,易磨损,故障多,维护工作量大。第三阶段是程控交换机,它利用电子计算机技术,以预先编制好的程序控制交换接续动作。程控交换机又可分为空分模拟式和时分数字式,现在发展的时分数字式程控交换机可称数字程控交换机。这种交换机接续速度快,设备容量大,便于对用户提供新业务,便于扩充交换容量,易于实现维护的自动化与集中化,减少了维护工作量,提高了可靠性。数字程控交换机使通信网的功能和规模有了很大的发展,符合通信网的数字化发展方向,为实现综合业务数字网奠定了基础。

## 1.2 通信网的质量测度

通信网的质量测度是指对通信网的质量要求。这里首先讨论对一般通信网的要求,再讨论对电话通信网的具体要求。

### 一、对通信网的要求

对一般通信网的主要要求是:接通的任意性与快速性,信号传输的透明性与传输质量的一致性,网路的可靠性与经济合理性。

接通的任意性与快速性是对通信网的基本要求。网内的一个