

21世纪
高职高专电子信息类规划教材



通信网基础

杨元挺 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专电子信息类规划教材

通信网基础

主 编 杨元挺

参 编 谢斌生 卓秀钦

主 审 谢嘉奎



机械工业出版社

本书根据教育部颁布的“通信网基础”教学大纲的要求编写,内容包括模拟通信网和数字通信网等。本书从应用的角度出发,深入浅出地介绍有关的基本理论、基础知识和基本技能。内容丰富,涉及各种现存的和正在发展的通信网,既讲述了各种通信网传输和交换的工作原理,又讲述了各种通信网的结构体系及应用。结合课堂教学内容,深浅适度,结构体系有所创新,淡化不同类别的职业技术教育界限,适应不同学制的教学需要,具有较大的灵活性,各章节没有严格的系统联系,打“*”的可为扩展或选学内容。为了便于深入学习和理解书中内容,各章前有内容提要,各章后附有思考与练习题。本书是一本有特色的职业教育教材,可供高职高专、中职等相关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

通信网基础/杨元挺主编. —北京:机械工业出版社, 2004.1

21世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 7-111-13116-9

I. 通... II. 杨... III. 通信网—高等学校:技术学校—教材

IV. TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第085017号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年1月第1版第1次印刷

1000mm×1400mmB5·6.375印张·245千字

定价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据教育部颁布的“通信网基础”教学大纲的要求编写，内容包括模拟通信网和数字通信网等。

通信网是高新技术，它已广泛应用于信息技术的各个领域，并已扩展到国民经济的各个领域，进入了家庭。本书是通信网应用的基础，也是电子信息类专业的一门重要的专业课。本书内容丰富，涉及各种现存的和正在发展的通信网，既讲述了各种通信网传输和交换的工作原理，又讲述了各种通信网的结构体系及应用。可供高职高专、中职等相关专业的师生使用。教学课时为 64 学时左右。

本书内容包括通信网概述、通信网的网络体系结构、交换技术、电话通信网、移动通信系统、数据通信网、智能网、支撑网、综合业务数字网 (ISDN)、用户接入网等，各章节内容力求精炼。

本书从应用的角度出发，深入浅出地介绍有关的基本理论、基础知识和基本技能，是一本具有特色的职业教育教材，主要特点如下：

1. 充分体现通信网的基础、现代通信网最新技术及通信网的发展方向，便于建立通信网的概念，便于技术的掌握和应用。

2. 内容上深浅适度，体现职业教育的教学方法和现代教育技术的应用，在实际教学中便于操作。

3. 覆盖面广，结构体系上有所创新。为了便于深入学习和理解书中的内容，各章前有内容提要，各章后附有思考与练习题。

4. 淡化不同类别的职业技术教育界限，适应不同学制的教学需要，具有较大的灵活性，各章节没有严格的系统联系，打“*”的可为扩展或选学内容。

本书由福建信息职业技术学院杨元挺主编，谢斌生、卓秀钦参编。其中，第一、二章由杨元挺老师编写，第三～六章由谢斌生老师编写；第七～十章由卓秀钦老师编写，最后由杨元挺老师进行了统稿。

东南大学谢嘉奎教授担任本书主审，主审人对本书进行了认真细致的审阅，并提出了许多修改意见。在本书编写过程中，还得到了不少同志的帮助。福建信息职业技术学院的老师、北京信息职业技术学院梁德厚、南昌信息职业技术学院曾日波、成都航空职业技术学院唐程山、南京信息职业技术学院王钧铭、珠海电

IV

子工业学校张中洲、重庆职业技术学院任德齐、山东电子工业学校刘勇等参加了本书编写大纲的讨论，在此一并表示感谢。

本书在编写方式上力求创新，使之适合现代职业教育的特点，由于编写时间仓促，编者水平有限，书中疏漏乃至错误之处，恳请广大读者批评指正。意见或要求可联系：e-mail: fjfzyyt@sina. com。

编者

目 录

前言

第一章 概论	1
本章要点	1
第一节 通信网的基本概念	1
一、通信网的组成	1
二、通信网的组成形式	2
第二节 通信网的基本结构及分类	3
一、通信网的基本结构	3
二、信号交换方式	4
三、通信网功能	5
四、通信网的分类	5
第三节 常见的几种通信网	6
第四节 通信网的质量要求	8
第五节 现代通信网的发展	9
本章小结	10
思考与练习题	11
第二章 通信网的网络体系结构	12
本章要点	12
第一节 网络协议概述	12
一、网络协议的基本概念	12
二、协议分层结构	13
三、网络体系结构	14
第二节 OSI 参考模型	14
一、OSI 参考模型简介	15
二、SNA 网络	18
第三节 TCP/IP 协议模型	19
一、TCP/IP 协议概述	19
二、TCP/IP 协议模型结构及功能	19
第四节 通信网的传输控制规程	21
本章小结	23
思考与练习题	23
第三章 交换技术	24

本章要点	24
第一节 交换方式概述	24
一、基本概念	24
二、交换方式的技术特征	25
第二节 电路交换	27
一、电路交换的基本过程	27
二、电路交换的组成方式	27
三、电路交换的技术特征	29
第三节 分组交换方式	30
一、报文交换	30
二、分组交换	30
第四节 宽带交换	34
一、高级电路交换技术	34
二、快速分组交换	35
本章小结	40
思考与练习题	40
第四章 电话通信网	41
本章要点	41
第一节 电话通信网概述	41
一、电话通信网的组成	41
二、公共电话交换网的概念	42
第二节 电话网的结构	42
一、电话网的基本结构	42
二、我国电话网的结构	43
第三节 长途电话网	45
一、路由设置及选择原则	46
二、长途网的演变方向	46
第四节 本地电话网	48
一、本地网的网路结构	48
二、用户交换机	49
第五节 国际电话网的结构	51
第六节 电话编号	52
本章小结	54
思考与练习题	55
第五章 移动通信系统	56
本章要点	56
第一节 移动通信简介	56
一、移动通信的特点	56

二、移动通信的分类	57
三、移动通信无线设备的工作方式	57
四、移动通信系统的组成	58
第二节 蜂窝系统的组网技术	58
一、频率管理与有效利用技术	58
二、区域覆盖与网络结构	60
三、信道的分配与选取控制	60
四、信令	61
第三节 GSM 移动通信系统	61
一、GSM 系统概述	62
二、路由及接续	66
第四节 CDMA 移动通信系统	69
一、CDMA 系统概述	70
二、CDMA 系统的结构	72
三、CDMA 系统的功能结构	74
本章小结	79
思考与练习题	80
第六章 数据通信网	81
本章要点	81
第一节 分组交换网	81
一、分组交换网的构成	81
二、用户终端入网方式	82
三、分组交换网的网间互连	84
第二节 数字数据网 (DDN)	87
一、DDN 的基本概念	87
二、DDN 的网络业务	89
三、DDN 的结构	89
四、我国的数字数据网	91
五、DDN 的用户入网方式	93
第三节 帧中继概述	94
一、帧中继的基本原理	94
二、帧中继提供的业务	96
三、帧中继协议	97
本章小结	99
思考与练习题	100
第七章 智能网	101
本章要点	101
第一节 电信新业务的发展与智能网	101

第二节 什么是智能网	102
第三节 智能网的概念模型	105
第四节 智能网的国际标准	110
本章小结	112
思考与练习题	112
第八章 电信支撑网	113
本章要点	113
第一节 No.7 信令网	113
一、No.7 通信系统简介	113
二、No.7 信令网的组成及网路结构	120
三、我国信令网的网路结构及组网原则	123
第二节 同步网	128
一、同步的基本概念	128
二、滑码	129
三、网同步的方法	132
四、我国同步网的网路结构及组网原则	134
第三节 电信管理网	137
一、电信管理网的基本概念	137
二、电信管理网的体系结构	143
本章小结	148
思考与练习题	149
第九章 综合业务数字网 (ISDN)	150
本章要点	150
第一节 ISDN 的基本概念	150
一、ISDN 的概念	150
二、ISDN 的特性	151
第二节 ISDN 的网络结构和功能	152
一、数字用户环路	152
二、ISDN 交换机的功能结构	154
第三节 ISDN 的应用	155
一、ISDN 业务	155
二、ISDN 用户/网络接口协议	156
三、ISDN 网络的解决方案	159
第四节 宽带综合业务数字网 B-ISDN	162
一、B-ISDN 产生的背景	162
二、B-ISDN 信息传递方式	162
第五节 ATM 基本原理	164
一、B-ISDN/ATM 协议参考模型	164

二、物理层接口类型	165
三、ATM 连接	165
第六节 ATM 交换	167
一、ATM 交换的基本原理	167
二、ATM 交换机的分类	169
第七节 ATM 网络结构	169
一、ATM 网络结构简介	169
二、ATM 主要接口	170
本章小结	171
思考与练习题	171
第十章 用户接入网	173
本章要点	173
第一节 用户接入技术的现状与发展	173
一、接入网的定义与定界	174
二、接入网的传输技术	175
第二节 有线接入网	175
一、铜线接入网	175
二、光纤接入网	179
三、混合光纤/同轴接入网	182
第三节 无线接入网	186
一、固定无线接入网	186
二、移动无线接入网	189
本章小结	191
思考与练习题	192
参考文献	193

第一章 概 论

本章要点

1. 什么是通信网。
2. 通信网的基本组成。
3. 常见的几种通信网。
4. 通信网的质量标准。
5. 通信网的发展趋势。

通信就是信息的传递与交换,通信网就是将通信终端、转接点和通信链路、实现两个以上通信终端之间信号传输的通信体系,它是包括终端设备、传输设备、交换设备和网络技术的综合系统,旨在向用户提供各种通信服务。早期的通信网主要用于语音信息的传递,随着通信技术、计算机技术,以及高清晰度电视等多媒体技术的发展,对通信网提出了更高的要求。

目前应用最广的是公用电话交换网(PSTN),在PSTN中,除用户终端设备到交换系统之间的用户线继续使用模拟信号外,其他部分均已数字化。为了满足计算机用户通信的需求,又提出了数据分组交换网(PDPSN)。移动通信网(PLMN)是采用无线电波传播方式将用户接入各种通信网的系统。N-ISDN是全数字网络,用户终端输出数字信号,经数字用户线与数字交换系统相连,主要用于2Mbit/s以下低速数字信息的传送。N-ISDN又发展成B-ISDN,它既可用于低速数字信息,也可用于高速数字信息或数字视频信息的传送。为了满足上述需求,交换技术也由最初的线路交换发展成分组交换,又从分组交换发展为异步传输模式(ATM)技术。

本章将介绍通信网的基本组成和基本功能。

第一节 通信网的基本概念

一、通信网的组成

通信网(Communications Network),由用户终端设备、具有信息处理与交换功能的网络节点及节点间的通信链路组成,在管理机构(包括各种通信与网络协议)的控制下,实现网上各个用户之间的相互通信。

一个完整的通信网应由四大部分组成,即通信链路、网络节点、终端设备和管理机构,下面重点介绍构成通信网的硬件设备,软件部分将在第二章中介绍。

1. 终端设备

终端设备是用户与通信网之间的接口设备，是直接供用户通信的设备，如电话机、传真机和计算机等。

2. 通信链路

通信链路是信息的传输通道，是连接网路节点的媒介，如卫星线路、无线线路等。

3. 网络节点

网络节点是构成通信网的核心，用来完成信息的交换与处理，如程控交换机、复用设备和中继设备等。

二、通信网的组成形式

由通信网的构成要素可知，实际应用中可以组成各种功能和各种用途的通信网，但不论哪一种通信网，都可以是由传送网和支撑网两种基本网络组成。其中传送网又可分为用户接入网、交换网和传输网；支撑网用于网络的信令处理、网络管理等，下面分别介绍这两种网的作用和构成。

1. 传送网

传送网就是用户信息网，用于用户信息的传送。传送网包括用户接入网、交换网和传输网。用户接入网负责将电信业务透明地传送到用户，即用户能灵活地接入到不同的电信业务节点上；交换网用于通信路由的选择；传输网用于数据传输。

用户接入网从传统意义上理解应为用户线，但随着局域网、有线电视网等的发展，用户接入网实质上是一种宽带综合业务用户传输系统。交换网是由各级交换中心（交换局）的交换设备以及经连接链路提供的业务路由所组成的。传输网是由复用设备、传输设备和连接链路组成的。复用设备用于传输信号的多路复用；传输设备一般指光端机、微波收、发信机等传输信号产生设备；连接链路指连接网络中各对节点的光纤、微波等物理信道。

2. 支撑网

支撑网用来支持传送网的正常运行，增强网络功能，是提供全网服务质量以满足用户要求的网络。支撑网包括信令网、同步网和管理网。

(1) 信令网 用于交换机的控制，它是以信令点和信令转换点为基础建立的公共信道信令网，如 7 号信令网。信令集中于特定的路由中传输，信令路由比业务路由少，信令网的功能是实现网络节点间（包括交换局、网络管理中心等）信令的传输和转接。

(2) 同步网 实现数字传输后，在数字交换局之间、数字交换局和传输设备之间，均需要实现信号时钟的同步。同步网把定时信号从基准局分配给所有其他的交换局，实现这些设备之间的信号时钟同步。它由交换局内的定时单元形成的

同步节点和传输定时信号的同步链路组成。

(3) 管理网 是为提高全网质量和充分利用网络设备而设置的, 它主要负责网络运行、管理、维护和设备配置 (OAMP)。它由设置在各节点的 OAMP 设备和某些节点的网络管理中心以及连接各节点用于 OAMP 信息通路的路由组成。

上述各种网络均由节点和连接相邻节点的链路所组成。但是在网络的实现中, 上述各种网络的信号传输均可利用传输网节点间的连接链路进行。例如, 管理网节点间管理信息的传输, 实际上由传输网的连接链路承担, 管理网节点间的连线只是表示在两个管理节点间存在一条管理信息的通信路由。

第二节 通信网的基本结构及分类

一、通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有网形、星形、总线形和环形。在下述各图中的小圆点代表网络节点, 大圆符号代表用户终端, 连接线代表通信链路。

1. 网形网

网形网也称完全互连网, 网形网如图 1-1a 所示, 网内任何两个节点之间均有通信链路连接, 通信建立过程中, 不需要任何形式的转接。如果有 N 个节点, 则需要 $N(N-1)/2$ 条传输链路。显然当节点数增加时, 传输链路将迅速增大。这种网络结构的最大优点是接续质量好, 网络的稳定性好。但由于需要有很多的通信链路, 当节点数增加时, 通信线路长, 网络投资费用很高, 如果在通信业务量不是很大的话路, 则其利用率不高, 经济性较差。

图 1-1b 所示为网孔形网, 它是网形网的一种变形, 是不完全网状网。其大部分节点相互之间有线路直接相连, 一小部分节点可能与其他节点之间没有线路直接相连, 一般在通信业务量相对少一些的节点之间不设立直达线路。网孔形网与网形网相比, 可适当节省线路, 提高线路的利用率, 并改善经济性, 但通信的稳定性会稍有降低。

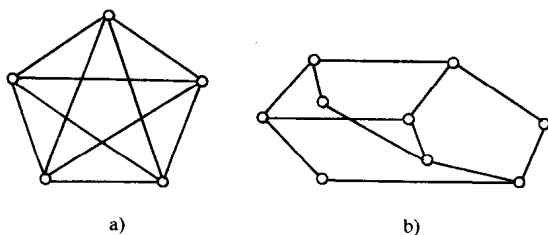


图 1-1 网形网结构示意图

2. 星形网

在星形网中, 各用户终端都通过转接交换中心进行连接, 如图 1-2 所示。 N 个用户需要有 N 条通信链路, 与网形网相比, 节省许多通信链路。但它需要转接设备, 一般是当链路的总费用高于转接交换设备的费用时, 才采用这种网络结构。由于各用户之间的通信都要通过转接交换中心, 通信的质量和可靠性会受到

一定的影响,尤其当转接设备发生故障时,可能会造成网内的通信瘫痪。可见,转接交换中心是全网可靠性的瓶颈。

3. 总线形网

总线形网采用公共总线作为传输介质,各个节点都通过相应的硬件接口直接连接在一个公共传输通道总线上,如图 1-3 所示,信号沿介质进行广播式传送。由于总线结构共享无源总线,通信处理为分布式控制,故入网节点必须具有智能,能执行介质访问控制协议。这种网路结构的优点是需要的传输链路少,新增终端只要就近接入总线即可,但由于采用分布式控制,不易管理,故障诊断和隔离比较困难。

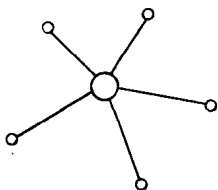


图 1-2 星形网
结构示意图

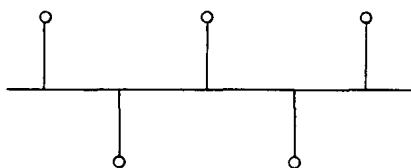


图 1-3 总线形网结构示意图

4. 环形网

环形网的拓扑结构为一个封闭环形,如图 1-4 所示。各用户终端通过中继器接入网内,各中继器间由点到点的链路首尾连接,信息单向沿环路逐点传送。这种类型网络的特点是结构简单,实现容易。而且可以采用自愈环对网路进行自动保护,所以稳定性较高,适用于光纤通信。

另外,还有一种叫线形网的网路结构,如图 1-5 所示。它与环形网不同的是首尾不相连,线形网常用于 SDH 传输网中。

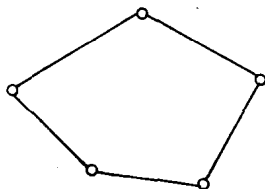


图 1-4 环形网结构示意图

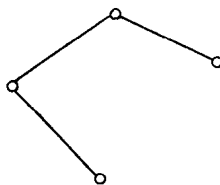


图 1-5 线形网结构示意图

二、信号交换方式

通信网络上的各个用户之间进行通信时,由网上的交换设备根据用户的要求选择通信的对象,这就是信号交换。信号交换在通信网中可以分为三种主要类型:电路交换、分组交换和 ATM 交换。

以电路连接为目的的交换方式是电路交换方式,目前,电话网中就是采用电

路交换方式。电路交换是指网上的交换设备根据用户的拨号建立一条确定的路径，并且在通信期间保持这条路径，直到一方挂机，线路才释放。电路交换的特点是实时性好，因此，很适合话音通信。

分组交换是一种存储与转发的交换方式。在存储转发方式中，信息从源节点向目的节点传送过程中，一般在某一个节点被接收、存储，然后等待空闲线路转发到下一个节点，因此，这种方式存在一定的时延，比较适合数据通信。

ATM 交换全称为异步传输模式，它是综合电路交换和分组交换的优点而提出的，适用于低速到高速、窄带到宽带数据传输的交换和传输模式。

有关信号交换方式的详细内容将在第三章介绍。

三、通信网功能

通信网目标是向用户提供各种服务，满足各用户的各种需求，通信网必须具备以下功能。

1. 基本的接续路径功能

为了使两个用户之间能进行通信，首先保证网络在发送节点与目的节点之间存在可利用的信道，该信道可以有线的，也可以是无线的。

2. 信息装拆功能

为了提高线路的利用率和响应时间，网络中常在发送端采用先将信息分成一定长度的小段，在接收时再将各小段装配还原成原始信息。

3. 路由选择功能

为了保证信息正确地送到目的地，任何经网络传输的信息都要标明地址信息。通常在两个终端用户间相隔一个或多个节点，每个节点有不只一条通路与别的节点相连。在此情况下，究竟选择哪一条通路，就是所谓的路由选择问题。

4. 差错控制功能

因为物理通信线路并不是完美无缺的，为了保证接收端所接收的信息为发送端的复制品，就要求线路中具有误码控制和检错能力。

5. 流量控制功能

信息在网络中的传输与交通流动相似，如果不对网络的流量加以控制，就势必造成拥挤，甚至堵塞，因此，一般都需要进行流量控制。

6. 网络管理功能

增强网络功能，真正满足用户的各种需求，如协议变换等。

四、通信网的分类

通信网从不同的角度可以分为不同的种类，主要有：

1) 按业务种类，可分为电话网、电报网、传真网、广播电视及数据网等。

2) 按所传输的信号形式，可分为数字网和模拟网。

3) 按服务范围，可分为本地网、长途网和国际网。

- 4) 按运营方式, 可分为公用通信网和专用通信网。
- 5) 按组网方式, 可分为移动通信网、卫星通信网、光纤通信网等。
- 6) 按交换方式, 可分为电路交换网、分组交换网等。

第三节 常见的几种通信网

目前正在使用的通信网有很多种类, 有公用电话网 (PSTN)、有线电视网 (CATV)、综合业务数字网 (ISDN), 有本地网 (LAN)、城域网 (MAN)、专用网和公用网等, 有光纤通信网、卫星通信网、移动通信网、地面微波接力通信网、光纤-同轴电缆混合网 (HFC) 等等。

1. 公用电话网

公用电话网 (PSTN) 包括国际电话网、国内长途电话、本地网和用户接入网, 当两用户之间进行国际长途通话时, 话音信号将通过主呼所在地区的用户接入网、本地网、国内长途网、国际长途网、被呼叫所在地的国内长途网、本地网以及用户接入网。

2. 有线电视网

有线电视 (CATV) 是利用有线电视媒介电视信号传输的一种系统。由于它主要是通过电缆 (同轴电缆、光缆) 传输的有线分配系统, 故又称为电缆电视。与无线电视相比, 有线电视网具有以下优点:

(1) 抗干扰能力强 由于两方面的原因, CATV 系统具有很高的抗干扰能力: 一方面因为信号在电缆中的传输损耗小, 各接收终端有足够的输入信号电平, 因此, 受各种噪声的影响小; 另一方面作为传输媒介的同轴电缆对外界的电磁波有屏蔽作用, 不易受到电磁辐射的影响。

(2) 无重影 CATV 不存在信号的多径传播问题, 因此也就没有重影。

(3) 各接收点的场强一致 通过在线路中加衰减器或放大器可使各种接收点的信号场强一致。

(4) 可放送的电视节目多 由于只在网内传播, 其频率可以被充分利用而不会对其他系统产生影响, 因此, 要比开路电视可传送更多的电视节目。

(5) 具有很大的扩展业务的潜力。

3. 无线寻呼网

无线寻呼网一般分为本地无线寻呼网和区域无线寻呼网。

本地无线寻呼网与公用电话自动交换网的接续方式分为人工接续方式和全自动控制接续方式, 本地无线寻呼网的结构组成可分为单区制和多区制。其覆盖范围是一个长途编号区的范围, 例如, 北京地区, 长途区编号是 10 所覆盖的公用电话网的范围。

区域无线寻呼网也称为联网寻呼系统，它的覆盖范围是两个或两个以上长途编号区的服务范围。

4. 综合业务数字网 (ISDN)

PSTN 作为世界上最大的通信网，是为传输模拟话音信号而设计的，随着传真 (FAX)、用户电报 (TELEX)、电子信箱 (E-mailbox)、可视图文 (Videotex) 及数据通信 (其中包括资料检索、文件传送、订票业务及银行业务等) 等数据业务的出现，人们首先想到的是利用 PSTN 进行数据的传输，在两个 PSTN 用户终端接入调制解调器，将数据信号转换成与话音信号带宽相同的模拟信号，就可在两台传真机或计算机等数字终端之间实现通信。但这种方式只适合于传送低速率的数据，并且质量较差。在很多情况下不能满足要求，于是人们不得不提出建立新的专业网，如数据网、传真网等，用以传送不同的业务。但如果每出现一种业务就建立一个专用的通信网，那将是投资大、效益低，而且各个独立网的资源不能共享。另外，由于多个网的并存也不利于统一管理，在这种背景下，20 世纪 70 年代初就萌生了把各种通信业务，包括话音业务和非话音业务等都以数字方式统一，并综合到一个数字网中传输、交换和处理的设想，也就是建立综合业务数字网。引入 ISDN 后，用户只需提出一次申请，仅用一条用户线，就可将多种业务终端接入网内，并按统一的规程进行通信。

5. 分组交换数据网

分组交换网工作示意图如图 1-6 所示。由数据终端设备 A 发出的数据信息 ABC，通过用户线送到交换机 1 (节点机) 暂时存储，在交换机内分成具有一定长度的分组 A、B、C，并在每一分组前边加上指明该分组发端地址、收端地址及分组序号的分组标题 t_i 。

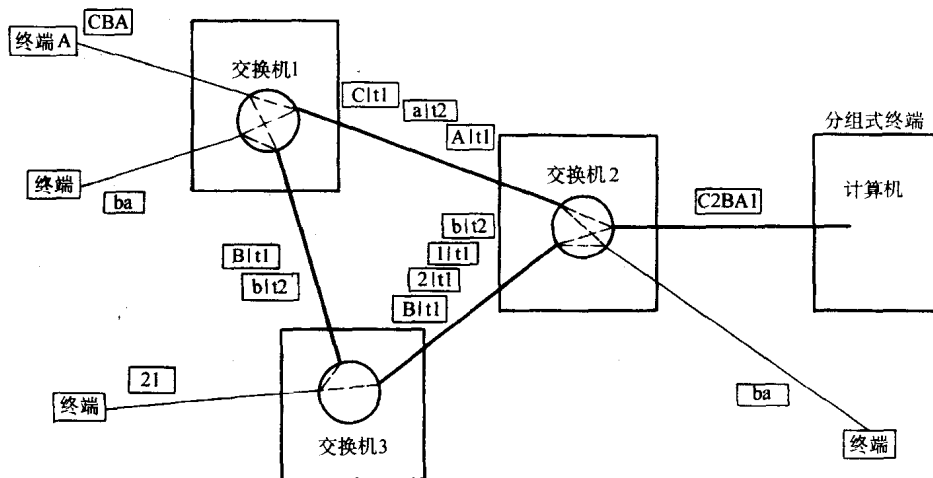


图 1-6 分组交换网工作示意图