



东北大学资助出版

程控电话交换原理

张振川摇编

东北大学出版社

✦ 沈摇阳 ✦

张振川 编

图书在版编目 (CIP) 数据

程控电话交换原理 张振川编 沈阳 : 东北大学出版社, 1998

ISBN 7-5614-0100-0

I. 程... II. 张... III. 程控电话程序控制电话交换机—基本知识 IV. 621.715.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1998) 第 10000 号

——

出版者：东北大学出版社

地址：沈阳市和平区文化路 3 号

邮编：110004

电话：(024) 83591000 (市场部) (024) 83591001 (社务室)

传真：(024) 83591002 (市场部) (024) 83591003 (社务室)

精印：沈阳印刷厂

开本：787mm×1092mm

印刷者：铁岭市新华印刷有限公司

发行者：东北大学出版社

幅面尺寸：787mm×1092mm

印张：12

字数：200千字

出版时间：1998 年 1 月第 1 版

印刷时间：1998 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑：李毓兴

特邀编辑：李艳

封面设计：唐敏智

责任校对：花甲

责任出版：秦力

——

定价：15.00 元

前 摇 摇 言

1876年贝尔发明的电话，将人与人之间的远距离信息沟通引入了一个崭新的历史时期。经过人类 150 多年的不懈努力，电话通信经历了从人工交换到自动交换，从机电式自动交换到存储程序控制交换，从模拟式话音交换到数字式话音交换的巨大变革。特别是近 100 年的时间里，随着半导体材料技术、大规模集成电路技术、计算机技术和数字传输技术等方面的快速发展，传统的电话交换系统正在逐步发展成为一种廉价、快捷、优质、可靠，不仅能交换话音，还能够交换数据或图像等多种综合业务的通用性的通信组网设备。

近 100 年的时间里，改革开放为我国电信业的快速发展创造了前所未有的大好机遇，使得国内固定电话用户和移动电话用户迅速增加，电话通信网络系统无论从装机规模、业务范围还是服务质量都跃入世界发达国家的行列。程控交换机已彻底地取代了传统的步进制和纵横制交换机，并且正在大踏步地从模拟交换向数字交换迈进。

程控交换机，特别是新一代程控数字交换机，无论在技术上、功能上，还是在经济上都比传统的交换系统有着巨大的优越性。主要表现在：应用计算机控制，灵活性大，维护管理方便，适应性强；采用大规模集成电路(蕴院) 或专用集成电路(粤院)，可靠性高；用户业务功能的大幅度增加；便于利用现代高速发展的电子器件的最新成果；便于采用公共信道信号系统，有利于向综合业务数字网方向发展等方面。

程控交换系统有传统交换系统无法比拟的优点，并且获得广泛的应用。但是有关它的理论和实践的研究仍在不断的完善之中。

本书的对象是普通工科院校通信工程、电子信息工程和其他电子类专业的本科生或研究生。也可作为从事通信领域科研生产管理的工程技术人员的参考书。

全书共分九章。第一章概述了程控交换的基本概念、发展历史及未来趋势；第二章介绍了空分模拟交换网络，从分析空分模拟交换机的话路系统入手，引出话务量理论以及在电话交换系统设计中的应用。第三章介绍话音数字化的基础知识和实现技术。第四章和第五章分别介绍用于程控数字交换机的时分数字交换网络和交换机接口系统。第六章和第七章分别介绍存储程序控制的基本原理和交换机的呼叫处理程序与技术。第八章和第九章分别介绍了电话通信网和信令系统。

本书由张振川主编。研究生张大义、吴菁晶等也为本书编写提供了大量的帮助，在此一并向他们表示感谢。

由于编者水平所限，加之许多技术尚在不断的发展和完善之中，书中难免存在一些错误和问题。殷切期望读者批评指正，在此表示诚挚的感谢。

编 摇 者

1999年 源月于东北大学

目 录

第一章 概 述	员
程控交换机在通信中的作用	员
程控交换机的组成与分类	猿
程控交换技术的发展历史	愿
程控现代程控交换系统的技术特征与未来趋势	圆
问题与习题	缘
第二章 空分模拟交换网	苑
最简单的空分模拟交换举例	苑
电话理论	愿
空分模拟交换网络的组成	苑
空分模拟交换网组群单元的构成	圆
多级组合网络的内部阻塞率	猿
问题与习题	源
第三章 模拟话音信号的数字化	源
模拟信号与数字信号	源
数字通信的优越性	愿
模拟信号的数字化过程	缘
抽样、量化与编码	缘
时分多路复用	缘
数字话音信号的线路传输编码	苑
问题与习题	苑
第四章 时分数字交换网	怨
时分数字交换网络概述	怨
时分接线器	愿
时分数字交换网络	缘
数字交换网络实例	圆
问题与习题	员
第五章 数字交换机的接口	苑
数字交换机接口的分类	苑

第一章 概 述

本章在简单分析交换机在通信中的作用的的基础上，概括讨论了交换机的结构组成和分类形式，并对交换技术的发展历史及未来的趋势进行了介绍。

1.1 交换机在通信中的作用

1.1.1 点对点通信与多点间通信

所谓通信，其目的是实现信息的传送。在现代电信系统中，各种信息，包括话音、数据、文字和视频图像等，都是以电信号的形式在各种不同的信道(电缆、光纤和无线电等)媒体中进行传输的。一个典型的现代通信系统可以简单化由通信双方的信息终端和传输媒体构成，如图 1-1 所示。

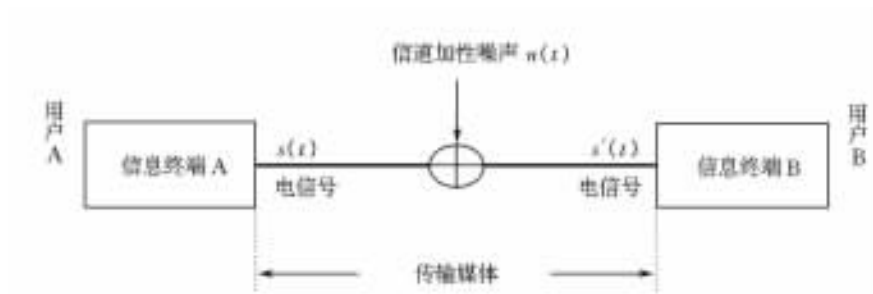


图 1-1 点对点电信号通信系统简化框图

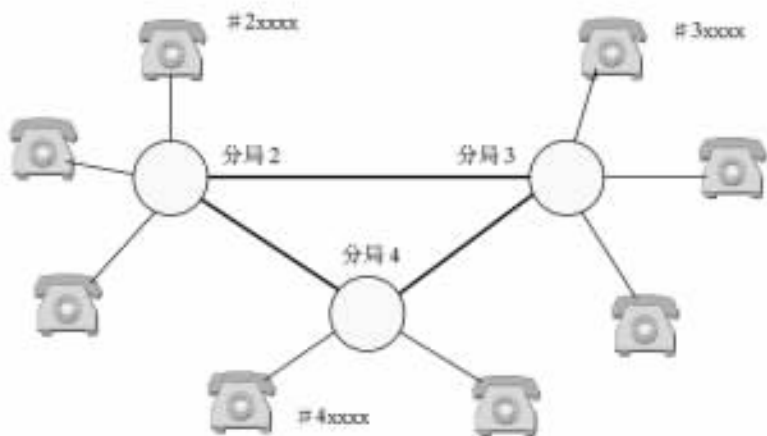
信息终端将含有一定信息的信息(如话音、数据或视频图像等)转换为适合于信道传输的特定形式(不同形状、幅度或频率的模拟或数字信号)的电信号，通过传输媒体发送给对方，同时信息终端也负责接收对方通过传输媒体发送来的电信号，并转换为包含一定信息的原始消息。图 1-1 所示系统中只有 A 和 B 两个信息终端，其通信关系是固定的(无通信对象选择问题)，这种通信称为点对点通信。

当系统中存在多个信息终端时，如果要求它们当中任何两个之间都可以进行点对点通信，而对其他终端不产生影响，一种最直接的方法就是将系统中所有的信息终端两两相连，通常称作全互连方式。图 1-2 所示为具有总共 n 个信息终端(用 \circ 表示)的通信系统的全互连方式。

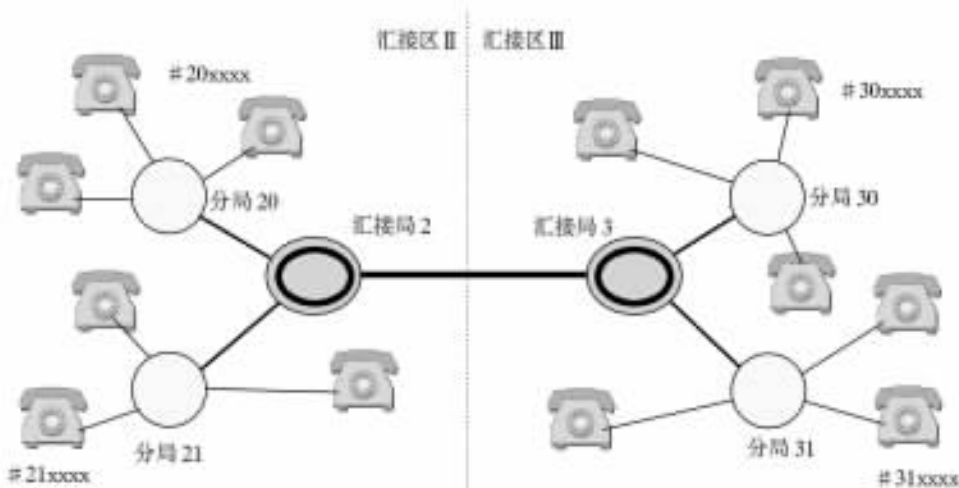
图 1-2 所示的通信系统构成一个网络，称作通信网。一般由多个信息终端构成的通信系统都可称作网络通信，而图 1-2 所示的全互连方式只是构成通信网的具体形式之一。

1.1.2 电话通信网概念

电话通信传输话音电信号，是目前各种现代通信系统中用户终端(电话机等)最多的一种，其网络构成方式必须充分考虑到这一点。



(a) 具有三个分局的分局制市话网



(b) 具有两个汇接局(区)的汇接制市话网

图 1.1 由多台交换机互连构成的分局制市话网与汇接制市话网

由于分局交换机兼具话务的发出和结束两种功能，因此常称为“端局交换机”。

在分局制市话网中，用户的电话号码中至少应有一位(最高位)代表所在的分局号；在汇接制市话网中，用户的电话号码中至少应有两位(最高位)分别代表所在的汇接局号和汇接区内分局号。

关于电话网的详细内容将在第八章介绍，这里我们关于交换和交换机在电话通信中的话务转接和路由选择作用是特别重要的，也是不难理解的。

1.1 交换机的组成与分类

本节概括介绍交换机的结构组成与交换机的类型的划分。尽管不同类型的交换机在功能

和作用上有所不同，组成上也有着各种各样的差别，但大体的结构划分是基本相同的。这里主要扼要地了解它们共同的结构特征。

程控电话交换机的组成结构

图 1-1 所示是简化的自动交换机基本组成结构方框图。它由话路系统、控制系统、接口系统与信令系统(图中未示出)四大部分组成。

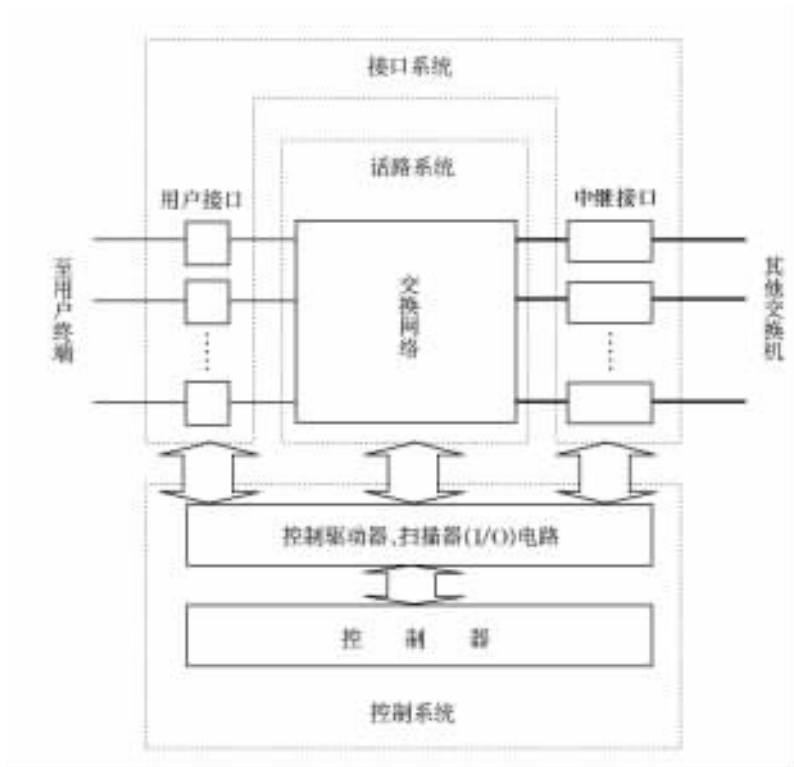


图 1-1 简化的交换机基本组成结构方框图

程控电话交换机的话路系统

交换机的话路系统是在控制系统的控制下具有选择功能的通话路由。由于这种路由具有选择功能，因此又称为交换网络(注意这里是指交换机内部的通话网络)。

交换网络的路由选择功能用于完成一条用户线(主叫用户线)到另一条用户线(被叫用户线)，以及完成一条用户线(主叫用户线)到一条中继线(被叫用户在其他交换机上)的选择连接。

交换网络由各种不同类型的接线器部件组合连接构成。模拟交换机(用于模拟话音交换)的交换网络构成部件是空分模拟接线器，构成相应的交换网络称作空分模拟交换网；数字交换机(用于数字话音交换)的交换网络构成部件是时分数字接线器，构成相应的交换网络称作时分数字交换网。这两种交换网络将分别在第二章和第四章详细介绍。

程控电话交换机的控制系统

交换机的控制系统是交换机进行话务接续工作的控制中心。它负责控制完成包括发现主

1.1 电话交换机的分类

交换机发展到今天经过了漫长的历史，交换机的种类也很多，有以下几种不同的划分方法。

1.1.1 按传送与交换消息的物理特征划分

按照所传送与交换的消息的物理特征，交换机可划分为电话交换机、数据交换机及综合业务交换机等。

电话交换机是用于传送与交换话音的交换机，采用电路交换的方式，其用户终端设备大多是用户电话机。由电话交换机构成的通信网称作电话通信网，简称电话网。

数据交换机是用于传送与交换数据的交换机，常采用存储转发交换(如分组交换或报文交换)的方式。由数据交换机构成的通信网称作数据通信网，简称数据网。

随着近年来支持多媒体业务的宽带综合业务数据网络的研究与兴起，出现了能够传送与交换综合业务(包括话音、数据及视频图像等)的交换机，我们不妨称其为综合业务交换机。

本书以介绍电话交换机为主，以下的交换机划分方法都是针对电话交换机的。

1.1.2 按传送和处理信号的形式划分

按照所传送与交换的话音信号形式，电话交换机可以划分为空分模拟交换机和时分数字交换机两种。

模拟交换机所传送与交换的话音信号是连续时间模拟信号，以空间分割的方式实现多路传输(或称多路复用)。

数字交换机所传送与交换的话音信号是离散时间数字编码的信号，以时间分割的方式实现多路传输，即在一条物理线路(称为时分复用总线)上传送多路话音信号。

尽管可以采用频分复用传输，即通过载波设备利用模拟调制技术可以实现多路模拟话音在一条物理线路上同时传输(常用于长途电话线路)，但这种方式近年来已经逐步被时分数字传输所取代。

1.1.3 按控制系统构成部件和方式划分

按照控制系统的构成部件，交换机可以划分为人工交换机、布线逻辑控制交换机和存储程序控制交换机三种。

人工交换机(19世纪面世)出现在交换技术发展初期，目前仅应用在很少的特定场合。人工交换机的控制系统功能主要由话务员完成，其容量一般较小。早期的人工交换机的用户终端没有拨号功能并且自备电池供电，通过手摇发电机产生铃流和话务员联系。

布线逻辑控制交换机和存储程序控制交换机都属于自动交换机，它们的用户终端都是具有拨号功能的自动电话机。布线逻辑控制交换机的控制系统由大量的各种各样的电子元件形成的电路逻辑(称为布线逻辑)组成，记发器和标志器都是布线逻辑控制系统中的典型电路。20世纪70年代前在我国流行的步进制和纵横制自动交换机的控制系统都属于布线逻辑控制类型。

存储程序控制交换机(简称程控交换机)将计算机系统和存储程序引入交换机的控制系统。这不仅使得交换机的控制系统本身从标准化、模块化、小型化、集成度和可靠性上有明

显的改善,对整个交换机的功能和性能上都产生了前所未有的积极影响。如果说从人工到自动是交换技术的一场革命,那么从布线逻辑控制到存储程序控制也是交换技术的一场革命。

摇摇摇摇按话路系统构成部件和方式划分

交换机的话路系统的构成部件经历了多次的变革,这主要指历史比较悠久的空分模拟交换机。按照话路系统的构成部件的不同,交换机在其发展中主要经过了步进制交换机、纵横制交换机和电子式交换机三种类型。

步进制交换机是最早的(摇摇年面世)自动交换机,它的话路系统构成部件称作步进选择器,步进制交换机由此而得名。步进选择器机械结构复杂、笨重而且消耗大量金属材料,接线速度慢而且生产出的交换机容量也比较小(一般不超过摇摇门)。步进制交换机在我国城市电话网中早已经被淘汰。

纵横制交换机(摇摇年面世)是由于其话路系统使用了纵横接线器作为构成部件而得名,在我国盛行,直至摇摇世纪摇摇年代。纵横制交换机话路系统的变革使得交换机从体积、成本、容量和性能上都比步进制交换机有了很大的改善。纵横制交换机目前在城市电话网中尚有一定数量的存在,但正在逐步被电子式交换机所取代。

这里所说的电子式交换机指交换机的话路系统构成部件是电子器件接线器。电子式交换机的名称似乎不像步进制和纵横制交换机那么响亮,这是由于电子技术,特别是数字电子技术和计算机技术的高速发展,交换机从纵横到电子、从模拟到数字和从布控到程控几个方面同时快速变革,人们从提法上过于重视了交换机的数字化和程控化,而数字交换机的话路系统又必然是电子式的缘故。人们一般认为美国贝尔公司摇摇年生产的摇摇交换机是交换机电子化的标志。

需要说明的是,步进制交换机和前期的纵横制交换机都是属于采用布线逻辑控制的,而晚期的纵横制交换机和后来的电子式交换机,特别是数字交换机基本上都是采用存储程序控制的。

摇摇摇摇按应用功能要求划分

按照应用功能的区别,电话交换机可以划分为分局交换机、汇接交换机、用户交换机、长途交换机等。

分局交换机和汇接交换机在前面曾经提到过(参见图摇摇)。分局交换机上对外有大量连接用户终端的用户线和与其他交换机互连的中继线,若干台分局交换机能够相互连接构成分局制市话网。汇接交换机上一般不设有用户线,它主要起话务转接的功能,若干汇接交换机和分局交换机联合可构成规模更大的汇接制市话网。

用户交换机(摇摇)是指某企业事业单位内部自己购建的电话网交换机。这种交换机有一定数量(一般几百到几千门)的用户线(常称为内线),用于连接单位内的电话用户;它还有一定数量(几条到十几条或几十条)的外线,用于连接到市话网的交换机,所占用市话网的几个(十几个或几十个)电话号码称作该单位的总机号码。单位内各个分机用户可通过这些外线以自动或半自动的方式(取决于使用的用户交换机)和市话网用户进行通话联系。关于用户交换机的一些特定功能要求,这里不再详述。

长途交换机用于疏通长途话务,它和前面提到的汇接交换机一样,主要起长途话务转接的功能。关于在长途电话网中设置不同级别交换中心以及各级中心的长途交换机职能和功能

的区别，请读者参阅第八章或有关参考资料。

程控交换技术的发展历史

关于交换技术的发展历史，追根溯源涉及的方方面面内容繁多，但我们可以简单地从以下两个方面来进行考察，它们是电话交换历史上重要的里程碑：从人工交换到程控交换、从模拟交换到数字交换。

从人工交换到程控交换

从人工交换到程控交换是交换技术历史上的一个重要里程碑。在人工交换机(例如磁石交换机)中，整个的通话接续过程都是由话务员人工控制来完成的。以一次成功的呼叫处理为例，主叫用户通过话机上的手摇发电机产生呼叫信号，使交换台上相应的用户接口指示灯点亮并伴有电铃发出的呼叫声。话务员通过耳朵听到呼叫音并通过眼睛观察点亮的指示灯，判断出主叫用户，并将话务员话机与主叫接通。然后话务员询问主叫欲通话的被叫姓名或编号，选定一条空闲的绳路并向被叫发送铃流。待被叫摘机应答后，用绳路将主被叫接通，主被叫双方通话开始。通话结束后，用户挂机后，接口指示灯熄灭，话务员将绳路拆除。

从以上一次通话的过程来看，人工交换具有人工费用高、操作强度大、接线速度慢、交换机容量小和不利于保密等严重缺陷。

1947年第一台不需要话务员进行接线的步进制自动交换机的投入使用，是人工交换向自动交换发展的一个重要的、本质的转折点。随着现代技术，特别是电子和计算机技术的发展，自动交换机的控制方式经历了从机电制、布控制(布线逻辑控制)到程控制(存储程序控制)的逐级换代。

机电制控制系统由机械与电磁元件构成，一般通过对伺服电机等的控制进行呼叫的接续。随着电子技术发展，交换机控制系统中的机械部件逐渐被由继电器或电子器件构成的控制单元电路所代替，交换机的呼叫接续功能都可通过这些控制单元电路间的布线逻辑来完成，由此产生了布线逻辑电路构成的控制系统，称作布线逻辑控制，即布控制的控制系统。机电制和布控制的交换机控制系统所用器件和电路都比较简单，所实现的功能一般仅限于基本的呼叫接续处理，即可以认为是话务员手工操作的自动化。

采用程控制控制系统的交换机称为程控交换机。程控的全称为存储程序控制(存储)，它是现代电子技术、数字传输技术、大规模集成电路技术和计算机技术的综合产物。在程控交换机中，控制系统是靠一个或多个微处理机，对事先存储在存储器中的程序和数据的执行处理，通过对交换网络及接口的必要访问控制，来完成对呼叫的接续处理任务。

随着微处理机功能和处理能力的不断加强，采用存储技术的程控交换机的控制功能和性能都发生了根本性的变化。程控交换机不再是仅仅完成最基本的呼叫接续处理，还为交换机及网络的运行、管理和故障诊断等全面自动化提供了可能性。

程控交换机的优越性可以归纳为三个方面，下面分别简单介绍。

程控交换技术上的优越性

程控交换机在技术上的优越性主要表现在以下几个方面：

✦ 维护管理方便，可靠性高。

程控交换机可以通过故障诊断程序对故障进行检测和定位。在发生故障时，处理及时迅速。因此它在维护管理上和可靠性上带来很大好处

✦ 适应性强，灵活性大。

程控交换机对于交换机外部条件的变化有很强的适应性，对业务功能修改和新业务的增加比较方便。程控交换机往往只要改变软件(程序和数据)就能满足不同外部条件(如市话局、长途局、汇接局或国际局等的不同需求)的需要，或者修改和增加一些新的业务及功能。

✦ 有利于向综合业务数字网方向发展。

通信网的最终发展方向是要建立一个高质量，高速度和高度自动化的“综合业务数字网(隙碍)”。所谓“综合业务”，是指话音、数据、电报和图像等。在隙碍中，各种业务都通过同一设备处理，而“数字网”则将上述数字化后的各种业务在用户间进行传输和交换。这种情况下，程控交换机是不可缺少的设备。

程控交换机易于与数字终端、数字传输系统相连接，实现数字终端、传输与交换的综合与统一。这不仅可以扩大通信容量，改善通信质量，降低通信系统投资，而且为发展综合业务数字网(隙碍)奠定基础。

✦ 便于采用公共信道信号系统。

采用公共信道信号系统，从而使得信令传送速度快，容量大，效率高，不但可以提高通信系统中用户呼叫接续的速度、提供更多服务内容和更高的服务性能，而且还能提高通信的质量以及能够适应未来新业务与交换网控制的特点。

✦ 便于利用现代高速发展的电子器件的最新成果，使整机技术上的先进性得到充分的发挥。

程控交换机功能上的优越性

程控交换机将用于对用户服务和交换机(局)运行管理的，许多事先编好的程序和数据放在交换机控制系统的存储器中。这些程序和数据可随时根据需求来读取和执行处理，并且在必要时可以进行修改与扩充。这使得程控交换机比原来任何形式的其他交换机的服务功能都多得多(详见第六章)。

程控交换机在功能上的优越性主要表现在以下三个方面：

✦ 用户业务功能的大大增加。

用户业务功能是指交换机为用户提供的服务功能。程控交换机提供给一般电话用户的服务功能除了像自动电话呼叫服务、接入到话务员、接入到录音通知、呼叫禁止和捣乱用户跟踪等基本服务外，还提供给一般电话用户许多可供选择的补充服务，例如缩位拨号、呼叫转移、遇忙转移或回叫、热线电话、会议电话及免打扰功能等。

✦ 运行管理与维护上的新功能。

程控交换机在对交换机的运行管理及维护方面也比原来的其他交换机(如布控制的纵横交换机)增加了许多新业务。例如规定服务等级、话务自动统计与控制、自动设备测试与自动故障诊断、用户号码修改及打印计费清单等。

✦ 对小交换机用户的服务功能。

对小交换机用户的服务功能是为满足一些企事业单位团体对扩大和提高电话服务的要求而规定的服务。这种服务须适应各种不同类型的人工或自动、半自动的用户小交换机。具体

的服务功能包括外线号码连选、夜间服务、直拨入专线等。

关于程控交换机的服务功能详细介绍可参见第六章。

程控交换机在经济上的优越性

程控交换机在经济上的优越性表现在可减少交换机设备设施、传输线路设备设施和交换系统设备制造和运行维护费用。

✦ 减少交换设备设施费用。

程控交换机主要采用电子器件，这样和纵横制交换机相比较，可以节省大量有色和黑色金属；程控交换机体积小、重量轻，占用机房面积小，可节省基建费用；程控交换机功耗低，可节省电能；在集成电路大幅度降价的状况下，有可能大幅度降低程控交换机成本。

✦ 减少线路设备设施费用。

程控交换机可以通过采用远端用户模块方式，利用时分复用总线进行多路传输，可以大量节省用户线，降低线路设备设施的费用。

✦ 减少制造和运行维护费用。

对程控交换机来说，由于一般采用大规模集成电路(SSI)或专用集成电路(ASIC)，而且通常采用冗余技术或故障自动诊断措施，因而有内在很高的可靠性。此外，程控交换机借助诊断程序对故障自动地进行检测和定位，可以及时地发现与排除故障，从而大大地减少了维护工作量，节省了维护人员。

系统还可方便地提供自动计费，话务量记录，服务质量自动监视，超负荷控制等功能，给维护管理工作带来方便。

另外在程控交换机的制造中，自动化程度一般比纵横制交换机制造时要高得多，工艺也简单了，有利于提高生产效率，降低成本。

从模拟交换到数字交换

从模拟交换到数字交换是交换技术历史上另一个里程碑。模拟交换是指空分模拟交换机对模拟话音信号进行的交换，数字交换则是指时分数字交换机对数字话音信号进行的交换。

电话机的送话器或者常说的“麦克风”将我们说话的声音转换为与声音强度成比例变化的电信号，这种电信号就是模拟话音信号。这种模拟话音信号在模拟交换机、用户线和中继线中以空间分割的方式传输，所构成的电话网就称为模拟电话网。早期的电话网都是完全模拟的，如图 1-1 所示。

模拟信号在传输过程中受到各种噪声的干扰会产生失真，而这种失真至今没有有效的方法来去除。随着数字技术的产生与发展，数字传输在通信中获得日益增多的应用。

数字传输的好处主要在于：

✦ 利用再生方法可以有效去除信号传输中受到的噪声干扰引起的失真；

✦ 声音质量好；

✦ 传输距离远；

✦ 易于时分多路复用；

✦ 易于加密等。

关于模拟话音信号的数字化，即将模拟话音信号转换为数字话音信号(模数转换)及其传输技术详见第三章。

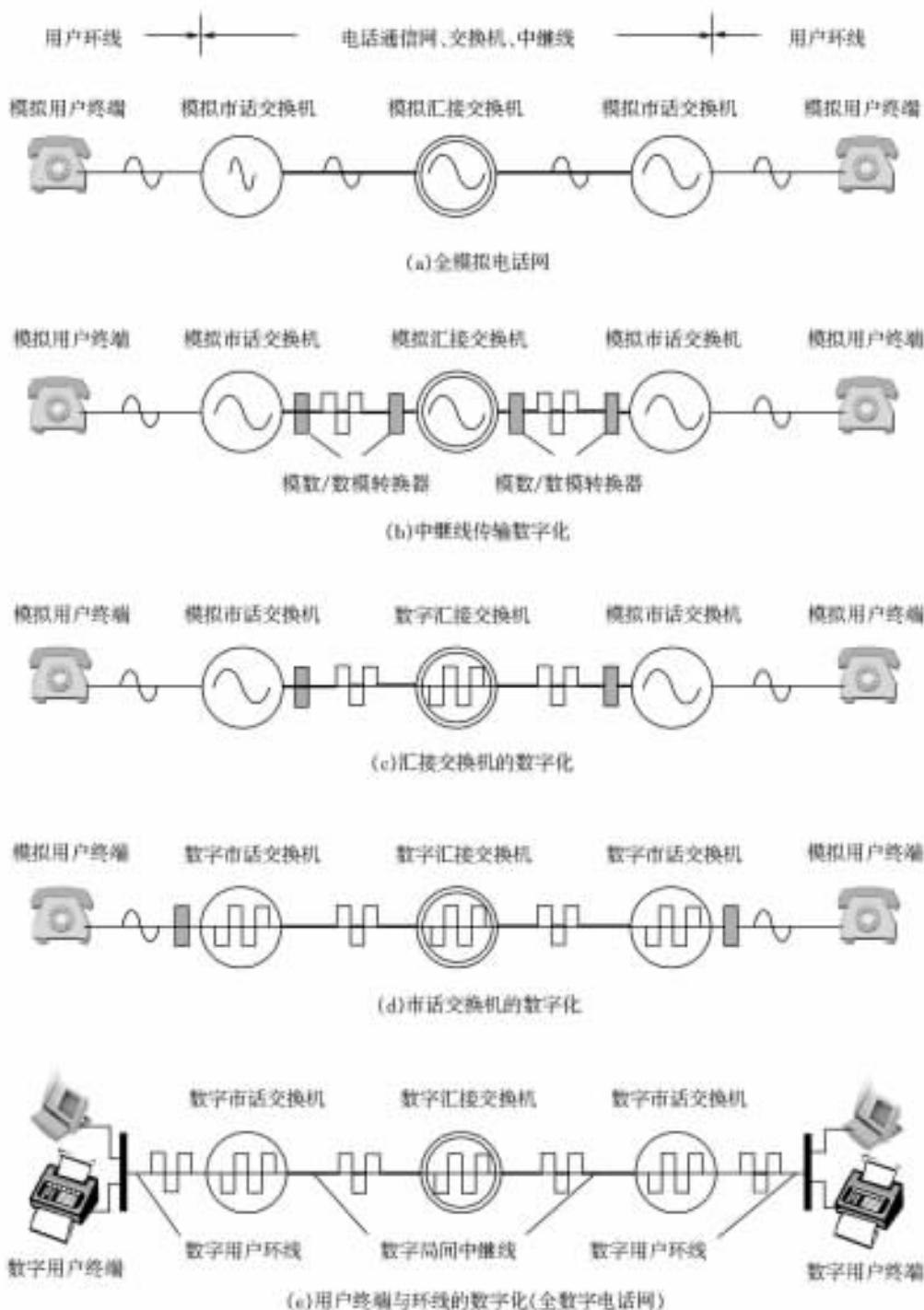


图 1-1-1 电话网的分阶段数字化过程示意图

数字交换是数字传输技术发展的产物，然而从模拟交换到数字交换的发展是在过去的近三十几年内分阶段逐步进行的。图 1-1-1 所示出了从全模拟电话网到全数字网的演变过

程。

首先是中继传输的数字化。中继传输特别是长途中继线路上的传输距离远，噪声与干扰电平大。为获得较高的信号传输质量，充分利用数字传输的优点，在中继线上传输数字话音信号，如图 5-1-20 所示。这种情况下，由于各交换机都是模拟的，因此在每一段中继线的两端都必须增加模数和数模转换。模数和数模转换会产生转换噪声，称作“量化噪声”，由于汇接交换机(在长途网内可能存在多级汇接)的存在，通信双方端局(图中的市话交换机)间一般要进行多次模数和数模转换，累加的量化噪声会使得话音的质量下降，另外大量的模数和数模转换设备也导致通信成本上升。

作为数字交换的第二阶段是实现汇接交换机的数字化，如图 5-1-21 所示。这样一来使得所有汇接交换机的中继入口和中继出口都不在需要模数和数模转换，也就是说无论通信双方经过多少次的汇接，话音经过的模数和数模转换只有一次。这至少对通信话音的质量保证有显著的好处。

数字交换的第三阶段是实现市话交换机的数字化，如图 5-1-22 所示。尽管还是存在一次模数和数模转换，还是两段线路(用户环线)上传输模拟话音，但交换机的数字化还是有很多好处的。数字交换机和模拟交换机所使用的交换器接线部件不同，其接续方法也有较大的区别。数字交换机的接线器部件是全电子化、全数字化的，具有内在的低噪声、长寿命、高可靠性和快速特性。另外数字交换机的数字化交换器和数字化接口更加便于以计算机为基础的存储程序控制。这些无疑都是模拟交换机无法比拟的。

数字交换的最后是实现用户终端和用户环线的数字化，如图 5-1-23 所示。这时候的模拟电话网演变成为一个全数字化的网络。该网络往往不再仅仅进行话音信号的传输，还可以用来传输各种不同类型的数据信号，变成一个综合通信网。

目前我国基本实现了中继线和汇接交换机的数字化，市话交换机的数字化也在逐步进行中，关于用户终端和用户环线的数字化还需要一定的时间。

5.1 现代程控交换系统的技术特征与未来趋势

5.1.1 现代程控交换系统的技术特征

现代程控交换系统有以下主要技术特征：

✦ 最新硬件技术和制造工艺。

对于先进的数字交换系统，必须随时注意引入最新的通用器件，更新通用处理器和开发新的专用集成电路与专用处理器，采用最新的制造工艺，以不断缩小交换系统的体积、降低系统功耗、提高处理速度、扩展处理功能和增强处理能力。例如以前大型交换机往往采用大量的小容量交换器(入线和出线都较少的接线器)进行多级组合(如用 5-1-24 构成其话路系统的交换网络。随着集成电路技术的飞速发展，单个交换单元接线器的出入线数量增多以及总线复用程度的提高，就有可能经济而方便地利用较少的交换单元或较少的组合级数构成大容量交换机的交换网络。例如，采用单级 5-1-25 网络，其优点是无阻塞、高速度、控制方便。大容量单级 5-1-26 网络的技术关键是微电子技术的发展，而不是组合复接技术。

✦ 应用现代软件技术。

对于具有高度复杂性、并发性、实时性和长效性等特点的程控交换软件来说，其主要的