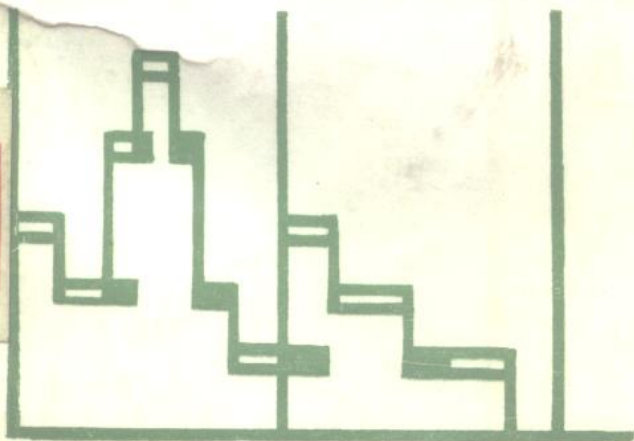
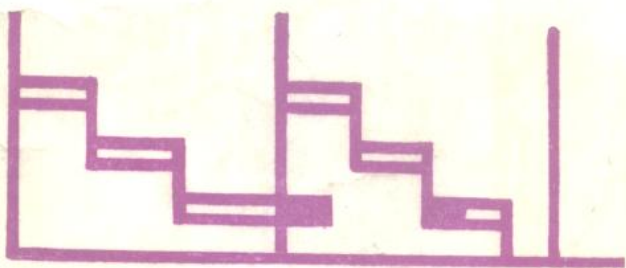
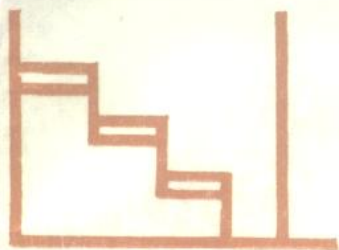


程控数字电话 交换机原理

● 姚 荣 吴庆贵 编

● 中国铁道出版社



CHENGGONG SHUZI DIANHUA JIA

415

2

ANLI

程控数字电话交换机原理

姚 荣 吴庆贵 编

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 1 年 · 北 京

内 容 简 介

本书重点介绍数字电话交换和程序控制原理，并对终端设备、处理机的控制方式、程控交换机软件、数字网同步和程控交换机的验收测试作了相应介绍。在编写上，本书尽量使用简明流畅、通俗易懂的语言，并配有大量插图，力图把程控数字电话交换技术的核心内容讲解清楚。

本书可供从事程控数字电话交换机研制、设计、管理和维护的技术人员阅读，也可供有关专业师生参考。

程控数字电话交换机原理

姚 荣 吴庆贵编

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 郝晓英 封面设计 刘景山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10.75 字数：232千

1991年5月 第1版 第1次印刷

印数：1—5500册

ISBN7-113-00970-0/TN·41 定价：5.05 元

前 言

现代技术的发展，对交换技术产生了巨大的影响，电话交换技术与计算机技术、数字通信技术相结合，使电话交换进入以程控数字交换为主的新时期。

程控数字交换系统性能优越、技术先进，不仅可以交换话音信息，而且可以交换数据信息，目前正在逐步向综合业务数字网的方向发展。

我国已大量采用程控数字交换系统，在引进设备和技术的同时，积极进行研制工作，从事程控数字交换技术工作的队伍正在迅速扩大。广大技术人员迫切需要了解和掌握程控数字交换技术，本书就是为了适应这种需要而编写的，应用、设计、施工、管理和维护程控数字交换系统的技术人员均可阅读。本书内容密切联系实际设备，对目前使用的交换系统全面进行分析，系统地进行概括总结，力求把程控数字交换技术的核心内容讲解清楚。在编写上，尽量使用简明流畅、通俗易懂的语言。

本书共分十章。第1章简要介绍电话交换技术基础，是研究系统组成所必需的，对于熟悉电话交换技术的读者，可略去不读。第2章介绍数字交换原理和程控数字交换系统的组成，帮助读者建立整体概念。第3章详细讨论各种数字交换网络的组成、工作原理、特点和阻塞问题。第4章讨论数字交换网如何与外部线路连接，介绍各种终端设备：用户线终端、模拟终端和数字终端，并介绍数字信号音的产生和数字音频信号的接收。第5章讲控制方式与处理机，讨论局部

处理机和中央处理机的组成，介绍处理机间通信，讨论控制信息的传送、检错和纠错的方法。第6章讨论程序控制的具体实现问题，介绍如何解决呼叫的实时性和随机性问题，如何处理呼叫过程中的摘机、拨号、路由选试以及建立接续所涉及的各种问题。第7章讨论程控数字交换系统软件，介绍软件特点、软件用语言和软件结构等。第8章讲网同步，比较详细地介绍了主从同步方法。第9章讲验收测试，介绍重点测试项目以及某些项目的测试方法。第10章讲维护与管理，讨论如何对程控交换机进行有效管理，保证设备不间断运行。本书第1~8章由姚槃编写，第9、10章由吴庆贵编写。

在编写本书的过程中，黄伯明同志整理了大部分书稿并设计绘制了大量插图，铁道部电化局和北京铁路局从事程控数字交换系统施工、管理和维护的同志对本书的编写给予了不少帮助，在此一并表示感谢。

本书内容不当之处，敬请批评指正。

作 者

1990年7月

目 录

1	概 述	1
1.1	自动电话交换技术的发展	1
1.2	电话交换原理	2
2	数字电话交换	15
2.1	数字电话交换原理	15
2.2	数字电话交换系统的组成	20
2.3	数字电话交换的特点	24
3	数字交换网络	26
3.1	数字交换网络的基本电路	26
3.2	数字交换网络	51
3.3	数字交换网络的内部阻塞	70
3.4	数字交换网络的衰耗控制	80
4	终端设备	84
4.1	用户线终端 (用户级)	84
4.2	模拟线路终端与数字线路终端	92
4.3	信号终端	108
5	控制方式与处理机	121
5.1	程控交换机的控制方式	121
5.2	处理机间通信	124
5.3	局部处理机	141
5.4	中央处理机	147
6	程序控制原理	176
6.1	各种处理的实现方法	176

6.2	程控交换技术	202
6.3	呼叫处理	223
6.4	话务处理能力与超负荷控制	262
7	程控交换机软件	270
7.1	程控电话交换系统软件的特点	270
7.2	电话交换软件用语言	274
7.3	软件结构与组成	285
8	数字网同步	294
8.1	滑 码	295
8.2	网同步方法	298
9	程控交换机的验收测试	306
9.1	验收测试的基本内容	306
9.2	验收测试项目及测试方法	307
10	程控交换机的管理与维护	327
10.1	系统运行和操作管理	327
10.2	话务量的统计和管理	331
10.3	服务观察	334
10.4	故障处理	335

I 概 述

1.1 自动电话交换技术的发展

自动电话交换机是1889年问世的，在发展的过程中，经历了种种演变。早期的自动电话交换机是机电式的，控制方式是原始的直接控制式的。

30年代初期研制出的纵横制自动电话交换机，仍然是机电式的，但采用了间接控制方式，使用布线逻辑控制。

1946年，第1台存储程序控制的电子计算机的诞生，对现代科学技术的发展，起了划时代的作用，也使得在交换技术中引入了“存储程序控制”这一新的概念。

半导体的发明以及随之而来的集成电路技术的迅速发展，冲击了几十年来进展缓慢的机电式电话交换机的结构，使之走向电子化。

1965年，美国贝尔公司研制出第1台存储程序控制式电子交换机ESS NO.1，开始了程控交换机应用的新阶段。但由于技术原因，当时的程控交换机仍然使用机械接点做交换接续元件，只有在微电子技术进一步发展，以及数字通信技术发展以后，才使电话交换技术步入数字程控电话交换的新阶段。

电话交换机实现“存储程序控制”之后，显示了巨大的优越性，不仅可以开展很多的新业务，而且可以使维护工作自动化。

自60年代脉冲编码调制(PCM)技术成功地应用于传

输系统以来，数字电话通信的优越性，越来越多地为人们所赏识，于是产生了将PCM信息直接进行交换的设想。大规模集成电路的出现，使这种设想变成了现实。1970年，法国首先在拉尼翁开通了第1个程控数字电话交换系统，开始了数字交换的新时期。

目前程控数字电话交换机已成为电话交换机的主流，随着大规模集成电路价格的不断下降，程控数字电话交换机将迅速发展，建立包括传输和交换在内的综合数字网（IDN）已经提到日程上来，并且必将逐步向包括各种非话音业务的传输和交换综合业务数字网（ISDN）发展。如果说70年代是程控数字电话交换机研制、开发与定型的阶段，那么80年代则是程控数字电话交换大发展的年代，也是电话交换从模拟转向数字的新时期。

1.2 电话交换原理

1.2.1 电话交换基本任务

一个自动电话交换机，不管它是什么型式的，其基本任务都是一致的，即为它所能连通的任何一对用户之间的通话提供路由。因此交换机应根据用户要求建立接续路由，在通话期间保持和监视接续，并在通话结束时，将接续拆除。为此在用户与交换机之间或交换机之间，除了传输话音信号（300~3400Hz）之外，还必须传送为建立接续、监视和拆除所需的各种信号。

在一个电话网中，设有若干个交换局，如图 1—1 中 A、B、C。局内装设交换机，交换可能在一个交换局的两个用户之间进行，也可能在不同的交换局的两个用户之间进行，两个交换局用户之间的通信有时还需要经过第3个交换

局进行转接。在电话交换术语中，用户与交换机间的线路称为**用户线**；两个交换机之间的线路称为**局间中继线**，连接在一个交换局上的两个用户 a 和 a' 之间的接续称为**本局呼叫**；用户 a 从交换局 A 呼叫另一交换局 B 的用户 b 的接续，对交换局 A 来说称为**出局呼叫**，而对交换局 B 来说称为**入局呼叫**。转接呼叫也是一种入局呼叫，只是被叫用户不连接在本局内。

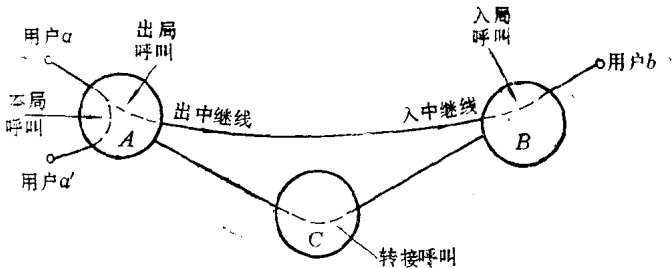


图 1-1

1.2.2 电话交换基本原理

电话交换机的基本功能是交换。要经济有效地完成交换任务，就要研究电话交换的特点，即用户对电话的要求和使用电话的规律。根据客观情况，设计交换网络，使电话交换不仅用户满意，而且还很经济。这一节主要从使用角度谈交换网络的组成原理以及电话交换的一些名词术语。

1. 话务量与服务等级

话务量与服务等级是说明一个交换系统性能的两个重要的专用术语，在研究交换网络构成时，必然要涉及到话务量的大小与服务等级的高低。

(1) 话务量

话务量是电话交换中常用的一个术语，在讨论交换问题时经常会碰到。

(a) 用户话务量

一个用户是不会整天都打电话的，电话（包括电话线路）在一天之中大部分时间是空闲的，而只有一小部分时间是使用的，这是电话交换的一个特点。

电话的利用率可以用使用时间在一整天中所占的比例数来衡量，这个比例数在电话交换术语中叫做话务量。一般用1h占用的比例数来表示。例如，某一用户在1h内打了3次电话，一次0.05h，一次0.04h，一次0.06h，则这个小时内的话务量是 $0.05 + 0.04 + 0.06 = 0.15$ ，单位是爱尔兰。但是话务量本身不能说明用户打了几次电话，也不能说明每次打电话用了多长时间，只能说明在1h内总的占用时间，等于呼叫次数乘以平均占用时间的乘积。目前在我国，由于电话普及率不高，忙时用户的话务量约在0.15~0.20Erl之间。

(b) 中继线话务量

中继线处于A、B两个交换局之间，所以为交换局A的所有用户所公用，故其利用率应比用户线高，以减少回线数；另外，A局用户也不会同时都呼叫B局用户。基于上述两个原因，中继线的数量要比用户线少，而每线的话务量却比用户线高，在忙时一般为0.6~0.7Erl。中继线的线数是由通向B局的总话务量和允许的阻塞概率（或服务等级）来确定的。

例如A局拥有用户1000门，通过调查得知，在忙时（最繁忙的一小时内）呼叫B局用户共100次，而呼叫的时刻也并不是同时的。呼叫发生的时刻和每次通话的时间都是随机的，但是有一定的规律。调查得出，在大多数情况下，在同

一时刻发生的呼叫只有10个，因此中继线的数量就可以设10条。

如果每次呼叫平均占用时间为0.05h (3min)，则A局用户呼叫B局忙时的总话务量为 $100 \times 0.05 = 5$ (Erl)，而中继线所能提供的話务量为 $10 \times (0.6 \sim 0.7) = 6 \sim 7$ (Erl)，实际完成的话务量，则视同时呼叫的用户数是否出现重复呼叫以及呼叫的成功率（接通在总呼叫次数中所占比率）多少来确定。

(2) 服务等级

对一个电话交换系统的评价，从使用的角度来说，主要有两条标准：第1条标准是两个用户之间通话清晰，即在通话信号不太减弱（衰耗和畸变不超过限值）和无干扰（噪音和串音不超过标准）的情况下进行通话；第2条标准就是应当打得通，不会因设备或线路数量少而产生阻塞。在电话交换中用服务等级来说明打电话的畅通程度。

在上面讨论中继线的话务量时，曾假定在大多数情况下，只有10个或10个以下的用户呼叫B局用户，如果出现特殊情况，有11个用户同时要和B局用户通话（譬如说，只在1%的时间内，出现上述情况），那么第11个用户就会因为没有中继线而叫不通。在电话交换中，这种情况叫做呼损。通常用遇忙阻塞概率P来衡量电话交换系统的服务等级。所谓遇忙阻塞概率，就是指在某一单位时间内，因为所有中继线（或其他有关公用设备，被叫用户忙除外）都已被占用而不能呼叫的可能性。例如在忙时有100次呼叫，因中继线忙有一次受阻，则遇忙阻塞概率为0.01。

2. 交换网络构成原理

电话交换局的任务是在各用户线之间，用户线或中继线之间建立临时的接续，以传送通话信息。这些任务是通过交

换网络实现的。

交换网络是一个能在它所接的线路之间建立临时接续的部件，它可以是空分的，也可以是时分的（时分交换的概念见本书第2章）。最简单的空分交换网络可以是一个由 $N \times N$ 个接点组成的矩阵，如图1

—2所示。它可以实现 N 条入线与 N 条出线之间的临时接续，只要相应的接点闭合，则任一入线可与任何一条出线接通。由于出线数不少于入线数，因此这种网络是无阻塞的，在任何时候，只要有入线要求接通出线，总是可以接到一条出线上的。

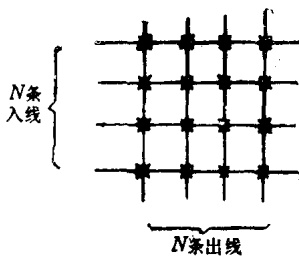


图 1—2

用这种交换网络实现电话交换虽然是可行的，但不经济。因为随着 N 值的增大，交叉点的数目将随入(出)线数平方地增加。

如果这个交换网络所接的入线是用户线，由于每线的话务量很小，则对于每条用户线的 N 个交叉点的使用效率是非常低的，在大部分时间内它们都是空闲的，而在用户通话占用的时间（在话务量为 0.15Erl 时，每小时为 9min ）内， N 个接点中每次通话只有一个接点是使用着的，其余 $N - 1$ 个接点则是空闲的。对于时分交换网络来说，也存在着类似问题。

考虑到电话交换机用户线的话务量很低，而同时通话的用户对数也比所接电话用户总数少很多这个实际情况，如何设计出既可满足实用要求，又经济实惠的交换网络，就成为研究电话交换的一个主要课题。

例如，一个拥有1000门用户的交换机，调查得出每个用

户的话务量为 $0.15Er1$ ，1000个（500对）用户同时通话的情况是不存在的。这一客观情况可用来减少设备数量。通过调查，了解忙时可能同时出现的数量，做为配备通话路数的依据。如果通过调查得知，忙时同时出现的通话对数为 M ，就可以先把 N 个用户线收敛为 M 条线，在 M 条线之间进行交换，然后再扩散为 N 条用户线，其示意图如图1—3所示。

当然在某一特殊情况下（这种特殊情况出现的可能性极小，只有 0.01 ），同时要求通话的用户可能超过配备的通话路数 M ，那么就必须允许个别呼叫不能立即接通，即允许出现呼损。这样，虽然服务等级在特殊情况下降低了，但换取的是设备数量大大地减少。通

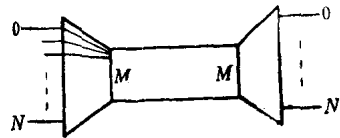


图 1—3

过以后的分析将看到，当同时通话的用户数为总用户的 $1/3$ 时，交叉接点数也以同样比例减少。

上述设想，可以由3种不同类型的交换网链接起来实现，一般称为多级交换网。如图1—4所示，这3种交换网分别称为集中型、分配型和扩展型，有时也叫做集中级、分配级和扩展级。应该说明，上述分类完全是按功能划分的，因此它不仅适用于空分交换网，也适用于时分交换网。以下出现的入线和出线，应理解为话路或信道。

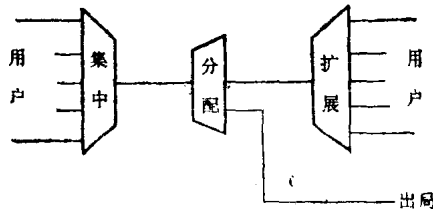


图 1—4

(1) 集中级

9110240

这种类型交换网的特点是入线数 N 大于出线数 M ，其主要功能是进行话务集中，把数量较多但不经常使用的入线上的话务量集中到数量较少但承担较大话务量的出线上去。交换机的用户级（直接和用户相接的交换网）对用户呼出来说是集中级，它把用户线（数量多而话务量小）上的话务量收敛集中于数量较少的链路上去。所谓链路，是指两个交换网之间的通路，它可以是空分的（由若干条线所组成），也可以是时分（一条时分复用的公共母线）。

由于出线少于入线，在用户级的 N 个用户中，如有 M 个用户正在通话，第 $M+1$ 个用户摘机要求呼出时，将因为没有可用的出线而产生呼损，因此这一级是交换机产生呼损的原因之一。入线数与出线数之比称为集中比，在数字程控电话交换机中，集中比应由话务量和处理机的处理能力确定。

（2）分配级

这一级的特点是入线数与出线数大致相等。它的主要功能是进行交换。这一级通常位于集中级与扩展级之间，入线上的话务量来自集中级，经这一级进行分配交换送至扩展级。如果这一级的出线是不分组的，一般是无阻塞的，因为入线数和出线数相等，在任何时刻，任一入线总可找到一条出线。但如果出线是分组的，则对于某一组出线而言，则因为入线数大于出线数，就可能出现阻塞。电话交换机中的选组级是典型的分配级，其出线分为若干组，如本局、出局、长途、特服等。

（3）扩展级

这一级的功能与集中级正好相反，其特点是入线数 M 小于出线数 N 。用在用户级时，出线接用户，入线接于分配级的输出端，其主要任务是把数量少但较繁忙的链路上的话务量扩展到为数众多的用户线上去。

采用多级交换网时，各级使用的交叉接点数如下：

集中级 MN

分配级 M^2

扩展级 MN

总计 $2MN + M^2$

如 $M = N/10$ ，即通话的用户数为整个用户的 $1/5$ 时，则总交叉点数为 $0.21N^2$ ，这是用限制同时通话的对数换取的。也就是说，使用这种网络，当已有 M 对用户已在通话时，第 $M + 1$ 个用户要求呼出通话时，将因无通路而产生呼损。但产生这种情况的概率是不大的。

3. 交换控制原理

上面介绍了交换网络的组成原理，但是要实现交换任务，还必须要控制设备对交换网络进行控制，以建立接续和拆除接续。而为了控制，用户与控制设备之间，这个交换局的控制设备与另一交换局的控制设备之间，还必须互通信息。

任何控制设备，都是按照同样的模式进行工作的，如图 1—5 所示。它接收外

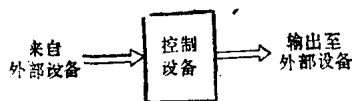


图 1—5

来的，反映实际情况的信号，如实记录之后，就按照要求以指定的方法进行加工处理，形成控制信号输出，对外部设备进行控制，以完成某种任务。外来的信号，一般来自外部设备，也可能是人们借助外部设备输入的。

对电话交换机的控制设备来说，交换网络 and 用户电路（连接用户线的电路）可以视为它的外部设备，用户可以使用电话机并通过用户电路和交换机的控制设备“对话”，互通信息。用户摘机呼出和拨号呼叫的信息，都是使用电话机发送的，这些信息是做为交换机控制设备的输入信号而送至

交换机的。交换机控制设备发出控制信号，启动有关设备发出拨号音，则告诉用户可以拨号。当然控制设备的输入信号也可以来自交换网络和其他有关设备。

控制设备对信息进行处理，是按照规定的算法，对输入信号和早先存储的有关信息和数据综合处理，并给出处理结果的。例如当交换机收到用户拨号的信号，记下这个用户所拨的号码之后，就按照这一阶段规定的步骤进行处理：首先检测这个号码的被叫用户是否空闲，如用户空闲，则根据交换网络通路的忙闲情况从中找出一条可以从主叫用户连接到被叫用户的通路，最后发出控制信号，令有关设备向被叫送铃流，呼叫被叫用户接电话。应该说明，交换网络的忙闲情况，可以是事先记存的，也可以是为建立接续，发出命令，新从交换网络输入的。

从这一阶段控制设备的工作可以看出，一个控制设备起码应具备以下几个功能：

输入 接收外来信号

输出 送出控制信号

记忆 记住外来的数据、信息和工作进展到什么阶段

判断 判别条件是否具备，并根据是或否确定应干什么

信息处理 对信息或数据进行逻辑或算术运算

交换机的控制设备，按照控制方式来分，可分为布线逻辑控制与存储程序控制两种方式。

(1) 布线逻辑控制

所谓布线逻辑控制，就是说控制设备是由一些具有不同功能的控制电路组成的。在各个控制电路中，通过一定的布线方法，使这些控制电路具有一定的功能。控制设备应具备