

第3章 电路交换技术

3.1 概述

3.2 电路交换机的硬件结构

3.3 数字交换网络的结构

3.4 电路交换机的控制软件

3.5 电路交换机的指标体系

3.6 电路交换典型机

思考题



3.1 概 述

3.1.1 电路交换的特点

通过第1章的学习，我们初步了解了电路交换的过程，它具有的特点总结如下：

(1) 电路交换是一种实时交换，适用于对实时性要求高的电信业务。

(2) 电路交换是面向连接的交换技术。在通信前要通过呼叫为主叫、被叫用户建立一条物理连接。如果呼叫数超过交换机的连接能力，交换机向用户送忙音，拒绝接受呼叫请求。从另一个角度看，交换机的功能是在入口侧根据内部资源情况，决定接受或放弃新到达的呼叫，并对已处在通信中的每一个呼叫保证通信完整性。



(3) 电路交换采用静态复用、预分配带宽并独享通信资源的方式。交换机根据用户的呼叫请求，为用户分配固定位置、恒定带宽(通常是64 kb/s)的电路。话路接通后，即使无信息传送，也需要占用电路。因此电路利用率低，尤其是对突发业务来说。

(4) 在传送信息期间，没有任何差错控制措施，控制简单，但不利于可靠性要求高的数据业务传送。

根据上述特点，电路交换机使用了如下控制技术：利用呼叫处理完成交换网络入端口到出端口之间内部通道的预占；使用局间信令完成中继线上带宽资源的预占。由于呼叫建立阶段已获得了全部的通信资源，通信阶段无需缓存和差错控制机制，因此采用同步时分交换就可以满足要求。



3.1.2 电路交换机的分类

从不同的角度可以对电路交换机进行分类。

1. 模拟交换机和数字交换机

送入交换机的信号可以是模拟信号，也可以是编码后的数字信号。按交换网络传送的信号形式，可以将电路交换机分为模拟交换机和数字交换机。



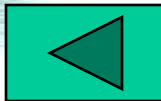
2. 空分交换机和时分交换机

交换机的交换网络可以用空分阵列组成，也可以用共享存储器或共享总线的时分交换单元组成。按交换网络的接续方式，可以将电路交换机分为空分交换机和时分交换机。



3. 布线逻辑控制和存储程序控制交换机

对交换机的控制可以用逻辑电路控制，也可以用存储器中的程序控制。按控制方式可以将电路交换机分为布线逻辑控制交换机和存储程序控制SPC(Stored Program Controlled)交换机，简称程控交换机。



3.2 电路交换机的硬件结构

典型的电路交换系统是电话交换系统。本节以数字程控电话交换机为例，说明电路交换机的组成。

电路交换机的总体结构包括硬件和软件两部分。本节主要介绍电路交换机的硬件结构。其硬件结构分为话路子系统和控制子系统，如图3.1所示。话路子系统主要由接口电路和交换网络组成。



接口的作用是将来自不同终端(电话机、计算机等)或其它交换机的各种信号转换成统一的交换机内部工作信号,并按信号的性质分别将信令送给控制系统,将业务消息送给交换网络。交换网络的任务是实现各入、出线上信号的传递或接续。控制子系统对话路子系统进行控制,如监视用户线和中继线的状态,处理用户或其它交换局发送的信令,按信令要求控制交换网络接续,通过接口发送信令,协调交换机工作等。它由处理机、存储器、外部设备和远端接口等部件组成。外部设备有外存、打印机、维护终端等,是交换局维护人员使用的设备。远端接口包括至集中维护操作中心CMOC(Centralized Maintenance & Operation Center)、网管中心、计费中心等的数据传送接口。存储器用来存储程序和数据,可进一步分为程序存储器和数据存储器。



第3章 电路交换技术

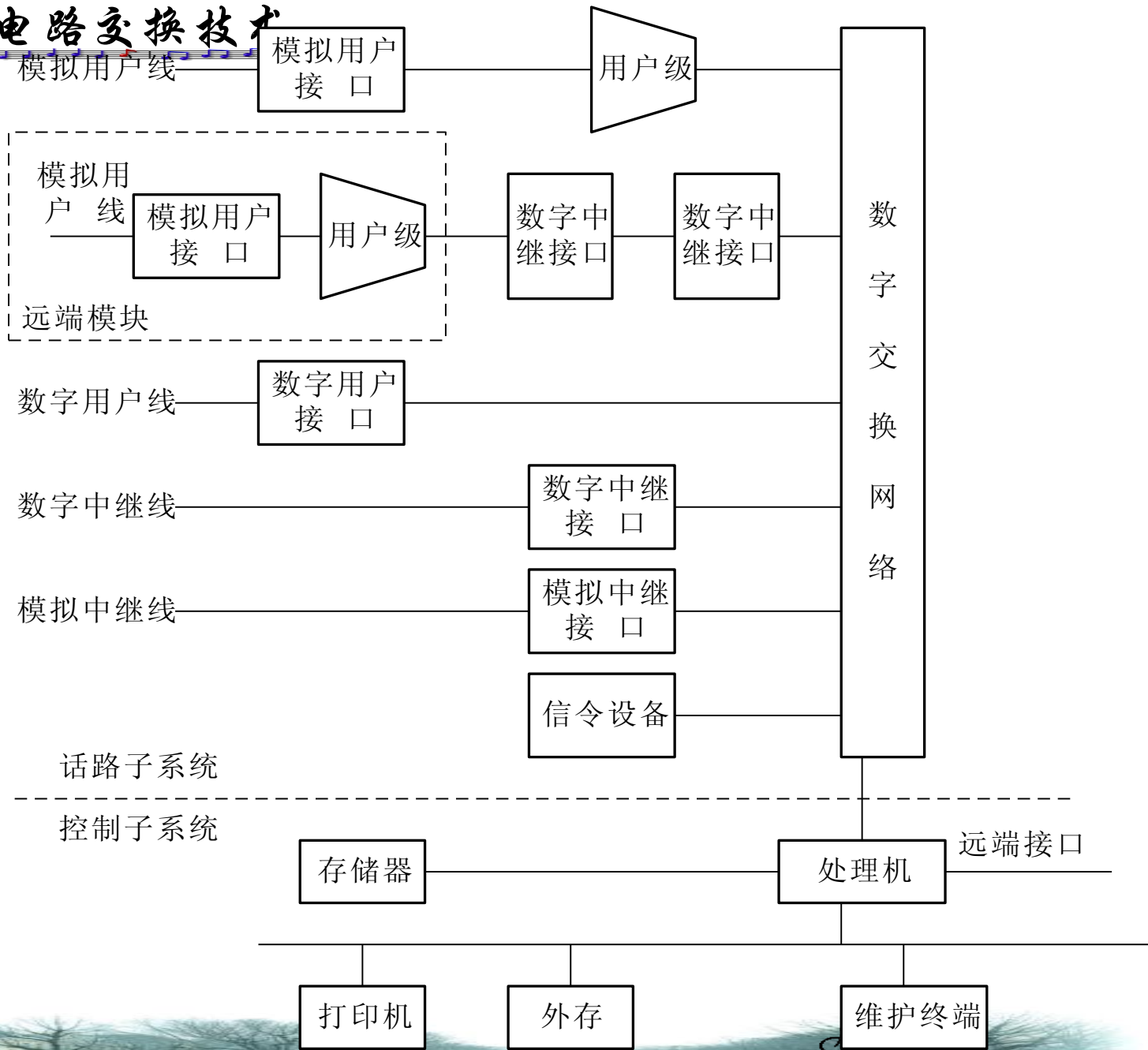


图3.1 数字交换系统的硬件功能结构

3.2.1 话路子系统

话路子系统包括模拟用户接口、用户级、远端模块、数字用户接口、数字中继接口、模拟中继接口、信令设备、交换网络等部件。

1. 模拟用户接口

模拟用户接口是数字程控交换机连接模拟用户线的接口电路。模拟用户的传输线路为二线模拟线，终端和交换机之间采用直流环路信令方式。终端向数字交换网络传送话音信号、音频数据和双音多频信号，交换机向模拟话机提供直流馈电和振铃信号，并完成测量等功能。每一个模拟用户均要经模拟用户接口电路连接交换网络，因此这种接口电路占的比例最大，对它的组成和功能有一个基本要求，归纳起来为BORSCHT，如图3.2所示。



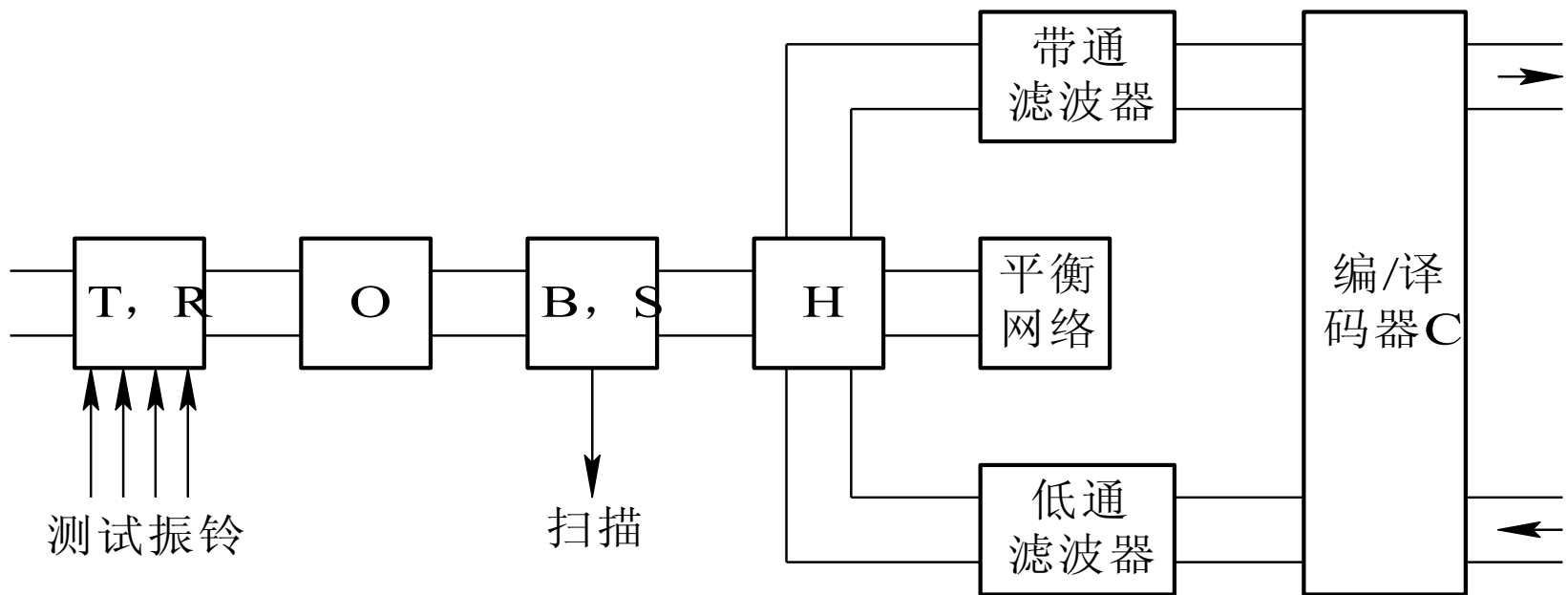


图3.2 实现BORSCHT功能的用户电路



BORSCHT的含义如下：

B(Battery feed)：馈电。所有连接在交换机上的终端，均由交换机馈电。程控交换机的馈电电压一般为-48 V。通话时馈电电流在20~100 mA之间。馈电方式有恒压馈电和恒流馈电两种。

O(Over-voltage)：过压保护。程控交换机内有大量的集成电路，为保护这些元器件免受从用户线进来的高电压、过电流的袭击，一般采用二级保护措施。第一级保护是在用户线入局的配线架上安装保安器，主要用来防止雷电。但由于保安器在雷电袭击时仍可能有上百伏的电压输出，对交换机内的集成元器件仍会产生致命的损伤，因此，在模拟用户接口电路中一般还要完成第二级过压保护和过流保护。



R(Ring): 振铃。振铃信号送向被叫用户，用于通知被叫有呼叫进入。向用户振铃的铃流电压一般较高。我国规定的标准是用 $75 \pm 15 \text{ V}$ 、 25 Hz 交流电压作为铃流电压，向用户提供的振铃节奏规定为1 s通，4 s断。高电压是不允许从交换网络中通过的，因此，铃流电压一般通过继电器或高压集成电子开关单独向用户话机提供，并由微处理机控制铃流开关的通断。此外，当被叫用户一摘机，交换机就能立刻检测到用户直流环路电流的变化，继而进行截铃和通话接续处理。



S(Supervision): 监视。用户话机的摘/挂机状态和拨号脉冲数字的检测，是通过微处理机监视用户线上直流环路电流的有、无状态来实现的。用户挂机空闲时，直流环路断开，馈电电流为零；反之，用户摘机后，直流环路接通，馈电电流在20 mA以上。

对于脉冲话机，拨号时所发出的脉冲通断次数及通断间隔，也以用户直流环路的通断来表示。微处理机通过检测直流环路的这种状态变化，就可以识别用户所发出的脉冲拨号数字。这种收号方式主要由软件程序实现，称为软收号器。



对于双音多频DTMF(Dual-tone Multi Frequency)话机，用户所拨号码以双音多频信号形式出现在线路上，交换机内要有专用收号器对号码进行接收和识别。专用收号器也叫“硬收号器”。

C(Codec): 编译码。数字交换机只能对数字信号进行交换处理，而话音信号是模拟信号，因此，在模拟用户电路中需要用编码器把模拟话音信号转换成数字话音信号，然后送到交换网络进行交换。反之，通过解码器把从交换网络输出的数字话音转换成模拟话音送给用户。



H(Hybrid): 混合电路。数字交换网络完成4线交换(接收和发送各1对线), 而用户传输线路上用2线双向传送信号。因此, 在用户话机和编/解码器之间应进行2/4线转换, 以把2线双向信号转换成收、发分开的4线单向信号, 而相反方向需进行4/2线转换; 同时可根据每一用户线路阻抗的大小调节平衡网络, 达到最佳平衡效果。这就是混合电路的功能。



T(Test): 测试。交换机运行过程中，用户线路、用户终端和用户接口电路可能发生混线、断线、接地、与电力线相碰、元器件损坏等各种故障，因此需要对内部电路和外部线路进行周期巡回自动测试或指定测试。测试工作可由外接的测试设备来完成，也可利用交换机的软件测试程序进行自动测试。测试是通过测试继电器或电子开关为用户接口电路或外部用户线提供的测试接入口而实现的。



2. 用户级

用户级是用户集线器LC(line Concentration)的简称，它完成话务集中的功能。一群用户经用户级集中后以较少的链路接至交换网络，以提高交换网络的利用率。集中比一般为2:1~8:1。

用户级和用户接口电路还可以设置在远端，常称为远端模块，见图3.1中的虚线框。远端用户级与母局之间用数字链路连接，链路数与远端用户级的容量及业务量大小有关。远端模块的设置带来了组网的灵活性，节省了用户线的投资。



3. 数字用户接口

连接用户终端且环线采用数字传输的交换机接口称为数字用户接口。已标准化的数字用户接口有基本速率接口BRI(Basic Rate Interface)和基群速率接口PRI(Primary Rate Interface)。这两个接口的传输帧结构分别为 $2B+D$ 和 $30B+D$ ，线路速率分别为192 kb/s和2.048 Mb/s。其中，“B”是64 kb/s的业务信道，“D”是信令信道，在BRI中D是16 kb/s，在PRI中D是64 kb/s。

数字用户接口应具有图3.3所示的功能结构。过压保护、馈电和测试功能的作用及实现与模拟用户接口类似。当用户终端本身具有工作电源时，接口还可以免去馈电功能。



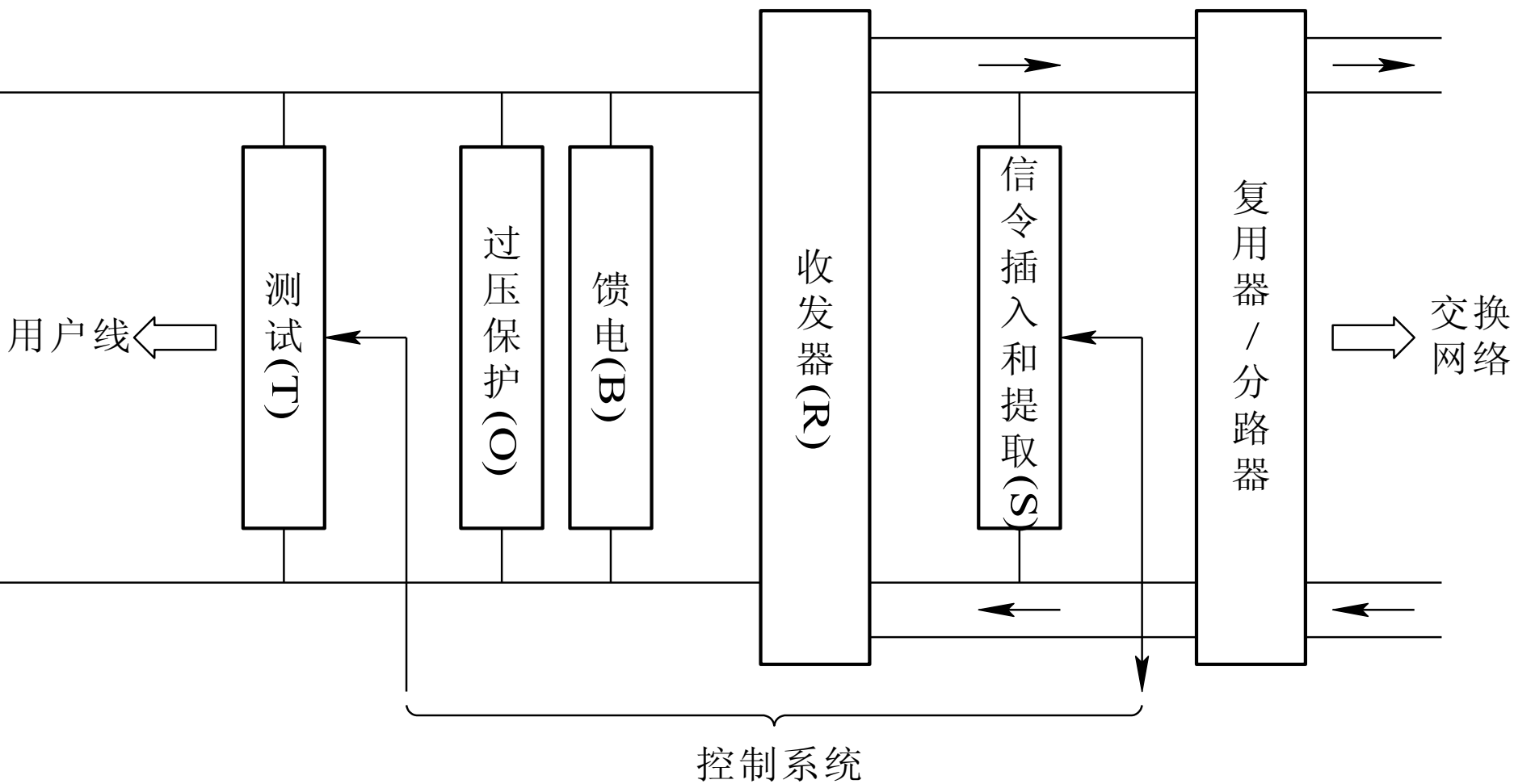


图3.3 数字用户接口的基本功能



数字用户线采用专用信令链路传送信令(DSS1信令)。发送方将信令插入专用逻辑信道，以时分复用方式和信息一起传送，接收方从专用逻辑信道提取信令。

交换网络接续的信道是64 kb/s的数字信道，而环线的传输速率可能高于或低于64 kb/s。因此，在接口和交换网络之间，需要插入一个多路复用器与分路器，以便将环线信号分离或合并为若干条64 kb/s的信道。



收发器的主要作用是实现数字信号的双向传输。曾经提出的方案有空分、频分、时分和回波抵消法四种。空分法即在两个方向各使用一对独立的双绞线，由于不经济，因此很少使用。频分法即在两个方向使用一对传输线，各使用不同的频段，由于占用频带宽，传输距离近，现在也很少使用。时分法是将收发脉冲压缩，在两个方向使用不同时间段送出信号，所需频带至少是收发信号带宽的2倍，电路易集成。但传输距离近，不适合长距离通信。回波抵消法采用混合线圈实现2/4线变换，在同一对线上可以同时传送两个方向的信号，它所需的频带窄，传输距离长，是目前数字用户线采用的主要技术。此外，收发器中还要有均衡器和扰码器。均衡器用来补偿数字信号传输时产生的非线性衰减和时延，消除码间干扰；扰码器的作用是在发送数据中加入一个伪随机序列，破坏传送数据中可能出现的全1、全0或某种信号周期重复的规律性，可以减少相邻信号的串扰和定时信号的误判。收发器的原理框图见图3.4。

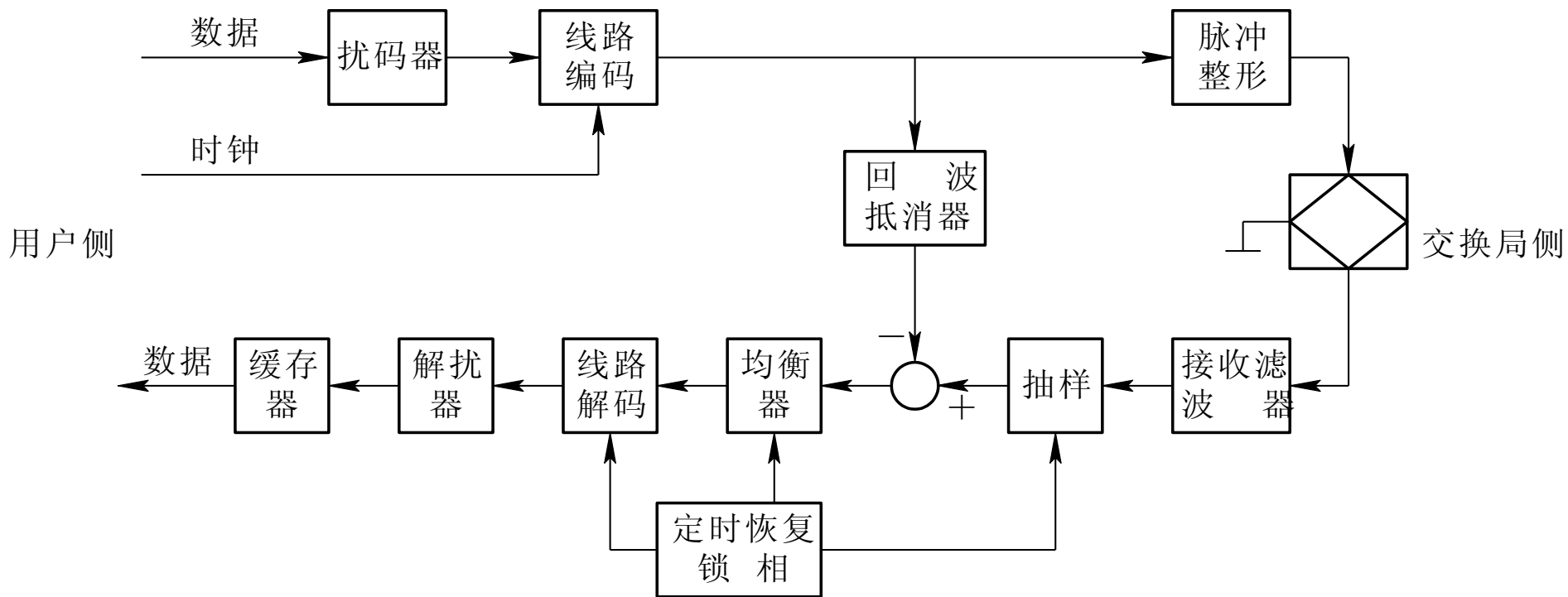


图3.4 收发器的原理框图



4. 模拟中继接口

模拟中继AT(Analog Trunk)接口是数字交换机为适应局间模拟环境而设置的接口电路，用来连接模拟中继线。模拟中继接口具有测试、过压保护、线路信令监视和配合、编/译码等功能。



5. 数字中继接口

数字中继DT(Digital Trunk)接口是数字交换系统与数字中继线之间的接口电路，可适配PCM一次群或高次群的数字中继线。

数字中继具有码型变换、时钟提取、帧同步和复帧同步、帧定位、信令插入和提取、告警检测等功能，见图3.5。

如果交换局间的传输采用同步数字序列SDH(Synchronous Digital Hierarchy)，则可以将交换机多个中继输出信号装入到SDH端机的不同容器中，再复接成STM-1(155 Mb/s)或STM-4(622 Mb/s)的SDH帧信号传送。



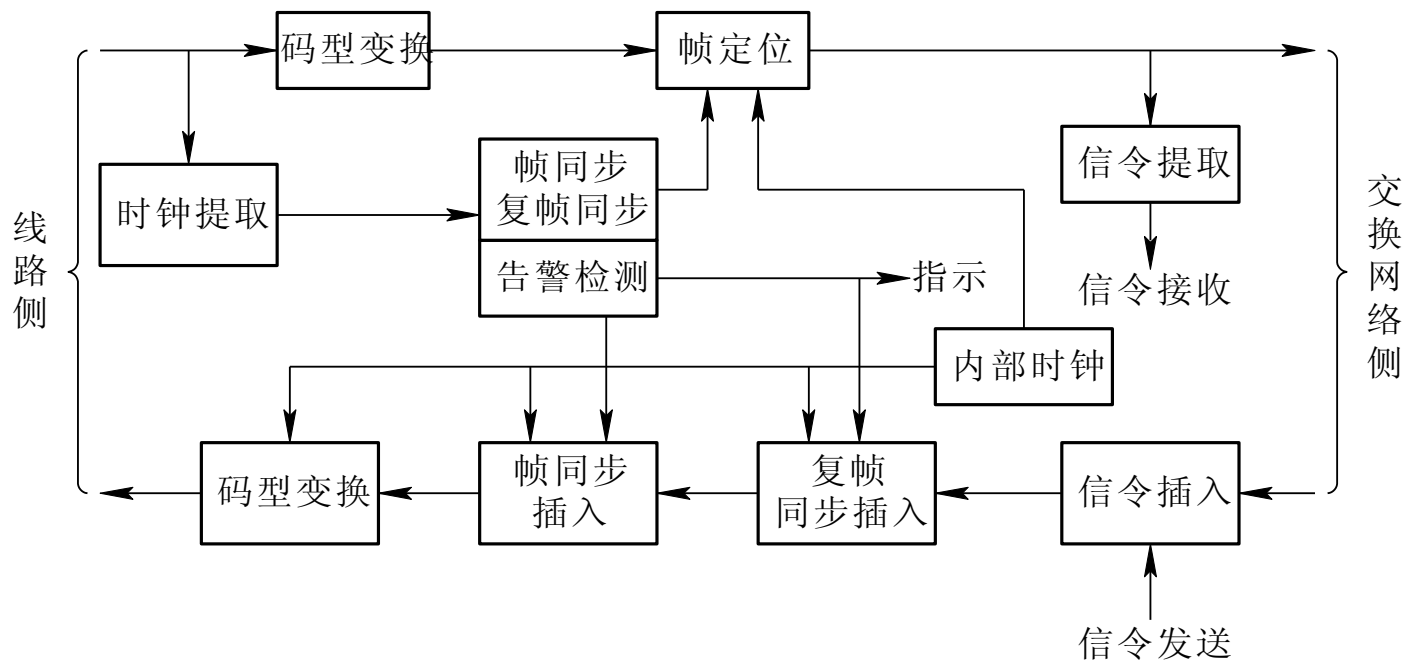


图3.5 数字中继的原理图



6. 信令设备

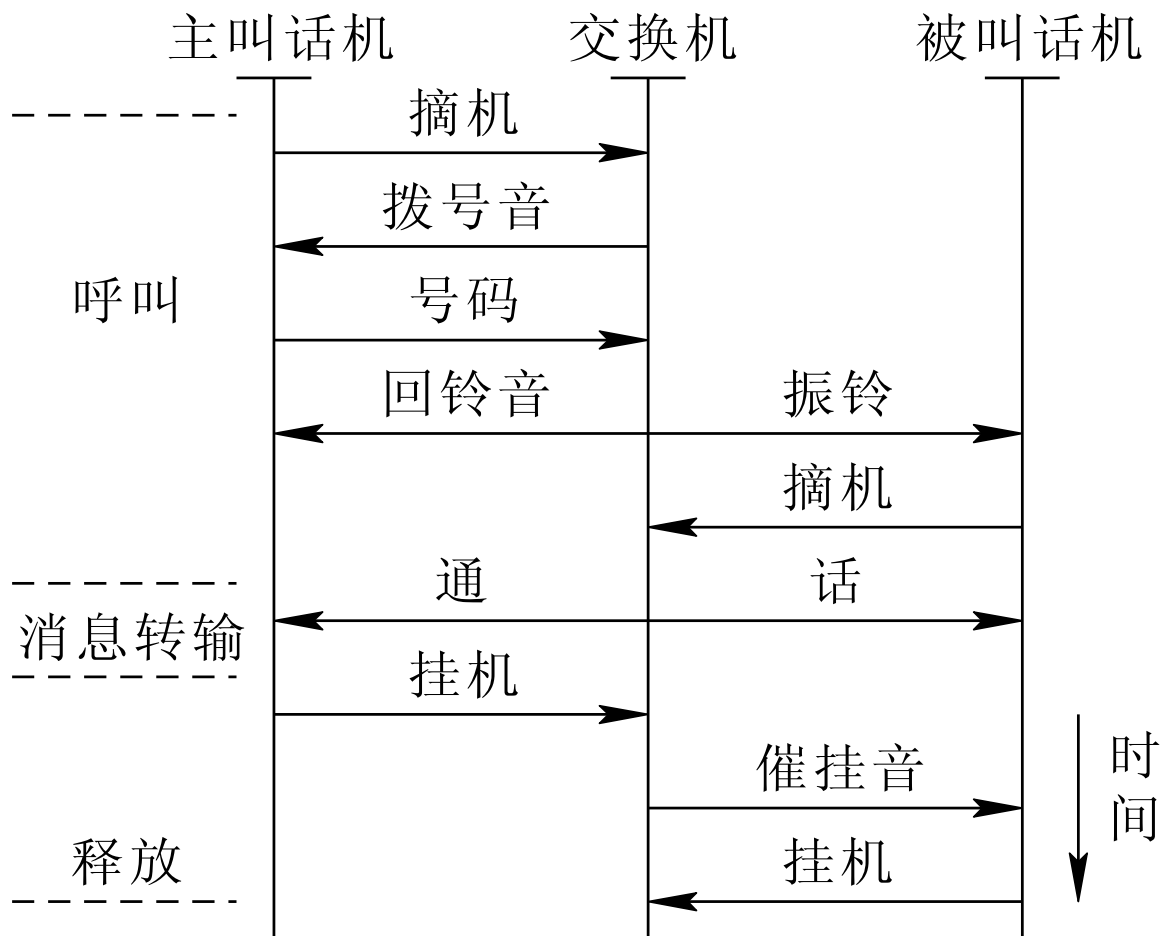


图3.6 本局呼叫的信令过程



对于随路信令CAS(Channel Associated Signaling)系统，信令有监视信令、地址信令、各种音信令和铃流。监视信令完成呼叫监视、应答等功能，它分散在用户接口和中继接口电路中。其它两种信令体现在图3.1的信令设备中，包括各种音信号(拨号音、忙音、回铃音等)发生器、双音多频信号接收器、多频信号发送和接收器。铃流发生器单独设置，通常放在用户模块中。



除铃流信令外，其它音信令和多频信令都是以数字形式直接进入数字交换网络，并像数字话音信号一样交换到所需端口。音信令的数字化原理和话音完全一样。

如果交换局间使用公共信道信令CCS(Common Channel Signaling)，那么图3.1中的信令设备主要完成7号信令第二功能级的功能，第一功能级的功能由数字中继完成，第三和第四功能级的功能由控制系统完成。



7. 交换网络

对电路交换而言，呼叫处理的目的是在需要通话的用户之间建立一条通路，这就是交换功能。交换功能由交换机中的交换网络实现。交换网络可在处理机的控制下建立任意两个终端之间的连接。数字交换系统的交换过程如图3.7所示。



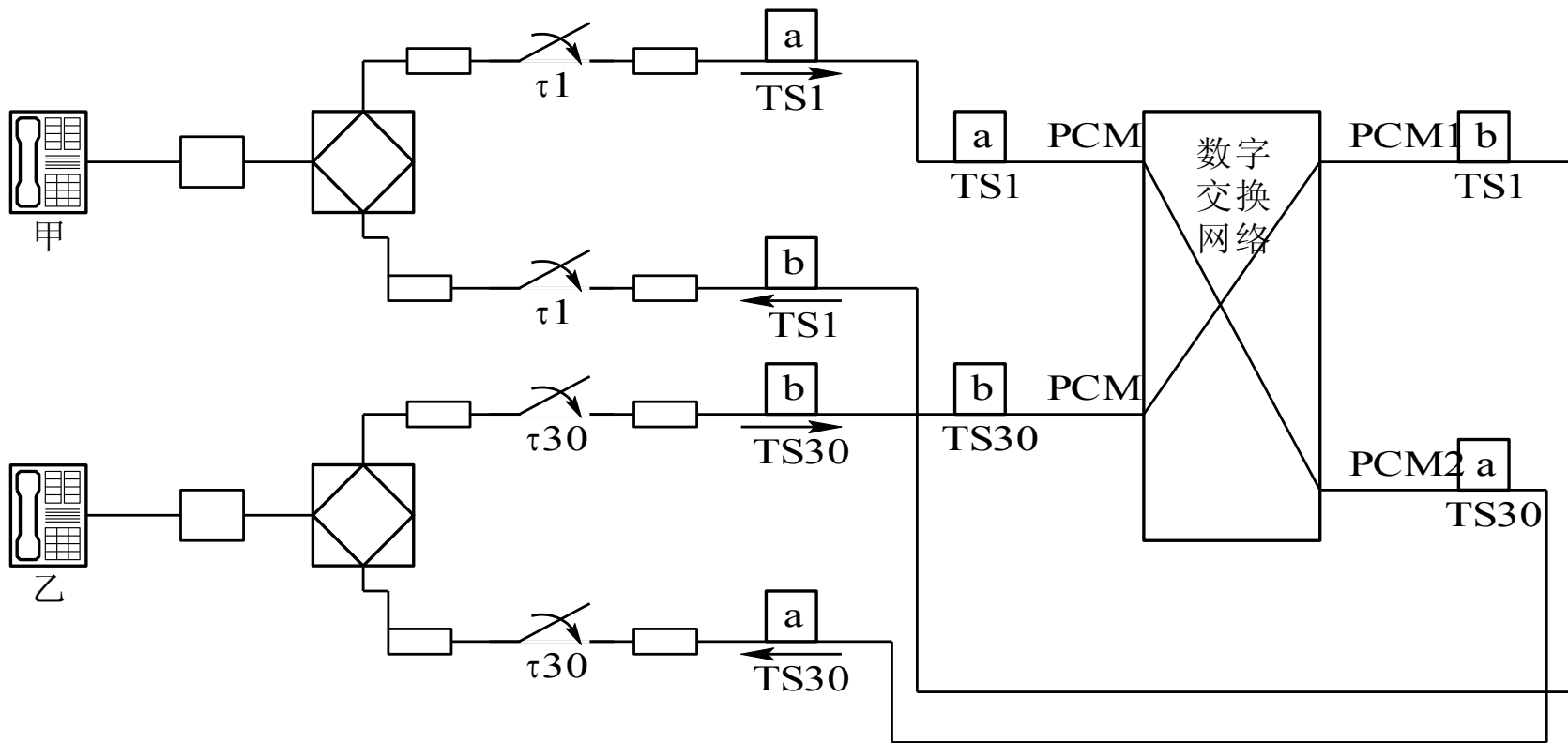


图3.7 数字交换系统的交换过程



在数字交换机中，每个用户都占用一个固定的时隙，用户的话音信息就装载在各个时隙之中。例如，有甲、乙两个用户，甲用户的发话信息a或受话信息都固定使用时隙1(TS1)，而乙用户的发话信息b或受话信息都固定使用TS30。如果这两个用户要互相通话，则甲用户的话音信息a要在TS1时隙送至数字交换网络，而在TS30时隙将其取出送至乙用户。反过来，乙用户的话音信息b也必须在TS30时隙送至数字交换网络，而在TS1时隙从数字交换网络中取出送至甲用户。这就是话音交换，它实质上是一种时隙交换。



3.2.2 控制子系统

控制子系统的主要设备是处理机。处理机的数量和分工有各种配置方式，但归结起来可以分为三种基本的配置方式：集中控制、分散控制和分布式控制。

1. 集中控制

早期的程控交换机都采用这种控制方式。假设某一交换机的控制系统由多台处理机组成，每一台处理机均装载全部软件，可以完成所有控制功能，访问所有硬件资源，这种控制方式就叫集中控制方式，见图3.8。



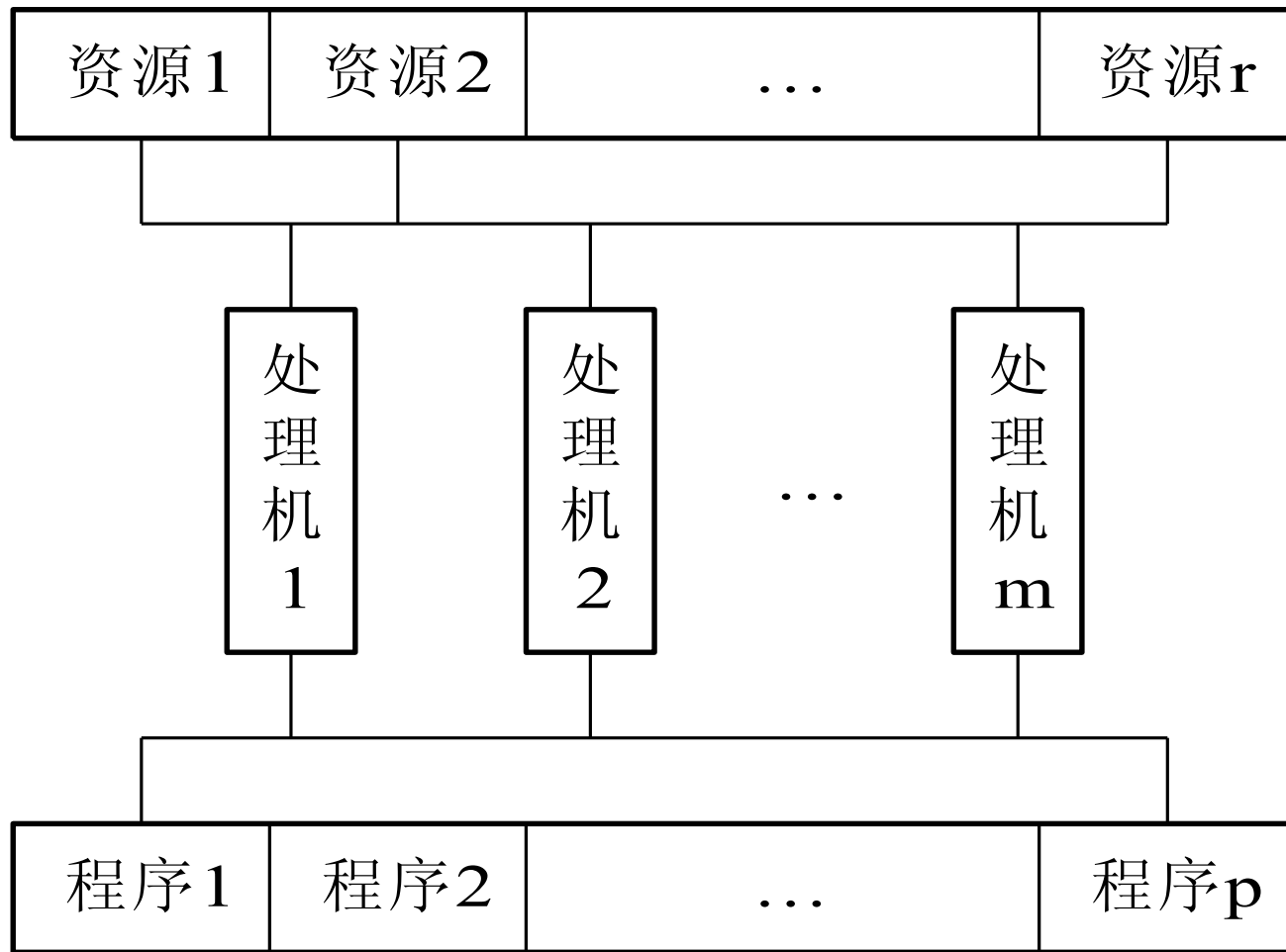


图3.8 集中控制方式



集中控制的主要优点是：处理机能掌握整个系统的状态，可以访问所有资源；控制功能的改变一般都在软件上进行，比较方便。但是，这种集中控制的最大缺点是：软件要包括各种不同特性的功能，规模庞大，不便于管理；系统较脆弱，一旦出故障会造成全局中断。



2. 分散控制

所谓分散控制，就是在给定的系统状态下，每台处理机只能访问一部分资源和执行一部分功能。处理机之间的功能可以静态分配，也可以动态分配。分配方法有多种。

1) 单级多机系统

图3.9为单级多机系统示意图。该系统中各台处理机并行工作，每台处理机有专用的存储器，也可设置公用存储器，用作各处理机间的通信。多处理机之间的工作划分有容量分担与功能分担两种方式。



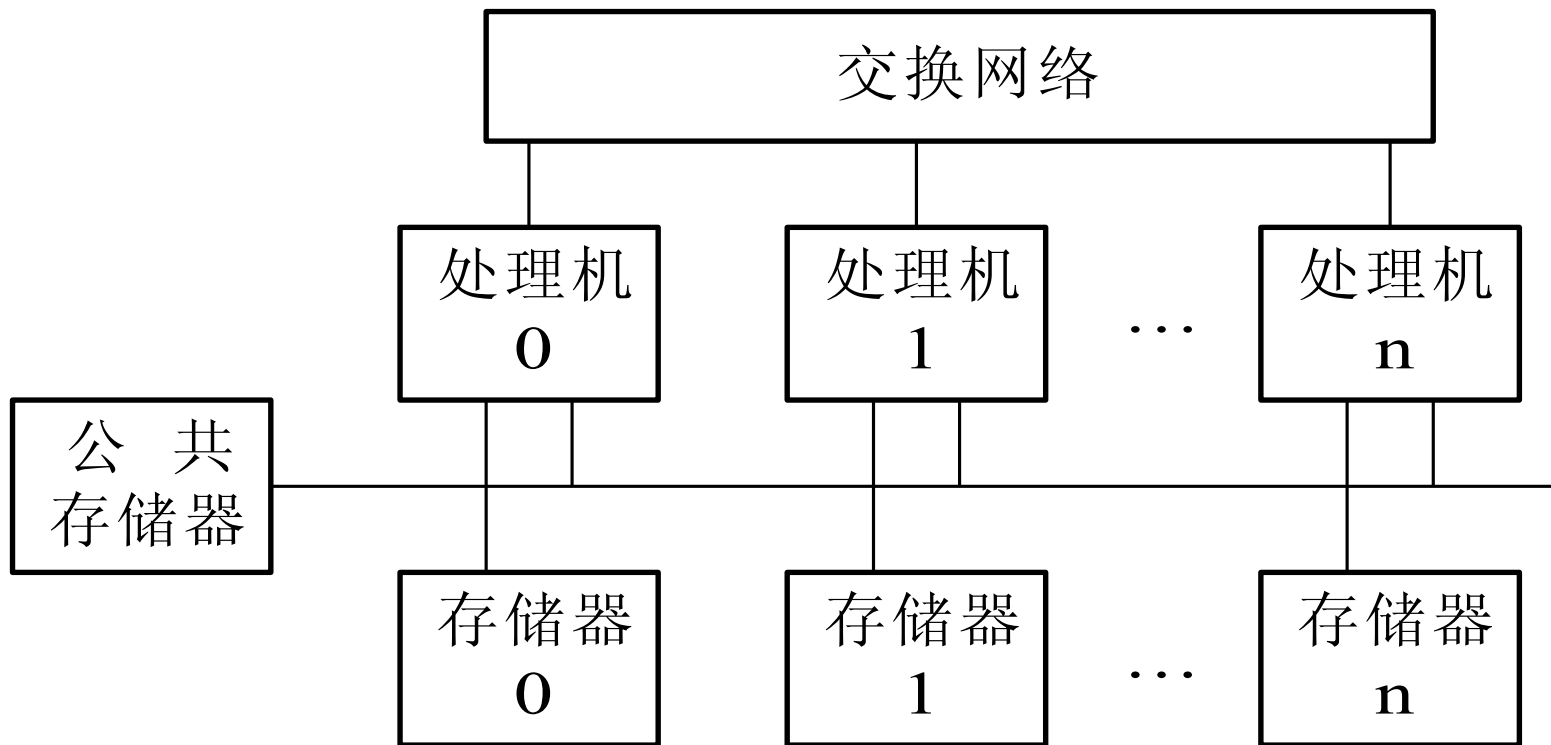


图3.9 单级多机系统



(1) 容量分担：每台处理机只承担一部分容量的呼叫处理任务。例如，800门的用户交换机中，每台处理机控制200门。容量分担实际上也相当于负荷分担，是面向固定的一群用户的方式。

容量分担的优点是处理机数量可随着容量的增加而逐步增加，缺点是每台处理机要具有所有的功能。



(2) 功能分担：每台处理机只承担一部分功能，只需装入一部分程序，分工明确。缺点是容量较小时，也需配置全部处理机。

在大型程控交换机中，通常是将容量分担与功能分担结合使用。还应注意的是：不论是容量分担还是功能分担，为了保证系统安全可靠，每台处理机一般均有其备用机，按主/备用方式工作，也可采用N+1备用方式。对于控制容量很小的处理机，也可以不设备用机。



2) 多级处理机系统

在交换处理中，有一些工作执行频繁而处理简单，如用户扫描等；另一些工作处理较复杂，但执行次数要少一些，如数字接收与数字分析。至于故障诊断等维护管理工作则执行次数更少而处理更复杂。可见，在交换处理中处理复杂性与执行次数成反比。

多级系统可以很好地适应以上特点。用预处理机处理执行频繁而简单的功能，可以减少中央处理机的负荷；用中央处理机执行分析处理等较复杂的功能，也就是与硬件无直接关系的较高层的呼叫处理功能；用维护管理处理机专门执行维护管理的各种功能。这样，就形成了多级系统。



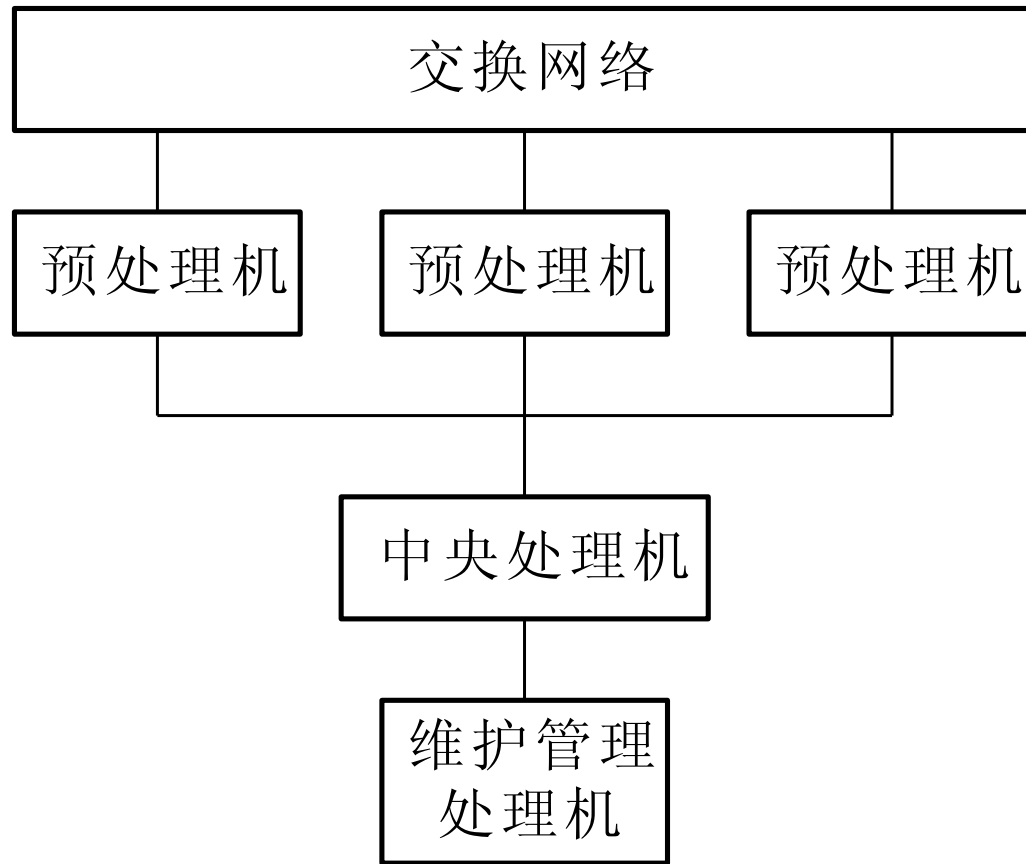


图3.10 三级多机系统



在图3.10所示的三级系统中，实际上采用了功能分担与容量分担相结合的方式：三级之间体现了功能分担，而在预处理机这一级采用容量分担，即每个预处理机控制一定容量的用户线或中继线。中央处理机也可以采用容量分担，而维护管理处理机一般只用一台。

预处理机又称为外围处理机或区域处理机，通常使用微机。中央处理机和维护管理处理机可使用小型机或功能强的高速微机。



3. 分布式控制

随着微处理机技术的迅速发展，分散控制的程度越来越高，产生了全微机控制的分布式控制方式。例如每个电路板上均配有单片机的系统，就是一种分布式控制系统。

这种分布式控制结构有以下优点：

(1) 在集中控制和分级控制的程控交换机中，当增加待定的新性能(如增开数据通信)时，其软件的改动较大。并且由于新业务的处理，将产生对控制部分的争夺，影响交换机的处理能力。而在分布式控制方式中，增加新性能或新业务时可引入新的组件(如增加数据通信业务时可增加数据业务组件)，新组件中带有相应的控制设备，从而对原设备影响不大，甚至没有影响。



(2) 能方便地引入新技术和新元件，且不必重新设计交换机的整体结构，也不用修改原来的硬件。

(3) 可靠性高，发生故障时影响面较小，如只影响某一群用户(或中继)或只影响某种性能。



但是，分布式控制方式目前也存在一些问题。例如：

(1) 采用分布式控制时微处理机的数量相对增多，微处理机之间的通信也增加，如果设计不完善，会影响交换机的处理能力，使各处理机真正用于呼叫处理的效率降低，同时也增加了软件编程的复杂性。

(2) 随着微处理机数量的增加，存储器的总容量也会增加。



4. 双机冗余配置

为了确保控制系统安全可靠，程控交换机的控制系统通常采用双机冗余配置，配置方式有微同步、负荷分担和主备用方式。

1) 微同步

微同步(micro-synchronization)方式的基本结构如图3.11所示。它具有两台相同的处理机，其间有一个比较器。两台处理机各自具有专用的存储器，其内容完全相同。



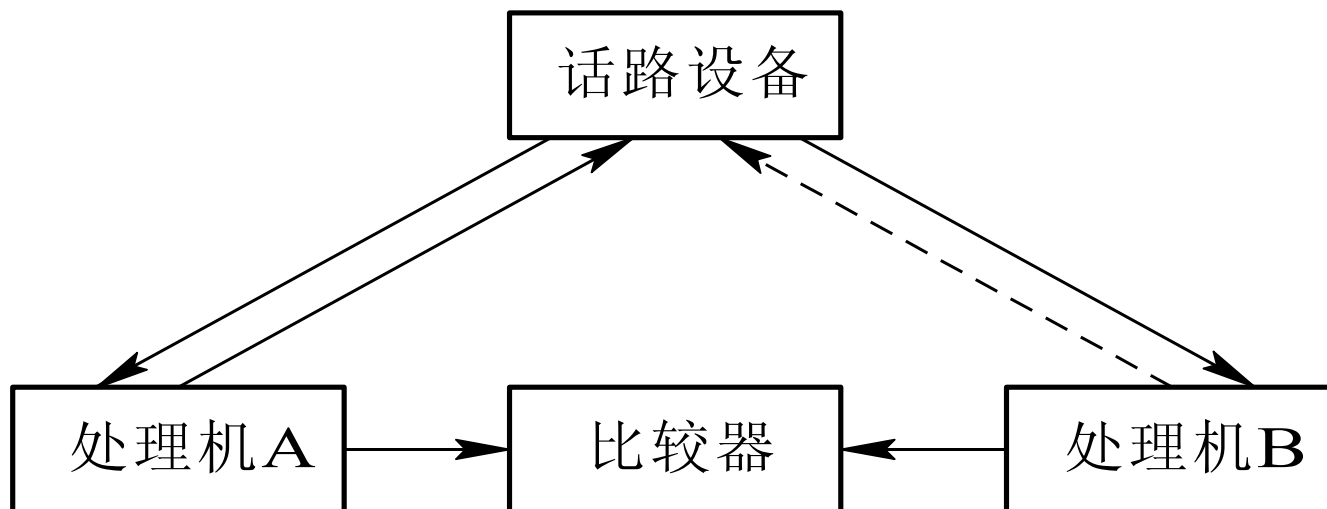


图3.11 微同步方式的基本结构



在正常工作时，两台处理机同时接收来自话路设备的各种输入信息，执行相同的程序，进行同样的分析处理，但是只有一台处理机输出控制信息，控制话路设备的工作。所谓微同步，就是要将两台处理机的执行结果通过比较器不断地进行检查比较。如果结果完全一样，说明工作正常，程序可继续执行；如果结果不一致，表示其中有一台处理机发生故障，应立即告警并进行测试和必要的故障处理。

微同步方式的优点是较易发现硬件故障，且一般不影响呼叫处理。微同步方式的缺点是对软件故障的防卫较差，此外，由于要不断地进行同步复核，因此效率也不高。



2) 负荷分担

负荷分担(Load sharing)方式的基本结构如图3.12所示。

负荷分担也叫话务分担。其特点是两台处理机独立进行工作，在正常情况下各承担一半话务负荷。当一台处理机产生故障时，可由另一台承担全部负荷。为了能接替故障处理机的工作，两台处理机必须互相了解呼叫处理的情况，故双机应具有互通信息的链路。



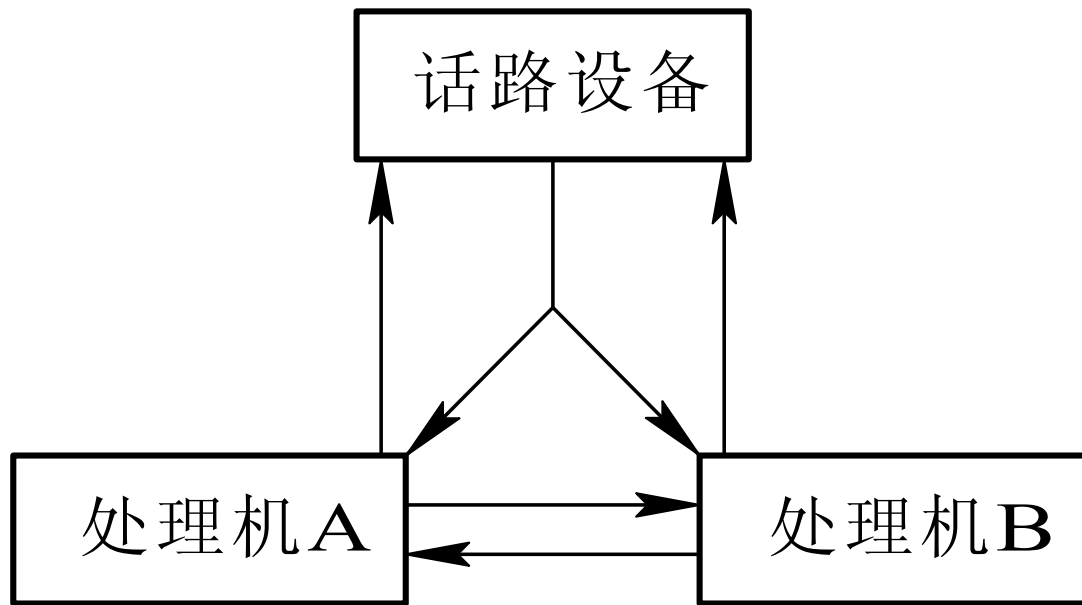


图3.12 负荷分担方式



负荷分担的主要优点如下：

(1) 过负荷能力强。由于每台处理机都能单独处理整个交换系统的正常话务负荷，故在双机负荷分担时，可具有较高的过负荷能力，能适应较大的话务波动。

(2) 可以防止由软件差错引起的系统阻断。由于程控交换软件系统的复杂性，不可能没有残留差错。这种程序差错往往要在特定的动态环境中才显示出来。由于双机独立工作，故程序差错不会在双机上同时出现，加强了软件故障的防护性。



(3) 在扩充新设备、调试新程序时，可使一台处理机承担全部话务，另一台进行脱机测试，从而提供了有力的测试工具。

负荷分担方式由于是双机独立工作方式，因此在程序设计中要避免双机同抢资源的现象，双机互通信息也较频繁，这都使得软件比较复杂，且负荷分担方式不如微同步方式那样较易发现处理机硬件故障。



3) 主/备用

主/备用(Active-standby)方式如图3.13所示，一台处理机联机运行，另一台处理机与话路设备完全分离或为备用。当主用机发生故障时，进行主/备用机倒换。

主/备用方式分为冷备用与热备用两种方式。冷备用时，备用机不保存呼叫数据，接替主用机时从头开始工作。热备用时，备用机根据原主用机故障前保存在存储器中的数据进行工作，也可以进行数据初始化，重新启动系统。



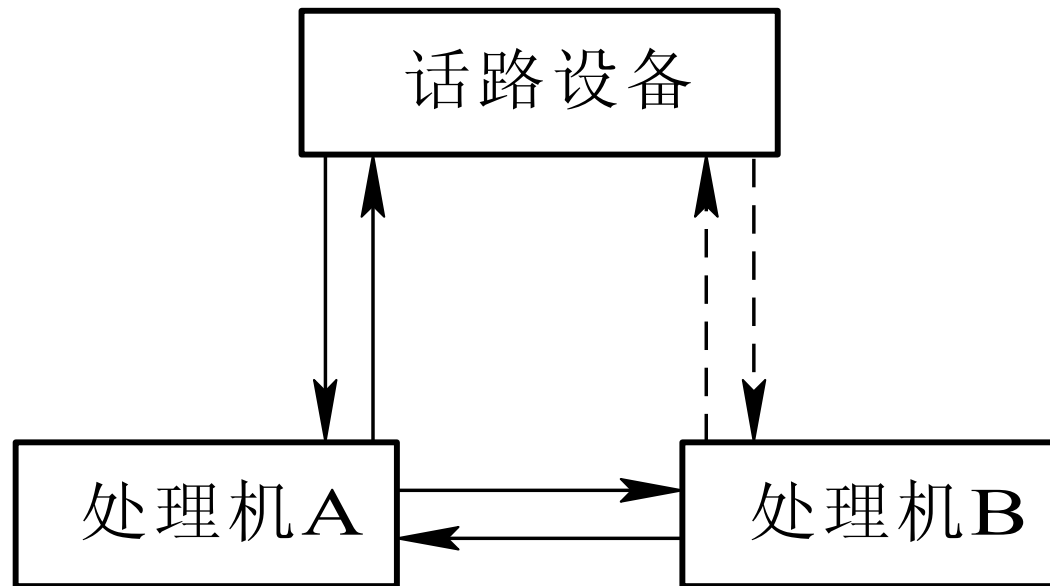


图3.13 主备用方式



3.2.3 处理机间通信

在多台处理机系统中，不同处理机之间要相互沟通(通信)、共同配合，以控制呼叫接续。由于数字交换机设有远端用户模块，因此，处理机间通信有时也要考虑较远距离的通信。

处理机间的通信方式和交换机控制系统的结构有紧密联系。目前所采用的通信方式很多，这里仅介绍几种常见方式。



1. 通过PCM信道进行通信

利用交换机内的PCM信道进行通信，有两种不同的方法：

(1) 利用时隙16进行通信。在数字通信网中，时隙16用来传输数字交换局间的信令，传输线上的信息在到达交换局以后，中继接口提取时隙16的信令，进行处理。交换机内部的16时隙是空闲的，可以用作处理机间的通信信道。在本章后面要介绍的F-150型数字交换机就是采用这种方法通信的。具体方法我们在后面介绍。

这种通信方式不需要增加额外的硬件，软件的费用也小，但通信的信息量小，速度慢。



(2) 通过数字交换网络的PCM信道直接传送。在S-1240交换机中，处理机之间的通信信息和语音、数据信息一样，可以通过PCM信道传送(任一时隙)，并且也能由数字交换网络进行交换。为了区分信道中信息的类型，不同的信息需要加不同的标志，以便识别。用这种方式能进行远距离通信，但缺点是占用了通信信道，并且费用较大。关于这种通信方式的详细情况也放在后面介绍。



2. 采用计算机网常用的通信结构

计算机通信网有不同的结构方式，我们在这里只介绍部分在程控交换机中常见的方式。

1) 多总线结构

多总线结构是多处理机系统的一种总线结构。多处理机之间通过共享资源实现各处理机之间的通信。在这种结构中，多处理机组成一个总线型网络。多总线结构有两种基本方式：

紧耦合系统：在这个系统中，多个处理机之间是通过一个共享存储器传送信息进行通信的。



松耦合系统：在这个系统中，多个处理机之间是通过输入/输出接口传送信息进行通信的。

这两种方式都要共享一组总线，因此必须有决定总线控制权的判优电路，处理机在占用总线前必须判别总线是否可用。使用这种系统要注意通信的效率问题，否则处理机的处理能力就会受到制约。



(1) 共享存储器方式。这是一种由若干处理机与若干存储器互连的方式。最简单的结构是图3.14所示的分时总线互连结构。在这种结构中，所有处理机和所有存储器都连在一条公共总线上，处理机将通信信息写入存储器，在接收端可以直接从存储器读取信息。



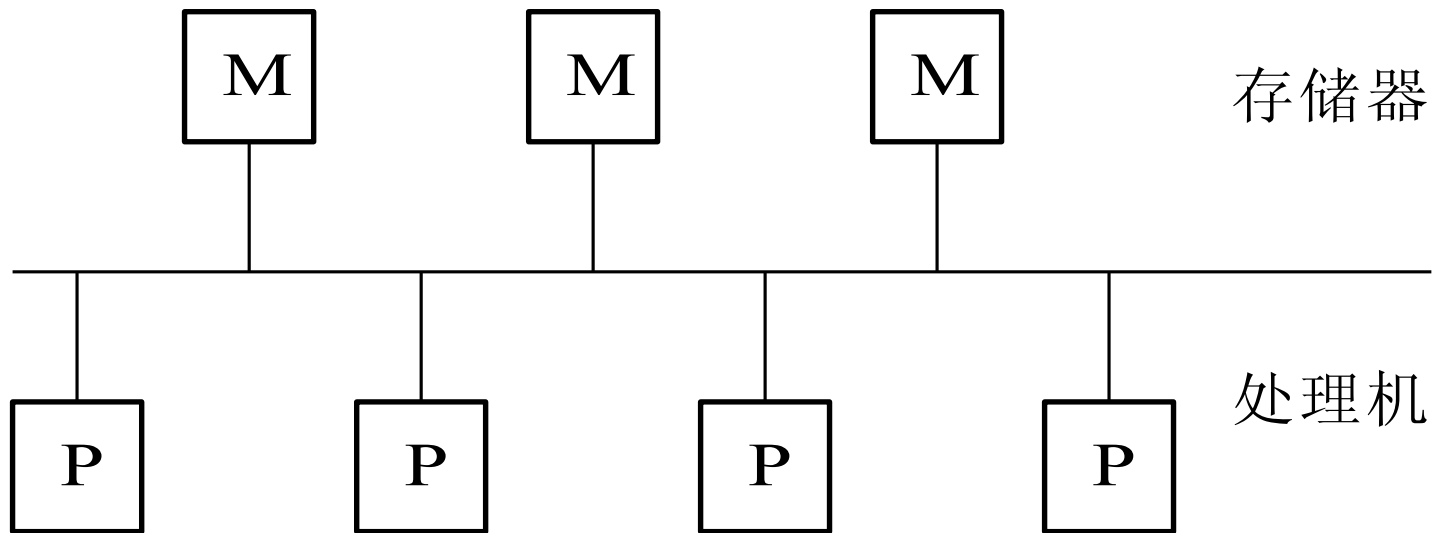


图3.14 分时总线互连结构



在大型系统中，如果处理机数量较多，那么总线的通信效率可能会制约处理机的效率，形成一个“瓶颈”，因此需要想办法提高总线的效率。多组总线互连结构可以解决该瓶颈问题，如图3.15所示。图中，每一台处理机、每一个存储器均连接一条独立总线。只要不冲突，连接在多条总线上的处理机和存储器可同时通信。但当处理机和存储器数量增加时，矩阵容量就会以平方数增长。



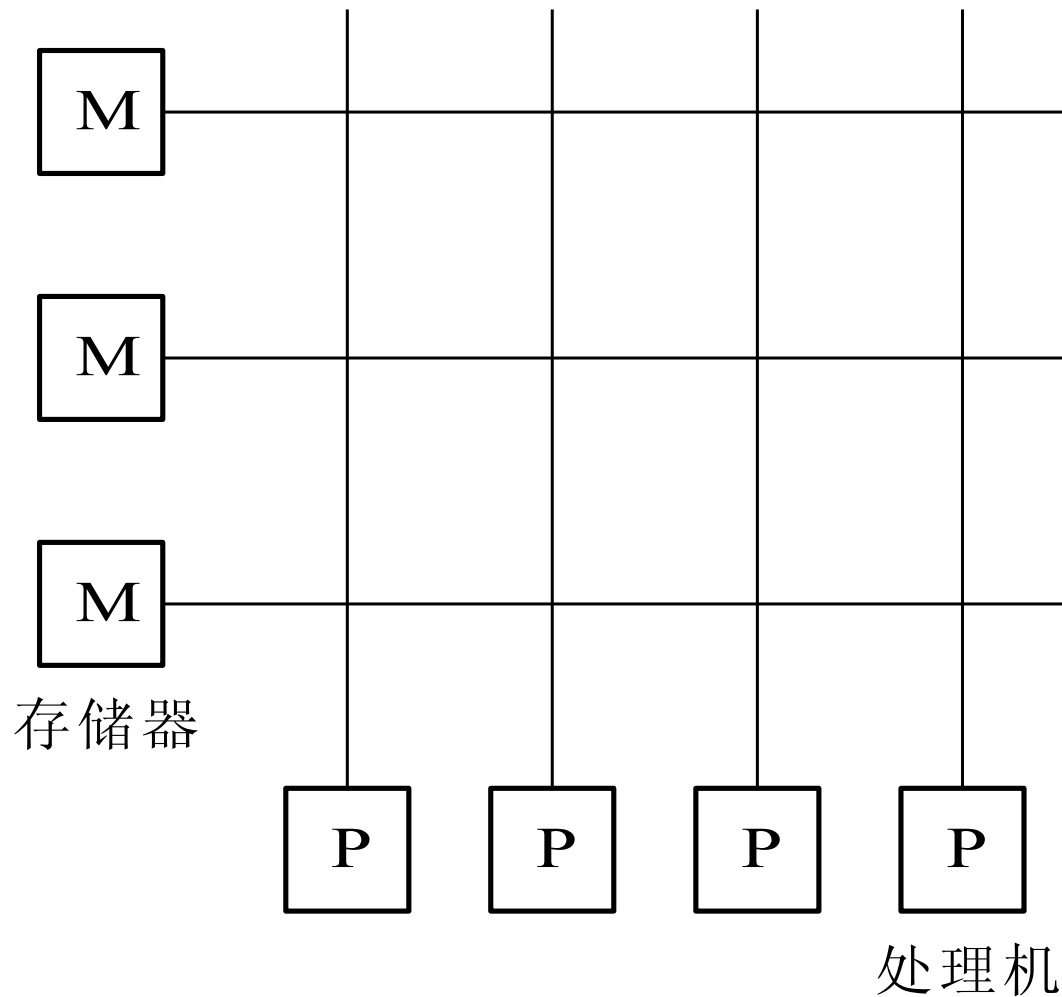


图3.15 多组总线互连结构



还有一种方法是将存储器的多个通道分别接不同的处理机。最常见的是利用双向存储器或者存储器双向端口控制器供两台处理机从不同总线输入或输出信息。当然这里也有一个判优问题，但总线分开以后问题就会简单一些。

共享存储器的方法能提供较高的速度和通信信息量，但处理机间的物理距离不能很远。

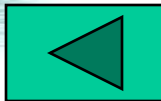


(2) 通过共享输入/输出接口进行通信。在这种方式下，一台处理机把对方处理机看作一般的输入/输出端口。这些端口可以是并行口，也可以是串行口，它适用于通信信息量和速率都不十分高的场合。



2) 环形结构

在大型系统中，尤其是在分散控制的系统中，处理机的数量很多，而它们之间往往是平级关系，这时常采用环形通信结构。环形结构和计算机的环形网相似，每台处理机相当于环内的一个节点，节点和环通过环接口连接。令牌环是用得较多的一种环形网。



3.3 数字交换网络的结构

上一节我们已经介绍了数字交换网络的作用是完成数字话音信号的时隙交换。在介绍数字交换网络之前，我们先来学习复用器和分路器的有关知识，它们是连接交换网络的接口。

信息以串行格式送入交换网络的入线并从出线送出。入线和出线上一帧的时隙数定义为复用度。在交换网络中，为了提高交换速度，信息以并行方式交换，因此在交换网络接口处，要进行串/并和并/串变换。复用器和分路器的作用就是完成这种变换。



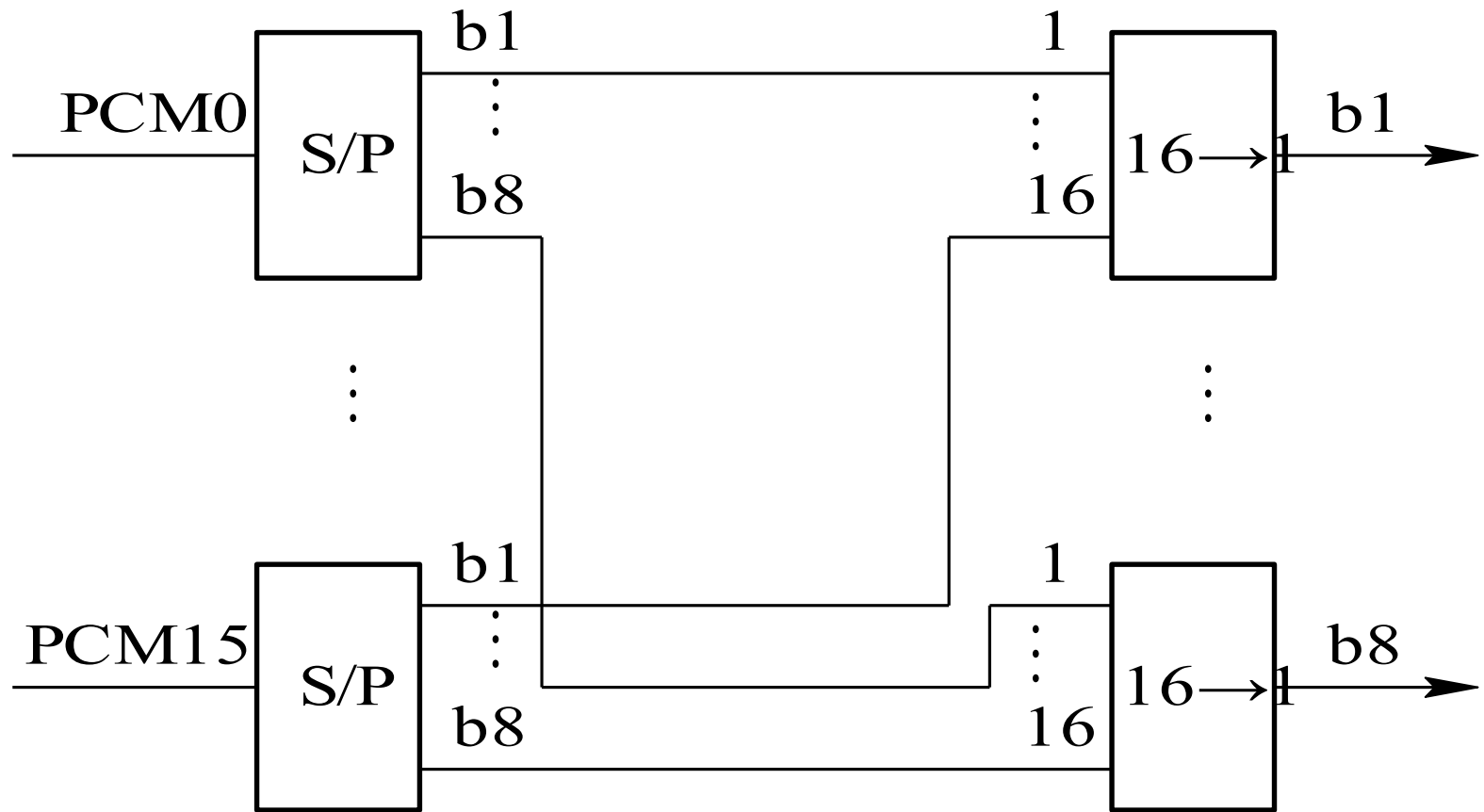


图3.16 复用器的组成



复用器包括串/并变换和合路复用功能。假设图3.16中有16条PCM分别经串/并变换后进入“16选1”的多路选择器进行合路。8个16选1的选择器中的每一个选择器接16个串/并变换器输出的同名比特位。

图3.17说明16套PCM系统进行串/并变换后在8条并行线上的时隙进行合路的过程。在 $3.9\ \mu\text{s}$ 中，原来每一时隙的8位串行码，现在变为并行码排列在b1~b8 8条线的同一码位，成为变换后的一个时隙。16套并行PCM合路后，原来一个串行时隙的时间间隔内排有16个不同时隙的16位码。变换前后时隙的对应关系为：

变换后的并行时隙号 = 变换前的时隙号 \times 复用器串行输入线数量 + 变换前串行输入线号

例如，变换前位于输入线5、时隙10的语音，变换后的并行时隙是165($10 \times 16 + 5 = 165$)。



第3章 电路交换技术

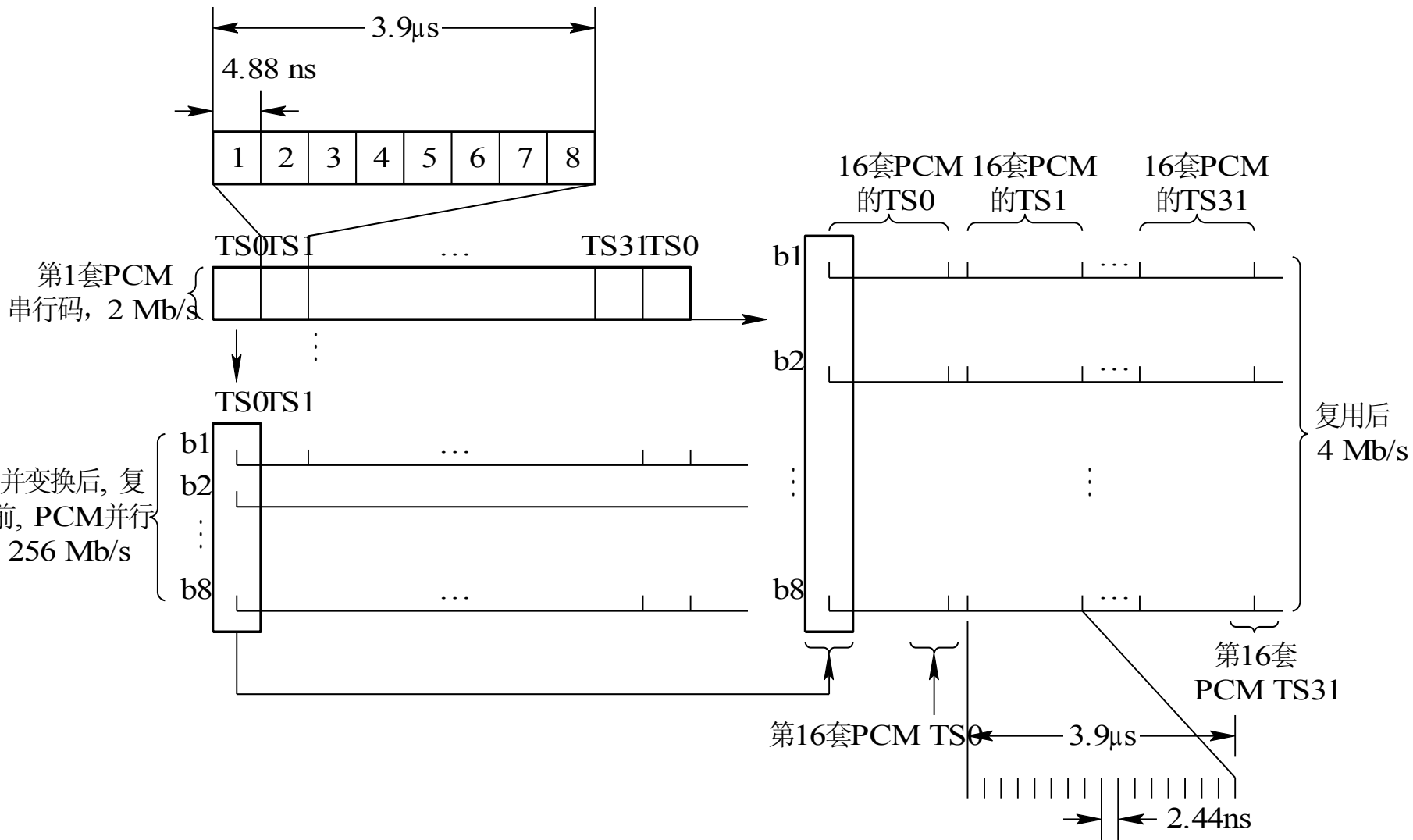


图3.17 复用器的复用过程



每套PCM系统串行码的传输速率为2 Mb/s，复用度为32，串/并变换后速率只有原来的1/8，变成256 kb/s，复用度不变。16套PCM合路复用后，速率增加15倍，变成4 Mb/s，复用度增加15倍，变成 $16 \times 32 = 512$ 。这样交换网络以4 Mb/s的速度工作就可以满足512时隙的交换要求。

如果不进行上述变换，每个时隙的8位编码仍按串行码传送和交换，那么速率将提高16倍，达到32 Mb/s以上，这样高的速率在早期是难以实现的。

分路器的功能和复用器的相反，它完成分路和并/串变换功能。



3.3.1 基本交换单元

电路交换是同步交换，因此构成电路交换网络的基本交换单元也必须是同步交换的。

1. 时分接线器

时分接线器属于共享存储器型交换单元。

1) 时分接线器的组成

时分接线器(Time Switch)简称T接线器，用来完成时隙交换功能。时分接线器采用缓冲存储、控制读出或写入的方式进行时隙交换，主要由话音存储器SM(Speech Memory)和控制存储器CM(Control Memory)组成，如图3.18所示。



SM用来暂存编码的语音信息。每个时隙有8位编码，考虑到要进行奇偶校验等，所以SM的每个单元(即每个字)应具有8位以上字长。SM的容量，即所包含的字数应等于输入复用线(母线)上的复用度。例如，有512个时隙，SM就要有512个单元。

时分接线器的工作方式有两种。第一种是顺序写入，控制读出，简称输出控制，如图3.18(a)所示。第二种是控制写入，顺序读出，简称输入控制，如图3.18(b)所示。用这两种方式进行时隙交换的原理是相同的。顺序写入或读出是由时钟控制的，控制读出或写入则由CM完成。



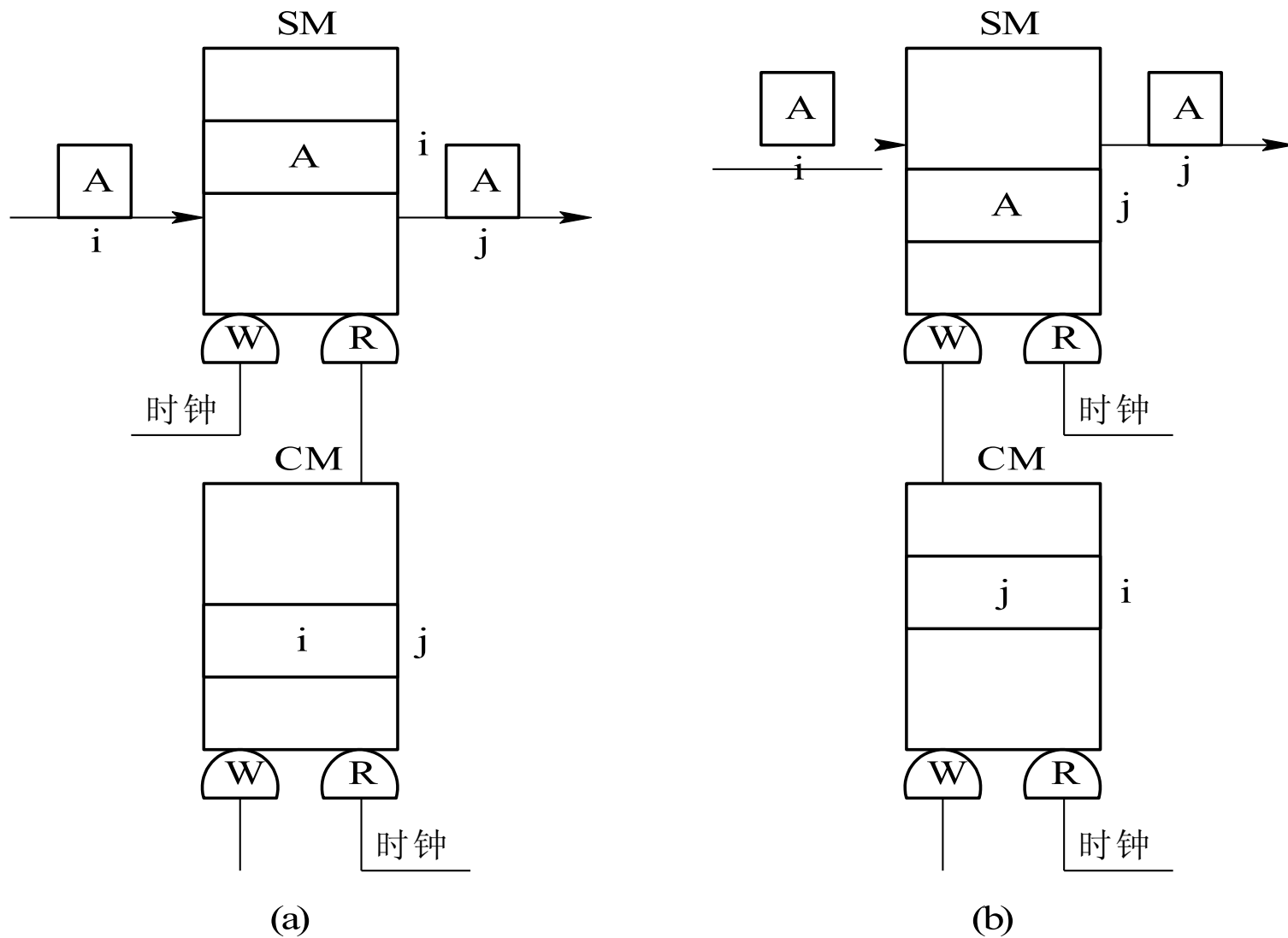


图3.18 T接线器的工作原理

(a) 输出控制; (b) 输入控制



CM的作用是控制同步交换，其容量一般等于话音存储器的容量，它的每个单元所存的内容是由处理机控制写入的，用来控制SM读出或写入的地址。因此，CM中每个字的位数决定于SM的地址码的位数。如果SM有512个单元，需要用9位地址码选择，则CM的每个单元应有9位。



2) 时分接线器的交换原理

现在来看看以顺序写入、控制读出方式进行时隙交换的原理。输入时隙的信息在时钟控制下，依次写入SM。显然，写时钟必须与输入时隙同步。如果读出也是顺序方式，则仅起缓冲作用，不能进行时隙交换。故在读出时，必须依照控制存储器中所存入的读出地址进行。

图3.18(a)中表示了话音A按顺序存入SM的第i单元，当第j时隙到来时，以CM第j单元的内容i为地址，读出SM第i单元的内容A。这样，第i时隙输入的话音编码信息A就在第j时隙送出去，实现了时隙交换的功能。



在整个交换过程中，CM就是控制信息交换的转发表。转发表由处理机构造。处理机为输入时隙选定一个输出时隙后，控制信息就写入控制存储器。只要没有新的信息写入，控制存储器的内容就不变。于是，每一帧都重复以上的读写过程，输入第 i 时隙的话音信息，在每一帧中都被交换到第 j 输出时隙中去。

控制写入、顺序读出的原理是相似的，不同的是：控制存储器内写入的是话音存储器的写入地址，以此来控制话音存储器的写入，即话音存储器第 j 单元写入的是第 i 输入时隙的话音信息，如图 3.18(b)所示。由于是顺序读出，故在第 j 时隙读出话音存储器第 j 单元的内容，同样完成了第 i 个输入时隙与第 j 个输出时隙的交换。



不论是顺序写入还是控制写入，每个输入时隙都对应着话音存储器的一个存储单元，所以，时分接线器实际上具有空分的性质，是按空分的原理工作的。

时分接线器中的话音存储器和控制存储器可以是高速的随机存取存储器(RAM)。



2. 空分接线器

空分接线器属于空分阵列交换单元。

1) 空分接线器组成

空分接线器(Space Switch)简称S接线器，它由交叉点矩阵和控制存储器CM组成，如图3.19所示。 $N \times N$ 的电子交叉点矩阵有 N 条输入复用线和 N 条输出复用线，每条复用线上有若干个时隙。每条输入复用线可以选择到 N 条输出复用线中的任一条，但这种选择是建立在一定的时隙基础上的。



以第1条输入复用线为例，其第1个时隙可能选通第2条输出复用线的第1个时隙，其第2个时隙可能选通第3条输出复用线的第2个时隙，其第3个时隙可能选通第1条输出复用线的第3个时隙，等等。因此，对应于一定出入线的交叉点是按一定时隙做高速启闭的。从这个角度看，空分接线器是以时分方式工作的。各个交叉点在哪些时隙应闭合，在哪些时隙应断开，是由CM控制的，CM起同步作用。



显然，对于点到点的通信，同一条输入(输出)复用线上的某一时隙，不能同时选通几条输出(输入)复用线。对于图3.19来说，就是位于同一输入线或同一输出线上的任何两个交叉点，不能在同一时隙闭合。当然，任一输入复用线的不同时隙，是可以选通到同一条输出复用线的。

交叉矩阵可由选择器组成。例如，16选1选择器可用来使16条入线选通1条出线， 16×16 的交叉矩阵可由16个 16×1 的选择器以一定的复接方式组成。



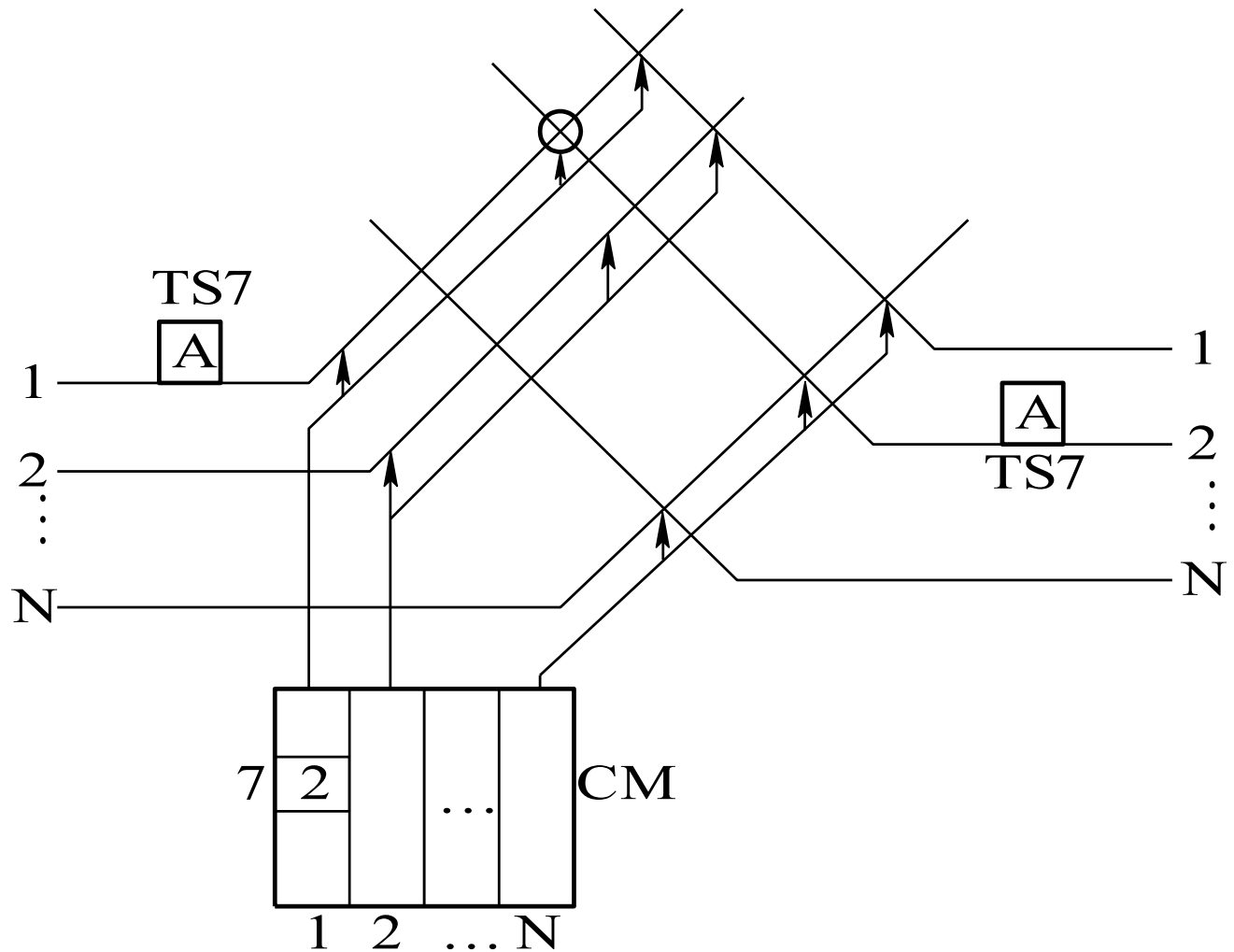


图3.19 控制存储器按入线配置的空分接线器



2) 空分接线器的工作原理

如图3.19所示，对应于每条入线都配有一个控制存储器。由于它要控制入线上每个时隙接通到哪一条出线上，所以控制存储器的容量等于每条复用线上的时隙数，而每个单元的位数则决定于选择输出线的地址码位数。例如，每条复用线上有512个时隙，交叉点矩阵是 32×32 ，则要配有32个控制存储器，每个控制存储器有512个单元，每个单元有5位，可选择32条出线。



图3.19中，第1个控制存储器的第7个单元中由处理机控制写入了2，表示第1条输入复用线与第2条输出复用线的交叉点在第7时隙接通。在每一帧期间，处理机依次读出控制存储器各单元的内容，控制矩阵中对应交叉点的启闭。这里的控制存储器就是控制接续的转发表。

控制存储器也可以按输出线设置，即每一条输出复用线用一个控制存储器控制该输出复用线上各个时隙依次与哪些输入复用线接通，如图3.20所示。显然，在第2套控制存储器中，写入的内容是输入复用线的号码。



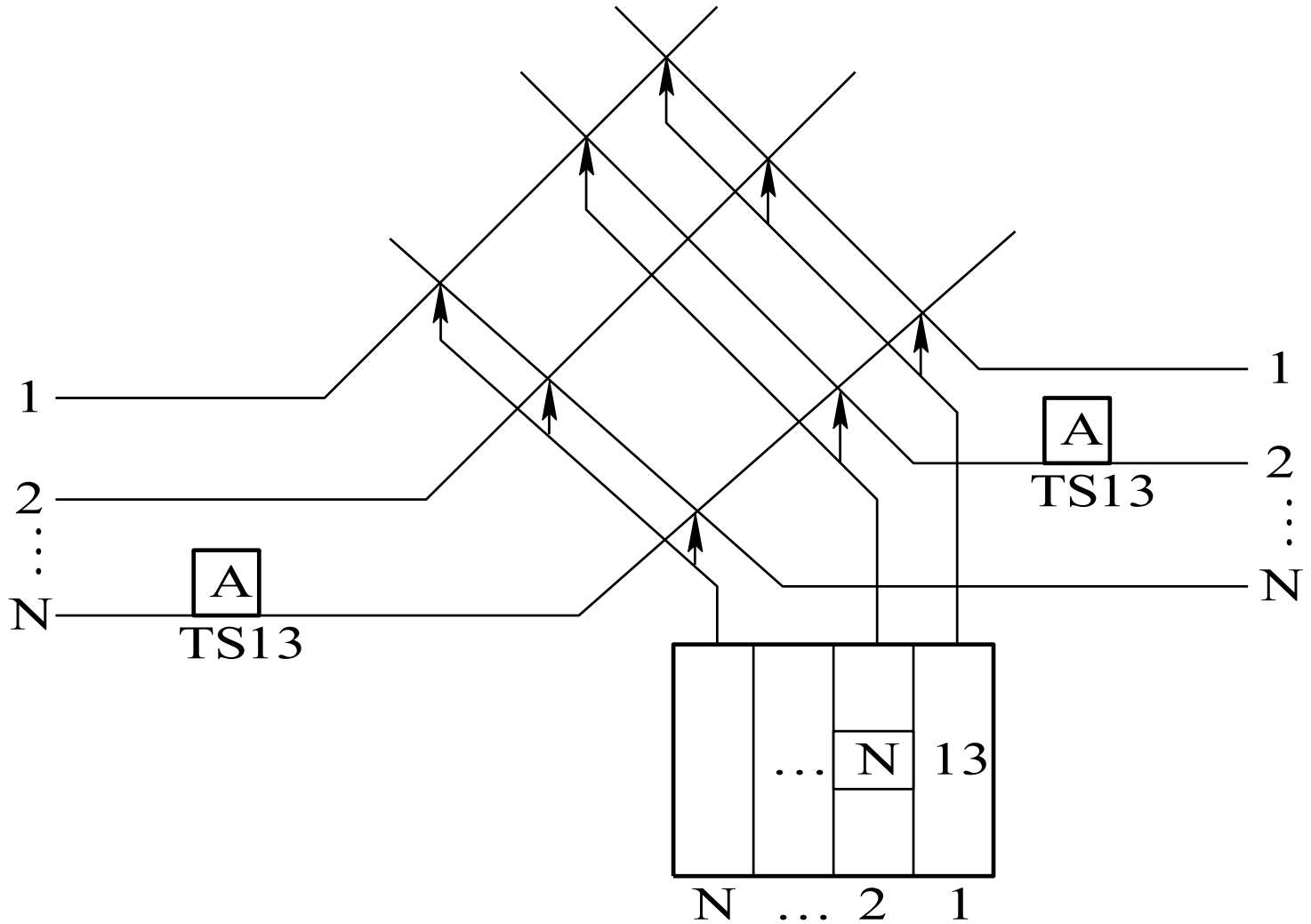


图3.20 控制存储器按出线配置的空分接线器



3. 时空一体的数字交换单元

还有一种交换部件，可以实现时空交换功能，如S-1240交换机中使用的数字交换单元DSE(Digital Switching Element)，它属于总线型交换单元。

每个DSE是具有8片“双交换端口”的超大规模集成电路，每片“双交换端口”上有两个交换端口，即每个DSE由16个双向交换端口组成，分别连接到16条4 Mb/s双向PCM串行链路上，见图3.21。



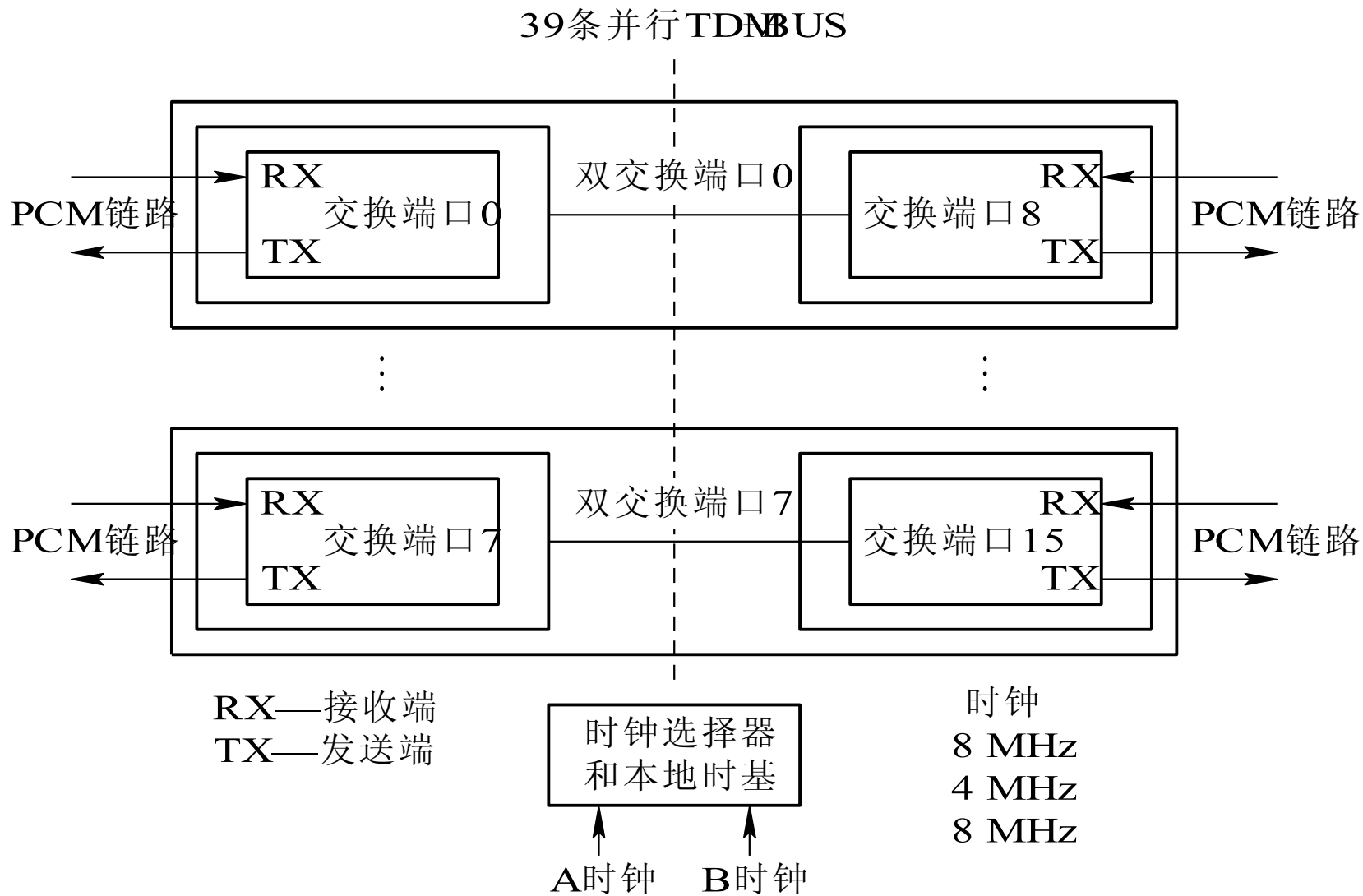


图3.21 DSE的结构框图



图3.21中，每个端口连接一条32信道(时隙)、每信道16比特的双向PCM链路，双向PCM链路分别连接交换端口的发送(TX)和接收(RX)部分。16个端口通过内部的一组并行时分复用总线(TDM-BUS)相连。通过控制可以完成接收端口的512(16×32)个信道和发送端口的512个信道之间的交换，其中既有空间—端口间的交换，又有时间—信道间的交换，所以说，DSE具有实现时空交换的能力。

DSE内部完成用户信息交换的过程包括两个阶段：首先是按照外围模块送来的通路选择命令字，在DSE内部建立起一条通路；然后在已经建立起来的通路上传送用户的话音、数据信息。



1) DSE中通路的选择和建立

DSE中通路的选择和建立是在DSE收到规定格式的选择命令字后进行的。根据命令字的要求，通过DSE中的TDM-BUS完成收、发端口上的任意信道之间的连接。为简单起见，我们来举例分析一条指定选择命令字对应的通路选择和建立过程。

如图3.22所示，设在接收端口RX5上的信道CH12收到了指定选择命令字，要求选择通路到发送端口TX8的信道CH18上。RX5将所选发送端口号8送到端口总线P上，将所选发送信道号18送到信道总线C上。



各发送端口将自动比较自身端口号和P总线上的内容。若相同，则收下其它相关总线上的内容，占用相应信道。如果成功，则向证实A总线回送证实信息ACK。接收端口RX5收到ACK信息后登记相关信息，将发送端口号8写入到RX5内部的端口存储器PRAM的第12号单元上，将发送信道号写入到RX5内部的信道存储器CRAM的第12号单元中，将RX5内部的状态RAM的12号单元状态由空闲修改为占用。至此，已作好传送信息的通路准备。上述过程就是转发表的建立过程。



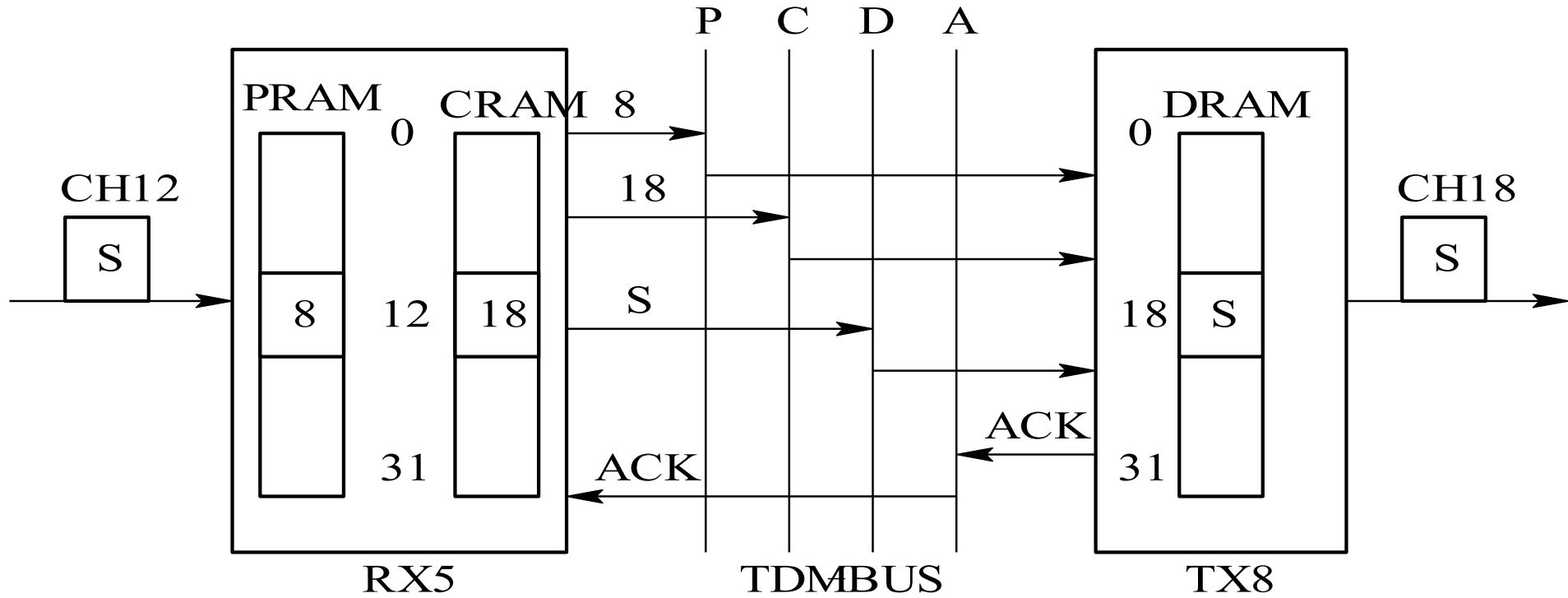


图3.22 DSE的工作原理



2) 在已建立的通路上传送信息

当接收端口 **RX5** 在信道 **CH12** 收到“语音/数据”信道字 **S** 时，首先进行必要的串/并变换，然后以当前信道号 **12** 作为各 **RAM** 的寻址地址，取出 **PRAM** 和 **CRAM** 的 **12** 号单元中的内容(发送端口号 **8** 和发送信道号 **18**) 分别送到内部的端口总线 **P** 和信道总线 **C** 上，并将“语音/数据”信息送到数据总线 **D** 上。各发送端口将端口总线 **P** 上内容与自身端口号比较，相同者接收总线上的有关信息，将数据写入到发送端口内部的数据存储器 **DRAM** 的 **18** 号单元内，**TX8** 回送一证实信号 **ACK** 至证实总线 **A** 上，并在信道 **18** 对应的时隙到来时将 **DRAM** 中的内容取出，经并/串变换后发送出去。至此，就完成了在已建立的通路上传送信息的过程。



3.3.2 交换网络

1. 由T接线器与复用器结合构成的交换网络

对容量不大的数字交换机，在交换网络接收侧加入复用器，在发送侧加入分路器，就可以只用时分接线器构成单T级的数字交换网络，来完成多套32路PCM之间的时隙交换。

图3.23中有8条输入/输出时分复用线，每条线的复用度为32。假定输入HW1 TS3的语音A要交换到输出HW7 TS17去，交换过程是：按照前面讲的复用原理，输入HW1 TS3的语音A复用后的时隙是TS25，经T接线器交换到TS143，分路后就送到输出HW7 TS17上。



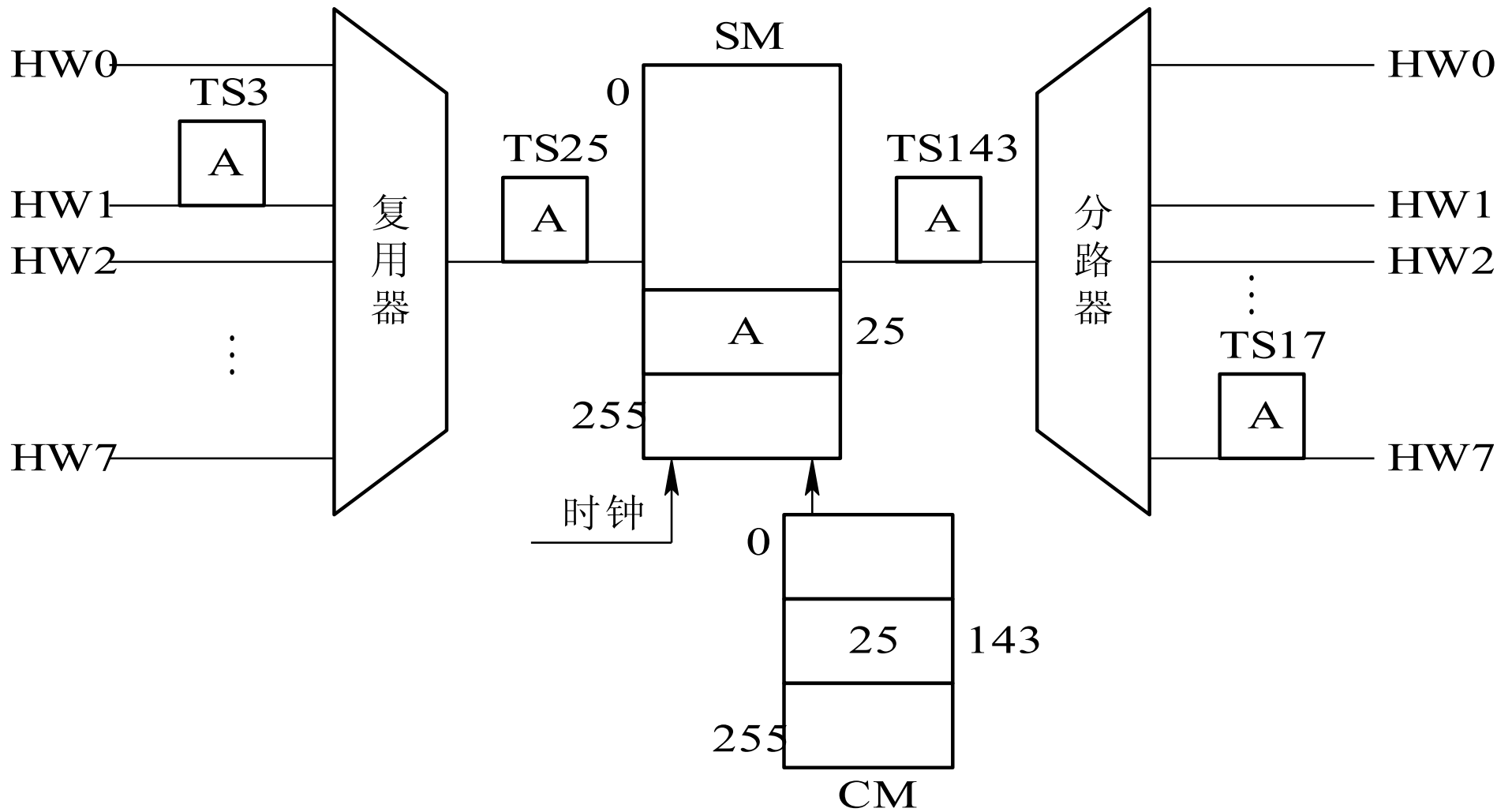


图3.23 T接线器与复用器结合构成的交换网络



2. 由TS组合构成的交换网络

小容量的数字交换网络可以用上述方法构成。但当容量很大时，不能无限地增加在一条复用线上的时隙数，这时可采用空分接线器来完成时隙的空间交换功能。

TS组合在一起可以构成各种形式的多级网络。下面以TST交换网络为例进行介绍。

TST是三级交换网络，它的两侧为时分接线器，中间一级为空分接线器，如图3.24所示。



初级T接线器
(输入控制)

S接线器
(按出线配置)

次级T接线器
(输出控制)

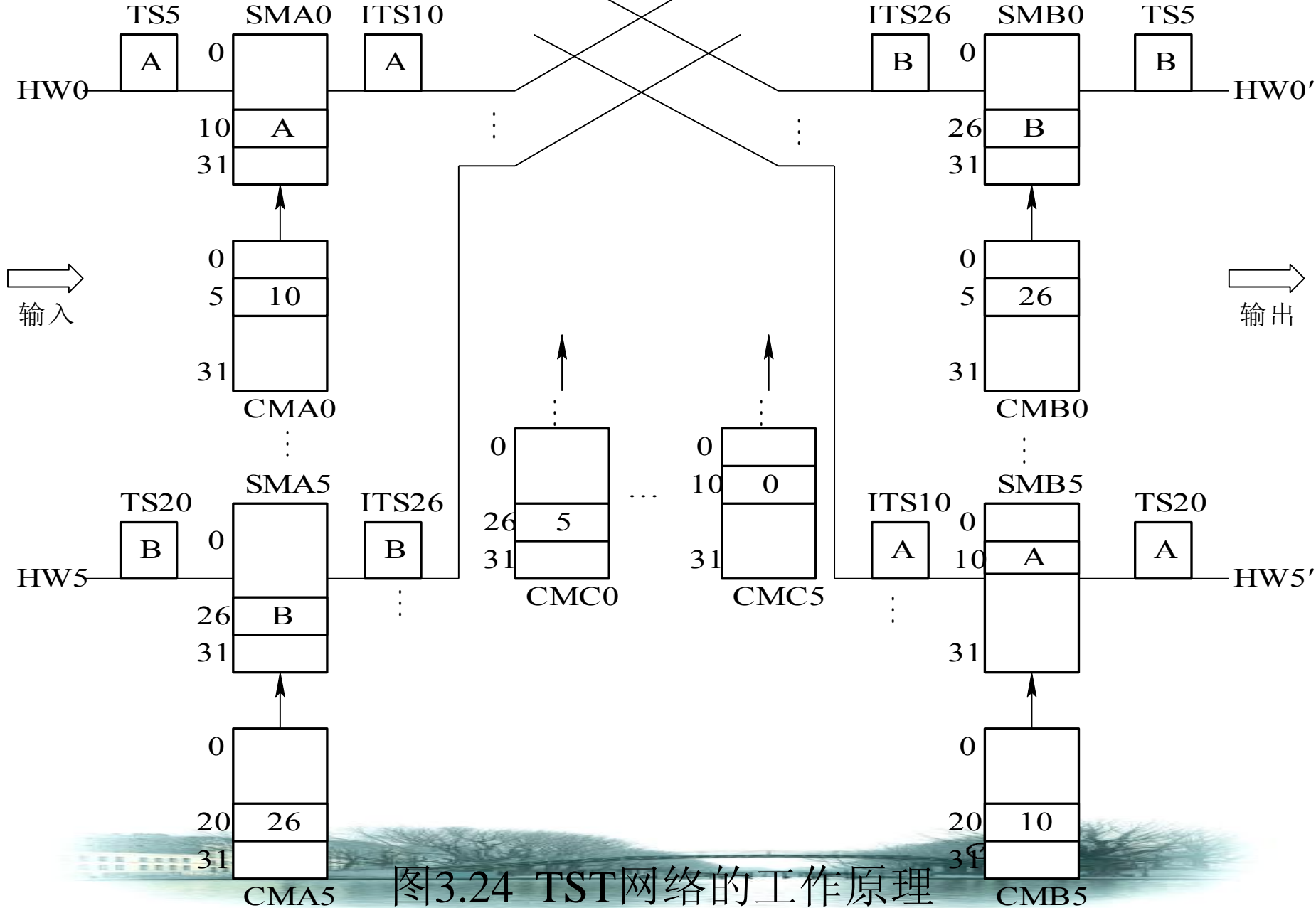


图3.24 TST网络的工作原理

T接线器每侧有6个，每个T接线器可容纳1套PCM系统，可完成32个输入时隙与32个输出时隙间的交换。初级话音存储器用SMA0~SMA5表示，次级话音存储器用SMB0~SMB5表示。初级控制存储器用CMA0~CMA5表示，次级控制存储器用CMB1~CMB5表示。空分接线器为 6×6 的矩阵，控制存储器有6个，对应于6条输出复用线，用CMC0~CMC5表示。初级T接线器与S级间的链路称为网络的第一级内部链路，S级与次级T接线器间的链路称为网络的第二级内部链路。每条内部链路都是时分复用的，复用度是32。



TST交换网络中的T接线器有4种安排方式。常用的组合方式有两种。一种是初级T接线器采用控制写入、顺序读出方式，次级T接线器采用顺序写入、控制读出方式。另一种是初级T接线器采用顺序写入、控制读出方式，次级T接线器采用控制写入、顺序读出方式。如果采用前一种，假设要完成HW0 TS5输入时隙与HW5 TS20输出时隙的交换，那么如何构造转发表呢？

首先由处理机在32个内部时隙中寻找一个空闲时隙，这必须是在SMA0侧和SMB5侧都空闲的同一个时隙。设找到第10时隙，就在CMA0的第5单元(对应于第5个内部时隙)中写10，在CMB5的第20单元中写10，在CMC5的第10单元中写入1，这样转发表就构造完成了。



以后每一帧的第5输入时隙的话音信息都写入SMA1的第10单元中，在CMA0的控制下，于第10内部时隙读出。在CMC5的第10单元中写入1，表示在第10内部时隙到来时，第6条输出线与第1条输入线的交叉点闭合，上述话音信息就通过S级写入SMB5的第10个单元。在CMB5的控制下，当输出时隙20到达时，就被读出到输出线上，完成了交换。



上述过程只实现了一个方向的话音信息传送。结合图3.24看，建立另一方向的通信通路，就是要完成HW5 TS20输入时隙与HW0 TS5输出时隙的交换。为此，必须再选用一个内部时隙。为简化控制，可使两个方向的内部时隙具有一定的对应关系，一般相差半帧。设一个方向选用第10个时隙，当内部链路复用度为32时，另一方向应选用的时隙为 $10+32/2=26$ 。这种相差半帧的成对内部时隙选择法又叫反相法(antiphase method)。按反相法工作的各级控制存储器的填写见图3.24。



如果初级T接线器采用顺序写入、控制读出，次级T接线器采用控制写入、顺序读出，则对照图3.24不难想像，凡是有关T接线器的控制存储器的地址和内容都颠倒一下，而有关S接线器的控制存储器的地址和内容仍然相同。例如：CMA0原来是在第5单元写入10去控制SMA0的写入，表示将输入线上的5时隙的话音控制写入10单元，当内部时隙10到来时，顺序读出SMA0第10单元(相当于输入第5时隙)的内容；现在则应在CMA0的第10单元写入5，去控制SMA0的读出，表示输入第5时隙到来的话音，按顺序写入SMA0的第5单元，而在内部时隙10到来时被控制读出。

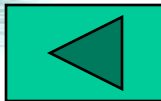


对于TST网络来说，输入T接线器和输出T接线器的控制存储器是可以合用的。观察图3.24可以看出，在双向通路所选用的内部时隙存在一定的对应关系时，CMA0和CMB0可以合并，CMA5和CMB5可以合并，其它同号输入/输出复用线的初级T和次级T的CM对也可以合并。在相差半帧的关系时，CMA0的地址5中内容为10，CMB0的地址5中的内容是26，相同地址中的内容相差半帧的数量，这反映了两者具有合并的可能性。



在出入两侧T接线器的控制存储器合并后，如何用同一个控制存储器既控制输入SM的写入又控制输出SM的读出呢？可以这样做，在输入5时隙到来时，用5地址的内容控制SMA0的写入，同时将内容10变换为26去控制SMB0的读出，就可以实现控制存储器的合并；另一种相反工作方式的控制存储器的合并方法请读者自己考虑。

根据实际需要，也可以用多个DSE构成不同容量的交换网络。其组成方法及工作原理见S-1240交换机中的交换网络。



3.4 电路交换机的控制软件

3.4.1 程控交换软件

1. 程控交换软件的特点

(1) 实时性。交换系统需要同时，或者说，在一个很短的时间间隔内处理成千上万个并发任务，因此它对每个交换机都有一定的业务处理能力和服务质量要求。不能因为软件的处理能力不足而使用户等待时间过长。如摘机后至听到拨号音的等待时间，拨完号后至听到回铃音的等待时间，尤其是拨号号码的接收时间都不能过长。拨号是由用户控制的，处理机不能及时接收拨号号码意味着错号，即呼叫失败。因此程控交换机的控制软件设计要满足实时性。



(2) 多道程序运行。一个大型交换系统中可以容纳几万门或更多的电话，程控交换机要及时处理各种呼叫必须以多道程序运行方式工作，也就是说要同时执行许多任务。例如一个一万门的交换机，忙时平均同时可能有1200~2000个用户正在通话，再加上通话前、后的呼叫建立和释放用户数，就可能有2000多项处理任务。软件系统必须能及时记录这些呼叫建立中和呼叫进行中的用户状态，并将有关的数据都保存起来，以便呼叫处理往下进行。除此之外，还要同时处理维护、测试和管理任务。



(3) 不间断性。程控交换机一经开通，其运行就不能间断，即使在硬件或软件系统本身有故障的情况下，系统仍应能保证可靠运行，并能在不中断系统运行的前提下，从硬件或软件故障中恢复正常。对于程控交换机来说，出现万分之一或十万分之一的错误一般还是可以容许的，但整个系统中断则会带来灾难性的损失。因此，许多交换机的可靠性指标是99.98%的正确呼叫处理及40年内系统中断运行时间不超过2小时。



2. 交换软件的组成

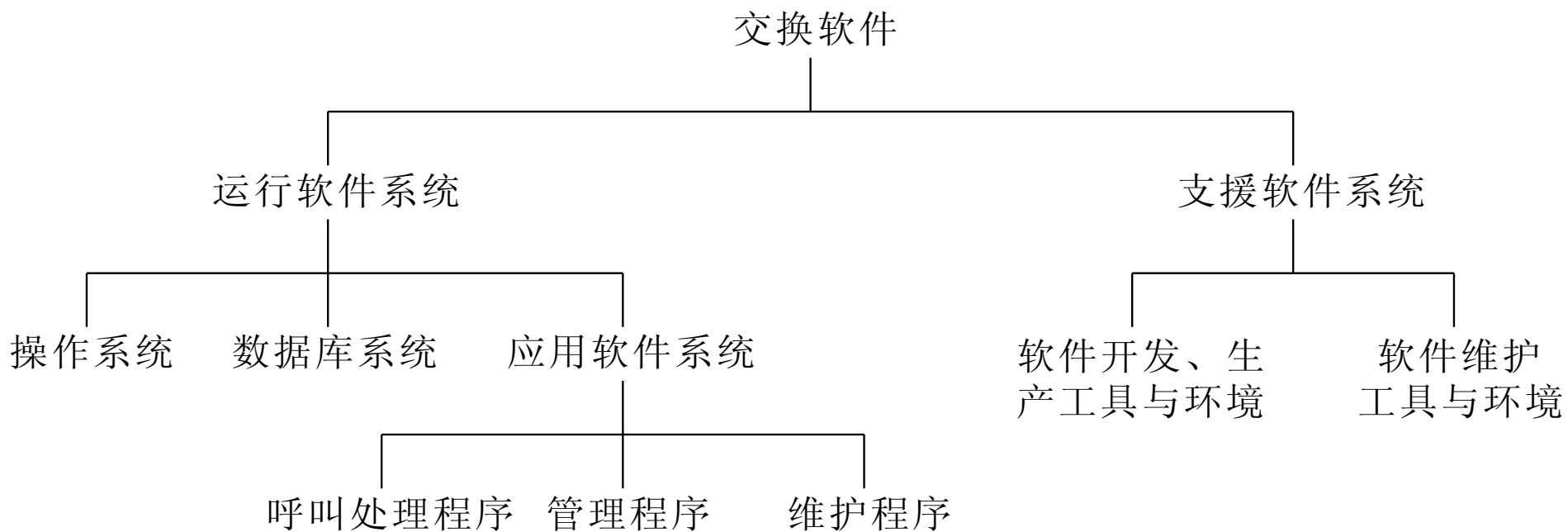


图3.25 交换软件系统的结构



1) 运行软件系统

运行软件又称联机软件，是指存放在交换机处理系统中，对交换机的各种业务进行处理的软件，其中的大部分软件具有比较强的实时性。根据功能的不同，运行软件系统又可分为操作系统、数据库系统和应用软件系统三个子系统。

程控交换机应配置实时操作系统，以便有效地管理资源和支持应用程序的执行。操作系统的主要功能是任务调度、通信控制、存储器管理、时间管理、系统安全和恢复。此外，还有外设处理、文件管理、装入引导等功能。



数据库系统对软件系统中的大量数据进行集中管理，实现各部分软件对数据的共享访问功能，并提供数据保护等功能。

应用软件系统通常包括呼叫处理程序、管理程序和维护程序三部分。

呼叫处理程序主要用来完成交换机的呼叫处理功能。普通的呼叫处理过程从一方用户摘机开始，然后接收用户拨号数字，经过对数字进行分析后接通通话双方，一直到双方用户全部挂机为止。



管理程序的主要作用包括三个方面：一是协助实现交换机软、硬件系统的更新；二是进行计费管理；三是监督交换机的工作情况，确保交换机的服务质量。

维护程序实现交换机故障检测、诊断和恢复功能，以保证交换机可靠地工作。

运行软件系统的结构如图3.26所示。



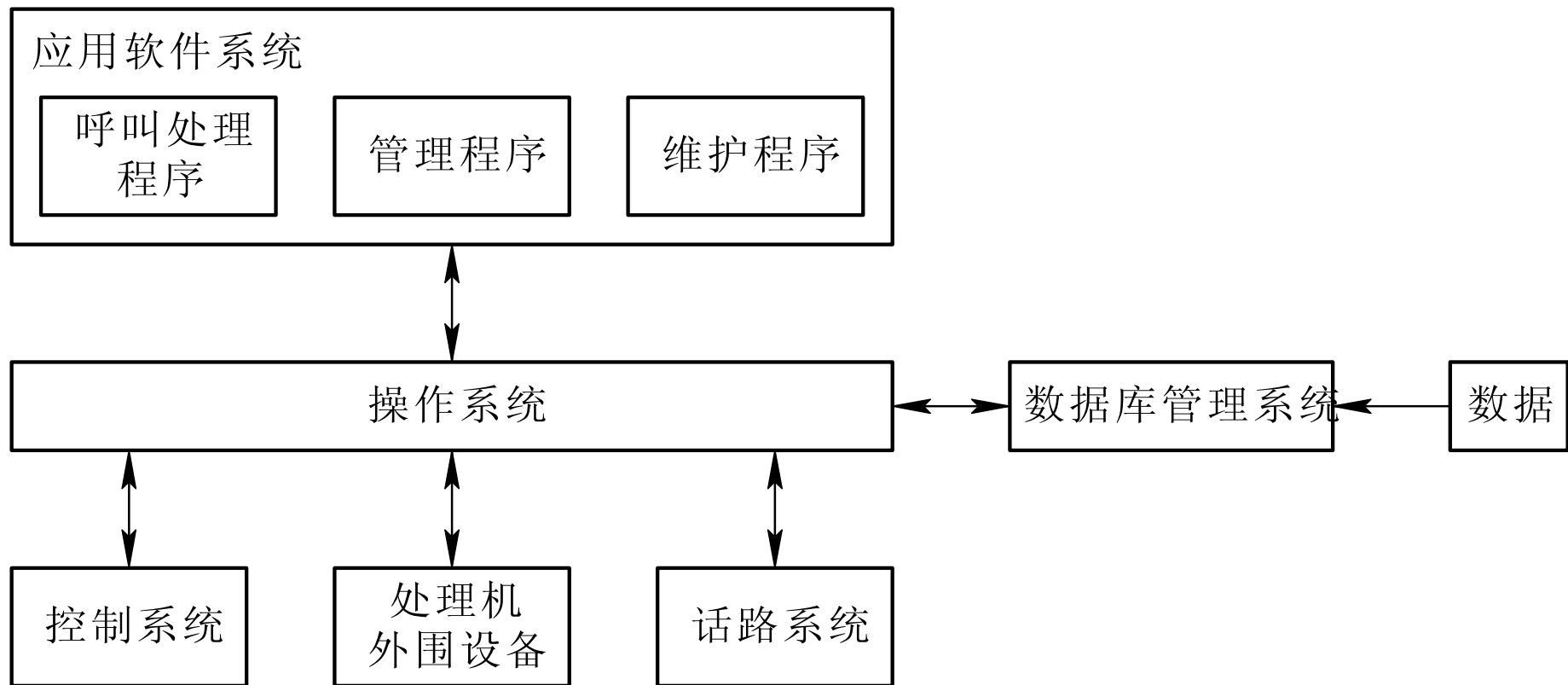


图3.26 运行软件系统的结构



2) 支援软件系统

程控交换机的成本和质量在很大程度上取决于软件系统，因此，软件的开发和生产效率及质量是直接影响程控交换机成本和质量的关键。

在一个通信网中，由于各个交换局的地理位置和所管辖区域的政治、历史、经济等情况各不相同，因此它们的用户组成、容量、话务量、对端局工作方式及其在整个网中所处的地位与作用也各不相同。尽管各个局的主体软件构成相同，但考虑到上述具体因素，软件的有关部分需要做一定的修改以适应各种具体要求。如果每建立一个程控交换局都要用人工方法根据具体要求对交换软件系统中的相应程序和数据进行修改，那么不但工作量大，而且更重要的是不能保证软件质量。支援软件系统的一个重要功能就是提供软件开发和生产的工具与环境。



程控交换软件系统的一大特点是具有相当大的维护工作量。这不仅是因为原来设计和实现的软件系统不完善而需要加以修改，而且更重要的原因是随着技术的发展，需要不断引入新的功能和业务，对原有功能要加以改进和扩充。另外，交换局的业务发展会引起用户组成、话务量等的变化，整个通信网的发展可能会对各交换局提出新的要求。可以预料，程控交换软件的维护工作量比一般软件系统更大。维护工作从系统投入运行开始，一直延续到交换机退出服役为止，一般软件总成本中有50%~60%是用在维护上的，所以，提高程控软件的维护水平(包括效率和质量)对提高程控交换系统的质量和降低成本具有十分重要的作用。支援软件系统的另一个重要功能就是提供先进的软件维护工具和环境。



在交换机软件中，呼叫处理程序是实现交换机基本功能的主要组成部分，但在整个系统的运行软件中，它只占一小部分，一般不超过三分之一，而系统防御和维护管理程序大约占整个运行软件的三分之二左右。



3) 程控交换机使用的数据

在程控交换机中，所有有关交换机的信息都是通过数据来描述的，如交换机的硬件配置、使用环境、编号方案、用户当前状态、资源(如中继、路由等)的当前状态、接续路由地址等。

根据信息存在的时间特性，数据可分为半固定数据和暂时性数据两类。



半固定数据用来描述静态信息，它基本上有两种类型：一种是与用户有关的数据，称为用户数据，包括用户号码、设备号码、话机类型、用户呼叫权限、用户业务类型等；另一种是与整个交换局有关的数据，称为局数据，包括局间中继设备码、中继类型、中继方式、信令方式、计费方案、编号方案等。用户数据和局数据一旦输入，一般较少改动，因此也叫做半固定数据。半固定数据可由操作人员输入一定格式的命令加以修改。

暂时性数据用来描述交换机的动态信息，这类数据随着每次呼叫的建立过程不断产生变化，呼叫接续完成后也就没有保存的必要了。



呼叫处理过程中有许多数据在不断变化，需要暂存。为方便处理和使用，这类数据按照其性质被组织成紧凑的表格结构。从总体上讲包括以下几种表格：

(1) 忙闲信息表：描述了资源的当前状态，如用户的忙闲表、收号器的忙闲表、中继线的忙闲表、交换网络内部链路的忙闲表等。这类数据是交换机处理的主要依据之一。

(2) 事件登记表：在呼叫处理过程中，各种事件，如用户呼出、应答、摘、挂机等均可能出现，交换机一旦识别出这些事件，立刻予以登记并按顺序排队，等待交换机的进一步处理。



(3) 各种监视表：主要用于暂存交换机采集到的有关信息。例如，收号器监视表用来暂存脉冲扫描和位间隔扫描的上次扫描结果以及脉冲计数等。

(4) 输出登记表：作为输出缓冲区，暂存主机准备向驱动器或其它外围设备发送的信息，如驱动输出登记表、话单打印表等。

(5) 新业务登记表：程控交换系统可开放多种新业务，为配合新业务的处理，可建立一定格式的新业务登记表，如缩位拨号登记表、转移呼叫登记表、热线服务登记表等。



3.4.2 呼叫处理程序

1. 呼叫处理程序的组成

呼叫处理程序用来控制呼叫，它包括用户扫描、信令扫描、数字分析、路由选择、通路选择、输出驱动等功能块。

1) 用户扫描

用户扫描用来检测用户环路的状态变化。用户摘机，环路接通，用户挂机，环路断开，即从用户环路的当前状态和用户原有的呼叫状态可以判断事件是摘机还是挂机。例如，环路接通可能是主叫呼出，也可能是被叫应答。用户扫描程序应按一定的扫描周期执行。



2) 信令扫描

信令扫描泛指对用户线进行的收号扫描和对中继线或信令设备进行的扫描。前者包括脉冲收号或DTMF收号扫描，后者主要是指在随路信令方式时，对各种类型的中继线和多频接收器所做的线路信令和记发器信令的扫描。

3) 数字分析

数字分析的主要任务是根据所收到的地址信令或其前几位号码判定接续的性质，例如判别本局呼叫、出局呼叫、汇接呼叫、长途呼叫、特种业务呼叫等。对于非本局呼叫，通过数字分析和翻译功能，可以获得用于选路的有关数据。



4) 路由选择

路由选择的任务是根据路由表，确定对应于呼叫去向的中继线群，从中选择一条空闲的出中继线。如果线群全忙，还可以依次确定各个迂回路由并选择空闲中继线。路由表是交换局开局时由维护人员人工输入的，一般不再改变，只有在局间中继线调整时才会发生变化。

5) 通路选择

通路选择在数字分析和路由选择后执行，其任务是在交换网络指定的入端与出端之间选择一条空闲的通路。软件进行通路选择的依据是存储器中链路忙闲状态的映射表。



6) 输出驱动

输出驱动程序是软件与话路子系统中各种硬件的接口，用来驱动硬件电路的动作。例如驱动数字交换网络的通路连接或释放，驱动用户电路中振铃继电器的动作等。



2. 呼叫处理程序的结构

为呼叫建立而执行的处理任务可分为3种类型：输入处理、内部处理和输出处理，见图3.27。

1) 输入处理

收集话路设备的状态变化和有关的信令信息称为输入处理。各种扫描程序都属于输入处理。输入处理通常是在时钟中断控制下按一定周期执行，主要任务是发现事件而不是处理事件。输入处理是靠近硬件的低层软件，实时性要求较高。



2) 内部处理

内部处理是呼叫处理的高层软件，与硬件无直接关系。例如数字分析、路由选择、通路选择等。呼叫建立过程的主要处理任务都在内部分析、处理中完成。

内部处理程序的一个共同特点是要通过查表进行一系列的分析、译码和判断。内部处理程序的结果可以是启动另一个内部处理程序或者启动输出处理。



3) 输出处理

输出驱动属于输出处理，也是与硬件直接有关的低层软件。输出处理与输入处理都要针对一定的硬设备，可以合称为设备处理。扫描是处理机输入信息，驱动是处理机输出信息，它们是处理机在呼叫处理过程中与硬件联系的两种基本方式。

呼叫处理过程可以看成是输入处理、内部处理和输出处理的不断循环。例如，从用户摘机到听到拨号音，输入处理是用户状态扫描，内部处理是查找主叫用户的服务类别，选择空闲的双音频接收器和相应的连接通路，输出处理是驱动通路接通并送出拨号音。又如本局呼叫从用户拨号到用户听到回铃音，输入处理是收号扫描，内部处理是数字分析和通路选择，输出处理是驱动向被叫侧的振铃和向主叫送出回铃音。输入处理发现呼叫要求，通过内部处理的分析判断由输出处理完成对要求的响应。响应应尽可能迅速，以满足实时处理的要求。



硬件执行了输出处理的驱动命令后，改变了硬件的状态，使得硬件设备从原有的稳定状态转移到另一个稳定状态，硬件设备在软件中的映射状态也随之而变，以始终保持一致。因此，呼叫处理过程反映的是用户状态不断转移的过程，如图3.27所示。按照系统的处理过程，刻画出不同的状态和状态转移条件，是设计呼叫处理程序的重要依据和有效方法。



3. 呼叫处理技术实现

1) 用户摘挂机识别

用户挂机时，用户线为断开状态，假定扫描点输出为“1”。摘机时，用户线为闭合状态，扫描点输出为“0”。用户线状态从挂机到摘机的转折，表示用户摘机，反之表示用户挂机。

处理机每隔大约200 ms对每一个用户扫描一次，读出用户线的状态并存入“这次扫描结果SCN”，然后从存储区中调出“前次扫描结果LM”，将 $\overline{\text{SCN}} \wedge \text{LM}$ ，结果为1，就识别到用户摘机。如果 $\text{SCN} \wedge \overline{\text{LM}}$ 为1，则识别的是用户挂机。上述识别过程见图3.28。

在大型交换机中常采用“群处理”的方法，即每次对一组用户的状态进行检测，从而达到节省机时、提高扫描速度的目的。



第3章 电路交换技术

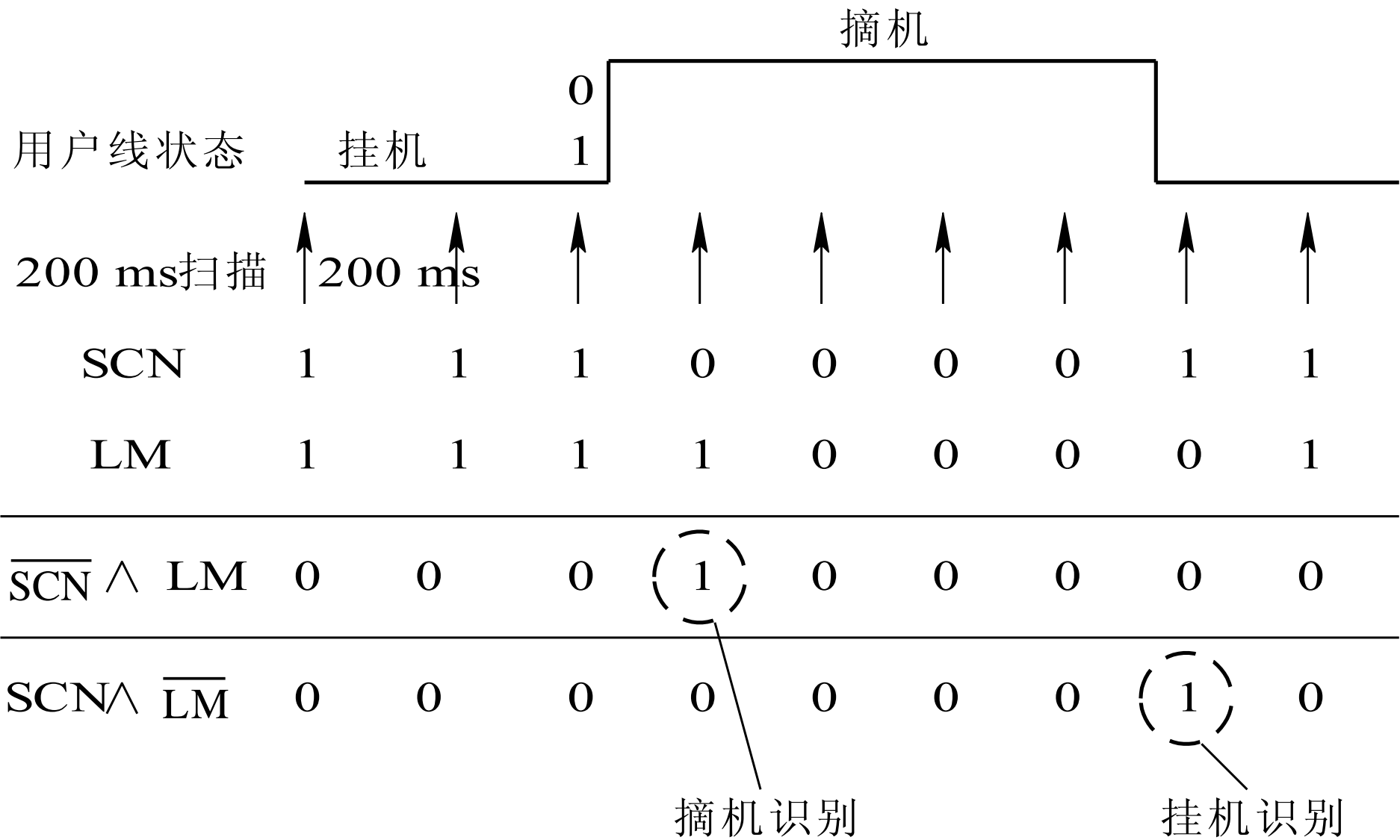


图3.28 用户摘挂机识别



2) DTMF收号识别

双音多频话机送出的拨号号码由两个音频组成。这两个音频分别属于高频组和低频组，每组各有4个频率。每拨一个号码就从高频组和低频组中各取一个频率(4中取1)。具体话机的按键和相应频率的关系如图3.29所示。DTMF收号器的基本结构如图3.30所示。



	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

图3.29 DTMF话机的号盘示意图



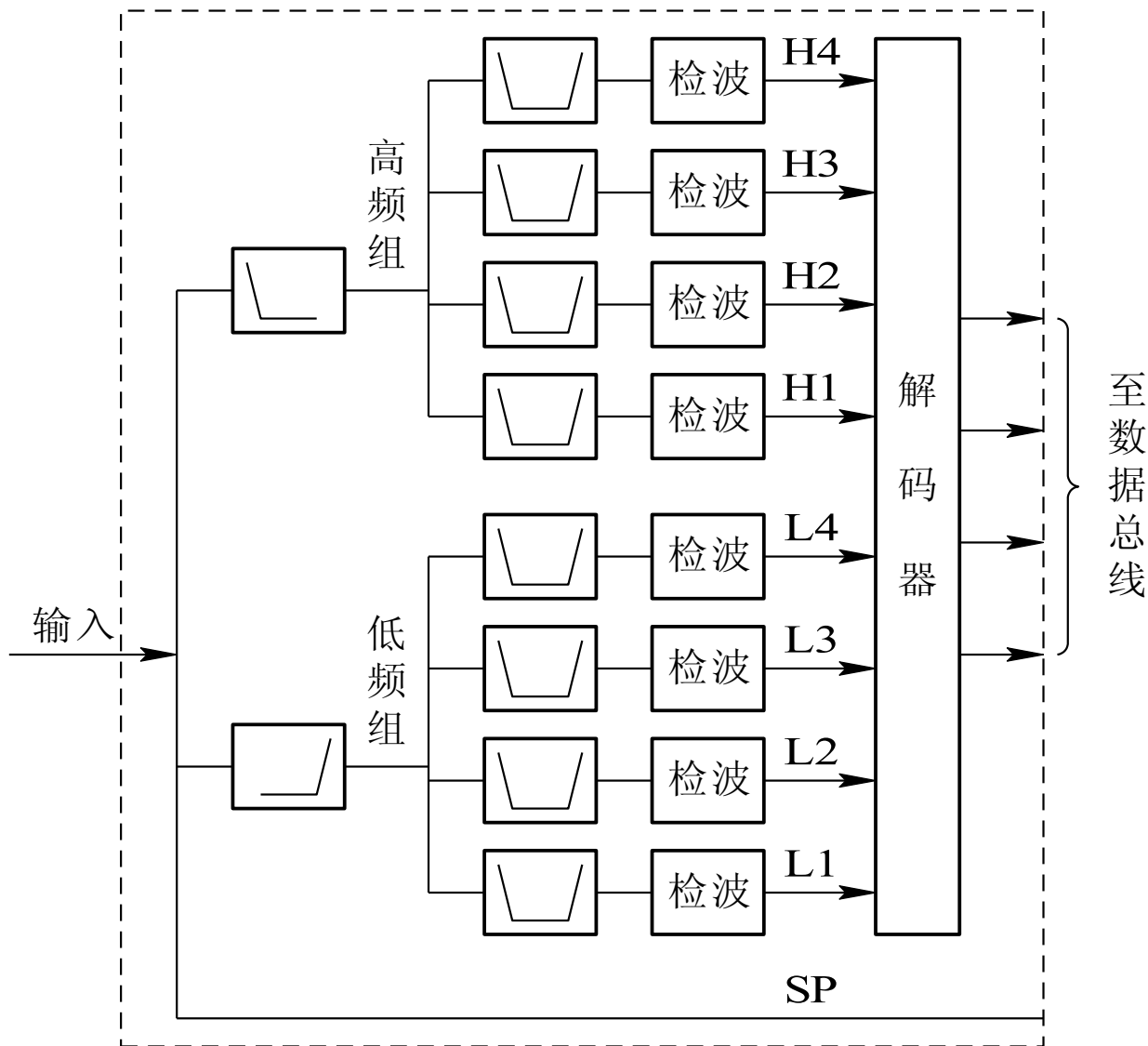


图3.30 DTMF收号器的基本结构



CPU从DTMF收号器读取号码信息时采用查询方式，即首先读状态信息SP。若 $SP=0$ ，表明有信息送来，可以读取号码信息。若 $SP=1$ ，则不能读取。读SP后也要进行逻辑运算，识别SP脉冲的前沿，然后读出数据。这个方法和前面识别摘挂机的方法一样，这里不再重复。DTMF收号原理如图3.31所示。一般DTMF信号传送时间大于40 ms，因此用16 ms扫描周期就可以识别。



第3章 电路交换技术

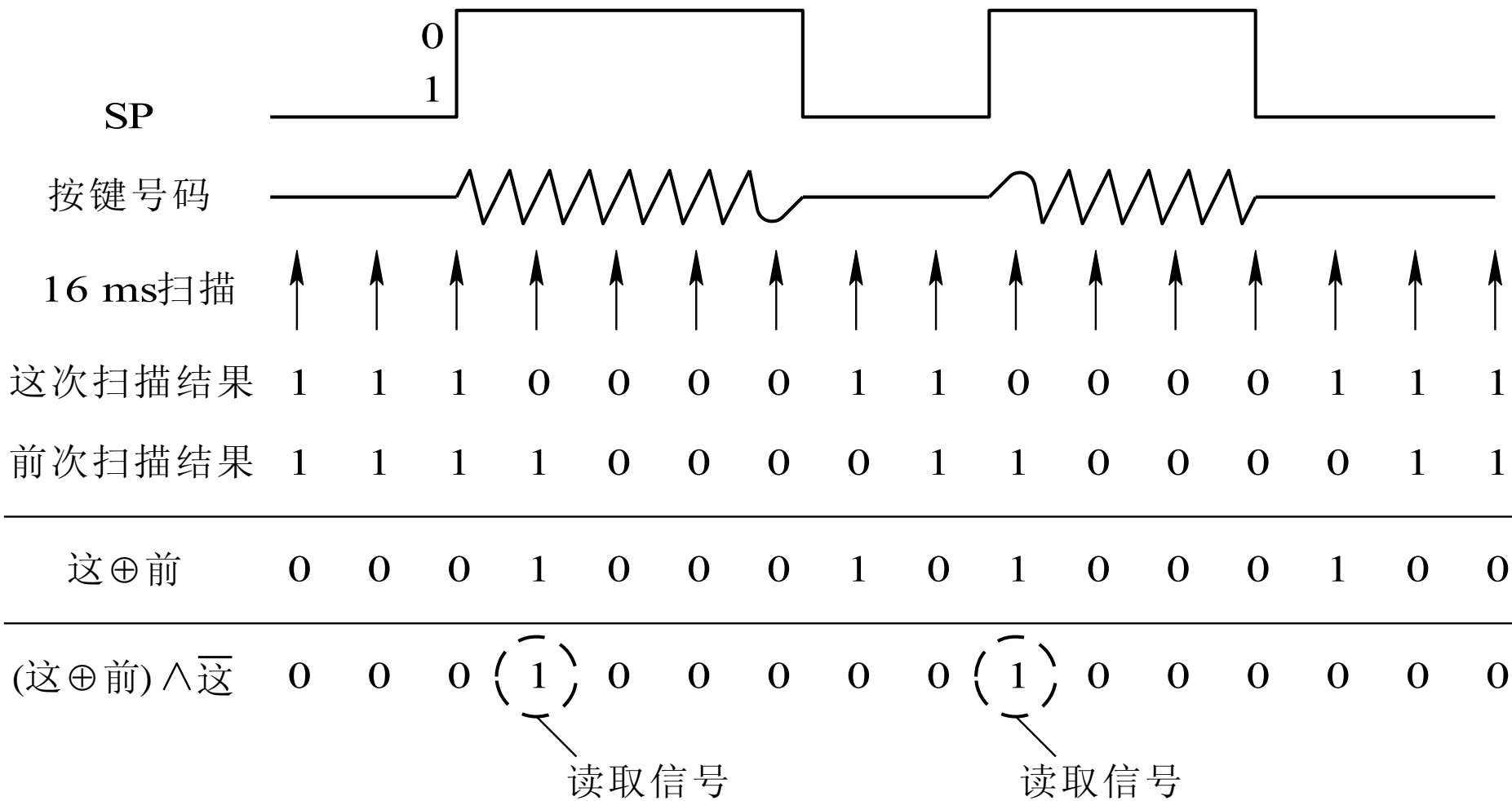


图3.31 DTMF收号原理



3) 数字分析

数字分析的任务是对被叫号码进行翻译，以确定接续方向是本局还是出局。对于出局呼叫应找出相应的中继线群。

数字分析是通过查表实现的，见图3.32。图中假定29局共有19条中继线，分成3群，1号群的5条中继线接长途交换机，2号群的10条中继线接32局，3号群的4条中继线接112测量台。查表分析依据接收到的被叫用户号码进行。第一级表按第1位号码查找，第二级表按第2位号码查找，直到查出需要的数据为止。

表中各单元的第一个比特是继续/停止查表位，“1”表示继续查表，后面给出下一张表首地址；“0”表示停止查表，后面给出本次呼叫的中继群号。



第3章 电路交换技术

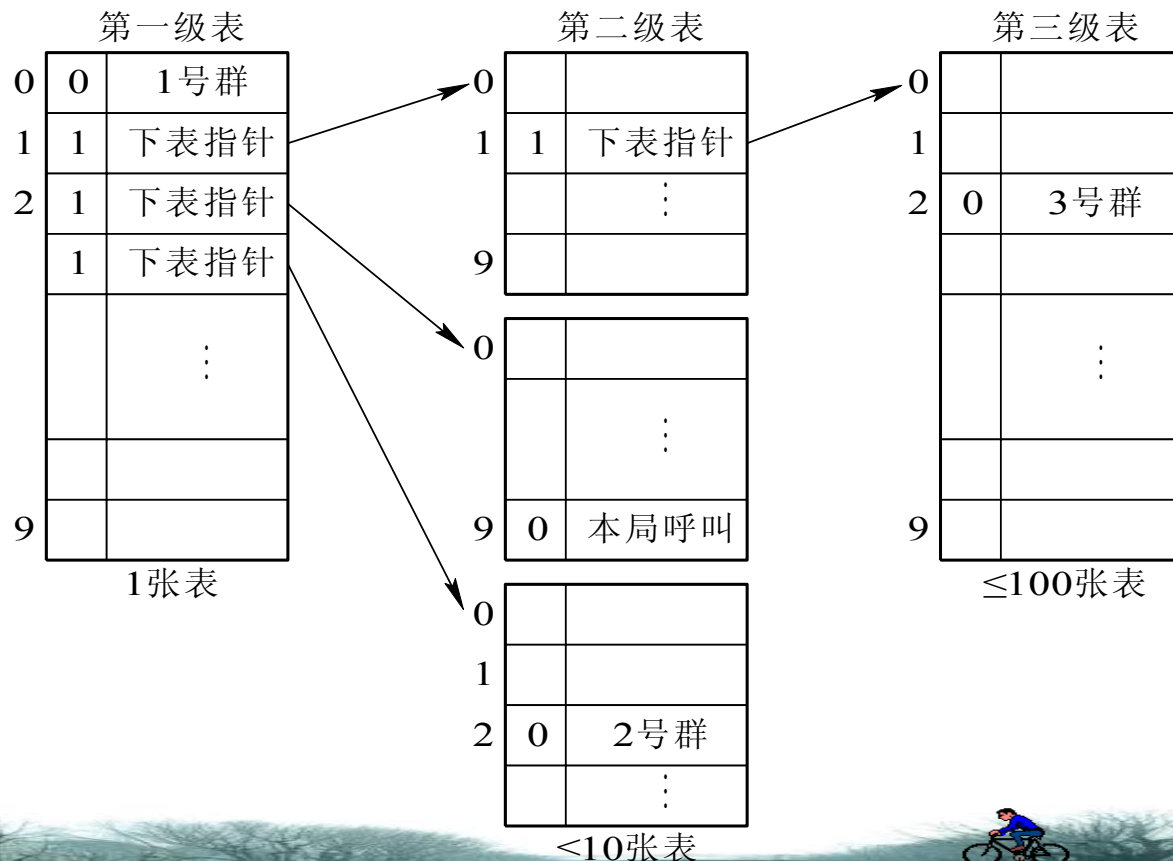
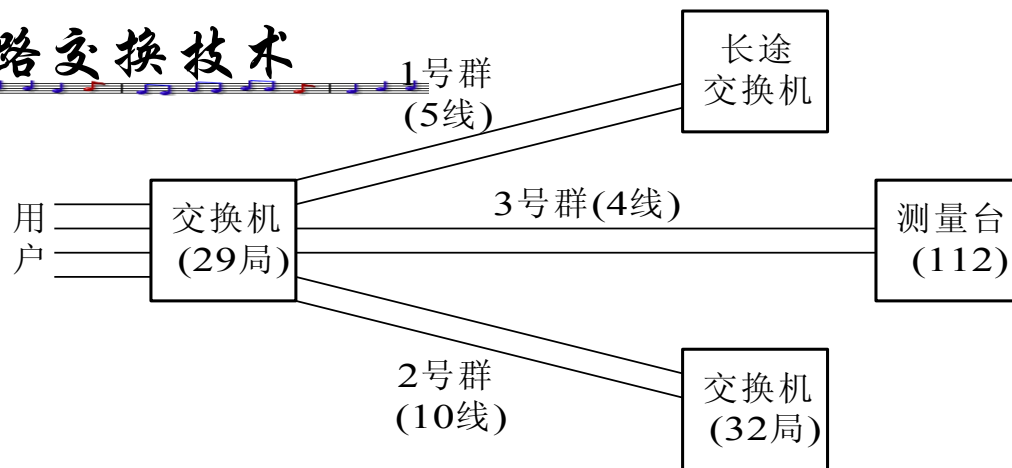


图3.32 号码翻译表和数字分析举例



4) 路由选择

数字分析结果如果是出局接续，那么可以得到一个中继群号，根据群号查路由表，可以找到相应中继群中的空闲中继线。如果这次没找到空闲中继线，可以按次选群继续查找，直到标志为“0”时停止，见图3.33。



5) 通路选择

以TST三级交换网络为例。图3.24中任何一对入、出线之间都存在32条内部链路，为了实现交换，这32条链路中至少应有一条空闲，即组成该链路的1-2级间链路和2-3级间链路必须同时空闲。控制系统在通路选择时，首先调出对应入线的第一级链路的忙闲状态，再调出对应出线的第二级链路的忙闲状态，通过运算找出可以使用的空闲内部链路。运算过程如下，其中“0”表示链路忙，“1”表示链路闲。

第一级链路的忙闲状态： 11010011101001001101101111000010

第二级链路的忙闲状态： 01010101000111100000011111001000

与运算结果： 01010001000001000000001111000000

运算结果表明有8条内部链路空闲，可以从中选择任意一条空闲的使用。



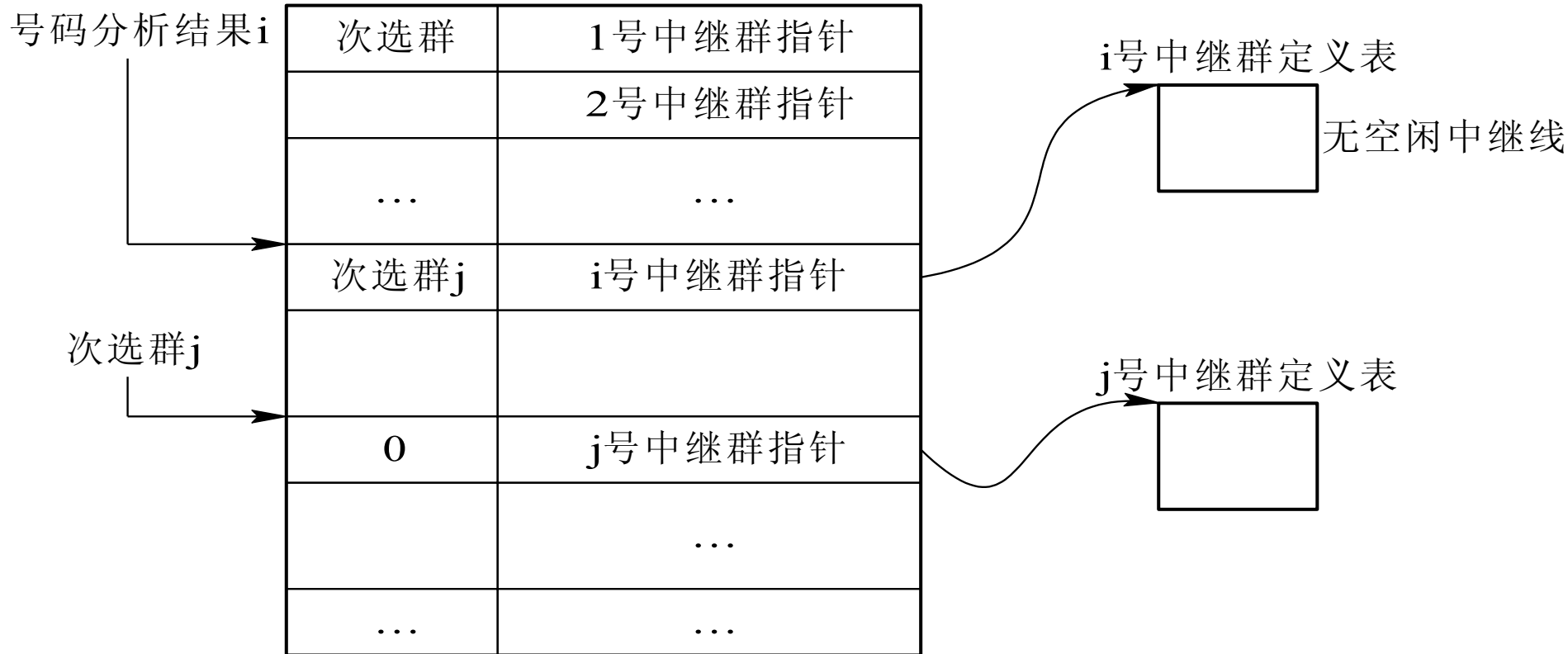


图3.33 路由表



6) 会议电话的实现

如果要召开一个电话会议，参加会议的任一话机接口的输出信号都必须同时送到其它所有话机接口的接收端，即接收端收到的信号是其它所有模拟话音的叠加。由于语音编码后是非线性码，不能将若干路话音简单相加，因此必须有一个专门的会议信号合成电路，见图3.34。



第3章 电路交换技术

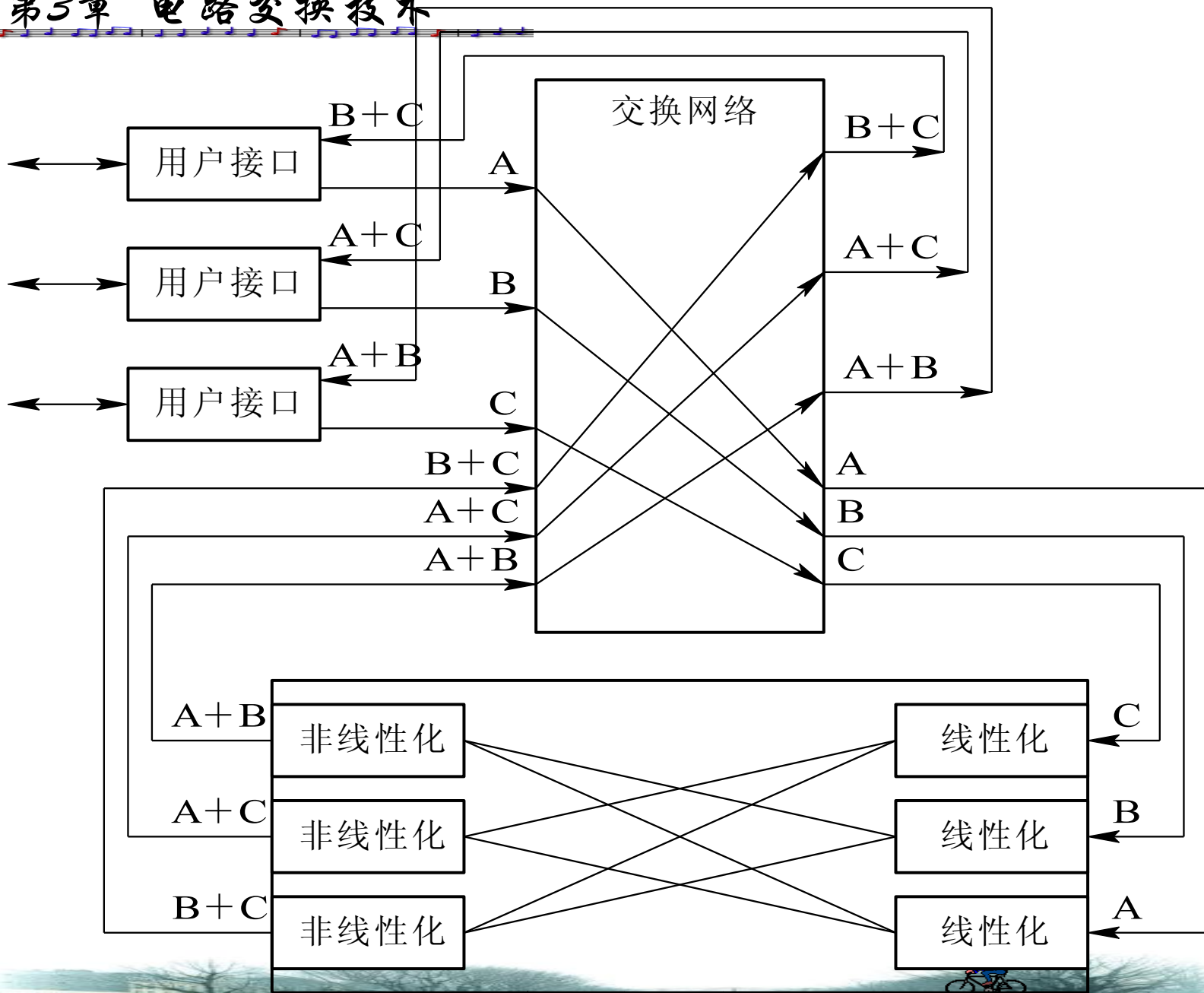


图3.34 会议电话合成网络

3.4.3 程序的执行管理

交换处理程序包括输入处理、内部处理和输出处理程序。它由多种执行一定功能的程序组成，以满足各种处理要求。这些处理要求有些实时性强，不能延迟，交换机必须立即响应；有些处理要求可以稍加延迟，时间要求不是很严格。因此，必须预先安排好各种程序的执行计划，在一定的时刻，选择执行最合适的处理任务。这种按照计划依次执行各种程序以满足不同实时性要求的功能，就是程序的执行管理，它属于操作系统(OS)的功能。



1. 程序的执行级别和原则

依照实时性要求的严格程度，交换处理程序划分为若干级别。时间要求愈严，级别愈高，执行时优先度就越高。一般可分为中断级、时钟级和基本级。在时钟级和基本级中，还可以根据需要再分为若干级。

中断级程序实时性要求最高，一旦出现必须立即得到处理。这类程序包括硬件故障和电源报警等零散随机事件。

时钟级程序的执行有一定的周期性，故时钟级也可称为周期级。各种扫描程序都具有一定的周期性，均属于时钟级程序。此外，时钟级程序还可包含时限处理等程序。



为了确保时钟级程序的周期性执行，中央控制设备具有时钟中断的性能。例如，每隔4 ms或8 ms就向CPU发出中断请求。CPU接受时钟中断后，就进入中断处理，执行时钟级程序。

基本级程序有些没有周期性，有任务就执行。有些虽有周期性，但一般来说周期较长。总之，基本级程序执行时间的要求没有时钟级严格。内部处理程序一般属于基本级。



基本级程序级别低于时钟级程序。在执行基本级程序时，如果有时钟中断到来，就暂停执行基本级程序，而转去执行时钟级程序。等到时钟级程序执行完毕，返回中断点，再恢复基本级程序的执行。

正常情况下，每次时钟中断到来后，先依次执行时钟级任务，如A、C、D，然后执行基本级任务J，如此循环下去；故障情况下，首先执行中断级程序，然后是时钟级程序，最后是基本级程序，如图3.35所示。



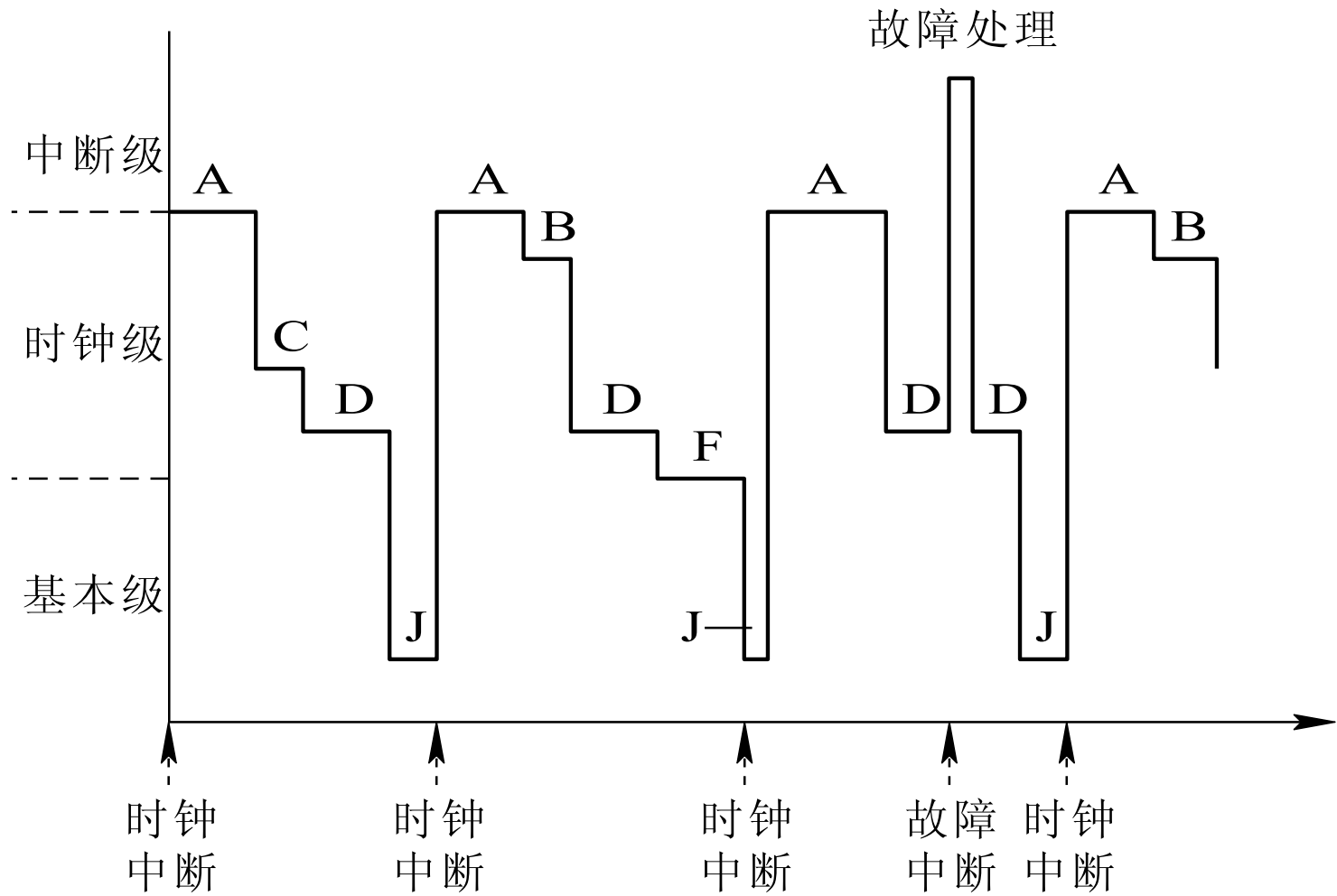


图3.35 程序的执行顺序



2. 时钟级程序的调度

按照预定的计划，有条不紊地执行各种程序，可以满足各种程序不同执行周期的要求。采用时间表，是一种简便而有效的方法。

1) 时间表的结构

图3.36为时间表的结构。它由四部分组成：时间计数器(HTMR)、有效指示器(HACT)、时间表(HTBL)和转移表(HJUMP)。



HACT

		1	1	1	0	1
--	--	---	---	---	---	---

HTBL 15 ... 4 3 2 1 0 对应于任务

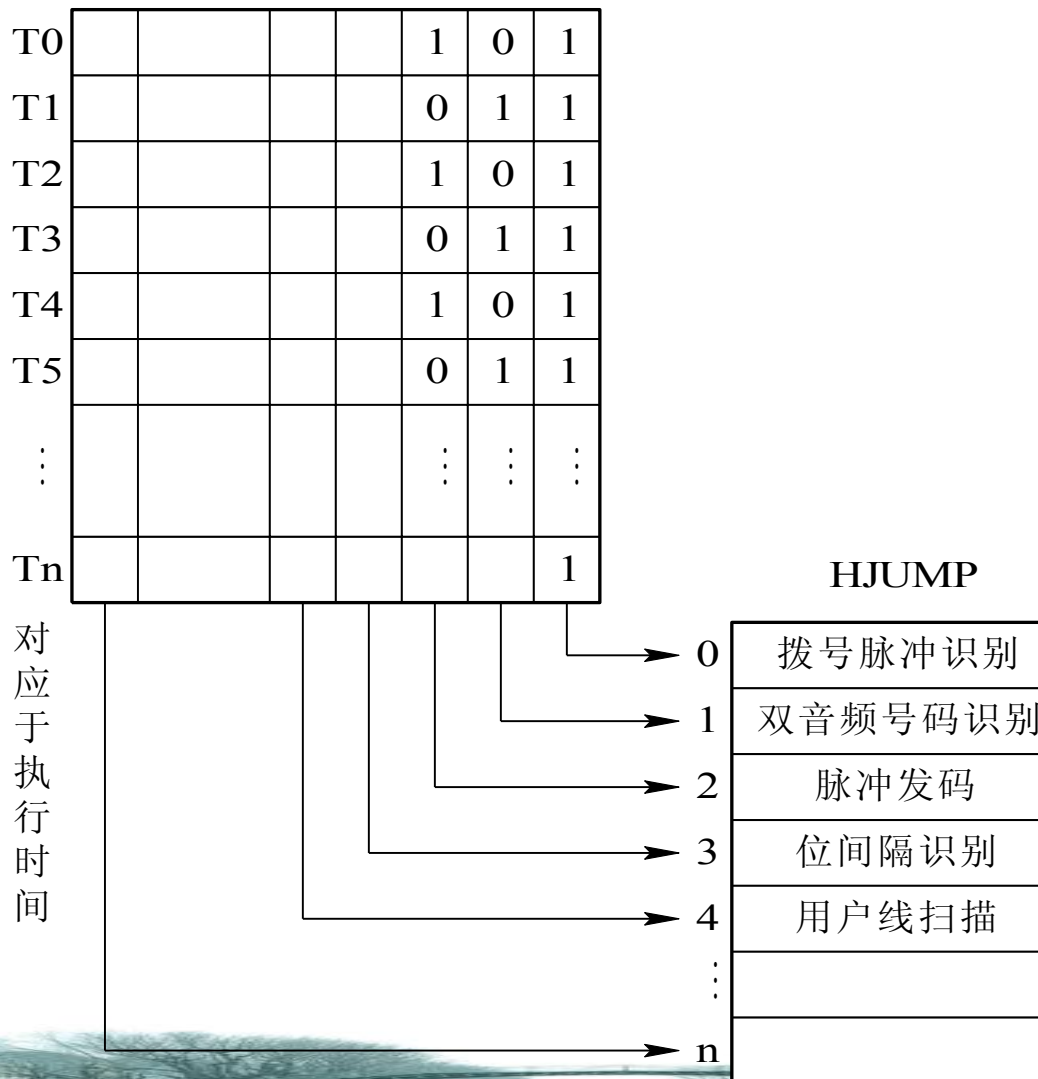


图3.36 时间表的结构

时间表纵向对应时间，每往下一行代表增加一个时间单位，实际上相当于一个时钟中断的周期。时间表横向代表所管理的程序类别，每一位代表一种程序，总位数即计算机字长，故一张时间表可容纳的程序类别数等于字长。当时间表某行某位填入1时，表示执行程序；填入0表示不执行程序。

时间计数器的任务是软件计数，按计数值取时间表的相应单元。

有效指示器表示对应比特位程序的有效性，为“1”表示有效，为“0”表示无效。其作用是便于对时间表中某些任务进行暂时删除(抑制执行)和恢复。

转移表亦称为任务地址表，其每个单元分别记载着对应任务(程序)的入口地址。



2) 时间表的工作过程

首先从时间计数器中取值，每次时钟中断到来时，时间计数器加1。以时间计数器的值为指针，依次读取时间表的相应单元，将该单元的内容与HACT的内容相“与”，再进行寻“1”操作。寻到1，则转向该位对应的程序的入口地址，执行该程序，执行完毕返回时间表，再执行其它为“1”的相应程序。如不为“1”，则不执行。当所有单元寻1完毕，则转向低一级的程序。在最后一个单元的最后一位上，将时间计数器清0，以便在下一周期重新开始。



在调用过程中，后面程序的执行时刻取决于前面的程序是否被启动执行，因此，对运行间隔有严格要求的程序应排在比特表的最前边，而无严格要求的可相应排在后边(与是左寻1还是右寻1有关)。时间间隔应小于所有程序的最小执行间隔要求，而总的行数等于各程序执行周期与最短程序周期之比的最小公倍数。最后，为使CPU在各时隙期间的负荷均匀，应使每行中所含程序数大致相同。

由于各种程序的执行周期长短差异可能很大，而且对时间精确度的要求不同，故实际应用时可根据情况分设几种时间表。



3. 基本级程序的调度

基本级中一部分程序具有周期性，可用时间表控制执行。而基本级中大部分处理任务没有周期性，可采用队列处理。同一级的处理要求可按到达的先后次序排成队列，采用先到来先处理的原则处理。

基本级中的队列就是各种事件登记表的队列。事件登记表是在发现处理要求的程序中登记的。例如用户扫描发现用户呼出，就登记呼出事件登记表，包括应启动的程序地址、要求处理的内容和处理中必需的一些数据等。按照先进先处理的原则，依次取出每一张表进行处理。



3.4.4 故障处理

程控交换机在长期的运转中，总是会发生故障的，为了保证程控交换机能可靠工作，就要求能迅速地对故障进行处理，缩小故障所造成的影响。这就是故障处理程序要完成的任务。它是维护操作管理程序的组成部分。

1. 故障处理的一般过程

1) 故障的识别

各种设备中都配有检验电路，以核对每次动作的结果。如果识别到不正常情况，一般可通过故障中断报告CPU，通过故障处理程序中的故障识别和分析程序，可以大致分析发生了什么性质的故障和哪一个设备发生了故障。



2) 系统再组成

当故障识别程序找到有故障的设备后，就将有故障的设备切换掉，换上备用设备，以保证正常交换处理的进行。这种可重新组成能够正常工作的设备系列，称为系统再组成，它是由系统再组成程序执行的。

3) 恢复处理

故障发生后，进行故障处理并暂停呼叫处理工作。在系统再组成后应恢复正常的呼叫处理，由恢复处理程序来进行恢复处理。对于一般的故障中断，切断了故障设备并换上备用设备后，可以从呼叫处理程序的中断点恢复。



4) 故障告警和打印

交换机恢复正常工作后，应将故障状况通知维护人员，进行故障告警和故障打印。故障告警可使某告警灯亮，也可使告警铃响。故障打印是将故障有关情况较详细地由打印机打印出来。打印机的打印速度较慢，应在呼叫处理恢复后，在执行呼叫处理的同时，利用空隙时间打印。



5) 诊断测试

虽然故障设备已被备用设备替换，但还应尽早修复故障设备，以免在故障设备修复前又发生同类设备故障，因没有可替换的设备而造成交换接续的阻断。为了使这种可能性减到最小程度，就需要尽可能缩短修复时间。

维护人员可根据打印机所输出的故障状况，用键盘发出诊断指令。CPU接收诊断指令后，启动故障诊断程序对故障设备进行诊断测试，诊断结果再由打印机输出。

诊断测试也可由软件自动调度执行。



6) 故障的修理

打印出的诊断结果表示了各测试阶段的良好与否，维护人员据此查找故障字典可以找出故障插件或可疑插件的范围，从而进一步减少了维护人员的工作量。

7) 修复设备返回整机系统

故障设备修复后，可由维护人员输入指令，以便将修复设备变为可用状态，返回交换机的工作系统中去。



2. 故障的检测和识别

要进行故障处理，首先必须能发现故障。可由硬件或软件发现故障。此外，还可以进行用户线和中继线的自动测试。

1) 由硬件发现故障

硬件故障可通过奇偶校验、动作顺序校验、工作状态校验、非法命令检测等手段发现。一般在硬件设备中加入一些校验电路，用来监视工作情况。如发现异常，可以通过中断启动相关软件。



(1) 中央处理机故障：用微同步方式较易发现处理机硬件故障。如果比较电路发现双机运算结果不一致，就表示处理机发生故障，产生故障中断。

进入故障中断后，要首先确定是真正的故障还是偶发差错。如果是偶发差错，则进行恢复处理。如果是真正的故障，则要通过初测程序判断是哪一台处理机不良，然后进行系统再组成和恢复处理。如果不能恢复，就启动紧急动作电路。

(2) 存储器故障：主要是接收处理机的指令而不回报或读出信息有错误这类故障。对于接收指令不回报的情况，可用定时器监视；对于信息的错误，一般可用奇偶校验，要求高的也可用汉明校验。



(3) 话路控制设备故障：主要包括扫描器和驱动器故障，可加入一些检验电路，例如检验是否符合 n 中取1的译码组合等，以发现故障。

(4) 偶发性差错：硬件设备由于偶然性杂音、干扰等影响发生瞬间故障或间歇性失常，在这种情况下不需要立即进行故障处理。为了区分这些暂时故障(差错)和固定故障，可对各种硬件设备设置软件计数器，每次发生故障中断时，差错计数器进行累加，超过一定值就当作固定故障，执行设备倒换等故障处理。

当设备元件劣化，间歇性障碍增多时，差错计数器的值就会急剧上升，应作为固定故障进行处理。



2) 由软件发现故障

(1) 控制混乱识别：程序陷入无限循环状态，即属于控制混乱。此外，还有逻辑上混乱，例如查找表格时所用的地址超出范围等。

要监视程序是否出现无限循环，可根据该程序的正常执行时长进行时间监视，如超出时长就认为是控制混乱。低级别程序可由高级别程序监视，最高级别的程序可由硬件监视。

(2) 数据检验：软件中有一些核查程序可自动定时启动，核查中继器和链路长期占用情况，核对忙闲表和硬件状态是否一致，并监视公用存储区长期占用等不正常情况。如发现异常，可自动打印出故障信息。



3.4.5 呼叫处理过程

下面以用户的一次成功呼叫来说明呼叫处理过程。

初始时，主叫用户和被叫用户都处于空闲状态，交换机进行扫描，监视用户线状态。

1. 主叫用户A摘机呼叫

(1) 交换机检测到主叫用户A摘机；

(2) 交换机调查用户A的类别，以区分是同线电话、一般电话、投币电话机还是小交换机用户等。

(3) 调查话机类别，弄清是按键话机还是号盘话机，以便接相应收号器。



2. 送拨号音，准备收号

(1) 交换机寻找一个空闲收号器以及它和主叫用户间的空闲路由；

(2) 寻找主叫用户和信号音发生器间的一个空闲路由，向主叫用户送拨号音；

(3) 监视收号器的输入信号，准备收号。



3. 收号

- (1) 由收号器接收用户所拨号码；
- (2) 收到第一位号后，停拨号音；
- (3) 对收到的号码按位存储；
- (4) 对“应收位”、“已收位”进行计数；
- (5) 将号首送向数字分析程序进行初步分析。



4. 号码分析

(1) 初始分析号首，以决定呼叫类别(本局、出局、长途、特服等)，并决定该收几位号。初始分析后如果是本局呼叫，则执行(2)；如果是出局、长途、特服呼叫，则交换机根据事先确定的路由表，选择通达目的地的中继线，并用信令通知对端局，对端局执行(2)；

(2) 检查这个呼叫是否允许接通(是否为限制用户等)；

(3) 检查被叫用户是否空闲，若空闲，则改成忙。



5. 接至被叫用户

测试并预占空闲路由，包括：

- (1) 向主叫用户送回铃音路由(这一条可能已经占用，尚未复原)；
- (2) 控制向被叫用户电路振铃；
- (3) 预占主、被叫用户通话路由。



6. 向被叫用户振铃

- (1) 向用户B送铃流；
- (2) 向用户A送回铃音；
- (3) 监视主、被叫用户状态。



7. 被叫应答通话

- (1) 被叫摘机应答，交换机检测到以后，停振铃和回铃音。
- (2) 建立A、B用户间通话路由，开始通话；
- (3) 启动计费设备，开始计费；
- (4) 监视主、被叫用户状态。



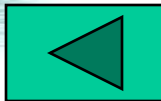
8. 话终(主叫先挂机)

- (1) 主叫先挂机，交换机检测到以后，路由复原；
- (2) 停止计费；
- (3) 向被叫用户送忙音。



9. 话终(被叫先挂机)

- (1) 被叫挂机，交换机检测到以后，路由复原；
- (2) 停止计费；
- (3) 向主叫用户送忙音。



3.5 电路交换机的指标体系

3.5.1 性能指标

性能指标是评价电路交换机处理能力和交换能力的指标，可以反映电路交换机所具备的技术水平。

性能指标主要包括电路交换机能够承受的话务量、呼叫处理能力和交换机能够接入的用户线和中继线的最大数量等。



1. 话务负荷能力

话务负荷能力是指在一定的呼损率下，交换系统在忙时可以承担的话务量。话务量又称电话负载，常用“小时呼”或“分钟呼”来表示，即用呼叫次数和每次呼叫占用的时间的乘积来计量。我们更关心的是在单位时间内发生的话务量，即话务量强度。其大小通常用单位时间(每小时或每分钟)内系统中通过的话务量来表示，计量单位用爱尔兰(Erlang)表示，简记为Erl，以此来纪念话务理论的创始人A.K.Erlang。

电路交换机能够承受的话务量直接由交换网络可以同时连接的话路数量决定。现代的局用电路交换机的话务量指标通常可达到数万爱尔兰以上。



2. 控制系统的呼叫处理能力

话务量所衡量的是交换机话路系统能够同时提供的话路数目。交换机的话务能力往往受到控制设备的呼叫处理能力的限制。控制系统的呼叫处理能力用最大忙时试呼次数BHCA(Busy Hour Call Attempts)来衡量，这是一个评价交换系统的设计水平和服务能力的重要指标。

显然，交换机的BHCA数值越大，说明系统能够同时处理的呼叫数目就越大。影响这个数值的相关因素有很多，包括交换系统容量、控制系统结构、处理机能力、软件结构、算法等。甚至编程时选用的语言，都与之相关。



(1) 交换系统容量的影响。交换系统的用户容量越大，要求处理机付出的固定开销也就越大，这些开销主要是各种扫描程序的开销。这些扫描任务通常以时钟级程序的形式运行，需要占用系统的时钟中断，因此用户容量越大，在单位时间内能够进行呼叫处理的比例就会越小，处理呼叫的数目也就相应地减少了。

(2) 控制系统结构的影响。现代的电路交换机普遍采用多处理机结构的控制系统。处理机间的通信方式、不同处理机间的负荷或功能的分配方式以及多台处理机的组成方式都会影响到呼叫处理能力。因此在电路交换机的控制系统的设计过程中，就必须考虑这些问题，选择合理和高效的多处理机间通信方式、负荷或功能分配方式，都可以提高控制系统的呼叫处理能力。

(3) 处理机性能的影响。处理机是一个计算机系统，因此它的指令功能、工作频率、存储器寻址范围和I/O端口数量是影响处理机性能的重要指标。在成本允许的情况下，应尽量选用高性能的计算机系统。处理机性能的提升能够直接提高控制系统的处理能力。

(4) 软件的设计水平。这是一个影响控制系统处理能力的重要因素。操作系统软件和应用程序的水平会在很大程度上影响系统的性能。由于程控交换系统的软件是一个实时系统，很多的任务都有严格的时间要求，因此，选择高效的算法和数据结构，采用高效的编程语言都是非常重要的。设计水平高的程控软件，不仅能够提高控制系统的处理能力，同时也可以提高系统的可靠性和可维护性。



3. 交换机连接用户线和中继线的最大数量

电路交换机能够提供的用户线和中继线的最大数量，是电路交换机的一个重要指标。现代的电路交换机中，数字交换网络一般能够同时提供数万条话路，这些话路可以用来连接到用户线和中继线上。由于用户线的平均话音业务量较小，一般只有 0.2 Erl 左右，即同时进行呼叫和通话的用户只占全部用户的20%，因此电路交换机的用户模块都具有话务集中(扩散)的能力，这样就可以使交换机的话路系统连接更多的用户线。很多的局用电路交换机能够连接的用户线达十万线以上，而中继线也可以达到数万线。



3.5.2 服务质量指标

1. 呼损指标

呼损率是交换设备未能完成的电话呼叫数量和用户发出的电话呼叫数量的比值，简称为呼损。这个比率越小，交换机为用户提供的服务质量就越高。

实际考察呼损的时候，要考虑到在用户满意服务质量的前提下，使交换系统有较高的使用率，这是相互矛盾的两个因素。因为若让用户满意，呼损就不能太大；而呼损小了，设备的利用率就要降低。因此要进行权衡，从而将呼损确定在一个合理的范围内。一般认为，在本地电话网中，总呼损在2%~5%范围内是比较合适的。



2. 接续时延

接续时延包括用户摘机后听到拨号音的时延和用户拨号完毕听到回铃音的时延。

前一个时延反映了交换系统对于用户线路的状态变化的反应速度以及进行必要的去话分析所需要的时间。当该时延不超过400 ms时，用户不会有明显的等待感觉。

后一个时延反映了交换系统进行数字分析、通路选择、局间信令配合以及对被叫发送铃流所需要的时间，一般规定平均时延应小于650 ms。



3.5.3 可靠性指标

可靠性指标是衡量电路交换机维持良好服务质量的持久能力的指标。

程控交换系统的可靠性通常用可用度和不可用度来衡量。为了表示系统的可用度和不可用度，定义了两个时间参数：平均故障间隔时间MTBF(Mean Time Between Failure)和平均故障修复时间MTTR(Mean Time To Repair)。前者是系统的正常运行时间，后者是系统因故障而停止运行的时间。因此，可用度A可表示为

$$A=MTBF/(MTBF+MTTR)$$



而不可用度U则表示为

$$U=1-A=MTTR/(MTBF+MTTR)$$

对于有冗余的双处理机系统，其平均故障间隔时间MTBFD可近似表示为

$$MTBFD = MTBF^2/(2 MTTR)$$

相应地，双机系统的可用度可近似表示为

$$AD =MTBF^2/(MTBF^2+2 MTTR^2)$$

一般要求局用电路交换机的系统中断时间在40年中不超过2小时，相当于可用度A不小于99.9994%。要提高可靠性，就要提高 MTBF或降低 MTTR，这样就对硬件系统的可靠性和软件的可维护性提出了很高的要求。



3.5.4 运行维护性指标

程控交换系统的运行维护性可以通过下列指标来描述。

1. 故障定位准确度

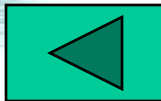
显然，在发生故障后，故障诊断程序对于故障的定位越准确越有利于尽快地排除故障。电路交换机具有较高的自动化和智能化程度，一般可以将故障可能发生的位置按照概率大小依次输出，有些简单的故障可以准确地定位到电路板甚至芯片级。



2. 再启动次数

再启动是指当系统运行异常时，程序和数据恢复到某个起始点重新开始运行。再启动对于软件的恢复是一种有效的措施。再启动会影响交换系统的稳定运行。按照对系统的影响程度的不同可以将再启动分成若干级别，影响最小的再启动可能使系统只中断运行数百毫秒，对呼叫处理基本没有什么影响，而较高级别的再启动会将所有的呼叫全部损失掉，所有的数据恢复初始值，全部硬件设备恢复为初始状态。

再启动次数是衡量电路交换机工作质量的一个重要指标。一般要求每月再启动次数在10次以下。尤其是高级别的再启动，由于其破坏性大，所以其次数应越少越好。



3.6 电路交换典型机

3.6.1 FETEX-150数字交换机

FETEX-150数字交换机是日本富士通公司研制的全数字时分程控交换机，简称F-150交换机。它采用分级分散控制结构，可作为市话局也可作为长途局使用，话务量最大可达24000爱尔兰，呼叫处理能力最大可达70万BHCA。



第3章 电路交换技术

1. 系统概况

1) 系统硬件

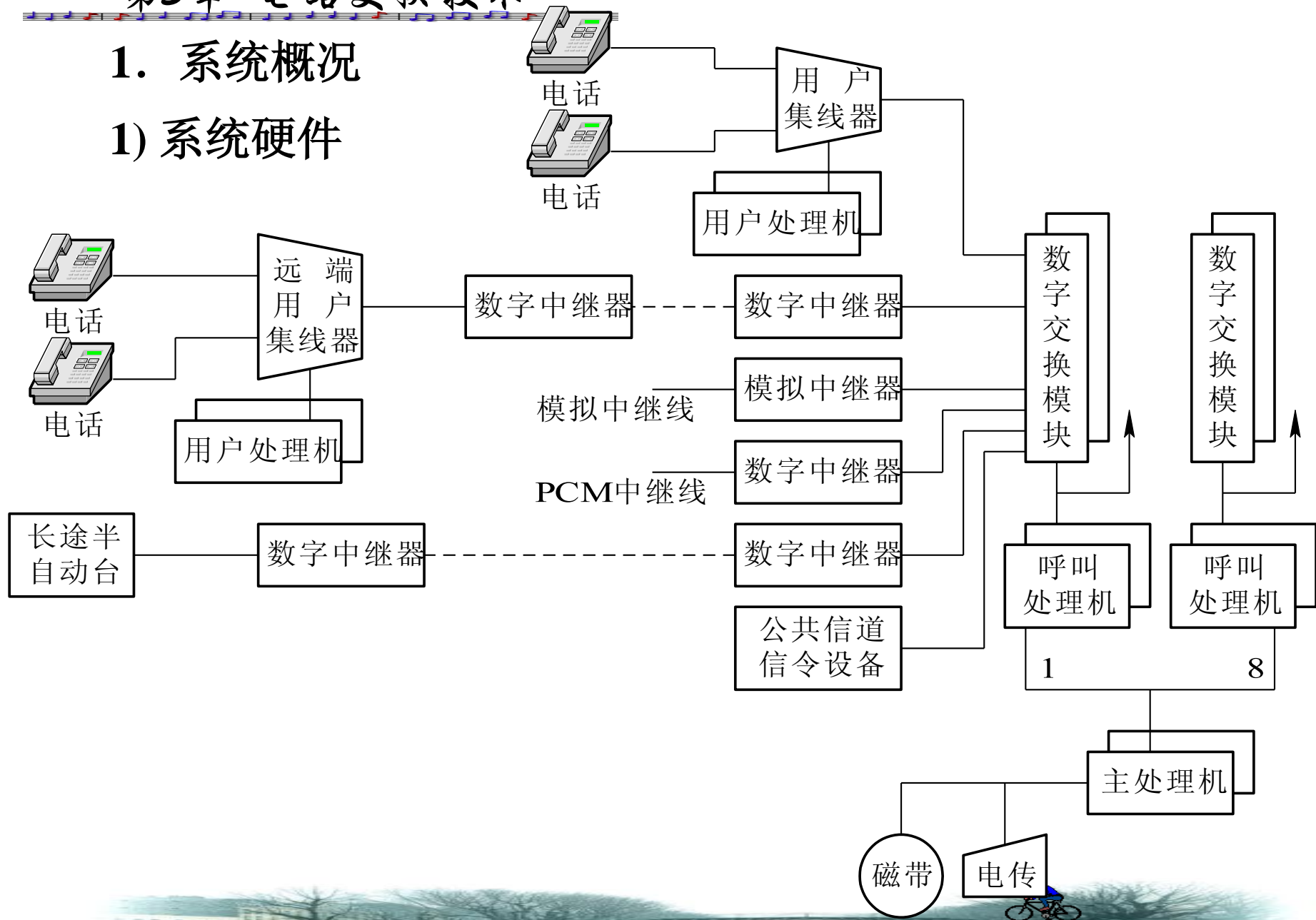


图3.37 F-150系统的结构

(1) 话路子系统：话路子系统的任务是在中央处理子系统的控制下，完成电话呼叫接续。它由用户集线器、各类中继器和数字交换模块DSM(又称选组级)等构成。

用户通过用户集线器或远端用户集线器接入交换机。模拟中继线和PCM中继线分别接模拟中继器和数字中继器。当交换机作为长途局或国际局使用时，如需要半自动话务员辅助功能，可接长途话务员座席。



(2) 控制子系统：控制子系统分为三级，第一级为用户处理机(LPR)，第二级为呼叫处理机(CPR)，第三级为主处理机(MPR)。对于低话务量的交换局，可以将二、三级合并成一个主处理机。

呼叫处理机控制数字交换网络，执行呼叫处理功能，全局最大容量时配备8个(不包括备用)。主处理机执行整个系统的资源管理和维护操作功能，包括人机通信，全局只配备1个(不包括备用)。



2) 系统软件

软件设计采用积木式结构，共分五级:系统程序、子系统程序、模块、组件和单元。

按存放位置来分，F-150交换机的软件分为用户处理机软件、主处理机和呼叫处理机软件。每个处理机中的软件又可细化为操作系统(OS)和应用系统(APL)两类。

(1) 主处理机和呼叫处理机软件。主处理机和呼叫处理机软件有六个模块，其中四个模块属于操作系统，两个模块属于应用系统。每个功能模块由若干组件组成，各功能模块用统一的接口条件互相连接。表3.1中列出了各功能模块的主要功能。



表3.1 主处理机和呼叫处理软件的主要功能

功能模块		主要功能	功能模块		主要功能
操作子系统 OS	执行控制 EXC	任务调度 存储管理 输入/输出控制 处理机间通信	操作子系统 OS	诊断执行控制 DEC	中央处理(CP)、输入/输出(I/O)和话路(SP)子系统诊断
	系统控制 SYC	故障检测 重新组合 校核 时钟管理	应用子系统 APL	交换业务处理 SSP	呼叫处理 分析处理 中继器监视
	人机联系控制 MMC	命令的处理 显示控制 公用控制		维护操作处理 MOP	话务测量 业务命令 电路测量 负荷控制



(2) 用户处理机软件。

表3.2 用户处理机软件的主要功能

功能模块		主要功能	功能模块		主要功能
操作子系统 OS	执行控制 LEX	任务调度 处理机间通信 存储管理	应用子系统 APL	维护操作 处理 LMP	诊断
	系统控制 LSY	系统监视 重新组合(重整)		交换业务 处理 LSS	用户监视 号盘脉冲接收 接续话路控制 负荷控制



2. 用户集线器和用户处理机

1) 用户电路及时隙分配

用户电路是模拟用户环路和数字交换网络的接口电路，具有BORSCHT功能。F-150的用户电路见图3.38。它是由用户专用部分和用户公用控制部分组成的。公用控制部分的信息有两类。一类是从信号分配存储器SDM送来的驱动信息。根据不同的应用场合，每个用户有2~4个控制信号分配点，它们是：振铃、测试、换极、送投币收集信号。另一类是送给用户处理机的用户回路断、续信息，每个用户状态占1 bit，处理机用这1 bit信息可以对用户的呼叫、拨号、话终进行监视。由图可见：如果是主叫用户，则1 bit信息是通过馈电支路串接的小电阻获得的；如果是被叫用户，则1 bit信息是通过振铃电路输出获得的。



第3章 电路交换技术

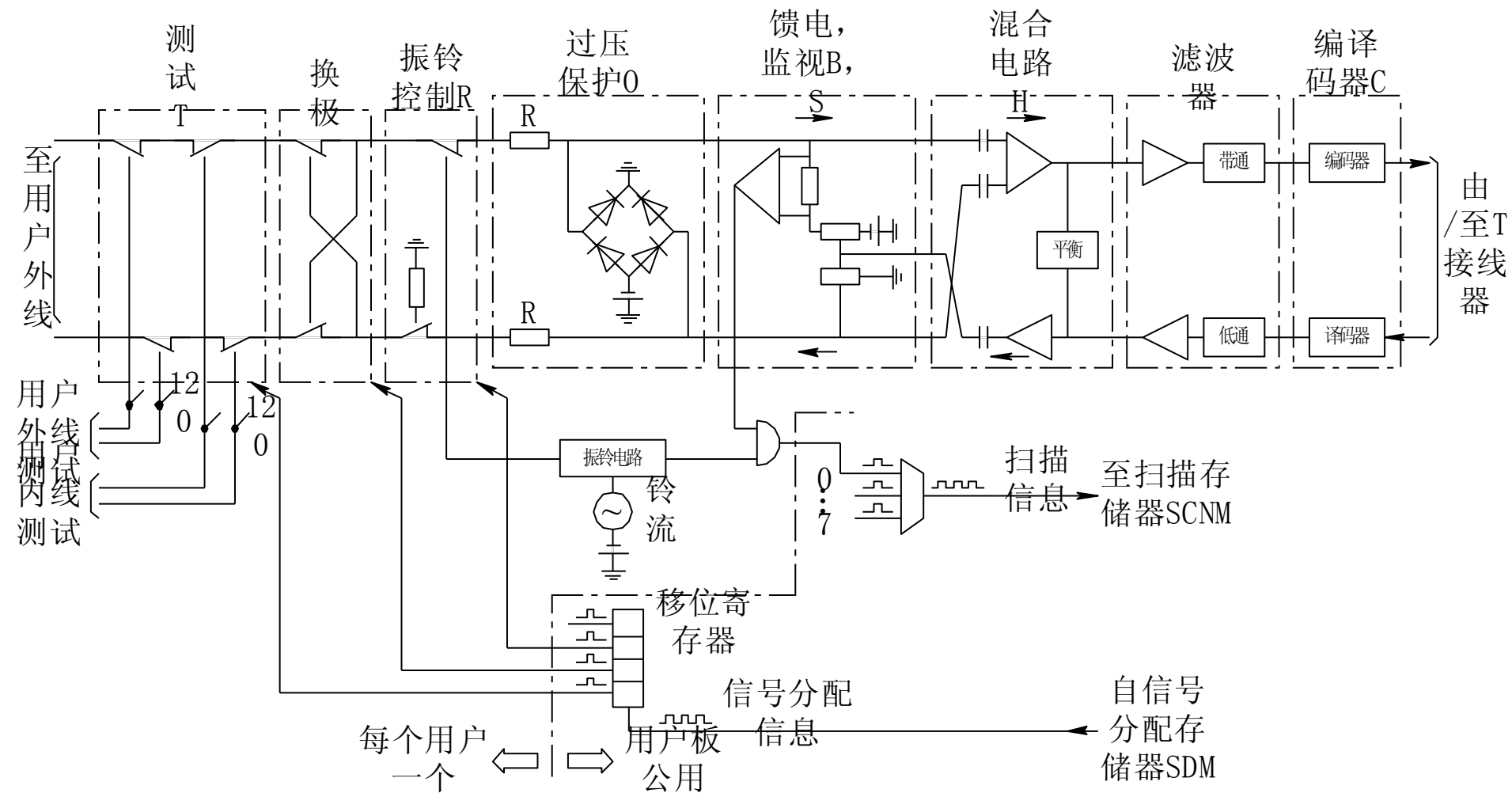


图3.38 F-150的用户电路



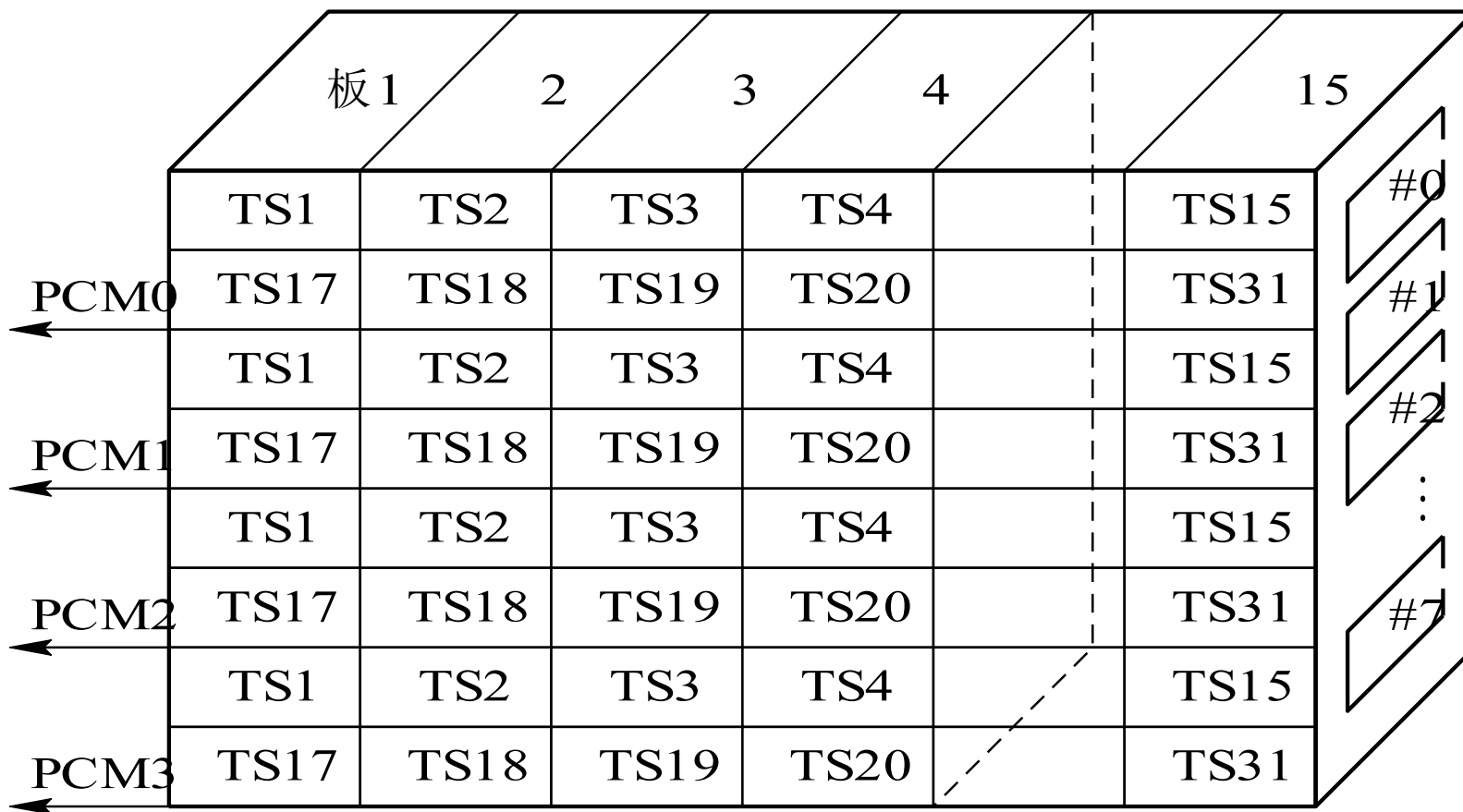


图3.39 用户时隙分配的原理



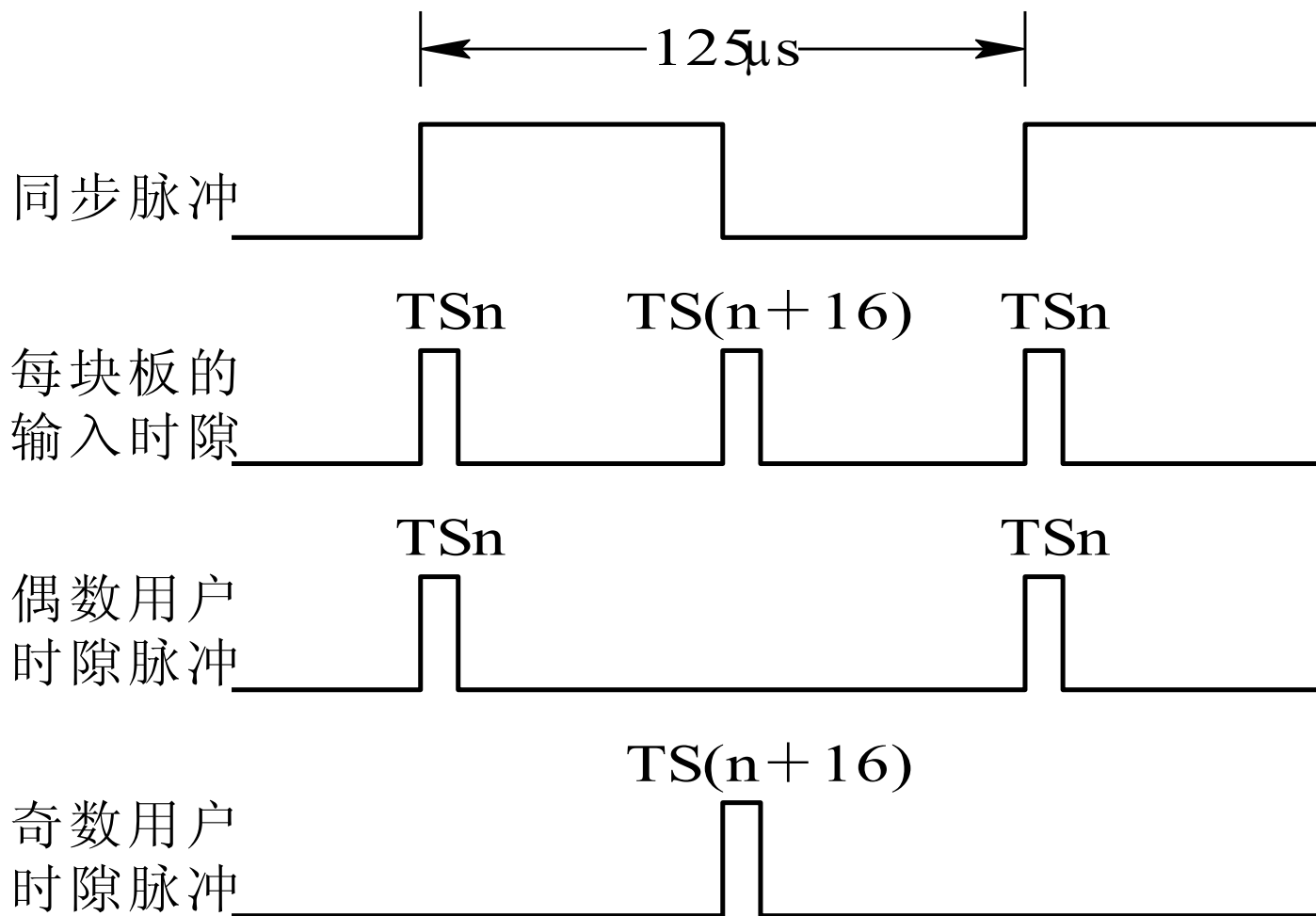


图3.40 同步时隙脉冲的波形



从图3.39可知，1个机框有15块用户板，每块用户板有#0～#7共8个用户。从图3.40可知，每块板接一个时隙脉冲，这一时隙脉冲通过板内同步脉冲(8000 Hz)分成相差半帧的两个时隙。每块板中的8个用户分成奇、偶两组，奇数组用一个相同的时隙脉冲，偶数组用另一个时隙脉冲。相邻的奇、偶用户复接在1条PCM复用线上，偶用户使用前半帧时隙，奇用户使用后半帧时隙。15块用户电路板120个用户复接出4条PCM复用线，再与用户级时分接线器相连。



2) 用户级话音通路

用户集线器简称用户级，它由话音通路和控制设备两部分组成。

用户级的话音通路由用户电路(SLC)、时分接线器(LTSW)及网络接口组成，其框图如图3.41所示。

时分接线器部分包含复用器、分路器和单级时分接线器T，见图3.42。从用户电路来的四条PCM复用线(HW0~3)进入复用器，完成串并转换，并把4路PCM合并，然后输出至T级话音存储器。T级完成时隙交换，再送至分路器。分路器的功能与复用器相反，它的输出接选组级。



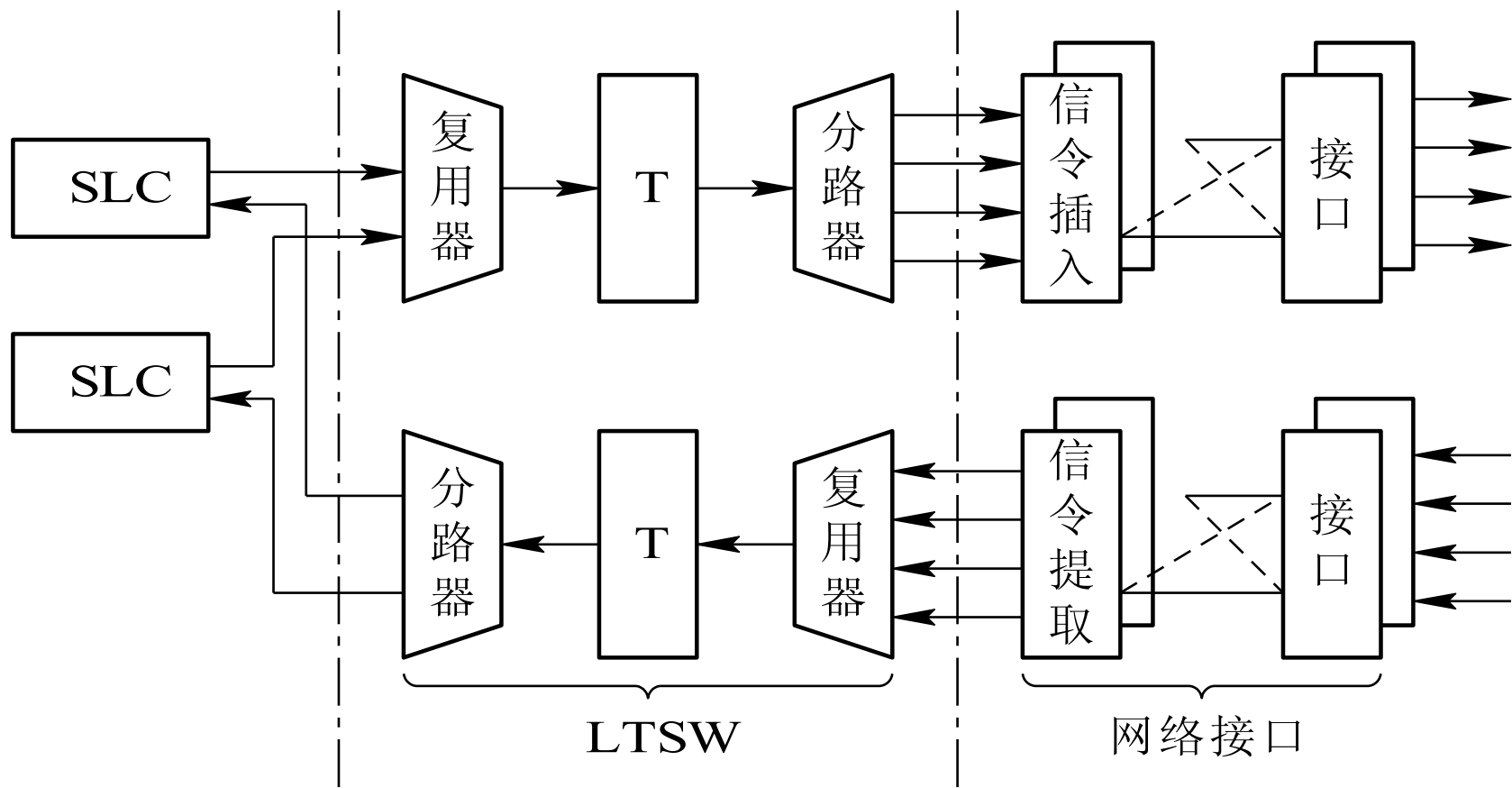


图3.41 话音通路的组成框图



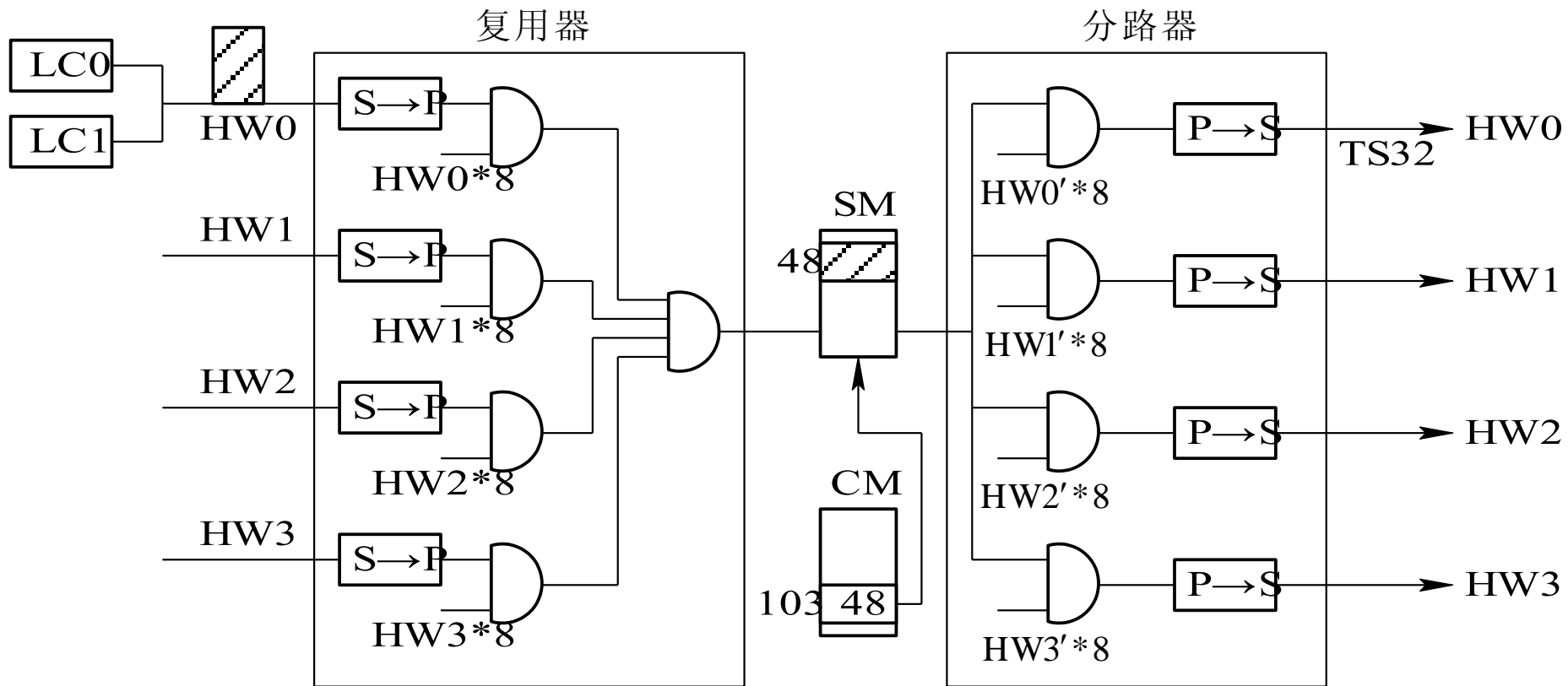


图3.42 用户级时分接线器



4条复用线共有 $32 \times 4 = 128$ 个时隙，其中120个时隙是话路，其余8个时隙作为用户处理机LPR与呼叫处理机CPR的通信和固定分配给某些信号音及测试用的信道。其时隙安排情况见表3.3。



表3.3 时隙安排

复用线号	TS0	TS1~15 TS17~31	TS16
HW0 HW1 HW2 HW3	每条复用线的 F0、F15 作为环路测试，F1 作为网络接口故障通知	话路 话路 话路 话路	LPR 与 CPR 通信用(主用) LPR 与 CPR 通信用(备用) 话路 话路



表3.3中，有122个时隙用作话路，实际上可指定其中的任何两个时隙传送某些信号音(例如忙音)。

时分接线器又分成上行通路(用户到网络方向)和下行通路(网络到用户方向)。上行通路中T接线器采用顺序写入、控制读出方式；下行通路中T接线器采用控制写入、顺序读出方式。图3.43为A、B两个用户间通话路由举例。实际中，控存中的内容除了时隙号外，还有机框号。



第3章 电路交换技术

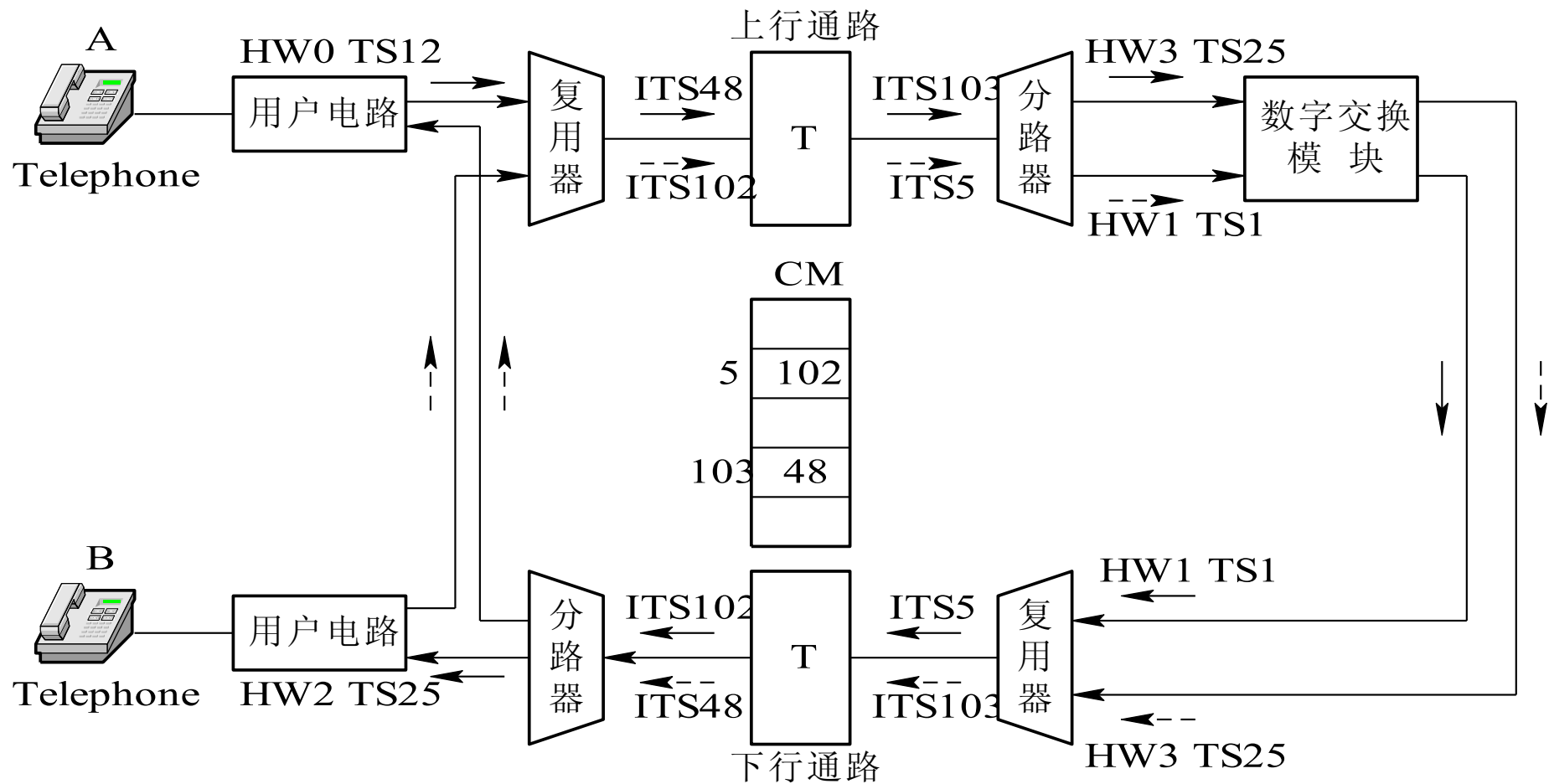


图3.43 两个用户通话路由举例



为了达到话务集中的目的，F-150交换机将若干个T接线器的输出端复接，最大集中比为16:1。16个时分接线器出端复接的情况如图3.44所示。

用户级的网络接口包括信令提取和插入电路(用D/I表示)以及网络接口(用NWIF表示)两部分。信令提取和插入电路用来提取HW中的TS0和TS16。从表3.3可知，TS0是供测试维护的，TS16是LPR和CPR间通信用的。

网络接口电路的作用是接收数字交换模块(DSM)送来的4 MHz的时钟信号，由时钟发生器TG(见图3.45)产生用户级和CPR中使用的各种定时信号。此外，网路接口电路还提供用户级与DSM之间的连接控制，决定双套网络接口的哪一套接至主用网络。



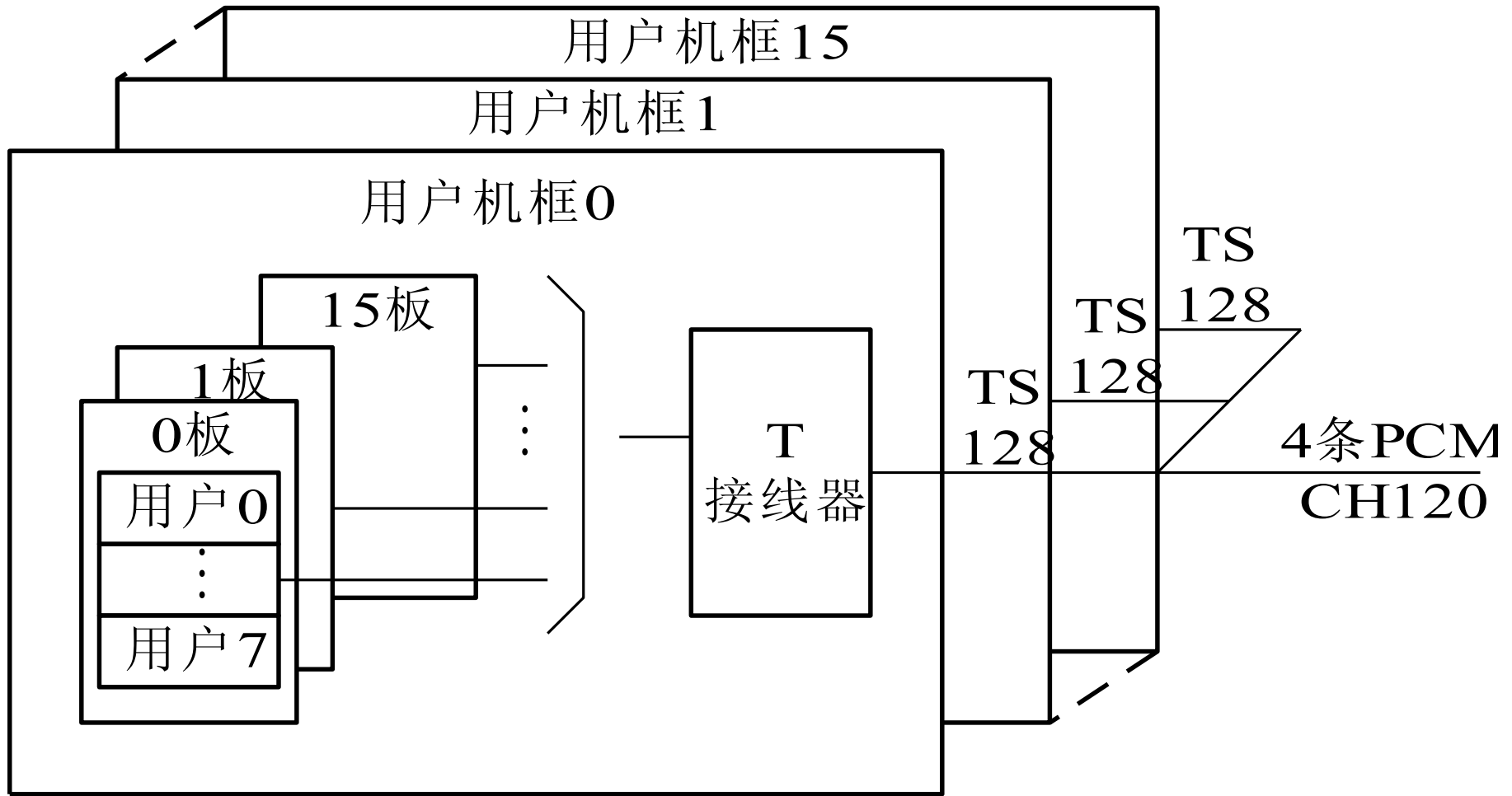


图3.44 话务集中方式示意图



3) 用户处理机

用户级的各项功能是在用户处理机(LPR)的控制下完成的。用户处理机是分布式的，每对LPR的处理能力为6000BHCA。用户处理机的工作方式采用双机冷备用方式。用户处理机的组成框图如图3.45所示。



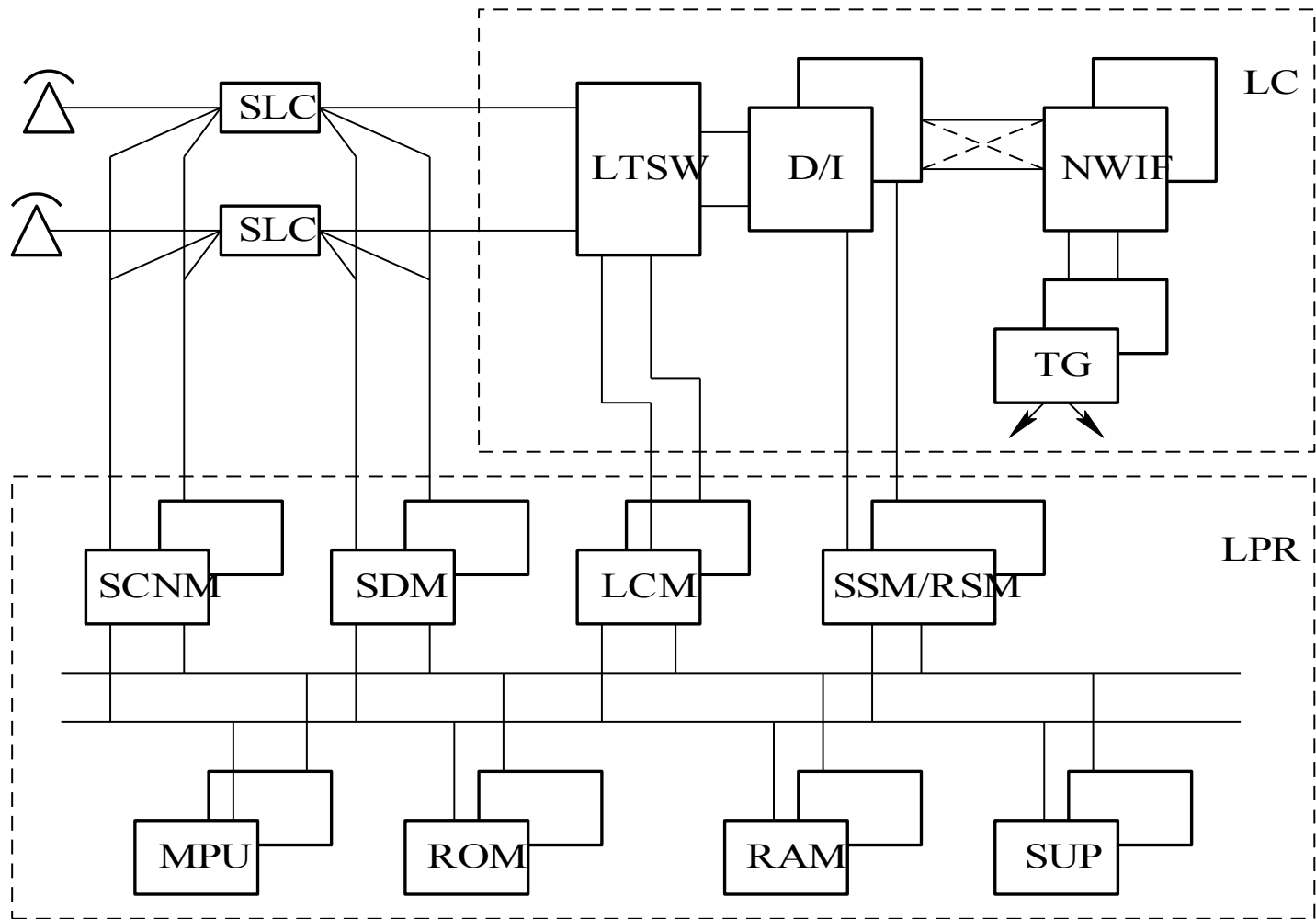


图3.45 用户处理机的组成



其主要部件有:

微处理机: 由微处理器(MPU)、只读存储器(ROM)和随机读写存储器(RAM)构成, 它是用户级的控制中心。

扫描存储器(SCNM): 暂时存放用户线回路的扫描结果。经微处理机处理后, 状态变化信息经SSM送CPR。

信号分配存储器(SDM): 由CPR送来的启动/释放用户电路的信息, 先由RSM(信号接收存储器)接收后, 再转至本存储器(SDM)。



用户级控制存储器(LCM): 是控制用户级话音存储器工作的转发表, 它控制上行话音存储器的读出和下行话音存储器的写入。LCM本身的写入信息来自CPR。

信号发送存储器(SSM): 暂存送往CPR的信息。

信号接收存储器(RSM): 暂存由CPR送来的信息。

监视器(SUP): 监视LPR机框内每块板的故障情况。若有故障, 则完成主/备用机的倒换, 并处理控制再启动。

用户处理机的功能是: 对用户线监视结果进行收集、分析和处理; 接收用户拨号; 控制用户级的接续; 完成与CPR间的通信; 过负荷控制及诊断。



3. 选组级

1) 话路系统

选组级的话路部分由数字交换模块组合而成，由呼叫处理机来控制。选组级话路系统的基本构成框图如图3.46所示。

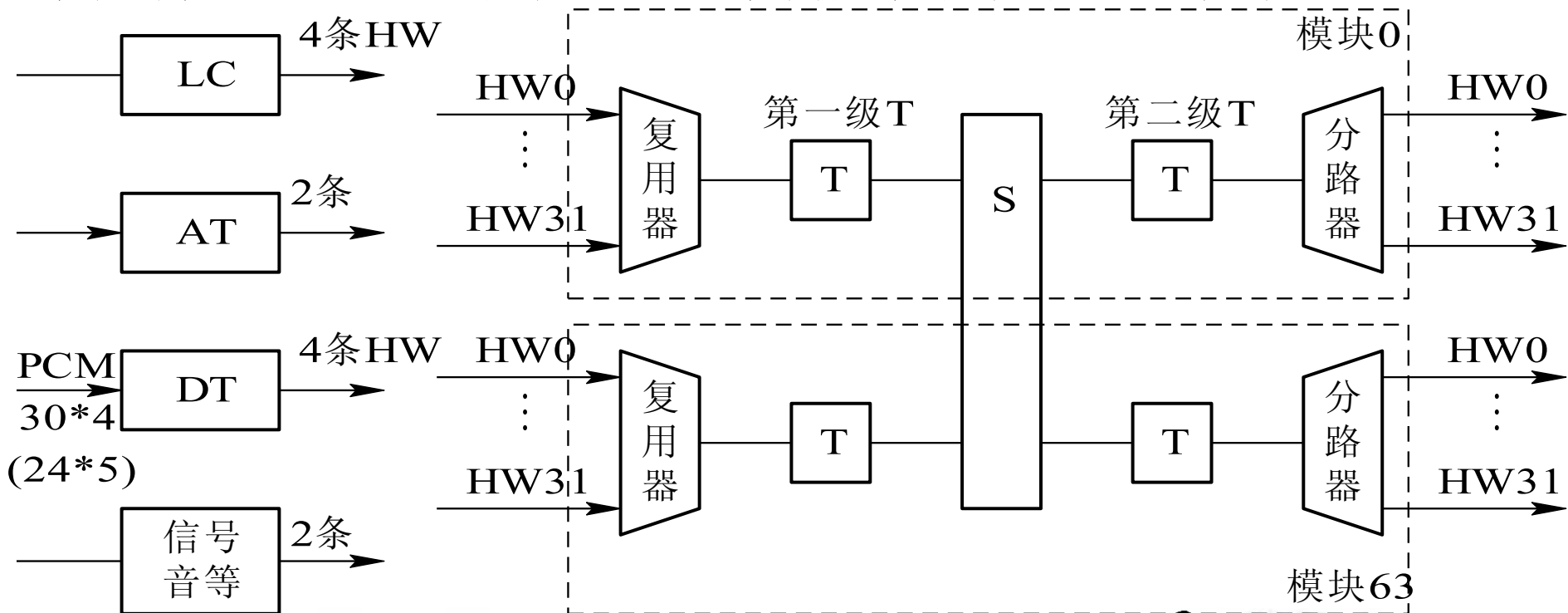


图3.46 选组级话路系统的结构



一个数字交换模块由复用器、TST交换网络及分路器组成。其输入/输出复用线(HW)最多可有32条，即一个模块可有 $30 \times 32 = 960$ 个话路。F-150机最多可接64个数字交换模块，即可接 $32 \times 64 = 2048$ 条复用线(HW)，也即有 $30 \times 2048 = 61\,440$ 个话路。

每一个呼叫处理机可控制8个数字交换模块。最大容量时可装8个呼叫处理机，控制64个数字交换模块。

数字交换模块终端所接的HW，可来自用户集线器(LC)、远端用户集线器(RLC)、模拟中继器(AT)、数字中继器(DT)、多频信号(MFC)、信号音发生器(TNG)等。



数字交换模块中的TST交换网络阻塞概率很小。数字交换模块是以热备用方式双重配置的。

TST交换网络的初级时分接线器为控制写入、顺序读出方式，次级时分接线器为顺序写入、控制读出方式。S接线器为输出控制。TST交换网络内部时隙采用反相法选择。

现以图3.47为例来说明选组级接续情况。



第3章 电路交换技术

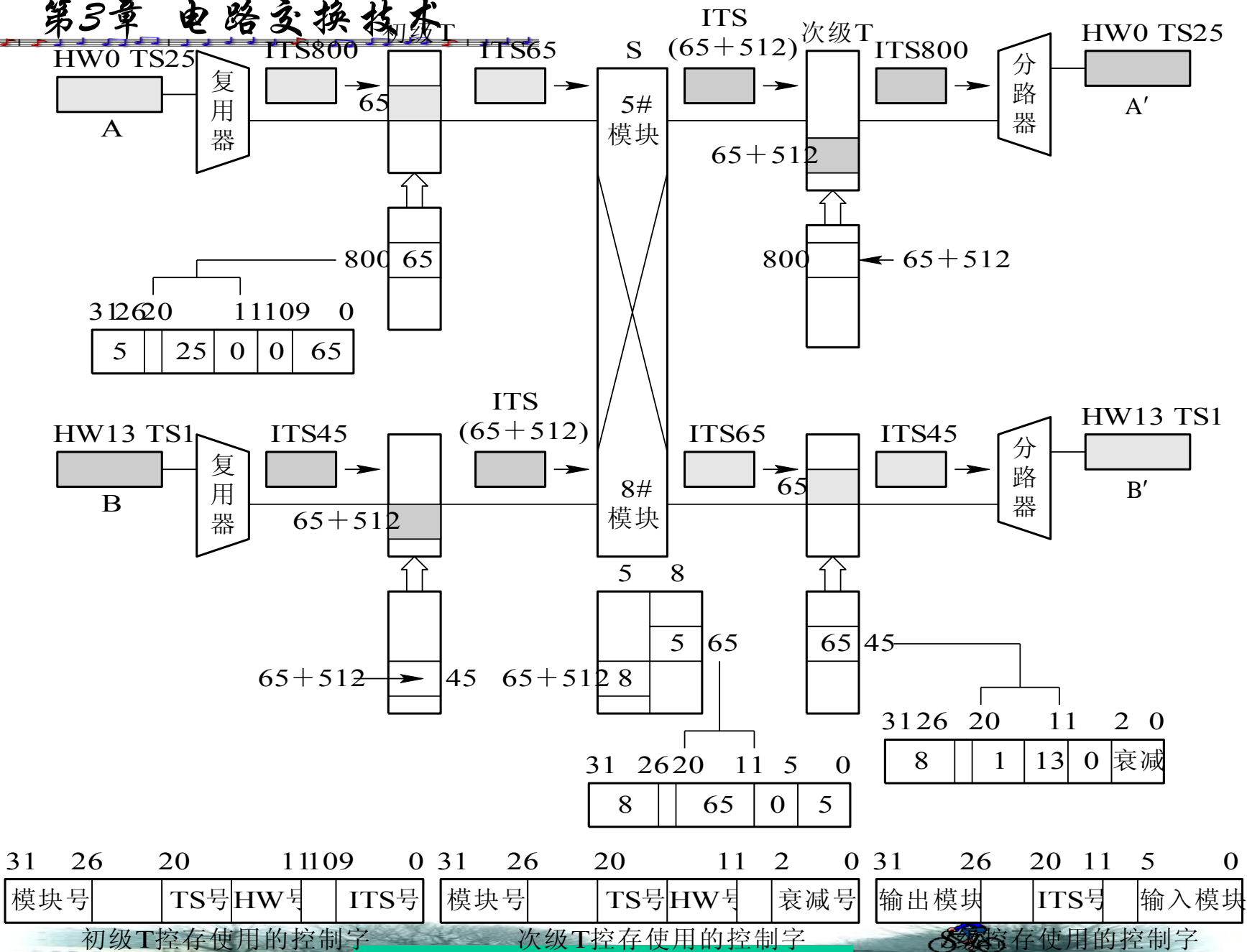


图3.47 选组级接续举例

图3.47中，设主叫用户A使用的时隙是模块5的HW0 TS25；被叫用户B使用的时隙为模块8的HW13 TS1。交换网络内部时隙为TS65和TS(65+512)。

A至B方向的传输途径是：A用户位于模块5的HW0 TS25，通过复用器变换为TS800(因为每一模块的32条HW按时隙插入，可计算出 $32 \times 25 + 0 = 800$)；再经选组级初级T交换到内部时隙TS65，S级把它从模块8输出，这时内部时隙不变，仍为TS65；至次级T以后交换到TS45(因为B用户在模块8的HW13 TS1，可以算出 $32 \times 1 + 13 = 45$)；最后经分路器就变换为模块8的HW13 TS1。



B至A方向的传输途径为：HW13 TS1通过复用器变换为TS45；经初级T接线器交换到TS577(采用反相法，所以为 $65 + 512 = 577$)；再经S接线器交换后时隙仍为TS577；至次级T级必须交换到TS800，这样分路器的输出才是HW0 TS25。

如果要画出本例中相关的用户级，则A和B之间的整个接续途径见图3.48。



第3章 电路交换技术

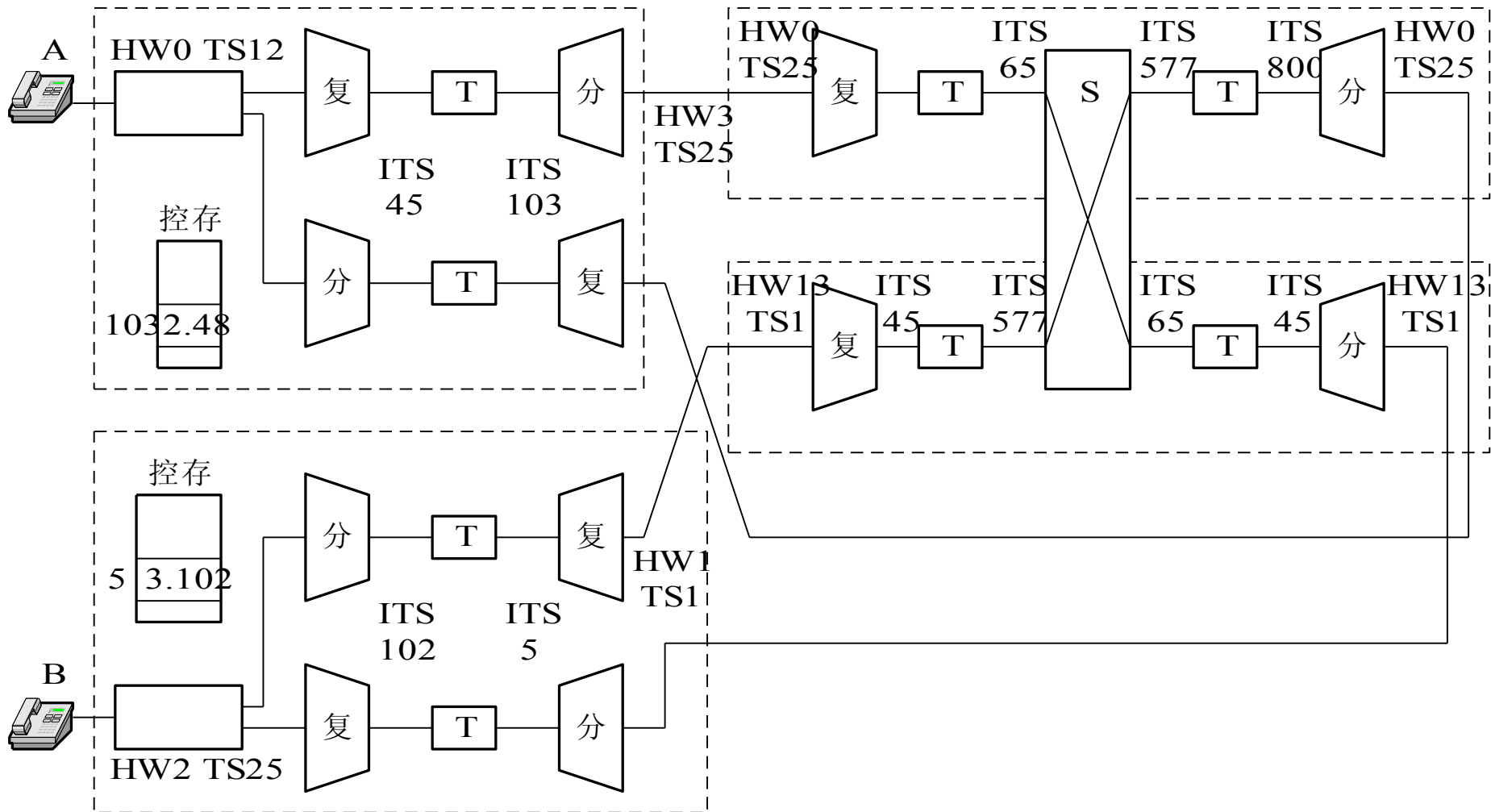


图3.48 A、B用户间的接续途径



2) 信号音的分配

F-150的数字信号音通过2条上行信道(HW)送到数字交换模块中。其中一条HW传送30种双频信号，另一条传送26种信号音。这两条上行HW把上述的56种数字信号经过复用器、初级T、S级，最后存储在次级T的话音存储器中。当需要某种信号时，可直接从次级T读出，送至相应的用户电路或中继器。其连接路由见图3.49。



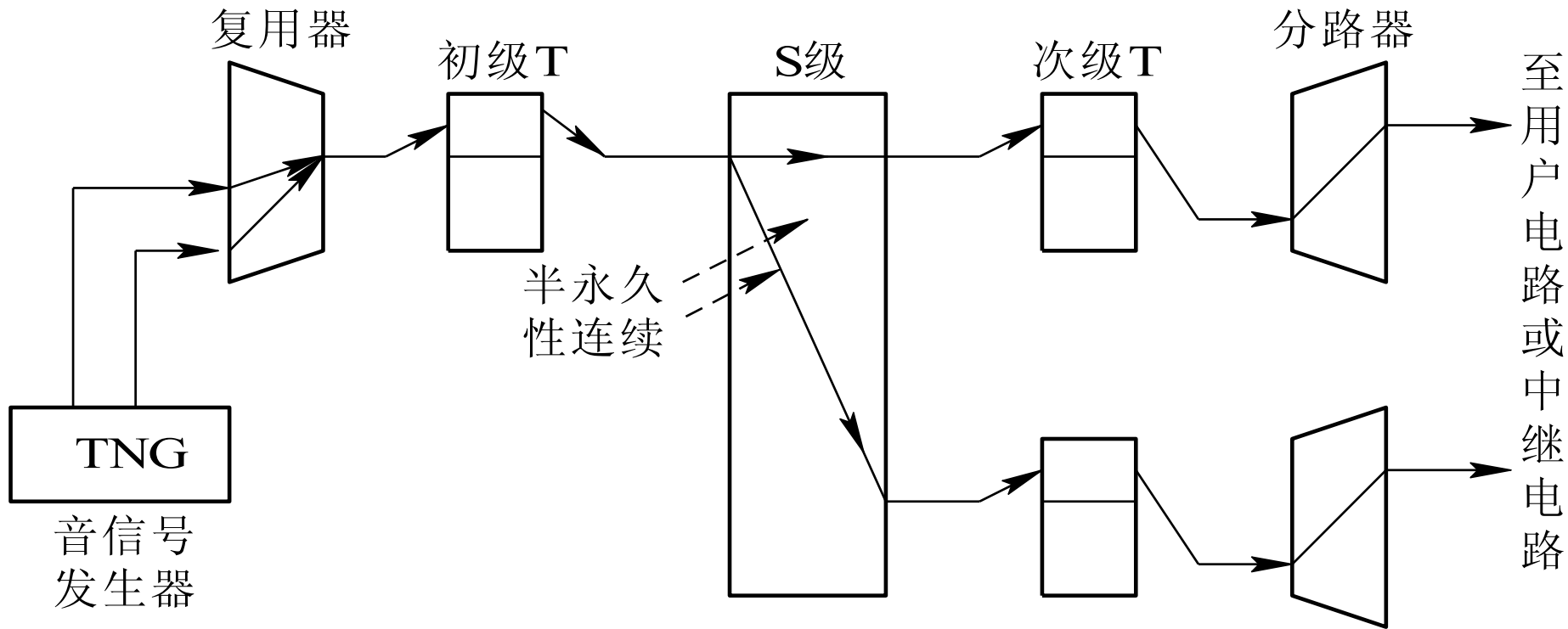


图3.49 信号音分配



程控交换局开通前，在数字交换网络里预先指定好一些内部时隙，固定作为信号音存储到次级T话音存储器的通道，这种连接方法称为“链路半永久性”连接法。

音信号采用“链路半永久性”连接，不管有无用户听信号音的要求，在数字交换网络的次级T的话音存储器中，总是有数字信号音存在。一旦有用户需要听某种信号音，只要将这个信号音的PCM数码在该用户所在的时隙读出即可。这样可以有效地解决网络拥塞时无法向用户送信号音的问题。

一个TST模块内可能会有多个用户同时要听1种信号音，而次级T的话音存储器是随机存储器，读出时并不破坏其所存的内容，故可多次读出。



在表3.3中介绍过，用户级输出 HW 中有两个时隙固定用来传送两种信号音。利用这两个时隙，将选组级中的两种信号音传送至用户级，并写入下行通道的话音存储器中。如果有用户需要听这种信号音，就不必接至选组级，而可以直接从用户级话音存储器读出。采用这种方式的优点是：可以减轻 CPR 的负荷和避免每一用户听该信号音时都要占用一条通向选组级的通路。使用专用时隙送至用户级的两种信号音是忙音和备用音。定为忙音的原因是，若用户级至选组级的120条话路全忙时，又发生新的呼叫，如果忙音要从选组级送来，这时已没有空闲通道可用，现采用由用户级送忙音，就不存在这一缺陷了。备用音是局内阻塞时的一种通知音。



4. 处理机间的通信

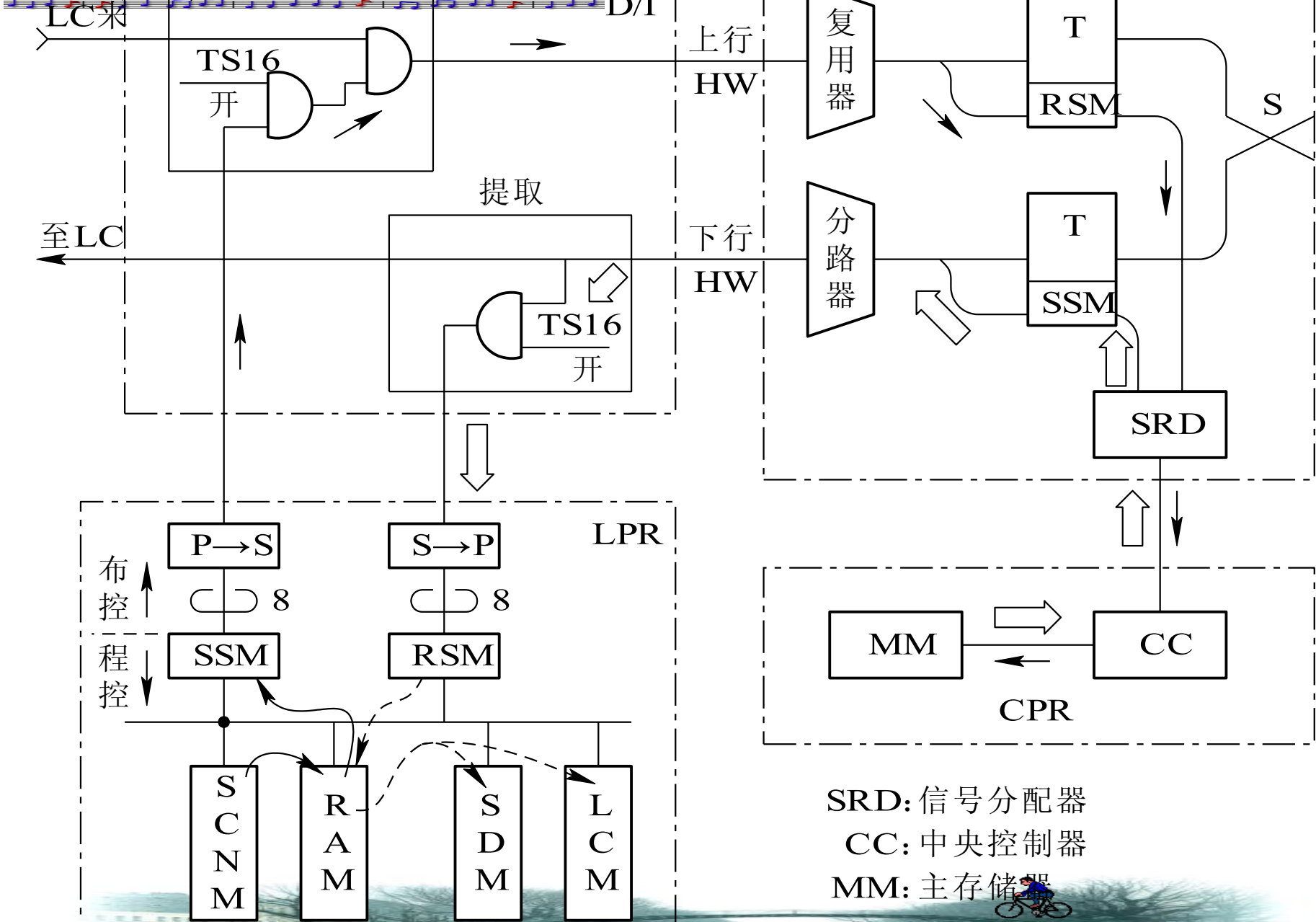
1) LPR与CPR间的通信

F-150的LPR与CPR的通信，是利用HW0(或HW1)的TS16实现的。为便于通信，F-150还配置了发送信号存储器(SSM)和接收信号存储器(RSM)。它们中的一对设置在LPR内，另一对设置在数字交换模块内。

LPR与CPR间通信的途径如图3.50所示。



第3章 电路交换技术



SRD: 信号分配器
 CC: 中央控制器
 MM: 主存储器

图3.50 LRP与CPR间通信的途径

从LPR向CPR传送数据(称上行数据)的过程是：在程序控制下，把存放在SCNM内的用户状态信息送至RAM，再由RAM送至SSM。在布线逻辑控制下，以2 ms时间为周期从SSM顺序读出数据，经并/串变换后送到信令插入电路。信令插入电路在TS16时隙到来时，把从SSM所读出的数据插入上行话路通道。它和其它时隙一样送到选组级初级T，并在TS16时隙被提取，写入RSM。然后，在CPR程序控制下，周期性地从选组级的RSM中读出数据，并通过信号接收分配器(SRD)送到CPR的主存储器(MM)中。

从CPR的MM向LPR的RAM传送数据(称下行数据)的过程，与上行数据的传送过程类似。所不同的是，在LPR的RAM收到CPR的信息后，一般是传送到SDM或LCM。



2) CPR之间及CPR与MPR之间的通信

F-150的CPR之间及CPR与MPR之间的通信采用专用通道方式。这一方式中除了在处理机间有专用通道外，还配备有接口设备，这种接口设备在F-150中称为通道适配器(CCA)。CPR与MPR间通信的途径，如图3.51所示。



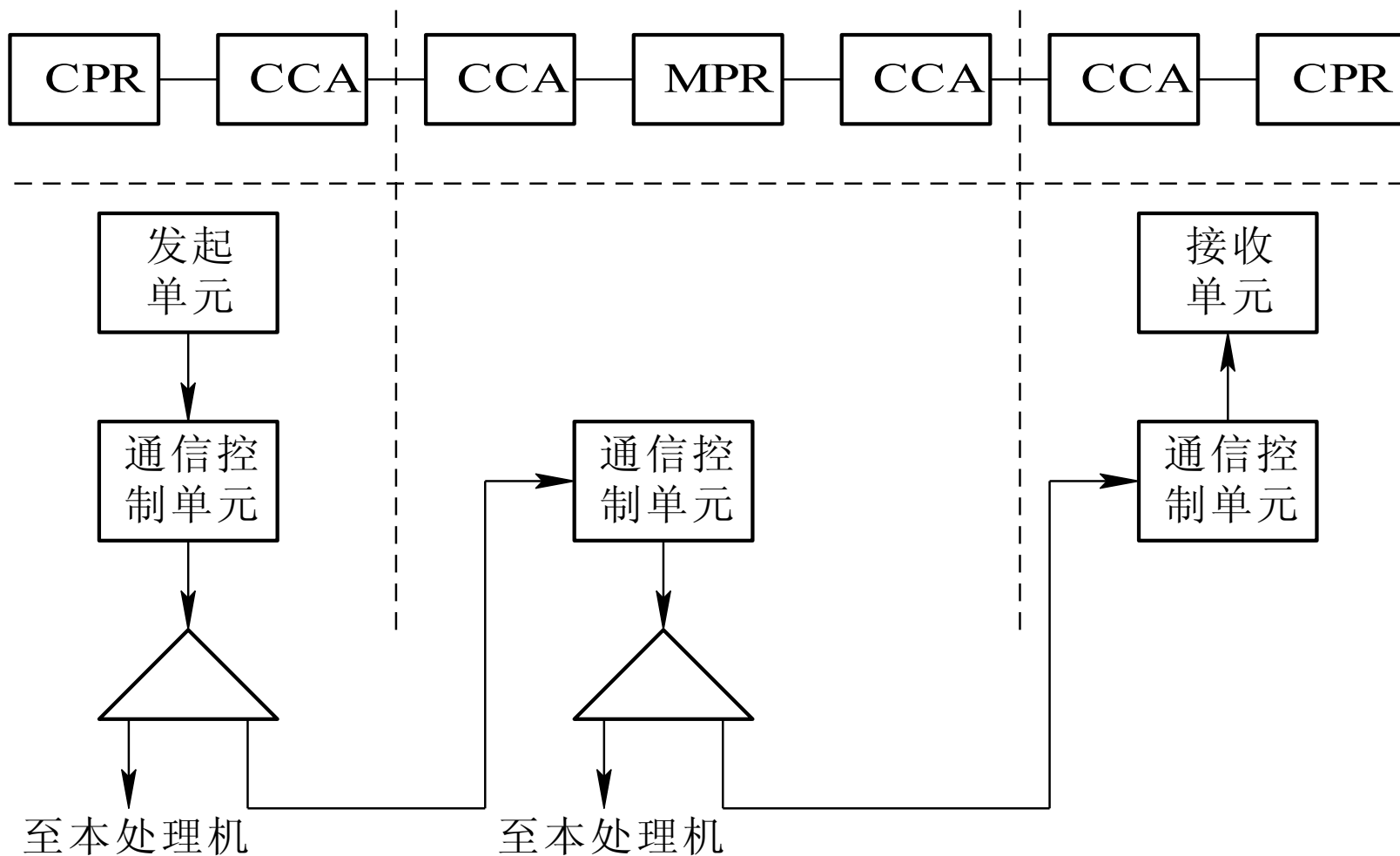


图3.51 CPR与MPR间通信的途径



CPR与MPR间的通信受通信控制程序单元的控制。发起通信的单元向通信控制单元提供接收处理机号码、接收程序单元号码和具体数据等信息，并请求通信控制单元准予通信。通信控制单元分析接收处理机号，若属于它所管辖的处理机，则直接启动相应的接收单元；若不属于它所管辖的，则信息经过CCA送到MPR内的通信控制单元。MPR收到信息后，其通信控制单元也进行分析，当找到对应的CPR时，信息就被再次传送出去，以启动相应CPR中的接收单元。



3.6.2 S-1240数字交换机

S-1240数字交换机是由阿尔卡特—上海贝尔有限公司生产的一种全范围、全数字、全分布控制的程控交换机。该机可作为市内交换机、汇接交换机、长途交换机、长市合一交换机、国际交换机和远端用户模块使用，还可用于组建综合业务数字网。交换机的用户线从几百到十万线以上，中继线由几十到6万线，话务量最大为25 000爱尔兰，呼叫处理能力最大可达750 000 BHCA。



1. 基本结构

S-1240数字交换机的基本结构简单而有规律，如图3.52所示。它由各种不同终端模块和一个数字交换网络构成。

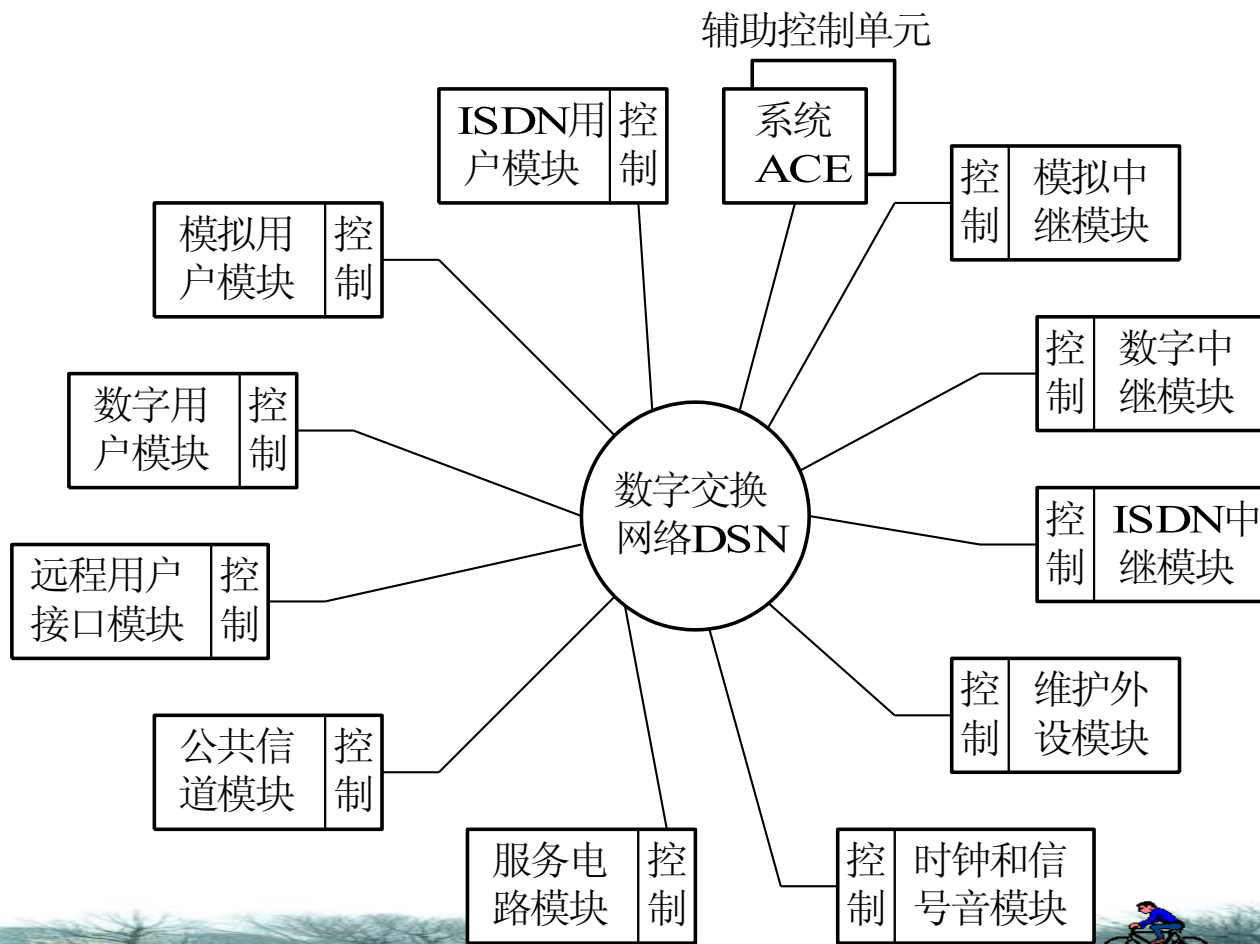


图3.52 S-1240数字交换机的基本结构

1) 数字交换网络DSN

数字交换网络处于系统结构的中心，它为各种终端模块提供接续通路，也为终端控制单元(TCE)和辅助控制单元(ACE)中的微处理机之间传递控制信息提供通路。

2) 终端模块

终端模块有多种。每个终端模块都有自己相应的终端电路和终端控制单元(TCE)。各终端模块受其TCE控制，完成各自的功能，并通过TCE中的终端接口与DSN相连。



3) 系统ACE

对DSN来说，ACE也是一种终端模块，不过它没有终端电路。ACE的硬件与TCE的硬件相同，只是它的功能多，软件庞大、复杂，所需存储器的容量大。

系统ACE的主要功能有：呼叫服务、资源管理和计费分析等。



(1) 呼叫服务：用以进行字冠分析和路由选择。其功能包括：根据用户所发出的前几位号码可以确定是本局呼叫还是出局呼叫，是市内呼叫还是长途呼叫等；当直达路由忙时，是否能选择迂回路由，选择哪种迂回路由；将用户所拨的电话簿号码转译为交换机内部的设备号码。

(2) 资源管理：用以对中继线、信号发送器、信号接收器等资源进行管理。如对一次呼叫指派一条中继线、一个多频发码器、一个多频收码器等。



(3) 计费分析：对市内、长途、国际等不同呼叫进行计费分析。系统ACE为不同的呼叫提供不同的费率，并为计费明细单提供必要的数据库提供的。计费分析所需要的数据是由数据库提供的。

由于系统ACE的功能多，软件复杂、庞大，故将众多的功能分布在一组(多个)ACE中。在较大的交换局中需配备多组系统ACE，并按负荷分担方式工作。又由于系统ACE具有十分重要的功能，为了确保安全可靠，采用热备用和冷备用双重保险的工作方式。



2. 终端模块

1) 一般构成原理

每个终端模块包含两个部分：终端电路和终端控制单元(TCE)，见图3.53。终端电路(简称终端)的基本功能是用来适配相应的终端设备，实际上也就是接口电路。一群终端电路组合在一起，受终端控制单元的控制。终端控制单元中包含微处理器、存储器、终端接口和高、低速总线。



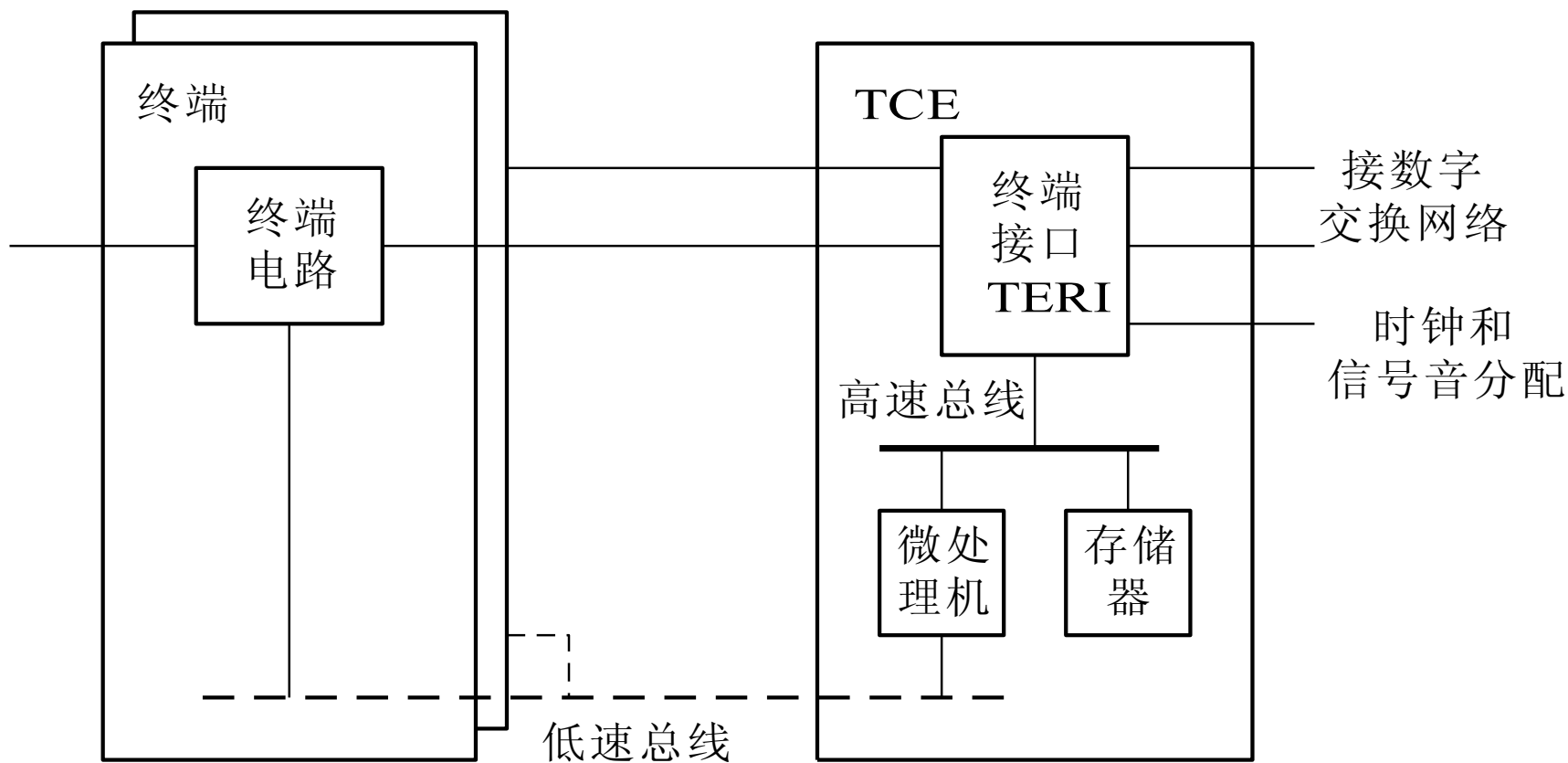


图3.53 终端模块的结构

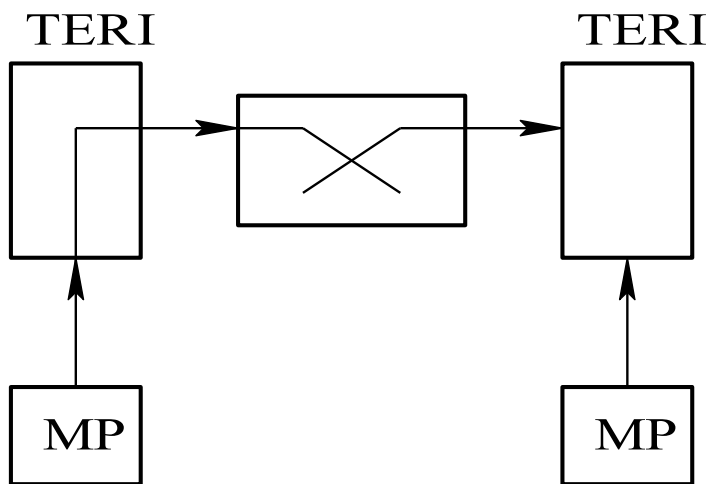


高速总线是微机与终端接口间的控制接口，也是微机与存储器间的存取接口。

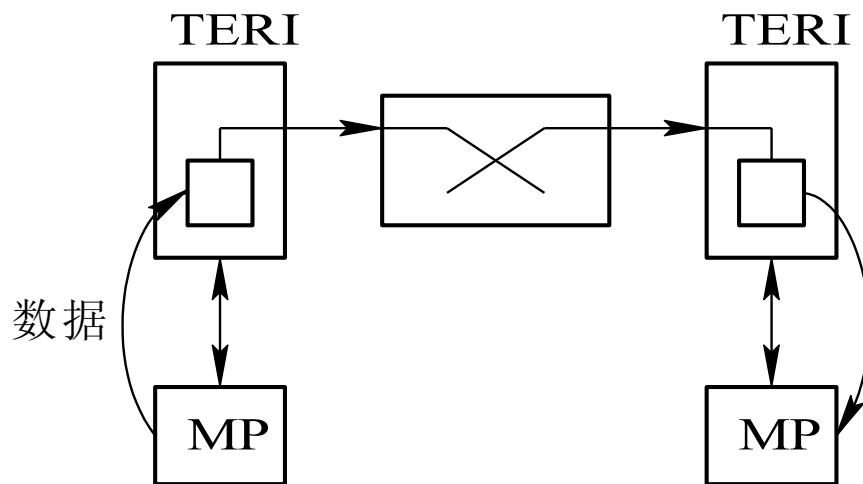
低速总线是微机与终端电路的控制接口，用于传送扫描信息和驱动信息。

终端接口(TERI)内有五个端口。其中四个是双向的，两个接至终端电路，两个接DSN，另一个端口是单向的，连接时钟和信号音分配。五个端口之间通过时分复用总线相连。TERI是终端电路与DSN之间的接口，也是微机及其存储器与DSN的接口。TERI的主要功能是(见图3.54):

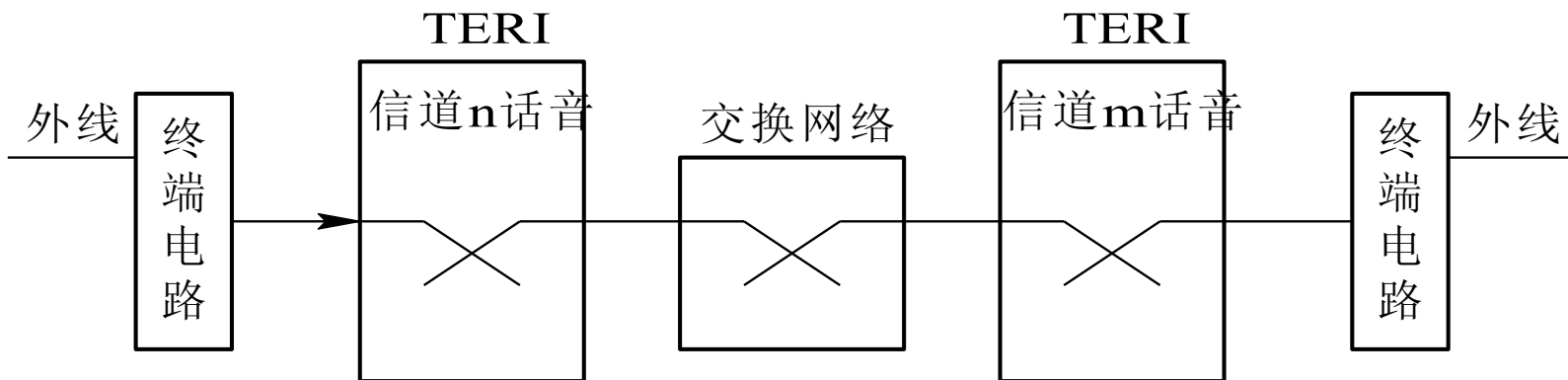




(a)



(b)



(c)

图3.54 TERI的主要功能

(a) 建立TERI间的单向通路；(b) 实现微处理间的通信；(c) 进行话音通信



- (1) 控制DSN中通路的建立、保持和释放，即传递命令字。
- (2) 实现微处理机间通信。
- (3) 实现电话通信或数据通信。



2) 终端模块类型

S-1240的标准终端模块有：

模拟用户模块(ASM)：每一个ASM可连接128个模拟用户。

数字用户模块(DSM)：每一个DSM可连接30或60个数字话机用户，并为数字用户终端电路提供控制功能。

模拟中继模块(ATM)：可接36条模拟中继线，可适应2线或4线中继线和多种信令方式。

数字中继模块(DTM)：为数字中继线提供接口和控制功能，可适应32路或24路PCM系统。



ISDN用户模块(ISM): 连接各种ISDN用户终端, 如计算机、传真机等。接口按ISDN基本速率接口设计, 符合ITU-T标准, 可同时提供两个64 kb/s通道传送语音和数据, 一个16 kb/s通道用于传送信令和低速数据。每一模块最多可接64个ISDN用户。

ISDN中继模块(ITM): 它通过PCM中继线可与ISDN网中的另一个数字局或具有ISDN性能的数字小交换机相连接。

远端用户单元接口模块(RIM): 远端用户单元(RSU)是一种远端用户集线器, 其内部用户交换不需经过母局。RIM为RSU提供接口和控制, 在设计上类似于DTM。它的终端电路通过PCM系统与RSU后可与远端用户相连接。



第3章 电路交换技术

服务电路模块(SCM): 其作用是接收并识别按键话机发出的双音频信号和收发局间多频信号。每个SCM能提供32路信道, 可分为两组: 一组用于按键话机双频接收, 另一组用于多频信号的发送。

公共信道模块(CCM): 提供7号信令系统中第2级和第3级的功能。

时钟和音信号模块(CTM): 向其它模块提供中央时钟和数字信号音。

维护和外设模块(MPM): MPM的功能是: 将控制软件装入各个模块的控制单元中; 对外设进行控制和管理; 处理故障; 恢复操作; 其它维护功能(如系统的扩展、数据的收集和修改等)。



3. 数字交换网络DSN

1) DSN的特点

S-1240交换网络采用单侧折叠式网络，由同一种类型的DSE组成，它有下列特点：

(1) DSE本身具有通路选择的控制逻辑电路，它接收各个终端控制单元送来的选择命令，以建立、保持通路或释放通路。

(2) DSN采用逐级选试方式，能承受较大话务量，而且允许多次选试，选择时首选时延最小的路由。



(3) DSN扩充方便。扩充分两个方面：一是交换网络的级数随外接的终端模块数量逐步增加，最大可增至四级；二是由于话务量增加而引起的DSN扩充，可通过多个平面负荷分担实现。

(4) 各种终端模块以统一的方式与DSN连接，简化了控制。



2) 交换机内帧格式和选择命令

(1) 帧格式。S-1240交换机内的PCM链路每帧有32个信道，每信道有16 bit。32个信道中，信道0用于维护(如维护命令、响应及告警等)，信道1~15和17~31用来传送语音或数据，也可用于处理机之间通信，信道16则稍有不同(见后述)。对话路1~15、17~31而言，16 bit中的最高2位(F和E位)有4种不同的编码格式，分别对应于4种命令格式。这4种格式如下：

$FE=00$ ，表示置闲，在话路空闲时传送。对已占用的话路，如连续两次收到置闲信号，就表示要将当前话路置为空闲状态。



FE=01，表示是选择命令。选择命令由端口号码、功能码、话路号码等组成。空闲的接收话路上收到选择命令，意味着要在当前DSE中建立接续。

FE=11，表示在信道中传送的是话音或数据信息。对于8 bit的话音信息来说，只用到其中的8位(从C~5位)。

FE=10，表示本信道字传送的是处理机之间的通信信息，称为“换码”，此时D位=0；如果D位=1，则是查询某级、某端口、某话路的状态。



信道16主要用于传输以下信息：当选择和建立信道时，若所选信道成功，会沿一条证实线回送一个证实信号(ACK)；若选择失败，就会回送一个“不证实”信号(NACK)。NACK信息是通过信道16向与之相连的前一级端口回送的，并逐级反向回送给发送信道字的TCE。信道16的信道字也有与话音/数据信道字相同的格式，但含义不同。第D位表示本信道字是否包含NACK信息：为0时无NACK信息；为1时有NACK信息，最低五位就是发送NACK信息的信道号码。



(2) 选择命令。从一个控制单元CE(TCE或ACE)到另一个CE的通路建立是由选择命令来控制的，每一条命令可完成一级DSE接续。选择命令有两大类型：

自由选择：选择某一级、某一DSE的任意输出端口，任意路由。

指定选择：选择指定端口上的任意空闲路由。

选择命令格式如表3.4所示。命令的具体应用在讲述通路建立时再说明。



表3.4 选择命令格式

		F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	置 闲	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	选择: 任意端口, 任意信道	0	1	x	x	x	x	x	0	1	0	0	x	x	x	x	x
	选择: 高号端口, 任意信道	0	1	x	x	x	x	x	0	0	0	1	x	x	x	x	x
	选择: 低号端口, 任意信道	0	1	x	x	x	x	x	1	1	0	1	x	x	x	x	x
	选择: 端口 P, 任意信道	0	1	x	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	0	1	1	1	x	x	x	x	x
	选择: 端口 P, 信道 Q	0	1	x	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	1	0	1	1	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
	选择: 端口 P 或 P+4, 任意信道	0	1	x	P ₀	P ₁	P ₂	x	0	0	1	0	x	x	x	x	x
	维护选择: 端口 P, 信道 Q(例测)	0	1	x	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	1	1	1	0	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
3	换码	1	0	0	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D _A	D _B	D _C
4	语音或数据: 语音	1	1	x	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	0	0	0	0	PR
	数据	1	1	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S _A	S _B	S _C	S _D



3) DSN的结构

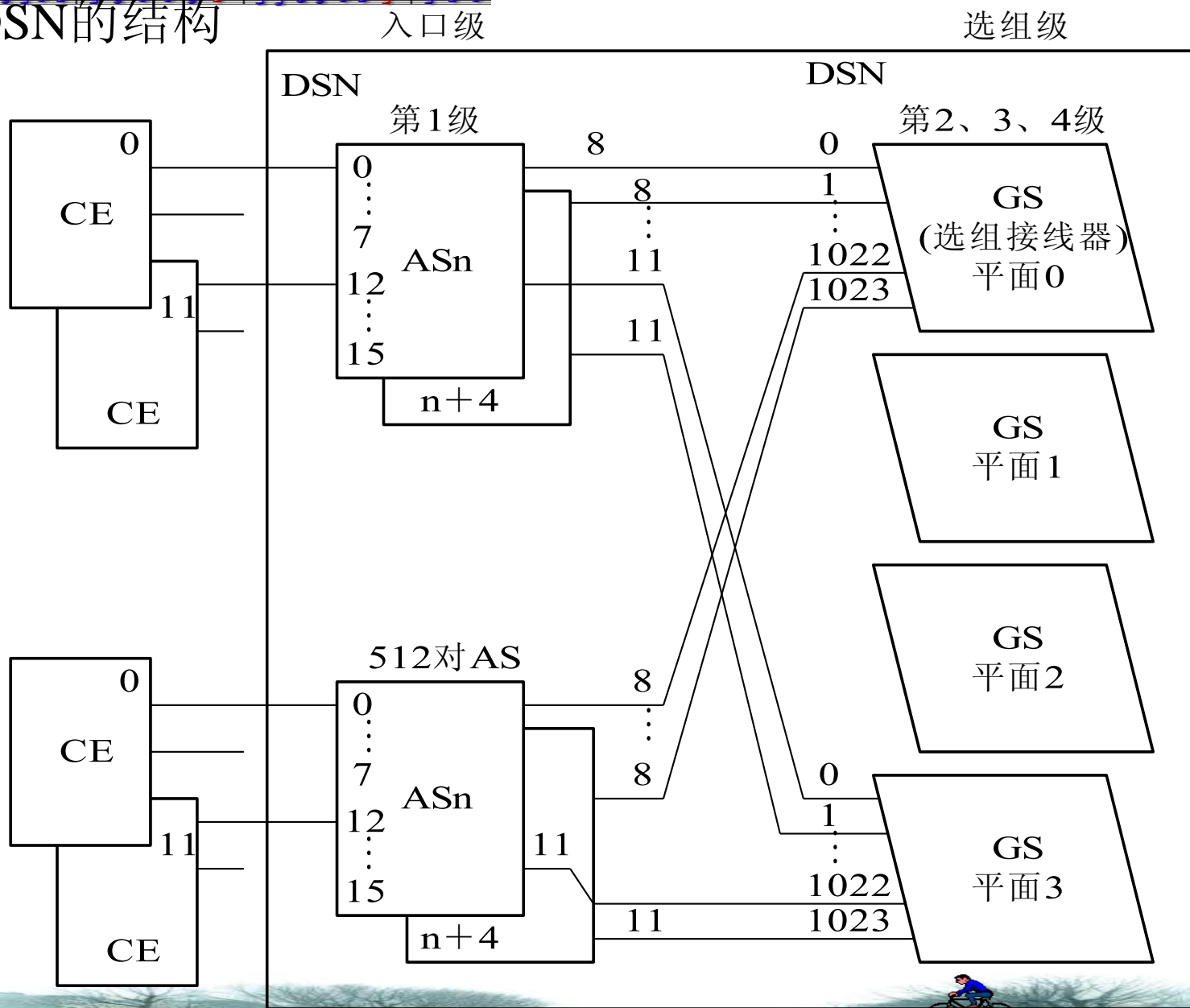


图3.55 S-1240交换网络的结构

(1) 入口级AS(Access Switch)。入口级是DSN的第1级，由成对的入口接线器组成。每个入口接线器就是一个DSE，可接16条PCM链路(编号为0~15)。其中编号为0~7和12~15的这12条链路可接各种控制单元CE(TCE和ACE)；编号为8~11的链路可接DSN的选组级。

对每个CE来说，它的终端接口(TI)网络侧的两条PCM链路分别接到一对AS的同名端上。这样连接的原因是为了给CE提供两条不同的路由。即使有一条链路或一个AS发生故障，仍有另一个路由可保证通信。

选组级最多可有4个平面，AS的4条编号为8~11的PCM链路分别接到这4个平面。



(2) 选组级(GS)。选组级最多可配置4个平面，配置的平面数决定于DSN所连接终端的话务量。每个平面的结构是相同的，每个面本身由1~3级组成(它们分别称为DSN的第2、3、4级)，级数的多少由CE数的多少来决定，即由容量来决定。图3.56为一个面内装足3级接线器的结构。

图3.56中的第2级和第3级各有16组，每组各有8个DSE，编号为0~7的端口接前一级PCM链路，8~15端口接后一级PCM链路。同组内连线相互交叉。第4级只有8组，每组有8个DSE，其16个端口都在左侧，与第3级相连，构成了单侧折叠式网络。这一级完成不同组间的交叉连线。



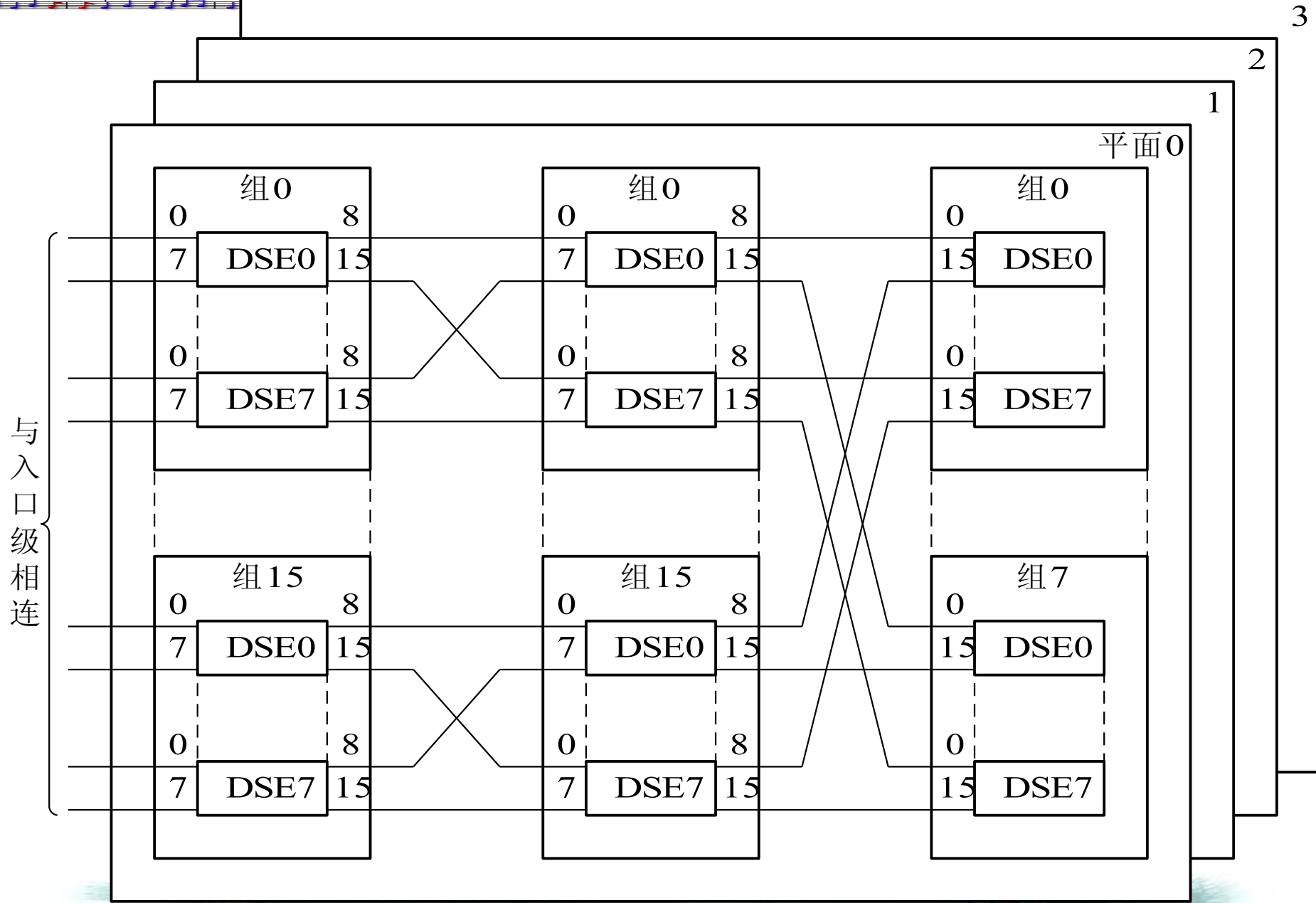


图3.56 S-1240选组级网络

(3) DSN的扩充。DSN可随容量的增加而增加级数，其扩充方法见图3.57。

当容量很小时，可仅用一对AS组成一级交换网络，这时AS的出线端口8~11被腾空。在第1级网络中，一对AS可接12个CE，一般可取其中的8个为用户模块，则这时可接 $128 \times 8 = 1024$ 个用户，见图3.57框A。

采用两级DSN时，第2级只用一个DSE(设只有一个面时)，这时第2级DSE的出线端口8~15被腾空。其入线端口0~7最多可接4对AS，若仍按每对接1024个用户计算，可接 $1024 \times 4 = 4096$ 个用户，见图3.57框B。



容量再增加，第2级的DSE数不只一个时，就应增加第3级。图3.57框C为第2级有2个DSE，第3级有4个DSE，这时第2级可接8对AS。若仍按上述每对AS接1024用户计算，可接8192个用户。从图3.57框D可知，第2、3级都用到8个DSE，组成第0小组，显然其容量可达框A的32倍，即可达32 768个用户。

第2、3级都超过一个组时，就要扩充第4级。这时每一个平面有 $16 \times 8 + 16 \times 8 + 8 \times 8 = 320$ 个DSE。

4个平面共需要 $320 \times 4 = 1280$ 个DSE。加上AS级的1024(即512对)个DSE，共需DSE 2304个。此时可容纳的CE数为 $512 \times 12 = 6144$ 个。显然这时全局容量可超过10万线以上。



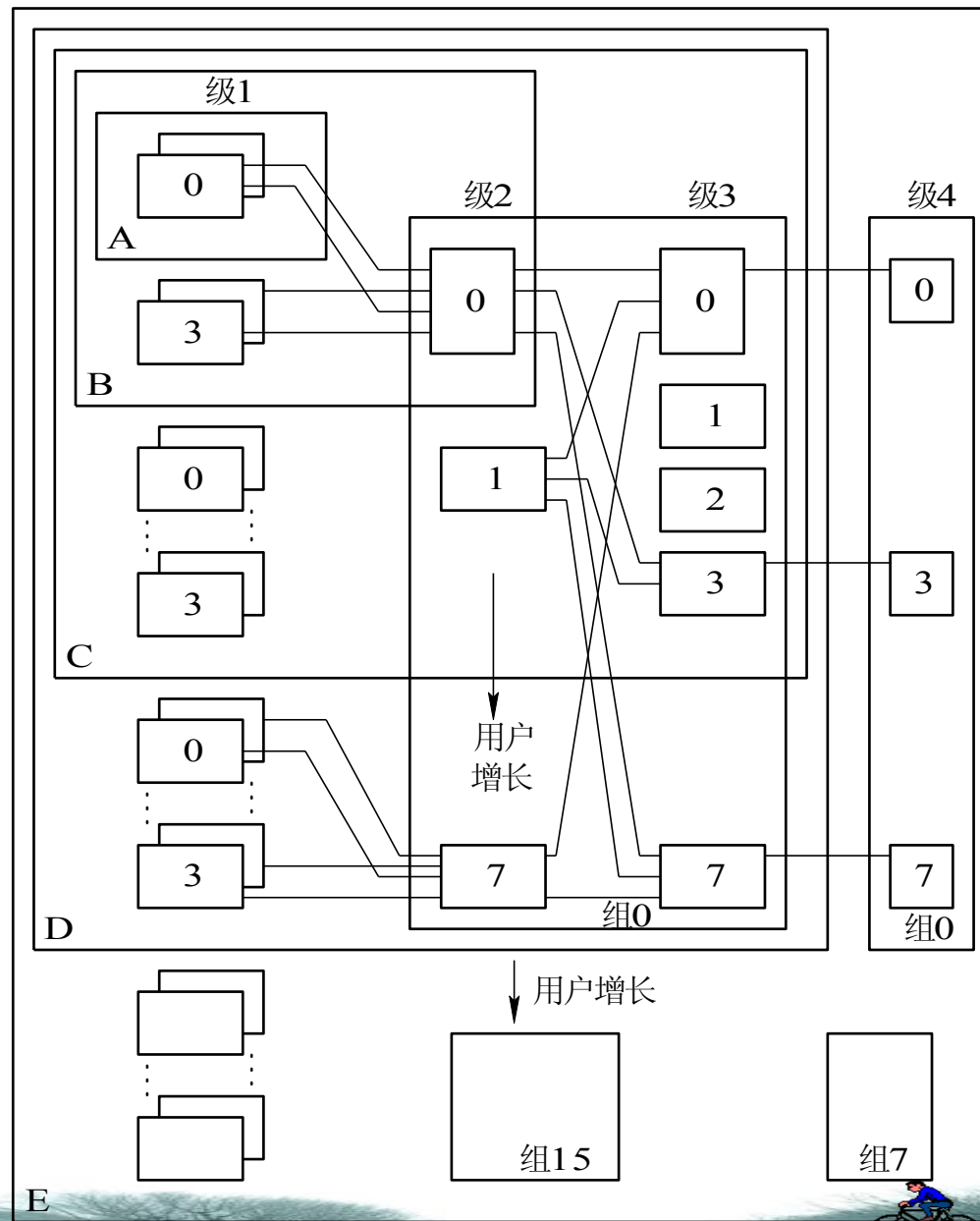


图3.57 S-1240网络扩充过程

4) 网络的编址

接在DSN中AS上的每一CE都有其惟一的地址码。地址码用ABCD四个数来表示。图3.58指出了地址码ABCD的含义。

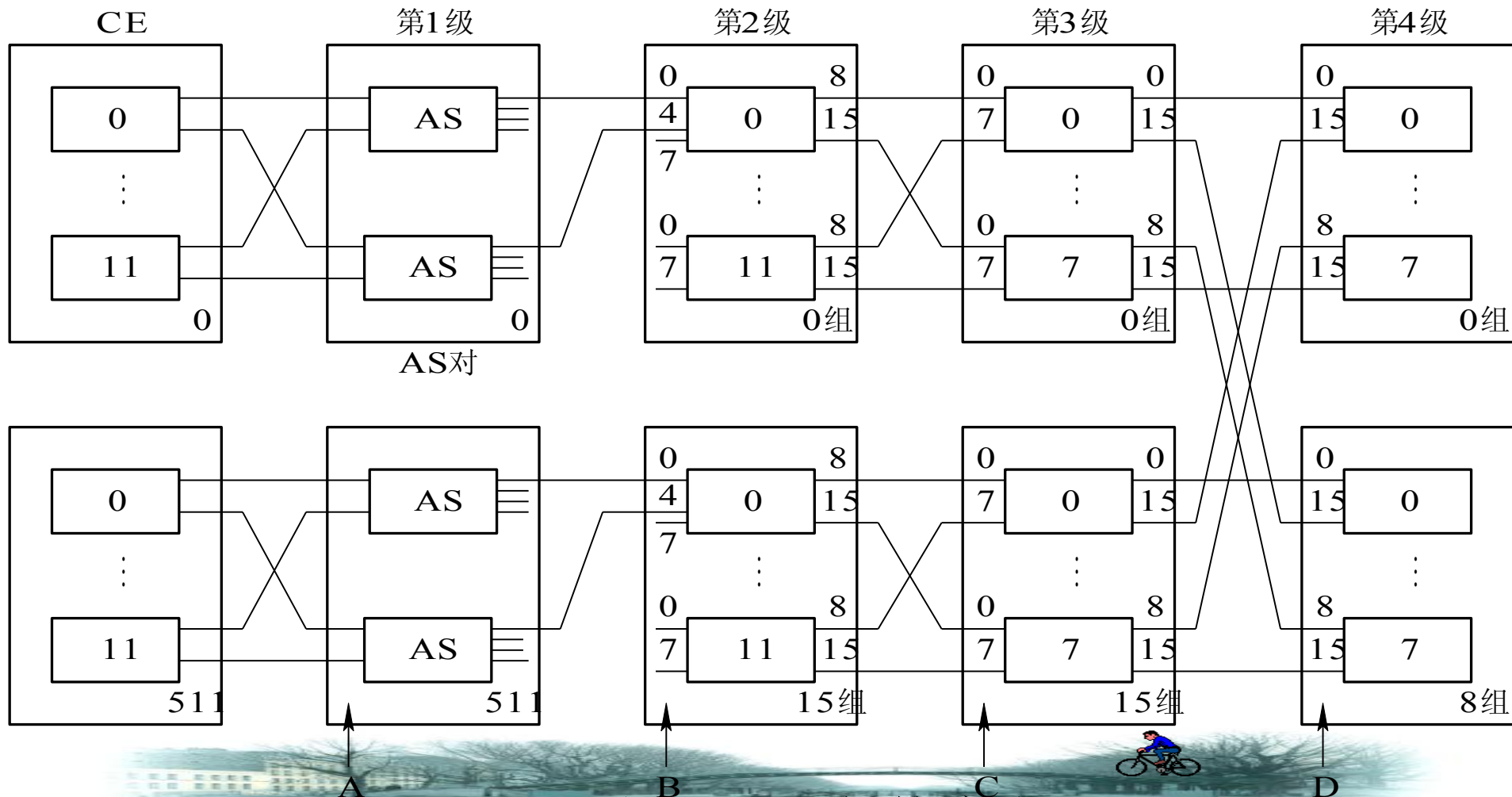


图3.58 网络的编址

A为CE接在第1级AS入端口上的号码，AS的入端口为12个，区分它们需要4 bit。

B为AS对接在第2级DSE入端口上的号码。由于AS是成对出现的，两个成对的AS在第2级DSE入口端的位置相差4(即若有一对AS，其中的一个接在第2级入口B号，则另一个接在B+4号上)，故第2级DSE入端口虽然有8个，而其编址只有4种，只需2 bit来区分。

C为第3级入口地址，代表第2级接在第3级DSE的入端口号，有8个入端口，需3 bit来区分。

D为第3级连至第4级DSE的入端口地址，第4级DSE的端口有16个，需4 bit来区分。

观察图3.57，并利用总结的相邻级连线规律，可知地址编码ABCD的含义是：D为组号，C为DSE号，B为AS号，A为CE号。



5) 通路的建立

(1) 通路选择原则。S-1240 DSN选择通路的原则是：从主叫所在的CE至DSN第4级为自由选线(即可以选择各级的任意端口的任意信道)，这样可以减小呼损；而从DSN第4级返回至被叫用户所在的CE是采用指定选择(即选择各级的指定端口、任意信道)。



(2) 地址比较和选择命令。一个CE要与另一个CE建立通路，应先将自身地址 ABCD 与对方CE地址 A'B'C'D' 进行比较，从比较的结果来决定发送选择命令的条数。

DSN中的路由选择命令有4种类型：

X：用于AS级的自由选线，选择4个平面中的一个。

Y：用于第2级和第3级的自由选线，选择8个出端口中的一个。

N：用于第4级、第3级和AS级的指定选线。选择时端口是指定的，而话路是任意的。

NZ：用于第2级对AS级的选择，选择其指定的端口N或N+z(z=4)，话路是任意的。



例 主叫CE地址ABCD为4 1 5 2，被叫CE地址A'B'C'D'为12 2 4 10，要求建立双向通路。

本例由于主叫CE和被叫CE两者的地址 $D \neq D'$ ，说明两个CE不在同一组。要在两者间建立通路必须经过4级，故应发7条命令。从主叫CE发出的7条命令是：

第1条：X，在AS级的第8~11端口中任选一个端口(即任选一个面)，信道是任意的。

第2条：Y，在第2级的8~15端口中任选一个端口，信道是任意的。

第3条：Y，在第3级的8~15端口中任选一个端口，信道是任意的。



第4条：N，在第4级的0~15端口中指定选择端口D'(此处 $D'=10$ ，即选到第10组)，信道是任意的。

第5条：N，在第3级(第10组)第0~7端口中指定选择端口C'(此处 $C'=4$)，信道是任意的。

第6条：NZ，在第2级(第10组第4台接线器)的0~7端口中指定选择B'或 $B'+4$ 端口，(此处 $B'=2$)，任意信道。

第7条：N，在AS级的端口0~7和12~15中指定选择端口A'(此处 $A'=12$)，任意信道。



由于数字交换采用4线制，故也应从被叫CE向主叫CE建立通路。图3.59为这两个控制单元(CE)所建立通路的示意图。

如果主叫CE和被叫CE的地址D相等，即 $D=D'=0$ ，C不相等，它们的通路不必经过DSN网络的第4级，通路的返回点在第3级。因此，主、被叫CE都只需要发送5条选择命令，其所发的5条命令按前例可自行推出。

同理，如果主、被叫CE的地址D和C都相等，而 $B \neq B'$ 时，则通路返回点在第2级，只需要发送3条命令。



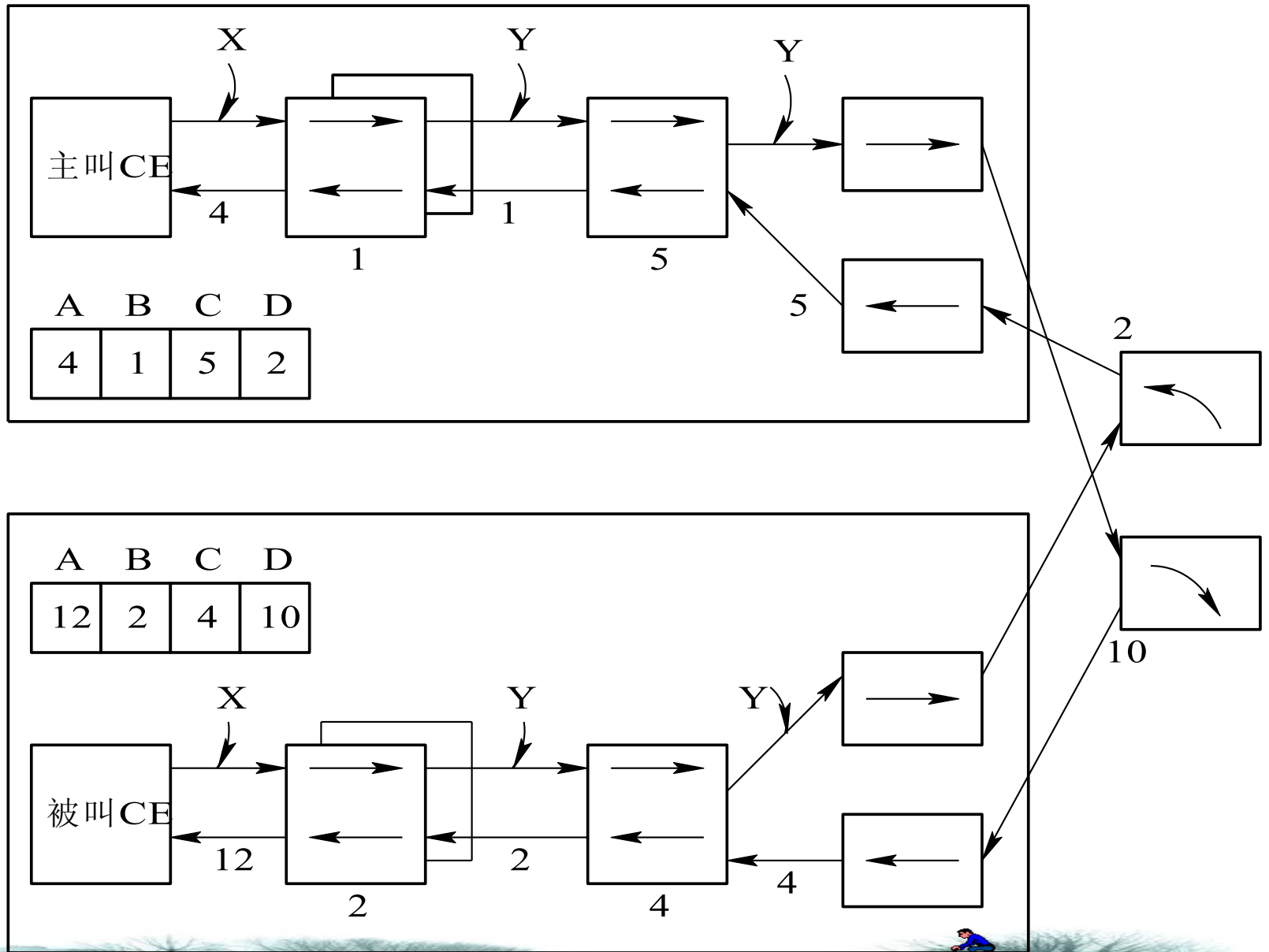
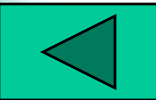


图3.59 通过4级制建立双向通路的示意图



思考题

- 3.1 电路交换有何特点？
- 3.2 画图说明电路交换机的组成。
- 3.3 电路交换机有哪些接口？它们的基本功能是什么？
- 3.4 画图说明本局呼叫信令流程。
- 3.5 什么是集中控制？什么是分散控制？
- 3.6 处理机冗余配置方式有哪些？
- 3.7 处理机间通信方式有哪些？
- 3.8 分散控制和分布式控制有何异同？



3.9 说明复用器和分路器的工作原理。串/并变换前后，时隙有何对应关系？

3.10 有一个T接线器，设输入/输出线的复用度为512，要实现TS5与TS20的交换，画图表示这一过程，并说明转发表如何构造。

3.11 有一S接线器，有8条输入/输出线(编号为0~7)，每条线的复用度为512，要求在TS15将入线1上的信息A送到出线5上；在TS30将入线2上的信息B送到出线7上。画图说明这一过程，并说明转发表如何构造。



3.12 说明DSE的结构和工作原理。控制DSE交换的转发表在哪里？

3.13 有一个TST型交换网络，有8条输入/输出线，每条线的复用度为128。现要

输入线2，TS10 内部 TS40 输出线5，TS60

进行的双向交换。画出交换网络的结构，并填写各相关语音存储器和控制存储器(假设输入T用输出控制，输出T用输入控制，S级控制存储器按出线配置，内部时隙按反相法确定)。



- 3.14 说明电路交换软件的特点和组成。
- 3.15 说明局数据和用户数据的主要内容。
- 3.16 说明呼叫处理程序的结构。
- 3.17 说明电路交换机中程序的分级和调度方法。
- 3.18 用时间表实现对下列程序的调度：
 - A 10 ms
 - B 20 ms
 - C 50 ms
 - D 40 ms

画出时间表的数据结构，并说明如何确定时间表的容量和系统中断周期。



3.19 说明故障处理的一般过程。

3.20 简述一次本局成功呼叫的过程。

3.21 衡量电路交换机的性能指标和服务质量指标有哪些？

3.22 某处理机的累计有效工作时间为3000小时，累计中断时间为2小时，寿命为30年。试求其寿命期内处理机的可用度。若改用双机结构，可用度又是多少？

3.23 F-150交换机如何对用户分配时隙？它的用户级是怎样实现话务集中的？



3.24 F-150交换机控制系统采用怎样的结构？它们之间如何通信？

3.25 画出S-1240交换机结构，说明结构特点。各模块处理机是如何通信的？

3.26 S-1240交换机，主叫CE编址为6370，被叫CE编址为4350，它们之间的接续路由最多需要几级？为什么？写出主叫CE发给被叫CE的选择命令。

