

电报数据自动交换系统

(专题译丛)



TA12

中国人民解放军京字一八三部队

一九七二年十一月

毛主席语录

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

目 录

1. 交换系统的交换工程	(1)
2. 自动数字网系统介绍	
第一部分 网络和用户终端设备	(54)
3. 自动数字网系统介绍	
第二部分 线路和消息交换中心	(61)
4. 自动数字网消息交换中的消息保护	(69)
5. 自动数字网交换系统的技术控制设备	(78)
6. AMATI 半自动电报交换系统	(84)
7. NEDIX 310型消息交换系统	(91)

交换系统的交换工程

基本原理

交换工程分两步进行：制定和草拟交换系统的总体方案；选择、确定和设计各交换中心。本文将论述上述两方面的内容，实际上这两者是相互影响的。例如，对汇接交换的要求影响交换中心的设计，反之，交换中心的设计也会影响对汇接交换的要求（如：编号方案和路由原则）。

1. 总体系统

交换工程首先要确定用户的地点和要求，即用户的地理位置、联系对象、联系的频繁程度、应传送的信息类型、消息长度的统计、要求的特性或业务和需要的业务等级等等。通常，交换中心设在其用户的“密集地区”。然而，下述因素也可能影响交换中心的设置，如：传输系统和设备的利用率和可靠性、房地产、电源、熟练的操作人员和保密措施等等。交换中心的规模取决于交换费用和传输费用以及“两者一致的利害因素”。图1标示了两种可能的配置方式。为了进行选择，需要把方案a（包括用户回路的费用和交换中心的费用）与方案b（包括用户回路的费用、交换中心的费用和中继线的费用）的成本核算作一比较。

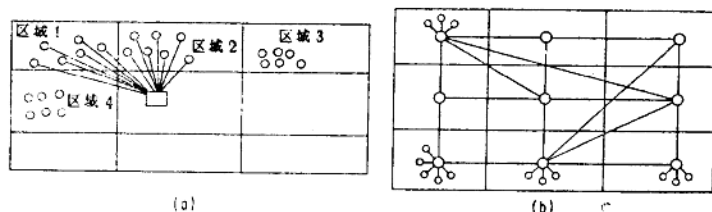


图1. (a) 所有的用户均接到一个中心局
(b) 每个区域设置一个交换中心

为了完成这项成本核算，必须推测出允许在交换中心之间建立适当中继线的通话业务图。考虑采用汇接或中继交换（如图2所示）就能在规划阶段使方案得到进一步改善，並能在增加交换费用的情况下降低传输费用。修改和综合这些方案就有可能使费用减到最少，而使功能达到最大，这些费用和功能是由问题的特殊参数决定的。一般的系统交换方案已经拟定，可以根据交换中心的数目和型式、功能和特点、编号方案和中继方案比较明确地决定系统的配置。

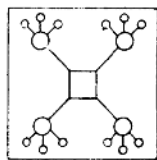


图2. 汇接交换

a. 中继方案

中继方案确定通过系统选定呼叫路由的方法。对于用户—用户呼叫的每一组合来说，必须设立基本路由和迂回路由。拟定交换中心的方案，以便选择与这一方案相一致的中继线。

中继线的传输要求是由这个方案决定的。该方案必须考虑：话务量、必要传输设备的经济性和出现故障时的工作可靠性。根据话务量的大小，在交换局之间酌情配置中继线。通常，由于设置了中继线，因此在忙时期间，确定全部中继线（到下一个局）的占线概率为0.01，在成本特别昂贵的路由上，占线概率低到0.03的业务等级仍可使用。电话话务量表用来确定适于给定的业务等级和提供的话务量所需的中继线数目。所提供的话务量是以爱尔兰为单位来测量的。一个爱尔兰等于3600次呼叫-秒，或者等于一条中继线在一小时内能处理的话务量（假设中继线在100%的时间内均被占用）。爱尔兰的数目由下式确定：

$$\text{爱尔兰} = \frac{\text{每小时的呼叫次数} \times \text{每次呼叫的平均占用时间(秒)}}{3,600}$$

所需中继线的数目根据参考文献10所列的表格来确定。每一中继线组的占用百分比可按下式计算：

$$\text{占用百分比} = \frac{\text{爱尔兰} \times 100}{\text{中继线组的中继线数}}$$

对于给定的业务等级（即阻塞概率=0.01）来说，中继线组规模越大，从占用观点来看越有效。因此，中继方案应做到：中继线组的规模达到最大，而中继线组的数目达到最小。这一点可通过采用汇接交换站和溢呼路由或迂迴路由来达到。

上述设想也适用于本章其它部分中有关交换中心时分制单元（如寄存发送器、链路和交接点）的数量规范。

迂迴路由是提高中继线效率和改善可靠性的一种手段。局间的直接路由可以根据非忙时的负荷来设计，因此，取24小时内的平均数，就可提高它的占用时间。最大话务量负荷是经过中间交换局或“中枢路由”处理的。对于话务量不可能同时达到最大的许多不同交换电路来说，因为迂迴路由可以起到辅助路由的作用，因此它的设计更为有效。通常，它是一个大的组合体，而其最大话务量负荷与平均话务量负荷之比是较小的。一旦在基本路由上发生线路或交换故障时，可采用旁路迂迴路由，这样就能提高线路的可靠性。

使用迂迴路由将会增加交换中心的复杂性，对中继传输特性的要求更为严格和防止“串呼”（ring-around）问题的系统规则需更详细。

2. 中心局工程

为了给成组用户提供交换系统，必须选择最适于其特殊要求的系统。这种系统的选择要考虑：对用户要求的适应性和控制的协调性；话务量要求和交换装置的容量，以达到设备的使用有效性和经济性。这些都是由中心局工程决定的。

交换系统型式的选择受各种因素的影响，而每一因素都有不同程度的效果。对于小的用户组来说，步进制交换系统比公共控制交换系统更为经济。考虑到交换中心的发展或原先就是大型交换中心和提供各种特殊性能的需要，还是要求使用公共控制交换系统。

当用户分散在一个较大的地区内时，他们可连接到某一个中心局或分成适当的组，由许多互相连接的交换中心负责联系。上述地区性中心局网络的结构是在中心局工程方面考虑的关键问题之一。局内和有关系统的中继线的排列必须考虑多方面的因素，从而获得最适当的和最有效的线路。外部设备成本、初始费用、安装费和维修费，必须与中心局设备成本和在各种配置情况下的使用效率相比较。

服务于多局制电话网的每一交换局是一个完全独立的中心局，它不是采用步进制交换，就是采用公共控制交换。与集中的而且必须汇集到一个主中心的交换局相比，它需要较多的交换设备，但是不必布置很多中继线，而且效率也比较高。

在选择交换中心型式方面的其他主要问题（仍属于中心局工程项目）是用户的要求与交换设备的使用效率和经济性相适应。下述项目均属这一范畴，诸如：用户的使用特性、呼叫率、占用时间、每天和季节的话务量变化、未来的要求、本地话务业务与中继话务业务之比、专用小交换机的工作、人工和自动截断、呼叫统计程序、专用业务和限制、寄存发送器的工作等等。

交换网的设计，它的配置和控制受到上述特性的极大影响，特别是受到预期的未来发展需要的影响。在选择对特殊应用具有最大适应性的系统之前，必须再一次仔细地评价步进制系统和公共控制系统的优缺点。

步进制系统的配置（交换点矩阵）是由它的特殊交换单元确定的，通常为 100 或 200 条出线的双向动作的选择器机键，因此，只能用固定的步级（如：100，1,000，10,000）来扩展。对于扩展单元和步级，公共控制系统的矩阵配置具有较大的、特有的灵活性，但是需要更复杂的网络控制。

矩阵的规模和局内互连通路的准备是与工作的终端（线路和中继线）数目和提供（或规定）的业务等级相称的。用户的使用特性、呼叫率、占用时间和本地话务业务与中继话务业务之比，是在“话务工程”中使用的原始数据，以便为设计有效的和经济的交换阵列提供必要的输出。

对于专用小交换机的工作、截断和统计程序，主要是从经济观点来考虑，借以证明采用人工、半自动或全自动系统中那一种系统最好。在决定最合适的途径之前，必须把每台专用小交换机的用户数，专用小交换机的台数和由这些专用小交换机服务的大多数用户的特殊需要作为整个中心局要求的一部分而予以考虑和估计。

服务的用户数，他们的特殊要求和为特殊性能准备的人工话务员位置，均对截断特性的完成产生很大的影响。当上述人工接口的占用为最小时，要使用预先记录好的磁带来通知。

对于一个特殊中心局来说，相适应的自动化呼叫统计系统（长途电话记录系统）的选择，需要仔细地评价具有重要经济影响的这些因素的特性。通常，公共控制系统采用全自动化统计程序比步进制系统更为合适。用户的使用特性（工作地点和住所）；本地话务业务和中继话务业务之比；站与站的呼叫，人员与人员的呼叫和集中的呼叫；合用线的数量和使用是根据每个站的终端设备或每条线路的终端设备来考虑的。离线数据处理设备的利用率和特性也是影响选择统计系统的另外一些因素。

当然，中心局工程同与交换设备直接和间接相连的全部外围设备有重要关系，其中涉及到：局内设备（交换设备）和局外设备（线路和中继传输设备）的测试和维修；终端和配线框架（总配线架，中间配线架）；供交换网存取和分配用的分品板（满足特殊业务等级的要求）。电源、配线、保险和告警以及适当的应急电源备用装置都是任何一个中心局不可缺少的一部分。

初期设备安装的场地规划，必须同时考虑将来的发展。维修人员适当的走道空隙，环境控制（供暖和空调）设备，允许的地板负荷和适用的天花板高度，这些都必须从选择设备的观点，也必须从单纯的经济和实用的观点来考虑的因素。

如果因为中心局的规模有限和对机动性的要求不太高，就可选用步进制交换局，其主要

的工程问题与选线器的规格和组合有关。根据提出的话务量选配的用户线、用户线中继线和中继线寻线机，将确定发端呼叫的拨号音延迟和终端呼叫的阻塞次数。根据表格*可以得到在给定的阻塞次数和延迟下所需的选线器和寻线机的数量。

同样，在公共控制交换局中，网络或矩阵的配置将确定在忙时期间完成一次呼叫的成功率。在小型交换局中，简单的一级或二级网络具有供全部用户同时呼叫（无阻塞）用的足够信道，而在交接点数目上花费的代价很少。由于规模的增大，阻塞系统被用来将矩阵的规模限制在适当的数量。另一方面，大型组合的效率允许把交换局设计成少数通道通过矩阵的系统，并提供很低的阻塞率。

在公共控制交换局中使用的寄存器和其它时分制装置的数目将影响呼叫能力。所提供的数量必须使接收或呼叫的延迟达到某一任意小的数值。大于1秒的拨号音延迟将被减到最小（100次呼叫小于1秒）。拨号音的过度延迟往往引起积累现象，因为在得到拨号音之前增加了用户将要拨号的概率，这样就切断了他们的呼叫。这种现象将使系统增加对其它用户进一步延迟拨号音的话务量。

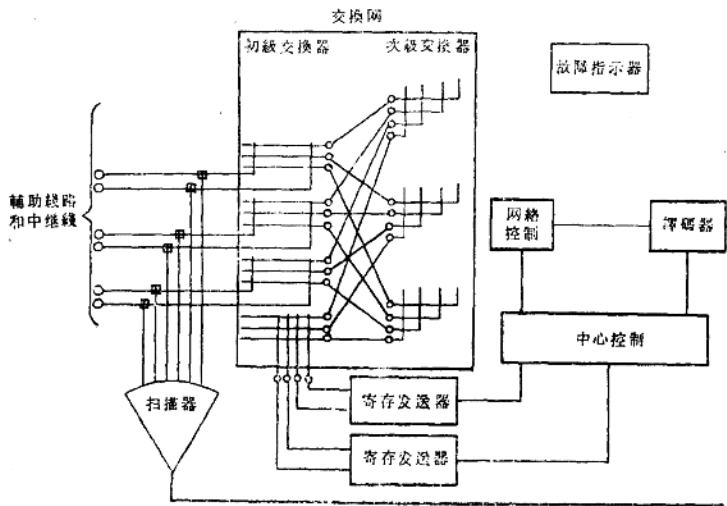


图3. 一般方块图

如果普通设备不能很快地完成呼叫，则在峰值周期内可能产生类似的障碍。在电子式公共控制交换局中，典型呼叫的建立时间为50~500毫秒。

图3是一个典型的公共控制交换中心方块图。下节将讨论交换矩阵的设计和所需寄存发送器数量的计算。

交换矩阵的设计

3. 概述¹⁻¹⁰

交换矩阵是一种有规则的继电器阵列。运用一个或几个继电器就能为两个端子提供传输通路。最简单的交换矩阵是转接盘。所有的端子都接到塞孔盘上，并用人工方法通过塞绳将两个端子彼此连接在一起，使之连接起来。无论有多少个端子，每台交换机可用的塞绳数就是它的最大容量，即：如果100个端子的交换机有25条塞绳，这台交换机一次就只能供50个端子使用。

为使该交换机无阻塞地工作，不致由于缺少塞绳而拒绝呼叫，需备有50条塞绳。该例中的塞绳数和交换矩阵中的节点数是相当的。为对所有的用户提供畅通的服务，交换矩阵应有

*Bell System Engineering Practices, Div. D-Sec. 1, July, 1940.

足够的链路和交叉点继电器，以使所有的端子都能相互连接。应当注意，线路交换装置的功能是为两个端子提供传输通路。

a. 技术水平

实现线路交换，现采用三种主要技术。为提供基本概念，将对这些技术作一简单的介绍。这三种主要技术是：

1. 时间分隔技术⁶
2. 频率分隔技术
3. 空间分隔技术

b. 时间分隔技术

时间分隔交换技术是将要交换的信息以很高的速率进行取样，足以保证不丢失信息；这些取样作得极短，並交替加在信息转移通路上。

对于非同步信息，例如模拟信号，取样频率（尼奎斯特频率）必须稍大于被取样最高频率的两倍。例如，4千赫的信号应以9千赫的速率取样。这种取样用其振幅（即取样瞬间的取样高度）来载送信息。这种方法称为脉幅调制（PAM）。每个信号的取样都有规则地出现在取样频率上。多路复用是通过将在每个连接的规定位置上的取样安排在取样间隔内来实现的。这些位置称为时隙。

信息在该系统中的传送是采用为所有的端子提供一个受控制电路控制的门电路的方法实现的。与呼叫端和被呼叫端相连的门电路同时打开一短时间，这样就构成了取样*。一条信息转移通路上所能容纳的用户线数目（即时隙数）与取样速率和时隙宽度直接有关。如用 T 表示取样间隔， W 表示时隙宽度，则时隙数 $n = T/W$ 。

要将已多路复用的脉冲序列恢复为原来的信息，需采用某种类型的积分。对于模拟传输，可以采用低通滤波器的形式；对于数字数据传输，可以采用多谐振荡器来恢复信号。在模拟传输中采用时间分隔技术时，输入信号的频带必须小于取样频率的一半，以避免产生将成为噪声的模糊调制成分。

时间分隔交换技术在传送信息容量方面似乎有一个固定的上限，即端子-比特率乘积，它类似于放大器的增益-带宽乘积。

c. 频率分隔技术

频率分隔技术的原理与时间分隔技术的原理非常相似。采用不同的调制技术，但最终结果是相同的。这两种分隔技术的基本差别在于频率分隔技术采用不同的载波频率，该载波频率是由将两条用户线连接在一起的控制电路来选择的。就是说，连接的双方都用同一个载频进行调制，而该载频与那时建立的其它连接所用的载频是不同的。频率分隔交换系统的工作特性与时间分隔交换系统的工作特性很相似，都有严格的频率上限、较低的功率电平和一些失真。

d. 空间分隔技术

* 由于两个门电路打开一短时间，因而在两个端子之间传送的能量很少。采用“谐振传送”技术以后，能使传送的能量损失很小。

空间分隔交换方法作为一种标准大约已有70年,最近才给了这个名称。采用空间分隔技术,两个端子之间只建立外部的连接,这个连接在空间上是和系统中的其它连接分开的。大部分的商用电话交换系统都采用空间分隔。虽然与前述的二种系统相比体积稍大,但在端子数或比特率方面均不受限制。目前采用特殊预防措施以后,有的系统已能传送高达10兆赫的信号。

空间分隔网络的设计包括两个方面:网络的拓扑学和接线器或交叉点的选择。

历史上曾研制了许多种接线器,其中有旋转式接线器²、面板式接线器、 $x-y$ 接线器等。目前正致力于适合交叉点阵列用的坐标式接线器结构方面的研究。西方电气公司和北方电气公司的纵横接线器就是这种“标准”接线器最高发展的一些实例。

近年来,已在大力研究用电子式接线器代替机电式接线器。这一发展可望实现尺寸小、速度快、成本低、功率消耗少和可靠性高等优点。目前已在这方面应用晶体管、半导体开关管、四层二极管、气体管和隧道二极管等。但到目前为止,都还没有脱离实验阶段。

最近,有一种器件作为接近理想的交换元件而变得很突出。这种器件就是干式舌簧继电器⁷。它综合了电子器件和机电器件的某些优点。这种继电器的优点是尺寸小、价格便宜、结构牢固、速度快、寿命长、对温度和辐射不灵敏,而且有无限大的开关比。由干式舌簧继电器组成的网络的插入损耗几乎等于零,而且容易控制。这种网络与相当的时间分隔网络相比,物理尺寸和重量都比较大。但和其它技术相比,在大的电话局(超过100门)内,空间分隔技术容易控制,带宽及插入损耗特性都优于其它技术;在小的电话局内,在某些情况下也都超过其它技术。

由于自动线路交换机大部分是由交叉点矩阵组成的,本文将讨论减小这种矩阵的方法。网络结构是与用户线路数、所需阻塞概率以及每条用户线所提供的話务量成函数关系。对于这些数值的任何一种组合来说,下述每种网络的总的交叉点数目按其每级所选择的接线器大小都有一个范围。最佳选择可从表示每种结构的方程式的叠代解中得到,因而可以决定每种结构的最小交叉点数目。各种结构的最小值便是最佳值。该最佳值不可能就是最经济的解决办法,因为一般说来,比较复杂的网络阵列需要比较复杂的控制。计算机程序可用来迅速计算出最佳交叉点阵列。

4. 各种无阻塞交换网络

网络就是一种继电器阵列。经过适当的寻址,它能为任何二个端子提供传输通路。无阻塞这个术语的意思是指一个网络不能因为链路的内部阻塞而使任何呼叫失去或未能连接。

这种网络大体上可分为二类:单级网络和多级网络。

4.1. 单级网络

单级网络是通过仅有的一个被操作交叉点继电器为两个端子提供传输通路。当然,这种阵列的控制很简单,因为只选择所需的呼叫端和被呼叫端。

这种网络用于大量端子时很不经济。因为这种接线器具有控制简单的特点,所以用于小型的专用交换中心。单级网络有二种基本结构:(1)方阵;(2)三角形阵。

1. 方 阵

最简单的无阻塞网络示于图4。这是一个有 n 条入线和 m 条出线的矩形阵列。在这种网络中有 $n \times m$ 个交叉点。很明显,这种排列用于一定数目的端子时是最不经济的。

方阵可用于只需单向连接的交换机中。它们通常不用作单独的矩阵,而作为较高级网络

的积木件。入线连接到用户，出线连接到另一个方阵，该方阵又用于其它用户。

入线和出线这个术语用于表示监控的方向。虽然矩阵本身在传输通路内就是双向的，但只有呼叫用户才接到入线。

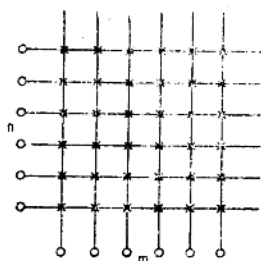


图4. 方阵网络

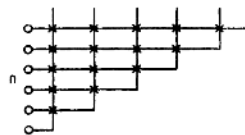


图5. 三角形矩阵网络

2. 三角形阵

前一段所述的方阵仅用于单向服务。如果所有的端子都是双向的，即任何一个端子都可以作为连接的起始端或终端端，则就可采用图5所示的三角形阵。这种阵列需要 $n(n-1)/2$ 个交叉点，这大约是方阵所需交叉点的一半。应当注意，三角形阵就是方阵按对角线折迭的一半。

b. 多级交换网络

多级网络，特别是在较大的系统中，可大大减少交叉点。中间级越多，交叉点就越少。但另外还有一些考虑，即中间级越多，控制就越复杂。大约在三级以上，控制电路就变得很复杂，以致需要一个大型存储器来跟踪每个呼叫。因此，这种方法比较麻烦。目前有许多种不同的三级网络，但都与贝尔实验室C.Clos所推荐的图6所示的基本网络相似¹。这种网络特别适用于双向端子网络。为说明这种最小结构，将对图6所示的网络作一分析。

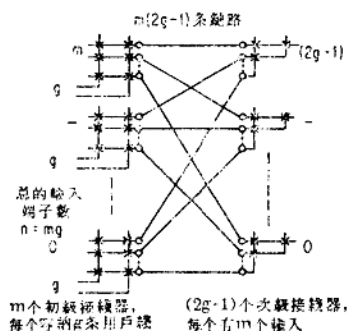


图6. 三级无阻塞阵列

5. 三级网络

图6所示的网络是一种三级网络，因为任何一个连接通常需要三个闭合的交叉点。在这一般说明中未涉及同一初级接线器的二个端子之间建立连接的情况。该网络包括 m 个初级接线器。初级接线器采用图4所示的方阵。它有 g 条连接到终端设备的入线， $2g-1$ 个连接到次级接线器的出线。次级接线器采用图5所示的三角形阵。

a. 三级网络的发展

假定这种三级网络具有下列特性：

T = 总的用户线数目

g = 每个初级接线器上的用户线数目

$m = T/g$ = 初级接线器数目

每条用户线都终接在初级接线器的垂直接线端上。每个初级接线器的水平接线端都终接在不同的次级接线器上。由于有 m 个初级接线器，所以次级接线器就有 m 个端子。当次级接线器的每个端子都连接到不同初级接线器的另一个端子上时，就会出现最坏的情况。此时，由于每个呼叫使用二条链路，所以要使任何一个呼叫都不阻塞，所需的总的链路为 $m(2g-1)$ 条。每个次级接线器有 m 个输入，因此需要 $(2g-1)$ 个次级接线器。

b. 总的交叉点数的计算

将整个矩阵分成若干小的整体，然后计算每个整体的交叉点数，便能求得总的交叉点数。

每个初级接线器的交叉点数

$$X_p = g(2g-1)$$

总的初级接线器的交叉点数

$$X_{pt} = mg(2g-1) \quad (1)$$

每个次级接线器的交叉点数

$$X_s = \frac{m(m-1)}{2} \quad (2)$$

总的次级接线器的交叉点数

$$X_{st} = \frac{(2g-1)m(m-1)}{2} \quad (3)$$

总的交叉点数

$$\begin{aligned} X &= \frac{2mg(2g-1) + (2g-1)m(m-1)}{2} \\ &= (2g-1)\left(mg + \frac{m^2}{2} - \frac{m}{2}\right) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\therefore m = \frac{T}{g} \quad (5)$$

$$\therefore X = (2g-1)\left(T - \frac{T^2}{2g^2} - \frac{T}{2g}\right) \quad (6)$$

c. 最小交叉点数

从方程(6)中可求得总的交叉点数。为找出最小交叉点数，假定总的用户线数是个常数，并将方程(6)相对于 g 进行微分。

$$\begin{aligned} X &= 2Tg + \frac{T^2}{g} - 2T - \frac{T^2}{2g^2} + \frac{T}{2g} \\ \frac{dX}{dg} &= 2T - \frac{T^2}{g^2} + \frac{T^2}{g^3} - \frac{T}{2g^2} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\frac{d^2X}{dg^2} = \frac{2T^2}{g^3} - \frac{3T^2}{g^4} + \frac{T}{g^3} = \frac{2T^2+T}{g^3} - \frac{3T^2}{g^4} > 0 \quad (8)$$

为从 $\frac{dX}{dg}$ 中求出 T 和 g 的关系使 X 有最小值

$$g > \frac{3T}{2T+1}$$

$$\frac{dX}{dg} = 0 = 2Tg^3 - T^2g + T^2 - \frac{Tg}{2} = 0$$

$$g^3 - \frac{Tg}{2} - \frac{g}{4} + \frac{T}{2} = 0 \quad (9)$$

$$T = \frac{2(g^2 - 1/4)g}{g - 1} \quad (10)$$

d. 作 表

运用方程 (10) 就可计算出一个表。表 1 就是利用这个精确公式在给定不同的 g 值时计

表 1. 每个初级接线器的端子数与总的端子数之间的关系

g	T	g	T	g	T
5	62	21	926	36	
6	86	22	1014	37	2814
7	114	23	1106	38	
8	146	24	1202	39	3122
9	182	25	1302	40	3282
10	222				
11	266	26	1406	41	
12	314	27	1514	42	3614
13	366	28	1626	43	
14	422	29	1742	44	
15	482	30	1862	45	4142
16	546	31	1986	46	
17	614	32	2114	47	4514
18	686	33	2246	48	
19	762	34	2382	49	
20	840	35	2522	50	5102

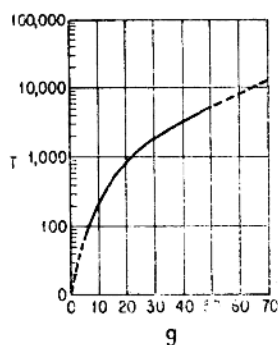


图 7 总的用户线数与每个初级接线器的端子数之间的关系

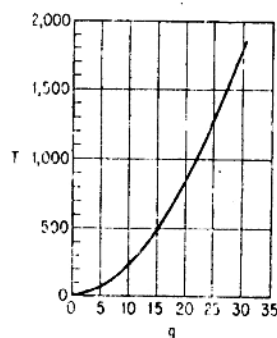


图 8 总的用户线数与每个初级接线器的端子数之间的关系(展宽标度)

算总的用户线数 T 得到的。图 7 和图 8 中的曲线是根据此表画的。图 7 采用对数标度，包括 $g=5-50$ 的全部数值。

图 8 采用十进制标度，只包括 $g=5-30$ 的数值。如给定总的端子数，则可直接求出最小无阻塞网络的每个初级接线器的端子数。

e. 每条用户线的交叉点数

每条用户线的交叉点数是任何一种网络排列形式的重要品质因素。如果用总的用户线数 T 除总的交叉点数的表示式，就可得到这个品质因素。

$$\frac{X}{T} = (2g-1) \left(1 + \frac{T}{2g^2} - \frac{1}{2g}\right) \quad (11)$$

从这个表示式中很容易看出，每条用户线的交叉点数与初级接线器的用户线数和总的用户线数成正比。图 9 和表 2 示出了由一定的用户线数分别在两个 g 值时所得到的最小网络，即 125 门的交换机可采用 $g=5$ 或 $g=10$ 。类似这种情况， g 值是由接线器的控制和寻址决定的。虽然这个表是在 50—200 条用户线和每个初级接线器上有 5—15 个端子这一窄的范围内计算得到的，但仔细研究一下 200 个端子的数值时可发现：当 $g=10$ 时，每条用户线的交叉点最少。

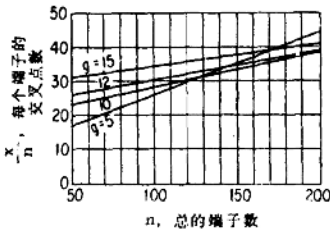


图9 三级无阻塞阵列在采用各种不同规格的初级接线器时每个端子的交叉点数

表2. 不同 T 值和 g 值时的每条用户线的交叉点数

T	$g=5$	$g=10$	$g=12$	$g=15$
50	17	23	26	31
100	26	28	30	34.5
150	35	33	34	38
200	44	37.5	38	41

f. 近似算法

如果 T 已知，则方程 (10) 的解很长。要根据 T 解 g 值方程，实际上是不可能的。但经过运算，并取近似值，便可得到一个容易的解。当 $g > 1$ ， $g^2 \gg 1/4$ 时，方程 (10) 就变成

$$T \approx \frac{2g^3}{g-1}$$

假定 $g \gg 1$ ，则

$$T \approx \frac{2g^3}{g} = 2g^2$$

$$g^2 = \frac{T}{2} \quad (12)$$

因此 $g = \sqrt{T/2}$ 。这就是一次近似值，该值稍大于最小交叉点数所需的 g 值。在测试时，假定采用一个中等容量的 200 门交换机，利用近似公式就可求得 g 。

$$g = \sqrt{\frac{T}{2}} = \sqrt{\frac{200}{2}} = 10$$

这个值稍大于最小交叉点所需的实际数值。从图5中可以看出,比较接近的近似值 g 为9.5。用精确公式计算 T 时,当 $g=9$, T 为182;当 $g=10$, T 为222(见表3)。

表3. 相同 T 数时 g 值的比较 (g 由精确公式求得, g' 由近似公式求得)

T	g	g'	T	g	g'
62	5	5.54	840	20	20.5
86	6	6.55	1302	25	25.5
114	7	7.52	1862	30	30.48
146	8	8.5	2522	35	35.45
182	9	9.5	3282	40	40.42
222	10	10.5	4142	45	45.4
482	15	15.5	5102	50	50.4

用 $g=10$ 作为计算交叉点的基础。如果采用一个这样的网络结构,即初级接线器为20个,每个初级接线器有10条用户线,次级接线器为19个,则总的交叉点数为

$$\begin{aligned} X &= (2g-1) \left(T + \frac{T^2}{2g^2} - \frac{T}{2g} \right) \\ &= (19) \left(200 + \frac{40000}{200} - \frac{200}{20} \right) \\ &= 7410 \text{ 个交叉点} \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{X}{T} = \frac{7410}{200} = 37.5 \text{ 交叉点/用户线}$$

g. 阻塞矩阵的交叉点的计算

无阻塞矩阵能不管话务量密度和未接通的呼叫概率,而将任何一个端子连接到任何其它的端子上。目前的商用电话系统很少采用无阻塞交换网络,因为这种网络需要大量的交叉点。利用前几段所述的设计方法,可以找到一个最小的网络。通过省略某些内部通路,可计算出还能减少的交叉点数。这是一种试探法,使用非常麻烦。编制了一些计算机程序,以计算在给定的未接通呼叫概率和话务量密度时的最小交叉点数。

为验证计算的范围,给出了下列未接通呼叫概率的公式。如果 b 是奇数,则:

$$\begin{aligned} P_1 &= 2P_b + P_{b-1} (a_{11}P_{b-1} + 2a_{12}P_{b-2} + 2a_{13}P_{b-3} + \dots + 2a_{1,b-1}P_1) \\ &\quad + P_{b-2} (a_{22}P_{b-2} + 2a_{23}P_{b-3} + 2a_{24}P_{b-4} + \dots + 2a_{2,b-2}P_2) \\ &\quad + P_{b-3} (a_{33}P_{b-3} + 2a_{34}P_{b-4} + 2a_{35}P_{b-5} + \dots + 2a_{3,b-3}P_3) \\ &\quad + \frac{P_{b+1}}{2} \left(\frac{a_{b-1}}{2}, \frac{b-1}{2} \frac{P_{b-1}}{2} + \frac{a_{b-1}}{2}, \right. \\ &\quad \left. \frac{b+1}{2} \frac{P_{b-1}}{2} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

如果 b 是偶数,最后一项就变为

$$+ \frac{P_b}{2} a_{b/2, b/2}$$

另一个方程是

$$P_{b-x} = \frac{A^{b-x}/(b-x)!}{1 + A + A^2/2! + A^3/3! + \dots + A^b/b!} \quad (14)$$

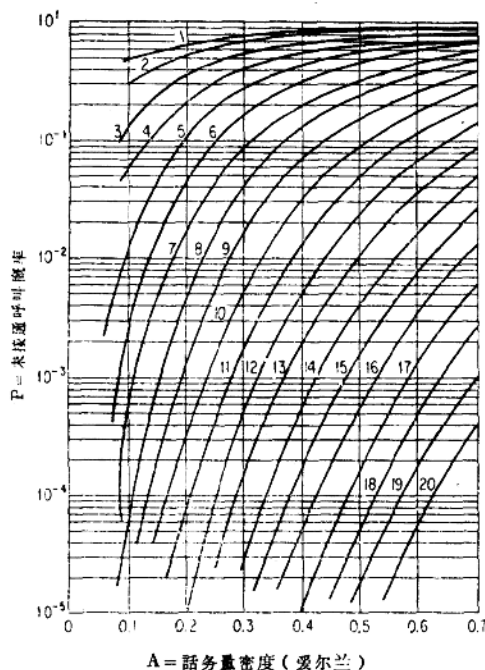


图10 在给定话务量密度和未接通呼叫概率时的次级接线器数

式中:

A = 话务量密度, 爱尔兰 (占线小时)

P = 未接通的呼叫概率

a_{xy} = 当一个接线器上有X个空端, 另一个接线器上有y个空端时, 它们不一致的概率

$P_b = b$ 的概率, 即初级接线器上出现较多的呼叫

b = 出线数, 即初级接线器和次级接线器之间的链路数

A = 提供给单个初级接线器的发端话务量

但是, 无需作所有这些计算。现有一些话务量表^{9, 10} (见图10), 提供了在给定未接通的呼叫概率和话务量密度时的次级接线器数。

每个初级接线器的用户线数 (垂直接线端) 可由方程 (15) 求得

$$g = \sqrt{\frac{T}{2}} \quad (15)$$

当话务量密度和未接通的呼叫概率已知时, 次级接线器数可从话务量表中查到。

这样, 用下式就能很容易地求得总的交叉点数

$$X = \frac{2mg(2g-1) + (2g-1)m(m-1)}{2} \quad (4)$$

式中:

m = 从话务量表中查到的次级接线器数

g = 由方程 (15) 求得的垂直接线端数

X = 总的交叉点数

这种计算方法不能得到最小的交叉点数, 但与最小交叉点数非常接近。

6. 矩阵的控制⁸

在单级矩阵中, 为使两个端子之间有一条通路, 只要操作一个交叉点就行。这可以通过对X-Y坐标矩阵进行寻址的方法来实现。操作一个交叉点, 可以采用二种方法之一: 重合电流控制法或重合电压控制法。

在三级网络中, 为使两个端子之间有一条通路, 要操作三个交叉点 (见图11)。在这种网络中, 初级接线器上有两种端子: 称为链路选择引线或水平接线端的入口线和称为用户线

选择引线或垂直接线端的出线。用户线接在垂直接线端上，用于将初级接线器连接到次级接线器的链路（即局内连线）接在水平接线端上。为将两个端子连接在一起，就需知道要连接在一起的设备位置（即端子的地址）。另外，必须找到一条空闲的链路来连接两个初级接线器。选择不为另一呼叫所使用的空闲链路，可有许多方法。最普通的方法是使用一个分配器和下一个待使用的空闲链路的编号。当所有的链路都被使用时，分配器就重新循环一周，从头开始，通过仍然忙的链路。分配器可比作一个寻址机电式旋转接线器。当空闲链路变得忙时，这种接线器就开始寻找下一个地址。

另一种方法是依次扫描所有的链路，直到找出一对空闲的相应的链路编号。应当注意，要通过次级接线器在两个不同的初级接线器之间寻找一条通路，必须在两个初级接线器上选择相同编号的水平接线端（见图11）。只要一知道水平接线端和垂直接线端，就能按下述二种方法中的一种来操作交叉点。

a. 重合电流控制法

用这种方法控制矩阵，每个继电器必须有三个线圈。头两个线圈是这样绕的：当只有一个线圈通以电流时，继电器的接点将不闭合；必须两个线圈都通以电流才能使继电器动作。第三个线圈与接点串联在一起，并有足够的安匝数，在接点用两个操作线圈闭合后，使继电器保持在工作状态。

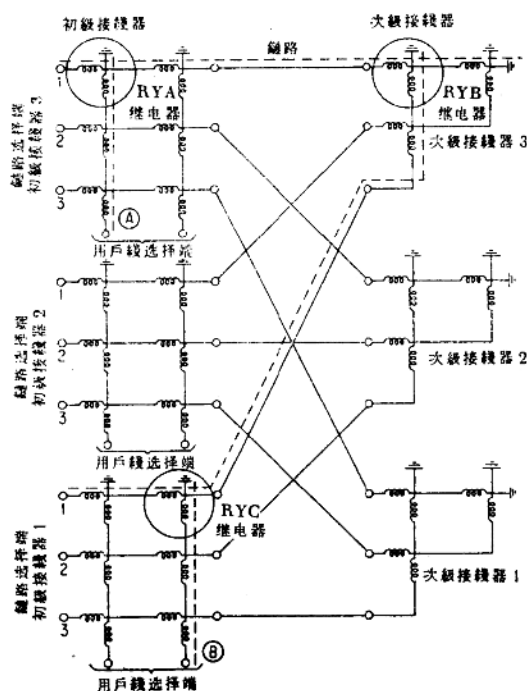


图11 舌簧继电器矩阵的重合电流控制法

图11所示的矩阵是将每个交叉点的一个线圈放在水平阵列，而另一个线圈放在垂直阵列。在该矩阵中（如图11所示），属于同一水平阵列的每个继电器的一个线圈串联在一起，并通过链路接到次级接线器上。属于同一垂直阵列的每个继电器的另一个线圈也串联在一起。

为了清楚地叙述图11的工作原理，假定端子A和B连接在一起，而且链路1在两个初级接线器上都是空闲的。通过图中未画出一对接点，将电流加到垂直接线端A和B上。电流通过所有串联的三个线圈。如前所述，该电流不足以使继电器动作。当以同样的方法选择链路并通以电流时，哪个继电器的两个线圈通以电流，这个继电器就是唯一能动作的继电器。在图11中，虚线表示电流通路，圆圈表示被操作继电器。为了简化起见，图中未画出传输通路。传输通路

与图的结构相同。图12示出了四线传输设备的通路。

重合电流控制技术是用以控制矩阵的最经济的方法。两个动作线圈能用双线绕成，使两个线圈绕在一起，处在同一个工作状态。但是重合电流控制继电器由其本身的特性决定它是一

个边缘器件，所以需要仔细考虑机械封装。由于漏磁现象，两个相近的继电器之间互有影响。为了减小这种影响，需对线圈进行屏蔽。应有严格的制造公差，以使操作用的磁通和非操作用的磁通之间有一定的容差。

b. 重合电压控制法

这种控制方法能使继电器的结构比较简单。一切所需的继电器，都是一个线圈用于使继电器动作，另一个线圈使其保持工作。如图13所示，所有在同一水平阵列上的继电器并联，所有在同一垂直阵列上的继电器并联。这种矩阵操作方法适用于较好的具有正作用的无极限电路。这类继电器容易制造，并且无严格的公差。

重合电压控制法有二个缺点。其一：为防止通过网络反馈，每个线圈应串联一只二极管。其二：当要操作矩阵时，网络控制电路应根据矩阵地址，知道或译出较大编号的初级接线器。在该矩阵结构中，垂直接线端和只有较大编号的初级接线器上的链路，才要加脉冲。这和重合电流控制矩阵不同，无需在垂直接线端和水平接线端都加脉冲。操作矩阵的原理如下：较大编号的初级接线器上的链路接受正电压，而二个垂直接线端都接受负电压。在图13中，端子A和B连接在一起。当网络控制电路接收到两个端子的设备位置时，它就判定哪个初级接线器有较大的编号。链路的选择，如前

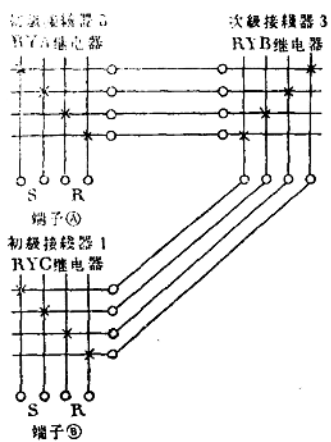


图12 网络传输通路

所述，可采用在处理前扫描空闲的链路或分配链路的方法。在把电压加到垂直接线端A和B后，只有一个所需的链路通以电流，该链路就是较大编号的初级接线器上的链路。一加上两个电压时，RYA继电器就闭合。RYB和RYC继电器也就通以电流，因为它们是串联的。虚线表示电流通路。应当注意，RYA所接受的电流比RYB或RYC大一倍，但这仅在一个短时间内。过后，电压去掉，吸持线圈脱离接触。在重合电流和重合电压控制矩阵中，继电器的吸持线圈就从线路中脱开。链路脱离被操作状态，直到下次使用。然后再脱开，再使用。

c. 矩阵的寻址3-5

前几段介绍了矩阵的操作方法。在重合电压和重合电流控制法中，为操作矩阵，必须知道端子的编号。这些端子的位置称为设备的位置。虽然十进制码或二进制码都能用于矩阵的寻址，但都需要译码。用户呼叫号和设备位置彼此毫无关系，与初级接线器1的第一个垂直接线端可以连接到具有呼

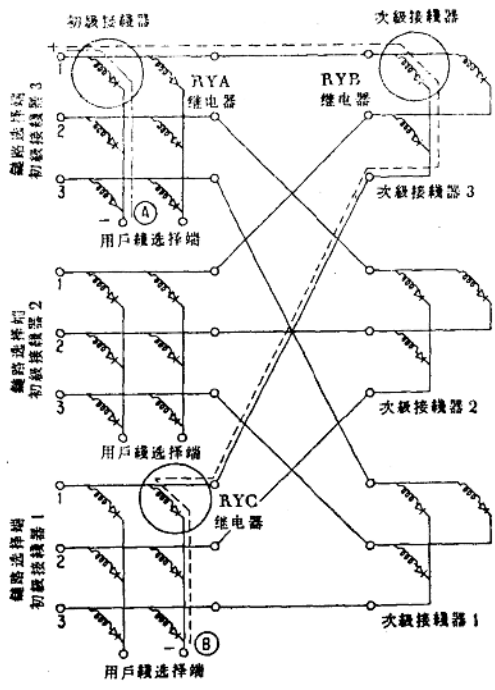


图13 舌簧继电器矩阵的重合电压控制法