程控空分交换机的共同特性和局限

湖南省电子研究所 潘一军 李启平

交换技术发展至今，其控制方式上存储程序控制技术已普遍使用，一统天下，而交换方式上模拟空分和数字时分技术由于都采用了大规模集成电路技术的最新成果，因而在规模较小的用户交换机和小型端局机上仍是并存之势。从交换技术的发展上看，数字时分技术的先进性和在适应非话业务交换方面的天然优势，它必将取代现有各种形式的空分交换机而占统治地位。但由于空分交换机目前仍存在一定的价格优势以及前些年在用户交换机和小型端支局的大量使用，因而对各种程控空分交换的共同特点和缺陷的分析研究具有一定的意义。

在程控空分交换技术的发展进程中，进行过各种尝试，如纵横制的改造，将其标志器部分的功能由采用存储程序控制的微计算机完成；采用笛簧继电器或晶体管开关构成交换网络的程控准电子交换机和程控全电子交换机。由于这些研究试验的结果仅仅是一些尝试，没有形成成熟有影响的机型，因此不属于本文研究之列。本文的研究分析对象是那些接续元件采用CMOS集成电路模拟开关阵列的程控空分交换机，事实上目前这种结构已是程控空分制交换机的专属所指。

由于采用COMS大规模集成电路开关阵列构成交换网络已是程控空分制交换机的普遍方式和特征标志，因此这类交换机有着许多相同或相似的共性结构特征、性能特点以及相同的局限和缺陷。本文从组群方式、控制方式、传输特性、电话交换基本电路功能等方面分析了这些共同的特点和制约。

一 CMOS模拟开关阵列芯片的性能

作为程控空分制交换机的主要部件，CMOS模拟开关阵列芯片的性能特点对空分制程控交换机的性能、结构有着极其重要的影响，对它作一简要介绍是下面分析的基础。

CMOS模拟开关阵列芯片一般由一个n×m的开关阵列和相等规模的锁存器映射阵列以及控制接口逻辑电路组成。锁存器的每一位输出对应着开关阵列中的一个开关，其通断状态取决于对应的锁存器输出位是高电平“1”还是低电平“0”。交换机的控制部分就是通过该芯片的接口逻辑电路对锁存器中的各位输出进行控制并由锁存器锁存来实现对各开关点的通断操作。见图1。

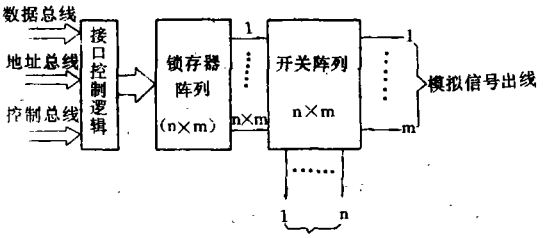

图1 CMOS模拟开关阵列芯片框图

此类芯片对交换机传输特性的影响主要决定于开关阵列中每一个开关的电性能参数，下面列举的是目前在大多数空分制程控交换机上使用的MITEL公司的MT88XX系列芯片的相关参数：

1. 开关点通态电阻特性(图2)。

开关点导通电阻在几十——一百欧姆之间。

2. 3db带宽：40MHz

3. 串音特性：－90db(主串回路 $V_{INA}=2V_{pp}$正弦波，$R_L=600\Omega$，被串回路断开)

4. 关断特性：－50db，开关断开，20log(V_{out}/V_{in})，f＝1MHz $V_{in}=5V_{pp}$，$R_L=1K\Omega$

5. 开关点电流≤10mA

6. 开关点输入电压＜VDD，－VEE

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

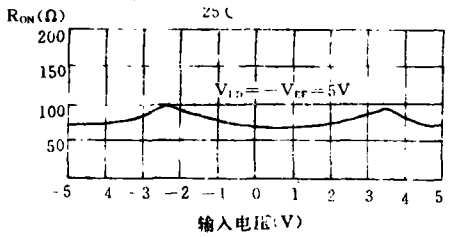

图 2 MT88XX 系列导通电阻特性

二 组群方式

传统的机电式空分制交换机组群设计时，因为机械接点具有低导通电阻的性能，故可采用多级收敛的组群方式，以减少接线器的数量。而在现今采用CMOS模拟开关阵列构成交换网络时，由于单接点的导通电阻已达几十～上百欧姆，采用多级收敛方案时，若要保证交换机的插入损耗等传输性能指标符合相关指标要求，就必须对中继、用户等端口电路作特殊的处理，如端口电路接至交换网络时采用变量器大幅提高匹配阻抗，以相对减小开关点导通阻抗对信号的损耗。但由于匹配阻抗提高后，信号电平也大幅提高，而开关点的信号动态范围有限，特别是宽电平范围上接点电阻反应出的非线性特征（见图2），使得在多级收敛方式组群时，用这种方式改善插入损耗受到其它传输特性要求的制约。另一种方法是在端口的话音电路上采用有源增益电路来抵消损耗，但由于这样的电路是双向的，在为多级方式构成的交换网络做增益补尝时，需要放大增益很高，这在两端阻抗变化较大的条件下工作的双向电路设计上，困难大而且电路的稳定性差。由于以上原因，在现有的空分程控交换机中，鲜有采用多级收敛式构成交换网络的，而广泛采用CMOS开关阵列集成电路构成简单的单级交换网络，见图3。这种交换网络有如下特点：

·全利用度，无阻塞。只要纵向的话路侧有空闲的话路，任一横向侧的端口就可占用它，进行通话。

·用户、中继等端口电路采用相同的方式联入交换网络，便于交换机各类端口的灵活调整配置。只有个别的交换机将中继与话路都置于纵向方向。

·采用共地交换以减少网络接点。平衡传输是电话技术抗干扰的最重要措施，但由于程控空分交换机集成度高，机器尺寸小联线短，因而普遍采用共地交换的方式，即在端口电路中将平衡的外部线路转换成共地不平衡方式进入交换网络交换，再经对方端口转换成平衡方式输出，这样相对于平衡交换方式减少了一半的交换网络，同时由于接续点减少了一半，也减少了系统的插入损耗。

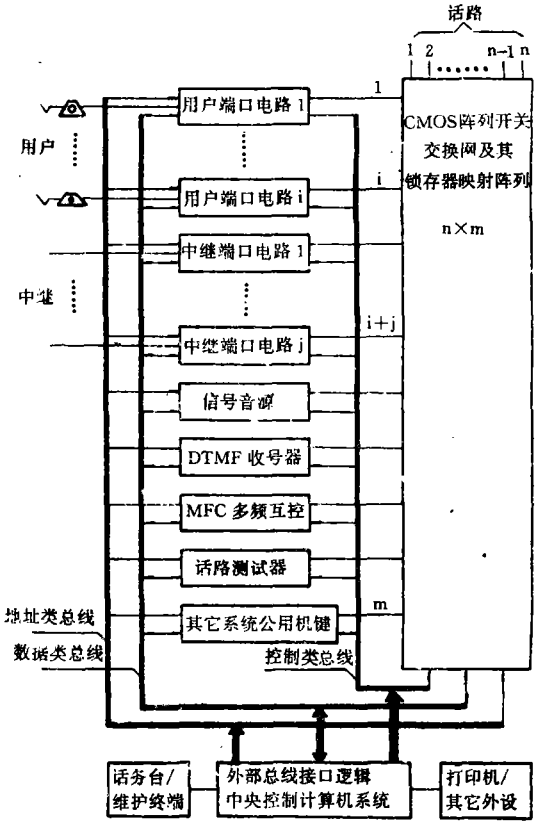

图 3 空分制程控交换机结构

·结构简洁，容量受限。单级网络结构简单，但扩充容量受到制约，交换网络的规模随容量的大小呈类似于平方率的关系增长，使得容量大到一定的程度后再扩容时交换网络的规模急骤增大至不可行或成本太高。因此目前各种空分制程控机只能做到500门左右的容量。因而只能适应小规模的用户要求。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

·简化交换机的内部联接。单级网络一次将端口入线收敛到话路，因而联线极少，在与总线式的控制方式结合在一起时，很容易实现背板式插座联接，使交换机结构简单，生产工艺易于控制。

三　程控空分制交换机电话基本电路功能的处理方式

为了完成电话通信，交换机必须提供象用户馈电、振铃，送各种信号音、收号等等基本的电路功能，因为交换网络采用CMOS开关，因此空分程控交换机与机电式交换机有着许多大同。

·用户馈电和馈送铃流。因为从话路到用户、中继等端口电路由COMS开关接点连接，而这种接点只能通过弱电信号（见前描述），因而象－48V的直流馈电和90V的铃流这些强电信号不能由话路提供，只能由端口电路实现。目前交换机中都是在用户端口中使用小继电器完成馈送铃流，用各种恒流源电路替代机电式交换机中的扼流圈为用户单机馈电。

·除铃流外的信号音由话路向用户送出。信号音源的设置有两种形式：一种是各种信号音独立制成一个电路，各占交换网络的一个入线提供给用户；另一种是利用我国的信号音方式同频（450Hz）只是开口不一样的特点，只设置一个450Hz的信号源，对不同的信号音由软件控制进行开口，送至不同的用户端口，简化了交换机的电路设计。

·端口电路中都有用变量器或双向有源电路将平衡的外线转换成共地形式的电路，以实现共地交换，减小交换网络规模，抵消CMOS开关接点造成的插入耗损。

·收号方式上都利用用户端口电路上的环流监视电路，软件通过控制、数据地址总线来识别端口的占用、释放和脉冲拨号，而双音频收号器，多频互控信号等设备则以公用机键的形式接入单级交换网络的入线侧，通过交换网络与相应端口连接使用。

四　控制方式

由于程控空分制交换机如前所述的原因，容量都较小，因此控制方式上都采用集中控制的方式。控制系统的布局上在每一个控制点如铃流继电器都有对应的锁存器，它能保持控制的动作状态，因此从控制处理机送出的控制信号通道都可采用分时使用的总线式联接形式。这样的总线一般包括指示控制点的地址总线，送出或接收端口状态的双向数据总线，由表示读状态、写控制位、控制脉冲以及系统总复位等控制线组成的控制总线组成。控制处理机通过这些总线收集端口状态的变化，识别端口的占用、释放和选择信号，进行分析，分配话路、收号器、信号音源等系统资源，再通过这些总线向端口电路、交叉网络送出相应的控制命令，完成电话交换的各项功能。由于控制通道实现了总线结构的形式，因而联线少，配合单级交换网络的组群形式，使得现有的程控空分交换机都实现了背板式联接方式，克服了机电式交换机内联线繁杂的缺点。

然而，采用这种总线式控制方式和单级收敛全利用度的交换网络的结构，使得程控空分交换机的各个端口电路与交换机的核心交换网络和公共控制总线等部分直接相连，当某一个端口电路或端口电路板发生故障时（本来是一个局部小故障），就可能造成整机性的大故障；或造成控制总线完全失效；或造成大部分甚至全部话路粘连在一起形成整个交换机的瘫痪局面。这是伴生于程控空分交换机进步的一个天然缺陷，由于这一危机潜伏于程控空分制交换机的各个端口电路板上，因此也不可能采用热备份等手法来解决。目前只能靠培训机务人员迅速判断处理故障的能力和严格把关各项生产工艺来解决和防范此类问题。

五　空分制程控交换机的传输特性

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

程控空分制交换机，由于采用CMOS模拟开关阵列，其接点已不是机电式交换机接续元件那样简单的机械接点，而是一对MOS管，因此它有诸多的限制，对整机的传输特性产生影响。

·插入损耗。首先由于CMOS开关点的等效电阻高，在几十～上百欧姆之间，因此尽管采用单极共地交换网络，一对通话仍需两个接点，共100—200Ω。若不采取措施不可能满足交换机组网的指标要求。一种方法是在中继和用户端口电路上加一双向音频电路，补尝增益。另一种是在端口上加变量器提高交换网的匹配阻抗，相对减少导通电阻的插入损耗。现有的交换机都是采用这两种方法或综合使用。对于双向放大电路方式的系统，往往将中继端口双向音频电路精心设计，形式复杂，以确保电话系统分配给本级交换机小于1dB的插入损耗要求，而降低局内交换插入损耗的要求，减少端口数量多的用户端口电路的设计。这样的交换机一般插入损耗出入局满足小于1dB的要求，而局内插入损耗在4—5dB之间。端口电路上采用变量器形式的交换机，由于大幅提高交换网的匹配阻抗以减小CMOS接点的影响，不得不使开关接点工作在较大的信号动态范围内。通过简化计算可知接点等效电阻每降10倍，变量器的变比也就是交换网中的信号电平要提高约3.3倍，即200Ω的接点电阻在600Ω匹配中要等效到10Ω以下，变量器变比要达到4—5倍，因而要保证插入损耗达到小于1dB的要求难免要牺牲一点交换机大信号下非线性失真的要求。

·大信号的动态特性。由于上述原因，结合图2所示的CMOS开关点的导通电阻特性，可知使用变量器形式的交换机此项指标略有下降。

·频率特性。CMOS开关点的3dB带宽达40MHz，因此它本身并不影响交换机的频率特性，但在对于端口电路中使用双向有源电路修正插入损耗的交换机中，由于双向音频电路内部自环，因此必定有一自激频率点。为了消除这一往往处于带外高端的频率点，保证电路稳定正常工作，许多这一类交换机在3K～3.4K高端的频率特性受到一定的影响。

·串音衰耗。大多数CMOS模拟开关阵列集成电路芯片，在电话信号带内的串音衰耗，即使是在被串回路关断时，单片内仍可达－90dB。因此较小交换机系统集成电路本身的串音对整机影响不大，串音的来源主要来自布线的不合理和共地交换，地线连接不合理等。但对于规模较大的空分程控机，就不能不考虑CMOS开关阵列芯片内部的串音总和了。简推导后可知，对于n块端口插件卡的单级网络结构，

$$\text{总串音衰耗}(n)=\text{单片串音衰耗}+20\mathrm{LOG}(n)\ \mathrm{dB}$$

因此在规模较大的空分制程控机中，串音衰耗指标往往难以达到指标要求。

·杂音指标。由于要用共地交换，在一些机型中由于没有注意逻辑地和模拟信号地的接地方式和处理，该项指标也经常难以满足要求。特别是那些采用MITEL公司的用户端口芯片的机器，由于信号在交换网内电平只有原来的1/3左右，而输出时又放大3倍左右，因此模拟地中的杂音噪声将被放大输出，至使整机的该项指标下降。因此在空分制交换机中严格认真地处理好模拟地与逻辑控制地的互联关系意义重大。

本文仅供从事交换机研究、管理和空分制程控交换机用户参考。限于篇幅和笔者的水平，分析主要从定性出发，且因为空分和数字程控交换的软件技术无本质区别，故本文未作讨论，分析不周和错误之处敬请同行指正。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net