第五章 SDH网络结构和网络保护机理

目标：

掌握SDH常见拓扑结构的特点和适用范围.

掌握网络自愈原理.

掌握不同类型自愈环的特点，容量和适用范围.

了解常见几种复杂网络的特点.

了解SDH网的整体层次结构.

了解PDH向SDH过渡的策略.

5.1 基本的网络拓扑结构

SDH网是由SDH网元设备通过光缆互连而成的，网络节点（网元）和传输线路的几何排列就构成了网络的拓扑结构。网络的有效性（信道的利用率）、可靠性和经济性在很大程度上与其拓扑结构有关。

网络拓扑的基本结构有链形、星形、树形、环形和网孔形，如图5-1所示。

- 链形网

此种网络拓扑是将网中的所有节点一一串联，而首尾两端开放。这种拓扑的特点是较经济，在SDH网的早期用得较多，主要用于专网（如铁路网）中。

- 星形网

此种网络拓扑是将网中一网元做为特殊节点与其他各网元节点相连，其他各网元节点互不相连，网元节点的业务都要经过这个特殊节点转接。这种网络拓扑的特点是可通过特殊节点来统一管理其它网络节点，利于分配带宽，节约成本，但存在特殊节点的安全保障和处理能力的潜在瓶颈问题。特殊节点的作用类似交换网的汇接局，此种拓扑多用于本地网（接入网和用户网）。

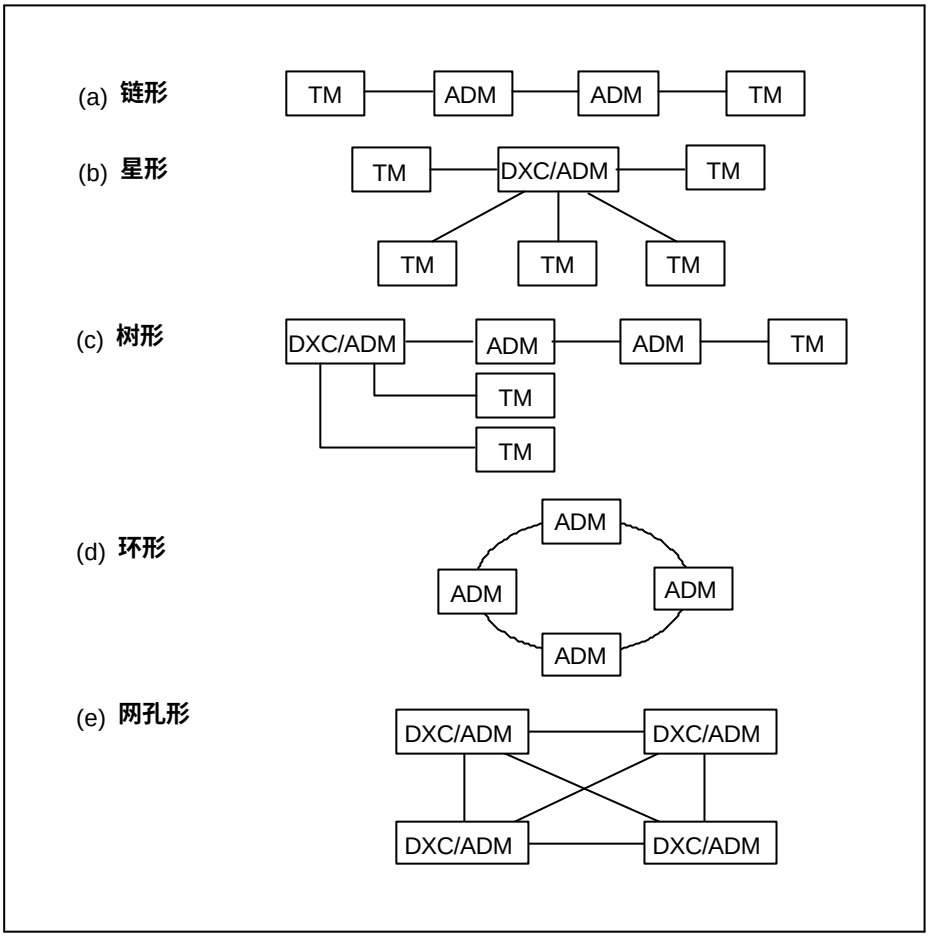


图5-1 基本网络拓扑图

- 树形网

此种网络拓扑可看成是链形拓扑和星形拓扑的结合，也存在特殊节点的安全保障和处理能力的潜在瓶颈。

- 环形网

环形拓扑实际上是指将链形拓扑首尾相连，从而使网上任何一个网元节点都不对外开放的网络拓扑形式。这是当前使用最多的网络拓扑形式，主要是因为它具有很强的生存性，即自愈功能较强。环形网常用于本地网（接入网和用户网）、局间中继网。

- 网孔形网

将所有网元节点两两相连，就形成了网孔形网络拓扑。这种网络拓扑为两网元节点间提供多个传输路由，使网络的可靠更强，不存在瓶颈问题和失效问

题。但是由于系统的冗余度高，必会使系统有效性降低，成本高且结构复杂。网孔形网主要用于长途网中，以提供网络的高可靠性。

当前用得最多的网络拓扑是链形和环形，通过它们的灵活组合，可构成更加复杂的网络。本节主要讲述链网的组成和特点和环网的几种主要的自愈形式（自愈环）的工作机理及特点。

5.2 链网和自愈环

传输网上的业务按流向可分为单向业务和双向业务。以环网为例说明单向业务和双向业务的区别。如图5-2所示。

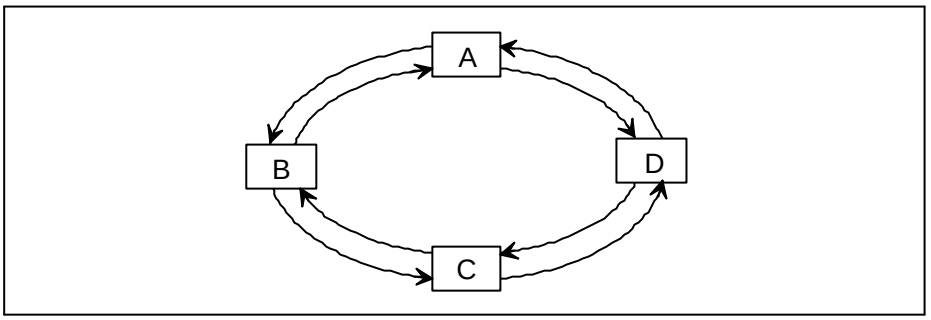


图5-2 环形网络

若A和C之间互通业务，A到C的业务路由假定是A→B→C，若此时C到A的业务路由是C→B→A，则业务从A到C和从C到A的路由相同，称为一致路由。

若此时C到A的路由是C→D→A，那么业务从A到C和业务从C到A的路由不同，称为分离路由。

我们称一致路由的业务为双向业务，分离路由的业务为单向业务。常见组网的业务方向和路由如表5-1所示。

表5-1 常见组网的业务方向和路由表

组网类型		路由	业务方向
链形网		一致路由	双向
环形网	双向通道环	一致路由	双向
	双向复用段环	一致路由	双向
	单向通道环	分离路由	单向
	单向复用段环	分离路由	单向

5.2.1 链形网

典型的链形网如图5-3所示。

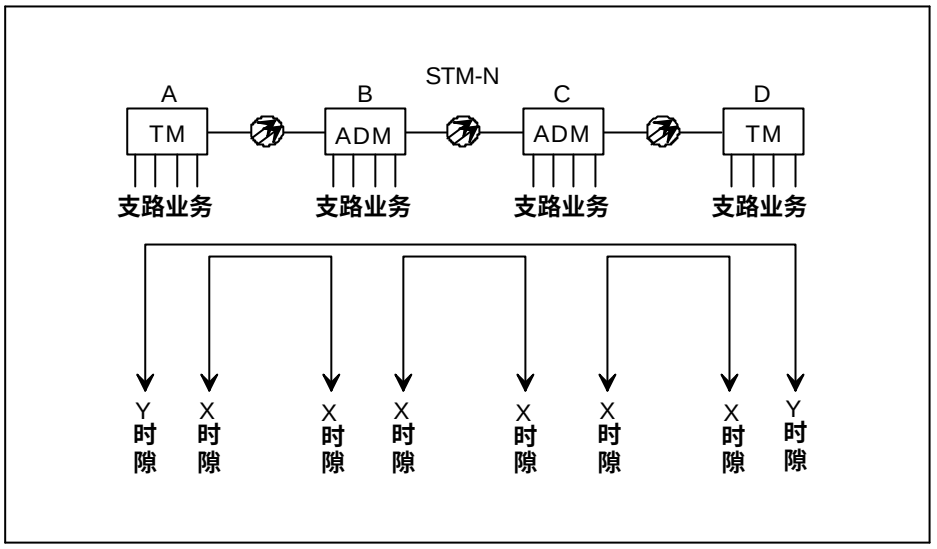


图5-3 链形网络图

链形网的特点是具有时隙复用功能，即线路STM-N信号中某一序号的VC可在不同的传输光缆段上重复利用。如图5-3中A—B、B—C、C—D以及A—D之间通有业务，这时可将A—B之间的业务占用A—B光缆段X时隙（序号为X的VC，例如3VC4的第48个VC12），将B—C的业务占用B—C光缆段的X时隙（第3VC4的第48VC12），将C—D的业务占用C—D光缆段的X时隙（第3VC4的第48个VC12），这种情况就是时隙重复利用。这时A—D的业务因为光缆的X时隙已被占用，所以只能占用光路上的其它时隙Y时隙，例如第3VC4的第49VC12或者第7VC4的第48个VC12。

链网的这种时隙重复利用功能，使网络的业务容量较大。网络的业务容量指能在网上传输的业务总量。网络的业务容量和网络拓扑，网络的自愈方式和网元节点间业务分布关系有关。

链网的最小业务量发生在链网的端站为业务主站的情况下，所谓业务主站是指各网元都与主站互通业务，其余网元间无业务互通。以图5-3为例，若A为业务主站，那么B、C、D之间无业务互通。此时，C、B、D分别与网元A通信。这时由于A—B光缆段上的最大容量为STM-N（因系统的速率级别为STM-N），则网络的业务容量为STM-N。

链网达到业务容量最大的条件是链网中只存在相邻网元间的业务。如图5-3，此时网络中只有A—B、B—C、C—D的业务不存在A—D的业务。这时可时隙重复利用，那么在每一个光缆段上业务都可占用整个STM-N的所有时隙，若链网有M个网元，此时网上的业务最大容量为（M-1）×STM-N，M-1为光缆段数。

常见的链网有二纤链——不提供业务的保护功能（不提供自愈功能）；四纤链———般提供业务的1＋1或1：1保护。四纤链中两根光纤收/发作主用信道，另外两根收/发作备用信道。链网的自愈功能1＋1、1：1、1：n在上一节讲MSP功能块时已讲过，这里要说的是1：n保护方式中n最大只能到14。为什么？这是由K1字节的b5—b8限定的，K1的b5—b8的0001~1110[1—14]指示要求倒换的主用信道编号。

5.2.2 环网——自愈环

1. 自愈的概念

当今社会各行各业对信息的依赖愈来愈大，要求通信网络能及时准确的传递信息。随着网上传输的信息越来越多，传输信号的速率越来越快，一旦网络出现故障（这是难以避免的，例如土建施工中将光缆挖断），将对整个社会造成极大的损坏。因此网络的生存能力即网络的安全性是当今第一要考虑的问题。

所谓自愈是指在网络发生故障（例如光纤断）时，无需人为干预，网络自动地在极短的时间内（ITU-T规定为50ms以内），使业务自动从故障中恢复传输，使用户几乎感觉不到网络出了故障。其基本原理是网络要具备发现替代传输路由并重新建立通信的能力。替代路由可采用备用设备或利用现有设备中的冗余能力，以满足全部或指定优先级业务的恢复。由上可知网络具有自愈能力的先决条件是有冗余的路由、网元强大的交叉能力以及网元一定的智能。

自愈仅是通过备用信道将失效的业务恢复，而不涉及具体故障的部件和线路的修复或更换，所以故障点的修复仍需人工干预才能完成，就象断了的光缆还需人工接好。

📖 **技术细节：**

当网络发生自愈时，业务切换到备用信道传输，切换的方式有恢复方式和不恢复方式两种.

恢复方式指在主用信道发生故障时，业务切换到备用信道，当主用信道修复后，再将业务切回主用信道．一般在主要信道修复后还要再等一段时间，一般是几到十几分钟，以使主用信道传输性能稳定，这时才将业务从备用信道切换过来.

不恢复方式指在主用信道发生故障时，业务切换到备用信道，主用信道恢复后业务不切回主用信道，此时将原主用信道做为备用信道，原备用信道当作主用信道，在原备用信道发故障时，业务才会切回原主用信道.

2. 自愈环的分类

目前环形网络的拓扑结构用得最多，因为环形网具有较强的自愈功能。自愈环的分类可按保护的业务级别、环上业务的方向、网元节点间光纤数来划分。

按环上业务的方向可将自愈环分为单向环和双向环两大类；按网元节点间的光纤数可将自愈环划分为双纤环（一对收/发光纤）和四纤环（两对收发光纤）；按保护的业务级别可将自愈环划分为通道保护环和复用段保护环两大类。

下面讲讲通道保护环和复用段保护环的区别。对于通道保护环，业务的保护是以通道为基础的，也就是保护的是STM-N信号中的某个VC（某一路PDH信号），倒换与否按环上的某一个别通道信号的传输质量来决定的，通常利用收端是否收到简单的TU-AIS信号来决定该通道是否应进行倒换。例如在STM-16环上，若收端收到第4VC4的第48个TU-12有TU-AIS，那么就仅将该通道切换到备用信道上去。

复用段倒换环是以复用段为基础的，倒换与否是根据环上传输的复用段信号的质量决定的。倒换是由K1、K2（b1—b5）字节所携带的APS协议来启动的，当复用段出现问题时，环上整个STM-N或1/2STM-N的业务信号都切换到备用信道上。复用段保护倒换的条件是LOF、LOS、MS-AIS、MS-EXC告警信号。

技术细节：

由于STM-N帧中只有1个K1和1个K2，所以复用段保护倒换是将环上的所有主用业务STM-N（四纤环）或1/2STM-N（二纤环）都倒换到备用信道上去，而不是仅仅倒换其中的某一个通道.

通道保护环往往是专用保护，在正常情况下保护信道也传主用业务（业务的1＋1保护），信道利用率不高。复用段保护环使用公用保护，正常时主用信道传主用业务，备用信道传额外业务（业务的1：1保护），信道利用率高。

3. 二纤单向通道保护环

二纤通道保护环由两根光纤组成两个环，其中一个为主环——S1；一个为备环——P1。两环的业务流向一定要相反，通道保护环的保护功能是通过网元支路板的“并发选收”功能来实现的，也就是支路板将支路上环业务“并发”到主环S1、备环P1上，两环上业务完全一样且流向相反，平时网元支路板“选收”主环下支路的业务，如图5-4(a)所示。

若环网中网元A与C互通业务，网元A和C都将上环的支路业务“并发”到环S1和P1上，S1和P1上的所传业务相同且流向相反——S1逆时针，P1为顺时针。在网络正常时，网元A和C都选收主环S1上的业务。那么A与C业务互通的方式是A到C的业务经过网元D穿通，由S1光纤传到C（主环业务）；由P1光纤经过网元B穿通传到C（备环业务）。在网元C支路板“选收”主环S1上的A→C业务，完成网元A到网元C的业务传输。网元C到网元A的业务传输与此类似。

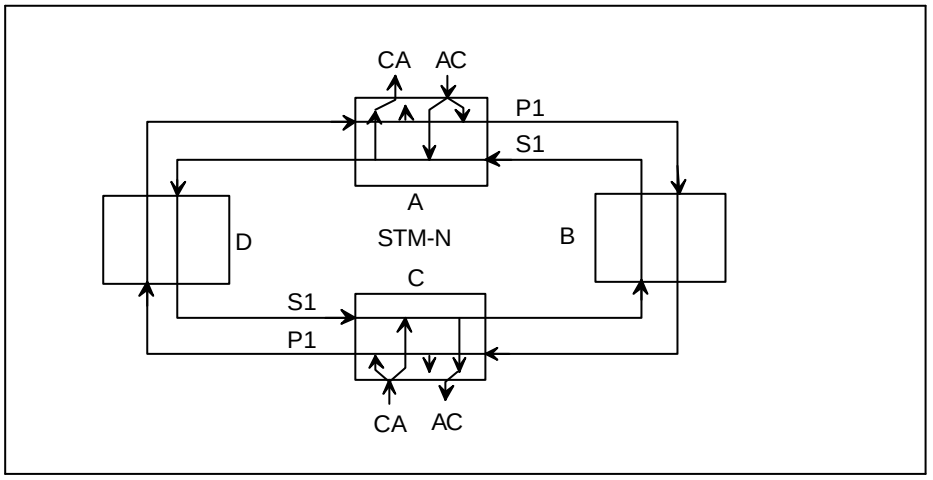


图5-4(a) 二纤单向通道倒换环

当BC光缆段的光纤同时被切断，注意此时网元支路板的并发功能没有改变，也就是此时S1环和P1环上的业务还是一样的。如图5-4(b)所示。

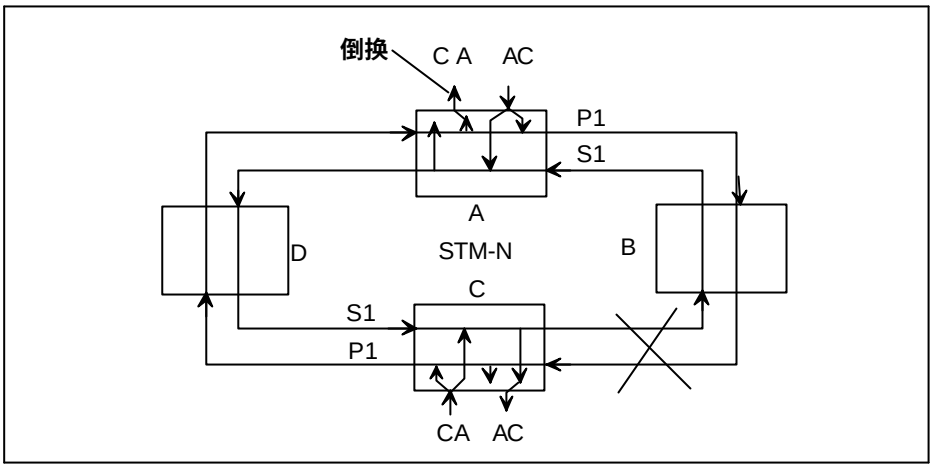


图5-4(b) 二纤单向通道倒换环

我们看看这时网元A与网元C之间的业务如何被保护。网元A到网元C的业务由网元A的支路板并发到S1和P1光纤上，其中S1业务经光纤由网元D穿通传至网元C，P1光纤的业务经网元B穿通，由于B一C间光缆断，所以光纤P1上的业务无法传到网元C，不过由于网元C默认选收主环S1上的业务，这时网元A到网C的业务并未中断，网元C的支路板不进行保护倒换。

网元C的支路板将到网元A的业务并发到S1环和P1环上，其中P1环上的C到A业务经网元D穿通传到网元A，S1环上的C到A业务，由于B一C间光纤断所以无法传到网元A，网元A默认是选收主环S1上的业务，此时由于S1环上的C→A的业务传不过来，这时网元A的支路板就会收到S1环上TU-AIS告警信号。网元A的支路板收到S1光纤上的TU-AIS告警后，立即切换到选收备环P1光纤上的C到A的业务，于是C→A的业务得以恢复，完成环上业务的通道保护，此时网元A的支路板处于通道保护倒换状态——切换到选收备环方式。

网元发生了通道保护倒换后，支路板同时监测主环S1上业务的状态，当连续一段时间（华为的设备是10分钟左右）未发现TU-AIS时，发生切换网元的支路板将选收切回到收主环业务，恢复成正常时的默认状态。

二纤单向通道 保护倒换环由于上环业务是并发选收，所以通道业务的保护实际上是1＋1保护。倒换速度快（华为公司设备倒换速度≤15ms），业务流向

简捷明了，便于配置维护。缺点是网络的业务容量不大。二纤单向保护环的业务容量恒定是STM-N，与环上的节点数和网元间业务分布无关。为什么？举个例子，当网元A和网元D之间有一业务占用X时隙，由于业务是单向业务，那么A→D的业务占用主环的A—D光缆段的X时隙（占用备环的A—B、B—C、C—D光缆段的X时隙）；D—A的业务占用主环的D—C、C—B、B—A的X时隙（备环的D—A光缆段的X时隙）。也就是说A—D间占X时隙的业务会将环上全部光缆的（主环、备环）X时隙占用，其它业务将不能再使用该时隙（没有时隙重复利用功能）了。这样，当A—D之间的业务为STM-N时，其它网元将不能再互通业务了——即环上无法再增加业务了，因为环上整个STM-N的时隙资源都已被占用，所以单向通道保护环的最大业务容量是STM-N。

二纤单向通道环多用于环上有一站点是业务主站——业务集中站的情况，华为公司设备在目前组网中，二纤单向通道环多用于155、622系统。

📖 技术细节：

在组成通道环时要特别注意的是主环S1和备环P1光纤上业务的流向必须相反，否则该环网无保护功能.

？想一想：

实际上，在光纤未断时，有一根光纤组成单向S1环即可完成通信，为什么还要一根光纤组成P1环呢？因为自愈要有冗余的信道，而P1环就是对主用信道的备份.

若图5-3中B—C段光缆仅P1光纤断，情况会怎样？环网上的A与C之间的业务均不进行保护倒换．想想看为什么？

---

4. 二纤双向通道保护环

二纤双向通道保护环网上业务为双向（一致路由），保护机理也是支路的“并发选收”，业务保护是1＋1的，网上业务容量与单向通道保护二纤环相

同，但结构更复杂，与二纤单向通道环相比无明显优势，故一般不用这种自愈方式。如图5-5所示。

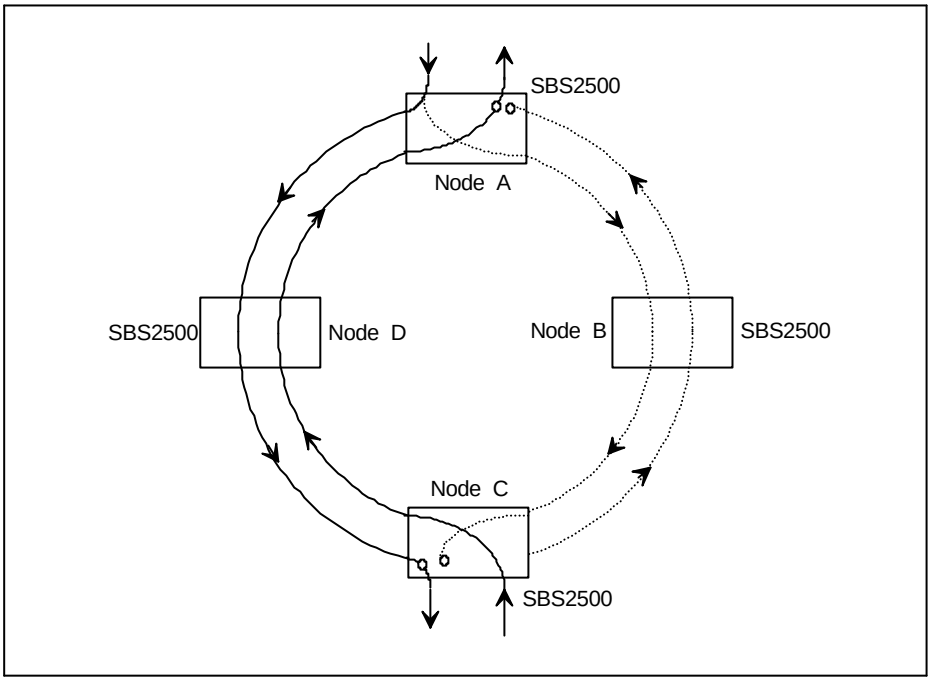


图5-5 2500系统二纤双向通道保护环

5. 二纤单向复用段环

前面讲过复用段环保护的业务单位是复用段级别的业务，需通过STM-N信号中K1、K2字节承载的APS协议来控制倒换的完成。由于倒换要通过运行APS协议，所以倒换速度不如通道保护环快，华为SDH设备的复用段倒换速度是≤25ms。

下面我们讲一讲单向复用段保护倒换环的自愈机理，如图5-6所示。

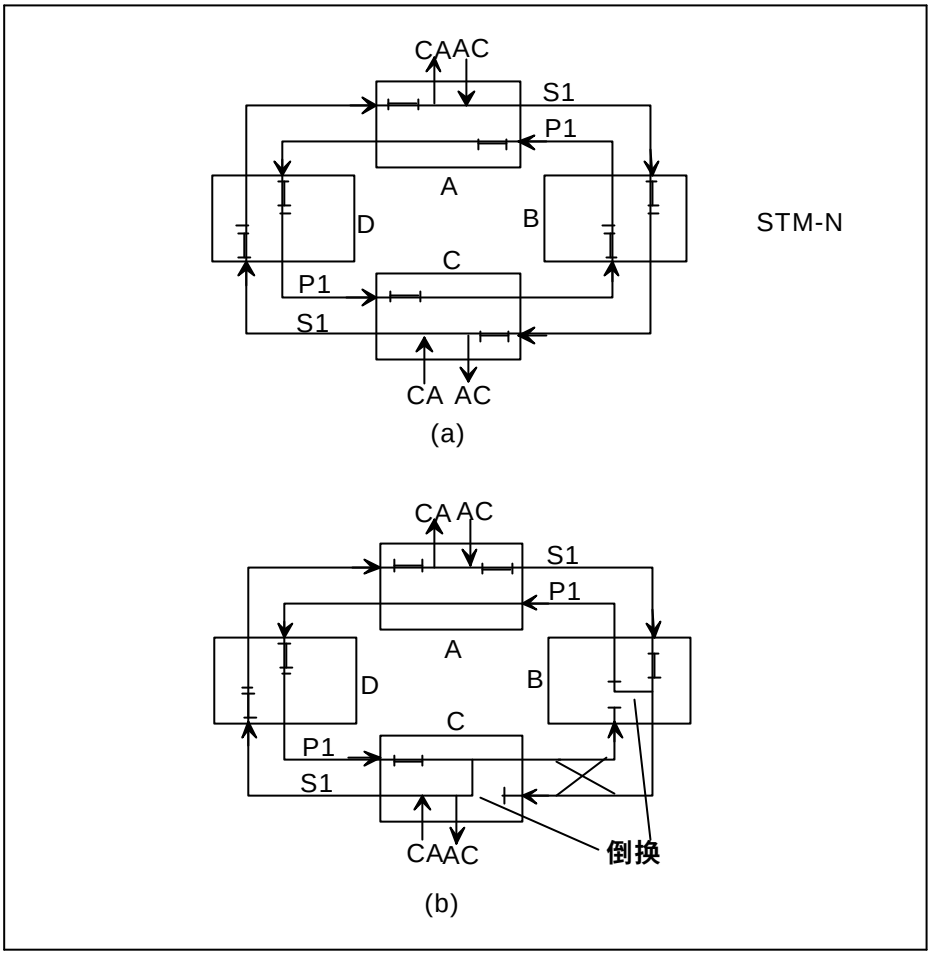


图5-6 二纤单向复用段倒换环

若环上网元A与网元C互通业务，构成环的两根光纤S1、P1分别称之为主纤和备纤，上面传送的业务不是1＋1的业务而是1：1的业务——主环S1上传主用业务，备环P1上传备用业务；因此复用段保护环上业务的保护方式为1：1保护，有别于通道保护环。

在环路正常时，网元A往主纤S1上发送到网元C的主用业务，往备纤P1上发送到网元C的备用业务，网元C从主纤上选收主纤S1上来的网元A发来的主用业务，从备纤P1上收网元A发来的备用业务（额外业务），图5-6中只画出了收主用业务的情况。网元C到网元A业务的互通与此类似，如图5-4-1所示。

在C—B光缆段间的光纤都被切断时，在故障端点的两网元C、B产生一个环回功能，见图5-4-2。网元A到网元C的主用业务先由网元A发到S1光纤上，到故障端点站B处环回到P1光纤上，这时P1光纤上的额外业务被清掉，改传

网元A到网元C的主用业务，经A、D网元穿通，由P1光纤传到网元C，由于网元C只从主纤S1上提取主用 业务，所以这时P1光纤上的网元A到网元C的

主用业务在C点处（故障端点站）环回到S1光纤上，网元C从S1光纤上下载网元A到网元C的主用业务。网元C到网元A的主用业务因为C→D→A的主用业务路由业中断，所以C到A的主用业务的传输与正常时无异只不过备用业务此时被清除。

通过这种方式，故障段的业务被恢复，完成业务自愈功能。

二纤单向复用段环的最大业务容量的推算方法与二纤单向通道环类似，只不过是环上的业务是1：1保护的，在正常时备环P1上可传额外业务，因此二纤单向复用段保护环环的最大业务容量在正常时为2×STM-N（包括了额外业务），发生保护倒换时为1×STM-N。

二纤单向复用段保护环由于业务容量与二纤单向通道保护环相差不大，倒换速率比二纤单向通道环慢，所以优势不明显，在组网时应用不多。

📖 **技术细节：**

组网时要注意S1环和P1环业务流向相反，否则此环无自愈功能.

复用段保护时网元的支路收恒定为从S1光纤上收主用业务，不会切换到从P1光纤上收主用业务．复用段倒换时不是仅倒换某一个通道，而是将环上整个STM-N业务都切换到备用信道上去.

华为公司目前的SDH设备参与复用段保护倒换的单板应包括线路板、交叉板、系统控制板.

环的复用段倒换时是故障端点处的网元完成环回功能，环上其它网元完成穿通功能，通过复用段倒换的这个性质可方便的定位故障区段.

---

6. 四纤双向复用段保护环

前面讲的三种自愈方式，网上业务的容量与网元节点数无关，随着环上网元的增多，平均每个网元可上/下的最大业务随之减少，网络信道利用率不高。例如二纤单向通道环为STM-16系统时，若环上有16个网元节点，平均每个2500节点最大上/下业务只有一个STM-1，这对资源是很大的浪费。为克服这种情况，出现了四纤双向复用段保护环这种自愈方式，这种自愈方式环上业务量随着网元节点数的增加而增加。如图5-7所示。

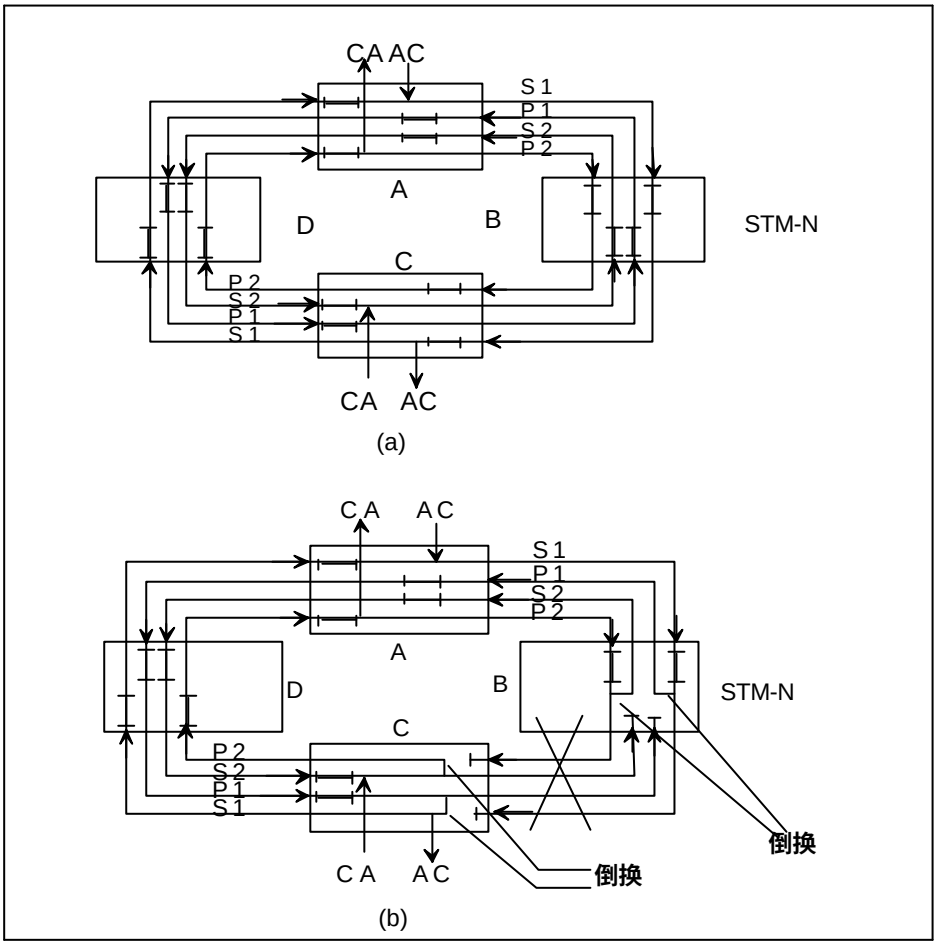


图5-7 四纤双向复用段倒换环

四纤环肯定是由4根光纤组成，这4根光纤分别为S1、P1、S2、P2。其中，S1、S2为主纤传送主用业务；P1、P2为备纤传送备用业务；也就是说P1、P2光纤分别用来在主纤故障时保护S1、S2上的主用业务。请注意S1、P1、

S2、P2光纤的业务流向，S1与S2光纤业务流向相反（一致路由，双向环），S1、P1和S2、P2两对光纤上业务流向也相反，从图5-7(a)可看出S1和P2，S2和P1光纤上业务流向相同（这是以后讲双纤双向复用段环的基础，双纤双向复用段保护环就是因为S1和P2，S2和P1光纤上业务流向相同，才得以将四纤环转化为二纤环）。另外，要注意的是，四纤环上每个网元节点的配置要求是双ADM系统，为什么？因为一个ADM只有东/西两个线路端口（一对收发光纤称之为一个线路端口），而四纤环上的网元节点是东/西向各有两个线路端口，所以要配置成双ADM系统。

在环网正常时，网元A到网元C的主用业务从S1光纤经B网元到网元C，网元C到网元A的业务经S2光纤经网元B到网元A（双向业务）。网元A与网元C的额外业务分别通过P1和P2光纤传送。网元A和网元C通过收主纤上的业务互通两网元之间的主用业务，通过收备纤上的业务互通两网之间的备用业务，见图5-7(a)。

当B一C间光缆段光纤均被切断后，在故障两端的网元B、C的光纤S1和P1、S2和P2有一个环回功能见图5-7(b)（故障端点的网元环回）。这时，网元A到网元C的主用业务沿S1光纤传到B网元处，在此B网元执行环回功能，将S1光纤上的网元A到网元C的主用业务环到P1光纤上传输，P1光纤上的额外业务被中断，经网元A、网元D穿通（其它网元执行穿通功能）传到网元C，在网元C处P1光纤上的业务环回到S1光纤上（故障端点的网元执行环回功能），网元C通过收主纤S1上的业务，接收到网元A到网元C的主用业务。

网元C到网元A的业务先由网元C将其主用业务环到P2光纤上，P2光纤上的额外业务被中断，然后沿P2光纤经过网元D、网元A的穿通传到网元B，在网元B处执行环回功能将P2光纤上的网元C到网元A的主用业务环回到S2光纤上，再由S2光纤传回到网元A，由网元A下主纤S2上的业务。通过这种环回，穿通方式完成了业务的复用段保护，使网络自愈。

四纤双向复用段保护环的业务容量有两种极端方式：一种是环上有一业务集中站，各网元与此站通业务，并无网元间的业务。这时环上的业务量最小为2×STM-N（主用业务）和4×STM-N（包括额外业务）。因为该业务集中站东西两侧均最多只可通STM-N（主）或2×STM-N（包括额外业务），为什么？由于光缆段的数速级别只有STM-N。另一种情况其环网上只存在相邻网元的业务，不存在跨网元业务。这时每个光缆段均为相邻互通业务的网元专用，例如A一D光缆只传输A与D之间的双向业务，D一C光缆段只传输D与C之间的双向业务等。相邻网元间的业务不占用其它光缆段的时隙资源，这

样各个光缆段都最大传送STM-N（主用）或2×STM-N（包括备用）的业务（时隙可重复利用），而环上的光缆段的个数等于环上网元的节点数，所以这时网络的业务容量达到最大：N×STM-N或2N×STM-N。

尽管复用段环的保护倒换速度要慢于通道环，且倒换时要通过K1、K2字节的APS协议控制，使设备倒换时涉及的单板较多，容易出现故障，但由于双向复用段环最大的优点是网上业务容量大，业务分布越分散，网元节点数越多，它的容量也越大，信道利用率要大大高于通道环，所以双向复用段环得以普遍的应用。

双向复用段环主要用于业务分布较分散的网络，四纤环由于要求系统有较高的冗余度——4纤，双ADM；成本较高，故用得并不多。怎样解决这个问题呢？请看双纤双向复用段保护环——双纤共享复用段保护环。

📖 技术细节：

复用段保护环上网元节点的个数（不包括REG，因为REG不参与复用段保护倒换功能）不是无限制的，而是由K1、K2字节确定的，环上节点数最大为16个.

---

7. 双纤双向复用段保护环——双纤共享复用段保护环

鉴于四纤双向复用段环的成本较高，出现了一个新的变种：双纤双向复用段保护环，它们的保护机理相类似，只不过采用双纤方式，网元节点只用单ADM即可，所以得到了广泛的应用。

从图5-5(a)中可看到光纤S1和P2，S2和P1上的业务流向相同，那么我们可以使用时分技术将这两对光纤合成为两根光纤——S1/P2、S2/P1。这时将每根光纤的前半个时隙（例如STM-16系统为1#—8#STM-1）传送主用业务，后半个时隙（例如STM-16系统的9#—16#STM-1）传送额外业务，也就是说一根光纤的保护时隙用来保护另一根光纤上的主用业务。例如，S1/P2光纤上的P2时隙用来保护S2/P1光纤上的S2业务，为什么？因为在四纤环上S2和P2本身就是一对主备用光纤。因此在二纤双向复用段保护环上无专门的主、备用光纤，每一条光纤的前半个时隙是主用信道，后半个时隙是备信道，两根光纤上业务流向相反。双纤双向复用段保护环的保护机理如图5-8所示。

在网络正常情况下，网元A到网元C的主用业务放在S1/P2光纤的S1时隙（对于STM-16系统，主用业务只能放在STM-N的前8个时隙1#—8#STM-1[VC4]中），备用业务放于P2时隙（对于STM-16系统只能放于9#—16#STM-1[VC4]中），沿光纤S1/P2由网元B穿通传到网元C，网元C从S1/P2光纤上的S1、P2时隙分别提取出主用、额外业务。网元C到网元A的主用业务放于S2/P1光纤的S2时隙，额外业务放于S2/P1光纤的P1时隙，经网元B穿通传到网元A，网元A从S2/P1光纤上提取相应的业务。见图5-8-1。

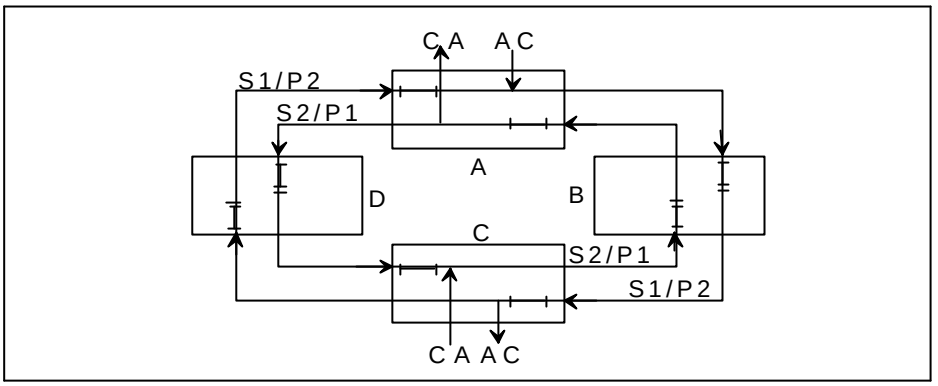


图5-8-1 二纤双向复用段保护环

在环网B—C间光缆段被切断时，网元A到网元C的主用业务沿S1/P2光纤传到网元B，在网元B处进行环回（故障端点处环回），环回是将S1/P2光纤上S1时隙的业务全部环到S2/P1光纤上的P1时隙上去（例如STM-16系统是将S1/P2光纤上的1#—8#STM-1[VC4]全部环到S2/P1光纤上的9#—16#STM-1[VC4]），此时S2/P1光纤P1时隙上的额外业务被中断。然后沿S2/P1光纤经网元A、网元D穿通传到网元C，在网元C执行环回功能（故障端点站），即将S2/P1光纤上的P1时隙所载的网元A到网元C的主用业务环回到S1/P2的S1时隙，网元C提取该时隙的业务，完成接收网元A到网元C的主用业务。见图5-8-2。

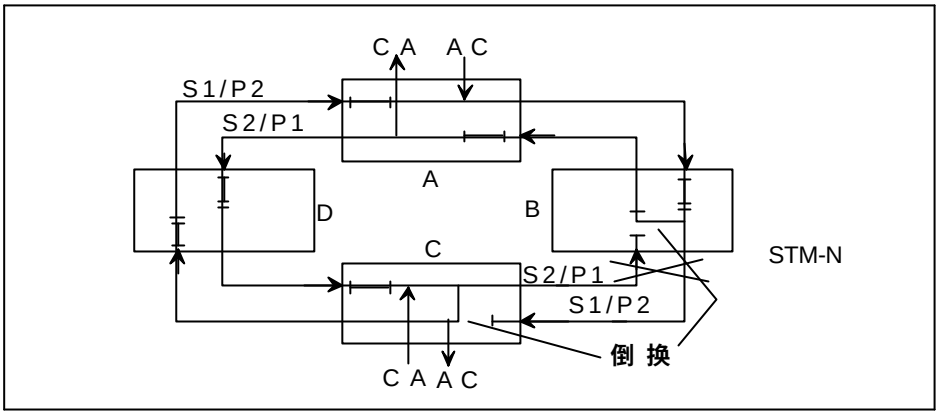


图5-8-2 二纤双向复用段保护环

网元C到网元A的业务先由网元C将网元C到网元A的主用业务S2，环回到S1/P2光纤的P2时隙上，这时P2时隙上的额外业务中断。然后沿S1/P2光纤经网元D、网元A穿通到达网元B，在网元B处执行环回功能——将S1/P2光纤的P2时隙业务环到S2/P1光纤的S2时隙上去，经S2/P1光纤传到网元A落地。

通过以上方式完成了环网在故障时业务的自愈。

双纤双向复用段保护环的业务容量为四纤双向复用段保护环的1/2，即M/2(STM-N)或M×STM-N（包括额外业务），其中M是节点数。

双纤双向复用段保护环在组网中使用得较多，主要用于622和2500系统，也是适用于业务分散的网络。

？ 想一想：

想想看为什么没有155系统的双纤双向复用段保护环?

因为复用段保护的基本业务单位是复用段级别，而STM-1是复用段的最小单位，不可再分．双纤双向复用段保护环要求将光纤通过时隙技术一分为二，那么光纤上每个时隙就必将要传送1/2 STM-1信号，无法实现双纤双向复用段保护环．

当前组网中常见的自愈环只有二纤单向通道保护环和二纤双向复用段保护环两种，下面将二者进行比较。

8. 两种自愈环的比较

- 业务容量（仅考虑主用业务）

单向通道保护环的最大业务容量是STM-N，双纤双向复用段保护环的业务容量为M/2 ×STM-N（M是环上节点数）。

- 复杂性

二纤单向通道保护环无论从控制协议的复杂性，还是操作的复杂性来说，都是各种倒换环中最简单的，由于不涉及APS的协议处理过程，因而业务倒换时间也最短。二纤双向复用段保护环的控制逻辑则是各种倒换环中最复杂的。

- 兼容性

二纤单向通道保护环仅使用已经完全规定好了的通道AIS信号来决定是否需要倒换，与现行SDH标准完全相容，因而也容易满足多厂家产品兼容性要求。

二纤双向复用段保护环使用APS协议决定倒换，而APS协议尚未标准化，所以复用段倒换环目前都不能满足多厂家产品兼容性的要求。

5.3 复杂网络的拓扑结构及特点

通过链和环的组合，可构成一些较复杂的网络拓扑结构。下面将讲述几个在组网中要经常用到的拓扑结构，为增加针对性以2500系统为例。

1. T型网

T型网实际上是一种树形网。如图5-9所示。

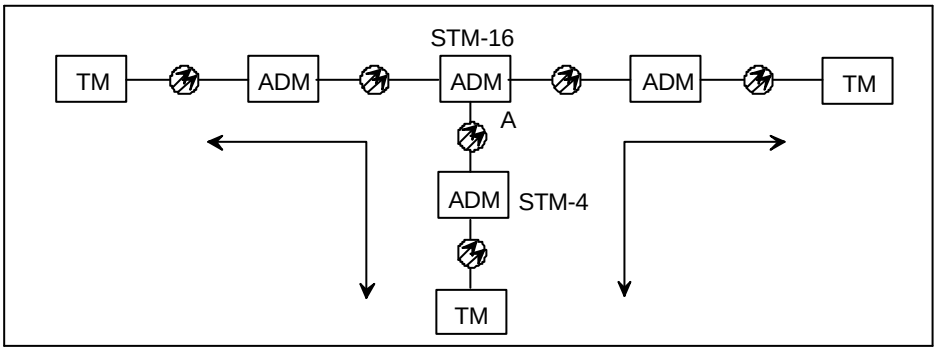


图5-9 T形网拓扑图

我们将干线上设为STM-16系统，支线上设为STM-4系统，T型网的作用是将支路的业务STM-4通过网元A上/下到干线STM-16系统上去，此时支线接在网元A的支路上，支线业务作为网元A的低速支路信号，通过网元A进行分插。

2. 环带链

网络结构如图5-10所示。

环带链是由环网和链网两种基本拓扑形式组成，链接在网元A处，链的STM-4业务作为网元A的低速支路业务，并通过网元A的分/插功能上/下环。STM-4业务在链上无保护，上环会享受环的保护功能。例如：网元C和网元D互通业务，A一B光缆段断，链上业务传输中断，A一C光缆段断，通过环的保护功能，网元C和网元D的业务不会中断。

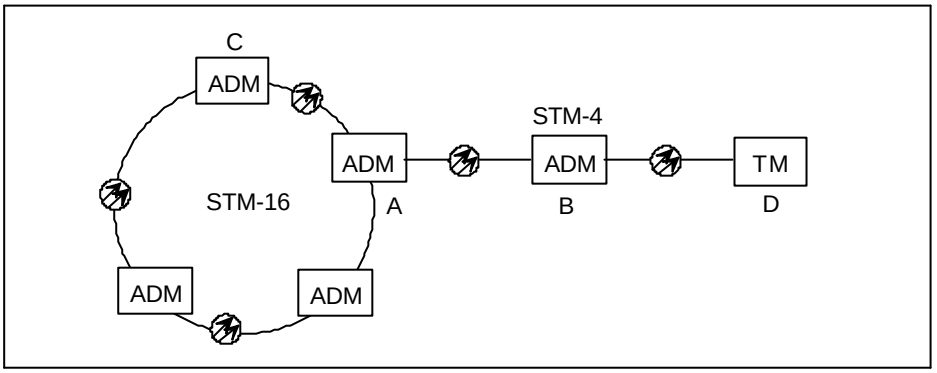


图5-10 环带链拓扑图

3. 环形子网的支路跨接

网络结构如图5-11所示。

两STM-16环通过A、B两网元的支路部分连接在一起，两环中任何两网元都可通过A、B之间的支路互通业务，且可选 路由多，系统冗余度高。两环间互通的业务都要经过A、B两网元的低速支路传输，存在一个低速支路的安全保障问题。

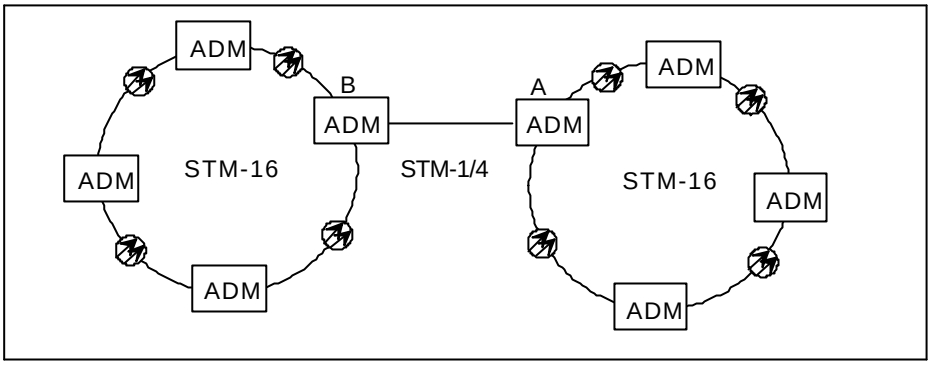


图5-11 环形子网的支路跨接网络拓扑图

4. 相切环

网络结构如图5-12所示。

图中三个环相切于公共节点网元A，网元A可以是DXC，也可用ADM等效（环Ⅱ、环Ⅲ均为网元A的低速支路）。这种组网方式可使环间业务任意互通，具有比通过支路跨接环网更大的业务疏导能力，业务可选 路由更多，系统冗余度更高。不过这种组网存在重要节点（网元A）的安全保护问题。

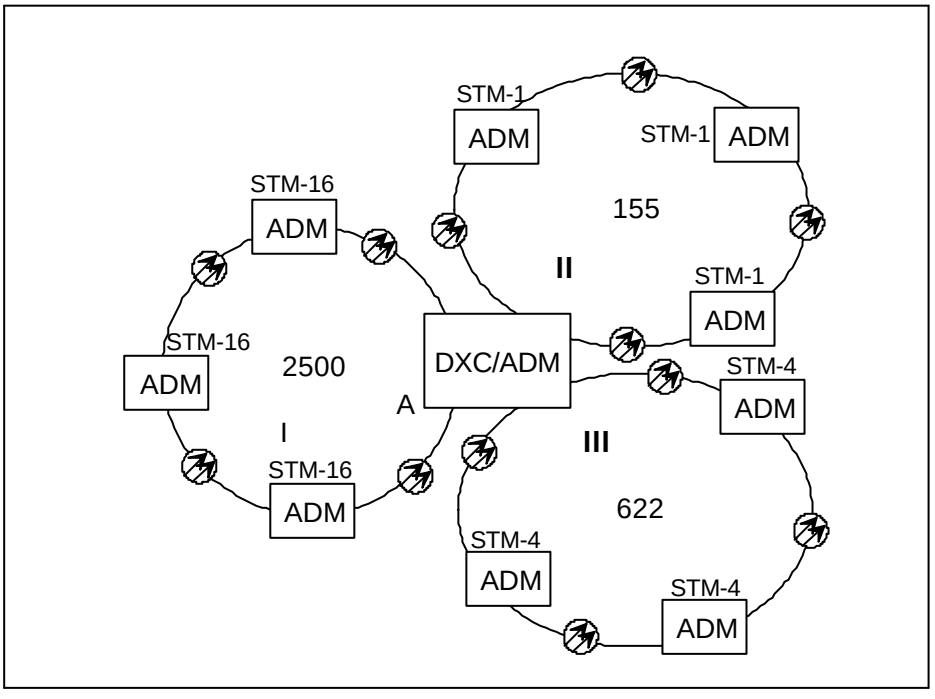


图5-12 相切环拓扑图

5. 相交环

为备份重要节点及提供更多的可选路由，加大系统的冗余度，可将相切环扩展为相交环，如图5-13所示。

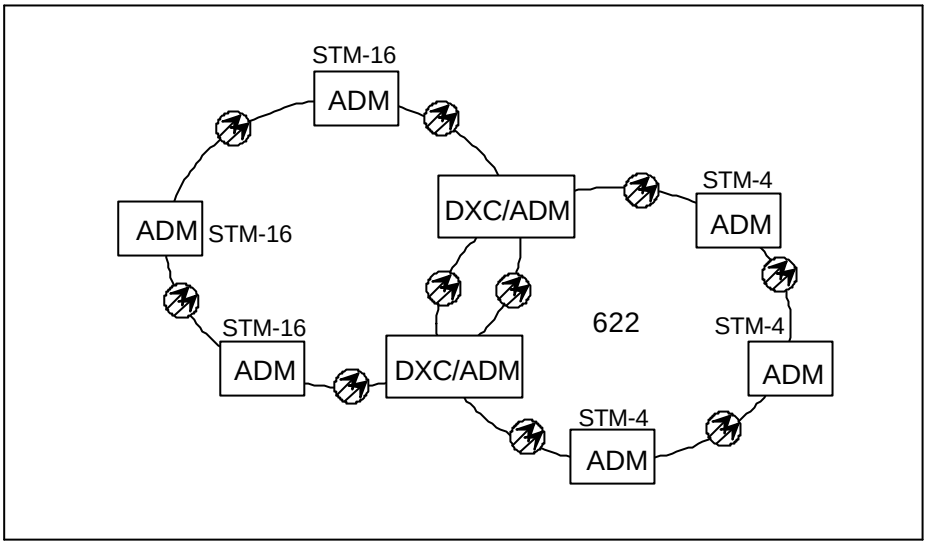


图5-13 相交环拓扑图

6. 枢纽网

网络结构如图5-14所示。

网元A作为枢钮点可在支路侧接入各个STM-1或STM-4的链路或环，通过网元A的交叉连接功能，提供支路业务上/下主干线，以及支路间业务互通。支路间业务的互通经过网元A的分/插，可避免支路间铺设直通路由和设备，也不需要占用主干网上的资源。

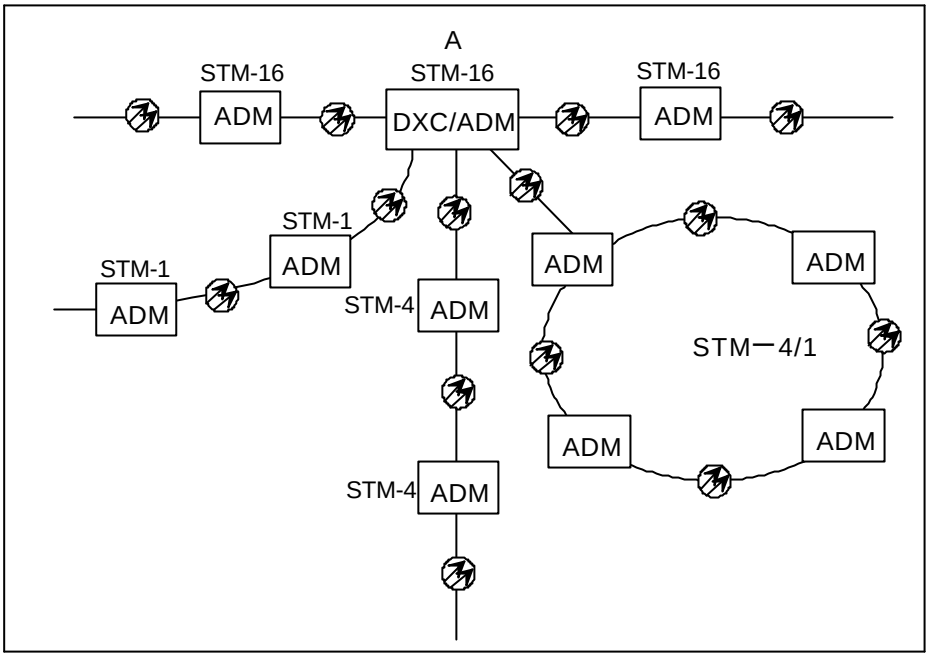


图5-14 枢纽网拓扑图

5.4 SDH网络的整体层次结构

同PDH相比SDH具有巨大的优越性，但这种优越性只有在组成SDH网时才能完全发挥出来。

传统的组网概念中，提高传输设备利用率是第一位的，为了增加线路的占空系数，在每个节点都建立了许多直接通道，致使网络结构非常复杂。而现代通信的发展，最重要的任务是简化网络结构，建立强大的运营、维护和管理（OAM）功能，降低传输费用并支持新业务的发展。

我国的SDH网络结构分为四个层面，如图5-15所示。

最高层面为长途一级干线网，主要省会城市及业务量较大的汇接节点城市装有DXC 4/4，其间由高速光纤链路STM-4/STM-16组成，形成了一个大容量、高可靠的网孔形国家骨干网结构，并辅以少量线形网。由于DXC4/4也具有PDH体系的140Mbit/s接口，因而原有的PDH的140Mbit/s和565Mbit/s系统也能纳入由DXC4/4统一管理的长途一级干线网中。

第二层面为二级干线网，主要汇接节点装有DXC4/4或DXC4/1，其间由STM-1/STM-4组成，形成省内网状或环形骨干网结构并辅以少量线性网结构。

由于DXC4/1有2Mbit/s，34Mbit/s或140Mbit/s接口，因而原来PDH系统也能纳入统一管理的二级干线网，并具有灵活调度电路的能力。

第三层面为中继网（即长途端局与市局之间以及市话局之间的部分），可以按区域划分为若干个环，由ADM组成速率为STM-1/STM-4的自愈环，也可以是路由备用方式的两节点环。这些环具有很高的生存性，又具有业务量疏导功能。环形网中主要采用复用段倒换环方式，但究竟是四纤还是二纤取决于业务量和经济的比较。环间由DXC4/1沟通，完成业务量疏导和其他管理功能。同时也可以作为长途网与中继网之间以及中继网和用户网之间的网关或接口，最后还可以作为PDH与SDH之间的网关。

最低层面为用户接入网。由于处于网络的边界处，业务容量要求低，且大部分业务量汇集于一个节点（端局）上，因而通道倒换环和星形网都十分适合于该应用环境，所需设备除ADM外还有光用户环路载波系统（OLC）。速率为STM-1/STM-4，接口可以为STM-1光/电接口、PDH体系的2Mbit/s、34Mbit/s或140Mbit/s接口、普通电话用户接口、小交换机接口、2B+D或30B+D接口以及城域网接口等。

用户接入网是SDH网中最庞大、最复杂的部分，它占整个通信网投资的50%以上，用户网的光纤化是一个逐步的过程。我们所说的光到路边（FTTC）、光纤到大楼（FTTB）、光纤到家庭（FTTH）就是这个过程的不同阶段。目前在我国推广光纤用户接入网时必须要考虑采用一体化的SDH/CATV网，不但要开通电信业务，而且还要提供CATV服务，这比较适合我国国情。

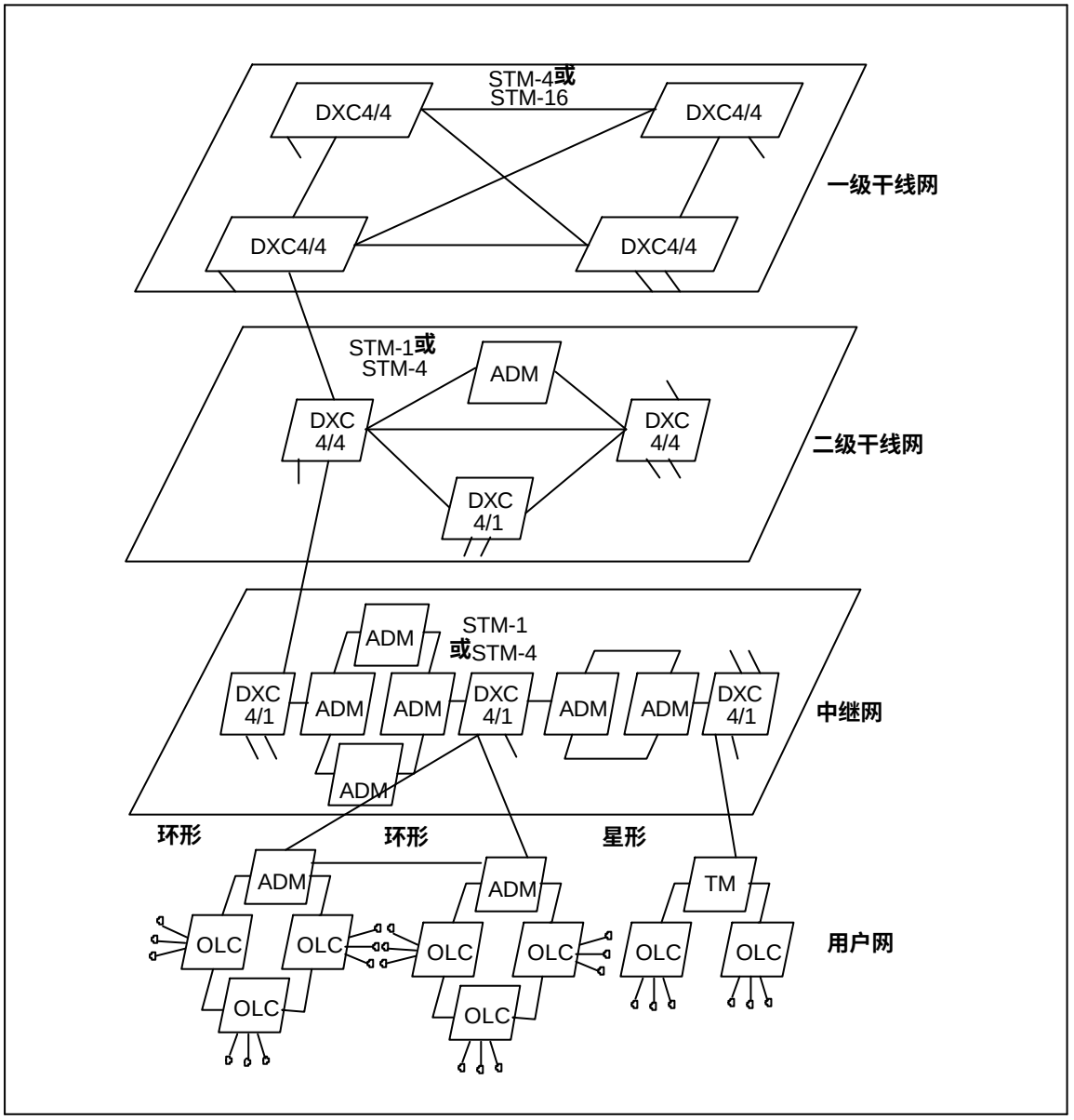


图5-15 SDH网络结构

5.5 PDH向SDH过渡的策略

PDH势必向SDH过渡，PDH和SDH的长期共存也是一个客观事实。世界各国电信网引入SDH的策略通常分为：“自上而下”，先在国家和地区的大容量核心网中引入SDH，这样可以迅速增加长途网容量；“自下而上”，先在核心网或接入网的一部分部署SDH同步岛，这样可以早日发挥SDH同步的优势，提高自身竞争力；“重叠网（overlay network）”，为支持特定业务而在国家和地区网络中部署端到端的SDH重叠网，如在某些新开发区，这种策略可

以提供优质的商务电信服务。由于中国目前长途网仍需扩容且公用基础网有待完善，因此，上述三种策略在我国引入SDH均有所采用。

？ **想一想：**

想想看这一节都学了些什么？

1. 基本的网络拓扑形式及特点．
2. 自愈环的保护机理及应用范围．
3. 较复杂的几种网络拓扑．
4. 我国SDH网的4层结构．
5. PDH向SDH过渡的大致策略．

其中第2. 很重要，要完全掌握．你掌握了吗？

小结

本节主要讲述了SDH网络的基本拓扑、自愈环机理、较复杂网络的特点。主要掌握单向通道保护环、双向双纤复用段保护环的工作机理、适用范围、业务容量。

习题

1. 单向通道保护环的触发条件_____告警。
2. 双纤双向复用段保护环的触发条件_____、_____、_____、_____告警。
3. 4网元双纤双向复用段保护环（2.5G系统）的业务容量是_____个2M。