

SDH 光传输技术

主 编： 徐少敏

编 委： 徐少敏 钱为民 张 薇
程加斌 韩献光 李燕蒂
朱年国 王永平 吕立新

深圳市华为技术有限公司

编 委 会

SDH 光传输系统

资料版本 V1.0

日期 1998 年 10 月

深圳市华为技术有限公司©1998

1998年版权所有，保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部，并不得以任何形式传播。

HUAWEI®、华为®、C&C08®、EAST8000®、HONET®、视点®、ViewPoint®、INtess®、ETS®、万维通快车站®、DMC®、SBS®、TELLIN®、InfoLink®、NetKey®、Quidway®、SYNLOCK®均为深圳市华为技术有限公司的商标，不得仿冒。

Copyright© 1998 by Huawei Technologies Co., Ltd.

All Rights Reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

HUAWEI®, 华为®, C&C08®, EAST8000®, HONET®, 视点®, ViewPoint®, INtess®, ETS®, 万维通快车站®, DMC®, SBS®, TELLIN®, InfoLink®, NetKey®, Quidway®, SYNLOCK® are registered trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

前 言

华为技术经过十年的磨练，向着“同步世界潮流、服务祖国电信”的目标不断创新和发展壮大。今天的华为技术足以令 ERICSSON 和 MOTOROLA 刮目相看，华为的通信产品广泛涵盖了交换、无线、传输、接入、数据通信等领域，提供了通信网的全方位解决方案。C&C08、M900/M1800、ETS、HONET、SBS、Quidway 等品牌在市话网、商业网以及各种专网中得到广泛应用，深受海内外用户欢迎。

为了帮助大家更好地了解华为产品，华为公司编委会与邮电院校合作编写了“华为技术与产品入门”系列丛书，这套丛书包括：

- 1、《通信技术概论》
- 2、《程控交换技术》
- 3、《智能网》
- ☞ 4、《SDH 光传输技术》
- 5、《数据通信技术》
- 6、《无线通信技术》
- 7、《ATM 技术》
- 8、《接入网技术》
- 9、《电信支撑网》

本套丛书深入浅出地介绍了华为产品的原理、结构、特点和业务性能等，尝试用通俗易懂的语言将复杂的电信网络展现在具有不同知识结构的读者面前。

读者对象

本套丛书适用于以下读者阅读：

- ◆ 华为公司新员工
- ◆ 华为公司非开发人员
- ◆ 华为公司用户及电信技术人员

目 录

第一章 概 述.....	1
1.1 传输系统的组成.....	1
1.2 同步、异步、准同步的概念.....	2
1.3 PDH 的缺陷和 SDH 的产生.....	2
1.4 SDH 基本概念和特点.....	4
第二章 SDH 的帧结构.....	7
2.1 帧结构.....	7
2.1.1 段开销 (SOH) 区域.....	8
2.1.2 信息净负荷 (Payload) 区域.....	8
2.1.3 管理单元指针 (AU PTR) 区域.....	8
2.2 复用结构.....	8
2.3 映射.....	12
2.3.1 映射方式的分类.....	12
2.3.2 映射方式的选择.....	13
2.3.3 容器的调整帧结构.....	14
2.3.4 H-4 异步映射进 VC-4.....	15
2.3.5 H-31 异步/同步兼容映射进入 VC-3.....	21
2.3.6 H-12 异步/同步兼容映射进 VC-12.....	23
2.4 定位.....	29
2.4.1 VC-4/VC-3 在 AU-4/TU-3 中定位.....	29
2.4.2 VC-12 在 TU-12 中的定位.....	35
2.5 复用.....	37
2.6 SDH 设备功能块简述.....	38
2.6.1 传送终端功能 (TTF).....	38
2.6.2 高阶通道连接 (HPC).....	41
2.6.3 高阶组装器 (HOA).....	41
2.6.4 高阶接口 (HOI).....	41
2.6.5 低阶通道连接 (LPC).....	42
2.6.6 低阶接口 (LOI).....	42
2.6.7 辅助功能块.....	43

第三章 SDH 网络	45
3.1 SDH 网络的物理拓扑结构	45
3.1.1 线形	46
3.1.2 星形	46
3.1.3 树形	46
3.1.4 环形	46
3.1.5 网孔形	46
3.2 SDH 网络结构	47
3.3 网络保护	49
3.3.1 自愈网的保护方法	50
3.3.2 自动线路保护倒换 (APS, Automatic Protection Switching)	51
3.3.3 自愈环 (Self-healing Ring)	53
第四章 网同步与网管	65
4.1 网同步的基本方式	65
4.1.1 同步方式	65
4.1.2 工作模式	67
4.2 SDH 网同步结构和方式	68
4.2.1 SDH 的引入对网同步的要求	68
4.2.2 SDH 网同步结构	68
4.2.3 SDH 网同步方式	70
4.3 SDH 网络管理	72
4.3.1 管理能力和管理目标	72
4.3.2 SDH 管理网	73
4.3.3 SDH 信息模型	75
4.3.4 管理接口	76
4.3.5 管理功能	77
第五章 SBS 系列 SDH 光传输设备	87
5.1 功能结构	88
5.2 物理结构	90
5.2.1 SBS155/622	90
5.2.2 SBS2500	94
5.2.3 SBS155H	97
第六章 SBS 系列 SDH 光传输设备的技术特性	99

6.1	强大的设备可扩展能力	99
6.2	面向网络发展的交叉功能	100
6.3	强大的业务接入能力	101
6.4	低抖动的输出接口	102
6.5	良好的网同步特性	103
6.6	同步状态信息管理功能	104
6.7	完善的保护机制	106
6.8	灵活的网络应用能力	106
6.9	一体化的网管解决方案	107
6.10	满足用户需求的新功能	108
第七章	SBSMN 统一的网管系统	109
7.1	SDH 网络现状	109
7.2	SBSMN 网管特点	109
7.2.1	SBSMN-NES 特点	110
7.2.2	SBSMN-RMS 特点	112
7.3	SBSMN 网管系统	114
7.3.1	软件结构	114
7.3.2	网管系统的连接方式	115
7.4	网管系统功能	117
7.4.1	SBSMN-NES 系统功能结构	117
7.4.2	系统管理	118
7.4.3	网络拓扑管理	119
7.4.4	配置管理	121
7.4.5	故障管理	122
7.4.6	性能管理	125
7.4.7	安全管理	127
7.4.8	联机帮助	128
第八章	SBS 系列设备的网络应用	129
8.1	高速率、大容量网络应用	129
8.2	超长距离无中继传输	130
8.3	高层网套低层网、高等级设备套低等级设备的复杂组网	131
8.4	大容量业务疏导和汇接 (SBS128X)	132
8.5	各种业务传输应用	133

8.6 特殊网络运用	134
8.6.1 长链形网络应用（济南—青岛铁路干线）	134
8.6.2 环形网超容量配置	135
8.6.3 SDH 传输中音频通道的接入	136
8.7 SBS155H 的应用	136
第九章 面向未来的 WDM 及 EDFA	138
9.1 高速光纤通信系统的现状与发展趋势	138
9.2 超高速大容量传输技术	138
9.2.1 高速电时分复用	138
9.2.2 密集型波分复用（DWDM）	138
9.2.3 光时分复用(OTDM).....	139
9.2.4 三种解决方案的比较	139
9.3 高速通信系统的支撑技术	140
9.3.1 光纤放大器技术	140
9.3.2 光纤色散抑制技术	140
9.3.3 支持 DWDM 方案的光纤分波合波技术	141
9.3.4 高速传输系统光电器件	141
9.4 SBS 系列光传输设备	142
9.4.1 SBS W32 传输设备	142
9.4.2 华为 EDFA 产品	143
专用词汇及缩略语	145

插图

图 1-1	通信系统模型.....	1
图 1-2	准同步数字系列 (PDH)	3
图 2-1	STM-N 帧结构	7
图 2-2	G.709 建议的 SDH 复用结构.....	9
图 2-3	我国的 SDH 基本复用映射结构.....	10
图 2-4	C-4 的子帧结构.....	15
图 2-5	我国 SDH 复用结构和功能块示意图.....	19
图 2-6	VC-4-Xc 的结构.....	20
图 2-7	C-3 的子帧结构.....	21
图 2-8	C-12 复帧结构和字节安排.....	25
图 2-9	VC-12 复帧的结构.....	27
图 2-10	AU-4 指针位置和偏移编号.....	31
图 2-11	TU-3 指针位置和偏移编号	32
图 2-12	TU-12 指针位置和偏移编号	36
图 2-13	复用设备一般化逻辑方框图.....	39
图 3-1	基本物理拓扑结构模型.....	45
图 3-2	SDH 网络结构.....	48
图 3-3	1+1 保护倒换结构	51
图 3-4	1:n 保护倒换结构.....	52
图 3-5	二纤单向复用段保护环.....	53
图 3-6	四纤双向复用段倒换环.....	55
图 3-7	二纤双向复用段保护环.....	56
图 3-8	二纤单向通道保护环.....	58
图 3-9	采用 DXC 的保护结构	60
图 3-10	混合保护结构.....	61
图 3-11	主对主混合环的应用.....	62
图 4-1	主从同步方式.....	66
图 4-2	相互同步方式.....	67
图 4-3	局内分配的同步网结构.....	69
图 4-4	局间分配的同步网结构.....	70

图 4-5 同步网定时基准传输链路.....	71
图 4-6 SMN、SMS 和 TMN 的关系.....	73
图 4-7 SMN、SMS 和 TMN 三者间关系示例.....	74
图 4-8 管理网组织模型.....	75
图 5-1 SBS 光传输设备的应用.....	87
图 5-2 SBS 光传输系统的功能结构.....	89
图 5-3 SBS155/622 光传输设备.....	90
图 5-4 SBS155/622 子架.....	91
图 5-5 增强型 SBS155/622 子架.....	91
图 5-6 SBS155/622 子架接口区.....	92
图 5-7 SBS155/622 增强型子架接口区.....	92
图 5-8 SBS155/622 子架板位图.....	93
图 5-9 SBS2500 光传输设备.....	94
图 5-10 SBS2500 SDH 光传输系统子架.....	95
图 5-11 SBS2500 子架板位图.....	95
图 5-12 SBS155H 的盒式结构.....	97
图 5-13 SBS155H 板位图.....	97
图 6-1 自适应滤波算法原理图.....	102
图 6-2 SSM 图例.....	105
图 6-3 SBS 应用示例.....	106
图 7-1 SBSMN-RMS 主操作条窗口.....	113
图 7-2 SBS-MN 软件结构.....	114
图 7-3 广域网连接方式.....	116
图 7-4 局域网连接方式.....	116
图 7-5 专用服务器方式.....	117
图 7-6 公用服务器方式.....	117
图 7-7 SBSMN-NES 网管系统的功能结构.....	118
图 7-8 SBSMN-NES 系统主界面.....	120
图 7-9 SBSMN-RMS 系统主界面.....	120
图 8-1 吉林省传输干线网.....	130
图 8-2 青海传输干线网.....	131
图 8-3 高套低的复杂网络.....	132
图 8-4 江西九江传输网.....	132
图 8-5 SBS 在 GSM 基站传输中的应用(四川双流).....	133

图 8-6 山西晋城广电传输网.....	134
图 8-7 长链形网络应用实例.....	135
图 8-8 超容量传输网应用.....	135
图 8-9 CALL 台 64Kbit/s 音频通道传输示意图.....	136
图 8-10 SBS155H 的组网能力.....	137
图 8-11 155H 与 SBS 其他产品的搭配使用	137

表 格

表 2-1	PDH 信号进入 SDH 的映射方式.....	13
表 2-2	AU-4 和 TU-3 PTR 中 H1 和 H2 构成的 16bit 指针码字	33
表 2-3	V1 和 V2 构成的 16bit 指针的码字	37
表 3-1	各种自愈环特性的比较.....	59
表 5-1	SBS 系列产品.....	88
表 5-2	SBS155/622 单板配置表.....	93
表 5-3	SBS2500 子架电路配置表.....	96
表 5-4	SBS155H 提供的插板.....	98
表 6-1	系列产品交叉能力一览表.....	100
表 6-2	2M 输出抖动测试结果	102

第一章 概述

1.1 传输系统的组成

通信的任务是传递信息。通常，现代电的通信系统模型如图 1-1 所示。

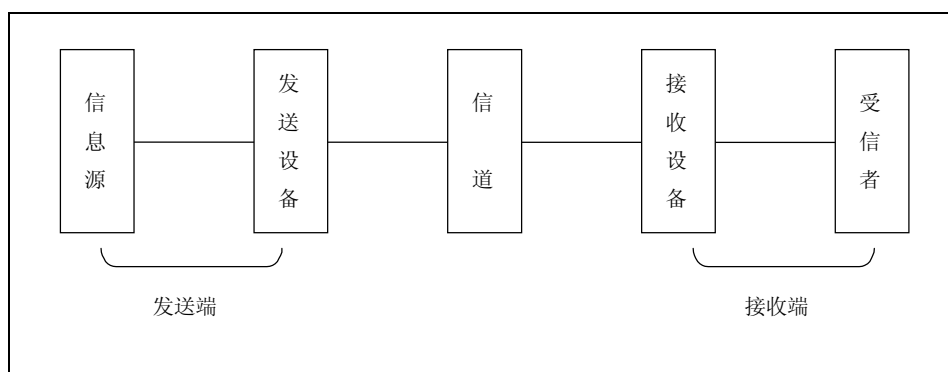


图 1-1 通信系统模型

信息源的作用是把各种消息转换成原始电信号。为了使这个信号适应在信道中传输，由发送设备对其完成某种转换，然后再送入信道。信道是指信号传输的通道。在接收端，接收设备的功能与发送设备的功能相反，即从接收信号中恢复出相应的原始信号，而受信者（也称信宿）是将原始信号转换成相应的消息。

通信中传输的信号是多种多样的，但主要分为两大类，即一类是数字信号，另一类是模拟信号。按照信道中传输的信号特征分类，可以把传输系统分成模拟传输系统和数字传输系统两类。

数字传输系统与模拟传输系统相比，具有如下优点：

- 抗干扰能力强；
- 通过信码再生，可避免噪声积累；
- 传送差错可以控制；

- 便于用现代数字信号处理技术来对数字信号进行处理;
- 数字信号易于作高保密性的加密处理;
- 数字传输系统可以综合传输各种业务消息, 使传输系统功能增强。

随着科学技术的发展和人类社会的不断进步, 信息的传送、交换和处理正迅速向数字化发展, 我国的通信也迅速向数字化迈进。

1.2 同步、异步、准同步的概念

由于数字传输系统传输的是一个接一个按节拍传送的数字信号, 因而接收端必须按发送端相同的节拍接收, 否则, 会因收发节拍不一致而造成混乱。所以数字传输系统中存在一个同步问题。

数字传输系统在信息编码后就以时分复用方式进行传送。如果所有被复接支路信号的时钟来自同一个时钟源, 而且被复接的各支路信号与本机定时信号是同步的 (即同一时钟源), 这样的支路复接称为同步复接。如果被复接的支路信号的时钟来自不同的时钟源 (即各自有自己独立的时钟), 各支路信号与本机定时信号是异步的, 这样的复接称异步复接。对异源信号, 各支路信号的数码率都可以在标称值上下有偏差, 所以又称准同步信号。准同步数字系列复接, 在复接前必须调整各个支路码速 (对各支路信号频率和相位进行调整), 使之成为同步信号, 再进行复接。在收端先进行同步分离, 再进行各支路快速恢复, 还原为各支路信号。

现在通信中使用的时分多路复用传输系统主要有两类, 即准同步数字系列 (PDH) 和同步数字系列 (SDH)。

1.3 PDH的缺陷和SDH的产生

80 年代中期以来, 光纤通信在电信网中获得了大规模应用。其应用场合已逐步从市话局间中继通信、长途通信转向用户网。光纤通信的廉价、优良的带宽特征正使之成为电信网的主要传输手段。然后, 随着电信网的发展和用户要求的提高, 目前使用的准同步 (PDH) 传输系统正暴露出一些固有缺点。

1. PDH 只有地区性的数字信号速率和帧结构标准，而不存在世界性的标准。目前国际上通行有三种数字信号速率等级系列，即欧洲系列、北美系列和日本系列，如图 1-2 所示，这种局面造成了国际互通的困难。

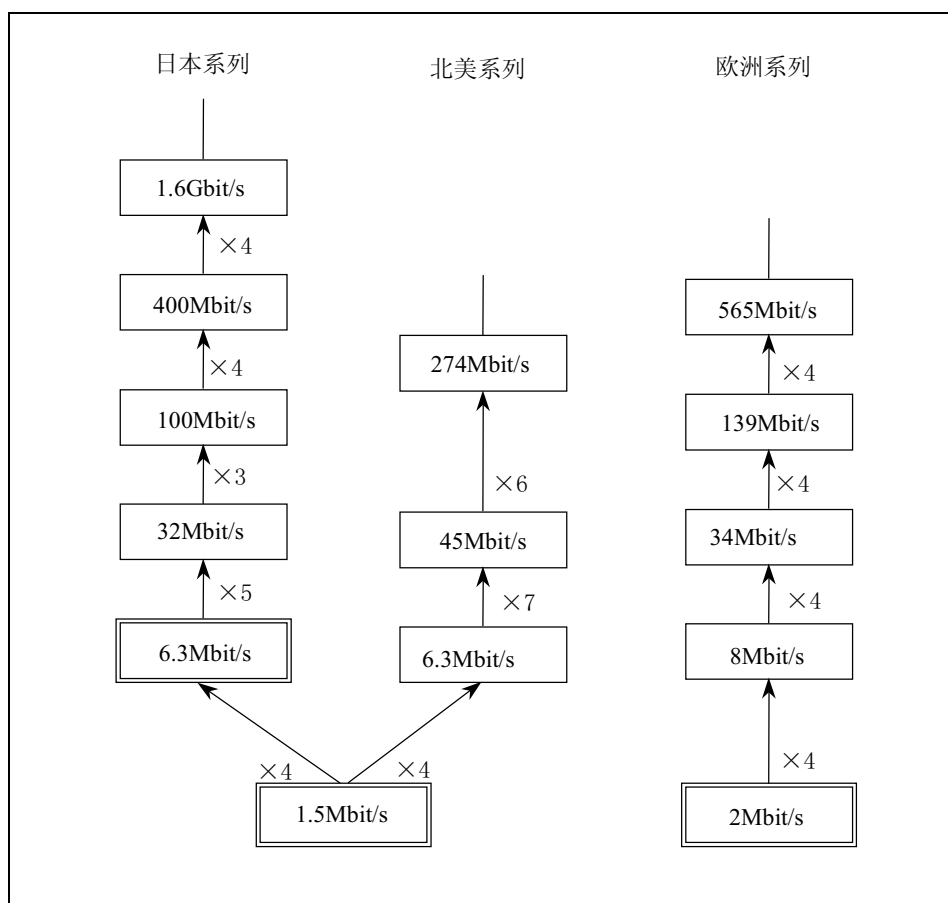


图 1-2 准同步数字系列 (PDH)

2. PDH 没有世界性的标准光接口规范。由于各厂家各自采用自行开发的线路码型，使得在同一数字等级上光接口的信号速率不一样，致使不同厂家的设备无法实现横向兼容。这给组网，管理及网络互通，特别是国际互通带来很大困难。
3. PDH 系统的复用结构除了几个低速等级的信号（北美为 1.5Mbit/s，日本为 1.5Mbit/s 和 6.3Mbit/s，欧洲为 2Mbit/s）采用同步复接外，其他多数等级的信号采用异步复用，即靠塞入一些额外比特使各支路信号与复用

设备同步并复用成高速信号。这种方式难以从高速信号中识别和提取低速支路信号。

4. 准同步复用帧结构中没有安排很多用于网络操作、管理和维护（OAM）的比特。只有在线路编码中通过插入比特的方法来传输一些监控信号，因而无法对传输网实现分层管理和对通道的传输性能实现端到端的监控。

另一方面，用户和网络的要求正在不断变化，一个现代电信网要求能迅速、经济地为用户提供电路和业务，甚至最终对电路带宽和业务提供在线实时控制。

要想完满地在原有技术体制和技术框架内解决这些问题是很困难的，唯一的出路是从技术体制上进行根本的改革，于是光同步传输网应运而生。

光同步传输网的概念最初是由美国贝尔通信研究所提出的，并称为同步光网络（SONET）。它是由一整套分等级的标准化数字传送结构组成的，适于各种路径适配处理的净负荷（净负荷是指网络节点接口比特流中所用于电信业务的部分）在物理媒质上进行传送。原国际电报电话咨询委员会（CCITT）（现为 ITU-T）于 1988 年接受了 SONET 概念，并重新命名为同步数字体系（SDH），使之成为不仅适用于光纤也适用于微波和卫星传输系统的通用的 SDH 技术体制，目前在世界范围内就 SDH 的基本软件和硬件问题已经达成了一致协议。

1.4 SDH基本概念和特点

所谓光同步数字传输网是由一些 SDH 网络单元（NE）组成的，在光纤上进行同步信息传输、复用和交叉连接的网络。它有全世界统一的网络节点接口（NNI），从而简化了信号的互通以及信号的传输、交叉连接和交换过程。它有一套标准化的信息结构等级，称为同步传送模块 STM-1、STM-4、STM-16、STM-64、……STM-N，并且有一种块状帧结构，允许安排较多的开销比特（即网络节点接口比特流中扣除净负荷后的剩余部分）用于网络的 OAM，它的基本网络单元有同步光缆线路系统、同步复用器（SM）、分插复用器（ADM）和同步数字交叉连接设备（SDXC）等等。虽然其功能各异，但都有统一的标准光接口，能够在基本光缆段上实现横向兼容，即允许不同厂家设备在光路上互通。它有一套特殊的复用结构，允许准同步数字体系、同步

数字体系、B-ISDN 信号（ATM 信元）都能进入其帧结构，因而具有广泛的适应性。它大量采用软件进行网络配置和控制，使增加新功能和业务变得十分方便，以适于将来的不断发展。

SDH 的特点可以从下面几方面加以说明：

1. SDH 可对网络节点接口（NNI）进行统一的规范。其包括数字速率等级、帧结构、复接方法、线路接口和监控管理等，这使得 SDH 能实现横向兼容。
2. SDH 信号的基本模块是速率为 155.520Mbit/s 的同步传送模块（STM-1），更高速率的同步数字系列信号，如 STM-4（622.080Mbit/s），STM-16（2488.320Mbit/s）以及 STM-64（9953.280Mbit/s）可通过简单地将 STM-1 信号进行字节间插入同步信号复接而成，大大简化了复接和分接，使 SDH 十分适合于高速大容量光纤通信系统，便于通信系统的扩容和升级换代。
3. SDH 信号的基本传送模块可以容纳现有的北美、日本和欧洲数字信号速率等级系列。这包括 1.5Mbit/s、2Mbit/s、6.3Mbit/s、34Mbit/s、45Mbit/s 及 140Mbit/s 在内的 PDH 速率信号均可装入“虚容器”，然后经复接安排到 155.520Mbit/s 的 SDH STM-1 信号帧的净负荷内，使新的 SDH 能支持现有的 PDH，便于顺利地由 PDH 向 SDH 过渡，体现了 SDH 的后向兼容性。
4. SDH 采用同步复接方式和灵活的复用映射结构，因而只需利用软件即可将高速信号一次直接分插出低速支路信号，这样既不影响别的支路信号，又避免了需要对全部高速复用信号进行解复用的作法，省去了全套背靠背的复用设备，使上下业务十分容易，并省去了大量的电接口，致使运营操作任务大大简化。
5. SDH 灵活的同步复用方式也使数字交叉连接（DXC）功能的实现大大简化。DXC 的引入使得环形网络增强了自愈能力，便于根据用户的需要进行动态组网，利于各种新业务的接入。
6. SDH 帧结构中安排了丰富的开销比特。这些开销比特包括了段开销（SOH）和通道开销（POH），因而网络的运行、维护和管理（OAM）能力大大加强。

7. SDH 设备是智能化的设备，兼有终结、上/下复接和交叉连接功能。它可通过远程控制灵活地组网和管理。由于对网管设备的接口进行了规范，使不同厂家的网管系统互连成为可能。因此，SDH 十分适合未来智能化的电信管理网络（TMN），网络中的每一个 SDH 的网元（NE）可通过软件控制进行本地或远地操作，这包括性能监测、服务（或带宽）的管理、业务的调度、路由选择及变更、故障告警、网络恢复或自愈等。这种网管不仅简单而且几乎是实时的，因此这不仅降低了网络维护管理的费用，而且大大提高了网络的效率、灵活性、可靠性和生存能力。
8. SDH 构成了世界性的、统一的 NNI 接口的基础，因为 SDH 除了支持基于电路交换的同步传送模式（STM）外，还可支持基于分组交换的异步转移模式（ATM）。这样 SDH 适合从 STM 向 ATM 的过渡，体现了 SDH 的前向兼容性。

第二章 SDH 的帧结构

2.1 帧结构

SDH 网的一个关键功能是要能对支路信号进行同步数字复接、交叉连接和交换，因而帧结构必须能适应所有这些功能。同时也希望支路信号在一帧内的分布是均匀和有规律的，以便于接入和取出。最后，还要求帧结构对 1.5Mbit/s 系列和 2Mbit/s 系列信号同样地方便和适用。这些要求导致 ITU-T 最终采纳了一种以字节结构为基础的矩形块状帧结构，其结构安排如图 2-1 所示。

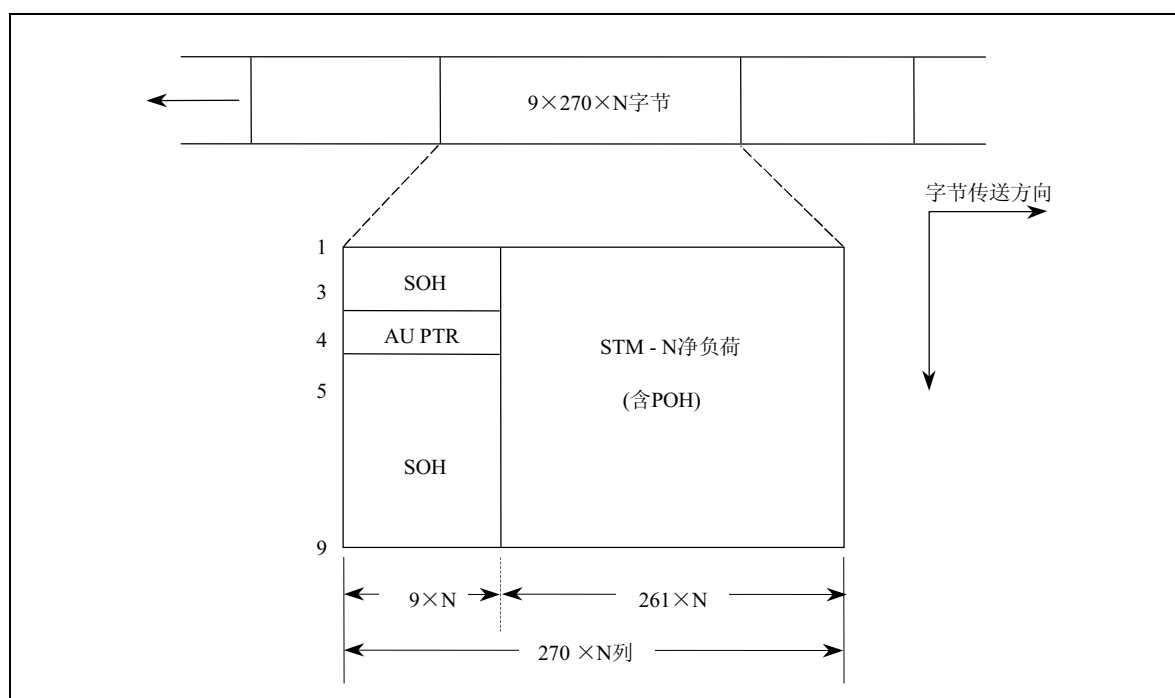


图 2-1 STM-N 帧结构

它由 9 行 $270 \times N$ 列 8 比特字节组成，其中， N 为同步传送模块等级。对于 STM-1 而言 ($N=1$)，帧长度为 2430 个字节，相当于 19440 比特，用时间来表示为 $125\mu\text{s}$ 。帧结构中字节的传输是从左到右逐行进行的，首先由图中左

上角第一个字节开始，从左向右由上而下按顺序传送，直至整个 9×270 个字节都传送完再转入下一帧。如此一帧一帧地传送，每秒共传 8000 帧。

由图 2-1 可知，帧结构大体上可以分为三个主要区域：

2.1.1 段开销（SOH）区域

所谓段开销是指 STM 帧结构中为了保证信息净负荷正常灵活传送所必须的附加字节，主要是供网络运行、管理和维护使用的字节。图 2-1 中横向为第 1 至第 $9 \times N$ 列，纵向为第 1 至第 3 行和第 5 至第 9 行的 $72 \times N$ 个字节分配给段开销。对于 STM-1 而言，相当每帧有 72 个字节（576 比特）可用于段开销。由于每秒 8000 帧，因而 STM-1 有 4.608Mbit/s 可用于网络运行、管理和维护之目的。可见段开销是相当丰富的，这是光同步传输网的重要特点之一。

2.1.2 信息净负荷（Payload）区域

所谓信息净负荷区域就是帧结构中，存放各种信息的地方。图 2-1 中横向第 $10 \times N$ 至第 $270 \times N$ ，纵向第 1 至第 9 行的 $2349 \times N$ 个字节都属于净负荷区域。当然，其中还含有少量用于通道性能监视、管理和控制的通道开销字节（POH）。通常，POH 作为净负荷的一部分并与净负荷一起在网络中传送。

2.1.3 管理单元指针（AU PTR）区域

所谓 AU PTR 就是一种指示符，主要用来指示信息净负荷的第 1 个字节在 STM-N 帧内的准确位置，以便在接收端正确地分解。图 2-1 中横向第 1 至第 $9 \times N$ 列，纵向第 4 行的 $9 \times N$ 个字节是保留给 AU PTR 使用的。采用指针方式是 SDH 的重要创新，可以使之在准同步环境中完成同步复用和 STM-N 信号的帧定位。这一方法消除了常规准同步系统中滑动缓存器引起的延时和性能损伤。

2.2 复用结构

将低速支路信号复用成高速信号的传统方法有两种：其一为比特塞入法（又叫码速调整法），它是利用在固定位置的比特塞入指示来显示是否有塞入的比特，虽然可容许被复用的净负荷有一定的频率差异（准同步复接），但因

为有一个比特塞入与去塞入过程，因而不能直接把支路信号接入高速复用信号或从高速复用信号中分离出支路信号，即不能直接上/下支路；其二为固定位置映射法，即是利用低速信号在高速信号中的特殊位置来携带低速同步信号，虽可较方便地接入/取出支路信号，但高速信号和支路信号之间可能出现微小频差和相移，须用 $125\mu\text{s}$ 缓存器来进行频率校正和相位对准，从而导致信号延时和出现滑动损伤。

在 SDH 中采用净负荷指针技术，既能进行异步或同步复用，又可灵活方便地接入/取出支路，且不造成较大的时延和滑动损伤。

SDH 采用的复用结构如图 2-2 所示。它是由一些基本复用单元组成的有若干中间复用步骤的复用结构。它可以将目前 PDH 的绝大多数标准速率装入 SDH 帧结构内的净负荷区，也可以容纳来自 B-ISDN 的 ATM 信元或其他新业务信号。

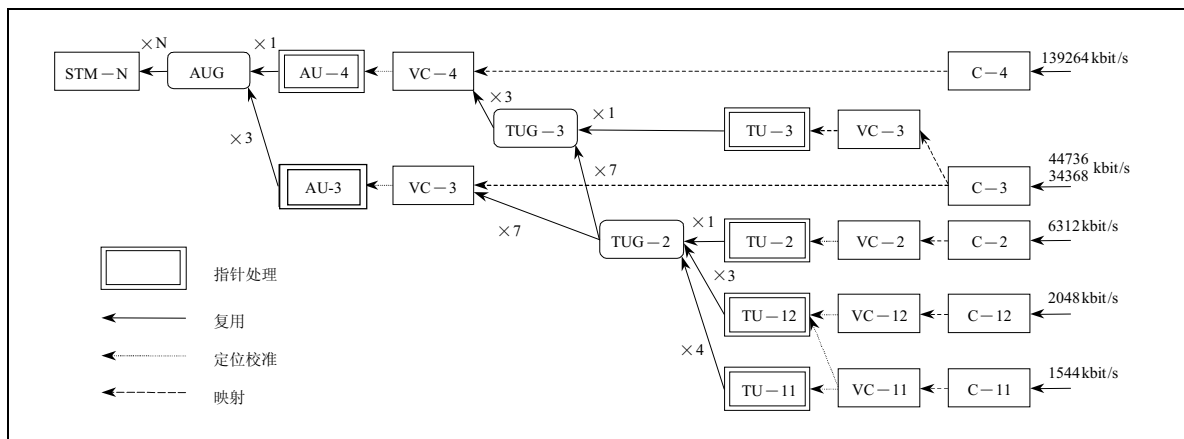


图 2-2 G.709 建议的 SDH 复用结构

由图 2-2 可见，在 G.709 建议的复用结构中，从一个有效负荷到 STM-N 的复用路线不是唯一的。但为了简化设备，可以根据设备的具体网络应用环境和业务需求，省去某些接口和复用映射支路，使每种净负荷只有一条复用映射途径。

我国的光同步传输网技术体制规定以 2Mbit/s 为基础的 PDH 系列作为 SDH 有效负荷，并选用 AU-4 复用路线，其基本复用映射结构如图 2-3 所示。

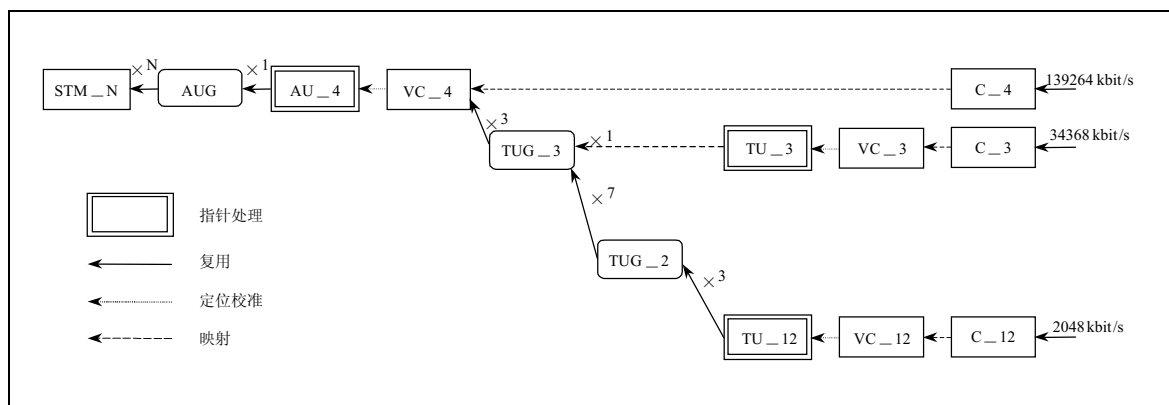


图 2-3 我国的 SDH 基本复用映射结构

SDH 的基本复用单元包括若干容器 (C-n)、虚容器 (VC-n)、支路单元 (TU-n)、支路单元组 (TUG-n)、管理单元 (AU-n) 和管理单元组 (AUG-n)。其中 n 为单元等级序号。

1. 容器 (C)

容器是一种用来装载各种速率的业务信号的信息结构单元。G.709 针对 PDH 的速率系列规范了 C-11、C-12、C-2、C-3 和 C-4 五种标准容器。

PDH 系列作为 SDH 的有效负荷用 H-n 表示，n 为 PDH 系列等级。鉴于国际上通行有欧洲、北美和日本三种 PDH 速率系列，或简言之有以 1.5Mbit/s (T 体系) 和 2Mbit/s (E 体系) 为基础的两类体系，故 n 通常用两位数表示，即 n=11、12、21、22、31、32、4。第一位数表示按 G.702 定义的 PDH 传输系列等级，第二位数可以是 2 或 1，分别表示同等级别内较高和较低的速率；由于 1.5Mbit/s 体系无第四等级，故第四等级的 n 仅有一位数 4。

参与 SDH 复用的各种速率的业务信号都应首先通过码速调整等适配技术装进一个恰当的标准容器。已装载的标准容器又作为虚容器的信息净负荷。

2. 虚容器 (VC)

虚容器是用来支持 SDH 的通道层连接的信息结构单元。它是 SDH 通道的信息终端，由组织在重复周期为 125μs 或 500μs 的块状帧结构中的信息净负荷 (容器的输出) 和通道开销 (POH) 组成，即：

$$VC-n = C-n + VC-n \text{ POH}$$

VC 的输出将作为其后接基本单元 (TU 或 AU) 的信息净负荷。识别 VC 帧起点的定位信息由服务网络层提供。

VC 的封装速率是与 SDH 网络同步的, 因此不同的 VC 是互相同步的, 而 VC 内部却允许装载来自不同容器的异步净负荷。

除在 VC 的组合点和分解点 (即 PDH/SDH 网的边界处) 外, VC 在 SDH 网中传输时总是保持完整不变, 因而可以作为一个独立的实体十分方便和灵活地在通道中任一点插入或取出, 进行同步复用和交叉连接处理。

虚容器可分为低阶虚容器和高阶虚容器两类。VC-1 和 VC-2 为低阶虚容器; VC-4 和 AU-3 中的 VC-3 为高阶虚容器; 若通过 TU-3 把 VC-3 复用进 VC-4, 则该 VC-3 应归于低阶虚容器类。

3. 支路单元和支路单元组 (TU 和 TUG)

支路单元 (TU) 是提供低阶通道层和高阶通道层之间适配的信息结构。有四种支路单元, 即 TU-n (n=11、12、2、3)。TU-n 由一个相应的低阶 VC-n 和一个相应的支路单元指针 (TU-n PTR) 组成, 即:

$$\text{TU-n} = \text{VC-n} + \text{TU-n PTR}$$

TU-n PTR 指示 VC-n 净负荷起点相对于高阶 VC 帧起点间的偏移。

在高阶 VC 净负荷中固定地占有规定位置的一个或多个 TU 的集合称为支路单元组 (TUG)。把一些不同规模的 TU 组合成一个 TUG 的信息净负荷可增加传送网络的灵活性。VC-4/3 中有 TUG-3 和 TUG-2 两种支路单元组。一个 TUG-2 由一个 TU-2 或 3 个 TU-12 或 4 个 TU-11 按字节交错间插组合而成。一个 TUG-3 由一个 TU-3 或 7 个 TUG-2 按字节交错间插组合而成。一个 VC-4 可容纳 3 个 TUG-3; 一个 VC-3 可容纳 7 个 TUG-2。

4. 管理单元和管理单元组

管理单元 (AU) 是提供高阶通道层和复用段层之间适配的信息结构, 有 AU-3 和 AU-4 两种管理单元。AU-n (n=3、4) 由一个相应的高阶 VC-n 和一个相应的管理单元指针 (AU-n PTR) 组成, 即:

$$\text{AU-n} = \text{VC-n} + \text{AU-n PTR}; \quad n=3、4$$

AU-n PTR 指示 VC-n 净负荷起点相对于复用段帧起点间的偏移。AU 指针相对于 STM-N 帧的位置总是固定的。在 STM-N 的净负荷中固定地占有规定位置的一个或多个 AU 的集合称为管理单元组 (AUG)，一个 AUG 由一个 AU-4 或三个 AU-3 按字节交错间插组合而成。

2.3 映射

映射是一种在 SDH 网络边界处使支路信号适配进虚容器的过程，即各种速率的 G.703 信号先分别经过码速调整装入相应的标准容器，再加进低阶或高阶通道开销 (POH) 形成虚容器的过程。

2.3.1 映射方式的分类

为了适应各种不同的网络应用情况，有异步、比特同步和字节同步三种映射方法与浮动和锁定两种模式。

1. 三种映射方法

1) 异步映射

异步映射是一种对映射信号的结构无任何限制（信号有无帧结构均可）的映射方法。其无需与网同步。其利用正码速调整信号适配装入 VC。它具有在 50ppm 内的正码速调整能力和定时透明性。

2) 比特同步映射

比特同步映射是一种对映射信号结构无任何限制的映射方法。但其要求与网同步。其无需码速调整即可使信号适配装入 VC。因此可认为这是异步映射的一个特例。

3) 字节同步映射

字节同步映射是一种要求映射信号具有块状帧结构，并能与网同步而且无需任何速率调整就可将信息字节装入 VC 内规定位置的映射方式。它特别适用于在 VC-1x (x=1、2) 内无需组帧和解帧即可直接接入和取出的 64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号。

2. 两种工作模式

1) 浮动 VC 模式

浮动 VC 模式是指 VC 净负荷在 TU 内的位置不固定，并由 TU PTR 指示其起点位置的一种工作模式。它采用 TU PTR 和 AU PTR 两层指针处理来容纳 VC 净负荷与 STM-N 帧的频差和相差，从而无需滑动缓存器即可实现同步，且引入的信号延时最小（约 10 μ s）。

浮动模式时，VC 帧内安排有 VC POH，因此可进行通道性能的端到端监测。

三种映射方式都能以浮动模式工作。

2) 锁定 TU 模式

锁定 TU 模式是一种信息净负荷与网同步并处于 TU 帧内的固定位置，因而无需 TU PTR 的工作模式。PDH 一次群信号的比特同步和字节同步两种映射可采用锁定 TU 模式。

锁定模式省去了 TU PTR，且在 VC 内不能安排 VC POH，因此要用 125 μ s（一帧容量）的滑动缓存器来容纳 VC 净负荷与 STM-N 帧的频差和相差，引入较大的（约 150 μ s）信号延时，且不能进行通道性能的端到端监测。

2.3.2 映射方式的选择

三种映射方法和两类工作模式最多可组合成五种映射方式，如表 2-1。应针对不同的应用，结合各映射方式的特点来选择适当的映射方式。

表 2-1 PDH 信号进入 SDH 的映射方式

H-n	VC-n	映射方式		
		异步映射	比特同步映射	字节同步映射
H-4	VC-4	浮动模式	无	无
H-31	VC-3	浮动模式	浮动模式	浮动模式
H-12	VC-12	浮动模式	浮动/锁定	浮动/锁定

异步映射仅有浮动模式，最适合异步/准同步信号映射。这包括将 PDH 通道映射到 SDH 通道，从而能直接接入和取出各次 PDH 群信号，但不能直接接入和取出其中的 64kbit/s 信号。异步映射的接口最简单，引入的映射延时最小，可适应各种结构和特性的数字信号，是一种最通用的映射方式，也是 PDH 向 SDH 过渡期内必不可少的一种映射方式。

比特同步映射与传统的 PDH 相比并无明显优越性，不适合国际互连应用，目前也未用于国内网。

浮动的字节同步映射适合按 G.704 规范组帧的一次群信号，其净负荷可以具有字节结构形式（64kbit/s 和 $N \times 64\text{kbit/s}$ ），也可以具有非字节结构形式。虽然其接口复杂，但能直接接入和取出 64kbit/s 和 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号，同时允许对 VC-1x 通道进行独立交叉连接。其主要用于不需要一次群接口的数字交换机互连和两个需要直接处理 64kbit/s 和 $N \times 64\text{kbit/s}$ 业务的节点间的 SDH 连接。

锁定的字节同步映射可以认为是浮动的字节同步映射的特例，只适合有字节结构的净负荷，主要用于大批 64kbit/s 和 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号的传送和交叉连接，也适用于高阶 VC 的交叉连接。

2.3.3 容器的调整帧结构

H-n 装入 C-n 时要经过码速调整，有正码速调整和正/零/负码速调整两种码速调整方式。

正码速调整适用于异步装入或异步接口。

正/零/负码速调整适用于异步/同步兼容装入或异步/同步兼容接口。

把 C-n 的标准帧作为基帧，而包含有一个正调整机会 S（对于正码速调整）或一对正、负调整机会 S₂、S₁（对于正/零/负码速调整）的一组周期性的连贯的基帧或基帧内的连续码元称为调整帧。在调整帧内，为对调整机会进行控制，还设有若干个调整控制比特 C 或 C₁、C₂。调整帧中的每一基帧或一串连续码元内的每一码位的相对位置都是能识别的，由几个连贯的基帧组成的调整帧称为复帧；由基帧的几分之一构成的调整帧称为子帧。

C-4 的每一行为一个子帧，子帧结构为 $(9 \times 260) / 9$ ；C-3 的每连续三行为一个子帧，子帧结构为 $(9 \times 84) / 3$ ；C-12 每四个连贯的基帧为一个复帧，复帧结构为 $4(9 \times 4-2)$ 。

实现同步装入的前提是被装入的有效负荷的帧频 F_{sh} 与容器 C-n 的调整帧频 F_{sc} 相等。

据此可知，C-4 为异步接口，而 C-3 和 C-12 为异步/同步接口。

2.3.4 H-4 异步映射进 VC-4

1. H-4 异步装入 C-4

用正码速调整异步装入，C-4 的子帧结构如图 2-4 所示。

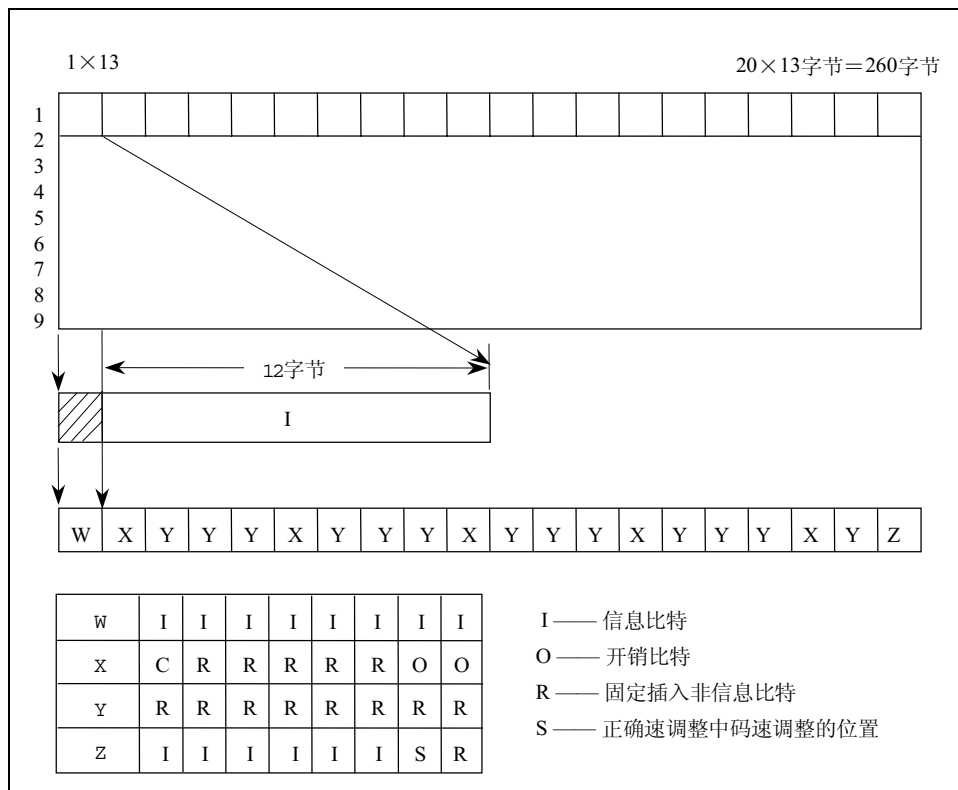


图 2-4 C-4 的子帧结构

C-4 基帧的每行为一个子帧，每个子帧分成 20 个 13 字节块。这 20 个 13 字节块的第一个字节依次分别为 W, X, Y, Y, Y, X, Y, Y, Y, X, Y, Y, Y, X, Y, Y, Y, X, Y, Y, Z。

X 字节内含 1 个调整控制比特 (C 码), 5 个固定塞入比特 (R 码) 和 2 个开销比特 (O 码), 因此每行有 5 比特 C 码。

Z 字节内含 6 个信息比特 (I 码), 1 个调整机会比特 (S 码) 和 1 个 R 码。

Y 字节为固定塞入字节, 含 8 个 R 码。

W 字节为信息字节, 含 8 个信息比特。每个 13 字节块的后 12 个字节均为信息字节 W, 共 96 个 I 码。

$$\begin{aligned} \text{C-4 子帧} &= (\text{C-4}) / 9 = 241\text{W} + 13\text{Y} + 5\text{X} + 1\text{Z} \\ &= 260 \text{ 字节} \\ &= (1934\text{I} + \text{S}) + 5\text{C} + 130\text{R} + 10\text{O} \\ &= 2080 \text{ (bit)} \end{aligned}$$

可见, 一个 C-4 子帧总计有 $8 \times 260 = 2080\text{bit}$, 其分配情况如下:

信息比特 I: 1934

固定塞入比特 R: 130

开销比特 O: 10

调整控制比特 C: 5

调整机会比特 S: 1

C 码主要用来控制相应的调整机会比特 S, 确定 S 应作为信息比特 I 还是调整比特 R*, 接收机对 R* 不予理采。

在发送端, CCCC=00000 时 S=I; CCCC=11111 时 S=R*。

在收信端解同步器中, 为了防范 C 码中单比特和双比特误码的影响, 提高可靠性, 当 5 个 C 码并非全 0 或全 1 时, 应按照择多判决准则作出去码速调整决定, 即当多数 C 码为 1 时, 解同步器不理睬 S 比特的内容, 而多数 C 码为 0 时, 解同步器把 S 比特中的内容作为信息比特。

分别令 S 全为 I 和全为 R*, 可算出 C-4 容器能容纳的信息速率 $I_c=(1934I+S)$ 的上限和下限:

$$I_{cmax} = (1934+1) \times 9 \times 8000 = 139320 \text{ (kbit/s)}$$

$$I_{cmin} = (1934+0) \times 9 \times 8000 = 139248 \text{ (kbit/s)}$$

H-4 支路信号的速率范围是 $139264 \pm 15\text{ppm} = (139261 \sim 139266) \text{ (kbit/s)}$, 正处于 C-4 能容纳的负荷速率范围之内, 能适配地装入 C-4。

2. 加入 VC-4POH

在 C-4 的 9 个子帧前分别依次插入 VC-4 的通道开销 (VC-4POH) 字节 J1、B3、C2、G1、F2、H4、F3、K3、N1, 就构成 VC-4 帧, 完成了 H-4 向 VC-4 的映射。即:

$$VC-4 = C-4 + VC-4 \text{ POH}$$

如图 2-5 所示, VC-4 POH 的 9 个字节位于 VC-4 帧结构 (9×261) 的第一列, 它们的功能如下:

1) J1 (通道踪迹字节)

该字节用来重复发送由收发两端商定的高阶通道接入点标识符 (HOAPID), 使通道接收终端能据此确认与指定的发送机处于持续连接状态。

2) B3 (通道 BIP-8 码)

其具有高阶通道误码监视功能。

3) C2 (信号标记字节)

其用来指示 VC 帧的复接结构和信息净负荷的性质。

4) G1 (通道状态字节)

其用来将通道终结状态和性能情况回送给高阶 VC 通道源设备, 从而允许在通道的任一端或通道中任一点对整个双向通道状态和性能进行监视。

5) F2、F3 (通道使用者字节)

其提供通道单元间的公务通信 (与净负荷无关)。

6) H4 (TU 位置指示字节)

其指示有效负荷的复帧类别和净负荷位置。

7) K3 (b1~b4)

其为自动保护倒换 (APS) 通路字节, 传送 APS 信令。

8) K3 (b5~b8)

其留作将来应用, 没有规定值, 要求接收机忽略该字节的值。

9) N1 (网络营运者字节)

其用于高阶通道串联连接监控 (HO-TCM)。

3. 高阶通道开销 (HPOH)

HPOH 是位于 VC-3/VC-4/VC-4-Xc 帧结构第一列的 9 个字节, 即 J1、B3、C2、G1、F2、H4、F3、K3 和 N1。它们的功能同上。

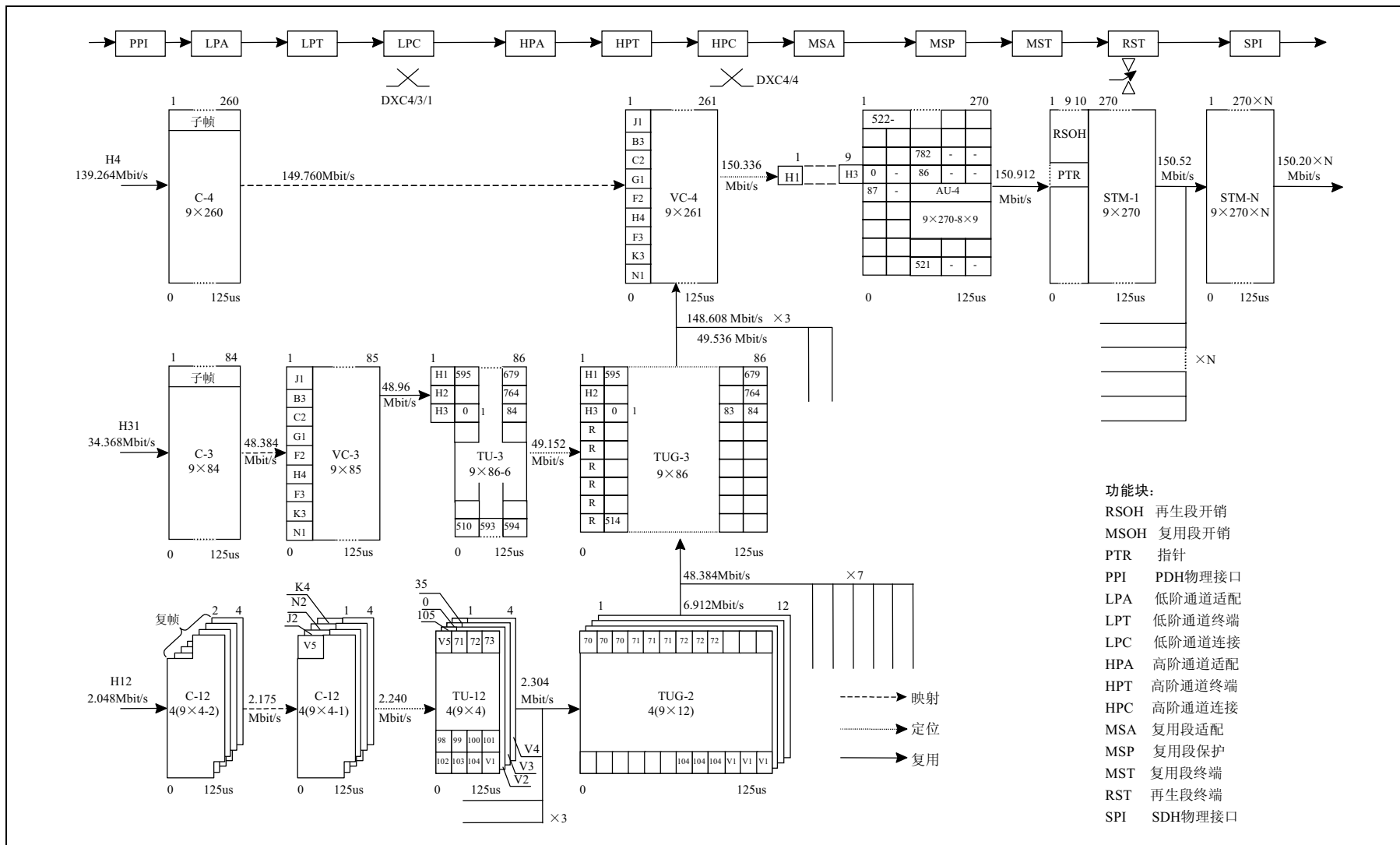


图 2-5 我国 SDH 复用结构和功能块示意图

4. VC-4 的级联

在实际应用中，可能需要传送大于单个 C-4 容量的净负荷，例如传送高清晰度电视的数字编码信号，此时可将多个 C-4 彼此关联复合在一起当作一个维持比特系列完整性的单个容器使用并称之为级联。

VC-4-Xc 帧的第一列是 VC-4-Xc POH，第二至第 X 列规定的固定塞入字节。

X 个 C-4 级联成的容器记为 C-4-Xc，可用于映射的容量是 C-4 的 X 倍。相应地，C-4-Xc 加上 VC-4-Xc POH 即构成 VC-4-Xc，如图 2-6 所示。

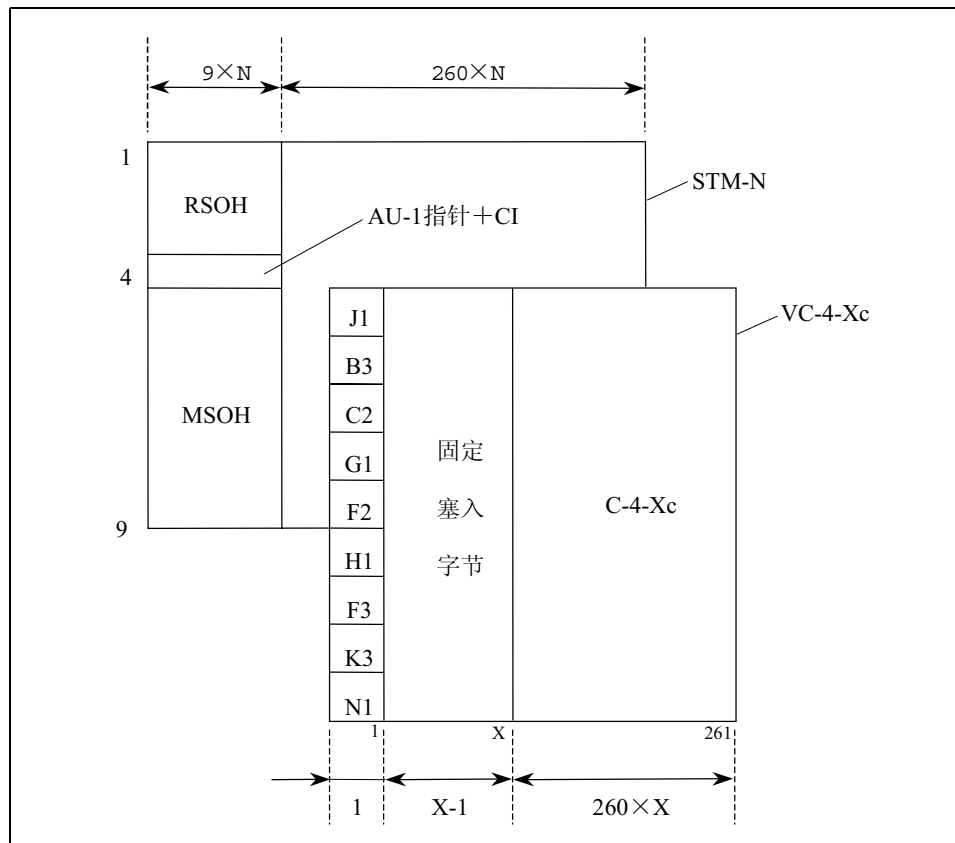


图 2-6 VC-4-Xc 的结构

2.3.5 H-31 异步/同步兼容映射进入 VC-3

1. H-31 装入 C-3

H-31 装入 C-3 采用正/零/负码速调整。C-3 基帧被分为 3 个子帧（调整帧），每子帧 3 行×84 列，并进一步分成 12 个 21 字节块，其子帧结构如图 2-7 所示。

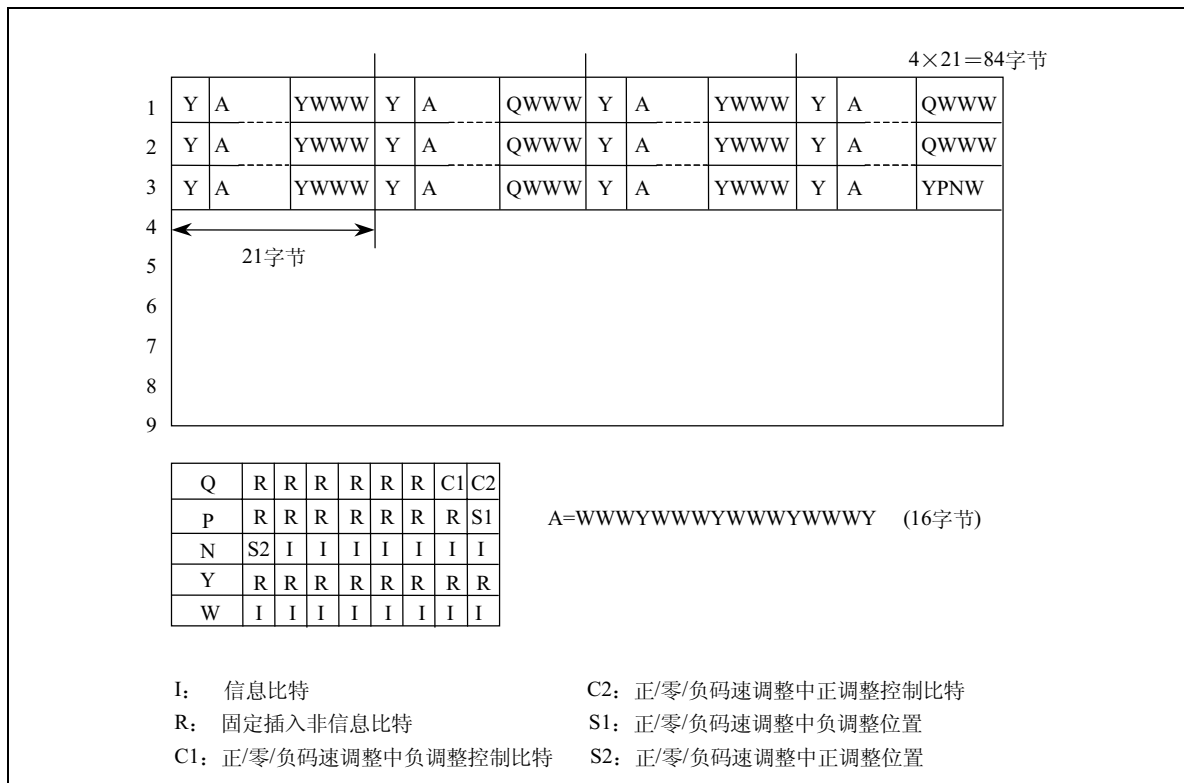


图 2-7 C-3 的子帧结构

每子帧帧长 252 字节（2016bit），含 5 对调整控制比特（5×C1，5×C2）；1 对调整机会比特（S1、S2）；573 个固定塞入比特（R）和至少 1431 个信息比特（I），即：

$$\begin{aligned}
 \text{C-3 子帧} &= (\text{C-3})/3 = 178\text{W} + 67\text{Y} + 5\text{Q} + 1\text{P} + 1\text{N} \\
 &= 252 \text{ (字节)} \\
 &= (1431\text{I} + \text{S1} + \text{S2}) + 5\text{C1} + 5\text{C2} + 573\text{R} \text{ (bit)}
 \end{aligned}$$

负调整控制比特 C1 控制负调整机会比特 S1；正调整控制比特 C2 控制正调整机会比特 S2。

1) 负码速调整

在发送端，当 PDH 有效信息净负荷速率高于 PDH 标称速率时，应使容器能容纳的信息速率高于待装信号的标准速率，而在

$$C2C2C2C2C2=00000, S2=I \text{ 且 } C1C1C1C1C1=00000, S1=I$$

的条件下，容器有最大的信息比特容量，并已高于待装的实际信息速率。只需令某些 S1 不装信息比特，而装调整比特，即可使容器实际的信息速率等于待装的有效信息净负荷速率（适配），这就是所谓的负调整，作负调整时

$$C2C2C2C2C2=00000, S2=I \text{ 而}$$

$C1C1C1C1C1=11111$ 或 00000 ， $S1=R^*$ 或 I 则视每子帧当时的信息瞬时速率与标准定时的偏差确定。

负调整时容器的最大和最小信息容量 IC 分别对应于 ($C1=0; S1=I$) 和 ($C1=1; S1=R^*$)，即

$$IC_{\max} = (1431+1+1) = 1433 \text{ (bit/子帧)}$$

$$= 1433 \times 3 \times 8000 = 34392 \text{ (kbit/s)}$$

$$IC_{\min} = (1431+0+1) = 1431 \text{ (bit/子帧)}$$

$$= 1432 \times 3 \times 8000 = 34368 \text{ (kbit/s)}$$

PDH 支路负荷 H-3 (E_3) 的速率范围为 $34368 \pm 20\text{ppm} = (34367.3 \sim 34368.7)$ kbit/s。负调整使有正容差的支路信号与容器适配，映射进相应的 VC。

在收信端解同步器中，为了防范 C 码中单比特和双比特误码的影响，提高可靠性，当 5 个 C 码并非全 0 或全 1 时，应用择多判决准则来确定相应的 S1 是否是调整比特，若是调整比特（即 5 个 C1 中多数为“1”），则解同步器略去该 S1 比特值。

2) 正码速调整

当有效信息净负荷速率有负容差且低于标称值时，需用正码速调整来适配。C2 控制 S2 的原理和方式与 C1 控制 S1 相似。

3) 零码速调整

当 H-3 与其标准参考时钟同步时，可实现同步映射。这时 $C1C1C1C1C1 \equiv 00000$ ； $C2C2C2C2C2 \equiv 11111$ 或 $C1C1C1C1C1 \equiv 11111$ ； $C2C2C2C2C2 \equiv 00000$ ，正、负调整机会均失效，即为零码速调整。

4) 异步/同步兼容装入

异步装入时，正/零/负码速调整失效。

同步装入时，勿需码速调整，即 $C1 \equiv 1$ ； $C2 \equiv 0$ （或 $C1 \equiv 0$ ； $C2 \equiv 1$ ），则 S1 为调整比特 R*（或信息比特 I）；S2 为信息比特 I（或调整比特 R*），每子帧中含 1432 个信息比特。

2. 加入 VC-3 POH

VC-3 的帧结构由在 9 行×84 列 C-3 净负荷结构前加入 1 列 9 个字节的 VC-3 POH 组成，即

$$VC-3 = C-3 + VC-3 \text{ POH};$$

VC-3 为 (9×85) 块状帧结构；

VC-3 POH 各字节的名称及功能与 VC-4 POH 相同。

2.3.6 H-12 异步/同步兼容映射进 VC-12

1. 异步映射

1) 复帧的设计

H-12 的标称速率为 2048kbit/s，同步装入 C-12 时正好每个 C-12 平均装入 256bit（32 字节）。当有效信息净负荷速率不等于 2048kbit/s，而作异步装入时，每个 C-12 平均装入的比特数就不成整数，不得不采取几个连续的 C-12 组成一个复合器并在其中设置正/零/负调整机构来实现异步/同步装入，从而引入复帧的概念。

例如，将速率为 2046kbit/s（小于标称值 2048kbit/s）的有效净负荷装入 8000 个基帧，每个 C-12 基帧平均应装 255.75bit。由于一个信息比特不能拆分，因此这种按基帧平均安装的方案是行不通的。

若取 4 个基帧为一复帧，前三个基帧每个装 256bit (32 字节)，而第四个基帧装 255bit 和一个正调整机会比特 S2，正好每秒 2046Kbit，并能调整到 2048kbit/s。因此，复帧方案是可行的。

同理对 2050kbit/s 净负荷（高于标准值 2048kbit/s），采用复帧方案和一个负调整机会比特 S1 可实现异步装入。

采用复帧结构可以提高净负荷传输速率和便于安排信令，目前可以提供以下三种复帧结构。

a) 500 μ s（4 帧）复帧

其可用于识别浮动 TU-1/TU-2 模式中含有 TU-1/TU-2 指针的帧和锁定模式中的保留字节位置。

b) 2ms（16 帧）复帧

其可在锁定 TU-1 模式中用于 2048kbit/s 净负荷的字节同步随路信令。

c) 3ms（24 帧）复帧

其可在锁定 TU-1 模式中用 1544kbit/s 净负荷的字节同步随路信令。

VC-3/VC-4 POH 中 H4 字节的值与 SDH 复用结构的最低一级有关，即 H4 按其简化或完全编码序列指示 VC-1/VC-2 的复帧结构。

2) C-12 的复帧结构

C-12 基帧的结构是 $9 \times 4-2$ ，4 个基帧组成一个复帧，C-12 复帧结构和字节安排如图 2-8 所示。

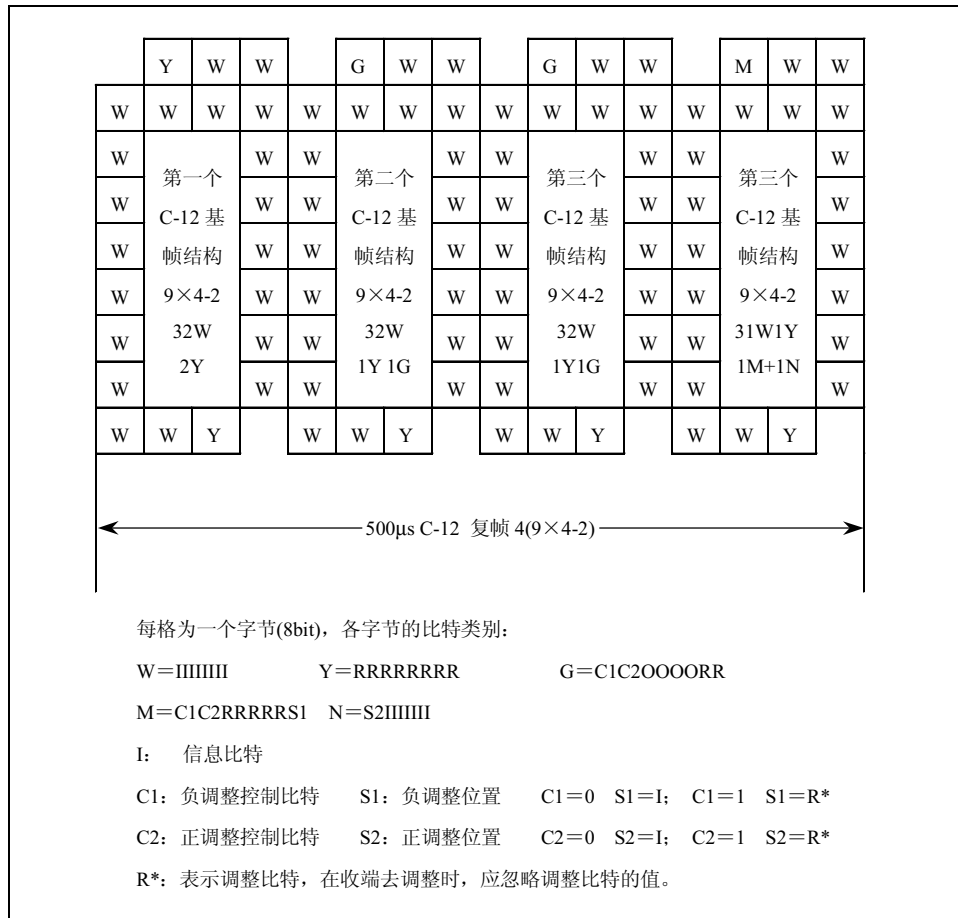


图 2-8 C-12 复帧结构和字节安排

3) 异步装入

C-12 复帧 4 (9×4-2) =136 字节, 包括:

$$C-12 \text{ 复帧} = 4 (9 \times 4 - 2) = 127W + 5Y + 2G + 1M + 1N = 136 \text{ (字节)}$$

$$= (1023I + S1 + S2) + 3C1 + 3C2 + 49R + 8O = 1088 \text{ (bit)}$$

其中, 负、正调整控制比特 C1、C2 分别控制负、正调整机会比特 S1、S2。当 C1C1C1=000 时 S1=I, 而 C1C1C1=111 时 S1=R* (调整比特的值未作规定)。C2 以同样的方式控制 S2。

正/负/零调整的重配范围为:

$$IC_{\max} = (1023 + 1 + 1) \times 2000 = 2050 \text{ (kbit/s)}$$

$$IC_{\min} = (1023 + 0 + 0) \times 2000 = 2046 \text{ (kbit/s)}$$

H-12 支路信号速率的容差= $2048 \pm 50\text{ppm} = (2047.9 \sim 2048.1)$ (kbit/s), 因此, H-12 可异步/同步装入 C-12。

在接收端的解同步器中, 为了防范 C 码中单比特误码的影响, 采用择多判决准则来决定去调整与否, 以提高可靠性。当 S1 和 S2 作为调整比特时, 因其值未作规定, 要求接收机对该值忽略不计。

4) 加入 VC-12 POH

VC-12 POH 由 V5、J2、N2、K4 四个字节组成。

a) V5 (通道状态和信号标记字节)

其具有误码检测、信号标记和 VC-12 通道状态指示等功能。

b) J2 (VC-12 通道踪迹字节)

其用来重复发送内容由收发两端商定的低阶通道接入点标识符 (LOAPID), 使通道终端的接收机能据此确认与指定的发送机处于持续传送状态。

c) N2 (网络营运者字节)

提供低阶通道串联连接监控 (LO-TCM) 功能。

d) K4

• K4 (b1~b4)

其自动保护倒换 (APS) 通路, 传送通道保护信令。

• K4 (b5~b7)

其为增强型远端接收失效 RDI。

• K4 (b8) (备用比特)

该比特无定值, 接收机可不予理睬。

C-12 复帧加上 VC-12 POH 就构成 VC-12 复帧, 即

$$\text{VC-12} = \text{C-12} + \text{VC-12POH}$$

VC-12 复帧的帧结构如图 2-9 所示。

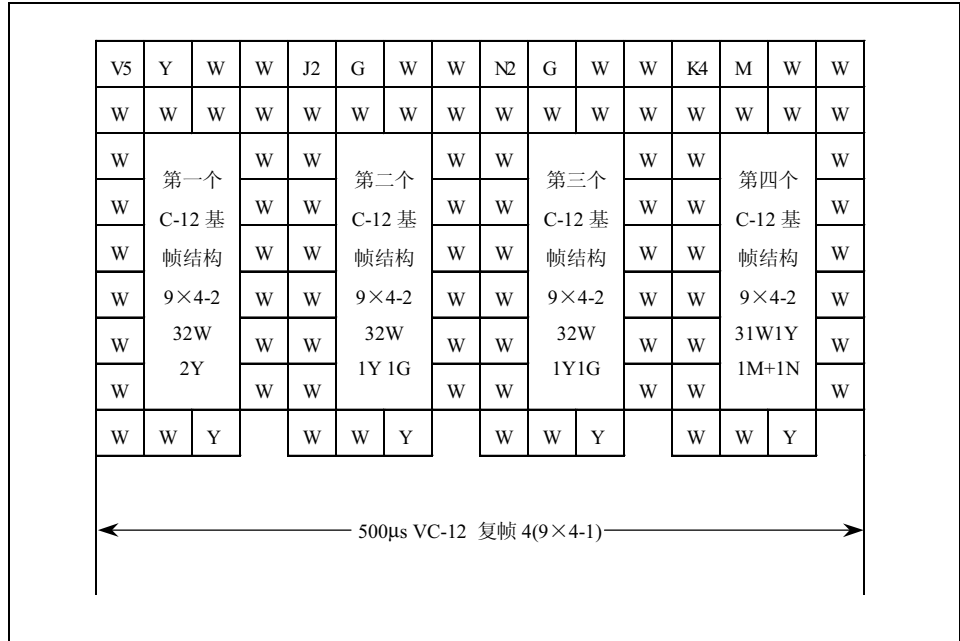


图 2-9 VC-12 复帧的结构

5) H-12 异步映射的特性

- 异步映射对 PDH 一次群信号提供与比特顺序无关的支持，信号可以是成帧的也可以是无结构化的。即异步映射对信号结构无任何要求。
- 不能从 VC-12 中直接分出包含在 H-12 信号中的任何 64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号，必须对一次信号进行解帧和组帧方可分出或接入 64kbit/s 信号。不便在 64kbit/s 交换或有 STM-1 接口的 64kbit/s 数字交叉连接情况下应用。
- 异步映射中包含一个能适应定时容差为 $\pm 50\text{ppm}$ 的一次群速率信号的调整过程，可认为是一种通用的映射方式，其他各种映射方式视为它的特例。

2. 比特同步映射

比特同步映射的有效净负荷因已与 SDH 网同步，正好每个基帧装 256I(32W)，不需要码速调整。仍用复帧结构，但取零调整，即 $C1 \equiv 1, S1 \equiv R^*$; $C2 \equiv 0, S2 \equiv I$ 或 $C1 \equiv 0, S1 \equiv I; C2 \equiv 1, S2 \equiv R^*$ 。因此每复帧中信息比特总数为 1024。

1) 浮动模式

在浮动模式下仍需在 C-12 复帧中加入 VC-12 POH，即 V5 字节，形成 VC-12 复帧。

2) 锁定模式

在锁定模式下没有 VC-12 POH，即 V5 字节位置以 Y 字节（8 个固定塞入比特 R）填充。从而失去通道的端到端监视功能。

3) 比特同步映射的特性

比特同步映射可视为异步映射的特例，除不包含任何调整过程，因而一次群信号必须与 VC-12 同步外，其余的特性与异步映射相同。没有计划将其用于国际连接。

3. 字节同步映射

字节同步映射的有效净负荷因已与 SDH 网同步，不需要码速调整。C-12 复帧中 $C1 \equiv 1$, $S1 \equiv R^*$; $C2 \equiv 0$, $S2 \equiv I$ 或 $C1 \equiv 0$, $S1 \equiv I$; $C2 \equiv 1$, $S2 \equiv R^*$ ，信息比特总数为 1024 字节，同步映射装载使用随路信令的 2048kbit/s（30 路）或共路信令的 2048kbit/s（31 路）PDH 信号。

1) 浮动模式

在浮动模式下仍需在 C-12 复帧中加入 VC-12 POH，即 V5 字节，形成 VC-12 复帧。

2) 锁定模式

在锁定模式下没有 VC-12 POH，即 V5 字节位置以 Y 字节（8 个固定塞入比特 R）填充，从而失去通道的端到端监视功能。

3) 字节同步映射的特性

- 要求一次群信号按 G.704 成帧

当一次群信号的净负荷为 8 比特组结构时，字节同步映射允许 VC-12 具有对 64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号的直接可见度。在这种情况下，为了接入 64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号，一次群信号不需重新调整。字节同步映射可用于 64kbit/s 交换或具有 STM-1 接口的 64kbit/s 交叉连接（DXC）。这是因为一次群信号的 8 比特组（包括帧信息）是映射进 VC-12 中的规定位置。

- 字节同步映射不包含任何调整，因此一次群信号必须与 VC-12 同步。

- 浮动模式下，高阶 VC 中的各 VC-12 的频率和相位彼此能相对“浮动”。它们在高阶 VC 中的位置采用指针机理来确定，该机理是各 VC-12 在 VC-12 DXC 中或 ADM 中以最小时延被单独交换。
- 锁定模式下，各 VC-12 的频率和相位彼此相对稳定，且对于高阶 VC 也是锁定的。VC-12 没有指针，这意味着若不付出显著的时延代价，它们在 VC-12 DXC 或 ADM 中就不可能被单独交换。锁定模式基本上是将 64kbit/s 或 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号直接映射进高阶 VC 中。

2.4 定位

定位是一种将帧偏移信息收进支路单元或管理单元的过程，即以附加于 VC 上的支路单元指针（或管理单元指针）指示和确定低阶 VC 帧的起点在 TU 净负荷中（或高阶 VC 帧的起点在 AU 净负荷中）的位置。在发生相对帧相位偏差使 VC 帧起点浮动时，指针值亦随之调整，从而始终保证指针值准确指示 VC 帧的起点的过程。

SDH 指针的作用可归结为三条：

- (1) 当网络处于同步工作状态时，指针用来进行同步信号间的相位校准。
- (2) 当网络失去同步时，指针用作频率和相位校准；当网络处于异步工作时，指针用作频率跟踪校准。
- (3) 指针还可以用来容纳网络中的频率抖动和漂移。

设置 TU 或 AU 指针可以为 VC 在 TU 或 AU 帧内的定位提供一种灵活和动态的方法。因为 TU 或 AU 指针不仅能够容纳 VC 和 SDH 在相位上的差别，而且能够容纳速率上的差别。

2.4.1 VC-4/VC-3 在 AU-4/TU-3 中定位

VC-4 进入 AU-4 和 VC-3 进入 TU-3 时应分别加上 AU-4 指针和 TU-3 指针，即

$$\text{AU-4} = \text{VC-4} + \text{AU-4 PTR}$$

$$\text{TU-3} = \text{VC-3} + \text{TU-3 PTR}$$

AU-4 PTR 由处于 AU-4 帧第四行第一至第九列的 9 个字节组成，即

AU-4 PTR=H1, Y, Y, H2, 1*,1*, H3, H3, H3

其中：Y=1001SS11；SS 是未规定值的比特

1*=11111111

TU-3 PTR 由处于 TU-3 帧第一、二、三行的第一列 3 个字节 H1, H2, H3 组成。

H1 和 H2 两字节组成一个 16 比特指针码字。其中后 10 比特能提供 1024 个指针值。

1. 指针值

两种指针中的 H3 均为负调整位置，AU-4 以 3 个 H3 字节为一个负调整单位，TU-3 以 1 个 H3 字节为一个负调整单位。作负调整时，负调整单位可携带额外的 VC 字节。

在 AU-4 净负荷中，从紧邻 H3 的字节起，以 3 个字节为一个正调整单位，依次按其相对于最后一个 H3 的偏移量给予偏移编号，例如“0-”、“1-”等。总共有 0~782 个偏移编号。VC-4 帧的首字节 I1 字节位于某一偏移编号位置，该编号对应的二进制值即为 AU-4 指针值。AU-4 指针位置和偏移编号分别如图 2-10 所示。

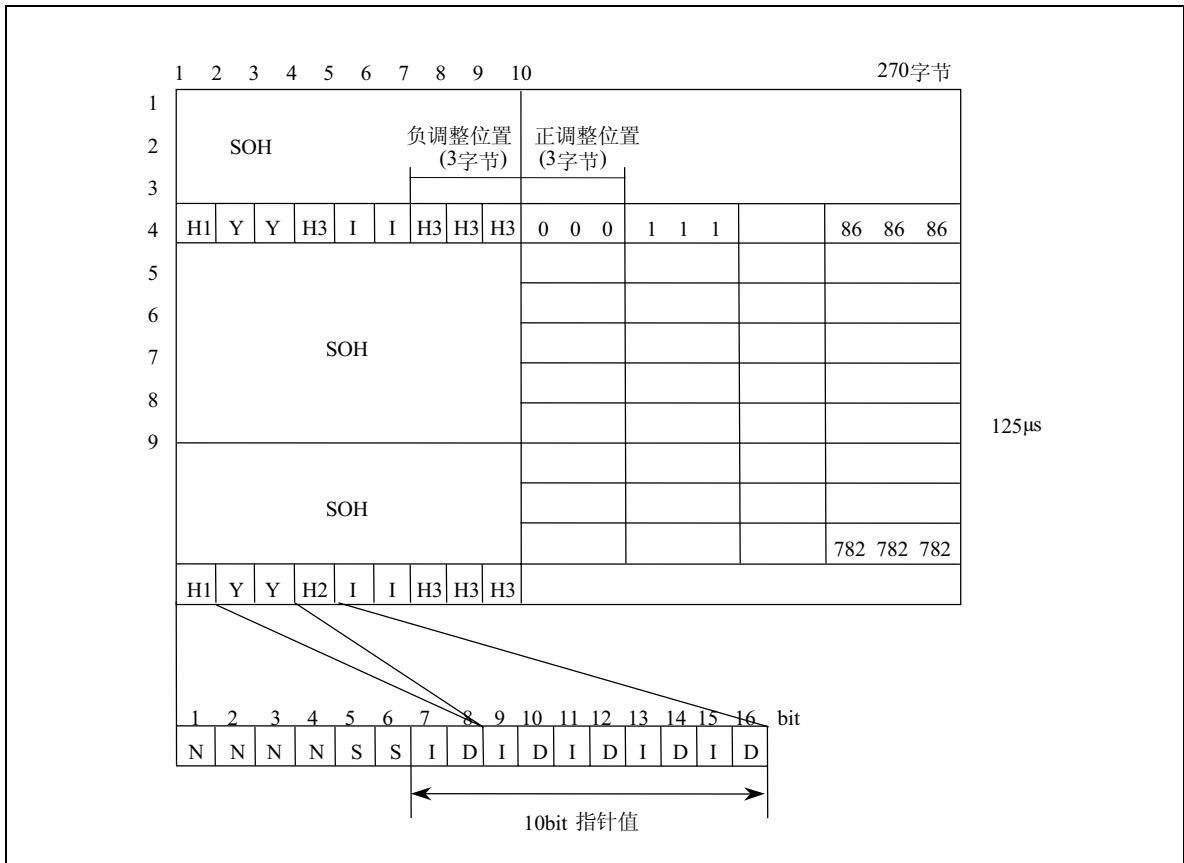


图 2-10 AU-4 指针位置和偏移编号

在 TU-3 净负荷中，从紧邻 H3 的字节起，以 1 个字节为一个正调整单位，依次按其相对于最后一个 H3 的偏移量给予偏移编号。例如“0”、“1”等。总共有 0~764 个偏移编号。VC-3 帧的首字节 I，定位于某一偏移编号位置，该编号对应的二进制值即为 TU-3 指针值。

3 个 TU-3 复用成一个 VC-4 后的 TU-3 指针位置和偏移编号如图 2-11 所示。

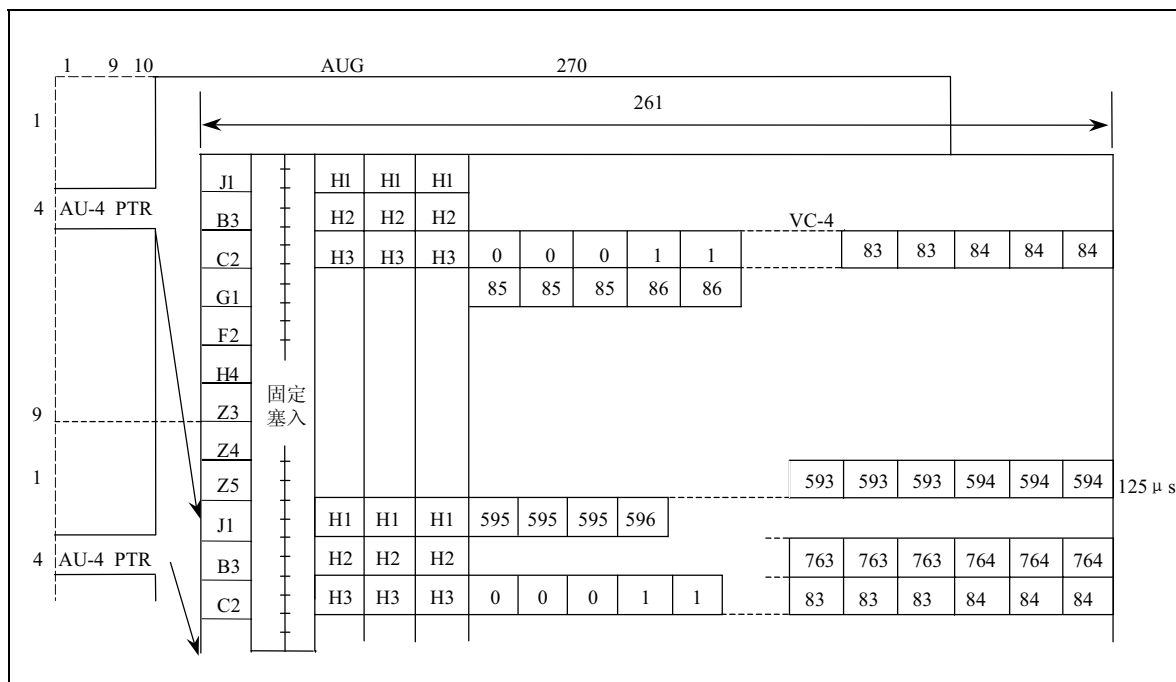


图 2-11 TU-3 指针位置和偏移编号

AU-4 PTR 和 TU-3 PTR 中由 H1 和 H2 构成的 16bit 指针码字如表 2-2 所示。

表 2-2 AU-4 和 TU-3 PTR 中 H1 和 H2 构成的 16bit 指针码字

N	N	N	N	S	S	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
新数据标识 (NDF)				AU/TU类别		10比特指针值									
表示所载净负荷容量有变化。				对于AU-4或TU-3		AU-4指针为0~782;									
净负荷无变化时, NNNN 为正常值“0110”。				SS=10		TU-3指针值为0~764;									
在净负荷有变化的那一帧, NNNN 反转为“1001”, 此即NDF。NDF出现的第一帧指针值随之改变为指示VC新位置的新值称为新数据。若净负荷不再变化, 下一帧NDF又返回到正常值“0110”并至少在3帧内不作指针值增减操作。						指针值指示了VC帧的首字节J1与AU或TU指针中最后一个H3字节间的偏移量。									
						指针调整规则									
						(1) 在正常工作时, 指针值确定了VC-4/VC-3帧在AU-4/TU-3帧内的起始位置。NDF设置为“0110”;									
						(2) 若VC帧速率比AU/TU帧速率低, 5个I比特反转表示要作正帧频调整, 该VC帧的起始点后移, 下帧中的指针值是先前指针值加1;									
						(3) 若VC帧速率比AU/TU帧速率高, 5个D比特反转表示要作负帧频调整, 负调整位置H3用VC的实际数据重写, 该VC帧的起始点前移, 下帧中的指针值是先前指针值减1;									
						(4) 当NDF出现更新值1001, 表示净负荷容量有变, 指针值也要作相应地增减, 然后NDF回归正常值0110;									
						(5) 指针值完成一次调整后, 至少停3帧方可有新的调整。									
						(6) 收端对指针解码时, 除仅对连续3次以上收到的前后一致的指针进行解读外, 将忽略任何指针的变化。									

2. 频率偏移引起的指针调整

如果 VC-4 或 VC-3 帧速率与 AU-4 或 TU-3 帧速率间有频率偏移, 则 AU-4 或 TU-3 指针值将按需要增减, 同时伴随着相应的正或负调整字节的出现或变化。当频率偏移较大, 需要连续多次指针调整时, 相邻两次指针调整操作之间必须至少分开 3 帧, 即若从指针反转那一帧算起 (作为第一帧), 至少在第五帧才能进行指针调整操作, 两次调整操作之间的指针值应保持不变。

VC-4 或 VC-3 帧速率比 AU-4 或 TU-3 帧速率低时, 以正调整来提高 VC-4 或 VC-3 的帧速率, 即每次调整或指针操作将在 VC-4 帧的起始字节 J1 前插入 3 个填充伪信息的空闲字节或在 VC-3 帧的起始字节 J1 前插入 1 个填充伪信息的空闲字节。由于插入了作为正调整字节的空闲字节, VC 帧在时间上向后推移了一个调整单位的时隙, 因而用来指示 VC 帧起始位置的指针值也要加 1。应注意的是 AU-4 指针值 $782+1=0$, TU-3 指针值 $764+1=0$ 。

进行正调整的指示信号是表 2-2 中指示值码字中 5 个 I 比特反转。在 5 个 I 比特反转的帧实施正调整，而下一帧的指针值将是调整后的新值。收信端，将按 5 个 I 比特中是否多数反转来决定是否去正调整。

VC-4 或 VC-3 帧速率比 AU-4 或 TU-3 帧速率高时，以负调整来提高 VC 的帧速率，即可利用 H3 字节来存放实际 VC 净负荷，使 VC 在时间上向前移动了一个调整单位的时隙，因而指示其起始位置的指针值也减 1。应注意 AU-4 指针值 $0-1=782$ ，TU-3 指针值 $0-1=764$ 。

进行负调整的指示信号是表 2-2 中指针值码字中的 5 个 D 比特反转。其调整过程与正调整类似。

3. AU 或 TU 规格或类型

AU-4 或 TU-3 指针码字的第 5 和第 6 比特（表 2-2 中用 SS 表示的比特）指示 AU 或 TU 规格，对于 AU-4 或 TU-3，SS=10。

4. 新数据标识（NDF）

AU-4 或 TU-3 指针码字的第 1 至 4 比特（表 2-2 中用 N 表示的比特）可指示由于净负荷的改变（如从一种 VC 变成另一种 VC）而引起的指针值的任意变化和 TU 规格的可能变化。

当指针调整按前述指针值加或减 1 方法作正常操作时，NNNN 置为“0110”，而 10bit 指针值表示 VC 的起始位置。若净负荷发生变化，则 NNNN 反转为“1001”，即是新数据标帧（NDF）。由于 NDF 有 4 个比特，因而有误码校正功能，即只要其中至少有 3 个比特是符合规定要求的就认为 NDF 有效。NDF 有效时，10bit 指针值应按变化的净负荷重新取值。除接收机处于指针丢失状态外，符合新情况的新指针值将取代当前的指针值。所谓新数据即是此新指针值，它表示净负荷变化后 VC 的新起始位置，而不是指针调整过程中随 VC 浮动作增减的指针值。

NDF 只在含有新数据的第一帧出现，并在后续帧中转回常值“0110”，指针操作在 NDF 出现的那帧进行，且至少隔了 3 帧才允许再次进行任何指针操作。

5. 指针值的解读

收端对指针作解码时，除仅对连续 3 次以上收到的前后一致的新指针进行解读外，将忽略任何变化的指针。

6. 无效指针指示 (NPI)

当 TUG-2 通过 TUG-3 复用进 VC-4 时，TUG-3 中的 TU-3 指针位置应设置为无效指针指示 (NPI)，即

$$\text{NPI} = \text{NNNNSSIDIDIDIDID} = 1001\text{SS}1111100000$$

其中的 SS 未作规定。

7. VC-4-XC 级联中的指针

X 个 VC-4 级联时，整个 VC-4-XC 作为单独的实体经过定位进入 AU-4-XC。定位时加入的 AU-4-XC 指针并不是 AU-4 指针的级联，而是 AU-4-XC 级联体中第一个 AU-4 的指针加级联指示 CI，即第二至第 (X-1) 个 AU-4 的指针被级联指示 CI 替换， $\text{CI} = 1001\text{SS}1111111111$ ，其中 SS 是未规定值的比特。

2.4.2 VC-12 在 TU-12 中的定位

VC-12 复帧进入 TU-12 复帧时应加上 TU-12 指针，即

$$\text{TU-12} = \text{VC-12} + \text{TU-12 PTR}$$

TU-12 PTR 由 V1、V2、V3 和 V4 四个字节组成。

在 TU-12 净负荷中，从紧邻 V2 的字节起，以 1 个字节为一个正调整单位，依次按其相对于最后一个 V2 的偏移给予偏移编号，例如“0”，“1”等。总共有 0~139 个偏移编号。VC-12 帧的首字节 V5 定位于某一偏移编号位置，该编号对应的二进制值即为 TU-12 指针值。TU-12 指针位置和偏移编号如图 2-12 所示。

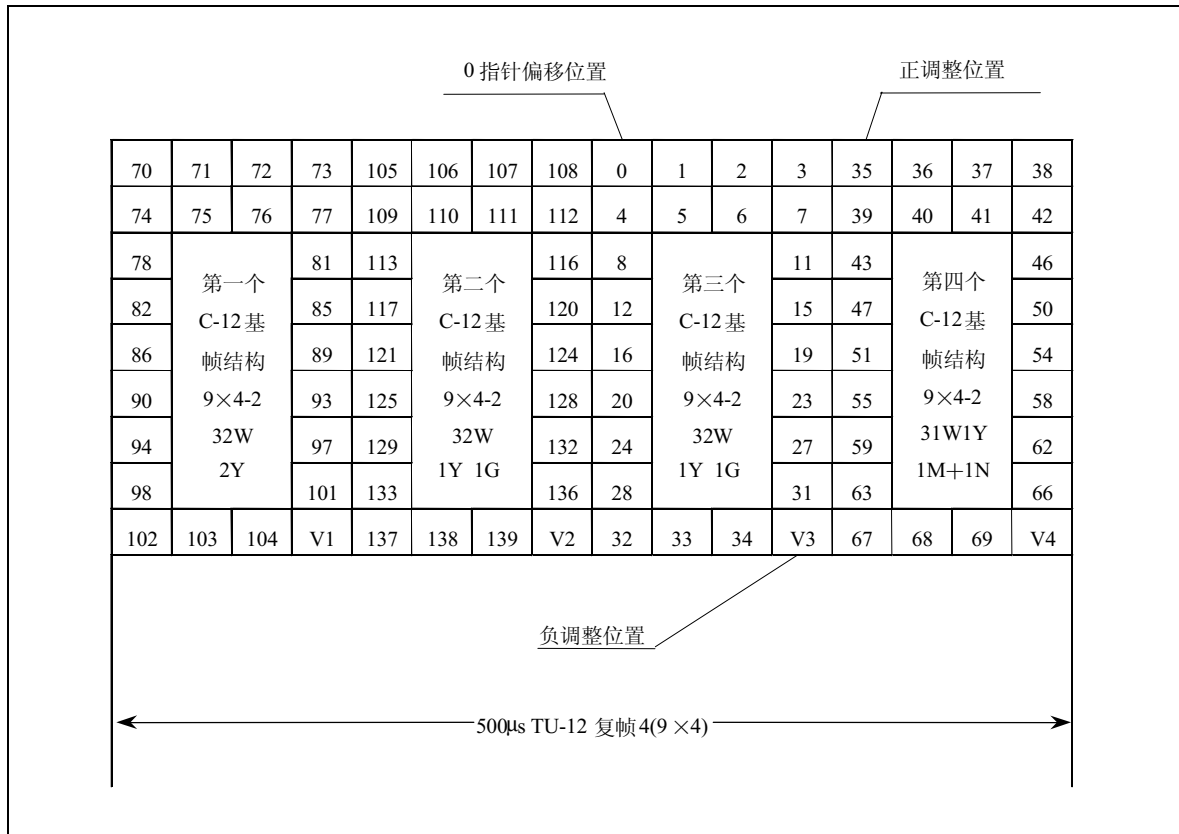


图 2-12 TU-12 指针位置和偏移编号

TU-12 PTR 中的 V3 字节为负调整位置，其后的那个字节为调整字节，V4 字节为保留字节，而实际指针包含在 V1 和 V2 字节内。表 2-3 是由 V1 和 V2 字节构成的 16bit 指针码字。

TU-12 PTR 的指针调整规则与 AU-4/TU-3 PTR 相类似。

表 2-3 V1 和 V2 构成的 16bit 指针的码字

N	N	N	N	S	S	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
新数据标帜 (NDF)				TU类别		10比特指针值									
表示所载净负荷容量有变化。				TU-12的		TU-12指针值为0~139。									
净负荷无变化时, NNNN 为正常值“0110”。				SS=10		指针值指示了V5与V2字节间的偏移量。									
在净负荷有变化的那一帧, NNNN 反转为“1001”, 此即NDF。NDF出现的那一帧指针值随之改变为指示VC新位置的新值称为新数据。若净负荷不再变化, 下一帧NDF又返回到正常值“0110”并至少在3帧内不作指针增减操作。						<p style="text-align: center;">指针调整规则</p> <p>(1) 在正常工作时, 指针值确定了VC-12帧在TU-12帧内的起始位置。NDF设置为“0110”;</p> <p>(2) 若VC-12帧速率比TU-12帧速率低, 5个I比特反转表示要作正帧频调整, 该VC帧的起始点后移, 下帧中的指针值是先前指针值加1;</p> <p style="padding-left: 2em;">注: 在TU-12指针调整中139+1=0</p> <p>(3) 若VC-12帧速率比TU-12帧速率高, 5个D比特反转表示要作负帧频调整, 负调整位置V3用VC-12的实际信息数据重写, 该VC帧的起始点前移, 下帧中的指针值是先前指针值减1;</p> <p style="padding-left: 2em;">注: 在TU-12指针调整中0-1=139</p> <p>(4) 当NDF出现更新值1001, 表示净负荷容量有变, 指针值也要作相应的增减, 然后NDF回归正常值0110;</p> <p>(5) 指针值完成一次调整后, 至少停3帧方可有新的调整。</p> <p>(6) 收端对指针解码时, 除仅连续3次以上收到的前后一致的指针进行解读外, 将忽略指针的任何变化。</p>									

2.5 复用

复用是一种使多个低阶通道层的信号适配进高阶通道或者把多个高阶通道层信号适配进复用层的过程, 即以字节交错间插方式把 TU 组织进高阶 VC 或把 AU 组织进 STM-N 的过程。由于经 TU 和 AU 指针处理后的各 VC 支路已相位同步, 此复用过程为同步复用。复用原理与数据的并/串变换相类似, 由图 2-3 可知:

$$\text{TUG-2} = 3 \times \text{TU-12}; \text{TUG-3} = 7 \times \text{TUG-2} \text{ 或 } 1 \times \text{TU-3};$$

$$\text{STM-1} = \text{VC-4} = 3 \times \text{TUG3}; \text{STM-N} = \text{N} \times \text{STM-1}$$

值得注意的是 N 个 STM-1 以字节交错间插方式复用成 STM-N 时, 段开销的复用并非典型的交错间插, 即仅第一个 STM-1 的完整段开销和其余 (N-1)

个 STM-1 段开销的 A1、S2、J0 和 B2 字节参与交错间插复用成 STM-N 的段开销，而各 STM-1 的指针和净负荷则全部正常地参与字节交错间插复用，形成 STM-N 的指针和净负荷。

通过以上简要的介绍，可知一个 STM-1 可直接提供 63 个 2Mbit/s 口或 3 个 34Mbit/s 口或 1 个 140Mbit/s 口。

因此，在 SDH 干线上开 34Mbit/s 口是不经济的。我国的 SDH 技术体制规定，干线上采用 34Mbit/s 口时，应经上级主管部门批准。

2.6 SDH设备功能块简述

SDH 设备的描述采用“功能参考模型”的方法，即把 SDH 设备按逻辑功能划分成许多基本功能块，每一个基本功能块完成一种简单的功能，几个基本功能块组合在一起构成较复杂的复合功能。全部基本功能块构成一个功能最完善的 SDH 设备，这就是一般化逻辑方框图，如图 2-13 所示。

图 2-13 中功能块之间的点只作为逻辑参考点存在，不是内部接口，所以不作规定和描述。

2.6.1 传送终端功能（TTF）

传送终端功能是一种复合功能，由 5 种基本功能块组成。主要是将接收到的 STM-N 光信号转变成复用段的净荷信号，或者作相反的转变。

1. 同步物理接口（SPI）

SPI 功能块的主要功能是实现 STM-N 线路接口信号和内部 STM-N 逻辑电平信号之间的相互转换。从接收到的 STM-N 信号再生形成逻辑电平信号，提取定时信号，经定时信号点（T）送给同步设备定时源（SETS）；如果 STM-N 信号失效，该功能块将产生接收信号丢失（LOS）状态信号，经管理参考点（S）送给同步设备管理功能（SEMF）。此外还能产生发无光告警、激光器寿命等状态参数经 S 送给 SEMF。

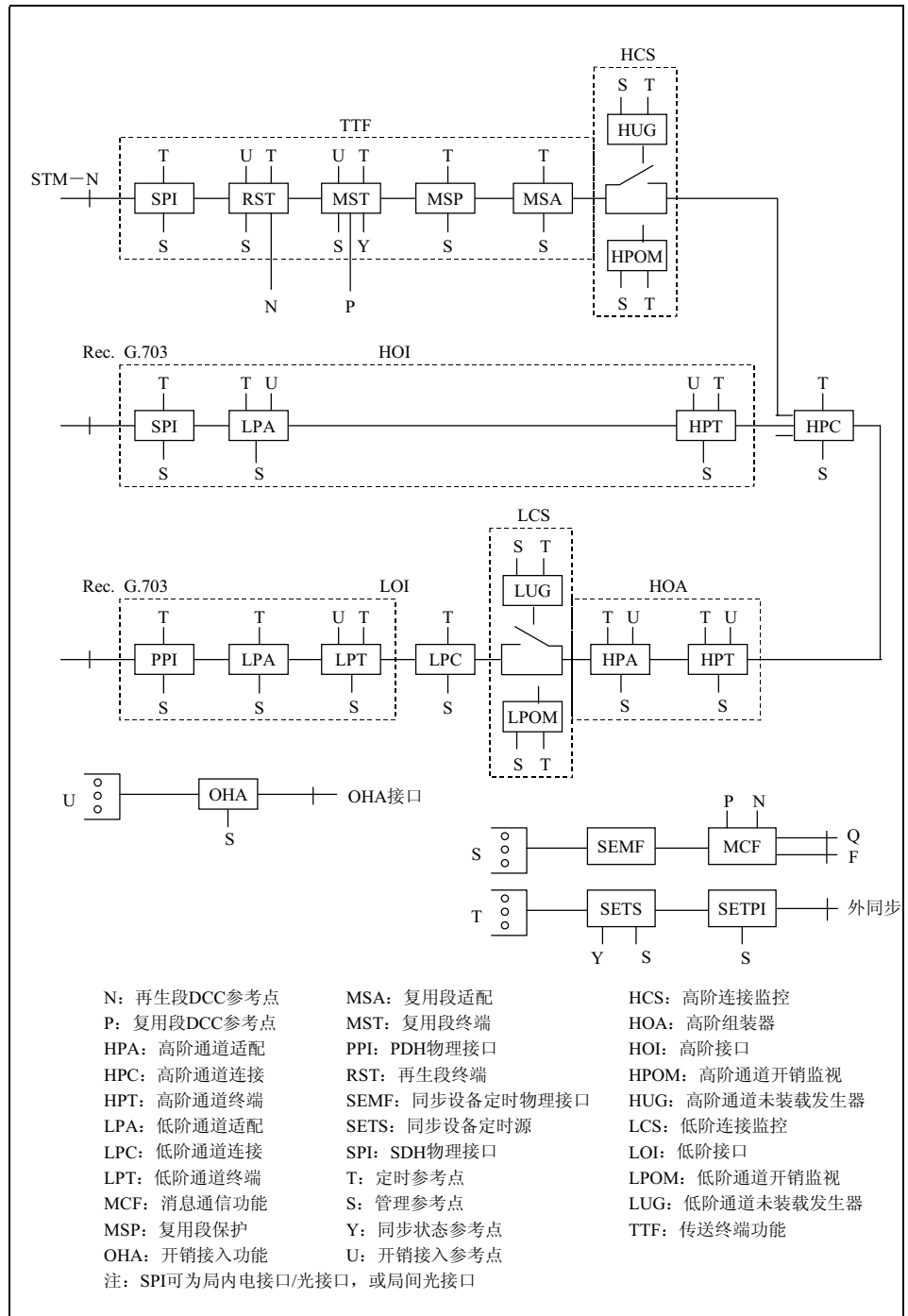


图 2-13 复用设备一般化逻辑方框图

2. 再生段终端功能 (RST)

RST 功能块的主要功能是产生再生段开销并变成 SDH 帧信号，以及终结（读出并解释）再生段开销。

来自 SPI 功能块的逻辑电平信号和定时信号正常时，RST 通过搜寻 A1 和 A2 字节进行帧定位，对一帧中除再生段开销第一行（共 $N \times 9$ 字节）以外的所有字节进行解扰码处理，恢复出再生段开销和再生段净荷。如果来自 SPI 功能块的信号为 LOS，那么 RST 功能块就产生“1”信号代替正常的数据流。

来自 MST 功能块加入再生段开销，并对一帧中除再生段开销第一行以外的所有字节进行扰码，最后把完整的 STM-N 逻辑电平信号送给 SPI 功能块。

3. 复用段终端（MST）

MST 功能块的主要功能是产生复用段开销并构成完整的复用段信号，以及终结（读出并解释）复用段开销。

来自 RST 功能块的信号读出 K1 和 K2 字节获得自动保护倒换信息，并通过参考点 S 给 SEMF，校核 B2 字节判断接收信号的误码情况，通过恢复 S1 字节的 B5~B8 获得同步状态信息，并经同步状态参考点（R）送给 SETS 功能块。

给来自 MSP 功能块的信号加上复用段开销字节，包括 K1、K2、S1 等，并将完整的复用段信号送给 RST。

4. 复用段保护（MSP）

MSP 功能块用于复用段内 STM-N 信号的失效保护。一个复用设备和远端的另一个复用设备的 MSP 功能块，通过 K1 和 K2 字节中规定的协议进行联络，从故障条件到自动倒换协议（APS）启动的倒换时间为 50ms 以内。

5. 复用段适配（MSA）

MSA 功能块的主要功能是处理 AU-4 指针，并组合或分解整个 STM-N 帧。从 MSP 功能块来的信号里带有定时的 STM-N 净荷，首先去掉 STM-N 净荷字节间插，然后进行 AU-4 指针处理，得到 VC-4 及帧偏移送给 HPC 功能块。

将来自 HPC 功能块的 VC-4 及帧偏移进行指针处理，得到 AU 指针，并形成 AU-4 信号和 AUG 信号，对 N 个 AUG 进行字节间插，间插后的信号与来自 SETS 的定时信号同步，形成 STM-N 净荷送给 MSP 功能块。

2.6.2 高阶通道连接 (HPC)

HPC 功能块的核心是一个连接矩阵, 它能够将输入的若干个 VC-4 连接到输出的若干个 VC-4, 输入和输出信号具有相似的格式, 但在逻辑次序上有所不同。连接过程不影响信号的信息特征。

2.6.3 高阶组装器 (HOA)

高阶组装器是由高阶通道终端 (HPT) 和高阶适配 (HPA) 复合而成的功能块, 主要功能是将低阶通道信号复用成高阶通道信号。

1. 高阶通道终端 (HPT)

HPT 功能块主要功能是产生高阶通道开销, 并构成完整的 VC-4 信号, 以及终结 (读出并解释) 高阶通道开销和恢复 VC-4 的净荷 C-4。

来自 HPC 功能块的信号是 VC-4 (在这里是由 TU-12 或 TU-3 复用而成的) 和帧偏多, 经分离出高阶通道开销并将 C-4 送给 HPA 功能块。

来自 HPA 功能块的 C-4, 经加入高阶通道开销, 送给 HPC 功能块。

2. 高阶通道适配 (HPA)

HPA 功能块主要功能是通过处理 TU-指针, 分解整个 VC-4 成低阶 VC-12 或 VC-3, 或者组合 VC-12 或 VC-3 成完整的 VC-4。

来自 HPT 功能块的数据 C-4 和定时信号, 经进行 TU-12 或 TU-3 指针处理, 恢复 VC-12 或 VC-3 或帧偏移信号送给 LPC 功能块。

来自 LPC 功能块的 VC-12 或 VC-3, 加上 TU-12 或 TU-3 指针, 将若干个 TU-12 或 TU-3 复用成 VC-4 信号送给 HPT 功能块。

2.6.4 高阶接口 (HOI)

HOI 功能块的主要功能是将 140Mbit/s 的 PDH 信号映射到 C-4 中, 并加入 VC-4 通道开销, 构成完整的 VC-4 信号; 或者作相反的处理, 从 VC-4 信号去映射成 140Mbit/s 的 PDH 信号。

1. 高阶通道终端 (HPT)

HPT 功能块和高阶组装器的 HPT 功能块完全一样, 在这里不同的是 C-4 数据是由 140Mbit/s 直接映射而成的, 而不是由 TU-12 或 TU-3 复用而成的。

2. 低阶通道适配 (LPA)

LPA 功能块的主要功能是通过映射把 PDH 信号适配到 SDH 网络中, 或通过去映射, 由 SDH 信号恢复 PDH 信号。如果是异步映射还包括比特级速率调整。

从来自 PPI 功能块的 PDH 信号映射进相应规格的容器, 这里是 140Mbit/s 映射进 VC-4。

从来自 HPT 功能块的 C-4 信号去映射恢复成 140Mbit/s 的 PDH 信号。

3. PDH 物理接口 (PPI)

PPI 功能块的主要功能是把符合 G.703 建议的 PDH 支路信号转换成内部二进制信号, 例如 NRZ 码, 若 PDH 支路信号丢失, 则以全“1”信号代替正常数据。

2.6.5 低阶通道连接 (LPC)

LPA 功能块主要功能是通过映射 PDH 信号适配到 SDH 网络中, 或通过去映射, 由 SDH 信号恢复 PDH 信号。如果是异步映射还包括比特级速率调整。

2.6.6 低阶接口 (LOI)

LOI 功能块的主要功能是将 2Mbit/s 或 34Mbit/s 的 PDH 信号映射到 C-12 或 C-3 中, 并加入 VC-21 或 VC-3 开销, 构成完整的 VC-12 或 VC-3 信号; 或者作个反的处理, 从 VC-12 或 VC-3 信号去映射成 2Mbit/s 或 35Mbit/s 的 PDH 信号。

1. 低阶通道终端 (LPT)

LPT 功能块主要是产生低阶通道开销, 并构成完整的 VC-12 或 VC-3 信号, 以及终结 (读出并解释) 低阶通道开销和恢复 VC-12 和 VC-3。

来自 LPC 功能块的信号是 VC-12 或 CV-3 和帧偏移；经分离出低阶通道开销，并将 C-12 或 C-3 送给 LPA 功能块。

来自 LPA 功能块的 C-21 或 C-3，经加入低阶通道开销，送给 LPC 功能块。

2. 低阶通道适配 (LPA)

LPA 功能块和高阶接口的 LPA 功能块完全一样，在这里不同的是信号速率等级不同。

从来自 LPT 功能块的 C-12 或 C-3 信号去映射恢复成 2Mbit/s 或 34Mbit/s 的 PDH 信号。

3. PDH 物理接口 (PPI)

PPI 功能块的主要功能和高阶接口的 PPI 功能块完全一样。

2.6.7 辅助功能块

从 SDH 信号流程图中，可以看出除本节介绍的传送终端功能块以外，SDH 设备还必须包括定时、开销和管理功能块，下面将一一介绍这些功能块。

1. 同步设备管理功能 (SEMF)

该功能把通过 S 点收集到的功能数据和具体实现的硬件告警转换为可以在 DCC 和/或 Q 接口传输的目标信息。表 5-1 总括了各种功能块向 SEMF 报告的各种告警和性能参数。

从电信管理网的角度，表中所列的异常或故障，在功能参考模型中，它们是作为网络提供的资源来看待的。

在各功能块监测到异常或故障时，除了向 SEMF 报告外，还向上游和下游的功能块送出维护信号。

2. 消息通信功能 (MCF)

该功能块接收和缓存来自 DCC、Q 接口和 F 接口的消息。地址不是本地局站的消息，按本局选路程序和/或经 Q 接口转到一条或几条出局 DCC 上。该功

能块提供 DCC 和 Q 接口或其他 DCC 接口之间第一层（在某些情况下是第二层）的转换。

3. 同步设备定时源 (SETS)

SETS 功能代表了 SDH 网络单元的时钟, 为下述功能块 LPA、LPT、LPC、LCS、HPA、HPT、HPC、HCS、MSA、MSP、MST 和 RST 提供定时基准。SETS 的外部时钟源有三种: 从 STM-N 信号流中提取的时钟 T1 (从 SPI 得到); 从 G.703 支路信号提取的时钟 TS (从 PPI 得到); 外同步时钟源如 2Mbit/s 信号经同步设备定时物理接口 (SETPI) 提取的 T3 时钟。此外 SETS 中还有一内部定时发生器 (OSC) 用作同步设备在自由运行状态下的时钟源。SETS 输出时钟 T0 供 SPI 和 PPI 外的所有单元功能块作本地定时参考。另一路输出 T4 供同步其他网络单元。

SETS 中设置有一定产生功能 (SETG), 以滤除当切换参考源时引起的频率跃变。

4. 同步设备定时物理接口 (SETPI)

SETPI 的主要功能是编/解码及提供与物理接口的适配。

5. 开销接入功能 (OHA)

OHA 通过 U 参考点统一管理各相应单元功能的开销 (SOH 及 POH) 字节, 其中包括公务联络 E_1 和 E_2 , 操作者使用的信道以及备用或供未来使用的开销。

第三章 SDH 网络

3.1 SDH网络的物理拓扑结构

网络的物理拓扑结构即网络节点和传输线路的几何排列，也就是将维护和实际连接抽象为物理上的连接。

如果通信是从一点到另一点进行传输，这就是点到点拓扑结构，常规 PDH 系统和早期 PDH 系统即基于这种物理拓扑结构。除此之外，还有五种基本类型的物理拓扑结构，如图 3-1 所示。

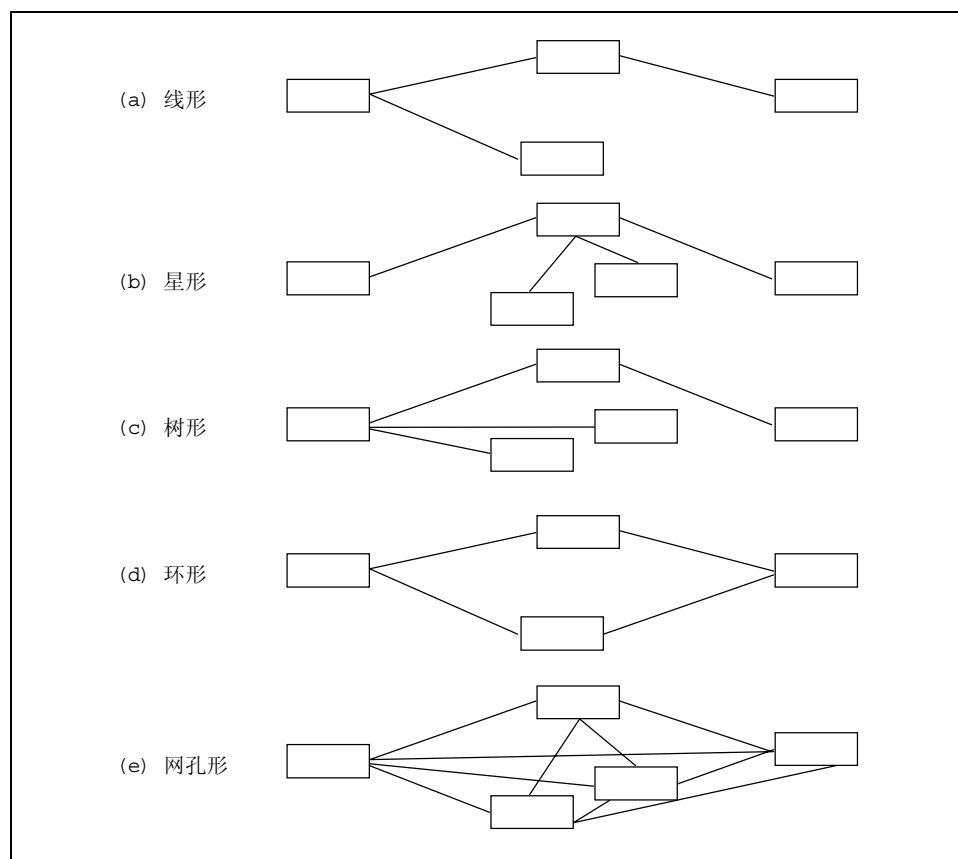


图 3-1 基本物理拓扑结构模型

3.1.1 线形

将通信网络中的所有点一一串联，而使首尾两点开放，这就形成了线形拓扑结构，有时也称为链形拓扑结构。这种拓扑结构的特点是其间所有点都应具有完成连接的功能。这也是 SDH 早期应用的比较经济的网络拓扑结构。

3.1.2 星形

这一种拓扑结构即是通信中某一特殊点与其他各点直接相连，而其他各点间不能直接相连接，即星形拓扑结构。在这种拓扑结构中，特殊点之外的两点通信一般应通过特殊点进行。这种网络拓扑结构形成的优点是可将多个光纤终端统一成一个终端，并利用分配带宽来节约成本。但也存在着特殊点的安全保障问题和潜在瓶颈问题。

3.1.3 树形

所谓树形拓扑结构可以看成是线形拓扑结构和星形拓扑结构的结合。即将通信的末端点连接到几个特殊点。这种拓扑结构可用于广播式业务，但它不利于提供双向通信业务，同时还存在瓶颈问题和光功率限制问题。

3.1.4 环形

环形的拓扑结构实际上就是将线型拓扑结构的首尾之间相互连接，即为环形拓扑结构。这种环形拓扑结构在 SDH 网中应用比较普遍，主要是因为它具有一个很大的优点，即很强的生存性，这在当今网络设计、维护中尤为重要。

3.1.5 网孔形

当涉及通信的许多点直接互相连接时就形成了网孔形拓扑结构，若所有的点都彼此连接即称为理想的网孔形拓扑结构。这种拓扑结构为两点间通信提供多种可选路由，有可靠性高、生存性强且不存在瓶颈问题和失效问题的好处，但结构复杂、成本也高。

从以上可看出，各种拓扑结构各有其优点。在作具体的选择时，应综合考虑网络的生存性、网络配置的容量，同时考虑网络结构应当适于新业务的引进等多种实际因素和具体情况。一般来说，星形拓扑结构和树形拓扑结构适合

用户接入网，环形拓扑结构和线形拓扑结构适用于中继网，树形和网孔形相结合的拓扑结构适用于长途网。

3.2 SDH网络结构

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 3-2 所示。

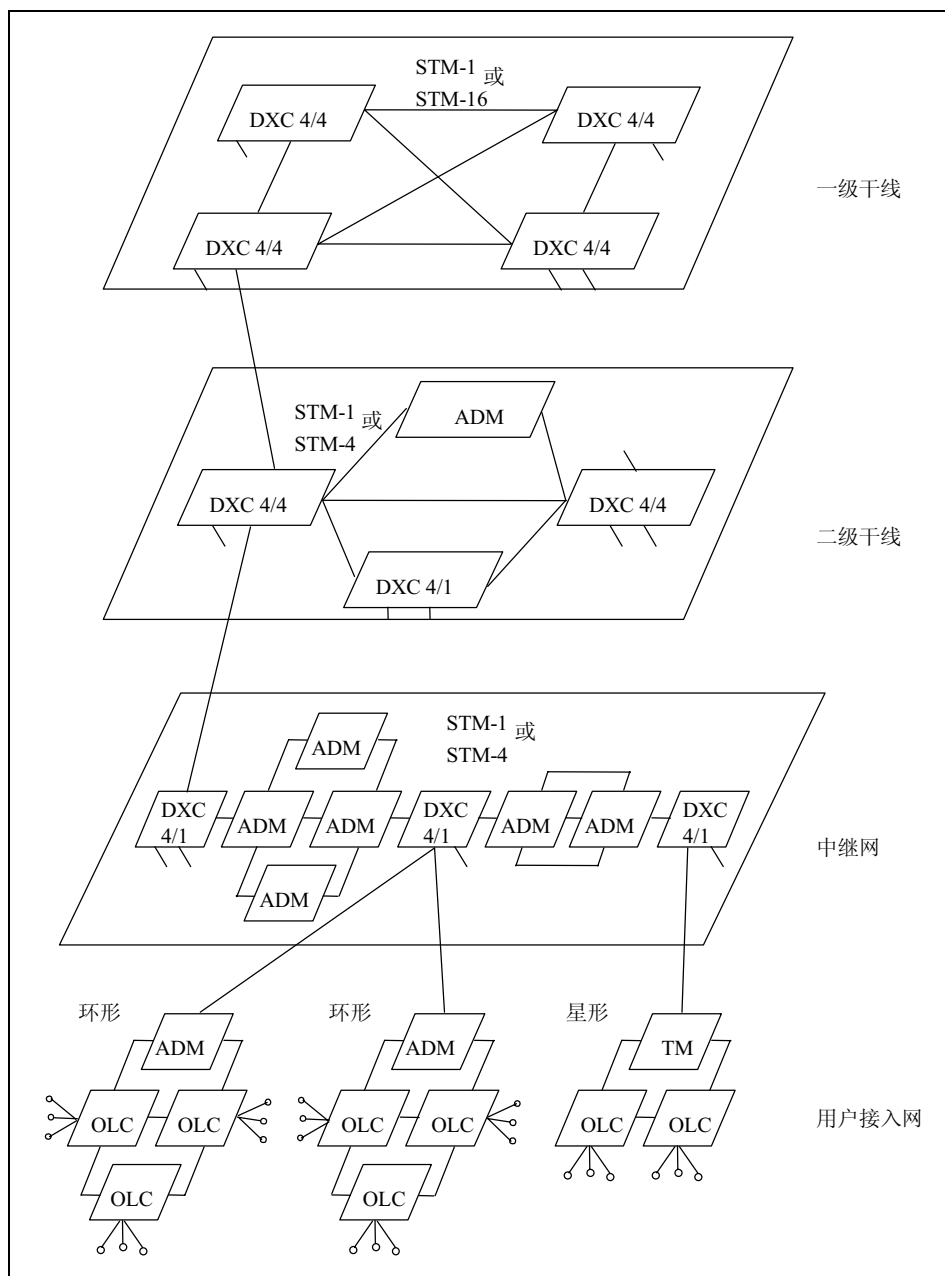


图 3-2 SDH 网络结构

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 DXC4/4，其间由高速光纤链路 STM-4/STM-16 组成，形成了一个大容量、高可靠性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，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 的自愈网，也可以是主备用方式的两节点环。这些环具有高的生存性，又具有业务疏导功能。环形网中主要采用复用倒换环方式，但究竟是四纤还是二纤取决于业务量 and 经济比较。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，业务容量要求最低，且大部分业务汇集于一个节点（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，还有用户光纤环路载波系统（OLC），其速率为 STM-1/STM-4，其接口可以为 STM-1 光/电接口，也可为 PDH 体系的 2Mbit/s、34Mbit/s 或 140Mbit/s 接口，还可以是普通电话用户接口；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。我们所说的光纤到路边（FTTC）、光纤到大楼（FTTB）、光纤到家（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。

3.3 网络保护

SDH 传输速率较高，采用光纤传输最低为 155.520Mbit/s，比 PDH 四次群还高，这意味着越来越多的业务量被集中到更少的路径中，若一根光纤被切断，对通信造成的损失很大，所以，对 SDH 更多的要考虑生存性问题。

自愈是生存性网络最突出的特点。所谓自愈（Self-healing），是指网络具有对某些局部失效，无需人为干预就能自动选择替代路由，重新配置业务并建立通信的能力。

3.3.1 自愈网的保护方法

1. 网络功能结构上的自愈保护方法

SDH 网的自愈保护方法很多，从网络的功能结构划分，可以分为路径保护和子网连接保护。

1) 路径保护

当工作路径失效或性能劣于某一必要的水平时，工作路径将由保护路径所代替，路径终端可以提供路径状态的信息，而保护终端则提供受保护路径状态的信息。这两种信息提供了保护启动的依据。

2) 子网连接保护

当工作子网连接失效或性能劣于某一必要水平时，工作子网连接将由保护子网连接所代替。子网连接保护可以应用于层网络内的任何层，被保护的子网连接可以进一步由低等级的子网连接和链路连接级联而成。通常，子网连接没有固定的监视能力，因而子网保护方案可以进一步用监视子网连接的方法来表示。

2. 网络拓扑结构上的自愈保护方法

从网络的物理拓扑来划分，可以分为以下几种自愈保护方法：

1) 自动线路保护倒换

这也是传统 PDH 系统采用的方式，是当工作通道中断或性能劣化到一定程度后，系统将主信号自动转至备用光纤系统的方法。这种保护方式业务恢复时间很快，可短于 50ms，它对于网络节点的光电元件失效故障十分有效。但是，当光缆被切断时，往往是同一缆芯内的所有光纤（包括主备用）一起被切断，因而这种保护方式就无能为力了。因此，需要采用不同路由的线路保护倒换。

2) 双局汇接

这主要是采用两对等的汇接点。一主一备，当主节点失效时，所有的业务都由备用节点处理。网节点设计在不同的地点，可以有效地预防节点失效，如火灾等。

3) 环形网保护

网络节点连成环形可以改善网络的生存性和性能价格比。网络节点可以是数字交叉连接设备 (DXC)，也可以是分插复用设备 (ADM)，但通常环形网节点由 ADM 构成。利用节点 ADM 的分插能力和智能构成的自愈环是同步数字体系 (SDH) 的特色之一。

4) 网孔形保护

该保护方法是使各节点具有高度的连接性，可以通过多条路由通信。比如我国的 C1 局间，就是一个大规模的网孔形网络。为实现自愈，这类结构主要采用 DXC 的智能，充分利用多路由潜在的灵活性，只需最小的冗余容量，具备应付多种故障情况的恢复能力。

3.3.2 自动线路保护倒换 (APS. Automatic Protection Switching)

1. APS 的几种结构

APS 结构分为两种，即 1+1 方式和 1:n 方式。

1) 1+1 结构

1+1 保护倒换结构如图 3-3 所示。

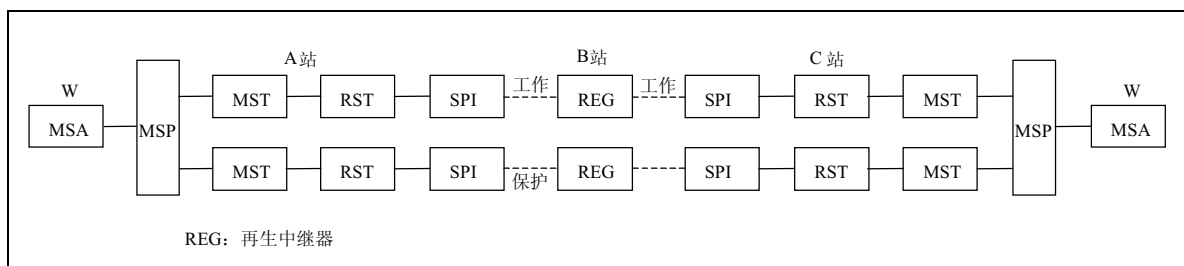


图 3-3 1+1 保护倒换结构

STM-N 信号同时在工作段和保护段两个复用段发送，也就是说在发送端 STM-N 信号永久地与工作段与保护段相连接。接收端 MSP 对从两个复用段收到的 STM-N 信号条件进行监视并选择连接更合适的一路信号。可见，对于 1+1 结构，由于工作通路是永久连接着的，因而不允许提供无保护的额外

业务通信。这种保护方式可靠性高，对于高速大容量系统（如 STM-16）经常采用，但其成本较高。

2) 1:n 结构

1:n 结构如图 3-4 所示。

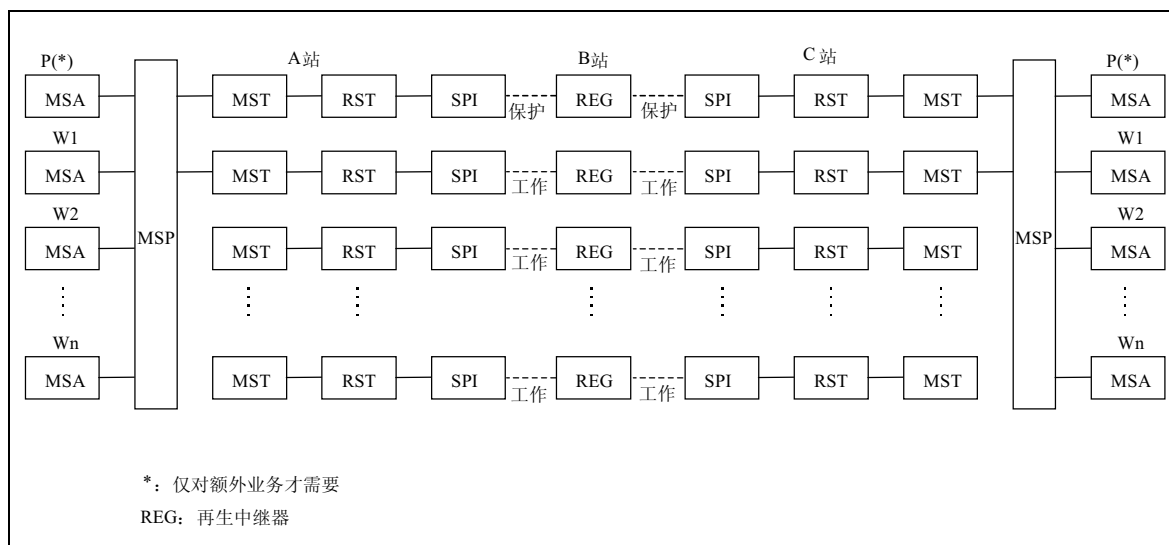


图 3-4 1:n 保护倒换结构

图 3-4 中 W1~Wn 表示工作，P 表示保护。在 1:n 结构中，保护段由很多工作通路共享，n 值范围为 1~14。在两端，n 个 STM 通路中的任何一个或额外业务通路（或可能的测试信号）与保护段相连。MSP 对接收信号条件进行监视和评价，执行连接（桥接）和从保护段选择合适的 STM-N 信号。

2. 分路由的 APS 结构（APS Diverse Protection Architecture）

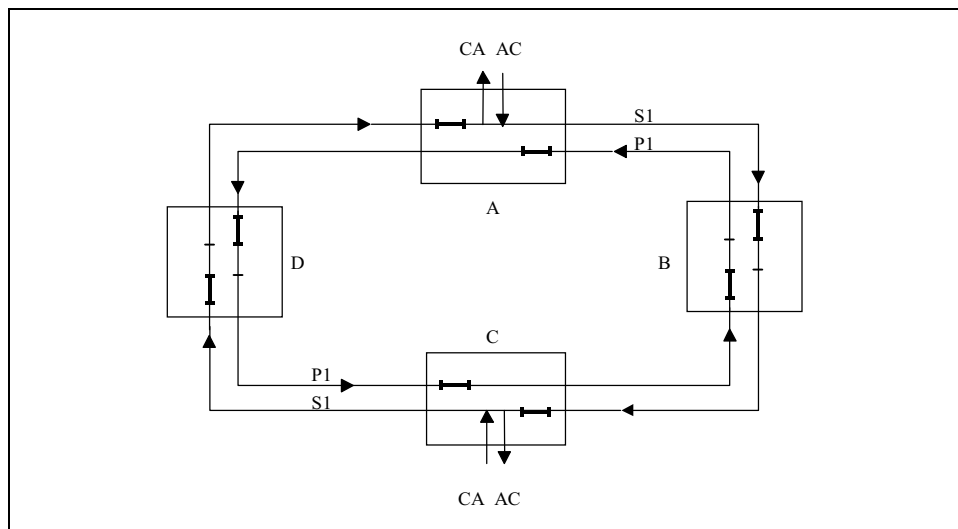
一般的 APS 是指工作光纤和保护光纤都在同一路由上，通常在一根光缆中，当光缆中断，则保护光纤也中断，无法提供保护。而分路由的 APS 则可克服此弊端。

APS/DP 可以分为 1:1/DP 和 1:n/DP 两种结构。

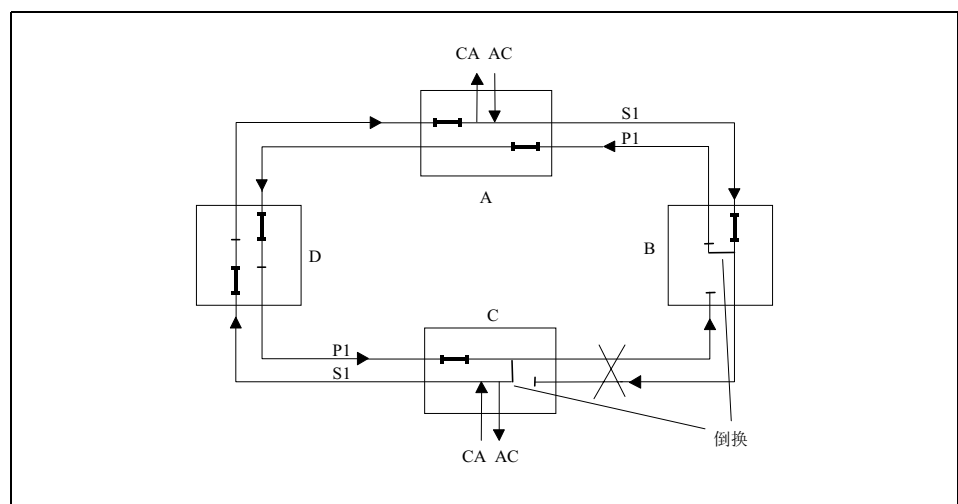
3.3.3 自愈环 (Self-healing Ring)

目前自愈环的结构种类很多，按环中每个节点插入支路信号在环中流动的方向来分，可以划分为二纤环和四纤环。目前研究最多的是以下四种自愈环。

1. 二纤单向复用段保护环



(a)



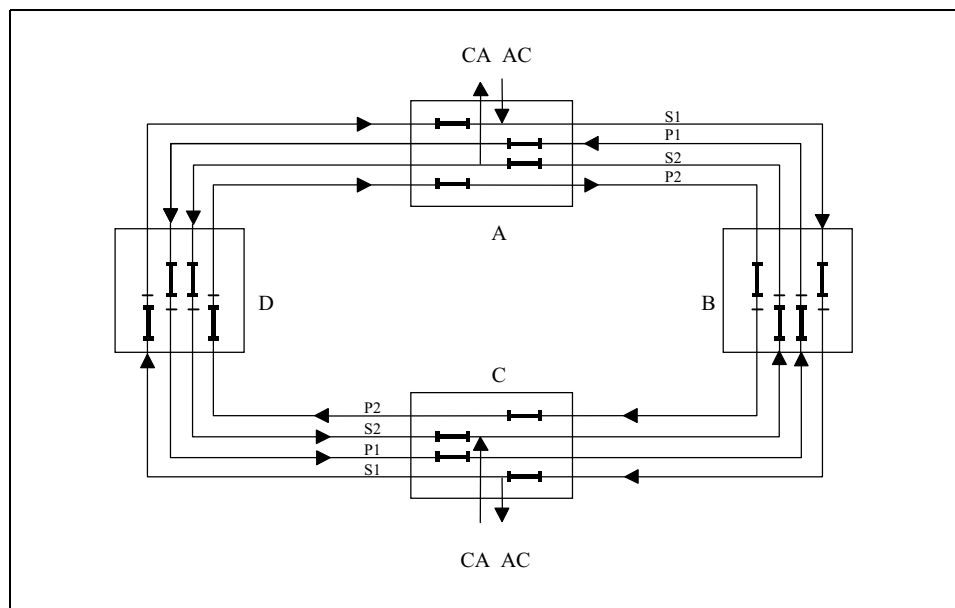
(b)

图 3-5 二纤单向复用段保护环

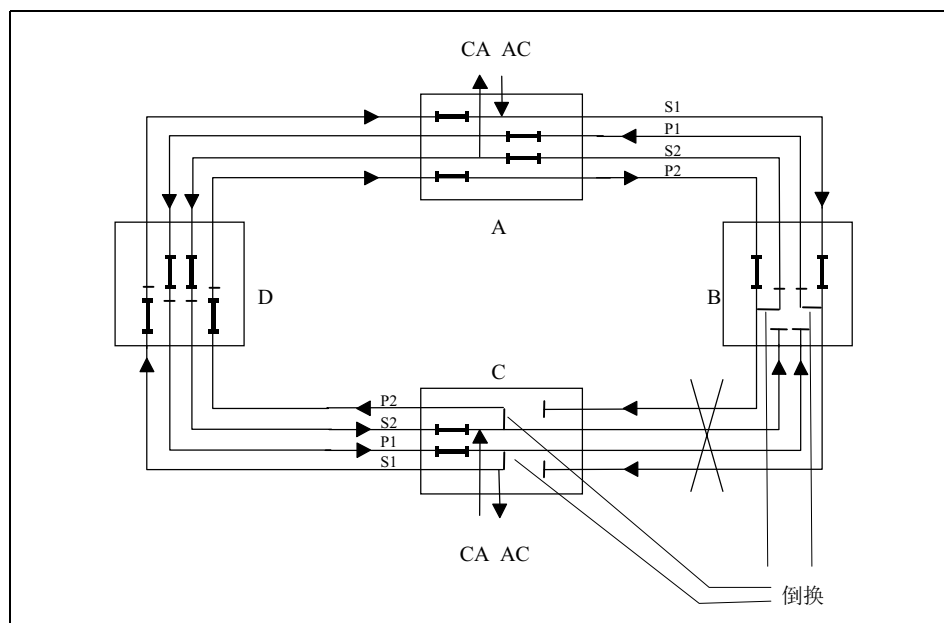
它的工作原理如图 3-5(a)所示，它的每一个节点在支路信号分插功能前的每一高速线路上都有一保护倒换开关。正常情况下，信号仅仅在 S1 光纤中传输，而 P1 光纤是空闲的。如从 A 到 C 的信号 AC 经 S1 过 B 到 C，而从 C 到 A 的信号 CA 也经 S1 过 D 到 A。

当 BC 节点间光缆被切断时，如图 4-5(b)所示，则 B、C 两个与光缆切断点相连的两个节点执行环回功能。此时，从 A 到 C 的信号 AC 则先经 S1 到 B，再经 P1 过 A、D 到达 C。而信号 CA 则仍经 S1 传输。这种环回倒换功能能保证在故障情况下，仍能维持环的连续性，使传输的业务信号不会中断。故障排除后，倒换开关再返回原来位置。

2. 四纤双向复用段保护环



(a)



(b)

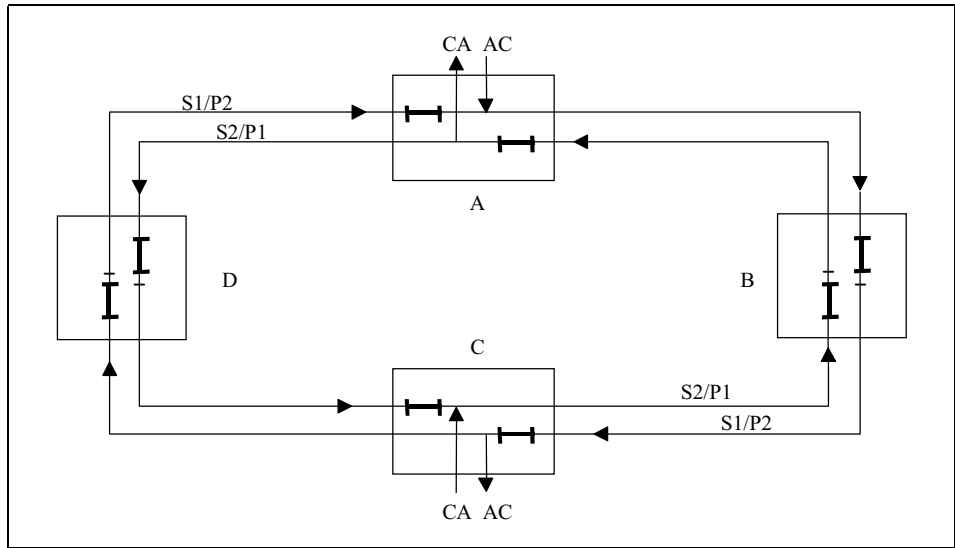
图 3-6 四纤双向复用保护换环

它的工作原理如图 3-6(a)所示。它有两根业务光纤 S1、S2 和两根保护光纤 P1、P2。S1 形成一顺时针业务信号环，P1 则为与 S1 反方向的保护信号环；S2 则是逆时针业务信号环，P2 则是与 S2 反方向的保护信号环。四根光纤上都有一个倒换开关，起保护倒换作用。

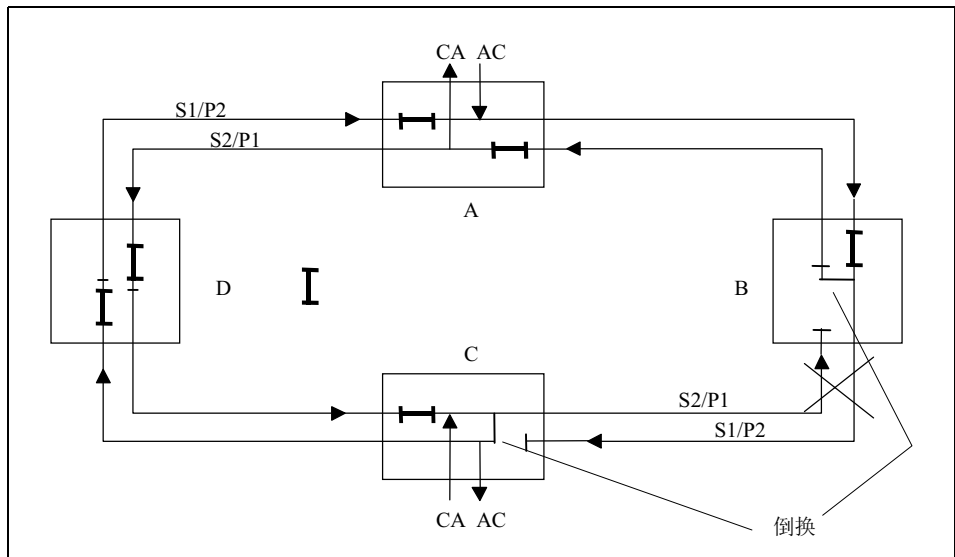
正常情况下，从 A 节点进入到 C 的低速支路信号沿 S1 传输，而节点 C 进入到 A 的信号沿 S2 传输，P1、P2 此时空闲。

当 BC 之间的四根光纤被切断，则在 B 和 C 节点中各有两个执行环回功能。从而保证环的信号传输。如图 3-6(b)，在 B 节点，S1 和 P1 连通，S2 和 P2 连通。C 节点也同样完成这个功能。这样，由 A 到 C 的信号沿 S1 到达 B 节点，再经 P1 到达 C 节点；而由 C 到 A 的信号先经 P2 到达 B，再经 S2 传输到 A 节点，等 BC 恢复业务通信后，倒换开关再返回原来位置。

3. 二纤双向复用段保护环



(a)



(b)

图 3-7 二纤双向复用段保护环

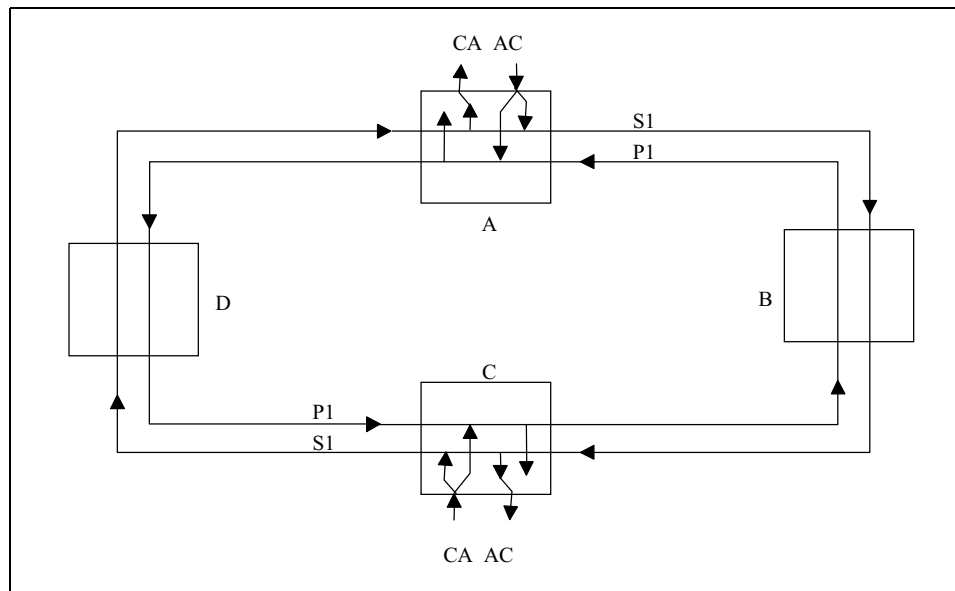
由图 3-6 可见，S1 和 P2，S2 和 P1 的传输方向是相同的，由此可以想到，利用时隙分配技术，将 S1 和 P2 的信号置于一根光纤（称为 S1/P2 纤），同时

将 S2 和 P1 的信号置于另一根光纤（称为 S2/P1 纤）上，如图 3-7 所示，于是将原来采用的四纤环简化为二纤环。

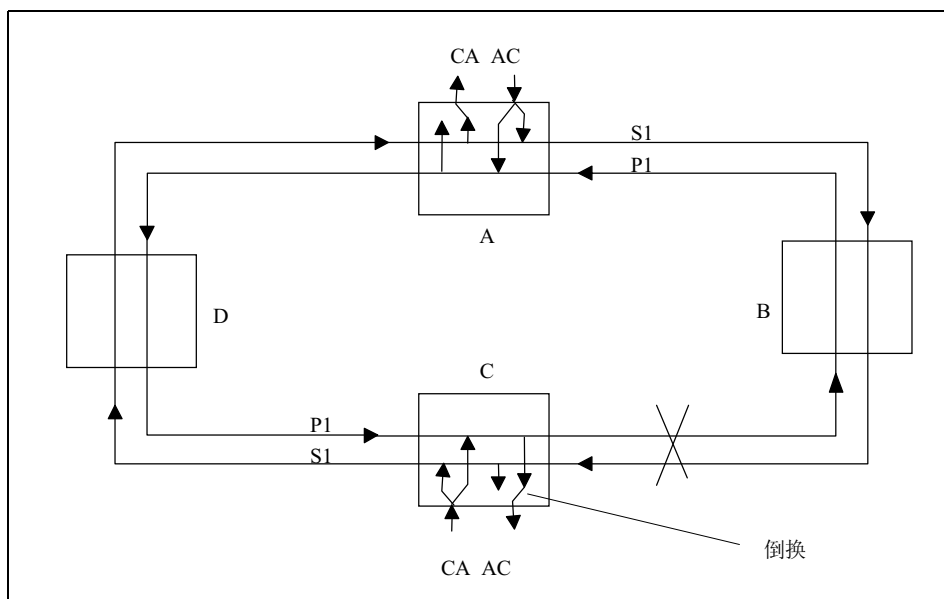
当 BC 段光纤全部被切断时，在 B、C 节点将 S1/P2 光纤与 S2/P1 光纤沟通。仿效四纤倒换并利用时隙分配技术，同样可以通信，待故障排除后，倒换开关再返回原来位置。

这种保护环的特点是将复用段需要支持的总的净负荷容量平分给工作通道和保护通道，两者经两个方向相反的环传输。在这种保护环的正常工作条件下，携带容量大，因而适于长途网和局部网这种对固有携带容量要求高的场合。

4. 二纤单向通道保护环



(a)



(b)

图 3-8 二纤单向通道保护环

其工作原理如图 3-8(a)所示，它采用“首端桥接，末端倒换”的结构。由 A 节点进入环到 C 的信号 AC 同时由两条路径到达 C 节点，一种是 S1 经过 B 到达 C 节点，一路是 P1 经过 D 到达节点 C。由 C 节点按照分路通道信号的优劣决定选哪一路作为分路信号。正常工作情况下，S1 为主光纤，其信号也为主信号。由 C 节点进入到 A 的信号分析和上面一样。

当 BC 段光缆被切断时，如图 3-8(b)所示，在节点 C，由于 S1 光纤传输的信号 AC 丢失，则按通道选优准则，信号由 S1 光纤转至 P1 光纤，使通信得以维持。一旦排除故障，开关再返回原来位置，而 C 到 A 的信号 CA 经主光纤到达，不受影响。

5. 四种自愈环的性能比较

表 3-1 各种自愈环特性的比较

	二纤单向通道保护环	二纤单向复用段保护环	四纤双向复用段保护环	二纤双向复用段保护环
节点数	K	K	K	K
高速线路速率	STM-N	STM-N	STM-N	
最大业务容量	STM-N	STM-N	$K \times \text{STM-N}$	$(K/2) \times \text{STM-N}$
节点成本	低	低	高	中
APS变化	不要求	要求	要求	要求
系统复杂性	最简单	简单	简单	复杂
产品兼容性	没问题	目前不行	目前不行	目前不行

表 3-1 将各种自愈环的主要性能作一比较。二纤单向通道保护环，其环的业务容量等于所有进入环的业务量的总和，即节点处 ADM 的系统容量 STM-N。二纤单向复用段保护环的分析与二纤单向通道保护环一样。而四纤双向复用段保护环中，业务量的路由仅仅是环的一部分，因而业务通路可以重新使用，即允许更多的支路信号从环中进行分插，因而网络业务量可以增加很多。极端情况下，每个节点处的全部系统容量都进行分插，于是整个环的业务容量可达到单个节点 ADM 系统容量的 K 倍 ($K \times \text{STM-N}$)。二纤双向复用段保护环只能利用一半的时隙，因此环的最大业务容量为 $(K/2) \times \text{STM-N}$ 。

对于四纤双向复用段保护环，由于每个节点需要采用 2 个 ADM，因而成本较高。对于二纤双向复用段保护环采用的 ADM 必须是 TSI 形式的 ADM，因而成本比采用 TSA 形式的 ADM 要高。

6. 以 DXC 为节点的网孔网的保护

在现代通信中，尤其是在业务量集中的长途网中，一个节点有很大容量的光纤支路，它们彼此之间构成互连的网孔形拓扑。于是我们注意到，若是在节点处采用 DXC4/4 设备，则一旦某些光纤被切断，利用 DXC4/4 的快速特性，可以很快地找出替代路由，并恢复通信。图 3-9 显示了这种网的工作原理。

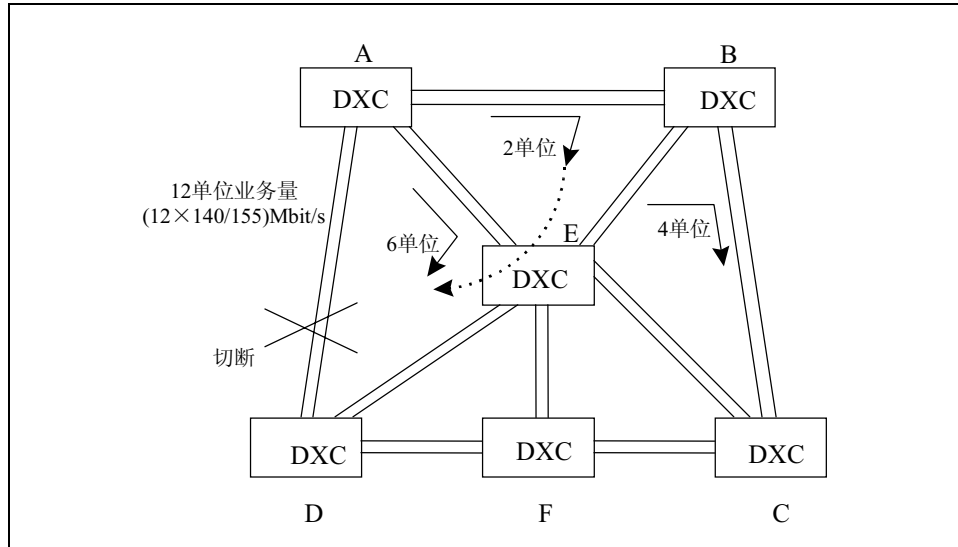


图 3-9 采用 DXC 的保护结构

假设从 A 到 D 节点，本有 12 个单位的业务量，当 AD 间的光缆被切断后，DXC 可以从网络中发现图中所示的 3 条替代路由来共同承担几个单位的业务量。从 A 经 E 到 D 分担 6 个单位，从 A 经 B 和 E 到 D 为 2 个单位，从 A 经 B、C 和 F 到 D 为 4 个单位。

7. 混合保护方法

在某些场合下环形网保护和 DXC 保护是可以相互结合的。市话局间中继网就是混合应用的理想场合。如图 3-10 所示，首先按区域划分若干个环形网，再将它们连到同一个设备 DXC4/1，再由该设备向上至长途网中的宽带 DXC4/4 设备。在局间中继网中，数据流可以从一个环流向另一个环，或流出该区域进入长途网。这类 DXC 将同时支持环形结构和 DXC 保护策略。

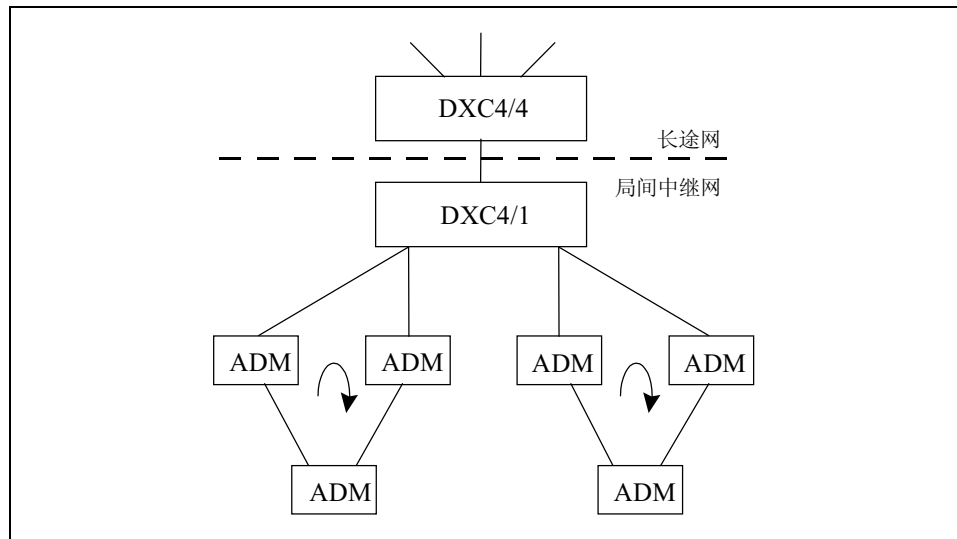


图 3-10 混合保护结构

在某些需要额外带宽或受到地理限制的情况下，需要互连多个混合环以便提供所要求的网络生存性的情况，希望不同环的控制机理互相独立，而且一般采用所谓的主对主连接方式，如图 3-11 所示。两个具有不同容量（STM-N1 和 STM-N2）的混合环通过 STM-M 互连路由直接相连，具体连接是在两个 ADM 的低速侧进行的。

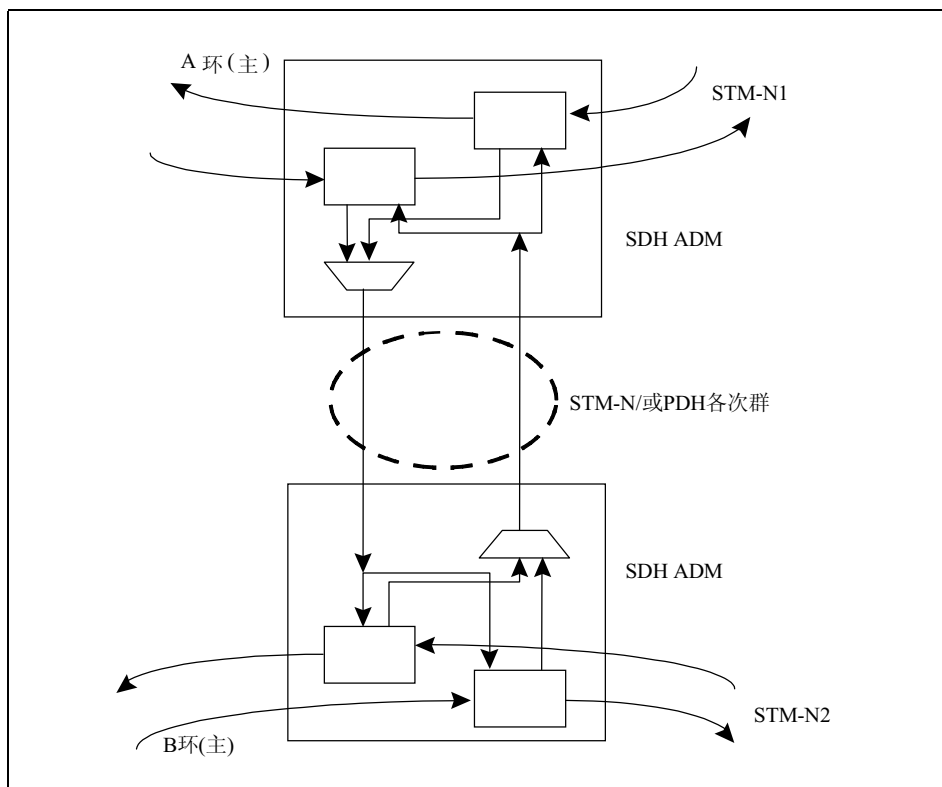


图 3-11 主对主混合环的应用

8. 各种保护方法的比较

以上的几种方法，其基本设计思想是属于当代网络设计中的自愈网设计，它的基本原理就是使网络具备发现替代传输路由并能重新建立通信的能力。但这里所说的自愈网只能建立通信，对于具体电路的修复或元器件的更换，则需要人工的干预才能完成。

对于点对点的 APS 保护方法，分路由的 APS 比普通的 APS 更能有效地保护光纤链路中出现的故障。点对点的 APS 保护方法与其他方式相比，切换时间短（小于 50ms），控制简单，对于 1:1 的方式能 100%对光纤中断故障进行保护。但这种方式投资较大，一般用于保护比较重要的光缆链路。

环形网结构具有很高的生存性，网络恢复时间也很短（小于 50ms），具有良好业务疏导能力。但是它的规划比较困难，刚开始很难准确预计到将来的发展，因此开始时要规划较大的容量。在简单的网络拓扑下，其网络成本据称是 DXC 保护方式的 60%左右，所以环形网一般适用于用户网和局间中继网。

DXC 的保护方式也具有很高的生存性，其在同样网络生存性下，所需附加空闲容量远小于环形网。所以当网络拓扑复杂时，如高度互连的长途网中，DXC 的保护比环形网更为经济和灵活，也便于规划设计。但其一个重要缺点是网络恢复时间较长，恢复时间内的业务将丢失。因而，DXC 保护最适于高度互连的网孔形拓扑，如长途网应用等。

而光纤混合环形网则为局间通信提供了高可靠性和灵活性的系统。使用 SDH 混合环可以减少对 DXC 的容量要求，降低 DXC 失效的影响，改善了网络的生存性。环的总容量由所有的交换局共享。

综上所述，各种保护结构各有自己的优缺点，在实际选择中，要根据实际情况具体判断，再作恰当的选择。

第四章 网同步与网管

网同步是数字网所特有的问题，实现网同步的目的是使网中各种节点的时钟频率和相位都限制在预先确定的容差范围内，避免或减少由于数字传输系统中信息比特的溢出和取空，导致数字环的滑动损伤，并使数字交换机中产生的滑动限制在一定的范围内以保证通信质量。

4.1 网同步的基本方式

4.1.1 同步方式

目前，各国公用网中交换节点时钟的同步方式除准同步方式外还有两种基本方式，即主从同步和相互同步。

1. 主从同步

主从同步方式又分为主时钟控制同步方式和等级主从同步方式。前者需要一个单独的传送基准时钟的网络，因而投资太大；后者使用一系列分级的时钟，每一级时钟都与其上一级时钟同步，在网中的最高一级时钟称为基准主时钟或基准时钟（PRC），这是一个高精度和高稳定度的时钟，该时钟经现有的数字链路传送给下面的各级节点。目前 ITU-T 将各级时钟划分为下列几类：

- 基准时钟，由建议 G.811 作了规范；
- 转接局从时钟，由建议 G.812 作了规范；
- 端局从时钟，由建议 G.812 作了规范；
- SDH 网络单元时钟，由建议 G.813 作了规范。

通常，采用树形结构或星形结构，将定时基准信号送至网内各交换节点，然后通过锁相环使本地时钟的相位锁定到收到的定时基准上，从而使网内各交换节点的时钟都与基准主时钟同步。这是一种单端制方式，可用图 4-1 表示。

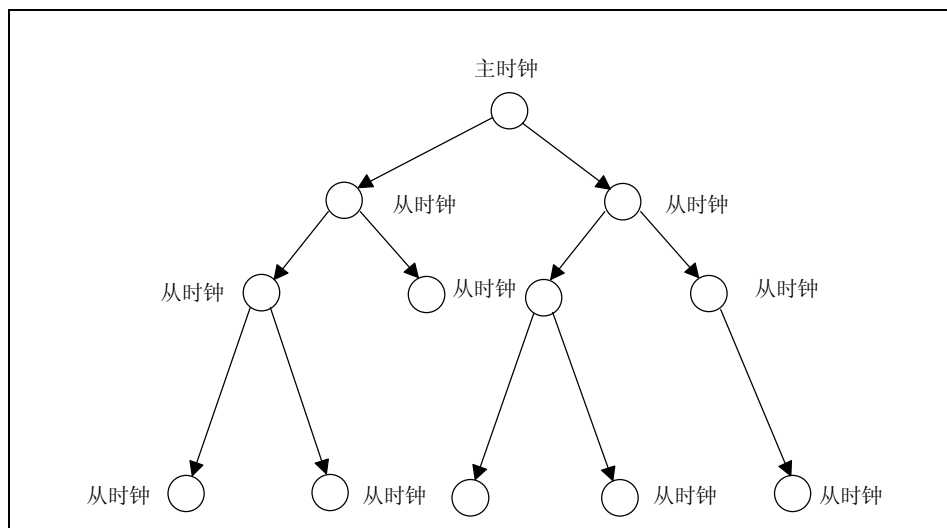


图 4-1 主从同步方式

等级主从同步方式的主要优点是网络稳定性较好，组网灵活，适于树形结构和星形结构，控制简单，网络的抗滑动性较好。主要缺点是对基准主时钟和传输链路的故障较敏感，一旦基准主时钟发生故障会造成全网的问题。为此，基准主时钟应采用多重备份以提高可靠性。采用等级主从同步方式不仅与交换分级网相匹配，也有利于改进全网的可靠性。等级主从同步方式在各国公用电信网中获得了广泛的应用。

2. 相互同步方式

这种方式在网中不设主时钟，由网内各交换节点的时钟相互控制，最后都调整到一个稳定的、统一的系统时钟频率上，从而实现全网的同步工作。全网时钟频率为各交换节点时钟频率的加权平均值，由于各个时钟频率的变化可以相互抵消，因此全网时钟频率的稳定性比网内各交换节点时钟的稳定性更高。这种同步方式对同步分配链路的失效不甚敏感，适用于网孔形结构。但是，其网络稳定性不如主从同步方式，系统稳态频率不确定且易受外界因素影响。相互同步方式如图 4-2 所示。

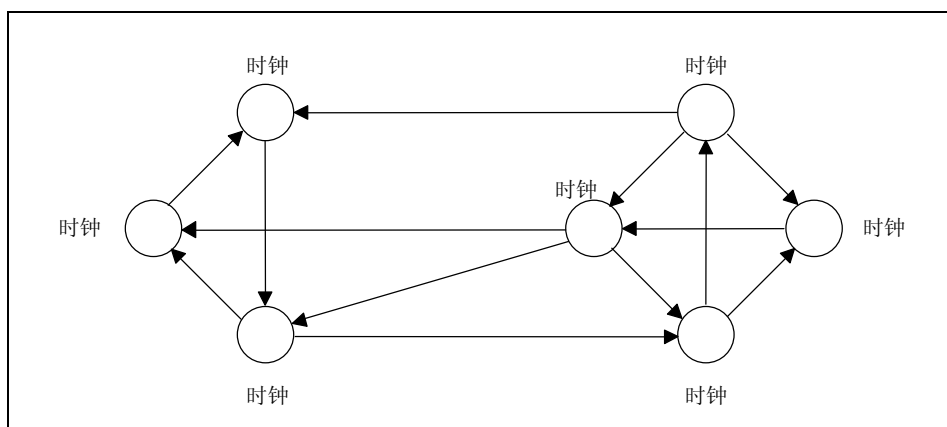


图 4-2 相互同步方式

同步方式的选择取决于网络结构和规模、同步分配链路的特性、网络可靠性和经济性等多种因素。主从同步方式对公用网是比较合适的，有时将主从同步方式与相互同步方式结合应用可以扬长避短，发挥优势。

4.1.2 工作模式

在等级主从同步方式中，节点从时钟通常有三种实际工作模式。

1. 正常工作模式

正常工作模式指在实际业务条件下的工作。此时，时钟同步在输入的基准时钟信号，影响时钟精度的主要因素有基准时钟信号的固有相位噪声和从时钟控制环（从时钟振荡器的锁相环）的相位噪声。通常，输入基准时钟信号可以跟踪至网中的主时钟。但也有可能是从另一更高等级但暂时处于保持模式工作的符合 G.812 建议的时钟中获取定时。

2. 保持模式

当所有定时基准丢失后，从时钟可以进入所谓的保持模式。此时，从时钟利用定时基准信号丢失之前所存储的最后的频率信息作为定时基准而工作。这种方式可以应付长达数天的外定时中断故障。实际应用中，转接局时钟，端局时钟和一些重要的网络单元（如 DXC 等）时钟都具备保持模式功能，一些简单的小网络单元时钟可以不具备此功能。

3. 自由运行模式

当从时钟不仅丢失所有的外部定时基准时钟信号，而且也失去了定时基准记忆或根本没有保持模式时，从时钟内部振荡器工作于自由振荡方式。

4.2 SDH网同步结构和方式

4.2.1 SDH 的引入对网同步的要求

数字网的同步性能对网络的工作性能至关重要。SDH 的引入对网同步提出了更高的要求。当网络工作在正常模式时，各节点同步于一个基准时钟，节点间时钟只存在相位差而不会出现频率差，因此，只会出现偶然的指针调整事件。当某节点丢失了同步基准时钟信号而进入保持工作模式或自由运行模式时，该节点时钟与网络时钟之间出现频率差，会导致指针连续调整。

SDH 网与 PDH 网长期共存是一个事实，在 SDH/PDH 边界呈现的抖动和漂移主要来自指针调整和净负荷映射过程。由于指针调整是按字节进行的，这就需要 SDH/PDH 边界起相位平滑作用的解同步器具有很强的平滑功能。频繁的指针调整会使解同步器的工作性能恶化。

在 SDH/PDH 边界节点上指针调整的频率与这种网关节点的同步性能密切相关。如果执行异步映射功能的 SDH 输入网关丢失同步，则该节点时钟的频偏和频移将会导致整个 SDH 网络的指针持续调整，恶化同步性能；如果丢失同步的网络节点是 SDH 网络连接的最后一个网络单元，则 SDH 网络输出仍有指针调整，会影响同步性能；如果丢失同步的是中间的网络节点，只要输入网关仍然处于与基准时钟（PRC）的同步状态，则紧随故障节点的仍处于同步状态的网络单元或输出网关可以校正中间网络节点的指针移动，因而不会在最后的输出网关产生净指针移动，从而不会影响同步性能。

4.2.2 SDH 网同步结构

SDH 网同步结构通常采用主从同步方式，要求所有网络单元时钟的定时都能最终跟踪至全网的基准主时钟。同步定时的分配则随网络应用场合不同而不同。

1. 局内应用

局内同步分配通常采用逻辑上的星形拓扑，即所有网络单元时钟都直接从本局内最高质量的时钟（BITS）获取定时，只有 BITS 是从来自别的交换节点的同步分配链路中提取定时并能一直跟踪至全网的基准主时钟。该节点时钟一般至少为三级或二级时钟。定时信号再由该局内的 SDH 网络单元经 SDH 传输链路送往其他局的 SDH 网络单元。由于 TU 指针调整引起的相位变化会影响时钟的定时性能，因而通常不提倡采用在 SDH TU 内传送的一次群信号（2.048Mbit/s 或 1.544Mbit/s）作为局间同步分配，而直接采用高比特率的 STM-N 信号传送同步信息。局内时钟间关系如图 4-3 所示。

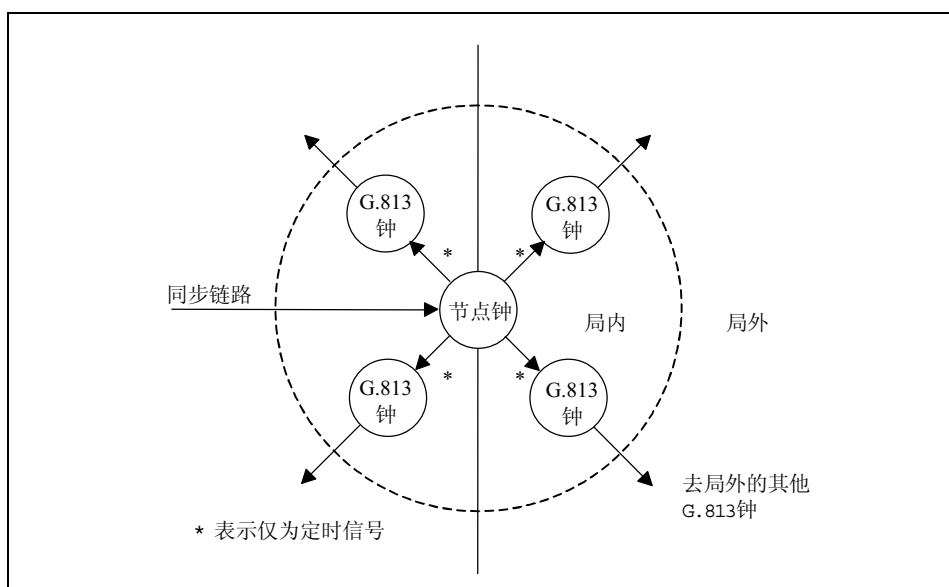


图 4-3 局内分配的同步网结构

2. 局间应用

局间同步分配一般采用类树形拓扑，使 SDH 网内的所有节点都能同步。各级时钟关系如图 4-4 所示。需要注意，低等级的时钟只能接收更高等级或同一等级时钟的定时，这样可以避免形成定时信号的环路，造成同步的不稳定。为此，设计同步分配网时应能保证即便在故障条件下，也只有有效的高一级时钟基准出现在该级时钟的输入。此外，设计较低等级时钟时还应有足够宽的捕捉范围，以便能够自动进行捕捉并锁定于基准定时信号。

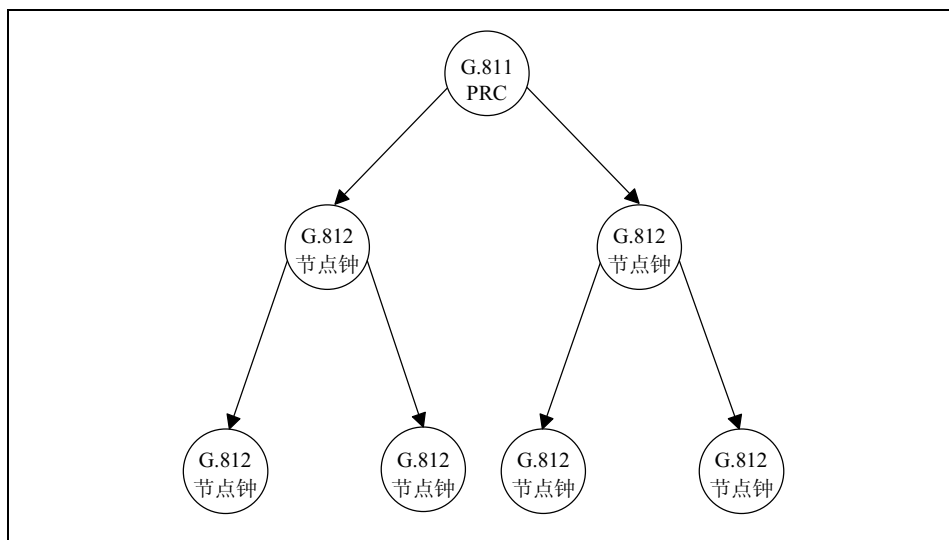


图 4-4 局间分配的同步网结构

4.2.3 SDH 网同步方式

1. SDH 网同步的规划原则

在规划和设计同步网时必须考虑到地域和网络业务情况，一般应遵循下列原则：

- 1) 在同步网内不应存在环路；
- 2) 尽量减少定时传递链路的长度；
- 3) 应从分散路由获得主、备用基准；
- 4) 受控时钟应从其他同级或高一级设备获得基准时钟信号；
- 5) 选择可靠性高的传输系统传送基准。

这些原则可以通过以下几个途径来实现。

2. 同步网定时基准传输链路

SDH 同步网定时基准传输链路如图 4-5 所示。节点时钟之间经 N 个 SDH 网络单元互连，最长的基准传输链路所包含的符合 G.812 建议的从时钟数不超过 K 个，由于同步链路数的增加，同步分配过程的噪声和温度变化所引起的漂移都会使定时基准信号的质量逐渐恶化，因此节点间允许的 SDH 网络单

元数是受限的，通常可以大致认为最坏值为 $K=10$, $N=20$ ，符合 G.81s 建议的时钟的数目最多不超过 60 个。

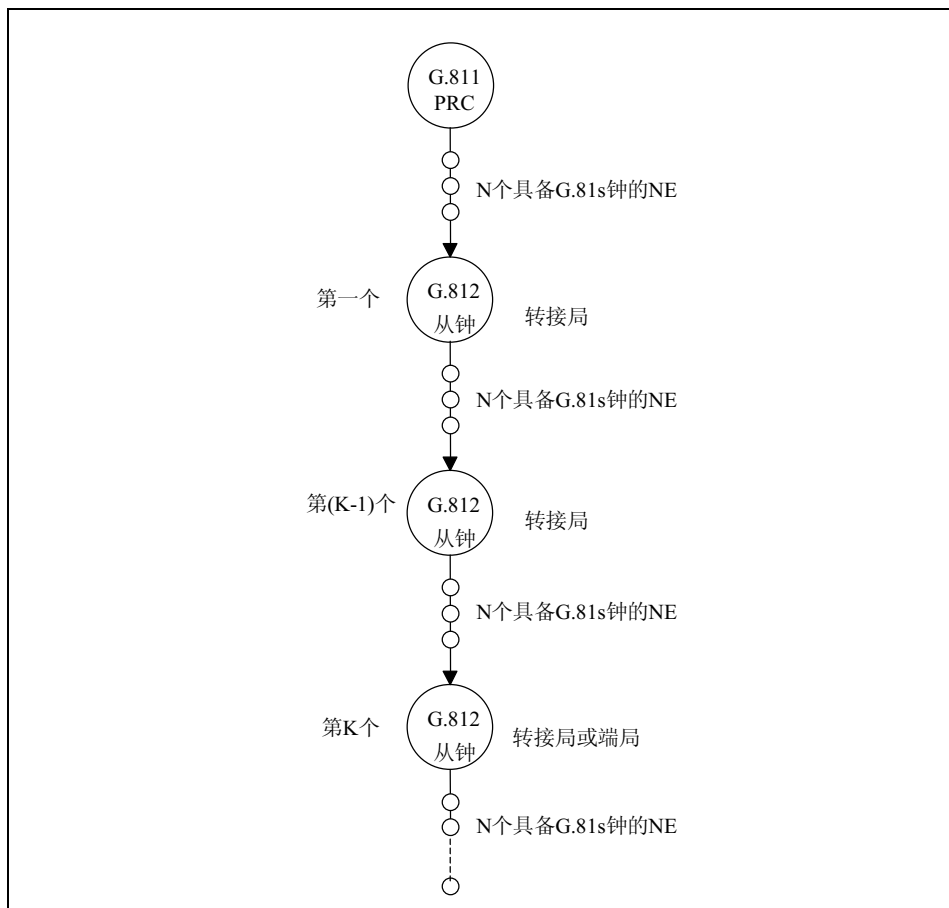


图 4-5 同步网定时基准传输链路

3. 同步分配网的可靠性

为了提高同步网的可靠性，通常要求所有节点时钟和 NE 时钟都至少可以从两条同步路径获取定时。当原有路径出现故障时，从时钟可重新配置从备用路径获取定时。此外，不同的同步路径最好由不同的路由提供。

对于具有一个以上定时基准输入的网络节点或 SDH 网络单元，当所选定的定时基准丢失后，SDH 设备应能自动地倒换至另一定时基准输入。如果选择的定时基准是 STM-N 信号，则只有当 STM-N 的可用保护倒换和其终端电路已不能恢复 STM-N 信号时才能倒换至另一定时基准输入。

当所有输入定时基准都丢失时需要即时维护。此时利用时钟的保持模式可以在一段有限的时间内维持足够的定时精度不致使业务受损。由于再生器不具有保持模式的时钟源，定时基准丢失会导致丢失来自网络单元的数据，此时发送告警指号信号（AIS）并进入自由运行模式。

4.3 SDH网络管理

4.3.1 管理能力和管理目标

1. 管理能力

SDH 在传输网及其支持结构的管理上是高度自动化的。从标准的观点来看，根据 ITU-T 建议 G.831，SDH 网的一般管理能力可以分三类：

- 1) 在不同网络运营者管理的网络之间其应具有自动配合能力，这些能力必须是标准化的；
- 2) 对于采用不同厂家产品组网而由一家网络运营者管理的网络其应具有简化操作能力，这些能力应该是标准化的；
- 3) 其能够使网络具有最佳运行的能力，在单个管理区域内可规定这些能力。

2. 管理目标

- 1) 其应能按请求自动建立顾主接入点间的 VC 通道，并允许这些通道跨过运营者边界（a 类）。
- 2) 其应能使这些通道保持很高的可用性，也能自动地恢复失效通道且保证服务质量（a 类）。
- 3) 其能对所分配通道的性能进行不中断业务连续监视，并能判断通道的服务质量（a/b 类）。
- 4) 其能对网络结构进行简单的包括故障设备识别和定位的远端维护（a/b 类）。
- 5) 其能收集和处理设备使用情况的信息数据，支持路由选择、计费和网络规划（a/b/c 类）。

6) 其能支持一系列辅助管理功能 (c 类)。

4.3.2 SDH 管理网

作为 TMN 子网的 SDH 管理网可由一系列的 SDH 管理子网 (SMS) 组成。一个 SDH 管理子网是以数据通信通路 (DCC) 为物理层的嵌入控制通路 (ECC) 互连的若干网元 (NE), 其中至少应有一个网元具有 Q 接口, 并可以通过此接口与上一级管理层互通, 这个能与上层互通的网元称为网关 (GNE)。

1. SMN、SMS 和 TMN 的关系

SMN、SMS 和 TMN 三者相互关系如图 4-6 和 4-7 所示。

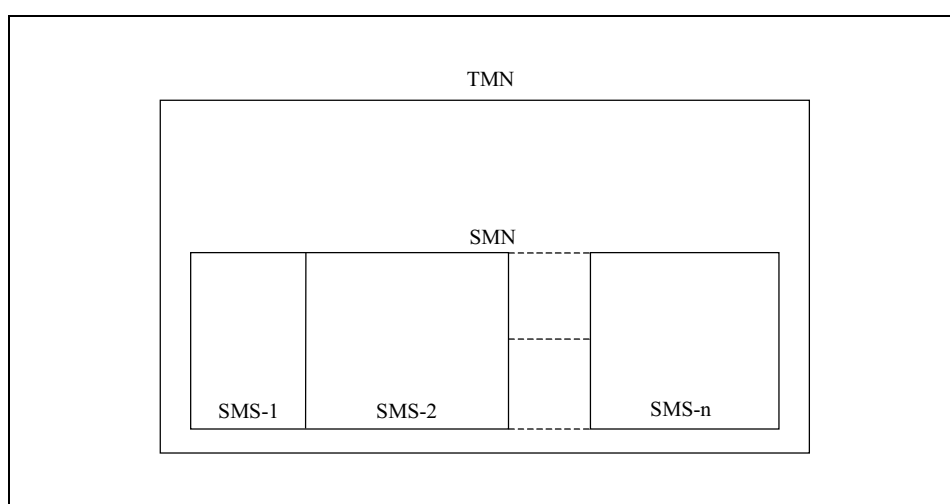


图 4-6 SMN、SMS 和 TMN 的关系

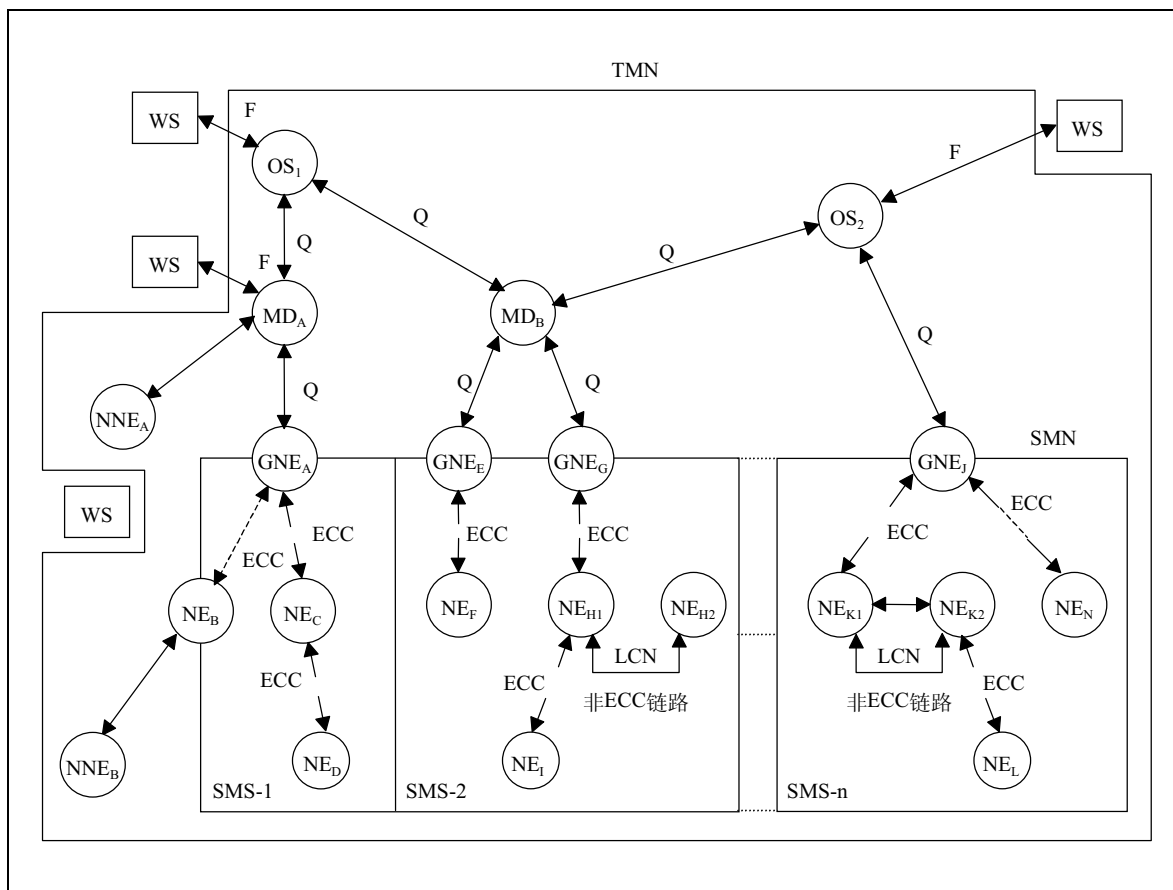


图 4-7 SMN、SMS 和 TMN 三者间关系示例

SMS 由一些以 ECC 连接的异地网元（如 GNE_G、NE_{H1} 和 NE_I 等）和以本地通信网（LCN）非 ECC 链路连接的同设备站内的网元（如 NE_{H1} 和 NE_{H2}）组成。一个 SMS 内至少应有一个也可能有多个网关（如 GNE_E、GNE_G）。

SMS 内的网元还可通过 F 接口与工作站（WS）相连，也可通过适当的接口与非 SDH 网络元（NNE）相连。

2. SDH 管理网的组织模型

SDH 管理网应用多层分布式管理进程，管理网组织模型如图 4-8 所示，其最低层是提供传送服务的 SDH 网络单元（SNE），图中展现了不同 TMN 结构件内管理者（M）、代理（A）和管理目标（MO）间的关系。

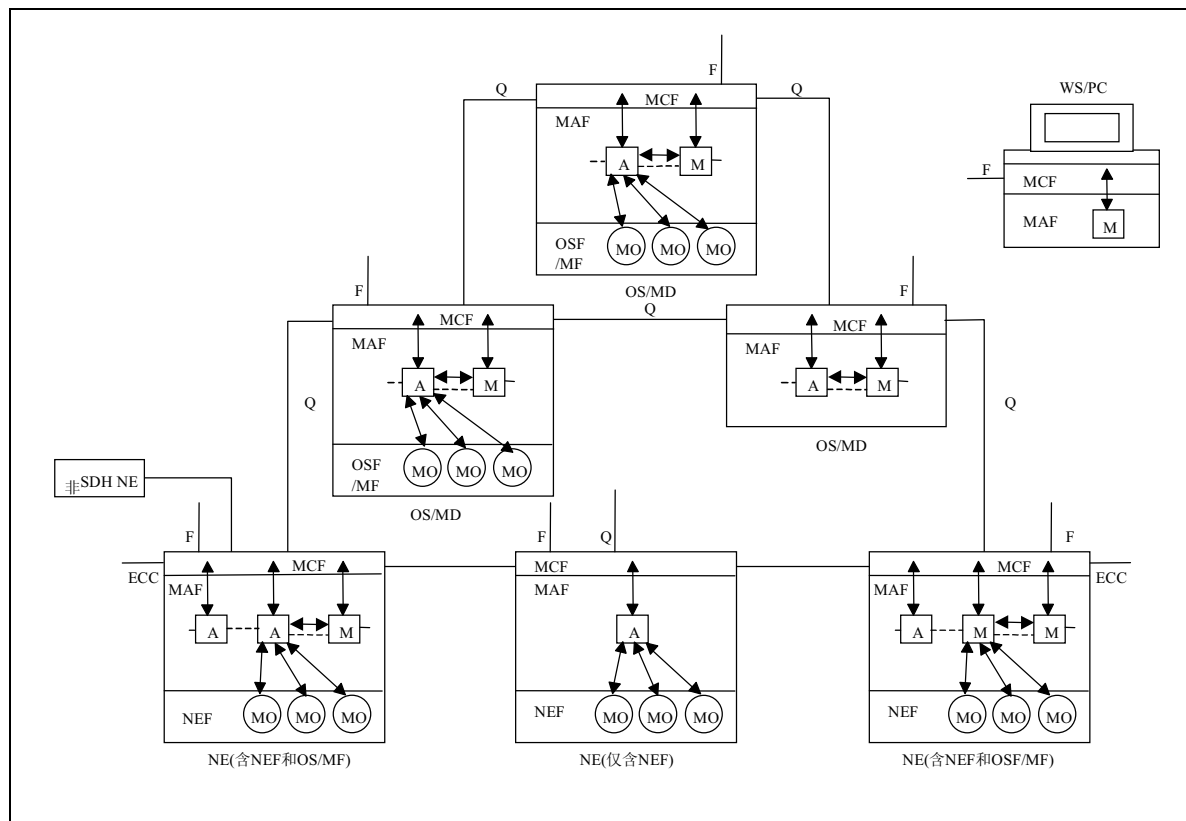


图 4-8 管理网组织模型

图 4-8 中所显示的多层组织模型中，每一层都提供一预先确定的网络管理能力。NE 内的 MAF 与同层的 NE 和 OS/MD 进行通信并提供管理支持，整个通信过程都是经由每一实体内的 MCF 提供的。该组织模型内的每一层还能提供附加的管理功能，但其消息结构应保持不变。SDH NE 内的管理者还可以对来自所管理的 NE 由于共同失效原因（如光纤切断）产生的告警进行抑制，并用一个新的告警消息代之，直接送给 OS/MD 并指明问题的出处。当然，新的告警消息的格式应与其他告警消息一致。而且，消息格式也不随其传送等级的提高而改变。

4.3.3 SDH 信息模型

SDH 信息模型是针对 SDH 特有的物理和逻辑资源而制订的信息模型，可以看作是一般网络信息模型的子集。

建立和评价 SDH 信息模型的基本准则是：

1. 其能够对各种传送参考配置进行满意的管理；

2. 当不同设备厂家提供各自的参考配置时，不同厂家产品之间的通信应该是明确无误的；
3. 当参考配置跨越一个以上的不同网络运营者边界时，不同网络运营者之间的通信也应该是明确无误的；
4. 其能够将信息模型唯一地映射成 G.782 和 G.783 中的功能参考模型；
5. 其能够在具有许多网络单元并跨越多个网络运营边界的庞大网络范围内管理参考配置；
6. 具有扩展信息模型的可控机制。

根据这些准则，可以按网元的观点、网络的观点或其他观点来建立信息模型。

4.3.4 管理接口

为了适应网络管理的现实要求，又能逐步向采用开放系统互连（OSI）概念和分层管理的专用电信管理网（TMN）过渡，在网络单元中除按常规设 Q_3 和 F 接口外，还可选设 f 接口和过渡性接口 Q_x 。

1. Q_3 接口

Q_3 是与 TMN 连接的具备 OSI 全部七层功能的接口，接口特性符合 M.3010 的要求，通信协议采用 G.773 建议的 B2 和 B3 协议栈。

2. F 接口

F 接口是工作站（WS）或局域工作终端连接的接口，接口特性应符合 V.10/V.11 或 V.28/V.24 的要求，通信协议采用 G.733 建议的 A2 协议栈。

F 接口还可把远端工作站经数据通信网（DCN）连至操作系统（OS）或协调装置（MD）。

工作站或局域工作终端是管理一个局部区域内的 SDH 网络单元（SDH NE）或一个 SDH 管理子网（SMS）的设备，能向维护人员提供各种维护操作工具，帮助维护人员寻找故障和对系统配置进行测试。

3. 过渡性接口 Qx

它作为一种向 Q₃ 过渡的过渡性接口，通常只含 OSI 参考模型的下三层功能，采用 G.773 建议的 A2 协议栈。有 Q₃ 接口的网络单元不设过渡性接口 Qx。

4. f 接口

f 接口是手持终端连接的物理接口。

4.3.5 管理功能

ITU-T 建议 G.784 规定了为支持不同厂家的设备间或不同网络营运者间的通信以及在同一个 SDH 管理子网 (SMS) 内或跨网络接口的不同网元 (NE) 间的单端维护能力和 SMS 所需的一套最起码的管理功能。SDH 管理功能包括一般性管理功能及故障管理、性能管理、配置管理、安全管理和计费管理等功能。

1. 一般性管理功能

1) 网元管理系统的用户界面 (显示) 的要求

- a) 其能客观地、实时地显示所管辖的 SDH 网的网络拓扑结构，并能反映出实际的站与站之间以及设备之间的物理连接关系和实际工作状态。地名应用中文显示。界面菜单 (至少应在第一、二级菜单中) 用中/英文显示 (由用户选择)，并要求在两种语言间能随时相互切换。对于省极、省内干线工程还应有中文地图显示作配合。
- b) 其能客观而形象地反映出各站点的 SDH 网元机架或子架内的各单板之间的位置关系和实际工作状态。单板、子架或机架的命名要充分反映出其实际的物理含义，即它所属的速率等级、设备类型 (终端复用器、分插复用器、再生器、数字交叉连接设备等)，单板要指明单板的类型 (英文缩写的含义应在用户界面或用户说明书中有明确定义)。
- c) 其在用户界面中应通过菜单方式或拖放方式或其它直观易用的方式体现出故障 (维护) 管理、性能管理、配置管理、安全管理和计费管理等功能的各个方面。

d) 其能进行告警标志颜色的选择。电信总局规定五级告警颜色为：红色—紧急告警；橙色—主要告警；黄色—次要告警；紫色—提示告警；绿色—正常。该功能应能完成上述五种告警标志颜色的选择。

2) 对于嵌入控制通路（ECC）管理的一般要求

这种要求主要包括：

- a) 获取网络参数，如分组尺寸、超时、服务质量、窗口尺寸等；
- b) 建立 DCC 节点之间的路由；
- c) 管理网络地址；
- d) 获取节点的 DCC 工作状态；
- e) 允许或禁止接入 DCC。

3) 时间标记

需用时间标记的事件和性能报告应标以分辨率为 1 秒（s）的时间标记，时间应以 NE 所在地的本地实时时钟指示。

2. 故障管理

故障管理是指能够对不正常的网络运行状况或环境条件进行检测、隔离和校正的一系列功能。

1) 对故障源的持续性校对规则

从故障出现到正式入册之前，在网元的设备管理功能应能进行故障源持续性校对。若持续时间在 2~3 秒以上就定为正式的传输故障；如果连续 10 秒（准确地说是 9.5~10.5）该故障不出现了，则定为故障消除或消失。

2) 告警监视

告警监视是对网络中出现的有关事件/条件进行检测和报告。告警是当设备有故障时 NE 自动产生的指示。网元管理系统应能够确定哪些事件/条件要产生自动（告警）报告，哪些事件/条件则根据其请求才能报告。网元管理系统应提供的告警监视和控制功能有：

- a) 告警（通过界面显示）的自动报告；

- b) 要求各 NE 报告所有告警信息;
- c) 允许/禁止告警的自动报告;
- d) 报告“允许/禁止告警请求状态”;
- e) 允许/禁止 AIS、RDI 和 ODI 告警 (可选);
- f) 告警屏蔽功能

该功能可屏蔽即时告警, 也可屏蔽非即时告警。该功能可屏蔽部分即时告警, 也可屏蔽部分非即时告警。此功能在 SDH 工程开通、调测、维护或遇到意外事故需要修复时使用。超级用户或较高级别的用户可使用允许或禁止“告警屏蔽功能”;

- g) 告警过滤功能

该功能用于过滤掉重复的和冗余的即时告警和非即时告警。

- h) 告警优先级设定功能

该功能能设定各类即时告警的优先级。

- i) 消除告警功能

该功能可消除某一段时间内的所有即时告警或非即时告警。只有超级用户或较高的用户方可进行此项工作。

- j) 告警确认功能 (可选)

超级用户或较高级别的用户可决定是否使用此项功能。

- k) 告警相关性分析功能 (可选)

当同一故障发生而引发多种告警时, 网管系统应能确定哪一种是最重要的告警, 并进行必要的记录, 丢掉不必要的从属告警。

3) 故障定位

通过网管系统的告警监视功能和界面显示, 能把故障准确地定位在某一站某一子架的某一单板上, 或定位到某一 NE 的某个功能块上。对于“光缆断”这类重大事故, 其能把断点定位到某站与某站之间 (包括方向)。

4) 告警日志管理

告警日志管理的主要对象是告警记录。告警信息的所有数据都储存在 SDH NE 的寄存器中，这些记录可在需要时读取，也可定时读取。网管系统应能够设置寄存器的操作方式，如寄存器装满后是停止还是覆盖最早的记录，或是在任意时间刷新或停止记录。对于网元管理系统，其告警日志的管理包括：

- a) 告警记录的浏览和打印；
- b) 查询并打印出某一告警、某一类告警或所有的告警记录；
- c) 按时间范围检索并打印出某一告警、某一类告警或所有的告警记录；
- d) 按时间范围检索并打印出某一个 NE 或某一个站的告警记录；
- e) 按时间范围检索并打印出所管辖的某一个段（MS 或 RS）或某一个系统的告警记录（可选）；
- f) 按各个单板、各个 NE 或站、各个段（MS 或 RS）或某个系统、或对整个管辖范围的 NE 生成故障管理的季度报表（包括月报表）（可选）。

5) 测试

测试包括测试接入、诊断和环回。测试用的信源和仪表可以通过光接口、SDH 信号电接口和低速支路数字电接口接入 SDH 网络的网元（SNE）。

3. 性能管理

性能管理包括利用 SDH 结构有关的性能采集误码性能、缺陷和各监视项目的的数据，对 15 分钟和 24 小时性能监视的历史数据进行寄存和记录，进行门限设置和门限通知，完成性能数据分析和性能数据突破门限事件报告，对不可用时间的起止记录和其间的性能监视等。性能管理还包括对性能事件的处理、性能数据收集和日志处理。

1) 性能数据收集

a) 用于维护目的的性能数据收集

为了评估传输系统的近期性能必须要有性能历史数据。利用这些性能历史数据可以进行故障的区段定位并发现误码源的位置。这类性能数据收集以 15 分钟和 24 小时为固定时间进行事件计数，在不可用时间内停止计数。

15 分钟和 24 小时期限是网络维护的需要，前者可以每隔 15 分钟就采集一次性能事件数据，迅速检测出潜在的故障，主要用于判断不可用性能。后者积累了较多的数据，可用于投入服务或劣化性能的评估。

b) 用于传输性能评估的数据收集

这些数据收集只进行 24 小时为周期的性能计数。而且在不可用时间内也应停止计数。

2) 不可用秒时间内的性能数据收集

不可用时间以 10 个连续的严重误码秒 (SES) 事件的开始为起点，这 10 秒钟也是不可用时间的一部分。在不可用时间内，应停止 ES、SES 和 BBE 的事件计数。

- a) 对于维护目的的性能数据收集而言，当确定某个传输方向不可用，就停止该方向的计数。
- b) 对于误码性能评估的数据收集而言，当双向通路发生不可用时将停止两个方向的计数。

3) 不可用秒 (UAS) 时间内可用数据的收集

在不可用秒 (UAS) 发生时，NE 应以时戳的方式储存这个时间段的起点和结束点。而且 NE 应能够容纳至少 6 个这样的时间段。提供不可用秒 (UAS) 的计数是可选的。在 UAS 的每一秒都是不可用秒。在 15 分钟和 24 小时计数器中都要计 UAS。

在以维护目的的性能数据收集过程中，每一方向都有 UAS 计数器。而在误码性能评估的数据收集过程中，在两个方向上只用一个 UAS 计数器。

4) 性能监视日志

性能日志的数据对于评估传输系统近期的性能是必须的。这些信息可用于分段查找故障和确定瞬间的误码源。以事件计数形式存放的日志数据可储存在 NE 和 MD 的寄存器中，所有的日志寄存器必须打上时戳 (包括日期)。

5) 门限的使用

SDH 需要设置两类门限，一类称为“门限设置”，一类称为“门限突破报告”。

a) 门限设置可通过网元管理系统设定；

b) 门限突破报告

在 15 分钟和 24 小时周期内，对于给定的性能事件，只要一达到或超过门限值，应产生门限突破报告（TR）。对于给定的性能事件，当第一次达到或超过门限值时，应产生门限突破报告。一旦达到或超过门限值，性能数据可通过 NE 与网元管理系统的接口自动报告。

6) 性能数据报告

操作系统可以将存放在 NE 中的性能数据收集起来进行分析。根据需要，性能数据可经 OS/NE 接口报告。

a) 网元管理系统对性能数据的访问

只要网元管理系统请求，通过它与 EN 的接口，NE 上的性能数据应是可报告的。

b) 性能数据的定期报告

数据的收集可定期执行以支持趋势分析，预测可能发生的失效条件或劣化条件。只要网元管理系统设定，性能数据应可以定期报告。

7) 额外的监视事件

另外有一些 SDH 性能事件（如 OFS、PSC、PSD、AU、PJE、CSES、ESA、ESB 和 FC）的计数也是有用的。

8) 网元管理系统的性能事件屏蔽功能

运用网元管理系统的此项功能，可以屏蔽单个、几个或全部性能事件。超级用户或较高级别的用户可以允许或禁止“性能事件屏蔽功能”。此功能在 SDH 工程开通、调测、维护或遇到意外事故需要修复时使用。

9) 性能事件的优先级设定功能

通过网元管理系统应可设定各类性能事件报告的优先等级。

10) 清除性能记录的功能

清除某一时间界限以前的所有性能数据或清除调试、维护或工程开通时出现的性能事件数据。只有超级用户或较高级别的用户可进行此工作。

11) 网元管理系统对性能监测日志管理

网元管理系统应支持最基本的性能监测日志管理工作，它主要包括：

- a) 性能事件浏览和打印；
- b) 查询并打印出某一性能事件和所有性能事件的数据记录；
- c) 进行可用时间的统计；
- d) 按时间范围检索并打印出某一性能事件和所有性能事件的数据记录；
- e) 按时间范围检索并打印出某一 NE 或某一站的性能数据记录；
- f) 按时间范围检索并打印出所管辖的某段（MS 或 RS）或某系统的性能数据记录（可选）；
- g) 按各个单盘、各个 NE 或站、各个段（MS 或 RS）或某个系统对整个管辖范围内的 NE 的性能管理数据的季度报告（包括月报）（可选）；
- h) 评估管辖范围内的各个 NE 的传输性能（可选）。

4. 配置管理

配置管理主要实施对网络单元的控制、识别和数据交换，基本功能包括指配功能、状态和控制功能等。

1) 指配（Provisioning）

把设备或系统投入使用所必须的各个步骤（不包括安装）组成了指配功能。它可控制单元实体的状态：使用、退出使用、备用、保留。

对 NE 及其网络的配置要求如下：

- a) NE 类型(分为复用器、再生器和数字交叉连接设备等几类)的指配
- b) NE 端口和通道类型的指配
- c) 对通道标记（高阶通道标记和低阶通道标记）的指配（可选）
- d) 对交叉连接实体的指配

- e) 对 NE 中各功能的指配
- f) 对 NE 同步定时设施的指配
- g) 对保护倒换功能的指配
- h) 对 NE 上实时时钟的管理

2) 状态和控制

a) 保护倒换的状态和控制

当工程应用采用了保护倒换策略，如复用段线路保护、复用段共享保护环、复用段专用保护环、通道保护及子网连接保护时，对应的网元管理系统应具有以下功能：

- 启动/释放保护锁定功能
- 启动/释放强制保护倒换
- 启动/释放人工保护倒换
- 设置自动保护倒换（APS）参数

这主要是针对复用段保护而言，如设置保护复原时间等。

b) 设备调试状态的监视

当使用便携（PC）机或专用手持终端在 NE 的调试口（如 RS-232）上直接进行本地维护调试时，要求具有下述功能：

- 通过网元管理系统可设置此调试口的允许接入/禁止接入；
- 在便携（PC）机或专用手持终端接入 NE 后，网管系统应有状态指示（用浅蓝色）和记录。

c) 设备当前配置资源的报告（可选）

如果网元管理系统做出请求，NE 应报告当前配置，报告的内容至少包括：

- NE 类型
- 端口配置、通道类型、通道净荷类型和连接矩阵（如果有的话）
- 同步时钟工作模式、时钟源列表及优先级顺序

- 应提供保护倒换类型和命令的有关参数（如果配有保护倒换的话）
 - 支路口时隙（可选）
 - 属性和状态改变的记录
 - 硬件版本、软件版本、协议栈及版本、版本修改记录、网络地址、配置实体标识符以及时间（年、月、日、时、分和秒）
- 3) 安装功能（可选）

通过网元管理系统实现各个 NE 的远程维护和软件下载。主要完成：

- a) NE 软件版本升级，远程下载；
- b) 修改 NE 的非易失内存中的配置数据。
- 4) 配置数据的管理

网元管理系统应支持最基本的配置管理，它主要包括：

- a) 配置数据、属性和状态改变的记录

这包括所改变的配置内容、时间、权限和用户等信息。要求网元管理系统中继续保留原配置数据的备份。

- b) 对象的产生和删除记录（可选）

- c) 配置数据的合法性检查

当通过网元管理系统下达改变网络和设备配置的指令时，应检查被管设备是否可提供此类配置，提供此类配置是否与其他相关的配置相冲突、是否具有足够的权限等。如有错误应立即报告。

- d) 配置数据的一致性检查，这主要是检查网元管理系统上的配置与设备的实际配置是否一致。

- e) 配置数据的浏览、查询、检索和打印（可选功能）

- f) 端口和通道使用情况的季度和年度汇总（可选）

5. 安全管理

网元管理系统在安全管理方面至少具有以下功能：

- 1) 网元管理系统具有用户名、权限级别和口令的设定功能。高级用户可以创建和删除下一级的用户，可设定下一级用户的读写权限、访问项目和进行合法性检查。
- 2) 网元管理系统（如超级用户）可以允许/禁止 NE 上调试口的接入，修改接入调试口的用户名和口令。

6. 与计费管理有关的功能

如果应用需要，网元管理系统应向上层提供 MS、RS、HOVC 和 LOVC 等有关各项目的使用时间、传输距离、传输性能和服务质量等基础数据以供计费结算使用。

第五章 SBS 系列 SDH 光传输设备

传输网络是一种层次性的结构。网络结构的发展趋势是网络层数减少，形成统一的长途干线网和本地中继传输网。不同层次网络的建设目标对设备功能的要求不尽相同。SBS 系列 SDH 光传输设备提供从小容量的本地接入网络、中继网络到大容量的骨干网络的整套解决方案，如图 5-1 所示。

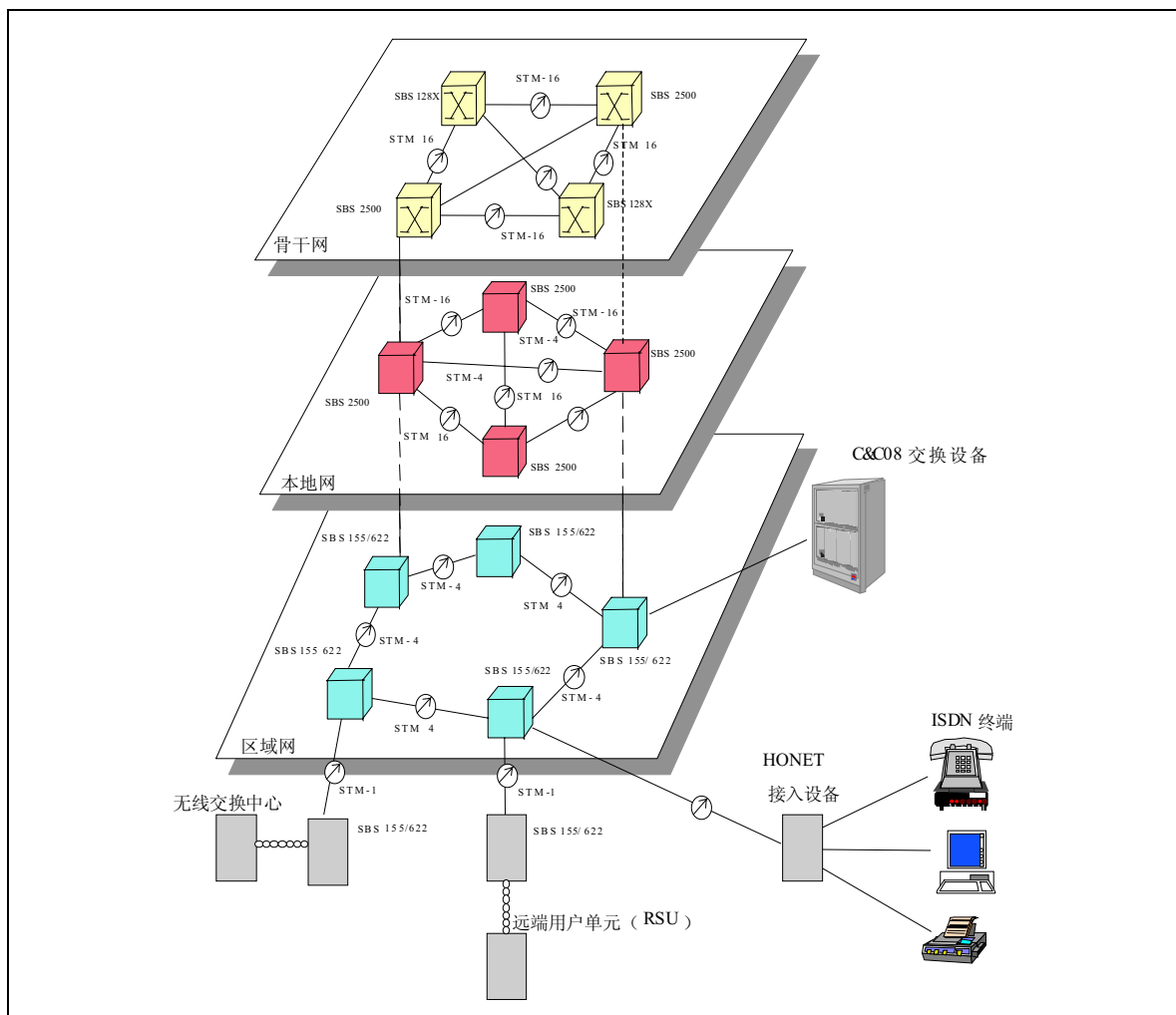


图 5-1 SBS 光传输设备的应用

此外，在 SDH 的设计方案中注意组网的灵活性和安全性的同时，还需顾及网络业务发展的需求，在网络投资的经济性和未来发展的适应性上要综合考虑。SBS 系列的 SDH 光传输设备可

满足网络建设的各阶段需求。基于系统需求和芯片开发的设计思路，按高等级速率的设备兼容低等级速率设备、低等级速率的设备具备向高等级速率设备升级能力进行开发，每一等级设备都按照 DXC（数字交叉连接）应用能力来确定系统的功能，通过底层芯片开发确保系统功能的实现。SBS 系列产品见表 5-1。

表 5-1 SBS 系列产品

产品名称	说 明
SBS155H	该设备是集成型STM-1设备，可用于网络末端，其体积小、性能价格比高。
SBS155/622	这是标准型STM-1、STM-4兼容设备，可广泛用于本地网和区域网的建设。
SBS2500	这是STM-4、STM-16兼容设备，可用于干线网、本地网。
SBS 128X	该设备是数字交叉连接设备，可用于大型骨干网、电信枢纽等大型应用场合。
SBS W32	该设备是DWDM设备，按80Gb/s电路容量设计，可兼容40Gb/s、20Gb/s、10Gb/s的设备，应用于国家、省干线网等场合
SBS MN	SBS系列产品网络管理系统，可对上述设备进行统一管理

5.1 功能结构

在功能结构上，SBS 系列 SDH 光传输设备由线路单元、支路单元、交叉单元、时钟单元、主控单元和开销处理单元构成，如图 5-2 所示。

- 线路单元（LU）

其提供 SDH 物理接口、再生段和复用段终接、高阶和低阶通道开销处理、指针处理等功能。

- 支路单元（TU）

其主要完成映射和解映射 PDH 支路和上下 155Mbit/s 支路的功能。系统能配置各种各样的接口，这包括 2Mbit/s、34Mbit/s、140Mbit/s、155Mbit/s 电接口和 155Mbit/s、622Mbit/s 光接口。

- 主控单元（SCC）

其提供网元控制、DCC 通信、Q₃ 接口。

- 时钟单元（STG）

其提供/获取系统所需的时钟。

- 开销处理单元 (OHP)

其提供维护公务电话和数据接口通道等功能，其中交叉单元中的交叉连接矩阵实现线路和线路、线路和支路、支路和支路间业务的交叉连接。

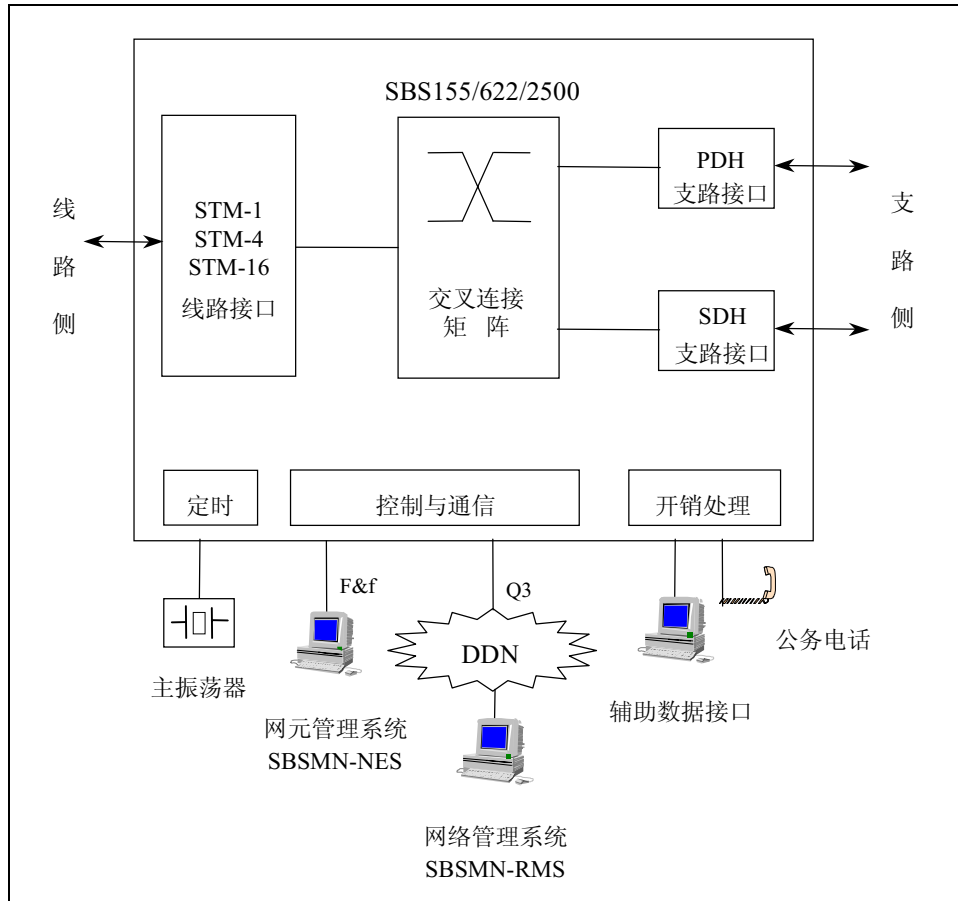


图 5-2 SBS 光传输系统的功能结构

5.2 物理结构

5.2.1 SBS155/622

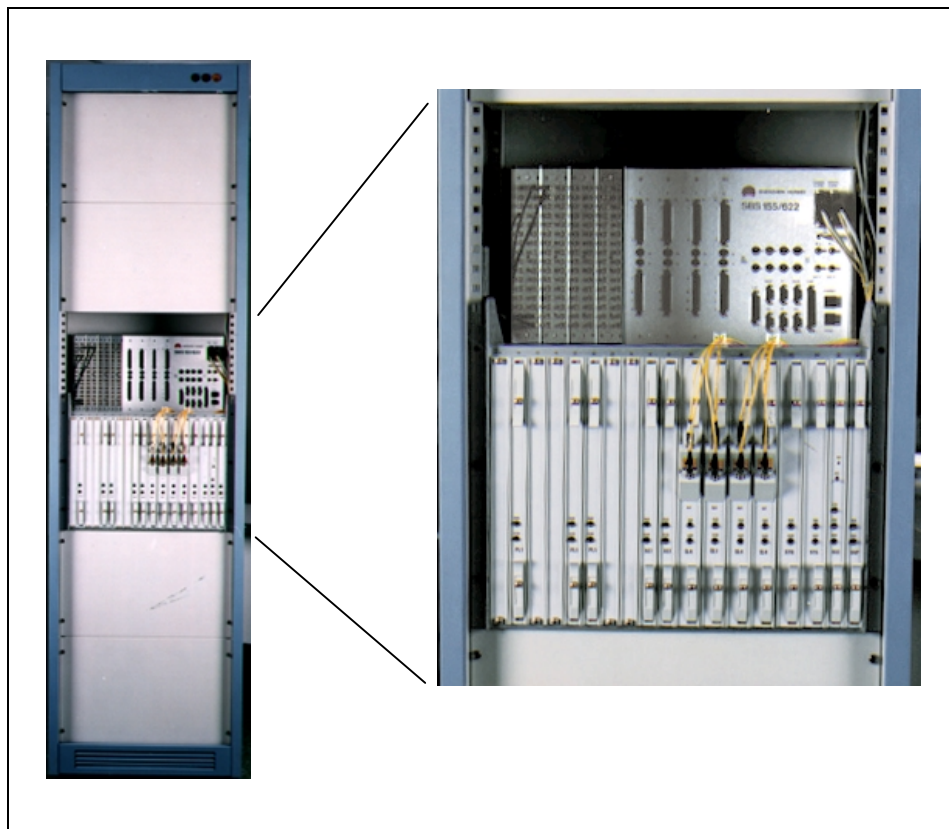


图 5-3 SBS155/622 光传输设备

SBS155/622 SDH 光传输设备由机架、子架和单板组成。

机架用于承载子架。机架采用 ETSI 标准机柜，有 2200（高）×600（宽）×300（深）和 2600（高）×600（宽）×300（深）两种。装载 SBS155/622 子架和单板的机柜如图 5-3 所示。一个机架最多可承载 2-3 个子架。

子架用于插装单板，按配置不同，所插单板的种类和数目可以不同。SBS155/622 的子架有两种，标准型子架和增强型子架，分别如图 5-4 和图 5-5 所示。

子架由接口区和插板区两部分构成，增强型子架和标准型子架的插板区基本相同，但接口区结构不同。

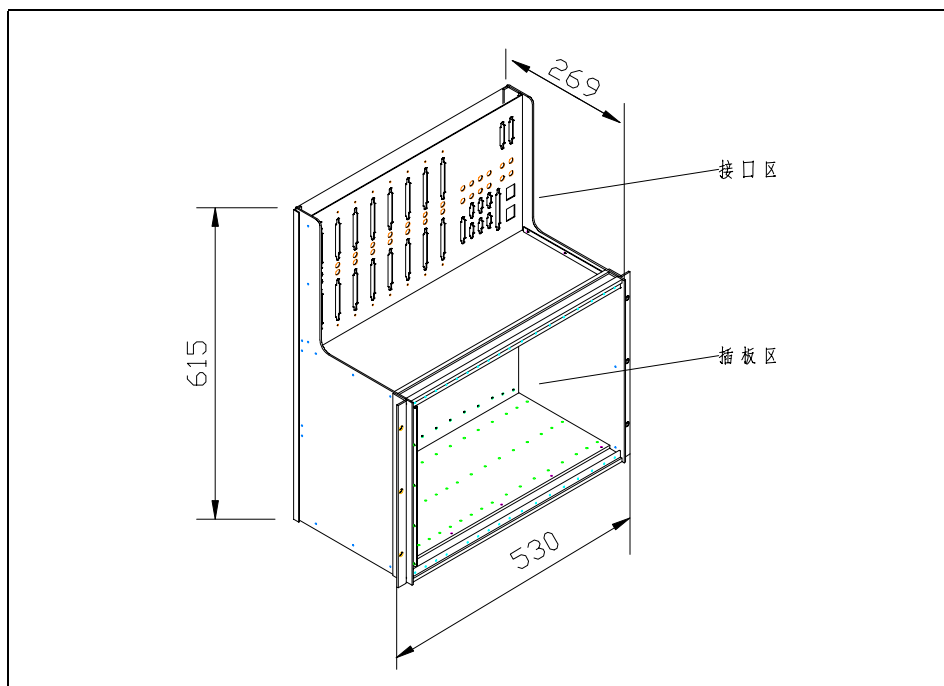


图 5-4 SBS155/622 子架

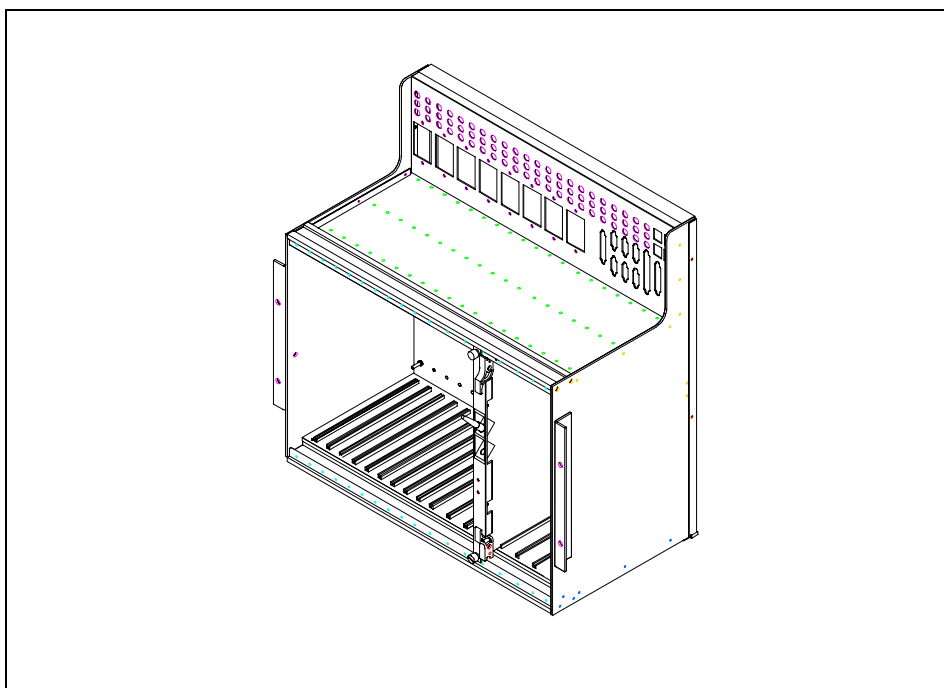


图 5-5 增强型 SBS155/622 子架

接口区提供除光接口以外的所有接口，包括 PDH 接口、155Mbit/s 电接口、电源接口、时钟接口、公务电话接口、网管接口和一系列数据接口。增强型

子架和标准型子架的接口区别分别如图 5-6 和图 5-7 所示。

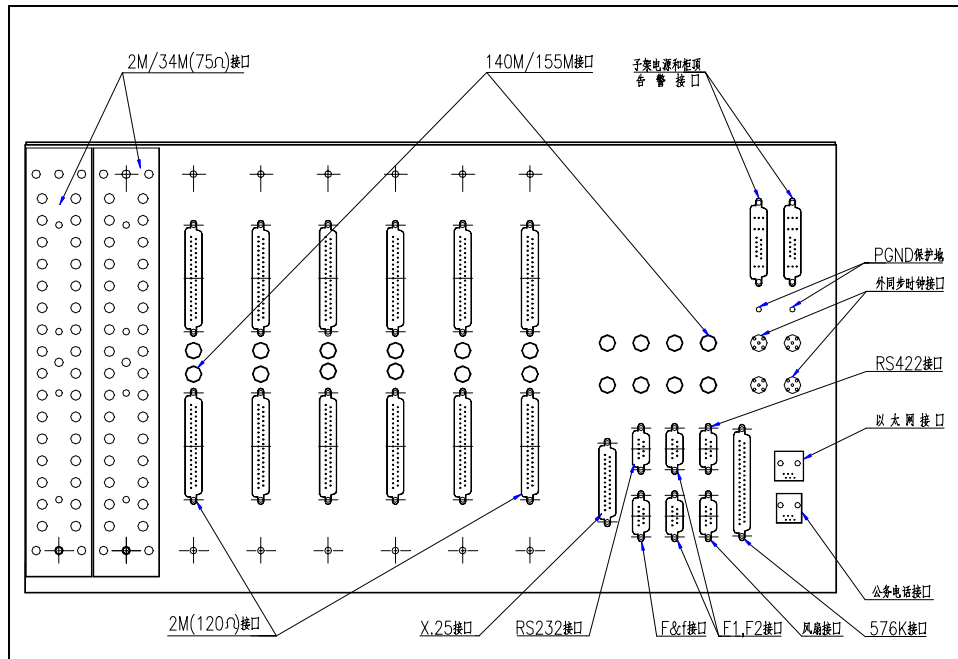


图 5-6 SBS155/622 子架接口区

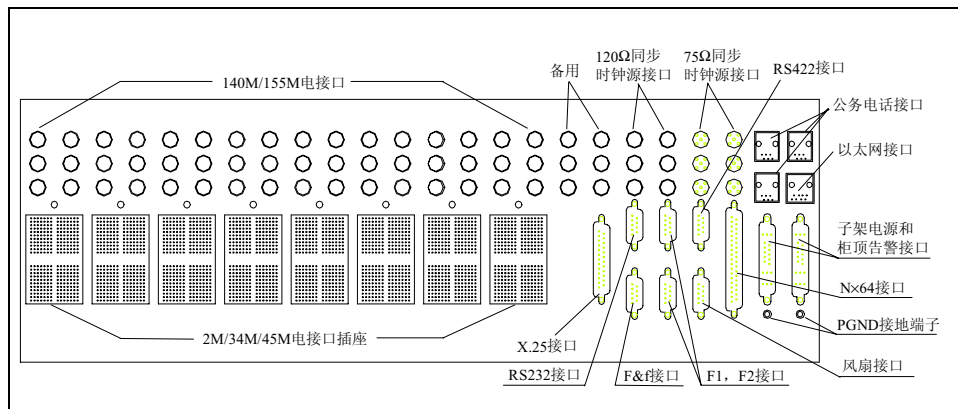


图 5-7 SBS155/622 增强型子架接口区

标准型和增强型子架有基本相同的插板区，共有 18 个板位，如图 5-8 所示。各板位可插单板见表 5-2。



图 5-8 SBS155/622 子架板位图

表 5-2 SBS155/622 单板配置表

板位	电路板名称	功能简述	155M系统选用	622M系统选用
支路	2M支路板PL1	提供16个2048kbit/s电接口	√	√
	2M支路板PD1	提供32个2048kbit/s电接口		√
	34M/45M支路板PL3	提供3个34368kbit/s或44736kbit/s电接口	√	√
	140M支路板PL4	提供1个139264kbit/s电接口	√	√
	155M电接口板SLE	提供1个155520kbit/s同步电接口	√	√
	155M双电接口板SE2	提供2个155520kbit/s同步电接口		√
	音频数据板TDA	提供多路64kbit/s音频、数据接口	√	√
交叉	155M交叉板XC1	实现STM-1系统的交叉连接	√	√
	622M交叉板XC4	实现STM-1和STM-4系统的交叉连接	√	√
	通用交叉板GTC	实现STM-1和STM-4的交叉连接（容量较XC4大）	√	√
线路	155M光接口板SL1	提供1对155520kbit/s同步线路光接口	√	√
	155M双路光接口板SL2	提供2对155520kbit/s同步线路光接口		√
	622M光接口板SL4	提供1对622080kbit/s同步线路光接口		√
时钟	时钟板STG	为系统提供定时源和同步设备定时物理接口	√	√
主控	主控板SCC	完成对同步设备的管理及通信，并提供与网管系统的接口	√	√
开销	开销板OHP	完成公务电话、开销字节和其它数据字节的处理	√	√

在支路板位上只能插各种支路板；在线路板位上只能插各类线路板，依次类

推。随系统级别（STM-1 或 STM-4）不同，可选用的单板类型稍有不同，见表 5-2。此外，随具体配置不同，在某些板位可不插任何单板。

按配置单板的不同，可以将系统配置成 155Mbit/s（STM-1）系统或 622Mbit/s（STM-1）系统。对于 155Mbit/s 系统可在线升级成 622Mbit/s 系统。

满配置时（即所有板位都插满单板时），标准型子架可直接上下 128 个 2Mbit/s，增强型子架可直接上下 252 个 2Mbit/s。

5.2.2 SBS2500

SBS2500 SDH 光传输设备的构成与 SBS155/622 相同，也由机架、子架和单板组成，如图 5-9 所示。机架也有 2.2 米和 2.6 米高两种，但 SBS2500 的子架与 SBS155/622 子架不同，其子架分为上部的接线区，下部的低速框插板区和高速框插板区，如图 5-10 所示。SBS2500 子架的接口区与增强型 SBS155/622 子架的接口区相同。



图 5-9 SBS2500 光传输设备

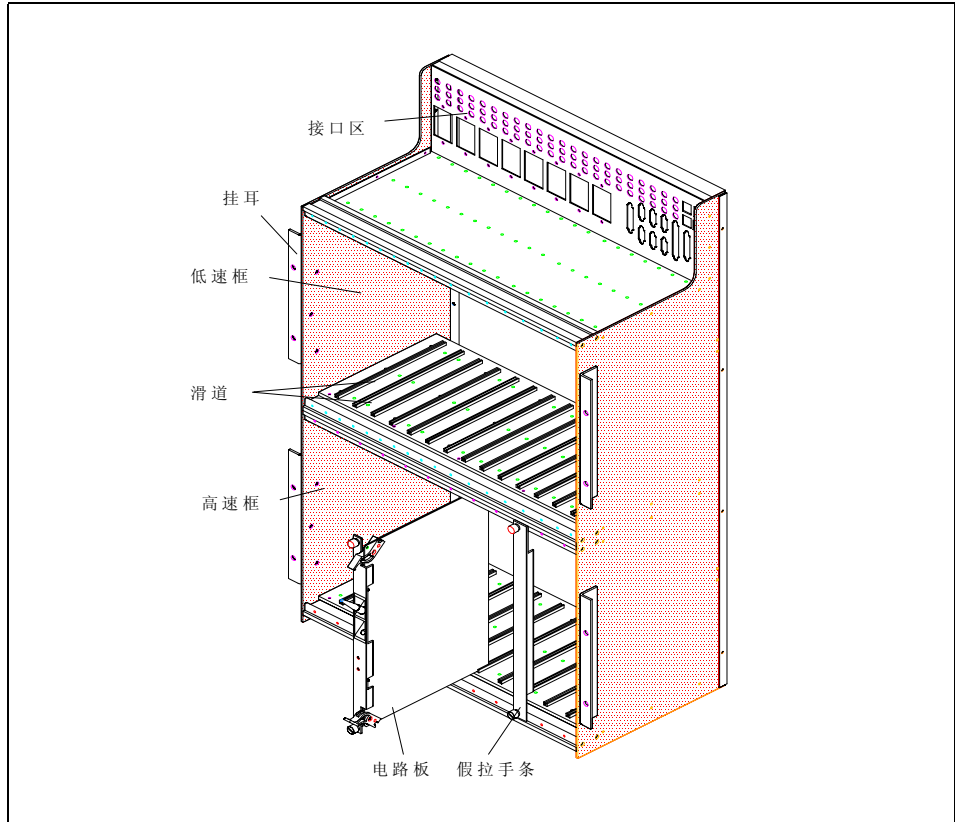


图 5-10 SBS2500 SDH 光传输系统子架

接口区														
T	T	T	T	T	T	R	T	T	T	T	S	S	S	O
U	U	U	U	X	X	S	U	U	U	U	T	T	C	H
1	2	3	4	C	C	V	5	6	7	8	G	G	C	P
				1	2						1	2		
L	L	A	X	X	A	L	L	P	P	P	PWS			
U	U	S	1	1	S	U	U	W	W	W	/			
1	2	P	6	6	P	3	4	S	S	S	OFA			
		1	1	2	2			1	2	3				

TU: 支路板位 TXC、X16: 交叉板位 PWS: 电源板位
 LU、ASP: 线路板位 STG: 时钟板位 OHP: 开销板位
 RSV: 保留板位 SCC: 主控板位 OFA: 光纤放大器板位

图 5-11 SBS2500 子架板位图

SBS2500 子架插板区的低速框和高速框分别有 15 和 12 个板位，如图 5-11 所示。按系统级别和配置不同，可在相应板位选用的单板如表 5-3 所列。

表 5-3 SBS2500 子架电路配置表

板位	电路板名称	功能简述	622M系统选用	2.5G系统选用	
支路	2M支路板PL1	提供16个2048kbit/s电接口	√	√	
	2M支路板PD1	提供32个2048kbit/s电接口	√	√	
	34M/45M支路板PL3	提供3个34368kbit/s或44736kbit/s电接口	√	√	
	140M支路板PL4	提供1个139264kbit/s电接口	√	√	
	140M双电接口板PD4	提供2个139264kbit/s电接口	√	√	
	155M电接口板SLE	提供1个155520kbit/s同步电接口	√	√	
	155M双电接口板SE2	提供2个155520kbit/s同步电接口	√	√	
	155M光接口板SL1	提供1个155520kbit/s同步光接口	√	√	
	155M双光接口板SL2	提供2个155520kbit/s同步光接口	√	√	
	622M光接口板SL4	提供1个622080kbit/s同步线路光接口		√	
交叉	TXC	低阶交叉板TXC	完成线路与支路间VC12信号的交换与调配	√	√
	X16	高阶交叉板X16	完成线路信号与支路信号间基于VC4的高阶交叉连接	√	√
线路	LU	2.5G光发送板T16	提供1个2488320kbit/s同步线路发送光接口		√
		2.5G光接收板R16	提供1个2488320kbit/s同步线路接收光接口		√
	ASP	2.5G信号处理板ASP	完成开销处理并提供与T16, R16和X16的接口		√
		622M光接口板SL4	提供1个622080kbit/s同步线路光接口	√	
时钟	时钟板STG	为系统提供定时源和同步设备定时物理接口	√	√	
主控	主控板SCC	完成对同步设备的管理及通信，并提供与网管系统的接口	√	√	
开销	开销板OHP	完成公务电话、开销字节和其它数据字节的处理	√	√	
电源	电源板PWS	为R16, T16, ASP, X16, TXC板提供电源	√	√	
光放大OFA	双路功放板BA2	用于发送端光功率放大，增加传输距离	√	√	
	前置放大器板BPA	用于接收端光功率放大，增加传输距离	√	√	

插入不同的单板，可将系统配置成 622M（STM-4）或 2.5G（STM-16）系统。根据业务上下量的大小，SBS2500 系统还可用 SBS155/622 的子架作为其扩展子架，装在同一机柜中，增加业务上下数目。满配置时（不包含扩展子架）可直接上下 252 个 2M 业务。

5.2.3 SBS155H

SBS155H 是集成型 STM-1 SDH 设备，体积小，采用盒式机械结构，尺寸为 $400 \times 260 \times 70\text{mm}(\text{L} \times \text{W} \times \text{H})$ ，如图 5-12 所示，相当于一个普通 VCD 机的大小。

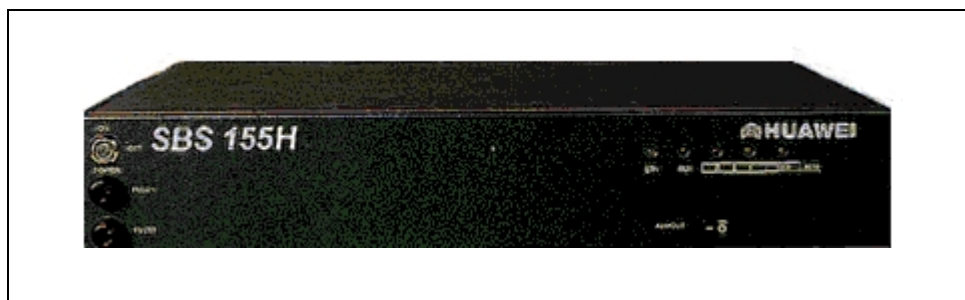


图 5-12 SBS155H 的盒式结构

SBS155H 安装非常灵活，适用于各种机房条件。它可以置于桌面上，或悬挂在墙上，也可以安装进 SBS 系列传输设备及 HONET 接入网设备的标准机架内。

SBS155H SDH 光传输设备的板位如图 5-13 所示。

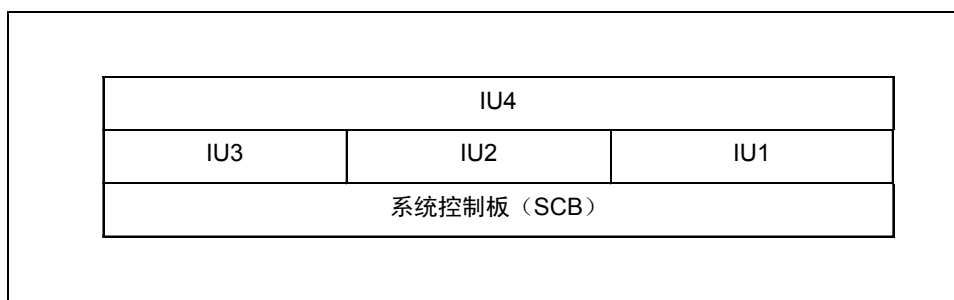


图 5-13 SBS155H 板位图

系统控制板 (SCB) 为必配单元，集成了定时单元、控制与通信单元、开销处理单元和交叉单元的功能。

IU 接口单元包括四个板位 (IU1~IU4)，可以模块方式接入不同的线路和支路

单元，如表 5-4 所示。

表 5-4 SBS155H 提供的插板

单 板 名	可接支路及线路级别及数量	可插 IU 板位
HP1/SP1-S支路单元	4×2Mbit/s	IU2 IU3
SP1-D支路单元	8×2Mbit/s	IU2 IU3
ST1支路单元	4×1544kbit/s	IU2 IU3
PD1-S支路单元	16×2Mbit/s	IU4
PD1-D支路单元	32×2Mbit/s	IU4
TDA多路音频数据接入板	12路模拟音频+4数据	IU4
OIB-S线路接口板	1×STM-1	IU1 IU2 IU3
OIB-D线路接口板	2×STM-1	IU1 IU2 IU3
SCB系统控制板		

IU1 板位可插光接口板 OIB；IU2、IU3 板位可插支路板 SP1-D、SP1-S、HP1 和光接口板 OIB 或 ST1；IU4 板位可插 PD1-S、PD1-D 或 TDA 板。

单机盒最多可引出 6 条 155Mbit/s 光路，最大可直接上下 48 个 2Mbit/s 业务，级联可在本地上下 63 个 2Mbit/s 业务；或最多可上下 8 个 1.5Mbit/s 业务及 12 路音频和 4 路数据信号，充分考虑了各种小容量的应用场合，并具有完备的系统性能。

第六章 SBS 系列 SDH 光传输设备的技术特性

SBS 系列 SDH 光传输系统完全遵循目前 ITU-T 关于 SDH 的相关建议和中国国家技术监督局、原邮电部的有关 SDH 的技术规范，并为将来 ITU-T 的新建议留有进一步改进的余地。在此基础上，SBS 系列光传输产品还形成了自己的特色。

6.1 强大的设备可扩展能力

强大的设备可扩展能力源自 SBS 系列光传输系统自上而下的设计构架和兼容的体系结构。SBS 系列产品基于由上向下的系统设计思想，从 128×128 矩阵，4/1、4/4 混合 DXC 所需的交叉能力、接口总线、组网能力出发，使得 STM-1，STM-4，STM-16 及 10Gbit/s、20Gbit/s、40Gbit/s、80Gbit/s DWDM 系统的资源可以共享。内置方式的掺铒光纤放大器（EDFA）应用于超长距离无中继光传输，其最长距离可达 640km。

作为 SBS 系列产品的成员之一，高度集成型 SDH 系统 SBS155H，使得网络建设者在末端业务接入方面可以利用新一代的传输体制，并同样具有组网灵活、业务扩展方便的特点。这也是 SBS 系列产品自上而下的整体设计思想的又一体现。

SBS 系列传输设备按 DXC 应用方式进行系统设计，融合了终端复用器（TM）、分插复用器（ADM）、再生中继器（REG）和同步数字交叉连接系统（SDXC）的功能，每一级设备都可以根据网络结构需求配置为相应设备类型。在网络业务有了新的发展以后，一个网元设备通过增加接口单板就可以实现从 TM 节点到 ADM 节点再到 DXC 节点的演变，保证在网络由链形向环形，环形向网孔形发展中的良好适应能力。

SBS 系列传输设备的线路接口单元采用兼容设计方式，各种速率线路接口单元板位互相兼容，配合各级设备完备的交叉功能，在网络业务需求发展到超过网络现有容量时，可以为用户提供网络容量的升级。如采用 SBS155/622 设备组成的 155Mbit/s 自愈网络可以不中断业务在线升级为 622Mbit/s 网络，采用 SBS2500 设备组成的 622Mbit/s 自愈网络可以不中断业务在线升级为

2.5Gbit/s 网络。当 2.5Gbit/s 的网络需要进一步扩大容量时，DWDM 系统 SBS W32 又为其提供了更为强大的手段。

SBS 产品支路业务接口总线全部按照独立的 VC4 总线设计，使得 SBS 产品的支路板位可以插入各种类型的业务接口板。提供的 2Mbit/s、34Mbit/s、45Mbit/s、140Mbit/s 和 155Mbit/s 支路可在任意槽位无限制地混装，避免了网络升级中需更换母板或子架的作法。

SBS 系列 SDH 光传输设备光接口、帧结构和开销字节的标准化保证了 SBS 系列设备与不同厂家设备的互通（横向兼容性），并为统一的网管系统提供了硬件支持。从 155Mbit/s 到 10Gbit/s，均有适应不同传输距离的光接口与之对应。

SBS 产品的这些设计思想和特性保证了网络在拓扑结构和网络容量上的可扩展性。

6.2 面向网络发展的交叉功能

交叉单元等同处理来自线路和支路侧的信号，实现线路和线路之间、线路和支路之间以及支路和支路之间的全级别业务交叉。SBS 系列 SDH 产品的交叉能力如表 6-1 所示。

表 6-1 系列产品交叉能力一览表

产品名称	交叉能力
SBS155H	容量：8×8等效VC-4 级别：VC-12、VC-3、VC-4
SBS155/622	容量：24×24等效VC-4 级别：VC-12、VC-3、VC-4
SBS2500	容量：高阶为64×64等效VC-4 低阶为16×16等效VC-4
SBS128X	容量：高阶为128×128等效VC-4 低阶为32×32等效VC-4

SBS 系列产品完善的全交叉连接矩阵和丰富的兼容接口单元，使得 SBS 系列产品具有很强的组网能力。目前 SBS155/622 在 24×24 VC4、VC3、VC12/VC11

以 1+1 备份交叉连接单元是 622Mbit/s 级别设备中最强大的交叉矩阵。SBS2500 提供的 64×64 4/4, 16×16 4/1 交叉连接矩阵, 也是该级别设备中的佼佼者。SBS128X 交叉容量为 128×128 等效 STM-1, 交叉连接矩阵为 4/3/1 方式, 可按 VC-12、VC-3 或 VC-4 级别进行各端口间的业务交叉连接。

SBS 系列设备具备极强的业务疏导和网络保护能力, 实现线路—线路、线路—支路、支路—支路之间的全交叉连接。业务可以进行 100% 的保护或非 100% 保护 (以扩大容量), 在共享环中还可以用保护通道传送额外业务。不但可以实现目前世界上较先进的网间支路互连 (Drop-Continue) 保护方式, 还可以用一个 ADM 作为网间直接跨接的节点, 实现更为完备的网间互连保护和大容量、多路径业务疏导。这些性能在较低交叉连接性能的设备上是难以实现的, 华为公司开发的 $0.35\mu\text{m}$ 交叉连接矩阵 ASIC 起了关键性作用。SBS 产品的完备交叉连接功能, 在通道保护环和共享环应用中都可以传送额外业务。

6.3 强大的业务接入能力

SBS 系列产品采用兼容的接口设计。

SBS155H 可直接接入 6 个 155Mbit/s 光接口和 48 个 2Mbit/s 电接口, 通过扩展级联可接入 63 个 2Mbit/s 电接口; 或提供 8 个 1.5Mbit/s 电接口及 12 路音频和 4 路数据信号。

SBS155/622 设备采用双系统设计, 业务接入种类繁多, 在线路侧可接入多至 16 个 155Mbit/s 或 4 个 622Mbit/s 光接口, 在支路侧可直接接入 252 个 2Mbit/s, 24 个 34Mbit/s, 24 个 45Mbit/s, 8 个 140Mbit/s 等 PDH 接口, 也可接入 8 个 155Mbit/s 光接口或电接口。以上接口可以任意混插。

SBS2500 设备针对线路双纤应用场合, 在线路侧兼容 155Mbit/s, 622Mbit/s 光接口和 2.5Gbit/s 光接口。在支路侧可直接接入 252 个 2Mbit/s、24 个 34Mbit/s、24 个 45Mbit/s、16 个 140Mbit/s 等 PDH 接口, 也可接入 32 个 155Mbit/s 光接口, 32 个 155Mbit/s 电接口, 或 8 个 622Mbit/s 光接口。

SBS128X 提供 12 个接口单元, 可以接入 2Mbit/s、34M/45Mbit/s、140Mbit/s、155Mbit/s 等电接口和 155Mbit/s、622Mbit/s、2.5Gbit/s 等光接口, 接口单元板位全兼容。单子架可直接接入 6 个 2.5Gbit/s 等光接口和 504 个 2Mbit/s 电

接口。

6.4 低抖动的输出接口

抖动是常见的一种传输损伤。在 SDH 传输体制中，由于引入了指针调整的机制，使得 SDH 传输的抖动在理论上远大于 PDH 的抖动，如何抑制抖动成为 SDH 设备研制中需要解决的一个问题。采用比特泄漏法，即通过一个缓存器，将较大的高频抖动分解成几个较小的低频抖动。对 2Mbit/s 接口而言，一般 TU 指针调整是每次 8 个比特，即产生 8 个 UI 的跳变，设计一定的缓存深度，将这 8 个比特的跳变分成多个小的跳变经过一段时间释放出去，可达到降低抖动的目的。表 6-2 是 SBS 设备的 2Mbit/s 接口输出抖动测试结果。

表 6-2 2M 输出抖动测试结果

测试滤波器	指标 (UIpp)	比特泄漏法测试值 (UIpp) 注
B1 (20Hz~100KHz)	≤0.4	≤0.1
B2(18KHz~100KH z)	≤0.075	≤0.04

注：此测试值是在 G. 783 规定的 4 种指针调整序列下改变支路频偏所测得的结合抖动最大值。

为了适应对抖动性能有更高要求的业务传送，SBS 设备充分借鉴了华为公司大楼综合定时系统 BITS 的成熟技术，为用户提供一种极低抖动的 2Mbit/s 支路接口，它的原理框图 6-1 所示：

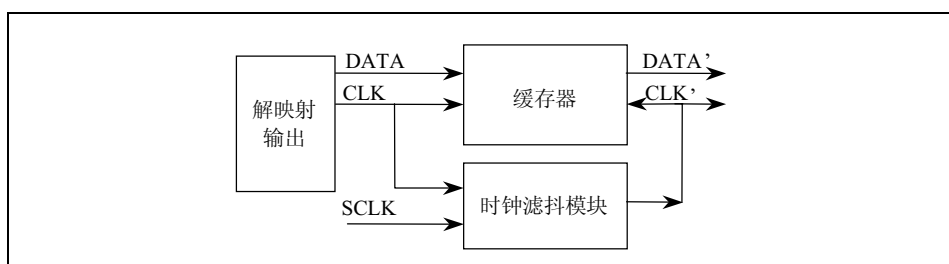


图 6-1 自适应滤波算法原理图

解映射之后的带抖动时钟 CLK 将数据 DATA 读入缓存器，这个时钟同时送入时钟滤抖模块，使用 BITS 中的“自适应滤波算法”技术，结合 DSP 数字

处理电路，对时钟进行抖动滤出，其输出 CLK' 具有低抖动的特性，用它去读出原数据 DATA'。经过这样处理后的全频带抖动输出为 $B1 < 0.02U_{\text{Ipp}}$ ，这样的输出抖动优于一般 PDH 传送的 2Mbit/s 输出抖动。

6.5 良好的网同步特性

SDH 网同步性能的好坏直接决定了指针调整事件的发生。在 SDH 网中，如果时钟同步性能不好，会导致指针调整，而网中的指针调整事件将带来 PDH/SDH 网络边界上的抖动和漂移，使 PDH 信号劣化，从而影响净负荷信息质量。因此，优越的 SDH 同步性能和可靠的同步特性，是光同步传输网正常运行的重要保证。

SBS 系列设备为了能全方位适应电信业务要求，对网元时钟几个关键性能指标作了深入研究，完善的设计使得时钟性能全面满足并优于 ITU-T 相关要求，并通过了邮电部入网严格测试。

SDH 网元时钟关键性能主要取决于时钟跟踪性能的好坏，它决定了 SDH 的 MTIE、TDEV 指标，因此采用先进的锁相环技术使时钟具有良好的同步性能，是 SDH 网元时钟技术的关键所在，也是难点所在。

锁相环是一个相位负反馈控制系统，它的跟踪速度、精度以及对环路信号和噪声过滤性能的好坏是环路是否具有良好同步特性的关键。

为了设计出性能优越的锁相电路，必须针对不同特征的信号加以选择。由于参数之间是相互制约和影响的，如何恰当地确定环路的各个参数是设计的难点，也是关键问题。SBS 网元时钟在长期的研究过程中，探究出了各个参数，使得环路增益、带宽所有特性很好地满足 SDH 特定要求，从根本上解决了系统同步锁相难点，保证了网元时钟的性能。

此外，一个具有很强跟踪能力的同步电路，必须具有良好的稳定性。在设计锁相电路时，必须考虑工程中各种可能出现导致系统失锁的情况。对 SDH 网元时钟来说尤为重要，因为它的一个单向跟踪链路有可能长达十几个到二十个站点，所受的干扰和噪声影响不可排除。为了有效地提高 SDH 网络的同步特性，在 SDH 网元时钟设计时还应合理地设计出环路的噪声门限，以有效地控制系统的跳周概率，增强环路稳定性。此外，环路的稳定性还与系统对突发事件的响应能力有关。

为了有效地提高 SDH 网元时钟的跟踪性能，还必须改善锁相环电路的跟踪捕获参数，以有效地应付通信过程中出现的突发事件。

SBS 系列 SDH 设备网元时钟综合考虑了时钟同步时所要求的跟踪特性，稳定可靠性以及对突发事件的响应能力等关键技术问题；全面解决了如何有效地保证 SDH 网元时钟的长期相位漂移性能以及瞬态响应特性的难题；使 SBS 网元时钟的各个性能指标高质量满足 ITU-T 所有要求。

6.6 同步状态信息管理功能

应用同步状态信息 S1 字节管理，可实现网络定时智能化和保障网络最佳的同步性能，充分保证语音、数据、图象、GSM 基站等多种业务的高质量传输。SBS 设备具备处理 S1 字节的 SSM(同步状态信息)功能，并且具有符合 G.704 建议所确定的 SSM 功能的 2048Kbit/s 外同步输入/输出口。

SDH 设备具有处理 SSM 的功能有利于 SDH 网络时钟的保护倒换，可以使系统在时钟倒换时避免形成定时环路，同时也可以使系统在跟踪的同步定时信号降级时，下游节点不必等到检测出同步定时信号降质到劣化门限以前就可以及时倒换输入链路或转入保持工作状态，提高全网的同步运行质量。此外，SDH 设备的处理 SSM 功能也可以简化同步网的规划设计。

SBS 系列网元时钟的外同步口可以直接接收 BITS 等外部定时设备传送的同步信息，输出口也具备处理 SSM 功能。为便于同各厂家设备对接，SBS 网元时钟可以由软件设定外部 2048kbit/s 信号中 SSM 所在的比特位，方便灵活。下面通过图 6-2 来介绍 SBS 设备的 SSM 功能。

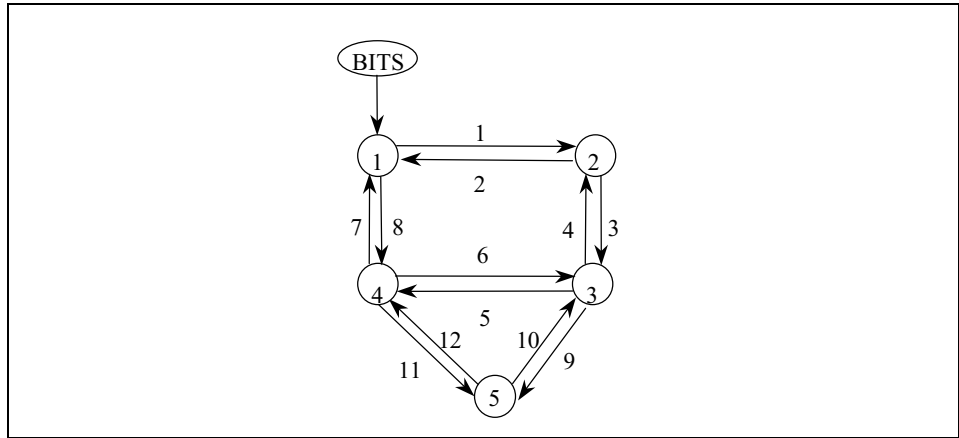


图 6-2 SSM 图例

图 6-2 中假设 BITS 送到①号网元的同步信息为“G.811 时钟信号”，系统通过软件控制，由 1 号和 8 号光纤向下游发送 0010（即“G.811 时钟信号”）；其它各站点通过设置时钟源级别，可以使得②号网元跟踪 1 号光纤；③号网元跟踪 3 号光纤；④号网元跟踪 5 号光纤；⑤号网元跟踪 9 号光纤。各站向上游均发 1111（即“不应用作同步”）。这是正常情况下系统的工作情况。如果发生网络故障，如 3 号光纤中断，此时，③号网元即进入保持状态向各下游方向发 1011（即“同步设备定时源”信号），④号网元从 5 号光纤收到 1011 后，根据 SSM 功能，④号网元开始自动执行时钟保护倒换，从而转向跟踪级别更高、从 8 号光纤过来的 0010 时钟，并继而向它的下游转发 0010。这时⑤、③号网元立即倒换跟踪④号网元，从而正确无误地实现时钟的保护倒换。

此外，SBS 网元时钟在处理 SSM 时，还可以由网管对各网元进行设置 SSM 门限，以利于同步网的管理。

SDH 网元同步是 SDH 网同步的关键，也是 SDH 网络运行性能好坏的关键。SBS 系列 SDH 设备的网元时钟设计，吸取了交换机、大楼综合定时系统（BITS）研发、工程运行的经验，结合了系统自身的特点，经过几年的探索，现已达到了优良的网同步性能，单向跟踪链路可长达二十个站点，为 SDH 灵活组网提供了强有力的支持。

6.7 完善的保护机制

保护倒换时间则是衡量保护倒换性能的一个重要的指标。环路保护分单向通道保护与复用段共享保护，指标都是小于 50ms。倒换速度快慢取决于两个方面，一是硬件芯片的反应速度，二是协议处理软件的运算速度。SBS 系列 SDH 光传输设备，在单向通道保护环时，利用自主开发的芯片，实现对故障检测的快速反应，其保护倒换时间为 10ms 以下；在复用段共享环时，因处理 APS 协议，时间稍长，也在 25ms 以内，并且不因网络节点数增加而增大，这种倒换速度与目前网上运行其它设备相比也是很快的。华为公司在芯片一级的成功开发和对软件的大力投入保证了较短的保护倒换时间，大大地提高了设备的保护倒换性能和可靠性。

除了对线路一级的保护，对设备本身的故障保护也是很有必要的，SBS 系列传输产品在成功推出双备份时钟单元、交叉单元的同时，又开发出了 1:N 的 2Mbit/s 支路保护，在实际应用中，保护倒换时间不到 1s。较短的保护倒换时间保证了对传输业务的最小损伤。

6.8 灵活的网络应用能力

一个 SDH 网元设备的网络应用能力基本上取决于其交叉连接能力和业务接入能力。全面的交叉能力和丰富的业务接口使得 SBS 系列产品在各种应用场合都能提供很好的解决方案。

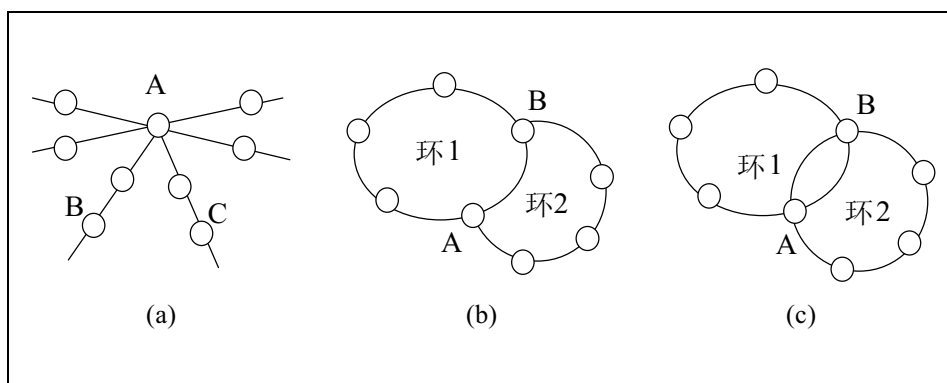


图 6-3 SBS 应用示例

如图 6-3(a)所示的枢纽型网络，在 A 点接入多条链路，其中 B 和 C 从支路侧接入。因为交叉矩阵可以完成支路和支路之间的全交叉，在这种拓扑结构下链路 B 和链路 C 之间通过 A 点的交叉调配，不需要另外的直接路由即可实现业务互通。这样可以简化网络结构节省线路投资。

在网络节点分布和业务分布较复杂的时候经常需要组织成多个环路来实现网络业务传送。利用 SBS 产品的 DXC 应用能力，形成如图 6-4(b)或图 6-4(c)的网络结构，方便地实现环路间任意的业务互通和保护。

如图 6-3(b)所示的结构，环 1 和环 2 相交于 A 点和 B 点，A 和 B 之间为双纤连接。环 2 在 A 点和 B 点从支路方向接入环 1，利用节点的灵活交叉连接功能可以实现环 1、环 2 各自环内业务的保护，同时可直接实现环间业务的互通和自动保护。环 1 和环 2 的速率可以相等（如采用 SBS155H 或 SBS155/622 时，均为 155Mbit/s；采用 SBS2500 时，均为 622Mbit/s），也可以是环 1 比环 2 速率等级高（如采用 SBS155/622 时，环 1 为 622Mbit/s，环 2 为 155Mbit/s；采用 SBS2500 时，环 1 为 2.5Gbit/s，环 2 为 622Mbit/s 或 155Mbit/s）。

如图 6-3(c)所示的结构，环 1 和环 2 相交于 A 点和 B 点，A 和 B 之间为四纤线路方向连接。利用节点的大容量交叉能力来实现两环的互通业务和环间业务的自动保护。环 1 和环 2 速率可相等也可不同（如采用 SBS155H 时，均为 155Mbit/s；采用 SBS155/622 时，一个为 622Mbit/s 另一个为 155Mbit/s，也可均为 622Mbit/s 或 155Mbit/s；采用 SBS128X 时可以均为 2.5Gbit/s）。

6.9 一体化的网管解决方案

SBS 光传输设备的网络管理系统 SBS-MN 追踪最新 ITU-T 建议，包含对 STM-1、STM-4、STM-16、DXC、DWDM 系统的统一管理，提供强大的操作、维护、管理和预置（OAM&P）功能。SBS-MN 可在网元级和网络级对 SDH 传送网进行管理、监视，包括配置管理、故障管理、性能管理、安全管理等功能。

SBS 光传输设备的网络管理系统包括网元管理系统（SBS-MN-NES）和网络管理系统（SBS-MN-RMS）两部分。SBSMN 网络管理系统能全面管理 SBS 产品的各等级网络和各等级混合网络，具有网元、网络级管理功能。能按管理域要求设置多个网管系统，并具有互为备份功能。除 IUT-T 和国家标准的各类功能完全实现以外，还提供强大的系统级功能和充分吸收电信运营者运

维经验而设计的维护功能。SBSMN 和 SBS 设备可以提供标准 Q₃ 接口和 ECC 通道，提供标准管理信息模型（MIB），为各个厂家设备的互连互通提供了充分准备。

6.10 满足用户需求的新功能

SBS 产品使用 SDH 帧结构中的开销字节可以提供 1~3 路模拟话音通道，多路 232、422 接口。使用网络中的任意一个 2M 业务通道，通过可以叠加的单个功能单板可完成 12 路模拟音频接口和 4 路 RS-232 或 RS-422 接口，以便传输网上的环境告警信号、其它设备的管理信息、计费数据和 BP 机业务、数字专线业务等信息。同时 SBS 产品可以提供过压/欠压的监控，可直接监视环境温度，也可通过外置的传感器将温度、烟雾、破窗、门禁等信息传至网管中心，为机房无人值守创造条件。可以将告警信息输出到统一的列头柜以适应用户的习惯管理方式，非常适合国内电信网的特点。

第七章 SBSMN 统一的网管系统

在电信传输领域，PDH 设备被 SDH 设备所全面取代已是势在必行。究其原因，其提供较少的开销字节，使得 PDH 网络管理能力比较低，乃是原因之一。此外，由于 PDH 设备存在着两大体系，互联十分困难。SDH 克服了 PDH 的弱点，为传输网管提供了巨大的舞台，使得 SDH 网络的运营操作和维护变得简单易行。

7.1 SDH网络现状

我国 SDH 网络建设具有明显的分层结构外，还表现出三多一少的特点，即厂商多，速率种类多，网管系统种类多和统一的网管中心少。

- 分层结构是指传输网的结构按层依一次分为国家骨干网、省级干线网、本地网和农话网。虽然目前网络结构的发展趋势是网络层数减少，但我国幅员辽阔，分层结构还会存在相当一段长的时间。
- 厂商多是指网上设备源于不同的生产厂家。历史原因造成传输网上“七国八制”的格局，对统一网管带来极大的困难。
- 速率种类多是指网上 SDH 设备包含了从 STM-1 到 STM-64 的各种速率。不同地区、不同行业引入 SDH 的步伐很不平衡。
- 由于每个厂家至少有一种网元管理系统，有些厂家甚至在不同速率的设备上有不同的网元管理系统，使网上的网管系统众多，网络管理很不统一。
- 统一的网管中心少是指目前尚没有统一的能够管理多厂家设备的网管中心。有关部门正在积极组织这方面的工作。

7.2 SBSMN网管特点

依据不同的操作系统和配置，华为公司提供如下的网管系统：

- **SBSMN-NES**

其在微机上运行，属于网元管理系统，主要提供面向网元层的网络管理，可

以管理 256 个网元组成的网络，其管理范围可延伸到网络层，为小型的网络系统提供高效廉价的管理方式，并为接入上级网管提供方便。

- SBSMN-RMS

其在 UNIX 工作站上运行，属于区域网络管理系统，提供基于网络层的网络管理功能，同时兼顾网元层的应用，可以管理 2000 个网元组成的区域网络系统，同时可管理其它网络设备。

7.2.1 SBSMN-NES 特点

SBSMN-NES 网管系统是华为公司遵循 ITU-T 建议和国家标准开发的基于网元级的网络管理系统。

SBSMN-NES 网管系统可用于管理 SBS 系列传输设备。其支持通过串口、局域网或广域网与网元进行的连接，还提供图形界面并且依据子网方式分层管理网元。

SBSMN-NES 网管系统主要有网络拓扑管理、系统管理、配置管理、性能管理、故障管理、报表输出、维护管理和帮助等功能。

SBSMN-NES 网管系统的主要特点有：

1. 统一的网管系统

从 155Mbit/s、622Mbit/s 到 2.5Gbit/s、10Gbit/s 的 DXC 和 DWDM 等更大容量的传输产品，SBSMN 对所有 SBS 系列的 SDH 设备均可实施高效的管理。

2. 标准化的开放接口设计

SBSMN 完全遵照 IUT-T 的建议和国标的要求而进行设计和开发，其提供标准化的信息模型和 Q₃ 接口。为与网上运行的其他传输、交换、无线通信等设备的管理系统交换信息，最终为实现系统间互联、互通和互操作提供技术上的保障。

3. 强大的网管能力

一套 SBSMN-NES 网管系统可以支持高达 256 个网元组成的网络，并支持多级分层网络。

4. 透明高速的信息通道

优良的通信模块设计，赋予 SBSMN-NES 以透明、高效的数据传输能力，并支持直联方式、局域网、广域网等多种网络连接方式，提供单板控制和状态的实时显示。任何与网上业务有关的告警，无论发生在何处，都可以得到准确、及时的记录和反映，并实时显示出来。从告警发生到网管作出提示，其响应时间为 1~6 秒。

5. 多网关设计

这是 SBSMN-NES 的诸多特色之一，其可以支持网管至网络间的多重管理路径的保护，并从一定程度上提高了组网的灵活性。

6. 多层次的管理功能

7. 友好的中文界面（提供多种语言支持）

8. 实用的在线升级功能

拥有良好扩展性的 SBSMN-NES 网管系统，能根据用户的需求和电信技术的发展，不断提供新的功能，可利用本地或远程方式在网络上实现软件的在线升级且不中断业务。

9. 准确的告警定位

SBSMN-NES 网管系统可以将告警准确地定位到网络、网元、单板、通道或功能块等各种层次，并针对用户的实际需求，结合运营、维护人员的经验，为各种告警提供了详细的解释信息。这包括告警发生的时间、位置、可能原因和措施建议等。

对于一些复杂的故障，用户可以借助于 SBSMN-NES 网管系统提供的告警统计和分析功能，找出其准确原因，以便及时加以解决。

SBSMN-NES 网管系统为用户提供了多种告警浏览方式。

10. 多种性能事件分析和显示方式

对性能的监测能及早地发现问题，采取措施，避免故障的发生。SBSMN-NES 网管系统能对 ITU-T 建议的各种性能事件进行采集、存储、统计和分析。

考虑到用户的不同习惯，SBSMN-NES 网管系统设计了性能数据的图形和表

格显示，可将统计分析结果输出到文件或打印机。

11. 方便直观的业务配置

用户能浏览到各个网元的配置情况。为了快速准确配置上下、直通以及广播业务，SBSMN-NES 网管系统提供了图形和表格式的业务配置，用户可以根据习惯和配置的特点自由选择。

12. 方便的报表功能

13. 完善的安全管理

完善的安全管理功能对于设备和网上业务的安全是必不可少的。

为了让网络维护者能方便地建立安全保障体制，SBSMN-NES 网管系统设计了操作日志管理和四级用户安全管理体系，制定了系统、设置、查询和缺省等四种用户级别，赋予每一级用户以不同的权限，并提供手动和超时系统锁定的功能。用户必须通过系统的口令验证，才能进入或解锁系统。

跨地区、跨部门的传输网络往往需要从管理上进行划分。SBSMN-NES 网管系统提供管理区域设定功能。不同网管系统和用户根据其管理区域定义，承担相应的管理职责，彼此还可形成备份关系，共同完成对网络的有效管理。

7.2.2 SBSMN-RMS 特点

SBSMN-RMS 网管系统的原理、体系结构符合 ITU-T 建议对 TMN 的定义和描述。SBSMN-RMS 是提供 SBS 网络设计、安装、操作、维护、预置、用户服务和其它支持功能的应用实体。

SBSMN-RMS 采用多窗口风格的图形用户界面。不同种类的窗口具有不同的主菜单，每个窗口一般还具有一个菜单加速条和多个不同的弹出菜单。这种按各类窗口进行功能和菜单组织的方式，极大地方便了用户对设备的操作和管理。SBSMN-RMS 的主操作条窗口如图 7-1 所示。



图 7-1 SBSMN-RMS 主操作条窗口

主操作条窗口的结构如下：

系统 (S)	日志 (L)	安全 (E)	报表 (R)	窗口 (W)
网关网元定义	查看当前告警	用户退出	告警日志报表	主拓扑图
系统管理域定义	查看历史告警日志	锁定系统	性能日志报表	网络导航树
定义系统声音	查看性能日志	改变登录口令	操作日志报表	告警板
定时事件管理	性能分析	系统用户管理		
退出	查看操作日志	查看系统日志		
	日志容量管理			

SBSMN-RMS 系统的特点有下述几个方面：

1. 具有基于 X-Window/Motif 的标准图形界面；
2. 支持多层网络拓扑图的显示和定义；
3. 具有树状结构的网络导航功能；
4. 支持基于图形方式的业务配置；
5. 具有快速精确定位故障的告警监视功能；
6. 可闻可视化告警；
7. 具有性能、告警、用户操作等多种日志记录；
8. 提供灵活便捷的日志浏览和报表；
9. 支持基于图形方式的性能分析；
10. 支持基于管理域的分级安全管理和控制；

11. 提供灵活的系统配置文件;
12. 提供多样的通信接口(LAN/WAN);
13. 最多可同时管理 128 个子网, 可包括 2000 个网元;
14. 提供多种语言支持 (中文、英文、俄文)。

7.3 SBSMN网管系统

7.3.1 软件结构

软件的模块化和分层是大型软件开发的原则。一个大型软件可以根据所要完成功能的特点来划分到几个层次, 一般较高层次的软件可以引用较低层次的软件的功能, 而较低层次的软件很少引用较高层次的软件的功能, 这个过程称之为软件的分层。SBS-MN 的软件结构分为人一机界面层、管理功能层、通信和支撑层以及操作系统层如图 7-2 所示。软件的模块化是指将软件划分为一些基本上独立的部分, 各部分之间通过标准的接口进行交互, 这些部分也就叫作软件的模块。

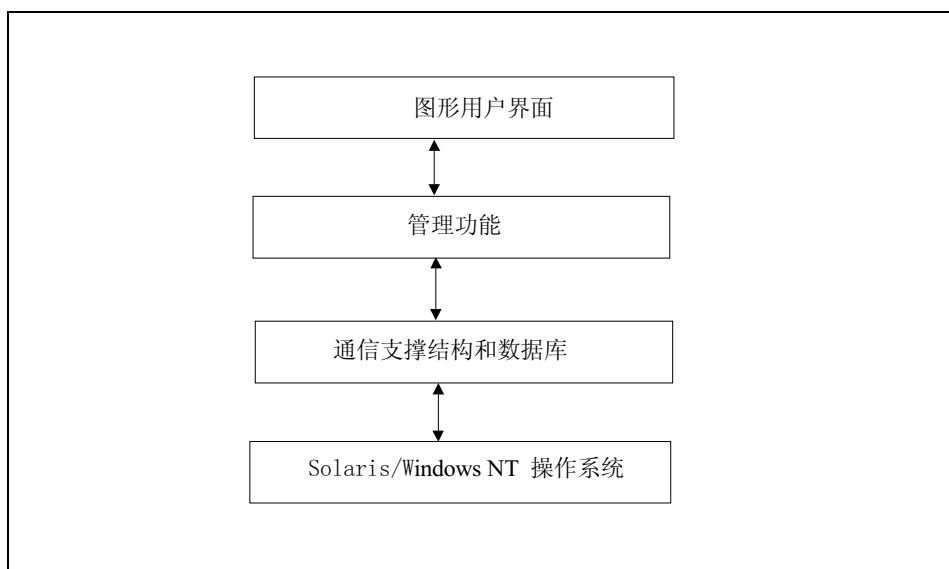


图 7-2 SBS-MN 软件结构

1. 人一机界面层

人一机界面层作为操作者和 SBS-MN 网管系统之间的接口，承担着两者之间信息转换的作用。SBS-MN 的人一机界面层提供直观、生动的图形用户界面来显示网元和网络的各种被管理对象，并提供简捷的方式进行各种管理操作。

2. 管理功能层

管理功能层提供对网元和传输网络的各项管理功能。管理功能依照 ITU-T 的建议分为配置管理、故障管理、性能管理和安全管理四个功能域，又可以从管理层次的角度组织为网络层管理功能和网元层管理功能。

3. 通信和支撑层

通信和支撑层提供 SBS-MN 网管系统和多个网关网元之间的通信协议支持，数据库访问接口的支持，以及网管系统管理任务的调度。

4. 操作系统层

操作系统层完成计算机资源的管理、硬件特征的屏蔽以及提供完成各种软件功能所必需的系统调用。SBS-MN 网管系统既可运行于 SUN SparcStation 和 Ultra 系列工作站上，采用 SUN Solaris 2.x 操作系统，也可运行于基于 Intel 芯片的 PC 机上采用 Windows95 及其以上的操作系统。

7.3.2 网管系统的连接方式

1. 与网关网元的连接

SBS-MN 与网关网元的通信连接方式有广域网和局域网两种方式，分别如图 7-3 和图 7-4 所示。

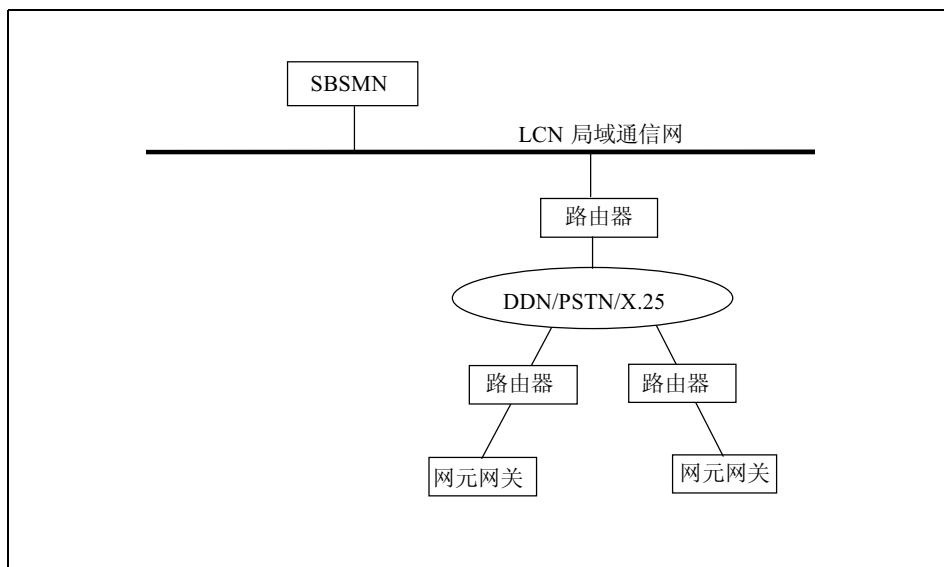


图 7-3 广域网连接方式

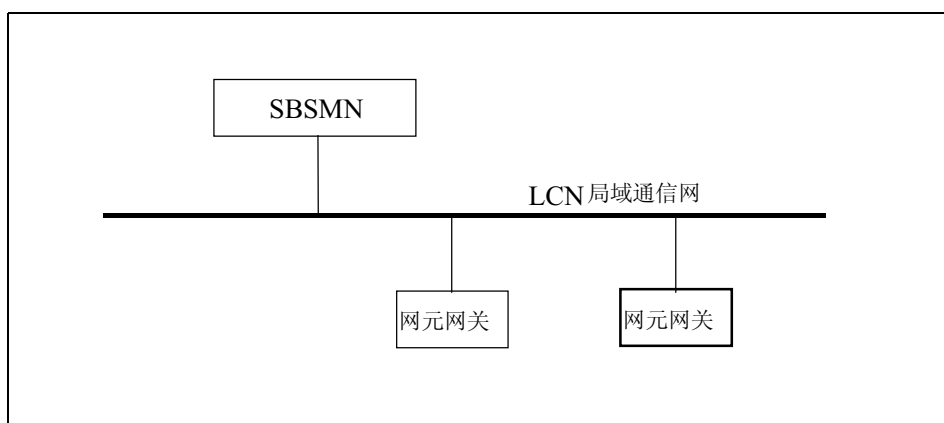


图 7-4 局域网连接方式

2. 与数据库服务器的连接

SBS-MN 可以使用本地计算机上的专用数据库服务器，也可以使用局域网上的公用数据库服务器，连接方式分别如图 7-5 和图 7-6 所示。

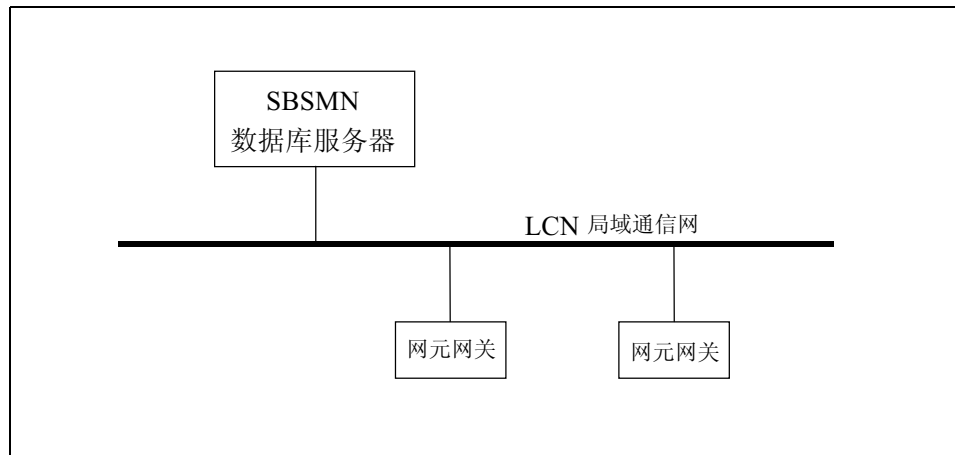


图 7-5 专用服务器方式

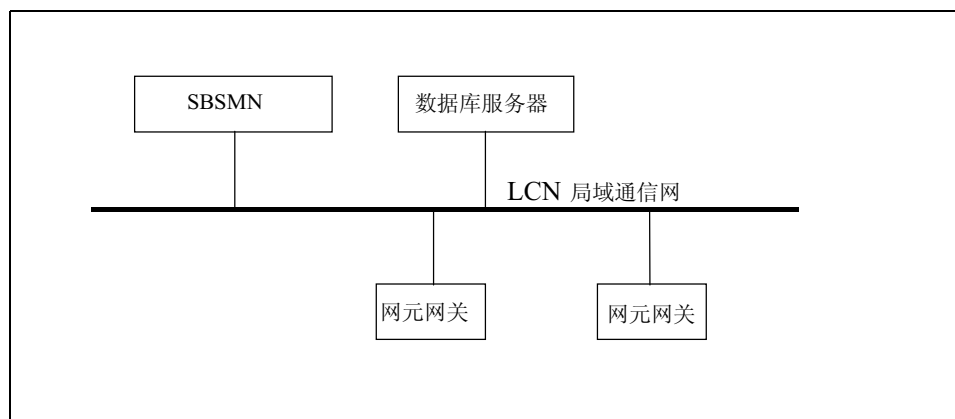


图 7-6 公用服务器方式

7.4 网管系统功能

7.4.1 SBSMN-NES 系统功能结构

SBSMN-NES 网管系统按照 ITU-T 的建议，采用分层的方式进行系统设计。各个层内依据不同的功能实体，分成不同的功能模块。各个功能层间通过接口进行调用。

SBSMN-NES 网管系统的功能结构如图 7-7 所示。

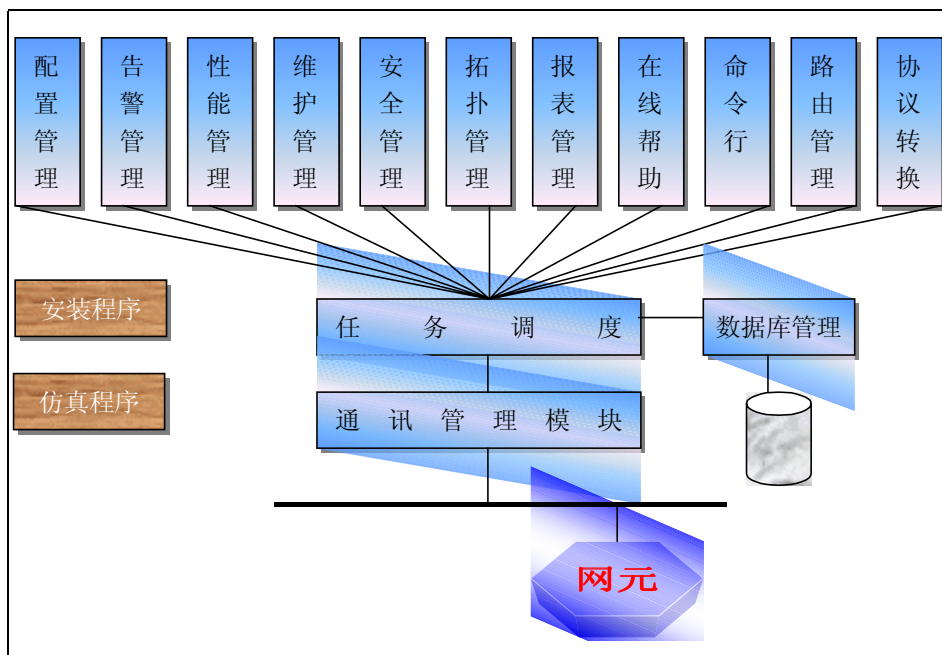


图 7-7 SBSMN-NES 网管系统的功能结构

7.4.2 系统管理

系统管理指对 SBS-MN 系统的自身属性和资源所进行的管理。这主要包括管理信息数据库的备份和恢复，各类日志的转储和清除等。

1. 数据库的备份和恢复

数据库备份用来周期性地备份系统使用的数据库，以便在出现系统故障或意外事故时，能顺利地将系统恢复到最新的状态。备份方式分为完全备份和增量备份两种。

2. 各类日志的转储、恢复及其策略定义

SBS-MN 提供的数据库转储功能可手工地或当数据库的容量超过了转储策略中规定的最大容限时，自动地将相应的日志记录转储到其它介质上去。转储后的日志数据从系统的数据库中删除，从而空出了数据库空间，使数据库的处理始终保持较高的效率。

3. 其它系统功能

SBS-MN 提供其它系统管理功能,比如任务管理、打印机设置、告警色彩设置、板位图色彩设置、背景图更改等功能。

7.4.3 网络拓扑管理

1. 网络拓扑图管理

网络拓扑图管理提供网络映射功能。该功能是用来控制和协调网管系统管区内所有被管拓扑对象的视图。SBS-NES 和 SBS-RMS 网络拓扑图主界面分别如图 7-8 和图 7-9 所示。

拓扑对象分三种类型,即网元、子网和线路。不同类型的对象具有不同的属性,但都有一个标识符属性和一个名字属性。对象可以被创建、删除和修改属性。用户可根据实际的网络结构在有地理信息的背景图上创建与实际的子网和网元相对应的图标,以及与实际的线路相对应的连线。

网络拓扑管理的功能包括以下内容:自定义网络图、创建网元和子网图标、修改网元和子网图标。

2. 网络导航

SBS-MN 通过网络导航树提供层次结构的网络导航功能。导航树窗口以树状层次结构显示全网的组成关系,同时还提供网元或子网节点到其对应的网元窗口或网络拓扑图窗口的快速打开或切换功能。

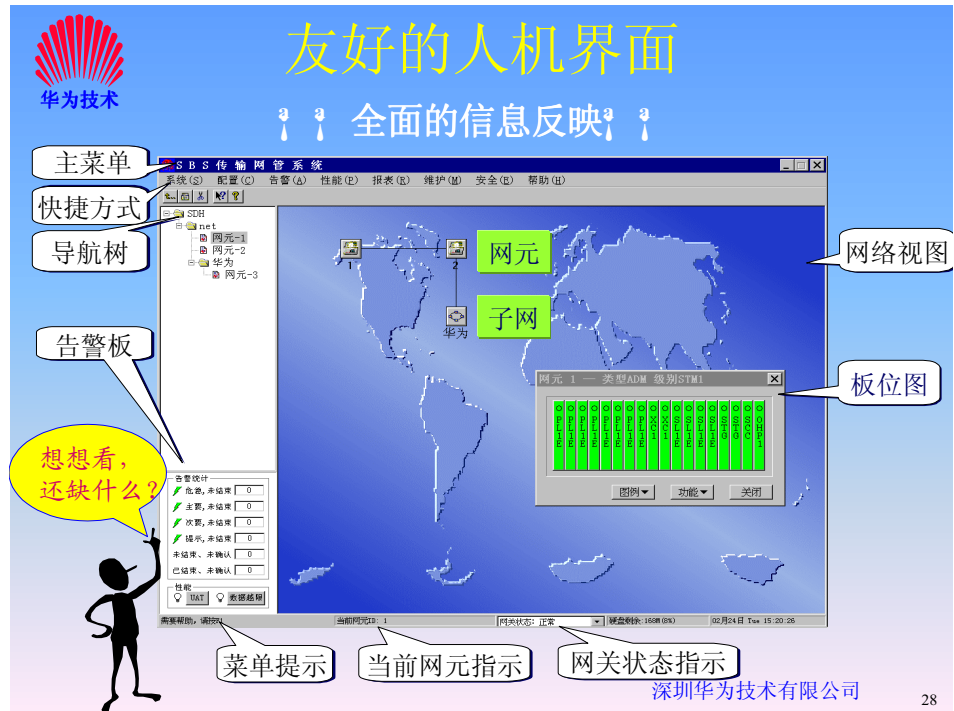


图 7-8 SBSMN-NES 系统主界面

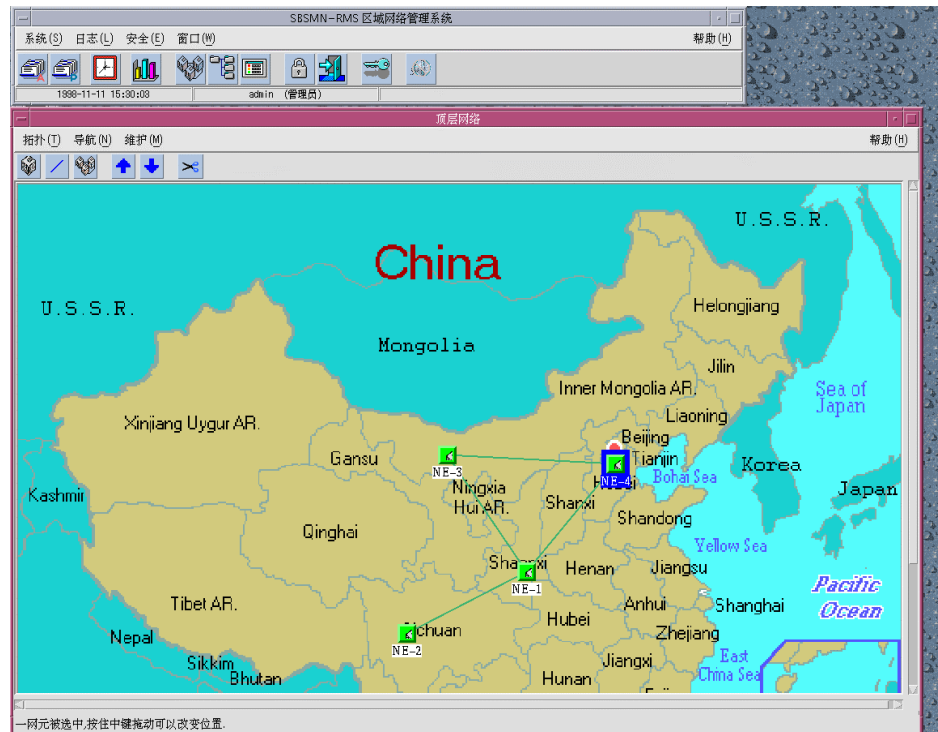


图 7-9 SBSMN-RMS 系统主界面

7.4.4 配置管理

配置管理主要设置网元的工作参数，配置网元运行所要安装的单板，设置各块单板的工作参数，控制设备和资源的状态，以便在服务中锁定和维护资源、维护网元和网络的业务结构，管理网元业务交叉连接矩阵以及各个层次的网络业务路径。

1. 网元设备的管理

这包括网元属性配置和单板属性配置。

网元属性配置包括网元类型(TM 或 ADM 或 REG)、网元的物理位置、网元的组网方式(链形网或环形网)、网元的 STM 级别、保护倒换的种类(通道保护或复用段保护)、光纤数目(两纤或四纤)、系统模式(0:1、1+1、1:1、0:2)、网元时间以及是否传输额外业务、是否网关网元等。

单板属性配置是对网元包含的单板进行开工前所需数据的设置。各种单板的公共属性包括板号、板类型、板名和板状态等。根据板类型不同，每块单板还具有各自的特有属性。

2. 传输和终结对象的管理

这包括传输对象配置和终结对象配置。

传输对象配置主要对 SBS 网元所提供的 1/4/16 个 VC-4 的复用结构的进行设置，任何一个 VC-4 都可被设置为提供 E_1 、 E_3/DS_3 或 E_4 各种业务的传输。终结对象配置是依据传输对象的配置情况，进行各个级别的终结点属性的设置。

3. 交叉连接的管理

这包括群路内的交叉连接配置以及群路和支路间的上下路配置。

交叉连接配置进行东向与西向群路之间业务的直通、断路、交叉、自环和广播的设置，具有跨 VC-4 设置和成组设置的能力。上下路配置进行东向或西向群路与支路之间业务的上路、下路、环回、自环和广播的设置，具有跨 VC-4 设置和成组设置的能力。

4. 网元状态的控制

这主要是监视和调节网元的状态。网元状态包括可操作状态、业务传输状态、管理状态以及安装状态。

5. VC-N 路径(业务)的管理

这是在 SBS2500 和 SBS-MN 支持的各种组网方式和保护方式下进行网络层 VC-N 路径的配置。其支持对经过各个网元的路径（业务）的自动分配和交叉连接的自动配置，并支持成组路径配置的能力。用户可以选择自动分配的策略。

6. STM-N 的子网时间同步

这主要是调节 STM-N 子网范围内所有网元的时间，使其在允许的误差范围内达到同步。网元的时间用来作为上报告警和性能事件的时间标记。

7.4.5 故障管理

故障管理是指网络管理功能中与设备故障的检测、诊断、恢复和排除等措施有关的网络管理功能。其目的是保证网络能够提供连续、可靠的服务。故障管理的主要任务有故障监视、故障定位等。

1. 告警的收集

1) 告警上报的内容

网元告警上报的内容包含的告警类别有处理类告警、通信类告警、服务质量类告警、设备类告警、环境类告警和安全类告警等 6 种类型。

a) 告警级别

其表明告警的严重程度。从高到低分为危急告警、主要告警、次要告警、可忽略告警。

b) 告警事件 ID

其指明上报的是什么告警。

c) 时间戳

其指明该告警事件产生的时间。

d) 告警实体

其产生告警报告的管理对象的标识符。

e) 告警开始/结束标志

其指明该告警是一次告警的开始，还是一次告警的结束。

f) 告警原因

其指出发生该告警事件的可能原因。

2) 告警上报的收集

这采用两种方式，即事件驱动方式和轮询方式。

2. 告警显示

其提供对发生的告警动态进行显示的功能。这包括两部分功能：

- 1) 对网络拓扑图中已发生告警的网元图标和网元窗口中已发生告警的单板用醒目颜色显示；
- 2) 对网络导航树中已发生告警的网元图标以及从顶层子网图标到该图标的路径用醒目颜色显示。

3. 告警的裁剪

其提供在网元端和 SBS-MN 端对告警进行筛选的功能。这包括 2 个子功能模块，即告警选择和告警过滤。

1) 告警选择

a) 告警选择的设置

SBS-MN 可以对指定网元的指定单板的告警事件设置允许/禁止，即设置哪些告警允许自动上报，哪些告警不允许自动上报。

b) 告警选择的查询

SBS-MN 可以查询指定网元的指定单板的当前告警选择情况，即哪些告警

允许自动上报，哪些告警不允许自动上报。

2) 告警过滤

在 SBS-MN 端设置一个“过滤器”，实现按指定条件对告警报告进行过滤的功能。比如设置告警级别高于某个级别，则可以只收集该级别以上的告警，其它的告警将被丢掉。

告警过滤功能包括设置告警过滤条件和查询告警过滤条件。

4. 告警级别的转换

其提供对告警级别的任意设置功能。用户对自己目前比较关注的告警，可以适当提高其级别，而对自己目前不太重视的告警，可以适当降低其级别。

告警级别的转换功能包括对指定网元、指定单板的指定告警事件设置告警级别以及从网元查询指定网元、指定单板、指定告警事件的告警级别。

5. 告警历史的管理

告警上报之后，自动记录到告警历史库中。SBS-MN 提供了对告警历史进行查询、确认和删除等功能。

告警历史的管理功能包括：

- 1) 根据时间、等级、网元、单板、告警类别等条件从告警历史库中查询满足条件的告警；
- 2) 根据时间、等级、网元、单板、告警类别等条件对告警历史库中满足条件的告警进行确认；
- 3) 根据时间、等级、网元、单板、告警类别等条件对告警历史库中满足条件的告警进行删除。

6. 告警报表

告警报表是将告警数据按一定的格式制成报表，并输出到指定设备。

其功能包括设置告警报表的格式和由系统提供默认格式。其将告警数据按报表属性中设定的格式制成报表，并输出到指定设备。主要的告警报表有告警

一览表、告警历史表和告警统计表。

7.4.6 性能管理

性能管理主要提供有关通信设备状况、网络或网络单元效能的报告和评估。其主要作用是收集各种统计数据用于监视或校正网络、网络单元或设备的状况和效能，并帮助规划和分析。

1. 性能事件周期

对于每个性能事件和每个传输方向都提供 15 分钟周期和 24 小时周期。

2. 性能事件选择

性能事件都是与监测实体相关的。监测实体可以是某一再生段、复用段、高阶通道、或是某一条支路。性能事件都是在监测实体上按事件类型和事件周期来进行选择的。

3. 性能监视

性能监视需要进行性能数据采集。SBS-MN 能够选择任意对象进行性能监视，而且能够中止和恢复某一对象的性能监视。

4. 性能查看

性能查看是指对采集的性能数据进行查看。其提供 4 个子功能模块。

1) 从当前性能查看功能

查看指定对象的当前 15 分钟/24 小时性能事件。

复位指定对象的当前 15 分钟/24 小时性能事件。

2) 从历史性能查看功能

查看指定对象在指定时间区段内的 15 分钟/24 小时性能事件。

复位指定对象在指定时间区段内的 15 分钟/24 小时性能事件。

3) 查看 UAT（不可用时间）

指示网元上报指定对象的 UAT 历史。

指示网元复位指定对象的 UAT 历史。

4) 查看 CSES (连续严重误码秒)

指示网元上报指定对象的 CSES 历史。

指示网元复位指定对象的 CSES 历史。

5. 阈值设置

阈值设置功能包括：

指示网元设置指定对象的 15 分钟/24 小时阈值。

指示网元复位指定对象的 15 分钟/24 小时阈值为缺省值。

指示网元使能或禁止指定对象的 15 分钟/24 小时阈值设置。

指示网元上报指定对象的阈值设置情况和使能情况。

6. 性能分析

性能分析是指 SBS-MN 将采集到的 SBS 网元性能数据进行分析。这项功能对进行适当的维护行为和产生故障报告是非常有用。系统进行分析的性能指标有误码秒率、严重误码秒率和背景误码率。

性能分析功能包括：根据采集到的性能事件进行统计分析，评估系统的性能水平。

7. 性能库管理

性能库管理功能包括按条件检索性能库和按条件删除性能库。

8. 性能报表

性能报表是将性能数据按一定的格式制成报表，并输出到指定设备。报表提供对工作过程的记录、分析和输出能力。报表内容可选择包括性能事件、事件相关资源、事件时间、性能监视周期（即 15 分钟或 24 小时）、报告开始时间和报告数目等。

性能报表功能包括设置性能报表的格式和报表应具有默认格式。

将性能数据按报表属性中设定的格式制成报表，并输出到指定设备。

7.4.7 安全管理

安全管理的目的是保护系统及网络的资源与设备不被非法访问。SBS-MN 网管系统以及网元分别提供各自的安全管理和控制，形成严密的安全防护系统。网管侧的用户被划分为 4 个用户级别，级别低的用户不能使用高级别用户所拥有的功能，防止用户越权访问。网元侧也设立用户和口令，防止非法用户绕过网管系统，通过远程登录对网元进行操作。

1. 网管用户管理及安全控制

网管用户管理及安全控制包括如下功能：

- 1) 显示用户清单
- 2) 增加用户
- 3) 删除用户
- 4) 设置和改变用户口令
- 5) 设置和改变用户级别
- 6) 对用户拥有的功能进行裁减

SBS-MN 的系统管理用户可以对某一级别的某个用户拥有的功能权限进行裁剪。级别高的用户除拥有本级功能外，拥有低级别的用户所有功能。

2. 网元用户管理及安全控制

除了网管端的安全控制外，网元也提供自身的安全控制。网元拥有自己的用户管理系统，划分权限级别。系统用户必须以网元用户的身份登录，经网元识别其网元用户名及口令正确后，才能访问网元。网元根据用户的权限级别执行命令，任何越权的命令将被拒绝。

网元用户可以通过网管系统进行管理。

3. 管理域

系统管理员可以限制网管系统用户只访问某一范围内的网元，这些网元的集合称作系统的管理域。系统的管理域被记录到网元登录表中。网管系统启动时，查询网元登录表，自动地对管理域内的全部网元进行登录。

7.4.8 联机帮助

SBS-MN 系统提供联机帮助，帮助信息以超文本方式实现。用户可根据需要查看所有的帮助内容，或者激活现场帮助来获得在某个操作时刻与上下文相关的帮助。

第八章 SBS 系列设备的网络应用

SBS 系列产品在系统结构、网络管理等方面的鲜明特色，在业务接入与调度能力、兼容性设计的出色表现，及对未来网络发展的支持，满足了语音、数据、图象、GSM 基站以及高精度时钟信号等多种业务的传输需求，SBS 系列产品的时钟性能、接口抖动漂移性能甚至优于 ITU-T 建议指标达一个数量级以上。

SBS 系列产品进入市场不到两年，已在全国 30 个省市邮电公网、广电、联通、专网得到广泛应用，网上运行设备（含接入网传输设备）达到 4500 多套（98 年 10 月数据），并开始进入海外市场，产品性能稳定，运行情况良好，获得广大用户一致好评。

8.1 高速率、大容量网络应用

为了满足 2.5Gbit/s 以上大容量、宽带化的传输需求，技术上主要有两种不同的发展方向：

1. 10Gbit/s 系统采用 TDM 方式，线路传输速率为 10Gbit/s，10Gbit/s 以上速率通过 WDM 方式提高传输容量。
2. 2.5Gbit/s 以上均采用 WDM 方式提高传输容量，线路传输速率为 2.5Gbit/s $\times N$ 。

众所周知，光缆色散随线路传输速率成平方关系增长，对于线路速率为 2.5Gbit/s 及其以上系统，光缆色散已成为影响传输距离的首要因素。日本和部分欧洲国家，由于敷设的光纤大部分为 G.653 光纤，比较适合采用第一种方式；而对于中国、美国等以 G.652 光缆为主的国家，则采用第二种方式比较经济。在吉林西部干线项目中，采用 SBS 系列 2.5Gbit/s 密集波分复用系统 SBS W32 在 1550nm 区域组成 10Gbit/s 容量（ $4 \times 2.5\text{Gbit/s}$ ）的 SDH 传输网。SBS W32 最大传输速率为 32 个 2.5Gbit/s，即 80Gbit/s 的容量。SBS W32 为开放性系统，在该项目中经过波长转换器同时接入 SIEMENS 的 2.5Gbit/s SDH 设备，考虑到用户光纤资源比较紧张，通过二波分复用技术（1310nm 和 1550nm）还同时接入用于 1310nm 波长的 PDH 设备。设备管理采用 ITU-T 的 1510nm 波长进行带外监控，同时提供网络管理系统的 DCC 通道保护。

如图 8-1 所示。

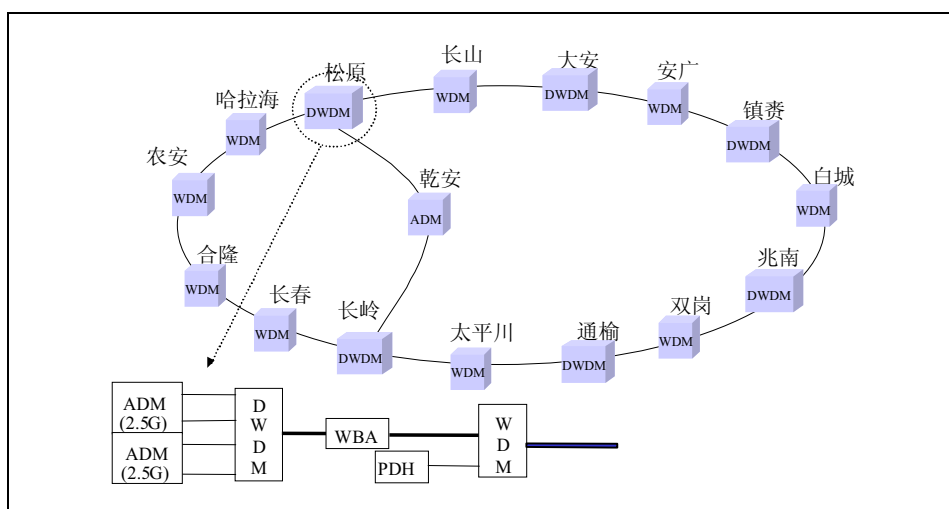


图 8-1 吉林省传输干线网

8.2 超长距离无中继传输

在光通信系统中，由于光缆的衰耗和色散效应使得光传输距离受到很大的限制，使用 1550nm 长距离光激光器最远传输距离大约在 90km 以下，为了解决更长距离的传输，传统的做法是在传输路由中加入光中继器，通过光—电变换、电信号整形、再生，然后通过电—光变换后继续传输。这不仅造成投资上的浪费，而且给设备维护带来诸多不便。掺铒光纤放大器（EDFA）技术的出现使得光缆衰耗对传输距离的影响得以解决，而色散的影响可以通过采用先进的外调制激光器以获得窄光谱光源和采用先进的色散补偿措施加以解决。华为 SBS 系列产品通过将 EDFA 内置于 SDH 设备中，实现无中继长距离传输，同时网络管理系统可实现统一的管理。在青海干线传输网络中，用光发送端加设功放和光接收端加设预放相结合，实现了兴海—花石峡、花石峡—达日 2 段长为 198km，玛多—清水河段长为 188km 的无中继超长距离传输，如图 8-2 所示。另外，在贵州、吉林、云南、湖北、山西等省的传输网络中，也大量地采用了华为内置 EDFA 成功完成了超过 100km 的超长距离无中继传输。

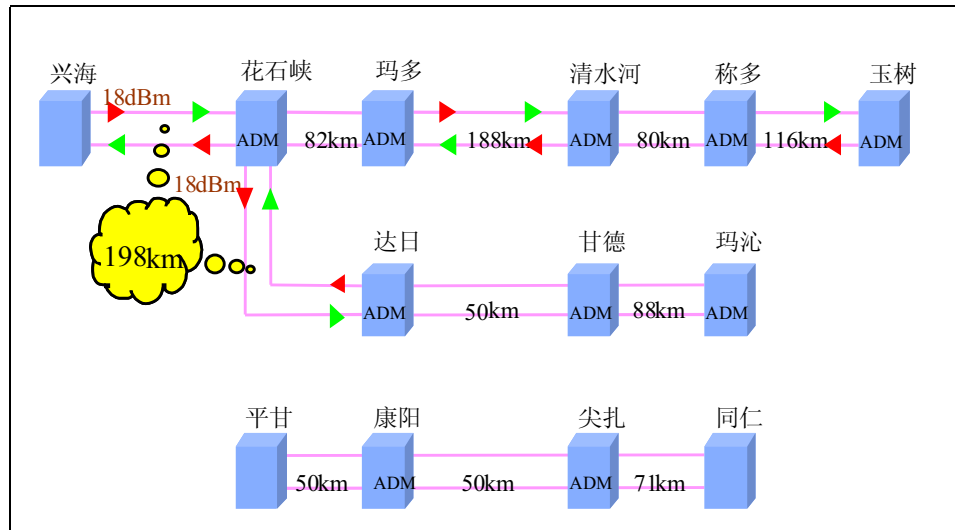


图 8-2 青海传输干线网

8.3 高层网套低层网、高等级设备套低等级设备的复杂组网

第一代的 2.5Gbit/s SDH 设备大多只提供 VC4 级别分插功能，低于 STM-1 的业务调度和接入必须增加 STM-1/4 低速设备才能完成，给业务调度和接入带来了诸多不便，并将降低通道利用率和设备的安全可靠性，增加用户的投资。华为 SBS2500 SDH 设备提供 64×64 $4/4$ 16×16 $4/1$ 交叉连接矩阵，能提供线路—线路、线路—支路、支路—支路全方位、全级别（VC4/VC3/VC12）的交叉连接，可对 STM-16 数据流中的任意 2M bit/s 业务进行灵活调度，并能直接上下 2M bit/s 业务。由于交叉连接矩阵巨大，华为公司开发的 $0.35\mu\text{m}$ 交叉连接矩阵 ASIC 起了关键性作用。正是由于交叉能力的强大和业务接入能力的进一步增强，SBS2500 与 SBS155/622 设备配合使用，利用 SBS2500 STM-1/4 支路接口的保护倒换，如图 8-3 所示，在 STM-16 主环与 STM-1/4 子环相交点只须使用一套 SBS2500 设备即可实现，形成高层网套低层网、高等级设备套低等级设备的组网运用。根据 SBS2500 光支路接口的数量可带多个 STM-1/4 子环，不仅组网经济，同时可以实现更为完备的网间互连（drop-continue）保护和大容量、多路径业务疏导和汇接，组网更加随心所欲。

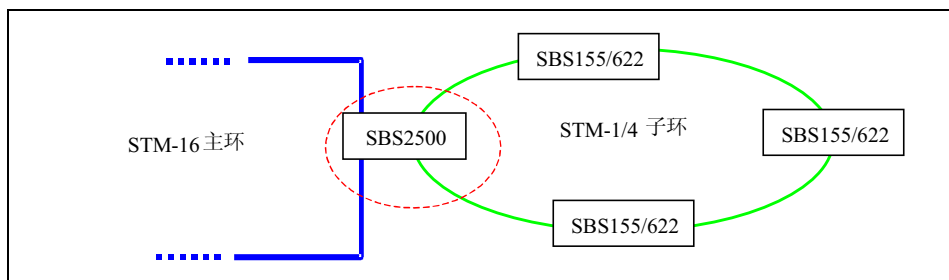


图 8-3 高套低的复杂网络

在江西九江由 3 个 2.5Gbit/s 主环及下嵌的 7 个 STM-1 子环构成的覆盖全地区的网络中，即采用了这样的网络，如图 8-4 所示。

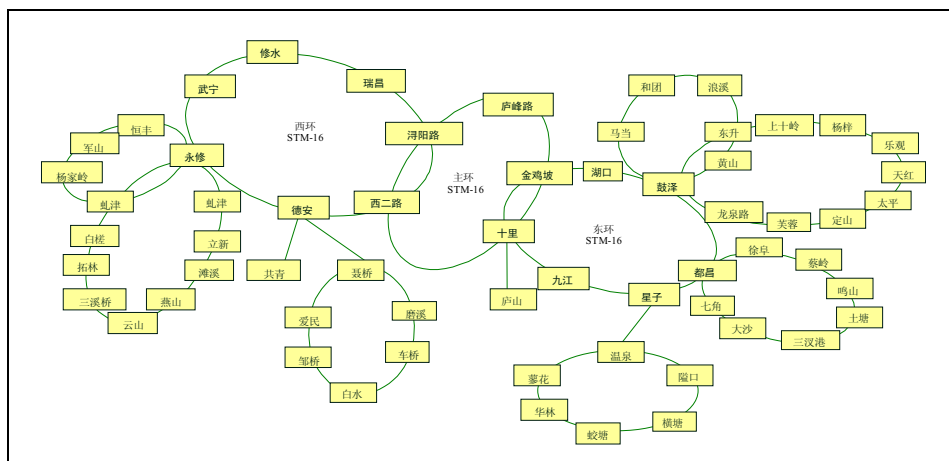


图 8-4 江西九江传输网

8.4 大容量业务疏导和汇接（SBS128X）

98 年最新推出的数字交叉连接设备 SBS128X，交叉能力达到了 128 个 STM-1，为 4/4、4/1 混合型 DXC 设备，提供的业务接口包括 2.5Gbit/s、622Mbit/s、155Mbit/s、140Mbit/s、34Mbit/s、2Mbit/s，本站直接上下 2Mbit/s 能力最多可 504 个，通过扩展可以接入 $12 \times \text{STM-1}$ 的等效业务，填补了国内在 DXC 设备研制开发上的空白。该设备中充分利用了华为公司自主开发的 0.35um ASIC 技术，系统集成度和业务接入能力与国外的同类型设备相比均有明显提高。与 SBS 系列的 2.5Gbit/s 设备和 WDM 系统配合使用，可以满足大容量网络中各种复杂的组网需求和大容量的业务调度需求。

2. 图象和数据业务传输

以往传输网络所传输的信号主要是普通电话业务（语音信号），信息时代的来临使得传输网络能实现语音、数据、图象等综合业务的一体化传输。在山西晋城广电传输网中，华为 SBS2500 设备与 HONET 接入网、图像编解码设备相配合，真正实现了语音、数据、图象三网合一。如图 8-6 所示。

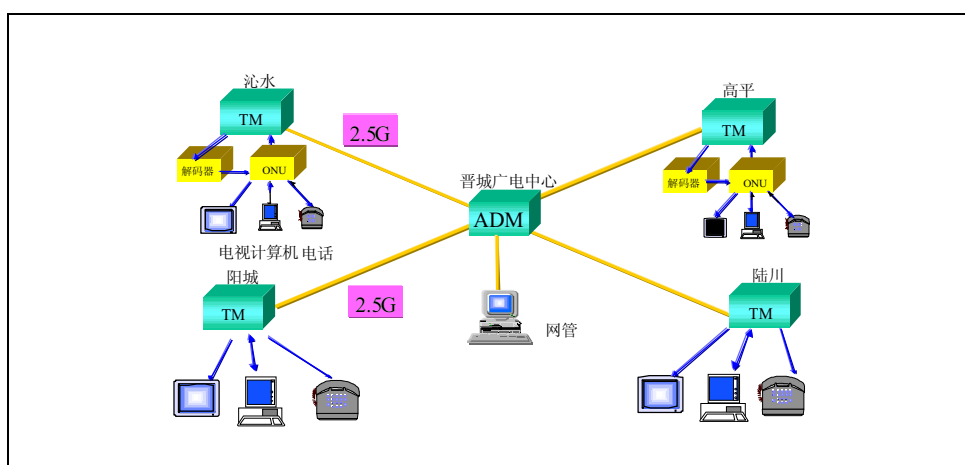


图 8-6 山西晋城广电传输网

目前系列 SBS 设备已大量应用于传送图像、GSM 基站业务、数据业务，反映了各类业务接口良好的性能。

8.6 特殊网络运用

8.6.1 长链形网络应用（济南—青岛铁路干线）

一般同步时钟链路的最大网元数只能达到 16 个网元，而济南—青岛铁路干线是一个长链形网络，共由 24 个站点组成。由于客观条件的限制，高精度的外同步时钟只能从济南或青岛引入，这对 SDH 网元设备的同步定时性能无疑是一个严峻的考验。华为公司利用 BITS 系统开发中的成功经验和先进的锁相技术，使得设备同步性能中的一些关键指标均优于 ITU-T 标准达一个数量级以上。由于华为公司设备优异的同步性能，使得在第 24 个站点的传输信号的各项指标经测试完全能满足要求，成功地解决了长达 24 个站点的长链型网络的信号传输需求。如图 8-7 所示。

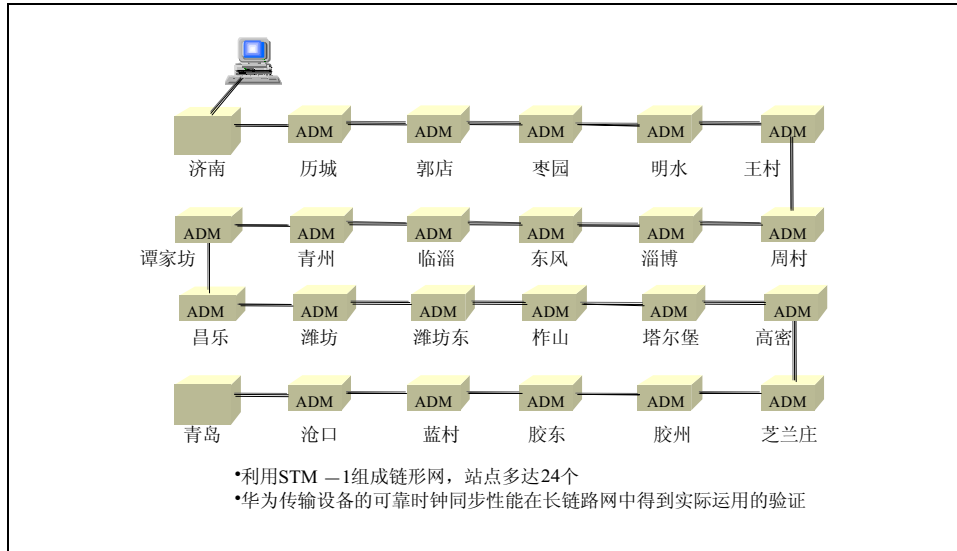


图 8-7 长链形网络应用实例

8.6.2 环形网超容量配置

根据自愈环保护的原理，SDH 环的自愈是以牺牲通道资源为代价的，为了能在设备正常工作情况下充分利用网络资源，SBS 系列 SDH 设备可利用 SDH 自愈环保护通道开通一些低等级的业务，形成自愈环超容量配置运用。在辽宁锦州、重庆移动局即为这样的运用。如在辽宁锦州工程中，一个 STM-1 通道保护自愈环上总共开通了 84 个 2Mbit/s 业务（而通常一个 STM-1 自愈环的容量为 63 个 2Mbit/s），使得 SDH 网络的利用率进一步得以提高，如图 8-8 所示。在重庆移动局工程中，实现了在共享环方式下的额外业务传送，使得一个 622Mbit/s 环路承载了 3315 个 2Mbit/s 业务。

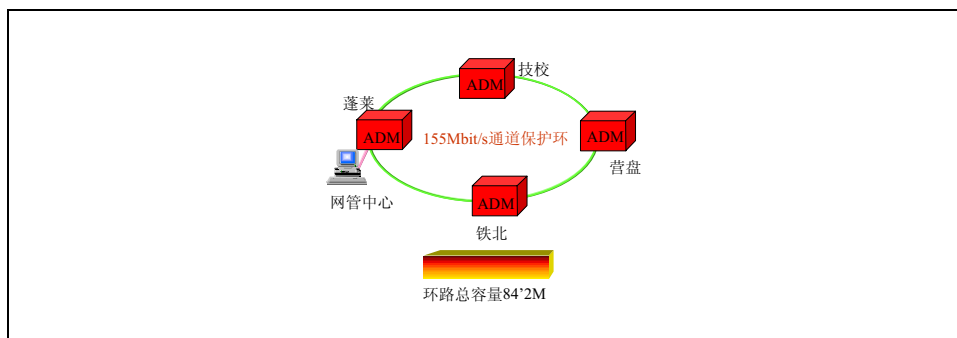


图 8-8 超容量传输网应用

8.6.3 SDH 传输中音频通道的接入

为了解决某些特殊场合如 CALL 台业务、微蜂窝系统直放站、绿卡工程等利用 SDH 设备提供音频通道的业务传输需求，华为公司专门开发了 TDA（音频通道接入板），该板可插入 SBS 系列的 SDH 传输设备的任意支路板位，每块单板最多可接入 12 路音频接口和 4 路 RS-232 或 2 路 RS-422 接口，系统可安装多块 TDA 板，并可在每块 TDA 板上向全网提供 4 个 2Mbit/s 间的任意 64Kbit/s 通道的交叉连接，以分布交叉连接方式实现全网的 64Kbit/s 通道调度。

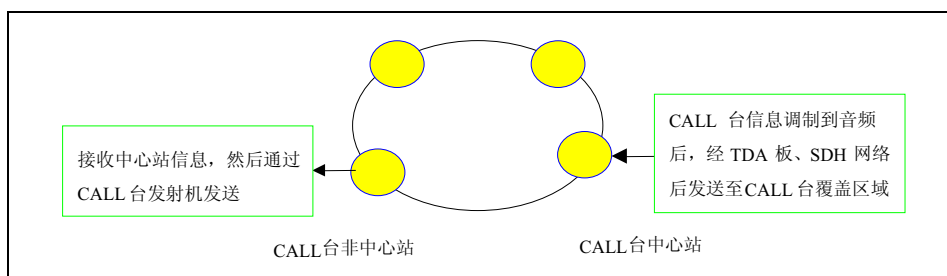


图 8-9 CALL 台 64Kbit/s 音频通道传输示意图

图 8-9 是 TDA 板完成 CALL 台 64Kbit/s 音频通道传输示意图，该功能在江西宜春、安徽等地获得用户的一致好评。

8.7 SBS155H的应用

SBS155H 的组网方式非常灵活，不仅可以组成环型网和链形，还可支持相切环、相交环，树形、星形、网孔形等各种复杂的网络拓扑结构，组网时不受复杂的地域条件限制。用 SBS 155H 设备能组成如图 8-10 所示的复杂网络。

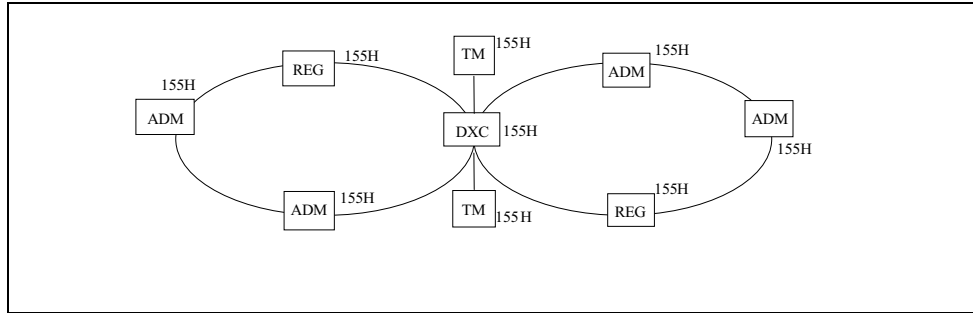


图 8-10 SBS155H 的组网能力

SBS 155H 能非常方便地与 SBS 155/622/2500 设备配合使用，更好地满足了用户的需求。在小容量站点采用 SBS 155H 设备，与 SBS 155/622/2500 设备一起组网，能使整个网络的资源利用达到最优配置，降低用户投资，提高性能价格比。图 8-11 是 SBS 155H 与 SBS 155/622/2500 设备搭配使用的示例。

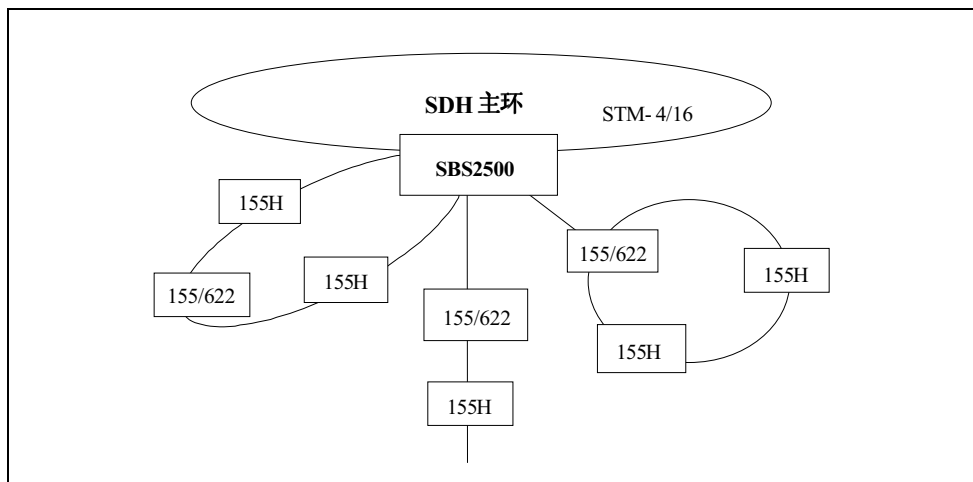


图 8-11 155H 与 SBS 其他产品的搭配使用

SBS 系列 SDH 设备推向市场的两、三年间，已经进入了干线网、城域网、大容量的 C3 本地网、C4 网等不同的网层，在邮电公网、广电、联通、专网和军网等领域得以规模运用，得到广大用户的信赖和认可，成为全方位参与中国电信传输网络建设的中坚力量。

第九章 面向未来的 WDM 及 EDFA

9.1 高速光纤通信系统的现状与发展趋势

未来的光纤通信网必须满足实时通信业务、数据通信业务和广播性业务的需要。数据通信方面,随着 Internet 的发展、普及及业务种类增多,数据量将从几十千比特每秒增加到几十兆比特每秒。实时通信业务除了以往的电话业务以外,还需要实时传送高质量画面的会议电视和可视电话,这既需要实时性又需要数兆比特每秒的传输容量。广播型业务方面,预计未来数字视频信号传输需要 1.2Gbit/s 左右的传输容量。

作为电信传输网的主要传输手段,光纤通信系统的传输速率已经由几年前的数十兆比特每秒提高到现在的 10Gbit/s 以上。在这段发展里程中光纤通信系统一直采用电时分复用方式(ETDM)。由于电时分复用技术的传输速率达到 40Gbit/s 时,电子器件工作速度已经达到材料的物理极限,为了满足迅速增长的通信需求,波分复用(WDM)技术和光时分复用(OTDM)技术以及光孤子传输技术得到了蓬勃发展。

9.2 超高速大容量传输技术

9.2.1 高速电时分复用

SDH 光纤同步传输设备已经能提供从 155Mbit/s、622Mbit/s、2.5Gbit/s 到 10Gbit/s 的传输速率,并且能够提供强大的交叉和网络调度、保护能力。2.5Gbit/s、10Gbit/s 的传输速率能够满足我国目前的电信网一级干线和二级干线的需要。这种解决方案已经十分成熟,并且还在向 40Gbit/s 发展。

9.2.2 密集型波分复用(DWDM)

WDM 利用单根光纤传输多个载波实现超大容量光传输。采用 WDM 技术优越性在于,不仅能提高系统传输容量,而且不同种类、不同速率的信号在进行波分复用时不需要经接口变换就能一起传输;可以通过简单的节点设施处理超大容量的信号,降低传输和节点成本;以不同的波长作为选路信息可以

构成十分灵活方便的光波网络。此外，采用 WDM 方案还容易实现平稳升级，因为传输设备可以根据用户的需要逐步增加，缓解建设资金的紧张程度。由于 WDM 方式具有许多优点以及良好的应用前景，近几年研究活跃，而且技术进展迅速。1997 年初，总容量为 40Gbit/s(2.5Gbit/s×16)的 WDM 系统已经商用。

9.2.3 光时分复用(OTDM)

采用 ETDM 技术实现单信道的高速通信时，当速率接近电子电路的物理极限之后，依靠电处理技术的进一步提高单信道的传输速率难度太大，因此以全光处理技术为基础的 OTDM 方案正在受到人们的广泛关注。OTDM 利用锁模激光器产生重复频率超过 100GHz 的超窄光脉冲作为系统时钟，用光时钟脉冲控制全光复用器和去复用器进行光脉冲的复用与去复用。目前 OTDM 传输需要的基本技术包括超窄光脉冲发生技术、全光复用/去复用技术、光同步技术、光脉冲波形观测技术等还不太成熟和稳定，有待进一步发展。

9.2.4 三种解决方案的比较

ETDM 方案目前在 2.5Gbit/s 速率上已经十分成熟，并且具有 24000ps/nm 的色散容限。在目前大量使用的 G.652 光纤上可以传输 1000km，而不需要进行色散补偿，10Gbit/s 系统也可以传输 100km。40Gbit/s 的传输系统只能在 G.653 或 G.655 光纤上使用。

以 2.5Gbit/s 速率为单元的 DWDM 系统其色散容限可以达到 24000ps/nm，一根光纤的传输容量能达到 2.5Gbit/s×100 以上。因此，DWDM 系统的传输容量远远大于 ETDM 的容量，并且能以 2.5Gbit/s 为单元进行分插复用和交叉连接，具有较大的灵活性。

OTDM 的传输容量目前能达到 10Gbit/s×10，但由于码率太高，受色散限制严重，只能考虑在 G.653 和 G.655 光纤上使用。如果光逻辑元件能实用化，OTDM 能在 100Gbit/s 以上的速率上实现目前 ETDM 系统的功能。

从目前的技术水平来看，对于速率≤10Gbit/s 的情形，采用 ETDM 方案最合适。对速率超过 10Gbit/s 的情形，宜采用 DWDM 方案。OTDM 方案还需要进一步发展才能达到实用化水平。

9.3 高速通信系统的支撑技术

9.3.1 光纤放大器技术

在 80 年代中期就开始进行各种用于光纤通信的光放大技术的研究, 包括半导体光放大器(SOA)和光纤放大器(掺铒光纤放大器-EDFA, 掺镨光纤放大器-PDFA、掺铋光纤放大器-NDFA)。其中 EDFA 研究进展迅速, 已经进入实用阶段。

EDFA 具备的高增益、高输出、宽频带、低噪声、增益特性与偏振无关以及对数据速率与格式透明等一系列优点, 不仅有力地促进了 IM-DM 方式的传输技术的进步, 也将使超大容量、超高速、全光传输等一批新型传输技术变为现实。

掺铒光纤放大器应用范围很广, 在高速通信领域可分为 2 种类型:

- 用于电信数字通信网, 进行单波长信号放大。其典型性能为: 输出光功率 +13~+17dBm, 工作波长范围 1530~1560nm, 噪声指数 4~7dB。
- 用于 DWDM 系统, 进行多波长放大。其典型性能为: 输出光功率 +14~+20dBm, 增益平坦波长范围 1548~1560nm, 最大增益波动 <2dB, 噪声指数 4~5dBm。

9.3.2 光纤色散抑制技术

解决光纤色散对传输通信的限制有以下几种方法:

1. 使用零色散光纤

目前在 1550nm 通信窗口实现零色散和小色散的光纤有 G.653 光纤和 G.655 光纤, 使用以上两种光纤可以使传输设备避免受色散的限制。

2. 采用色散补偿技术

由于 G.652 光纤在 1550nm 具有极低的衰耗 (0.18dB/km), 制造成本也十分低廉, 已经被大量的敷设在光缆线路中, 因此如何在 G.652 光纤的 1550nm 通信窗口一直是人们努力的目标。目前使用的色散补偿技术包括:

1) 使用色散补偿光纤

利用色散补偿光纤与 G.652 光纤相反的色散特性补偿线路的色散。

2) 采用光纤光栅进行色散补偿

该方法补偿量大，一个器件就能补偿 2000ps/nm 的色散。此技术还需要进一步地稳定和改进。

3. 使用窄光谱光源

目前 2.5Gbit/s 的传输设备使用 -20dB 谱宽 < 0.2nm 的外调制分布反馈 (DFB) 激光器，可使传输设备受色散限制的距离达到 600~1000km。

9.3.3 支持 DWDM 方案的光纤分波合波技术

DWDM 分波合波器件可以分为三类：

第一类是采用多层介质膜形成的光学滤波器为基础的分波合波器件，这类合波分波器件的温度特性极为稳定，中心波长的温度漂移一般为 $0.5\text{pm}/^\circ\text{C}$ 。

第二类是光学光栅器件，该器件采用紫外光写入的方法能方便快速地生产。但光纤光栅的温度特性尚不够稳定，制成器件使用时需要进行稳定补偿。

第三类是用闪耀光栅构成的合波分波器件，具有很高的分辨率和隔离度，能将每一个信道的光谱宽度达到 30GHz，一个光栅就能完成多路合波分波和分插复用功能。此类器件的温漂系数为 $14\text{pm}/^\circ\text{C}$ ，工作时需要进行温度控制。

除了以上三类器件之外，还有声光滤波器、波导滤波器将来可能用于 DWDM 系统。

SBS W32 系统采用多层介质膜形成的光学滤波器为基础的分波合波器件构成系统的基本单元，具有较高的稳定性。

9.3.4 高速传输系统光电器件

为了满足高速特性的需求，近年来光电器件也得到了很大发展，尤其在光源方面有了一系列突变性进展，这些进展集中在产生窄光谱上。以 2.5Gbit/s 传输系统为例，在 G.652 光纤 1550nm 低衰耗特性窗口传输，使用直接调制 DFB 器件可传输 70km，使用电吸收外调制器 EA-DFB 器件可传输 300~650km，

使用铌酸锂调制器再加上连续光 DFB 器件可传输 1000km。采用外调制器的目的是消除器件产生的啁啾噪声对远距离传输的影响。DWDM 系统除了发光器件要求窄光谱以外，还需要中心波长符合 G.mcs 建议。

SBS 2.5Gbit/s、10Gbit/s 和 W32 设备采用了国际上优质光电器件与自己独有的驱动技术相结合而研制出的高性能光模块。

对于高速传输系统进一步发展还需要新型光纤（NZ- η JDSF）和光电集成技术 PIC 和 OEIC 的支撑。

9.4 SBS系列光传输设备

SBS 系列 SDH 光传输设备除了 SBS155/622、SBS155H 和速率为 2.5Gbit/s 的 SBS2500 传输设备外，也包括了以波分复用方式（DWDM）构成的 10Gbit/s、20Gbit/s、40Gbit/s、80 Gbit/s 的 SBS32。

9.4.1 SBS W32 传输设备

1. 体系结构

SBS W32 传输设备以 2.5Gbit/s \times 4 为速率起点，有 2.5Gbit/s \times 4、2.5Gbit/s \times 8、2.5Gbit/s \times 16、2.5Gbit/s \times 32 四种规格，最高速率达 80Gbit/s。这种体系结构可满足我国一级干线近几年内的发展需要。

2. 传输能力

SBS W32 传输设备在 WDM 用 EDFA 的支撑下，设备跨距可达 1000km，EDFA 之间的跨距可达 120km。这种跨距能满足我国幅员辽阔的通信需要。

3. 分插复用和交叉能力

SBS W32 传输设备具有部分和全部信道分插功能和实现信道间的交叉能力。最大的节点交叉数为 32 \times 32。强大的交叉能力能适应我国一级干线网状网拓扑结构的需要。

4. 接入能力

由于我国已经引进了较多的国外传输设备，它们来自不同的国家和公司，常

常在同一条线路上使用。为适应这种情况，SBS W32 除了能将华为公司的 2.5Gbit/s 信号用 WDM 方式汇集为高速的数据流之外，还能将其他速率的信号和波长不满足 DWDM 系统要求的信号通过波长转换器(WLC)进行接入。

5. 网管与监控

SBS W32 设备采用 G.mcs 建议的方式建立 DWDM 系统的监控网管系统。监控信道采用 1310nm、1480nm 或 1510nm 波长，通过 WDM 方式复用到主信道上。（监控信道的传输数据格式采用 2Mbit/s E₁ 格式。被监控点的 EDFA、SADM 的状态信息、告警信息、网管下发的命令和站点的公务电话通过监控信道来传输。）

9.4.2 华为 EDFA 产品

华为十分关注光传输领域的发展和动态，已经在这方面进行了深入的研究工作。目前研究开发出单波长应用的 EDFA 产品和 WDM 系统使用的波长性能平坦、具有增益锁定功能 EDFA 产品。其 EDFA 除了具有前面介绍的基本特点之外，还具有：

1. 结构紧凑

能在一个单板上放置 2 路 EDFA，使 SBS 设备在不增加体积的情况下，得到 EDFA 技术的支撑。

2. 纳入 SBS 设备的统一网管

直接安插在 SBS 设备子架上，状态信息和网管命令通过网管数据总线进行传递。EDFA 线路放大器通过专门的监控通道与 SBS 设备进行信息交换。

3. 高可靠性

具有 30 万小时的工作寿命。采用的元器件都经过了严格的质量保证体系的认证，器件寿命均超过 50 万小时。精心的设计和严格的工艺流程保证了产品的高可靠性。

4. 高平坦度

在 1548~1562nm 的波长范围内增益平坦度为 1dB，在输入光功率变化 12dB 时，增益变化不超过 1dB。

专用词汇及缩略语

ADM	Add/Drop Multiplexer	分插复用器
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步转移模式
AU	Administrative Unit	管理单元
AU PTR	Administrative Unit Pointer	管理单元指针
AUG	Administrative Unit Group	管理单元组
B-ISDN	Broad band-Integrated Services Digital Network	宽带综合业务数字网
C	Container	容器
CMI	Coded Mark Inversion	传号反转码
CSES	Continuous Severely Errored Second	连续严重误码秒
DCC	Digital Communication Channel	数字通信通路
DCN	Data Communication Network	数据通信网
DDN	Digital Data Network	数字数据网
DFB	Distributed Feedback	分布反馈
PIC	Power Integrated Circuit	功率集成电路
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理
DWDM	Dense Wave-length Division Multiplexing	密集波分复用
DXC	Digital Cross-Connect	数字交叉连接
EA-DFB	Electricity Absorb-Distributed Feedback	电吸收分布反馈
ECC	Embedded Control Channel	嵌入或控制通道
EDFA	Erbium-Doped Fiber Amplifier	掺饵光纤放大器
ESA	Error Second A	误码秒类型 A
ESB	Error Second B	误码秒类型 B
ETDM	Electrical Time Division Multiplexing	电时分复用
ETDM	Electricity Time Division Multiplexing	电时分复用
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	欧洲电信标准协会
FC	Failure Count	失效次数
GNE	Gateway Network Element	网关网元
HOA	High Order Assembler	高阶组装器
HOAPID	High Order path Access Point Identifier	高阶通道接入点标识符
HOI	High Order Interface	高阶接口
HO-TCM	High Order Tandem Connection Monitor	高阶通道串联连接监控
HOVC	High Order Virtual Container	高阶虚容器
HPA	High order Path Adaptation	高阶通道适配
HPC	High order Path Connection	高阶通道连接
HPOM	High-order Path Overhead Monitor	高阶通道开销监视器
HPP	High-order Path Protection	高阶通道保护
HPT	High order Path Termination	高阶通道终端
HSUT	High-order path Supervision Unequipped Termination	高阶通道监控未装载终端
IM-DM	Intensity Modulation-Direction Modulation	直接强度调制
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网

ITU-T	International Telecommunication Telecommunication Sector	Union-	国际电信联盟-电信部
LAN	Local Area Network		局域网
LCN	Local Communication Network		本地通信网
LOI	Low Order Interface		低阶接口
LO-TCM	Low Order Tandem Connection Monitor		低阶通道串联连接监视器
LOVC	Low Order Virtual Container		低阶虚容器
LPA	Low-order Path Adaptation		低阶通道适配
LPC	Low order Path Connection		低阶通道连接
LPOM	Low-order Path Overhead Monitor		低阶通道开销监视器
LPP	Low-order Path Protection		低阶通道保护
LPT	Low-order Path Termination		低阶通道终端
LSUT	Low-order path Supervision Unequipped Termination		低阶通道监控未装载终端
LU	Line Unit		线路单元
MCF	Message Communication Function		消息通信功能
MD	Mediation Device		中介设备
MIB	Management Information Base		管理信息库
MO	Managed Object		管理目标
MSA	Multiplex Section Adaptation		复用段适配
MSOH	Multiplex Section Overhead		复用段开销
MSP	Multiplex Section Protection		复用段保护
MST	Multiplex Section Termination		复用段终端
MTIE	Maximum Time Interval Error		最大时间间隔误差
NDF	New Data Flag		新数据标识
NDFEA	Niobium-Doped Fiber Amplifier		掺铌光纤放大器
NE	Network Element		网元
NNE	Non-SDH Network Element		非 SDH 网元
NNI	Network Node Interface		网络节点接口
NPI	Null Pointer Indication		无效指针指示
NZ-DSF	Non Zero-Dispersion Shift Fiber		非零散位移光纤
OAM	Operation, Administration and Maintenance		操作、管理和维护
OEIC	Optoelectronic Integrated Circuit		光电集成电路
OFA	Optical Fiber Amplifier		光纤放大器
OFS	Out-of-Frame Second		帧失步秒
OHA	Overhead Access		开销接入
OHP	Overhead Processing		开销处理
OLT	Optical Line Terminal		光纤线路终端
ONU	Optical Network Unit		光纤网络单元
OS	Operating System		操作系统
OTDM	Optical Time Division Multiplexing		光时分复用
PDFA	Praseodymium-Doped Fiber Amplifier		掺镨光纤放大器
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy		准同步数字系列
PJE	Pointer Justification Event		指针调整事件
POH	Path Overhead		通道开销
PPI	PDH Physical Interface		PDH 物理接口
PSC	Protection Switching Count		保护倒换计数
PSD	Protection Switching Duration		保护倒换持续时间
PWS	Power System		电源系统

REG	Regenerator	再生器
RST	Regenerator Section Termination	再生段终端
SCB	System Control Board	系统控制板
SCC	System Control & Communication	系统通信控制
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字系列
SDXC	Synchronous Digital Cross Connect	同步数字交叉连接
SEMF	Synchronous Equipment Management Function	同步设备管理功能
SETPI	Synchronous Equipment Timing Physical Interface	同步设备时钟物理接口
SETS	Synchronous Equipment Timing Source	同步设备定时源
SM	Synchronous Multiplexer	同步复用器
SMS	SDH Management Sub-Network	SDH 管理子网
SOA	Semiconductor Optical Amplifier	半导体光放大器
SOH	Section Overhead	段开销
SONET	Synchronous Optical Network	同步光网络
SPI	SDH Physical Interface	SDH 物理接口
SSM	Synchronous Status Message	同步状态信息
STG	Synchronous Timing Generator	同步定时发生器
STM-N	Synchronous Transport Module level-N	同步传送模块等级 N
TDEV	Time Deviation	时间偏差
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用
TM	Termination Multiplexer	终端复用器
TMN	Telecommunication Management Network	电信管理网
TSI	Timeslot Interchange	时隙交换
TTF	Transport Terminal Function	传送终端功能
TU	Tributary Unit	支路单元
TUG	Tributary Unit Group	支路单元组
UNI	User Network Interface	用户网络接口
VC	Virtual Container	虚容器
WAN	Wide Area Network	广域网
WDM	Wave-length Division Multiplexing	波分复用
XC	Cross-Connect	交叉连接
FTTC	Fiber To The Curb	光纤到路边
FTTB	Fiber To The Building	光纤到大楼
FTTH	Fiber To The Home	光纤到家庭

您的意见是我们
最宝贵的财富

如果您对本书的内容、文字、编排有疑问、建议或批评，请用下列表格反馈给我们。我们将对此十分重视，并对好的意见给予奖励。

请将此表传真至 0755-6812414

《SDH 光传输系统》读者反馈表

姓名:	性别:	职称:
工作单位:		邮政编码:
联系电话:	传真:	E-mail:
您的意见:		
签名:		日期: