

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

SDH和DWDM设备 操作与维护

文杰斌 主编

王韵 张振中 副主编

*Electronic
Information*



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



21世纪高职高专电子信息类规划教材
21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

SDH和DWDM设备 操作与维护

文杰斌 主编

王韵 张振中 副主编

*Electronic
Information*

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

SDH和DWDM设备操作与维护 / 文杰斌主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014.2

21世纪高职高专电子信息类规划教材 中国通信学会普通与教育工作委员会推荐教材

ISBN 978-7-115-34373-4

I. ①S… II. ①文… III. ①光纤通信—同步通信网—高等职业教育—教材 IV. ①TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第009424号

内 容 提 要

本书选取华为和中兴两大通信设备商的典型 SDH 和 DWDM 产品, 以培养学生的 SDH 与 DWDM 设备的操作与维护技能为核心目标, 详细介绍了 SDH 与 DWDM 设备整体认知、传输配置管理、传输网管维护、传输性能管理、传输设备日常维护和传输故障管理等项目内容。

本书以工作过程为导向, 采用项目教学的方式组织教学内容, 每个项目取材于通信企业运维一线的典型案例; 主要包括 6 个项目, 涵盖 SDH 与 DWDM 网络的建设、管理和维护等环节。每个项目由应用情境、解决方案、工作任务和项目技能练习组成; 每个工作任务由任务分析、知识链接、任务实施和知识拓展组成。通过学习和训练, 学生不仅能够掌握 SDH 与 DWDM 技术的理论知识, 而且能够完成 SDH 与 DWDM 设备的基本操作与维护, 达到助理传输工程师传输网络运维水平。

本书可作为高职院校和本科院校的通信技术类、电子信息类等相关专业的教学用书, 也可用作从事传输设备维护的工程技术人员参考、学习和培训用书。

-
- ◆ 主 编 文杰斌
 - 副 主 编 王 韵 张振中
 - 责任编辑 滑 玉
 - 责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 16.5 2014 年 2 月第 1 版
 - 字数: 416 千字 2014 年 2 月北京第 1 次印刷
-

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315



近些年,随着光传输网络技术的迅速发展,SDH 传输网络和 DWDM 传输网络已经发展得非常成熟,大量应用在各级骨干网、城域网及接入网中。

对传输网络设计人员、建设人员和维护人员而言,全面具备 SDH 和 DWDM 设备的操作维护能力是基本要求,是典型工作任务,即 SDH 与 DWDM 设备的操作与维护是高职院校通信技术类专业的一门重要的专业核心课程。

本书以训练学生的 SDH 与 DWDM 设备的操作与维护技能为核心目标,选取华为和中兴两大通信设备商的典型 SDH 和 DWDM 产品为载体,以工作过程为导向,采用项目教学的方式组织教学内容,每个项目取材于通信企业运维一线的典型案列;详细介绍了 SDH 与 DWDM 设备整体认知、传输配置管理、传输网管维护、传输性能管理、传输设备日常维护和传输故障管理等 6 大项目训练内容。每个项目由应用情境、解决方案、工作任务和项目技能练习组成。在每个项目的应用情境,给出作为传输人员在某个工作环节将会面临什么场景和问题;在解决方案中,会根据应用情境设置的场景和问题,提出解决问题应该要具备哪些技能;在每个工作任务部分,首先对工作任务进行简要分析(任务分析),其次详细讲解完成工作任务需具备的理论知识(知识链接),然后给出工作任务的训练实施方案(任务实施),最后为了更全面、更深层次地完成该工作任务,讲解需进一步掌握的知识与技能(知识拓展);在项目技能练习部分,精心挑选与本项目相关的多个场景和问题,强化学生掌握该项目的学习、训练,检测学生的学习效果。

通过 6 大项目的学习和训练,学生不仅能够掌握 SDH 与 DWDM 技术的理论知识,而且能够完成 SDH 与 DWDM 设备的基本操作与维护,达到助理传输工程师传输网络运维水平。

本书的参考学时为 60~84 学时,建议采用项目式现场教学模式,各项目的参考学时如学时分配表所示。

学时分配表

项 目	课 程 内 容	学 时
项目一	SDH 与 DWDM 设备整体认知	18~24
项目二	传输配置管理	10~12
项目三	传输网管维护	10~12
项目四	传输性能管理	4~6
项目五	传输设备日常维护	8~12
项目六	传输故障管理	10~18
课时总计		60~84

本书由湖南邮电职业技术学院文杰斌主编和统稿,何一心负责审稿,王韵负责项目五和

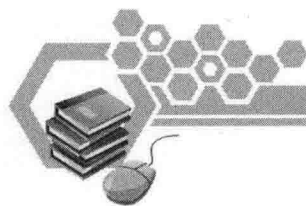


项目六的编写，张振中负责项目三和项目四的编写。在本书编写过程中，得到了湖南邮电职业技术学院、中国电信湖南公司、中国通信服务湖南公司及中兴、华为等单位的大力支持和鼎力帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促，编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 12 月



目 录

项目一 SDH 与 DWDM

设备整体认知 1

任务 1.1 SDH 设备的整体认知 1

任务 1.2 DWDM 设备的整体认知 24

项目二 传输配置管理 43

任务 2.1 传输设备硬件安装 43

任务 2.2 SDH 设备物理组网 与保护 62

任务 2.3 SDH 网络开通配置 73

任务 2.4 WDM 设备物理组网 与保护 78

任务 2.5 DWDM 网络开通配置 89

任务 2.6 传输网络系统测试 92

项目三 传输网管维护 104

任务 3.1 传输网管系统组网 104

任务 3.2 网管系统通用操作 115

任务 3.3 传输网络拓扑结构创建 126

任务 3.4 传输网络业务开通配置 137

项目四 传输性能管理 147

任务 4.1 常用仪表使用 147

任务 4.2 传输网络主要性能测试 160

项目五 传输设备日常维护 177

任务 5.1 传输机房制度教育 177

任务 5.2 传输设备日常维护项目 180

任务 5.3 传输设备通用操作 193

任务 5.4 DDF 和 ODF 架及 相关操作 200

项目六 传输故障管理 209

任务 6.1 传输网络故障处理规范 209

任务 6.2 传输业务中断类故障 处理 212

任务 6.3 传输非业务中断类故障 处理 224

任务 6.4 非传输原因引发传输 告警故障处理 238

任务 6.5 传输网络重大故障应 急预案和业务割接 245

附录 英汉缩略语对照 250

参考文献 258

项目一

SDH 与 DWDM 设备整体认知

[应用情境]

小王是某运营商传输机房刚入职的一名传输设备维护人员，主要负责维护华为和中兴产的 SDH 设备和 DWDM 设备，为了能尽早上岗，成为一名合格的传输设备维护人员，小王需要尽快形成对 SDH 设备和 DWDM 设备的整体认知。

[解决方案]

要尽快对 SDH 设备和 DWDM 设备有整体的认知，通常需要掌握以下技能：熟悉典型 SDH 设备的系统结构、单板功能；熟悉典型 DWDM 设备的系统结构、单板功能。

本项目设计了典型 SDH 设备整体认知和典型 DWDM 设备整体认知两个工作任务，在介绍 SDH 设备和 DWDM 设备的系统结构、单板功能的同时，对 SDH 和 DWDM 技术涉及的基本理论进行描述。

任务 1.1 SDH 设备的整体认知

[任务分析]

小王通过师傅的指点，得知要想形成对 SDH 设备的整体认知，必须首先掌握 SDH 技术的基本理论，再对每个厂家的 SDH 设备的系统结构和单板功能进行熟悉，最后比对不同厂家的 SDH 设备在系统结构设计上的不同。

[知识链接]

一、SDH 技术之前采用的传输技术——PDH 技术

计算机技术尤其是互联网技术迅猛发展之前，通信的业务类型主要是语音业务，所以传输技术都是基于电话语音业务传送设计的。

电话的模拟语音业务信号经过抽样、量化、编码后，变为 64kbit/s 的数字信号，为了提高线路利用率和传输容量，采用时分复用技术，将多路 64kbit/s 数字信号以比特为单位进行间插复接。将 30 个独立的 64kbit/s 话音业务与两个信息控制信道一起形成一个 32 路时隙的信号结构，其传输速率为 2.048Mbit/s，这就是早期的 PCM30/32 路通信系统。

为了进一步提高传输容量，欧洲以 2.048Mbit/s 为基础，北美以 1.544Mbit/s 为基础，发展了 PDH 技术。我国采用欧洲制式的 PDH 技术。

欧洲制式 PDH 技术各次群的速率、偏差、帧周期、电路数如表 1-1 所示。



表 1-1

欧洲制式 PDH 各次群速率与帧周期

群 次	速 率	偏 差	帧 周 期	电 路 数
一次	2.048 Mbit/s	50 ppm	125 μ s	30
二次	8.448 Mbit/s	30 ppm	100.38 μ s	120
三次	34.368 Mbit/s	20 ppm	44.69 μ s	480
四次	139.264 Mbit/s	15 ppm	21.03 μ s	1 920

PDH 技术存在以下不可克服的、以致于不得不被 SDH 技术淘汰的缺点。

(1) 国际 PDH 技术存在 3 大系列标准, 如图 1-1 所示, 造成了国际互通的困难。

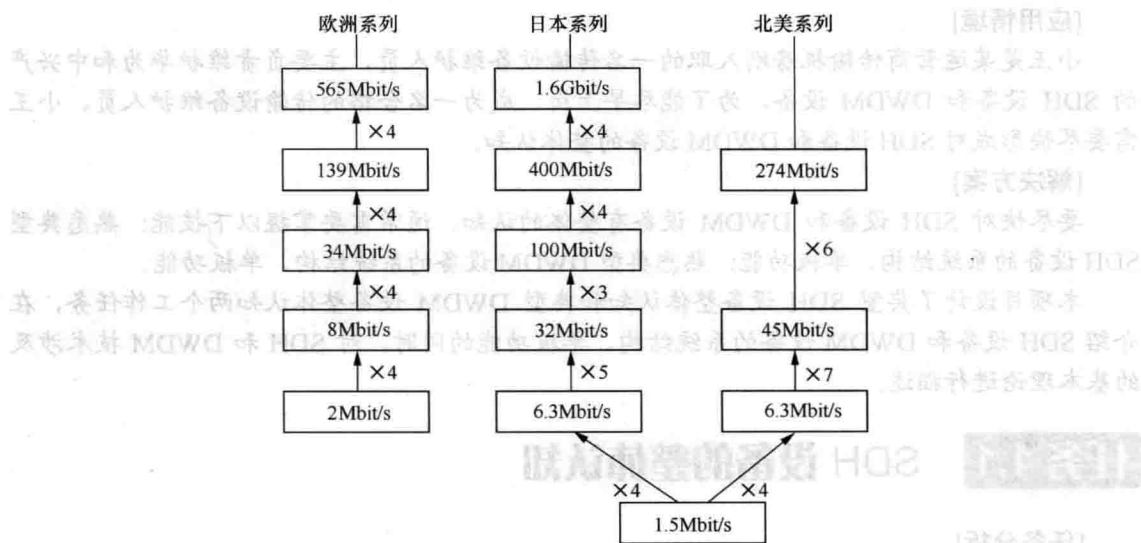


图 1-1 ITU-T 建议的三大 PDH 系列

(2) 没有世界性标准的光接口规范。致使不同厂家的设备, 甚至同一厂家不同型号的设备光接口各不相同, 不能互连。

(3) 上/下支路困难。PDH 各速率等级帧长不同, 导致上/下支路必须采用背靠背设备, 逐级分接出要下的支路, 将不下的支路再逐级复接上去, 如图 1-2 所示。

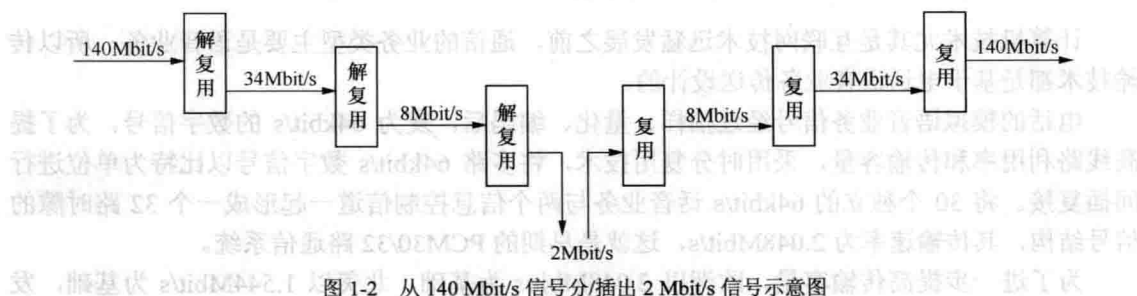


图 1-2 从 140 Mbit/s 信号分/插出 2 Mbit/s 信号示意图

(4) 只能采用异步复接方式, 即复接时需调整各支路速率同步后才能复接。

(5) 网络管理能力不强。由于安排的开销比特很少, 不能提供足够的运行、管理和维护 (OAM) 能力。



二、SDH 基本概念

1985 年, 美国国家标准协会 (ANSI) 起草了光同步标准, 并命名为同步光网络 SONET。1986 年, 原 CCITT 即 ITU-T 以 SONET 为基础制订了 SDH 同步数字体系标准, SDH 是一种将复接、线路传输及交换功能融为一体, 并由统一网管系统操作的综合信息传送网络技术, 其核心特点是: 同步复用、标准光接口、强大的网络管理能力。特别需要注意的是 SDH 技术不仅适用于光纤线路传输, 也适合于微波和卫星等其他传输形式。

三、SDH 速率等级

SDH 速率等级用同步传送模块 STM- N 表示, N 取 1、4、16、64、256, 对应 SDH 五种不同等级的速率, 如表 1-2 所示。

表 1-2 同步数字系列 SDH 速率等级

同步数字系列速率等级	比特率 (kbit/s)	速率 (bit/s)
STM-1	155 520	155M
STM-4	622 080	622M
STM-16	2 488 320	2.5G
STM-64	9 953 280	10G
STM-256	39 813 120	40G

四、SDH 帧结构

STM- N 帧结构由 9 行、 $270 \times N$ 列组成, 采用按字节间插复用, 由净负荷 (Payload)、管理单元指针 AU-PTR、段开销 SOH 3 部分组成, 如图 1-3 所示。

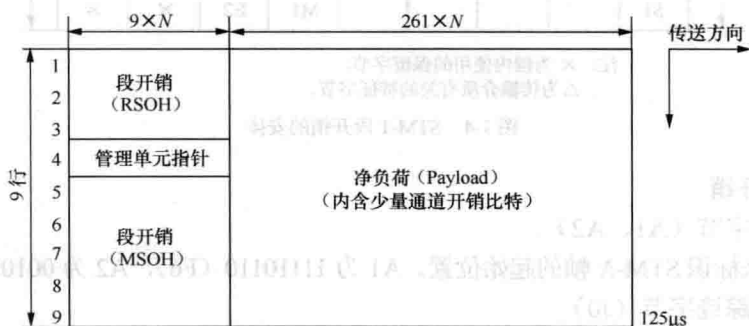


图 1-3 STM- N 帧结构

信息净负荷区存放各种电信业务信息和少量用于通道性能监控的通道开销字节。

管理单元指针用来指示信息净负荷的第一个字节在 STM- N 帧内的准确位置, 以便正确区分出所需的信息。为了兼容各种业务或与其他网络连接, 需通过指针进行速率调整。

段开销 SOH 区域用于存放帧定位、运行、维护和管理方面的字节, 以保证主信息净负荷正确灵活地传送。段开销进一步分为再生段开销 (RSOH) 和复用段开销 (MSOH)。

五、SDH 开销

SDH 开销完成对 SDH 信号层层细化的监控管理, 其监控管理功能可分为段层监控和通



道层监控。段层的监控分为再生段层和复用段层的监控，通道层监控分为高阶通道层和低阶通道层的监控，从而实现对 STM-N 层层细化的监控。例如，对 SDH 2.5G (STM-16) 系统的监控，再生段开销对整个 STM-16 信号监控，复用段开销对 STM-16 中的 16 个 STM-1 分别监控，高阶通道开销对每个 STM-1 中的 VC-4 监控，低阶通道开销对 VC-4 中的 63 个 VC-12 分别监控。由此实现对 2.5Gbit/s 级别到 2Mbit/s 级别的多层次监控。这些监控功能的实现是由不同的开销字节来实现的。

(一) SDH 段开销

STM-N 的段开销由 N 个 STM-1 段开销按字节间插同步复用而成，但只有第一个 STM-1 的段开销完全保留，其余 STM-1 的段开销仅保留 A1、A2 和 B2 字节，其他字节全部省略。

由于 STM-N 和 STM-1 的段开销字节类型相同，只是段开销字节数量上不同，所以可以用 STM-1 信号为例来讲述段开销各字节的用途。STM-1 段开销的安排如图 1-4 所示。



注：× 为国内使用的保留字节；
△ 为传输介质有关的特征字节。

图 1-4 STM-1 段开销的安排

1. 再生段开销

(1) 帧定位字节 (A1、A2)

A1、A2 用来标识 STM-N 帧的起始位置。A1 为 11110110 (F6)，A2 为 00101000 (28)。

(2) 再生段踪迹字节 (J0)

用连续 16 帧内的 J0 字节组成 16 byte 的帧重复发送一个代表某接入点的标志，从而使再生段的接收端能够确认是否与预定的发送端处于持续的连接状态。

(3) 再生段误码监视字节 (B1)

B1 字节用于再生段误码在线监测，它采用偶校验比特间插校验 8 位码 (简称 BIP-8)。BIP-8 是将被监测部分 8 bit 分为一组排列，然后计算每一列比特“1”的奇偶数，其值使每列比特“1”个数为偶数。例如，有一串较短的序列“11010100011100111010101010111010”，其 BIP-8 的计算为：

$$\begin{array}{r} 11010100 \\ 01110011 \\ 10101010 \\ 10111010 \\ \hline \text{BIP-8 } 10110111 \end{array}$$

在 STM-N 帧中对前一 STM-N 帧扰码后的所有比特进行 BIP-8 运算，将得到的结果置于当前帧扰码前的 B1 位置。接收端将前一帧解扰码前的所有比特计



算得到的 BIP-8 值,与当前帧解扰后的 B1 作比较,如果任一比特不一致,则说明本 BIP-8 负责监测的“块”在传输过程中有差错。这样只要检测出接收端计算出的 BIP-8 与传送过来的 B1 不一致的数量,就可得到信号传输过程中的差错块数(即误码块数),从而实现再生段的在线误码监测。

(4) 再生段公务通信字节 (E1)

E1 用于再生段公务联络,提供一个 64kbit/s 通路,它在中继器上可以接入或分出。

(5) 使用者通路字节 (F1)

F1 为网络运营者提供一个 64kbit/s 通路,为特殊维护目的提供临时的数据/话音通道。

(6) 再生段数据通信通道字节 (DCC)

再生段开销中 D1、D2、D3 用于再生段传送再生器的运行、管理和维护信息,可提供速率达 192 kbit/s (3×64 kbit/s) 的通道。

2. 复用段开销

(1) 复用段误码监视字节 (B2)

B2 用于复用段的误码在线监测,3 个 B2 共 24 bit,作比特间插奇偶校验,以前为 BIP-24 校验,后改进为 $24 \times \text{BIP-1}$,其计算方法与 BIP-8 相似,只不过此处每 24bit 分为一组。

(2) 数据通信通道字节 (D4~D12)

D4~D12 构成管理网复用段之间运行、管理和维护信息的传送通道,可提供速率达 576 kbit/s (9×64 kbit/s) 的通道。

(3) 复用段公务通信字节 (E2)

E2 用于复用段公务联络,只能在含有复用段终端功能块 MST 的设备上接入或分出。

(4) 自动保护倒换通路字节 (K1、K2 (b1~b5))

K1 和 K2 用于传送复用段保护倒换 APS 协议。保证设备发生故障时能自动切换,使网络自愈,用于复用段保护倒换自愈情况。

K1 (b1~b4) 指示倒换请求的原因, K1 (b5~b8) 指示提出倒换请求的工作系统序号, K2 (b1~b5) 指示复用段接收侧备用系统倒换开关桥接到的工作系统序号。

(5) 复用段远端缺陷指示字节 (K2 (b6~b8))

K2 (b6~b8) 用于向复用段发送端回送接收端状态指示信号,通知发送端,接收端检测到上游故障或者收到了复用段告警指示信号 MS-AIS。有缺陷时在 K2 (b6~b8) 插入“110”码,表示复用段远端缺陷指示 MS-RDI。

(6) 同步状态字节 (S1 (b5~b8))

S1 字节的 b5~b8 用作传送同步状态信息,即上游站的同步状态通过 S1 (b5~b8) 传送到下游站。S1 的安排如表 1-3 所示。

表 1-3 S1 字节 b5~b8 的安排

S1 的 b5~b8	时 钟 等 级
0000	质量未知
0010	G811 基准时钟
0100	G812 转接局从时钟
1000	G812 本地局从时钟
1011	同步设备定时源 (SETS)
1111	不可用于时钟同步

注:其余组态预留。



(7) 复用段远端差错指示字节 (M1 (b2~b8))

M1 (b2~b8) 用于将复用段接收端检测到的差错数回传给发送端。接收端 (远端) 的差错信息由接收端计算出的 $24 \times \text{BIP-1}$ 与收到的 B2 比较得到, 有多少差错比特就表示有多少差错块, 然后将差错数用二进制表示放置于 M1 (b2~b8) 的位置, 如表 1-4、表 1-5 和表 1-6 所示。M1 的 b1 比特默认置为 1。

表 1-4 STM-1 的 M1 代码

M1 代码比特 2345678	代 码 含 义
0000000	0 个差错
0000001	1 个差错
0000010	2 个差错
...	...
0011000	24 个差错
0011001~1111111	0 个差错

表 1-5 STM-4 的 M1 代码

M1 代码比特 2345678	代 码 含 义
0000000	0 个差错
0000001	1 个差错
0000010	2 个差错
...	...
1100000	96 个差错
1100001~1111111	0 个差错

表 1-6 STM-16 的 M1 代码

M1 代码比特 2345678	代 码 含 义
0000000	0 个差错
0000001	1 个差错
0000010	2 个差错
...	...
1111111	255 个差错

注: M1 的第一个比特忽略。

SDH 的段开销功能根据实际情况进行简化, 省略一些非必须的字节可以降低设备的成本。只有 A1、A2、B2、K2 字节是必不可少的。

简化接口的 SOH 字节选用如表 1-7 所示。这种简化接口只是为生产厂商和网络运营商提供的一种选样, 在实际应用中可根据实际情况使用。

表 1-7 简化接口的 SOH 字节

SOH 字节	光 接 口	电 接 口
A1、A2	需要	需要
J0	需要	选用



续表

SOH 字节	光 接 口	电 接 口
B1	不用	不用
E1	选用	选用
F1	不用	不用
D1~D12	选用	选用
B2	需要	需要
K1、K2 (APS)	选用	不用
K2 (MS-RDI, MS-AIS)	需要	需要
S1	需要	需要
M1	需要	需要
E2	不用	不用
其他	不用	不用

(二) SDH 通道开销

通道开销用于本通道 (VC 路由) 的维护和管理。分为高阶通道开销 (HPOH) 和低阶通道开销 (LPOH), 其中高阶通道开销包含 9 个字节, 即字节 J1、B3、C2、C1、F2、H4、F3、K3 和 N1; 低阶通道开销包含 V5、J2、N2 和 K4 等 4 个字节。

具体每个开销字节的功能不再叙述。以表格形式简要介绍, 如表 1-8 所示。

表 1-8 开销字节及对应简要功能

POH 字节	功 能
HPOH	
高阶通道踪迹 (J1)	VC 第一个字节, 作用与段开销中 J0 功能相似
高阶通道误码监测 (B3)	对 VC-3 或 VC-4 进行误码监测
高阶通道信号标记 (C2)	标示高阶通道 (VC-3 或 VC-4) 的信号组成
通道状态 (G1)	将通道终端接收器接收到的通道状态性能回送始端
高阶通道使用者字节 (F2、F3)	为用户提供通道单元之间的通信通路
位置指示字节 (H4)	为净负荷提供一般位置指示
自动保护倒换通路字节 (K3)	传送高阶通道的自动保护倒换协议
网络运营者字节 (N1)	提供串联连接监视功能
LPOH	
V5 字节	用于 VC-12 复帧的误码监测、信号标记、通道状态指示
低阶通道踪迹字节 (J2)	用于低阶通道, 作用与段开销中 J0 功能相似
网络运营者字节 (N2)	提供串联连接监视功能
自动保护倒换通道 (K (b1~b4))	为低阶通道传送 APS 协议
保留 (K (b5~b8))	低阶通道增强型远端缺陷指示

六、SDH 映射和复用过程

SDH 具有兼容性, 即 PDH 三大系列的各速率等级的信号均可以纳入 SDH 的传送模块中 (具体地说可纳入 STM-1 中), 这样使现存的 PDH 设备还能继续使用, 不致造成浪费。同时 SDH 还能兼容各种新业务纳入传送模块。这种将 PDH 信号和各种新业务装入 SDH 信号空

间, 并构成 SDH 帧的过程称为映射和复用过程。

ITU-T 对 SDH 的复用映射结构或复用路线作出了严格的规定, 如图 1-5 所示。

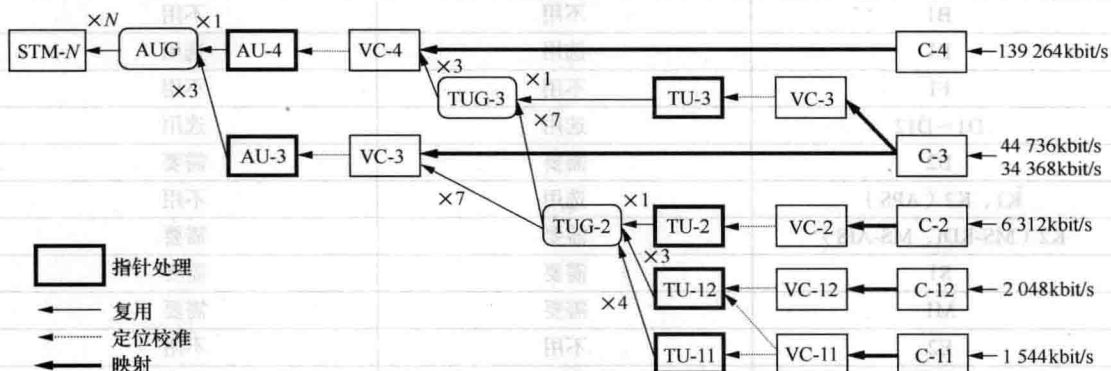


图 1-5 ITU-T G.709 建议的 SDH 复用映射结构

我国的 SDH 复用映射结构相当于简化版的国际标准, 即把支路信号为北美 PDH 信号的 1 544kbit/s、6 312kbit/s、44 736kbit/s 的复用映射线路删除不用, 如图 1-6 所示。

从图 1-6 中可知, 一个 STM-1 帧中可容纳 1 个 140Mbit/s 的支路信号, 或 3 个 34Mbit/s 的支路信号, 或 63 个 2Mbit/s 的支路信号。需要注意的是, 一个 STM-1 帧只能装入单一速率的信号, 如 34 Mbit/s 和 2 Mbit/s 不能混装复用形成一个 STM-1 帧。

(一) 复用单元

图 1-6 中 SDH 的各级信息结构包括标准容器 (C)、虚容器 (VC)、支路单元 (TU)、支路单元组 (TUG)、管理单元 (AU) 和管理单元组 (AUG)。

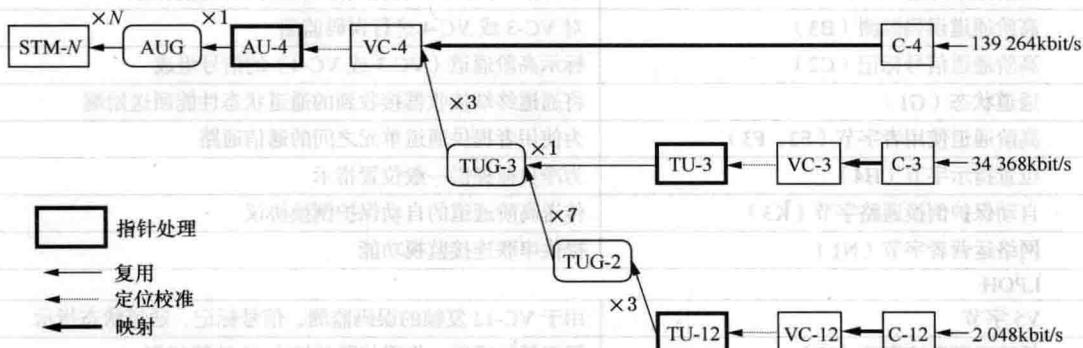


图 1-6 我国规定的 SDH 复用映射结构

1. 标准容器 (C)

标准容器 (C) 是一种用来装载各种速率的业务信号的信息结构。主要完成适配功能, 即完成输入信号和输出信号间的码型、码速变换。我国常用三种标准容器: C-12、C-3 和 C-4, 其标准输入速率分别为 2.048Mbit/s、34.368Mbit/s、139.264Mbit/s。

已装载的容器 (C) 可作为虚容器 (VC) 的信息净负荷。

2. 虚容器 (VC)

虚容器 (VC) 用于支持 SDH 通道层连接的信息结构。它由容器 (C) 输出的信息净负



荷加上通道开销 POH 组成, 即

$$VC-n=C-n+POH$$

虚容器 (VC) 可分为低阶虚容器和高阶虚容器。我国采用的 VC-12、VC-3 为低阶虚容器, VC-4 为高阶虚容器。VC 是 SDH 中可以用来传输、交换、处理的最小信息单元, VC 在 SDH 传输网中传输的路径称为通道。

3. 支路单元 (TU) 和支路单元组 (TUG)

支路单元 TU 是一种提供低阶通道层和高阶通道层之间适配功能的信息结构, 即负责将低阶虚容器经支路单元组装进高阶虚容器。它由低阶 VC- n 和相应的支路单元指针 TU- n -PTR 组成。即

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

支路单元指针 TU- n -PTR 用来指示 VC- n 净负荷起点在 TU 帧内的位置。

支路单元组 TUG 由一个或多个支路单元 TU 组成。

4. 管理单元 (AU) 和管理单元组 (AUG)

管理单元 AU 是一种提供高阶通道层和复用段层之间适配功能的信息结构, 即负责将高阶虚容器经管理单元组装进 STM- N 帧。它由高阶 VC 和相应的管理单元指针 (AU- n -PTR) 组成。即

$$AU-n=\text{高阶 } VC-n+AU-n\text{-PTR}$$

管理单元指针 AU- n -PTR 指示高阶 VC- n 净负荷起点在 AU 帧内的位置。

管理单元组 AUG 是由一个或多个管理单元组成。

根据上述分析, 任何信号组成 STM- N 帧需经过 3 个步骤: 映射、定位和复用。

(二) SDH 映射复用过程

目前 SDH 映射复用过程常采用的支路信号为 2 048 kbit/s。将 2 048 kbit/s 映射复用形成 STM-1 帧的步骤可以归纳成如下几个步骤。

1. 将 2 048 kbit/s 的 PDH 信号适配进 C-12

2 048 kbit/s 的信号以正/零/负码速调整方式装入 C-12, C-12 帧是由 4 个基帧组成的复帧, 共 4 行、34 列。每个基帧的周期为 125 μ s, C-12 帧周期为 500 (4 $\times$ 125) μ s, 处于 4 个连续的 STM-1 帧中。

2. 从 C-12 映射到 VC-12

为了在 SDH 网的传输中能实时监测每一个 2 Mbit/s 通道信号的性能, 需将 C-12 加入的 4 个低阶通道开销字节 (LPOH) 打包成 VC-12 的信息结构。

需要说明的是, 一组通道开销检测的是整个复帧在网络中传输的状态, 一个 C-12 复帧装载了 4 个 2 Mbit/s 的信号, 因此, 一组低阶通道开销 (LP-POH) 监控的是 4 帧 2 Mbit/s 信号的传输状态。

3. 将 VC-12 定位到 TU-12

TU-12 是由 4 行组成的复帧结构, 每行 36 字节, 每行占 125 μ s, 需一个 STM 帧传送, 因此一个 TU-12 需放置于 4 个连续的 STM 帧传送。为了使后面的复接过程看起来更直观, 更便于理解, 此处将 TU-12 每行均按传送的顺序写成一个 9 行 4 列的块状结构。

4. 将 TU-12 装入 TUG-2

按照我国规定的复用映射结构, 3 个支路来的 TU-12 逐字节间插复用成一个支路单元组 TUG-2 (9 行 $\times$ 12 列)。

5. 从 TUG-2 到 TUG-3

按照我国规定的复用映射结构, 7 个 TUG-2 (9 行×12 列) 逐字节间插复用成 TUG-3 的信息结构。需要说明的是, TUG-3 的信息结构是 9 行 86 列, 所以需要在 7 个 TUG-2 合成的信息结构前加入 2 列固定塞入比特 (Rbit)。

6. 从 TUG-3 到 VC-4 进一步复用成 STM-1

3 个 TUG-3 (从不同的支路映射复用而得来) 复用, 再加上 2 列固定塞入字节和 1 列 (9 字节) VC-4 的通道开销, 便构成了 9 行 261 列的虚容器 VC-4。

7. 将 VC-4 定位到 AU-4 并包装成 AUG-4

VC-4 加上 AU-4 指针构成 AU-4 装入 AUG-4, AUG-4 的速率就是 AU-4 的速率 (因为 $N=1$)。

8. 从 AUG-4 到 STM-1

将 AUG-4 加上段开销 SOH 就构成了 STM-1 的信号结构。

七、SDH 设备逻辑功能组成

SDH 作为一个标准化的体制, 在世界范围内有统一的标准, 使不同厂家的产品能实现横向兼容。为此, ITU-T 采用功能参考模型的方法对 SDH 网元设备进行规范, 将设备分解为一系列基本功能模块。对每一基本功能模块的内部过程及输入和输出参考点原始信息流进行严格描述, 而对整个设备功能只进行一般化描述。不同的设备由这些基本功能模块灵活组合而成。功能块的实现与设备的物理实现无关, 不同的厂家对同一功能的实现方法可能各不相同。

SDH 设备的逻辑功能如图 1-7 所示。SDH 设备主要由传送终端功能 (TTF)、高阶通道连接 (HPC)、高阶组装器 (HOA)、高阶接口 (HOI)、低阶通道连接 (LPC)、低阶接口 (LOI) 和一些辅助功能块构成。图 1-7 中的每一小方块实现一个基本功能, 不同功能块之间由逻辑点连接。任何一种 SDH 设备都是由图 1-7 中的部分或全部功能模块组合而成。

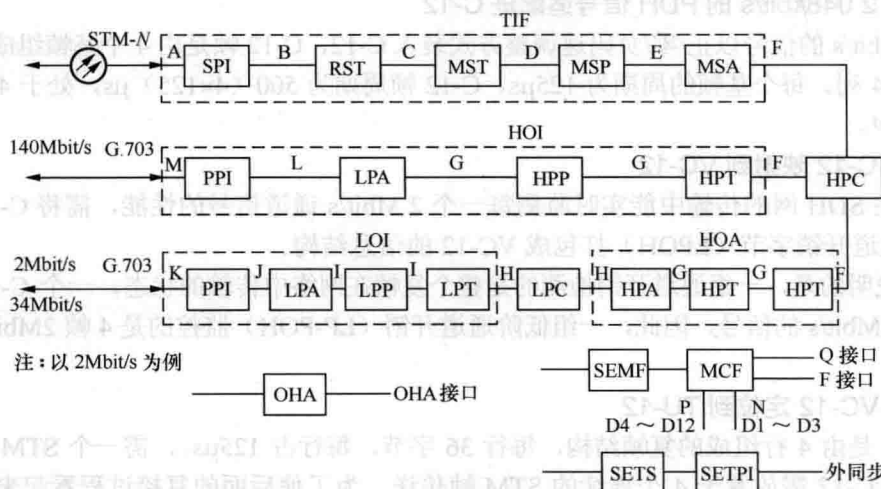


图 1-7 SDH 设备逻辑框图

(一) 传送终端功能模块 (TTF)

TTF 的主要功能是实现 VC-4 信号按 SDH 的映射、复用逻辑组装成 STM-N, 或相反过



程。它主要由 SPI、RST、MST、MSP、MSA 等 5 个基本功能块组成。该功能块一般由线路单元（光板）来完成。

1. SDH 物理接口（SPI）

SPI 是设备和线路的接口，主要完成光/电变换、电/光变换，提取线路时钟信号以及相应告警的检测。

2. 再生段终端功能（RST）

RST 是再生段开销字节的源和宿，即 RST 在构成 SDH 帧信号的过程中（发方向）产生 RSOH，在相反方向（收方向）终结 RSOH。

3. 复用段终端功能（MST）

MST 是复用段开销字节的源和宿，在发方向产生 MSOH，在收方向终结 MSOH。

4. 复用段保护功能（MSP）

MSP 用于复用段内 STM-N 信号的失效保护，它随时监测 STM-N 的信号状态，完成故障信道的信号到保护信道的切换。

5. 复用段适配功能（MSA）

MSA 的功能是处理 AU-PTR。即在发方向产生 AU-PTR，在收方向终结 AU-PTR。

（二）高阶通道连接（HPC）

HPC 的核心是一个交叉连接矩阵，它将若干个输入的 VC-4 连接到若干个输出的 VC-4，除了信号的交叉连接外，信号流在 HPC 中是透明传输的。通过 HPC 功能可以完成 VC-4 的交叉连接、调度，使业务配置灵活、方便。物理设备上此功能一般由交叉单元完成。

（三）高阶组装器（HOA）

HOA 的主要功能是按照映射复用路线将低阶通道信号复用成高阶通道信号或作相反处理，如将多个 VC-12 或 VC-3 组装成一个 VC-4。物理设备上此功能一般由支路单元完成。

（四）低阶通道连接（LPC）

与 HPC 类似，LPC 也是一个交叉连接矩阵，不同之处在于它完成对低阶 VC 通道（VC-12/VC-3）交叉连接的功能，可实现低阶 VC 之间灵活的分配和连接。一个设备若要具有全级别交叉能力，就必须同时具备 HPC 和 LPC。在物理设备上，此功能一般与 HPC 一起由交叉单元实现。

（五）高阶接口（HOI）

HOI 由高阶通道终端（HPT）、高阶通道保护（HPP）、低阶通道适配（LPA）和（PDH）物理接口（PPI）等 4 个基本功能块组成，功能是将 140 Mbit/s 信号映射到 C-4 中，并加上 POH 构成完整的 VC-4 信号；或者作相反处理，即从 VC-4 中恢复出 140 Mbit/s 信号，并终结高阶通道开销。在物理设备中，此项功能一般由支路单元完成。

（六）低阶接口（LOI）

LOI 功能块主要将 2Mbit/s 或 34Mbit/s 的信号映射到 C-12 或 C-3 中，并加入通道开销构成完整的 VC-12 或 VC-3；或作相反处理。低阶接口是由低阶通道终端（LPT）、低阶通道保护（LPP）、低阶通道适配（LPA）和 PDH 物理接口（PPI）构成的复合功能块，在实际物