

# SDH光传输 网络技术教程

赵东风 丁洪伟 汤小民 谭明川 编著

 云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

# SDH 光传输网络技术教程

赵东风 丁洪伟 汤小民 谭明川 编著



 云南大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

SDH 光传输网络技术教程/赵东风等编著. —昆明:  
云南大学出版社, 2011

ISBN 978 - 7 - 5482 - 0556 - 2

I. ①S… II. ①赵… III. ①光纤通信—同步通信网  
—教材 IV. ①TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 171208 号

# SDH 光传输网络技术教程

赵东风 丁洪伟 汤小民 谭明川 编著

---

策划组稿: 徐 曼

责任编辑: 徐 曼 朱光辉

封面设计: 夏雪梅

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明研汇印刷有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 10.5

字 数: 252 千

版 次: 2011 年 11 月第 1 版

印 次: 2011 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5482 - 0556 - 2

定 价: 28.00 元

---

地 址: 云南省昆明市翠湖北路 2 号 (邮编: 650091)

电 话: 0871 - 5031071 5033244

网 址: <http://www.ynup.com> E-mail: [market@ynup.com](mailto:market@ynup.com)

# 前 言

20 世纪 80 年代起，光纤通信开始广泛应用于通信与信息领域，为解决标准光接口问题，美国 AT&T 贝尔实验室提出同步光网络 SONET。随着相关技术的发展与用户需求的变化，早期应用的准同步数字系统（PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy）已不适应现代信息传输的要求，而同步数字体系（SDH, Synchronous Digital Hierarchy）应运而生，并替代 PDH 成为通信信息网络的关键技术，也成为我国通信网络建设的重要基础。SDH 是一个高度统一、标准化、智能化的网络，采用全球统一的接口标准，实现设备厂家间的产品兼容。在全网范围实现协调一致的管理和操作，高效的业务调度，网络自愈，网络资源得到充分利用，设备的运行维护费用也大大降低。一根光纤的潜在带宽可以达到 20THz，采用如此高的带宽速率，在一秒钟左右的时间内，即可将人类古今中外的全部文字资料传送完毕。目前 400Gbit/s 光纤通信系统已经投入商业使用。由于光纤的传输损耗极低，在光波长为 1.55 $\mu\text{m}$  附近，光纤的传输损耗低于 0.2dB/km，这就使得光纤通信的无中继传输距离可达几十公里甚至上百公里。

目前，电信的基础网络、广播电视网络、移动通信中的骨干网络、互联网的核心网络等都广泛采用 SDH 光通信设备进行组网，实现数据、语音、视频等多媒体信息业务的高速、高效传输。

参与本书编著的人员还有保利勇博士、赵一帆博士、杨志军博士、柳虔林博士、周冬明博士、何敏博士，以及于晓磊、李文勋、赵光兰、牛勤、杨飞菲等，他们都为本书的完成付出了辛勤的汗水，成就了本书的精彩篇章。

本书的出版得到中央与地方共建特色优势学科实验室建设项目——云南大学“网络通信与无线通信技术实验室”建设项目资助，以及云南大学“211 工程”三期建设项目——网络通信理论与智能信息处理技术研究项目资助。

由于编著者水平有限，书中难免会出现一些纰漏甚至错误，希望广大读者提出宝贵的意见，我们将不断修改补充新的内容。

编著者

2011 年 8 月

# 目 录

第一章 SDH 概述 .....	(1)
1.1 SDH 的基本概念 .....	(1)
1.1.1 什么是 SDH .....	(1)
1.1.2 SDH 的优越性 .....	(1)
1.1.3 SDH 的缺陷 .....	(2)
1.2 SDH 的帧结构及复用 .....	(2)
1.2.1 SDH 的帧结构 .....	(2)
1.2.2 SDH 的复用 .....	(3)
1.3 SDH 的开销 .....	(4)
1.4 SDH 的指针 .....	(5)
1.4.1 指针的作用 .....	(5)
1.4.2 管理单元指针(AU - PTR) .....	(5)
1.4.3 支路单元指针(TU - PTR) .....	(5)
第二章 SDH 光接口 .....	(6)
2.1 光纤的种类 .....	(6)
2.2 光接口类型 .....	(6)
2.3 光接口参数 .....	(7)
2.3.1 光线路码型 .....	(7)
2.3.2 S 点参数——光发送机参数 .....	(8)
2.3.3 R 点参数——光接收机参数 .....	(8)
2.3.4 光纤接头 .....	(9)
第三章 SDH 设备的逻辑组成及网络结构 .....	(12)
3.1 SDH 网络的常见网元 .....	(12)
3.1.1 TM 终端复用器 .....	(12)
3.1.2 ADM 分/插复用器 .....	(12)
3.1.3 REG 再生中继器 .....	(13)
3.1.4 DXC 数字交叉连接设备 .....	(13)
3.2 SDH 设备的功能逻辑块 .....	(14)
3.3 硬件介绍——ZXMP S325 .....	(15)
3.4 硬件介绍——ZXMP S200 .....	(21)

3.5 ZXMP S200 开局	(30)
<b>第四章 SDH 网络管理系统</b>	<b>(36)</b>
4.1 网络管理系统	(36)
4.1.1 网络管理系统的目的	(36)
4.1.2 网络管理的对象	(36)
4.1.3 网络管理系统的基本管理功能	(36)
4.2 常见 SDH 网络管理系统	(38)
4.2.1 华为公司 SDH 网络管理系统产品	(38)
4.2.2 烽火公司 SDH 网络管理产品	(38)
4.2.3 中兴通讯股份有限公司 SDH 网络管理系统产品	(39)
4.3 ZXONM E300 网元级/子网级管理系统	(40)
4.4 ZXONM E300 网管安装	(43)
<b>第五章 UNIX 环境下 ZXONM E300 网管安装</b>	<b>(55)</b>
5.1 Unix 系统	(55)
5.2 Unix 操作系统的安装及配置实验	(64)
5.3 ZXONM E300 网管安装	(69)
<b>第六章 SDH 网络组网、配置、操作和管理</b>	<b>(81)</b>
6.1 自愈	(81)
6.1.1 自愈概述	(81)
6.1.2 自愈的概念	(82)
6.1.3 自愈的分类	(82)
6.2 链形网保护	(82)
6.2.1 概述	(82)
6.2.2 链型网保护的基本类型	(83)
6.3 自愈环保护	(84)
6.3.1 自愈环的分类	(84)
6.3.2 二纤单向通道保护环	(84)
6.3.3 二纤双向通道保护环	(86)
6.3.4 二纤双向复用段保护环	(86)
6.3.5 四纤双向复用段保护环	(89)
6.4 SDH 传统组网配置及网元配置(1)	(91)
6.5 SDH 传统组网配置及网元配置(2)	(100)
6.6 SDH 传统组网配置及网元配置(3)	(109)
6.7 SDH 日常管理操作(1)	(115)
6.8 SDH 日常管理操作(2)	(125)

---

第七章 以太网业务配置实验 .....	(138)
7.1 SDH 网络的基本拓扑结构 .....	(138)
7.1.1 链型网 .....	(139)
7.1.2 星型网 .....	(139)
7.1.3 树型网 .....	(139)
7.1.4 环型网 .....	(139)
7.1.5 网孔型网 .....	(139)
7.2 复杂网络的拓扑结构及特点 .....	(139)
7.2.1 T型网 .....	(139)
7.2.2 环带链 .....	(140)
7.2.3 环型子网的支路跨接 .....	(140)
7.3 以太网 .....	(141)
7.3.1 以太网的分类 .....	(141)
7.3.2 以太网的工作原理 .....	(142)
7.4 以太网业务配置实验 .....	(142)
附 录 .....	(156)
参考文献 .....	(158)

# 第一章 SDH 概述

## 1.1 SDH 的基本概念

### 1.1.1 什么是 SDH

SDH (Synchronous Digital Hierarchy, 同步数字体系) 是世界上公认的新一代宽带传输体制, SDH 体制规范了数字信号的传输速率等级、帧结构、复用方式和接口特性等。当今, 高度发达的信息社会要求通信网能提供多种多样的电信业务, 经电信网传输、交换、处理的信息量将不断增大, 这就要求现代化的通信网向数字化、综合化、智能化和个人化方向发展。传输系统是通信网的重要组成部分, 传输系统的好坏直接制约着通信网的发展。当前世界各国大力发展的信息高速公路, 其重点之一就是组建大容量的光纤传输网络, 以 SDH/WDM 为主的光纤传输网络就是高速公路最基础的物理平台。传输网应具有全世界统一的接口标准, 以便全球的每一个用户都能实现随时随地便捷地通信。

### 1.1.2 SDH 的优越性

SDH 传输体制具有准同步数字体系 (PDH) 所无可比拟的优点, 它是不同于 PDH 的全新的一代传输体制, 与 PDH 相比在技术体制上进行了根本的变革和创新。SDH 的核心理念是从统一的国家电信网和国际互通的高度来组建数字化的通信网, 它是构成综合业务数字网 (ISDN), 特别是宽带综合业务数字网 (B-ISDN) 的重要组成部分。按 SDH 组建的网是一个高度统一、标准化、智能化的网络, 它采用全球统一的接口以实现设备多厂家环境的兼容, 在全程全网范围实现高效的、协调一致的管理和操作, 实现灵活的组网与业务调度, 实现网络自愈功能, 提高网络资源利用率, 由于维护功能的加强大大降低了设备的运行维护费用。

由于低速 SDH 信号是以字节间插方式复用进高速 SDH 信号的帧结构中的, 这样就使低速 SDH 信号在高速 SDH 信号的帧中的位置是均匀的、有规律性的, 也就是说是可预见的。这样就能从高速 SDH 信号 (例如 STM-16, 2488.32Mbit/s) 中直接分/插出低速 SDH 信号 (例如 STM-1, 155.52Mbit/s), 简化了信号的复接和分接, 使 SDH 体制特别适合于高速大容量的光纤通信系统。

另外, 由于 SDH 采用了同步复用方式和灵活的映射结构, 可将 PDH 低速支路信号 (例如 2Mbit/s) 复用到 SDH 信号的帧中 STM-N, 这样使低速支路信号在 STM-N 帧中的位置也是可预见的, 于是可以从 STM-N 信号中直接分/插出低速支路信号。这样, 节省了大量的复接/分接设备 (背靠背设备), 增加了可靠性, 减少了信号损伤, 降低了设备成本和功耗等, 使业务的上下分/插更加简便。

SDH 综合了软件和硬件的优势, 实现了从低速 PDH 支路信号至 STM-N 之间的“一



步到位”的复用，使维护人员仅靠软件操作就能便捷地实现灵活的实时业务调配。而且 SDH 的这种复用方式使数字交叉连接（DXC）功能更易于实现，使网络具有了很强的自愈功能，便于网络运营者按需动态组网。

### 1.1.3 SDH 的缺陷

SDH 体系并非完美无缺，它大致具有如下三点不足之处：

#### ●频带利用率低

这是由于在 SDH 的 STM - N 帧中加入了大量的开销字节，这样必然会增加传输的额外字节，即在传输同样有效信息的情况下，SDH 信号所占用的传输速率会增加，这会使其传输的频带利用率降低。PDH 中的 139.264Mbit/s 可传输 64 个 2.048Mbit/s 的业务流，而 SDH 中的 155.52Mbit/s 却只传输 63 个 2.048Mbit/s 的业务流，频带利用率从 PDH 的 94.12% 下降到 82.96%。

#### ●指针调整机理复杂

指针技术是 SDH 体系的一大特色，它可使 SDH 实现从高速信号流中直接复核低速信号流。但是指针功能也增加了系统的复杂性，最重要的是使系统产生 SDH 特有的一种抖动——由指针调整引起的抖动。这种抖动多发生于网络边界处（SDH/PDH），其频率低，幅度大，会导致低速信号在复接后传输性能劣化，而这种抖动的滤除技术实现又比较困难。

#### ●软件的大量使用对系统安全性的影响

SDH 的一大特点是 OAM 的自动化程度高，这意味着软件在系统中占相当大的比重。这一方面使系统很容易受到计算机病毒的侵害，特别是在计算机病毒无处不在的今天。另一方面，在网络层上人为的错误操作、软件故障，对系统的影响也是致命的。

## 1.2 SDH 的帧结构及复用

### 1.2.1 SDH 的帧结构

STM - N 信号帧结构的安排应尽可能使支路低速信号在一帧内均匀、有规律地分布，以便于实现支路信号的同步复用、交叉连接（DXC）、分/插和交换，说到底就是为了方便地从高速信号中直接上/下低速支路信号。因此，ITU - T 规定了 STM - N 的帧是以字节（8bit）为单位的矩形块状帧结构，如图 1 - 1 所示。

由图可见 STM - N 的信号是 9（行） $\times$ 270 $\times$ N（列）的帧结构。此处的 N 与 STM - N 的 N 相一致，取值范围为：1，4，16，64。表示此信号由 N 个 STM - 1 信号通过字节间插复用而成。由此可知，STM - 1 信号的帧结构是 9（行） $\times$ 270 $\times$ 1（列）的块状帧。并且，当 N 个 STM - 1 信号通过字节间插复用成 STM - N 信号时，仅仅是将 STM - 1 信号的列按字节间插复用，行数恒定为 9 行不变。

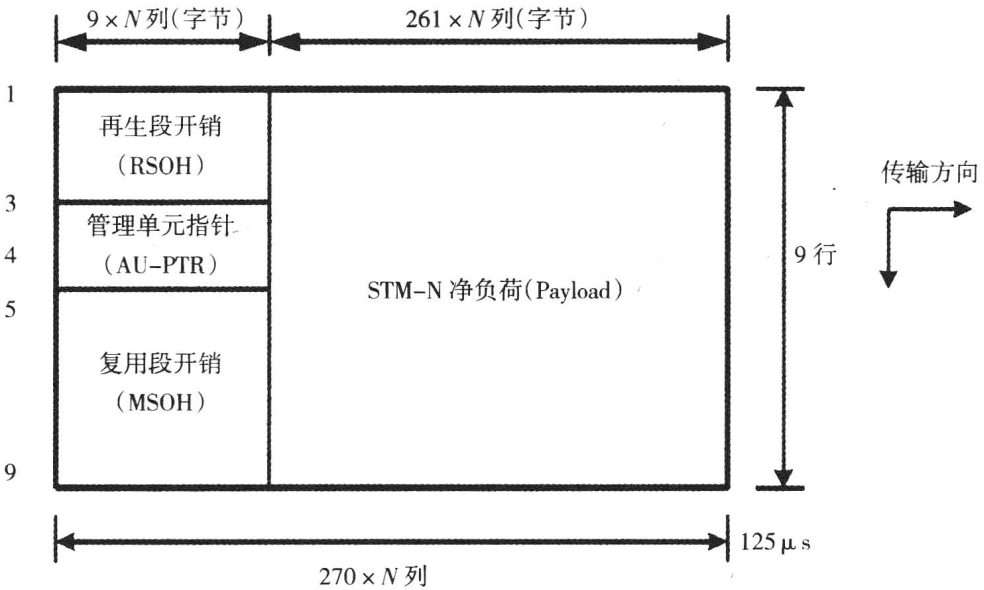


图 1-1 STM-N 帧结构

如图 1-1，STM-N 的帧结构由 3 部分组成：段开销 [包括再生段开销 (RSOH) 和复用段开销 (MSOH)]、管理单元指针 (AU-PTR)、信息净负荷 (Payload)。

信号在线路上串行传输时以逐个比特 (bit) 传输，块状帧是怎样在线路上传输的呢？STM-N 信号的传输也遵循按比特的传输方式，SDH 信号帧传输的原则是：按帧结构的顺序从右至左，从上到下逐个字节，逐个比特地传输，传完一行再传下一行，传完一帧再传下一帧。

### 1.2.2 SDH 的复用

SDH 的复用包括两种情况：一种是由 STM-1 信号复用成 STM-N 信号；另一种是由 PDH 支路信号 (例如 2Mbit/s、34Mbit/s、140Mbit/s) 复用成 SDH 信号 STM-N。

第一种情况在前面已有所提及，复用的方法主要是通过字节间插的同步复用方式完成的，复用的基数是 4，即  $4 \times (\text{STM}-1) \rightarrow \text{STM}-4$ ， $4 \times (\text{STM}-4) \rightarrow \text{STM}-16$ 。在复用过程中保持帧频不变 (8 000 帧/秒)，这就意味着高一级的 STM-N 信号速率是低一级的 STM-N 信号速率的 4 倍。在进行字节间插复用过程中，各帧的信息净负荷和指针字节按原值进行字节间插复用，而段开销则 ITU-T 另有规范。在同步复用形成的 STM-N 帧中，STM-N 的段开销并不是所有低阶 STM-N 帧中的段开销间插复用而成，而是舍弃了某些低阶帧中的段开销，另作详尽规定。

第二种情况就是将各级 PDH 支路信号复用进 STM-N 信号中去。SDH 网的兼容性要求 SDH 的复用方式既能满足异步复用 (例如：将 PDH 支路信号复用进 STM-N)，又能满足同步复用 (例如  $\text{STM}-1 \rightarrow \text{STM}-4$ )，而且能方便地由高速 STM-N 信号分/插出低速信号，同时不造成较大的信号时延和滑动损伤，这就要求 SDH 需采用自己独特的一套复用步骤和复用结构。在这种复用结构中，通过指针调整定位技术来取代  $125 \mu\text{s}$  缓存器用以校正支路信号频差和实现相位对准，各种业务信号复用进 STM-N 帧的过程都要经历映射

(相当于信号打包)、定位(伴随于指针调整)、复用(相当于字节间插复用)三个步骤。

ITU-T 规定了一整套完整的映射复用结构(也就是映射复用路线),通过这些路线可将 PDH 的 3 个系列的数字信号以多种方法复用成 STM-N 信号。ITU-T 规定的复用路线如图 1-2 所示。

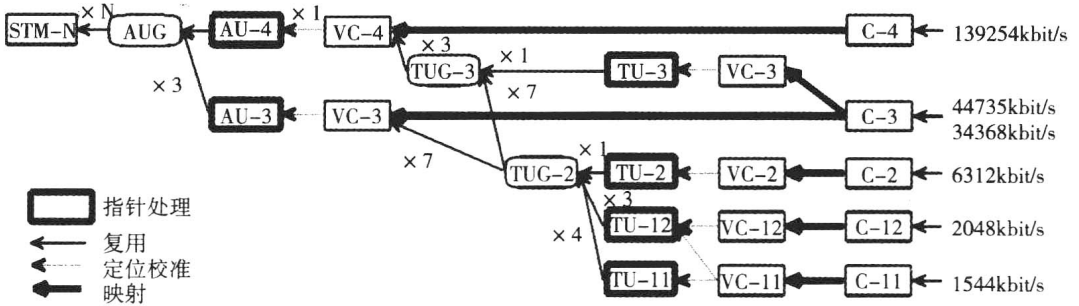


图 1-2 SDH 复用映射结构

在将低速 PDH 支路信号复用成 STM-N 信号过程中分别经历了 3 种不同步骤:映射、定位、复用。

#### ●映射

映射 (Mapping) 是一种在 SDH 网络边界处 (SDH/PDH 边界处), 将支路信号适配进虚容器的过程。例如, 将各种速率 (140Mbit/s、34Mbit/s、2Mbit/s 和 45Mbit/s) PDH 支路信号先经过码速调整, 分别装入到各自相应的标准容器 C 中, 再加上相应的通道开销, 形成各自相应的虚容器 VC 的过程, 称为映射。映射的逆过程称为去映射或解映射。

#### ●定位

定位 (Alignment) 是一种当支路单元或管理单元适配到它的支持层帧结构时, 将帧偏移量收进支路单元或管理单元的过程。它依靠 TU-PTR 或 AU-PTR 功能来实现。定位校准总是伴随指针调整事件同步进行的。

#### ●复用

复用 (Multiplex) 是一种使多个低阶通道层的信号适配进高阶通道层 (例如, TU-12 (×3) → TUG-2 (×7) → TUG-3 (×3) → VC-4), 或把多个高阶通道层信号适配进复用段层的过程 (例如, AU-4 (×1) → AUG (×N) → STM-N)。复用的基本方法是将低阶信号按字节间插后再加上一些塞入比特和规定的开销形成高阶信号, 这就是 SDH 的复用。在 SDH 映射复用结构中, 各级的信号都取了特定的名称, 例如, TU-12、TUG-2、VC-4 和 AU-4 等。复用的逆过程称为解复用。

### 1.3 SDH 的开销

开销是开销字节或比特的统称, 是指 STM-N 帧结构中除了承载业务信息 (净荷) 以外的其他字节。开销用于支持传输网的运行、管理和维护 (OAM)。开销的功能是实现 SDH 的分层监控管理, 而 SDH 的 OAM 可分为段层和通道层监控。段层的监控又分为再生段层和复用段层的监控; 通道层监控可分为高阶通道层和低阶通道层的监控。

STM-N 帧的段开销位于帧结构的 (1~9) 行 × (1~9N) 列 (其中第 4 行为 AU-PTR 除

外)。我们以 STM-1 信号为例来讲述段开销各字节的用途。对于 STM-1 信号，段开销包括位于帧中的(1~3)行×(1~9)列的 RSOH 再生段开销和位于(5~9)行×(1~9)列的 MSOH 复用段开销。

## 1.4 SDH 的指针

### 1.4.1 指针的作用

指针的作用就是定位，通过定位使收端能准确地从 STM-N 码流中拆离出相应的 VC，进而通过拆 VC、C 的包封分离出 PDH 低速信号，即能实现从 STM-N 信号中直接分支出低速支路信号的功能。

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 的开销帧起点“浮动”时，指针值亦随之调整，从而始终保证指针值准确跟踪指示 VC 帧起点位置。对于 VC-4，AU-PTR 指的是 J1 字节的位置；对于 VC-12，TU-PTR 指的是 V5 字节的位置。TU 或 AU 指针可以为 VC 在 TU 或 AU 帧内的位置提供一种灵活、动态的定位方法。因为 TU 或 AU 指针不仅能够容纳 VC 和 SDH 在相位上的差别，而且能够容纳两者在速率上的差别。

指针有两种：AU-PTR 和 TU-PTR，分别进行高阶 VC（这里指 VC-4）和低阶 VC（这里指 VC-12）在 AU-4 和 TU-12 中的定位。

### 1.4.2 管理单元指针（AU-PTR）

AU-PTR 的位置在 STM-1 帧的第 4 行 1~9 列共 9 个字节，用以指示 VC-4 的首字节 J1 在 AU-4 净负荷的具体位置，以便接收端能据此准确分离 VC-4。

### 1.4.3 支路单元指针（TU-PTR）

TU-12 指针用以指示 VC-12 的首字节（V5）在 TU-12 净负荷中的具体位置，以便接收端能准确分离出 VC-12。TU-12 指针为 VC-12 在 TU-12 复帧内的定位提供了灵活的方法。TU-12 PTR 由 V1、V2、V3 和 V4 四个字节组成。TU-PTR 的位置位于 TU-12 复帧的 4 个开销字节处（V1、V2、V3、V4）。

## 思考题

- 1.1 SDH 的演进过程。
- 1.2 SDH 的优势和不足。
- 1.3 PDH 中的 139.264Mbit/s 可传输 4 个 34.368Mbit/s 业务流，而 SDH 中的 155.520Mbit/s 却只能传输 3 个相同的业务流，分别计算两个体系的频带利用率。
- 1.4 SDH 复核过程中的问题和措施。

## 第二章 SDH 光接口

传统的准同步光缆数字系统是一个自封闭系统，光接口是专用的，外界无法接入。而同步光缆数字线路系统是一个开放式的系统，任何厂家的任何网络单元都能在光路上互通，即具备横向兼容性。为此，必须实现光接口的标准化。

### 2.1 光纤的种类

SDH 光传输网的传输媒质当然是光纤，由于单模光纤具有带宽宽、易于升级扩容和成本低的优点，国际上已一致认为同步光缆数字线路系统只使用单模光纤作为传输媒质。光纤传输中有 3 个传输“窗口”——适合用于传输的波长范围：850nm、1 310nm、1 550nm。其中 850nm 窗口只用于多模传输，用于单模传输的窗口只有 1 310nm 和 1 550nm 两个波长窗口。

光信号在光纤中传输的距离要受到色散和损耗的双重影响，色散会使在光纤中传输的数字脉冲展宽，引起码间干扰降低信号质量。当码间干扰使传输性能劣化到一定程度，则传输系统就不能工作了，损耗使在光纤中传输的光信号随着传输距离的增加而功率下降，当光功率下降到一定程度时，传输系统就无法工作了。

为了延长系统的传输距离，人们主要从减小色散和损耗方面入手。1 310nm 光传输窗口称之为 0 色散窗口，光信号在此窗口传输色散最小，1 550nm 窗口称之为最小损耗窗口，光信号在此窗口传输的衰减最小。

ITU-T 规范了三种常用光纤：符合 G. 652 规范的光纤、符合 G. 653 规范的光纤、符合 G. 654 规范的光纤。其中 G. 652 光纤指在 1 310nm 波长窗口色散性能最佳，又称之为色散未移位的光纤（也就是 0 色散窗口在 1 310nm 波长处），它可应用于 1 310nm 和 1 550nm 两个波长区；G. 653 光纤指在 1 550nm 波长窗口色散性能最佳的单模光纤，又称之为色散移位的单模光纤，它通过改变光纤内部的折射率分布，将 0 色散点从 1 310nm 迁移到 1 550nm 波长处，使 1 550nm 波长窗口色散和损耗都较低，它主要应用于 1 550nm 工作波长区；G. 654 光纤称之为 1 550nm 波长窗口损耗最小光纤，它的 0 色散点仍在 1 310nm 波长处，它主要工作于 1 550nm 窗口，主要应用于需要很长再生段传输距离的海底光纤通信。

### 2.2 光接口类型

光接口是同步光缆数字线路系统最具特色的部分，由于它实现了标准化，使得不同网元可以经光路直接相连，节约了不必要的光/电转换，避免了信号因此而带来的损伤（例如脉冲变形等），节约了网络运行成本。

按照应用场合的不同，可将光接口分为三类：局内通信光接口、短距离局间通信光接口和长距离局间通信光接口。不同的应用场合用不同的代码表示，见表 2-1 所示。

表 2-1 光接口代码一览表

应用场合	局内	短距离局间		长距离局间		
工作波长 (nm)	1 310	1 310	1 550	1 310	1 550	
光纤类型	G. 652	G. 652	G. 652	G. 652	G. 652	G. 653
传输距离 (km)	≤2	~15		~40	~60	
STM - 1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
STM - 4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
STM - 16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

代码的第一位字母表示应用场合：I 表示局内通信；S 表示短距离局间通信；L 表示长距离局间通信。字母横杠后的第一位数字表示 STM 的速率等级：例如 STM - 1 表示传输速率 155.52Mbit/s；STM - 4 表示传输速率 622.08Mbit/s；STM - 16 表示传输速率 2488.32Mbit/s。第二个数字（小数点后的第一个数字）表示工作的波长窗口和所有光纤类型：1 和空白表示工作窗口为 1 310nm，所用光纤为 G. 652 光纤；2 表示工作窗口为 1 550nm，所用光纤为 G. 652 或 G. 654 光纤；3 表示工作窗口为 1 550nm，所用光纤为 G. 653 光纤。

## 2.3 光接口参数

SDH 网络系统的光接口位置如图 2-1 所示。

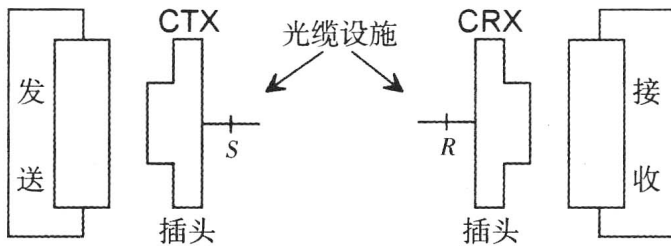


图 2-1 光接口位置示意图

图中 S 点是紧挨着发送机 (TX) 的活动连接器 (CTX) 后的参考点，R 是紧挨着接收机 (RX) 的活动连接器 (CRX) 前的参考点，光接口的参数可以分为三大类：参考点 S 处的发送机光参数、参考点 R 处的接收机光参数和 S—R 点之间的光参数。在规范参数的指标时，均规范为最坏值，即在极端的（最坏的）光通道衰减和色散条件下，仍然要满足每个再生段（光缆段）的误码率不大于  $1 \times 10^{-10}$  的要求。

### 2.3.1 光线路码型

在 SDH 系统中，由于帧结构中安排了丰富的开销字节来用于系统的 OAM 功能，所以线路码型不必像 PDH 那样通过线路编码加上冗余字节，以完成端到端的性能监控。SDH 系统的线路码型采用加扰的 NRZ 码，线路信号速率等于标准 STM - N 信号速率。

ITU - T 规范了对 NRZ 码的加扰方式，采用标准的 7 级扰码器，扰码生成多项式为  $1 + x_6 + x_7$ ，扰码序列长为  $2^7 - 1 = 127$ （位）。这种方式的优点是：码型最简单，不增加线路信号速率，没有光功率代价，无需编码，发端需一个扰码器即可，收端采用同样标准的解扰器即可接收发端业务，实现多厂家设备环境的光路互连。

采用扰码器是为了防止信号在传输中出现长连“0”或长连“1”，易于收端从信号中提取定时信息（SPI 功能块）。另外当扰码器产生的伪随机序列足够长时，也就是经扰码后的信号的相关性很小时，可以在相当程度上减弱各个再生器产生的抖动相关性（也就是使扰动分散，抵消），使整个系统的抖动积累量减弱。例如，一个屋子里有三对人在讲话，若大家都讲中文（信息的相关性强），那么很容易产生这三对人互相干扰谁也听不清谁说的话；若这三对人分别用中文、英文、日文讲话（信息相关性差），那么，这三对人的对话的干扰就小得多了。

### 2.3.2 S 点参数——光发送机参数

最大 -20dB 带宽：单纵模激光器主要能量集中在主模，所以它的光谱宽度是按主模的最大峰值功率跌落到 -20dB 时的最大带宽来定义的。单纵模激光器光谱特性如图 2-2 所示。

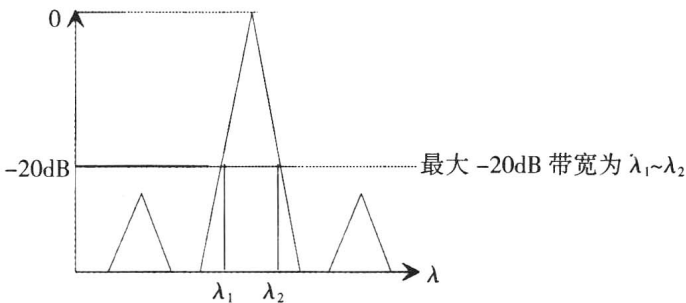


图 2-2 单纵模激光器光谱图

最小边模抑制比（SMSR）：主纵模的平均光功率  $P_1$  与最显著的边模的平均光功率  $P_2$  之比的最小值。

$$SMSR = 10\lg(P_1/P_2)$$

SMSR 的值应不小于 30dB。

平均发送功率：在 S 参考点处所测得的发送机发送的伪随机信号序列的平均光功率。

消光比（ $EX_1$ ）：定义为信号“1”的平均发光功率与信号“0”的平均发光功率比值的最小值。

$$EX = 10\lg(EX_1)$$

ITU-T 规定长距离传输时，消光比为 10dB（除了 L-16.2），其他情况下为 8.2dB。

### 2.3.3 R 点参数——光接收机参数

接收灵敏度：定义为 R 点处为达到  $1 \times 10^{-10}$  的 BER 值所需要的平均接收功率的最小值。一般开始使用时、正常温度条件下的接收机与寿命终了时、处于最恶劣温度条件下的接收机相比，灵敏度余度大约为 2~4dB。一般情况下，对设备灵敏度的实测值要比指标最小要求值（最坏值）大 3dB 左右（灵敏度余度）。

接收过载功率：定义为在 R 点处为达到  $1 \times 10^{-10}$  的 BER 值所需要的平均接收光功率的最大值。因为，当接收光功率高于接收灵敏度时，由于信噪比的改善使 BER 变小，但随着光接收功率的继续增加，接收机进入非线性工作区，反而会使 BER 下降，如图 2-3 所示。

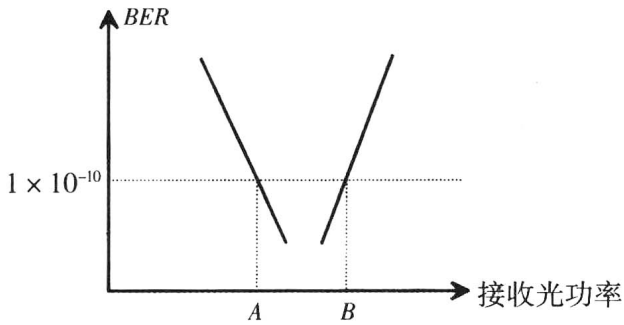


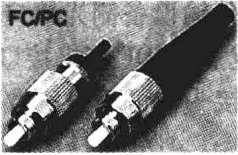
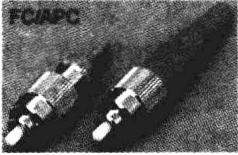
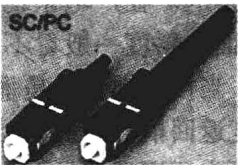
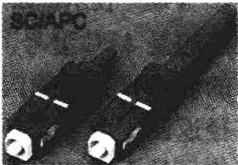
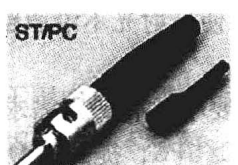


图 2-3 BER 曲线图

图中 A 点处的光功率是接收灵敏度, B 点处的光功率是接收过载功率, A ~ B 之间的范围是接收机可正常工作的动态范围。

### 2.3.4 光纤接头

光纤接头连接器型号如表 2-2 所示。

表 2-2 光纤接头

连接器型号	描述	外形图	连接器型号	描述	外形图
FC/PC	圆形光纤接头/微凸球面研磨抛光		FC/APC	圆形光纤接头/面呈 8° 角并作微凸球面研磨抛光	
SC/PC	方形光纤接头/微凸球面研磨抛光		SC/APC	方形光纤接头/面呈 8° 角并作微凸球面研磨抛光	
ST/PC	卡接式圆形光纤接头/微凸球面研磨抛光		ST/APC	卡接式圆形光纤接头/面呈 8° 角并作微凸球面研磨抛光	
MT-RJ	机械式转换-标准插座				



光纤转换接头和光纤模块如图 2-4 所示。

**光纤模块：**一般都支持热插拔（GBIC, Giga Bitrate Interface Converter），使用的光纤接口多为 SC 或 ST 型；SFP 小型封装 GBIC，使用的光纤为 LC 型。

**使用的光纤：**

单模：SM，波长 1 310nm，单模长距 LH 波长 1 310nm、1 550nm。

多模：MM，波长 850nm、1 300nm。

SX/LH 表示可以使用单模或多模光纤。

在表示尾纤接头的标注中，我们常能见到“FC/PC”，“SC/PC”等，其含义如下：

**尾纤的连接器的型号：**

“/”前面部分表示尾纤的连接器的型号。

“SC”接头是标准方型接头，采用工程塑料，具有耐高温、不容易氧化的优点。传输设备侧光接口一般用 SC 接头。

“LC”接头与 SC 接头形状相似，较 SC 接头小一些。

“FC”接头是金属接头，一般在 ODF 侧采用，金属接头的可插拔次数比塑料要多。在表示尾纤接头的标注中，我们常能见到“FC/PC”，“SC/PC”等。

**光纤研磨方式：**

“/”后面表明光纤接头截面工艺，即研磨方式。

“PC”在电信运营商的设备中应用得最为广泛，其接头截面是平的。

“SC”表示尾纤接头型号为 SC 接头，业界传输设备侧光接口一般用 SC 接头，SC 接头是工程塑料的，具有耐高温、不容易氧化的优点；ODF 侧光接口一般用 FC 接头，FC 是金属接头，但 ODF 不会有高温问题，同时金属接头的可插拔次数比塑料要多，维护 ODF 尾纤比光板尾纤要多。其他常见的接头型号为：ST、DIN、FDDI。

“PC”表示光纤接头截面工艺，PC 是最普遍的。在广电系统和早期的 CATV 中应用较多的是 APC 型号。尾纤头采用了带倾角的端面，斜度一般看不出来，可以改善电视信号的质量，主要原因是电视信号是模拟光调制，当接头耦合面是垂直的时候，反射光沿原路径返回。由于光纤折射率分布的不均匀会再度返回耦合面，此时虽然能量很小但由于模拟信号是无法彻底消除噪声的，所以相当于在原来的清晰信号上叠加了一个带时延的微弱信号，表现在画面上就是重影。尾纤头带倾角可使反射光不沿原路径返回。数字信号一般不存在此问题。

还有一种“UPC”的工艺，它的衰耗比 PC 要小，有特殊需求的设备其珐琅盘一般为 FC/UPC。国外厂家 ODF 架内部跳纤用的就是 FC/UPC，提高了 ODF 设备自身的指标。

**光纤接口连接器品种：**

连接器的品种型号较多，除了上面介绍的三种外，还有 MTRJ、ST、MU 等。

FC 是 Ferrule Connector 的缩写，表明其外部加强件是采用金属套，紧固方式为螺丝扣。

PC 是 Physical Connection 的缩写，表明其对接端面是物理接触，即端面呈凸面拱形结构。

SC (F04) 型光纤连接器：模塑插拔耦合式单模光纤连接器。其外壳采用模塑工艺，用铸模玻璃纤维塑料制成，呈矩形；插头套管（也称插针）由精密陶瓷制成；耦合套筒为金属开缝套管结构，其结构尺寸与 FC 型相同，端面处理采用 PC 或 APC 型研磨方式；紧固方式是采用插拔销闩式，不需旋转。此类连接器价格低廉，插拔操作方便，介入损耗