

《光纤通信》第8、9章

《数据通信技术》

—第11章 波分复用技术和光纤网络

主讲：郑秋匀

系部：数据科学与工程系

办公室：逸夫楼413

E-mail:109345@qq.com

本章教学内容

1

WDM工作原理

2

光纤网络概述

3

基于光纤系统的三大网络

4

光纤网络传输体制

5

光纤接入网

6

案例实践

7

课后巩固提升

- WDM技术是当今光纤通信领域的一个非常重要的技术,得到了广泛的应用, 本章简单介绍WDM基本原理及现有复用技术。
- 光纤网络种类繁多, 简单介绍光纤网络的发展史和网络的种类
 - 拓扑而言是多种多样的, 有星形结构、环形结构、总线结构和树形结构等, 最简单是点到点传输结构。
 - 从应用的技术, 分光同步传输网、光纤用户网、复用技术、高速光纤通信系统、光孤子通信和光纤通信在计算机网络中的应用等。
 - 从其地位来分, 又有骨干网、城域网、局域网等。
 - 不同的应用环境和传输体系, 对光纤通信系统设计的要求是不一样的, 研究简单系统的设计, 即点到点传输的光纤通信系统。
 - 给出接入网实例, 对光纤通信组网方面的有一定的了解。
- 本章主要了解波分复用技术的基本原理, 基本组成和光纤网络传输体制等。
- 共2课时。

8.1 WDM工作原理

- ❑ **定义：** **WDM**（Wavelength Division Multiplexing）技术，以光波为载波，在同一根光纤内传输多个**不同波长**光载波信号的技术。
- ❑ 每个波长的光波都可单独携带语音、数据和图像信号，WDM技术让单根光纤的传输容量获得**倍增**。目前最高速率已达11Tb/s。
- ❑ 单波长光载波与传统**电时分复用**（TDM）相结合技术，目前传输速率40Gb/s，受电子迁移速率限制，提速困难；且**单波长传输系统**需特定速率中继器，且兼容性差，如光网络应用需新的光纤路由。
- ❑ **光时分复用**OTDM（Optical Time Division Multiplexing）技术，提高单信道传输速率来增加通信容量，最高速率已达640Gb/s。

8.1 WDM工作原理

- ❑ **在发送端**， n 个光发射机分别工作在 n 个不同波长上，这 n 个波长间有适当的间隔分隔，分别记为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 。这 n 个光波作为载波分别被信号调制而携带信息。
- ❑ **波分复用器**（合波器 Multiplexer）将这些不同波长的光载波信号进行合并，并耦合入单模光纤。
- ❑ **接收端**，由**解复用器**（分波器 De-multiplexer）将不同波长的光载波信号分开，送入各自的接收机进行检测。

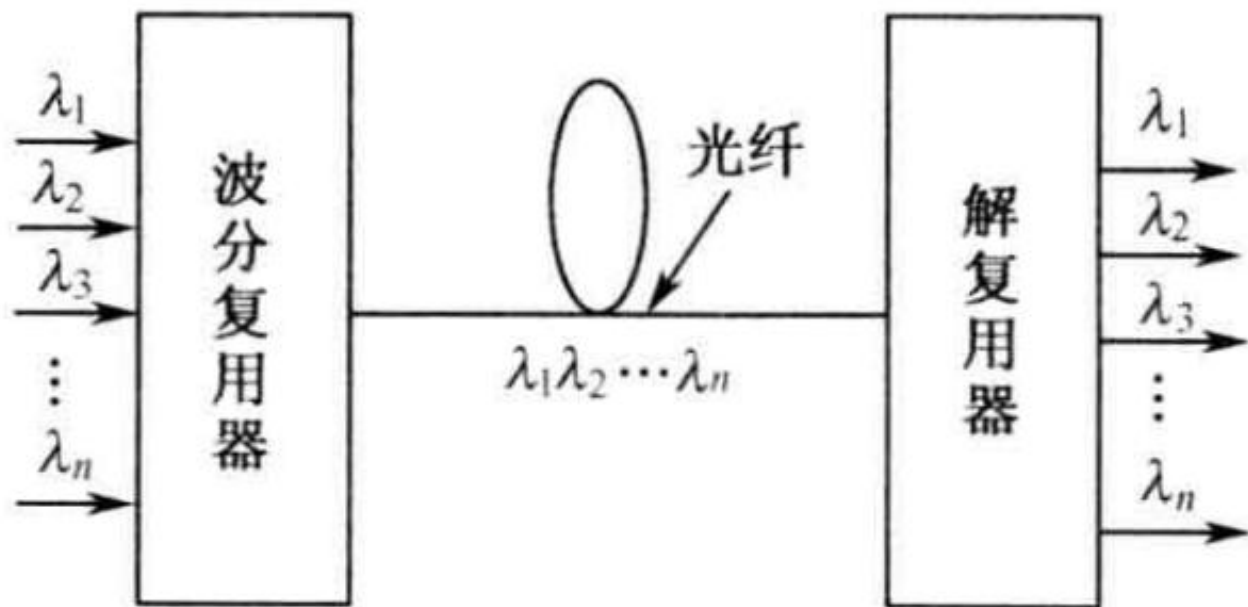


图8.1.1 WDM传输系统工作原理框图

8.1.1 波分复用系统的基本概念

□ 光波分复用 (WDM) 技术

- 在一根光纤中同时传输多个波长光信号的技术；
- 在发送端将不同波长的光信号组合起来（复用），并耦合到光缆线路上的同一根光纤中传输；
- 在接收端又将组合波长的光信号分开（解复用），并作进一步处理，恢复出原信号后送入不同的终端。

□ 波长间隔

- 标准的波长间隔为0.8nm（1.55um波段对应100GHz频率间隔）的**整数**倍，或**整数分之一**
- 0.4nm, 0.8nm, 1.6nm, 2.4nm, 3.6nm

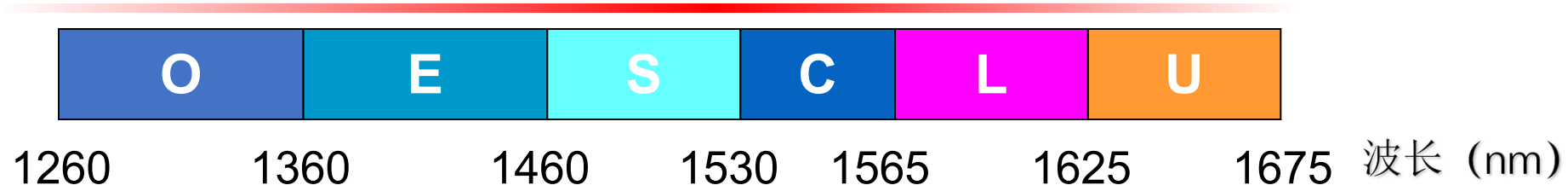
8.1.2 WDM、DWDM与CWDM

- WDM: Wavelength Division Multiplexing光波分复用
 - 早期WDM系统在1310nm和1550nm两个窗口上实现复用，波长间隔为240nm。由于商用掺铒光纤放大器（EDFA）增益窗口在1550nm附近，现在WDM技术一般指在1550nm窗口附近波长的复用，波长之差约为4~10nm。
- CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing稀疏波分复用/粗波分复用，信道间隔小于20nm。
- DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing密集波分复用，信道间隔为1.6/0.8/0.4 nm(200GHz/100 GHz/50 GHz)。
- SDWDM: Super DWDM, 超密集波分复用信道间距小于或等于25GHz。

区别

- WDM: 在1550nm窗口附近波长的复用, 波长之差约为4~10nm。
- CWDM: 信道间隔小于20nm, 城域网市场的主流技术。
 - 信道间隔较宽, 可采用不带冷却器的半导体激光器; 对复用器的选择也很宽松。器件成本和系统要求相对低, 实现相对容易, 工作波长(频率)覆盖O、E、S、C、L共五个波段。
- DWDM: 信道间隔小(1.6/0.8/0.4 nm, 200GHz/100 GHz/50 GHz), 高性能, 高价格, 传输容量高, 适用于长途干线传输系统。
 - 光源要求精确的波长及很好的波长稳定性, 需采用价格昂贵的激光器, 另一方面需采用复杂的控制技术对其进行控制;
 - 对波分复用器和解复用器的性能也提出了更高的要求, 如带宽更窄、稳定性更高等。因此, 系统的造价就大大提高。

DWDM系统的波段划分



波 段	波长范围(nm)	带宽(THz)	光纤放大器	应 用
C	1530-1565	4.5	有	长途干线
C + L	1530-1625	10.0	有	长途干线
S + C + L	1460-1625	15.0	无	城/局域网
E+S+C+L+U	1360-1675	30.0	无	城/局域网
全 波	1260-1675	50.0	无	城/局域网

❑ **集成式**DWDM指设备的光端口符合G. 692建议，仅需复用器件即可完成系统复用，造价稍低，但可用设备少，不灵活；**开放式**DWDM指设备无须提供标准光接口，而由DWDM设备提供波长变换功能，使用灵活，造价稍高，目前采用**主流**。

波分复用系统的基本形式

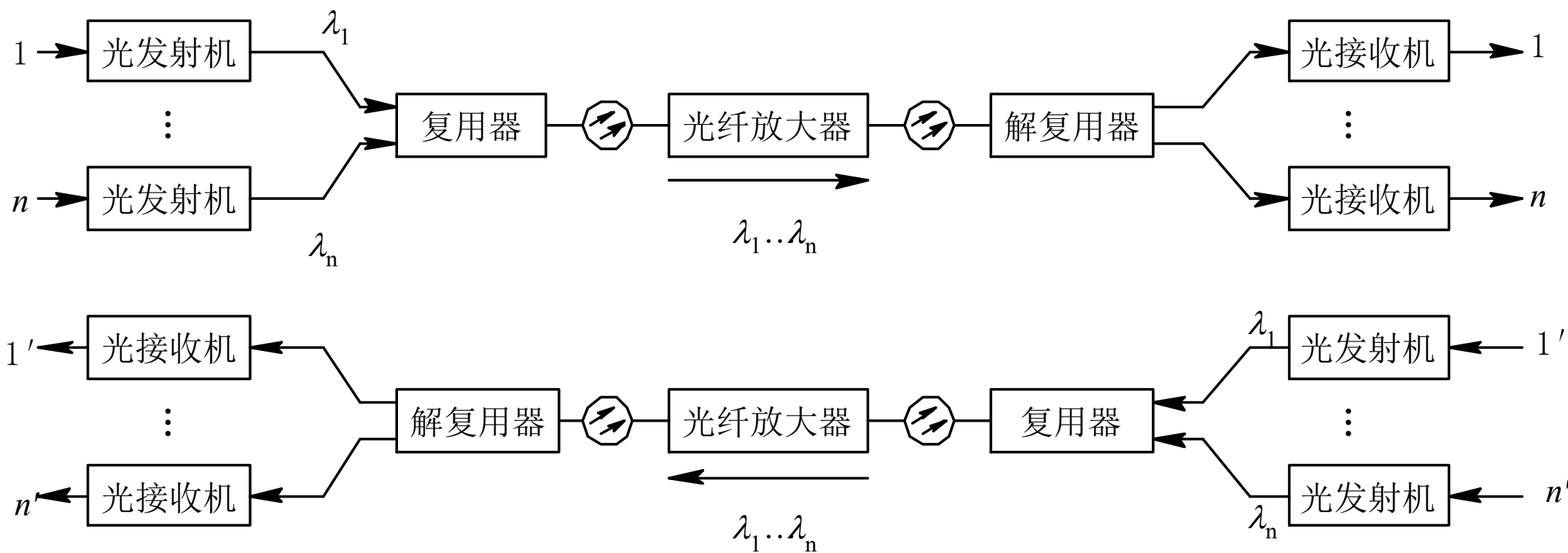
□双纤单向传输

- 用一对光纤，在每一根光纤中光单向传输，目前大多数采用。

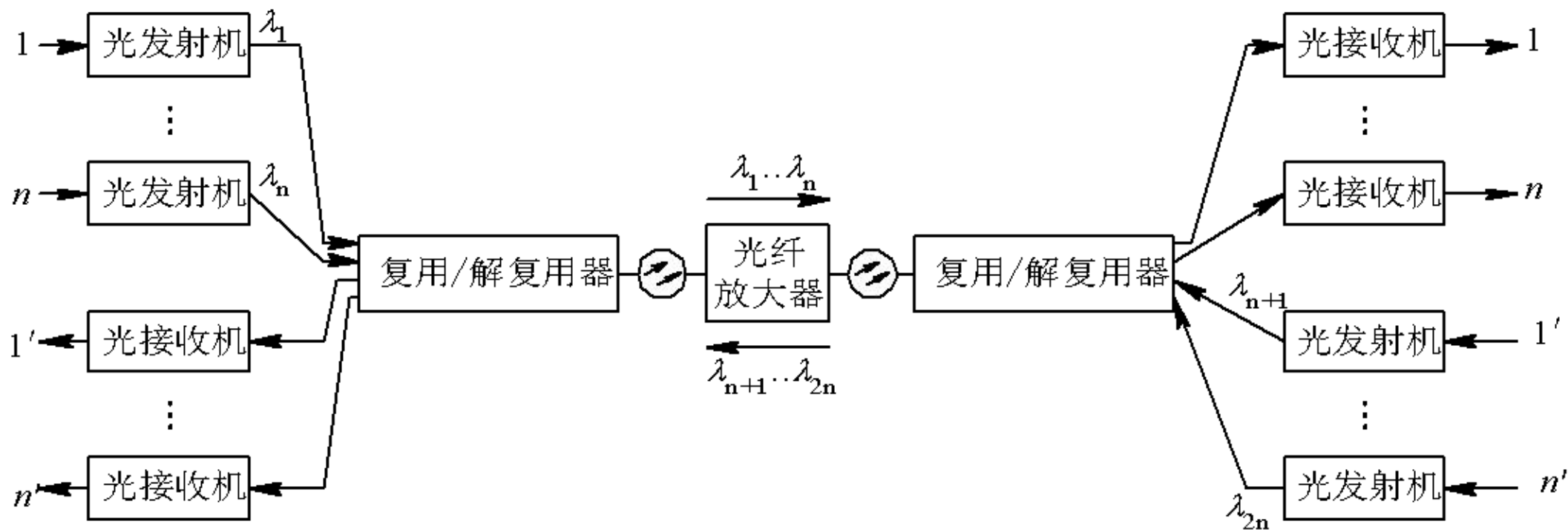
□单纤双向传输

- 光通路在一根光纤上同时向相反的方向传输，所用波长相互分开，以实现全双工通信，在系统设计时要考虑光反射、多次通过干扰、串扰及两个方向传输的功率电平值等问题。

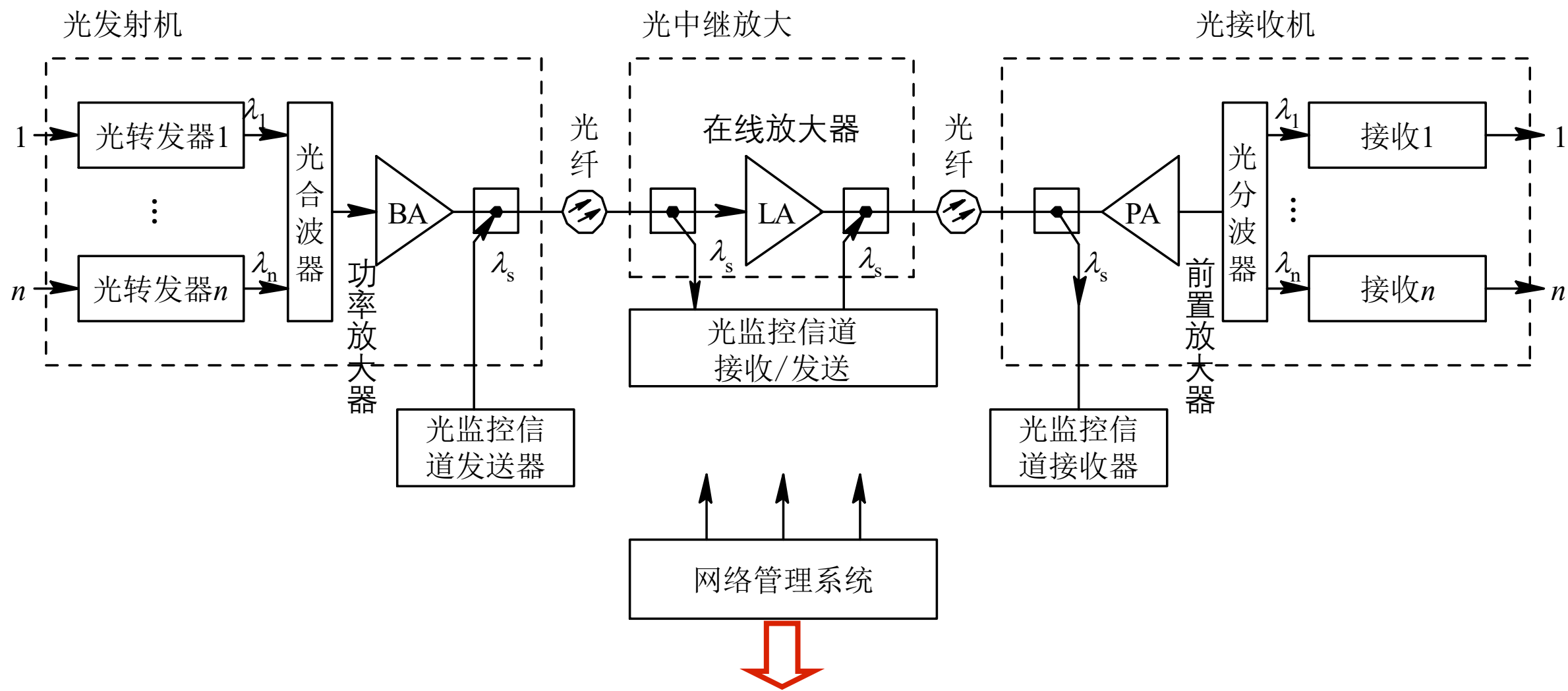
双纤单向WDM传输



单纤双向WDM传输



实际WDM系统的基本结构



配量管理、故障管理、性能管理、安全管理等

WDM的关键技术

□ 1. 光源

光源必须发射符合WDM系统要求的光波长。

发光波长必须精确、稳定，便于集成，有与之配套的波长检测与稳定技术，可靠性高，成本低。

目前，有多波长光源、分布反馈型激光器和超结构衍射光栅分布反馈型激光器等波长可变半导体激光器，以及多波长光纤环腔激光器等可选用

□ 2. 光分波合波技术

光合波器、光分波器

常用的有光栅型、干涉滤波器型、集成光波导型等多种类型。

通常要求，插入损耗低且各通道的损耗偏差小，通带内损耗平坦，通路间的隔离度高，偏振相关性小，温度稳定性好。

□ 3. 光放大器

要求：足够的放大带宽，且带内增益平坦。

EDFA

EDFA+FRA

WDM面对的问题

□1. 光信道间串扰问题

- 在1.6nm或0.8nm光信道间隔的情况下，目前多种商用的光解复用器在2.5Bbps系统k 都可以保证光信道间的隔离度大于25dB，基本上可以满足WDM系统的要求

□2. 光纤色散效应对传输的影响问题

- 光纤色散效应的影响是一个主要的限制因素，尤其对高速系统更为明显。

□3. 光纤的非线性效应问题

- 光纤在一定条件下呈现出非线性特性，极大地限制了EDFA的放大性能和长距离无中继传输。

9.1 光纤网络概述

- **点到点光纤通信系统**，分处两地的终端设备之间的光纤通信。
- 把分散在各个地点的终端设备都用通信通道互连起来，实现各终端之间以及终端与信息中心之间的信息传递与交换，就形成了**网络**。
- 若各点间的互连通道为光纤通道，并在各个连接点处有相应的设备和网络管理软件，就构成了**光纤网络**。
- 由于光纤网络，能够承载数据量越来越大的宽带业务，随着支持光纤网络技术的飞速发展，例如，EDFA的商业化和密集波分复用技术的实用化等，光纤网络已经成为多种业务（包括Internet）和广域网业务所必不可少的和必须依赖的理想网络。

9.1.1 网络历史回顾

- 光网络发展与电网络发展相对独立，又互相渗透，相互依存；目前即使是光网络，由于技术限制，由光纤链路和电节点构成的网络。
 - 1. 光网络的历史要早于电网络。1791年，法国人Claude Chappe将一块两面分别刷成黑白两种颜色的木板不停地翻动，用了约四分钟的时间将一条包含有九个法文单词的信息传递给他10英里之外的兄弟。他的兄弟利用望远镜和一个表达信息的密码本，将该信息接收下来。这个实验被认为是出现最早的光电报。之后约90年间，光电报不断被改进成为一个完整的通信系统。但这种系统依赖于天气，且操作者必须受过专门训练，熟知庞大的密码本内容，没能改变普通市民的生活，最终于1881年被废弃。
 - 2. 在欧洲人致力于改进光电报同时，美国画家莫尔斯在研究能够用电来传递信息，并在1844年发明了真正意义上的电报。在以后的几十年间，电报成为人们进行信息交流的最主要的手段，电报发送的是文字信息。

9.1.1 网络历史回顾

- 3. 1876年，贝尔发明了电话。从此，人类用电进行通信了翻开新的一页。
- 从贝尔的电话发明到20世纪初期，随着绝缘金属地线和铜丝拉制技术的发明，噪声和串扰问题基本解决，电话线路更便宜，电话成为一种技术，并遍及美国。20世纪30年代，电报与电话在美国人生活中的地位颠倒，电话系统代替了电报系统。
- 1880年，贝尔又发明了光电话。他利用太阳光来传送话音。阳光被聚焦到一个反射镜上，当有声波传到反射镜表面时，反射镜就会振动，导致反射光变化，这就相当于发射机通过反射光将声波信号发射出去；在接收端，一个硒片被用来接收阳光，并将声波重现出来。贝尔的光电话应该说是现代自由空间光通信的雏形。显然，贝尔的光电话与前面的光电报有相似的缺点：系统工作依赖于天气条件，并且传输距离很短。

9.1.1 网络历史回顾

- 4. 20世纪60年代末，**电话机**开始进入美国百姓家庭。
 - 电话系统中用户到市话局的部分为普通双绞铜线，市话局间或长话局间的**干线**则为带宽更大的同轴电缆或微波塔，干线上采用模拟载波**复用**技术，以传输多路电话。复用的话路数从最初的每两对双绞线传输12路电话（1950年）到每根同轴电缆承载13路电话（1978年）。到了1980年，公用电话通信网PSTN**模拟**话音载波复用系统已经相当普及。为了提高声音质量，以**时分复用**TDM技术为基础的**数字**复用技术PCM（脉冲编码调制技术）于1962年研制成功，并逐渐开始代替已有的模拟载波复用系统。
 - 随着数字复用技术的发展，国际电话与电报咨询委员会（CCITT）对于话音PCM数字信号的复用，给出两种**基群**系列建议PCM30/32路和PCM24路系列。我国与欧洲国家采用了PCM30/32系列，美国及日本则采用了PCM24系列。这就是我们常说的**准同步数字系列PDH**（Plesiochronous Digital Hierarchy）。
 - **1951年**，荷兰科学家Abraham Cornelis Sebastian Van Heel证明**玻璃纤维**的外涂敷层有助于将光保持在纤维内部。后来的光纤结构就是在此基础上发展起来的。但是，当时光纤的损耗非常大，为1dB/m。光纤的应用基本上局限于医学领域。

9.1.1 网络历史回顾

- 5. 现代意义上的光通信到20世纪60年代有了强度很高、谱线很窄的**光源**和传输损耗很小的**光纤**以后才发展起来。
 - 光纤技术在网络通信上应用的第一个例子是英格兰的一个警察部门。1975年，英格兰的某一地区的警察部门的通信系统因雷电袭击而遭受到严重破坏。为了避免再受**雷电**打击和**电力**浪涌的影响，一位警官建议当地标准电话和电缆公司把该部门的通信系统用光纤连接起来。该光纤通信系统的成功工作，给了世人一个巨大的鼓舞。从此，光纤通信大发展。
 - **光纤通信**技术比**电通信**技术有优越性，带宽更宽、容量更大、传输距离更长、抗电磁干扰、尺寸小、重量轻等，致使电信部门首先采用这种新技术更新已有的电缆传输系统，并建立了许多新的光纤线路。
 - 例，1980年以前，美国和英国的电话公司在大西洋底敷设7条**同轴**电缆用以电话通信。
 - 1988年，敷设**第8条**连接欧美大陆的大西洋海底通信线路是**光缆**，这条光缆同时传送4万路电话。很快，一条线路的通信容量不能满足需要，第2条、第3条光缆又相继被沉入大西洋洋底，担当起欧美大陆通信线路的重任。同样，在太平洋及其他大陆或国家，也发生着类似的事情。光纤已经在电话通信网中占据了重要的地位。光纤技术的优点不仅被电信公司所利用，也被有线电视公司及计算机网络运营商们所利用。

9.1.1 网络历史回顾

- ❑ 早期的光纤通信系统主要应用于三次群以下的**脉码调制**语音通信系统和图像的模拟传输；
- ❑ 随后光纤通信系统则用于四次群以上的PCM语音通信和图像的数字传输、长途干线传输及CATV系统。
- ❑ **现代**光纤通信系统，对现有的**点到点**的传统的光纤通信系统提速，采用**WDM**技术实现高速、大容量的光网络、电节点的通信网络。
- ❑ **未来**的光通信技术将朝着采用光节点、具有光交换功能的**全光网络**发展。

9.2 基于光纤系统的三大网络

- 光纤计算机通信网、光纤电话网和光纤有线电视网。
- 在我国，2010年1月“三网融合”作为国家战略正式启动，2013年全面实现“三网融合”的发展。
 - 通信网发展的总体趋势是数字化、综合化、宽带化、全光化。
 - 光纤通信系统的发展
 - 小容量→大容量
 - 短距离 →长距离
 - 传输制式：PDH →SDH →DWDM →OTN

9.3 光纤网络传输体制

□两种传输体制：

- 准同步数字系列(PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy)
- 同步数字系列(SDH: Synchronous Digital Hierarchy)。

9.3 光纤网络传输体制

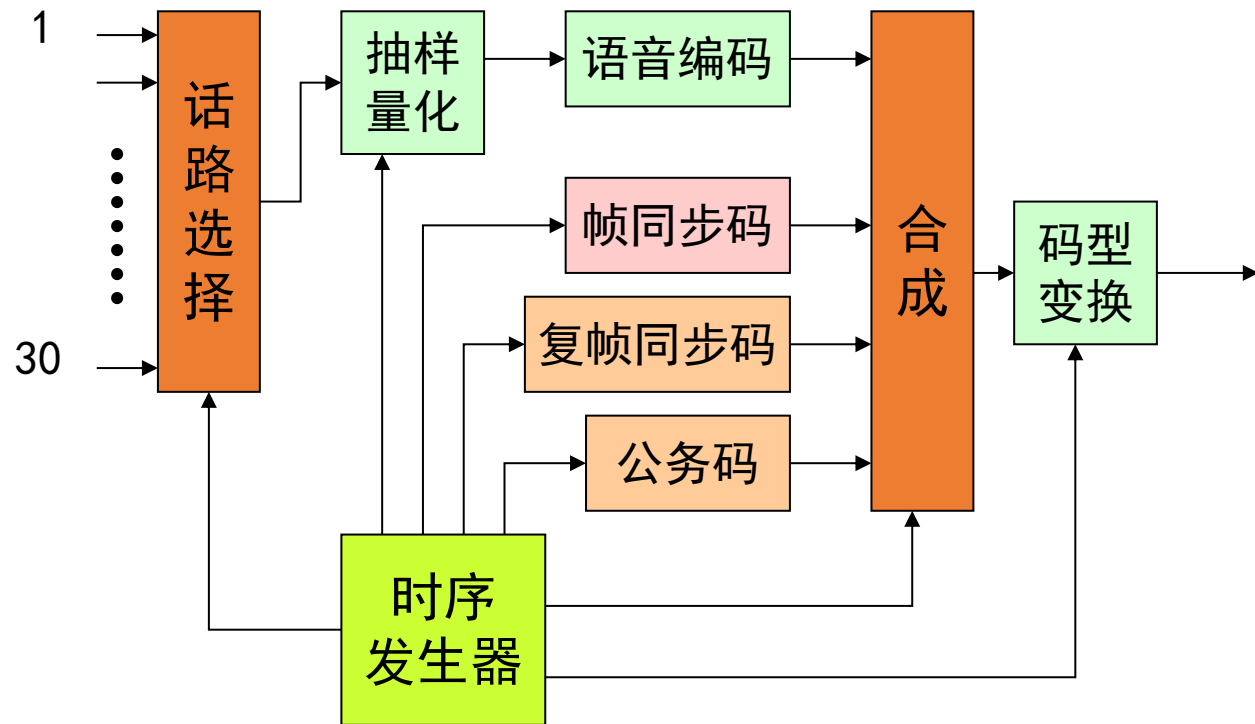
□ PDH准同步数字系列 (Plesiochronous Digital Hierarchy) 的一次群

□ 欧洲制式一次群 (E1)

- 帧同步码：集中插入
- 每帧时隙数：30/32 T_s
- 每帧比特数：32×8=256 bit
- 帧速率：8000 f/s
- 群速率：2048 kbps

□ 北美制式一次群 (T1, DS-1)

- 帧同步码：分散插入
- 每帧时隙数：24 T_s
- 每帧比特数：24 × 8 + 1 = 193 bit
- 帧速率：8000 f/s
- 群速率：1544 kbps

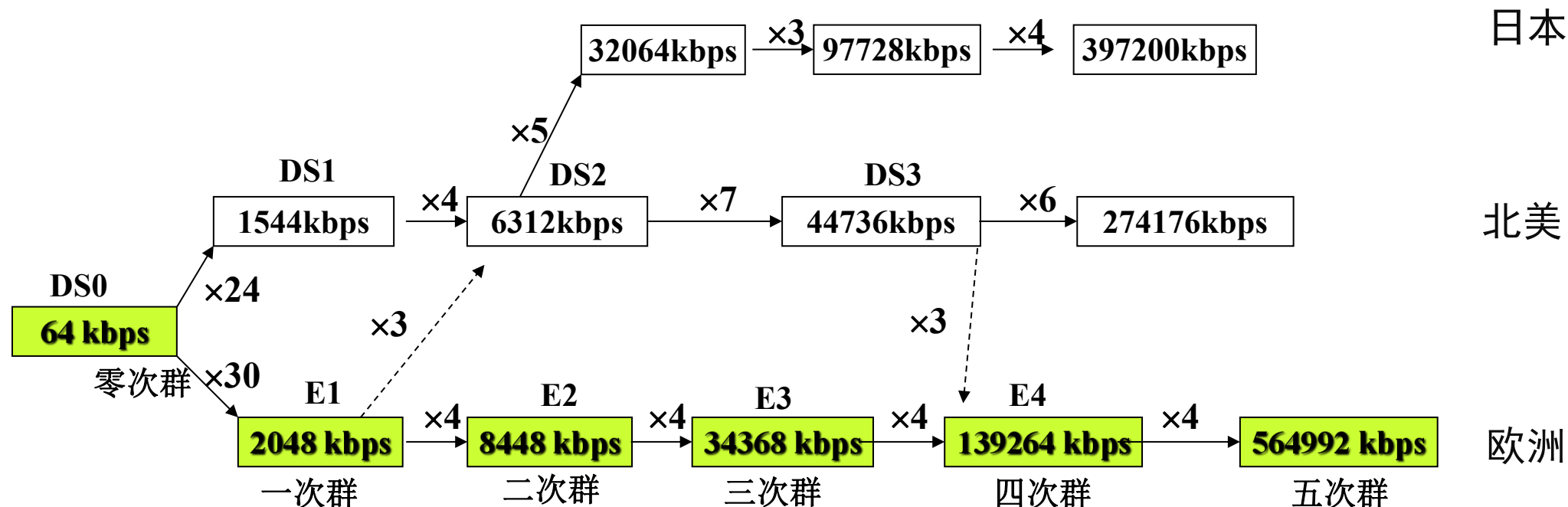


注意：PDH中，零次群到一次群的复用属于同步复用

PDH的复用路线

□ PDH的缺点：

- 存在三个互不兼容的地区性速率和帧结构标准，国际互通困难
- 传统数字光纤通信系统（PDH）没有标准光接口，不同厂商无法在光级别互连
- 异步复用，无法从高次群信号中直接分插低速率信号，上下电路需要众多设备
- 建立在点到点传输基础上，数字通道设备利用率低
- 严重缺乏OAM，难以很好支持新一代的电信网络



SDH应运而生

□ 同步数字系列(SDH: Synchronous Digital Hierarchy)的需求

- 统一速率体系
- 标准光接口
- 直接分插低速率信号，灵活的调度能力
 - 同步复用
- 完善的OAM，提升调度能力和自愈能力
 - 开销比特

□ 产生前提

- 光纤通信容量上升、性能上升
- 大规模集成电路实用化，集成度高，成品率高，成本降低

SDH/SONET概述

- **同步光网络**SONET (Synchronous Optical Network)，在其他国家和地区称为**同步数字系列**SDH (Synchronous Digital Hierarchy)，随着国际标准化工作的推进，SONET与SDH越来越趋于一致，因此统称为同步数字传输网或**SDH/SONET**网，有时简称SDH。
 - SONET是**北美**在电信网络结构中传输和复用的一个标准。SONET确立**51.84Mb/s**为基本传输速率，称为**OC-1**。
 - SDH，国际电信联盟（ITU）制定。SDH第一级传输速率为**155.52Mb/s**，称为同步传送模块，**STM-1**。SDH在北美以外的其他国家和地区常常采用。
 - SDH涉及到网络、系统和设备、光/电接口、传输网管理与性能、定时、信息模型等各个层次与方面。

SDH/SONET概述

- ❑ SDH/SONET由一些SDH网络单元组成的、在光纤上进行同步信息传输、复用和交叉连接的网络。
 - ❑ 有统一网络节点接口，简化信号的互连及信号的传输、复用及交叉过程。
 - ❑ 有标准化的信息结构等级，并具有块状帧结构，允许安排丰富的比特开销进行网络运行维护和管理；
 - ❑ 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，其功能各异，但都有统一的标准光接口，允许不同厂家设备在光路上互通。
 - ❑ 大量采用软件进行网络配置和控制，使得新功能和特性增加比较方便。

SDH/SONET的传输速率和传输格式

- SDH/SONET传输速率和传输格式由网络节点接口NNI (Network Node Interface) 规定。
- 传输网的两种基本设备是传输设备和网络节点。
 - 传输设备可以是光缆线路系统，也可以是微波接力系统。
 - 网络节点则有多种，如64kb/s电路节点、宽带节点等。
 - **简单**节点只复用功能；**复杂**节点信道终端、交叉连接、复用和交换功能
 - **网络**节点接口是网络节点之间接口，传输设备和网络节点之间的接口。
- 在SDH/SONET中，NNI成为实现网络节点之间互连的规范化的标准接口，它对节点之间传输的信息流进行了规范，包括两个方面：
 - 首先是对每秒钟节点之间的比特总数进行了规范，即速率体系；
 - 其次对该比特流的组织进行了规范，即帧格式。

SDH/SONET的传输速率和传输格式

□SDH/SONET体系由一些基本的标准组件术语和传输速率组成。

□每一层有一个光层OC（Optical Carrier）和一个电层的同步传输信号STS（Synchronous Transmission Signal）。

□相应传输速率下的SDH体系称为同步传送模块STM（Synchronous Transmission Module）层。

SDH		SONET		俗称
等级	速率（kbps）	等级	速率（kbps）	
		STS-1	51840	
STM-1	155520	STS-3	155520	155M
		STS-9	466560	
STM-4	622080	STS-12	622080	622M
		STS-18	933120	
		STS-24	1244160	
		STS-36	1866240	
STM-16	2488320	STS-48	2488320	2.5G
		STS-96	4976640	
STM-64	9953280	STS-192	9953280	10G

表9.4 SDH/SONET体系传输速率

SDH/SONET的传输速率和传输格式

① SONET帧结构

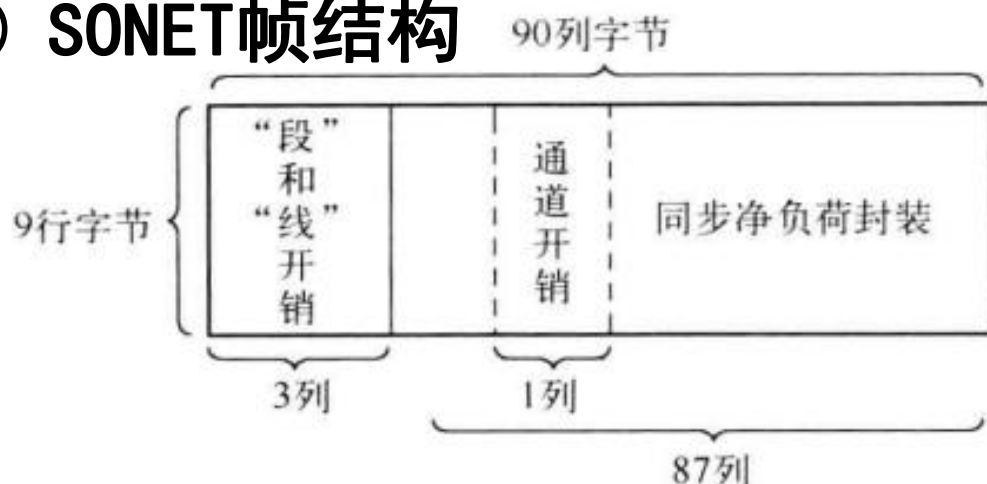


图9.3.2 SONET的基本帧结构

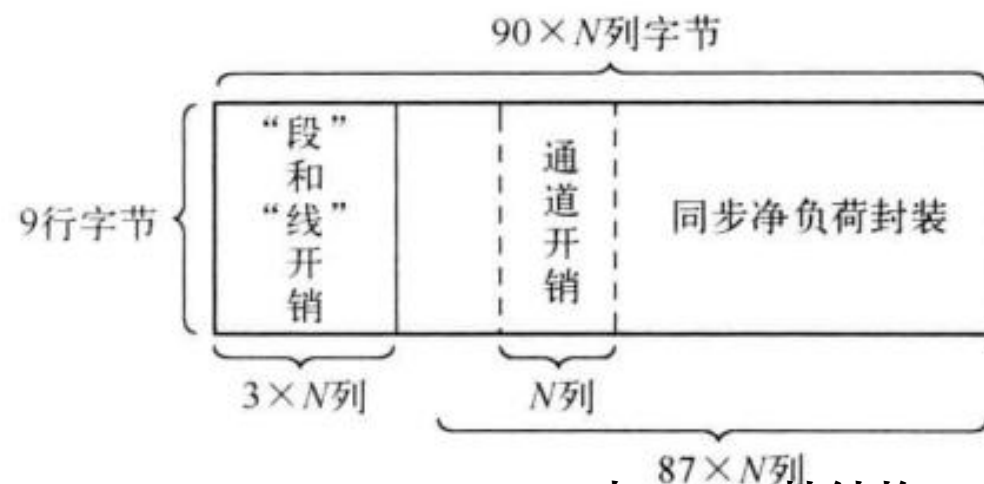


图9.3.3 SONET中STS-N帧结构

9行，90列字节构成的二维结构。

每个字节长为8比特。“段”连接相邻的设备；“线”是指比段长一些的连接两个SONET器件的链路；“通道”是一个端到端的连接。

基本的SONET帧的周期为 $125\mu\text{s}$ ，因此，SONET的基本的传输速率为：

$$9\text{字节/行} \times 90\text{行/帧} \times 8\text{比特/字节} \div 125 \times 10^{-6}\text{秒/帧 (b/s)} = 51.84\text{Mb/s}$$

此传输速率对应于电的同步传输信号为**STS-1**，所有SONET信号都是此传输速率的**整数倍**。STS-1每次从上到下逐行地传送，每行由左到右传送。

SDH/SONET的传输速率和传输格式

② SDH帧结构



图 9.3.4 STM-1 帧结构

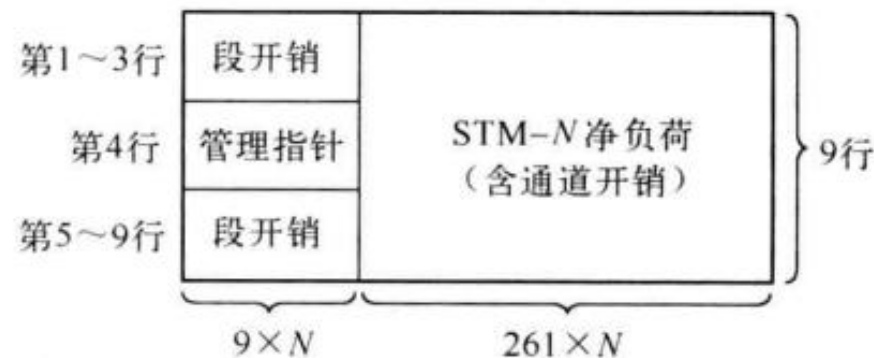


图 9.3.5 STM-N 帧结构

- 比特的**传送方式**是从左到右，从上到下。
- STM-1的帧结构共有9行，270列字节。每个字节为8比特。对应的**传输速率**
 $9 \text{ 字节/行} \times 270 \text{ 行/帧} \times 8 \text{ 比特/字节} \div (125 \times 10^{-6} \text{ 秒/帧}) = 155.52 \text{ Mb/s}$
- 信息结构等级**STM-N** (Synchronous Transport Module 同步传送模块, N=1, 4, 16, 64), 最基本的模块为STM-1, 第1级同步传递模块。四个STM-1同步复用构成STM-4, 16个STM-1或四个STM-4同步复用构成STM-16等。

SDH主要特点

- (1) SDH采用世界上统一的标准传输速率等级；由于速率等级采用统一标准，SDH就具有了统一的**网络结点**接口，承载现有的PDH（E1、E3等）、现有的TDM业务和各种新的数字信号单元，也支持ATM、以太链路帧和IP等异步业务，有利于不同通信系统的互联。
- (2) SDH各网络单元的**光接口**有严格的**标准规范**；SDH具有统一的网络结点接口，可以实现光路上的互通，EI成为开放型接口，任何网络单元在光纤线路上可以互联，不同厂家的产品可以互通，有利于建立统一的通信网络。另一方面，标准的光接口综合进各种不同的网络单元，简化了硬件，降低了网络成本。
- (3) SDH的**帧结构**是矩形块状结构，低速率支路的分布规律性极强，使得上下话路变得极为简单；帧结构中，有丰富的开销比特，用于不同层次的网络的运行、维护和管理，便于实现性能监测、故障检测和定位、故障报告等管理功能

SDH主要特点

(4) 采用数字同步**复用**技术，其最小的复用单位为字节，不必进行码速调整，简化了复接分接的实现设备，由低速信号复接成高速信号，或从高速信号分出低速信号，不必逐级进行。

(5) 采用数字**交叉连接**设备DXC可以对各种端口速率进行可控的连接配置，对网络资源进行自动化的调度和管理，既提高了资源利用率，又增强了网络的抗毁性和可靠性。SDH采用了DXC后，大大提高了网络的灵活性及对各种业务量变化的适应能力，使现代通信网络提高到一个崭新的水平。

9.3.2 ATM

- ❑ SDH系统帧结构时间周期固定 $125\ \mu\text{s}$ ，要求所有数据按照标准的传输速率传送，因此SDH系统传输的是恒定的波特率业务，上、下行的速率和带宽相同。
- ❑ 实际接入网很多应用中，上、下行的速率是不对称的，若采用传统SDH系统，则用户上行的一帧码元中需要很多空闲信元填充，对上行带宽是一种浪费，又不能对下行带宽进行动态分配，所以提出异步传输模式-ATM（Asynchronous Transfer Mode）技术。
 - ❑ ATM靠信元头来识别通路，STM靠帧内的时隙位置来识别通路。如果用一种规则周期性将ATM信元进行分配，则可获得固定的带宽通道。
 - ❑ ATM 可以支持可变速率业务的传送，支持时延较小的业务，能够提供全业务接入，也适用于恒定波特率业务的传送和交换。

9.3.2 ATM

- ATM接口，ITU-T推荐**两种**线路接口：基于SDH和基于信元的接口。
- 1. 基于信元的接口
 - 在基于信元的ATM物理层中，信元可连续传送而无需采用帧变换，基于信元的接口没有固定的帧结构，目前这种接口使用少。

9.3.2 ATM

2. 基于SDH的接口

- 基于SDH的接口物理层中，SDH帧的净荷承载ATM信元，所有不同种类的业务，包括**固定**速率和**可变**速率的业务都被转换成ATM信元，然后置于SDH的净荷中。
- STM-1 (155.52Mb/s) 接口，用户信息信元、信令信元和运行维护（OAM，Operation and Maintenance）信元都位于帧的净荷域，**传输速率** 149.76Mb/s。
- 另有SDH/ATM混合帧结构：将STM-N净荷一部分给实用SDH同步业务，另一部分给ATM信元的非同步业务。

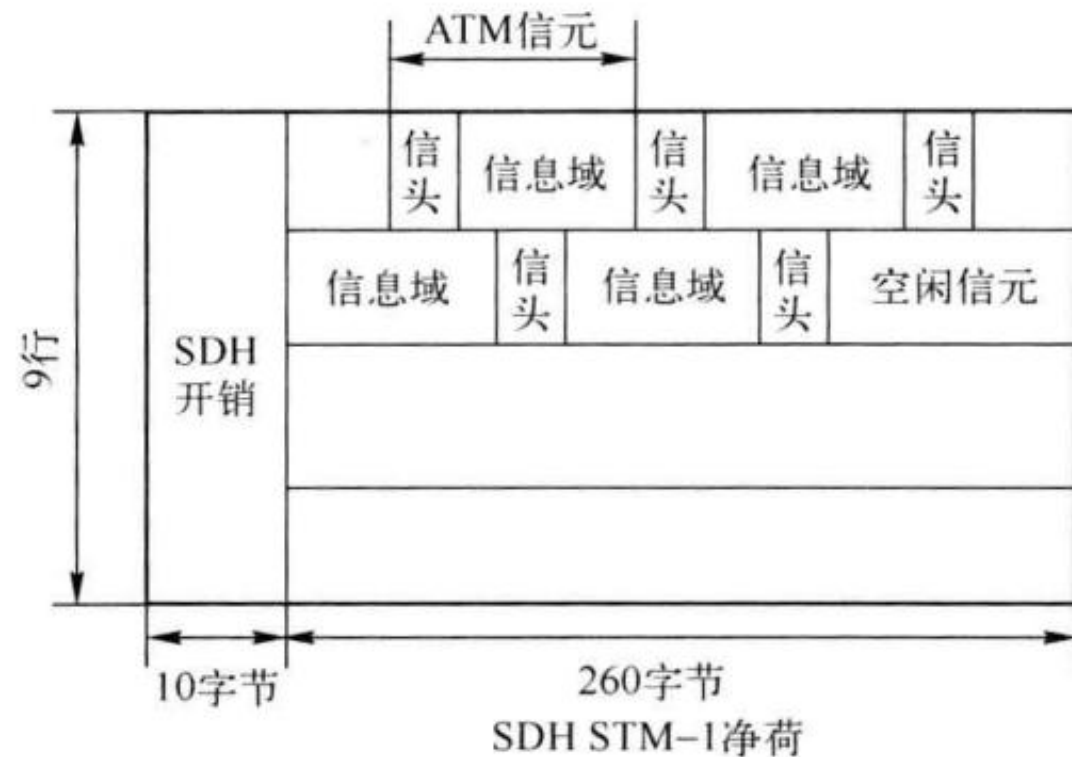


图9.3.13 ATM信元在STM-1中的映射

9.6 光纤接入网

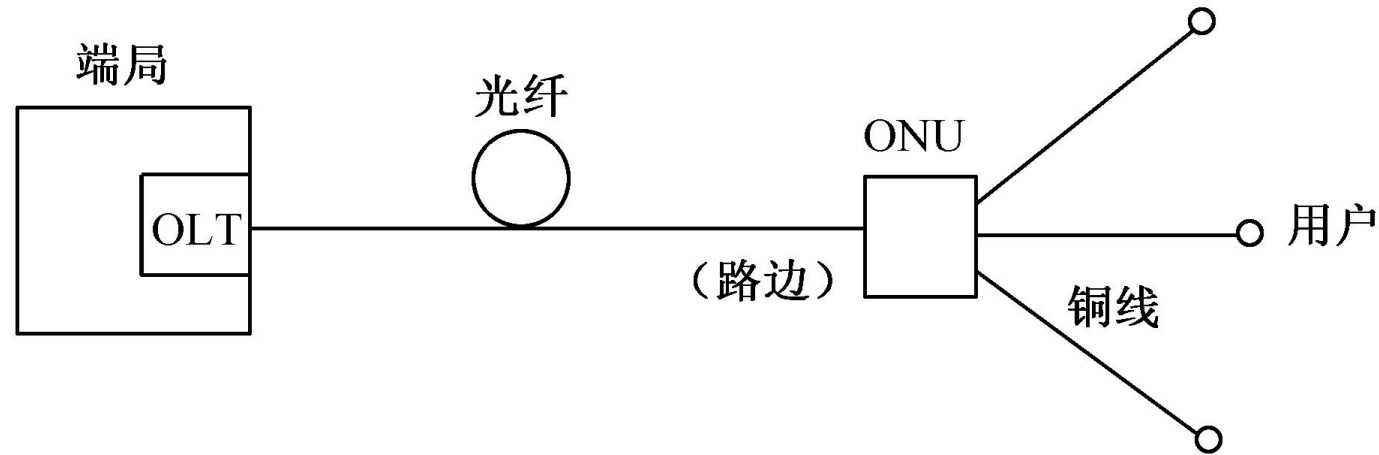
- ❑ 光纤接入网也称为光纤**用户网**，泛指本地交换机或远端交换机与用户之间采用光纤作为传输介质的网络。
- ❑ 光纤接入网的形式由光纤引入的情况而定，一般视光线路终端设置的位置而定。

符 号	名 称	英 文
FTTH	光纤到家	Fiber to the home
FTTB	光纤到大楼	Fiber to the building
FTTC	光纤到路边	Fiber to the curb
FTTO	光纤到办公室	Fiber to the office
FTTZ	光纤到小区	Fiber to the zone
FTTF	光纤到楼层	Fiber to the face

表9.6 光纤接入网的接入方式

FTTC的基本连接示意

图9.6.1 FTTC基本连接示意图



- **端局**是电话业务的交换局和广播业务中信号的出发点，其中**OLT**称为光线路终端（Optical Line Terminal）。
- 从端局接出的光纤经过各种线路设备（如光分支器、入孔等）后，到达路边的光网络单元**ONU**（Optical Network Unit，**作用**是终结来自光分配网的光纤，处理光信号并为用户提供业务接口。），在ONU中经过光电转换后，再由铜线分别将电话、数据等窄带信号或宽带图像信号接至用户。

9.6.2 无源光网络（PON）

- 光纤接入网除了包括端局（也称做中心局CO，Central Office）和光网络单元（ONU）外，通常还有远端节点RN（Remote Node）和光接口单元NIU（Network Interface Unit），它们之间的关系如图9.6.2所示。

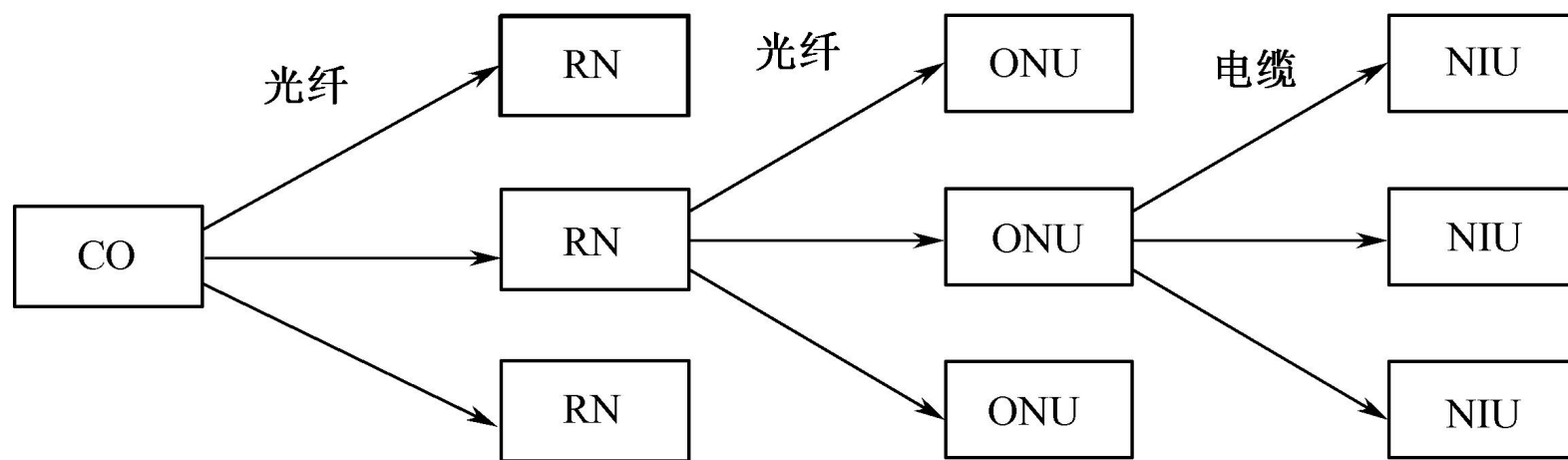


图9.6.2
光纤接入网体系

- 在**有源**网络中，RN起着中继和分配的作用，在**无源**网络中仅进行信号的**分配**。
- NIU为用户设备，在FTTH结构中，ONU位于用户家中，兼有NIU的功能，所以不需单独NIU。
- 光纤接入网结构越简单，网络的操作、维护就越容易，显然，无源结构比有源结构具有更高的可靠性，因为无源网络不需要进行交换和控制。
- 将使用无源器件作为远端节点的网络称为**无源光网络PON**（Passive Optical Network）。

案例实践：了解FTTH光纤入户安装施工过程及注意事项等

- <https://www.xjxhd.cn/?id=413628>
- 了解FTTH光纤入户安装施工过程及注意事项等
- 光交接箱，光猫



跳线与尾纤

□ 跳线



一体化托盘与尾纤

ONU-光猫

□HS8145×6(ONU), 参数后面的通信技术



型号：	HS8145X6(ONU)
配置：	GPON/EPON
接口：	1电话 + 4千兆口+2USB + 2.4G&5G 11ax Wi-Fi
无线类型：	2.4G&5G Wi-Fi 6
环境温度：	0℃ ~ +40℃
环境湿度：	5% RH ~ 95%RH, 非凝结
设备功耗：	≤ 18W
供电要求：	11V ~ 14V DC, 1.5 A
尺寸：	35mm x 195mm x 125mm (不含天线和脚垫)
重量：	约 370 g
壳体颜色：	白色
制造商：	华为技术有限公司
服务电话：	10000

光纤切割与熔接

□ 光纤切割刀



□ 光纤熔接机



光时域反射仪

□ **光时域反射仪**（英文名称：optical time-domain reflectometer, OTDR）是通过对测量曲线的分析，了解光纤的均匀性、缺陷、断裂、接头耦合等若干性能的仪器。它根据光的后向散射与菲涅耳反向原理制作，利用光在光纤中传播时产生的后向散射光来获取衰减的信息，可用于测量光纤衰减、接头损耗、光纤故障点定位以及了解光纤沿长度的损耗分布情况等，是光缆施工、维护及监测中必不可少的工具。



课后巩固提升

1. WDM波分复用光传送网是用光波长作为最基本交换单元的交换技术，来替换传统交换节点中以时隙为交换单位的时隙交换技术。（ 正确 ）
2. STM-N一帧的字节数是（ C ）。
A. 270×9 B. $274 \times 9 \times N$ C. $270 \times 9 \times N$ D. $261 \times 9 \times N$
3. SDH复用结构是指（ 帧结构 ）；
在SDH网中任何等级的STM-n传输帧率为（ 8000帧/秒 ）。