

吉祥如意



光 纤 通 信

吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意



电子科技大学

光电信息学院 光纤通信课程组





第五章 典型光纤传输系统





5.1 光纤模拟信号传输系统

5.2 光纤数字信号传输系统





5.1 光纤模拟信号传输系统



模拟光纤通信系统是一种通过光纤信道传输模拟信号的通信系统，目前主要用于模拟电视传输。和数字光纤通信系统不同，模拟光纤通信系统采用参数大小连续变化的信号来代表信息。要求在光/电转换过程中信号和信息存在线性对应关系。因此，对于光源功率特性的线性要求，对系统信噪比的要求，都比较高。由于噪声的累积，和数字光纤通信系统相比，模拟光纤通信系统的传输距离较短。但是目前采用频分复用（FDM）技术，实现了一根光纤传输100多路电视节目，在有线电视（CATV）网络中，有巨大的竞争能力。

当系统是受带宽限制而不是受损耗限制，以及终端设备的价格成为主要考虑因素时，就应该考虑采用模拟系统。例如视频信号的短距离传输，由于高速数模及模数转换的高价格及PCM调制占据的带宽宽，所以采用模拟传输更合理。

采用光纤模拟传输的例子很多：多路电话信号的传输与分配、微波复用信号传输、用户环路应用、天线遥测和雷达信号处理等。



5.1.1 调制方式

5.1.2 模拟基带直接光强度调制光纤传输系统

5.1.3 副载波复用光纤传输系统



5.1.1 调制方式

光调制是指在光纤通信中，由电信号对光波进行调制使其载荷信息。主要有两种方式：**直接调制**、**间接调制（外调制）**。直接调制是将电信号直接加到光源上，使光源输出的光功率随信号变化。

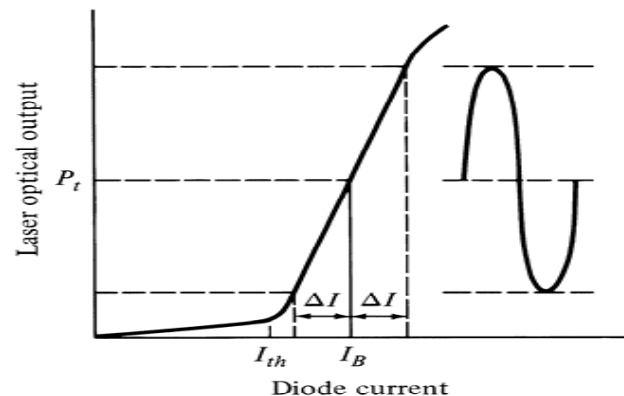
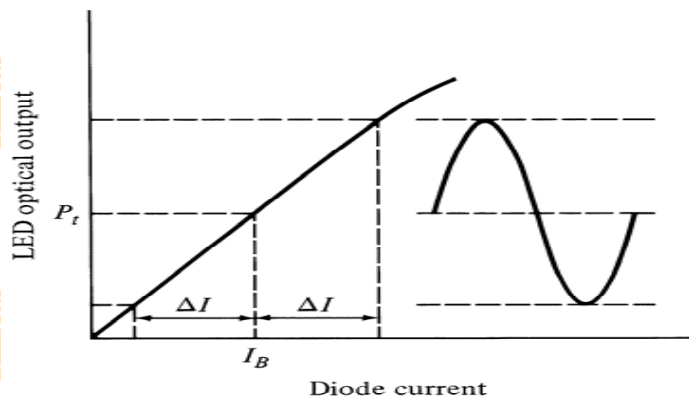
间接调制是利用某些晶体的电光效应、磁光效应、声光效应等特性做成调制器，放置在激光器之外的光的传输通道上。

把电信号加到调制器上，改变调制器的物理特性，当激光通过晶体时，光波的特性将随信号变化而变化。这种调制是在激光形成之后进行的，因而对激光器的特性影响不大，一般在高速光纤通信系统或相干光纤通信系统中使用。

目前光纤通信系统主要使用直接调制方式。

模拟信号的强度调制

以LD为例，当驱动电流大于阈值电流时，激光器的输出光功率与注入电流成线性关系。输出光功率的变化反映了电流的变化。从而光载波就承载了所要传输的信息。



电信号对光源的调制特性，可用光调制度 m 表示，即

$$m = \Delta I / (I_B - I_{th})$$

其中 I_{th} 为半导体激光器的阈值电流， I_B 为偏置电流。

对LED或 I_{th} 较小时， m 可表示为

$$m = \Delta I / I_B$$

模拟光纤传输系统目前使用的主要调制方式有：

1、基带-光强度调制 (BB/IM)

2、副载波调幅-光强调制 (AM/IM)

3、副载波调频-光强调制 (FM/IM)

4、脉冲调制-光强调制

基带-光强度调制

模拟信号没有经过任何电的调制就是基带信号,如电视信号。

基带信号直接对光源进行强度调制就称为基带-光强度调制,这种方式一根光纤只能传输一路信号。

优点: 简单, 但为了获得高的传输质量, 需要较高的信噪比, 即接收灵敏度低。同时光源的线性对传输质量的影响也很大, 一般需要补偿。

副载波调幅—光强调制

原始的电信号先对某一电载波进行调幅，然后再对光源进行调制。电载波区别于光载波，称为副载波。

这种方式目前主要采用残留边带调幅（AM-VSB）方式，在VHF和UHF波段的一定数目、一定频率间隔的副载波，分别由不同频道的模拟基带信号进行残留边带调幅，组成频分多路信号，再对光源进行调制。这种方式占用频带窄，与现行的有线电视及VHF、UHF电视接收机兼容，主要应用于有线电视光纤传输系统中。

副载波调频—光强调制

原始的电信号先对某一电载波进行调频，然后再对光源进行调制。副载波多采用微波，与调幅方式同样组成频分多路信号，再对光源进行调制。这种方式占用频带宽，但是由于有调频增益及加重、加权改善系数，使信噪比增加约39dB。与AM-VSB方式相比，FM方式不易受失真的干扰，可以采用较大的光调制度，能进行高质量的传输。因此主要用于城市之间的电视节目交换，卫星电视的长距离传送等。

脉冲调制-光强调制：通过扩展信号带宽，以提高传输质量的一种预调制强度调制方式。由于光纤的带宽极宽，因而这种预调制所增加的带宽对光纤通信来说不存在任何问题。脉冲调制-光强调制就是首先用原始的模拟信号对脉冲副载波进行预调制，然后再对光源进行强度调制。脉冲调制包括：脉冲调幅（PAM）、脉位调制（PPM）、脉宽调制（PWM）、脉冲间隔调制（PIM）、脉冲频率调制（PFM）、以及方波频率调制（SWFM）。



在这些调制方式中，除PAM外均不受光源非线性性的影响，可进行高质量的传输，有些方式（如SWFM、PFM、PIM）非常适合光纤模拟视频信号的传输。



频分复用光强度调制

副载波调幅-光强调制 (AM/IM) 与副载波调频-光强调制又被统称为频分复用光强度调制。由于受模拟信号预调制的RF电载波被称为副载波, 所以这种复用方式也被称为副载波复用 (SCM)

SCM模拟电视光纤传输系统的优点

- 1、一个光载波可以传输多个副载波，各副载波可以承载不同类型的业务，有利于数字和模拟混合传输以及不同业务的综合和分离；
- 2、SCM系统灵敏度高。FM/SCM可以传输60~120路模拟电视节目，在电视传输网中竞争力强。
- 3、适宜于在HFC中应用。

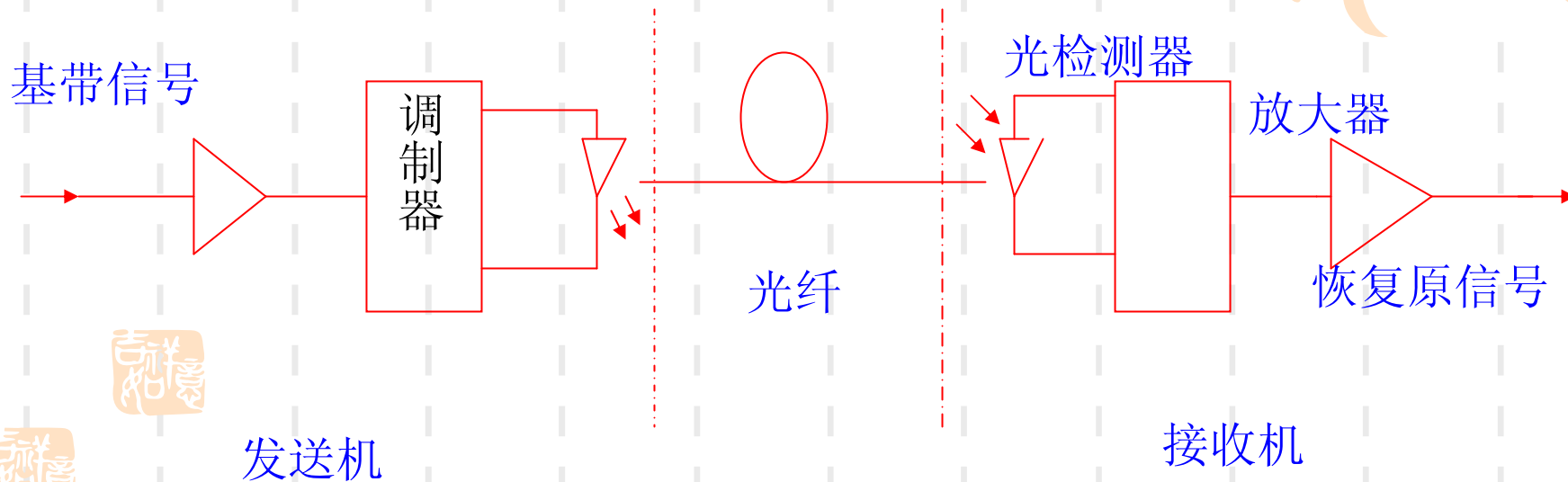


5.1.2 模拟基带直接光强度调制光纤传输系统



基带模拟视频信号光纤传输系统主要用在高质量的短距离传输线路，它是模拟电视光纤传输最基本的传输形式。

模拟基带直接光强度调制 (D-IM) 光纤传输系统由发射机、光纤线路和光接收机组成。（参见下页）



模拟信号直接光调制系统框图



信噪比

信号失真

幅度失真参数-微分增益 (DG)

相位失真参数-微分相位 (DP)





5.1.3 副载波复用光纤传输系统



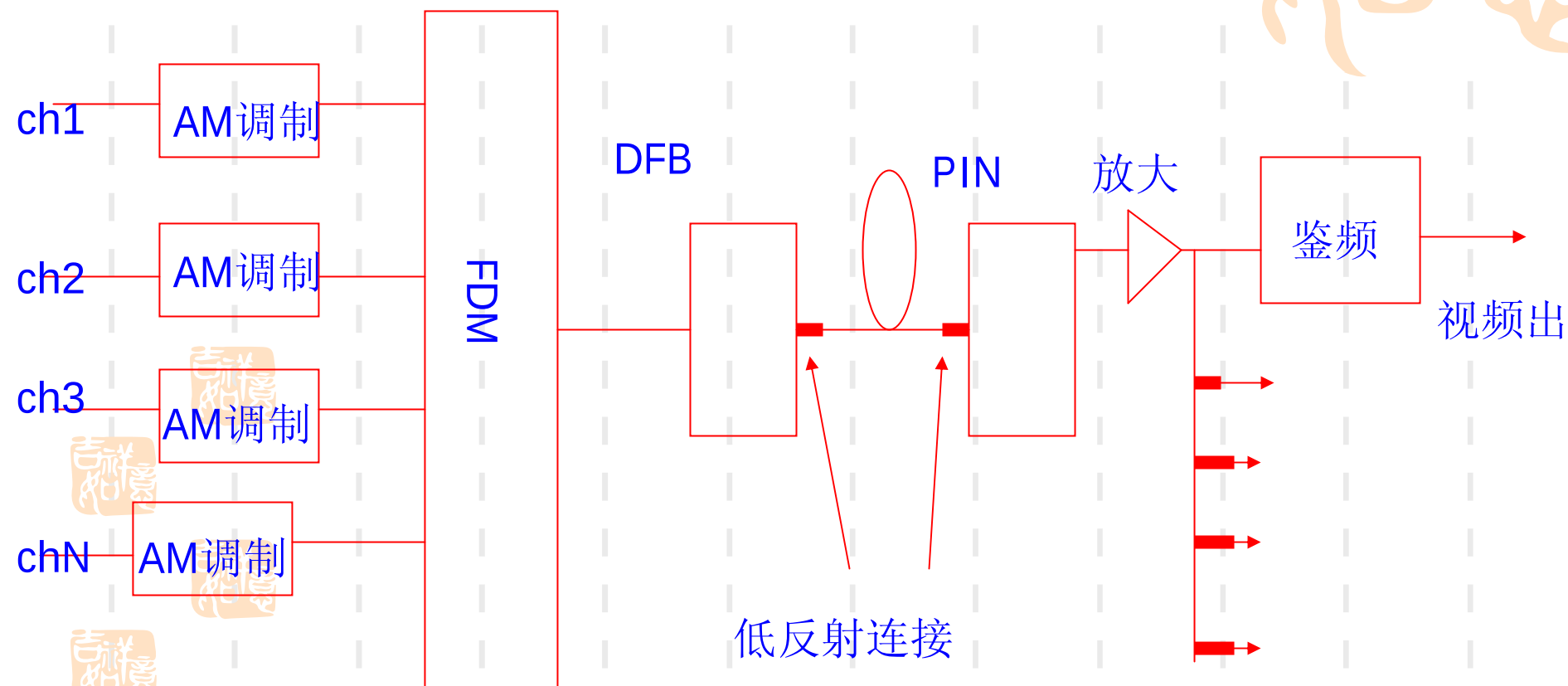


调幅频分多路 (AM-FDM) 方式是首先将各频道的视频基带信号对各自的副载波进行残留边带调幅 (AM-VSB)，组成频分多路信号，然后对光源进行强度调制。





VSB-AM/SCM模拟电视光纤传输系统



为了获得较好的传输质量，希望系统噪声小。非线性失真主要的技术指标有三项：

载噪比 (CNR)，是副载波功率与信号带内噪声功率之比；

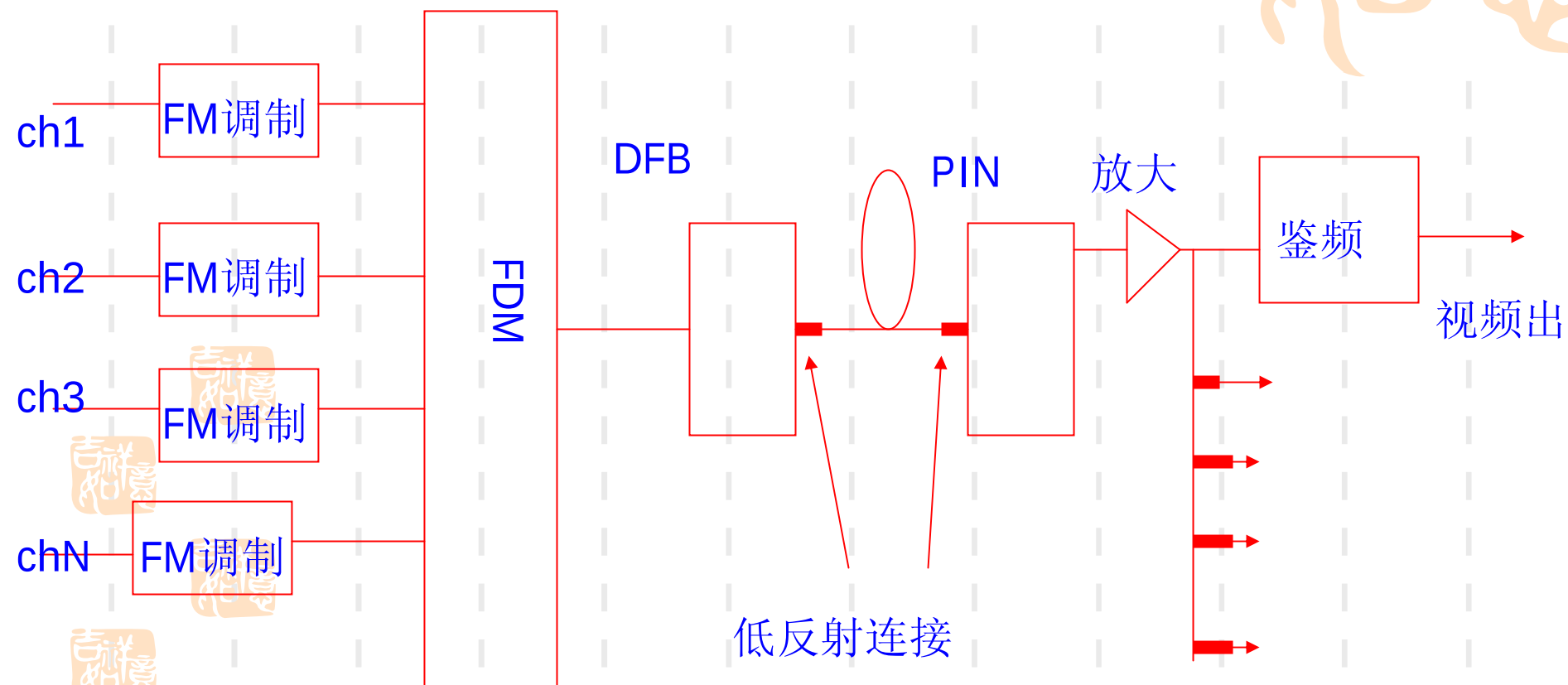
组合二阶互调CSO (Composite Second Order Beat)及**组合三阶比差拍CTB (Composite Triple Beat)**，是描述在多频道传输时，由光源的非线性产生的互调失真及对特定频道的干扰。

调频频分多路 (FM-FDM) 方式是首先将各频道的视频基带信号对各自的副载波进行调频, 组成频分多路信号, 然后再对光源进行强度调制。

调频所占用的带宽比调幅制宽, 传输性能比调幅制优越。即便载噪比较低, 也能获得高质量的图象信号, 因而适合长距离、高质量的传输系统。



FM/SCM模拟电视光纤传输系统





5.2 光纤数字信号传输系统



5.2.1 SDH的起源





- 了解SDH的产生背景,为什么会产生SDH传输体制
- 了解SDH体制的优点和不足
- 建立有关SDH的整体概念为以后更深入的学习打下基础



PDH通信系统称为准同步数字体系

Plesiochronous Digital Hierarchy

▲ 复用/解复用是数字信号传输的重要部分

▲ 复用：将低速信号按照一定的规则变成高速信号



▲ 解复用：将收到的高速信号恢复成原来的低速信号

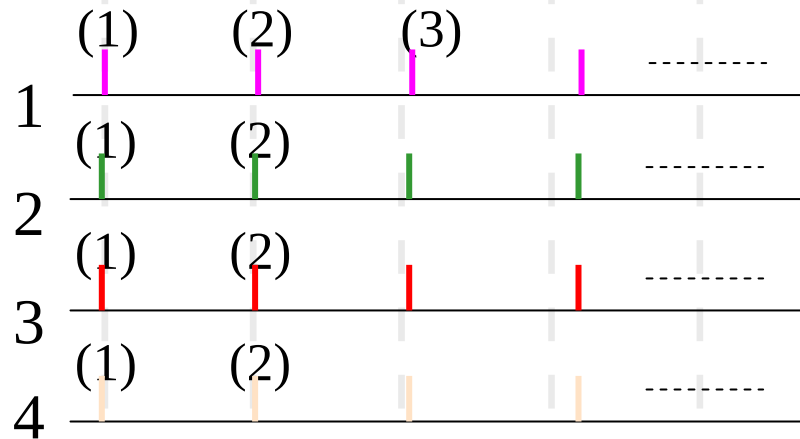


▲ PDH基群信号为 2Mb/s 信号

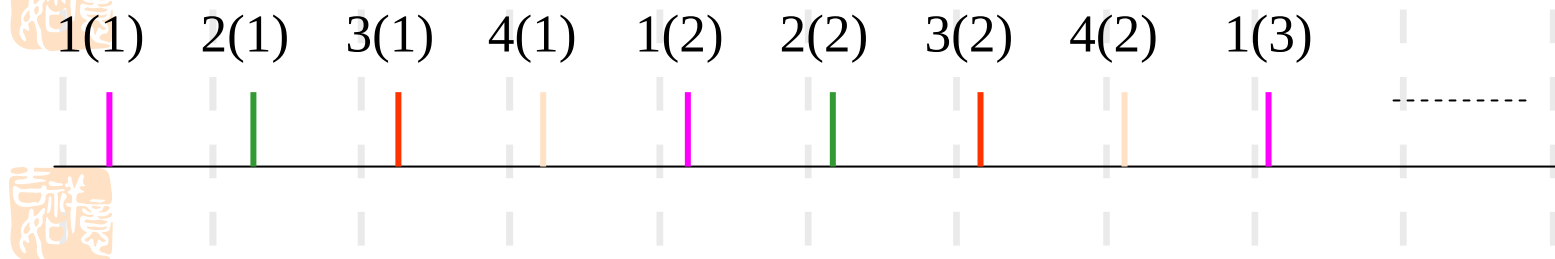


PDH复用原理

- 异步复用
- 按比特复用
- 采用正码速调整
- 4路低速信号复用成1路高速信号

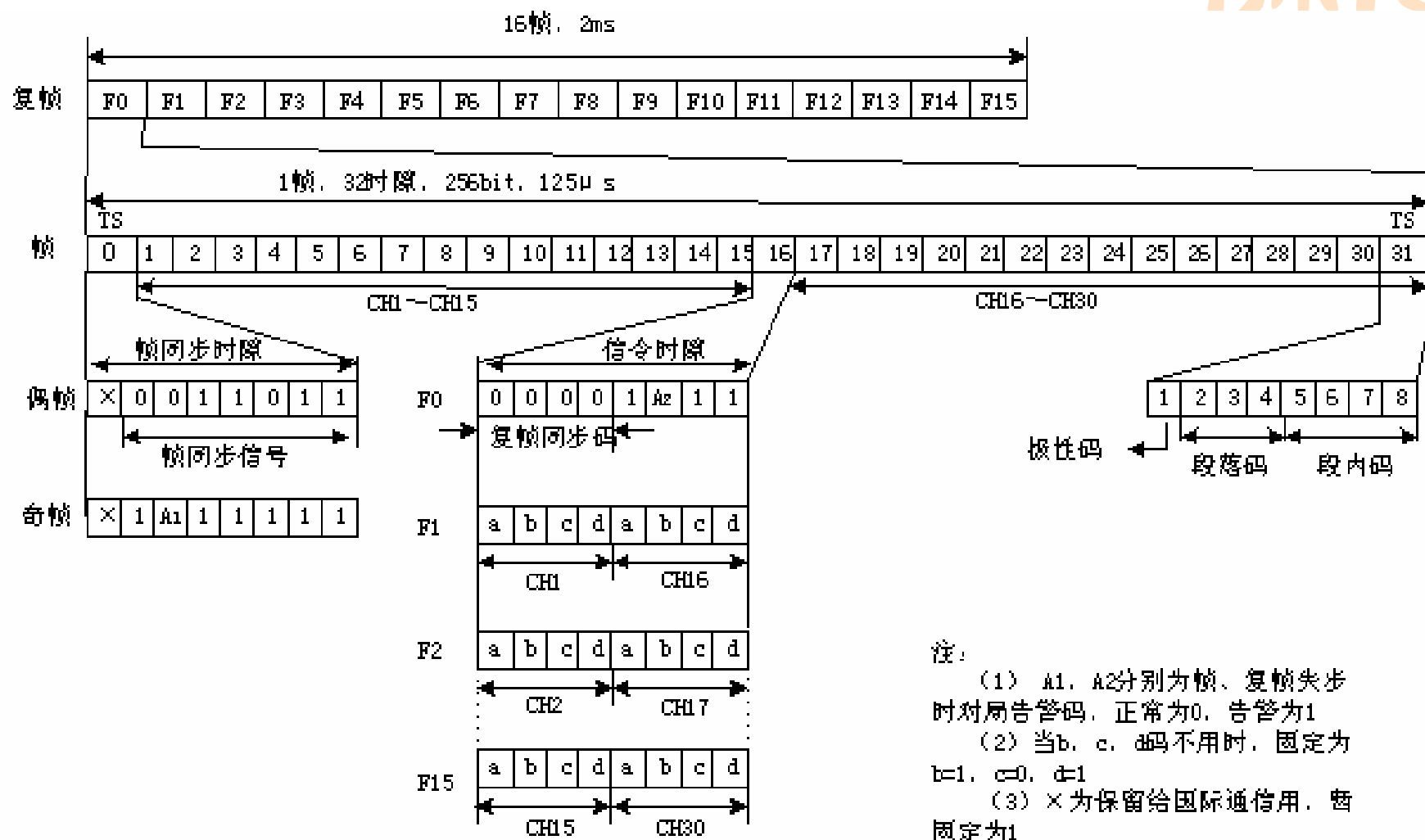


1路高速信号



准同步数字系列有两种基础速率：

- 以1.544 Mb/s为第一级(一次群，或称基群)基础速率，采用的国家有北美各国和日本；
- 以2.048 Mb/s为第一级(一次群)基础速率，采用的国家有西欧各国和中国。



PCM系统帧和复帧结构示意图

世界各国商用光纤通信制式

国家或地区	基群 / (Mb·S ⁻¹ 1)	二次群 / (Mb·S ⁻¹)	三次群 / (Mb·S ⁻¹)	四次群 / (Mb·S ⁻¹)	五次群 / (Mb·S ⁻¹ 1)	六次群 / (Mb·S ⁻¹)
中国 西欧	$\frac{2.048}{30 \text{ ch}}$	$\times 4 \frac{8.448}{120ch}$	$\times 4 \frac{34.368}{480ch}$	$\times 4 \frac{139.264}{1920ch}$	$\times 4 \frac{564.992}{7680ch}$	$\left[\begin{array}{l} \times 2 \frac{1.13}{15360 \text{ ch}} \\ \times 4 \frac{2.4}{30720 \text{ ch}} \end{array} \right]$
日本	$\frac{1.544}{24 \text{ ch}}$	$\times 4 \frac{6.312}{96ch}$	$\times 5 \frac{32.064}{480ch}$	$\times 3 \frac{97.728}{1440ch}$	$\times 4 \frac{397.20}{5760ch}$	$\times 4 \frac{1.5888}{23040ch}$
北美	$\frac{1.544}{24 \text{ ch}}$	$\times 4 \frac{6.312}{96ch}$	$\times 7 \frac{44.736}{672ch}$	$\left[\begin{array}{l} \times 6 \frac{274176}{4032ch} \\ \times 12 \frac{564992}{8064ch} \\ \times 9 \frac{432}{6048ch} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} \times 2 \frac{1.13Gb/s}{16128} \\ \times 4 \frac{2.4Gb/s}{32256ch} \end{array} \right]$		

• 对于以2.048 Mb/s为基础速率的制式，各次群的话路数按4倍递增，速率的关系略大于4倍。

• 对于以1.544 Mb/s为基础速率的制式，在3次群以上，日本和北美各国又不相同，看起来很杂乱。

• PDH各次群比特率相对于其标准值有一个规定的容差，而且是异源的，通常采用正码速调整方法实现准同步复用。

• 1次群至4次群接口比特率早在1976年就实现了标准化，并得到各国广泛采用。

• PDH主要适用于中、低速率点对点的传输。

PDH的固有缺陷:

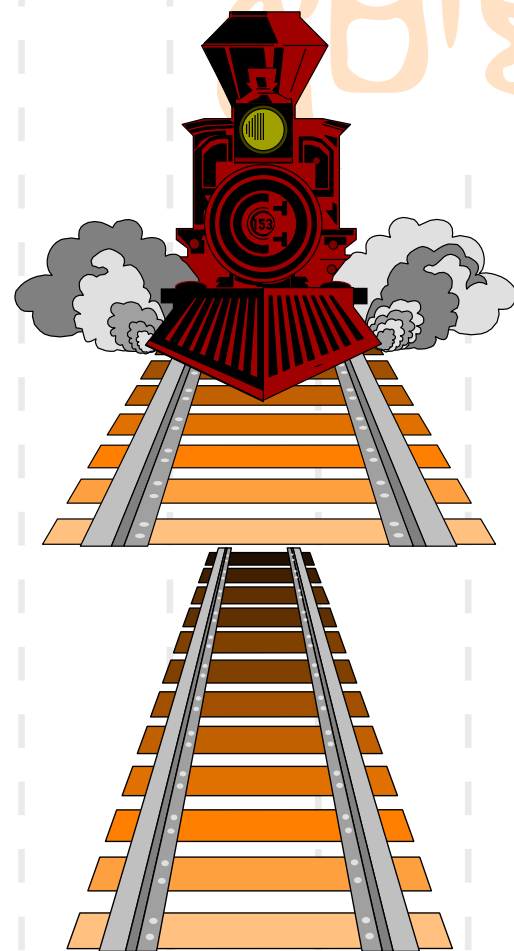
作为传统的数字传输体制，PDH具有以下固有的缺陷：

1、接口方面

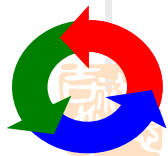
- 电接口——只有地区性的电接口规范，无世界标准。

PDH有3种速率等级：欧洲和中国（2Mb/s）、日本、北美（1.5Mb/s）。

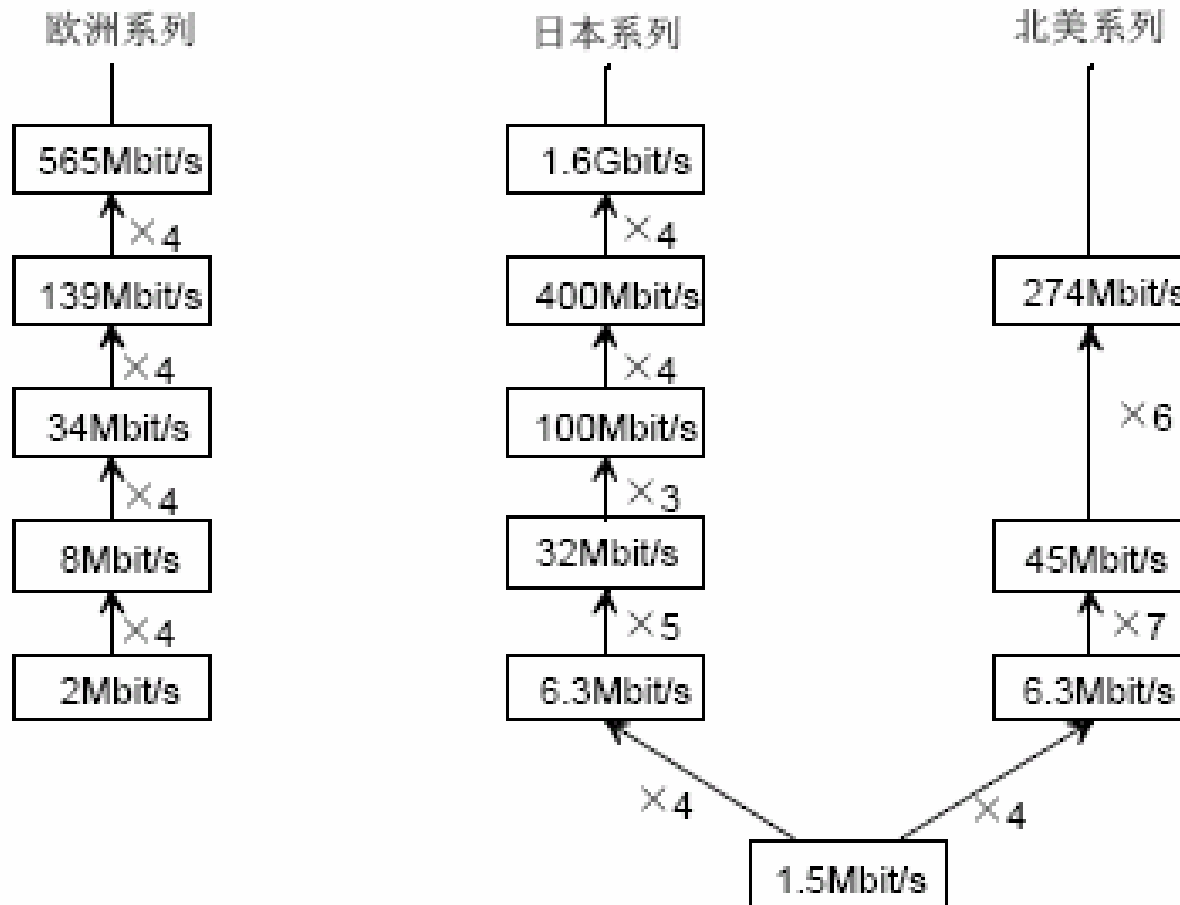
- 光接口——无光接口规范，各厂家独自开发。



设备间互连困难



PDH 电接口速率等级



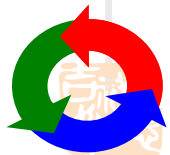
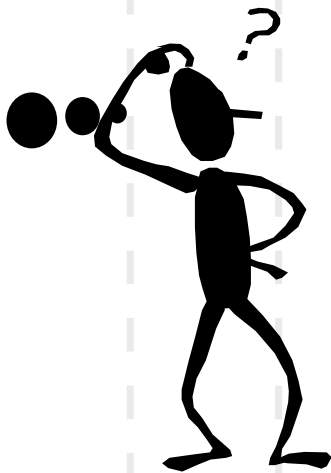
2、复用方式：

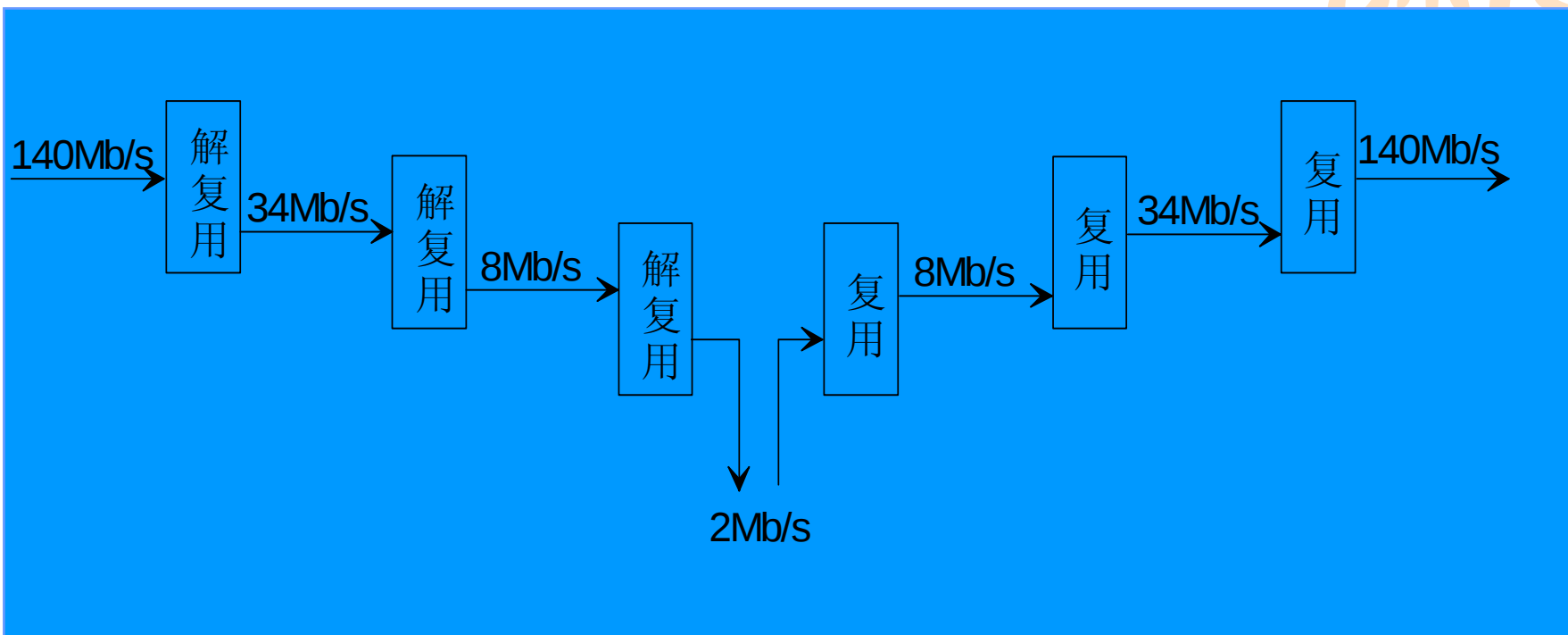
复用/解复用的方式，决定高速信号上/下低速信号的方便性。

- PDH采用**异步复用**方式：

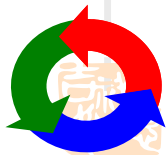
低速信号在高速信号中的位置无规律性，即无预知性，即**不能从高速信号中直接分离低速信号**。

东西放在哪儿了？





从高速信号插/分低速信号要一级一级进行，
层层复用/解复用增加了信号的损伤，不利于大容量传输。



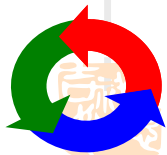
3、运行维护功能（OAM）：

OAM决定设备维护成本，与信号帧中开销（冗余）字节的数量有关；

- PDH信号帧中用于OAM的开销少，OAM功能弱，
- 系统安全性差

4、无统一的网管接口，无法形成统一的TMN

因此，PDH体制不适应大容量传输网的组建，SDH体制应运而升。



5.2.2 SDH概述



为什么会产生SDH传输体制

SDH全称叫做同步数字传输体制,由此可见SDH是一种传输的体制(协议),就象PDH---准同步数字传输体制一样,SDH这种传输体制规范了数字信号的帧结构、复用方式、传输速率等级,接口码型等特性。

SONET, Synchronous Optical Network

SDH, Synchronous Digital Hierarchy

SDH概念的核心是从统一的国家电信网和国际互通的高度来组建数字通信网。

与传统的PDH体制不同，按SDH组建的网是一个高度统一的、标准化的、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。

1、接口方面

1) 电接口方面

接口的规范化与否是决定不同厂家的设备能否互连的关键。

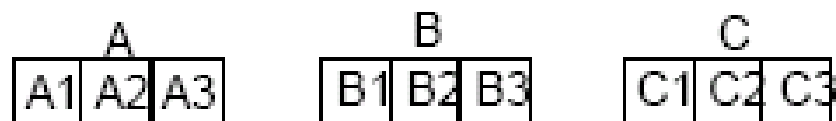
SDH体制规范的内容有数字信号速率等级、帧结构、复接方法、线路接口、监控管理等。于是这就使SDH设备容易实现多厂家互连。SDH体制有一套标准的信息结构等级，即有一套标准的速率等级。

基本的信号传输结构等级是同步传输模块STM-1，相应的速率是155Mbit/s。高等级的数字信号系列，例如622Mbit/s（STM-4），2.5Gbit/s（STM-16）等可通过将低速率等级的信息模块例如STM-1通过字节间插同步复接而成。复接的个数是4的倍数例如 $STM-4 = 4 \times STM-1$ ， $STM-16 = 4 \times STM-4$

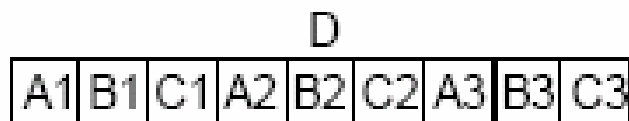
技术细节:

什么是字节间插复用方式呢?

我们以一个例子来说明. 有三个信号: 帧结构各为每帧3个字节, 若将这三



个信号通过字节间插复用方式复用成信号D, 那D就应该是这样一种帧结构:
帧中有9个字节, 且这9个字节的排放次序如下图:



那么这样的复用方式就是字节间插复用方式. 你明白了吗?



2) 光接口方面

线路接口（这里指光口）采用世界性统一标准规范，SDH信号的线路编码仅对信号进行扰码，不再进行冗余码的插入。



想想看，为什么会这样？





扰码的标准是世界**统一**的，这样对端设备仅需通过标准的解码器就可与不同厂家SDH设备进行光口互连。**扰码的目的**是抑制线路码中的长连“0”和长连“1”，便于从线路信号中提取时钟信号。由于线路信号仅通过扰码，所以SDH的**线路信号速率**与SDH**电口标准信号速率**相一致这样就不会增加发端激光器的光功率代价。



2、复用方式

低速信号是以**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**固定的、有规律性的**。也就是说**是可预见的**。

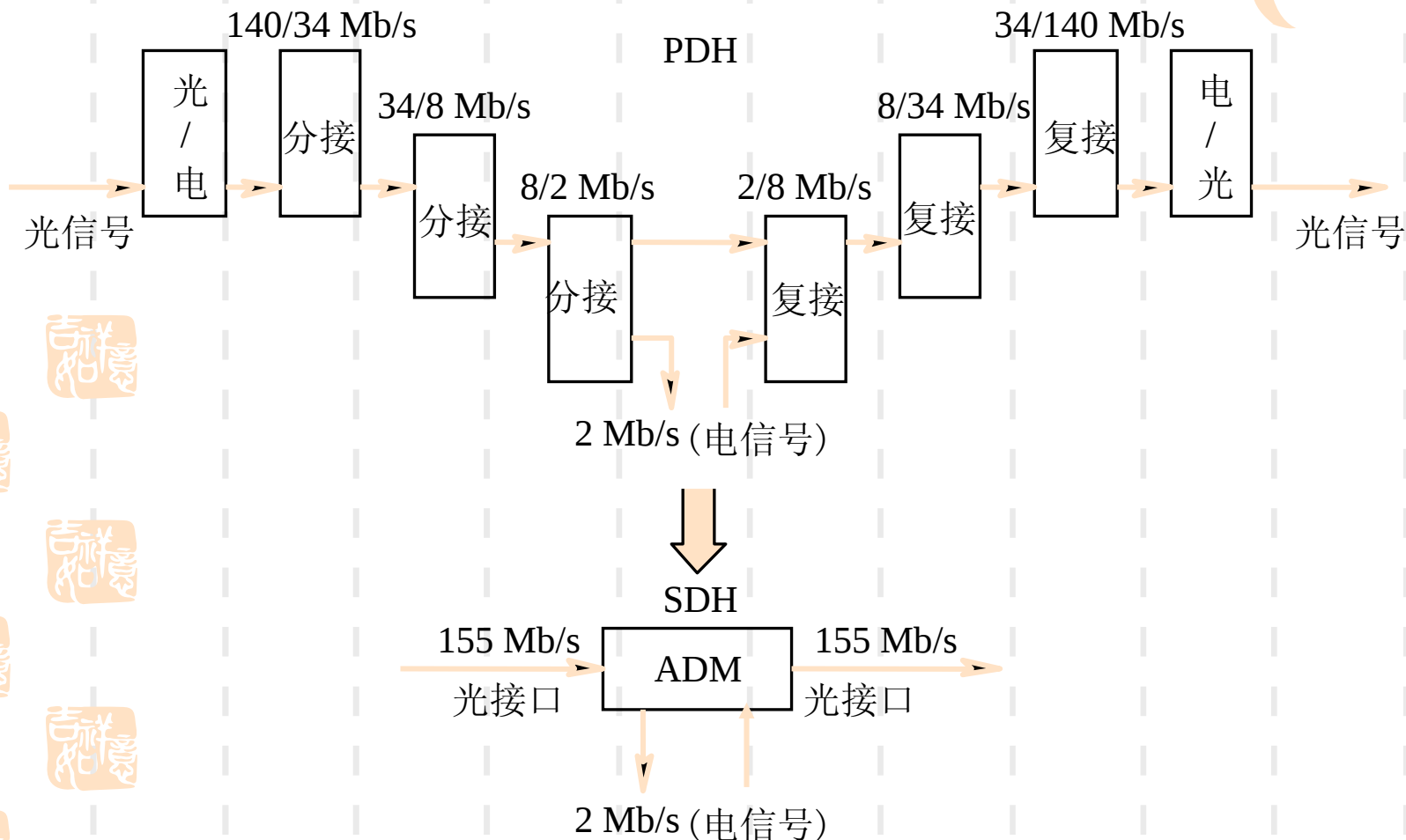
节省了大量的复接/分接设备（背靠背设备），增加了可靠性，减少了信号损伤，设备成本、功耗、复杂性等，使业务的上、下更加简便。

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，便于用户按需动态组网，实时灵活的业务调配。

PDH和SDH分插信号流程的比较

采用SDH分插复用器(ADM), 可以利用软件一次直接分出和插入 2 Mb/s 支路信号, 十分简便。

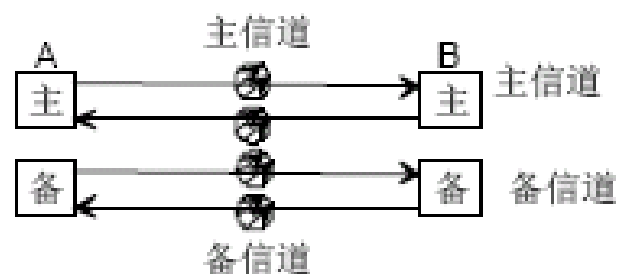
分插信号流程的比较



什么是网络自愈功能？

网络自愈是指当业务信道损坏导致业务中断时，网络会自动将业务切换到备用业务信道，使业务能在较短的时间（ITU-T规定为50ms以内）得以恢复正常传输。注意这里仅是指业务得以恢复，而发生故障的设备和发生故障的信道则还是要人去修复。

那么为达到网络自愈功能除了设备具有DXC功能（完成将业务从主用信道切换到备用信道）外，还需要有冗余的信道（备用信道），冗余设备（备用设备），以下是一个具有自愈功能传输网的简单例子。



3、运行维护方面

4、兼容性

那么SDH传输网是怎样实现这种兼容性的呢？SDH网中用SDH信号的基本传输模块（STM-1）可以容纳PDH的三个数字信号系列和其它的各种体制的数字信号系列——ATM、FDDI、DQDB等，从而体现了SDH的前向兼容性和后向兼容性，确保了PDH网向SDH网和SDH向ATM的顺利过渡。SDH是怎样容纳各种体制的信号呢？很简单，SDH把各种体制的低速信号在网络边界处（例如：SDH/PDH起点）复用进STM-1信号的帧结构中，在网络边界处（终点）再将它们拆分出来即可，这样就可以在SDH传输网上传输各种体制的数字信号了。



- 1、频带利用率低（有效果性与可靠性）
- 2、指针调整机理复杂
- 3、软件的大量使用对系统安全性的影响

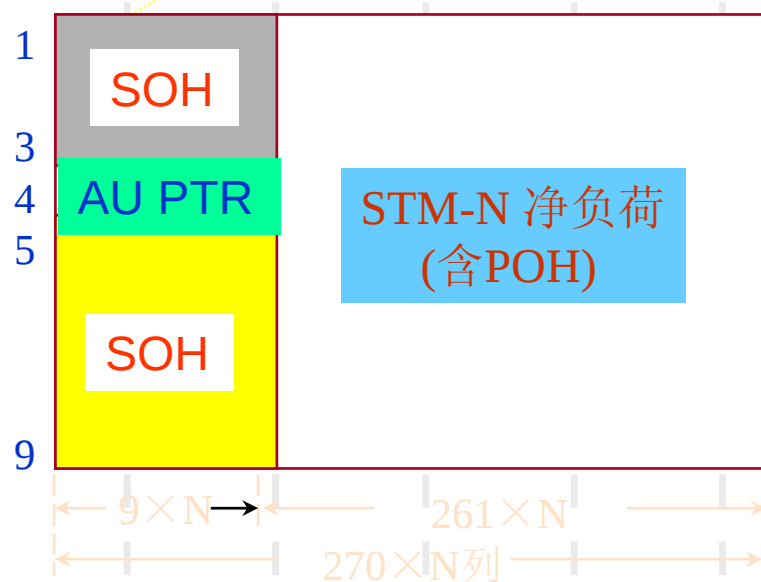
- 1、SDH究竟是什么？
- 2、为什么会出现SDH的传输体制？
- 3、与PDH相比SDH有什么优势？
- 4、SDH的局限性是什么？

是否已经建立了SDH的整体概念？

5.2.3 SDH的帧结构



帧结构



传输方向

$T=125\mu s$

SOH: 段开销

AU PTR: 管理单元指针

POH: 通道开销

以字节为单位的矩形块状帧

块状帧是什么呢？

为了便于对信号进行分析，往往将信号的帧结构等效为块状帧结构，这不是SDH信号所特有的，PDH信号，ATM信号，分组交换的数据包，它们的帧结构都算是块状帧。例如，E1信号的帧是32个字节组成的1行×32列的块状帧，ATM信号是53个字节构成的块状帧，将信号的帧结构等效为块状，仅仅是为了分析的方便。



帧结构

SDH帧结构是实现数字同步时分复用、保证网络可靠有效运行的关键。

一个STM-N帧有9行，每行由 $270 \times N$ 个字节组成。

这样每帧共有 $9 \times 270 \times N$ 个字节，每字节为8 bit。

帧周期为 $125\mu\text{s}$ ，即每秒传输8000帧。

对于STM-1而言，传输速率为 $9 \times 270 \times 8 \times 8000 = 155.520 \text{ Mb/s}$ 。

字节发送顺序为：由上往下逐行发送，每行先左后右。

SDH帧的三个部分

(1) 段开销(SOH) 段开销是在SDH帧中为保证信息正常传输所必需的附加字节(每字节含64 kb/s的容量), 主要用于运行、维护和管理, 如帧定位、 误码检测、 公务通信、 自动保护倒换以及网管信息传输。

(2) 信息载荷(Payload) 信息载荷域是SDH帧内用于承载各种业务信息的部分。

在Payload中包含少量字节用于通道的运行、 维护和管理, 这些字节称为通道开销(POH)。

段开销又细分为再生段开销(SOH)和复接段开销(LOH)。前者占前3行, 后者占5~9行。

(3) 管理单元指针(AU PTR) 管理单元指针是一种指示符，主要用于指示Payload第一个字节在帧内的准确位置(相对于指针位置的偏移量)。

采用指针技术是SDH的创新，结合虚容器(VC)的概念，解决了低速信号复接成高速信号时，由于小的频率误差所造成的载荷相对位置漂移的问题。



- 帧长恒定
- 帧的传输原则
- 其特点使得直接分／插信号成为可能

STM-N帧中单独一个字节的比特传输速率?

信息净负荷并不等于有效负荷

是在STM-N帧结构中存放将由STM-N传送的各种信息码块的地方

为了实时监测打包的低速信号在传输过程中是否有损坏,在将低速信号打包的过程中加入了监控开销字节——**通道开销(POH) 字节**。POH作为净负荷的一部分与信息码块一起装载在STM-N这辆货车上,在SDH网中传送。

它负责对打包的低速信号进行通道性能监视、管理和控制 (有点儿类似于传感器)

何谓通道？

举例说明，STM-1信号可复用进 $63 \times 2\text{Mbit/s}$ 的信号，那么换一种说法可将STM-1信号看成一条传输大道，那么在这条大路上又分成了63条小路，每条小路通过相应速率的低速信号，那么每一条小路就相当于一个低速信号通道，通道开销的作用就可以看成监控这些小路的传送状况了，这63个2M通道复合成了STM-1信号这条大路——此处可称为“段”了。现在你明白了吧，所谓通道指相应的低速支路信号；POH的功能就是监测这些低速支路信号在由STM-N这辆货车承载，在SDH网上运输时的性能。

这与将STM-N信号类比为货车，将低速支路信号打包装入车中运输相一致。



为了保证信息净负荷正常灵活传送所必须附加的供网络运行、管理和维护 (OAM) 使用的字节。

P O H Vs. S O H

段开销又分为再生段开销 (RSOH) 和复用段开销 (MSOH)

RSOH和MSOH的区别?

监管的范围不同

若光纤上传输的是2.5G信号那么RSOH监控的是STM-16整体的传输性能，而MSOH则是监控STM-16信号中每一个STM-1的性能情况。

RSOH、MSOH、POH提供了对SDH信号的层层细化的监控功能，例如2.5G系统，RSOH监控的是整个STM-16的信号传输状态；MSOH监控的是STM-16中每一个STM-1信号的传输状态；POH则是监控每一个STM-1中每一个打包了的低速支路信号（例如2Mbit/s）的传输状态，这样通过开销的层层监管功能，使你可以方便地从宏观（整体）和微观（个体）的角度来监控信号的传输状态，便于分析、定位。

管理单元指针 (AU-PTR)

AU-PTR是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。以便收端能根据这个位置指示符的值（指针值）正确分离信息净负荷

指针有高低阶之分。高阶指针是AU-PTR，低阶指针是TU-PTR（支路单元指针）。TU-PTR的作用类似于AU-PTR。只不过所指示的货物堆更小一些而已。

吉祥如意

映射、定位和复用



映射是一种在SDH网络边界处（例如SDH/PDH边界处）将支路信号适配进虚容器的过程。象我们经常使用的将各种速率（140Mbit/s、34Mbit/s、2Mbit/s）信号先经过码速调整，分别装入到各自相应的标准容器中，再加上相应的低阶或高阶的通道开销，形成各自相对应的虚容器的过程。

为了适应各种不同的网络应用情况，有异步、比特同步、

字节同步三种映射方法与浮动VC和锁定TU两种模式

当前各厂家的设备绝大多数采用的是异步映射浮动模式

☆. 异步映射

用码速率调整的方法把与网络同步或不同步的支路信号映射进相应的虚容器。

优点：— 对映射信号无任何限制性要求：如信号速率的高低、是否具有帧结构等；
— 接口简单、应用灵活。

缺点：不能直接提取/接入支路信号。

①. 字节同步映射

无需进行速率调整，直接把支路信号适配进虚容器。

对映射信号要求：速率必须与网络同步（仅含 $N \times 64$ kb/s），必须具有块状帧结构。

优点：可直接提取/接入低速支路信号。

缺点：对映射信号有限制性要求；

硬件接口较复杂。

②. 比特同步映射

要求映射信号速率必须与网络同步，但可不具有一定的帧结构。与PDH相比，无明显优势；尚无人采用。



定位是指通过指针调整使指针的值时刻指向低阶VC帧的起点在TU净负荷中或高阶VC帧的起点在AU净负荷中的具体位置，使收端能据此正确地分离相应的VC。



复用是一种使多个低阶通道层的信号适配进高阶通道层（例如TU12(X 3)到 TUG2(X 7)到 TUG3(X 3)到 VC4）或把多个高阶通道层信号适配进复用层的过程（例如AU-4(X 1)到 AUG(X N)到 STM-N）。复用也就是通过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。

由于经过TU和AU指针处理后的各VC支路信号已相位同步，因此该复用过程是同步复用，复用原理与数据的串并变换相类似

1、字节间插复用

各支路信号按字节顺序进行间插排列以形成更高速率的信号；

各支路信号在帧中的位置固定，可直接提取/接入。

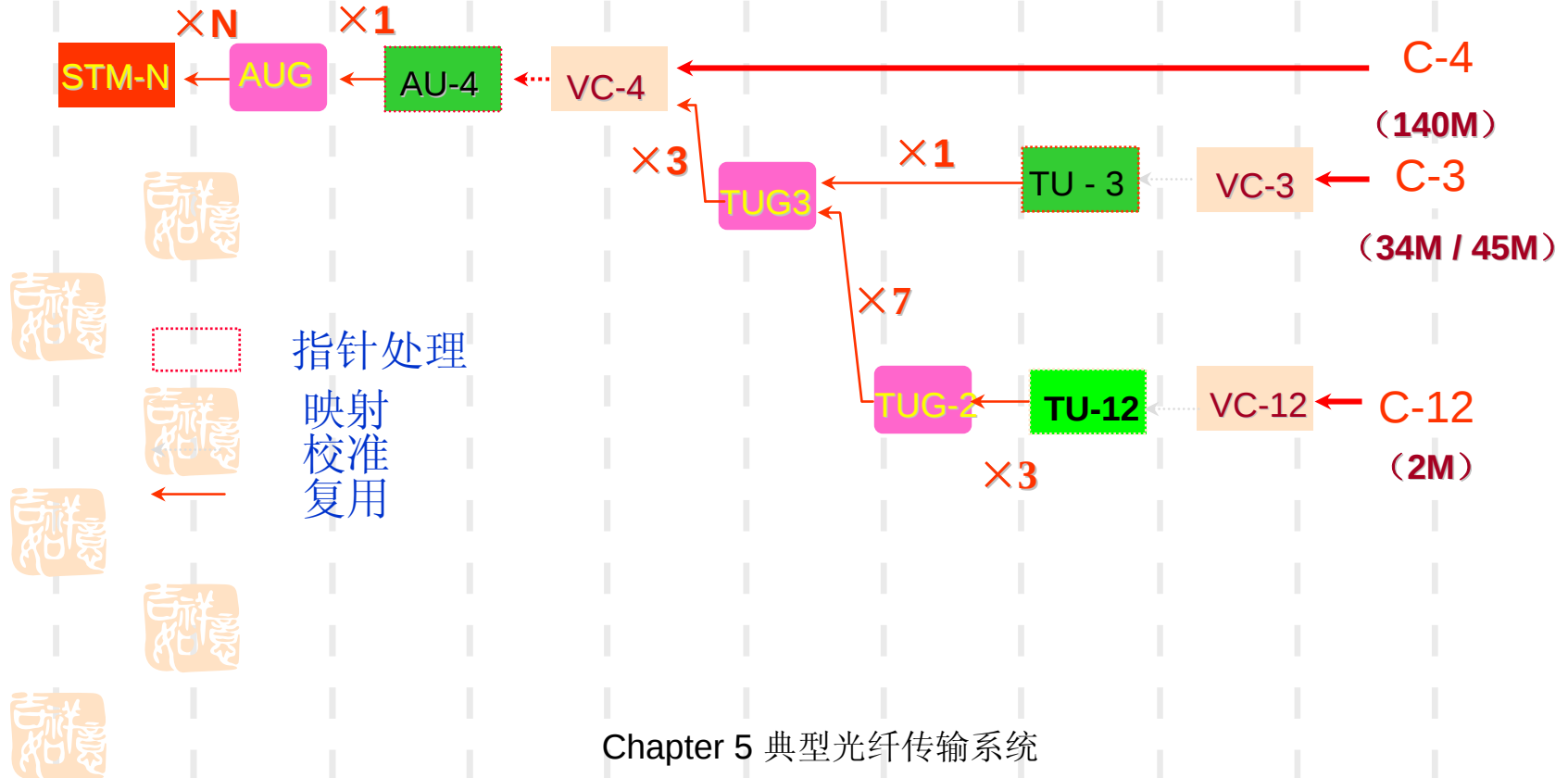
2、净负荷指针技术

用软件指针指示净负荷在帧中的位置；

允许支路信号速率有差异（可进行速率调整）；

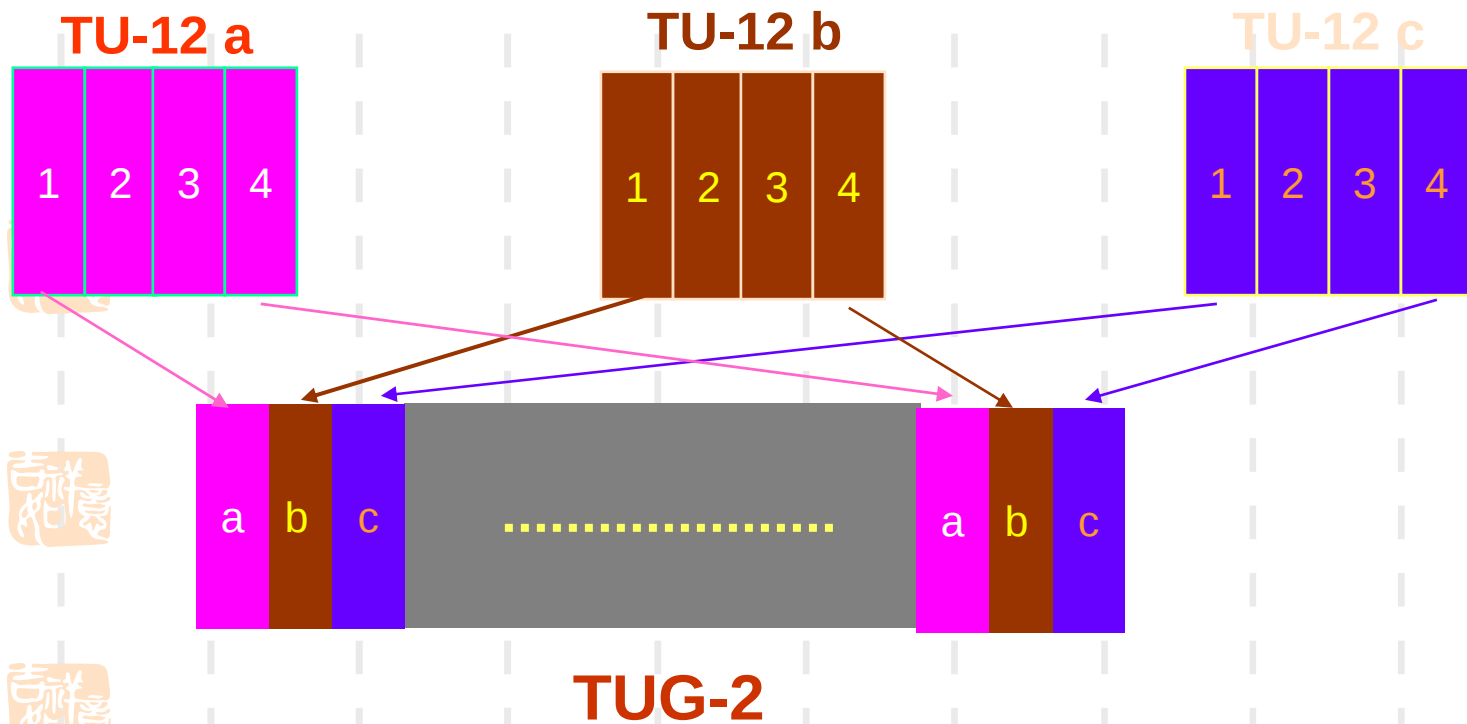
不使用125 μ s缓存器，避免滑动损伤。

我国规范的SDH复用与映射结构



字节间插复用

各支路信号按字节顺序进行间插排列，形成更高速率信号。



开销和指针

附加字节称为“开销”（OVERHEAD）



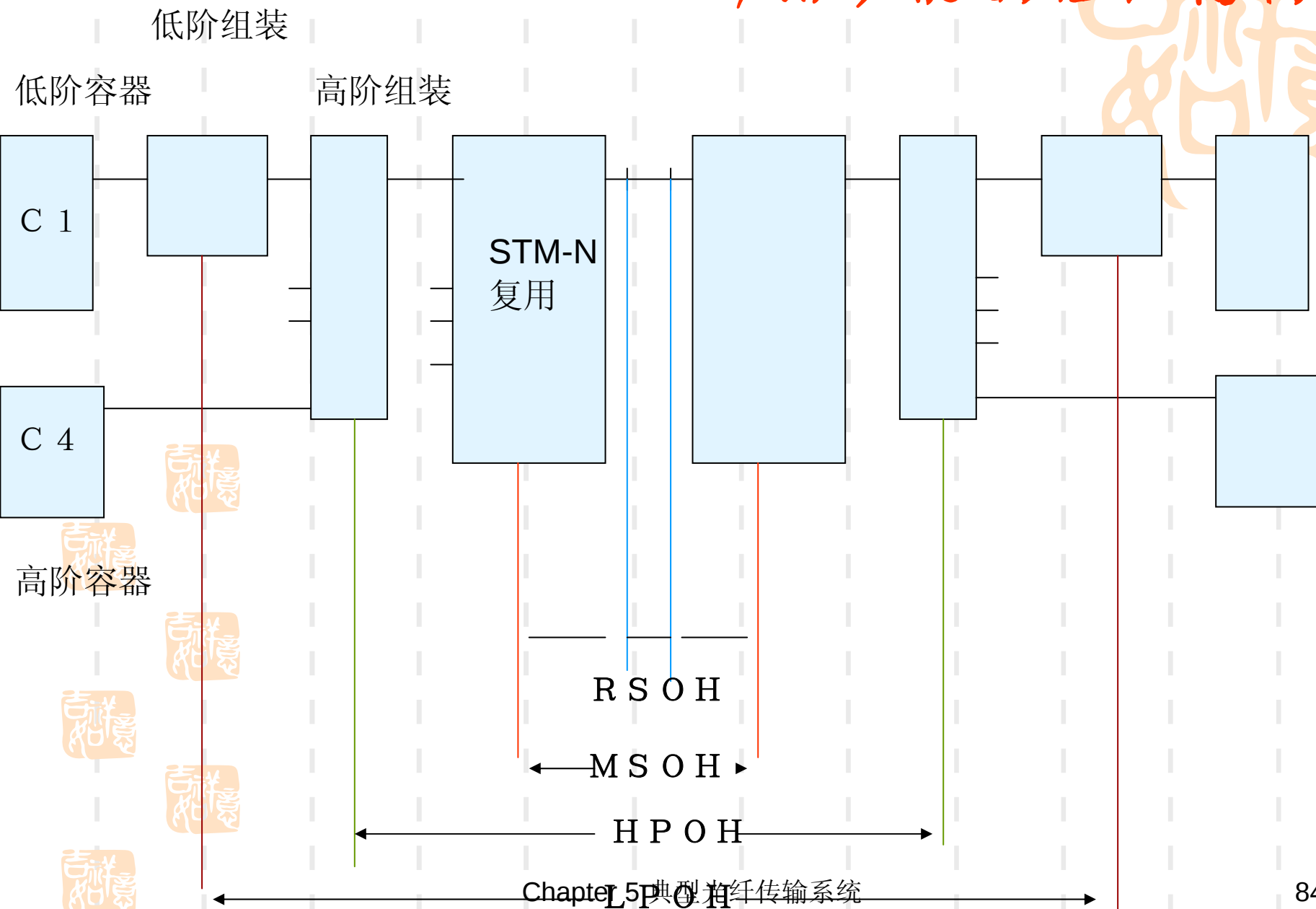


- 1、掌握段层监控的实现---段开销各字节功能；
- 2、掌握通道层监控的实现---通道开销各字节功能；
- 3、掌握基本告警和性能的监测是由哪些开销字节实现的；
- 4、了解指针---AU-PTR、TU-PTR的工作机理；
- 5、建立SDH监控层层细化的概念；



开销的功能是完成对SDH信号提供层层细化的监控管理功能，监控的分类可分为段层监控、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。通道层监控分为高阶通道层和低阶通道层的监控。实现了对STM-N层层细化的监控。例如对2.5G系统的监控，再生段开销对整个STM-16信号监控，复用段开销细化到其中16个STM-1的任一个进行监控，高阶通道开销再将其细化成对每个STM-1中VC4的监控，低阶通道开销又将对VC4的监控细化为对其中63个VC12的任一个VC12进行监控。由此实现了从对2.5Gbit/s级别到2Mbit/s级别的多级监控手段。

开销功能的组织结构

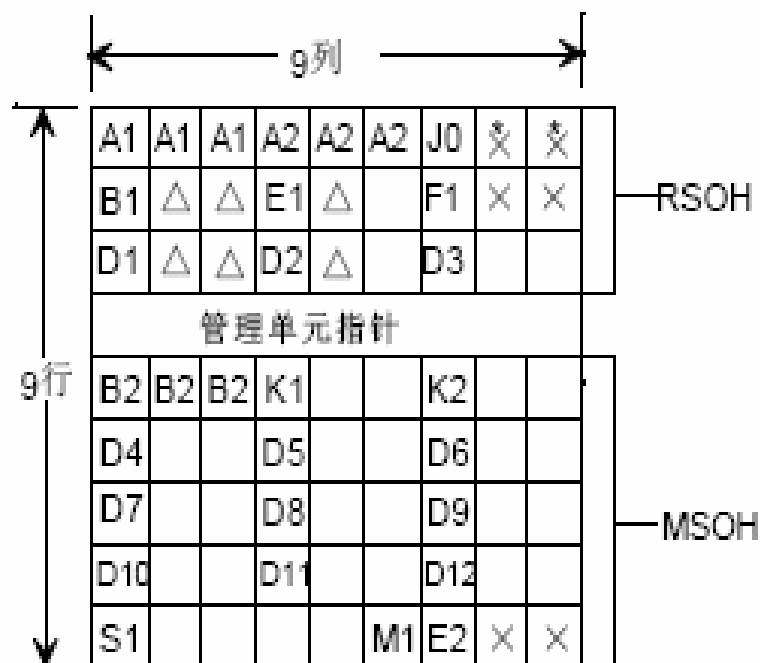


STM-N帧的段开销位于帧结构的 (1-9) 行X (1-9N) 列。

注：第4行为AU-PTR除外。

以STM-1信号为例，讨论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X (1-9) 列的RSOH和位于 (5-9) 行X (1-9) 列的MSOH。



△ 为与传输媒质有关的特征字节（暂用）；

× 为国内使用保留字节；

⊗ 为不扰码字节；

所有未标记字节待将来国际标准确定（与媒质有关的应用，附加国内使用和其他用途）。

STM-N 帧的段开销字节示意图



再生段开销和复用段开区别在于监控的范围不同

RSOH是对应一个大的范围STM-N

MSOH是对应这个大的范围中的一个小的范围STM-1



段开销负责段层的OAM功能，而通道开销负责的是通道层的OAM功能，就类似于在货物装在集装箱中运输的过程中，不仅要监测一集装箱的货物的整体损坏情况（SOH），还要知道集装箱中某一件货物的损坏情况（POH）。

根据监测通道的宽窄（监测货物的大小），通道开销又分为：高阶通道开销和低阶通道开销。

我们指高阶通道开销是对VC4级别的通道进行监测，可对140Mbit/s在STM-N帧中的传输情况进行监测；低阶通道开销是完成VC12通道级别的OAM功能，也就是监测2Mbit/s在STM-N帧中的传输性能。

指针的作用就是定位，通过定位使收端能正确地从STM-N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，也就是说实现从STM-N信号中直接下低速支路信号的功能。

何谓定位，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帧起点位置的过程。对VC4，AU-PTR指的是J1字节的位置，对于VC12，TU-PTR指的是V5字节的位置。

TU或AU指针可以为VC在TU或AU帧内的定位提供了一种灵活、动态的方法。

TU或AU指针不仅能够容纳VC和SDH在相位上的差别，而且能够容纳帧速率上的差别。

指针有两种AU-PTR和TU-PTR 分别进行高阶VC（这里指VC4）和低阶VC（这里指VC12）在AU-4和TU-12中的定位。

1、作用

— 指示净负荷的位置：净负荷的第一个字节相对于指针最后一个字节的偏移量；

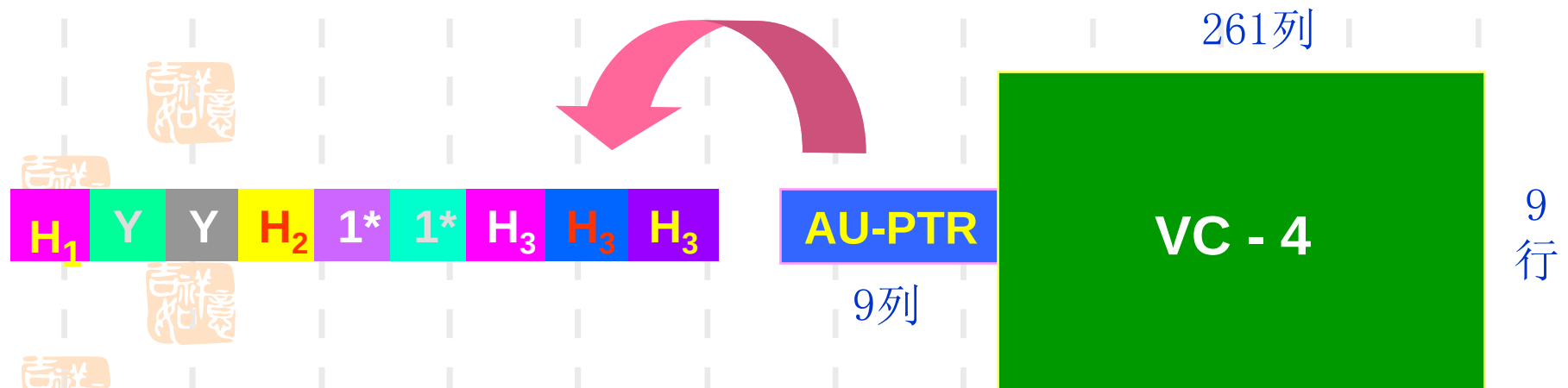
— 进行速率调整：容纳净负荷速率偏差。

2、种类

管理单元指针 AU PTR；

支路单元指针 TU-3 PTR、TU-12 PTR。

位置与结构



$Y = 1001SS11$ (S未规定)

$1^* = 11111111$

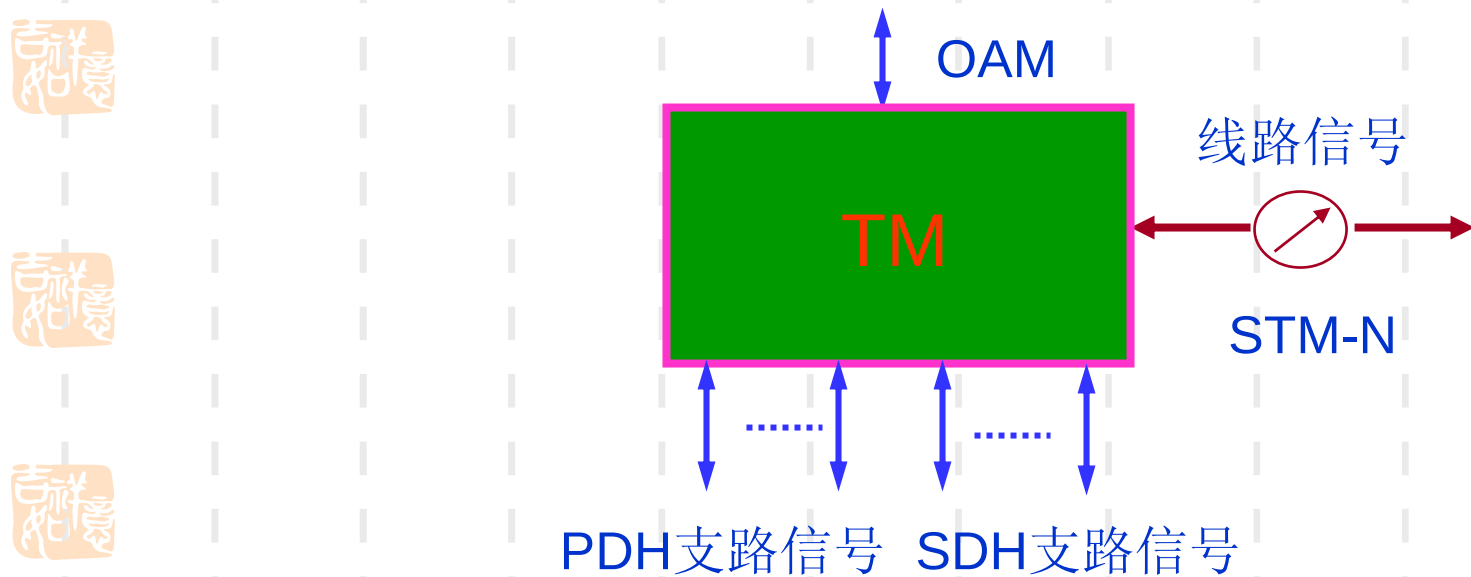
5.2.4 SDH的应用



等级	速率 (Mb/s)	含2M数量
STM-1	155.520	63
STM-4	622.080	252
STM-16	2488.320	1008
STM-64	9953.280	4032

☆. 终端复用器 TM

在线形网的端站，把PDH / SDH 支路信号复用成SDH线路信号，或反之。

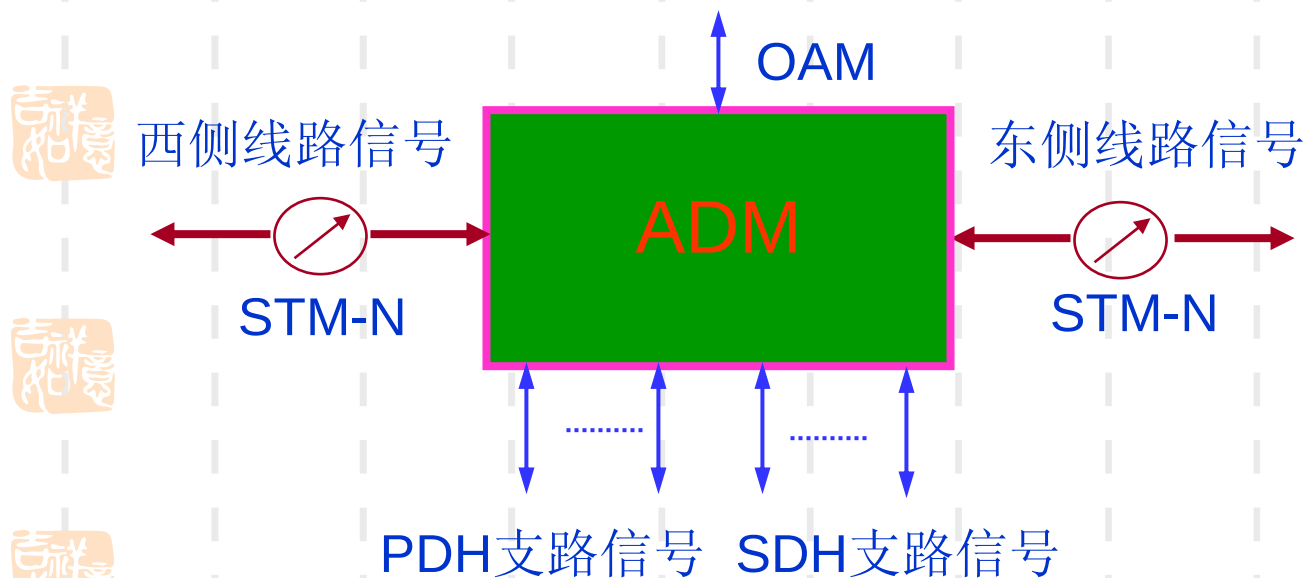


🕒 . 分插复用器 ADM

设在网络的中间局站，完成直接上、下电路功能。

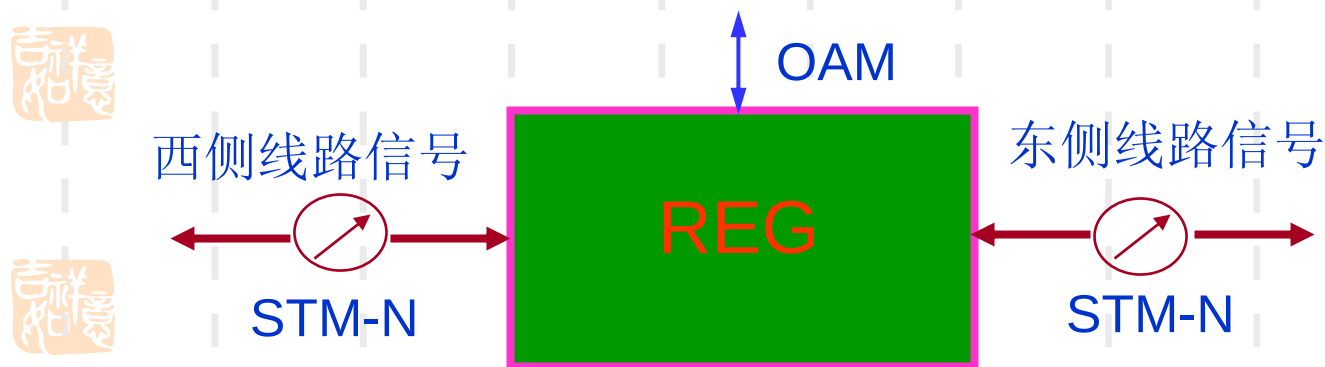
它利用分接功能将输入信号所承载的信息分成两部分：

- 一部分直接转发
- 一部分卸下给本地用户然后信息又通过复接功能将转发部分和本地上送的部分合成输出



🕒 . 再生器 REG

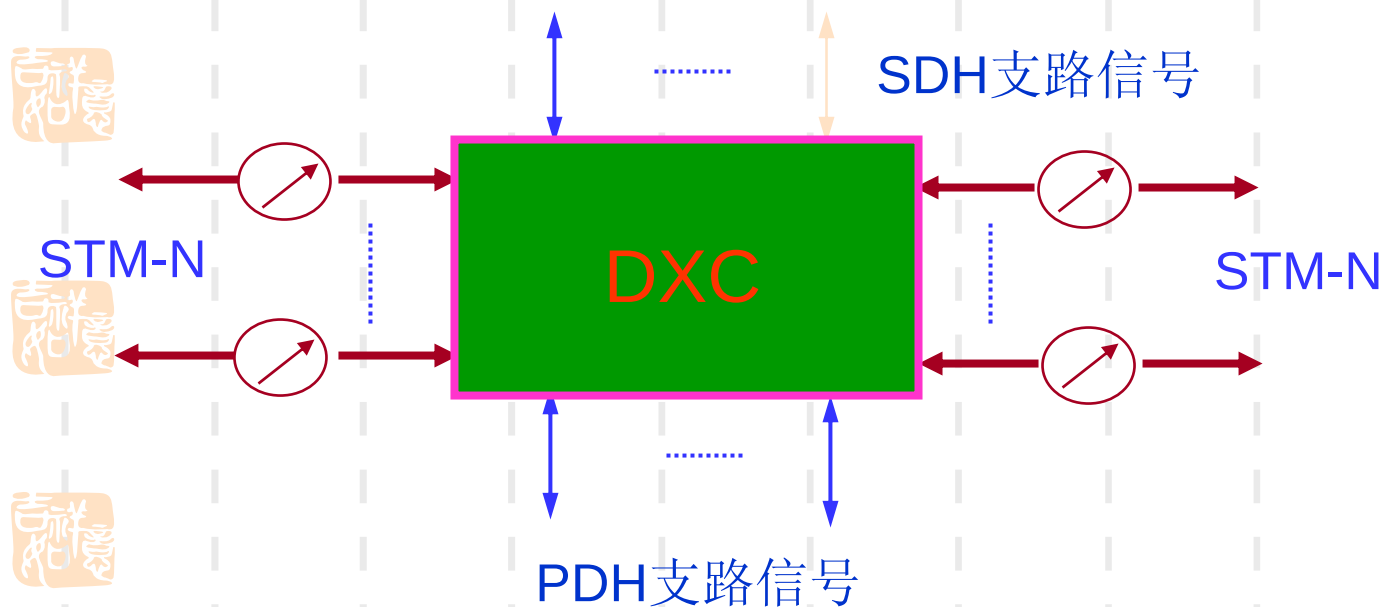
设在网络的中间局站，目的是延长传输距离，但不能上、下电路。



🕒. 数字交叉连接设备 DXC

兼有同步复用、分插、交叉连接、网络的自动恢复与保护等多项功能的SDH 设备。

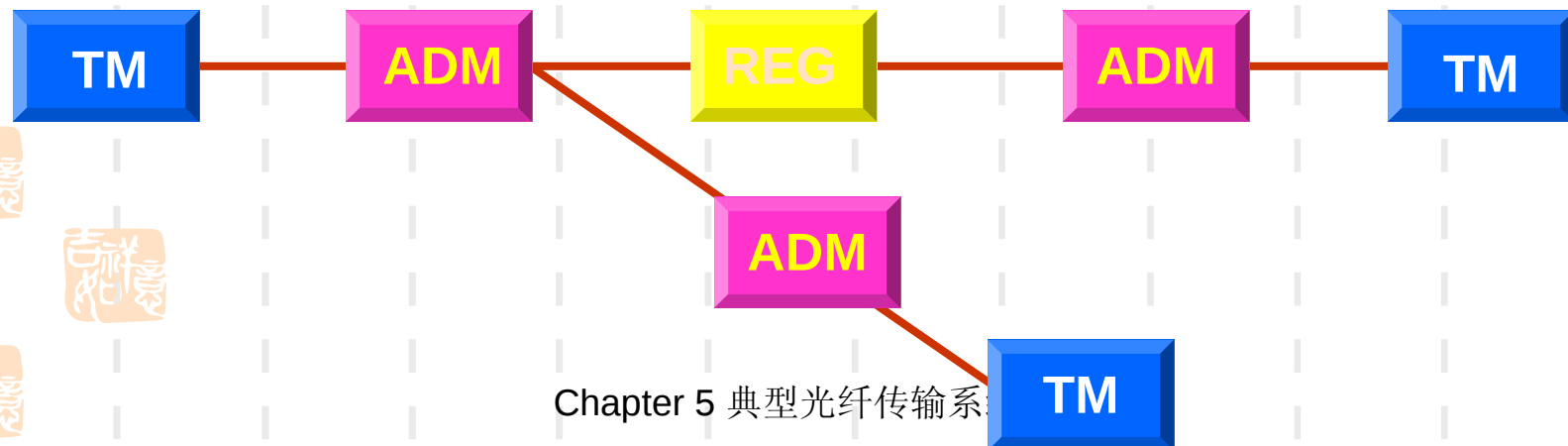
它一般有多个输入和多个输出，通过适当配置可提供不同的端到端连接。



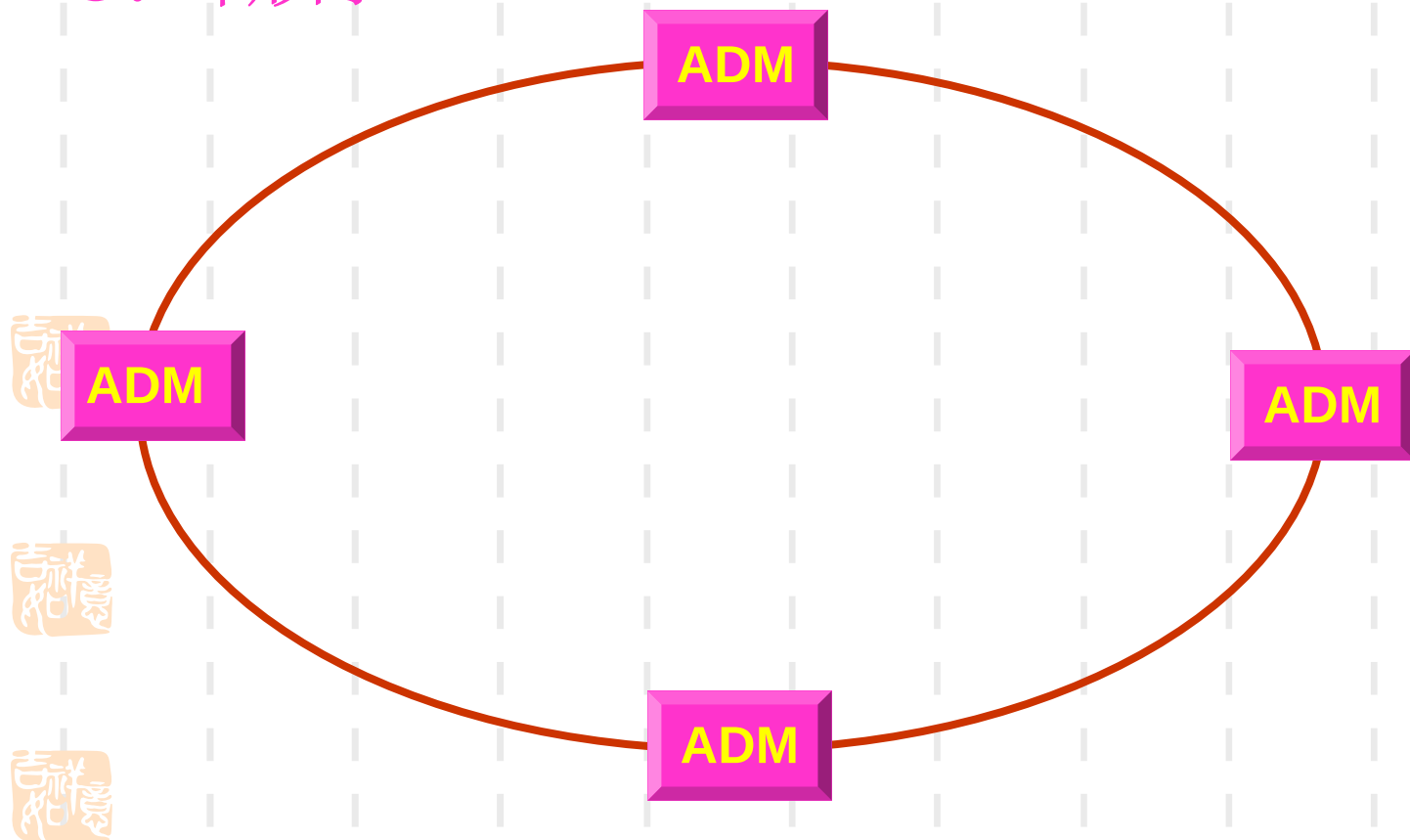
☆. 线形网



🕒. 树形网



🕒. 环形网





SDH环形网的一个突出优点是具有“自愈”能力。

当某节点发生故障或光缆中断时，仍能维持一定的通信能力。

当然，SDH通过ADM和DXC等网络单元可以构成更为复杂的网形网。

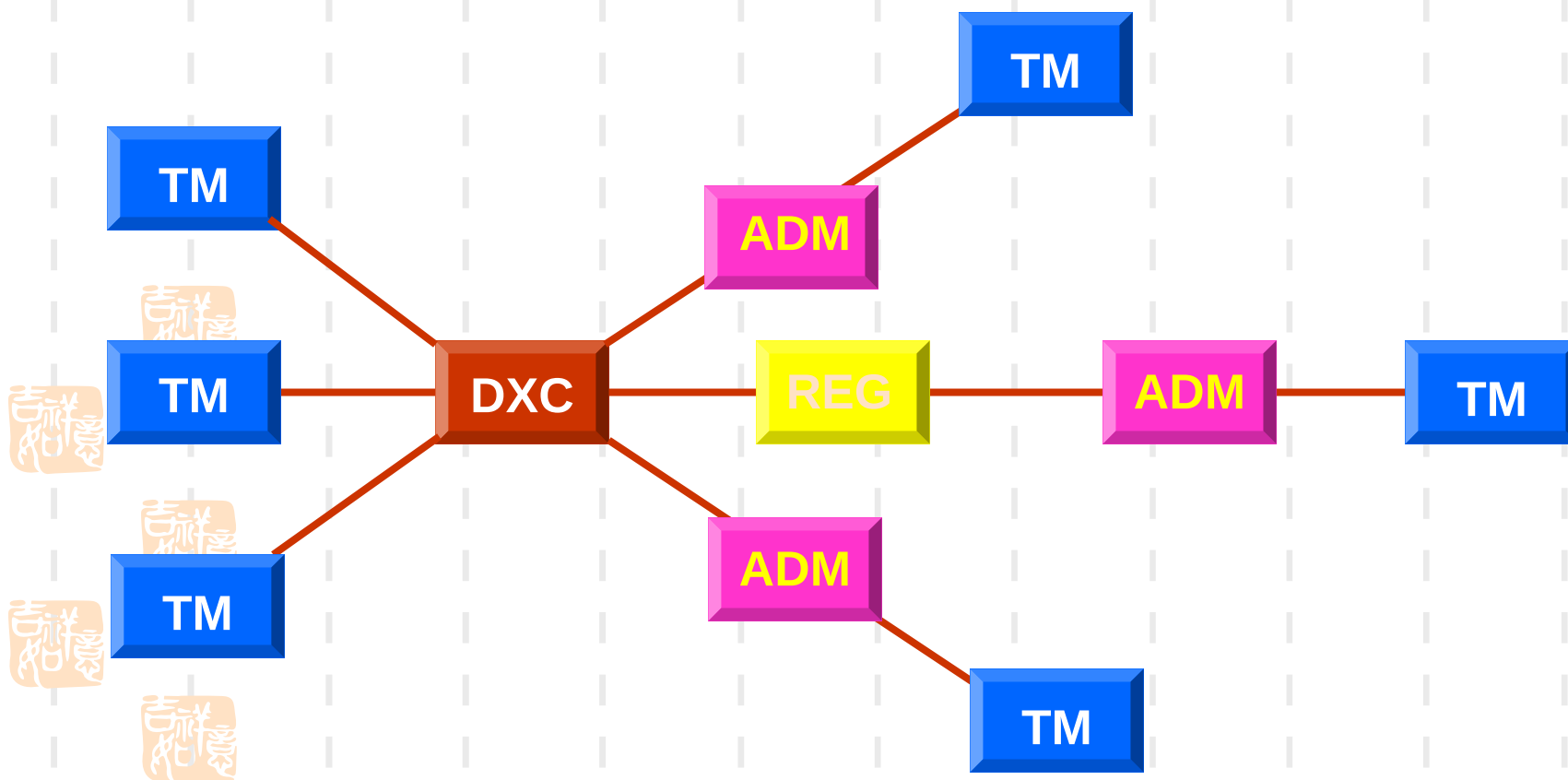


网形SDH网络的主要特点是：



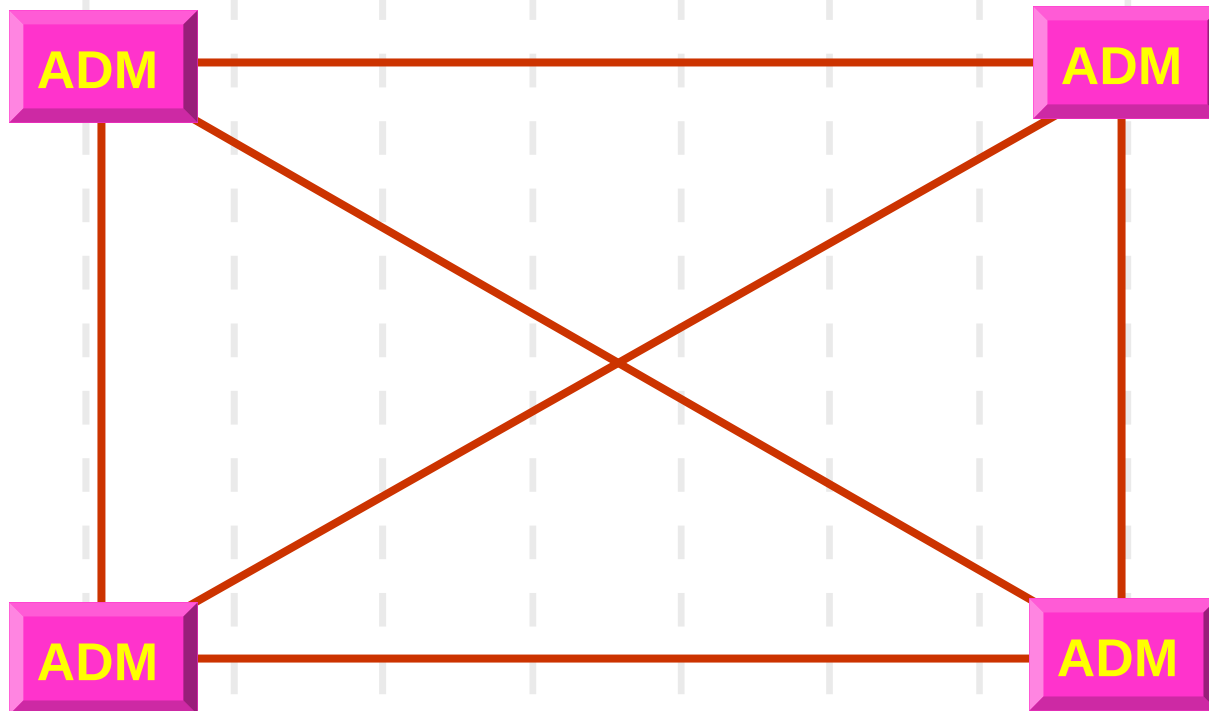
端到端之间存在一条以上的路径，可同时构成一条以上的传输通道，通过DXC的灵活配置，使网络具有更好的抗毁性和更高的可靠性。

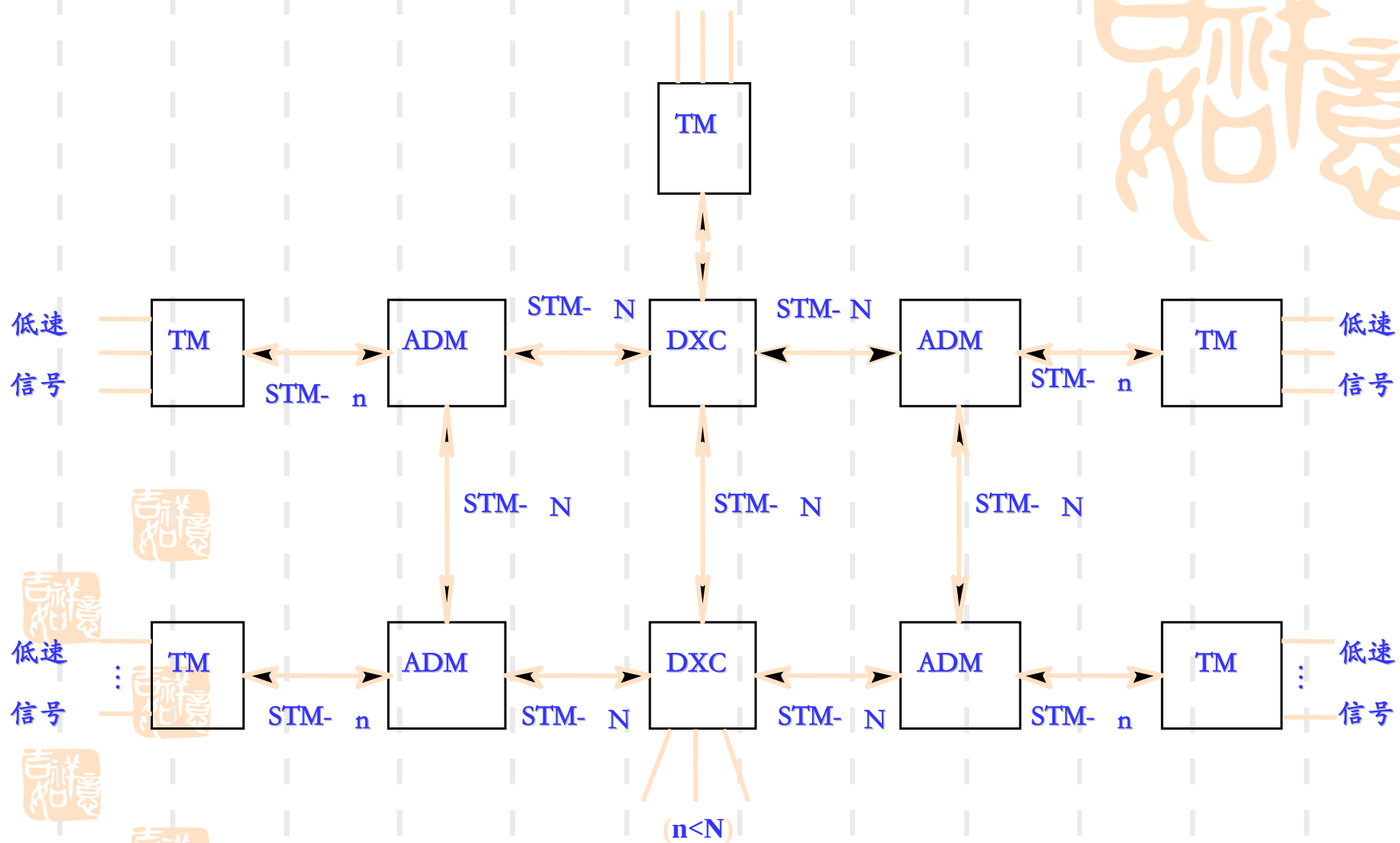
🕒. 枢纽网





网状网





SDH传输网的典型拓扑结构

系统的性能指标



1. 误码率(BER)

误码率是衡量数字光纤通信系统传输质量优劣的非常重要的指标，它反映了在数字传输过程中信息受到损害的程度。

BER是在一个较长时间内的传输码流中出现误码的概率，它对话音影响的程度取决于编码方法。对于PCM而言，误码率对话音的影响程度如下表所示。

由于误码率随时间变化，用长时间内的平均误码率来衡量系统性能的优劣，显然不够准确。在实际监测和评定中，应采用误码时间百分数和误码秒百分数的方法。

误码率对话音影响程度

误码率	受话者的感受
10^{-6}	感觉不到干扰
10^{-5}	在低话音电平范围内刚察觉到有干扰
10^{-4}	在低话音电平范围内有个别“喀喀”干扰
10^{-3}	在各种话音电平范围内都察觉到有干扰
10^{-2}	强烈干扰，听懂程度明显下降
5×10^{-2}	几乎听不懂

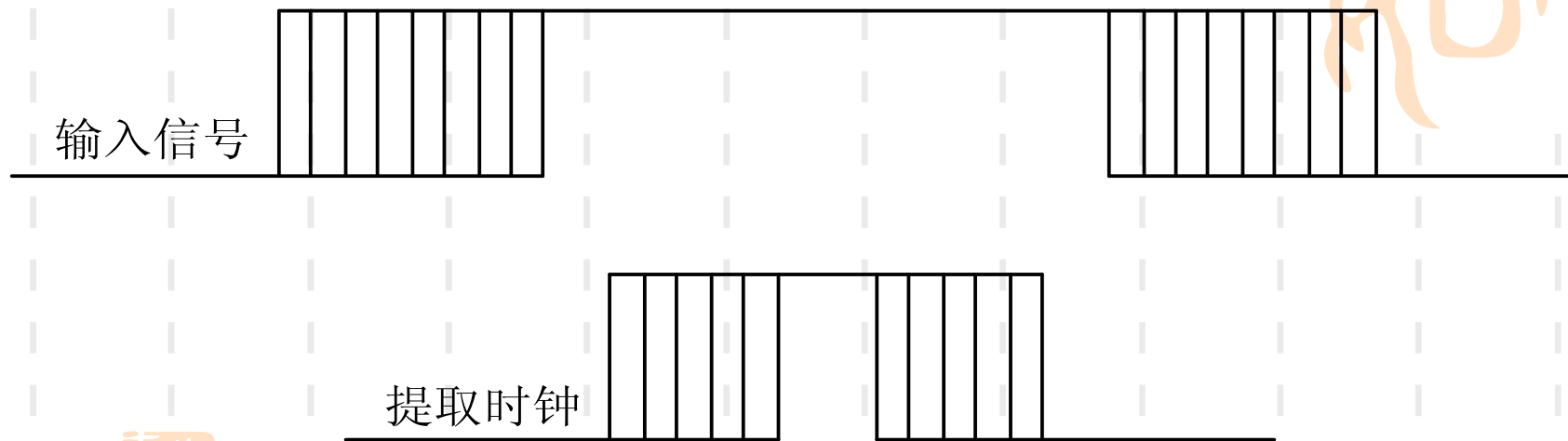
2. 抖动

抖动是数字信号传输过程中产生的一种瞬时不稳定现象。

抖动的定义是：数字信号在各有效瞬时对标准时间位置的偏差。

偏差时间范围称为抖动幅度(JPP)，偏差时间间隔对时间的变化率称为抖动频率(F)。

这种偏差包括输入脉冲信号在某一平均位置左右变化，和提取时钟信号在中心位置左右变化，见下图。



抖动示意图

抖动现象相当于对数字信号进行相位调制，表现为在稳定的脉冲图样中，前沿和后沿出现某些低频干扰，其频率一般为0~2 kHz。抖动单位为UI，表示单位时隙。

当脉冲信号为二电平NRZ时，1 UI等于1bit信息所占时间，数值上等于传输速率 f_b 的倒数。

抖动严重时，使得信号失真、误码率增大。完全消除抖动是困难的，因此在实际工程中，需要提出容许最大抖动的指标。



光纤通信系统各次群输入口对抖动容限的要求如下表示

各次群输入口对抖动的要求

参数 速率 (kb · s ⁻¹)	J _{P.P} /UI			调制数字信号的正弦 信号频率					伪随机测试信号序列
	A ₀	A ₁	A ₂	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	
2048	36.9	1.	0.2	1.5 10 ⁻⁵ Hz	20Hz	2.4kHz	18kHz	100kHz	2 ¹⁵ -1
8448	152	1.	0.2	1.2 10 ⁻⁵ Hz	20Hz	400Hz	3kHz	400kHz	2 ¹⁵ -1
34368		1.	0.15		100Hz	1kHz	10kHz	800kHz	2 ²³ -1
139264		1.	0.075		200Hz	500Hz	10kHz	3500kHz	2 ²³ -1



3 可靠性

可靠性是一个重要指标，它直接影响通信系统的使用、维护和经济效益。对光纤通信系统而言，可靠性包括光端机、中继器、光缆线路、辅助设备和备用系统的可靠性。

确定可靠性一般采用故障统计分析法，即根据现场实际调查结果，统计足够长时间内的故障次数，确定每两次故障的时间间隔和每次故障的修复时间。





可靠性表示方法

(1) 可靠性R和故障率 φ

可靠性是指在规定的条件和时间内系统无故障工作的概率，它反映系统完成规定功能的能力。可靠性R通常用故障率表示，两者的关系为：

$$R = \exp(-\varphi t)$$

故障率 φ 是系统工作到时间 t ，在单位时间内发生故障(功能失效)的概率。 φ 的单位为 $10^{-9}/h$ ，称为菲特(fit)，1 fit等于在 10^9 h内发生一次故障的概率。

如果通信系统由 n 个部件组成，且故障率是统计无关的，则系统的可靠性 R_s 可表示为：

$$R_s = R_1 \times R_2 \times \cdots \times R_n = \exp(-\varphi_s t)$$

$$\varphi_s = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$

式中， R_i 和 φ_i 分别为系统第 i 个部件的可靠性和故障率。

(2) 故障率 φ 和平均故障间隔时间MTBF。两者的关系为

$$\varphi = \frac{1}{MTBF}$$

(3) 可用率A和失效率 P_F 。可用率A是在规定时间内，系统处于良好工作状态的概率，它可以表示为：

$$A = \frac{\text{可用时间}}{\text{总工作时间}} \times 100\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

式中 MTTR 为平均故障修复时间(不可用时间)。



END OF SECTION FIVE





Questions?

