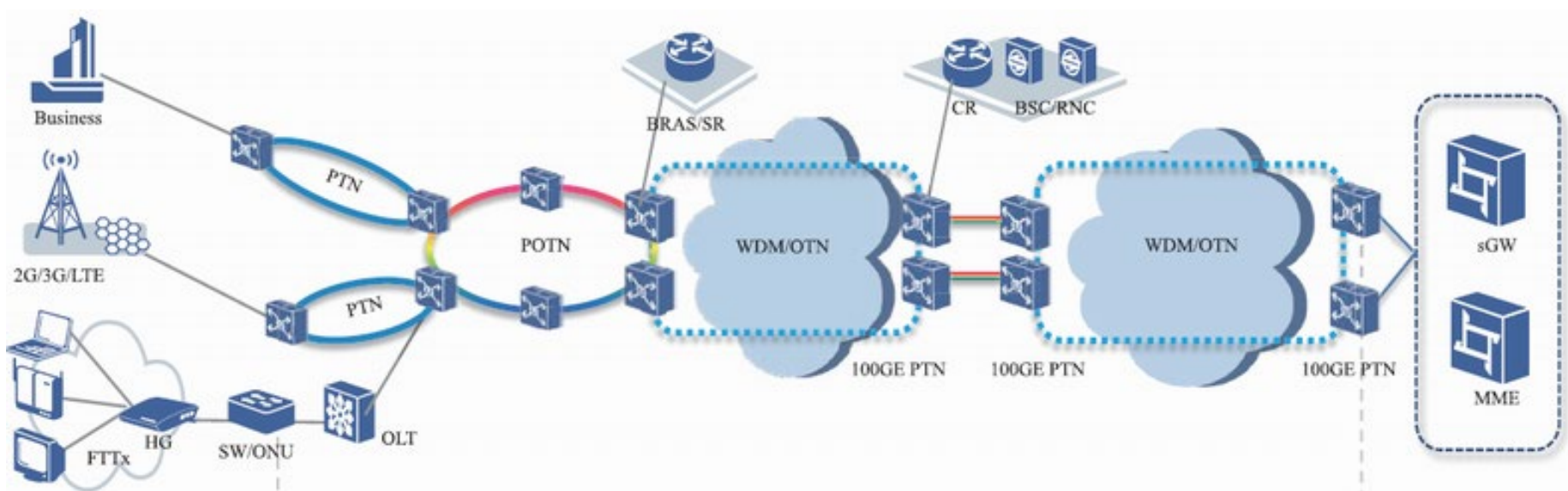


# 多种传输方式联合使用构成了现代通信网络



有线通信：网线、同轴电缆、USB线、光纤等

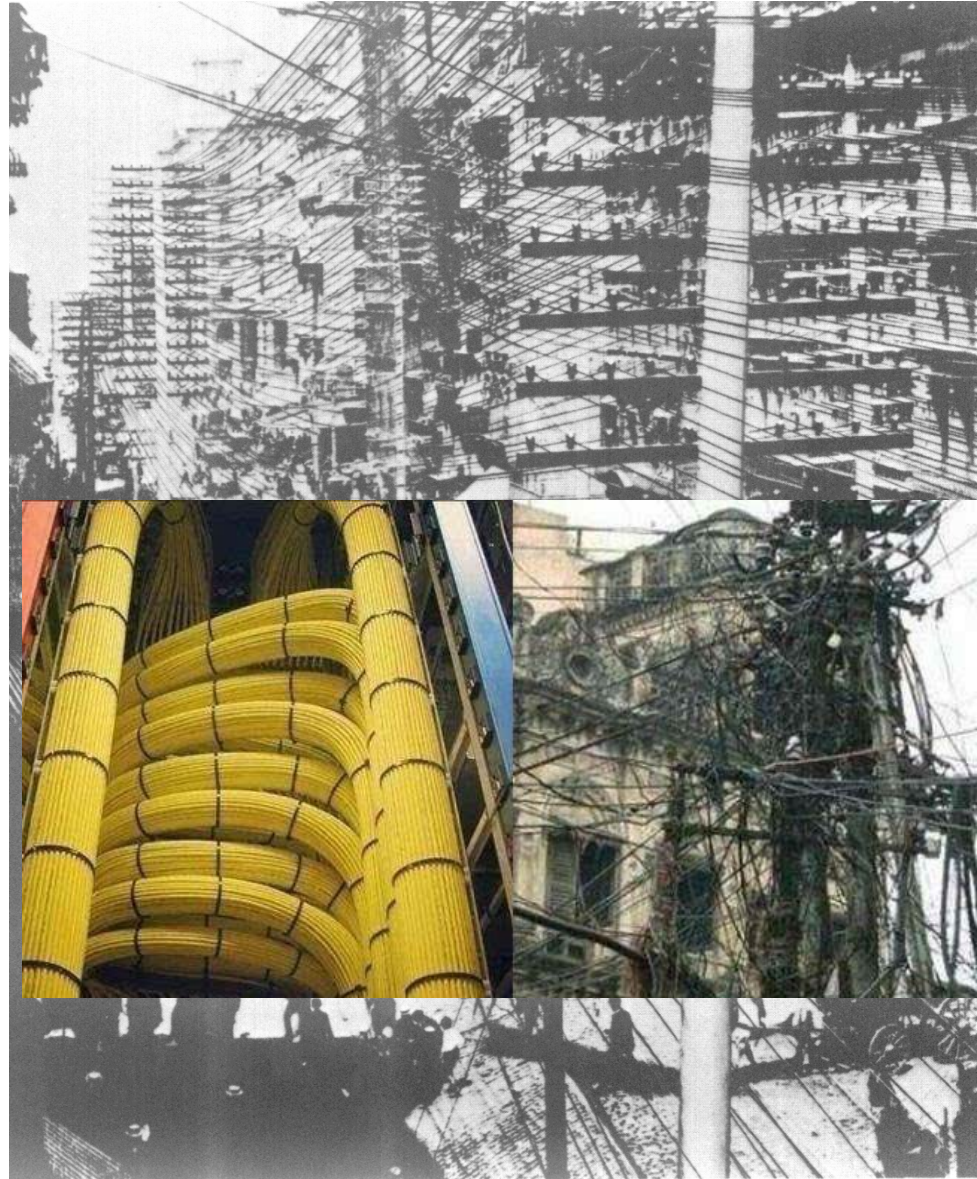
无线通信：5G、蓝牙、WIFI、FSO、卫星等



有线通信信道

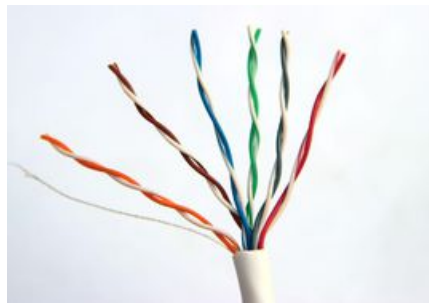
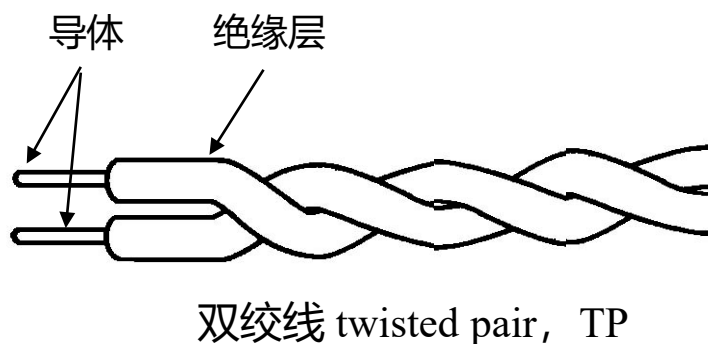
# 有线信道(Wired channel)

- 明线open wire
- 电缆
- 光纤

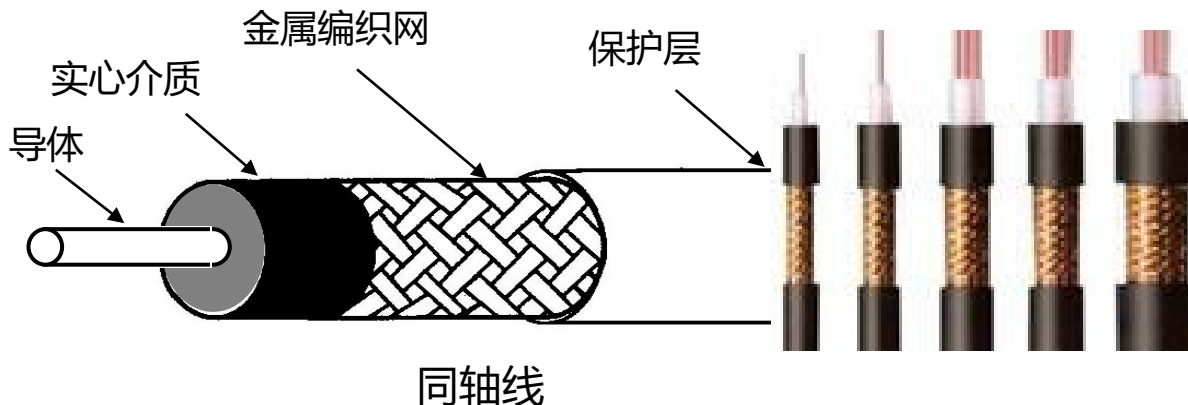


# 电缆

## ● 对称电缆symmetrical cable：由许多对双绞线组成

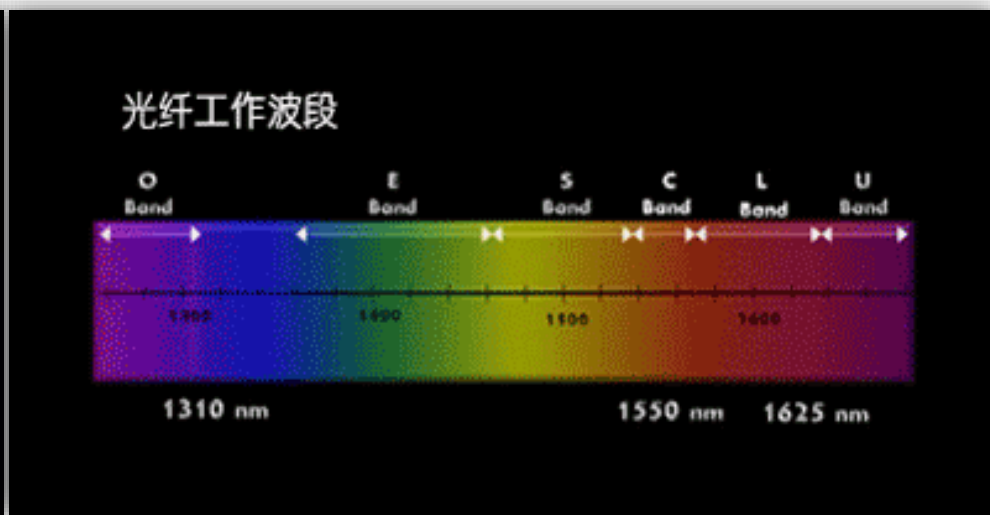
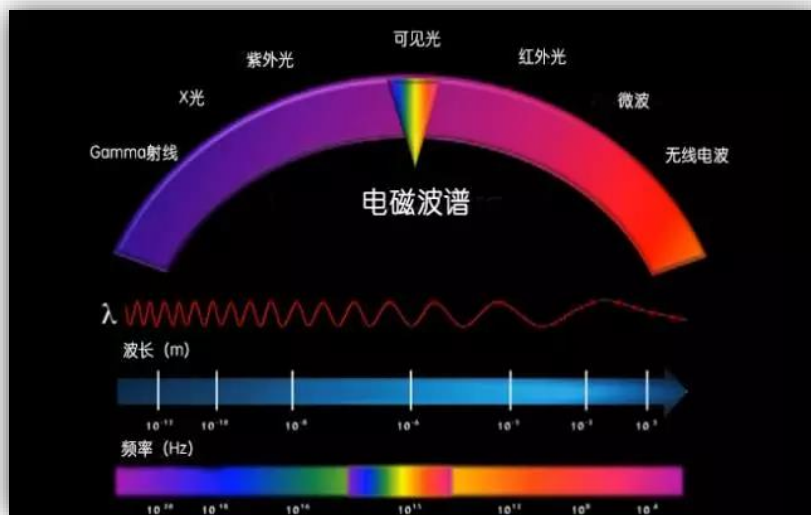


## ● 同轴电缆coaxial cable





# 光纤



**光纤通信工作波长在近红外区，波段：**

**O波段：1260nm到1310nm**

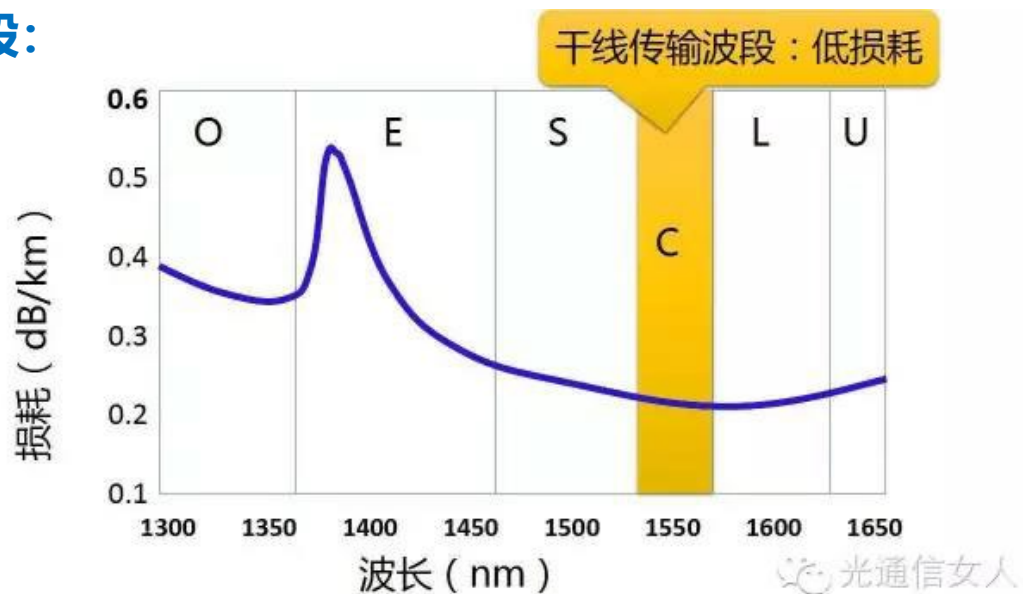
**E波段：1360nm到1460nm**

**S波段：1460nm到1530nm**

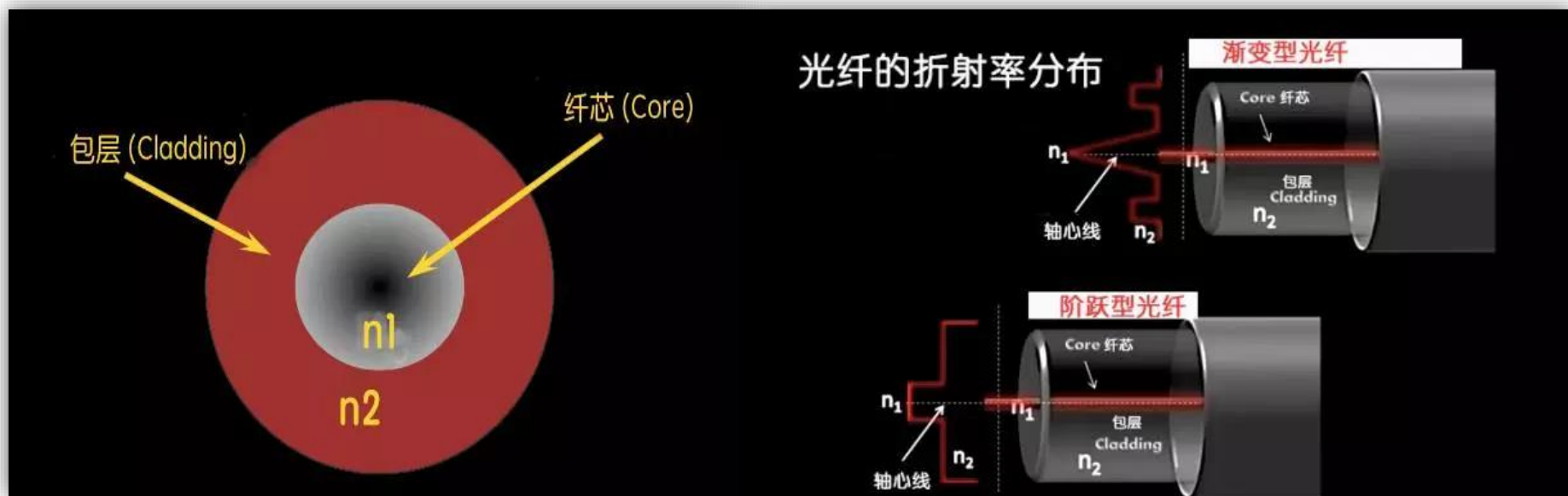
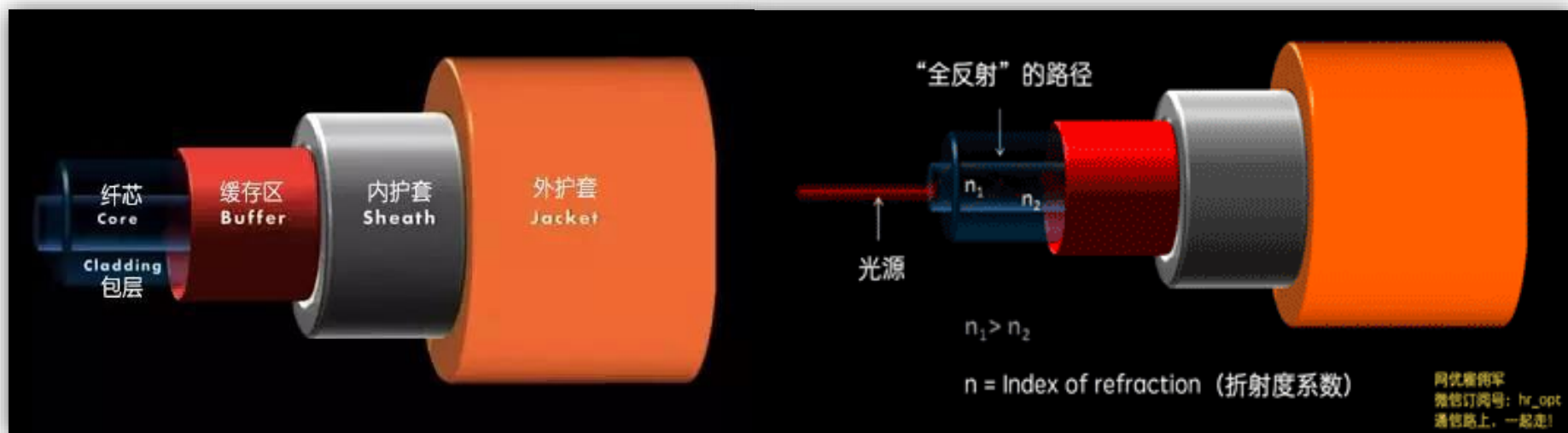
**C波段：1535nm到1565nm**

**L波段：1565nm到1625nm**

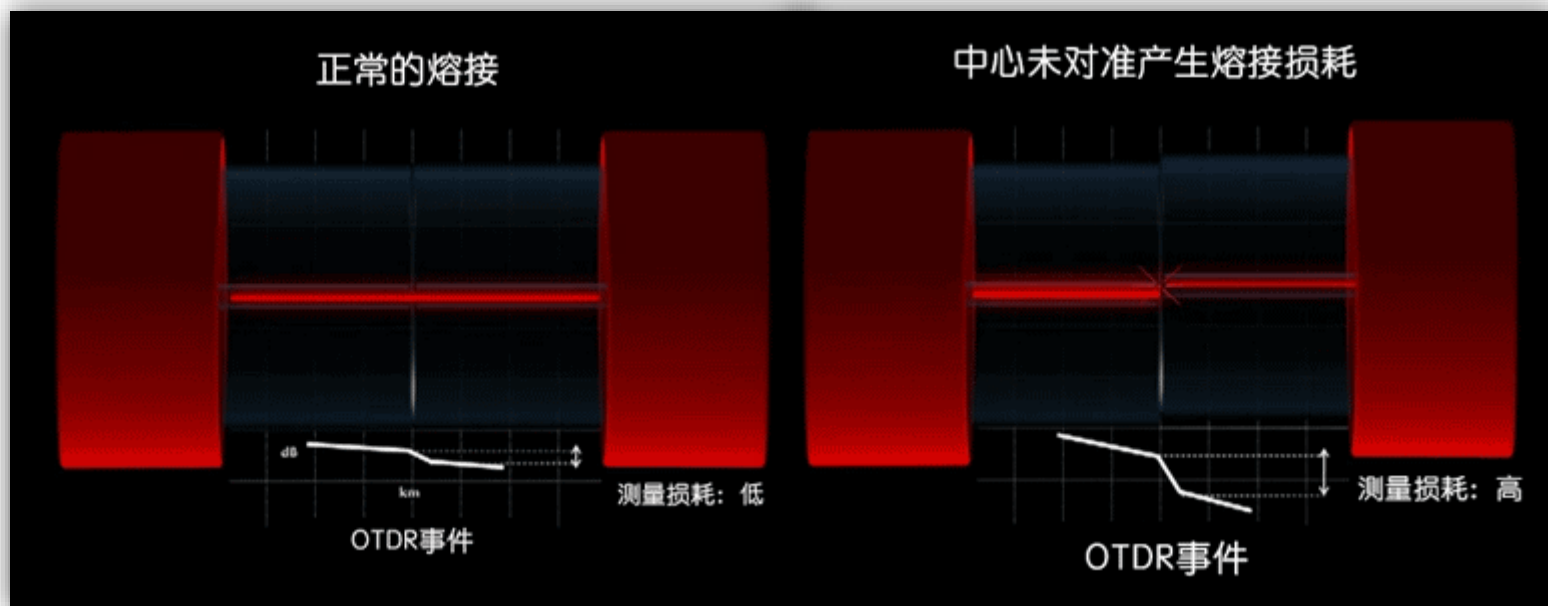
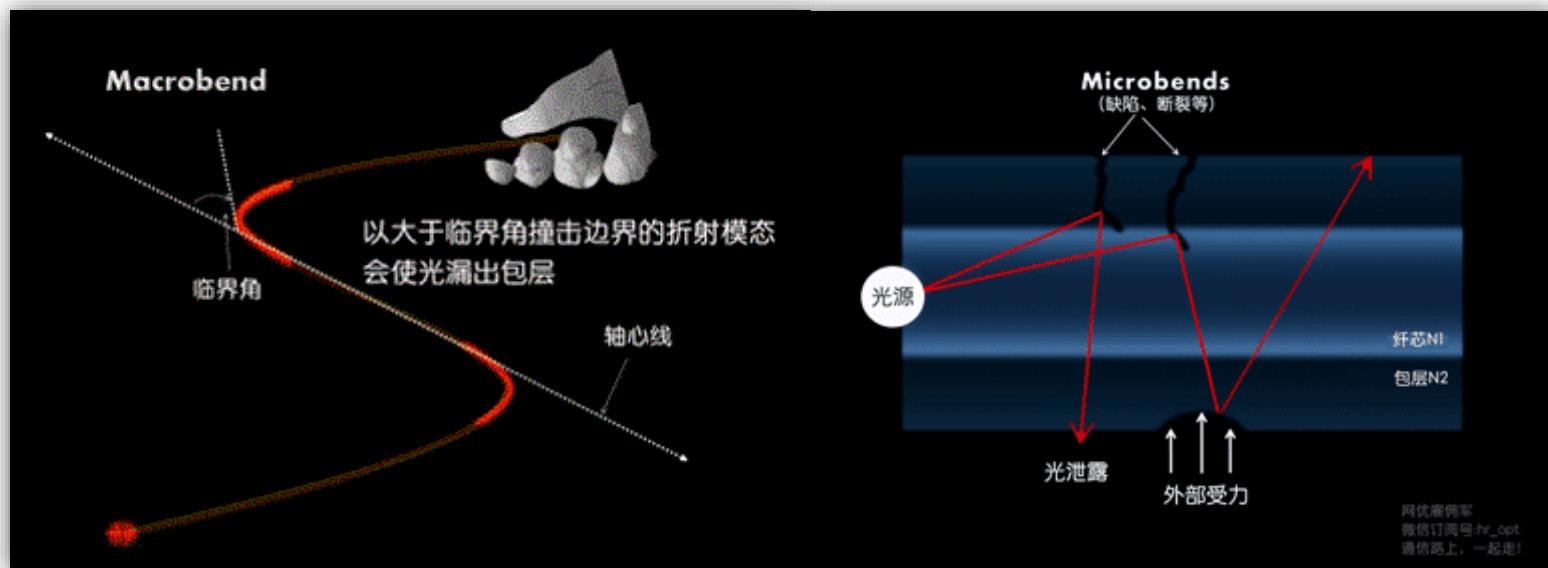
**U波段：1640nm到1675nm**



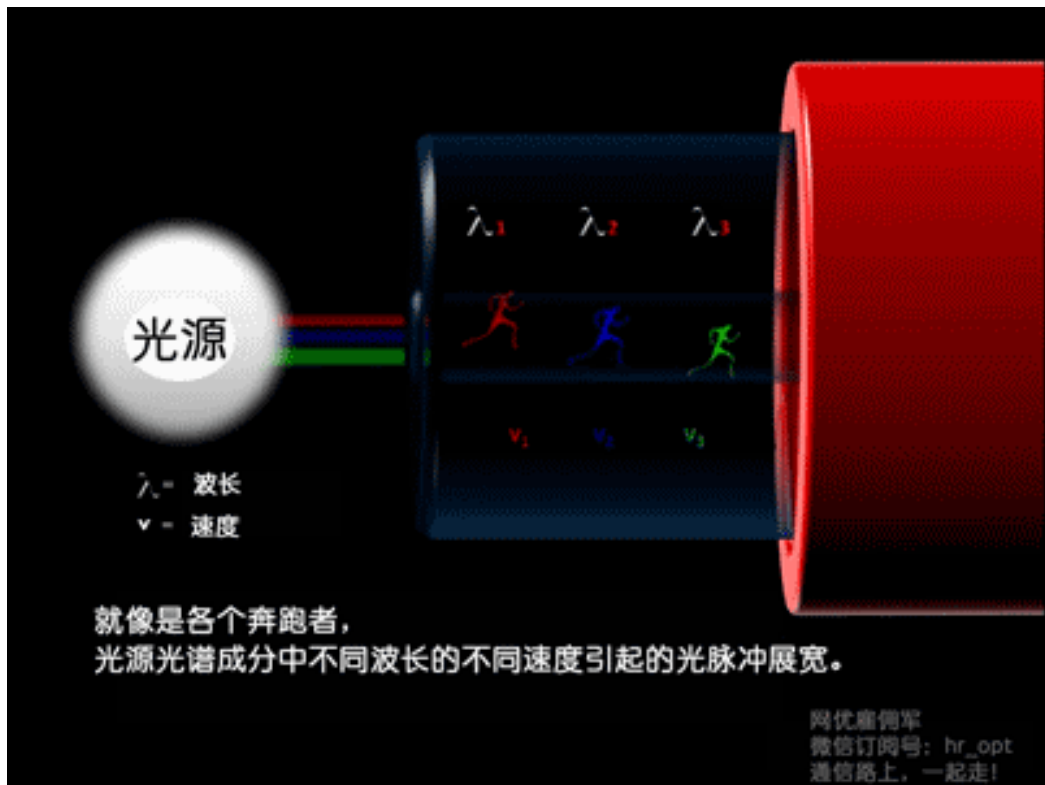
# ● 光纤的结构



# ● 光纤的弯曲损耗和熔接损耗



# ● 光纤的色散



材料色散

波导色散

偏振模色散

模式色散



# ● 光纤的接口与接头

## 跳线接口

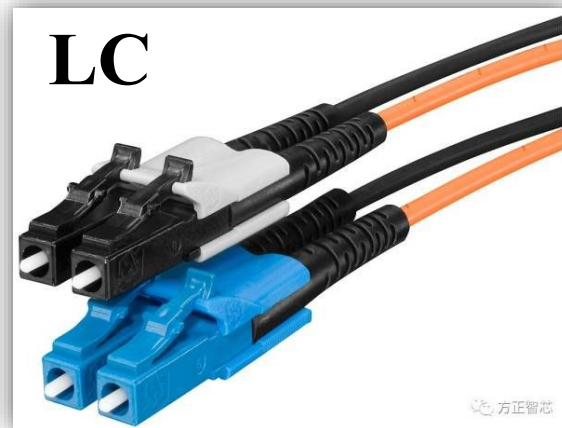
FC



SC

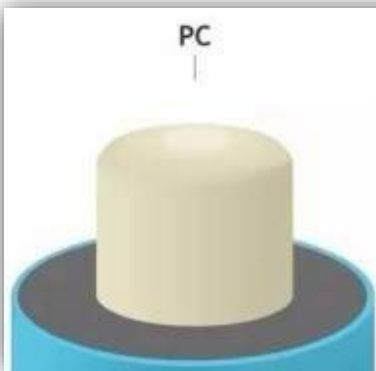


LC



## 光纤接头

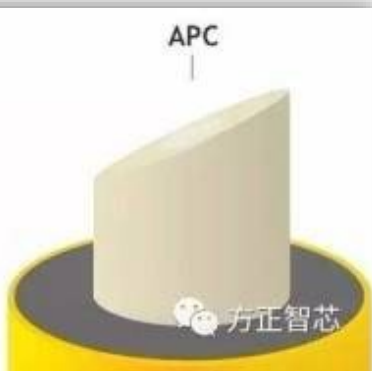
PC



UPC

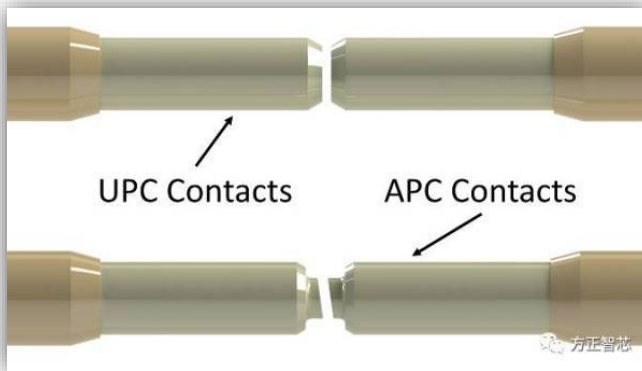


APC



UPC Contacts

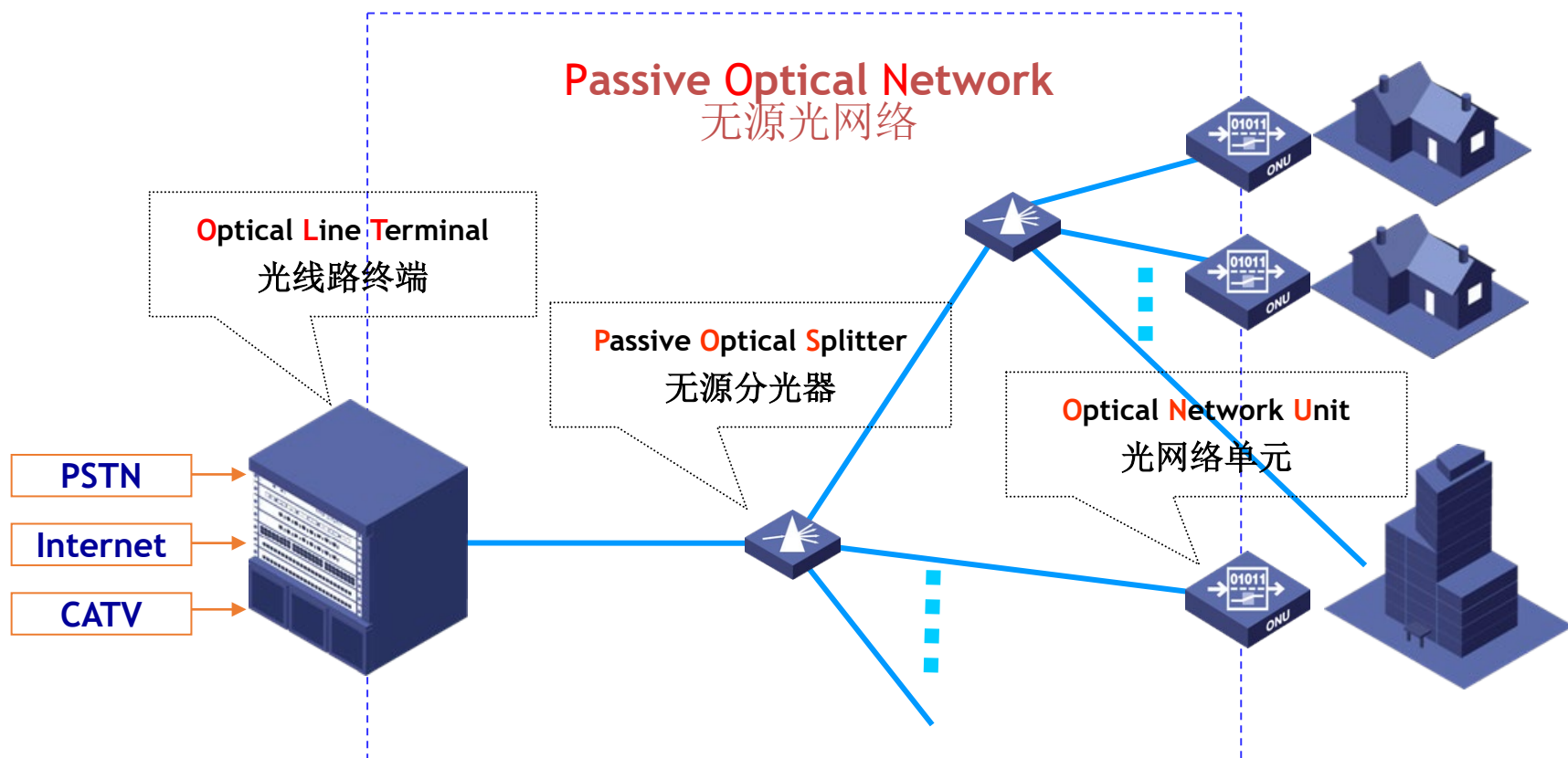
APC Contacts





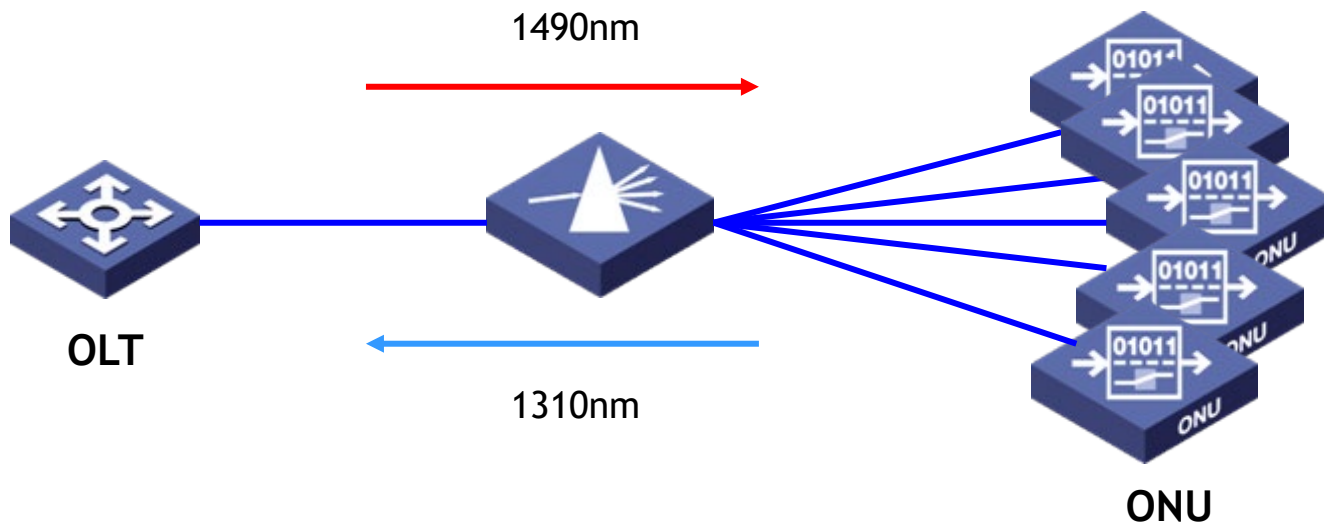
光接入

# 光接入网——PON



- **PON组成：**光线路终端（OLT）、光网络单元（ONU）和无源分光器（POS）
- **PON的特点：**节约、可靠、长距离、高带宽、灵活。

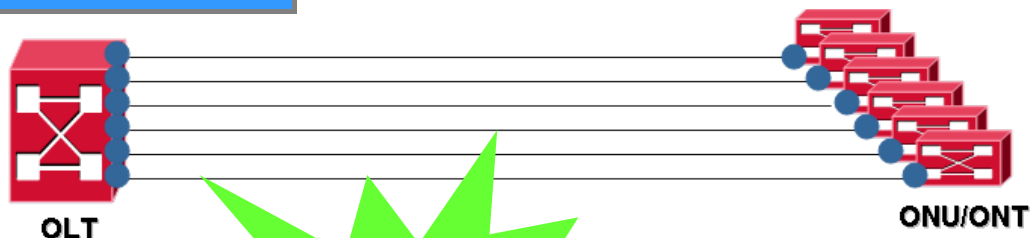
# PON传输原理 - 单纤双向传输



# 采用PON技术的FTTX——成本优势

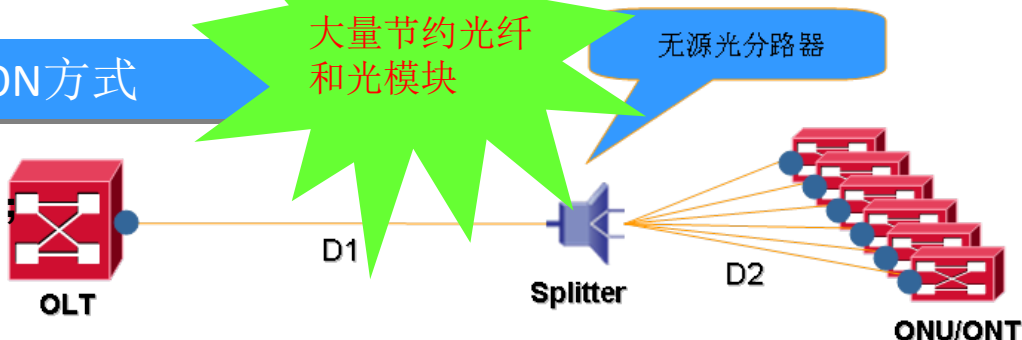
## P2P方式

- 每个用户独享一根光纤；
- 每个用户独享一对光模块；



## PON方式

- 多个用户共享一根主干光纤；
- 多个用户共享局端光模块；



大量节约光纤  
和光模块

无源光分路器

Splitter

D1

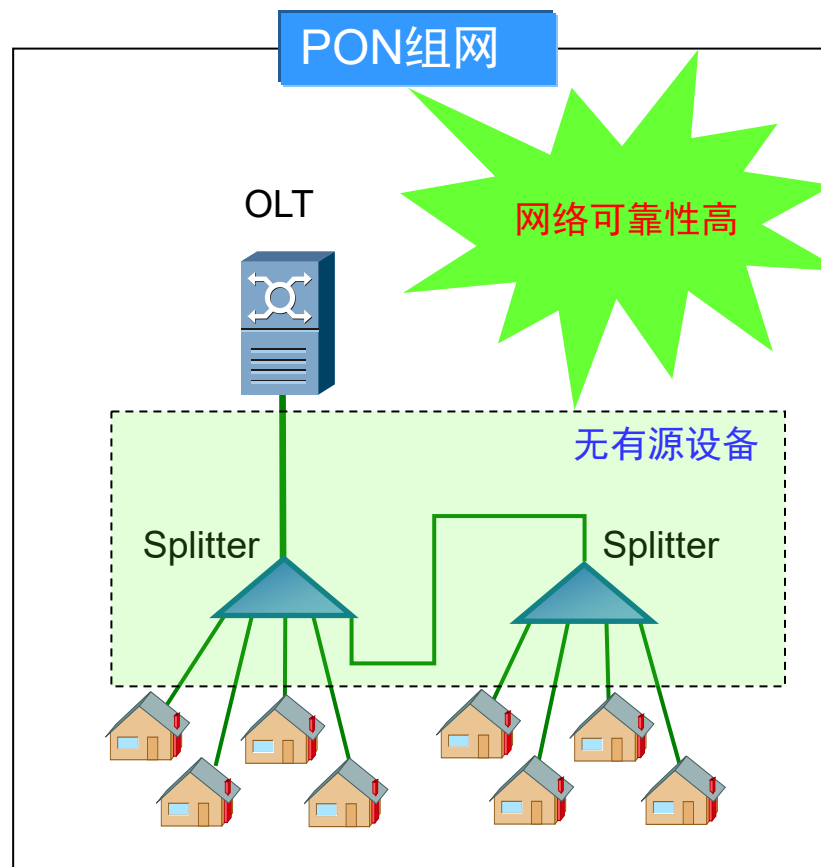
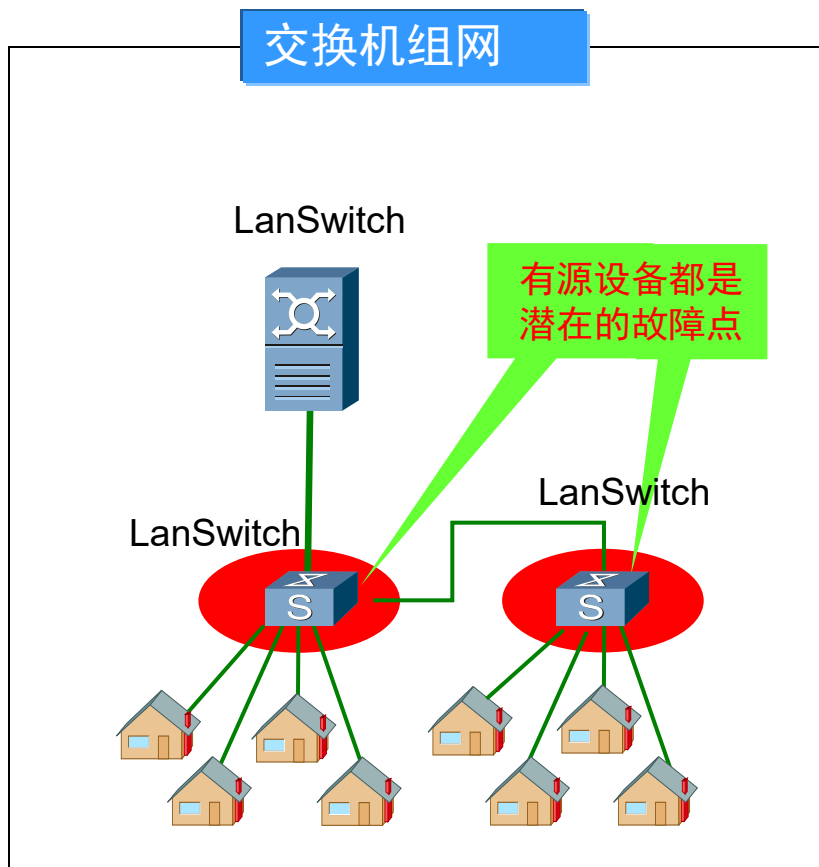
D2

ONU/ONT

假设有32个用户，D1的距离为5000m，D2的距离为50m，则：P2P方式需要64个光模块，P2MP方式仅需要33个光模块，节约近50%；点对点方式需要 $(5000+50) \times 32 = 176000\text{m}$ 光纤，点对多点方式仅需要 $5000 + 50 \times 32 = 6600\text{m}$ 光纤，节约光纤超过96%。



# 采用PON技术的FTTX——维护优势



PON属于无源光学网，网络中无有源电子器件，这意味着维护成本将显著降低。由于网络组件数量少，因此故障点也将相应减少，进而运营支出也会最大程度地降低。

# 小结

- 通信

- 距离、速度、准确度

- 现代通信——电磁波通信

## 基本概念

- 信号 频谱
- 信道 带宽
- 频谱利用率
- 调制（频谱搬移）

- 有线 主干容量需求：距离（衰减）、速度、准确度

- 无线 频谱资源：距离、速度、准确度

- 安全、成本

# 新的需求——安全性

5776 Vol. 44, No. 23 / 1 December 2019 / Optics Letters

Letter

## Optics Letters

### 32 Gb/s chaotic optical communications by deep-learning-based chaos synchronization

- 超高速
- 超大容量
- 超长距离



# 基础知识点

---

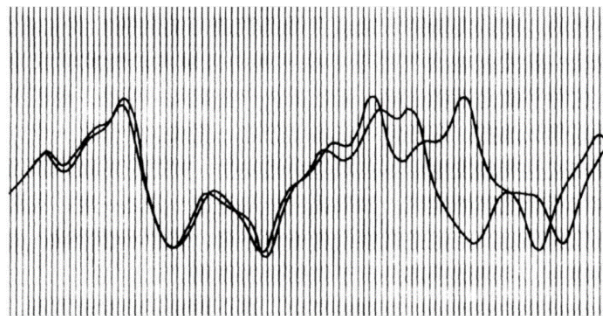
- 模拟信号
- 频谱、带宽

# 混沌系统

1961年，美国气象学家洛伦兹 (E. N. Lorenz) 建立气象方程，并用于计算模拟预报天气

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = (r - z)x - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

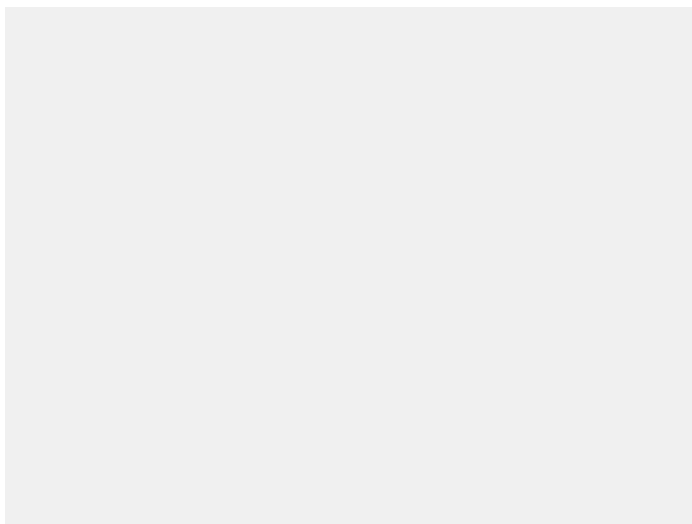
$\sigma=3, b=8/3, r=28$



初值分别为0.506, 0.506127

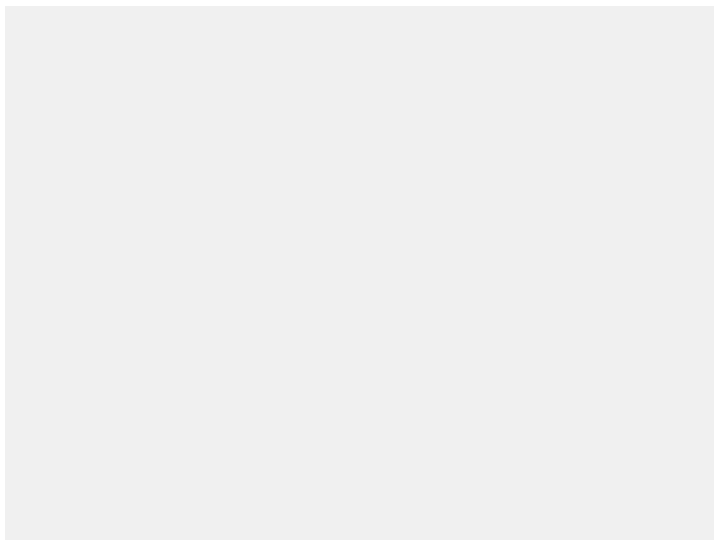


# 混沌系统



$$\begin{cases} \dot{x} = a(y - x) \\ \dot{y} = (c - a)x - xz + cy \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$
$$(x_0, y_0, z_0)$$
$$= 0.2, \quad 0.25, \quad 1.2$$
$$= 0.2001, 0.2501, 1.2001$$

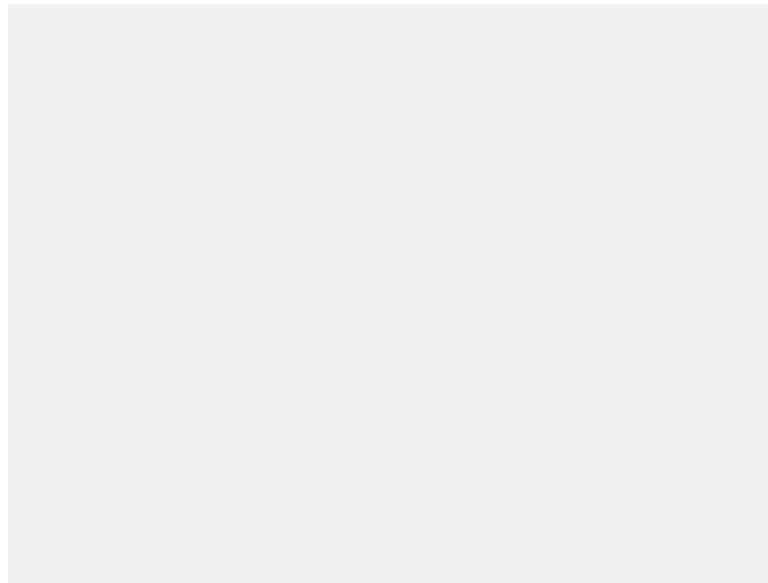
# 混沌系统



$$\begin{cases} \dot{x} = a(y - x) \\ \dot{y} = (c - a)x - xz + cy \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$
$$(x_0, y_0, z_0)$$
$$= 0.2, \quad 0.25, \quad 1.2$$
$$= 0.2001, 0.2501, 1.2001$$

# 混沌系统

---



奇怪吸引子

# 混沌光通信

- 基于外部非线性器件的光电延迟反馈混沌源



马赫-曾德尔 (Mach-Zehnder) 调制器

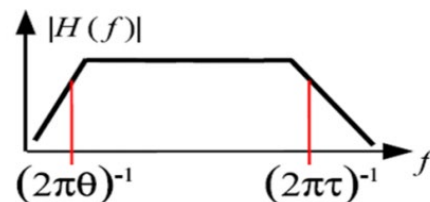
$$P_{out} = P_{in} \cos^2 \left[ \frac{\pi V(t)}{2V_{\pi RF}} + \frac{\pi V_B}{2V_{\pi DC}} \right]$$



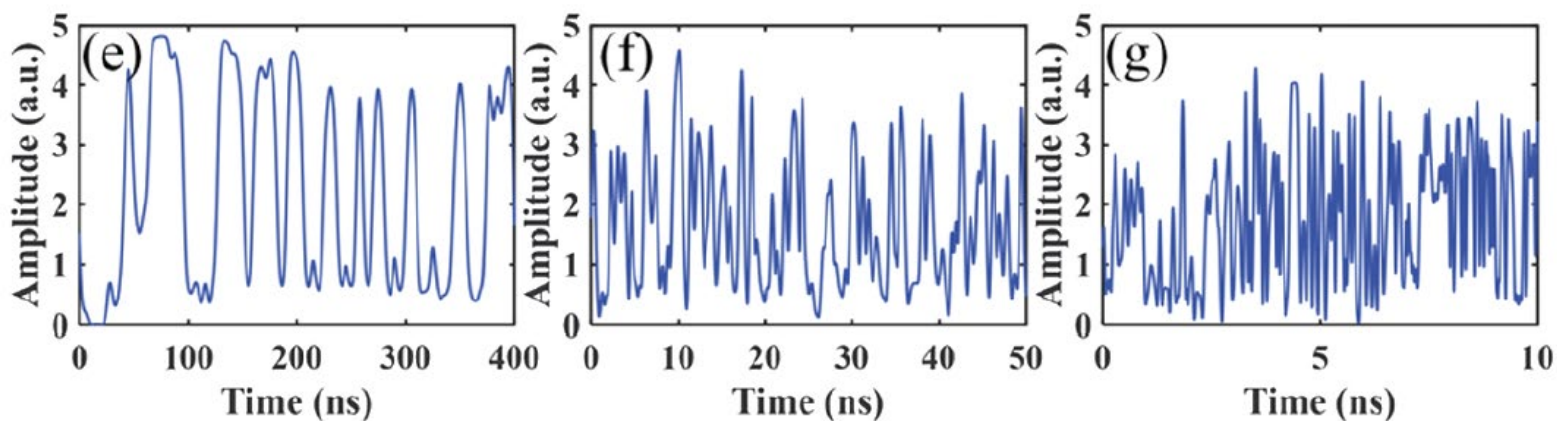
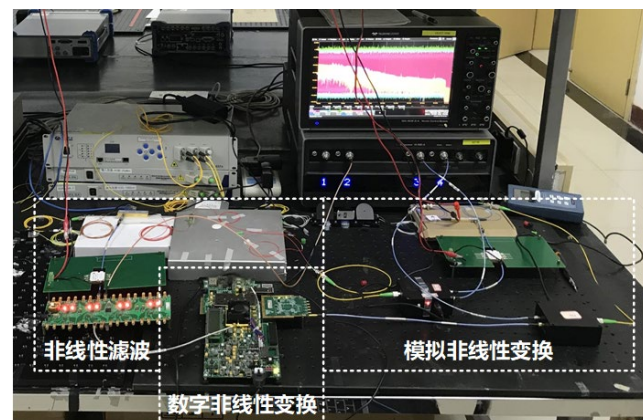
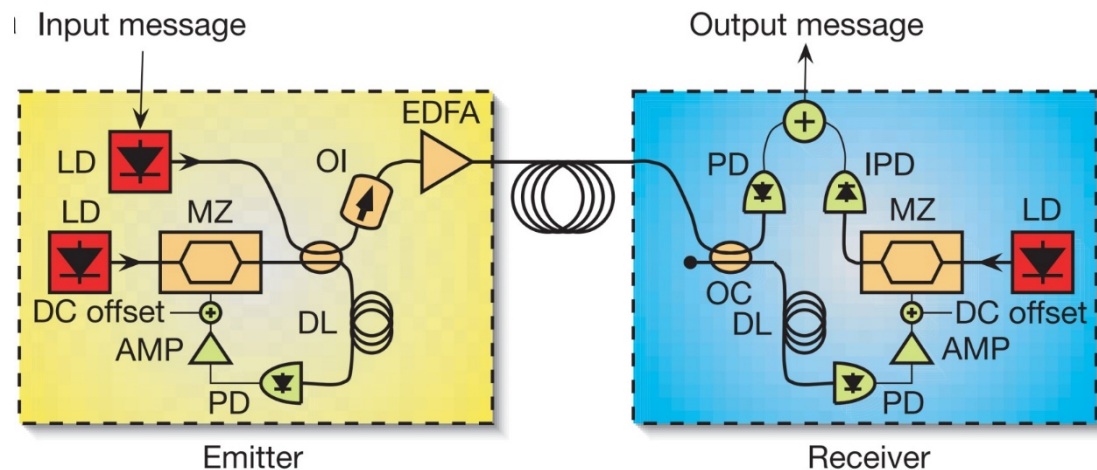
光电转换器  $V_{mw}(t) = S \cdot P_{opt}(t)$   $S$ 为相应度



射频放大器



# 混沌光通信





# 小结

- 通信
    - 距离、速度、准确度
  - 现代通信——电磁波通信
- ### 基本概念

  - 信号 频谱
  - 信道 带宽
  - 频谱利用率
  - 调制（频谱搬移）
- 有线 主干容量需求：距离（衰减）、速度、准确度
  - 无线 频谱资源：距离、速度、准确度
  - 安全、成本