



# 计算机网络（第5版）

---

## 第2章 物理层



# 第 2 章 物理层

---

## 2.1 物理层的基本概念

## 2.2 数据通信的基础知识

### 2.2.1 数据通信系统的模型

### 2.2.2 有关信道的几个基本概念

### 2.2.3 信道的极限容量

### 2.2.4 信道的极限信息传输速率

## 2.3 物理层下面的传输媒体

### 2.3.1 导向传输媒体

### 2.3.2 非导向传输媒体



# 第2章 物理层（续）

---

## 2.4 信道复用技术

2.4.1 频分复用、时分复用和统计时分复用

2.4.2 波分复用

2.4.3 码分复用

## 2.5 数字传输系统

## 2.6 宽带接入技术

2.6.1 xDSL技术

2.6.2 光纤同轴混合网（HFC网）

2.6.3 FTTx技术



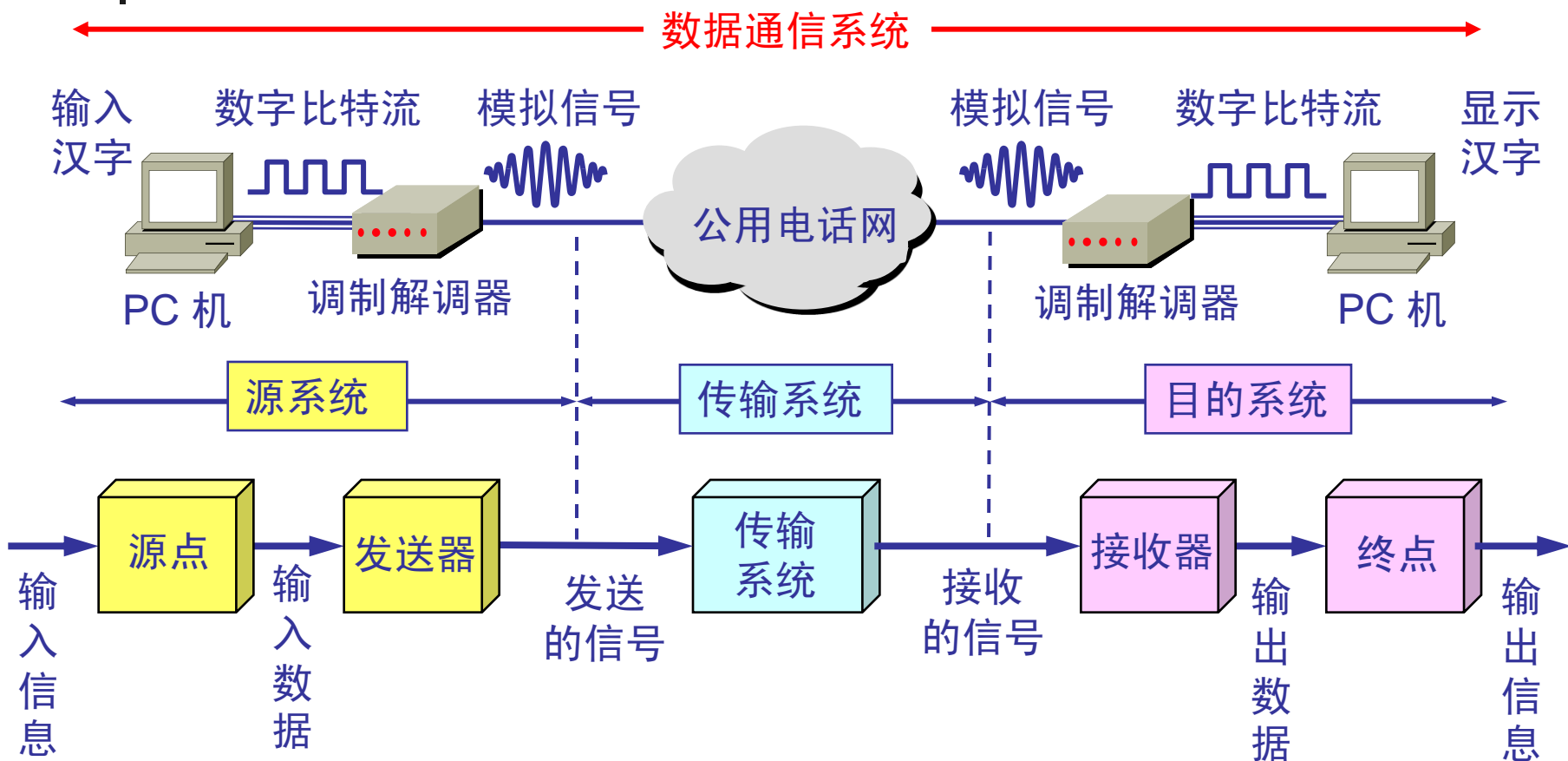
## 2.1 物理层的基本概念

物理层的主要任务描述为确定与传输媒体的接口的一些特性，即：

- **机械特性** 指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等等。
- **电气特性** 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
- **功能特性** 指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。
- **过程特性** 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

# 2.2 数据通信的基础知识

## 2.2.1 数据通信系统的模型





# 几个术语

---

- 数据(data)——运送消息的实体。
- 信号(signal)——数据的电气的或电磁的表现。
- “模拟的”(analogous)——代表消息的参数的取值是连续的。
- “数字的”(digital)——代表消息的参数的取值是离散的。
- 码元(code)——在使用时间域（或简称为时域）的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形。



## 2.2.2 有关信号的几个基本概念

---

- **单向通信**（单工通信）——只能有一个方向的通信而没有反方向的交互。
- **双向交替通信**（半双工通信）——通信的双方都可以发送信息，但不能双方同时发送(当然也就不能同时接收)。
- **双向同时通信**（全双工通信）——通信的双方可以同时发送和接收信息。



# 基带(baseband)信号和 带通(band pass)信号

- **基带信号**（即基本频带信号）——来自信源的信号。像计算机输出的代表各种文字或图像文件的数据信号都属于基带信号。
- 基带信号往往包含有较多的低频成分，甚至有直流成分，而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。因此必须对基带信号进行**调制(modulation)**。
- **带通信号**——把基带信号经过载波调制后，把信号的频率范围搬移到较高的频段以便在信道中传输（即仅在一段频率范围内能够通过信道）。





# 几种最基本的调制方法

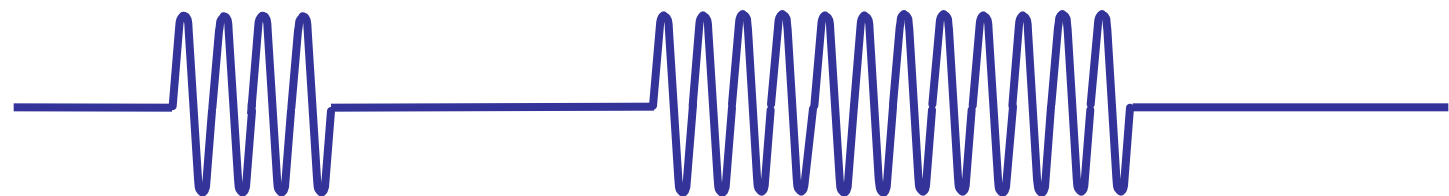
- 基带信号往往包含有较多的低频成分，甚至有直流成分，而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。为了解决这一问题，就必须对基带信号进行**调制**(modulation)。
- 最基本的二元制调制方法有以下几种：
  - **调幅**(AM)：载波的振幅随基带数字信号而变化。
  - **调频**(FM)：载波的频率随基带数字信号而变化。
  - **调相**(PM)：载波的初始相位随基带数字信号而变化。

# 对基带数字信号的几种调制方法

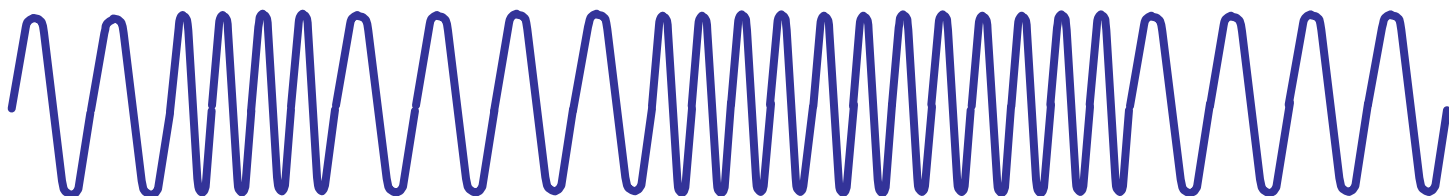
基带信号



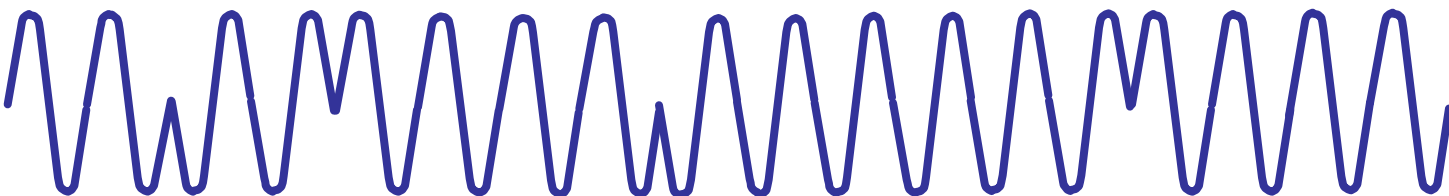
调幅



调频



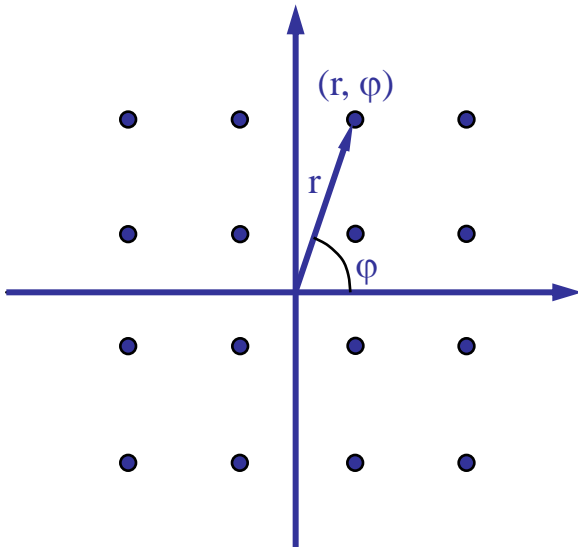
调相



# 正交振幅调制 QAM

## (Quadrature Amplitude Modulation)

### 举例



- 可供选择的相位有 12 种，而对于每一种相位有 1 或 2 种振幅可供选择。
  - 由于 4 bit 编码共有 16 种不同的组合，因此这 16 个点中的每个点可对应于一种 4 bit 的编码。
- 若每一个码元可表示的比特数越多，则在接收端进行解调时要正确识别每一种状态就越困难。



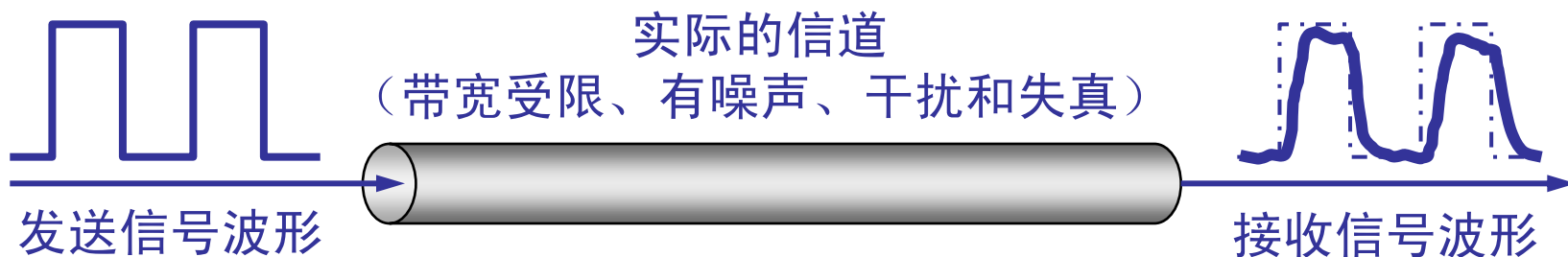
## 2.2.3 信道的极限容量

---

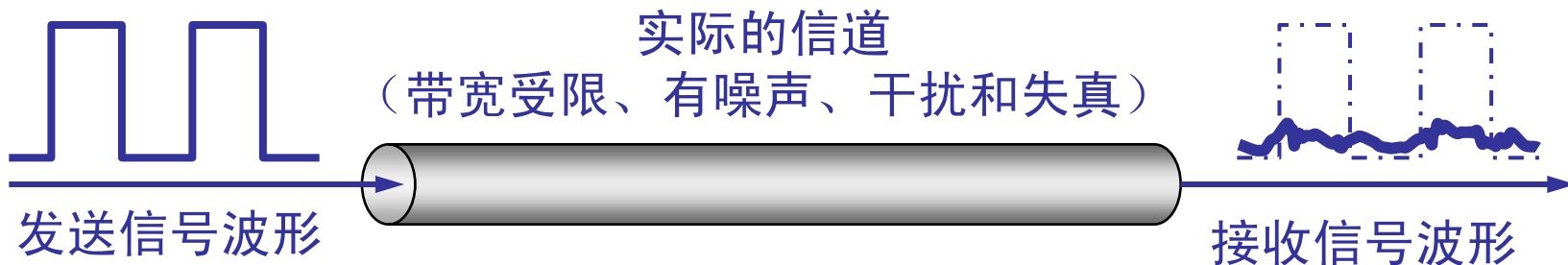
- 任何实际的信道都不是理想的，在传输信号时会产生各种失真以及带来多种干扰。
- 码元传输的速率越高，或信号传输的距离越远，在信道的输出端的波形的失真就越严重。

# 数字信号通过实际的信道

- 有失真，但可识别



- 失真大，无法识别





# (1) 信道能够通过的频率范围

- 1924年，奈奎斯特(Nyquist)就推导出了著名的**奈氏准则**。他给出了在假定的理想条件下，为了避免码间串扰，码元的传输速率的上限值。
- 在任何信道中，码元传输的速率是有上限的，否则就会出现**码间串扰**的问题，使接收端对码元的判决（即识别）成为不可能。
- 如果信道的频带越宽，也就是能够通过的信号高频分量越多，那么就可以用更高的速率传送码元而不出现码间串扰。



## (2) 信噪比

---

- 香农(Shannon)用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的**极限、无差错的**信息传输速率。
- 信道的极限信息传输速率  $C$  可表达为
- $$C = W \log_2(1+S/N) \text{ b/s}$$
  - $W$  为信道的带宽（以 Hz 为单位）；
  - $S$  为信道内所传信号的平均功率；
  - $N$  为信道内部的高斯噪声功率。



# 香农公式表明

- 信道的带宽或信道中的信噪比越大，则信息的极限传输速率就越高。
- 只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定可以找到某种办法来实现无差错的传输。
- 若信道带宽  $W$  或信噪比  $S/N$  没有上限（当然实际信道不可能是这样的），则信道的极限信息传输速率  $C$  也就没有上限。
- 实际信道上能够达到的信息传输速率要比香农的极限传输速率低不少。





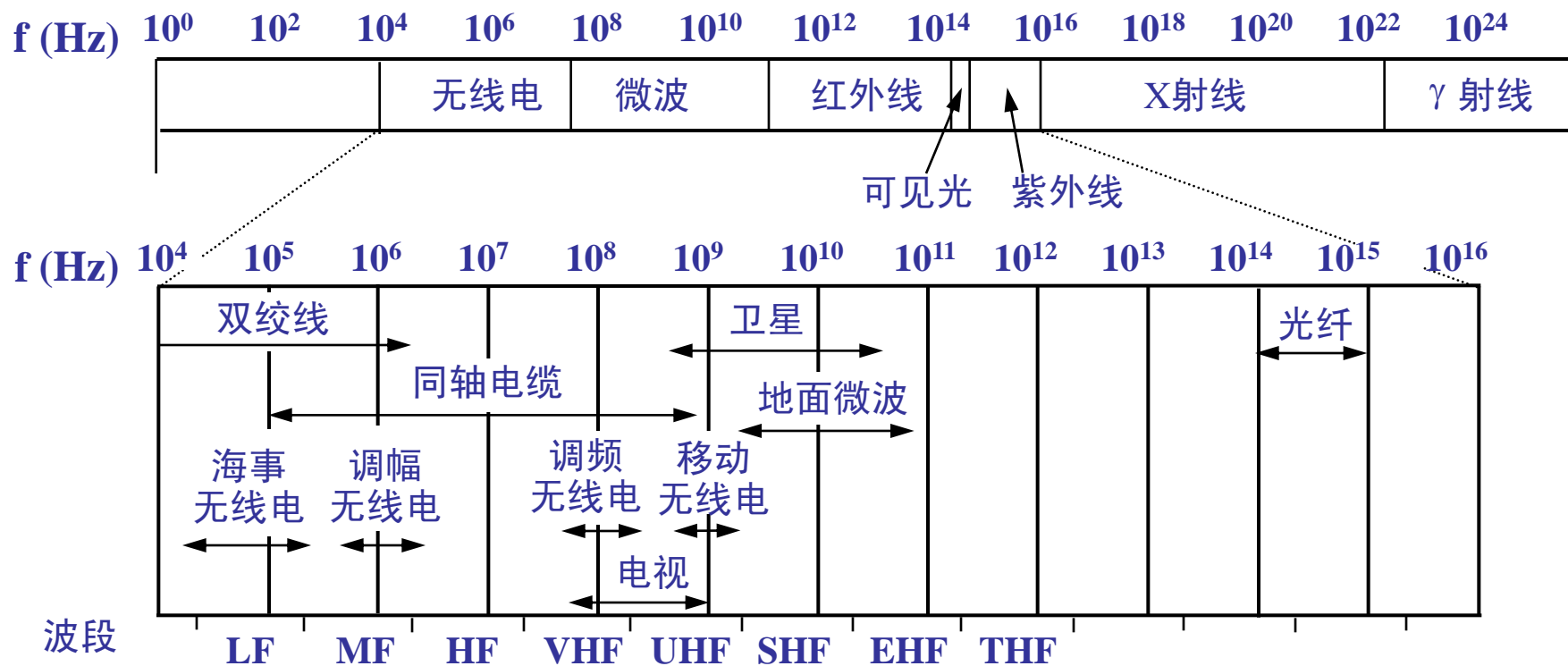
# 请注意

---

- 对于频带宽度已确定的信道，如果信噪比不能再提高了，并且码元传输速率也达到了上限值，那么还有办法提高信息的传输速率。这就是用编码的方法让每一个码元携带更多比特的信息量。

# 2.3 物理层下面的传输媒体

## 电信领域使用的电磁波的频谱





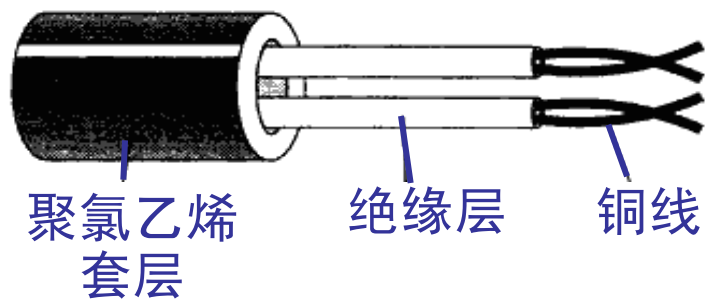
## 2.3.1 导向传输媒体

---

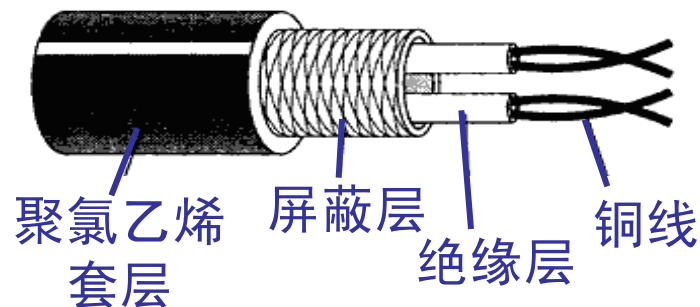
- 双绞线
  - 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
  - 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)
- 同轴电缆
  - 50  $\Omega$  同轴电缆
  - 75  $\Omega$  同轴电缆
- 光缆

# 各种电缆

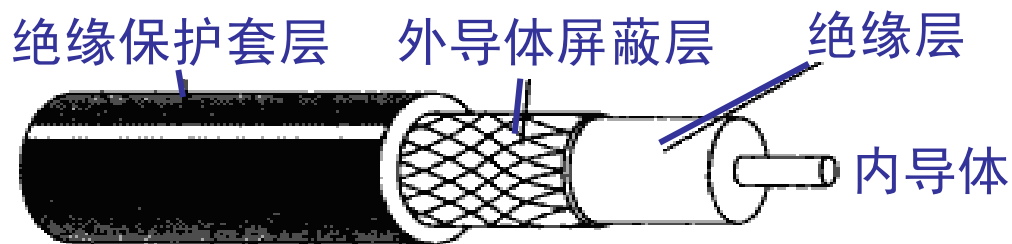
## 无屏蔽双绞线 UTP



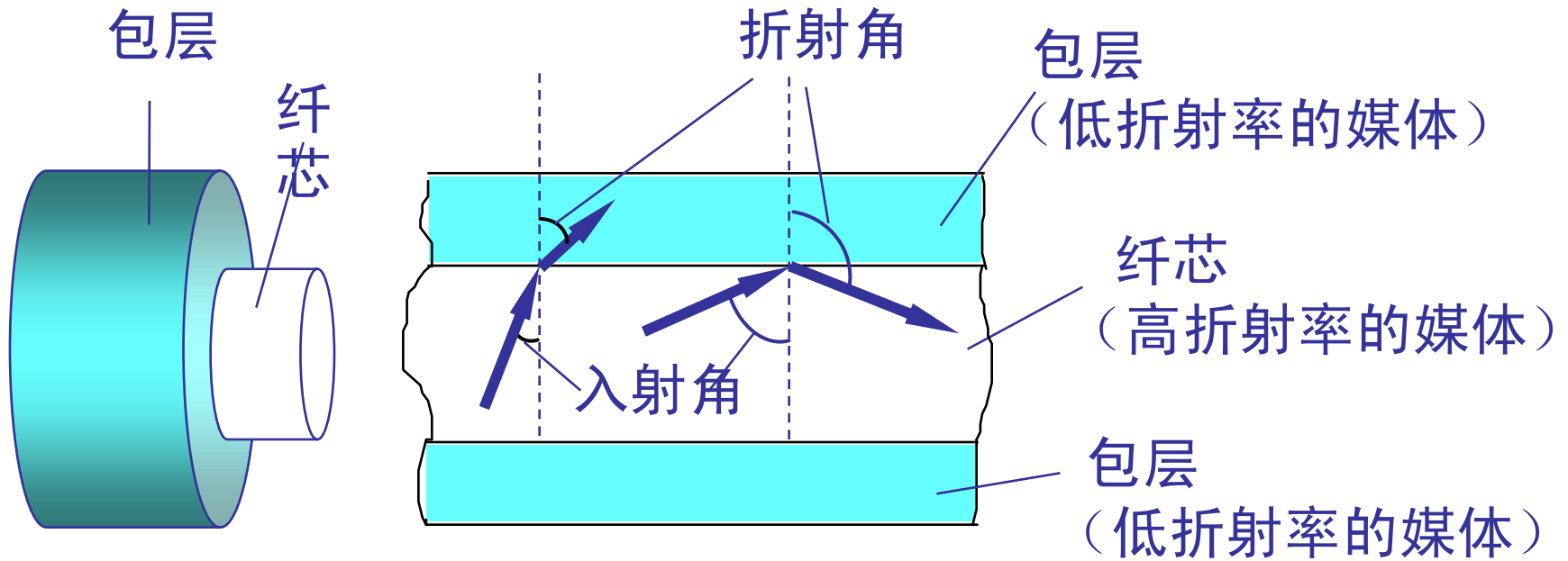
## 屏蔽双绞线 STP



## 同轴电缆



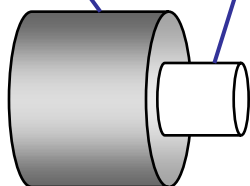
# 光线在光纤中的折射



# 光纤的工作原理

低折射率  
(包层)

高折射率  
(纤芯)



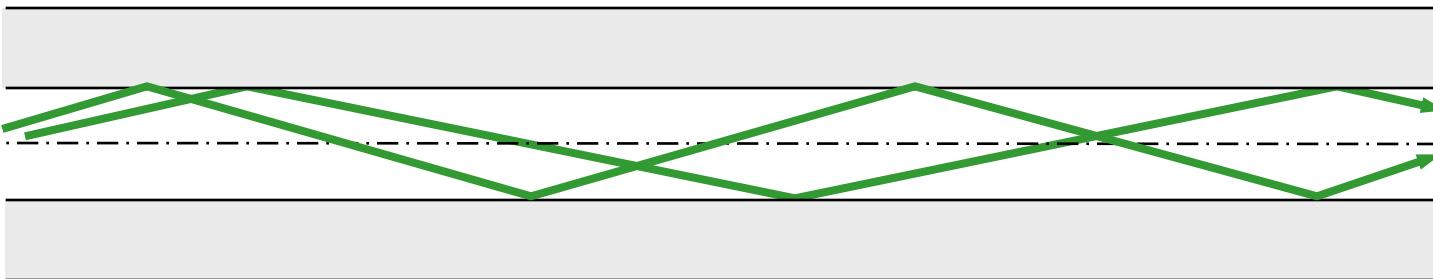
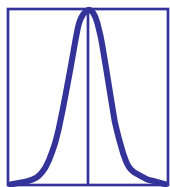
光线在纤芯中传输的方式是不断地全反射



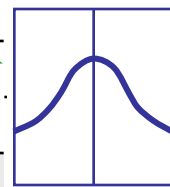
# 多模光纤与单模光纤

## 多模光纤

输入脉冲

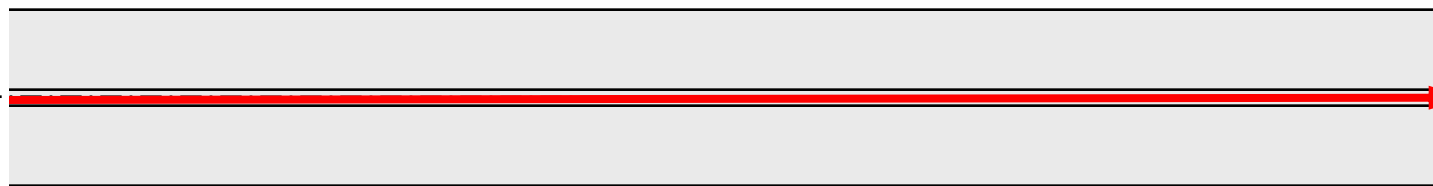
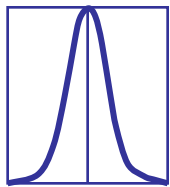


输出脉冲

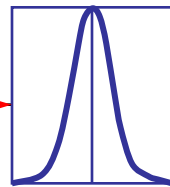


## 单模光纤

输入脉冲



输出脉冲





## 2.3.2 非导向传输媒体

---

- 无线传输所使用的频段很广。
- 短波通信主要是靠电离层的反射，但短波信道的通信质量较差。
- 微波在空间主要是直线传播。
  - 地面微波接力通信
  - 卫星通信