

# 计算机网络



胡亮 等编著

# 第3章 物理层

3.1 物理层功能

3.2 传输介质

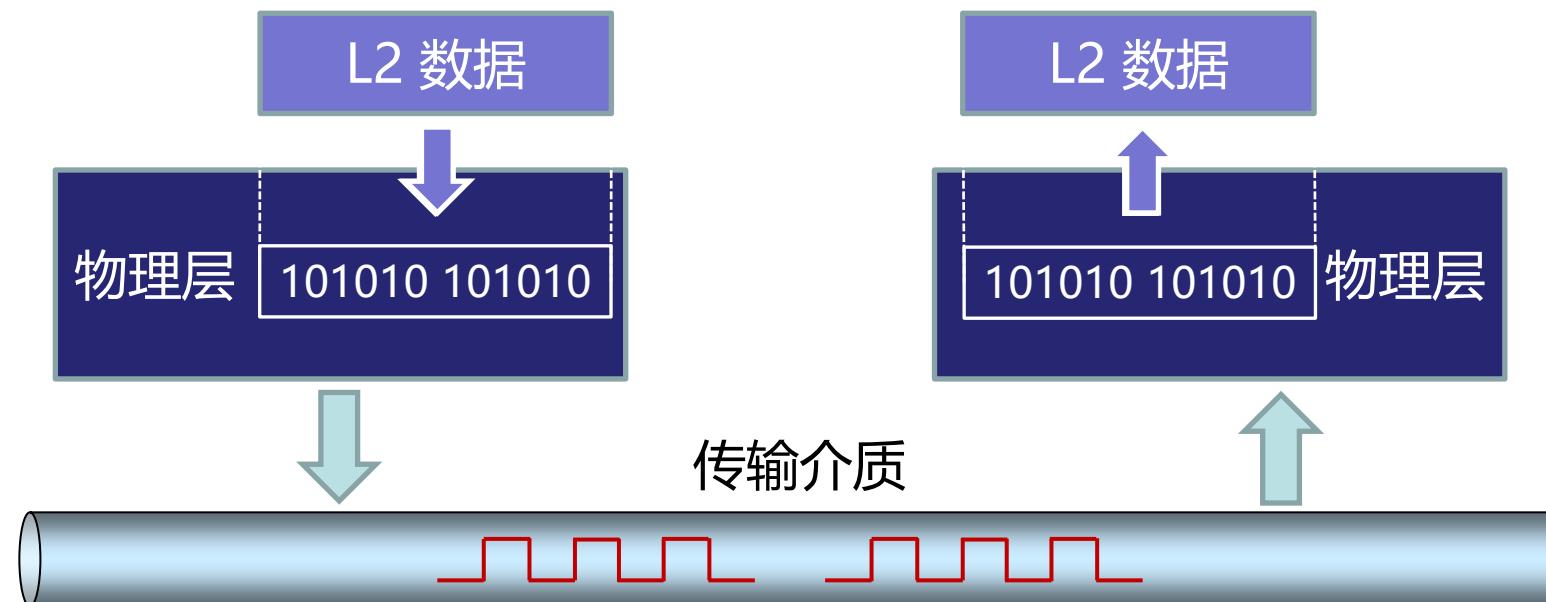
3.3 物理接口

3.4 物理层互连设备

3.5 本章总结

## 3.1 物理层功能

- 负责如何将计算机连接到通信媒体上
- 数据传输的单位是比特(Bit)



# 要解决的问题

- 线路配置
- 数据通信模式
- 拓扑结构
- 信号
- 编码
- 接口
- 介质

# 特性

---

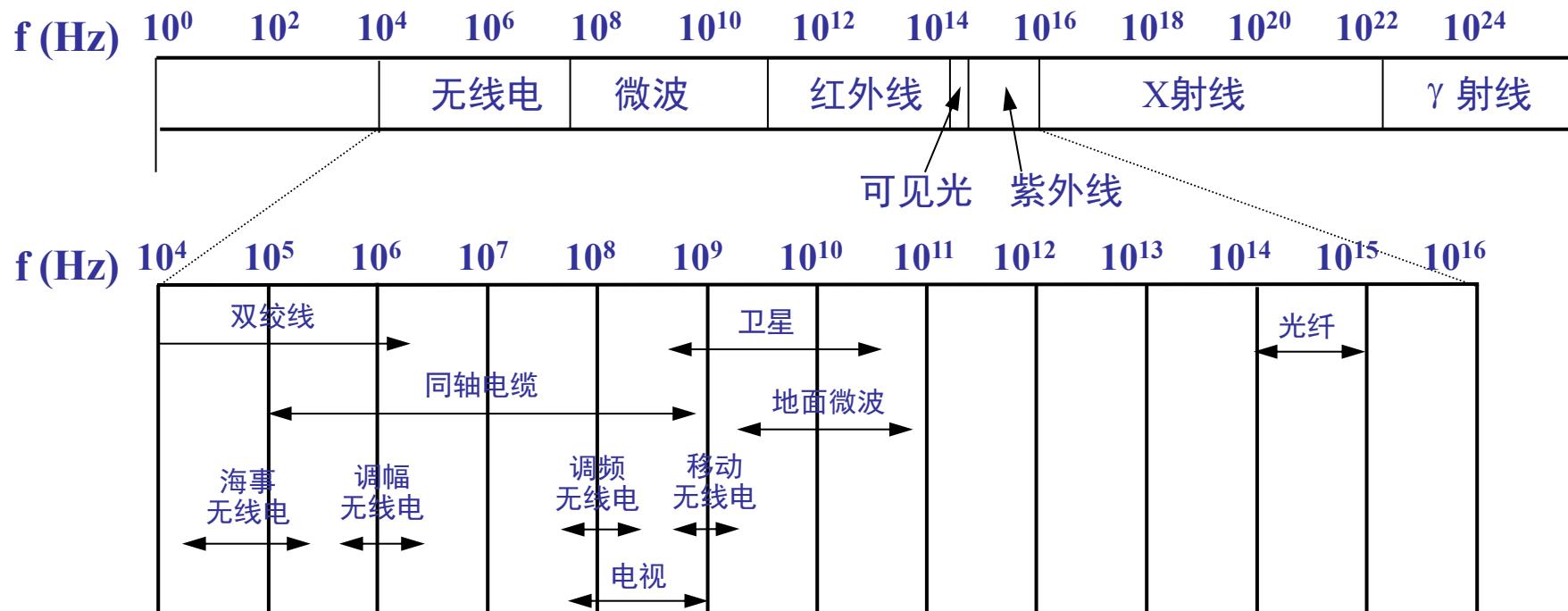
- 机械特性
  - 说明接口的插头尺寸、插头各管脚的位置等
- 电气特性
  - 说明传输线上出现的电压应在什么范围
- 功能特性
  - 说明某根传输线上出现的某一电平代表何种意义
- 规程特性
  - 说明对于不同的功能各种可能事件出现的先后顺序

## 3.2 传输介质

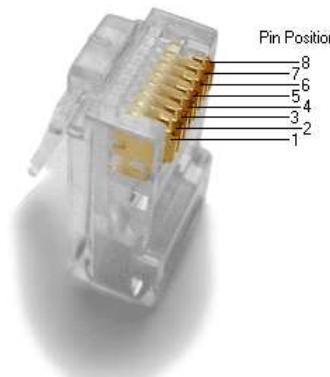
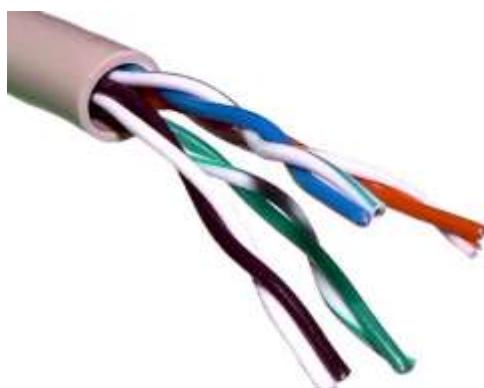
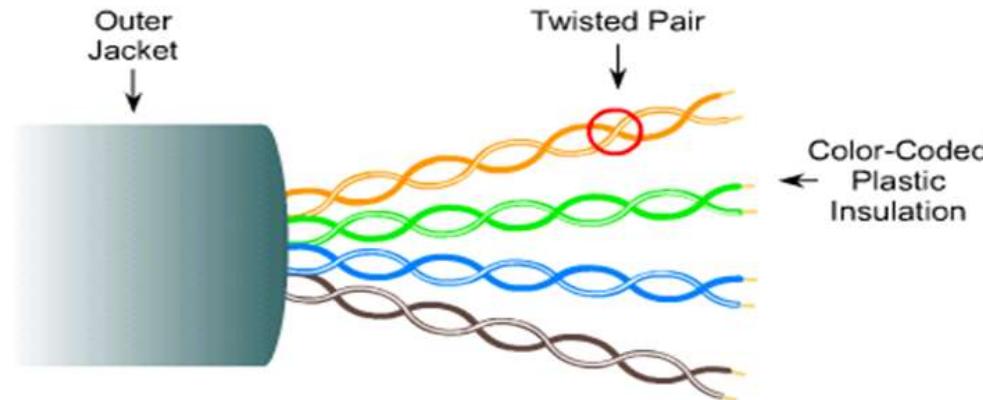
---

- 信息最终要转变成信号才能传输。
- 用于传输信号的介质分为：
  - 导向传输媒体（有线介质）
  - 非导向传输媒体（无线介质）
- 各种类型：
  - 双绞线
  - 同轴电缆
  - 光纤
  - 微波
  - 红外
  - ... ...

# 传输介质频谱

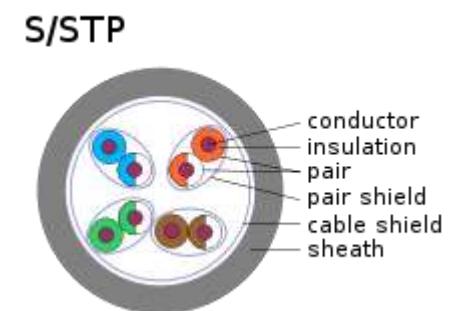
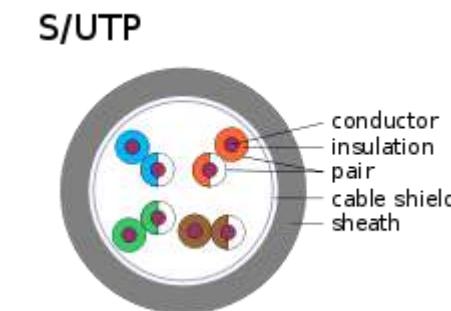
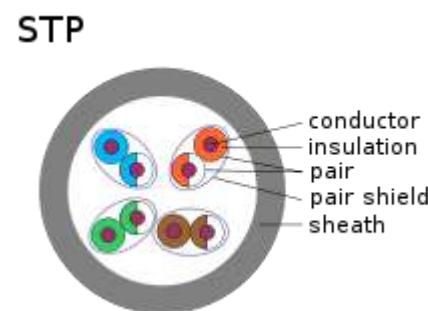
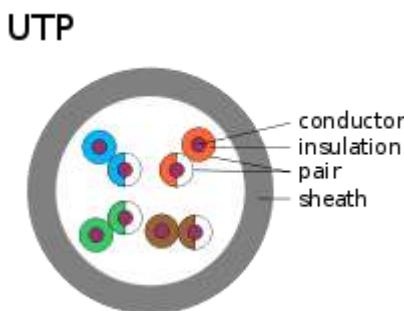


# 双绞线



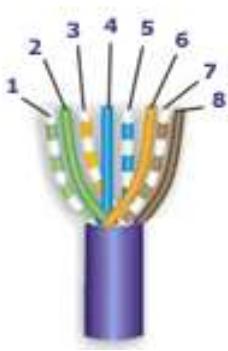
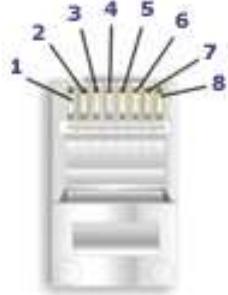
# 双绞线类型

- UTP非屏蔽双绞线
- 屏蔽双绞线
  - STP
  - S/UTP
  - S/STP



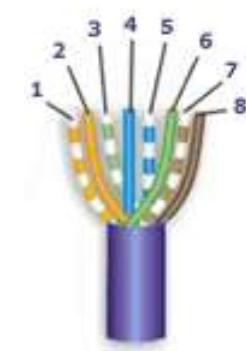
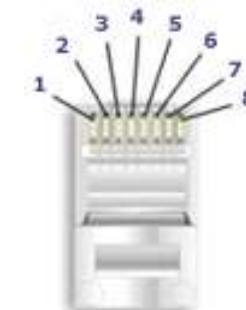
# 连线标准

- 在EIA/TIA布线标准中规定了双绞线的两种线序568A与568B

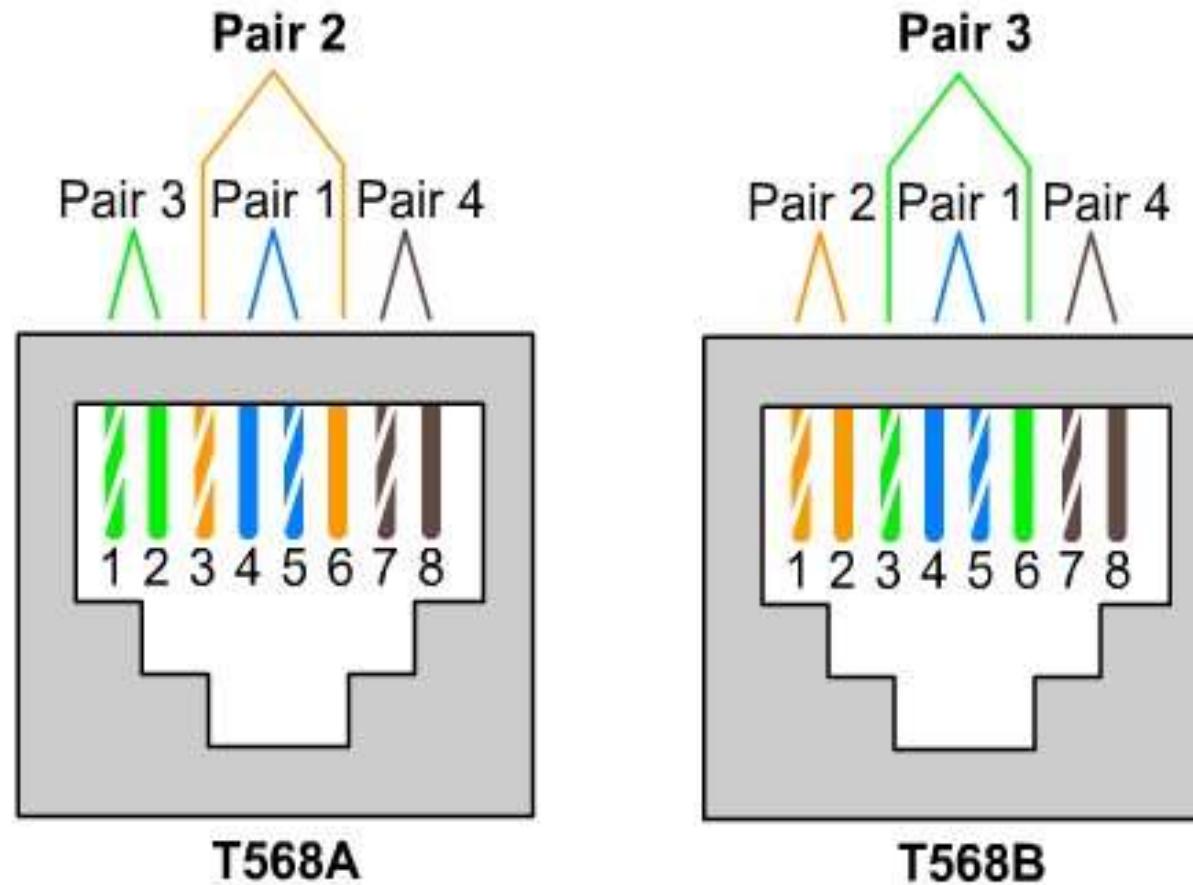


568A		
Pair	Wire	Pin
1	White/Blue	5
	Blue	4
2	White/Orange	3
	Orange	6
3	White/Green	1
	Green	2
4	White/Brown	7
	Brown	8

568B		
Pair	Wire	Pin
1	White/Blue	5
	Blue	4
2	White/Green	3
	Green	6
3	White/Orange	1
	Orange	2
4	White/Brown	7
	Brown	8



# UTP插座



# 双绞线连接器

- 8P8C，也称之为RJ45，是以太网使用双绞线连接时常用的连接器插头。
- 8P8C：
  - 8个位置(Position)
  - 8个触点(Contact)
- 在百兆以太网中，仅使用1、2、3、6四根线。
- 差分信号传输方式，减少电磁干扰，其中1、2为TX(发送)，3、6为RX(接收)。
- 在千兆以太网或者以太网供电中，全部的四对都被使用。

# 直连线与交叉线

---

- 直连线就是两端相同，同为EIA-568-A或者同为EIA-568-B
- 交叉线就是一端使用EIA-568-A，另一端使用EIA-568-B的连接方法。

# 双绞线参数

Name	Standard	Speed (Mbit/s)	Pairs required	Lanes per direction	Bits per hertz	Line code	Symbol rate per lane (MBd)	BW (MHz)	Max distance (m)	Cable req.	Cable rating (MHz)
10BASE-T	802.3i-1990 (CL14)	10	2	1	1	PE	10	10	100	Cat 3	16
100BASE-TX	802.3u-1995	100	2	2	3.2	4B5B MLT-3 NRZ-I	125	31.25	100	Cat 5	100
1000BASE-T	802.3ab-1999 (CL40)	1000	4	4	4	TCM 4D-PAM-5	125	62.5	100	Cat 5e	100
2.5GBASE-T	802.3bz-2016	2500	4	4	6.25	64B65B PAM-16 128-DSQ	800	100	100	Cat 5e	100
5GBASE-T	802.3bz-2016	5000	4	4	6.25	64B65B PAM-16 128-DSQ	800	200	100	Cat 6	250

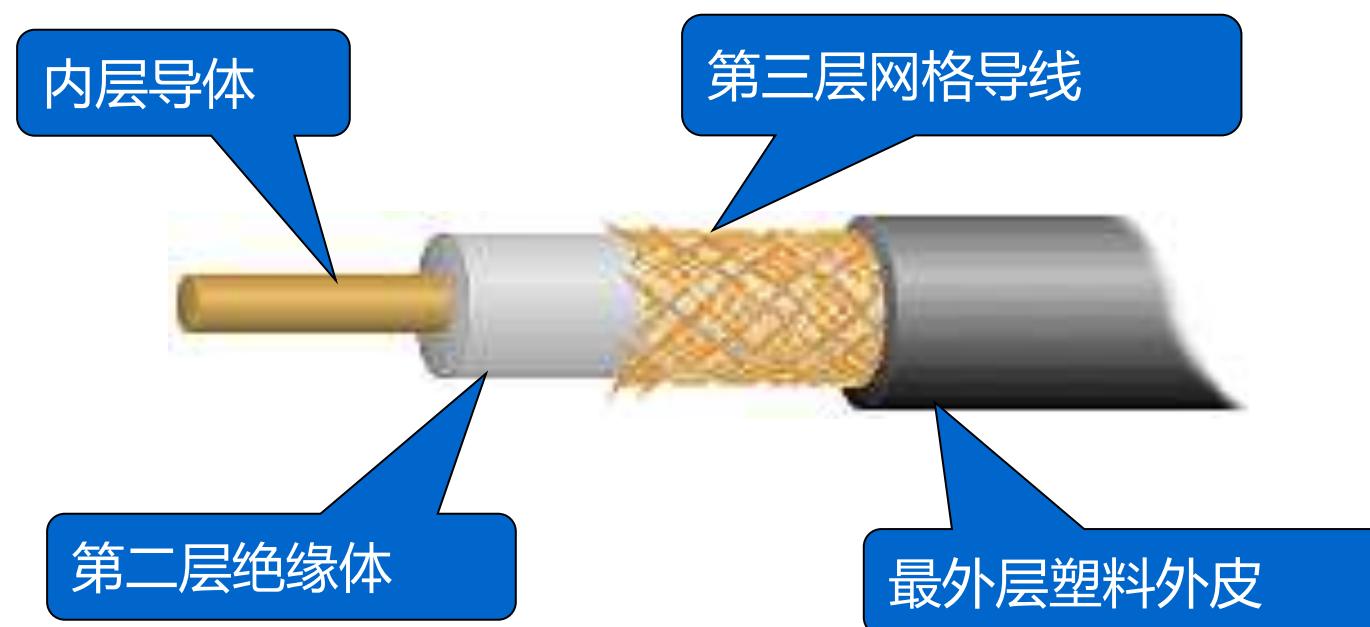
■ 传输速率 = lanes × bits per hertz × spectral bandwidth

# 同轴电缆

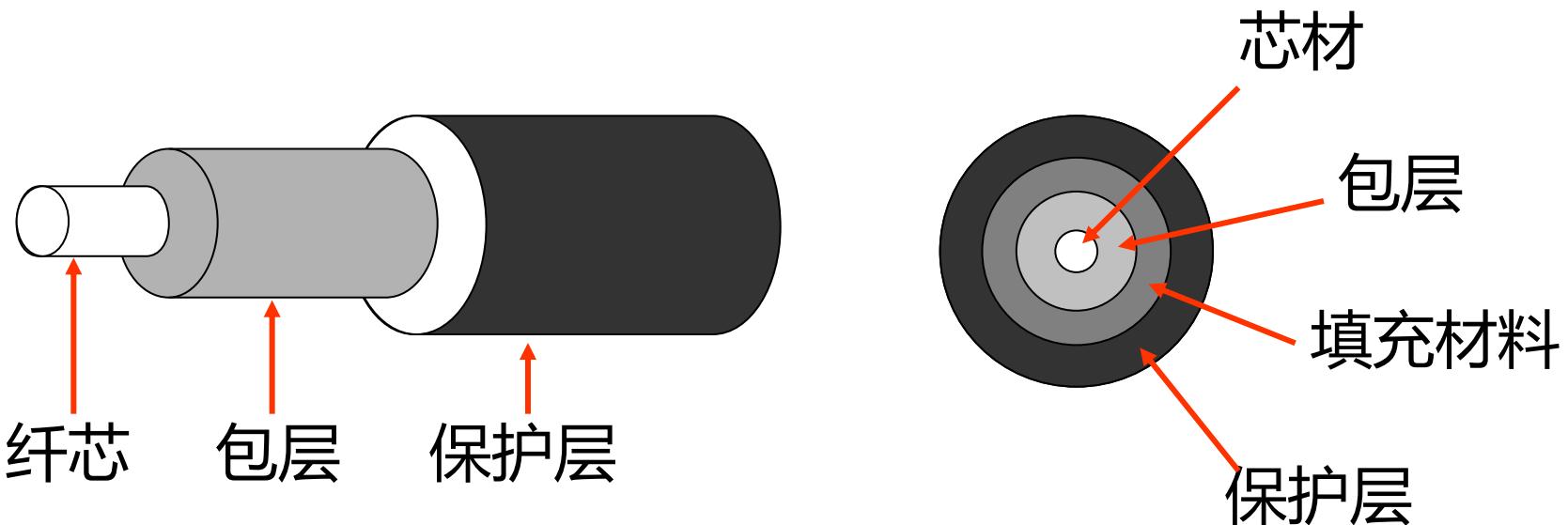
- 用于总线网络的拓扑结构

- 有两种类型：

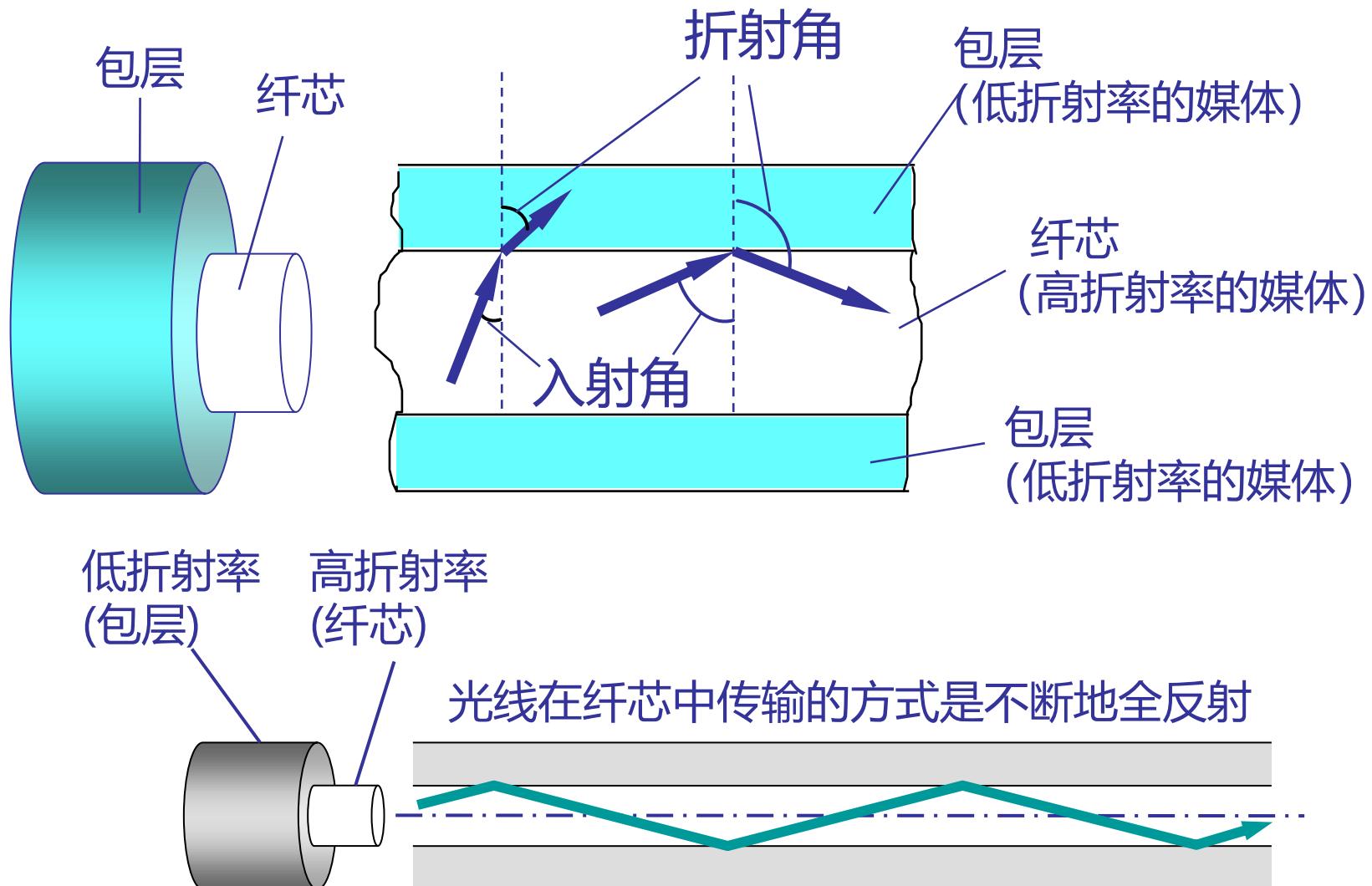
- 细缆(10Base2)
- 粗缆(10Base5)



# 光纤



# 光纤工作原理



# 光纤的特点

---

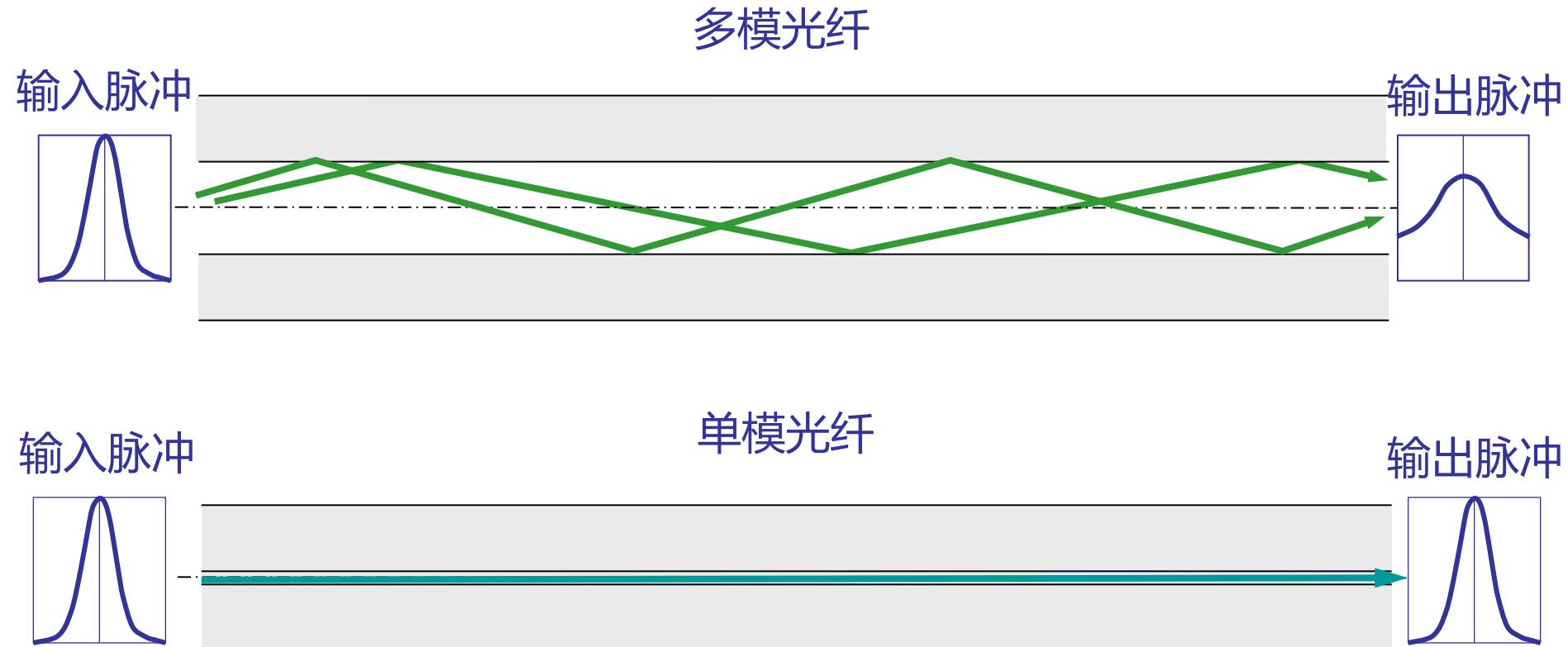
- 优点：抗干扰，传输速率高、距离长
- 缺点：价格贵，安装维护困难，费用高
- 规格：单模，多模
- 光缆组件
- 光电转换设备

# 光的模式

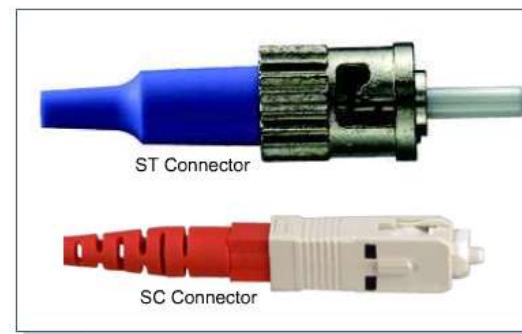
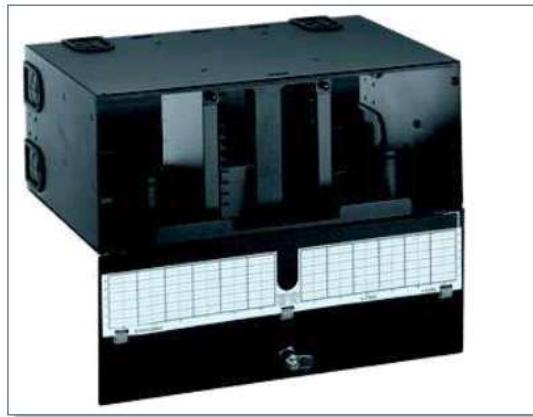
---

- 光学上把具有一定频率、一定的偏振状态和传播方向的光波称做光波的一种模式。
  - 只允许传输一个模式光波的光导纤维称为单模光导纤维
  - 允许同时传输多个模式光波的光导纤维称为多模光导纤维。
- 单模光纤芯径约在 $1 \sim 10\mu\text{m}$ 之间，在给定的工作波长上，只传输单一基模，适于大容量长距离通信系统。
- 多模光纤能传输多个模式的光波，芯径约在 $50 \sim 60\mu\text{m}$ 之间

# 多模光纤与单模光纤



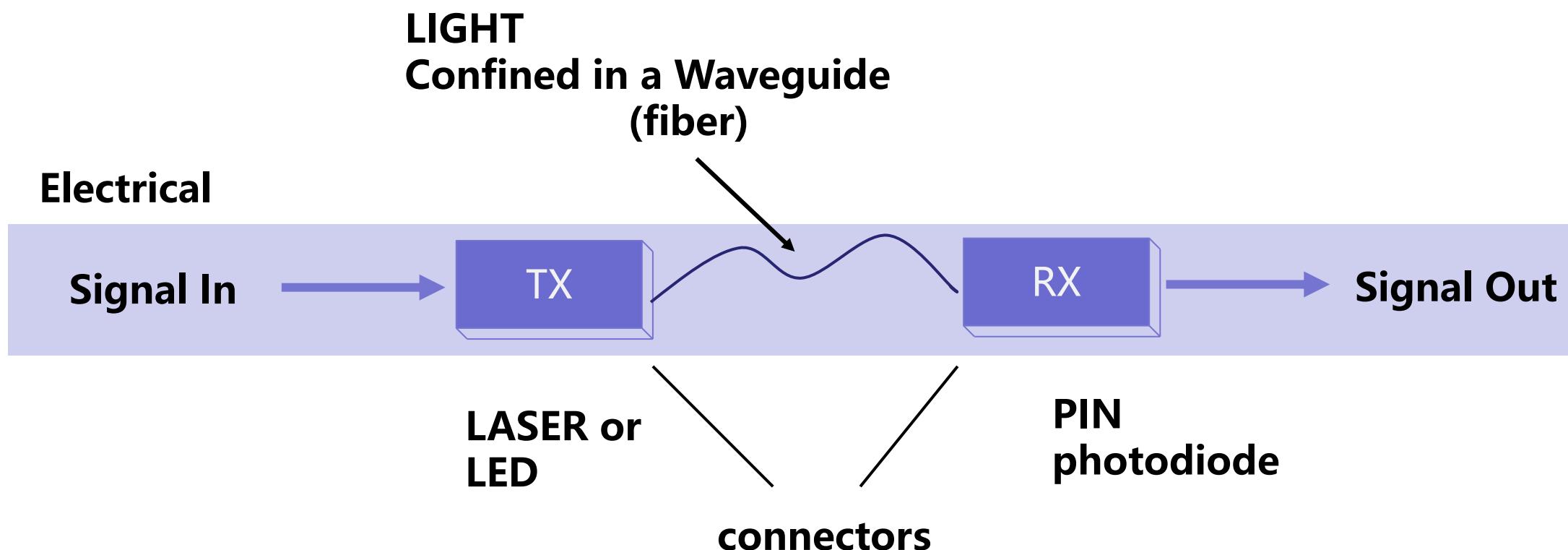
# 光缆组件



# 光电转换设备

- 设备必须与光纤匹配

- 传输：发光二极管(LED)或注入激光二极管(ILD)
- 接收：光敏元件或光敏二极管



# 无线传输介质

- 无线传播的主要信号：

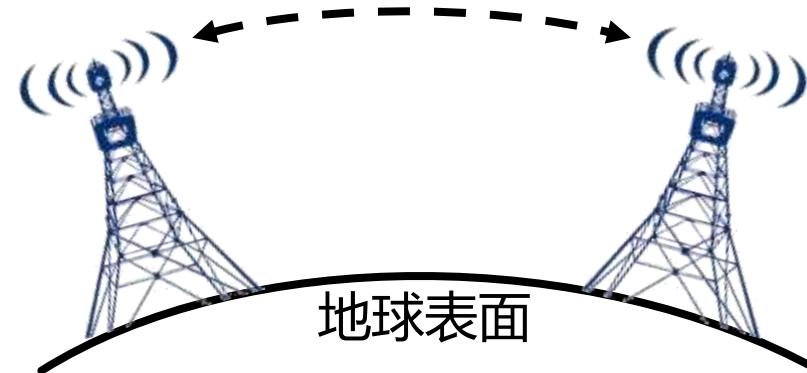
- 地面微波
- 卫星微波
- 红外线

- 无线传播的两种方法：

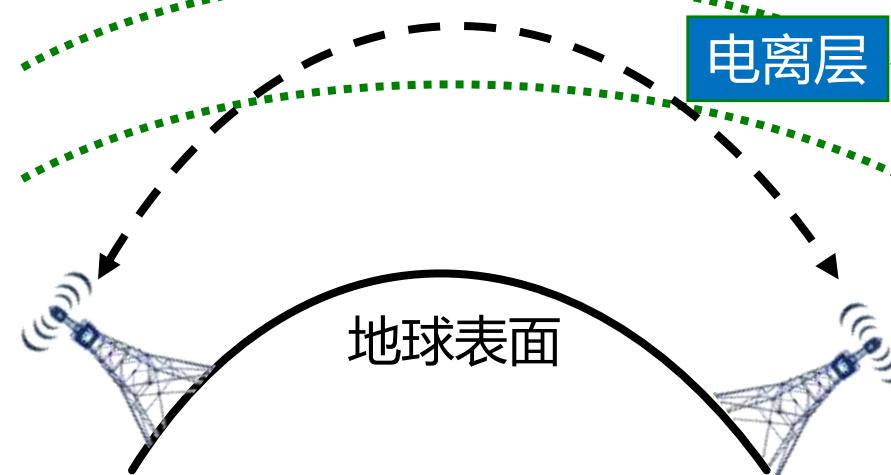
- 定向
- 全向

# 微波通信

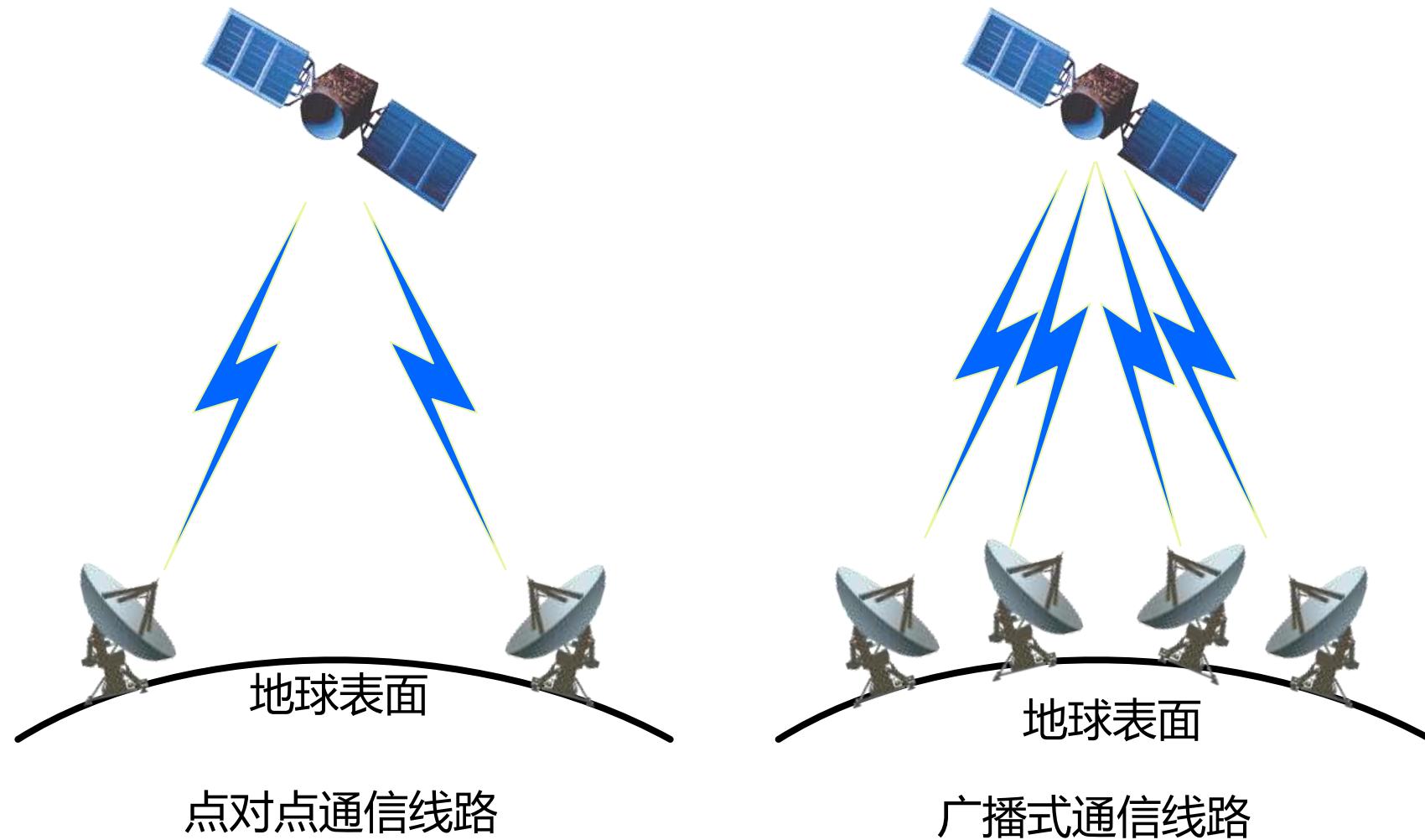
## ■ 视距传播



## ■ 电离层反射



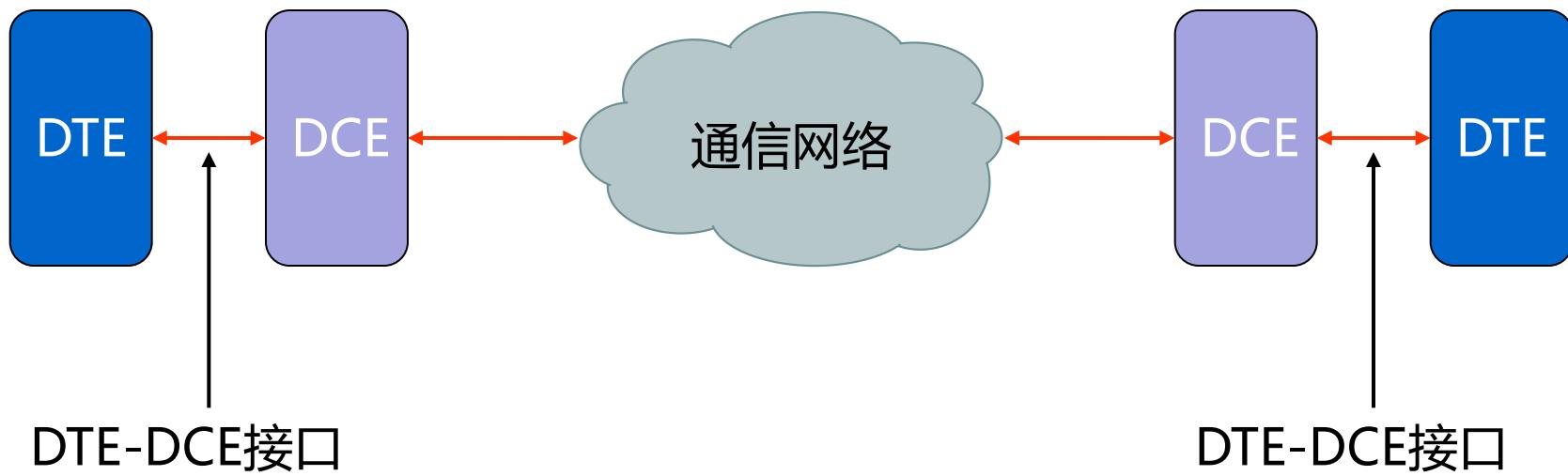
# 卫星通信



# WLan组件



### 3.3 物理层接口



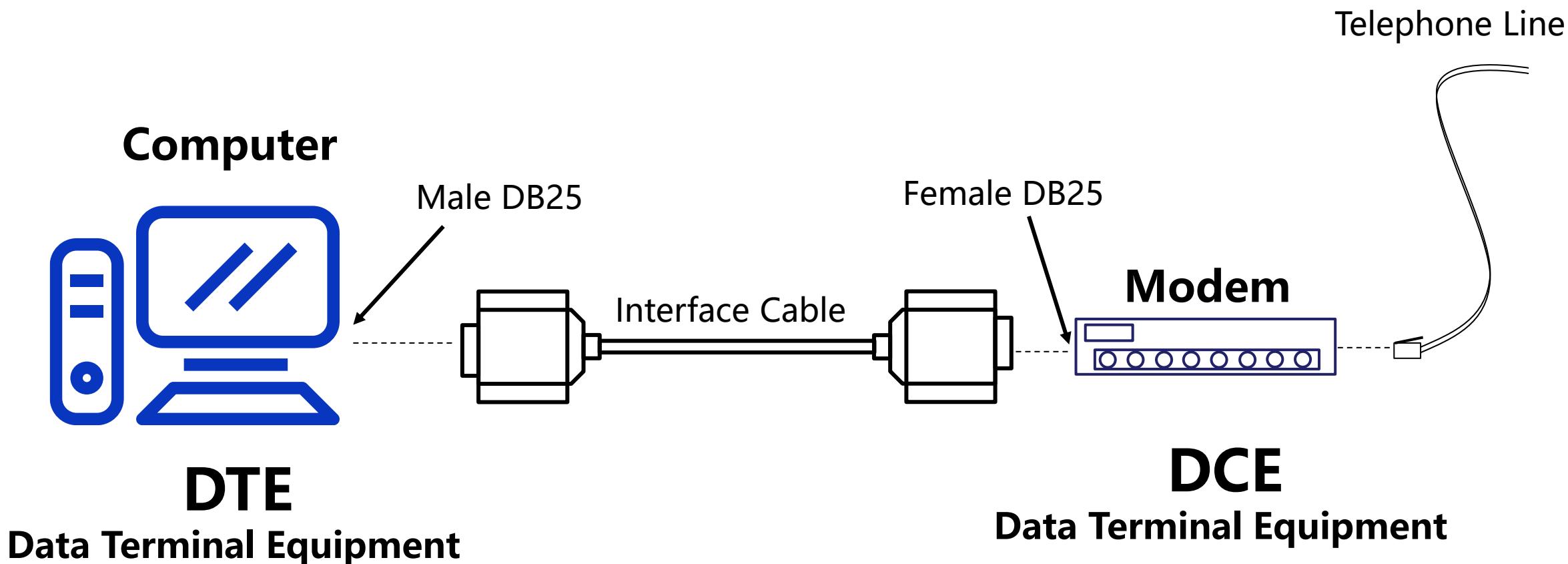
# DTE与DCE

---

- DTE(Data Terminal Equipment)是具有数据处理能力及发送和接收数据信息能力的设备。
- DCE(Data Circuit-Terminating Equipment)是能够通过网络发送和接收模拟或数字信号形式数据的设备。
- DTE一般不直接连接网络，它通过一台DCE通信，DTE和DCE的连接称为DTE—DCE接口。
- 在DTE—DCE接口上既有数据信息又有控制信息。
- 为了使各个计算机公司生产的DTE可以方便地和DCE相连，就必须对DTE—DCE接口进行标准化，这些标准就是我们通常所说的物理层协议。

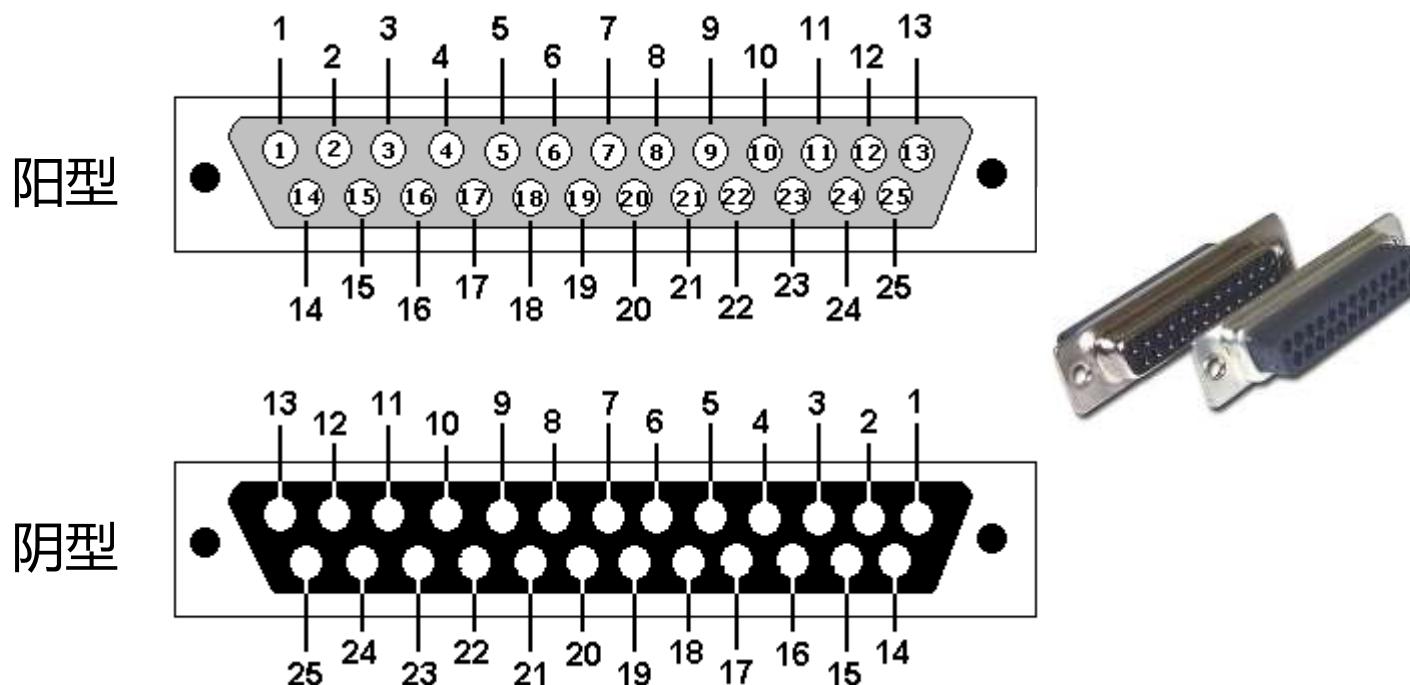
# EIA-232接口标准

- EIA-232接口标准是由电子工业协会(EIA)1962年制定的，早期称为RS-232标准



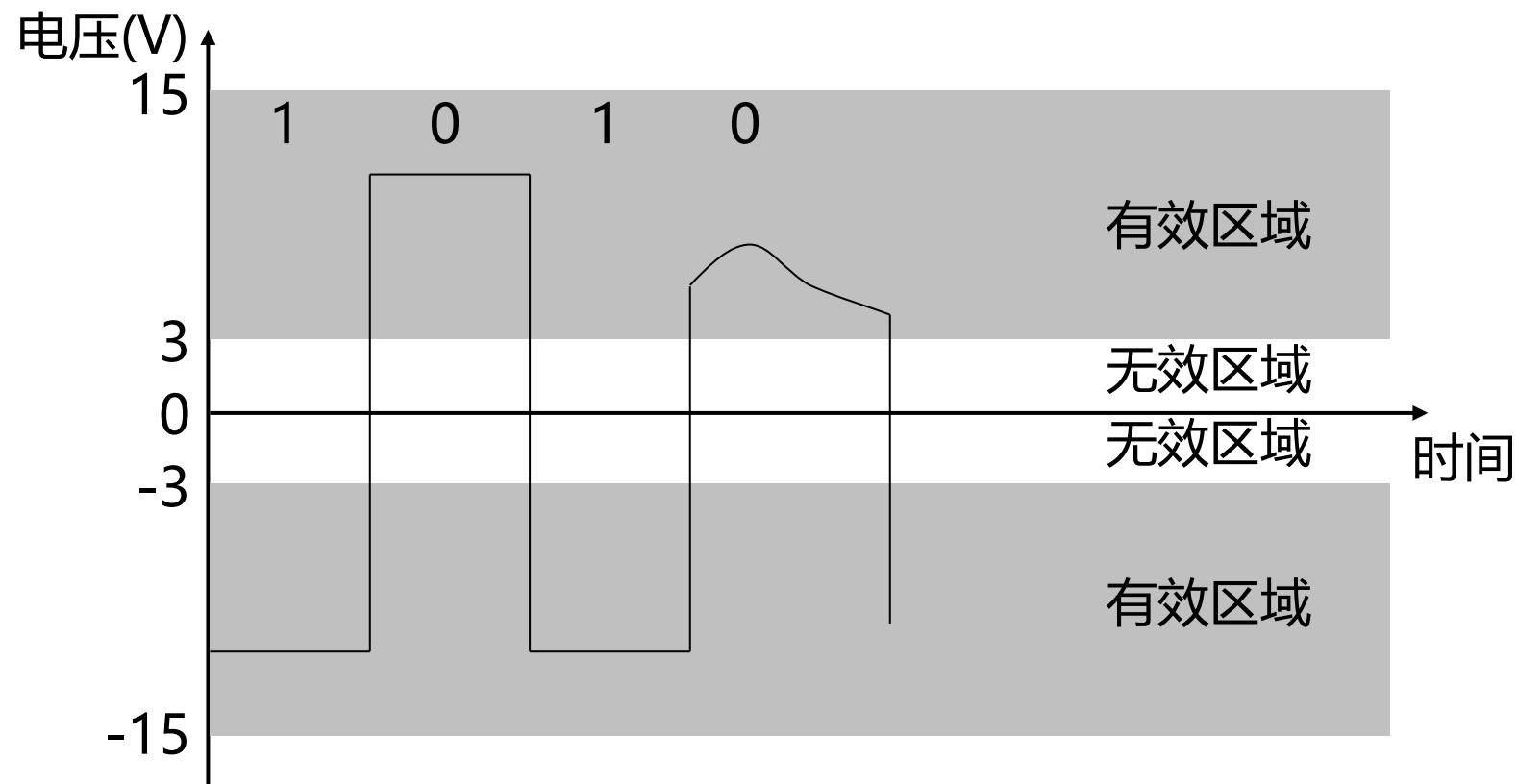
# 机械特性

- DB25连接器
- 数据-4，控制-11，定时-3，其它-7
- 电缆长度不能超过25米



# 电气特性(1)

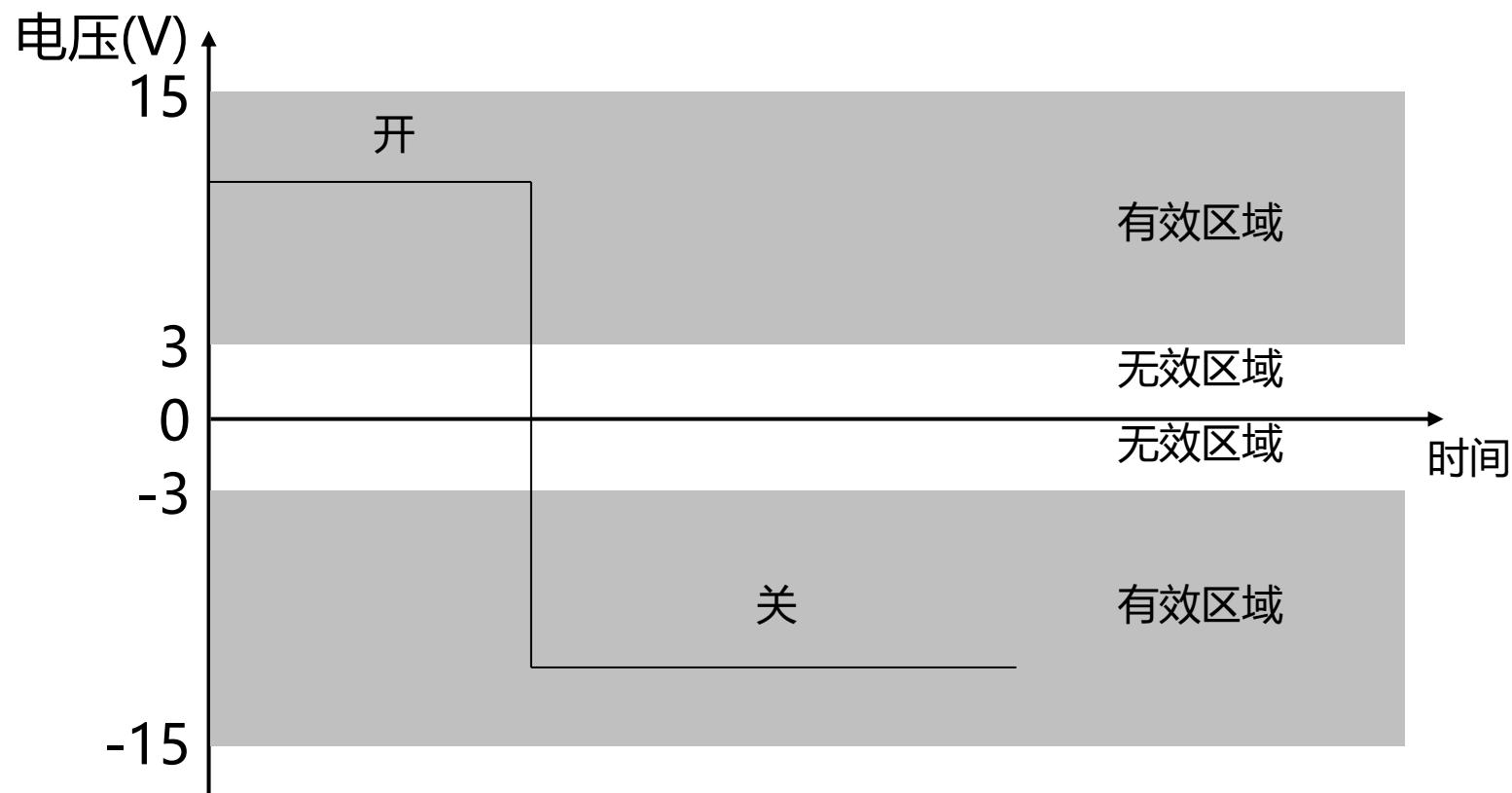
- 数据以逻辑0、1的形式传输。
- 数据信号采用非归零电平编码(NRZ-L)
  - 0对应正电平，1对应负电平。电压-15 ~ +15V



## 电气特性(2)

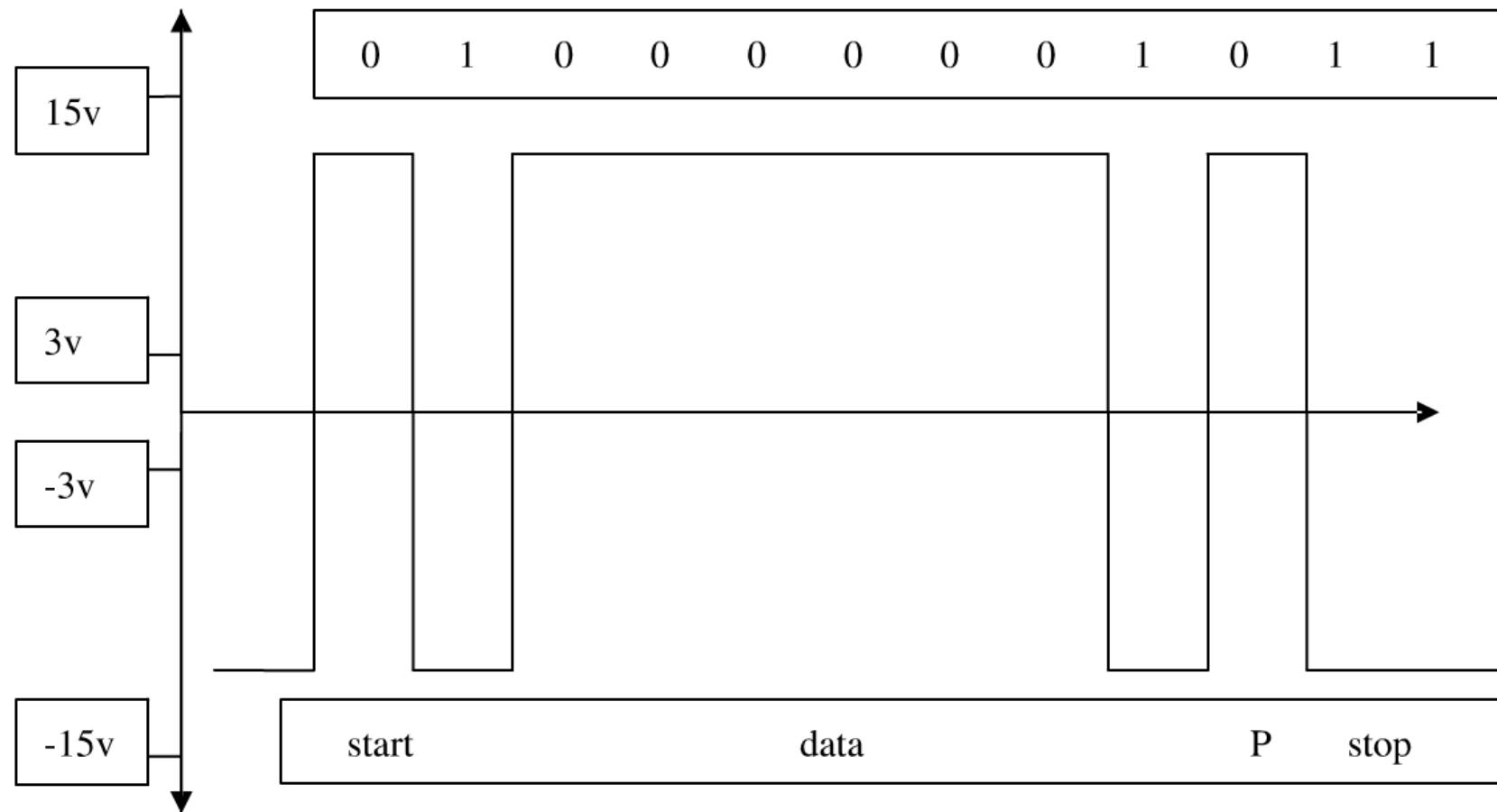
■ 控制信号的电气规范：电压-15 ~ +15V

- 正电平—开
- 负电平—关



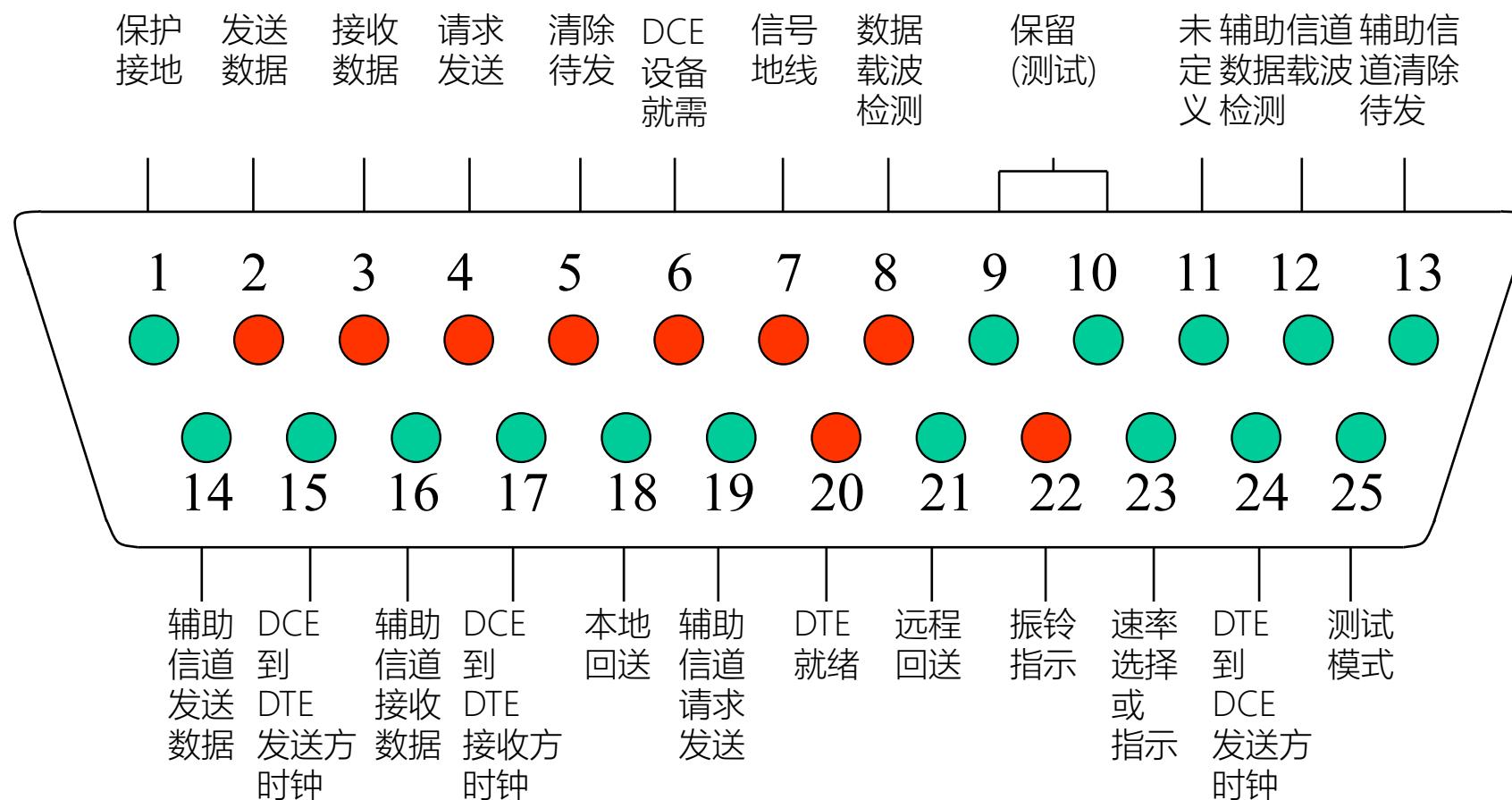
# RS-232异步串行传输

- 每个数据包含有7或8 bit数据位、1bit起始位，1bit停止位，1bit校验位



# 功能特性

- 2-TxD、3-RxD、4-RTS、5-CTS、6-DSR、7-SG、8-CD、20-DTR、22-RI



# EIA-232引脚功能(1)

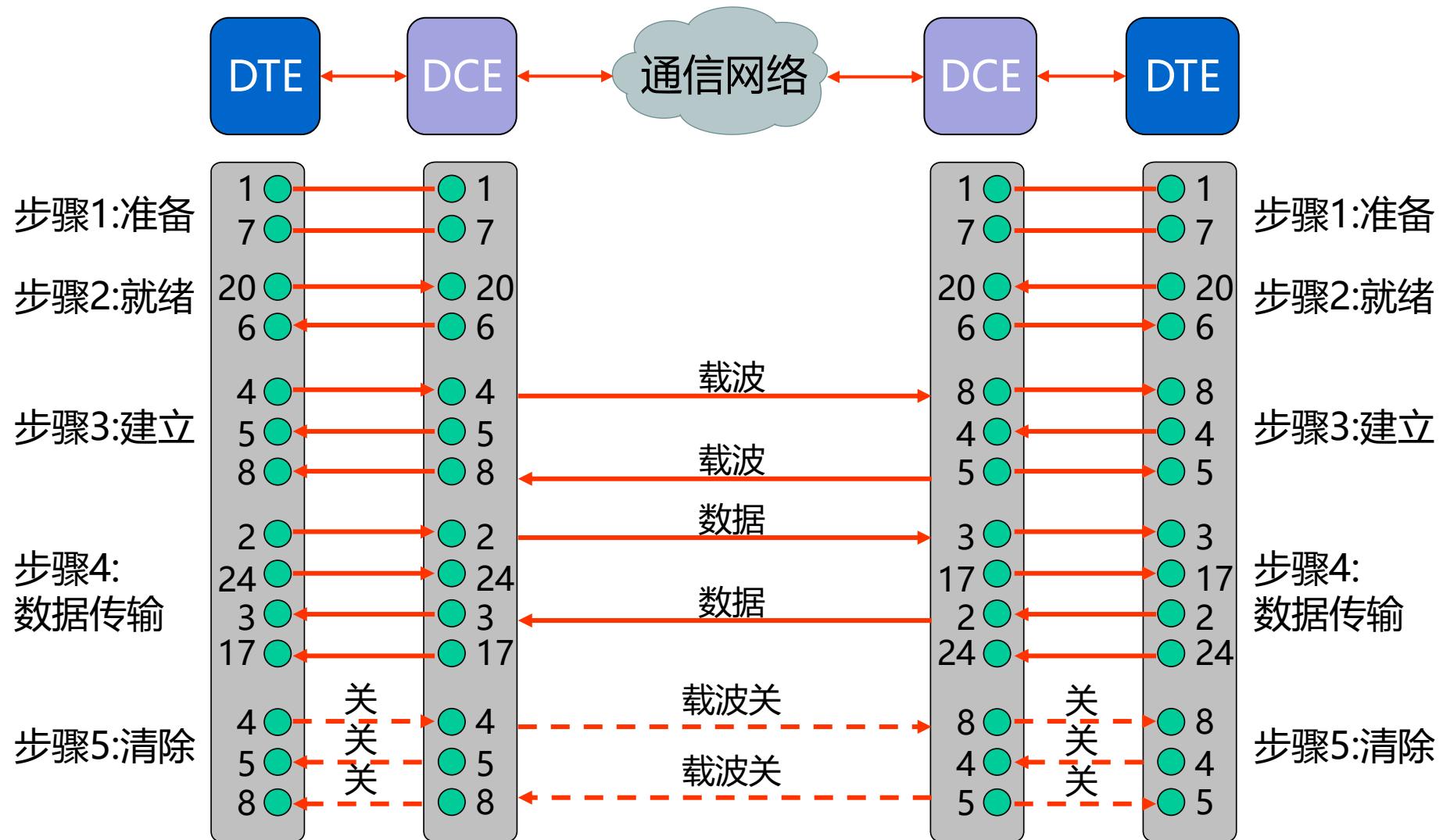
线路代号	连线号	信号方向	功能
AA	1		保护地。连接设备外壳或者地表。
AB	7		信号地。所有的信号电平以它为参考电平。
BA	2	DTE → DCE	发送数据(TD)。DTE在该线上传送数据给DCE。
BB	3	DCE → DTE	接收数据(RD)。DTE在该线上接收DCE传来的数据。
CA	4	DTE → DCE	请求发送(RTS)。DTE在发送数据之前使用该线路请求DCE的许可。
CB	5	DCE → DTE	清除待发送(CTS)。DCE使用该线路允许DTE发送数据。
CC	6	DCE → DTE	DCE准备好(DSR)。该线路上的信号表示DCE已经连上通信媒体，完成了操作准备。比如说，如果DCE是一台调制解调器，该线路就用来表示它是否在线。
CD	20	DTE → DCE	DTE准备好(DTR)。该线路上的信号表示DTE已经准备好进行发送和接收。他可用来给一台调制解调器发信号，告诉它什么时候连接通信信道。
CE	22	DCE → DTE	振铃指示。表示DCE从通信信道上收到一个振铃信号（比如调制解调器收到一个呼叫）。
CF	8	DCE → DTE	数据载波检测。表示DCE收到一个符合适当标准的载波信号。基本上，这表示DCE理解引入信号。

# EIA-232引脚功能(2)

线路代号	连线号	信号方向	功能
CH/CI	23	DCE→DTE 或 DTE→DCE	数据信号速率选择或指示。在DTE和DCE之间有两种信号速率可用时，该线路指明使用哪一种。
DA	24	DTE → DCE	DTE到DCE发送信号时钟。DCE用此时钟信号为信号的产生计时。
DB	15	DCE → DTE	DCE到DTE发送信号时钟。类似于DA，但这里是DCE为DTE的信号发送提供定时信号。
DD	17	DCE → DTE	DCE到DTE接收信号时钟。DCE为DTE的信号接收提供定时信号。
RL	21	DTE → DCE	远程回送。用于测试，指示DCE返回传输信号。
LL	18	DTE → DCE	本地回送。指示本地DCE返回传输信号。
SBA	14	DTE → DCE	辅助信道发送数据。和BA一样，但它使用辅助信道。
SBB	16	DCE → DTE	辅助信道接收数据。和BB一样，但它使用辅助信道。
SCA	19	DTE → DCE	辅助信道请求发送。和CA一样，但它使用辅助信道。
SCB	13	DCE → DTE	辅助信道清除待发送。和CB一样，但它使用辅助信道。
SCF	12	DCE → DTE	辅助信道数据载波检测。和CF一样，但它使用辅助信道。
TM	25	DCE → DTE	测试模式。表示DCE处于测试模式。

# 规程特性

- 描述232串行通信的规程，同步全双工



# EIA-232子集

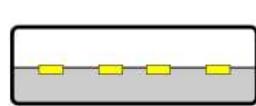
- 由于大多数用户并不需要EIA-232标准接口的所有功能。
  - 例如：在异步串行通信中，不需要同步时钟信号线。只需要2、3、4、5、6、7、8、20和22号信号线，共9针。计算机的串行口实际上就是EIA-232标准接口的一个子集。
- 很多实际的DTE—DCE接口只用到9针的连接器，这是EIA-232标准接口的一个子集。



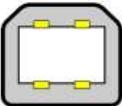
# USB (Universal Serial Bus)

标准	USB 1.0 1996	USB 2.0 2001	USB 2.0 Revised	USB 3.0 2011	USB 3.1 & 3.2 2014 & 2017
速率	187.5 kB/s <i>(Low Speed)</i>	60 MB/s	60 MB/s	625 MB/s <i>(SuperSpeed)</i>	1.25 GB/s
	1.5 MB/s <i>(Full Speed)</i>				2.5 GB/s <i>(SuperSpeed+)</i>

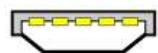
USB 1.0 - 2.0



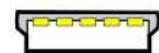
A



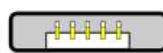
B



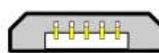
Mini-A



Mini-B

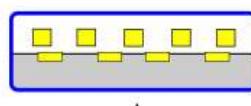


Micro-A

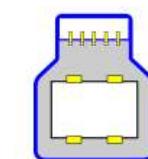


Micro-B

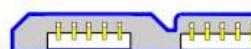
USB 3.0 - 3.1



A



B



Micro-B



C

# USB 2.0/3.0

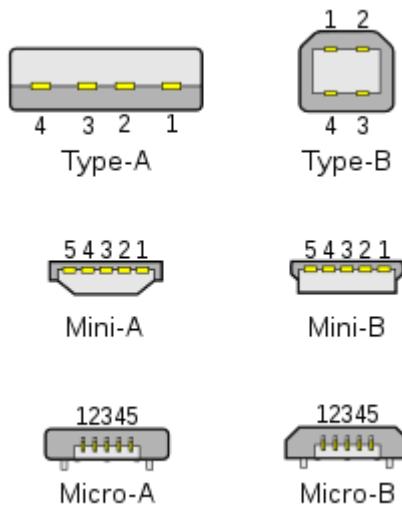
- USB 2.0:

- 2线用于供电(VBUS and GND)
- 2线用于差分信号传输

- USB 3.0:

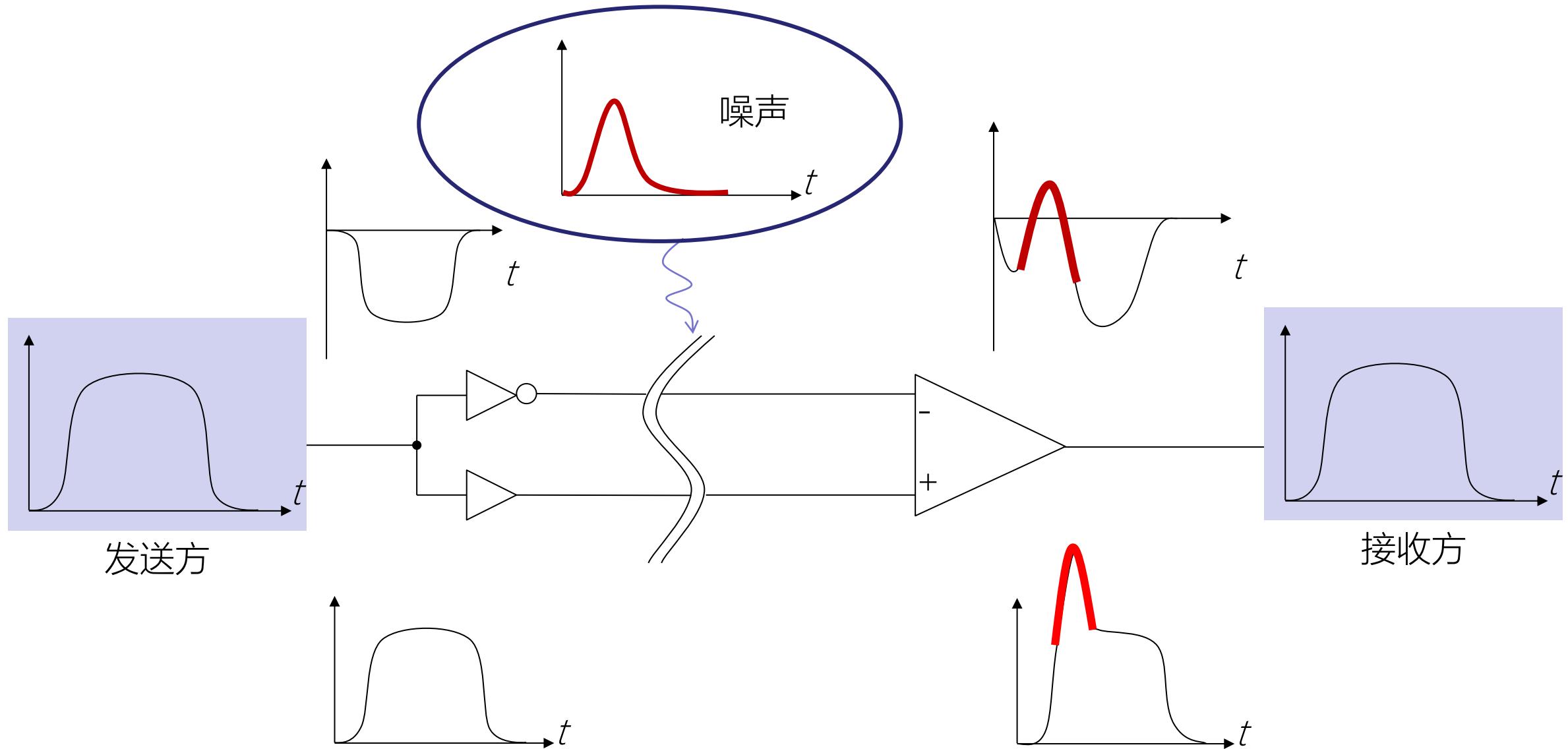
- 4线用于传输: SSTx+, SSTx-, SSRx+ and SSRx-
- 全双工数据传输

# USB 2.0 引脚

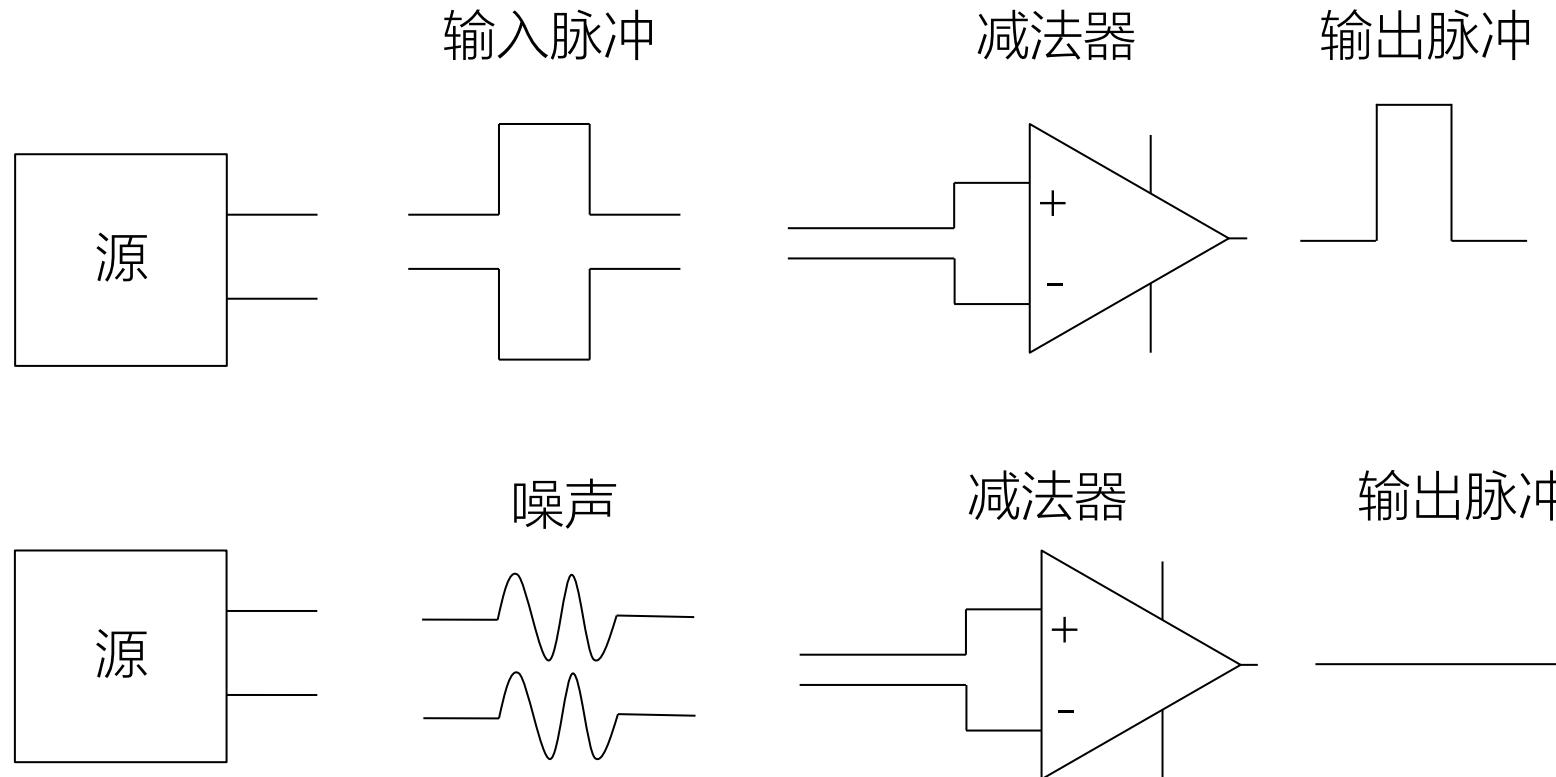


Type-A and -B pinout				
Pin	Name	Wire color		Description
1	V <sub>BUS</sub>	Red or	Orange	+5 V
2	D-	White or	Gold	Data-
3	D+	Green		Data+
4	GND	Black or	Blue	Ground

# 差分信号(Differential signaling)



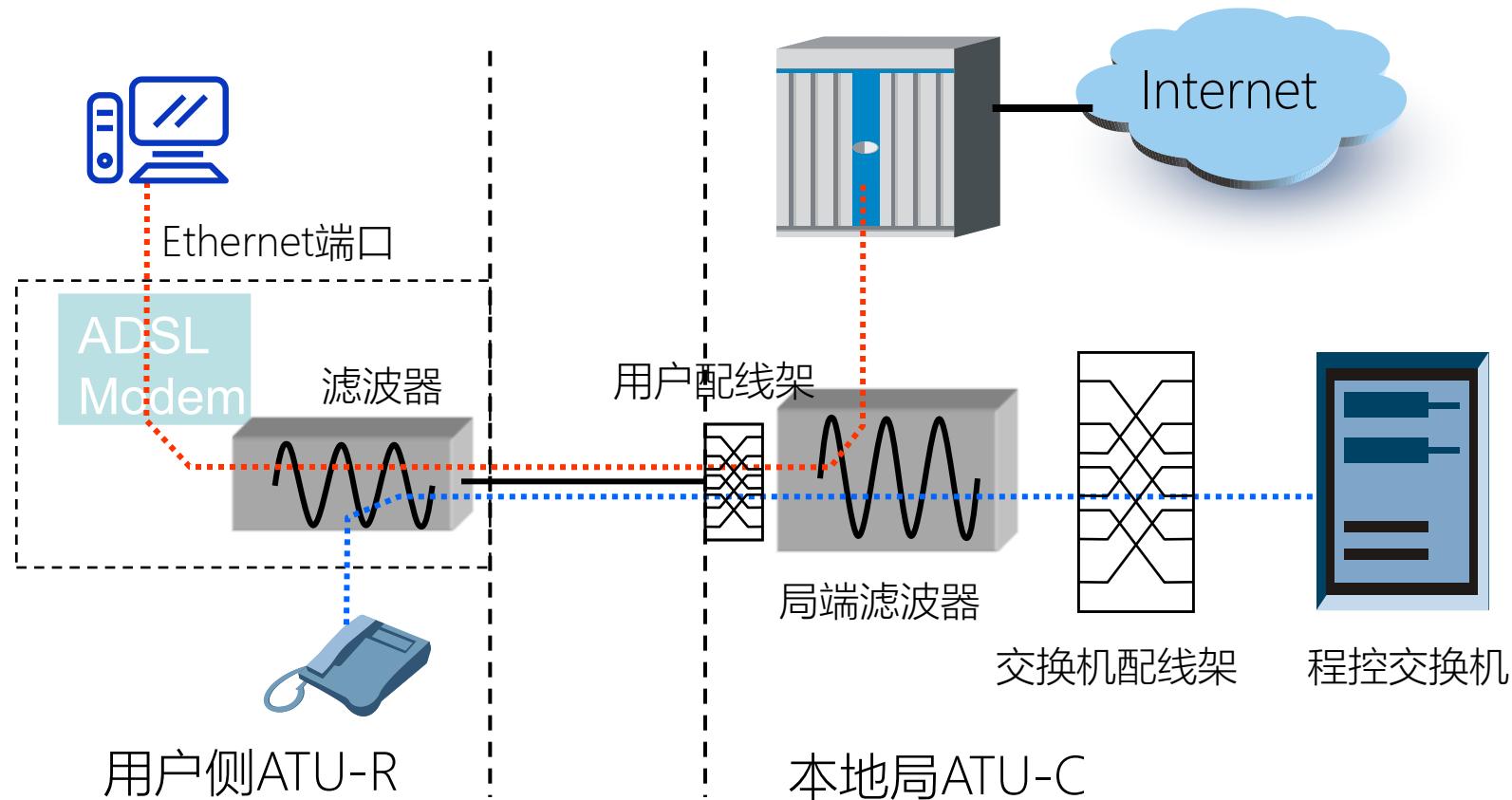
# 差分信号



# 数字用户线路

- DSL: Digital Subscriber Line
- 常规电话线路本地局端的滤波器将带宽限制为4kHz。
- 3类UTP的带宽远远大于4kHz
  - 如果局端滤波器的限制策略为按需可调，则增加的带宽可用于宽带服务
- 不同类型xDSL
  - ASDL: 上行64k~1Mbps, 下行1~8Mbps
  - VDSL:
  - HDSL:
  - SDSL:

# ADSL接入模型



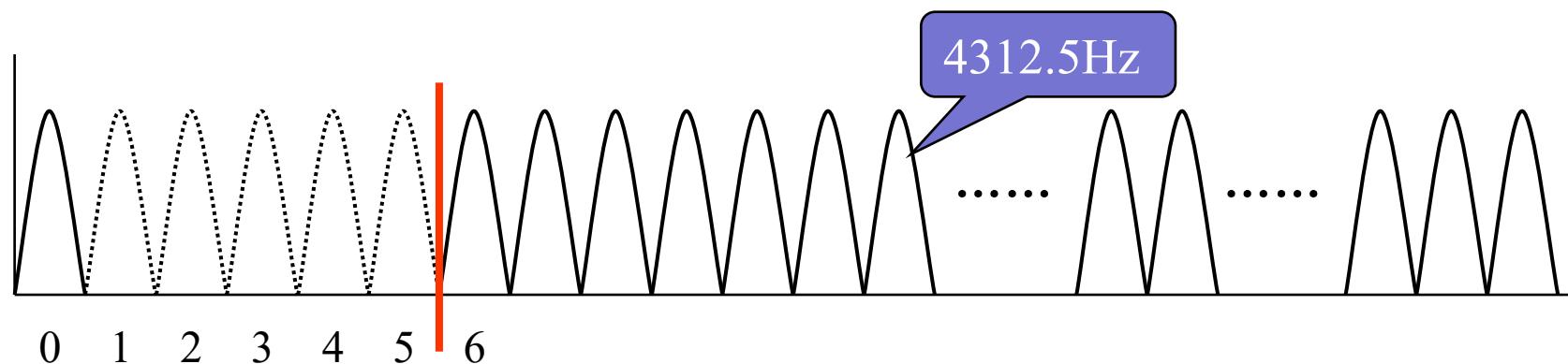
ATU-C: ADSL Transmission Unit - Central

ATU-R: ADSL Transmission Unit – Remote

DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer

# 离散多音调调制

- DMT: Discrete MultiTone modulation
- 将本地可用带宽 (约1.1MHz) 分成256个4312.5Hz的独立信道
  - 信道0: 传统电话
  - 信道1~5: 保留
  - 信道6~256: 1个上行控制, 1个下行控制, 其它用于数据传输



# 常用的ADSL带宽分配

- 一般情况：80~90%的信道分配给下行，10~20%分配给上行

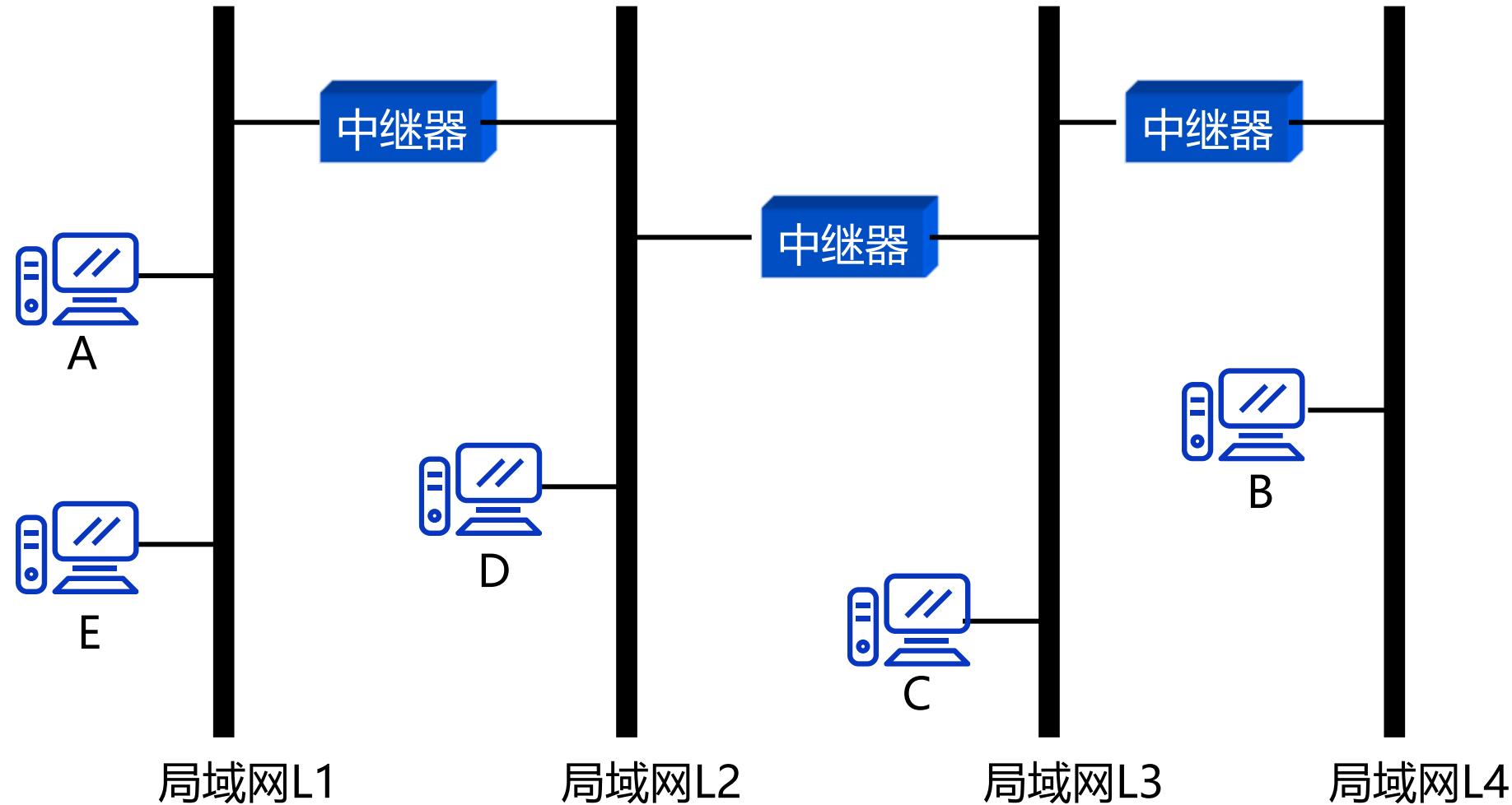
语音	4k	4k	4k	.....	4k
上行	64k	256k	512k	.....	1M
下行	512k	1M	2M	.....	8M

## 3.4 物理层互联设备

- 物理层的网络设备：中继器、集线器
- 中继器作用于信号的电气部分
  - 重新产生信号，可以扩展局域网所覆盖的地理范围
- 对网络的要求：
  - 所连接的局域网具有相同的物理层和媒体访问控制协议



# 用中继器连接局域网



# 使用中继器的问题

---

- 性能
  - 有更多的站点访问媒体，会导致更多的流量，从而导致局域网性能的下降。
- 安全性
  - 更多的站点访问同一媒体，安全保障更加困难。

## 3.5 本章总结

---

- 物理层是分层体系结构中的最底层
- 为设备之间的数据通信提供一下服务
  - 传输介质及互连设备，
  - 尽可能地为上层提供透明服务
  - 为数据传输提供可靠的环境
- 规定了机械、电气、功能、规程4个特性
- 常用的传输介质
  - 两大类：导向性传输介质、非导向性传输介质
  - 双绞线、同轴电缆、光缆、短波、微波、可见光等
- 常用的互连设备
  - 中继器、集线器