

网络应用技术

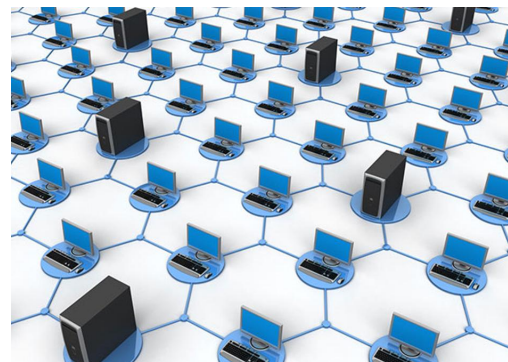


第1讲：以太网基础

许成刚

本章教学计划

- 掌握数据包在网络通信中的封装与解封装
- 了解以太网的基本特点与发展
- 理解以太网拓扑结构从总线型到星型的变化
- 理解以太网集线器和交换机的工作特点
- 了解以太网常用传输介质（双绞线、光纤）
- 理解MAC地址和IP地址在网络通信过程中的不同作用



一、再谈网络体系结构



1.再谈网络体系结构

□ 网络是分层的

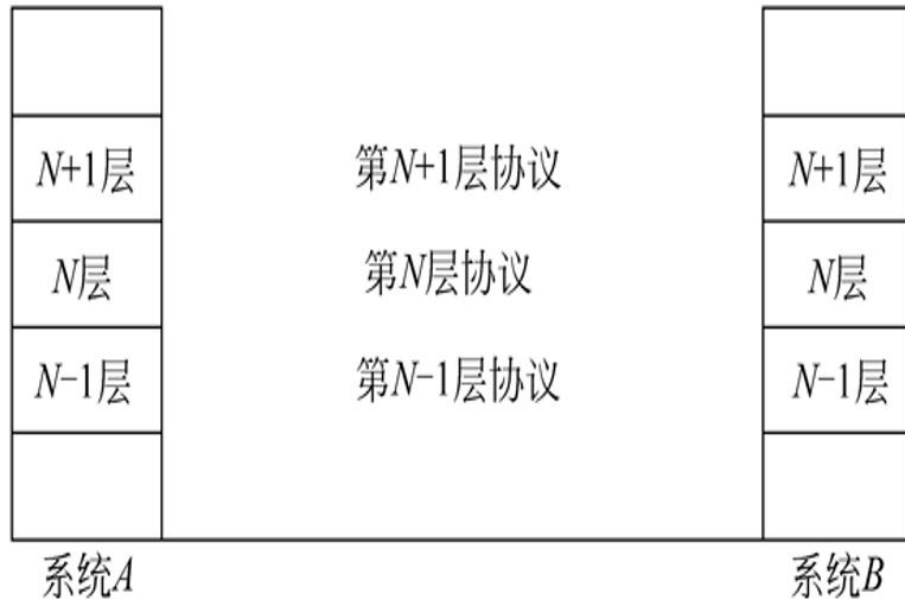
- 整个网络通信的过程是十分复杂的，可以推知，作为计算机网络通信理论基础的协议，必定也是一个庞大复杂的体系。如果只把网络通信当作一个整体来对待，那么理解、研究这个处理过程会特别困难。
- **解决方法：**就是把整个网络通信过程设计成一个**分层模型**。
- “分层”可以把庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题，更有利于网络通信过程的研究和实现。



1.再谈网络体系结构

□ 网络分层设计的应用

- 分层的体系结构将庞大复杂的网络协议分成不同的层次，每层功能不同。
- 由于有了网络体系结构的规范，网络开发人员就可以根据协议设计每一层的软件程序或是硬件设备。



1.再谈网络体系结构

□ OSI网络参考模型

- 为了实现不同厂家生产的计算机系统之间以及不同网络之间的数据通信,就必须遵循相同的网络体系结构模型,否则异种计算机就无法连接成网络。
- 1984年, 国际标准化组织 (ISO) 提出了开放系统互连模型 (open system interconnection reference model), 简称OSI/RM。

1.再谈网络体系结构

□ OSI网络参考模型

■ OSI的七层网络模型

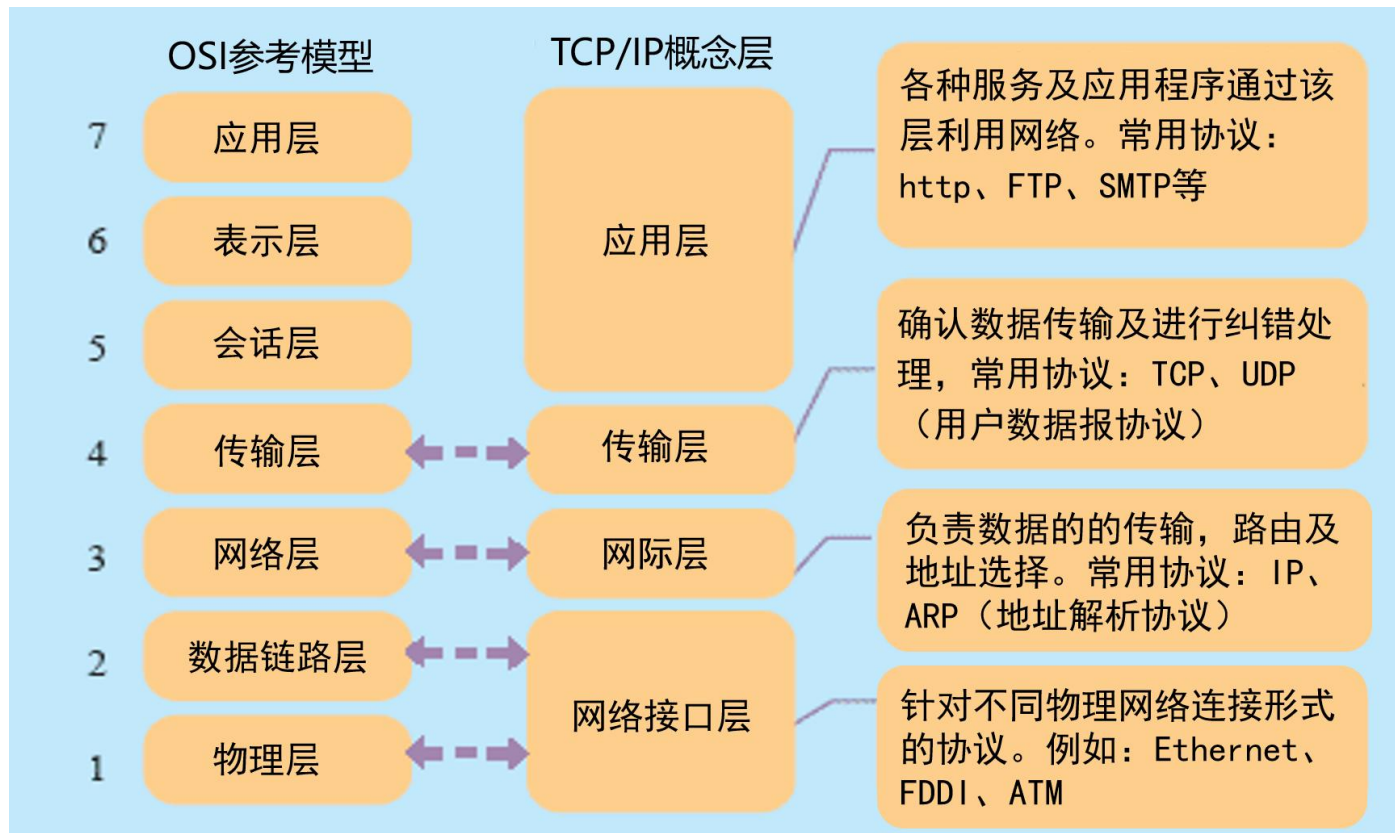
- 应用层：为网络应用提供服务
- 表示层：数据表示，格式转换
- 会话层：在用户间建立会话关系
- 传输层：提供可靠的端到端服务
- 网络层：统一寻址方式，实现不同网络间的分组交换
- 数据链路层：通过点到点或广播信道传送帧
- 物理层：实现比特流的传输

1.再谈网络体系结构

□ TCP/IP

- 现代互联网（Internet）的前身，是美国的ARPAnet（阿帕网）；
- 20世纪70年代，当时的ARPA为了实现不同网络间的互连，大力资助网间网技术的开发与研究。
- 1973年9月，美国斯坦福大学的文顿. 瑟夫与卡恩提出了TCP/IP协议。1983年，ARPANET全部转换成了TCP/IP协议。目前，TCP/IP是互联网（Internet）事实上的标准协议。
- TCP/IP是一个协议族，其中TCP（传输控制协议）和IP（网际协议）是两个重要的协议。TCP/IP是目前被广泛使用的网络协议，几乎所有的厂商和操作系统都支持它。

1.再谈网络体系结构



TCP/IP与OSI对比

1.再谈网络体系结构

□ TCP/IP

■ 引申理解：TCP/IP的网络接口层

- 实际上TCP/IP协议体系没有真正描述这一层的实现，只是要求能够提供给其上层——网际层（又叫网络互连层）一个访问接口，它负责通过网络发送和接收IP数据报。由于这一层次未被定义，所以其具体的实现方法将随着具体网络类型的不同而不同。
- TCP/IP **允许主机连入网络时使用多种现成的协议**，例如局域网协议或其他一些协议。在该层中包括各种物理网协议，例如以太网协议（或IEEE 802.3）、局域网Token Ring 的 IEEE 802.5、分组交换网的X.25等。

1.再谈网络体系结构

应用层	HTTP FTP TELNET SMTP	DNS RIP DHCP
运输层	TCP	UDP
网络层	IGMP ICMP IP ARP	
网络接口层	以太网 令牌环网 帧中继	

TCP/IP的层次协议族

二、数据包的封装与解封装

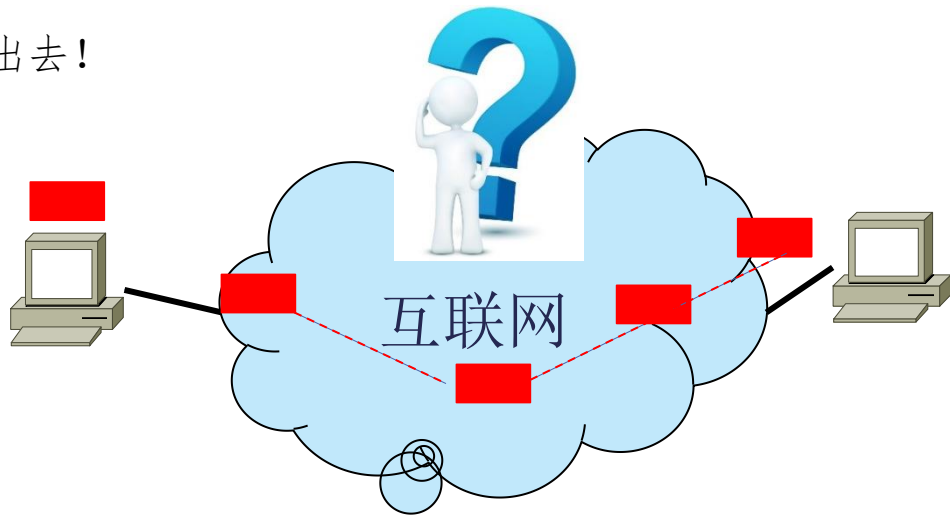
—— 数据在网络中的传送方式.



数据包的封装与解封装

□ 思考：网络通信过程中的问题

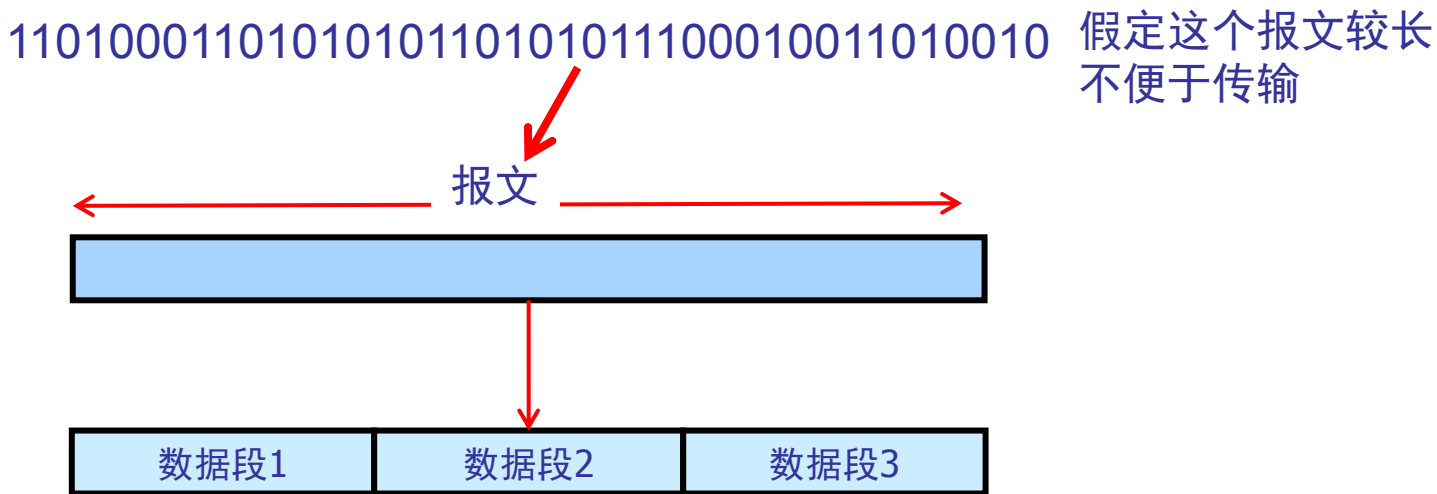
- 中途“丢信”，怎么办？
- “信”太长，一直占用“线路”，怎么办？
- 互联网的做法：
 - 把“信”拆分开，然后再发送出去！
 - 即分组转发



数据包的封装与解封装

□ 分组转发——把“信”拆开

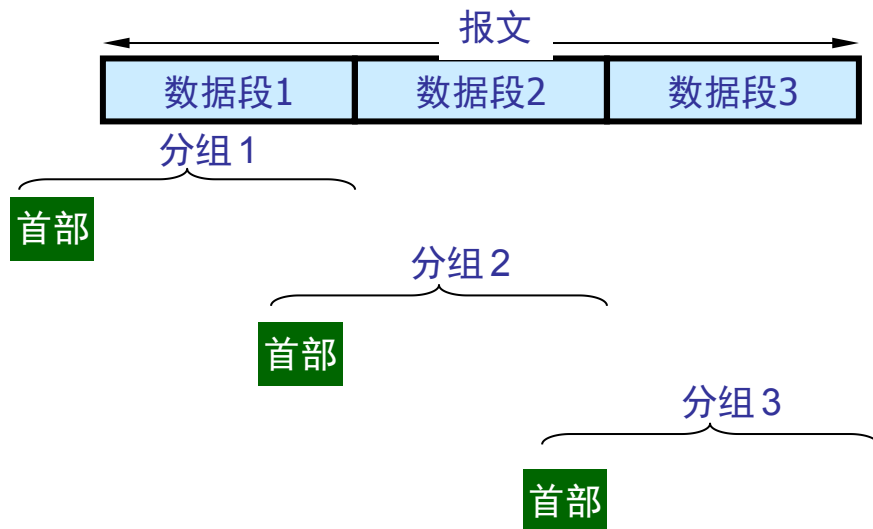
- 在发送端，先把较长的报文划分成较短的、固定长度的数据段。



数据包的封装与解封装

□ 分组转发 —— 形成“分组”

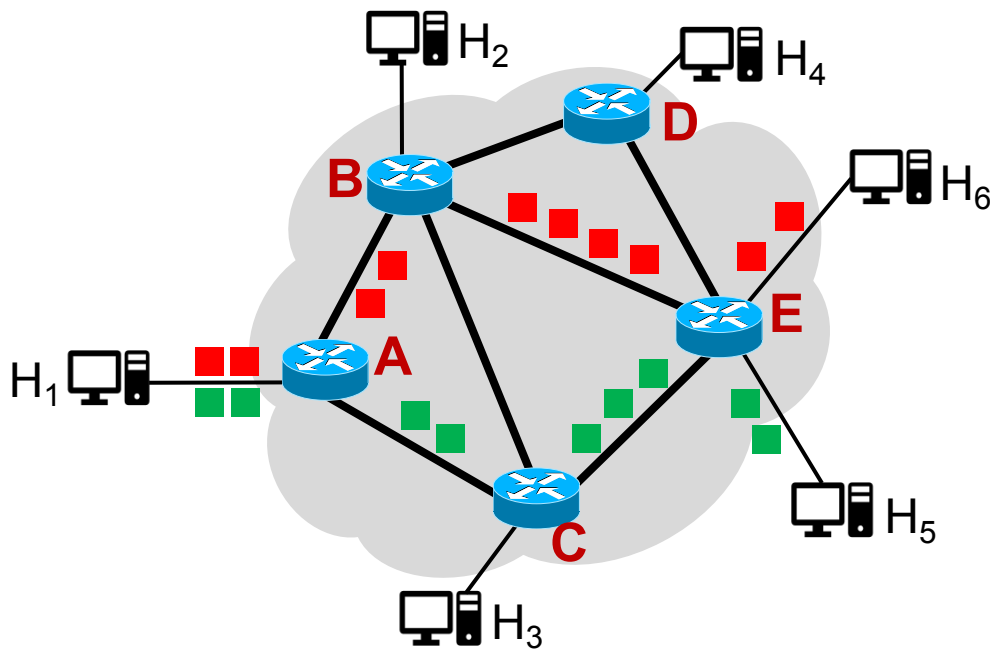
- 每一个数据段前面添加上包含地址等信息的首部构成一个数据分组



数据包的封装与解封装

□ 分组转发 —— 路由器转发“分组”

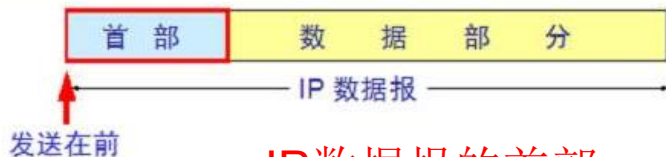
- 网络中的路由器接收分组，并根据路由表进行转发；
- 通常是发给下一个路由器，这样一个一个接力转发下去，直至到达目的地；



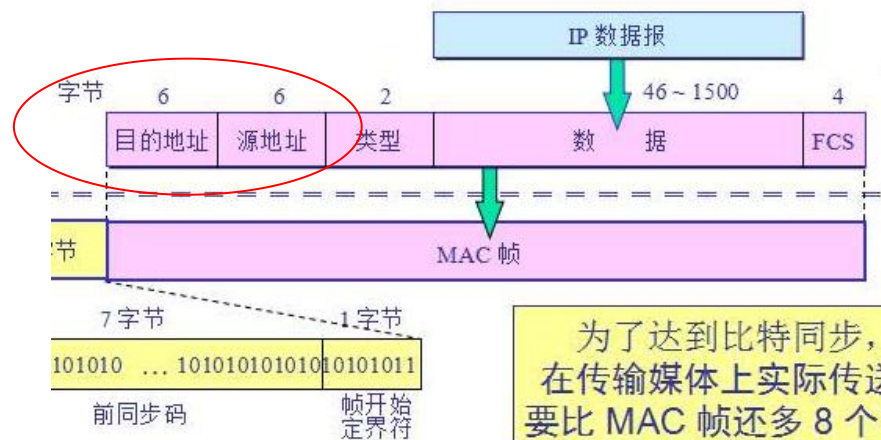
数据包的封装与解封装

□ 分组转发 —— “首部”的重要性

- 由于分组的首部中，包含了目的地址和源地址等控制信息，使得每个分组能够在网络中独立的选择传输路径，并被正确的交付到终点。



IP数据报的首部



为了达到比特同步，在传输媒体上实际传送要比 MAC 帧还多 8 个字节

帧的首部

数据包的封装与解封装

□ 数据包在网络传递过程中的 —— 封装 / 解封装

■ 根据网络协议，在网络每一层上的数据单元，又被称作“协议数据单元”，简称为PDU，每一层的PDU有其专有叫法，例如比特、帧、分组、报文段。

■ 在发送方主机

- 应用程序数据从上往下，经过应用层、传输层、网络层，到达数据链路层，在每一层，由该层协议添加相应的首部后，成为本层的PDU，例如传输层报文段到达网络层，添加首部后，成为“分组（packet）”；分组到达数据链路层，添加首部和尾部（FCS），成为帧；帧到达物理层，以比特流形式发送出去。
- 在发送方主机上，要发送的数据从上往下，每到达一层就要添加该层的首部，这个过程称为“封装”。

数据包的封装与解封装

□ 数据在网络传递过程中的 —— 封装 / 解封装

■ 在接收方主机：

- **物理层**：接收方主机收到比特流，然后向上提交给数据链路层。
- **数据链路层**：读取帧的尾部，完成帧校验（例如CRC），判断帧是否存在比特错误。读取帧的首部，根据其中的目的MAC地址，判断是否是发给自己的。若否则丢弃，若是则剥去帧首部和尾部，将其中的数据部分（即分组）向上提交给网络层。
- **网络层**：读取分组的首部中的信息，例如根据目的IP地址判断是否发给自己、根据片偏移值判断该分组所属的分片情况等。若是发给自己的，则剥去首部并将其中的数据部分向上提交给传输层。

数据包的封装与解封装

□ 数据在网络传递过程中的 —— 封装 / 解封装

■ 在接收方主机：

- **运输层**：以TCP报文为例，运输层分析TCP报文首部中的“序号”等字段，利用滑动窗口协议实现可靠传输，根据“目的端口”字段，将报文发给应用层相应的应用进程。运输层剥去报文首部后，将数据内容提交给应用层。
- **应用层**：调取相应的应用进程对报文内容进行处理。

数据包的封装与解封装

□ 数据在网络传递过程中的 —— 封装 / 解封装

■ 接收方主机的处理特点

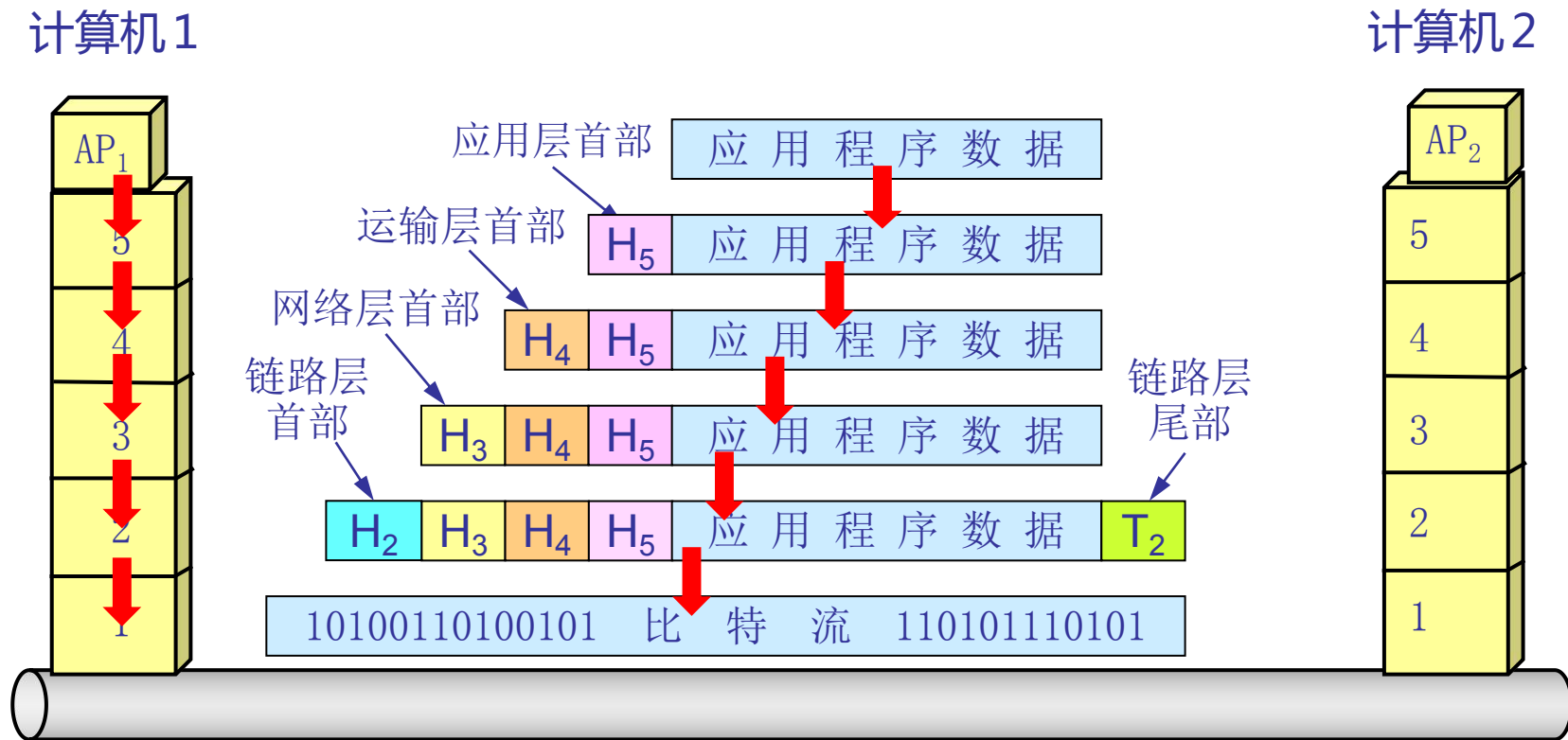
- 每一层的协议能处理的是对方“同层”添加的首部，即实现“同层之间的通信”。例如，接收方的链路层协议只能读取（理解）所收到帧的首部信息，而不能理解（也不需要理解）帧中的数据部分的含义，只需要将其提交给上层（网络层）即可。
- 在接收方主机中，从下向上，每一层都要“剥去”本层PDU的首部（链路层含尾部），然后向上层提交，这个动作被称为“解封装”。

数据包的封装与解封装

◆动画演示

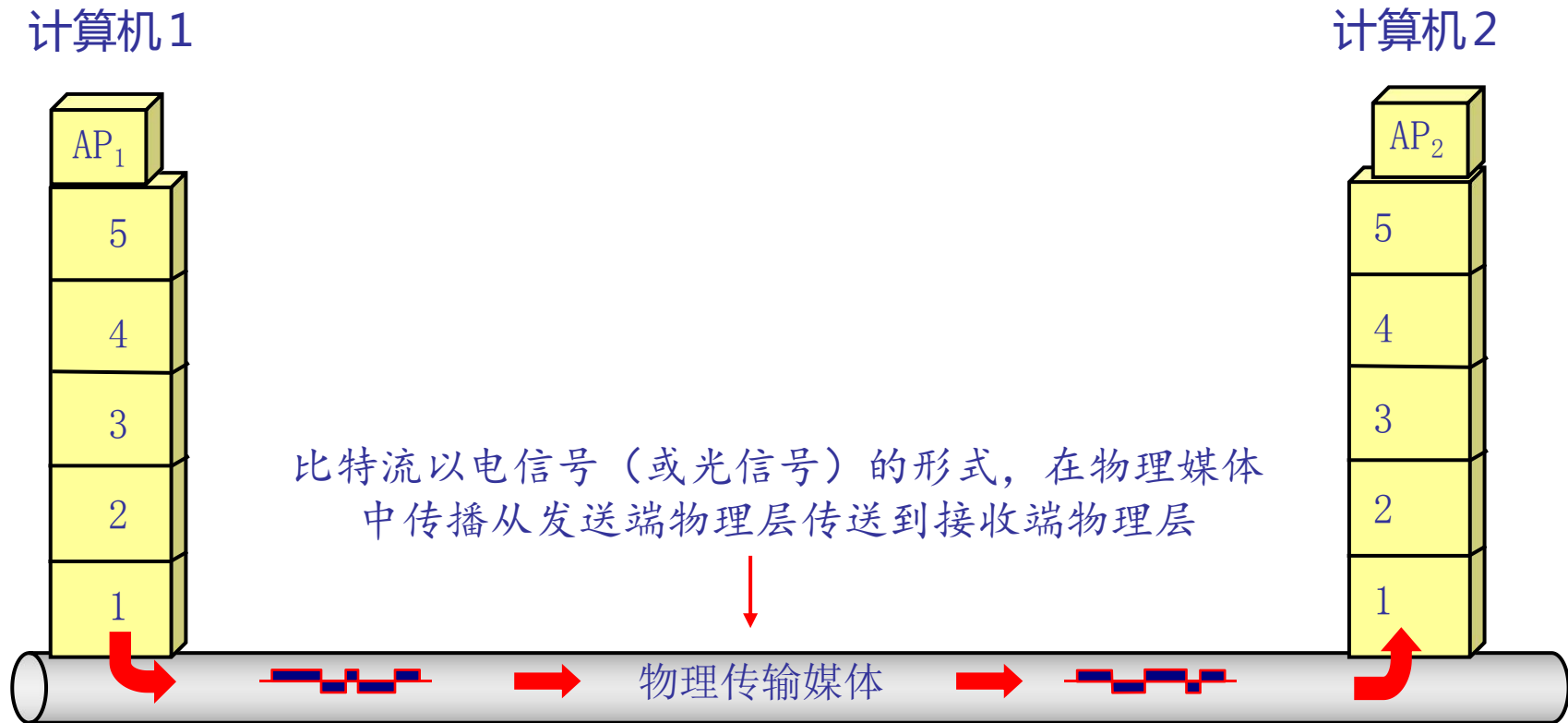
计算机1向计算机2发送数据的过程中，报文首部的变化
(以5层模型为例)

◆ 动画演示：（1）发送方的“封装”过程

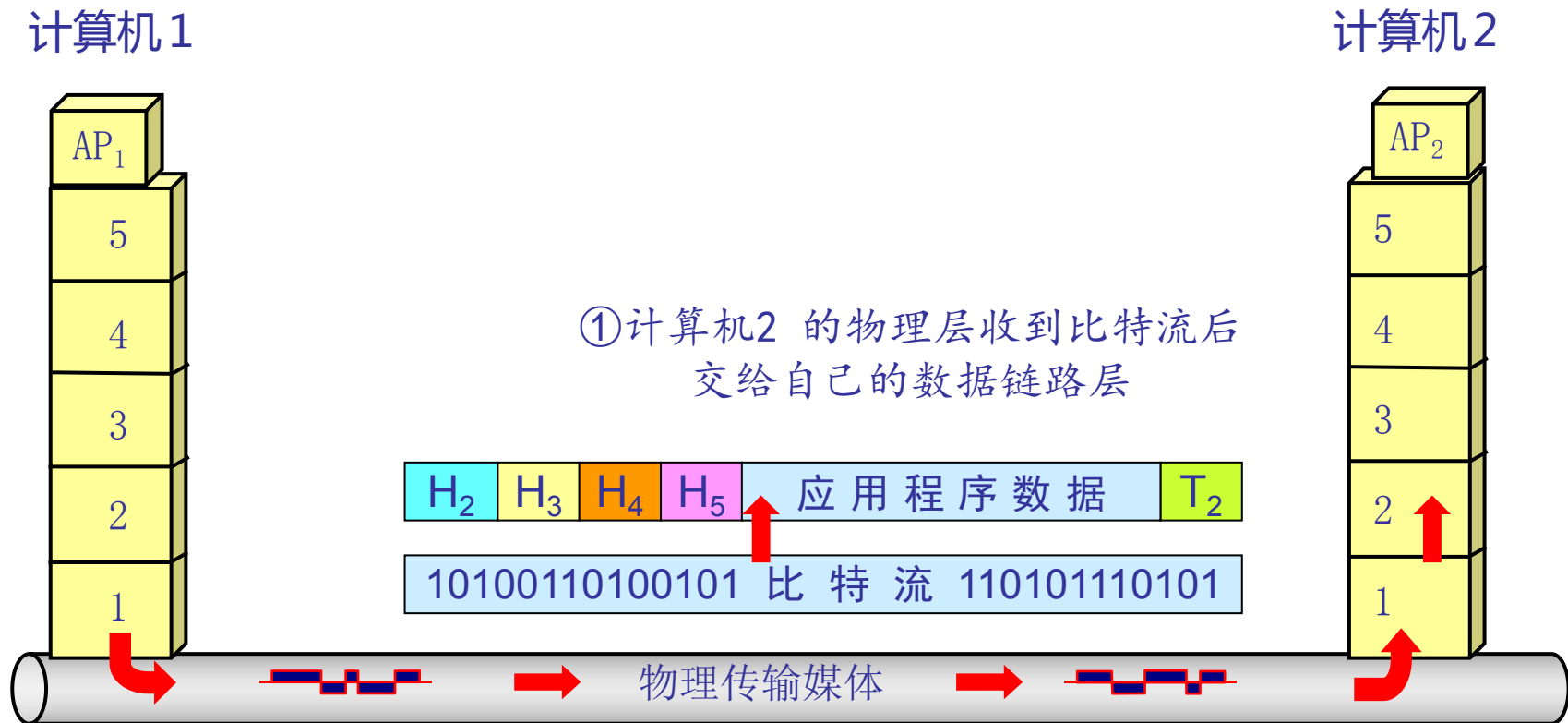


发送方的上述过程被称作“封装”

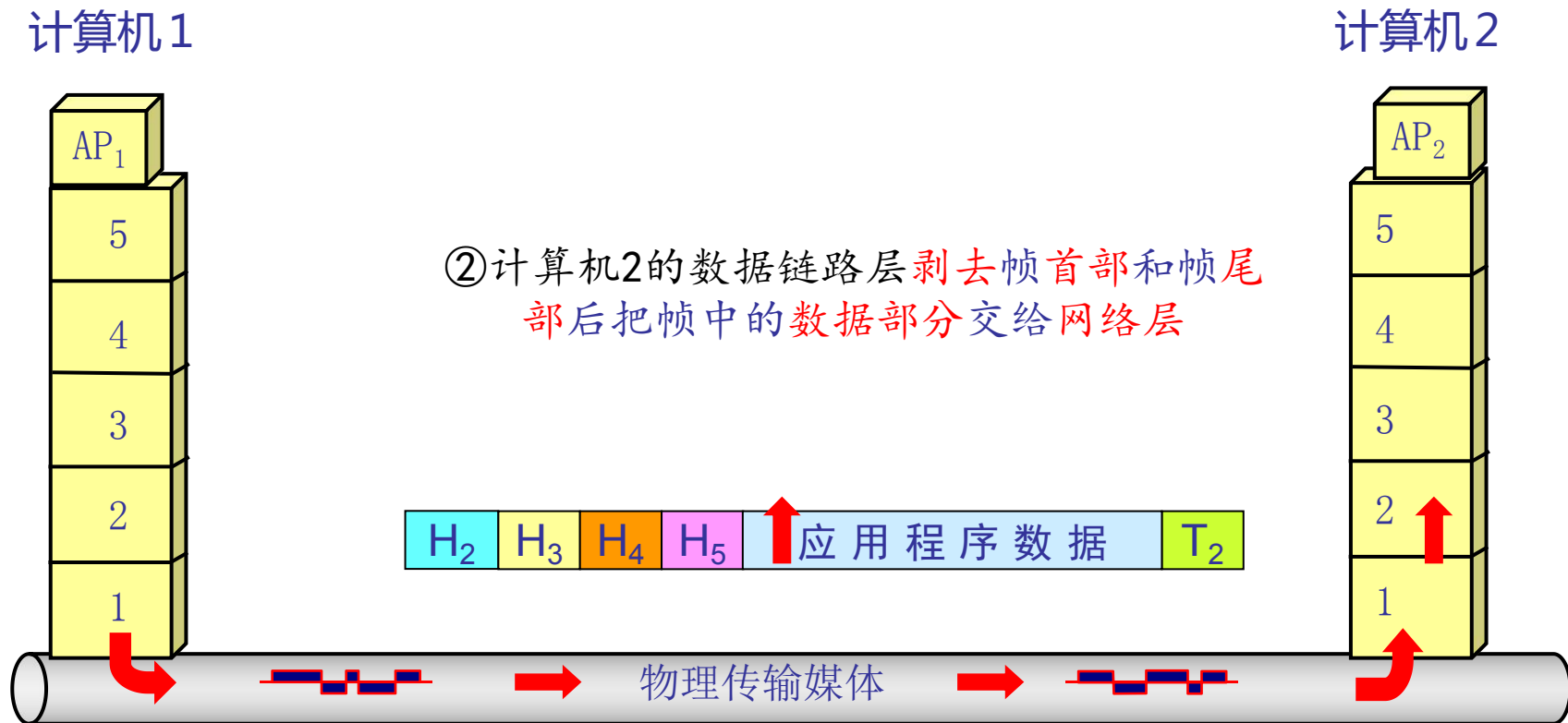
◆ 动画演示：（2）比特流的传送



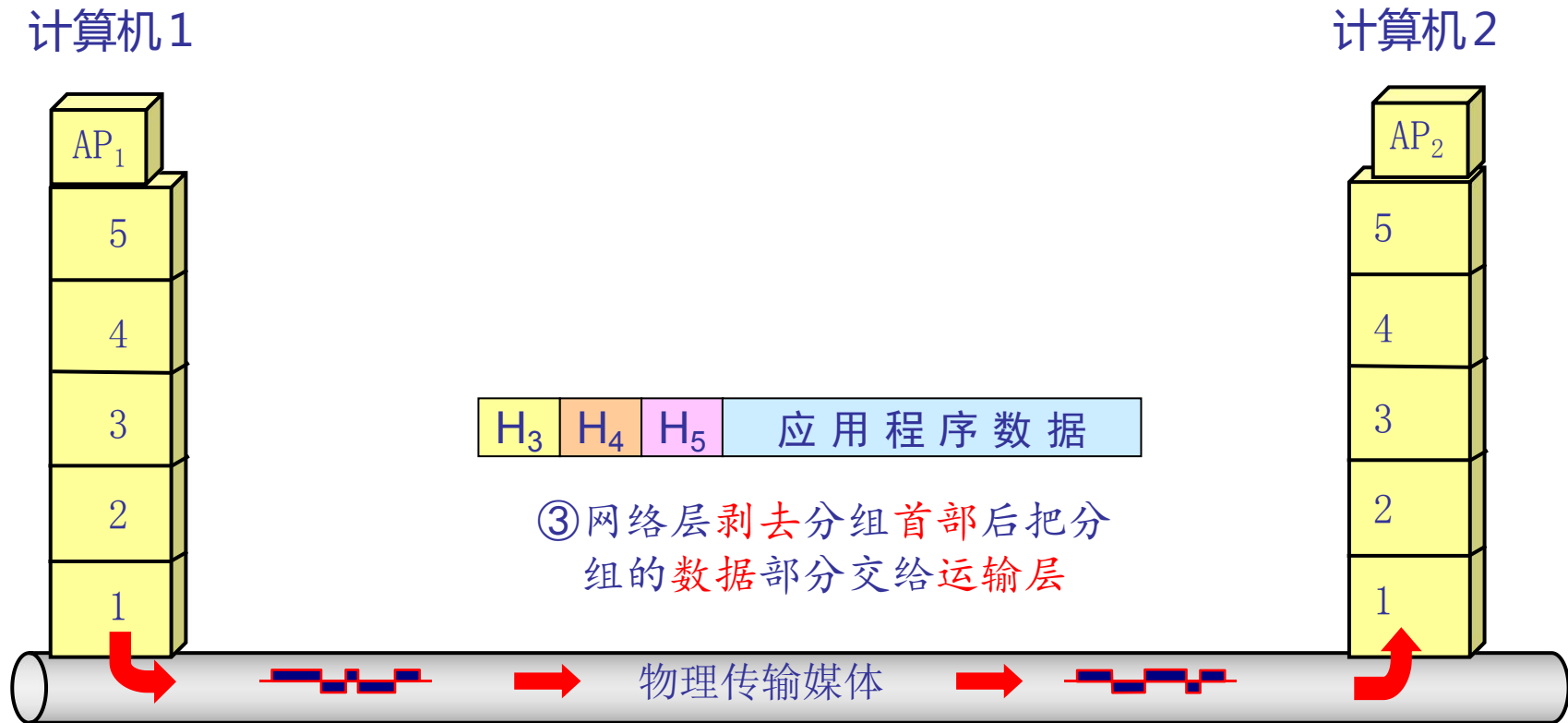
◆ 动画演示：（3）接收方的“解封装”过程



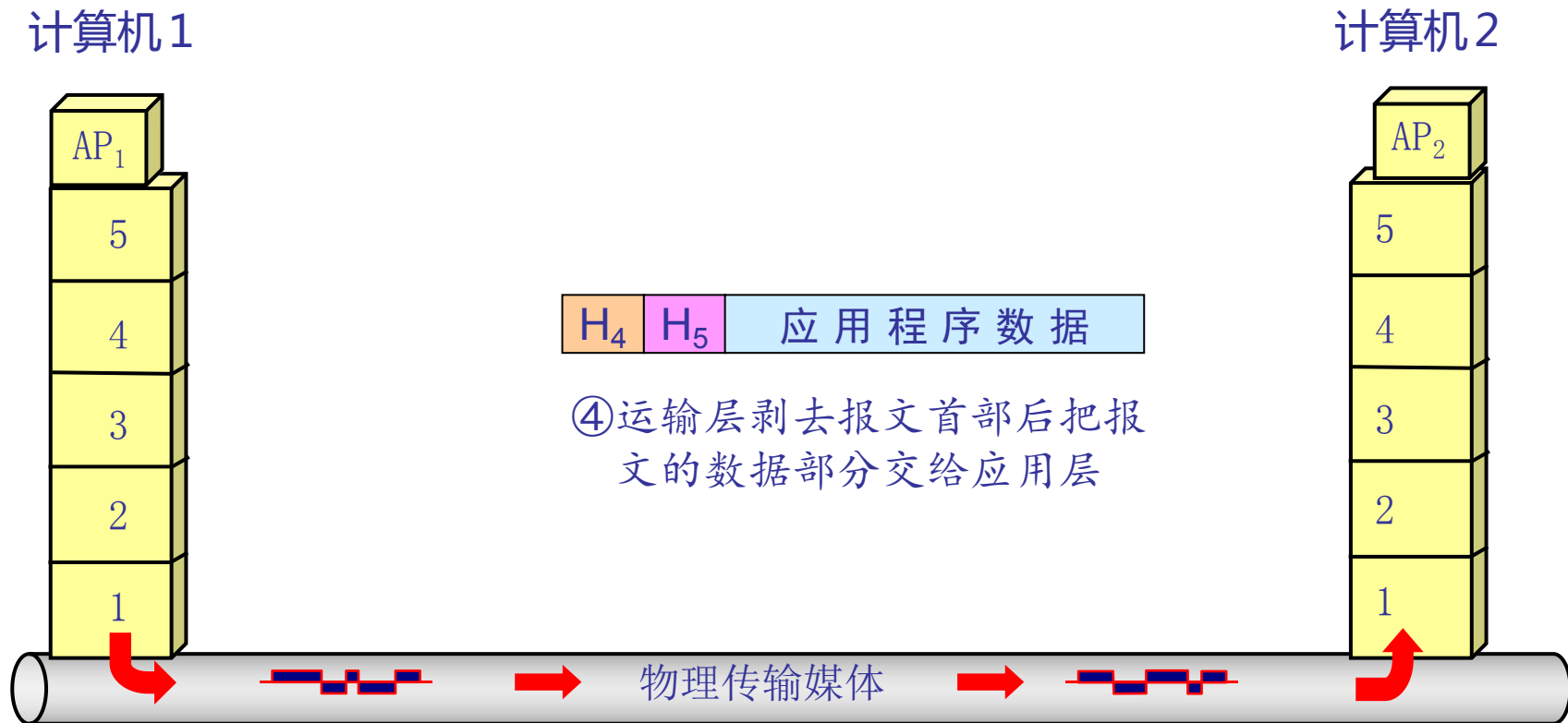
◆ 动画演示：（3）接收方的“解封装”过程



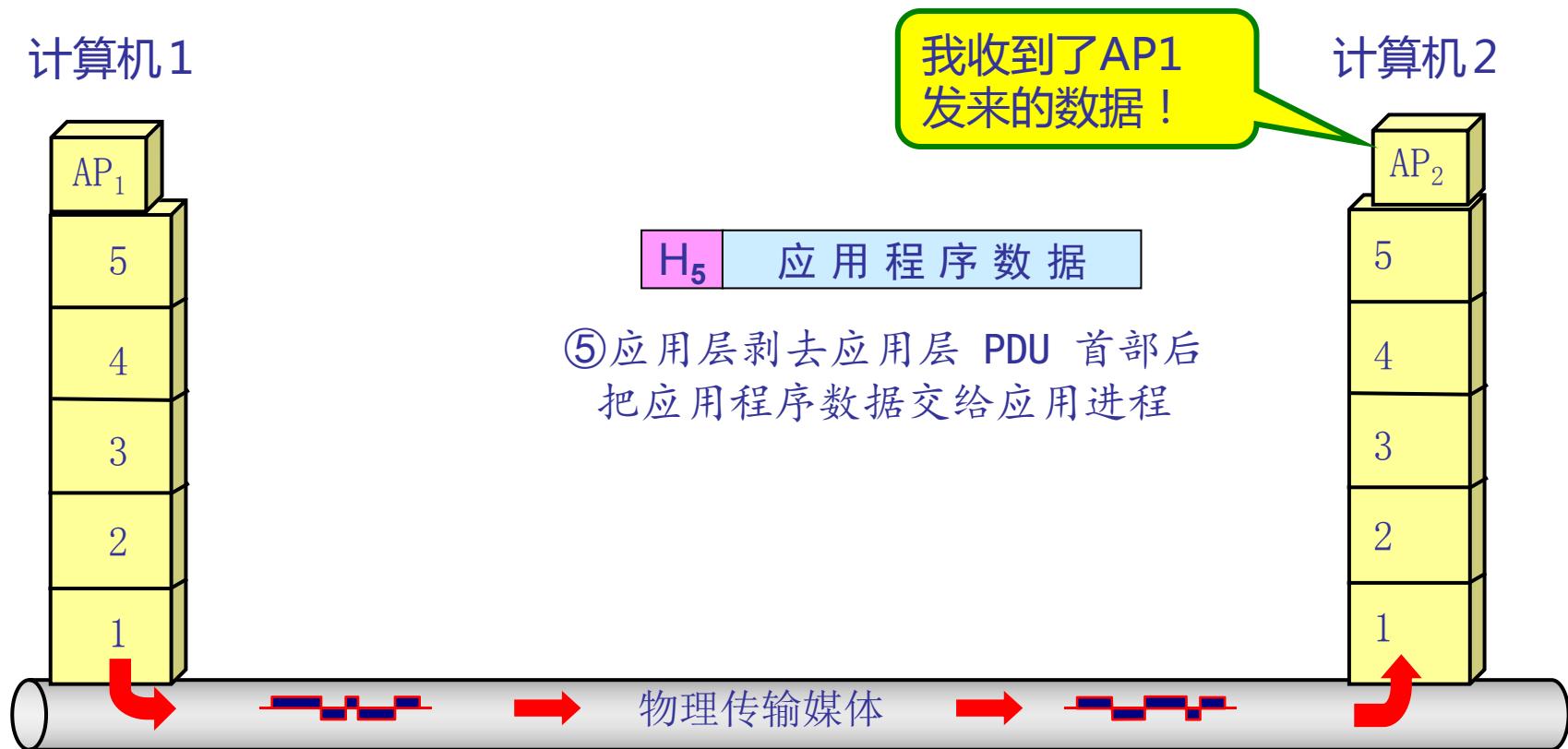
◆ 动画演示：（3）接收方的“解封装”过程



◆ 动画演示：（3）接收方的“解封装”过程



◆ 动画演示：（3）接收方的“解封装”过程



三、认识以太网



认识以太网

□ 什么是以太网

- 以太网是目前全球应用最广泛的有线局域网技术，它基于IEEE 802.3标准，通过网线、光纤等介质实现设备之间的高速、稳定数据传输，早已取代令牌环、FDDI等早期局域网技术，成为家庭、企业、工业场景的主流网络连接方案

认识以太网

□ 以太网的发展

- 诞生起源：1973年由施乐公司的Robert Metcalfe正式命名，最初原型速率仅2.94Mbps。
- 标准化推进：1980年DEC、Intel、施乐联合推出10Mbit/s DIX以太网规约，1983年IEEE正式发布802.3以太网标准。
- 速率迭代：从10M标准以太网，逐步演进到100M快速以太网、1G千兆以太网、10G万兆以太网，目前更高带宽的版本仍在持续拓展应用场景。

认识以太网

□ 以太网的应用

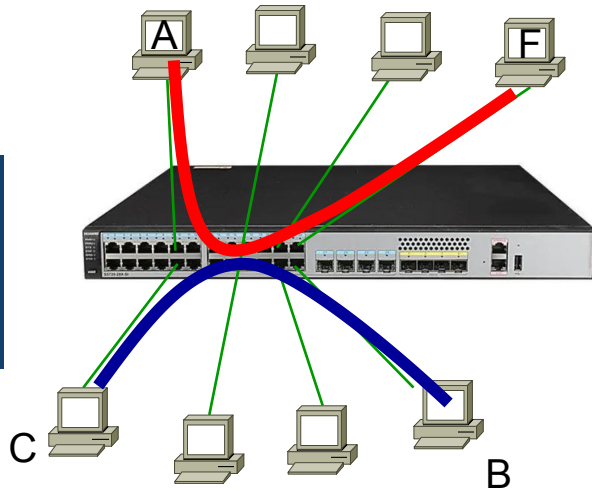
- 以太网的两个标准DIX Ethernet V2与IEEE的802.3标准只有很小的差别，因此很多人也常把IEEE802.3局域网简称为“以太网”。
- IEEE802.3以太网标准被ISO接收为国际标准，这意味着以太网技术已成为一种世界性的标准，全球的销售商都可以生产适用于以太网系统的设备。
- 到了20世纪90年代，快速的发展，较好的兼容性，使得以太网在激烈竞争的局域网市场占有了统治地位，激烈竞争的局域网市场逐渐明朗。以太网在局域网市场中已经取得了垄断地位，并且几乎成了局域网的代名词。

认识以太网

□ 使用交换机的星型拓扑以太网

- 交换机是以太网组网的主要设备，采用星形拓扑结构
- 交换机内部可同时提供多个传输通道，允许不同用户间（即不同接口对之间）同时进行传送，大大提高通信效率。

在交换式以太网中，交换机的不同端口对之间，可同时传送数据



认识以太网

□ 使用交换机的星型拓扑

- 交换机是二层设备（具有物理层、**数据链路层功能**）。因此，交换机可以识别所收到的数据帧首部中的**MAC地址**，并根据目的**MAC地址**，决定数据帧应发向交换机的哪个端口，而不用再采用广播方式。
- 关于交换机的具体工作过程，见下一讲《交换机组网》

四、以太网中的传输介质

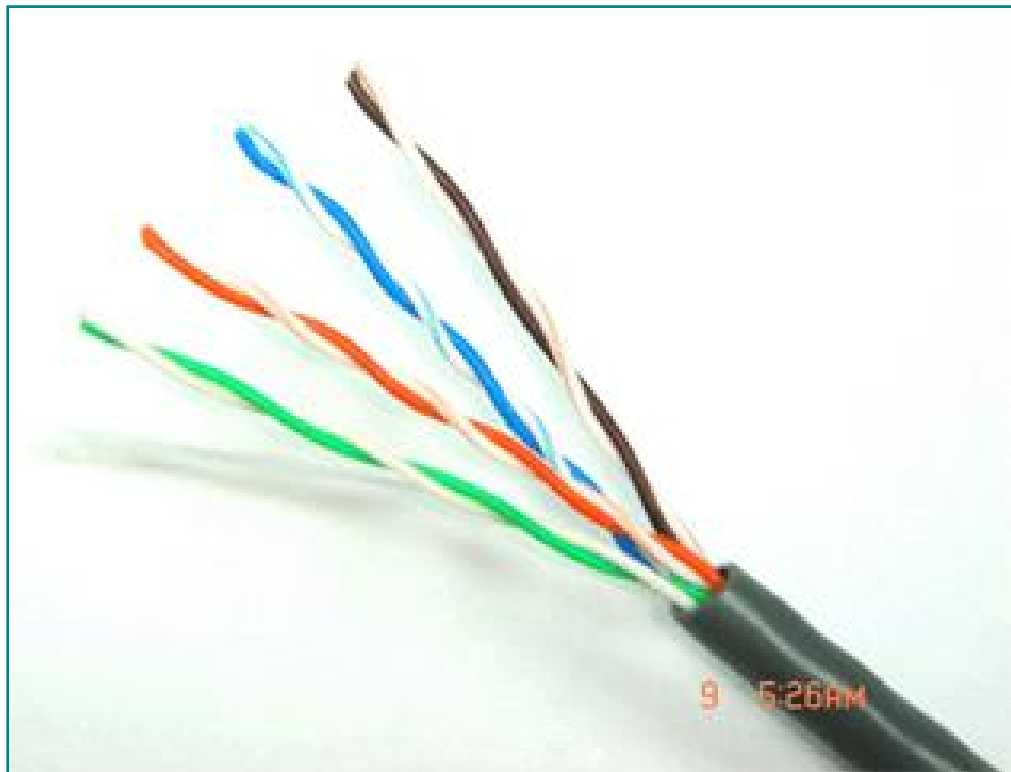


以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线的结构

- 绝缘外皮
- 8根绝缘的铜导线
- 两两绞绕
- 8种颜色：

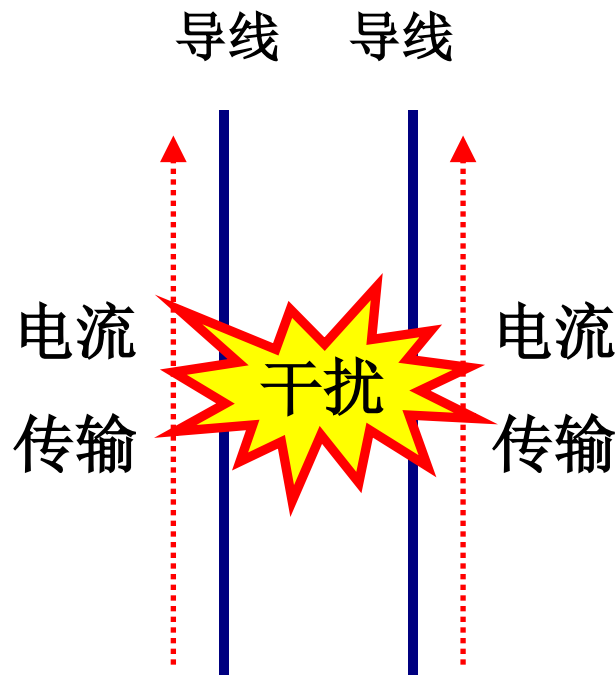
橙白、橙、绿白、绿、蓝白、蓝、棕白、棕



以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 为什么要“双绞”？

- 两根平行导线传输电流时，相互之间产生的干扰会影响传输质量。
- 把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起，可以降低信号干扰的程度



以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线的分类

■ 屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair , STP)

- 双绞线与外层绝缘封套之间有一个金属屏蔽层。
- 屏蔽层可阻止外部电磁干扰的进入；
- 一般用于电磁干扰比较厉害的环境。



以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线的分类

■ 非屏蔽双绞线 (Unshielded Twisted Pair, UTP)

- 双绞线与外层绝缘封套之间没有金属屏蔽层；
- 在线径上要明显比屏蔽双绞线细。



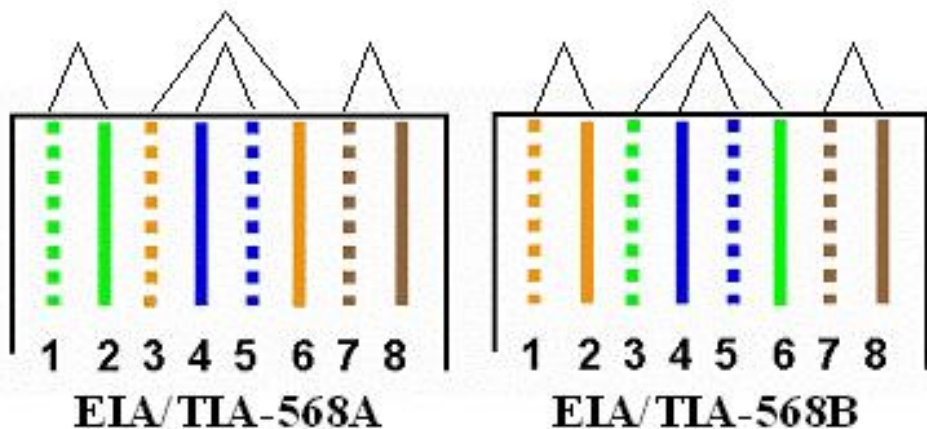
以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线接头中的线序标准

■ 在双绞线标准中应用最广的是EIA/ TIA-568A和EIA/TIA-568B，这两个标准最主要的不同就是芯线序列的不同。

➤ TIA (Telecommunication Industry Association, 美国通信工业协会)

➤ EIA (Electronic Industries Alliance, 美国电子工业协会)



这是1号针脚

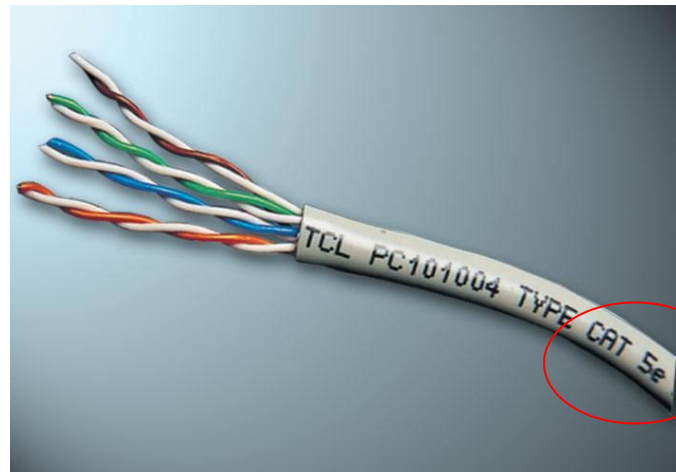


以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线的分类

■ 按照电气性能划分

- 1类线、2类线……
- 5类、超5类
- 6类



以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线接头中的线序标准

- 双绞线在使用时，电缆两端都必须安装RJ-45插头，俗称水晶头，以便插在网卡、交换机等网络设备的RJ-45接口上。
- 双绞线网线的制作就是把双绞线的4对8芯网线按**一定顺序**插入到水晶头中。
- **问题：线序内容是什么？是谁规定的？**



EIA / TIA568A标准

1	TX+ (输出)	绿白
2	TX- (输出)	绿
3	RX+ (接收)	橙白
4	保留	蓝
5	保留	蓝白
6	RX- (接收)	橙
7	保留	棕白
8	保留	棕

EIA / TIA568B标准

1	TX+ (输出)	橙白
2	TX- (输出)	橙
3	RX+ (接收)	绿白
4	保留	蓝
5	保留	蓝白
6	RX- (接收)	绿
7	保留	棕白
8	保留	棕

以太网中的传输媒介 —— 双绞线

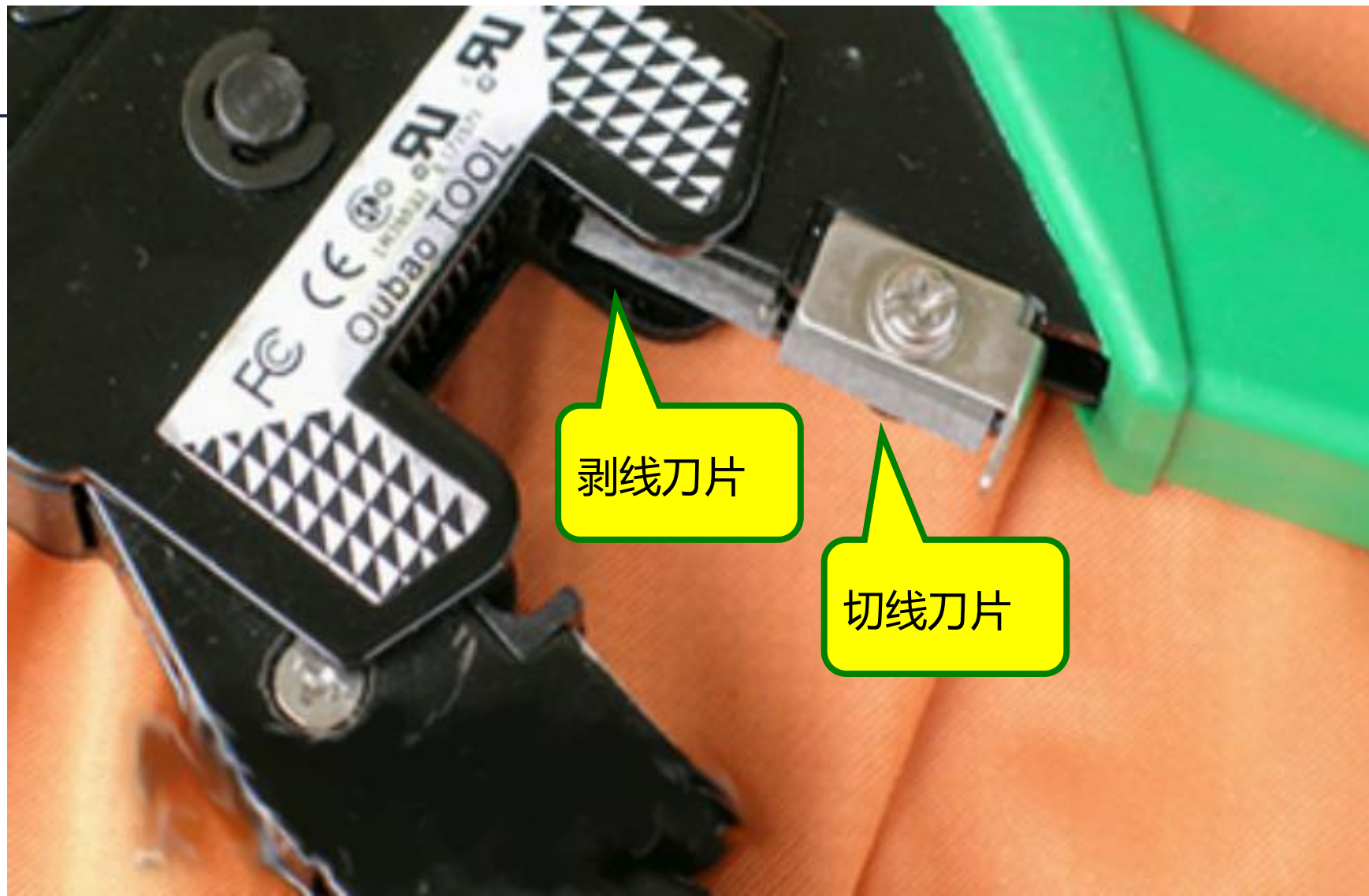
□ 双绞线接头的制作（略）

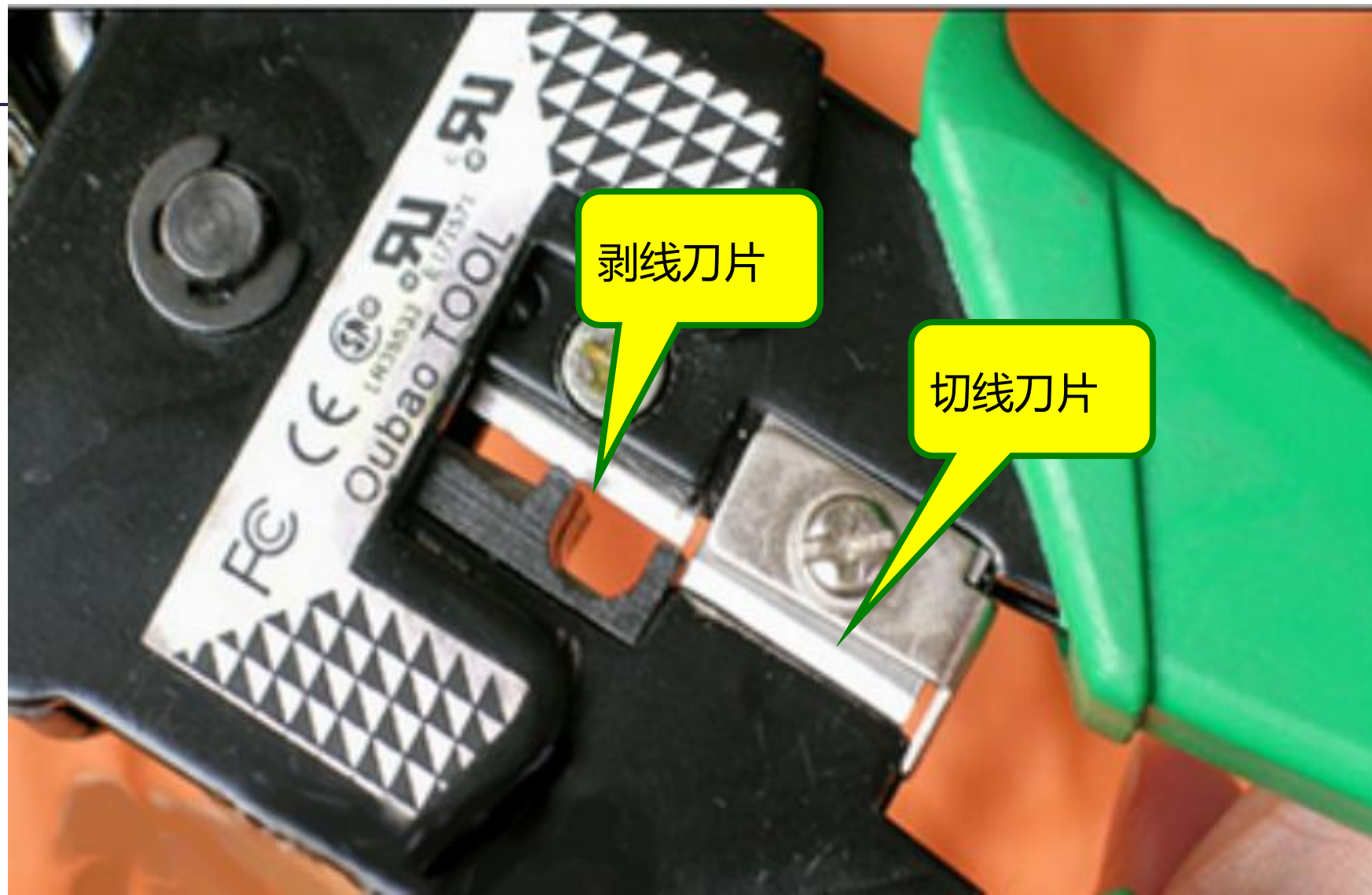
双绞线接头的制作

- 认识压线钳
- 剥线
- 理线
- 切线
- 塞线
- 压线



压线钳





剥线刀片

切线刀片



1. 剥线

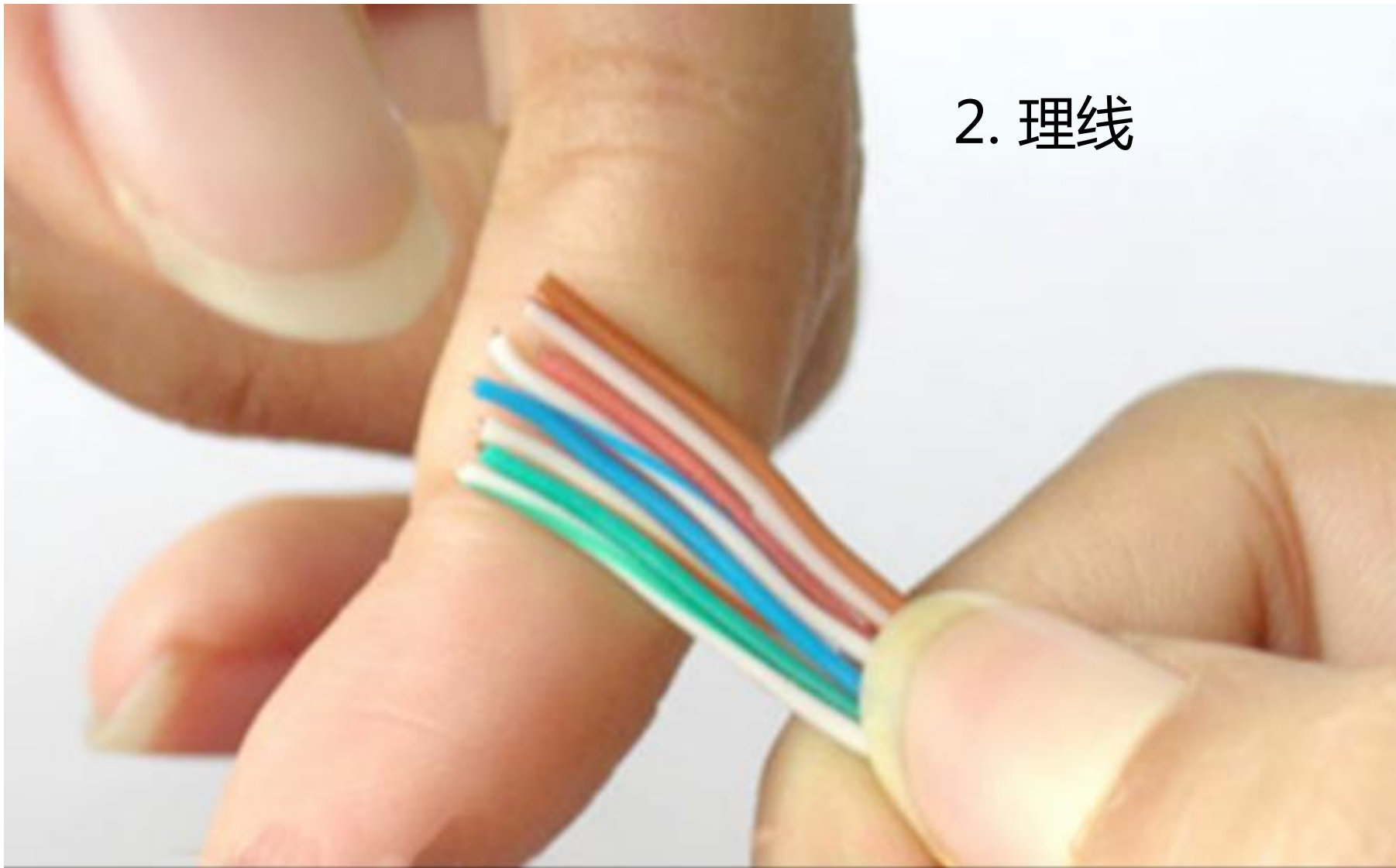
1. 剥线



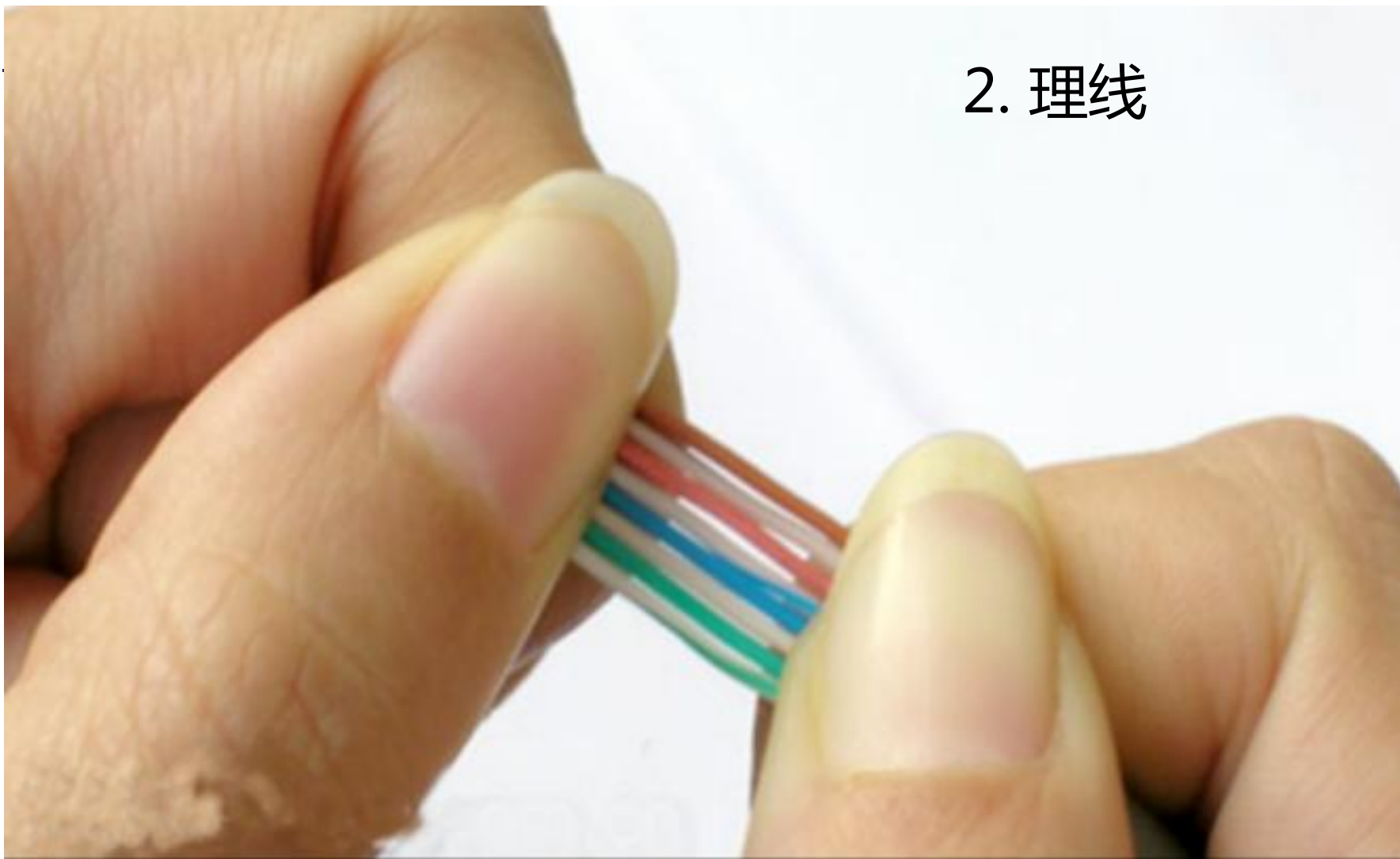
2. 理线



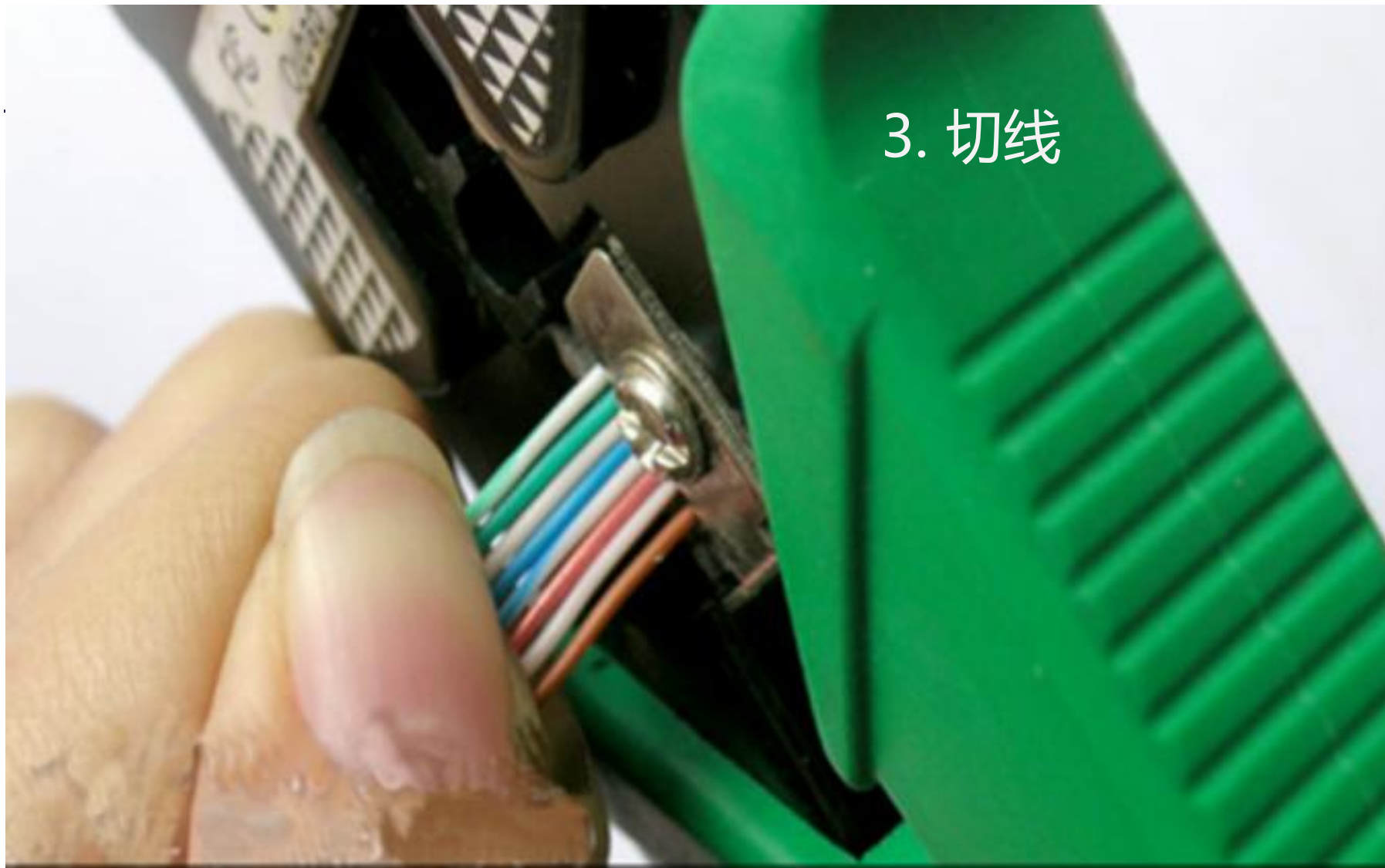
2. 理线



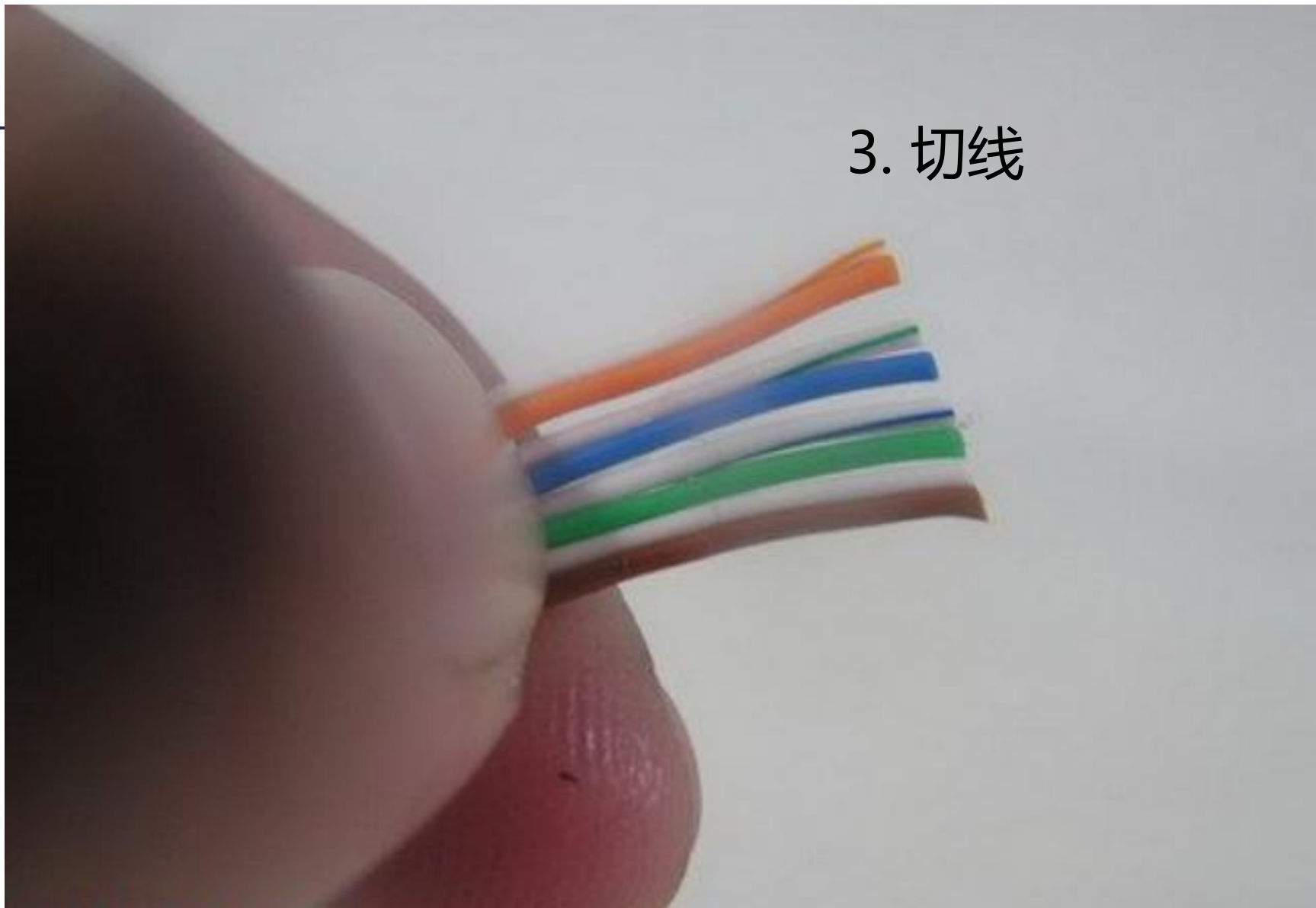
2. 理线



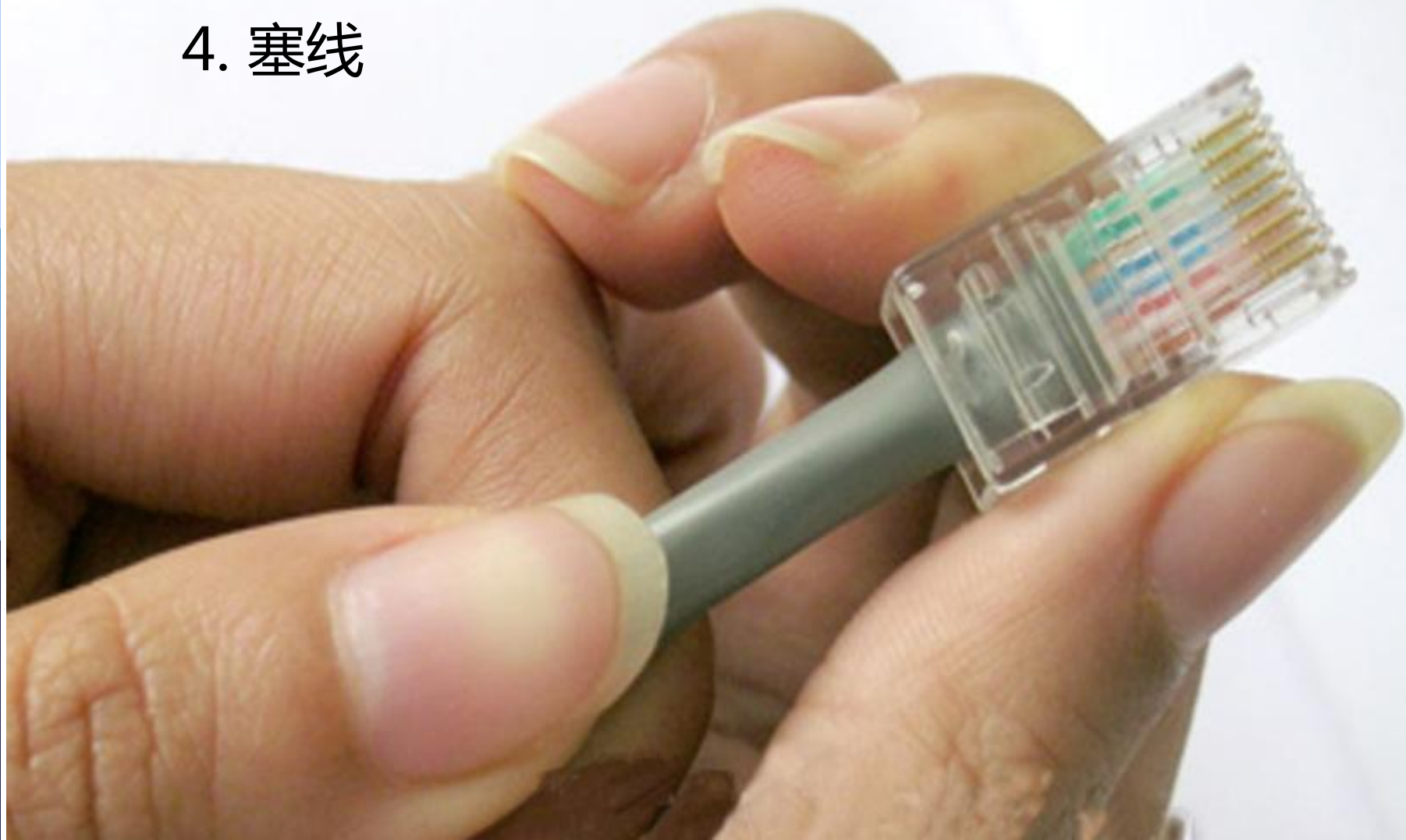
3. 切线



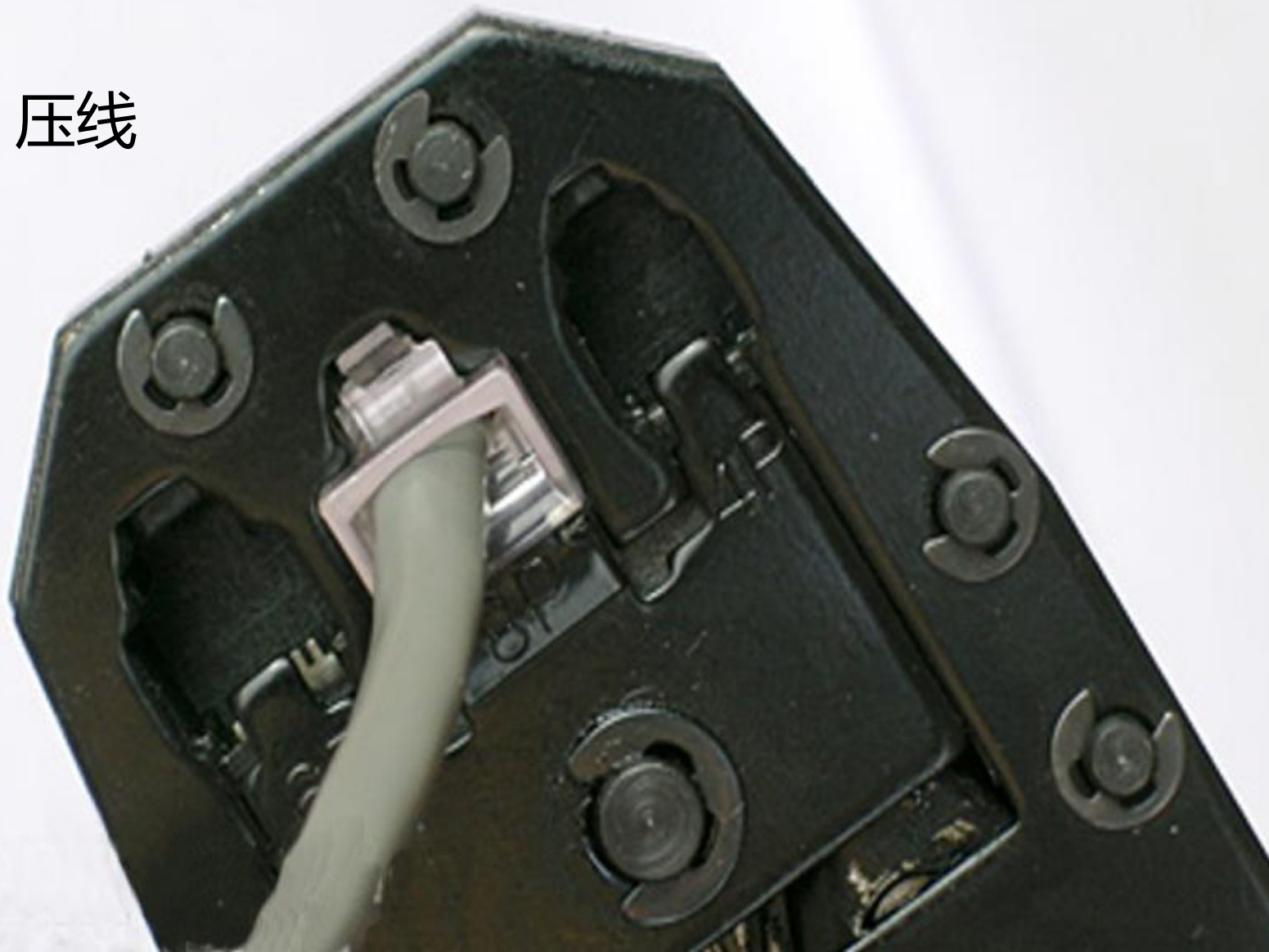
3. 切线

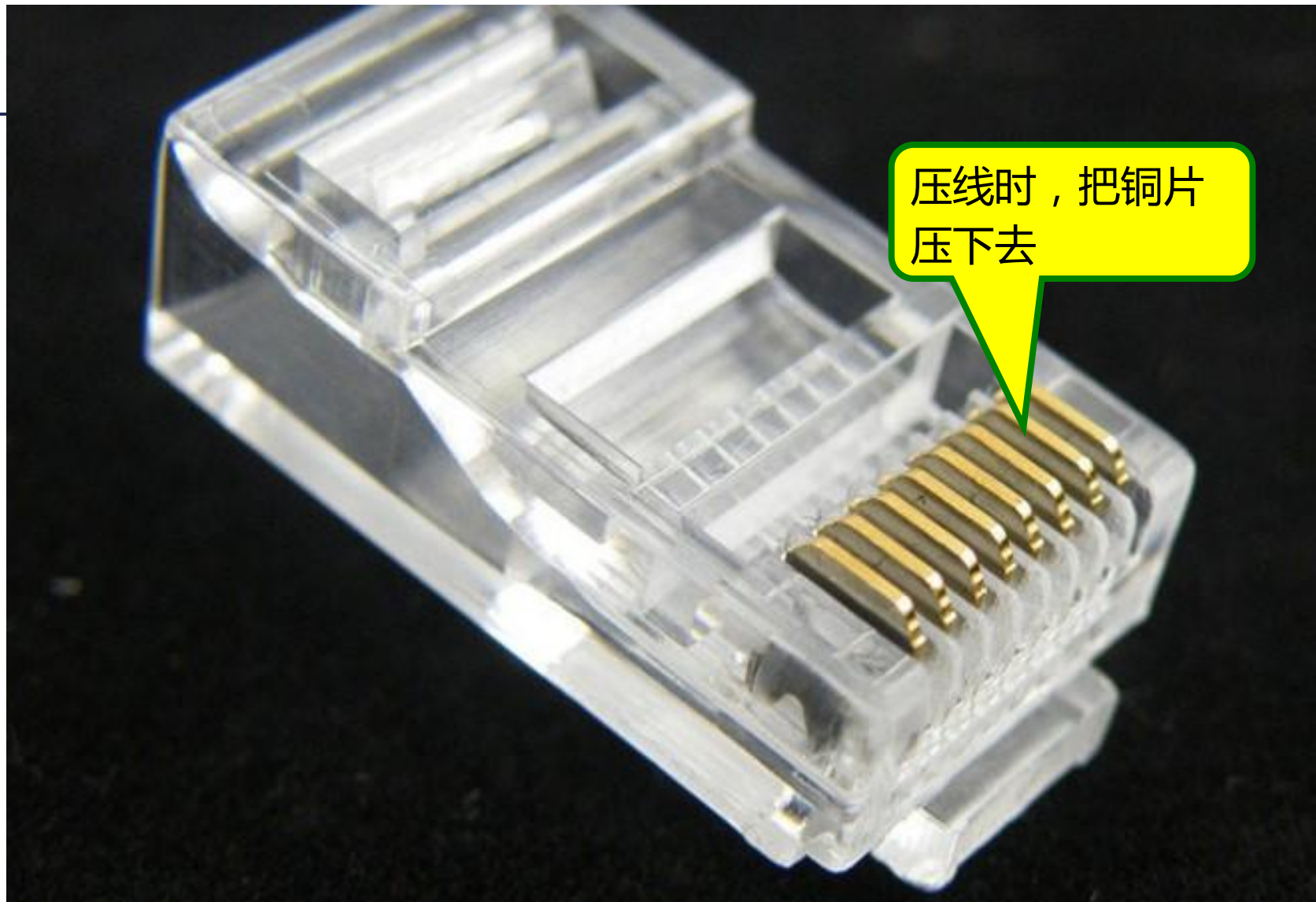


4. 塞线



5. 压线





压线时，把铜片
压下去





5. 压线

5. 压线



6. 测试



以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 交叉线与直连线

- 在不同的设备之间连线时，有时需会区分交叉线和直连线

- 直连线

 - 双绞线两端水晶头的线序相同，全是T568A或全是T568B

- 交叉线

 - 双绞线两端水晶头的线序不相同，一端是T568A，另一端是T568B。

- 同层设备之间互连 —— 交叉线（例如：路由器——路由器）

- 不同层设备之间互连—— 直连线（例如：交换机——PC机）

EIA / TIA568A标准

1	TX+ (输出)	绿白
2	TX- (输出)	绿
3	RX+ (接收)	橙白
4	保留	蓝
5	保留	蓝白
6	RX- (接收)	橙
7	保留	棕白
8	保留	棕

EIA / TIA568B标准

1	TX+ (输出)	橙白
2	TX- (输出)	橙
3	RX+ (接收)	绿白
4	保留	蓝
5	保留	蓝白
6	RX- (接收)	绿
7	保留	棕白
8	保留	棕

以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 交叉线与直连线

- 生产网络设备的厂商研发了一种叫做线序自适应的功能（端口MDI/MDIX自动适应），通过这个功能可以自动检测连接到自己接口上的网线类型，能够自动进行调节。
- 也就是说，若某网络设备端口支持线序自适应功能，则连在此端口的网线既可以是直连线，也可以是交叉线。

以太网中的传输媒介 —— 双绞线

□ 双绞线的传输距离

- 原理：信号的衰减
- 标准值：100米。

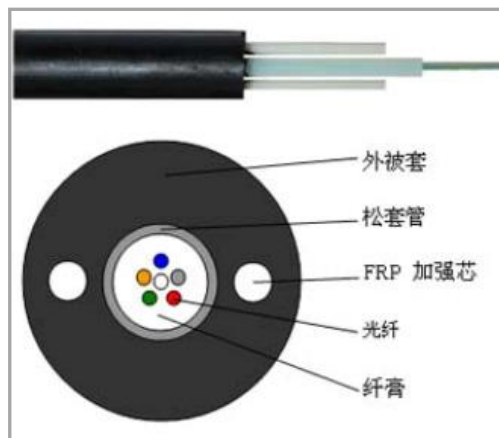
以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）



以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光缆的结构

- ◆ 黑色外皮，通常直径1cm左右
- ◆ 内含金属加强筋，强度大，通常包含多股纤芯
- ◆ 室外使用



以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光纤的结构

- ◆ 光纤：光导纤维，细如头发，光的传输载体。
- ◆ 光缆：一定数量的光纤按照一定方式组成缆心，外包有护套，有的还包覆外护层，用以实现光信号传输的一种通信线路



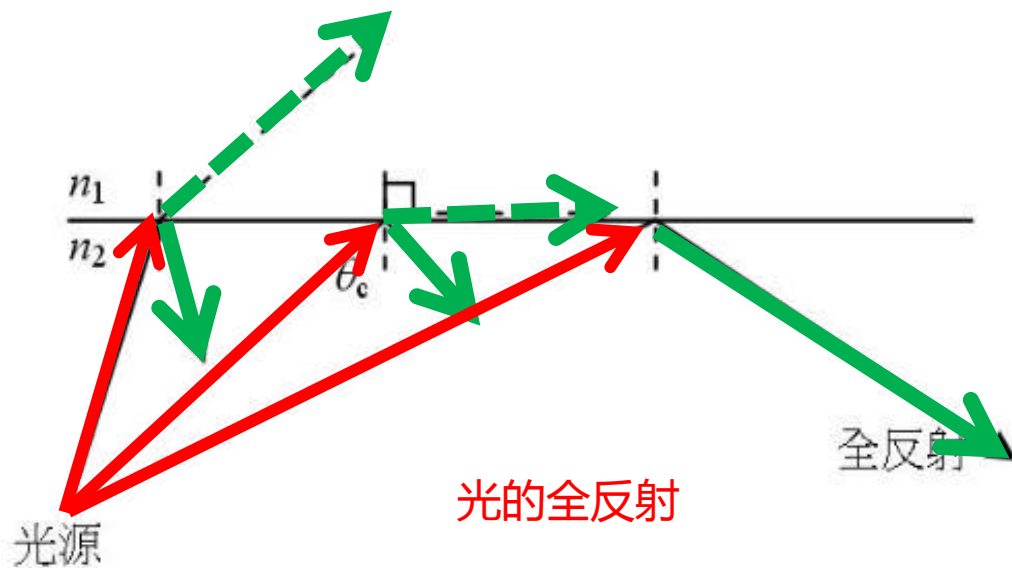
以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光纤是如何工作的？

- 光在不同物质中的传播速度是不同的，所以光从一种物质射向另一种物质时，在两种物质的交界面处会产生折射和反射；
- **折射光**的角度会随入射光的角度变化而变化。当入射光的角度达到或超过某一角度时，**折射光会消失**，入射光全部被反射回来，这就是光的**全反射**。
- 光纤通讯就是基于以上原理而形成的。

以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光的全反射



以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 为什么要用光缆通信？

- **抗干扰性强**：由于光纤中传输的是光束，光束是不会受外界电磁干扰影响；
- **保密性强**：由于传输的是光束，所以本身不会向外幅射信号，有效地防止了窃听；
- **传输带宽高**：能轻松达到1000Mbps；
- **传输距离长**：它的衰减小，在较大的范围内是一个常数，在许多情况下几乎可以忽略不计的，在这方面比电缆优越很多。

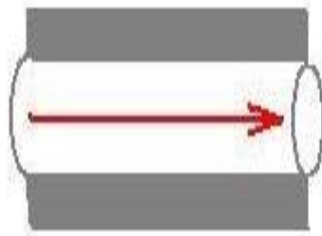
以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光纤分类

■ 单模光纤

- 采用激光光源，波长1550nm的激光。
- 单模光纤只传输主模，即光线只沿着光纤的轴心传输，完全避免了色散和光能量的浪费。
- 传输距离可达到100公里以上

单模光纤



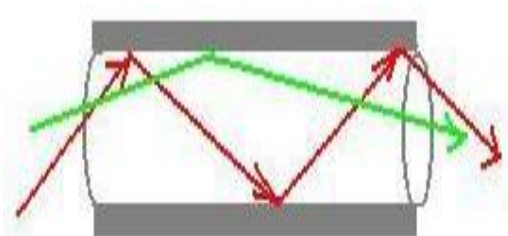
以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

□ 光纤分类

■ 多模光纤

- 采用LED作为光源，波长850nm，短波。
- 整个光纤内有以多个角度射入的光，即多模，光线沿着光纤的边缘壁不断反射，色散大且造成光能量的浪费。
- 传输距离通常在1公里以内

单模光纤



以太网中的传输媒介—— 光缆（纤）

	单模光纤	多模光纤
光源	激光	发光二极管
波长	1550nm(长波)	850nm(短波)
传输距离	远	近
光传输方式	直通	反射
价格	昂贵(相关设备)	便宜(相关设备)
适用范围	远距离、干线	室内、支线

五、以太网是如何与TCP/IP协议结合的？



TCP/IP模型协议族

应用层	HTTP FTP TELNET SMTP	DNS RIP DHCP
运输层	TCP	UDP
网络层	IGMP ICMP IP ARP	
网络接口层	以太网 令牌环网 帧中继	

以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

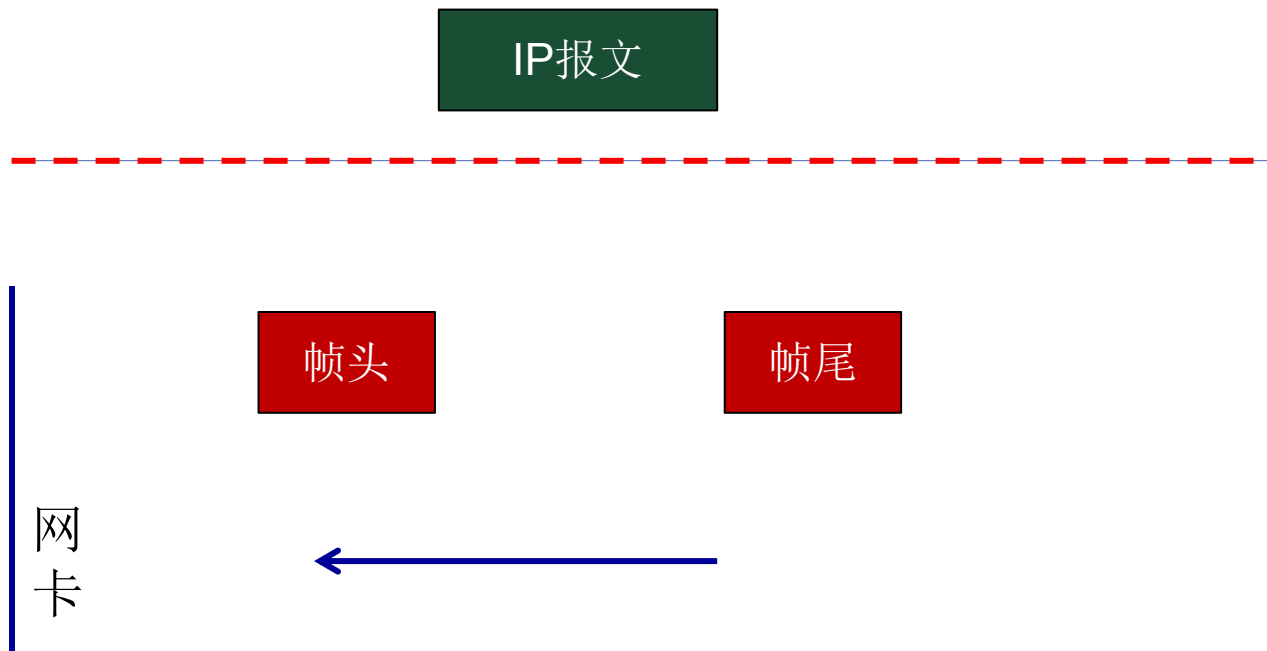
□ TCP/IP协议和以太网的结合的两个关键点

- 以太网属于局域网技术，其主要目的是实现数据通信，即尽最大努力完成数据帧的传送，它是一个通信网，也就是说，以太网技术主要体现在物理层和数据链路层，更高层功能由具体的局域网操作系统来实现，即可借助其他的通信网络协议，如TCP/IP协议。
- 这里的结合有两个关键点：**协议封装、两种地址共用**。

以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

□ TCP/IP协议和以太网的结合的两个关键点

1、协议封装



以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

□ TCP/IP协议和以太网的结合的两个关键点

1、协议封装

- 封装是一种允许相互独立的系统（例如，TCP/IP和以太网）协同工作的机制。
- 通过封装，以太网帧携带了高层协议包，它把整个分组看成是填入以太网帧的数据字段的未知数据。
- 当以太网帧送达目的主机时，就由目的主机中数据链路层的网络协议进行处理，即从以太网帧数据字段中提取高层协议包。这样，以太网系统就能传递各种各样的高层网络协议（例如TCP/IP、Novell协议等）报文，而不必担心他们是如何工作的。

以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

□ TCP/IP协议和以太网的结合的两个关键点

2、两种地址共用

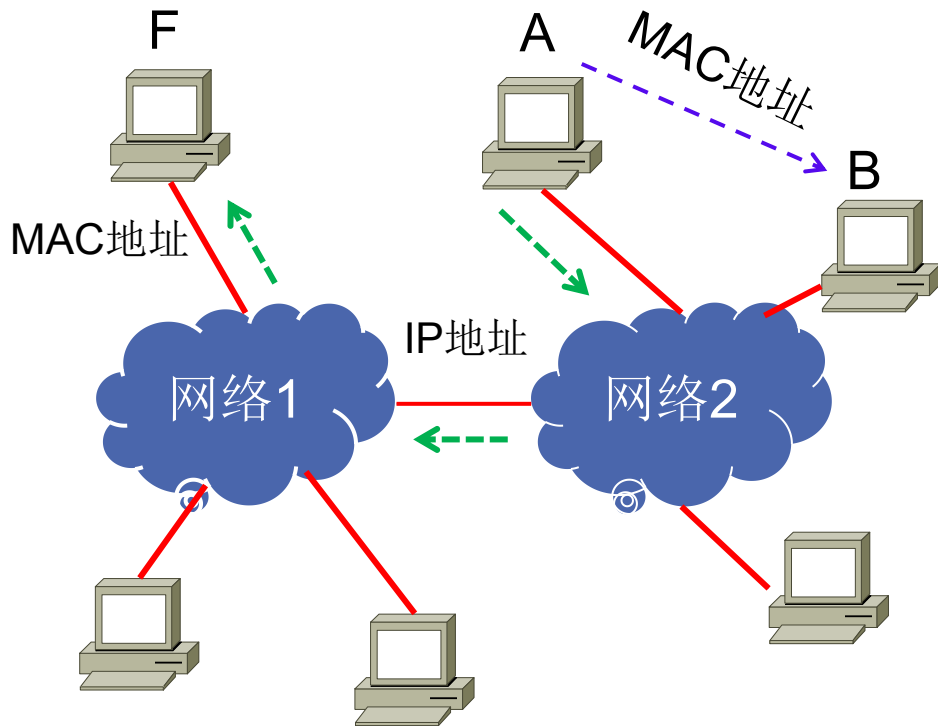
- **IP地址**：在网络层，用于实现不同网络之间的通信。每个数据包首部都包含一个源IP地址和一个目的IP地址，当该数据包在互联网中（不同网络间）传输时，这两个地址指明了源网络和目的网络，通常保持不变。
- **MAC地址**：在数据链路层，用以实现同一网络内部的目标定位。封装成帧后，每个帧的首部包含源MAC地址和目的MAC地址，用于在以太网内部，定位目的主机。
- 在TCP/IP系统中，为了使高层协议报文能到达目的地，高层协议软件和以太网系统必须相互作用，也就是说，主机的IP地址和网卡的MAC地址都是必需的，它们在不同的层面上发挥着自己的作用。
- 动画演示

以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

□ TCP/IP协议和以太网的结合的两个关键点

2、两种地址共用（动画演示）

- 通过MAC地址实现同一网络内部通信时的目标定位。例如A访问B；
- 但是，若要访问不同网络内的主机，就需要用到IP地址了。例如A和F通信。通过IP地址到达目的网络，然后通过MAC地址定位具体的目的主机。



以太网是如何与TCP/IP协议结合的？

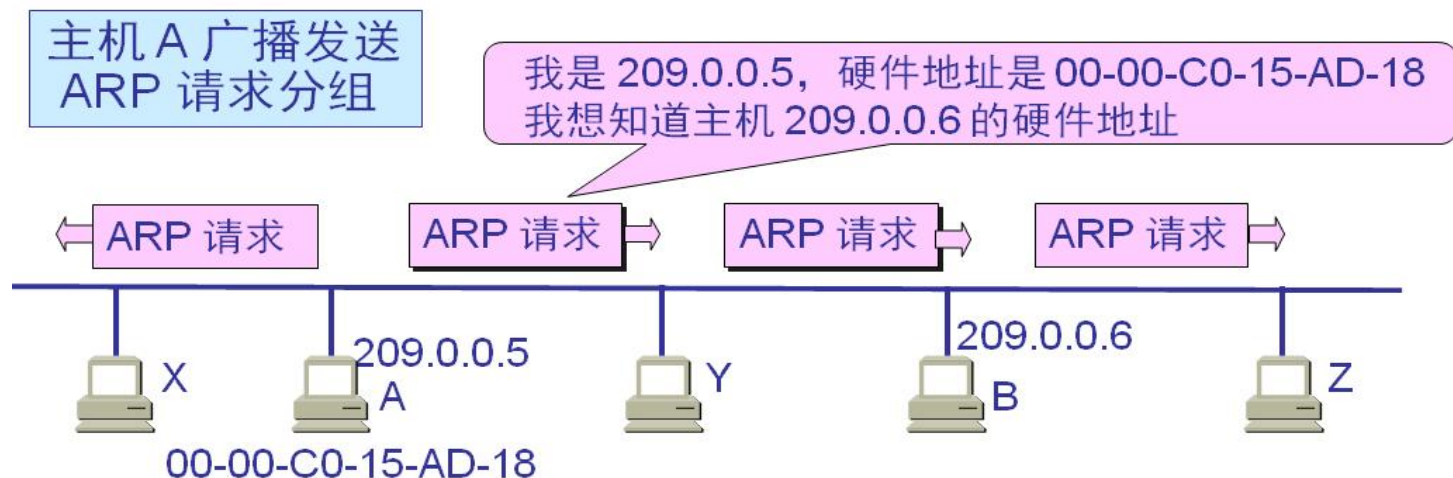
□ 如何实现从IP地址到物理地址的映射？

- 在局域网中，网络中实际传输的是“帧”，帧里面是有目标主机的MAC地址的。一个主机要和另一个主机进行直接通信，必须要知道目标主机的MAC地址。但这个目标MAC地址是如何获得的呢？

■ ARP协议

- 地址解析协议（Address Resolution Protocol, ARP）是在仅知道主机的IP地址时确定其物理地址的一种协议，即实现从IP地址到物理地址的映射
- ARP协议的基本功能，就是只要知道同一物理网络上目标设备的IP地址，就可以查询目标设备的MAC地址，以保证通信的顺利进行。
- 所谓“地址解析”就是主机在发送帧前通过目标IP地址获得目标MAC地址的过程。

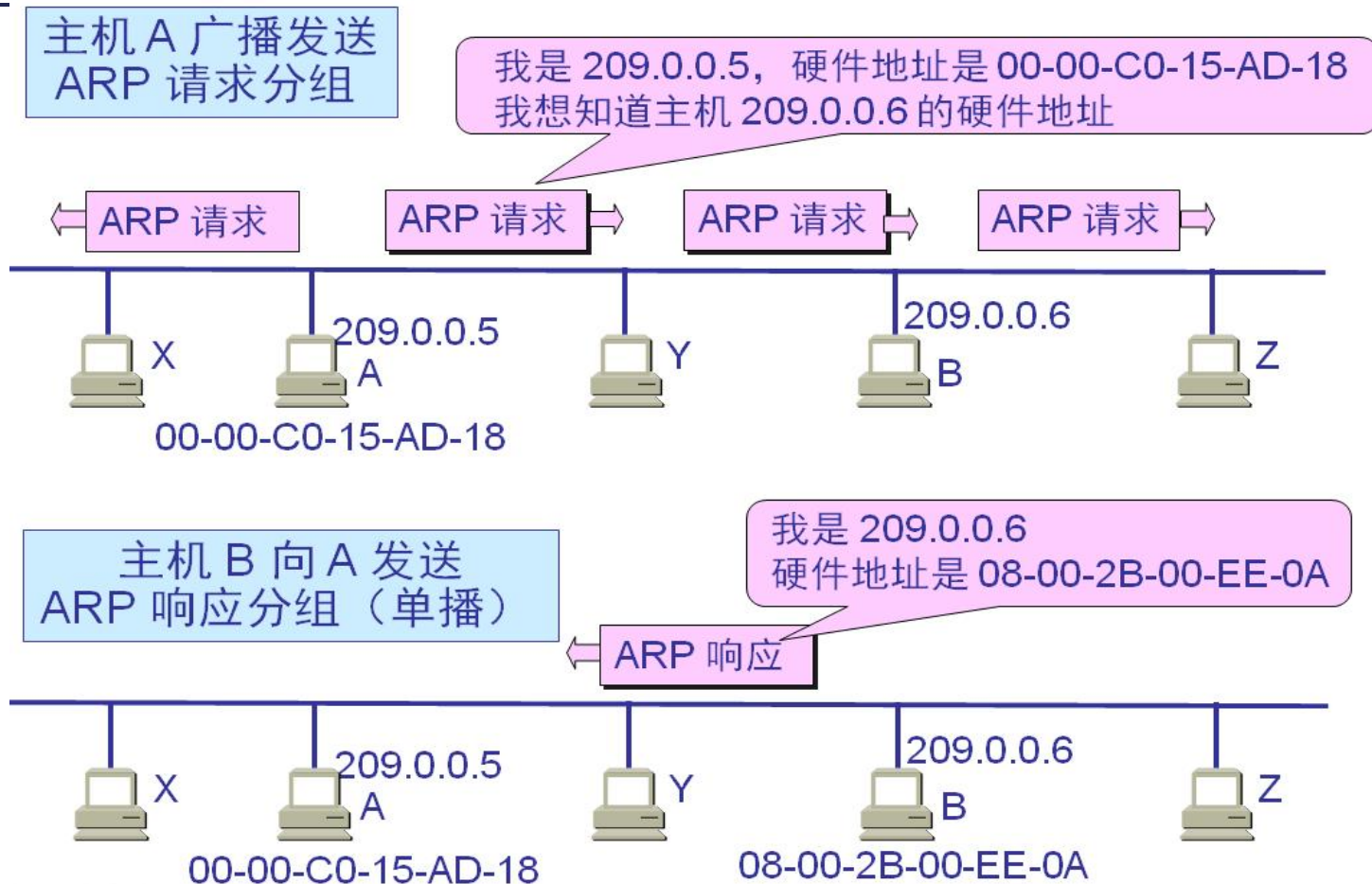
ARP协议的工作过程



TX1-77

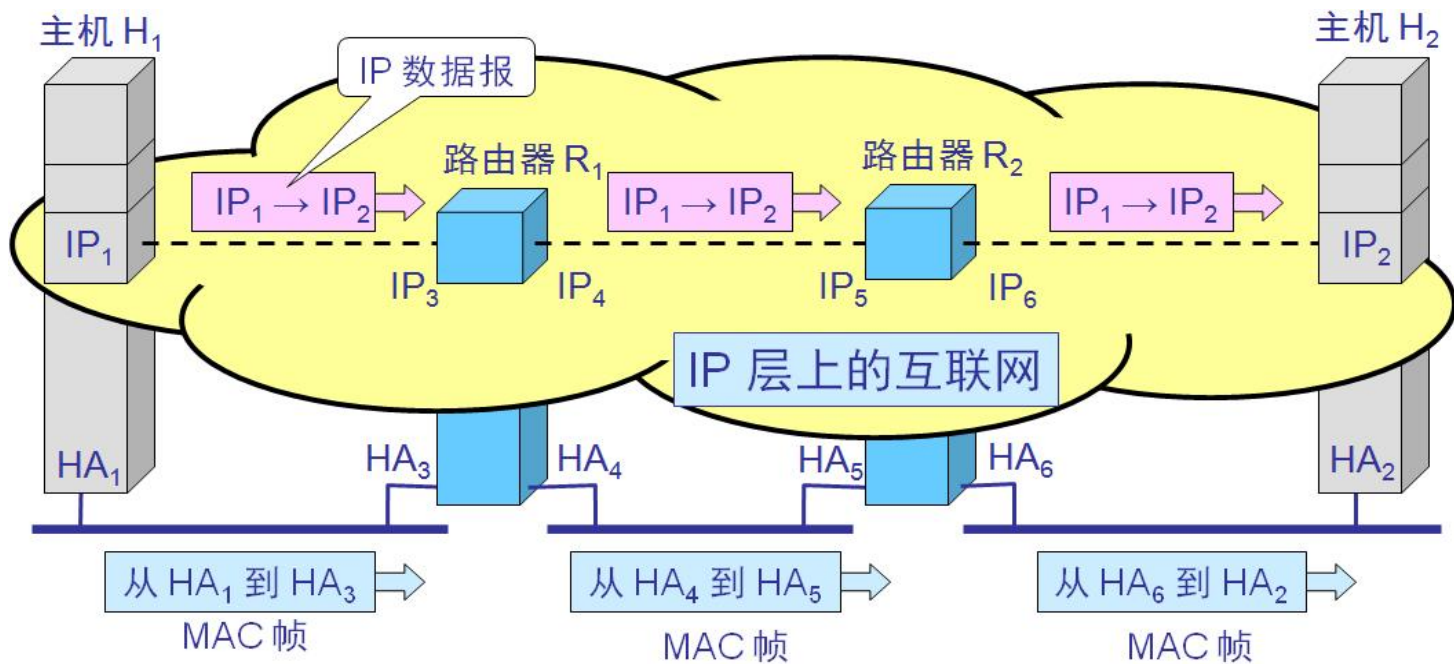
Source	Destination	Protocol	Info
Mettler-_1e:1a:38	Broadcast	ARP	Who has 211.69.32.1? Tell 211.69.32.100
Shanghai_7a:9e:b8	Mettler-_1e:1...	ARP	211.69.32.1 is at 00:e0:0f:7a:9e:b8
211.69.32.100	10.1.1.1	ICMP	Echo (ping) request id=0x0001, seq=29/74
10.1.1.1	211.69.32.100	ICMP	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=29/74
211.69.32.100	10.1.1.1	ICMP	Echo (ping) request id=0x0001, seq=30/76

□ ARP协议的工作过程



《计算机网络》第8版 P132

- 主机H1和H2通信，报文经过路由器R1和R2。结合路由表、IP地址、MAC地址、ARP协议，分析通信过程。



第一讲 以太网基础

完