



# 第 1 章 计算机网络概述

课程名称：计算机网络

主讲教师：朱怡安

课程代码：U10M11016.02

第4次课

E-MAIL : zhuya@nwpu. edu. cn

2021 – 2022 学年第一学期

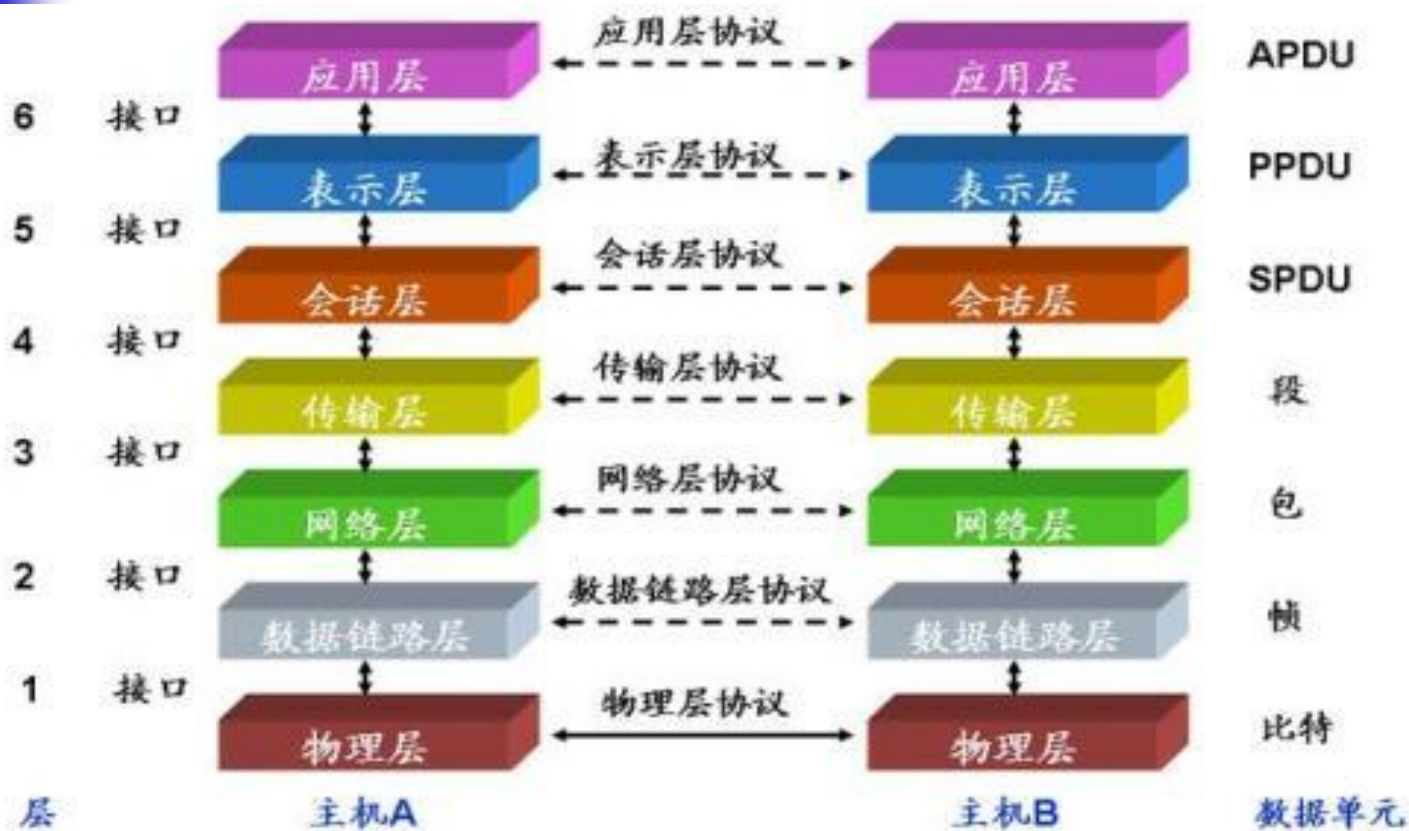


# 计算机网络体系结构

---

- 计算机网络体系结构是计算机网络的逻辑结构和功能分配定义，是一个抽象的概念。
- 为了完成计算机间的通信合作，把每个计算机互连的功能划分成定义明确的层次，并规定不同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口和服务。这样的层次结构模型和通信协议统称为计算机网络体系结构。

# OSI七层协议模型



PDU (Protocol Data Unit): 协议数据单元。

OSI 参考模型把对等层次之间传送的数据单位称为该层的协议数据单元 PDU。

# 计算机网络采用层次结构的优点：

(1) 各层之间相互独立，高层不需要知道低层是如何实现的，而仅知道该层通过层间的接口所提供的服务。

由于每一层只实现一种相对独立的功能，因而可将一个难以处理的复杂问题分解为若干个较容易处理的更小一些的问题。这样，整个问题的复杂程度就下降了。

(2) 灵活性好。某层的改变（例如由于技术的变化），只要层间接口不变，则不影响上下层。

此外，对某一层提供的服务还可进行修改。当某层提供的服务不再需要时，甚至可以将这层取消。

(3) 结构上可分割开，各层都可以采用最合适的技术来实现。

(4) 这种结构使得系统的实现、调试和维护变得容易控制。

(5) 这有利于促进标准化工作。

因为每一层的功能及其所提供的服务都已有了精确的说明。

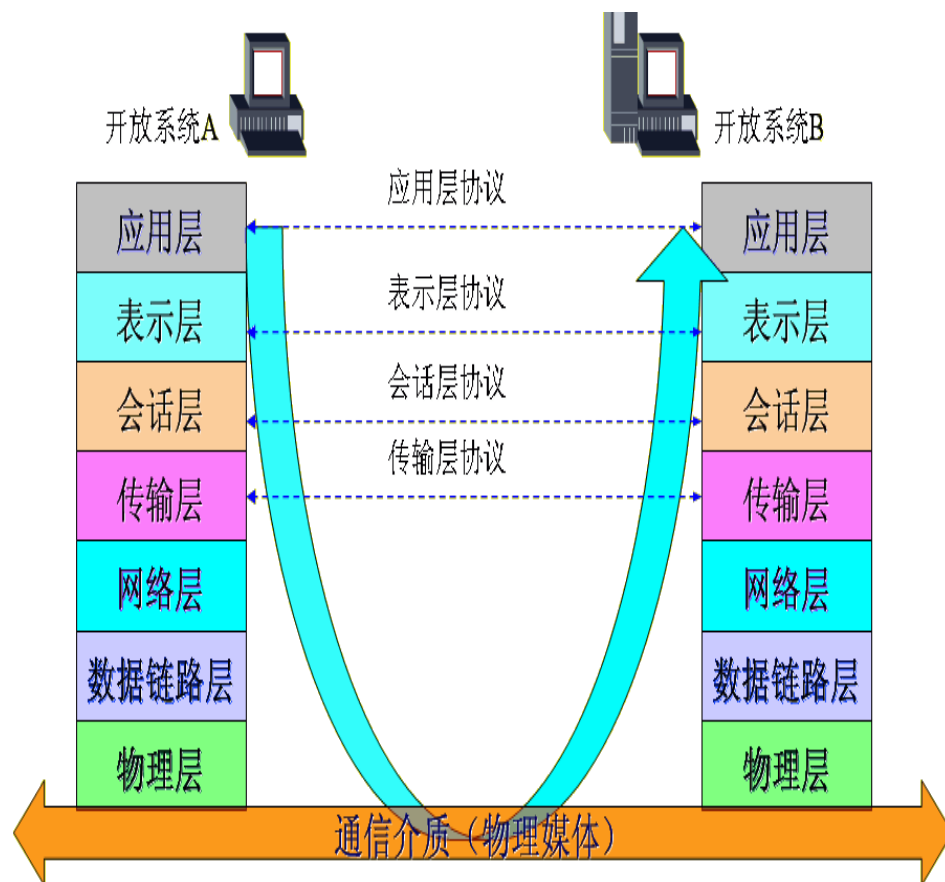
注意：层数多少要适当

若层数太少，每一层的协议仍旧复杂。

若层数太多，系统集成复杂，有些层难适应实际需求（空、重复）。

# 计算机网络的体系结构

- 计算机网络的**体系结构** (architecture)
  - 层次划分与各层协议的集合。
  - 是一个抽象的概念。
- **实体** (entity)
  - 具有发送或接收数据的硬件或软件进程。
  - 每一层实现可以看作一个实体。
  - 对等实体：同层的实体。





# 1. 计算机网络的体系结构

## ■ 网络协议

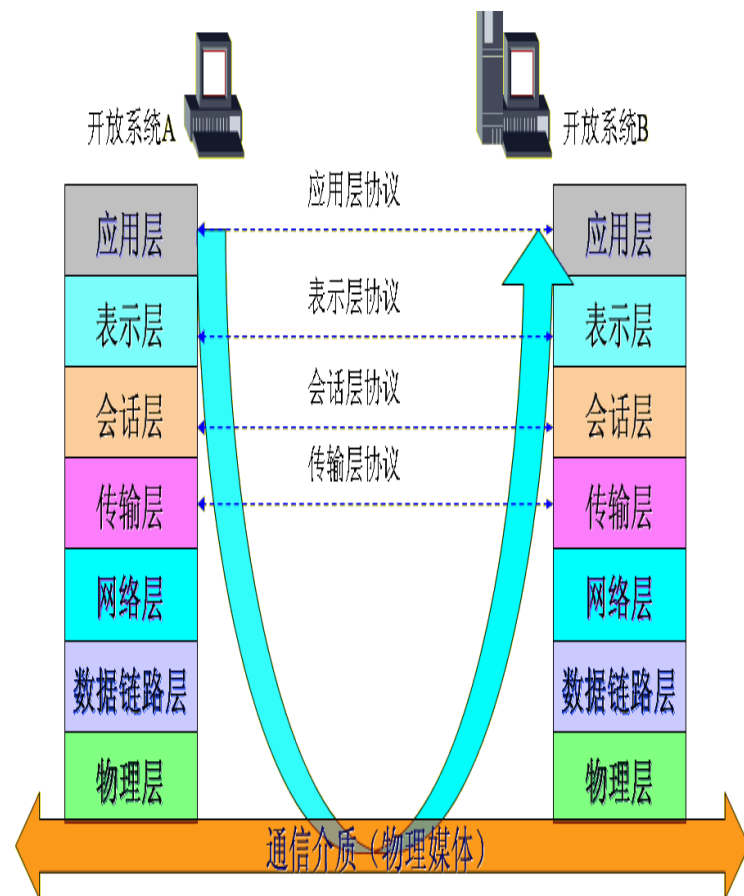
- 两个实体间控制数据交换的规则集合
- 下层向上一层提供服务。

## ■ 网络协议三要素

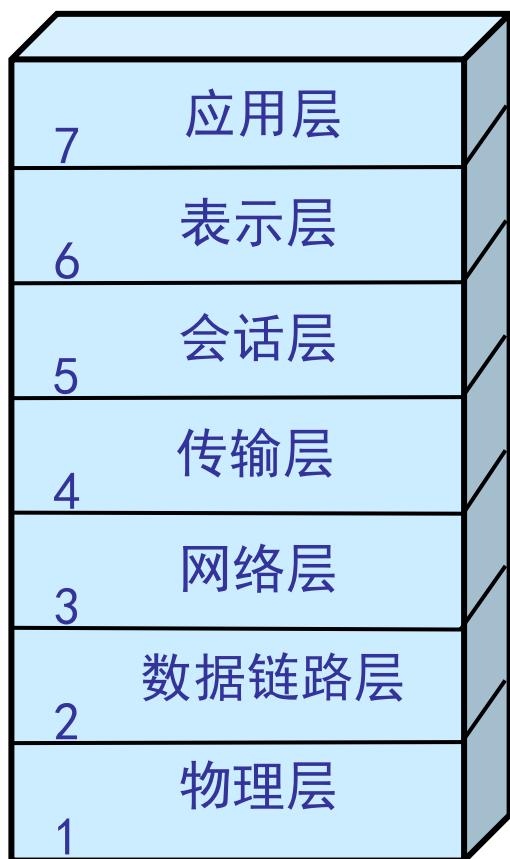
**语法:**报文（控制信息、数据）结构（或格式）。规定通信双方“如何讲”，即确定协议元素的格式。

**语义:**报文（控制信息）含义，发出的控制信息，完成什么功能以及对方做出何种响应。规定通信双方“讲什么”，即确定协议元素的类型。

**同步:**不同类型报文（控制信息）发送时序关系。包括速度匹配、排序和拥塞控制等，即有关事件实现顺序的详细说明。



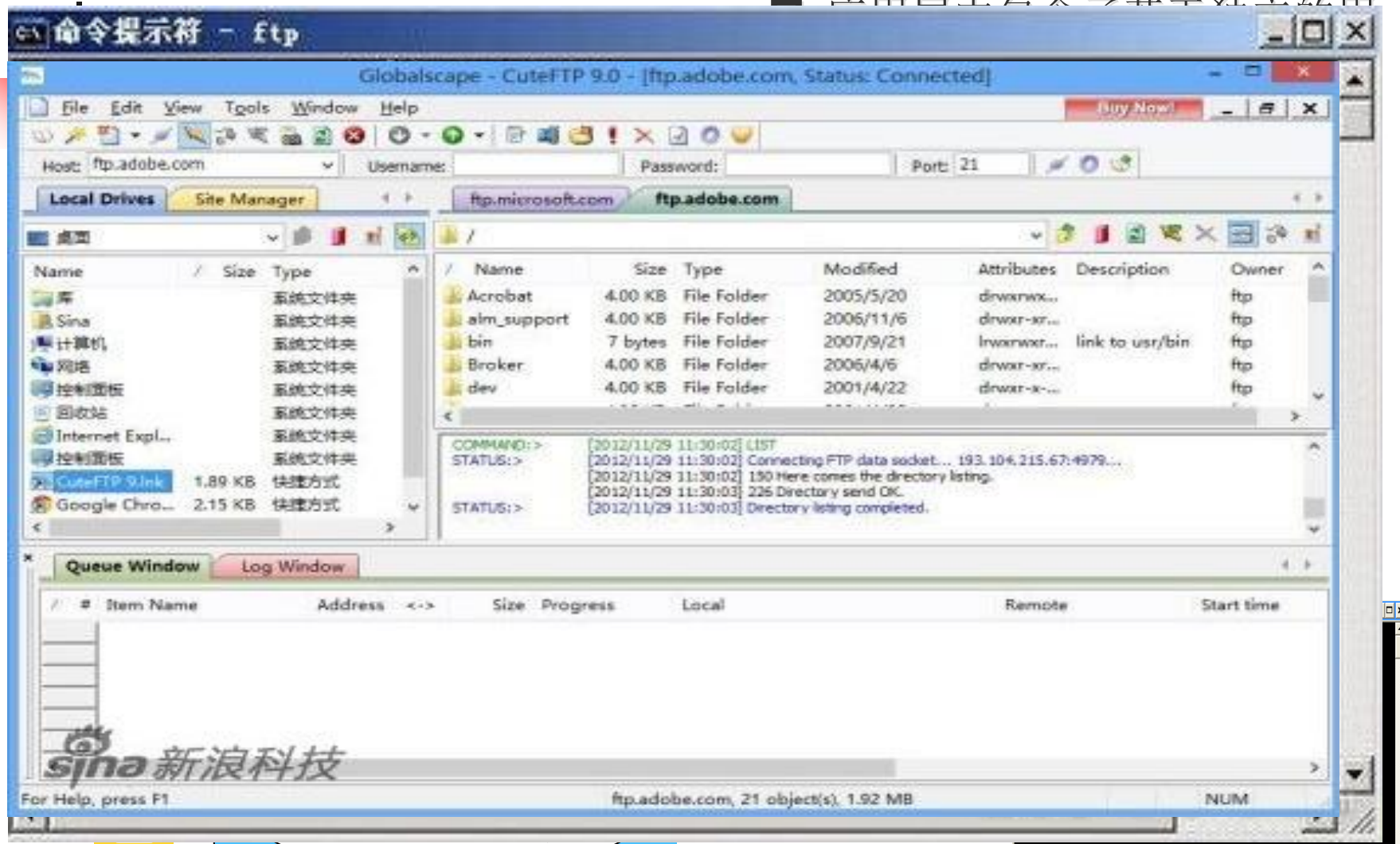
## 2. 开放系统互连参考模型（OSI/RM）



### ■ 2.1 OSI模型分层原则

- 按照需求划分层：当需要一个实体时创建一层。
- 每一层都有明确的功能定义。
- 选择层边界时，应使跨层的信息流尽可能最小。
- 层数适当：以保证不同的功能在不同层，同时层数也不能太多，避免集成复杂。
- 网络节点：端节点+网络交换节点

- 应用层采用不同的应用协议来解决不同类型的应用要求。



HTTP, FTP, E-MAIL, TELNET, ...

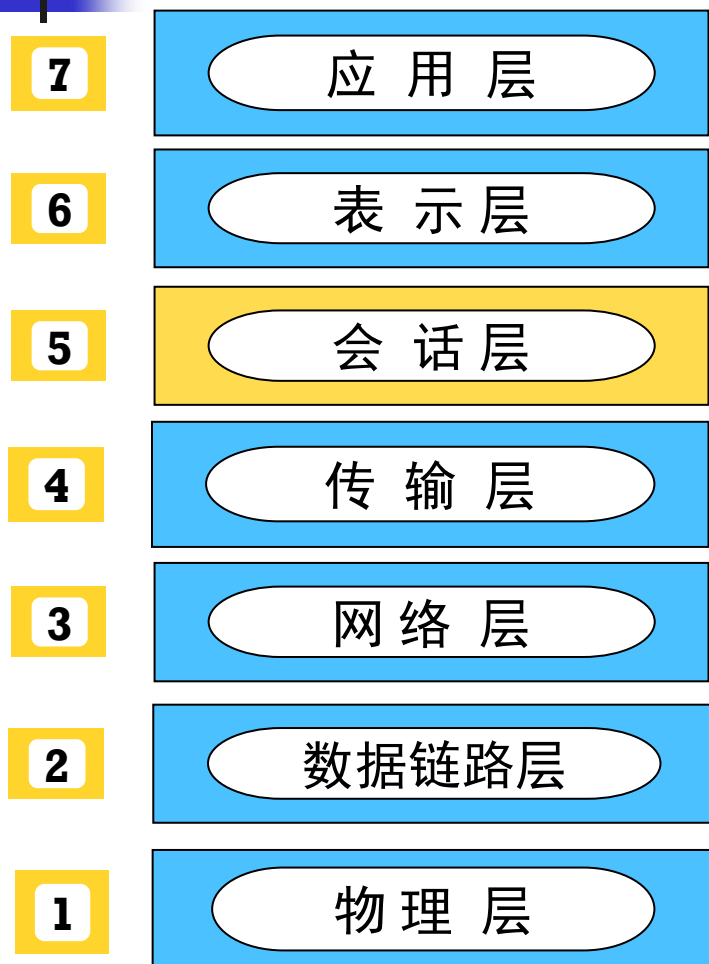


# 表示层



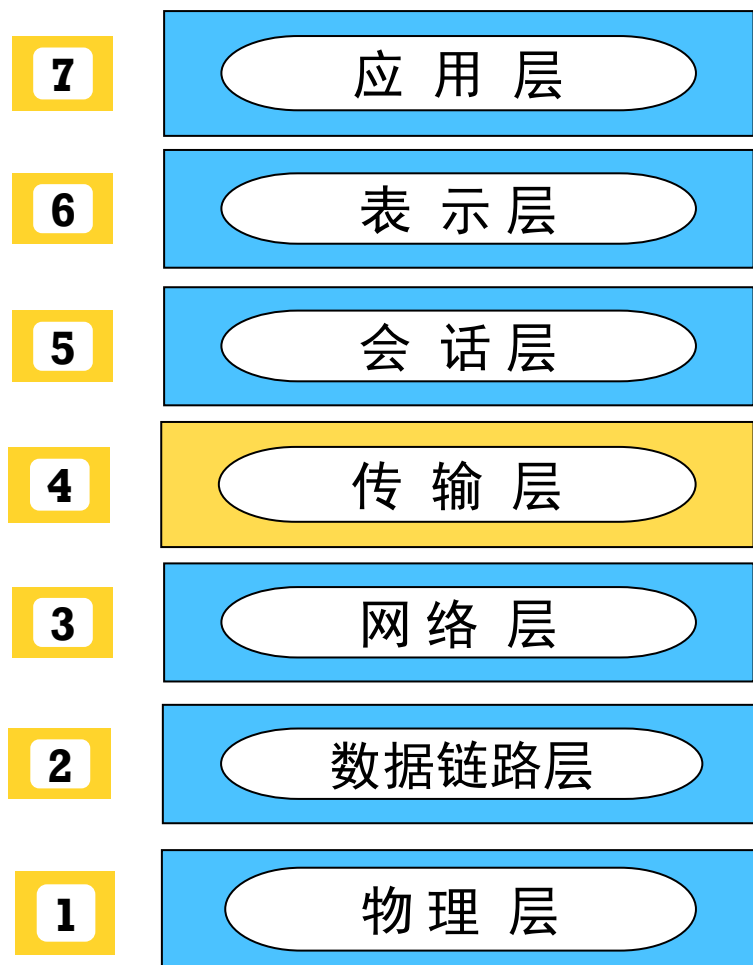
- 表示层以下各层主要完成的是从源端到目的端可靠地的数据传送。
- 表示层更关心的是所传送数据的语法和语义。
- 表示层的主要功能是处理在两个通信系统中交换信息的表示方式，主要包括数据格式转换、数据加密与解密、数据压缩与解压等。

# 会话层



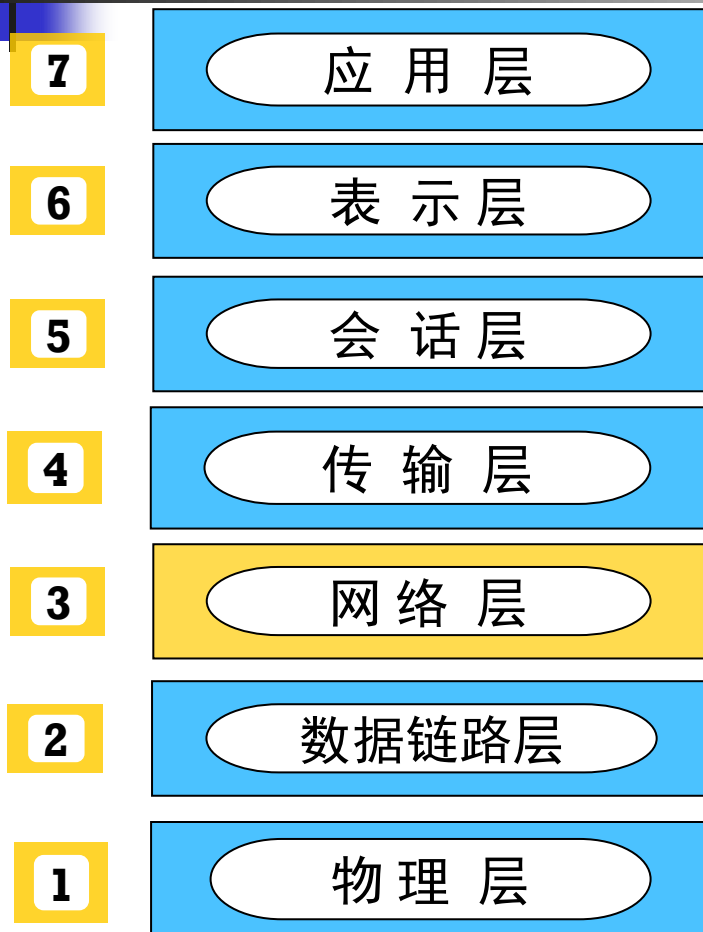
- 会话层的主要功能是负责维护两个节点之间的传输联接，确保点到点传输不中断，以及管理数据交换等功能。
- 会话层在应用进程中建立、管理和终止会话。
- 会话层还可以通过对话控制来决定使用何种通信方式，如全双工通信或半双工通信。
- 通信协商:存在性，身份验证，通信参数协商。
- 会话同步:利用同步点解决大文件传输。

# 传输层



- 传输层主要为用户提供End—to—End(端到端)服务, 处理数据报错误、数据包次序等传输问题。
- 传输层是计算机通信体系结构中关键一层, 它向高层屏蔽了下层数据的通信细节, 使用户完全不用考虑物理层、数据链路层和网络层工作的详细情况。
- 传输层使用网络层提供的网络联接服务, 依据系统需求可以选择数据传输时使用面向联接的服务或是面向无联接的服务。
- 不同主机用户进程之间通信。
- 提供可靠/不可靠的端到端通信
- 保证数据按序、可靠传输。
  - 差错控制
  - 流量控制
  - 拥塞控制

# 网络层

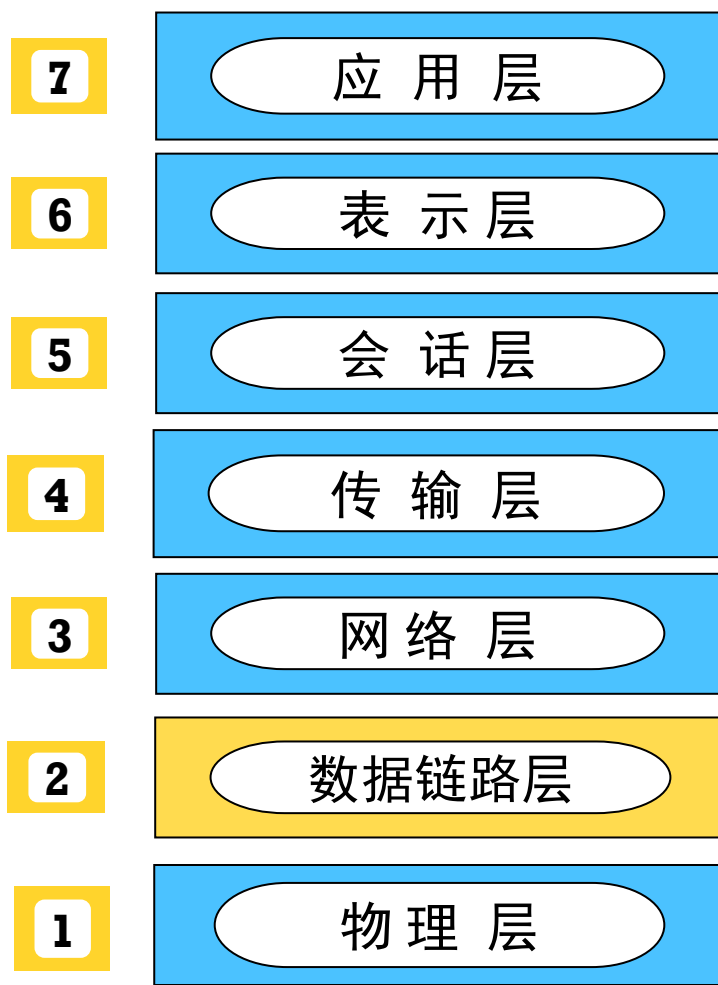


- ❑ 网络层要为数据在节点之间传输创建逻辑链路，通过路由选择算法为分组选择最佳路径，从而实现拥塞控制、网络互联等功能。
- ❑ 网络层负责把分组从源网络传输到目标网络的路由选择工作。
- ❑ 传输的基本单位为“分组”。



- 建立路由表：寻找路由
- 选择路由（多条）
- 拥塞控制
- 异构网络互连

# 数据链路层



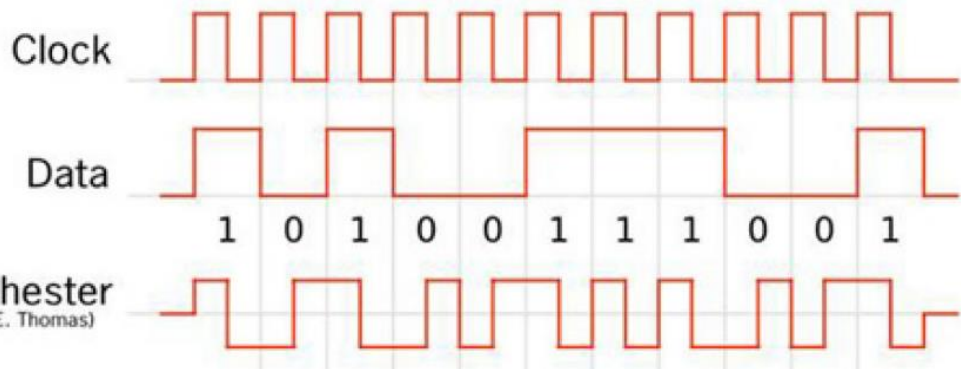
- ❑ 为网络层提供差错控制和流量控制服务。将不可靠，不好用的物理链路转变为可靠的数据链路。
- ❑ 数据链路层是在通信实体间建立数据链路联接，传输的基本单位为“帧”。
- ❑ 数据链路层由MAC(介质访问控制子层)和LLC(逻辑链路控制子层)组成。介质访问控制子层的主要任务是规定如何在物理线路上传输帧。逻辑链路控制子层对在同一条网络链路上的设备之间的通信进行管理。



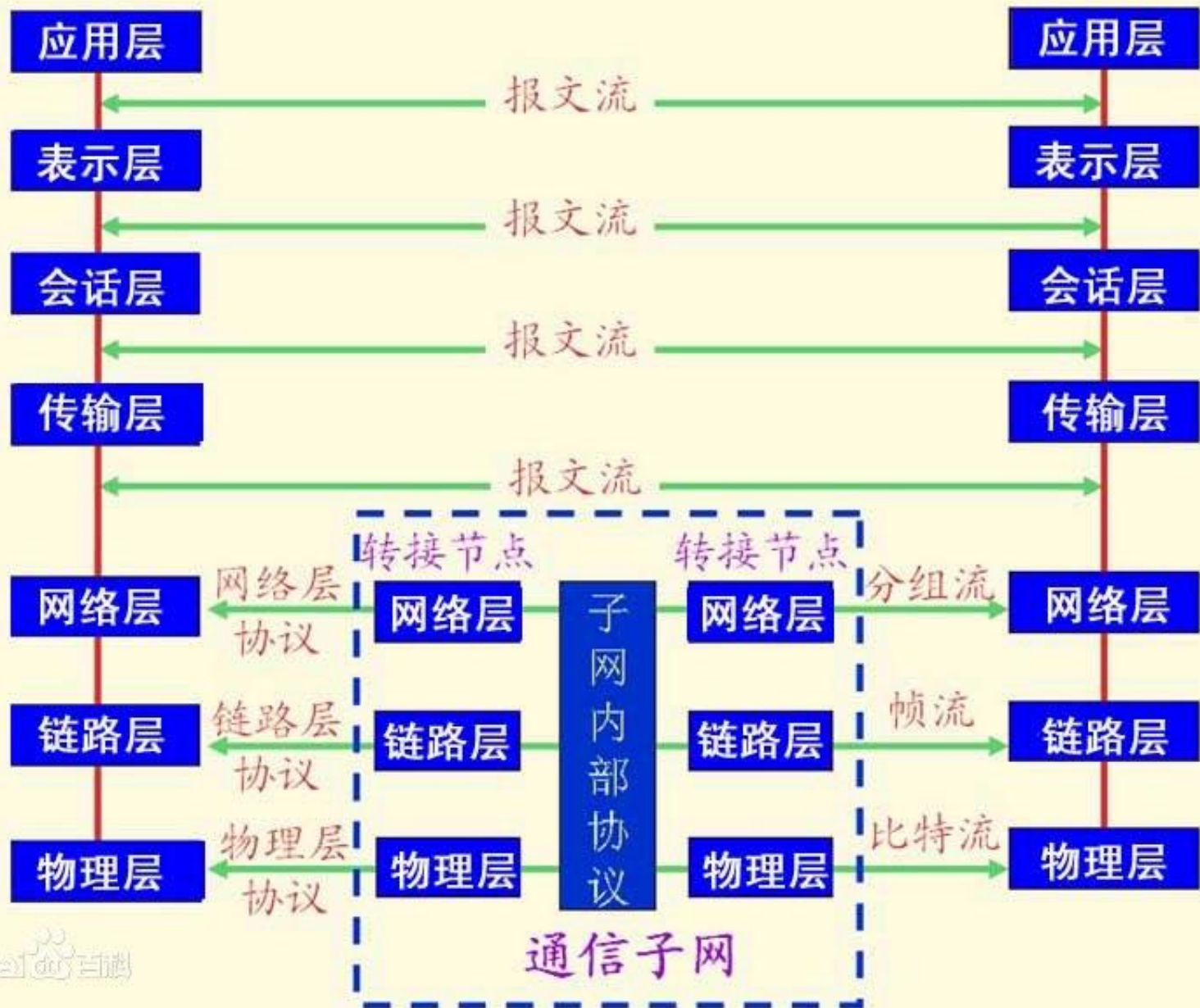
# 软/硬件如何分工？

## 物理层

Manchester  
(as per G.E. Thomas)



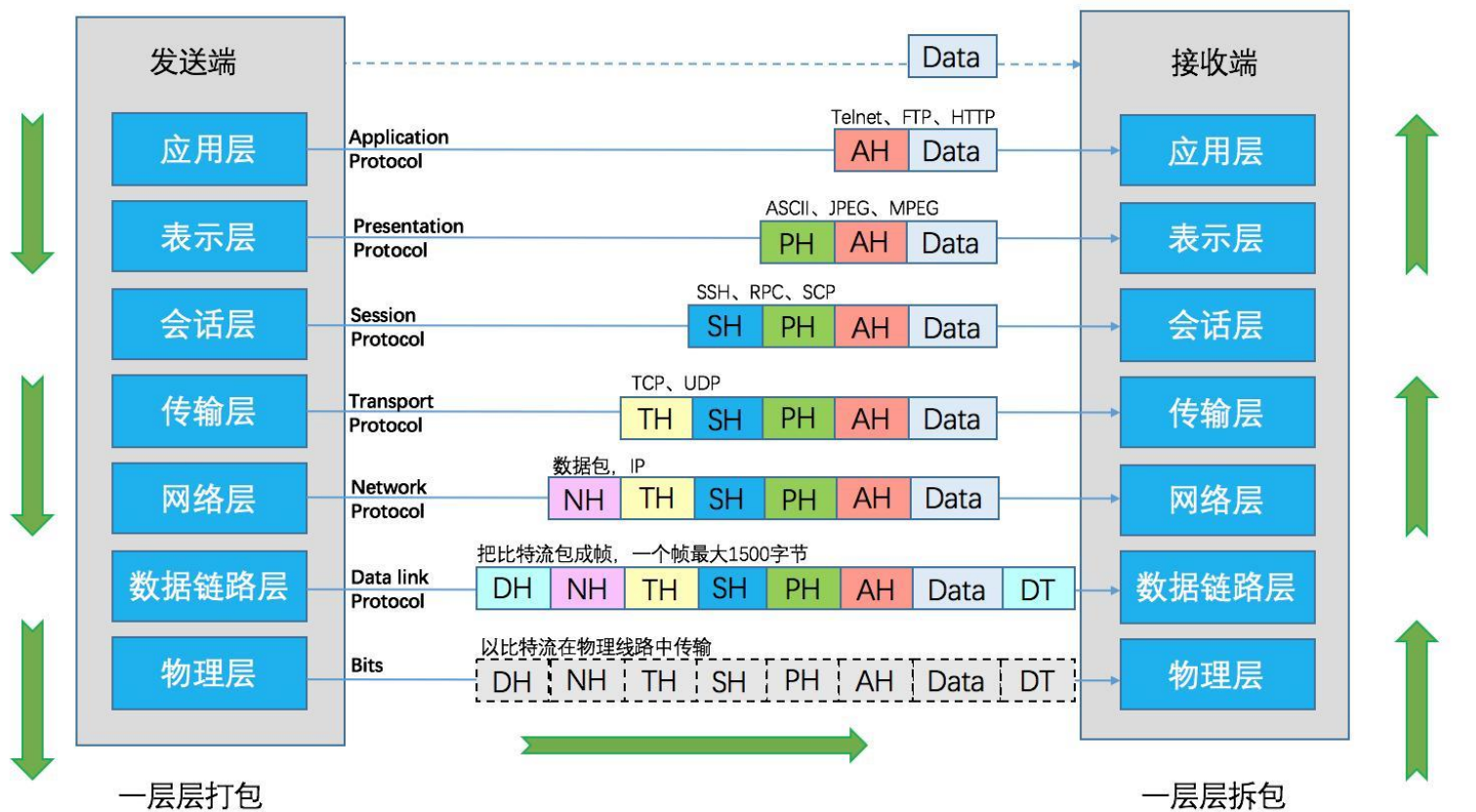
- ❑ 物理层定义了系统的电气、机械、过程和功能标准。如：电压、物理数据速率、最大传输距离、物理联接器和其他的类似特性。
- ❑ 物理层的主要功能是利用传输介质为数据链路层提供物理联接，负责数据流的物理传输工作。
- ❑ 物理层传输的基本单位是比特流，即0和1，也就是最基本的电信号或光信号，是最基本的物理传输特征。



# 各层简要功能

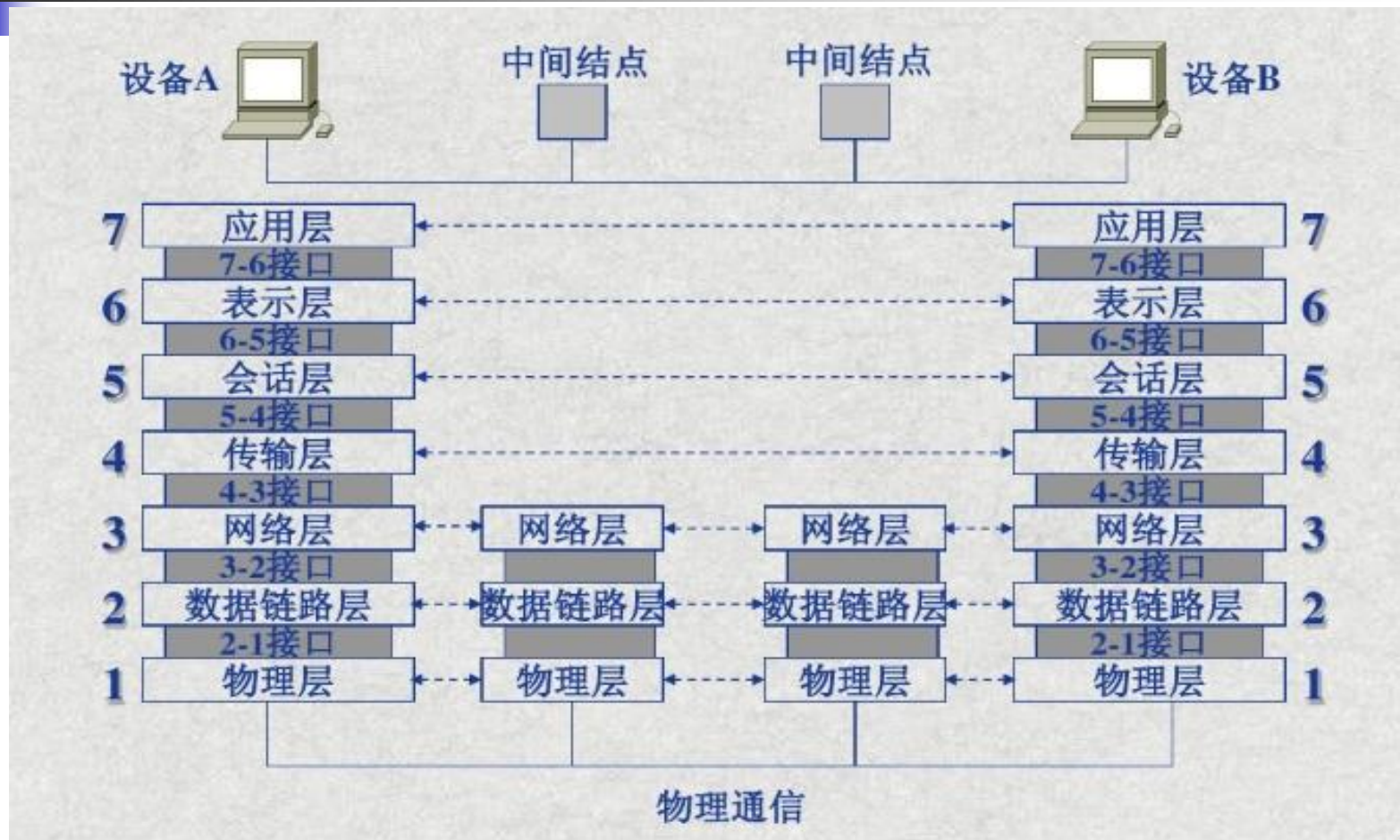


# 数据封装/解封





# 七层模型的逻辑结构





# OSI参考模型层次结构

7	应用层	应用层为用户提供相关的服务，如： <b>e-mail</b> 服务， <b>ftp</b> 服务、 <b>www</b> 服务等。
6	表示层	表示层提供多种数据格式之间的转换。
5	会话层	会话层建立、管理和终止应用程序间的会话。
4	传输层	传输层保证数据的可靠传输。
3	网络层	网络层为处在不同位置的两个设备之间，提供连接和选择一条最佳路径。
2	数据链路层	数据链路层规定了物理地址、网络拓扑结构、错误警告机制、所传数据帧 的排序和流量控制等。
1	物理层	物理层定义了通信线路的一些规范。



## 2. 开放系统互连参考模型OSI/RM

---

- 作用：网络互连

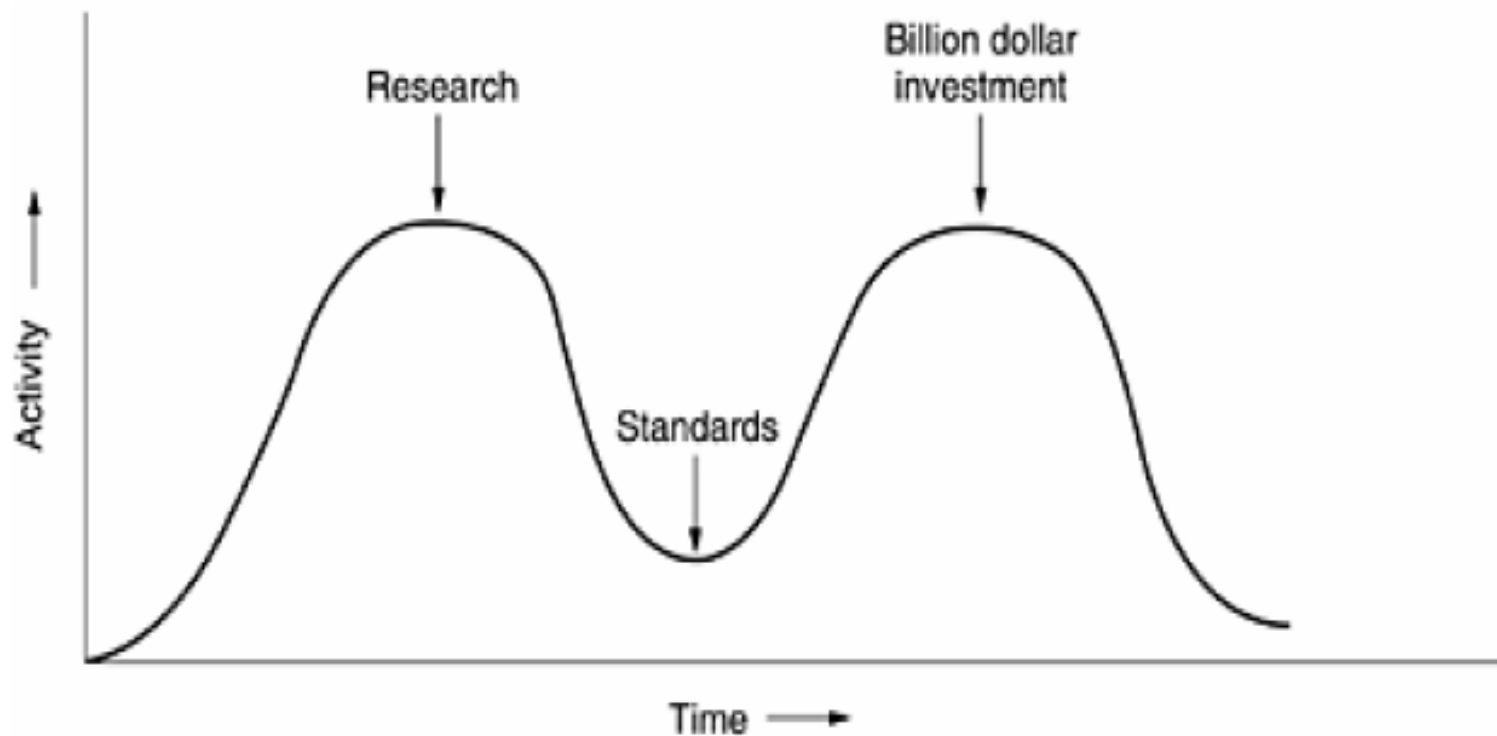
- 网络节点（计算机，网络交换设备）只要遵循OSI标准，就可以和位于世界上任何地方、遵循同一标准的其他任何网络系统互连并通信。

- 仅仅是法律上国际标准

- OSI 模型复杂，难实现（层数多），运行效率低；
- OSI的专家们在完成OSI/RM时没有商业驱动力；
- OSI的层次划分不太合理：（1）有些功能在多个层次中重复出现（2）有些层在实际中没有使用。
- OSI/RM制定周期太长，按OSI/RM生产的设备无法及时进入市场；

## 2. 开放系统互连参考模型OSI/RM

- 糟糕的时机 (麻省 “两头大象的启示” )



# TCP/IP参考模型



TCP/IP



OSI/RM

## 具有五层协议的体系结构

- OSI 的七层协议体系结构的概念清楚，理论也较完整，但它既复杂又不实用。
- TCP/IP 是四层体系结构：应用层、运输层、网际层和网络接口层。
- 但最下面的网络接口层并没有具体内容。
- 因此往往采取折中的办法，即综合 OSI 和 TCP/IP 的优点，采用一种只有五层协议的体系结构。



## 具有五层协议的体系结构

OSI 的体系结构



(a)

TCP/IP 的体系结构



(b)

五层协议的体系结构



(c)

计算机网络体系结构: (a) OSI 的七层协议; (b) TCP/IP 的四层协议; (c) 五层协议

## 五层协议的体系结构



- 应用层 (application layer), 应用层的任务是通过应用进程间的交互来完成特定网络应用。应用层协议定义的是应用进程间通信和交互的规则。这里的进程就是指主机中正在运行的程序。对于不同的网络应用需要有不同的应用层协议。在互联网中的应用层协议很应用的HTTP协议, 支持电子邮件的SMTP协议, 等

## 五层协议的体系结构



- 应用层 (application layer),
- 运输层 (transport layer), 运输层负责端到端的通信, 既是五层模型中负责数据通信的最高层, 又是面向网络通信的低三层和面向信息处理的最高层应用层之间的中间层。

## 五层协议的体系结构



- 应用层 (application layer),
- 运输层 (transport layer)
- 网络层 (network layer),  
异构网络互联, 路由与转发, 拥塞控制等.

## 五层协议的体系结构



- 应用层 (application layer)

- 运输层 (transport layer)

- 网络层 (network layer)

- 数据链路层 (data link layer), 数据链路层主要有两个功能：帧编码和误差纠正控制。帧编码意味着定义一个包含源地址、目标地址以及其他控制信息的数据包。数据链路层协议又被分为两个子层：逻辑链路控制 (LLC) 协议和媒体访问控制 (MAC) 协议

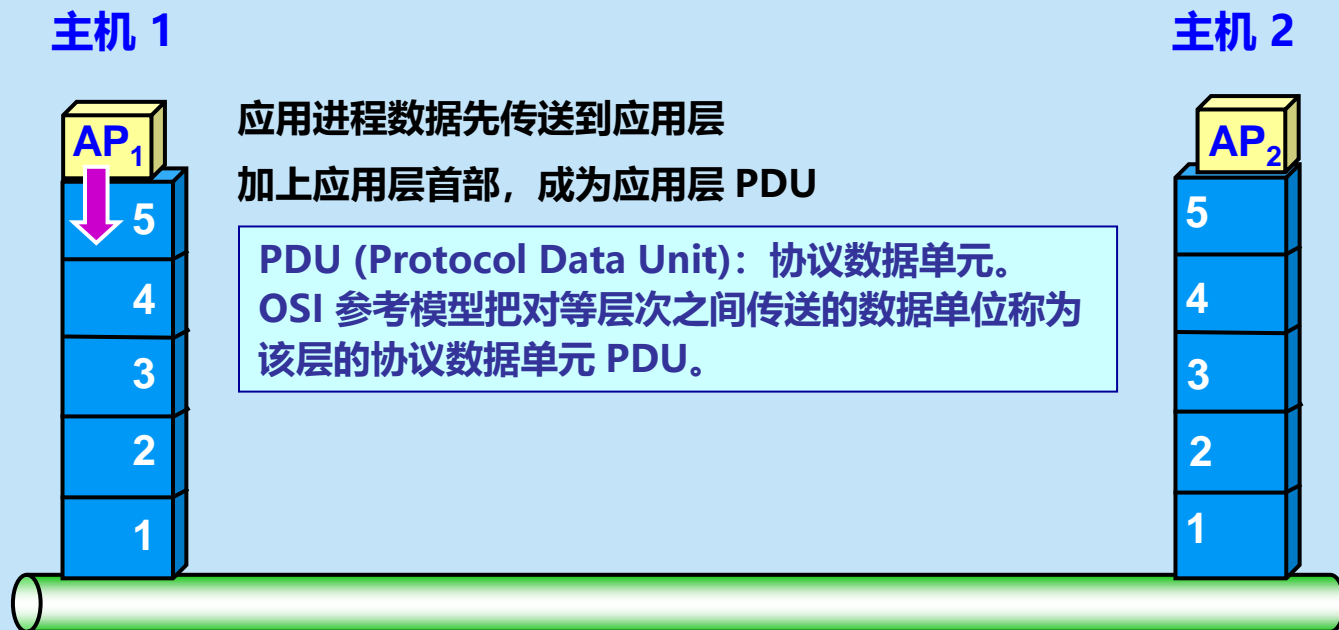


## 五层协议的体系结构

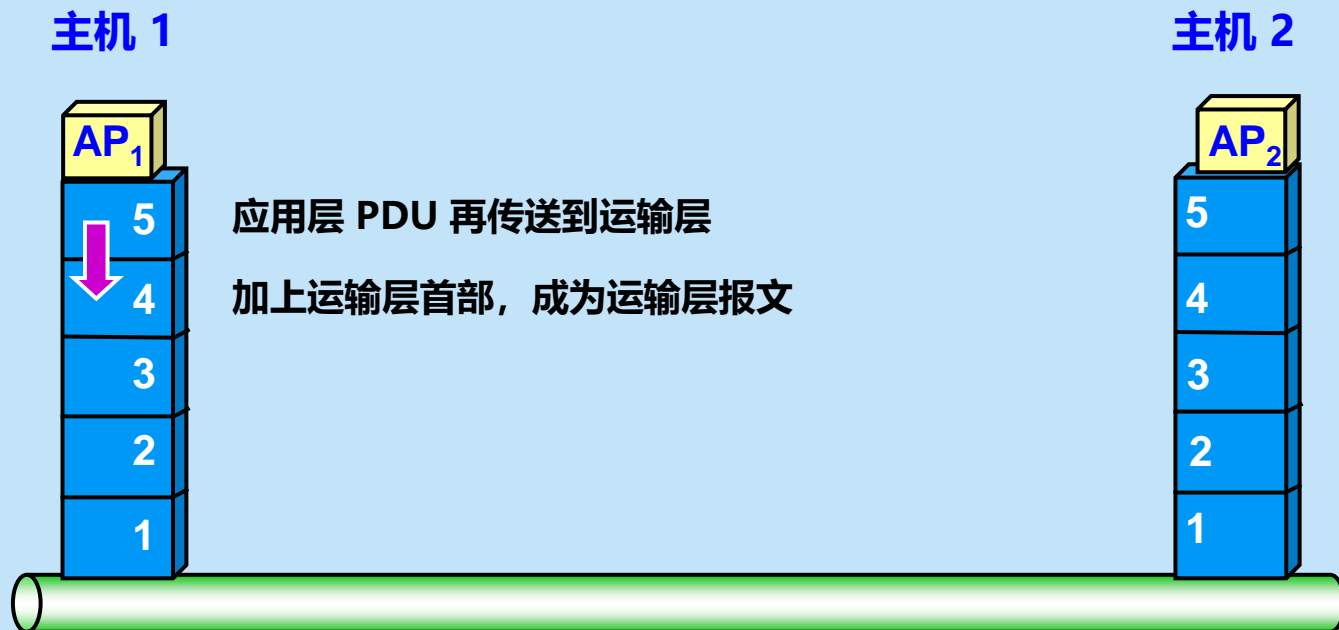


- 应用层 (application layer)
- 运输层 (transport layer)
- 网络层 (network layer)
- 数据链路层 (data link layer)
- 物理层 (physical layer), 物理层规定:为传输数据所需要的物理链路创建、维持、拆除, 而提供具有机械的, 电子的, 功能的和规范的特性。简单的说, 物理层确保原始的数据可在各种物理媒体上传输。

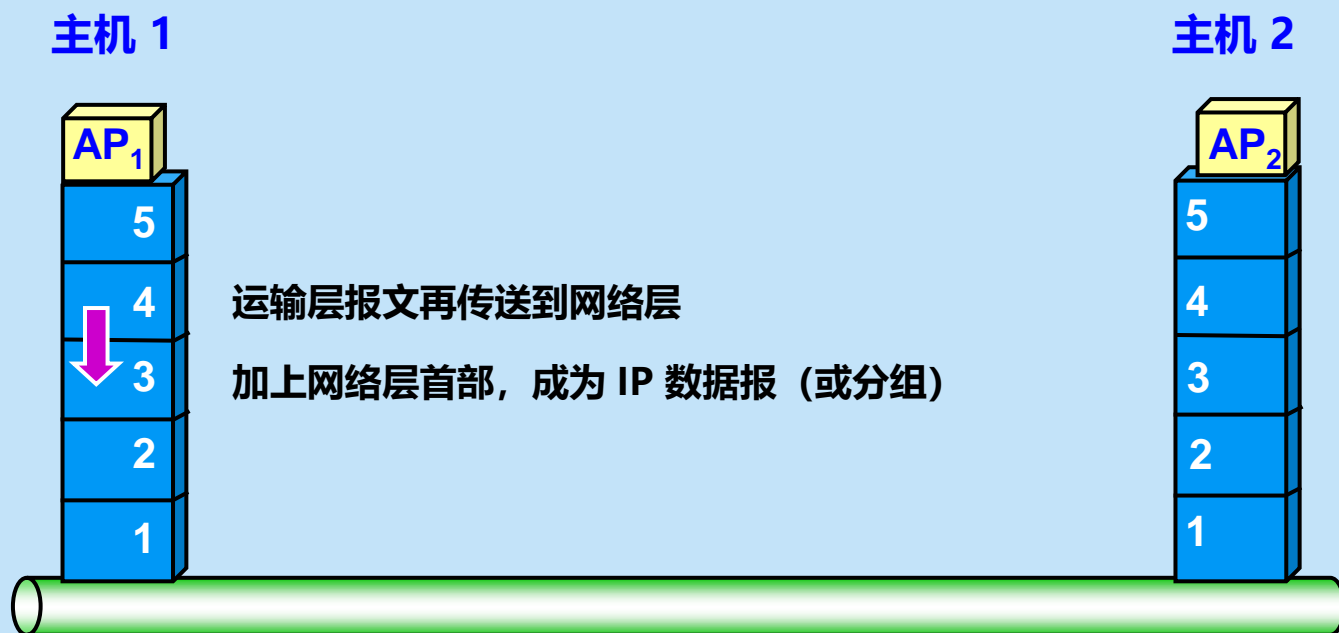
## 主机 1 向主机 2 发送数据



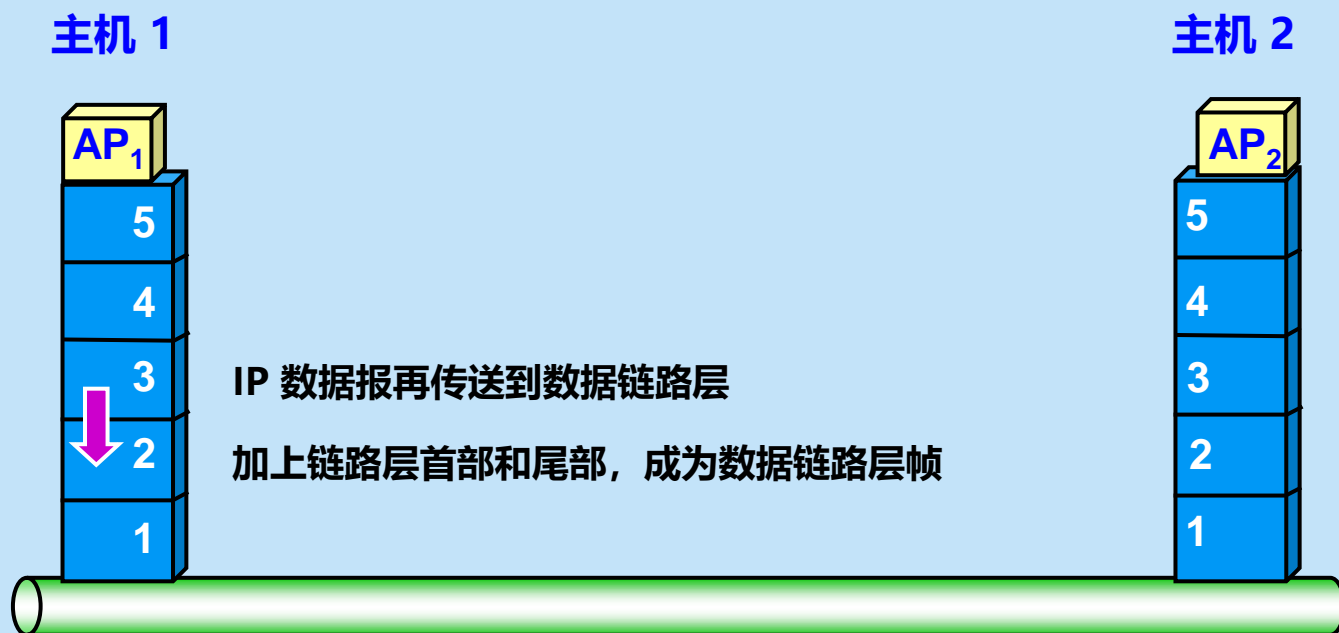
## 主机 1 向主机 2 发送数据



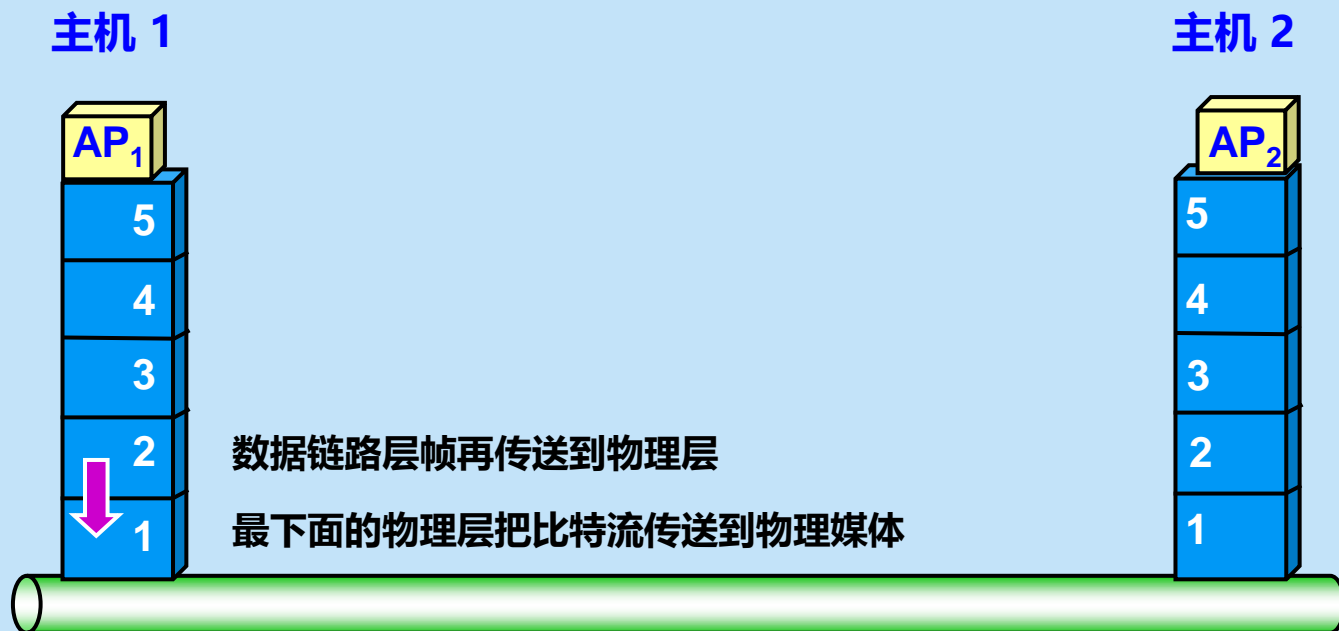
## 主机 1 向主机 2 发送数据



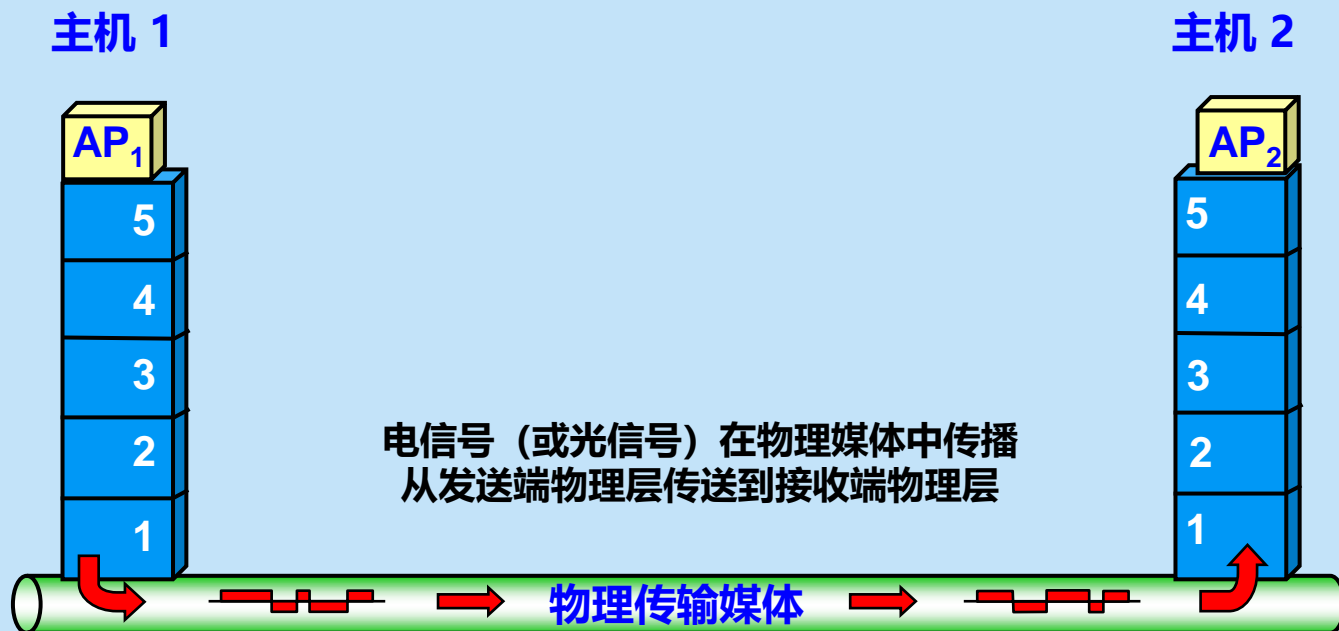
## 主机 1 向主机 2 发送数据



## 主机 1 向主机 2 发送数据

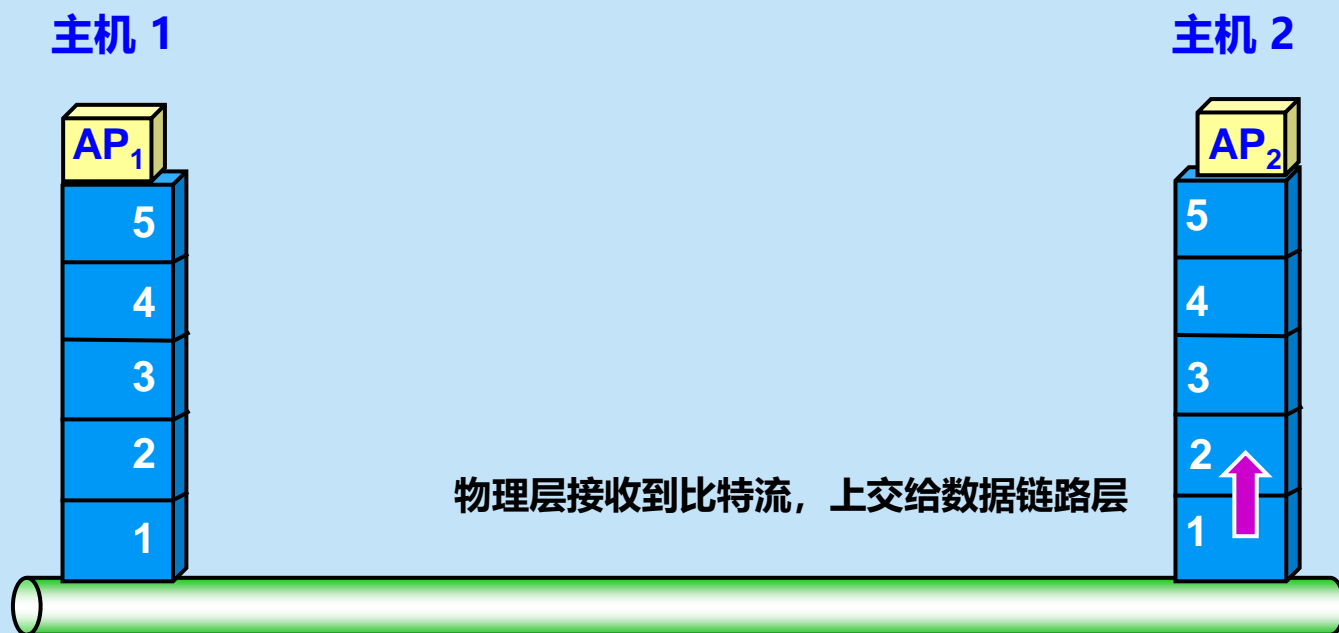


## 主机 1 向主机 2 发送数据

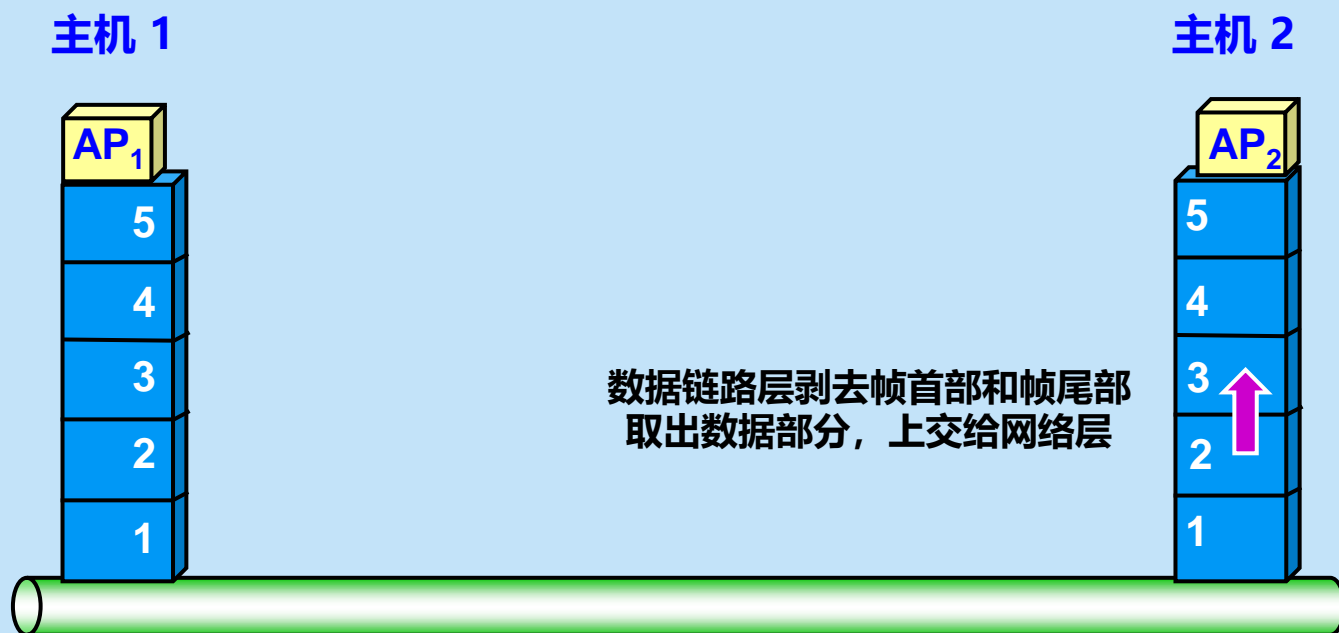




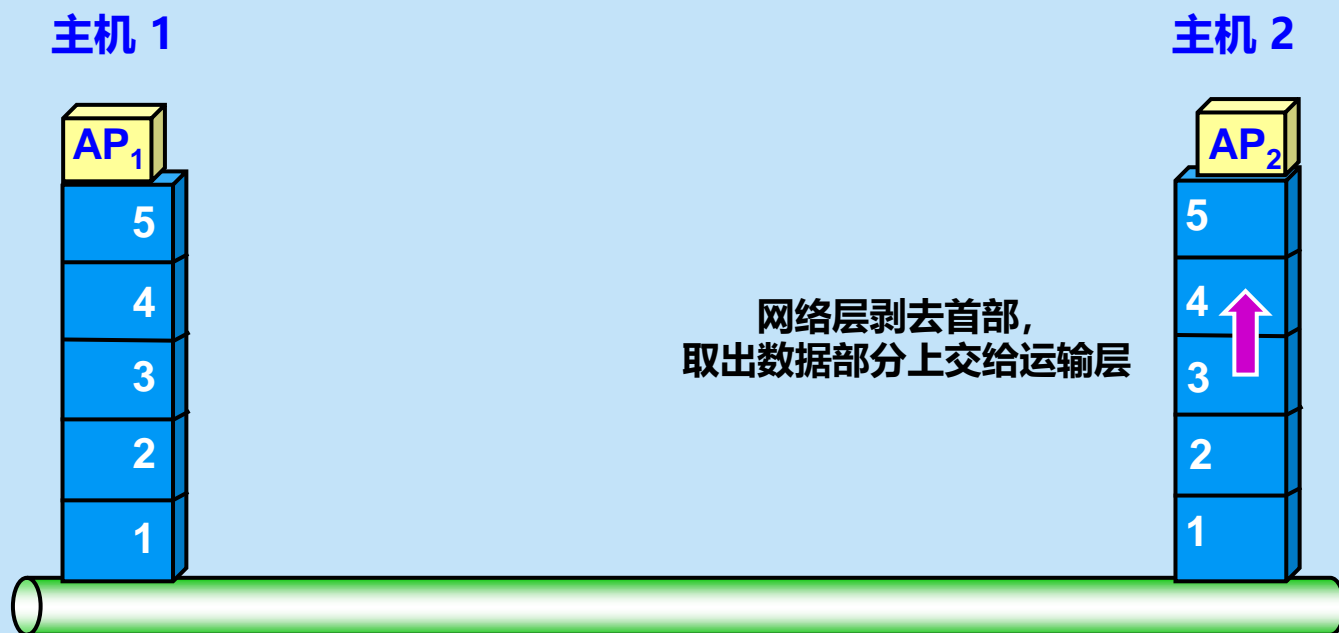
## 主机 1 向主机 2 发送数据



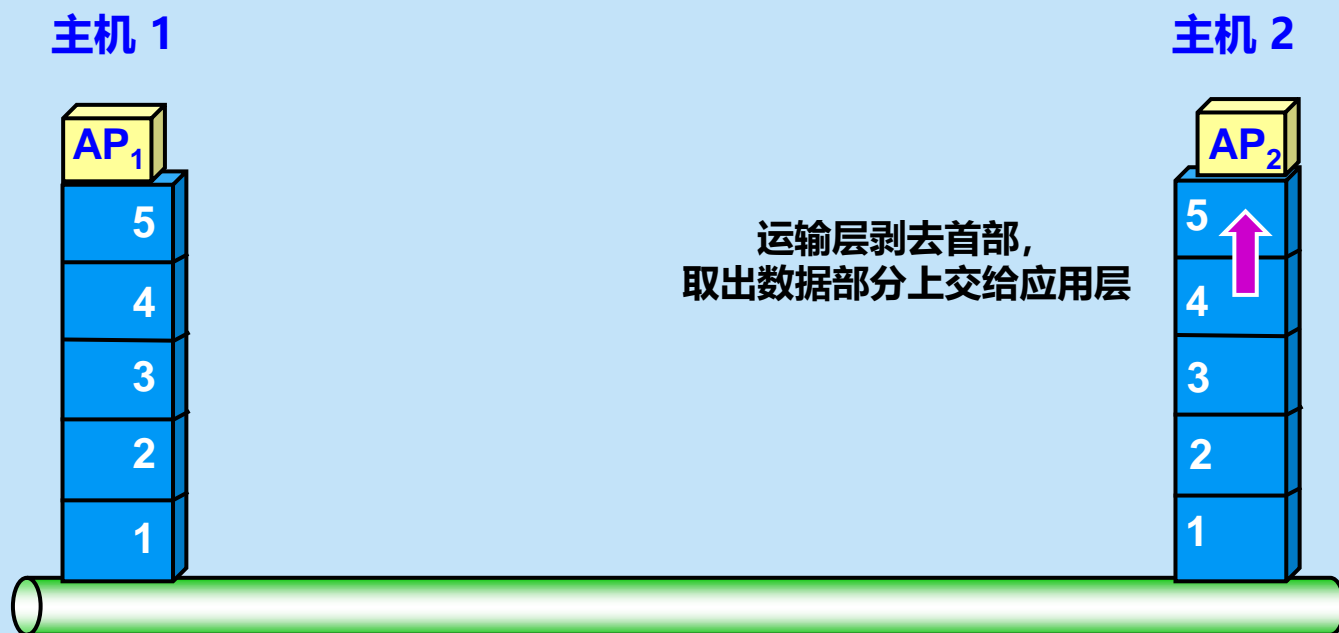
## 主机 1 向主机 2 发送数据



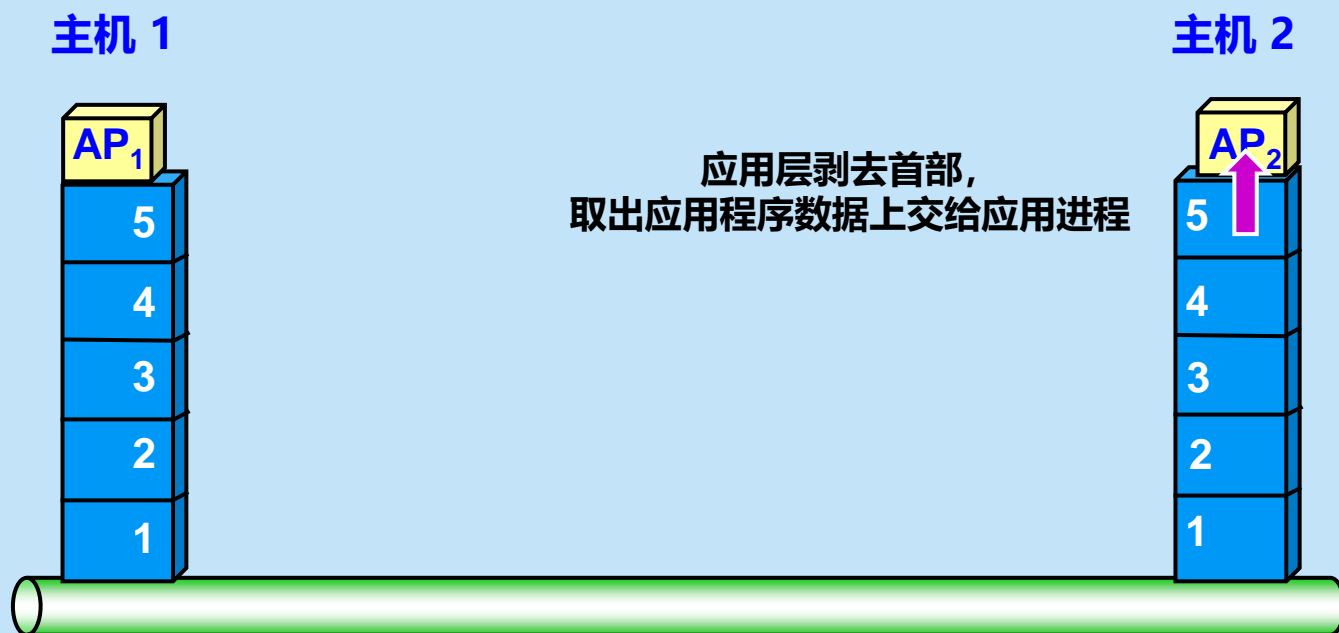
## 主机 1 向主机 2 发送数据



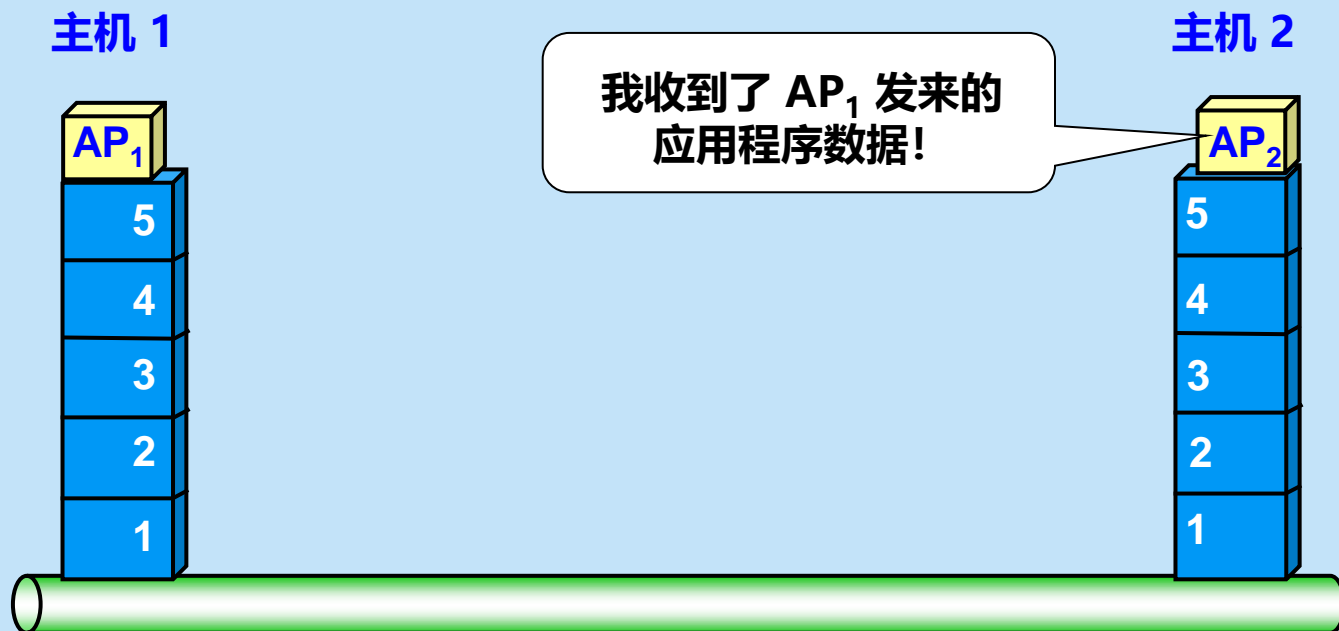
## 主机 1 向主机 2 发送数据



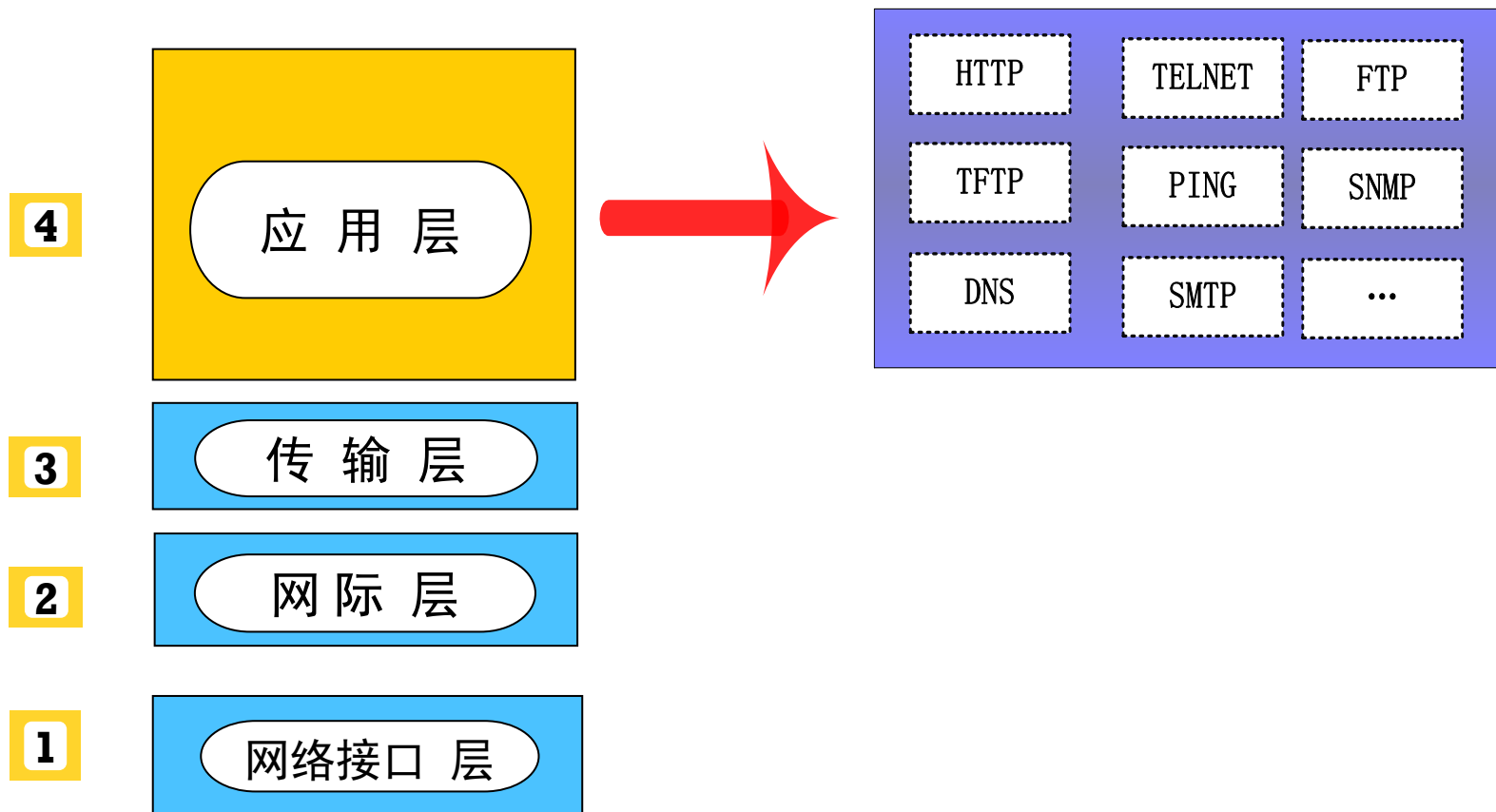
## 主机 1 向主机 2 发送数据



## 主机 1 向主机 2 发送数据

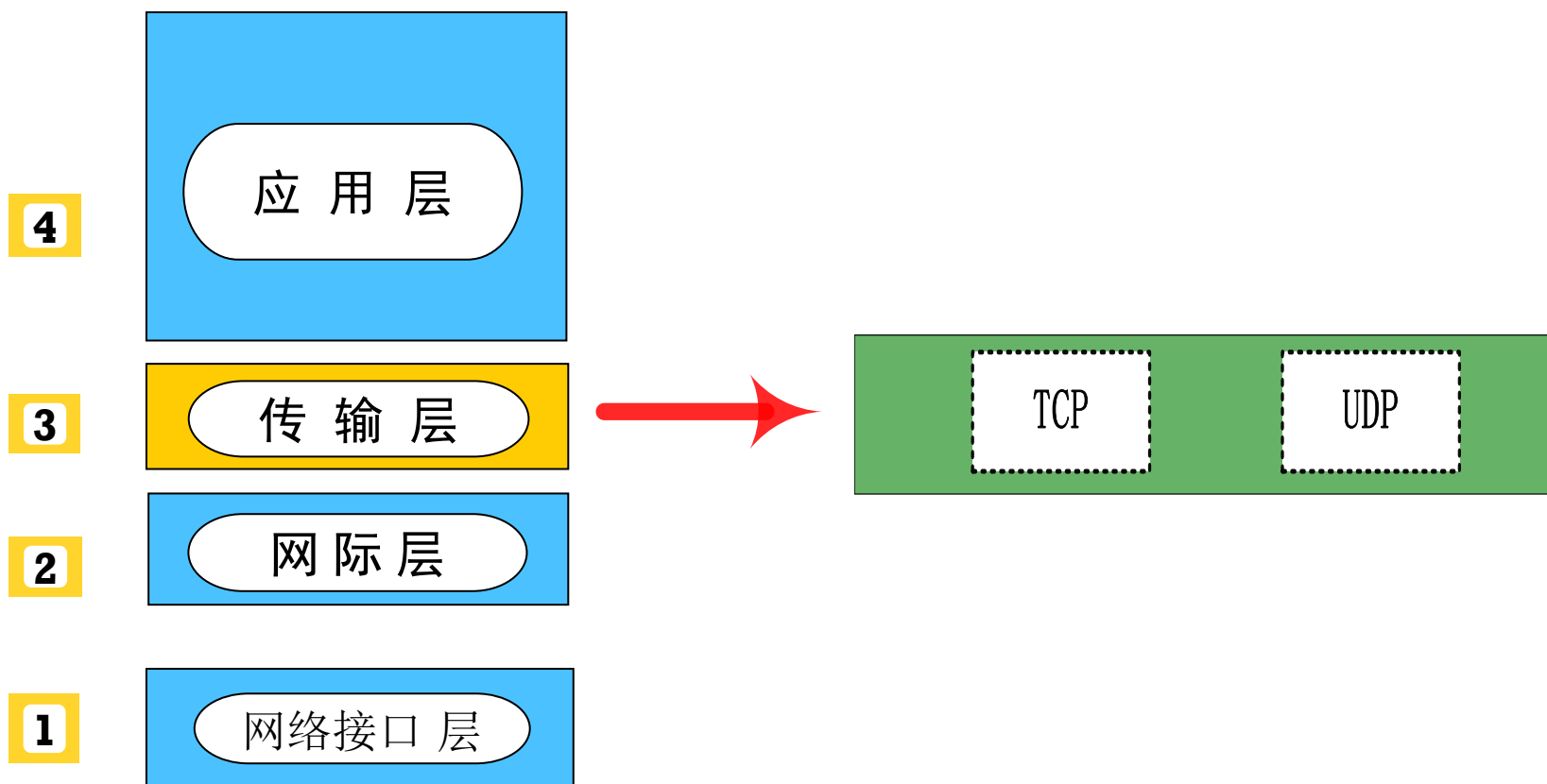


# TCP/IP应用层协议





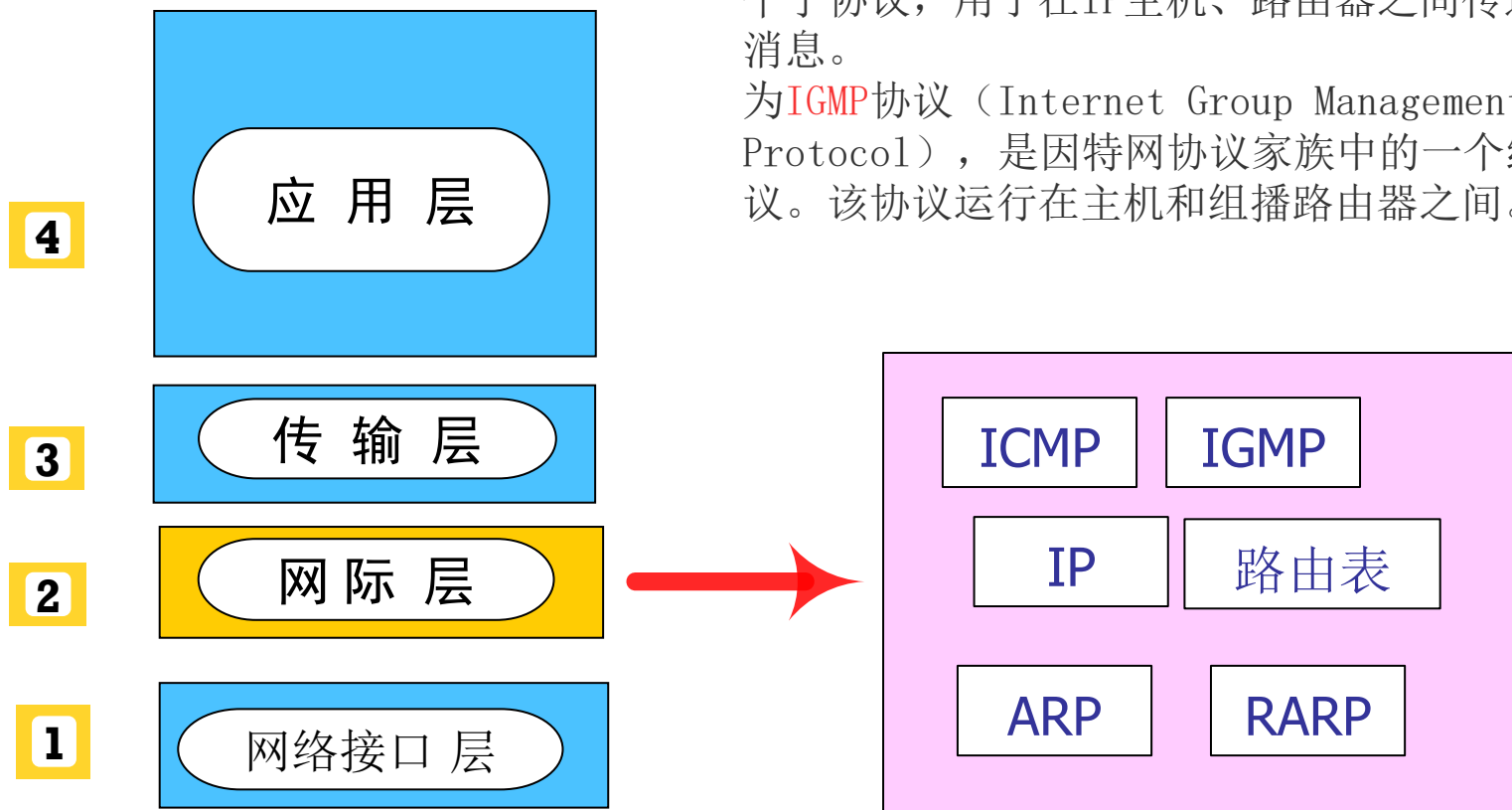
# TCP/IP传输层协议



# TCP/IP网络层协议

**ICMP** (Internet Control Message Protocol)  
Internet控制报文协议。它是TCP/IP协议簇的一个子协议，用于在IP主机、路由器之间传递控制消息。

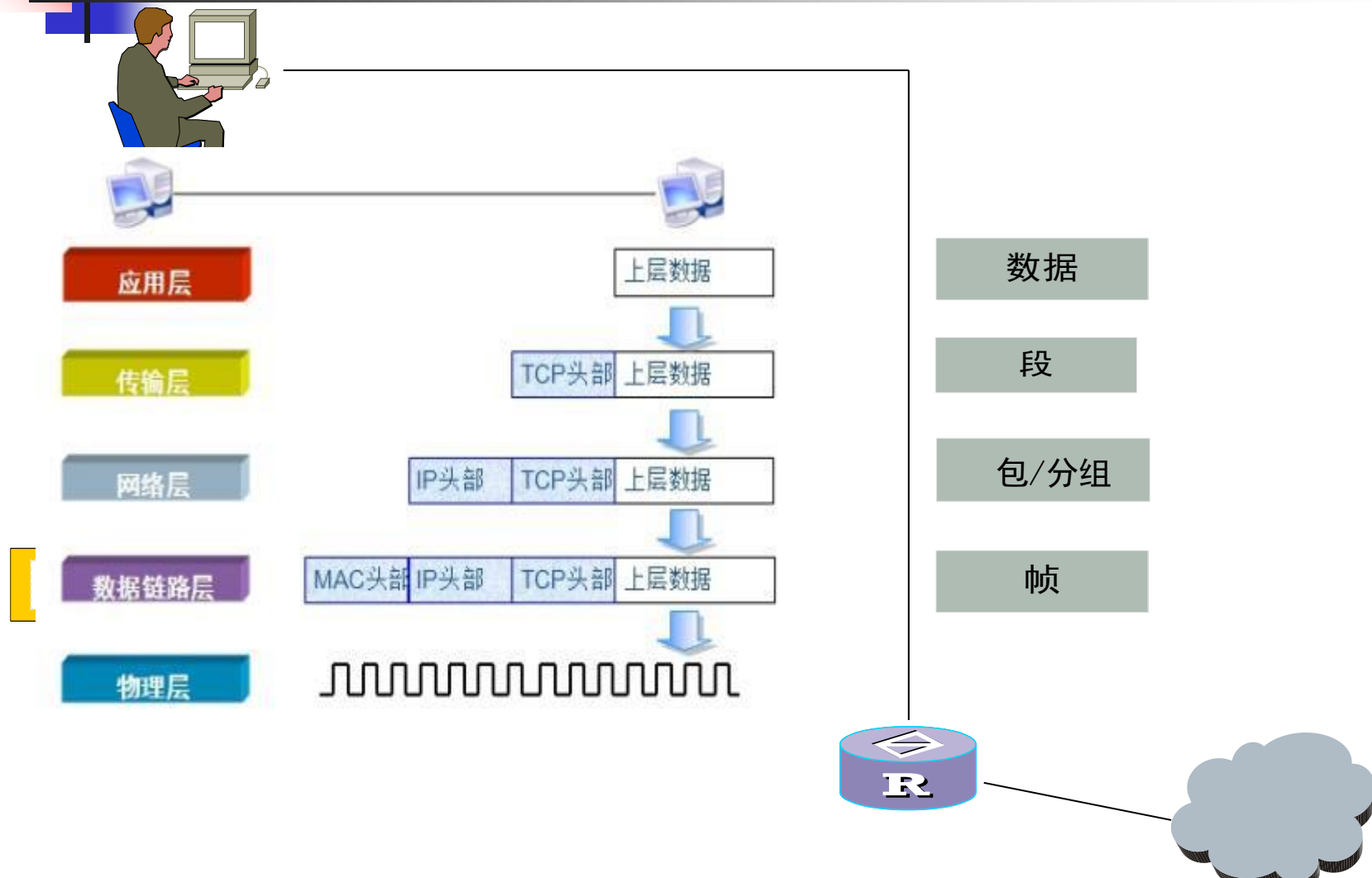
为**IGMP**协议 (Internet Group Management Protocol)，是因特网协议家族中的一个组播协议。该协议运行在主机和组播路由器之间。



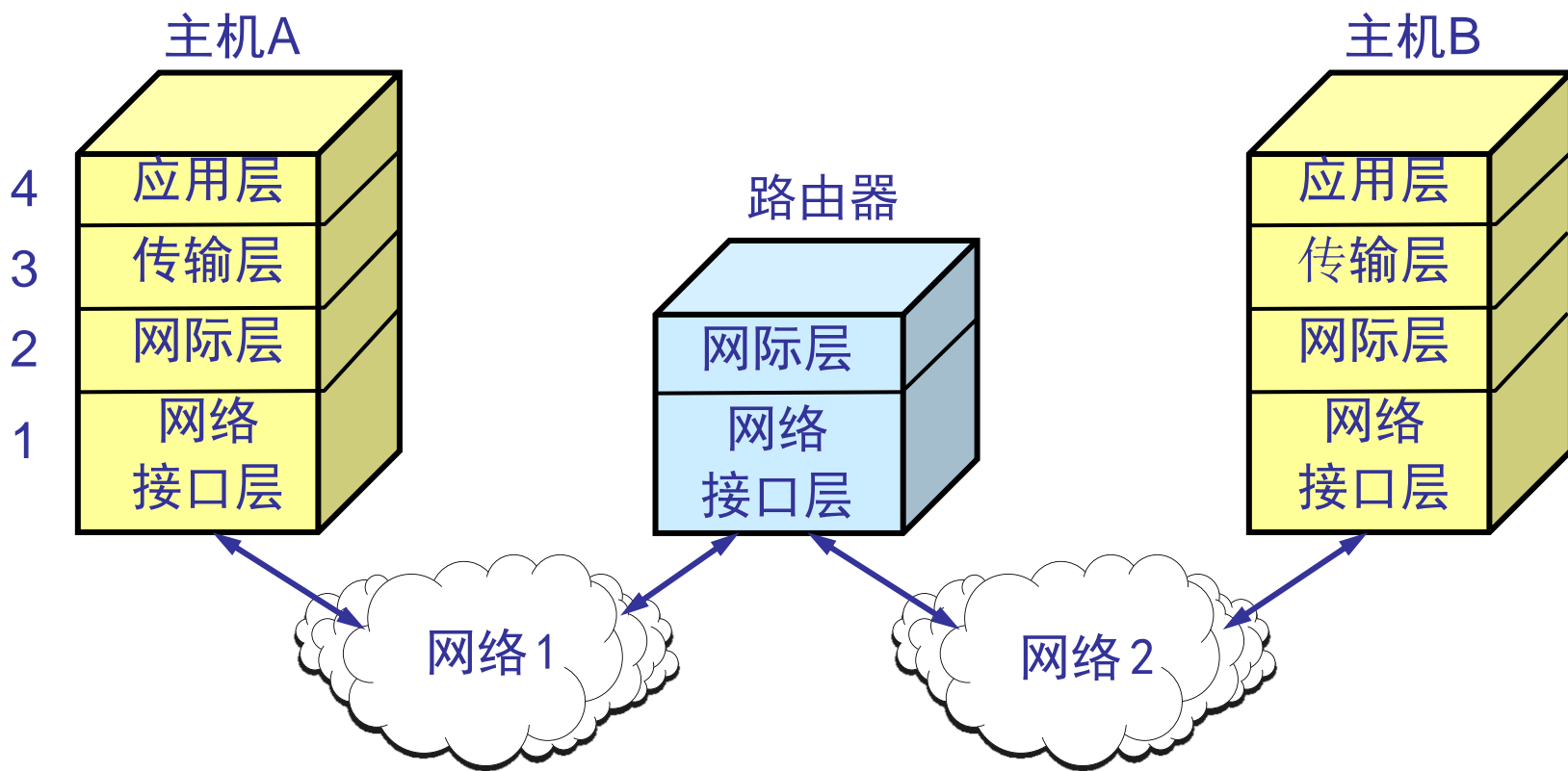
# TCP/IP网络层协议



# TCP/IP数据封装

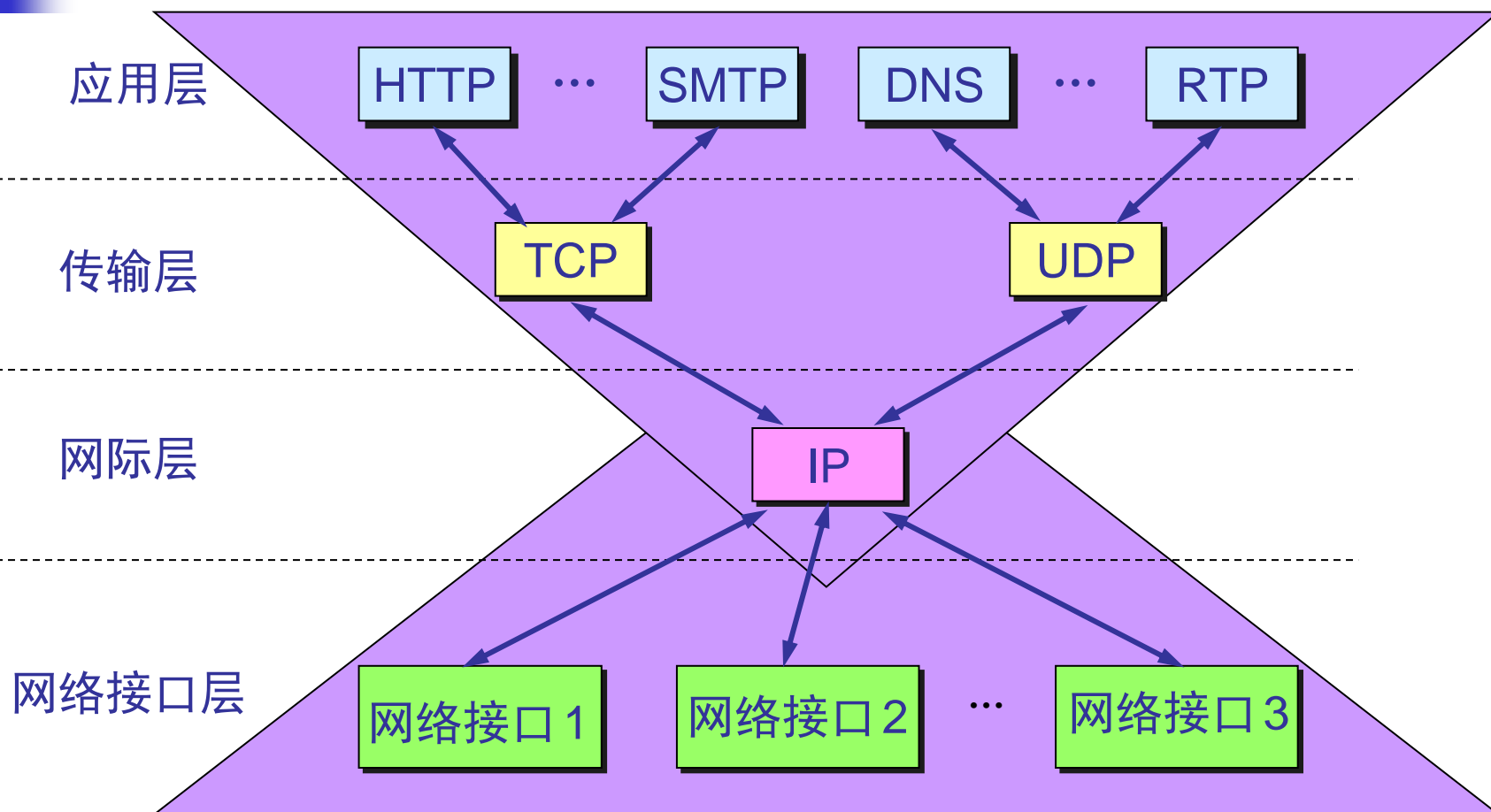


# TCP/IP 四层协议的表示方法举例



# IP over Everything

## IP可应用到各式各样的网络上





# 总结1：OSI模型缺点

---

## ■ 糟糕的技术

- 层次太多；□ 会话层和表示层几乎是空；□ 数据链路层和网络包含内容太多；□ 功能的重复。

## ■ 糟糕的实现

- 协议过于复杂，全部实现太难。
- TCP/IP简单、易实现，抓住了时机。

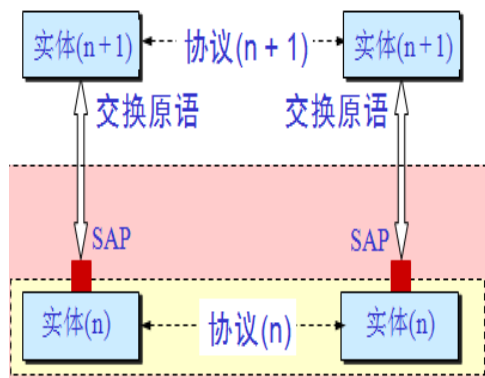
## ■ 糟糕的政策

- “OSI被认为是欧洲电信部门以及美国政府的产物”
- TCP/IP免费集成在UNIX，在学术界得到广泛应用、有庞大用户群。



## 总结2: TCP/IP参考模型缺点

- TCP/IP没有明确的区分服务、接口和协议之间的差异. (只是在成型之后对其做了改进)
  - 使用新技术来设计新的网络系统的时候, TCP/IP不是一个很好的参照。
- TCP网络接口层为空, 完成下两层功能; TCP/IP并没有区分物理层和数据链路层, 应该独立考虑。



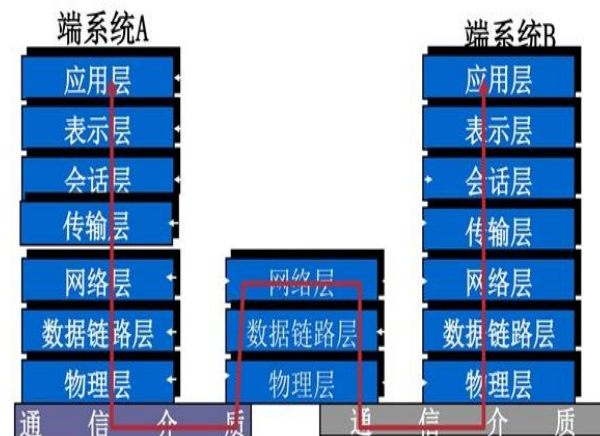
# 几个模型的关系大致情况



## 5. 网络标准化

### ■ 国际标准化组织 (ISO)

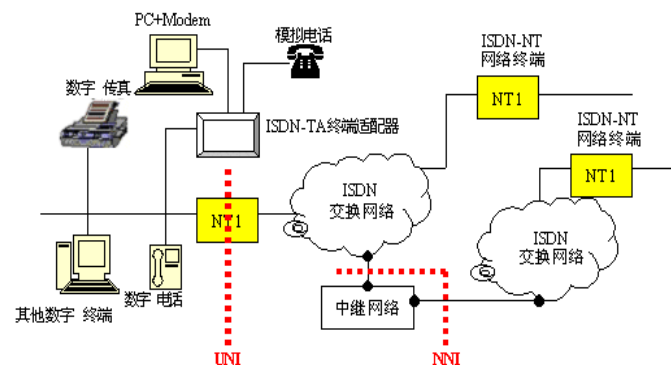
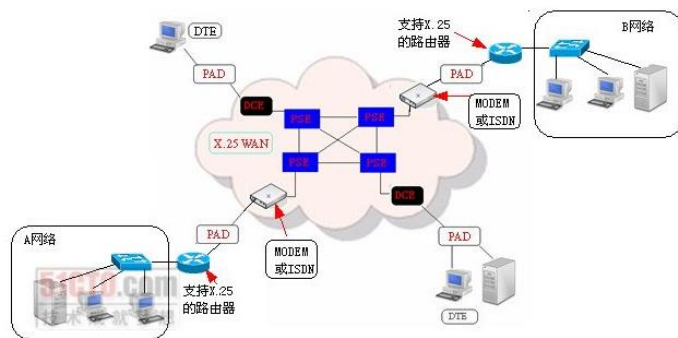
- 由各国政府标准制定委员会成员组成, 建立1974。
- 82个成员国的国际组织。
- 为国际间的产品和服务交流提供标准模型。
- OSI/RM参考模型是其在信息技术领域主要贡献。



## 5. 网络标准化

### ■ 国际电信联盟-电信标准化部 (ITU-T)

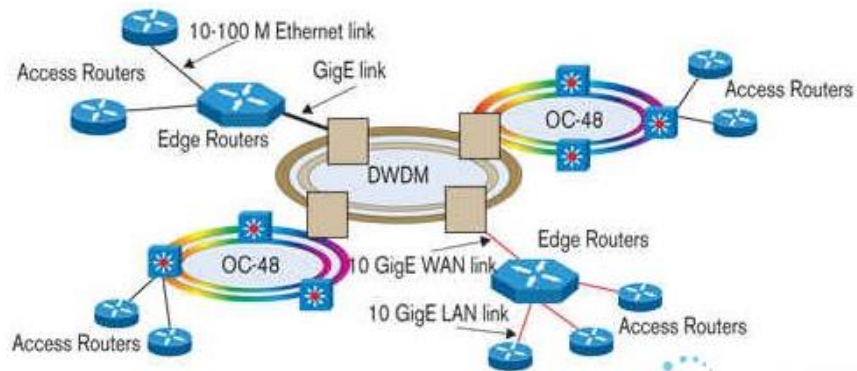
- 20世纪70年代, 电信领域各国标准不统一性, 联合国在 ITU 组成内部成立一个委员会ITU-T。
- 致力于研究和建立适用于一般电信领域或特定的电话和数据系统标准。
- 各国标准化组织提建议, 研究小组认可, 四年发布一次ITU-T 标准。
- x. 25和ISDN网络为其在电信领域主要贡献。



# 数据和电信标准化组织（2）

## ■ 美国国家标准化协会 (ANSI)

- 非赢利组织, 向ITU-T提交建议和ISO中美国全权代表。
- 为美国国内标准化过程提供一个全国的协调机构, 推广标准采纳和应用以及保证对公众利益的参与与保护。
- 来自各个专业协会, 行业协会, 政府和管理机构和消费者。
- 涉及领域: ISDN业务, 信令和体系结构以及同步光纤网SONET。



# 数据和电信标准化组织（3）

## ■ 电气与电子工程师协会 (IEEE)

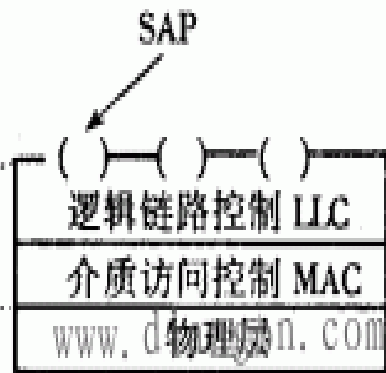
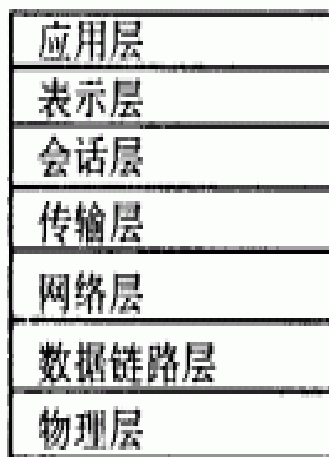
- 目标：在电气工程、电子、无线电以及相关的工程学分支中促进理论研究、创新活动和产品质量提高以及标准制定。
- 从事公众观念教育工作。
- 信息领域, 在数据通信物理接口和信号特征等方面作出了贡献。
- 定义了串行通信接口标准: EIA-232-D, EIA-449, EIA-530 。





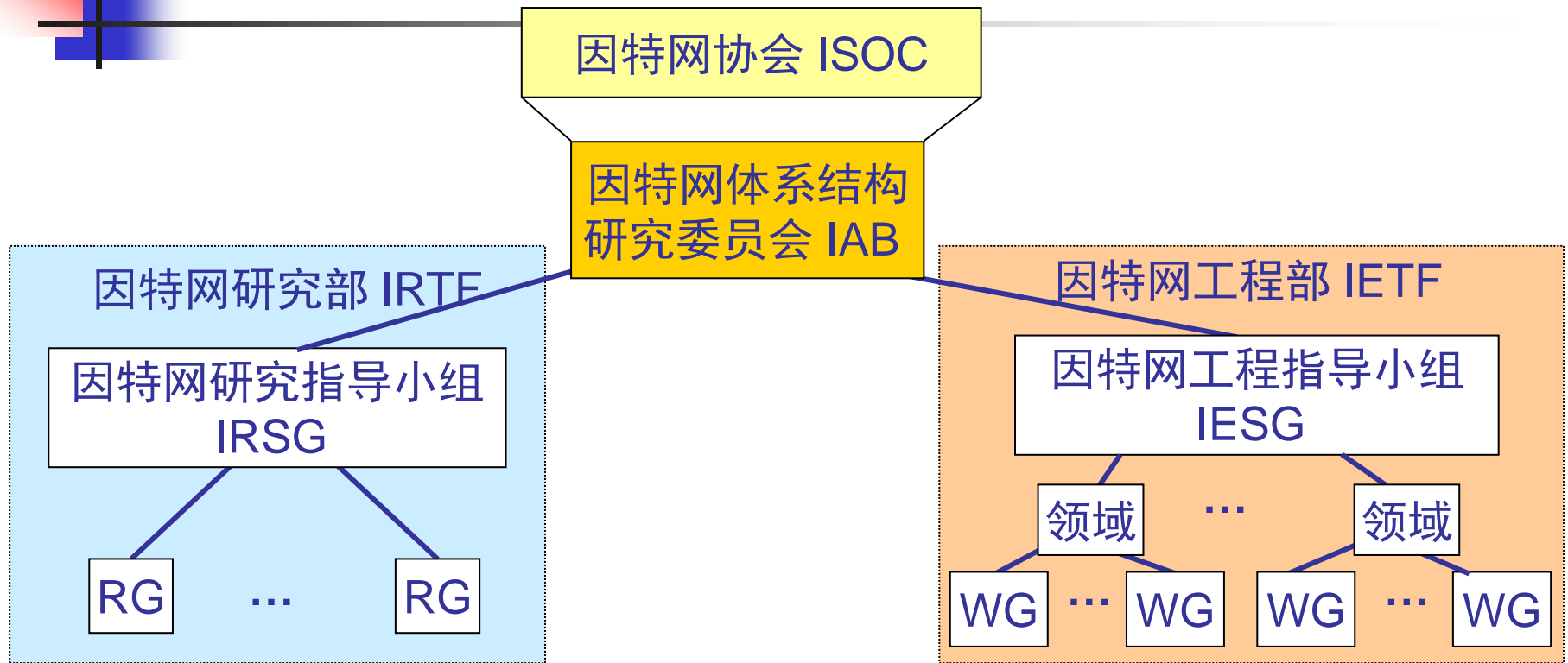
# IEEE802委员会（局域网标准）

- 局域网特点：☐ 私有 ☐ 小范围。
- IEEE于1980年初成立了一个802委员会，制定LAN标准。
  - ☐ 仅定义了物理层和数据链路层两层；
  - ☐ 数据链路层分成逻辑链路控制LLC (Logical LinkControl)和介质访问控制MAC (Medium Access Control)两个子层；
  - ☐ 把点到点流量控制和差错控制等功能放在LLC子层来实现。





# 关于因特网的标准化工作



互联网研究部 **IRTF** (Internet Research Task Force)

互联网工程部 **IETF** (Internet Engineering Task Force)

互联网研究指导小  
组 **IRSG** (Internet Research Steering Group)

互联网工程指导小组 **IESG** (Internet Engineering Steering Group)

# 关于因特网的标准化工作

## ISOC (INTERNET SOCIETY)

- 成立于1992年,国际性非赢利组织,提供对INTERNET标准化工作的支持。

- 推进与INTERNET网有关技术研究及一些学术活动。

- 通过支持以下机构的活动来达到自己目的: IAB, IETF, IRTF。

## ■ IAB (Internet Architecture Board)

- 是ISOC技术顾问,主要保证TCP/IP协议族的持续发展以及通过技术咨询向INTERNET的研究人员提供服务。

- 管理RFC文档,与其他标准化组织和技术论坛的联系。

- 下设两个研究机构:因特网工程任务组(IETF)和因特网研究任务组(IRTF)。

# 关于因特网的标准化工作

## 因特网工程任务组(IETF)

- ☐ 受因特网工程指导小组(IESG)领导,很多因特网标准由其制定。
- ☐ 主要工作:关注因特网运行中的一些问题,并给出解决方案。
- ☐ 分为不同领域,各自研究特定的因特网课题。
- ☐ 主要涉及如下9个领域:应用、协议、路由、运行、用户服务、网络管理、传输、下一代互连网以及安全。

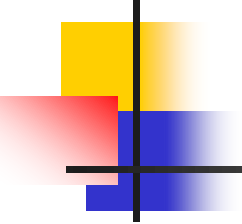
## ■ 因特网研究任务组(IRTF)

- ☐ 受因特网研究指导小组(IRSG)领导,主要关注协议、应用、体系结构和技术的研究课题。

# 关于因特网的标准化工作

## ■ 因特网号码分配机构 (IANA)

- ☐ 受美国政府支持。
- ☐ 主要工作:网络域名和地址管理。
- ☐ 负责IP地址分配,协议标识符指派,通用顶级域名和国家代码顶级域名系统的管理以及根域名服务器管理
- ☐ 实际工作由全球5大地区注册中心完成:ARIN(北美),AIPE(欧洲),APNIC(亚太), LACNIC(拉丁美洲及加勒比),AFriNIC(非洲)。
- ☐ 中国因特网注册与管理机构为中国互联网信息中心(CNNIC),由中科院计算机网络信息中心负责。

- 
- 所有的因特网标准都是以RFC的形式在因特网上发表的。  
RFC (Request For Comments)的意思就是“请求评论”。
  - 但应注意，并非所有的RFC文档都是因特网标准，只有一小部分RFC文档最后才能变成因特网标准。RFC按收到时间的先后从小到大编上序号（即RFC xxxx，这里的xxxx是阿拉伯数字）。一个RFC文档更新后就使用一个新的编号，并在文档中指出原来老编号的RFC文档已成为陈旧的。
  - 电子邮件的标准格式 (RFC 822): From 邮件作者，  
Sender 发信人， Reply-To 回邮地址， To 收信人地址，  
CC 抄送：另一个收信人地址， BCC 密送：收信人地址，但  
其它收信人看不到这个收信人的地址。 Subject 主题等。

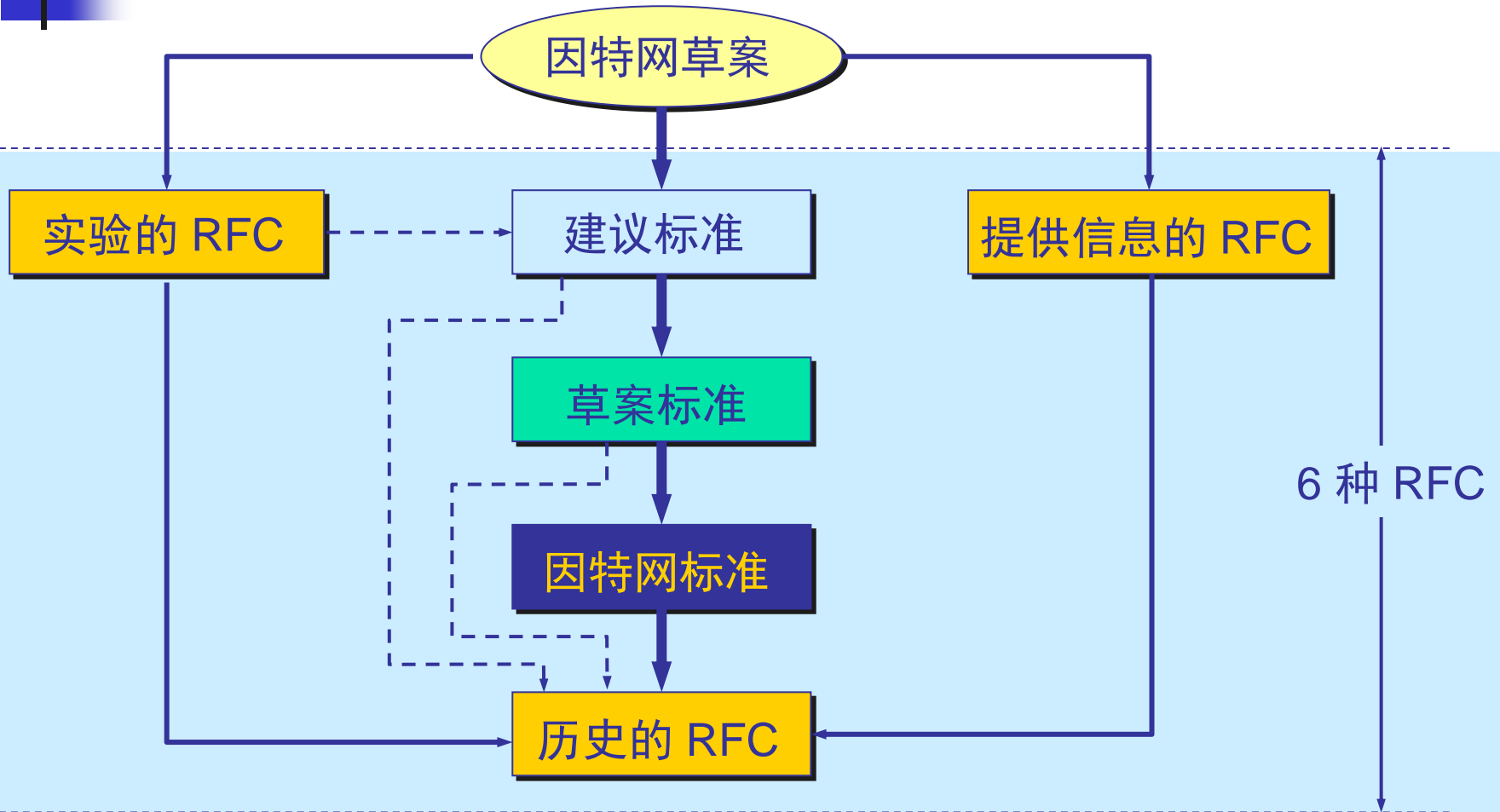


# 制订因特网的正式标准要经过 以下的四个阶段

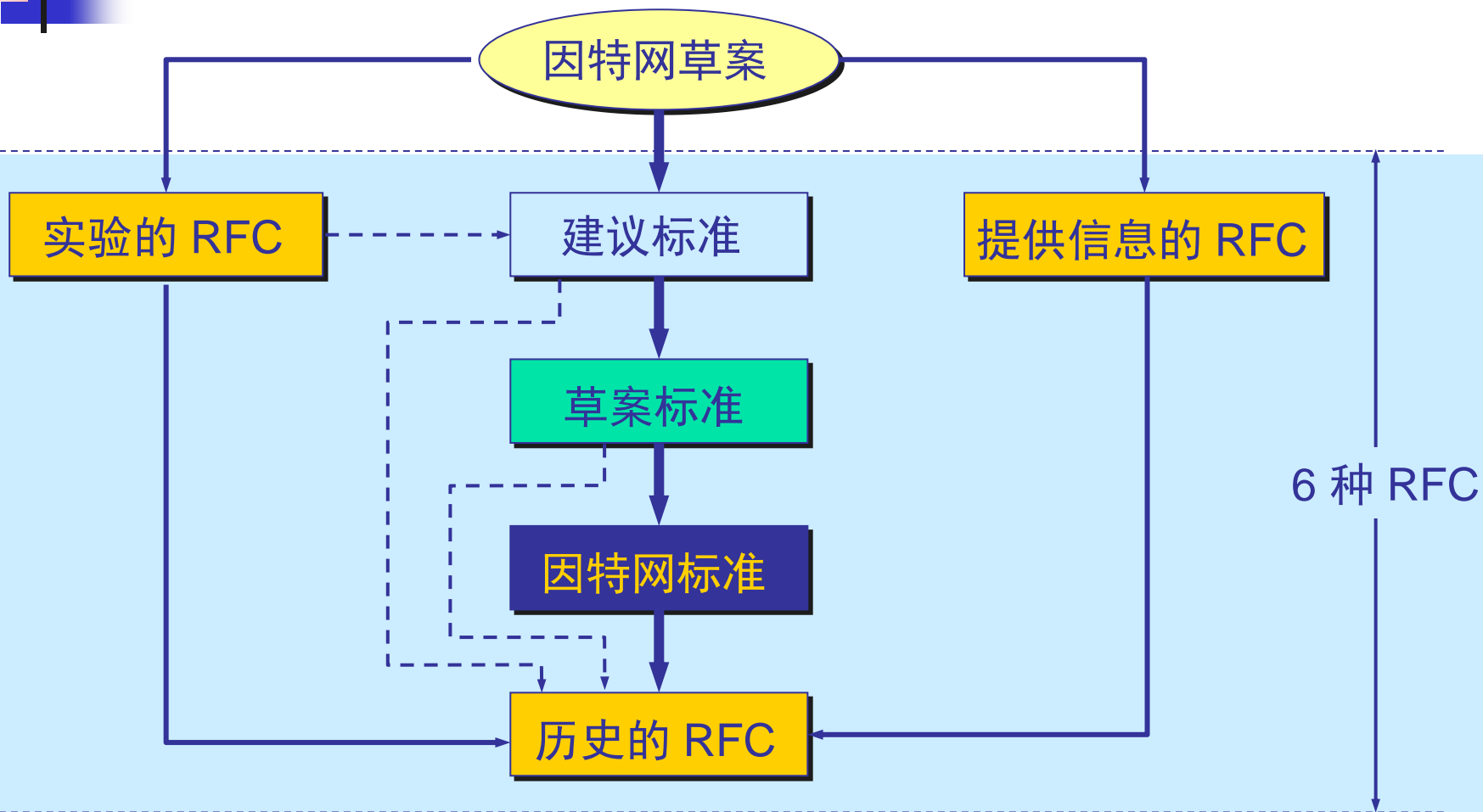
---

- 草案 (Internet Draft) ——在这个阶段还**不是** RFC 文档。
- 建议标准 (Proposed Standard) ——从这个阶段开始就成为 RFC 文档。
- 草案标准 (Draft Standard)
- 因特网标准 (Internet Standard)

建议标准: 草案6个月后, 必须是稳定的, 被广泛了解的并引起大家广泛注意的协议规范.

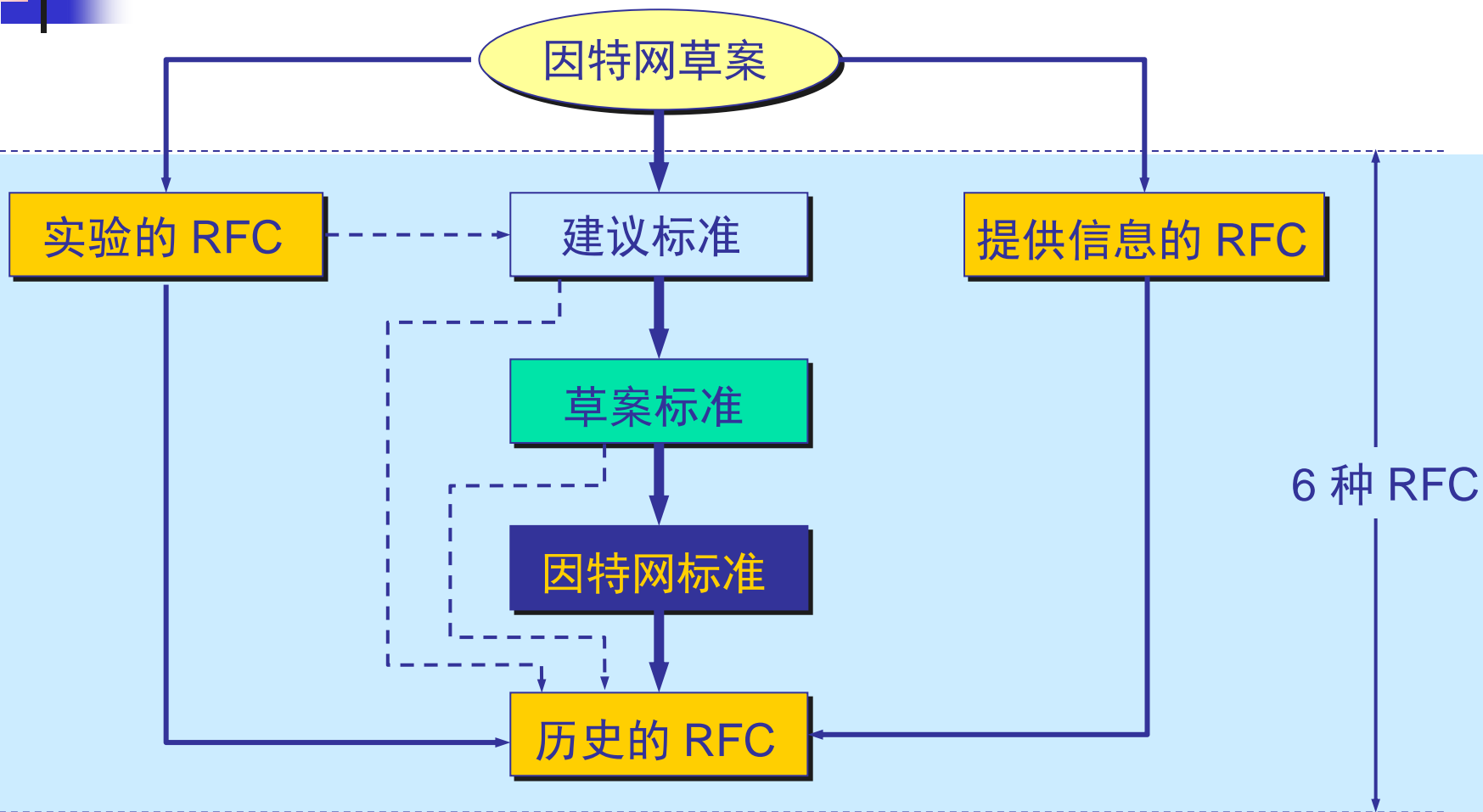


草案标准: 建议标准4个月后, 至少实现两个独立版本并进行了互操作测试.

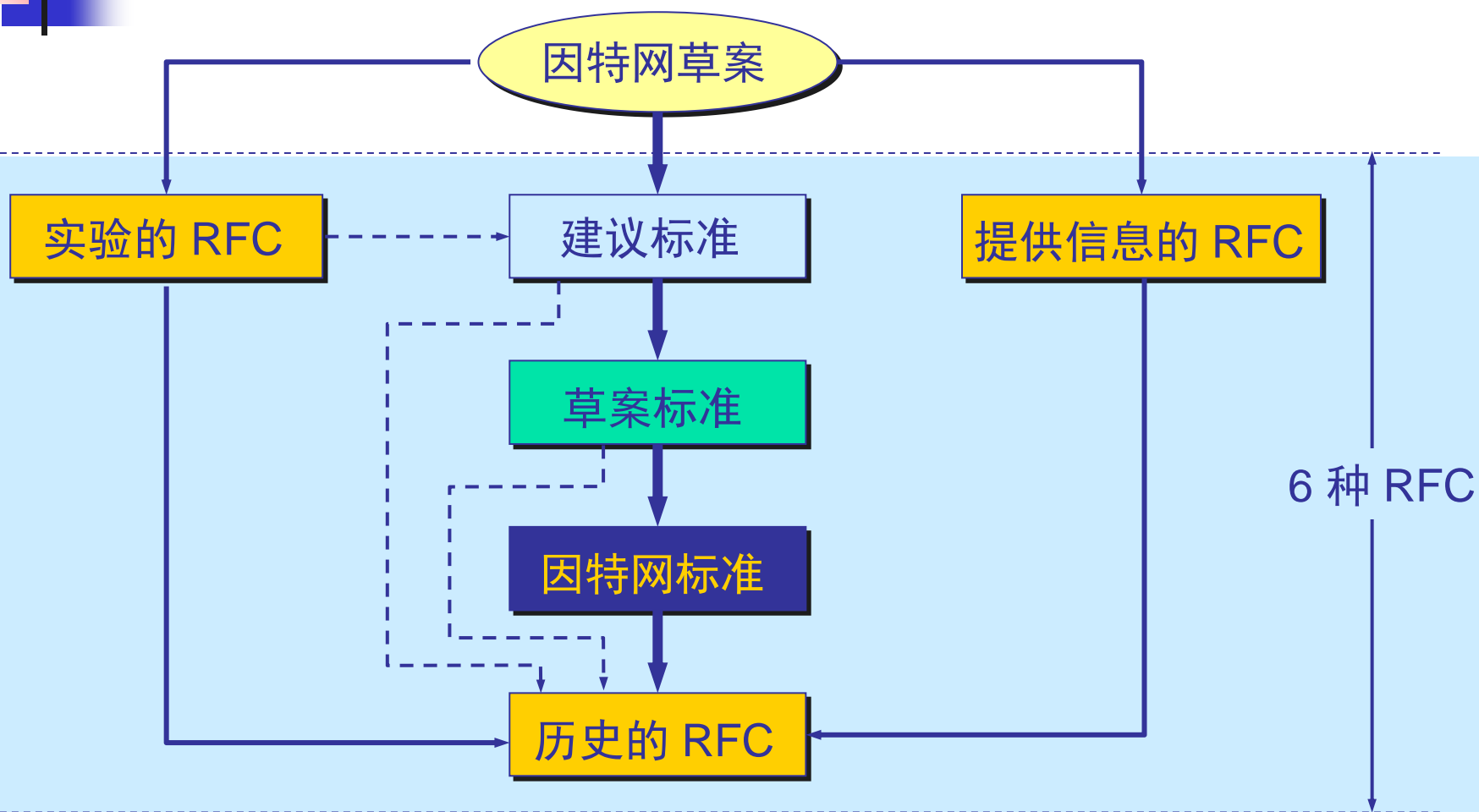




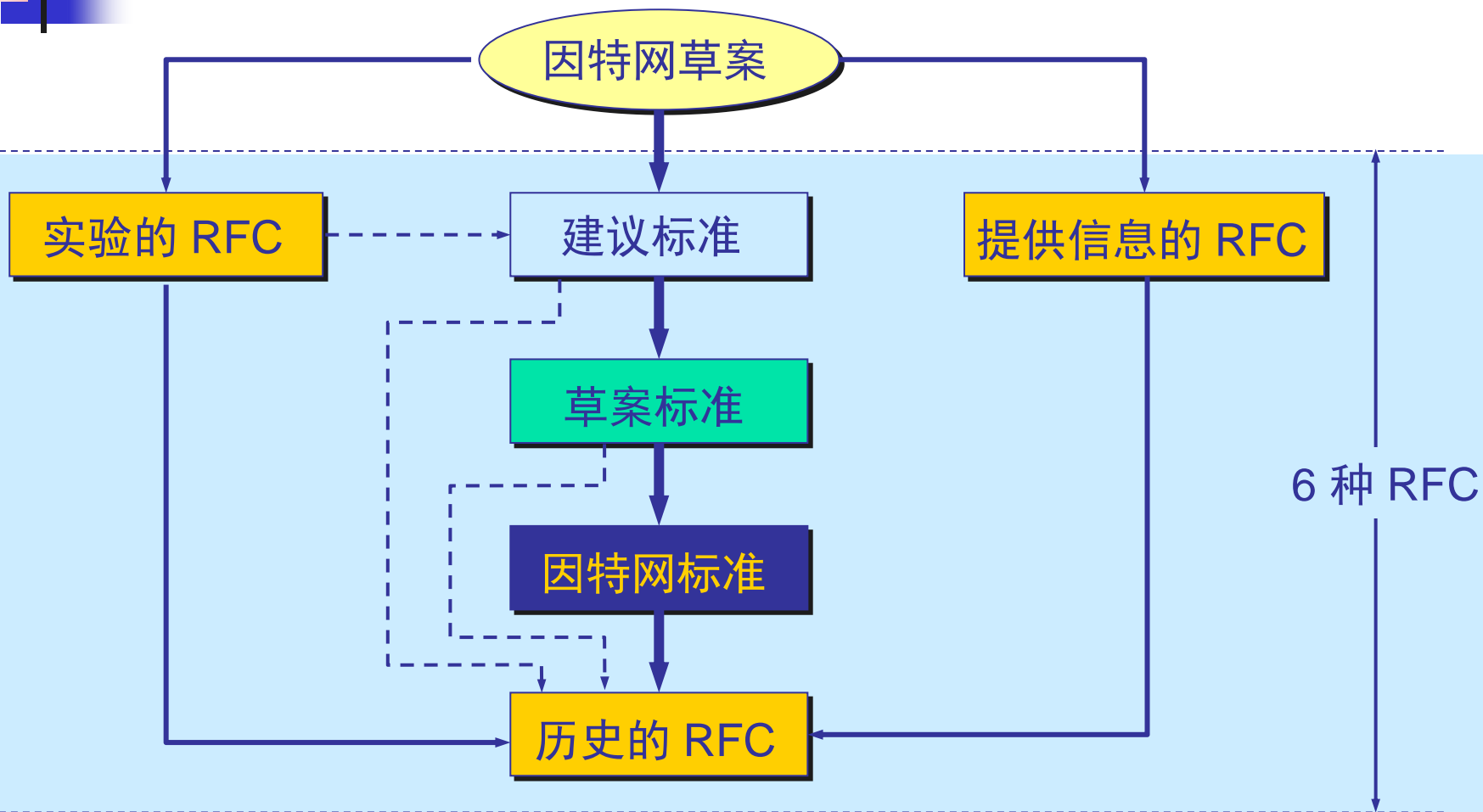
因特网标准: 经过长期实践验证后.



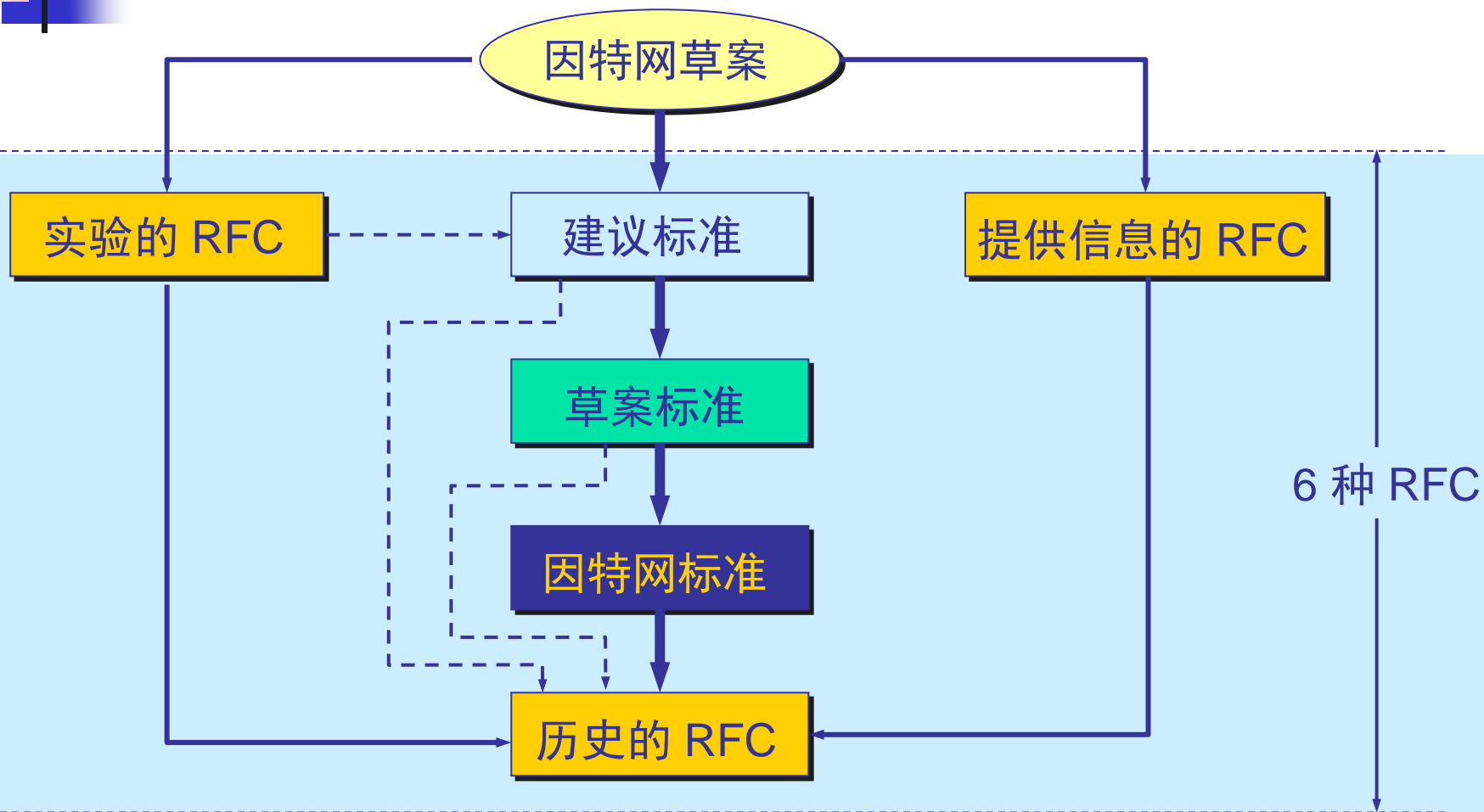
具有历史意义：历史的RFC或者是被后来的规约所取代，或者是从未到达必要的成熟等级因而未变成因特网标准。



用于实验的: 仅限于实验范围, 不影响因特网正常运行, 在因特网服务中不能实现.



提供信息的RFC: 包括一些与因特网有关的一般性的, 历史性的  
或具有指导意义的信息, 由非因特网机构(如设备供应商)提供.



# RFC文档共有8种状态

3个状态属于标准化轨迹：提案标准，草案标准，标准；

3个状态属于非标准化轨迹：实验性的，历史性的，信息性的；

2个状态为其它状态：未知性的，最佳当前实现。

以下为单个说明：

(1) 提案标准proposed standard：规范已经通过了一个深入的审查过程，受到了足够多组织的关注，并认为是有价值的。它仍需要几个协议组的实现和测试。在成为标准前它可能还会有很大的变化。

(2) 草案标准draft standard：规范已经被很好地理解，并且被认为是稳定的，可以被用作开发最后实现的基础。此阶段，需要的是具体的RFC测试和注释，在成为标准前有可能被改变。

(3) 标准standard：规范经过了有效的实现和成功的运行，并且达到了很高的技术成熟度时，IESG将RFC文档设立为官方的标准协议并分配给它一个STD号码，通过查看STD文件，可以比查看RFC更容易找到一个协议的互联网标准。

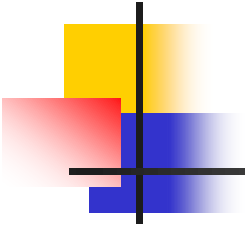
(4) 实验性的规范experimental：规范作为互联网技术组织的一般信息发布，是研究和开发工作的归档记录。

(5) 信息性的规范informational：这些规范用于互联网组织一般信息发布，不表示得到了互联网组织的推荐和认可，一些由互联网组织以外的协议组织和提供者提出的未纳入互联网标准的规范可以以信息性的RFC发布。

(6) 历史性的规范historic：规范：这些规范已经被更新的规范代替了，或者已经过时了。

(7) 未知性的unknown：一些未被分类的RFC文档，主要是因特网早期的RFC文档。

(8) 最佳当前实现best current practice：其内容涉及有关执行一些操作或IETF处理功能的最好方法的原则和结论。



■ END