

本节内容

电路交换
报文交换
分组交换

知识总览

三种交换技术

电路交换

用于电话网络

报文交换

用于电报网络

分组交换

用于现代计算机网络

Intro: 人类历史上的通信网络



公元前5世纪起
邮政网络

1830s~1960s
电报网络

1870s~1960s
电话网络

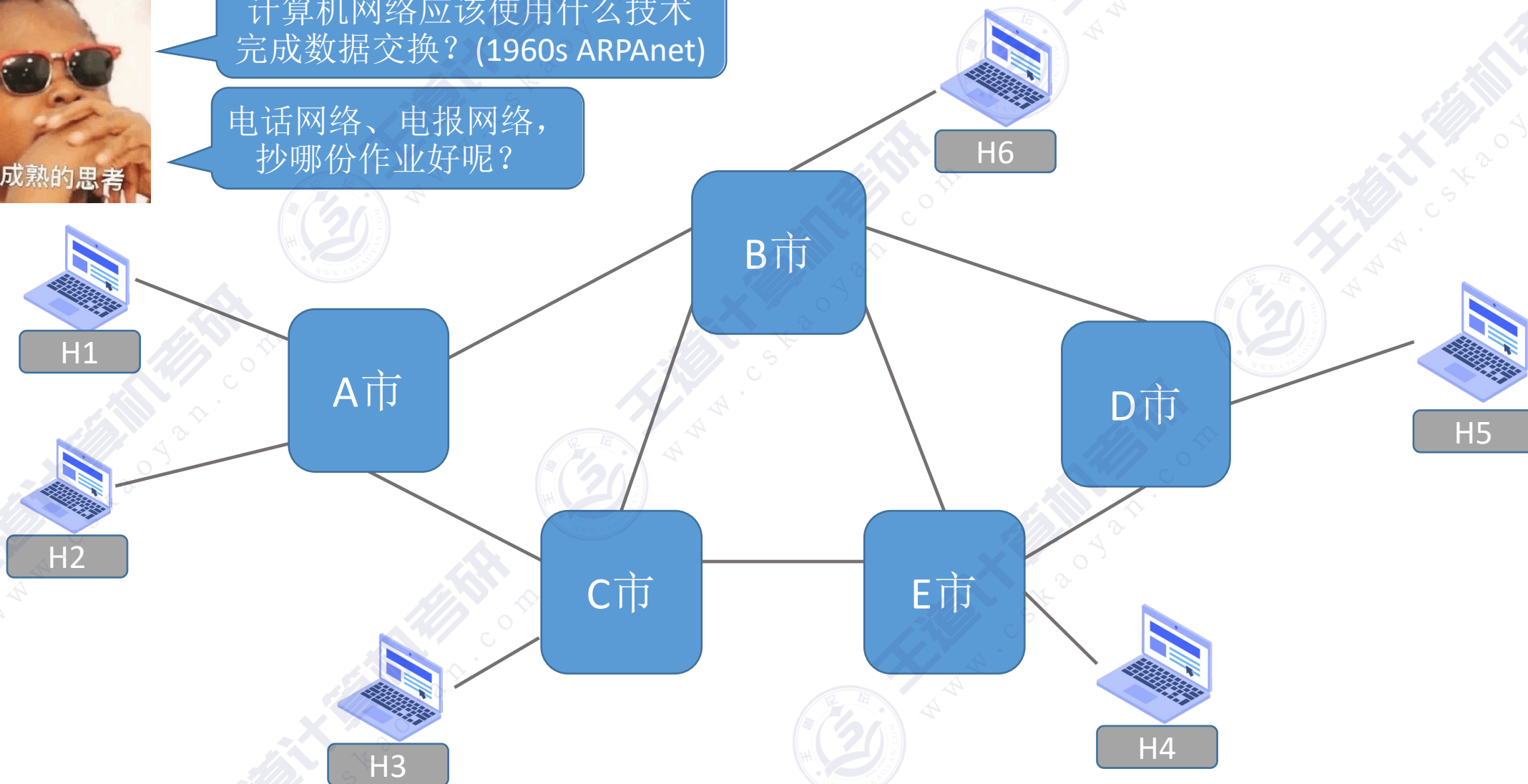
1960s(ARPANET)
研发计算机网络

Intro: 计算机网络发展初期面临的问题

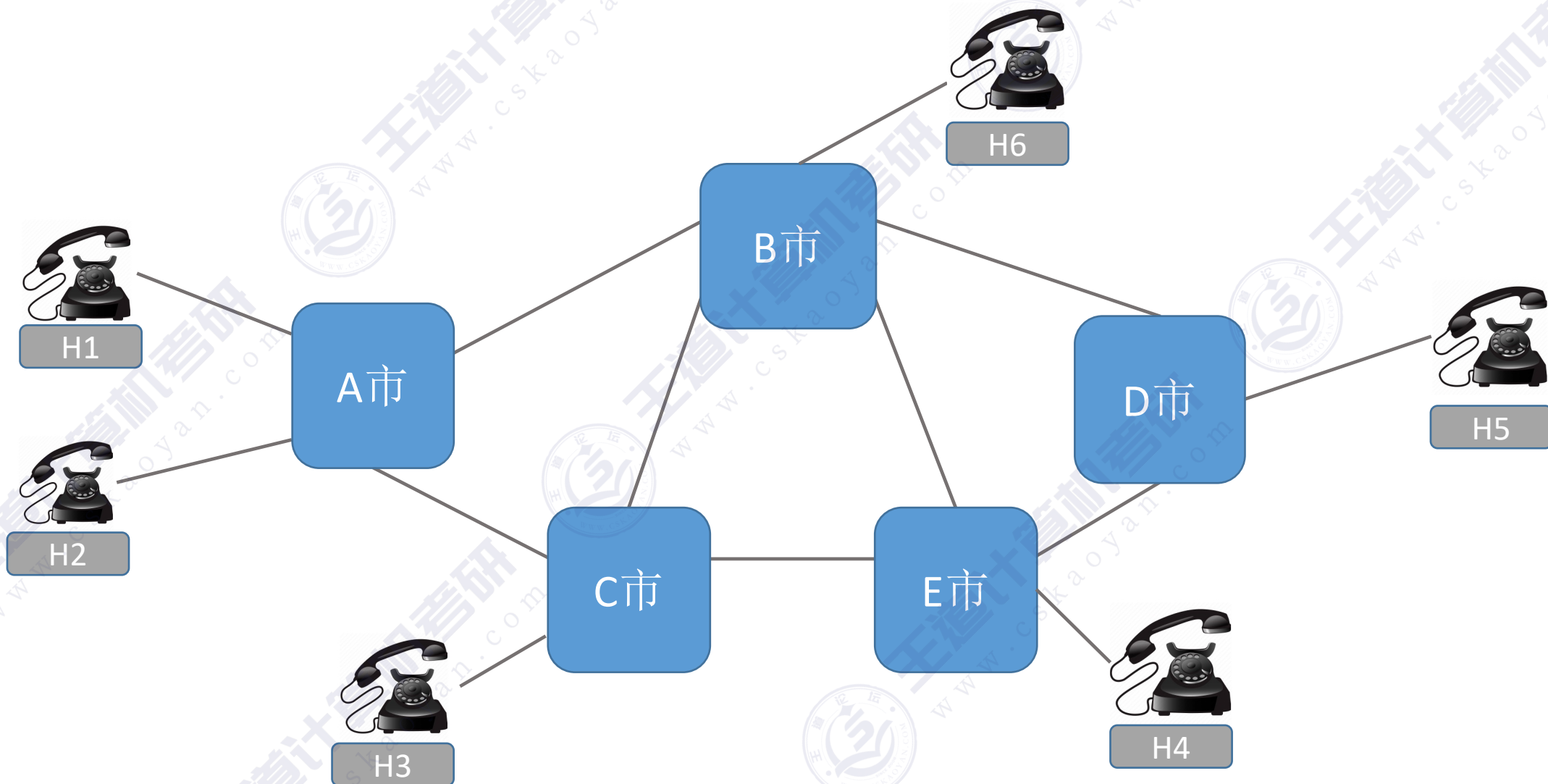


计算机网络应该使用什么技术完成数据交换？(1960s ARPAnet)

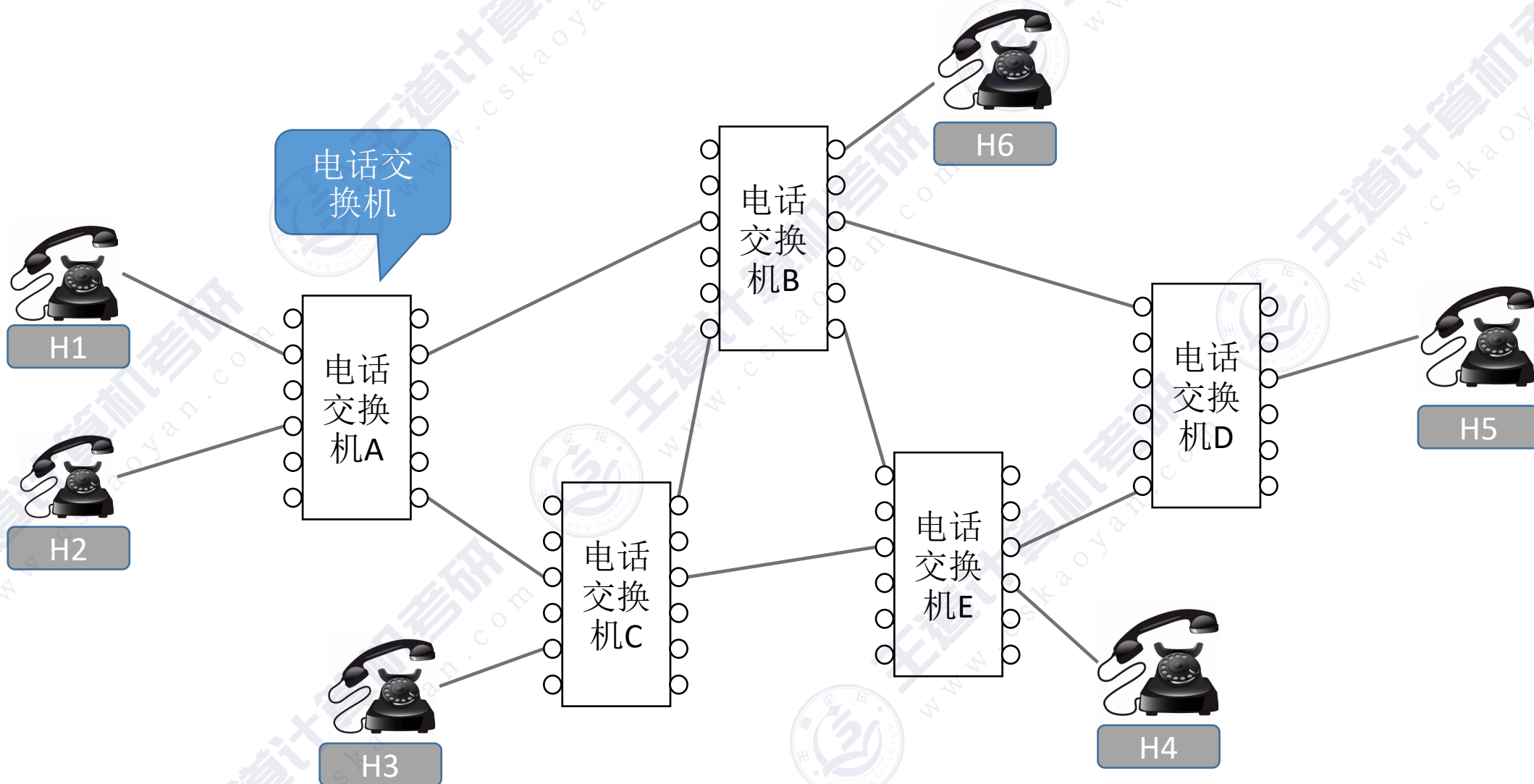
电话网络、电报网络，抄哪份作业好呢？



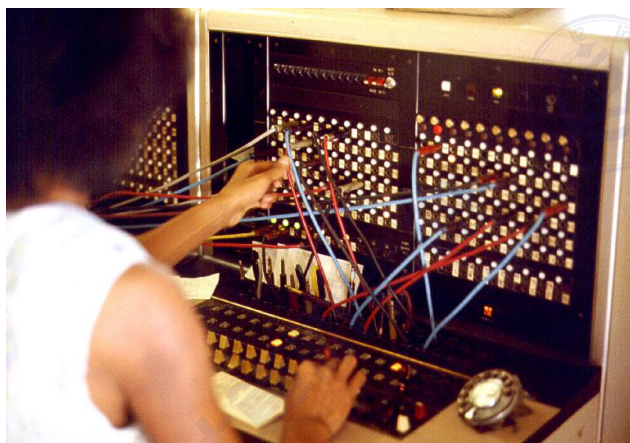
电话网络（采用“电路交换”技术）



电话网络（采用“电路交换”技术）



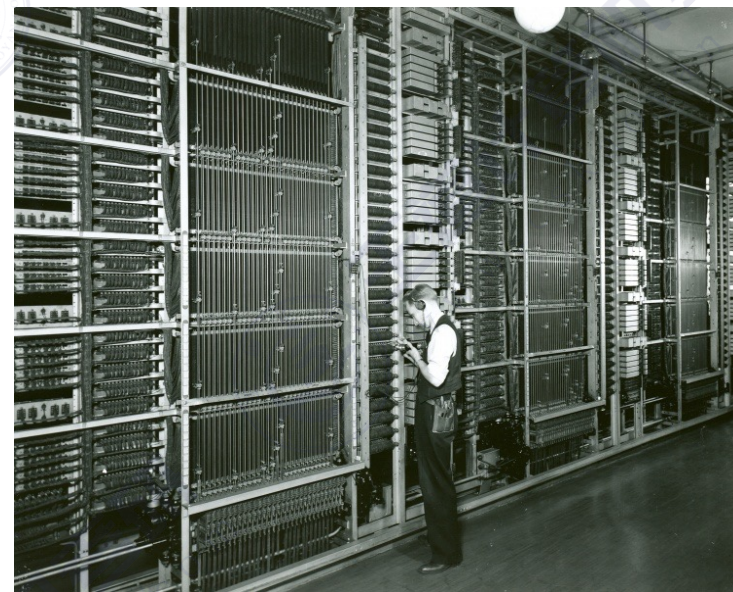
早期的电话交换机



人工电话交换机的面板



大型电话交换中心（人工）



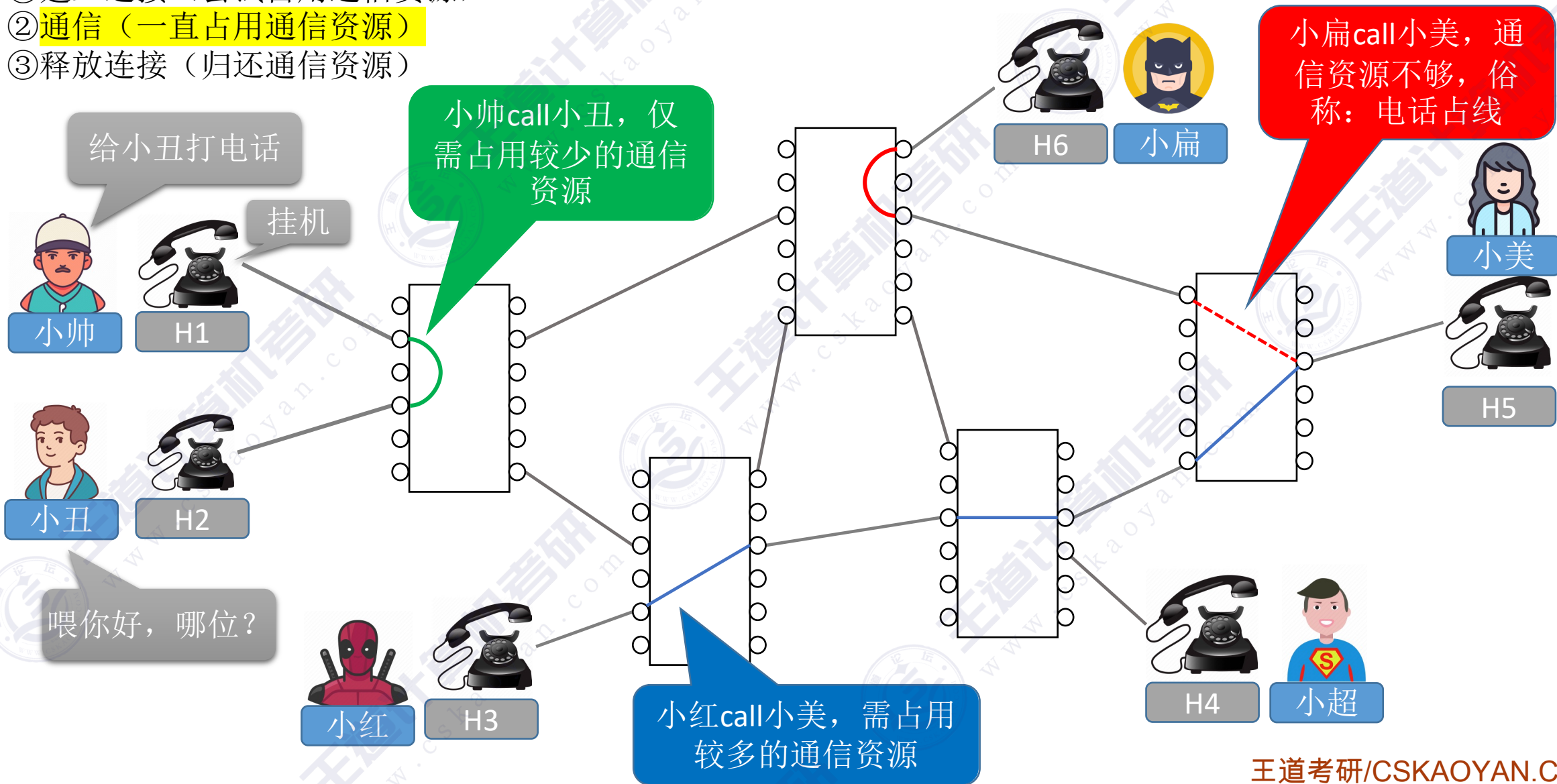
大型电话交换中心（电气化）

电路交换（Circuit Switching）：通过物理线路的连接，动态地分配传输线路资源

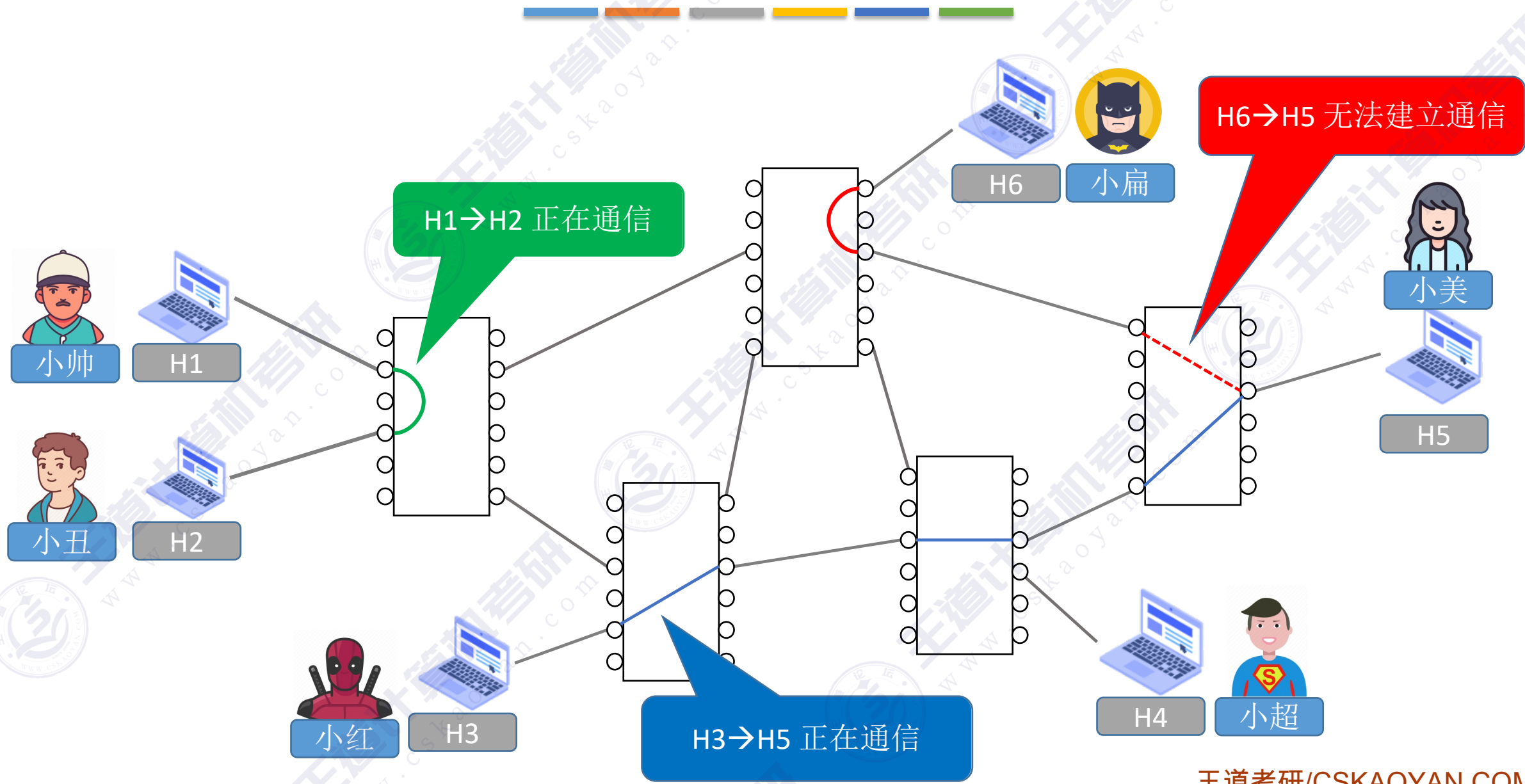
电话网络（采用“电路交换”技术）

电路交换的过程：

- ①建立连接（尝试占用通信资源）
- ②**通信（一直占用通信资源）**
- ③释放连接（归还通信资源）



如果计算机网络采用“电路交换”技术？



“电路交换”的优缺点

电路交换的优点：

- 通信前从主叫端到被叫端建立一条**专用的物理通路**，在通信的全部时间内，两个用户**始终占用端到端的线路资源**。数据直送，**传输速率高**

电路交换更适用于：低频次、大量地传输数据

电路交换的缺点：

- **建立/释放连接**，需要额外的时间开销。
- **线路被通信双方独占**，**利用率低**。
- **线路分配的灵活性差**。
- 交换节点**不支持“差错控制”**（无法发现传输过程中发生的数据错误）

想一想：
打电话，等电话2分钟，
讲话5秒。体验差

打电话，等电话2分钟，
讲话1小时。体验好



thinking

电报网络（采用“报文交换”技术）

存储转发的思想：把传送的数据单元先**存储**进中间节点，再根据目的地址**转发**至下一节点。

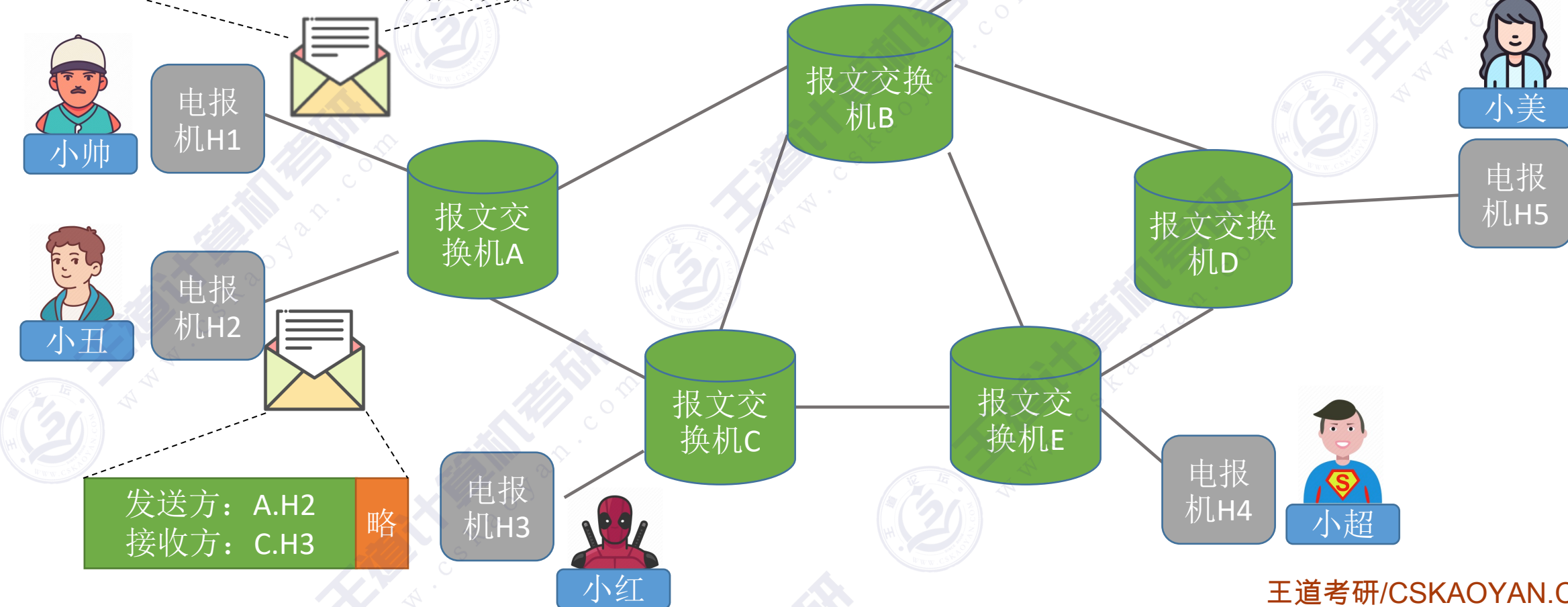
message 报文

发送方：A.H1
接收方：D.H5

你好，我是小帅，V我50，
助我参加KFC疯狂星期四

控制信息

用户数据



电报网络（采用“报文交换”技术）

存储转发的思想：把传送的数据单元先**存储**进中间节点，再根据目的地址**转发**至下一节点。

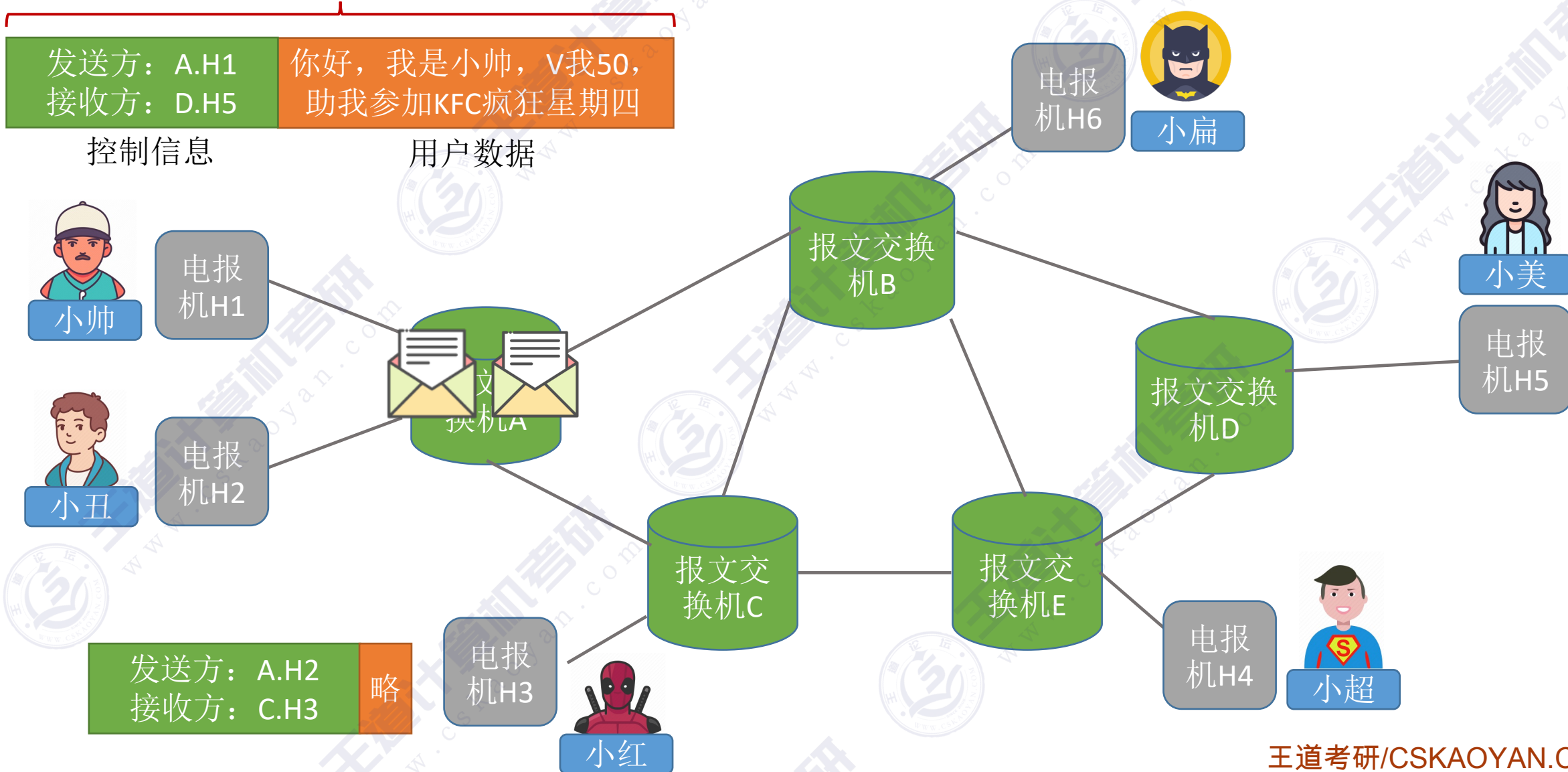
message 报文

发送方：A.H1
接收方：D.H5

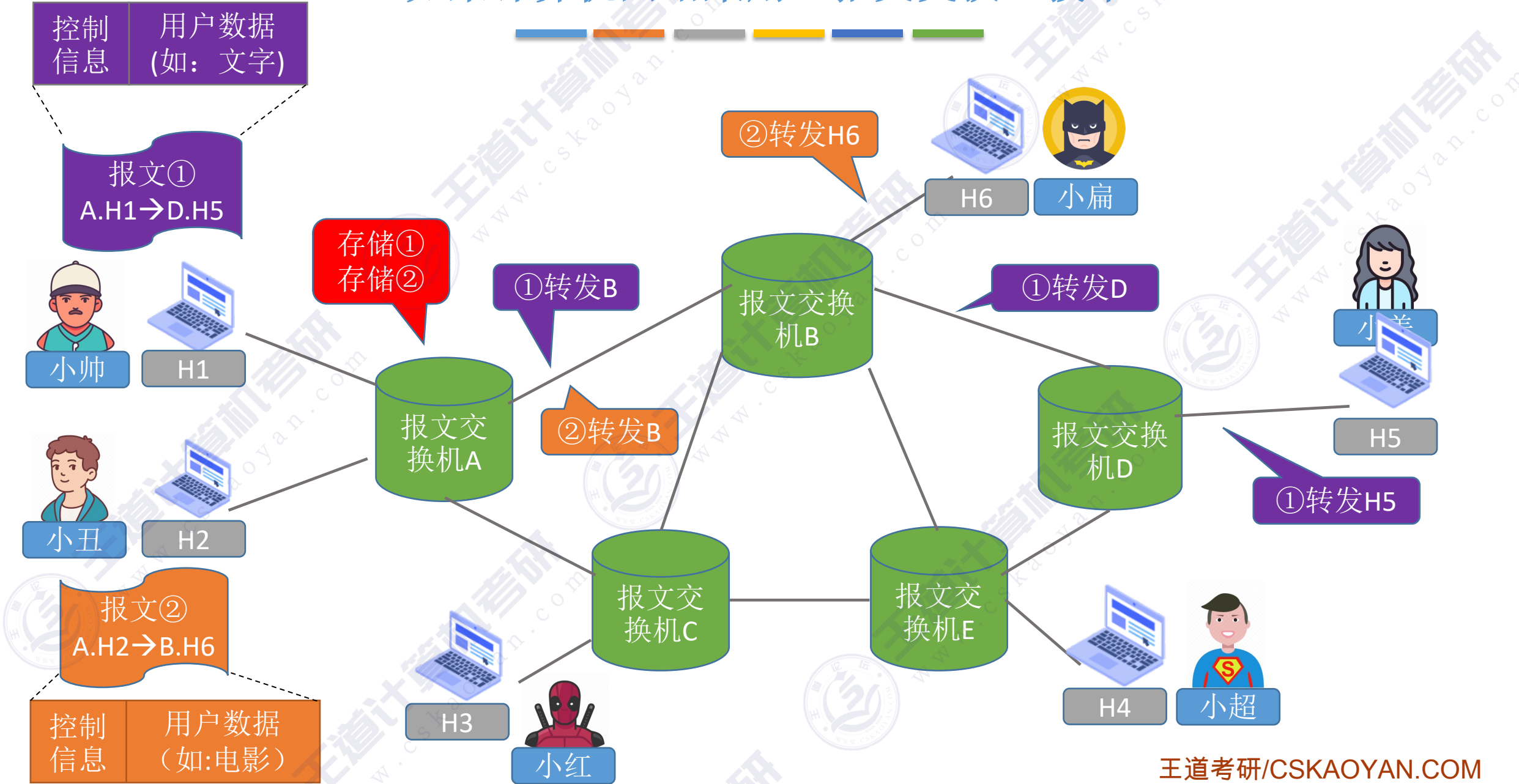
你好，我是小帅，V我50，
助我参加KFC疯狂星期四

控制信息

用户数据



如果计算机网络采用“报文交换”技术？



“报文交换”的优缺点

报文交换的优点：

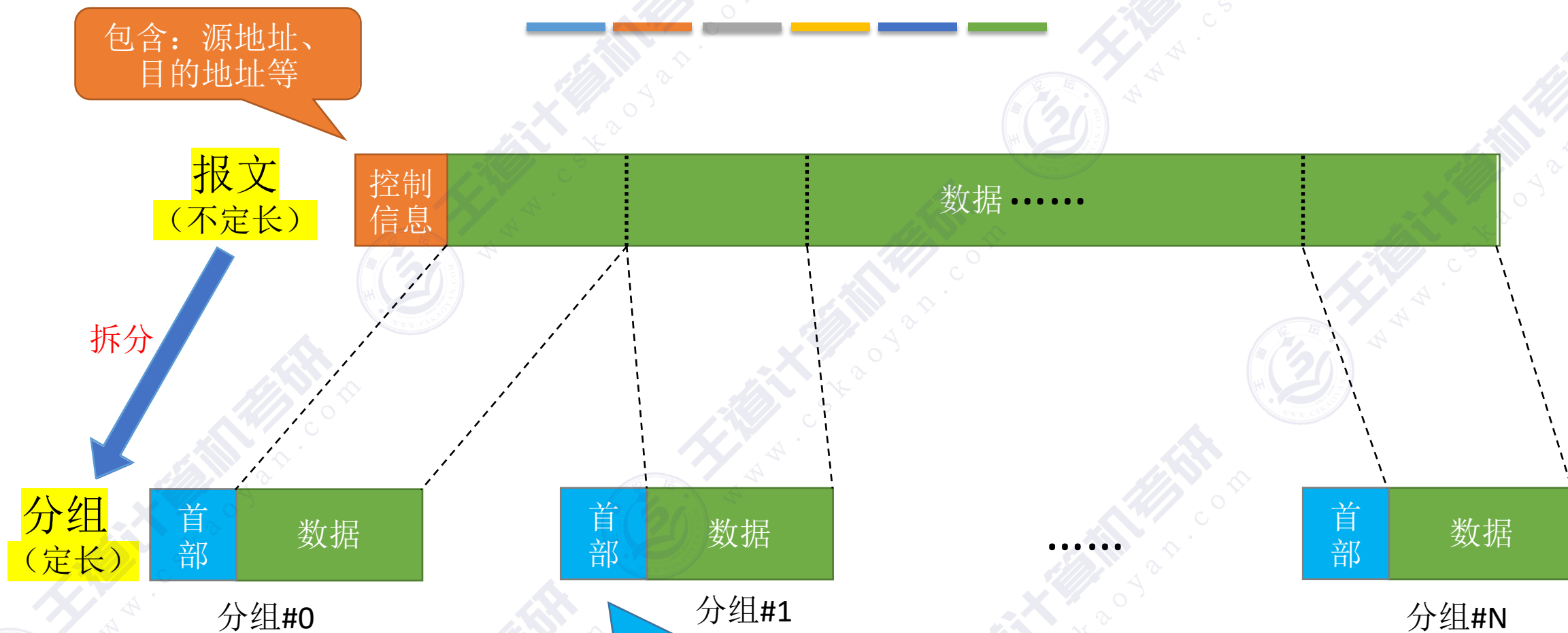
- 通信前**无需**建立连接
- 数据以“**报文**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

报文交换的缺点：

- 报文不定长，不方便存储转发管理
- 长报文的存储转发时间开销大、缓存开销大
- 长报文容易出错，重传代价高



“分组交换”技术

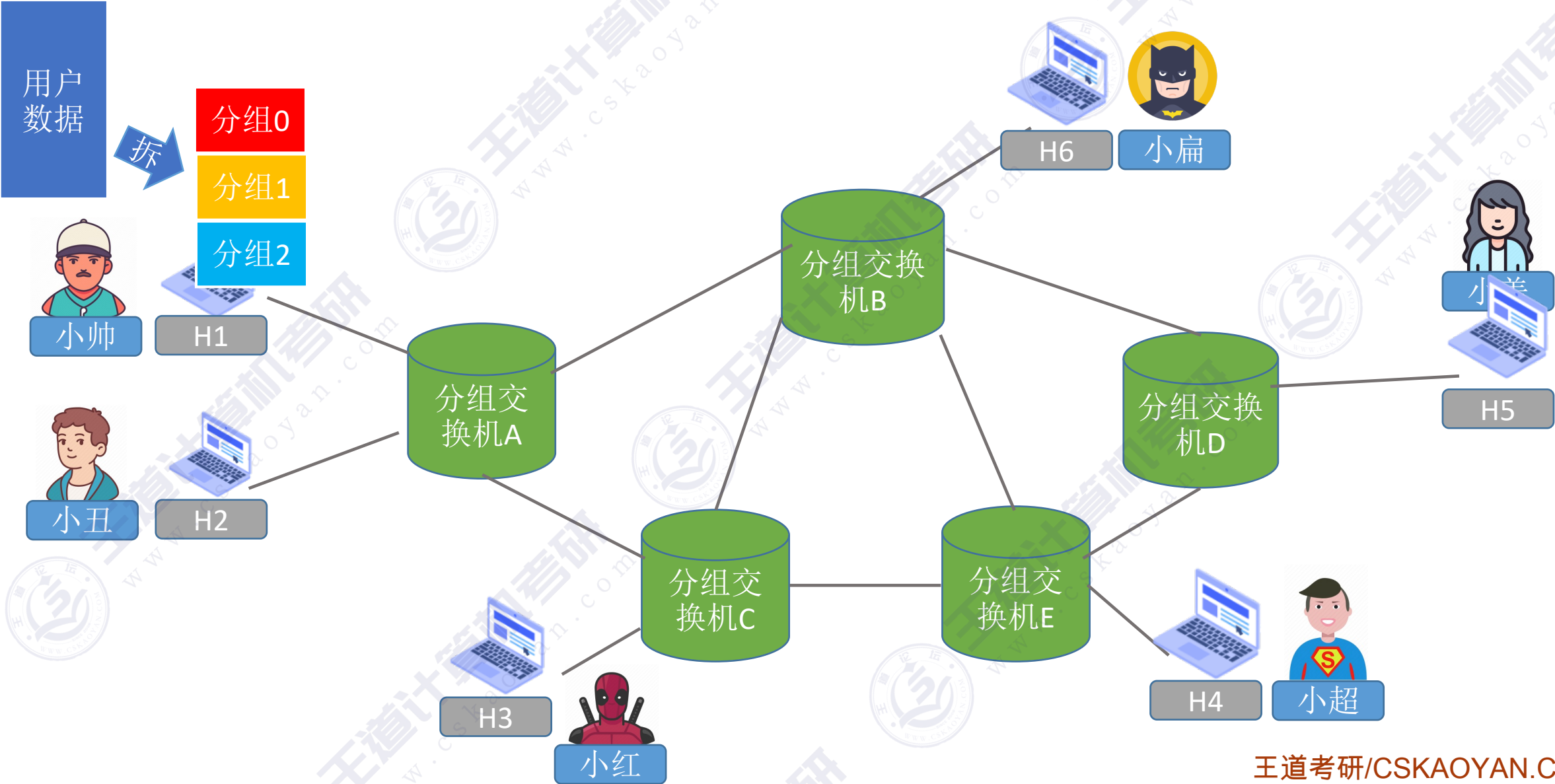


报文——Message
分组——Packet
首部——Header

即分组的控制信息，包含：源地址、目的地址；**分组号**等

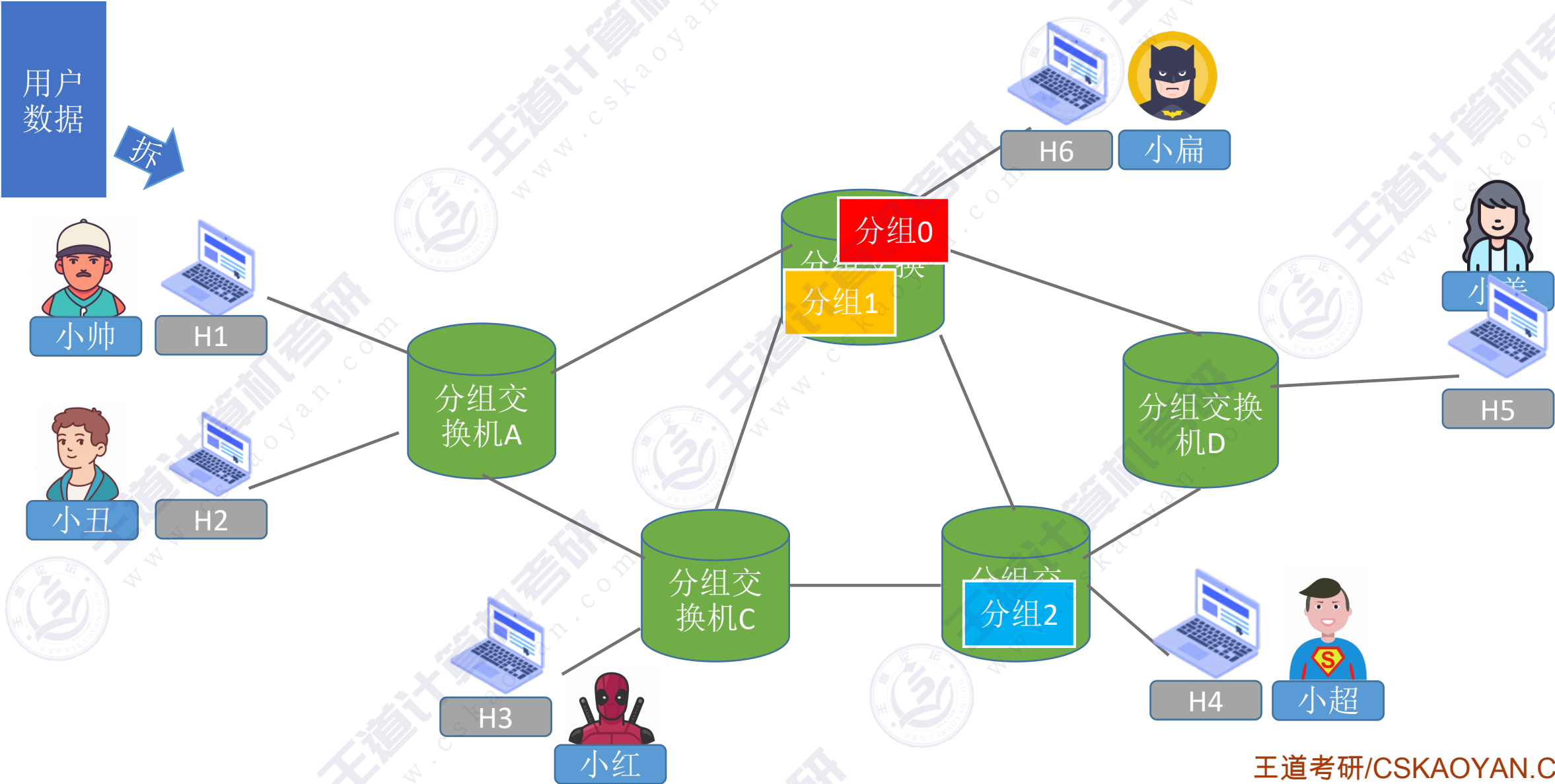
现代计算机网络采用“分组交换”技术

小帅→小美



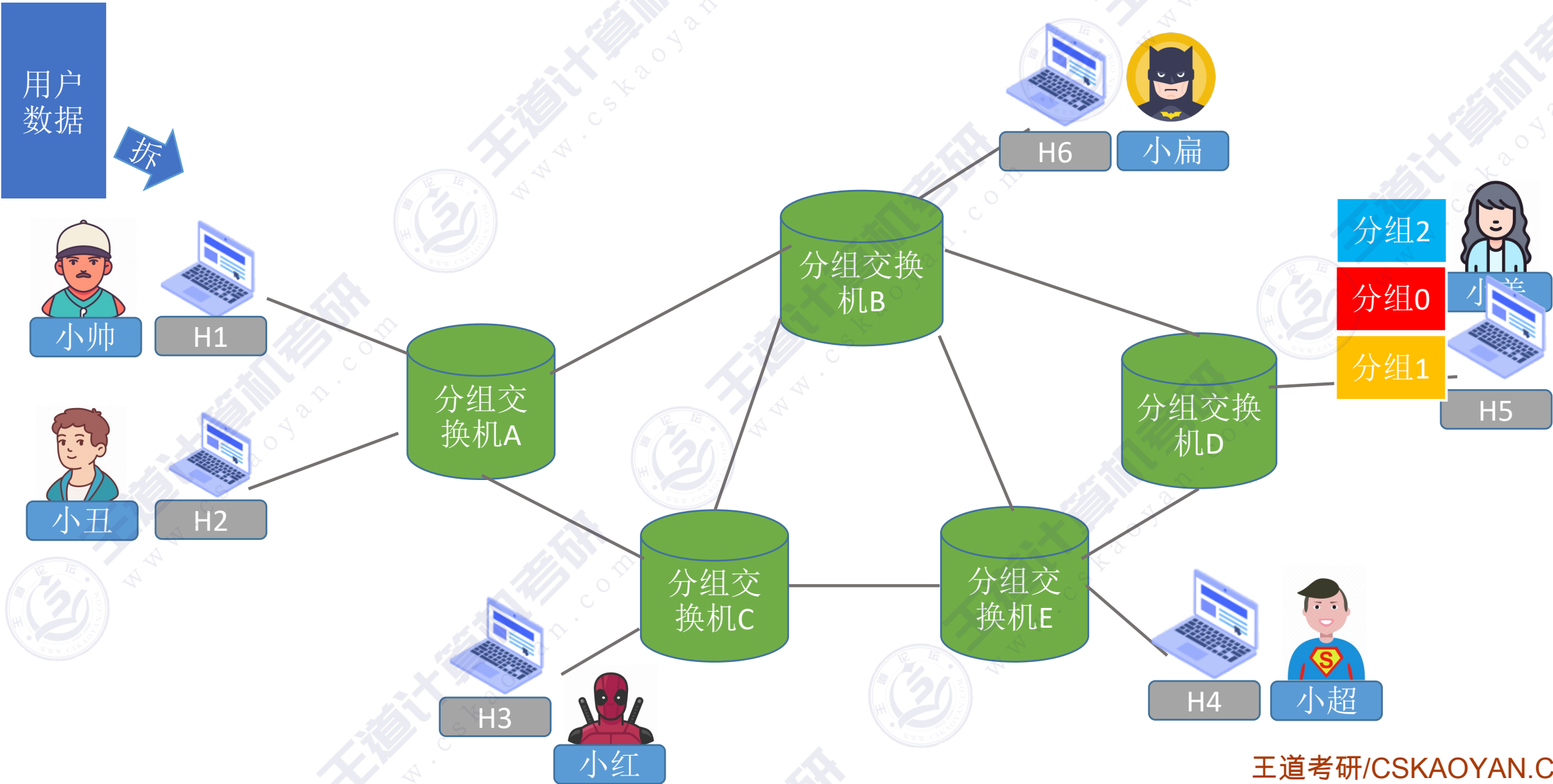
现代计算机网络采用“分组交换”技术

小帅→小美

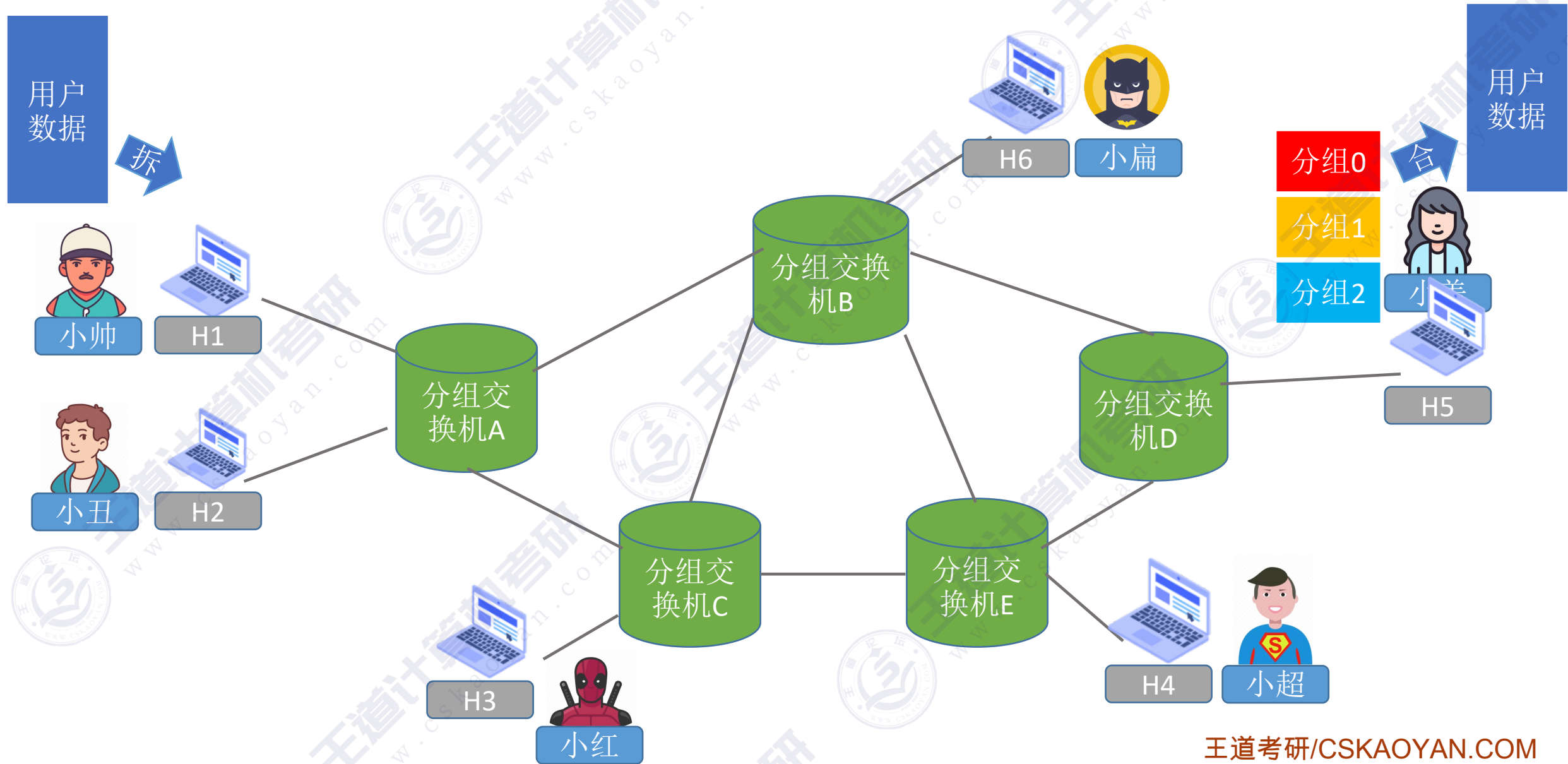


现代计算机网络采用“分组交换”技术

小帅→小美



现代计算机网络采用“分组交换”技术



“分组交换”的优缺点

分组交换的优点：

- 通信前**无需**建立连接
- 数据以“**分组**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

相比于报文交换，分组交换改进了如下问题：

- 分组定长，方便存储转发管理
- 分组的存储转发时间开销小、缓存开销小
- 分组不易出错，重传代价低

分组交换的缺点：

- 相比于报文交换，控制信息占比增加
- 相比于电路交换，依然存在存储转发时延
- 报文被拆分为多个分组，传输过程中可能出现失序、丢失等问题，增加处理的复杂度

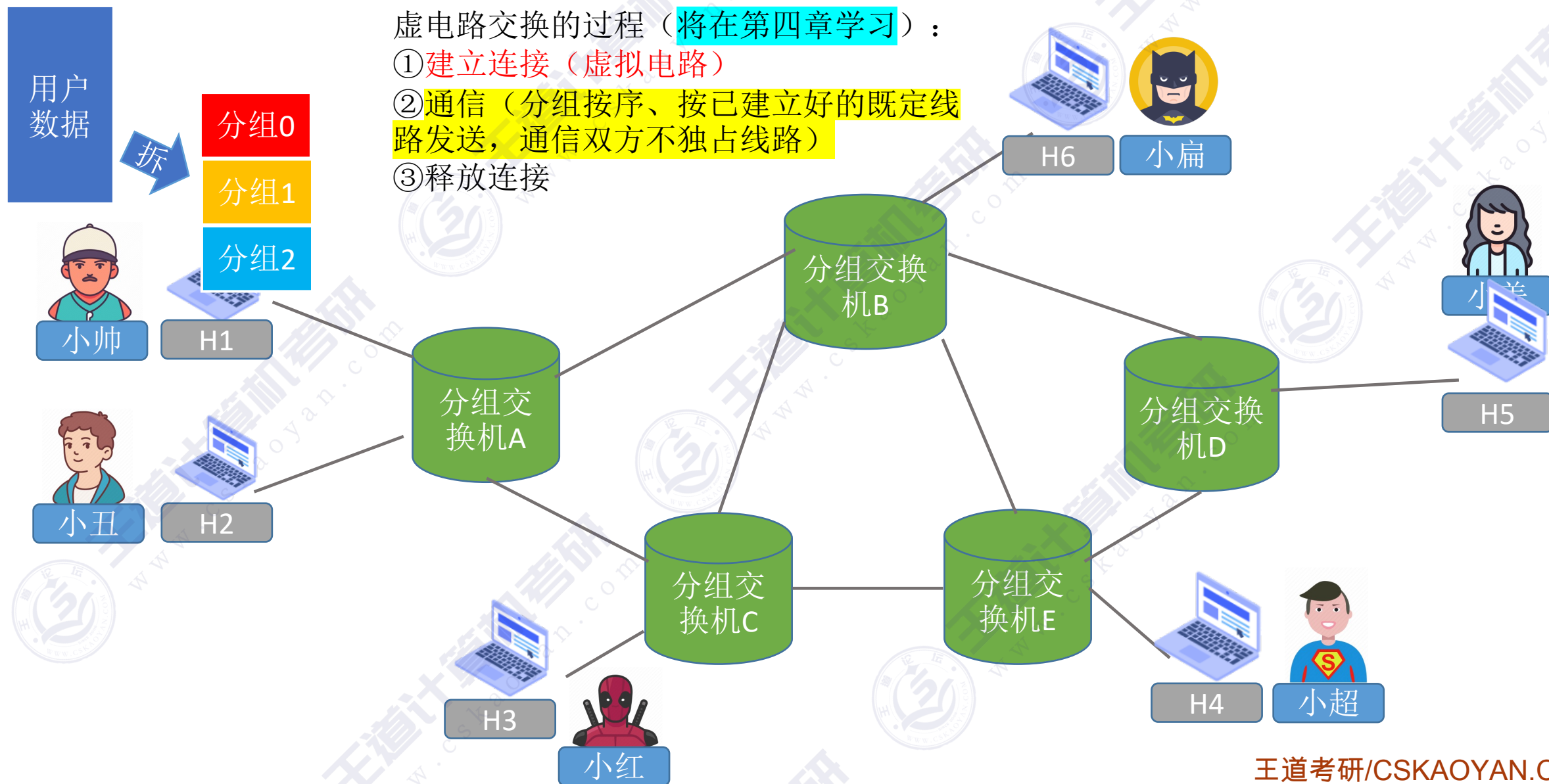
“虚电路交换”技术

基于分组交换

小帅→小美

虚电路交换的过程（将在第四章学习）：

- ① 建立连接（虚拟电路）
- ② 通信（分组按序、按已建立好的既定线路发送，通信双方不独占线路）
- ③ 释放连接



“虚电路交换”技术

基于分组交换

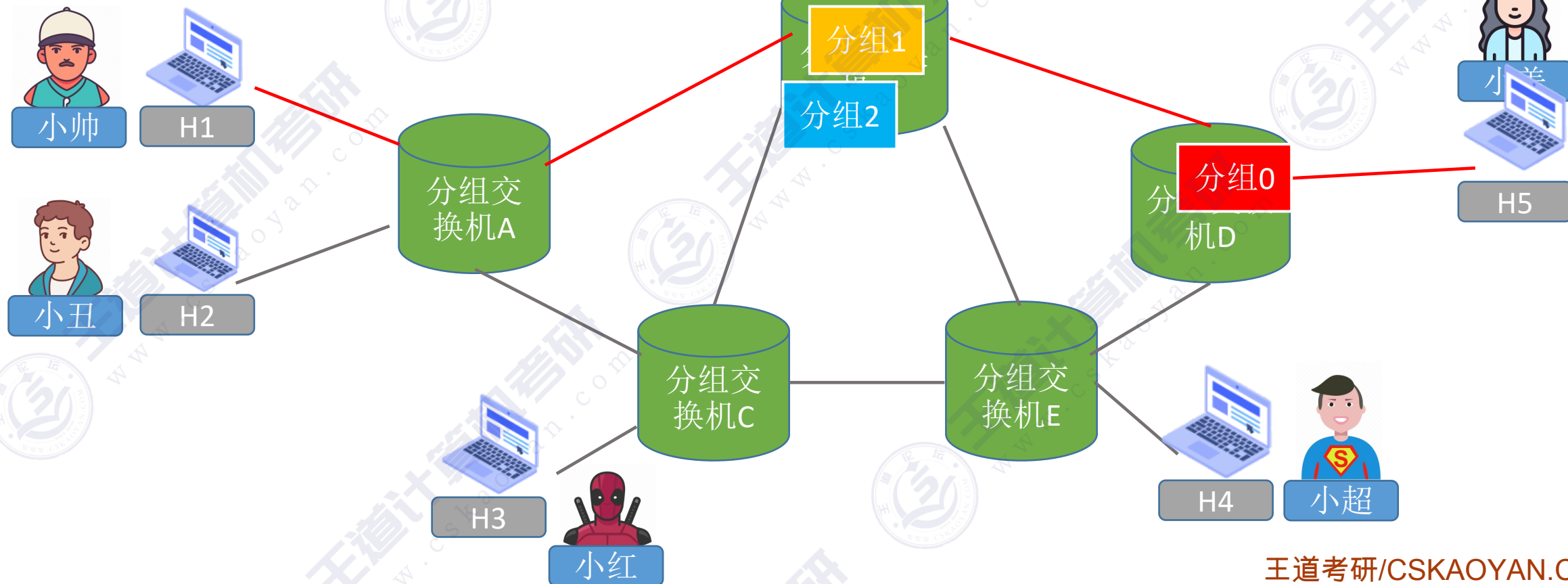
小帅→小美

用户数据

拆

虚电路交换的过程（将在第四章学习）：

- ① 建立连接（虚拟电路）
- ② 通信（分组按序、按已建立好的既定线路发送，通信双方不独占线路）
- ③ 释放连接



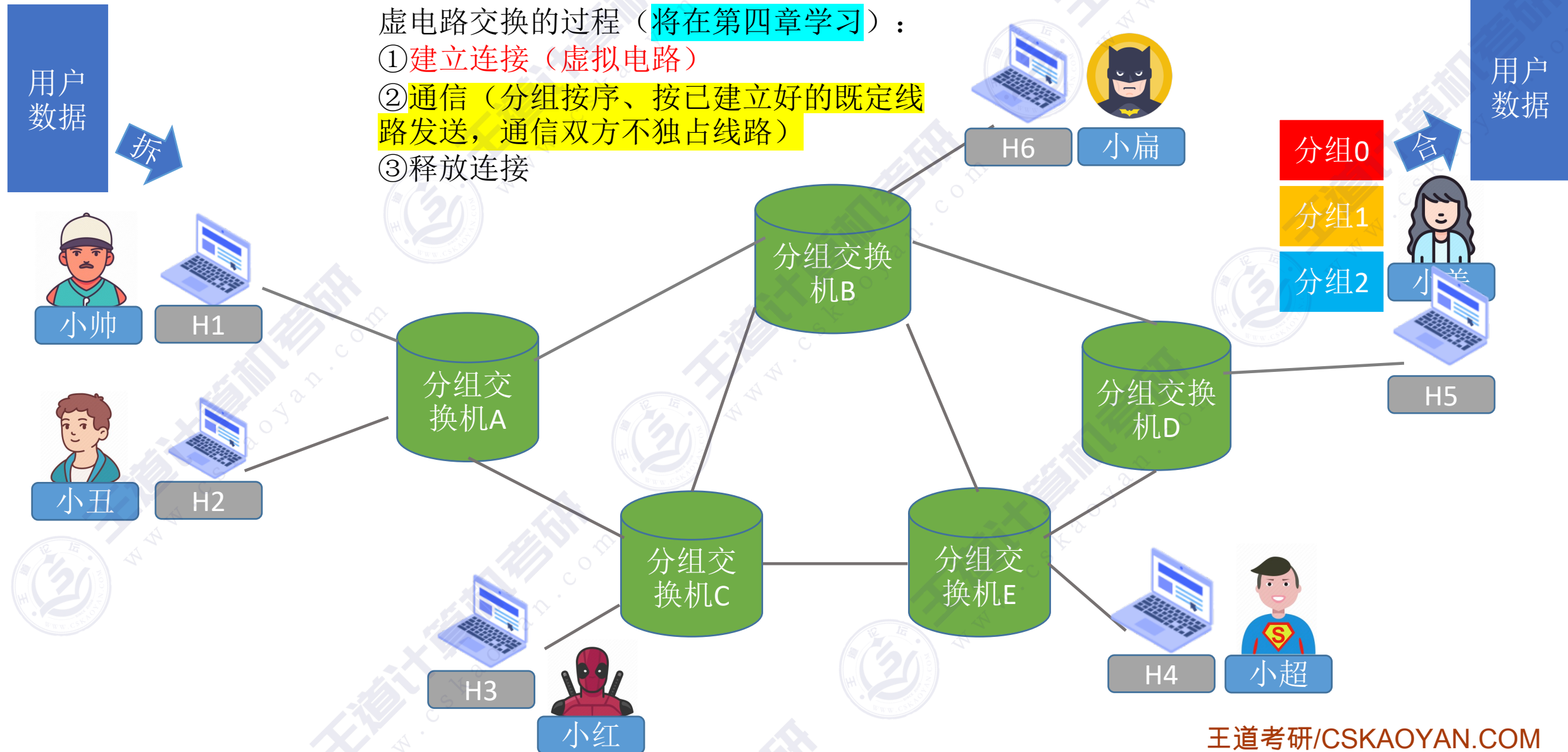
“虚电路交换”技术

基于分组交换

小帅→小美

虚电路交换的过程（将在第四章学习）：

- ① 建立连接（虚拟电路）
- ② 通信（分组按序、按已建立好的既定线路发送，通信双方不独占线路）
- ③ 释放连接



知识回顾与重要考点

电路交换的优点：

- 通信前从主叫端到被叫端建立一条专用的物理通路，在通信的全部时间内，两个用户始终占用端到端的线路资源。数据直送，传输速率高

电路交换更适用于：低频次、大量地传输数据

若应用于计算机网络有何缺点：

- 建立/释放连接，需要额外的时间开销。
- 线路被通信双方独占，利用率低。
- 线路分配的灵活性差。
- 交换节点不支持“差错控制”（无法发现传输过程中发生的数据错误）

计算机之间数据往往是“突发式”传输，即往往会高频次、少量地传输数据。

知识回顾与重要考点

报文交换的优点：

- 通信前**无需**建立连接
- 数据以“**报文**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

报文交换的缺点：

- 报文不定长，不方便存储转发管理
- 长报文的存储转发时间开销大、缓存开销大
- 长报文容易出错，重传代价高

知识回顾与重要考点

分组交换的优点：

- 通信前**无需**建立连接
- 数据以“**分组**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

相比于报文交换，分组交换改进了如下问题：

- 分组定长，方便存储转发管理
- 分组的存储转发时间开销小、缓存开销小
- 分组不易出错，重传代价低

分组交换的缺点：

- 相比于报文交换，控制信息占比增加
- 相比于电路交换，依然存在存储转发时延
- 报文被拆分为多个分组，传输过程中可能出现失序、丢失等问题，增加处理的复杂度

本节内容

电路交换

报文交换

分组交换

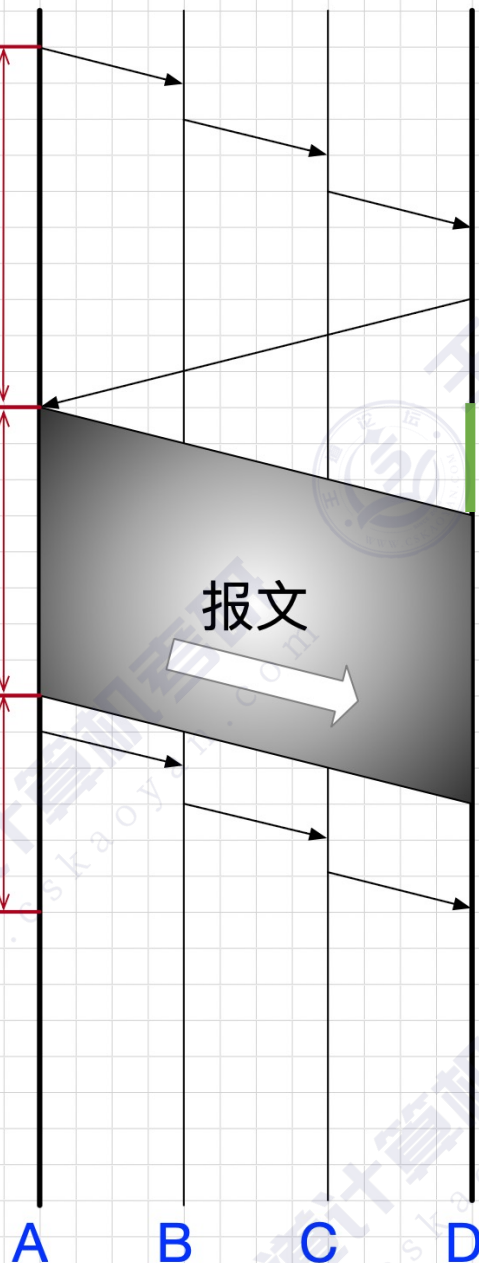
(性能分析)

电路交换性能分析

连接建立

数据传送

连接释放



←三跳的传播时延

假设:

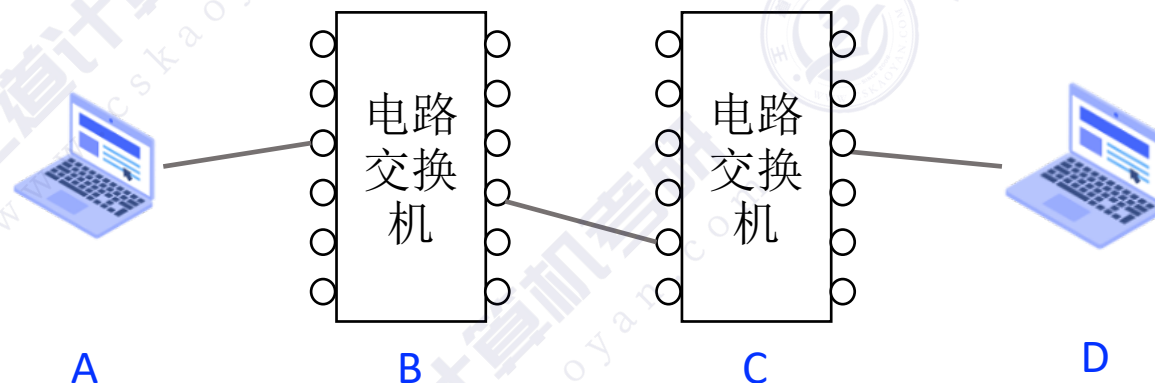
每一跳传播时延=1ms

电路交换机建立、释放下一跳连接耗时=1ms

接收方处理连接请求需要2ms

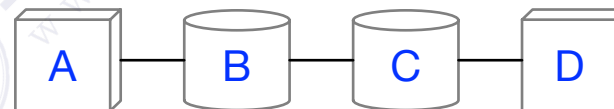
数据传输速率=0.5kb/ms

报文大小=4kb



比特流直达终点

数据传送的特点



报文交换性能分析

假设:

每一跳传播时延=1ms

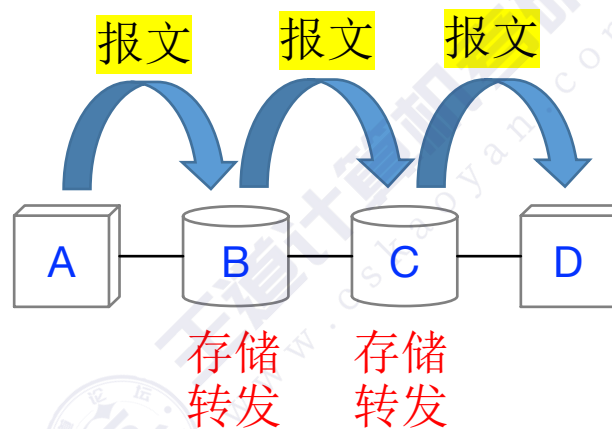
数据传输速率=0.5kb/ms

报文大小=4kb

报文存储转发时延=2ms

注意: 中间节点一定要接收完整个报文后, 才能解析并转发

数据传送
的特点



分组交换性能分析



假设：

每一跳传播时延=1ms

数据传输速率=0.5kb/ms

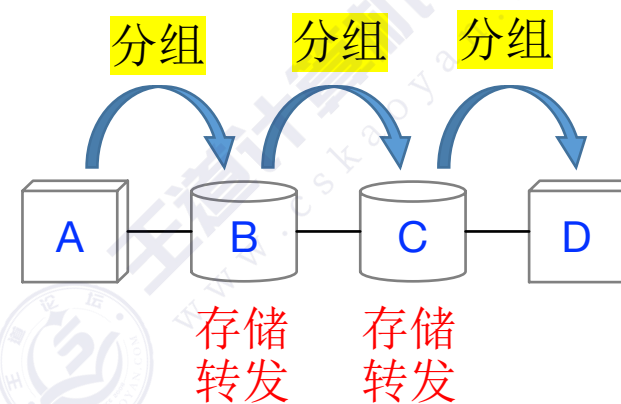
报文大小=4kb

分组大小=1kb

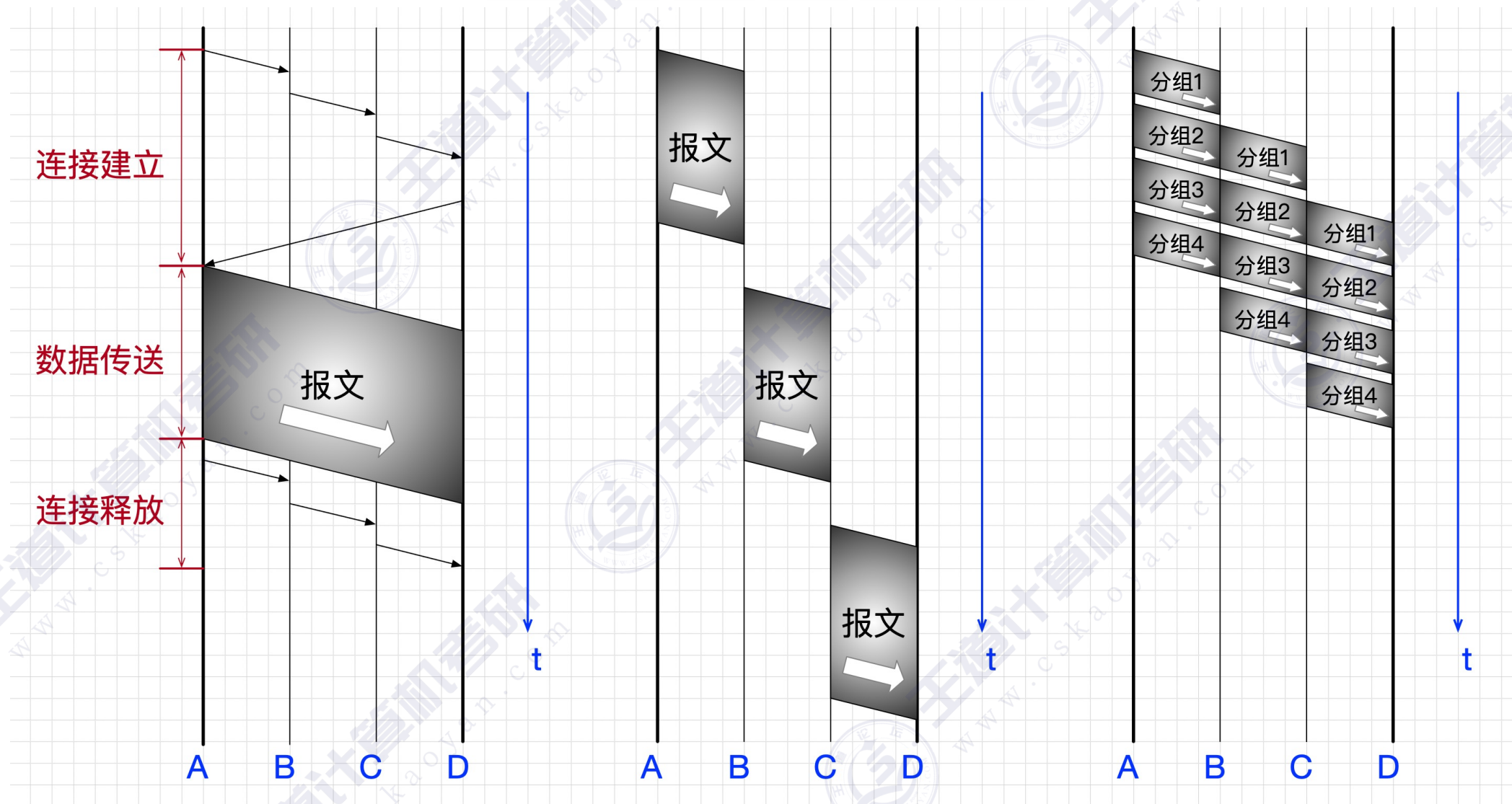
分组存储转发时延=0.5ms

注意：中间节点一定要接收完整个分组后，才能解析并转发

数据传送的特点



三种交换方式的性能对比



知识回顾与重要考点

	电路交换	报文交换	分组交换
完成传输所需时间	😎最少（排除建立/释放连接耗时）	😭最多	😊较少
存储转发时延	😎无	😭较高	😊较低
通信前是否需要建立连接？	😭是	😎否	😎否
缓存开销	😎无	😭高	😊低
是否支持差错控制？	😭不支持	😎支持	😎支持
报文数据有序到达？	😎是	😎是	😭否
是否需要额外的控制信息	😎否	😊是	😭是（控制信息占比最大）
线路分配灵活性	😭不灵活	😎灵活	😎非常灵活
线路利用率	😭低	😎高	😎非常高