

第 1 天

打好基础，掌握理论

◎冲关前的准备

不管基础如何、学历如何，拿到这本书的就算是有缘人。5天的关键学习并不需要准备太多的东西，不过还是在此罗列出来，以做一些必要的简单准备。

- (1) 本书。如果看不到本书那真是太遗憾了。
- (2) 至少 20 张草稿纸。
- (3) 1 支笔。
- (4) 处理好自己的工作和生活，以使这 5 天能静下心来学习。

◎考试形式解读

网络工程师考试有两场，分为上午考试和下午考试，两场考试都过关才能算这个级别的考试过关。

上午考试的内容是计算机与网络知识，考试时间为 150 分钟，笔试，选择题，而且全部是单项选择题，其中含 5 分的英文题。上午考试总共 75 道题，共计 75 分，按 60% 计，45 分算过关。

下午考试的内容是网络系统设计与管理，考试时间为 150 分钟，笔试，问答题。一般为 5 道大题，每道大题 15 分，有若干个小问，总计 75 分，按 60% 计，45 分算过关。

◎答题注意事项

上午考试答题时要注意以下事项：

(1) 记得带 2B 以上的铅笔和一块比较好的橡皮。上午考试答题采用填涂答题卡的形式，阅卷是由机器阅卷的，所以需要带 2B 以上的铅笔；带好一点的橡皮是为了修改选项时擦得比较干净。

(2) 注意把握考试时间，虽然上午考试时间有 150 分钟，但是题量还是比较大的，一共 75 道题，做一道题还不到 2 分钟，因为还要留出 10 分钟左右来填涂答案卡和检查核对。笔者的考

试经验是做 20 道左右的试题就在答题卡上填涂完这 20 道题, 这样不会慌张, 也不会明显地影响进度。

(3) 做题先易后难。上午考试一般前面的试题会容易一点, 大多是知识点性质的题目, 但也会有一些计算题, 有些题还会有一定的难度, 个别试题还会出现新概念题(即在教材中找不到答案, 平时工作也可能很少接触), 这些题常出现在 60~70 题之间。考试时建议先将容易做的和自己会的做完, 其他的先跳过去, 在后续的时间中再集中精力做难题。

下午考试答题采用的是专用答题纸, 既有选择题, 也有填空题。下午考试答题要注意以下事项:

(1) 先易后难。先大致浏览一下 5 道考题, 考试往往既会有知识点问答题, 也会有计算题, 同样先将自己最为熟悉和最有把握的题先完成, 再重点攻关难题。

(2) 问答题最好以要点形式回答。阅卷时多以要点给分, 不一定要与参考答案一模一样, 但常以关键词语或语句意思表达相同或接近为判断是否给分或给多少分标准。因此答题时要点要多写一些, 以涵盖到参考答案中的要点。比如, 如果题目中某问题给的是 5 分, 则极可能是 5 个要点, 一个要点 1 分, 回答时最好能写出 7 个左右的要点。

(3) 配置题分数一定要拿住。网络工程师的配置题分值大、形式固定、内容变化也不大, 熟悉基本和常见的配置命令和配置流程就能拿高分。

◎制定复习计划

5 天的关键学习对于每个考生来说都是一个挑战, 这么多的知识点要在短短的 5 天时间内翻个底朝天, 是很不容易的, 也是非常紧张的, 但也是值得的。学习完这 5 天, 相信您会感到非常充实, 考试也会胜券在握。先看看这 5 天的内容是如何安排的吧(如表 1-1 所示)。

表 1-1 5 天修炼学习计划表

时间	学习内容
第 1 天 打好基础, 掌握理论	第 1 学时 网络体系结构
	第 2 学时 物理层
	第 3 学时 数据链路层
	第 4 学时 网络层
	第 5 学时 传输层
	第 6 学时 应用层
第 2 天 夯实基础, 再学理论	第 1 学时 网络安全
	第 2 学时 无线基础知识
	第 3 学时 存储技术基础
	第 4 学时 网络规划与设计
	第 5 学时 计算机硬件知识
	第 6 学时 计算机软件知识

续表

时间	学习内容	
第 3 天 动手操作，案例配置	第 1 学时	Windows 管理
	第 2 学时	Windows 命令
	第 3 学时	Windows 配置
	第 4 学时	Linux 管理
	第 5 学时	Linux 命令
	第 6 学时	Linux 配置
第 4 天 再接再厉，案例实践	第 1 学时	交换机基础
	第 2 学时	交换机配置
	第 3 学时	路由基础
	第 4 学时	路由配置
	第 5 学时	防火墙
	第 6 学时	VPN
第 5 天 模拟测试，反复操练	第 1~2 学时	模拟测试 1（上午试题）
	第 3~4 学时	模拟测试 1（下午试题）
	第 5~6 学时	模拟测试 1（上午试题点评）
	第 7~8 学时	模拟测试 1（下午试题点评）

从笔者这几年的考试培训经验来看，不怕您基础不牢，怕的就是您不进入状态。闲话不多说了，开始第 1 天的复习吧。

第 1 学时 网络体系结构

第 1 天的第 1 学时主要学习网络体系结构。“网络体系结构”是计算机网络技术的基础知识点，是现代网络技术的整体蓝图，是学习和复习网络工程师考试的前提。根据历年考试的情况来看，每次考试涉及相关知识的分值在 0~5 分之间，且只有上午考试部分涉及。本章考点知识结构图如图 1-1 所示。

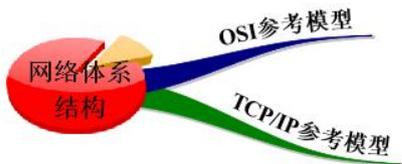


图 1-1 考点知识结构图

1.1 OSI 参考模型

主要讲述 OSI 参考模型、OSI 各层功能的作用、协议组成等重要基础知识。

1.1.1 考点分析

历年网络工程师考试试题中,涉及本部分的相关知识点有:服务访问点的定义和组成;OSI 参考模型各层的定义、功能和数据单位;OSI 参考模型各子层对应的具体协议。

1.1.2 知识点精讲

设计一个好的网络体系结构是一个复杂的工程,好的网络体系结构使得相互通信的计算终端能够高度协同工作。ARPANET 在早期就提出了分层方法,把复杂问题分割成若干个小问题来解决。1974 年,IBM 第一次提出了**系统网络体系结构**(System Network Architecture, SNA)概念, SNA 第一个应用了分层的方法。

随着网络飞速发展,用户迫切要求能在不同体系结构的网络间交换信息,不同网络能互连起来。**国际标准化组织**(International Organization for Standardization, ISO)从 1977 年开始研究这个问题,并与 1979 年提出了一个互联的标准框架,即著名的**开放系统互连参考模型**(Open System Interconnection/ Reference Model, OSI/RM),简称 OSI 模型。1983 年形成了 OSI/RM 的正式文件,即**ISO 7498 标准**,即常见的七层协议的体系结构。网络体系结构也可以定义为计算机网络各层及协议的集合,这样,OSI 本身就算不上一个网络体系结构,因为没有定义每一层所用到的服务和协议。体系结构是抽象的概念,实现是具体的概念,实际运行的是硬件和软件。

开放系统互连参考模型分七层,从低到高分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

1. 物理层 (Physical Layer)

物理层位于 OSI/RM 参考模型的最底层,为数据链路层实体提供建立、传输、释放所必需的物理连接,并且提供**透明的比特流传输**。物理层的连接可以是全双工或半双工方式,传输方式可以是异步或同步方式。物理层的数据单位是**比特**,即一个二进制位。物理层构建在物理传输介质和硬件设备相连接之上,向上服务于紧邻的数据链路层。

物理层通过各类协议定义了网络的机械特性、电气特性、功能特性和规程特性。

- **机械特性**: 规定接口的外形、大小、引脚数和排列、固定位置。
- **电气特性**: 规定接口电缆上各条线路出现的电压范围。
- **功能特性**: 指明某条线上出现某一电平的电压表示何种意义。
- **规程特性**: 指明各种可能事件出现的顺序。

物理层的两个重要概念: DCE和DTE。

- **数据终端设备**(Data Terminal Equipment, DTE): 具有一定的数据处理能力和数据收发能

力的设备，用于提供或接收数据。常见的 DTE 设备有路由器、PC、终端等。

- **数据通信设备**（Data Communications Equipment, DCE）：在 DTE 和传输线路之间提供信号变换和编码功能，并负责建立、保持和释放链路的连接。常见的 DCE 设备有 CSU/DSU、NT1、广域网交换机、MODEM 等。

两者的区别是：**DEC提供时钟，而DTE不提供时钟**；DTE的接头是针头（俗称公头），而DCE的接头是孔头（俗称母头）。

2. 数据链路层（Data Link Layer）

数据链路层将原始的传输线路转变成一条逻辑的传输线路，实现实体间二进制信息块的正确传输，为网络层提供可靠的数据信息。数据链路层的数据单位是**帧**，具有流量控制功能。**链路**是相邻两节点间的物理线路。数据链路与链路是两个不同的概念。**数据链路**可以理解为数据的通道，是物理链路加上必要的通信协议而组成的逻辑链路。

数据链路层应具有的功能：

- 链路连接的建立、拆除和分离：数据传输所依赖的介质是长期的，但传输数据的实体间的连接是有生存期的。在连接生存期内，收发两端可以进行不等的一次或多次数据通信，每次通信都要经过建立通信联络、数据通信和拆除通信联络这三个过程。
- 帧定界和帧同步：数据链路层的数据传输单元是帧，由于数据链路层的协议不同，帧的长短和界面也不同，所以必须对帧进行定界和同步。
- 顺序控制：对帧的收发顺序进行控制。
- 差错检测、恢复：差错检测多用方阵码校验和循环码校验来检测信道上数据的误码，而帧丢失等用序号检测。各种错误的恢复则常靠反馈重发技术来完成。
- 链路标识、流量/拥塞控制。

局域网中的数据链路层可以分为**逻辑链路控制**（Logical Link Control, LLC）和**介质访问控制**（Media Access Control, MAC）两个子层。其中 LLC 只在使用 IEEE 802.3 格式的时候才会用到，而如今很少使用 IEEE 802.3 格式，取而代之的是以太帧格式，而使用以太帧格式则不会有 LLC 存在。

3. 网络层（Network Layer）

网络层控制子网的通信，其主要功能是提供**路由选择**，即选择到达目的主机的最优路径，并沿着该路径传输数据包。网络层还应具备的功能有：路由选择和中继；激活和终止网络连接；链路复用；差错检测和恢复；流量/拥塞控制等。

4. 传输层（Transport Layer）

传输层利用实现可靠的**端到端的数据传输**能实现数据分段、**传输和组装**，还提供差错控制和流量/拥塞控制等功能。

5. 会话层（Session Layer）

会话层允许不同机器上的用户之间建立会话。会话就是指各种服务，包括对话控制（记录该由谁来传递数据）、令牌管理（防止多方同时执行同一关键操作）、同步功能（在传输过程中设置检查点，以便在系统崩溃后还能在检查点上继续运行）。

建立和释放会话连接还应做以下工作:

- 将会话地址映射为传输层地址。
- 进行数据传输。
- 释放连接。

6. 表示层 (Presentation Layer)

表示层提供一种通用的数据描述格式,便于不同系统间的机器进行信息转换和相互操作,如会话层完成 EBCDIC 编码(大型机上使用)和 ASCII 码(PC 机器上使用)之间的转换。表示层的主要功能有:数据语法转换、语法表示、数据加密和解密、数据压缩和解压。

7. 应用层 (Application Layer)

应用层位于 OSI/RM 参考模型的最高层,直接针对用户的需要。应用层向应用程序提供服务,这些服务按其向应用程序提供的特性分成组,并称为服务元素。应用层服务元素又分为公共应用服务元素(Common Application Service Element, CASE)和特定应用服务元素(Specific Application Service Element, SASE)。

下面再介绍几个网络工程师考试涉及的重要考点及概念:

(1) 封装。OSI/RM 参考模型的许多层都使用特定方式描述信道中来回传送的数据。数据在从高层向低层传送的过程中,每层都对接收到的原始数据添加信息,通常是附加一个报头和报尾,这个过程称为封装。

(2) 网络协议。网络协议(简称**协议**)是网络中的数据交换建立的一系列规则、标准或约定。协议是控制两个(或多个)对等实体进行通信的集合。

网络协议由**语法、语义和时序关系**三个要素组成。

- 语法:数据与控制信息的结构或形式。
- 语义:根据需要发出哪种控制信息,依据情况完成哪种动作以及做出哪种响应。
- 时序关系:又称为同步,即事件实现顺序的详细说明。

(3) PDU。协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)是指对等层次之间传送的数据单位。如在数据从会话层传送到传输层的过程中,传输层把数据 PDU 封装在一个传输层数据段中。如图 1-2 所示描述了 OSI 参考模型数据封装流程及各层对应的 PDU。

(4) 实体。任何可以接收或发送信息的硬件/软件进程通常是一个特定的软件模块。

(5) 服务。在协议的控制下,两个对等实体间的通信使得本层能为上一层提供服务。要实现本层协议,还需要使用下一层所提供的服务。

协议和服务区别是:本层服务实体只能看见服务而无法看见下面的协议。协议是“水平的”,是针对两个对等实体的通信规则;服务是“垂直的”,是由下层向上层通过层间接口提供的。只有能被高一层实体“看见”的功能才能称为服务。

(6) 服务原语。上层使用下层所提供的服务必须通过与下层交换一些命令,这些命令就称为服务原语。

(7) 服务数据单元。OSI 把层与层之间交换的数据的单位称为服务数据单元(Service Data

Unit, SDU)。相邻两层的关系如图 1-3 所示。

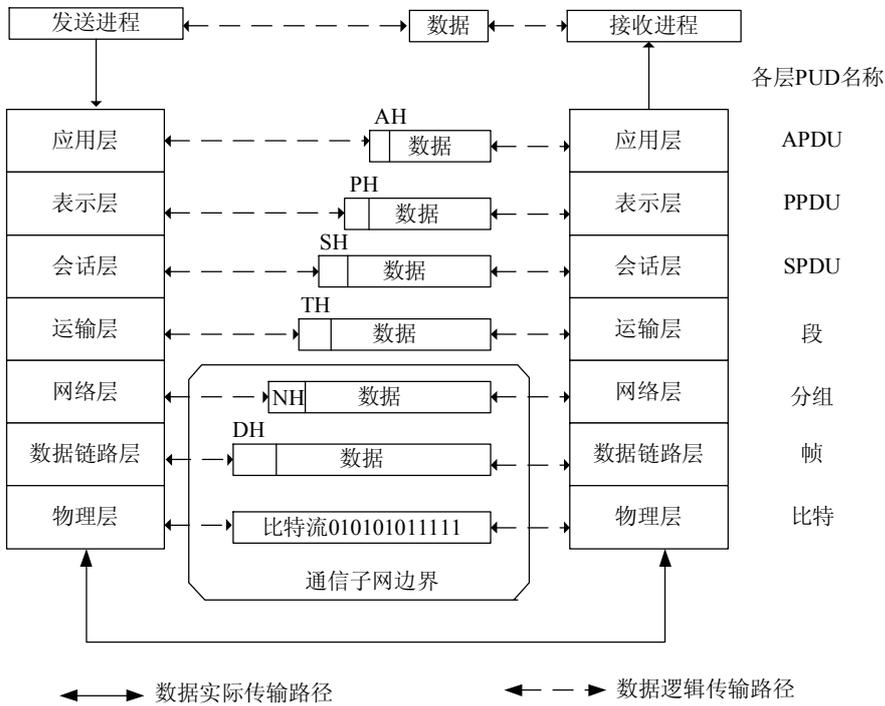


图 1-2 OSI 参考模型通信示意图

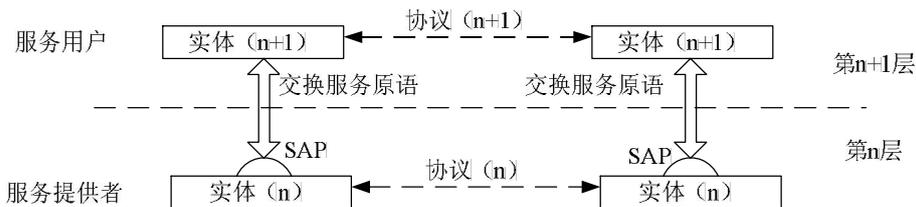


图 1-3 相邻两层关系

1.2 TCP/IP 参考模型

主要讲述 TCP/IP 参考模型和 TCP/IP 参考模型各层功能的作用等重要基础知识。

1.2.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本部分的相关知识点有：各种常见的协议对应的层次关系。

1.2.2 知识点精讲

OSI 参考模型虽然完备,但是太过复杂,不实用。而之后的 TCP/IP 参考模型经过一系列的修改和完善后得到了广泛的应用。TCP/IP 参考模型包含应用层、传输层、网络层和网络接口层。TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型有较多相似之处,各层也有一定的对应关系,具体对应关系如图 1-4 所示。

OSI	TCP/IP
应用层	应用层
表示层	
会话层	
传输层	传输层
网络层	网络层
数据链路层	网络接口层
物理层	

图 1-4 TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型的对应关系

(1) 应用层。TCP/IP 参考模型的应用层包含了所有高层协议。该层与 OSI 的会话层、表示层和应用层相对应。

(2) 传输层。TCP/IP 参考模型的传输层与 OSI 的传输层相对应。该层允许源主机与目标主机上的对等体之间进行对话。该层定义了两个端到端的传输协议: TCP 协议和 UDP 协议。

(3) 网络层。TCP/IP 参考模型的网络层对应 OSI 的网络层。该层负责为经过逻辑互联网络路径的数据进行路由选择。

(4) 网络接口层。TCP/IP 参考模型的最低层是网络接口层,该层在 TCP/IP 参考模型中并没有明确规定。

TCP/IP 参考模型是一个协议簇,各层对应的协议已经得到广泛应用,具体的各层协议对应 TCP/IP 参考模型的哪一层往往是考试的重点。TCP/IP 参考模型主要协议的层次关系如图 1-5 所示。

TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型有很多相同之处,都是以协议栈为基础的,对应各层功能也大体相似。当然也有一些区别,如 OSI 模型最大的优势是强化了服务、接口和协议的概念,这种做法能明确什么是规范、什么是实现,侧重理论框架的完备。TCP/IP 模型是事实上的工业标准,而改进后的 TCP/IP 模型却没有做到,因此其并不适用于新一代网络架构设计。TCP/IP 模型没有区分物理层和数据链路层这两个功能完全不同的层。OSI 模型比较适合理论研究和新网络技术研究,而 TCP/IP 模型真正做到了流行和应用。

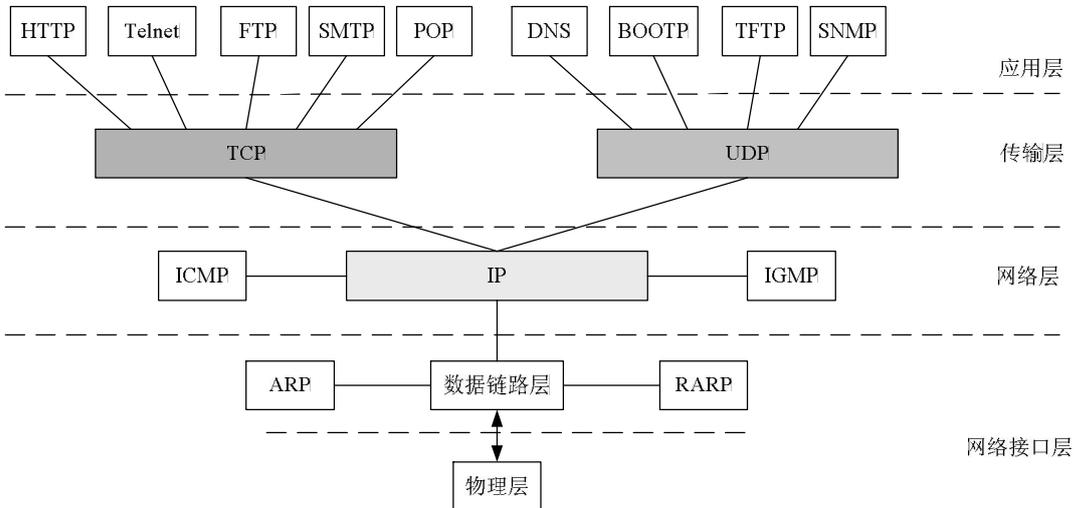


图 1-5 TCP/IP 参考模型主要协议的层次关系图

第 2 学时 物理层

第 1 天的第 2 学时主要学习物理层所涉及的重要知识点。物理层是协议模型的最底层，因此包含相当多的理论知识和应用性技术，是历年考试的核心考点之一。根据历年考试的情况来看，每次考试涉及的相关知识点的分值在 3~20 分之间。物理层知识的考查主要集中在上午的考试中，下午的考试更偏向于对综合布线知识、ADSL、HFC 等知识点的考查。本章考点知识结构图如图 2-1 所示。

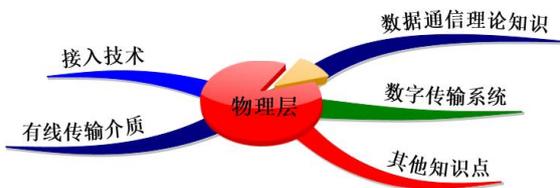


图 2-1 考点知识结构图

2.1 数据通信理论知识

2.1.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本此部分的相关知识点有：数据通信基本概念、传输速率、调制与

编码、数据传输方式、数据交换方式、多路复用。

2.1.2 知识点精讲

通信就是将信息从源地传送到目的地。**通信研究**就是解决从一个信息的源头到信息的目的地整个过程的技术问题。**信息**是通过通信系统传递的内容,其形式可以是声音、动画、图像、文字等。

通信信道上传输的电信号编码、电磁信号编码、光信息编码叫做**信号**。信号可以分为模拟信号和数字信号两种。**模拟信号**是在一段连续的时间间隔内,其代表信息的特征量可以在任意瞬间呈现为任意数值的信号;**数字信号**是信息用若干个明确定义的离散值表示的时间离散信号。可以简单地认为,模拟信号值是连续的,而数字信号值是离散的。

传送信号的通路称为**信道**,信道也可以是模拟或数字方式,传输模拟信号的信道叫做**模拟信道**;传输数字信号的信道叫做**数字信道**。

信息传输过程可以进行抽象,通常称为数据通信系统模型,具体如图 2-2 所示。

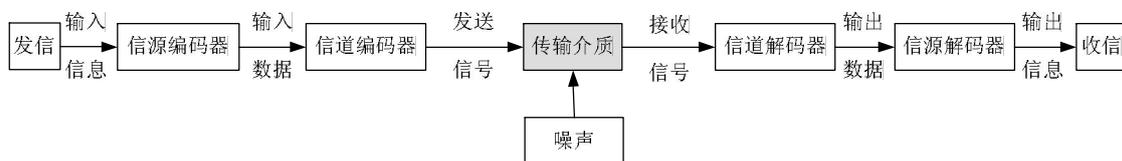


图 2-2 数据通信系统模型

(1) 发信是信息产生的源头,可以是人,也可以是硬件。

(2) 信源编码器的作用是进行**模/数转换**(A/D 转换),即将文字、声音、动画、图像等转换为数字信号或模拟信号。计算机或终端可以看作信源编码器。由计算机或终端产生的数字信号的频谱都是从零开始的,这种**未经调制**的信号所占用的频率范围叫做**基本频带**(这个频带从直流起可以高到数百千赫兹,甚至数千赫兹),简称为**基带**。局域网中的信源编码器发出的信号往往是基本频带信号,简称为**基带信号**。

另外,当采用模拟信号传输数据时往往只占用**有限的频带**,使用频带传输的信号简称为**频带信号**。通过将基带划分为多个频带方式可以将链路容量分解成两个或更多信道,每个信道可以携带不同的信号,这就是**宽带传输**。

(3) 信道编码器的作用是将信号转换为合适的形式对传输介质进行数据传输。

(4) 信道解码器将传输介质和传输数据转换为接收信号。

(5) 信源解码器的作用是进行**数/模转换**(D/A 转换),即将数字信号或模拟信号转换为文字、声音、动画、图像等。

1. 传输速率

数字通信系统的有效程度可以用码元传输速率和信息传输速率来表示。

码元:在数字通信中,常用时间间隔相同的符号来表示一个二进制数字,这样的时间间隔内的信号称为二进制码元。另一种定义是,在使用时间域(时域)的波形表示数字信号时,代表不同离

散数值的基本波形就称为码元。网络工程师考试中常用的是第二种定义。

码元速率（波特率）：即单位时间内载波参数（相位、振幅、频率等）变化的次数，单位为波特，常用符号 Baud 表示，简写成 B。

比特率（信息传输速率、信息速率）：指单位时间内在信道上传送的数据量（即比特数），单位为比特每秒（bit/s），简记为 b/s 或 bps。

比特率与波特率关系：

波特率与比特率有如下换算关系：

$$\text{比特率} = \text{波特率} \times \text{单个调制状态对应的二进制位数} = \text{波特率} \times \log_2^N \quad (2-1)$$

其中，N 是码元总类数。

带宽：传输过程中信号不会明显减弱的一段频率范围，单位为赫兹（Hz）。对于模拟信道而言，信道带宽计算公式如下：

$$\text{信道带宽 } W = \text{最高频率} - \text{最低频率} \quad (2-2)$$

信噪比与分贝：信号功率与噪声功率的比值称为信噪比，通常将信号功率记为 S，噪声功率记为 N，则信噪比为 S/N。通常人们不使用信噪比本身，而是使用 $\lg S/N$ 的值，即分贝（dB 或 decibel）。

$$1\text{dB} = 10 \times \lg S/N \quad (2-3)$$

无噪声时的数据速率计算：在无噪声情况下，应依据尼奎斯特定理来计算最大数据速率。尼奎斯特定理为：

$$\text{最大数据速率} = 2W \log_2 N = B \log_2 N \quad (2-4)$$

其中，W 表示带宽，B 代表波特率，N 是码元总的种类数。

有噪声时的数据速率计算：在有噪声情况下，应依据香农公式来计算极限数据速率。香农公式为：

$$\text{根限数据速率} = \text{带宽} \times \log_2(1 + S/N) \quad (2-5)$$

其中，S 为信号功率，N 为噪声功率。

误码率：指接收到的错误码元数在总传送码元数中所占的比例。

$$P_c = \frac{\text{错误码元数}}{\text{码元总数}} \quad (2-6)$$

2. 调制与编码

由于模拟信号和数字信号的应用非常广泛，日常生活中的模拟数据和数字数据也很多，因此数据通信中就面临模拟数据和数字数据与模拟信号和数字信号之间相互转换的问题，这就要用到调制和编码。**编码**就是用数字信号承载数字或模拟数据；**调制**就是用模拟信号承载数字或模拟数据。

调制可以分为基带调制和带通调制。

- **基带调制。**基带调制只对基带信号波形进行变换，并不改变其频率，变换后仍然是基带信号。

- **带通调制 (频带调制)**。带通调制使用载波将基带信号的频率迁移到较高频段进行传输, 解决了很多传输介质不能传输低频信息的问题, 并且使用带通调制信号可以传输得更远。

(1) 模拟信号调制为模拟信号。

由于基带信号包含许多低频信息或直流信息, 而很多传输介质并不能传输这些信息, 因此需要使用调制器对基带信号进行调制。

模拟信号调制为模拟信号的方法有:

- **调幅 (AM)**: 依据传输的原始模拟数据信号变化来调整载波的振幅。
- **调频 (FM)**: 依据传输的原始模拟数据信号变化来调整载波的频率。
- **调相 (PM)**: 依据传输的原始模拟数据信号变化来调整载波的初始相位。

(2) 模拟信号编码为数字信号。

模拟信号编码为数字信号最常见的就是脉冲编码调制 (Pulse Code Modulation, PCM)。脉冲编码的过程为采样、量化和编码。

- 采样, 即对模拟信号进行周期性扫描, 把时间上连续的信号变成时间上离散的信号。采样必须遵循奈奎斯特采样定理才能保证无失真地恢复原模拟信号。

举例: 模拟电话信号通过 PCM 编码成为数字信号。语音最大频率小于 4KHz (约为 3.4KHz), 根据采样定理, 采样频率要大于 2 倍语音最大频率, 即 8KHz (采样周期=125us), 就可以无失真地恢复语音信号。

- 量化, 即利用抽样值将其幅度离散, 用先规定的一组电平值把抽样值用最接近的电平值来代替。规定的电平值通常用二进制表示。

举例: 语音系统采用 128 级 (7 位) 量化, 采用 8KHz 的采样频率, 那么有效数据速率为 56kb/s, 又由于在传输时, 每 7bit 需要添加 1bit 的信令位, 因此语音信道数据速率为 64kb/s。

- 编码, 即用一组二进制码组来表示每一个有固定电平的量化值。然而实际上量化是在编码过程中同时完成的, 故编码过程也称为模/数变换, 记作 A/D。

(3) 数字信号调制为模拟信号。

模拟信号传输的都是在数字载波信号上完成的, 与模拟信号调制为模拟信号的方法类似, 可以利用调制频率、振幅和相位三种载波特性之一或组合。基本调制方法有:

- **幅移键控 (Amplitude Shift Keying, ASK)**: 载波幅度随着基带信号的变化而变化, 方式还可称作通—断键控或开关键控。
- 如图 2-3 所示显示了 ASK 调制器的输入和对应的输出波形, 对于输入二进制数据流的每个变化, ASK 波形都有一个变化。对于二进制输入为 1 的整个时间, 输出为一个振幅恒定、频率恒定的信号; 对于二进制输入为 0 的整个时间, 载波处于关闭状态。

注意: 1 和 0 时的 ASK 波形表示方式可以相反。

- **频移键控 (Frequency Shift Keying, FSK)**: 载波频率随着基带信号的变化而变化。
- 如图 2-4 所示显示了 FSK 调制器的输入和对应的输出波形, 从中可以发现二进制 0 和 1 的输入对应不同频率的波形输出。

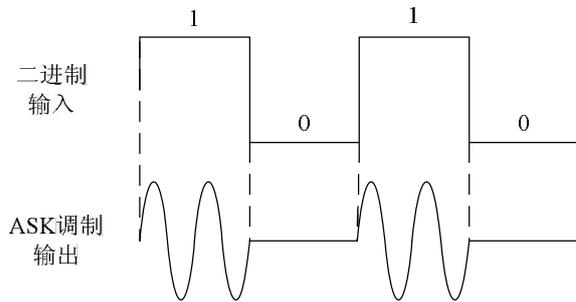


图 2-3 ASK 的输入和输出波形

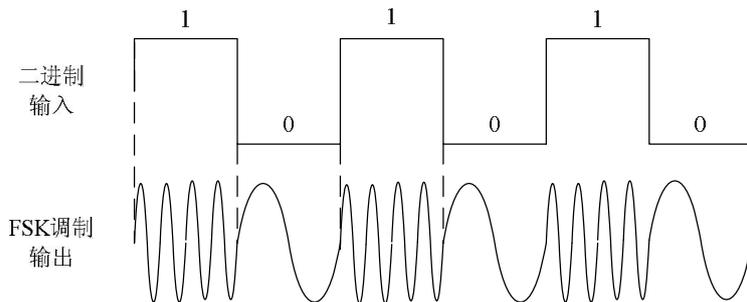


图 2-4 FSK 的输入和输出波形

- **相移键控 (Phase Shift Keying, PSK)**: 载波相位随着基带信号的变化而变化。PSK 最简单的形式是 BPSK，载波相位有 2 种，分别表示逻辑 0 和 1。

如图 2-5 所示显示了 BPSK 调制器的输入和对应的输出波形，二进制 1 和 0 分别用不同相位的波形表示。

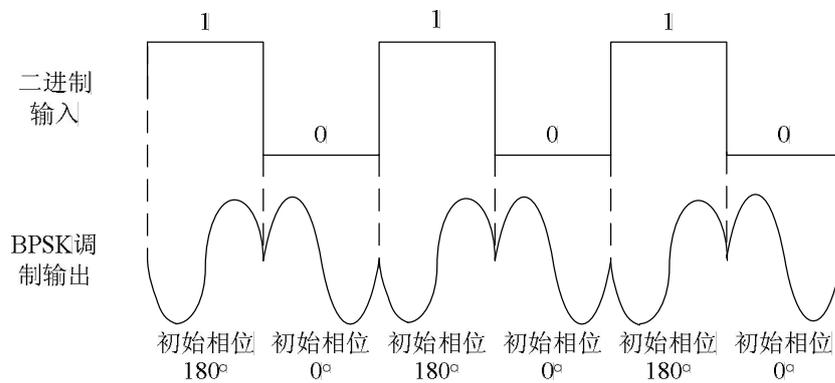


图 2-5 BPSK 的输入和输出波形

较为复杂的是高阶 PSK，即用多个输入相位来表示多个信息位。**4PSK** 又称为 QPSK，使用 4

个输出相位表示 2 个输入位；**8PSK** 使用 8 个输出相位表示 3 个输入位；**16 PSK** 使用 16 个输出相位表示 4 个输入位。

DPSK 称为相对相移键控调制，又记作 **2DPSK**。信息是通过连续信号之间的载波信号的初始相位是否变化来传输的。

如图 2-6 所示显示了 **DPSK** 调制器的输入和对应的输出波形，对于输入位 0，初始有相位变化；对于输入位 1，初始无相位变化。

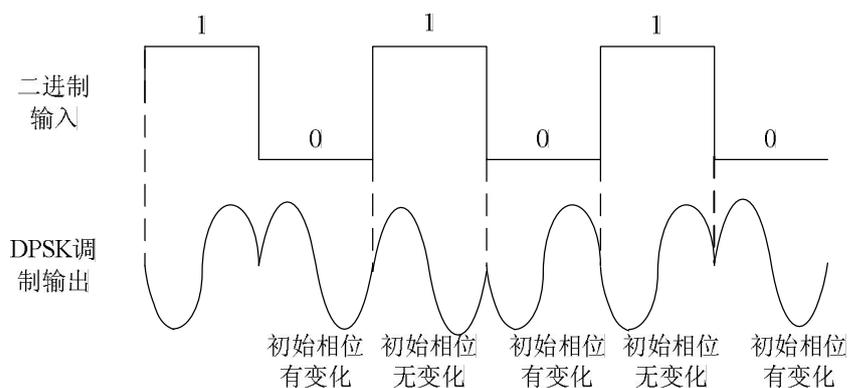


图 2-6 DPSK 的输入和输出波形

当然结合使用振幅、频率和相位方式可以表示更多的信号，**QAM** 就是其中的一种。

- **正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation, QAM)**。若利用正交载波调制技术传输 **ASK** 信号，可使频带利用率提高一倍。如果再把其他技术结合起来，还可以进一步提高频带利用率。能够完成这种任务的技术称为正交幅度调制 (**QAM**)，通常有 **4QAM**、**8QAM**、**16QAM**、**64QAM** 等，如 **16QAM** 是指包含 16 种符号的 **QAM** 调制方式。

如表 2-1 所示总结了常见的调制技术，并给出了对应的码元数。

表 2-1 常见调制技术汇总表

调制技术	码元种类/比特位	特性
幅移键控 (ASK)	2/1	恒定振幅表示 1，载波关闭表示 0；抗干扰性差，容易实现
频移键控 (FSK)	2/1	不同的两个频率分别代表 0 和 1
相移键控 (PSK)	2/1	不同的两个相位分别代表 0 和 1
QPSK (4PSK)	4/2	+45°、+135°、-45°、-135° 分别代表 00、01、10、11
8PSK	8/3	8 个相位分别代表 000、...、111 的 8 个值
DPSK	2/1	遇到位 0，初始有相位变化；遇到位 1，初始无相位变化
4QAM	4/2	结合了 ASK 和 PSK 的调制方法

(4) 数字信号调制为数字信号。

数字信号调制的方法比较多，下面讲述考试所涉及的所有数字信号调制方法，如图 2-7 所示。

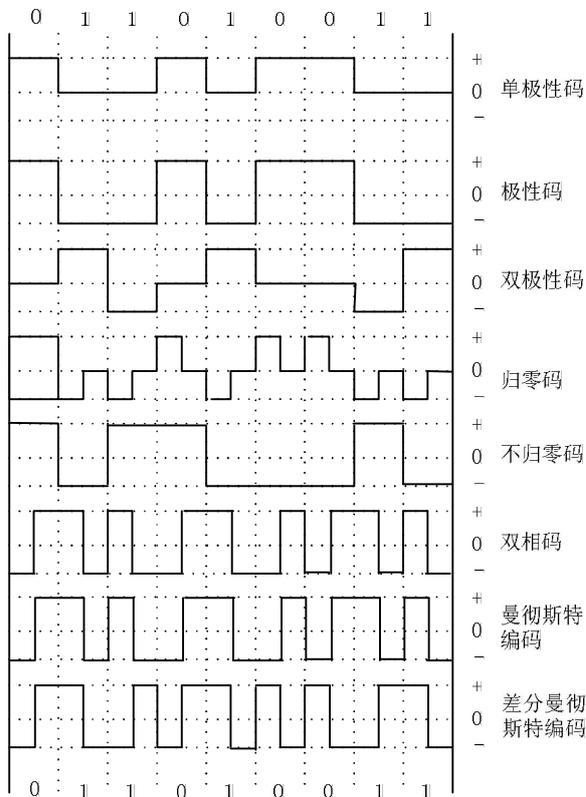


图 2-7 各种常见编码

- 极性编码

使用正负电平和零电平来表示的编码。**极性码**使用正电平表示 0，负电平表示 1；**单极性码**使用正电平表示 0，零电平表示 1；**双极性码**使用正负电平和零电平共 3 个电平表示信号。典型的信号交替反转编码 (Alternate Mark Inversion, AMI) 就是一种双极性码，数据流中遇到 1 时，电平在正负电平之间交替翻转，遇到 0 则保持零电平。

极性编码使用恒定的电平表示数字 0 或 1，因此需要使用时钟信号定时。

- 归零码 (Return to Zero, RZ)

码元中间信号回归到零电平，从正电平到零电平表示 0，从负电平到零电平表示 1。这种中间信号都有电平变化的方式，使得编码可以自同步。

- 不归零码 (Not Return to Zero, NRZ)

码元中间信号不回归到 0，遇到 1 时，电平翻转；遇到 0 时，电平不翻转。这种翻转的特性称

为差分机制。**不归零反相编码 (No Return Zero-Inverse, NRZ-I)**, 在 NRZ-I 编码中, 编码后电平只有正负电平之分, 没有零电平, 属于不归零编码。NRZ-I 遇到 0 时, 电平翻转; 遇到 1 时, 电平不翻转。

- 双相码

双相码的每一位中有电平转换, 如果中间缺少电平翻转, 则认为是违例代码, 既可以同步, 也可以用于检错。负电平到正电平代表 0, 正电平到负电平代表 1。

- 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码属于一种双相码, 负电平到正电平代表 0, 高电平到负电平代表 1; 也可以是负电平到正电平代表 1, 正电平到负电平代表 0, 常用于 10M 以太网。传输一位信号需要有两次电平变化, 因此编码效率为 50%。

- 差分曼彻斯特编码

差分曼彻斯特编码属于一种双相码, 中间电平只起到定时的作用, 不用于表示数据。信号开始时有电平变化则表示 0, 没有电平变化则表示 1。

- 4B/5B、8B/10B、8B/6T 编码

由于曼彻斯特编码的效率不高, 只有 50%, 因此在高速网络中, 这种编码方式显然就不适用了。在高速率的局域网和广域网中采用 m 位比特编码成 n 位比特编码方式, 即 mB/nB 编码。常见的 mB/nB 编码如表 2-2 所示。

表 2-2 常见的 mB/nB 编码

编码	定义	应用领域
4B/5B	将 4 个比特数据编码成 5 个比特符号的方式 编码效率为 $4\text{bit}/5\text{bit}=80\%$	FDDI、100Base-TX、100Base-FX
8B/10B	8B/10B 编码是将一组连续的 8 位数据分解成两组数据, 一组 3 位, 一组 5 位, 经过编码后分别成为一组 4 位的代码和一组 6 位的代码, 从而组成一组 10 位的数据发送出去。编码效率为 $8\text{bit}/10\text{bit}=80\%$	USB 3.0、1394b、Serial ATA、PCI Express、Infini-band、Fiber Channel、RapidIO、千兆以太网 (注: 1000base-t 与 100base-Tx 采用 PAM-5 编码)
64/66B	将 64 位信息编码为 66 位符号。编码效率为 $64\text{bit}/66\text{bit}=97\%$	万兆以太网
8B/6T	将 8 位映射为 6 个三进制位	100Base-T4 (3 类 UTP)

3. 数据传输方式

数据传输方式可以按多种方式进行分类。

(1) 按信号类型分类。

1) **模拟通信**: 利用正弦波的幅度、频率或相位的变化, 或利用脉冲的幅度、宽度或位置变化来模拟原始信号, 以达到通信的目的。

2) **数字通信**: 用数字信号作为载体来传输消息, 或用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。

(2) 按照一次传输的数据位数分类。

1) **串行通信**：串行通信是指使用一条数据线将数据一位一位地依次传输，每一位数据占据一个固定的时间长度。常见的串行通信技术标准有 EIA-232 (RS-232)、EIA-422 (RS-422)、EIA-485 (RS-485)，通用串行总线 (Universal Serial Bus, USB)、IEEE 1394。

2) **并行通信**：一组数据的各数据位在多条线上同时被传输，这种传输方式称为并行通信。常见应用了并行通信技术有磁盘并口线和打印机并口。

(3) 按照信号传送的方向与时间的关系分类。

1) **单工通信**：数据只能在一个方向上流动，如无线电波和有线电视。

2) **半双工**：可以切换方向的单工通信，但不能同时或双向通信，如对讲机。

3) **全双工通信**：允许数据同时在两个方向上进行传输，如电话和手机通信。

(4) 按照数据的同步方分类。

1) **同步通信**：通信双方必须先建立同步，即双方时钟要调整到同一频率。同步方式可以分为两种：一种是使用**全网同步**，用一个非常精确的主时钟对全网所有节点上的时钟进行同步；另一种是使用**准同步**，各节点的时钟之间允许有微小的误差，然后采用其他措施实现同步传输。同步通信是一种连续串行传送数据的通信方式，一次通信只传送一帧信息。这里的信息帧与异步通信中的字符帧不同，通常含有若干个数据字符，它们均由**同步字符**、**数据字符**和**校验字符 (CRC)** 组成。

2) **异步通信**：发送端和接收端可以由各自的时钟来控制数据的发送和接收，这两个时钟源彼此独立、互不同步。发送端可以在任意时刻开始发送字符，因此必须在每一个字符的开始和结束的地方加上标志，即加上起始位和终止位，用于正确接收每一个字符。异步通信中，数据通常以字符或字节为单位组成字符帧传送。

$$\text{异步通信数据速率} = \text{每秒钟传输字符数} \times (\text{起始位} + \text{终卡位} + \text{校验校正} + \text{数据位}) \quad (2-6)$$

$$\text{异步通信有效数据速率} = \text{每秒钟传输字符数} \times \text{数据位} \quad (2-7)$$

4. 数据交换方式

通信网络数据的交换方式有多种，主要分为电路交换、报文交换、分组交换和信元交换，具体方式如表 2-3 所示。

表 2-3 数据交换方式及其特性

数据交换方式	定义	特点
电路交换	通信开始之前，主呼叫和被呼叫之间建立连接，之后建立通信，期间独占整个链路，结束通信时释放链路。电路交换是面向连接的	优点：时延小 缺点：链路空闲率高，不能进行差错控制
报文交换	节点把要发送的信息组织成一个报文(数据包)，该报文中含有目标节点的地址，完整的报文在网络中一站一站地向前传送。每一个节点接收 整个报文 并检查目标节点地址，然后根据网络中的拥塞情况，在适当的时候转发到下一个节点	优点：不用建立专用通路；可以校验，也可以将一个报文发至多个目的地 缺点：中间节点需要先存储，再转发报文，时间延时较大；中间节点的存储空间也需要较大

续表

数据交换方式		定义	特点
分组交换 (确定最大报文长度)	数据报	数据报服务类似于邮政系统的信件投递。每个分组都携带完整的源和目的节点的地址信息,独立地进行传输,每当经过一个中间节点时,都要根据目标地址和网络当前的状态,按一定的路由选择算法选择一条最佳的输出线,直至传输到目的节点	优点: 不需要建立连接 缺点: 每个分组独立选路,不完全走一条路; 可靠性差
	虚电路	在虚电路服务方式中,为了进行数据的传输,网络的源主机和目的主机之间先要建立一条逻辑通道,所有报文沿着逻辑通道传输数据。在传输完毕后,还要将这条虚电路释放。虚电路的服务方式是网络层向传输层提供了一种使所有分组按顺序到达目的主机的可靠的数据传送方式。虽然用户感觉到好像占用了一条端到端的物理线路,但实际上并没有真正地占用,即这一条线路不是专用的,所以称之为“虚电路”。典型应用有 X.25、帧中继、ATM	优点: 相对数据报可以进行流控和差错控制,提高了可靠性,适合远程控制和文件传送 缺点: 不如数据报方式灵活
信元交换		信元交换又叫 ATM (异步传输模式),是一种面向连接的快速分组交换技术,它是通过建立虚电路来进行数据传输的。信元交换技术是一种快速分组交换技术,它结合了电路交换技术延迟小和分组交换技术灵活的优点。信元是固定长度的分组,ATM 采用信元交换技术,其信元长度为 53 字节,其中信元头为 5 字节,数据为 48 字节	结合了电路交换技术延迟小和分组交换技术灵活的优点

5. 多路复用

多路复用(信道复用)的实质是在发送端将多路信号组合成一路信号,然后在一条专用的物理信道上实现传输,接收端再将复合信号分离出来。多路复用技术有:时分复用(Time Division Multiplexing, TDM)、波分复用(Wavelength Division Multiplexing, WDM)、频分复用(Frequency Division Multiplexing, FDM)。具体各复用的技术特性如表 2-4 所示。

表 2-4 各类复用及其技术特性

复用技术		特点	应用
时分复用	同步时分复用	固定时隙的时分复用,即使无数据传输的各子信道轮流按时间独占带宽	E1、T1、SDH/SONET、DDN、PON 下行
	统计时分复用	对同步时分复用进行改进,通过动态地分配时隙来进行数据传输的	ATM
波分复用		所谓波分复用,就是将整个波长频带被划分为若干个波长范围,每路信号占用一个波长范围来进行传输。属于特殊的频分复用	光纤通信
频分复用		频分复用是指多路信号在频率位置上分开,但同时在一个信道内传输。频分复用信号在频谱上不会重叠,但在时间上是重叠的	宽带有线电视、无线广播、ADSL、无线局域网

2.2 数字传输系统

2.2.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本部分的相关知识点有：脉冲编码调制 PCM 体制、同步光纤网、同步数字系列。

2.2.2 知识点精讲

1. 脉冲编码调制 PCM 体制

前面介绍了脉冲编码调制 PCM 的原理，下面讲述 PCM 两个重要国际标准：北美的 24 路 PCM (T1，速率为 1.544Mb/s) 和欧洲的 30 路 PCM (E1，速率为 2.048Mb/s)。

(1) E1。E1 有成帧、成复帧与不成帧三种方式，考试主要考成复帧方式。

1) E1 的成复帧方式。E1 的一个时分复用帧（长度为 $T=125\mu\text{s}$ ）共划分为 32 个相等的时隙，时隙的编号为 CH0~CH31。其中时隙 CH0 用作帧同步，时隙 CH16 用来传送信令，剩下 CH1~CH15 和 CH17~CH31 共 30 个时隙用作 30 个语音话路，E1 载波的控制开销占 6.25%。每个时隙传送 8bit（7bit 编码加上 1bit 信令），因此共用 256bit。每秒传送 8000 个帧，因此 PCM 一次群 E1 的数据率就是 2.048Mb/s，其中每个语音信道的数据速率是 64kb/s。

2) E1 的成帧方式。E1 中的第 0 时隙用于传输帧同步数据，其余 31 个时隙可以用于传输有效数据。

3) E1 的不成帧方式。所有 32 个时隙都可用于传输有效数据。

E1 有以下三种使用方法：

- 2M 的 DDN 方式：将整个 2M 用作一条链路。
- CE1 方式：将 2M 用作若干个 64K 线路的组合。
- PRA 信令方式：也是 E1 最原本的法，把一条 E1 作为 32 个 64K 来用，但是时隙 0 和时隙 16 用作信令，一条 E1 可以传 30 路语音。

我国和欧洲等国家使用 E1。

(2) T1。T1 系统共有 24 个语音话路，每个时隙传送 8bit（7bit 编码加上 1bit 信令），因此共用 193bit（192bit 加上 1bit 帧同步位）。每秒传送 8000 个帧，因此 PCM 一次群 T1 的数据率=8000 × 193b/s=1.544Mb/s，其中的每个语音信道的数据速率是 64kb/s。

美国、加拿大、日本和新加坡使用 T1。

如表 2-5 所示给出了 T1 和 E1 的常考点。

E1 和 T1 可以使用复用方法，4 个一次群可以构成 1 个二次群（分别称为 E2 和 T2），4 个二次群构成 1 个三次群（分别称为 E3 和 T3）。

表 2-5 T1 和 E1 的常考点

名称	总速率	话路组成	每个语音信道的数据速率
T1	1.544Mb/s	30 条语音话路和 2 条控制话路	64kb/s
E1	2.048Mb/s	24 条语音话路	64kb/s

2. 同步光纤网

由于 PCM 速率不统一 (T1 和 E1 共存)、属于准同步方式, 因此人们提出同步光纤网 (Synchronous Optical Network, SONET) 解决上述问题。SONET 使用非常精确的铯原子钟提供时间同步。

SONET 和 PCM 都是每秒钟传送 8000 帧, STS-1 帧长为 810 字节, 因此基础速率为 $8000 \times 810 \times 8 = 51.84 \text{ Mb/s}$ 。该速率对电信号称为第 1 级同步传送信号 (Synchronous Transport Signal, STS-1); 对光信号称为第 1 级光载波 (Optical Carrier, OC-1)。

SONET 中, OC-1 为最小单位, 值为 51.84 Mb/s , OC-N 代表 N 倍的 51.84 Mb/s , 如 $\text{OC-3} = \text{OC-1} \times 3 = 155.52 \text{ Mb/s}$ 。

3. 同步数字系列

同步数字系列 (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) 是 ITU-T 以 SONET 为基础制定的国际标准。SDH 和 SONET 的不同主要在于基本速率不同, SDH 的基本速率是第 1 级同步传递模块 (Synchronous Transfer Module, STM-1)。STM-1 的速率为 155.2 Mb/s , 与 OC-3 的速率相同, STM-N 则代表 N 倍的 STM-1。

当数据传输速率较小时, 可以使用 SDH 提供的准同步数字系列 (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) 兼容传输方式。该方式在 STM-1 中封装了 63 个 E1 信道, 可以同时向 63 个用户提供 2 Mb/s 的接入速率。PDH 兼容方式有两种接口, 一种是传统的 E1 接口, 如路由器上的 G703 转 V.35 接口; 另一种是封装了多个 E1 信道的 CPOS (Channel POS) 接口。

2.3 接入技术

2.3.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本部分的相关知识点有: xDSL、HFC、FTTx。

2.3.2 知识点精讲

1. xDSL

xDSL 技术就是利用电话线中的高频信息传输数据, 高频信号损耗大, 容易受噪声干扰。xDSL 的速率越高, 传输距离越近。如表 2-6 所示给出了 xDSL 的常见类型。

表 2-6 常见的 xDSL

名称	对称性	上、下行速率 (受距离影响有变化)	极限传输 距离	复用技术
ADSL (非对称数字用户线路)	不对称	上行: 640~1Mb/s 下行: 1~8Mb/s	3~5km	频分复用
VDSL (甚高速数字用户线路)	不对称	上行: 1.6~2.3Mb/s 下行: 12.96~52Mb/s	0.9~1.4km	QAM 和 DMT
HDSL (高速数字用户线路)	对称	上行: 1.5Mb/s 下行: 1.5Mb/s	2.7~3.6km	时分复用
G.SHDSL (对称的高比特数字用户环路)	对称	一对线上、下行可达 192kb/s~2.312Mb/s	3.7~7.1km	时分复用

注: DSL 就是 ISDN 技术, 已经被淘汰。

常见的 ADSL 接入方式有以下两种:

(1) ADSL 虚拟拨号。

采用专门的协议 PPP over Ethernet, 拨号后直接由验证服务器进行检验, 用户需输入用户名和密码, 检验通过后就建立起一条高速的用户数字并分配相应的动态 IP。

(2) ADSL 专线接入。

类似于专线的接入方式, 用户配置好 ADSL MODEM 后, PC 设定固定的 IP 地址、掩码、网关之后就可以和局端自动建立起一条链路。

2. HFC

混合光纤—同轴电缆 (Hybrid Fiber-Coaxial, HFC)。HFC 通常由光纤干线、同轴电缆支线和用户配线网络三部分组成, 从有线电视台出来的节目信号先变成光信号在干线上传输, 到用户区域后把光信号转换成电信号, 经分配器分配后通过同轴电缆送到用户。

常考的 HFC 网络结构如图 2-8 所示。

电缆调制解调器 (Cable Modem, CM) 是用户设备和同轴电缆网络的接口, **是有线电视网络 (Cable TV, CATV) 网络用户端必须安装的设备**。在下行方向接收前端设备, 即电缆调制解调器终端系统 (Cable Modem Terminal Systems, CMTS) 发送来的 **64QAM** 信号, 经解调后传送给 PC 的以太网接口。在上行方向把 PC 发送的以太网封装在时隙中, 经 **QPSK** 调制后, 通过上行数据通路传送给 CMTS。

3. FTTx

FTTx 技术主要用于接入网络光纤化, 范围从区域电信机房的局端设备到用户终端设备, 局端设备为光线路终端 (Optical Line Terminal, OLT), 用户端设备为光网络单元 (Optical Network Unit, ONU) 或光网络终端 (Optical Network Terminal, ONT)。

(1) FTTx 分类。

根据光纤到用户的距离来分类, 可分成光纤到交换箱 (Fiber To The Cabinet, FTTCab)、光纤

到路边 (Fiber To The Curb, FTTC)、光纤到大楼 (Fiber To The Building, FTTB) 及光纤到户 (Fiber To The Home, FTTH) 等服务形态。常考的 HFC 设计结构如图 2-8 所示。

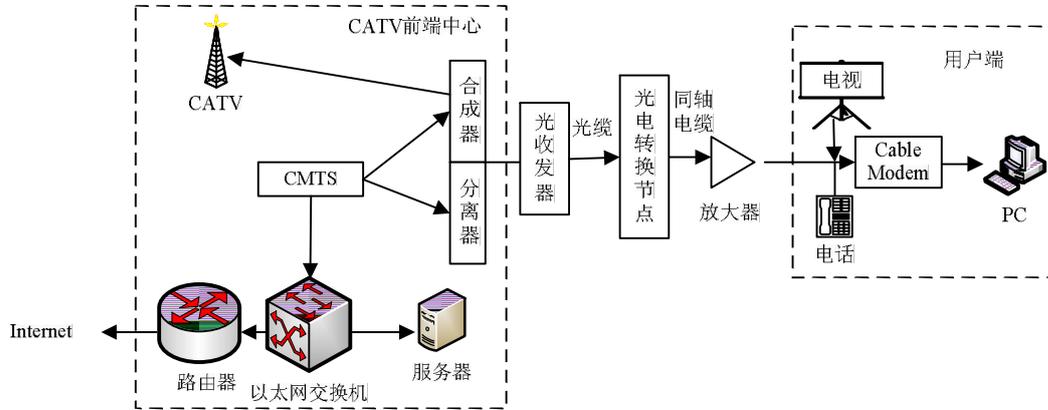


图 2-8 常考的 HFC 设计结构

(2) PON 技术。

无源光纤网络 (Passive Optical Network, PON) 是指 ODN (光配线网) 中不含有任何电子器件和电子电源, ODN 全部由光分路器 (Splitter) 等无源器件组成, 不需要贵重的有源电子设备。一个无源光纤网络包括一个安装于中心控制站的 OLT 及一批配套的安装于用户场所的光网络单元 ONU。在 OLT 与 ONU 之间的光配线网包含了光纤和无源分光器/耦合器。PON 原理拓扑如图 2-9 所示。

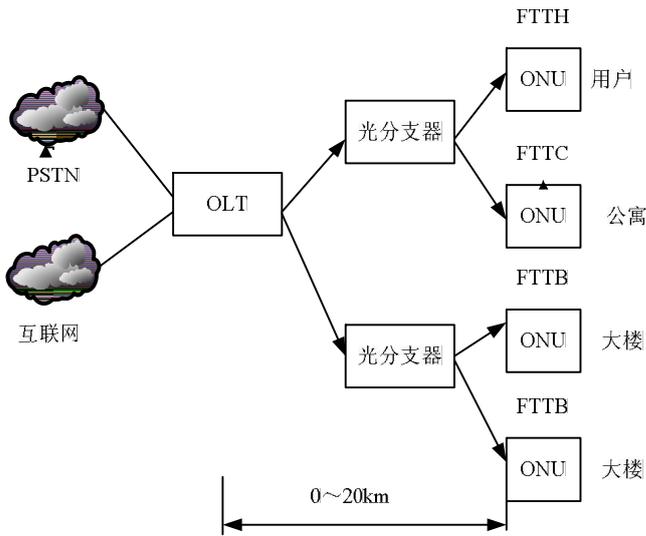


图 2-9 PON 原理拓扑

PON 技术主要有：以太网无源光网络（Ethernet Passive Optical Network, EPON）和千兆以太网无源光网络（Gigabit-Capable PON, GPON），它可以实现上下行 1.25Gb/s 的速率。

注意：基于 ATM 的 PON 技术（即 APON 技术）已经被淘汰。

2.4 有线传输介质

2.4.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本部分的相关知识点有：同轴电缆、屏蔽双绞线、非屏蔽双绞线、光纤。

2.4.2 知识点精讲

1. 同轴电缆

同轴电缆由内到外分为四层：中心铜线、塑料绝缘体、网状导电层和电线外皮。电流传导与中心铜线和网状导电层形成回路。同轴电缆因中心铜线和网状导电层为同轴关系而得名。

同轴电缆从用途上分，可分为**基带同轴电缆**和**宽带同轴电缆**（即网络同轴电缆和视频同轴电缆）。同轴电缆分 50Ω 基带电缆和 75Ω 宽带电缆两类。基带电缆又分**细同轴电缆**和**粗同轴电缆**，基带电缆仅仅用于数字传输，数据率可达 10Mb/s。

2. 屏蔽双绞线

根据屏蔽方式的不同，屏蔽双绞线可分为两类，即 STP（Shielded Twisted-Pair）和 FTP（Foil Twisted-Pair）。STP 是指每条线都有各自屏蔽层的屏蔽双绞线，而 FTP 则是采用整体屏蔽的屏蔽双绞线。

注意：屏蔽只在整个电缆有屏蔽装置，并且两端正确接地的情况下才起作用。所以要求整个系统全部是屏蔽器件，包括电缆、插座、水晶头和配线架等，同时建筑物需要有良好的地线系统。

屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹以减小辐射，但这并不能完全消除辐射。屏蔽双绞线的价格相对较高，安装时要比非屏蔽双绞线电缆困难。类似于同轴电缆，它必须配有支持屏蔽功能的特殊连结器和相应的安装技术。但屏蔽双绞线有较高的传输速率，100 米内可以达到 155Mb/s，比相应的非屏蔽双绞线高。

3. 非屏蔽双绞线

非屏蔽双绞线由 8 根不同颜色的线分成 4 对绞合在一起，成对扭绞的作用是尽可能减少电磁辐射与外部电磁干扰的影响。将双绞线按电气特性区可分为三类线、四类线、五类线、超五类线、六类线。网络中最常用的是五类线、超五类和六类。

（1）双绞线的线序标有标准 568A 和标准 568B。

标准 568A 线序为绿白、绿、橙白、蓝、蓝白、橙、棕白、棕；**标准 568B** 线序为橙白、橙、绿白、蓝、蓝白、绿、棕白、棕。

在实际应用中,大多数都使用 568B 的标准,通常认为该标准对电磁干扰的屏蔽更好。

(2) 交叉线与直连线。

交叉线是指一端是 568A 标准,另一端是 568B 标准的双绞线;**直连线**是指两端都是 568A 或 568B 标准的双绞线。

综合布线中对五类线、超五类线、六类线测试的参数有:衰减量、近端串扰、远端串扰、回波损耗、特性阻抗、接线方式。

4. 光纤

光纤是光导纤维的简称,光纤传输介质由可以传送光波的**玻璃纤维或透明塑料**制成,外包一层**比玻璃折射率低**的材料。进入光纤的光波在两种材料的界面上形成**全反射**,从而不断地向前传播。光纤可以分为单模光纤和多模光纤。

光波在光纤中的传播模式与**芯线和包层的相对折射率**、**芯线的直径**以及**工作波长**有关。如果芯线的直径小到光波波长大小,则光纤就成为波导,光在其中无反射地沿直线传播,这种光纤叫**单模光纤**。

光波在光导纤维中以多种模式传播,不同的传播模式有不同波长的光波和不同的传播和反射路径,这样的光纤叫**多模光纤**。

如表 2-7 所示给出了单模光纤和多模光纤的特性。

表 2-7 单模光纤和多模光纤的特性

	单模光纤	多模光纤
光源	激光二极管	LED
光源波长	1310nm 和 1550nm 两种	850nm 和 1300nm 两种
纤芯直径/包层外径	8.3/125 μ m	50/125 μ m 和 62.5/125 μ m
距离	2~10km	2km
速率	100~10Gb/s	1~10Gb/s
光种类	一种模式的光	不同模式的光

光纤布线系统的测试指标包括:最大衰减限值、波长窗口参数和回波损耗限值。网络工程师考试的下午题中一般考单模和多模的距离,通常多模传输距离为 500m 左右,而单模的传输距离一般是 500m 以上到 2~5km。

2.5 其他知识点

2.5.1 考点分析

历年网络工程师考试试题涉及本部分的相关知识点有:RS-232-C、帧中继、ATM。

2.5.2 知识点精讲

1. RS-232-C

RS-232-C 是美国电子工业协会（Electrical Industrial Association, EIA）于 1973 年提出的串行通信接口标准，主要用于 DTE（如计算机和终端等设备）与 DCE（如调制解调器、中继器、多路复用器等）之间通信的接口规范。RS-232-C 的电气特性采用 V.28 标准电路。信号电平-3V~-15V 代表逻辑 1，+3V~+15V 代表逻辑 0。在传输距离小于 15m 时，最大数据速率为 19.2kb/s，在传输距离小于 50m 时，最大数据速率为 9.6kb/s；在传输距离小于 100m 时，最大数据速率为 1.2kb/s。标准的 RS-232-C 接口使用 25 针 DB 连接器（插头/插座），接口可简化为 9 针和 15 针两种。

2. 帧中继

帧中继最初是作为 ISDN 的一种承载业务而定义的，没有流量控制功能，但具有拥塞控制功能。

帧中继在第二层建立虚电路，用帧方式承载数据业务，因而第三层就被简化掉了。帧中继提供虚电路业务，其业务面向连接的网络服务。在帧中继的虚电路上可以提供不同的服务质量。在帧中继网上，用户的数据速率可以在一定的范围内变化，从而既可以适应流式业务，又可以适应突发性业务。帧中继提供两种虚电路：交换虚电路和永久虚电路。帧长可变，可以承载各种局域网的数据传输。

3. ATM

异步传输模式（Asynchronous Transfer Mode, ATM）是一项数据传输技术，是实现 B-ISDN 业务的核心技术之一。ATM 是以信元为基础的一种分组交换和复用技术，是一种为了多种业务设计的通用的面向连接的传输模式。ATM 的传送单元是固定长度为 53byte 的 CELL（信元），其中 5B 为信元头，用来承载该信元的控制信息；48B 为信元体，用来承载用户要分发的信息。信头部分包含了选择路由用的 VPI（虚通道标识符）/VCI（虚通路标识符）信息，因而它具有分组交换的特点。

ATM 用户业务分为 4 类，即 CBR、VBR、ABR 和 UBR。

- 固定比特率（Constant Bit Rate, CBR）：采用固定比特率业务适合于交互式语音和视频流。
- 可变比特率（Variable Bit Rate, VBR）：可变比特率业务适合交互式压缩视频信号。
- 有效比特率（Available Bit Rate, ABR）：采用有效比特率业务用于突发通信。
- 不定比特率（Unspecified Bit Rate, UBR）：采用不定比特率业务可用于传送 IP 分组，包括文件传输、电子邮件业务潜在的应用领域。

第 3 学时 数据链路层

第 1 天的第 3 学时主要学习数据链路层所涉及的重要知识点。数据链路层是 OSI 参考模型中的第二层，处于物理层和网络层之间。数据链路层在物理层提供的服务的基础上向网络层提供服务，其最基本的服务是将源主机网络层传来的数据可靠地传输到相邻节点的目标机网络层。为达到这一