内 容 简 介

本书是全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室组织编写的考试指定用书。本书根据《信息系统监理师考试大纲》（2023 年审定通过）编写，对信息系统监理师岗位所要求的主要知识及应用技术进行了阐述。

本书内容包括：第一篇信息系统工程知识，具体包括信息与信息化、信息系统工程、信息网络系统、信息资源系统、信息应用系统、信息安全和运行维护；第二篇信息系统工程监理通识，具体包括信息系统工程监理基础知识、监理工作的组织和规划、质量控制、进度控制、投资控制、合同管理、信息管理、组织协调、项目管理、变更控制、风险管理、监理支撑要素；第三篇信息系统工程监理实务，具体包括信息系统工程监理基础工作、基础设施工程监理、软件工程监理、数据中心监理、信息安全监理、运行维护监理。

本书是信息系统监理师考试应试者的必读教材，也可作为信息化教育的培训与辅导用书，还可作为高等院校相关专业的教学与参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

信息系统监理师教程 / 贾卓生，张树玲主编 . —2 版 . —北京：清华大学出版社，2024.1
全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书
ISBN 978-7-302-65220-5

Ⅰ . ①信… Ⅱ . ①贾… ②张… Ⅲ . ①信息系统－监管制度－资格考试－自学参考资料
Ⅳ . ① G202

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 003735 号

责任编辑：杨如林
封面设计：杨玉兰
责任校对：胡伟民
责任印制：丛怀宇

出版发行：清华大学出版社
网　　址：https://www.tup.com.cn，https://www.wqxuetang.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编：**100084
社 总 机：010-83470000　　**邮　　购：**010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：涿州汇美亿浓印刷有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×230mm　　**印　张：**38.75　　**防伪页：**1　　**字　数：**1215 千字
版　　次：2005 年 3 月第 1 版　　2024 年 1 月第 2 版　　**印　次：**2024 年 1 月第 1 次印刷
定　　价：139.00 元

产品编号：103766-01

前　言

信息系统工程项目在我国信息化建设中发挥着重要作用。为了保证信息系统工程项目在规划、招投标、设计、实施、验收、运行维护全过程中能按时、保质保量建设并运行，信息系统工程监理行业应运而生。与土木建筑行业监理一样，信息系统工程监理也需要掌握专业技术和相关的法律法规，而信息系统监理师由于行业本身的特殊性，还需要掌握信息技术领域的专业技术和相关法律法规要求。我国颁布了一系列重要政策文件，明确在信息化工程建设中实施信息系统工程监理的制度，对规范我国信息系统工程建设、投资和管理水平，保障信息系统工程建设有效、持续、快速发展具有重要意义。

我国信息系统工程监理行业从 2002 年开始，历经 20 多年的发展。2011 年，GB/T 4754《国民经济行业分类》将信息系统工程监理服务纳入信息技术服务业的范畴。2005 年至 2007 年，我国陆续发布了一系列国家标准，2014 年对已发布的系列国家标准 GB/T 19668.1 ～ 19668.7《信息技术服务 监理》的第 1 部分到第 7 部分各分册进行了修订，完善了我国信息系统工程监理的规范体系，确立了信息系统工程监理在我国信息技术服务中的地位和作用，推动了信息系统工程监理工作在全国范围的开展，对我国信息系统工程监理行业的发展起到了规范指导作用。

信息系统工程建设具有速度快、专业性强的特点，在工程的规划、招投标、设计、实施、验收、运行维护全过程中存在各种问题，为了针对相关问题进行应对和预防，需要建立一支专业化的信息系统工程监理队伍，按照标准化的管理流程对工程项目进行监督管理。随着我国信息系统工程监理行业的不断发展，需要培养更多的具有信息系统工程专业知识的监理从业人员。2003 年信息产业部和人事部联合发布文件，将“信息系统监理师”列入计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试（简称“软考”）。

2005 年，由柳纯录等编写、清华大学出版社出版的《信息系统监理师教程》一书，适应软考中级考试的大纲要求，对 2005 年以来信息系统监理师的从业能力和水平的提高起到了非常重要的作用。但由于此书已经出版近 20 年，近 10 年来我国信息技术服务行业快速发展，信息系统相关法律法规标准和技术也发生了重大变化，为了适应行业和技术的发展，现对该书进行改版。同时，为了便于读者更好地学习、理解并应用信息系统工程监理相关知识，本书分为三篇：第一篇（第 1 ～ 7 章），介绍了监理从业人员应该了解和熟悉的信息系统工程知识，包括信息与信息化、信息系统工程基础知识，以及信息系统工程监理的监理对象，即信息网络系统、信息资源系统、信息应用系统、信息安全和运行维护；第二篇（第 8 ～ 19 章），介绍了监理从业人员应该掌握的信息系统工程监理通识，包括信息系统工程监理基础知识、监理工作的组织和规划，以及“三控、两管、一协调”的监理内容，即质量控制、进度控制、投资控制、合同管理、信息管理、组织协调，以及相关的项目管理、变更控制、风险管理、监理支撑要素等知识；第三篇（第 20 ～ 25 章），介绍了信息系统工程监理实务，从实践角度对监理基础工作进行了介绍，并针对基础设施工程监理、软件工程监理、数据中心监理、信息安全监理、运行维护监理

等不同的监理工作进行了具体描述。同时为了表述统一，本书将信息系统工程监理、信息工程监理、信息系统监理、信息工程建设监理、信息化监理、信息技术服务监理等概念统称为信息系统工程监理，对所涉及的名词表述按照信息技术服务监理国家标准进行了统一。

需要指出的是，信息系统工程监理既具有较强的理论性，又具有很强的实践性。所以，希望读者在学习过程中注意理论与实践相结合。本书是软考信息系统监理师教程，也可作为信息系统工程监理相关技术人员的参考书。

本书由贾卓生、张树玲担任主编，李京、吕小刚、陈兵担任副主编，书中各章节由以下作者完成：第 1 章信息与信息化由陈兵、杨娟编写；第 2 章信息系统工程由宋跃武、张树玲、刘玲编写；第 3 章信息网络系统由谭国权编写；第 4 章信息资源系统由彭刚、张树玲、宋跃武编写；第 5 章信息应用系统由相春雷、张树玲、宋跃武编写；第 6 章信息安全由吕小刚编写；第 7 章运行维护和第 19 章监理支撑要素由郭鑫伟、刘莹编写；第 8 章信息系统工程监理基础知识和第 10 章质量控制由贾卓生编写；第 9 章监理工作的组织和规划由李峰、贾卓生编写；第 11 章进度控制和第 15 章组织协调由张骏温编写；第 12 章投资控制由王芳编写；第 13 章合同管理和第 14 章信息管理由唐宏编写；第 16 章项目管理由岳素林、张树玲、刘玲编写；第 17 章变更控制由李京编写；第 18 章风险管理由姚勇编写；第 20 章信息系统工程监理基础工作由聂小峰编写；第 21 章基础设施工程监理由张晓明编写；第 22 章软件工程监理由姚明星编写；第 23 章数据中心监理由董贺伟编写；第 24 章信息安全监理由苏锋刚编写；第 25 章运行维护监理由王晓健编写。

另外，由贾卓生、张树玲、李京、陈兵、吕小刚、董贺伟对全书做了内容统筹、章节结构设计和统稿，宋跃武、朱国刚、左林、郑振华参与了审校和绘图工作。清华大学出版社的编辑为本书的编写做了大量的组织管理工作，在此表示感谢。

在本书的编写过程中，中国电子企业协会信息系统工程监理分会提供了行业信息，并参考了许多同行的学术研究成果和相关的书籍资料，借鉴和应用了参考文献中的部分内容，在此谨向这些文献的编著者表示真诚的感谢，也感谢国内多位行业专家的热情关怀、悉心指导和鼎力帮助！

由于信息技术仍在不断发展，信息系统工程监理也在实践中不断改进完善，许多问题还需要探讨学习以及实践的验证，加之我们的水平和实践的局限，书中难免有纰漏或欠妥之处，在此，我们由衷地希望有关专家与读者不吝指正，以便本书内容能够不断修改完善。

编　者

2023 年 12 月

目　录

第一篇　信息系统工程知识

第二篇 信息系统工程监理通识

第三篇 信息系统工程监理实务

第 3 章　信息网络系统

信息网络系统是信息应用系统的网络基础，无论是在运营商通信网络中，还是在智慧城市、智慧政务和各类行业及组织的信息化工程中，信息网络系统都为上层信息化应用和业务系统提供了基础平台。在信息系统工程建设中，信息网络系统可以作为信息系统工程的一个组成部分实施，也可以作为单独工程实施。虽然各类网络技术和业务应用不断涌现，但其基础原理和架构基本一致。本章重点阐述这些具有一致性的信息网络系统及技术。

3.1　信息网络系统体系框架和 OSI 七层模型

信息网络系统负责各类终端设备的接入和互联互通，负责承载各种类型的信息化应用。信息网络系统一般由某个管理者或者运营者负责进行建设或维护，不同管理者或者运营者建设或维护的信息网络系统又需要一定程度的互联互通，才能满足跨地域、跨管理域的终端用户间的互通或者应用访问，即使是一个管理域内的信息网络系统，也可能由不同厂家的不同设备（例如计算机设备、服务器设备、存储设备、路由器设备、交换机设备、各类传感器设备，以及各类应用软件等）按照一定的协议标准互联互通而成。因此，信息网络系统往往是一个复杂的系统工程，如何将复杂的系统工程进行抽象简化，业界一般采取两种做法：一是将信息网络系统按照业务功能模块进行划分；二是以网络信息流七层协议模型进行抽象。

3.1.1　信息网络系统一般体系框架模型

为简化整体系统的设计，一个相对完整的信息网络系统一般由若干相对独立又相互连接的功能模块组成，如图 3-1 所示。

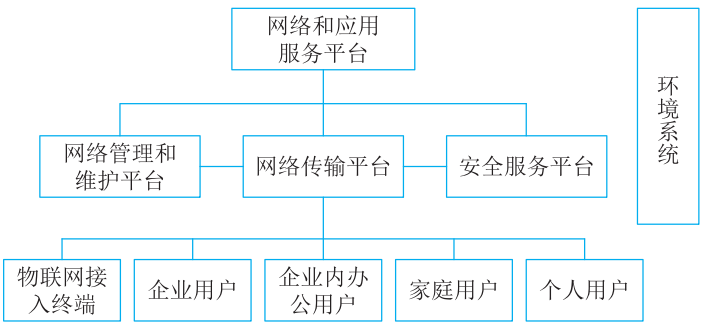

图 3-1　信息网络系统一般体系框架

（1）网络传输平台。负责信息网络系统中的数据传输，关注点是根据最终用户和上层应用的需要，高效、高质量、准确、安全地传输各类信息数据。网络传输平台一般包括传输、路由、交换、有线和无线接入等设备和系统。

（2）网络和应用服务平台。负责网络管理服务和业务应用层面的管理逻辑、业务逻辑和信息数据处理，包括域名解析系统（Domain Name System，DNS）、地址分配系统、业务应用系统（例如 OA、WWW、电子邮件、语音会议、视频会议、VOD、人脸识别等系统）。

（3）安全服务平台。负责网络、应用和用户的安全防护，包括信息加解密、防火墙、入侵检测、漏洞扫描、病毒查杀、安全审计、数字证书等。

（4）网络管理和维护平台。负责整个信息网络系统的管理和维护，如果对外提供业务服务，还需要专门的运营系统。

（5）环境系统。现代信息网络系统对能源、安防等提出了更高的要求，包括机房建设、环境监控、智能安防、节能降耗、综合布线等。

3.1.2　开放系统互连（OSI）七层模型

为了简化信息网络系统的设计和实现，尽量优化和保障各相关模块之间的互联互通，使不同专业的厂商研发的不同设备可以按照特定的标准规范进行互通，信息网络系统采用了功能分层的体系架构理念，即将整个信息网络系统分为自下而上的若干层，每一层侧重完成不同的功能，下层为上层提供业务和服务，上层调用下层的业务和服务能力，处于某个层级（或者某几个层级）的业务功能模块可以只关注自己的功能实现。业界最通用的分层模型是开放系统互连（Open System Interconnection，OSI）通信参考模型，该模型是由国际标准化组织 ISO 于 1984 年提出的一种标准参考模型，OSI 模型被公认为信息网络通信系统的一种基本结构模型。

OSI 模型将信息网络系统中的通信和信息处理过程定义为上下衔接的七个层级，如图 3-2 所示，自下而上分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层，各层相对独立，上下层之间和同层之间根据特定的标准规范进行相互调用和互通。

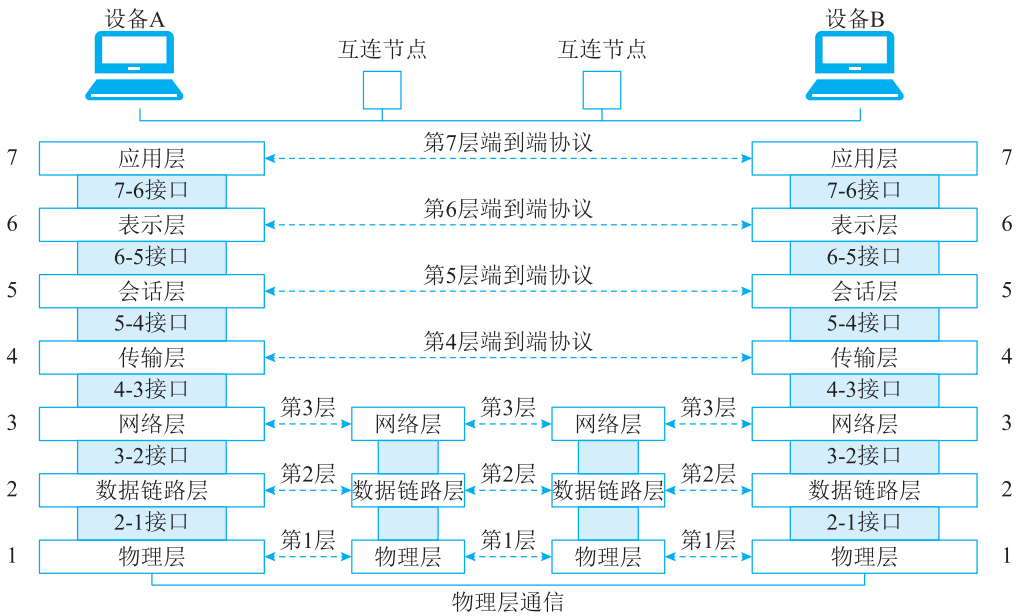

图 3-2　OSI 七层模型

第一层：物理层（Physical Layer）。物理层是 OSI 七层模型的最底层，规定了承载其上的各层发送和接收具体数据的物理硬件方法。信息网络中各个节点模块之间，包括路由器、交换机、各种传输设备、服务器、计算机、移动基站、手机等设备之间，需要特定的物理信道进行基本数据的发送和接收。物理信道包括光纤、同轴电缆、双绞线、无线电信道等，信道两端的连接器包括光收发模块、以太网卡、各类无线收发模块等。物理层规定了相关设备、模块的机械特性、电气特性、功能特性和规程特性，各设备厂商按照这些特征标准进行模块和设备开发，相关设备之间才能进行物理层的互联互通。

第二层：数据链路层（Data Link Layer）。物理层提供的仅仅是原始的信息数据比特流，没有赋予任何意义，也没有任何差错保护机制。数据链路层负责将物理层透明传输过来的比特流组织成有意义的数据包，规定了数据包的格式和大小，规范了发送和接收特定数据包的寻址方式、同步控制、差错控制和流量控制机制。网络中的每个设备模块在数据链路层都会有一个地址，称为 MAC 地址（媒体访问控制地址），有了数据链路层的服务，其上层就可以认为设备节点间链路的传输是可达并无差错的。

第三层：网络层（Network Layer）。物理层和数据链路层负责相连两个设备节点间的数据通信。信息网络系统由多个甚至成百上千个设备相互连接而成，多个网络（子网）相互连接组成一个规模更大的网络。在网络设备之间、系统之间，网络层定义和规范了不同网络间的通信规则，包括寻址和路由选择，链路连接的建立、保持和终止等。网络层提供的服务使得其上层不需要了解网络内部的具体架构和数据传输的具体过程。

以上三层从最低的物理比特流连接（物理层），到比特流组成一定规则的数据包（数据链路层），再到由多台物理设备及链路组网后互联互通（网络层），基本上解决了信息网络系统内外部和与之连接的各类终端设备之间的数据通达问题。然而，当今信息终端设备，无论是计算机、服务器、手机终端，还是各类五花八门的智能终端设备，大都会在同一台设备上安装和承载多种类型的应用，用户往往通过同一个物理设备享用多种丰富多彩的业务应用，这些机制需要通过 OSI 第四到第七层来实现。为了便于理解，先说人们感受最为密切的第七层。

第七层：应用层（Application Layer）。应用层是 OSI 协议的最顶层，直接向用户提供信息通信服务，信息通信服务五花八门，例如常见的互联网网站访问服务（万维网）、邮件服务、视频会议服务、游戏服务等，都会对应不同的应用程序和相应的服务协议，万维网服务使用的就是 HTTP（超文本传输）协议，诸如此类的应用程序和对应的应用服务协议就是在第七层进行表现和规范的。

第六层：表示层（Presentation Layer）。应用层要表述的应用信息和应用本身紧密相关、多种多样，信息发布 / 发送端与信息接收端的技术实现很难完全一致，因此需要一种信息数据转换的机制，这种机制被 OSI 定义为信息数据的表示方法。表示层定义若干信息数据的表示方法，向应用层的具体应用程序（计算机学科中称其为“实体”，既可能是一个具体应用程序进程，也可能是一个特定的硬件）提供一系列信息数据转换和传输服务，以使两个不同应用系统可以用共同的表示方法 / 语言进行通信。表示层的典型服务包括数据翻译（例如信息编解码、加密解密等）、格式化（例如数据格式转换、数据压缩等）、语法选择（语法的定义及不同语言之间的翻译）等。

第五层：会话层（Session Layer）。会话层的基本功能是向两个表示层实体提供建立、管理、拆除和使用连接的方法，这种表示层之间的连接就叫作会话（Session）。在网络中传输数据之

前，必须先建立会话，会话层确保正确建立和维护这些会话。

第四层：传输层（Transport Layer）。网络层解决的是由多台设备或多个子网组成的网状连接设备节点之间互联互通的问题，传输层则是为会话层提供建立可靠的端到端的透明数据传输机制，根据发送端和接收端的地址定义一个跨网络的多个设备甚至是跨多个网络的逻辑连接（并非物理层所处理的物理连接），同时完成发送端和接收端的差错纠正和流量控制功能。

3.2　TCP/IP 协议族

传输控制 / 网络协议（Transmission Control Protocol/Internet Protocol，TCP/IP）是现代信息网络系统中最基础和通用的协议，TCP/IP 由一系列协议组成，由于 TCP 和 IP 是其中最重要的两个协议，所以一般将相关的系列协议统称为 TCP/IP 协议族。

TCP/IP 应用层的主要协议有网络远程访问协议（Telnet）、文件传输协议（File Transfer Protocol，FTP）、简单电子邮件传输协议（Simple Mail Transfer Protocol，SMTP）等，用来接收来自传输层的数据，或按不同的应用要求与方式将数据传输至传输层；传输层的主要协议有用户数据报协议（User Datagram Protocol，UDP）、TCP，负责上面应用层协议发送和接收具体数据的机制和过程；互联网络层的主要协议有 Internet 控制报文协议（Internet Control Message Protocol，ICMP）、IP、Internet 组管理协议（Internet Group Management Protocol，IGMP），主要负责网络中数据包的具体传输等；而物理和数据链路层（也叫网络接口层或网络访问层）的主要协议有地址解析协议（Address Resolution Protocol，ARP）、反向地址转换协议（Reverse Address Resolution Protocol，RARP），主要功能是提供链路管理错误检测、对不同通信媒介的有关信息细节问题进行有效处理等。

3.2.1　TCP/IP协议层级结构

TCP/IP 协议定义了四个相对独立的层级，自上而下分别是应用层、传输层、互联网络层、物理和数据链路层。TCP/IP 协议栈和 OSI 模型的对应关系如图 3-3 所示。

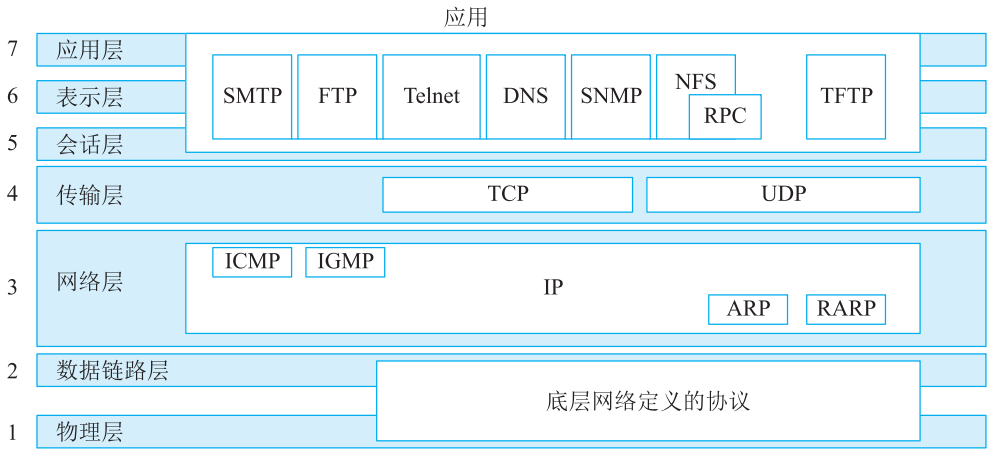

图 3-3　TCP/IP 协议栈和 OSI 模型的对应关系

1）应用层

应用层负责处理特定的应用程序细节，对应 OSI 七层模型中的应用层、表示层和会话层的部分功能，定义了与应用程序自身业务逻辑密切相关的全部规则（包括本地或异地属于一个应用的不同模块之间的情形），以及利用下一层传输层进行业务数据传输的具体机制。TCP/IP 协议栈中，应用层以不同的协议规范实现不同的具体应用，例如 SMTP、FTP、Telnet、DNS、HTTP、NAT 等。应用程序的功能越来越多，一个应用程序可能会用到多个协议。

2）传输层

传输层负责应用层协议发送和接收具体数据的机制和过程，包括逻辑连接的建立、维护和拆除等，还包括可靠性传输和拥塞控制机制等。TCP/IP 协议栈中的传输层对应 OSI 模型中的传输层和会话层的部分功能。传输层主要包含 TCP 和 UDP 协议。TCP 是面向连接的协议，在收发数据前，必须和对方建立可靠的连接；UDP 是非连接协议，传输数据之前源端和终端不建立连接，并不保证数据一定能传送到，也不保证按顺序传输。

3）互联网络层

互联网络层负责基本的数据封装和全网传输，是整个网络内部、不同网络之间数据互联互通最重要的一层，对应 OSI 模型中的网络层。互联网络层最基本的协议是 IPv4 和 IPv6。

4）物理和数据链路层

物理和数据链路层是 TCP/IP 协议栈的最底层，对应 OSI 的下两层，基于各种物理介质实现对上层数据的成帧传输。局域网、城域网、广域网都在这一层定义。

3.2.2 IPv4协议和IPv6协议

1. IPv4 协议

IPv4 是互联网协议（Internet Protocol，IP）的第四版，也是第一个被广泛使用、构筑当今互联网基石的协议。主要技术概念包括 IPv4 数据包、IPv4 地址、IPv4 路由。

1）IPv4 数据包

IPv4 协议对在网络层传输的数据包进行了严格定义，如图 3-4 所示。

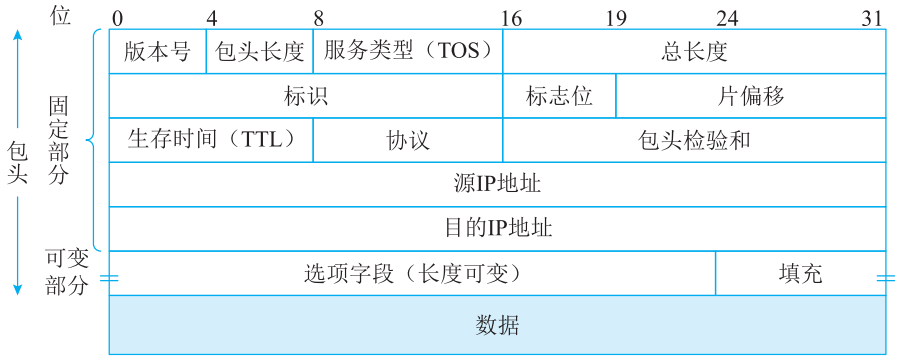

图 3-4 IPv4 数据包格式

IPv4 数据包由 IPv4 包头（Header）和实际的数据部分组成。包头由固定格式和顺序的长度为 20 个字节的固定字段加上长度可变的选项字段组成，固定字段部分一般表示为上图的 5 行，每行 4 个字节。其中：

- 版本号。4 比特，定义协议版本，IPv4 协议中版本号为 4。
- 包头长度。4 比特，定义整个 IP 数据包包头的长度。
- 服务类型。8 比特，定义供相关路由设备数据处理方式的基本服务类型。
- 总长度。16 比特，表示整个 IP 数据包长度，表示的最大字节为 65535 字节。
- 标识（16 比特）、标志位（3 比特）、片偏移（13 比特）。用于 IP 数据包的分片与重组。
- 生存时间（Time To Live，TTL）。8 比特，表示数据包在网络中的生命周期，用通过路由器的数量来计量，即跳数（每经过一个路由器会减 1），TTL 指示数据包在网络中可通过的路由器数的最大值。
- 协议。8 比特，定义该数据包所携带的协议类型，协议类型包括 TCP、UDP、ICMP、IGMP、开放最短路径优先（Open Shortest Path First，OSPF）协议等。
- 包头校验和。16 比特，对数据包包头本身的数据信息进行校验，不包括数据部分。
- 源地址。32 比特（4 字节），标识 IP 数据包的发送源 IP 地址。
- 目的地址。32 比特，标识 IP 数据包的目的 IP 地址。
- 选项字段。可扩充部分，具有可变长度，定义了安全性、严格源路由、松散源路由、记录路由、时间戳等选项。
- 填充。用全 0 的填充字段补齐为 4 字节的整数倍。

2）IPv4 地址

IP 地址用来标识互联网中数据传输的发送方（源 IP 地址）和接收方（目的 IP 地址），任何设备想接入 IPv4 网络，都要申请一个 IPv4 地址。IPv4 地址由 32 位二进制数组成，即由 4 个字节组成，为便于阅读和分析，通常称其为点分十进制表示法（例如 192.121.123.56）。出于网络规划、全网路由、地址匮乏、网络安全等考虑，IPv4 地址有严格的规划格式，也有公网地址和私网地址之分。公网地址的管理和分发由互联网数字分配机构（The Internet Assigned Numbers Authority，IANA）的互联网号码分配局负责（地址为 http://www.iana.org/）。

IPv4 地址由网络位和主机位两大部分组成，前者用于标识网络，后者用于标识网络内部不同主机。为了便于规划管理，又将 IPv4 地址分为 A、B、C、D、E 五类，如图 3-5 所示，A、B、C 类地址用于不同类型的网络规模，D 类地址专门用于组播地址。

A 类地址适用于大型网络建设，支持 126 个网络，每个网络最多支持 16 777 214 个主机地址；B 类地址适用于中型网络建设，支持 16 384 个网络，每个网络最多支持 65 534 个主机地址；C 类地址适用于小型网络建设，支持 209 万余个网络，每个网络最多支持 254 个主机地址。

理论上，IPv4 地址长度为 32 位，有超过 42 亿（2 的 32 次方）个地址可用，但实际上，一些地址是为特殊用途保留的（例如多播地址等），能够真正拿来使用的 IPv4 地址远少于 42 亿。2011 年 2 月 3 日，在最后 5 个地址块被分配给 5 个区域互联网注册管理机构之后，IANA 的主要地址池已经用尽。

图 3-5　IPv4 地址类型

实际规划操作中，IPv4 地址还有一个重要的概念，即私网地址。公网地址是全球唯一分配的地址，私网地址则是可以在多个内部局域网里重复使用的地址，例如甲单位可以使用 192.168.0.234 作为私网地址，乙单位也可以使用这个私网地址。

在 IPv4 的 A 类、B 类和 C 类地址池中，都有一部分预留给了私网地址：A 类地址中私网地址可用范围是 10.0.0.0 到 10.255.255.255，B 类地址中私网地址可用范围是 172.16.0.0 到 172.31.255.255，C 类地址中私网地址可用范围是 192.168.0.0 到 192.168.255.255。注意这些私网地址仅可以在内部网络中使用，不可以在公网中使用。

用户可以依据自己组织规模的大小，酌情选择使用哪类私网地址。家庭网络以及小规模的组织，通常设备数量比较少，使用 C 类私网地址即可，大中型组织在 IP 地址规划时，可以考虑使用 A 类或 B 类私网地址，能够支持更多的主机地址。使用私网地址的主机需要通过地址转换技术（Network Address Translation，NAT）与公网 IPv4 地址的主机进行通信。NAT 一般在家庭网关、企业网关或者接口路由器等设备上实现。通信前，NAT 将内部私网地址和端口号转换成家庭网关或者企业网关申请的公网地址，再与外部网络中的主机进行通信，实现数据转发，如图 3-6 所示。

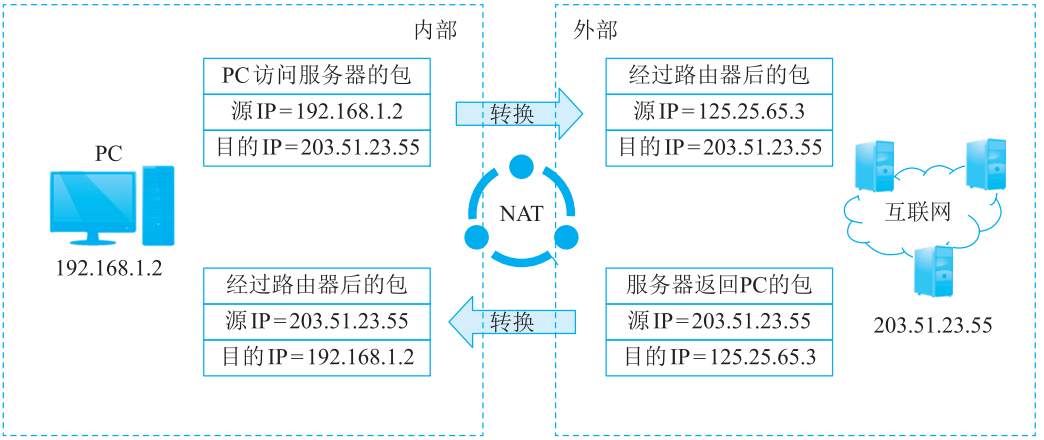

图 3-6　IPv4 的 NAT 地址转换机制

3）IPv4 路由

路由（Routing）是指路由器从一个接口上收到数据包，根据数据包的目的地址进行定向并转发到另一个接口的过程。TCP/IP 的互联网络层实现不同网络中两个主机设备之间的数据传输，路由发挥了重要的作用，每一个 IP 数据包从发送端源头到接收端目的地，中间要经过若干路由器（或其他互联网络层设备）。每台路由器都会在本地建立和维护一个路由表，路由表中装载着路由器通过各种途径获知的路由条目（Routes），每一条路由条目由路由前缀（路由所关联的目的网络号及掩码长度）、路由信息来源、出接口或下一跳 IP、优先级、开销等信息元素构成。路由器获取路由条目并维护自己的路由表，路由表是每台支持路由功能的设备进行数据转发的依据和基础，任何一台支持路由功能的设备要执行数据转发或路由的动作，就必须拥有及维护一张路由表。当路由器每收到一个 IP 数据包，便会查找 IP 包头里的目的 IP 地址，然后根据目的 IP 地址到自己的路由表中进行匹配，找到“最匹配”的路由条目后，将数据包根据路由条目所指示的出接口或下一跳 IP 转发出去，这就是路由的概念。

路由器获得路由条目的方式（即路由的类型）包括：

- 直连路由。由设备物理端口直接相连而获取的路由，设备自动获取。
- 静态路由。由管理员亲自配置的路由，用于固定路径的流量转发。
- 动态路由。与静态路由相对的概念，指路由器能够根据路由器之间交换的特定路由信息自动地建立自己的路由表，并且能够根据链路和节点的变化适时地进行自动调整。动态路由需要路由器之间可以互认的路由协议支持，主要有两大类路由协议：一是距离矢量路由协议，主要依据从源网络到目标网络所经过的路由器的个数来选择路由，包括路由信息协议（Routing Information Protocol，RIP）、边界网关协议（Border Gateway Protocol，BGP）；二是链路状态路由协议，综合考虑从源网络到目标网络的各条路径的情况选择路由，包括 OSPF 协议、中间系统到中间系统（Intermediate System to Intermediate System，ISIS）协议。

2. IPv6 协议

2011 年 IANA 正式宣布分配完最后的 468 万个公网 IPv4 地址，然而随着互联网、物联网、移动通信等的蓬勃发展，全世界对 IP 地址的需求愈加强烈，IPv6 的部署应用步伐也逐步加快，IPv6 被公认为下一代互联网的核心。

1）IPv6 地址

IPv6 地址由 128 位二进制数组成，是 IPv4 地址长度的 4 倍，前 64 比特为网络前缀，主要用于寻址和路由，后 64 比特为接口标识，主要用于标识主机。理论上，IPv6 地址总数共计 2^{128} 个，几乎可以为地球上每一粒沙子分配一个地址。IPv6 地址由国际组织互联网数字分配机构（IANA）/ 互联网名称与数字地址分配机构（The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers，ICANN）统一管理，采用分级管理架构，首先由 IANA/ICANN 分配给大区一级的管理机构，再由各大区管理机构分配给各会员国。与 IPv4 地址表示方法不同，IPv6 地址采用点分十六进制形式，分为 8 段，每段 16 位，例如 ABCD:EF01:2345:6789:ABCD:EF01:2345:6789。

2）IPv6 数据包

IPv6 数据包的整体结构分为 IPv6 包头、扩展包头和上层协议数据三大部分。IPv6 包头是必选数据包头部，长度固定为 40 个字节，包含该数据包的基本信息；扩展包头是可选包，可能存在 0 个、1 个或多个，IPv6 协议通过扩展包头实现各种丰富的功能；上层协议数据是该 IPv6 数据包携带的上层数据，可能是 ICMPv6 数据包、TCP 数据包、UDP 数据包或其他可能数据包。IPv6 数据包格式如图 3-7 所示。

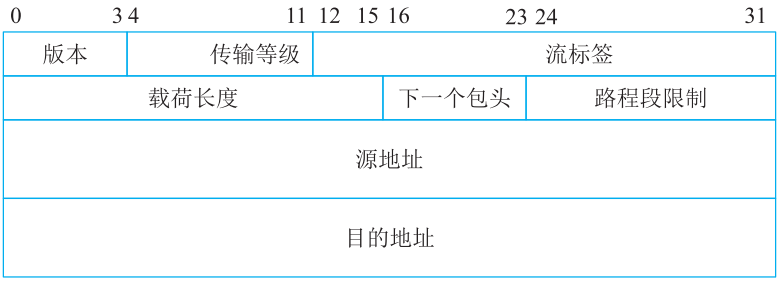

图 3-7　IPv6 数据包格式

- 版本。该字段的长度与 IPv4 相同，版本号 4（二进制 0100）、版本号 6（二进制 0110）分别代表 IPv4 和 IPv6 数据包。
- 传输等级。8 位传输等级字段用于源节点或路由器识别和区分不同级别的 IPv6 信息包。
- 流标签。源节点用 20 位流标签字段来标识一系列属于同一流的信息包。一个流可以由源 IPv6 地址和非空的流标签唯一地标识，属于同一个流的信息包必须由 IPv6 路由器做专门的处理，至于做何种处理则由信息包本身或资源预留协议（Resource Reservation Protocol，RSVP）所给的信息来决定。
- 载荷长度。16 位载荷长度字段，指出 IPv6 信息包除去报头之后的数据字段的长度，以字节为单位，IPv6 数据包的最大载荷长度为 65 535 个字节。
- 下一个包头。8 位下一个包头字段指出 IPv6 包头之后的包头类型。
- 路程段限制。8 位路程段限制字段。数据包每向前经过一个转发节点（通常为路由器），路程段限制减 1，当路程段限制减至 0，则丢弃该数据包。
- 源地址。128 位 IPv6 源地址。
- 目的地址。128 位 IPv6 目的地址。

3.3　网络传输平台

网络传输平台负责信息的传输，一般由传输媒介、传输设备、路由设备、交换设备、有线接入设备、无线接入设备和相关系统组成。传统的网络传输设备是软件和硬件一体，当前的趋势是软件和硬件分离，例如软件定义网络（Software Defined Network，SDN）技术就是将传统的路由、交换设备中的控制功能分离出来，专门设置 SDN 控制器系统，统一控制基于路由或者

交换设备的数据转发。

3.3.1　网络传输平台的一般架构和主要技术

网络传输平台的一般架构如图 3-8 所示。

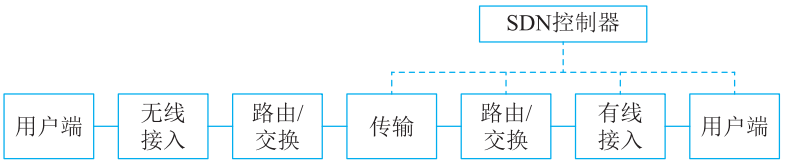

图 3-8　网络传输平台架构示意图

1）网络传输媒介

网络传输媒介是指在传输系统中，借助电磁波能量承载的信号将数据由发送端传输到接收端的媒介，处于 OSI 的物理层。传输媒介一般分为有线和无线两大类，有线媒介包括光纤、双绞线、同轴电缆等；无线媒介一般按照波长来区分，包括长波（3 ～ 30kHz）、中波（0.03 ～ 3MHz）、短波（3 ～ 30MHz）、超短波（30 ～ 300MHz）、微波（0.3 ～ 300GHz）等。

2）网络传输技术

网络传输数据带宽、传输线路调度的灵活性、传输故障响应和切换的时效等，都反映通信网络的最底层承载能力。目前常用的网络传输技术包括基于光纤的同步数字序列（Synchronous Digital Hierarchy，SDH）、准同步数字序列（Plesiochronous Digital Hierarchy，PDH）、密集波分复用（Dense Wavelength Division Multiplexer，DWDM）等，基于同轴电缆的混合光纤同轴电缆（Hybrid Fiber-Coaxial，HFC），基于无线媒介的 Wi-Fi、数字微波通信（Digital Microwave Communication，DMC）、卫星小数据站（Very Small Aperture Terminal，VSAT）、数字卫星通信系统、2G/3G/4G/5G/6G 移动通信系统等。

3）网络路由、交换和组网技术

网络路由组网有一个重要概念，即路由域，也叫自治系统，是一个有权自主决定在本系统中应采用何种路由协议的小型网络单位。遍布全球的互联网系统由多个各自独立又相互连接的自治系统组成，有的自治系统由运营商或某机构建设和运营（例如运营商网络），用于其他自治系统的互联互通；有的自治系统由某个组织建设（例如企业网），通过路由器或网关设备接入运营商网络，进而与整个互联网连通。在一个自治系统中的所有路由器相互连接，运行相同的路由协议（例如 RIP、OSPF、ISIS 等），同时分配同一个自治系统编号。自治系统之间的连接使用外部路由协议，例如 BGP。

从组网规模（自治系统规模）、数据转发效率、管理范围等多方面考虑，不可能在任何范围内都建设三层的路由网络，在一定的覆盖区域范围内或一定的管理范围内建设二层的交换网络更为普遍，业务能力也更强大。这里所指的二层交换网络更多是指基于 MAC 地址实现数据交换转发的设备组建的网络，此类设备一般被称为二层交换机（可以无路由功能），三层路由网络则是指由支持路由功能的路由器设备组建的网络。