

内 容 简 介

本书是由工业和信息化部教育与考试中心组织编写的考试用书,根据《系统规划与管理师考试大纲》(2024 年审定通过)编写,对系统规划与管理师岗位所要求的主要知识及应用技术进行了阐述。

本书主要内容包括:信息系统与信息技术发展、数字中国与数智化发展、系统科学与哲学方法论、信息系统规划、应用系统规划、云资源规划、网络环境规划、数据资源规划、信息安全规划、云原生系统规划、信息系统治理、信息系统服务管理、人员管理、规范与过程管理、技术与研发管理、资源与工具管理、信息系统项目管理、智慧城市发展规划、智慧园区发展规划、数字乡村发展规划、企业数字化转型发展规划、智能制造发展规划、新型消费系统规划、法律法规和标准规范等。

本书是系统规划与管理师考试应试者必读教材,也可作为信息化与数字化相关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。

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

系统规划与管理师教程 / 刘玲, 张树玲主编; 李美翠, 岳素林, 肖伟副主编.
2 版. -- 北京: 清华大学出版社, 2025. 1. -- (全国计算机技术与软件专业技术资格
(水平) 考试用书). -- ISBN 978-7-302-67091-9

I. G203

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20243J1M95 号

责任编辑: 杨如林 邓甄臻

封面设计: 杨玉兰

责任校对: 胡伟民

责任印制:

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:

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×230mm

印 张: 49.75

插 页: 1

字 数: 1305 千字

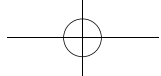
版 次: 2017 年 8 月第 1 版

2025 年 1 月第 2 版

印 次: 2025 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 199.00 元

产品编号: 107480-01



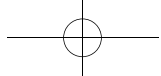
前言

计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试（以下简称软考）通过以考代评为我国信息技术及其应用创新领域培育了大量的专业技术人才，这些人才在新时代建设与发展过程中发挥了重要作用，有力地支撑了各行业领域的创新发展和转型升级，为各类组织的持续高质量发展作出了积极贡献。

随着“数字中国”“新型工业化”等国家战略的深度推进，数字化转型成为支撑各类组织高质量发展的重要活动，组织的信息系统建设发展与其业务战略持续深度融合。因此，信息系统规划与管理的理论与方法体系发生了重大变化，同时也得到了长足发展，比如数字环境下业务成熟度的开发利用，以及考虑信息系统复杂度大幅提升的因素，使得系统哲学需要在规划与管理中得到全面应用。随着规划与管理相关活动成为组织转型升级的关注焦点，相关人才能力建设也成为其发展效能的重要影响因素。系统规划与管理师作为组织的高级管理与技术人员，是组织实施相关人才能力建设的重中之重。系统规划与管理师的重要工作包括：参与组织的 IT 战略规划，参与组织的数字化转型战略确立，评估、指导、监督和实施信息系统及其发展规划，策划组织的信息系统及其服务目标和内容，确立组织的 IT 运营、管理和服务的体系、标准和制度，配置 IT 相关资源，监控 IT 相关计划和方案的执行，管理 IT 相关团队等重要工作。

为了适应新时代、新技术的发展，以及各类组织对信息系统规划和管理领域新理念、新思想、新模式的建设需要，工业和信息化部教育与考试中心广泛吸纳当前最新的研究成果，在原有大纲的基础上，组织专家对《系统规划与管理师考试大纲》进行了修订。新大纲更新了信息技术及应用创新的相关基础知识要求；增加了系统科学与哲学在系统规划与管理中的应用要求；明确了系统规划活动的要点与重点；强化了应用系统、云计算、网络等主要系统类型的规划方法和要求；基于新时代信息系统管理需要，优化了治理、服务、人员、技术、资源等方面的管理能力要求；结合转型升级成熟度的一般方法，丰富和完善了智慧城市、智能制造、数字乡村、新型消费等领域的实践要求；更新、丰富和完善了系统规划与管理的相关标准与法律法规要求。

依据新修订的《系统规划与管理师考试大纲》（2024 年审定通过），工业和信息化部教育与考试中心组织专家对《系统规划与管理师教程》（以下简称教程）进行了修订。教程共分为四篇，分别是基础篇、方法篇、能力篇和实践篇。基础篇中：对信息化、信息技术等基础知识的论述兼顾了最新发展情况及成熟的技术基础；系统科学与哲学领域，在对重点知识进行提炼的基础上，指出了与系统规划与管理相关的应用要点。方法篇中：给出了在具体规划工作中规划活动的基本路径和常用方法，以及各类系统规划的重点与要点。能力篇中：以能力建设为主线，在具体管理方面给出了相关管理的重点内容与方法。实践篇中：从重点领域实践的角度，结合领域的发展环境、特点以及最佳实践等内容，给出了对应的规划方法和要点及精选的部分案例。另外，为了便于参加软考的专业技术人员复习应考，本教程每篇提供了相应的练习样题。



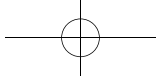
II 系统规划与管理师教程(第2版)

第1章信息系统与信息技术发展由李京、姚勇、张树玲编写；第2章数字中国与数智化发展由蒋轶玮、刘娜、孙国忠、戴荣编写；第3章系统科学与哲学方法论由陈睿、崔春生、马莉、薛志文编写；第4章信息系统规划由刘玲、李娜、杨利克、马烈、王栋编写；第5章应用系统规划由刘玲、金桥、李英、黄锋编写；第6章云资源规划由王向东、郭浩、肖伟编写；第7章网络环境规划由谭国权、韩文哲、肖伟编写；第8章数据资源规划由肖筱华、郑明松、路平、牟海编写；第9章信息安全规划由刘瑞惠、马庆、张锋、由达、孟建编写；第10章云原生系统规划由肖伟、侯贺新、薛丽编写；第11章信息系统治理由岳素林、尹宏、董雷、李瑞鑫编写；第12章信息系统服务管理由李世喆、郭鑫伟、林林编写；第13章人员管理由陈艳军、徐兵编写；第14章规范与过程管理由牛景春、刘玲、岳素林编写；第15章技术与研发管理由熊健淞、岳素林编写；第16章资源与工具管理由马婧、张奇、白婷婷编写；第17章信息系统项目管理由张树玲、刘玲、魏峥编写；第18章智慧城市发展规划由孔宪君、赵萍、肖伟编写；第19章智慧园区发展规划由何奕岑、王琴、周静萍编写；第20章数字乡村发展规划由张红卫、李美翠编写；第21章企业数字化转型发展规划由李美翠、张继超编写；第22章智能制造发展规划由王永华、彭革非、李美翠编写；第23章新型消费系统规划由张斌、李美翠、王林编写；第24章法律法规和标准规范由李修仪、周静萍、王瑞鹏编写。

另外，李京、安红云、陈林、冯浩、刘畅、刘娜、孙佩、李超和张荣静参与了本书部分章节的编写与审校工作，刘玲、张树玲、肖伟、岳素林和李美翠等参加了本书的策划以及部分章节的审校，刘玲、张树玲依据考试大纲对全书进行了内容统筹、章节结构设计和统稿，岳素林和李美翠提供各类实践经验并对相关内容进行了提炼总结。清华大学出版社为本书的编写做了大量的组织管理工作，在此表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不当之处，恳请读者不吝赐教并提出宝贵意见，相信读者的反馈将会为本书的再次修订提供良好的帮助。

编 者
2024年3月



目 录

第一篇 基础篇

第 1 章 信息系统与信息技术发展	3
1.1 信息系统及其发展	3
1.1.1 信息化内涵与特征	3
1.1.2 信息系统内涵与特征	5
1.1.3 信息系统发展	8
1.2 信息技术及其发展	9
1.2.1 计算机软硬件	10
1.2.2 计算机网络	10
1.2.3 数据存储和数据库	15
1.2.4 信息安全	20
1.2.5 信息技术发展	24
1.3 新一代信息技术及其发展	24
1.3.1 物联网	25
1.3.2 区块链	27
1.3.3 云计算	30
1.3.4 大数据	34
1.3.5 人工智能	37
1.3.6 边缘计算	41
1.3.7 数字孪生	43
1.3.8 新一代信息技术发展	46
第 2 章 数字中国与数智化发展	48
2.1 数字化转型	48
2.1.1 驱动因素	48
2.1.2 基本原理	50
2.1.3 数字化转型国家标准	52
2.2 数字中国	53
2.2.1 起源与发展	54
2.2.2 内涵与外延	55
2.2.3 主要内容	55
2.3 数字经济	57
2.3.1 新技术经济范式	57
2.3.2 主要内容构成	58
2.4 数字政府	61
2.4.1 数字新特征	62
2.4.2 主要内容	62
2.4.3 能力体系	65
2.5 数字社会	65
2.5.1 数字民生	66
2.5.2 智慧城市	66
2.5.3 数字乡村	68
2.5.4 数字生活	69
2.6 数字生态	69
2.6.1 数据要素市场	70
2.6.2 网络安全保护	70
2.7 数智化发展	71
2.7.1 科学范式与科技革命	71
2.7.2 数字新空间	72
2.7.3 数字营商环境	73
2.7.4 数智化新业态新模式	73
第 3 章 系统科学与哲学方法论	75
3.1 矛盾论	75
3.1.1 主要思想	75
3.1.2 在系统规划与管理中的应用	76
3.2 实践论	77

3.2.1 主要思想.....	77
3.2.2 在系统规划与管理中的应用.....	78
3.3 系统论.....	78
3.3.1 主要思想.....	78
3.3.2 在系统规划与管理中的应用.....	81
3.4 信息论.....	82
3.4.1 主要思想.....	83
3.4.2 在系统规划与管理中的应用.....	85
3.5 控制论.....	85
3.5.1 主要思想.....	86
3.5.2 在系统规划与管理中的应用.....	87
3.6 耗散结构理论.....	88

3.6.1 主要思想.....	89
3.6.2 在系统规划与管理中的应用.....	90
3.7 协同论.....	91
3.7.1 主要思想.....	92
3.7.2 在系统规划与管理中的应用.....	93
3.8 突变论.....	94
3.8.1 主要思想.....	94
3.8.2 在系统规划与管理中的应用.....	95
3.9 复杂系统论.....	95
3.9.1 主要思想.....	95
3.9.2 在系统规划与管理中的应用.....	96

第一篇练习 97

第二篇 方法篇

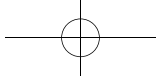
第4章 信息系统规划 103

4.1 概述.....	103
4.2 信息系统规划主要内容.....	105
4.2.1 信息系统发展战略.....	105
4.2.2 主要系统及框架.....	108
4.2.3 组织体系优化.....	112
4.2.4 技术体系定义.....	113
4.2.5 任务体系部署.....	115
4.2.6 资源体系调度.....	117
4.2.7 保障体系设定.....	118
4.3 信息系统规划工作要点.....	120
4.3.1 内外部需求挖掘.....	120
4.3.2 场景化模型分析.....	122
4.3.3 深度诊断与评估.....	124
4.3.4 整体与专项规划.....	127
4.3.5 持续改进.....	129
4.4 信息系统规划常用方法.....	130
4.4.1 战略目标集转移法.....	130
4.4.2 企业信息系统规划法.....	131
4.4.3 关键成功因素法.....	132
4.4.4 价值链分析法.....	134

4.4.5 Zachman框架..... 135

第5章 应用系统规划 138

5.1 基础知识.....	138
5.1.1 基本概念.....	138
5.1.2 基础架构.....	142
5.2 主要内容.....	145
5.2.1 生命周期选择.....	146
5.2.2 体系结构定义.....	148
5.2.3 接口定义.....	150
5.2.4 数据定义.....	152
5.2.5 构件定义.....	152
5.3 主要过程.....	153
5.3.1 初步调研.....	153
5.3.2 可行性研究.....	154
5.3.3 详细调研.....	160
5.3.4 系统分析.....	165
5.3.5 系统设计.....	170
5.4 常用方法.....	172
5.4.1 应用系统组合法.....	172
5.4.2 TOGAF.....	173



第 7 章 网络环境规划

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。网络环境规划是信息系统规划的重要组成部分，要根据客户网络、业务、管理的现状和需求，综合考虑网络和业务演进、财务状况、维护能力、建设步骤、设备折旧、技术未来走向等因素，做好网络架构设计、覆盖范围规划、技术选择、承载能力规划、业务适应性，以及关联设备和系统的选择推荐等工作，其目标是在客户人、财、物预算范围内，规划选择性价比高的网络架构、技术和设备进行组网，因地制宜适度超前，满足客户当前及可预见的将来的业务和管理需求。

7.1 网络架构和主要技术

合适的网络架构设计是做好网络规划的基础，要根据业务和管理需求、覆盖范围和特性、技术特性、接入和互通特性等因素，规划确定网络的层次结构、层级间和层级内设备间的连接关系、每一层设备的选择推荐等工作，网络架构的技术逻辑、业务逻辑、管理逻辑、业务流量流向等要科学合理，还要结合实际情况考虑容灾备份、与既有网络的演进关系、原有业务的迁移等有关事项。虽然各类网络架构差异大小不一，但其大的框架结构、基础原理和主要技术具有一定的一致性。

7.1.1 信息网络系统一般体系框架模型

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。

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 7-1 所示。

1) 网络传输平台

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。

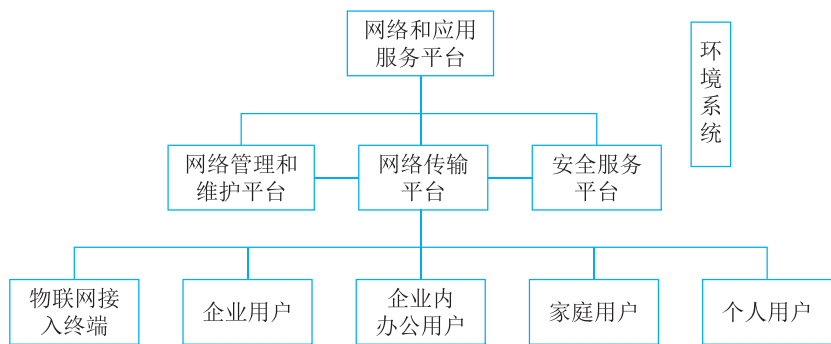


图 7-1 信息网络系统一般体系框架

2) 网络和应用服务平台

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

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

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，环境系统包括机房建设、环境监控、智能安防、节能降耗、综合布线等。

7.1.2 开放系统互连七层模型

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）参考模型，该模型是由国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）于 1984 年提出的一种标准参考模型，OSI 模型被认为是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 7-2 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。

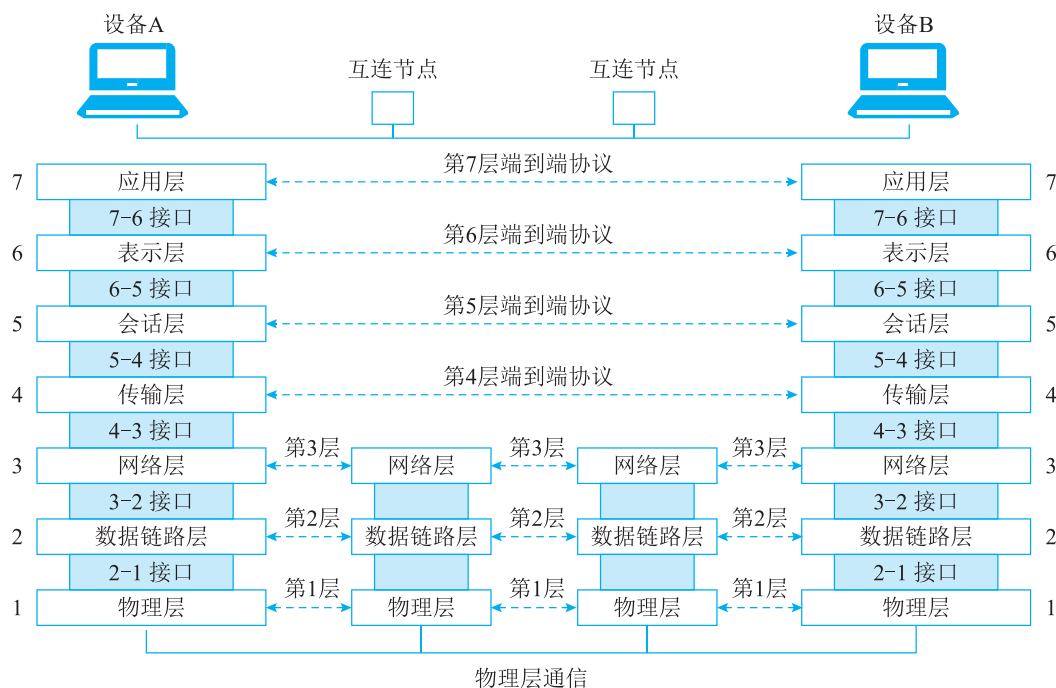


图 7-2 OSI 七层模型

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，它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及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 第三到第七层来实现。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 模型的最顶层，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在第七层进行表现和规范。

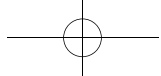
第六层：表示层（Presentation Layer）。应用层要表述的应用信息多种多样，并且和应用本身紧密相关，信息发布 / 发送端与信息接收端的技术实现很难完全一致，因此需要一种信息数据转换的机制，这种机制被 OSI 定义为信息数据的表示方法。表示层定义若干信息数据的表示方法，向应用层的具体应用程序（计算机学科中称其为“实体”，既可能是一个具体应用程序进程，也可能是一个特定的硬件）提供一系列信息数据转换和传输服务，以使两个不同应用系统可以用共同的表示方法 / 语言进行通信。表示层的典型服务包括数据翻译（例如信息编解码、加密解密等）、格式化（例如数据格式转换、数据压缩等）、语法选择（语法的定义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

7.1.3 TCP/IP协议族、IPv4协议、IPv6协议

TCP/IP 协议族、IPv4 和 IPv6 都是互联网通信中重要的协议和技术。TCP/IP 协议族是一组网络通信协议的集合，它是在互联网中被广泛使用的协议族，也是实现互联网通信的核心技术之一。IPv4 协议也称为互联网协议第 4 版，是 TCP/IP 协议族中的一种网络层协议。它使用 32 位地址来标识网络中的每个设备，提供了一种可靠的、有序的和错误校验的数据传输方式。IPv6 协议也称为互联网协议第 6 版，是 TCP/IP 协议族中的另一种网络层协议。与 IPv4 相比，IPv6 使用了 128 位地址，提供了更多的地址空间，并且支持更高级的功能，例如即插即用、自动配置、服务质量等。由于 IPv6 的地址空间更大，因此可以更好地支持物联网、人工智能等新兴技术的发展。



1. TCP/IP 协议族

传输控制协议 / 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 定义了 4 个相对独立的层级, 自上而下分别是应用层、传输层、网络层、数据链路层。其中, 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, 或按不同应用要求和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; 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; 数据链路层也叫网络接口层或网络访问层, 其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、对不同通信媒介有关信息细节问题进行有效处理等。

TCP/IP 和 OSI 模型的对应关系如图 7-3 所示。

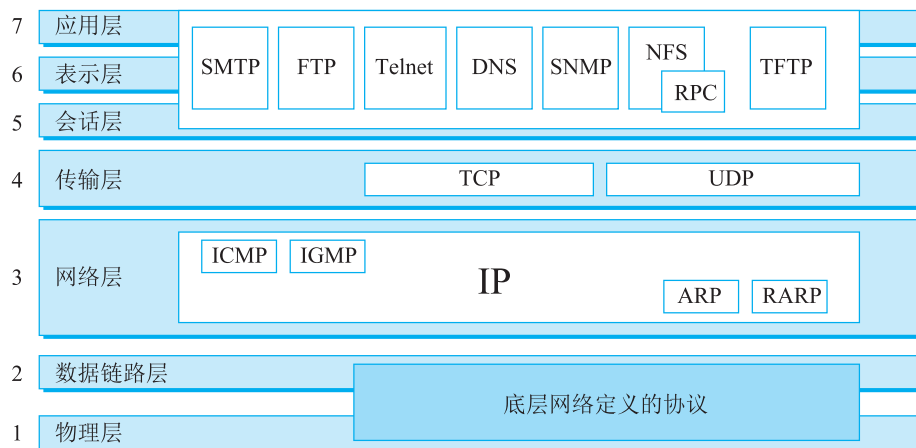


图 7-3 TCP/IP 和 OSI 模型的对应关系

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。在 TCP/IP 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 中的传输层对应 OSI 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 中的网络层。互联网络层最基本的协议栈是 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。

2. IPv4 协议

IPv4 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 7-4 所示。

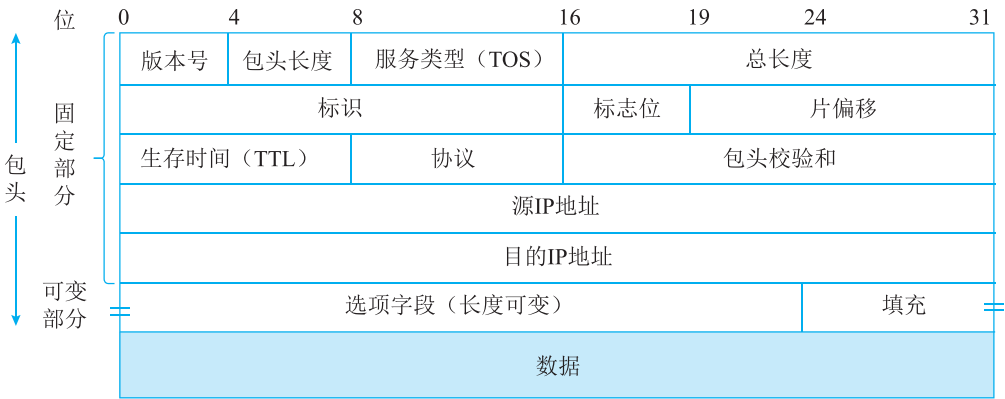
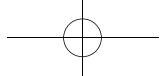


图 7-4 IPv4 数据包格式

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 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 65 535 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TTL(Time To Live)。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、OSPF(Open Shortest Path First, 开放最短路径优先)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,即 4 个字节组成,为便于阅读和分析,通常使用点分十进制表示法(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(Internet Assigned Numbers Authority, IANA)负责,即地址为 <http://www.iana.org/> 的互联网号码分配局。

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 7-5 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。

	1.0.0.0~126.255.255.255																												
A类地址	0	网络位（7bit）							主机位（24bit）																				
	128.0.0.0~191.255.255.255																												
B类地址	1	0	网络位（14bit）														主机位（16bit）												
	192.0.0.0~223.255.255.255																												
C类地址	1	1	0	网络位（21bit）																	主机位（8bit）								
	224.0.0.0~239.255.255.255																												
D类地址	1	1	1	0	组播地址																								
	240.0.0.0~255.255.255.255																												
E类地址	1	1	1	1	0	保留																							

图 7-5 IPv4 地址类型

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;

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，不能在公网中使用。

The diagram illustrates the NAT process, divided into two main sections: 内部 (Internal) and 外部 (External), separated by a dashed vertical line.

内部 (Internal):

- PC:** Represented by a computer icon with IP address 192.168.1.2.
- Outgoing Packet:** A box containing:
 - PC访问服务器的包 (Packet from PC to server)
 - 源IP=192.168.1.2 (Source IP)
 - 目的IP=203.51.23.55 (Destination IP)
- Returning Packet:** A box containing:
 - 经过路由器后的包 (Packet after router)
 - 源IP=203.51.23.55 (Source IP)
 - 目的IP=192.168.1.2 (Destination IP)

转换 (Translation):

A central circle labeled "NAT" is connected to the internal and external packet boxes by arrows labeled "转换" (Translation/Conversion).

外部 (External):

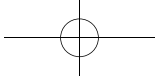
- Outgoing Packet:** A box containing:
 - 经过路由器后的包 (Packet after router)
 - 源IP=125.25.65.3 (Source IP)
 - 目的IP=203.51.23.55 (Destination IP)
- Returning Packet:** A box containing:
 - 服务器返回PC的包 (Packet from server to PC)
 - 源IP=203.51.23.55 (Source IP)
 - 目的IP=125.25.65.3 (Destination IP)

互联网 (Internet):

On the right, a cloud icon labeled "互联网" (Internet) connects to a server icon with IP address 203.51.23.55.

3) IPv4 路由

2024/12/17 18:22:35



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。直连路由是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。静态路由是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。动态路由是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项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, IS-IS)协议。

3. 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, 可能存在于 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 数据包头格式如图 7-7 所示。

各字段的含义如下：

- 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信息包除去包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。

0	3	4	11	12	15	16	23	24	31
版本	传输等级		流标签						
载荷长度					下一个包头		路程段限制		
源地址									
目的地址									

图 7-7 IPv6 数据包头格式

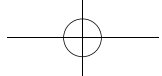
7.1.4 传输平台一般架构和主要技术

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。

网络传输平台的一般架构如图 7-8 所示。

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。

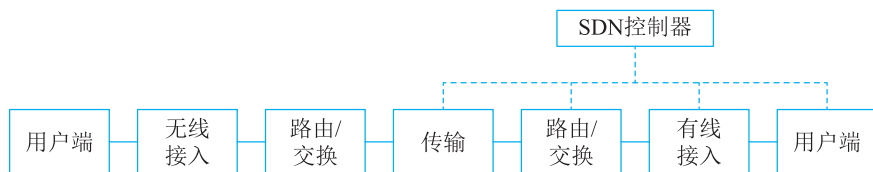


图 7-8 网络传输平台架构示意

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）、卫星小数据站数字卫星通信系统（Very Small Aperture Terminal, VSAT）、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公司建设（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、IS-IS 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。这里的二层交换网络更多是指由基于 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。

4) 有线、无线接入技术

网络接入是整个信息网络系统的重要组成部分，根据用户的不同需求，有不同的接入技术和设备供选择。早期的有线接入技术包括电话线调制解调器（Modem）、非对称数字用户环路（Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL）、高速数字用户环路（High-speed Digital Subscriber Line, HDSL）、电缆调制解调器（Cable Modem）。现阶段随着光纤接入网（Optical Access Network, OAN）的普及部署和应用，无源光网络（Passive Optical Network, PON）逐步获得广泛应用，PON 有几种类型，包括以太网无源光网络（EPON）、千兆无源光网络（GPON）和

10G 无源光网络 (10G-PON)。无线接入技术包括 Wi-Fi 和蓝牙等。

7.1.5 网络规划常见网络拓扑结构

网络拓扑结构设计一般是网络规划中首先考虑的问题,在技术条件和底层传输允许的前提下,在满足安全性、可靠性的基础上,要尽可能地以降低费用、减少时延、提高链路利用率为原则考虑网络拓扑结构的设计问题。常见的有总线、星形、环形、树状、网状、复合型等类型。

1) 总线网络拓扑

总线网络拓扑如图 7-9 (a) 所示,所有节点都连接在一个公共传输通道——总线上。这种网络结构需要的传输链路少,增减节点比较方便,但稳定性较差,网络范围也受到限制。

2) 星形/双星形网络拓扑

星形网络拓扑如图 7-9 (b) 所示,星形网也称为辐射网,它将一个节点作为辐射点(转接交换中心),该点与其他节点均有线路相连。与后面提到的网状网络拓扑相比,星形网的传输链路少、线路利用率高,经济性较好,但安全性较差(因为中心节点是全网可靠性的瓶颈,中心节点一旦出现故障会造成全网瘫痪)。为解决安全性、可靠性问题,一般情况下会考虑双星形结构,设置两个或多个中心辐射点,下面的 N 个节点分别上联至两个或多个中心点,中心点之间也可进行互连。双星形结构结合了后面提到的网状结构的部分特点,但又可节省连接链路。

3) 树状网络拓扑

树状网络拓扑如图 7-9 (c) 所示。树状网可以看成是星形拓扑结构的扩展。在树状网中,节点按层次进行连接,信息交换主要在上下节点之间进行。树状结构主要用于用户接入网或用户线路网中,另外,主从网同步方式中的时钟分配网也采用树状结构。

4) 环形网络拓扑

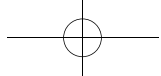
环形网络拓扑如图 7-9 (d) 所示,各节点通过环路接口进行首尾相连组成环形网络,环形网的特点是结构简单,实现容易。而且,由于可以采用自愈环对网络进行自动保护,所以其稳定性比较高。另外,还有一种叫线形网的网络结构,与环形网不同的是,线形网首尾不相连。

5) 网状网络拓扑

各节点之间进行全互连或者部分互连,可组成网状网络结构,如图 7-9 (e) 所示,当节点数增加时,传输链路将迅速增加。这种网络结构的冗余度较大,稳定性较好,但线路利用率不高,经济性较差,适用于局间业务量较大或分局量较少的情况。网孔形结构是网状结构的一种变形,如图 7-9 (f) 所示,其大部分节点相互之间有线路直接相连,一小部分节点可能与其他节点之间没有线路直接相连,哪些节点之间不需直达线路视具体情况而定(一般是这些节点之间业务量相对较少)。网孔形结构与网状结构相比,可适当节省一些线路,即线路利用率有所提高,经济性有所改善,但稳定性会稍有降低。

6) 复合型/层级型

复合型网络拓扑如图 7-9 (g) 所示。复合型网由网状结构和星形结构复合而成。根据网络中业务量的需要,以星形结构为基础,在业务量较大的转接交换中心区间采用分层级网状结构,可以使整个网络比较经济且稳定性较好。复合型网具有网状结构和星形结构的优点,是通信网



中普遍采用的一种网络结构,但网络设计应以交换设备和传输链路的总费用最小为原则。

层级型网络拓扑是将网络分层设计,每一层可采取不同的拓扑,如大型广域网在核心的第一层采取网络全互连或者部分互连的结构,在第二层采取双星形结构,在第三层的核心采取全互连结构,而在接入采取星形或双星形结构等。

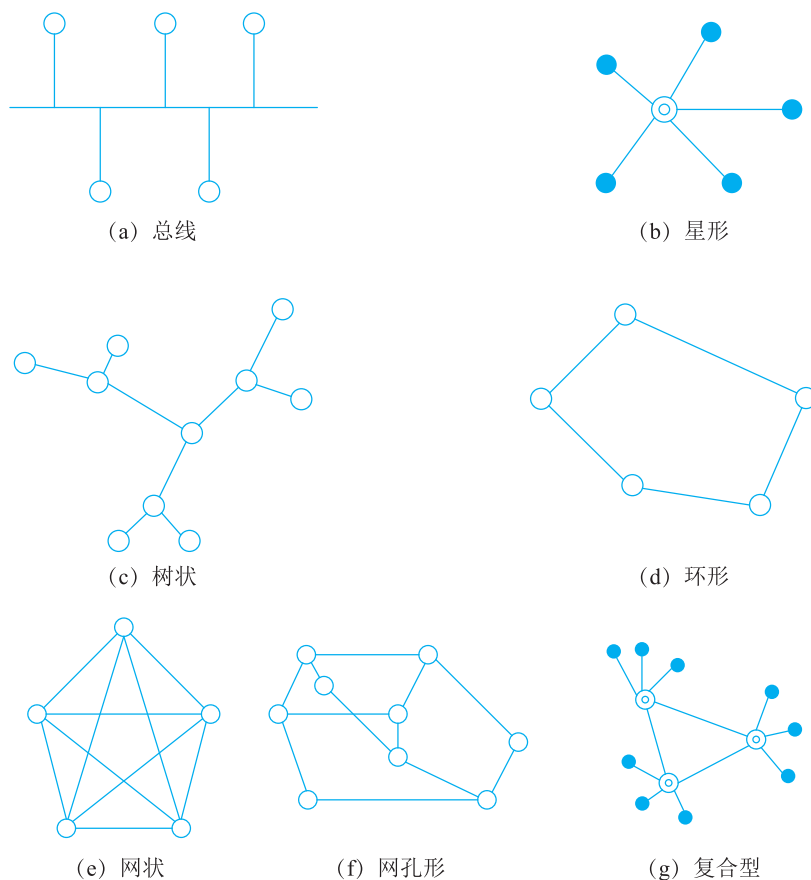


图 7-9 常见网络拓扑结构

7.2 广域网规划

广域网是跨地区、省市、国家的更大规模网络的统称,用来连接地区的局域网、城域网、省网和各个国家的网络,广域网一般可分为运营商广域网和企业/行业广域网,规划重点有所差异,下面分别阐述。

7.2.1 广域网一般架构

传统的运营商网络会按照不同的业务功能分别建设,例如 PSTN 网、DDN 网、FR 网、IP