

理论与实践紧密结合
实例和实验主要基于锐捷网络平台

高等学校计算机规划教材

计算机网络工程 实用教程(第2版)

■ 石炎生 郭观七 主编
■ 周细义 刘利强 方欣 杨勃 副主编
■ 安淑梅 主审

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



清华大学出版社
Tsinghua University Press

ISBN 7-302-11111-1

计算机网络工程 实用教程(第2版)

清华大学出版社
Tsinghua University Press

清华大学出版社
Tsinghua University Press

高等学校计算机规划教材

计算机网络工程实用教程

(第2版)

石炎生 郭观七 主 编

周细义 刘利强 方 欣 杨 勃 副主编

安淑梅 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照使“知识、能力、素质”协调发展的目标,系统、全面地介绍计算机网络工程的理论、方法和技能。全书分为理论篇和实践篇两部分。理论篇从网络工程基础知识入手,以实际网络工程项目为实例,重点阐述了交换机、路由器、防火墙、服务器等网络设备的结构、原理、选型、配置方法与典型应用技术,网络规划与设计,网络综合布线以及网络工程的测试与验收。实践篇为网络工程实验、实践指导,依托先进的网络设备,以实际工程案例为背景,按照基础类、综合类、设计类三个层次设计网络工程训练项目。

本书教学实例和实验主要基于锐捷网络平台。本书提供电子教案、综合性与设计性实验参考资料等教学资料。

本书可作为高等院校计算机和电子信息类相关专业计算机网络工程教材,也可作为网络工程技术与管理人员的技术参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程实用教程 / 石炎生, 郭观七主编 —2 版 —北京: 电子工业出版社, 2011 3

高等学校计算机规划教材

ISBN 978-7-121-12811-0

I ①计… II ①石… ②郭… ③方… III ①计算机网络—高等学校—教材 IV ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 010262 号

策划编辑: 章海寿

责任编辑: 章海寿

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 24 字数: 675 千字

印 次: 2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书第1版出版后，全国很多高校将本书作为网络工程课程的教材，得到了较为广泛的应用。随着计算机网络技术与通信技术的飞速发展，特别是在网络工程领域，有许多新的网络设备投入市场，有许多新的组网技术、网络安全技术不断出现，在教学实践中有必要对书中的内容进行修改、整合、优化和更新，因此本书第2版在保留第1版的基本构架和主要内容的基础上，对书中的内容进行了较大修改，增加了许多网络工程的新知识和新技术，更加贴近网络工程实际，更加适应网络工程教学的要求。

全书仍分为理论篇和实践篇。

理论篇包括第1~9章。

第1章网络工程基础，重点介绍网络工程的基本概念、IP地址与子网划分以及局域网的基础知识，删除了第1版中的“网络工程常用技术”一节内容，增加了MAC地址、IPv6协议和局域网等内容；将第1版中的“网络传输介质”和“网络常见设备”两节内容划出并扩充为第2章。

第2章网络设备，介绍网络传输介质、网络接入设备、网络互连设备、网络安全设备及无线局域网设备的原理和应用。

第3章交换机技术与应用，整合和优化了第1版中第2章的内容，增加了多生成树协议部分，重点介绍交换机的基本配置、交换机的接口与配置、交换机的互连技术、VLAN技术和生成树技术等。

第4章路由器技术与应用，整合和优化了第1版中第3章的内容，增加了路由器接口配置部分，重点介绍路由器的基本配置、路由器的接口与配置、路由协议与配置、访问控制列表和网络地址转换等技术。

第5章网络安全技术与应用，为新增内容，重点介绍网络防火墙技术、虚拟专用网技术、入侵检测技术和上网行为管理技术。

第6章服务器技术与应用，整合和优化了第1版中第4章的内容，重点介绍常用网络服务器和服务器应用技术。

第7章网络规划与设计，整合和优化了第1版中第5章的内容，结合网络工程实例，详细阐述了网络规划与设计的原则和方法。

第8章网络综合布线，整合和优化了第1版中第6章和第7章的部分内容，介绍网络综合布线系统的最新规范、设计方法、施工技术和应用实例。

第9章网络工程测试与验收，整合和优化了第1版中第8章和第7章的部分内容，介绍网络系统测试的标准、方法和流程，网络工程验收的规范与方法。

实践篇包括第10~11章。

第10章和第11章为实验实训内容，按照基础类、综合类、设计类三个层次整合和优化了第1版中第9章、第10章的实验项目，并增加到29个网络工程实践训练项目。

这次修订中，第1、3章由方欣编写，第2、6章由郭观七编写，第4、5、7章由石炎生编写，第8、9章由周细义编写，第10、11章由刘利强编写，杨勃负责了部分实验项目的试做，锐捷网络大学安淑梅经理对全书进行主审。湖南农业大学沈岳教授为本次修改提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

另，本书实例和实验主要基于锐捷网络平台。

本书第1版中的“附录”已进行更新，本书第2版未收录到教材中，但放置在华信教育资源网上，供读者免费下载。

本书建议理论学时为36学时，实践为40学时，教师可根据实际情况进行适当取舍。

本书为教师提供实用的电子教案、综合性与设计性实验参考资料等教学资料，请登录到华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>），注册之后进行免费下载。

由于网络工程技术发展迅速，加之作者的学识有限、时间仓促，疏漏和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 网络工程基础 1	2.1.1 同轴电缆..... 31
1.1 网络工程概述..... 1	2.1.2 双绞线..... 33
1.1.1 网络工程的含义..... 1	2.1.3 光纤电缆..... 35
1.1.2 网络工程的内容与目标..... 2	2.1.4 无线传输介质..... 39
1.1.3 网络工程的组织机构及其职责..... 2	2.2 网络接入设备..... 39
1.1.4 网络工程建设的过程..... 5	2.2.1 网卡..... 39
1.2 计算机网络体系结构..... 6	2.2.2 调制解调器..... 42
1.2.1 网络分层的必要性..... 6	2.2.3 光纤连接器件..... 44
1.2.2 OSI 参考模型..... 6	2.3 网络互连设备..... 48
1.2.3 TCP/IP 体系结构及功能..... 8	2.4 网络安全设备..... 50
1.2.4 OSI 和 TCP/IP 模型的比较..... 8	2.5 无线局域网设备..... 52
1.3 MAC 地址与 IP 地址..... 9	思考与练习 2..... 53
1.3.1 MAC 地址的基本概念..... 9	第 3 章 交换机技术与应用 54
1.3.2 IP 地址的基本概念..... 9	3.1 交换机概述..... 54
1.3.3 子网与子网掩码..... 11	3.1.1 交换机的定义..... 54
1.3.4 子网划分..... 13	3.1.2 交换机的体系结构..... 54
1.3.5 无分类编址方法 CIDR..... 13	3.1.3 交换机的工作原理..... 55
1.4 下一代网际协议 IPv6..... 16	3.1.4 交换机的基本功能..... 57
1.4.1 IPv6 简介..... 16	3.1.5 交换机的交换方式..... 58
1.4.2 IPv6 报文格式..... 17	3.1.6 交换机的分类..... 58
1.4.3 IPv6 地址..... 17	3.2 交换机的端口与连接线缆..... 61
1.4.4 从 IPv4 向 IPv6 的过渡技术..... 19	3.3 交换机的性能与选型..... 63
1.5 局域网基础知识..... 20	3.4 交换机配置基础..... 65
1.5.1 局域网概述..... 20	3.4.1 交换机的管理方式..... 65
1.5.2 局域网体系结构..... 22	3.4.2 交换机配置命令简介..... 66
1.5.3 局域网介质访问控制方式..... 23	3.4.3 交换机基本配置..... 69
1.5.4 以太网..... 25	3.4.4 交换机接口管理与配置..... 77
1.5.5 无线局域网..... 27	3.5 交换机的互连技术..... 85
思考与练习 1..... 30	3.5.1 交换机的互连方式..... 85
第 2 章 网络设备 31	3.5.2 交换机堆叠的管理..... 87
2.1 网络传输介质..... 31	3.5.3 交换机堆叠模式下的配置..... 88

3.6	交换机的 VLAN 技术	89	4.6.6	帧中继协议	148
3.6.1	VLAN 技术介绍	89	4.7	访问控制列表	150
3.6.2	VLAN 的基本配置	93	4.7.1	访问控制列表的基本概念	150
3.6.3	VLAN 之间的通信	95	4.7.2	访问控制列表的工作原理	151
3.7	交换机的生成树技术	98	4.7.3	访问控制列表的配置	152
3.7.1	冗余链路问题	98	4.8	网络地址置换技术	154
3.7.2	STP 与 RSTP	98	4.8.1	网络地址转换	154
3.7.3	MSTP	102	4.8.2	网络地址端口转换 NAPT	157
3.7.4	生成树的配置	103	思考与练习 4		160
思考与练习 3		109	第 5 章 网络安全技术与应用		161
第 4 章 路由器技术与应用		110	5.1	网络安全技术概述	162
4.1	路由器概述	110	5.2	防火墙技术	165
4.1.1	路由器的结构	110	5.2.1	防火墙概述	165
4.1.2	路由器的功能与工作原理	113	5.2.2	防火墙的体系结构与 工作模式	170
4.1.3	路由器与三层交换机的区别	114	5.2.3	防火墙的配置	173
4.1.4	路由器的分类	115	5.2.4	防火墙的性能与选购	174
4.2	路由器接口与连接	116	5.3	虚拟专用网技术	175
4.2.1	路由器接口的类型	116	5.3.1	虚拟专用网技术概述	175
4.2.2	连接线缆	118	5.3.2	隧道技术	175
4.2.3	路由器的硬件连接	118	5.3.3	VPN 的应用类型	177
4.3	路由器的性能与选型	119	5.3.4	VPN 解决方案及实施步骤	179
4.4	路由器配置基础	120	5.4	入侵检测技术	180
4.4.1	路由器的管理方式	120	5.4.1	入侵检测技术概述	181
4.4.2	路由器配置命令简介	121	5.4.2	IDS 的类型	182
4.4.3	路由器基本配置	124	5.4.3	IDS 的入侵检测技术	182
4.5	路由器接口配置	131	5.4.4	IDS 的应用	183
4.5.1	接口配置概述	131	5.5	上网行为管理技术	185
4.5.2	LAN 接口配置	132	思考与练习 5		187
4.5.3	WAN 接口配置	134	第 6 章 服务器技术与应用		188
4.5.4	逻辑接口配置	135	6.1	服务器概述	188
4.6	路由协议及其配置	138	6.1.1	服务器及其功能	188
4.6.1	路由协议的基本概念	138	6.1.2	服务器分类	188
4.6.2	静态路由协议	141	6.1.3	服务器系统主要技术	191
4.6.3	RIP 路由协议	142	6.1.4	服务器的性能与选型	195
4.6.4	OSPF 路由协议	144	6.2	服务器应用系统的架构	198
4.6.5	PPP 协议	145			

6.2.1 C/S 模式	198	7.3.6 网络运行实用技术	235
6.2.2 B/S 模式	199	7.4 网络中心设计	235
6.2.3 B/A/S 模式	199	7.5 综合布线系统设计	237
6.2.4 .NET 模式	200	7.6 网络安全与管理平台设计	238
6.3 常用网络服务器	200	7.7 网络服务与应用平台设计	238
6.3.1 DNS 服务器	200	7.8 网络设备选型	239
6.3.2 Web 服务器	204	7.9 网络规划与设计实例	239
6.3.3 DHCP 服务器	204	7.10 网络规划与设计仿真	244
6.3.4 FTP 服务器	206	7.10.1 网络仿真技术	244
6.3.5 E-mail 服务器	206	7.10.2 网络仿真实例	246
6.3.6 数据库服务器	207	思考与练习 7	250
6.3.7 代理服务器	208	第 8 章 网络综合布线	252
6.4 服务器应用技术	208	8.1 综合布线概述	252
6.4.1 服务器基本应用	208	8.1.1 综合布线系统的组成	252
6.4.2 服务器双机热备份	209	8.1.2 综合布线系统的设计要求	253
6.4.3 服务器双机互备援	211	8.1.3 综合布线系统的等级与类别	254
6.4.4 服务器双机集群	211	8.1.4 综合布线系统缆线长度的划分	254
思考与练习 6	212	8.1.5 综合布线系统设计流程	255
第 7 章 网络规划与设计	213	8.2 工作区子系统	255
7.1 网络规划与设计基础	213	8.2.1 工作区设计	256
7.1.1 什么是网络规划与设计	213	8.2.2 信息插座选择与安装	256
7.1.2 网络规划与设计的原则	213	8.2.3 连接电缆的制作	258
7.1.3 网络规划与设计的标准与规范	214	8.3 配线子系统	260
7.1.4 网络规划与设计的内容	215	8.3.1 配线子系统概述	260
7.1.5 网络工程实例	215	8.3.2 工作区信息点设计	261
7.2 需求分析	217	8.3.3 配线子系统缆线选择	262
7.2.1 需求分析的目的与要求	217	8.3.4 配线子系统布线	263
7.2.2 需求分析的内容	217	8.4 电信间	268
7.2.3 需求分析实例	220	8.4.1 电信间的设计	268
7.3 网络系统设计	227	8.4.2 数据配线架及缆线连接	270
7.3.1 网络类型与规模	227	8.4.3 语音配线架及缆线连接	272
7.3.2 网络拓扑结构	228	8.4.4 光纤配线架及光纤连接	275
7.3.3 网络互连模式	230	8.5 干线子系统	277
7.3.4 IP 地址分配方案	233	8.5.1 干线子系统缆线设计	278
7.3.5 网络冗余	234	8.5.2 干线子系统布线	279

8.6	设备间	281	第 10 章	基础性实验	320
8.6.1	设备间设计	281	10.1	交换机的连接和基本配置	320
8.6.2	配线设备类型及容量	281	10.2	交换机堆叠的连接与配置	322
8.7	建筑群子系统	283	10.3	虚拟局域网 (VLAN) 的配置	324
8.7.1	缆线路由的设计	284	10.4	生成树的配置	327
8.7.2	缆线的敷设	284	10.5	端口聚合的配置	329
8.7.3	缆线的引入及保护	286	10.6	路由器的连接与基本配置	330
8.8	进线间	287	10.7	静态路由的配置	332
8.8.1	进线间设计要求	287	10.8	动态路由协议 (RIPv1) 的配置	334
8.8.2	进线间缆线的引入	288	10.9	动态路由协议 (OSPF) 的配置	335
8.9	综合布线系统的管理	289	10.10	访问控制列表 (ACL) 的配置	337
8.10	网络综合布线设计实例	291	10.11	网络地址转换 (NAT) 的配置	338
	思考与练习 8	296	10.12	防火墙的配置与应用	340
第 9 章	网络工程测试与验收	297	10.13	服务器构建 (DHCP、Web、 FTP、DNS)	343
9.1	网络测试基础	297	10.14	无线局域网组建	349
9.1.1	网络测试标准与规范	297	10.15	IPv6 网络组建	351
9.1.2	网络性能测试要求	298	第 11 章	综合性、设计性实验	353
9.1.3	常用测试工具简介	300	11.1	VLAN 之间的通信实现	353
9.2	综合布线系统测试与验收	303	11.2	局域网设计	354
9.2.1	双绞线测试	303	11.3	局域网与互联网的连接	355
9.2.2	光缆系统的测试	305	11.4	无线网络应用	357
9.2.3	综合布线系统工程验收	307	11.5	网络设备远程管理	358
9.3	网络测试	309	11.6	网络互连	360
9.3.1	测试前的准备	309	11.7	多网段 IP 地址自动分配	361
9.3.2	硬件设备检测	309	11.8	网络服务应用	362
9.3.3	子系统测试	310	11.9	VRRP 技术应用	363
9.4	网络系统工程验收	311	11.10	路由重分布技术应用	365
9.4.1	初步验收	311	11.11	小型网络安全设计	366
9.4.2	工程竣工验收	312	11.12	VPN (PPTP) 技术应用	368
9.4.3	竣工技术文件编制	313	11.13	企业网络搭建及应用	369
9.4.4	技术文件编制示例	314	11.14	网络故障排除	370
	思考与练习 9	319	参考文献		375

第 1 章 网络工程基础

计算机网络工程是一项复杂的系统工程，涉及多方面的理论知识和实用技术。本章主要介绍计算机网络工程的含义、建设内容、组织机构及其职责，介绍计算机网络体系结构、MAC 地址与 IP 地址、子网划分、IPv6 协议与技术以及局域网的基础知识。

1.1 网络工程概述

1.1.1 网络工程的含义

(1) 工程的含义及特点

简单地讲，工程是有一个明确的目标、在指定的组织领导下，按计划进行的工作。

工程是一个比较大的工作，与其他一般的日常工作比较，工程具有如下特点：

- ◎ 有明确的目标，并且这个目标在工程进行的过程中不能随意更改。
- ◎ 有详细的规划，规划又分为不同的层次，如总体规划、技术实施方案、施工方案等。
- ◎ 有成文的标准作为依据，如国际标准、国家标准、行业标准、地方标准等。
- ◎ 有一系列完整的技术文档资料，如可行性分析报告、总体规划方案、总体设计方案、具体实施方案等。
- ◎ 有法定或指定的责任人，并有完善的组织实施机构，如项目经理、承包商、领导小组或指挥部等。
- ◎ 有预先设计好的切实可行的实施计划和实施方法。
- ◎ 有客观的监理措施和一套有效的验收标准。

(2) 计算机网络工程的含义

计算机网络工程是工程的一个子概念，除具备一般工程所具有的内涵和特点外，还包含：

- ◎ 有明确的网络应用需求、网络业务和网络功能。
- ◎ 有具体的规划设计方案和实施规范。
- ◎ 有完善的组织机构、工程设计人员和工程管理人员。
- ◎ 工程设计人员要全面了解计算机网络的原理、技术、系统、协议、安全、系统布线的基本知识、发展现状和发展趋势，要掌握网络应用开发技术、网站设计和 Web 制作技术、信息发布技术、安全防御技术以及综合布线技术。
- ◎ 总体设计人员要熟练掌握网络规划与设计的步骤、要点、流程、案例、技术设备选型和发展方向。
- ◎ 工程主管人员要懂得网络工程的组织实施过程，能把握网络工程的评审、监理、验收等环节。
- ◎ 工程竣工之后，网络管理人员能够使用网管工具对网络实施有效的管理和维护，使建成的计算机网络发挥应有的效益。

综上所述，我们可以给计算机网络工程下一个描述性的定义：计算机网络工程是在信息系统

工程方法和完善的组织机构指导下，根据网络应用的需求，按照计算机网络系统的标准、规范和技术，详细规划设计可行方案，将计算机网络硬件设备、软件和技术系统性地集成在一起，完成满足用户需求、高性价比的计算机网络系统的组建工作。

简单地说，计算机网络工程就是组建计算机网络的工作，凡是与组建计算机网络有关的事情都可以归纳在计算机网络工程中。

从严格意义上讲，计算机网络工程与网络工程还不是等同的概念，在本书中为了方便起见，我们把计算机网络工程简称为网络工程。

1.1.2 网络工程的内容与目标

网络工程是研究网络系统规划、设计、实施与管理的工程科学，是网络系统建设过程中科学方法与规律的总结。

网络工程的内容包括4方面。

- ◎ 网络规划与设计：对计划建设的网络系统的类型规模、体系结构、硬件与软件、管理与安全等方面，提出一套完整的技术方案和实施方案。
- ◎ 网络硬件系统建设：主要包括计算机设备、网络设备和布线系统等硬件的集成。
- ◎ 网络软件系统建设：主要包括网络操作系统、工作站操作系统、通信及协议软件、数据库管理系统、网络应用软件和开发工具软件等的选择与安装。
- ◎ 网络安全管理建设：主要包括网络管理、安全体系和相应软件系统的组建。

网络工程的目标，就是工程的建设方和施工方，要在遵守国家相关法律、法规，遵循国家标准和国际标准的前提下，完成网络工程的规划、设计、施工和验收等工作。

1.1.3 网络工程的组织机构及其职责

计算机网络工程要由一个机构来负责组织、协调、实施和管理。健全、高效的组织机构是计算机网络工程实施的有力保证。由于计算机网络工程的实际情况各不相同，因此具体的组织机构也不可能完全相同。对所有的网络工程进行抽象，归纳出一种通用的组织形式，简称为三方结构，分别是甲方、乙方和监理方。这三方的基本关系如图1-1所示。

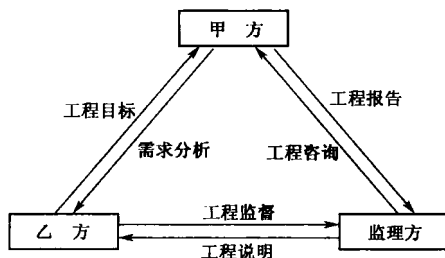


图 1-1 工程组织的三方结构

(1) 甲方

甲方是网络工程中的用户，即网络工程的提出者和投资方。例如，某校园网建设工程中的学校就是甲方。

甲方的人员组成主要包括行政联络人和技术联络人。行政联络人是甲方的工程负责人，一般由甲方的行政领导担任，负责甲方的组织协调工作。技术联络人是甲方的工程技术负责人，就工程中的有关技术问题，乙方和监理方可以与甲方技术联络人协调。

甲方的职责如下：

① 进行网络需求分析，编制用户网络需求书。网络需求分析是网络建设的重要过程，甲方要对自身目前的网络现状、建网的目的和目标、新建网络要实现的功能和应用、未来对网络的需求和性能，以及所需网络设备的性能参数等进行仔细分析，为招标和乙方投标的提供重要依据。

② 编制招标书。招标书要根据用户网络需求书，详细说明甲方要求的网络工程任务、网络工程技术指标参数和网络工程建设要求等内容。

③ 组织或委托招标公司进行工程项目招标。甲方将编制好的招标书送交主管部门审定后，自己组织或委托招标公司向社会进行工程项目公开招标。有时也可只向少数专业公司公布（称为邀标），只请他们来投标。投标的公司按照招标书的要求和指标参数，提出自己的实现方案，形成投标书，并按甲方规定的时间，将投标书送到指定的地点。

甲方在收到所有投标书以后，要按时组织专家对投标书进行评审，比较投标书中方案的优劣，对投标方进行综合评定，最终确定中标方。宣布评标结果，这一过程称为开标。

④ 验收产品、协助施工、工程质量监督。甲方有对网络工程进行全面监督的权利和责任。对于技术力量相对薄弱的甲方，其监督工作的重点一般放在工程的进度和资金上，而对有关工程技术方面的监督工作可以请专业的监理公司来负责。

⑤ 组织工程竣工验收。在网络工程建设工作全部完成后，甲方要成立由专家组、甲方、乙方和监理方组成的工程验收小组对新建的网络进行竣工验收。

⑥ 组织管理和技术人员参加乙方组织的培训，对网络系统进行试运行。

(2) 乙方

乙方是网络工程的承建者。例如，校园网由A公司承建，则A公司是工程乙方。有时由于网络工程的规模比较大，可以由多个公司承担网络工程的建设任务，此时就存在多个乙方。

乙方在承建网络工程时多采用项目经理制。项目经理制是指网络工程由一名乙方任命的经理来具体负责工程的实施，项目经理下设人员包括网络规划设计工程师、网络综合布线工程师、设备安装调试工程师，及相应的设计技术人员和技术工人等。项目经理制的人员结构如图1-2所示。

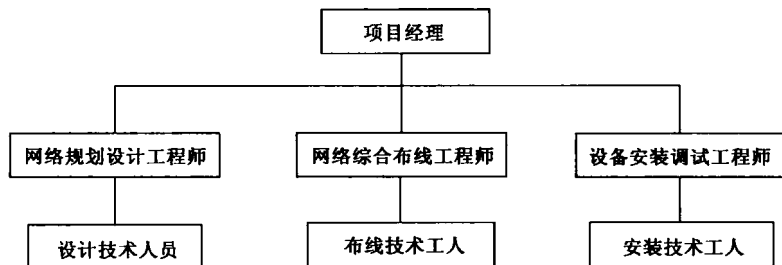


图 1-2 项目经理制的人员结构图

项目经理制的人员结构中的网络规划设计工程师负责网络的规划与设计、网络设备的选型、网络应用软件的开发等。网络综合布线工程师负责网络工程中的网络布线。设备安装调试工程师负责设备的采购、安装、配置、调试和试运行。

乙方的职责如下：

① 编制投标书。乙方在接到甲方的招标书后，按照招标书的要求制订自己的方案，编制投标书，参与甲方或招标公司组织的公开招（竞）标。

② 签订网络工程合同。如果中标，乙方要与甲方签订工程合同。工程合同由甲方起草，双方

经过反复的协商修改后，签字生效。

③ 进行详细的网络需求调查。在甲方发布的用户网络需求书的基础上，乙方要对甲方网络系统的用户需求进行详细的调查分析，以确定网络工程应具备的功能和应达到的指标。

④ 进行网络规划设计。乙方在进行用户网络需求分析的基础上，对所承建的网络系统进行规划和设计，形成一个详细的网络设计方案。该方案是工程施工的技术依据，要由甲方聘请的评审专家进行评审。

⑤ 制订网络工程实施方案。网络设计方案通过评审后，网络工程进入实施阶段。乙方要制订一个网络工程实施方案，对网络工程的工期、分工、具体施工方法、资金使用、网络测试、竣工验收、网络运行、技术培训等内容，进行详细说明。实施方案是网络工程具体施工的基本依据，是网络工程建设的具体指导性文件。

⑥ 网络产品选型。乙方根据技术设计方案的要求，选择合适的产品，包括网络硬件设备和软件系统。产品选型要以用户应用需求为目标，以技术设计方案为依据，在做好市场调研的基础上，兼顾产品的适用性、稳定性、先进性和可扩充性。

⑦ 网络系统集成。做好上述工作后，工程进入到系统集成阶段。系统集成是指按照技术方案和实施方案的要求，进行网络综合布线、网络设备安装与调试、软件环境配置、网络系统测试等。

⑧ 网络系统试运行，人员培训。网络系统集成工作结束后，乙方对甲方的网络技术人员和管理人员进行培训，同时双方共同对建成的网络系统进行试运行，试运行时间一般至少需要一个月。

⑨ 工程竣工验收。网络系统试运行结束后，乙方要准备网络工程竣工验收的所有材料。

（3）监理方

网络工程监理，是指为了帮助用户建设一个性能优良、技术先进、安全可靠、成本低廉的网络系统，在网络工程建设过程中，给用户提供前期咨询、网络方案论证、确定系统集成商、网络质量控制等服务。提供工程监理服务的机构就是监理方。监理方一般是具有丰富的网络工程经验、掌握网络技术发展方向、了解市场动态的专业公司。

监理方的人员组织包括总监理工程师、监理工程师、监理技术人员等。

总监理工程师负责协调各方面的关系，组织监理工作，任命委派监理工程师，定期检查监理工作的进展情况，并且针对监理过程中的工作问题提出指导性意见；审查施工方提供的需求分析、系统分析、网络设计等重要文档，并提出改进意见；主持甲乙双方重大争议纠纷，协调双方关系。

监理工程师接受总监理工程师的领导，负责协调各方面的日常事务，具体负责监理工作，审核施工方需要按照合同提交的网络工程、软件文档，检查施工方工程进度与计划是否吻合；主持甲乙双方的争议解决，针对施工中的问题进行检查和督导，起到解决问题、正常工作的目的；监理工程师有权向总监理工程师提出合理化建议，并且在工程的每个阶段向总监理工程师提交监理报告，使总监理工程师及时了解工作进展情况。

监理技术人员负责具体的监理工作，接受监理工程师的领导；负责具体硬件设备验收、具体布线、网络施工督导，并且编写监理日志向监理工程师汇报。

监理方的职责如下：

① 网络建设项目可行性论证。可行性论证的目的是论证甲方是否确实需要建设网络系统、拟建的网络系统在技术上是否可行以及是否具备建设网络系统的条件。可行性论证要就工程的背景、目标、工程的需求和功能、可选择的技术方案、设计要点、工程进度、工程组织、监理、经费等方面做出客观的描述和评价，为工程建设提供基本的依据。在可行性论证过程中，甲方要明确提

出自己的用户需求、建设目标、网络系统的功能、技术指标、现有条件、工期、资金预算等方面的内容。

可行性论证结束后，要形成《可行性论证报告》，并组织有关专家进行评审，《可行性论证报告》评审通过即意味着网络工程可以进行，也意味着可行性论证阶段工作的结束。接下来的工作是由甲方编制招标书和组织招投标，监理方可以协助。

② 帮助用户做好网络需求分析。这项工作，一方面，可以使甲方对用户网络需求做得更加细致完善，另一方面，监理方可以深入了解用户需求，把握工程质量。

③ 帮助用户控制工程进度。监理方的专业技术人员可以帮助用户控制工程进度，按期分段对工程验收，保证工程按期、高质量完成。

④ 帮助用户控制工程质量。监理方通过以下几方面来帮助用户控制工程质量：系统集成方案是否合理，所选设备质量是否合格，能否达到企业要求；基础建设是否完成，网络综合布线是否合理；信息系统硬件平台环境是否合理，可扩充性如何，软件平台是否统一合理；应用软件能否实现相应功能，是否便于使用、管理和维护；培训教材、时间、内容是否合适等。

⑤ 帮助用户做好网络的各项测试工作，工程监理人员按照相关标准、规范，对网络综合布线、网络设备和整个网络系统进行全方面的测试。

⑥ 协同甲方和乙方做好网络工程竣工验收。在进行网络工程竣工验收时，监理方要对所建成的网络系统作出客观的评价，阐明监理方对工程竣工的意见和建议。

1.1.4 网络工程建设的过程

图 1-3 给出了网络工程建设的大致过程，图中的实线表示组织方必须参与其过程，虚线表示组织方可参与也可不参与的过程。

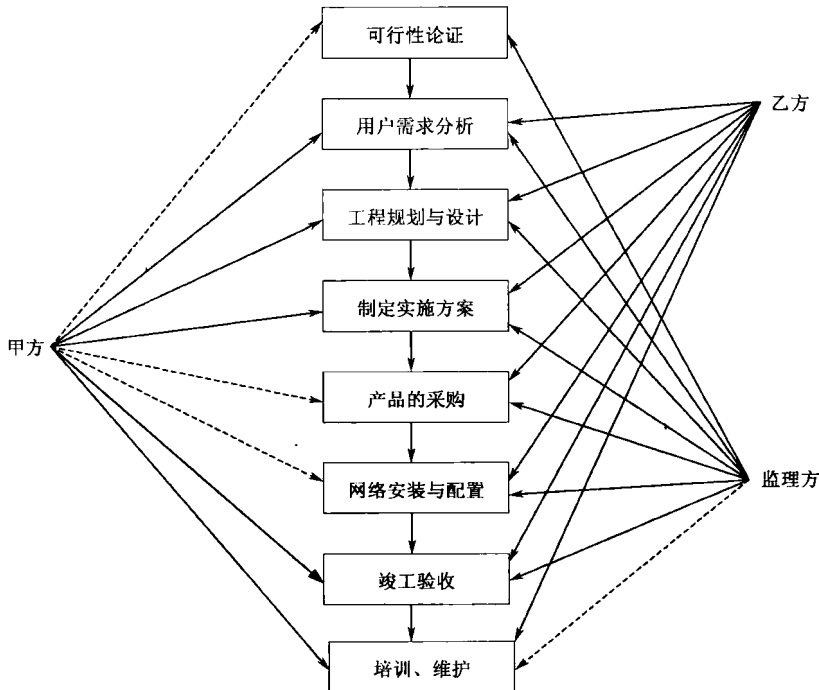


图 1-3 网络工程建设流程

1.2 计算机网络体系结构

1.2.1 网络分层的必要性

计算机网络是一个非常复杂的系统。若两台计算机进行通信必须有一条传送数据的通路，但还远远不够，至少还有以下工作要做：

- ⊙ 发起通信的计算机必须将数据通信的通路进行激活。
- ⊙ 告诉网络如何识别接收数据的计算机。
- ⊙ 发起通信的计算机必须查明对方计算机是否已准备好接收数据。
- ⊙ 发起通信的计算机必须清楚，在对方计算机中的文件管理程序是否已做好接收文件和存储文件的准备工作。
- ⊙ 若两个计算机的文件格式不兼容，则至少其中的一台计算机能完成格式转换。
- ⊙ 对出现的各种差错和意外事故，应有可靠的措施保证对方计算机最终能收到正确的文件。

上面的例子足以说明计算机网络通信的复杂性了，为了将复杂的问题简单化，便于网络的设计和管理，1974年IBM公司宣布了研制的系统网络体系结构SNA，这个网络标准就是按照分层的方法制定的。网络分层以后，使得某公司所生产的各种设备都能够很容易地互连成网络。但由于用户一旦购买了某个公司的网络产品后，若需扩大网络只能购买原公司的产品。为此，ISO（国际标准化组织）于1978年定义了OSI参考模型，使得各个公司的产品能互相兼容。

1.2.2 OSI参考模型

OSI参考模型即开放系统互连参考模型（Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM）。这是一个开放协议标准，使各网络设备厂商可以遵照共同的标准来开发网络产品，最终实现彼此兼容。整个OSI参考模型共分7层，如图1-4所示，从下往上分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。每层都为上一层提供服务。

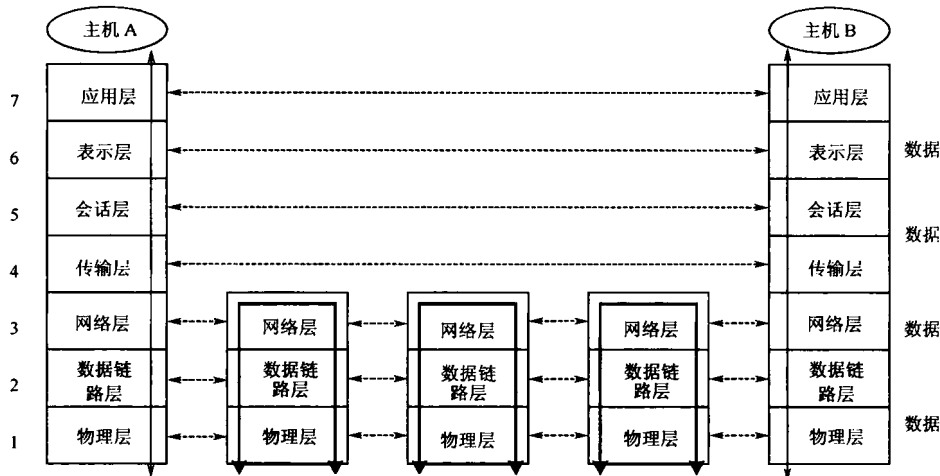


图 1-4 OSI 参考模型

(1) 物理层

物理层是整个OSI/RM的最低层，它的任务就是提供网络的物理连接。所以，物理层建立在物理介质上（而不是逻辑上的协议和会话），提供的是机械和电气接口，主要包括电缆、物理端口

和附属设备，如双绞线、同轴电缆、接线设备（如网卡等）、RJ-45 接口、串口和并口等在网络中都工作在该层上。

物理层提供的服务包括：物理连接、物理服务数据单元顺序化（接收物理实体收到的比特顺序，与发送物理实体所发送的比特顺序相同）和数据电路标识。

（2）数据链路层

数据链路层建立在物理传输能力的基础上，以帧为单位传输数据，其主要任务是进行数据封装和数据链接的建立。在封装的数据信息中，地址段含有发送节点和接收节点的地址，控制段用来表示数据连接帧的类型，数据段包含实际要传输的数据，差错控制段用来检测传输中帧出现的错误。数据链路层可使用的协议有 SLIP、PPP、X.25 和帧中继等。交换机工作在数据链路层上，工作在该层上的交换机俗称“第二层交换机”。Modem 之类的拨号设备也工作在数据链路层上。

数据链路层的功能包括：数据链路连接的建立与释放，构成数据链路数据单元，数据链路连接的分裂、定界和同步，顺序和流量控制，差错的检测和恢复等。例如，在大多数系统上，NIC 的驱动程序执行在此层，MAC 地址属于数据链路层。

（3）网络层

网络层属于 OSI/RM 中的较高层次，解决的是网络与网络之间即网际通信的问题，而不是同一网段内部的问题。

网络层的主要功能是提供路由，即选择到达目标主机的最佳路径，并沿该路径传输数据包。除此之外，网络层还应能够消除网络拥挤，具有流量控制和拥挤控制的能力。网络边界中的路由器就工作在网络层上，现在较高档的交换机也可直接工作在网络层上，因为它们也提供了路由功能，这类交换机俗称“第三层交换机”。网络层的功能还包括：建立和拆除网络连接，路径选择和中继，网络连接多路复用，分段和组块，服务选择和传输及流量控制等。

（4）传输层

传输层解决的是数据在网络之间的传输质量问题，属于较高层次。传输层用于提高网络层服务质量，提供可靠的端到端的数据传输，如常说的 QoS（Quality of Service，服务质量）就是传输层的主要服务。传输层主要涉及的是网络传输协议，提供的是一套网络数据传输标准，如 TCP 协议。传输层的功能包括：映像传输地址到网络地址，多路复用与分割，传输连接的建立和释放，分段和重新组装，组块和分块。

（5）会话层

会话层利用传输层来提供会话服务，会话可能是一个用户通过网络登录到一个主机，或者是一个正在建立的用于传输文件的会话。

会话层的功能主要有：会话连接到传输连接的映射，数据传输，会话连接的恢复和释放，会话管理，令牌管理和活动管理。

（6）表示层

表示层用于数据管理的表示方式，如用于文本文件的 ASCII 码和 BCD 码，用于表示数字的 1S 或 2S 补码表示形式。如果通信双方用不同的数据表示方法，它们就不能互相理解。表示层就是用于屏蔽这种不同之处。

表示层的功能主要有：数据语法转换，语法表示，表示连接管理，数据加密和数据压缩。

（7）应用层

应用层是 OSI/RM 的最高层，解决的也是最高层次即程序应用过程中的问题，直接面对用户的具体应用。应用层包含用户应用程序执行通信任务所需要的协议和功能，如电子邮件和文件传