

21世纪

计算机应用技术系列规划教材

计算机 网络设计

◎ 易建勋 编著 ◎



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

计算机网络设计

易建勋 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络设计 / 易建勋编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.7
(21 世纪计算机应用技术系列规划教材)

ISBN 978-7-115-16090-4

I. 计... II. 易... III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 050809 号

内 容 提 要

本书以一个全新的视野介绍计算机网络的设计方法。全书分为两大部分, 第一部分 (第 1~6 章) 主要讲述网络工程设计的基本原则和方法, 内容包括网络设计的基本原则、网络设计的模型、用户需求分析、网络拓扑结构设计、VLAN 设计、网络性能设计、QoS 设计、网络安全设计、VPN 设计、网络设备选型和网络综合布线等内容。第二部分 (第 7~10 章) 主要介绍常用计算机网络的设计, 内容包括存储网络设计、工业以太网设计、IP 电话网设计、WLAN 无线网络设计、LMDS 无线网络设计、各种城域接入网设计、SDH 传输网设计、DWDM 传输网设计和中国主要互联网结构等内容。

本书以拓扑结构设计为主线, 分析了 100 多个网络拓扑结构, 提出了一些良好的解决方案。为了适合教学需要, 各章均附有习题、多媒体课件等教学参考资料。为了对网络工程技术人员有所帮助, 本书特别注意到技术资料的完整性和实用性。

本书可作为网络工程、通信工程、计算机科学技术专业的大学本科教材, 也可作为计算机网络设计人员的参考用书。

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

计算机网络设计

-
- ◆ 编 著 易建勋
责任编辑 张 鑫
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京华正印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.75
字数: 574 千字
印数: 1-3 000 册
- 2007 年 7 月第 1 版
2007 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16090-4/TP

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

关于本书



读者对象

本书可作为网络工程、通信工程、计算机科学技术专业大学本科教材。读者在学习本书前，应当已经学习完“计算机网络”或者“数据通信”之类的原理性课程，或已具备相关专业基础知识，本书不再介绍网络基础知识。为了适合教学需要，本书在知识点安排、案例选取、内容均衡等方面，都根据教学需要进行了适当剪裁。各章均附有作业、讨论、多媒体课件等教学参考资料。

为了适合于广大从事计算机网络专业的技术人员使用，书中分析了 100 多个网络拓扑结构，提供了一些良好的网络解决方案。本书特别注意到技术资料的完整性和实用性，因此本书可以作为广大网络工程技术人员常备技术参考书籍，本书也同样适用于那些对计算机网络设计感兴趣的读者。

本书的写作

笔者从事“网络设计”课程教学工作多年，经常遇到很多困惑。一是专业理论与工程技术的矛盾，如何利用图论、排队论等专业理论指导网络工程设计，笔者至今仍在探索中。二是网络设计与网络工程的矛盾，很多网络工程教材和技术书籍主要探讨专业厂商网络设备的配置方法，大部分内容在于强调网络工程的实施过程，使学生误认为网络设计等同于网络配置。笔者认为，应当将网络设计与网络工程分离开来，如同建筑设计与建筑施工、机械设计与机械制造分属于不同课程一样，“网络设计”也应成为一门独立的课程。三是传统技术与新技术的矛盾，如大部分“计算机网络”原理课程在介绍广域网时，主要介绍 PSTN、ISDN、X.25、FR、DDN、ATM 等内容，这些传统的窄带广域网技术正在不断地淡出市场，而新兴的 IP 城域网、SDH 传输网、DWDM 传输网等基础知识在教学中并没有得到应有的重视。

本书的结构

本书以网络拓扑结构设计为主线，从网络设计分析（纵向）和应用网络设计（横向）两个方面进行介绍和探讨。全书共 10 章，分为网络设计分析和应用网络设计两大部分，第 1~6 章为第一部分，主要从各个方面探讨网络工程的设计原则和方法，内容包括网络设计标准、设计方法与基本原则、网络结构模型、用户需求分析、网络工程文档编制、网络分层结构设计、VLAN 设计、网络带宽设计、网络 QoS 设计、负载均衡设计、网络安全设计、网络物理隔离设计、VPN 网络设计、网络主要设备、网络传输介质、网络综合布线等内容。第 7~10 章为第二部分，主要介绍各种常用计算机网络的设计，内容包括存储网络设计、工业以

太网设计、IP 电话网设计、WLAN 无线局域网设计、LMDS 固定无线网络设计、DBS 卫星网络技术、Ethernet 城域接入网设计、ADSL 城域接入网设计、HFC 城域接入网设计、SDH 传输网设计、DWDM 传输网设计、中国主要互联网结构等内容。

几点说明

本书遵循“广度优先”的教学原则，书中涉及的知识面非常广泛。笔者认为通过这些课程的学习，应达到融会贯通专业知识的要求，但这也容易导致多而不专的教学效果，为了避免这种情况，应当在课程学习中把握“网络拓扑结构分析”这一基本原则。

由于教材容量的限制，本书重点在“结构设计”上，对于网络工程中经常用到的各种路由器、交换机、防火墙、服务器等设备的配置方法，书中只进行了简单的介绍。在教学和学习过程中，可以安排适量的实验课程加强这方面的训练。

教材中的讨论题并没有标准答案，可以作为作业，也可以作为课程小论文的选题或者课堂辩论题，目的是激发大家分析问题的兴趣。

书中有大量网络拓扑结构图例，图中没有标注名称的图标与设备，统一在附录中进行注解。

本书涉及的专业名词和概念较多，尤其是外文缩写名词。为了便于阅读，本书对常识性英语缩写（如 TCP/IP 等）词汇不进行注释；对于大部分英语缩写只注释中文或英文词义，如 BER（比特误码率）；对于小部分较生僻、不易找到原文的英文单词或缩写，一般随书进行注释，如伊安·福斯特（Jan.Foster）。

笔者希望在书中尽可能清晰完整地介绍计算机网络设计技术，但由于计算机网络领域发展迅速，因此部分内容不可避免地带有经验性和局限性，其中分析问题的基本方法可以作为读者在网络设计工作中的借鉴。考虑到网络技术发展的继承性，可以预见这些分析方法和技术原理在目前和今后还将继续发挥作用。

本书的特点

（1）面向工程：笔者具有多年网络工程设计经验，从事“网络设计”课程教学多年，因此在教材中反映了笔者多年工作的积累。书中介绍了大量的系统设计方法、技术参数和图表、工程案例分析，因此具有很好的工程实用性。

（2）讨论全面：本书从结构设计、性能设计、安全设计、物理设计等各个侧面探讨了网络设计方法；教学范围涉及局域网、园区网、接入网、传输网、广域网等；讨论的网络工程设计案例包括以太网、存储网、IP 电话网、工业以太网、无线局域网、固定无线网、SDH 网、DWDM 网等 30 多种网络类型。

（3）案例教学：对于每种网络类型，本书提供了数个工程案例，从不同侧面进行定性和定量分析，而且尽量实现“网络原理”与“网络设计”两门课程之间的良好衔接。

致谢

本书由易建勋主编，参加本书编写工作的还有姜腊林、邓江沙、徐蔚鸿、王静等。

李峰、蔡碧野、李平、吴建华、谢晓巍等审阅了书中的部分章节。殷长茗、陈倩诒、刘青、吴佳英等多次参加了本书和课程教学的讨论，提出过一些很好的建议。他们都为本书的写作付出了辛勤的劳动，笔者在此对他们表示衷心的感谢。同时，感谢所有关心和帮助过笔者的朋友。

期待您的反馈

为了加强教学交流,笔者提供了课程教学文档、多媒体课件、习题参考答案、课程试卷、课程设计资料等教学资源。选用本教材的教师可以登录人民邮电出版社网站的下载区栏目,网址为:
<http://www.ptpress.com.cn/download/>。

在本书写作过程中,虽然笔者尽了最大努力,但是由于时间仓促和水平有限,书中难免存在错误或不够准确之处,希望读者提出批评和建议。邮件地址: yjxcs@163.com。

易建勋
于长沙理工大学
2007年3月

目 录



第 1 章 网络设计概论	1
1.1 计算机网络概论	1
1.1.1 计算机网络定义	1
1.1.2 计算机网络分类	2
1.2 计算机网络系统集成	2
1.2.1 系统集成的特点	2
1.2.2 网络工程的特点与要求	4
1.2.3 网络系统集成的步骤	7
1.3 网络设计标准与规范	8
1.3.1 标准的制定	8
1.3.2 ITU-T 关于通信网络的标准	9
1.3.3 IEEE 802 系列计算机网络标准	9
1.3.4 RFC 文档	10
1.4 网络体系结构	11
1.4.1 OSI/RM 网络体系结构	12
1.4.2 TCP/IP 网络体系结构	12
1.4.3 网络体系结构	13
1.5 网络设计方法	16
1.5.1 网络逻辑设计	16
1.5.2 网络物理设计	17
1.5.3 网络文档整理	18
1.5.4 网络设计中的矛盾分析	18
1.5.5 网络设计的基本原则	20
习题	21
讨论	22
第 2 章 用户需求分析	23

2.1 需求分析概论	23
2.1.1 需求的定义	23
2.1.2 需求的开发和管理	24
2.1.3 需求分析的工作内容	25
2.1.4 需求分析中存在的问题	26
2.2 网络用户需求获取	28
2.2.1 用户的权利与义务	28
2.2.2 需求获取的方法	29
2.2.3 需求获取中的沟通	30
2.2.4 冲突处理	30
2.2.5 归纳整理需求信息	31
2.3 用户业务需求分析	32
2.3.1 用户业务类型需求分析	32
2.3.2 网络功能需求分析	34
2.4 网络性能需求分析	35
2.4.1 网络结构需求分析	35
2.4.2 网络扩展性需求分析	36
2.4.3 网络性能需求分析	37
2.4.4 网络安全需求分析	38
2.4.5 网络可靠性需求分析	39
2.4.6 网络管理需求分析	40
2.4.7 网络投资约束条件分析	40
2.5 网络工程文档编制	41
2.5.1 文档的类型与要求	41
2.5.2 文档的主要内容	43
习题	44
讨论	45
第3章 网络拓扑结构设计	46
3.1 网络结构的基本概念	46
3.1.1 基本概念	46
3.1.2 冲突域与广播域	47
3.2 网络基本拓扑结构	49
3.2.1 网络拓扑结构的类型	49
3.2.2 点对点型拓扑结构	51
3.2.3 环型拓扑结构	52
3.2.4 网状型拓扑结构	54
3.2.5 总线型拓扑结构	54
3.2.6 星型拓扑结构	55

3.2.7 蜂窝型拓扑结构	56
3.2.8 混合型拓扑结构	57
3.3 网络分层设计	58
3.3.1 分层设计模型	58
3.3.2 接入层设计	59
3.3.3 汇聚层设计	62
3.3.4 核心层设计	64
3.4 网络结构设计	66
3.4.1 服务子网设计	66
3.4.2 网络结构扩展设计	67
3.4.3 网络设计案例分析	69
3.5 网络冗余设计	71
3.5.1 冗余设计的基本原则	71
3.5.2 冗余设计的基本方法	72
3.5.3 LAN 冗余链路设计	74
3.5.4 WAN 冗余链路设计	75
3.6 VLAN 设计	77
3.6.1 VLAN 划分	77
3.6.2 VLAN 的配置方法	80
3.6.3 VLAN 之间的中继	82
3.6.4 VLAN 路由设计	84
3.6.5 VLAN 设计的基本原则	85
3.6.6 PVLAN 技术	88
3.6.7 SVLAN 技术	89
3.6.8 网络环路控制与生成树协议	89
习题	90
讨论	91
第4章 网络性能设计	92
4.1 网络带宽设计	92
4.1.1 网络带宽的不稳定因素	92
4.1.2 网络用户业务模型	94
4.1.3 网络带宽设计	96
4.1.4 网络服务集线比设计	98
4.1.5 网络带宽管理方法	99
4.2 网络流量分析与设计	101
4.2.1 网络流量的特性	101
4.2.2 以太网的有效利用率	103
4.2.3 网络流量设计模型	103

4.2.4	电话流量的爱尔兰模型	105
4.2.5	网络链路的聚合设计	107
4.3	服务质量设计	109
4.3.1	QoS 的主要技术指标	110
4.3.2	QoS 主要实现机制	111
4.3.3	IntServ 综合业务模型	112
4.3.4	DiffServ 区分业务模型	112
4.3.5	MPLS 与流量工程	115
4.3.6	QoS 存在问题分析	116
4.3.7	网络 QoS 设计	117
4.3.8	银行网络 QoS 需求分析与设计	118
4.4	网络拥塞及控制	120
4.4.1	网络拥塞的形成	120
4.4.2	死锁	122
4.4.3	网络拥塞的处理	123
4.5	负载均衡设计	123
4.5.1	负载均衡原理与技术	124
4.5.2	负载均衡设计要求	125
4.5.3	负载均衡设计案例	126
	习题	129
	讨论	129
第 5 章	网络安全设计	130
5.1	网络安全体系结构	130
5.1.1	TCP/IP 的安全模型	130
5.1.2	IATF 网络安全体系结构	131
5.1.3	网络安全防护技术	134
5.2	网络防火墙技术	136
5.2.1	防火墙的功能	136
5.2.2	防火墙的类型	138
5.2.3	PIX 防火墙配置案例	140
5.3	DMZ 网络安全设计	143
5.3.1	DMZ 的功能与安全策略	143
5.3.2	DMZ 的网络拓扑结构	145
5.3.3	网络安全区域设计	147
5.4	IDS 和 IPS 网络安全设计	148
5.4.1	IDS 入侵检测技术	148
5.4.2	IDS 网络安全设计	149
5.4.3	IDS 存在的问题	150

5.4.4 IPS 入侵防御技术	151
5.4.5 IPS 网络安全设计	152
5.4.6 IPS 存在的问题	153
5.5 网络隔离设计	154
5.5.1 网络隔离的技术特点	155
5.5.2 网络物理隔离卡工作原理	156
5.5.3 安全隔离网闸工作原理	158
5.5.4 安全隔离网络设计	161
5.6 VPN 网络安全设计	163
5.6.1 VPN 技术特点	163
5.6.2 VPN 网络设计	165
5.6.3 VPN 网络设计案例	167
5.6.4 VPN 穿透 NAT 的问题	169
习题	170
讨论	170
第 6 章 网络物理设计	172
6.1 常用网络设备	172
6.1.1 交换机	172
6.1.2 路由器	177
6.1.3 服务器	181
6.1.4 防火墙	187
6.2 传输介质	189
6.2.1 双绞线传输介质	189
6.2.2 光纤传输介质	192
6.3 综合布线系统设计	196
6.3.1 综合布线系统设计	196
6.3.2 建筑群子系统设计	198
6.3.3 工作区子系统设计	199
6.3.4 水平子系统设计	200
6.3.5 垂直干线子系统设计	201
6.3.6 管理子系统设计	202
6.3.7 设备间子系统设计	202
6.3.8 综合布线设计中应当注意的问题	203
6.4 网络互连	204
6.4.1 网络互连的内容	204
6.4.2 网络线路互连	204
6.4.3 交换机设备互连	206
6.4.4 网络传输距离的扩展	209

习题	210
讨论	210
第 7 章 应用网络设计	211
7.1 存储网络设计	211
7.1.1 磁盘阵列技术	211
7.1.2 光纤通道存储网络设计	214
7.1.3 iSCSI 存储网络设计	216
7.1.4 存储区域网络设计	218
7.1.5 容错集群技术	221
7.1.6 双机热备系统设计	222
7.2 工业以太网设计	224
7.2.1 工业以太网技术	224
7.2.2 EtherNet/IP 工业以太网	226
7.2.3 工业以太网结构与设计	229
7.2.4 工业以太网存在的问题与解决方法	233
7.3 VoIP 网络设计	235
7.3.1 信令系统	235
7.3.2 VoIP 基本技术	237
7.3.3 H.323 体系下的 VoIP 技术	239
7.3.4 SIP 体系下的 VoIP 技术	241
7.3.5 媒体网关控制协议 (MGCP)	243
7.3.6 VoIP 网络基本设计原则	245
7.3.7 VoIP 网络设计案例	248
习题	250
讨论	250
第 8 章 无线网络设计	252
8.1 无线网络技术	252
8.1.1 无线网络类型	252
8.1.2 无线通信频率划分	254
8.1.3 无线电信号的传播	255
8.1.4 固定无线网系统结构	257
8.2 WLAN 无线局域网设计	259
8.2.1 WLAN 的标准与模型	259
8.2.2 WLAN 工作原理	261
8.2.3 移动 IP 无线局域网	264
8.2.4 WLAN 的安全	265
8.2.5 WLAN 的拓扑结构	267
8.2.6 WLAN 网络设计	268

8.3 LMDS 固定无线网络设计	270
8.3.1 LMDS 系统概述	270
8.3.2 LMDS 技术的发展	272
8.3.3 LMDS 系统结构	273
8.3.4 LMDS 设计参数选择	274
8.3.5 LMDS 网络设计	277
8.4 DBS 数字卫星通信网技术	279
8.4.1 卫星通信系统的组成	280
8.4.2 DBS 系统组成	282
8.4.3 DBS 系统工作原理	284
8.4.4 DBS 系统技术性能的改进	285
习题	287
讨论	287
第 9 章 城域接入网设计	288
9.1 城域网结构	288
9.1.1 城域网层次结构	288
9.1.2 ITU-T 对接入网的定义	289
9.1.3 接入网的类型	292
9.1.4 宽带接入网存在的问题	293
9.2 窄带接入技术	294
9.2.1 E1/T1 数字化链路	294
9.2.2 PSTN 接入网技术	296
9.2.3 ISDN 接入网技术	297
9.2.4 X.25 接入网技术	297
9.2.5 FR 接入网技术	299
9.2.6 DDN 接入网技术	299
9.3 Ethernet 城域接入网设计	301
9.3.1 Ethernet 接入网的优点	301
9.3.2 Ethernet 接入网需要解决的技术问题	302
9.3.3 Ethernet 接入网设计技术	304
9.3.4 电信级以太城域网设计技术	305
9.4 ADSL 城域接入网设计	307
9.4.1 ADSL 技术的发展	307
9.4.2 ADSL 工作原理	309
9.4.3 DSLAM 设计技术	311
9.4.4 DSLAM 城域接入网设计	313
9.5 HFC 城域接入网设计	314
9.5.1 HFC 工作频段	315

9.5.2	DOCSIS 技术标准	316
9.5.3	HFC 城域接入网设计	317
9.5.4	HFC 设计中应当注意的问题	321
9.5.5	HFC 的优点与缺点	322
	习题	323
	讨论	323
第 10 章	传输网与广域网技术	324
10.1	SDH 同步数字系列	324
10.1.1	SDH 系统的特点	324
10.1.2	SDH 系统的基本结构	326
10.1.3	SDH 网络的同步	327
10.1.4	SDH 系统网络设计	328
10.2	DWDM 密集波分复用系统	329
10.2.1	DWDM 系统的特点	329
10.2.2	DWDM 系统的组成	331
10.2.3	DWDM 网络的环路保护	333
10.2.4	DWDM 传输网设计	335
10.3	RPR 弹性分组环城域网设计	339
10.3.1	RPR 弹性分组环技术	339
10.3.2	RPR 弹性分组环网络设计	340
10.4	中国主要互联网	343
10.5	ChinaNet 中国公用计算机互联网	346
10.5.1	ChinaNet 骨干网结构	346
10.5.2	ChinaNet 与窄带广域网	348
10.6	中国下一代互联网 CERNET2	349
10.7	GLORIAD 中美俄环球科教网	351
	习题	353
	讨论	353
附录 1	常用网络图标注释	354
附录 2	常用网络通信协议结构图	355
附录 3	常用路由协议	356
附录 4	广域网常用速率标准	357
附录 5	常用网络互连设备	358
附录 6	网络拓扑结构案例	360
附录 7	课程综合作业	364
	参考资料	365

第 1 章

网络设计概论



在网络设计中会涉及许多协议与标准，核心标准主要是 ITU-T、IEEE、RFC 三大系列标准。在数据通信网络设计中，ITU-T 系列标准更接近于物理层的定义，IEEE 802 系列标准则关注物理层和数据链路层，RFC 系列标准则更加注重数据链路层以上的规范。

1.1 计算机网络概论

1.1.1 计算机网络定义

计算机网络是利用通信设备、通信线路和通信协议，将分布在不同地点、功能独立的多台计算机互连起来，通过功能完善的网络软件，实现网络资源共享和信息传输的系统。

根据以上定义可以看到，计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物，其主要连接对象是计算机和数据终端等。网络设备包括交换机、路由器、服务器主机等，也包括调制解调器、光端机等通信设备。通信线路的传输介质有双绞线、光纤、微波等。计算机网络之间的通信必须遵守一系列的网络协议和通信标准，最常用到的协议和标准有 RFC 文档（如 TCP/IP）、IEEE 标准（如 IEEE 802.3）、ITU-T 建议（如 V.92）等。计算机网络互连包括了硬件、线路之间的互连，以及软件之间的连接。计算机网络的应用必须具有相应的网络软件，这些软件包含网络操作系统（如 Windows Server、Linux、FreeBSD、Sun Solaris 等）、网络服务器软件（如 IIS、Exchange Server、Sendmail 等）、客户端软件（如 Internet Explorer、QQ、FlashGet 等）。

计算机网络的目的在于实现资源共享和信息交流。资源包括硬件资源和软件资源。硬件有网络存储、网络打印机、网络计算等；软件资源如文件下载、数据共享等。在计算机网络中，信息交流以交互方式进行，主要有网页、邮件、论坛、即时通信、IP 电话、视频点播等形式。计算机网络为远程教育、远程管理、协同工作等新的工作方式提供了一个很好的平台。

计算机网络是通信网络的一种，虽然它可以传输和处理文字、图形、声音、视频信号等，但是所有这些信息在计算机内部必须转换为“数据”的形式进行处理，因此计算机网络是一种数据通信网络。这些数据在传输过程中，既可以采用数字通信方式，也可以采用模拟通信

方式。由于以上原因，我们将计算机网络的数据传输处理过程称为“通信”，而将传统的模拟信号传输处理过程称为“通讯”。

1.1.2 计算机网络分类

根据 IEEE 802 系列标准规定，计算机网络按照地理范围可以分为局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN），这是一种最常见的分类方法。

局域网通常在一幢建筑物内或相邻几幢建筑物之间。局域网是结构最简单的计算机网络，也是目前应用最广泛的计算机网络。尽管局域网是最简单的网络，但并不意味着它们必定是小型网络。由于光通信技术的发展，局域网覆盖范围越来越大，我们往往将直径达数千米的连续的园区网（如大学校园网、智能小区网）也归纳到局域网的范围。

城域网的覆盖区域为数十千米以内的城市和郊区，城域网往往由多个园区网以及城域接入网、城域传输网等组成。

广域网的覆盖范围通常在数百千米以上，一般为多个城域网的互连（如 ChinaNet），甚至是全球各个国家之间网络的互连（如 Internet）。

网络的各种分类方法如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的网络分类方法

分类方法	网络类型
按地理范围分类	局域网、城域网、广域网
按拓扑结构分类	点对点型、总线型、星型、树型、环型、网状型、蜂窝型等
按业务类型分类	计算机网、电信网、电视网
按传输方式分类	广播式网络、点对点网络
按网络协议分类	以太网、令牌环、Apple Talk、Novell Netware、FDDI、ATM
按交换技术分类	电路交换网、分组交换网
按信号复用分类	空分复用、频分复用、时分复用、统计时分复用
按接入技术分类	有线：PSTN、ISDN、X.25、FR、DDN、ADSL、HFC、Ethernet 等； 无线：LMDS、MMDS、WLAN、GPRS、VSAT、DBS 等
按通信技术分类	用户驻地网（CPN）、接入网（AN）、交换网（IP、ATM）、传输网（PDH、SDH、DWDM）
按通信性质分类	业务网（如电话网、数据网、电报网、传真网、多媒体网、综合业务网、智能网等）、支撑网（如信令网、同步网、管理网等）

1.2 计算机网络系统集成

1.2.1 系统集成的特点

美国信息技术协会（ITAA）对系统集成（SI）的定义是：根据一个复杂的信息系统或子系统的要求，验明多种技术和产品，并建立一个完整的解决方案的过程。

1. 系统集成的组成

根据以上定义，系统集成的对象是信息系统或子系统。我们可以将“信息系统”分解为网络系统、硬件系统和软件系统三大部分，这三大部分有各自独立的功能，也相互关连。系统集成技术贯穿于系统集成工作的全过程（见图 1-1）。

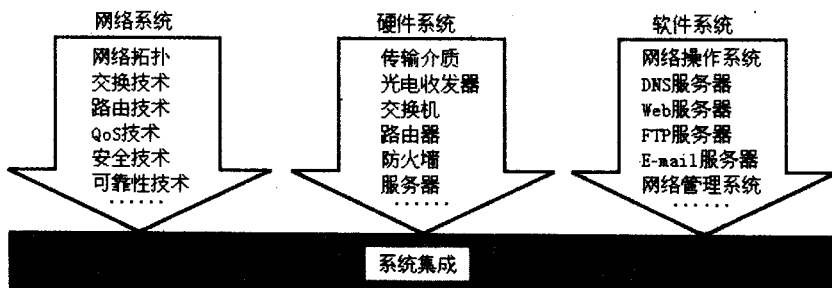


图 1-1 系统集成的组成

2. 系统集成的复杂性

系统集成的复杂性虽然没有一个精确的定义，但是一个大型系统集成项目的复杂性体现在技术、成员、环境、约束四个方面，它们之间互为依存关系（见图 1-2）。下面分别进行介绍。

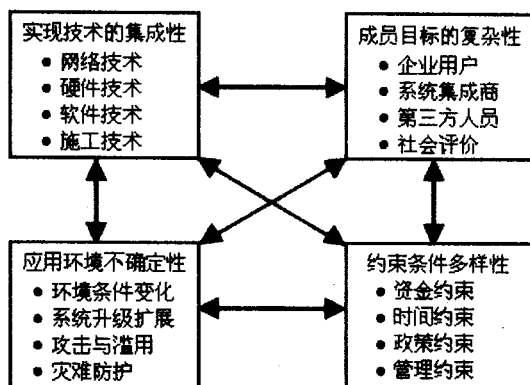


图 1-2 系统集成的复杂性

实现技术的集成性：系统集成涉及网络技术、硬件技术、软件技术和施工技术四个方面的有机融合，这增加了系统的复杂性。例如，在系统集成工程中选择 IBM 公司的大型专业服务器，也就意味着选择了 UNIX 软件平台，相应的网络技术和应用软件也会随之变化。

成员目标的复杂性：系统集成涉及用户、系统集成商、第三方人员（如专家、项目监管人员）和社会评价部门（如协作企业、政府部门），它们之间既有共同的目标，也有不同的期望。系统集成项目的最终成功是符合四方利益的，但用户期望这是一个低投入、高回报的项目；而系统集成商则期望项目能够高效率进行，而且带来高利润；第三方人员则希望项目能够保证高性能和高品质，以减少自己的责任风险；协作企业则希望不要引起自己系统工作模式的改变。因此，一个系统集成项目需要各方全力协作。

应用环境不确定性：系统集成应当考虑到项目今后环境发生的变化，如电力不足、用户办公环境改造、城市建设改造等问题；还要考虑到企业由于计算机使用人员增加，对系统造成的压力，以及系统的升级改造。另外，系统外部的攻击、内部人员的滥用（如多线程下载），也会给系统带来不确定的变化因素。

约束条件多样性：系统集成还会受到资金、时间、政策、管理等条件的约束。其中最大