



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

Telecommunication

# 现代电信 交换技术与通信网

尤克 黄静华 陈鸽 编著  
何希才 审



北京航空航天大学出版社



北京高等教育精品教材  
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

内容简介

# 现代电信交换技术与通信网

尤克 黄静华 陈 鸽 编著  
何希才 审

ISBN 978-7-81077-930-2

中国标准书号 CIP 数据 032474 号

北京航空航天大学出版社  
编著 尤克 黄静华 陈 鸽  
审 何希才  
责任编辑 梁文金

北京市昌平区学院路37号(100083) 发行部电话:010-82817024 传真:010-82828038

http://www.buaapress.com.cn E-mail:buaapress@263.net

北京市昌平区学院路37号(100083) 发行部电话:010-82817024 传真:010-82828038

开本 787×960 1/16 印张 10.25 字数 142千字  
北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS PRESS



本书主要介绍现代电信的主要交换技术和理论、通信网的基本知识和目前流行的主流技术。书中强调了基本概念、系统结构和实际应用环境的有机结合。

书中内容分为两部分。第一部分主要介绍现代电信交换技术,内容包括电话交换的基本原理、交换技术基础、数字交换原理、数字交换系统的终端设备、程控交换机的控制设备、呼叫处理的基本原理、信令方式、程控数字用户交换机的典型实例及其工程设计和管理与维护。第二部分主要介绍通信网,内容包括电话交换网、宽带网基础、公用分组交换数据通信网、B-ISDN 与 xDSL 宽带网技术、ATM 异步转移模式、光交换技术以及智能网等。

本书可供通信技术人员、管理人员及从事程控交换机的研制、开发、生产和维护的工程技术人员使用,也可作为高等院校电信专业和计算机通信专业的教材,或作为通信领域技术人员的自学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代电信交换技术与通信网/尤克,黄静华编著. —北京:  
北京航空航天大学出版社,2007.4  
ISBN 978-7-81077-930-2

I. 现… II. ①尤…②黄… III. ①通信交换②通信网  
IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 035474 号

### 现代电信交换技术与通信网

尤 克 黄静华 陈 鸽 编著

何希才 审

责任编辑:金友泉

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:19.75 字数:442 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81077-930-2 定价:26.00 元

# 前言

随着科学技术的进步,人们对信息需求的时效性提出了更高的要求。为了满足人们对高速数据传输,以及对可视电话、可视图文、图像通信和多媒体等宽带业务的需求,世界各国的通信行业正在积极研究和开发宽带数字通信网,并且随着现代电信技术的发展,通信网朝着数字化、智能化、宽带化、个人化和全球化发展。而所有电信网络实现的关键技术是交换技术,交换技术的实现,促进了电信网的发展。而电信网络作为支撑电话、移动电话和 Internet 技术发展的基础设施,改变了人类生产和生活的各个方面。当代通信技术领域的发展极其迅速,新技术、新业务、新设备层出不穷,从事通信工程技术的工作人员迫切需要不断地了解和掌握当代通信技术的知识与新发展,以便解决通信专业的有关问题。编者结合通信技术的发展,在多年教学与科研实践的基础上,编写了本书,这将会对从事通信专业工作的读者提供有益的帮助。

全书共分 18 章。第 1 章为绪论。主要介绍电话交换的基本原理及通信交换技术的发展。

第 2 章为脉码调制技术与数字交换原理。主要介绍脉码调制技术、时分多路、定时与同步,复用器与分路器、时分接线器和空分接线器以及数字交换网的构成。

第 3 章为数字交换系统的终端设备。主要介绍用户线终端、中继器以及信号终端等。

第 4 章为程控交换机的控制设备。主要介绍对控制设备的要求、程控交换机的控制方式、处理机的冗余配置及处理机间的通信方式。

第 5 章为程控交换机软件概念。主要介绍程控交换机的运行软件与基本软件,程序的执行管理与故障处理,软件用语言等。

第 6 章为呼叫处理的基本原理。主要介绍呼叫接续的处理过程、SDL 图、输入处理、输出处理、分析处理以及任务执行等。

第 7 章为交换技术基础。主要介绍话务量、交换网络的内部阻塞以及控制部件的呼叫处理能力等。

第 8 章为信令方式。主要介绍用户信令、局间随路信令以及公共信道信令等。

第 9 章为电话通信网。主要介绍通信网的结构,长途电话网与市内电话网、入网方式及数字同步网和网同步等。

第 10 章为程控用户交换机工程设计。介绍交换机的选型编号工程设计、调测、管理与维护。

第 11 章为公用分组交换数据通信网。主要介绍数据通信网的交换方式,分组交换原理,我国公用分组数据交换网及其发展前景。

第 12 章为移动通信的交换技术。介绍移动交换基本功能、移动通信系统及未来发展。

第 13 章为 ATM 异步转移模式。主要介绍 ATM 交换方式及应用等。

第 14 章为光交换技术。主要介绍光交换的原理及实现方式。

第 15 章为 ISDN 技术。主要介绍 ISDN 业务特点及其发展,用户网接口技术,协议及连接,终端分类及配置等。

第 16 章为宽带网基础。介绍什么是宽带网,宽带网的接入技术、宽带网业务。

第 17 章为 xDSL 宽带接入技术。主要介绍 xDSL 的调制方式、xDSL 的分类、ADSL 的特点、工作原理、协议标准应用与发展。

第 18 章为智能网。主要介绍智能网的体系结构、智能网的业务、智能网及其关键技术。

在本书的编写过程中,参考了有关作者的资料,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中的错误与不当之处在所难免,热切希望广大读者批评指正。

编者

2006 年 8 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	1
1.1 交换的引入 .....	1
1.2 交换方式 .....	3
1.2.1 电路交换 .....	3
1.2.2 分组交换 .....	5
1.2.3 帧交换和帧中继 .....	7
1.2.4 ATM 交换 .....	7
1.2.5 IP 交换 .....	8
1.2.6 光交换 .....	9
1.2.7 软交换 .....	9
1.3 通信交换技术的发展.....	10
1.3.1 大容量交换网络.....	10
1.3.2 基本结构组件按照模块化的网络形态设计.....	10
1.3.3 大线束动态集线比.....	11
1.3.4 移动交换的系统综合已显得日趋紧迫.....	11
1.3.5 智能网的发展最终将使交换与业务控制分离.....	11
1.3.6 “网上的机”——机网一体化.....	12
1.3.7 接入网.....	13
1.3.8 下一代的通信技术.....	13
1.4 练习与思考题.....	13
<b>第 2 章 脉码调制技术与数字交换原理</b> .....	15
2.1 脉冲编码调制数字传输原理.....	15
2.1.1 模拟信号和数字信号.....	15
2.1.2 语音信号的数字化.....	17
2.1.3 时分多路复用概念.....	18
2.1.4 PCM 30/32 路时分多路复用系统的构成 .....	19
2.1.5 PCM 30/32 路系统的帧结构 .....	20

2.1.6	定时和同步	22
2.1.7	PCM 的一次群和高次群	23
2.2	数字交换原理	25
2.2.1	复用器、分路器和串/并、并/串变换	26
2.2.2	时分接线器和空分接线器	27
2.2.3	数字交换网络	32
2.3	练习与思考题	38
<b>第 3 章</b>	<b>数字交换系统的终端设备</b>	<b>39</b>
3.1	交换机的典型结构	39
3.2	用户线终端	40
3.2.1	用户模块	40
3.2.2	用户电路	42
3.3	中继器	46
3.3.1	模拟中继器	46
3.3.2	数字中继器	46
3.4	信号终端	51
3.4.1	数字音频信号的产生	51
3.4.2	数字音频信号的发送	53
3.4.3	数字音频信号的接收	54
3.5	练习与思考题	54
<b>第 4 章</b>	<b>程控交换机的控制设备</b>	<b>55</b>
4.1	对控制设备的要求	55
4.2	程控交换机的控制方式	56
4.2.1	集中控制方式	56
4.2.2	分散控制方式	56
4.3	处理机的冗余配置	58
4.3.1	备用方式	58
4.3.2	同步方式	59
4.3.3	成对互助方式(话务分担方式)	60
4.4	处理机间通信方式	62
4.4.1	通过 PCM 信道进行通信	62
4.4.2	采用专用总线传送和交换控制信息	62

10	4.4.3	计算机网络的通信方式(令牌传送)	63
10	4.5	练习与思考题	64
<b>第5章 程控交换机软件概况</b>			<b>65</b>
20	5.1	程控交换机的运行软件	65
20	5.1.1	程控交换机对运行软件的要求	65
70	5.1.2	运行软件的组成	66
70	5.2	基本软件	67
20	5.2.1	局数据库	67
20	5.2.2	程 序	70
001	5.2.3	软件结构	70
001	5.3	程序的执行管理	71
001	5.3.1	群处理、多重处理和实时处理	71
001	5.3.2	程序的执行级别	72
101	5.4	程控交换机软件用语言简介	73
501	5.4.1	高级语言 CHILL	74
501	5.4.2	描述语言 SDL	75
501	5.4.3	人-机语言 MML	75
201	5.5	故障处理	76
201	5.5.1	故障处理的过程	76
201	5.5.2	故障检测的方法	77
201	5.5.3	系统再组成	79
201	5.5.4	再启动处理	79
201	5.5.5	故障诊断	80
511	5.5.6	例行测试程序	81
211	5.6	程控交换机的实践	82
211	5.7	练习与思考题	83
<b>第6章 呼叫处理的基本原理</b>			<b>84</b>
211	6.1	呼叫接续的处理过程	84
211	6.2	用 SDL 图来描述呼叫处理过程	86
051	6.2.1	稳定状态和状态转移	86
151	6.2.2	SDL 图简介	87
	6.2.3	呼叫处理过程	88



60	6.3 输入处理	91
60	6.3.1 用户线扫描及摘/挂机识别分析	91
60	6.3.2 接收脉冲话机的拨号号码	94
60	6.3.3 按钮话机拨号号码的接收	95
60	6.4 分析处理	96
60	6.4.1 去话分析	97
60	6.4.2 号码分析	97
60	6.4.3 来话分析	98
60	6.4.4 状态分析	98
60	6.5 任务执行和输出处理	100
60	6.5.1 动作准备	100
60	6.5.2 输出命令	100
60	6.5.3 终了处理	100
60	6.6 练习与思考题	101
60	<b>第7章 交换技术基础</b>	102
60	7.1 话务基本知识	102
60	7.1.1 话务量	102
60	7.1.2 线群的利用度与利用率	105
60	7.1.3 爱尔兰公式	106
60	7.1.4 呼损	106
60	7.2 交换网络的内部阻塞	109
60	7.2.1 网络阻塞的概念	109
60	7.2.2 阻塞概率的计算	109
60	7.2.3 降低内部阻塞的方法及无阻塞网络	112
60	7.3 控制部件的呼叫处理能力	113
60	7.3.1 BHCA 的计算	114
60	7.3.2 BHCA 的测量	115
60	7.3.3 工程设计中选择设备处理机负荷能力的规定	116
60	7.3.4 过负荷控制	118
60	7.3.5 呼叫处理能力的提高	120
60	7.4 练习与思考题	121
60		

<b>第 8 章 信令方式</b> .....	122
8.1 简 述 .....	122
8.1.1 信令的基本概念 .....	122
8.1.2 信令分类及一些基本定义 .....	122
8.2 用户信令 .....	124
8.2.1 用户状态信令 .....	124
8.2.2 选择信令(地址信令) .....	124
8.2.3 各种信号音 .....	125
8.3 局间随路信令 .....	126
8.3.1 局间随路信令的传输方式 .....	126
8.3.2 线路信令 .....	127
8.3.3 多频记发器信令 .....	133
8.4 公共信道信令 .....	135
8.4.1 公共信道信令方式的工作原理和特征 .....	135
8.4.2 No. 7 公共信道信号系统 .....	136
8.4.3 公共信道信号网 .....	144
8.5 练习与思考题 .....	148
<b>第 9 章 电话通信网</b> .....	149
9.1 通信网简述 .....	149
9.2 电话网的结构 .....	149
9.3 长途电话网 .....	151
9.3.1 长途电话网络的路由计划 .....	151
9.3.2 长途电话的接续制度和接续方式 .....	153
9.4 市内电话网 .....	154
9.4.1 单局制市话网 .....	154
9.4.2 多局制市话网 .....	155
9.5 入网方式 .....	157
9.5.1 用户入网方式 .....	157
9.5.2 专用电话网交换机进入公用网的进网方式 .....	160
9.6 数字同步网和网同步 .....	161
9.6.1 滑码的产生及影响 .....	161
9.6.2 网同步 .....	162

9.7	练习与思考题	164
<b>第 10 章</b>	<b>程控用户交换机工程设计</b>	<b>165</b>
10.1	程控用户交换机的选型原则	165
10.1.1	技术先进性问题	165
10.1.2	可靠性问题	166
10.1.3	适用性问题	166
10.1.4	符合进公用网的要求	166
10.1.5	功能要求问题	167
10.1.6	经济性问题	167
10.1.7	机房环境要求问题	167
10.1.8	计费问题	167
10.1.9	维护问题	167
10.2	编号计划	167
10.2.1	编号方法	168
10.2.2	编号原则	168
10.2.3	出入中继的号码制度	168
10.2.4	特种业务号码	169
10.3	用户交换机工程设计的内容	170
10.4	用户交换机的调试、验收和开通	171
10.4.1	安装系统调试	171
10.4.2	验收测试	172
10.4.3	开通与试运转	174
10.5	机房与电源设计	174
10.5.1	机房设计	174
10.5.2	电源设计	175
10.6	用户交换机进网要求	176
10.6.1	与交换机间的接口	177
10.6.2	与用户设备间的接口	178
10.6.3	工程中程控用户交换机一般使用的接口	178
10.7	程控交换机的管理与维护	179
10.7.1	系统运行和操作管理	180
10.7.2	话务量的统计和管理	180

<b>第 11 章 公用分组交换数据通信网</b> .....	182
11.1 数据通信网的交换方式 .....	182
11.1.1 电路交换 .....	182
11.1.2 报文交换 .....	182
11.1.3 分组交换 .....	183
11.2 分组交换的原理 .....	183
11.3 我国的公用分组数据交换网 .....	187
11.3.1 我国公用分组数据交换网的构成 .....	187
11.3.2 我国公用分组数据交换网提供的业务功能 .....	187
11.3.3 进入 CHINAPAC 网的用户终端种类及入网 .....	191
11.4 练习与思考题 .....	194
<b>第 12 章 移动通信的交换技术</b> .....	196
12.1 移动通信系统 .....	196
12.2 移动通信网的服务区 .....	197
12.3 移动通信的多址接入技术 .....	199
12.4 移动交换基本功能 .....	200
12.5 收发信接续方式 .....	203
12.6 移动通信网进入市话网的方式 .....	206
12.7 移动交换技术的未来发展 .....	208
12.8 练习与思考题 .....	210
<b>第 13 章 ATM 异步传送方式</b> .....	211
13.1 ATM 基本概念 .....	211
13.1.1 ATM 的特点 .....	211
13.1.2 通信线路、通信实体和通信规程 .....	214
13.2 ATM 交换 .....	215
13.2.1 时分交换结构 .....	215
13.2.2 空分交换结构 .....	220
13.2.3 ATM 交换实例 .....	222
13.3 ATM 应用 .....	224
13.3.1 公众电信网络 .....	224
13.3.2 公众数据通信网络 .....	225
13.3.3 计算机局域网 .....	227

13.3.4	Internet .....	229
13.3.5	电 视 .....	230
13.3.6	语音通信 .....	231
13.4	练习与思考题 .....	231
<b>第 14 章</b>	<b>光交换技术</b> .....	<b>234</b>
14.1	光交换技术的基本概念 .....	234
14.2	光交换技术实现方式与原理 .....	235
14.2.1	光复用技术 .....	235
14.2.2	光交换技术的实现方式 .....	235
14.3	光交换基本原理 .....	235
14.3.1	光空分交换 .....	235
14.3.2	光时分交换 .....	236
14.3.3	光波分交换 .....	236
14.4	光 ATM .....	237
14.5	光交换器件技术 .....	237
14.6	光交换机的发展 .....	238
14.7	练习与思考题 .....	240
<b>第 15 章</b>	<b>ISDN 技术</b> .....	<b>241</b>
15.1	ISDN 的基本概念 .....	241
15.1.1	ISDN 业务具有的特点 .....	241
15.1.2	ISDN 的业务功能 .....	242
15.1.3	发展 ISDN 的必要性 .....	242
15.2	ISDN 技术 .....	243
15.2.1	ISDN 用户/网路接口技术 .....	243
15.2.2	ISDN 采用的协议及连接 .....	245
15.2.3	ISDN 的技术特点 .....	246
15.2.4	ISDN 的业务及应用 .....	247
15.2.5	ISDN 终端分类 .....	251
15.2.6	终端设备配置 .....	253
15.2.7	ISDN 的技术比较及发展前景 .....	254
15.3	练习与思考题 .....	257

<b>第 16 章 宽带网基础</b> .....	258
16.1 什么是宽带网 .....	258
16.1.1 宽带网的产生 .....	258
16.1.2 宽带网的技术 .....	258
16.1.3 国家信息基础设施(NII) .....	259
16.2 宽带接入网技术 .....	260
16.2.1 接入网的各种技术方案 .....	260
16.2.2 几种接入技术的比较 .....	264
16.3 宽带网业务 .....	265
16.3.1 局域网高速互联 .....	265
16.3.2 会议电视 .....	265
16.3.3 高速 Internet 上网 .....	265
16.3.4 实时影视点播(VOD)业务 .....	266
16.3.5 远程医疗 .....	266
16.3.6 远程教育 .....	266
16.3.7 虚拟专用网(VPN) .....	266
16.4 练习与思考题 .....	266
<b>第 17 章 xDSL 宽带接入技术</b> .....	267
17.1 xDSL 的调制方式 .....	267
17.1.1 2B1Q 方式 .....	267
17.1.2 CAP 方式 .....	267
17.1.3 DMT 方式 .....	268
17.1.4 CAP 与 DMT 的比较 .....	268
17.2 xDSL 的分类 .....	268
17.2.1 HDSL .....	269
17.2.2 ADSL .....	269
17.2.3 VDSL .....	270
17.2.4 分离器的功能 .....	271
17.2.5 xDSL 的应用范围 .....	271
17.3 ADSL 概述 .....	272
17.3.1 ADSL 简介 .....	272
17.3.2 ADSL 的特点 .....	273

17.3.3	ADSL 的工作原理	275
17.3.4	ADSL 的编码技术	276
17.3.5	ADSL 的协议标准	276
17.3.6	ADSL 的应用与发展	278
17.3.7	ADSL 的接入	281
17.4	练习与思考题	284
<b>第 18 章 智能网</b>		286
18.1	智能网概述	286
18.1.1	智能网的产生背景与发展历程	286
18.1.2	智能网特点	288
18.2	智能网体系结构	289
18.2.1	智能网概念模型	289
18.2.2	智能网的功能部件	291
18.2.3	智能网的目标	293
18.3	智能网业务	293
18.3.1	智能网业务简介	293
18.3.2	智能网业务举例	294
18.4	宽带智能网及其关键技术	296
18.4.1	宽带智能网	296
18.4.2	宽带智能网的体系结构	297
18.4.3	宽带智能网的问题	299
18.5	练习与思考题	299
<b>参考文献</b>		301

# 第1章 绪论

交换设备、传输设备和用户终端设备是通信网的基本组成部分,而交换设备是极其重要的组成部分。随着科学技术的发展和生产技术的不断提高,交换技术也在不断更新;交换机的性能日趋完善,处理速度更快,更能适应当今信息社会的需要。本章主要介绍什么是交换,为什么在通信网中一定要引入交换的功能,通信网中交换设备究竟完成哪些功能,在通信网中都有哪些交换方式,不同交换方式之间的区别是什么,使读者掌握通信中一些基本、重要的概念,为以后各章节的学习打下基础。

## 1.1 交换的引入

通信的目的是快速而且有效、可靠地传递信息。一个最简单的通信系统是只由两个用户终端和连接这两个终端的传输线路所构成的。这种通信系统所实现的通信方式称为点到点通信方式,如图 1-1 所示。点到点通信方式仅能满足与一个用户终端进行通信的最简单的通信需求。然而,现实的通信是要求在一群用户之间能够实现相互通信,而不是仅仅与一个用户进行通信。现以最多的话音通信的电话为例,用户当然希望能与电话网内任何一个用户在需要时进行通话,这样,最直接的方法就是用通信线路将多个用户终端两两相连,如图 1-2 所示。

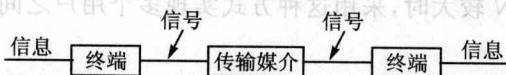


图 1-1 点到点通信方式

在图 1-2 中,6 个电话终端通过传输线路两两互联,实现了任意终端之间的相互通话。由此可知,当用这种互联方式进行通信且用户终端数为 6 时,每个用户要使用 5 条通信线路,将自己的电话机分别与另外的 5 个电话机相连。此外,每个电话机还需配备一个 5 选 1 的多路选择开关,根据通话的需要选择与不同电话机相连,以实现两两通话,如图 1-3 所示。若不使用多路选择开关,则每个用户就要使用 5 个电话终端实现与任意终端的通话。

两两互联通话连接方式的特点如下:

(1) 若用户终端数为  $N$ ,则两两相联所需的线对数  $CN_2 = N(N-1)/2$ 。

(2) 每个用户终端需要配置一个  $(N-1)$  路的选择开关。

例如,有 100 个用户要实现任意用户之间相互通话,采用两两互联的方式,终端数  $N=100$ ,则需要的线对数  $CN_2 = N(N-1)/2 = 100 \times (100-1)/2 = 4950$  (条),而且每个用户终端



需要配置一个 99 路的选择开关。

由上述实例可知,这种方式的缺点如下:

- (1) 两两互联所需的线对数的数量很大,线路浪费大,投资大,非常不经济。
- (2) 要配置多路选择开关,而且主、被叫终端之间需要复杂的开关控制以及控制协调。
- (3) 增加一个用户终端的操作非常复杂。

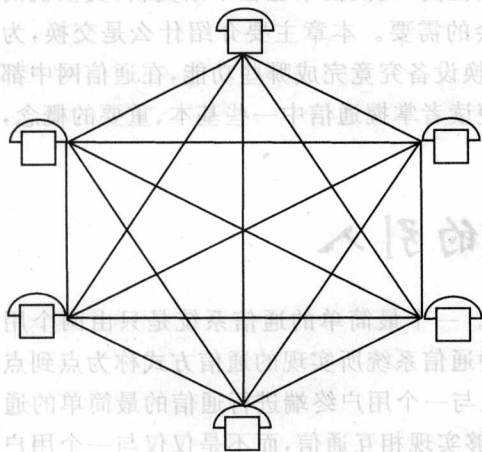


图 1-2 两两互联的电话通信

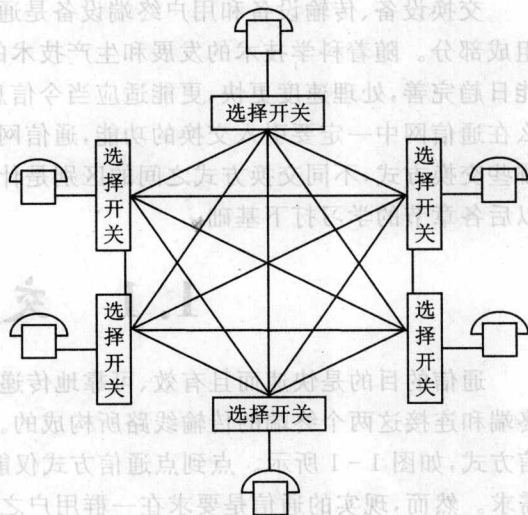


图 1-3 两两互联电话通信中的选择开关

因此,当用户终端数  $N$  较大时,采用这种方式实现多个用户之间的通信是不现实的,无法实用化。

为此,要实现多个终端之间的通信,引入了交换节点。有了交换节点,各个用户终端不再是两两互联,而是分别经由一条通信线路连接到交换节点上,如图 1-4 所示。该交换节点就是通常所说的交换机,完成交换的功能。在通信网中,交换就是在通信源和目的终端之间建立通话信道,实现通话信息传送过程。引入交换节点后,用户终端只需要一对线与交换机相连,节省了线路投资,组网灵活方便。用户间通过交换设备连接方式使多个终端的通信成为可能。

图 1-4 是通信网的最简单的形式,是由一个交换节点组成的通信网。而在实际应用中,为实现分布区域较广的多终端之间的相互通信,通信网往往由多个交换节点构成。这些交换节点之间或直接连接,或通过汇接交换节点相连,通过多种多样的组网方式,构成覆盖区域广泛的通信网络。图 1-5 所示的就是由多个交换节点构成的通信网。

通信的基本目标就是在任何时刻使任何两个地点的用户之间进行信息交换。因此,它必须具备 3 个基本要素,即交换设备、传输设备和用户终端设备。交换设备是构成通信网的核心要素,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配,实现一个用户终端呼