

高等学校试用教材

# 现代通信技术

第2版

魏东兴 冯锡钰 邢慧玲 编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等学校试用教材

# 现代通信技术

第2版

魏东兴 冯锡钰 邢慧玲 编著

机械工业出版社

本书共分三篇 14 章, 以通信系统中最基本的三种通信技术: 光纤通信、卫星通信、移动通信为主要内容, 全面介绍了这三种技术的基本知识、基本理论和最新发展动向。

本书可作为高等院校电子信息工程专业相关课程教材, 也可以作为相近专业学习通信技术的选修课教材, 同时可供从事这方面工作的工程技术人员和技术管理人员阅读和参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信技术/魏东兴等编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2003.8

高等学校试用教材

ISBN 7-111-06197-7

I. 现... II. 魏... III. 通信技术—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 067709 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王世刚 王小东 苏颖杰

封面设计: 张 静 责任印制: 路 琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.75 印张·484 千字

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

## 第 2 版前言

本书第 1 版于 1998 年由机械工业出版社出版以来，得到全国很多大专院校的支持和采用，先后印刷 5 次，受到广大师生的关注并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。虽然从第 1 版出版至今只有短短五、六年时间，但是“光纤通信”、“卫星通信”、“移动通信”等技术却取得了飞速发展。在光纤通信中，密集光波分复用技术（DWDM）和光放大器已经得到了普遍应用，WDM 全光通信网的出现为光纤通信开拓了极为广阔的前景；在卫星通信技术中，数字卫星通信技术已经成为主流，基本取代了模拟卫星通信技术；在移动通信技术中，第一代蜂窝移动通信系统（1G）已经基本停止运营，取而代之的第二代数字蜂窝移动通信系统（2G）已经占有 80% 以上的移动市场份额，同时第三代移动通信系统（3G）已经开始投入商业运营。为了能够更好地适应教学的需要，充分反映这些技术的最新发展成果，我们重新修订了本书。

本书共分三篇 14 章，以通信系统中最基本的三种通信技术：光纤通信、卫星通信、移动通信为主要内容，全面介绍了这三种通信技术的基本知识、基本理论和最新发展动向。需要说明的是，由于各院校通常将有关“数据通信”的内容放在计算机通信网络课程中，因此在本修订版中不再包括这部分内容。

本书由冯锡钰编写绪论，冯锡钰和邢慧玲编写第一篇，魏东兴编写第二篇，魏东兴和邢慧玲编写第三篇，全书由魏东兴统稿。此外，硕士研究生常娥、任春静、赵冠男、国炜、李旭、张荣强等同学认真阅读并整理了本书文稿，在此表示感谢。

本书在编写过程中，参阅了大量书籍、文章、资料，在此向这些文献的著作者表示诚挚的谢意。

本书的出版得到了大连理工大学教材出版基金的资助。

由于编者水平和能力有限，难免书中存在错误及疏漏之处，恳请广大读者斧正。

编著者  
2003 年 7 月于大连

## 第 1 版前言

随着信息社会的发展，通信技术以惊人的速度发展着，特别是以光纤通信、卫星通信和移动通信为代表的现代通信技术更是日新月异。为使学生在有限的学时内了解和掌握现代通信技术的发展，我们把以往单独设置的“光纤通信”、“卫星通信”、“移动通信”和“数据通信”等课程合并为一门“现代通信技术”课程。为适应教学的需要，特组织编写了本书。

本书全面地介绍现代通信的几个主要发展方向，全书分四篇十四章讲述光纤通信、卫星通信、移动通信和数据通信与数据网的基本知识和基本理论，并介绍了这些领域的新成果和新发展动向。

本书由冯锡钰编写绪论和第一篇，魏东兴编写第二篇，孙怡编写第三篇，刘军民编写第四篇。全书由冯锡钰主编。

本书得到大连理工大学教材出版基金的支持和大连理工大学教务处王续跃老师的大力帮助，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中不足及错误之处，恳请广大读者批评指正。

编者

1997年1月

# 目 录

## 第 2 版前言

## 第 1 版前言

绪论 .....	1	0.2.2 卫星通信 .....	5
0.1 通信技术的发展及基本概念 .....	1	0.2.3 移动通信 .....	5
0.1.1 通信技术的发展 .....	1	0.3 现代通信技术发展趋势 .....	6
0.1.2 通信系统及分类 .....	2	0.3.1 通信技术数字化 .....	6
0.1.3 通信方式 .....	2	0.3.2 通信业务综合化 .....	6
0.1.4 传输技术 .....	3	0.3.3 网络互通融合化 .....	6
0.1.5 质量指标 .....	3	0.3.4 通信网络宽带化 .....	7
0.2 现代通信的主要技术 .....	4	0.3.5 网络管理智能化 .....	7
0.2.1 光纤通信 .....	4	0.3.6 通信服务个人化 .....	7

## 第 1 篇 光 纤 通 信

第 1 章 光纤通信概论 .....	8	2.3 光纤的波动光学分析 .....	20
1.1 光纤通信的发展 .....	8	2.3.1 波动方程 .....	20
1.1.1 光纤通信的发展历程 .....	8	2.3.2 光纤中的模式 .....	20
1.1.2 光纤通信的发展方向和新技术 .....	9	2.3.3 单模光纤的模式特性 .....	23
1.2 光纤通信系统的基本构成 .....	11	2.4 光纤的传输特性 .....	25
1.2.1 光纤线路 .....	12	2.4.1 光纤的损耗特性 .....	25
1.2.2 光发射机 .....	12	2.4.2 光纤的色散特性 .....	27
1.2.3 光接收机 .....	13	2.5 光纤中的非线性光学效应 .....	32
1.3 光纤通信的优点和应用 .....	13	2.5.1 受激光散射 .....	32
1.3.1 光纤通信的优点 .....	13	2.5.2 非线性折射 .....	33
1.3.2 光纤通信的应用 .....	14	2.5.3 四波混频 .....	33
第 2 章 光纤和光缆 .....	15	2.6 光缆及连接技术 .....	34
2.1 光纤的结构和类型 .....	15	2.6.1 光缆及其结构 .....	34
2.1.1 光纤结构 .....	15	2.6.2 光纤及光缆的连接 .....	34
2.1.2 光纤类型 .....	15	第 3 章 光源和光发射机 .....	36
2.2 光纤的几何光学分析 .....	16	3.1 光发射机的基本组成 .....	36
2.2.1 射线理论要点 .....	17	3.2 半导体光源的发光机理 .....	36
2.2.2 光在多模阶跃光纤中的传输 .....	17	3.2.1 光辐射和粒子数反转分布 .....	37
2.2.3 光在多模渐变光纤中的传输 .....	19	3.2.2 PN 结的能带和电子分布 .....	38

3.3 半导体激光器 (LD) .....	40	5.2.2 系统的性能 .....	76
3.3.1 形成激光振荡的条件 .....	40	5.3 光同步数字传输网 .....	77
3.3.2 F-P 腔半导体激光器 .....	40	5.3.1 SDH 的产生 .....	77
3.3.3 分布反馈激光器 .....	42	5.3.2 SDH 的特点 .....	78
3.3.4 半导体激光器的主要特性 .....	43	5.3.3 SDH 的帧结构 .....	79
3.4 发光二极管 (LED) .....	47	5.3.4 SDH 的复用映射结构 .....	80
3.4.1 发光二极管的结构 .....	47	5.3.5 SDH 传输网 .....	81
3.4.2 发光二极管的工作特性 .....	47	5.4 光纤通信系统的设计 .....	82
3.5 光源的调制及驱动电路 .....	48	5.4.1 总体考虑 .....	82
3.5.1 光源的调制方式 .....	49	5.4.2 中继距离的计算 .....	83
3.5.2 直接调制及驱动电路 .....	49	5.5 模拟光纤通信系统 .....	86
3.6 激光器的控制电路 .....	51	5.5.1 调制方式 .....	87
3.6.1 自动温度控制 .....	51	5.5.2 副载波复用 (SCM) 光纤 传输系统 .....	88
3.6.2 自动功率控制 .....	52	5.6 光纤接入网 .....	91
<b>第 4 章 光接收机</b> .....	<b>53</b>	5.6.1 接入网概述 .....	91
4.1 数字光接收机的基本组成 .....	53	5.6.2 光纤接入网的基本结构 和应用类型 .....	92
4.2 光检测器 .....	54	5.6.3 无源光网络 .....	93
4.2.1 光敏二极管工作原理 .....	54	5.6.4 有源光网络 .....	95
4.2.2 PIN 光敏二极管 .....	55	5.6.5 光纤同轴电缆混合网 .....	95
4.2.3 雪崩光敏二极管 (APD) .....	57	5.7 光放大技术 .....	97
4.3 光接收机的前端及噪声 .....	59	5.7.1 掺铒光纤放大器 (EDFA) 工作原理 .....	98
4.3.1 等效电路 .....	59	5.7.2 掺铒光纤放大器的优点和应用 .....	98
4.3.2 光接收机的噪声与信噪比 .....	59	5.8 光波分复用技术 .....	99
4.3.3 前置放大器的设计 .....	62	5.8.1 光波分复用概述 .....	99
4.4 光接收机的灵敏度 .....	64	5.8.2 WDM 系统的构成及特点 .....	100
4.4.1 误码率 .....	64	5.8.3 光波分复用器与解复用器 .....	101
4.4.2 灵敏度 .....	67	5.9 相干光通信技术 .....	105
4.4.3 理想光接收机的灵敏度 .....	68	5.9.1 相干光通信系统的组成 与工作原理 .....	106
4.5 光接收机的线性通道及数据恢复 .....	69	5.9.2 相干光通信的优点 和关键技术 .....	108
4.5.1 自动增益控制和动态范围 .....	69	5.10 光孤子通信 .....	108
4.5.2 码间干扰与均衡滤波 .....	69	5.10.1 光孤子的形成与传输特点 .....	109
4.5.3 数据恢复 .....	70	5.10.2 光孤子通信系统的构成 .....	113
<b>第 5 章 光纤通信系统及新技术</b> .....	<b>71</b>	5.11 全光通信网 .....	113
5.1 系统结构与类型 .....	71	5.11.1 光传送网的概念 .....	113
5.1.1 光纤通信系统的结构 .....	71		
5.1.2 光纤通信系统的类型 .....	73		
5.2 数字光纤通信系统 .....	74		
5.2.1 数字光纤通信系统的组成 .....	74		

5.11.2 光传送网的分层结构 .....	114	5.11.5 WDM 光网络示例 .....	119
5.11.3 光分插复用器 .....	115	5.12 光时分复用技术 .....	120
5.11.4 光交叉连接器 .....	117	参考文献 .....	121

## 第2篇 卫星通信

<b>第6章 卫星通信概论</b> .....	122	8.2.4 空分多址方式 (SDMA) .....	164
6.1 卫星通信的概念 .....	122	8.2.5 随机多址方式 (ALOHA) .....	165
6.1.1 基本概念 .....	122	8.3 信道分配 .....	167
6.1.2 卫星通信的特点 .....	123	8.3.1 信道分配的含义 .....	167
6.1.3 卫星通信系统概述 .....	124	8.3.2 预分配 (PA) 方式 .....	167
6.2 卫星通信的发展 .....	126	8.3.3 按需分配 (按申请分配) 方式 .....	168
6.2.1 国际卫星通信的发展 .....	127	8.4 差错控制技术 .....	168
6.2.2 中国卫星通信的发展 .....	128	8.4.1 差错类型 .....	168
6.2.3 卫星通信技术的发展趋势 .....	129	8.4.2 差错控制方法 .....	169
<b>第7章 卫星通信系统</b> .....	131	8.4.3 信道编码技术 .....	170
7.1 通信卫星 .....	131	8.5 数字调制技术 .....	171
7.1.1 卫星的分类 .....	131	8.5.1 概述 .....	171
7.1.2 卫星的轨道 .....	131	8.5.2 数字调制的基本原理 .....	172
7.1.3 静止卫星的发射 .....	133	8.5.3 卫星通信系统中的 数字调制技术 .....	174
7.1.4 通信卫星的基本技术参数 .....	134	8.6 语音编码技术 .....	179
7.1.5 通信卫星的组成 .....	135	8.6.1 概述 .....	179
7.2 地球站系统 .....	139	8.6.2 波形编码 .....	180
7.2.1 地球站的类型和基本要求 .....	139	8.6.3 参量编码——线性预测 编码 (LPC) .....	182
7.2.2 地球站的主要性能指标 .....	140	8.6.4 混合编码 .....	184
7.2.3 地球站的组成 .....	141	8.7 数字电路倍增技术 .....	185
7.2.4 地球站的站址选择及布局 .....	148	<b>第9章 卫星通信网</b> .....	187
7.3 传输线路的计算 .....	149	9.1 卫星广播电视网 .....	187
7.3.1 基本概念 .....	150	9.1.1 卫星电视广播系统的组成 .....	187
7.3.2 传输损耗 .....	151	9.1.2 数字卫星电视广播 .....	189
7.3.3 噪声与干扰 .....	152	9.2 VSAT 网 .....	191
7.3.4 卫星通信链路的计算 .....	155	9.2.1 概述 .....	191
<b>第8章 卫星通信系统信号传输技术</b> .....	158	9.2.2 VSAT 网的组成及工作原理 .....	193
8.1 概述 .....	158	9.2.3 VSAT 小站设备简介 .....	197
8.2 信道复用技术 .....	159	9.3 全球定位系统 (GPS) .....	198
8.2.1 频分多址方式 (FDMA) .....	159	9.3.1 概述 .....	198
8.2.2 时分多址方式 (TDMA) .....	162		
8.2.3 扩频多址方式 (SSMA) .....	163		



9.3.2 GPS 系统的组成 .....	199	9.3.4 GPS 系统的特点 .....	201
9.3.3 GPS 定位原理 .....	200	参考文献 .....	202

## 第3篇 移动通信

第10章 移动通信概论 .....	203	12.2.2 直接序列扩频 (DS-SS) .....	234
10.1 移动通信的基本概念与发展 .....	203	12.2.3 跳频扩频 (FH-SS) .....	235
10.1.1 基本概念 .....	203	12.3 组网技术 .....	236
10.1.2 移动通信的演变与发展 .....	203	12.3.1 概述 .....	236
10.2 移动通信系统的组成原理 .....	205	12.3.2 区域覆盖方式 .....	236
10.2.1 移动通信系统的分类 .....	205	12.3.3 蜂窝网组网 .....	238
10.2.2 移动通信系统的组成 .....	206	12.3.4 多信道共用技术 .....	241
10.2.3 移动通信的基本技术要求 .....	207	12.4 双工技术 .....	243
10.3 移动通信的主要技术特点 .....	207	12.4.1 频分双工 .....	243
第11章 无线信道的特性与电波传播 .....	209	12.4.2 时分双工 .....	243
11.1 概述 .....	209	12.5 抗衰落技术 .....	244
11.2 无线信号的传播 —— 大尺度		12.5.1 分集技术 .....	244
路径损耗 .....	209	12.5.2 自适应均衡技术 .....	245
11.2.1 自由空间无线信号的传播 .....	209	12.6 网络安全技术 .....	246
11.2.2 反射、衍射与散射 .....	211	第13章 典型的移动通信系统简介 .....	248
11.3 路径损耗模型 .....	214	13.1 GSM 系统 .....	249
11.3.1 地面反射 (双射线) 模型 .....	215	13.1.1 GSM 的主要业务与特点 .....	249
11.3.2 室外传播模型 .....	217	13.1.2 GSM 的系统结构 .....	250
11.3.3 室内传播模型 .....	219	13.1.3 GSM 的无线子系统 .....	252
11.3.4 其他信道的损耗特性 .....	220	13.1.4 GSM 系统的信道类型 .....	253
11.4 无线信道的特性 —— 小尺度		13.1.5 GSM 系统的信号处理 .....	256
衰落与多径 .....	221	13.1.6 GSM 的呼叫接续及过区切换 .....	258
11.4.1 多径传播 .....	221	13.1.7 短消息业务 (SMS) .....	260
11.4.2 慢衰落与快衰落 .....	223	13.1.8 无线应用协议 (WAP) .....	261
11.4.3 选择性衰落 .....	225	13.1.9 向 3G 过渡 —— GPRS	
11.5 无线信道中的干扰 .....	227	与 EDGE .....	263
第12章 移动通信基本技术 .....	229	13.2 CDMA 系统 .....	264
12.1 数字调制解调技术 .....	229	13.2.1 CDMA 技术的发展 .....	264
12.1.1 移动通信对数字调制的要求 .....	229	13.2.2 CDMA 的基本原理与特点 .....	264
12.1.2 恒包络调制技术 .....	229	13.2.3 IS-95A 标准 .....	268
12.1.3 线性及恒包络混合调制方式 .....	232	13.2.4 IS-95B 简介 .....	275
12.2 扩频 (SS) 技术 .....	233	13.3 数字无线市话系统 .....	275
12.2.1 基本原理 .....	233	13.3.1 CT-2 系统 .....	276

13.3.2 DECT 系统 .....	277	13.5.3 HAP 系统的特点 .....	288
13.3.3 PHS 系统 .....	279	<b>第 14 章 新一代移动通信系统简介 .....</b>	<b>290</b>
13.3.4 PAS (小灵通) 系统 .....	280	14.1 引言 .....	290
<b>13.4 卫星移动通信系统 .....</b>	<b>282</b>	14.2 第三代移动通信标准简介 .....	290
13.4.1 概述 .....	282	14.2.1 概述 .....	290
13.4.2 卫星移动通信系统 的基本原理 .....	283	14.2.2 IMT-2000 使用的频段 .....	291
13.4.3 铱 (Iridium) 系统 .....	284	14.2.3 IMT-2000 的地面传输标准 .....	292
13.4.4 全球星 (Globalstar) 系统 .....	286	14.2.4 现有系统向 3G 演进的过程 .....	292
<b>13.5 高空平台站 (HAP) 通信系统 .....</b>	<b>287</b>	14.3 移动通信系统展望 .....	293
13.5.1 概述 .....	287	参考文献 .....	295
13.5.2 HAP 系统的基本原理 .....	288	<b>附录 英文缩写词汇对照表 .....</b>	<b>297</b>

# 绪 论

通信技术，特别是现代通信技术，在当今信息社会中发挥着重要作用。通信作为信息传输与交换的手段，已成为信息时代社会发展和经济生活的生命线。因此，现代通信技术成为高等学校通信工程、电子信息工程及计算机通信等专业的学生必须具备的知识结构的重要组成部分之一。

为适应现代通信技术的发展和教学的需要，本书重点讨论现代通信的三个主要发展方向：光纤通信、卫星通信和移动通信。在深入讨论这些内容之前，先简要介绍有关通信的基本概念、基本知识和发展趋势。

## 0.1 通信技术的发展及基本概念

### 0.1.1 通信技术的发展

通信就是信息的传输与交换，通信的目的就是传输消息。自从有了人类的活动，就产生了通信，因为在人类的活动过程中要相互远距离传递信息，也就是将带有信息的信号，通过某种系统由发送者传送给接收者，这种信息的传输过程就是通信。

很久以来，人们曾寻求各种方法来实现信息的传输。我国古代利用烽火台传送边疆警报；古希腊人用火炬的位置表示字母符号，一站一站地传送信息，这种光信号的传输构成最原始的光通信系统。利用击鼓鸣金来报时或传达作战命令，是最原始的声信号传输，以后又出现了信鸽、旗语、驿站等传送消息的方法。这些原始的通信方式，无论在距离、速度还是在可靠性与有效性方面都很差。直到19世纪初，人们开始利用电信号传输消息。1838年莫尔斯（F. B. Morse）发明了电报，他利用点、划、空适当组合的代码表示字母和数字，这种代码称为莫尔斯电码。1876年贝尔（A. G. Bell）发明了电话，直接将声音信号（语言）转变成电信号沿导线传送。19世纪末，人们又利用电磁波传送无线电信号，开始时传输距离只有几百米，而到了1901年，马可尼（G. Marconi）成功地实现了横渡大西洋的无线电通信，从此，传输电信号的通信方式得到了广泛应用和迅速发展。

一个多世纪以来，通信技术得到了飞速的发展，其发展大致经历了三个阶段：以1838年发明电报为标志的通信初级阶段；以1948年香农（C.E.Shannon）提出信息论开始的近代通信阶段，在此期间，电通信技术得到迅速发展，其明显特点就是不断开拓更高频率，由低频端向高频端发展，从长波、中波、短波、超短波发展到微波，这期间几乎每6年频率就递增一个数量级；第三阶段，就是以20世纪80年代出现的光纤通信系统为代表和以综合业务数字网迅速崛起为标志的现代通信阶段，光纤通信、卫星通信和移动通信成为现代通信的三大主要新兴发展方向。

### 0.1.2 通信系统及分类

完成信息传输任务的系统，通称为通信系统，图 0-1 给出这种通信系统的基本组成的简化模型。

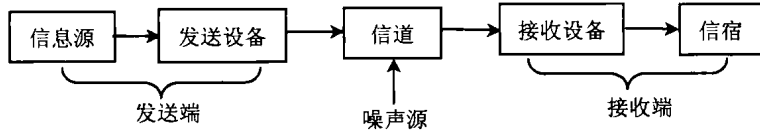


图 0-1 一个单向通信系统示意图

图中，发送端信息源（也称发端机）的作用是把各种可能的消息转换成原始电信号。为了使这个原始信号适合在信道中传输，由发送设备对原始信号完成某种转换，然后再送入信道。信道是指信号传输的通道。在接收端，接收设备的功能与发送设备的相反，它能从接收信号中恢复出相应的原始信号，而收信者（信宿）是将复原的原始信号转换成相应的消息。图中的噪声源是信道中的噪声及分散在通信系统其他各处的噪声的集中表示。

一个通信系统的工作过程，主要包括消息与信号的转换、信号的处理和信号的传输等过程。

通信系统可以从不同的角度来分类：

- 1) 按传输信号形式不同分为模拟通信与数字通信两大类。
- 2) 按信道具体形式可分为有线通信和无线通信，如图 0-2 所示。
- 3) 按通信工作频段可以分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信、光通信等。
- 4) 按通信的具体业务内容可分为语音通信（电话）、图像通信、多媒体通信、无线寻呼、电报、可视电话等。

5) 按接收信息者是否在运动中完成通信可分为移动通信和固定通信。移动通信是指通信双方至少有一方在运动中进行信息交换。由于移动通信具有建网快、投资少、机动灵活等特点，它已经成为现代通信中的三大新兴通信技术之一。

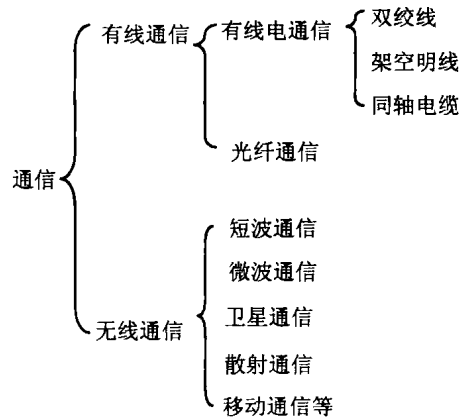


图 0-2 通信系统按信道分类

### 0.1.3 通信方式

通信方式从不同角度考虑，常有以下几种：

(1) 按消息传送的方向与时间分类 可以分为单工通信、半双工通信和全双工通信。

所谓单工通信，是指消息在任意时刻只能单方向进行传输的一种通信方式。日常生活中单工通信的例子很多，如广播、遥控和无线寻呼等。这些系统中，信号只能从广播发射台、遥控器和无线寻呼中心分别向收音机、遥控对象和寻呼机进行单向传送。

所谓半双工通信，是指通信双方都能进行收发信息，但不能同时进行收和发的一种通

信方式。例如，对讲机系统、收发报机等都是这种方式。半双工方式的通信双方，某时刻一方在发送时，另一方只能接收。

所谓全双工通信，是指通信双方同时可进行双向传输消息的一种通信方式，全双工通信系统中，通信的双方可同时收发信息。生活中的普通电话就是全双工方式。

(2) 按数字信号的排序分类 在数字通信中，按照数字信号排列的顺序不同，可将通信方式分为串行传输和并行传输两种方式。串行传输通信方式是将代表信息的数字信号或数据按时间顺序一个接一个地在信道中传输的方式。如果将代表信息的数字信号序列按某一规则分成两路或两路以上的数字信号序列同时在信道上传输，则称为并行传输通信方式。

(3) 按通信网络形式分类 通常可分为三种：两点间直通方式、分支方式和交换方式。直通方式是最简单的一种形式，终端 A 与终端 B 之间的线路是专用的。在分支方式中，每一个终端都经过同一信道与转接站相互连接，终端之间不能直通信息，而必须通过转接站转接，此种方式只在数据通信中出现。交换方式是终端之间通过交换设备灵活地进行线路交换的一种方式，即把两个需要通信的终端之间的线路自动接通，或者通过程序控制实现消息交换。交换方式与分支方式均属网络通信的范畴。

#### 0.1.4 传输技术

通信的根本任务是远距离传递消息，一般可采用两种传输技术：基带传输与频带传输。所谓基带传输，是指信号没有经过调制（没经过频率变换）而直接送到信道上进行传输的一种方式。图 0-3 给出了一个数字基带传输系统的简单组成。图中信息源为数字信号源，基带信号生成器仅对数字信号进行码型变换，而不进行频率变换。与基带传输相对应的是频带传输。所谓频带传输，是指信号在发端首先经调制（频率搬移）后，再送到信道中传输，收端则要进行相应的解调才能恢复原来的信号。图 0-4 给出了一个数字频带传输通信系统的组成。

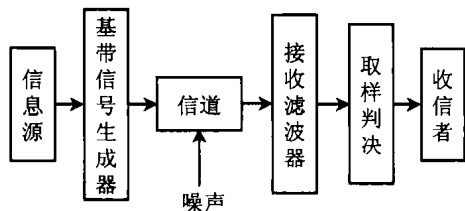


图 0-3 数字基带传输系统的简单组成

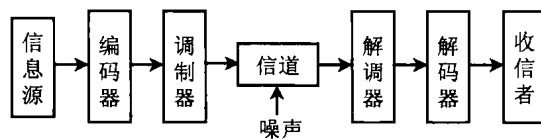


图 0-4 数字频带传输通信系统的组成

#### 0.1.5 质量指标

通信系统中，衡量通信质量好坏的指标主要有两个：有效性和可靠性。

有效性是指通信系统中信息传输的快慢问题；而可靠性是指信息传输的好坏问题。有效性指标与可靠性指标在具体通信系统中有不同的表述方法。

在模拟通信中，有效性指标用单位时间内传输信息量的多少来衡量；而可靠性指标常用信噪比（ $SNR$ ）或均方误差来衡量。

在数字通信中，有效性指标常用传输码速率来衡量，下面介绍三种传输速率。

(1) 码元传输速率 码元传输速率通常也称为码元速率、数码率、传码率。码元速率是指单位时间（每秒钟）内传输的码元数目，单位为波特（Baud）。

(2) 信息传输速率 信息传输速率也称为信息速率、传信率或比特率。信息传输速率是指单位时间内传送的信息量，单位为比特/秒，常用 bit/s 或 bps 表示。

(3) 消息传输速率 消息传输速率也称为消息速率，是指单位时间内传送的消息数。因消息的表述单位不同，故消息速率有不同的单位，如当消息单位是汉字时，则消息速率单位为字/秒。

在数字通信中，可靠性指标常用如下几种方式表述：

1) 误码率  $P_e$ 。

$$P_e = \frac{\text{单位时间内系统传错的码元数}}{\text{单位时间内系统传输的总码元数（正确码元数 + 错误码元数）}}$$

2) 误比特率  $P_{eb}$

$$P_{eb} = \frac{\text{单位时间内系统传错的比特数}}{\text{单位时间内系统传输的总比特数}}$$

## 0.2 现代通信的主要技术

现代通信技术涵盖的内容非常广泛，可从不同的角度和侧面对其进行描述。本书从基本的通信技术手段出发，按采用的信道形式、传输方式的不同，对光纤通信、卫星通信和移动通信等主要现代通信技术进行讨论。

### 0.2.1 光纤通信

光纤通信是 20 世纪 70 年代开始发展起来的一门新型的通信技术，以其独特的优越性，得到迅速的发展和应用，成为通信领域最为活跃的技术，是现代通信技术重要的发展方向之一。光纤通信的出现，引发了通信技术新的变革，开辟了现代通信的新阶段，它将成为信息高速公路的主要传输手段，成为信息社会的重要支柱。

光纤通信是以光纤作为传输介质，用光波作为信息载体的通信方式，其发展之快、应用范围之广、规模之大、涉及学科之多，在通信领域中是前所未有的。当今，光纤通信的新技术仍不断涌现，为光纤通信不断注入新的活力。

本书第一篇全面地介绍了光纤通信技术。第 1 章光纤通信概论，主要介绍光纤通信的发展，光纤通信系统的组成以及光纤通信的优点和应用；第 2 章光纤和光缆，主要介绍光纤的结构和类型，从几何光学和波动光学的角度出发，讨论光纤传输原理以及光纤的传输特性；第 3 章光源和光发射机，主要介绍半导体光源的发光机理、LD 和 LED 的结构、工作特性以及光发射机的组成电路；第 4 章光接收机，以数字光接收机为主线，讨论光检测器的工作原理，PIN 光敏二极管、APD 的结构特点和工作特性，介绍数字光接收机的前端、线性通道和数据恢复等部分的原理组成和工作特点，讨论光接收机的灵敏度；第 5

章光纤通信系统及新技术，主要讨论数字光纤通信系统、SDH 光同步网、模拟光纤通信系统的 SCM 传输方式以及光纤接入网，接着介绍光纤通信的新技术，包括光放大技术、光波分复用技术、相干光通信技术、光孤子通信技术、全光通信技术和光时分复用技术等。

## 0.2.2 卫星通信

卫星通信是一种宇宙无线电通信形式，它是在地面微波通信和空间技术的基础上发展起来的，是地面微波中继通信的继承和发展，是微波中继通信的一种特殊形式。卫星通信是利用人造卫星作为中继站转发或反射无线电波，在两个或多个地面站之间进行的通信。这种卫星通信覆盖区域大、通信距离远，利用三颗同步卫星即可以实现全球通信。卫星通信具有多址联接能力，只要在卫星覆盖区域内，所有地面站都能利用此卫星进行相互间的通信。因此，卫星通信对国际通信或远程通信具有重要的意义，在国际通信中，卫星通信承担了 1/3 以上的远洋通信业务，并提供了世界上几乎所有的国际电视转播。如今，卫星通信已经成为人类信息社会活动中不可缺少的基本通信手段。

本书第二篇对卫星通信进行了全面介绍。第 6 章卫星通信概论，主要介绍卫星通信系统的基本组成和特点、卫星通信的发展状况和发展趋势；第 7 章卫星通信系统，分别介绍了通信卫星、地球站系统以及传输线路的计算；第 8 章卫星通信系统信号传输技术，专门对在卫星通信所采用的传输技术进行了讨论，这些传输技术主要包括：信道复用技术、信道分配技术、差错控制技术、数字调制技术、语音编码技术和数字电路倍增技术等；第 9 章卫星通信网，主要介绍卫星广播电视网、VSAT 网和全球定位系统（GPS）等。

## 0.2.3 移动通信

移动通信是指通信双方至少有一方是在运动状态中进行信息传递的通信方式。移动通信几乎集中了有线通信和无线通信的所有最新技术成就，它是使用户随时随地快速而可靠地进行多种信息交换的一种理想通信方式。

移动通信出现在 20 世纪 20 年代初期，而移动通信的飞速发展还是在近 20 年才开始的。这是由于 20 世纪 70 年代微电子技术和计算机技术的迅速发展，以及人们对超高频收发信机、滤波技术、小型天线等设备的研制有了新的突破，加之新理论、新体制也在不断地发展和完善，为模拟蜂窝移动通信系统的诞生奠定了坚实的基础，出现了 800MHz 蜂窝移动通信系统，这是第一代移动通信系统（1G）。进入 20 世纪 80 年代，大规模集成电路、微型计算机、微处理器和数字信号处理技术的大量应用，为开发数字移动通信系统提供了技术保障，使移动通信进入了一个新的里程，这就是第二代移动通信系统（2G）。就在第二代数字移动通信系统处于研究和开发的高潮时，人们已经把目光和注意力投向第三代移动通信系统（3G）的发展上。移动通信的发展是实现通信的理想目标——个人通信的关键，它将极大地改变人们的生活方式。

本书的第三篇全面地讨论了移动通信。第 10 章移动通信概论，主要介绍移动通信的概念和发展、移动通信系统的组成原理及移动通信的主要特点；第 11 章无线信道的特性与电波传播，主要介绍无线信号的传播特性、路径损耗模型、无线信道的特性以及无线信道中的干扰；第 12 章移动通信基本技术，主要讨论数字调制解调技术、扩频技术、组网

技术、双工技术、抗衰落技术及网络安全技术；第 13 章典型的移动通信系统简介，主要讨论 GSM 系统、CDMA 系统、数字无线市话系统、卫星移动通信系统以及高空平台站（HAP）通信系统；第 14 章新一代移动通信系统简介，概要介绍了第三代移动通信标准，并对移动通信的发展进行了展望。

## 0.3 现代通信技术的发展趋势

通信技术与计算机技术、控制技术、数字信号处理技术等相结合是现代通信技术的典型标志，目前通信技术的发展趋势可概括为“六化”，即数字化、综合化、融合化、宽带化、智能化和个人化。

### 0.3.1 通信技术数字化

通信技术数字化是实现其他“五化”的基础。数字通信具有抗干扰能力强、噪声不累积、便于纠错、易于加密、适于集成化、利于传输和交换的综合以及可兼容语音、数据和图像等多种信息传输等优点。与传统的模拟通信相比，数字通信更加通用和灵活，也为实现通信网的计算机管理创造了条件。数字化是“信息化”的基础，诸如“数字图书馆”、“数字城市”、“数字国家”等都是建立在数字化基础上的信息系统。因此可以说，数字化是现代通信技术的基本特性和最突出的发展趋势。

### 0.3.2 通信业务综合化

现代通信的另一个显著特点就是通信业务的综合化。随着社会的发展，人们对通信业务种类的需求不断增加，早期的电报、电话业务已远远不能满足这种需求。就目前而言，传真、电子邮件、交互式可视图文，以及数据通信的其他各种增值业务等都在迅速发展。若每出现一种业务就建立一个专用的通信网，必然是投资大、效益低，并且各个独立网的资源不能共享。另外，多个网络并存也不便于统一管理。如果把各种通信业务，包括电话业务和非电话业务等以数字方式统一并综合到一个网络中进行传输、交换和处理，就可以克服上述弊端，达到一网多用的目的。

### 0.3.3 网络互通融合化

以电话网络为代表的电信网络和以 Internet 为代表的数据网络的互通与融合进程将加快步伐。在数据业务成为主导的情况下，现有电信网的业务将融合到下一代数据网中。IP 数据网与光网络的融合、无线通信与互联网的融合也是未来通信技术的发展趋势和方向。

有三个方面值得注意：

1) 网络和业务的分离化，技术是革命的，而网络是演进的。网络的发展不符合“摩尔”定律，而业务的发展却超过了“摩尔”定律。网络和业务的分离将提供良好的开放性，促进业务的竞争和发展。

2) 网络结构的简捷化，新一代信息网络基础设施功能结构的发展趋势是日益扁平化。



简捷化的网络可以减少网络层次，提高网络效能，增强网络的适应力。

3) 电信网、计算机网和广播电视网之间的“三网”融合已日益引起人们的广泛关注。

#### 0.3.4 通信网络宽带化

网络的宽带化是电信网络发展的基本特征、现实要求和必然趋势。为用户提供高速全方位的信息服务是网络发展的重要目标。近年来，几乎在网络的所有层面（如接入层、边缘层、核心交换层）都在开发高速技术，高速选路与交换、高速光传输、宽带接入技术都取得了重大进展。超高速路由交换、高速互联网关、超高速光传输、高速无线数据通信等新技术已成为新一代信息网络的关键技术。

#### 0.3.5 网络管理智能化

在传统电话网中，交换接续（呼叫处理）与业务提供（业务处理）都是由交换机完成的，凡提供新的业务都需借助于交换系统，但每开辟一种新业务或对某种业务有所修改，都需要对大量的交换机软件进行相应的增加或改动，有时甚至要增加或改动硬件，以致消耗许多人力、物力和时间。网络管理智能化的设计思想，便是将传统电话网中交换机的功能予以分解，让交换机只完成基本的呼叫处理，而把各类业务处理，包括各种新业务的提供、修改以及管理等，交给具有业务控制功能的计算机系统来完成。尤其是采用开放式结构和标准接口结构的灵活性、智能的分布性、对象的个体性、入口的综合性和网络资源利用的有效性等手段，可以解决信息网络在性能、安全、可管理性、可扩展性等方面面临的诸多问题，对通信网路的发展具有重要影响。

#### 0.3.6 通信服务个人化

个人通信是指可以实现任何人在任何地点、任何时间与任何其他地点的任何人进行任何业务的通信。个人通信概念的核心，是使通信最终适应个人（而不一定是终端）的移动性。或者说，通信是在人与人之间，而不是终端与终端之间进行的。通信方式的个人化，可以使用户不论何时、何地，不论室内、室外，不论高速移动还是静止，也不论是否使用同一终端，都可以通过一个惟一的个人通信号码，发出或接收呼叫，进行所需的通信。