



中国科学院电子信息与通信系列规划教材

通信原理

张 辉 曹丽娜 编著

中国科学院电子信息与通信系列规划教材

通信原理

张 辉 曹丽娜 编著



科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书系统、深入地介绍了现代通信系统的基本概念、基本原理和基本分析方法。本书的编写遵循通信的理论体系,突出基础性和实用性,反映通信的最新技术和发展动态。全书共分 12 章,内容包括通信系统的基本概念、随机过程、信道和信道容量、模拟调制技术、数字基带传输、数字调制技术、信源编码、均衡技术、部分响应技术、同步技术、扩频技术、复用和数字复接技术、最佳接收系统、差错控制编码和典型通信系统介绍。每章列举了一定数量的例题,并附有大量的思考题和习题。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息、计算机通信等专业本科生和低年级研究生的教材,也可作为通信工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理 / 张辉,曹丽娜编著. —北京:科学出版社,2007

(中国科学院电子信息与通信系列规划教材)

ISBN 978-7-03-019686-6

I. 通… II. ①张…②曹… III. 通信理论-高等学校-教材 IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128166 号

责任编辑:匡 敏 余 江 潘继敏 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 9 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007 年 9 月第一次印刷 印张:30 1/2

印数:1—3 000 字数:591 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<长虹>)

《中国科学院电子信息与通信系列规划教材》

编委会

顾 问：保 铮 中国科学院院士 西安电子科技大学
刘永坦 两院院士 哈尔滨工业大学
陈俊亮 两院院士 北京邮电大学

主 任：谈振辉 教授 北京交通大学

副主任：任晓敏 教授 北京邮电大学

梁昌洪 教授 西安电子科技大学

冯正和 教授 清华大学

张文军 教授 上海交通大学

林 鹏 编审 科学出版社

委 员：(按姓氏汉语拼音排序)

段哲民 教授 西北工业大学

顾学迈 教授 哈尔滨工业大学

洪 伟 教授 东南大学

焦李成 教授 西安电子科技大学

李少谦 教授 电子科技大学

毛军发 教授 上海交通大学

沈连丰 教授 东南大学

唐朝京 教授 国防科技大学

王成华 教授 南京航空航天大学

王文博 教授 北京邮电大学

徐安士 教授 北京大学

严国萍 教授 华中科技大学

杨建宇 教授 电子科技大学

姚 彦 教授 清华大学

张宏科 教授 北京交通大学

张晓林 教授 北京航空航天大学

秘 书：段博原 编辑 科学出版社

丛 书 序

信息技术的高速发展及其广泛应用,使信息技术成为当今国际竞争中最重要、最重要的战略技术。信息技术对经济建设、社会变革乃至国家安全起着关键性的作用,它是经济发展的“倍增器”和社会进步的“催化剂”,是体现综合国力的重要标志。在人类历史上,没有一种技术像信息技术这样引起社会如此广泛、深刻的变革。在20世纪末和21世纪前半叶,信息技术乃是社会发展最重要的技术驱动力,可以说,21世纪人类已经步入了信息时代。信息产业在世界范围内正在由先导产业逐步变为主导产业。从微观上看,表现为单位产品的价格构成中,能源和材料的消耗减少而信息技术和信息服务的比重上升;从宏观上看,表现为国民生产总值(GDP)中信息产业所占的比重增加。一个国家信息产业的发展水平将是衡量该国社会经济总体发展和现代化程度的重要标志之一。

目前,信息科学已成为世界各国最优先发展的科学之一。党的十六大提出了“加速发展信息产业,大力推进信息化,以信息化带动工业化”的发展战略,以及“优先发展信息产业,在经济和社会领域广泛应用信息技术”的基本国策,使我国信息产业得到了前所未有的重视,信息产业呈现出飞速发展的势头。信息产业的发展离不开信息化人才,信息化人才建设将是信息产业可持续发展的关键。然而,有关调查表明,我国国家信息化指数为38.46,而信息化人才资源指数仅为13.43。据权威机构预测,从2005年到2009年,中国信息行业将以18.5%的年复合增长率高速增长,中国信息市场将迎来又一个“黄金年代”。

为了适应新世纪信息学科尤其是电子信息与通信学科的长足发展,在规模上、素质上更好地满足我国信息产业和信息科学技术的发展需要,更好地实现电子信息与通信学科专业人才的培养目标,推进国内信息产业的发展,中国科学院教材建设专家委员会和科学出版社组织电子信息与通信领域的院士、专家、教学指导委员会成员、国家级教学名师及电子信息与通信学科院校的相关领导等组成编委会,共同组织编写这套《中国科学院电子信息与通信系列规划教材》。

本套教材主要面向全国范围内综合性院校电子信息工程、通信工程、信息工程等相关专业的本科生。本套教材的编委会成员具有国内电子信息与通信方面的较高学术水平,他们负责对本套教材的编写大纲及内容进行审定,可使本套教材的质量得以保证。

本套教材主要有以下几方面的特点:

1. 适应多层次的需要。依据最新专业规范,系列教材主要根据教育部最新公布的电子信息与通信学科相关专业的“学科专业规范”和“基础课程教学基本要求”

进行教材内容的安排与设置。同时,根据各类型高校学生的实际需要,编写不同层次的教材。

2. 结构体系完备。本套教材覆盖本科、研究生教学层次,各门课程的知识之间相互衔接,以便完整掌握学科基本概念、基本理论,了解学科整体发展趋势。

3. 作者水平较高。我们将邀请设有电子、通信国家重点学科的院校,以及国家级、省级教学名师或国家级、省级精品课程负责人编写教材。

4. 借鉴国外优秀教材。编委会为每门课程推荐一本国外相关的经典原版教材,作为教师编写的参考书。

5. 理论与实际相结合,加强实践教学。教材编写注重案例和实践环节,着力于学生实际动手能力的培养。

6. 教材形式多样。本套教材除主教材外,还配套有辅导书、教师参考书、多媒体课件、习题库及网络课程等。

根据电子信息与通信学科专业发展的战略要求,我们将对本套系列教材不断更新,以保持教材的先进性和适用性。热忱欢迎全国同行以及关注电子信息与通信领域教育及教材建设的广大有识之士对我们的工作提出宝贵意见和建议。

北京交通大学校长 陆卫华

2005年10月

前 言

通信乃是传输和交换信息。

近年来,随着通信技术与计算机技术及微电子技术的相互促进和迅猛发展,通信产业已成为我国乃至全世界的主导产业。越来越多的人才投入到这一发展前景广阔的行业,并渴望学习和掌握系统的通信理论和实用有效的工程应用能力。

《通信原理》就是为了满足读者需求而编著的一本教材。它全面系统地介绍了电子通信技术领域的基本知识、基本概念和基本技术,并及时反映了通信技术的最新发展。

全书共 12 章,第 1~3 章是基础部分,第 4 章是模拟通信,第 6 章是模拟信号数字传输,第 5、7~12 章是数字通信。

第 1 章为绪论,介绍通信系统的概念、组成和主要性能指标,概述了通信现状和未来发展趋势。

第 2 章为通信理论基础,主要介绍随机信号分析所必需的一些基础理论,包括随机信号的统计描述和分析,高斯过程、窄带高斯过程、正弦波加窄带高斯过程的统计特性,平稳随机过程通过线性系统。

第 3 章为通信信道,概述了调制信道和编码信道,分析了恒参信道、随参信道特性及对信号传输的影响,介绍了几种分集技术,最后介绍了香农信道容量概念。

第 4 章为模拟通信系统,介绍了线性调制和非线性调制原理,给出一般模型,分析了线性调制系统和非线性调制系统抗噪声性能,最后对常用的线性调制系统和非线性调制系统性能进行了综合比较。

第 5 章为数字基带传输系统,概述了数字基带信号、数字基带传输系统、无码间干扰传输条件,分析了数字基带传输系统抗噪声性能,介绍了眼图、时域均衡和部分响应技术。

第 6 章为模拟信号数字传输技术,阐述了低通型信号、带通型信号抽样定理和均匀量化、非均匀量化基本原理。以基本的脉冲振幅调制(PAM)、脉冲编码调制(PCM)和简单增量调制(ΔM)为重点讨论了工作原理,分析了系统抗噪声性能。最后介绍了自适应差分脉冲编码调制(ADPCM)和自适应增量调制(ADM)技术。

第 7 章为数字频带传输系统,概述了数字调制解调的基本原理。以二进制调制系统为主,论述了二进制数字调制解调原理和方法,分析了系统抗噪声性能。介绍了多进制数字调制解调和最小移频键控(MSK)原理。

第 8 章为数字最佳接收理论,讨论了数字信号接收的统计模型和最佳接收准则。重点论述匹配滤波器最佳接收和相关器最佳接收原理,阐述了确知信号和随

相信号最佳接收机结构及性能。最后介绍了最佳基带传输系统原理。

第9章为多路复用和数字复接技术,讨论了频分复用、时分复用原理,介绍了正码速调整数字复接原理和同步数字系列(SDH)帧结构及复用原理。

第10章为差错控制编码,介绍了差错控制编码的基本原理和常用差错控制方法,论述了线性分组码、循环码和卷积码的编码和译码方法,重点讨论了卷积码的Viterbi译码。

第11章为同步原理,讨论了载波同步、位同步、群同步和网同步的原理及技术。

第12章简单介绍了GSM数字蜂窝移动通信系统、码分多址(CDMA)蜂窝移动通信系统、第三代移动通信系统、INTELSAT卫星通信系统、INMARSAT卫星通信网、VSAT卫星通信网等现代广泛使用的通信系统。

本书理论体系完整,结构严谨,概念清晰,文字通俗易懂,便于自学。本书可作为高等院校通信工程、电子信息、计算机通信等专业本科生和低年级研究生的教材,也可以作为通信工程技术人员的参考书。

本书由张辉主持编写,并编写其中第3、7~10、12章,曹丽娜编写第1、2、4、5、6、11章,任光亮参与了第3章的部分编写工作。全书由张辉修改定稿。景滨、李乐亭、孙鹏、李鹏、王宇伟等研究生对本书的初稿进行了阅读,对其中的习题进行了校订,并提出参考意见。本书在编写过程中还得到西安电子科技大学通信工程学院的支持和其他同事的帮助,同时也得到科学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年4月

目 录

丛书序

前 言

第 1 章 绪论	1
1.1 通信系统的组成	1
1.1.1 通信系统的一般模型	1
1.1.2 模拟通信和数字通信模型	2
1.2 通信系统分类与通信方式	6
1.2.1 通信系统的分类	6
1.2.2 通信方式	9
1.3 信息及其度量	10
1.4 主要性能指标	13
1.5 通信发展趋势	14
思考题与习题	16
第 2 章 随机过程	18
2.1 随机过程的基本概念	18
2.1.1 何谓随机过程	18
2.1.2 随机过程的分布函数	19
2.1.3 随机过程的数字特征	20
2.2 平稳随机过程	22
2.2.1 定义	22
2.2.2 各态历经性	23
2.2.3 平稳随机过程的自相关函数	23
2.2.4 平稳随机过程的功率谱密度	24
2.3 高斯随机过程	27
2.3.1 定义	27
2.3.2 重要性质	27
2.3.3 高斯随机变量	28
2.3.4 高斯白噪声	30
2.4 随机过程通过线性系统	31
2.5 窄带随机过程	35
2.5.1 $\xi_c(t)$ 和 $\xi_s(t)$ 的统计特性	36

2.5.2 $a_{\xi}(t)$ 和 $\varphi_{\xi}(t)$ 的统计特性	39
2.6 正弦波加窄带高斯噪声	40
思考题与习题	42
第3章 信道与噪声	46
3.1 信道定义与数学模型	46
3.1.1 信道定义	46
3.1.2 信道的数学模型	47
3.2 有线信道	51
3.2.1 双绞线电缆	51
3.2.2 同轴电缆	54
3.2.3 光纤	55
3.3 无线信道	58
3.3.1 微波中继信道	59
3.3.2 卫星中继信道	59
3.3.3 短波电离层反射信道	60
3.3.4 陆地移动信道	61
3.4 信道特性及其对信号传输的影响	65
3.4.1 恒参信道特性	65
3.4.2 随参信道特性	67
3.5 分集接收技术	71
3.5.1 分集方式	71
3.5.2 合并方式	73
3.6 加性噪声	75
3.6.1 噪声的分类	76
3.6.2 起伏噪声及特性	77
3.7 信道容量的概念	79
3.7.1 香农公式	79
3.7.2 香农公式的应用	80
思考题与习题	81
第4章 模拟调制系统	84
4.1 幅度调制(线性调制)的原理	84
4.1.1 调幅(AM)	85
4.1.2 抑制载波双边带调制(DSB-SC)	86
4.1.3 单边带调制(SSB)	87
4.1.4 残留边带调制	90
4.1.5 线性调制与解调的一般模型	93

4.2	线性调制系统的抗噪声性能	96
4.2.1	分析模型	96
4.2.2	线性调制相干解调的抗噪声性能	98
4.2.3	调幅信号包络检波的抗噪声性能	101
4.3	非线性调制(角度调制)原理	104
4.3.1	角调制的基本概念	104
4.3.2	窄带调频与宽带调频	106
4.3.3	调频信号的产生与解调	110
4.4	调频系统的抗噪声性能	116
4.5	各种模拟调制系统的性能比较	119
	思考题与习题	121
第5章	数字基带传输系统	125
5.1	数字基带传输概述	125
5.2	数字基带信号及其频谱特性	127
5.2.1	数字基带信号	127
5.2.2	基带信号的频谱特性	129
5.3	基带传输的常用码型	137
5.4	基带脉冲传输与码间串扰	141
5.5	无码间串扰的基带传输特性	143
5.6	无码间串扰基带系统的抗噪声性能	148
5.7	眼图	152
5.8	均衡技术	155
5.8.1	时域均衡原理	155
5.8.2	均衡效果的衡量	158
5.8.3	均衡器的实现与调整	161
5.9	部分响应系统	164
5.9.1	第Ⅰ类部分响应波形	164
5.9.2	部分响应的一般形式	168
	思考题与习题	170
第6章	模拟信号的数字传输	176
6.1	抽样定理	177
6.1.1	低通抽样定理	177
6.1.2	带通抽样定理	180
6.2	脉冲幅度调制	183
6.3	脉冲编码调制	187
6.3.1	量化	188

6.3.2	编码和译码	201
6.3.3	PCM 系统的抗噪声性能	211
6.4	自适应差分脉冲编码调制	213
6.4.1	DPCM	213
6.4.2	ADPCM	215
6.5	增量调制	215
6.5.1	简单增量调制	216
6.5.2	增量调制的过载特性与动态编码范围	219
6.5.3	增量调制系统的抗噪声性能	221
6.5.4	PCM 与 ΔM 系统的比较	222
	思考题与习题	224
第 7 章	数字频带传输系统	228
7.1	二进制振幅键控	228
7.1.1	二进制振幅键控信号的调制与解调	228
7.1.2	2ASK 信号的功率谱密度	231
7.1.3	2ASK 系统的抗噪声性能	232
7.2	二进制移频键控	239
7.2.1	2FSK 信号的调制与解调	239
7.2.2	2FSK 信号的功率谱密度	241
7.2.3	2FSK 系统的抗噪声性能	244
7.3	二进制移相键控及二进制差分相位键控	248
7.3.1	2PSK 信号的调制与解调	248
7.3.2	2DPSK 信号的调制与解调	250
7.3.3	2PSK 及 2DPSK 信号的功率谱密度	253
7.3.4	2PSK 和 2DPSK 系统的抗噪声性能	254
7.4	二进制数字调制系统的性能比较	259
7.5	多进制数字相位调制系统	262
7.5.1	多进制数字相位调制信号的表示形式	262
7.5.2	4PSK 信号的产生与解调	264
7.5.3	4DPSK 信号的产生与解调	266
7.5.4	4PSK 及 4DPSK 系统的误码率性能	268
7.6	正交振幅调制	269
7.6.1	MQAM 调制原理	269
7.6.2	MQAM 解调原理	272
7.6.3	MQAM 抗噪声性能	272
7.7	最小移频键控	272

7.7.1	MSK 的基本原理	273
7.7.2	MSK 调制解调原理	276
7.7.3	MSK 的性能	278
	思考题与习题	280
第 8 章	数字信号的最佳接收	285
8.1	匹配滤波器	285
8.2	最小差错概率接收准则	290
8.2.1	数字信号接收的统计模型	290
8.2.2	最佳接收准则	293
8.3	确知信号的最佳接收机	295
8.3.1	二进制确知信号最佳接收机结构	296
8.3.2	二进制确知信号最佳接收机误码性能	298
8.4	随相信号的最佳接收机	302
8.4.1	二进制随相信号最佳接收机结构	303
8.4.2	二进制随相信号最佳接收机误码性能	307
8.5	最佳接收机性能比较	309
8.6	最佳基带传输系统	311
8.6.1	最佳基带传输系统的组成	311
8.6.2	最佳基带传输系统的误码性能	313
	思考题与习题	316
第 9 章	复用和数字复接技术	322
9.1	频分复用	322
9.1.1	频分复用原理	322
9.1.2	模拟电话多路复用系统	323
9.1.3	调频立体声广播	323
9.2	时分复用	326
9.2.1	时分复用原理	326
9.2.2	PCM 基群帧结构	327
9.2.3	PCM 高次群	329
9.3	数字复接技术	331
9.3.1	数字复接原理	331
9.3.2	正码速调整复接器	332
9.4	SDH 复用原理	334
9.4.1	SDH 的特点	334
9.4.2	STM-N 帧结构	335
9.4.3	SDH 复用原理	337

思考题与习题	338
第 10 章 差错控制编码	341
10.1 概述	341
10.2 差错控制编码的基本原理	345
10.2.1 纠错编码的基本原理	345
10.2.2 纠错编码的基本概念	347
10.3 常用的简单编码	349
10.4 线性分组码	353
10.4.1 线性分组码原理	354
10.4.2 监督矩阵与生成矩阵	356
10.4.3 伴随式与错误图样	359
10.4.4 汉明码	360
10.5 循环码	360
10.5.1 循环码的基本原理	360
10.5.2 循环码的生成多项式和生成矩阵	362
10.5.3 循环码的编码和译码方法	364
10.5.4 BCH 码	367
10.5.5 Reed-Solomon 码	370
10.6 卷积码	371
10.6.1 生成矩阵	371
10.6.2 卷积码的结构特点	374
10.6.3 卷积码的 Viterbi 译码	377
思考题与习题	385
第 11 章 同步原理	389
11.1 同步的功用与分类	389
11.2 载波同步	390
11.2.1 插入导频法	390
11.2.2 直接法	393
11.2.3 载波同步系统的性能及相位误差对解调性能的影响	398
11.3 位同步	399
11.3.1 插入导频法	400
11.3.2 直接法	401
11.3.3 位同步系统的性能及其相位误差对性能的影响	409
11.4 群同步	412
11.4.1 起止式同步法	412
11.4.2 连贯式插入法	412

11.4.3	间隔式插入法	415
11.4.4	群同步系统的性能	417
11.4.5	群同步的保护	418
11.5	网同步	419
11.5.1	全网同步系统	420
11.5.2	准同步系统	421
	思考题与习题	423
第 12 章	典型通信系统介绍	426
12.1	GSM 数字蜂窝移动通信系统	426
12.1.1	GSM 系统的主要性能和特点	427
12.1.2	GSM 系统的结构及功能	428
12.1.3	GSM 的信道类型	431
12.1.4	GSM 的帧结构	434
12.1.5	GSM 系统研究新进展	438
12.2	码分多址蜂窝移动通信系统	439
12.2.1	CDMA 系统原理及特点	439
12.2.2	CDMA 系统的关键技术	441
12.2.3	CDMA 系统的无线链路	446
12.2.4	第三代移动通信系统(3G)	451
12.3	卫星通信系统	453
12.3.1	INTELSAT(国际通信卫星组织)卫星通信系统	455
12.3.2	INMARSAT(国际移动卫星组织)卫星通信网	457
12.3.3	VSAT 卫星通信网	461
12.3.4	铱系统	464
	思考题与习题	466
	参考文献	468

第 1 章 绪 论

当您开始阅读本书时,人类已经迈入了飞速发展的信息时代。随着数字通信技术和计算机技术的快速发展以及通信网与计算机网络的相互融合,信息科学技术已成为 21 世纪国际社会和世界经济发展的强大推动力。信息作为一种资源,只有通过广泛地传播与交流,才能产生利用价值、促进社会成员之间的合作、推动社会生产力的发展、创造出巨大的经济效益。而信息的传播与交流,是依靠各种通信方式和技术来实现的。学习和掌握现代通信原理和技术是信息社会每一位成员,尤其是未来的通信工作者的迫切要求。

本书讨论信息的传输、交换及通信网的基本原理,但侧重信息传输原理。为了使读者在学习各章内容之前,对通信和通信系统有一个初步的了解与认识,本章将简要介绍通信系统的组成和分类、通信方式、信息的度量以及评价通信系统性能的指标,并对通信的发展趋势进行展望。

1.1 通信系统的组成

通信就是从一地向另一地传递消息。通信的目的是传递消息中所包含的信息。人们可以用语言、文字、音乐、数据、图片或活动图像等不同形式的消息来表达信息。信息是消息的内涵,即消息中所包含的人们原来不知而待知的内容。因此,通信的根本目的在于传输含有信息的消息,否则,就失去了通信的意义。基于这种认识,“通信”也就是“信息传输”或“消息传输”。

实现通信的方式很多,如手势、语言、旗帜、消息树、烽火台、金鼓和驿马传令,以及现代社会的电报、电话、广播、电视、遥控、遥测、因特网、数据和计算机通信等,这些都是消息传递的方式和信息交流的手段。随着社会的进步和科学技术的发展,目前使用最广泛的通信方式是电通信。由于电通信迅速、准确、可靠且不受时间、地点、距离的限制,因而一百多年来得到了迅速发展和广泛应用。如今,在自然科学领域凡是涉及“通信”这一术语时,一般均指“电通信”。广义来讲,光通信也属于电通信,因为光也是一种电磁波。本书中讨论的通信均指电通信。

1.1.1 通信系统的一般模型

通信就是传输信息。通信系统的作用就是将信息从信源传送到一个或多个目的地。实现信息传递所需的一切技术设备(包括信道)的总和称为通信系统。通信系统的一般模型如图 1-1 所示。

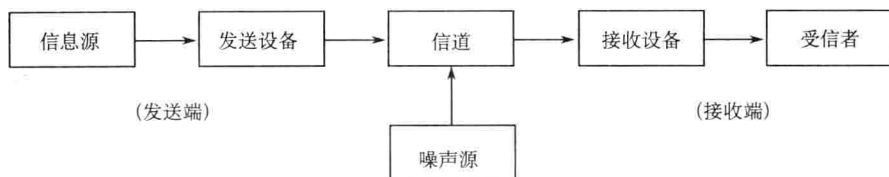


图 1-1 通信系统的一般模型

图中各部分的功能简述如下：

信息源(简称信源)是消息的发源地,其作用是把各种消息转换成原始电信号。根据消息种类的不同,信源可分为模拟信源和数字信源。模拟信源送出的是模拟信号,如麦克风(声音→音频信号)、摄像机(图像→视频信号);数字信源输出离散的数字信号,如电传机(键盘字符→数字信号)、计算机等各种数字终端。并且,模拟信源送出的信号经数字化处理后也可送出数字信号。

发送设备的功能是将信源和信道匹配起来,即将信源产生的消息信号变换成适合在信道中传输的信号。因此,发送设备涵盖的内容很多,可以是不同的电路和变换器,如放大、滤波、编码、调制等。例如,在需要频谱搬移的场合,调制是最常见的变换方式。

信道是指传输信号的物理媒质。在无线信道中的,信道可以是大气(自由空间),在有线信道中,可以是明线、电缆、光纤。有线和无线信道均有多种物理媒质。信道在给信号提供通路的同时,也会对信号产生各种干扰。信道的固有特性及介入的干扰与噪声将直接关系到通信的质量。

图中的**噪声源**不是人为加入的设备,而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。噪声通常是随机的,其形式是多种多样的,它的存在干扰了正常信号的传输。关于信道与噪声的内容将在第3章中讨论。

接收设备的功能是放大和反变换(如滤波、译码、解调等),其目的是从受到干扰和减损的接收信号中正确恢复出原始电信号。

受信者(信宿)是传送消息的目的地。其功能与信源相反,即将复原的原始电信号还原成相应的消息,如扬声器等。

图 1-1 概括地描述了一个通信系统的组成,它反映了通信系统的共性,因此称之为通信系统的一般模型。根据研究的对象以及所关注的问题不同,图 1-1 模型中的各小方框的内容和作用将有所不同,因而相应有不同形式的更具体的通信模型。今后的讨论就是围绕着通信系统的模型而展开的。

1.1.2 模拟通信和数字通信模型

在图 1-1 中,信源发出的消息有多种形式,可以是语音、文字、符号、音乐、数据、图片或活动图像等。各种不同的消息可分成两大类:一类称为连续消息;另一