

教育部推荐教材 ● 21世纪高职高专系列规划教材 ● 高职高专“工学结合”试点教材



# 通信原理

主 编 崔雁松 李志菁

主 审 董 威

21SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE GUIHUA JIAOCAI

DIANGONG  
DIANZI SHIXUN



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

高职高专“工学结合”试点教材

# 通信原理

---

主 编 崔雁松 李志菁

参 编 韩彬彬 冯 慧 钱国梁

任 伟 宋 欣 李 娜 王竹林

主 审 董 威



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社

---

图书在版编目 (CIP) 数据

通信原理/崔雁松等主编. —北京: 北京师范大学出版社,  
2008. 2

(21 世纪高职高专系列规划教材)

教育部推荐教材

ISBN 978-7-303-09097-6

I. 通… II. 崔… III. 通信理论—高等学校: 技术学校—  
教材 IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014538 号

---

---

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com.cn](http://www.bnup.com.cn)

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 14.5

字 数: 320 千字

版 次: 2008 年 2 月第 1 版

印 次: 2008 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 22.00 元

---

责任编辑: 周光明

装帧设计: 李葆芬

责任校对: 李 菡

责任印制: 马鸿麟

**版权所有 侵权必究**

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

## 出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、

哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会，对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨，同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革，适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求，这批教材是在教育部的指导下，针对过渡时期教学的特点，以3年制为基础，兼顾2年制，以“实用、够用”为度，淡化理论，注重实践，消减过时、用不上的知识，内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材，所出版的教材都配有电子教案，部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练，讲解深入浅出，使学生在理解的基础上学习，不囫圇吞枣，死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训，通过例题讲解、习题练习、实验实训，加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展，教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一，有着近20年的职业教材出版历史，具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持，部分教材通过教育部审核，被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材，并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材，希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作，需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来，北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力，为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组  
北京师范大学出版社

## 参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院

山东劳动职业技术学院

济宁职业技术学院

辽宁省交通高等专科学校

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

西安科技大学电子信息学院

西安科技大学通信学院

西安科技大学机械学院

天津渤海职业技术学院

天津渤海集团公司教育中心

连云港职业技术学院

景德镇高等专科学校

徐州工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

江西信息应用职业技术学院

浙江商业职业技术学院

内蒙古电子信息职业技术学院

济源职业技术学院

河南科技学院

苏州经贸职业技术学院

浙江工商职业技术学院

温州大学

四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

陕西纺织服装职业技术学院

唐山学院

江西现代职业技术学院

江西生物科技职业学院

黄冈高级技工学校

深圳高级技工学校

徐州技师学院

天津理工大学中环信息学院

天津机械职工技术学院

西安工程大学

青岛船舶学院

河北中信联信息技术有限公司

张家港职教中心

太原理工大学轻纺学院

浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院

绵阳职业技术学院

北岳职业技术学院

天津职业大学

石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院

九江职业技术学院

青岛远洋船员学院

无锡科技职业学院

广东白云职业技术学院

三峡大学职业技术学院

西安欧亚学院实验中心

天津机电职业技术学院

漯河职业技术学院  
济南市高级技工学校  
沈阳职业技术学院  
江西新余高等专科学校  
赣南师范学院  
江西交通职业技术学院  
河北农业大学城建学院  
华北电力大学  
北京工业职业技术学院  
湖北职业技术学院  
河北化工医药职业技术学院  
天津电子信息职业技术学院  
广东松山职业技术学院  
北京师范大学  
山西大学工程学院  
平顶山工学院  
黄石理工学院  
广东岭南职业技术学院  
青岛港湾职业技术学院  
郑州铁路职业技术学院  
北京电子科技职业学院  
北京农业职业技术学院  
宁波职业技术学院  
宁波工程学院  
北京化工大学成教学院  
天津交通职业技术学院  
济南电子机械工程学院  
山东职业技术学院  
天津中德职业技术学院  
天津现代职业技术学院  
天津青年职业技术学院  
无锡南洋学院  
北京城市学院  
北京经济技术职业学院

北京联合大学  
大红鹰职业技术学院  
广东华立学院  
广西工贸职业技术学院  
贵州商业高等专科学校  
桂林旅游职业技术学院  
河北司法警官职业学院  
黑龙江省教科院  
湖北财经高等专科学校  
华东师范大学职成教所  
淮南职业技术学院  
淮阴工学院  
黄河水利职业技术学院  
南京工业职业技术学院  
南京铁道职业技术学院  
黔南民族职业技术学院  
青岛职业技术学院  
陕西财经职业技术学院  
陕西职业技术学院  
深圳信息职业技术学院  
深圳职业技术学院  
石家庄职业技术学院  
四川建筑职业技术学院  
四川职业技术学院  
太原旅游职业技术学院  
泰山职业技术学院  
温州职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
武汉商业服务学院  
杨凌职业技术学院  
浙江工贸职业技术学院  
郑州旅游职业技术学院  
淄博职业技术学院  
云南机电职业技术学院

云南林业职业技术学院  
云南国防工业职业技术学院  
云南文化艺术职业学院  
云南农业职业技术学院  
云南能源职业技术学院  
云南交通职业技术学院  
云南司法警官职业学院  
云南热带作物职业技术学院  
西双版纳职业技术学院  
玉溪农业职业技术学院  
云南科技信息职业学院  
昆明艺术职业学院  
云南经济管理职业学院  
云南爱因森软件职业学院  
云南农业大学  
云南师范大学  
昆明大学  
陕西安康师范学院  
云南水利水电学校  
昆明工业职业技术学院  
云南财税学院  
云南大学高职学院  
山西综合职业技术学院  
温州科技职业技术学院  
昆明广播电视大学  
天津职教中心  
天津工程职业技术学院  
天狮职业技术学院  
天津师范大学  
天津管理干部学院  
天津滨海职业技术学院  
天津铁道职业技术学院  
天津音乐学院

天津石油职业技术学院  
渤海石油职业技术学院  
天津冶金职业技术学院  
天津城市职业学院  
常州机电职业技术学院  
天津公安警官职业技术学院  
武警昆明指挥学院  
天津工业大学  
天津开发区职业技术学院  
黑龙江大兴安岭职业学院  
黑龙江农业经济职业技术学院  
黑龙江农业工程职业技术学院  
黑龙江农业职业技术学院  
黑龙江生物科技职业技术学院  
黑龙江旅游职业技术学院  
中国民航飞行学院  
四川信息职业技术学院  
四川航天职业技术学院  
四川成都纺织高等专科学校  
四川科技职业学院  
四川乐山职业技术学院  
四川泸州职业技术学院  
四川成都农业科技职业技术学院  
四川宜宾职业技术学院  
江西省委党校  
齐齐哈尔职业学院  
深圳安泰信电子有限公司  
山东经济干部学院  
潍坊教育学院  
德州科技职业技术学院  
天一学院  
成都烹饪高等专科学校

# 前言

《通信原理》是通信类专业学生所必修的一门课程,在整个专业课程中占据着举足轻重的地位和作用,然而高职类教育同本科、研究生教育对该课程的要求是有较大差别的。对于高职高专类学生来讲,只需掌握各种最基本的原理性知识,了解各种技术的性能优劣,熟悉这些原理和技术在实际中的应用即可。凭借多年的教学经验和深入的调研,可以发现:真正适合高职高专类学生学习的这类教材并不多,许多教材都是由本科书籍剪切、拼凑而成的。因此学生普遍反映该课程难度太大,理论性太强,与实际联系不上。本书正是在此背景下,经过9位高职院校的资深教师近一年的反复商讨、修改后编撰而成的。

总的来看,本书具有如下特点。

(1) 丢弃了烦琐的公式推导和晦涩的语言描述,以简洁的语言力求内容通俗易懂。

(2) 文字讲述的同时配有大量的图片、表格和实例,力求学习感受更直观、更明晰。

(3) 充分考虑了学生学习的特点和规律,力求由浅入深、由易至难地讲述问题。

(4) 内容的选择上充分考虑了技术的实用性和先进性,以数字通信为主体,注重介绍实用的新技术。

(5) 每章章前有内容提要,章后有本章小结,结构清晰、组织严密。

(6) 每章都配有大量的习题,书后附有相应的习题解答,便于学生练习和进一步掌握所学知识。

本书第1、第7章由崔雁松编写,第6章由李志菁编写,第2章由韩彬彬编写,第3章由冯慧编写,第4章由钱国梁编写,第5章由任伟编写,第8章由王竹林编写,第9章由宋欣编写,第10章由李娜编写。全书由崔雁松统稿,崔雁松、李志菁担任主编,董威担任主审。

由于时间和水平所限,书中难免存在缺点和不足,希望能够得到全国高职院校同行专家、教师及学生的支持和批评指正,共同研讨本门课程及相关课程高职类教材的编写工作。

编者

2008年1月

# 目录

## Contents

### 第1章 绪论 ..... (1)

#### 1.1 通信系统的概念 ..... (1)

#### 1.2 通信系统模型 ..... (3)

##### 1.2.1 通信系统的一般模型 ..... (3)

##### 1.2.2 模拟通信系统模型 ..... (4)

##### 1.2.3 数字通信系统模型 ..... (4)

#### 1.3 通信系统的分类与通信方式 ..... (5)

##### 1.3.1 通信系统的分类 ..... (5)

##### 1.3.2 通信方式 ..... (8)

#### 1.4 信息及其度量 ..... (10)

#### 1.5 通信系统的性能指标 ..... (12)

##### 1.5.1 模拟通信系统的性能指标 ..... (12)

##### 1.5.2 数字通信系统的性能指标 ..... (13)

### 本章小结 ..... (14)

### 第2章 信号分析基础和信道 ..... (17)

#### 2.1 信号分析基础 ..... (17)

#### 2.2 信道的定义和分类 ..... (22)

#### 2.3 信道中的噪声 ..... (24)

#### 2.4 信道容量及香农公式 ..... (26)

#### 本章小结 ..... (27)

### 第3章 模拟调制传输系统 ..... (30)

#### 3.1 调制的基本概念 ..... (30)

#### 3.2 模拟幅度调制系统及其抗噪声性能 ..... (32)

##### 3.2.1 标准调幅(AM) ..... (32)

##### 3.2.2 抑制载波双边带调幅(SC-DSB) ..... (34)

##### 3.2.3 单边带调幅(SSB) ..... (35)

##### 3.2.4 残留边带调幅(VSB) ..... (38)

##### 3.2.5 模拟调幅系统的解调 ..... (39)

##### 3.2.6 模拟调幅系统的抗噪声性能 ..... (40)

#### 3.3 模拟角度调制系统及其抗噪声性能 ..... (46)

##### 3.3.1 模拟角调制的基本概念 ..... (46)

##### 3.3.2 窄带调频和宽带调频 ..... (48)

##### 3.3.3 调频信号的产生与解调 ..... (53)

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 3.3.4 调频系统的抗噪声性能 .....       | (56)  |
| 3.3.5 调频系统的加重技术 .....        | (59)  |
| 本章小结 .....                   | (61)  |
| 第4章 模拟信号的数字传输 .....          | (64)  |
| 4.1 抽样定理和脉冲幅度调制 .....        | (64)  |
| 4.1.1 抽样定理和理想抽样 .....        | (64)  |
| 4.1.2 脉冲幅度调制(PAM) .....      | (66)  |
| 4.2 脉冲编码调制(PCM) .....        | (68)  |
| 4.2.1 量化 .....               | (69)  |
| 4.2.2 编码和译码 .....            | (73)  |
| 4.2.3 PCM系统的抗噪声性能 .....      | (75)  |
| 4.3 自适应差分脉冲编码调制(ADPCM) ..... | (77)  |
| 4.3.1 差分脉码调制(DPCM) .....     | (77)  |
| 4.3.2 ADPCM .....            | (78)  |
| 4.4 增量调制( $\Delta M$ ) ..... | (78)  |
| 4.4.1 增量调制的基本原理 .....        | (78)  |
| 4.4.2 量化噪声和过载噪声 .....        | (80)  |
| 4.4.3 与PCM系统的比较 .....        | (82)  |
| 本章小结 .....                   | (83)  |
| 第5章 数字基带传输系统 .....           | (86)  |
| 5.1 数字基带传输系统的常用码型 .....      | (86)  |
| 5.1.1 二元码 .....              | (87)  |
| 5.1.2 三元码 .....              | (89)  |
| 5.2 数字基带信号的功率谱 .....         | (90)  |
| 5.3 无码间串扰的基带传输 .....         | (93)  |
| 5.3.1 数字基带传输系统模型 .....       | (93)  |
| 5.3.2 基带传输系统的码间串扰 .....      | (94)  |
| 5.3.3 无码间串扰的基带传输特性 .....     | (95)  |
| 5.3.4 无码间串扰的理想低通滤波器 .....    | (96)  |
| 5.3.5 滚降低通滤波器 .....          | (97)  |
| 5.4 部分响应系统 .....             | (99)  |
| 5.5 基带传输系统的差错率 .....         | (103) |
| 5.6 扰码和解扰 .....              | (105) |
| 5.6.1 m序列 .....              | (105) |
| 5.6.2 扰码及解扰原理 .....          | (107) |
| 5.7 均衡 .....                 | (109) |
| 5.8 眼图 .....                 | (112) |
| 本章小结 .....                   | (113) |
| 第6章 数字调制传输系统 .....           | (115) |
| 6.1 二进制数字调制 .....            | (116) |
| 6.1.1 二进制数字幅移键控(2ASK) .....  | (116) |
| 6.1.2 二进制数字频移键控(2FSK) .....  | (119) |

|                                                    |                                          |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 6.1.3 二进制数字相移<br>键控(2PSK) ... (123)                | 8.1.3 码重、码距和编码<br>效率 ..... (149)         |
| 6.2 多进制数字调制 ..... (126)                            | 8.1.4 差错控制方式<br>..... (149)              |
| 6.2.1 多进制数字幅移键<br>控(MASK) ..... (127)              | 8.2 简单差错控制编码<br>..... (150)              |
| 6.2.2 多进制数字频移<br>键控(MFSK) ... (129)                | 8.3 线性分组码 ..... (152)                    |
| 6.2.3 多进制数字相移<br>键控(MPSK) ... (131)                | 8.3.1 监督矩阵 $H$ 和生成<br>矩阵 $G$ ..... (153) |
| 6.3 数字调制系统性能<br>比较 ..... (134)                     | 8.3.2 错误图样 $E$ 和校<br>正子 $S$ ..... (155)  |
| 6.3.1 二进制数字调制系统<br>的性能比较 ..... (134)               | 8.3.3 线性码的特性及<br>汉明码 ..... (156)         |
| 6.3.2 多进制数字调制系统<br>的性能比较 ..... (135)               | 8.4 循环码 ..... (157)                      |
| 本章小结 ..... (135)                                   | 8.4.1 码多项式及按模<br>运算 ..... (157)          |
| 第7章 现代数字调制技术<br>..... (138)                        | 8.4.2 码的生成多项式和<br>生成矩阵 ..... (159)       |
| 7.1 最小频移键控(MSK)<br>..... (138)                     | 8.4.3 循环码的编码<br>..... (159)              |
| 7.2 交错正交相移键控<br>(OQPSK) ..... (140)                | 8.4.4 循环码的解码<br>..... (161)              |
| 7.3 $\pi/4$ 正交相移键控<br>( $\pi/4$ -QPSK) ..... (142) | 8.5 卷积码 ..... (163)                      |
| 7.4 正交幅度调制(QAM)<br>..... (143)                     | 本章小结 ..... (165)                         |
| 本章小结 ..... (145)                                   | 第9章 信道复用和多址接入<br>..... (167)             |
| 第8章 差错控制编码 ..... (147)                             | 9.1 引言 ..... (167)                       |
| 8.1 差错控制编码基础<br>..... (147)                        | 9.2 信道复用 ..... (167)                     |
| 8.1.1 信道误码类型<br>..... (147)                        | 9.2.1 频分复用(FDM)<br>..... (168)           |
| 8.1.2 检、纠错编码的<br>基本原理 ..... (147)                  | 9.2.2 时分复用(TDM)<br>..... (170)           |
|                                                    | 9.2.3 码分复用(CDM)<br>..... (174)           |

|                        |       |                         |       |
|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| 9.3 多址接入 .....         | (176) | 10.3 帧同步 .....          | (189) |
| 9.3.1 频分多址(FDMA)       |       | 10.3.1 起止式同步法           |       |
| .....                  | (176) | .....                   | (189) |
| 9.3.2 时分多址(TDMA)       |       | 10.3.2 集中插入同步法          |       |
| .....                  | (177) | .....                   | (190) |
| 9.3.3 码分多址(CDMA)       |       | 10.3.3 分散插入同步法          |       |
| .....                  | (178) | .....                   | (192) |
| 本章小结 .....             | (179) | 10.4 网同步 .....          | (192) |
| <b>第10章 同步原理</b> ..... | (181) | 10.4.1 同步复接 .....       | (193) |
| 10.1 载波同步 .....        | (181) | 10.4.2 异步复接 .....       | (193) |
| 10.1.1 插入导频法 ...       | (181) | 本章小结 .....              | (194) |
| 10.1.2 自同步法 .....      | (183) | <b>部分习题答案</b> .....     | (196) |
| 10.2 位同步 .....         | (185) | <b>附录一 常用三角公式</b> ..... | (213) |
| 10.2.1 插入导频法           |       | <b>附录二 傅氏变换性质及常用</b>    |       |
| .....                  | (186) | <b>傅氏变换对</b> .....      | (214) |
| 10.2.2 自同步法            |       | <b>参考文献</b> .....       | (217) |
| .....                  | (187) |                         |       |

# 第1章 绪论



## 内容提要

本章是全书内容的基础，为后续章节的学习做铺垫。本章首先提出了通信系统的基本概念，给出了3种常用的通信系统模型，介绍了通信系统的几种分类方法和基本通信方式，然后讲述了通信系统的传输内容——信息的度量方法，最后给出了模拟、数字通信系统衡量性能优劣的主要指标。

通信离人们的生活并不遥远，从古代的消息树、烽火台和驿马传令到现代的书信、电报、电话、广播、电视、遥控、遥测等，通信的发展史也是人类的科技进步史。真正的电通信始于19世纪30年代。1837年，莫尔斯电磁式电报机出现；1866年，利用大西洋海底电缆实现了越洋电报通信；1876年，贝尔发明了电话机，开始了有线电报、电话通信；19世纪末，出现了无线电报；20世纪，电子管、晶体管、集成电路的出现使通信迅速发展；20世纪80年代以来，微波通信、卫星通信、光纤通信、移动通信和计算机通信等各种现代通信系统竞相发展。现在的通信技术正在向数字化、智能化、综合化、宽带化、个人化方向迅速发展。人类不断努力，奔向通信的最终目标——5W(Whenever, Wherever, Whoever, However and Whatever)，即无论何时、何地都能实现与任何人进行任何形式的信息交换——全球个人通信。

## 1.1 通信系统的基本概念

何谓通信？简言之，通信是指将信息有效而可靠地由一地传输到另一地的过程。为了实现通信，必须要有一定的技术、设备和传输介质的支持，所有这些技术、设备和传输介质的总和就构成了通信系统(参照图1-1的公众通信网)。具体来讲，通信和通信系统的概念包括以下几方面含义。

(1)通信的目的是传输信息。这里强调传输的是“信息”，而不是“消息”。“消息”这个词汇在日常生活中，尤其是在人们的口语中应用广泛。然而，在通信术语中，应该采用的词汇是“信息”。信息是有用的消息，是收信者不确

定的、未知的消息。否则，通信就失去了意义。

(2)信息的传输必须是有效而可靠的。有效性和可靠性是衡量一个通信系统性能优劣的两个最主要的质量指标。有效性是指系统高效率地传输信息；可靠性是指系统不失真地传输信息。

(3)信息的传输在异地之间要经历一段时间，采用某种的具体形式，克服路径中的干扰和距离上的障碍。

在同一地点可以面对面直接交流的情况下研究通信是没有意义的，因此通信一般是在异地之间进行。又由于在异地信息的传输必然要耗时，因此通信中既包含有空间的问题，又包含有时间的问题。通信要传输的信息是抽象的概念，其传输要采取“信号”这种具体的形式，信号是信息的载体。信号在传输过程中要克服距离上的障碍，否则就会产生衰减和失真。衰减是指信号的功率随传播距离增加而减小的现象；失真是指由于受到传输路径中噪声的影响，信号在波形上的变动，噪声是指由系统内部或外部所产生的随机的并对本系统中的有用信号有影响的信号。

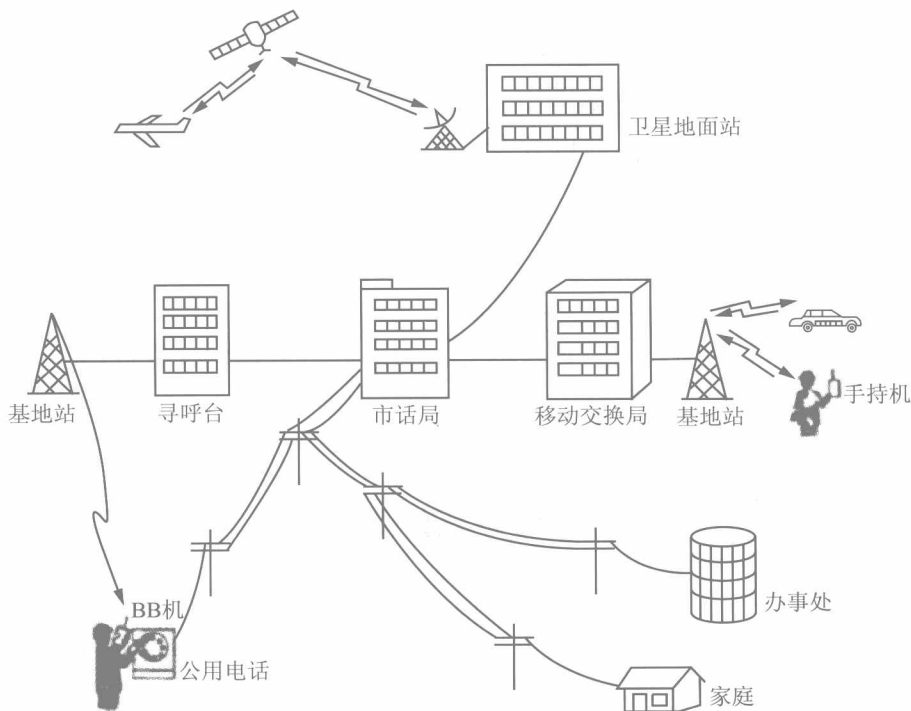


图 1-1 公众通信网

通信系统中的其他基本概念将在后续章节中陆续讲到。

## 1.2 通信系统模型

### 1.2.1 通信系统的一般模型

为了了解通信系统的基本组成和结构,下面介绍通信系统的一般模型,如图 1-2 所示。

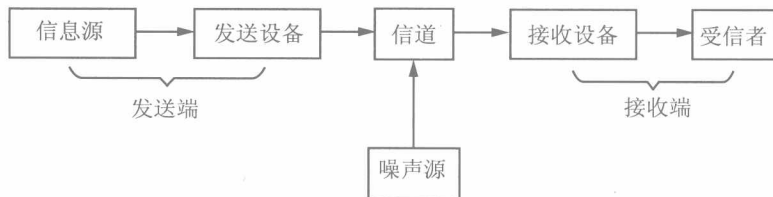


图 1-2 通信系统的一般模型

信息源即信息的来源,其作用是把消息转换成原始电信号的形式,如电话机、计算机、电传机等。发送设备的基本功能是将信源产生的原始电信号变换成适合在信道中传输的信号。变换方式是多种多样的,如调制、编码、放大、二/四线变换等。信息源和发送设备都处于系统的发送端。

信道即信息传输的通道。信道既可以是有线的,也可以是无线的。有线信道如架空明线、电缆、光缆等,无线信道主要是自由空间。信号在传输过程中,尤其是在信道中要受到各种内、外部噪声的影响。噪声源即噪声的来源,它是整个系统中所有噪声的抽象集中。

信息源与受信者,发送设备与接收设备都是通信系统中的匹配对。因此接收设备的基本功能与发送设备刚好相反,是将从信道中接收到的带有干扰的信号变换成原始信号的形式,以利于受信者的接收。接收设备的变换有解调、译码、滤波等。受信者的作用与信息源相反,是将恢复的原始信号转换成相应的消息形式,如电话机、计算机等既可以是信息源,又可以是受信者。

需要指出,图 1-2 给出的模型只反映了通信系统中一般的、共性的问题,在研究对象更具体以及研究问题的侧重点不同时,应该建立不同的、更具体的通信系统模型,下面两节内容将依次介绍模拟通信系统模型和数字通信系统模型。在具体介绍之前,有必要先了解一下这两类系统的划分情况。

信号按照其参量(如幅度、频率等)取值的不同,可以分为模拟信号和数字信号两种。模拟信号参量的取值是连续的或可以有无穷多个,如语音、图像等。数字信号参量的取值只能是有限多个,如计算机输入/输出信号、电报信号等。模拟通信系统和数字通信系统的划分依据正是信道中传输的信号参量取值特征。如虽然信息源产生的是模拟信号,但经过发送设备的模/数转

换之后经过数字信道传输送到接收端，这样的系统也是数字通信系统。

### 1.2.2 模拟通信系统模型

模拟通信系统的模型如图 1-3 所示，与图 1-2 相比，发送设备和接收设备变成了调制器和解调器。这只是突出强调了调制和解调在模拟通信系统中的作用，并不是说发送和接收只需要这两种变换就够了。



图 1-3 模拟通信系统模型

信息源发出的原始电信号称为基带信号，这是由于这种信号的频谱一般从零频开始并具有很低的频谱分量，并不适宜直接传输，如语音信号频谱范围为  $300\sim 3400\text{Hz}$ ，图像信号为  $0\sim 6\text{MHz}$ 。调制器的作用就是频谱搬移，即将原来不适合直接在信道中传输的基带信号变换成适合在信道中传输的形式；解调器完成反变换的作用。经过调制以后的信号称为已调信号，又称为频带信号。频带信号具有 3 个基本特征：一是携带有信息；二是适合在信道中传输；三是信号的频谱具有带通形式且中心频率远离零频。关于调制技术，将在第 3 章和第 6 章中详细讲述。

### 1.2.3 数字通信系统模型

数字通信系统模型如图 1-4 所示。与图 1-3 相比，发送端除了调制变换之外，增加了信源编码和信道编码，接收端除了解调之外，也相应地增加了信道译码和信源译码。

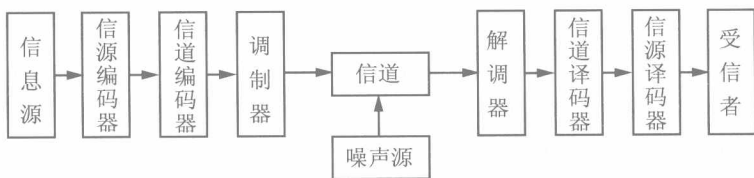


图 1-4 数字通信系统模型

信源编码的目的是为了提高系统的有效性。其作用主要有两个：一是设法减少码元( $M$  进制系统中共有  $M$  种消息符号，每个消息符号又称为一个码元)数目和降低码元速率，即通常所说的数据压缩。由于码元速率与信号有效传输带宽有正比关系，而信号的有效传输带宽又直接反映了系统的有效性。因此降低码元速率就是提高系统的有效性，如图像压缩编码、语音压缩编码