



新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 通信技术专业

# 现代通信技术

朱月秀 主 编

周 珏 副主编

廖继红



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·通信技术专业

# 现代通信技术

朱月秀 主 编

周 珏 副主编  
廖继红

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书首先扼要介绍通信的基础知识,然后全面介绍现代通信系统的组成,既讲述通信系统的基本知识和基本原理,又介绍新技术、新发展和新成果。本书重点讲述了卫星通信、光纤通信和移动通信,并对业务通信网(电话网、有线电视网和宽带综合业务数字网)做了全面的阐述。本书的宗旨是无论读者是否具备通信知识背景,通过本书的学习,都能建立完整的通信概念,理解当代应用最广泛的通信系统的工作原理并掌握其组成结构。

本书可以作为高职高专通信专业的专业基础课教材,作为高职高专电子、计算机等其他专业的专业课教材,也可以供相关专业的职业教育培训和资格认证参考和学习。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术/朱月秀主编. —北京:电子工业出版社, 2003.7  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·通信技术专业  
ISBN 7-5053-8878-9

I. 现… II. 朱… III. 通信技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 056021 号

责任编辑:程超群

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:275 千字

版 次:2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:14.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话:(010) 68279077

# 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院  
三峡大学职业技术学院  
桂林电子工业学院高职学院  
桂林工学院  
南京化工职业技术学院  
湛江海洋大学海滨学院  
江西工业职业技术学院  
江西渝州科技职业学院  
柳州职业技术学院  
邢台职业技术学院  
漯河职业技术学院  
太原电力高等专科学校  
苏州工商职业技术学院  
金华职业技术学院  
河南职业技术师范学院  
新乡师范高等专科学校  
绵阳职业技术学院  
成都电子机械高等专科学校  
河北师范大学职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
常州机电职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院  
安徽电子信息职业技术学院  
浙江工商职业技术学院  
河南机电高等专科学校  
深圳信息职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
湖南信息职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
沈阳电力高等专科学校  
温州职业技术学院  
温州大学  
广东肇庆学院  
湖南铁道职业技术学院  
宁波高等专科学校  
南京工业职业技术学院  
浙江水利水电专科学校  
成都航空职业技术学院  
吉林工业职业技术学院  
上海新侨职业技术学院  
天津渤海职业技术学院  
驻马店师范专科学校  
郑州华信职业技术学院  
浙江交通职业技术学院

## 前 言

21 世纪是通信信息时代，宽带上网、移动电话、卫星电视等已迅速地渗透到我们的日常生活之中，显而易见，这是基于通信技术的飞速发展，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的突飞猛进的发展。

随着通信的重要性被越来越多的人所认识，不仅是通信专业的学生，而且非通信专业的学生以及其他领域的技术人员都迫切要求学习通信技术。因此，为了使不同专业的学生在有限的时间内基本掌握现代通信基本原理，建立完整的通信系统概念，掌握现代通信网的组成，了解通信技术的发展趋势，我们将以往单独设置的《通信原理》、《卫星通信》、《光纤通信》、《移动通信》和《业务通信网》等课程综合成一门《现代通信技术》课程。为适应教学的需要，特组织编写此教材。

全书共分 5 章，第 1 章介绍通信的基础知识，第 2 章介绍卫星通信，第 3 章介绍光纤通信，第 4 章介绍移动通信，第 5 章全面地阐述电话网、有线电视网和宽带综合业务数字网的业务通信网。本教材计划学时为 64 课时。

本书的第 1 章、第 3 章和第 4 章由朱月秀老师编写，第 2 章由周珏老师编写，第 5 章由廖继红老师编写。朱月秀老师担任本书的主编，周珏老师和廖继红老师为本书的副主编，朱月秀老师负责全书的统稿工作。

鉴于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2003 年 5 月



## Contents

<b>第 1 章 通信基础知识</b> .....	(1)
1.1 通信的基本概念 .....	(1)
1.1.1 信号 .....	(1)
1.1.2 信道 .....	(3)
1.1.3 信息的传输方式 .....	(5)
1.1.4 通信系统 .....	(7)
1.1.5 通信网 .....	(9)
1.2 模拟信号数字化 .....	(10)
1.2.1 抽样 .....	(10)
1.2.2 量化 .....	(11)
1.2.3 编码 .....	(12)
1.3 信号的基带传输 .....	(13)
1.3.1 模拟信号的基带传输 .....	(13)
1.3.2 数字信号的基带传输 .....	(13)
1.4 模拟调制与解调 .....	(15)
1.4.1 振幅调制 .....	(16)
1.4.2 频率调制 .....	(21)
1.5 数字调制与解调 .....	(23)
1.5.1 二进制振幅键控 (2ASK: Amplitude Shift Keying) .....	(23)
1.5.2 二进制频移键控 (2FSK: Frequency Shift Keying) .....	(24)
1.5.3 二进制相移键控 (2PSK: Phase Shift Keying) .....	(27)
1.5.4 二进制差分相移键控 (2DPSK: Differential Phase Shift Keying) .....	(28)
1.6 复用技术 .....	(30)
1.6.1 频分复用技术 (FMD: Frequency Division Multiplexing) .....	(30)
1.6.2 时分复用技术 (TDM: Time Division Multiplexing) .....	(31)
思考与练习题 1 .....	(33)
<b>第 2 章 卫星通信</b> .....	(35)
2.1 卫星通信概述 .....	(35)
2.1.1 卫星通信的概念 .....	(35)
2.1.2 静止卫星通信的特点 .....	(38)
2.1.3 卫星通信的工作频段 .....	(40)





2.1.4	卫星通信的优点	(42)
2.1.5	卫星通信系统的组成	(43)
2.2	通信卫星	(43)
2.2.1	通信卫星的种类	(43)
2.2.2	卫星的运动轨道和卫星的发射	(45)
2.2.3	通信卫星的覆盖	(47)
2.2.4	静止卫星的设置及观察参数的计算	(49)
2.2.5	通信卫星的组成	(51)
2.2.6	通信卫星的技术指标	(55)
2.3	卫星通信的多址技术	(57)
2.3.1	多址方式概述	(57)
2.3.2	频分多址 (FDMA) 方式	(58)
2.3.3	时分多址 (TDMA) 方式	(59)
2.3.4	空分多址 (SDMA) 方式	(60)
2.3.5	码分多址 (CDMA) 方式	(62)
2.4	卫星地球站	(62)
2.4.1	地球站的分类、组成及性能要求	(62)
2.4.2	天线馈线分系统	(65)
2.4.3	发射分系统	(66)
2.4.4	接收分系统	(67)
2.4.5	电源分系统	(68)
2.5	VSAT 卫星通信系统	(68)
2.5.1	VSAT 概述	(68)
2.5.2	组网形式	(69)
2.5.3	VSAT 系统的工作频段	(69)
2.5.4	VSAT 系统的多址方式	(69)
	思考与练习题 2	(70)
<b>第 3 章</b>	<b>光纤通信</b>	<b>(71)</b>
3.1	光纤通信概述	(71)
3.1.1	光纤通信的发展历史	(71)
3.1.2	光纤通信的工作波长	(72)
3.1.3	光纤通信的特点	(72)
3.1.4	光纤通信的基本组成	(73)
3.2	光纤与光缆	(74)
3.2.1	光纤的结构及其分类	(74)
3.2.2	光纤的导光原理	(75)
3.2.3	光纤的损耗特性及色散特性	(78)
3.2.4	光纤的连接	(80)
3.2.5	光缆和光纜的敷設	(81)

3.3 光源和光电检测器	(84)
3.3.1 光源	(84)
3.3.2 半导体光电检测器	(89)
3.4 光纤通信系统	(91)
3.4.1 光发射机	(91)
3.4.2 光接收机	(92)
3.4.3 光中继器	(93)
3.5 光的波分复用	(96)
3.5.1 光波分复用系统的结构	(96)
3.5.2 光波分复用的主要特点	(96)
3.5.3 密集波分复用技术	(97)
思考与练习题 3	(98)
<b>第 4 章 移动通信</b>	<b>(99)</b>
4.1 移动通信概述	(99)
4.1.1 移动通信的特点	(99)
4.1.2 移动通信的分类	(101)
4.1.3 移动通信的工作方式	(102)
4.1.4 移动通信的工作频段	(104)
4.1.5 移动通信系统的组成	(104)
4.2 移动通信系统的组网技术	(105)
4.2.1 大区制移动通信网	(105)
4.2.2 小区制移动通信网	(106)
4.2.3 信道配置	(108)
4.2.4 信令	(108)
4.3 GSM 移动通信系统	(109)
4.3.1 概述	(109)
4.3.2 GSM 系统的组成	(110)
4.3.3 GSM 系统的网络结构	(111)
4.3.4 编号方式与频率配置	(113)
4.3.5 GSM 系统移动管理	(115)
4.3.6 路由选择	(117)
4.4 CDMA 移动通信系统	(119)
4.4.1 概述	(119)
4.4.2 扩频通信原理	(120)
4.4.3 CDMA 数字蜂窝系统的信道组成	(121)
4.4.4 CDMA 的系统结构	(124)
4.5 第三代移动通信	(126)
4.5.1 第三代移动通信的发展概况	(126)
4.5.2 GPRS 系统概述	(127)



4.5.3 第三代移动通信发展的目标——个人通信·····	(128)
思考与练习题 4 ·····	(130)
<b>第 5 章 通信业务网</b> ·····	(131)
5.1 概述·····	(131)
5.2 电话网·····	(132)
5.2.1 电话通信网的组成·····	(132)
5.2.2 电话网的网络结构·····	(133)
5.2.3 编号计划·····	(136)
5.3 有线电视网·····	(137)
5.3.1 有线电视系统的组成·····	(138)
5.3.2 前端设备·····	(139)
5.3.3 信号传输与网络分配·····	(142)
5.3.4 有线通信电视的新发展——CATV 与 ISDN 的结合 ·····	(147)
5.4 宽带综合业务数字网 (B-ISDN) ·····	(149)
5.4.1 B-ISDN 业务的特性及信息传递方式 ·····	(150)
5.4.2 ATM 技术原理 ·····	(151)
5.4.3 B-ISDN/ATM 的网络分层结构·····	(153)
5.4.4 B-ISDN/ATM 的用户/网络接口 ·····	(154)
5.4.5 ATM 网组成 ·····	(155)
5.4.6 宽带通信网的业务·····	(155)
5.4.7 宽带信息网络建设实例——上海宽带信息网·····	(160)
思考与练习题 5 ·····	(161)

# 第 1 章 通信基础知识



## 内容提要

- 信号、信道的概念和分类。
- 信息的传输方式。
- 通信系统的基本组成及性能指标。
- 通信网的基本结构。
- 抽样、量化、编码的基本概念及抽样定理。
- 模拟信号基带传输的基本概念。
- 数字信号基带传输的基本概念、数字基带信号的码型及数字基带信号的传输原理。
- AM、DSB-SC、SSB、FM 的基本概念及其时域、频域特性和调制解调方法。
- 2ASK、2FSK、2PSK、2DPSK 的基本概念及其时域、频域特性和调制解调方法。
- 频分复用的概念及多级复用的构成。
- 时分复用的概念及数字分级复接的构成。

## 1.1 通信的基本概念

人类是通过嘴巴、耳朵、眼睛等与对方进行信息交换的。但是当人们在相隔较远的地方时,如何进行信息交换呢?这就需要通信来实现。通信的基本任务是解决两地之间消息的传递和交换。例如,将地点 A 的信息传输到地点 B,或者将地点 A 和地点 B 的信息双向传输。

实现通信的方式很多。例如,古代人们曾利用信物、烽火、金鼓、旗语等作为通信工具传递信息,现代人们利用电话、传真、电视、国际互联网等进行信息传递和交换。现代的通信是电通信方式,即利用电信号携带所要传递的信息,然后经过各种信道进行传输,达到通信的目的。由于电通信几乎能在任意的通信距离上实现迅速而又准确的传递,因而获得了飞速的发展和广泛的应用。

### 1.1.1 信号

信息要用某种物理方式表达出来,通常可以用声音、图像、文字、符号等来表达。由于它们一般不便于高效率、高可靠的远距离传输,因而往往需要将它们转换成更便于传输和处理

的信号。因此，可以说信号是信息的载体，是信息的表现形式。一般讲的信号是指电信号，它的表达形式可以是电压、电流或电场等。对信号的描述可以有两种方法，即时域法和频域法。

时域法研究的是信号的电量（电压或电流等）随时间变化的情况，可以用观察波形的方法进行。例如，声音信号与时间  $t$  的关系可用一维函数  $f(t)$  来描述，如图 1.1 (a) 所示。频域法研究的是信号的电量在频域中的分布情况，可用频谱分析仪观察信号的频谱，语音信号的频率范围大约为 20 Hz~20 000Hz，如图 1.1 (b) 所示。在语音中频谱越高能量就越小，所以在电话中只传送听清对方说话声的 300Hz~3 400Hz 的部分。

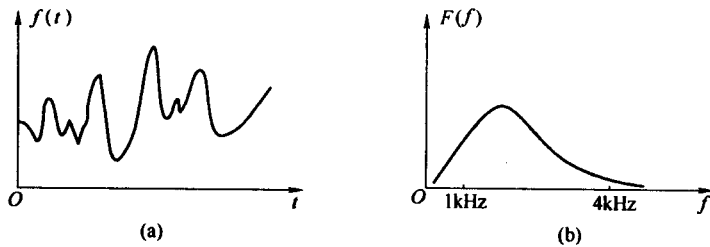


图 1.1 语音信号的波形与频谱图

电信号可以有多种分类方法。若以频率划分，可分为基带信号和频带信号；若以信号参数的状态划分，则可以分为模拟信号和数字信号。

### 1. 基带信号与频带信号

基带信号是指含有低频成分甚至直流成分的信号，通常原始信号都是基带信号。基带信号所占据的频带宽度相对于它的中心频率而言很宽，不适合于长距离传输，更不能进行无线电发送。如语音信号是一种典型的基带信号，它是由人的声音经过话筒转换而成的。

频带信号的中心频率较高，而带宽相对中心频率很窄，因此适合于在信道中传输。基带信号经过各种不同调制方法可以转换成频带信号。如调频广播电台的 FM  $\times \times$  MHz 就是一个频带信号，它是将语音信号调制到  $\times \times$  MHz 的中心频率上，然后进行发射。如果接收机的频率与电台的频率相同，就能够接收到所发射的信号。

### 2. 模拟信号与数字信号

模拟信号是指电信号参量的取值随时间连续变化的信号。因此，模拟信号也叫连续信号，

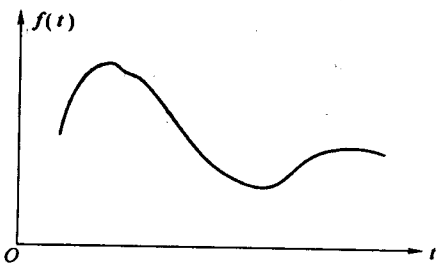


图 1.2 模拟信号示例

如图 1.2 所示。模拟信号电量可以有无限多个取值，如在 1.1V~1.2V 之间的取值范围内，可以取 1.1V、1.11V、1.111V 等无限多个数值。常见的模拟信号有语音信号、图像信号以及来自各种传感器的检测信号等。

数字信号与模拟信号相反，是指电信号参量的取值是离散的且只有有限个状态的信号。因此，数字信号也叫离散信号。如图 1.3 (a) 所示是二进制数字信号，它只有两种取值，分别用 0 和 1

表示。当然也可以有多进制数字信号，如四进制、八进制等，如图 1.3 (b) 所示就是四进制数字信号，分别用 0、1、2、3 表示四种取值。常见的数字信号有电报、传真、计算机数据等信号。

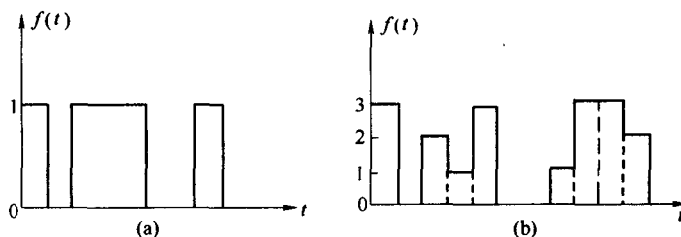


图 1.3 数字信号举例

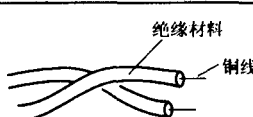
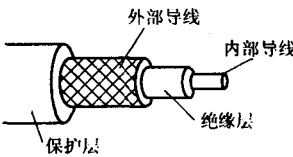
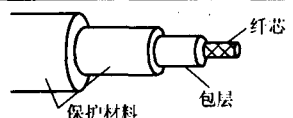
## 1.1.2 信道

信道是信号的传输媒质，它可分为有线信道和无线信道两类。有线信道包括明线、双绞线、同轴电缆和光纤等，而无线信道是由无形的空间构成，利用电波进行通信。

### 1. 有线信道

目前广泛使用的有线信道主要有双绞线、同轴电缆和光纤，它们的构造、特征及主要用途如表 1.1 所示。

表 1.1 有线信道的线路种类、构造、特征和主要用途

线路种类	构造	特征	主要用途
双绞线	 绝缘材料 铜线	便宜、构造简单，传输频带宽，有漏话现象，容易混入杂音	电话用户线 低速 LAN
同轴电缆	 外部导线 内部导线 绝缘层 保护层	价格稍高，传输频带宽，漏话感应少，分支、接头容易	CATV 分配电缆 高速 LAN
光纤	 纤芯 包层 保护材料	低损耗，频带宽，重量轻，直径小，无感应，无漏话	国际间主干线 国内城市间主干线 高速 LAN

双绞线构造简单且价格便宜，但传输损耗大，且随着频率升高双绞线间产生漏话现象。另外，不能对电磁波产生屏蔽，容易混入外部杂音。双绞线主要使用于 100kHz 以下或数字信号 10Mbit/s 以下的信息传输，被广泛应用于电话端局和用户之间的连线，或低速局域网计算机之间连线。

一般高频率信号的传输和长距离的传输都使用同轴电缆。同轴电缆的频带要比双绞线宽



得多，它的外部金属能屏蔽中心导体的电磁波，因而不容易混入杂音。由于这些特点，它被广泛用于数百兆赫兹的模拟信号传输，也可用于 1Gbit/s 的数字传输。因为电视的频段在 91.25 MHz~900MHz 范围，所以有线电视（CATV）的分配电缆都采用同轴电缆。

光纤与双绞线、同轴电缆相比较，具有无可比拟的低损耗、传输频带宽、无电磁感应、不漏话且质轻、径细等极优良的性能。国际间、国内城市间长距离大容量的传输线路使用的同轴电缆很快被光纤替代了。伴随着制造光纤技术的日益提高，成本不断下降，甚至原来以双绞线、同轴电缆为主要传输线路的高层大楼、办公室等内部通信也开始使用光纤了。

## 2. 无线信道

无线信道是利用电波传输信号。电波是一种在空间传播的物质，是全世界共同拥有的资源和财产。电波是指频率在 3GHz 以下的电磁波，电磁波包括电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线和  $\gamma$  射线等，它们都是以光速  $3 \times 10^8 \text{m/s}$  传播的，人们根据电波的波长对它进行命名，如图 1.4 所示。

波长	频率	符号	名称
0.1mm	3000GHz		(亚毫米波)
1mm	300GHz		
1cm	30GHz	EHF	极高频(毫米波)
10cm	3GHz	SHF	超高频(厘米波)
1m	300MHz	UHF	特高频
10m	30MHz	VHF	甚高频(超短波)
100m	3MHz	HF	高频(短波)
1km	300kHz	MF	中频(中波)
10km	30kHz	LF	低频(长波)
100km	3kHz	ULF	甚低频(极长波)

频率	名称
40GHz	Ka 波段
27GHz	K 波段
18GHz	Ku 波段
12GHz	X 波段
8GHz	C 波段
4GHz	S 波段
2GHz	L 波段
1GHz	

图 1.4 电波的名称

电波是从天线发射出来的，不同的频率其天线的形状、尺寸也各不相同，并且电波传播方式也多种多样，主要传播方式有地表面波、直射波和电离层反射波。表 1.2 列出了电波的工作频段、传播方式及主要用途。

表 1.2 无线信道的工作频率、传播方式和主要用途

名称	频率范围	波长范围	主要传播方式	主要用途
长波	30 kHz~300kHz	1km~10km	地表面波	远距离通信，导航
中波	300 kHz~3 000kHz	0.1km~1km	地表面波	调幅广播，船舶、飞机通信
短波	3 MHz~30MHz	10m~100m	地表面波 电离层反射波	调幅广播，调幅和单边带通信
超短波	30 MHz~300MHz	1 m~10m	直射波 对流层散射	调频广播，广播电视，雷达与导航，移动通信
微波	300MHz 以上	1m 以下	直射波	广播电视，卫星通信，移动通信，微波接力通信等



如图 1.5 所示是电波的各种传播路径。地球的表面是一个球面，绕地球表面进行传播的电波称地表面波，中波以下频段的电波主要以地表面波形式传播。电波发送端与接收端在视距范围内直接传播的方式称为直射波，超短波以上波段的电波主要以直射波为主。受地表面曲率的影响，直射波的传播范围一般不超过 50km。电离层反射波是指电波经过电离层反射到地面的电波，短波频段电波的电离层反射波最为明显。

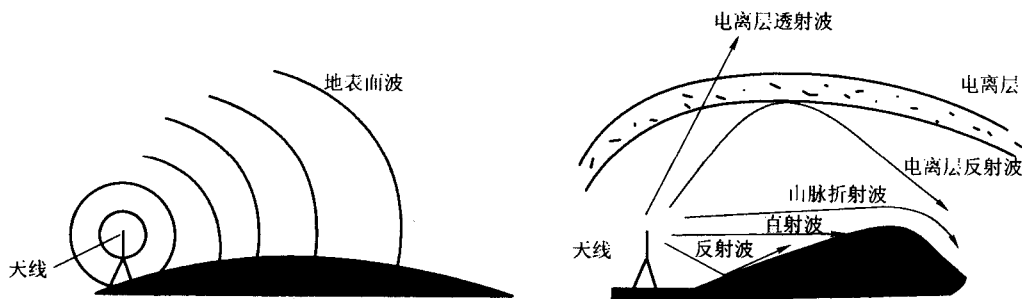


图 1.5 电波的传播路径

### 1.1.3 信息的传输方式

信息的传输方式可以有以下几种分类：按照通过传输线路信息的形式不同可以将传输方式分为模拟传输和数字传输；按照传输方法可分为串行传输和并行传输；按照信号的流向可分为单工、半双工和全双工三种通信方式。

#### 1. 模拟传输和数字传输

根据信道中传送的是模拟信号还是数字信号，将通信传输方式分成模拟传输方式和数字传输方式。应当指出，模拟传输方式和数字传输方式是以信道传输信号的差异为标准的，而不是根据原始输出的信号来划分。若将原始输出的模拟信号经过模/数变换，成为数字信号，就可以用数字传输方式传送，在接收端再进行相反的数/模变换，即可还原出原始的模拟信号。

#### 2. 串行传输和并行传输

将多位二进制码的各位码在时间轴上排列成一行，在一条传输线路上一位一位地传输的方式称为串行传输方式。用数量等于二进制码的位数的多条传输线路同时传送多位码的传输方式称为并行传输方式。如图 1.6 所示是两种传输方式的示意图。

串行传输的通信成本低但速度慢，而并行传输的传输速度快但成本高。因此，在通信线路长即远距离传输时使用串行传输方式，而在短距离的计算机之间或计算机与外部设备（如打印机、显示器等）之间使用并行传输方式。

#### 3. 单工、半双工和全双工通信

(1) 单工通信。单工通信是指信息的流动方向始终固定为一个方向的通信方式。虽然能够逆向传输应答监视信号，但不能在反方向传输信息，如图 1.7 (a) 所示。



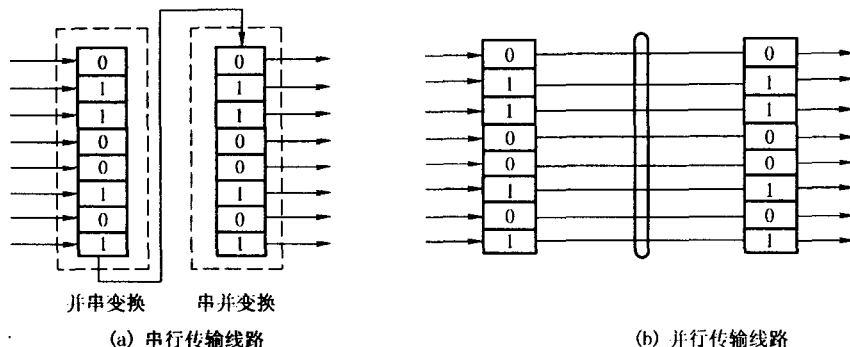


图 1.6 数据的串行传输和并行传输

例如，电视机、收音机只能接收信号，而不能反方向传送信号，它是一种类似于单行道的通信方式。

(2) 半双工通信。这是一种信息流动方向可以随时改变的通信方式，信息的流动方向有时是从A流向B，有时是从B流向A。但任何时刻只能由其中的一方发送数据，另一方接收数据，如图 1.7 (b) 所示。由于传输方向不断交换，所以传输效率会有所下降。

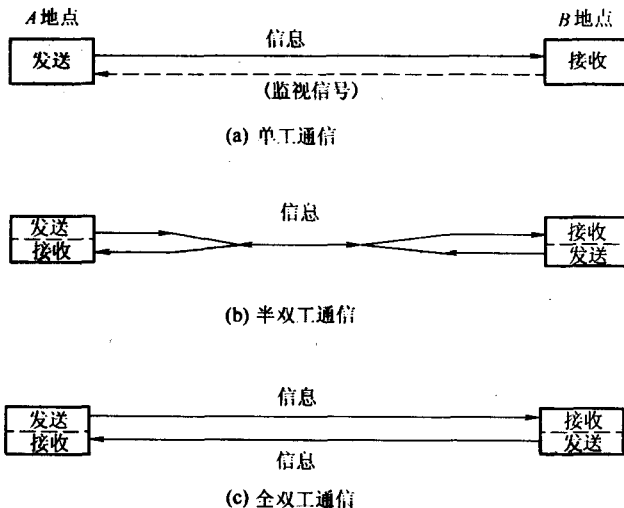


图 1.7 单工、半双工、全双工的通信方式

例如，无线电收、发两用机和银行的联机系统都属于这种方式。它是一种类似于单向交互通行道路的通信方式。

(3) 全双工通信。全双工通信是指可以同时向两个方向传输信息的通信方式，如图 1.7 (c) 所示。这种通信方式可以相互交换大量的信息。虽然是同时双向传输信息，但不一定非要在两个方向上分别敷设传输线路，如将发送、接收的信号频率分离，引入频分复用技术就可实现双向通信。

例如，电话通信、宽带上网等都是属于这种通信方式。它是一种类似于双向通行道路的通信方式。