

高等教育“十一五”国家级规划教材·配套习题集

现代通信原理 习题解析

■ 沈保锁 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·配套习题集

现代通信原理习题解析

沈保锁 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书为《现代通信原理》的配套教材,与原书相对应,每章分别按知识要点、例题解析、填空题和练习题进行阐述,旨在使读者在较短时间内掌握“通信原理”的基本原理及其解题技巧和规律,本书文字通俗易懂,概念清楚、重点突出,思路明确。

本书可作为读者学习通信原理的指导书、考研学生的辅导书,也可作为教师讲授通信原理的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信原理习题解析/沈保锁编著. —北京:国防工业出版社,2012.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·配套习题集
ISBN 978-7-118-08138-1

I. ①现... II. ①沈... III. ①通信理论—高等学校—题解 IV. ①TN911-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 118842 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 323 千字

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

本书为沈保锁、侯春萍编著,是国防工业出版社出版的《现代通信原理》一书的配套学习参考书,是在国防工业出版社出版的《现代通信原理题解指南》一书的基础上修改而成的。

“通信原理”课程是通信与信息系统类专业的一门重要的理论课,它主要讲授信息传输的基本原理,采用数学分析的方法,对各系统的传输过程及性能进行理论分析,因涉及较深的数学理论基础,使广大学生学习“通信原理”有一定难度。作者根据多年讲授“通信原理”课程的体会,面对同学在答疑、作业、考试、考研中经常提出的问题和遇到的困难,进行归纳和总结。按各章的重点和难点,根据各类考试的题型,精选了部分例题进行题意分析和解题思路的讲解,列出了概念填空、计算填空、选择填空题型,增补了部分新的习题,并精选了部分本科生期末试题和近年来硕士研究生入学试题,供学生学习时参考。本书旨在指导学生在较短的时间掌握“通信原理”的基本原理,熟悉其分析问题、解决问题的方法,运用所学知识,面对各种题型,掌握其解题技巧和规律。

《现代通信原理题解指南》一书自出版以来,深受广大读者的青睐,在学生课堂学习和考研中起到很好的辅导作用。经过几年来的实际应用,根据读者反馈的大量信息,在广泛听取师生意见的情况下,对原题解进行了进一步整理和修改,使其更加适于广大读者的需求。本书前10章,内容完全与《现代通信原理》一书相对应,为使学生对所学知识能够很好适应应试需求,增设第11章为综合训练题,第12章为近年来天津大学通信与信息系统专业硕士研究生入学考试的部分试题与答案。前10章按4部分进行阐述。第1部分为知识要点,主要是将各章的重点知识进行精辟的归纳总结,使学生便于理解、记忆和掌握。第2部分为例题解析,根据各章的不同要求,精选了各章具有典型性、代表性的例题,进行了详细的题意分析和具体的习题解答,便于学生掌握各种习题的解题思路和解题技巧。第3部分为填空题,主要是训练学生对基本知识的掌握和实际运用能力。根据考试通用的题型又分为3类:概念填空、计算填空、选择填空。为使学生便于掌握和记忆,突出重点,节省篇幅,去掉了简答题。其中概念填空题主要考查学生对基本概念、基本定理及定义的掌握情况;计算填空题主要考查学生对基本公式的运用和快速反映的能力。第4部分为练习题,在《现代通信原理》各章习题的基础上根据内容的需要,为扩大知识面,又增补了部分习题,供学生作题时参考,以拓宽学生解题思路,增强应变能力,适应多变的题型。第12章为配合学生应试和考研的需求,将天津大学电子信息工程学院近期“通信原理”硕士研究生入学试题另辟一章,附有全部答案,仅供参考。最后设有附录,将各章基

本训练部分的填空题和补充习题的答案附后,供读者参考。各章的作图题,因篇幅所限均已略去。

本书是作者根据多年从事“通信原理”的一线教学经验所编写的,力求文字通俗易懂、概念清楚、重点突出、思路明确。但作为习题解答,可能有多种思路,多种解法,书中的解题思路可能有不妥之处,甚至错误,但作者的目的是为读者提供一种解题的指导方法,使其难于下手的解题之苦有所解决。本书可作为读者学习通信原理的指导书、考研学生的辅导书,也可作为教师讲授通信原理的参考书。在本书的编写过程中得到侯春萍、付晓梅、侯永宏、潘勇等教师的大力支持,对此表示诚挚的谢意,同时对本书中所选用的参考文献的编著者,表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评、指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 知识要点	1
1.1.1 通信的基本概念	1
1.1.2 信息及其度量	2
1.1.3 衡量通信系统的性能指标	2
1.2 例题解析	3
1.3 填空题	4
1.3.1 概念填空	4
1.3.2 计算填空	5
1.3.3 选择填空(四选一)	5
1.4 练习题	5
第2章 信道	7
2.1 知识要点	7
2.1.1 信道	7
2.1.2 随机过程	8
2.1.3 噪声	9
2.1.4 信道容量	10
2.2 例题解析	10
2.3 填空题	13
2.3.1 概念填空	13
2.3.2 计算填空	14
2.3.3 选择填空(四选一)	15
2.4 练习题	15
第3章 模拟调制系统	17
3.1 知识要点	17
3.1.1 调制的概念	17
3.1.2 幅度调制	17
3.1.3 角度调制	20

3.1.4	模拟调制各系统的抗噪声性能	21
3.1.5	频分复用(FDM)	22
3.2	精选例题解析	22
3.3	填空题	33
3.3.1	概念填空	33
3.3.2	计算填空	34
3.3.3	选择填空(四选一)	35
3.4	练习题	36
第4章	信源编码	39
4.1	知识要点	39
4.1.1	引言	39
4.1.2	抽样定理	39
4.1.3	脉冲编码调制(PCM)	40
4.1.4	增量调制(ΔM)	43
4.1.5	其他脉冲数字调制	44
4.1.6	时分复用(TDM)	44
4.2	例题解析	45
4.3	填空题	51
4.3.1	概念填空	51
4.3.2	计算填空	52
4.3.3	选择填空(四选一)	53
4.4	练习题	54
第5章	数字信号的基带传输	56
5.1	知识要点	56
5.1.1	基带传输系统的常用码型	56
5.1.2	数字基带信号的频谱特性	56
5.1.3	数字基带传输与码间串扰	57
5.1.4	部分响应系统	58
5.1.5	无码间串扰基带系统的抗噪声性能	59
5.1.6	眼图	59
5.1.7	均衡	59
5.2	例题解析	59
5.3	填空题	66
5.3.1	概念填空	66
5.3.2	计算填空	67

5.3.3 选择填空(四选一)	68
5.4 练习题	69
第6章 数字信号的载波传输	72
6.1 知识要点	72
6.1.1 二进制数字调制	72
6.1.2 最佳接收	77
6.1.3 二进制数字调制信号的抗噪声性能	78
6.1.4 多进制数字调制	79
6.1.5 数字信号传输系统带宽计算的讨论	82
6.2 例题解析	83
6.3 填空题	92
6.3.1 概念填空	92
6.3.2 计算填空	93
6.3.3 选择填空(四选一)	94
6.4 练习题	95
第7章 现代数字调制技术	98
7.1 知识要点	98
7.1.1 最小频移键控(MSK)	98
7.1.2 交错正交相移键控(OQPSK)	99
7.1.3 $\pi/4$ -QPSK 调制方式	100
7.1.4 正交调幅(QAM)	100
7.1.5 扩频通信	101
7.2 例题解析	101
7.3 填空题	105
7.3.1 概念填空	105
7.3.2 计算填空	106
7.3.3 选择填空	106
7.4 练习题	106
第8章 同步原理	108
8.1 知识要点	108
8.1.1 载波同步	108
8.1.2 位同步(码元同步)	108
8.1.3 帧同步	110
8.2 例题解析	112
8.3 填空题	116

8.3.1	概念填空	116
8.3.2	计算填空	117
8.3.3	选择填空(四选一)	117
8.4	练习题	118
第9章	信道编码	119
9.1	知识要点	119
9.1.1	基本概念	119
9.1.2	几种常用的检错码	120
9.1.3	线性分组码	120
9.1.4	循环码	122
9.1.5	卷积码	124
9.2	例题解析	124
9.3	填空题	132
9.3.1	概念填空	132
9.3.1	计算填空	133
9.3.2	选择填空(四选一)	133
9.4	练习题	134
第10章	通信网概论	136
10.1	知识要点	136
10.1.1	通信网的基本概念	136
10.1.2	数字通信网	136
10.1.3	交换原理	136
10.1.4	ISDN	137
10.2	填空题	137
第11章	综合训练题	139
11.1	本科生期末测试题	139
11.1.1	试题(1)	139
11.1.2	试题(2)	140
11.1.3	试题(3)	141
11.1.4	试题(4)	143
11.1.5	试题(5)	144
11.2	本科生期末测试题答案	146
11.2.1	试题(1)答案	146
11.2.2	试题(2)答案	149
11.2.3	试题(3)答案	152

11.2.4 试题(4)答案	155
11.2.5 试题(5)答案	161
第 12 章 硕士研究生入学试题及答案	165
12.1 天津大学硕士研究生入学试题	165
12.1.1 天津大学研究生院 2005 年招收硕士生入学试题	165
12.1.2 天津大学招收 2006 年硕士学位研究生入学考试试题	167
12.1.3 天津大学招收 2007 年硕士学位研究生入学考试试题	169
12.1.4 天津大学招收 2008 年硕士学位研究生入学考试试题	170
12.1.5 天津大学招收 2009 年硕士学位研究生入学考试试题	172
12.2 天津大学硕士生入学试题答案	174
12.2.1 2005 年招收硕士生入学试题答案	174
12.2.2 2006 年硕士入学考试试题参考答案	179
12.2.3 2007 年硕士入学考试试题参考答案	183
12.2.4 2008 年硕士入学考试试题参考答案	187
12.2.5 2009 年硕士生入学考试试题参考答案	191
附录 各章习题答案	198
参考文献	218

第1章 绪论

1.1 知识要点

1.1.1 通信的基本概念

1. 通信的定义

通信就是由一地向另一地传递信息，利用“电”来传递信息的方式称为“电通信”，通信一般指“电通信”。

2. 通信系统

1) 定义

通信系统是指完成信息传输过程的全部设备和传输媒介。

2) 通信系统模型

(1) 一般模型。通信系统的一般模型如图 1.1 所示。

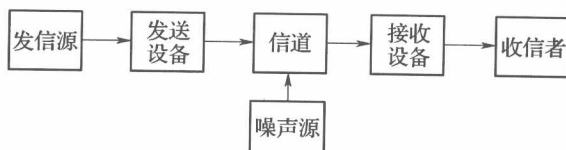


图 1.1 通信系统的一般模型

发信源：产生信息，并将消息转换成电信号。

发送设备：将信源产生的消息转换成适合在信道中传输的形式。

信道：传输的媒介。

噪声源：通信系统中各种噪声干扰的集中表示。

接收设备：完成发送设备的反变换。

收信者：将电信号还原为消息。

(2) 模拟通信系统模型。据所研究的对象或关心的问题，不同的通信系统可采用不同形式的系统模型，图 1.2 所示为模拟通信系统模型。

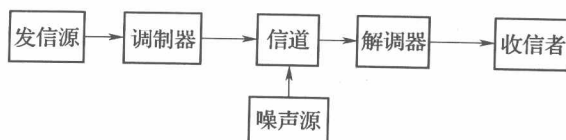


图 1.2 模拟通信系统模型

模拟通信系统主要研究调制的重要作用，因此将发送设备简化为调制器，接收设备简化为解调器。

(3) 数字通信系统模型。数字通信系统模型如图 1.3 所示。

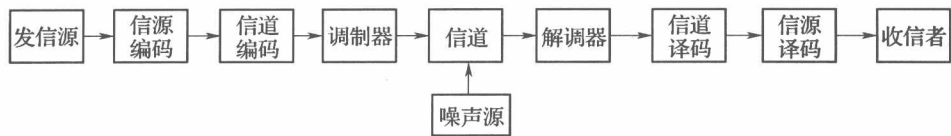


图 1.3 数字通信系统模型

在数字通信中除调制外，主要讨论编码和译码的问题。信源编码是为了提高数字信号传输的有效性；信道编码是为了提高数字信号传输的可靠性。

1.1.2 信息及其度量

消息：通信系统所传输的对象，例如符号、语音、数据、图像等，它是信息的载体。

信号：消息的载荷者，是与消息一一对应的电荷。

信息：消息中有意义的内容。

1. 离散消息的信息量

$$I = \log_a 1/P(x) = -\log_a P(x) \tag{1-1}$$

式中： $P(x)$ 为消息发生的概率，通常取 $a=2$ ，信息量的单位是比特(bit, b)。

2. 平均信息量(熵) H

平均信息量是指信源的多个符号中每个符号所含的平均信息量，即

$$H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) \text{ (b/符号)} \tag{1-2}$$

1.1.3 衡量通信系统的性能指标

1. 一般通信系统的两个主要性能指标

有效性：要求系统高效率地传输消息，指通信“速度”。

可靠性：要求系统可靠地传输消息，指通信“质量”。

2. 模拟通信的主要性能指标

有效性：有效传输带宽。

可靠性：输出信噪比。

3. 数字通信的主要性能指标

1) 有效性

传输速率，可分为传信率和传码率。

(1) 传信率：指每秒传递二进制码元的数目，单位是 b/s，用 R_b 表示。

(2) 传码率：指每秒传送码元的数目，单位是波特(Baud)，用 R_B 表示。

传信率与传码率可互换，即

$$R_b = R_B \log_2 N \text{ (b/s)} \text{ (} N \text{ 为进制数)} \tag{1-3}$$

$$R_B = R_b / \log_2 N \quad (\text{Baud}) \quad (1-4)$$

2) 可靠性

差错率可分为误码率和误信率。

误码率=错误的码元数/传输的总码元数

误信率=错误的比特数/传输的总比特数

1.2 例题解析

例 1.1 设英文字母 C 出现的概率为 0.023, E 出现的概率为 0.105, 试求 C 与 E 的信息量。

题意分析 考核信息量的基本概念, 采用已知公式 $I = -\log_a P(x)$, 一般取 $a=2$, 单位为 b。
解

$$I_C = \log_2 \frac{1}{P(x)} = \log_2 \frac{1}{0.023} = 5.44 \text{ (b)}$$

$$I_E = \log_2 \frac{1}{P(x)} = \log_2 \frac{1}{0.105} = 3.32 \text{ (b)}$$

例 1.2 一个离散信号源每毫秒发出 4 种符号中的一个, 各相应独立符号出现的概率为 0.4、0.3、0.2、0.1, 求该信号源的平均信息量与信息传输速率。

题意分析 本题求平均信息量, 采用公式 $H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i)$, 而传信率是指每秒传递的信息量, 将 ms 换算为 s。

$$\begin{aligned} \text{解 } H(x) &= -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) = -(0.4 \log_2 0.4 + 0.3 \log_2 0.3 + 0.2 \log_2 0.2 + \\ &\quad 0.1 \log_2 0.1) = 1.85 \text{ (b/s)} \end{aligned}$$

$$R_b = H(x) / 10^{-3} = 1.85 \times 10^3 \text{ (b/s)}$$

例 1.3 设一数字传输系统传送二进制码元的速率为 1200Baud, 试求该系统的信息传输速率。若该系统改成传送十六进制, 传码率为 2400Baud, 此时该系统的传信率又是多少?

题意分析 本题为传码率与传信率的互换, 应知二进制的传码率等于其传信率, 多进制时 $R_b = R_B \log_2 N$ 。

解 二进制时

$$R_b = (R_B) = 1200 \text{ b/s}$$

十六进制时

$$R_b = R_B \log_2 N = 2400 \times \log_2 16 = 9600 \text{ (b/s)}$$

例 1.4 已知某四进制数字信号传输系统的传信率为 2400b/s, 接收端在 0.5h 内共接收到 216 个错误码元, 求该系统的误码率 P_e 。

题意分析 先将传信率换成传码率, 再求 0.5h 内共传码元数。误码率为错误码元与总传码元数之比。

解 $R_b = 2400 \text{ b/s}$

$$R_B = \frac{R_b}{\log_2 N} = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ (Baud)}$$

0.5h 总传码个数为

$$B = 1200 \times 30 \times 60 = 216 \times 10^4 \text{ (个)}$$

$$P_c = \frac{216}{216 \times 10^4} = 10^{-4}$$

例 1.5 设某数字传输系统的码元宽度为 $T_b = 2.5 \mu\text{s}$, 试求:

(1) 数字信号为二进制时, 传码率和传信率。

(2) 数字信号为八进制时, 传码率和传信率。

题意分析 熟知码元宽度的倒数为传码率, 再将传码率换成传信率。

解 $R_B = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-6}} = 400 \times 10^3 \text{ (Baud)}$

二进制时

$$R_b = R_B = 400 \times 10^3 \text{ b/s}$$

八进制时

$$R_B = 400 \times 10^3 \text{ Baud}$$

$$R_b = R_B \log_2 8 = 1200 \times 10^3 \text{ b/s}$$

1.3 填空题

1.3.1 概念填空

1. 通信系统是指完成信息传输过程的()和()。
2. 信源编码的目的是()信息的冗余度, 提高传输()性; 信道编码的目的是()信息的冗余度, 提高传输()性。
3. 在通信传输过程中, 基带传输是指(), 频带传输是指()。
4. 室内局域网中计算机之间的通信属于()传输系统; 各种无线通信属于()传输系统。
5. 为减少发射天线的尺寸, 应()发射信号的频率。
6. 在通信理论中, 信息是对()的()特性的一种定量描述; 信息采用的最广泛的单位是()。
7. 在信息传输中, 出现概率越()的消息, 其所含的信息量越大; 出现概率越()的消息, 其所含的信息量越小。
8. 消息中所含的信息量与消息发生的概率(), 通常采用()作为实用单位。
9. 评价通信系统的两个重要的性能指标是()和()。
10. 模拟调制系统的抗噪声性能主要用()来衡量, 数字调制系统的抗噪声性能主要用()来衡量。
11. 在数字通信系统中, 误码率是指()。
12. 在数字通信系统中传码率是指(), 单位是()。

13. 在通信系统中,FM 的可靠性用()来衡量,而 FSK 的可靠性用()来衡量。

1.3.2 计算填空

1. 若传输四进制数字序列,每传一个码元需时间 $T_1=250\times 10^{-6}\text{s}$,其传信率为(),传码率为()。

2. 某通信系统采用八进制数字序列传输方式,其传码率为 9600Baud,其传信率为(),若传输 5s,检测到 48 个码元误码,其误码率为()。

3. 若传输一个二进制不归零码序列,每传一个码元,需要时间为 $T=417\times 10^{-6}\text{s}$,其传输速率为(),若变成八电平传输时,其传输传码率为()。

4. 八进制数字通信系统的误码率为 10^{-5} ,系统的传输速率为 600b/s,接收端在()内能接收到 144 个错误码元。

5. 设在 $125\mu\text{s}$ 内传输 256 个二进制码元,则码元传输速率是(),若该信码在 2s 内有 3 个码元产生错误,则误码率为()。

6. 设每秒钟传送 N 个 M 进制的码元,则传信率为()b/s。

7. 已知某八进制数字信号传输系统,5min 共传送 6×10^4 个码元,其传码率为(),传信率为()。

1.3.3 选择填空(四选一)

1. ()信号属于离散。

- A. 语音 B. 图像 C. 数据 D. 影视

2. 在实际通信系统中,噪声产生在()。

- A. 收信机中 B. 系统各点 C. 信道 D. 收信机和信道

3. 信息量 $I=\log_a P(x)$,当 $a=e$ 时,其单位为()。

- A. 比特 B. 奈特 C. 波特 D. 哈特莱

4. 在信息传输过程中,信息量的单位是()。

- A. 波特 B. 伏特 C. 比特 D. 瓦特

5. 衡量模拟通信系统可靠性的指标是()。

- A. 传码率 B. 误码率 C. 有效带宽 D. 输出信噪比

6. 衡量数字通信系统有效性的指标是()。

- A. 差错率 B. 传码率 C. 误码率 D. 误比特率

7. 四进制传信率为 1200b/s 时,相应的传码率为()。

- A. 400Baud B. 600Baud C. 800Baud D. 1200Baud

8. 某基带系统若传输比特率不变,而将二电平传输改为四电平传输,则传码率()。

- A. 增加一倍 B. 减小一倍
C. 与传信率无关 D. 等于传信率

1.4 练习题

1. 设英文字母 E 出现的概率为 0.105, X 出现的概率为 0.002,试求 E 及 X 的信息量。

2. 设某地方的天气预报晴占 $4/8$ ，阴占 $2/8$ ，小雨占 $1/8$ ，大雨占 $1/8$ ，试求每个消息的信息量。

3. 某信息源的符号集由 A、B、C、D 和 E 组成，设每一符号独立出现，其出现概率分别为 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/8$ 、 $3/16$ 和 $5/16$ ，试求该信息源符号的平均信息量。

4. 一个由字母 A、B、C、D 组成的字，对于传输的每一个字母用二进制脉冲编码，00 代表 A，01 代表 B，10 代表 C，11 代表 D，每个脉冲的宽度为 5ms。

(1) 不同的字母是等概率的，试计算传输的平均传信率。

(2) 若每个字母出现的可能性分别为

$$P_A=1/5, P_B=1/4, P_C=1/4, P_D=3/10$$

试计算传输的平均传信率。

5. 已知二进制信号在 3min 内共传送了 72000 码元，试求：

(1) 其传码率和传信率各为多少？

(2) 如果码元宽度不变，但改为八进制数字信号，则其传码率和传信率又为多少？

6. 已知某八进制数字传输系统的传信率为 3600b/s，接收端在 1h 内共收到 216 个错误码元，求该系统的误码率。

7. 八进制数字传输系统的传码率为 3600Baud，试问要保证传信率不变时，系统改为二进制和十六进制时，传码率各为多少？

8. 在强干扰环境下，某电台在 5min 内共接收到正确信息量为 355Mb。

(1) 假定系统的传信率为 1200kb/s，求该系统的误信率。

(2) 若采用四进制传输系统，传码率为 1200kBaud，其误信率又为多少？

9. 已知四进制数字传输系统的误码率为 5×10^{-6} ，该系统的传输速率为 4800b/s，问在多长时间之内，该收端可以收到 300 个错误码元？

第2章 信道

2.1 知识要点

2.1.1 信道

1. 信道的分类

信道的分类(如图 2.1 所示)。

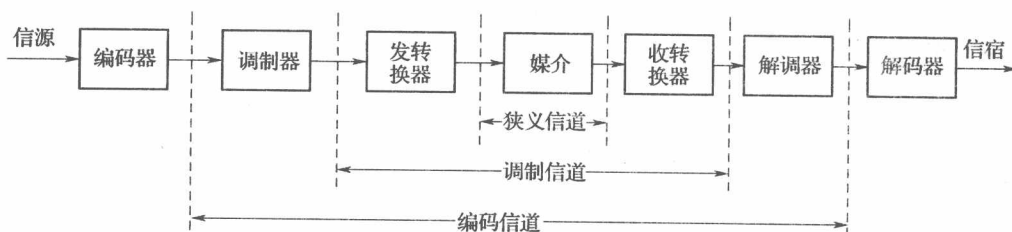


图 2.1 信道的分类

2. 输入信号与输出信号的关系

二对端信道中，输入信号 $e_i(t)$ 与输出信号 $e_o(t)$ 的关系：

$$e_o(t) = K(t)e_i(t) + n(t) \quad (2-1)$$

式中： $K(t)$ 为乘性干扰； $n(t)$ 为加性干扰。

恒参信道：信道的参数不随时间变化，如双绞线、同轴电缆等。

变参信道：信道的参数随时间变化，如短波电离层传播、超短波流星余迹散射等。

3. 信道模型

调制信道模型如图 2.2 所示，编码信道模型如图 2.3 所示。

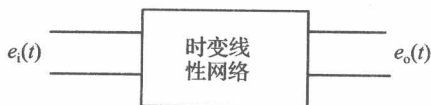


图 2.2 二对端调制信道模型

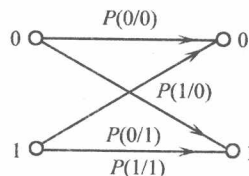


图 2.3 二进制编码信道模型

4. 恒参信道特性

理想无失真传输信道特性为

$$H(\omega) = K e^{-j\omega t_d} \quad (2-2)$$