

# 信息工程基础

解迎刚

[yinggangxie@163.com](mailto:yinggangxie@163.com)

Tel: 13691117939

# 第一次课内容

1

信息及信息论的意义

2

课程介绍

3

第一章 绪论

1.1 信息论的形成与发展

1.2 通信系统模型

4

信息论解决实际问题



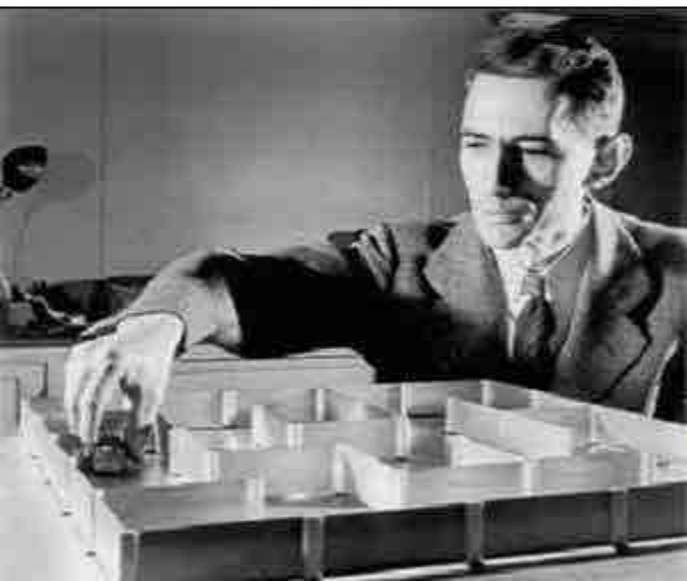
# 当代文明的三大支柱

- 信息科学、材料科学和能源科学一起被称为当代文明的“三大支柱”。
- 没有物质的世界是虚无的世界；
- 没有能源的世界是死寂的世界；
- 没有信息的世界是混乱的世界。
- 质量、能量、信息量是科学历史上三个最重要的基本概念。

# 质量、能量、信息量

- 为阐明质量概念做出伟大贡献的是发现物体力学定律的牛顿(Sir Isaac Newton, 1642-1727);
- 为阐明能量概念作出伟大贡献的是热力学第一定律的发现者们：迈耳(Julius Robert von Mayer, 1814-1878)、焦耳(James Prescott Joule, 1818-1899)：
- 为阐明信息概念作出伟大贡献的就是香农。





# 香农对信息论的贡献

- 1948年在《Bell System Technical Journal》发表“The mathematical theory of communication”，标志着信息论的诞生；
- 1949年发表“噪声下的通信”，为信道编码奠定理论基础；
- 1949年发表“保密通信的信息理论”，首先用信息论的观点对信息保密问题作出了全面的论述
- 香农1959年的文章（Coding theorems for a discrete source with a fidelity criterion）系统地提出了信息率失真理论，为各种信源编码的研究奠定了基础。

[返回](#)

## 教材及参考书

- **教材：**李亦农、李梅，《信息论基础教程》，北京邮电大学出版社

### 参考书：

1. 曹雪虹、张宗橙，《信息论与编码》，北京邮电大学出版社
2. 傅祖芸，《信息论—基础理论与应用》，电子工业出版社
3. 方军、俞槐栓，《信息论与编码》，电子工业出版社
4. 吴伯修、祝宗泰、钱霖君，《信息论与编码》，东南大学出版社
5. 姜丹，《信息论与编码》，中国科学技术大学出版社
6. 吴伟陵，《信息处理与编码》，人民邮电出版社



# 目录

- 第一章 绪论
- 第二章 信息的度量
- 第三章 信源和信息熵
- 第四章 信道与信道容量
- 第五章 无失真信源编码
- 第六章 有噪信道编码
- 第七章 限失真信源编码
- 附加介绍 密码学

[返回](#)

# 第一章 绪论内容

## ■ 1.1 信息论的形成和发展

- 信息、信息论和信息技术
- 信息论研究的基本问题
- 信息的基本概念（概念、特征及性质）
- 信息论的发展

## ■ 1.2 通信系统模型

- 通信系统模型
- 通信系统的性能指标
- 通信系统的问题—编码问题  
（信源编码、信道编码、密码）

# 本章要点

- 信息论的形成和发展；
- 信息论研究的内容及信息的基本概念；
- 结合通信系统模型介绍模型中各部分的作用及编码的种类和研究内容。

# 第一章 绪论内容

## ■ 1.1 信息论的形成和发展

- 信息、信息论和信息技术
- 信息论研究的基本问题
- 信息的基本概念（概念、特征及性质）
- 信息论的发展

## ■ 1.2 通信系统模型

- 通信系统模型
- 通信系统的性能指标
- 通信系统的问题—编码问题  
(信源编码、信道编码、密码)



# 1.1 信息论的形成和发展

## 一、首先了解如下两个问题

1. 信息的概念是什么？
2. 信息论和信息技术分别研究什么样的问题？

## 1. 信息的概念是什么？

信息是指各个事物运动的状态及状态变化的方式。人们从来自对周围世界的观察得到的数据中获得信息。信息是抽象的意识或知识。

## 2. 信息论和信息技术分别研究什么样的问题？

信息不是静止的，它会产生也会消亡，人们需要获取它，并完成它的**传输、交换、处理、检测、识别、存储、显示**等功能。研究这方面的科学就是信息科学，信息论是信息科学的主要理论基础之一。它研究信息的基本理论（**Information Theory**），**主要研究可能性和存在性问题**，为具体实现提供理论基础。与之对应的是信息技术，主要研究如何实现、怎样实现的问题。

[返回](#)

## 二、信息论研究的基本问题

信息论研究的是关于这个通信系统的最根本、最本质的问题。例如：

- ① 什么是信息？如何度量信息？ 葛
- ② 怎样确定信源中含有多少信息量？
- ③ 对于一个信道，它传输信息量的最高极限（信道容量）是多少？信息的压缩和恢复的极限条件是什么？



- ④为了能够无失真的传输信源信息，对信源编码时所需的最少的码符号数是多少？

（无失真信源编码→即香农第一定理）

- ⑤在有噪信道中有没有可能以接近信道容量的信息传输率传输信息而错误概率几乎为零？

（有噪信道编码→即香农第二定理）

- ⑥如果对信源编码时允许一定量的失真，所需的最少的码符号数又是多少？

（限失真信源编码→即香农第三定理）

### 三、信息的基本概念

- **信息：**信息是指各个事物运动的状态及状态变化的方式。
- **消息：**消息是指包含有信息的语言、文字和图像等。
- **信号：**信号是信息的载荷子或载体，是物理性的。如电信号、光信号等。

# 信息与信号

按照信息论或控制论的观点，在通信和控制系统中传送的本质内容是信息，系统中实际传输的则是测量的信号，信息包含在信号之中，信号是信息的载体。信号到了接收端（信息论里称为信宿）经过处理变成文字、语声或图像，人们再从中得到有用的信息。

信息的基本概念在于它的不确定性，任何已确定的事物都不含有信息。其特征有：

◆接收者在收到信息之前，对它的内容是不知道的，所以信息是新知识、新内容；

◆信息是可以量度的，信息量有多少的差别。



# 信息的直观认识

- **第一个重要概念：信道上传送的是随机变量的值。**

- 第二个重要概念：事件发生的概率越小，此事件含有的信息量就越大。（不太可能发生的事件竟然发生了，令人震惊）

- 第三个重要概念：消息随机变量的随机性越大，此消息随机变量含有的信息量就越大。

- 第四个重要概念：两个消息随机变量的相互依赖性越大，它们的互信息量就越大（这里指的是绝对值大）。



# 信息的定义

## 香农和维纳对信息分别给出了自己的定义

- 香农：创立了信息论，他认为“信息是事物运动状态或存在方式的不确定性描述”。
- 维纳：信息论的创始人之一，把人与外部环境交换信息的过程看作是一种广义的通信过程。后来才认识到“信息既不是物质又不是能量，信息就是信息”。即信息是独立于物质和能量之外存在于客观世界的第三要素。

# 信息的5条主要特征

- 信息来源于物质，又不是物质本身；它从物质的运动中产生出来又可以脱离物质而相对独立地存在。
- 信息来源于精神世界，但又不局限于精神领域。
- 信息与能量息息相关，但又与能量有本质的区别。
- 信息具有知识的本性，但又比知识的内含更广泛。
- 信息可以被认识主体获取和利用。

[返回](#)

## 四、信息论的发展

### ■ 香农信息论：

- •信息概念的深化；
- •网络信息理论和多重相关信源编码理论的发展和应用；
- •通信网的一般信息理论研究；
- •信息率失真理论的发展及其在数据压缩和图像处理中的应用；
- •信息论在大规模集成电路中的应用；
- •磁记录信道的研究等。

➤ **纠错码理论：**在工程方面应用及最优编码方法研究。

➤ **维纳信息论：**对量子检测和估计理论、非参数检测和估计理论以及非线性检测与估计理论的研究。



- 香农信息论的成功就在于首先对这些问题给出了明确的回答，这就是信息量、信道容量、熵（**Entropy**）、信息率失真函数、**Shannon**的三个定理和**Shannon**公式等。

- 事实上，回答上述问题只是信息论要解决的问题中的一部分，是建立在**Shannon**研究成果的基础上，被称为**Shannon**信息论或狭义信息论。

# 信息论的广义的定义

- 信息论基础：也称狭义信息论 /经典信息论/香农信息论。主要研究信息测度、信道容量、信息率失真函数，与这三个概念相对应的是香农三定理，信源编码，信道编码。
- 一般信息论：主要研究信息传输和处理问题。
- 广义信息论：是一门综合性的新型学科-信息科学。至今没有严格的定义。
- 所有研究信息的识别、控制、提取、变换、传输、处理、存储、显示、价值、作用、信息量的大小等一般规律以及实现这些原理的技术手段的工程学科，都属于广义信息论的范畴。



# 狭义信息论



- 狭义信息论主要总结了shannon的研究成果，因此又称为shannon信息论。
  - 在信息可以度量的基础上，研究如何有效、可靠地传递信息。
- 它是通信中客观存在的问题的理论提升。

# 一般信息论

- 研究从广义的通信引出的基础理论问题，主要是研究信息传输和处理问题：
  - Shannon信息论；
  - Wiener的微弱信号检测理论。
    - 微弱信号检测又称最佳接收。研究如何从噪声和干扰中接收信道传输的信号的理论
    - 主要研究两个方面的问题：从噪声中判决有用信号是否出现和从噪声中去测量有用信号的参数。

# 一般信息论

- 除此之外，一般信息论的研究还包括：噪声理论、信号滤波与预测、统计检测与估计理论、调制理论、信号处理与信号设计理论等。
- 它总结了shannon和wiener以及其他学者的研究成果，是广义通信中客观存在的问题的理论提升。

# 广义信息论

- 广义信息论从人们对信息特征的理解出发，从客观和主观两个方面全面地研究信息的度量、获取、传输、存储、加工处理、利用以及功用等，理论上说是最全面的信息理论，但由于主观因素过于复杂，很多问题本身及其解释尚无定论。因此广义信息论目前还处于正在发展的阶段。

- 信息理论是信息科学的基础
- 强调用数学语言来描述信息科学中的共性问题及解决方案
- 这些共性问题分别集中在狭义信息论、一般信息论和广义信息论中

[返回](#)



## 1.2 通信系统的模型

最简单的通信系统模型:

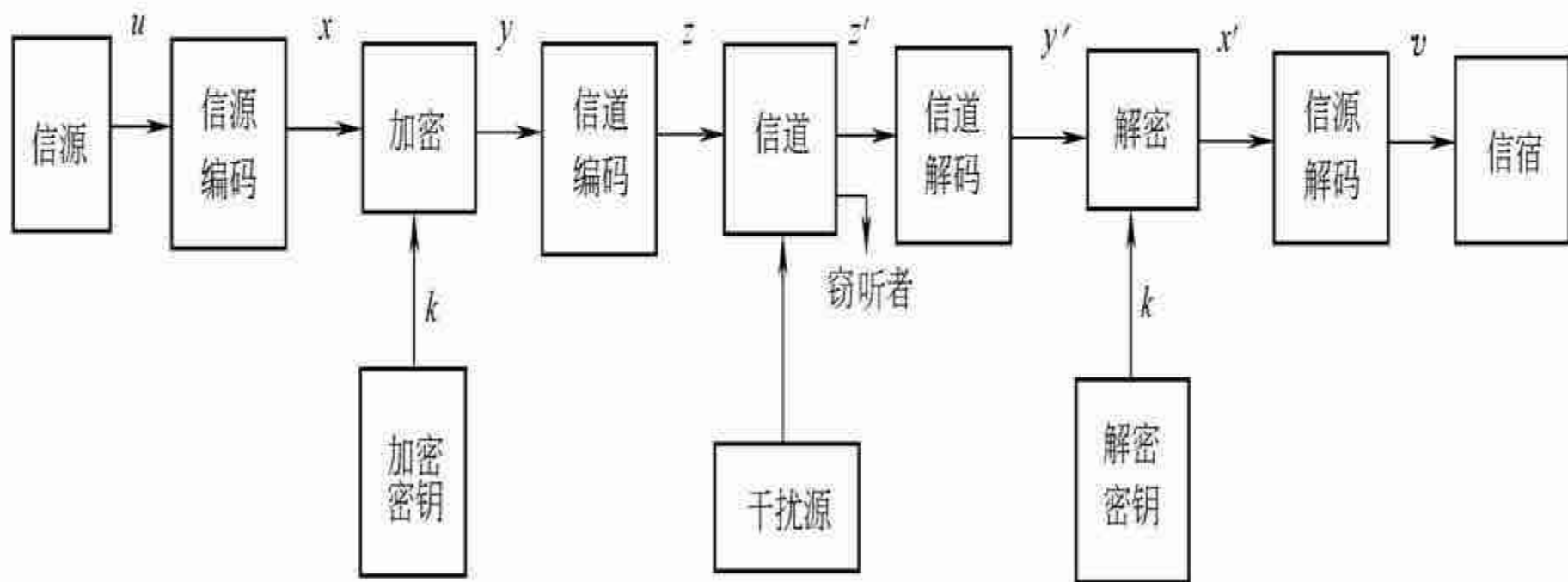
三个基本单元: 信源(Source)信道(Channel)信宿(Destination)



- 信源：向通信系统提供消息的人和机器。
- 信宿：消息传递的对象，即接收消息的人或机器。
- 信道：传递消息的通道，又是传送物理信号的设施。

# 一、完整的通信系统的模型

■ 下图是目前较常用的、也是较完整的通信系统模型。



- **信源**：向通信系统提供消息的人和机器。
- **信宿**：消息传递的对象。
- **信道**：传递消息的通道。
- **干扰源**：整个通信系统中各个干扰的集中反映，用以表示消息在信道中传输时遭受干扰的情况。
- **密钥源**：产生密钥 $k$ 源。信源编码器输出信号 $x$ 经过 $k$ 的加密运算后，就把明文 $x$ 变换为密文 $y$ 。

# 各阶段核心问题是什么？

## 信源的核心问题

它包含的信息到底有多少，怎样将信息定量地表示出来，即如何确定信息量。

## 信道的核心问题

它能够传送多少信息的问题，即信道容量的大小

## 信宿的核心问题

信宿需要研究的问题是能收到或提取多少信息

## 干扰源

对于任何通信系统而言，干扰的性质、大小是影响系统性能的重要因素。



## 二、通信系统的性能指标

- 消息从信源通过信道到信宿，如何有效、可靠地传输，是通信系统要解决的根本问题。
- 通信系统的性能指标主要是有效性、可靠性、安全性和经济性。通信系统优化就是使这些指标达到最佳。

## ■ 有效性 (Validity)

- 消息若在信源中先去粗取精，则必能提高通信的有效性

## ■ 可靠性 (Reliability)

- 信宿对接收到的“消息”若能够进行判断、评估，去伪存真的处理，则必能提高通信的可靠性

[返回](#)

### 三、通信中的问题—编码问题

- 根据信息论的各种编码定理和上述通信系统的指标，编码问题可分解为三类：信源编码、信道编码和密码。
- 信源编码器：把信源发出的消息变换成由二进制码元（或多进制码元）组成的代码组以提高通信系统传输消息的效率。
- 信道编码器：在信源编码器输出的代码组上有目的地增加一些监督码元，使之具有检错或纠错的能力。
- 密码学：研究如何隐蔽消息中的信息内容，使它在传输过程中不被窃听，提高通信系统的安全性。



# 信源编译码器

## 信源编码器的作用

- 是把信源发出的消息变换成由二进制码元（或多进制码元）组成的代码组，这种代码组就是基带信号；
- 同时通过信源编码可以压缩信源的冗余度以提高通信系统传输消息的效率。

## 信源译码器的作用

- 把信道译码器输出的代码组变换成信宿所需要的消息形式，它的作用相当于信源编码器的逆过程。

# 信道编译码器

## 信道编码器的作用

- 在信源编码器输出的代码组上有目的地增加一些监督码元，使之具有检错或纠错的能力；

## 信道译码器的作用

- 具有检错或纠错的功能，它能将落在其检错或纠错范围内的错传码元检出或纠正，以提高传输消息的可靠性。



# 密码学研究的内容

- 如何隐蔽消息中的信息内容，使它在传输过程中不被窃听，提高通信系统的安全性；

# 第一章 绪论内容

## ■ 1.1 信息论的形成和发展

- 信息、信息论和信息技术
- 信息论研究的基本问题
- 信息的基本概念（概念、特征及性质）
- 信息论的发展

## ■ 1.2 通信系统模型

- 通信系统模型
- 通信系统的性能指标
- 通信系统的问题—编码问题  
（信源编码、信道编码、密码）

# 回顾本次课的内容

1

信息及信息论的意义

2

课程介绍

3

第一章 绪论

1.1 信息论的形成与发展

1.2 通信系统模型

4

生活中的信息论问题

## 思考—生活中的信息论问题

- 1、烧一根不均匀的绳，从头烧到尾总共需要1个小时。现在有若干条材质相同的绳子，问如何用烧绳的方法来计时一个半小时呢？
- 2、设有12枚同值硬币，其中有一枚假币，且只知道假币的重量与真币的重量不同，但不知究竟是轻还是重。现采用天平比较左右两边轻重的方法来测量（不提供砝码），为了在天平上称出哪一枚是假币，试问至少必须称多少次？给出理由。