



# 浙江大学本科生通识核心课程

## 控制论 Cybernetics

授课教师：宋执环 教授



浙江大学控制科学与工程学院



## 第二讲

# 控制论与系统论、信息论



# 老三论：

## 控制论、系统论、信息论



# 老三论：信息论、系统论、控制论

- **老三论：系统论、控制论和信息论**
- **系统论、控制论和信息论是20世纪40年代先后创立并获得迅猛发展的三门系统理论的分支学科**
- **系统论、控制论和信息论是二十世纪自然科学取得的重大成就之一，是具有综合特性的横向科学**
- **系统论、控制论和信息论沟通了自然科学和社会的联系，改变了科学发展的图景和人们的思维方式**
- **系统论、控制论和信息论以特有的新颖思路，为科学研究提供了崭新的方法，实现了人类认识史上由定性到定量认识物质之间各种关系的新飞跃**
- **系统论、控制论和信息论相互联系，相互促进，交替发展**

# 信息论

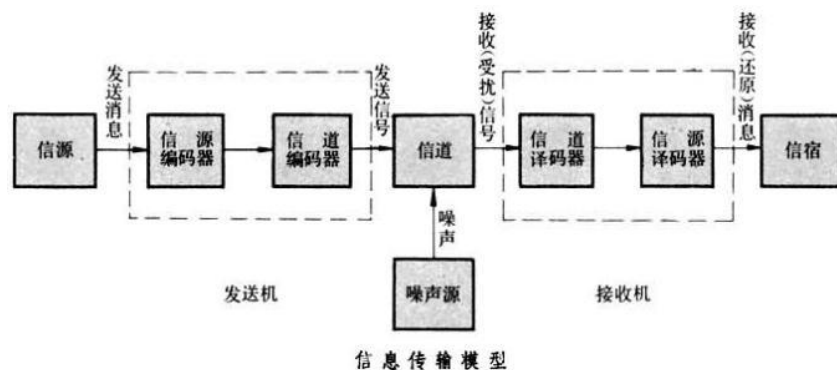
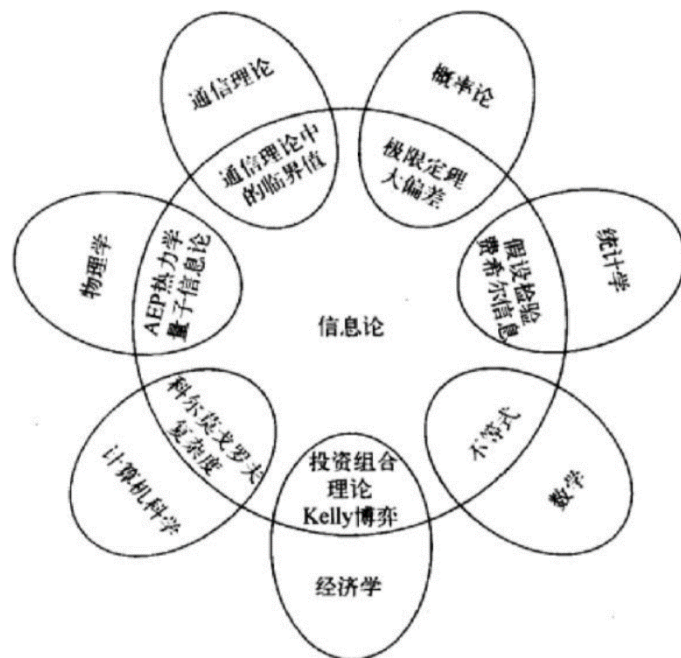
- 信息论是运用概率论与数理统计的方法研究信息、信息熵、通信系统、数据传输、密码学、数据压缩等问题的应用数学学科。
- 信息论将信息的传递作为一种统计现象来考虑，给出了估算通信信道容量的方法。



# 信息论

- 信息传输和信息压缩是信息论研究中的两大领域。这两个方面又由信息传输定理、信源 - 信道隔离定理相互联系。

- 狭义信息论**是一门应用数理统计方法来研究信息处理和信息传递的科学。它研究存在于通讯和控制系统中普遍存在着的信息传递的共同规律，以及如何提高各信息传输系统的有效性和可靠性的一门通讯理论。
- 一般信息论**主要是研究通讯问题，但还包括噪声理论、信号滤波与预测、调制与信息处理等问题。
- 广义信息论**不仅包括狭义信息论和一般信息论的问题，而且还包括所有与信息有关的领域，如心理学、语言学、神经心理学、语义学等。



# 信息论



通信的基本问题  
就是在一点重新  
准确地或近似地  
再现另一点所选  
择的消息。

--- 《通信的数学理论》

- 香农 (Claude Elwood Shannon, 1916 - 2001) , 信息论之父, 美国数学家。密歇根大学学士, 麻省理工学院硕士和博士。
- 1941年进入AT&T贝尔电话公司, 并在贝尔实验室工作到1972年, 整整31年。
- 1956年成为MIT的客座教授, 1958年成为终生教授, 1978年退休, 成为名誉教授。
- 两篇著名论文成为了信息论的奠基性著作:
  - 1948年发表连载论文《通讯的数学原理》
  - 1949年发表著名论文《噪声下的通信》
- 香农阐明了通信的基本问题, 给出了通信系统的模型, 提出了信息量的数学表达式, 并解决了信道容量、信源统计特性、信源编码、信道编码等一系列基本技术问题。

Bell System Technical Journal



# 信息论

- 香农对于现代通信的主要两大贡献：一是信息理论、信息熵的概念；另一是符号逻辑和开关理论。
- 1938年香农在MIT的硕士论文首次用布尔代数进行开关电路分析，证明布尔代数的逻辑运算可以通过继电器电路来实现，给出了逻辑运算的电子电路设计方法，开创了开关电路理论。被称为“这可能是本世纪最重要、最著名的一篇硕士论文。”
- 香农三大定理：奠定信息论的基础。
  - 香农第一定理（可变长无失真信源编码定理）
  - 香农第二定理（有噪信道编码定理）
  - 香农第三定理（保失真度准则下的有失真信源编码定理）





# 信息论

- 熵(Entropy)的概念

- 熵指的是体系的混乱的程度，在控制论、概率论、数论、天体物理、生命科学等领域都有重要应用
- 熵由鲁道夫·克劳修斯提出，波尔兹曼曾将熵引入热力学第二定律，用来描述分子运动的混乱度
- 香农第一次将熵的概念引入到信息论中，解决了信息的量化度量问题

- 若信源  $U_1 \dots U_i \dots U_n$ ，对应概率为  $p_1 \dots p_i \dots p_n$ ，且彼此独立，信息熵描述信源的平均不确定性，定义为单个信源不确定性  $-\log p_i$  的统计平均值：

$$H(U) = E[-\log p_i] = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

- 香农在进行信息熵的定量计算时，明确地把信息量定义为随机不定性程度的减少。表明了他对信息的理解：信息是用来减少随机不定性的东西。
- 局限性：信息熵的概念只考虑了随机型的不确定性，没有包含信息的内容和价值，没有从根本上回答“信息是什么”的问题。



# 信息论

- 信息论是人们对信息的认识与利用不断扩大的过程中，在信息、电子、通信、计算机、人工智能、系统论、自动化等多学科基础上发展起来的一门边缘性新学科。
- 信息论的任务主要是研究信息的性质，研究机器、生物和人类关于各种信息的**获取、变换、传输、处理、利用和控制**的一般规律。
- 信息论在工业、农业、国防、生物、经济等领域都有着重要应用。

# 一般系统论



- 贝塔朗菲（1901 ~ 1972），美籍奥地利生物学家，生态系统、器官系统等层次的系统生物学奠基人，一般系统论和理论生物学创始人。
- 50年代提出抗体系统论以及生物学和物理学中的系统论，建立关于生命组织的机体论，并由此发展成一般系统论。

处在环境之中相互作用和相互依赖的若干部分（因素）组成的、具有一定结构和确定功能的有机整体就称为**系统**。



# 一般系统论

- 1937年，提出了一般系统论的初步框架，1945年在《德国哲学周刊》18期上发表《关于一般系统论》。
- 1947年在美国讲学时再次提出系统论思想。1950年发表《物理学和生物学中的开放系统理论》。
- 1955年专著《一般系统论》，成为该领域的奠基性著作。
- 1972年发表《一般系统论的历史和现状》，把一般系统论扩展到系统科学范畴，也提及生物技术。
- 1973年修订版《一般系统论：基础、发展与应用》再次阐述了机体生物学的系统与整合概念，提出开放系统论用于生物学研究，以及采用计算机方法与数学模型建立，提出几个典型数学方程式。



# 系统论

- 系统论是20世纪40年代与控制论、信息论同时诞生的一门新兴科学，由奥地利生物学家贝塔朗菲首创。
- 系统论方法不仅应用于生物学领域，而且应用于各门科学。它是研究各种系统的共同特点和本质的综合性科学。
- 系统论采用逻辑和数学的方法综合考察整体和它的各个部分的属性、功能，并在变动中调节整体和部分的关系，选取各个部分的最佳结合方式，借以达到整体上的最佳目标，比如最佳的经济效果，最佳的工作效率等等。
- 系统论的任务，不仅在于认识系统的特点和规律，更重要地还在于利用这些特点和规律去控制、管理、改造或创造一系统，使它的存在与发展合乎人的目的需要。
- 研究系统的目的在于调整系统结构，协调各要素关系，使系统达到优化目标。



# 系统论

- **系统论认为，整体性、关联性，等级结构性、动态平衡性、时序性等是所有系统的共同的基本特征。表现了系统论不仅是反映客观规律的科学理论，具有科学方法论的含义。**
- **系统论的核心思想是系统的整体观念：任何系统都是一个有机的整体，它不是各个部分的机械组合或简单相加，系统的整体功能是各要素在孤立状态下所没有的性质。**
  - **系统中各要素不是孤立地存在着，每个要素在系统中都处于一定的位置上，起着特定的作用。**
  - **要素之间相互关联，构成了一个不可分割的整体。**
  - **要素是整体中的要素，如果将要素从系统整体中割离出来，它将失去要素的作用。**



# 系统论

## • 系统观点

- 系统整体功能大于部分(要素)功能之和。从一个系统中分解出来的部分(要素)，同在整体中发挥功能的部分是不同的。
- 系统的性质不能仅用孤立部分的性质来加以解释，取决于复合内部各部分的特定关系。
- 由部分构成的整体，就会有部分不具有的性质和功能。
- 例如，在人身体上的眼睛，跟离开人体的眼睛其功能是大不一样的。同样人体不能看成是由躯体和五脏六腑的简单相加，而是一个有机的结合。
- 一台机床并不等于一堆机械零件
- 一堆水泥、钢筋、砖瓦也不等于一幢建筑物
- 人的双眼视觉功能大大超过两只单眼视觉功能简单相加的总和，双眼的视觉敏感度比单眼高6 - 10倍，而且双眼视觉能形成立体感，单眼则不可能。



# 系统论

- **动态观点**

- 系统论认为事物不是一成不变的，系统是动态变化的。
- 开放系统与外界环境会不断进行物质、能量与信息的交换。
- 稳态系统是维持动态平衡，系统有相对稳定的一面，它是系统存在的根本条件；另一方面，系统又是动态的。
- 我们应该看到系统的现状，也要看到系统的变化和发展，从而就能预测系统的将来，掌握系统发展的规律。这种观点在科学决策中非常有用。





# 系统论

## • 层次观点

- 一般系统论认为各种有机体都按严格的等级组织起来，具有层次结构。
- 处于不同层次的系统，具有不同的功能。例如生物界是由生物圈 - 生态群 - 群体 - 人体 - 系统 - 器官 - 细胞 - 细胞器 - 生物大分子组成的一个多层次的系统。
- 系统论认为系统由一定的要素组成，这些要素是由更低一层要素组成的子系统；另一方面，系统本身又是更大系统的组成要素，这就是系统的层次性。
- 系统的层次越高，可变化和组合的可能就越复杂，其结构和功能就越多种多样。
- 坚持层次观点，要求我们注意整体与层次、层次与层次之间的相互制约的关系。



# 系统论

- **系统工程就是应用系统论方法解决现代组织管理问题的科学，它对各种复杂的系统进行规划、设计、制造、控制和管理，研究和选取最佳方案。**
  - 经济系统工程，研究现代社会宏观经济系统的分析预测、规划、组织、管理、控制和调节
  - 管理系统工程，研究现代企业的最佳管理方法问题
  - 教育系统工程，研究教育系统的最佳管理体制问题
  - 等等。
- **系统论和系统工程是适应现代化组织管理需要、处理各种日益错综复杂的系统而出现的。同时，计算机技术提供了研究复杂系统的条件。**
- **系统论是一门跨学科的交叉科学，但不是哲学。它提供的综合性的理论和方法，并不是一般的世界观和方法论。**



**新三论：**

**耗散结构论、协同论、突变论**



# 新三论

- **新三论：耗散结构论（普利高津，1969）、协同论（赫尔曼·哈肯，1973）、突变论（托姆，1972）**
- **耗散结构论、协同论、突变论是20世纪70年代以来陆续确立并获得极快进展的系统理论三门分支学科，是系统论的发展和延伸。**
- **耗散结构论、协同论、突变论是现代系统论的核心内容。**
- **耗散结构理论、协同学都是研究系统演化的理论，都试图找到一个能对系统结构的自发形成起支配作用的原理。它们从二个不同的方面，互相补充地说明了系统的演化原理。**

# 耗散结构论



普利高律，著名物理化学家，主要研究非平衡态的不可逆过程热力学，创立了耗散结构理论

- 耗散结构论 (Dissipative System) 是近十几年来发展起来的一门研究非平衡态开放系统的结构和特征的新兴学科。它被誉为70年代科学院的“辉煌成就之一”。
- 耗散结构理论是比利时物理化学家普利高津创立的，对远离平衡态的系统演化提出方案。
- 耗散结构理论回答了开放系统如何从无序走向有序的问题。
- 普利高律由于这一重大贡献，荣获1977年诺贝尔化学奖。



# 耗散结构论

- 对于一个与外界有关物质和能量交换的开放系统，熵的变化可以分两部分：
  - 一部分是由于不可逆过程，系统本身引起的熵增加，永远为正，
  - 另一部分是分系统与外界交换物质和能量引起的熵流，可以为负。
- 在孤立系统中没有熵流，熵不会减少，而开放系统的有序性来自非平衡态。
- 在一定条件下，当系统处于非平衡态时，它能够产生、维持有序性的自组织，不断和外界交换物质和能量，系统本身尽管在产生熵，但系统又由于熵流同时向环境输出熵。
- 由于输出大于产生，系统的总熵在减少，而向有序方面发展。
- “耗散”的含义是这种有序结构是由于能量的耗散。系统只有耗散能量才能保持有序结构。



# 耗散结构论

- 一个远离平衡态的开放系统，不断地与环境交换物质和能量，一旦系统的某个参量达到一定的阈值，通过涨落，系统就可以产生转变，由原来混沌无序的混乱状态转变为一种在时间、空间或功能上的有序状态。
- 普利高津把这种在远离平衡情况下所形成的新的有序结构命名为“耗散结构”。
- 一个系统由混沌向有序转化形成耗散结构，至少需要4个条件：
  - 必须是开放系统
  - 必须远离平衡态
  - 系统内部各个要素之间存在着非线性的相互作用
  - 涨落导致有序



# 耗散结构论

- 在对宇宙的形成和发展的认识上，克劳修斯从热力学第二定律自然熵增原理出发认为，既然物理过程总是自发地从有序走向无序，系统的熵是增加的，因而宇宙的演化是熵增的，最后将达到“热寂”，即运动停止而毁灭。
- 达尔文进化论则认为，生物的发展是由低级到高级，由简单到复杂，是朝着由无序向有序方向发展的。
- 这就产生了物理理论与生物理论的矛盾，并引起哲学上的重大争论。
- 耗散结构认为，对于孤立系统来说熵是增加的，总过程是从有序到无序。而对于开放系统来说则由于通过与外界交换物质和能量，可以从外界吸取负熵来抵消自身熵的增加，使系统实现从无序到有序、从简单到复杂的演化，从而解决了“热寂说”与进化论的矛盾，使物理学与生物学的这两个规律得以统一。





# 耗散结构论

- 耗散结构论把客观系统分为三大类：
  - 孤立系统：与外界环境既没有能量交换，也没有物质交换的系统
  - 封闭系统：与外界环境有能量交换，但没有物质交换的系统
  - 开放系统：与外界环境既有能量交换，也有物质交换的系统
- 耗散结构论侧重于探讨开放系统的现象与过程，尤其是讨论一个开放系统有非平衡态趋向动态稳定的条件，并把这一条件称之为‘耗散性条件’。



# 耗散结构论

- **耗散结构在客观世界中是普遍存在的：**
  - 物理学中的激光就是耗散结构的典型，当外界输入的激发能量较低时，原子象在一般光源（**自然光、普通灯光**）中那样独立无规律的发射光子，每个光子的频率和相位不同，整个系统处于无序状态；当外界输入的激发能量达到某一临界值时，就会突然发出单色性的方向性很强的激光光束，使整个系统成为有序状态。
  - 化学反应中的振荡化学也属于时间上的耗散结构典型，在通常不起反应的无序状态下，由于涨落的触发或催化超过某一阈值，会出现方向性的反应和自组织的结构。
  - 生物和社会系统都是耗散结构。要吸收养料排出废物，不断进行新陈代谢才能生存，一个城市需要输入食品、燃料、日用品或各种原料，要输出产品和排掉废弃物，才能存在下去，保持稳定的高度组织化的有序结构。
- **由此可见，耗散结构论对于自然现象和人类社会、生态系统等都能适用。**



# 耗散结构论应用于企业管理

## • 开放系统是产生耗散结构的前提

耗散结构理论强调系统的开放性，对于一个企业而言，“开放”是至关重要的，它需要与外界环境永不间断地交换比如它需要采购外界生产资料，从外界购进先进生产设备，要受到国家法律法规及政策制约，要受到工商局监督，受到税务部门的审核并按时纳税；

为了正常赢利和发展，企业需要时刻关注同类产品市场中的竞争对手，从而采取相应的竞争策略，企业需要以各种途径了解消费群体，与之发生有效沟通，从而采取相应的营销策略；企业需要搞自身形象设计，通过广告宣传，让更多的人了解自己，从而增加自身品牌的受众等等。

整个企业的发展过程都在与外界发生着物质、信息的交换，从采购到生产再到营销，无一不显露出作为系统看待的一个企业对外界开放是至关重要的。因此可以看出耗散结构理论中的“开放性”思想对一个企业的管理起到宗旨性指引作用。

## • 耗散结构理论强调非平衡态是有序之源

很多企业推行“裁员增效”和“竞争上岗机制”，这种“竞争”就是一种非平衡态，企业内部工作人员为了获得更高的工资或使自己级别职称得到提升，会更加积极地努力，扩充自己的知识，提高自己的业绩。最终会使企业的整体生产效率得到提高。

企业对其生产产品的定价管理也是一种非平衡态，当受外界市场的影响，产品价格相对过高而不占优势时，企业就不得不将其价格降低，并达到一种临时性的相对稳定。



# 耗散结构论应用于企业管理

## • 耗散结构理论提出涨落导致有序的观点

强调系统中某个微小的变化会带来大的结果性偏差，这体现在营销管理中称之为“马鞭效应”。比如，在“禽流感”突如其来之时，大量禽、蛋类产品出现滞销，那么作为一个禽类养殖企业，就会宰杀并囤积大量家禽，并投资引进清洁设备，实施裁员增效，有的甚至由于资金不能顺利周转而纷纷倒闭。作为企业管理者，完全应该在其它地区出现“禽流感”首例事件时就能预见到这样的后果，并及时采取措施——低价抛售所有禽类并发展相近行业。这便是“涨落导致有序”给我们在管理过程中的提示。

一个生产企业期初对一种产品的营销组合：价格策略采用撇油定价法，进行高定价策略；渠道策略采用包含批发商、零售商在内的中间商进行拓展渠道；促销策略采用大量投放广告，提高产品及公司的知名度。当发展一段时间后，企业发现本产品的价格在市场上不具有竞争力，需要降低时，其营销组合中各要素都要发生相应的变化，从而才能适应市场的需求：价格策略变成低价策略；渠道策略改用直销方式；促销策略采用推销人员上门推销方式，并取消广告投入。从而使得营销组合形成一种新的稳定状态。

因此，“涨落导致有序”告诉我们系统中的任何一个元素都有可能随时发生变化，而且任一元素的微小变化都能使得整个系统中的其它元素发生变化，并最终形成一个新的相对稳定状态。具体反映在企业管理中，管理者应该重视发生在企业中的任何意外和变化，并及时采取措施，对相应问题进行整体性宏观调整，从而能够维持企业稳定地发展。

# 协同论



哈肯, H.

- 协同论是德国物理学家哈肯创立的，形成于70年代初。
- 协同论主要研究远离平衡态的开放系统在与外界有物质或能量交换的情况下，如何通过自己内部协同作用，自发地出现时间、空间和功能上的有序结构。
- 哈肯在研究中发现有序结构的出现不一定要远离平衡，系统内部要素之间协同动作也能够导致系统演化。



# 协同论

- 协同学研究各种不同系统从混沌无序状态向稳定有序结构转化的机理和条件。
- 耗散结构认为，非平衡是有序之源，而哈肯通过许多实验，提出了多维相空间理论，认为不管是非平衡系统还是平衡系统，在一定条件下，由于子系统之间的协同作用，系统会形成一定功能的自组织结构，产生时间、空间的有序结构，达到新的有序状态
- 协同学揭示了协同和有序的因果关系，对解释波动现象及复杂事物的发展过程，作出了数学描述。
- 协同学用“序参量”来作为系统有序程度的度量，并可以通过求解序参量方程来得到序参量的变化规律：从无序到有序的变化规律。



# 协同论

- **哈肯认识到熵概念的局限性，提出了序参量的概念。**
- **序参量是系统通过各要素的协同作用而形成，同时它又支配着各个子系统的行为。**
- **序参量是系统从无序到有序变化发展的主导因素，它决定着系统的自组织行为。**
  - **当系统处于混乱的状态时，其序参量为零；**
  - **当系统开始出现有序时，序参量为非零值，并且随着外界条件的改善和系统有序程度的提高而逐渐增大；**
  - **当接近临界点时，序参量急剧增大，最终在临界域突变到最大值，导致系统不稳定而发生突变。**
  - **序参量的突变意味着宏观新结构出现。**





# 协同论

- **协同论认为，千差万别的系统，尽管其属性不同，但在整个环境中，各个系统间存在着相互影响而又相互合作的关系。其中也包括通常的社会现象，如不同单位间的相互配合与协作，部门间关系的协调，企业间相互竞争的作用，以及系统中的相互干扰和制约等。**
- **协同论指出，大量子系统组成的系统，在一定条件下，由于子系统相互作用和协作，这种系统会研究内容，可以概括地认为是研究从自然界到人类社会各种系统的发展演变，探讨其转变所遵守的共同规律。**
- **应用协同论方法，可以把已经取得的研究成果，类比拓宽于其它学科，为探索未知领域提供有效的手段，还可以用于找出影响系统变化的控制因素，进而发挥系统内子系统间的协同作用。**





# 协同论

## 1、协同效应

- 协同效应是指由于协同作用而产生的结果，是指复杂开放系统中大量子系统相互作用而产生的整体效应或集体效应。对于千差万别的自然系统或社会系统而言，均存在着协同作用。协同作用是系统有序结构形成的内驱力。
- 任何复杂系统，当在外来能量的作用下或物质的聚集态达到某种临界值时，子系统之间就会产生协同作用。这种协同作用能使系统在临界点发生质变产生协同效应，使系统从无序变为有序，从混沌中产生某种稳定结构。协同效应说明了系统自组织现象。

## 2、伺服原理

- 伺服原理用一句话来概括，即快变量服从慢变量，序参量支配子系统行为。它从系统内部稳定因素和不稳定因素间的相互作用方面描述了系统的自组织的过程。
- 其实质在于规定了临界点上系统的简化原则——“快速衰减组态被迫跟随于缓慢增长的组态”，即系统在接近不稳定点或临界点时，系统的动力学和突现结构通常由少数几个集体变量即序参量决定，而系统其他变量的行为则由这些序参量支配或规定，正如协同学的创始人哈肯所说，序参量以“雪崩”之势席卷整个系统，掌握全局，主宰系统演化的整个过程。



# 协同论

## 3、自组织原理

- 自组织是相对于他组织而言的。他组织是指组织指令和组织能力来自系统外部，而自组织则指系统在没有外部指令的条件下，其内部子系统之间能够按照某种规则自动形成一定的结构或功能，具有内在性和自生性特点。
- 自组织原理解释了在一定的能量流、信息流和物质流输入的条件下，系统会通过大量子系统之间的协同作用而形成新的时间、空间或功能有序结构。

# 突变论



- 突变论吸收了系统结构稳定性理论、拓扑学和奇点理论的思想，发展出一套研究不连续现象的数学方法。
  - 法国数学家勒内·托姆于1972年发表了著作《结构稳定性和形态发生学》，标志着突变论的诞生。
- 
- 突变论认为，系统的相变，即由一种稳定态演化到另一种不同质的稳定态，可以通过非连续的突变，也可以通过连续的渐变来实现，相变的方式依赖于相变条件。
  - 如果相变的中间过渡态是不稳定态，相变过程就是突变；如果中间过渡态是稳定态，相变过程就是渐变。
  - 原则上可以通过控制条件的变化控制系统的相变方式。



# 突变论

- **突变论是用数学方法研究不连续现象，它认为突变现象的本质是在一定条件下，从一种稳定状态跃变到另一种稳定态。**
- **因为系统的稳定态是系统的结构决定的。所以突变现象也可以看作是系统从一种稳定结构跃迁到另一种稳定结构。**
- **突变论以系统结构稳定性为基本出发点，从研究系统的势函数的变化入手，建立突变数学模型来说明事物突变的本质和规律，从而可预测突变将在什么条件下产生，又怎样改变参数来促进有利突变和防止不利突变。**
- **突变论已广泛应用于研究自然界、社会活动及人的决策行为中突发质变过程。**
- **突变论应用于耗散结构论和协同论的定量研究，推动了系统理论的新发展。**



# 突变论

- 在自然界和人类社会活动中，除了渐变的和连续光滑的变化现象外，还存在着大量的突然变化和跃迁现象，如岩石的破裂、桥梁的崩塌、地震、海啸、细胞的分裂、生物的变异、人的休克、情绪的波动、战争、市场变化、企业倒闭、经济危机等。
- 托姆将系统内部状态的整体性“突跃”称为突变，其特点是过程连续而结果不连续。
- 突变理论研究的是从一种稳定组态跃迁到另一种稳定组态的现象和规律。它指出自然界或人类社会中任何一种运动状态，都有稳定态和非稳定态之分。
  - 在微小的偶然扰动因素作用下，仍然能够保持原来状态的是稳定态；
  - 而一旦受到微扰就迅速离开原来状态的则是非稳定态，稳定态与非稳定态相互交错。
  - 非线性系统从某一个稳定态（平衡态）到另一个稳定态的转化，是以突变形式发生的。
- 突变理论作为研究系统序演化的有力数学工具，能较好地解说和预测自然界和社会上的突然现象，在数学、物理学、化学、生物学、工程技术、社会科学等方面有着广阔的应用前景。



# 系统论的其他分支

- **超循环理论**：从生物领域入手研究非平衡系统的自组织现象。在生命起源和发展的化学阶段和生物学进化阶段之间，存在分子自组织阶段，形成了具有统一的遗传密码的细胞结构。这种统一的遗传密码的形成并不在于它是进化过程中唯一可以进行的选择，而是因为在这一阶段形成了一种超循环式的组织，这种组织具有一旦建立就永存下去的选择机制。
- **参量型系统理论**：苏联学者奥也莫夫提出，他认为贝塔得朗菲提出的一般系统是类比型系统理论。这种理论有其局限性。不可能确定一般系统特征的普通规律。他提出原始信息应该用“系统参量”来表达，并通过电子计算机把大量的系统参量联系起来，以确定一般系统的共同规律。
- **泛系理论**：着重研究事物机理中的广义系统，转化、对称、泛对称或泛系关系等有关的相对普适的一些数学结构。从集合论基础发展起来的系统理论，其特点是把逻辑方法和系统方法有机地结合在一起了。
- **模糊系统理论、灰色系统理论、混沌系统理论.....**



# **相互关系：**

## **控制论与系统论、信息论**



# 控制论、信息论与系统论

- 系统论、控制论和信息论都用到**系统**、**信息**和**控制**等概念，三者关系极为密切
- 系统论、控制论和信息论从不同侧面反映客观世界的变化
- 信息论研究的是如何认识信息和度量信息
- 系统论和控制论是研究如何利用信息：
  - 系统论是利用信息来实现系统最优化
  - 控制论是利用信息来实现系统的有目的最优控制





# 控制论、信息论与系统论

- **系统论**是把要研究和处理的对象看成由一些相互联系、相互作用的若干因素组成的**系统**，研究系统就是寻求利用**信息**实现最优系统的途径。
- 任何系统都离不开**信息**，研究系统就必须研究反映**系统**与环境、**系统**与子系统之间的联系的不可缺少的要素**信息**。
- 一个系统**信息**量的大小，反映**系统**的组织化、复杂化度的高低。
- 系统的运行又离不开**控制**，对系统的控制同样离不开**信息**。
- **信息论**研究如何认识**信息**、**控制论**和**系统论**研究如何利用**信息**。
- **控制论**揭示了事物联系的反馈原理，用以实现对**系统**的有效**控制**和**信息**的有效利用。



# 控制论、信息论与系统论

- 控制论与系统论、信息论共同发展，并与运筹学、人工智能、计算机和现代通讯技术等新兴学科相互渗透、紧密结合、交互发展。
- 系统论提出系统概念并揭示其一般规律，控制论研究系统演变过程中的规律性，信息论则研究控制实现过程的信息运用。
- 系统论、控制论、信息论正朝着相互融合的方向发展：
  - 系统论和信息论是控制论的基础
  - 信息论和控制论为系统论提供分析方法
  - 信息论为控制论和系统论提供关键支撑



谢谢!