系统思想的发展

系统性、非线性与复杂性是自然科学与社会科学都关注的热门话题，也是最激动人心的认识观点，同时被认为是二十一世纪主要的发展领域，它不仅涉及到物理学、化学、气象学、生物学、医学、认知科学、计算器科学、工程学、社会学与经济学的研究进路，也对哲学与后现代文化思潮产生了影响，我们可以说，它引入了一种跨学科的认识论与方法论，让人们以新的视角来看待自己、社会与自然界，与彼此之间的关系。

二十世纪初期，科学研究向专业发展，科学分化有越来越细的倾向，不同学科的科学家在各自的领域探索，但是到了三Ｏ年代以后，不同领域的科学家与思想家们发现，现代科学有许多带有普遍意义的思想与方法，越是到了二十世纪中叶，各科学学科的综合与交会是越来越明显，科学家们聚在一起交流与合作，现代系统思想便是在这样的土壤上发芽。在一九四八年前后，首先是由奥地利生物学家 Bertalanffy（ Ludeig von Bertalanffy， 1901-1972 ）提出了一般系统论，同一时期由于技术应用与问题解决的需求，运筹学、控制论、信息论就相继创立了，系统思想就这样由生物学扩大到军事、工程与社会各方面，逐步形成广义的系统科学；在理论科学的部分，突变论、耗散结构理论、协同学、超循环理论……等的提出更加深刻地解释了系统创生与演化的原理，让得系统思想成为理论科学中的显学，七Ｏ、八Ｏ年代发展起来的非线性科学（广义的说法是复杂性科学）又使系统理论的自然图象更加精细、深刻，也更能解释真实的世界。近年来，甚至是许多政治家也开始广泛地引用系统科学的概念、理论方法与语言去处理政治问题，出现了所谓的政治系统论。

我们可以说，系统科学是以系统思想为中心的一类新兴的科学群，是关于「整体」的一般科学，也是二十世纪中叶以来发展最快的一大类综合性科学，它是分别在不同的学科领域中诞生与发展起来的，这些原本独立形成的科学理论，互相渗透，紧密联系，最后形成一个统一而严密的科学体系。

**系统概念与特征**

什么是系统？系统就是「由相互作用与相互依赖的若干组成部分，结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分」。小到分子、原子、基本粒子……大到地球、太阳系、银河系等等，人们观察所及的尺度，都是系统，有自然系统、人工系统，还有自然系统与人工系统相结合的复杂系统。系统的定义强调了事物的整体性，以及构成系统的部分之间，系统与环境的相互作用。用这样的观点去看事物就是系统思想，或者叫做系统观。一个完整的系统，都具有以下的特征：

１．系统是由多个部分所组成的。也就是说，一个系统至少包含两个或两个以上的要素，反之，单一的、孤立的事物不能称之为系统。系统本身也是其它更大系统的子系统，这种系统与部分的相对性就决定了系统具有层次性。

２．系统是一个有机的整体，所有构成系统的部分都处于特定而动态的相互作用　与相互依赖之中。由于这些相互关系包含了非加和性或非线性，也包含了控制与反馈的效应，所以系统的整体与整体特性不能通过元素的简单加和来得到，也不能把系统分解成孤立的单个元素。

３．系统整体在时间上与空间上都是有限的，在时间上的有限性表现为有始有终，有一个演化的过程；在空间上的有限性表现为有内有外，有一个确定的系统边界，这个边界划分出了系统与环境的差异。系统对于环境具有开放性，环境与系统之间相互交流，环境是制约系统性质的重要因素，系统状态的变化也会导致环境的变化。

４．系统的整体具有不同于组成部分的特定属性、功能与价值，它们是在与其它　系统的联系之中体现出来的。其中，系统对实现某种目标的作用与有用性称为系统的功能，系统的功能是由系统的结构以及系统与外部环境的相互作用所决定的，系统功能的实现具有秩序性、协调性与目的性。而它对于人们的效用就是它的价值。

**系统思想的发展**

系统思想作为自然观的一部份，其起源可以追溯到古希腊时期，早在公元前六世纪，西方辩证法的奠基人赫拉克利特（ Herakleitos ）就提出「世界是包含一切的整体」；公元前五世纪原子论的创始人德谟克利特（ Demokritos ）写了一本题为《宇宙大系统》的书，以系统的角度来研究宇宙；柏拉图的学生亚里士多德后来进一步地提出了「整体不同于它各部分的总和」的著名命题，以致于整体何以不同于其部分的总和成为了系统科学史上的重要问题；在古代东方，系统观点则是十分普遍的，例如《易经》阐述了中国古代的系统模式的动态架构，墨家则论及了系统思想的方法论，最后最具有代表性的是道家对于系统生成的看，其中包括老子强调了自然界的统一性。我们可以说，用自发的系统概念来考察自然现象，是希腊哲学与古代中国思想的一个共同特征。

古代朴素的系统思想虽然强调对自然界整体性与统一性的认识，但是缺乏对其各部分的各个细节的认识，因此后来就不得不屈服于另一个观点，就是随着近代自然科学的兴起，在对自然界分门别类的研究中，所发展起来的以分析为主的研究方法。这种方法虽然对科学的发展有过巨大的功绩，但是久而久之，却逐渐形成了不同于古代的观点——非系统观点，即把整体分割成一块块互不联系、孤立、静止的组成部分的观点。这就是与系统思想相对立的形上学自然观。

在当代，随着自然科学的进一步发展，在深入分析与研究自然界的一个个局部之后，这一个个局部之间的联系，局部与整体的联系，使得自然界的系统特性在新的层次上又顽强地反映到人们的头脑中来。现代系统科学的发展同时使得现代系统思想的内容更加充实，与古代朴素的系统思想相比，现代系统思想具有以下的几个特点：

１．现代系统思想去掉了古代朴素观点中模糊与猜测的成分，加进了精确与实际　的内容。例如现代系统思想特别强调系统内部结构的有序性，还给秩序性质提供了有效的测度与计算方法。除了对于量的精确性要求，还有对于质的重视，例如我们常说的「整体大于其部分的总和」不仅仅理解在量的差异，也强调在质的差异，现代系统思想强调整体与部分具有不同的质，是不能只用量的差异来刻划的。

２．现代系统科学特别注重对于复杂系统的研究，也就是要求将系统与非线性问题联系起来，认为只有三个或三个以上元素发生非线性相干时才能组成复杂系统，并且对复杂系统的性质、复杂性的测量与描述提供了有效的方法。这使得系统思想不仅对于大量自然与社会现象提出了有解释，而且对系统为什么具有这些特殊性质作了合理的回答。

３．现代系统思想指出了系统创生与演化的机制，这是以往的系统思想所有没明　确的内容。现代系统思想认为系统的创生是源于与环境交流过程中，总熵递减或信息量累积而将系统组织自发地拖向相空间的某些稳定态的结果，其后续的演化是具有不可逆性的动力型态，在系统的演化过程中会表现出控制与反馈、自组织与自适应的特征，这些机制反过来使得系统更加结构化与秩序化，这是复杂系统的特殊属性。

４．现代系统思想特别强调了系统的价值。严格意义上，价值是指系统对于实现　　人们某个特定目的所起的效用，这些效用是需要用一定的代价或成本来换取的，所以价值与一般的属性与功能不同。这就把系统与系统最优化、性能价格化以及人的目的等等较深层次的问题给联系了起来。

５．作为上一点的进一步说明，现代系统思想还突出了其应面层面与方法论性质，现代系统思想与方法是帮助人们做科学决策与问题解决的最佳利器。任何决策都是为了达到某一既定目标，在给定条件下，挑选出达到最佳目标的方案，然后付诸实施，以期作到对于问题的解决。现代系统思想的严密化、逻辑化、精确化与程序化更加帮助人们从系统观点去发现问题，制定方案，对于方案进行系统分析，作出分析评价，对于方案的试验与实施能够借着系统的反馈机制得以调整方案与追踪决策的成效。这突显了现代系统思想的价值，使得人们在近半个世纪的工程技术与应用有了最大的成果。

**系统理论的发展**

系统思想从一种哲学思想发展成为一种具有定性与定量形式的自然科学理论，则是在二十世纪。系统理论是二十世纪四Ｏ年代末所兴起的一门综合性科学，它包含了一组相关的学科群：一般系统论、控制论、信息论、突变论、耗散结构理论、协同论、超循环理论等等。它为人们提供了一套崭新的科学思维模式，优化工作方法与定性、定量的数学工具，从而极大地增强了人类认识自然与改造自然的能力，使人们对复杂系统的研究，控制变为可能。它也推进了科学技术进步和生产力的发展，促进了信息时代的来临以及自然与社会科学两大领域的交流。它具有强烈的方法论性质与横向科学的色彩，在研究复杂系统与促进多学科相互结合上有其公认的特殊地位，因而它被称为改变了当代世界科学图像与当代科学思维方式的新兴科学。

**一般系统论**

长期以来，生物学中就存在着机械论与活力论之争。机械论在生物学表现为一种还原论与决定论，科学家们用分析方法把生物学还原为物理化学问题，企图用物理与化学的原因来说明一切生物的生理现象与心理过程，并且认为一种原因只能产生一种结果。但是机械论无法解释生物的目的性行为与异因同果的现象。活力论则认为生物体内部存在着一种特殊的「活力」，它支配着整个生命过程，活力论者断言，有机界与无机界之间隔着一道不可逾越的鸿沟。二十世纪新活力论者德国生物学家 Drisch 从半个或一个完整的或两个完整的海胆胚胎的结合过程，都产生了一个正常的海胆个体，他由此认为这个实验表现的异因同果律是与机械论相矛盾的，只能用活力论解释。

同时生物学中还有一个难题，就是按照热力学第二定律，一个封闭系统的自发过程只能朝着熵增加的方向发展，即变得越来越无序。而生物的进化却相反，是向着有序性或组织程度越来越高的方向发展，这能是自然界自发的过程吗？为了解决这些难题，美籍奥地利生物学家 Bertalanffy（1901-1972）于一九三七年提出了一般系统论原理，他主张从生物的整体出发，把生物整体与环境作为一个大系统来研究，强调系统的开放性，即系统要同周遭环境有能量与物质的交换，有机体是一个处于动态平衡的开放系统。他应用数学方法与模型，并于四Ｏ、五Ｏ年代集中阐述了他的观点，创立了一般系统论（General System Theory）。

一般系统论认为，传统科学原则流行的「分析程序」所主张的「一个被研究的整体可以被分解为各个部分，因而也就能由这些部分来构成与再构成」这一观点，只有在各个部分之间的相互作用可以忽略不计，并且各个部分的行为关系是线性的时候，各个部分才能实际上被分别出来，然后再被组合，各个部分的过程才可以被相加而得到总体的过程。一般系统论的一个重要成果，是把生物与生命现象等复杂系统的整体性、结构性、有序性、目的性与环境的适应性给联系了起来，并且从整体与局部、局部与局部、整体与外部环境的相互关系来考察系统，以获得正确的认识以及处理问题的最佳方案。他用数学模型导出了异因同果的结果，从而用系统的观点对生物学的难题作出了初步的回答。

**控制论与信息论**

在此同时，控制论与信息论（或称为信息论）也被相继提出。一九四八年美国数学家 Wiener（1894-1964）发表了「控制论」（Cybernetics），他指出，控制论就是研究生物系统与机械系统中的自动控制与通讯规律的科学，它试图突破生物与机械之间的界限，并且找出它们的共同点。控制论是研究对系统实行控制的理论，控制是通过讯息反馈进行的，通过讯息反馈实现系统的有目的行为，由于一个系统在运动中，总要受外界环境的干扰而偏离预定目标，因此必须通过讯息反馈加以校正。就在同一年，美国数学家 Shannon（1916-）发表《通讯的数学理论》，奠定了「信息论」（Information Theory）的基础。所谓的信息，就是由消息、信息、符号、声音等等这些概念中抽象出来的一个概念，是事物之间建立联系的一种形式。信息论是研究控制和通讯系统中信息传递、交换、储存、计量的新兴学科。信息论的特点是：从系统出发，把整个系统的运动过程，抽象为一个信息转换过程，这个转换过程是通过信息输入、信息加工、信息储存、信息输出及信息反馈来实现，并且根据信息传输的特性来把握系统。

一般系统论、控制论与信息论有许多基本概念与方法都类似，在当时的历史条件下，虽然他们各自从不同的角度提出了解决问题的原则，可是实际上他们是从不同的侧面研究了同一个问题。一般系统论把对象作为一个整体来加以考察，提出了适用于一切复合系统或子系统的模式、原则与规律；控制论进一步地考察它们的性质，提供了更为广泛与有效的概括形式与处理问题的方法，并且为我们提供强有力的模型化工具；信息论则研究了信息如何在系统中如何有效传递的理论。目前有许多学者已经越来越清楚地认识到这三门学科的内在联系，这三门技术学科具有浓厚的方法论性质，它们藉助于电子计算器与现代数学工具为解决复杂系统的问题提供了有效的科学方法。

**突变论**

另一个重要的数学理论，为一九六八年法国数学家 Thom（1923-）从拓朴学中提出的一种几何模型，能够描绘多维不连续的现象，他的理论称为「突变论」（Catastrophe Theory，或称剧变论）。突变论是利用突变作为数学模型来处理不连续现象，并掌握其规律性，这套工具之所以如此吸引人，就是因为自然界中到处都有不连续的现象与系统等待处理，例如生物学中许多处于飞跃的、临界状态的不连续现象，物理世界中液态气态变化的紊流系统，甚至是政策重大变更、股票证券市场的风云诡变，都能找到相应的突变类型给予定性的解释。突变论提供了丰富的定性语言，弥补了连续数学方法的不足之处，同时带动许多数学新理论的发展，并且也已成功地应用于生理学、生态学、心理学与复杂系统的状态跃迁相关的研究之中。

以前的物理学家与数学家们常常喜欢嘲笑定性的语言 ， Rutherford 曾经说过一句名言，他以为「定性只不过是拙劣的计量」。但是当突变论提出之后，他们对于定性语言的轻视就大大地改观了，突变论带来了一种新语言，它使得定性的语言真正拥有了数学的内涵，而变成一种足令人信服的有效数学工具，突变论中提供了一些像折点、剧变、尖点剧变、蝴蝶点剧变、发散、正则因子、分裂因子、贯截性、普遍拆展、双曲脐点、椭圆或抛物脐点、剧变曲体等等许多新名词。 突变论是个最适合于描述以前被认为「不精确」的社会人文科学的工具，也可以用来配合或取代部份生物化学家们过份着重宝验数据的倾向，而发展出一套综合性的数学模型。 在过去二、三十年中，尽管有不少数学新理论的产生，但是从来没有一个能更像突变论那样引起如此广泛而又深入的影响。

**耗散结构理论**

复杂系统中的结构稳定性代表着有序性，但是这种稳定性到底是怎么产生的呢？诺贝尔化学奖得主的比利时化学家 Prigogine（1917-）从远离平衡态的热力学研究中发现了所谓的「耗散结构」（Dissipative Structure）是一种稳定结构，并且认为那就是一般系统论中所要找的具有有序性的系统稳定结构，并于一九六九年明确地提出「耗散结构理论」。耗散结构有三个特点：存在于开放系统之中，而并非是封闭系统或孤立系统；保持远离平衡态的条件，即必须处于非平衡态；系统内各个要素之间存在着非线性的相互作用，包括涨落现象的产生。一个开放系统的总熵的变化 ds 可以分为两个部分 ： 一部分是系统本身由于不可逆过程所引起的熵增加，叫做熵产生 dis ； 另一部分是系统与外界交换物质与能量所引起的熵流 des。它们之间的关系为：

ds＝dis＋des

根据热力学第二定律，dis 永远大于零，des 则可以大于或小于零。如果当熵流 des 为负的 ， 而且其绝对值大于熵产生 dis 时，系统的熵的总变化便可以小于零，也就是说随着时间的推移，系统的熵可以逐渐减小，系统便可以由无序状态逐步转为有序状态。这就在不违反热力学第二定律的条件下解决了热力学与进化论之间的矛盾。系统自己在与环境交换物质与能量的过程中走向了有序结构，可以称为系统自组织，所以这个理论也可以称为系统的自组织理论。

耗散结构的研究不但揭示了重要的自然现象，也对复杂系统的研究提出了新的方向。在数学上描述复杂系统的方程通常是非线性的，一般包括分岔现象，耗散结构实质上对应于系统方程在远离平衡区的一个分岔解，因此耗散结构的研究必然促进分岔理论的发展。耗散结构也是一种突变现象，研究这类现象有助于丰富突变论的内容。在物理学方面，耗散结构的概念扩大与加深了物理学中的有序概念，对不同物理体系中各种耗散结构的研究，丰富了热力学与统计物理学中关于相变的研究内容，也为物理学研究这些非平衡与非线性问题提供了新概念与新方法，这种影响自然也扩散到化学与生物学的诸多层面。在系统科学方面，耗散结构理论利用数学与物理学的概念与方法研究复杂系统的自组织问题，成为系统理论的一个重要组成部分。

**协同学**

但是，我们仍然需要一个由微观过渡到宏观的理论，这个任务是德国理论物理学家 Haken（1927-）于七Ｏ年代初所完成，他从六十年代研究激光发射机制开始，吸收了机率论、信息论与控制论的有关部分，并从一些超导现象与铁磁现象的理论发现，系统中合作机制的背后隐藏着某种更为深刻的普遍规律。他的系统理论叫做「协同学」（Synergetics，或称协同论 ）， 协同学是研究「协同系统」在外参量的驱动与子系统之间的相互作用下，从无序到有序的演化规律的新兴综合性学科；所谓的「协同系统」是指由许多子系统组成的，并且能以自组织的方式形成宏观而具有序结构的开放系统。他用统计力学的方法与现代数学理论如集合论与突变论，研究了相空间系统的稳定性，证明了所谓的目的，就是在给定的环境中，系统只有在相空间中某些「目的点」与「目的环」上才是稳定的，离开了它们就不稳定，系统自己要拖到点或环上才能罢休，这也就是系统的自组织。

协同学与一般系统论、耗散结构理论之间有着许多相通之处，以致它们彼此将对方当作自己的一部分，实际上，它们既有联系又有区别。一般系统论提出了有序性、目的性和系统稳定性的关系，但是并没有回答形成这种稳定性的具体机制。耗散结构理论则从另一个侧面解决了这个问题，指出非平衡态可以成为有序之源。协同学虽然也来源于非平衡态系统有序结构的研究，但是它摆脱了经典热力学的限制，而发现即使是封闭系统、热平衡的状态有时候也有可能出现有序状态，更进一步地明确了系统稳定性与目的性的具体机制，可见协同学比耗散结构理论前进了一步。

**超循环理论**

此外同一时期，德国生物物理学家 Eigen（1927-）把生命起源与生物进化的达尔文学说，在分子生物学的层次上，通过巨系统高阶环理论给数学化了，提出了一个言之成理的自组织系统模型， 即「超循环理论」（Hypercycle Theory）。他观察到生命现象都包含了许多由酵素的催化作用所推动的各种循环，而低层次的循环又组成更高一层次的环，即超循环，也可以出现再更高层次的超循环，他还从这个模型推出生物的一些生殖、遗传、变异、进化的性状。

如果组成系统的元素数量大而且种类也很多，它们之间的关系又很复杂，并且有多种层次结构，这类系统称为复杂巨系统，例如人体系统、生态系统与社会系统。对于简单系统与简单巨系统，上述的几个理论都可以很好地描述与研究，并且取得很大的成功，但是对于复杂巨系统，超循环理论就是很适合的解释理论了。连同上述的这几个理论，就使得 Bertalanffy 四十多年前提出的问题有了明确的解决途径。

**系统工程的发展**

系统思想与系统理论真正引起人们的重视，还是在它被应用于大规模复杂的工程系统，也就是作为一种工程技术的系统工程实践取得巨大成功之后。社会实践活动的大型化与复杂化，要求系统思想方法不仅能够定性，而且能够定量，这是进行巨大工程项目的需要，例如美国在发展微波通信网路、研制原子弹与北极星潜艇发射导弹等巨大工程中，深感采用原有的传统技术远不能满足需要，于是逐步摸索发展了一套系统工程的方法，取得了良好的结果。另一方面是二次世界大战军事需要的推动，使运筹学、系统工程方法，首先由英国应用于制定作战计划，例如解决护航舰队的编制、防空雷达的配置与运用、提高反潜艇的作战效果等等，其中广泛采用了数理规划（作业研究）、排队论、博弈论等方法，把运筹学推进到了新的层次。此外还有现代企业管理、质量管理，也迫切要求定量化的系统管理技术尽快发展。

战后，系统思想在实践方面向着更广的领域发展，系统工程被广泛应用于处理军事、经济、社会、政治领域的大型复杂的系统问题，例如阿波罗登月计划、城市规划、交通管理、河流控制、能源决策、生态保护、农业改革、人口政策等  
； 在理论方面除了上面谈到的 Thom、Prigogine、Haken、Eigen 等的工作外，也正逐步建立系统科学体系的方向阔步前进，包括有哲学上的系统观、作为基础科学的系统学、作为技术科学的运筹学、控制论、信息论与作为工程技术的各门系统工程与自动化技术、通信技术等等。其结果第一是使系统思想方法定性化与定量化，成为一套具有数学理论、能够定性与定量处理系统各组成部分联系关系的科学方法；第二是为定量化系统方法的实际运用提供了强有力的计算工具——电子计算器。这两大贡献都是在二十世纪中期实现的。一旦取得了数学表述形式与计算工具，系统思想与方法就从一种哲学思维发展成为专门的科学与工程技术。

**系统思想的内容**

前面提到了系统理论在物理学、化学、理论生物学、数学等领域有了新的发展与突破，在五Ｏ年代以后，系统工程的大量实践与运筹学、控制论、信息论的迅速发展，它们不仅为系统科学的建立提供了丰富的材料，也在不同的方面揭示了系统的深刻性质与规律，使得人们对系统有了更加深入的认识。例如，系统的发展在时间上具有不可逆性，系统的过去与将来之间存在着对称破缺；系统具有自组织性，在涨落作用下，能自发形成稳定的有序结构，有序是系统自组织与子系统协同的结果；系统包含有复杂的反馈机制，反馈是有序之本；系统在一定条件之下，可以从有序变成混沌，也可以从混沌变成有序，还可以从一种有序变为另一种有序而导致状态突变；混沌是系统对初始条件与边界条件异常敏感产生的貌似无序的运动。

系统理论的任务从根本上来说是两个方面：一个是对于系统规律的认识，这个方面是关于系统结构、子系统协同，以及系统功能在系统环境作用下的演化规律。另一个是在认识系统规律的基础上如何控制系统，这个方面则是把控制的思想与理论引入到系统科学，如同认识客观世界是为了更好的改造客观世界一样，人们认识系统也是为了更好的控制系统。接下来，我们要从几个方面来讨论以上所涉及到的系统思想的主要内容：

**整体与部分**

自然界的任何物质客体都是作为一个整体而存在的，同时任何一个整体又是由若干部分组成的。相对于它的各个组成部分它是整体，然而相对于它所从属的更大的系统，它又是要素，这就是系统的层次性，系统的层次性是不可穷尽的。由于系统整体与部分以及部分与部分之间存在着相互作用，这就导致系统整体呈现出不同于部分特性的整体特性，例如化合物分子的化学特性是组成它的原子在孤立状态中所没有的。整体与部分之间存在着加和性（线性）与非加和性（非线性）的双重特征：加和性的特征即整体的性质可以由部分的性质决定，如分子量等于组成它的诸原子的原子量之和，故加和性又称可还原性；非加和性特征，就是整体的特性不能归结为它的要素的特性，也不是它的要素的简单拼合，而是呈现出整体的新特质、新特征，故非加和性又称非还原性。当系统中的要素具有非加和性的时候，系统的性质与运动的规律只能从整体上才显示出来。

了解整体与部分的关系对于认识高层次系统与低层次系统的关系也有帮助，两者既有联系又有区别。因为两者有联系，所以我们通过对低层次系统的研究，可有助于把握高层次系统的某些运动规律；因为有区别，因此低层次系统绝不能把高层次系统的本质包括无遗，高层次系统也绝不能归结为低层次系统，因为当低层次系统组成了高层次系统之后，高层次系统已经产生了新的相互作用与结构  
，出现了新的整体与新的规律。恩格斯指出：「终有一天我们可以用实验的方式把思维归结为脑子中的分子的与化学的运动；但是难道这样一来就把思维的本质包括无遗了吗？」

总地来说，系统思想对于有机性与整体性方面的强调包括了：（一）原则上反对分析或还原的研究方法；（二）整体大于部分之总合；（三）整体决定其部分；（四）部分只能在整体中被界定；（五）部分之间有动态的相互联系。

**结构与功能**

任何系统都有一定的结构与功能。系统的结构是指系统内部诸要素之间相互联系、相互作用的形式与方式，是系统各「部分的秩序」；结构是系统保持整体性以及使系统具有一定整体功能的内部根据。系统的功能是指系统整体与外部环境相互作用的关系，它是系统整体的「过程的秩序」。系统的结构与功能的关系可概述如下：

１．结构决定功能。物质系统有什么样的结构，就必然表现出相应的功能。结构　　规定与制约着系统功能的性质、层次、范围与大小。组成系统的要素是系统整体结构的基础，要素与结构的不同都有可能影响系统的功能，但是系统的功能对于结构却也有相对的独立性，表现在：有时组成系统的要素与结构都不同，但却具有相似甚至相同的功能；有时组成系统的要素与结构都相似或相同，而却具有不同的功能。

２．系统的功能对结构也有反作用力。表现在系统的功能又是保持系统结构稳定性的必要条件，如果一个系统不能发挥它所特有的功能，就不能与外界环境进行正常的物质、能量与信息的交换，从而这个系统就将无法保持自身结构上的稳定性。另外，由于功能比结构具有更大的可变性，不但功能发挥的强弱会导致相应的结构的增强或削弱，而且功能的变化也可能带来结构的变化，例如生物某些器官的退化或进化。

**无序与有序**

无序与有序是系统组织程度的表示。无序即无秩序、无组织、杂乱无章，如分子的热运动；有序就是有秩序、有组织，例如晶体中原子、分子的排列。有序与无序是相比较而言的，人们通常用热力学的熵来表示系统的无序程度，而用信息量（数值上恰相当于负熵）来表示系统的有序程度，熵值越大，无序度越高，熵值越小（例如吸收的信息越多，负熵的绝对值越大，熵值越小）有序性越高。

按照热力学第二定律，孤立系统中的自发过程总是朝着熵增加的方向发展，也就是朝着机率最大的状态变化，直到达到熵的最大值，即平衡状态的熵值。但是，在我们观察所及的宇宙中，我们见到的各种物质系统的发展方向却不是这样单调的。综观自然发展史可以看到，自然界的演化中，存在着有序到无序与无序到有序的两条线索，为什么还能从无序到有序呢？因为实质上一切存在的物质系统都不是孤立系统，而是与环境有物质、能量、信息交换的开放系统，在这种交换中，只要输入系统内的负熵流大于系统内自发产生的熵增加，就能使系统的总熵减少，使系统能维持或提高其有序性。从理论上揭示了这一过程的规律性，证明系统可以通过自组织向更加有序的方向演化，这就是 Prigogine、Haken 等人的重大贡献。

由于任何系统总是处在一定环境中，总要与其它系统相互作用，因此一个系统的任何状态变化必然引起与它相互作用的另一个系统状态的相应变化，从而后一个物质系统的这种变化就携带了前一系统的某种信息，具有某种信息的过程。有序系统在什么条件下会变成无序呢 ？ 美国的 Feigenbaum（1944-）综合了生态学、流体力学中的研究成果，找出了从有序转向紊乱情况时的一个关键常数，使得对这个问题的认识更加丰富，这就提出了一个系统设计思想中很关键的问题。

**控制与反馈**

在系统与系统、系统与要素、要素与要素之间的相互作用中，有一类相互作用是特别值得注意的，即这种相互作用的结果造成某种目的性行为，这种相互作用就是控制与反馈。过去人们以为，只有生物才具有目的性行为，由于对它的机制不清楚，便给这种目的性行为加上了「神创论」与「活力论」神秘色彩。随着自动化技术与系统科学的发展，人们逐渐认识到，目的性行为不过是控制系统的一种特性。在一个控制系统中存在着两个相互依存，相互作用的子系统：一个是主动系统，即施控系统；另一个是被动系统，即受控系统。控制与反馈指的就是这两个子系统之间的相互作用。所谓控制，指的是主动系统对被动系统的作用，这种作用具有某种目的性行为，作用的结果使系统朝着一定的方向运动。所谓反馈，指的是被动系统对主动系统的反作用，而且这种反作用必然使主动系统发生调节，产生新的目的性行为。

关于原因与结果，机械唯物主义只看到直线式的因果序列，一定的原因必定产生一定的结果，原因决定结果，它们的作用是单向的，不能互换。然而我们却可能看到，在不同的原因下，却得到相同的结果，这似乎以某种方式打破了因果律。为什么出现这种情况呢？因为在控制系统中结果不但被原因控制，而且又可以反过来控制原因，成为「原因的原因」，它们互为因果。输出不但受输入影响  
，而且反过来影响输入，这就是反馈的影响，在自然界中的系统几乎都内含有反馈的机制，只有在十分特殊的情况下，才会有反馈趋于零，即近似于直线式的因果序列。反馈有正负之分，如果反馈使系统的输入对输出的影响增加，这种反馈就叫做正反馈；如果使这种影响减少，就叫做负反馈。正反馈使系统的输出偏离控制目标值不断增大，有助于说明系统的失稳、破坏或跃迁。负反馈则相反，它使目标差不断减小，使系统趋近或保持在控制目标附近，有助于说明系统的稳定性、抗干扰性与目的性行为。生物界或无机界中能够抵抗环境的各种干扰以保持其性状的特征，表明宇宙中的这一切系统都是反馈系统，并且负反馈起着重要的作用。

为什么不同的外在因素作用于同一个系统，结果却不随着原因而改变，或者即使整个改变了，也会很快回到自己的标准值？造成这种情况的根本原因，就是来自于事物的内部，即其内部结构所决定的反馈特性，这个系统的组织程度越高  
，便越多地摆脱了外在因素的支配。生命从其最基本的型态到人类的这一个演化过程，是组织程度进化的过程，随着内部组织的进步，外在因素日益被置于这种调节线路的支配之下；有机体的系统性演化得越高，它的独立性便越大。