

绪 论

著名物理学家普朗克在《世界物理图景的统一性》一文中指出：“科学是内在的整体，它被分为单独的部门，不是取决于事物的本质，而是取决于人类认识能力的局限性，实际上存在着由物理学到化学，通过生物学和人类学到社会科学的连续性的链条。”如果说在普朗克的时代，这种建立在物质世界统一性基础上的学科间的联系，还只是被普朗克所代表的一大批天才的科学家们意识到，科学发展的具体进程还不足以全面地展示这种内在联系的话，那么在今天，科学发展的具体进程已经告诉我们：传统的学科领域的划分正在被突破，学科间的联系业已被更全面地揭示，横亘于自然科学和社会科学之间、以及自然科学和社会科学内部纷纭众多的学科间的巨大鸿沟正在消失，学科间的“连续性的链条”正在被挖掘出来。现代科学理论的这种建立在高度分化基础上的整体化、综合化倾向，从本世纪四十年代开始，随着一系列交叉学科的建立，比以往任何时候都得到了更大的体现。概括起来，这些新兴的交叉学科可分为三大类，即：边缘学科、综合性学科和横断学科。

边缘学科是研究两门学科的交界问题而形成的学科，如物理化学、经济法学、科学社会学等等；综合性学科是由多门学科理论共同协作来解决一些综合性问题而发展起来的学科，如海洋科学、环境科学、空间科学等；横断学科是具有科学方法论意义的学科，如系统论、信息论、控制论、耗散结构理论、协同学、突变论等。本书所要介绍的就是横断学科这一交叉学科群。

一、横断学科的特点

横断学科是本世纪四十年代发展起来的一个交叉学科群。由于这些科学理论都还处在不断发展、完善的过程中，所以，现在给其下一个比较完整的定义是比较困难的。而且现在人们对横断学科的看法也是很不一的。但是，横断学科理论的特征却已经鲜明地表现出来了，这就是它的横向性和方法论性质。

所谓横向性，是指这类学科不同于研究自然界某一（或某些）物质运动形式的自然科学的具体分支学科，也不象综合性学科那样属于物理、化学、生物学等学科内容的叠加，它反映的是自然界和社会各个不同领域中某些共同的普遍联系，这些普遍的联系将自然界、人类社会和思维各个领域横向地贯通起来，成为一个整体。虽然它们往往都脱胎于一门具体的科学理论或技术，但在理论的形成和发展过程中，都逐渐在其他的学科中找到了具有共性的东西，在多学科理论的广泛、深刻的类比中，将这种共性用精确的理论、科学的语言严格地表述出来，从而在对多学科成果的抽象、概括中形成并完善了自己的概念、理论和方法，成为一门横向性很强的新学科。例如，信息论研究信息的计量、传输、处理、变换、贮存等问题。由于信息具有广泛性，有作为技术信息的计算机程序，有作为生物信息的遗传密码，有作为社会信息的人类语言等，从而使信息论突破了通讯的范围，成为以信息为主线，横贯于通讯技术、生命科学和社会科学等各类学科的信息理论。

与横向性相联系的是这类学科的方法论性质。由于它们所具有的横向性和研究方法上的综合性，使得这类学科虽不象哲学方法论那样高度抽象、高度概括；但也不象各门具体学科的研究方法那样具体，各有特色；而是介于两者之间，具有一般科学方法论的意义。它为人们认识和改造世界提供了许多新的研究方法，这些方法除了在书中各章所介绍的一系列具体方法之外，最重

要的是这类学科共同为我们提供的观察和认识世界的一种新的角度和新的观点——整体观、进化观。这使我们认识到自然界中的任何客体都是一个有机的、自我发展、进化的整体，如果不从整体与要素、整体与外部环境的相互联系与相互作用中考察事物，我们将无法更深入地了解事物发展、变化的真正动因。由于这些学科的创立，使我们对客体的研究，实现了由存在向演化、由实体向关系、由对实体和属性的认识到对结构和功能认识的转变；许多新的概念、范畴的产生，丰富了人们对自然界的认识，也使一些先进的哲学论断得以具体化、精确化、定量化。当然，它们毕竟不是哲学，不能与哲学处于相同的层次，它们只是一种介于具体学科与哲学之间的具有一般科学研究方法论意义的交叉学科群。

二、横断学科的主要科学理论

在横断学科这个不断发展着的学科家族中，就目前情况来说我们认为比较成熟的主要有以下几种科学理论。

（一）系统论：它是研究系统的本质、特点和运动规律的理论。自本世纪四十年代末诞生以来已出现了贝塔朗菲的“类比型一般系统论”和乌耶莫夫的“参量型一般系统论”等一系列关于一般系统的理论。由于系统概念的广泛性和普遍性，使系统论一经产生就在许多不同领域得到了普遍应用，并已在工程技术、生产管理等方面获得了辉煌的成就。而这些成就的取得又促使人们对系统概念进行更加广泛、深入的研究，以至完全突破了一般系统论的领域，逐渐发展到集理论研究、基础研究、应用研究为一体，具有全方位科学性质的系统科学。

（二）信息论：它是一门以通信工程为背景、以非决定论观点为指南、以统计数学方法为工具的研究信息度量、传递和处理的一般规律的科学理论。由于信息概念有着与系统概念一样的广泛性和普遍性，使信息论被应用到许多领域，经过几十年的不断

发展、完善，使其远远超出了原来统计通信理论的范围，逐渐形成了以信息为主要研究对象、以信息科学方法论为主要研究方法、以扩展人的信息器官的功能为主要研究目标的信息科学。

(三)控制论：它是一门研究复杂系统控制规律的理论。自从本世纪四十年代末诞生以来，已经历了经典控制论、现代控制论和大系统理论三个发展时期，现已发展成为以理论控制论为中心的四大分支学科，即：工程控制论、生物控制论、社会控制论和智能控制论。由于它所研究的系统横跨技术系统、生物系统、社会系统和人脑神经系统，所以，它是一门具有广泛应用领域的横断学科理论。

(四)耗散结构理论：是一种关于非平衡系统的自组织理论。它指出，一个远离平衡的开放系统，当它与外界的物质和能量交换达到一定程度，使其某个参量的变化达到一定的阈值时，通过涨落的作用会发生非平衡相变，使之由原来的无序状态转变为一种在空间上、时间上或功能上的有序状态，形成稳定有序的耗散结构。由于宇宙中各种系统，不论是生物的还是非生物的，实际上无一不是与周围环境有着相互依存和相互作用的非平衡开放系统，所以，这一理论很快便被应用到自然科学、社会科学的许多领域，成为象系统论、信息论、控制论等理论一样的横断学科理论。

(五)协同学：它是研究开放系统在远离平衡时通过子系统之间的协同合作，从无序向有序转化规律的理论。它指出，一个系统内部的子系统之间的协同合作产生了序参量，序参量之间的合作与竞争决定着系统从无序到有序的进化过程，因此，协同是形成自组织结构的内在根据。由于协同学用类比的方法发现了全然不同的学科的全然不同的系统的行为之间深刻地相似，而与其子系统的性质无关，进而抓住了不同系统在临界过程中的共同特征，使之在自然科学和社会科学的各个领域中都具有广泛的应用。

(六) 突变论：它是一种关于大量非连续性变化（即突然变化）问题的数学理论。它从数学的角度，通过对系统势函数的分析，定性或定量地研究各种突变现象，并在此基础上总结出大量突变现象都适用的七种初等突变类型。利用这一理论可以对诸如物理、化学、生物乃至社会科学中的相变、胚胎发育、蜂群大小、神经脉冲、监狱暴动、证券市场的崩溃等多种突变现象做出定性或定量的分析，并进一步对控制或避免发生突变做出科学预言。因此，突变论也是具有广泛应用领域的横断学科理论。

横断学科是包络众多学科的科学理论在内的一个学科群，而且一些新的理论仍在不断地产生和发展中。在本书中不可能一一都做介绍，而仅介绍上述六种科学理论。

三、横断学科在现代科学体系中的地位

我国著名科学家钱学森指出：“现代科学按基础学科可划分成九个部分。首先可分出自然科学和社会科学，由于两者都离不开数学方法，因此又可划分出数学科学。其次是系统科学、思维科学、人体科学、军事科学（广义的）、文艺理论——美学，以及行为科学”^①。这是钱学森教授从横向构画出的现代科学体系的结构。不仅如此，他还从纵向构画出了现代科学技术的三个层次：（1）直接改造客观世界的是工程技术；（2）为工程技术直接提供理论基础的是技术科学；（3）在技术科学的基础上进一步抽象概括成为认识、揭示客观事物规律的基本理论，就是基础科学。如再进一步概括，就是马克思主义哲学的内容了。钱学森教授关于现代科学体系的这种纵横交错的矩阵式结构如图0—1所示。那么，在现代科学技术的这一矩阵式结构中，横断学科占据着怎样的位置呢？

^① 钱学森：《从自然科学奔向社会科学的强大潮流》，载《现代化》，1985年第六期，第4页

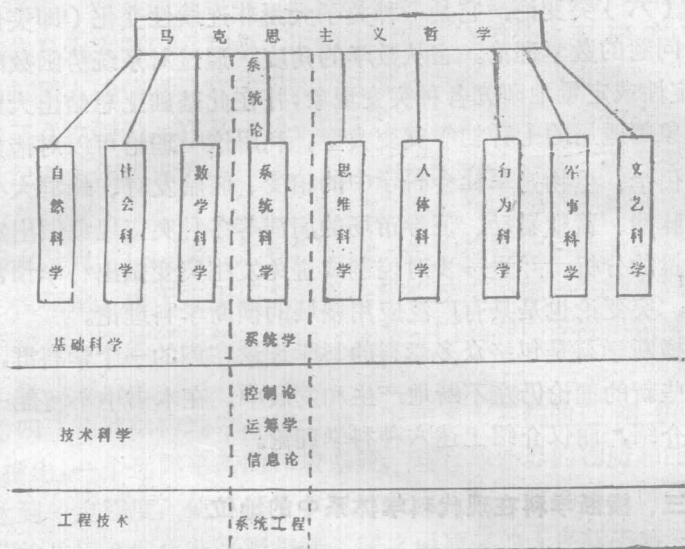


图0-1 现代科学技术体系的矩阵式结构

概括地说，横断学科是系统科学的理论基础和重要内容。

系统科学作为现代科学体系中的一个科学技术部门，从纵向也可划分为三个层次，按照钱学森教授的观点，这三个层次分别是：（1）作为基础科学层次的是系统学；（2）作为技术科学层次的是运筹学、控制论、信息论；（3）作为工程技术层次的是各种系统工程，如：工程系统工程、社会系统工程、军事系统工程等等。显然，作为系统科学的技术科学层次上的控制论、信息论和工程技术层次上的系统工程，都是横断学科的科学理论。那么，基础科学层次上的系统学与横断学科的科学理论有什么关系呢？

“系统学”一词最初是钱学森在研究系统科学的层次时提出来的。他认为：“系统工程在我们社会主义国家各个方面将会有很大的作用，它是工程技术的一个很重要的方面，这一点是毫无疑问的。为各个方面的系统工程直接服务的一些理论，就是运筹

学、控制论、信息论,这些东西。但是运筹学、控制论、信息论,从科学的结构来看是为工程技术服务科学,因此,属于我们所谓的技术科学这个台阶。在技术科学再上一步、再一个台阶总还有基础科学吧!那么,运筹学、控制论、信息论,它们的基础科学是什么?它们当然不能说是数、物、化,这个时候我有这么一个苦恼,就是知道总存在一个从系统工程到运筹学、控制论、信息论这么一个技术科学,但在上面还有一个基础科学,它是个什么?不知道!”^①为了消除这个苦恼,他首先读了贝塔朗菲和普利高津的书,从中了解到了一般系统论和耗散结构理论。这时,

“苦恼解决了点,但还是没有彻底解决,我认为他们的工作不那么科学,不那么太彻底解决问题,说的是很多,但是都是字、话,到底是什么东西?”^②,“到了这时,再想找一点解决问题的科学理论”^③,当读了哈肯的书,了解到协同学的一些理论后,他

“觉得这下解决问题了。因为这真是从微观到宏观,从统计物理来真正解决千千万万个单元的系统所组成的、这个大的非常复杂的系统的宏观的概率、宏观的行为”^④。1980年冬,他又了解了艾根的“超循环理论”,“这时我感到确确实实复杂系统的统计理论从微观到宏观由于生物方面的努力,已经有了一个轮廓了。所以这个时候在1979年要找的那个东西,就是技术科学上面的基础科学,已经有那么一个轮廓性的结构了。我这个时候就管这门学问——系统科学里面的基础科学叫系统学”^⑤。

鉴于上述各种理论的发展和所取得的成果,1985年钱学森教授指出:“现在已经到了可以进行总结的时候了,应当有人出来做这个工作”。^⑥并且指出:“把运筹学、控制论和信息论同贝塔朗菲、普里高津、哈肯、弗洛里希、艾根等人的工作融会贯

①②③④⑤钱学森:《在关肇直同志纪念会上的讲话》

⑥见《光明日报》,1986年9月12日第三版

通，加以整理，就可以写出《系统学》这本书”^①。由此可见，横断学科的科学理论在“系统学”思想的产生和系统学体系的建立中都起着极其重要的作用，它们是系统学的理论基础，同时，也是整个系统科学的理论基础和重要内容。

四、横断学科理论对当代科学技术发展的巨大作用

横断学科理论是在现代科学技术的飞速发展中产生的，它一旦产生，又反过来对现代科学技术的发展起着巨大的推动作用。首先，它填平了各门具体科学之间的鸿沟，把事物之间更深刻、更本质、更一般的联系揭示出来，大大促进了科学技术整体化的进程。第二，它使得仅靠某门具体科学难以解决的复杂问题迎刃而解，特别是把社会科学中某些定性理论定量化，使之成为真正的科学。第三，横断学科的新理论大大丰富了人们的世界观，为哲学的发展提供了崭新的科学基础和发展方向。关于这些方面的问题在本书各章中或者直接进行论述，或者通过对有关问题的论述而表现出来。

^①转引自于景元：《从系统工程到系统学》，载《现代化》，1987年第九期

第一章 系统论

在现代社会中，系统概念已相当普遍，它不但被各种工程技术部门竞相采用，而且正深深植根于政治、经济和社会生活等各个领域之中。许多国家纷纷建立了专门机构，在世界范围内掀起了一股研究系统的热潮。人们从不同的角度来研究系统的形态、性质、变化规律及其一般原则，从而形成了以系统为研究对象的崭新理论——系统论。系统论的研究成果，不但深化了人们对世界图景的认识，而且也极大地丰富了科学方法论的内容，为科学研究、科学决策和科学管理开辟了新的途径。有人甚至声称，现在已进入以系统为中心的新时代。因此，学习掌握有关系统论的基本知识，对于跟上现代科学前进的步伐，推进祖国的四化大业，都具有非常现实的意义。

本章将简要地讨论系统的基本概念、系统论的产生与发展、系统论的基本原则、系统方法、系统工程的概念与方法以及系统论的哲学意义等内容。

第一节 系统概念

一、系统的定义及其基本性质

综观我们周围的世界，大至宇观的星系、总星系，小至微观的原子和分子，无一不是以系统的形式存在。譬如：银河系是由约一千亿个恒星星系组成的一个天体系统；太阳系是由太阳、行星和卫星按一定运动规律而组成的一个恒星系统；地球上千姿百态的动物、植物及微生物组成了生物系统；人体则是一个由循环

系统、消化系统、呼吸系统、神经系统等组成的生命系统；原子是由原子核和若干电子组成的一个物质系统。不仅如此，人类社会也是一个由生产力和生产关系、经济基础和上层建筑按一定结构方式组成的复杂系统；国家、政党乃至一个家庭，无一不具有一定的系统特性；各种思维形式，如概念、判断、推理以及科学理论也都是由各种要素构成的系统。由此可见，系统不但是自然界一切事物的存在方式，而且也是社会以及思维所固有的根本属性。我们每个人无时无刻不与一定的系统相接触，每一个事物无时无刻不处于一定的系统之中。

作为一个科学范畴，系统的定义是什么呢？由于对系统研究的着眼点不同，因而关于系统的定义也有多种表述方法。一般系统论的创始人贝塔朗菲(L·V·Bertalanffy)认为：“系统是处于一定相互联系中的与环境发生关系的各组成成分的总体。”^①韦伯斯托大词典则这样来理解系统一词：有组织的或被组织化的整体；结合着的整体所形成的各种概念和原理的组合；由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素的集合等。日本 JIS 工业标准中，则定义系统为“许多组成要素保持着有机的秩序、向着同一目标行动的东西。”F·E·凯斯特和 J·E 罗森威是这样定义系统的：“所谓系统，乃是一项有组织的整体，由两个或两个以上的‘个体’或‘构成体’或‘次序体’所构成，存在于其外在的高级系统之内，具有明显的边界者。”^②苏联学者乌耶莫夫则从系统功能的角度，认为系统是客体具有的“那么一种满足某种预先确定的性质的关系。”^③在此，我们基本上采用我国著名科学家钱学森同志的意见，即所谓系统，就是“由相互作用和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

①贝塔朗菲：《一般系统论》载《自然科学哲学译丛》1979年1—2期

②转引自《管理科学词典》第8页

③张卓民 康荣平：《系统方法》第4页 辽宁人民出版社 1985年版

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。”^①一个系统所包含的各个组成部分，通常称为子系统。显然，系统既包含若干子系统，而它又是某个更大系统的子系统。

一般说来，系统具有下列基本性质：

(一) 集合性：系统都是由两个或两个以上的子系统构成的。根据各子系统对系统整体的作用性质的不同，可将这些子系统分为三类：对系统的结构与功能起决定作用以至不可缺少的子系统，称为要素子系统；对系统的结构与功能起一定作用但不是“非它不可”的子系统，称为一般子系统；在系统中可有可无或起某种破坏作用的子系统，称为多余子系统。例如，对人体这样一个生命系统来说，各种器官、组织等都是子系统。人若缺了一只手还可生存，但若缺了大脑和心脏等，便会立即死亡。在这里，心脏、大脑等便是要素子系统；手和脚等便是一般子系统；盲肠和病瘤便是多余子系统。

值得注意的是，尽管系统是由各种子系统所构成，但系统并不是其子系统的简单堆积，而必须是各子系统按一定方式进行有机的组合。例如一个无线电接收机系统，它是由电容、电阻、电感和二极管、三极管等子系统组成的，但如把这些元件随心所欲地拼凑起来，是不能成为一个接收机系统的。构成大系统的各子系统必须按一定的方式进行组合，形成一定的结构，具有特定的功能，这就是系统的集合性。

(二) 相关性：系统内各子系统都是相互依存、相互制约的，这种依存和制约的关系是通过系统整体体现出来的。如一棵植物系统中根和叶是相互依存的，如根出了毛病不能吸收土壤中的水分和营养，则叶就会枯萎；如叶子出了毛病不能进行光合作用，则根就会腐烂。因此，系统中每个要素的性质和行为都能影

^①钱学森等：《论系统工程》第10页，湖南科学技术出版社 1982年

响整个系统的性质，而这种影响又要依赖于其他要素的性质和行为，没有一个子系统或要素是独立地影响系统整体的。例如人的消化活动不但直接受脾、肝、胃等脏腑的影响，而且也与心脏、肺脏、肾脏及神经系统的性能密切相关。这就是说，组成系统的任何子系统都不能脱离其他子系统而独立存在，如把它们分开，它们就失去了原有的功能。系统内各子系统之间这种相互制约、相互依存的关系，称为系统的相关性。

（三）整体性：系统的整体性，首先体现在建立系统目标时，要求系统整体最优化。其次体现在系统的规律是整体的规律。由于系统整体与子系统之间、各子系统之间以及系统与环境之间都存在着有机的联系，因而系统的性质和运动规律只有从整体上才显示出来。第三还体现在系统的功能是整体的功能。系统的整体功能虽然是由系统的要素所决定，但它并不是这些组成要素功能的简单迭加。系统的整体功能是其任何组成要素所不具有的。例如一个人双眼视觉能力大大超过两只单眼视觉能力的总和。试验表明：双眼的视敏度比单眼高6—10倍。又如由许多核苷酸单体按一定方式连接组成的核酸，它具有储存和传递生物遗传信息的功能，而单个核苷酸单体则不具备这种属性。从系统的整体性出发，贝塔朗菲给出了一般系统论的一种定义：“一般系统论是关于‘整体’的一门科学”。^①

（四）层次性：由系统的定义可知，任何系统都是由若干子系统按一定方式组合而成的有机整体。而系统本身又是它所从属的某个更大系统的子系统。因此，由系统、子系统、次子系统……就组成了一个层次结构序列。这就是系统的层次性。例如我们若把银河系看作一个系统，则它的第一个层次是约1千亿个类似太阳系的恒星系统，太阳系仅是其中之一。而太阳系又是由太阳、行星和卫星按一定运动规律组成的一个恒星系统，这里的太

^①贝塔朗菲：《一般系统论的历史和现状》载《国外社会科学》1978年2期。

阳、行星等构成了银河系系统的第二个层次，地球就是这些次子系统之一。而地球又是由各种类型的子系统所构成，依次类推，以至无穷。

二、系统的形态

由于人们研究系统的角度不同，可以用不同的方法去划分系统的形态。

(一)按系统组成要素的自然属性，可把系统划分为自然系统和人造系统。

自然系统就是由自然物天然形成的系统。如由植物、动物、微生物组成的生物系统；由矿物组成的矿藏系统；由恒星、行星组成的天体系统等。自然系统的动作只有“自在目的”，没有“自为目的”，因而又称之为无目的系统。

人造系统是指为达到某种目的而人为建造的系统。如生产系统、交通系统、军事系统、教育系统等。这种系统一般包括三种类型：一是由人们加工自然物而获得的零件、部件装配而成的工程技术系统；二是由一定的制度、组织或程序等构成的管理系统；三是人们在研究自然界和社会现象过程中所创立的科学理论系统。上述系统的建立总是有一定的目的性，因而又称为有目的系统。

在现实生活中，大量存在的是由自然系统和人造系统相结合而组成的复合系统。如广播系统，气象预报系统，导航系统、科研系统及生产系统等。

(二)从物质和精神的角度的，可把系统划分为实体系统和概念系统。

实体系统是由物质实体构成的系统。物质实体包括自然物和人造物。如森林系统、海洋系统、机械系统等都是实体系统。

概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等非物质实体构成的系统。如自然科学系统、计算机程序设计系统、逻辑

辑系统等。一部宪法，一篇报告等也属于概念系统。

实体系统与概念系统在大多数情况下是密切结合在一起的。如在机械工程系统中，既有机械、器具等实物，又有设计方案、施工计划等概念。实物是概念系统的基础，概念、理论为实体系统提供方法、策略和指导。

(三)按系统的自然发展层次，可把系统划分为无机系统、生物系统和社会系统。

无机系统是由自然界中的无机物组成的。如原子结构系统、矿物结构系统等。生物系统是由有生命的物质组成的。如人体系统、植物系统、动物系统等。社会系统则是以人为基本单元构成的系统。如国家、政党等。生物系统是在无机系统基础上发展起来的，社会系统又是在生物系统基础上发展起来的。社会系统是最高发展阶段的系统。一般说来，低层次系统不能包含高层次系统，而高层次系统却可以包容低层次系统。

(四)从系统的状态与时间的关系来考察，可以把系统划分为动态系统与静态系统。

动态系统是状态随时间变化的系统。如各种生产系统、科研系统以及科学理论系统等。静态系统是指系统状态不随时间变化的系统。严格说来，绝对的静态系统是不存在的。但如果系统状态在一定时间内变化很小，可近似地把它看作静态系统。静态系统并非其中一切要素都静止不动，而仅仅是说系统的宏观状态不变。静态系统中各子系统之间也可能有物质、能量和信息的交换，但这种交换是处于动态平衡之中。例如一定质量的气体被封闭在一容器中，从宏观上看它处于静止状态并具有一定的温度，但从微观上看气体分子处于无休止地运动状态并不断地相互碰撞。很显然，客观存在的系统大多是动态系统，因此人们总是把动态系统作为主要的研究对象。

(五)按系统与外部环境联系的方式和密切程度，可把系统划分为开放系统与孤立系统。

开放系统是指不断同外界进行物质、能量和信息交换的系统。这种交换直接影响着系统的结构、功能和发展。如把系统与外界的联系中断，则会影响系统的稳定，甚至使系统遭到破坏。如一个人、一个工厂、一个城市都是开放系统。自然界实际存在的系统都是开放的。

凡不同周围环境相互影响的系统称为孤立系统。孤立系统不同周围环境发生物质、能量和信息的交流。它既不对其他事物产生影响，也不受其他任何事物的作用。显然，绝对的孤立系统是不存在的。但有时为了研究问题的方便，把某些与外界联系较少的系统近似看作孤立系统。如一个钟表，当我们上紧发条时，它便自行运转起来。它基本上不受外界的影响。我们可近似地把它看作一个孤立系统。

应当指出：开放系统与孤立系统的划分不是绝对的。如果把与开放系统有相互作用的环境因素也一块放入系统之中，则这个扩大了的系统就变成了孤立系统。某个研究对象，究竟是开放系统还是孤立系统，取决于研究问题的目的要求。

(六) 根据系统的复杂程度可把系统划分为普通系统和大系统。

普通系统是指包含的因素不多、规模不大、功能目标较少、要素之间的联系较为简单的系统。例如一个原子、一个家庭、一个生产小组等。大系统是指规模庞大、结构复杂、要素众多、功能目标多样的系统。如一个大型企业、一个城市、一个国家等。当然，普通系统与大系统的区分也是相对的，尤其是介于普通系统与大气系统之间的那些系统的分类并不是很明显的。

此外，依据系统的其他特点还有各种不同的分法。由于客观事物的多样性和复杂性及不同的目标要求，对系统的分类也有多种多样的划分准则。

三、组成系统的三大基元——物质、能量和信息

世界是物质的。整个自然界、整个宇宙都是由各种形态的物质构成的。物质是运动的。能量是物质运动的量度。对应不同的运动形式，存在着不同形式的能量。信息既不是物质，也不是能量，但信息与物质、能量有密不可分的关系。信息是物质的普遍属性，是事物联系、变化、差异的表现，它表征了系统的组织程度。物质相互联系而构成系统，能量是系统发展变化的动力，信息是系统各部分、系统整体与环境相互联系的纽带。例如人体的循环系统中，血液是一种物质，血液的流动具有能量，同时它载有反映人体内部状态的大量信息。由此可见，物质、能量和信息称为构成系统的三大基元，它们之间具有密不可分的相互依赖关系。

（一）物质与能量的关系

运动是物质的根本属性和存在方式。因此，任何物质都具有能量。爱因斯坦发现的质能关系式 $E = mc^2$ 揭示了物质的质量和能量之间相互依存、不可分割的普遍联系。世界上不存在无能量的物质，也不存在无物质的能量。一个孤立系统中动能和势能可相互转化，但系统的总能量保持不变。同样，一个孤立系统中物质的动质量和静质量可相互转化，但它们的总质量是守恒的。例如正负电子对湮灭后变为无静止质量的光子，这并不是“物质的消失”，而不过是物质的静质量转化为物质的动质量、实物转化为场而已。因此，能量与物质不可分，它是物质的一种根本属性。

（二）能量与信息的关系

现代科学提供的大量事实证明：信息的获取和传递离不开能量。能量的转化与利用也离不开信息。一个现代化的防空系统，需要有强大的能源来维持系统的运转，才能获得防空所需要的信息。如雷达之所以能发现敌机的踪迹，就因为电磁波的发射与

吸收。要摧毁敌人的目标，不仅需要威力强大的核弹头，而且更需要准确的信息。只有能量而缺乏准确的信息，弹头就失去了正确的打击目标；只有信息而没有足够的能量，弹头就缺乏应有的威力。可见，系统中能量和信息是难分难解地交织在一起的。

（三）信息与物质的关系

信息是物质的基本属性。信息的产生、表达、传播、存储都离不开物质。物质是信息的载体。文字、声音、颜色、电磁波都是传播信息的物质载体；书籍、磁带等都是传播、储存信息的物质资料；人脑、电子计算机都是存储和处理信息的物质器官。因此，不存在离开物质而单独存在的信息。

物质、能量和信息作为系统的三大基元，对它们的研究已成为现代科学技术的支柱。总之，世界是一个有组织的物质系统，物质系统有一定的内部结构。系统的发展需要能量的推动，结构的联系以及系统与外部环境的联系需要信息的调制。物质是系统的基础，能量是系统的动力，信息是系统的灵魂。对物质、能量和信息的研究是人们认识系统的基本依据。

第二节 系统论的产生与发展

一般系统论主要是美籍奥地利生物学家L·V贝塔朗非创立的。这是一门研究一般系统基本原则和规律的科学，现已在工程技术、生产管理等许多领域获得了巨大的成功。系统论的产生决非偶然，它有着深远的历史、思想渊源，有雄厚的现代科学基础。它是人类理论思维的必然产物。

一、古代朴素的系统思想

在长期的生产斗争和军事斗争中，人类很早就有了系统思想的萌芽。例如从古希腊与中国古代的科学著作中，就已找到了很多有关系统和运筹的朴素思想。