

GAIBIAN
SHIJIELISHI[主 编:堵 军]
DE
ZHONGYAO
WENXIAN

改变世界历史的 重要文献

吉 林 文 史 出 版 社
吉 林 音 像 出 版 社

改变世界历史的 重要文献

主编·堵军

〈六〉

吉林文史出版社
吉林音像出版社

目 录

一 般 系 统 论

第四章	一般系统论的进展·····	(913)
第五章	看作物理系统的有机体·····	(941)
第六章	开放系统的模型·····	(958)
第七章	生物学中若干系统论问题·····	(973)
第八章	人类科学中的系统概念 ·····	(1004)
第九章	心理学和精神病学中的一般系统论 ·····	(1022)
第十章	范畴的相对性 ·····	(1038)
附录 I	关于数学系统论发展的笔记(1971) ·····	(1063)
附录 II	科学的意义和科学的统一 ·····	(1068)

大 学

简 介	·····	(1073)
大 学	·····	(1074)



第四章

一般系统论的进展

人与猴子的最大区别在于人有创造性思想，应该把它当作比金子还要珍贵的东西而精心保护。

霍尔：《系统工程方法论》

系统科学的发展途径和目标

大约在 40 年前，当我开始科学生涯的时候，生物学中正进行着机械论和活力论的论战。机械论方法本质上是把生命有机体分解为各个部分和局部过程：器官是细胞的聚集体，细胞是胶体和有机分子的聚集体，行为则是无条件反射和条件反射的总和，如此等等。至于这些部分如何组织起来得以维持有机体的问题、受扰动后的调节问题以及诸如此类的问题都被忽视了；要不然就根据活力论，用灵魂之类的因素（似乎是徘徊在细胞和有机体中的淘气的小妖精）的作用来解释。显然，这只不过是宣告科学的无能。这种情况使我和其他一些人采取了所谓机体论的观点。简而言之，有机体是有组织的东西，我们生物学家必须查明它的真相。在关于有机体的新陈代谢、生长和生物物理等各个方面的研究中，我努力贯彻这个机体论的纲领。在这个方向迈出的一步是所谓开放系统和稳态的理论。它本质上是传统物理、化学、动力学和热力学的扩展。然而，看来我还不应该停止在已取得的这一步上。因此，迈出了更一般化的一步，我把它称为“一般系统论”。这个思想可以追溯到相当早的时候；我第一次提出这个思想是在 1937 年芝加哥大学查尔斯·莫里斯的哲学讨论班上。但由于那时理论在生物学

中声名不振，我也害怕像大数学家高斯说过的“低能儿的叫喊”，因此，我把草稿锁进了抽屉，直到战后，我才第一次用这个题目公开发表。

但这时却发生了一些有趣的惊人事件。学术气候发生了转变，模型的构造和抽象的概括变得时髦起来了，甚至于有很多科学家已沿着类似的思路前进。因此，一般系统论最终并不孤立，不像我原来认为的那样是个人的嗜好，而是适应了现代思维方式的一种潮流。

有很多新颖的成果打算补充系统的一般理论。简短列举如下：

(1) 控制论，以反馈原理或因果循环系列原理为基础，提供了寻觅的行为和自控制行为的机理。

(2) 信息论，引入了与物理学中负熵表达式同型的可度量的信息概念，并且发展了信息传递的原理。

(3) 对策论，用新颖的数学框架分析两个或多个对手之间的有理智的竞争，以获最大利益和最小损失。

(4) 决策论，基于给定情况及其可能后果的考察，进行与对策论类似的分析，以作出合理的选择。

(5) 拓扑学或称关系数学，包括像网络和图论这样的非计量领域。

(6) 因素分析，即在心理学和其他领域中，通过数学分析把多变量现象的因素分离开来。

(7) 狭义的一般系统论 (G. S. T). 把系统定义为相互作用着的各组分的复合体，并从这个一般的定义推导出有组织整体的特有的概念，如相互作用、总和、机构化、中心化、竞争、果决性等等，并把它们应用于具体现象。

广义的系统论具有基础科学特征，同时也与应用科学有联系，有时归于统一的“系统科学”名下。这个发展与现代的自动化密切相关。我们大致上可以区分为如下几个领域（阿科弗，1960年；霍尔，A. D. Hall, 1962年）：

系统工程，即人机系统的科学规划、设计、估价和构想。

运筹学，即对已有的由人、机、财、物等组成的系统的科学控制。

人类工程，即系统特别是机器的科学的适应性，以取得最大的效率而花费最少的成本和其他费用。

能说明研究“人—机”系统必要性的一个很简单的例子是空中旅行。任何一个坐着高速喷气式飞机进行洲际旅行的人，要花费好多小时等待、排队、有时会困在机场里，他都很容易认识到空中旅行的物质技术已经尽善尽美，但“组织”技术尚处在很原始的水平。

尽管各个领域之间有许多重叠之处，但各自的概念工具大多是不同的。在系统工程中，人们应用控制论、信息论和狭义一般系统论。运筹学的工具有线性规划和对策论。人类工程所涉及人类的能力、生理极限和变异性，它的工具包括生物动力学、工程心理学、人的因素分析等。

本书不打算涉及应用系统科学；霍尔的书可以作为一本优秀的系统工程方面教科书（1962年）推荐给读者。然而我们最好牢记系统方法作为科学中的一个新颖概念，在技术领域中有很类似的东西。

使我假定一般系统论存在的动机可以归结为以下几点：

（1）迄今为止，实际上只有理论物理学领域符合科学对一般规律的追求，即试图建立一个能解释和预言的规律系统的要求。结果，物理实在被看作科学的唯一恩赐物，结果是还原论假说的提出，其要点是生物科学、行为科学和社会科学都要按照物理学的范式去把握，最终还原为物理层次的概念和实体。由于物理学本身的发展，物理主义和还原论的论点成了问题，真正成了形而上学的偏见。物理学谈论的实体、原子、基本粒子等等比先前设想的要模糊得多，不是形而上学的宇宙砌块而是人创造出来的描述一定观察现象的相当复杂的概念模型。另一方面，生物科学、行为科学和社会科学开始自立了。由于这

些领域所关心的一些事情，也由于新技术的紧迫需要。

科学概念的一般化和模型成为必需，而且在传统物理系统之外的新领域中应运而生了。

(2) 在生物科学、行为科学和社会科学领域中占压倒多数的问题，却被经典科学所忽视，或者根本未被考虑。只要我们观察一个生命有机体，我们就能见到令人惊奇的秩序、组织、在不断的变化中维持自身、调节和明显的目的性。同样，在人类的行为中，寻的性和目的性也是不能忽视的。即使我们站在严格的行为主义的立场上也如此。然而，经典的科学系统中恰恰没有像组织性、方向性和目的论这些概念。事实上，建筑在经典物理之上的所谓机械论世界观，认为这些概念是虚幻的和形而上学的。这意味着，例如对于生物学者来说正好是生命界的特有问题的被置于科学的合法领域之外。描述多变量相互作用、组织、自维持、方向性等方面的概念模型间或物质模型的出现，意味着科学思想和科学研究引入新范畴。

(3) 经典科学基本上是关于两个变量问题，直线因果链，一个原因一个结果，或顶多涉及很少几个变量。典型的例子是力学。它给出了两个天体：太阳与行星间吸引作用的完全解，因此能够精确地预言未来的星位，以至预测出尚未观测到的行星的存在。然而，力学的三体问题已不再能够用原理去求解，只能用近似法来逼近。更现代的原子物理中也存在同样的情况。两体问题，例如质子和电子的问题可以解决（扎哈里亚 Zacharias, 1957 年），但考虑多体问题时麻烦就来了。许多问题，尤其是生物科学、行为科学和社会科学中的问题，基本上是多变量问题，要处理它们就需要引起新的概念工具，信息论的创始人之一威弗在一段常被引用的话中表述了这个思想。他说，经典科学，只涉及直线因果链即二体问题，要不然就是无组织的复合物，后者可以用统计方法处理，最后溯源到热力学第二定律。但在现代物理学和生物学中，有组织的复合物即很多个但并非无限多个变量的相互作用的问题到处都在冒出来，

渴望新的概念工具。

(4) 上面那些话不是出于形而上学的或哲学的考虑。我们不要在无机界和生命界之间划一条鸿沟；考虑到诸如病毒、核蛋白和自复制的单体等中间物，这条鸿沟显然是不适当的。我们也不是断言在原则上“生物学不能还原为物理学”，考虑到生命过程的物理、化学解释的巨大发展，这种观点也是不恰当的。同样，我们也不打算在生物科学、行为科学和社会科学中间划鸿沟。但这并未排除下述情况：在上述领域中我们缺少像在物理学及其应用领域中那样用来解释和预言的合适的概念工具。

(5) 因此，要处理物理学所没有考虑的那些方面，即恰好是生物、行为和社会现象的特征方面，需要扩展科学。这就是说应该引入新的概念模型。

(6) 这些扩展了的和一般化了的理论构思和模型是跨学科性的，即跨越传统的科学部门，能够应用到不同领域的现象上。这是由于不同领域中的模型、一般原理甚至特殊规律具有同型性。

总括地说：在生物科学、行为科学和社会科学以及现代技术学科中，基本的学科概念需要一般化，这就引出了相对于经典的物理学而言的新的科学思维范畴，为此目的而引入的模型具有跨学科的性质。

应注意的重要一点是，上面列举的各种途径不是也不应该被认为是独一无二的。现代科学的思想的一个重要变化就是没有一个唯一的包罗万象的“世界系统”。一切科学构思都只反映了实在的某些方面或某些透视图。这也适用于理论物理学；它远非最高实在的形而上学描述（像旧唯物主义者所断言和现在实证主义仍认为的那样），而不过是这些模型中的一个，而且，最新的研究成果表明，它既非详尽无遗的，又非独一无二的。各种各样的“系统理论”同样也是反映了不同侧面的模型。它们不是互斥的，常常可以组合起来应用。例如，一些现

象可以用控制论进行科学探索，另一些人可以用狭义一般系统论来研究，甚至同一现象的某些方面既可以用这种方式又可以用那种方式来描述。这当然不是排除了而是暗示着进一步综合的希望；现存的朝着“整体”或“组织”理论发展的各种方法可以汇合和统一。实际上，这种进一步的综合如不可逆热力学和信息论之间的综合，已在缓慢地发展。

研究一般系统的方法

阿什比令人钦佩地勾划出系统研究中的两条可能的途径或两种一般方法：

“很容易区分出两条主要的路线。其中之一，把世界看作我们所发现的那样，考察其中出现的各种系统，如动物学的、心理学的系统等等，然后抽出已被观察所掌握的关于规则性的说明。它本质上是经验论的方法，已在冯·贝塔朗菲及其合作者手中发展得很好了。第二个方法是从另一端开始。不是先去研究第一个系统，然后第二个，而后第三个，等等，它跑到另一个极端，考察一切可以想象的系统，然后把这个集合减小到一个更为合理的大小。这是我近来采用的方法。”（1958年）

显而易见，所有的系统研究都是采用这两种方法中的一种或两者的结合。每一种方法都有其优点和缺点。

（1）第一种方法是经验——直觉的。它的优点是相当接近实在，可以很容易地借助于个别科学领域中的例子来表述甚至加以验证。另一方面，它缺乏数学的优美性和推理的力量，从数学上来挑剔显得幼稚和不系统。

然而，这个经验——直觉方法的价值是不可低估的。

本书作者提出了许多“系统原理”，一部分写在生物学的理论中，没有明显提到一般系统论（1960年 α ），一部分写在强调地称为这个理论的“大纲”中（见第三章）。这有字面意义上的打算，是为了引起人们对这一领域的必要性的注意而使用的。表述方式是草图或蓝图式的，用简单的例子来说明方法。

然而现在看来,这个直觉的概述是相当完全的。提出的主要原理,例如整体性、总和、中心化、分化、主导部分、封闭系统和开放系统、果决性、异因同果性、时间上的增长、相对增长、竞争等已被多方应用(如系统的一般定义,霍尔和法根 Fagan, 1956 年;生长的类型,基特 Keiter, 1951—1952 年;系统工程,霍尔, 1962 年;社会工作,赫恩 Hearn, 1958 年)。除了为了更清楚起见和由于对象的不同而做的个别词汇的微小改变外,没有增加份量相当的原理——如有增加,那是求之不得的乐事。也许更有意义的是,有人运用这些原理去考察事情但并未提到本书作者工作,因此不能说是受了作者多大的影响。精读比尔(Beer, 1960 年)和克伦扬斯基(Kremyanskiy, 1960 年)关于原理的书,布雷德利(Bradley)和卡尔文(Calvin, 1960 年),关于化学反应网络的书,海尔(Haire, 1959 年)关于组织生长的书,等等,都很容易看出他们也在使用“贝塔朗非原理”。

(2) 阿什比沿着演绎的系统理论的途径工作。一个很不正式的关于阿什比推理的描述(1962 年)尤适于供分析用。

阿什比考虑了“机器的基本概念”,并认为那就是:“它的内部状态及其环境的状态,唯一地决定了它要进行的下一个状态。”如果变量是连续的,这个定义对应了动态系统的一种描述,即用以时间为自变量的常微分方程组的描述。然而,微分方程组的描述范围有限,不能为处处都存在不连续变量的生物系统和计算机建立理论。因此,现代的定义是“带输入的机器”,它由内部状态集 s 、输入集 I 和积集 $I \times S$ 对 S 的一个映射 f 来确定。“组织”就定义为机器状态 S 和条件 i 的规定。如 S 为一个积集, $S = \pi_i T_i$, i 为部分的标号,了由映射 f 给定,那么阿什比所说的“自组织”可以有两个意义,即:(1) 开始时系统的部分为分离的,然后它们之间逐步建立联系(例如,胚胎的细胞,开始时彼此之间很少甚至没有相互联系,通过树突和实触的形成,出现了高度相互依赖的神经系统。)即

“从无组织到有组织的变化”。(2) “从一个坏的组织向好的组织变化。(例如, 一个儿童, 开始他的大脑组织使他寻火, 新的大脑组织会使他避火; 一个自动驾驶仪和飞机的配合开始是有害正反馈, 后来改善了)。那儿的组织不良, 如果能够自动地改变, 则称为系统的‘自组织’(把正反馈变为负反馈)”。但是, “没有一部机器具有这样的自组织能力”(着重号是作者加的)。适应(例如, 稳态的或自编程序计算机的)意味着我们从一个状态 S 出发, 然后 f 变为 g , 因此组织是一个变量 L 例如一个函数 $a(t)$ 开始的值为 f , 然后变为 g 。然而, 这个变化“不可能用 S 集的原因来解释, 因此, 它一定来自某个外部力量, 作为输入作用于系统 S ”(着重号是我加的)。换句话说, 只要是“自组织”, 那么机器 S 一定要和另一个机器配合起来。

我从这段简明的话中, 看到了这个方法的局限性。我们完全同意, 微分方程的描述, 不但是蹩脚的, 而且在处理很多与组织有关的问题时在原则上是不适应的。作者对此早有察觉, 强调了联立微分方程组决不是最一般的描述方式, 只是为了说明才选用(第三章)。

然而, 在克服这种局限性时, 阿什比引入了另一种局限性。他的系统“现代定义”是如上面复述的“带输入的机器”, 用一个相当特殊的模型——控制论模型, 即一个对信息开放但对熵封闭的系统模型, 代替了一般系统模型。当这个定义用于“自组织系统”时, 局限性是明显的。特别是, 这类系统中最重要的一种——通过渐进分化从低复杂状态向高复杂状态进化而达到“自组织”的系统, 在阿什比的模型中没有地位。这种“自组织”确实是最明显的一种, 在个体发育中这是明显的, 在群体发育中很可能是这样, 在很多社会组织中当然亦如此。这里谈不上组织的“好”(即有用、适应性强)或“坏”; 如阿什比正确地强调, 好或坏是相对于环境而言的。分化和复杂性的增加, 不论有用与否, 是一个客观的标准, 至少是在原则上

经得起检验的标准（例如，用熵减少或信息来衡量）。阿什比的论点：“没有一部机器具有自组织的能力”，更明确地说，“变化不能归因于 S 集内的任何因素”，而“必定起源于某一外部力量，即输入”，这就等于排除了自分化系统。这样的系统为“阿什比机”所不容，其理由是明显的。根据热力学的道理，朝着复杂性更高（熵减少）方向发展的自分化系统，只可能是开放系统，即系统从外部输入的物质中包含的自由能足以抵消系统因内部的不可逆过程引起的熵增加（用薛定谔的话说是“进口负熵”）。然而，我们不能说“这个变化起源于某一外部力量，即输入”，因为一个发育着的胚胎和机体是按照组织的内部规律分化的，输入（例如，数量可以变化的氧气供应，或质可以在很大范围内改变的食物供应）仅在能量上使分化成为可能。

阿什比用另外一些例子说明上述观点。假设一个数字计算机随机地做乘法，则机器会朝着显示偶数的方向“进化”（因为偶 $\times$ 偶和偶 $\times$ 奇都得出偶数），直至最后只有零“幸存”。在另一篇文章中，阿什比引用了申农的第十定理，说明一个容量为 H 的纠错信道，只能除去量为片的模糊信息，不会再多。两个例子都说明了封闭系统的情况；计算机的“进化”是趋向差异消失和建立最大的均匀性（封闭系统中第二定律的类比）；申农的定理同样也是关于没有负熵输入的封闭系统的。相对于生命系统的信息内容（组织）来说，进口物质（如食物等）带来的是“噪音”而不是“信息”。然而，它的负熵却被用来保持甚至增加系统的信息内容。申农的第十定理显然不能提供给我们这类情况。由于他不是在处理有物质交换的开放系统的信息传递，所以上述情况是可以理解的。

在这两个方面，由于生命有机体（和其他行为、社会系统）朝着分化增加和不均匀性的方向发展，以及比起无生命的信道来具有更高程度的纠正“噪音”的能力，所以生命有机体不是“阿什比机”。然而，这两方面都是有机体的开放系统特

性的结果。

顺便说说，由于类似的原因，我们不能用阿什比的一般化“机器”概念来代替“系统”概念。尽管前者比起经典的定义（机器定义为元件和过程固定安排的系统）更充足些，但反对生命“机器论”的意见仍然成立（贝塔朗非，1960年）。

这些意见并不是故意非难阿什比的方法或一般的推理方法，而只是要强调没有通往一般系统论的金光大道。就像任何一个其他的科学领域一样，它不得不靠着经验、直觉和推理手段的配合使用而发展。如果说直觉方法在逻辑严密性和完备性上难孚众望，那么推理的方法则面临着基本项选得是否正确的问题。这并不是某一个别理论和个别科学家的问题，而是科学史上相当普遍的现象。例如，人们也许还记得关于在物理变化中到底力和能量哪一个应被选成常量的长期争论，直到人们认为应选择专 $\frac{1}{2}mv^2$ 才止息。

本书作者认为，一般系统论应被当做一个工作假说，作为一个务实的科学家，他主要看理论模型在解释、预言和驾驭那些直到现在未被探索的现象时的功能。别人可以同样有理由强调公理化的作用，并举出诸如概率论、非欧几何和较近的信息论和对策论为例——它们最初是作为推理的数学被发展起来的，然后在物理和其它学科中找到了应用之处。在这一点上不应争吵。两种方法的危险都在于过早地把理论当成封闭的和一成不变的。这对于一个像一般系统论这样仍在探索它的正确基础的学科来说，是一个尤为重大的危险。

一般系统论的推进

关键问题是“新理论”在解决与整体性、目的论等有关的一批问题中的解释和预言价值。当然，学术观念上的转变，从而使人们能够看到先前忽视的新问题，或者用新的眼光看问题，在某种意义上比单个的和特殊的应用更为重要。“哥白尼

革命”不只是有了较好地计算行星运动的可能性，广义相对论不仅是对很小一部分挠头的物理问题的解释，达尔文学说不仅是对动物学问题的假说性回答，它们的重要性在于一般参考系的变化（参考拉波波特，1959年a）。然而上述变化最后必须要用那些没有这个理论就得不到的个别成就来证明。

毫无疑问，新的地平线已经出现，但与经验事实的联系却显得十分微弱。例如，虽然信息论被欢呼为一次“大突破”，但在原来的技术领域之外，它的贡献还很欠缺。在心理学中，至今还处于像死记硬啃地学习等十分平庸的应用水平上（拉波波特，1959年，阿特尼弗 Attneave，1959年）。在生物学中，DNA被称为“编码的信息”，当核酸的结构被阐明时，人们称之为“破译密码”，这里的信息这个词的应用不过是“facon de parler”（表达方式），而不是申农和魏沃尔所发挥的信息论在技术意义上的应用（1949年）。“虽然在计算机设计和网络分析中信息论是有用的，但直到现在它还未在生物学中找到一个重要的位置”（贝尔 Bell，1962年）。同样，对策论是一次在范围上可与牛顿力学和微积分的采用相媲美的新颖的数学发现，但“应用很少而且停滞不前”（拉波波特，1959年d，请参看拉波波特对于信息论和对策论关于这问题的精采分析）。在决策论上也有类似的情形。虽然人们希望从应用系统科学中大获收益，但是就拿大肆宣传的军事和商业对策来说，“在训练、人员选择和论证上实施，还没有核实的评价”。（阿科弗，1959年）

我不能不提到最近发展中的一个危险。过去的（尚有现在的部分的）科学受片面的经验主义支配。在生物学（和心理学）上，只有搜集资料和实验才被认为是“科学的”。把“理论”同“思辩”和“哲学”等量齐观，忘记了仅仅积累资料，尽管连续不断地积累起来，还是不能成为科学。其结果是对建造必要的理论框架缺乏认识和支持，以及对实验研究本身产生不利影响（在很大程度上，它变成了随机的、漫无目的的努

力) (参考韦斯, 1962 年 a)。近年来在某些领域中, 人们转向另一个极端。热衷于使用新的数学工具和逻辑工具而到了狂热的程度, 为建立模型而建立模型, 往往不考虑经验事实。然而, 随机的概念实验并不比随机的实验室实验把握更大。用阿科弗的话来说 (1959 年), 在对策论 (及其它领域) 中有一种根本的错误概念, 人们把实际上只是一个“数学练习”, 误认为一个“问题”。人们最好不要忘记康德的箴言: 没有理论的经验是盲目的, 而脱离经验的理论不过是智力游戏。

控制论的情形多少有点不同。尽管这个领域的巨大发展应从采用“控制论” (cybernetics) 这个名字 (维纳, 1948 年) 时算起, 但这里所应用的模型并不是新的: 反馈原理在生理学上的应用应追溯到瓦格纳差不多 40 年前的工作。从那时起, 反馈和自动动态平衡模型已应用于无数的生物现象上, 而且不大有说服力地应用到了心理学和社会科学领域。用拉波波特的话说, 这种情形的原因是:

“一般说来, 在作品的范围与可靠性之间有鲜明的联系。可靠的工作不是局限在工程上就是相当平凡的应用, 野心勃勃的描述总是流于模糊。”

自然, 这个危险在一般系统论的所有研究途径中都存在。无疑, 已经有了一个新的思想指南; 但是, 前有“平凡”这个岩礁妖魔, 后有新数理逻辑的误解解释这个大旋涡, 要把握航向是很困难的。

下面的讨论限于“经典的”一般系统论。“经典”并不是指最早或者最佳, 只是其中模型所用的数学框架相对于对策论、网络理论、信息论所用的“新”数学而言是“经典”数学。这并不意味着这个理论只是传统数学的应用。正好相反, 系统概念提出的问题, 有一部分远远没有答案。过去, 系统问题引出了重要的数学发展, 例如沃尔特拉的积分—微分方程理论, 即关于行为不仅依赖于实际条件, 还依赖于先前历史的“记忆”系统的理论。当前的重要问题尚等待进一步发展, 例

如：关于非线性微分方程、稳态和节奏现象、最小作用原理的一般化、稳态的热力学定义等问题的一般理论。

当然，研究工作是否明确地标上“一般系统论”的名号是不相干的。我们不打算作详尽无遗的评论。如果这部并非自命不凡的著作能够作为这个领域已做的工作以及开辟将来的工作领域的指南，它的目的就达到了。

开放系统

开放系统理论是物理理论即动力学和热力学的一个重要推广。它引出了新的原理和见解，例如异因因果原理、热力学第二定律的广义化、开放系统有序性可能增大、过调和不及（overshoot and false start）的周期现象的发生等等。我们在第五章至第七章中部分地回顾了生物学和有关领域中的广泛工作（为进一步讨论也可参阅布雷 Bray 和怀特 White，1957 年；荣格 Jung，1956 年；莫尔奇奥 Morehio，1956 年；内特 Netter，1953 年，1959 年）。

系统原理除应用于个别有机体外，还应用于群体动态学和生态学（布雷，1958 年）。动态生态学即关于植物群落的演替和演替顶级的研究，是一个开拓已久的领域，然而显得有流于咬文嚼字和词面争论的趋势。系统方法看来提供了一种新观点。威塔克（1953 年）用开放系统和异因因果原理描述了植物群落走向演替顶级的过程。这位作者认为，从不同的原始植被可以发展到相似的演替顶级，而其不依赖初始条件和发展途径的程度甚至大大超过个别有机体，这个事实是异因因果性的一个惊人例证。帕坦（Patten）对以产生生物量为基数的开放系统及其达到的稳态演替顶级作了定量分析。

开放系统理论也在地球科学、地貌学（乔莱 Chorley）和气象学（汤普森 Thompson）中得到应用。他们描绘出了现代气象学概念和贝塔朗非生物有机体概念的详细对比。人们也许记得，普里高津（Prigogine）在他的经典著作（1947 年）中