

论哈肯模式分析的辩证法

王 贵 友

当今自然科学发展的一个重要趋势是：人们对自然界的探索正在转向一种多样化、复杂性、竞争、合作和发展演进的领域。在这一研究方向上，新兴的非平衡态自组织理论如异军突起，“它促成了一些新的概念结构的产生，这些新的概念结构正是我们今天认识物质世界（包括我们自己在内的世界）所必需的。”^①本文所要论及的哈肯的模式分析正是这种“新的概念结构”的一部分，它作为探索有机自然界复杂性的方法论，与自然界组织化有序化过程的辩证内容是相统一的，是人们描述系统自组织过程奥秘的有效的概念结构，或处理自然界的多重性、复杂性、竞争、合作与演进现象的有力工具。哈肯的模式分析也是当今自然科学研究中自发坚持辩证方法的一个重要例证。深刻揭示这种方法论的丰富内涵和辩证性质，对于进一步理解我们生活于其间的这个千姿百态的活生生的世界，对于在自然科学研究中坚持和发展唯物辩证法都有极其重要的意义。

哈肯所创立的协同学包括宏观与微观两种方法。在他看来，无论哪种方法都需要对非平衡非线性系统进行结构模式分析，都要以此作为研究非平衡态自组织现象的出发点，或作为建构协同学理论的基础。

由于协同学致力于研究自组织系统在临界点上将会发生什么情况，即要确定超出不稳定点后系统演化出的新结构，因此哈肯认为，在协同学的宏观方法中应把信息作为自组织研究的中心概念，认为在申农意义上的信息概念似乎在各种情况下都比熵的概念更为合理。在这里，研究的出发点是宏观可观察量，通过使信息在一定约束条件下达到极大的方法，可推测出系统将会产生什么样的宏观结构，即导出序参量这种宏观状态变量的概率分布。

为此便要在自组织系统演化的临界点处区分稳定模与不稳定模、伺服模与序参量。因为这时“一种新型的信息已经出现，它涉及到集体变量或序参量。这使人感到，应该把涉及序参量并且反映着体系集体性质的那部分信息称为‘协同学信息’”^②而与此相区别的是伺服模信息。这种模式分析的必要性在于，“在接近不稳定性点时，序参量的信息显著地改变，而伺服模的信息却没有变化。因此，在接近这些不稳定性点时只要研究序参量的信息和信息增益的行为就可以对一大批经历非平衡相变的系统，具体地计算出它们的信息和信息增益。”^③这就告诉我们，虽然要描述所有行为状态及其耦合关系需要极其大量的知识，而要掌握它们往往是在一定条件下所无能为力的，但当系统的宏观有序态及合作关系一旦建立，系统的信息便被压缩到少数几个自由度上，这时只有一种宏观量即序参量是必须要知道的。因此，只要掌握少数或一个序参量的信息，就可以对整个系统的结构演化作出适当描述。

协同学研究的自组织系统都是生命世界和非生命世界中存在的复杂的多自由度耦合的非平衡非线性的随机演化系统。如用微观方法进行处理，就不能不注意到：它们都是由大量微观子系通过错综复杂的网络式耦合和非线性相互作用所构成的统一整体，是大量微观子系功

能耦合的结果和诸多微观因果过程的有机结合。并且整体系统和其中的子系都与外界环境相耦合。它们之间不断发生物质、能量和信息的交换。这种系统常常被驱于远离平衡的条件下,处于内外环境的大量随机扰动和不断激励之中;这时的随机涨落更加强烈并起着积极的建设性作用。总之,自组织过程中都充满着大量决定性力和随机力之间的交互作用,存在着众多非线性反馈的动力学行为和随机行为的有机结合,正是它们之间的相互作用不断把系统从它们的旧组态驱动到新组态。

于是协同学的微观方法便面临着十分复杂的非平衡非线性随机演化系统的稳定性问题和新结构的确定问题。对这类数学问题的求解即使是单变量的情形也是极为困难的,更何况这里涉及到的微观变量或自由度的数目以及非平衡非线性随机系统演化方程的数目都是十分惊人的甚至是无穷多的。由于系统自组织过程的非平衡性、非线性、随机性,以及自由度数目的众多性,这就使运用微观方法对系统结构进化问题的处理或对系统演化方程的求解几乎成为不可能的了。这就是协同学试图用微观方法去处理多自由度耦合的自组织系统演化问题时所面临的复杂性和巨大障碍,它使协同学的微观研究处于一种难以克服的困难境地。

为了综合地考察自组织系统的集体行为、总体关系和统一过程,就必须对这种全体进行分析或分解。协同学微观方法证明这不仅是必须的而且是可能的,它指出,“对于完全不同的系统,当出现不稳定性时,它们之间具有深刻的相似性……在近不稳定性点处我们可以区别稳定的和不稳定的集体运动(模)。稳定模被不稳定模所役使并能被消去。一般,这导致自由度大大减少。剩留的不稳定模用作决定该系统宏观性质的序参量。”^④由于在临界点处不稳定模支配和役使稳定模,后者立即追随前者而行动,因而稳定模便可区分出来被绝热消去,这就导致自由度数目的大大减少,使所要研究的自组织问题的复杂性被大大简化。

显然,哈肯的模式分析具有不同于一般传统分析方法的一系列重要特征。

首先,模式分析是对动态结构的临界分析,这种分析一开始就是综合的,就蕴含着综合,因为由分析而得到的模式本身具有二重性,其分析性与综合性是合一的,分析性向综合性的过渡是自然而然的。因而进一步说,它是从对系统现存结构的临界状态或临界模式的分析入手,而对其未来结构组态的总体把握,它通过对现存结构临界模式的区分而直接导向对系统组织化有序化趋向和信息增益过程的考察。

哈肯的模式分析着力于对系统结构进化中的动态过程和临界状态进行分析。它认为,当自组织系统远离平衡态而达到不稳定点时,系统及其内部诸子系的存在形式、运动状态和耦合关系与平衡态或非平衡定态时的情形相比都发生了巨大的改变,这时大量随机涨落变量或结构模式会应运而生,它们消涨不定、此起彼伏,它们在所受阻尼的大小、寿命的长短、稳定性程度和耦合作用的强弱上都存在着显著的差异,并且对于系统演化或自组织过程具有不同的意义。协同学把系统在不稳定点附近所出现的临界涨落变量或模式大致分为两种不同的类型。一类是阻尼大、衰减快、寿命短的快变量或稳定模;另一类是临界无阻尼、无衰减、长寿命的慢变量或不稳定模。前者不断趋于原稳定态而最终把系统拖回到原来的稳定结构,虽然它对稳定新的结构组态也可能产生影响,但总地说来对系统结构进化所起作用不大,因而在作临界处理时它们可以被绝热消去;而后者却竭力偏离原稳定态,不断驱使系统向着新的结构组态过渡并在稳定模的伺服作用下而逐渐稳定化,因此它们对系统结构进化有重要意义,在绝热近似中是必须要保留下来的序参量。模式分析所要着重考察的正是这种在临界状态下所出现的不同的结构模式特征。

传统分析是把现存事物分解成为单纯的部分和孤立个别的因果链,因而分析与综合之间

总是横着一条鸿沟，它们之间总是游离的，由分析向综合的过渡总是不自然的、外在的。但模式分析则不然，它所分解得到的不只是系统在稳定状态下的单纯而独立的要素和因果链，不是复杂对象某一方面的局部内容或局域信息，而是自组织系统在临界点所出现的大阻尼的稳定模和无阻尼的不稳定模。经过分析而着重把握的不稳定模作为将要增长放大的序参量，其本身具有二重性。一方面，它们由于是从子系的局部运动状态和耦合关系中萌生出来的随机涨落变量而带有个别或局部性质，从这一方面看它们是分析的；另一方面，它们由于包含着发展成为未来整体系统结构的可能性而带有整体或全局性质，从这一方面看它们又是综合的。

哈肯指出，“在不稳定点之上，由于涨落的存在，这些模形成一个模骨架，它从而描述发展着的时空结构的‘胚胎’状态。”^⑤从信息过程看，这种不稳定模作为一种结构模式、模型、“骨架”或“胚胎”，都具有特定的内容、组态、规则或秩序，都携带着决定未来系统整体有序结构的主要信息，它们在结构建立过程中都会通过自身的耦合作用和信息反馈而强化和扩充这种信息，从而把子系层次上的局域性秩序、信息扩展成为整体系统层次上的全局性秩序、信息，把较低层次上的信息扩大成为较高层次上的信息。一般说来，当系统趋于临界点时，在微观层次上，各个部分能够发射触发其它部分的信息，它们的最初出现是偶然的并在系统内发生转移、扩散；但随着某种主要信息的扩散和放大，当系统的合作状态建立之时，在宏观层次上各个部分便达成了特定的一致，于是由合作性所产生的整体性信息便出现了。因此在临界点所出现的不稳定模既代表着子系层次上的局域性秩序、信息，又可能扩展成为宏观系统层次上的整体性秩序、信息，它本身就是分析与综合的统一体。可见模式分析一开始就与对动态结构的综合考察不可分割地联系在一起，它本身既是分析的又是综合的。这里，分析与综合是融合贯通的，分析与综合不再是界限分明的了，分析与综合之间的过渡不再是生硬的，而是自然而然了。

由此进而可见，模式分析不是象传统分析那样主要是对系统现存结构状态与行为特征的分析 and 把握，而是从系统现存结构的临界状态出发而对其未来结构组态的把握。因为模式分析所得到的不稳定模与系统未来的有序结构组态具有某种同构关系，即系统新的稳定有序结构是这种支配模式放大的结果，它是稳定模伺服、选择和稳定序参量某些组态所产生的结果，它保持了不稳定模的时空定性行为和秩序特征。这样，模式分析由于把握住了系统演化的临界点处所出现的不稳定模和稳定模的相互关系和动力学行为，因而也就基本掌握了系统动态的有序结构组态的演化特征。

在协同学宏观处理中，系统的总信息分解为两部分：一部分是序参量信息，另一部分是伺服模信息。哈肯证明，在临界点附近只有序参量信息依赖于外参量，而伺服模信息与外参量无关，“因而在接近不稳定点时，信息的改变仅由序参量支配”，即这时“整个系统的信息的改变和信息增益分别与序参量的信息的改变和信息增益等同。”^⑥由于在不稳定点处序参量的信息显著改变而伺服模的信息却基本不变，并且系统信息的改变仅由序参量支配，所以这时只要研究序参量信息的变化行为，就可对自组织过程中整个系统的信息增益行为作出解释，系统的信息变化和增益，可以用序参量信息的变化和增益来表示。

从序参量信息变化的情况看，系统在远离平衡而趋于临界点时，序参量信息是突然增加的，这表明趋于平衡态的系统不能存储信息，而超出非平衡临界点的系统能够存储一定量的信息^⑦。因此在自组织中序参量的信息变化和增益与系统组织化有序化的基本方向是一致的。从伺服模信息变化的情况看，在非平衡临界点附近，由于序参量突然出现而起支配作

用, 自组织系统的信息随序参量的变化而呈指数增长, “于是伺服模的贡献被掩盖”, 但在超过并远离不稳定点时, 序参量对系统总信息的贡献相对减少, “因而, 在此区域伺服模的作用将重新显现。”^⑧因而这时伺服模会对系统总信息的变化产生一定影响。总之, 在自组织过程中, 序参量信息起着主导作用, 它代表着系统总信息的增加方向, 而伺服模信息则处于次要地位, 它只是在远离阈值时才对总信息有一定贡献。因此只要注重自组织中序参量和伺服模的区分, 以及它们在临界点前后的信息变化特征和对系统总信息贡献的大小, 弄清楚它们在系统信息变化中的地位、作用等, 那么也就真正把握住了系统组织化有序化的总的发展方向或总信息量增大的趋向。

其次, 模式分析不是对系统的部分或要素的外在区分, 而是关于系统临界结构模式的矛盾性和否定性的内在分析, 它所考察的临界状态下的模式之间的矛盾冲突和否定性是系统内外整体相互作用的集中体现, 是系统各方面矛盾激化的凝结形式, 因而真正构成系统结构进化的驱动力。它通过对模式的竞争与合作、役使与伺服、淘汰与保留诸选择进化过程的考察, 揭示了系统结构进化或优化的内在原因, 说明了系统向有序度增大或信息增加方向的演化为什么是可能的, 是如何发生的。

协同学指出, 在系统演化的分支点上, 各种涨落变量或结构模式空前活跃, 它们都包含着特定内容, 孕育着特定结构或组织的胚芽, 为了建立和扩展各自的模式和实现对全局的指导, 它们相互之间便展开激烈的竞争对抗, 每一方都力争在与对方的抗衡中取得优势。其结果, 大多数结构模式败下阵来而迅速衰减, 只有少数甚至一个临界无阻尼模赢得了竞争而保留下来, 并通过强化和放大作用变成起支配作用的序参量。这时序参量便通过长程相关作用或信息反馈作用控制着几乎所有子系及稳定模的行为, 而众多子系及稳定模则采取合作态势: 一方面服从序参量的调动, 对其指令作出响应, 以追随其行动; 另一方面又通过信息反馈反作用于序参量, 以选择和稳定序参量的某些组态。“既然所有的阻尼模以绝热的方式跟序参量, 那么整个系统的行为仅由很少几个序参量的行为决定; 这样, 甚至很复杂的系统也能显示较有规则的行为。”^⑨由于系统内形成了某种配合默契、协同一致的合作局面, 才使系统能按照序参量的规定性建立起一种统一的组织结构。

由此可见, 当自组织系统趋于临界点时, 系统内部的非线性相互作用不断加剧而使多方面矛盾全面展开、全面激化, 这时出现的多方面多要素之间相互交叉的对立统一关系集中表现为多种结构模式之间激烈的竞争与合作, 并最终导致不稳定模的放大、支配作用和稳定模的衰减、伺服作用。即这时系统内部多方面多要素之间的相互作用和总体联系突然凝聚成为代表系统未来发展方向的不同涨落变量或结构模式之间剧烈的矛盾冲突或对立统一关系。于是协同学便从关于自组织系统的总体考察进入到对其临界模式的矛盾分析。模式分析在本质上正是这种矛盾分析。模式的矛盾分析所要把握的正是在分支点上各种涨落变量或结构模式之间的竞争与合作、役使与伺服关系, 而暂时不顾及所有其它子系或自由度之间错综复杂的总体性相互作用。如哈肯所说, “‘模式’可能或者是竞争的, 因此只有一个‘生成’, 或者由于互相稳定化而共存”, 这时“我们不需要知道极多自由度的所有‘原子’坐标, 而只需要知道一个或少数几个参量, 例如模式的振幅。……模式的振幅决定了序的种类和程度。”^⑩这样, 模式分析由于抓住了在不稳定点所突现的不同结构模式之间的矛盾关系, 因而也就把握住了决定系统未来有序结构组态和演化方向的最本质性的东西。

超出临界点后, 在竞争中得以保留、“生成”或“共存”的模式, 即在力量对比关系中获得优胜的一个或少数几个模式, 作为系统临界状态下诸结构模式的主要矛盾方面, 便通过自身

耦合关系或系统内激发出的一种统摄全局的“场”，建立起一种时空上的长程相关作用，并以此主导和控制诸多方面、诸子系及稳定模以致整体系统的运转，以致在系统内部形成多种子系、模式或自由度之间全面性的协同作用和整体性的集中统一，形成诸多方面和要素之间相互依存、协同一致的合作局面。这种协同作用或整体统一性集中表现为在序参量支配下的多方面多要素之间的相互作用或联合行动，它们之间的支配与合作、役使与伺服的对立统一关系决定了系统的整体性、系统的组织结构和秩序。如果说达到临界点时众多阻尼模、子系或自由度的贡献被掩盖，那么一旦超过临界点它们的作用及其对总体的贡献又重新显现。于是协同学便从模式的矛盾分析进入到总体考察。模式分析不仅具体考察了系统临界状态下模式之间的矛盾运动，从而着力把握住了决定系统未来组织结构的本质性因素或系统发展演化趋向中普遍必然性的东西，同时它也以对系统偏离临界状态时的总体性联系或协同作用的考察作为出发点和归宿，从而进一步把握住了系统演化的全体或整体性。

对于多种临界模式，协同学所要着力寻找的是无阻尼模或不稳定模。这种结构模式对于系统旧的结构状态来说才是无阻尼的、不稳定的，才是否定性的，因而才有更大的耦合作用而在宏观范围内得到响应，成为增长放大的序参量；它的某些组态可能构成新的稳定结构的种子。而稳定模则对于选择和稳定序参量的这些组态可能产生一定作用，从而使序参量所孕育的新组态变为现实的稳定有序结构。这种临界状态下新结构模式的否定性是系统内外环境条件选择的结果，它由系统的非线性相互作用和远离平衡的条件所决定，只有与该条件所决定的耗散结构分支具有相似性或同构性的随机涨落或结构模式才具有内在的否定性，才有可能在竞争中获胜而被放大，否则就会遭受淘汰而迅速衰减下去。这种新结构模式的否定性又是通过多种偶然性结构模式的共生与竞争、淘汰与保留、支配与伺服为自己开辟道路的。临界状态下形形色色的随机涨落或结构模式的出现，作为系统发展演化中偶发性的萌芽或胚胎，都代表着系统未来的某种新的结构组态，都可能主导系统发展演化的进程，这为系统结构的自我否定提供了多种可能性，为系统的自我选择开辟了丰富的原材料。稳定模与不稳定模、特别是不稳定模之间通过激烈竞争而进行自我选择，从而保证了结构模式的优化，使最后保留下来的模式具有更丰富的内容、更高的有序度、更能适应不断变动着的系统内外环境条件。在这种优胜模式的支配控制下，众多子系或自由度既相互独立、各司其职，又相互协调、联合一致，以其彼此的合作保证该模式的实现，使可能的结构变为现实的结构。如哈肯所说，这里“被我们引进了某种广义的达尔文主义，它甚至在非生物世界也起作用，即集体模式的产生靠涨落，它们的竞争和最后挑选‘最适应的’集体模式或它们的联合导致了宏观结构。”^①

哈肯的模式分析所注重考察的正是在临界点处所出现的多种模式，特别是具有内在否定性的不稳定模式的竞争与合作、选择与淘汰、支配与伺服，从而正确地掌握了由序参量行为所表征的结构进化过程，说明了系统发展演化中的优化问题，说明了系统向有序度更高方向的发展，由低级简单的组织形式向高级复杂的组织形式的演进是如何发生的。

第三，模式分析不是向低级简单层次的复归或还原，不局限于单纯的因果分析，而是直接通向认识高级复杂层次的系统整体性，以及自组织系统目的性的桥梁。由临界分析而指明的在模式的共生、竞争、役使、合作过程中所建立的序参量和子系及稳定模之间的信息反馈回路，以及临界模式与现实结构之间的因果循环步骤充分体现了自组织或系统演进中的目的性行为。

许多科学家所习惯了的传统的分析从根本上说来是一种简单的要素分析和单向的因果分

析,其中整体作用、组织、自组织、合作、目的性等概念是根本没有地位的。但模式分析与此不同。在模式分析基础上所建立的支配原理,从“区别”、“减少”临界模、“消去”稳定模、“保留”不稳定模的角度看,这是一种模式分析;同时它又特别强调不稳定模对稳定模的役使和稳定模对不稳定模的伺服,从它们之间的作用与反作用、支配与合作、控制与反馈关系看,这又是一种关于整体结构模式的综合。它作为一种方法论是直接通向探索有关合作、自组织、目的性等系统演化机制的认识工具,它作为一种理论思维形式与系统自组织中高级层次上的目的性行为是统一的,认识论与客观本体内容是一致的。

协同学指出,一个由许多子系的相互作用所构成的复杂系统的统一整体,以及其中的每个子系,都与外界的库系统相耦合,虽然库系统的输入或激发完全是无轨的,但却可以导致“整体系统的联合作用”,使整个系统呈现出一种宏观尺度上的有序状态,其所以如此是由于这时建立了序参量与稳定模之间的反馈关系。这时临界无阻尼的不稳定模变为序参量而役使着变为大阻尼的稳定模;稳定模一方面“以绝热的方式跟随序参量”,另一方面又“反作用”于序参量,“在许多情况下,稳定模产生一种能够选择和稳定序参量某些组态的反馈回路”^②。从动力系统理论的角度看,如果没有稳定模的非线性反馈作用,那么序参量便会随时间的延续而无限增大,正是由于序参量与稳定模之间反馈关系的形成,才使序参量能够选择和保持某种非平衡定态或趋于一种稳定有序组态。对于激光系统,作为序参量的光波模碰上活性原子时,被激发的原子便会依照序参量的指令放大原波列而使信号得到加强;但当信号增强到一定限度时,激发态原子数便会由于光子的发射而减少,从而形成一种稳定序参量组态的反馈回路,产生出一种稳定的相干光波。由此可见,整体系统的协同作用与有序状态根源于系统内部建立的序参量与稳定模之间的信息反馈关系,支配原理所表征的正是这种临界状态下的序参量和稳定模之间的因果循环。

这里多次提及的反馈回路关系所涉及到的正是哲学史上长期争论不休的目的性问题。控制论、系统论的创始人们认为,一旦从亚里士多德目的论中剔除“终极原因”的假定,便可“把目的性看作理解某些行为样式所必需的概念”,基于这一点才又认为“目的论行为成了受负反馈控制的行为的同义语,它由于充分限制了内涵而得到了精确的含义”^③,目的性的“基础为送返偏离要维持的状态或要寻求的目标的信息的循环因果链和机制。”^④

反馈分为两种:一种是控制论中所谓的反馈,它可称之为存在的反馈,它是现存系统通过反馈而趋达目标的行为,而该目标也是既成的、设定的,它是“要维持的状态或要寻求的目标”;另一种是自组织理论中所谓的反馈,它被称之为“进化的反馈”,它在普里戈金那里是非平衡阈值条件、不稳定涨落与耗散结构之间的因果循环。其含义是:随着外参量的改变,非平衡阈值条件可能触发结构涨落的不稳定性;不稳定涨落的放大便导致有序结构;由于要维持有序结构和持续的能量耗散,便进一步增加了耗散的水平,使系统内的不可逆过程更加强烈地起作用,反过来又进一步增加了系统对平衡态的偏离,创造出新的非平衡阈值条件^⑤。可见这是一种自己组织自己、自己形成目的的行为,该目的性是进化的、发展的,不再是既成的、设定的了。

哈肯的模式分析进一步发挥了这种“进化的反馈”思想。他认为,对于非平衡非线性系统,由于外参量的递增,在每一分支点上,从诸子系的局部运动状态、耦合关系和微观涨落中,必然会产生某种临界无阻尼的不稳定模,随着它们在竞争中的获胜、增长和放大,又会作为序参量反过来去支配和役使诸子系自身的行为状态及其微观过程,控制着所有稳定模的运行。序参量从子系层次中产生出来,由子系的集体运动合成,而后又反过来去役使子系本

身的行为。如激光,“这里我们遇到了一种循环因果性,一方面序参量役使着原子;但另一方面,它又是由原子的联合行动产生的。”^⑩随着新的阈值条件的出现,这种发生于系统内部的自我役使过程会周而复始地进行,这就构成了一种自身演进的反馈步骤。在这种循环中,序参量的某些组态充当主导性的结构模型,似乎是自组织中预先形成的目的性,用以指导子系当前应采取的行动,而诸子系及其微观行为则以从其自身产生的序参量组态作为统一的模本、指令,以其协同一致的合作行为而保证目的性的实现。显然这是一个互为因果前提的自己形成目的、自己指导自己的过程。

在新旧结构的因果交替中,序参量的某些组态从旧结构内部滋生出来,它作为新结构所要遵循的模型或规范,是一种潜在的目的性;而新的稳定有序结构则是这一潜在性的直接显现或发挥,是已经实现出来的目的性。前者是因,后者是果,从因到果并不是过渡到他物,而是回到了自身、实现了自身,因便是果、果便是因。这种为了果而产生的因,在果中所体现的因便是自组织的目的性。这里序参量作为包含特定内容、秩序或信息的主导性模式,成了自组织中新结构趋达的目标,新的有序结构便是在该模式指导下建造起来的,它保持着该模式的有序结构组态和行为特征。

模式分析由于正确把握住了序参量的主导性和进化的循环因果性,因而便较好地说明了自组织中由序参量组态所表征的潜在结构如何能够变为现实的结构,说明了自组织系统从旧结构向新结构的转变为什么是没有外界指令的自我实现、自己完成的过程。

由于模式分析具有上述一系列重要特征,它作为探索复杂性的一种科学方法论,深刻揭示了非平衡非线性领域中自组织的本体论行为的奥秘,因而在物理、化学、生物以及社会领域的自组织研究中发挥了愈来愈重要的作用。模式分析包含着丰富的辩证法思想,它是自然科学对唯物辩证法的极好发挥,同时展示了唯物辩证法面向非平衡非线性的复杂性领域、面对多样性和演进的自组织化的现实世界的巨大潜力和发展前景。

注释:

① I. 普里戈金、I. 斯唐热:《从混沌到有序》,上海译文出版社1987年,第31页。

② ③ ⑥ ⑦ ⑧ ⑩ H. 哈肯:《信息与自组织》,四川教育出版社1988年,第260页、第131—132页、第136页、第147—149页、第159页、第54—55页。

④ ⑤ ⑨ ⑪ ⑫ H. 哈肯:《协同学》,原子能出版社1984年,第420页、第260页、第249—250页、第18页、第249—250页。

⑬ H. 哈肯:《高等协同学》,科学出版社1989年,第21页。

⑭ N. 维纳等:《控制论哲学问题译文集》,商务印书馆1965年,第9页。

⑮ L. 贝塔兰非:《一般系统论》,社会科学文献出版社1987年,第37页。

⑯ G. 尼科利斯、I. 普里戈金:《非平衡系统的自组织》,科学出版社1986年,第489页。