第十二章 现代科学革命的肇始

——新的自然观与新的方法论

随着近代科学革命的推进，科学的内部出现了两个分岔：一个是秉承机械自然观基础上的方法论原则，推进近代科学，并由此产生出一系列的“小写的科学革命”的成果以及常规科学成果；另外一个就是将研究视域扩展到复杂性、有机性的对象并对此展开研究。这后一方面成为20世纪科学发展的着眼点，使得一些新兴的学科如地球科学、生态学、系统科学、复杂性科学等发展起来，进而引发自然观的新变革，呈现有机整体性的特征，见表12.1，需要探求并且运用相应的新的方法论原则乃至新的方法对此加以认识。

表12.1　科学的新发展与自然观的新变革

|  |  |
| --- | --- |
| 科学的新发展 | 自然观的新变革 |
| 动物心理学、动物行为学等 | 自然的返魅性 |
| 非线性科学、分形学、混沌学等复杂性科学 | 自然的复杂性 |
| 保护生物学、地理学、生态学等 | 自然的整体性 |
| 地球科学、混沌学等 | 自然的非决定性 |

一、科学的发展与有机论自然观

(一)生物学有机论的产生及其发展

作为对医学活力论观点的拒斥，术语“organicism”最早出现在1831年的法国医学界，倾向于通过相关的局部有机变化(organic changes)来描述所有疾病，但又表示所有的疾病都可以还原为身体中的固体或液体的物理和化学变化。[[1]](#footnote-1)这可以看作医学有机论，最早是作为一种实证的、还原的且亲机械论的立场提出的。到了19世纪末20世纪初，“有机论”一词再次出现于生物学家的视野，但却具备了与其初始词义完全不同的立场。它继承了活力论的遗志，在不寻求超自然活力的基础上反对机械论，强调生物的本体论地位以及生物学的主体性，因此被许多研究者称为活力论与机械论间的第三条道路。不过，这条道路走得艰辛且曲折，经历了产生、发展、高峰、衰落并最终复兴的过程。

1. 有机论的先锋——第一代生物学有机论者

通常认为，苏格兰的著名医生、生理学家霍尔丹(John Scott Haldane，1860—1936)是19世纪末生物学有机论的开创者。霍尔丹在一篇题为《以呼吸生理学为例说明生物与环境》(“Organism and Environment as Illustrated by the Physiology of Breathing”)的系列演讲中，介绍了活力论和机械论两种生命调节理论，指出它们在解释生物和环境之间的关系方面都是站不住脚的，应该寻求一种更为彻底的、直接的解释。对于这样的解释，霍尔丹认为应该是生物调节(organic regulation)，它是生命的本质(essence)。至于“生物调节”这一概念的提出，霍尔丹认为，他是受到伯纳德自然化活力论(naturalized vitalism)的影响，在区分内在环境(internal environment)与外在环境的基础上，通过外在环境的调节而进一步对内在环境进行调节。不过，与伯纳德不同的是，霍尔丹进一步指出，不能把对内在环境稳定性(constancy)的解释建立在调节它的器官的结构上，因为器官的结构自身就取决于内在环境的稳定性，器官的结构只是由特定物质的不断流动而呈现的外在表观(appearance)。如此，表面上的特定物质的不断流动具有自身的持久性(persistence)和发育力量就显得非常重要了，不过，这种特定物质不能仅通过对物理和化学环境的稳定性解释。持续存在的不是单纯的物质、能量以及形式，结构、组成和行为不可分割地融合于生命中，生理学处理的生命不是物理和化学能够解释的。为此，霍尔丹提出“组织”(organisation)作为生物生理调节的核心，“组织”并不外在于有组织的物质，物质及其运动是“组织”的表现。就此，通过物理学和化学是无法提供接近生命现象的。[[2]](#footnote-2)在这种情况下，霍尔丹在该系列演讲的开篇就指出：“如果有人建议给这些讲座中所坚持的学说贴上一个方便的标签，那么可以使用‘organicism’这个词，该词与伯纳德等人的类似思想有关。”[[3]](#footnote-3)

霍尔丹就是这样，以生理学为主要研究领域，以生物自我调节为研究对象，指出活力论和机械论对于生命研究的不足之处，提出“组织”作为生物的核心特征，从而将生理学(生物学)区别于物理和化学，并将他的思想命名为“有机论”，这使得他成为生物学有机论当之无愧的开创者。

彼得森(Erik L. Peterson)对有机论者进行了较为翔实的梳理，指出除了霍尔丹之外，第一代有机论者还应该包括美国的惠特曼(Charles Otis Whitman)、亨德森(Lawrence J. Henderson)以及英国的摩根(Conwy Lloyd Morgan)、罗素(Edward Stuart Russell)。其中，惠特曼和罗素强调聚集的部分无法解释整个有机体；摩根提出了“间隙性”(gappiness)和“涌现”(emergence)概念以表明复杂性等级间的差异是存在的，不同的层次按照不同规则进行；亨德森和霍尔丹的思想类似，阐述了整体有机体特有的内部调节和外部缓冲能力。[[4]](#footnote-4)

概括上述第一代有机论者的思想，虽然每位学者研究的内容不尽相同，但是他们的共同之处在于对生物以及生命的机械论解释进行了责难，并以多种方式展现了物理学和化学在解释生物和生命现象中的不足。他们虽然持有与活力论类似的目的概念(科学化的目的)，但是他们同时意识到活力论的不足，并将活力论同时作为他们批判的目标。

第一代有机论者相关思想的提出，有其科学和哲学背景。一方面，传统意义上决定论的物理学受到爱因斯坦(Albert Einstein)广义相对论和量子力学的冲击，牛顿物理学中的机械力无法完全适应新的物理图景，影响了生物学中传统的机械论解释的效力；另一方面，怀特海(Alfred North Whitehead)提出的过程哲学(process philosophy)或有机体哲学(philosophy of organism)[[5]](#footnote-5)以及柏格森的“创化论”(Evolution créatrice)思想为20世纪初第一代生物学有机论者提供了知识支架和形而上学支撑。柏格森和怀特海认为世界并不是由微粒和机制构成的，而应该是具有生命特征和历时性的过程，相比于传统的机器隐喻，宇宙更像是一个处于不断发育、创造和进化的充满偶然性的有机体。

2. 有机论的鼎盛——理论生物学俱乐部

受到第一代生物学有机论者以及有机论形而上学的影响，越来越多的生物学家开始投身于生物学有机论的理论建设中，在英国剑桥大学成立了一个成熟的有机论者共同体——理论生物学俱乐部(Theoretical Biology Club，TBC)。该俱乐部的成员包括李约瑟(Noel Joseph Terence Montgomery Needham)、林奇(Dorothy Maud Wrinch)、沃丁顿(Conrad Hal Waddington)、贝尔纳(John Desmond Bernal)以及沃杰(Joseph Henry Woodger)。

剑桥理论生物学俱乐部的创建受到斯佩曼(Hans Spemann)“胚胎诱导作用”(embryonic induction)以及“组织者”(organizer)概念的推动。斯佩曼从一系列基于脊椎动物胚胎中眼球晶状体分化(differentiation)的实验中发现，如果将视泡(optic vesicle)从胚胎的前部移植到其他部位，被移植的原本无眼的区域会产生晶状体，斯佩曼将这种现象命名为“诱导”(induction)。作为一名唯物主义者，斯佩曼认为“诱导”需要诱导组织者(“诱导者”)和可诱导组织间的物理接触。更进一步，斯佩曼及其同事发现胚孔的背唇(dorsal lip of blastopore)区域是脊椎动物胚胎的主诱导者，背唇组织可以将自己的细胞与宿主细胞组织为一个完整的次级胚胎，斯佩曼将背唇区称为“组织者”。

斯佩曼的研究对于有机论者有一定的启发作用：一方面，他将研究重点聚焦于组织和器官的系统等级，强调还原论的局限性和组织概念的重要性；另一方面，他的研究是非活力论的，他的诱导过程完全基于物质间的相互作用。[[6]](#footnote-6)

斯佩曼的研究启发了李约瑟、沃丁顿和沃杰，斯佩曼的“组织者”概念使他们意识到理解生命的层级自组织属性这一更大问题的潜在的可操作性。为此，以李约瑟、沃丁顿和沃杰为核心，于1932年在剑桥大学成立了理论生物学俱乐部。俱乐部成员围绕着“从整体上理解生物”这一共同承诺，借鉴过程哲学、逻辑实证主义以及符号逻辑等思想，围绕斯佩曼的组织者概念、生物学中的几何图案以及科学哲学和社会议题展开讨论。[[7]](#footnote-7)

在该俱乐部正式成立之前的1929年，沃杰就出版了生物学有机论的奠基之作《生物学原则》(*Biological Principles*)。在第五章“活力论与机械论间的对立”中，沃杰区分了两种不同的机械论和两种不同的活力论倾向，认为无论是活力论还是机械论都不适合于生物学研究，需要调和方法论的机械论和非形而上学的活力论以寻找第五条道路。为此沃杰提出了“组织”概念的重要性，认为生物是一个连续组织的过程，对生物的组织理解可以解决生物学中长期存在的结构与功能、有机体与环境以及目的论与因果关系间的对立。[[8]](#footnote-8)

另一位俱乐部成员李约瑟起初是一位新机械论者，但在研究的过程中逐渐加入了有机论阵营。在加入俱乐部后的1936年，李约瑟出版了体现其有机论思想的《秩序与生命》(*Order and Life*)。李约瑟在该书中总结了个体生物系统(biological system)与整个有机体间的关系：①生物系统独立于生物，不需要援引活力；②系统功能依赖于整个生物；③系统依赖于整个生物而存在。李约瑟认为俱乐部研究的重点应该放在前两种关系上，而在研究的过程中可以使用分析方法，但是它们的目的不是通过物理和化学的还原论来解释复杂现象，因为机械论者的过度简化和活力论者的形而上学一样都是对科学的破坏。[[9]](#footnote-9)根据李约瑟的上述论述，俱乐部的宗旨是通过充分研究生物组织与生物整体间的关系来体现生物和生命的独特性，至于机械论的物质基础和分析方法仍然可用，并且作为研究生物系统和组织层级的必要工具。

同一时期，在远离英国大陆的奥地利维也纳，贝塔朗菲(Ludwig Von Bertalanffy)和韦斯(Paul Alfred Weiss)提出了与俱乐部学者相似的观点。20世纪初期，贝塔朗菲所在的维也纳是逻辑实证主义(logical positivism)的大本营，贝塔朗菲与卡尔纳普(Rudolf Carnap)等逻辑实证主义者交往密切，但他却反对逻辑实证主义对形而上学的拒斥，而他的生物学研究就是要为以科学为基础、以经验为依据的理论生物学提供形而上学基础。早于沃杰的《生物学原则》，贝塔朗菲在1928年出版了《现代发育理论》(*Kritische Theorie der Formbildung*)，在书中贝塔朗菲提出有机论作为机械论和活力论的调和。贝塔朗菲认为有机论对于生物学中的三项工作非常重要：①整体性(调节)；②组织(层级以及适用于每个等级的定律)；③动态(dynamics)(过程以及之后的开放系统的行为)。[[10]](#footnote-10)贝塔朗菲将生物看作是系统，作为一个相互作用以保持动态平衡状态的元素(器官)的组合体，系统各部分间的相互作用为生物带来了等级秩序。此外，贝塔朗菲的有机论还体现了对生物学自主性的坚持，在反对将生物学还原为物理学和化学的基础上，试图提出生物学的理论框架。

同样作为生命系统概念的创始人，维也纳的另一位代表人物韦斯持有与贝塔朗菲相似的有机论观点。韦斯将系统定义为一个相对独立和稳定的实体，系统可以产生限制性(restricting)的和调节性(regulative)的功能，并将其施加于组成部分以维持整个系统的功能性(functionality)。韦斯系统概念的独特之处在于，系统整体本身所具有的属性部分不一定具备，而同时系统又依赖于其组成部分，达到1+1≠2的效果。[[11]](#footnote-11)此外，韦斯的有机论思想还体现在他提出的整体的形态发生场(Morphogenetic Field)概念上，韦斯认为胚胎是一系列的场，其中产生各种诱导和互动作用。

以上学者虽然具体的研究方向不同，关于同一个现象所持有的观点也不尽相同，但是他们的共同点是想寻求一条不同于机械论和活力论的用于解释生物和生命本质的第三条道路——有机论。为此，他们通过各种沙龙、会议、通信以及互相评阅论文的形式彼此交流观点，在这个过程中使得生物学有机论的影响力逐渐增强。然而，即使是在生物学有机论的鼎盛时期，有机论者在科学界仍然被看作是异类，主导生物学研究的仍然是机械还原论范式，这似乎预示了生物学有机论的结局。

(二)生物学有机论的衰落和复兴

20世纪30年代后期，在经历了短暂的鼎盛时期后，生物学有机论开始走向衰落。有机论的衰落受到多种因素的影响，可以分为两个内部因素和一个外部因素。

第一个内部因素是有机论研究共同体的消亡。首先，理论生物学俱乐部解体。作为有机论的主要阵营，位于剑桥大学的理论生物学俱乐部由于受到一些日常问题的影响，加之由沃丁顿的奖学金问题引发的俱乐部与剑桥大学官方的冲突以及进一步导致的实验室资助的撤销、组织者项目的结束，最终导致理论生物学俱乐部的终结。[[12]](#footnote-12)

其次，老一代有机论者逐渐落幕。霍尔丹在1935年出版其最后一本著作《一位生物学家的哲学》(*The Philosophy of a Biologist*)的后一年去世，罗素继续坚持写作有机论相关主题但发表的速度及影响力显著下降。

第三，支柱研究者社会网络变化和研究兴趣迁移。伴随着TBC的消逝，英国的有机论者社会网络也发生了改变，TBC的原成员李约瑟、沃杰等结识了其他领域的学者，研究领域也开始偏离有机论。其中，李约瑟沉浸于对中国文化和技术的研究并最终成为世界闻名的中国科学史家；沃杰开始关注生物理论的公理化，开始倾向于使用逻辑经验主义的形式逻辑澄清生物学概念。TBC的“编外成员”贝塔朗菲则专注于系统研究，他提出的“一般系统论”(general system theory)试图将生命系统相关研究推广到自然科学和社会科学的各类系统中。[[13]](#footnote-13)

第二个内部因素在于有机论与一些哲学和意识形态之间的联系，使得人们在批判这些哲学或意识形态时连带着批判了有机论。

一方面，活力论与有机论密切相关，即使有机论处于一种批判活力论的立场，并且活力论本身也并非完全缺少自然主义基础，但科学家们仍然普遍地将有机论视为活力论的弱版本，并进而将此看作是一种形而上学思想，不具有科学解释效力。另一方面，有机论还与以法西斯主义(Fascism)为代表的极权主义(Totalitarianism)有着千丝万缕的关系，有机论对整体性和统一性(unity)的重视以及极权主义对有机论的援引，使得有机论往往被理解为极权主义的一种亚类型，波普尔就曾指出有机论是开放和自由主义的反义词。[[14]](#footnote-14)

有机论衰落的外部因素在于新机械还原论的冲击。一方面，物理还原论仍然占据有利地位，将生物学还原为物理学和化学的呼声从未停止。另一方面，分子生物学(Molecular Biology)的兴起及其带来的基因还原论，正式宣告了20世纪初期以来在生物学界产生一定影响力的有机论的落幕。克里克和沃森在1953年发现了DNA双螺旋结构，随后又通过将基因中的核苷酸序列与蛋白质中的氨基酸序列联系起来实现DNA的结构与功能的联结。凭借以上研究，沃森和克里克认为他们发现了“生命的秘密”。[[15]](#footnote-15)根据基因还原论，有机体的功能和生命的本质可以被还原为基因携带的遗传信息，而基因及其遗传信息可以通过物理和化学定律来解释。

然而，即使处于内忧外患的压力之下，有机论也并没有彻底消失，20世纪中后期仍然有一批学者坚持输出有机论思想，而进入21世纪后有机论又迎来了复兴。直到生命的最后几年，原俱乐部成员沃丁顿仍然以坚定的有机论立场，批判以新达尔文主义和分子生物学占据主导地位的生物学研究。沃丁顿试图使用怀特海的有机论哲学拒斥生物学甚至整体科学界的机械论。在1977年出版的《思维工具：如何理解和应用解决问题的最新科学技术》中，沃丁顿将科学中的机械论范式称为“COWDUNG”(Conventional Wisdom of the Dominant Group，即“主导团体的传统智慧”的缩写，当然该词“COWDUNG”也有“牛粪”的意思)，[[16]](#footnote-16)指出机械还原论错误地承诺最终性(finality)以及可预测性(predictability)。针对生物学中的新达尔文主义和分子生物学，沃丁顿认为它们的两个前提——基因单元可以被视为原子单元以及基因型(genotype)可以直接转化为表现型(phenotype)——被过度简化了。[[17]](#footnote-17)

进入21世纪以后，学界对分子生物学的热衷有所消退，科学家发现DNA序列本身并不包含指定基因产物如何相互作用以产生有机体功能所需的信息，基因型和表现型之间没有简单的一一对应关系。沃丁顿几十年前的批评得到了印证。科学家们发现基因还原论及其机械论范式无法解释有机体和生命的复杂性，为此诞生了以系统整体作为研究对象的系统生物学。[[18]](#footnote-18)生物学的其他领域也开始寻求有机论来弥补机械论范式的缺陷。斯科特•吉尔伯特(Scott F. Gilbert)和萨卡尔(Sahotra Sarkar)在世纪之交指出有机论对于实验胚胎学(experimental embryology)的重要性及其对当代发育生物学(developmental biology)的价值。[[19]](#footnote-19)库斯(Cécilia Bognon-Küss)以及陈勃杭等人则指出近年来发展迅速的试图生成、改造甚至进化生命系统的合成生物学(synthetic biology)并没有否定功能性活力论(有机论)，反而促进了有机论的发展。[[20]](#footnote-20)

综合以上对生物有机论发展的考察，19世纪末期生物学界开始产生有机论思想，20世纪初第一代有机论者群体逐渐形成。到了20世纪中期尤其是30年代，在英国和奥地利形成了生物有机论者的两大阵营。经历了短暂的辉煌之后，生物学有机论由于多种因素而逐渐衰落。然而，生物有机论犹如一株顽强的小草，经历岁月的沧桑后于21世纪重新回到科学家和哲学家们的视野，生物有机论的历史仍然在继续。

(三)有机论在一些学科中的扩展及其表现

到了20世纪下半叶，另外一种生物学有机论发展起来，就是承认某些动物具有智能，从而对此展开认识。动物心理学、动物行为学等方面的研究表明，某些动物有智能，某些动物有文化，某些动物有情感，某些动物有思想，等等。[[21]](#footnote-21)至于植物有没有智慧，也是一个非常复杂的问题。科学研究中有越来越多的证据表明，某些植物可能并不像我们原先所想象的那样是不具有主体性的客体，它们可能也有智慧，如有计算能力与预见力，有多种感觉并能够对环境做出反应，另外还有决策能力和灵活性等。[[22]](#footnote-22)

承认并且研究生物(哪怕是某些生物)具有像人类那样的思维、智能、语言、文化等，是对机械自然观的最大冲击。它表明，将人类所具有的精神性赋予自然界中的部分生物有一定的道理。这样的一些生物与我们一起分享共同的进化历史，它们的细胞也与我们人类非常相似，为什么我们有智能而它们就不可能有呢？

进一步的问题是：无机界是否具有哪怕些许的经验性、能动性和目的性呢？超分子化学似乎为我们提供了部分证据。这类研究表明，多个分子通过分子间非共价键作用力，可以缔合形成复杂有序且具有某种特定功能和性质的实体或聚合体——超分子体系；[[23]](#footnote-23)分子之间的多种作用力具有协同作用，能够形成一定方向性和选择性的强作用力，成为超分子形成、识别和组织的主要作用力。这里的“协同作用”“方向性和选择性”“分子识别”“分子组织”等表述已经表明，超分子一定程度上具有类似于有机组织如生物和社会群体组织的性质以及自我演化的特征。“超分子将最终导致化学家的眼界朝向复杂性，从对单个分子的研究转向对分子之间相互结合的研究，或者说关注对分子的社会学研究。在这样的研究中，化学家必须将分子看作具有一定社会结构的个体，将分子置于一个大的环境背景下，研究特定环境下分子的个体和群体行为。同时，超分子化学还将化学家的研究视角引向对分子之间选择性以及识别能力的研究，而对这一方面的研究将从根本上改变着化学家的思维观念。”[[24]](#footnote-24)不仅如此，对超分子化学的研究还将化学和生物学联系了起来，为化学进化过渡到生物进化提供了一条可行的途径。它表明，生物体所具备的基本功能和特性如自组织、识别、匹配、选择等，超分子也同样具有。如此一来，超分子不仅具有化学进化——结构进化，而且还具有生物体具有的功能进化，这就打破了非生命体和生命体之间僵化的二分，为赋予无生命的物质以某种生命性提供了条件，[[25]](#footnote-25)为从无生命的物质进化到有生命的物质提供了某种可能的途径。

而且，复杂性科学表明，事物的进化从根本上取决于内部的自组织的力量，即一个远离平衡态的系统，都有使自身趋向于日益复杂的结构和秩序的能力(另一方面也有从秩序走向解体的趋势)，这种自组织能力便构成了有机体形成和生长的原动力，从而为上述哲学论断提供了有力的科学佐证。[[26]](#footnote-26)

不仅如此，有机论自然观在生态学的研究中得到了比较充分的体现，但同时也存在着争论。这方面最为典型的有群落“机体论”以及生态系统有机论。

如对于生态系统，这一概念是坦斯利(A. G. Tansley)提出的。他认为，群落是一个“有机体”但不是一个“超级有机体”，而是一个“准有机体”。[[27]](#footnote-27)在此基础上，他进一步提出，群落不仅包含了生物因素，也包含了非生物因素，由此他提出“生态系统”的概念。在1935年，他把生态系统定义为：一个物理学意义上的整个系统，它不仅包括各种生物，而且包括构成我们称之为(生态)生物群系(Biome)环境的全部物理因子，即最广泛意义上的生境因子。[[28]](#footnote-28)根据上述定义，坦斯利就把生态系统看作自然的基本单元，是一个有机性的存在——“准有机体”。

对于生态系统“准有机体”特性，生态学界给予了长期、深入的研究，给出了各种各样的认识。1992年帕滕(B. C. Patten)提出，“环境子”既不是生态系统中的生物，也不是生态系统中的环境，而是生物-环境整体演进和变化的基本单元，此单元是一个整体子，具有“前摄性”(proactive)、活性和生命性。[[29]](#footnote-29)帕滕、斯特拉斯克拉巴(M. Straškraba)和约恩森(S. E. Jørgensen)1997年进一步指出，生态系统就是一个生命的系统，具有“塑模”(modeling)能力，即具有预先行动的能力。所谓“塑模”，指的是生命通过对外界输入的前摄性行动以对抗周围环境，塑造它们的生存环境，使它们自身变得更有序。由此，生态系统就成为有机体，根据各自的现实情况建立模型，并将这种能力融入它们的基本环境关系中。[[30]](#footnote-30)

这样一来，在帕藤、约恩森等那里，生态系统就成为一个观察者(observer)和行动者(actor)，针对持续变动的环境，对生态系统自身进行治理、组织、生产，使其成为一个具有自治能力的、自组织能力的、自我繁殖的、自我设定的存在，从经验中学习，从环境中继续发展，保持自然本身的特性以及生态系统内部的稳定性，而使自己成为活系统(viable system)。这样的活系统，既是向环境学习优化决策控制的观察者，也是完成协同作用，自主(组)控制系统并且保持系统内部稳定性的行动者。这使得生态系统本身具有两大功能——构建和诊断，最终成为适应环境变化而维持自身发育(development)的模塑者。

生态学家尼尔森(S. N. Nielsen)2007年看到了这一点，他基于帕滕“环境子”理论以及生态系统“前反摄”生命性，建构生态系统符号学(ecosystem semiotics)，提出生态系统“符号学型”(semiotype)，表明作为开放的生态系统已经扩展到了景观、生态区以及生态圈。[[31]](#footnote-31)在此基础上，尼尔森2016年进一步基于冯·福尔斯特(H. von Foerster)于20世纪70年代创立以及其他人所发展的二阶控制论内涵，分析了生态系统符号学与二阶控制论的关系，认为生态系统不仅有反馈，而且还有前馈(feedward)，生态系统是一个自创生系统(autopoiesis system)，使其成为自主的、自调节的存在。生态系统是二阶控制-符号系统(cyber-semiotic system)。[[32]](#footnote-32)至于生态系统二阶控制论的内涵及其特征，限于其处于起步发展阶段，当进一步探讨。

生态系统是分层级的。对于地球这一生态系统，拉伍洛克(J. E. Lovelock)于20世纪70年代初提出“地球盖娅”的概念，并认为地球本身就是一个超级有机体，地球表面的生命使得地球的物理和化学环境条件最优化，从而最大程度地满足自身的需要。[[33]](#footnote-33)

二、有机论自然观下的方法论原则探索

(一)返魅的自然与返魅性原则

在机械自然观基础上的祛魅性原则指导下，近代科学摒弃了有机论、目的论，将具有生命的自然界转变为僵死的机器，不去研究自然的任何主体性、经验和感觉等。

应该说，“祛魅性原则”有一定道理。自然界确实有很大一部分如无机界是没有情感、意志等的，也确实不需要研究这些相应的方面。而且，从科学发展的历史看，如果不对自然进行祛魅，人类就不可能采用有效的方法对自然的机械性方面进行有效认识。但是，鉴于自然存在非机械性的或有机性的方面，只对事物机械性方面展开认识，是不完全的。

问题是：怎样对非机械性的方面或有机性的方面进行相关研究呢？以动物为例，对于其是否具有精神性的方面，传统的观点认为“子非鱼安知鱼之乐”，据此，人类好像是不可能认识到动物精神性方面的。但新近出现的生物心理学家、生物社会学家并不赞同这种观点。他们认为，虽然我们不能直接感受到动物具有精神性，但是，动物的一些外在行为结果却是可以观察到的，可以通过科学观察和实验来检验这些行为结果，从而判断动物精神性方面是否存在。如果某些动物的行为超越了它们与生俱来的本能反应，表现出对世界的足够认识，以致它们能够按照自身的意图应对特殊的环境，并对环境做出相当复杂的评判，进而调整它们的行为，那么，就可以说这些动物具有智能和意识了。例如，科勒对黑猩猩的实验可以说明这一原则。在面对悬挂在笼子顶棚的香蕉时，六只黑猩猩看到香蕉时都会跳起来试图抓住香蕉，但都失败了。此时有只黑猩猩开始利用笼子里的箱子来垫脚，在箱子上跳起来抓住香蕉。这种适应新环境的行为就表明了这只黑猩猩的行为是智能行为。[[34]](#footnote-34)

当然，这并不是说动物的复杂行为与智能等相伴而生。在一些情况下，复杂行为并不意味着智能的存在——它可能是由动物的本能引起的，也可能是人类一心想要把看到的那些联系和巧合与动物的某些偶然表现相关联，从而赋予动物以智能等，还可能是人类忽视了动物的“拇指规则”(rules of thumb)[[35]](#footnote-35)——后天学习的简单经验，对它们的行为进行了复杂的解释，但是，有一点可以肯定，有时动物行为的复杂程度以及适应环境变化的能力确实是其智能和意识等方面的体现。

鉴于上述情况，一个基本的思路和可行的策略就是，如果能够用更简单的解释来说明动物的复杂行为，那么就应该用更简单的解释；如果所有的简单解释——如本能(“先天”就会的行为)或习得经验都不能用以说明动物的这种复杂行为，而只能用智能等范畴来解释它，此时，就有比较充分的理由相信动物具有智能了。生物心理学、生物社会学就是依据这一原则来确认动物智能存在的。

如就有研究者对儿童和黑猩猩分别做了关于液体守恒的实验。在对儿童进行的实验中表明，儿童在8岁左右时才能认识到，当将一个盛放在粗矮的容器中的液体，全部倾倒到另外一个细高的容器中时，液体的时保持不变。对于这一实验，是这样进行的：在三个形状、大小都相同的烧杯中先后倒入水，直到儿童确认这三只杯中的水相等为止；然后将其中第一个杯中的水倒入第四个矮而粗的空杯中，将其中第二个杯中的水倒入第五个高而细的空杯中，将其中第三个杯中的水倒入由4个小杯构成的杯群中，此时再询问儿童第四个杯中的水的容量是否与第五个杯中水的容量以及由4个小杯构成的杯群中的水的容量是否相等；如果儿童认为相等，那就表明他(她)已获得“液体守恒”概念。一般来说，更年幼的儿童受知觉变化的影响，往往认为水位高的那个杯中的水要多些。

参照上述实验，对于一只名叫萨拉(Sarah)的黑猩猩[[36]](#footnote-36)，伍德沃夫(Woodruff)、普雷马克(Premack)和肯内尔(Kennel)于1978年精妙地设计了相关实验，以比较充分的理由证明了黑猩猩萨拉具有液体守恒的观念，见图 12.1。



图12.1　对黑猩猩进行液体守恒能力实验[[37]](#footnote-37)

图12.1中的A：实验人员向萨拉展示两个相同的容器且内装等量的蓝色液体之后，将其中一个容器里的液体倒入另一个更粗的容器中；B：实验人员把一个装着印有same和different的两个塑料片的盒子拿给萨拉后离开；C：萨拉打开盒子，选择了印有same的塑料片，然后把它放在两个容器之间的圆圈内。

实验一共有四步。在对萨拉进行前三步实验之后，会进行一个循环，即再进行一次前三步的实验。在完成两次前三步实验之后，会连续进行两次第四步实验。

第一步，进行前测。在这一步，会展示分别装有等量或不等量液体的两种容器，让萨拉直接判断两个容器内所装蓝色液体的量是否相等。人们使用了3种不同形状的容器，每种容器的出现次数相同。该阶段一共有24个试次。其中的12个试次里，两个容器里装的液体的量相等；另外的12个试次里，两个容器内装有非等量的液体。在未对液体进行转移的情况下，萨拉需要对两个容器内的液体进行same或者different反应。在每个试次结束之后，都给萨拉酸奶、水果或者糖果以示奖励。结果显示，萨拉的正确率为85%。

第二步，进行守恒测验A。第二步与第一步相似，但多了转移液体的过程。该测验一共有24个试次，其中12个试次为等量，另外12个试次为不等量。在等量的试次中，会先展示两个相同且装有等量液体的容器，然后将其中一个容器的液体倒入一个比例跟前两个容器不同的新容器中，在经过液体转移之后，液体在两个不同比例的容器中的直径和高度上会有明显的差别，具体过程如图12.1。在不等量试次中，会先展示两个相同但装有不等量液体的容器，然后将其中一个容器的液体倒入一个比例不同的新容器中，在经过液体转移之后，实验者会保证液体在这两个比例不同的容器中的直径和高度一样。在液体转移之后，让萨拉需要对两个容器内的液体进行same或者different反应。每次实验结束之后，无论反应对错都给萨拉酸奶、水果或者糖果以示奖励。结果显示，萨拉的正确率为79%。

第三步，进行对照组测验。该测验过程和守恒测验A完全相同，但展示过程和转移过程是在萨拉的视野之外进行的，也就是说萨拉需要对液体转移的结果进行same或者different反应。每次实验结束之后，都给萨拉酸奶、水果或者糖果以示奖励。结果显示，萨拉的正确率为52%。

第四步，进行守恒测验B。在该测验中，试次的基本流程与守恒测验A的流程相近，但全部的24个试次都是会先展示两个相同且装有等量液体的容器。在其中的12个试次中，液体在转移到另一个比例不同的容器之后，直径和高度都发生了改变，但液体的量不变，即与守恒测验A中的等量试次相同；在另外的12个试次中，液体在转移到另一个比例不同的容器时，会使用一个不透明杯子，在其中加入或减少少量液体，在转移之后，液体的直径和高度以及量都发生了改变。在转移之后，萨拉需要对两个容器内的液体进行same或者different反应。每次实验结束之后，都给萨拉酸奶、水果或者糖果以示奖励。结果显示，萨拉的正确率为83%。[[38]](#footnote-38)

在这里，伍德沃夫为何要进行这样的四步测验呢？

之所以要进行“前测训练”，是要凭借“前测训练”中一半的试次里液体是等量的，一半的试次里液体不是等量的，要求萨拉既要做出same反应，又要做出different反应。这是为了防止萨拉一直做出same反应而形成一种反应偏向(response bias)。实验结果表明在“前测训练”中萨拉的正确反应明显地超出了随机水平，由此可以排除反应偏向的影响。

之所以进行“守恒测验A”，是因为萨拉的正确反应明显地超出了随机水平，也可以排除反应偏向的影响。这是其一。其二，也可以表明萨拉具有一定的液体守恒思维能力。

之所以进行“对照组测验”，是要表明萨拉是否依靠知觉估计来对液体的量进行判断。该项实验得到的结果是：在未看到液体的初始状态或者液体的转移过程时，萨拉的反应正确率急剧下降。因此，萨拉并不是依靠知觉估计来进行判断的。

之所以进行“守恒测验B”，是要判断萨拉在此测验中的反应正确率是否依旧显著高于随机水平。试验结果是肯定的，这说明萨拉是可以成功地区分“只有液体形状发生改变”和“液体的量和形状共同发生改变”这两种不同类型的变化的。

综合萨拉在前测训练、守恒测验A、守恒测验B三种实验条件下的反应和萨拉在控制组测验中的反应，可以发现，萨拉在所有实验条件下的反应正确率显著地高于随机水平，但在对照组测验中，萨拉的反应正确率处于随机水平。综上，所有结果都表明萨拉对液体的量的判断是基于推理的，因而说明萨拉是具有液体守恒概念的。

从上面的例子可以看出，对于动物精神性方面的研究与对动物的传统的“肉体”研究的原则和方法是不一样的，需要动物观方面的变革以及相应的方法创新。这应该是这方面研究获得突破的关键。

需要注意的是，自然界中事物的精神性并不仅仅表现在动物体上，也表现在植物体上。对于植物的“智慧”，我们又如何进行方法创新，以获得更准确的认识呢？

当然，自然界中事物的精神性并不仅仅表现在生物上，也可能存在于某些系统如自组织的、整体性的“生态系统”，从而使它们具有某种整体性和目的性等，对此又如何认识呢？

对于具有目的性特征的那部分自然，需要采取一种新的认识方法。在近代科学中，对事物的解释采用的是因果解释框架，认为 “过去是运动的决定性原因”。而在自组织系统中，目的性概念反映的是一种“未来的决定性”，即当下的还不存在的终极状态或目标对系统起着现实的“吸引和引导”作用，使得系统朝着终极目标和状态迈进。在此过程中，不仅存在着原因对结果的现实作用，而且存在着结果对原因的作用，即发生着原因和结果之间的相互作用。这种相互作用是怎样的呢？要弄清这一点，必须变革传统的因果观念，推进研究方法上的变革，从因果解释发展到果因解释。

(二)复杂的自然与复杂性原则

从存在的意义而言，简单性的自然除具有“最优化”外，还具有线性、周期性和规律性。

如果我们不考虑量子力学、系统论、混沌学、协同学、自组织理论等最新发展起来的科学，将眼光放在以往的近代科学上，就会发现，它们对自然的认识确实表明自然是简单的。但是，必须明了，近代科学只是对自然界中有限对象的有限的认识，并没有认识到自然的全部。考虑到这一点，我们就不能说自然的本质是简单的，而只能说，当时科学所认识到的那部分自然是简单的。至于科学没有认识到的那部分自然，其本质是简单的还是复杂的，要视进一步发展了的科学对自然的进一步的认识来确定。这种进一步发展了的科学，有人称为复杂性科学。它主要是指随着科学的发展，在科学的某些领域或该领域中的一部分出现了与近代科学所体现的简单性特征相违背，而与复杂性特征有着紧密关联或相一致的内涵。如对于混沌理论和分形理论，它们更多地体现了复杂性，可以看作是复杂性科学中的典型代表。而对于爱因斯坦的相对论，我们就不能说它是纯粹的复杂性科学，因为，复杂性科学所拒斥的基础主义、还原主义、主客体的二分性、单义决定论、时间的可逆性等都是爱因斯坦一生所追求的。但是，又不能说，相对论是纯粹的近代科学，因为，在爱因斯坦的理论中，时空的相对性、不可分离性等又体现了某些不同于传统科学的复杂性。在探讨复杂性科学时必须对此加以分析、批判、吸收。复杂性科学的主要来源有五个：产生于19世纪的热力学；在19世纪和20世纪发展起来的进化生物学和生态学；出现于20世纪初的量子力学和相对论；产生于20世纪40年代的控制论和信息理论；发展于20世纪70年代和80年代的自组织、分形、混沌等复杂理论。这些科学领域的进步，在20世纪70年代和80年代引发了科学领域的复杂性转向。如根据量子力学和混沌理论等，科学家们对变化、生成、非决定和随机等非牛顿范式中的概念更加重视，开始根据一种复杂的、随机的和无规则的方式相作用的力所形成的异质系统，形成对世界的新的不同于原来的看法，从而使得对世界的认识呈现复杂化、多样化、暂时化等。[[39]](#footnote-39)

复杂性科学对自然界中复杂性现象的研究表明，在自然界中，模糊性、非线性、混沌、分形等复杂性现象是大量存在的。自然界存在结构的复杂性、边界的复杂性、运动的复杂性。具体体现在：不稳定性、多连通性、非集中控制性、不可分解性、涌现性、进化过程的多样性以及进化能力上。[[40]](#footnote-40)

由此可以得出结论：由传统科学所得出的“自然是简单的”结论是没有充分证据的，自然具有广泛的复杂性。近代科学所展现的自然简单性特征并不能涵盖自然的全部，相反，自然具有一些不同于简单性特征的复杂性。

当然，如果这种复杂性能够约简为简单性，那么，我们仍然断言自然的本质是简单的，并且可以用方法论意义上的简单性原则对此加以认识；反之，我们就不能说自然的本质是简单的，而只能说，自然的本质可能是简单的，也可能是复杂的，因而，就不能用方法论意义上的简单性原则对此加以认识。

问题是，这种复杂性能否约简为简单性呢？从逻辑上说，如果某种复杂性能够约简为简单性，那么，这样的复杂性就不是真正的复杂性，而是隐藏着简单性实质的复杂性表象。科学实践比较充分地展现了这种情况的广泛性。之所以出现这种情况，原因很多。主要原因可能在于人类的认识能力是有限的，在认识的初始阶段，把简单性的现象当成了复杂性的现象，之后，随着科学的进步，又认识到了这种表观状态下的复杂性其实具有更基本的简单性本质。说到这里，有人会说，既然复杂性是由简单性演化而来的，那么，简单性就更应该是世界的本质。其实不然。“自然的复杂性是从简单性生成的”并不表明自然在本质上是简单的，它只是表明自然在它的最初阶段可能是简单的(就是这一点也存在争论)，随着自然的演化，自然完全可能从原先的简单性中涌现出复杂性，而且这样的复杂性不可约简为简单性，自然完全可以是复杂的。[[41]](#footnote-41)

科学的新发展表明，自然是存在复杂性的，集中体现在非线性系统、分形系统和混沌系统上。其主要特征是：此类系统具有相当数量和多样的元素，并且元素之间有相当紧密的相互联系，即存在元素及其相互联系的多样性；而且这些元素间的相互联系是非线性的、非对称性的，处于有序与混沌之间。[[42]](#footnote-42)

要认识具有上述复杂性特征的对象，就不仅要研究自然的简单性方面，还要研究自然的复杂性方面，即大力发展非线性科学、分形学和混沌学，研究自然的非线性现象、分形现象、混沌现象、突变现象等，用复杂性思维代替简单性思维，针对复杂性现象的特点，用新的适合复杂性系统特征的特定方法去认识事物，以获得对自然界的完整而准确的认识。为此，“必须抓住复杂性的本质特征，抓住被经典科学简化掉的那些产生复杂性的因素，按照不同于经典科学的思路建立全新的模型。这就叫做把复杂性当作复杂性来处理”[[43]](#footnote-43)。

例如，传统的观点认为，动物数量通常是围绕着环境容纳量上下波动的，其主要原因是肉食动物、食物供给、环境和疾病等因素都影响着种群的数量。如果种群数量超过某一标准，食物供给就会相应减少，更多的动物将因饥饿而死亡，种群数量就会随之降到“正常的”状态；如果在某一年种群数量达到最大，则在次年其数量必将回到中等水平。

不过，数学生态学家罗伯特·梅依(Robert May，1936—2020)在20世纪70年代的研究表明，用来描述动物数量波动的方程远比第一眼看上去要复杂得多，上述观点并没有真实反映出真实世界里动物数量成倍增长的实际情况。他发现，随着参数的增大，系统会发生分离，种群数量会在两个相互替换的值之间震荡。

他用来表示鱼的总数的数学模型是这样一个方程：*X*next=*RX*(1*X*)，其中*X*next代表下一周期时这个地区鱼的总数，*X*代表目前这个地区鱼的总数，*R*代表鱼群的增长率，表示的是在考虑了鱼群总体的出生率、死亡率和迁入迁出率的综合作用下，所得的鱼群总数增长情况。他发现当参数*R*(增长率)为2.7时，鱼群的总数为0.6292，此后鱼群总数随其增长率变化呈现非线性关系，见图12.2。



图12.2　鱼群总数的变化[[44]](#footnote-44)

从图12.2可以看出，当鱼群增长率为“1”时，最终鱼群的数量增长情况十分简单——稍稍增加，在图中就出现了一条从左向右缓缓上升的曲线(图12.2“1.”到“2.”之间)。当鱼群增长率达到“2”时，鱼群的增长率进一步增大。当鱼群增长率达到“3”后，由于此时各种环境因素，如出生率、死亡率或迁出率、迁入率等，鱼群总数对这些影响作用变得很敏感，使得鱼群的总数发生周期性变化，即在某一时期内维持在恒定数目(鱼群总数的平均值)的时间，发生了变化，由最初的一年内循环有序规律周期波动变为两年周期。此时鱼群总数的平衡点(鱼群在一个周期中的恒定平均值)也由一个变为两个，出现了分叉，这种情况一直维持着。随着增长率的进一步增大，描述鱼群的曲线沿两个平衡点发展，又会出现分叉，点的数目一倍接一倍地增加。此时，鱼群数量的增长不再是循环变化模式，变得没有规律可循。这表明，当增长率达到某一点时，鱼群平衡点十分多，以至于在图中无法标注，图表完全混乱——图中的该区域被完全涂黑，混沌在突然间出现。当鱼群的增长率继续增大，就在上述的一片混乱中，平衡点再次出现并再次表现出有序的稳定循环状态，即稳定的循环又重新出现了。

在我们所处的现实世界中，类似于上述鱼群总数变化的现象是非常之多的，天气的随机变化、传染病的传播、细胞的新陈代谢、昆虫和鸟类数量的变化、各种文化的兴衰、各种刺激在人类神经中的传播等莫不如此。这类对象是开放的、复杂的、由非线性机制控制的，充满了变化、无序和不稳定，具有不确定性，在一定程度上不可预知。如果我们没有意识到这一点，而以一种简单性思维来思考它们，那么我们就会得出错误的结论。事实上，复杂性系统在很多时候是不可以用简单性思维方式去考虑的。

自然的复杂性方面是目前复杂性科学研究的焦点。不言而喻，复杂性现象所呈现的复杂性不是简单性的线性组合，更不可能被简单性所覆盖，是不可以还原为简单性的。对此，必须探讨新的有效的研究方法加以认识，以体现其自身所具有的“内在的随机性”、“突现的不可预测性”和“‘长程’的不可推导性”。从目前的情况看，虽然这方面的研究取得了一定成绩，但仍需努力。

当然，自然的复杂性并不意味着绝对不可以用简单性原则对之进行简化处理。理由有二：第一，自然的复杂性是由自然的简单性演化而来的，复杂性现象中存在着简单性；第二，在没有找到更有效的方法对复杂性现象进行研究时，不可以停下人类认识的脚步，人类可以而且应该采用已经存在的方法对复杂性现象进行研究，以获得对它的进一步认识，只是在应用简单性原则对复杂性现象进行研究时，应该以不损害科学认识的正确性为原则，否则，就会获得对复杂性现象的不正确认识。这不仅会阻碍科学的发展，而且与现实世界的实际相违背。况且，对于某些复杂性系统，如果用简单性科学方法所建立的模型去描述，往往会显得繁乱而无效，而用复杂性科学方法建立的模型去描述，反而会显得简单而有效。[[45]](#footnote-45)

(三)整体的自然与整体性原则

自然的有机整体性可以概括为：世界是由关系网络组成的有机整体，整体先于关系物；部分之和不等于整体；世界的各组成部分之间存在内在关系；世界是动态有序的整体：存在着层创进化(emergent evolution)[[46]](#footnote-46)与自我超越；人类更大的意义与价值包含于自然整体的自组织进化过程中；等等。

这种整体论的观点有一定道理，科学的最新发展就表明了这一点。

按照传统的观点，不管环境如何，基因总是具有自我统一性的物质微粒。而根据现代生物学的研究，基因会受到有机体的影响，可以以各种不同的方式体现出来——至于以何种方式，则取决于细胞的环境以及当时分子所处的环境。如此，整体与要素、要素与要素之间就呈现出不可分离的状态，系统并非就等于组成系统的各要素之和。关于自然界事物之间的内部联系，虽然现在我们还不能明确它究竟是什么，以及某些事物之间是否真的存在内在联系，但是，我们已经认识到有些事物之间确实存在着内在联系。在现代生态学中，“生态系统的关系不是两个封闭实体之间的外在关系，而是两个开放系统之间的互相包容的关系，其中每一个系统既构成另一个系统的部分同时又自成整体。一个生物系统愈是具有自主性，它愈是依赖于生态系统。事实上，自主性以复杂性为前提，而复杂性意味着和环境之间的多种多样的极其丰富的联系，也就是说依赖着相互关系；相互关系恰恰构成了依赖性，而这种依赖性是相对的独立性的条件”[[47]](#footnote-47)。

英国大气科学家拉伍洛克(James Ephraim Lovelock，1919—)提出的“盖娅理论”(Gaia thesis)与上述观点相一致。他认为，地球是一个巨大的超级有机体(superorganism)，是一个有生命的、系统化的活体。地球的生物圈、大气圈、海洋和土壤构成不可分离的系统。这个系统的整体功能使得地球成为生命存在之所，使得地球上的生物能够正常生存。反过来，生物通过改变其生长和代谢，通过光合作用，吸收二氧化碳，释放氧气等来影响环境。总之，地球上物种的进化与其物理和化学环境的分化紧密地联系在一起，构成单一的和不可分割的进化过程。它的两个最基本的含义是：地球上的各种生物有效地调节着大气温度和化学构成；地球上的各种生物体影响着生物环境，而环境又反过来影响生物进化过程，两者共同进化。[[48]](#footnote-48)[[49]](#footnote-49)

上述整体性的科学事例主要集中于生物领域，事实上，“‘整体性’绝不仅仅局限于生物领域，它可见于存在的所有阶段。‘整体性’根源在无机界中，但在有机生物界，其普遍表现获得了清晰的表达，而在智力和精神层次达到了最高级的表达。因此整体性是宇宙自然在它的时间进程中最显著的表达，是宇宙自然的一种内在性质，它刻画了宇宙进化过程的轨迹。整体论是隐藏在这种进程中的内在驱动力量”[[50]](#footnote-50)。

如上所述，还原论的原则是近代科学诞生以来普遍采用的方法论原则，这一方法论原则的运用极大地推动了科学的发展，获得了丰硕的成果，分子生物学的建立就是明证。

不过，这并不意味着还原论的原则就是无可挑剔的。对于许多对象，整体和部分呈现出有机整体性的特征。对于这类对象，“整体并非等于部分之和”。对它的研究，还原论的运用是必要的，但不是充分的。

对动物肌肉收缩形成的内在机制的探索就说明了这一点。

关于这方面的最早研究可追溯到古罗马医生盖伦。他通过实验得出结论：肌肉收缩是由其内部结构的内在机制使然，而不是经由脉管传输的，即经由某种会引起收缩现象的外部物质所输入的。然而，他的结论并没有成为定论，在其之后的2000多年的时间里，关于这一问题的争论仍然继续着。

18世纪后期，意大利科学家伽伐尼(Luigi Galvani，1737—1798)的电击肌肉实验结果表明，盖伦的上述结论不能成立，应该是附着在肌肉上的脉管造成了肌肉收缩。不仅如此，他还发现了脉管内部导致肌肉收缩的“物质”——电流。

究竟是外部原因还是内部要素导致了肌肉收缩呢？在整个20世纪50年代和60年代初，美国的两位生物学家给出了他们各自的回答。

生物化学家圣乔其(Albert von Szent-Gyorgyi，1893—1986)是一位坚定的强微观还原论者[[51]](#footnote-51)。他认为：“整体没有超越其构成部分特性的任何自己的特性。”[[52]](#footnote-52)所有复杂的生命现象，都能够最终根据分子和化学反应得到解释，即可以将复杂的生命现象还原为分子的化学反应。在这样的自然观指导下，圣乔其坚信，如果能够确定影响肌肉收缩的化学物质，那么就能够把握肌肉运动的内在机制。

他是这样想的，也是这样做的。他把注意力集中在构成肌细胞的关键物质——肌细胞蛋白质上，并且带领研究小组成员进行实验，分离出了大量出现在肌细胞中的两类特殊的蛋白质——肌动蛋白和肌球蛋白，再进一步研究了它们各自的化学和物理属性。在这之后，他又试图在试管中对肌肉收缩机制进行重构。

他的实验结果如下：当他把作为能量化学成分的三磷酸腺苷(ATP)加到肌细胞的各种提取成分之中时，或者把它加到作为黏性凝胶而处于悬浮状态的、被分离开来的蛋白质之中时，这两种物质都出现了收缩现象。他将这种现象称为超沉淀作用(superprecipitation)。在某些系统中，当ATP被破坏并随着时间减少后，那种收缩了的物质又会重新恢复到先前的松弛状态。只要不停地把更多的ATP加到那种混合物中，收缩和松弛之间的循环就会不停地发生。根据上述实验，圣乔其得出结论：肌肉收缩是肌动蛋白和肌球蛋白在受到ATP的激发后，由其所具有的某种可逆性的凝结或同时沉淀的特征所导致的。

这一结果似乎也表明了强微观还原论的正确之处：人们只要根据对孤立状态下相关分子性质的研究，便可以窥视肌肉收缩的机制；任何生理过程都可以在试管中被重组。如果再进一步研究，就可以完全用具体分子的特殊性来解释肌肉产生力的内在机制了。

圣乔其的上述对还原论的方法的运用，受到与他同一时期的生理学家海尔布伦(Lewis Victor Heilbrunn)的反对。他认为，通过将组织匀浆化和提取细胞化学物质的方式对肌肉收缩机制进行的研究，无异于根据一部汽车被磨碎的零部件粉末——将它们分离为像铁、铜等物质构成成分之后——去认识汽车如何工作一样，即根据那些分离物质的特性去寻找汽车移动的能力所在。他坚持，细胞机制的秘密完全可以根据研究整个细胞及其性质来发现。在他看来，探究生物有机体系统的化学成分对于达到完全的认识是必要的，但不是充分的，如果细胞或有机体的完整过程尚未被认识，那么，人们就永远不知道某种设想出来的化学机制是否真正说明了那一过程的属性。

在上述思想的基础上，海尔布伦认为，必须恢复细胞作为生命不可还原单元的最初整体性观念；只有当一个细胞是完好无损的整体时，它才是有生命的；要认识生命，就必须认识作为整体性的细胞。这才是把生命作为一个整体去研究。

受这种弱微观还原论思想的指导，海尔布伦根据原生质理论以及运动的溶胶、凝胶理论推测：钙离子应该在肌肉的收缩过程中起着重要作用，如果钙离子能够导致肌肉收缩，那么，当把它注入一块松弛无力的肌细胞之中时，应会导致收缩现象。

他的研究生弗洛伊德根据他的设想进行了实验，结果显示，当把含有小剂量钙元素的液体注入完整的肌细胞中，那些肌细胞立刻出现了收缩现象。

谁是谁非？两位科学家莫衷一是。

海尔布伦认为，圣乔其的实验无非表明来自肌肉的蛋白质在试管内形成了沉淀，它与完整肌细胞中肌肉收缩的机制没有什么内在关联；将观察到的孤立化学物质所产生的反应等同于完整细胞之中所发生的现象，无疑是一种非常表面的猜想；通过这种对细胞进行“搅拌”的“实验”，人们是无法认识到肌肉收缩的内在机制的。

圣乔其的观点与其针锋相对，他认为，如果不对细胞成分予以检验，人们怎样才能认识到肌肉收缩的机制呢？如果不对潜在的细胞化学物质进行检验，又怎么会从中获得任何关于细胞的知识呢？仅仅根据把某种物质注射到肌肉之中来观察它是否有收缩现象，怎么可能得出任何关于肌肉收缩机制的结论呢？

科学发展到这里似乎进入了死胡同。然而，其后电子显微镜在该专题研究上的应用使研究有了新的发现：当肌肉细胞收缩时，肌原纤维之间显然有着相互滑近对方的现象。据此，英国生物学家休·赫胥黎(Hugh Huxley，1924—2013)提出了一种新的关于肌肉收缩的模型——滑动的肌原纤维(sliding filament)模型。大意如下：肌原纤维存在厚的和薄的两种，它们通过一种“横桥”(cross-bridge)的结构，间歇性地附着在一起；正是“横桥”的运动，迫使肌原纤维以类似于棘轮机的方式滑入对方，从而导致肌肉的紧缩，所以，肌原纤维的滑动作用是肌肉张力形成的原因。

至于圣乔其和海尔布伦所述的现象是否存在呢？电子显微镜的观察显示，尽管肌细胞内塞满了各种各样有趣的结构，但是，圣乔其所谓的沉淀现象以及海尔布伦所说的溶胶和凝胶状态的迹象，都无影无踪。

这是否意味着他们关于肌肉收缩的实验和理论都是错误的呢？并不是。进一步的生物学研究表明，赫胥黎理论中所谓薄的和厚的肌原纤维，实际上就是圣乔其所说的肌动蛋白和肌球蛋白；电子显微镜自显影技术显示，在肌肉收缩过程中，钙离子的确起着至关重要的作用。

这样一来，圣乔其和海尔布伦的实验结论就都既是正确的，又是错误的。圣乔其的正确之处在于对两种蛋白质的鉴别，而海尔布伦的正确之处在于对钙离子的辨识，两者的错误之处在于对肌肉收缩机制的阐释。

鉴此，圣乔其晚年的观点发生了戏剧性的变化，他最终认识到，人们仅仅通过细胞构成部分的研究，是无法理解细胞特征的；是细胞整体体现着对其成分和本质的原因说明。海尔布伦一直都是正确的，不仅在他关于肌肉收缩的理论方面，而且还在他对细胞的研究方向上。[[53]](#footnote-53)

上述案例无疑给我们以深刻启发。它告诉我们，在科学研究的过程中，一味地遵循强还原论是错误的。对于有机整体性的对象及其呈现的现象，“是不可能在事物的内在结构中被发现的，亦不可能从对这种结构的理解或推论中被认识。不管我们对那些构成部分的知识可能多么了如指掌，我们也不可能孤立地从系统形形色色的部分属性中理解其整体现象”[[54]](#footnote-54)。此时，应该遵循整体性的原则，进行科学创新，以新的科学方法来对其加以认识。

不过，在这样做时，还应该清醒地意识到，自然的有机整体性不是绝对的，也不是绝对普遍的——万物都在万物中(everything is in everything)，如此，那种将自然的有机整体性绝对化从而走向绝对的整体论的观念是不妥当的，势必成为深入研究的障碍：在思维方式上，重新坠入了它所反对的“还原论”——只不过还原论者是把一切归结为“部分”，而它把一切归结为“整体”；在认识方式上，不能提出一种现实可行的方案，只能用一种信念和洞察代替翔实的探求。目前，一种可取的态度是将有机整体性相对化，扬弃传统的科学认识方法，走向弱还原论，探索新的科学认识方法，在不损害或不根本损害对象的有机整体性特征的前提下，以某种可实行的观察方法、隐喻方法、解释方法、黑箱方法、模拟方法、计算方法等，对其加以研究。将自然的有机整体性划归为机械简单性，或者机械地运用传统的科学方法去认识有机整体性的对象，都是对对象有机整体性的歪曲和践踏。在认识具有有机整体性的对象时，把有机整体性当作有机整体性本身看待并加以保持，应该成为科学方法的相应选择及其应用的基本原则。[[55]](#footnote-55)

既然复杂性科学认为事物之间存在内在的联系，是一个有机的整体，那么对该系统和要素进行研究时就既不能像近代科学那样采用分割的方法，也不能像它那样，认为所有的原因都是侧向和向上发展的，只从同层次的或低层次的实体那里为高层次的实体寻找原因；而应该换一种思维方式，用整体的观念去观察、思考问题，即在对部分(低层次)运动的起因进行研究时，不仅应该从与之相比的同层次的或低层次的实体那里为高层次的实体寻找原因，还必须从同层次、低层次或高层次那里为低层次的存在寻找原因。实际上，高层次也可以成为低层次的原因。还原论者向来否认下向的因果关系。其实，随着科学的发展，这样的因果关系是不难设想的。[[56]](#footnote-56)现代科学更多的时候就是通过高层次的来为低层次的寻找原因，这种原因又称为“下向的因果关系”(downward causation)。

随着科学的发展，整体性的方法论原则，应该在保护生物学、环境科学、地球科学、生态学等学科中得到体现和应用。

(四)盖然的自然与非决定性原则

自然的决定性是由自然的规律性决定的，而自然的规律性又是机械自然观的必然推论，机械自然观是决定论的自然观：只要给世界在某一时刻的完整描述，那么在因果规律的帮助下，过去和将来的任何事件都能被准确无误地描述出来。

其实，“自然是有规律的”这一论断并没有得到强有力的论证。

第一，古希腊自然哲学思想中所蕴含的自然规律性的思想并没有牢固的基础，更多的是哲学思辨意义上的。米利都学派所宣称的自然本原学说虽然含有自然有规律地生成的含义，但更多的是基于经验的猜测和万物有灵的设想；柏拉图的数学规律仅仅存在于理念世界以及完美的世界如天上的世界当中，属于客观唯心主义阵营；亚里士多德的自然的内在目的以及世界的等级引出的自然规律，也存在把世界上所有的存在看作是精神的内在目的的追求倾向；卢克莱修之世界理性基础上的规律性，扩大了世界之精神的一面，存在世界之精神的泛化。一句话，古希腊自然哲学之“世界的规律性”是在世界之附魅基础上完成的，富有有机论乃至神秘主义的色彩，古希腊“哲学式自然规律”是站不住脚的。

第二，中世纪神学自然观基础上的科学规律性思想，是基于上帝作为最高的完美存在这一前提的。上帝究竟存在不存在？上帝究竟完美不完美？存在的且完美的上帝基于完美创造的完美的世界是否就是以所谓的规律的形式呈现？这些问题都不能确定。因此，基于完美的上帝创造规律性的完美的自然的观念是站不住脚的，“神学式自然规律”是可质疑的。

第三，近代笛卡尔机械自然观基础上的自然的规律性思想是存在局限的，它只是人们依据机械自然观进行推论的结果。事实上，自然世界虽然存在机械的方面，但是更多地呈现的是非机械的方面，就此，由机械自然观为前提而推得自然的规律性就不是必然的了，自然存在许多非规律性的方面。

既如此，人们为什么会如此钟情于规律，并努力探求自然界的规律呢？理由之一是人类的认识能力是有限的，人类最初就只能认识具有规律性的现象。另外一个重要原因与自然界中存在着规律性有关。不可否认，自然界中是存在规律性的，并且存在近代科学所揭示的那种决定论的、机械式的规律性，正是自然界呈现出来的这种规律性，使人们产生了自然具有规律性的信念，并促使人们去研究这样的规律性。

但是，如果我们深入分析，就会发现：当我们观察周围的世界时，更多的不是观察到世界的规律，而是看到了这些规律的展现——结果。这是两个不同的领域。“展现的现象——结果要比统治它们的规律复杂，因为它们并不遵守由规律展现的对称。展现了复杂的非对称结构的结果可能由对称的简单的规律来统治。”[[57]](#footnote-57)这就是说，我们周围的非对称的结果并不允许我们根据规律来推演，将事物分成规律和结果使得关于规律的理论对于理解世界是必要的，但远不是充分的。

如对于“生物学中究竟有无规律”这一问题，在生物学界和生物哲学界长期存在争论。1970年，高德(Stephen J. Gould)认为，多洛定律(Dollo’s law)——生物进化是不可逆的，已经演变的物种不可能再恢复到祖型，已经绝灭的物种不可能再重新产生，有一定道理。但是，与物理学和化学不同，在生物学的理论化中，有独特的因素阻止规律的形式化。生物的复杂性已经成为生物学规律的普遍的障碍。这点对于多洛定律也一样[[58]](#footnote-58)，凡进化了的植物均不可复原。1997年，麦金泰尔(Lee Mcintyre，1929—)对此问题进行了探讨，认为高德没有能够证明多洛定律不是一个像规律那样的东西，也没有证明多洛定律的所谓失败为什么证明了生物学中不可能有规律，更没有证明“复杂”对于规则性(nomologicality)是一个基本的障碍。[[59]](#footnote-59)1982年，伯尼尔(Re Jane Bernier)分析了生物学中普遍规律的含义，并且审视了生物学中的统计规律和概率规律，特别是生物学中机遇、概率理论以及逻辑概率和统计概率之间的关系。[[60]](#footnote-60)1997年，布兰顿(Robert N. Brandon，1950—)认为将视野集中于偶然的而不是像规律那样的东西，对实验的进化生物学将会有更好的理解。就此，在进化生物学中，是很难接受像逻辑实证主义那样的在科学解释中起着实质性作用的规律的。[[61]](#footnote-61)1994年，罗森伯格(Alexander Rosenberg)基于“随附性命题”，认为生物学所涉及的生物个体所具有的性质异常复杂，不能以严格的规律形式呈现。[[62]](#footnote-62)1995年，比蒂(John Beatty)提出“进化偶适性命题”，论证生物现象是具有偶然性的，因此在生物学中，规律并不存在。[[63]](#footnote-63)1997年，索伯(Elliott Sober)认为，罗森伯格的“随附性命题”论证只是说明了生物现象的复杂性，但是并没有证明在此复杂性中不可能有生物学规律；通过对比蒂的“进化偶适性命题”进行重构并修改，得出了一种“非偶适性命题”，再进一步认为存在先验的生物学规律。[[64]](#footnote-64)艾尔金(Mehmet Elgin)沿着索伯的这一思路，分别在2003年、2006年、2010年撰写论文，论证先验的生物学定律在解释与预测等方面发挥着与严格的经验定律同样重要的作用，先验生物学定律可以存在，而且确实存在。[[65]](#footnote-65)[[66]](#footnote-66)[[67]](#footnote-67)2010年，德索泰尔(L. DesAutels)批评索伯和艾尔金这一先验定律观将会消解定律与偶然概括之间的区别，并且将会使得生物学中充斥着各种定律。[[68]](#footnote-68)在这同一年，也就是2010年，索伯和艾尔金撰文回应，指出他们对比蒂“进化偶适性命题”的批判依旧有效，他们的“非偶适性命题”表明生物学中存在先验定律，并且这一定律明显不是偶然概括。[[69]](#footnote-69)2011年，索伯进一步提出，自然选择当中存在着独立于经验的因果关系，它们表现为先验的因果模型，在自然选择中发挥着核心的作用。[[70]](#footnote-70)2011年，朗格(Marc Lange)和罗森伯格针对索伯的自然选择中的先验因果模型进行了质疑，认为并不是每一个索伯表达的“将引起”(would promote)陈述都是真正的因果关系，并认为索伯没有表明他的“将引起”陈述的例子能够在不牺牲其因果性的情况下实现先验地位。[[71]](#footnote-71)2014年，索伯和艾尔金证明了他们的相关陈述的因果性，认为朗格和罗森柏格2011年的例证并不恰当，继续捍卫他们的先验因果模型。2015年，诺伦扎诺(Pablo Lorenzano)等补充了朗格二人的批评，认为索伯所谓的“先验的因果模型是生物学具有而经典力学中不具有”的观点存在问题，经典力学当中也存在索伯表述的这一先验因果模型。[[72]](#footnote-72)2016年，布拉德雷(Darren Bradley)从功能定律的角度出发扩展了定律的适应范围，捍卫并发展了索伯自然选择中的先验因果模型。[[73]](#footnote-73)

我国学者结合国外学者的相关研究，也对这一问题展开了讨论。[[74]](#footnote-74)

在这种情况下，我们可从两种不同的途径来研究自然。一种是更多地被自然的简单性和对称性所吸引，对要素进行分析，在更靠近自然规律的地方工作，以暴露自然隐藏着的对称性。这是粒子物理学家的着眼点，也是他们宣称自然简单性的基础。另一种是对整体系统进行分析，更多地研究自然的复杂性所展现的非对称性，而不是规律自身，更多地被自然的复杂性而不是它的规律所吸引。后一种是生态学家和气象学家等的着眼点，也是他们宣称自然复杂性的基础。这两者对于认识自然都是必需的。[[75]](#footnote-75)

传统的近代科学更多地关注第一种途径，而较少关注第二种途径，这种状况必须改变，必须对更多的非规律性现象展开研究。规律性可以使我们更方便地去认识，更有效率地去行动，更好地达到目的，但是，非规律性可以使我们更全面地、更深入地认识自然，更加灵活、复杂地去行动，更多地与自然相符合。对自然非规律性的这第二个路径的贯彻和加强，使我们越来越多地认识自然的非规律性的方面，从而也就相应地呈现自然非因果决定性的方面。如果没有认识到一点而一味按照因果决定性的原则去认识自然，那么这样的认识就不可能反映自然界的复杂的、多类型的因果关联。“世界的结构不可能只由自然规律来解释。”[[76]](#footnote-76)19世纪发展起来的统计物理学表明，由大量微观客体组成的宏观客体所服从的是概率统计规律，而不是牛顿力学定律。1850年，德国物理学家克劳修斯发现了热力学第二定律，并将此表述为“熵增原理”，它说明自然界中存在不可逆过程，而牛顿力学方程中时间是反演对称的，即过程是可逆的。这样，机械决定论的代表人物拉普拉斯在1825年完成的《天体力学》一书中所断言的——我们必须把目前的宇宙状态看成它以前的状态的结果以及以后发展的原因，就不适用了。

对机械决定论冲击最大的是20世纪50年代创立的混沌学。混沌理论表明，混沌运动具有内在的随机性、对初始条件的敏感依赖性和奇异吸引子特性。由于具有内在的随机性，使得必然性中潜藏着偶然性；由于具有对初始条件的敏感性，使得预测变得不可能；由于具有奇异吸引子特性，使得系统具有无穷层次的自相似结构和非整数维。这就从根本上动摇了机械决定论的理论基础。

三、综合方法论原则研究有机整体对象

现代科学革命是以有机论自然观为其本体论基础的，在此基础上，就需要采取相应的方法原则，如返魅性原则、复杂性原则、整体性原则、非决定性原则，对对象的生命性的或精神性的方面、复杂性的方面、整体性的方面、非决定性的方面进行认识。这样的认识既可以着眼于对象的这些方面，分门别类地进行，也可以针对某一认识对象或某一认识主题综合进行。事实上，在具体化的科学研究过程中，科学家针对某一对象所进行的更多的是综合性的研究，此时，是针对某一认识主题，把上述各种方法论原则综合起来展开研究的。下面以“群落聚集整体论-决定论和还原论-随机论的争论”为例，对此问题进行较为详细的论述。[[77]](#footnote-77)

(一)戴蒙德群落聚集整体论的提出及其他学者的支持(1975—1979年)

群落聚集议题是群落生态学中最为重要的问题，也是备受争议的问题。1975年戴蒙德(Diamond)继承克莱门茨(Clements)1916年所提出的“机体论”，并受麦克阿瑟学派岛屿生物地理学的影响，认为群落是基于生物之间营养关系建立起来的有机整体，聚集过程及其结构的形成并非偶然，而是种间竞争的结果，它规定着哪些物种组合在岛屿上存在以及哪些组合不能存在——“聚集规则”，从而决定群落的最终目标和未来形式。[[78]](#footnote-78)生态群落具有自动调节和恢复功能，通过定殖种的选择，调整多度、压缩生态位，以保持稳定和维系平衡。这种平衡的表现就是物种的组合配置及其群落结构的形成与资源的竞争和获取有关，群落内允许组合使得潜在入侵种可利用的资源呈现最低限度。如此，群落在聚集过程中就趋向于一种自组织性的优化状态，具有内在目的论倾向。[[79]](#footnote-79)

群落聚集整体论与物种竞争和协同进化有关，对此，1978年戴蒙德做出进一步论述。[[80]](#footnote-80)其他生态学家也给予支持，如伊恩·艾勃特(Abbott)等人1977年对达尔文地雀属进行野外研究，以评估种间竞争决定物种形态学特征的相对重要性。[[81]](#footnote-81)这是通过物种之间尺寸比率大小的观察，以特征替代是否存在来推断“种间竞争”是否存在，进而支持群落聚集整体论的。这种研究范式在当时受到整体论者的普遍推崇。

需要说明的是，对“竞争作为物种分布机制”的证据寻找并不顺利。大部分生态学家给出的答案是，竞争的证据已被物种之间协同进化的差异所消除，这被称为“竞争后的幽灵”(Ghost of Competition Past)。正因如此，他们认为寻找不到确切的证据不太重要，如凯西(Case)1979年针对竞争种共存的问题指出，生态群落中相互竞争的物种通过协同进化而共存，这是不证自明的。[[82]](#footnote-82)

(二)森博洛夫群落聚集还原论者的质疑(1978—1980年)

1. 森博洛夫以及康纳等的质疑：1978—1979年

戴蒙德提出群落聚集整体论后，1978年森博洛夫(Daniel Simberloff)以及康纳(Conoer)和森博洛夫于1978年、1979年基于格里森“个体论”，提出群落聚集还原论，对其质疑。

1)“归纳-证实”原则的欠缺及“零假说-证伪”原则的优先

森博洛夫1978年认为，群落是生物个体的松散组合，聚集过程取决于物种的分散属性，呈现出偶然的“现象性”结果。由此，他提出与戴蒙德群落聚集整体论之相反的“零假说”——“群落结构的形成是随机过程”，来检验“种间竞争决定群落聚集”的结论。[[83]](#footnote-83)这体现出生态学范式由本质的、整体论的、决定论的向唯物论的、还原论的、概率论的转变。

在1978年和1979年两篇文献中，康纳和森博洛夫主张，要证明竞争决定物种分布就必须证伪“零假说”。因为“聚集规则没有简约的零假说检测……戴蒙德假设竞争为决定因素，并事后合理化观察数据”[[84]](#footnote-84)，这种“归纳-证实”的研究模式基于波普尔的观点是不合理的，存在“归纳难题”；应该采取“零假说-证伪”原则，首先证伪“零假说”，然后再对备择假说进行证实；就此而言，“零假说-证伪”原则优先于“归纳-证实”原则。

2)群落聚集整体论是错误的

在森博洛夫1978年文献看来，尽管相关研究使戴蒙德对某些规则做出看似合理的陈述，但推导程序是不充分的，其援引生物地理学分布数据来支持岛屿理论，事实上对统计学检验并不深刻。如此，研究者必须抛弃“奥卡姆剃刀”，对不同类群的分布寻求不同的解释。

康纳和森博洛夫于1978年、1979年进行了实验研究，以检测“群落聚集是不是种间竞争的结果”：加拉帕戈斯群岛鸟类等相似性检验表明，种间竞争不对物种定殖和组成产生重大影响[[85]](#footnote-85)；新赫布里底群岛鸟类等分析显示，无法明确拒绝零假说。在他们看来，这些结论并非否定种间竞争，而是表明“零假说”测试无法探测竞争效应。因而，引证竞争以解释物种共现模式是非常困难的，许多异域排列具有非竞争性原因。

2. 斯特朗等对“种间竞争”的质疑：1979年

针对阿尔伯特等有关群落聚集整体论的论证，斯特朗(Strong)等进行了批判。他们对特雷斯马尔法斯等群岛鸟类群落和随机聚集的“零群落”进行比较，以检测“特征替代”及其作为竞争间接证据的信念，结果表明：不存在显著的特征替代，随机过程足以解释观察结果，无须借助竞争等确定性因素进行说明。[[86]](#footnote-86)

既然如此，为何仍以“特征替代”支持“种间竞争”呢？斯特朗等做出分析：该时期生态学思想深受竞争推理的影响，成为主要研究范式；然而“竞争效应”未被批判性验证，且常忽视相矛盾的证据，这种趋势与现代科学的研究规范相背。事实上，应在没有证据表明群落具有确定性结构，或者随机性被否定之前，提出一种逻辑上优先于其他假说的“零假说”，对其进行检验。[[87]](#footnote-87)

3. 康奈尔拒斥“竞争后的幽灵”：1980年

针对凯西等所涉物种分布竞争机制的寻找难题——“竞争后的幽灵”，康奈尔(Connell)认为并非不证自明，需要重新考察。他进行野外实验，对“竞争种生态位的协同进化”予以检验，得到以下结论：第一，影响种团协同进化速率的最佳证据不是竞争，而是植物对寄生虫或病原体的抵抗性演变；第二，竞争种分化的化石记录没有显示竞争是必然机制，也未表明分化具有遗传基础；第三，大多数研究只是比较同域种群和异域种群的形态学特征，不能作为“特征替代起因于竞争”的证据。由此，竞争的概念没有得到明确的证据支持，竞争之外的其他机制也可单独或共同作用以维持共存；“竞争后的幽灵”仅表明在低度多样性群落中略具可能，物种之间协同进化的差异掩盖了竞争证据的说辞毫无根据。[[88]](#footnote-88)

(三)群落聚集整体论者的回应及质疑(1980—1983年)

1. 格兰特和阿尔伯特对斯特朗等的回应及质疑：1980年

针对斯特朗等对“种间竞争”的质疑，格兰特(Grant)和阿尔伯特作出回应：选择同科物种进行检测是不成功的；大陆与岛屿比较研究将影响随机模拟的结果；假定大陆物种具有等概率散布力来计算岛屿预期种/属比率，是荒谬的；检测观察喙比和预期喙比相似性的样本并不独立；等等。[[89]](#footnote-89)他们进一步指出研究存在的误解，如术语混淆等。结果是研究过程和结果的实在论存在严重缺陷，具有倾向发生Ⅱ型错误的可能，即接受错误的零假说。

针对“零假说在逻辑上优先”的论点，格兰特和阿尔伯特认为，逻辑优先性是可争论的，因为群落研究中非交互模型有助于澄清随机的重要性，同时能够很好地模拟因果要素。然而，斯特朗等使用的“零假说”对于假定的物种组成及其属性，只是部分性的，重要的问题是随机过程如何构建群落。他们进一步说明：“我们不是针对‘零假说’展开批评……我们批评的是贯彻‘零假说’所使用的随机过程。随机‘扰码’模型的人工性以及某些情况下依赖于检验数据，降低了它的可接受性。”[[90]](#footnote-90)

2. 赖特和毕尔对森博洛夫、康纳和森博洛夫分析方法的质疑：1982年

针对康纳和森博洛夫的研究，赖特(Wright)和毕尔(Biehl)1982年指出，其Q分析方法存在固有弊端，无法进行确定性判断：从观察到的发生率分布计算相对定殖能力和预期值，这一处理方法具有循环性；将潜在殖民种库P值等于群岛中的物种数量，使P值的估算过低而致使分析失败；研究存在生物统计学问题，“零假说”无法区分随机分布和棋盘分布。基于此，赖特和毕尔提出了更好的替代方法，以区分零假说H0(两物种共享岛屿的观察值源于随机分布且彼此独立)和备择假设H1(物种在岛屿之间规律分布)，两物种随机分布的概率表明拒绝H0接受H1，即物种不是随机分布和彼此独立的，而是规律地排列在岛屿上，竞争性相互作用影响定殖进程。[[91]](#footnote-91)

3. 戴蒙德(吉尔平)和吉尔平(戴蒙德)的回应和批判：1982年

1982年，戴蒙德和吉尔平撰文对群落聚集还原论者的质疑进行回应和批判，回应主要在哲学意义上，批判主要在科学意义上。

1)哲学意义上的回应

第一，“零假说-证伪”原则并不比“归纳-证实”原则更具优势。竞争决定群落聚集的推论立基于竞争理论预测现象的观察，它是正确的；哲学应规定而不是描述“科学如何进行”，“零假说”等程序可被视为科学成功的必要条件，但证伪主义逻辑过于简洁，教条地将其作为评价标准会阻碍科学的进步。对此，生态学家应持有多元论立场，而不仅是坚持“过时了”的哲学。[[92]](#footnote-92)更何况，现实的理论异常复杂，不可能对其作出定论性的证伪，理论证伪和假说-演绎的方法不能对生态学命题做出正确判断。

第二，即使“零假说-证伪”原则比“归纳-证实”原则具有优势，建构一个严格意义上“零假说”充满困难。例如“效应X在数据集解释中是否重要”，适当的零假说为“除了X外，每一事物都很重要”，如果“零假说”可解释检测结果，则不需要援引效应X；如果不能解释，则表明“所有事物(包括X)都很重要”，效应X不能否定，它被包含在“零假说”检验之中。如此，就造成了逻辑上的两难，使得构建一个严格意义上的“零假说”去检验“竞争假说”不再可能。以此考察康纳和森博洛夫“简约的零假说”，隐含地包含竞争等因素；它既不是一个简单假说，也不是一个中性假说，而是一个复杂假说。[[93]](#footnote-93)因而，它是非简约的，且对竞争效应的检验不是绝对“零值”的。

第三，即使不考虑上述这点，对“随机性聚合”进行检验，也是非常困难的。戴蒙德和吉尔平引证费宁格(Feinsinger)等1981年的研究加以阐述：两极分化的生态学研究存在潜在危险，“构建一个适当的‘零假说’去获得完备的群落聚集检验”，类似于“构建一个适当的‘零假说’去检测巴赫‘第一大提琴组曲前奏’的音符模式”，被证明是非常困难的。[[94]](#footnote-94)

2)科学意义上的批判

除操作性问题外，康纳-森博洛夫程序存在基本缺陷：对整个动物区系进行分析，使竞争生成排斥性分布的数据淹没在大量无关数据中；“竞争效应”隐藏在“零假说”中，以此检验“群落构建由竞争决定”的论断是不恰当的；将观察到的物种数据等同对待而未进行加权，计算结果并不合理；行和列的约束条件使程序不能检测棋盘分布；程序存在结构性缺陷而无法构造模拟矩阵；不能检测非随机性方向，也无法确定可靠的物种组合，因而不能获得更深入的生物学认识；过分依赖于低效昂贵的蒙特卡罗模拟，而它未能充分覆盖样本空间。基于此，吉尔平和戴蒙德构建新的“零分布”方法探讨了物种共现的非随机问题，不仅可以检验群落是不是非随机构建的，而且还可以确定每一特定物种组合与随机性预期的偏离，进而避免康纳-森博洛夫程序的缺陷，结论是岛屿物种共现是非随机的。[[95]](#footnote-95)

4. 拉夫加登的回应和质疑：1983年

第一，“证伪”并不规范性地优越于“证实”。“零假说-证伪”原则优于“归纳-证实”原则的给定理由既不明确也不充分；并且康纳和森博洛夫等论点过分强调科学研究的过程应与哲学相一致，是一种自我妥协，会导致坏的科学和哲学的滥用。哲学是一个不断前行的领域，哲学家的观念随思想的积累而发生改变；波普尔的早期研究是规范性的，但并不一定是科学哲学中最好的，这个领域才刚刚开始探索各类自然科学之间的差异，在此采取哲学标准似乎为时尚早。[[96]](#footnote-96)

第二，“零假说”不具有逻辑优先性。对研究活动进行严格排序，将特定假设列为“零假说”并指定其逻辑优先，这一做法是错误的，因为不存在独立的理由来选择零假说；“物种随机聚集”的“零假说”仅具有与其他假说相同的逻辑地位，其在方法论法则上没有优先性。更何况，“逻辑优先”与“时间优先”无关，“逻辑优先”并不意味着在调查其他假说之前应首先调查“优先假说”，调查的时间顺序是一个实践问题，而不是逻辑问题。[[97]](#footnote-97)

第三，“零模型”的构建是错误的。森博洛夫等构建的“零模型”并不是从种群数据中抽样分析，而是立基于抽样理论进行说明，从根本上不涉及生物进程，它在经验上是无效的，无法通过“证伪”假设来获得任何知识。并且，“零模型”歪曲了统计学中“零假说”概念，即在模式产生之前就研究模式，事实上对过程的理解有助于发现其后果，从而对模式的正确提出具有重要的意义。[[98]](#footnote-98)

第四，“竞争后的幽灵”可能存在。在技术层面，康奈尔所言“野外实验方法对于证明竞争是否存在以及生态位是否具有遗传学基础是极为必要和充分的”含义不清，缺乏说服力；“必要和充分”误导研究者以为存在一个逻辑必然性去接受实验计划的结论，且没有其他计划令人感到满意。

(四)群落聚集还原论者的回应和质疑(1983—1984年)

1. 康纳和森博洛夫对戴蒙德和吉尔平等的回应和质疑：1983年

1983年，康纳和森博洛夫集中对戴蒙德和吉尔平的质疑加以回应。他们指出，将分析限于同资源种团或“潜在竞争种”并非易事，很难将竞争效应从群落的分析中区分开来；竞争可能影响岛屿物种丰度，但并不导致共现模式的变动；“棋盘分布”不一定由竞争引起；“方向性问题”可通过检查观察值和预期的偏差，以及单元格对卡方统计的效应来确定。

针对格兰特和阿尔伯特提出的“循环问题”，康纳和森博洛夫认为并不正确，列联表分析的整个前提是错误的，某些固定边际中可能的重排数量很小而无法实现统计学意义。至于赖特和毕尔的批判，康纳和森博洛夫回应：程序不能限制物种共现的预期模式来解释物种-面积关系，倾向于拒绝零假设。

对于零假说在生态学中作用的否定，康纳和森博洛夫指出，在严格的统计意义上，零假说虽不是唯一的“测试假说”，但其使用最为常见；零假说和零模型可有效地近似“控制作用”，作为挑战非实验证据的推论手段以测试非实验证据性假说，它是正确的且有用的。[[99]](#footnote-99)

2. 森博洛夫对拉夫加登的回应与质疑：1983年

1)对哲学批判的回应

森博洛夫部分赞同拉夫加登的观点，即科学事业使用常识和经验，但认为这是一个过于简单的问题，无法获得确定性知识而存在僵局，波普尔程序的应用可清楚地表明假设和证伪，更接近对自然的准确描述，这一方法成为常识性建构的一部分。针对波普尔程序应用超出自然科学范围的指责，森博洛夫援引“精致证伪主义”指出，群落的复杂性和操纵的困难决定了理论不应被立即抛弃，“我们必须宽松地对待萌芽阶段的研究纲领，特别是当这样的纲领正在长成并且能够带来新事实的预测研究的时候”[[100]](#footnote-100)。

2)对科学(方法)批判的反驳

关于康奈尔科学实验报告的指责，森博洛夫反驳：移除实验原则上并不能驱除“竞争后的幽灵”，但至少澄清自然如何运用；对于森博洛夫-康纳测试倾向于Ⅱ型错误，拉夫加登没有在统计学上予以证实，也没有对其模型倾向性(偏倚)进行分析；在协同进化研究中，他忽略了外界环境等因素，对竞争或干扰机制的解释也不具体，并坚持有效模型的实在性。事实上，拉夫加登并未注意“实在”与“非实在”之间的界线是主观的，非实在的模型在提高对自然的理解或生成机制假设方面同实在模型一样重要。[[101]](#footnote-101)

3. 森博洛夫和康纳对赖特和毕尔的回应和质疑：1984年

1984年，森博洛夫和康纳撰文回应赖特和毕尔的批判。针对岛屿相似性检验循环，他们回应道，并没有检验种间竞争是否发生，而只关注物种数量模式是否与独立占据的假设不一致；对于测试缺乏统计能力，森博洛夫和康纳指出，对两个实例的检测并不等于说明岛屿的相似性是检测种间竞争的有力工具；以“同资源种团分析”论证模式缺乏力量，在他们看来并不正确，因为赖特和毕尔的计算结果存在错误。[[102]](#footnote-102)

在此基础上，森博洛夫和康纳进一步指出了R模式分析方法所存在的问题，并得出结论：赖特和毕尔在极端假设下检验岛屿相似性的做法是不正确的，因为相似性检验并不是处理竞争排斥问题的最好方法，即使物种按照竞争性种团模式分布，实际情况也不会像他们所认为的那样严格。[[103]](#footnote-103)

(五)群落聚集整体论与还原论的总结性交锋与陈词(1984年)

1984年，普林斯顿大学出版1981年主题为“生态学群落：概念问题与证据”会议论文集。该文集收录争论文献3篇：吉尔平和戴蒙德观点的概括及补充，康纳和森博洛夫对吉尔平和戴蒙德论点的回应，以及最后陈词。

1. 吉尔平和戴蒙德的基本观点

除了概括性反驳康纳-森博洛夫程序缺陷外，吉尔平和戴蒙德重点回答了以下两方面问题：

第一，物种共现是非随机的吗？吉尔平和戴蒙德基于“零分布”方法，检验了所有排他性分布种对，除了直接相互作用“竞争”外，还存在其他生物学因素：不同的分配策略；不同的地理起源；共享分布策略；共享地理起源；共享生境；单岛特种。结论是：物种共现是非随机的。

第二，“零假说”在群落生态学中有用吗？戴蒙德和吉尔平认为，构建一个严格意义上的“零假说”并不可能，该方向上的任何努力只会产生更多混乱：其一，以包含“竞争效应”的“零假说”来证伪“竞争效应”存在逻辑矛盾；其二，“零假说”缺乏常识且存在统计弱点，因其错误而被反驳；其三，改进的“零模型”仍涉及生境、分配策略等影响。[[104]](#footnote-104)

2. 康纳和森博洛夫对吉尔平和戴蒙德的回应和质疑

针对上述批判，康纳和森博洛夫表示反对：聚集规则未提及同资源种团，所获结论无法检验；没有从根本上指出竞争交互对共现模式产生作用；在最初未提及加权的情况下，改变论证方式质疑同等对待种对毫无道理；模拟矩阵可识别嵌套数据集并生成有意义的重新排列也需要说明；至于“方向性”，可通过检查单元格对卡方统计量的贡献来确定；蒙特卡罗程序模拟可解决固定边际预期的频率分布问题。[[105]](#footnote-105)由此，康纳和森博洛夫重申，戴蒙德-吉尔平新方法没有比其检测程序更强大，同样无法证明“岛屿物种非随机聚集”，因而引证竞争做出解释非常困难。

3. 吉尔平和戴蒙德对康纳和森博洛夫的反驳

对此，吉尔平和戴蒙德给出反驳。他们首先概述了争议的三个主题：其一，观察到的物种共现模式是否与随机排列的预期值相一致？其二，如果不一致，哪些生物因素导致这一结果？其三，测试非随机共现模式的最佳方法是什么？

吉尔平和戴蒙德指出，物种共现模式的再检验，证明了第一个问题的答案是否定的。对于第二个问题，存在多种生物因素产生非随机共现模式，种间竞争具有决定作用。至于最佳方法，他们指出康纳-森博洛夫程序存在许多缺陷，如混淆了“棋盘分布”和“退化重排”，使用术语“退化”在“数学”和“道德”上的贬义内涵为程序的结构弱点辩驳，将难以识别的矩阵从重排样本空间删除，从而增加接受“零假设”的可能，等等。[[106]](#footnote-106)

4. 康纳和森博洛夫总体性回应

面对戴蒙德和吉尔平的反驳，康纳和森博洛夫做出了简短性回应：关于种团界定和罗列，仅希望读者自行确定；对于棋盘分布问题，他们认为已给出清楚论证，并再次声明“退化”一词无任何贬义色彩，被定义为“曲线或其他轨迹降低至较低阶，或改变为不同形式”，而非“道德”或“数学”上的堕落。

也许因上述回应太过简略，康纳和森博洛夫1986年再次撰文对相关问题作了概括性说明。他们认为，竞争是重要的，但重要性的证明是困难的：野外实验无法测量，而非实验性数据论证不足，其他因果关系也可预测相同的模式。对于“零模型”，如果不做出假设来解释数据结构，提出和拒绝“零假说”将是简单和无趣的；然而没有“零模型”，将看不到评估非理论证据与理论一致性的方法。[[107]](#footnote-107)

(六)结论及其启发

自1984年后，戴蒙德与森博洛夫等很长时间没有再起争论，直到2009年，桑德森(Sanderson)和戴蒙德等撰写新的文章复兴争论。新的争论聚焦于“物种共现模式”和“棋盘分布”，更多涉及技术性讨论，在此不做详细阐述。

概括上述“群落聚集整体论-决定论和还原论-随机论的争论”脉络，见图12.3。

戴蒙德和森博洛夫等人之间的争论，是群落聚集整体论和还原论之间的对抗。一方面，以戴蒙德为首的群落聚集整体论者持有严格的决定论立场，否定一切随机性解释，但伴随争论的进行开始接受并使用“零假说”作为检验工具，表明他们部分接受了群落聚集随机论，并认为竞争理论、聚集规则以及整体论仅适用于同资源的生态近缘种；另一方面，以森博洛夫为首的群落还原论者持有随机论立场，坚持严格的“零假说”优先性以及朴素的“零假说-证伪”原则，但伴随争论的延续也明确承认“零假说”不具有逻辑优先性，进而转向了“精致证伪主义”，可见他们亦部分接受了群落聚集决定论，弱化了先前“‘零假说-证伪’原则优于‘归纳-证实’原则”的论点。该趋势决定了争论最终由激烈趋向缓和，由“哲学规范科学”到“科学参照哲学”，由“群落聚集原因之争”(本体论的)转向“零假说”检验是否完备(方法论)，从而在认知层面上达成以下几点共识：“群落物种组成模式不是完全随机的；在很大程度上，可根据物种个体性质和岛屿特征予以解释；只有在少数情况下，竞争理论才具有决定性。”[[108]](#footnote-108)

需要说明的是，群落聚集之争既是科学争论，也是哲学争论，涉及一系列科学哲学问题，典型的有两个：一是基于群落聚集整体论-决定论和群落聚集还原论-随机论，如何协调本体论的诉求和方法论的取舍，如群落结构是非随机的整体-决定的，则是否意味着研究和解释的模式应该是整体(涌现)的？如果是，则如何合法化所呈现出的还原性？对应地，如果群落的结构是还原-随机的，则是否意味着就应该采取还原论的方法而不能或不应参照整体论？



二是基于群落聚集整体论-决定论和群落聚集还原论-随机论的相关研究，是否只能分别采取“归纳-证实”原则和“零假说-证伪”原则？是否“零假说-证伪”原则优先于“归纳-证实”原则？能否构建一个逻辑上优先于备择假说的“零假说”？如何最好地实施“零假说-证伪”原则呢？等等。这些问题值得深入阐述。

20世纪之后，随着传统科学学科尤其是物理学以及一些新的科学学科如复杂性科学、系统科学、地球科学、生态学等的发展，揭示出一种新的自然观。这种自然观是对传统机械自然观的革命，呈现出有机整体性的特征：返魅性、复杂性、整体性、非决定性。这种新的自然观预示着新的科学革命。这是一次“大写的科学革命”，根据此时代，可以称为“现代科学革命”；根据此特征，现代科学可以称为“有机整体性科学”。

1. Duffin J. Vitalism and organicism in the philosophy of R.-T.-H. Laennec. Bulletin of the History of Medicine, 1988, 62(4): 525-545. [↑](#footnote-ref-1)
2. Haldane J S. Organism and Environment as Illustrated by the Physiology of Breathing. New Haven: Yale University Press, 1917: 89-107. [↑](#footnote-ref-2)
3. Haldane J S. Organism and Environment as Illustrated by the Physiology of Breathing. New Haven: Yale University Press, 1917: 3. [↑](#footnote-ref-3)
4. Peterson E L. The Life Organic: The Theoretical Biology Club and the Roots of Epigenetics. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2017: 3-41. [↑](#footnote-ref-4)
5. 怀特海创立了过程哲学，建设性后现代主义者对此加以了继承和发扬，并且提出了一些新的观点。例如，“事件”这一术语表明现实的基本单位不是“永久不变”的事物或物质，而是瞬间(momentary)事件。那些在现代哲学看来是“永久不变”的事物，诸如一个电子、一个原子、一个细胞或一种精神，实际上都是一种短暂性的社会(a temporal society)，由一系列瞬间事件所构成。每一事件都吸收(incorporate)了先前事件的影响。这样一来，原来被当作世界基本构成单位的静止的、分列的、只具有外在关系的实体，被实体之间的关系以及由此表现出来的事件所代替，也就是被一种生成性的过程所代替。(参见[英]怀特海：《过程与实在》，周邦宪译，北京：北京联合出版公司，2013年。)这就将属于本体论范畴的关系、事件等包含于世界的基本构成之中，也将世界的基本结构看作是由关系网络组成的有机整体。过程哲学有待商榷，但是，它也并非一点道理没有。现代科学出于对实体论和还原论的拒斥，也就是出于对空间化思维和表态的结构分析、性质阐明的拒斥，去关注四维流形(包括数学上相交形式、分类定理、格点等基本概念)中随着时间而来的事件序列、动态的关系网络、生成的量子现象、演进的整体动力学机制，去关注更为具体的、本真的、具有某种主动性(activity)的自然，这或多或少地表明过程哲学具有合理性的方面。 [↑](#footnote-ref-5)
6. Allen G E. Mechanism, vitalism and organicism in late nineteenth and twentieth-century biology: the importance of historical context. Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 2005, 36(2): 261-283. [↑](#footnote-ref-6)
7. Herring E, Radick G. Emergence in Biology: From organicism to systems biology//Gibb S, Hendry R F, Lancaster T(Eds.). The Routledge Handbook of Emergence. London: Routledge, 2019: 352-362. [↑](#footnote-ref-7)
8. Woodger J H. Biological Principles. London: Routledge & Kegan Paul, 1929. [↑](#footnote-ref-8)
9. Peterson E L. The Life Organic: The Theoretical Biology Club and the Roots of Epigenetics. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2017: 116. [↑](#footnote-ref-9)
10. Haraway D J. Crystals, Fabrics and Fields. Metaphors of Organicism in Twentieth-Century. New Haven: Yale UP, 1976: 38. [↑](#footnote-ref-10)
11. Rosslenbroich B. Properties of life: toward a coherent understanding of the organism. Acta biotheoretica, 2016, 64(3): 277-307. [↑](#footnote-ref-11)
12. Peterson E. The conquest of vitalism or the eclipse of organicism? The 1930s Cambridge organizer project and the social network of mid-twentieth-century biology. The British Journal for the History of Science, 2014: 281-304. [↑](#footnote-ref-12)
13. Nicholson D J, Gawne R. Neither logical empiricism nor vitalism, but organicism: what the philosophy of biology was. History and philosophy of the life sciences, 2015, 37(4): 345-381. [↑](#footnote-ref-13)
14. Botz-Bornstein T. Micro and Macro Philosophy: Organicism in Biology, Philosophy, and Politics. Boston: Brill Rodopi, 2020: 36. [↑](#footnote-ref-14)
15. Herring E, Radick G. Emergence in Biology: From organicism to systems biology//Gibb S, Hendry R F, Lancaster T.(Eds.). The Routledge Handbook of Emergence. London: Routledge, 2019: 352-362. [↑](#footnote-ref-15)
16. Waddington C H. Tools for Thought: How to Understand and Apply the Latest Scientific Techniques of Problem Solving. New York: Basic Books, 1977: 16. [↑](#footnote-ref-16)
17. Peterson E L. The excluded philosophy of evo-devo? Revisiting CH Waddington’s failed attempt to embed Alfred North Whitehead’s “organicism” in evolutionary biology. History and Philosophy of the Life Sciences, 2011: 301-320. [↑](#footnote-ref-17)
18. Nicholson D J. The return of the organism as a fundamental explanatory concept in biology. Philosophy Compass, 2014, 5: 347-359. [↑](#footnote-ref-18)
19. Gilbert S F, Sarkar S. Embracing complexity: organicism for the 21st century. Developmental Dynamics: an Official Publication of the American Association of Anatomists, 2000, 219(1): 1-9. [↑](#footnote-ref-19)
20. Bognon-Küss C, Chen B, Wolfe C. Metaphysics, function and the engineering of life: the problem of vitalism. Kairos-journal of Philosophy & Science, 2018, 20(1): 113-140. [↑](#footnote-ref-20)
21. 具体内容参见[英]玛丽安·斯坦普·道金斯：《眼见为实——寻找动物的意识》，蒋志刚、曾岩、阎彩娥译，上海：上海科学技术出版社，2001年；[法]雅克·沃克莱尔：《动物的智能》，侯健译，北京：北京大学出版社，2000年。 [↑](#footnote-ref-21)
22. 田立：《植物有没有智慧？》，《百科知识》，2003年第7期，第25-27页。 [↑](#footnote-ref-22)
23. 邱立勤、耿安利、贾培世：《化学领域的前沿——超分子化学》，《化学世界》，1997年第4期，第171-177页。 [↑](#footnote-ref-23)
24. 闫莉：《超分子化学——化学研究的新视角》，《世界科学》，2003年第4期，第7页。 [↑](#footnote-ref-24)
25. 杜丹、王升富：《自组装超分子膜修饰电极的研制及分析应用》，《化学研究与应用》，2001年第6期，第617页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. 肖显静：《大卫·格里芬的后现代科学成立吗》，《河北师范大学学报(哲学社会科学版)》，2003年第2期，第21-28页。 [↑](#footnote-ref-26)
27. Tansley A G. The classification of vegetation and the concept of development. The Journal of ecology, 1920, 8(2): 118-149. [↑](#footnote-ref-27)
28. Tansley A G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, 1935, 16(3): 299. [↑](#footnote-ref-28)
29. Patten B C. Energy, emergy and environs. Ecological Modelling, 1992, 62(1): 29-69. [↑](#footnote-ref-29)
30. Patten B C, Straškraba M, Jørgensen S E. Ecosystems emerging: 1. conservation. Ecological Modelling, 1997, 96(1-3): 221-284. [↑](#footnote-ref-30)
31. Nielsen S N.Towards an ecosystem semiotics. Some basic aspects for a new research program. Ecological Complexity, 2007, 4(3): 93-101. [↑](#footnote-ref-31)
32. Nielsen S N. Second order cybernetics and semiotics in ecological systems—Where complexity really begins. Ecological Modelling, 2016, 319: 119-129. [↑](#footnote-ref-32)
33. [英]詹姆斯·拉伍洛克：《盖娅：地球生命的新视野》，肖显静、范祥东译，上海：格致出版社、上海人民出版社，2019年，第14页。 [↑](#footnote-ref-33)
34. [法]雅克·沃克莱尔：《动物的智能》，侯健译，北京：北京大学出版社，2000年，第4页。 [↑](#footnote-ref-34)
35. “拇指规则”，中文又译为“大拇指规则”“经验法则”，是一种可用于许多情况的简单的、经验性的、探索性的但不是很准确的原则。维基百科(WiKi)里提及，“拇指规则”最早的文字出处是William Hope写的*Compleat Fencing-Master*，第二章，1692年，第157页：“What he doth, he doth by rule of thumb, and not by art.”(译为：他所做的，完全是靠拇指规则[经验]，而不是技艺。) [↑](#footnote-ref-35)
36. Sarah是一个14岁的猩猩，它在不到1岁的时候就被人工饲养，在4岁6个月至6岁5个月期间学习了一些简化的语言，之后10年里每周要上5节课来学习一系列不同的认知任务。因此萨拉在实验开始之前就了解“相同”和“不同”所代表的含义。 [↑](#footnote-ref-36)
37. [法]雅克·沃克莱尔：《动物的智能》，侯健译，北京：北京大学出版社，2000年，第85页。 [↑](#footnote-ref-37)
38. Woodruff G, Premack D, Kennel K. Conservation of liquid and solid quantity by the chimpanzee. Science, 1978, 202(4371): 991-994. [↑](#footnote-ref-38)
39. 肖显静：《从机械论到整体论：科学发展和环境保护的必然要求》，《中国人民大学学报》，2007年第3期，第10-16页。 [↑](#footnote-ref-39)
40. 吴彤：《科学哲学视野中的客观复杂性》，《系统辩证学学报》，2001年第4期，第44-47页。 [↑](#footnote-ref-40)
41. 肖显静：《面对复杂性科学，要探索科学认识方法的新范式》，《科技导报》，2003年第5期，第19-20页。 [↑](#footnote-ref-41)
42. 颜泽贤、范冬萍、张华夏：《系统科学导论——复杂性探索》，北京：人民出版社，2006年，第203页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. 苗东升：《把复杂性当作复杂性来处理——复杂性科学的方法论》，《科学技术与辩证法》，1996年第1期，第13页。 [↑](#footnote-ref-43)
44. [英]扎奥丁·萨德尔、[英]艾沃纳·艾布拉姆斯：《视读混沌学》，孙文龙译，合肥：安徽文艺出版社，2009年，第16页。 [↑](#footnote-ref-44)
45. 肖显静：《环境·科学——非自然、反自然与回归自然》，北京：化学工业出版社，2009年，第120页。 [↑](#footnote-ref-45)
46. “层创进化”又称“涌现进化”或“突现进化”，是一种在20世纪初为了摆脱生机论和机械论，而从科学和哲学角度提出的自然哲学理论。20世纪初叶，英国新实在论者怀特海和亚历山大提出了“宇宙进化的层创论”。亚历山大认为，抽象的“空间-时间”是宇宙的基础、最终的实在，万物由此而生。这是一个按不可逆的方向展开的特殊的发展过程，其中有连续的变化、增加和减少。新质的突现是由于时间的活动，故时间是能动的创造性的本原，是实在的本质属性，在时间的每一阶段上都有一种新的突现的质，各种新质互不相同。他认为，实在世界由于进化而形成一个质的等级体系，它分为若干层次(等级)，其依次为时空的纯粹运动、第一性的质、第二性的质、有机体、生命、心灵、第三性的质、神。这个神并非产生或创造宇宙的上帝，而是包孕各种突现的质的空间-时间的宇宙，也是宇宙进化过程中所要产生的最高层次的质。因此，他主张实在世界由进化而形成不同质的层次，各层次在进化中前进。这是关于万物产生发展的理论。(参见冯契、徐孝通：《外国哲学大辞典》，上海：上海辞书出版社，2000年，第649页。)摩尔根(C. L. Morgen)进一步提出了宇宙发展的理论。他认为，宇宙变化由于神的突创进化性质而产生各种层次的新奇性质，每个新层次的出现都是神的创造而没有外力，神的创造过程分为物质、生命和心灵三个层次，物质的层次是物质的自然粒子；生命的层次是有组织的物质的有机化合物，它以物质为基础，但有新的结构；心灵的层次则以物质与生命为基础，并具有更复杂的结构。他认为，结构的变化是一种突变，从前一层次不能分析出后一层次的结构，三个层次各有规律，不能以这一层次的关系、结构或规律去解释另一层次的关系、结构或规律。他进一步认为，亚历山大“时间是空间的心灵”的说法，分裂了心与物，没有以内在关系来说明心物统一的突创过程，而是把时间看成进化的动力。他强调进化的动力是时间与空间的结构统一。(参见冯契、费孝通：《外国哲学大辞典》，上海：上海辞书出版社，2000年，第444页。)20世纪末格德斯坦对层创进行了深入研究，把层创定义为：“在复杂系统的自组织过程中出现的全新且一致的结构、模式和性质。”近年来，某些美国哲学家把突现性看作是自然界的“内在动态性”而接近于唯物主义。但突现进化论在总体上与柏格森、怀特海的“创造进化论”具有同一哲学源流。(参见中国社会科学院文献情报中心：《社会科学新辞典》，重庆：重庆出版社，1988年。) [↑](#footnote-ref-46)
47. [法]埃德加·莫兰：《迷失的范式：人性研究》，陈一壮译，北京：北京大学出版社，1999年，第13-14页。 [↑](#footnote-ref-47)
48. [英]詹姆斯·拉伍洛克：《盖娅：地球生命的新视野》，肖显静、范祥东译，上海：上海人民出版社，2007年。 [↑](#footnote-ref-48)
49. [英]詹姆斯·拉伍洛克：《盖娅时代——地球传记》，肖显静、范祥东译，北京：商务印书馆，2017年。 [↑](#footnote-ref-49)
50. 颜泽贤、范冬萍、张华夏：《系统科学导论——复杂性探索》，北京：人民出版社，2006年，第29-30页。 [↑](#footnote-ref-50)
51. 强形式的微观还原论所强调的是，我们能根据事物的潜在结构——它们的基本组成部分——的全面知识，来达至对所有现象的理解。弱形式的微观还原承认细胞的不可分离的整体性。具体内容参见[美]斯蒂芬·罗思曼：《还原论的局限：来自活细胞的训诫》，李创同、王策译，上海：上海译文出版社，2006年，第36页。 [↑](#footnote-ref-51)
52. [美]斯蒂芬·罗思曼：《还原论的局限：来自活细胞的训诫》，李创同、王策译，上海：上海译文出版社，2006年，第36页。 [↑](#footnote-ref-52)
53. [美]斯蒂芬·罗思曼：《还原论的局限：来自活细胞的训诫》，李创同、王策译，上海：上海译文出版社，2006年，第88-118页。 [↑](#footnote-ref-53)
54. [美]斯蒂芬·罗思曼：《还原论的局限：来自活细胞的训诫》，李创同、王策译，上海：上海译文出版社，2006年，第37页。 [↑](#footnote-ref-54)
55. 肖显静：《环境·科学：非自然、反自然与回归自然》，北京：化学工业出版社，2009年，第122页。 [↑](#footnote-ref-55)
56. 肖显静：《面对复杂性科学，要探索科学认识方法的新范式》，《科技导报》，2003年第5期，第21页。 [↑](#footnote-ref-56)
57. Barrow J D. Is the world simple or complex?//Williams W. The Value of Science. Boulder: Westview Press, 1999: 84. [↑](#footnote-ref-57)
58. Gould S. Dollo on Dollo’s law: irreversibility and the status of evolutionary laws. Journal of the History of Biology, 1970, 3: 189-212. [↑](#footnote-ref-58)
59. Mcintyre L. Gould on laws in biological science. Biology and Philosophy, 1997: 357-367. [↑](#footnote-ref-59)
60. Bernier R. Laws in biology. Acta Biotheoretica, 1982, 32: 265-288. [↑](#footnote-ref-60)
61. Brandon R N. Does biology have laws? The experimental evidence, Philosophy of Science, 1997, 64: 444-457. [↑](#footnote-ref-61)
62. Rosenberg A. Instrumental Biology or the Disunity of Science. Chicago: University of Chicago Press, 1994. [↑](#footnote-ref-62)
63. Beatty J. The evolutionary contingency thesis//Wolters G, Lennox J G. Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995, 46-47. [↑](#footnote-ref-63)
64. Sober E. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. Philosophy of Science, 1997, 64: 458-467. [↑](#footnote-ref-64)
65. Elgin M. Biology and a priori laws. Philosophy of Science, 2003, 70(5): 1380-1389. [↑](#footnote-ref-65)
66. Elgin M. There may be strict empirical laws in biology, after all. Biology & Philosophy, 2006, 21: 119-134. [↑](#footnote-ref-66)
67. Elgin M. Mathematical models,explanation, laws,and evolutionary biology. History and Philosophy of the Life Sciences, 2010, 32(4): 451. [↑](#footnote-ref-67)
68. DesAutels L. Sober and Elgin on laws of biology: a critique. Biology of Philosophy, 2010, 25: 249-256. [↑](#footnote-ref-68)
69. Elgin M, Sober E. Reply to DesAutels’ critique of Sober and Elgin on laws of biology. Researchgate. com, 2010. [↑](#footnote-ref-69)
70. Sober E. A priori causal models of natural selection. Australasian Journal of Philosophy, 2011, 89(4): 571-589. [↑](#footnote-ref-70)
71. Lange M, Rosenberg A. Can there be a priori causal models of natural selection? Australasian Journal of Philosophy, 2011, 89(4): 591. [↑](#footnote-ref-71)
72. Jose´ Dı´ez, Lorenzano P. Are natural selection explanatory models a priori? Biology & Philosophy, 2015, 30(6): 787-809. [↑](#footnote-ref-72)
73. Bradley D. A priori causal laws. Inquiry, 2016: 3-12. [↑](#footnote-ref-73)
74. 相关的主要中文文献如下：李建会：《生物科学中存在规律吗？》，《科学技术与辩证法》，1994年第5期，第20-24页；张昱：《生物学哲学上语境论科学方法论应用的一个领域：生物学定律存在吗》，《科学技术哲学研究》，2012年第3期，第24-28页；方卫：《生物学中有自然定律吗？：对索伯的几点反驳》，《自然辩证法研究》，2013年第1期，第31-34、107页；王巍：《生物学中的科学定律》，《自然辩证法研究》，2016年第6期，第19-23页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. 肖显静：《面对复杂性科学，要探索科学认识方法的新范式》，《科技导报》，2003年第5期，第21页。 [↑](#footnote-ref-75)
76. Barrow J D. Is the world simple or complex?//Williams W. The Value of Science. Boulder: Westview Press, 1999: 85. [↑](#footnote-ref-76)
77. 以下部分内容主要来自肖显静、王雯：《群落聚集整体论-决定论和还原论-随机论的争论——来自生态学家科学与哲学的综合》，《科学技术哲学研究》，2019年第3期，第92-98页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. Diamond J M. Assembly of species communities//Cody M L, Diamod J M. Ecology and Evolution of Communities. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1975: 342-444. [↑](#footnote-ref-78)
79. Diamond J M. Assembly of species communities//Cody M L, Diamod J M. Ecology and Evolution of Communities. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1975: 393-345. [↑](#footnote-ref-79)
80. Diamond J M. Niche shifts and the rediscovery of interspecific competition. American Scientist, 1978, 66(3): 322-331. [↑](#footnote-ref-80)
81. Abbott I, Abbott L K, Grant P R. Comparative ecology of Galapagos Ground Finches (Geospiza Gould): evaluation of the importance of floristic diversity and interspecific competition. Ecological Monographs, 1977, 47(2): 151-184. [↑](#footnote-ref-81)
82. Case T J. Character displacement and coevolution in some Cnemidophorus lizards. Fortschritte Der Zoologie, 1979, 25: 235-281. [↑](#footnote-ref-82)
83. Simberloff D S. Using island biogeographic distributions to determine if colonization is stochastic. The American Naturalist, 1978, 112(986): 713-726. [↑](#footnote-ref-83)
84. Connor E F, Simberloff D S. The assembly of species communities: chance or competition? Ecology, 1979, 60(6): 1132-1140. [↑](#footnote-ref-84)
85. Connor E F, Simberloff D S. Species number and compositional similarity of the Galápagos flora and avifauna. Ecological Monographs,1978, 48(2): 219-248. [↑](#footnote-ref-85)
86. Strong D R, Szyska L A, Simberloff D S. Test of community-wide character displacement against null hypotheses. Evolution, 1979, 33(3): 898-907. [↑](#footnote-ref-86)
87. Strong D R, Szyska L A, Simberloff D S. Test of community-wide character displacement against null hypotheses. Evolution, 1979, 33(3): 909-910. [↑](#footnote-ref-87)
88. Connell J H. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. Oikos, 1980, 35(2): 131-138. [↑](#footnote-ref-88)
89. Grant P R, Abbott I. Interspecific competition, island biogeography and null hypotheses. Evolution, 1980, 34(2): 332-335. [↑](#footnote-ref-89)
90. Grant P R, Abbott I. Interspecific competition, island biogeography and null hypotheses. Evolution, 1980, 34(2): 339. [↑](#footnote-ref-90)
91. Wright S J, Biehl C C. Island biogeographic distributions: testing for random, regular, and aggregated patterns of species occurrence. The American Naturalist, 1982, 119(3): 345-357. [↑](#footnote-ref-91)
92. Diamond J M, Gilpin M E. Examination of the “Null” Model of Connor and Simberloff for species co-occurrences on islands. Oecologia, 1982, 52(1): 64-74. [↑](#footnote-ref-92)
93. Diamond J M, Gilpin M E. Examination of the “Null” Model of Connor and Simberloff for species co-occurrences on islands. Oecologia, 1982, 52(1): 64-74. [↑](#footnote-ref-93)
94. Feimsinger P, Whelan R J, Kiltie R A. Some notes on community composition: assembly by rules or by dartboards? Bulletin of the Ecological Society of America, 1981, 62(1): 19-23. [↑](#footnote-ref-94)
95. Gilpin M E, Diamond J M. Factors contributing to non-randomness in species co-occurrences on islands. Oecologia, 1982, 52(1): 75-84. [↑](#footnote-ref-95)
96. Roughgarden J. Competition and theory in community ecology. The American Naturalist, 1983, 122(5): 588. [↑](#footnote-ref-96)
97. Roughgarden J. Competition and theory in community ecology. The American Naturalist, 1983, 122(5): 586-587. [↑](#footnote-ref-97)
98. Roughgarden J. Competition and theory in community ecology. The American Naturalist, 1983, 122(5): 592-593. [↑](#footnote-ref-98)
99. Connor E F, Simberloff D S. Interspecific competition and species co-occurrence patterns on islands: null models and the evaluation of evidence. Oikos, 1983, 41(3): 455-465. [↑](#footnote-ref-99)
100. Lakatos I. Falsification and the methodology of scientific research programs//Lakatos I, Musgrave A. Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge: Cambridge University Press, 1970: 179. [↑](#footnote-ref-100)
101. Simberloff D S. Competition theory, hypothesis-testing, and other community ecological buzzwords. The American Naturalist, 1983, 122(5): 626-635. [↑](#footnote-ref-101)
102. Simberloff D S, Connor E F. Inferring competition from biogeographic data: a reply to Wright and Biehl. The American Naturalist, 1984, 124(3): 429-431. [↑](#footnote-ref-102)
103. Simberloff D S, Connor E F. Inferring competition from biogeographic data: a reply to Wright and Biehl. The American Naturalist, 1984, 124(3): 434. [↑](#footnote-ref-103)
104. Strong D R, Simberloff D S. Ecological Communities: Conceptual Issues and Evidence. Princeton: Princeton University Press, 1984: 313-315. [↑](#footnote-ref-104)
105. Strong D R, Simberloff D S. Ecological Communities: Conceptual Issues and Evidence. Princeton: Princeton University Press, 1984: 319-328. [↑](#footnote-ref-105)
106. Strong D R, Simberloff D S. Ecological Communities: Conceptual Issues and Evidence. Princeton: Princeton University Press, 1984: 339-340. [↑](#footnote-ref-106)
107. Connor E F, Simberloff D S. Competition, scientific method, and null models in ecology. American Scientist, 1986, 74(2): 155-162. [↑](#footnote-ref-107)
108. Looijen R C. Holism and Reductionism in Biology and Ecology: The Mutual Dependence of Higher and Lower Level Research Programmes. Berlin: Springer Netherlands, 2000: 298. [↑](#footnote-ref-108)