

自然科学方法研究(Ⅲ)

袁运开 主编

ZIRAN KEXUE FANGFAYANJIU

华东师范大学出版社

自然科学方法研究 (Ⅱ)

袁运开 主编

华东师范大学出版社

(沪)新登字第201号

自然科学方法研究(Ⅱ)

袁运开 主编

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路3863号)

新华书店上海发行所经销 常熟高专印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.5 字数: 240千字

1992年11月第一版 1992年11月第一次印刷

印数: 001—2000本

ISBN7-5617-0898-X/N·080 定价: 10.65元

序 言

自然科学方法的研究,由于对推动科学研究具有明显的作用,因而一直受到人们的重视。从目前国内这方面的研究状况看,已经做了大量有益的工作,但还有不足之处,如讲具体方法多,“论”得还较少;单一地谈论方法多,系统进行综合研究少;研究的路子偏重于形式逻辑的多,注意辩证逻辑的少。有鉴于此,进一步深入进行这一领域的探索,把方法论的研究推向新的高度,显然是一项很有意义的工作。

我们受上海市哲学、社会科学规划领导小组的委托,承担了“自然科学方法研究”这个课题,力求以近现代科学发展的史实为基础,以著名科学家、重要学派、基础学科为主要线索,通过对某一领域、某一学科、某一学派、某一学者在研究过程中所使用的科学方法的剖析,理出各类方法在各种科学研究中运用的规律性,并努力从个别、特殊中抽象出一般,由论方法逐步上升到方法论的高度。在编写的整个过程中,力求以马克思主义哲学为指导来进行分析与探索。作为研究工作的第一步,我们主要完成了有关数、理、化、生、地、史等学科的十四篇单篇论文和“系统·信息·控制”专册的编著。前者作为《自然科学方法研究》论丛的第一册,它汇集了前面讲的各篇论文,其具体内容在这一册的《自然科学方法研究引论》中已作了概述,兹不再赘言。后者作为论丛的第二册,较全面地介绍了系统科学(系统论、信息论、控制论、系统工程等)的基本概念、理论、方法及有关哲学问题。对非生命系统、生命系统、社会系统、认识系统等特殊而重要的系统作了专门论述;对目前有争议、无定论的问题也作了一些探讨。论丛的第三册主要是有关遗传学、分子生物学的研究方法,目前正在编写中。

第四册则将以边缘科学、新兴技术科学研究方法为主要内容。

论丛全书由袁运开主编，第一册参加执笔的有袁运开、胡瑶光、张奠宙、缪克成、罗祖德、朱伟、盛根玉、王耀发、吴以义、张沁源、王顺义和杨泰俊。负责第二册编著的有李继宗、朴昌根、陈忠、王顺义等同志。由于作者都是利用业余时间进行工作的，时间上的不够充裕和作者水平的限制，本书只能说是初步实现了部分初衷，为以后的系统工作开了个头，缺点、错误一定不少，恳请读者不吝指教。我们希望本论丛的出版能起到抛砖引玉的作用，同时对大学生、研究生、科学工作者乃至各级干部在提高科学素养、提供方法借鉴等方面能有所助益，在为马克思主义哲学积累材料方面也能起到点滴作用。

袁运开于华东师范大学

1987年4月

目 录

上篇 生物学一般方法研究

现代生物学研究中的基本方法

- 还原方法与整体化方法……………朱宝荣(1)
- 生物实验方法的历史与现状……………朱宝荣(10)
- 如何正确有效地进行生物学观察……………朱宝荣(22)
- 生物观察、实验中的偶然性问题——机遇……………朱宝荣(32)
- 现代综合方法在生物学研究中的战略意义……………朱宝荣(44)
- 提出生物学假说的步骤与方法……………朱宝荣(61)
- 形成生物学理论的基本途径……………朱宝荣(87)
- 选择生物学研究课题的主导性原则……………朱宝荣(98)

下篇 生物学分支学科的方法研究

- 生态学的整体综合方法……………周纪纶(111)
- 生物分类方法的历史考察……………胡人亮 汤艺峰(133)
- 研究方法与神经生理学的发展……………周绍慈(155)
- 生物化学中的标记方法……………孙崇荣(191)
- 核酸结构研究方法的回顾与启示……………秦德安(205)
- 生物控制论方法……………顾凡及(216)
- 遗传学研究中的方法问题……………乔守怡(232)
- 植物生理学研究方法的历史考察……………黄祥辉(245)
- 定向培育法溯源……………朱宝荣(260)
- 梅契尼科夫的科学成就及其研究方法……………洪黎民(274)
- 续后记……………(290)

现代生物学研究中的基本方法

——还原方法与整体化方法

朱宝荣

(复旦大学, 哲学系, 科学技术哲学教研室)

随着生物学研究成果的大量涌现, 还原方法与整体化方法作为现代生物学研究中的两种基本方法, 目前已很少有人表示怀疑。然而, 对二者的评价则有分歧。对此, 我们应自觉地应用辩证唯物主义的观点, 对还原方法与整体化方法作客观的分析。只有这样, 才便于搞清二者在把握生命本质中的不同作用, 便于在不同的生物学研究阶段中确立正确的研究方法; 便于对生命运动规律作出科学的结论。

一、还原方法本质上是一种特殊的分析方法

本世纪40、50年代, 随着分子生物学的诞生, 还原方法作为现代生物学的一种崭新方法, 开始在生物学研究中占居重要地位。简而言之, 还原方法的一个基本出发点, 即认为生命现象的研究可被分解成对较低层次的研究, 亦即在分子和原子水平上来寻求对其复杂程度的解释。目前, 国内外大多数生物学家认为“还原方法”是可取的, 必要的。

在生命现象的研究中“还原方法”之所以是必要的, 因为“还原方法”是以世界的物质统一性作为根据的。物质世界存在的形态尽管是多种多样的, 并可分为不同的层次, 但是它们都由为

数不多的基本粒子根据一些共同的基本规律组成，它们具有统一的起源、普遍的联系。较高级的物质运动形式，不仅包含着较低级的物质运动形式，而且其本身就是从较低级的运动形式中发展分化出来的。各种物质运动形式都是物质运动发展链条中互相衔接的不同环节。由于运动形式之间的联系与包含关系，因而把研究低级运动形式的理化方法移植于高级运动形式的低层次的研究中是完全必要的。近几十年来，生物学所取得的许多重要成果，在一定程度上是与化学和物理的理论，方法的运用相联系的。遗传物质DNA双螺旋结构的发现充分证明了这一点。当然，值得注意的是，绝不能将“还原方法”等同于“还原论”。“还原论”是现代生物学研究中的一种错误思潮，它认为生命物质和非生命物质之间没有本质的差别，生物体的一切活动都可以归结为生物体的基本物质的分子运动，必然遵循物理学和化学的规律，因此，生物学可以还原为物理学和化学的一部分，一切生命现象都可以通过物理、化学过程的分析而得以解释。英国科学家巴波尔把还原论概括为：“把唯一无二的实在性归之为世界的最小部分和倾向于在低级层次范围内理解高级结构层次”^①。他的这种看法，基本上反映了还原论的实质。

还原方法之所以有效，更重要的在于它是一种特殊形式的分析方法。是分析方法在分子生物学领域中的特殊运用。众所周知，分析方法是人类认识事物本质的基本方法。尤其在生命现象的研究中，分析方法更为重要。因为生命现象（或过程）极为复杂，任一生命现象（或过程），都可包含许多方面（或部分），这些方面（或部分）之间又往往处于千丝万缕的联系之中。因此，以研究生命现象（或过程）为内容的生物学所面临的都是复杂的整体。对于复杂的整体，如果我们直接从整体着手加以考察和研究，其结果往往会被复杂的联系之网搅得晕头转向，被模糊杂乱

^①巴波尔：《科学与宗教的争端》，伦敦，1966年，第52页。

的现象搞得不知问题的关键所在。最后，必然会主次因素混为一谈，无法认识研究对象的内在本质，所获得的仅是一些整体水平的直观性质及肤浅知识。相反，如果我们把组成整体的众多部分（或方面），暂时从相互联系的关系中抽取出来，孤立起来，使其单独起作用，逐个加以考察、研究，这样便于探明各个部分（或方面）在整体中的地位和作用。因此，列宁说：“如果不把不间断的东西割断，不使活生生的东西简单化、粗糙化，不加以割碎，不使之僵化，那么我们就不能想象、表达、测量、描述运动。”^①

在漫长的生物学发展史中，分析方法已为揭示生命规律立下了“汗马”功劳。例如，1902年乌·姆·贝利斯和埃·赫·斯塔林用狗作实验时，把狗的一段小肠与消化道其它部分分开，以便对这段小肠单独作刺激实验。切开时，只切断其神经系统，而仍保留其动脉流通。当他们把稀盐酸滴在与消化系统保持完全联系的十二指肠时，立即出现了胰腺的分泌。当他们对切断了神经联系的一段小肠进行同样的实验时，也出现了同样的反应。可是这段小肠除了有血管与整个血液循环系统联系外，与其它部分并无联系。由此可以推断，必然有一种化学物质，当肠壁受到稀盐酸刺激时便分泌出来，并通过血液循环系统带到胰脏，促使胰腺分泌。他们把这种化学物质称之为“分泌物”。此后，他们把从肠壁里提取到的这种物质样品，注射到动物的血液中时，即使没有稀盐酸的刺激，胰腺也照样产生分泌。贝利斯和斯塔林的这一发现正是借助于分析方法的作用。如果他们不采用分解方法，把一段小肠与消化道分开，就不可能将小肠作单独的刺激实验，进而不可能发现荷尔蒙激素作用。

本世纪50年代，由于纯粹对生物体进行解剖上的分析已无法进一步促进对生物体微观机制的认识。于是，在物理、化学等

^①列宁：《哲学笔记》，人民出版社，1956年版，第263页。

学科的有关理论与方法的渗透下，还原方法作为一种特殊的分析方法便应运而生。事实证明，分子生物学把生物大分子从有机整体中提取出来，在离体条件下，鉴定其分子组成；分析其精细结构；测定其确定含量；揭示其运动规律，方能加深对各种生命现象的本质认识。在现代生物学研究中，许多课题的解决往往也是从分别阐明研究对象内在相联系的一个一个部分（或方面）逐步实现的。英国生物学家比塔尔对红色面包霉体内基因控制生化过程的研究，就是一个典型事例。

因此，在现代生物学研究中，如果研究对象涉及面较大，内在因素较多，诸种因素间又错综复杂时，往往可以采用“还原方法”把研究对象分解成各个部分（要素或方面），把完整的生物过程分解为组成它的单元或环节从分子或原子水平上来加以考察研究。这样有利于我们深入地了解研究对象的分子结构和性质，从而加深对研究对象具体细节的认识。

还原方法所注重的是对研究对象的剖析，所寻求的是在分子或原子水平上对复杂现象的解释。因此，还原方法也具有一般分析方法所具有的限制性。它容易使人们的眼光限制在狭隘的方面和领域，把本质上互相联系的东西割裂开来；容易造成一种孤立、片面看问题的习惯，以为研究对象的整体就是这些部分的总和。结果，很可能会忽视对研究对象的整体水平的研究。比如，生命系统是一个整合的动态平衡系统，而用还原方法去分析研究生命的某种结构和功能单位（生物大分子）时，却是从整合的动态平衡系统中把生物大分子提取出来，单独进行研究。相对来说这是一种处于局部的“静态”中的研究。尽管这样做是必要的，但把局部从有机的整体中分割出来，离开了与其它部分的相互关系，就有可能产生片面性，它和活的机体中实际的理化效应不可能完全一致。此外，如果单纯依靠对生命的分子水平的研究，而忽视对生命的整体水平的综合研究，妄图搞清楚一切生命特性的内在机制，也是不可能的。实际上，生命体有许多属性是难以用单纯

的还原方法加以解决的。比如，自我复制，自我调节和选择性反映等属性都是生命有机体的综合性机能，体现这一机能的某一方面（或环节）即使被研究的十分清楚，并在物理系统中得到模拟，这种模拟充其量也只是生物属性的某一侧面，而决非是整体。如果着眼于多细胞生物体，再考虑生物种内，种间，种群之间的生态规律，如分化与变化的规律、胚胎发育规律、进化与退化规律、选择与适应规律等等，都无法完全以分子与原子的运动规律来加以解释。所以，单纯的物理、化学规律不能代替或概括生物学规律，单纯的物理、化学方法不能完全解决生命问题。也就是说，生命现象并不能被物理、化学过程所穷尽。

所以，我们不能把还原方法绝对化，无限夸大还原方法的适用范围。而应该把还原方法和整体化方法相结合，才能更好地解决现代生物学研究中的一系列重要问题。

二、整体化方法在生物学研究中的地位与作用。

整体化方法与还原（分析）方法相比，两者思考过程的方向是相反的。所谓“整体化方法”，是指将已有的关于生物的各个部分（或方面）的认识联结和统一起来，以形成对生物属性的整体性认识的方法。

整体化方法作为研究工作的一种思考方法，对于生物学研究具有极为重要的意义。因为生命现象（或过程）是众多部分（或方面）的整体性功能。当我们把生物体的某一结构分解成更为细小、简单的各个部分（或方面）时，尽管这样做能够取得一系列有关部分（或方面）的具体知识，但是每一部分（或方面）仅仅反映了研究对象的一个侧面或一个局部。如果研究工作停留在这个阶段，就会使作为整体的对象在我们的认识中处于被肢解的状态，也就不能获得关于研究对象全面而具体的知识。这样我们对

于研究对象的认识只完成了一半。因此，只有进一步搞清构成整体的各个部分（或方面）之间的相互联系与制约关系，使之形成一种统一体，才可能全面而正确地认识整体，而要实现这一目的就需要运用整体化方法。

整体化方法是现代生物学研究中的基本方法，该方法的应用可体现在生物结构不同层次的研究中。不过任一结构水平的整体化研究都不是把下一层次的各个部分、方面的特性、因素或过程简单地加以罗列，或随意相加。而是把研究对象的各个部分、方面、因素或过程按其内部联系及相互间的关系进行的一种有机结合。比如，植物光合作用的进程和速度，除了植物本身的生理条件外，主要受到各种环境因素（如光强、二氧化碳、温度、水分等）的影响，而且各种因素对光合作用的影响并非单因子效应，而是交叉作用的结果。因此就光合作用的研究而言，如果仅仅说明各种因子对光合作用的单因子效应，还不足以从整体上说明光合作用的进程和速度的变化规律。这就是人们长期不能认识光合作用本质的关键所在。直到1905年，英国植物生理学家布莱克曼运用整体化方法，通过全面研究影响光合作用速度的各种因子的特性以及它们之间的相互联系和相互影响的内在关系后，才揭示了反映光合作用变化规律的“限制因子定律”，即当一个过程的速度受若干不同的因子影响时，它的具体速度是受其中最慢因子的步伐限制的。比如说，在弱光下光合作用的速度受光的强度的限制，如果提高光的强度，便能提高光合作用的速度；当光的强度提高到一定程度后，二氧化碳的浓度就会显得不足而成为限制因子，必须提高二氧化碳的浓度，才能提高光合作用的速度。因此，影响光合作用的各种因子之间是相互联系、相互制约的。从中显示出，整体性的认识优于局部性认识的地方就在于恢复并把握事物本来的联系和中介，克服了因分解造成人们视野的局限性，因而更能揭示研究对象在其分割状态下，不曾呈现出来的特性。获得研究对象整体的本质性认识。

不过，整体化方法的运用必须以分析（还原）方法的运用为先导。即是说，对研究对象必须分解在先，整合在后。比如，为了认识细胞，首先要分解组成细胞的各种细胞器，研究它们的基本成份（蛋白质、核酸等生物大分子）的结构与功能。然后，在分解的基础上，再研究由这些生物大分子所制约的成百上千种单个反应环节如何联结成有顺序的化学反应过程，研究这些反应如何借助于反馈作用得到精确的自我调节，从而在整体上表现出代谢、生长、繁殖、遗传、变异、激应性等生命现象。这样才便于实现对细胞的全面而正确的认识。可见，研究对象的整体性认识是以分别研究对象的各个方面（或部分）的特性为基础的，如果没有这种局部水平的研究，就得不到反映对象的各个侧面的各种规定，就不能正确地反映对象的多样性。而一种脱离了对局部水平的具体研究所形成的整体性认识，则不可避免地带有抽象与空洞的特征，甚至是错误的。本世纪五、六十年代，生物学研究中广泛流行着一种称为“反还原论”的观点。该观点认为生物体是个不可分割的整体，用理化方法研究生命所获得的各部分的规律加起来不等于总体的规律。当时，西方有影响的代表人物是英国的波拉尼。他在《生命的不能还原的结构》一文中，把采用理化方法去研究生命运动形式，称为是拉普拉斯观点的延续。但究竟是什么本质特点使生命运动不可归结为理化规律呢？他认为生命有机体已经产生了“边界条件”，这些“边界条件”本身并不依赖于它们所根据的理化力量，而是超越在物理、化学规律之上。^①正因为反还原论者否认用理化规律对生命进行分析研究，而片面强调生命的结构化、有序、整体性。因此，他们对生命本质的认识只限于一般性描述，并未深入到问题的实质。有的反还原论者为了强调生命运动形式不同于物理、化学运动形式，竟然陷入了“目的论”与“活力论”。还有的反还原论者甚至忽视了

^①波拉尼：《生命不可还原的结构》，《科学》160(1968)，pp1308—1321.

生物物理与生物化学的伟大成就，否认分子生物学的存在，认为那只是物理、化学，与生物学无关。他们对生物大分子的结构、生命过程的分子机制毫无兴趣，只满足于整体性描述。结果，他们所理解的生物只是一个模糊的整体。美国生物化学家弗家唐在他的《分子与生命》一文中说得好：“无论未来的生物学与化学的相互作用的研究如何，比那些只强调生物有序的统一性与在化学术语下表达生物行为的不可能性的神秘论文，生物化学似乎更有助于对生命现象的理解。”^①早在19世纪，恩格斯也曾指出：

“研究运动的性质，当然应当从这种运动的最低级、最简单的形式开始，理解了这些最低级的最简单的形式，然后才能对更高级的更复杂的形式有所阐明。”“只有在这些关于统治着非生物界的运动形式的不同的知识部门达到高度发展以后，才能有效地阐明各种显示生命过程的运动过程。对这些运动进程的阐明，是随着力学，物理学和化学的进步而前进的。”^②现代生物学正是运用了理化方法对生物进行分析，从分子层次着手研究，并对这种研究成果进行整体性综合，才阐明了新陈代谢、遗传与变异、调节与控制等许多生命现象的本质。这充分说明了分解是整合的基础，没有分解就没有整合。由于还原（分析）方法是整体化方法的基础，因此，二者的有机结合才是完美的研究方法。

^①弗家唐：《分子与生命》，纽约，1972年，第502页。

^②《马克思恩格斯全集》，人民出版社，1972年版，第20卷，第408页。

主要参考文献

1. (英)施夫奈尔:《沃森——克里克模型与还原论》,载英国《科学哲学》杂志,20卷(1969),第326页。
2. (英)M·波拉尼:《生命的不能还原的结构》,载美国《科学》,160卷(1968)第3834期。
3. (加)M·E鲁斯:《还原论代替论与分子生物学》,载瑞士《辩证法杂志》25卷(1971)年,第3期。
4. (日)白上谦一:《生物学的方法论》,载日本《新生物学史》,第三章。

生物实验方法的历史与现状

朱宝荣

本世纪50年代起，生物科学经历了巨大的突破性变化，尤其在遗传学、生物化学、细胞生物学和分子生物学中，已解决了上世纪中叶提出的许多问题。显然，这与生物实验方法的广泛运用是分不开的。目前，生物实验方法已成为现代生物学各个分支领域中获取研究成果的基本手段，成了生物学发展的前提。

一、生物实验方法的历史考察

生物学虽然有悠久的历史，但运用实验方法的历史却不太长，据生物学史料分析，生理学是最早运用实验方法的分支学科。19世纪40年代，生理学借助于化学与坚实的物理学成就从以“考察”为主的解剖学中完全分化出来，以其独有的研究对象占据了生物学中的一席之地。

1847年，路德维希·冯·赫尔姆霍兹、恩斯特·布鲁克等将实验方法引入生理学，进行了一系列生理实验。他们把器官从生物体上分离下来进行灌注；用电流刺激肌肉和神经，记录神经冲动沿着神经传导的情况；以及测量离体晶状体视网膜和脊椎动物其它部分的视觉特征，其目的在于用生命系统来检验它们的原始假说。此后，通过弗朗西斯·麦金达尔、约翰斯科特、霍尔丹等人的工作，使实验的方法在生理学中得到了进一步加强。对19世纪生物实验方法的发展有重要影响的是由朱利斯·萨克斯领导的植物生理学学派，他们利用实验方法研究了一些离子对植物细胞的影响，以及叶绿素对光合作用的功能，还进行了一系列精确的蒸腾作用的实验。他们以实验方法所取得的生理学成就，既为实

验方法在生理学中全面推广作出了贡献，也为实验方法在生物学其它分支学科中的运用提供了条件。

除生理研究外，实验方法也较早地运用于微生物研究。生命起源问题的争论是实验方法在该领域中被广泛运用的原动力。19世纪60年代早期，“自生论”与“生生论”之争终于因法国微生物学家巴斯德的著名实验而趋于平息。为此，人们公认：巴斯德为微生物的研究提供了实验方法与科学的理论。

19世纪80年代，实验方法被推广到先前描述性较多的生物学科领域，首当其冲的是胚胎学。经典胚胎学家的研究范围包括两个方面：研究特殊结构的发展与探索各胚层的发育结果。两方面的研究都以观察为基本方法，目的在于对正常胚胎发育中所发生的各种现象加以描述。1888年，威廉·卢克斯认为，研究胚胎发育不能仅仅运用描述与比较的方法，还要进行实验性探索。于是，他自觉地将实验方法引入胚胎学的研究之中，通过对青蛙胚胎的卓有成效的研究，使实验方法显示出极大的优越性。此后，又经杜里舒与斯佩曼等人的工作，实验方法便逐渐成为胚胎学研究中的基本方法。

不久，实验方法被推广到生物细胞的研究中。1838年~1839年间，德国的施莱登和施旺以正确的理论思维与显微镜观察相结合，创立了“细胞学说”。但在此后的半个世纪中，细胞学家仅仅将注意力从细胞表面转移到细胞的内含物及细胞的动态分裂方面，用以研究的基本手段仍旧是观察。从1887年到1900年间，细胞学与实验胚胎学联系在一起后，由赫特维希兄弟首先将实验方法用于研究海胆卵的受精作用，这样，才使观察细胞学发展为实验细胞学。

严格地说，实验方法在遗传学领域中的运用是比较早的。早在19世纪50年代，孟德尔就从事了8年的豌豆杂交实验。他的工作已开始改变育种学家的观念，即由单纯的杂交实践转向对生物遗传本质的探索，并向育种专家提供了一种检验生物在基因型