

科学方法论丛书

SHENGWUXUEFANGFALUN

李建会 著



科 学 方 法 论 丛 书

生物学方法论

SHENGWUXUEFANG

生物学

李建会 著

浙江教育出版社



图书在版编目(CIP)数据

生物学方法论 / 李建会著. —杭州: 浙江教育出版社,
2007. 11

(科学方法论丛书)

ISBN 978-7-5338-7238-0

I. 生... II. 李... III. 生物学—方法论 IV. Q-03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 170438 号

生物学方法论

李建会 著

- 出版发行 浙江教育出版社
(杭州市天目山路 40 号 邮编 310013)
- 责任编辑 蒋 婷
- 封面设计 曾国兴
- 责任校对 傅文文
- 责任印务 温劲风
- 图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司
- 印刷装订 杭州富春印务有限公司

-
- ▶ 开 本 710×1000 1/16
 - ▶ 印 张 12 插 页 2
 - ▶ 字 数 215 000
 - ▶ 版 次 2007 年 11 月第 1 版
 - ▶ 印 次 2007 年 11 月第 1 次
 - ▶ 印 数 0 001-5 000
 - ▶ 标准书号 ISBN 978-7-5338-7238-0
 - ▶ 定 价 20.00 元
-

联系电话: 0571-85170300-80928

e-m a i l: zjjy@zjcb.com

网 址: www.zjeph.com

前言

QIANYAN

在我撰写这个前言的时候,我国首个月球探测器“嫦娥一号”已发射升空,古老的嫦娥奔月神话即将变成现实。在我们感叹科学技术日益强大的今天,我们是否会思考,科学技术是怎样发展起来的,科学技术为什么会变得如此强大?

回顾历史,人类已走过五百多万年的历程。五百多万年前,人类从猿中分离出来,通过创造和使用工具成为万物之灵。然而在漫长的岁月里,人类的工具进步的速度异常缓慢,数百万年人类一直处在旧石器时代,直到一万多年前人类才进入新石器时代,六千多年前进入铜器时代,三千多年前进入铁器时代,二百多年前进入机器时代。科学出现的时间更短。两千多年前我们才知道杠杆原理和浮力定律,五百多年前我们才知道地球不是宇宙的中心,两百多年前我们才知道燃烧的基本原理,一百多年前我们才知道生命的结构、生物的进化及遗传的奥秘。科学虽然出现得很晚,但科学一经产生,便开始加速发展;科学的加速发展也推动了技术的加速发展。今天,科学和技术已非常强大。在科学方面,人们的认识不仅深入到天体和宇宙的层次,而且深入到微观的夸克领域和宏观的复杂性领域以及生命世界领域;在技术方面,人类不仅登上了月球,而且通过信息技术把世界变成了一个地球村。

科学技术为什么在古代发展得那么缓慢,而在近现代又发展得如此迅速呢?答案就在于科学方法。正是科学方法推动了近现代科学的加速发展。所以,俄国生理学家巴甫洛夫说:“科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步,我们就更提高一步,随之在我们面前也就开始了一个充满着种种新鲜事物的,更辽阔的远景。”美国著名科学史家萨顿也指出:“在科学领域,方法至为重要。一部科学史,在很大程度上就是一部工具史,这些工具——无形的和有形的——由一系列人物创造出来,以解决他们所遇到的某些问题。每种工具和方法都是人类智慧的结晶。”两位名人的话精辟地概括了科学方法

对科学的重要性。

——生物学是一门有古老历史而又崭新的学科。说它古老,是因为从远古开始,人们就开始了对生物的认识,积累了大量的经验材料;说它崭新,是因为相比其他学科,生物学成为实验科学并建立起成熟的理论体系的时间较晚一些。但与其他科学相似,生物学因为其方法的不断创新而日新月异。今天,我们不仅破解了构成人类基因组的碱基序列,而且能够克隆出哺乳动物。21世纪是生物学的世纪,而生物学的发展离不开生物学方法的发展。虽然国内有很多探索一般科学方法论的著作,也有专门探索生物学某一领域的具体方法的著作,但关于一般的带有普及性质的生物学方法论的著作还很少。本书的目的就是想用通俗的语言并通过生物学史上的案例填补这方面的空白。

感谢北京师范大学王德胜教授,本书能够出版完全得益于王老师的帮助。王老师一直关注科学方法论的研究和教学,在科学方法论方面发表过很多论文和著作。这次他不仅撰写了《化学方法论》,而且还组织其他学科撰写方法论著作。本书就是在他组织下完成的。

感谢郭华庆教授。10多年前,郭老师曾组织部分学者为中学生编写生物学方面的科普读物,我曾受邀编写了《探索生命之路》一书。本书的部分案例和内容就是那时编写的。

还要感谢北京师范大学研究生院副院长石中英教授,他非常重视方法论的教学。在他的倡导下,北师大的大多数硕士研究生专业都开设了方法论课程。就是在他的倡导下,我也为科学技术哲学专业的研究生开设了科学方法论课程。本书虽然是关于生物学方法论的科普著作,但其中的案例和一些观点为我的授课提供了素材。

本书在编写过程中,参阅了国内外科学方法论、科学史、科学哲学等领域的许多著作。因此,我要对这些著作的作者表示感谢。

最后感谢浙江教育出版社的蒋婷女士,她为本书的编辑工作付出了艰苦的劳动。

由于作者学识和水平的限制,书中难免有一些错误和疏漏,欢迎读者批评指正。

李建会

2007年10月29日

目录 MULU

第 1 章 方法的重要性

1

一、方法的重要性 / 1

二、方法和方法论 / 3

三、生物学方法论 / 5

第 2 章 生物学观察

9

一、从扁鹊的“起死回生”谈起 / 9

二、观察出真知 / 10

三、观察仪器与观察能力的扩展 / 12

四、观察的作用 / 16

五、观察的客观性问题 / 18

六、亚里士多德与鸡胚的发育 / 21

七、典型观察 / 23

八、举世无双的观察者 / 24

第 3 章 生物学实验

26

一、从神奇的“借尸还魂”说起 / 26

二、实验是探索的源泉 / 29

三、实验是确实性之母 / 30

四、实验需要理论的指引 / 32

五、实验需要精心构思 / 35

六、天才的实验家 / 37

- 七、实验仪器的作用 / 39
- 八、实验中的机遇 / 40
- 九、生物学实验的类型 / 42

第4章 敞开思想的翅膀——类比方法 44

- 一、胸腔与酒桶 / 44
- 二、阿契厄斯、机器和生命 / 45
- 三、类比、相似与模拟 / 47
- 四、原始地球上的闪电 / 48

第5章 求同与求异——比较方法 50

- 一、有比较才能进行鉴别 / 50
- 二、比较方法与比较解剖学的诞生 / 51
- 三、比较方法与比较胚胎学的建立 / 54
- 四、比较方法的作用 / 56

第6章 借用他山之石——物理化学方法 58

- 一、物理学家步入生物学领域 / 58
- 二、化学方法与生物学的早期成就 / 60
- 三、物理学方法与分子生物学革命 / 61
- 四、物理化学方法与基因作用机制的发现 / 70
- 五、层析方法与蛋白质中氨基酸顺序的确立 / 72
- 六、物理化学方法与遗传密码的破译 / 74

第7章 巧妙地运用数学方法 77

- 一、数学:科学的皇冠 / 77
- 二、数学推理与血液循环的发现 / 79
- 三、数学方法与进化论的建立 / 80

- 四、数学方法与经典遗传学定律的提出 / 81
- 五、数学方法的前景 / 86

第 8 章 计算机人工生命方法 89

- 一、计算机仿真:科学研究方法的新革命 / 90
- 二、人工生命的产生 / 93
- 三、人工生命的基本思想 / 96
- 四、人工生命的构造 / 98
- 五、一种崭新的思维方式:人工生命的非中心化思维 / 118
- 六、人工生命方法的意义 / 124

第 9 章 假说方法 127

- 一、科学发展的必由之路 / 127
- 二、大胆的猜测和严密的论证 / 129
- 三、生物学中的“谜中之谜” / 130
- 四、形形色色的假说 / 130
- 五、从混沌到有序 / 132
- 六、巧妙地证明 / 134

第 10 章 创造性思维方法 136

- 一、“尤利卡”效应 / 136
- 二、丰富的想象 / 137
- 三、灵感的出现 / 139
- 四、捕捉灵感 / 143

第 11 章 分析和综合方法 145

- 一、分析方法 / 145
- 二、综合方法 / 147

- 三、系统方法 / 149
- 四、21世纪的生物学——系统生物学 / 150

第 12 章 历史与逻辑相统一的方法 153

- 一、历史与逻辑的统一 / 153
- 二、在生物学中的表现 / 154

第 13 章 生物学研究的伦理原则 158

- 一、从黄禹锡事件说起 / 158
- 二、“卵子风波”中的生命伦理学 / 161
- 三、“卵子风波”中人们对生命伦理的忽视 / 164
- 四、科学必须真实 / 167
- 五、人本道德和学术道德同样重要 / 167

参考文献 171

附录 174

第1章

方法的重要性

跛足而不迷路，能赶过虽健步如飞但误入歧途的人。

——弗朗西斯·培根

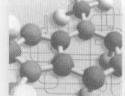
科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步，我们就更提高一步，随之在我们面前也就开拓了一个充满着种种新鲜事物的、更辽阔的远景。

——巴甫洛夫

一、方法的重要性

我国古代曾流传着一个“田忌赛马”的故事，说的是战国时期的齐威王（？～前320）同他手下的大将田忌赛马。齐威王有三匹马，分上、中、下三等；田忌也有三匹马，马力稍次于齐威王的三匹马，也分上、中、下三等。如果田忌的上、中、下三匹马与齐威王的上、中、下三匹马分别直接对阵，则必输无疑。如何才能战胜齐威王呢？田忌的谋士孙臆（？～前316）向田忌建议：先以自己的下等马对阵齐威王的上等马，输一局；再以自己的上等马和中等马分别对阵齐威王的中等马和下等马，则可能连赢两局，以2比1取胜。田忌采纳了这一建议，战胜了齐威王。事实上，田忌共有6种方案与齐威王进行比赛，而唯有孙臆的建议是能够战胜齐威王的最佳方案。这个故事告诉我们，方法对于做事能否成功具有重要的作用。虽然，从总体上看，齐威王的马优于田忌的马，但是，田忌善于从各种方案中选取最好的战略方案，结果就能以劣制胜。

人们从事任何一件工作，都会采用一定的方法。方法好，做事就可能“事半功倍”，反之则可能“事倍功半”。



“方法”一词,最早出现在我国春秋战国时代思想家墨子的著作《天老》篇中,原意是指“度量方形之法”。以后,它的含义逐渐扩展,最后演化为任何事情所需要遵循的手段和办法。在西方,“方法”(method)一词源于希腊文,系由 $\nu\epsilon\tau\alpha$ (“沿着”)和 $\sigma\delta\sigma\zeta$ (“道路”)两字组成,意即人们为了达到一定的目的所必经的途径。大哲学家黑格尔(Georg Wilhelm Friedrich Hegel, 1770~1783)说:“在探索的认识中,方法也就是工具,是主观方面的某个手段,主观方面通过这个手段和客体发生关系……”这是对人类的认识方法的一种富有哲理性的描述。

方法的重要性问题历来为一些杰出的大思想家、领袖人物和大科学家所重视。我国春秋战国时期的大思想家孔子在《论语》中有一句名言:“工欲善其事,必先利其器”,说的就是方法和工具的重要性。我国唐代治国有方的唐太宗李世民(599~649)有一句名言:“取法乎上,仅得乎中,取法乎中,祇为其下。”在李世民看来,治国处事应当选取和效法高标准的上等方法。

毛泽东(1893~1976)同志也非常重视方法问题。在《关心群众生活,注意工作方法》一文中,他说:“我们不但要提出任务,而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河,但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题,过河就是一句空话。不解决方法问题,任务也只是瞎说一顿。”^①这段话不仅生动地说明了方法的重要性,而且也说明了方法和任务的关系。

正确的方法,不仅有助于科学的发展,并且对于科学研究人员才能的发挥有着重要的作用。近代科学的倡导者弗朗西斯·培根(Francis Bacon, 1561~1626)曾经说过:“跛足而不迷路,能赶过虽健步如飞但误入歧途的人。”培根这句富有诗意的话说明了方法的重要性。在其著作中,培根也大力倡导实验方法,为近代科学的腾飞和发展奠定了重要的方法论基础。

提出太阳系起源的星云假说的近代法国著名科学家拉普拉斯(Pierre Simon Laplace, 1749~1827)曾经说过:“认识一位天才的研究方法,对于科学的进步,甚至对于他本人的荣誉,并不比发现本身更少用处。科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”^②拉普拉斯最著名的科学著作是《宇宙体系论》。在这部著作中拉普拉斯强调,他不仅为读者提出了天文学上的一些理论,而且为读者提供了“寻找自然规律所应遵循的科学方法”。

提出条件反射理论的俄国著名生理学家巴甫洛夫(Ivan Pavlov, 1849~

① 《毛泽东选集》第一卷,人民出版社,1991,第139页。

② 拉普拉斯,《宇宙体系论》,上海译文出版社,1978,第445页。

1936)也曾指出:“初期研究的障碍,乃在于缺乏研究法。无怪乎人们常说,科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步,我们就更提高一步,随之在我们面前也就开始了一个充满着种种新鲜事物的、更辽阔的远景。因此,我们头等重要的任务乃是指定研究法。”^①

生理学家贝尔纳(Claude Bernard, 1813~1878)也曾指出:“科学中难能可贵的创造性才华,由于方法的拙劣可能被削弱,甚至被扼杀!而良好的方法则会增长、促进这种才华。”^②

美国科学史学家乔治·萨顿(George Sarton, 1884~1956)通过科学史研究得出这样一个结论:“在科学领域,方法至为重要。一部科学史,在很大程度上就是一部工具史,这些工具——无论有形或无形——由一系列人物创造出来,以解决他们遇到的某些问题。每种工具和方法都是人类智慧的结晶。”

当然,也有一些人在做事的时候并非都能认识到方法的重要性,尤其是在方法和结果的选择上更是如此。我们可通过下面一个小故事来加以说明。

传说有一位炼金的老人,临终前问他的两个儿子要什么东西。大儿子说:“我要你攒下的那笔金子。”二儿子说:“你把淘金、炼金的方法全教给我吧。”于是,老人把金子交给了大儿子,把淘金、炼金的技巧与诀窍教给了二儿子。老人去世后,大儿子拿到了金子,得意扬扬;二儿子没有金子,遭人嘲笑。可是过了些年,大儿子把金子花完了,二儿子却一年一年地积攒了大笔的金子。这个故事说明,在成果和方法面前,人们可能会有不同的偏重,但“成果诚可贵,方法价更高”。

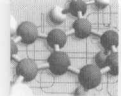
二、方法和方法论

科学家根据自己从事科学研究工作的具体经验,体会到方法的重要性,并进而总结其成功的途径和失败的经验教训,就形成了各门学科的方法论或方法学。方法论是从认识论的角度总结人类认识世界、改造世界、保护世界和发展世界的经验,探讨各种方法的性质和作用以及各种方法之间的相互联系,概括出关于方法的规律性的知识。科学方法论是关于科学研究一般方法的性质、特点、内在联系和变化发展的理论体系,是关于获取科学认识一般程序的系统理论。

“科学是随着研究法所获得的成就而前进的”,因此,不同的科学家,尤其是

① 《巴甫洛夫全集》第五卷,人民卫生出版社,1959,第16~18页。

② 转引自:贝弗里奇,《科学研究的艺术》,科学出版社,1979。



科学史上那些具有创造性的科学家,他们的研究方法会有很大的不同。正是这些不同使他们获得了前人不曾有过的创造性成果。所以,有人认为在科学中不存在共同的一般方法,也没有必要研究一般的科学方法论。我们认为这种观点是不正确的。因为,虽然不同的科学家可能由于研究领域、研究对象和研究问题的不同,在研究方法上会有各自的特色和风格,但这些科学家所使用的方法也会有共同点。比如不同领域的科学家在研究不同的问题时会用到不同的实验方法,物理学家会用到物理学实验,化学家会用到化学实验,生物学家会用到生物学实验,等等。这些实验表面上看来迥然不同,但作为科学实验方法,它们都遵循着相同的原则。不仅实验方法如此,观察、比较、假说、数学等方法也是如此。总结这些共同点,不仅对于学习这些科学家的研究方法有很大的帮助,而且也有利于后来的科学家运用这些方法获得更多的发现。这些共同点就是科学研究的一般方法。

科学研究的一般方法主要是指科学家在研究过程中所运用的各种思维方法以及操作工具的总称。科学研究过程实际上是一个不断地发现和提出科学问题、获取科学事实、整理科学事实、形成科学理论、对科学理论进行检验和评价等的过程,因此,科学研究的一般方法也就包括:发现和提出问题的方法(即科研选题方法),获取科学事实的方法(比如观察和实验方法),概括科学事实的方法(如比较、分类、归纳、抽象、灵感和顿悟等),形成和发展科学理论的方法(如数学方法、假说方法、跨学科方法、系统科学方法),对理论进行评价的方法(比如判决性实验、逻辑分析)等。

1. 科研选题方法

科学研究是从科学问题开始的。发现和提出有前景的科学问题是科学研究的一个重要环节。每个学科领域都有若干个没有解决的问题;科学家在科学观察、科学实验和理论推导等科研过程中还可能不断地发现新问题。如何发现有价值的问题并对之进行可行性分析,然后确定其作为研究课题,是每个科研工作者所要做的第一件事情。问题选择得当,可能事半功倍;问题选择不当,可能事倍功半。很多科学家在非常年轻的时候就取得了巨大的科研成就,其中一个非常重要的原因就是他们选择了具有科研价值且切实可行的研究课题。而一些科学家花费了大量的时间、精力及巨额的科研经费,但最后没有任何科研成果,其中一个可能的重要原因就是选题不当。因此,在整个科学研究活动中,正确对路的科研选题具有战略意义。

2. 获取科学事实的方法

科研选题确立之后,下一步工作就是要解决问题。解决问题的第一步是获取与问题相关的科学事实。获取科学事实有多种途径,可以通过阅读文献,获得前人已经获得的科学事实;也可以通过观察、实验等方法,获得第一手的科学事实。科学事实是科学理论的基础。只有获得了典型、完整、系统、全面、无偏见的科学事实,才能在这些事实的基础上建立起科学的假说,或者用这些事实检验头脑中构想的科学假说。

3. 概括科学事实的方法

获取科学事实之后,下一步的工作就是对这些事实进行整理概括。整理概括的主要方法包括比较、分类、类比、统计、归纳、演绎、分析、综合等。这里有时要用到逻辑思维的方法,有时也可能是非逻辑思维的方法,如灵感、顿悟或形象思维等。

4. 形成和发展科学理论的方法

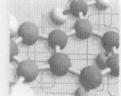
在概括科学事实的基础上,科学家要发挥想象力,大胆地提出科学假说,并在科学假说的基础上形成科学理论。这里,科学家将用到数学方法、公理化方法、从抽象上升到具体的方法、逻辑和历史相统一的方法等。

5. 对理论进行评价的方法

科学理论建立起来之后,理论是否科学合理,是否能被大多数人所接受,还需要科学家对理论进行认识论的评价(主要是指实验的或逻辑的评价)或价值论的评价(如经济的、社会的、人文的等方面的评价)。只有得到实验检验的、论证严密的、具有一定价值的合理性的理论,才能较快地得到科学共同体的接受或承认。

三、生物学方法论

生物学方法论是关于生物学研究的一般方法的系统理论。生物学方法论和一般的科学方法论是特殊与普遍或个别与一般的关系。生物学研究的程序和一般科学研究的程序没有本质的区别,生物学研究也遵循发现和提出问题、搜集科学事实、整理科学事实、提出科学假说和科学理论、对科学假说和理论进行评价等基本原则。因此,生物学研究的方法和一般科学研究的方法在基本程序方面没有本质区别,但由于生物学研究对象的特殊性,生物学在研究的不同阶段所运



用的方法就有其本身的特殊性。比如,生物学研究在搜集事实的过程中可能更强调观察方法的重要性,在概括科学事实时,可能更多地运用比较、分类、历史分析等方法;在当代生物学前沿领域,生物学在形成和发展科学理论时可能更强调跨学科研究方法如物理化学方法、信息方法等的重要性。

总之,生物学研究的方法和一般科学研究的方法是特殊与普遍的关系。本书中不求全面,我们将就生物学研究的一些主要方法,如观察、实验、模拟、比较、历史分析法、数学方法、物理化学方法和系统方法等方法进行探索。

1. 观察描述法

观察描述法是指通过对生物现象和生命过程的观察,描述出观察到的各种不同生物的形态、结构、生活习性等特点,从而积累起有关生物的经验知识。比如,对各种生物形态结构的观察描述,对某一些动物或高等植物胚胎发育过程的说明,或者对某一次实验现象的记载等,都是运用了观察描述法。观察描述法能够为有关的研究提供可靠的科学事实,因而是研究生物学的基本方法之一。

2. 实验法

实验法是为了人们预定的认识目的,在人为控制的条件下,对生命客体进行研究的一种手段。它既可提供第一手的感性材料,又可检验认识是否正确。比如,通过对植物细胞、组织或器官的人工离体培养,可以有目的地控制植物生长发育所需要的外界条件;可以研究形态形成、胚胎发生、分化及反分化等问题;也可以探明细胞分裂、分化的原因,细胞中生物合成的条件,细胞呼吸与酶的活动等问题;还可以通过人工离体培养的植物花粉、幼胚、茎端或单个体细胞得到纯系品种,以及缩短育种周期或克服杂种不孕性等,这对于推动植物学的发展和生产实践上的应用,都具有很高的价值。又比如,利用高能辐射和化学物质等引起基因突变,运用遗传学定律进行选种育种,运用免疫学原理提高异体器官的移植成功率等等,都属于实验的范畴。由于实验法常常借助于科学实验技术和物理仪器,如层析、电泳、分级离心、冰冻蚀刻、质谱仪、核磁共振仪、放射性同位素示踪、X射线衍射仪和电子显微镜等,并可根据需要而改变条件,从而引起研究对象的不同反应,因此,精密的实验常能使人们对生命现象的观察更正确、更深刻,有助于更好地揭示生命现象的本质。

3. 比较法

比较法是对各种生物性状进行比较研究,然后加以系统分析,找出个性和共性,包括它们之间的区别及联系。比较法使人们对生命现象的认识比对各个生物的单纯描述更进一步。比如,分类学中各级分类单位的特征,来自于对不同生

物的系统比较。解剖学和胚胎学等方面的比较研究,揭示了各类生物之间不同程度的亲缘关系,从而为生物进化论提供了有力的证据。孟德尔在他的著名实验中,比较了豌豆杂交后的子一代和子二代在性状表现上的异同,才提出了遗传定律。

4. 历史分析法

历史分析法有两种含义,一种含义指的是根据现在所观察的生命过程及其规律来推论过去所发生的生命过程。达尔文(Charles Robert Darwin, 1809~1882)就是运用历史分析法获得了巨大成功。他根据当时生物学的知识,研究生物的多样性及其对环境适应的原因,得出了生物在环境的长期作用下逐渐变化发展的进化理论。历史分析方法的另一种含义指的是,生命是连续的,各种生物都有自己的发展过程,个别的生物体只不过是整个生命链条中的一个环节,因此要把所研究的生命对象放在整个生命的历史中去考察,才能真正理解各种生命现象的特点和本质。

5. 物理化学方法

这是现代新的研究方法,它是利用现代的物理、化学成就,从不同方面深入揭示生命的本质,以期达到认识生命过程的目的。力学的、物理学的、化学的以及生命的运动形式是自然界中的几种基本运动形式。对任何事物进行研究基本上是从最低级、最简单的事物开始,只有先理解了最低级、最简单的形式,才能对更高级、更复杂的事物有所阐明。因此,只有深入了解非生物界的运动规律,才能更有效地阐明各种生命过程。这就是现代物理化学知识越来越深入生物学领域的原因。人们根据对非生物界的研究而总结出来的物理化学知识在深入生物学领域之后,常常会遇到一些更高级和更复杂的生物科学的内容。比如,酶化学、生物能学、细胞膜的主动运输、生物氧化、光合作用和固氮作用机制、蛋白质的生物合成、激素作用以及神经冲动和传导的机制等,都是这方面的典型实例。虽然它们在细节上都是服从物理化学的基本规律的,但是在效应上或最后表现出来的运动形式上都与非生物界中的物理化学的运动有着质的不同。因此,可以说生命的运动是建立在物理化学的运动的基礎上的,但又发展到与它们不同的更高级和更复杂的形式。

6. 数学方法

数学方法是运用数学模型来研究生命的一种方法。近代生物学的发展可以说具有两个特点:一是微观方向的发展,如细胞生物学、分子生物学、量子生物学的发展等。显微镜的出现使得生物学向微观方向的发展成为可能。在显微镜

下,人们可以看到生物的细胞和细胞的结构,但是在显微镜下观察到的现象却无法使人们了解各种细胞群体之间的相互作用。作为一个系统,细胞的发展过程及其发展趋势,就必须运用数学方法来进行研究。人们可以通过实验,通过物理化学方法去了解细胞的各种特性,但这种方法很难得到综合的结论,而这种结论也常常需要借助数学方法来进行分析。甚至可以说,生命科学向微观方向的发展必不可少地需要运用数学方法。二是宏观方向的发展,即从研究生物体的器官、整体发展到研究种群、群落、生态圈。研究这些对象时,数学也是一种非常重要的推理工具。有人说“生态学就是数学”。又如,目前传统的分类学已出现了所谓的数值分类法,就是运用数学方法来研究分类的,这种分类法用统计的群体概念来代替传统的模式概念。

7. 系统方法

这是目前新的研究生命的方法。生命现象可以在分子、细胞、器官、个体、种群、群落及生态系统等各种不同水平上表现出来。各级水平的生命现象又都是由一些局部的过程组成的,是这些局部过程的相互制约、相互联系起来的整体。例如,渗透作用、消化作用、蛋白质合成等都只不过是细胞生命活动中的局部过程,单凭其中的某一项是不足以判断整个细胞是如何生存下来的。要了解整个细胞生命的发展过程,就应该知道这些局部过程彼此之间是怎样有机组织起来的。系统科学正是研究各个局部过程如何有机地组织为整体,整体中的各个局部过程如何表现变化,以及整体发展的总趋势等问题。因此,系统科学对于生物学具有重大的方法论价值。由于生命现象的高度复杂性,系统方法目前在生物学中的运用还处于萌芽阶段,理论的具体化和定量的结果还很少,但在神经和激素的作用、酶形成及酶作用的调节控制机制以及生态系统的结构机制学问题上都已取得了一些重要成绩,为生命科学的进一步发展提供了重要线索。