



第 1 章

从哲学到科学：生命科学的起源

引 言

图 1.1 所示为英国维多利亚时代的一幅著名插图《怪物汤》，出版于 1828 年，描绘了一个惊恐的女人正在检查泰晤士河的水样。当人们用显微镜观察水里的样本，可怕而奇怪的生物展现在眼前。这是当时人们对于微观世界的最直观感受。显微镜的发明到发展可以说书写了半部生命科学的历史，伴随着显微技术的改进和使用规模的扩大，生物学家们逐渐发现了微生物；认识 and 定义了细胞和受精卵；观察到细胞分裂；发现了染色体；确定了基因的本质以及发现断裂基因。



图 1.1 插图《怪物汤》

显微镜的出现同时也标志着生命科学作为一门学科的初步建立；发掘生物多样性。在发掘生物多样性之前，生命科学的很多知识都来自人们对于自然的观察和推论。在科学实验的方法建立后，很多博物学家机械地套用数学、物理观点来解释自然现象。在人们发掘了大量的多样性生物后，分类和命名的重要性愈发凸显。从一开始的实用价值到后面衍生出的生命起源、新物种产生、遗传变异本质的研究，带动了生命科学诸多领域的发展。

1.1 动态平衡：古代文明

生命科学起源的具体时间现在已无法追溯，但早期人类一定对周围的动植物有一些了解。人类的生存依赖于对无毒食用植物的准确识别和对危险捕食者习性的了解。考古记录表明，在文明发展之前，人类就已经开始驯养动物，并开发了一套足够稳定和高效的农业系统，以满足大量共同生活在不同社区的人的需要。因此，生命科学的大部分历史早



于人类开始书写和保存记录的时代。

亚述(Assyria)和巴比伦的浮雕记载了最早的生物学历史,描绘了不少关于植物种植和动物养殖方面的知识。从这些古代的浮雕作品中可以看出,巴比伦人早已掌握了枣椰树(Phoenix dactylifera)的有性繁殖方式。他们知道可以从雄性植物中提取花粉用以授精雌性植物。虽然缺乏确切的时间记录,但在汉谟拉比时期(公元前 18 世纪)的一份商业合同中提到了枣椰树的雄花可作为商品。另一个关于这些早期文明中的生物学知识的来源是一些关于医学主题的莎草纸,其中一份可以追溯到公元前 1600 年。

1.1.1 古代中国

对中国科学和文明的早期研究使一些学者认为,在古典的中国科学和医学中,并没有出现和西方“生物学”同等的知识体系。然而在中国古代的著作中可以发现有关人类健康和疾病、动植物以及对一般自然世界的观察记录和理论。杰出的胚胎学家李约瑟(Joseph Needham)通过重写人类发明的时间表,对古代中国的科学贡献进行了重新评估。在上下五千年的历程中,中国古代文明用独一无二的方法解释了一些基本的问题。例如,人类的本性以及人类和自然的关系。从中华文明的历史可以看出古代中国充满了技术创新的活力,并且在所谓的中世纪黑暗时代大大领先于欧洲。事实上,中国的传统智慧和知识为科学事业的发展作出了重要贡献。

1. 医学思想

在中国传统的科学和哲学中,医学的思想体系为生命科学提供了相应的注解。古代的学者用阴阳和五行的理论解释了自然、生命、健康、疾病和医学的统一(图 1.2)。阴和阳用来代表宇宙中所有相对立的二元论。比如,阳表示男性的、明亮的、温暖的、坚固的、天堂的、满的等,而阴代表了女性的、黑暗的、冰冷的、柔软的、陆地的、空的等。阴和阳不仅是简单的相对关系,它们代表了相关的概念:配对的事物从本质上说并不是冷或热,而仅仅是和其他实体和状态相互比较下的结果。同样将这些概念应用于人体,体内相对来说是阴,体外相对来说就是阳,特殊的内部器官也是和阴阳有联系的。五行类似于后来的古希腊哲学中的四种“元素”,但本质上极为不同。中国的术语实际上意味着转换、运动或通道,而不是元素的稳固。根据学术传统,阴阳原则是所有物质创造的基础、变化的原因以及生死的根源,五行代表了变化的循环。

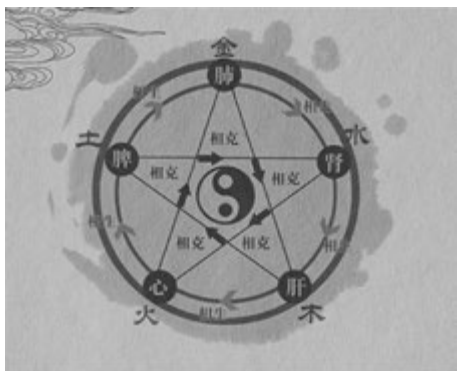


图 1.2 阴阳和五行

变化的原因以及生死的根源,五行代表了变化的循环。

古代中国的医学家对动物的解剖学也进行了研究,尤其是对人体解剖的了解。《黄帝内经》中提到了人体的组织结构和器官功能,并提出了相应的治疗方法。古代的中国医学是基于系统理论,这个理论将阴阳哲学和五行连成一个复杂的系统,可以用来解释组成人体要素的功能。因此,中医的解剖学是用来解释人体的功能系统,而与西方解剖学和生理学的区别在于两者本质上是不相关的。在这样的哲学系统里,中国学者了解到心脏和脉



搏的关系以及血液的不断循环。而西方科学直到17世纪才通过威廉·哈维(William Harvey)的生理实验了解了这些概念。

2. 博物学

古代中国对草木、虫类和鱼类的研究非常广泛。早在《易经》中就有对各种草木的描述和分类。《山海经》中也有对神奇生物的描写。另外,古代中国还研究了昆虫,包括对蜜蜂、蚕蛾等的观察和养殖。随着古代中国人深入研究草药植物的性质和用途,古代中国形成了独特的中药学体系。《神农本草经》是最早的中草药著作,其中收录了大量的草药,描述了它们的性味、功效和用法(图1.3)。



图 1.3 《山海经》中描绘的奇异生物和《神农本草经》

(a)《山海经》中描绘的奇异生物；(b)《神农本草经》

3. 演化思想

古代中国的哲人们也具有和现代演化理论相似的演化思想,主要体现在道家 and 儒家两派的观点中。道家思想中的“道”被认为是宇宙的根本原则,万物都是通过“道”的力量不断变化的。结合道家的阴阳观点,万物的变化是由阴阳之间的相互作用引起的。儒家学说中的“人性善恶论”认为人类的本性具有善良的倾向,但受到环境因素和教育的影响。这种观点意味着人类可以通过教育和修养来改变和演化。儒家思想中的天命观认为天赋和命运是人类发展和变化的因素之一。这种观点认为个体和社会的演化是由天意所决定的。古代中国的演化思想与现代生物演化理论有着不同的背景和观点。古代中国的思想更注重宇宙和人类的精神、道德的发展,而现代生物演化理论更着眼于生物种群的遗传和适应性变化。

1.1.2 美索不达米亚和埃及

在美索不达米亚和埃及著名的大河流域,人类的生存和健康与周期性洪水息息相关。古代神话中,人们将混沌分离成干燥的土地和水,以及生物从泥浆中诞生的故事,实际上反映了原始文明的生物学起源。这些神话对中央政府处理现实农业问题起到指导性作用,如测量土地、灌溉农田、控制洪水、存储粮食等。祭司们负责策划、指导和监督复杂的农业和工程活动。对于特权阶层的祭司来说,对生物学和天文学现象的了解只是进行垄断的工具,而非长期科学研究的主要关注点。



美索不达米亚的古人认为水是至关重要的元素,这种看法源自他们频繁经历的洪水。早期的美索不达米亚神话将世界描述为由水支撑的平坦圆盘,将“天”和“地”形象化为水围绕的半球形结构,甚至认为天空上方也有水存在。而埃及的宇宙观认为世界是一个长方形盒子。盒子的底部代表“地”,略微凹陷。在“地”的上方,位于盒子的四个角落,由四座山峰支撑着“天”,而尼罗河则是绕过“地”流淌的宇宙河支流。这条宇宙河承载着太阳神的船只穿越天空。季节的更替和尼罗河的洪水都受太阳神的船只行进路线的影响而产生变化。这一观念展示了埃及人对宇宙循环和自然现象的独特理解,融合了神话与自然观察。

埃及与美索不达米亚文明在政治、科学兴趣与宗教方面的不同主要源于大河模式的不同。尼罗河的洪水可预测并且有益,可以被有效利用。埃及王朝历史悠久、稳定,且自给自足,因此大部分精力都被耗费在建造合适的陵墓上,用以保存法老的木乃伊(图 1.4)。相反,底格里斯河与幼发拉底河的洪水变化无常。美索不达米亚政权动荡频繁,其未来难以预测。占星术与占卜成为美索不达米亚人与神灵及混沌自然力对抗的工具与武器。这种区别展现了两种文明对待自然力量与神秘之道的不同态度。



图 1.4 古埃及木乃伊

1.2 从哲学到科学：古希腊传统

尽管古巴比伦人和古埃及人积累了大量的生命科学相关知识,但这些早期的学者更专注于研究超自然世界,而非直接探索自然世界。例如,解剖学家解剖动物不是为了了解它们的结构,而是为了研究它们的器官,以便预测未来。然而,随着希腊文明的出现,研究者的态度开始发生转变。大约在公元前 600 年,出现了一个希腊哲学家学派,对自然现象采取了新的观点:将自然现象和其原因联系起来,即每一个事件都有一个原因,一个特定的原因产生一个特定的结果。此外,这些哲学家认为存在一种支配宇宙的“自然法则”,人类可以运用观察和推理能力来理解它。这是古希腊哲学家的重要贡献:把人们对自然的理解从宗教和神话中分离出来,带入科学和哲学的领域。

有历史学家认为,古希腊时期的宗教特点对理性思维的起源产生了影响。希腊史诗生动地描绘了早期希腊的“多神论”,它和犹太教、基督教、伊斯兰教的“一神论”呈鲜明的对比。这种多神论有利于哲学和早期科学的发展。因为对古希腊人来说,一个唯一的全能的神就能解释所有自然现象是难以理解的。同时古希腊也没有像古巴比伦和古埃及那



样的强大的僧侣阶层,这个阶层垄断了关于自然和超自然现象的思考,因此在古希腊没有什么能够阻止不同的思想家对自然现象作出不同的解释或得出不同的结论。就古希腊的生物学来说,我们可以列出三种主要的传统。

1.2.1 三种主要的传统

1. 博物学

博物学传统建立在对当地动物和植物的了解的基础上。这类知识通过口口相传从上一代延续到下一代。亚里士多德(Aristotle)(图 1.5)的《动物志》以及泰奥弗拉斯托斯(Theophrastus)关于植物的著作所提供的信息仅仅是这类知识的极小一部分。涉及自然界动物的知识在很大程度上都来自饲养家畜的经验。家畜家禽的个体行为,生、老、病、死以及其他一些生物学现象比野生动物要容易观察得多。而且,动物的生命现象和人类相似,这就促进了比较研究。这为以后的解剖学和医学研究的发展作出了积极贡献。

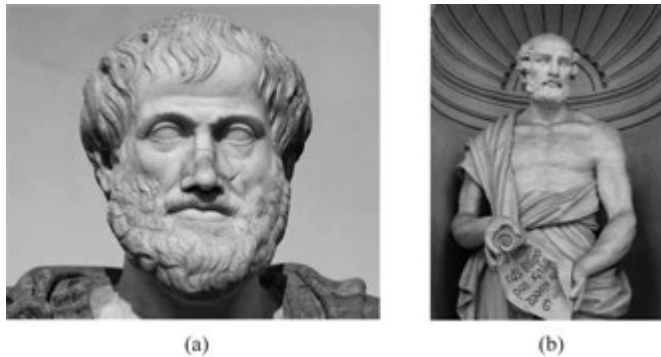


图 1.5 亚里士多德和泰奥弗拉斯托斯

(a) 亚里士多德; (b) 泰奥弗拉斯托斯

2. 哲学

古希腊哲学为西方科学的发展铺垫了道路。哲学传统起源于艾奥尼亚哲学家泰勒斯(Thales)。阿那克西曼德(Anaximander)(图 1.6)及其信徒在探索一种能够解释众多不

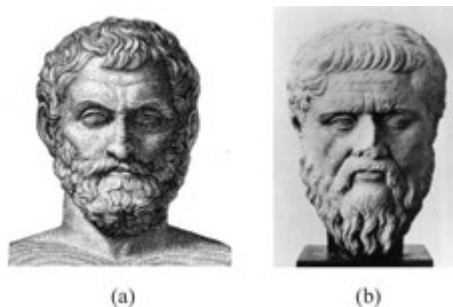


图 1.6 泰勒斯和阿那克西曼德

(a) 泰勒斯; (b) 阿那克西曼德



同现象的统一概念时,常常提出某种终极原因。这些艾奥尼亚哲学家汲取了古巴比伦人和其他文明地区的知识和成就,并采用了他们对自然现象的解释。艾奥尼亚学派的真正重要意义在于宣示了科学的兴起,他们强调了理性思维的重要性,并推动了科学的进步和发展。

公元前 6 世纪至 5 世纪,古希腊哲学最著名的人物是毕达哥拉斯(Pythagoras)、色诺芬尼(Xenophanes)、巴门尼德(Parmenides)和恩培多克勒(Empedocles)(图 1.7)。毕达哥拉斯的“万物皆数”的思想重视数和量,这种思想传统不仅影响了物理科学,也影响了生物学。恩培多克勒相较其先辈更关注生物现象。他提出了自然界的四种要素:土、气、火和水。他认为整个物质世界是由这四种要素按不同组合构成,由于组合不同,从而体现了各种形式的均质性和异质性。关于四种要素的信念一直延续了 2 000 多年。



图 1.7 毕达哥拉斯和恩培多克勒

(a) 毕达哥拉斯; (b) 恩培多克勒

在随后的年代中兴起了两个著名的哲学学派:一个是赫拉克利特(Heraclitus)学派,强调世间万物不断变化;另一个是德谟克利特(Democritus)学派,强调原子的恒定不变性,以及原子是一切物体的最小组成单位。德谟克利特写过许多关于生物方面的著作,亚里士多德的某些思想被认为是从他那里汲取来的。德谟克利特首次提出了这样一个问题:由于原子的结构特点,自然现象特别是生物界的现象,究竟是纯粹随机发生的还是按照必然规律发生的?这个问题一经提出就在哲学家之间引起了分歧,而且从此以后机遇或必然一直成为哲学家争论的主题之一。2 000 多年以后达尔文指出,并不是只有机遇与必然这两种选择自由,自然选择的两步过程就避免了德谟克利特的两难困境。

这些早期的希腊哲学家早就认识到一些日常的生理现象如运动、营养、感觉、生殖等都需要加以解释。但是他们认为只要专心一意地思考就能够对上述现象一一作出解释。单纯通过哲学思考提供科学解释的传统延续了很久,它对 18 世纪和 19 世纪的科学研究产生了越来越严重的不利影响。这些哲学家对实验发现拒不接受,仅仅是因为这些发现和他们的演绎推理不符。然而古希腊的演绎推理的哲学方法有利于提出一些过去从没有人提出过的问题,并使这些问题的提法更准确、更系统化,因而为纯粹的科学研究方法扫清了道路,进而最终代替了哲学推理。

柏拉图(Plato)和亚里士多德这两位希腊哲学家对随后科学发展的影响较之其他任何人都更大。柏拉图对几何学特别感兴趣,这对他的思想有巨大影响(图 1.8)。他观察到一个三角形不论它的三个角是怎样组合的,总是一个三角形,不同于四边形或其他多边



形,这构成了他的本质论思想的基础。本质论是与生物学很不相容的一种哲学。生物学经过2000多年才在达尔文的影响下摆脱了本质论的羁绊。由于柏拉图的思想植根于几何学,所以他很少运用博物学的观察方法。他特别重视灵魂和设计,这样就和基督教的宗旨建立了联系,后者直到17世纪一直统治着西方人的思想。现代生物学思想的崛起很大程度上是从柏拉图思想的桎梏中解放出来的结果。



图 1.8 柏拉图和希波克拉底
(a) 柏拉图; (b) 希波克拉底

3. 生物医学

希波克拉底(Hippocrates)学派的生物医学传统和上述的博物学传统及哲学传统并存。生物医学传统发掘了大量的解剖学和生理学知识(图1.8)。这些知识进而由亚历山大时期的希罗菲卢斯(Herophilus)、埃拉西斯特拉图斯(Erasistratus)以及盖伦(Galen)及其学派进一步发展,形成了文艺复兴时期解剖学和生理学再度兴起的基础。对人体解剖和人体生理的研究是亚里士多德以后直到18世纪生物学的关注焦点。

1.2.2 亚里士多德

大约在公元前4世纪中期,随着亚里士多德的出现,古希腊科学达到了一个高潮。亚里士多德可以说是在达尔文之前对生物学研究作出最多贡献的人。他的生物学知识很广博,知识来源也很广泛。他在少年时期曾当过医师的学徒,后来又在莱斯波斯岛(Lesbos)居住过3年,花了很多时间研究海洋生物。生命科学史的各个方面几乎都得从亚里士多德开始。

1. 生长和发育

亚里士多德研究生物学的一个显著特点是追究原因。他并不满足于仅仅提出“怎样”(how)的问题,而且提出“为什么”(why)的问题,这在当时来说非常了不起。“为什么有机体从一个受精卵发育成完整的成体?”“为什么生物界中目的导向的活动和行为如此之多?”亚里士多德清楚地认识到:仅仅构成躯体的原材料并不具备发展成复杂有机体的能力,必然有某种额外的东西(他称之为 eidos)才能最终导致发育。亚里士多德的 eidos 是程序目的性原则,在他的思想中这个词所表示的意思和现代生物学家的遗传程序所表达



的完全一样。

在这样的思想指导下,亚里士多德认为自然界一切物质按本身的性质而运动,所有的自然现象都是物质作用过程或过程的表现。由于任何过程都有目的性,所以他认为对目的的研究是探究自然最重要的部分。对亚里士多德来说,一切结构和生物性活动都有其生物学意义,或者就像我们现在所说的,有其适应意义。亚里士多德研究生长和发育的主要目的之一就是解释这些意义。他的“为什么”问题在生物学史上具有重要的启示作用,是演化生物学家们所提出的最重要的问题。

2. 生物分类

利用观察和推理,亚里士多德是第一个尝试建立动物分类系统的人,他对有血的动物与没有血的动物进行了对比。有血的动物包括哺乳动物、鸟类、两栖动物、爬行动物和鱼类。没有血的动物分为头足类、高级甲壳类、昆虫类和鞣丸类(所有低等动物的集合)。他对动物的细致研究使人们认识到哺乳动物有肺,呼吸空气,是温血动物,并且哺乳它们的幼崽。

亚里士多德将分类学写成专门的著作,如《动物解剖》《动物繁殖》等。他首先发现了比较法的启发意义并被尊称为比较法的创始人。他也是详细叙述很多种动物生活史的第一个人。他写出了关于生殖生物学和生活史的第一本书。他重视生物多样性现象以及动、植物之间的区别。虽然他没有提出正式的分类方法,但是他按一定的标准(动物身体特征和生理功能)对动物进行了分类,而且他对无脊椎动物的分类比2000年后卡尔·林奈(Carl Linnaeus)的分类更合理。

3. 生殖和遗传

亚里士多德的著作中最重要的部分是关于生殖以及遗传和血统的相关主题。他确定了四种繁殖方式,其中包括古希腊人认为的源于泥土的非生物起源。他承认的其他生殖方式包括萌芽(无性生殖)、不交配的生殖和有交配的生殖。亚里士多德描述了精子和卵子,并认为胎生生物的血是真正的生殖物质。

4. 演化思想

尽管亚里士多德认识到物种不是稳定不变的,尽管他试图对观察到的动物进行分类,但他远没有发展出任何演化论思想。事实上,他支持目的论,即自然界的所有现象都是由一个目的形成的。尽管如此,生物学中的一些重要原理,通常被认为是20世纪的概念,可以追溯到亚里士多德。以鸟类为例,他阐述了一个原则,即所有生物在结构和功能上都适应了它们的习性和栖息地。在对动物进行分类时,亚里士多德没有仅凭它们的外部结构来划分。相反,他认识到不同生物之间存在着一种本质上的统一,这一原则在概念和科学上仍然是合理的。通过观察,亚里士多德意识到结构同源性和功能类比的重要性。例如,手、爪子和蹄子都是类似的结构,但功能不同。这些原则构成了比较解剖学研究领域的基础。

亚里士多德是一个坚定的经验主义者。他的推论都植根于他的观察。他在《动物繁殖》一书中曾明确表示:从感官所得到的信息和知识是首位的,超过理智思考所能提供的信息。



1.3 后希腊时代和中世纪伊斯兰文明

在欧洲科学处于休眠状态的近 1 000 年里,阿拉伯人成为科学的守护者,并在生物学和其他学科上占据了主导地位。到 9 世纪,阿拉伯人的影响范围已延伸至西班牙。与此同时,由于中国学术的繁荣发展,新的技术发明从中国流入西方。中国人已经发明了造纸术和活字印刷术,这两项成就对学习知识产生了不可估量的影响。在那个时期,另一个重要的进步是阿拉伯数字从印度传入欧洲。

1.3.1 后希腊时代

希腊的三种生物学传统一直延续到亚里士多德之后。博物学特别是植物的描述和分类在泰奥弗拉斯托斯和迪奥斯科里德斯(Dioscorides)的著作中达到了新的高度,而普林尼(Pliny)则对动物学感兴趣,他是一位百科全书式的编纂者。生物医学传统到盖伦时达到高峰,他的影响一直持续到 19 世纪。

随着亚里士多德和泰奥弗拉斯托斯的时代结束,古希腊科学研究的黄金时期也结束了。新学术中心中最著名的是亚历山大时期的图书馆和博物馆,所有重要的生物研究都由亚历山大时期的医生们进行。这些人当中最出色的是希罗菲卢斯,他开始解剖人体,并将人体构造与其他大型哺乳动物进行比较。他识别出大脑,详细地描述了它作为神经系统和智慧的所在地。基于观察和实验,他写了一本通用的解剖学论著、一本关于眼睛的专门论著及一本助产士手册。埃拉西斯特拉图斯,希罗菲卢斯的同代人,对心脏瓣膜和血液的循环进行了研究。虽然他认为血液从静脉流入动脉的观点是错误的,但他关于毛细血管的假设是正确的。

古希腊生物医学传统传承者中最重要的人物是盖伦,他是一位在罗马行医的医师。他早年是角斗士竞技场上的外科医生,这使他有观察人体结构的一些细节。然而,由于古罗马禁止解剖人体,盖伦无法进行详细的人体解剖研究。因此,尽管盖伦对动物的研究很彻底,但他很多解剖学知识是错误的。由于他的工作广泛且书写清晰,盖伦的著作在几个世纪内都主导着医学(图 1.9)。

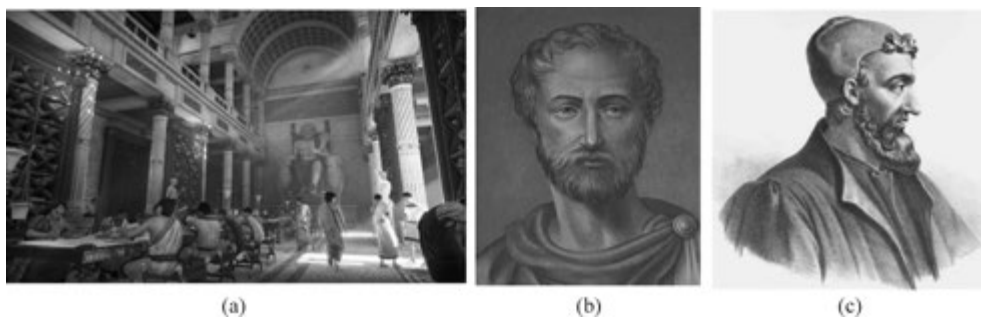


图 1.9 亚历山大图书馆、普林尼和盖伦
(a) 亚历山大图书馆; (b) 普林尼; (c) 盖伦



1.3.2 中世纪伊斯兰文明

盖伦之后的几个世纪都没有重大的生物学研究进展。有一部分人认为基督教的兴起是科学衰落的原因。虽然基督教确实不喜欢古希腊的质疑态度,但在 2 世纪末,科学已经明显衰退,当时基督教仍然是一个默默无闻的教派。在中世纪,通过阿拉伯人的翻译才使西方世界重新认识亚里士多德,这可能是伊斯兰文明对生物学史所作出的最伟大贡献。希腊人是伟大的思想家,但并不重视实验。与之相反,阿拉伯人是伟大的实验家,甚至可以说他们奠定了以后兴起的实验科学的基础。

从 3 世纪到 11 世纪,生物学基本上是一门阿拉伯科学。虽然阿拉伯学者本身并不是伟大的创新者,但他们发现了亚里士多德和盖伦等人的著作,并把这些著作翻译成阿拉伯语,研究它们并撰写评论。在阿拉伯生物学家中,特别值得注意的是贾希兹(al-Jāhiz)[图 1.10(a)]。在他的生物学著作《动物之书》中,他强调了的统一性和不同生物群体之间的关系。贾希兹相信地球包含男性元素和女性元素。他认为古希腊的自然发生学说(生命从泥中出现)是相当合理的。



图 1.10 贾希兹和伊本·西纳
(a) 贾希兹; (b) 伊本·西纳

医生伊本·西纳(Ibn Sina)是一位杰出的科学家,生活在 10 世纪末和 11 世纪初[图 1.10(b)]。他是亚里士多德真正的继承者。他在医学和药物方面的著作直到文艺复兴时期都具有很高的权威性。这些著作被从阿拉伯语翻译成拉丁语,为把亚里士多德的著作带回欧洲作出了很大贡献。

1.4 机械规律解释万物：文艺复兴和科学革命

文艺复兴时期是人类历史上一个具有里程碑意义的时期,欧洲成为学习的中心。正如文艺复兴时期的许多研究领域一样,生命科学开始发展自己的身份,与其他领域分离,变得越来越专业化。文艺复兴和科学革命构成了整个历史上科学发现和发展最重要的时期。这一时期先于启蒙运动。许多历史学家认为这一时期是现代科学真正取得成果的时期。

1.4.1 解剖学和博物学

宗教对宇宙的看法最初决定了自然科学的方向,但在文艺复兴时期,哲学家奠定了思



想启蒙的基础。人们开始探索身体是机器或自动机的可能性,以及产生了“灵魂是人类和动物之间唯一的区别”这样的观点。

1. 解剖学

在文艺复兴开始时期,艺术家们而不是专业的解剖学家们,致力于真实地描绘包括人类在内的动物的身体,因此他们有动力通过解剖获得第一手的知识。列奥纳多·达·芬奇(Leonardo da Vinci)是这一时期的代表人物。他的好奇心和艺术家的科学想象力无人能及。尽管他一生中有许多著名的艺术和科学贡献,但他对人体研究的痴迷和他精细的绘画技术是文艺复兴时期艺术与科学交融的一个典型例子(图 1.11)。他在 15 世纪末和 16 世纪初对人体的解剖学研究远远领先于那个时代,其中包括了一个世纪后才被认识到的细节。此外,在解剖动物并检查它们的结构时,达·芬奇还将它们与人类的结构进行了比较。在此过程中,他是第一个指出人类和马的腿部骨骼和关节排列具有同源性的人。同源性后来成为把外表不同的动物群体进行统一的一个重要概念,这在演化研究中是一个具有重要意义因素。

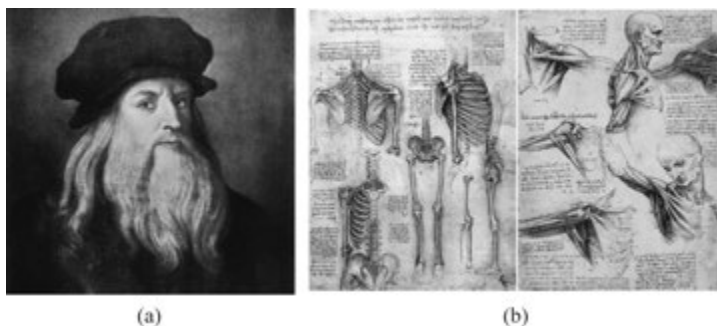


图 1.11 达·芬奇和他的解剖绘画手稿

(a) 达·芬奇; (b) 达·芬奇的解剖绘画手稿

解剖学在中世纪医学院校中的讲授方式比较特殊:医学教授背诵盖伦的著作,助手则解剖尸体的相应部分。这种教学方式很糟糕,教授的讲解和讨论完全只是复诵盖伦,并认为这比实际解剖重要得多。将这套方式完全改变过来的是安德烈·维萨里(Andreas Vesalius)。他本人积极参与解剖并发明了新解剖工具,最后还出版了附有精彩插图的《人体解剖》(图 1.12)。在这本书中他更正了盖伦的很多错误,然而他本人的新发现很有限,并且在生理学解释上仍然保留了亚里士多德的观点。尽管如此,维萨里开创了解剖学的新时代,从依赖传统教材转变到亲自观察操作。他的后继者们,如吉罗拉莫·法布里修斯(Girolamo Fabrici)在人体解剖上有重要发现,而且其中有些人对比较解剖学和胚胎学也作出了重要贡献。这一发展特别重要的是它为生理学的兴起提供了条件。

2. 博物学

对药用植物的研究在整个中世纪后半期都很普遍,这反映在草药书的数量上,特别是在泰奥弗拉斯托斯和迪奥斯科里德斯的著作重新问世之后。布罗因菲尔斯(Brunfels)等人编写的植物志预示了植物研究需要“回到自然”这一运动的到来。环世界旅行也起到解

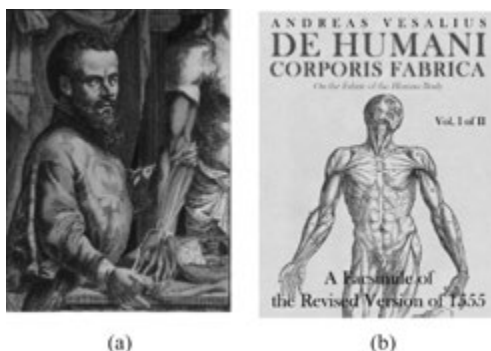


图 1.12 维萨里和他的《人体解剖》
(a) 维萨里；(b) 《人体解剖》

放思想的作用。这开始于十字军东征,接着是威尼斯商人的远游(如马可·波罗到中国)以及葡萄牙水手的航行,最终反映在哥伦布发现新大陆上。这些旅行的决定性成就之一是突然发现了遍布全球的动植物的广泛多样性。这种成就导致了几部百科全书式的著作出版发行,如《博物志》《鸟类志》以及《海洋动物志》等。

1.4.2 世界观机械化

文艺复兴时期,人们看待事物有了新的角度和观点,而应用科学为这些观点的推广铺平了道路。世界观的机械化(mechanization)在伽利略及其学生的思想中达到了第一次高峰。其核心思想是:自然是受定律制约的运动着的物质系统。运动是一切事物的要旨和核心,而一切事物又必然有其机械性原因(图 1.13)。伽利略对定量的重视体现在他的名言中:“计量一切可以计量的;无法计量的也应使之可以计量。”这就促进了用以定量的仪器的开发与应用,通过对正常状态的计算来建立普遍规律。更重要的一点:人们明确了在科学研究中应当依靠观察和实验而不是依靠权威的只言片语。



图 1.13 人手的运动如机器一般运转

勒内·笛卡尔(René Descartes)在传播机械论世界观上作出巨大贡献[图 1.14(a)]。和柏拉图相似,他的思想受数学影响很深,他最出色的贡献可能是发明了解析几何。笛卡尔将有机体简化(还原)为一类自动机的观点遭到了生物学家激烈的反对[图 1.14(b)]。笛卡尔认为动物有机体仅仅是自动机,人类和动物的区别是人有灵魂。他还认为一切科学都必须以数学为基础。这些说法给 19 世纪前的生物学套上了枷锁。笛卡尔思想中最薄弱的一环涉及起源。他认为有机体是由微粒偶然地碰在一起而形成的。这意味着用偶然事件的结果来解释自然规律。这种论点和博物学学者所论证的自然的秩序性以及一切



生物强大的适应性相抵触。笛卡尔多数关于生理学的结论不是通过实验或观察而是按演绎法推论而得。因此,笛卡尔主义对随后生物学发展起到消极作用,特别是导致法国在以后的几百年中对演化思想[例如对让-巴蒂斯特·拉马克(Jean-Baptiste de Lamarck)的观点]漠视。



图 1.14 笛卡尔和他的还原论

(a) 笛卡尔; (b) 还原论

机械论世界观的统治并不是绝对的。伽利略学派和笛卡尔学派的极端主张几乎立即激起了许多相抗衡的发展趋势,其中有两种在生物学史上最为重要:一种是化学传统的兴起,另一种是多样性的研究。这两种趋势都部分植根于科学革命。

1.4.3 生理学

生理学在 16 世纪有一种新趋势,即注意性质与化学组成而不是运动和力。这一趋势的代表人物有帕拉塞尔苏斯(Paracelsus)及其门徒、炼金术士以及通常被称为医学化学家的学派。虽然这种新趋势有不少错误,但是从长远看,它对生物性过程的解释远比严格机械论具有更持久的影响。帕拉塞尔苏斯[图 1.15(a)]既是一位庸医,又是一个天才。他相信巫术和超自然力。他否认希腊传统的四种元素的重要性,取而代之以具体的化学药品,特别是硫、汞以及盐类。他开拓了一个全新的传统:将生命过程看作是化学过程。这一传统经由扬·巴普蒂斯塔·范·赫尔蒙特(Jan Baptista van Helmont)在生理学历史上开创了一个新阶段[图 1.15(b)]。赫尔蒙特新创了“气体”(gas)这个词,并对二氧化碳进行了卓越的研究。他确认了胃的酸性和小肠的碱性,从而开拓了营养生物学的新研究领域。他的生理学化学化这种传统通过他的追随者延续了下来。

1.4.4 科学革命的影响

就生物学而言,科学革命最积极的贡献是对研究工作采取了新的态度。这种态度完全否定了只靠逻辑探求真理的哲学,而是更加重视实验和观察,即更加重视搜集事实。这有利于运用自然规律解释自然现象,而发现自然规律就是科学家的任务。机械观对生物学的具体贡献包括哈维测定血液容量(这是他论证血液循环中的一个重要环节)和某些解剖学家的研究,特别是关于四肢、关节和肌肉运动的研究。

牛顿的《自然哲学的数学原理》的出版大大加强了生理学的机械观点,帮助生理学家在数学基础上对整个生物世界作出机械性解释。例如对哺乳动物和鸟类的温血现象就用



图 1.15 帕拉塞尔苏斯和赫尔蒙特

(a) 帕拉塞尔苏斯；(b) 赫尔蒙特

血液在血管中的摩擦来解释,并流传 150 年左右之久。这样轻率的物理学解释在 17 世纪、18 世纪(甚至到 19 世纪)对生物学研究都是一种严重的阻碍。到 19 世纪末,生物学家才拥有足够的理智力量建立一种既充分考虑到生物界的独特性,又和化学及物理学定律一致的解释模式。

1.5 “反科学规律的出现”:多样性的发现

对一切现象作出机械论解释的目的之一是进一步推进科学的统一。物理科学家的抱负是将宇宙间的现象简化还原成最小数量的定律。但是大量博物学家发现动物和植物几乎无限制的多样性以后,在研究生物有机体方面孕育着一种几乎正好相反的趋势。草药医生和百科全书编辑者重新发现泰奥弗拉斯托斯和亚里士多德的传统,忠实地描述了各种各样的生物。越来越多的博物学家投身于自然界多样性研究,并发现世界万物远比想象的要丰富得多。

1.5.1 分类

收藏品的指数式增长引出了当时最紧迫的问题:分类。由安德列亚·切萨尔皮诺(Andrea Cesalpino)开始,到林奈(图 1.16)时达到了分类学时代的顶峰。系统化和分类



图 1.16 切萨尔皮诺与林奈和雷

(a) 切萨尔皮诺；(b) 林奈；(c) 雷



的方法在 17 世纪和 18 世纪主宰了生物学,重要原因是 16 世纪“植物学之父”们为了满足描述和绘制植物的需求,收集了大量不同的植物。越来越多的探索表明,每个国家都有自己的本土植物和动物,这些植物和动物的数量还在不断增加。为了方便研究交流,进行分类和统一命名是紧迫的任务。

当亚里士多德用繁殖模式和栖息地来区分动物群时,他开始了分类的过程。事实上,“属”和“种”这两个词是亚里士多德使用的希腊词“genos”和“eidos”的翻译。瑞士植物学家加斯帕德·鲍欣(Gaspard Bauhin)引入了一种二项式分类系统,使用一个属名和一个专用名。然而,在 17 世纪之前提出的大多数分类方案都非常混乱。

1. 依据生物结构进行分类

英国博物学家约翰·雷(John Ray)和瑞典博物学家和探险家林奈是 17 世纪和 18 世纪的两位系统学家(图 1.16)。雷曾就读于剑桥大学,他对古代草药编纂者的工作十分感兴趣,特别是分类研究。他认识到博物学家们需要一个既适用于植物又适用于动物的分类系统,在他的分类方案中对属和种进行了极其精确的描述。雷把他的分类系统建立在动物的结构上,如动物的脚趾和牙齿的排列,而不是颜色或栖息地上,这为分类生物学引入了一个新的、非常重要的概念。

2. 有机体群的重组

在林奈之前,大多数分类学家都是先将所有已知的生物分成大群,然后再逐渐细分成小群,以此开始他们的分类体系。与他的前辈不同,林奈从物种开始进行分类,将它们组织成更大的群或属,然后将类似的属组织成科,将相关的科组织成目和纲。林奈选择了花的生殖器官结构作为高等植物分类的基础。因此,他区分了有真正的花和种子的植物和没有真正的花和种子的植物,并将前者细分为两性和单性形式。对于动物,继雷的研究之后,林奈认为牙齿和脚趾是哺乳动物的基本特征,他用鸟嘴的形状作为鸟类分类的依据。林奈证明了这种基于简明准确描述的二项分类系统,可以用于对生物体进行分组,并将分类生物学作为一门学科建立起来(图 1.17)。

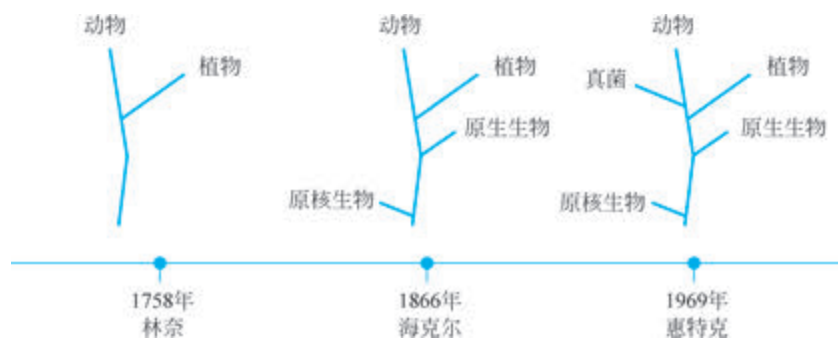


图 1.17 生物分类方法的演化

后来的分类学是由法国生物学家乔治·布丰(Georges de Buffon)、拉马克和乔治·居维叶(Georges Cuvier)发展起来的,他们都对生物科学作出了持久的贡献,特别是在比较研究方面。后来的系统学家主要对动物之间的关系感兴趣,并努力从广义上解释动物



之间的相似之处和差异。

1.5.2 博物学

航海家和探险家从世界各地带回各种各样新奇的动植物,进一步促进了生物多样性的研究。海外旅行和探险引发了欧洲各国对新奇动植物的探寻并建立了丰富的收藏。那个时期的博物学家并不是全都醉心于对物种的描述。例如约瑟夫·格利特·克尔路德(Josef Gottlieb Kölreuter),虽然起初是对物种本质感兴趣,却在遗传学、受精作用以及花的生物学上都作出了开拓性的贡献。他的工作虽然在其生前基本被忽视,却是后来达尔文对植物的受精作用实验研究的基础。

博物学中和林奈传统十分不同的另一传统是由布丰开创的。他的著作《博物学》当时几乎每个受过教育的欧洲人都读过。这本书侧重动物及其生活史。布丰作为一个杰出的科学普及宣传者,对当时的思想解放起到很大作用,包括宇宙学、胚胎发育、物种、自然系统以及地球起源等领域。他并没有提出演化学说,但无疑为拉马克准备好了舞台。

1.5.3 比较生物学的研究发展

从16世纪开始,解剖学家们就努力地了解人体结构。在这个过程中,他们通常忽略了其他动物。直到17世纪后半叶,生物学家们开始意识到通过对包括人类在内的所有动物的比较研究可以获得重要的知识。英国医生爱德华·泰森(Edward Tyson)是最早一批这样做的解剖学家之一,他详细研究了一只未成熟黑猩猩的解剖结构,并将其与人类的解剖结构进行了比较。在进一步比较黑猩猩和其他灵长类动物时,泰森清楚地认识到这些动物和人类之间的相似之处。这不仅是对人类学的重大贡献,而且表明人类和其他灵长类动物之间存在着关系,这比达尔文早了近两个世纪。

18世纪生物学的主要兴趣是对生物有机体的描述、比较和分类。解剖学一开始主要是生理学研究的一种方法,随着科学界对比较解剖研究的日益重视,其发展成为研究多样性的一种方法。比较法作为科学上的两种主要方法之一(另一种是实验法),在18世纪的后半叶才真正开始发挥效能。这种方法在居维叶的工作中达到第一次高潮,他在一系列的方法学研究中,特别着重在无脊椎动物方面,论证了在动物的主要门类之间不存在任何过渡动物,从而根本否定了“自然界阶梯”的存在。1859年以后,比较解剖研究为达尔文的共同祖先学说提供了不少有说服力的证据。

居维叶利用从世界各地收集来的大量生物标本,建立了一个动物王国的系统性框架。除了建立系统解剖学和比较解剖学之间的联系外,他还认为存在“部分的相关性”,根据这种相关性,特定类型的结构(例如羽毛)与某种解剖结构(例如翅膀)相关。换句话说,他认为即使没有完整的标本,也可以推断出一个有机体的大量解剖学信息。这一见解在化石研究中具有重要的实际意义。他在1812年出版的《骨骼化石研究》为古生物学奠定了基础(图1.18)。然而,为了使他的科学发现与他个人的宗教信仰相一致,居维叶认同“灾变论”,即一系列灾难性的意外可以解释化石的存在和现存物种的不变性。

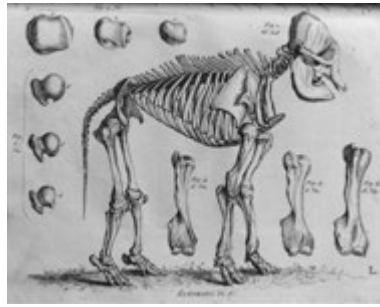


图 1.18 居维叶的骨骼化石研究

1.5.4 显微镜和微观世界

科学革命也为多样性研究创造了条件。各种新仪器的开发制造就是机械论思想的产物之一,其中对生物学家最重要的是显微镜。它为生物学家开辟了一个新天地。尽管最早的显微镜只能放大 10 倍,但这就已经足够显示出完全未预料到的、活的微观世界的存在,特别是肉眼看不见的水生生物。

很久以前亚述人就知道玻璃球碎片的放大能力。2 世纪,亚历山大时期的天文学家、数学家和地理学家克罗狄斯·托勒密(Claudius Ptolemy)写了一篇关于光学的论文,其中讨论了与这种透镜和装满水的玻璃球有关的放大和折射现象[图 1.19(a)]。然而,尽管有这些知识,玻璃镜片直到 1300 年左右才被广泛使用。这一发明引起了人们对透镜放大特性的好奇,并写了多篇关于这种装置的论文。到了 16 世纪后期,荷兰光学师扎卡莱亚斯·詹森(Zacharias Janssen)和他的儿子发明了复合显微镜[图 1.19(b)]。然而,这种仪器在生物科学中的应用直到一个世纪后才得以实现。随着仪器的技术改进和对科学研究的更自由态度的发展,出现了几位对生物学产生深远影响的显微镜学家:马塞洛·马尔皮吉(Marcello Malpighi)、安东尼·范·列文虎克(Antonie van Leeuwenhoek)和罗伯特·胡克(Robert Hooke)。



图 1.19 托勒密和詹森

(a) 托勒密; (b) 詹森



1. 马尔皮吉的动物和植物研究



图 1.20 马尔皮吉

意大利生物学家和内科医生马尔皮吉(图 1.20)在动物解剖学和组织学方面进行了广泛的研究。他是第一个描述皮肤的内层、大脑区域的外层(皮层)和红细胞的人。他进一步的主要贡献是对小鸡发育的描述。除了对动物研究之外,马尔皮吉还对植物解剖进行了详细的调查。他系统地描述了植物的各个部分,如树皮、茎、根和种子,并讨论了发芽等过程。马尔皮吉的许多植物解剖图直到 19 世纪才被重新发现。

2. Animalcules 的发现

列文虎克一生的大部分时间以卖布为生。年轻时,他对研磨镜片产生了兴趣,他把镜片装在金、银或铜板上。使用单透镜而不是复合透镜(由两个或多个透镜组成的系统),列文虎克实现了从 40 倍到 270 倍的放大倍率,这对于手工磨镜片来说是一个了不起的成就。他最引人注目的观察之一是在 1675 年发现了死水中的许多原生动物,他称之为“Animalcules(小动物)”(图 1.21)。他观察了动脉和静脉之间的联系,对肌肉的微观结构、眼睛的晶状体、牙齿和其他结构做了特别细致的描述,并识别出不同形状的细菌。

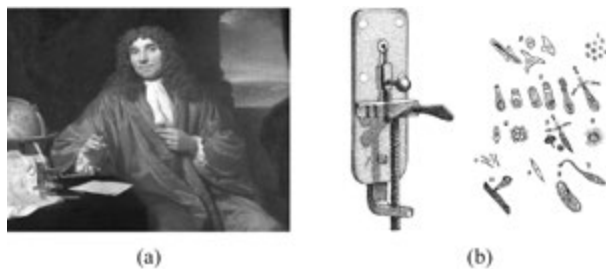


图 1.21 列文虎克和他发明的显微镜及观察到的“小动物”

(a) 列文虎克; (b) 列文虎克发明的显微镜及观察到的“小动物”

列文虎克证实男性精液中含有精子。此外,他还在许多交配后的雌性动物生殖道中发现了精子。这一发现驳斥了一种观点,即动物的整个形态发展都集中在卵子中,而精子只是产生一种“蒸气”,这种“蒸气”穿透子宫并影响受精。虽然这种所谓的预形成理论继续存活了一段时间,但列文虎克的工作开启了它最终的消亡。

3. 细胞的发现

胡克作为伦敦皇家学会的仪器馆馆长,接触了所有新的科学发展,并对飞行和钟表制造等不同的学科表现出兴趣。1665 年,胡克出版了《显微术》,主要回顾了他在显微镜的发展和改进过程中所做的一系列观察。胡克详细描述了羽毛的结构、蜜蜂的毒刺、软体动物的舌头以及苍蝇的脚。胡克创造了“细胞”(cell)这个词。他绘制了软木塞的微观结构,并将这种结构称为细胞。他在其他树木和植物的组织中描述了类似的结构,并发现在一些组织中细胞充满液体,而在另一些组织中细胞是空的。因此,他认为细胞的功能是在植



物体内运输物质(图 1.22)。



图 1.22 胡克和《显微术》

(a) 胡克; (b) 《显微术》

尽管当时的显微镜学家的工作似乎都缺乏明确的目标,但应该记住,这些人的工作体现了这样一种观念:仅仅靠假设的、哲学的推测是不够的,观察和实验是最重要的。当时的显微镜学家们几乎都是单独工作,但却能记录下如此多的具有重要意义观察结果。他们工作的重大意义在于:第一次揭示了微观的复杂的世界。也就是在这个时期,博物学家们发现昆虫是很好的科学研究材料。弗朗切斯科·雷迪(Francesco Redi)于1668年证明昆虫并不是自然发生的产物,而是由受精后产生的卵发育而成。简·施旺麦丹(Jan Swammerdam)就蜜蜂和其他昆虫做了极其出色的解剖研究。

1.6 启蒙运动与科学职业化

启蒙运动(Enlightenment)是一场发生在17—18世纪的文化运动,旨在解放思想,鼓励人们用理性和科学的方法看待世界。启蒙运动对于科学职业化的影响表现在多个方面。首先,启蒙运动促进了科学研究的系统化和理论化,推动了科学知识的发展和进步。其次,启蒙运动提升了人们对科学的认知,使科学成为人们生活中的重要组成部分,并在教育体系中占据了重要地位。启蒙运动倡导的科学方法论和思维方式深刻影响了科学研究的过程与方法,促进了科学方法的进步和改良。

1.6.1 对生物学发展的影响

正像“启蒙运动”这个词所表示的那样,18世纪是一个理性解放的时代。以往的信条,不论是神学的、哲学的还是科学的都要接受无情的批判。启蒙时代的生物学发展主要体现在对传统宗教神学观念的挑战,以及对科学实验方法和观察方法的重视。这一时期,生物学的研究开始注重对自然现象的观察和实验验证,逐渐摆脱了宗教神学的束缚。同时,启蒙时代的生物学研究也开始关注物种的起源和演化,提出了许多有关生物演化的理论。例如,拉马克主义就是在这一时期逐渐形成和发展起来的。

1.6.2 科学职业化

启蒙运动推动了科学研究的组织化和职业化,促进了科学研究的专门化和专业化。



例如,出现了专门的科研机构及学术期刊、科学出版社等机构,以及专业的科学家和研究员。

科学的职业化在法国约在 1789 年之后才开始,德国也大致如此,然而在英国则迟至 19 世纪中叶。我们现在关于科学的概念以及科学研究大多都是在德国的大学中发展起来的。18 世纪 30 年代,德国建立了教学实验室。德国的大学在 19 世纪较之其他国家更重视研究并颁发较高的学位。纯理论科学与应用知识在德国并无矛盾,而且德国的大学制度与工艺学徒制度十分相似。这大大鼓舞了力争上游与取得成就的奋发精神。当科学在美国开始繁荣,美国在大学中设立研究院时,主要采用德国的大学制度。19 世纪后期,科学家在各国之间大规模流动的现象又重新开始,这对美国实验生物学的发展产生了重要影响。

从 15 世纪末直到 19 世纪,几乎所有的生物学方面的主要进展都来自六七个国家。生物学研究中心最初在意大利,随后转移到瑞士、法国、荷兰,然后是瑞典,最后转移到德国和英国。科学人员的不停流动,而且由于经济或社会原因总有某个国家在这方面处于领先地位。例如,19 世纪德国在生物学上领先的原因之一是德国大学中最早建立了动物学、植物学和生理学教授职位。

1.6.3 科学出版物

直到 19 世纪前,科学进展相对缓慢。很多学科及其分科在一个时期往往只有一个专家。当很多大学就生物学的各个学科建立教授职位而开始生物学职业化时,每个教授又开始培养大量的年轻专家,这样一来,科学著作就呈现了指数级增长。

专家数量的增加使生物学出版物的性质发生了很大变化。18 世纪科学出版物的特点是篇幅长、部头大,如布丰的《自然史》、林奈的《自然系统》。到了 19 世纪就开始出版较短的专著,更重要的是出现了短的杂志文章。这就要求有更多的新杂志。到 1830 年只有英国皇家学会、法国科学院和其他科学院的出版物。19 世纪则有动物学会、林奈学会、伦敦地质学会等一些专业性学会开始出版刊物,还出现了像《美国科学杂志》,德国的《动物学杂志》和《植物学年鉴》等。生物学杂志对生物学的发展产生了重要影响。随着现代生物学越来越专门化,遗传、演化、生态学、动物行为等成为新发展的分支学科的集合点。近几十年发表的文章远比先前整个生物学历史时期的文章多得多,从而大大地扩展和深化了生物学。

参考文献

- [1] RONAN C A, NEEDHAM J. The shorter science and civilisation in China: an abridgement of Joseph Needham's original text: Vol. 1[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [2] SAPP J. Genesis: the evolution of biology[M]. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- [3] COLEMAN W. Biology in the nineteenth century[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.
- [4] KOHLER R E. Landscapes and labscales[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2002.
- [5] ALLEN G E. Life science in the twentieth century[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- [6] AGAR J. Science in the 20th century and beyond[M]. Cambridge: Polity, 2013.



- [7] SINGER C. A history of biology[M]. New York: Henry Schuman, 1951.
- [8] 法拉. 四千年科学史[M]. 黄欣荣, 译. 北京: 中央编译出版社, 2011.
- [9] 玛格纳. 生命科学史[M]. 李难, 崔极谦, 王水平, 译. 天津: 百花文艺出版社, 2002.
- [10] 玛格纳. 医学史[M]. 刘学礼, 等译. 上海: 上海人民出版社, 2017.
- [11] 迈尔. 生物学思想发展的历史[M]. 涂长晟, 等译. 成都: 四川教育出版社, 1990.
- [12] 潘震泽. 身体简史[M]. 南京: 译林出版社, 2021.

