

科学交叉在当代科学、国民经济和社会发展中的作用*

The Scientific Crossing Plays an Important Role in Modern Science, National Economy and Social Development

朱桂龙

(合肥工业大学, 合肥 230009)

杨永福

(安徽省经济管理干部学院, 合肥 230009)

海峰

(合肥工业大学 合肥 230009)

科学交叉是科学综合化发展的一个具体表现,近代和现代科学发展的历史表明,科学上的重大突破、新的生长点乃至新学科的产生,常常在不同的学科彼此交叉和相互渗透的过程中形成。科学交叉作为科学技术研究的一个极其重要的组成部分,其产生与发展的动力源泉也同科学技术的整体一样,一是由于科学内部的自身发展提出的科学问题,要求科学系统自我整合;二是国民经济与社会发展中产生的综合性问题,要求通过学科间的科学交叉协作来予以解决。科学交叉的形成与发展极大地推动了经济与科技的发展和社会的进步。大量的事例分析表明,在科学系统内部,科学间的交叉、渗透有三个功能:有利于树立新的科学观念,活跃人们的研究思维;有利于开拓科学的前沿领域,产生新的学科,推动学科向前发展;有助于研究和解决科学技术发展中的重大问题。而在科学系统外部,科学交叉有助于解决社会发展中的重大问题,有力地推动国民经济建设的发展。

一、有利于树立新的科学观念,活跃人们的研究思维

科学在交叉发展过程中,不断产生新概念,揭示新规律,形成新理论和新的科学方法,它们拓展着人们的知识领域和认识途径,改变着人们在过去历史条件和认识水平上所产生的科学观念,以及判断事物的传统态度和标准,从而形成“大科学”观以及多维综合性、创造性和开放性的新思维方式。

现代科学发展的日益高度综合、交叉表明,科

学发展已步入“大科学”时代。其显著特点在于:研究问题的整体性,理论概括的综合性,以及考察问题的动态性。大科学观的确立,是有史以来科学观念的重大变革,它有力地冲击着人们旧的科学思想观念。大科学观把科学视为完整和统一体系的社会现象,世界各个方面都烙上科学的印记,蕴含着科学的意念,体现着科学的发展。大科学观考察科学的发展,不仅着眼于历史性的演化过程,同时着眼于科学、技术、经济、社会特大系统的协同过程,并且注重科学的技术化、物化和社会化。

科学交叉的产生与发展,将人类认识事物的思维方法向前推进了一大步,即从孤立的缺乏联系的认识方法向着揭示事物间的普遍联系和建立整体性的认识方法跨越了一大步。如:爱因斯坦相对论,开创了关于整体的多维立体的思维方式,科学地揭示了事物中的各要素(物质、运动、时间、空间)不能脱离事物整体而独立存在的基本性质;玻尔的互补原理提出了对微观世界获得整体认识的一种新的思想,提供了对微观世界整体图像的一种描述方式;而系统论的核心是系统的整体性,它启示人们运用系统方法研究和思考问题,突破传统的思维方式的局限,废弃单一化、一刀切的旧思想方法,建立起多维性、创造性和开放性的新思维方法。

二、有利于开拓科学的前沿领域,产生新的学科,推动学科向前发展

科学技术研究的交叉综合表现在学科的发展上就是新概念、新定律、新理论不断产生,新的科学

* 本文为国家自然科学基金资助项目

领域的不断开拓和新兴交叉学科的兴起。自第二次世界大战以来,随着学科间的交叉、融合的深入,学科领域急剧增加。在科学最发达的美国,战后不久还只有 50 多个专业,20 年后竟分解为 900 多个专业。例如物理学,1956 年为 10 个分支领域共 74 个专业,1968 年为 12 个分支领域共 154 个专业,12 年间专业数量竟翻了一番。再如物理学中的理论物理学,1954 年只有一个领域,包括核子、原子和固态几个专业,而到 1968 年仅固态物理就被划分为 27 个专业。当今自然科学已被承认的分支学科总计大约近 2 000 种,其中有交叉关系的不下半数,如物理化学、生物物理、生物化学、量子化学、生物力学等等可以说都是科学交叉发展的结果。

地学的演变是科学交叉发展的一个典型。地学在 20 世纪,特别是在 20 世纪 50 年代以后,有了迅速的发展,已经形成了庞大的地学体系。一个重要的原因,就是综合利用了各门学科的理论和方法来研究地球,产生了许多交叉学科,开拓出新的研究领域。19 世纪后半期,英国地质学家史密斯首先把生物学理论引入地质学,创立了生物地层学,从而揭开了近代地质科学革命的序幕。稍后,19 世纪末 20 世纪初,化学理论和实验方法进入了地质学,使人类对地质现象的认识由定性描述步入了定量分析的化学地质时代。本世纪 30 年代至 50 年代,物理学进入地质学,产生了人类对地球结构层次和深度认识上的飞跃,出现了一系列新学科,因而使地质学的发展进入物理地质时代。60 年代以来,宇航技术进入地质学,使人类对地球的认识跨入宇航地质时代。一系列新学科如天文地质学特别是行星地质学和宇航地质学等学科相继形成和发展。

科学交叉具有这种知识增殖作用的原因,首先在于科学交叉有能力突破学科的局限性,能获得全面、正确的认识。因为稍微复杂的客观现象,都是由许多部分、方面通过错综的联系而结成的一个整体,对它们的认识,只有通过多种方法、多种途径才能得到提高。

其次,科学交叉可以同时揭示物质运动形式的多样性,现代自然科学的发展,往往要求同时测量系统的一组参数。如高能物理中的粒子“几何重建”,微科学中的多重技术综合处理,等等。这些都是“单参数”仪器在科学实验中无能为力的。

再次,科学交叉填补了各门科学之间的鸿沟,丰富和发展了原有概念的内涵。科学交叉能够产生新的理论、新的认识和新技术。其中,有些理论是几种矛盾着的理论的互补,有些是全新理论。如,德国物理学家普朗克,在综合维恩和瑞利—金斯关于黑体辐射的规律公式时,得出了一个经验公式。这个公式在短波区域近似于维恩公式,而在长波区域则近似于瑞利—金斯公式。一个公式解释了两个相反

的极端现象,因而它的理论思想是全新的。这就是能量辐射不连续的“量子”概念。

三、有助于研究和解决科学技术发展中的重大问题

现代自然科学重大的理论突破和理论问题的解决,大多是科学交叉的产物。重大新技术的出现,不再只是来源于单纯经验性的创造发明,它更经常地来源于科学研究的交叉。在科研中,常出现这样的现象:一个学科中出现的重大理论问题,在该学科内长期得不到解决,而冲破该学科的局限采取多学科联合探究的方式,往往能产生重大突破。

如 DNA 的双螺旋结构这一划时代重大理论的形成就充分体现了生物学与物理学的完美结合。其实早在沃森、克里克登台之前,就有第一流的学者将目标对准 DNA。杰出的物理学家魏尔金斯、富兰克林以其一流的 X-衍射技术,拍下了许多精美的 DNA 结构照片,但因囿于图片本身所提供的信息,得出 DNA 结构的三链模型。鲍林因成功地提出蛋白质的 α -螺旋结构而荣获诺贝尔奖,此时,他已敏锐地将研究重点从蛋白质转向 DNA,但令人费解的是,鲍林也提出了一个具有三链的 DNA 模型,从而误入歧途。另一方面,查伽夫作为一个第一流的生物化学家,已经通过测定表明,在不同物种的 DNA 大分子中,腺嘌呤始终等于胸腺嘧啶,而鸟嘌呤始终等于胞嘧啶,同时, DNA 中四种核苷酸的数量和相对比例在各个物种中却大不相同,这是两个非常关键的结论,并且为 DNA 双螺旋结构中起重要作用的碱基配对原则奠定了科学基础,可惜查伽夫的工作仅到此为止,他未能借助于物理学的技术进一步探索 DNA 的立体模型,于是成了一个半山腰的探索者而未能攀上胜利的顶点。

与这些早已声名卓著的大学者相比,沃森、克里克在科研的道路上可说仅处于起跑线上。沃森毕业于芝加哥大学生物系动物学专业,可说是个合格的生物学家,而克里克战前却是一名物理学家,仅在第二次世界大战结束之后才转向生物学研究,当时正在卡文迪许实验室攻读博士学位。但他们的优势正在于他俩的携手合作,直接体现了物理学家与生物学家的“联姻”。在研究过程中,克里克熟悉实验仪器,善于从物理学角度进行计算、校对数据;沃森则善于从生物学角度出发考虑问题,他认为在生物体的外形构造中,螺旋型的体形是一种常见体型。既然如此,就完全有理由假定,生物体内的微观构造应呈螺旋型构造,由此就排斥了认为蛋白质的结构已是 α -螺旋结构, DNA 就不可能仍是螺旋型构造的看法。接下来,他们在分析 X-衍射图片资料的基础上,先是提出一个三链模型,而后又发觉与事

实不符,这时沃森作为生物学家那特有的敏感提醒了他,既然生命界中最普遍的现象就是两性配对生殖,作为生物体遗传信息载体的 DNA 当然应呈双链构造。正是在同一问题上,鲍林回忆道:“我现在很惊讶当时所犯的错误(指提出三链模型),我没有忘记德尔布吕克曾向我建议:基因也许由两个互补分子所构成,但由于某些理由,三链结构却吸引着我,这个假设似乎使得对结构的探索简单化了。”毫无疑问,鲍林和魏尔金斯更多地是从物理学角度,从图片本身所能提供的信息来考虑 DNA 结构问题,难免会误入歧途。与此相反,查伽夫作为一流生物化学家,却缺少物理学的视角与手段。而在分子的层次探索 DNA 奥秘,正需要从生物学和物理学视角的交叉点上着手考虑。荣誉的桂冠最后属于初出茅庐的两位青年学者,这是理所当然的事情。

另一方面,一些古老的传统学科通过与现代科学交叉或接受其它科学的思维方法,建立了解决重大社会问题的理论。如地理学在长期的分化过程中,没有相应的发展综合性的研究方向,所以在第二次世界大战后,面对土地、粮食、资源、环境、生态等重大问题就显得无能为力。尔后,地理学家们吸收现代科学的综合交叉思维方法,经过相当的努力,明确了自己的研究对象,这就是地球表面客观存在着的各种自然地理综合体。因此,地理学的任务就是要用整体的观点、综合的方法,研究各种等级、各种类型的自然地理综合体的形态、结构,以及各种要素间的多种联系。又由于地貌学、气候学、生物地理和地图学的发展,为进行综合研究提供了大量精确资料,特别是引用了相邻学科的理论和方法,以及新的技术(特别是遥感、电子计算机)装备,从而使自然地理综合体的研究大大精确化。

四、有助于解决社会发展中的重大问题

社会在发展进步的同时,也面临着一系列重大问题。如人口、资源、环境、防灾减灾等,这些问题都比较复杂,涉及的影响因素也比较多,具有高度综合性。对于它们的解决,单一学科往往显得束手无策,需要多学科交叉综合。

如本世纪 60~70 年代,我国水利工作者依靠由天文学、气象学、水文学、泥沙学等多门学科相结合而形成的新兴交叉学科“日地气象水文学”,采用古今结合的分析方法,发现了黄河河床变化的一系列重要规律,对 1964 年、1967 年、1977 年的大水,1977 年的黄河中游暴雨,1965 年、1969 年至 1974 年、1978 年的水量偏少等,都做出了准确的预报,从而大大降低了灾害所带来的损失。

又如,80 年代初期诞生的地球系统科学是一门新兴综合性交叉科学,具有在更高层次上进行综合

和交叉研究的特点。它的出现标志着地学、生物学交叉发展的深度和广度,是当今和今后几十年内自然科学领域内最活跃的一个前沿科学领域。地球系统科学的产生一方面是当前人类社会所面临的一系列重大而紧迫的全球环境变化问题,需要从系统的角度予以解决;另一方面各个学科长时间的科学积累,为他们间的交叉产生奠定了科学基础。地球系统科学的研究成果可为政府在环境和可持续发展的重大问题上的决策提出科学依据,从而产生直接的和长期的促进环境和社会协调发展的效益。

五、有力地推动国民经济建设的发展

科学技术是第一生产力,科学技术在自身发展的同时,也为社会创造着巨大的物质财富。科学交叉作为科学技术研究的一个极其重要的组成部分更是如此,科学交叉的产生与发展离不开经济发展这一外部环境,解决国民经济发展产生的综合性理论问题是科学交叉产生和发展的一个极其重要的动力源泉。虽然就研究属性而言,科学交叉有科学范畴,如基础科学间的交叉,但也有技术范畴,如技术科学间的交叉。但无论是属科学范畴间的交叉,还是属技术范畴间的交叉,如同科学技术发展的作用一样都有力地推动着国民经济建设的发展。

如结构化学特别是有机结构化学的发展有力地推动了生物学与化学的交叉渗透,形成了新的交叉学科——生物化学这一当代生物学的重要基础学科。以此为基础,1929 年,瑞士科学家揭示了上个世纪 60 年代从外科医用绷带上的脓细胞中得到的一种不同于蛋白质的含磷物质“核酸”的结构,并首次发现“核酸”是由脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)组成,1953 年 4 月美国科学家沃森和英国科学家克里克在英国剑桥大学合作建立起了划时代的 DNA 双螺旋结构的分子模型。到 1969 年,科学家已用实验证实了 20 种氨基酸的遗传密码是以三联体核苷酸的形式为代表,并测出了这 20 种氨基酸的遗传密码。这意味着遗传密码代表着生命现象所必须具备的基本条件。以此为基础 70 年代为了适应基因的碱基序列分析和调节控制等研究的需要,形成了生物精细技术——重组 DNA 技术。重组 DNA 技术即基因工程的成功不仅给农业、医药等行业带来了新的发展天地,而且也大大提高了人类生活质量,有力地推动了社会的进步。

主要参考文献

- [1]路甬祥,科学技术:社会经济发展的基石和源泉,中外科技政策与管理,1996. 2
- [2]陈容霞,经典物理学对生物学的渗透及其意义评价,自然辩证法研究,1994. 1
- [3]藤福星,交叉学科研究的战略意义,科学技术与辩证法,1992. 4

(责任编辑 刘先曙)