

跨学科研究:科学原创性成果的动力之源
——以百年诺贝尔生理学和医学奖获奖成果为例

刘仲林,赵晓春

(中国科学技术大学科技哲学部,安徽 合肥 230026)

摘 要:文章以诺贝尔生理学和医学奖获奖者群体为研究对象,运用计量学的方法,对获奖者知识背景及研究方法的跨学科特性进行了分析和实证研究;揭示了跨学科研究对原创性科学成果的决定作用;进而提议应当重视培养跨学科的人才,为科学发展的原始创新提供动力源泉和人才保证。

关键词:诺贝尔奖;跨学科;科学原创

中图分类号:G301 **文献标识码:**A **文章编号:**1003 - 5680(2005)06 - 0105 - 05

在科学的发展过程中,各个领域的重大突破往往都有赖于原创性成果为先导。20 世纪以来,跨学科研究成为科学创新最常见的手段与方法,在不同的学科领域都得到极大重视和应用,不但带动了科学技术突飞猛进地发展,也培养了一批跨学科背景下的科学精英。诺贝尔奖获得者无疑是最杰出的创新人才,其原创性成果不但极大地促进了科学事业的发展,也造福了整个人类。本文以百年 172 位诺贝尔生理学和医学奖获得者及他们的原创性成果为研究样本,通过对若干重要指标的计量分析与实证研究,以图揭示跨学科研究促进科学原创成果产生的一般机制,从而为我国通过跨学科研

究促进科技创新提供理论分析的咨询与参考。

一 获奖者知识背景的跨学科特性分析

可以从两个方面来分析获奖者知识背景的跨学科特性:一是获奖者获得本专业以外学位的情况,二是获奖者知识背景中跨学科的知识结构。^[1]科学工作者的学位状况与其原创性成果领域的比较,往往可以反映知识背景对原创性成果的作用,根据资料,172 位诺贝尔生理学和医学奖获得者的最高学位结构有如下特征:

表 1:诺贝尔生理学和医学获奖者学位结构情况统计一览表^[2]

学位	医学博士	其他博士	医学和其他博士双博士学位	博士以下学位
获得人数	76	66	18	12
占总人数比例	44 %	38 %	11 %	7 %

从表 1 可以看出,160 位获得博士学位的获奖者并非都是医学博士,具有其他知识背景的博士学位比例达到 53%。我们还应该关注获奖者本科和硕士期间的学位状况,如 1989

年获奖的美国人瓦穆斯(Harold Eliot Varmus)获得过哈佛大学文学硕士学位。通过考察 172 位诺贝尔生理学和医学奖获奖者的知识背景,我们发现,很多人曾经攻读过非医学的学位:

表 2:诺贝尔生理学和医学获奖者博士以下非医学学位统计一览表^{[3][4]}

学位	文学学士	文学硕士	理学学士	理学硕士	化学学士	其他学士、硕士
人 数	15	7	21	7	13	13

【收稿日期】 2005 - 03 - 24

【基金项目】 国家科技部项目(2003CCC01200)研究成果之一

【作者简介】 刘仲林(1948 -),男,河北乐亭人,中国科学技术大学科技哲学部副主任,教授,博士生导师,主要研究方向为交叉科学;

赵晓春(1976 -),男,安徽巢湖人,中国科学技术大学科技哲学博士研究生,主要研究方向为跨学科理论与方法。

表 2 中其他学士、硕士是指有些获奖者获得了数学学士、农学硕士等等,由于人数很少,就不再单列出来。共有 76 人次有跨学科的知识背景,已经占总人数的 44.19%;其中 76 人次中有 31 人次最后获得了医学博士,也就是说,获得博士学位的 160 人当中,从学位上分析,有跨学科背景的比例达到了 72%。由于很多人自传中没有明确本科和硕士期间所获学位状况,可见实际的比例可能更大。因此,具有跨学科的知识背景,在做出原创性成果的一流科学家中是一个普遍的现象。

除了获得学位以外,知识背景中有跨学科的知识组成也有很多事例,如 1902 年诺贝尔生理学和医学奖得主罗斯(Sir Ronald Ross,1857~1932)是一位医学博士,又有较深的数学、物理学造诣,曾编辑过《科学进步》杂志,同时又有较高的文学素养,出版了诗集《哲学》,爱情小说《奥莎雷的狂欢》,他在细菌学上对疟疾的研究,使全世界三亿人免受疟疾的威胁;与此类似的还有英国的谢灵顿(Charles Scott Sherrington, 1857—1952)。^[5]当然,像类似物理学家德尔布吕克(Max Delbrück,1906 - 1981),化学家利根川进(Susumu Tonegawa, 1939~)获生理学和医学奖也不乏见,这都是知识背景交叉的例子。和传统的物理学相比,生理学与医学研究对跨学科的需要更加强烈。当然我们不能说,“专之又专”的研究人才就不能获得原创性成果,但我们可以肯定地说,“专复结合”

的人才更容易激发创新的灵感,因此获得原创性成果的可能性也大得多,容易得多。其实,现代科学正处于高度分化和高度综合相伴共生的新时期,一方面,科学分化越来越细;另一方面,各门学科间相互交叉、渗透和综合已经成为一种新的必然趋势。^[6]这种情况决定了科学原创需要运用不同的科学理论进行跨学科研究才能实现。

二 获奖成果领域跨学科方法应用计量分析

科学发展到今天,不同学科间研究方法的互相借鉴——我们称之为科学方法的跨学科运用,已成为现代科技创新的重要手段之一。科学工作者已从无意间发现和借鉴研究领域之外的方法发展到对其他学科研究方法的主动出击和大胆运用。^[7]通过对百年诺贝尔生理学和医学奖获奖成果跨学科方法应用的分析,无疑可以从另一个侧面探讨跨学科研究与科学原创性成果关系的规律。根据《中国国家标准:学科分类与代码》,学科体系共有自然科学、工程技术、医学科学、农业科学、人文与社会科学 5 大群体^[8]。由于医学学科体系内部的跨学科方法几乎涉及到每一次成果,如贝林借鉴中国医学中以毒攻毒的理论和巴甫洛夫将外科手术方法引进消化系统研究的案例,将不再统计入内;在此只探讨 5 大学科群体间的跨学科方法运用。根据资料,可得表 3:^{[9][10]}

表 3:1901 年 - 2000 年获奖成果运用的跨学科方法或理论状况一览表

年份	获奖原创性成果	获奖成果运用的跨学科方法或理论
1903	用聚焦光纤的方法治疗疾病	不同性质光线作用时间和强度不同
1905	研究结核病、发现结核杆菌素	化学方法对细菌染色
1906	神经系统方面的研究	化学方法对神经系统染色
1908	因为免疫学和血清疗法方面的研究	化学反应解释免疫过程
1910	研究细胞核物质在内的蛋白质成就	化学方法研究细胞蛋白质、核蛋白
1911	对眼的屈光学的研究	用数学和生理学对眼成像基础进行研究
1920	毛细血管的调节机制	物理学方法研究溶解在血液中气体张力
1922	肌肉能量与物质代谢的研究	数学、物理方法研究肌肉活动中热量变化
1924	发现心电图机理	物理学理论方法在医学上应用
1931	发现呼吸酶的性质和作用方式	运用化学理论方法在生物学上研究
1932	发现神经细胞的功能	物理学技术运用到脑电波的研究上
1933	发现染色体在遗传中的作用	物理分析与化学分析运用在医学
1934	发现贫血病的肝脏疗法	同位素标记研究胆色素和血红蛋白形成关系
1936	神经冲动的化学传递	化学物质理化性质在神经冲动中作用
1939	发现百浪多息的抗菌效应	将化学染料合成应用到新药研究
1943	发现与凝血有关的维生素 K	运用化学方法制备、纯化、鉴定维生素 K
1944	对神经纤维作用机制的研究	电子技术研究神经活动
1945	发现青霉素及其治疗效果	化学理论方法应用抗菌药物研究
1946	用 x 射线诱发基因产生突变	物理技术应用到遗传领域
1948	发现高效杀虫剂 DDT	化学技术应用到农林业、卫生保健业
1949	发现间脑有协调内脏器官活动的机能	物理学技术应用到脑科学研究
1950	发现肾上腺皮质激素的结构和生物效应	将化学合成应用到新药研究
1955	发现氧化酶的性质和作用方式	设计制造电泳仪,结合超离心方法研究酶结构
1956	发现心脏导管插入术和循环系统病理研究	运用工程技术改进心脏导管插入术
1957	发现并合成抗组胺药物	运用化学合成方法研究新药
1958	遗传基因通过一定化学反应起作用	物理技术应用到遗传领域

年份	获奖原创性成果	获奖成果运用的跨学科方法或理论
1961	发现耳蜗感应的物理机制	物理及工程技术应用到听觉领域
1962	提出和建立 DNA 的双螺旋结构模型	X 射线衍射分析应用到遗传领域
1963	研究神经细胞之间的信息传递机制	数学、物理技术应用到医学领域
1964	研究胆固醇和脂肪酸的代谢过程	运用同位素标记方法研究生物机体新陈代谢
1967	视网膜的电生理研究	物理及工程技术应用到感觉生理领域
1968	确定核酸的技术并测定一种 RNA 核苷酸顺序	将工程技术运用到遗传领域
1969	因为发现病毒的复制机制和遗传结构	物理学思维方式和实验技术运用到遗传领域
1970	肾上腺能神经递质的功能	化学技术应用到神经系统研究
1972	研究抗体的化学结构	运用化学方法对蛋白质结构进行研究
1973	研究动物的行为	比较学、行为学应用到研究动物领域
1974	研究细胞内部成分的结构和功能	电子显微镜和生化技术应用到细胞领域
1977	发现和发展放射性免疫分析法	核物理学运用到临床医学
1978	发现限制性内切酶和他对分子遗传学应用	物理、数学的理论应用到遗传领域
1979	发现计算机控制的 x 射线断层扫描仪	计算机和物理技术运用到临床医学
1981	研究视觉系统的信息处理	物理学技术应用到大脑机能研究
1982	前列腺素及其相关生物活性物质研究	气体层析、质谱仪及 x 射线分析纯化前列腺素
1984	提出三个免疫学说	物理、化学技术应用到免疫学领域
1985	胆固醇的代谢以及和有关疾病关系的研究	应用到化学及电子显微镜技术
1990	人体器官、骨髓移植方面的突破性成果	放射性技术应用到器官移植领域
1991	细胞膜上存在离子通道	物理学技术在细胞生理学上应用
1994	揭开细胞传导信号的奥秘	采用传感器和放大器技术研究细胞传导信号
1998	发现一氧化氮是心血管系统中的信息分子	化学气体在心血管系统中新作用

百年诺贝尔生理学和医学奖颁发了 91 次,其间有 48 项原创性成果涉及到其他学科体系,占总颁奖次数的 53%,主要是物理和化学的技术理论向生物和医学领域转移和渗透。这一统计规律至少说明,化学、物理学的理论与实验技术对于生理学和医学研究的原始创新,更具有直接的支持突破效应。当然,这只是直观地从客观成果的表象来看的。假如从深层次能动地来看,无论哪个领域的科研人员,所养成的思维习惯和认识世界的方法都不可能靠自然科学内几个学科知识简单累积成的,而是包括人文社会学科在内所有的学科相作用而成。这种相互作用对未来的原创成果很重要。如果科研人员在接受教育始终是“专之又专”,研究方法和思维很少受其他学科理论和方法的影响,很显然不会具有大学科的视界,也很难敏锐地把握时机,达到以他山之石,攻己之玉的目的。

三 跨学科研究对产生原创性成果规律的实证分析

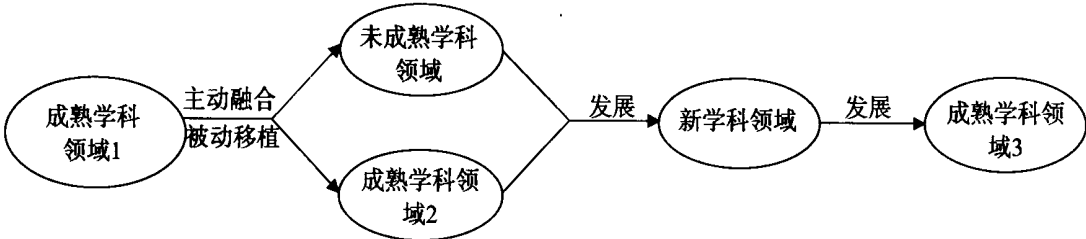
通过上述的计量分析,我们可以看出,科学家拥有跨学科的背景,擅长将不同学科的理论方法移植融合到自己研究的领域,对产生科学原创性成果起到了至关重要的作用。为了进一步说明跨学科研究相对于传统科研的优越性,我们以青霉素和 CT 扫描仪的发现进行案例分析,以期揭示其中的某些规律性。

1928 年细菌学家亚历山大·弗莱明(Sir Alexander Flemming, 1881~1955)偶然间发现了青霉素。但是,由于弗莱明不懂生化技术,无法提取纯品的青霉素,因此无法在实际中应用。为了解决这一难题,20 世纪 30 年代,病理学教授霍华德

弗洛里(Sir Howard Walter Florey, 1898~1968)博士组织了一大批多学科人才,包括有机化学、生物化学、药理学、细菌学领域和临床工作者专门研究青霉素。厄恩斯特·钱恩(Sir Ernst Boris Chain, 1906~1979)通过多次试验,将刚刚问世的许多物理化学技术运用到这一领域,尤其是冷冻干燥法,终于提取出青霉素晶体制药剂。钱恩也在 1957 年又完成化学技术人工合成青霉素的艰巨工作。他和同事们一起发现了青霉素分子的基本结构——青霉素核。只要有了这个基本结构,用化学方法加上不同的附加基团,就可以杀死那些对原来的青霉素有抗药性的细菌,形成一系列新青霉素。由于青霉素的发现,导致抗生素领域理论和技术的新发展,逐渐形成一门新的学科领域。世界各地的科学工作者纷纷将发现青霉素的方法运用到寻找新的抗菌物质领域,采集样本,筛选菌种。在短短 20 余年内,人们在这一方法指导下,陆续地发现了氯霉素、金霉素等数 10 种各具功效的抗菌素。我们从 1945 年瑞典皇家卡罗琳医学院贺词中把青霉素的发明强调为“不同科学方法为了共同目标而协作的杰出范例”,这或许最能说明跨学科研究对科学原创性成果的作用。

同样,CT 扫描仪的发现也堪称不同学科为了共同人类健康而协作的杰出典范。伦琴的夫人 X 射线摄影术和奥地利数学家雷唐的运算方法为 CT 的发现奠定了物理和数学基础。美国物理学家科马克(Allan Macleod Cormack, 1924~1998)经过近 10 年的努力,终于解决了计算机断层扫描技术的理论问题,于 1963 年首先建议用 X 射线扫描进行图像重建,并提出了精确的数学推算方法。电子工程师英国人豪斯菲尔德(Sir Godfrey Newbold Hounsfield, 1919~)开始以科马克的设计为基础进行实验研制。好在他对计算机技术的原理

和运用驾轻就熟,CT 图像重建的数学处理方法可以恰当地与他熟悉的计算机技术结合起来,所以研制中的一个难题都迎刃而解了,终于研制出了第一台 CT 扫描仪。1979 年的诺贝尔生理学和医学奖破例授给了豪斯菲尔德和科马克这两位没有专门医学经历的科学家。随着这门学科发展,其他型号的 CT,如核磁共振 CT 已付诸临床应用。不仅如此,CT 作为一种既有数学理论又有微电子与计算技术相支撑的技术,在其他领域也促进了其他学科的发展。



由此可见,科学研究已从“小科学时代”向“大科学时代”的阶段转型。跨学科研究在推动科技进步、解决人类文明和社会发展的重大课题的过程中,已经不以人们的意志为转移地成为科学家群体科学研究的主要方式,成为产生科学原创性成果的动力之源。

四 推动我国跨学科人才培养
转变科研模式的启示

中国在 20 世纪 100 年的时间虽然在经济发展和科技进步上取得了巨大的成就,在自然科学研究方面却与诺贝尔奖级的原创性成果存有差距,这说明我国在科技的原创力上远远不够。为尽快实现科技原创成果的重大突破,借鉴诺贝尔获奖者的统计分析,我们至少应该关注以下几个方面。

首先,打破学科的界限,形成多元文化的教育背景是孕育原创性成果的首要条件。然而,由于众所周知的原因,建国初期为了迅速培养一批社会急需技术人员,导致了 20 世纪 50 年代,国内一些著名的研究型大学被分解为若干专业院校,这样,虽然解决了当时建设的急需,但在客观上却降低了中国大学科学原始创新能力。虽然正在实施的“211”工程和大学合并浪潮有了不少积极的成果,却往往在复合型人才的培养上流于形式。理工科学生文科课程设置的文科学生的理工科课程的设置都远远达不到跨学科人才培养的要求。在研究生的选拔上,很少能真正欢迎跨学科专业的学生报考。因此,我国目前的教育体系还无法形成对复合型人才的大量培养。这与百年诺贝尔生理学和医学奖 172 人中普遍

上述案例分析表明,通过跨学科研究产生科学原创性成果,已经成为现代科学一种新的重要研究模式。一门成熟的学科理论与方法可以主动融合到其他新兴未成熟的领域,使这一领域取得突破或成熟,如有机合成化学使青霉素发展为一个系列;也可能被动地直接移植到其他成熟领域,使这一成熟领域取得新的突破,如计算机理论方法应用到影像医学导致 CT 扫描仪发现。为了更直观地说明跨学科研究方法在这一过程的作用,我们做图作如下说明:

的跨学科背景知识的状况相去甚远。1969 年获奖的德尔布吕克被誉为“分子生物学之父”。而他开始的专业是天文学,后来转读天体物理学,直到 1933 年才投身生物学。他以非决定论的立场去判断生命现象,推测应当从遗传学领域发现生命本质,运用新的量子物理学理论则有可能认识遗传现象。1935 年他发表了《遗传基因突变和遗传基因结构的本质》的论文,建立了遗传基因原子物理学模型,并倡导“遗传基因的高分子学说”,使理论遗传学从此打上物理学烙印^[11]。同样,1962 年获奖的英国的克里克 (Francis Harry Compton Crick, 1916~),也是以一位物理学家的身份从事生物学研究的科学家。他根据英国化学家威尔金斯对 DNA 分子的 X 射线衍射照片的研究资料,提出了 DNA 分子双螺旋结构理论。此项研究被公认为 20 世纪生物科学领域的重要发现。如果没有这些勇于打破学科壁垒的人,科学的进步可能会推迟很久。因此,建立一个适应性较大,并能在较大范围内培养跨学科人才的教育体系,才能使中国的科学工作者群体能利用不同学科所培养出的思维方式的差异,将不同学科的研究方法在自己研究领域借用和渗透,才有可能出现具有诺贝尔奖水平的大师和研究成果。

其次,要加快科研模式的转变,形成跨学科、多人员集体性协作的方式。在科学高速发展的时期,由于对客观事物本质认识越来越深入,任何一个原创性成果靠一个人独立完成是不可想象的。我们以 10 年为一个阶段,将获奖总人数除以颁奖次数,得到表 4:^[12]

表 4 1901—2000 年诺贝尔生理学和医学奖获得者平均人数一览表

时间段	1901 - 1910	1911 - 1920	1921 - 1930	1931 - 1940	1941 - 1950	1951 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000
平均人数	1.20	1.00	1.38	1.44	2.13	1.90	2.60	2.50	2.20	2.10

从表 4 中能看出,获奖者平均人数后 50 年明显大于前 50 年,而跨学科研究也正是 20 世纪 50 年代后开始突飞猛进地发展起来的。可见,跨学科集体协作的增多是伴随着发展而发展的,我们再将每 10 年单独获奖人次统计一下,可得表

5:^[13]
从表 5 我们可以更清楚地得出结论,科学原创性成果越来越多地是通过跨学科集体协作完成的。因此,对于我国的各个研究型大学和科研院所来说,通过不同研究领域的专门

人才组成具有跨学科性质的科研机构进行科学研究,既是当科不同思维模式的碰撞,才容易激起创新的火花,从而形成务之急,又应该成为未来科研模式的主体,只有通过不同学跨学科研究持续的动力源泉。

表 5:1901—2000 年诺贝尔生理学和医学奖获得者每 10 年单独获奖人次一览表

时间段	1901 - 1910	1911 - 1920	1921 - 1930	1931 - 1940	1941 - 1950	1951 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000
单独人数	8	6	5	6	2	4	1	1	2	2

通过对诺贝尔生理学和医学奖获得者群体跨学科的背景知识、方法运用的状况进行计量分析和实证研究表明,中国在跨学科研究上与国外的差距已经凸现出来。在目前的状况下,中国科研获得世界顶尖科技创新成果依然任重而道远。如何在复合型人才培养上取得突破性进展,从人才培养“专之又专”的理念上转轨到主要培养“专复并进”的人才,成为未来科技原始创新的人才基础,才是至关重要的;同时,在科研的体系和机制上,也要与国际潮流接轨,形成具有跨学科思维和模式的研究中心。并在此基础上,卧薪尝胆,形成一个一流的跨学科人才教育体系、一流的跨学科科研环境和优良的以原创为导向的多元文化氛围才是当务之急。我们也有理由相信未来 10 年或更长一段时间里,将是中国杰出科学家有资格全面问鼎诺贝尔奖的时期。

[致谢:本文在写作过程中,得到了中国科技大学科技哲学部徐飞教授的帮助,在此表示感谢!]

【参 考 文 献】

[1][5]郝凤霞,张春美. 原创性思维的源泉[J]. 自然辩证法研究,2001(9):55.

[2][3][9][12][13]杨建邺. 20 世纪诺贝尔奖获得者辞典[S]. 武汉出版社,2001(2):357 - 597.

[4][10][11]徐邦武,鲁华玉. 100 年诺贝尔生理学及医学奖获得者成就大全[M]. 北京:军事医学科学院科技部编(内部资料),2001. 11.

[6]李春景,刘仲林. 跨学科研究规律的实证分析[J]. 科学技术与辩证法,2004(2):75.

[7]徐 飞. 论科学方法的跨学科运用[J]. 科学技术与辩证法,1996(6):24 - 29.

[8]中华人民共和国国家标准 学科分类与代码(GB/ T13745 - 92)[S]. 北京:中国标准出版社,1993.

(责任编辑 董 华)

书 讯

2005 年 7 月由东北大学出版社出版了邢怀滨博士的著作《社会建构论的技术观》,15 万 2 千 字。该书是在作者博士学位论文的基础上,充分合理吸收了各方面对其博士学位论文所提意见基础与认真修改而成,突显了该博士论文的创新性,是一本有价值的著作。该著作由六章、结论组成。第一章,导论:第一节,研究的必要性与意义;第二节,相关范畴界定;第三节,研究思路与结构安排。第二章,技术的社会建构论概述:第一节,社会建构论的思想演变;第二节,社会建构论的发展历程;第三节,社会建构论的分析框架;第四节,社会建构论的基本特征。第三章,技术本质的社会过程观:第一节,作为社会过程的技术;第二节,行动者作为技术要素;第三节,对称性分析方法;第四节,一种补充的建构论诠释:技术是部分的社会建构。第四章,技术结构的网络构型观:第一节,技术的社会行动结构;第二节,网络构型的链接机制;第三节,网络构型的分析方法。第五章,技术发展的建构演化观:第一节,建构演化观的含义;第二节,技术建构演化的网络分析;第三节,两类技术演化模型的比较。第六章,技术政策的社会整合观:第一节,基本思想:促进技术的社会整合;第二节,战略与工具:建构性技术评估;第三节,扩展的思考:通向技术民主化。结论。章后附有十分详尽的参考文献。