DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.1997.01.016

关于学科交叉问题的一些理论探讨

薛 澜

（清华大学21世纪发展研究院，北京100084）

当前学科交叉现象已成为科学技术发展的一个重要趋势。学科交叉既是实现科学知识系统整合的重要通道，同时又是孕育着重大科技突破的温床。正因如此，对于学科交叉现象的研究越来越引起人们的注意。最近国家自然科学基金委员会着手组织对这个问题的研究，就是为了适应科学技术发展的趋势，更好地掌握学科交叉的发展规律，为制定合理的学科交叉领域资助政策与组织管理措施提供依据。本文想在以下三个方面对学科交叉现象作一探讨：（1）学科交叉现象的本质；（2）学科交叉研究中的一些定义问题；（3）学科交叉的教育与管理。

1 学科交叉现象的本质

从本质上说，学科交叉现象是科学动态发展中的一种“无序”现象。尽管在当今科学研究活动中，人们提到学科交叉现象总是难以用“平常心”对待，总觉得学科交叉现象是科学研究中的特例。但是，如果我们仔细分析科学发展的过程就会发现，这种“无序”是永恒的，有序是暂时的。“无序”的根源就在于科学研究“从本质上是解决问题的活动”[1]。而这些问题源于人们对自然界和人类社会的观察和实践，往往不带任何学科限制。这些科学问题的提出、确认和解决，就是科学自主发展的内在动力。而社会对这些问题的解决的迫切性又构成了科学发展的外部动力。

学科或研究领域的划分在很大程度上是出于研究方法上的考虑。美国科学哲学家Shapere提出的“域”理论模式对于学科领域的形成和演变有一个很好的描述[2]。他认为，科学研究自17世纪以来就采用了一种与古代及中世纪整体方法有所不同的研究方法，即将特定的研究对象孤立起来考察的化整为零方法。他把这种特定的、被孤立的研究题材或专题叫做“域”(domain)。这种“域”大体上相当于通常所说的学科研究领域，但更灵活更丰富，它既可以指各个具体学科的领域，也可以指跨学科的领域，甚至某些专业课题。科学发展的过程在这个框架下就可以表现为域 的不断变化。域的变化有几类，一是域的中心问题在不断地更替；二是域中的项目不断增加或减少；三是域的重建。一种形式的重建是域的分化，即从一个研究领域分裂成几个较小的域；另一种形式是域的合并，即几个研究域被组合成一个新的更大更综合的域[3]。域的结构处于永恒的变动之中，稳定只是暂时的。学科交叉现象就出现在域的结构从一种形态向另一种形态转变的过程中。美国科学史家库恩所描述的科学结构的革命就可以看成是域的重大变化。在这种变化中，原有的范式（Paradigm）受到大量疑难问题

本文于1996年12月3日收到.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的挑战，最终导致新理论的建立，引起范式跨跃。

综上所述，科学研究的实质是解决疑难问题，学科领域的划分在很大程度是出于研究方便而考虑的。疑难问题有可能出自现有的学科领域，但更有可能源于人们对自然界和人类社会的观察和实践，因而无法简单地将其归属为某一现成的学科领域。正因如此，对于这些问题的研究有时可以用现有学科的知识和方法解决，但更有可能需要用多门学科的知识和方法，甚至完全创新的思路去解决。问题解决之时，往往就是新学科诞生之日。这一点在诺贝尔奖获得者、美国卡内基梅隆大学教授赫伯特·西蒙教授（Herbert Simon）的科学生涯中得到了集中的体现。

西蒙教授在芝加哥大学读本科时，为一门课写期末论文时调查了密尔沃基市公共娱乐预算分配的过程。结果他发现，市政府不同部门在预算分配过程中的行为与他在经济学课程中所学到的东西大相径庭。于是他提出一个研究问题：当传统经济学对人们行为理性的假设条件不能满足时，人是怎样决策的？西蒙教授由此开始了他长达50余年的科学追求。在这个过程中，由于他对传统经济学关于人们行为理性的假设的挑战并提出了有限理性的理论，成为经济学与管理科学中“卡内基”学派的带头人，使对组织行为的研究成为经济学和管理学中的重要内容，引起了传统经济学和管理学的一场革命，他本人也因此获得了诺贝尔经济学奖。而在对人们决策过程的研究中，他又敏锐地抓住了计算机这个有力的工具，对人的认识过程进行了契而不舍的钻研，从而开创了一门崭新的学科——人工智能，被人们誉为“人工智能之父”，并因此获得计算机领域中的最高奖“图灵奖”。他在经济学、管理科学、计算机科学、人工智能、心理学等众多领域的卓越贡献，使其成为20世纪少有的科学巨匠之一。西蒙对人在行为理性假设条件不满足时的决策过程的疑问和探索，不但引起经济学和管理学上的范式跨跃，同时还开辟了一门新的学科领域。

2 学科交叉研究中的定义问题

科学结构作为社会化知识的一种特殊的存在形式，今天已经发展成为具有门类、学科及其分支所组成的三级结构的科学知识网络。一门学科在这个网络的定位可以由其研究的对象、研究方法（手段）及其理论体系所决定。根据组成学科的这些基本要素，我们可以把各种学科分成以下几大类：

（1）传统基础科学：即以自然界基本现象为研究对象的一些学科。这些学科表现为一种有结构层次的学科体系，可以有很多分支，而且每一分支下又有新的分支。如物理学下有高能物理、原子核物理、等离子体物理、凝聚态物理等等。

（2）综合科学：即以特定的自然界客体为研究对象的学科，如环境科学、材料科学、空间科学等。这些学科的研究需要用多方面的理论和方法。这类学科的特点是，研究对象往往是根据社会需求或学科发展的必要所确定的。例如人类社会面临的日益严重的人口、资源、环境、灾害等问题迫使各领域科学家携起手来，共同认识地球，从而形成地球科学。

（3）横断科学：横断科学撇开各种事物、现象、过程的具体性，用抽象的方法研究它们所共有的某一方面的规律性。数学、信息论、控制论、非线性科学都属于这一类科学。这一类科学的出现在不同的传统学科领域间架起了桥梁。在一个领域内行之有效的研究方法可以被用到其它领域中。例如非线性科学就以客观世界的复杂性作为研究对象，研究自然界中非

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

均衡、非稳定、不可逆的系统变化规律。

（4）交叉科学：交叉科学是以上述三类科学为基础的。其产生方式主要表现为不同现存学科之间在理论体系及研究方法等方面的互相渗透。例如综合运用电子学和信息科学的理论与方法，深入研究生物和人体内各种结构和功能的关系，就产生了生物电子学这门交叉科学。而射电天文学则产生于用射电方法去观测天体现象。与前几类科学相比，交叉科学超越了被研究对象之间的综合与分化而深入到研究方法和理论体系之中，因而是科学发展中更高一层的综合。

应当注意的是，在科学发展高度分化和整合的今天，各学科之间在观察对象、理论体系及研究方法和手段之间的相互渗透已经是司空见惯了，但从学科交叉研究发展到交叉科学的建立是难以一蹴而就的。一门交叉学科的正式建立不但在研究对象、理论体系、研究方法和手段都要有不同于现存学科的新的集成，而且还应提出该学科所面临的一系列悬而未决的重大问题。一门学科的尽早确立，虽然有利于该学科的深入发展，但也有可能会限制人们的视野，束缚人们的手脚，当今科学发展的趋势不仅要求门类科学内的广泛交叉，而且涉及自然科学、社会科学、数学科学、技术科学等门类之间的交叉，因此我们的注意力也许应当更多地放在学科交叉的研究过程上。

以上关于学科交叉的本质及科学知识体系的讨论，为以下关于学科交叉研究中一些基本定义的讨论奠定了基础。根据上面的讨论，我们的注意力将更多地放在作为研究对象的学科交叉问题上，而不是作为研究结果的知识体系。

在学科交叉方面的一些基本概念，如跨学科、多学科、边缘学科、交叉学科等，在有关讨论中经常被互相替换，同时使用。但这些概念的准确定义和意义上的区别，很少有人涉及。为了进一步深入研究，下文对这些概念作一讨论。

首先按照国际通用的（如第二届国际交叉学科研究管理大会）的作法，我们选择“跨学科（cross-disciplinary）研究”作为那些需要多于一门现有学科领域知识的研究的总称。

对于各种不同类型的跨学科研究，可以从研究内容和研究的组织方式两个方面将其分成多学科研究（multidisciplinary research）和学科交叉研究（interdisciplinary research）。

从研究内容的角度考虑，多学科研究是指那些需要多门学科的理论和方法，但其应用相对独立地体现于研究结果的不同部分。从局部看，所采用的知识和方法基本源于同一学科，知识的综合只是体现在总体合成上[4]。例如，由科学出版社出版的《21世纪初科学发展的趋势》从内容上看就是一个多学科研究的成果。其中对于各个学科发展的趋势及重大科学问题的研究和讨论，基本上是从各学科本身的角度出发。但是在研究报告的绪论、前两章及最后一章中，编者又把各个学科发展所面临的共同问题进行了综合讨论，这是多学科研究的一个典型例子。

与多学科研究类似，学科交叉研究也需要多门学科的知识和方法，与多学科研究所不同的是，这些知识和方法在研究结果的不同部分中互相渗透、交叉使用。知识的综合不仅停留在总体上，而且延伸到研究的各个部分。

按照研究内容对跨学科研究进行分类有两点困难：

首先，对很多研究来说，在最后结果出来之前，很难判断其归属。因此，分类只能等到研究完成之后进行，在很多情况下已经没有意义了。此外，按研究内容对跨学科研究分类的

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

另一个难点是如何操作。因为在科学技术高度发展的今天，不同学科知识和方法间互相渗透是绝对的，所谓独立或交叉只是相对而言，在很大程度上取决于评论者的价值取向、学识背景、知识广度等等。对于同样的研究结果，不同的人会有不同的看法。

对于跨学科研究，还可以按照研究的组织方式分为多学科研究和学科交叉研究。多学科研究的组织方式是将研究问题按现有学科分解，每一子课题由其相对应的学科专家来承担。最后由事先指定好的专家将各子课题的研究综合集成。而学科交叉研究的组织方式则在分解课题后，由不同学科的专家来承担同一子课题的研究，交叉与综合落实到子课题的层次上。

按照研究的组织方式分类最大的好处是具有可操作性，在研究的开始就可以按照研究任务的组织方式给其定性。其缺点是最后的研究结果有可能与组织方式不符。例如按多学科方式组织的研究，但最后学科交叉却渗透到各个子课题的结果之中。在没有更好的方法的情况下，选用哪种方式分类，应当根据具体需求来定，在使用时加以必要的说明。

值得注意的是，按照以上方式分类，学科交叉研究只是跨学科研究的一大类，而我们目前常常采用的提法则将跨学科与学科交叉等同起来。这里有两种方法解决：第一类方法是将学科交叉研究的定义拓宽，包括多学科研究，另一类办法是明确区分多学科研究和学科交叉研究，而用跨学科研究作为二者的总称。从与国际接轨的角度看，第二种方法更为合适。

此外，以上的定义及分类都是针对研究活动本身的，它们与前面提到的学科知识体系有联系，但并不是一一对应的。例如多学科研究的结果并非一定就导致新的综合科学的诞生。一门新的学科建立需要长时间的积累和科学共同体的承认。

3 学科交叉研究的教育与管理

由于学科交叉研究的发展对于科学事业具有举足轻重的地位，因此如何从教育和管理的角度入手，创造更好的环境和机制，促进学科交叉研究的全面发展，就成为科技政策与科研管理工作者关注的问题。

促进学科交叉研究的发展，很重要的一条就是要培养视野宽广有综合能力的研究人才。DNA 双螺旋结构的建立就充分说明了这一点。本世纪 50 年代初，生物化学、生物大分子的晶体结构学、遗传的生物化学和遗传的信息学等多门相关学科在遗传基因载体 DNA 结构的研究方面已取得了一系列重要进展，为DNA 结构的发现做好了充分的准备。当时从事这方面研究的科学家也是群英荟萃，如在剑桥卡文迪什实验室的佩鲁兹·肯德鲁，在伦敦皇家学院的维尔金斯和弗兰克林，在美国加州理工学院的诺贝尔奖获得者鲍林等等。但是最后发现DNA 空间结构的却不是这些有名的权威，而是获博士学位仅 3 年的年青人沃森和还未取得博士学位的克里克。从知识背景上说，沃森是一个噬菌体遗传学家，不懂化学，也不懂 X 射线晶体学，数学底子更差；克里克是学物理的，转向生物学从事蛋白质 X 射线晶体学研究时尚未获得博士学位。但恰恰是因为他们“涉世未深”，不受专业之分的限制，视野宽广，从而能够博采众家之长，调整自己的知识结构，在遗传信息学的基础上把各方面的成就融会起来，成功地建立了 DNA 模型[6]。

虽然从事学科交叉研究的能力可以在科学研究的实践中培养，但更为有效的方式是在大学里就创造一种环境和氛围，使得学生在科学生涯的起始时期就受到这种熏陶，尤其是在研究生教育阶段更应注重这方面素质的培养。我国目前研究生教育体制在专业设置、课程安排

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

等方面都不够灵活，不利于学科交叉研究能力的培养。而美国及西欧的研究生教育体制则较为灵活，在那些新兴学科领域中尤其如此。因此，促进学科交叉研究发展的一个重要课题就是要研究怎样根据中国的实情从研究生教育制度入手，更为有效地培养跨学科研究的人才。

学科交叉研究的管理有许多问题值得研究。一个十分关键的问题就是学科交叉研究的资助问题。从资金的筹措方面来看，政府及基金的经费往往是按照现有学科分布来分配的，这种分配的格局一旦形成，就容易产生一种惯性，在很长一段时间内难以改变。学科保护主义的倾向使得传统的学科对涉及本学科以外的内容往往希望其它学科来支持，形成一种踢皮球的现象。国家自然科学基金委员会的许多学部为了改变这种局面已经做了许多有益的尝试。在"九五"期间，基金委员会已决定将对学科交叉领域的资助列为工作的重点，这对于许多亟待发展的学科交叉研究来说无疑是一个好消息。

与此相关的另一个问题是如何评价学科交叉研究。首先，在研究开始前申请经费时，学科交叉项目往往会成为非共识项目而被否定。因为学科间的交叉经常蕴含着新观点、新方法，在同行评议中难以找到真正的同行。国家自然科学基金委员会副主任、著名生态学家张新时先生就谈到，他曾提过一个用地理信息系统（GIS）做生态研究的项目，但这个项目在生态学和计算机两个领域中都没有得到共识，生态学评议专家认为这是属于计算机应用的项目，从生态学的角度来看没有多大的意思，而计算机评议专家也持类似态度。张先生只好通过其它渠道来从事这项研究，并得到了丰硕的成果。在研究完成后，如何对学科交叉研究的结果进行评价也有同样的问题。前一段时间出版的一本介绍圣塔菲研究及对复杂性研究的书《Complexity》就举了这样一个例子。斯坦福大学的一位教授利用复杂的非线性随机过程理论对经济学中报酬递增的问题进行了深入的研究，并得出一系列新颖的结果。可是，他在1983年夏天写出的论文经过6年无数次改写，才终于得到发表。最负盛名的美国经济学期刊《美国经济评论》（American Economic Review）在退回这篇论文时附了一封信，基本意思是"甭想了！"；《经济学季刊》（The Quarterly Journal of Economics）也退稿了，认为这个研究没有什么学术价值；英国的《经济学报》（The Economic Journal）只用了两个字"不行！"。在改写了14次以后，经济学报才终于接受了这篇论文[6]。

学科交叉研究项目的管理也是一个至关重要的问题。由于学科交叉研究需要多方面的学者共同研究，如何组织不同领域的专家学者密切合作、携手共进，往往是管理组织者所头痛的问题。一方面，科学理论的"标准化"远远不够，不同学科的专家彼此交流往往缺乏"共同语言"；另一方面，长期以来形成的学科间的"门户之见"又使不同学科间的专家互不服气。如从事硬科学的学者对管理科学等软科学的研究瞧不起等，这些问题都阻碍着学科交叉研究项目的顺利进行。

对于学科交叉现象的理论探索刚刚起步，笔者希望能够有更多的学者专家来关心这个问题，发表自己的看法，以改善学科交叉研究的外部环境及内部管理，促进学科交叉研究的更大发展。

参　考　文　献

[1] 拉里·劳丹（L. Laodan）. 进步及其问题——科学增长理论刍议. 上海：上海译文出版社，1991，3.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[2] D. 夏皮尔．科学理论及其域；F. 萨普主编．科学理论的结构，1974.
[3] 陈其容．自然辩证法导论．上海：复旦大学出版社，1995.
[4] Rossini F A et al. Frameworks and factors affecting integration within technology assessments. Final technical report prepared for NSF, George Institute of technology, 1978.
[5] 范德清．现代科学与思维方式．长春：吉林教育出版社，1989，187--221.
[6] Waldrop M. Complexity : The Emerging science at the edge of order and chaos. Simon & Schuster, 1992, 46—51.

A THEORETICAL EXPLORATION ON INTERDISCIPLINARY RESEARCH

Xue Lan
(*Development Research Academy for the 21st Century, Tsinghua University, Beijing* 100084)

对学科交叉与综合发展的认识及有关基金工作的建议

陈于果
（国家自然科学基金委员会综合计划局，北京 100083）

1 学科交叉与综合是当代科学发展的时代特征

当代科学的发展呈现出多学科相互交叉、相互渗透、高度综合以及系统化、整体化的趋势，并有着综合性课题领先、以综合性课题带动学科发展的新趋势，学科交叉与综合已成为当代科学发展的时代特征。

学科交叉与综合研究具有多种形态：学科前沿最新成就、最高水平的直接交叉研究；一门学科在科学认识或科学实践上有所突破，形成的新概念、新方法以及理论体系向其他学科的扩散、渗透、转移研究；多科学技术领域的创造性交融研究；多学科配套、整体突破的综合研究等。其波及范围广，对于当代科学上的重大突破、高新技术的开拓发展、经济社会发展等各种问题的解决都具有重要影响。

（1）随着人类对各种自然规律在单一学科上的认识正趋于“极限”，当代科学最赋挑战性问题的突破，日益求助于多学科在科学前沿的交叉研究。如：“规范场论和弦理论”就是由物理学家和数学家携手取得的重大成就；宇宙“暗物质”、人工光合作用能量转换系统等科学问题的进一步突破也有待于多学科的共同努力。

（2）学科交叉研究激励新兴研究领域的形成，推动科学发展。例如光量子学说的确立及其

本文于1996年12月9日收到．

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net