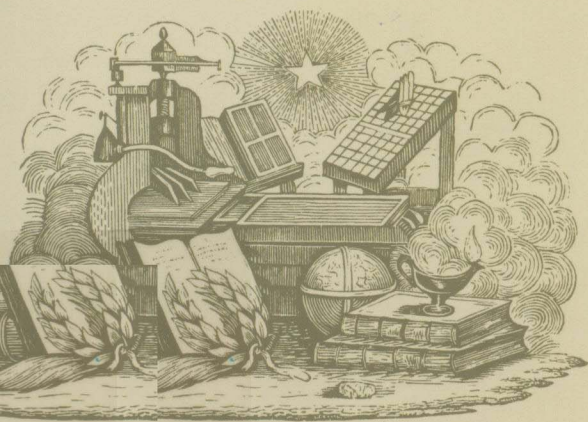


KEXUE HEZUO

DE GONGNENG YU JILIANG

谢彩霞
著

科学合作 的功能与计量



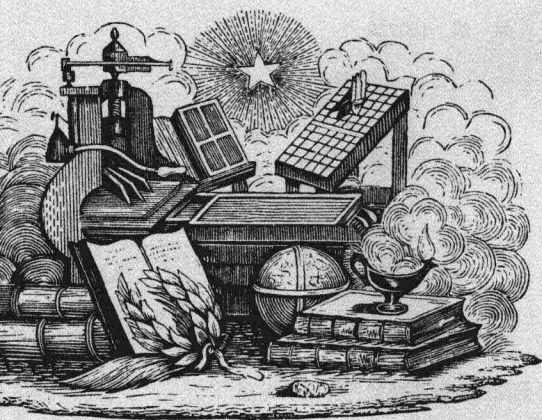
中国社会科学出版社

KEXUE HEZUO

DE GONGNENG YU JILIANG

谢彩霞
著

科学合作 的功能与计量



中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

科学合作的功能与计量 / 谢彩霞著. — 北京: 中国社会科学出版社, 2010. 5

ISBN 978-7-5004-8566-7

I. ①科… II. ①谢… III. ①科学技术合作—研究
IV. ①G321. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 034573 号

策划编辑 冯 斌
责任编辑 丁玉灵
责任校对 韩天炜
封面设计 王 华
技术编辑 戴 宽

出版发行 **中国社会科学出版社**

社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号 邮 编 100720

电 话 010—84029450 (邮购)

网 址 <http://www.csspw.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京君升印刷有限公司

装 订 广增装订厂

版 次 2010 年 5 月第 1 版

印 次 2010 年 5 月第 1 次印刷

开 本 880 × 1230 1/32

印 张 8.625

字 数 230 千字

定 价 25.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社发行部联系调换
版权所有 侵权必究

国家自然科学基金项目(70673019)成果
河南省软科学研究计划项目(092400440028)成果
河南省软科学研究计划项目(082400440850)成果
河南省社科联、经团联资助
河南师范大学学术著作出版基金资助

前 言

在当今大科学时代，随着科学技术发展的日趋全球化、科学自身愈益加速的分化和综合性发展趋势的增强，科学合作日益成为科学研究的主流方式，成为发展大科学和解决全球化问题的主要途径，国内外各种科研组织和科研机构以新的方式新的思路参与合作研究。新的科学合作对于凝聚创新思想、获取科技信息、共享研究资源、培养和造就新时期复合型人才，在重要学科领域实现跨越式发展以及取得科学突破等方面具有十分重要的意义。正是在这一背景下，《科学合作的功能与计量》以现有关于科学合作的研究成果为基础，将科学能力学和制度科学学的原理结合起来，运用科学计量学的最新方法，研究当代科学前沿主要领域国际合作方式与科学能力的关系，分析科学前沿国际合作的方式和动因，揭示科学合作方式对科学产出能力的影响，并引入网络分析法探讨纳米科技领域合作网络的特征及其对科研绩效与学科交叉的影响，从而在一定程度上为丰富和深化科学合作理论提供了科学依据和数据支持。

本书首先探讨了合作的本质和科学合作的含义，在马克思主义生产力和生产关系理论以及科学能力学、政治科学学、制度科学学有关科研生产力与科研生产关系理论指导下，探究了科学合作的双重属性和双重功能，提出科学合作的中介作用。一方面，科学合作是作为体现人与自然关系的科研生产力中主体要素的科

研主体合作，具有科研生产力的属性；另一方面，科学合作又是反映科研活动中人与人关系的特定科研生产关系的组成部分，又具有科研生产关系的属性。科学合作之所以影响科学活动发展，就在于科学合作具有科研生产力和科研生产关系的双重属性，扮演着科研生产力联接科研生产关系的中介桥梁作用，能够同时履行影响科研生产力和科研生产关系的双重功能。

在对科学合作方式及其功能的研究中，运用科学计量学的多种方法，展示出科学合作的动力因素，剖析主要动力因素及其互动关系，探讨科学合作的主要结构形式及其影响，并对科研机构内外科学合作方式与特征进行了计量研究，从而展现出作为科研生产关系的科学合作方式的多样性；同时，对科学合作方式与科研生产力之间关系进行量化分析，研究当代科学前沿主要领域国际合作方式与科学能力的关系，分析科学前沿国际合作的方式和动因，揭示科学合作方式对科学产出能力的影响，表明不同的科学合作方式会影响并导致科研生产力的不同功能。

作为对具体学科领域科学合作的研究，我们选取国际纳米科技领域的科学合作状况作为研究对象。首先从科学家、机构、国家、学科四个方面对纳米科技领域科学合作状况进行计量分析，探讨该领域科学合作对科研绩效的促进作用。然后借助网络分析方法考察国际纳米科技领域的科学合作状况，展现出科学合作在纳米科技活动中的绝对优势地位，并揭示出纳米科技合作网络的集群性，是提高纳米科技研究绩效、促进纳米科技多学科交叉渗透的主要动因。

目 录

第一章 引论	(1)
第一节 研究背景	(1)
第二节 国内外有关科学合作研究状况的概述	(6)
第三节 研究意义及研究方法	(24)
第四节 主要研究内容	(33)
第二章 科学合作活动的理论基础	(36)
第一节 科学合作概述	(36)
第二节 科研生产力与科研生产关系理论	(39)
第三节 科学合作活动的研究范式	(45)
第四节 科学合作的动力机制分析	(54)
第三章 科学合作产生的动机及博弈分析	(62)
第一节 科学合作产生的动机	(62)
第二节 科学合作过程中的一些问题	(64)
第三节 科学合作的博弈论分析	(68)
第四章 科学合作方式及其动力因素的计量研究	(81)
第一节 词频分析法用于科学合作动力因素的展现	(81)
第二节 科学合作的结构形式及影响因素	(112)
第三节 科研机构的科学合作方式及特征	(123)
第五章 科学合作方式及其科研生产力功能的计量研究	(137)

第一节	科学合作方式影响科研绩效的研究	(137)
第二节	科学跨地域合作及影响区域科学发展的 研究	(148)
第三节	科学跨学科合作及促进学科交叉与发展 的研究	(164)
第四节	科学合作研究力量及期刊文献的分布状况 研究	(182)
第六章	实例研究——网络分析法用于纳米科技领域 科学合作的研究	(198)
第一节	纳米科技的发展状况	(198)
第二节	纳米科技的学科特征	(218)
第三节	研究纳米科技领域科学合作的数据来源与 研究方法	(220)
第四节	研究结果	(222)
第七章	结论与讨论	(249)
第一节	主要研究结论	(249)
第二节	讨论	(254)
附录 1	纳米科技领域产出论文 10 篇以上的作者及 论文篇数	(258)
附录 2	纳米科技领域参与国际合作的国家(地区) 名称及其对应序号	(262)
附录 3	纳米科技领域涉及的学科名称及其频次 (10 次以上)	(263)
后记		(267)

第一章

引 论

第一节 研究背景

一 近代科学时期科学合作的兴起

自从欧洲文艺复兴运动开始，科学便以惊人的速度向前发展着。尤其是 20 世纪以来，科学所取得的成就和突破比以往全部历史的总和还要多。到 20 世纪，科学的众多门类相互交叉、渗透、综合，已经发展成为结构复杂的大科学系统。与此同时，研究项目出现了一些新的特点，主要表现为：研究目标宏大、科研规模广、投资强度大、多学科交叉、实验设备复杂昂贵等。为完成这类科研项目，单枪匹马是不可能的，于是，科学合作成为科学研究的必要方式，并迅速发展成为科研活动的主流。在科学合作所带来的诸多益处中，首先，是科学合作共同体之间共享设备成本所带来的经济学价值。其次，具有不同特长的科学家进行合作研究时各种技能技巧汇聚成智能优势，从而有利于科学产出能力的提高。第三，不同国家的科学家之间进行密切合作能够促进国家间外交关系的进展。第四，一个合作研究项目上马之前，需要对具体问题的潜在价值进行评估，来自不同地区和不同学科领域科学家的不同观点能够使评估更为详实客观。科学史实证明，凡是科学合作活动活跃的国家 and 地区，科学技术就会大踏步地向

前发展,反之,科学技术就会发展缓慢甚至停滞不前。这个规律已为近现代科学史所反复证明。

科学合作与近代科学同时出现。近代科学史表明,各国科学技术的发展是不平衡的,世界科学活动的中心是不断转移的。科学中心的转移,与科学家的交流与合作不无密切关系。学会是早期科学家进行科学合作和学术交流的一种科学组织。16世纪,意大利的一大批科学人才云集在罗马的“山猫学会”、那不勒斯的“自然奥秘学会”和佛罗伦萨的“齐芒托学会”周围,继承和发展古希腊的科学文化,分别在力学、天文学和物理学上奠定了近代科学的基础。此时意大利占据着世界科学活动的中心。17世纪英国杰出科学家更是聚集于皇家学会,这些科学人才汇集在一起讨论学术,交流思想,合作进行实验,为英国和世界科学事业的发展建树了罕世功勋。可以说英国皇家学会科学家的彼此合作,共同奠定了近代科学的基础,为英国科学的崛起并成为世界科学活动中心起到了决定性的作用。在19世纪初,法国科学的职业化促使了法国科学家之间科学合作的形成,浓厚的学习研究氛围孕育了一大批科学家和工程师。罗森(R. Rosen)和比弗(D. Beaver)的一项研究成果表明,在1800—1830年期间,法国化学家之间进行的科学合作居世界上第一位^①。科学家之间的协同合作促使法国科研成果迅速增多,法国的科学事业渐起,逐渐成为该时期世界科学活动的中心。随后,德国的科学界重视并规范了科学组织,建立国立物理研究所、国立化工研究所、国立机械研究所等国家科研机构,虽然当时德国著名的科学家并不多,但通过国家有目的有计划的科学组织,科学家彼此合作,协同研

^① Beaver D Deb, Rosen R. “Studies in scientific collaboration.” (Part I—The professional origins of scientific co-authorship.) *Scientometrics*. 1978, 1: pp. 65—84.

究，在 19 世纪末，德国代替法国而成为世界科学发展的领头雁。20 世纪成为世界科学活动中心的美国，认识到科学往往能在几个学科的交叉点上出现突破，非常重视科学合作尤其是不同学科领域间的科学合作。建立了具有自己特色的科学组织，许多研究机构既从事基础研究，也从事应用研究，出现了既搞理论又搞技术的综合科研单位，有些大学还把许多毫不相关的学科放在一起，如物理学和语言学，艺术和数学，化学和建筑等，为不同学科领域的科学家相互交流与合作提供了便利条件^①。有十多万科学家和工程师参与的大型合作研究项目曼哈顿工程和涉及约 120 所大学、2 万家企业及 50 余万人的阿波罗登月计划，更是将政府、企业、大学以及科研机构有机结合在一起，这些大规模合作研究项目的成功极大地推动了美国科技事业的发展，也为世界大科学活动拉开了序幕。

二 20 世纪科学合作的迅猛增长

20 世纪，科学合作活动的规模和范围随着科学的迅速发展而迅猛增长。合著论文是科学合作的重要表现形式之一，我们从合著论文的增长状况便可对 20 世纪科学合作的迅猛发展作一扫描。科学合作的迅猛增长首先引起了敏锐科学家们的注意。普赖斯（D. Price）是最早关注科学合作增长状况的研究者之一。20 世纪 60 年代，科学计量学之父普赖斯敏感地觉察到了科学合作的增长态势，并对科学合作的发展进行科学计量学研究。他考察 1910—1960 年间化学文摘的统计数据发现，从 20 世纪开始，化学领域里的合作研究呈稳步、迅速的增长趋势。1910 年单人独著论文占论文总数的 80% 以上，只有不足 20% 的论文是由两位

^① 夏禹龙、刘吉、冯之浚：《科学学基础》，科学出版社 1983 年版。

及以上作者完成的。到 1960 年,多著者论文数增至 60% 以上。其中三人及三人以上合著的论文比例已高达 30%^①。

麦当斯 (A. Meadows) 研究了物理学领域的合作状况,发现在 20 年代只有 25% 左右的论文是通过合作完成的,50 年代则上升为 61%^②。美国科学社会学家朱克曼 (H. Zuckerman) 对 20 世纪前三个 25 年发表在美国《物理学评论》、《化学物理杂志》、《生化杂志》、《生物通报》、《遗传学》、《美国化学会志》等刊物上的 24297 篇论文进行考察,属于合作研究的比例为 60%。在这三个 25 年里合作论文是逐渐上升的,它们的比例分别为:25%,51%,71%,基本呈 25% 的梯度增长^③。

进入 90 年代,科学合作现象更进一步引起人们的重视。在 20 世纪 90 年代,SCI 收录的科学论文总量中,各国不同机构间的合作论文增长了 46%,国家之间的合作论文增长了 115%^④。格兰采尔 (W. Glanzel) 和克罗文 (H. Czerwon) 从 1992 年出版的 SCI 中随机抽取 4534 篇论文进行分析,结果 90% 以上的论文是通过合作研究完成的,每篇论文平均拥有著者 4.5 人,最多的一篇论文合著者人数高达 102 人^⑤。我国学者曾对 1994 年出版

① Price D J de Solla. *Little science, big science*. New York: Columbia University Press, 1963.

② Meadows A J. *Scientific collaboration and status, in: communication in science*. London: Butterworths pr., 1974.

③ Zuckerman H. "Patterns of name ordering among authors of scientific papers." *American Journal of Sociology*. 1968, 74: pp. 276—291.

④ 刘云、常青:《中国基础研究国际合作的科学计量测度与评价》,载《管理科学学报》2001 年第 1 期,第 37—47 页。

⑤ Glanzel W, Czerwon H J. "A new methodological approach to bibliography coupling and its application to national, regional and institutional level." *Scientometrics*. 1996, 2: pp. 195—221.

的《美国国家科学院院刊》进行研究,发现在所统计的 2479 篇论文中,有 97% 的成果是合作研究完成的。1989 年,该刊篇均拥有作者 3.3 人,1994 年则增至 4.6 人,表明 20 世纪 90 年代合作研究的规模在继续扩大^①。

随着自然科学领域科学合作活动持续稳定的增长,社会科学领域的合作现象也频繁出现。1958 年史密斯(M. Smith)对美国著名心理学期刊 *American Psychologist* 进行了考察。该刊在 1946—1957 年共发表 4189 篇论文,在这 12 年间合著论文呈持续增长趋势,论文的篇均著者数由 1.3 人增加到 1.7 人^②。

经济学领域的文献表明,在二战后期经济学家还属典型的单人独著的研究模式,自 20 世纪 80 年代之后该领域的合著论文开始了稳定而迅速的增长,经济学家们已倾向于小组合作研究^{③④⑤}。

以上这些实证考察的结果说明,20 世纪以来,正如科学的迅速发展一样,科学合作正在以异常迅猛的态势向前发展着。科学研究中的合作关系日益成为影响科学生产能力发挥的巨大力量,并且随着科学社会化程度的提高愈来愈成为不可忽视的社会力量。科学合作的迅猛增长及其对科学生产能力产生的巨大推动作用引起科学家、科技政策制定者以及科技管理人士的日益关

① 侯珏、胡小元:《从〈美国国家科学院院刊〉论文的合著情况看九十年代科学合作研究的发展趋势》,载《情报学报》1997 年第 4 期,第 312—318 页。

② Smith M. "The trend toward multiple authorship in psychology." *American Psychologist*. 1958, 13: pp. 596—599.

③ Hudson J. "Trends in multi-authored papers in economics." *Journal of Economic Perspectives*. 1996, 11: pp. 153—158.

④ McDowell J M, Melvin M. "The determinants of coauthorship: analysis of the economics literature." *Review of Economics and Statistics*. 1983, 2: pp. 155—160.

⑤ Heck, J L, Zaleski P A. Trends in economic journal literature: 1956—1989. *Atlantic Economic Journal*. 1991, 19 (4): pp. 27—32.

注。特别是当今大科学时代，在科学发展的新形势下，科学合作尤其是国际科学合作已成为发展大科学和解决全球化问题的主要途径。新时期科学合作日益增加的重要性吸引着许多科学家把科学合作作为新的研究领域，对科学合作产生的根源，科学合作的模式，科学合作的运行机理、影响科学合作的因素，以及科学合作产生的影响等诸多现实问题进行多维度多层面的探讨，以期发现科学合作的规律，用以指导科学研究活动，使科学合作结构达到最佳，产生 $1 + 1 > 2$ 的效能，最大限度地推动科研生产力的发展。

第二节 国内外有关科学合作研究状况的概述

科学合作是科学研究活动发展到一定历史阶段的必然，涉及许多复杂的社会问题，对科学合作的研究已跨越科学学、社会学、管理学、心理学、经济学、系统科学、行为科学等许多领域。各学科领域分别从不同角度不同层次对科学合作进行了研究。

一 影响科学合作的因素

半个世纪以来，许多学者曾对科学合作产生的合著论文进行大量的分析研究，从各个角度考察社会因素和经济因素等对科学合作的影响。比弗和罗森曾在著名科学计量学期刊 *Scientometrics* 上连续发表论文探究科学合作产生的根源。他们认为，20 世纪以来，科学合作已成为科学发展极为重要的方面，国际科学合作的增长趋势是对科学专业化程度日益迅速发展的积极响应。科学合作关系为科学家提供了获取专业成就和增长知识的方法，提供了获取科学资源和建立科学界精英之间学术交流网络的有效途

径。进而比弗和罗森研究了科学合作的职业化起源。通过对17—18世纪科学合作早期历史的追溯,对第一个职业化科学共同体——法国拿破仑科学共同体的实证研究,探明科学合作起源于科学的职业化。通过“职业化”这一动态的科学组织过程将科学家的松散群体组成一个个科学共同体,并对科学共同体内部结构的变化以及共同体与外部社会的关系产生重大影响。比弗和罗森的研究还表明,20世纪以来,国际科学合作已成为科学发展极为重要的方面,并指出国际科学合作的增长趋势是对科学化程度日益发展倾向的一种反映^{①②}。埃迪(D. Edge)、斯托克司(D. Stokes)和哈利(J. Hareley)认为科学合作中合作者之间的关系能够反映彼此间的智力和社会影响^{③④}。他们研究了科学合作与经济的关系,强调了经济因素对科学合作的促进作用,例如科研经费的合理分配,可以分担购买和维修复杂昂贵的研究设备,为科学合作创造了有利条件,从而促进了科研生产力的发展。在普赖斯的研究中甚至认为经济因素比智力因素对科学合作者的影响更大。他从经济学角度研究了科学合作以及科学合作与知识获得的关系,从科学的新经济学观点详细分析了知识扩散这一复杂过程的经济学意义。他认为科学活动的奖励机制促进了科学知识的公开化,使得整个科学共同体和公众能够获得并

① Beaver D, Rosen R. "Studies in scientific collaboration: part II -scientific coauthorship, research productivity and visibility in the french scientific elite", 1799—1830. *Scientometrics*. 1979 a (1): pp. 133—149.

② Beaver D, Rosen R. "Studies in scientific collaboration: part III -professionalization and the natural history of modern scientific co-authorship." *Scientometrics*, 1979, b (1): pp. 231—245.

③ Edge D. "Quantitative measures of communication in science: a critical review." *History of Science*. 1979, 17: pp. 102—134.

④ Stokes T D, Hareley J A. "Co-authorship, social structure and influence within Specialities". *Social Studies of Science*. 1989, 19: pp. 101—125.

使用这些知识,从而使知识得到充分自由的流动。他指出科学合作的意义在于:(1)获得隐性知识的重要性,科研活动中共享隐性知识产生了社会利益。(2)不依靠昂贵的法典编纂过程就能获得知识再生产。(3)当竞争性的科学活动导致竞争刺激失败,不能保证稳定均衡的总体效率时,科学合作便成为科学活动的一种主要模式。他也指出了科学合作成功存在的一些困难:(1)相隔几千公里的科学合作不容易成功,除非有非常昂贵的虚拟实验室等基础设施可用。(2)即使科学家们是受默顿主义的科学竞争的纯道德因素的影响,而不是受当今世界经济利益的驱动,促进科学家们之间进行合作的激励机制也很难建立起来。(3)要想保证一个试验成功的重复进行,所有必要的隐性知识必须得到充分无误的传播,这在短暂的交流与合作过程中是不可能进行的。

先前的研究者曾对很多影响科学合作的因素进行研究。例如科学合作会随研究领域的不同而发生很大变化。总体上,应用研究领域比基础研究领域更易合作。特别是,实验研究更倾向于学科间合作^{①②③}。但也有文献表明研究领域越基础,国际合作的比例就越高^④。

地理距离和社会距离也是受很多学者关注的影响科学合作

① Osubo Y, Miquel J F, Frigoletto L et al. "Structure of international collaboration in science: typology of countries through multivariate technique using a link indicator." *Scientometrics*. 1992, 25: pp. 321—351.

② Hagstrom W O. *The scientific community*. New York: Basic Books, Inc., 1965.

③ Frame J D, Carpenter M P. "International research collaboration." *Social Studies of Science*. 1979, 9: pp. 481—487.

④ Gordon M D. "A critical reassessment of inferred relations between multiple authorship, scientific collaboration, the production of papers and their acceptance for publication." *Scientometrics*. 1980, 2: pp. 193—210.

的因素。一般认为,地理距离的接近更方便于研究者进行非正式学术交流,因而更有助于科学合作。研究结果表明科学合作随合作者地理距离的增大呈指数降低。然而,并不排除这样的可能性:如果研究涉及更为专业的技术时,科学家们为了寻找合适的合作伙伴,即使旅行很远距离也心甘情愿。社会距离也是影响科学合作的一个明显因素。一般情况下,具有相似学术地位的科学家之间的合作比不同社会阶层的科学合作更多。也就是说,科学家更愿意与社会地位相等、学术水平相当的伙伴合作。汉斯道姆(W. Hagstrom)曾对师生合作的奇妙关系作过考察。他询问具有师生合作关系的科学家其工作是否与他人合作完成,很多科学家回答:不是。尽管他们的论文大部分或全部都是与学生合作完成的。师生不平等的社会距离暗示了这样一个理念,即真正的合作者应是地位平等的伙伴。另外,年龄和性别也是科学家研究较多的影响科学合作的因素。事实上,影响科学合作的因素很多,因为科学合作本质上是一种复杂的社会过程。考虑到人类互动的诸多形式,影响合作的可能因素至少与所涉及的人一样多^{①②}。兹特(M. Zitt)和贝斯喀隆(E. Bassecoular)从文献计量学角度定量分析了国际科学合作的关系网络,他从文献所包含的基本信息关系结构入手,研究了国际合著的复杂关系网络,提出了稳定的合著关系优先链接模型,指出影响科学合作的基本因素中,地理政治因素和文化接近比

① Katz J S. *Bibliometric assessment of intranational university-university collaboration*: . [D. Phil. thesis] . Brighton, UK: Science Policy Research Unit, University of Sussex, 1993.

② Kraut R, Egidio C. "Patterns of contact and communication in scientific research collaboration" . *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work*. Portland, Oregon, 1988.