



科技创新绩效与机理： 理论、方法及应用

高霞 著

 内蒙古大学出版社
INNER MONGOLIA UNIVERSITY PRESS



科技创新绩效与机理： 理论、方法及应用

高霞 著



 内蒙古大学出版社
INNER MONGOLIA UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

科技创新绩效与机理:理论、方法及应用/高霞著.

—呼和浩特:内蒙古大学出版社,2013.11

ISBN 978 - 7 - 5665 - 0468 - 5

I. ①科… II. ①高… III. ①技术革新—研究 IV. ①F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 257563 号



科技创新绩效与机理:理论、方法及应用

高霞 著

内蒙古大学出版社出版发行

(呼和浩特市昭乌达路 88 号 邮政编码 010010)

责任编辑 张志 封面设计 张燕红

内蒙古地矿印刷厂印刷

开本:710mm×1000mm 1/16 印张:15 字数:209千字

2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

印数:1-500册

ISBN 978 - 7 - 5665 - 0468 - 5

定价:30.00元

摘 要

当今世界,全球性科技革命蓬勃发展,科技创新能力,特别是自主创新能力日益成为经济社会发展的决定性力量,成为强国富民的重要基础和国家安全的重要保证。对科技创新绩效和机理进行客观、定量的评价和研究,有助于提高科研决策与管理水平,有助于将具体科学技术与国家目标相结合,更有助于制定合理的国家科技发展战略。

针对已有研究中存在的定量分析少、缺乏国际可比的宏观层面绩效评估指标等问题,本研究从信息计量的角度出发,选取具有代表性的国家作为参考,对我国科技创新绩效和机理进行了深入、全面的定量评价和分析。本论文的主要研究内容包括以下几个方面:

第一,基于科学计量学的理论与方法,从科学研究产出特征、科学合作和科学研究影响力三个方面,对我国在新兴交叉学科——生物信息学领域的科学创新能力进行了较为全面的评价。结果表明:我国生物信息学领域的论文数量逐年增加,但是其研究成果的科学影响力或国际认可度还比较低。此外,我国生物信息学领域的研究者们正加强国际合作,越来越多地参与和融入到生物信息学的国际主流研究中。

第二,从网络的视角出发,以当前国际上科学计量学研究的热点——Hirsch指数文献形成的大规模引文网络作为实证研究对象,在厘清该研究领域发展的主要脉络的基础上,以社会网络分析中的结构声望(Structural Prestige)理论为依托,建立评价基础研究影响力的新指标——结构声望指标,并验证了其评价科学论文的学术影响力或价值方面的有效性,从而为传统的基于引文分析的基础研究影响力评价方法注入新的元素。

第三,引入基于专利引文分析的新指标——专利h-指数,并把它作为测度专利重要性或者影响力的代理指标。通过对其合理性和有效性的验证表明:专利h-指数确实是一个简单且有效的评价技术创新能力的指标。最后,本文以信息通讯技术领域作为实证研究的对象,运用专利h-指数对我国企业或公司在这一领域的技术影响力进行国际比较研究。

第四,基于标度无关性指标,结合我国的科技创新现状与发展态势,有针对性地进行了规模效应对创新系统绩效测度影响的国际比较研究,揭示出我国GDP、科技经费投入、人口等系统规模要素的增长对科技创新绩效的非线性作用,进而对我国科技创新的相对绩效进行了评价,并得到相关的政策建议。

第五,将标度无关性指标引入到对我国区域科技创新绩效的评价中,在非线性的视角下从科技创新投入(R&D经费)、产出(论文、专利)与经济规模之间关联的角度构造标度无关性指标,进而对我国区域科技创新的相对绩效进行比较研究。研究工作不但扩充了我国区域科技创新绩效的评估指标体系,也为决策者制定更加切合实际的创新政策提供了科学依据。

第六,从一个新的视角构建科学知识扩散的网络模型,即具有时间维度且面向个体的网络模型,并且以当前国际上科学计量学研究的热点领域——Hirsch指数为实证研究对象,验证了其可行性和有效性。该模型基于社会网络分析方法而非传统的数值模拟方法建立,从真实的扩散网络出发,充分还原组织中个体的差异性,能够直观、鲜活地再现科学知识在网络中随时间的扩散及演化过程。同时,也为隐性知识的管理提供了有效的定量分析工具。

第七,利用专利文献中的非专利引文,特别是非专利引文中的科学论文引文,作为衡量科学与技术之间联系的指标。应用社会网络分析方法,对我国技术创新的科学基础——科学期刊形成的网络进行较为全面的分析。研究表明:不同的技术领域具有不同的科学基础,它们主要是由各种专业性期刊和三种著名的交叉学科期刊:PNAS, *Science* 和 *Nature* 组成。此外,无论是哪个技术领域,PNAS, *Science* 和 *Nature* 都是专利发明者和专利审查员最经常翻阅的期刊。

第八,基于专利合作发明信息,利用社会网络分析方法对我国各省(直辖市、自治区)知识交流模式的变化和特点进行了研究。结果表明:二十多年来,我国创新系统中三种知识交流的规模虽有显著提高,但知识交流的活跃程度却不容乐观。较多的互动发生在同区域内,区域间的知识交流明显不足。各省份的知识交流严重不平衡,经济发达省份知识交流最为频繁,经济欠发达地区知识交流极度匮乏。

关键词:信息计量,科技创新,绩效,机理,实证

Abstract

A scientific and technological revolution continues to flourish in today's world. Scientific and technological (S&T) innovation capability, especially independent innovation capability, is increasingly becoming the decisive force in economic and social development, and the essential foundation for national security. In this paper, we quantitatively evaluate and research the performance and mechanism of S&T innovation. This would help for improving the decision-making and scientific research management levels, combining the development of science and technology with national goals, and formulating National Development Strategies for Science and Technology.

Due to limited quantitative analysis and low international comparability of macro performance indicators, and etc. , the present dissertation aims at the quantitative evaluation and research of Chinese S&T innovation performance and mechanism from the perspective of informetrics. Besides, several typical countries are also picked up for the international comparative analysis. The main content of this dissertation is summarized as follows:

First, based on the theory and method of scientometrics, the paper evaluates the scientific innovation capability in the field of bioinformatics in China from three aspects, i. e. , feature of scientific research output, scientific collaboration, academic influence of scientific research. The results indicate that Chinese bioinformatics has much developed and accelerated in recent years, but the academic influence or international recognition of scientific research is still lower. Besides, the researchers of the Chinese bioinformatics are strengthening international cooperation, and more and more participating and integrating in "mainstream" research of the international bioinformatics.

Second, the empirical analysis is conducted on large citation networks of Hirsch-index literatures in the hot research areas of international Scientometrics. Based on the social network analysis, the main historical sequences of Hirsch-index area were firstly discussed. Then, new indicators, namely structural prestige indicators, were generated for evaluating the academic influence of basic research, and lastly their effectiveness were also verified. The structural prestige indicators have added the new elements into the traditional citations-based methods of evaluation on academic influence in basic research.

Third, the paper presents an alternative to other citation-based indicators, i. e. , the patent h-index, which is borrowed from bibliometrics. The findings show that the patent h-index is indeed an effective indicator for evaluating the technological importance and quality, or impact. Also, using patent h-index we conduct an empirical study on the field of information & communications technology (ICT), and comparably analyze the technological impact of this field in China.

Fourth, using scale-independent indicators we explore the performance of the Chinese innovation system from the views of economic, science and technology, respectively, as compared with other 21 nations. It shows that the increases of GDP, R&D expenditure, and population, and etc. , have non-linear impact on the performance of S&T innovation. The relevant policy implication is also concluded.

Fifth, we introduce the scale-independent indicators into the performance evaluation of the regional science and technology innovation in China. The scale-independent indicators are constructed in economic scale and science & technology innovation input and output terms. Using scale-independent indicators we assess the relative performance of the regional science and technology innovation. Besides it not only extends the indicator system for evaluating the performance of the regional science and technology innovation in China, but provides scientific basis for the decision-makers to make more practical innovation policy.

Sixth, This paper introduces a diffusion network model: an individual-based directed network model with a time dimension, as a potentially useful approach to capture the diffusion of research topics. Using research on the Hirsch-index as a case

study, we built detailed networks of individual publications and demonstrated the feasibility of applying the diffusion network model to the spread of a research. In the model the diffusion process was discussed from a network point of view, not in stimulations. The heterogeneities of individuals for spreading ideas and the interaction between individuals were also taken into account enough. Based on the real diffusion network of scientific knowledge, the model detected how knowledge flows and evolves with time among individuals more intuitively. Also, the model provided an effective tool for the management of tacit knowledge.

Seventh, those scientific non-patent references (NPRs) are appropriate proxy to indicate and quantify the relation between technological inventions and scientific research. We apply social network analysis to display the characteristics of the journal networks regarded as the scientific basis for the Chinese technological innovation. The findings indicate that the different technology areas have different scientific bases composed of various professional journals and the three famous multidisciplinary journals, i. e. the PNAS, Science, and Nature. Besides, no matter which of fields studied here, the three journals, i. e. PNAS, Science, and Nature, are read most frequently by patent inventors and examiners.

Eighth, based on patent co-authorships, knowledge exchange patterns in the Chinese innovation system are studied in this paper. It shows that over the last two decades the noticeable change is the dramatically increased intraregional, interregional and international collaborations. However, a close look reveals that those changes mainly occurred in the most advanced municipalities and coastal provinces while less favored regions have few or no local and extra-local knowledge exchange. The distribution of knowledge exchange in Chinese regions is very uneven.

Key words: Informetrics, S&T innovation, Performance, Mechanism, Empirical Study

目 录

第一章 绪论	1
1.1 选题背景	1
1.1.1 科学技术事关国家利益	1
1.1.2 自主创新是我国科技发展的战略选择	3
1.1.3 科学技术评价的外部需求	6
1.2 研究意义	7
1.3 本书的主要内容	10
1.3.1 相关概念界定	10
1.3.2 主要内容	12
第二章 科技创新绩效与机理研究综述	14
2.1 科学创新能力评价	14
2.1.1 基于科学计量学的相关研究	14
2.1.2 关于 Hirsch 指数的研究综述	17
2.2 基于专利计量的技术创新测度的相关研究	19
2.3 科学与技术的联系的相关研究	20
2.4 复杂性科学在创新系统方面的研究综述	22
2.5 社会网络分析在合作创新方面的相关研究	24
2.5.1 合作创新网络形成、演化、影响因素的研究	26
2.5.2 合作创新网络中知识创造、知识共享、知识转移研究	27
2.5.3 合作创新网络结构与创新关系研究	28

第三章 基础研究能力的科学计量评价及比较	30
3.1 基础研究与科学计量评价	30
3.2 评价基础研究创新能力的科学计量方法与指标	32
3.2.1 科学研究产出特征的计量方法	32
3.2.2 科学合作的计量指标	33
3.2.3 测度科学研究影响力的引文分析法	35
3.3 实证研究:生物信息学领域科学研究能力的科学计量学评价	38
3.3.1 生物信息学概况介绍	38
3.3.2 数据来源	39
3.3.3 基于科学计量指标的我国生物信息学领域创新能力的 评价结果	40
3.3.4 研究结论与相关政策建议	50
第四章 结构声望视角下的基础研究影响力评价	53
4.1 引文网络与结构声望	53
4.1.1 引文网络	53
4.1.2 结构声望	54
4.2 数据与方法	56
4.2.1 数据收集	56
4.2.2 研究方法与指标	56
4.3 实证研究	58
4.4 研究结论与政策建议	62
第五章 技术创新绩效评价及国际比较	64
5.1 专利计量的指标	64
5.2 我国专利活动的特点	66
5.2.1 我国本土的专利活动	66
5.2.2 我国在美国专利和商标局的专利活动	70
5.3 基于专利 h - 指数评价专利的技术价值	73
5.3.1 专利引文分析	74

5.3.2 研究数据和指标	75
5.3.3 专利 h - 指数的合理性和有效性分析	77
5.3.4 专利的“社会价值”和“自我价值”	81
5.3.5 实证研究:以信息通讯技术为例	82
5.3.6 研究结论	85
第六章 经济—科技—创新绩效评价及比较	86
6.1 创新系统的复杂性	86
6.2 幂律分布和标度无关性指标	87
6.2.1 幂律分布	87
6.2.2 标度无关性指标	88
6.3 数据来源和研究方法	90
6.4 标度无关性视角下的创新绩效及国际比较研究	92
6.4.1 经济系统中的标度关系	92
6.4.2 科学系统中的标度关系	100
6.4.3 技术系统中的标度关系	106
6.5 主要结论和相关建议	109
6.5.1 几点主要结论	109
6.5.2 有关启示和建议	110
第七章 区域科技创新绩效评价及比较	113
7.1 区域科技创新能力评价的现状分析	113
7.2 数据和方法	115
7.2.1 数据来源	115
7.2.2 研究方法	116
7.3 标度无关性视角下的我国区域科技创新绩效	117
7.3.1 GERD 和 GDP 之间的标度关系	117
7.3.2 Paper 和 GDP 之间的标度关系	121
7.3.3 Patent 和 GDP 之间的标度关系	123
7.4 结论与建议	125

第八章 科学知识扩散的网络模型	127
8.1 构建知识扩散网络的必要性	127
8.2 知识扩散网络模型(Diffusion network model)	129
8.3 数据与方法	132
8.3.1 数据收集	132
8.3.2 研究方法	133
8.4 科学知识扩散过程的实证研究	134
8.4.1 基于网络指标的扩散过程分析	134
8.4.2 扩散过程的主路径分析	138
8.5 结论与政策建议	142
第九章 科学与技术的联系:技术创新的科学基础	144
9.1 科学创新是技术创新的基础和支撑	144
9.2 我国专利中与科学知识紧密相关的技术领域	145
9.2.1 测度科学与技术联系的指标	145
9.2.2 数据来源和收集	146
9.2.3 我国高科学含量技术领域的特征分析	147
9.3 基于社会网络分析的我国专利的科学基础——科学期刊	150
9.3.1 科学引文与SCI论文的匹配	150
9.3.2 科学期刊网络的建立	151
9.3.3 基于社会网络分析的相关指标	152
9.3.4 整体网络分析视角下的科学期刊网络	155
9.3.5 自我网络分析视角下的科学期刊网络	158
9.3.6 研究结论	168
9.3.7 本研究的局限性及相关讨论	169
第十章 技术创新中知识交流模式与演化	171
10.1 知识交流的重要性和主要途径	171
10.1.1 知识交流的重要性	171
10.1.2 知识交流的主要途径	172

10.2 数据处理与研究方法	174
10.2.1 数据采集与处理	174
10.2.2 研究方法	175
10.3 我国创新系统中知识交流模式研究	177
10.3.1 基于度指标的知识交流的模式及规模	177
10.3.2 知识交流网络和 k - 核	180
10.3.3 我国区域间知识转交流网络的块段模型(Blockmodel)分析	184
10.3.4 主要研究结论	187
10.4 政策建议与研究局限性讨论	188
第十一章 结束语	190
11.1 论文主要研究工作总结	190
11.2 论文的主要创新点	192
11.3 论文的局限性	192
11.4 有待研究的问题	193
参考文献	195
后记	224

第一章 绪 论

当今世界,科技进步日新月异。特别是上个世纪 80 年代以来,世界科学技术发生了新的重大突破。以信息科学、生命科学为标志的现代科学技术突飞猛进,不仅给世界生产力的发展带来了巨大推动,而且也给人类的生产方式和生活方式造成了深刻影响。世界科学技术酝酿着新的突破,一场新的科技革命和产业革命正在孕育之中^[1]。当代国际竞争归根结底是科技实力和创新能力的竞争。随着经济全球化进程加快,资本、信息、技术和人才等要素在全球范围内的流动和配置更加普遍,科技竞争日益成为国家间竞争的焦点,科技创新能力成为国家竞争力的决定因素^[2]。

2004 年 12 月 29 日,胡锦涛在视察中国科学院时指出:科技创新能力是一个国家科技事业发展的决定性因素,是国家竞争力的核心,是强国富民的重要基础,是国家安全的重要保证^[3]。为此,大力推进科技进步,提高我国的科技创新能力,特别是自主创新能力,不断用先进科技改造和提高国民经济,努力建设创新型国家,已经成为中国新时期发展的历史选择。

1.1 选题背景

1.1.1 科学技术事关国家利益

江泽民同志曾经讲过:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”在全球性科技革命蓬勃发展的今天,科学技术成为世界经济和社会发展的主要驱动力,成为国家综合国力得以形成和提升的重要基础和关键所在。因此,无论是发达国家,还是发展中国家,都把科学技术和国家利益紧密联系起来,强调科学技术要服从国家利益。

1994年和1996年,美国先后发布了《科学与国家利益》、《技术与国家利益》两篇报告,明确地指出:“科学——既是无尽的前沿也是无尽的资源——是国家利益中的一种关键性投资”,“增进基础研究与国家目标之间的联系”是美国科学政策的核心目标之一;“技术上的领先地位对于美国的国家利益,比历史上任何时候都重要”。作为一个发展中的大国,我国有自身的政治意愿和战略利益,科学技术必须紧紧围绕国家目标,满足国家利益和国家安全的战略需要^[4]。

第一,进入21世纪,我国迈入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化建设的新阶段,这意味着从现在开始到2020年,我国必须继续保持7%以上的高速经济增长,而连续40年保持这样的高速增长在世界经济史上都是前所未有的。要实现经济增长的高速度,我们必须提高产业技术水平和创新能力,充分发挥科学技术对推进结构调整和经济增长方式转变的重要作用。

第二,随着全面建设小康社会进程的推进,我国人口多而能源和资源匮乏的矛盾将会更加突出。我国是世界第一人口大国,面临着庞大劳动力就业、城镇人口迅速膨胀、社会老龄化、公共卫生与健康等一系列重大需求的压力;我国又是一个人均能源、水资源等重要资源占有量严重不足和生态环境相对比较脆弱的国家,要在这样的基础上实现工业化和现代化,不得不面对日益严峻和紧迫的重大瓶颈约束。世界各国经验表明,依靠科学技术是有效满足这些需求和解决这些瓶颈约束的根本途径^[4]。

第三,加入世贸组织后,我国面临更加开放的国际环境,也面临着严峻的国际竞争压力。当前,国际竞争的实质是知识之争和技术之争。发达国家依靠科学技术领先的优势控制着国际市场的规则制定和主要份额。据统计,目前全世界86%的研发投入、90%以上的发明专利都掌握在发达国家手里。另外,随着我国参与国际竞争的深度和广度不断增加,发达国家及其跨国公司对我国的技术封锁不断加剧,我国产业创新能力弱,关键技术依赖国外进口,研究与发展水平与发达国家相比还有很大差距。我们必须加快提升科技创新能力,集中力量突破影响产业竞争力的关键技术,开发具有自主知识产权的核心技术,抢占国际竞争的战略制高点。

第四,我国在现在和将来仍然面临维护国家主权和领土完整、维护边疆地区和国内其他地区的稳定、实现祖国统一等基本的安全利益的神圣使命。

维护国家安全不仅是国家利益的基本方面,也是国家生存和发展的必要条件。实践表明,在涉及国防安全和经济安全的关键领域,如果我们不掌握更多的核心技术,就很难在世界竞争格局中把握机遇,甚至有可能丧失维护国家安全的战略主动权。更为关键的是,未来的中国将会是一个负有更大国际责任的国家,是一个将受到国际社会更大关注的国家。中国作为联合国安理会常任理事国,维护世界和平是我们的重要责任。我国科技发展必须适应我国提高国际地位、保持世界大国影响力的要求^[4]。

1.1.2 自主创新是我国科技发展的战略选择

改革开放以来,科学、技术和创新在我国国家经济发展中的地位越来越高。从“科学技术是第一生产力”,“科教兴国”,“创新是一个民族的灵魂”,到今天提出自主创新的战略,说明科学技术和创新在我们国家竞争力中起着核心的作用,反映出我们的政府要用创新来塑造国家新形象的决心^[5]。

几十年来,我国科技事业焕发出新的活力,取得了一些成绩。具体表现在:

第一,我国已拥有科技人力资源总量 3 500 万人,位居世界第一位;全时 R&D 人员 136 万人年,位居世界第二。45 岁以下中青年科研人员占研究队伍总人数 80%。

第二,根据我国科学论文在国际三大权威索引——科学引文索引(SCI)、工程文献索引(EI)和国际科技会议论文索引(ISTP)所占总数的世界排序,20 世纪 90 年代前五年一直在 15 名左右徘徊,之后稳步上升,到 2005 年已上升至第四位。据汤姆逊科技 ESI(基本科学指标数据库)统计,2003~2007 五年累计数据与 1997~2001 五年累计数据相比,日本 SCI 论文数增长了 6.4%,而中国增长了 170.6%;日本论文被引次数增长了 32%,而中国则增长了 390%;日本每篇论文平均被引次数增加了 0.83 次,中国则增加了 1.17^[6]。

第三,一批关乎经济社会发展的重大技术被攻克。近年来,我国在载人航天工程、歼-10 飞机、超级计算机、核心软件、集成电路装备、大型燃气轮机、超级稻育种技术、新药研制等领域取得重大突破。信息领域内高端技术的突破,为改变该领域关键技术受制于人的局面奠定了基础。在生物技术领域,超级稻育种技术继续保持世界领先^[7]。

第四,发明专利数量大幅增加。我国国内专利申请量从 2000 年起大幅增

加,2005年较2000年增长2.7倍,从2000年的14万件增加到2005年的38万余件,在高技术领域内国内机构和个人发明专利的申请尤其活跃。根据世界知识产权组织(WIPO: World Intellectual Property Organization)最新出台的一份报告,中国已经超过德国成为世界第五大专利申请国,仅排在日本、美国、欧洲专利局和韩国之后^[8]。

面对已取得的成绩,正如中国科学技术信息研究所总工程师武夷山所说,“不可自满,可以自豪”。因为与发达国家相比,我国科技发展水平还相对落后,尚未成为对世界有重要影响的科学技术大国。参照国际科技创新能力综合评价方法,得到的结果:2001年我国科技创新能力在49个主要国家(占世界GDP的92%)中,位居第28位,处于中等偏下水平,一些重要指标与创新型国家还存在明显差距^[9]。主要表现在:

——关键技术自给率低。目前我国的对外技术依存度50%以上,而发达国家都在30%以下,美国、日本则仅为5%左右。在占固定资产投资40%左右的设备投资中,有60%以上要靠进口来满足,高科技含量的关键装备基本上依赖进口。科技创新能力严重不足,使我国许多企业的经营活动越来越陷入受制于人的被动境地。许多重点领域特别是国防领域日益加剧的对外技术依赖,对我国国家安全构成了严峻挑战。

——发明专利数量少。我国的发明专利累计授权量不仅远远低于发达国家水平,甚至落后于我国台湾和韩国等新兴工业化国家和地区。按每百万美元GDP平均计算,2000年我国公民国内发明专利授权量国际排名第31位,大约只相当于世界总量的1.8%。中国大陆在美国获得发明专利授权仅占非美国人发明专利的0.2%,而我国台湾地区占6.4%,韩国占4.6%。

——科学研究整体质量不高。1998~2008年间,我国SCI论文篇均被引用次数为4.61次,与世界平均值9.56次还有较大差距。从学科分布看,我国各学科的篇均被引用次数均有所增长,其中与世界平均水平较为接近的是数学、工程技术和社会科学。但是,所有学科的SCI论文篇均被引用次数均低于世界平均水平,而且各学科篇均被引用次数与世界平均水平的差距变化较大。这反映了我国各学科仍存在SCI论文整体质量不高和学科的科研水平不均衡等问题。

——尖子人才匮乏。几十年前,我国还有一批跻身世界一流行列的科学大