

基于文献计量的我国自然科学基金 能源领域资助绩效评价

樊 威, 刘 云, 谭 龙

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘 要:2006年,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》(以下简称“纲要”),在该纲要中提出了11个在国民经济、社会发展和国防安全中重点发展、亟待科技提供支撑的产业和行业,其中第一个重点领域即为能源领域。作为我国资助基础研究的主要力量之一,国家自然科学基金在能源领域的研究资助中也扮演着越来越重要的作用。有鉴于此,文章开展国家自然科学基金对能源领域的资助绩效的文献计量评价研究,同时评估纲要的政策有效性。基于Web of Science数据库的相关数据开展文献计量研究,主要研究内容分为以下几部分:(1)比较纲要发布前后我国能源领域的论文数量和论文质量的变化情况,以验证纲要的有效性;(2)建立评价指标体系,通过与对照组比较,开展自然科学基金资助能源领域的绩效评估;(3)开展国家自然科学基金资助能源领域文献跨学科性研究,绘制科学图谱;(4)对相关文献的关键词和扩展关键词开展聚类分析,发现该领域的研究热点。所有的研究结果表明,纲要的发布以及自然科学基金的支持均显著的增强了我国在能源领域的研究能力和国际影响力。

关键词:文献计量分析;国家自然科学基金;科学图片;因子地图;集成度指标

中图分类号:G350 文献标识码:A 文章编号:2012(S)009

A Bibliometric Assessment of NSFC's Funding in the Energy Field Compared with NSF and JSPS

FAN Wei, LIU Yun, TAN Long

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: China's national long-term plan for science and technology development was released in 2006. It put forward eleven priority areas, the first of which is energy. As the main power of China's basic research funding, the National Natural Science Foundation of China (NSFC) plays a remarkable role in the research of energy. This empirical study focuses on how NSFC's funding promotes research in the energy field and the effectiveness of this long-term plan.

In this thesis, we carry out bibliometric assessment with a panel of Web of Science (WOS) data and mainly carry out the following steps: (1) contrast China's energy outputs before and after the long-term plan was released to verify the effectiveness of the policy; (2) evaluate the performance of NSFC in the area of energy through comparison with control groups according to the established evaluation system; (3) gauge how interdisciplinary the resulting articles are and map the research network involved; (4) conduct cluster analysis of the keywords to determine the

收稿日期:2012-08-28 修回日期:2012-09-30

基金项目:国家自然科学基金委员会(71033001),国家国际科技合作专项项目(2012DFG11750)。

作者简介:樊 威(1984-),河南省夏邑县人,博士生在读,研究方向:科技评价与创新管理。

hot research topics and prove their consistency with the priority themes defined in the long-term plan. All findings indicate that the release of the long-term plan and NSFC's funding have significantly enhanced the research in the area of energy in China.

Key words: bibliometric assessment; NSFC; science overlay map; factor map; integration score

一、引言

(一)背景

中国国家自然科学基金(以下简称“自然科学基金”)由国务院批准,于1986年2月14日设立,坚持支持基础研究。25年来,自然科学基金的资助额度从设立之初的8000万元,增长到了2011年的96.8亿元,增幅达到123.25倍^[1],并逐渐形成和发展了由研究项目、人才项目和环境条件项目三大系列组成的资助格局^[2]。随着越来越多的项目和科研人员受到资助,自然科学基金在我国的基础研究中扮演了越来越重要的角色。

为了增强我国自主创新能力,使我国在2020年进入创新型国家行列,国务院发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》,指引了未来15年我国科学与技术的发展方向。在该规划纲要中提出了十一个重点领域,其中第一个领域就是能源^[3]。截至2011年,该中长期规划纲要已经实施了5年时间。这5年间,该规划纲要对我国的科技发展带来了哪些影响?作为基础研究的主要资助机构,国家自然科学基金在能源领域的资助绩效在某种程度上反应了我国在该领域的研究现状。因此,本文采用文献计量的方法评价国家自然科学基金的资助以及国家中长期规划纲要的发布在我国能源领域研究中的绩效,以促进我国能源领域研究的进一步发展。

(二)文献计量分析——评价研绩效的有力工具

文献计量分析是对科技文献定量分析的一组方法^[4]。自Alan Pritchard在论文“统计书目学还是文献计量学?”中^[5]提出“文献计量”这一术语以来,文献计量的方法被广泛的运用于很多领域以评价某个研究领域、某组研究者或某篇特定文章的影响^[6]。通过对近年来国际国内相关研究成果梳理发现,引证分析和内容分析是最常用的两种文献计量方法^[7-9]。在本研究中,我们同时采用

了上述两种方法开展对自然科学基金资助绩效以及中长期规划纲要政策影响的评价。

利用文献计量方法对我国的研究绩效开展评估是当前绩效评价研究的热点之一。Moed(2002)对文献计量分析方法在评价我国研究活动中的应用进行了梳理,他提出在针对中国的研究活动的评价中,开展文献计量分析应基于国际期刊的相关数据,剔除本国期刊。Leydesdorff和Wagner(2009)基于科学引文索引(SCI),研究了中国在纳米等研究领域,论文数量和论文质量的快速增长的现象。付俊英等(2012)对各个领域的高被引论文开展了基于文献计量的综合评价,并总结了我国当前科学研究特征。Kostoff等(2007)综合使用了文献计量方法和计算机语言学方法比较了中印两国的研究论文产出。应用文献计量方法的一个前提假设是,通过文献计量能够反映科学活动的重要阶段的发展情况。付俊英等(2012)使用文献计量方法分析了我国传统中医药在过去的60年间的论文出版情况,并将对中医药的研究划分成了几个阶段。官建成和他的研究团队(2005, 2007, 2011)利用文献计量方法分别针对分子生物学、半导体和纳米科学开展了一系列研究。在这些研究中,他们利用Web of Science(以下简称“WOS”)数据库中的国际科技论文数据评价了我国在上述领域中的发展水平和增长趋势。唐莉(2011)等综合运用文献计量和科学图谱的方法评价了中美之间的纳米科技合作,通过研究发现,中美间科学家合著的纳米科技论文无论是从数量上还是从结构上都发生了较大的改进。

(三)研究目标

本实证研究基于WOS能源领域的结构化数据,使用文献计量和科学图谱等方法,开展以下几个方面研究。

(1)比较中长期规划纲要发布前后5年的周期内,我国能源领域论文产出,以评价政策的有

效性。

(2)建立评价指标体系,开展与对照组的比较,评价国家自然科学基金资助能源领域论文的性能。

(3)利用综合度指标和专业度指标测算国家自然科学基金资助论文的学科交叉程度,并绘制研究学科网络图。

(4)对自然科学基金资助论文的关键词开展聚类分析,发现研究热点并验证研究热点与中长期规划纲要中公布的优先领域的一致性。

二、数据收集和研究方法

(一)数据收集

如前文所述,在 Moed 的研究中提出,基于国际视野对中国相关领域研究现状的评估应当去除本国的一些质量不高的中文论文,而应基于国际性的数据库 Institute for Scientific Information (ISI)。因此,本研究基于 WOS 数据库,在本文中使用到的数据包括论文作者、标题、来源出版物、摘要全文以及参考文献等信息。我们的检索策略是使用检索式“SU = Energy”,限定时间为 2001 - 2011 年,并利用 WOS 数据库提供过滤器分别选择下载不同国家和不同资助机构的资助信息。在对中长期规划纲要的有效性的研究中,我们下载了中国能源领域论文 2001 - 2011 年的 WOS 数据。通过对所有 394932 篇能源领域论文检索结果的分析,我们发现排名前三的国家和地区分别是美国 (86181),中国 (26565),和日本 (14958)。因此我们选择美国和日本作为对照组,同时也下载了相同时期这两个国家发表的能源领域论文。

在国家自然科学基金能源领域资助绩效评估的研究中,我们利用软件 VantagePoint (www. the VantagePoint. com) 在我国能源领域论文数据库中提取出了受国家自然科学基金资助的论文记录,同样我们选择美国国家科学基金会 (NSF) 和日本学术振兴会 (JSPS) 作为对照组,提取出了受这两个机构资助的能源领域论文记录。

在受资助论文的学科交叉性的研究以及科学图谱的绘制中,我们利用软件 VantagePoint 在上述

数据基础上的分析结果,并把相关的结果输入软件 Pajek 中实现可视化。

在组合关键词的聚类分析的研究中,所有的组合关键词和词组都是从自然科学基金资助论文作者提供关键词及摘要中提取出来的。在研究中,我们也用到了 WOS 的引文报告和国家自然科学基金年报的结果。

(二)建立评价指标体系

如表 1 所示,通过文献梳理以及专家讨论,研究建立了评价指标体系,主要包括 4 个一级指标和 9 个二级指标

表 1 基于文献产出的资助绩效评价指标体系

一级指标	二级指标
论文数量指标	数量
	占本国论文总量比 (%)
论文质量指标	篇均期刊影响因子
	篇均被引次数
合作研究指标	篇均合作作者数
	篇均合作机构数
	篇均合作国家数
跨学科指标	集成度指标
	专业化指标

论文数量指标是在科技评价中最常用的指标之一。在分析 NSFC、NSF 和 JSPS 资助能源领域绩效时,我们增设了一个二级指标“占本国论文总量比”,该指标体现了这个资助机构在本国相关领域的研究中的地位。

论文质量指标包括“篇均期刊影响因子”和“篇均被引次数”。利用 VantagePoint 软件计算出篇均被引频次,并综合了汤森路透公司的《期刊引证报告》里期刊的影响因子数据计算篇均期刊影响因子。

合作研究指标主要包括篇均论文合作作者数、篇均合作机构数和篇均合作国家数,后两个指标是通过与作者所属组织的匹配得到的。

设立跨学科指标是为了衡量来自不同学科的科学家聚焦新的研究问题并形成一个新的研究方向 (National Academies of USA, 2004)。衡量跨学科性的二级指标包括集成度指标和专业化指标,

我们将在下一节中详细介绍。

(三)跨学科研究与科学图谱

美国国家科学院发布了一系列的报告解释了研究是如何逐渐演进为以跨学科的方式展开。为促进跨学科研究,美国设立了国家科学院凯克未来创新活动。美国国家科学院对跨学科的研究的定义是“由组织或个人从两个或两个以上的学科或专业知识主体中整合信息、数据、技术、工具、观点、概念和/或理论的一种类型的研究”^[8]。基于上述概念,Porter 等和 Rafols 等人提出了由所引用参考文献的学科多样性为依据的集成度指标的公式,该公式通过三个维度衡量引文学科的多样性:多样化,反映了学科类别的数量;平衡,反映了学科均匀分布情况;不一致性,反映了学科间的差异程度。集成度指标的公式为:

$$I = 1 - \sum_{i,j} s_{ij} p_i p_j \tag{1}$$

p_i 是给定的一组论文中引用学科 i 的论文的比例。求和是统计学科 - 学科间矩阵,其中 S_{ij} 是衡量学科 i 和学科 j 相似度的余弦函数。集成度指标的计算结果值处于从 0 到 1 的区间里,其中 0 是指研究成果只引用了一个学科类别的文章,1 是指研究成果引用了多个不相关的学科。

专业度指标是集成度指标的一个补充,该指标显示了一组论文所发表的期刊的类别的广度。如果这些文章都发表在同一个学科类别的期刊中,专业度指标将接近 1。专业度指标的计算公式如下:

$$S = \sum_{i,j} s_{ij} p_i p_j \tag{2}$$

其中, p_i 是在学科类别 i 中出现的论文的比例,与集成度指标相似,求和也是统计学科 - 学科间矩阵;其

中 S_{ij} 是衡量学科 i 和学科 j 相似度的余弦函数。

科学图谱是实现一组论文跨学科程度可视化的一种新方法^[9]。科学图谱以科学地图为基础,定位研究活动的学科分类是绘制出出版物的学科类、引用的学科类以及被哪些学科类别引用^[10-11]。在本研究中,我们基于全球科学地图,利用 Rafols 和 Meyer 的方法,绘制科学图谱。我们利用软件 VantagePoint 对数据进行处理,并使用软件 Pajek 实现可视化。

三、研究结果

(一)国家中长期规划纲要的有效性

图 1 显示了与美日两国相比,中国能源领域论文的增长趋势。如前文所述,我们首先分析了我国 2001 - 2011 年期间在能源领域研究产出数量的发展趋势。如图所示,我国能源领域论文产出数量在 2005 年之前一直和日本保持相同的水平,但在 2006 年以后出现了快速增长,甚至在 2009 年和 2011 年超越了美国居世界第一位。截至 2011 年,5 年间中国的论文数量增长了 5.7 倍。

我们分别选用了篇均被引频次和“h”指数两种论文质量指标以比较 3 个国家的能源领域研究产出。基于 WOS 引文报告中的相关数据,分析并得出我国能源论文的篇均被引频次在 2006 年以后也取得了突飞猛进的进展,并且在 2008 年以后几乎保持与美国相同的水平。这个结果与之前一些研究中的“中国的论文产出普遍具有高数量但低质量的特点”的研究结论是不一致的。图 2 显示了 3 个国家能源领域论文的篇均被引频次。

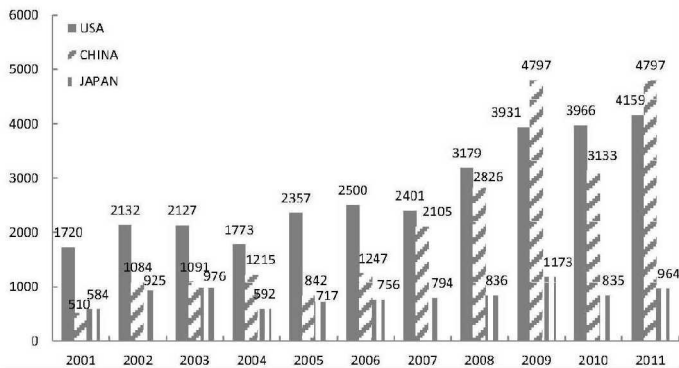


图 1 中美日 3 国能源领域 WOS 论文数量比较

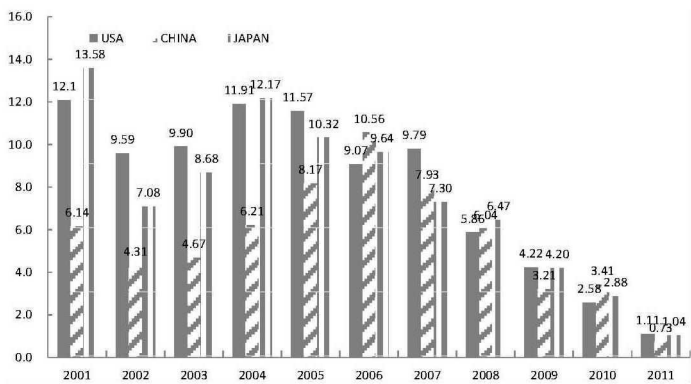


图2 中美日3国能源领域WOS论文篇均被引次数比较

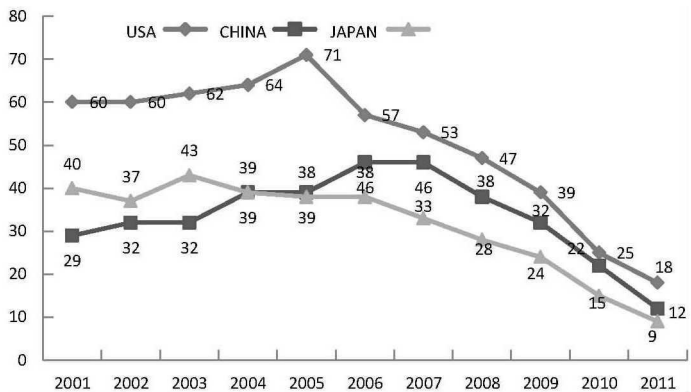


图3 中美日3国能源领域WOS论文“h”指数比较

由 Hirsch 提出的“h”指数^[12]也是一个常用的文献质量指标。它可以表述为一名科研人员的 h 指数是指他至多有 h 篇论文分别被引用了至少 h 次。图3显示了3个国家能源领域论文的“h”指数的比较,如下图所示,我国能源领域论文的“h”

指数在 2006 年以后超越了日本,并越来越接近美国。

(二)NSFC 资助能源领域绩效评价

一直以来,我国能源领域的研究很大比例的得到了NSFC的资助。在2007 - 2011 年, NSFC

表2 自然科学基金与对照组资助研究论文情况比较

一级指标	二级指标	NSFC	NSF	JSPS	NSFC vs. NSF/ JSPS (独立样本 t 检验) P 值
论文数量指标	数量	3243	829	118	
	本国能源领域论文总量	16231	16812	4469	
	占本国论文总量比(%)	19.98	4.93	2.64	
论文质量指标	篇均期刊影响因子	3.45	3.86	3.78	0.269/0.229
	篇均被引频次	3.40	5.04	3.75	0.303/0.928
合作研究指标	篇均合作作者数	4.92	4.05	4.19	0.048/0.091
	篇均合作机构数	1.89	1.79	1.67	0.721/0.330
	篇均合作国别数	1.19	1.30	1.31	0.337/0.504
跨学科指标	整体集成度指标	0.664	0.673	0.635	0.217/0.196
	篇均集成度指标	0.482	0.499	0.463	0.003/0.06
	整体专业度指标	0.619	0.667	0.681	0.002/0.217

注:除论文数量指标外,表中所有的数值均为平均值。P 值一列中标黑体的数值在显著性水平为 0.05 的条件下具有显著性的差异。

资助的能源领域的论文数共有 3243 篇,占我国能源领域论文的五分之一。我们选取具有相似资助目标的机构如美国的国家科学基金会(NSF)和日本的学术振兴会(JSPS)作为对照组,并使用已建立的评价指标体系开展 3 个组织的资助绩效评估,主要结果如表 2 所示。

如表 2,我们首先比较了论文数量指标。无论在数量指标上和还是占本国论文总量比(%)指标中,NSFC 均处于领先的地位。值得一提的是,导致受 NSF 资助论文数量较少的原因之一是在美国还有专门的组织能源部对能源领域研究进行资助。本研究中,我们只选取具有相同资助目的的组织进行比较研究。

受 NSFC 资助的能源领域的论文的质量指标的表现不如数量指标。在该项指标里,NSF 组在篇均期刊影响因子和篇均被引频次中均表现出了显著的优势。JSPS 组则表现出了中间的水平,但 NSFC 组表现最差。甚至与略低于国在相同时期内能源领域论文的平均值。以篇均被引频次为例,我国在 2007 - 2011 年期间能源领域的平均水平是篇均被引 3.59 次,但 NSFC 资助论文组是 3.40 次。

在合作研究指标中 3 个组织间没有明显的差异。由于现代科学研究中的高度的国际化和合作化的发展态势,NSFC 资助的能源论文也表现出了一个上升的合作研究趋势。

很多研究者认为跨学科是创造性的解决问题的源动力^[13]。为了衡量受资助论文的跨学科性,我们基于佐治亚理工大学开展的一系列跨学科研究(Interdisciplinarity Research, IDR),选取了集成度指标(引用领域的平均多样性)和专业度指标(论文出版物的多样性)。研究结果显示受到 NSFC 和 NSF 资助的能源领域的论文均比受到 JSPS 资助的该领域的论文具有更强的跨学科度。其中专业度指标是衡量所有受到某个组织资助论文的集合的一个分值,而集中度指标则有两种计算方式,一种是以论文的集合的方式计算出单一的值,另外一种则是计算每篇文章的集中度指标然后求平均值。两种计算方式都反应了 NSFC 资助的能源领域的论文比 NSF 资助论文具有更强的集中度,而又低于 NSF 资助论文的水平。

(三)科学图谱

如前文所述,Rafols 和他的研究小组^[14]开发了一种工具以实现一组论文跨学科程度的可视化。在这一部分,我们使用了 Leydesdorff^[15]基于 WOS 学科类别归纳的 18 个学科大类,并在 IDR 研究网站 <http://idr.gatech.edu/>上利用在线工具实现可视化。在图 4 中,我们绘制了 NSFC 资助的 3243 篇能源领域论文的科学图谱,我们同样也画出了 NSF 和 JSPS 资助能源论文的科学图谱,但与图 4 没有显著的区别,因篇幅关系,未逐一给出。在图4中,每个点显示了一个WOS数据库中的学

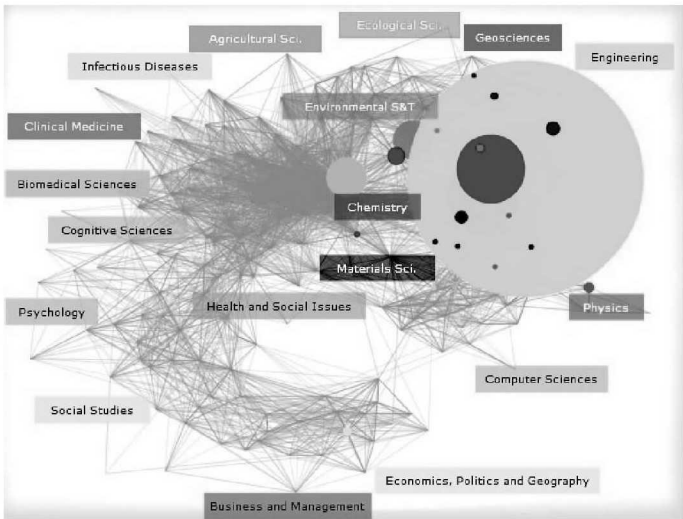


图 4 NSFC 资助能源领域 WOS 论文科学图谱

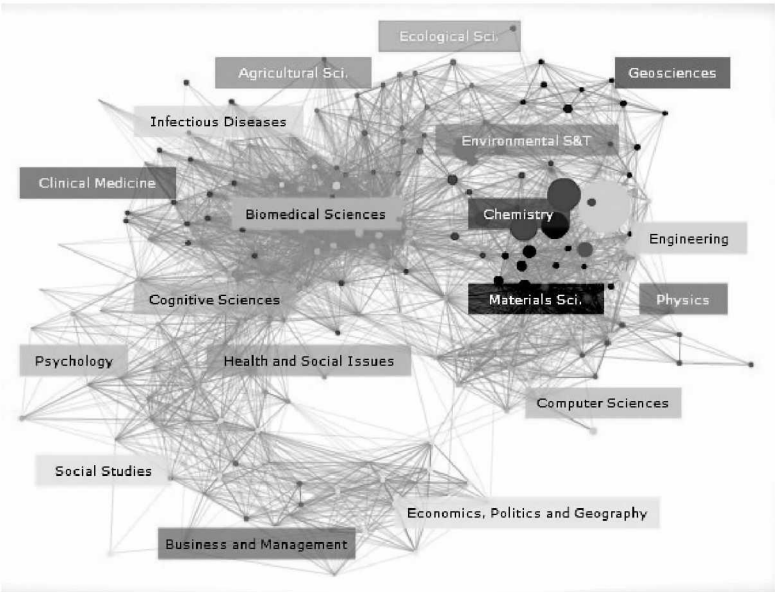


图5 NSFC 资助能源领域 WOS 论文引文科学图谱

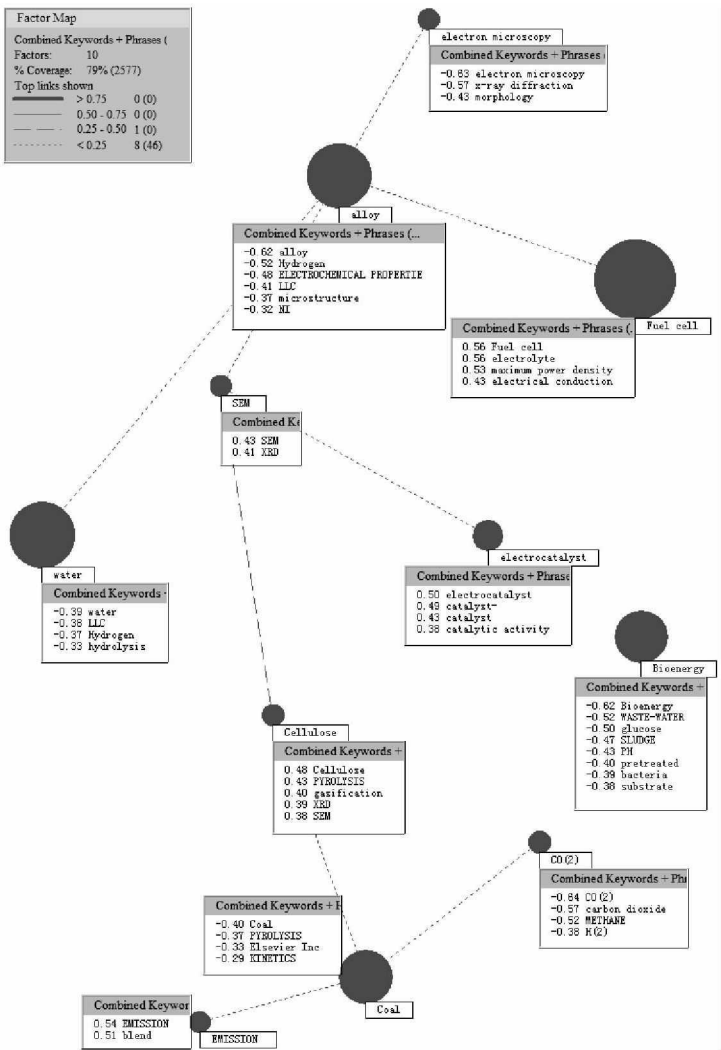


图6 NSFC 资助能源领域 WOS 论文研究热点因子分析图

科类别,每个点的大小代表着该学科类别下论文的数量。不同的颜色代表由 221 个学科类别归纳后的 18 个学科大类。灰色的连接线显示了各学科间的关联度。如图 4 所示,能源领域的论文有较强的跨学科性,尤其是一些论文同样广泛分布在化学、生物医学、环境科技等学科大类里。

图 5 显示了 NSFC 资助论文引用的 72040 篇论文的学科大类。如图 5 所示,NSFC 资助的能源领域的论文主要受到了来自学科大类化学尤其是工程、化工化学和物理等学科的显著影响。另外,NSFC 资助能源领域论文也大量的引用了心理学、环境科学与技术、材料科学、物理学等学科类别的文章。总之,NSFC 资助能源论文所引用的论文也体现了显著的多学科的特点。

(四)关键词聚类分析

在完成对跨学科性的分析之后,为了验证 NSFC 资助能源领域论文的研究热点和中长期规划纲要中规定的优先主题是否具有 consistency,我们对关键词进行了聚类分析。共有 82692 个关键词或词组被从 3243 篇论文的作者给定的关键词和摘要中提取出来。我们使用了“stopwords. the, general terms. the”等叙词表对这些关键词进行降噪处理。在此之后,我们选取了在记录中出现过 50 词以上的关键词,并进一步将与能源领域研究无关的词去除,比如“表现”“版权保留”等,最后获得了 95 个有效高频关键词。然后我们利用软件 Vantage-Point 生成了 95 个关键词和词组的因子地图,这个因子地图把这些关键词的主成分分析结果进行了可视化。

图 6 显示了 NSFC 资助能源领域的高频关键词的主成分分析结果,图中的每个点显示了一个聚类,各个点之间的连线显示了各个类之间的相似度,不同类型的线表示如注释框所示的不同的相似度。通过因子地图可以看出较大的几个聚类分别是能源电池、水资源、氢能、煤和生物能源。其中前四个类之间有强相关关系。这些聚类都和中长期规划纲要中规定的能源领域的优先主题相一致,这个发现也支撑了 NSFC 的研究促进了我国能源领域最关键的研究问题的发展。

四、结论

这篇文章利用文献计量方法对我国中长期科技规划纲要的有效性和 NSFC 资助能源领域产出的绩效进行了评价。简言之,主要的研究结论如下。

(1)验证了中长期规划纲要的政策有效性:通过与美日两国进行对照,分析了我国能源领域 2001-2011 年的论文产出的发展趋势,发现我国能源论文数量在中长期规划纲要发布以后显著提高,另外篇均被引频次和 h 指数在 2006 年以后的显著增长趋势证明了我国能源领域论文质量也发生了质的飞跃,这个研究发现与传统观点中的中国的研究只重数量不重质量的结论是相反的。

(2)利用建立的评价指标体系对 NSFC、NSF 和 JSPS 在能源领域的资助绩效进行了评价:主要结果如表 2 所示,我们发现 NSFC 在论文数量指标上表现突出,一直处于前列。但在论文质量指标上表现一般,甚至低于我国能源领域论文的平均水平,意味着 NSFC 应该在提高论文产出的同时控制论文的质量。在合作研究指标中 3 个国家表现类似。在跨学科性指标中,NSFC 资助的论文显示出了显著的跨学科性。

(3)受 NSFC 资助的能源领域论文及引文的科学图谱证明了该领域研究的显著的跨学科性:能源领域的论文同时也属于其他如工程、化学等学科大类,并且引用了来自不同学科类别的论文。这对我国能源领域研究发现新的研究问题,发展新的研究方向意义重大。

(4)高被引频次关键词的因子图证明了 NSFC 资助能源领域论文研究热点与中长期规划纲要优先发展领域的一致性,这些研究热点分别为能源电池、水资源、氢能、煤和生物能源。

文末我们提出两个研究展望:在跨学科研究中,使用 2012 年由 Steven 提出的新的跨学科指标,即扩散性指标,并改进文献产出的评价指标体系。

致谢:

本文受到国家自然科学基金青年基金重点项目“国家资助创新体系国际化理论与政策研究”

(71033001)的资助,并得到来自佐治亚理工大学的 Alan Porter 教授团队的研究方法指导和研究相关软件的共享。

参考文献:

- [1]国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金年度报告(2001 - 2011) [DB/OL]. (2012 - 08 - 17). <http://www.nsfc.gov.cn>.
- [2]国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金主要职能[EB/OL]. (2012 - 08 - 17). <http://www.nsfc.gov.cn>.
- [3]国务院. 国家中长期科技发展规划纲要(2006 - 2020) [S/OL]. (2006 - 02 - 09). http://www.gov.cn/jrzq/2006 - 02/09/content_183787.htm.
- [4]Bellis DN. Bibliometrics and Citation Analysis: from the Science Citation Index to Cybermetrics[M]. Scarecrow Press, 2009:11 - 17.
- [5]Pritchard A. Statistical Bibliography; An Interim Bibliography. Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield,1969.
- [6]Pilkington A, Meredith J. The Evolution of the Intellectual Structure of Operations Management - 1980 - 2006: A Citation/co - citation Analysis[J]. Journal of Operations Management,2009,27(3): 185 - 202.
- [7]Garner J, Porter AL. Assessing the Human and Social Dynamics Program - exceptional Crossdisciplinarity[C]// Atlanta Conference on Science and Innovation Policy. Atlanta, USA,2011.
- [8]National Academies - Committee on Science, Engineering, and Public Policy (COSEPUP) Committee on Facilitating

Interdisciplinary Research . Facilitating Interdisciplinary Research [M] . Washington, DC: National Academies Press,2005.

- [9]Stirling A. A General Framework for Analysing Diversity in Science, Technology and Society[J]. Journal of the Royal Society Interface,2007,4(15): 707 - 719.
- [10]Stirling A. A General Framework for Analysing Diversity in Science, Technology and Society[J]. Journal of the Royal Society Interface,2007,4(15): 707 - 719.
- [11]Porter AL, Cohen AS, Roessner JD, et al. Measuring Researcher Interdisciplinarity[J]. Scientometrics,2007,72(1): 117 - 147.
- [12]Hirsch JE. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2005,102(46): 16569 - 16572.
- [13]Porter AL, Rafols I. Measuring and Mapping Interdisciplinarity in Six Research Fields over Time[C]// 2009 ISSI Conference. Rio de Janeiro, Brazil,2009.
- [14]Rafols I, Porter AL, Leydesdorff L. Science Overlay Maps: A New Tool for Research Policy and Library Management[J]. Journal of the American Society for Information Science & Technology,2010,61(9): 1871 - 1887.
- [15]Leydesdorff L, Rafols I. A Global Map of Science Based on the ISI Subject Categories[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology,2009,60(2): 348 - 362.