

 科技政策研究方法丛书

Scientometrics Methods of Science and
Technology Policies Research

科技政策研究 之科学计量学方法

刘细文 李 宁 等◎著



科学出版社

科技政策研究方法丛书

丛书主编：方新

本丛书得到

科技部创新方法工作专项项目“科技政策研究的关键方法、工具集成与示范推广”
(2013IM010100)

国家自然科学基金面上项目“关于科技政策学的方法论研究”(71373253)

资助

Scientometrics Methods of Science and
Technology Policies Research

科技政策研究 之科学计量学方法

刘细文 李 宁等◎著



科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

科技政策研究之科学计量学方法 / 刘细文, 李宁等著. —北京: 科学出版社, 2017.9

(科技政策研究方法丛书)

ISBN 978-7-03-051910-8

I. ①科… II. ①刘… ②李… III. ①科技政策-科学计量学-研究方法
IV. ①G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 039779 号

丛书策划: 侯俊琳

责任编辑: 牛 玲 刘巧巧 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 张欣秀 / 封面设计: 有道文化

联系电话: 010-64035853

电子邮箱: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年9月第一版 开本: 720×1000 1/16

2017年9月第一次印刷 印张: 19 7/8 插页: 4

字数: 350 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

科技政策研究方法丛书

编 委 会

主 编：方 新

编 委（以姓氏笔画为序）：

王海燕 刘细文 李晓轩 宋 伟

陈 光 尚智丛 周华东 赵延东

龚 旭 温 珂 樊春良 穆荣平

第二次世界大战以后，科技政策逐渐成为国家公共政策的重要组成部分，针对科技政策的学术研究也开始走上一条寄望成为一门学科的探索之路。成为一门学科的外部条件要有本领域科学共同体的社会建制，内部条件是要对本领域的研究对象、研究方法有一定的共识。其中最为核心的就是能够共识性地选择研究问题，形成自身科学、合理、规范的研究方法体系。科技政策研究的学科探索之路，相比于经济、管理类其他子学科要更为曲折、艰辛。它的特殊之处在于，其科技维度追求客观和真实，其政策维度体现民主和价值。但是，客观真理并不一定能为人类社会提供及时、大众可接受的解决方案，对的也不一定就是好的。如同人们对于世界的认识曾不断徘徊于可知论与不可知论之间，科技政策研究也曾在事实与建构之间游弋。但毫无疑问，对这个领域来说，60多年的发展历史是它进一步成长的最大资本和机遇所在。2005年，美国总统科技政策办公室（OSTP）提出倡导和支持对科技政策学（science of science policy, SoSP）的研究，将科技政策研究作为一门新兴交叉学科发展，致力于为政府科技政策提供定量化的数据基础、方法和工具，帮助政策制定者更好地理解科技创新活动的规律。最近十多年，发达国家的政府及学界对科技政策研究的科学化与规范化异常重视，相关探索方兴未艾。在这一探索中，研究方法的规范化是一个无可逃避的关键问题。

当前，我国科技事业的发展中有很多内在的矛盾需要解决，科技

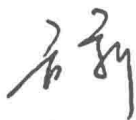
政策在解决这些矛盾方面被寄予厚望。伴随改革开放,中国 30 多年科技体制改革的历程,也是科技政策研究者不懈探索的过程。2016 年,中共中央、国务院印发了《国家创新驱动发展战略纲要》,召开了全国科技创新大会,吹响建设世界科技强国的号角。在这样的国家战略需求面前,科技界、科技工作者能不能给国家和人民交出满意的答卷,真正支撑国家发展,科技政策的研究能不能为决策提供科学的依据,已成为我们科技政策研究者面临的最大挑战。可以说,我国科技体制改革的深化迫切需要规范的科技政策研究给予支撑。从科技体制改革 30 多年的发展历程来看,以往改革的主要任务是突破在长期的计划体制下形成的科技体制,解放科技人员,解放科技生产力,促进科技与经济的紧密结合;而当前阶段改革的主要任务是建设国家创新体系。以往改革的最重要任务是“破”,而当前的主要任务则是“立”。对于前者而言,每走一步,需要“摸着石头过河”;而对于后者,则更需要顶层设计,需要统筹协调,就如同盖房子打地基一样,科学性和可靠性显然更为重要。从科技政策的研究实践来看,在“破”的阶段,政策制定者和研究者更多关注的是“为什么”的问题,如“为什么要增加科技预算?”“为什么要以企业作为创新主体?”等等;而在“立”的阶段,政策制定者和研究者则更多关注“怎样做”的问题,如“怎样提高科技经费的使用效率?”“怎样实现企业成为创新主体?”等等。从政策研究的角度来看,“为什么”的问题更多是靠理论推演或国际经验借鉴来回答,而“怎样做”的问题具有更高的系统性和复杂性,要科学而可靠地回答这类问题必须具有更坚实的实证基础以及更规范的研究来支撑。

30 多年来,我国学者在科技政策研究领域已取得不少成就,但仍有一些不尽如人意之处。以问题为导向、一事一议的模板式解读多,以理论方法和经验数据为基准的实证性分析少,本领域研究方法的体系性和基本共识不足,研究成果的系统化和累积性差,研究的规范性还有待提高。最终我们看到的结果就是一些科技政策领域的重要问题,

甚至是古老的主题，不断在较低水平上重复研究，真正可以累积的成果和研究突破寥寥可数。这显然会严重影响我国的科技政策研究能力，不利于科技政策的高效制定和实施。近年来，随着大量留学人员回国从事科研工作，与国际接轨的研究方法和研究规范问题得到一定程度的改善，但科技政策的特点和中国特色的问题还没有得到应有的关注。

由此，我们发起了一个科技政策学方法论研究的议程，尝试做了一点系统性的工作，希望借此引起学术界对科技政策学方法论研究的关注，共同开展更多基础性工作，弥补当前科技政策研究存在的不足，摆脱以完全应对现实问题为导向的被动式研究困境，以科学的方法和问题为指引，提升科技政策研究的水平和质量。这套丛书就是阶段性的研究成果，包括：《科技政策研究方法论》《科技政策研究之技术预见方法》《科技政策研究之评价方法》《科技政策研究之科学计量学方法》《科技政策研究之案例方法》《科技政策研究之社会调查方法》。其中，《科技政策研究方法论》是我们对科技政策研究方法体系建设的尝试，技术预见、科技评价、科学计量学、案例研究、社会调查等五个方法（群）则是科技政策研究中比较常用而又具有特色的方法。全套丛书从各种方法的发展历史、使用条件、实践展示等基础性内容入手，试图给读者描绘出工具性、系统性并存的科技政策研究方法体系。但限于作者学术水平和写作能力，书中如有不当之处，敬请指正。

最后还要感谢科技部创新方法工作专项项目“科技政策研究的关键方法、工具集成与示范推广”（2013IM010100）和国家自然科学基金面上项目“关于科技政策学的方法论研究”（71373253）的大力支持，感谢编委会各位同仁的辛勤工作，感谢科学出版社各位编辑的认真负责。



2017年2月

前 言

随着政策科学 (science for policy) 的提出和完善, 科技政策 (policy for science) 研究所涉及的范围在不断深化和拓展, 内涵也在不断丰富和完善。一方面, 科技政策的研究和制定越来越需要准确把握科学研究活动的细节, 嵌入科学研究活动的全过程, 量化的政策要素及其变化规律成为科技政策研究的必要条件。另一方面, 科技政策关乎社会发展的各类要素, 需要考虑和分析的政策因素之间的相关性要求越来越复杂。科学计量学 (包含文献计量学的技术和方法) 成为科技政策研究的重要方法工具之一。

科学计量学 (scientometrics) 产生于 20 世纪科学研究成为一种社会建制的时代, 建立之初就适应了科学学研究的需要。科学计量学是应用统计学、数理统计和计算技术等数学方法对科学活动的投入 (如科研人员、研究经费)、产出 (如论文数量、被引数量) 和过程 (如信息传播、交流网络的形成) 进行定量分析, 揭示科学活动规律性和存在问题的分支学科。随着社会信息化和网络学术交流渠道的建立和深度发展, 科学计量学除了继续关注传统科研过程和学术交流渠道外, 也进一步关注网络学术交流与传播的测度, 深度关注科学计量要素与科学社会建制的互动行为, 并在科学计量学领域创建了诸多分支学科, 如网络计量学、替代计量学、科研评估与科技竞争力评价等。科学计

量学在科技政策研究和科研管理中的应用也变得十分广泛。

本书主要关注科学计量学在科技政策研究中的典型应用领域，主要基于中国科学院文献情报中心的情报研究与科技决策咨询服务的实践探索，系统介绍了在科技政策研究中科学计量学能够解决的相关问题，并深度解析其应用原理和技术方法，主要包括竞争力评价、科研合作态势、基础科学与技术开发关系、科研发展趋势与可视化等。本书从科学计量学发展前沿的角度，关注了可视化和科学计量学缺陷两个问题。可视化成为科技决策应用的基础方法，应用可视化技术可系统揭示科研活动要素之间的相互关系。科学计量学方法和技术的应用争议一直是科技政策和科研管理中的难题，一方面，管理者和决策者希望利用一种量化方法，系统把握科学研究活动的相关规律，以适应科学管理的需要；另一方面，科学研究与科技创新的不确定性，又对科研要素的相互作用的量化规律提出了挑战。

本书是由科学计量学领域多方面专家合作撰写的。刘细文承担全书框架设计，参与各个章节框架讨论，承担全书统稿工作。各个章节分工和撰写负责人如下：第一章由中国科学院文献情报中心刘细文撰写；第二章由中国科学院文献情报中心刘细文、谭宗颖撰写；第三章由大连理工大学科学学与科技管理研究所侯海燕、张珊珊、贾艳、俞媛媛、王智琦、朱芳、刘趁、侯宇撰写；第四章由中国科学院文献情报中心韩涛、王俊和中国科学院科技发展咨询研究院王小梅撰写；第五章由中国科学院文献情报中心杨立英、北京大学医学图书馆史双青撰写；第六章由中国科学院文献情报中心赵亚娟、王学昭、王园、田创撰写；第七章由美国东华盛顿大学商学院李宁撰写；附录由中国科学院文献情报中心刘细文、王燕鹏整理。

科学计量学在科技政策中的应用还不是一个十分成熟的研究领域。科学计量学研究指标依然处于不断深化和完善之中，各种科研活动要素和规律的研究还有待进一步深入。同时，互联网、数字化、

智能技术等的发展也创造了新的学术交流模式和科研模式，这为科学计量学带来了新的计量对象和技术，拓展了新型学术和科研模式的规律性研究。基于科学计量学的科研活动规律，在科技政策研究和制定过程中的应用还很不充分，仍存在着较大的发展空间，还有待科学计量学专家和科技政策专家的协作与努力。

本书撰写得到了各方的大力支持和帮助，特别感谢科技部创新方法工作专项“科技政策研究的关键方法、工具集成为示范推广”（2013M010100）对本书的资助，感谢中国科技政策研究会对本书和研究项目的支持。本书在提纲设计过程中还得到了众多专家的指导，特别感谢方新研究员、陈光副研究员、李晓轩研究员、温珂研究员、龚旭研究员、穆荣平研究员等提出的宝贵意见。感谢科学出版社的支持和责任编辑辛勤而负责任的劳动。

刘细文

2017年4月于北京

目 录

丛书序	i
前言	v
第一章 科学计量学研究进展与应用	1
第一节 科学计量学的起源和发展	2
一、文献计量学	2
二、科学计量学	3
三、信息计量学	5
四、替代计量学	6
第二节 科学计量学的理论进展：统一模型的研究	8
一、文献增长与老化规律及其政策含义	8
二、布拉德福定律及其政策含义	12
三、洛特卡定律及其政策含义	12
四、齐普夫定律及其政策含义	13
五、科学计量学统一概率模型与应用	14
第三节 科学计量学的指标体系构建与研究进展	15
一、科学计量学指标体系与构建	15
二、科技政策研究中的科学计量学指标应用	21
第四节 科学计量学的应用研究与局限	26
一、科学计量学与科技政策研究之间的主题关系	27

二、综合性科学计量学指标和科研活动评价模型构建	28
三、防止和避免科学计量学指标的滥用	31
本章参考文献	32

第二章 科学计量学在科技竞争力研究中的应用

第一节 科技竞争力的内涵	36
一、国家竞争力	37
二、国家科技竞争力	38
三、科研机构(大学)竞争力	39
四、产业科技竞争力	40
第二节 科技竞争力评价中的科学计量指标与方法应用	42
第三节 国家和区域科技竞争力评估研究	46
一、科研论文产出竞争力	47
二、科研机构被引频次的对比分析	48
三、发明专利对比分析	48
四、基于自然指数的国家科技创新能力	49
五、国家科学研究和创新绩效评估	50
第四节 科研机构科技竞争力比较研究	51
一、基于论文被引频次的科研机构排名	52
二、基于自然指数的研发机构排名	53
三、基于发明专利的科研机构排名	55
四、基于莱顿排名的大学科研竞争力分析	56
五、全球大学科技竞争力排名	58
第五节 产业领域与学科领域的竞争力研究	59
一、学科领域发展水平和竞争力对比分析	60
二、产业领域技术创新能力和竞争力对比分析	61
第六节 前景与展望	63
本章参考文献	65

第三章 知识图谱关键方法比较与应用	68
第一节 作者共引分析方法	69
一、基本概念与理论	69
二、典型应用案例	73
第二节 文献共引分析方法	79
一、基本概念与理论	79
二、典型应用案例	81
第三节 期刊共引分析方法	86
一、基本概念与理论	86
二、典型应用案例	87
第四节 共词分析方法	96
一、基本概念与理论	96
二、典型应用案例	98
第五节 作者合作分析方法	104
一、基本概念与理论	104
二、典型应用案例	105
第六节 社会网络分析方法	110
一、基本概念与理论	110
二、典型应用案例	112
第七节 直接引文分析方法	120
一、基本概念与理论	120
二、典型应用案例	122
第八节 几种关键知识图谱方法的比较	126
本章参考文献	129
第四章 科学计量学在科学结构与演化研究中的应用	133
第一节 科学结构与演化研究进展	134
一、科学结构研究	134

二、演化趋势研究	135
三、科学计量方法	137
第二节 科学结构分析体系与工具研发	144
一、科学结构分析体系	144
二、科学结构分析工具研发	145
第三节 案例：科学结构地图	149
一、通过表征科学知识流动的论文引证及其聚合关系揭示科学 知识结构	150
二、通过结构关系及其变化揭示热点或潜在热点领域	156
三、通过学科多样性和网络凝聚性揭示知识整合的广度及强度	156
四、通过国家科学研究的结构和相互关系揭示知识 合作与竞争趋势	157
五、通过科研基金资助的产出差异揭示重要资助机构的 布局方向	159
第四节 学科结构与演化研究前景和展望	162
本章参考文献	163
第五章 科学计量学在科研合作政策研究中的应用	167
第一节 科学计量学应用于科研合作分析的概念基础及意义	168
一、科研合作的基本概念与类型	168
二、科研合作的重要作用	169
三、科学计量方法在科研合作中的重要意义	171
第二节 基于科学计量学的科研合作分析内容	172
第三节 科研合作分析的计量方法与指标	174
第四节 案例研究：中国国际科研合作的科学计量分析应用	187
一、确定研究目标与研究问题	187
二、数据处理与统计结果	188
三、分析结论	199
第五节 科学计量学在科研合作政策研究中的前景展望	200

一、对科技政策的指导和应用	200
二、现有研究的不足和局限性	201
三、未来可能的研究方向	202
本章参考文献	202
第六章 科学计量学在揭示基础研究与技术研发关系中的应用	207
第一节 基础研究与技术研发关系的研究方法	208
一、科学关联度	209
二、科学技术关联模型 (S&T linkage)	210
三、基于复杂网络理论	212
四、其他方法	212
第二节 基础研究与技术研发关系度量指标	213
第三节 基于专利引文的知识转移研究	215
一、研究模型和数据	216
二、实证分析——转基因水稻	222
第四节 结语	228
本章参考文献	228
第七章 科学计量学与科技政策：问题与争论	232
第一节 科学计量学的应用与缺陷	232
第二节 社会科学研究中测量工具的信效度与研究效度	235
第三节 科学计量指标的信度	239
第四节 科学计量学研究的效度	242
一、科技计量指标的测量效度	242
二、科学计量学的研究效度	247
第五节 对几个重要计量指标问题的探讨	249
一、期刊影响因子	249
二、 h 指数和其他衍生指数	250

三、关于作者和期刊的自引	251
四、共引分析	252
第六节 科技政策研究与决策实践中的科学计量学	253
一、科学共同体	254
二、科学计量学界	256
三、科技管理与科技政策界	259
第七节 总结与讨论	264
本章参考文献	265
 附录 科学计量学研究常用工具简介	 270
一、在线分析平台	270
二、学术搜索引擎	275
三、共现分析工具	276
四、社会网络分析工具	283
五、知识图谱分析工具	287
六、专利分析工具	294
七、数理统计类软件	297
本章参考文献	298

第一章

科学计量学研究进展与应用

科学计量学和文献计量学的研究对象与要素及所呈现的规律，在科学技术政策研究和制定中扮演着重要的角色。近年来，以计算机技术为核心的信息处理能力大大增强，适合于科学计量的数据来源在数量和种类上都有极大的增加，使得科学计量学分析方法与技术得到了扩展。可以预见，在未来的科技政策研究中，科学计量学将会发挥更加广泛和关键的作用。

文献计量学 (bibliometrics) 是指用数学和统计学的方法，定量分析知识载体——文献的外部表征的交叉科学，起源于图书馆和信息交流机构的科技文献管理和服务需要。文献计量学集数学、统计学、文献学为一体，注重量化形式揭示文献产生、交流与利用的特点，进而揭示学术研究活动的特征。其计量对象主要是文献量 (各种出版物，尤以期刊论文和引文居多)、作者 (个人或团体)、关键词与词频等。科学计量学 (scientometrics) 是应用统计学、数理统计和计算技术等数学方法对科学活动的投入 (如科研人员、研究经费)、产出 (如论文数量、被引数量) 和过程 (如信息传播、交流网络的形成) 进行定量分析，揭示科学活动规律性和存在问题的分支学科。

文献计量学与科学计量学有着天然的联系，在研究对象和研究结构等方面有诸多交叉。文献是科学研究结果的重要展现形式之一，也是科学交流活动的媒介与手段。因此，文献所展现的学术交流活动的科学研究活动的一部分，在一定程度上体现了科学研究活动的规律。文献计量学、科学计量学都将文献及文献所体现的外部特征作为计量对象，借助文献的计量与分析，探索科学研究活动的规律。

世界各国科技政策研究学者都从不同角度利用科学计量方法研究影响科技政策制定的相关要素，对科技政策的制定产生了重要影响。例如，美国国家科学