

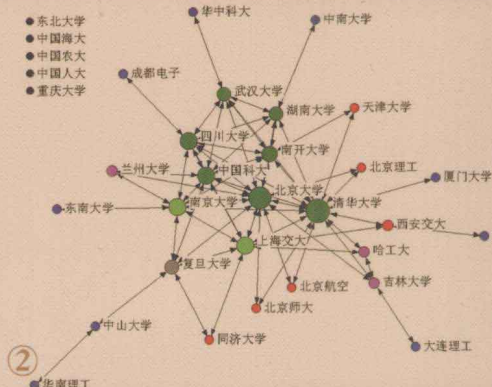
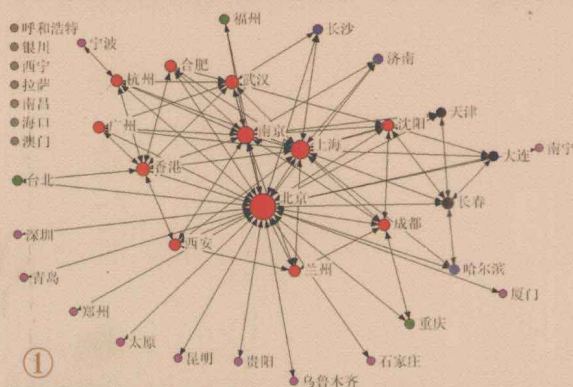


知识计量与知识图谱丛书·第二辑
丛书主编 刘则渊

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC COLLABORATION AND OUTPUT

科学合作及其产出计量

张冬玲 著



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



教育部“985工程”哲学社会科学创新基地
暨辽宁省高校人文社会科学重点研究基地资助
教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目资助（20090041110001）

知识计量与知识图谱丛书·第二

丛书主编 刘则渊

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC COLLABORATION AND OUTPUT

科学合作及其产出计量

张冬玲 著



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

科学合作及其产出计量 / 张冬玲著. —大连: 大连理工大学出版社, 2012. 1

(知识计量与知识图谱丛书. 第2辑)

ISBN 978-7-5611-6680-2

I. ①科… II. ①张… III. ①论文—文献计量学
IV. ①G350

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 280839 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 155mm×230mm	印张: 12.75	字数: 154 千字
2012 年 1 月第 1 版	2012 年 1 月第 1 次印刷	

责任编辑: 刘新彦 于建辉	责任校对: 欣 宇
封面设计: 季 强	

ISBN 978-7-5611-6680-2

定价: 35.00 元



知识计量与知识图谱丛书·第二辑

编写委员会

丛书主编 刘则渊

大连理工大学教授、博士生导师

副主编 陈超美

计算机科学博士

美国德雷塞尔大学终身教授

大连理工大学长江学者讲座教授

委员 (按姓氏笔画排序)

丁 堃 王贤文 王 前 王续琨

杨中楷 陈 悦 林德明 侯海燕

姜春林

执行编务

王贤文

新方法·新领域·新境界

当我们选编这套丛书第二辑的五部著作时,就力图向读者展示出知识计量与知识图谱的新方法、新领域、新境界。

方法与工具,作为人类智慧的结晶和文明的象征,是生产 and 经济活动中最活跃的一个要素,成为区分技术社会形态与经济时代的主要标志。近代以来的科学发展历程表明,研究方式、方法和手段上的每一次重大改进与变革,往往会导致新的科学发现,创造新的科学领域,甚至开辟新的科学时代。这对于科学学和科学计量学这样典型的二次科学范畴,特别是本丛书倡导的知识计量与知识图谱领域,也是如此。

在丛书第一辑的序言中,我曾强调陈超美教授开发的新一代知识可视化技术 CiteSpace 软件^①,它经过近两三年不断的改进而成为更为完善的多视角共引分析方法^②。这种基于知识单元的动态可视化手段所绘制的知识图谱,最突出的特色可以用“四个一”来形容:

①Chen, C. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. JASIST, 2006, 57(3): 359-377. 译文:陈超美. CiteSpace II: 科学文献中新趋势与新动态的识别与可视化. 陈悦,侯剑华,梁永霞,译. 情报学报, 2009, 28(3): 401-421.

②Chaomei Chen, Fidelia Ibekwe-SanJuan, Jianhua Hou. The Structure and Dynamics of Co-Citation Clusters: A Multiple-Perspective Co-Citation Analysis. JASIST, 2010, 61(7): 1386-1409.

一图展春秋,一览无余;一图胜万言,一目了然。它在第二辑五部著作中都得到了不同程度的应用。

《引文分析学知识图谱》一书通过 CiteSpace 绘制加菲尔德、普赖斯、斯莫尔等代表人物的一系列知识图谱,形象地展示了从引文分析法到引文分析学的演进历程,论证了建立在知识流动理论基础上的引文分析学,已成为科学计量学及其姊妹学科共同的基础性、方法性学科。

《技术创新前沿图谱》一书对所绘制的几幅不同形式的知识图谱,进行了深入的剖析和详实的解读,不仅显现出从创新理论第一人熊彼特以来技术创新研究前沿演进的来龙去脉,而且把当代国际技术创新研究前沿的主要领域、学术群体和理论流派展现出来。

《专利计量与专利战略》一书主要采用社会网络分析的知识图谱方法,借助对世界数字信息传输技术领域的专利计量,从专利活动的国家分布与专利中心的国际转移,揭示出发达国家专利竞争背后的不同专利战略模式,并由此引出该领域基于核心技术的中国专利战略模式。

《区域科技空间计量》一书将地理信息系统(GIS)引入区域科技研究,把空间计量、经典统计和科学计量的分析方法结合起来,揭示出中国区域科技的空间差异的本质、区域科技与区域经济的匹配关系、区域科技合作网络的空间结构,开辟了探索区域科技与区域经济的新途径。

《科学合作及其产出计量》一书依据科研生产力和特定科研生产关系的互动理论,用科学计量分析和社会网络分析的方法,在定量考察中国科学论文合作和科学论文产出的基础上,进而定量地揭示出科学合作及其产出之间相互影响的规律性。

当我重温这五部在博士论文基础上形成的专著文稿时,觉得尽管它们尚有不足之处,例如在应用 CiteSpace 知识图谱方面远未达

到应有的完美境界,但它们确实体现了作者们的不懈努力,使著作在一定程度上展现了知识计量与知识图谱的新方法、新领域、新境界。尤其令我感触颇深的是,在作者写作过程中同学之间相互切磋,师生之间教学相长,使我们科学学与科技管理博士点和 WISE 实验室团队整体上迈向知识计量与知识图谱的新领域、新境界、新高度。这不禁让我想起其中有关师生教学相长、做出重要发现的两个有趣故事:

第一个故事是由一幅共词网络图谱引起的。它是《专利计量与专利战略》的作者栾春娟用刚学会的社会网络分析方法所绘制的图谱之一。她攻读博士学位虽然不是我直接指导的,但我特别关注她从法学领域进入科学学和科学计量学领域,开展与法学相关的专利计量分析的进展。1987 年的一天,她把对《科学计量学》期刊上的专利计量研究文献进行关键词共词分析得到的几幅图谱发送给我。阅览中我突然发现,其中一幅专利共词网络图谱竟然与两年前博士生尹丽春对同一期刊上科学学研究文献上关键词绘制的共词网络图谱有着惊人的相似。两者都有一个频次最高的四个关键词“知识—科学—技术—创新”构成的核心知识群,区别在于后者的文献共词网络核心知识群以知识为中心,并有企业、国家、国际三个层面创新活动关联关键词组成的三个次级知识群;前者的专利研究共词网络核心知识群以创新为中心,在核心知识群的内圈之外存在产业、大学、公共科研为主要节点的若干关键词组成的松散知识群外圈^①。两个共词网络图谱反映了国际科学计量学界在客观上达成的基于知识的宏观科技与创新战略共识。应当说,这个宏观战略的发

^①两个共词网络图谱见《科学知识图谱方法与应用》(人民出版社,2008)第 108 页图 6.15 和第 222 页图 16.6。并分别见:刘则渊,等.科学学理论体系建构的思考——基于科学计量学的中外科学学进展研究报告.科学学研究,2006,24(1):1-11;栾春娟,王续琨,刘则渊,等.专利计量研究国际前沿的计量分析.科学学研究,2008,26(2):334-338.

现是一种基于文献的发现模式。这给予我莫大启示,为我们探讨技术科学强国战略提供了理论依据^①。

另一个是发现科学合作最佳规模现象的趣事。《科学合作及其产出计量》的作者张冬玲在博士论文的中期报告和预答辩中,老师们一直对她关于科学合作与科学产出的关系表述不甚满意。我在仔细审阅她的博士论文这部分内容时,对文中两个关于中国分子生物学和应用物理学领域的平均合作人数分布曲线图反复琢磨,突然发现这些用核密度估计(Kernel density estimation)作出的分布曲线,均呈倒U型非正态分布,都有一个论文密度峰值对应一定合作规模人数,这意味着存在科学合作最佳规模的现象或定律。我对这两个曲线图加了若干辅助线条,并定义合作论文密度峰值的平均合作人数为最佳规模;定义合作论文密度达到峰值大约三分之一的平均合作人数区间为合理规模。进而根据这些曲线引出两个推论:科学合作规模与学科研究对象的复杂性呈正相关性,即科学合作规模与学科研究对象的生物学内涵呈正比;由于学科研究的复杂性随时间推移而加大,因此科学合作规模亦随时间的推移而扩大。因局限于较少实例,使上述发现带有科学假说的性质。根据以上分析,我指导张冬玲对博士论文中的相关内容、曲线及创新点进行了修改与补充^②,使学位论文面貌大为改观,在外审中得到专家的高度评价。后来,又回想起我指导的博士生谢彩霞在2006年博士论文《科学合作及其功能的计量研究》中,就有几幅纳米科技领域合作人数的非正态分布曲线图,并进行了详细的描述,还指出有一个类似威布尔

^①刘则渊,程耿东.论技术科学的创新功能与强国战略.//刘则渊,王绶琨.中国科学学与科技技术管理研究年鉴:科学·技术·发展.2006/2007年卷,大连:大连理工大学出版社,2008:7-18.

^②这两幅科学合作人数分布的曲线图,参见本丛书《科学合作及其产出计量》中的图5.2和图5.3。

分布的高峰^①。这很接近于做出这一重要发现。因此,对于这项发现,有必要加以深入的研究和论证。经我提议,陈悦、王贤文、林德明几位教师用核密度估计和威布尔分布(Weibull distribution)模型,对若干学科的合作论文数与合作人数之间的关系进行定量分析,使“科学合作最佳规模现象”得到进一步的论证。我们同样可以说,这一发现也是一种基于文献的发现模式。

这两件趣事所披露的基于文献的发现,虽然带有偶然性,但它们是以科学文献数据为对象,利用知识计量或知识图谱的方法,把数据变换为知识的新兴科研方式所必然产生的成果。

追忆这些往事,我不仅为年轻有为的博士们进入知识计量与知识图谱的新境界而兴奋,而且也为自己能与我们学术团队、年轻一代共同迈向知识计量与知识图谱的新境界而充满乐趣。我期待、也相信当我们的丛书选编第三辑时,一定会在知识计量与知识图谱的新方法、新领域、新境界上取得新的进展。

刘则渊

2011年7月6日

^①谢彩霞.科学合作的功能与计量.北京:中国社会科学出版社,2010:226-236,图6-3、图6-4、图6-5.

引领学科前沿的知识计量学探索^①

知识,作为人的一切活动的要素,始终贯穿于人的生产与生活之中,影响着人的生存与发展。因此,知识乃是人的一种生存方式。当今世界,知识已经成为经济社会发展的首要资源与第一动力,人类正进入知识革命、知识经济和知识社会的新时代。

当前,我们面临的知识挑战在于:一方面知识非常丰富,并呈爆炸式增长,另一方面知识又格外稀缺,用到它时方恨少,我们生活和淹没在知识海洋中,却难以选择所需要的知识;一方面知识广泛传播,网络改变了知识扩散的空间障碍,另一方面知识又壁垒森严,不同地区及人群的知识差距与数字鸿沟同时并存,并与收入差距相伴而生、互为因果;一方面知识更新加快,更新周期不断缩短,另一方面知识老化也同步加快,知识半衰期急剧下降,使我们人人、时时、处处都面对知识的除旧布新。因此,如何克服知识稀缺、知识壁垒、知识老化的问题,有目的地追踪知识的演进、趋势与前沿,有效地获取、学习和更新知识,是我们谋求全面、协调和可持续发展的前提与关键。

迄今为止,对于存储在著作和期刊中的文献知识,我们可以借

^①本文为第一辑序言,阐述了“知识计量与知识图谱”领域的起因与前景、丛书的主题与宗旨,故在第二辑中仍予以保留,但对丛书几个特点的叙述做了删节。

助经典文献检索方法来查询重要文献中的专业知识;对于存储在计算机数据库中的各种数字化知识,我们可以通过网络、搜索引擎与浏览器等工具去查找有关的知识;而对于存储在人的活载体身上的隐性知识,我们仍然是通过师徒传承方式来直接体验式获取,或聘任专家来直接利用和发挥其隐含知识的才能。但是,面对海量的文献数据与知识的复杂多变,凭借传统的文献检索方法和网络搜索工具,已难以保证查找到关键性文献和前沿知识;同行专家和师徒传承的方式虽然至今仍是判断知识前沿、获得隐性知识的主要途径,然而要在不断更新、交叉的知识领域及其众多专家群体中遴选出高水平专家,并不容易。

现在,一种有效获取知识、发现知识和探测知识前沿的新领域与新手段——以知识单元为分析基础的知识计量学和科学知识图谱,正在蓬勃兴起。知识计量与知识图谱,不仅能够引领我们从海量文献中进入学科前沿领域,而且可以改变我们观察世界的方式。

知识计量学(Knowmetrics),是我在1998年北京举办的“科研评价暨科学计量学与情报计量学国际研讨会”上提出的一个新学科设想。当时,我在《赵红州与中国科学计量学》的发言中,讲到我国已故著名科学计量学家赵红州曾谈及科学计量学和经济计量学两门姊妹学科的关系,二者结合对于知识经济时代开展知识经济学研究具有特殊意义,指出:“看来很有必要将科学计量学拓展为‘知识计量学’,并与经济计量学结合起来,对知识生产和应用、知识投入和产出、知识存量和流量、知识分配与转移、知识价值和价格等,进行广泛的跨学科的计量研究。”^①

①刘则渊.赵红州与中国科学计量学.科学学研究,1999,17(4):104-109.

其后,我们对知识计量学的涵义和应用做了进一步的探讨^{①②③},并定义“知识计量学是以整个人类知识体系为对象,运用定量分析和计算技术对社会的知识能力(生产、流通、消费、累积和增值等)和知识的社会关系(组织形式、协作网络、社会建制等)进行综合研究的一门交叉学科,是正在形成的知识科学中的一门方法性的分支学科。”^④这个定义只是依据科学学和科学计量学的传统,提出了知识计量学的一般研究范式;而对于知识计量学关键的知识单元计量方法,涉及甚少。这时,恰好科学知识图谱和信息可视化技术的产生,为知识计量学的发展提供了契机。

科学知识图谱(Mapping Knowledge Domains),是以科学知识为对象,以可视化形式显示科学知识的发展进程与结构关系的一种图形。科学知识图谱研究,是以科学学为研究范式,以引文分析方法和信息可视化技术为基础,涉及数学、信息科学、认知科学和计算机科学诸学科交叉的领域,是科学计量学和信息计量学的新发展^⑤。科学知识图谱具有“图”和“谱”的双重性质与特征:既是可视化的知识图形,又是序列化的知识谱系,显示了知识元或知识群之间网络、结构、互动、交叉、演化或衍生等诸多复杂的关系^⑥。

① Liu Zeyuan. On Scientometrics-Based Institutional Science studies, Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics/Collaboration in Science and in Technology and First COLLNET Meeting, 1-4 September, 2000. Freie Universität Berlin, Germany. 刘则渊. 基于科学计量学的制度科学学. 科研评价与大学评价. 北京:红旗出版社, 2001.

② Liu Zeyuan. Knowmetrics and its Application in the Measurement of Knowledge Economies(知识计量学及其在知识经济测度中的应用). Nistads International Workshop on Emerging Trends in Science Technology Indicators of Collaboration and Second COLLNET Meeting, 20-25 February 2001 New Delhi, India.

③ 刘则渊,冷云生. 关于创建知识计量学的初步构想. 见:王战军,蒋国华. 科研评价与大学评价(国际会议论文集). 北京:红旗出版社, 2001:401-405.

④ 刘则渊,刘凤朝. 关于知识计量学研究的方法论思考. 科学学与科学技术管理, 2002, (8):5-8.

⑤ 陈悦,刘则渊. 悄然兴起的科学知识图谱. 科学学研究, 2005, 23(2):149-154.

⑥ 刘则渊,陈悦,侯海燕,等. 科学知识图谱:方法与应用. 北京:人民出版社, 2008.

科学知识图谱,源远流长,形成于20世纪90年代,进入新世纪而突飞猛进,其形式多样,主要的形成途径和形式是:其一,在引文分析的基础上,运用多元统计方法及相关可视化软件,绘制的多维尺度分析知识图谱;其二,把复杂网络系统和社会网络分析结合起来,应用于引文网络中,绘制的社会网络分析知识图谱;其三,运用融合了人机交互、数据挖掘、图像技术、图形学、认知科学等诸多学科原理和方法的信息可视化技术,绘制的多元、分时、动态网络分析知识图谱。

我们注意到,源于科学计量学的知识计量学与科学知识图谱两个研究领域,有着不可分割的紧密联系。二者均以知识领域为研究对象,以知识单元为分析基础,以引文分析为基本方法,以信息可视化技术为研究手段;绘制知识图谱总是以知识计量分析为前提,而知识计量研究的结果越来越以知识图谱形式来展现。在学科的意义,知识图谱作为知识计量学的表现形式,属于知识计量学的学科范畴。我们也可以这样说:知识计量与知识图谱,是科学学及科学计量学进入学科发展新阶段的标志,也是为人们探测学科前沿提供知识服务与导向的指南。而这正是《知识计量与知识图谱丛书》著作的知识背景和出版的根本宗旨所在。

正是在这样的学术背景下,大连理工大学科学学与科技管理专业博士点的学科建设进行了重大调整。2004年,我们紧紧盯住科学知识图谱技术的国际前沿先进水平,开展基于知识计量和知识图谱的科学学与科技管理学科建设。

此时,恰逢“985工程”二期教育部哲学社会科学创新基地暨辽宁省高校人文社会科学重点研究基地——大连理工大学科技伦理与科技管理研究中心,依托科学学与科技管理、科学技术哲学两个专业正式成立。其中,科学学与科技管理博士点的专业教师和博士生们一起组成科研团队,结合专业跨学科的特点,创办了集网络计

量学(Webometrics)、信息计量学(Informetrics)、科学计量学(Scientometrics)、经济计量学(Econometrics)于一体的网络—信息—科学—经济计量实验室(WISE LAB),隶属于创新基地。这个名称赋予“智慧”(wise)创意的实验室,确立了“科学可量,智慧无限,中西合璧,少长咸集”的理念。在学校的支持下,基地开展了热火朝天的学科建设和 WISE 实验室建设,聘任了美国著名信息可视化专家陈超美博士(Dr. Chaomei Chen)为长江学者讲座教授和著名科学计量学家克雷奇默博士(Dr. Hildrun Kretschmer)为大连理工大学海天学者特聘教授,开展了广泛的国际、国内及海峡两岸之间的学术交流与合作,开展了面向学科前沿的知识计量、知识图谱和知识可视化研究。

几年来,我们明确地把科学知识图谱作为跟踪科技前沿、选择科研方向、开展知识管理与辅助科技决策的普适工具,参与并完成了王众托院士主持的国家自然科学基金重点项目《企业(组织)知识管理的若干基础问题研究》的部分任务;连续获得大连理工大学人文社会科学研究基金重大项目、国家自然科学基金项目、国家社会科学基金项目和教育部博士点基金项目的资助,不断拓展学科知识前沿领域的知识图谱与知识可视化分析。由我们 WISE 实验室团队著述的学术专著《科学知识图谱:方法与应用》^①,就是其中的标志性研究成果之一。更重要的是,我们博士点、创新基地及 WISE 实验室造就和形成了一支以长江学者和海天学者为领军人物的高水平研究队伍,锻炼和培养我国第一批科学计量学博士。

现在呈现在读者面前的《知识计量与知识图谱丛书》一套五部著作,就是从基于知识图谱或知识计量的博士学位论文中精选出来,经过进一步补充加工而成的学术专著。从中我们不独看到这五

①刘则渊,陈悦,侯海燕,等. 科学知识图谱:方法与应用. 北京:人民出版社,2008.

位作者在著作中通过一幅幅知识图谱或表格的解读,形象地展示出某一门学科的学术前沿、代表人物和演化图景,而且了解到博士们通过攻读博士学位、撰写博士论文过程的自述,生动地表现出自己站在该学科奠基人和先驱者的肩膀上,跨入学科知识前沿,力求有所发展创新的征程。这套丛书具有如下几个特点:学科的前沿性、数据的完整性、方法的先进性、内容的创新性。

但是,开创性的探索,往往是不完善的东西。这套丛书涉及的知识计量学问题尚不成熟,绘制知识图谱的工具只是静态的第一代信息可视化技术。因此,鉴于出版这套丛书的根本宗旨,我们希冀有志于以知识计量与知识图谱作为引领学科前沿指南的读者,密切关注基于新一代动态可视化技术的知识计量学新进展。

现在,我们 WISE 实验室团队在长江学者陈超美教授带领下,制订了长江学者研究计划:宏观与微观知识计量学的理论和方法及其在知识管理中的应用。也就是在陈超美开发的 CiteSpace 多元、分时、动态的新一代可视化技术基础上,深入开展知识计量和知识图谱研究,构建以知识单元为分析基础、具有统一研究范式、引领学科前沿功能更强的知识计量学。事实上,陈超美的《科学前沿图谱:知识可视化探索》等代表作^{①②③},已为宏观与微观知识计量学做了大量的奠基性工作;他不断改进与更新 CiteSpace 软件,使其成为更具智能型的知识可视化技术;我们在应用 CiteSpace 可视化技术探测学科前沿方面,已取得更令人信服的成果。总之,这表明新一代

①Chen, C. Mapping Scientific Frontiers: The Quest for Knowledge Visualization. Springer. 2003. ISBN: 1-85233-494-0.

②Chen, C. Information Visualization: Beyond the Horizon. Springer. 2nd ed. 2004. ISBN: 1-85233-789-3.

③Chen, C. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.

智能型的知识可视化技术,完全可以作为基于知识单元分析的知识计量学普遍应用的新工具;基于智能型可视化的知识计量学具有广阔的应用价值,并且已在应用实践中彰显出新兴学科的诱人魅力与光辉前景。

因此,我们期待学术界广大研究者和管理者把知识计量与知识图谱方法作为追踪学科前沿、选择科研方向、辅助科技决策的有效工具。为此,我把主编的《知识计量与知识图谱丛书》推荐给学术界的广大朋友,推荐给对此有兴趣的广大读者朋友。这套丛书能够为你提供知识计量、知识图谱和知识可视化技术及其应用的入门指南,能够使你在阅读、学习中领略这个新兴学科领域的神奇天地,能够引领你在尝试绘制自己所在领域知识图谱的过程中充满别样的乐趣。

刘则渊

2008年10月27日

目 录

第 0 章 科学合作的魅力:学蜜蜂共酿蜜 / 1

- 0.1 丁肇中:善于进行国际合作 / 1
- 0.2 电影明星与音乐家合作发明的传奇故事 / 2
- 0.3 沃森、克里克:DNA 双螺旋链结构的发现 / 4

第 1 章 探索中国科学合作与产出问题的缘由 / 7

- 1.1 研究背景 / 7
- 1.2 研究意义 / 14
- 1.3 国内外相关研究进展状况 / 16
 - 1.3.1 对科学合作问题的研究 / 16
 - 1.3.2 对科学产出问题的研究 / 25
 - 1.3.3 对科学合作与科学产出关联问题的研究 / 30
 - 1.3.4 国内外相关研究述评 / 35

第 2 章 科学合作与产出研究的基本理论、方法、指标 / 37

- 2.1 科学合作与产出研究的基本理论 / 39