2016年度宁波市社会科学学术著作出版资助项目

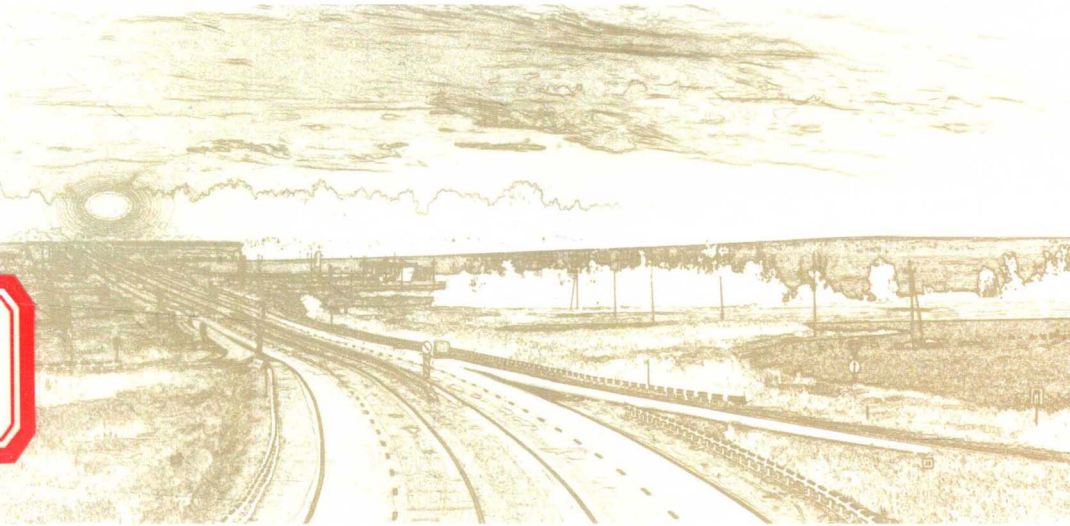
The Influence Mechanism of Innovation Networks on Collaborative Capability

Based on State Key Laboratory Analysis

创新网络对协同能力的影响机理研究

基于国家重点实验室的实证调查

王婉娟 著



东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

2016年度宁波市社会科学学术著作出版资助项目

The Influence Mechanism of Innovation Networks on Collaborative Capability

Based on State Key Laboratory Analysis

创新网络对协同能力的影响机理研究

基于国家重点实验室的实证调查

王婉娟 著

东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press
大连

图书在版编目（CIP）数据

创新网络对协同能力的影响机理研究：基于国家重点实验室的实证调查 / 王婉娟著. —大连：东北财经大学出版社，2016.11
ISBN 978-7-5654-2523-3

Ⅰ. 创… Ⅱ. 王… Ⅲ. 互联网络-应用-国家重点实验室-研究
Ⅳ. G311-39

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第267576号

东北财经大学出版社出版发行
大连市黑石礁尖山街217号 邮政编码 116025
网 址：http：//www.dufep.cn
读者信箱：dufep @ dufe.edu.cn
大连永盛印业有限公司印刷

幅面尺寸：160mm×230mm 字数：238千字 印张：19.75 插页：1
2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷
责任编辑：石真珍 郭海雷 责任校对：贺 贝
封面设计：冀贵收 版式设计：钟福建
定价：58.00元

教学支持 售后服务 联系电话：（0411）84710309
版权所有 侵权必究 举报电话：（0411）84710523
如有印装质量问题，请联系营销部：（0411）84710711

前言

国家重点实验室是国家组织高水平基础研究和应用基础研究、聚集和培养优秀科学家、开展高层次学术交流的重要基地，承担着探索科学前沿的国家重大科技任务和组织学科综合交叉研究的重要使命，是国家创新体系的重要组成部分。在“大科学”时代，创新的边界大大扩展，创新已经从线性模式向高度互动的网络化模式转变，这对国家重点实验室的创新方式提出了新的要求，协同创新应运而生。创新网络能有效汇集分散且多样化的外部创新资源，并与实验室内部的创新资源有机整合从而促进协同创新。因此，探索国家重点实验室在创新网络中开展协同创新的过程，研究内、外部创新网络对实验室协同创新能力的影响机理，推动实验室依托创新网络广泛和深入地开展协同创新，是顺应“大科学”时代科技创新趋势的必然选择。

本书围绕国家重点实验室协同创新能力的形成与提升问题，按照“要素—结构—能力”的思路，对逻辑上相互关联的三个方面进行了理论和实证研究。

一是在文献理论研究的基础上，对三所典型的国家（重点）实验室进行了探索性案例研究，初步探寻在内、外部创新网络的影响下国家重点实验室协同创新能力的形成与提升过程。研究发现，创新网络反映了协同创新本质的必然要求，能促进不同的创新主体建立紧密联系，汇集创新要素，整合分散的创新资源，形成协同创新合力。随着实验室创新网络规模的扩大和网络关系的增强，协同创新能力也实现了从无到有、从弱到强的提升。基于探索性案例的研究结果，我们提出了三个初始假设命题，为后续研究提供了源于实践的理论构想。

二是基于命题假设，通过跨层次概念重构，将实验室内部看作一个由不同要素、部门和成员构成的内部创新网络，进而构建了内、外部创新网络影响协同创新能力的整体框架模型。通过对112所依托于院校或企业的国家重点实验室进行问卷调研，运用结构方程模型，分别对内部创新网络、外部创新网络和协同创新能力的测量模型进行验证性因子分析，测量和甄别了国家重点实验室协同创新能力的主要影响因素。

三是在前面研究的基础上，构建高阶因子模型，分析国家重点实验室内、外部创新网络间的协同及对协同创新能力的作用机理。首先，分析内、外部创新网络的各个维度对实验室协同创新能力产生的单独作用；其次，提出内、外部创新网络的二阶构念之间存在显著的相关性，即相互之间存在明显互动；最后，将二阶因子合为一个综合实体，分析内外各维度之间的协同性及其对协同创新能力的影响机理。此外，本书引入了创新市场动荡性和知识技术动荡性两种环境动态变量，考察外部环境对实验室内、外部创新网络和协同创新能力之间关系强度与方向的调节作用。

本书在以下方面实现了创新：

一是将国家重点实验室创新活动的内部网络与外部网络两个维度整合在一个框架内，体现了多层次分析的复杂性特征，填补

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

了创新网络中内、外部网络分层研究的“鸿沟”。

二是分析了创新网络提升国家重点实验室协同创新能力的一般过程。通过探索性案例研究发现，国家重点实验室通过创新网络提升协同创新能力的一般过程：首先，通过构造内部创新网络，强化科研人员之间的协同能力，促进实验室各研究方向的交叉协同，推动实验室组织结构和管理体制的再造，在此基础上形成系统化的协同创新能力；其次，沿着创新价值链，由内而外地推动与其他创新主体的协同创新，提升国家重点实验室嵌入外部创新网络中的中心度，进而借助外部网络发展协同创新能力；最后，通过内、外部创新网络的频繁互动，实现协同效应，进一步提升协同创新能力。

三是揭示了内、外部创新网络协同与实验室协同创新能力形成与提升的内在规律性。研究发现，国家重点实验室内、外部创新网络是协同创新能力的发展基础，能促进国家重点实验室协同创新能力的形成与提升，降低环境动荡性产生的创新网络不稳定等负面影响，从而完善了对创新网络与协同创新能力之间关系的理解。

著　者

2016 年 9 月

目录

1 绪论/1

1.1 研究背景与意义/1

1.2 研究问题的提出/21

1.3 研究对象与内容安排/24

1.4 研究方法与技术路线/29

1.5 研究的创新与不足/32

1.6 本章小结/34

2 国内外研究述评/35

2.1 创新理论/35

2.2 创新网络/43

2.3 协同学与协同创新/58

2.4 国家重点实验室协同创新能力/71

2.5 本章小结/81

3 创新网络演化与协同创新能力提升的探索性案例研究/84

3.1 案例研究方法与步骤/84

3.2 创新网络演化与协同创新能力的提升过程/91

3.3 案例综合分析与讨论命题的提出/128

3.4 本章小结/136

4 创新网络影响国家重点实验室协同创新能力的模型构建/137

4.1 研究假设与模型构建/138

4.2 问卷设计与分析方法/158

4.3 变量选择与测度/161

4.4 本章小结/179

5 问卷调查与数据分析/180

5.1 问卷调查/180

5.2 数据分析/184

5.3 测量模型/199

5.4 本章小结/209

6 创新网络对协同创新能力影响模型拟合与环境变量调节/211

6.1 结构方程模型拟合分析/211

6.2 调节效应检验/225

6.3 假设检验与结果讨论/235

6.4 本章小结/242

7 研究结论与建议/244

7.1 主要结论/244

7.2 对策建议/246
7.3 研究局限/249
7.4 研究展望/251

参考文献/253

附录 调查问卷/299

后记/304

1 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 现实背景

(1)“小科学”到“大科学”的进化与国家重点实验室协同创新的产生

“大科学”(Big Science)是相对“小科学”(Little Science)而言的。这一概念最早于1961年由美国著名核物理学家Weinberg在《大科学的反思》一书中提出，特指研究项目尺度上的“大科学”。1963年，美国著名科学计量学家Derek Price在其代表作《小科学、大科学》一书中从科学研究的社会规模角度进一步完善和发展了这一概念，并从此广为人知。“大科学”是以解决人类社会发展面临的重大问题为导向、以多学科的交叉为特征、由科学家和技术人员群体共同进行协作攻关的一种科学研

究方式。纵观世界科学技术发展史，科学与技术创新历程就是一个从个体引领的“小科学”时代发展到全社会协同参与的“大科学”时代的过程。在这一过程中，实验室从无到有，从独立自主创新到产学研合作创新再到参与全社会协同创新，成为国家创新体系的重要组成部分。

在近代自然科学产生后相当长一个时段（16—18 世纪）里，以增长人类知识为主要目的、以个人自由研究为主要特征的“小科学”占据着统治地位（熊志军，2004）。那个时代的科学研究还没有成为一个固定的社会职业，研究者一般凭自身的技艺、兴趣进行私人的科学研究活动，主要目的是探索和思考自然界的奥秘。19 世纪初到第二次世界大战（以下简称二战）之前，随着科学体制的加速发展和科研难度的增大，研究的自由度减小，越来越需要特制的科研仪器和更多的资金支持。科学研究逐步成为一项社会化职业，专门的组织机构——各类专业化的实验室出现了。在政府的主导或支持下，世界著名的卡文迪什实验室、李比希实验室、巴斯德实验室即在这一时期成立。与此同时，产业领域也开始建立实验室。熊彼特在 20 世纪 30 年代提出的创新理论中，以企业为创新主体（Schumpeter，1934），这就反映了当时欧洲强烈的实用主义产业创新背景。企业内部技术创新活动的专业化和制度化推动了承担研发职能的工业实验室的出现，如德国化工产业中的巨头拜耳（Bayer）、赫斯特（Hoechst）、巴斯夫（BSF）等企业都建立了自己的实验室（Nelson，1993）。美国通用电气（GE）、AT&T、柯达（Kodak）等也在 20 世纪初陆续建立了自己的实验室。这一时期，创新活动基本在实验室内部独立完成。

二战彻底改变了科学与技术的关系，并推动着创新范式由“离散模式”向“线性模式”转型。二战中美国“曼哈顿工程”的成功实施，麻省理工学院辐射实验室的雷达研究，约翰·霍普

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

金斯大学应用物理实验室的加速低空爆炸信管等的显著成效，显示出科学在决定战争成败中至关重要（Geiger，1993），也充分显示出实验室在科学研究和创新活动中的特殊地位。总结二战的科技创新经验，时任美国科学研究与发展办公室主任的布什提出“基础研究—应用研究—开发—规模生产—经济增长”的“线性模式”，认为基础研究是技术进步的先导，是技术进步的一个长远而强大的动力。受其影响，美国联邦政府开始大规模地资助实验室的基础科学研究。这段时期的政策重点在“科学—技术”的供给方面，并认为其“衍生”效应会自动使经济系统受益。甚至连创新理论的创始人熊彼特都转而相信，企业家的创新职能已经过时了，“革新本身已降为日常事务，技术进步越来越成为受过训练的专家小组的业务，早期商业性冒险的浪漫气氛正在迅速消失，因为，许许多多事情现在都能严密计算”（Schumpeter，1942）。规模庞大的科学实验室和跨学科研究机构相继建立，科技发展进入了全社会参与的“大科学”时代。“曼哈顿工程”之后，“阿波罗计划”、“人类基因组计划”和我国的“两弹一星”研制工程又成为“大科学”时代科技创新的典型案例。正如赵红洲在《大科学观》一书中指出，相比“小科学”研究对象是自然界、目的是增长知识、研究经费是个人资助、研究方式是科学家个人自由研究，“大科学”的研究对象是自然、社会与人构成的复杂系统，目的是实现科技、生产一体化，变科技为直接生产力，研究经费是由国家、国际组织共同资助，研究方式则是科学家之间的合作（赵红洲，1988）。

20 世纪 70 年代，日本经济的迅速崛起及其在半导体等产业领域对美国竞争力的挑战，动摇了人们对“线性模式”的信念，意味着协同创新的萌芽。日本的技术创新并非源自本国的基础科学研究，而是通过“反求工程”和内部研发对发达国家技术进行学习与开发（Freeman，1987）。面对来自日本的产业竞争，美国

政府发现，实验室的基础研究成果很难自动地被企业吸收、利用并转化为技术创新，联邦政府拥有的绝大多数专利也未被转移到产业应用。鉴于此，美国在20世纪80年代初出台了一系列政策和法案，旨在推动研究机构与产业更为灵活和紧密的互动合作，建立和强化科学研究、技术创新与商业应用之间的制度化衔接。随着实验室与企业的技术转移和协同创新活动蓬勃发展，以生物医药、信息技术等为代表的新经济形态在美国异军突起，斯坦福-硅谷、MIT-128公路成为全球高科技产业创新的经典模式。新的创新范式的显著特征是，始于科学发现的“前向线性模式”与始于技术需求“逆向线性模式”在工业创新中交织融合。相比之下，日本的基础研究薄弱，研究机构与企业的研发合作并未及时地从人际层面过渡到组织和制度层面，在接近技术前沿之后才发现，其创新后劲明显不足（Lee，2001）。

随着产业技术与基础科学研究之间关系日益密切，科学研究与技术发明之间的距离和时滞大大缩短。以专利引用科学论文的平均数量为例，各工业化国家技术进步的科学关联度在1974—2004年30年间呈现出明显的上升趋势，其中处于技术前沿的美国、德国和英国更为明显（OECD，2004）。各技术领域的相互联系日趋密切，它的发展往往表现为一个技术群或几个技术群的发展。若干相互依赖、相互影响的模块通过各个模块间的相互协调和互动来凸显其整体性特性（青木昌彦等，2003）。在信息通信技术、生物工程、纳米技术等高科技领域，跨学科研究、探索性研究、任务导向型研究和利益驱动型研究也变得更加相互依赖。正如成功组织了“阿波罗登月计划”的韦布博士在总结该计划时说：“使‘阿波罗登月计划’成功的关键绝非仅是技术，更重要的是合作，是来自一种整体的、多领域、跨国界的智慧大集中，最终成功地将分散和独立的成果组合成完整的科学结晶。”1996年，联合国教科文组织在其年度报告中第一次采用“大科

学”一词。相对于“小科学”而言，“大科学”科研难度更高，项目覆盖面更广，涉及学科更多，需要资金更多，研究耗时更长。同时，学科之间的渗透和融合产生了多种诸如控制论、信息论、系统论、协同论等交叉学科、边缘学科和综合学科，单一科研机构很难独立解决一项复杂的科学创新问题，必须寻求有效合作，组成创新研究的群体架构才能获得成功。在这种新的创新范式下，创新活动逐渐趋于资源集成化、主体协同化。实验室的科学创新的形式也从以项目带动的点状形式向以平台建设为主的联盟形式和战略领域多主体协作的协同创新网络模式转变。我国载入史册的载人航天工程、嫦娥工程等都是包含国家重点实验室在内的多主体协同创新的成果。

（2）国家重点实验室是协同创新的重要主体

作为“国家创新体系的杠杆作用点”（Crow & Bozeman，1998），国家重点实验室是各国在科学原创、技术发明、产业竞争力等方面保持实力的组织载体。二战期间，美国为实施“曼哈顿工程”建立了一批以研究发展战略武器为目标的大型国家实验室，形成了以国家实验室为重要研究基地的美国国家科研体系。目前，美国共有 850 多个国家实验室，集中于能源部、国防部、商务部、农业部、卫生部、运输部、环境保护署、国家航空航天局等政府部门，共有约 20 万名科学家和工程师参与。其中大规模国家实验室近 100 个，其研究人员都在 1 000 人以上，并有数千人的合作研究人员和辅助人员。这些大型国家实验室构成了美国国家重大创新基地的主体，是美国原始创新的重要来源。英国通过政府部门、研究理事会和高等教育基金会资助能够体现国家意志并从事基础性前沿研究的高等学校研究机构和实验室，建立了包括国家物理实验室、卡文迪什实验室在内的众多著名实验室；德国形成了由联邦和州政府共同资助国家实验室四大体系：马普学会、亥姆霍兹联合会、弗劳恩霍夫协会和莱布尼茨联合

会。法国则以国家科研中心（CNRS）为核心，让其与 190 所高等院校建立对口协作关系，并将 3/4 的实验室设置在这些高等院校内，实现了科技创新资源的协同利用。

美国国家实验室承担大约全美基础研究的 18%、应用研究的 16%和技术开发的 13%的研发工作；英国商业、创新与技能部公布《英国科研实力 2011 年国际比较表现》的报告显示，英国在研发领域每投入 1 英镑所产出成果的引用率是最高的，在全世界高引用率的论文中英国论文占 14%，仅次于美国。而这一科技实力在世界领先的重要原因之一就是其国家实验室的突出贡献，例如卡文迪什实验室先后培养了 29 位诺贝尔奖获得者；德国马普学会拥有 15 名诺贝尔奖获得者，德国每年发表的高水平论文约 1/3 来自马普学会；法国的研究中心在 1 000 个得到应用的专利项目中已有 500 个获得了明显的经济效益。现代科技进步的特征表明，来自专门的科研机构的科学新发现已日益成为科技创新的源头（吴友群等，2014）。Yong（2000）通过研究加拿大活跃度比较高的产业集群也发现，实验室是影响集群发展的根本因素之一。

我国自 1984 年开始组建国家重点实验室，截至 2014 年年底，共建设（或筹建）和运营着 373 个国家重点实验室，其中包括正在运行的试点国家实验室 6 个，依托高校和科研院所的院校类国家重点实验室 260 个，依托企业的企业类国家重点实验室 99 个。此外还有军民共建国家重点实验室 14 个，港澳伙伴国家重点实验室 14 个以及省部共建国家重点实验室培育基地 105 个。这些实验室涵盖了化学、数理、地学、生命、信息、材料、工程等多个领域。经过 30 多年的建设与发展，国家重点实验室已经成为我国开展基础研究和应用基础研究的主力军。

第一，国家重点实验室成为我国政府建设国家创新体系、部署战略创新科研活动最重要的抓手之一。例如，仅 2012 年一

年，政府就下达国家重点实验室专项经费 31.78 亿元以支持 260 个院校类国家重点实验室，下达引导经费 2 亿元支持 6 个试点国家实验室。院校类国家重点实验室和试点国家实验室有固定工作人员 2 万余人，其中中国科学院院士 270 人、中国工程院院士 156 人，分别占我国院士总人数的 39.1%和 20.4%；国家杰出青年科学基金获得者 1 057 人，创新研究群体科学基金资助获得者 167 个。企业类国家重点实验室共有固定人员 8 839 人，其中中国科学院院士 2 人，中国工程院院士 17 人，国家杰出青年科学基金获得者 5 人，千人计划获得者 23 人。大量运行经费、科研经费和杰出人才使国家重点实验室能在协同创新活动中享有得天独厚的资源优势。

第二，国家重点实验室是我国科研创新项目的主要承担者、创新成果的主要产出者。大量的科研项目和丰硕的科研成果使国家重点实验室在协同创新活动中掌握有前沿的科学知识、丰富的研究经验和技能，这是创新网络中知识溢出和知识流动的重要基础。以 2012 年为例，院校类国家重点实验室和试点国家实验室共获得国家级奖励 115 项，其中国家自然科学奖二等奖 26 项，占当年授奖总数的 63.4%；国家技术发明奖一等奖 1 项，占当年授奖总数的 50%，二等奖 31 项，占当年授奖总数的 50.8%；国家科学技术进步奖特等奖 1 项，一等奖 5 项，二等奖 51 项。获得发明专利授权 6 900 余项。在国内外学术期刊上发表学术论文 5.1 万余篇，其中被 SCI 检索收录论文 3.5 万篇，占 68.6%；被 EI 检索收录论文 7 600 余篇，占 14.9%；在 Science 上发表论文 27 篇，在 Nature 及其系列期刊上发表论文 146 篇。截至 2012 年年底，院校类国家重点实验室和试点国家实验室共主持和承担各类在研项目、课题 3.2 万余项，获得研究经费 149.2 亿元。而企业国家重点实验室在衔接基础研究与成果转化和产业化，加快推广和应用先进技术研究，提出国际、国家和行业标准等方面发挥

了积极作用。截至 2012 年年底，企业类国家重点实验室共主持和承担各类在研项目、课题 2 369 项，获得研究经费 36.9 亿元，其中“973”“863”等国家级项目、课题 680 项，占课题总数的 28.7%，获得经费 14.8 亿元，占经费总数的 40%。2012 年，企业类国家重点实验室共获得国家级奖励 14 项（含参与完成），其中国家技术发明二等奖 3 项，国家科技进步奖特等奖 1 项、一等奖 3 项、二等奖 7 项，省部级奖 147 项。获得国内发明专利授权 2 185 项，国外发明专利授权 51 项；制定标准 429 项，制定规范 99 项；在国内外学术期刊上发表学术论文 2 415 篇，其中被 SCI 检索收录论文 265 篇，被 EI 检索收录论文 453 篇，发表国际会议论文 618 篇，国内会议论文 314 篇。[①]

第三，国家重点实验室的科研成果能为其他创新主体的创新开发、成果转化、孵化及产业化提供研究基础，推动了我国国家创新系统整体创新能力的提升，激发了各类创新主体创新研发和成果应用的热情。例如，2012 年，非线性力学国家重点实验室郑哲敏院士提出了流体弹塑性模型，可准确预测地下核试验压力衰减规律，为我国首次地下核爆当量预报做出了贡献；清华信息科学与技术国家实验室（筹）在立体视频重建与显示等应用基础理论和核心关键技术方面完成了多项发明创新，研制了相关装置，于 2006 年建立了广东省-教育部立体视频产学研基地，为立体视频技术规模化应用和产业链培育提供了重要支撑平台，关键技术授权应用于 Sonic、东芝、华硕、索尼等企业，并成功应用于上海世博会，获得了显著的经济效益与社会效益；流体动力与机电系统国家重点实验室和盾构及掘进技术国家重点实验室解决了因盾构掘进引发地面塌陷、载荷突变使关键部件失效和掘进偏离设计轴线等问题，项目成果支撑了上海隧道股份、中铁隧道

① 根据中国科技部网站（http：//www.nmp.gov.cn）公布数据整理。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com