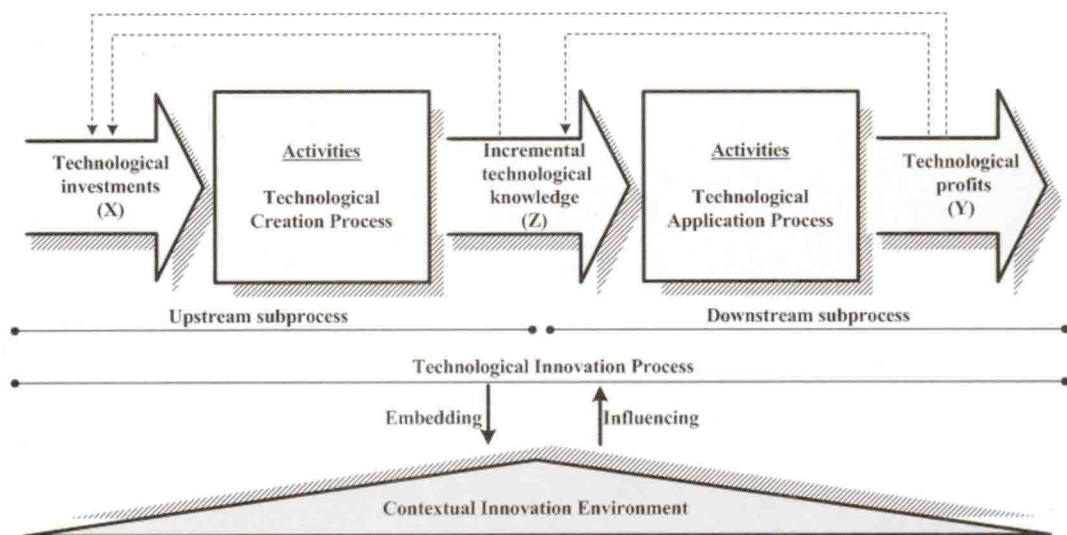


中国科协三峡科技出版资助计划

创新过程绩效测度

——模型构建、实证研究与政策选择

陈凯华 著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国科协三峡科技出版资助计划

创新过程绩效测度

——模型构建、实证研究与政策选择

陈凯华 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

创新过程绩效测度: 模型构建、实证研究与政策选择 / 陈凯华著.
—北京: 中国科学技术出版社, 2013. 7
(中国科协三峡科技出版资助计划)
ISBN 978-7-5046-6376-4

I. ①创… II. ①陈… III. ①管理学—研究 IV. ①C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 130779 号

总 策 划	沈爱民 林初学 刘兴平 孙志禹	责任编辑	付万成
项 目 策 划	杨书宣 赵崇海	责任校对	王勤杰
出 版 人	苏 青	印刷监制	李春利
编辑组组长	吕建华 许 英 赵 晖	责任印制	张建农

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62103349
传 真 010-62103166
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 300 千字
印 张 13.125
版 次 2013 年 11 月第 1 版
印 次 2013 年 11 月第 1 次印刷
印 刷 北京华联印刷有限公司

书 号 978-7-5046-6376-4/C · 153
定 价 56.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

作者简介

陈凯华，北京航空航天大学管理学博士、中国科学院管理科学与工程管理学博士后，现为中国科学院科技政策与管理科学研究所副研究员，主要从事创新管理科学的研究。曾获 2012 届全国百篇优秀博士学位论文提名奖、2011 年度中国科学院王宽诚人才奖、2010 年度北京航空航天大学优秀博士论文奖。近年关注创新发展与政策、创新计量与管理以及管理科学方法与应用等研究方向，主持国家自然科学基金项目、中国博士后特别资助以及面上资助项目等课题，并参与多项国家自然科学基金与国家社会科学基金项目以及数项部级课题。近期研究重点集中在创新计量学的理论、方法与实证的探索上，试图构建可全面监测与描述创新系统绩效的分析框架与工具。近五年多篇论文发表在 *Research Policy*、*Technovation*、*Journal of Informetrics*、*Regional Studies*、*China Economic Review*、*Scientometrics* 等创新领域国际权威与主流 SSCI/SCI 期刊上；另有多篇论文发表在系统工程理论与实践、数量经济技术经济研究、中国软科学、管理评论、科研管理、科学学研究等管理科学部规定的 A 类期刊上。

国家自然科学基金项目（71103173）、国家软科学研究计划项目（2013GXS4B087）与中国博士后科学基金第四批特别资助项目（201104158）资助研究。

内容简介

创新过程绩效测度是在打开创新活动系统黑箱的情况下，基于经验数据分析与探索创新投资活动的成效与决定因素，旨在为深度地创新监测提供工具支撑，为复杂的创新管理与政策发展提供科学依据。本书以创新投资支撑的科技成果研发与经济收益实现这一两阶段转化过程为分析对象，从学科、高校、产业、区域等各层次关注这一过程整体与局部绩效的建模与实证，试图构建可定量分析创新系统绩效的分析框架与测度模型，改善创新活动经验数据在各层创新生产单元的创新管理与政策发展决策中的应用。本书中一系列创新绩效测度模型与分析框架的引入与构建，以及在多层创新管理实践中的成功应用，不但丰富了创新绩效测度的理论、方法与实证，而且充分体现了现代管理科学方法的前沿模型与创新管理实践有效结合的实践价值和理论意义。

本书的研究侧重了测度模型与分析框架的选择与构建，各章节严格按照学术研究规范撰写，适合创新管理、管理科学与工程专业的研究生与科研人员阅读。

The brief introduction

The performance measurement of one innovation process here is measuring and analyzing the effectiveness and determinants of innovation investment activities based on empirical datasets in the context of the openness of innovation-activity systems, which is used as the supporting tool of in- depth innovation monitoring, and is to provide scientific reference for complex innovation management and policy development. This book is based on the two - stage transformation process composed of one research & development subprocess of S&T achievements and one realization subprocess of their economic or social profits supported by innovation investments, and is concerned about the modeling and empirical study of overall and divisional performance of the innovation process in various kinds of production units including disciplines, universities, industries, and regions. We hope to systematically construct the analytical frameworks and methods for comprehensively measuring the performance of innovation investment, and improve the supporting role of empirical datasets about innovation activities in the innovation management and policy development for various production units. In this book, the introduction and construction of a series of innovation measurement frameworks and models as well as the successful applications in various production units not only enriches the theories, methods, and empirical studies of measuring innovation investment performance, but also proves

the practical value as well as the theoretical contribution of the combination of management- science methods and empirical managements of innovation investment.

The research contents in this book are focused on the selection and construction of measurement models and analytical frameworks, and each chapter is written in the strict accordance with the norms of academic research, which are suitable for graduate students and researchers engaged in innovation management, evaluation of science and technology and management science and engineering.

总 序

科技是人类智慧的伟大结晶，创新是文明进步的不竭动力。当今世界，科技日益深入影响经济社会发展和人们日常生活，科技创新发展水平深刻反映着一个国家的综合国力和核心竞争力。面对新形势、新要求，我们必须牢牢把握新的科技革命和产业变革机遇，大力实施科教兴国战略和人才强国战略，全面提高自主创新能力。

科技著作是科研成果和自主创新能力的重要体现形式。纵观世界科技发展历史，高水平学术论著的出版常常成为科技进步和科技创新的重要里程碑。1543 年，哥白尼的《天体运行论》在他逝世前夕出版，标志着人类在宇宙认识论上的一次革命，新的科学思想得以传遍欧洲，科学革命的序幕由此拉开。1687 年，牛顿的代表作《自然哲学的数学原理》问世，在物理学、数学、天文学和哲学等领域产生巨大影响，标志着牛顿力学三大定律和万有引力定律的诞生。1789 年，拉瓦锡出版了他的划时代名著《化学纲要》，为使化学确立为一门真正独立的学科奠定了基础，标志着化学新纪元的开端。1873 年，麦克斯韦出版的《论电和磁》标志着电磁场理论的创立，该理论将电学、磁学、光学统一起来，成为 19 世纪物理学发展的最光辉成果。

这些伟大的学术论著凝聚着科学巨匠们的伟大科学思想，标志着不同时代科学技术的革命性进展，成为支撑相应学科发展宽厚、坚实的奠基石。放眼全球，科技论著的出版数量和质量，集中体现了各国科技工作者的原始创新能力，一个国家但凡拥有强大的自主创新能力，无一例外地反映到其出版的科技论著数量、质量和影响力上。出版高水平、高质量的学术著

作，成为科技工作者的奋斗目标和出版工作者的不懈追求。

中国科学技术协会是中国科技工作者的群众组织，是党和政府联系科技工作者的桥梁和纽带，在组织开展学术交流、科学普及、人才举荐、决策咨询等方面，具有独特的学科智力优势和组织网络优势。中国长江三峡集团公司是中国特大型国有独资企业，是推动我国经济发展、社会进步、民生改善、科技创新和国家安全的重要力量。2011年12月，中国科学技术协会和中国长江三峡集团公司签订战略合作协议，联合设立“中国科协三峡科技出版资助计划”，资助全国从事基础研究、应用基础研究或技术开发、改造和产品研发的科技工作者出版高水平的科技学术著作，并向45岁以下青年科技工作者、中国青年科技奖获得者和全国百篇优秀博士论文获得者倾斜，重点资助科技人员出版首部学术专著。

我由衷地希望，“中国科协三峡科技出版资助计划”的实施，对更好地聚集原创科研成果，推动国家科技创新和学科发展，促进科技工作者学术成长，繁荣科技出版，打造中国科学技术出版社学术出版品牌，产生积极的、重要的作用。

是为序。

中国长江三峡集团公司董事长



2012年12月

前 言

创新资源的有限性与其在提升创新能力中的日趋重要性并存。在这种背景下，创新投资过程绩效的有效测度这一研究课题自然成为创新管理的学者与实践者共同关注的焦点。对这一既具有学术研究价值又具有实践应用价值课题的深入探索，有利于支撑创新生产单元（如重点学科、科研机构、产业部门、空间区域等）优化创新资源的配置，改善创新过程的管理。随着知识竞争的愈加激烈，这一备受关注的研究课题对各层次创新生产单元的创新管理的实践意义日趋突显。然而，随着创新管理实践的深入，传统的创新绩效分析框架已无法满足创新实践管理的多层次需要，特别是在面向复杂创新活动测度时。

本书试图解决创新测度实践中面临的三个亟待解决或完善的问题：

（1）通过何种模型能有效促使创新系统方法（Innovation Systems Approach）的分析框架从理论探索向实证应用的跨越，以便更好地服务于政策制定者从整体的角度探索创新系统绩效的复杂影响结构，促使创新系统方法更好地服务于创新实践管理与政策发展？

（2）如何把创新过程中涉及的异质的（如，不同的度量单位）多投入多产出生产信息有效地整合，以反映创新过程的整体生产绩效？如果创新投入和产出之间的生产函数方式未知呢？

（3）当考虑创新过程的分阶段转化特点（如从初始的创新投入到中间的创新产出，再到最终的市场收益），即考虑创新过程的内部运作时，又如何构建测度模型来充分体现创新过程的这一关联多阶段特点？在此基础上若再考虑到中间产出或投入呢？

面对问题 (1), 本书引入基于偏最小二乘 (Partial Least Squares, PLS) 的结构方程模型 (Structural Equation Modeling, SEM), 分别构建创新系统和创新过程的路径模型。通过实证探索中国区域创新系统和高新技术产业技术创新过程, 以此表明所构建的路径分析框架的有效性与实践价值。

面对问题 (2), 本书首先引入改善的可同时考虑投入和产出两方面无效的非径向—非定向数据包络分析模型 (Data Envelopment Analysis, DEA) 来作为估计创新过程的投入产出效率测度模型。然后, 本书借助“曼奎斯特 (Malmquist) 指数”理论, 在考虑规模效应的影响下, 基于“改良的 Russell 测量 (Enhanced Russell Measure, ERM)”构建了更加有效的、全面的创新效率变化估计模型。最后, 本书实证分析中国重点理工院校、中国高新技术产业以及中国省域三个不同层次上的创新生产单元的创新绩效。

面对问题 (3), 本书通过两种途径重点解决。首先, 在固定规模报酬假设下, 本书引入已有的网络 DEA 模型 (Network DEA), 来构建考虑内部生产 (转化) 结构的创新过程的技术效率估计模型, 并用于分析高新技术产业的技术创新过程的技术效率。其次, 本书通过自行构建更加灵活的链式与并行式网络 DEA 模型, 在考虑内部生产结构的背景下同时获得创新过程的技术效率估计和可变规模报酬假设下的纯技术效率估计, 并用它们分别分析中国区域创新系统的科技创新活动的过程效率与中国高新技术产业的技术创新活动的整体效率。针对创新系统测量的需要, 整合链式网络 DEA 模型与偏最小二乘回归构建灵活的两步骤效率分析框架, 以更有效支撑系统角度的创新管理与政策发展。

本书研究和写作的顺利完成离不开国家自然科学基金委、国家软科学研究计划中国博士后基金会与中国科学院王宽诚教育基金管理委员会的资助。作者主持的国家自然科学基金青年项目“创新投资过程绩效与创新环境影响模式的建模研究 (71103173)”、国家软科学研究计划面上项目“国家创新发展全视角监测体系与测度方法的探索性研究”、中国博士后科学基金第四批特别项目“科技创新投资过程绩效的建模与实证研究

(201104158)”，以及 2011 年度中国科学院王宽诚博士后工作奖励基金资助项目“面向创新过程的创新系统的运作质量、功能结构与动力机制的系统性建模及在中国创新管理实践中的应用研究”联合支撑了本书的研究内容的开展。在此向国家自然科学基金委、国家软科学研究计划中国博士后基金会以及中国科学院王宽诚教育基金管理委员会的大力支持致谢！

此外，本书能顺利完稿与出版不但要感谢“中国科协三峡科技出版资助计划”的慷慨资助和评审专家的支持与建议，而且要感谢国科大官建成教授的指导、中科院政策所穆荣平研究员的支持与樊春良研究员的推荐，还要感谢所有对此书研究与出版有益的同学、朋友、同事与出版社工作人员（非常遗憾，在此不能一一提及）。当然，更要感谢我的爱人与儿子，她（他）们支持与理解给了我更多的创作的空间与研究的动力。

鉴于作者能力的有限，本书的研究与写作必然存在较多不足，文责自负，同时敬请各位读者与专家不吝指正。

作 者
2013 年 11 月于北京

中国科协三峡科技出版资助计划 2012 年第一期资助著作名单

(按书名汉语拼音顺序)

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. 包皮环切与艾滋病预防 | 10. 老年人心理健康研究报告 |
| 2. 东北区域服务业内部结构优化研究 | 11. 农民工医疗保障水平及精算评价 |
| 3. 肺孢子菌肺炎诊断与治疗 | 12. 强震应急与次生灾害防范 |
| 4. 分数阶微分方程边值问题理论及应用 | 13. “软件人”构件与系统演化计算 |
| 5. 广东省气象干旱图集 | 14. 西北区域气候变化评估报告 |
| 6. 混沌蚁群算法及应用 | 15. 显微神经血管吻合技术训练 |
| 7. 混凝土侵彻力学 | 16. 语言动力系统与二型模糊逻辑 |
| 8. 金佛山野生药用植物资源 | 17. 自然灾害与发展风险 |
| 9. 科普产业发展研究 | |

中国科协三峡科技出版资助计划 2012 年第二期拟资助著作名单

(按书名汉语拼音顺序)

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. BitTorrent 类型对等网络的位置知晓性 | 11. 节能砌块隐形密框结构 |
| 2. 城市生态用地核算与管理 | 12. 水坝工程发展的若干问题思辨 |
| 3. 创新过程绩效测度——模型构建、实证研究与政策选择 | 13. 新型纤维素系止血材料 |
| 4. 商业银行核心竞争力影响因素与提升机制 | 14. 商周数算四题 |
| 5. 品牌丑闻溢出效应研究——机理分析与策略选择 | 15. 城市气候研究中德城市规划中的整合途径比较 |
| 6. 护航科技创新——高等学校科研经费使用与管理实务 | 16. 管理机理学——管理学基础理论与应用方法的桥梁 |
| 7. 资源开发视角下新疆民生科技需求与发展 | 17. 心脏标志物实验室检测应用指南 |
| 8. 唤醒土地——宁夏生态、人口、经济纵论 | 18. 现代灾害急救 |
| 9. 三峡水轮机转轮材料与焊接 | 19. 长江流域的枝角类 |
| 10. 大型梯级水电站运行调度的优化算法 | |

发行部

地址: 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮编: 100081
电话: 010-62103354

办公室

电话: 010-62103166
邮箱: kxsxcb@ cast. org. cn
网址: <http://www.cspbooks.com.cn>

目 录

总 序	曹广晶
第 1 章 绪 论	1
1.1 选题背景与意义	1
1.2 主要内容和创新	3
1.3 逻辑结构	5
第 2 章 研究基础与现状	8
2.1 理论与实践基础	8
2.2 建模与方法基础	13
2.3 研究现状	17
第 3 章 创新过程绩效测度中指标度量的复杂性	20
3.1 测度背景与度量选择	20
3.2 考虑指标度量复杂属性存在的重点学科科技创新投入产出效率的测度框架 的构建	20
第 4 章 创新绩效的路径建模及应用：基于适于小样本、弱假设的 PLS-SEM 模型	30
4.1 测度背景与建模选择	30
4.2 基于 PLS-SEM 的中国区域创新系统功能有效性的路径检验	33
4.3 基于 PLS-SEM 的中国高技术产业创新过程的路径检验	53

第 5 章 不考虑创新过程内部转化的创新绩效建模及应用：基于非径向—非定向的 DEA 模型	65
5.1 测度背景与建模选择	65
5.2 ERM 模型的引入及在中国高技术产业创新效率测度中的应用	66
5.3 SBM-RD-Malmquist 模型的构建及在中国省域科技创新效率变化测度中的应用	86
5.4 ERM-Malmquist 模型的构建及在中国理工科高校科学创新动态绩效测度中的应用	102
第 6 章 考虑创新过程内部转化的创新绩效测度 (I)：基于现有的网络 DEA 模型	115
6.1 测度背景与建模选择	115
6.2 Kao 式关联网络 DEA 的引入及在中国高技术产业技术创新多阶段效率估计中的应用	115
第 7 章 考虑创新过程内部转化的创新绩效测度 (II)：基于新建的网络 DEA 模型	134
7.1 测度背景与建模选择	134
7.2 并行式网络 DEA 模型的构建及在中国高技术产业技术创新整体效率估计中的应用	135
7.3 链式网络 DEA 模型联合 PLS 回归的两步骤分析程序的构建及在区域创新系统的阶段性效率估计与决定因素检验中的应用	145
结论与展望	169
参 考 文 献	173
索 引	193

第1章 绪 论

1.1 选题背景与意义

为推进创新型国家的建设，特别是自 2006 年国家中长期科技规划实施以来，中国政府逐年加大研发经费投入，2012 年中国全社会科技研发经费已突破万亿元。面对如此庞大的研发规模以及愈加复杂的创新系统模式，没有比关注研发投入绩效（尤其是效率）与影响因素以及创新过程的动力机制具有宏观政策价值了。本书研究便是在此背景下展开的，起始于 2007 年 7 月，终止于 2012 年 7 月，从多个层次系统关注国家中长期科技规划执行 5 年内的绩效表现。

1.1.1 选题背景

20 世纪，特别是第二次世界大战后，科学技术已经成为经济增长和发展的主要动力。以知识创新为核心竞争力的 21 世纪的到来，使科学技术创新的重要性受到各国的重视，而 21 世纪初席卷全球的金融危机引发的新一轮科技竞争，进一步把科技创新推到了走出困境的制高点。对科技政策制定者而言，其日益的重要性必然伴随着不断递增的、有效地控制其发展的需要。对一定数量的创新投资，创新政策的制定者和创新实践的管理者首要关心的是决定创新产出数量最大化的创新效率水平。在此背景下，一个关键的行为是探索和检验科技创新活动最优化绩效的条件及关键影响因素，确立最佳的标杆行为，据此制定和实施科技政策，以改善它的绩效（Moed et al. , 2004）。本书的研究便是在此背景下展开的。

本书把创新生产过程（或系统）看成一个投入产出的系统，本着全面、有效的目的对其绩效行为进行建模分析，并付诸实证应用，服务创新政策实践。具体来说，本书的研究主要基于以下三方面考虑：

第一，创新资源的有限性：创新资源主要包括研发（Research and Development，

R&D) 人员与 R&D 经费。对一个国家或地区来说, R&D 人员显然是有限的, 而 R&D 经费也受该国家或地区的经济水平所限制, 因此也是有限的, 而非无限的投入。例如全部的经济合作与发展组织 (OECD) 国家 2006 年的研发密度 (研发经费与国民生产总值的比) 不到 2.6%。其中, 最高的瑞典也不到 4%。随着中国国力的增强, 虽然从 1978 年就推进国家创新系统的改革, 但研发密度一直没有超过 2%, 而在 2002 年前, 一直低于 1%。在创新资源有限的限制条件下, 努力改善创新绩效无疑是每一个国家或地区所追求的。从生产效率角度出发, 都努力使自己成为最优前沿面上的一员。

第二, 内生经济增长理论的诱导: 早在 20 世纪 50 年代, 以 Solow (1957) 和 Swan (1956) 为主要代表的经济学家将经济增长理论引领新古典 (外生经济增长理论) 时代, 证明了技术进步是经济增长的引擎。随后, 20 世纪 80 年代中后期, Romer (1986) 与 Lucas (1988) 等开创了内生经济增长理论研究的先河; 几乎同时, Grossman and Helpman (1991) 以及 Aghio and Howitt (1992) 为主要代表的经济学家也开始了 R&D 内生增长理论的研究。内生经济增长理论致力于技术进步内生化研究, 实现了增长理论中的第二次飞跃, 从此增长理论进入了“新”时代。R&D 内生经济增长理论则主要从创新的角度来解释经济增长的原因, 被认为是内生增长理论中最有解释力、最有发展前途的增长理论。随着该理论被认同, 国家和地区加大 R&D 投入也成为必然, 而在投入有限的条件下, 势必也追求 R&D 的利用率, 以改善产出过程的效率。

第三, 完善创新绩效测度体系的需要: 首先, 现有测度模型没有全面考虑投入和产出两方面的无效性, 这种背景下的效率估计结果显然无法有效地服务和指导创新政策发展与实践管理; 其次, 现有的创新效率估计模型多数没有考虑创新系统的内部结构, 即黑箱状态下的估计, 这样不利于全面了解创新过程中无效性的具体根源; 再者, 现有研究鲜有从创新过程与系统角度整体建模分析创新活动的绩效与影响机制; 最后, 创新理论体系的涌现与实证分析框架的不足之间的不对称发展也迫切需要引入和构建更加有效的估计模型。

1.1.2 选题意义

改善创新绩效是在现有创新资源有限的条件下提升创新能力的有效途径, 而有效控制创新绩效的一个途径便是基于历史数据对创新过程的生产效率进行估计, 分析其中无效的原因, 并筛选出相对有效的创新单元作为标杆, 为后期创新绩效的改善提供决策参考。此外, 基于历史经验数据对创新过程与创新系统的动力机制建模分析, 有助于引导选择改善创新绩效的措施。结合目前学术研究发展和中国科技发展现状, 本书的选题意义可从学术研究价值和管理实践价值两个层面分析。

在学术研究价值上, 本书通过引进和构建更加有效的数学模型来满足深层创新测