

★ 创新驾驭未来 ★

创新机理

基于复杂性科学的视角

任锦鸾 © 著



科学出版社
www.sciencep.com

创新驾驭未来

创 新 机 理

——基于复杂性科学的视角

任锦鸾 著

科 学 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

创新机理：基于复杂性科学的视角/任锦鸾著. —北京：科学出版社，2009
(创新驾驭未来)

ISBN 978-7-03-024951-7

I. 创… II. 任… III. 技术革新-研究 IV. F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 112915 号

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 7 月第 一 版 开本：B5 (720×1000)

2009 年 7 月第一次印刷 印张：11 插页：6

印数：1—2 000 字数：234 000

定价：40.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

序

PREFACE

创新是国家与社会以及企业和个人发展的源泉和动力。创造力是人类发展的最根本动力，但是做出真正的创新成果往往需要艰苦的努力，其原因之一在于影响创新的因素不但众多，而且关系复杂。因此，需要在科学思想指导下对现有的客观事物重新进行深入的思考和研究。

自从 J. A. Schumpeter 提出创新理论以来，伴随着社会经济的变化，创新理论经历了从 Schumpeter 创新理论向技术创新理论、制度创新理论、系统创新理论和复杂创新理论不断发展的过程。复杂性科学的发展为创新的研究提供了新的视角，尤其是复杂适应系统的发展为创新的研究不但提供了新的思维模式，而且提供了模拟研究工具。

复杂适应系统理论以探讨生物系统的进化过程为基础，而技术创新的过程也体现了与生物系统相似的特征。例如，在生物演化过程中，有机体通过基因可以从父代接受遗传信息，在行为和特征上表现出与父代的相似性。在技术的演化过程中，新技术往往也是从旧技术的改良或几类技术系统的重新组合中发展而来，而创新系统在社会经济系统发展过程中所呈现出的多主体性、多层次性、不确定性、涌现性和进化性等则反映出创新系统所具备的复杂系统特征。因此，用复杂适应系统的理论和

方法对创新系统进行研究的构思是有科学依据和值得称道的。

任锦鸾博士的著作主要进行了以下方面的研究：

- ①在分析创新系统复杂性的基础上，证实了创新系统是一个复杂适应系统，提出用复杂适应系统理论和方法对创新系统的机理进行研究具有必要性和可行性。
- ②基于复杂适应系统理论分析了技术复杂性的起源，指出了创新系统呈现出复杂性的主要原因，提出了创新系统的复合三链螺旋模型。
- ③结合中国创新活动现状，运用复杂适应系统中的 SWARM 研究工具对创新系统的形成、演化过程进行了模拟。
- ④运用相关的模拟工具分析了创新网络中创新主体之间的相互作用对技术进化的影响。
- ⑤结合相关的实例，提出了考察创新系统对社会发展影响的有关理论和方法。

前人对于创新的研究已有不少成果，但是运用复杂性科学的理论和方法对创新系统的演变过程、发展规律及其对社会影响等的系统研究成果目前还不是很多。积极地综合运用多学科理论和方法，勇于提出新观点，才能推进创新系统领域中实践和理论的发展。因此，可以说这一著作无论是研究的视角，还是其运用的研究理论和方法，对创新系统所做的有益探讨都是值得赞赏和令人鼓舞的！

任锦鸾

2009年2月15日

目 录

C CONTENTS

序

第一章 | 绪论 1

- 1.1 创新理论的起源和发展 2
- 1.2 创新系统的概念和内涵 6
 - 1.2.1 技术创新 6
 - 1.2.2 与创新相关的概念 7
 - 1.2.3 创新系统的概念 9
 - 1.2.4 创新系统的内涵 10
- 1.3 研究现状及困惑 11
 - 1.3.1 研究现状 11
 - 1.3.2 研究现状分析 14
 - 1.3.3 创新研究困惑 19
- 1.4 本书的研究目的、内容和思路 20
 - 1.4.1 研究的目的 20
 - 1.4.2 研究的内容 21
 - 1.4.3 研究的思路 21
- 1.5 本章小结 24

第二章 | 复杂性理论及其在创新系统研究中的应用 25

- 2.1 复杂的世界与复杂性科学 26
 - 2.1.1 复杂的世界 26



2.1.2	复杂性科学的起源和发展	27
2.2	复杂性科学研究现状	29
2.2.1	国外研究现状	29
2.2.2	国内研究现状	30
2.2.3	复杂性科学研究评述	31
2.3	复杂性科学的理论和方法	31
2.3.1	复杂性	31
2.3.2	复杂性与其他概念的比较	33
2.3.3	复杂系统	34
2.3.4	复杂性理论	35
2.3.5	复杂系统的研究方法	37
2.3.6	CAS 理论和方法	38
2.4	创新系统的复杂性	44
2.4.1	创新系统复杂性的来源	45
2.4.2	创新系统的复杂适应特性	49
2.5	本章小结	52

第三章 | 基于复杂性理论的创新系统运行机理 53

3.1	创新系统理论	54
3.1.1	国家创新系统	54
3.1.2	三链螺旋模型	56
3.2	创新系统的动力学机理分析	57
3.2.1	技术复杂性和多样性	57
3.2.2	创新系统复杂性产生的机理	59

3.3 创新系统复杂特性的定量描述	61
3.3.1 相互作用的定量化研究	61
3.3.2 创新系统适应过程的定量化描述	63
3.4 创新系统模型	67
3.5 创新系统动力学	70
3.5.1 创新主体	70
3.5.2 创新活动的投资	72
3.5.3 主体间的合作	73
3.5.4 创新网络的涌现	74
3.6 本章小结	75

第四章 | 基于中国创新系统现状的创新网络形成过程模拟 76

4.1 中国创新系统现状	77
4.1.1 政治经济制度环境	77
4.1.2 投入现状	78
4.1.3 产出现状	81
4.1.4 合作创新	84
4.1.5 现状分析	87
4.2 创新系统模拟建模	88
4.2.1 模拟模型	88
4.2.2 模拟平台和语言	89
4.2.3 模拟假设	89
4.3 模拟过程设计	91
4.3.1 模拟基础条件	91
4.3.2 模拟方案设计	93
4.3.3 模拟参数设计	97



4.4	模拟分析	98
4.4.1	模拟结果	98
4.4.2	结果分析	98
4.5	模拟设计中的主要创新点	114
4.6	本章小结	115

第五章 | 创新网络对技术进化的影响 116

5.1	创新网络复杂性	117
5.1.1	N-K 模型	117
5.1.2	基于 N-K 模型的创新系统复杂性分析	120
5.2	创新网络对技术进化影响的模拟	123
5.2.1	创新网络对技术进化影响的理论分析	123
5.2.2	基础模型下的技术锁定和锁出	124
5.2.3	技术-市场环境下的技术锁定与锁出	127
5.2.4	政府-技术创新主体-市场网络中技术的 锁定与锁出	130
5.2.5	模拟启示	133
5.3	本章小结	135

第六章 | 创新对社会的影响 136

——以创新对能源供需结构的影响为例

6.1	创新、技术进步及其对社会的影响	137
6.2	技术进步对能源系统的影响	138
6.2.1	我国能源系统现状分析	138
6.2.2	影响能源系统的技术进步类别	140
6.2.3	能源系统建模	140

6.3	技术进步对能源供应结构的影响	141
6.3.1	能源生产技术创新机制建模	141
6.3.2	能源供应结构预测	142
6.4	技术进步对能源需求结构的影响	145
6.4.1	技术进步影响的能源需求量变化率	145
6.4.2	能源需求量预测	147
6.4.3	预测结果	147
6.5	能源政策建议	152
6.6	本章小结	153
第七章 全书总结及展望		154
7.1	本书的主要成果和创新点	155
7.2	进一步研究展望	156
参考文献		158
后记		165



生物的繁衍、社会的进步、科技水平的提高乃至人本身的不断发展都是一个从低级到高级、从简单到复杂不断进化的过程。任何创新都是建立在已有研究成果基础之上的，因此，在进行新的研究之前，只有对相关领域的现有科研成果进行透彻理解和系统分析，才能为进一步的研究打下良好的基础。

当今世界，科学技术日新月异，科技创新深刻影响着各国的经济、政治、军事、文化等各个方面，成为解决一系列两难问题的希望所在。虽然创新是经济增长动力之源的观念已在社会各界达成共识，但是在推进经济发展中创新的作用还远远没有得到充分发挥。在我国，突出的表现是：高校、科研机构和企业等通常只从各自或短期的利益出发制定目标，导致高校、科研院所的研究成果与企业的直接需求匹配度低，企业的产品与市场的需求匹配度低；同时，政府的宏观调控政策也不能有效解决高校、科研院所、企业中存在的问题；市场机制还不健全。以上问题综合导致在创新成果产出本来就少的情况下，科研成果产业化效率还低。研发（R&D）投资低、科研人员数量少只是创新能力低的表面和直接原因，更深层次的原因必须从系统的角度、利用新的理论方法去挖掘、探索。以往对创新的研究重点集中于某一侧面，系统化的研究刚刚起步。因此，对创新以及创新系统的起源、组织形式、动力学机理进行系统化研究，为国家创新政策的制定提供科学的依据，进而提高创新在经济发展中的作用，对于解决我国经济发展面临的深层问题、增强综合国力和国际竞争力具有重要的现实意义。

本章主要包括以下几方面。

◆ 简要综述了创新理论的起源和发展，指出创新理论发展与世界经济发展的相关性。

◆ 分析了创新系统理论当前研究的内容，并对其进行了解析。

◆ 从几个方面阐述了创新系统研究的国内外现状和存在的困惑。

◆ 提出了本书的研究目的、内容和思路。



1.1 创新理论的起源和发展

自 1921 年 J. A. Schumpeter 提出创新的概念以来, 创新理论本身不断发展完善, 而这一过程又与世界经济的跌宕起伏息息相关。

由于不满意传统经济学只注重劳动、资本这些实物生产要素对经济发展起决定性作用的解释, 并受马克思关于技术进步在经济发展和制度变更中起革命性作用的理论分析的影响, Schumpeter 在其著作——《经济发展理论》中正式提出了“创新”的概念^[1]。这一伟大的理论在当时并没有受到经济学家的重视。

直到 20 世纪 50 年代, 欧美经济发展速度之快已不能用传统生产要素投入所起的作用来解释, 人们开始关注技术创新的作用。1957 年, S. C. Solow 发表了《技术进步与总生产函数》一文, 提出了用生产函数中的余值来测算技术进步率的量化方法。此后, 创新理论的研究逐渐分为两个分支: 技术创新理论和制度创新理论。

20 世纪 70 年代末 80 年代初, 以 M. Mansfield、C. Freeman、R. Nelson、Silverberg、W. B. Arthur、P. Stoneman 等为代表的一批经济学家发展了 Schumpeter 的创新理论, 并自称“新熊彼特学派”(Non-Schumpeterian)。代表著作有 Freeman 1974 年出版的《工业创新经济学》和 Stoneman 1983 年出版的《技术变革的经济分析》等。20 世纪 80~90 年代的研究成果是极其丰富的。1982 年, Nelson 和 S. Winter 提出了技术进步的“进化理论”; Silverberg 构建了基于自组织理论的经济动态和技术进步模型; Arthur 提出了“技术-经济模式”理论; Giovanni Dosi 提出了“技术轨道”的

概念。总之,新熊彼特学派研究了技术进步在微观经济行为、产业结构变动过程和经济体系的宏观经济转变中的作用。此外,J. M. Utterback 和 N. Abernathy 从产业创新的角度提出了 Utterback-Abernathy 动态模型; Gary Hufbauer 等学者对 Schumpeter 的技术创新群的概念进行了验证; Kuznets、Van Duijn 等确立了创新生命周期的概念。这一时期的代表著作作为 Giovanni Dosi 等合著的《技术进步和经济理论》^[2],在 1988 年出版。

丹麦经济学家 Bengt-Ake Lundvall 第一个使用了“国家创新系统”的表述,他的研究强调了创新系统中主体间的互动作用。1987 年 Freeman 在 Friedrich List 理论的启发下提出了“国家技术创新系统”的概念;Freeman 首先对日本的国家创新系统进行了研究,从制度和产业结构上剖析了创新的系统性和国家干预的重要性,1987 年发表了《技术政策与经济运行:来自日本的经验》。1993 年 Nelson 和 N. Rosenberg 出版了《国家创新系统:一个比较研究》,比较了 15 个国家的创新系统。Nelson 强调了国家制度在创新中的重要作用,他认为,在科学和技术的发展中存在着种种不确定性,对付这种不确定性高的活动,有多种可能的制度安排和战略选择。经济合作和发展组织(OECD)1994 年启动了“国家创新系统项目”,对多国创新体系开展了大规模的研究,随之发表了一系列的研究报告。OECD 认为,国家创新系统的核心内容是科学技术知识在一国内部的循环流动。其研究的重点是整个系统中创新互动和知识流动的效率。国家创新系统对经济发展的意义在于:经济的发展是新技术和与之相适应的制度相结合的结果。世界经济的发展表明,国家创新系统能使一国在有限的资源条件下获得较快的经济发展^[3]。

20 世纪 90 年代后,信息技术、知识经济的发展向现有的技术创新理论提出了挑战,使经济学家们认识到必须在更广阔的空间研究技术创新才能掌握其与经济的关系,因此出现了技术创新和制度创新的融合。Benhabib、Serlitis、Day、Barnett 等描述了技术创新的非线性特点^[4];国家技术创新系统成为研究的热点;人们开始考虑技术与环保问题的绿色技术创新的研究。我们可以将这一时期的技术创新研究称为系统化的技术创新。

创新系统理论的发展与“知识经济”的出现有着密切的关系。知识密集是高新技术产业的特点,知识的生产和扩散将越来越多的机构联系在一起,自然而然,加强了创新主体之间的相互依赖性,这促使人们必须用系统的观点来研究创新理论。

当前对创新系统研究的理论基础主要还是系统科学中较成熟的非线性理论、自组织理论和进化论,但已开始把复杂性科学的理论和方法应用到这一领域。复杂性科学最早的和最主要的研究对象之一是经济领域的复杂性,多元化经济出现的根源其实就在于经济系统内部多组元之间的多重关联。自然而然,研究作为经济发展主要动力的创新活动必然要运用复杂性理论,同时,这一研究也是对复杂性理论进一步深化和丰富的契机。

国外一些学者已开始了用复杂性理论对创新系统进行研究。1998年 Gregory A. Daneke 研究了非线性经济和美国创新系统的进化过程。他利用非线性理论、自组织理论完善了 Schumpeter 的创新理论,认为技术创新作为经济增长的中心,将对其他的社会要素产生重要的影响^[5]。1999年英国学者 Robert W. Rycroft 和 Don E. Kash 出版了《复杂性的挑战: 21 世纪的技术创新》,作者从技术、生产和组织三个方面分析了技术创新向复杂性的转变,认为在复杂环境中技术创新的成功依赖于对组织网络的适应。2000年荷兰的 Koen Frenken 发表了关于创新网络方面的研究成果,他利用 N-K 网络模型来分析创新网络,认为创新的成功依赖于生产者、用户和政府在网络中交互的能力^[6]。2001年哈佛大学的 Lee Fleming 和加利福尼亚大学的 Olav Sorenson 利用 N-K 模型和复杂适应系统 (complex adaptive system, CAS) 理论研究了技术的发明,通过专利数据的实证研究得出结论,个体间的相互依赖程度对技术发明的成功起决定作用^[7]。1998年,欧盟 (EU) 的 Tser-Programme 项目的一个子项目——SEIN (simulating self-organizing innovation networks) 开始了相关研究^[8],旨在深入理解在大学-企业-政府间形成的创新网络的运转机制、生命循环和适应能力,从而为成功的创新网络的构建制定指导性方针,研究的重点在于创新网络的结构和动力学^[9]。

由以上论述可见,对创新理论本身来说,人们经历了一个认识、研究

和应用的过程。Schumpeter 认识到了创新在经济发展中的重要作用，此后经济学家在对创新理论本身规律研究的基础上探讨了其与经济系统的关系，以使用之指导创新政策的制定，促进经济的发展。经济学家研究技术创新的内容是随经济的发展而不断变化的，经济学家往往依据当前的环境来研究创新理论，并将其应用到实际中，以促进经济的发展；当变化后的经济对创新理论提出挑战时，又促进创新理论的进一步发展。因此，二者之间是互动促进的关系。本书认为最具有现实意义的创新理论应随经济发展而完善，这样才能为经济的快速发展提供有益的指导。同时，我们也体会到了 Schumpeter 的伟大之处，他超前于时代地意识到了创新在经济发展中的巨大作用，但遗憾的是他的理论并没有立刻引起重视。

本书将创新理论发展的过程和与之相关的经济发展进程近似地划分为五个阶段^[9]，如图 1-1 所示。

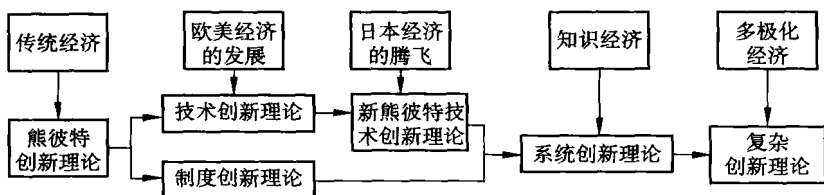


图 1-1 创新理论的发展过程

1. 第一阶段

20 世纪初，鉴于传统经济学没有考虑技术进步在经济发展中的作用，Schumpeter 提出了“创新”的概念和以之为核心的经济学理论。

2. 第二阶段

20 世纪 50 年代，主要是对 Schumpeter 创新理论的验证，进行了一系列的实证研究，从企业、产业层次进行技术创新测度研究和基于企业层次对技术创新的动力机制、市场机制进行研究，并对技术创新理论进行了完善。

3. 第三阶段

20 世纪 70 年代末，日本经济的突飞猛进使经济学家们意识到了制度对经济发展的强烈影响，制度创新的研究与技术创新的研究开始并驾齐驱。

4. 第四阶段

20 世纪 80 年代后期，人们逐渐认识到了创新的多主体性、动态性、集成性等综合特性，创新的系统范式逐渐形成，而且提出了“国家创新系统”的概念并开始了这一方面的实证研究。可将这一时期的技术创新理论称为系统创新理论。

5. 第五阶段

在多元化经济的背景下，开始了以复杂理论为基础的对创新机理、创新网络形成的研究。

从对创新理论起源和发展的评述中可以看出，研究创新的目的、角度总是在发生变化，因此，在不同的研究背景下对创新的内涵要有明确的界定，才能使创新的研究符合时代要求，才能为推动经济和社会的发展做出最大的贡献。创新和创新系统的内涵究竟是什么，明确这一点对于我们进一步的研究具有重要意义。



1.2 创新系统的概念和内涵



1.2.1 技术创新

从创新的概念提出之后，关于技术创新、组织创新、制度创新、管理创新等相关概念，不同的学者提出了不同的看法。本书认为这是由于以下原因造成的：研究的角度、目的不同，各位学者自然会根据自己研究的需要提出对创新的不同见解；创新本身是一个包含内容广泛、过程复杂的问题；创新所处的社会环境在不断变化，人们的价值观念也在不断变化，导致创新是一个不断发展的概念。鉴于已有的文献对技术创新已做了详细的论述和阐明，本书不再赘述。傅家骥教授等主编的《技术创新学》对技术

创新的概念进行了较明确、全面的界定，本书引用至此，作为进一步研究创新系统的基础。技术创新是企业家抓住市场的潜在盈利机会，以获取商业利益为目标，重新组织生产条件和要素，建立起效能更强、效率更高和费用更低的生产经营系统，从而推出新的产品、新的生产（工艺）方法，开辟新的市场，获得新的原材料或半成品供给来源或建立企业的新的组织，它是包括科技、组织、商业和金融等一系列活动的综合过程^[10]。此外，他对于狭义和广义的技术创新的界定对进一步的研究也具有指导意义：狭义的技术创新始于研究开发而终于市场实现；广义的技术创新始于发明创造而终于技术扩散。在本书中，涉及的技术创新概念指的是广义的技术创新。

1.2.2 与创新相关的概念

在技术创新成为研究核心的同时，还有一系列相关的概念^[11~16]。

1. 制度创新（system innovation）

贾理群等认为，制度创新是指能使创新者获得追加利益的现存制度的变革，制度创新在整个管理体系中处于基础和保证地位。任何激进的技术创新都涉及生产组织和市场结构的变化，因此制度创新与技术创新是不可分割的。

2. 管理创新（management innovation）

它是指为了在市场竞争中获得管理优势，重组管理资源，以便更有效地进行管理，以取得创新效益的过程。

3. 组织创新（organization innovation）

路言等指出，组织创新意味着打破原有的组织结构，并根据环境和条件的变化对组织的目标加以变革，同时对组织内成员的责、权、利关系加以创新构制，形成新的结构和新的人际关系，使组织的功能得到发展。其内涵在于组织从形式到内容、从结构到制度的全面更新。

4. 产品创新（product innovation）

OECD1997年的《国家创新体系》报告中关于产品创新的定义是：提高