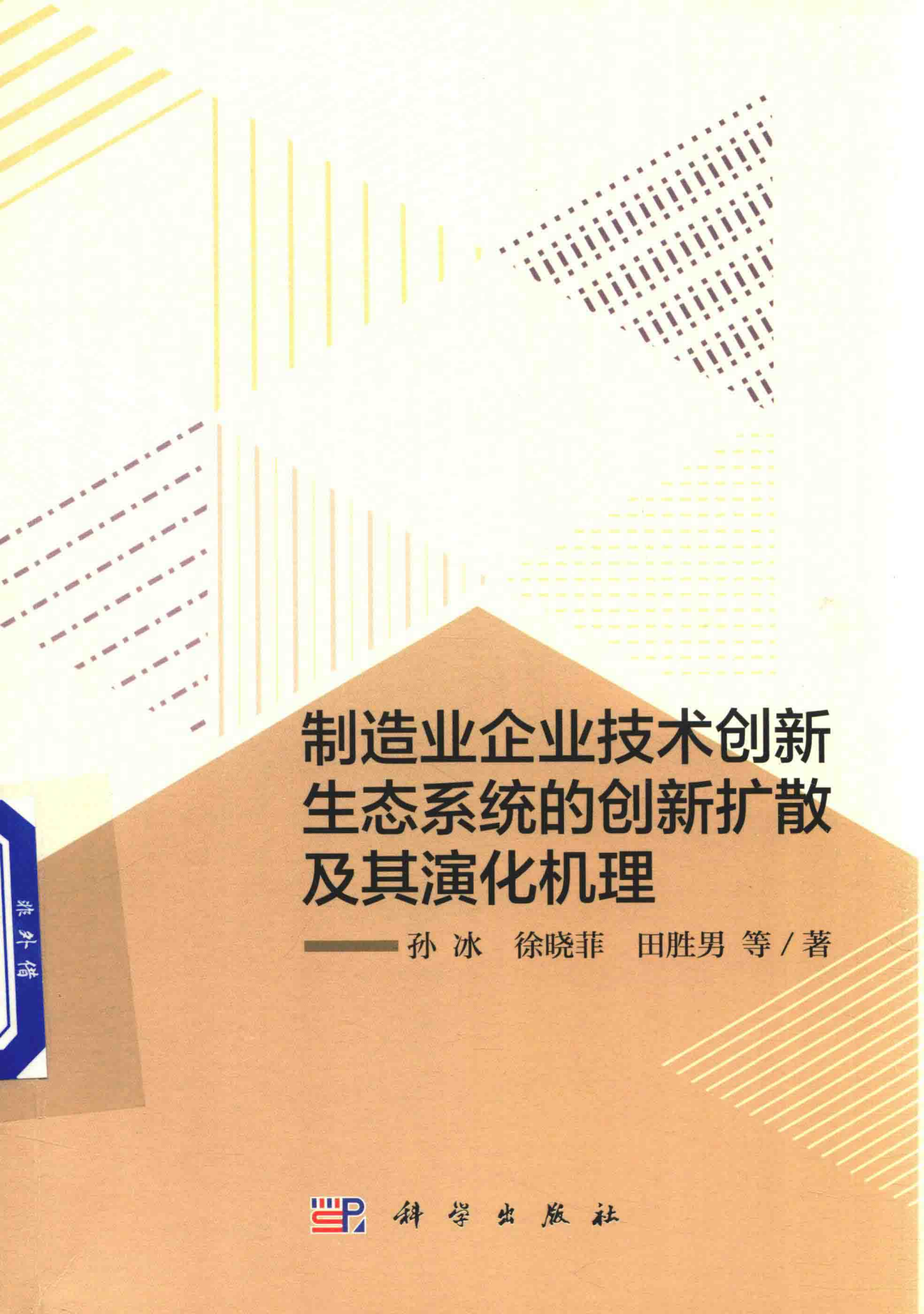




制造业企业技术创新 生态系统的创新扩散 及其演化机理

—— 孙 冰 徐晓菲 田胜男 等 / 著



科学出版社

制造业企业技术创新生态系统的 创新扩散及其演化机理

孙 冰 徐晓菲 田胜男 等 著

国家自然科学基金项目（项目编号：71372020）

高等学校博士学科点专项科研基金项目（项目编号：20132304110025）

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

在创新 3.0 时代,从创新生态系统的视角入手,研究制造业企业的创新扩散及其演化机理问题,对于我国经济的持续发展、制造业产业的转型升级具有重要的理论价值和现实指导意义。本书进行制造业企业技术创新生态系统创新扩散的网络结构分析和过程模拟,提炼四个维度的创新扩散动力要素,并探讨创新扩散动力模型的时空演化规律。基于 MLP 框架,从创新生态位、技术范式和社会技术地景三个层面剖析制造业企业技术创新生态系统的创新扩散和时空演化机理,并分别采用智能体模型仿真、纵向案例研究的方法进行进一步验证。同时,设计创新扩散的相关对策分析框架,并在考量增强创新扩散动力的基础上,立足于企业、市场和政府三个视角,提出促进制造业企业技术创新生态系统创新扩散的具体对策建议。

本书可供创新管理领域的研究人员、高校师生、企业管理者以及政府有关部门的决策人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

制造业企业技术创新生态系统的创新扩散及其演化机理 / 孙冰等著.
—北京: 科学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-03-056700-0

I. ①制… II. ①孙… III. ①制造工业—工业企业管理—技术革新—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 043663 号

责任编辑: 兰 鹏 / 责任校对: 王晓茜
责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 无极书装

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 3 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2018 年 3 月第一次印刷 印张: 15

字数: 300 000

定价: 105.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

21 世纪是大变革时代，面对经济全球化格局的转变以及经济持续健康发展的各方压力，我国已经意识到技术创新对推进新型工业化、转变经济增长方式产生的重要作用。创新扩散由于能够产生技术创新成果的规模效应，逐渐成为创新领域的研究热点。同时，在创新 3.0 时代，创新研究范式已经从“创新系统”发展到“创新生态系统”，国家间的竞争、企业间的竞争已然转变为创新生态系统间的竞争。在此背景下，制造业企业作为我国技术输出的中坚力量，担负着推动经济长期平稳较快发展的关键责任，创新扩散不仅成为制造业企业获得竞争优势、营造良好创新生态环境的重要途径，更是提升国家综合国力，促进社会经济健康发展的有力保障。因此，在当前复杂的社会经济环境中，立足于创新生态系统的视角，多层面、深入地研究制造业企业的创新扩散及其演化机理，科学客观、切实可行地提出相关对策建议，对于我国经济的持续发展、制造业产业的转型升级具有重要的理论价值和现实指导意义。

尽管关于创新扩散的研究已经取得了较为丰富的成果，但现有研究多基于单独企业或个体层面，忽视了创新扩散主体的交互作用表现出的复杂生态系统特征，也较少运用创新生态位、多层分析视角（multi-level perspective, MLP）、仿真模拟等前沿理论和先进方法。同时，关于创新扩散动力研究的系统性和动态性体现不足，并且忽略了创新扩散中核心企业的重要作用，将二者割裂开来。有鉴于此，本书研究的目的在于，从生态学和演化经济学角度丰富创新扩散的研究内容，系统而深入地探讨我国制造业企业创新扩散及其演化机理，综合运用数理模型、仿真模拟、案例分析等多种方法，力争使理论研究指导实践。

本书主要在以下几个方面做了探索性工作。

（1）制造业企业技术创新生态系统创新扩散的网络分析。分析制造业企业技术创新生态系统的特征及系统内各主体间的作用关系，讨论基于 MLP 框架研究创新扩散机理的可行性。在此基础上，运用网络分析法表征技术创新生态系统创新扩散的网络结构与核心企业，并采用创新扩散复杂网络模型对不同参数下的创新扩散过程进行仿真模拟，进而基于专利数据构建手机芯片技术专利引文网络及专利权人网络，基于主路径分析法提取手机芯片专利技术的扩散路径并识别出该领域的核心企业。

（2）制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力及其时空演化研究。提炼并

总结扩散株、扩散源、扩散宿、扩散域等四个维度的制造业企业创新生态系统创新扩散动力要素。选择吉林省新能源汽车创新生态系统，运用结构方程模型验证所构建的创新扩散动力理论模型。建立制造业企业创新生态系统创新扩散动力的成长上限基模，运用反馈回路、原因树、结果树等系统动力学分析工具，探索四维度创新扩散动力的成长趋势；并基于技术生命周期的时序进展以及动力要素作用效果的变化，探讨制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力模型的时空演化规律。

(3) 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的 MLP 分析和演化机理研究。分别从核心企业的合作伙伴选择、网络嵌入性对创新扩散的作用入手，分析技术生态位和市场生态位的形成问题，进而剖析基于创新生态位的制造业企业技术创新生态系统的创新扩散机理；基于博弈论分别研究竞争关系与合作关系下创新扩散主体的新技术采纳策略，分析技术标准的形成机制与锁定机制，进而剖析基于技术范式的制造业企业技术创新生态系统的创新扩散机理；分析社会技术地景作用下创新扩散的自组织运行机理，进而剖析基于社会技术地景的制造业企业技术创新生态系统的创新扩散机理。在此基础上，运用 MLP 框架对制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理进行整体性描述，并对创新扩散的时空演化机理进行分析。并且，分别采用智能体模型仿真、纵向案例研究的方法，进一步验证和讨论制造业企业技术创新生态系统创新扩散及演化机理。

(4) 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的相关对策研究。参考制造业企业技术创新生态系统创新扩散的功能性评估、诱导机制与阻碍机制的分析，设计创新扩散的相关对策分析框架，并在考量增强创新扩散动力的基础上，立足于企业、市场和政府三个视角，提出促进制造业企业技术创新生态系统创新扩散的具体对策建议。

本书的写作是不断发现新问题的过程，也是我们不断探索和攀登高峰的过程。作为从生态学视角研究创新扩散的抛砖之作，本书期待着创新领域研究者和实践者的赐阅。由于作者水平有限，虽然经过反复推敲，书中难免有不足之处，恳请各位读者多提宝贵意见和建议，以使本书和后续研究得以不断完善。

作者

2017年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 本书的研究背景和研究目的	1
1.2 国内外研究现状及评述	4
1.3 本书的研究思路与研究方法	20
1.4 本书的探索性研究工作	23
第 2 章 制造业企业技术创新生态系统及其创新扩散的内涵界定	25
2.1 制造业企业技术创新生态系统相关概念	25
2.2 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的内涵界定	32
2.3 创新扩散与技术变迁的同构性分析	35
2.4 创新生态位	37
2.5 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的研究框架	40
本章小结	43
第 3 章 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的网络分析	44
3.1 复杂网络理论	44
3.2 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的复杂网络特征分析	47
3.3 基于专利引文网络的技术扩散分析	53
本章小结	65
第 4 章 制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力研究	66
4.1 制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力来源及其动力要素分析	66
4.2 制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力模型的理论框架构建	70
4.3 操作性定义与问卷调查	78
4.4 假设检验	87
本章小结	94
第 5 章 基于系统动力学的制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力演化研究	96
5.1 研究方案设计	96
5.2 操作性定义与高层结构图	97
5.3 制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力的成长上限基模分析	101

5.4 制造业企业技术创新生态系统创新扩散动力的时空演化研究	106
本章小结	117
第 6 章 基于创新生态位的制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	118
6.1 基于合作伙伴选择的制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	118
6.2 基于网络嵌入的制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	129
本章小结	141
第 7 章 基于技术范式的制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	142
7.1 制造业企业技术创新生态系统的创新扩散主体间的作用关系	142
7.2 竞争关系下制造业企业技术创新生态系统的创新扩散机理	144
7.3 合作关系下制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	151
7.4 竞争与合作交互作用下的创新扩散机理及技术标准锁定分析	161
本章小结	164
第 8 章 基于社会技术地景的制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理	165
8.1 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的社会技术地景层研究	165
8.2 基于社会技术地景的制造业企业技术创新生态系统创新扩散的自 组织机理	166
本章小结	174
第 9 章 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的整体性模型及其演化 机理	175
9.1 制造业企业技术创新生态系统创新扩散机理的 MLP 整体性模型	175
9.2 制造业企业技术创新生态系统创新扩散的时空演化机理分析	177
9.3 制造业企业技术创新生态系统创新扩散及演化机理的仿真分析	181
9.4 制造业企业技术创新生态系统创新扩散及演化机理的案例研究	188
本章小结	197
第 10 章 制造业企业技术创新生态系统创新扩散相关对策研究	199
10.1 制造业企业技术创新生态系统创新扩散对策的理论基础	199
10.2 制造业企业技术创新生态系统创新扩散相关对策框架	200
10.3 促进制造业企业技术创新生态系统创新扩散的相关对策	206
本章小结	214
参考文献	215
后记	233

第1章 绪 论

1.1 本书的研究背景和研究目的

1.1.1 本书的研究背景

2015年5月8日，国务院正式发布《中国制造2025》。该文件明确指出，我国应坚持走中国特色新型工业化道路，以促进制造业创新发展为主题，坚持把创新摆在制造业发展全局的核心位置，推动跨领域跨行业协同创新。这标志着粗放式的增长模式已经走到尽头，需要通过提升本土制造业企业自主创新的水平，加快实现由传统工业化向新型工业化的转变，走出多年来徘徊于低附加值的产业链末端的境地。可见，通过技术创新实现制造业的健康发展，促进传统产业转型升级，已经成为我国未来经济发展的重要任务。然而，尽管《纽约时报》曾经预测中国在未来十年将成为创新领袖，但是目前我国研发开支与创新有效产出、成功市场化却并不能够呈等比例增加，创新的低扩散率与高风险现象十分突出。据波士顿咨询公司近期对我国企业的创新调查显示，57%的被调查企业对其新产品的市场表现不满意，即技术创新成果并没有得到有效的扩散。由此可见，制造业企业技术创新扩散已经成为我国新型经济发展中的一个瓶颈。在此背景下，中国作为技术的后发国家，如何有效地提升制造业企业创新扩散的水平进而加快工业转型的进程是一个重要的研究议题。

从20世纪60年代Fourt和Woodlock (1960)、Mansfield (1961)等学者关于创新扩散的研究问世以来，创新扩散的预测和建模等问题一直是学术及实践中的热点与重点研究课题。在半个多世纪的发展历程中，创新扩散的研究重点不断随着经济环境和社会环境进行改变，引领着新思想、新技术的市场化传播。Meade和Islam (2006)在回顾创新扩散的研究时总结提出，未来的创新扩散研究将集中于三个方面：第一，在数据较少甚至缺乏数据的前提下的扩散预测；第二，多模型（方法）结合的扩散研究；第三，多世代技术的扩散研究（Meade and Islam, 2006）。目前，众多学者（Garber and Muller, 2004; Ander, 2006）的研究普遍认为，制造业企业的技术创新已不再是单个企业可以独立完成任务，而是一个必须与其他企业进行互补性协作的动态活动，由此制造业企业的创新扩散呈现了协同性、网络性和集群性等生态系统特点（Hu, 2009; Tseng, 2009; Shin and Jalajas,

2010), 以及非线性、适应性和自组织等演化特点 (Rose et al., 2005; Katz, 2006)。近年来, 国外学者尝试将生态系统思想和演化经济学理论相结合, 以对制造业企业及其创新扩散的重点研究方向进行探索, 并提出了一些重要的方法和理论观点。例如, 国外学者 (Kemp et al., 1998; Kemp and Rotmans, 2001; Hoogma et al., 2002; Raven, 2005, 2010) 提出了战略生态位管理 (strategic niche management, SNM) 理论和多层分析视角 (multi-level perspective, MLP), 并在研究一些新兴技术的扩散方面取得了初步的研究成果 (Geert et al., 2010; Lopolito et al., 2011)。然而, 我国学者在创新扩散研究中很少结合生态系统思想和演化经济学理论, 也较少涉及国外学者所提出的 MLP、SNM 等理论和方法。

21 世纪经济学已经进入了一个多元化的时代, 均衡分析的固定框架、“华盛顿共识”的最优和机械思维等主流经济学范式已经逐渐被动态经济发展的分析模式、“北京共识”的多样性和创新等新范式取代。演化经济学是 21 世纪经济学所面临的革命性变化的主导力量。它致力于了解经济组织的内部结构, 以便更好地研究技术进步, 理解创新发生的过程并寻求经济的演化过程。与经济学研究范式的发展类似, 系统科学的研究正处于从无生命系统研究到有生命系统研究的转变, 从工程技术领域到社会科学、生命科学领域的转变 (李阳阳和焦李成, 2007)。当学者逐渐意识到系统的复杂性时, 传统的简单线性的系统研究方式也就被复杂的非线性的模型取代。与此相适应地, 传统的研究方法, 包括口头描述和数学分析, 需要被新方法和工具 (复杂网络分析、计算机模型、仿真模拟等) 取代。这些研究方法基于复杂系统科学理论, 结合了口头描述和数学分析的优点, 可以用于描述多层次、混杂的行动者, 呈现多属性的行动者相互间时空关系的变化情况, 进而体现从微观到宏观的涌现机制。

综上所述, 在我国工业转型升级的压力下, 在当前多变且复杂的社会经济环境中, 本书尝试基于生态系统思想, 在综合运用 MLP 理论模型的基础上, 结合演化经济学理论、复杂系统理论、社会网络分析、智能体仿真等方法, 在甄选创新生态系统创新扩散动力的基础上, 深入探索制造业企业创新扩散的发展规律和演化机理, 提出科学合理的对策与建议。这些研究成果将对我国制造业企业未来的长远发展以及我国制造业的持续技术进步具有重要的借鉴与参考价值。

1.1.2 本书的研究目的

本书力图实现以下三个方面的研究目的。

一是从生态学和演化经济学角度丰富创新扩散的研究内容。正如前面所述, 在目前这个动态发展的经济时代, 传统的经济学范式与经济学思维方式已无法满足经济与社会发展的需求。现有的关于创新扩散的研究使学者看到, 在生态系统的思维

下,运用时间维和空间维相综合的视角,结合以“创造性毁灭”为特征的演化经济学(梅特卡夫,2007)来分析创新扩散的问题,具有必然性和深远的意义。本书旨在进一步阐述这种必然性,分析制造业企业技术创新生态系统的特征和内涵,在生态系统和时空交互演化的视角下,丰富技术创新和创新扩散研究的体系与内容。

二是系统而深入地探讨我国制造业企业的创新扩散及其演化机理。创新扩散已经成为经济健康发展的一个重要环节,针对创新扩散及其演化的研究在国际上也呈现了递增的趋势,但由于不同发达程度的国家对技术变革的理解和执行程度有所不同,企业创新扩散及演化路径存在差异。本书将立足于目前我国制造业企业技术创新难以扩散应用、核心技术相对集中分布的现状,在构建制造业企业技术创新生态系统的基础上,甄选生态系统中创新扩散的动力要素,将国际前沿的MLP理论引入我国制造业企业技术创新实践中,力争探索生态系统创新扩散的内在机理,掌握生态系统中创新扩散演化的发展规律。

三是综合运用数理模型、演化博弈、仿真模拟、案例分析等多种方法,力争使理论研究指导实践。本书基于复杂网络理论对制造业企业技术创新生态系统的创新扩散进行研究,通过专利数据对制造业企业技术创新生态系统中创新扩散路径进行实证分析,运用数理模型、演化博弈、仿真模拟等方法探索和模拟制造业企业技术创新生态系统创新扩散的多层面机理,采用智能体仿真、案例分析验证制造业企业技术创新生态系统创新扩散的时空演化机理,旨在以实际数据、仿真分析、实例检验等方式实现理论与实践的对接,为制造业企业把握技术创新扩散的发展路径和主要环节、进而为科学决策和制定相关对策提供重要依据。

1.1.3 本书的研究意义

在当前我国制造业企业整体创新扩散水平不高的情况下,本书基于生态学相关理论和MLP理论框架,系统、深入地研究制造业企业技术创新生态系统的创新扩散机理及时空演化规律,进而设计出相关对策框架。此项研究对我国制造业企业的健康成长、技术的持续进步和新型经济的发展具有重要的理论与现实意义。

(1) 理论意义。创新扩散的研究在全球范围内方兴未艾,创新生态系统研究更是当今管理科学研究的一个热点和前沿。本书从制造业企业技术创新生态系统的普遍性研究入手,构建制造业企业技术创新生态系统的创新扩散动力模型,并以技术生命周期的时序进展为时间演化进程,以动力要素的具象表现为空间存在形式,探讨创新扩散动力的时空演化规律,并通过实证分析进行模型的验证。同时,在界定制造业企业技术创新生态系统的创新扩散网络的基础上,结合创新扩散、生态系统和复杂网络等相关理论与学术思想,基于MLP理论模型深入探索制造业企业创新扩散的发展规律和扩散机理。上述研究有助于深入探索制造业情境

下创新扩散领域的深层次理论问题,分析制造业企业创新扩散呈现的新特征,有利于丰富和完善创新生态系统、创新扩散等方面的相关理论体系,促进技术创新研究与其他学科领域的交叉融合,因而具有较强的理论意义。

(2) 现实意义。中国作为技术的后发国家,如何有效地提升制造业企业创新扩散的水平进而加快工业转型的进程是一个重要的研究议题。本书关注于技术创新领域,从扩散株、扩散源、扩散宿和扩散域四个维度入手,基于实证数据对制造业企业技术创新生态系统的创新扩散动力的成长上限趋势和时空演化规律进行研究,其成果可以从动机视角为我国政府相关部门制定制造业企业的技术创新发展规划与政策提供一定的理论参考。同时,本书深入剖析制造业企业创新扩散及其演化的内在机理,并通过仿真模拟和案例分析对理论模型进行验证,进而提出促进创新扩散的相关对策,其研究成果可以为我国突破经济发展瓶颈、促进工业转型升级提供决策借鉴。可以说,本书关于创新扩散的理论研究是实现我国向世界制造业中心迈进的可能性最大、条件最为充分的基础性工作,因而对于制造业企业技术创新实践发展具有较强的现实意义和指导作用。

1.2 国内外研究现状及评述

1.2.1 技术创新生态系统的相关研究

创新生态系统的思想最早可以追溯到 20 世纪 70 年代 Cloud 首次提出的产业生态系统理论。此后,研究者借鉴自然生态系统的特点,对产业生态学、产业生态系统等概念进行了完善。进而根据自然生态学的规律大胆预言,企业间相互依赖、共同进化将是未来经济发展的景象。美国总统科技顾问委员会于 2003 年正式提出“创新生态系统”国家战略,指出未来美国科学、技术、经济的繁荣与领先要基于这个庞大的创新生态系统的演化情况。2004 年,美国竞争力委员会在《创新美国》的研究报告中明确提出创新生态系统的观点。该报告认为,创新本身性质的变化和创新者之间关系的变化,需要新的构想、新的方法,企业、政府、教育家和工人之间需要建立一种新的关系,形成一个 21 世纪的创新生态系统。2006 年,Adner 在《哈佛商业评论》上撰文,明确指出“创新生态系统是一种协同整合机制,即各个公司把各自的产品整合起来形成一套协调一致的、面向客户的解决方案”。2013 年,欧盟发布了《都柏林宣言》,围绕创新生态系统部署了 11 项创新策略。李万等(2014)总结了创新模式的演化脉络,从创新 1.0(封闭式创新)到创新 2.0(创新系统和开放式创新),再到创新 3.0(嵌入式共生式创新),而创新 3.0 的核心即创新生态系统。与此同时,越来越多的国际知名企业(如 IBM、苹果、微软、高通、华为等)开始致力于构建并完善自身的创新生态系统,通过不断的协同创新,获得持续竞争力。

可见,当今的创新研究范式已经从创新系统发展到创新生态系统(曾国屏等,2013),国家间的竞争、企业间的竞争已然转变为创新生态系统间的竞争(Moore,1993)。可见,近年来将生态学与管理学相结合深入研究企业技术创新生态系统成为理论界关注的崭新领域之一,创新生态系统理论对创新研究、创新政策制定以及创新型国家地区的发展建设均会产生重要影响。

1. 技术创新生态系统的内涵研究

由于考察问题的角度不同,学者对技术创新生态系统的理解也略有差异。本书梳理了国内外学者基于不同视角对技术创新生态系统的具有代表性的内涵界定,具体见表1.1。

表 1.1 技术创新生态系统内涵界定的代表性观点

定义视角	学者(年份)	内涵界定
技术协同	Adner(2006)	将系统中各个企业的创新成果整合成一套协调一致的、面向客户的解决方案并实现价值输出的协同机制
	张运生(2008)	以技术标准为纽带,基于配套技术,由高科技企业在全 球范围内形成的共存共生、共同进化的创新体系
	郑小勇(2010)	围绕技术创新及其商业化而形成的一种组织间的广泛联系
	Jackson(2012)	创新生态系统模拟的是复杂关系的经济动力学而非能量动力学,这种复杂关系形成于以提高技术发展和创新可能性为基本目标的行动者或实体之间
共生战略	张箐(2009)	企业及其相关利益者围绕价值链各环节、各自的产品形成的战略创新体系
	靳洪(2011)	既要求系统成员在重大技术创新上形成协同,又要求系统成员在 市场定位、商业模式、经营理念等更高的战略层面上产生协同的企业战略创新体系
系统论	Russell等(2011)	将技术创新生态系统划分为组织、政治、经济、环境和技术等不 同子系统;各个子系统的互动形成一个有利的创新氛围,以催化和促进业务持续增长
	杨荣(2014)	由创新个体、创新组织和创新环境等要素组成的动态性开放系 统;在此系统中,各要素为了创新的总体目标而相互依赖、相互交流、协同演化和互动适应
生态学	Iansiti和Levien(2004)	基于生态位视角,认为创新生态系统由占据不同但彼此相关的生态 位的企业组成,一旦其中的一个生态位发生变化,其他生态位也会发生相应变化
	陈斯琴和顾力刚(2008)	技术创新主体企业与其他相关企业、创新生态环境通过创新物质、能 量和信息流动而相互影响、相互作用的系统
	Luoma和Halonen(2010)	在生态环境中起互动和交流作用的长久性或临时性系统,在这个生态 环境中存在着各种各样的创新主体,它们能在这个环境中相互传授思想,推动创新发展
	孙冰和周大铭(2011)	在一定时间和空间内由企业技术创新单元与其他创新单元、企业技术 创新生境组成,以协同创新为目的,以合作共生为基础,通过物质、 能量和信息流动方式实现资源共享、优势互补、风险互担的相互依赖、 相互作用的动态平衡系统

基于技术协同、共生战略视角的技术创新生态系统内涵界定重点强调资源获取与创新主体间不同的连接机制。Adner (2006)、郑小勇 (2010)、Jackson (2012) 等学者一致认为,技术创新生态系统是通过企业间或与其他组织实体间的合作与创新塑造的协同体系。系统成员不仅在重大技术创新上形成协同,还在市场定位、商业模式、经营理念等更高的战略层面上产生协同(张箐, 2009; 靳洪, 2011)。张运生 (2008)、梅亮等 (2014)、蒋石梅等 (2015) 进一步指出,技术创新生态系统是企业在与外部组织之间互动过程中获取竞争优势的重要来源,其竞争优势反映在资源的属性与获取、创新群落之间以及创新群落与环境的互利共生关系等方面。由此可见,基于此视角的技术创新生态系统内涵突出了系统内部的资源获取与各类竞合关系的形成。

基于系统论视角的技术创新生态系统内涵界定突出了系统的整体思想。一般系统论和理论生物学创始人冯·贝塔朗菲表示,系统论研究旨在运用系统、要素与环境间的相互关系和变动规律,实现系统引导与优化,使系统的存在与发展合乎人的需要。Russell 等 (2011)、杨荣 (2014) 等认同上述观点并指出,技术创新生态系统并不是各部分的机械组合或简单相加,而是系统中各要素均处于各自的位置并起到特定的作用,同时要素之间相互关联,构成一个不可分割的整体,使技术创新生态系统具有各要素独立状态下所缺少的整体功能。可见,该视角下的技术创新生态系统内涵强调系统论的整体性与动态演化性。

基于生态学视角的技术创新生态系统关注企业的生命属性与生态特征。Iansiti 和 Levien (2004) 认为企业像生物一样,直接或间接地依赖于其他企业或组织而存在,其他企业或组织连同社会经济环境共同构成了企业的外部环境;陈斯琴和顾力刚 (2008)、Luoma 和 Halonen (2010)、孙冰和周大铭 (2011) 进一步指出,企业与其外部环境通过物质、能量和信息的交换,构成一个相互作用、相互依赖、共同发展的整体。因而,技术创新生态系统在本质上更突出系统内部各创新主体基于共同的外部创新环境、通过不同层次的合作而自发地创造新的价值和能量,以及企业间类似于自然界生物物种间生存和演化的相互依赖、共存共亡的过程。可以看出,基于此视角的技术创新生态系统内涵强调生态观的整体性与相互依存性。

2. 技术创新生态系统的特征研究

技术的进化与发展依赖于技术进步的整个生态环境,技术创新既是一种社会生态过程,又是一种存在于生产群落制度环境中的交互过程(Adomavicius and Kwon, 2007)。由此,一些学者借鉴自然生态系统互惠共生、协同竞争、领域共占等特征来研究企业技术创新生态系统的特性。研究表明,企业技术创新生态系统具有和生态系统相似的特征,既存在竞争、寄生、捕食、抗生等有害关系特征,

又有偏利共生、互利共生、共栖等有利关系特征(刘友金和罗发友, 2004, 2005; 张利飞, 2009)。也有学者从创新的路径依赖性和企业之间联系性视角出发认为, 企业技术创新的路径依赖性同生物物种间的变异、遗传有相似之处(Suma, 2001), 一个有效的技术创新生态系统能够以市场与非市场方式在不同企业间建立联系(Ng and Thiruchelvam, 2012)。另外, 有的学者(Luo and Huang, 2007)利用 Theil 熵原理测度我国技术创新生态系统的创新绩效, 结果显示, 企业技术创新生态系统的可测度性良好; 而 Ginsberg 等(2010)对智能风电企业作了专项调查, 发现企业的技术创新生态系统具有明显的外部特征。上述研究成果进一步丰富了人们对技术创新生态系统特征的认识。

3. 技术创新生态系统的结构研究

鉴于结构是系统实现资源整合、利益共享的重要基础, 很多学者致力于探讨技术创新生态系统的基本构成。其中, 一部分学者主张“层次论”。Moore(1993)的研究最具代表性。他认为, 技术创新生态系统由核心生态要素(与企业直接相关的供应商、互补品供应商、顾客和分销商等)、扩展生态系统(与企业间接相关的供应商、互补品供应商、顾客和分销商等)、完整生态要素(政府部门、风险承担者——投资者和物主等、竞争对手、同类企业等)和系统环境要素(政治、经济、社会、文化和科技等宏观环境)组成。以此为基础, 陈斯琴和顾力刚(2008)、杨荣(2014)通过剖析创新主体的作用与特性, 将技术创新生态系统划分为核心层、开发应用层/中间层、创新平台/外围层三层次结构。孙冰和周大铭(2011)则对实体与非实体的创新环境进一步加以分析, 提出“核心企业层—技术研发与产品应用层—创新生境层—创新平台层”四层次结构模型。另一部分学者则支持“生态角色论”。Iansiti 和 Levien(2004)是持此类观点的代表性学者。他们引入生态位的概念, 明确指出技术创新生态系统包括基石(keystone)、利基(niche)和主导(dominator)三种生态角色。其后的学者基本按照生态系统的生物成分与非生物成分, 将技术创新生态系统大致划分为创新主体和创新环境两大类, 并不断层化系统结构。例如, Bloom 和 Dees(2008)认为, 技术创新生态系统主要包括参与者和环境条件。其中, 参与者包括个体和组织等两个要素, 而环境条件包括规范、法规和市场等三个要素。吕玉辉(2011)将生物成分的划分标准进一步推及创新主体的细分, 认为创新主体可分为三大功能团, 即充当生产者角色的决策、管理、服务保障类主体, 充当消费者角色的研发类主体, 以及充当分解者角色的销售类主体。同时, 他还将创新环境划分为实体环境(如自然资源、金融、人员)和非实体环境(如法律法规、科技政策、知识信息)。此外, 还有一部分学者提出了“模块论”, 认为技术创新生态系统是由各个技术构件/模块共同构成的创新体系(栾永玉, 2007; 张运生, 2008), 在这一生态系统中, 技术的系统集成与模块整合会改变企业间的竞争。

4. 技术创新生态系统的运行研究

在技术创新生态系统中,对技术与知识的高依赖性使企业在技术创新时更注重与其他企业进行协作,因而构建创新网络成为企业战略的首选,应运而生的技术标准联盟使企业间开展协作研发与模块创新的效率大大提高(Allen and Sriram, 2000)。Duysters 和 Hagedoorn (2002)认为,协作 R&D 与技术标准的互动契合关系最能体现高科技企业创新生态系统实现技术与市场整合、提高创新效率的要求。另外,也有学者从创新生态系统运行的开放性视角展开研究。例如, Rohrbeck 等(2009)指出,创新生态系统的运作具有开放性,这种开放性旨在提升模块创新的效率,并吸引更多新兴高科技企业加入系统。因此,张利飞(2009)提出,开放性的创新机制和技术标准推广机制是高科技企业创新生态系统运行不可或缺的两个机制。

5. 技术创新生态系统的实证研究

随着技术创新生态系统理论研究的不断完善,学者更加青睐于面向解决实际问题的实证研究。Rohrbeck 等(2009)深入挖掘了德国电信公司开放创新生态系统的案例,证明技术创新生态系统的开放性、获取外部创意与知识资源的便利性是企业成功提升创新能力的关键。张运生、张利飞领导的科研团队多年来致力于高技术企业创新生态系统的研究。该团队构建了高技术企业创新生态系统 DICE (distribution, interaction, competition, evolution)模型,并对系统结构、形成机理进行分析(张运生, 2008; 贺团涛和曾德明, 2008)。在后续研究中,该团队提出了技术标准对于创新生态系统的核心枢纽作用,进一步分析了风险识别与控制机制(张运生, 2008; 张利飞, 2009)、技术标准与创新生态系统的机理关系(张运生和邹思明, 2010)、技术标准许可定价方法与模型(张运生等, 2013)、技术标准平台领导战略(张利飞, 2013)等相关主题。Weila 等(2014)通过刻画美国生物燃料技术创新生态系统在 1980~2010 年的发展脉络,分析了市场动力和创新生态系统演化之间的联系。郭燕青团队以新能源汽车制造业为研究对象,围绕企业长期价值最大化、技术创新与市场创新相结合的原则探索技术创新生态系统的成长路径,以比亚迪新能源汽车技术创新生态系统为例,分析了比亚迪公司在竞争和合作条件下技术创新生态系统的不同成长路径(时洪梅, 2012);结合创新生态系统理论构建新能源汽车技术创新生态系统的一般模型(李磊和郭燕青, 2014)。Overholm (2015)以美国太阳能服务产业早期阶段的五个企业为例,研究了技术创新生态系统对于新创企业成长与发展的重要作用。研究表明,技术创新生态系统的形成有助于创新企业识别并把握协同创造机会,凭借生态系统的相互联系作用而共同发展。欧阳桃花团队先后以 SF 民机转包生产商、小卫星龙头企业 DFH 为案例研究对象,深入剖析航空装备制造业中典型企业技术创新生态系统

的动态演化过程,探索技术创新生态系统各主体间的协同关系与系统发展阶段的动态适配,以打开航天装备制造业企业技术创新生态系统共生式发展的黑箱(胡京波等,2014;欧阳桃花等,2015)。

1.2.2 核心企业的相关研究

技术创新生态系统中的诸多成员企业中总会有一家或少数几家企业作为领导者或核心发挥着至关重要的作用,它们调节着系统成员间的关系,影响着系统的整体运行和演化,这就是创新生态系统的核心企业,它在整个系统中扮演着最为关键的角色。因此,核心企业对于研究技术创新生态系统具有重要的意义,也成为国内外学者的关注热点。截至目前,国内外学者的研究多集中在核心企业的界定和评价方面。

1. 核心企业的界定研究

学术界主要从技术视角、知识视角和系统视角界定核心企业。

(1) 从技术视角出发,Orsenigo 等(2001)认为,核心企业通常是掌握某种新技术的企业,并且又是创新系统的组织者,核心企业可以凭借自己掌握的新技术开展有可能对网络内部其他企业产生正外部性的经营和投资活动,还可以把自己掌握的新技术转化为选择、吸引和领导其他企业进行创新的动力。然而,Gay 和 Dousset(2005)并不认同 Orsenigo 等的观点,他们认为,创新网络中的企业要真正成为核心企业,就必须掌握其他企业不易获得或模仿的核心技术;如果一个企业所掌握的新技术能够被轻易模仿,那么它很难维持在市场竞争中的优势,也无法在创新网络中发挥核心企业的作用。

(2) 从知识视角出发,Pittaway 等(2004)认为,核心企业就是能够在创新系统条件下领导其他企业搜集与传播知识,并能以最快的速度掌握知识的企业。Escribano 等(2009)则认为,核心企业在创新网络中扮演着知识引进者的角色,与普通企业相比,它们更善于利用外部知识促进自身发展,同时能够提高整个网络的创新能力。

(3) 从系统视角出发,Gay 和 Dousset(2005)提出,核心企业通常掌握着本行业最优秀的智力资源,它们擅长创新,所创造的新制度、新工艺、新技术对所在创新系统具有不可或缺的作用;它们能够促进系统内部其他企业技术创新能力的提高,引导其他企业追求新技术、开拓外部市场。

2. 核心企业的评价研究

目前,创新网络核心企业评价研究主要集中在创新绩效和创新能力两个方面。

(1) 核心企业的创新绩效评价研究。Vittorio 和 Christina (1996) 根据核心企业在创新网络中开展创新活动的不同阶段提出了包括技术水平、效率和资源整合能力三个维度的创新绩效评价体系。在此基础上, Inge 和 Petra 分别提出了创新网络核心企业创新绩效评价的四维度指标体系。前者根据平衡记分卡理论对三维度评价指标体系进行了扩展, 加入了包括市场份额、客户保有率、客户获得率、客户满意度等评价指标的客户维度, 从而能直接反映企业为了取得经济效益而进行技术创新的目的; 后者基于投入和产出视角, 对三维度体系进行了拆分与重组, 并加入了领导能力、企业文化、企业战略等影响技术创新绩效的软约束指标, 因而更加注重对技术方面效率的评价。杨文佳和李伊松 (2010) 以动态联盟的生命周期为基础, 研究了核心企业在联盟的结盟阶段、运行阶段和解体阶段各自的特点, 以此确定核心企业的绩效评价指标, 并采用因子分析法进行了实证评价。此外, 李智敏 (2003)、姜方桃 (2013) 等学者构建了供应链核心企业的绩效评价指标体系, 并通过层次分析法对核心企业绩效进行了评价。

(2) 核心企业的创新能力评价研究。Power 和 Sohal 强调应从创新网络的角度出发对核心企业的创新能力进行评价, 他认为评价标准的设置应包括创新战略、创新投入、创新产品、创新流程等方面。在此基础上, Hyland 和 Boer (2006) 针对创新网络核心企业的特点指出, 评价核心企业的创新能力不仅要考虑企业的研发能力、技术能力、资源和信息获取能力, 还要关注核心企业的吸引力、收益和分配能力以及控制其他企业的能力。虽然这些能力不是真正的创新能力, 但会对创新产生影响, 并有可能转变为创新能力。Hekkert 等 (2007) 对创新网络核心企业的创新能力进行了扩展, 认为随着核心企业竞争力的不断增强, 创新能力还应该包括组织能力、合作伙伴选择能力、网络构建能力和决策能力等, 并指出只有据此构建的核心企业创新能力评价指标体系才更加完整与合理。

1.2.3 SNM 和 MLP 的相关研究

SNM 理论形成于 20 世纪 90 年代, 是荷兰学者提出的技术政策工具, 旨在通过生态位管理为有前景的新技术创造一个试验平台, 并有控制地取消它, 从而提高技术的扩散概率。SNM 初期的模型是一个微观的分析结构。荷兰学者结合欧洲的各种实际案例发展了 SNM 理论, 使其从技术生态位到市场生态位再扩展到技术范式。

SNM 普遍用来分析新兴技术的成功或失败的原因, 如风能、沼气、公共交通系统、电动汽车和环保食品生产等领域。以 SNM 的核心概念——创新生态位 (innovation niches) 为研究的切入点, 已有的研究成果多针对某个国家或某特定区域中新兴技术的发展问题, 例如, 印度生物质气化技术形势的讨论 (Verbong et al.,