

The Evolutionary Principle,
Process and Model on
Technological Innovation

技术创新

进化原理、过程与模型

毛荐其 / 著

技术创新产生的根本原因是创新过程中底层因子
如知识、信息、技术元和人们的智慧相互作用并协同发展的结果。



经济管理出版社

ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

技术创新进化原理、过程与模型/毛荐其著. —北京:
经济管理出版社, 2006

ISBN 7-80207-704-4

I. 技... II. 毛... III. 企业管理—技术革新
IV. F273.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 117616 号

出版发行: **经济管理出版社**

北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 11 层

电话: (010) 51915602 邮编: 100038

印刷: 北京银祥印刷厂

经销: 新华书店

责任编辑: 孟书梅

技术编辑: 蒋 方

责任校对: 超 凡

787mm × 960mm/16

14.5 印张 180 千字

2006 年 9 月第 1 版

2006 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-3000 册

定价: 28.00 元

书号: ISBN 7-80207-704-4/F·579

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部

负责调换。联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974

邮编: 100836

序

生物进化众所周知，而且是有规律的。技术创新作为一个系统是否也具有进化的规律呢？技术创新进化除了利益的驱动之外，是否可以从其他的理论维度上予以解释，例如技术创新进化的动力，进化的机理与过程，能否借鉴生物进化的理论模式。技术创新学者纳尔逊（R. Nelson）和温特（S. Winter）在生物进化论的启发下，已经提出了创新进化论这一独特新颖的理论分支，为技术创新的研究指明了新的研究方向。现在，国际上有不少学者在不断发展这一学科，并用这一理论去解释传统经济学所不能解释的许多经济现象，尤其是技术创新活动。因为创新活动不是经济均衡的结果，不是企业追求短期利润最大化的结果。

我很欣喜地看到，我国也有学者去跟踪、发展技术创新的进化理论。毛荐其教授便是这样一批学者中的一员。他在这一著作中，从历史的维度研究技术创新演化过程与演化规律，把技术创新放在历史长河中去考察，比如：技术创新为什么会发生？其演化的动力是什么？演化过程怎样？作者较全面地探讨了这些问题，系统地分析了技术创新作为一个系统的进化过程与进化规律。

细读本书，发现本书有很多的创新之处：一是全面阐述了技术创新系统的组成与特性；二是从技术创新进化的微观层面，提出了技术创新的底层因子是由知识、信息、技术元与智因组成

的，其相互作用导致技术创新的涌现；三是从市场选择、因子相互作用、创新个体、个体与环境、竞争协同、随机涨落等方面分析了技术创新进化的动力源；四是提出了技术创新的螺旋进化、遗传进化、变异与突变、混沌等进化模型；最后，分析了技术创新的外部环境组成及其与技术创新的协同进化机理，提示了技术创新的成败实际上是市场的选择过程。同时，作者还将这一分析框架运用于煤炭开采技术的进化发展。

作者从系统论的高度看待企业技术创新演进中的诸多问题，将技术创新看做是“有生命”的复杂适应系统，并通过艰苦的努力得出颇有见地的结论，这不但丰富了技术创新理论，而且对企业从事技术创新管理也很有帮助。作者在这个全新领域里的开拓性工作，具有重要的理论价值与实践意义。

但是，技术创新进化毕竟是一个全新的课题，本书还存在不够成熟和不尽完美之处，比如技术创新进化过程的复杂性、隐性知识的传递、创新个体之间的博弈等，以及如何运用这一理论框架分析发展中国家的自主创新，等等。望作者以此为起点，继续深入研究，为完善本领域的研究做出新的贡献。

柳卸林

2006年9月于北京

前 言

自从熊彼特提出技术创新概念以来，技术创新在经济学中的地位就牢牢地被确立下来了。技术创新是一个范围十分广泛的概念，大到国家技术创新系统，中到区域技术创新，小到企业的技术创新，而三大范围的技术创新基础是企业的技术创新。研究企业技术创新实际上对于研究宏观和中观技术创新具有重要的指导意义。

本书从技术创新系统的角度，首先研究了技术创新作为一个系统的要素、结构和复杂性，分析了技术创新系统的开放性、层次性、非线性、涨落性、对初始状态的极端敏感性和自组织性等特性。

生物进化已为大家所共知，从生物进化是否可以推断技术创新也是进化的呢？答案是肯定的。由于技术本身是不断进化的，今天的人造物是过去人造物经创新进化而来的。技术的发展就是进化。技术创新进化与生物进化有许多类似之处，但技术创新进化现象远比生物进化复杂得多。生物进化是随机产生的，而技术创新进化具有人为有意设计的特点，更多体现的是拉马克式进化，并大量使用试错法；生物进化是同环境协同的结果，适者生存，而技术创新进化则常常有事先诱导，知识、信息协同进化，并同市场、制度、文化协同进化；生物进化依靠基因 DNA 中的碱基配对的变化，产生新的变种，技术创新进化不存在严格意义

上的生物分子基因的技术对应物，而是一种知识酶；生物进化表现为树枝状延伸，而技术创新进化往往是网络状的；生物死后，基因消失，而一种产品淘汰后，其中的知识与信息则是可以保留的，知识和信息能脱离技术而存在；生物随机变异和选择过程几乎完全依靠复制自身进行，而技术进化不复制自身，不存在对出生、繁殖和死亡等自然现象准确的类比，技术创新进化中常常伴随语言、情感、势力偏爱等。

技术创新为什么会发生？其产生的原因是由于技术创新过程的底层因子如知识、信息及其载体技术（技术元）相互作用而导致。这些底层因子之间也是互为条件并相互进化的。另外，技术创新的外部宏观系统——社会系统也是不断进化的，技术创新的外部环境是由市场、组织、制度、文化等要素组成的，这些要素也是相互作用的，且是不断进化的。技术创新的产生归根结底是由于社会或市场对技术创新进行了选择，亦即技术创新适应了社会、文化，满足了市场的需求，这才是成功的技术创新，若技术创新不能适应社会、市场，亦即社会或市场没有对技术创新选择，技术创新就是失败。这与达尔文的生物进化论十分相似。

技术创新进化的动力源，也就是技术创新为什么会不断进化？本书从知识、信息以及技术元本身阐述其进化的原动力。技术创新过程是个自组织的过程，也是随机涨落的过程。本书认为市场选择、因子相互作用、创新个体、个体与环境相互作用以及竞争与协同等构成了技术创新进化的原动力体系。

企业技术创新进化，不管是从技术创新过程模型、二次创新模式、组合创新类型，还是技术创新螺旋等方面都表现为不断进化性。再看技术创新中的学习、人类认知活动、创新组织，这些是技术创新中不可或缺的重要组成部分，也都体现出不断进化的现象。

早期的企业技术创新主要为个体行为，企业独立完成，后来

逐渐发展为合作创新，随着技术创新的复杂程度加深和市场变化加变化加快，产学研合作创新进一步发展为技术创新网络。技术创新组织形式的进化路径，是很明显的。

技术创新进化过程是复杂的，因为技术创新系统的组成如技术、人、信息、知识、文化、制度等是复杂的，其进化过程必然是复杂的。在创新过程中常常出现中断、停滞等混沌现象，技术创新是组织运行在混沌区域，经过人们的不断探索，最后出现涌现、突变。这个过程也是自组织、自适应的过程，伴随着与外界能量的交换，如知识、信息、智因的交换。

若从一个长时间的历史长河来考察，技术及产品都是一个生态竞争平衡的过程，每项技术都有它的生态位。同时，技术创新的进化是间断的，技术从最初的简单技术发展到今天复杂的、庞大的技术体系，其历程长达几千年，是人类文明的见证。但是任何技术都不是循序渐进地发展而来，而是经过技术的漂移，间断进行，如同生物进化中的“点断平衡”。

以上是本书的基本内容与主要观点，不当或错误之处，恳请各位读者、各位专家批评指正。

本书在写作过程中，参考引用了国内外大量的理论文献，对其中绝大部分文献做了标注，肯定有许多遗漏之处，恳请谅解并在此向他们表示衷心的感谢。

毛荐其

2006年9月

目 录

第一章 导论	(1)
一、研究背景及意义	(1)
(一) 研究背景	(1)
(二) 研究意义	(2)
二、企业技术创新进化理论研究综述	(3)
(一) 技术创新概述及研究进展	(3)
(二) 企业技术创新系统研究进展	(14)
(三) 技术创新进化理论的由来	(16)
(四) 技术创新进化的一般原理	(18)
三、企业技术创新进化理论的研究框架	(21)
(一) 惯例	(22)
(二) 搜寻	(22)
(三) 选择	(23)
四、研究方法	(24)
(一) 现有主流研究方法的局限	(24)
(二) 研究采用的主要方法	(25)
(三) 研究采用的其他方法	(26)
五、本书的结构安排和内容体系	(26)
第二章 企业技术创新系统及特性	(30)
一、系统的概念	(30)

二、技术创新系统的构成	(31)
(一) 技术创新系统要素	(31)
(二) 企业技术创新系统结构	(41)
(三) 企业技术创新管理	(42)
三、技术创新系统特性	(48)
(一) 整体性	(49)
(二) 层次性	(49)
(三) 开放性	(50)
(四) 目的性	(51)
(五) 非线性和不可预测性	(52)
(六) 不确定性	(54)
(七) 自组织性	(55)
(八) 相干性	(57)
(九) 涨落性	(58)
(十) 动态性	(58)
(十一) 能动性	(59)
(十二) 非完全组织性	(60)
(十三) 适应性	(60)
(十四) 对初始状态的极端敏感性	(61)
第三章 企业技术创新进化基础	(63)
一、生物学简单回顾	(63)
二、技术及其进化	(66)
(一) 技术的含义	(66)
(二) 技术的特征	(69)
(三) 技术的分类	(73)
(四) 技术的进化	(74)
(五) 技术发展的极限	(79)
(六) 技术的替代	(85)

三、技术创新的路径依赖	(87)
第四章 技术创新进化机理	(91)
一、企业技术创新进化动力源	(91)
(一) 技术创新进化动力源	(91)
(二) 技术创新进化信息源	(95)
(三) 技术创新进化知识源	(99)
二、企业技术创新进化原动力分析	(102)
(一) 市场选择原动力	(103)
(二) 因子作用原动力	(104)
(三) 个体原动力	(106)
(四) 个体与环境的相互作用原动力	(111)
(五) 竞争与协同原动力	(113)
(六) 随机涨落原动力	(115)
三、技术创新的自组织进化分析	(118)
(一) 技术创新过程的自组织性	(119)
(二) 技术创新自组织进化过程	(119)
第五章 技术创新进化过程	(122)
一、技术创新进化	(122)
(一) 技术创新的遗传进化	(122)
(二) 技术创新的发生过程	(123)
(三) 技术创新的产生：涌现与突变	(126)
二、企业技术创新进化模式	(127)
(一) 企业技术创新过程的进化	(127)
(二) 二次创新的进化	(132)
(三) 组合创新的进化	(136)
(四) 技术创新螺旋进化	(139)
三、技术创新进化的市场选择	(145)
(一) 技术创新缘何成功——市场选择	(145)

(二) 适应	(146)
(三) 技术创新是底层因子以及与社会系统相互协同 进化的结果	(148)
(四) 技术创新是社会系统协同进化并最终对其 选择的结果	(151)
四、技术创新学习进化	(152)
(一) 不同深度的组织学习	(152)
(二) 组织学习中知识的创造与转化	(154)
五、技术创新团队进化	(157)
(一) 重型团队与轻型团队	(157)
(二) 开发团队的演化	(159)
六、技术创新进化过程的复杂性	(159)
(一) 技术创新进化中的点断平衡	(159)
(二) 技术创新进化中的混沌	(161)
(三) 技术创新进化的遗传漂变	(162)
第六章 技术创新网络进化	(164)
一、合作创新	(164)
(一) 合作创新的概念与动因	(164)
(二) 合作创新过程中的冲突与合作绩效	(167)
二、技术创新网络	(169)
(一) 创新网络的含义和作用	(169)
(二) 我国企业创新网络产生背景	(171)
(三) 创新网络的分类	(172)
(四) 创新网络对产业技术能力的影响	(174)
(五) 技术创新网络是快变市场的产物	(176)
(六) 非正式交流为知识的扩散创造了条件	(178)
三、技术创新网络的进化	(180)
(一) 技术创新网络进化过程	(180)

(二) 技术创新网络进化建模	(182)
(三) 技术创新网络进化模式	(189)
第七章 技术创新进化的路径依赖与学习——实证分析	
.....	(194)
一、技术进化	(195)
(一) 采煤技术进化的动力	(195)
(二) 采煤技术进化的选择	(196)
二、采煤技术进化的路径依赖	(197)
(一) 技术进化为什么具有路径依赖性	(197)
(二) 技术的进化依赖于环境	(198)
(三) 路径依赖与技术轨道	(199)
(四) 采煤技术替代与跃迁	(201)
三、技术进化路径依赖与学习	(201)
(一) 路径依赖与学习	(201)
(二) 采煤技术进化的学习多样性	(203)
参考文献	(204)
后记	(216)

第一章 导论

一、研究背景及意义

(一) 研究背景

技术创新是企业生存和发展的源泉所在，是企业不断获得竞争力的关键。所以管理学家克拉克说“不创新就死亡”。企业从事一项技术创新，如新产品的开发，短则几年，长则十几年，甚至数十年，耗资几十万甚至数十亿，并且需要大量的人力和物力。比如美国开发成功一种新药的平均成本是 4000 万美元，若考虑其他大量失败药品的开发成本，则平均成本为 11400 万美元，平均开发周期为 12 年（德·马斯等，1991），^[1]且要投入大量的人力、物力资源。可见，企业技术创新不是简单的科研项目，而是复杂的系统工程。既然企业技术创新是一个系统，对它的研究就不能停留在单独的就事论事的研究上，而应该用系统科学的方法去分析研究。事实上，企业技术创新的发展过程正是一步一步进化的过程，遵循系统演化的规律。

引起我对本题目重视的另一原因是参与国家级课题《企业

技术跨越的研究》和对很多企业管理咨询得到的启发，自己着手从事技术创新方面的研究，并发表了几篇关于技术创新的论文，算作是研究的基础。

（二）研究意义

研究企业技术创新进化的理论意义在于：

（1）试图站在现代科学的前沿——系统科学的立场上，在吸取技术创新以及相关学科研究成果的基础上，从系统科学给我们提供的新角度研究企业技术创新演进最本质的问题，从而给人们展示一个企业技术创新演化的基本图景，借以打破人们习惯的单项技术创新思想来分析企业技术创新行为的方法。

（2）在对企业技术创新系统特性进行分析的基础上，探讨企业技术创新进化的外因和内因，探讨企业技术创新进化的一般过程，揭示企业技术创新进化的机理，研究企业技术创新进化的内在规律，以系统的思想给众多企业技术创新管理提供一个新的借鉴。

企业技术创新是整个国家创新系统的重要组成部分，企业技术创新能力是国家竞争力和企业核心能力的重要体现。虽然有关技术创新的研究成果很多，但把企业技术创新作为系统来加以研究的成果并不多见，而企业技术创新不管从哪个角度看，的确是一个复杂的系统。研究企业技术创新进化规律，无论对于技术创新理论还是对于企业技术创新管理，都有着非常重要的意义。

二、企业技术创新进化理论研究综述

(一) 技术创新概述及研究进展

1. 技术创新概念

“创新”概念最先由美籍奥地利经济学家熊彼特(J. A. Schumpeter)于1912年在《经济发展理论》一书中首次提出,并形成了以“创新”为核心概念的经济学理论——“创新”理论。^[2]后来熊彼特的“创新”理论被他的追随者发展成为当代西方众多经济学理论的两个分支——以技术变革和技术推广为对象的“技术创新”经济学,以制度变革和制度形成为对象的“制度创新”经济学。从熊彼特提出“创新”理论至今已有90年之久,在这期间有索罗(S. C. Solow)、曼斯菲尔德(M. Mansfield)、缪塞尔(R. Mueser)等许多学者对技术创新问题进行了大量研究,形成了许多有特色的理论。但由于这些研究的出发点和前提存在着不同程度的差异,再加上技术创新是一个涉及面广、影响大又十分复杂的过程,所以至今对“技术创新”概念的表述莫衷一是。

熊彼特提出,创新是在新的体系里引入“新的组合”,是“生产函数的变动”。这种组合或变动包括:①采用一种新的产品或者一种产品的新的特性。②采用一种新的生产方法,也就是在制造部门中尚未通过经验检定的方法,这种新方法不需要建立在科学新发现的基础之上,甚至可以存在于商业上处理一种产品的新方式之中。③开辟一个新的市场,也就是有关国家的某一产品以前不曾进入的市场,不管这个市场以前是否存在过。④掠取

或控制原材料或制成品的一种新的供应来源，不管这种来源是已经存在的，还是第一次创造出来的。⑤实现任何一种工业的新的组织，比如造成一种垄断地位，或打破一种垄断地位。

当代不少学者认为：①技术创新是新产品和新工艺的创始、演进和开发。②技术创新是科技成果首次商业化应用。③技术创新包括发明构思、产品设计、试制生产和商业应用等所有环节。④技术创新泛指从新思路的形成，到向市场推出适销产品的整个过程。⑤强调以新的技术创造出尽可能多的经济效益，并获得最大的企业利润。⑥技术创新是对生产要素的重新组合，或者是对企业、产业的生产函数作出某种改变。

根据以上对技术创新的定义，结合我国国情，对技术创新的含义我们可以这样理解：技术创新是以企业为主体，以市场为导向，以提高企业经济效益、增强市场竞争力和培育新的经济增长点为目标，以其创造性的构思和实现市场成功为基本特征的层次性技术经济活动的综合的全过程，它由新设想的产生（获取）、研究与开发、中间试验、商业化生产、市场销售与扩散等一系列环节构成。其主要内容表现在以下诸方面：①新的产品、新的生产工艺（方法）的创立和改进。②资源的有效开发和利用。③新技术（包括生产技术和管埋技术）的发明和应用。④新需求与新市场的开拓和占领。

2. 技术创新分类

（1）按内容分类。根据熊彼特对创新的基本定义以及后来的研究，技术创新的内容主要有产品创新、工艺创新、服务创新和组织创新等。

第一，产品创新，是指首次上市的、从未出现过的产品或对现有产品进行了十分显著的改进。电子计算机的出现属于前者，而多媒体技术则是综合了计算机、电视机、音响等多种技术，是对原有技术的重大改进，属于后者。任何一个企业的生存与发展

都有赖于新技术的采用和新产品的生产，产品创新能力直接影响着一个国家或企业的科研实力和市场竞争力，因而各方面历来都对产品创新给予高度重视。

第二，工艺创新，是指研制和采用新的生产方法或对原有生产方法的改进，这些方法可能包括生产设备的更新、生产组织的改革或两者兼而有之。^[3]这是在生产过程中的一种技术创新，因此也被称为过程创新。但如果是通过增加更多已用型号的机器来扩大生产能力，或者用较新型号的机器来代替过时机器，都不能认为是创新。工艺创新有利于改进产品质量、降低产品成本和提高劳动生产率，增加产品的综合竞争能力。它与产品创新是密切相关的。对于一个企业而言，推出一项新的或改进了的产品常常伴随着工艺上的变革；而某些企业的产品创新，又可能引发其他企业甚至行业的工艺创新。例如，数字化电视机是伴随着电子技术工艺在其生产过程中的应用而出现的，没有工艺创新，就不会有产品创新；计算机激光汉字照排系统是北大方正集团的重大产品创新，对于印刷行业则是一项重大的工艺创新，它使流传已久的排字技术发生了根本的变革。

第三，服务创新，是指新的设想、新的技术手段转变成新的或者改进的服务，例如电子银行、电子邮政、电子商务等。在熊彼特的创新分类中没有此类创新，许多有关创新的专著中对这类创新也很少涉及。这是因为在熊彼特生活的年代和其后的学者们成长的年代，以制造业为主的第二产业占据了各大产业门类的主导位置，产品创新与工艺创新自然成为他们关注的重点。但是，在近30年间，科技与经济的迅速发展使产业结构发生了重大变化，以信息产业为代表的服务业——第三产业迅速崛起。在大多数发达国家，第三产业在国民生产总值中所占的比重已超过第一、第二产业的总和，在一些发展中国家也是三分天下有其一，因此，我们应该对服务创新给予更多的关注。