



RESEARCH
ON THE DYNAMIC SYSTEM OF
HIGH-TECH INDUSTRIAL
ECO-TRANSFORMATION

高技术产业生态转型的 动力系统研究

李文超 贺 丹 著



本书由江苏大学专著出版基金资助

高技术产业生态转型的 动力系统研究

李文超 贺 丹 著

RESEARCH
ON THE DYNAMIC SYSTEM OF
HIGH-TECH INDUSTRIAL
ECO-TRANSFORMATION

图书在版编目(CIP)数据

高技术产业生态转型的动力系统研究 / 李文超, 贺丹著. — 镇江: 江苏大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-81130-638-5

I. ①高… II. ①李… ②贺… III. ①高技术产业—生态学—研究 IV. ①F062.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 307149 号



高技术产业生态转型的动力系统研究

GAOJISHU CHANYE SHENGTAIZHUANXING DE DONGLI XITONG YANJIU

著 者/李文超 贺 丹

责任编辑/柳 艳

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/丹阳市兴华印刷厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/890 mm×1 240 mm 1/32

印 张/6.75

字 数/170 千字

版 次/2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-638-5

定 价/32.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

目 录

第 1 章 导论

- 1.1 研究背景 001
- 1.2 研究概况 004
 - 1.2.1 高技术产业环境污染 004
 - 1.2.2 产业生态系统演化 006
 - 1.2.3 高技术产业可持续发展的动力因素 008
- 1.3 研究内容和方法 022
 - 1.3.1 研究内容 022
 - 1.3.2 研究方法 023

第 2 章 动力系统研究的理论基础

- 2.1 创新系统及其动力因素 025
- 2.2 产业竞争力及其构成要素 029
- 2.3 生态经济系统 032
 - 2.3.1 生态经济系统的内涵 032
 - 2.3.2 生态经济系统的构成 033
 - 2.3.3 生态经济系统的功能 035
 - 2.3.4 生态经济系统的特点 037
- 2.4 可持续发展理论 038
 - 2.4.1 可持续发展的内涵 039
 - 2.4.2 可持续发展的观点 039

- 2.4.3 弱可持续发展与强可持续发展 041
- 2.4.4 可持续状态的经济定义 043
- 2.5 本章小结 045

第3章 高技术产业生态转型及其动力系统

- 3.1 高技术产业生态转型 048
 - 3.1.1 高技术产业生态转型的定义与原则 048
 - 3.1.2 高技术产业生态转型的内容 051
- 3.2 高技术产业生态转型的动力系统 060
 - 3.2.1 动力要素的内涵 060
 - 3.2.2 动力系统的构成要素 062
 - 3.2.3 动力系统的运行特征和结构特性 063
- 3.3 本章小结 066

第4章 生态规制动力子系统

- 4.1 生态规制的成因——市场失灵 068
 - 4.1.1 外部性 069
 - 4.1.2 公共物品 070
 - 4.1.3 信息的不对称 073
- 4.2 生态规制的内涵 074
 - 4.2.1 生态规制的定义 074
 - 4.2.2 生态规制的特性 076
 - 4.2.3 生态规制的类型 078
- 4.3 生态规制的内容 080
 - 4.3.1 生态规制的对象 081
 - 4.3.2 生态规制的方法 082
 - 4.3.3 生态规制的协调与接轨 084

- 4.4 生态规制的作用机制 085
 - 4.4.1 生态规制推动生态创新 085
 - 4.4.2 生态规制引导生态消费 087
 - 4.4.3 生态规制效果的信息反馈与评价 088
- 4.5 本章小结 090

第 5 章 生态消费动力子系统

- 5.1 生态消费的内涵 092
 - 5.1.1 生态消费的定义 093
 - 5.1.2 生态消费的原则 094
 - 5.1.3 生态消费的基本特征 096
- 5.2 生态消费动机的学派与拥挤理论 097
 - 5.2.1 生态消费动机 097
 - 5.2.2 道德派与理性派的联系 100
 - 5.2.3 拥挤效应的推理 101
- 5.3 生态消费的作用机制 105
 - 5.3.1 生态消费响应的挤出效应分析 105
 - 5.3.2 生态消费响应的挤入效应分析 108
 - 5.3.3 生态消费拉动生态创新 111
- 5.4 本章小结 112

第 6 章 生态创新动力子系统

- 6.1 生态创新的内涵与动力响应 115
 - 6.1.1 生态创新的定义 115
 - 6.1.2 生态创新的特点 118
 - 6.1.3 生态创新的分类 119
 - 6.1.4 生态创新的动力响应 120

- 6.2 生态创新推动资源环境优化的路径分析 122
 - 6.2.1 推动路径的微观层面——企业 122
 - 6.2.2 推动路径的中观层面——产业 124
- 6.3 生态创新提升产业竞争力 125
 - 6.3.1 生态创新提升产业竞争力的理论模型 125
 - 6.3.2 提升效果的市场结构因素分析 128
- 6.4 生态创新促进生态消费 129
 - 6.4.1 能源消耗的研究背景 130
 - 6.4.2 模型的设定与技术因素的分解 133
 - 6.4.3 高技术产业能源消耗技术因素分解的实证分析 137
 - 6.4.4 模型结论与政策建议 145
- 6.5 本章小结 147

第7章 高技术产业生态转型的动力系统模型

- 7.1 系统运行的基本思想 150
 - 7.1.1 系统发展趋势的基本模型 150
 - 7.1.2 高技术产业生态转型动力系统的协调发展 152
- 7.2 模型的构建 154
 - 7.2.1 高技术产业生态转型的因果循环 154
 - 7.2.2 模型的子系统 156
 - 7.2.3 模型的流程图 159
- 7.3 模型运行结果与检验 161
 - 7.3.1 模型的运行结果 161
 - 7.3.2 模型的检验 163
- 7.4 本章小结 171

第 8 章 研究结论与展望

8.1 本书的主要观点和结论 173

8.2 本书的创新点 176

8.3 研究展望 178

附录 A 179

附录 B 182

参考文献 185

后 记 205

第 1 章 导 论

1.1 研究背景

进入 21 世纪之后,我国高技术产业的发展呈现出高增长的趋势。从 2001 年开始,我国高技术产业产品产值年均增长率为 18%,高于 GDP 年均增幅,到 2010 年我国高技术产业新产品产值达到 15 465 亿元;高技术产业出口交货值年均增幅 24%,到 2010 年达到 37 408 亿元。我国已成为仅次于美国的世界第二大高技术产业贸易国。然而在取得巨大成就的同时,也应保持高度清醒的认识,即中国依旧是一个发展中的大国而非强国。无论是从高技术产业的研发投入占产业增加值的比例来看,还是从新产品产值占总产值的比例来看,我国均与世界发达国家存在较大差距,这说明我国还并不是一个具有很强自主创新能力的国家,缺乏具有自主知识产权的核心技术。^①

与此同时,工业化进程中长时间的粗放式发展模式导致我国面临一系列的环境和能源问题。2000 年我国的二氧化硫的排放量已经高达 1 995 吨,到 2005 年增加到 2 549 吨。虽然其后 5 年通过各方面的努力使二氧化硫排放量降低到 2 200 余吨,从而实现了“十一五”规划的目标,但依然处于较高的排放水平。我国的水污染处理形势严峻,工业废水排放总量在 2009 年

^① 国家发改委高技术产业司。<http://gjss.ndrc.gov.cn/>。

达到了 234 亿吨,比 2000 年高出 10%;此外湖泊富营养化、地下水被过度抽取导致地表下沉和地下水污浊等现象在我国已越来越常见。固体废弃物产生量也从 2000 年的 8 亿吨以上上升到 2009 年的 20 亿吨以上,增长近两倍。而在能源方面,即使不考虑国际因素,我国也处于危机之中:2009 年我国的能源消耗是 30 亿吨标准煤,比 2000 年增加了一倍^{①②}。根据国际知名的千年研究所构建的中国 T21 模型的预测,按照这样的能源消费速度,全世界的能源也足够中国消耗 74 年^③。这些环境污染和能源消耗方面的数据或多或少体现了我国当前经济发展、工业化进程中与环境 and 资(能)源方面的矛盾。

进入 21 世纪的第二个十年,我国面临的任务不仅仅是在创新能力上要奋起直追,同时也要保护环境和提高资(能)源的利用效率。单纯强调技术创新以改变生产约束函数从而创造新产品或提升产品质量的生产模式,尽管能够促进经济增长,然而却未必能够对保护环境和节约资源起到良好作用,因为创新的主体是企业,公共物品的外部性使得企业未必会关心一项新的技术会对环境产生的影响,而可能更关心该技术能否为企业带来实际的经济效益,这样的结果使技术创新甚至可能对环境有进一步的破坏作用(如塑料、DDT 杀虫剂等)。但一味强调保护环境和节约资源并强行纳入政绩考核,又可能导致地方政府“拉闸限电”,以限制经济发展的方式完成政绩考核的指标,进而导致国家经济发展滞后。事实证明,通过走传统发达国家的老路来发展经济对我国来说是不可能的,因为能源消耗太大,环境也难以承受。如何才能既保证经济的增长,又能保护环境和节约资源

① 国家统计局:《中国能源统计年鉴 2010》,中国统计出版社,2010 年。

② 国家统计局,环境保护部:《中国环境统计年鉴 2010》,中国统计出版社,2010 年。

③ 联合国环境规划署:《中国绿色经济展望 2010—2050》,2009 年。

呢?这一重要考虑在我国“十二五”规划中也有体现,强调提升自主创新能力、发展经济的同时,也要求注重资源节约和 environment 友好^①。

基于当前中国经济发展所处的背景,本书认为提升自主创新能力、保证经济增长是中国必须要完成的目标,但是我们需要寻求新的发展模式,即能够在完成这个增长目标的同时保护环境和节约资源的生态经济发展模式。当前很多中外学者均在研究这类问题,然而经过仔细阅读相关文献及结合实证,作者认为,若要实现生态经济发展模式,必须要对当前经济发展模式进行生态转型,而产业生态转型是经济生态转型的根本着力点。要提升自主创新能力,根本着力点则是要尽快掌握具有自主知识产权的核心技术,使我国从自主创新大国转向自主创新强国。从国际经验来看,大多数发达国家是先发展经济然后再促使经济生态转型,但是该模式不适合中国国情。中国必须同时发展经济和优化生态环境,才能够实现“大道”理论,用较短的时间在经济和环境方面赶上发达国家。因此,中国必须进行高技术产业生态转型。

值得庆幸的是,很多学者已经注意到中国当前所处的形势,开始重视有关能够同时实现经济(产业)增长和生态环境方面的影响因素的研究。有的学者通过构建企业竞争的博弈模型论证竞争是一种影响因素,也有学者试图运用创新理论解释创新对其的促进作用,还有学者则强调运用道德伦理和经济两类手段去影响消费者从而实现目标,此外部分学者认为政府在整个产业发展中应起到一定的作用(相关学者的研究综述详见第2章)。然而无论是经济增长、经济成长还是产业生态转型,均是

^① 国民经济和社会发展第十二个五年规划。<http://www.chinacourt.org/html/article/201010/28/433483.shtml>。

复杂的动态系统,并且生态转型的目的也是经济和生态方面的双赢,促使高技术产业生态转型则是更加复杂的动态系统,单一影响因素很难全面深入地解释该转型的动因和方式。因此,本书尝试通过理论阐述和构建模型来论证高技术产业生态转型动力系统的存在、运行方式以及效果的衡量,为中国缓解经济发展与环境保护及资源消耗之间的矛盾提供有可行性的理论指导。

企业、消费者以及政府也开始逐步重视经济发展与生态之间的互相影响。企业从最初的抵制环境保护到从环境保护中寻求商机是企业对生态问题态度的一个质的转变。很多企业都从生态转型中获益,并借此获得竞争优势。消费者主要是受到身边环境的不断恶化以及各种媒体宣传的影响,逐步改变自身的消费偏好,越来越重视产品的使用和报废所引起的环境污染以及资源消耗的问题。能源价格的不断上涨、生存环境的不断恶化和核心技术的缺失使我国为经济增长支付了昂贵的成本,当前政府对经济发展方式的选择有限,因而将经济发展与生态之间的协同互动视为解决其所处困境的唯一路径。本书所研究的动力系统可以正确规范企业、消费者以及政府在现实经济发展中各自的行为,针对各自不同的行为主体提出具体的行为准则,具有重要的现实意义。

1.2 研究概况

1.2.1 高技术产业环境污染

传统产业的环境污染和资源消耗问题早已引起相关学者的重视,但作者查阅相关研究文献发现,高技术产业实际上也需要进行生态转型,因为其污染可能比传统产业有过之而无不及。吉田文和指出,高度发达的科技也会导致出现一种新的污染,即“高科技污染”。高技术产业一直留给人们污染较少的印象,而

实际并非中此^①,夏太涛等人和张玉赋分别以发达国家和江苏省为例研究得出,发达国家和江苏省均存在严重的高技术污染问题,但这些问题往往因为高技术产业在经济方面的成功而被忽视,并对此提出各自的政策建议^{②③}。张婷以半导体工业为例指出其生产过程有诸多程序对人体健康有害^④;张小兰进一步将高技术产业的污染分为电磁波辐射污染,重金属污染,电子垃圾污染,气体、光、声污染和其他未知污染^⑤。蔡乾和、陈艳丽指出高技术产业污染有污染速度快、范围广,经济损失巨大、浪费严重和潜伏性、持久性等特性之后,分析并指出科技进步是导致高技术产业污染的原因,而高技术产业污染又对科技进步指明了方向^⑥。关劲峤等则在国内首次运用驱动力模型实证分析了江苏省各个高技术产业污染的原因,并发现导致高技术产业污染的原因有很多,但都直接与企业或政府有关^⑦。张攀等人认为,由于高技术产业园存在多重污染、土地供需矛盾、重复建设和浪费加剧等问题,因此需要建设高新技术产业生态园^⑧。胡汉辉、汪朗峰基于生态学视角进一步强调高技术产业的发展离不开制造业的发展,高技术产业与制造业存在种群依赖关系;若

① 吉田文和:《高技术污染》,中国环境出版社,1998年。

② 夏太涛,倪杰,张玉赋:《发达国家高新技术产业环境污染基本情况研究》,《科学与科学技术管理》,2005年第4期。

③ 张玉赋:《江苏省高新技术产业污染情况调查及对策研究》,《中国科技论坛》,2006年第1期。

④ 张婷:《警惕新的污染源:高技术污染》,《科技进步与对策》,2001年第9期。

⑤ 张小兰:《对高新技术产业污染特殊性的思考》,《科技管理研究》,2009年第10期。

⑥ 蔡乾和,陈艳丽:《科技进步与高科技污染的关系初探》,《理论月刊》,2004年第11期。

⑦ 关劲峤,黄贤金,朱德明,等:《高科技污染问题及驱动力模型研究》,《中国人口资源与环境》,2005年第4期。

⑧ 张攀,耿涌,姜艳玲:《高新技术产业园生态建设模式研究》,《科技进步与对策》,2008年第8期。

制造业发展阶段偏低,可能会抑制高技术产业的发展^①。

由此可见,不仅是传统产业,高技术产业也亟须产业生态转型,换言之,所有产业可能均需要进行产业生态转型。而针对高技术产业的生态转型与传统产业的生态转型研究一样,尚未形成某种共识,因此促使高技术产业生态转型已迫在眉睫。

1.2.2 产业生态系统演化

高技术产业生态转型的最终目的是使产业经济系统转型为产业生态系统,而产业生态系统(Industrial Ecosystems, IE)是试图让产业系统向自然生态系统学习而提出的系统概念。Jelinski等认为,产业生态系统可以比拟自然生态系统而构建^②; Ehrenfeld 和 Gertle 指出,经历过几十亿年演化的自然生态系统是唯一可借鉴的可持续发展的系统^③。Lifset 和 Graedel 将这一思想进一步细化,认为产业生态系统的“产业性”体现在产品的设计、生产以及销售的整个过程中;“生态性”体现在应用模拟生态系统模型进行环境友好型的生产活动(或人类科技活动)的过程中,又体现在将这些活动放到更广阔的生态支持系统中去的过程中^④。

产业生态系统也被称为生态产业园(Eco-industrial Park, EIP)。Korhonen 从这个意义上将产业生态系统定义为由制造业和服务业企业群落与其所在地域的资源和环境组成的、具有

① 胡汉辉,汪朗峰:《我国高技术产业和制造业种群演化规律的生态研究》,《科学学研究》,2009年第10期。

② Jelinski L, Graedel E, et al. Industrial ecology: concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1992(89).

③ Ehrenfeld J, Gertle N. Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at kalundborg. *The Journal of Industrial Ecology*, 1997(1).

④ Lifset R, Graedel E. *Industrial ecology: goals and definitions*. Edward Elgar Publishing Ltd., 2002.

高效经济过程与和谐生态功能的系统^①。产业生态系统又被称为产业共生(Industrial Symbiosis, IS)网络, Lambert 和 Boons 从这个意义上将产业生态系统定义为由企业间的设备共享、废弃物集中处理和废弃物、多余能量的交换等产业共生关系构成的系统组织^②; Chertow 将其定义为区域经济活动中所有组织间相互关系的总和,这时的合作行为在当地需求与生产能力之间架起了一座桥梁,提高了资源利用效率,改善了环境质量,带来了经济效益^③。

近年来,不少中国学者从不同的角度研究了产业生态系统的演化。郭莉等运用协同学的哈肯模型,建立了产业生态系统演化方程,以北京、上海等 21 个省市为样本进行了实证研究^④;刁晓纯、苏敬勤基于交易费用理论和企业资源理论论述了产业生态网络演进的两种方式:不断提高生态效率和固化核心能力^⑤;张攀、耿涌从系统、产业、企业三个层面分析了产业生态系统多样性的发展机制^⑥;赵玉林、陈静运用自组织理论方法,考察了美国硅谷产业生态系统的演化,揭示了高技术产业系统的

① Korhonen J. Some suggestions for regional industrial ecosystems. *Eco-Management and Auditing*, 2001(1).

② Lambert A, Boons F. Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation*, 2002(8).

③ Chertow R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment*, 2000(3).

④ 郭莉,苏敬勤,徐大伟:《基于哈肯模型产业生态系统演化机制研究》,《中国软科学》,2005 年第 11 期。

⑤ 刁晓纯,苏敬勤:《基于序参量识别的产业生态网络演进方式研究》,《科学学研究》,2008 年第 6 期。

⑥ 张攀,耿涌:《产业生态系统多样性发展机制研究》,《中国软科学》,2008 年第 6 期。

自组织演化机制^{①②}。

1.2.3 高技术产业可持续发展的动力因素

从当前主流观点来看,无论是产业成长还是产业生态转型,其动力因素主要包括企业、消费者和政府三大主体,其中企业又分为企业竞争和企业创新两类行为。

(1) 企业竞争

Feurer 指出,认为企业竞争能够促使产业生态转型的研究学者很多都有产业组织学的背景,他们认为市场是竞争相同类型客户的企业集合;虽然这些研究学者依然是在研究企业管理,但研究得更多的是企业的外部管理战略生态化以及企业如何以此获得竞争优势^③。樊海林和程远认为企业为了获得竞争优势而降低生态影响,生态效益的获得是通过有目的的技术创新或者组织创新,而不是构建某种评价体系并针对评价体系的指标去提高生态效益^④。关于企业竞争能够促使产业生态转型,学术界有两个主流研究观点:“波特假说”和“企业的禀赋”。

波特认为企业需要一种有经济效率的环境约束规制,从而可以激励企业提升生态效益,使企业获得一种潜在的竞争优势。企业进而可以利用这种优势提高生产率、降低生产成本以及开

① 赵玉林,陈静:《高技术产业生态系统的自组织演化机制与发展对策》,《武汉理工大学学报(社会科学版)》,2003年第5期。

② 陈静,赵玉林:《美国加州高技术园区的生态系统分析及启示》,《武汉理工大学学报》,2002年第7期。

③ Feuerer C. Defining competitiveness: a holistic approach. *Management Decision*, 1994(2).

④ 樊海林,程远:《产业生态:一个企业竞争的视角》,《中国工业经济》,2004年第3期。

发新市场的费用^①。这就是“波特假说”，它认为具有市场机制特性的环境规制可以影响到产业内的所有企业，但是由于每个企业本身的生态适应能力不一样，这种约束机制对每个企业的影响程度也不一样，从而实现优胜劣汰。但“波特假说”仅注意到影响生态适应能力的一个方面：创新。Landis Gabel 则并不同意该观点，他认为假说中降低环境污染能够收回成本甚至盈利的设想在很多产业里都很难实现，否则为何政府为很多产业提供财政补助以使其排放达到一定标准？没有企业会盲目地遵守环境规制，因为那样会降低企业的竞争力^②。

“企业禀赋”的代表人物 Hart 则认为竞争优势来源于企业特有的能力^③，Schaltegger 和 Synnestvedt 将其进一步细分为：将股东的利益考虑到企业战略中，更有秩序地学习以及持续创新^④，这样企业以优化自身的组织形式获得竞争优势同时提升生态效益，与“波特假说”相比，该理论更强调企业通过自身的改善而非外在作用。但总体来说，企业若想获得竞争优势，需要开展可持续性研究，不仅要评估当前资源的价格和可获得性，也需要评估未来资源的可获得性；对废弃资源的数据进行详细的统计以获得新的商机；进行创新以更好地利用企业周边的废物等。而政府作为规制的参与者需要在考虑到企业的生态承受能力的

① Porter M, Linde C. Toward a new conception of the environment competitiveness. *Journal of Economic Perspective*, 1995(4).

② Landis Gabel, Sinclair-Desgagné. The firm, its routines and the environment. In: Tietenberg, Folmer. *The international yearbook of environmental and resource economics* 1998/1999. Edward Elgar Publishing Ltd., 2000.

③ Hart S. A natural-resource-based view of the firm. *Academic Management Review*, 1995(4).

④ Schaltegger S, Synnestvedt T. The link between “green” and economic success. *Journal of Environment Management*, 2002(4).