

生 态 学 前 沿

ABC

从褐色工业到绿色文明

王如松



产业生态学

上海科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

从褐色工业到绿色文明：产业生态学 / 王如松，杨建新著.

—上海：上海科学技术出版社，2002.8

(生态学前沿ABC)

ISBN 7-5323-6612-X

.从... .王... 杨... .产业 - 生态学 .F062.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第057262号

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号 邮政编码200020)

印刷厂印刷

新华书店上海发行所经销

开本 787 × 1092 1/32 印张 5.625 字数 78千字

2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷

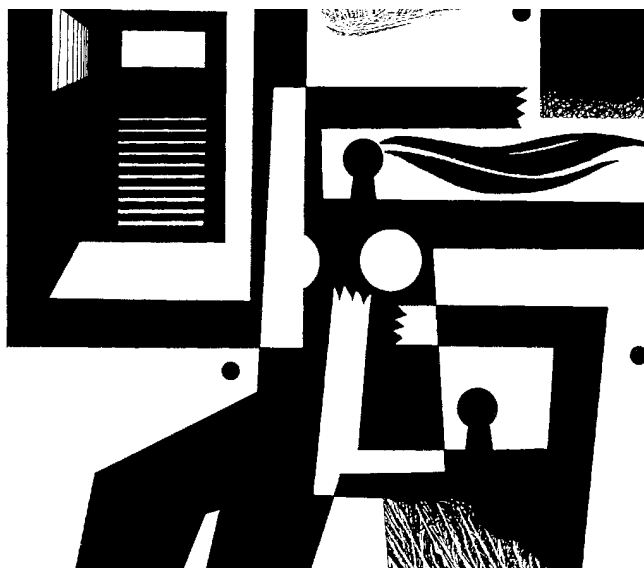
印数：1-3 000 定价：12.50元

---

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题，  
请向本社出版科联系调换

人是万物之灵，也是自然之子。海明威说得好：“人可以被毁灭，但不会被打败。”但我们还要谨记的是，自然可以被践踏，但不会被征服。

自然孕育了人，就必然有某种规律约束着他，本套丛书试图寻找的，就是那些暗示这种规律的蛛丝马迹。



前言

1

**第 1 章** 产业的危机与曙光

1

**第 2 章** 产业生态学原理

21

**第 3 章** 产业生态学方法

53

**第 4 章** 产业生态学实践

95

**第 5 章** 生态产业的未来

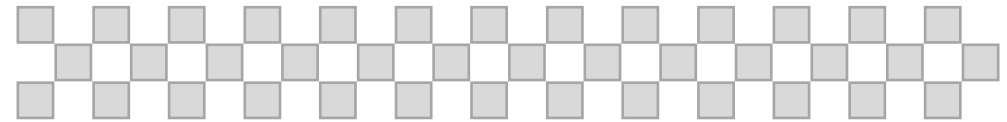
131

结 语

159

世界环境与发展委员会的《我们共同的未来》一书指出：“在过去我们关心的是经济发展对环境带来的影响，而我们现在则更迫切地感到生态的压力，如土壤、水、大气、森林的退化对我们经济发展所带来的影响。在不久以前我们感到国家之间在经济方面相互联系的重要性，而我们现在则感到在国家之间的生态学方面的相互依赖的重要性。生态与经济从来没有像现在这样互相紧密地联结在一个互为因果的网络之中。”

发展是人类社会永恒的主题和基本的权利。人类一直在自觉或不自觉地拓展其生存与发展的空间。人类社会迄今发生的几次大的天人关系的革命，都是人类发展模式的革命。人们征服自然的强度一次比一次大，影响面也更广。人类从游牧时代向农耕时代过渡的农业革命在使人类安居乐业、男耕女织的同时，将大片森林、湿地夷为农田，但其影响范围基本上限于二维的局部地表。工业革命开拓了资源，用机器解放了人的劳动，使人类从农村走向城市，巨额的化石能源和矿产资源被从地下挖掘出来，其废弃物又排入地表水体和大气，污染环境，其影响扩展到地下与空中，呈三维胁迫效应。信息、材料和生物技术革命解放了人的脑力、视力和听力，将空间和时间压缩到人类可达的尺度，特别是空间技术和互联网技术的出现，使人坐在家里就可以观察地球上任何一个地方的



细微变化；遗传工程使人可以在短时间内改造原有物种，创造新的生命形式。至此，人对地球环境的控制从三维升至多维“，宏达天宇，细入丝微”，其驾驭自然的能力达到登峰造极的地步。人类似乎可以全面脱离自然，控制自然，改造自然。

具有讽刺意义的是，这个技术发达、经济腾飞的时代，也是一个生态道德退化和溃败的时代。人们在欢庆征服大自然的胜利的时候也发现了自然生态与人类生态的惊人退化。随着生物多样性的降低、全球环境的变化、自然灾害的频繁、淡水资源的枯竭、以及沙漠化盐渍化的加剧，自然生态系统能为人类生存与发展提供的服务功能越来越弱。随着现代化提供给人的物质享受水平的提高，化石能逐渐替代了自然能，人工控制代替了自然调节，个体人越来越懒，离开了电，离开了自来水，离开了交通工具，离开了高能耗的基础设施和服务体系，都市生活就要瘫痪，现代化城市就要崩溃。在传统工业化模式所造成的物质文明背后是生态野蛮。

全球气候变暖其实是现代人“吃祖先饭，造子孙孽”的具体表现，是工业革命的副作用和必然结果。每年太阳给地球提供的能量本来是完全足以维持地球人生息繁衍之用的。工业革命为人类提供了开采地球上库存能量的技术，巨额的化石能源被从地下挖掘出来，用以满足人们过度奢侈的挥霍与浪费。其利用效率（包括生物能源）又极低，人们只用了其中的一小部分，多数以废热和二氧化碳形式耗散到大气层中，

打破了地球表层的生态平衡,形成温室效应,并给生物圈和人类社会带来一系列直接和间接的严重恶果。

面对人类生态和自然生态的这种退化趋势,人类在进入公元第三个千年之际,不得不深刻反思和重新审度我们“现代化”的生产方式、消费行为、价值观念和科学方法。西方发达国家经过两个多世纪的产业革命和社会发展,以掠夺全球80%的生态资产为代价,实现了20%人口从农业社会向工业社会、乡村社会向城市社会的过渡和物质生活的现代化。中国要在二三十年时间内通过快速的经济增长达到中等发达国家的经济水平,既没有全球广阔的生态资源作后盾,也没有两个多世纪的时间跨度作缓冲。占世界人口三十分之一的美国人每年消耗地球上资源开采量的1/4。中国要达到美国人的生活水平,至少要一个半地球来供给资源。事实证明,无论是早期工业化国家先污染后治理的发展模式还是后工业化国家高消费高影响的生活方式在中国都是不可行的。

为此,20世纪80年代末以来,以可持续发展为口号,一场社会、经济、环境和科学领域的生态革命正在各国悄悄兴起。在新一轮生态革命中,发展的目标不再是解放人们体力和智力的高能耗、高消费、高自动化、高生态影响的物质文明,而是高效率、高活力、低消费、低影响的生态文明。其生态痕迹(ecological footprint)将从消极的污染型、破坏型向积极的恢复型、建设型演变。这场革命的实质是逆转人类生态与自然生态的退化趋势,恢复人和自然的生

态潜能,从技术、体制、文化及认识领域重新调节社会的生产关系、生活方式、生态意识和生态秩序,在资源承载能力和环境容量许可的前提下,促进人与自然在时间、空间、数量、结构及功能关系上的可持续发展,实现从自然经济的农业社会、市场经济的城市社会向生态经济的可持续发展社会的转型。这场产业转型的科学基础就是产业生态学。

产业生态学是近年来异军突起的一门着眼于生态系统持续发展能力的整合性科学。它根据整体、协调、循环、自生的生态控制论原理去系统设计、规划和调控人工生态系统的结构要素、工艺流程、信息反馈关系及控制机理,在系统范围内获取高的经济和生态效益。不同于传统末端治理的环境工程学,产业生态学强调资源的综合利用、技术的系统组合、学科的边缘交叉和产业的横向结合,强调产品生产的量与质同社会服务的效与序相结合,着眼于增加而不是减少就业机会,着眼于功能性完善而不是结构性增长。

产业生态学是一门引导产业转型,激励新的产业革命的可持续发展科学。“可持续发展如果没有像产业生态学这样既能够改善经济又能改善环境的应用性学科的支持,只能是一种口号”。它是揭示企业物流能流新陈代谢规律、产品生命周期过程及产业兴衰演替的经济生态学;是有关产业的资源开发及环境影响活动对生命支持系统胁迫及其响应机制的自然生态学;也是关于人类生产、消费活动与周围自然、经济、社会环境关系的人类生态学;还是关于物质生产

单元、环节或体系之间在时间、空间、数量、结构和序理层次上的生态工艺设计和生态系统耦合的工程生态学。

产业生态学涉及三个层次：宏观上，它是国家产业政策的重要理论依据，即围绕产业发展，如何将生态学的理论与原则融入国家法律、经济和社会发展中，以促进国家及全球尺度的生态安全和经济繁荣；中观上，它是部门和地区生产能力建设及产业结构调整的重要方法论基础，通过生态产业将区域国土规划、城市建设规划、生态环境规划和社会经济发展规划融为一体，促进城乡结合、工农结合、环境保护和经济建设结合；微观上，则为企业提供具体产品和工艺的生态评价、生态设计、生态工程与生态管理方法。它涉及企业的竞争能力、管理体制、发展战略，行动方针，包括企业的“绿色核算体系”、“生态产品规格与标准”等。

从传统产业向生态产业转型，其实质是变环境投入为生态产出，促进生态资产与经济资产、生态基础设施与生产基础设施、生态服务功能与社会服务功能的平衡与协调发展。这将涉及两方面的创新：一是生态效率(Eco-efficiency)的创新：怎样把产品生产工艺改进得更好，以生态和经济上最合理的方式利用资源；二是生态效用(Eco-effectiveness)的创新：怎样设计一类生态和经济上更合理的产品，以最大限度地满足社会生态和自然生态的需求。生态产品开发的战略管理包括改善材料质量，减少材料消耗，优化工艺流程，

优化流通渠道,延长生命周期,减少环境负担,优化废物处置和优化系统功能等。产业的生态转型是在大的时空尺度下的一项复杂的生态系统工程,战略上需要的是观念转型(生态哲学、生态伦理、生态价值、生态文化)、体制改革(包括耦合机制、生产体制、生活方式、协同进化)和技术创新(知识创新、方法创新、功能创新、结构创新、产品创新);战术上需要的是生态评价、规划、设计与管理的技巧与工具。

美国生态学会前主席 J. Meyer 1996 年在全美生态学年会述职报告中将生态工程、生态经济、生态设计、产业生态学及环境伦理学列为未来生态学研究的五大前沿方向。其实这五大方向都与产业的生态转型密切相关。

这五大方向中,生态工程是比较活跃的一个。这个概念是著名生态学家奥德姆及马世骏教授于 20 世纪 70 年代前后分别提出来的,但各自侧重点却不同。西方生态工程理论强调自然生态恢复、生态平衡和自然调控。且只停留在少数学术和案例研究中。中国生态工程则强调人工生态建设,追求经济和生态效益的统一和发展的力度与稳度,得到广大人民和各级政府的响应和参与,被认为是发展中国家可持续发展的方法论基础。

20 世纪 70 年代以来,我国生态工程理论和实践研究在农业生产、环境保护及区域治理等领域取得长足进展。以农业生态工程为先导,全国各地在政府推动、科技引导、社会兴办、群众参与方针的指引下,

先后涌现出2 000多个生态工程建设示范基地，包括51个生态农业县，200个生态示范区和70多个社会发展综合实验区等。这些基地在外部投入有限的情况下，通过常规、适用技术的系统组装、资源的挖潜、体制改革和能力建设，从农田(土壤生态、作物生态、害虫综合防治、节水集水、间作轮作、有机质还田等)、农业(农、林、牧、副、渔产业耦合、企业共生、资源再生)、农村(肥料、饲料、燃料工程、庭院生态、社区建设、小流域治理等)和农镇(产业、能源、交通、景观、人居环境及废弃物的生态规划、建设与管理、生态城建设及城乡关系)四个尺度的生态系统着手，努力促进资源的综合利用、环境的综合整治及人的综合发展，取得了举世瞩目的社会、经济和生态效益。1996年北京国际生态工程大会上全球表彰的11项优秀生态工程中，我国占9项；国际SCOPE生态工程专家委员会8名委员中，我国占2名。四川广汉市以垃圾减量化、无害化、资源化、产业化为突破口，将传统垃圾处理的单一政府行为变为企业、民众与政府的共同行为，从垃圾资源化获取经济效益，促进了垃圾肥料业和机械业的发展，提供了一大批就业机会，也净化了市区的生态环境，减少了政府的经济负担，促进了生态农业的发展。江苏大丰市自1987年开展生态县规划与建设十多年来，GDP增长8倍，而环境质量仍保持20世纪80年代初期的良好水平，土壤有机质从1.19%增至1.23%，森林覆盖率增加了15.7%。22项生态示范工程和100个技术协会初见成

效，全市社会、经济、环境持续发展的力度和稳度居苏北之首。

人类生产方式和消费模式究竟是怎样影响区域环境和受环境所影响的？其后果如何？企业和个人应怎样减缓和适应环境的这些变化？针对这些变化所选取的产业政策和生产工艺将如何影响现在和未来的社会、经济发展？这正是目前国际社会对全球环境变化的人类影响研究的核心议题。随着社会对减缓环境破坏和适应环境变化需要的加大，要求科学界提供人类生产活动的生态影响机理和管理方法的呼声越来越高。为此，全球环境变化的人类影响国际研究计划（简称 IHDP）专门组织了有关产业转型和人类影响的系统研究，包括宏观尺度下经济与环境的联系；建立调节生产和消费过程的环境管理规则及激励机制，包括影响环境的物质流的分析；生产系统和产业生态学；消费系统，包括消费者的需求、要求、偏好及其表达方式等。

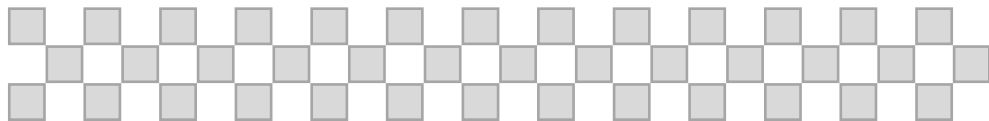
1998年以来，IHDP 的产业转型研究组先后在东欧、南亚、东亚、东南亚、北美、西欧、拉丁美洲及非洲召开了8次有关产业转型的区域性会议，并于1999年2月24日至26日在荷兰召开了扩大的科学会议，在8个区域性会议的基础上制定了产业转型与人类影响的科学研究计划（Vellinga,1999）。该计划提出了宏观环境经济、激励与调控政策、产业生态、消费模式等四大研究方向以及转型过程、分析方法与工具、管理监测与体制、城市和产业转型、能源、食

物、信息与通讯等7个研究领域。该计划认为,为了满足世界人口增长的需要而可持续地利用环境资源,生产、生活体制及行为方式的改变是必需的。其目标在于理解复杂的社会经济相互作用,辨识快速变化的动力学机制,探索能显著减少环境影响的发展途径。旨在以产业为突破口,将生产者和消费者相关联,研究城市社会-经济-环境间的系统关系,及其与全球环境有关的系统变化,如水、交通、居住、食物、能源、物质利用、信息与通讯、金融服务、娱乐旅游等,其实质就是人类生态关系的系统研究。

中国加入WTO以后,已能享受多边关税减让,各种费、关税壁垒也将逐步减少。由于WTO将环保作为优先考虑的任务,允许各成员国采取相应的措施加强环境保护,绿色壁垒依然存在。WTO在近一两年内将出台一大批环保公约,意味着未来的生态产业将是最有前景的产业。WTO大多数成员国都已建立了“生态标志”制度,如德国的“蓝色天使”,加拿大的“环境选择”、日本的“生态标志”、欧盟的“欧洲环保标志”等计划,企业要对以上国家出口产品,就必须申请和审查合格并拿到“绿色通行证”以后才能进行。国际标准组织即将全面推行的ISO14000环境管理体系国际标准明确规定,一切不符合该标准的产品,任何国家都有权拒绝进口。因此,发展生态产业,生产生态(绿色)产品,冲破绿色壁垒,回避环境风险,将成为新一轮国际贸易竞争的焦点和生态产业发展的动力。产业生态学将为城乡产业转型、企业重

组、产品重构提供方法论基础和新的生长点;促进国营和乡镇企业的转轨升级;创造新的社会就业机会;从根本上扭转产业发展中环境污染的被动局面;为全球环境变化、生态产品推广和生态企业孵化提供科学方法、决策依据和信息支持。

本书拟向读者介绍产业生态学这门新兴学科的基本概念、历史渊源和发展动向,产业生态学评价、规划、设计和管理的一些主要原理和方法,以及国内外生态产业研究、开发和建设的一些案例。如果这本小册子能起到抛砖引玉的作用,引起社会各界特别是产业界对产业生态学的兴趣,在中华大地上把生态产业这篇文章作好,作者将不胜荣幸。



# 第 1 章

产业的危机与曙光



## 从褐色工业到绿色文明

产

业

生

态

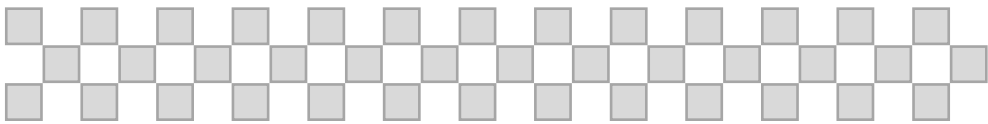
学

2

记住往昔岁  
月中的智慧……

叶芝

中国正在迅速城市化与工业化，实现着从计划经济向市场经济、农业社会向工业社会的过渡。这一快速工业化、城镇化进程主要是在东部沿海及内陆部分人口密集地区展开的。强烈的现代化需求、密集的人类活动、快速的结构性增长和高物耗、高污染型的产业发展对生态环境的胁迫效应以正反馈形式发展。水体、大气、土壤和生境严重污染(如90%以上城市水源污染严重，全国基地粮食农药检出率60.1%)，农田、森林、草原、湿地的生态破坏(如北方农牧交错带近10年荒漠化土地增长2.48万平方公里，南方丘陵山区近30年荒漠化土地从占该地区面积的8.2%发展到22.9%)，环境事故、生态灾难、生态难民及自然灾害频率的不断增加(如洞庭湖水灾从295年到1868年平均每41年一次，最近40年平均5年一次)，生物多样性、水源涵养能力、生态服务功能及生态系统健康的持续下降给人民身心健康、国家环境安全和经济的持续发展造成了严重的威胁。如黄河自1972年首次断流以来的25年中18年断流，且断流时间和长度逐年增加。桂林地区60多条河流减少到34条，漓江游程由83公里缩短到20多公



# 第一章

## 产业的危机与曙光

里；河南驻马店地区 1975 年的特大洪水及上海市 1988 年二十多万人甲肝爆发等环境事件，人们仍记忆犹新。环境污染、生态破坏表象的后面是国有生态资产的流失、生态服务功能的退化，以及国民生态素质的低下。为此，国家不得不明令取缔、关闭和停产 15 类污染严重的乡镇工业。这些企业所蒙受的昂贵的经济损失宣告了传统的“先污染、后治理，先规模、后效益，先无序、后公平”的工业化模式在当今中国的不可行性。

为了改善城镇生态环境，一些大中城镇投巨资兴建了一批污水、垃圾和烟尘治理工程，一些老大难的环境污染企业也被责令限期治理其环境问题。这种投资多、能耗大、运营成本高且在有长期积累的后工业化国家行之有效的末端治理工程，虽可取得明显的局部环境效益，但对长期亏损的国营企业、粗放型乡镇企业和举步维艰的各级城市基础设施建设来说却是一个沉重的经济包袱。为顺利实现第三步战略转移，我们必须寻求一条新的产业革命和生态建设之路，从认识论、方法论和技术手段三方面去探索实现环境与经济协调发展的产业转型模式。

城市环境污染及其所造成的生态破坏是工业革命和殖民主义的副产品。随着大工业