

为未来思考  
为未来行动

# Vers une écologie industrielle

# 工业生态学

怎样实施  
超工业化社会的可持续发展



■ [瑞士] 苏伦·埃尔克曼 著  
■ 徐兴元 译

4-05

27

4

经济日报 出版社

为未来思考，为未来行动

Suren Erkman

Vers  
une écologie  
industrielle

[瑞士]苏伦·埃尔克曼 著

徐兴元 译

王 毅 校

工 业 生 态 学

怎样实施

超工业化社会  
的可持续发展

经济日报出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

工业生态学/[瑞士]苏伦·埃尔克曼著,徐兴元译.

-北京:经济日报出版社,1999.4

ISBN 7-80127-411-3

I.工… II.①埃… ②徐… III.工业-生态学-研究

IV.F4-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999)第 10544 号

## 工业生态学

---

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 著 者  | 苏伦·埃尔克曼                   |
| 责任编辑 | 陈 悦                       |
| 责任校对 | 徐建华                       |
| 出版发行 | 经济日报出版社                   |
| 社 址  | 北京市宣武区白纸坊东街 2 号 邮编 100054 |
| 经 销  | 全国新华书店                    |
| 印 刷  | 北京市燕华印刷厂                  |
| 规 格  | 850×1168 毫米 开本 1/32       |
| 字 数  | 116 千字                    |
| 版 次  | 1999 年 4 月第 1 版           |
| 印 次  | 1999 年 4 月第 1 次印刷         |
| 印 张  | 5.75 印张                   |
| 印 数  | 1-3000 册                  |

---

ISBN 7-80127-411-3/C·2

定价:15.00 元

版权所有 盗印必究

“工业生态学的概念应为政府官员所知晓,由他们、企业领导人和大众传媒所运用。应将它介绍给广大民众,并让它引导政府与企业家的行为。”

罗伯特·福罗什和尼古拉·加劳布劳斯

美国通用汽车实验室

《为了科学》法文版 1989 年 11 月

我非常荣幸能为苏伦·埃尔克曼(Suren Erkman)《工业生态学》一书的中文版做个介绍。

该书为工业生态学的初始、新创实践和建议做了明快的综述。苏伦·埃尔克曼以严谨、和谐的手法,成功地展示了当今社会经济、科学技术和生态学发展的崭新一面。

几年来,作为一门学科的工业生态学,已被英美国家的科技和工业界人士所熟知,而法语国家正需要一本像苏伦·埃尔克曼所著这样的书。当今的中国正处在工业、经济、生态、社会与文化结构巨大转型之中,我们很快地认为推出该书的中文版是极具价值和意义的。

该书属“建设一个协力尽责的世界同盟”分项计划工作的一个内容。苏伦·埃尔克曼是“工业生态学”计划的负责人。在这一范畴内,该书是中国与世界对话的一个窗口。为在坚实的基础上建立同盟,在深远丰富的多元化上创建世界的今天和未来,这类对话是必不可缺少的。

古斯丹沃·马汉(Gustavo Marin)

夏尔·列奥鲍尔-梅耶人类进步基金会(FPH)

未来地球计划负责人

## 中文版出版序言

能给中国的读者朋友们介绍我这第一本关于工业生态学综合论述的书使我感到十分的荣幸和高兴。工业生态学以新的眼光来看待经济的发展,它把整个工业系统(即所有同产品和服务的生产与消费有关联的活动)作为生态系统中的一个特殊形式来看待。基于这一出发点,改进工业系统使之能与生物圈兼容,以能最终持久生存下去。生物圈是我们所知的复杂生命系统中唯一能持久生存的例子,所以研究和模仿自然生态系统的运行是符合逻辑的。

从出现至今仅十年的工业生态学,已进入到快速发展的时期。目前,在欧美三十来所大学内设有该学科课程。工业生态学思想近来被越来越多的国家政府(尤其是美国、日本、德国、荷兰、瑞士、瑞典等)和国际组织(如联合国可持续发展委员会),以及世界大企业(如 General Motors, Shell, Xerox, Dow, ABB, Norsk Hydro)和联合起来的中小型企业所重视。

本书中文版序言要表达的主要看法是:工业生态学绝非是富裕工业国家的专有奢侈物。正好相反,建立一个以工业

生态学原则为基础的经济发展战略,对快速增长的发展中国家(如中国)比对经济发达国家来说更为必要和紧迫。道理有两条:

首先,人们清楚地看到,经济快速增长的发展中国家的生活质量正在恶化。而生活水平,尤其是一部分人的购买力,有了实质性的提高,这是一个不争的事实。但在这些发展的同时又带来了许多有危害性的问题,尤其是环境问题,已是不能置之不理了。如机动车运输的快速增长,使所有居民包括最富裕阶层的生活都遭受了城市空气严重污染的影响。那么整治这些危害已迫在眉睫,否则,急速发展所带来的负面影响会超过其正面的效益。

自 60 年代以来,工业化国家曾试图减少其发展给环境所带来的压力,尤其通过各类过滤器对生产过程末端的污染进行处理,这种手段的英文称为“end of pipe”。但是,起码在发达的工业化国家中,人们今天已经明白,生产过程末端处理方法不是一个真正的解决方案,因为这种方法只是使问题在空间和时间内移动而已。比如,污水处理厂产出的污泥必须经过处理和存放:污染从水里被转移到土地上,将来它最终还会给环境带来问题。更重要的是生产过程末端处理方法从长远来看所需的资金投入是极大的。发达工业国家在近几年里就有过沉痛的教训:昂贵的维修费用,惊人的更新和更换开支,废物的最终处理(如污水处理站产出的污泥处理)。

第二,发展中国家获得自然资源(空气、水、土地、矿物等)所引发的问题比发达工业国要更加严重。在经济发展的同

时,广大民众对价格合理的自然资源和原材料的需求也不断增加。所以对资源使用的效益要越高越好(而今天的实际情况还差得很远),这不仅要改善生产工艺的效益和消费方式,还要从根本上全盘重新考虑工业系统的组织,以达到优化整个物质和能源流程的目的。

为达到此目标,目前在工业生态学的范畴内建成了一个方法论:即对物质流程的分析,也称之为“工业代谢研究”。无可置疑,物质流程的研究将成为一个制定地方性、区域性和全国性社会经济和谐发展策略所不可缺少的工具。所以,物质流程研究通过对物质整个流程和储存的分析,来确定一个最佳的能源使用方针。

目前,促使富裕工业国感到有必要在工业生态学的基础上对资源进行全盘管理,其主要原因在于他们明白使用生产过程末端处理方式,在将来会给政府和企业带来极为沉重的经济负担。然而,这个经济负担问题在发展中国家就会变得更加关键,在富裕国家发现生产过程末端处理方式是行不通的同时,一些发展中国家却正在开始配备用这种方式处理污染的设施!相反,工业生态学指出在节约资源的同时又能减少污染处理开支是可能的。在某种情况下,运用工业生态学方法甚至可以把费用昂贵的废物处理变成企业的一个新利益源。例如,某种废物能成为被其他企业所购买或使用的原料。

我们看到,工业生态学为全面解决污染控制、资源利用,以及提高企业的竞争力,提供了理论方法和实际策略。所以,包括中国在内的一些快速发展国家,为实行和谐、有竞争力和

可长期持续的社会经济发展,广泛运用工业生态学观点是大有裨益的。

苏伦·埃尔克曼(Suren Erkman)

1999年2月,于日内瓦

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 序 .....             | 1   |
| 第一章 出乎自然的工业 .....   | 5   |
| 第二章 工业生态学 .....     | 13  |
| 第三章 历史回眸 .....      | 35  |
| 第四章 工业代谢研究 .....    | 49  |
| 第五章 臻于成熟的工业体系 ..... | 77  |
| 第六章 技术战略 .....      | 101 |
| 第七章 不断使用的财富 .....   | 129 |
| 结束语 杰出的工业 .....     | 143 |
| 参考书目 .....          | 147 |

# 序

工业生态学？这一词汇本身马上就让人感到惊讶，困惑，因而吸引人的注意力。我们本能地会觉得，“工业生态学”在组词方法上是矛盾的，是一个矛盾修辞，就如“明亮的黑暗”，或“滚烫的冰块”一样。

我们为何有此反应？无疑是出于习惯。我们习惯上认为工业体系是与生物圈相对立的，一边是工厂、城市，一边是大自然。带着这种局限性的观念，我们小视了工业体系对“外界”、对其周围世界、对“环境”的影响。环境保护主义者们，以及他们的先驱者们，长期以来，关注的是工业活动造成的不良后果，即污染对生态系统造成的破坏；但工业体系的运行机制本身始终在他们的研究范围之外。

工业生态学从相反的假设开始探索：可以将工业体系预想为生态体系的一种特殊情况。至少，我们可以把工业体系描绘成这样一个形态，即如同生物生态系统一样的物质、能量以及信息的流动及储存。而且，工业体系总起来说是建筑在生物圈所提供的资源与服务的基础上的，在某种意义上，工业是生物圈的

赘生物。因此,工业生态系统与生物圈之间存在着广泛的多少有些直接的相互影响,从几乎“自然状态”的农业生态系统到最为非自然的生态系统,如宇宙飞船。

工业生态学并非全新的概念。60-70 年代的科技文献中已经时而出现这个词了,但是没有更为深入的研究。90 年代初,工业生态学一词首先在与美国工程科学院关系密切的一些工程技术人员中重新被提出。从此以后,工业生态学走上了充满活力的发展之路。可以毫不夸张地说,目前,我们正在目睹诞生一个由工程学、生态学和生物经济学交叉构成的科学与技术的崭新领域。尽管还十分稚嫩,但已经表现出了某种成熟的形态,标志之一是 1997 年春季美国麻省理工学院出版了《工业生态学》杂志,这是世界上第一本专门介绍这一正在发展中的学科的学术刊物。

近三年来,“工业生态学”一词开始在学术界和产业界传播开来,并显示出一定程度的时髦效应,尽管其概念不一定被十分清楚地理解。为了避免混淆,我们首先界定“工业代谢理论”与“工业生态学”之间的区别。

工业代谢理论研究的是工业系统所有生物物理组成部分的总和。其基本手段是分析与描述,旨在弄清楚与人类活动相关的物质与能量的流动与储存的动力,从资源的采掘直到生物地球化学循环过程,这是物质不可逆转并迟早要发生的循环。

而工业生态学,则向前跨越了一个阶段:借助于对生态系统和生物圈的认知,找到能使工业体系与生物生态系统“正常”运行相互匹配的可能的革新途径。因此,工业代谢研究是工业生态学不可缺的先决条件。

工业生态学首先要求助于科学生态学、自然科学和工程科

学。它研究的范围是工业体系整体的和长期的发展。因此,环境问题,同其他许多问题一样,只是工业生态学研究范围的一个方面。与目前正在进行的大多数关于环境问题的讨论不同,工业生态学不涉足政治生态主义领域,既不持灾变说,也不持与其相反的、过分的科技乐观主义。

本书旨在首次用法文简要介绍工业生态学 90 年代初以来的形成情况,包括历史回顾及主要代表人物。书末的参考文献目录列入了那些深刻地更新了工业体系传统观念的主要书目;书中脚注列出了一些更专业的出版物。

本书原是为一次辩论会准备的文件,为夏尔·列奥鲍尔·梅耶人类进步基金会(Fondation Charles Léopold Meyer pour le progrès de l'homme, FPH)而起草,在 1993 - 1994 年间主要在美国完成的一系列采访的基础上写成的<sup>①</sup>。我感谢 FPH 人类进步基金会,特别是 Maurice Cosandey, Pierre Calame 和 Gustavo Marin 先生,他们的支持使我得以在理想的条件下进行研究;我感谢我的助手 Gisèle Spescha 女士,她耐心阅读了我的手稿;我也要感谢所有那些在工业生态学有关出版物还十分稀少的时候拨冗接待我的采访,并慷慨与我分享他们知识的人士。我还要特别感谢 David Allen, Braden Allenby, Jesse Ausubel, Robert Ayres, Dohn Ehrenfeld, Robert Frosch, Arnulf Grübler, Emie Lowe, David Rejeski, Deanna Richards, Walter Stahel, Willi-

---

① 参阅:苏伦·埃尔克曼(Suren Erkman),《工业生态学,工业代谢理论和实用经济社会》(Ecologie industrielle, métabolisme industriel, et société d'utilisation), 1994 年 10 月,日内瓦。科学传播与分析研究所(ICAST)有售,邮政信箱:474, CH-1211 Genève 12。

网址:<http://www.icast.org>

am Stigliani, Hardin Tibbs, 智广渡边以及 Jacques Grinevald, 他们为本书提供了许多有益的建议和无私的协助。

1998 年 2 月于日内瓦

# 第一章

## 出乎自然的工业

把工业体系视为与生物圈相对立这一看法导致了一个严重的实际后果，那就是把人类活动的影响视为主要仅限于对“环境的污染”问题。于是，人们认为解决的办法就是采取措施来治理污染，一般而言，采取技术手段的时机总是在生产过程的末端，用英文表达，那就是“end of pipe”。

多年来，企业界、政府部门喜欢反复地劝说应该“从源头开始预防污染”。这种观点很吸引人，但是，从某种角度看，它仍然属于“过程末端治理”的原理范畴，因为这里注意力仍集中在污染和废料（虽然目的已是尽量减少）方面，而没有展开更为广阔的视野。当然，应该看到，在实际生活当中，从过程末端处理污染物的方法还将广泛地运用。不过，日益明显的是，从过程末端治理的方法是不够的，不足以维持对生物圈的干扰处于一个可以接受的水平。

## 对“过程末端治理”的批判

我们可以从7个方面来批判“过程末端治理”：

### 1. 部门分割

固体废物，危险或有毒废料，液体废料，大气污染等的治理一般而言要涉及从卫生部门到水资源管理等不同的行政部门。这些政府部门更为关心的是维护本部门的特权，它们拥有的管理权力源于不同的立法，这不同的立法又源于不同的，甚至矛盾的法学原理。这种刚性的制度上的分割造成的结果就是在处理环境问题时往往过分地强调部门的主张。在一个部门看来是很好的“解决办法”，很可能只是把问题转移到了隶属于另一个部门的范围之内，于是，“减少污染”仅仅变成了转移污染。例如，废水处理可以产生“干净”的水，但是净化过程同样也产生大量的沉淀物。于是，这些沉淀物的存放或在农田的倾倒处理，就会引起特别是重金属对土地或地下水的污染。同样，固体垃圾的焚烧处理固然可以大大减少其数量，但是焚烧后灰烬的存放同样产生对土地和地下水的污染问题。此外，焚烧还可能污染大气。为了符合空气排放标准，又必须安装过滤装置，来收集那些同样也应该处理的固体废物。

在某种程度上，我们看到，在总体环境问题处理方面，也存在着类似的部门分割状态。在国际上有许多互不相关的国际间协定，有关于气候变化的，有关于生物多样性的，也有关于同温层臭氧的和关于土地荒漠化的，以及还有关于森林保护的等等。这些国际协定由代表不同领域的专家拟就，他们并未真

正相互间协调，他们从属于不同的部门和机构，涉及各自的权力范围便百般苛求。但是，真像地球生态科学表明的那样，生物圈是一个整体，所有这些问题都是不可分割地联系在一起的<sup>①</sup>。

## 2. 增量发展

总的说来，过程末端治理方法是日益增量发展的：它由渐进的小步改善不断向前。这种方式有其优越性，但是它以边际的改善加强了已有的技术体系，而牺牲了真正的革新。于是人们逐步地陷入了一个变得日益难以自拔的技术困境。

比如说，人们早就知道应该用其他动力的马达，特别是电动机来取代燃烧冲程马达。但是，那么多的人力、财力投入，迫使人们现在只能，并将继续只能努力改良它，通过催化、稀释混合等技术，使之尽量减少污染。而每一项技术进步都会加强这一古老技术在市场上的地位。因此，向其他类型的马达过渡，在经济上，因而也在政治上，变得日益困难。要考虑到汽车工业在工业化国家的重要性（每 10 个就业机会中就有 1 个）。

## 3. 成本越来越高

增量发展的特征是效率逐步下降：为了减少份量越来越少

---

<sup>①</sup> 关于生物圈的概念，作为地球生态学的研究对象，参阅：Jacques Grinevald, Holistic concept for deep and global ecology: The Biosphere, 载于: *Fundamenta scientiae*, Vol. 8, No. 2, 1987, p. 197 - 226; Jacques Grinevald, 《生物圈的温室效应：从热力工业革命到地球生态学》(L'effet de serre de la Biosphère: de la révolution thermo-industrielle à l'écologie globale), 载于: *Stratégies énergétiques. Biosphère et Société*, 日内瓦, Vol. 1, 1990 年, 第 9 - 34 页。