

环境与发展译丛

技术与全球性变化

TECHNOLOGY AND GLOBAL CHANGE

Arnulf Gröbler 著

吴晓东 赵宏生 翁端 译



清华大学出版社

环境与发展译丛

F062.4
263/8

技术与全球性变化

TECHNOLOGY AND GLOBAL CHANGE

Arnulf Grubler 著

吴晓东 赵宏生 翁端 译

清华大学出版社
北京

技术与全球性变化

Arnulf Gröbler; Technology and Global Change

EISBN: 0-521-59109-0

Copyright ©1998 by Cambridge University Press

Authorized translation from the English language edition published by The Cambridge University Press

All rights reserved. For sale in the People's Republic of China only.

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2000-3711

本书中文简体字版由英国剑桥大学出版社授权清华大学出版社在中国境内出版发行。

未经出版者书面许可,任何人不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有,翻印必究。

图书在版编目(CIP)数据

技术与全球性变化/(奥)格于布勒著;吴晓东,赵宏生,翁端译. —北京:清华大学出版社,2003

(环境与发展译丛)

书名原文: Technology and Global Change

ISBN 7-302-05893-8

I. 技… II. ①格… ②吴… ③赵… ④翁… III. 技术进步-社会影响 IV. F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 071530 号

出 版 者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 柳萍

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 140×203 印张: 16.125 字数: 403 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05893-8/Z·133

印 数: 1~2000

定 价: 26.00 元

出版前言

人类社会的发展过程中,出现了环境恶化和资源枯竭问题,人们认识到环境对发展的制约关系,走可持续发展之路已成为国际公认的全球发展目标。而中国实施可持续发展战略对整个人类的发展意义重大。环境与发展的主题涉及诸多领域,不仅包括自然科学与技术领域,还涉及社会科学方面的内容。为了反映人类发展走过的道路,吸取历史的经验和教训,并介绍国外在环境与发展领域取得的有关理论和技术的进展,我们精选了国外一些这方面的图书翻译出版,组成“环境与发展译丛”,本书即为其中的一册。这些书中提出了许多新的见解,对我国具有借鉴作用。需要说明的是,有些内容反映的只是作者的观点或研究结果,某些技术也只适合在不同的国家或地区应用,读者可自行分析评判。

我们希望这套丛书的出版会对读者有所帮助,并为推动中国的可持续发展做出贡献。

清华大学出版社

2003年6月

原书序

本书描述了在过去的 200 年里技术如何塑造了社会与环境。技术已经引导我们从农田步入工厂,进入互联网。在今天,技术的影响是全球性的,而且这些全球性变化在加速。技术已经消除了许多问题,但同时也引发了许多其他问题(从城市烟雾到臭氧空洞、全球变暖)。

本书首先对技术变化的起因和影响及其与全球性环境变化的关系进行了综述。书中按技术群把历史分割成不同的阶段,每一个技术群都有其独特的环境“足迹”,从而独创性地解释了全球性变化。本书使用了许多案例和数据,使其成为一切希望寻求环境保护技术对策的人们——包括技术人员、环境保护论者、决策者和学术研究者——的一本必读读物。

本书不仅是针对专家的,也可供非专业人员阅读。它对研究员和教授是有用的,可以作为研究生的教科书,也可供负责制定工业和政府的长远政策规划(战略规划部门、R&D 部门、技术部门、环保部门)的人员参考,而且也有益于环保积极分子,并唤起更多公众对历史、技术及环境问题的兴趣。

作者简介

Arnulf Grübler 是国际应用系统分析学会 (The International Institute for Applied Systems Analysis) 的一名研究员, 也是在国际上领导研究技术变化的历史及其对环境影响的科学家之一。他在奥地利维也纳理工大学获得博士学位之后, 先后在以下机构任职: 意大利的 Trieste 理论物理国际研究中心、奥地利的维也纳大学、Graz 理工大学和 Leoben 矿业大学。他是政府间气候变化小组 (IPCC) 的主要发起人之一, 也是期刊“Journal of Industrial Ecology and Technological Forecasting and Social Change”的编委。他已发表 80 多篇学术论文, 涉及技术变化、能源系统、气候变化和调节手段以及资源经济学等领域, 出版的著作包括: “The Rise and Fall of Infrastructures” (1990, Physical Verlag, Heidelberg), “Diffusion of Technologies and Social Behavior” (1991, Springer Verlag, Berlin), “Environment and Development” (1994, Jugend und Volk Verlag, Vienna, 德文版) 和 “Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond” (1995, World Energy Council, London)。

国际应用系统分析学会

国际应用系统分析学会(The International Institute for Applied Systems Analysis,简称 IIASA)是一个跨学科、非政府的研究机构,成立于1972年,由12个国家一流的科学组织建立。其总部靠近维也纳,地处欧洲中心。20多年来,IIASA一直在经济、技术和环境问题上开展富有成效的科学研究。

IIASA是第一批对环境、技术与发展的全球性问题进行系统研究的国际组织之一。IIASA的管理委员会对这个机构的宗旨做出声明:引导跨国家和跨学科的科学的研究,及时提供有用的信息与选择,研究全球性的环境、经济和社会变化中的关键问题,服务于公众、科学团体、国家和国际机构。研究方向按下面三个主题加以组织:

- 全球性环境变化;
- 全球性经济和技术变化;
- 分析全球性问题的系统方法。

学会现在包括以下国家的成员组织:

奥地利	The Austrian Academy of Sciences
保加利亚*	The Bulgarian Committee for IIASA
德国**	The Association for the Advancement of IIASA
波兰	The Polish Academy of Sciences

俄罗斯	The Russian Academy of Sciences
哈萨克斯坦 *	The Ministry of Science -The Academy of Sciences
荷兰	The Netherlands Organization for Scientific Research(NWO)
芬兰	The Finnish Committee for IIASA
美国	The American Academy of Arts and Sciences
挪威	The Research Council of Norway
日本	The Japan Committee for IIASA
瑞典	The Swedish Council for Planning and Coordination of Research
斯洛伐克 *	The Slovak Committee for IIASA
乌克兰 *	The Ukrainian Academy of Sciences
匈牙利	The Hungarian Committee for Applied Systems Analysis

其中：* 为准会员；** 为联系会员。

致 谢

在很大程度上,写一本书是一次孤独的修行,也是一次冗长的修行。

因此,首先我必须感谢我的家人和朋友,当这本书占据了比我原先预料的多得多的时间之时,他们对此表示理解。我要把这本书献给我的父母,他们的爱已经持续了 50 多年——比整整一个技术变化周期还要长。

我从我的许多朋友和同事身上获益匪浅,他们给予我亲切的鼓励和帮助,慷慨地给予我他们宝贵的时间和意见,贡献了书面材料、综述和有益的评论。我尤其感谢 Stefan Anderberg、Jesse Ausubel、Dominique Foray、Jean-Paul Hettelingh、Nathan Keyfitz、Sten Nilsson、Max Posch、Hans-Holger Rogner 和 David Victor,本书引框中采纳了他们所提供的补充观点。

六位匿名的评论家帮助构筑了本书的结构、内容和阐释方式。同时,Dominique Foray、Helga Nowotny、Max Posch、Vernon Ruttan 和 David Victor 提供了非常有用的、富有建设性的意见。在本书的早期构思过程中,David 那极富创造性的意见极大地帮助我克服了写作者不可避免的疲倦感。我设法列上所有的建议和意见(从而使本书比原先计划的多了大约 150 页),并希望所有提供过有价值意见的人原谅书中仍有的不足之处,也原谅我必要的固执己见,而没能使每条意见和建议在书中得以体现。

最后,我对所有促成本书出版的人员致以深深的谢意。首先,我要感谢 Alan McDonald 先生,他的编辑与写作经验使得原作从草稿——句式冗长和英语语法错误——变成了一本易读的书稿。特别感谢 IIASA 出版部门的成员,感谢他们在重写多次草稿和修订本的过程中表现出来的专业技巧、耐心和不知疲倦的努力。Ewa Delpo、Jane S. Marks 和 Lilo Roggenland 帮助我克服了对计算机字节的烦恼,打出了本书的电子稿;IIASA 的 Eryl Maedel 和剑桥大学的 Matt Lloyd 总能理解并帮助我保持适当的进度以跟上截稿日期,并对写作中不可避免的延期进行协调(尽管相对于撰写 300 年来的技术和全球性环境变化来说,1 年的延迟算不上什么)。我还要感谢 Nebojša Nakićenović 及 ECS 项目中的同事,感谢他们几年来富有鼓舞性的讨论,以及容忍给我一个假期,占用项目时间来完成本书。最后,我要感谢 IIASA 的前任主席 Peter de Jánosi 先生,他帮助将本书的写作计划走上正轨,并感谢现任主席 Gordon J. MacDonald 先生在最后阶段给予的支持。

目 录

1 绪论	1
1.1 目的	1
1.2 方法	2
1.3 结构纵览	8

第 I 部分 什么是技术

2 技术:概念与定义	14
2.1 从人工制品到巨大机器	15
2.2 技术变化	36
2.3 技术变化的原因	79
3 技术:模型	95
3.1 技术变化的模型	95
4 技术:历史	123
4.1 对长期技术发展的一个回顾: 最近 200 年	123
关于第 I 部分参考读物的建议	134

第 II 部分 技术和环境:自然与人

5 农业	138
5.1 引言	139
5.2 技术、农业用地与人	140
5.3 农业技术的三个变化群	142

5.4	影响 I :生产率	164
5.5	影响 II :土地利用的变化	171
5.6	影响 III :其他全球性变化	182
5.7	人类职业和居住的全球性变化	194
5.8	城市化的环境问题	200
6	工业	210
6.1	引言	211
6.2	工业化:产量和生产率增长	212
6.3	技术群	220
6.4	工业化的社会经济影响	240
6.5	工业化的环境影响	245
6.6	工业代谢和非物质化战略	247
6.7	能源	268
7	服务业	317
7.1	引言:从工作到享受	318
7.2	度量:时间预算和消费者开支	320
7.3	生活方式、服务业和环境	341
7.4	移动性:增长的需求与排放	345
7.5	交通与环境	361
	关于第 II 部分参考读物的建议	369

第Ⅲ部分 证据的比较

8	结论	374
8.1	技术与环境的“悖论”	374
8.2	技术、生产率和环境	379
8.3	变化的模式与速率	387
8.4	研究技术-环境悖论的共同问题	391
8.5	一份宣言	401

9 后记:从数据混乱到模型	405
9.1 引言	405
9.2 模拟技术变化	413
9.3 关于 R&D 和学习的不确定回报的 一个模型	421
9.4 环境	430
9.5 下一步	433
9.6 总结	434
附录	437
参考文献	454

1.1 目的

本书的首要目的是激发读者对技术的兴趣。兴趣能引向好奇心和进一步的研究。第二个目的是加深读者对技术及其作为全球性(环境)变化的起因和补救方法这种双重角色的认识。在通读本书,完成“技术旅行”之后,希望普通读者和学生、研究人员,尤其是实践人员,在强调全球性变化的同时,能够在他们的反思、概念化、分析、建模和最后的政策制定过程中,把技术问题更加充分地结合进去。

我写这本书的个人动机是不满于有关全球性变化的现有研究、前景预测、模型和课本中对技术的处理。在最坏的情况下,技术完全被忽视了,或者被视为从天上掉下来的“外部因素”,而与我们的社会和经济无关。在最好的情况下,技术问题只不过是“例行公事”章节中的一个追悔,或者被包含在依据过去经济发展情形分析相关度的一个模型中。事实上,技术与全球性变化——例如人口增长、经济发展和资源利用——其一切主要驱动力相关。技术也是监测环境影响和执行响应策略的中心问题。还没有一本教科书论述技术和全球性变化关系的主题,在全球性变化模型中对技术的处理也相当贫乏。这些就是本书力图填补的空白。

但是,本书的首要目标仍然是通过带领读者穿越 300 年来的

技术历史,激发他们的兴趣与好奇心。这应当唤起读者产生新的想法,并促使他们对所给技术历史产生一定谦卑:如半信半疑、惊诧以及不断的对凶兆的预测。在思考现有的模式对未来 100 年全球性变化所产生的影响时,这些谦卑也许会非常有用。

1.2 方法

1.2.1 什么是全球性变化

虽然在今天,“全球性变化”这个术语已经无所不在,而且对全球性变化的研究已经上升到以 10 亿美元计的重要科学地位(OECD,1994)^①,但这也是最近的事情。这个术语最早出现在纪念国际地球物理学年 25 周年的科学规划中。国际地球物理学年是 1957—1958 年,促进了 C. David Keeling 在夏威夷的莫纳罗亚山(Mauna Loa,一座活火山——译者注)第一次测量了空气中 CO₂ 的浓度。25 周年庆典的准备工作从 1982 年就开始了(有关评论见 Malone,1995)。这就是“全球性变化”术语第一次出现的时间(出现在筹备委员会的报告中)。在 1986 年,为推动对地球环境的物理的、化学的和生物的调节机制以及人类活动在改变环境中作用的进一步理解,国际岩石圈-大气圈项目(International Geosphere-Biosphere Program,简称 IGBP)正式启动。

^① 国际全球性变化研究基金组织(The International Group of Funding Agencies for Global Change Research,简称 IGFA)由 25 个国家的非正式机构组成,估计其 1990 年总的全球性变化研究基金(机构的及相关的项目)超过了 20 亿美元。然而,提供给全球性环境变化核心项目的基金,尤其是国际岩石圈-大气圈项目(International Geosphere-Biosphere Program,简称 IGBP)和世界气候研究项目(World Climate Research Program,简称 WCRP)的基金却要少得多,1993 年加起来的数目大约是 2.2 亿美元(OECD,1994)。

但是,“全球性变化”这个概念的起源并不只是出于科学需要。在此之前,人们就开始把地球视为一个复杂的、能自我调节的系统,仿佛像一个复杂的有机体能够独立地运行(例如 Lovelock 的“盖娅”假说,1979)。随着对“世界动力学”模型(Forrester, 1971)的模拟和“增长的极限”(Meadows 等,1972)的发表,主流文化开始把地球视为一个封闭系统,在其中自然资源与环境对人口和经济增长施加了严格的限制。技术提供了相应的“图标”,即第一次由航空拍摄的地球照片,显示出地球是一个闪着蓝色微光的小星球,被宇宙黑暗的、敌意的虚无包围着。

最初,全球性变化牢牢地在自然科学掌握之中,包括地质学、物理学、大气化学、水文学、土壤科学和植物学等。研究重点在于地球的进程与变化。研究的核心是人为活动对地球进程和碳、硫等“大循环”的影响而导致的环境变化。然而,人们很快认识到“全球性变化”不仅包含了像气候改变这样全球规模的进程,也包括了时间更短、规模更小的进程。这些进程由于它们的普遍性,同样呈现出全球规模的重要性,例如,水污染和酸雨在世界各地不同的局部环境中都有发生。另外,自然科学不得不承认,任何环境变化分析都必须重视人为因素,是它首先导致了这些变化。因此,所有主要的社会科学学科都逐渐地、不同程度地卷入了全球性变化研究(参见 HDP,1990)。

因此,“全球性变化”包含许多内容。在本书中,我们慎重地采用了这样一个广泛的全球性变化定义:确实以地球规模发生的进程变化,同时包括稍小空间的变化(地方的、地区的和大陆的),但其必须是普遍存在的,并呈现出全球重要性。在第一种类型的全球性变化中,最重要的例子是全球变暖。第二种类型最重要的例子是城市化与城市大气污染。

与此同时,我们没有将讨论局限于环境变化的起因方面。理由是技术对环境的影响有时是直接的,有时是间接的。例如,氟氯

烃(CFCs)的发明破坏了同温层中的臭氧层,这是一个带来直接的环境影响的技术变化,因为CFCs在自然界中并不存在,而且如果没有技术,它们就不会被制造出来并释放进入环境。但是,在大多数情况中,技术的影响是间接的。技术主要通过影响和限制人类活动的类型、规模与空间场所来影响环境。例如,即使没有现代技术的帮助,几千年来农业也一直在改变着局部环境。现代生物的、化学的和机械的创新表现为农作物新品种、杀虫剂、机器的出现,使得高密度农业生产成为可能,并为不断增长的人口提供了更多的食物。反过来,人口的增长及其对农产品增长的需求要求扩大耕作面积和更大的环境变化。在现代运输技术的帮助下,通过贸易,这些变化不再局限于人口增长的地区,也发生在数千千米之外的地方。随着农业系统的全球化,局部环境的变化也变成全球(即普遍存在的和普遍深入的)现象。

因此,本书使用的“全球性变化”内涵既包括直接的环境变化,也包括那些由人类活动的空间模式的改变、生产与输出的改变以及消费模式的改变而间接带来的环境变化。可以把人类活动视为一台将输入转换为输出的机器来说明这两者的区别。环境输入包括各种自然资源。输出包括质量下降的资源、生产与消费过程产生的污染物等。技术变化能够通过改变物质流动的类型和数量来直接地影响输入输出关系,从而减轻或增强直接的环境影响。例如,一套新的生产工艺可以只使用相当于原先一半的水量,但需要额外的贵金属催化剂,而贵金属的开采本身会产生污水。另一方面,技术变化通过对非环境的输入和输出的影响,给环境带来间接的影响。一套新的生产工艺能够减少一半的劳动力或资金成本,从而使我们可以维持现有的产量不变而将输入减半,或者维持现有的输入水平而使产量(及消费)加倍。这些变化是工业革命以来经济输出大幅度增长的中心。它们来自连续的技术变化带来的生产率提高。不断加强的人类活动及其空间模式的改变和相应