

大学环境教育丛书

翻译版

Thomas E. Graedel
Jennifer A. Howard-Grenville
吴晓东 翁端 译

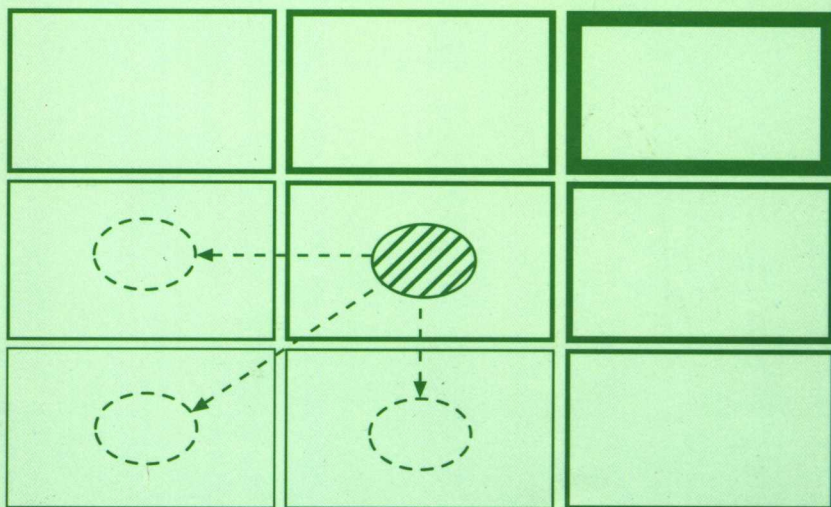
著

Greening the Industrial Facility

Perspectives, Approaches, and Tools

绿色工厂

观点、方法与工具



清华大学出版社



大学环境教育丛书

(翻译版)

Thomas E. Graedel
Jennifer A. Howard-Grenville
吴晓东 翁端 译

著

Greening the Industrial Facility

Perspectives, Approaches, and Tools

绿色工厂

观点、方法与工具

清华大学出版社
北 京

Translation from the English language edition:

Greening the Industrial Facility: Perspectives, Approaches, and Tools by Thomas E. Graedel, Jennifer A. Howard-Grenville

EISBN: 0-387-24306-2

Copyright © 2005 by Springer Science+Business Media, Inc.

Springer is a part of Springer Science+Business Media.

All Rights Reserved.

本书中文简体字翻译版由德国施普林格公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2006-6733

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

绿色工厂:观点、方法与工具/(美)托马斯·E.格雷德尔(Graedel, T. E.), (美)珍妮弗·A.霍华德-格伦维尔(Howard-Grenville, J. A.)著;吴晓东,翁端译. —北京:清华大学出版社, 2006. 12
(大学环境教育丛书:翻译版)

书名原文:Greening the Industrial Facility: Perspectives, Approaches, and Tools

ISBN 7-302-13931-8

I. 绿… II. ①格… ②霍… ③吴… ④翁… III. 工业—环境管理—研究 IV. X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119038 号

责任编辑:柳萍 霍志国

责任印制:王秀菊

出版发行: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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:31.25 字 数:679 千字

版 次:2006 年 12 月第 1 版 印 次:2006 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:62.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:019349-01

译者序

本书的作者之一 Thomas Graedel 先生是美国耶鲁大学产业生态学、化工、地质和地球物理学教授,耶鲁大学产业生态学中心主任。他的研究集中在产业生态学领域,即研究现代社会与环境相互作用的理论框架,包括开展产业生态系统材料流研究,开发用于产品、生产、服务业以及城市基础设施的环境特性的评价工具等。1995 年,他与 AT&T 公司 B. R. Allenby 合著的《产业生态学》是该领域的第一本著作,之后又合作出版了《面向环境的设计》、《简化生命周期评价》和《产业生态学——政策框架与实施》。2002 年, Graedel 教授因其对产业生态学理论和实践的杰出贡献而当选为美国工程院院士。

2004 年,清华大学出版社出版引入了 Graedel 教授的《产业生态学(第 2 版)》,全面、系统地阐述了产业生态学的理论框架和实用工具,成为国内相关研究人员开卷有益的案上必备之书。1997 年, Graedel 教授在耶鲁大学林业与环境研究学院开设了《绿色工厂》课程,讲授简化生命周期评价矩阵,其如今已成为评价产品、工艺和工厂的环境表现的一种标准 LCA 工具。他在教学过程中重视让学生走进工厂,利用课本知识结合实地考察撰写分析报告。本书就是其在耶鲁大学的教学成果结晶。我曾于 2002—2003 年期间应 Graedel 教授之邀,到耶鲁大学进行访问研究,与其共事半年,对这种注重实践的教学方式深有感触。

产业生态学是一门新兴交叉学科,自诞生 10 多年来,其理论研究与实践活动已经取得了长足的进展。然而,在全面评价工业组织的环境影响方面,尚缺乏权威的教材和教学参考书。本书填补了这方面的重要空白,为工科的高年级本科生和研究生提供了寻求改进工业过程的环境表现的培训机会。本书分章节介绍了 19 个工业部门从资源开采、生产到再循环的工业过程,分析了工厂与环境的相互关系(用能、用水、材料的通过量、潜在稀缺性和危害性等),通过评述典型的部门操作及其环境影响评估了不同部门的“污染潜力”,并展望了新技术将如何改变工业的环境影响前景,供管理层思考如何把握这些变化,从而使自己的工厂迈向可持续发展。

2 绿色工厂：观点、方法与工具

我国的经济正在突飞猛进地发展,工业化仍然是我们的“历史性任务”。随着人们的环保意识越来越强,走新型工业化道路,大力发展循环经济,努力构建资源节约型社会已成为我国“十一五”经济与社会发展的战略选择。越来越多的地区正在掀起发展循环经济和建设生态产业园的热潮。而现实情况是,无论在产业生态学的理论基础还是实践方面,国内所做的工作都还十分有限,落后于欧美和日本。我相信本书中文版的出版能够为我国高等院校的工程、环境学科甚至工商管理等学科的教学提供一本优秀的教科书,同时也能够为我国实现新型工业化这一宏伟而富有挑战性的目标发挥其重要的作用。

翁 端

2006 年 11 月于清华园

序 言

“绿色工程”是一个非常重要的概念,人们越来越多地讨论到它。它的基本思想是工程师和其他技术专家应当考虑他们所做工程决策的潜在环境后果,无论这些后果是会立即导致的还是在遥远的将来发生。可以说,绿色工程是地球可持续发展的一个必要(但不充分的)条件。

然而,实施绿色工程遇到的一个主要困难在于全球只有一小部分工程师拥有相应的知识,而且只有少数工程学课程涉及该主题。这在很大程度上是因为相关的课本和参考资料仍有待这个新兴领域的专家撰写。化学工程领域是一个例外,Allen 和 Shonnard 以绿色化工生产设计为主题,撰写了《绿色工程:化工生产的环境责任设计》(*Green Engineering: Environmentally Responsible Designs of Chemical Processes*, Prentice Hall, 2002)。不过,仍有许多行业的土木工程师、电气工程师、工业工程师和机械工程师读不到类似的著作。另外,关于工业生产的全面完整的环境信息也能够让工业管理人员、环保专家和政府官员受益匪浅。

为了让本书成为一本教科书和参考书,我们努力广泛地论述各种技术及其环境影响。我们把重点放在工业工厂,并提出了迈向绿色工厂所需的 4 步:遵守法规、污染防治、生命周期评价和可持续性。本书几乎述及了所有的工业部门,从资源开采产业到产品制造商,再到再生回收商,概述了每个部门的典型操作及其环境影响,并展望了各部门的操作可能发生的重要转变。我们还讨论了 3 种未来前景中可能出现的部门操作,即“趋势世界”(照常发展)、“灰色世界”(发展时不考虑环境影响和可持续发展)和“绿色世界”(发展时充分考虑环境影响和可持续发展)。最后,本书预测了半个世纪之后的可能未来,并展望了可能发生的工业变化。

本书可以作为工程学或应用科学专业的高年级本科生或一年级研究生的教科书,是耶鲁大学自 1997 年开设的一门同名课程的教学成果。在这门课上,我们强调要让学生参观多个不同类型的工业工厂,因为只有这样,学生才能对工业操作的规模、现代质量标准、可靠性和生产效率提出的技术挑战、员工保护环境的义务等内容产生感性认识。每次参

4 绿色工厂：观点、方法与工具

观工厂之前,东道主都会提供概况简介。在参观过程中,我们鼓励学生在关注环境影响(毫无疑问也是我们的重点)的同时,把更多的注意力放在生产工艺和工序上。因此,参观一般从进料车间开始,然后关注生产过程中输入材料和/或输入元件的变化,再到质量控制和包装,最后在装运车间进行小结。最好是每8个学生配1名向导。通过这样的参观,学生能够收集和记录工厂的相关信息(附录A给出了一份有用的报告格式)。然后学生编写报告并提交给教师。我们鼓励学生分组编写工艺流程图以及材料和工艺列表,但要求他们独立完成报告。

我们推荐参观工厂的次数最好为4~5次。这样做有助于促进学生思考,并撰写出1~2份关于工厂在遵守法规、污染防治、生命周期评价和可持续性等方面环境表现的报告。参观工厂应当尽可能从简到繁,如先参观一家塑料部件制造厂,再拜访一家设备生产厂,这种做法能使学生受益。在课堂讲授时,可重点讲述第1~7章和第27~28章,并选择部分适于工厂参观和师生均感兴趣的特定部门的章节。

除作为课堂教学的教材之外,本书也适合作为工程师以及环保、保健和安全人员的培训用书。我们相信,许多人会发现这本书的用处,从而帮助自己所在的公司走上可持续发展之路。我们感谢这几年来提出教改建议的学生: Ryan Bennet、William B. Ellis、Elizabeth Levy、Reid J. Lifset 和 Peter J. Deschenes,他们为本书的部分章节提供了想法和最初的文本。最后,感谢 Kluwer 学术出版社的本书编辑。

T. E. Graedel, 纽黑文
J. A. Howard-Grenville, 波士顿
2004 年 11 月

目 录

序言	I
----------	---

第 I 部分 工业和环境问题简介

第 1 章 技术和环境	3
1.1 引言	3
1.2 用能量换取资源	4
1.3 污染潜力	5
1.4 工业食物链	5
1.5 前景预测	7
1.5.1 重要趋势	7
1.5.2 展望未来	7
1.6 本书结构	9
深入阅读材料	9
第 2 章 绿色工业企业的要点和方法	10
2.1 能源的利用技术	10
2.2 水的利用技术	11
2.3 材料的利用技术	11
2.4 共同的生产过程	13
2.5 绿色化学和绿色工程	15
2.6 改善环境表现的工具	16

6 绿色工厂：观点、方法与工具

深入阅读材料	17
--------------	----

第 II 部分 工业环境管理的方法和工具

第 3 章 起点：遵守法规和协议	21
------------------------	----

3.1 立法目的	21
3.2 设定立法目标	22
3.3 美国：主要通过法规管理的一个例子	22
3.3.1 清洁空气法令	23
3.3.2 清洁水法令	24
3.3.3 资源保护与回收法令	24
3.3.4 全面环境反应、补偿和责任法	24
3.3.5 紧急计划和社区知情权法令	25
3.3.6 其他涉及工业的环境表现的联邦法规	26
3.3.7 州的法规	27
3.3.8 美国环保法规的执行情况	28
3.3.9 自愿项目和磋商协议	29
3.4 荷兰：主要依靠双方同意的一个例子	30
3.5 国际和工业发起的方法	32
3.5.1 国际协议	32
3.5.2 工业发起的方法	34
3.6 小结	35
深入阅读材料	36

第 4 章 下一步：污染防治	37
----------------------	----

4.1 引言	37
4.2 什么是污染防治	39
4.3 污染防治的执行	43
4.4 环境供应链管理	44
4.5 污染防治的用处	45
深入阅读材料	46

第 5 章 用生命周期评价工厂	47
-----------------------	----

5.1 生命周期的概念	47
5.2 产品的生命周期评价	47

5.3	工艺的生命周期评价	48
5.4	工业工厂的生命周期评价	49
5.5	矩阵评价法	52
5.6	对汽车及其制造过程的评价	53
5.6.1	产品的简化生命周期评价	54
5.6.2	工艺的简化生命周期评价	56
5.6.3	工厂的简化生命周期评价	57
5.7	工厂的健康与安全表现	60
5.8	综合生命周期评价在企业中的应用	61
	深入阅读材料	61
第6章	与可持续性相关的表现	62
6.1	顺序评价	62
6.2	材料通过量	63
6.3	潜在危害性	64
6.3.1	全球气候变化的潜在影响分级	66
6.3.2	人体危害性的潜在影响分级	67
6.3.3	生态系统危害性的潜在影响分级	68
6.3.4	生物多样性丧失的潜在影响分级	68
6.3.5	同温层的臭氧损耗	69
6.3.6	光化学烟雾的潜在影响分级	70
6.3.7	酸雨	70
6.3.8	自然景观退化	70
6.3.9	热污染	71
6.3.10	气味	72
6.3.11	核辐射	73
6.3.12	垃圾填埋场用尽	73
6.3.13	通过量-潜在危害性矩阵	73
6.4	材料的利用	73
6.5	水的利用	76
6.5.1	用水问题	76
6.5.2	用水表现	79
6.6	能源的利用	81
6.6.1	用能问题	82
6.6.2	用能表现	85

8 绿色工厂：观点、方法与工具

6.7 移动矩阵中的图标·····	87
6.8 小结·····	89
深入阅读材料 ·····	90
附录：使用环境保卫组织的网上评分卡 ·····	90
第7章 可持续性评价 ·····	91
7.1 Σ WESH 图·····	91
7.2 Σ WESH 图的量化·····	92
7.3 Σ WESH 图案例·····	94
7.4 可持续性的路标·····	97
7.4.1 确定障碍 ·····	98
7.4.2 转换函数 ·····	99
7.4.3 定期更新路标 ·····	99
7.5 可持续性的特征 ·····	100
深入阅读材料·····	100

第Ⅲ部分 工业部门分析

第8章 化石燃料开采和加工业 ·····	103
8.1 概述 ·····	103
8.2 物理和化学操作 ·····	104
8.2.1 煤·····	104
8.2.2 石油·····	105
8.2.3 天然气·····	105
8.3 部门的资源利用 ·····	105
8.3.1 能源·····	105
8.3.2 材料·····	106
8.4 潜在的环境问题 ·····	107
8.4.1 固体废弃物·····	107
8.4.2 液体废弃物·····	108
8.4.3 气体废弃物·····	108
8.4.4 自然生境破坏·····	110
8.4.5 可持续性评价·····	110
8.5 部门前景 ·····	113
8.5.1 发展趋势·····	113

8.5.2 前景展望.....	116
深入阅读材料.....	117
第9章 发电工业.....	118
9.1 概述	118
9.2 生产过程	118
9.2.1 总的工艺特性.....	119
9.2.2 燃烧化学.....	120
9.2.3 工艺效率.....	120
9.3 部门的资源利用	121
9.3.1 能源.....	121
9.3.2 化石燃料之外的能源.....	122
9.4 潜在的环境问题	124
9.4.1 气体废弃物.....	124
9.4.2 液体废弃物.....	125
9.4.3 核电站的废弃物.....	126
9.4.4 栖息地和土地使用问题.....	126
9.4.5 可持续性评价.....	127
9.5 部门前景	129
9.5.1 供应方的发展趋势.....	129
9.5.2 需求方的发展趋势.....	130
9.5.3 前景展望.....	130
深入阅读材料.....	132
第10章 金属矿开采和加工业	133
10.1 概述	133
10.2 物理和化学操作	134
10.2.1 开采	134
10.2.2 选矿	134
10.2.3 从矿石中提炼金属	134
10.2.4 常见工业用金属的提炼工序	135
10.3 部门的资源利用	138
10.3.1 能源	138
10.3.2 材料	139
10.3.3 操作助剂和炉渣	141

10 绿色工厂：观点、方法与工具

10.3.4 水	141
10.4 潜在的环境问题	141
10.4.1 固体废弃物	141
10.4.2 液体废弃物	142
10.4.3 废气与颗粒物	144
10.4.4 土地使用与栖息地破坏	144
10.4.5 可持续性评价	145
10.5 部门前景	147
10.5.1 发展趋势	147
10.5.2 前景展望	150
深入阅读材料	150
第 11 章 无机矿物和化学制品工业	152
11.1 概述	152
11.2 物理和化学操作	154
11.3 部门的资源利用	155
11.3.1 能源	155
11.3.2 材料	156
11.3.3 操作助剂	156
11.3.4 水	156
11.4 潜在的环境问题	157
11.4.1 固体废弃物	157
11.4.2 液体废弃物	157
11.4.3 气体废弃物	157
11.4.4 可持续性评价	157
11.5 部门前景	160
11.5.1 发展趋势	160
11.5.2 前景展望	161
深入阅读材料	161
第 12 章 石化工业	162
12.1 概述	162
12.2 物理和化学操作	166
12.3 部门的资源利用	167
12.4 潜在的环境问题	167

12.4.1	气体废弃物	168
12.4.2	液体废弃物	168
12.4.3	固体废弃物	168
12.4.4	可持续性评价	168
12.5	部门前景	171
12.5.1	发展趋势	171
12.5.2	前景展望	172
	深入阅读材料	173
第 13 章	农业	174
13.1	概述	174
13.2	物理和化学操作	174
13.2.1	工序	175
13.2.2	描述和图示	175
13.3	部门的资源利用	178
13.3.1	土地	178
13.3.2	能量	180
13.3.3	材料: 肥料	181
13.3.4	操作助剂: 农药	181
13.3.5	水	182
13.4	潜在的环境问题	182
13.4.1	固体	183
13.4.2	液体/水质	183
13.4.3	气体	184
13.4.4	生物多样性	184
13.4.5	可持续性评价	185
13.5	部门前景	187
13.5.1	发展趋势	188
13.5.2	前景	189
	深入阅读材料	190
第 14 章	食品加工业	191
14.1	概述	191
14.2	物理和化学操作	192
14.2.1	物理操作	192

12 绿色工厂：观点、方法与工具

14.2.2	化学和生物操作	194
14.3	部门的资源利用	194
14.3.1	能量	194
14.3.2	水	195
14.3.3	材料和操作助剂	196
14.3.4	食品体系的生物新陈代谢	196
14.4	潜在的环境问题	197
14.4.1	土壤排放物	199
14.4.2	水体排放	199
14.4.3	大气排放	200
14.4.4	可持续性评价	200
14.5	部门前景	202
14.5.1	工艺趋势	203
14.5.2	产品趋势	203
14.5.3	前景展望	204
	深入阅读材料	204
第 15 章	纺织和皮革工业	206
15.1	概述	206
15.2	物理和化学操作	207
15.2.1	纺织品	207
15.2.2	皮革	209
15.3	部门的资源利用	211
15.4	潜在的环境问题	211
15.4.1	固体残余物	211
15.4.2	液体残余物	211
15.4.3	气体残余物	211
15.4.4	可持续性评价	211
15.5	部门前景	214
15.5.1	发展趋势	214
15.5.2	前景展望	215
	深入阅读材料	216
第 16 章	采砂和玻璃工业	217
16.1	概述	217

16.2	物理和化学操作	218
16.2.1	成分	218
16.2.2	玻璃的生产过程	219
16.2.3	玻璃的修整	221
16.2.4	光纤的制造	222
16.3	部门的资源利用	222
16.3.1	能量	222
16.3.2	水	222
16.3.3	材料和操作助剂	223
16.4	潜在的环境问题	223
16.4.1	资源的利用和排放	223
16.4.2	循环利用	223
16.4.3	可持续性评价	224
16.5	部门前景	226
16.5.1	工艺趋势	226
16.5.2	产品趋势	227
16.5.3	前景展望	228
	深入阅读材料	229
第 17 章	金属制品工业	230
17.1	概述	230
17.2	物理操作	232
17.2.1	金属铸造	232
17.2.2	成形	232
17.2.3	机加工	233
17.2.4	连接	233
17.2.5	修整	233
17.2.6	补充工序	234
17.3	部门的资源利用	234
17.3.1	能量	234
17.3.2	材料	234
17.3.3	水	235
17.4	潜在的环境问题	235
17.4.1	固体残余物	235
17.4.2	液体残余物	236

14 绿色工厂：观点、方法与工具

17.4.3	气体残余物	236
17.4.4	可持续性评价	236
17.5	部门前景	239
17.5.1	趋势	239
17.5.2	前景展望	241
	深入阅读材料	241
第 18 章	塑料制品工业	242
18.1	概述	242
18.2	物理和化学操作	244
18.2.1	树脂生产	244
18.2.2	加入添加剂	245
18.2.3	成形和修整塑料制品	246
18.3	部门的资源利用	248
18.4	潜在的环境问题	249
18.4.1	气体排放物	249
18.4.2	水体排放物	249
18.4.3	固体废弃物	249
18.4.4	可持续性评价	250
18.5	部门前景	252
18.5.1	工艺趋势	252
18.5.2	产品趋势	253
18.5.3	社会和法规趋势	254
18.5.4	前景展望	254
	深入阅读材料	255
第 19 章	电子器件工业	256
19.1	概述	256
19.2	物理和化学操作	257
19.2.1	集成电路的生产	257
19.2.2	印刷线路板的生产	258
19.2.3	电子线路板的组装	259
19.3	部门的资源利用	260
19.3.1	能量	260
19.3.2	材料	260