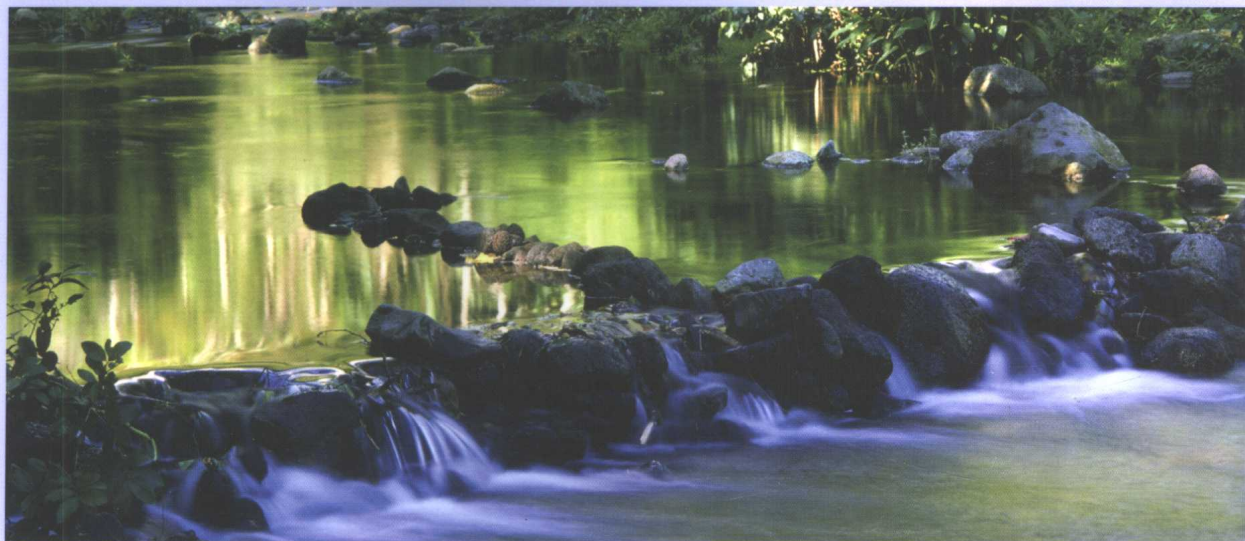


Paul L. Bishop 著
王学军 等 译

**Pollution Prevention:
Fundamentals and Practice**

污染预防：理论与实践



大学环境教育丛书(翻译版)

污染预防：理论与实践

Paul L. Bishop 著

王学军 等 译

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书通过大量翔实的资料和丰富的案例,全面和系统地介绍了污染预防的基本概念、理论、技术和方法。全书共分14章。书中详细介绍了污染预防的发展历史和现状,讨论了污染预防的一些基本技术和方法,如通过合理规划、改进工艺、实施生命周期分析和环境设计等手段来实现污染预防的途径;分析了工业生产中水、能源和化学物质的节约利用以及废弃物的处理方法;讨论了与污染预防有关的规章制度,介绍了污染预防经济学的主要内容,并分析了实现社会可持续发展的途径。每章后附有参考文献和习题。

本书可作为高等学校环境专业及其他相关专业污染预防课程的教材,也可供环境保护、资源利用以及工业部门的管理人员、科技人员以及企业中的有关人员参考。

污染预防:理论与实践

Pollution Prevention: Fundamentals and Practice

Paul L. Bishop

EISBN: 0-07-366147-3

Copyright © 2000 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Authorized translation from the English edition published by McGraw-Hill, Inc.

All rights reserved. For sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔公司授权清华大学出版社在中国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区及台湾地区)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。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号图字:01-2002-6504

图书在版编目(CIP)数据

污染预防:理论与实践/(美)比舍普著;王学军等译. —北京:清华大学出版社,2003
(大学环境教育丛书)

书名原文: Pollution Prevention: Fundamentals and Practice

ISBN 7-302-06441-5

I. 污… II. ①比… ②王… III. 污染防治—高等学校—教材 IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 018881 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

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

印刷者:北京牛山世兴印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 印张: 39.5 字数: 808 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-06441-5/X·47

印 数: 0001~3000

定 价: 60.00 元

出版前言

在 21 世纪之初,面临不断恶化的生存环境,人类清醒地认识到要走可持续发展之路,而发展环境教育是解决环境问题和实施可持续发展战略的根本。高等学校的环境教育,是提高新世纪建设者的环境意识,并向社会输送环境保护专门人才的重要途径。为了反映国外环境类教材的最新内容和编写风格,同时也为了提高学生阅读专业文献和获取信息的能力,我们精选了一些国外优秀的环境类教材,加以影印或翻译,组成大学环境教育丛书,本书即为其中的一册。所选教材均在国外被广泛采用,多数已再版。书中不仅介绍了有关概念、原理及技术方法,给出了丰富的数据,还反映了作者不同的学术观点。

我们希望这套丛书能对高等院校师生和广大科技人员有所帮助,同时对我国环境教育的发展做出贡献。

清华大学出版社
McGraw-Hill 出版公司
2003 年 1 月

译者序

污染预防是西方国家近年来大力提倡的一种新的污染控制途径,在我国和其他一些国家也称为清洁生产。它是区别于传统的末端治理方式的一种新思路,是实现环境效益和经济效益相结合的一种有效途径。

我国正处在经济快速发展的时期,多种原因的共同作用使得我国的生态环境状况正面临巨大威胁。实践证明,传统的末端治理方式已经不适应当前我国经济发展和环境保护的要求。实施可持续发展是解决当前问题的必由之路,而清洁生产正是实施可持续发展的重要手段。

目前我国已经颁布和实施了《清洁生产促进法》,但就全国来看,对于清洁生产和污染预防的认识还很不够,对于如何实施清洁生产和污染预防也缺乏深入的了解。

本书作者在污染预防领域具有长期的理论和实践经验,本书是他多年理论研究和实践工作的总结。书中对污染预防进行了全方位的系统介绍,并提出了许多新的观点和方法。作者在本书中将污染预防定义为全生命周期过程的控制,而不局限于源头控制,这一定义与我国目前对清洁生产的理解是一致的。本书语言深入浅出,是一本难得的污染预防教科书。因此,我们将这本书翻译成中文,希望能为我国从事相关领域教学、科研、管理的人员和企业有关人员提供一些帮助。

参加本书翻译的人员有王学军、张巍、黄英娜、李素菊、陈静、刘瑞民、李莹、郑一、戴永宁、吴倩,最后由王学军和张巍统稿。感谢 McGraw-Hill 出版公司及其北京代表处的同仁,清华大学出版社的柳萍同志对本书的翻译和编辑出版工作给予了大力的支持,在此一并表示感谢。

王学军

2003 年 1 月于北大燕园

作者简介

Paul L. Bishop 是辛辛那提大学的环境工程学教授。Bishop 博士在美国东北大学获得土木工程学士学位,在普渡大学获得环境工程学的硕士和博士学位。他在新罕布什尔大学土木工程系作为教授和系主任工作了 16 年。在过去的 12 年里,他在辛辛那提大学土木与环境工程系工作,其中有 5 年是担任系主任。他在苏格兰爱丁堡的 Heriot-Watt 大学作为访问教授工作了 1 年,并在丹麦 Lyngby 的丹麦技术大学作过访问教授。Bishop 博士的专业是污染预防、生物废弃物处理以及有害废物管理。他是两本书的作者(或合作者),并发表过 200 多篇文章。他是美国环境工程学院的成员,并曾在其中担任过理事会成员。他担任过工程和技术鉴定委员会(ABET)指导委员会的成员,最近还担任过环境工程教授协会的理事长。他是国际水质协会美国国家委员会的成员,是国际水质协会(IAWQ)环境工程教育专业组的主席。Bishop 博士有长期从事污染预防工作的经历,包括他曾协助美国环保局污染预防国家研究所开展了一些工作,在污染预防领域做出了重要贡献。他曾在各种国内和国际污染预防会议上发言,为工业界的污染预防工作提供咨询。在过去 9 年中他还是美国环保局国家清洁工业和处理技术中心的科学顾问委员会的成员。

前 言

据估计,在我们这个物质至上的社会里,每人每年所消费的产品需要大约 10t 的原材料,经过 6 个月的开采或生产,其中 94% 的原材料会变成废弃物而被弃置。因此,我们需要更有效的方法,以减少在生产过程中对原材料的需求,并减少有毒废弃物的数量。据估计,70% 的废弃物可以通过更先进的设计和有效地使用原材料而避免产生。

在现代学科体系中,工程教育不断发展,已经分化成了许多学科,每一个学科都关注于相对狭窄的设计和制造问题,而没有考虑其环境影响。但是,在工业界,已经不是这样了,污染预防和废物最小化已经成为重要的手段。工业界的这种快速变化开始时的起因是对于各种法律法规所带来的压力的反应,但是目前更主要的是由经济目标来驱动。工业界受到各种压力,要减少废弃物在源头的产生、尽可能多地使产生的废弃物得到重复利用、设计容易装配和在生命周期完结后容易重复利用的产品,总体的目标是使末端治理最小化。当然,必要的废弃物处理是必需的。这种新的工业环境伦理被贴上了一些标签,如“污染预防”、“绿色制造”或“环境友好制造”。这是源于工业界减少环境影响的许多思考、价值和原则的综合。

工业界已经接受了污染预防的概念,因为已经看到了通过污染预防可以取得的效益。但是,大多数的工程专业毕业生并没有准备好担当绿色工程实施者的角色。因此,非常重要的一点是必须尽快将绿色制造的概念融入所有学科的工程课程,以便让所有的工程专业毕业生了解环境问题,并了解工程决策可能带来的环境和经济后果。这种教育改革的目標应当是减少对末端治理的需求,在制造的各个阶段融入可以最小化废物产生以及废弃物循环利用和重复利用的手段。工程师在决策过程中应当利用污染预防原理考虑环境因素,正如以往他们要考虑经济和安全因素一样。最后,我们还必须将这种思维方法扩展到其他决策制定过程,包括管理,但这必须在工程师采取这种思维方式之后,才能取得成功。

本书的目标是介绍污染预防的原理、环境友好产品、生产过程以及制造系统的改进。学生们将了解生产过程和产品使用后废弃物的弃置、材料循环利用所带来的影响,可持续

课程教材；③作为非工程专业学生的课程教材，如商业或管理专业。此外，本书的一些部分也可以作为初级的工程专业教材，给新的工程师介绍环境工程中的一些相关内容。这可以包括第1章、第3章的一部分以及第6章。

建议为非环境工程领域学生准备的跨学科污染防治课程的大纲如大纲A所示。这个大纲介绍了污染防治的概念，描述了污染物排放的结果，提出了建立污染防治方案的方法及其效果评价。来自于任何工程学科的学生都应当具有这个课程的必要知识。

大纲 A

主 题	章	节
概述	1	所有
环境污染物的性质和归宿	2	所有
工业活动与环境	3	所有
环境法规	4	所有
改进制造工艺	5	5.1, 5.2.2, 5.4.2 到 5.4.4
生命周期评价	6	所有
污染防治经济学	7	取决于学生的背景
废弃物审计	8	所有
拆卸和分解的设计	9	9.1, 9.3 和 9.4
无组织排放	12	12.1 和 12.2
建设持续性的社会	14	所有

专为环境工程学生设计的污染防治课程大纲与大纲A有一些差别，根据他们的教育水平，这些学生可能已经熟悉了第2, 3, 4和11章的内容。这些章可以确定为背景阅读材料。这个课程可以将重点放在污染防治的组织和技术方面。大纲B提出了这样一个课程的建议计划。

大纲 B

主 题	章	节
概述	1	所有
改进制造工艺	5	所有
生命周期评价	6	所有
污染防治经济学	7	取决于学生的背景
废弃物审计	8	所有
拆卸和分解的设计	9	9.1, 9.3 和 9.4
水、能源和化学试剂的保护	10	所有
无组织排放	12	所有
建设持续性的社会	14	所有

最终，对于是否实施污染防治计划的决定将由工业管理者做出，因此很有必要使管理

者了解污染所导致的问题,以及污染预防计划可能带来的机会。商学院不可能开一个完整的污染预防课程,但关键性的材料可以在一个短小的课程中给出,如大纲 C 所建议的。

大纲 C

主 题	章	节
概述	1	所有
工业活动与环境	3	所有
环境法规	4	所有
生命周期评价	6	所有
废弃物审计	8	所有
市政部门的污染预防计划	13	所有
建设持续性的社会	14	所有

对于合格的教员,可以得到一个与本书配套的教师手册。这个手册里有本书中所有问题的答案,以及全套的用于显示课程材料的投影片。请与 McGraw-Hill 联系。如果读者有任何意见、建议或提出新的问题,我将非常感谢,这也有利于将来本书的修订。

致谢

没有很多人的有益帮助,本书不可能得以出版。本书来源于我从俄亥俄州环保局得到的一个为工程专业学生开发一个多学科污染预防课程的项目资助,十分感谢这个机构的支持。我原来的一个研究生 Amit Gupta 在开发有关的课程、制作教师手册的投影片以及审看整个稿子方面都给予了很大的帮助。我尤其感谢他对第 14 章“迈向可持续发展的社会”的贡献,他对这一主题的观点和看法是非常深刻的。我还要感谢 Anthony Dunams,我的另一个研究生,他写了第 13 章“市政部门的污染预防计划”的大部分,并对其他部分也有贡献。两个博士生 Tatsuji Ebihara 和 Hassan Arafat 设计了一些例题。我用此书的初稿给很多不同背景的学生上过一些课,他们的意见和建议对本书的改进很有帮助,我对此十分感谢。我尤其感谢来自其他单位的一些审阅者,包括 C. P. L. Grady 博士(克莱姆森大学)、Steven Safferman 博士(Dayton 大学)和 Angela Lindner 博士(佛罗里达大学)。

我还要感谢 McGraw-Hill 出版社的巨大支持和帮助,尤其要感谢编辑 Eric Munson 和 Carole Schwager 以及高级项目经理 Jean Lou Hess。

Paul L. Bishop

简明目录

第 1 章	污染预防概述	1
第 2 章	环境中污染物质的性质和归宿	20
第 3 章	工业生产与环境	70
第 4 章	环境规章制度	137
第 5 章	改进制造工艺	168
第 6 章	生命周期评价	227
第 7 章	污染预防经济学	267
第 8 章	污染预防规划	296
第 9 章	为环境而设计	317
第 10 章	水、能源和化学物质的节约利用	378
第 11 章	废物处理	408
第 12 章	无组织排放	454
第 13 章	市政部门的污染预防计划	475
第 14 章	迈向可持续发展的社会	509
附录 A	元素	551
附录 B	一些化合物的性质	555
附录 C	有害废物清单	564
附录 D	有毒释放物清单的化学品和化学品名录	589
附录 E	在各种不同年利率下 1 美元投资的现值	596
附录 F	物理常数	598
附录 G	1atm 下水的物理特性	599
附录 H	空气的性质	601
附录 I	有用的转换系数	602

目 录

第 1 章 污染预防概述	1
1.1 3M 公司的经验	1
1.2 污染预防	2
1.3 历史展望	6
1.3.1 工业革命.....	6
1.3.2 工业化的影响.....	7
1.4 什么是污染预防	8
1.4.1 废弃物定义.....	8
1.4.2 污染预防的定义.....	9
1.4.3 其他术语.....	9
1.4.4 可持续性	10
1.5 污染预防的层次.....	11
1.6 循环利用与污染预防.....	12
1.7 环境伦理.....	13
参考文献	17
习题	18
 第 2 章 环境中污染物质的性质和归宿	20
2.1 有机物.....	21
2.1.1 有机化合物的命名规则	21
2.2 金属元素和非金属元素.....	36
2.2.1 砷	37
2.2.2 镉	37
2.2.3 铬	38

14 污染防治：理论与实践

2.2.4 铅	38
2.2.5 汞	38
2.2.6 氰化物	39
2.3 环境中污染物质的迁移和转化	40
2.3.1 污染物的浓度	40
2.3.2 迁移过程	41
2.3.3 分配过程	44
2.3.4 转化过程	60
参考文献	64
习题	65

第3章 工业生产与环境	70
3.1 概述	70
3.2 大气污染	71
3.2.1 大气	71
3.2.2 烟雾	76
3.2.3 酸雨	79
3.2.4 全球变暖	82
3.2.5 臭氧层破坏	91
3.3 固体废弃物	93
3.3.1 来源和组成	95
3.3.2 固体废弃物的管理	98
3.4 有害废弃物	105
3.4.1 超级基金地点	106
3.4.2 实施资源保护和回收利用法的地点	109
3.5 水污染	110
3.5.1 水俣事件	110
3.5.2 Kepone 事件	111
3.5.3 工业废水的处理	112
3.6 能源利用	113
3.6.1 历史的观点	113
3.6.2 能源消费	114
3.6.3 能源储备	118
3.6.4 化石燃料	118
3.6.5 核能	123

3.6.6 可更新能源·····	125
3.6.7 电能·····	128
3.6.8 节约能源·····	128
3.7 资源枯竭问题·····	129
3.7.1 地球的构造·····	129
3.7.2 资源开采·····	131
3.7.3 矿物资源·····	132
参考文献·····	133
习题·····	134
 第4章 环境规章制度 ·····	 137
4.1 概述·····	137
4.2 规章的实施过程·····	138
4.3 环境规章·····	139
4.3.1 与清洁空气有关的法律·····	139
4.3.2 与清洁水有关的法律·····	145
4.3.3 与有害物质和废弃物相关的法律·····	149
4.3.4 与产品相关的法律·····	161
4.3.5 与污染预防相关的法律·····	162
参考文献·····	165
习题·····	166
 第5章 改进制造工艺 ·····	 168
5.1 概述·····	168
5.2 制造过程·····	170
5.2.1 顺序过程·····	170
5.2.2 并行过程·····	171
5.2.3 制造过程·····	172
5.3 工艺开发和设计·····	198
5.3.1 计算机工具·····	199
5.4 生产工艺改变·····	202
5.4.1 先进的工艺技术·····	202
5.4.2 改变产品·····	213
5.4.3 储存·····	213
5.4.4 管理·····	215

16 污染防治：理论与实践

5.5 污染防治实例	218
5.5.1 丙烯腈生产	218
5.5.2 顺丁烯二酐(马来酐)的生产	220
参考文献	222
习题	225
第6章 生命周期评价	227
6.1 生命周期评价概述	227
6.2 生命周期评价的发展历史	229
6.3 生命周期评价及其管理过程	230
6.4 生命周期评价方法	230
6.4.1 确定目的和范围	232
6.4.2 清单分析	234
6.4.3 影响分析	238
6.4.4 改进分析	243
6.5 简化生命周期评价	244
6.6 污染防治因子	245
6.7 生命周期评价的应用	250
6.7.1 总体战略规划	250
6.7.2 产品开发	251
6.7.3 工序选择与改进	252
6.7.4 市场分析和广告	255
6.7.5 生态标志	256
6.8 生命周期评价中计算机模型的应用	258
6.9 废物管理中的生命周期评价	260
参考文献	262
习题	265
第7章 污染防治经济学	267
7.1 经济学概述	267
7.2 微观经济学	269
7.2.1 市场机制论	269
7.2.2 供给与需求	270
7.2.3 边际成本与边际收益	273
7.2.4 市场外部性	274

7.2.5 控制措施.....	276
7.3 工程经济学	280
7.3.1 折现率.....	280
7.3.2 现值.....	281
7.3.3 投资方案比较.....	282
7.4 评估长期治理责任	285
7.5 总成本评估	288
7.5.1 生命周期成本估算.....	289
7.5.2 生命周期成本评估过程	290
7.5.3 生命周期成本评估的案例研究.....	290
7.5.4 总结.....	292
参考文献.....	292
习题.....	293
第8章 污染预防规划.....	296
8.1 概述	296
8.2 污染预防规划过程的结构	297
8.2.1 项目组织.....	297
8.2.2 预评估.....	299
8.2.3 污染预防规划项目的制定.....	300
8.2.4 制定和实施污染预防项目.....	301
8.2.5 污染预防规划的实施.....	303
8.2.6 监测污染预防的进展.....	304
8.3 环境管理体系	305
8.4 环境审计	308
8.4.1 排放清单.....	310
8.5 有毒物质释放清单	311
8.5.1 报告要求.....	311
8.5.2 有毒化学物质的释放清单.....	312
8.5.3 数据问题.....	313
参考文献.....	315
习题.....	315
第9章 为环境而设计.....	317
9.1 概述	317

9.1.1 为 X 而设计	318
9.1.2 章节重点	320
9.2 绿色化学	320
9.2.1 废物来源	321
9.2.2 选择合成路线	325
9.2.3 改进反应条件	336
9.2.4 为安全化学品而设计	338
9.2.5 绿色化学研究的需要	345
9.3 为拆卸/分解而设计	346
9.3.1 循环利用和重复使用	346
9.3.2 循环利用/重复使用等级	347
9.3.3 再生立法	349
9.3.4 有效进行循环利用/重复使用的必要条件	352
9.3.5 拆卸策略	360
9.3.6 计算机辅助设计	364
9.3.7 废物交换	364
9.3.8 堆肥和能量重复利用	366
9.3.9 重复利用的障碍	366
9.4 包装	367
9.4.1 最小化包装	368
9.4.2 可降解包装	371
参考文献	372
习题	376
第 10 章 水、能源和化学物质的节约利用	378
10.1 概述	378
10.2 清洗用水的削减	379
10.2.1 案例研究	385
10.3 窄点分析	386
10.3.1 热量的窄点分析	386
10.3.2 水资源利用中的窄点分析	394
10.3.3 生产过程排污量的窄点分析	401
10.3.4 总结	403
参考文献	403
习题	404

第 11 章 废物处理	408
11.1 概述	408
11.2 废水处理	409
11.2.1 处理方案	409
11.2.2 物理化学处理	411
11.2.3 废水生物处理	433
11.2.4 污泥处理	444
11.3 大气污染控制	444
11.3.1 颗粒污染物控制	445
11.3.2 气态污染物控制	447
11.4 固体废弃物处理	449
参考文献	449
习题	451
 第 12 章 无组织排放	 454
12.1 概述	454
12.2 无组织排放污染物的来源和数量	455
12.3 无组织排放污染物的测定	456
12.3.1 平均排放因子法	458
12.3.2 检测范围法	459
12.3.3 EPA 相关法	461
12.3.4 整体-个体相关系数法	462
12.4 无组织排放的控制	462
12.4.1 设备改装	462
12.4.2 泄漏检测和维修程序	465
12.5 储存罐的无组织排放	466
12.5.1 排放量的估算	468
12.5.2 控制排放	471
12.6 废物处理和处置过程中的无组织排放	471
参考文献	472
习题	473
 第 13 章 市政部门的污染预防计划	 475
13.1 前言	475
13.2 污染预防计划的制度基础	476