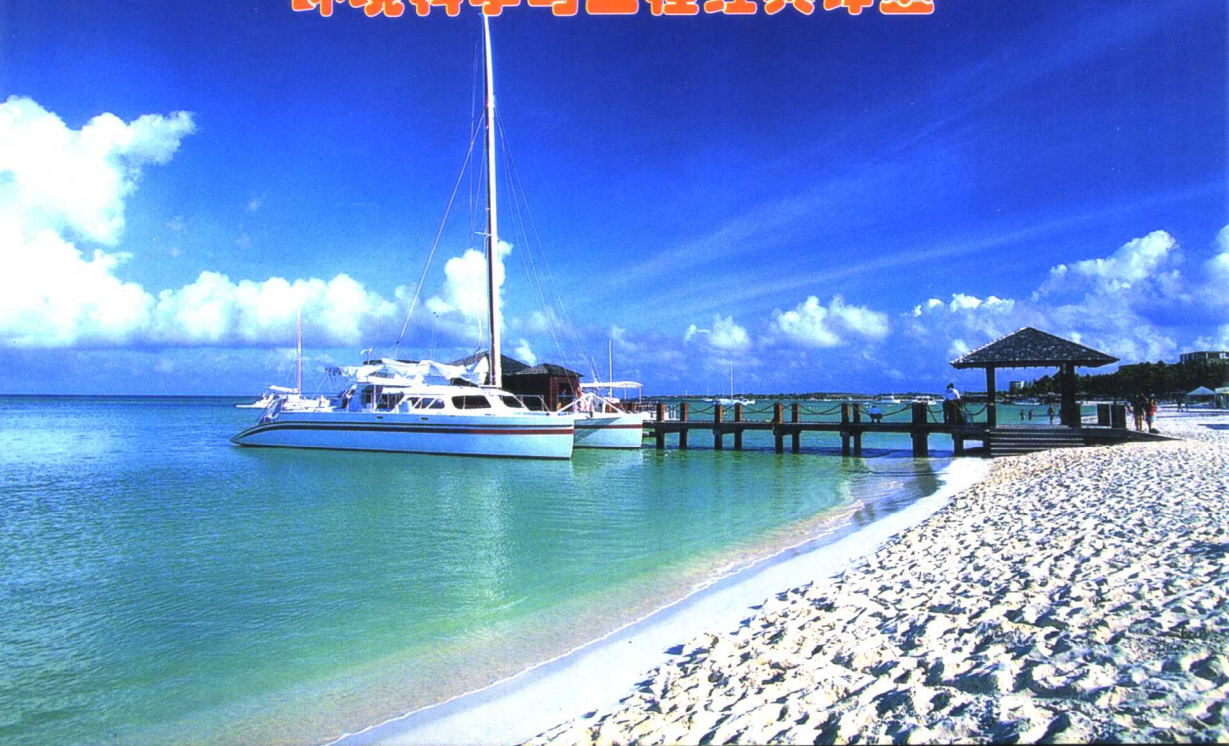


环境科学与工程经典译丛



工程与环境导论

〔美〕 Edward S. Rubin 编著
郝吉明 叶雪梅 译



科学出版社
www.sciencep.com

环境科学与工程经典译丛

工程与环境导论

〔美〕Edward S. Rubin 编著
郝吉明 叶雪梅 译

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《环境科学与工程经典译丛》之一。内容涉及环境科学和技术诸方面,包括绿色设计、工业生态学、污染防治、可持续发展等。本书应用案例研究的方法,将环境基础科学和工程原理应用于现代环境设计技术中,有利于指导学生解决实际环境问题。

本书可作为高等院校环境科学、环境工程专业本科生的教学用书,也可供从事汽车、电池、电厂、制冷等与环境关系密切的专业设计人员及从事环境政策、环境工程设计、环境科学研究的人员参考。

Edward S. Rubin: Introduction to Engineering & the Environment

ISBN: 0-07-235467-4

Copyright © 2001 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All right reserved.

本书简体字版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育出版集团合作出版。未经出版者书面许可,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。

图书在版编目(CIP)数据

工程与环境导论/(美)罗宾(Edward S. Rubin)编著;郝吉明,叶雪梅译.
—北京:科学出版社,2004
(环境科学与工程经典译丛)

ISBN 7-03-011512-0

I. 工… II. ①罗… ②郝… ③叶… III. 环境保护-工程设计-理论
IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042620 号

策划编辑:刘俊来 杨震 王志欣 / 文案编辑:李久进 / 责任校对:柏连海
责任印制:安春生 / 封面设计:北新华文

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年4月第一次印刷 印张:40 1/4

印数:1—3 000 字数:775 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

译者序

世界范围的环境危机正使人类面临空前严峻的挑战。城市环境污染、臭氧层破坏、全球变暖、生物多样性锐减等问题严重威胁着世界经济的发展、人类的健康和社会的安全。教育是促进可持续发展和提高人们解决环境与发展问题能力的关键。环境科学与工程作为一个新兴的交叉学科,已经成为许多学科新的生长点。生态环境是一个复杂的系统,解决人类面临的环境问题,不是任何单一学科所能胜任的。现在应运而生的环境化学、环境物理、环境经济等正是人类面对挑战而寻求新理论的体现。为实施可持续发展战略,必须建立新的技术选择标准,这包括资源节约与再生标准、环境无害化标准、社会文化标准;可持续发展战略也要求加速有目标的技术替代,寻找新的资源支持,建立可持续发展的结合点,这正是新的经济增长点,也是新的技术创新点。非环境类专业的人员,学习和了解一定的环境保护和可持续发展战略的思想、观念和知识,将帮助他们开阔视野,以利新的发展。

卡耐基梅隆大学 Edward S. Rubin 教授及其同事合著的“*Introduction to engineering and the environment*”由 McGraw-Hill 教育出版集团于 2000 年出版。本书旨在向所有专业领域的工科学生,尤其是大一新生及二年级的学生,介绍环境方面的知识以及解决环境问题的方法。本书有两个显著特点:一是应用案例研究方法进行环境教育,这些案例揭示了环境保护因素是如何成为良好的工程实践的重要组成部分的;另一个特点在于将介绍绿色设计与污染防治原则作为全书的出发点和重点。经济建设取得了人类历史上前所未有的成果,但自然资源在全球范围内的退化,与维护地球系统的主要部分直接有关的全球性环境议题,要求我们必须摆脱传统的生产模式和消费模式。作者将不同工程领域的设计与可能产生的环境问题关联在一起,同时阐述了如何通过绿色设计消除已经产生的环境问题。在源头避免产生环境问题,这是贯穿全书的一个主题,也是一个全新的理念。每个工程领域,都应大力实施绿色设计,推动清洁生产,实现零排放,走可持续发展之路。我们相信,绿色设计能最好地反映环境发展以及通常的工程教育的未来方向。

清华大学正致力于创建绿色大学,绿色课程体系的建设是其中的重要组成部分。译者认为,卡耐基梅隆大学的同行们进行的有益探索可以促进和帮助我们的努力。这正是翻译该书的动因。摆在读者面前的这本译著,是多位同事与同学共同努力的成果。除我本人与叶雪梅博士几乎用了半年的时间之外,在第 3 章至第 7 章的翻译中,马红同学给予了重要帮助,她为这几章提供了译文的初稿。蒋靖坤同学几乎贡献了整个暑假,帮助翻译和编辑了所有的插图,充分显示了他在计算机

方面的功底和技能。

为保持原文风貌,译稿基本延用了原文的计量单位。涉及的非法定计量单位与国际标准计量单位间的换算关系可参阅附录表 A. 3。

翻译是一项十分艰巨的工作。本书内容丰富,涉猎广泛,从科学、技术、工程到经济、政策和管理,可以说无所不包。鉴于环境领域的广泛,以及中西方文化、传统和观念的诸多差异,限于译者的水平和时间仓促,本书中难免出现词不达意甚至错误之处。恳请读者提出批评和建议。

郝吉明

2003 年 11 月于北京清华园

前 言

今天,人们对环境的关注深刻地影响着现代工程设计与实践的所有方面。然而,大多数高等院校在工程课程的框架中引进环境因素的进程还十分缓慢。虽然在一些工科院校中设有环境工程专业的选修课及学位课程,但是那些非环境工程专业的学生经常很少或几乎接受不到与他们专业相关的环境方面的知识。但是近几年来,工程与技术鉴定委员会(ABET)与美国主要的技术协会都强调,对环境的关注是所有工程师基本道德责任的一部分。

本书旨在向所有专业领域的工科学生,尤其是新生与大学二年级的学生介绍环境方面的知识以及解决环境问题的方法。本书的许多章节已经成功地应用于高级决策课程中,尤其是对那些很少或没有接触过环境研究方面的学生。

本书应用案例研究方法进行环境教育,这种环境教育利用基本的科学与工程原理评价一个特定的问题,并设计能减少或消除环境影响的解决方法。因此,案例研究能揭示对环境的考虑是如何成为良好的工程实践的一个组成部分的。通过在不同专业领域的应用,学生们发展并应用所需的基本技能与洞察力认识并解决各种环境问题,从中他们也获得了对环境问题及其解决方法的跨学科本质的正确认识。这种案例研究方法在卡耐基梅隆大学的示范性应用,已经证明是介绍环境主题的有效方法。

本书的教学重点在于介绍绿色设计与污染防治的原则。于是,基本推动力就是如何在源头避免产生环境问题。当然,在许多应用中,关于废物处理与环境修复过程的设计与分析仍然是十分重要的,有关这类技术的案例在本书中也有所介绍。尽管如此,我们还是相信,绿色设计能最好地反映环境发展以及通常的工程教育的未来方向。虽然在一本综述性的教材中,这种方法拓展的程度还比较有限,但是即使对新生或二年级水平的学生而言,也还是拥有很多机会通过改进设计而把他们的技术技能应用到解决环境问题中去。本书还包括了许多具体的描述性例题,并在每章的最后都设计了一系列的思考题与习题来帮助学生达到这个目标。更高年级的学生还可以接受补充设计与任务的挑战,这些设计与任务更具广泛性,并强调了利用工程判断与多学科知识的综合来解决特定问题。

本书分为四篇。第一篇的第1章为简单的概述性章节,以介绍工程师所做的事情与它们的环境后果之间的关系。环境影响既可能产生于技术设计,也可能来源于技术的采用。材料选择、产品设计和生产过程以及不同形式的能源利用,都是工程师们能在影响环境后果的时候发挥关键作用的领域。同时,本书还介绍了生

命周期理念与工业生态及可持续发展原则,从而为后续章节的具体阐述进行铺垫。

第2章对当前的环境问题进行了概述,包括与大气排放、水污染、固体废物、资源损耗、土地利用及生态影响有关的问题。本章引发了发展更清洁的技术与更好的方法来理解并解决人们所关注的环境问题的需要。其覆盖面是很广的,但主要的重点是那些与工程设计、分析及实践关系最密切的问题。这一章为后续各章节提供了基本的背景材料。第2章的相关部分可以在课堂上进行讨论,也可以指定给学生作为所挑选主题的背景阅读材料。

本书的第二篇是一系列集中于环境友好型技术设计的案例研究。每一章都对技术的概述开始,然后介绍其社会效益及环境影响。例如,第3章的题目是“汽车与环境”,它讨论的是有关机动车排放、能源利用、材料消耗以及废旧车辆处置等问题。然后,引入并利用科学与工程原理更深入地探讨能够改变环境后果的工程设计变量。在这些理解的基础上,学生们能提出并分析可以减少或消除环境问题的替代技术设计。第二篇对案例的选择反映了各个方面的主要环境关注以及解决环境问题的各种学科方法。第二篇包括关于生命周期评价的一章,它阐述了从环境角度来看,各种不同的技术是如何相互联系的。这一章越过一个工程设计问题的直观界限而考虑其综合的环境影响,包括上游和下游过程,以此再次强调工业生态的观点。

第三篇的案例聚焦于环境模拟。科学与工程原理被再一次地用来理解并预测各种类型的污染物(如来自电厂的大气排放、来自生产过程的废水排放以及来自家用冰箱的氯氟烃排放等)是如何在环境中进行输送并转化的。从每一个案例所获得的理解与观点,可以应用来确定一些策略,工程师与社会可以利用这些策略控制不利的环境影响。第三篇所选择的主题包括了人们对局地、区域以及全球环境问题的关注,这些环境问题涉及了所有的环境介质(大气、水和土地)。而更多的重点则是放在地区与全球问题上,例如,城市大气污染、化学物质的生物积累以及全球变暖等,它们可能控制着未来几十年的环境议程。

最后,第四篇介绍了环境决策分析中的一些选择性主题。这些主题包括工程经济学、费用-效益分析、风险评价、决策分析以及环境预测。尽管一些大学如卡耐基梅隆大学把与决策有关的研究作为工程与科学本科生的的一种选择,但是大部分工科学生并不总是会遇到这些问题。这些主题在环境问题的解决中尤其重要,因为环境问题很少是纯技术型的。相应地,第四篇介绍的主题为将第二篇与第三篇的技术分析扩展到同时考虑环境控制策略与政策选择的费用、风险及效益提供了基本工具。第15章的“环境预测”也对动态人口学、经济发展以及技术进步等内容做了一些概述性的介绍,因为它们都与未来的环境质量有关。而一些教师可能希望在开始时就介绍一个或多个这些主题以促进环境方面的讨论。

在学习了前两章之后,学生与教师就可以按照他们所希望的顺序自由地对本

书剩下的主题进行讨论。每一章都设计成独立的模块,它们主要依赖于第2章为其环境关注及影响提供背景讨论。虽然第二篇的所有技术设计案例也都与环境模拟(第三篇)及决策分析(第四篇)的主题相关,但是教师可能希望选择(或改变)自己想要介绍的主题。由于本书所覆盖的主题范围足够广,因此它可以支持符合教师及学生的特定需要及兴趣的一门综述性课程。可以把对第二篇、第三篇、第四篇的各章节的选择结合起来以保证所探讨的特定主题的深度,也可以把某章中的介绍性各节利用来获得对一个主题的简单了解。教师们还可以得到一本更具体的指南,里面有关于如何使用本书的更多建议。

致 谢

几位卡耐基梅隆(Carnegie Mellon)大学的同事为本书做出了重要的贡献,特别是Cliff Davidson教授。他编写了第7章和第10章,并对第11章做出了主要贡献。他同时积极支持我们为在卡耐基梅隆大学本科生教育中增加环境内容所做的努力,特别是在最近“国家科学基金”的一个项目中,而该项目正是本书几个章节的起源。另一个同事Spyros Pandis教授,作为第8章的主要作者,阐述了其深刻的见解。Dave Dzombak教授和Dick Luthy教授(目前在斯坦福大学)在第9章的编写中发挥了他们的聪明才智。

研究助理Patricia Bruno、Miles Levin、Laurie McNair和Jeff Rosenblum为本书收集了大量原始材料。Jeff Rosenblum还在第4章的编写中发挥了重要作用。其他很多同事对某些章节的早期初稿提供了宝贵的反馈意见和帮助。他们是Alex Farrell、Paul Fischbeck、Scott Farrow、Baruch Fischhoff、Don Hanson、Chris Hendrickson、Arpad Horvath、Milind Kandlikar、Lester Lave、Leonard Levin、Deana Matthews、Scott Matthews、Granger Morgan、Indira Nair、Peter Noymer、James Risby、Mitchell Small和Ross Strader。另外McGraw-Hill公司的五名评审者对书稿提出了宝贵的建议。他们是Robin L. Autenrieth教授(得克萨斯州农工大学),Brain A. Dempsey教授(宾夕法尼亚州立大学),Mel S. Manalis教授(加利福尼亚州立大学圣塔芭芭拉分校),John T. Novak教授(弗吉尼亚理工学院)和Jae K. Park(威斯康星大学麦迪逊分校)。

特别感谢Gloria Rogulin-Blake,她打印了所有的手稿并慷慨地为本书奉献了她宝贵的时间。感谢Mike Berkenpas,他娴熟的计算机技能和无限的耐心为整理本书做出了重要贡献。感谢Megan Davidson的绘图,Terrea Cinkovic、Jill Hatch、Cathy Ribarchak和Sara Schultzer的文秘工作。感谢执行编辑Eric Mursion和整个McGraw-Hill编辑室为本书出版所承受的风险。特别感谢纽约最优秀的美术设计师Denise Rubin,她为本书设计了封面。我的妻子Maria,我的女儿Lisa和Denise,以及其他亲朋好友的鼓励和不懈的支持使我能最终完成本书。卡耐基梅隆大学Marsha和Philip A. Dowd研究人员基金会为本书提供了更多的资助。

最后感谢那些对初稿提供反馈意见和内容的同学,我们非常重视你们的意见。你们的建议“写一本我们能看懂,而不是只有教授才能看懂的书”经常回响在我们耳边。恳请包括我的同事在内的所有的读者让我们知道你们对这本书的评价,你们喜欢什么以及有待完善的内容。我们也欢迎其他方面的建议。

Edward S. Rubin

匹兹堡,宾夕法尼亚州

关于作者及贡献者

Edward S. Rubin 是卡耐基梅隆大学环境工程与科学系的在职教授、工程与公众决策系及机械工程系的兼职教授,现任能源与环境研究中心的主任,并曾任卡耐基梅隆大学环境学院的院长。他的教学与研究活动集中于能源系统、环境治理以及技术与政策的相关关系等领域,并已在这些领域拥有 200 多部(篇)出版物。Rubin 博士是美国机械工程师学会(ASME)会员,并曾担任该学会环境控制部的主席。他还曾担任工业顾问以及美国与其他国家的多个政府组织的顾问,包括美国国家环保局、美国能源部、国家科学与工程院以及国际经济合作与发展组织。目前,他是国家研究委员会下属的能源与环境系统委员会的成员,并且最近获得了空气与废物管理协会为表彰那些成就卓著的教育者而设立的 Lyman A. Ripperton 奖。

Cliff I. Davidson 是卡耐基梅隆大学土木与环境工程系及工程与公众决策系的教授。他同时还担任环境学院的院长。在过去的 23 年里,他一直在环境领域从事教学与研究活动,并已发表了 100 多篇科技论文及若干部著作。他曾服务于国家科学院的委员会、美国国家环保局、能源部、国家科学基金委以及其他一些机构。他在相关专业领域里都很活跃,并于最近结束了美国气溶胶研究协会主席的任期。

David A. Dzombak 是卡耐基梅隆大学土木与环境工程系的教授,**Richard G. Luthy** 是斯坦福大学土木与环境工程系的 Silas H. Palmer 教授。他们的教学与研究活动主要集中于水质工程,包括与土壤、沉积物以及水生系统中的有机化合物的归宿及传输有关的问题。最近的研究工作包括关于多氯联苯从被污染的河流沉积物中的释放的合作研究,也就是第 9 章的内容。Dzombak 博士和 Luthy 博士都具有美国环境工程院的官方任职证明,都是美国国家工程院成员。

Spyros N. Pandis 是卡耐基梅隆大学的 Gerard G. Elia 工程教授,同时也是化学工程系及工程与公众决策系的兼职教授。他的主要教学与研究兴趣包括大气化学的研究,因为它与光化学烟雾、酸雨以及全球气候变化有关。他曾发表了多部科技出版物,并是一本有影响的关于空气污染与大气科学教材的作者。

目 录

译者序

前言

致谢

关于作者及贡献者

第一篇 诱因与构架

第 1 章 工程与环境	3
1.1 引言	4
1.2 什么是“环境”?	4
1.3 构架环境议题	5
1.3.1 有益的变化还是有害的变化?	6
1.3.2 进入公众决策	7
1.4 工程的作用	8
1.5 实现“绿色”工程的途径	9
1.5.1 环境影响的来源	10
1.5.2 生命周期方法	11
1.5.3 工业生态学与可持续发展	12
1.6 基本的工程原理	13
1.6.1 质量守恒	13
1.6.2 能量守恒	15
1.6.3 数学模型的应用	16
1.7 后续章节的内容	16
参考文献	17
思考题与习题	17
第 2 章 环境问题综述	19
2.1 引言	20
2.2 环境关注	21
2.3 大气排放物	21
2.3.1 列入大气环境质量的污染物	22
2.3.2 有毒有害的大气污染物	30

2.3.3 酸沉降	32
2.3.4 平流层臭氧破坏	34
2.3.5 温室气体	35
2.4 水污染	39
2.4.1 水源和水的利用	39
2.4.2 主要的水污染物	39
2.4.3 饮用水水质	44
2.4.4 地表水标准	47
2.4.5 地下水水质	49
2.5 固体废物和有毒有害废物	52
2.5.1 有毒有害废物	52
2.5.2 非有毒有害废物	55
2.6 放射性废物	59
2.6.1 高放废物	60
2.6.2 超铀元素废物	62
2.6.3 低放废物	63
2.6.4 铀冶炼尾矿	64
2.7 自然资源的损耗	65
2.8 土地利用和生态影响	68
2.8.1 生物多样性	68
2.8.2 栖息地的减少	70
2.8.3 海洋生态系统	71
2.8.4 土地利用实践	72
参考文献	72
思考题与习题	74

第二篇 环境友好的技术设计

第3章 汽车与环境	79
3.1 汽车和社会	80
3.2 汽车的环境影响	82
3.2.1 城市空气污染	82
3.2.2 温室气体排放	85
3.2.3 材料使用和固体废物	88
3.2.4 其他环境影响	91
3.3 燃料和能源需求	92

3.3.1 匀速行驶功率	92
3.3.2 上坡功率	94
3.3.3 加速功率	95
3.3.4 能源效率	96
3.3.5 燃料消耗	98
3.4 工程上更清洁的车辆	101
3.4.1 能效设计	102
3.4.2 污染物是如何形成的	103
3.4.3 低排放设计	106
3.4.4 替代燃料	108
3.4.5 新型机动车	109
3.5 结论	112
参考文献	113
思考题与习题	113
第4章 电池与环境	118
4.1 引言	119
4.1.1 环境关注	120
4.1.2 近期“绿色”努力	122
4.2 电池基础知识	124
4.2.1 电池历史简介	124
4.2.2 电池如何工作	125
4.2.3 理论电压	128
4.2.4 理论容量	129
4.2.5 实际容量	130
4.3 电池特性	131
4.3.1 电压与时间	131
4.3.2 工作温度的影响	135
4.3.3 存放寿命	136
4.3.4 可充电电池的寿命	137
4.3.5 电池充电器	138
4.4 电池的应用	139
4.4.1 基于电流的放电特征	139
4.4.2 多节电池的使用	141
4.5 结语	142
参考文献	142

思考题与习题	143
第5章 电厂与环境	146
5.1 电力的作用	147
5.2 环境影响综述	148
5.2.1 化石燃料的环境影响	149
5.2.2 核电站的环境影响	158
5.2.3 可再生能源的环境影响	161
5.3 电力基本原理	162
5.3.1 电流、电压和功率	162
5.3.2 能量、热和功	163
5.3.3 发电机	163
5.3.4 涡轮机和能源	165
5.4 化石燃料电站的性能	165
5.4.1 蒸汽电站	165
5.4.2 燃气轮机电厂	173
5.4.3 联合循环电厂	174
5.5 减少环境影响	176
5.5.1 环境控制技术	176
5.5.2 改进能源效率	185
5.6 替代能源和技术	187
5.6.1 核能	189
5.6.2 生物质能和垃圾能	190
5.6.3 地热能	190
5.6.4 水电	191
5.6.5 风能	193
5.6.6 电化学发电	195
5.6.7 光电发电机	198
5.7 环境影响比较	200
5.8 展望未来	200
5.8.1 环境展望	200
5.8.2 技术前景	201
5.9 结论	202
参考文献	203
思考题与习题	204

第 6 章 制冷与环境	208
6.1 引言	209
6.2 环境综述	210
6.3 替代制冷剂	212
6.4 制冷基础	214
6.4.1 一次能量流	214
6.4.2 制冷循环	217
6.4.3 若干基本问题	218
6.4.4 热力学关系	218
6.4.5 制冷剂性质	221
6.5 设计无 CFC 冰箱	223
6.5.1 制冷剂质量流	223
6.5.2 制冷剂负荷	226
6.5.3 制冷循环效率	226
6.5.4 替代制冷剂比较	228
6.6 减少能源消耗	230
6.6.1 压缩机的能量需求	231
6.6.2 辅助能量需求	233
6.6.3 总能量消耗	234
6.6.4 绝热设计	234
6.6.5 CFC 替代品的能量影响	237
6.7 趋势和未来技术	238
6.7.1 能效标准	238
6.7.2 未来冰箱	240
6.8 结论	241
参考文献	242
思考题与习题	242
第 7 章 环境生命周期评价	246
7.1 引言	247
7.2 生命周期评价的原则	248
7.2.1 产品设计的决策	248
7.2.2 生命周期评价的步骤	250
7.2.3 生命周期评价的范围	251
7.3 清单分析	252
7.3.1 清单分析的主要组成	252

7.3.2 计算机壳的实例分析	253
7.3.3 计算机壳的量化分析	258
7.4 影响分析	263
7.4.1 影响范畴	264
7.4.2 环境影响排序	265
7.4.3 影响的量化	267
7.5 改进分析	268
7.5.1 改进电脑机壳的电保护层	268
7.5.2 改进电脑机壳废物管理	271
7.6 结论	275
参考文献	276
思考题与习题	277

第三篇 环境过程模拟

第8章 控制城市烟雾	283
8.1 城市大气污染概述	284
8.1.1 伦敦烟雾	284
8.1.2 洛杉矶烟雾	284
8.2 实现大气质量目标	286
8.2.1 测量单位	286
8.2.2 空气质量标准	287
8.2.3 排放源	287
8.2.4 工程师的作用	289
8.3 城市地区污染物的积累	289
8.3.1 稳态条件下的非反应性污染物	291
8.3.2 动态条件下的非反应性污染物	297
8.3.3 动态条件下反应性污染物	300
8.4 大气中的臭氧	301
8.4.1 城市大气的臭氧水平	301
8.4.2 臭氧对健康的影响	303
8.4.3 “坏臭氧”对“好臭氧”	303
8.5 城市地区大气中臭氧的形成	304
8.5.1 光化学循环	305
8.5.2 碳氢化合物的作用	307
8.5.3 光化学烟雾和气象	309