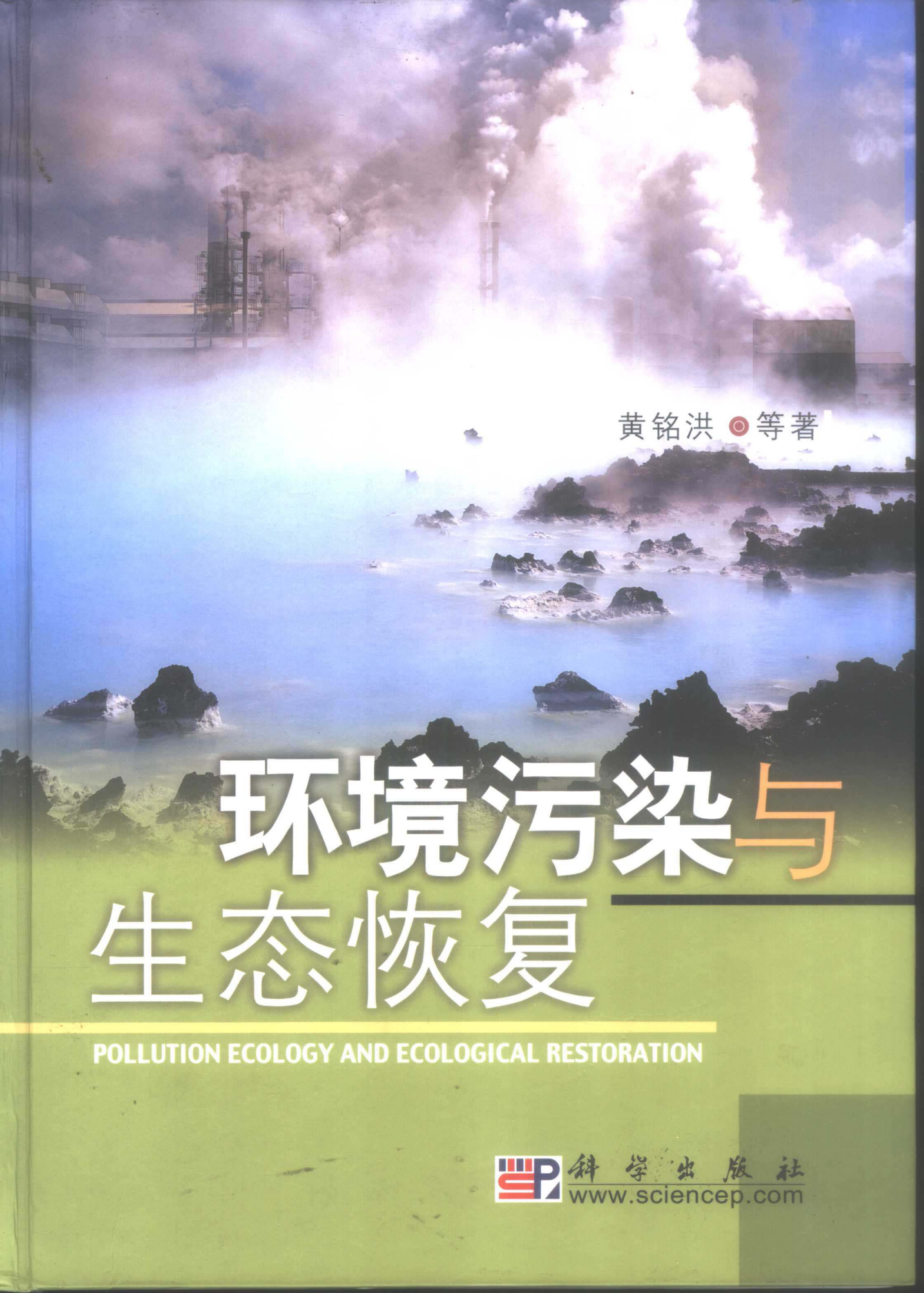




黄铭洪 等著

环境污染与 生态恢复

POLLUTION ECOLOGY AND ECOLOGICAL RESTORATION



科学出版社

www.sciencep.com

**POLLUTION ECOLOGY
AND
ECOLOGICAL RESTORATION**

Edited by

Prof. Ming H. Wong
Institute for Natural Resources and Environmental Management
Hong Kong Baptist University

Science Press
Beijing

环境污染与生态恢复

黄铭洪 等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以污染与恢复生态学的核心理论与技术体系为框架,以华南经济高速发展过程中凸显的生态环境问题为重点,系统总结了黄铭洪教授及其合作者二十余年来在污染与恢复生态学领域取得的理论与技术成果。在分析总结华南经济高速发展区(粤港澳经济圈)主要的生态环境问题与成因的基础上,提出污染与恢复生态学可为区域性生态环境的整治与管理的理论与技术,并重点介绍了重金属和有机污染的生态过程、效应与评价技术,以及环境污染的生物修复与生态恢复,最后,提出该地区未来可能出现的生态环境问题及其整体性的整治与管理策略。

本书可供生态、环境、生物、农业、国土和资源等领域的专家学者、相关的管理人员及研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境污染与生态恢复/黄铭洪等著. —北京:科学出版社, 2003.3

ISBN 7-03-011135-4

I. 环… II. 黄… III. ①生态环境-污染防治-华南地区②生态环境-环境保护-华南地区 IV. X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 005595 号

策划编辑:李 锋/文案编辑:彭克里 吴慧涵/责任校对:钟 洋
责任印制:刘士平/封面设计:王 浩

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2003年3月第一次印刷 印张:21

印数:1—2 000 字数:452 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

参加编写人员

(以姓氏笔画为序)

束文圣 周海云 栾天罡
黄立南 黄铭洪

With contribution from

L. N. Huang, Ph. D (Zhongshan University)
T. G. Luan, Ph. D (Zhongshan University)
W. S. Shu, Ph. D (Zhongshan University)
M. H. Wong, Ph. D, DSc (Hong Kong Baptist University)
H. Y. Zhou, Ph. D (Hong Kong Baptist University)

序

经济发展与环境保护一直是当今人类社会发 展进程中面临的主要问题之一。自 20 世纪 60 年代以来,如何在发展经济的同时保护好我们赖以生存的生态环境,是一个必须加以正视又一时难以圆满回答的问题,这主要是由于环境问题的全球性、区域环境问题的特殊性以及全球经济发展的总体不平衡性等众多因素相互交织的结果。

长期以来,国内外的环境科学工作者们围绕污染条件下生物与环境的相互作用过程、机理以及对受害生态系统进行恢复重建等方面做了大量的研究工作,取得了很多有价值的成果,出版了很多专著。但是,从一个区域的主要生态环境问题出发,运用污染生态学和恢复生态学的理论、方法与技术,从理论与实际相结合的角度探讨区域环境污染治理和可持续发展对策等方面的专著尚不多见。

创新是科学的灵魂。要从根本上实现环境污染治理方法与技术的重大突破,必须加强环境污染与恢复生态学理论与技术方法的创新性研究。环境污染与恢复生态学是一门相当年轻的学科,其理论和方法需进一步开创、修正和完善。黄铭洪教授等著的《环境污染与生态恢复》一书,在理论与实践方面实现了新的突破。首先,基于他们二十多年的研究基础和对污染生态学、恢复生态学的深入思考,创造性地构筑了以污染物环境行为、生态毒理学、生物修复与生态恢复等方面为主题的环境污染与恢复生态学的学科框架,提出通过对环境污染与恢复生态学的整合提供区域性生态环境管理的整体策略。其次,重金属(不含 Hg 和 Se)食物链营养层次富集递减规律的提出,是生物富集理论的重要补充;所创建的“沉淀池—氧化池—放氧池”的污水生物修复系统以及利用耐性植物人工湿地系统净化处理矿山重金属废水,是生物修复领域的杰出工作;植物的金属复合耐性与先天耐性的研究、应用重金属耐性植物和“以废治废”基质改良措施为主体的矿业废弃地植被重建的生态技术体系以及“覆土—植被—渗滤液回灌”的垃圾填埋场生态恢复模式,则是对恢复生态学理论和实践的进一步发展。

除环境污染与恢复生态学理论与技术创新外,该专著还从华南地区的生态环境状况实际出发,以环境污染和恢复生态学的理论为指导,以环境污染物的生物监测技术为主要手段,紧密围绕污染物的环境行为和生态效应,详细探讨了植物的重金属耐性机理,最后探讨了矿业废弃地、垃圾填埋场和污水的生态恢复与生物修复等问题,并由此提出了经济快速持续发展地区生态环境建设与可持续发展的对策与展望。该书作为一本专著,是对黄铭洪教授及其合作者二十余年来对华南经济高速发展过程中凸显的生态环境问题的主要理论与技术研究成果的一个总结,它基本反映不同时期生态毒理学、生物修复和恢复生态学的研究前沿,并可构成污染与恢复生态学的理论与技术体系。

香港自 20 世纪 70 年代初迅速崛起,高速完成了现代化的进程;过去二十余年中,珠江三角洲也实现了经济的迅速腾飞;可以预期,中国内地其他地区现代化的步伐也会越来越快,我深信本书所总结的理论与技术成果——华南地区的环境污染与生态退化的

问题及其整治对策，对中国现代化进程中的生态环境保护有着重要指导意义。

黄铭洪教授不仅是一位活跃在国际学术界的卓有成就的学者，同时他也热心并积极推动中国内地、香港地区和国际间的实质性学术交流与合作，他领导的研究所与中国科学院南京土壤研究所、中国科学院生态环境中心和中山大学分别共建了联合开放实验室。我相信，在他与相关合作者的共同努力下，必将对环境污染与恢复生态学的理论研究与实践有新的推进。最后我愿借此机会，衷心希望中国内地与港、澳、台地区的学者们进一步加强学术交流与合作，紧跟国际环境科学与技术的研究前沿和发展趋势，为我国乃至世界的环境污染治理与生态环境建设做出新的贡献！

中国科学院南京土壤研究所研究员

中国科学院院士

A large, bold, handwritten signature in black ink, reading '赵其国' (Zhao Qiguo).

2002 年 12 月于南京

前 言

工业革命以来，人类以前所未有的规模和速度改变着世界。在创造巨大物质财富的同时，也重创了人类赖以生存的环境。至 20 世纪中叶，十大公害事件震惊全球，人类被迫反思过去的发展方式，而最终达成了可持续发展的共识。

二十多年来我们整个合作研究小组几乎就在我国开始改革开放的同一个时候起，开展了对环境污染及治理研究，研究对象包括城市固体废弃物、水体污染（包括湿地）、土壤污染、大气污染及矿业废弃地等，研究地域从香港延伸到珠江三角洲及我国的某些重要污染地区，即以华南经济高速发展区的广东及其珠江三角洲为主。在国内外发表了相关论文数百篇。现在，将这二十多年来的研究成果加以总结和深化，写成了《环境污染与生态恢复》一书，既是对以往工作的一个总结，也是为了更好地规划今后的研究工作。这本书与以往的工作一样，也是一个集体的成果。本书的写作框架和过程是在黄铭洪教授主持下拟定和完成的，具体的撰写分工是：黄铭洪（第一章）；束文圣、黄铭洪（第二章）；周海云、栾天罡（第三章）；周海云、栾天罡、黄铭洪（第四章）；黄铭洪（第五章）；束文圣（第六章）；黄铭洪、黄立南（第七章）；黄铭洪（第八章）；黄铭洪、周海云（第九章）；黄铭洪（第十章）。香港自 20 世纪 70 年代初迅速崛起，高速完成了现代化的进程；中国内地自 20 世纪 80 年代初的改革开放以来，实现了经济的迅速腾飞，先行一步的广东地区的经济发展更是一日千里，香港和珠江三角洲融合而成的粤港经济圈已成为带动华南地区经济发展的龙头。但是，经济的高速发展也付出了沉重的环境代价。珠江三角洲地区日趋严重的环境污染与生态退化的问题将最终成为该地区可持续发展的主要障碍之一。本书的第一章，是对这一地区经济发展和环境污染关系的系统概述。

环境科学与生态学的交叉与融合诞生了污染生态学。污染生态学的研究重点是环境污染的生态过程与效应，以及环境污染的生物治理，它实质上是由以研究环境污染的生态过程与效应为主体的生态毒理学（理论体系）和以研究环境污染的生物治理为主体的生物修复（技术体系）两个部分构成。污染生态学提供只是局限于控制和治理的生物修复技术，生态恢复旨在恢复原有的或重新建立一个新的结构和功能完善的生态系统，以最大限度发挥净化污染等生态系统的服务功能，维护生态系统健康，并有助于生物多样性的保护等。污染生态学和恢复生态学在研究内容、目标、理论与技术体系方面有着广泛的交叉。第二章在论述这些问题的基础上，提出通过对污染与恢复生态学的整合，提供区域性生态环境管理的整体策略。

污染物的环境行为、污染物的毒理效应及相应的评价技术构成生态毒理学的核心内容。本书第三章重点介绍了华南地区典型污染物——重金属和有机污染物的环境行为及其生态效应，同时论及污染物的主要监测技术。

第四章则从生物学各个层面总结了环境污染物的生物监测技术。

重金属对植物的毒理效应和植物对重金属的耐性（包括富集效应）的研究对重金属

污染土壤的植物修复和生态恢复有着重要意义，因此，第五章专门讨论了植物的重金属耐性及其机理。

矿业废弃地和垃圾填埋场是华南地区主要废弃地类型，同时也是主要的污染源之一，其生态恢复具有重要的理论与实践意义。矿业废弃地破坏和占用大量的土地资源，日益加剧我国人多地少的矛盾，矿业废弃物的排放和堆存也带来了一系列影响深远的环境问题。生态恢复作为矿业废弃地源污染控制的一个重要手段，在第六章结合矿业废弃地生态恢复的基本理论和技术的基础，重点总结了一个“以废治废”和以重金属耐性植物综合应用为基础的矿业废弃地生态恢复的理论与技术体系。

“垃圾围城”是城市化过程中的突出问题，而垃圾填埋场在其漫长的稳定化过程中产生大量的填埋气体和垃圾渗滤液，能在几十年甚至上百年内持续地对周围的环境和公众健康构成威胁。良好的植被重建和生态恢复是控制垃圾填埋场长期的污染物排放的关键，也是对其进行重新开发利用的前提。第七章综述了垃圾填埋场污染问题，重点讨论植被重建过程中主要的理论与技术，包括覆盖层的建造及其基质改良、耐性树种的筛选和组合以及垃圾渗滤液的处理与回灌溉等，提出覆土重建植被—渗滤液的处理与回灌的生态恢复模式。

作为污染与恢复生态学的核心技术体系，生物修复技术将在环境污染的治理与生态恢复领域发挥越来越重要的作用。显然，对于珠江三角洲这一水系丰富、水产养殖业发达、而水污染又相当严重的地区来说，水体污染的生物修复是一项紧迫任务。第八章介绍了人工湿地在污水处理中的作用，通过案例重点讨论人工湿地净化矿山重金属废水和废弃物渗出液的效能和机理；第九章则重点探讨了池塘养殖系统与污水净化的关系，以及固体废弃物的生物资源化技术。

本书的第十章展望了华南地区随着经济的持续增长可能导致的环境进一步恶化的可能，并从宏观政策和污染与恢复生态学等方面提出了相应的生态环境整治策略。

综观全书，基本概括了我们二十余年来对华南经济高速发展过程中凸显的生态环境问题的主要理论与技术成果，这些研究都可反映不同时期生态毒理学、生物修复和恢复生态学的研究前沿，并可构成污染与恢复生态学的理论与技术体系。我们希望对华南经济高速发展区的污染与恢复生态学研究能够为中国未来经济与环境的协调发展有所启示，这也是成书初衷之一。

在本书的写作过程中，赵其国院士、骆永明教授、蓝崇钰教授对本书的结构和大纲提供了宝贵的意见，叶志鸿博士对第五章和第八章，张志权教授对第一章和第十章提供了大量资料，我们对他们表示衷心的感谢。我们还非常感谢科学出版社的各位同事为本书的顺利出版所做的努力。

本书由多位作者参与写作，且成文较为仓促，错漏难免，衷心欢迎有识之士批评指正。

香港浸会大学自然资源与环境管理研究所

黄铭洪

2003年1月于香港

PREFACE

Human beings have altered the environment profoundly since the industrial revolution. The resources required to manage industrial, agro-industrial and municipal wastes are often severely strained. Economic growth is usually accompanied by ecological damage as industries generate considerable amounts of wastes and chemicals of various kinds. Although the standard of living will rise as a result of economic prosperity, the quality of life will suffer in the long run if the environment is allowed to be continuously contaminated. In fact, the effects of environmental contamination on ecological and human health have recently drawn much public concern. A substantial amount of evidence has shown a significant correlation between human diseases and environmental contamination.

For the past 25 years, our research group at the Joint Laboratory of the Pearl River Environmental Research, a collaboration between the Institute for Natural Resources and Environmental Management, Hong Kong Baptist University, and School of Life Science, Zhongshan University, has been involved in studying the sources, fates and effects of environmental pollutants in the region, with emphasis on heavy metals and persistent toxic substances; restoration of damaged and man-made habitats such as metal mine tailings and completed domestic landfills; and recycling of organic wastes. We have published our findings in over 300 papers in major international and national scientific journals, and we have decided to write this book, in order to facilitate exchange of information with scientists and policy makers who are involved in similar work. It is hoped that this volume may serve as a reference book for undergraduate and postgraduate students, practitioners, professional or community members, having a common goal of ensuring the sustainable development of our precious environment.

The production of this book is a collective effort: Chapter 1 (M. H. Wong), Chapter 2 (W. S. Shu and M. H. Wong), Chapter 3 (H. Y. Zhou and T. G. Luan), Chapter 4 (H. Y. Zhou, T. G. Luan and M. H. Wong), Chapter 5 (M. H. Wong), Chapter 6 (W. S. Shu), Chapter 7 (M. H. Wong and L. N. Huang), Chapter 8 (M. H. Wong), Chapter 9 (M. H. Wong and H. Y. Zhou) and Chapter 10 (M. H. Wong). On behalf of my co-authors, I would like to use this opportunity to thank Professor Zhiquan Zhang (Zhongshan University) and Dr. Zhihong Ye (Hong Kong Baptist University) for providing a large amount of important information, and Professors Yongming Luo (Nanjing Institute of Soil Science) and Chongjue Lan (Zhongshan University) for their constructive comments during the initial phase. I would also like to express my sincere gratitude to Professor Qiguo

Zhao (Academician of the Chinese Academy of Sciences, Nanjing Institute of Soil Science)
for his continuous encouragement and interests in our study throughout the years.

M. H. Wong
Institute for Natural Resources and Environmental Management
Hong Kong Baptist University
Hong Kong SAR
1st January 2003

目 录

序

前言

1 华南经济高速发展区的生态环境	1
1.1 广东与珠江三角洲的地域概述	2
1.1.1 自然地理学概念的珠江三角洲	2
1.1.2 经济区概念的珠江三角洲	4
1.2 广东与珠江三角洲经济的崛起与发展	6
1.2.1 广东省经济在改革开放中高速发展	6
1.2.2 珠江三角洲是广东省经济发展的火车头	8
1.2.3 粤港澳经济圈	10
1.3 广东与珠江三角洲的生态环境	13
1.3.1 广东与珠江三角洲的气候	13
1.3.2 广东与珠江三角洲的环境资源	15
1.4 广东与珠江三角洲的环境污染	30
1.4.1 水体污染与水土流失	30
1.4.2 大气污染	35
1.4.3 土壤污染	39
1.4.4 固体废弃物	40
2 污染与恢复生态学概论	44
2.1 生态学、环境科学与污染生态学	44
2.1.1 生态学	44
2.1.2 环境科学	45
2.1.3 污染生态学	46
2.2 恢复生态学	54
2.2.1 恢复生态学的源起	54
2.2.2 恢复生态学的定义	55
2.2.3 恢复生态学的理论框架	57
2.2.4 生态学的技术目标——生态恢复	59
2.2.5 恢复生态学的实质与内涵	60
2.3 污染与恢复生态学	62
3 污染物的环境行为及生态效应	67
3.1 污染物的来源	67
3.1.1 环境中重金属的来源	67
3.1.2 有机污染物	70

3.2 珠江三角洲地区重金属和 PTS 的污染状况	74
3.2.1 金属及其相关化合物	74
3.2.2 有机氯农药	75
3.2.3 多环芳烃和多氯联苯	76
3.2.4 多氯代二苯并二噁英和多氯代二苯并呋喃	77
3.3 化学污染物的环境效应	79
3.3.1 化学污染物在水体中的迁移	79
3.3.2 持久性有机污染物的生物富集	81
3.4 化学污染物的生态毒理学效应	82
3.4.1 重金属对植物根伸长的影响	82
3.4.2 重金属沿食物链传递的研究	83
3.4.3 底泥-鱼体内 PCB 同族物分布趋势	86
3.4.4 PCB 对蛋白核小球藻和斜生栅藻生长的影响	86
3.4.5 POP 对人体健康的影响	88
3.5 有机污染物的化学监测技术	89
3.5.1 有机污染物的样品前处理技术	89
3.5.2 固相微萃取	90
3.5.3 固相微萃取衍生化技术	91
4 环境污染物的生物监测技术	99
4.1 生物监测技术概述	99
4.2 生物指示法	100
4.2.1 植物	100
4.2.2 微型生物	101
4.2.3 水生动物	102
4.3 生物测试	102
4.4 底泥毒性试验	104
4.4.1 底泥毒性试验的目的和意义	104
4.4.2 底泥毒性试验应用实例	106
4.5 生物监测方法在环境污染监测方面的应用实例	110
4.5.1 利用生物体内污染物及其代谢物含量分析进行环境污染监测	110
4.5.2 利用微生物种群数量变化对尾矿场环境质量评估	112
4.5.3 污染土壤毒性试验	113
4.5.4 利用藻类对污水处理厂产出的生污泥进行毒性测试	114
4.5.5 利用生化指标进行环境污染监测	115
5 植物的重金属耐性	118
5.1 重金属的毒性和植物的耐性	118
5.1.1 植物对重金属的反应	118
5.1.2 重金属对植物的毒性症状和机制	119
5.2 高等植物对重金属耐性的特征	119

5.2.1	特化耐性	120
5.2.2	多金属耐性和共存耐性	120
5.2.3	固有耐性	123
5.3	高等植物的重金属耐性机制	124
5.3.1	排斥和富集策略	124
5.3.2	逃避、解毒和生化忍耐	126
5.4	植物金属耐性的测定	129
5.4.1	幼苗的存活率	129
5.4.2	生物量	129
5.4.3	苗的生长	129
5.4.4	根的生长	130
5.4.5	花粉管的伸长	130
5.4.6	原生质的抗性和膜的损害	130
5.4.7	在细胞和亚细胞水平上的反应	131
5.4.8	其他的生理反应	131
5.5	超富集植物及其金属耐性	131
5.5.1	金属超富集植物	131
5.5.2	金属富集和耐性之间的关系	132
6	矿业废弃地的环境污染与生态恢复	136
6.1	矿业废弃物的产生、处置与利用	137
6.1.1	采矿废石和剥离表土的处置	137
6.1.2	尾矿的处置	138
6.1.3	矿业废弃物的资源化技术	138
6.2	采矿活动的环境影响	138
6.2.1	大气污染	139
6.2.2	矿山废水污染	139
6.2.3	重金属污染	140
6.2.4	矿山开采对景观的影响	142
6.2.5	矿山开采对地质环境的影响	142
6.2.6	矿山开发对环境破坏的主要因素	142
6.3	矿业废弃地生态恢复的主要原则	143
6.3.1	矿业废弃地生态恢复的定义	143
6.3.2	矿业废弃地的生态恢复的目标	144
6.3.3	矿业废弃地生态恢复的过程与措施	145
6.3.4	矿业废弃地的原生演替与生态恢复	147
6.4	矿业废弃地植被恢复中的基质改良	148
6.4.1	矿业废弃地的基本理化性质	148
6.4.2	限制植物定居的主要影响因素分析	150
6.4.3	矿业废弃地的基质改良	155

6.5	矿业废弃物酸化的机制、预测与控制	161
6.5.1	废弃物酸化的过程与机制	161
6.5.2	废弃物酸化的预测	161
6.5.3	废弃物酸化的控制	163
6.6	矿业废弃地生态恢复中的物种选择	165
6.6.1	物种选择的基本原则	165
6.6.2	豆科植物与矿业废弃地植被恢复	167
6.6.3	土壤种子库与废弃地的生态恢复	171
6.7	中国矿业废弃地的生态恢复对策	175
6.7.1	中国矿业废弃地的现状	175
6.7.2	中国矿业废弃地复垦的历史与现状	175
6.7.3	我国废弃地生态恢复的理论研究	177
6.7.4	废弃地复垦的政策法规建设	178
6.7.5	新世纪我国土地复垦与生态恢复	178
7	垃圾填埋场的环境污染与生态恢复	185
7.1	垃圾处置技术	186
7.1.1	概述	186
7.1.2	垃圾的主要处置方式与综合利用	186
7.2	垃圾填埋场的生态环境问题	188
7.2.1	垃圾填埋场内部的微生物过程	188
7.2.2	垃圾渗滤液的环境问题	189
7.2.3	填埋气体的环境问题	191
7.2.4	垃圾填埋场的其他环境问题	193
7.3	垃圾渗滤液的处理	194
7.3.1	生物学处理法	194
7.3.2	物理、化学处理法	200
7.3.3	生物处理和物理-化学处理相结合的方法	201
7.4	已关闭垃圾填埋场的植被恢复	204
7.4.1	概述	204
7.4.2	影响植物在垃圾填埋场上定居和生长的主要因素	205
7.4.3	植被重建	209
7.5	我国垃圾填埋的现状及其生态环境问题	216
7.5.1	我国的城市生活垃圾及其处理处置现状	216
7.5.2	我国的垃圾填埋及其环境污染	217
7.5.3	香港及珠江三角洲地区已关闭垃圾填埋场的植被重建和生态恢复	218
8	人工湿地与污水处理	224
8.1	废水自然处理系统	224
8.1.1	池塘/礁湖系统	224
8.1.2	陆地或土地应用(处理)系统	224

8.1.3 湿地处理系统	224
8.2 湿地系统	225
8.2.1 湿地的定义	225
8.2.2 湿地的分类	225
8.3 人工湿地的组成	228
8.3.1 基质/土壤	228
8.3.2 植物	229
8.4 湿地去除污染物的机制	231
8.4.1 物理过程	232
8.4.2 化学过程	232
8.4.3 生物过程	232
8.4.4 湿地过程的限制因子	233
8.5 人工湿地研究实例	233
8.5.1 实例 1: 利用人工湿地处理系统净化铅/锌矿污水	233
8.5.2 实例 2: 利用人工湿地处理系统净化煤渣渗滤液	244
9 污水污泥的生物处理技术与资源化	253
9.1 污水生物学处理概述	253
9.2 好氧生物处理技术	254
9.2.1 好氧生物处理基本原理	254
9.2.2 好氧技术应用——活性污泥法	254
9.2.3 污泥资源化与安全问题	255
9.3 厌氧生物处理技术	261
9.3.1 厌氧生物处理基本原理	261
9.3.2 污水污泥厌氧处理	263
9.3.3 厌氧技术在废物资源化的利用	263
9.4 有机固体堆肥化技术	265
9.4.1 堆肥化基本过程	265
9.4.2 堆肥与废物资源化	265
9.5 稳定塘	266
9.5.1 概述	266
9.5.2 稳定塘净化效果研究实例	267
9.6 污水处理中 toxic 有害化学物质的微生物消减	279
9.6.1 重金属	279
9.6.2 有机污染物	280
10 展望与对策	286
10.1 展望	286
10.1.1 经济将继续高速发展	286
10.1.2 华南经济高速发展区的主要环境问题	286
10.2 对策	289

10.2.1	加强环境教育，提高全民环境保护意识	289
10.2.2	制订和完善环境保护的法规	289
10.2.3	某些污染项目治理对策	290
10.2.4	探索快速准确的环境污染监测技术	293
10.2.5	合作与发展	294
附录 I	广东省内分布的国家重点保护野生动植物名录	296
附录 II	广东省 1996~2010 年自然保护区建设规划	301