



环境生物技术丛书

环境生物制剂的 开发与应用

马放 杨基先 金文标 等编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心



环境生物技术丛书



环境生物制剂的 开发与应用

马放 杨基先 金文标 等编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北京 ·

MAB4/03

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境生物制剂的开发与应用/马放等编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 4

(环境生物技术丛书)

ISBN 7-5025-5243-X

I. 环… II. 马… III. 环境生物学-生物制品 IV. X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 016815 号

环境生物技术丛书

环境生物制剂的开发与应用

马放 杨基先 金文标 等编著

责任编辑: 管德存 陈丽 徐娟

文字编辑: 焦欣渝

责任校对: 蒋宇

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17 字数 395 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5243-X/X·389

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《环境生物技术丛书》编辑委员会

主 任 任南琪

副主任 马 放 冯玉杰

委 员 (按姓氏笔画为序)

马 放 王爱杰 冯玉杰 任南琪

杨基先 李建政

序

近 20 年来，由于生物技术与环境科学、环境工程等学科不断交叉并紧密地结合，产生了一门新兴的边缘学科——环境生物技术。目前，环境生物技术已经在水污染控制、大气污染治理、有毒有害物质降解、清洁可再生能源开发、废物处置与资源化、环境监测、环境友好材料合成、生态环境修复和清洁生产等领域发挥着极为重要的作用，已经成为解决复杂环境问题的最有效、最经济的手段之一，而且很多新技术和新方法如雨后春笋般不断涌现。但是，就环境生物技术的指导性和实践性而言，目前还没有一套较为系统的丛书从理论到方法、从技术到应用阐述环境生物技术不同层次的研究成果。

哈尔滨工业大学环境科学与工程系环境生物技术学科部，长期从事环境生物技术研究，在高浓度有机废水生物处理新技术新工艺、发酵法生物制氢技术、复合型微生物制剂开发、秸秆等生物质资源化与能源化技术等研究领域取得了一系列令人瞩目的创新性成果，仅近 5 年，他们就获国家科技进步奖 2 项，省部级科技进步奖 3 项，尤其是有机废水发酵法生物制氢技术，被 485 位两院院士评为“2000 年中国十大科技进展新闻”之一。此套丛书是他们总结提炼多年的研究成果，并结合国内外该领域的最新研究进展编写而成。作为此创新集体的荣誉教授，我十分关注他们的研究发展动态，更为他们取得的喜人成果而骄傲，于是欣然接受为该套丛书写序的邀请。

本套丛书从基础理论、工程设计、应用与发展前景等角度，对目前的环境生物技术进行了总体描述，并着眼于介绍环境生物制剂、环境中的分子生物学技术、环境污染与修复、废物资源化与能源化等生物技术领域的理论和应用成果。《厌氧生物技术原理与应用》总结凝炼了十几年来在废水（物）发酵法生物制氢技术、厌氧生物处理技术等领域具有自主知识产权的创新性研究成果，深入浅出地介绍了相关理论，并突出描述了研究成果的应用情况。《环境中的分子生物学诊断技术》围绕着分子生物学诊断技术的原理和它在环境污染治理及环境监测中的应用实例，着重阐述了环境污染物和致病微生物的快速鉴别和检测；特定环境中微生物的多样性、微生物群落结构和群落动态的监测；环境微生物功能基因定位和原位表达等内容。《环境生物制剂的开发与应用》在多年的研究成果基础上，综合近 10 年的国内外资料，系统地阐述了生物制剂研究开发的方法、应用领域、安全性评价以及如何才能实现商品化，内容包括微生物絮凝剂、生物添加剂、工程菌的构建、微生物肥料、微生物饲料、生物表面活性剂、固定化生物活性炭的研究与设备开发、生物修复中的生物制剂、有效微生物菌群（EM）、生物制剂的安全评价等。《环境污染防治中的生物技术》介绍了生物工程技术及其在环境污染防治中的应用、污水生物处理工程技术、有机固体废弃物的生物处理技术、工业废气的生物治理技术、有毒有害有机污染物的微生物降解、污染环境的生物修复以及环境污染预防生物技术和环境生物监测技术等内容，既有传统的环境工程生物技术，也有现代生物技术与环境工程结合的新型技术，全面反应了国内外在这一领域的研究、开发和应用现状。《废物资源化与生物能源》以废弃物的资源化

与能源化为主线，重点介绍了利用现代生物手段实现废弃物的资源化与能源化技术，既包括以有机废水发酵法生物制氢、利用有机废弃物生产乙醇、利用含油丰富的废物制取生物柴油、生物质甲烷发酵、沼气发酵以及固体废物能源化等多种废弃物的能源化技术，也包括从有机废物制取生物可降解性塑料、从有机废物生产单细胞蛋白、有机废物的高速堆肥和污水深度处理回用等多种废物的资源化技术。《现代生物技术的环境工程中的应用》主要介绍了现代生物技术概论、现代生物技术在环境检测与评价中的应用、生物强化处理技术、现代生物技术与生物能源、应用现代生物技术进行生态制品的设计与制备、新绿色革命与现代农业、几种典型的分子生物学技术与应用、现代生物技术风险分析等内容。

总之，本套丛书汇总了生物技术、环境工程、化学工程、材料工程等学科的大量信息，并注重系统性、科学性、前沿性、创新性、针对性、实践性和指导性，以期为环境保护和污染防治提供有借鉴价值的技术措施和方法。愿此套丛书的出版能为推动我国环境生物技术领域的发展做出积极贡献。

孫铁琳

2004年3月

前 言

随着人类的进步、社会的发展和科学技术水平的提高，环境污染问题也随之凸显出来，并且趋势严重，具有复杂性、多样性和综合性的特点，而高效、快捷和经济地消除污染的方法就是利用分解者——微生物为主体的现代生物技术手段进行治理。其中，运用微生物生理学和微生物生态学原理，研究和开发多用途的环境生物制剂已成为当今环境保护领域的热点研究方向。

环境生物制剂的研究与开发具有多学科交叉渗透、理工结合、针对性强等特点，有关的研究报道很多，但系统、全面地加以归纳、总结的专门著作尚未见到。另外，关于环境生物制剂的概念及其研究内容还没有统一的标准。基于此，我们总结了近年来的研究成果编写此书，旨在抛砖引玉，为今后环境生物制剂的研究与开发提供借鉴，并使之系统化、标准化。

全书共分 12 章，从理论、研究方法、开发应用及发展趋势等方面进行了阐述，整个编写过程中发挥了集体的力量，体现了团队精神。各章具体分工是：第 1 章马放、孟路，第 2 章王琴、马放、刘渭萍，第 3 章金文标、席欣欣，第 4 章杨基先、王琴，第 5~6 章吴波、马放，第 7 章山丹、金文标，第 8 章孟路、马放、杨基先，第 9 章杨海燕、张宇红、杨基先，第 10 章金文标、王弘宇、马放，第 11 章朱艳彬、马放、杨基先、王睿，第 12 章王博、马放、王睿。全书由马放统稿。

本书在编写过程中，得到了哈尔滨工业大学市政环境工程学院环境科学与工程系环境生物技术学科部全体教师的大力支持，在此表示衷心的感谢！

由于本书涉及的内容较多，加之编者知识面和水平所限，疏漏和不妥之处在所难免，敬请专家学者、广大师生和科研人员批评指正，以便及时修正。

编者

2003 年 12 月

内 容 提 要

本书综合近 10 年的国内外资料并结合多年的研究成果，全面系统地阐述了生物制剂研究开发的方法、应用领域、安全性评价以及如何才能实现商品化。内容包括微生物絮凝剂、生物添加剂、工程菌的构建、微生物肥料、微生物饲料、生物表面活性剂、固定化生物活性炭、生物修复中的生物制剂、有效微生物菌群 (EM)、生物制剂的安全评价等。本书所涉及的学科众多，包括微生物学、环境科学与工程、环境毒理学、生物化学、环境生态学、生物工艺学等。

本书可作为环境专业的本科、硕士研究生和博士研究生教材，以及教学、科研技术等人员的参考用书。

目 录

1 总论	1
1.1 环境问题与环境污染	1
1.1.1 环境问题	1
1.1.2 环境污染	2
1.2 环境生物制剂的开发	4
1.2.1 环境生物制剂	4
1.2.2 环境生物制剂开发的多学科性	4
1.2.3 环境生物制剂的开发	5
1.3 环境生物制剂的应用	5
1.3.1 环境生物制剂在水处理中的应用	5
1.3.2 环境生物制剂在空气污染控制中的应用	6
1.3.3 环境生物制剂在固体废物处理与资源化中的应用	6
1.3.4 环境生物制剂在生物修复中的应用	6
1.4 清洁生产与环境生物制剂	7
2 环境生物制剂开发的基本方法	9
2.1 环境生物制剂特点及其研究要求	9
2.1.1 环境生物制剂特点	9
2.1.2 研究环境生物制剂的要求	10
2.2 环境生物制剂的研究方法	11
2.2.1 目的菌的富集培养	12
2.2.2 直接筛选高效菌群	13
2.2.3 纯化分离菌种	13
2.2.4 诱变育种	14
2.2.5 构建基因工程菌	15
2.2.6 固定化微生物技术	16
2.3 微生物的生理学原理	18
2.3.1 微生物的营养及营养成分	19
2.3.2 微生物的营养类型	21
2.3.3 微生物的糖代谢与能量代谢	21
2.3.4 自养微生物的营养代谢	24
2.3.5 微生物的代谢调节	25
2.4 微生物的生态学原理	29
2.4.1 微生物个体的生态条件	29

2.4.2	微生物种群的生存竞争	33
2.4.3	微生物的生物群落	34
	参考文献	36
3	高效工程菌的构建	37
3.1	高效工程菌构建的意义和一般方法	37
3.1.1	高效工程菌构建的意义	37
3.1.2	高效工程菌组建的一般方法	37
3.1.3	微生物法和微生物生态法	38
3.2	高效工程菌的筛选	42
3.2.1	微生物的分布概况	42
3.2.2	一些极端微生物的应用	44
3.2.3	工程菌的筛选方法	47
3.2.4	工程菌的鉴定	50
3.3	高效工程菌的驯化	51
3.3.1	工程菌驯化的意义	51
3.3.2	工程菌驯化的一般过程	52
3.4	高效工程菌的生态组合	52
3.4.1	工程菌组合的生态学理论	52
3.4.2	微生物的群落演替规律	56
3.4.3	高效工程菌系统的稳定性	57
3.4.4	高效工程菌的应用	57
	参考文献	60
4	生物制剂添加技术	61
4.1	生物制剂添加技术的提出及发展	61
4.2	生物制剂添加技术的投加方式和机理	62
4.2.1	生物添加技术的技术路线	62
4.2.2	直接投加特效降解微生物	62
4.2.3	投加遗传工程菌	65
4.2.4	投加生物共代谢基质及辅助营养物质	66
4.3	生物制剂的添加使用方法	67
4.4	生物制剂添加技术的应用原则	68
4.5	生物添加系统中微生物的存活及活性检测技术的发展	68
4.6	生物添加系统的优化设计	69
4.7	生物制剂添加技术作用的效果及评价	70
4.7.1	生物制剂添加技术的优点	70
4.7.2	生物制剂添加技术作用弱的原因	71
4.8	评估生物制剂效益的理论及方法	72
4.8.1	总菌数测定	72
4.8.2	耗氧量测定	72
4.8.3	厌气生物制剂活性测定	72

4.8.4	利用生长动力学概念评估添加效益	72
4.8.5	由生物系统动力学变化探讨生物制剂效益	73
4.8.6	综合评论及建议	74
4.9	生物制剂添加技术的应用	74
	参考文献	76
5	微生物肥料	78
5.1	概述	78
5.2	微生物肥料的主要功效及作用机理	79
5.2.1	促进植物对营养元素的吸收	79
5.2.2	分泌多种生理活性物质刺激调节植物生长	80
5.2.3	产生抗病和抗逆作用, 间接促进植物生长	80
5.2.4	节约能源, 保护环境	81
5.3	微生物肥料的种类	81
5.3.1	根瘤菌肥料	81
5.3.2	固氮菌肥料	84
5.3.3	解磷菌肥料	86
5.3.4	钾细菌肥料	88
5.3.5	光合细菌肥料	88
5.3.6	PGPR 菌肥	90
5.3.7	复合微生物肥料	91
5.3.8	其他微生物肥料	91
5.4	微生物肥料与环境治理	92
5.5	目前我国微肥研制及应用中存在的问题	93
5.6	微生物肥料研究与生产的发展趋势	94
5.7	微生物肥料产业化的目标	95
	参考文献	96
6	微生物饲料	97
6.1	青贮饲料	98
6.1.1	青贮饲料的微生物来源	98
6.1.2	青贮饲料生产的技术要点	98
6.2	微生物蛋白饲料	98
6.2.1	概述	98
6.2.2	微生物蛋白饲料的生产	100
6.2.3	微生物饲料蛋白生产的原料	101
6.3	微生物饲料添加剂	105
6.3.1	微生物饲料概述	105
6.3.2	微生物饲料添加剂的作用机理	106
6.3.3	微生物饲料添加剂的种类	107
6.4	微生物饲料的发展方向	108
	参考文献	109

7 生物表面活性剂	110
7.1 前言	110
7.1.1 生物表面活性剂的特点	111
7.1.2 生物表面活性剂的分类和性质	112
7.2 生物表面活性剂的生产与控制	116
7.2.1 从动植物材料中提取	116
7.2.2 发酵法生产生物表面活性剂	116
7.2.3 酶促反应生产生物表面活性剂	119
7.3 生物表面活性剂的应用	123
7.3.1 应用于石油开采业 (MEOR 技术)	123
7.3.2 在环境生物工程上的应用	123
7.3.3 在食品工业和精细化工中的应用	124
7.3.4 在其他方面的应用	124
7.4 生物表面活性剂的发展与展望	124
7.5 生物乳化剂	125
7.5.1 乳状液概述	125
7.5.2 乳化剂及其分类	126
7.5.3 生物乳化剂及其应用	127
7.6 生物破乳剂	128
7.6.1 破乳剂	128
7.6.2 生物破乳剂及其应用	131
参考文献	131
8 有效微生物菌群	133
8.1 概述	133
8.2 主要成分及作用机理	134
8.2.1 光合菌群	134
8.2.2 乳酸菌群	134
8.2.3 酵母菌群	135
8.2.4 放线菌群	135
8.2.5 醋酸杆菌	135
8.3 微生物与土壤环境	137
8.4 EM 技术在环保方面的应用	137
8.4.1 在污水处理中的应用	137
8.4.2 EM 对水体藻型富营养化的控制	142
8.4.3 在土壤净化中的应用	144
8.4.4 在垃圾处理和再利用中的应用	144
8.4.5 在空气净化中的应用	144
8.5 EM 技术在其他领域的应用	145
8.5.1 在农业方面的应用	145
8.5.2 在养殖业方面应用	145

8.5.3 在医药行业中的应用	145
8.6 总结与建议	146
参考文献	147
9 固定化生物活性炭的研究与应用	148
9.1 固定化技术的种类与固定化方法	148
9.1.1 固定化微生物技术概述	148
9.1.2 固定化方法	149
9.1.3 不同种类固定化技术的比较	150
9.1.4 活性炭固定化技术的选择	151
9.2 活性炭与生物活性炭	151
9.2.1 活性炭概述	151
9.2.2 固定化生物活性炭的形成	152
9.3 固定化生物活性炭工程菌的筛选与驯化、固定	153
9.3.1 工程菌的筛选	153
9.3.2 工程菌的培养和驯化	153
9.3.3 工程菌的驯化方法	154
9.3.4 工程菌的扩大培养	154
9.3.5 固定化载体的选择	154
9.3.6 工程菌的固定方法	155
9.4 固定化生物活性炭的结构及作用机理	155
9.4.1 有机物的生物降解	155
9.4.2 固定化微生物的反应特性	157
9.4.3 活性炭与微生物协同作用	157
9.4.4 IBAC 使用寿命	158
9.5 人工固定化技术的理论研究	159
9.5.1 固定化微生物应用系统分析	159
9.5.2 固定化细胞颗粒反应动力学模型	161
9.6 固定化生物活性炭的微生物生理学	164
9.6.1 工程菌的生长繁殖规律	164
9.6.2 IBAC 滤罐的反应特征	167
9.6.3 IBAC 的降解规律初探	168
9.7 固定化生物活性炭使用中的微生物生态学	171
9.7.1 工程菌的变化	171
9.7.2 环境因素对生物活性炭的影响	174
9.8 固定化生物活性炭技术在饮用水深度处理中的应用	175
9.8.1 实验系统简介	176
9.8.2 运行效果分析	176
9.9 固定化生物活性炭技术在微污染水源水处理中的应用	178
9.9.1 实验装置简介	178
9.9.2 工程菌的筛选与驯化	178

9.9.3	实验结果分析	179
9.10	固定化生物活性炭技术在污水处理中的应用	182
9.10.1	处理煤气废水	182
9.10.2	对石化废水的深度处理	182
9.10.3	处理甲醇废水	182
9.10.4	处理含油废水	183
9.10.5	固定化生物活性炭发展趋势	183
	参考文献	183
10	生物修复中的生物制剂	185
10.1	生物修复的概念	185
10.2	生物修复的影响因素	186
10.2.1	微生物营养盐	186
10.2.2	添加电子受体	186
10.2.3	共代谢物质	187
10.2.4	有毒有害有机污染物的物理化学性质	187
10.3	生物制剂及其发展	187
10.4	生物制剂的优点	188
10.5	生物制剂的实现	188
10.6	生物制剂在生物修复中的应用	188
10.6.1	在水体修复中的应用	188
10.6.2	在土壤修复中的应用	194
10.6.3	在工业废水处理系统中的应用	203
	参考文献	204
11	生物絮凝剂的生产与应用	206
11.1	絮凝剂概述	206
11.1.1	无机絮凝剂	206
11.1.2	有机絮凝剂	207
11.2	生物絮凝剂的起源及发展	207
11.3	生物絮凝剂的分类、功能及其应用优势	208
11.3.1	生物絮凝剂的分类	208
11.3.2	生物絮凝剂的优势	208
11.4	生物絮凝剂的基础研究	210
11.4.1	生物絮凝剂产生菌	210
11.4.2	生物絮凝剂产生菌产絮机理研究	212
11.5	生物絮凝剂的应用研究	217
11.5.1	絮凝效果影响因素	217
11.5.2	絮凝机理研究	218
11.5.3	应用现状	218
11.6	复合型生物絮凝剂的开发与研究	220
11.6.1	复合型生物絮凝剂发酵底物的选择	220

11.6.2	高效生物絮凝剂产生菌的筛选	221
11.6.3	复合型微生物絮凝剂的生产	223
11.6.4	复合型微生物絮凝剂净化效果研究	225
11.6.5	复合型微生物絮凝剂毒理学研究	227
11.6.6	复合型微生物絮凝剂产生菌遗传学研究	227
11.7	现状与发展	228
11.7.1	生物絮凝剂研究现状	228
11.7.2	生物絮凝剂研究发展趋势	228
	参考文献	229
12	生物制剂的安全性评价	231
12.1	生物技术与生物安全	231
12.2	生物制剂安全性评价	232
12.2.1	生物制剂安全性评价的主要内容	232
12.2.2	生物制剂安全性评价的目的	232
12.2.3	生物安全管理法规和政策	233
12.3	重组 DNA 的生物危害和控制措施	236
12.3.1	概述	236
12.3.2	实验室重组 DNA 实验隐含的危害	237
12.3.3	重组 DNA 实验的安全控制措施	237
12.4	生物制剂规模生产的安全性问题	238
12.4.1	酶制剂	238
12.4.2	单细胞蛋白质	238
12.4.3	抗生素	238
12.4.4	疫苗	239
12.4.5	工程菌大规模培养的生物安全问题	239
12.5	转基因生物体生物安全问题及其法律控制	240
12.5.1	转基因生物体及其生物安全问题	240
12.5.2	实施转基因生物制剂生物法律控制	241
12.5.3	关于转基因产品安全性的对应策略	241
12.5.4	代表性案例	242
12.5.5	转基因生物体的扩散途径及防范措施	243
12.6	复合型微生物絮凝剂的安全性评价	244
12.6.1	急性经口毒性实验	244
12.6.2	Ames 实验	245
12.6.3	微核实验	246
12.6.4	致畸实验	247
12.6.5	结论	248
	参考文献	248
	附录 基因工程安全管理办法	250

► 1.1 环境问题与环境污染

当宇航员从空寂寥廓的太空望向地球时，映入眼帘的是一颗蔚蓝色的星体——瑰丽剔透的星球被乳白色的云雾笼罩着，隐约浮现出海洋和陆地。地球是全人类的故乡，是人类赖以生存、繁衍和发展的家园。可以说，人类自诞生之日起，就和地球环境紧密联系、相互作用着，正是这个生机勃勃的星球孕育了人类几千年辉煌的文明。

1.1.1 环境问题

人类是环境的产物，对于人类而言，环境（environment）包括自然环境和社会环境两部分。首先人类要依赖环境才能生存和发展；同时人类又是环境的改造者，通过社会性生产活动来利用和改造环境，使其更适合人类的生存和发展。

人类在为了满足自身生存和发展的要求过程中，运用自己的智慧和劳动，不断地改造自然，创造和改善自己的生存环境。同时，由于这些物质活动和社会活动作用于环境，引起了环境的变化（尤其是环境质量的下降），反作用于人类和其他生物，从而产生了环境问题。概括地讲，环境问题是指全球环境或区域环境中出现的不利于人类生存和发展的各种现象。

环境问题的概念可以从广义和狭义两个角度进行理解。

从广义上理解，环境问题就是由自然力或者人力引起生态平衡被破坏，最后直接或间接影响人类的生存和发展的一切客观存在的问题。而狭义上理解的环境问题只是由于人类的生产和生活活动，使自然生态系统失去平衡，反过来影响人类生存和发展的一切问题。

1.1.1.1 环境问题的产生

环境问题的产生，从根本上来讲是经济、社会发展的伴生产物。环境问题在人类诞生的同时就产生了，它贯穿于人类发展的整个阶段。不过在不同历史阶段，由于生产方式和生产力水平的差异，环境问题的类型、影响范围和程度也不尽一致。

依据环境问题产生的先后和轻重程度，环境问题的发生与发展，可大致分为3个阶段：自人类出现直至工业革命为止，是早期环境问题阶段；从工业革命到1984年发现南极臭氧空洞为止，是近代环境问题阶段；从1984年英国科学家发现、1985年美国科学家证实南极上空出现的“臭氧洞”开始，引起第二次世界环境问题高潮至今，为当代环境问题阶段。

环境问题实质上是由于人类社会活动造成对自然环境的破坏，改变了原生环境的物理、化学或生物学的状态，如人类工农业生产活动和生产过程中废弃物的排放造成大气、

水体、土壤、食品的物质组分变化；对矿产资源不合理开发造成的气候变化、地面沉降、诱发地震等；大型工程活动造成的环境结构破坏；对森林的乱砍滥伐、草原的过度放牧造成的沙漠化问题；不适当的农业灌溉引起的土壤变质；动物的捕杀，造成种群的减少问题等。

具体说可概括为以下几个方面：由于人口增加对环境造成的巨大压力；伴随人类的生产、生活活动产生的环境污染；人类在开发建设活动中造成的生态破坏的不良变化；由于人类的社会活动，如军事活动、旅游活动等，造成的人文遗迹、风景名胜区、自然保护区的破坏，珍稀物种的灭绝以及海洋等自然和社会环境的破坏与污染。

目前人类面临十大环境问题有：大气污染；水体污染；森林滥伐和植被减少，土壤侵蚀；荒漠化和沙漠的扩展；垃圾泛滥；生物灭绝加剧；粮食、能源和其他资源短缺；酸雨污染；地球增温；臭氧层破坏。

1.1.1.2 环境问题的分类

众所周知，环境问题是多方面的，涉及人类生存发展的每一个角落。从引起环境问题的根源考虑，大致可以分为三类。

(1) 第一类环境问题 第一类环境又称原生环境，是指没有受人类活动影响的自然环境。在原生环境中，由于自然界本身的变化所造成的环境破坏称为第一类环境问题。主要指火山爆发、地震、洪涝、干旱、滑坡、风暴、海啸等自然灾害，因环境中元素自然分布不均引起的地方病，以及自然界中放射物质产生的放射病等。

至今，人们对于这类环境问题的抵御能力还是很弱。对这类环境问题，人类可以采取减少它的消极影响和破坏力，但却难以阻止它。

(2) 第二类环境问题 也称次生环境问题，指由于人类的生产和生活活动引起生态系统破坏和环境污染，反过来又危及人类自身的生存和发展的现象，为次生环境问题。

(3) 第三类环境问题 是指社会环境本身存在的问题，主要是人口发展、城市化及经济发展带来的社会结构和社会生活问题。如人口无计划地增长带来住房、交通拥挤、燃料和物质供应不足、战乱等问题，都可称为第三类环境问题。这类环境问题既属于工程技术领域又属于社会科学领域。

目前，人们所说的环境问题一般是指次生环境问题。次生环境问题，即人为因素造成的环境污染和自然资源与生态环境的破坏。

1.1.2 环境污染

从人类的诞生开始就存在着人与环境的对立统一关系。从古至今随着人类社会的发展，环境问题也在发生着变化。当今社会的环境污染问题严峻的摆在人类面前，已经成为关系着人类生死存亡的关键因素之一。

环境污染 (environmental pollution) 是指人类活动的副产品和废弃物进入物理环境后，对生态系统产生的一系列扰乱和侵害，特别是由此引起的环境质量的恶化反过来又影响人类自己的生活质量。环境污染不仅包括物质造成的直接污染，如工业“三废”和生活“三废”，也包括由物质的物理性质和化学性质引起的污染，如热污染、噪声污染、电磁污染和放射性污染。由环境污染还会衍生出许多环境效应，例如二氧化硫造成的大气污染，除了使大气环境质量下降，还会造成酸雨。

随着经济的发展和人口的增长，世界用水量也在迅速增加，从1950~1990年的40年间，人类用水量增加了3倍。陆地上淡水总量约占全球水体总量的2.53%，而可以直接